

**САРОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

**Факультет информационных технологий и электроники**

**Кафедра вычислительной и информационной техники**

**В.А. Павлов**

**Периферийные устройства ЭВМ. Часть 2.**

Система внешней памяти. Организация работы периферийных устройств в вычислительных комплексах, системах и сетях.

**Учебное пособие**

Рекомендовано учебно-методическим объединением вузов по университетскому политехническому образованию в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по специальности 220100 - Вычислительные машины, комплексы, системы и сети

**Саров  
СарФТИ  
2001г.**

УДК 681.3  
ББК 32.973  
П12

*Рецензенты:*

д-р техн. наук, профессор кафедры МО ЭВМ Нижегородского  
государственного университета Ю.Л. Кетков;  
к-т техн. наук, доцент кафедры "Компьютерные системы и сети" МГТУ  
им. Н.Э. Баумана И.В. Баскаков;  
кафедра "Вычислительная техника" Нижегородского государственного  
технического университета

**Павлов Виктор Александрович**

П12. Периферийные устройства ЭВМ. Учебное пособие: Часть 2. СарФТИ,  
Саров, 2001 - 271 с.: ил.

Во второй части учебного пособия рассмотрена система внешней памяти и вопросы организации работы периферийных устройств в вычислительных комплексах, системах и сетях. Особое внимание уделено устройствам внешней памяти, используемым в современных персональных компьютерах, а так же таким специфическим устройствам, как модемы и сетевые принтеры.

©В.А. Павлов, 2001г.

## СОДЕРЖАНИЕ.

<b>ПРЕДИСЛОВИЕ.</b>	7
<b>8. СИСТЕМА ВНЕШНЕЙ ПАМЯТИ</b>	8
8.1. Физические основы регистрации информации на подвижном носителе.	9
8.1.1. Основы магнитной записи.	9
8.1.1.1. Горизонтальная магнитная запись.	10
8.1.1.2. Вертикальная магнитная запись.	12
8.1.1.3. Схемы записи и воспроизведения.	12
8.1.2. Физические основы оптической записи.	14
8.2. Представление цифровой информации на носителе.	15
8.2.1. Способ записи без возврата к нулю.	15
8.2.2. Способы группового кодирования (ГК).	17
8.2.3. Способ фазовой модуляции или кодирования (ФМ или ФК).	18
8.2.4. Способ частотной модуляции (ЧМ).	19
8.2.5. Способ модифицированной фазовой модуляции (МФМ).	19
8.3. Внешние запоминающие устройства на подвижном носителе с прямым доступом.	20
8.3.1. Логическая организация информации на носителе.	20
8.3.2. Форматирование.	24
8.3.3. Основные операции.	25
8.3.4. Структурные схемы НМД.	27
<b>Контрольные вопросы.</b>	30
8.3.5. Дисковые накопители персональных компьютеров.	31
8.3.5.1. Накопители на гибких магнитных дисках.	31
8.3.5.1.1. Гибкие магнитные диски 5,25".	32
8.3.5.1.2. Гибкие магнитные диски 3,5".	33
8.3.5.1.3. Состояние и перспективы совершенствования накопителей на гибких магнитных дисках.	34
8.3.5.1.4. Гибкие магнитные диски сверхвысокой плотности.	35
8.3.5.1.5. Логическая структура гибких дисков.	36
8.3.5.1.6. Дисководы накопителей на гибких магнитных дисках.	38
8.3.5.1.7. Специальные дисководы.	39
8.3.5.1.8. Накопители на гибких магнитных дисках Бернулли.	39
8.3.5.1.9. Накопители на гибких магнитных дисках Zip.	40
<b>Контрольные вопросы.</b>	41
8.3.5.2. Накопители на жестких магнитных дисках.	42
8.3.5.2.1. Устройство накопителей на жестких дисках.	42
8.3.5.2.1.1. Магнитные диски.	43
8.3.5.2.1.2. Головки чтения/записи.	45
8.3.5.2.1.3. Механизмы привода и автоматической парковки головок.	47
8.3.5.2.1.4. Двигатель привода дисков.	48
8.3.5.2.1.5. Плата блока управления, кабели, разъемы.	48
8.3.5.2.1.6. Фильтр.	49
8.3.5.2.2. Типы накопителей на жестких дисках.	49
8.3.5.2.3. Краткая характеристика интерфейсов жестких дисков.	50
8.3.5.2.4. Характеристики накопителей на жестких дисках.	53
8.3.5.2.5. Параметры накопителей на жестких дисках в CMOS Setup.	58
8.3.5.2.6. Логическая структура жесткого диска.	59
8.3.5.2.7. Накопители на сменных жестких дисках.	61
8.3.5.2.8. Накопители на дисковых массивах RAID	62
8.3.5.2.8.1. Типы RAID-массивов.	63
8.3.5.2.8.2. RAID-массивы с интерфейсами SCSI, SSA и IDE/EIDE.	67
8.3.5.2.9. Накопители стандарта PCMCIA.	67
<b>Контрольные вопросы.</b>	69

8.3.5.3. Накопители на компакт-дисках. .. .. .	70
8.3.5.3.1. Общие сведения о CD-ROM и правила обращения с ними. ..	70
8.3.5.3.2. Организация данных и основные характеристики CD-ROM. ..	71
8.3.5.3.3. Стандарты записи данных на CD. .. .. .	75
8.3.5.3.3.1. Форматы записи информации на CD. .. .. .	76
8.3.5.3.3.2. Файловые системы компакт-дисков. .. .. .	78
8.3.5.3.4. Интерфейсы подключения CD. .. .. .	79
8.3.5.3.5. Конструкция и принципы работы привода CD-ROM. .. ..	80
8.3.5.3.5.1. Особенности конструкции привода. .. .. .	80
8.3.5.3.5.2. Состав и алгоритм функционирования привода CD. .. ..	81
8.3.5.3.5.2.1. Основные принципы преобразования звукового сигнала в системе CD. .. .. .	81
8.3.5.3.5.2.2. Привод CD-ROM. .. .. .	88
8.3.5.3.5.2.2.1. Система авто фокусировки. .. .. .	89
8.3.5.3.5.2.2.2. Система слежения за дорожкой (автотрекинг). .. ..	91
8.3.5.3.5.2.2.3. Формирование цифрового сигнала и выделение импульсов тактовой синхронизации. .. .. .	94
8.3.5.3.5.2.2.4. Демодулятор. Система автоматического регулирования скорости вращения диска. Буферная память. .. .. .	94
8.3.5.3.5.2.2.5. Блок обработки служебной информации. .. .. .	95
8.3.5.3.5.2.2.6. Блок коррекции ошибок. .. .. .	96
8.3.5.3.5.2.2.7. Цифро-аналоговый преобразователь и выходные фильтры. .. .. .	98
8.3.5.3.6. Стандарты кодирования информации. .. .. .	102
8.3.5.3.7. Накопители CD-WORM, CD-R, PD/CD, CD/RW, CD-E. .. ..	102
8.3.5.3.8. Накопители DVD. .. .. .	103
8.3.5.3.9. Накопители на магнитооптических дисках. .. .. .	106
8.3.5.3.10. Магнитооптические накопители с автоматической подачей дисков. .. .. .	108
<b>Контрольные вопросы.</b> .. .. .	109
8.4. Внешние запоминающие устройства с последовательным доступом. ..	110
8.4.1. Логическая организация информации на МЛ. .. .. .	110
8.4.2. Основные операции. .. .. .	112
8.4.3. Структура НМЛ. .. .. .	112
8.4.4. Устройства для резервного копирования данных в персональных компьютерах. .. .. .	114
8.4.5. Перспективы развития накопителей на магнитных лентах. .. ..	118
<b>Контрольные вопросы.</b> .. .. .	119
8.5. Накопители на твердотельной памяти. .. .. .	120
8.5.1. Носители информации на базе электронной памяти. .. .. .	120
8.5.1.1. EEPROM (Electrical Erasable Programmable ROM, ЭСПЗУ). .. ..	121
8.5.1.2. Флэш-память. .. .. .	121
8.5.1.3. Флэш-память Intel. .. .. .	124
8.5.1.4. Накопители на электронной (полупроводниковой) памяти. .. ..	131
8.5.2. Основы памяти на цилиндрических магнитных доменах. .. .. .	132
8.5.2.1. Общие сведения. .. .. .	132
8.5.2.2. Основные функциональные узлы ЗУ на ЦМД. .. .. .	133
8.5.2.3. Структура запоминающего устройства. .. .. .	135
<b>Контрольные вопросы.</b> .. .. .	137
8.6. Перспективы развития накопителей информации. .. .. .	138
8.6.1. Направления совершенствования накопителей на жестких дисках. ..	138
8.6.2. Направления совершенствования накопителей на оптических дисках. .. .. .	139
8.6.3. Направления развития накопителей на магнитной ленте. .. .. .	140
8.6.4. Направления совершенствования накопителей на твердотельной памяти. .. .. .	140

8.6.5. Перспективные технологии хранения информации.	..	..	142
<b>Контрольные вопросы.</b>	..	..	143
<b>9. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ ПЕРИФЕРИЙНЫХ УСТРОЙСТВ В</b>			
<b>ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСАХ, СИСТЕМАХ И СЕТЯХ.</b>	..	144	
9.1. Особенности подключения периферийных устройств к			
вычислительным комплексам и системам.	..	..	144
9.2. Периферийные устройства в системах дистанционной обработки			
информации.	..	..	147
9.2.1. Типовая конфигурация СДОИ.	..	..	147
9.2.1.1. Типовая система передачи данных.	..	..	147
9.2.1.2. Каналы связи.	..	..	148
9.2.1.3. Аппаратура передачи данных СДОИ.	..	..	150
9.2.1.4. Абонентский пункт.	..	..	152
<b>Контрольные вопросы.</b>	..	..	154
9.3. Периферийные устройства в сетях ЭВМ.	..	..	155
9.3.1. Современные модемы в информационных сетях.	..	..	155
9.3.1.1. Семиуровневая модель OSI.	..	..	155
9.3.1.2. Факсимильная связь.	..	..	159
9.3.1.3. Управление потоком.	..	..	160
9.3.1.4. Классификация модемов.	..	..	161
9.3.1.5. Устройство современных модемов.	..	..	165
9.3.1.5.1. Общие сведения.	..	..	165
9.3.1.5.2. Состав модема для КТСОП.	..	..	166
9.3.1.5.3. Скремблирование.	..	..	168
9.3.1.5.4. Эхо-подавление.	..	..	171
9.3.1.5.5. Устройство цифрового модема.	..	..	173
9.3.1.5.6. Линейное кодирование.	..	..	174
<b>Контрольные вопросы.</b>	..	..	176
9.3.1.6. Интерфейсы модемов.	..	..	177
9.3.1.6.1. Интерфейс RS-232 (V.24/V.28).	..	..	177
9.3.1.6.2. Интерфейсы RS-422A, RS-423A RS-449 (V.36) и RS-530.	..	..	182
9.3.1.6.3. Интерфейс V.35.	..	..	186
9.3.1.6.4. Интерфейсы X.21 и X.21bis.	..	..	187
9.3.1.6.5. Высокоскоростной интерфейс HSSI.	..	..	188
9.3.1.7. Интеллектуальные возможности модемов.	..	..	189
9.3.1.7.1. Режимы работы модема.	..	..	190
9.3.1.7.2. AT-команды.	..	..	191
9.3.1.7.3. Ответные коды модемов.	..	..	193
9.3.1.7.4. S-регистры модемов.	..	..	194
9.3.1.7.5. Команды управления факс-модемами.	..	..	196
9.3.1.7.6. Команды модемов MNP, V.42 и V.42bis.	..	..	199
<b>Контрольные вопросы.</b>	..	..	200
9.3.1.8. Протоколы взаимодействия.	..	..	202
9.3.1.8.1. Протокол V.25 (RS-366A).	..	..	202
9.3.1.8.2. Протокол V.25bis.	..	..	203
9.3.1.8.3. Протокол V.8.	..	..	205
<b>Контрольные вопросы.</b>	..	..	208
9.3.1.9. Протоколы модуляции.	..	..	209
9.3.1.9.1. Общие сведения.	..	..	209
9.3.1.9.2. Способы модуляции.	..	..	209
9.3.1.9.3. Сигнально-кодовые конструкции (треллис-модуляция).	..	..	212
9.3.1.9.4. Некоторые основные протоколы модуляции.	..	..	214
9.3.1.9.4.1. Протоколы V.21, Bell 103J.	..	..	214
9.3.1.9.4.2. Протоколы V.22, V.22bis.	..	..	214
9.3.1.9.4.3. Протокол V.32bis.	..	..	216
9.3.1.9.4.4. Протоколы V.34, V.34+, V.Fast.	..	..	219

9.3.1.9.5. Факс-протоколы модуляции. .. .. .	222
9.3.1.9.5.1. Протоколы V.27, V.27bis, V.27ter. .. .. .	222
9.3.1.9.5.2. Протокол V.29. .. .. .	222
9.3.1.9.5.3. Протокол V.17. .. .. .	224
9.3.1.9.6. Фирменные протоколы модуляции. .. .. .	224
9.3.1.9.6.1. Протокол V.32terbo. .. .. .	224
9.3.1.9.6.2. Протоколы ZyX, ZyCELL. .. .. .	225
<b>Контрольные вопросы. .. .. .</b>	<b>227</b>
9.3.1.10. Протоколы исправления ошибок. .. .. .	228
9.3.1.10.1. Повышение достоверности передачи. .. .. .	228
9.3.1.10.1.1. Формат кадра протоколов с исправлением ошибок. .. .. .	228
9.3.1.10.1.2. Кодонезависимость протоколов с исправлением ошибок. .. .. .	228
9.3.1.10.1.3. Обнаружение ошибок. .. .. .	230
9.3.1.10.1.4. Методы повторной передачи (ARQ).. .. .	234
9.3.1.10.2. Протоколы MNP. .. .. .	236
9.3.1.10.2.1. Общие сведения. .. .. .	236
9.3.1.10.2.2. Форматы передаваемых данных. .. .. .	237
9.3.1.10.2.3. Процедура соединения MNP. .. .. .	238
9.3.1.10.3. Протокол V.42.. .. .	239
9.3.1.10.3.1. Основные характеристики. .. .. .	239
9.3.1.10.3.2. Формат кадров V.42. .. .. .	240
9.3.1.10.3.3. Процедура соединения на основе V.42. .. .. .	241
9.3.1.10.3.4. Управление потоком в V.42. .. .. .	242
9.3.1.10.3.5. Вычисление контрольного поля кадра. .. .. .	244
<b>Контрольные вопросы. .. .. .</b>	<b>244</b>
9.3.1.11. Протоколы сжатия данных. .. .. .	245
9.3.1.11.1. Основные методы сжатия. .. .. .	245
9.3.1.11.2. Методы Шеннона-Фано и Хаффмена. .. .. .	246
9.3.1.11.3. Алгоритм LZW. .. .. .	248
9.3.1.11.4. Сжатие данных в протоколах MNP. .. .. .	250
9.3.1.11.4.1. Протокол MNP5. .. .. .	251
9.3.1.11.4.2. Протокол MNP7. .. .. .	252
9.3.1.11.5. Сжатие данных по стандарту V.42bis. .. .. .	253
<b>Контрольные вопросы. .. .. .</b>	<b>253</b>
9.3.1.12. Пакетные радиомодемы. .. .. .	254
9.3.1.12.1. Стандарт AX. 25. .. .. .	254
9.3.1.12.2. Формат кадров. .. .. .	254
9.3.1.12.3. Физическая реализация радиомодемов. .. .. .	255
9.3.1.12.4. Применение радиомодемов. .. .. .	257
9.3.1.13. Модемы в сотовых сетях связи. .. .. .	257
9.3.1.13.1. Стандарты сотовых сетей связи. .. .. .	257
9.3.1.13.2. Модемы в аналоговых сетях/ .. .. .	259
9.3.1.13.3. Модемы в цифровых сетях. .. .. .	259
9.3.1.14. Эксплуатационные характеристики и конструкции модемов. .. .. .	260
9.3.1.14.1. Основные характеристики модемов. .. .. .	260
9.3.1.14.2. Конструкция модемов.. .. .	262
<b>Контрольные вопросы. .. .. .</b>	<b>265</b>
9.3.2.Сетевые принтеры. .. .. .	266
9.3.2.1. Что такое сетевой принтер. .. .. .	266
9.3.2.2. Сравнение интерфейсов подключения к LAN. .. .. .	266
9.3.2.3. Принцип работы интерфейсов сетевых принтеров. .. .. .	268
<b>Контрольные вопросы. .. .. .</b>	<b>269</b>
<b>РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА. .. .. .</b>	<b>270</b>

## **ПРЕДИСЛОВИЕ.**

Периферийные устройства являются самой внешней, периферийной частью электронных вычислительных машин (ЭВМ) и входят в состав их систем ввода-вывода (СВВ).

Учебные материалы построены так, что в них в той или иной мере нашли отражение все основные компоненты СВВ, включая и периферийные устройства (ПУ). Акцент сделан на особенности построения СВВ персональных компьютеров класса IBM PC.

Материалы разбиты на две части.

В первой части рассмотрены состав, структура и логическая организация СВВ, интерфейсы, используемые для взаимодействия ее компонентов, а так же системы ввода-вывода аналоговых сигналов, связи с объектами управления, ввода-вывода речевой информации а также устройства и СВВ текстовой и графической информации.

Во второй части рассмотрены системы внешней памяти, а так же вопросы, связанные с организацией работы ПУ в вычислительных комплексах, системах и сетях. Достаточно большое внимание уделено таким специфическим устройствам, как модемы и сетевые принтеры.

За основу учебных материалов было взято учебное пособие: Ларионов А.М., Горнец Н.Н. Периферийные устройства в вычислительных системах: Учебное пособие для вузов по спец. «Вычислительные машины, комплексы, системы и сети». –М.: Высшая школа, 1991г. Основные изменения и дополнения материала касаются в основном современных персональных компьютеров и устройств, используемых совместно с ними.

Учебные материалы являются расширенной версией курса лекций «Периферийные устройства ЭВМ», читаемых автором в Саровском физико-техническом институте (СарФТИ) в рамках специальности «Вычислительные машины, комплексы, системы и сети» и других родственных специальностей и предназначены для обеспечения студентов основной и дополнительной информацией по этому курсу.

Автор

## 8. СИСТЕМА ВНЕШНЕЙ ПАМЯТИ

Для эффективной обработки данных необходимо обеспечить при минимальных затратах хранение больших объемов информации и быстрый доступ к ней. Эти требования противоречивы и при современном уровне технологии компромисс между емкостью, быстродействием памяти и затратами на нее достигается за счет создания иерархической структуры, включающей в себя сверхоперативный, основной, внешний и архивный уровни. Информация для ЦП непосредственно доступна только из ЗУ сверхоперативного и основного уровней. Каждый последующий уровень ЗУ в рамках одной ЭВМ характеризуется большей емкостью и меньшим быстродействием. Внешний и архивный уровни образуют систему внешней памяти; в ее состав входят разнородные ВЗУ (их часто называют накопителями), контроллеры ВЗУ, а также носители информации и хранилища для них.

**Классификация ВЗУ.** ВЗУ, или накопители, являются основными компонентами системы внешней памяти. Информация в них располагается в виде блоков, которые становятся доступными для обработки в ЦП в результате выполнения операции ввода, т.е. загрузки их из внешней памяти в оперативную. Передача блоков из оперативной во внешнюю память осуществляется операцией вывода. В качестве ВЗУ используются устройства, различающиеся типом носителя, способом регистрации и характером использования информации, способом доступа и т.д.

**По типу носителя** различают ВЗУ с подвижным и неподвижным носителем. При современной технологии наиболее часто реализуют размещение информации на поверхности некоторого тела, называемого носителем. Если поиск, запись и считывание информации сопровождается механическим перемещением носителя, то такие ВЗУ называют накопителями с подвижным носителем, среди которых наиболее распространены накопители на магнитных дисках (НМД), оптических дисках (НОД), магнитных лентах (НМЛ). Такой носитель может быть гибким и жестким. Если при поиске, записи и считывании механического перемещения носителя не происходит, то ВЗУ называют накопителем с неподвижным носителем; примером может служить накопитель на основе цилиндрических магнитных доменов (ЦМД). Реже в ВЗУ используют объемную запись — полупроводниковые ЗУ, приборы с зарядовой связью и т. п.

**По способу регистрации** различают ВЗУ с магнитной и оптической (магнитооптической) записью; **по характеру использования информации** — постоянные ВЗУ, которые допускают только чтение информации, ВЗУ с однократной записью (пользователь имеет возможность произвести запись информации на поверхность носителя один раз, после чего допускается только чтение) и с многократной записью, при которой допускается произвольное число циклов записи и чтения.

**По способу доступа к информации** все ВЗУ делят на накопители с последовательным и прямым доступом. Расположение блоков на поверхности носителя можно представить в виде линейного или двумерного массива (рис. 8.1). В первом случае для нахождения требуемого блока последовательно просматриваются все блоки. ВЗУ, реализующие такой просмотр, называют накопителями с последовательным доступом. Примером может служить НМЛ, максимальное время поиска соответствует времени перемещения ленты от начала до конца и достигает 1-2 мин. При расположении блоков информации на носителе в виде двумерного массива можно организовать независимый поиск по каждому направлению.

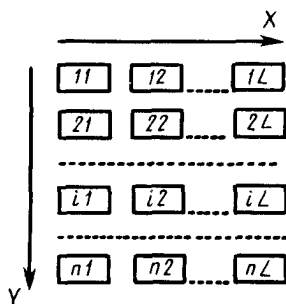


Рис. 8.1. Расположение блоков на поверхности носителя.

Пусть задан номер строки (или дорожки)  $Y_i$ , где расположен искомый блок  $ij$ ; тогда время поиска определяется временем просмотра блоков только на этой дорожке. ВЗУ, реализующие такой просмотр, называют накопителями с прямым доступом: поиск в направлении  $Y$  в них производится за счет переключения или перемещения органов считывания (головок), а просмотр в направлении  $X$  — за счет перемещения носителя или продвижения информации по структуре (в ВЗУ на ЦМД). В ВЗУ с прямым доступом один и тот же блок доступен для записи или считывания через постоянные промежутки времени, определяемые в случае НМД временем оборота; поэтому такой доступ иногда называют *циклическим*.

**Основные характеристики ВЗУ.** ВЗУ принято характеризовать следующими параметрами:

— *емкостью памяти*; при этом если носитель информации является сменным (пакет МД,



катушка МЛ), то под емкостью ВЗУ понимают объем одного тома, который доступен ВС без замены носителя (т.е. объем одного пакета для одношпиндельных или всех одновременно установленных пакетов для многошпиндельных НМД);

— **пропускной способностью** или **скоростью записи-считывания**; блок на носителе можно рассматривать в виде последовательности бит, расположенных вдоль направления движения носителя. Длительность записи и считывания блока, таким образом, определяется временем, затрачиваемым на прохождение блока под головкой, а пропускная способность соответствует отношению объема блока ко времени его прохождения под головкой;

— **временем доступа**, т.е. интервалом времени от момента запроса до момента выдачи блока; этот интервал времени не постоянен и зависит от множества факторов — скорости перемещения носителя, скорости перемещения головки, прямого или последовательного доступа, расстояния между текущим положением головки и расположением запрашиваемого блока на носителе и т.п. В случае подвижного носителя и прямого доступа этот интервал складывается из времени поиска дорожки (затрачиваемого на перемещение головки) и времени ожидания, пока блок на носителе не окажется под головкой. Время поиска дорожки характеризуют минимальным (переход на соседнюю дорожку), максимальным (переход с крайней дорожки на противоположную) и средним значениями. Время ожидания характеризуют средним значением, которое соответствует половине длительности оборота носителя. Данные одного пользователя обычно размещаются на соседних дорожках, что уменьшает время поиска, однако при коллективном использовании ВЗУ в мультипрограммном режиме эта «локальность» данных нарушается, и время поиска возрастает.

В системах внешней памяти преобладающее место занимают накопители с прямым доступом, так как они обеспечивают приемлемое время поиска (порядка нескольких миллисекунд), высокую пропускную способность (свыше 10 Мбайт/с), большую емкость (для сменных пакетов МД до 300 Мбайт, модулей «винчестерского» типа — до 50 Гбайт, для НОД — до 20 Гбайт). ВЗУ с последовательным доступом отличается низкой стоимостью хранения информации, но по всем другим параметрам они уступают накопителям с прямым доступом; поэтому НМЛ используют для сохранения информации на случай аварийного разрушения, т.е. они служат в качестве резервных.

Одной из важнейших характеристик ВЗУ, обычно скрытых от пользователя, является **информационная плотность записи**. Под **плотностью записи**  $\delta_s$  понимают число бит информации, записанных на единице поверхности носителя; это — **поверхностная плотность**. Различают также **продольную плотность**  $\delta_l$  бит/мм, т.е. число бит на единице длины носителя вдоль вектора скорости его перемещения, и **поперечную плотность**  $\delta_q$  бит/мм, т.е. число бит на единице длины носителя в направлении, перпендикулярном вектору скорости:

$$\delta_s = \delta_l \delta_q \quad (8.1)$$

Плотность записи определяет геометрические размеры накопителя, параметры его быстродействия, а также объем памяти. В свою очередь, информационная плотность записи определяется принципами регистрации информации на носителе, материалами, конструктивными особенностями и технологией изготовления, как носителя, так и средств записи-считывания.

## 8.1. Физические основы регистрации информации на подвижном носителе.

Наиболее распространенными способами регистрации информации во ВЗУ является магнитная и оптическая запись на поверхности подвижного носителя и запись информации в ЦМД-структурах.

### 8.1.1. ОСНОВЫ МАГНИТНОЙ ЗАПИСИ.

Запись и считывание информации происходят в процессе взаимодействия магнитного покрытия, т.е. «поверхности» носителя и магнитной головки (МГ). Магнитная головка представляет собой электромагнит, располагаемый у поверхности движущегося носителя; она состоит из сердечника, выполняемого из магнитомягкого материала, обладающего малой коэрцитивной силой и большим значением индукции насыщения, и токовых обмоток.

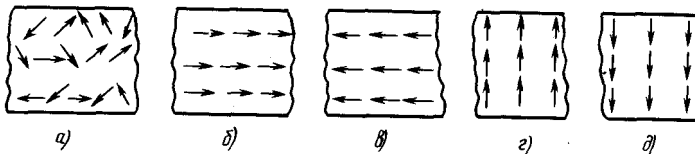


Рис. 8.2 Возможные состояния намагниченности.

Слой носителя, в котором происходит непосредственная регистрация информации и ее хранение выполняется из магнитотвердого материала со сравнительно большими значениями коэрцитивной

силы ( $H_c=12000—80000$  А/м) и остаточной индукции ( $B_m=0,1—0,6$  Тл).

Материал магнитного покрытия носителя можно представить множеством хаотически расположенных магнитных доменов, ориентация которых изменяется под действием внешнего магнитного поля. Будем изображать магнитный домен стрелкой, острие которой соответствует северному полюсу. На рис.8.2 показаны различные возможные состояния материала носителя: (а) — размагниченное, когда ориентация доменов хаотична; (б) и (в) — намагниченности с горизонтальной ориентацией в одном из двух противоположных состояний насыщения; (г) и (д) — намагниченности с вертикальной ориентацией доменов перпендикулярно плоскости носителя.

Современные ВЗУ используют для записи информации два противоположных состояния намагниченности, соответствующие расположению стрелок на рис.8.2 вправо и влево или вверх и вниз. Размагниченное состояние, соответствующее хаотической ориентации доменов на рис.8.2,а, не используется, так как возникают трудности с переводом материала в это состояние, возрастает влияние помех, ухудшаются показатели плотности записи. Домены материала покрытия ориентируются вдоль силовых линий внешнего магнитного поля и, благодаря высокому значению коэрцитивной силы материала, сохраняют полученную ориентацию в течение длительного времени после окончания действия внешнего поля. Внешнее магнитное поле, ориентирующее домены в определенном направлении, создается МГ при записи, т.е. при подаче в ее обмотку тока записи. Если поле МГ приводит к ориентации доменов в плоскости носителя (рис.8.2,б,в), то магнитную запись называют **горизонтальной**; если под действием поля головки домены приобретают ориентацию перпендикулярно плоскости носителя (рис.8.2, г, д), то магнитную запись называют **вертикальной** (или перпендикулярной). Из двух методов записи наиболее распространена горизонтальная, хотя вертикальная запись потенциально позволяет получить более высокие показатели плотности.

Поскольку каждый из методов записи может использовать лишь два состояния намагниченности покрытия, то для регистрации информации особое значение приобретают переходы от одного состояния к противоположному. Этот переход является «отпечатком», который может быть обнаружен с помощью МГ чтения.

#### 8.1.1.1. Горизонтальная магнитная запись.

МГ записи представляет собой магнитопровод из магнитомягкого материала с зазором; на магнитопроводе размещается обмотка, в которую подается ток записи  $I_w$ , как показано на рис.8.3,а. При протекании тока  $I_w$  по обмотке МГ в ее магнитопроводе создается магнитный поток, который замыкается через зазор  $g$ . Поскольку магнитное сопротивление зазора  $g$  велико, поток частично замыкается через магнитный слой носителя толщиной  $s$ , отстоящий от зазора головки на расстояние  $d$ , что и приводит к изменению ориентации доменов в запоминающем слое. Таким образом, под действием тока в обмотке записи домены магнитного слоя носителя ориентируются в одном направлении на тех участках, которые оказались в «зоне действия» МГ при перемещении носителя относительно нее. Если изменить направление тока записи  $I_w$ , то ориентация доменов на соответствующих участках носителя изменится на противоположную.

На рис.8.3,б показано воздействие тока на различные участки носителя при его движении. При равномерном движении сохраняется пропорциональная зависимость между временем протекания тока в МГ и перемещением носителя  $L$ . В результате в магнитном слое остаются отпечатки в тех местах носителя, которые находились под МГ записи в моменты переключения тока  $I_w$ . Каждый отпечаток соответствует переходу (границе) между участками носителя с противоположными состояниями намагниченности. Количество переходов, размещаемых на единице площади носителя, называют **физической плотностью записи**. Предельное значение физической плотности записи зависит от метода магнитной записи (вертикальная или горизонтальная), величины зазора в МГ и ее конструкции, расстояния между МГ и покрытием носителя, от характеристик магнитного материала носителя и ряда других факторов.

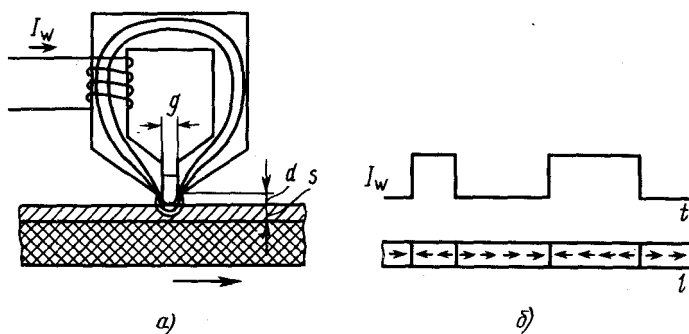


Рис. 8.3. Магнитная головка (а) и воздействие тока записи на носитель (б).

Магнитная головка чтения позволяет определять моменты времени, когда при движении

носителя под ней оказываются границы между участками с противоположными состояниями намагниченности носителя. Магнитный поток, создаваемый доменами носителя, частично замыкается через магнитопровод МГ чтения. При прохождении под МГ чтения отпечатка потокоцепление ее обмотки изменяется и в ней наводится ЭДС. Согласно закону Фарадея, ЭДС считывания  $U_r$  пропорциональна скорости изменения потока  $\Phi$ :

$$U = -k d\Phi/dT. \quad (8.2)$$

Рассмотрим более подробно доменную модель носителя рис.8.4,а. Пусть толщина магнитного слоя  $s$  достаточно мала и домены по всей толщине ориентированы в одном направлении на участке длины носителя АВ. В результате, если МГ чтения находится над этим участком, его ориентированные домены создают в ней поток  $\Phi_1$ . Аналогично на участке CD в МГ создается поток  $\Phi_2$ . Участок носителя BC длиной  $a$  соответствует переходу при переключении тока в головке записи.

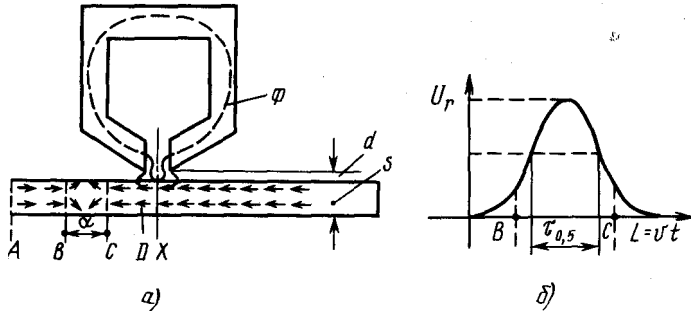


Рис. 8.4. Модель считывания информации с носителя. (а) и форма импульса чтения(б).

Поток в магнитопроводе МГ чтения является результирующим от действия магнитных полей всех участков носителя, но наибольшее влияние на него оказывают участки, расположенные в непосредственной близости от зазора МГ. Можно считать, что на некотором удалении от перехода в точках А и D поток в МГ равен  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$ , соответственно. Величины  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$ , очевидно, определяются толщиной носителя, расстоянием МГ до поверхности носителя, магнитными свойствами материала, т.е.  $\Phi = \Phi(d, s, Br, X)$ , где  $Br$  — остаточная магнитная индукция,  $X$  — координата точки носителя, расположенной под зазором МГ. Далее учтем, что носитель перемещается относительно МГ чтения с постоянной скоростью  $V$ , т.е.  $L = Vt$ . Это позволяет записать выражение для ЭДС:

$$U_r = k V d\Phi(d, s, Br, X) / dL. \quad (8.3)$$

Если отпечатки расположены далеко друг от друга и их взаимным влиянием можно пренебречь, форма наводимой в обмотке головки чтения ЭДС хорошо аппроксимируется гауссовым импульсом (рис.8.4,б), а длительность воспроизводимого импульса  $\tau_{0,5}$  на уровне половины его максимальной амплитуды определяется по приближенной формуле:

$$T = \left(\frac{2}{V}\right) \sqrt{(g/2)^2 + (a + d + s)(a + d)} \quad (8.4)$$

Эта формула показывает, что сокращения длительности импульса воспроизведения можно достичь путем уменьшения зазора в головке  $g$ , толщины магнитного покрытия  $s$ , расстояния  $d$

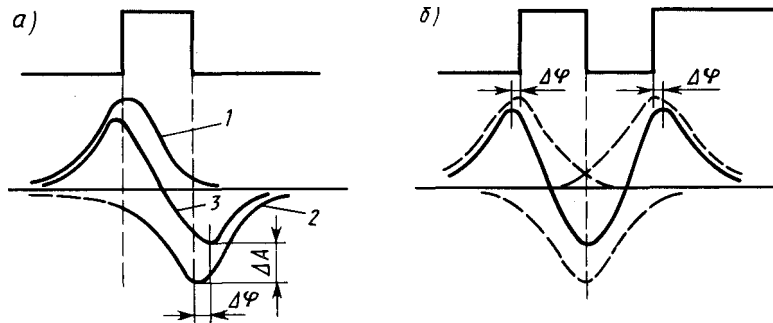


Рис. 8.5. Влияние соседних переходов на форму сигнала чтения.

и длины перехода  $a$ . Длина перехода определяется взаимодействием соседних участков носителя и для заданного материала при горизонтальном методе записи ограничена снизу. Уменьшение толщины покрытия снижает амплитуду сигнала  $U_r$ . Толщина покрытия из материала на основе окислов железа составляет около 5 мкм, а на основе сплава Ni-Co — около 0,2-0,5 мкм; зазор в магнитопроводе составляет 0,2-5 мкм.

Важным параметром является расстояние от зазора головки до поверхности носителя. Если оно равно нулю, то реализуется **контактная запись**, характерная для МЛ и ГМД, когда основой магнитного носителя являются материалы, выполненные на полиэфирной или ацетатной основе. При контактной записи трение между носителем и МГ вызывает их износ и ограничивает допустимую скорость движения носителя. При использовании жестких дисков реализуют **бесконтактную запись**, при которой МГ находится на некотором расстоянии над поверхностью носителя. [Это расстояние для различных устройств составляет 0,2 — 5 мкм ].

Рассмотрим влияние на форму сигнала соседних переходов. На рис.8.5,а приведены формы сигналов, которые были бы получены при отсутствии влияния соседнего перехода (1 и 2), а также форма реального сигнала считывания (3), которая определяется суммой двух гауссовых импульсов противоположной полярности. Из рисунка видно, что наличие перехода противоположного направления приводит к уменьшению амплитуды сигнала и фазовому сдвигу. Еще более очевидно влияние соседних переходов для случая трех близлежащих переходов (рис.8.5,б). Взаимовлияние соседних переходов особенно сильно при высокой плотности и должно учитываться при построении схем записи и воспроизведения.

### 8.1.1.2. Вертикальная магнитная запись.

Для ориентации доменов в вертикальном направлении необходимо сформировать магнитный поток записи таким, чтобы он был перпендикулярен

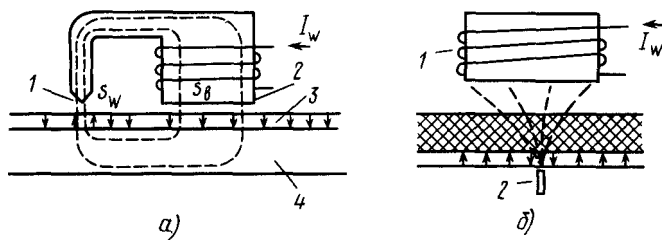


Рис. 8.6. Вертикальная магнитная запись.

поверхности носителя и направлению его перемещения. Кроме того, магнитный материал носителя должен обладать одноосевой магнитной анизотропией с осью легкого намагничивания, перпендикулярной плоскости носителя. В настоящее время наиболее употребительным является сплав кобальта и хрома. Для создания вертикального магнитного поля записи используются МГ различных конструкций. На рис.8.6,а показана МГ с узким рабочим 1 полюсом и широким полюсом замыкания 2. В качестве носителя информации при этом используется многослойная структура, включающая наружный запоминающий слой 3 и специальный железоникелевый слой замыкания 4. Под действием тока записи  $I_w$  в обмотке возникает магнитный поток, проходящий через запоминающий слой, где силовые линии вертикальны, и замыкающийся через слой замыкания, материал которого обладает высокой магнитной проницаемостью. Поскольку напряженность магнитного поля  $H = \Phi / S$ , где  $S$  — площадь сечения магнитопровода, то можно подобрать такое соотношение площадей записывающего полюса головки  $S_w$  и полюса замыкания  $S_b$ , чтобы при некотором постоянном значении тока записи  $I_w$  выполнялось условие:

$$H_b < H_c < H_w .$$

где  $H_b$  — напряженность магнитного поля в запоминающем слое под полюсом замыкания,  $H_c$  — коэрцитивная сила,  $H_w$  — напряженность магнитного поля в запоминающем слое под записывающим полюсом головки.

Под действием поля напряженности  $H_w$ , превышающей коэрцитивную силу, происходит вертикальная ориентация доменов в запоминающем слое; ориентация доменов под полюсом замыкания ( $H_b < H_c$ ) не изменяется.

Для упрощения структуры носителя используют МГ записи, состоящую из двух «разделенных» полюсов, расположенных по обе стороны носителя (рис.8.6,б). Записывающий полюс головки 2 расположен вблизи запоминающего слоя и имеет небольшую площадь сечения. С противоположной стороны носителя расположен вспомогательный полюс головки 1, имеющий большое сечение. Запоминающий слой наносят на немагнитную основу. Такая конструкция обеспечивает возможность записи только с одной стороны носителя, но позволяет перемещать лишь рабочий, записывающий полюс. Способ может быть использован в НГМД. Существуют и другие разновидности способов вертикальной магнитной записи.

### 8.1.1.3. Схемы записи и воспроизведения.

Чтобы создать магнитный поток МГ, в ее обмотке должен протекать ток  $I_w$  или  $-I_w$ , в процессе записи, а чтобы предотвратить разрушение записанной информации при хранении и считывании информации, ток записи должен отсутствовать. Этого можно добиться с помощью следующей схемы (рис.8.7,а). МГ записи имеет две обмотки  $w_1$  и  $w_2$ , включенные встречно. При наличии разрешающего

сигнала записи WR ток от источника через резистор R протекает по обмотке  $w_1$ , создавая магнитный поток и переводя носитель в одно из состояний намагниченности. Противоположное состояние намагниченности создается при протекании тока  $2I_w$  по обмотке  $w_2$ , при этом создаваемый результирующий магнитный поток имеет противоположное направление. Ток  $2I_w$  формируется усилителем записи при наличии сигнала разрешения записи и сигнала от схем кодирования. Алгоритм формирования сигнала зависит от принятых способов кодирования информации. Использование элементов с тремя состояниями позволяет уменьшить энергетические затраты и несколько повысить быстродействие, так как требует коммутации меньших токов (рис.8.7,6).

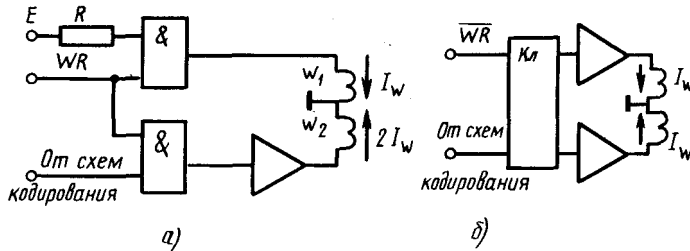


Рис. 8.7. Схемы записи.

Сигнал  $WR=0$  переводит схему в состояние большого выходного сопротивления, при этом ток в обмотках  $w_1$  и  $w_2$  отсутствует. При разрешении записи (т.е.  $WR=1$ ) ток записи  $I_w$  протекает от усилителей по одной из обмоток МГ в зависимости от сигнала, поступающего со схем кодирования. Значительно большие трудности возникают при воспроизведении, так как необходимо выделять слабые полезные сигналы (около 100 мкВ) на фоне помех и амплитудно-фазовых искажений. На рис.8.8 показан результат непосредственного усиления сигналов различной амплитуды. Длительность

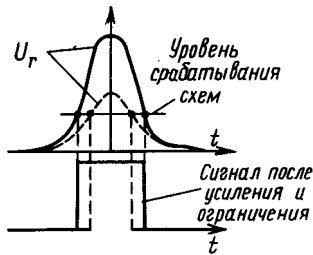


Рис. 8.8. Усиление сигналов различной амплитуды.

выходного сигнала после усиления и ограничения зависит от его амплитуды. Для устранения искажений, вызванных зависимостью длительности выходного сигнала от амплитуды сигнала воспроизведения  $U_r$ , используют метод пикового детектирования.

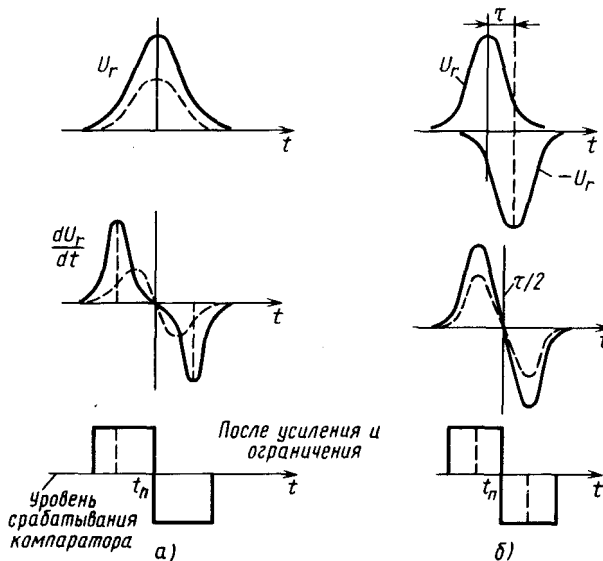


Рис. 8.9. Пиковое и фазовое детектирование.

Он может быть реализован путем дифференцирования сигнала воспроизведения (после

линейного усиления) с последующим выделением перехода через нулевой уровень посредством компаратора (рис.8.9,а). Момент времени  $t_n$ , соответствующий переходу сигнала через нулевой уровень, определяется фронтом выходного сигнала и не зависит практически от амплитуды сигнала воспроизведения при сравнительно невысоких плотностях записи. Этот фронт может использоваться в качестве стробирующего сигнала. При более высоких плотностях записи лучшими показателями обладает фазовое детектирование (рис.8.9,б). Сигнал воспроизведения  $Ur$  после линейного усиления инвертируется и задерживается на некоторую постоянную величину  $\tau$ . Затем прямой и задержанный сигналы складываются. Последующее усиление и ограничение сигнала позволяет выделить фронт  $t_n$ , который сдвинут относительно пика сигнала воспроизведения  $U$ , на постоянную величину  $\tau/2$ , не зависящую от амплитуды сигнала  $Ur$ .

### 8.1.2. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОПТИЧЕСКОЙ ЗАПИСИ.

Методы оптической записи на поверхности подвижного носителя основаны на способности некоторых материалов изменять отражательные свойства на участках, которые подвергались тепловому, магнитному или комбинированному воздействию. Преимущества оптической записи заключаются в потенциально высокой поверхностной плотности ( $10^6$ — $10^7$  бит/мм<sup>2</sup>, что на порядок выше плотности обычной магнитной записи), возможности получения высоких скоростей передачи данных, а также возможности использования дешевых способов получения копий хранимой информации. Однако многие методы оптической записи либо обеспечивают возможность только однократной записи, либо требуют сложных средств и больших затрат времени на реализацию селективного стирания.

Первоначально для оптической записи использовали свойство лазерного луча прожигать отверстие в тонком слое металла, нанесенного на стеклянный диск-подложку. На рис.8.10,а показано, что сфокусированный оптической системой (ФС) лазерный луч большой мощности от источника (И) прожигает отверстия в металлическом запоминающем слое (ЗС) носителя; прожженное отверстие является оптическим отпечатком, который может быть распознан с помощью лазерного луча считывания меньшей мощности и фотодетектора (рис.8.10,б). Отраженный световой луч считывания попадает на фотодетектор, и в зависимости от его интенсивности формируется электрический сигнал, соответствующий наличию или отсутствию отверстия-отпечатка. Этот метод обеспечивает однократную запись информации, а поэтому может использоваться только для постоянных ВЗУ. Запоминающий слой покрыт прозрачным предохранительным слоем (ПрС), и поэтому мелкие пылевые частицы не влияют на процессы записи-считывания, так как находятся не в фокусе лазерного луча.

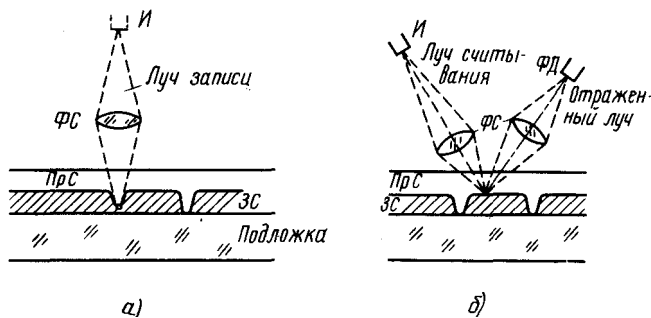


Рис. 8.10. Оптическая запись методом прожигания (а) и считывание информации лазерным лучом. (б).

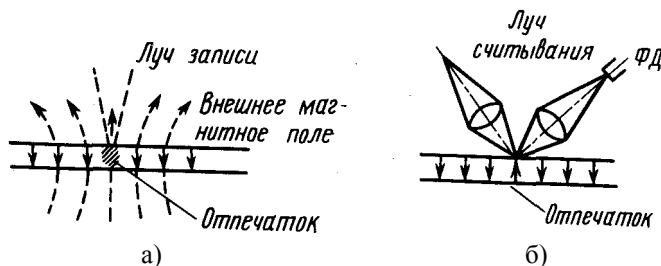


Рис 8.11. Запись и чтение магнитооптических дисков.

Изменение коэффициента отражения запоминающего слоя в местах записи можно обеспечить воздействием луча записи на промежуточный слой органического материала, расположенный непосредственно под тонким металлическим слоем. Локальный нагрев участков органического материала приводит к выделению газов и вспучиванию металлического слоя непосредственно в точке

нагрева. Участок вспучивания является отпечатком, детектируемым при считывании. Этим также достигается лишь однократная запись.

Возможность многократной записи и воспроизведения может быть достигнута использованием фазового перехода металлического покрытия из кристаллического состояния в аморфное и обратно. Эти переходы осуществляются при нагреве металлического слоя лазерным лучом до разных температур. При этом металл, остывая, переходит в аморфное состояние с низким коэффициентом отражения, или в кристаллическое с высоким показателем отражения.

Возможность многократной записи обеспечивается также при использовании магнитооптических носителей. Запоминающий слой выполняется из аморфной магнитной пленки (например, на основе сплава Tb-Fe-Co), которая при записи нагревается лучом лазера до температуры выше температуры точки Кюри. Под действием внешнего магнитного поля нагретые участки изменяют состояние намагниченности (рис.8.11,а) которое сохраняется и после охлаждения (рис.8.11, б). Для считывания информации на поверхность носителя направляется узкий пучок поляризованного света; намагниченные отпечатки изменяют угол поляризации и, таким образом, могут быть детектированы. Стирание информации производится аналогично записи, однако направление магнитного поля при этом должно быть противоположным.

## 8.2. Представление цифровой информации на носителе.

Рассмотрим способы, которые устанавливают соответствие отпечатков (переходов) на поверхности носителя значениям «0» и «1» записываемой цифровой информации; их принято называть способами записи. Наиболее распространенными являются способы записи без возврата к нулю (БВН), частотной (ЧМ) и фазовой (ФМ) модуляций, группового кодирования (ГК), модифицированной частотной (МЧМ) и фазовой (МФМ) модуляции.

При выборе способа записи необходимо учитывать возможность получения высокой плотности, помехоустойчивости и достоверности, сложность трактов записи и восстановления информации и ряд других факторов. *Трактом* (или *каналом*) записи-воспроизведения называют совокупность аппаратных средств, позволяющих при операциях записи получать отпечатки на носителе в соответствии с тем или иным способом записи и восстанавливать записанную кодовую последовательность при операциях чтения. При магнитной записи основными компонентами тракта записи-воспроизведения являются головки (записи и воспроизведения), усилители записи и воспроизведения, детекторы информационных и синхронизирующих сигналов, схемы управления записью и воспроизведением.

### 8.2.1. СПОСОБ ЗАПИСИ БЕЗ ВОЗВРАТА К НУЛЮ.

Проблемы, возникающие при восстановлении цифровой двоичной информации по отпечаткам на носителе, выявим на примере наиболее распространенной разновидности способа записи БВН с переключением потока по единицам (БВН-1), или модифицированного способа БВН (БВНМ).

При регистрации цифровой информации на магнитном носителе производится изменение направления тока записи  $I_w$  в обмотке МГ при записи «1». Таким образом, при записи каждой единицы магнитный поток в МГ изменяет направление на противоположное, т.е. происходит «переключение потока», и на поверхности носителя остаются отпечатки — переходы от одного направления намагниченности к противоположному. При записи «0» направление тока записи и, следовательно, состояние носителя не изменяются; таким образом, при записи «0» на поверхности носителя отпечатков не остается. В процессе считывания информации с носителя в МГ чтения индуцируются импульсы в моменты времени, когда под головкой оказываются переходы-отпечатки; эти импульсы соответствуют «единицам» в записанной цифровой последовательности. Диаграмма, показывающая изменение тока записи  $I_w$ , состояние носителя  $M$  и считываемого сигнала  $U_r$  приведена на рис.8.12,а. Отметим, что запись и считывание осуществляются при постоянной скорости перемещения носителя:  $L = V_n t$ . Это дает возможность на временной диаграмме отразить состояние носителя в зависимости от перемещения под МГ.

Поскольку при записи «0» на носителе отпечатка не оставалось, то для восстановления цифровой последовательности при чтении необходимо определить количество нулей, размещенных между каждыми двумя прочитанными отпечатками. Задачу можно решить путем организации синхронизации. Процесс записи разбивается на такты постоянной длительности; в каждом такте производится запись одной «1» или одного «0», причем при записи «1» на носителе образуется отпечаток, а при записи «0» — нет. При считывании границы тактов восстанавливаются. Если в рамках восстановленного такта с МГ чтения был получен импульс, то это соответствует «1» в цифровой последовательности, а если импульс в такте отсутствовал, то это соответствует «0».

Для восстановления тактов можно воспользоваться одним из следующих приемов:

1) при записи каждый такт отмечается отпечатком на служебной дорожке носителя. Тогда при чтении организуется одновременное считывание с информационной и служебной дорожек.

Совпадение сигналов с обеих дорожек свидетельствует о том, что в цифровой последовательности должна быть восстановлена «1», а наличие сигнала только с дорожки синхронизации — что должен быть восстановлен «0»;

2) при параллельной записи одновременно по нескольким дорожкам исходные комбинации «0» и «1», подлежащие записи в одном такте, преобразуются к таким комбинациям, которые содержат по меньшей мере одну «1» и, следовательно, в каждом такте по крайней мере на одной из дорожек оставляется отпечаток. Этот прием требует наличия дополнительной дорожки и обычно реализуется при записи с контролем по нечетности. При чтении каждый такт отмечается наличием сигнала с любой головки чтения; сигнал синхронизации формируется путем дизъюнкции сигналов от всех МГ чтения. Вследствие «перекоса» носителя возможно неодновременное считывание сигналов для каждого такта, что ограничивает возможности применения такой синхронизации при высокой продольной плотности записи;

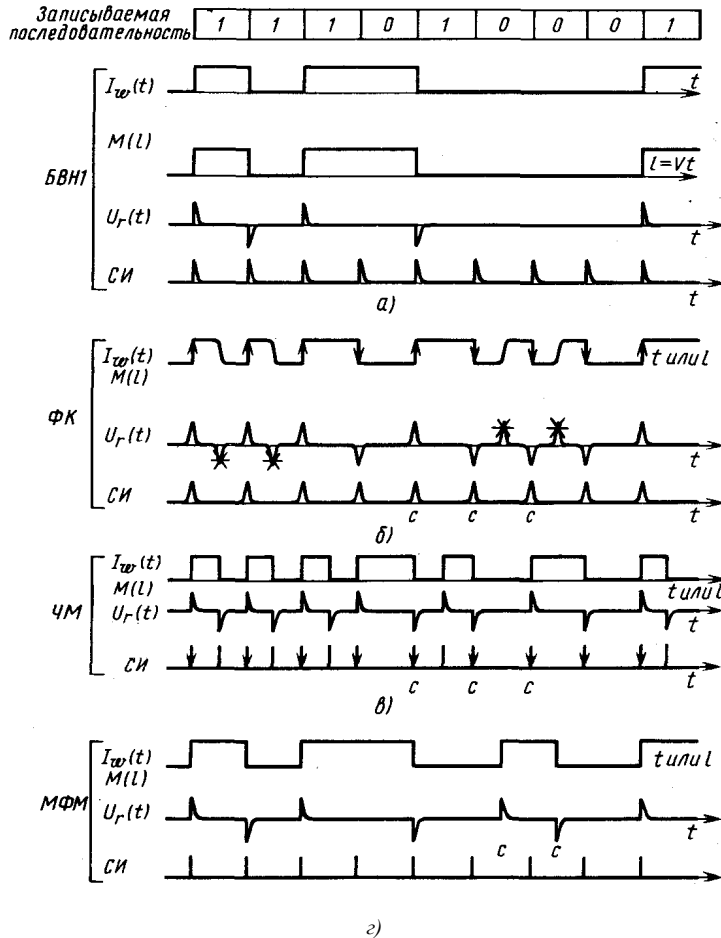


Рис. 8.12. Способы кодирования (модуляции) информации при записи на носителе.

3) используется автономный генератор сигналов синхронизации, частота которого  $F_{сн}$  определяется по формуле

$$F_{сн} = 10^3 \delta_l V_n, \quad (8.5)$$

где  $\delta_l$  — продольная плотность, бит/мм,  $V_n$  — скорость носителя, м/с. Вследствие того, что постоянство скорости носителя  $V_n$  может поддерживаться лишь в рамках определенных технических допусков, между моментами формирования сигналов синхронизации в автономно работающем генераторе и моментами считывания с носителя, соответствующими тактами записи, возникает временное рассогласование  $\Delta T$ , пропорциональное числу тактов  $N$  от момента запуска генератора

$$\Delta T = \frac{10^{-3} N \Delta V_n}{\delta_l V_n^2},$$

где  $\Delta V_n$  — непостоянство скорости перемещения носителя.

С целью уменьшения  $\Delta T$  генератор синхросигналов повторно запускается каждым детектированным сигналом при считывании информации с носителя, т.е. в случае записи способом БВН-1, каждой восстановленной единицей в числовой последовательности. Тогда последняя формула



преобразуется к виду

$$\Delta T = \frac{10^{-3} N_0 \bar{V}_n}{\delta_l L V_n^2}, \quad (8.6)$$

где  $N_0$  — максимальная длина последовательности нулей в исходной цифровой последовательности.

Формула (8.6) показывает, что допустимое рассогласование моментов времени считывания с сигналами синхронизации может быть достигнуто путем уменьшения непрерывных последовательностей нулей при записи. Если сигнал синхронизации можно выделить непосредственно из сигнала, получаемого при считывании информационных отпечатков на носителе, то такое свойство способа записи называют самосинхронизацией. БВН-1 не обладает свойством самосинхронизации.

### 8.2.2. СПОСОБЫ ГРУППОВОГО КОДИРОВАНИЯ (ГК).

Для ограничения максимальной длины непрерывной последовательности нулей при записи можно использовать принцип логического группового кодирования. Вся подлежащая записи на носителе цифровая последовательность разбивается на группы по  $m$  бит в каждой. Затем каждая группа из  $m$  бит заменяется промежуточной группой из  $(m+1)$  бит; на носитель осуществляется запись последовательностей промежуточных групп способом БВН-1. В процессе считывания по отпечаткам на носителе воспроизводится сигнал, соответствующий последовательности промежуточных групп. Затем выделяются промежуточные группы по  $(m+1)$  бит и каждая промежуточная группа декодируется, т.е. заменяется исходной группой из  $m$  бит. Варианты способов группового кодирования принято обозначать дробью  $m/(m+1)$ , в которой числитель указывает число бит в исходной, а знаменатель — число бит в промежуточной последовательностях. Наиболее известны способы ГК Габора (разновидность способа ГК 2/3), а также 4/5 и 8/9. Принцип ГК поясним на примере способа 2/3 (табл.8.1, режим 1).

Комбинации бит исходной последовательности заменяются такими комбинациями промежуточной последовательности, чтобы в них содержалось минимальное число нулей. Как видно из таблицы, исходные комбинации 11, 10, 01 заменяются на комбинации из трех бит добавлением единицы справа, а исходная комбинация 00 заменяется на одну из трехбитовых комбинаций 110 или 010. Ниже приведен пример исходной цифровой последовательности А, в которой максимальная длина непрерывной последовательности нулей составляет 7; а соответствующая ей промежуточная последовательность В, непосредственно записываемая на носитель, содержит не более двух нулей подряд:

А 10 11 00 00 00 01 01  
В 101 111 110 110 110 011 011

В способе ГК, предложенном Габором, используются два режима (I и II) соответствия исходных 2-битовых и промежуточных 3-битовых комбинаций (табл.8. режимы 1 и 2).

Таблица 8.1

Исходная комбинация	Промежуточная комбинация	
	Режим 1	Режим 2
01	011	111
10	101	101
11	111	111
00	110	101
	010	

Замена исходной последовательности на промежуточную при записи и восстановление при считывании выполняются по следующему правилу. Все 2-битовые исходные комбинации заменяются промежуточными 3-битовыми комбинациями режима 1 до тех пор, пока не встречается комбинация «00». Комбинация «00» заменяется на 3-битовую комбинацию «010», если в исходной последовательности следующая цифра (из следующей 2-битовой комбинации) представляет собой «1», и на комбинацию «110», если следующая цифра соответствует «0». Таким образом, в следующей 2-битовой комбинации необходимо закодировать с помощью 3-битовой промежуточной комбинации по существу лишь вторую цифру. Двухбитовая комбинация исходной последовательности, которая встречается вслед за комбинацией «00», заменяется на 3-битовую в режиме 2, после чего восстанавливается режим 1. При таком кодировании в промежуточной последовательности не может встретиться более двух нулей подряд.

Групповые коды 4/5 и 8/9 строятся по аналогичным правилам и позволяют в промежуточной

последовательности иметь не более двух нулей подряд. Естественно, поскольку промежуточные комбинации длиннее исходных, логическая плотность записи информации снижается соответственно в  $3/2$ ,  $5/4$  и  $9/8$  раза, но обеспечивается возможность синхронизации. Чем длиннее кодовая комбинация, тем меньше снижение логической плотности, но тем сложнее схемы кодирования и декодирования и жестче требования, предъявляемые к стабильности скорости перемещения носителя.

В описанных способах ГК минимальное расстояние между отпечатками на носителе соответствует одному тактовому интервалу (две смежные единицы в промежуточной последовательности). При высокой стабильности скорости перемещения носителя и том же минимальном расстоянии между отпечатками можно увеличить логическую плотность записи, сохранив свойство самосинхронизации. Для этого промежуточная последовательность должна иметь вид  $1X1X1\dots$ , где  $X$  — подпоследовательность нулей, включающая в себя не менее  $d$ , но не более  $k$  нулей. Такой групповой код называется  $dk$ -кодом а метод кодирования – RLL (Run Limited Length). Принцип его построения аналогичен описанному выше, однако число допустимых комбинаций промежуточной последовательности здесь меньше, поэтому  $dk$ -коды требуют замены исходной комбинации из  $m$  бит промежуточной комбинацией из  $(m+n)$  бит, где  $n>1$ . Наиболее распространен код 2,7 (RLL-2,7). При воспроизведении вместо  $X$  производится подстановка нулей, число которых пропорционально длительности интервала между детектированными отпечатками, соответствующим единицам.

Новое слово в технике записи и чтения информации с магнитных носителей — технология *PRML* (Partial Response Maximum Likelihood), пришедшая из области телекоммуникаций. Традиционная технология считывания использует аналоговые пиковые детекторы сигналов воспроизведения, сигналы которых декодируются схемами считывания. Однако повышение плотности хранения данных приводит и к усилению межбитных помех, в результате чего задача считывания усложняется. Технология *PRML* состоит из двух частей: *PR* (Partial Response) — оцифровка аналогового сигнала с головки и запись последовательности этих выборок в буфер. Для оцифровки больше всего подходит сигнал с магниторезистивной головки, поскольку его форма повторяет форму напряженности магнитного поля (а не производную, как в индуктивных головках). Следующий этап считывания предполагает цифровую фильтрацию записанного сигнала. Вторая часть аббревиатуры — *ML* (Maximum Likelihood) и означает, что принятые фрагменты трактуются как группы закодированных бит по максимальной схожести формы отклика. Современная техника цифровой обработки позволяет полностью выполнять декодирование *PRML* «на лету», обеспечивая скорость считывания даже выше, чем при аналоговом декодировании RLL.

Существует многочисленная группа способов записи, в которой регистрация и восстановление цифровой последовательности осуществляются по изменению фазы или частоты сигнала воспроизведения. Эти способы записи позволяют работать в условиях более низкого отношения сигнал-шум, т.е. обеспечивает возможность более высокой плотности записи, но требует более сложных схем записи и считывания, а также высокой стабильности скорости носителя. Наиболее распространенными в этой группе являются способы фазовой модуляции (ФМ), частотной модуляции (ЧМ), модифицированной фазовой модуляции (МФМ).

### **8.2.3. СПОСОБ ФАЗОВОЙ МОДУЛЯЦИИ ИЛИ КОДИРОВАНИЯ (ФМ ИЛИ ФК).**

В начале каждого такта записи в МГ производится переключение направления тока, а следовательно, и изменение намагниченности носителя, при этом для записи «1» полярность тока изменяется в одном направлении (например, от положительной к отрицательной, как показано на рис.8.12,б, а для записи «0» — в противоположном. При этом отпечатки «0» и «1» на носителе будут отличаться направлением изменения намагниченности носителя в местах, соответствующих началам тактов записи. Это позволяет при считывании восстанавливать как «0», так и «1», т.е. такой способ обладает свойством самосинхронизации.

Для записи последовательности одинаковых бит перед началом очередного такта записи ток в МГ должен быть переключен на противоположный. Это изменение тока оставляет на носителе ложные отпечатки, которые приводят к появлению «ложных» пиков в сигнале воспроизведения. Ложные пики появляются в моменты, соответствующие середине тактовых интервалов. Логические схемы тракта воспроизведения должны подавлять эти ложные сигналы, с этой целью они отличают моменты времени, соответствующие началам и серединам тактовых интервалов. Обычно это достигается предварительной «настройкой» схем тракта воспроизведения с помощью служебной последовательности (состоящей из фиксированного числа нулей или единиц), предшествующей информационной последовательности на носителе. Положительные импульсы (последовательность из нескольких единиц) служебной последовательности определяют моменты начала тактовых интервалов и устанавливают в исходное состояние времязадающие схемы тракта воспроизведения, после чего обеспечивается возможность нормальной работы тракта.

#### 8.2.4. СПОСОБ ЧАСТОТНОЙ МОДУЛЯЦИИ (ЧМ).

Этот способ иногда называют *двухчастотным*. При записи на магнитный носитель в начале тактового интервала производится переключение тока в обмотке МГ записи, что соответствует изменению направления намагниченности носителя. Переключения тока записи отмечают начала тактов записи и используются в тракте воспроизведения для формирования сигналов синхронизации. Таким образом, и этот способ обладает свойством самосинхронизации. Запись единиц и нулей производится в середине тактового интервала (рис.8.12,в), причем при наличии записи «1» в середине тактового интервала в обмотке записи производится инвертирование тока, а при записи «0»-направление тока остается неизменным и, следовательно, при записи «0» отпечатка на носителе не остается. Нетрудно видеть, что этот способ логически представляет собой способ ГК 1/2. При считывании логические схемы тракта записи определяют наличие сигнала произвольной полярности в моменты, определяющие середину тактовых интервалов; наличие сигнала в этот момент соответствует считыванию «1», а отсутствие — считыванию «0». Как и при способе ФМ, при способе ЧМ требуется предварительная настройка логических схем тракта воспроизведения на начала тактовых интервалов.

При записи способами ФМ и ЧМ отпечатки могут располагаться на расстояниях, соответствующих 1/2 длительности такта записи. Близкое расположение отпечатков ухудшает возможность распознавания сигналов. Поэтому в последнее время получают распространение способы, обладающие свойством самосинхронизации, но для которых отпечатки отстоят друг от друга на расстоянии, соответствующем одному такту и более. Эти способы, однако, требуют более сложных логических схем в трактах записи и воспроизведения.

#### 8.2.5. СПОСОБ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ФАЗОВОЙ МОДУЛЯЦИИ (МФМ).

Процесс записи и воспроизведения способом МФМ иллюстрируется рис.8.12,г. При записи «1» производится изменение направления тока в обмотке МГ в моменты, соответствующие началам тактовых интервалов. Для записи «0» необходимо сдвинуть фазу записи и производить переключение тока в обмотке записи в моменты, соответствующие серединам тактовых интервалов. Каждому изменению тока в МГ записи соответствует отпечаток на носителе, причем «1» соответствуют отпечатки в началах, а «0» — в середине тактовых интервалов; направление изменения намагниченности при этом значения не имеет. Отпечатки располагаются друг от друга на расстоянии, соответствующем длительности интервала записи  $T$  при записи непрерывных последовательностей одинаковых значений бит («0» или «1»); на расстоянии, соответствующем  $1,5T$  при переходе от «1» к «0»; на расстоянии, соответствующем  $0,5T$  при переходе от «0» к «1». Чтобы избежать интервала в  $0,5T$ , переключение тока в обмотке не производится для тех нулей последовательности, которые располагаются непосредственно перед единицами, например, в последовательности 001101011100. Нули, для которых на носителе отпечатки отсутствуют, подчеркнуты чертой. При такой записи расстояния между отпечатками на носителе соответствуют трем интервалам:  $T$ ,  $1,5T$ ,  $2T$ , поэтому рассматриваемый способ иногда называют трехинтервальным.

Логические схемы тракта воспроизведения, как и при ФМ и ЧМ, должны быть предварительно «настроены» на начало тактового интервала с использованием служебной последовательности. В дальнейшем эти схемы детектируют указанные интервалы между импульсами воспроизведения и восстанавливают исходную последовательность следующим образом:

— если схемы «настроены» на начало тактового интервала и выделен интервал  $T$  (импульс обнаружен в начале интервала), то текущему биту присваивается значение «1»; если выделен интервал  $1,5T$ , то текущему биту присваивается значение «0», а схемы тракта воспроизведения перестраиваются на середину тактового интервала; если выделен интервал  $2T$ , то формируются сразу значения двух бит «01»;

— если схемы «настроены» на середину тактового интервала и выделен интервал  $T$  (это соответствует импульсу в середине тактового интервала), то текущему биту присваивается значение «0»; если выделен интервал  $1,5T$ , то формируется значение сразу двух бит «01», а схемы тракта воспроизведения перестраиваются на начало тактового интервала.

Дополнительное уменьшение числа отпечатков на носителе (в частности для способа МФМ) достигается усложнением такта записи-воспроизведения.

Многочисленность используемых способов записи объясняется разнообразными требованиями, предъявляемыми к ним различными ВЗУ. В табл.8.2 приведены некоторые характеристики этих способов, а также устанавливаемые стандартом значения продольной плотности. Окно детектирования определяет тот интервал времени, в течение которого прием сигнала не приводит к искажению восстанавливаемой цифровой последовательности.

Рассмотренные способы записи (или кодирования) обеспечивают возможность регистрации кода

на носителе и его последующего восстановления при чтении в отсутствие помех; они могут применяться и в оптических ВЗУ. В реальных условиях для повышения достоверности данных используются специальные корректирующие коды. Подлежащая регистрации информация вначале кодируется с помощью корректирующего кода, затем этот код записывается на носитель тем или иным способом записи; при воспроизведении вначале восстанавливается корректирующий код и лишь затем — исходный. Выбор корректирующего кода определяется типом носителя, расположением информации на нем и наиболее вероятными ошибками.

Таблица 8.2

Характеристика	БВН-1	ГК4/5	ФМ	ЧМ	МФМ
Самосинхронизация	нет	имеет	имеет	имеет	имеет
Окно детектирования	0,5т	0,4т	0,25т	0,25т	0,88т
Отношение числа бит к числу переходов	0,5	0,82	1.5	1,5	1
Стандартная продольная плотность, бит/мм	8 и 32	246	63	160 128	160,128 425
Тип ВЗУ, где находит применение	НМЛ	НМЛ НГМД	НМД	НМД НГМД	НМД

### 8.3. Внешние запоминающие устройства на подвижном носителе с прямым доступом.

В ВЗУ на подвижном носителе с прямым доступом организовано безадресное хранение достаточно крупных квантов (блоков) информации, записываемых в виде последовательностей отпечатков на концентрических окружностях-дорожках. В группу ВЗУ с прямым доступом входят накопители, различающиеся типом носителя (оптический диск; жесткий магнитный или гибкий магнитный диск), числом головок записи-считывания (одна головка на каждую дорожку или на всю поверхность), способом размещения и структурой блоков на носителе, конструктивно-технологическими параметрами и т.п.

#### 8.3.1. ЛОГИЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИИ НА НОСИТЕЛЕ.

Структура блоков и способ размещения их на носителе называется *логической организацией информации*. Она должна обеспечивать минимальное время доступа при заданных конструктивных ограничениях, удобство доступа со стороны программ пользователя; высокую достоверность хранения информации. Логическая организация информации тесно связана с конструктивными особенностями накопителя. Для ВЗУ с прямым доступом характерна секторная и форматная запись.

Рассмотрим наиболее распространенный тип ВЗУ с прямым доступом — НМД с подвижными головками. На каждой поверхности дисков предусмотрена одна МГ. Перемещение всех МГ вдоль радиуса осуществляется одновременно с помощью позиционера (П)—рис.8.13.

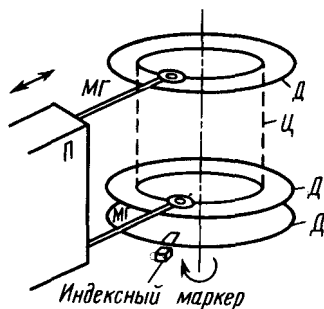


Рис. 8.13 Организация ВЗУ с прямым доступом.

Таким образом, одновременно доступна информация, находящаяся на различных поверхностях дисков (МД) пакета, но на одинаковых радиусах. Магнитные отпечатки, оставленные на поверхности диска при неизменном положении головки, образуют дорожку. Совокупность дорожек одного радиуса

на различных поверхностях пакета называется *цилиндром* (Ц).

Блоки информации располагаются вдоль дорожки и их можно пронумеровать таким образом, чтобы номер каждого блока состоял из трех частей: номера (или адреса) цилиндра С, номера поверхности или головки Н и порядкового номера блока В на дорожке. Совокупность номеров СН образует номер дорожки. Такая структура адреса блока отражает особенности доступа к информации в этом типе ВЗУ: все блоки одного цилиндра могут быть прочитаны без перемещения блока головок. Обычно цилиндры нумеруют последовательно, начиная с наружного, которому присваивается адрес С=000. Порядковый номер блока В на дорожке определяется относительно начала дорожки, которое отмечается индексным маркером. Обычно используется единственный индексный маркер для всех дорожек. Физически он выполняется в виде некоторой отметки (например, прорези на краю одного из дисков пакета), детектируемой аппаратными средствами ВЗУ. В дальнейшем для простоты будем рассматривать развертку кольцевой дорожки, начало которой совпадает с положением индексного маркера.

Наиболее простой организацией информации является *секторная запись*; при ней дорожки делятся на определенное число секторов фиксированной длины. Начало дорожек отмечается индексным маркером, отделяемым от первого сектора индексным «промежутком» (G1). В индексном промежутке записывается служебная последовательность фиксированного числа единиц и нулей, которая позволяет «настроить» схемы воспроизведения на начало тактового интервала записи и тем самым обеспечить правильную синхронизацию при воспроизведении информации. Сектора отделяются друг от друга межсекторными промежутками G3, в которых также записывается служебная последовательность единиц и нулей, поддерживающая синхронизацию схем воспроизведения. Каждый сектор состоит из двух полей—идентификатора ID и данных R (рис.8.14).

Поле идентификатора содержит адресный маркер (AM), отмечающий начальную цифровую позицию; адрес дорожки (С), номер сектора (S) и байт циклического контроля (CRC). Адрес дорожки и номер сектора позволяют проверить правильность завершения операции поиска сектора. Поле данных начинается с маркера данных (DM), отличающего первую цифровую позицию поля, затем размещаются собственно данные (запись пользователя фиксированной длины R) и байты циклического контроля. Поля идентификатора и данных разделяются промежутком G2. Недостаток секторной записи — невозможность эффективного использования сектора, если длина поля данных отличается от длины записи пользователя. Поэтому секторную запись наиболее часто используют в ВЗУ на гибких дисках, где основным требованием является простота реализации схем а также в накопителях на жестких дисках типа «винчестер».

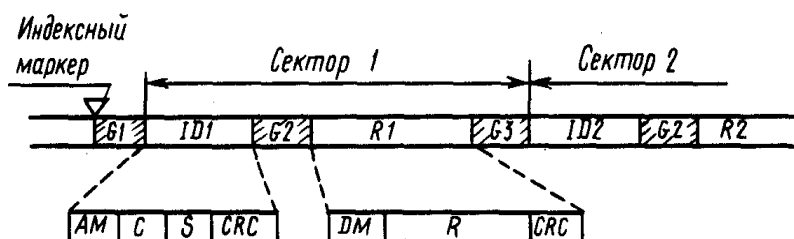


Рис.8.14 Структура секторной записи.

В ранее наиболее распространенном формате при использовании способа ЧМ длины информационных полей и промежутков следующие:

- G1 — 20 байт (8x16 единиц и 8x4 нулей);
- ID — 5 байт (1 байт адресного маркера, 1 байт адреса дорожки, 1 байт номера сектора, 2 байта циклического контроля);
- G2 — 10 байт (8x6 единиц и 8x4 нулей);
- R — 131 байт (1 байт маркера данных, 128 байт данные и 2 байта циклического контроля);
- G3 — 21 байт (8x17 единиц и 8x4 нулей).

Для этого формата при полном заполнении полей данных, т.е. при совпадении длины записей пользователя с длиной полей данных секторов, данные могут занимать до 75% длины сектора; остальные 25% используются для служебной информации, которая необходима для управления процессами поиска, записи, считывания, а также для контроля и повышения достоверности считываемой информации. Конкретные форматы полей и промежутков определяются стандартами ISO 5654 (при использовании ЧМ) и 7065 (при использовании MFM).

Для дисков IBM (способ записи MFM) существует стандартный формат дорожки, который в документации называется IBM System 34 Format. По этому стандарту каждая дорожка состоит из записей трех типов: *начало дорожки*; *сектор на дорожке*; *конец дорожки*.

На отформатированной дорожке содержится по одной записи начала и конца дорожки, а также одна или несколько записей секторов, как это показано на рис. 8.15.

Начало дорожки содержит следующие поля:

GAP4A - промежуток, записываемый контроллером при форматировании дорожки. Содержит 80

байт заполненных значением 4Eh;

SYNC - промежуток, записываемый контроллером при форматировании дорожки. Содержит 12 байт заполненных значением 00h;

IAM - адресный маркер начала дорожки, записываемый контроллером при форматировании дорожки. Содержит три байта, заполненных значением C2h со специальным нарушением последовательности бит синхронизации, и байт со значением FCh; •

GAP1 - промежуток, записываемый контроллером при форматировании дорожки. Содержит 50 байт, заполненных значением 4Eh. .

Запись сектора на дорожке включает такие поля:

SYNC - промежуток, записываемый контроллером при форматировании дорожки. Содержит 12 байт, заполненных значением 00h;

IDAM - адресный маркер идентификатора сектора, записываемый контроллером при форматировании дорожки. Содержит три байта со значением A1h и специальным нарушением последовательности бит синхронизации, а также значение FEh - признак маркера идентификатора;

CYL - номер цилиндра (один байт). Записывается при , форматировании дорожки;

HEAD - номер головки (дорожки). Занимает один байт и записывается при форматировании дорожки;

SEC - номер сектора (один байт). Записывается при форматировании дорожки;

NO - код размера сектора (один байт). Записывается при форматировании дорожки и определяет размер поля данных в секторе. Длина поля данных определяется по формуле  $128 \cdot 2^{NO}$ ;

CRC1 - контрольная сумма идентификатора сектора (два байта);

GAP2 - промежуток, записываемый контроллером при форматировании дорожки. Содержит 22 байта, заполненных значением 4Eh;

DATA AM - адресный маркер данных. Записывается контроллером при форматировании дорожки или при записи данных. Содержит три байта, заполненных шестнадцатеричным значением A1h со специальным нарушением последовательности бит синхронизации и значение FBh (обычные данные) или F8h (стертые данные);

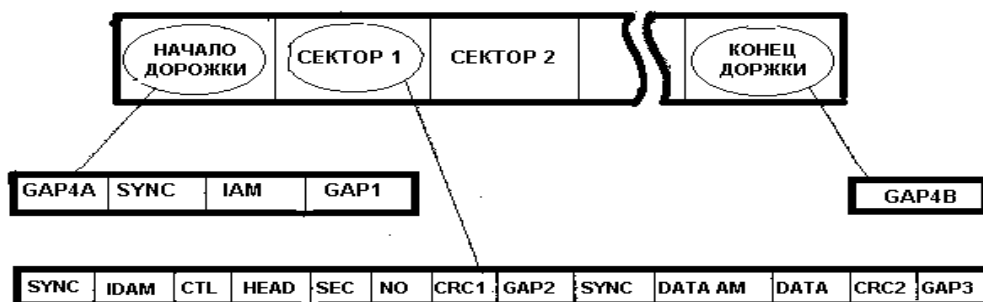


Рис. 8.15. Формат дорожки гибкого диска PC/AT.

DATA - поле данных. Длина поля определяется параметром NO, как описано выше;

CRC2 - контрольная сумма данных (два байта).

GAP3 - промежуток, записываемый при форматировании дорожки. Длина промежутка задается в операции форматирования.

Конец дорожки представляет собой единственное поле GAP4B - промежуток, записываемый контроллером при форматировании дорожки. Содержит значения 4Eh. Длина поля определяется остатком дорожки до индексного маркера.

В IBM PC приняты стандартные параметры формата дискет, приведенные в таблице 8.3. Значение GAP3 и количество секторов приводится в десятичном формате.

Таблица 8.3. Стандартные параметры формата дискет

Тип дискеты	Размер сектора	GAP3	Секторов на дорожке
5.25"/360	NO-2 (512)	80	9
5.25"/1.2	NO-2 (512)	84	15
3.5"/720	NO-2 (512)	80	9
3.5"/1.44	NO-2 (512)	108	18

Для ВЗУ со сменными пакетами или модулями жестких дисков в качестве основного способа организации информации была выбрана **форматная запись**. При этой записи длины полей данных

могли быть переменными, а сведения о форматах записывались на носителе одновременно с записью данных. Рассмотрим один из вариантов форматной организации информации (рис.8.16).

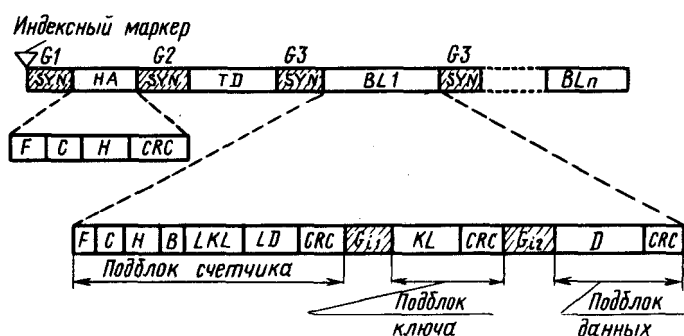


Рис.8.16. Структура форматной записи.

Сигнал с детектора индексного маркера отмечает начало всех дорожек пакета. На каждой дорожке расположены блоки трех типов: блок собственного адреса (НА), блок описателя дорожки (ТД) и блоки данных (ВЛ). Все блоки разделены между собой межблочными промежутками (G); блок НА отделен от индексного маркера начальным промежутком (G1). Промежуток представляет собой служебную последовательность символов строго определенной длины, которая служит для настройки схем синхронизации на первую цифровую позицию следующего блока и является границей блока. Блок собственного адреса НА имеет фиксированный формат, обычно он включает в себя байт указателей состояния и режима использования дорожки F, два байта адреса цилиндра С и два байта номера поверхности Н пакета, а также строго фиксированное число байт символов контроля CRC. Наличие блока собственного адреса позволяет осуществлять проверку правильности завершения операции поиска дорожки. Кроме того, указатели в поле F этого блока определяют, может ли быть использована данная дорожка. Все дорожки на каждой поверхности делятся на основные и запасные. Так, например, в пакете дисков ЕС 5261 емкостью 29 Мбайт общее число дорожек на каждой рабочей поверхности составляло 203, из которых 200 являлись основными, а 3 — запасными. Если на дорожке не обеспечивалась надежная запись и воспроизведение информации, то дорожка считалась дефектной и помечалась указателем дефектной дорожки.

Форматы остальных блоков дорожки могут быть переменными и определяются управляющей информацией, размещаемой в подблоке счетчика. Помимо подблока счетчика в каждый блок входят подблок ключа KL и подблок данных D. Подблоки внутри блока разделены внутриблочными промежутками, в которых записываются служебные последовательности для синхронизации работы схем при воспроизведении. Подблок счетчика каждого блока имеет фиксированный формат и содержит указатели F, байты адреса блока C, H и B, байт длины подблока ключа LKL, два байта длины подблока данных LD и байты символов контроля CRC. Блок описателя дорожки не содержит подблока ключа, поэтому в подблоке счетчика в поле длины ключа находятся «0». В поле F повторяются указатели состояния дорожки из поля F блока НА. В случае, если дорожка является основной и исправной, то в полях адреса цилиндра C и поверхности H во всех блоках (TD и BL) повторяется собственный адрес дорожки. Если дорожка является основной, но дефектной, то в поле адреса блока описания дорожки указывается адрес запасной дорожки, которая должна использоваться вместо основной.

На запасной дорожке в блоке НА указывается собственный адрес запасной дорожки, а в адресных полях C и H остальных блоков — адрес основной дорожки, вместо которой используется данная запасная. Длина и содержание поля данных блока TD зависят от используемых системных программ управления вводом-выводом. В частности, подблок данных описателя дорожки TD может содержать номер последнего занятого блока на данной дорожке, длину свободного участка на дорожке (в байтах) и т.д. Во время операции записи содержимое этих байт обновляется, отражая текущее состояние дорожки.

Собственно данные располагаются в блоках данных ВЛ, при этом длины подблока ключа KL и подблока данных DB определяются в подблоке счетчика для каждого блока ВЛ индивидуально. Рассматриваемая логическая организация информации обеспечивает возможность использования пакетов с несколькими дефектными дорожками, позволяет достаточно эффективно использовать поверхность носителя для запоминания логических записей различных длин, обеспечивает высокую достоверность за счет циклического контроля, а также предоставляет возможность для организации поиска по адресу, ключу и данным. Описанная организация информации в различных НМД отличается структурой и длиной служебных синхронизирующих последовательностей, числом байт для символов контроля, отсутствием подблока ключа (и, соответственно, его описания в подблоке счетчика), а также наличием некоторых дополнительных управляющих полей.

### 8.3.2. ФОРМАТИРОВАНИЕ.

Для организации прямого доступа в режиме записи, т.е. для того, чтобы иметь возможность писать данные в произвольный сектор или блок, необходимо предварительно осуществить «разметку» каждой дорожки, отметив на ней начала всех блоков и полей. Такая разметка называется форматированием. При форматировании происходит создание и запись фиктивных блоков, длина и формат которых точно соответствует длине и формату реальных блоков, создаваемых и записываемых на носителе в процессе выполнения программ пользователя. Фиктивные блоки при форматировании записываются на носитель последовательно. Каждый фиктивный блок в подблоке счетчика содержит собственный адрес, длину ключа и данных аналогично реальному блоку; в подблоке ключа поле KL заполняется единицами; это указывает на то, что блок фиктивный; поле D подблока данных заполняется кодами символа NUL (пусто), число которых соответствует длине данных реального блока. Таким образом, после окончания форматирования все дорожки оказываются разбитыми на фиктивные блоки, отличие которых от реальных состоит в том, что поля ключа содержат единицы, а поля данных — коды NUL.

При форматной записи в процессе форматирования записывается только блок собственного адреса на каждой дорожке, однако при этом заполнение дорожки записями может быть только последовательным.

Для дисковых накопителей, используемых в персональных ЭВМ типа IBM PC/AT можно выделить два вида форматирования: *физическое или низкоуровневое и логическое или высокоуровневое форматирование.*

**Низкоуровневое форматирование дисков** — LLF (Low Level Formatting) — это процедура создания структуры секторов диска, которая для каждого накопителя (или сменного носителя) должна быть выполнена перед его использованием в качестве устройства хранения данных. Процедура сводится к тому, что каждый трек (дорожка) диска размечается и верифицируется. При разметке трека на нем формируются заголовки секторов, а в поля данных записывается какой-либо код-заполнитель. Отформатировать трек можно только целиком — за одну операцию должны быть записаны все его секторы. В процессе верификации делается попытка считывания каждого сектора, и если при считывании обнаруживается устойчивая ошибка, сектор в заголовке помечается как дефектный. Во время форматирования жестких дисков формируется структура пакета дисков со всеми чередованиями (интерливингом), смещениями и прочими тонкостями. Для гибких дисков низкоуровневое форматирование является составной частью процесса общего форматирования, выполняемого утилитой FORMAT или ей подобными.

Форматирование жестких дисков ATA и SCSI, у которых контроллер совмещен с накопителем, выполняется только изготовителем с помощью специальных программных средств, учитывающих эти тонкости. Их форматирование утилитами, не предназначенными для данной конкретной модели, выполнять недопустимо поскольку в этом случае отношение их контроллеров к команде низкоуровневого форматирования трека может быть различным:

- команда форматирования может не поддерживаться и отвергаться, как недопустимая;
  - контроллер «сделает вид», что форматирование выполнено успешно, но фактического форматирования — переразметки секторов — выполнять не будет;
  - форматирование будет выполняться, но при этом факторы смещения могут и не учитываться.
- Результатом этой команды может стать если и не потеря работоспособности накопителя, то снижение скорости передачи данных даже в несколько раз.

Низкоуровневое форматирование, выполняемое пользователем с помощью обычных утилит, допустимо лишь для накопителей с внешним контроллером, к которым относятся накопители на гибких дисках и винчестеры с интерфейсами ST-506/412 и ESDI. Для них периодическое форматирование даже полезно, поскольку их системы позиционирования головок разомкнутые (нет сервоповерхностей) и со временем уходят от начального положения треков. Форматирование позволяет переписать заголовки секторов на новом положении, а также «освежить» их на магнитном носителе. По причине ухода параметров разомкнутой системы, форматирование следует производить в установившемся тепловом режиме накопителя и носителя, по возможности при той окружающей температуре, в которой будет производиться эксплуатация. При переформатировании могут быть «восстановлены в правах» и дефектные секторы, если они появились в процессе эксплуатации. Пытаться «оживлять» секторы, отмеченные как дефектные изготовителем (их видимость на таких накопителях допустима), бесперспективно. Еще один положительный эффект форматирования накопителей с «тихоходными» контроллерами интерфейсов ST-506/412 и ESDI обусловлен их чувствительностью к коэффициенту чередования (интерливингу). Форматирующая программа способна найти экспериментальным путем оптимальное значение фактора чередования для конкретного накопителя в данной системе, что может повысить его производительность.

**Высокоуровневое форматирование.** Для жестких дисков типа «винчестер» логическое



форматирование производится после низкоуровневого форматирования и разбиения физического диска на разделы утилитой типа FDISK. При этом каждый раздел (логический диск) форматируется отдельно. Для этого используются утилиты типа FORMAT. При логическом форматировании формируется системная область диска и область данных в соответствии с требованиями файловой системы конкретной операционной системы. В системной области выделяется место для размещения загрузочной записи, таблицы размещения файлов (FAT), корневого каталога и другой системной информации.

Для гибких дисков логическое форматирование является составной частью процесса общего форматирования, выполняемого утилитой FORMAT или ей подобными.

### 8.3.3. ОСНОВНЫЕ ОПЕРАЦИИ.

Основными операциями ВЗУ с прямым доступом является поиск, чтение и запись. На выполнение этих операций влияют многие факторы — метод доступа, организация информации на носителе, организация обмена, конструктивные особенности накопителя и его контроллера. Рассмотрим типовые последовательности действий при выполнении этих операций.

**Поиск в ВЗУ с прямым доступом.** Операция поиска требуемого блока (сектора) информации в ВЗУ с прямым доступом может выполняться по адресу, ключу или определенным полям подблоков ключа и данных. Эта операция производится в два этапа:

- 1) ЦП осуществляет поиск «поисковых признаков» блока и передает их в контроллер;
- 2) по поисковым признакам выполняется поиск нужного блока на носителе ВЗУ.

При необходимости прочитать (записать) некоторую запись R из ВЗУ в ОП центральный процессор выполняет системную программу доступа (ПД), которая просматривает специальную справочную таблицу, устанавливающую соответствие между логическими поисковыми признаками записи и поисковыми признаками, характеризующими физическое расположение блока на носителе. Структура такой таблицы определяется логической организацией метода доступа, например, в качестве логического поискового признака записи может использоваться ее имя, а в качестве физического поискового признака блока на носителе — полный (цилиндр+дорожка+блок) или частичный (цилиндр или цилиндр+дорожка) адрес блока. Подобная системная таблица ведется для каждого файла и называется каталогом. Поскольку каталог содержит только поисковые признаки блоков, то его объем сравнительно невелик, а реализуемый средствами ЦП поиск этих признаков не требует больших затрат времени.

Поиск нужного блока информации выполняется непосредственно в ВЗУ, причем за два пол-этапа — поиск цилиндра (иногда дорожки), поиск блока на цилиндре (или дорожке).

При *поиске по адресу* в контроллер ВЗУ из ЦП посредством КВВ или программы-драйвера передается номер цилиндра С, который направляется в качестве приказа в цифровую систему позиционирования головок. После завершения позиционирования и получения подтверждения об этом в контроллер могут быть переданы следующие поисковые признаки, т.е. номер дорожки Н и блока на дорожке ВL. Получив адрес блока Н-ВL, контроллер детектирует индексный маркер, считывает содержимое подблока счетчика и сравнивает его с полученным от машины значением Н—ВL. Процесс считывания содержимого подблока счетчика выполняется последовательно для каждого блока в пределах одной дорожки (т.е. при фиксированных значениях С и Н) или одного цилиндра (при фиксированном значении С). Блок считается найденным, если содержимое его подблока счетчика совпало с заданным значением адреса поиска ВL. Контроллер сообщает системе о завершении поиска, после чего в него должна быть передана управляющая информация для операций чтения или записи блока. Управляющая информация должна быть получена контроллером за время прохождения под магнитной или оптической головкой промежутка G<sub>in</sub> (рис.8.16), разделяющего подблоки счетчика и данных на носителе.

При *поиске по ключу* после установки головок на заданный цилиндр и получения сигнала индексного маркера производится последовательное сравнение содержимого полей ключа блоков со значением ключа, переданного в контроллер из центральной части машины. В ЕС ЭВМ в адресном поле КСК (с кодом операции поиска по ключу «поиск К») указывается начальный адрес области основной памяти, где хранится ключ. Длина ключа определяется содержимым поля счетчика КСК «поиск К». Ключ может быть произвольной длины, поэтому он передается в контроллер последовательно побайтно, а программа КВВ использует циклы.

При поиске по ключу можно реализовать следующие условия завершения поиска: «равно», «больше» или «не меньше». Блок считается найденным, если содержимое его подблока ключа при сравнении с заданным ключом удовлетворяет условию завершения поиска. Поиск по ключу может производиться на дорожке или цилиндре.

Поиск *по ключу и данным* осуществляется аналогично, однако вначале задаются поля, по которым будет производиться поиск, остальные поля маскируются. Все действия осуществляются также под управлением канальной программы или программы драйвера.

Время поиска блока информации на дорожке (цилиндре) — величина случайная и может

изменяться от 0 до  $T$ , где  $T$  — период оборота шпинделя. При многократных обращениях время поиска можно считать статистически равномерно распределенным с математическим ожиданием  $T/2$ ; это время и принимают за среднее время ожидания.

**Операция чтения** выполняется после успешного завершения операции поиска. При чтении содержимое блока (сектора) переписывается в область ОП, адреса которой могут формироваться аппаратными средствами КВВ или контроллера ПДП, или программно. Чтение данных производится для текущего или следующего за идентифицированным блока. Предусматривается возможность считывания не только данных, но и содержимого подблоков ключа и счетчика, которое используется системными программами для определения состояния носителя и выполнения различных функций управления. В процессе операции чтения образуются байты циклического контроля CRC, которые сравниваются с байтами контроля, записанными в каждой области при предшествующей операции записи.

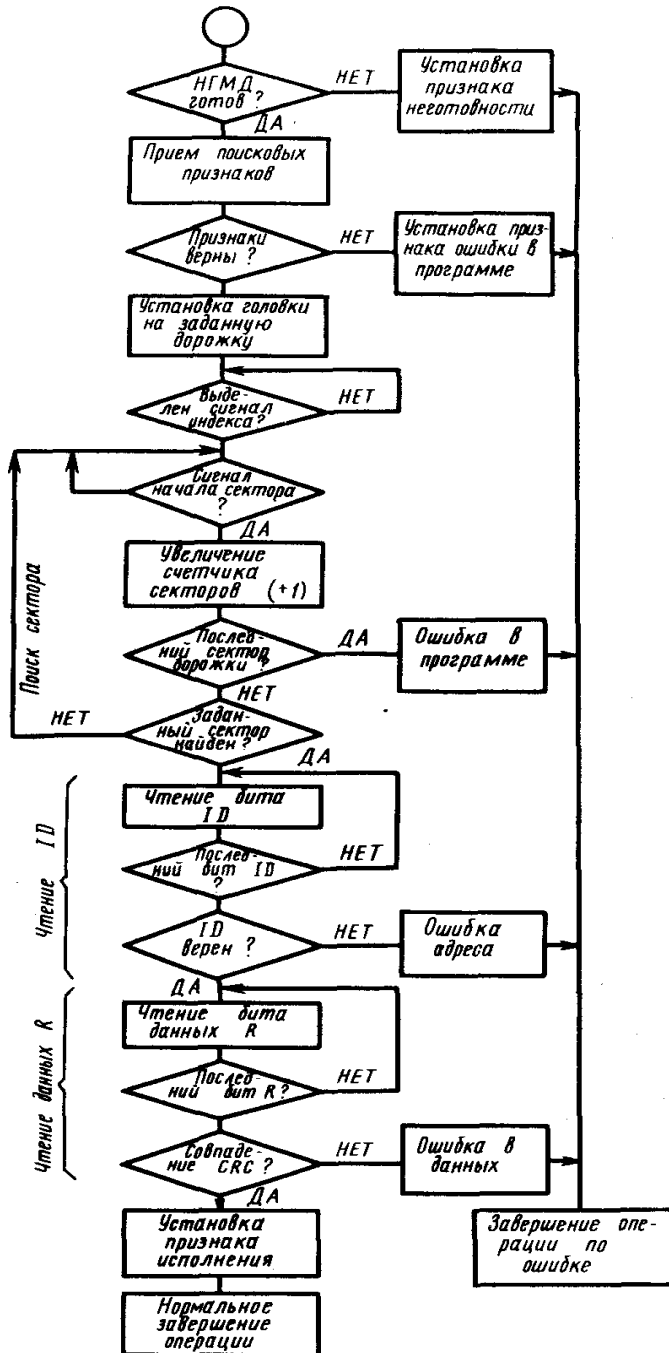


Рис. 8.17. Алгоритм операций и чтения содержимого сектора в НГМД.

Несовпадение значений CRC означает наличие ошибки и операция прекращается. Система в некоторых случаях может попытаться исправить ошибку путем повторения операции чтения. При операции чтения может возникнуть состояние перегрузки КВВ или контроллера ПДП, когда они не

успевают передавать данные со скоростью считывания их в ВЗУ. При обнаружении перегрузки операция прекращается немедленно; ликвидировать состояние перегрузки удается отключением других абонентов ОП, т.е. ЦП или КВВ, не участвующих в данной операции.

**Операция записи** выполняется также после успешного завершения поиска и служит для передачи данных из ОП и регистрации их на носителе ВЗУ. Операции записи можно разделить на две группы:

1) для инициирования дорожек и блоков, т.е. для предварительной разметки дорожек и подготовки их к заполнению записями. К этой группе относятся запись адреса дорожки, запись описателя дорожки, запись счетчиков ключей и данных для создания адресного маркера, разметка областей счетчика, ключа и данных;

2) для заполнения ранее сформатированных полей дорожки данными. К этой группе относятся операции записи данных и ключа.

В процессе операции записи данных при частичном заполнении поля данных в свободную часть поля записываются нули; если объем подлежащих записи данных превышает размер соответствующего поля, то формируется сигнал ошибки. В процессе записи для каждого подблока вычисляются значения байтов циклического контроля CRC, которые записываются на носитель.

ВЗУ на магнитных и оптических дисках имеют развитую систему приказов. Так, для управления ВЗУ с прямым доступом в ЕС ЭВМ предусматривается до 40 различных кодов операций в системе команд КВВ. Для управления операциями в ВЗУ мини- и микроЭВМ в контроллерах предусматриваются несколько многорежимных регистров, назначение которых определяется содержанием определенных разрядов регистров команд и состояния. В IBM PC/AT контроллер гибких дисков I8272 может выполнять до 15 многобайтовых команд.

На рис.8.17 приведен алгоритм, отражающий последовательность действий при поиске и чтении содержимого сектора в НГМД. Они включают в себя: получение поисковых признаков из ОП, проверка их на допустимость, последовательное обновление содержимого счетчика секторов при поступлении очередного сигнала маркера начала сектора, сравнение содержимого этого счетчика с заданным поисковым значением и проверка правильности читаемой с носителя информации путем сравнения CRC. Все указанные на схеме алгоритма действия выполняются БИС контроллера НГМД.

При выполнении операций возможно возникновение ошибок трех основных типов:

*Ошибки при записи* могут быть выявлены путем считывания записанной информации при следующем обороте диска и сравнения ее с исходной. При обнаружении несовпадения записанной и считанной информации выполняется повторная запись. Если при заранее установленном числе попыток повторной записи не достигается правильного считывания, то дорожка (или сектор) признаются дефектными. Номер дефектной дорожки заносится в таблицу дефектных секторов, используемую системными программами при определении поисковых признаков. Системная программа не формирует в качестве поисковых признаков адреса дефектных дорожек (секторов).

*Ошибки при чтении* могут быть вызваны двумя причинами — отказами и сбоями. Если ошибка при чтении вызвана сбоем, то она автоматически исправляется при повторном чтении. (Наличие ошибки определяется по несовпадению CRC). Если ошибка при повторных попытках чтения не устраняется, то это означает, что она вызвана отказом. Такую ошибку можно исправить при использовании корректирующих кодов, в остальных случаях ошибка неисправима.

*Ошибки поиска* обнаруживаются при несовпадении заданного адреса дорожки (сектора) и прочитанного из поля идентификатора ID после завершения операции поиска в накопителе. Эти ошибки иногда устраняются при повторной процедуре поиска.

### 8.3.4. СТРУКТУРНЫЕ СХЕМЫ НМД.

Наиболее распространенными являются накопители со сменными пакетами или модулями, жесткие диски типа «винчестер» а также НГМД, в которых для записи-считывания используется по одной головке на каждой запоминающей поверхности. Для обеспечения доступа к нужной дорожке (цилиндру) головки механически перемещаются и фиксируются на заданном расстоянии от оси вращения дисков. Такие накопители называют *накопителями с подвижными головками*.

Накопители, в которых используется по одной головке для каждой дорожки, обеспечивают существенный выигрыш во времени доступа, однако обладают сложной конструкцией и обычно не допускают смены носителя. Примерами таких накопителей могут служить накопители на магнитном барабане и на магнитных дисках с фиксированными головками.

Несмотря на значительное различие характеристик и многообразии конструктивно-технологических решений для всех накопителей с подвижными головками характерна структура, приведенная на рис.8.18.

Основными узлами являются: узел привода шпинделя, включающий в себя двигатель с механизмами передачи вращения (ДвШ), датчик скорости (ДС) и схемы поддержания постоянства скорости (СУпрСк) вращения; узел позиционирования головок, включающий в себя датчик-преобразователь перемещения блока головок в цифровой код (ППК), двигатель и привод перемещения

головок (ДВГ) и цифровую следящую систему (ЦСС); тракт записи-считывания (З/Сч); узел контроля (К), центрального управления (ЦУ), а также интерфейсный узел (БСИ).

*Узел центрального управления* накопителем осуществляет выделение различных типов промежутков, формирует сигналы синхронизации, анализирует служебную информацию и организует поиск по различным поисковым признакам. *Узел контроля* осуществляет контроль считываемой информации сравнением символов CRC. *Узел позиционирования головок* осуществляет установку (перемещение) головок на заданный цилиндр и устойчивое удержание их в этом положении. *Интерфейсный узел* принимает и передает данные и управляющую информацию в соответствии с требованиями конкретного интерфейса.

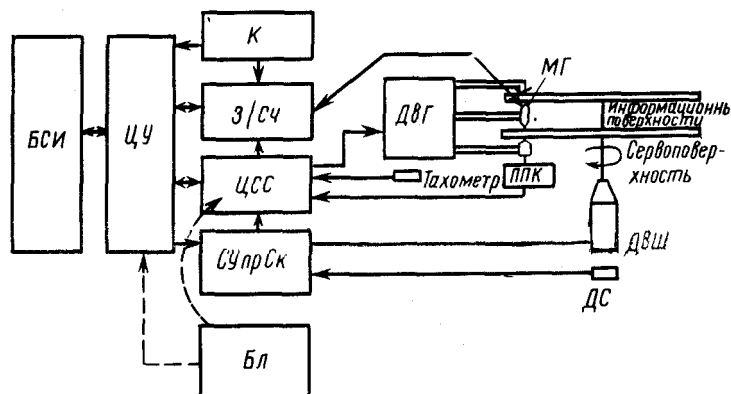


Рис. 8.18. Структура НМД с подвижными головками.

На схеме показан также *узел блокировок* (Бл), на который поступают сигналы от датчиков, характеризующих состояние крышек и дверей, скорость двигателя вращения шпинделя, падение напряжения сети, установку пакета и т.д., и в зависимости от этих сигналов он запрещает определенные действия в ЦУ. Например, при открытой крышке запрещено перемещение блока головок, чтобы предотвратить их возможное повреждение. В некоторых накопителях предусматриваются дополнительные узлы, например, узел щеток для механической очистки поверхностей дисков, компрессор для создания избыточного давления в зоне дисков, фильтры и т.п.

*Узел привода шпинделя* обеспечивает вращение дисков с постоянной скоростью. Для НМД со сменными пакетами вращение шпинделя осуществляется обычно от автономного двигателя посредством ременной передачи. Скорость вращения шпинделя для различных НМД составляет 1000-3600 об/мин. В накопителях со сменными модулями и НМД типа «винчестер» используется встроенный в шпиндель двигатель, что позволяет резко уменьшить размеры устройства и довести в современных устройствах скорость вращения до 10000 об/мин. Вращение гибкого диска в ранних версиях дисководов производилось через «пасик» от отдельного двигателя. В современных версиях НГМД вращение гибкого диска осуществляется плоским двигателем с импульсной системой стабилизации скорости вращения, который совмещен со шпинделем.

*Узел позиционирования головок* служит для установки головок на заданный цилиндр и фиксации их в этом положении на время операций чтения и записи. От характера привода, точности его изготовления и работы зависит такой важный параметр, как поперечная плотность записи, а следовательно, и общее число дорожек на одной поверхности.

При низкой поперечной плотности (до 4 дорожек/мм) используют разомкнутую систему позиционирования и жесткую фиксацию головок на выбранной дорожке. В накопителях со сменными пакетами перемещение блока МГ осуществляется посредством линейного электродвигателя со следующей фиксацией блока головок. В НГМД система позиционирования упрощается за счет применения шагового двигателя (ШД), который не только перемещает головку на нужную дорожку, но и фиксирует ее в этом положении. ШД связан с блоком головок посредством винтовой передачи. В такой системе позиционирования скорость перемещения МГ невелика, что приводит к увеличению времени поиска.

При повышенной поперечной плотности (8—18 дорожек/мм и выше) характерной для НМД со сменными пакетами емкостью (100-300 Мбайт) и со сменными модулями используют различные варианты замкнутой системы позиционирования с обратной связью по положению. В таких системах перемещение головок может быть возвратно-поступательным вдоль радиуса диска (рис.8.19) либо качательным по дуге окружности, пересекающей рабочую зону диска. При возвратно-поступательном перемещении головок используют линейные двигатели ЛДв, при качательном движении по дуге — поворотные или солиноидные двигатели.

Для обеспечения обратной связи по положению блока МГ относительно оси вращения дисков на одной из поверхностей пакета предварительно записывают специальные служебные дорожки. Сигнал

с этих дорожек, называемых также *серводорожками*, считывается управляющей МГ. Если сигнал серводорожки равен нулю, то это соответствует положению, при котором информационные МГ позиционированы на заданный цилиндр. При смещении блока МГ к оси вращения пакета или от нее в МГ сервоповерхности наводится ЭДС, фаза которого используется как сигнал отклонения положения головок от заданного цилиндра в ту или иную сторону.

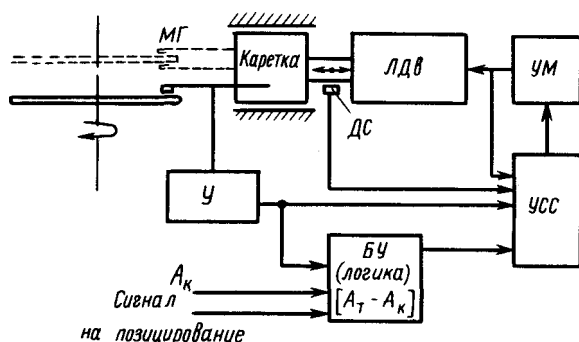


Рис. 8.19. Привод с линейным перемещением головок.

Позиционирование выполняется за два этапа: грубое и точное. Грубое позиционирование (которое, в свою очередь, может выполняться за несколько подэтапов, различающихся скоростью перемещения каретки) осуществляется по сигналам от устройства управления (БУ). Исходной управляющей информацией при этом является разность текущего и заданного адресов цилиндров. По достижении блоком МГ заданного цилиндра система переходит в режим точного позиционирования, т.е. удержания блока МГ на заданном цилиндре. Сигнал «удержания» блока головок поступает от МГ, установленной над сервоповерхностью через усилитель У. Как отмечалось, каждая информационная дорожка хранит собственный адрес, что дает возможность реализовать и информационную обратную связь, т.е. сравнить адрес найденного цилиндра с заданным в начале поиска.

Задаваемый конечный адрес цилиндра  $A_{ц.к}$  поступает в блок управления из КВВ, после чего формируется сигнал разрешения позиционирования. В блоке управления имеется счетчик текущего адреса цилиндра  $A_{ц.т}$ , содержимое его соответствует адресу цилиндра, на который установлен блок МГ. При поступлении разрешения позиционирования разность  $(A_{ц.т} - A_{ц.к})$  преобразуется в напряжение постоянного тока и подается на усилитель следящей системы (УСС), сигнал которого через усилитель мощности (УМ) управляет двигателем перемещения каретки. При переходе через каждую синхродорожку сигнал с головки синхроповерхности используется для уменьшения или увеличения на «1» текущего адреса цилиндра. Таким образом, по достижении заданного цилиндра с адресом  $A_{ц.к}$  разность становится равной нулю.

При высокой поперечной плотности записи было чрезвычайно сложно обеспечить совместимость сменных пакетов и блоков головок, установленных в различных НМД, так как при этом требовалась очень высокая точность относительного положения головок. Во многих случаях добиться такой точности путем регулировки было или невозможно, или экономически невыгодно. Поэтому были созданы накопители со сменными магнитными модулями (НММ), которые часто называют винчестерскими. Каждый модуль помимо пакета дисков содержит индивидуальный блок МГ, а также индивидуальные блоки привода МГ и шпинделя; это позволяет резко снизить требования к регулировке положения МГ относительно оси шпинделя и существенно повысить поперечную плотность записи. Совместимость сменных модулей обеспечивается на уровне электрических сигналов. Размещение в одном модуле пакета дисков, блоков головок, привода головок и шпинделя позволило выполнить такой модуль герметичным. Сменные модули не требуют обслуживания со стороны пользователя. Этим объясняется их широкое распространение, особенно в ПЭВМ.

*Узел головок.* В НМД со сменными пакетами применяют так называемую бесконтактную запись, при которой МГ записи/считывания не касается поверхности магнитного покрытия. Для устойчивой работы схем записи-считывания необходимо обеспечить постоянство магнитной отдачи МГ, которая, в свою очередь, определяется расстоянием между головкой и носителем. Для увеличения амплитуды полезного сигнала и уменьшения помех это расстояние должно быть весьма малым. В НМД со сменными носителями оно составляло несколько микрометров. Обеспечить такое малое расстояние между МГ и носителем можно было только с помощью «плавающих» головок. МГ помещались в корпус, выполняющий функции аэродинамического крыла. Корпус головки устанавливался в подвесе, представляющем собой плоскую пружину. При работе НМД пружина подвеса прижимала головку к поверхности носителя с усилием  $F_{np}$ , однако из-за вращения диска создавалась аэродинамическая подъемная сила  $F_x$ , отталкивающая головку от поверхности.

При постоянной скорости вращения дисков сила  $F_x$  убывала с увеличением расстояния  $d$  между головкой и носителем, а сила прижатия пружины оставалась постоянной, поэтому МГ «авто-

матически» устанавливалась в точке равновесия, т.е. на постоянном расстоянии  $d$  от поверхности диска. Поскольку это расстояние сильно зависит от скорости вращения дисков, то во избежание повреждений МГ и поверхности в НМД предусматривались меры блокировки, которые позволяли удалять МГ из рабочей зоны при снижении скорости вращения ниже установленного предела.

В первых винчестерских накопителях со сменными модулями на магнитный запоминающий слой наносили дополнительный графитовый или силиконовый слой «твердой» смазки, по которому скользила МГ. В современных винчестерских накопителях используются плавающие головки, которые удерживаются над поверхностью диска на расстоянии долей микрона за счет аэродинамических сил.

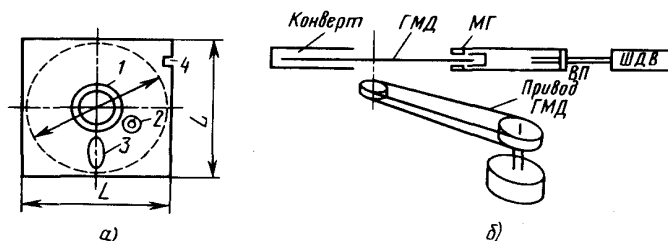


Рис. 8.20. Гибкий диск (а) и схема привода НГМД (б).

В НГМД применяется контактная запись, при которой МГ касается поверхности носителя. Возможность контактной записи объясняется существенно меньшей скоростью вращения гибкого диска (300-600об/мин), меньшим радиусом, а также эластичным характером основы диска. Гибкий диск располагается в специальном неразъемном конверте (рис.8.20,а), в котором предусмотрены специальные отверстия для соединения диска со шпинделем 1, метки индексного маркера 2, перемещения головок записи-чтения по поверхности диска 3 и защиты записи 4. Все размеры диска и конверта стандартизируются. Наиболее распространены ГМД, диаметром 133 мм (5,25") и 89 мм (3,5"), соответственно  $L=140$  и 95 мм при толщине конверта 1,6 мм и диска — 0,12 мм. На рис.8.20,б показана схема привода ГМД и перемещения головок, позиционирование которых выполняется как указывалось выше, посредством ШД и винтовой передачи (ВП).

### Контрольные вопросы

1. Почему память ЭВМ имеет иерархическую структуру? Охарактеризуйте каждый уровень.
1. Чем отличается вертикальная и горизонтальная магнитная запись? Каковы особенности оптической записи?
1. Охарактеризуйте способы записи (БВН-1, ФК, ЧМ, МФМ, ГК) и опишите алгоритмы восстановления информации по отпечаткам на носителе.
1. Как организована информация в ВЗУ с прямым доступом? Что такое форматирование диска? Как производится поиск по адресу? По ключу?
1. Составьте структурную схему НМД и охарактеризуйте ее блоки.

Методы магнитной записи изложены в [1,33,32], логическая организация информации и конструкции отдельных узлов — в [1,8,34,35], тракты записи-воспроизведения — в [37,33]. Оптическим ЗУ посвящены [8,9,36].

В разделе использованы материалы из [1,2,8].

### 8.3.5. ДИСКОВЫЕ НАКОПИТЕЛИ ПЕРСОНАЛЬНЫХ КОМПЬЮТЕРОВ.

Классификация накопителей информации, применяемых в РС, схематично представлена на рис. 8.21.

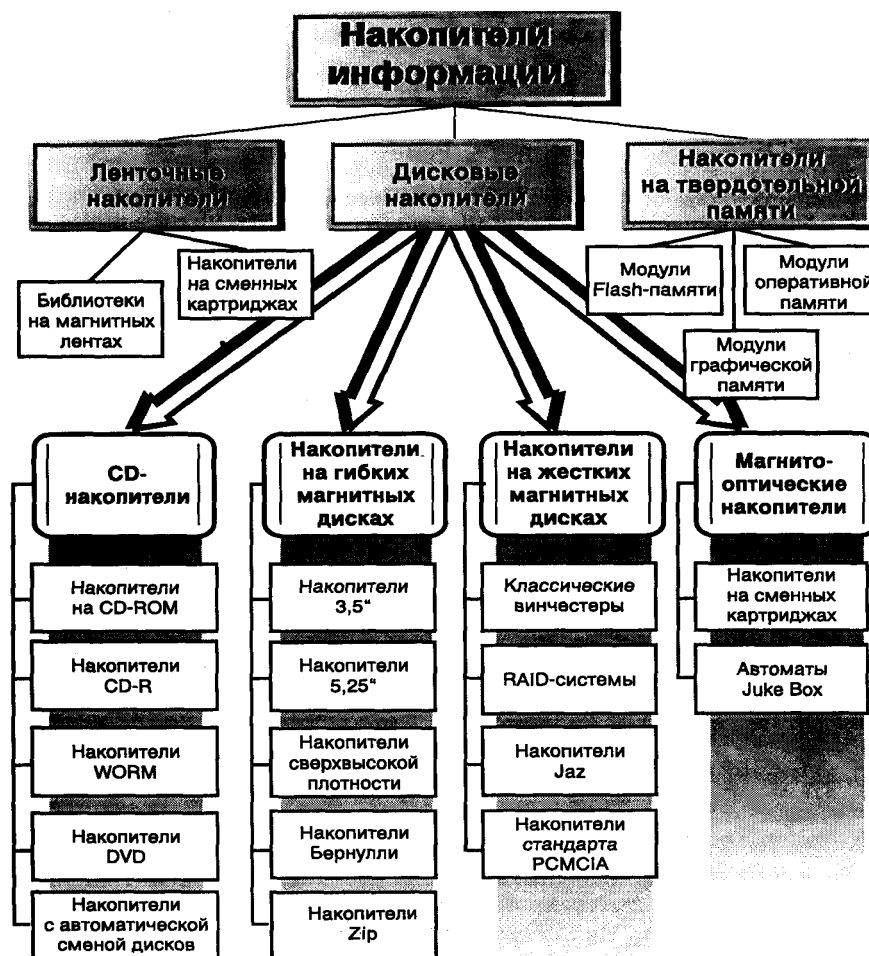


Рис. 8.21. Классификация накопителей информации

#### 8.3.5.1. Накопители на гибких магнитных дисках.

История создания накопителей на гибких магнитных дисках (ГМД) неразрывно связана с именем Алана Шугарта, который в 1967 г. возглавил исследовательскую группу лаборатории фирмы IBM в г. Сан-Хосе (штат Калифорния). Первый гибкий магнитный диск имел диаметр 8" и размещался в защитном чехле с чистящим внутренним покрытием. Емкость такого диска — 1 Мбайт. Начиная с 1971 г., к разработке и выпуску накопителей на ГМД приступили и другие фирмы, что привело к выпуску дисков различных размеров — от 2 до 12 дюймов, однако стандартами на десятилетия стали ГМД 8; 5,25 и 3,5".

В 1973 г. А. Шугарт с группой коллег основал фирму Shugart Associates по разработке и производству накопителей на ГМД. Созданный этой фирмой интерфейс стал основой всех разработанных впоследствии дисководов. С 1976 г. начался серийный выпуск дисководов формата 5,25", который вскоре стал новым стандартом, заменив собой прежние 8-дюймовые модели, хотя еще в течение нескольких лет происходила борьба производителей ГМД за иные размеры дисков, совместимых друг с другом. Более 50 моделей ГМД различных информационных форматов использовались производителями в то или иное время. Следует отметить, что А. Шугарт оказал большое влияние на развитие всей индустрии накопителей на гибких и жестких дисках.

Хотя на гибком диске 5,25" можно было хранить меньше информации (первоначально 360 Кбайт), чем на 8-дюймовом, его дисковод меньше, что позволило выпустить персональные компьютеры меньших размеров. С 1984 г. начался серийный выпуск ГМД с высокой плотностью записи (объемом 1,2 Мбайт).

В начале 80-х годов для портативных компьютеров типа Macintosh фирмы Apple потребовались гибкие диски меньшего размера. Это привело к переходу на использование дисков 3,5". Такой размер был первоначально предложен фирмой Sony в 1981 г. и вскоре стал стандартом. В 1986 г. фирма IBM начала выпуск ГМД 3,5" емкостью 720 Кбайт, а в 1987 г. многие фирмы-производители начали выпуск

ГМД 3,5" емкостью 1,44 Мбайт. Новые диски емкостью 2,88 Мбайт были разработаны фирмой Toshiba в конце 1989 г., а с 1991 г. фирмы Sony, Mitsubishi, Panasonic также выпускают накопители этого формата.

### 8.3.5.1.1. Гибкие магнитные диски 5,25"

Накопители на гибких магнитных дисках, или дискетах, являются сложными высокоточными устройствами. Дискета состоит из двух частей: собственно магнитного *диска* и защитного конверта, в который этот диск помещен. Рассмотрим устройство дискеты 5,25" (133мм). Магнитный диск выполнен из эластичного пружинящего пластика, покрытого слоем ферромагнитного материала. Защитный пластиковый конверт, выполненный в форме квадрата, покрыт внутри антифрикционным материалом (нетканым сукном.) Он предохраняет поверхность магнитного диска от механических повреждений и загрязнения, фиксирует его в дисковом и уменьшает биения при вращении.

Большое отверстие в центре оболочки предназначено для ступицы дисководов (рис. 8.22). Оно дает возможность механизму дисководов фиксировать диск и вращать его без прокручивания. Поперечный и продольный люфты диска в своей оболочке позволяют точно отцентрировать его на ступице. Зажим ступицы имеет форму усеченного конуса, меньший диаметр которого на 1/16 дюйма отличается от диаметра основания, благодаря чему производится посадочная фиксация магнитного диска.

Посадочная область диска наиболее подвержена износу. Она коробится и рвется, если вращение диска начинается без предварительной его фиксации. Чтобы предотвратить такие последствия и укрепить центральную часть диска, используются защитные кольца. По мере совершенствования технологических процессов изготовления магнитных дисков, фирмы-производители отказывались от защитных колец.

Меньшее отверстие в оболочке гибкого диска (расположенное на рисунке справа от центрального отверстия) предназначено для механической идентификации дискового пространства. Это отверстие необходимо для корректного определения начала дорожек и секторов диска. В первых моделях ГМД имелось несколько таких отверстий: по одному на каждый сектор и одно на определение начала дорожек. Диски такой конструкции называются дисками с жесткими секторами потому, что позиционирование информационных секторов производится с помощью аппаратных средств. В гибких магнитных дисках IBM PC такая схема идентификации не применяется. Вместо этого используются информационные идентификаторы секторов, записываемые на магнитное покрытие. Такие диски называются *дисками с гибкими секторами* и содержат только одно отверстие, идентифицирующее начало дорожки (индексное отверстие). Дисковые накопители, рассчитанные на работу с ними, могут работать и с дисками с жесткими секторами. Обратное, однако, невозможно.

Большое овальное отверстие в конверте предназначено для доступа к дисковой поверхности головок чтения/записи.

Два небольших выреза, расположенных по краю конверта, предназначены для предотвращения его деформации и снятия статического заряда. Наконец, на одной из сторон имеется паз защиты от записи: если он закрыт, то запись на диск невозможна. Восьмидюймовые диски также имели паз защиты от записи, но, запись на диск была невозможна, если он открыт.

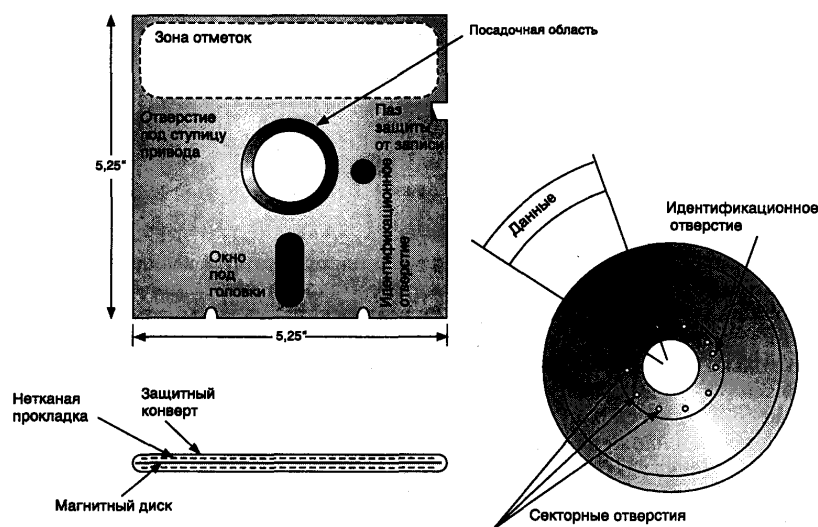


Рис. 8.22. Гибкий магнитный диск 5,25"

Иногда можно встретить гибкие диски без паза защиты от записи, т. е. они изначально защищены от записи и применяются для хранения оригинальных копий и программ.

Имеется два основных типа дисков 5,25": емкостью 360 Кбайт для компьютеров PC XT и



емкостью 1,2 Мбайт. В настоящее время накопители на гибких дисках 5,25" практически не применяются.

#### 8.3.5.1.2. Гибкие магнитные диски 3,5".

Конструкция трехдюймовой дискеты имеет несколько преимуществ по сравнению с пятидюймовой. У трехдюймовой дискеты конверт жесткий (рис. 8.23), он лишь слегка гнется и хорошо защищает магнитный диск.



Рис. 8.23. Гибкий магнитный диск 3,5".

В отличие от пятидюймовой дискеты, в конверте которой имеется большой открытый вырез для доступа головок чтения/записи, у трехдюймовой он закрыт металлической или пластиковой задвижкой, что предотвращает попадание пыли на рабочую поверхность диска. Она открывается автоматически только тогда, когда дискета вставлена в дисковод. Один угол дискеты срезан так, что диск запускается только тогда, когда он правильно вставлен в дисковод. Это служит защитой от некорректной установки. Трехдюймовая дискета снабжена отверстием со скользящей пластиковой задвижкой. Если задвижка закрывает отверстие, то возможно чтение, запись и форматирование дискеты, если нет — дискета защищена от записи.

Хотя площадь рабочей поверхности трехдюймовой дискеты в два раза меньше, чем пятидюймовой, на ней можно хранить больше информации — 1,44 или 2,88 Мбайт. Это является результатом использования улучшенного магнитного покрытия и более точных конструктивных составляющих (рис. 8.24).

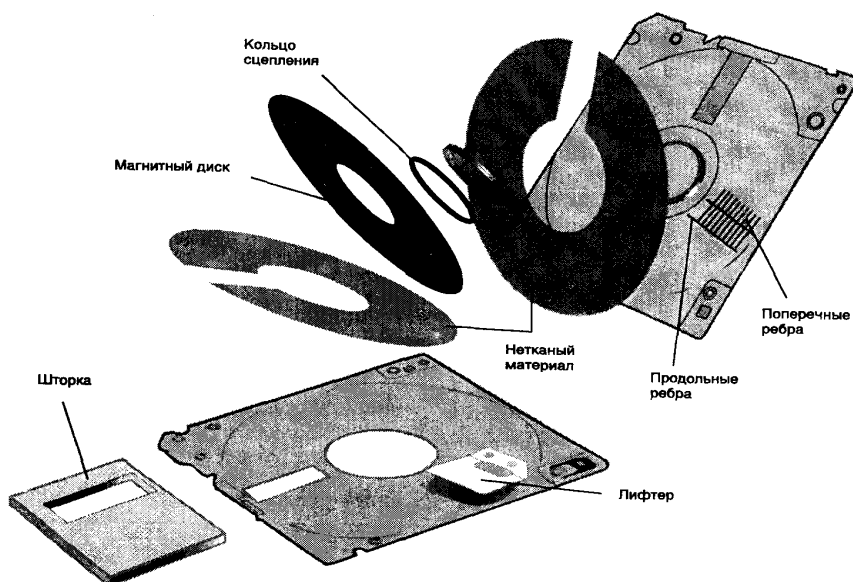


Рис. 8.24. Внутреннее устройство гибкого магнитного диска 3,5"

Проблема повышения износостойкости центрального кольца магнитного диска была решена путем использования металлического кольца. В трехдюймовых дискетах плотность записи достигает 135 дорожек на дюйм (на практике обычно 80). Почти во всех современных компьютерах применяются ГМД 3,5 дюйма, рассчитанные на хранение 1,44 Мбайт данных. Однако в старых РС

иногда применяются диски емкостью 720 Кбайт (стандарт DD - двойной плотности). Диски высокой плотности (HD), используемые в PS/2, позволяют увеличить плотность записи на каждой дорожке в два раза (18 секторов на дорожку), благодаря чему объем хранимой информации увеличивается до 1,44 Мбайт. Дискеты стандарта QD — учетверенной плотности — не нашли широкого применения. На диске HD в углу имеется небольшое квадратное отверстие, свидетельствующее о том что это диск высокой плотности (см. рис. 8.23).

Кроме того, существуют трехдюймовые дискеты со сверхвысокой плотностью записи (стандарт ED), обеспечивающие хранение информации до 2,88 Мбайт (36 секторов на дорожку). Основу их магнитного слоя составляет феррит бария, а само покрытие более толстое, чем у дисков других стандартов. Это позволяет использовать метод вертикальной записи, при котором магнитные домены оказываются ориентированными в вертикальной а не в горизонтальной плоскости. Располагаются они при этом более компактно, обеспечивая более высокую плотность записи.

Сравнительные характеристики ГМД наиболее распространенных стандартов (а также некоторых устаревших) приведены в табл. 8.4

Таблица 8.4. Параметры гибких магнитных дисков

Параметр	Современный формат		Устаревший формат					
	3,5	3,5	3,5	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25
Диаметр диска, дюйм	3,5	3,5	3,5	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25
Емкость, Кбайт	2880 ED	1440 HD	720 DD	1200 HD	360 DD	320 DD	180 DD	160 DD
Количество рабочих сторон	2	2	2	2	2	2	1	1
Количество дорожек на каждой стороне	80	80	80	80	40	40	40	40
Количество секторов на дорожке	36	18	9	15	9	8	9	8
Размер сектора, байт	512	512	512	512	512	512	512	512
Количество секторов в кластере	2	1	2	1	2	2	1	1
Общее количество секторов на дискете	5760	2880	1440	2400	720	640	360	320
Ширина дорожки, мм	0,115	0,115	0,115	0,115	0,3	0,3	0,33	0,3
Основа магнитного слоя	FeBa	FeCo	FeCo	FeCo	Fe	Fe	Fe	Fe
Коэрцитивная сила, Э	750	720	600	600	300	-	-	-
Толщина магнитного слоя, мкм	2,5	1	1,75	1,25	2,5	-	-	-

### 8.3.5.1.3. Состояние и перспективы совершенствования накопителей на гибких магнитных дисках.

Удобство в обращении с 3- и 5-дюймовыми дискетами высокой плотности записи (1,44 и 1,2 Мбайт соответственно), надежность хранения на них информации подтверждены временем. Конкуренция между производителями идет, как правило, в области технологических усовершенствований, касающихся прежде всего магнитного покрытия диска. Например, фирма Verbatim для повышения сохранности магнитного слоя покрывает поверхность диска тефлоном. Он выполняет также роль твердой смазки и при вынужденном соприкосновении поверхности диска с магнитной головкой уменьшает его повреждения. Диски, изготовленные по технологии XT фирмы Sony, покрываются магнитным веществом в три слоя. Такое покрытие обеспечивает более равномерное распределение магнитного вещества по рабочей поверхности и повышает сохранность информации (при повреждении одного-двух магнитных слоев сохраняется возможность корректного считывания данных).

Фирма 3М выпускает диски со слоем защитного бактерицидного материала, который предохраняет их от образования плесени при эксплуатации во влажном климате.

Производители дискет совершенствуют также защитный конверт, применяя дополнительные ребра жесткости для равномерного распределения нагрузок по всему корпусу дискеты. На рис. 8.25 представлена предлагаемая фирмой Sony конструкция дискеты. Для обеспечения большей механической прочности самого носителя в дискетах фирмы Sony между подложкой и магнитным слоем имеется специальный усилительный слой (*reinforcing layer*). С внутренней стороны на одной половине корпуса дискеты прикреплен лифтер (*lifter*), или подъемник. На другой половине, напротив лифтера, расположена система ребер. Такая конструкция обеспечивает очистку носителя информации от пыли.

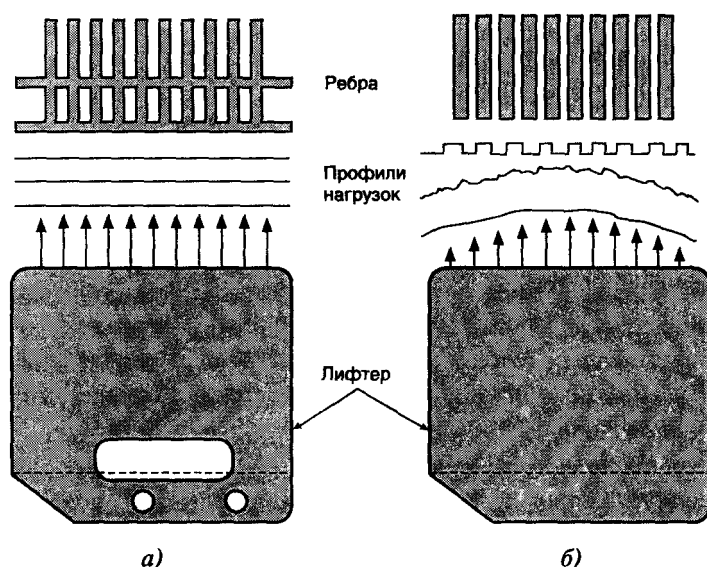


Рис. 8.25. Система равномерной нагрузки на магнитный диск фирмы Sony: а—с поперечными и продольными ребрами, б — только с продольными

Ведется поиск новых, мало электризующихся пластиков. На рис. 8.26 представлено конструктивное исполнение дискеты типа «Вездеход» фирмы ЗМ, в которой применены различные технологические новинки.

Другим направлением совершенствования дискет является снижение энергозатрат на работу дисководов. Это особенно важно в компьютерах Notebook, для которых проблема энергоснабжения стоит особенно остро. Так, дискеты, изготовленные по технологии ХТ, экономят до 20% энергии.

По прогнозам отдельных зарубежных фирм, а также специалистов отечественного рынка, область применения гибких дисков будет неуклонно сужаться, следовательно будут снижаться и объемы их продаж. Основными причинами этого являются: тенденция размещения дистрибутивов программ на компакт-дисках, размещение архивов на других магнитных носителях (стримерах, внешних дисках), внедрение локальных вычислительных сетей.

По прогнозам специалистов, на смену существующим гибким магнитным дискам придут дискеты сверхвысокой плотности (*флоттические диски*) емкостью до 21 Мбайт и выше. Свидетельством этому является появление и широкое использование магнитооптических дисков, разработанных фирмами Verbatim и Fujitsu .

Мировой пик продаж дискет 3,5 и 5,25" пришелся на 1993 г. (продано дискет на сумму около 1800 млн. USD). В последующем объем продаж уменьшался в среднем на 3 — 4% ежегодно.

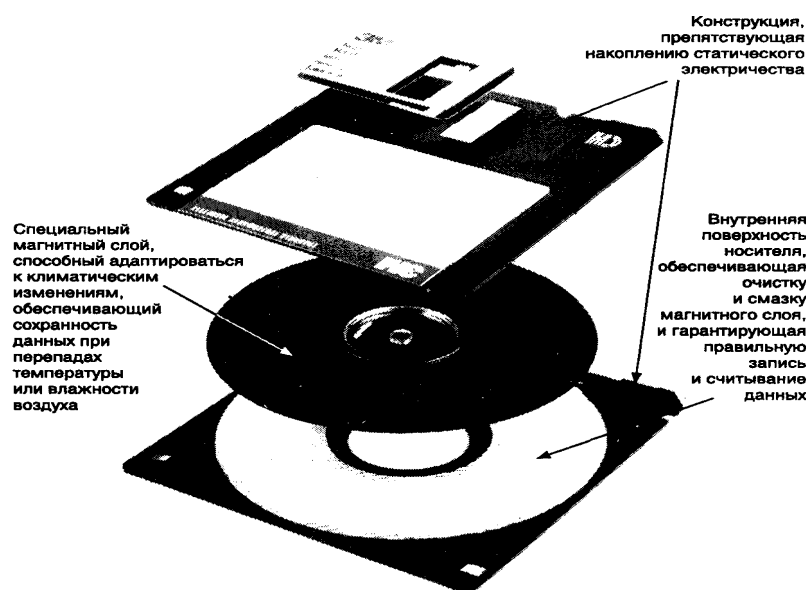


Рис. 8.26. Конструктивное исполнение дискеты типа «Вездеход» фирмы ЗМ

#### 8.3.5.1.4. Гибкие магнитные диски сверхвысокой плотности

Диски сверхвысокой плотности [*Very High Density — VHD*) внешне выглядят почти так же, как и

трехдюймовые гибкие диски, но они позволяют хранить гораздо больше информации: на диск диаметром 3,5" можно записать до 21 Мбайт данных. Кроме того, в накопителях этого типа можно считывать и записывать информацию на дискеты емкостью 1,44 Мбайт и 720 Кбайт, т.е. их можно рассматривать как универсальные для гибких дисков разных типов. В специальной литературе рассматриваемые диски называются гибкими оптическими, или флоптическими. Присутствие в названии слова «оптический» подчеркивает применение при изготовлении таких дисков сложной двойной технологии. Запись информации производится на ферромагнитный слой (как и на обычные гибкие диски) с помощью головок записи/чтения. Большая емкость флоптических дисков достигается за счет того, что количество дорожек увеличено до 755. При этом рабочее поле флоптического диска практически не увеличилось, но ширина дорожек значительно уменьшилась. Здесь вступает в действие вторая часть технологии — оптический механизм позиционирования головок. Для точного позиционирования головок используется лазерный датчик.

На флоптический диск в процессе его производства наносится служебная информация — разметка дорожек записи, которая, по сути дела, формирует диск и остается неизменной на весь период его службы. В процессе записи/чтения механизм привода головок управляется сигналом с лазерного датчика, который определяет текущие координаты головок относительно разметки на диске. Это обеспечивает точное наведение на дорожку. Дорожки флоптического диска содержат по 27 секторов (27x512 байт). Скорость вращения флоптического диска 720 об/мин, а скорость обмена данными достигает 10 Мбайт/мин.

Несмотря на то, что данные устройства выпускаются уже длительное время, они не получили широкого распространения ввиду высокой стоимости накопителей.

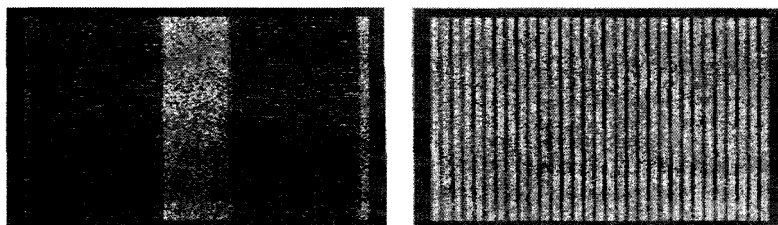


Рис. 8.27. Дорожки стандартной дискеты 3,5" (слева) и LS-120 (справа) при увеличении в 192 раза

В конце 1996 г. на рынке появились флоптические диски LS-120 емкостью 120 Мбайт, разработанные фирмами Compaq и 3М. В LS-120 используются стандартные технологии изготовления накопителей на магнитных дисках, однако они имеют специальные синхронизирующие дорожки, которые при изготовлении были записаны лазерным лучом на носитель. Накопители на гибких магнитных дисках LS-120 используют лазерный луч для считывания информации с синхронизирующей дорожки и позиционируют таким образом магнитную головку записи/чтения. Высокая точность позиционирования головки позволяет увеличить поперечную плотность записи. Для дискет LS-120 поперечная плотность записи равна 2490 дорожек/дюйм (для сравнения: у дискет 3,5" формата HD значение этого параметра может достигать 135 дорожек/дюйм). На рис. 8.27 представлены дорожки на магнитных носителях для дискет 3,5" и LS-120 при увеличении в 192 раза.

Для производства магнитного носителя для дискет LS-120 используется технология двойного покрытия высокоплотным магнитным пигментом.

Основные параметры гибких магнитных дисков LS-120 и дисков 3,5" HD представлены в табл. 8.5.

Таблица 8.5. Основные параметры гибких магнитных дисков LS-120

Параметр	LS-120	3,5" HD
Емкость, Мбайт	120	1,44
Скорость считывания данных, бит/с	565	62
Среднее время поиска, мс	70	84
Плотность дорожек, дорожек/дюйм	2490	135
Число используемых дорожек, дорожек/дюйм	1736x 2 стороны	80 x 2 стороны
Частота вращения диска, об/мин	720	300
Потребляемая мощность, Вт	1,5	1,5

#### 8.5.3.1.5. Логическая структура гибких дисков.

Перед записью информации необходимо произвести логическое разбиение дискеты на определенные участки. Это выполняется путем *форматирования* с помощью специальной команды

(например, в DOS это команда *Format*).

Дискета разбивается на дорожки (*Tracks*) и секторы (*Sectors*). На рис. 8.28 показано это разбиение: секторы — как бы куски торта, а дорожки — сплошные концентрические кольца.

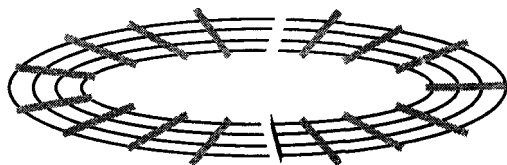


Рис. 8.28. Логическое разбиение дискеты на дорожки и секторы.

Количество байт, которое может быть записано в секторе, произвольно. Для DOS оно составляет 512. Другие операционные системы устанавливают свои размеры секторов.

Емкость дискеты вычисляется по формуле:

Емкость дискеты = Число сторон × Число дорожек на стороне × Число секторов на дорожке × Количество байт в секторе

Для дискеты 3,5" HD формула имеет вид:

$$1474560 \text{ байт} = 2 \times 80 \times 18 \times 512$$

Однако весь объем дисковой памяти недоступен пользователю. Операционная система для организации манипулирования данными резервирует определенные области дисков. При логическом разбиении дисков операционная система разделяет их на две части (рис. 8.29): системную область и область данных.

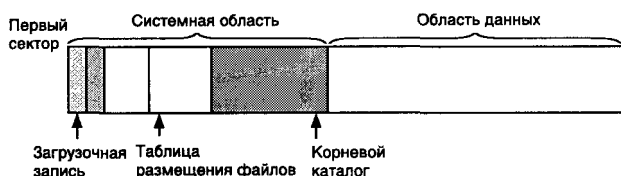


Рис. 8.29. Структура диска

**Системная область.** В системной области располагаются: загрузочная запись диска, таблицы размещения файлов, корневой каталог файлов.

**Загрузочная запись**, или блок начальной загрузки, является самой первой частью диска. Она содержит короткую программу (длиной всего несколько сот байтов), которая инициирует загрузку операционной системы в память компьютера.

Первый сектор на нулевой дорожке нулевой стороны диска — это так называемый *Boot-сектор* (загрузочный). В этом месте загрузочной (системной) дискеты, содержащей компоненты операционной системы, находится программа загрузки системы.

Следующая часть системной области диска называется **таблицей размещения файлов** — FAT (*File Allocation Table*). Она помещается два раза подряд (с копией) и требует также определенного количества секторов. Эта таблица необходима для того, чтобы система могла узнать, какая информация располагается на дискете и в каких областях она находится. Таким образом, FAT содержит как бы описание дискеты. В FAT отражается каждое изменение данных, хранящихся на дискете. Для управления областью данных диска операционная система разделяет ее на кластеры. Размер кластера зависит от типа диска. Кластеру может соответствовать сектор или несколько секторов. В табл. 8.6 приведены размеры кластеров DOS гибких дисков (размер одного сектора составляет 512 байт или 0,5 Кбайт).

Таблица 8.6. Размеры кластеров гибких дисков

Диаметр диска, дюйм	Емкость диска, Мбайт	Размер кластера, байт
3,5	2,88	1024
3,5	1,44	512
3,5	0,72	1024
5,25	1,20	512
5,25	0,36	1024

В зависимости от емкости диска длина элементов FAT составляет 12 или 16 бит. Чем длиннее элемент FAT, тем за большим числом кластеров может следить операционная система и, следовательно, работать с дисками большей емкости. Длина элементов FAT гибких дисков равна 12 бит, а для жестких — 16.

Таблица размещения файлов FAT предоставляет операционной системе возможность учета

распределения дискового пространства, поэтому FAT является наиболее критичной частью диска и требует максимальной защиты. Вот почему на каждом диске записываются две отдельные копии FAT, причем используется только первая копия (вторая копия используется для восстановления поврежденных дисков).

Последней частью системной области диска является *корневой каталог*, или встроенное оглавление содержащихся на диске файлов. На дисках можно организовывать и подкаталоги, но они образуют необязательную часть диска и создаются по мере необходимости. Например, в DOS для каждого файла имеется элемент каталога, который содержит восьмисимвольное имя файла, трехсимвольное расширение имени файла, размер файла, а также информацию о дате и времени последнего изменения файла. Кроме того, в элементе каталога записываются номер начального кластера файла и атрибуты файла, которые применяются для регистрации характеристик файла. Например, подкаталоги имеют особую отметку атрибута; системные файлы DOS имеют два специальных атрибута, называемых «системным» и «скрытым». Атрибут «только для чтения» защищает файлы от изменения и удаления, а атрибут «архивный» показывает, какие файлы на диске уже имеют резервные копии, а какие нет.

Для каждого типа диска размер корневого каталога фиксирован. Каждый элемент каталога имеет длину 32 байта, в одном секторе размещаются 16 элементов. Например, на гибком диске 3,5" емкостью 1,44 Мбайт для корневого каталога выделено 14 секторов, в которых может быть записана информация о 224 файлах ( $16 \times 14 = 224$ ). На жестких дисках для корневого каталога обычно выделяются 32 сектора.

**Область данных.** Область данных предназначена для хранения файлов. Следует отметить, что в результате выполнения нескольких операций записи/считывания файлы данных могут быть записаны на диске в несмежных кластерах. Диск, на котором значительное число файлов размещено отдельными фрагментами по всей поверхности, называется *фрагментированным*. Для фрагментированного диска возрастает среднее время доступа к данным. Поэтому в целях поддержания высокой производительности накопителя следует регулярно выполнять одну из утилит дефрагментации.

#### 8.3.5.1.6. Дисководы накопителей на гибких магнитных дисках

Дисководы служат для считывания и записи информации на дискеты.

Дисководы (*Floppy Disk Drive* — FDD) являются исторически первыми устройствами внешней памяти персональных компьютеров (рис. 8.30). В качестве носителя информации в них применяются дискеты (*Floppy*) диаметрами 3,5 и 5,25". Дисководы для дискет 3,5" функционируют по тем же принципам, что и их старшие и большие по размерам «братья» — 5,25" FDD.

**Принцип действия.** В состав дисковода входят четыре основных элемента: *рабочие головки, рабочий двигатель, шаговый двигатель, управляющие электронные элементы*.

**Рабочий двигатель.** Двигатель включается только тогда, когда в дисковод вставлена дискета и задвижка дисковода защелкнута (для 5,25" FDD). Двигатель имеет постоянную скорость вращения: для 3,5" FDD — 300 об/мин, для некоторых 5,25" FDD — 360 об/мин. Для запуска двигателю необходимо в среднем 400 мс.

**Рабочие головки.** Для записи и чтения данных дисковод оснащается двумя комбинированными головками (для чтения и записи), которые располагаются над рабочей поверхностью дискеты. Поскольку обычно дискеты являются двухсторонними, т. е. имеют две рабочие поверхности, то одна головка предназначена для верхней, а другая — для нижней поверхности дискеты.

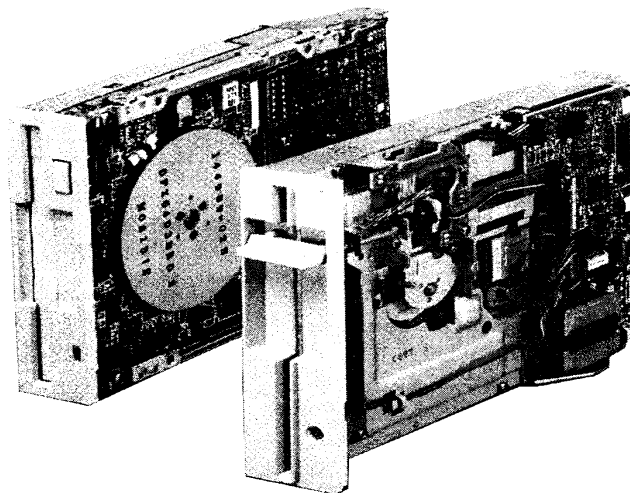


Рис. 8.30. Конструкция дисководов

**Шаговый двигатель.** Движение и позиционирование головок выполняются при помощи шагового двигателя. Он издает характерный звук уже при включении PC перемещая головки для проверки работоспособности привода.

**Управляющие электронные элементы.** Электронные элементы дисководов чаще всего размещаются с его нижней стороны. Они выполняют функции передачи сигналов к контроллеру, т. е. отвечают за преобразование информации, которую считывают или записывают головки.

Чтобы не изменялась скорость вращения дискеты, привод должен работать только в горизонтальном или вертикальном положении.

В табл. 8.7 приведены наиболее важные сведения о дисководов (данные приведены для FDD Fujitsu 25xx).

Таблица 8.7. Технические характеристики дисководов

Параметр	Тип дисководов			
	3,5" DD	3,5" HD	5,25"	5,25" HD
Ширина, мм	101,6	101,6	146	146
Высота, мм	25,4	25,4	41	41
Длина, мм	150	150	203	203
Емкость, Кбайт	720	720/1440	360	360/1200
Скорость вращения, об/мин	300	300	300	360
Плотность записи, дорожек/дюйм	135	135	48	96
Количество дорожек на рабочей поверхности дискеты	80	80	40	80
Скорость обмена данными, Кбайт/с	250	500	250	500
Время позиционирования головки, мс	94	94	67	91
Время перемещения головки между соседними дорожками, мс	6	3	4	3
Время доступа, мс	175	100	250	200
Время наработки на отказ, ч	10 000	12 000	12000	12000

#### 8.3.5.1.7. Специальные дисководы

**Комбинированные дисководы.** Существуют так называемые комбинированные дисководы, объединяющие в одном корпусе FDD 5,25 и 3,5", которые идентичны по своим размерам обычному дисководу 5,25". Их использование предпочтительно, в первую очередь, в PC с корпусами типа Slimline, тем более, что это дешевле, чем приобретать два отдельных дисководов. Недостатком является лишь то, что у большинства подобных дисководов приоритет не может быть установлен произвольным образом; обычно жестко конфигурируется FDD 5,25" как диск А: и FDD 3,5" как диск В:.

**Дисковод 2,88 Мбайт.** В процессе совершенствования запоминающих устройств и создания носителей информации большой емкости был разработан новый стандарт для дискет размером 3,5" емкостью 2,88 Мбайт. Этот новый стандарт не получил широкого распространения. Дискеты емкостью 2,88 Мбайт называют ED-дискетами (*Extra High Density*). При использовании их следует иметь в виду, что:

- обычные HD-дисководы не могут работать с ED-дискетами из-за низкой точности позиционирования головок;
- BIOS PC должен поддерживать работу с ED-дисководом. Старые версии BIOS этого делать не могут. В разделе Standard CMOS Setup при установке PC вы можете в пункте Floppy Drive *проверить, в состоянии ли компьютер работать с таким дисководом*

*Все вышесказанное существенно ограничивает широкое распространение ED-дисков.*

**Slimline-дисководы 3,5".** Эти дисководы имеют уменьшенную высоту (19,5 мм) по сравнению с обычными 3,5" FDD (25,4 мм). Выглядят они весьма элегантно, однако для их установки в стандартный корпус необходимы соответствующие приспособления.

Малая высота делает Slimline-дисководы удобными для установки в малогабаритные корпуса, прежде всего, в Notebook. Однако при их подключении могут возникнуть проблемы. Зачастую стандартные питающие и информационные кабели не подходят к этим FDD, что вызывает необходимость использования специальных переходных устройств. При подключении необходимо пользоваться техническим руководством по распайке кабеля и разъемов. Экспериментирование чаще всего приводит к плачевным результатам, так как подача напряжения + 5 В на другой контакт вызывает выход дисководов из строя.

#### 8.3.5.1.8. Накопители на гибких магнитных дисках Бернулли.

В накопителях Бернулли (картриджах), которые производит фирма Юмега, применяются гибкие магнитные диски 3,5 и 5,25" объемом 150 Мбайт и более.

Принцип, положенный в основу работы накопителей, базируется на открытии швейцарского

математика Даниила Бернулли (1700 — 1782). Закон Бернулли гласит, что чем выше скорость потока жидкости или газа через произвольно выбранное сечение, тем меньше статическое давление, а при уменьшении скорости потока статическое давление возрастает. Кстати, этот закон объясняет наличие подъемной силы крыла как птицы, так и самолета. Строение крыла таково, что поток обтекает верхнюю часть крыла быстрее, чем нижнюю, а разность давлений образует подъемную силу.

Фирма ЮOmega применила этот же принцип при создании картриджа со сменным гибким диском и в знак уважения к швейцарскому математику назвала его именем Бернулли. Когда гибкий диск вращается внутри картриджа (конструкционные требования к картриджу высоки) с большой скоростью (3600 об/мин), он становится псевдожестким диском.

Конструкционной особенностью накопителя Бернулли является использование пластины специального профиля (пластины Бернулли), которая располагается над гибким диском. Поток воздуха между пластиной и вращающимся гибким диском заставляет последний подниматься к пластине. Магнитные подвижные головки записи/чтения расположены в прорезях пластины. Верхнее расположение магнитных головок имеет ряд достоинств. Вращающийся диск притягивается к головке на расстояние долей микрона, но не касается ее (зазор между носителем и головкой в накопителях Бернулли меньше, чем в жестких дисках).

Среднее время доступа к данным около 18 мс. Когда скорость диска падает, он плавно отходит от магнитной головки, т. е. в принципе исключается возможность касания головкой поверхности диска в случае механического отказа или отключения электропитания. Помимо высокоточного исполнения всех узлов, накопитель Бернулли должен обладать достаточной прочностью. Накопители Бернулли выпускаются как во встраиваемом в компьютер варианте, так и для внешнего подключения. Модель MultiDisk-150 размещается в отсеке для пятидюймового дисковода и подключается к адаптеру IDE. Для портативного устройства требуется плата адаптера SCSI с внешним разъемом. Согласно рекламным проспектам фирмы ЮOmega среднее время безотказной работы накопителей Бернулли составляет не менее 75 000 ч.

Кроме фирмы ЮOmega устройства со смешанными гибкими магнитными носителями выпускаются всего несколькими компаниями, в том числе SyQuest.

На российском рынке гибкие магнитные диски этого типа встречаются крайне редко.

#### 8.3.5.1.9. Накопители на гибких магнитных дисках Zip.

К малогабаритным устройствам резервного копирования относятся накопители Zip на сменных гибких магнитных дисках, разработанные фирмой ЮOmega. Картридж накопителя Zip содержит гибкие магнитные диски, обеспечивающие хранение данных объемом до 100 Мбайт. Причем сам накопитель, использующий такой картридж, может быть внешним или встраиваемым. В последнем случае он устанавливается в стандартный пятидюймовый отсек. Размеры портативного накопителя Zip невелики (375x137x180 мм), а вес его составляет 450 — 500 г. Картридж Zip (рис. 8.31) имеет размеры 6x102x102 мм (соизмеримы с размерами трехдюймовой дискеты) и вес около 30 г.

Эти устройства базируются на традиционной технологии магнитных носителей, но имеют более совершенную систему позиционирования головок записи/чтения и надежную механику привода.

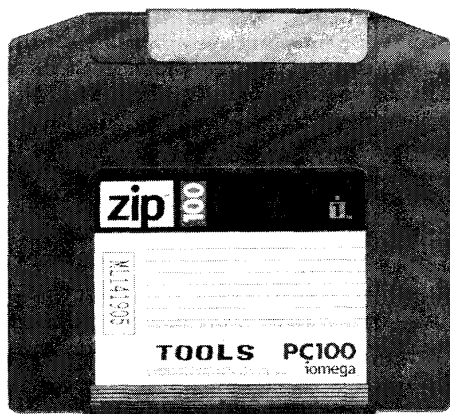


Рис. 8.31. Внешний вид картриджа Zip.

Скорость вращения диска (3000 об/мин) соизмерима со скоростью вращения жесткого диска, среднее время доступа — 29 мс. Скорость передачи информации зависит от типа интерфейса: минимальная — при использовании стандартного принтерного порта (0,79 Мбайт/с) и максимальная — при использовании встроенного накопителя со SCSI-контроллером (1,4 Мбайт/с).

В ходе исследований по развитию технологии сменных носителей информации многие фирмы искали решение, которое отвечало бы всем требованиям пользователей как по производительности и объему накопителя, так и по его стоимости. В результате, основываясь на огромном опыте разработки



мобильных дисковых накопителей, компания IOmega разработала приводы Zip (рис. 8.32).

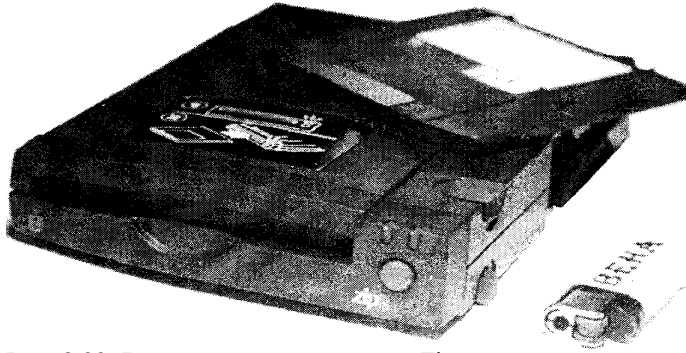


Рис. 8.32. Внешний вид накопителя Zip

### **Контрольные вопросы**

1. Каковы особенности и параметры гибких дисков 5.25" и 3.5"?
1. Охарактеризуйте направления совершенствования гибких дисков.
1. Опишите логическую структуру гибких дисков.
1. Объясните принцип действия дисководов на гибких дисках.
1. Что такое диски Бернули и Zip?

Дополнительную информацию о дискетах и дисководах для них можно найти в [8,38] и др.

### 8.3.5.2. Накопители на жестких магнитных дисках.

Эволюция персональных компьютеров связана с изменениями накопителей на жестких дисках. Первые PC не имели таких накопителей, в компьютерах PC/XT эти устройства уже использовались, а в PC/AT жестким дискам придавалось особое значение.

Наименование диска — жесткий — подчеркивает его отличие от гибкого диска: магнитное покрытие наносится на жесткую подложку. Кстати, термин жесткий диск (*hard disk*) используется, в основном, в англоязычных странах. Первый накопитель на жестких дисках был создан в 1973 г. по технологии фирмы IBM и имел кодовое обозначение «30/30» (двусторонний диск емкостью 30 + 30 Мбайт). Это кодовое обозначение совпадало с обозначением калибра легендарного охотничьего ружья «винчестер», использовавшегося при завоевании Дикого Запада. Такие же намерения были и у разработчиков жесткого диска; наименование «винчестер» получило широкое распространение.

Некоторые знатоки истории развития компьютеров утверждают, что устройство получило название «винчестер», потому что технология создания плавающей (парящей) магнитной головки была разработана английским отделением лаборатории IBM, находящемся в городе Винчестер. Действительно, такие работы велись в лаборатории Винчестера, но фирма IBM официально придерживается первой версии возникновения названия накопителей на жестких дисках.

Большой вклад в развитие технологии производства жестких дисков внесли Файнис Коннер и уже упоминавшийся Алан Шугарт. В 1979 г. они основали фирму Seagate Technology и организовали производство жестких пятидюймовых дисков. Созданный в этом же году накопитель на жестком диске модели ST-506 (емкостью 6 Мбайт) считается предтечей всех последующих накопителей для PC. В 1982г. фирмой Seagate был разработан накопитель ST-412 (емкостью 12 Мбайт), который был использован в 1983 г. в первом компьютере IBM PC XT. После этого IBM на многие годы стала основным заказчиком фирмы Seagate.

Интерфейс ST-506/412 для накопителей на жестких дисках, разработанный А. Шугартом, на протяжении многих лет фактически был стандартом для накопителей на жестких дисках и лег в основу интерфейсов ESDI и IDE. А. Шугартом разработан также интерфейс SCSI, используемый в современных персональных компьютерах. В конце 80-х годов Ф. Коннер возглавил компанию Conner Peripherals, основанную фирмой Compaq.

#### 8.3.5.2.1. Устройство накопителей на жестких дисках

В настоящее время как основными производителями, так и дочерними фирмами выпускаются несколько десятков типов накопителей на жестких дисках. Зачастую используются оригинальные конструкционные материалы, имеются отличия в расположении узлов, но принципы работы большинства накопителей одинаковы. Основными элементами конструкции типового накопителя на жестких дисках являются (рис. 8.33): магнитные диски, головки чтения/записи, механизм привода головок, двигатель привода дисков, печатная плата с электронной схемой управления, разъемы, элементы конфигурирования и монтажа.

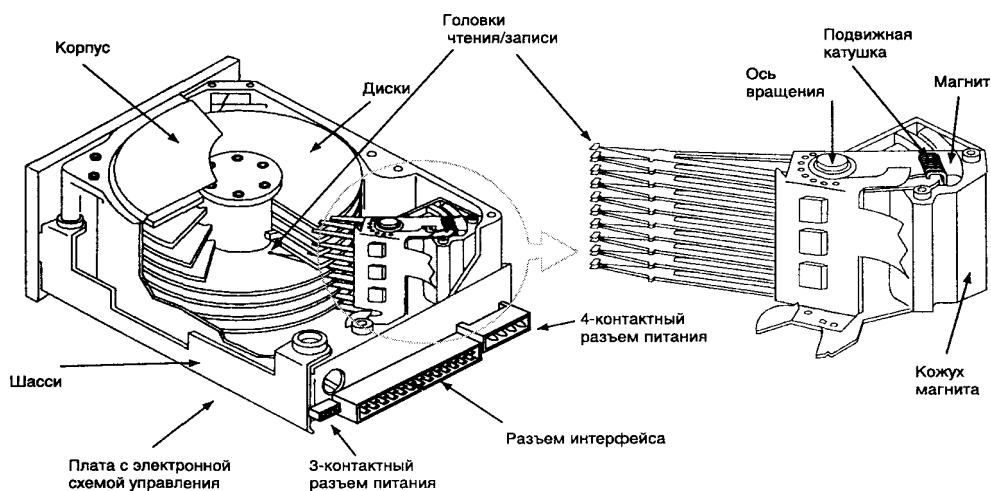


Рис. 8.33. Основные элементы накопителя на жестких дисках

Типовой накопитель состоит из гермоблока (рис. 8.34) и платы электронного блока. В гермоблоке размещены все механические части, на плате — вся управляющая электроника, за исключением преусилителя, размещенного внутри гермоблока вблизи головок.

Внутри гермоблока установлен шпиндель с одним или несколькими магнитными дисками. Под ними расположен двигатель. Ближе к разъемам, с левой или правой стороны от шпинделя, находится поворотный позиционер магнитных головок. Обмотку позиционера окружает статор, представляющий собой постоянный магнит. На хвостовике позиционера обычно расположена так называемая

магнитная защелка — миниатюрный постоянный магнит, который при крайнем внутреннем положении головок притягивается к поверхности статора и фиксирует коромысло позиционера.

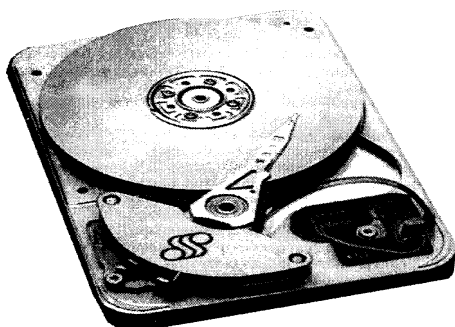


Рис. 8.34. Гермоблок накопителя со снятым кожухом

Позиционер соединен с платой предусилителя гибким ленточным кабелем (иногда одножильными проводами). Гермоблок заполняется воздухом под давлением в одну атмосферу. Требования к чистоте воздуха высоки — исключается присутствие в нем пылинок. В крышках гермоблоков некоторых винчестеров специальное отверстие, заклеенное фильтрующей пленкой, служит для выравнивания давления внутри блока и снаружи, а также для адсорбции пыли.

Плата схемы управления — съемная, вставляется в разъем гермоблока.

Размеры винчестеров стандартизированы параметром, называемым *форм-фактор (form-factor)*. В настоящее время существует несколько стандартных форм-факторов HDD. Накопители с форм-фактором 3,5" (накопители 3,5") имеют несколько стандартных значений высоты (толщины): 2,6; 1; 3/4; 0,5". HDD половинной высоты (2,6") встречаются относительно редко, в компьютерах обычно используются накопители типа Slimline с форм-фактором 3,5", размеры которых примерно соответствуют габаритам накопителя 3,5" на гибких дисках.

Если в корпусе компьютера отсутствует специальный бокс для накопителя 3,5", то его можно установить на место, предназначенное для накопителя 5,25", но для этого необходимы крепежные уголки или рамы.

Накопители на жестких дисках имеют резонансную частоту собственных колебаний, поэтому они должны быть прочно и стабильно укреплены в корпусе PC. Конструкция накопителей, которые укреплены винтами только с одной стороны, быстро разбалтывается. Накопители 2,5" обычно применяются в PC типа Notebook. Размеры (с точностью до 0,1 мм) накопителей на жестких дисках различных модификаций приведены в табл.8.8,

В отличие от других компонентов персональных компьютеров, накопители на жестких дисках ни в коем случае нельзя разбирать!

Таблица 8.8. Массо-габаритные характеристики накопителей на жестких дисках

Тип накопителя	Ширина, мм	Высота, мм	Длина, мм	Вес, кг
5,25"	146,1	82,55	203,0	3,5
5,25"	146,1	41,40	203,0	1,7—1,9
3,5"	101,6	41,40	146,0	0,75—1,00
3,5" Slimline	101,6	25,40	146,0	0,5
2,5" Super-Slimline	70,1	19,05	101,9	0,2

#### 8.3.5.2.1.1 МАГНИТНЫЕ ДИСКИ

Наиболее распространены на сегодняшний день накопители, содержащие диски следующих размеров: 5,25"; 3,5"; 2,5"; 1,8". Существуют и накопители с дисками больших размеров, например, 8 и 14", но они не используются в PC. Накопители 3,5" чаще используются в настольных компьютерах, а 2,5" и менее — в портативных компьютерах типа Notebook. В большинстве накопителей устанавливается не менее двух дисков. Количество дисков ограничивается высотой корпуса. По мере совершенствования технологии изготовления дисков возрастает их количество, т. е. увеличивается емкость накопителя. Например, накопители 3,5" модели Seagate ST-1971 (различных модификаций) емкостью 9,1 Гбайт содержат 10 магнитных дисков (рис.8.35), и это не предел.

До 80-х годов основа дисков изготавливалась из алюминиевого сплава (с небольшим добавлением магния). По мере возрастания требований к емкости и размерам накопителей в качестве основного материала для дисковых пластин стал использоваться композиционный материал из стекла и керамики.

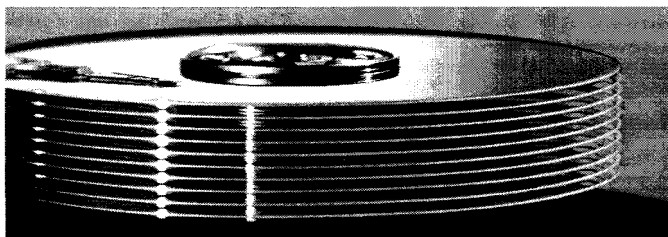


Рис. 8.35. Блок магнитных дисков

Например, диск из материала MemCor, выпускаемого фирмой Dow Corning, на основе стекла с керамическими включениями гораздо более прочен, чем диск из алюминиевого сплава, и при тех же параметрах более тонок. Диски из стеклокерамики менее восприимчивы к колебаниям температуры, т. е. их размеры при нагревании и охлаждении изменяются весьма незначительно (мал температурный коэффициент расширения материала).

Сейчас стеклокерамические диски выпускаются большинством фирм-производителей накопителей и вскоре, по-видимому, полностью вытеснят алюминиевые.

Независимо от того, какой материал используется в качестве основы диска, он покрывается тонким слоем магнитного вещества (рабочим слоем), способным сохранять намагниченность после прекращения воздействия внешнего магнитного поля. Рабочий слой может быть двух типов: оксидный и на основе тонких пленок.

**Оксидный рабочий слой** представляет собой полимерное покрытие с наполнителем из окиси железа. Технология создания магнитных дисков с оксидным рабочим слоем следующая. На поверхность вращающейся заготовки диска (предварительно отполированной) разбрызгивается суспензия оксида железа в растворе полимера. За счет действия центробежных сил слой равномерно растекается по поверхности диска. После полимеризации раствора поверхность шлифуется. Затем наносится второй слой, он шлифуется и полируется. Диски с таким рабочим слоем производились и использовались с 1955 г., и столь длительный срок их использования объясняется простотой и дешевизной процесса изготовления. Однако добиться нужного для накопителей большой емкости качества рабочей поверхности в рамках этой технологии оказалось невозможно, поэтому на смену ей пришла тонкопленочная технология.

**Рабочий слой на основе тонких пленок** имеет меньшую толщину и более прочен, а качество его поверхности гораздо выше. Эта технология легла в основу производства накопителей нового поколения, в которых удалось значительно уменьшить зазор между головками и поверхностями дисков, и, следовательно, повысить плотность записи данных. Уменьшить толщину рабочего слоя удалось за счет гальванического наращивания и напыления материала. Процесс гальванического наращивания известен давно (хромирование и никелирование металлических деталей). Алюминиевая или стеклокерамическая подложка диска последовательно погружается в ванны с различными растворами, покрываясь при этом несколькими слоями металлической пленки. Рабочим магнитным слоем служит пленка из сплава кобальта толщиной около 0,08 мкм.

Суть метода напыления рабочего слоя сводится к тому, что в специальных вакуумных камерах необходимые вещества и сплавы сначала переводятся в газообразное состояние (путем испарения), а затем осаждаются на подложку. На диск сначала наносится слой фосфида никеля, а затем магнитный кобальтовый сплав толщиной 0,03 — 0,05 мкм. На поверхность рабочего магнитного слоя наносится высокопрочное защитное покрытие толщиной около 0,025 мкм, изготовленное на основе карбида кремния.

Создание оксидного пленочного рабочего слоя стоит значительно дороже, но современные технологии (в том числе вакуумные) позволяют значительно снизить цену конечного продукта при несомненном выигрыше в его качестве. Поверхность рабочего магнитного слоя, полученная методом напыления, исключительно гладкая, благодаря чему просвет между головками и поверхностями дисков удалось уменьшить до 0,05 — 0,08 мкм. Как уже отмечалось, чем ближе располагается головка к поверхности рабочего слоя, тем ближе друг к другу могут располагаться зоны смены направления намагниченности на дорожке и, следовательно, тем выше емкость диска. Возрастает также амплитуда воспроизводимого сигнала и увеличивается отношение сигнал/шум.

**Повреждения поверхности диска.** Вследствие большой скорости вращения диска и малого расстояния, на котором расположена от него головка, частицы грязи и пыли, попавшие в гермоблок накопителя, несут потенциальную угрозу разрушения рабочего материала диска. Для сравнения: человеческий волос примерно в 5—10 раз толще, чем воздушная прослойка (подушка) под магнитной головкой, а частичка табачного дыма больше в два раза. Для головки чтения/записи встреча с такими частицами сравнима с сильным ударом. Такая коллизия может привести к отклонению головки от ее рабочей траектории, касанию и повреждению поверхности диска.

Чтобы не допустить этого, ни в коем случае не разбирайте гермоблок накопителя. Это может быть сделано только в абсолютно свободном от пыли помещении, которое обычно бывает только в фирменных лабораториях по изготовлению жестких дисков.

К тем же последствиям (повреждению головкой поверхности диска — *Headcrash*) может привести тряска или перемещение накопителя во время процесса чтения/записи. Поэтому внимательно следите за тем, чтобы привод был укреплен стабильно и установлен со всем необходимым крепежом.

**Охлаждение диска.** Второй причиной сокращения срока службы накопителей на жестких дисках является высокая температура окружающей среды. Никогда не устанавливайте компьютер вблизи источников тепла. Следует заботиться о том, чтобы с целью охлаждения всегда был открыт доступ свежего воздуха к компьютеру и дисководу. Охлаждению дисководов способствует значительная циркуляция воздуха внутри работающего накопителя (рис. 8.36).

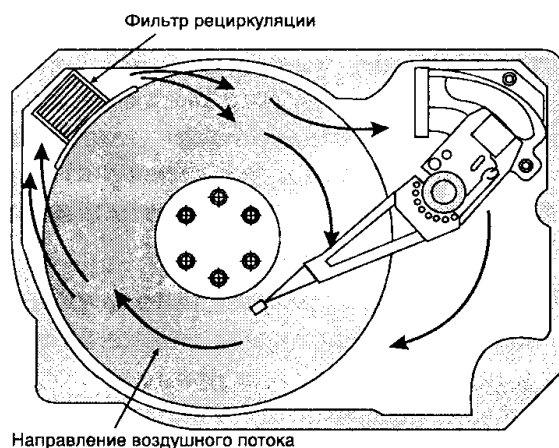


Рис. 8.36. Циркуляция воздуха в накопителе

Компьютер, который установлен в стеллаже и для которого не гарантирован режим воздушного охлаждения естественным путем, необходимо периодически выключать.

Поскольку теплый воздух имеет меньшую плотность, чем холодный, то воздушная подушка под головками накопителя уменьшается. При разгоне или торможении диска воздушная подушка будет образовываться не так быстро, как это необходимо для защиты головок и поверхности дисков. Изготовители гарантируют безотказную работу накопителей в диапазоне температур от 0 до 50 °С. Нормальной можно считать температуру около 20 °С.

Плотно закрытые корпуса персональных компьютеров (с ограниченными по этой причине возможностями охлаждения дисков) при высокой температуре окружающего воздуха следует охлаждать с помощью дополнительного вентилятора.

#### 8.3.5.2.1.2 ГОЛОВКИ ЧТЕНИЯ/ЗАПИСИ.

В накопителях на жестких дисках для каждой стороны диска предусмотрена своя головка чтения/записи. Все головки смонтированы на общем подвижном каркасе и перемещаются одновременно (типичная конструкция блока головок и поворотного привода головок представлена на рис. 8.33).

Каждая головка установлена на конце подпружиненного рычага. Когда накопитель выключен, головки касаются дисков. При раскручивании дисков возрастает аэродинамическое давление на головки, что приводит к их отрыву от рабочих поверхностей. Для поддержания головки на нужном расстоянии от диска используется такая деталь конструкции, как *ползунки*.

По форме он напоминает катамаран с двумя боковыми «поплавками», между которыми расположена магнитная головка. В новейших конструкциях ползунков их нижней поверхности придается специальная форма, благодаря которой высота головок над поверхностью диска (величина просвета) поддерживается примерно одинаковой при работе как на внешних, так и на внутренних цилиндрах. При использовании обычных ползунков просвет между головкой и рабочим слоем диска существенно изменяется при переходе от внешних дорожек к внутренним вследствие увеличения относительной линейной скорости.

За сорокалетнюю историю своего развития головки чтения/записи претерпели существенные изменения и усовершенствования. В начале 60-х годов величина просвета составляла от 5 до 8 мкм, в современных накопителях на жестких дисках она лежит в диапазоне 0,07—0,12 мкм и продолжает снижаться благодаря применению перспективных технологий. По мере развития технологии производства дисковых накопителей совершенствовались и конструкции головок чтения/записи.

Сердечники первых головок были выполнены из ферромагнитного сплава — пермаллоя. По современным меркам их размеры были огромны, а вследствие этого плотность записи данных на диск

чрезвычайно низка. За прошедшие годы были разработаны четыре типа головок (базовые варианты): *ферритовые, с металлом в зазоре, тонкопленочные, магниторезистивные.*

**Ферритовые головки** впервые были использованы в накопителях фирмы IBM. Сердечники головок выполнены из прессованного оксида железа. Магнитное поле в зазоре головки возникает при протекании через обмотку электрического тока, а при изменении напряженности магнитного поля вблизи зазора головки в ее обмотке наводится электродвижущая сила.

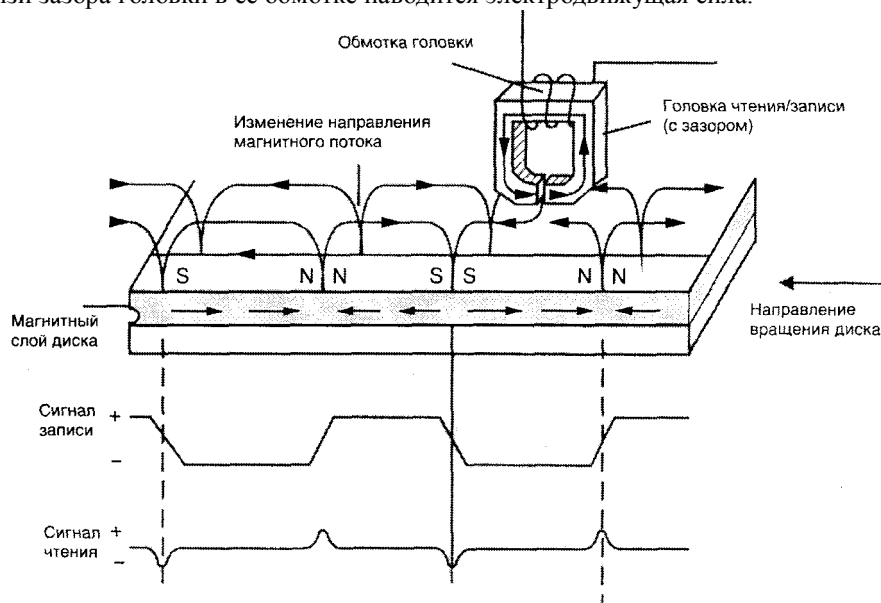


Рис. 8.37. Запись и чтение данных с магнитного диска

Таким образом, магнитная головка является универсальной, т. е. может использоваться как для записи, так и для считывания информации (рис, 8.37).

Первоначальная (монокристаллическая) конструкция ферритовых головок была впоследствии значительно усовершенствована. Были разработаны, в частности, композитные, или стеклоферритовые головки, у которых ферритовый сердечник покрыт слоем специального стекла и впрессован в керамический корпус. Ширина рабочего зазора у этих головок меньше, следовательно, плотность записи информации на носитель выше. Такие головки широко использовались в накопителях до середины 80-х годов. По мере увеличения емкости накопителей ферритовые головки были вытеснены другими типами головок и сейчас они практически не применяются. Ферритовые головки непригодны для записи на носители с большой коэрцитивной силой.

**Головки с металлом в зазоре.** На смену композитной ферритовой головке пришли MIG-головки (MIG — *Metall in Gap*) — головки с металлом в зазоре. В сердечнике любой головки имеются два зазора: передний, рабочий, обращенный к носителю, и задний — технологический. При заполнении технологического зазора металлом (магнитным сплавом) значительно увеличивается индукция насыщения материала сердечника, что позволяет повысить магнитную индукцию в рабочем зазоре и производить запись на носители с большой коэрцитивной силой (носители с рабочим слоем на основе тонких пленок). Слой магнитного сплава вносится в зазор сердечника головки методом вакуумного напыления. Индукция насыщения магнитного сплава вдвое выше, чем основного материала сердечника головки. Существует разновидность MIG-головок с напылением магнитного сплава и в рабочий зазор (головки с двумя металлизированными зазорами).

Благодаря своим преимуществам MIG-головки в 80-е годы заменили в высококачественных накопителях традиционные ферритовые, но все возрастающие требования к емкости жестких дисков привели к тому, что их, в свою очередь, вытеснили тонкопленочные головки (TF — *Thin Film*).

**Тонкопленочные головки** производятся по технологии, аналогичной технологии изготовления микросхем. На подложку фотолитографическим способом наносятся тонкие слои (пленки) будущих фрагментов головки. На одну подложку можно нанести несколько тысяч фрагментов головки, которая получается легкой и миниатюрной.

В TF-головках напыляется сердечник из железоникелевого сплава, величина индукции насыщения которого в 24 раза больше, чем ферромагнитного сплава (пермаллоя). Формируемые на рабочей поверхности диска участки остаточной намагниченности имеют четко выраженные границы, чем достигается очень высокая плотность записи данных. Небольшой вес и малые габариты TF-головок позволяют значительно (до 0,03 мкм) уменьшить просвет между поверхностью диска и головкой. Благодаря небольшой высоте TF-головок в накопителе удастся разместить (при тех же габаритах корпуса) большее количество магнитных дисков. Хорошие показатели тонкопленочных

головок по параметрам плотности записи данных на дорожку и, соответственно, отношению сигнал/шум, привели к их широкому распространению. Еще 5—6 лет назад TF-головки использовались в большинстве накопителей известных фирм-производителей, особенно в малогабаритных моделях. Конструкция и характеристики TF-головок постоянно улучшались, следствием чего стало появление разработанных фирмой IBM магниторезистивных (*Magneto-Resistive* — MR) головок, которые в настоящее время являются лучшими.

**Магниторезистивные головки** позволяют добиться чрезвычайно высокой плотности записи данных и быстродействия накопителей. В большинстве накопителей 3,5", емкость которых превышает 1 Гбайт, используются MR-головки. Принцип работы головки основан на том, что при считывании данных реактивное сопротивление обмотки MR-головки оказывается различным при прохождении над участками с разными значениями остаточной намагниченности. Таким образом, в отличие от предыдущих типов, магниторезистивная головка восприимчива не к изменениям, а к самим значениям намагниченности рабочего слоя. В конструкцию головки включена добавочная обмотка, через которую протекает постоянный *измерительный ток*, и при изменении сопротивления обмотки, по мере перемещения над носителем, изменяется падение напряжения на ней. Амплитуда выходного сигнала такой головки в несколько раз больше, чем тонкопленочной. Главной особенностью MR-головок является то, что она представляет собой резистивный датчик магнитного поля, а не генератор электродвижущей силы, как головки описанных выше типов.

Поскольку на основе магниторезистивного эффекта можно построить только считывающее устройство, MR-головка конструктивно состоит из двух частей — записывающей и считывающей. Записывающая часть представляет собой тонкопленочную головку. Таким образом, в MR-головке функции чтения и записи распределены между двумя узлами.

Во всех рассмотренных ранее головках применяется один рабочий зазор как для чтения, так и для записи, а в MR-головке их два — каждый для своей операции. В MR-головках величина каждого зазора может быть подобрана оптимальной: у считывающего узла зазор должен быть узким (для увеличения разрешающей способности), а у записывающего — более широким (для более глубокого проникновения магнитного потока в рабочий слой носителя).

Хотя стоимость MR-головок выше, чем стоимость MIG- и TF-головок, этот их недостаток окупается чрезвычайно высокой плотностью записи и надежностью.

#### 8.3.5.2.1.3 МЕХАНИЗМЫ ПРИВОДА И АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПАРКОВКИ ГОЛОВОК

Типом привода головок во многом определяется быстродействие и надежность накопителя, его температурная стабильность, чувствительность к вибрациям и выбору рабочего положения, достоверность считанных данных. Именно с помощью механизма привода головки перемещаются от центра дисков к их краям и устанавливаются на заданный цилиндр.

Существует множество различных конструкций механизмов приводов головок, которые можно разделить на два основных типа: *с шаговым двигателем* и *с подвижной катушкой*.

**Механизм с шаговым двигателем.** У накопителей с приводом на шаговом двигателе среднее время доступа к данным значительно больше, чем у накопителей с приводом на подвижной катушке. По этой причине привод с шаговым двигателем нашел основное применение в дисководов для гибких магнитных дисков и в накопителях на жестких дисках малой (до 100 Мбайт) емкости.

Шаговый двигатель — это электродвигатель, ротор которого может поворачиваться ступенчато, каждый раз на строго определенный угол. Ротор двигателя механически связан с блоком головок с помощью стальной ленты, намотанной на его ось, либо зубчатой рейки и шестерни. Обычно каждому шагу ротора (повороту на фиксированный угол) соответствует перемещение головок на одну дорожку,

Приводы с шаговым двигателем чувствительны к колебаниям температуры и к выбору рабочего положения накопителя. Серьезный недостаток такого механизма — появление люфта в процессе эксплуатации.

**Механизм с подвижной катушкой.** В отличие от систем с шаговыми двигателями, в приводе с подвижной катушкой используется электронная обратная связь для точного определения местоположения головок и коррекции его относительно дорожек. По принципу действия конструкция привода напоминает обычный громкоговоритель (поэтому английский термин для обозначения этого устройства — *voice coil* — звуковая катушка). В типичной конструкции привода (см. рис. 8.33) подвижная катушка жестко соединена с блоком головок и размещается в поле постоянного магнита (иногда такую конструкцию называют *соленоидным приводом*, или *актюатором* — *actuator*). Электрический импульс, поступая на катушку, вызывает ее смещение относительно жестко закрепленного постоянного магнита — блок головок перемещается. Механизм оказывается быстродействующим и не столь шумным, как привод с шаговым двигателем.

В приводах с подвижной катушкой используется специальная электронная система наведения головок, называемая сервоприводом, в основе которой лежит использование сигнала обратной связи, несущего информацию о реальном взаимном расположении дорожек и головок. Существует несколько способов построения петли обратной связи, которые отличаются друг от друга своей технической реализацией. Независимо от используемого способа необходима предварительная запись

на диск (при его изготовлении) специальной технической информации (сервокодов). Температурные колебания не сказываются на точности работы привода с подвижной катушкой. Поскольку сервокод считывается непрерывно, то в процессе нагрева работающего накопителя и расширения дисков система наведения головок отслеживает дорожку и проблем со считыванием данных не возникает.

Механизмы привода головок с подвижной катушкой бывают двух типов: линейные и поворотные. Привод с линейным механизмом перемещает головки строго по радиусу диска. Его недостатком является массивность, снижающая скорость перемещения головок, а следовательно, и производительность накопителя. Привод с поворотным механизмом работает по тому же принципу, что и с линейным, но при движении катушки относительно постоянного магнита разноплечие рычаги перемещения головок поворачиваются, передвигая головки к центру или краю диска.

Поворотный механизм привода с подвижной катушкой используется почти всеми фирмами — производителями накопителей на жестких дисках.

**Автоматическая парковка головок.** Современные накопители на жестких дисках имеют функцию автоматической парковки магнитных головок, т. е. при выключении компьютера головки устанавливаются на определенный, чаще всего последний, цилиндр. Эта парковочная позиция обозначается *Landing Zone*, или сокращенно *L-Zone*.

Одно из достоинств привода с подвижной катушкой состоит в автоматической парковке головок. При включенном накопителе головки удерживаются в рабочем положении за счет взаимодействия магнитных полей подвижной катушки и постоянного магнита. После выключения питания головки под действием специальной пружины перемещаются в зону парковки.

Износ механизма автопарковки почти невозможен. Однако если вы включаете и выключаете компьютер с интервалом в несколько секунд, то срок службы накопителя значительно сократится. Необходимо дожидаться остановки двигателя дисководов и только после этого снова включать PC.

В накопителях более ранних выпусков нужно устанавливать головки в парковочную позицию при помощи специальных утилит. При этом в качестве парковочной позиции автоматически определяется последний цилиндр.

#### 8.3.5.2.1.4 ДВИГАТЕЛЬ ПРИВОДА ДИСКОВ.

Двигатель, приводящий во вращение магнитные диски, является шпиндельным (*Spindel*). Шпиндельный двигатель связан с пакетом дисков непосредственно (без передаточных шестерен, пружин и т. п.). Скорость вращения двигателя современных накопителей колеблется от 3600 до 7200 об/мин (*Rotates per minute — RPM*). Эта характеристика в значительной мере определяет производительность накопителей. В 1997 г. компания Seagate Technology Inc. приступила к выпуску семейства накопителей Cheetah — самых быстрых устройств дисковой памяти (от англ. *cheetah* — гепард), имеющих емкость от 4,55 до 9,1 Гбайт (семейство моделей 4LP) и скорость вращения двигателя 10 000 об/мин. Сильные стороны повышения скорости вращения двигателя, присущие накопителям Cheetah, — это заметный рост скорости передачи данных и значительное снижение времени доступа к ним. Благодаря более высокой скорости вращения шпиндельного двигателя внутренняя скорость передачи данных достигает 15 Мбайт/с, что на 40% превосходит соответствующий параметр накопителей со скоростью вращения двигателя 7200 об/мин.

В первых моделях накопителей на жестких дисках шпиндельный двигатель располагался в их нижней части, под гермоблоком. Во многих современных устройствах двигатель встраивается внутрь пакета дисков, представляя собой центральную его часть. Такая конструкция позволяет, не изменяя размера накопителя по высоте, увеличивать количество дисков.

#### 8.3.5.2.1.5 ПЛАТА БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ, КАБЕЛИ, РАЗЪЕМЫ.

Прочие узлы накопителя, не входящие в гермоблок, — печатная плата блока управления, лицевая панель, элементы конфигурации и монтажные детали — являются съемными. На печатной плате монтируются электронные схемы управления шпиндельным двигателем и приводом головок, схема для обмена данными с контроллером. Иногда контроллер устанавливается непосредственно на плате.

В большинстве накопителей на жестких дисках имеется несколько разъемов для подключения к системе подачи питания и, иногда, для заземления корпуса. Многие стандарты интерфейсов предусматривают подключение нескольких накопителей к одному кабелю (рис. 8.38).

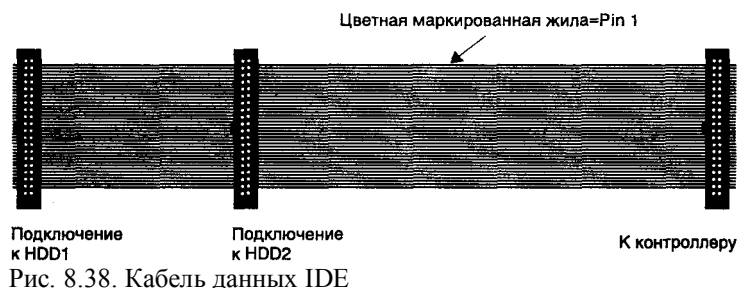


Рис. 8.38. Кабель данных IDE



Разъемы питания накопителей на жестких дисках обычно такие же, как и дисководов гибких дисков (Рис. 8.39). В большинстве накопителей используются два напряжения питания (5 и 12 В), а в малогабаритных портативных компьютерах — лишь 5 В. Как правило, напряжение 12В необходимо для схемы управления шпиндельным двигателем и приводом магнитных головок.

#### 8.3.5.2.1.6 ФИЛЬТР.

Корпус накопителя имеет щель, которая закрыта микрофильтром, для того чтобы защитить материал дисков от пыли и частиц грязи. Поры этого фильтра настолько малы, что не допускают проникновения внутрь корпуса даже частиц пыли. Через эту щель выравнивается давление воздуха внутри дисковода и в окружающей среде. Другой фильтр удаляет частицы, образующиеся в результате работы механических частей диска (рис.8.36).

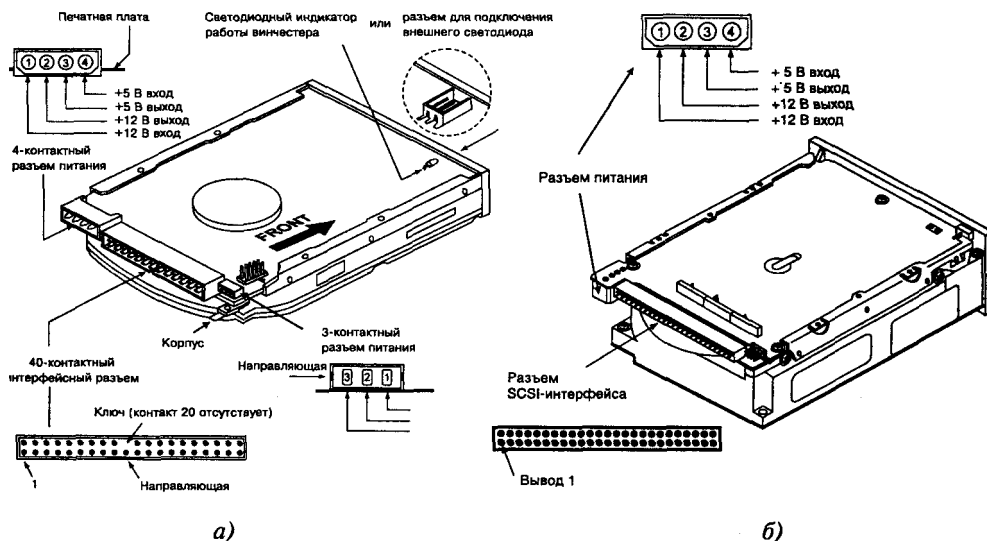


Рис. 8.39. Назначение разъемов IDE-накопителей (а) и SCSI-накопителей (б) на жестких дисках.

#### 8.3.5.2.2. Типы накопителей на жестких дисках

Накопители на жестких дисках подразделяются по виду и способу расположения хранимой на них информации. Однако разделение по такому признаку является чисто условным.

Подобно дискетам, жесткий диск логически делится на дорожки и секторы (рис. 8.40). В связи с тем, что накопитель имеет несколько дисков, расположенных друг под другом, разбиения дисков идентичны. Поэтому при рассмотрении жестких дисков чаще говорят о цилиндрах, чем о дорожках,



Рис. 8.40. Разбиение жесткого диска на дорожки и секторы

Число дисков, головок и дорожек накопителя устанавливается изготовителем исходя из свойств и качества дисков. Изменить эти характеристики нельзя. Количество секторов на диске зависит от метода записи. В одном секторе располагается 512 байт (в системе DOS). Зная эту величину, всегда можно рассчитать общий объем накопителя:

Общий объем (байт) =  $C \times H \times S \times 512$  (байт), где  $C$  — количество цилиндров;  $H$  — количество головок;  $S$  — количество секторов.

Общая емкость накопителя в значительной степени ограничивается логической структурой дисков. Для организации работы необходима (как и в случае дискет) некоторая дисковая память для управления размещением данных.

Описанное выше разбиение называется низкоуровневым (*LowLevel*) форматированием. Такое форматирование нижнего уровня чаще всего выполняет изготовитель, используя специальные программные средства (например, Speed Store или Disk Manager) или команды DOS.

В настоящее время используются следующие накопители на жестких дисках:

MFM, RLL, ESDI, IDE, SCSI

Поскольку накопитель всегда соединен с контроллером (в некоторых моделях его называют также *Host-адаптером*), целесообразно рассмотреть механизм и способы подключения к нему накопителей на жестких дисках.

### 8.3.5.2.3. Краткая характеристика интерфейсов жестких дисков.

Более подробная информация об этих интерфейсах приведена в Части I данного пособия.

Основная функция интерфейса жесткого диска — передача данных из системы в накопитель и обратно. От типа интерфейса зависит, с какой скоростью будут осуществляться эти операции, а это и определяет производительность компьютера.

Со времени создания персональных компьютеров было разработано несколько типов интерфейсов: ST-506/412, ESDI, IDE, SCSI. Из них только первые два можно считать собственно интерфейсами для обмена информацией между контроллером и жестким диском. SCSI и IDE — интерфейсы системного уровня, в которых контроллер выполнен в виде микросхемы, установленной на плате накопителя. В интерфейсе SCSI между контроллером и системной шиной вводится еще один уровень организации данных и управления, а интерфейс IDE взаимодействует с системной шиной непосредственно.

#### *Интерфейс ST-506/412*

Интерфейс ST-506/412 разработан фирмой Seagate Technologies в 1982 г. Впервые он был использован в накопителе размером 5,25" емкостью 12 Мбайт. Подобные накопители использовались в качестве стандарта для PC/XT и AT-286. Самыми известными из них являются два устройства фирмы Seagate:

ST225 объемом 21,4 Мбайт и средним временем доступа 65 мс и ST251 (42,8 Мбайт, 28 мс). В обоих случаях речь идет о накопителях 5,25" половинной высоты (2,6"). В литературе эти накопители иногда называют MFM-накопителями (по способу кодирования информации).

Вряд ли в PC вы сейчас встретите RLL-накопители. Причем методы записи, обозначаемые RLL, напротив, в настоящее время используются почти во всех типах накопителей. Точнее говоря, в этом случае речь идет о ARLL-методах.

RLL-накопителем называются устройства, которые работают с RLL-контроллером. Чисто внешне и по способу соединения кабелей вы не сможете отличить RLL- от MFM-накопителя. Контроллеры внешне также не имеют заметных различий. Различные изготовители накопителей на жестких дисках в качестве отличительного знака на корпусе RLL-накопителей ставят букву R. Широко применяемым RLL-накопителем был, например, Seagate ST238R.

Благодаря тому, что большинство фирм — изготовителей накопителей на жестких дисках стали придерживаться стандарта ST506/412, он получил широкое распространение. Его главным достоинством является строгое следование принципу Plug&Play (подключай и работай). Для подключения накопителей на жестких дисках не нужны специальные кабели, а интерфейс не нужно настраивать для конкретного устройства. Это означает, что практически любой накопитель на жестких дисках стандарта ST-506/412 может работать с любым контроллером этого же стандарта. Единственной проблемой, связанной с совместимостью, является то, что BIOS (базовая система ввода — вывода) не всегда в состоянии выполнить все предусмотренные для этого интерфейса функции. В одних ситуациях системную BIOS и BIOS контроллера приходилось использовать совместно, а в других — отключать одну из них. Несмотря на встроенную в BIOS систему поддержки интерфейса ST-506/412, в современных компьютерах он не используется. Накопители на жестких дисках, которые подключались к этому интерфейсу, имели максимальную емкость 152 Мбайт при MFM-кодировании и 233 Мбайт — при RLL-кодировании. Поскольку допускаемые этим интерфейсом емкость и быстродействие весьма ограничены, в современных системах он не используется, однако в истории развития компьютеров он занимает достойное место (как, впрочем, и его разработчики).

*Интерфейс ESDI (Enhanced Small Device Interface* — усовершенствованный интерфейс малых устройств) — специализированный интерфейс накопителей на жестких дисках, разработанный фирмой Maxtor. В 1983 г. фирма Maxtor возглавила консорциум изготовителей жестких дисков с целью создания и внедрения интерфейса, альтернативного ST-506/412. Годом позже интерфейс ESDI был принят в качестве стандарта, обеспечивающего высокую производительность, американским национальным институтом стандартов (ANSI). В 1991 г. была опубликована модернизированная версия стандарта ESDI.

ESDI-накопители сложно идентифицировать по способу подключения, поскольку они, как и MFM- и RLL-накопители, подключаются 34-жильными управляющими и 20-жильными информационными кабелями.

Вы можете не знать, какого типа винчестер установлен в вашем PC и не найти эти кабели. Однако ESDI-накопители обычно бывают полной высоты и находятся в корпусе 5,25". ESDI-накопители (в отличие от MFM- и RLL-) имеют до 53 секторов на дорожку и принадлежат к первым накопителям, емкость которых достигла 100 Мбайт. Поэтому область их применения — в первую очередь, сетевые серверы и высокоскоростные устройства (по меркам прошлых лет). ESDI-накопители фирм Seagate и Fujitsu идентифицируются по наличию литеры E после номера типа накопителя.

По сравнению с ST-506/412, в интерфейсе ESDI предприняты меры по сокращению числа ошибок считывания данных, в частности, шифратор/дешифратор расположен непосредственно на плате накопителя. Скорость передачи данных в этом стандарте может достигать 24 Мбайт/с, хотя на

практике она составляет 10—15 Мбайт/с. При использовании интерфейса ESDI можно считывать с жесткого диска карту расположения поверхностных дефектов (соответствующая информация завода-изготовителя может храниться на диске в служебном файле).

В конце 80-х годов большинство компьютеров различных фирм-изготовителей оснащалось накопителями на жестких дисках и контроллерами стандарта ESDI (тем более, что для перехода со стандарта ST-506/412 на ESDI не требовалось изменений в программном обеспечении компьютера). Однако стандарт ESDI имеет ряд недостатков. Различные реализации интерфейса ESDI зачастую оказываются несовместимыми, поэтому на смену ему пришли интерфейсы IDE (обладающий повышенным быстродействием) и SCSI (с большими возможностями для расширения системы за счет подключения разнообразных устройств, а не только накопителей на жестких дисках).

**Интерфейс IDE.** Дальнейшее совершенствование интерфейсов шло по пути объединения контроллера и накопителя на жестких дисках, что позволило повысить тактовую частоту шифратора/дешифратора, плотность размещения данных на носителе и общее быстродействие системы. Официальное название интерфейса IDE, признанного ANSI в марте 1989 г., —ATA (AT Attachment).

Главные достоинства IDE-накопителей — дешевизна и быстродействие. Стандарты ATA прошли долгий путь эволюции, пока не была решена проблема совместимости, возникающая при подключении к шинам ISA и EISA. В CMOS Setup первые IDE-накопители можно было устанавливать с их физическими параметрами (*Nature Mode*) или указывать логический тип. Причем в паспорте на эти накопители указывались именно физические параметры, откуда и пошло выражение «установить накопитель с физическими параметрами».

Современные IDE-накопители поддерживают универсальный режим трансляции, при котором основным критерием выбора параметров накопителя является общее количество секторов данной модели. Большинство BIOS персональных компьютеров имеют процедуру «Autodetect», которая позволяет считывать и устанавливать паспортные параметры накопителя. Некоторые накопители, например, фирмы Conner, используют адаптивный режим трансляции, в котором накопитель сигнализирует о неправильном использовании дискового пространства. При инициализации накопителю передаются два параметра: количество головок и секторов; затем накопитель подстраивает свою логическую структуру таким образом, чтобы общая емкость не изменилась, причем коррекция осуществляется за счет цилиндров. Версия ATA-1 стандарта ATA окончательно была утверждена в 1994 г., ATA-2 (*Enhanced IDE* — EIDE) — в 1995 г. В настоящее время разрабатывается версия ATA-3.

Спецификация ATA-2 представляет собой расширение первоначального варианта ATA-1. Наиболее существенным из внесенных дополнений является возможность работы в режимах быстрого программного ввода/вывода и прямого доступа к памяти. Кроме того, внесены некоторые изменения в команду идентификации жесткого диска, в результате чего появилась возможность передавать в систему более подробные сведения о жестком диске. Это особенно важно как для обеспечения реализации принципа Plug&Play, так и для совместимости с последующими версиями стандарта.

Спецификация стандарта ATA-2 (EIDE) была разработана фирмой Western Digital. Аналогичные стандарты Fast-ATA и Fast-ATA-2 были приняты фирмами Seagate и Quantum. Можно выделить четыре области, в которых стандарт ATA-2 претерпел существенные изменения по сравнению с исходным: увеличение максимальной емкости накопителей; увеличение скорости обмена данными; появление вторичного канала для подключения двух устройств; использование интерфейса ATAPI.

Максимальная емкость накопителей ATA-2 значительно увеличена за счет разработки улучшенной BIOS (*Enhanced BIOS*), что позволило преодолеть барьер в 504 Мбайт емкости жесткого диска. Появление этого ограничения связано с физическими параметрами жесткого диска (количество цилиндров, головок, секторов). Существующие на сегодняшний день BIOS могут производить адресацию секторов тремя способами: путем стандартной адресации цилиндров, головок и секторов (CHS); расширенной адресации (ECHS) и логической адресации блока (LBA). При стандартной CHS-адресации максимальное количество цилиндров равно 1024, головок — 16, что приводит к ограничению максимальной емкости жесткого диска (504 Мбайт).

Нововведением в ATA-2 явилось использование логической адресации блоков. В этом режиме все секторы нумеруются без разделения по трем категориям (цилиндр, головка, сектор), и адресуются единым 28-битным кодом. С учетом ограничений BIOS (1024 цилиндра, 256 головок, 63 сектора на дорожке) общая емкость жесткого диска достигает 8 Гбайт. Без ограничений эта цифра возросла бы до 128 Гбайт.

Как известно, длина дорожки магнитного диска на внешних цилиндрах больше, чем на внутренних, вследствие этого плотность записи на внутренних цилиндрах выше, чем на внешних. Для согласования режимов записи предусмотрена предкомпенсация записи. В накопителях ATA для увеличения продольной плотности записи предкомпенсация включается с младшего физического цилиндра, а для компенсации различий в плотности стали использовать метод зонно-секционной записи (*Zone Bit Recording*).

Суть метода заключается в том, что все рабочее пространство магнитного диска делится на зоны. Количество зон обычно не менее восьми. В младшей зоне, которая находится на внешней части магнитного диска, расположено наибольшее количество секторов на дорожку (96 — 120). К центру диска количество секторов уменьшается, достигая в старшей зоне 56 — 64. В связи с этим претерпел изменения канал считывания/преобразования данных, который стал работать на более высоких частотах. В нем стали использоваться перестраиваемые фильтры для частотной коррекции по зонам.

В спецификации ATA-2 предусмотрено несколько режимов быстрого обмена данными с жесткими дисками, которые называются режимами (/Mode) программного ввода/вывода (*Programmed Input/Output* — PIO). В настоящее время существует шесть режимов PIO, которым присвоены номера от 0 до 5. Их характеристики приведены в табл. 8.9.

Таблица 8.9. Характеристики режимов PIO

Режим PIO	Длительность одного цикла передачи,нс	Скорость передачи данных. Мбайт/с	Стандарт
0	600	3,3	ATA
1	383	5,2	ATA
2	240	8,3	ATA
3	180	11,1	ATA-2
4	120	16,6	ATA-2
5	100	20,0	ATA-2

Большинство современных накопителей на жестких дисках может работать в режимах PIO-3 и PIO-5, при этом должна использоваться шина VLB или PCI. Шина ISA может поддерживать режимы PIO только с 0 по 2.

Режимы PIO используются в однозадачных операционных системах, где процессор компьютера производит считывание или запись данных в буферную память накопителя на жестких дисках стандарта IDE или EIDE, а затем эти данные передаются в оперативную память. В многозадачных операционных системах целесообразно использовать режимы прямого доступа к оперативной памяти — DMA (*Direct Memory Access*). Ввод/вывод данных в этом режиме осуществляется в оперативную память PC, минуя процессор. Этот процесс происходит под управлением контроллера накопителя на жестких дисках в паузах между обращениями процессора к оперативной памяти, что несколько снижает скорость передачи данных, но экономит процессорное время. Для реализации режимов DMA, в отличие от PIO, необходимы специальные контроллеры и драйверы.

Режимы DMA в зависимости от количества слов, передаваемых за один цикл работы с системной шиной, подразделяются на однословные (*Singleword*) и многословные (*Multiword*) (табл. 8.10).

В последнее время интерфейс ATA стал поддерживать режим UltraDMA 33/66 со скоростью передачи 33 и 66 Мбайт/с соответственно (см. Часть 1, раздел 2.7.2.7.2).

Спецификация ATA-2 позволяет использовать интерфейс ATAPI (*ATA Pocket Interface*), разработанный специально для подключения к обычному IDE-разъему устройств типа CD-ROM, накопителей на магнитной ленте и др.

Таблица 8.10. Характеристики режимов DMA

Режим	Длительность одного цикла передачи, нс	Скорость передачи данных, Мбайт/с
<b>Singleword</b>		
0	960	2,1
1	480	4,2
2	240	8,3
<b>Multiword</b>		
0	480	4,2
1	150	13,3
2	120	16,6
3	100	20,0

До появления стандарта ATA не существовало общепринятого способа конфигурирования жестких дисков, что приводило к проблемам при определении статуса устройства. Для конфигурирования жестких дисков, соответствующих стандарту ATA, достаточно установить всего одну перемычку Master/Slave (первичный или вторичный).

IDE-накопители легко идентифицировать. Они связаны с контроллером 40-жильным плоским кабелем (такой кабель не используется для других периферийных устройств).

IDE -накопители передают данные по системной шине, поэтому работа обоих этих устройств

должна быть скоординирована. Это возможно только тогда, когда частота тактового сигнала системной шины компьютера не превышает скорости передачи данных при чтении/записи, т. е. накопитель должен считывать или записывать данные так же быстро, как они поступают к нему от центрального процессора (CPU) системы.

IDE-накопители работают с тактовой частотой 10 МГц и выше. Эта частота не совпадает с тактовой частотой CPU и всегда составляет только ее часть. Установите этот такт в Standard CMOS Setup опцией Bus Clock Frequency. Если там указан параметр, например, 1/2 CLK, то это означает, что для PC с тактовой частотой 33 МГц системная шина работает с частотой 16,5 МГц. В этом случае для IDE-накопителя гарантируется необходимая пауза для чтения/ записи данных. Обычно при такой установке процессор может работать не с одним, а с несколькими накопителями на жестких дисках. Однако помните о том, что устанавливаемая частота не должна быть меньше 10 МГц.

**Стандарт интерфейса SCSI (Small Computer System Interface)** был разработан и принят ANSI в 1986г. Интерфейс SCSI (произносится «скаизи») —это не дисковый, а системный интерфейс, который может обеспечить работу до восьми устройств. Стандартом SCSI определяются физические и электрические параметры параллельного порта ввода/вывода, обеспечивающего работу компьютера с периферийными устройствами по принципу последовательного подключения.

SCSI-накопители имеют самую высокую скорость обмена данными. Но их достоинством является не столько скорость обмена информацией, сколько вся SCSI-система как таковая. SCSI Host-адаптер может управлять не только накопителем, но и всеми периферийными устройствами, которые подключены к нему и поддерживают протокол SCSI. Это могут быть приводы CD-ROM, сканеры, стримеры и т. п. В этом случае каждому периферийному устройству присваивается логический номер (LU —*Logical Unit*) для идентификации его Host-адаптером и установления связи с ним.

У SCSI Host-адаптера, к которому подключается SCSI-накопитель, есть своя система BIOS, поэтому обращения к BIOS PC не происходит. В связи с этим он конфигурируется в CMOS-Setup PC как Not Installed. SCSI-устройства можно узнать по кабелю данных, идущему от накопителя к контроллеру. Это 50-жильный плоский кабель. SCSI-накопители производства фирмы Seagate имеют после номера модели литеру H, а SCSI-накопители производства фирм Western Digital, Fujitsu, Quantum и Maxtor — литеру S.

Для SCSI-накопителей (как и для IDE-накопителей) ни в коем случае нельзя выполнять низкоуровневое форматирование, поскольку при этом теряется информация о важнейших эксплуатационных параметрах, необходимых для обеспечения работоспособности устройства.

Стандарт SCSI за время своего развития претерпел существенные изменения. Одним из недостатков первой спецификации стандарта (SCSI-1) было то, что многие команды и функции не были определены как обязательные, а это затрудняло работу периферийных устройств. В конечном счете, фирмы-изготовители определили набор из 18 базовых команд SCSI и это привело к появлению в январе 1994 г. стандарта SCSI-2 (хотя первый вариант стандарта был опубликован в августе 1990 г.). Новый стандарт имеет дополнительные возможности по организации передачи данных (*fast&wide*) и использованию команд, а также предусматривает применение активной нагрузки линий связи и кабельных разъемов с уменьшенным шагом контактов.

Совершенствование интерфейса SCSI происходит и в настоящее время. В стадии разработки находится стандарт SCSI-3. Некоторые из выпускаемых сегодня устройств уже соответствуют определенным требованиям SCSI-3 (хотя все требования окончательно не определены). В частности, речь идет о режиме *fast*, или Ultra-SCSI, в котором скорость обмена данными по стандартной 16-разрядной шине SCSI достигает 40 Мбайт/с.

При сравнении возможностей накопителей на жестких дисках IDE и SCSI учитываются несколько факторов. При тестировании IDE-накопители в большинстве случаев оказываются эквивалентными SCSI-устройствам. В IDE-накопителях при передаче данных из каждого сектора на вспомогательные операции затрачивается меньше времени, чем в SCSI (дополнительные задержки связаны с установлением соглашения о синхронизации, выбором жесткого диска-адресата, запросом данных, сигналом окончания передачи, преобразованием логических адресов в физические, выраженные в значениях цилиндров, головок и секторов). В результате интерфейс IDE имеет неоспоримые преимущества при последовательном обмене данными, характерном для однозадачной операционной системы. При работе в многозадачной системе производительность SCSI-устройств выше. Архитектура SCSI-накопителей сложнее архитектуры накопителей IDE.

#### **8.3.5.2.4. Характеристики накопителей на жестких дисках.**

При оценивании достоинств того или иного накопителя на жестких дисках (или семейства накопителей), а также возможных ограничений обычно пользуются набором критериев оценки качества устройств. В предыдущих разделах на качественном уровне были рассмотрены тип привода, рабочий слой дисков и их емкость, типы интерфейсов.

Рассмотрим параметры, характеризующие накопители на жестких дисках.

**Быстродействие накопителя** можно оценить по нескольким параметрам.

**Среднее время поиска.** Под *средним временем поиска* (измеряется в миллисекундах) понимается

среднестатистическое время, в течение которого магнитные головки (конкретного типа накопителей) перемещаются с одного цилиндра на другой. Измерить этот параметр можно, выполнив серию операций поиска случайно выбранных дорожек, а затем разделив общее время поиска на количество операций. В качестве среднего времени поиска в паспортных данных накопителя часто указывается временной интервал, необходимый для перемещения магнитных головок на расстояние, равное одной трети ширины зоны записи данных на диске. Среднее время поиска зависит, главным образом, от конструкции механизма привода головок, а не от типа интерфейса.

Существует довольно много программ, предназначенных для аттестации жестких дисков (*benchmarks*). В отечественной литературе регулярно приводятся методики и результаты тестирования накопителей на жестких дисках. В частности, используется программный пакет WinBench 97, содержащий большое количество дисковых тестов (общесистемные тесты, основанные на реальных приложениях).

**Среднее время доступа.** Существует еще один параметр, по которому можно оценить быстродействие, — *среднее время доступа*, отличие которого от среднего времени поиска состоит в том, что учитывается запаздывание (среднее время) при перемещении магнитной головки к искомому сектору на дорожке. Величина запаздывания равна половине периода вращения диска. Например, при скорости вращения диска 3600 об/мин запаздывание составляет 8,3 мс. Таким образом, среднее время доступа равно сумме среднего времени поиска и времени запаздывания. С ростом скорости вращения дисков не только уменьшается запаздывание, но и возрастает скорость передачи данных.

**Скорость передачи данных** является интегральной характеристикой при оценке общей производительности компьютера и зависит от характеристик элементов конструкции гермоблока накопителя и параметров контроллера. В большинстве случаев она ограничивается именно быстродействием контроллера. По этой причине стали производить чередование секторов (*interleave*), которое подразумевает способ структурирования диска, при котором секторы располагаются (нумеруются) не подряд, а в порядке, при котором медленно работающий контроллер успевает обрабатывать данные и не пропускает сектор со следующим номером.

На рис. 8.41 представлены варианты структурирования магнитных дисков с коэффициентами чередования 1:1 (секторы на каждой дорожке пронумерованы последовательно) и 3:1 (нумерация секторов через два). На примере 17-секторного жесткого диска (скорость вращения 3600 об/мин) видно, что работая с коэффициентом чередования 1:1, накопитель произведет считывание данных всех секторов за 17 оборотов, т. е. за 17/60 с — огромное время по современным меркам. При коэффициенте чередования 3:1 контроллер успевает считывать данные за три оборота диска, т. е. за

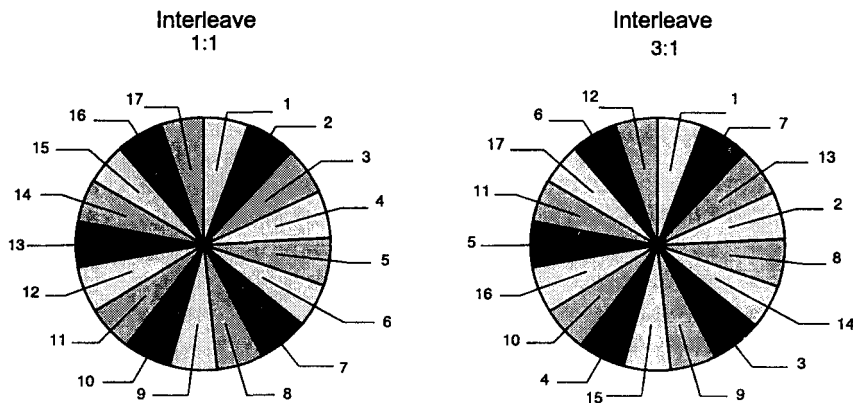


Рис. 8.41. Размещение секторов при коэффициенте чередования 3:1

3/60 с. Скорость передачи данных в этом случае возрастает примерно в 5 раз. В компьютерах PC/XT коэффициент чередования был равен 6:1, в AT — 3:1.

Очевидно, что если контроллер имеет высокое быстродействие, т. е. успевает обрабатывать данные, считанные с последовательно расположенных секторов, желательно установить коэффициент чередования 1:1. При увеличении коэффициента чередования скорость передачи данных с использованием такого контроллера уменьшается. С появлением новых быстродействующих контроллеров накопители работают в оптимальном режиме с коэффициентом чередования 1:1. Для организации непрерывного чтения секторов, считывание производится из нескольких секторов, и данные запоминаются в буфере.

В табл. 8.11 представлены скорости передачи данных для накопителей на магнитных дисках с различным количеством секторов в зависимости от частоты вращения и коэффициента чередования.

Изменение коэффициента чередования возможно только специальными программными средствами и, как следствие, может привести к полной потере данных, так как изменяется логическое разбиение диска.

Таблица 8.11. Скорость передачи данных при различных частотах вращения дисков и коэффициентах чередования

Частота вращения, об/мин	Количество секторов на дорожке	Скорость передачи данных, Кбайт/с					
		1:1	2:1	3:1	4:1	5:1	6:1
3600	17	510	255	170	128	102	85
3600	25	750	375	250	188	150	125
3600	37	1110	555	370	278	222	185
3600	81	2430	1215	810	608	486	405
4500	50	1875	938	625	469	375	313
4500	70	2625	1313	875	656	525	438
5400	70	3150	1575	1050	788	630	525

**Время безотказной работы.** В описаниях накопителей указывается такой параметр, как среднестатистическое время между сбоями (MTBF — *Mean Time Between Failures*), характеризующее надежность устройства. Значение этого параметра обычно колеблется от 20 000 до 500 000 ч, но может составлять и 1 млн. ч. Эти значения являются расчетными (ожидаемыми) с известной вероятностью, а для получения статистически достоверных данных о надежности устройства необходимо протестировать группу одинаковых накопителей и подсчитать количество отказов за время, как минимум в два раза превышающее ожидаемое значение MTBF. Нетрудно подсчитать, что при круглосуточной работе компьютера в течение года его наработка составит 8760 ч. Таким образом, для подтверждения заявленных 500 тыс. ч безотказной работы понадобится примерно 57 лет. Из вышесказанного можно сделать вывод: показатель MTBF далеко не всегда соответствует реальной надежности устройства.

Как показывает практический опыт, если накопитель на жестких дисках безотказно работает на протяжении первого гарантийного месяца, то он будет также безотказно работать до полной своей моральной старости. Однако известны случаи, когда безотказно работавший в течение полугода накопитель вдруг начинал сбоить, а его параметры — резко деградировать.

Многие фирмы-производители выпускают накопители на жестких магнитных дисках для использования их в качестве устройств резервного хранения данных (в качестве вторых накопителей — Slave Disks). Гарантийное время безотказной работы таких накопителей значительно меньше, так как они рассчитаны на меньшее число операций чтения/записи (стоимость их также ниже).

В большинстве современных накопителей на жестких дисках гермоблоки комплектуются противоударной подвеской. Между корпусом накопителя и монтажным каркасом устанавливаются специальные прокладки из эластичной резины (или полимерного материала), компенсирующие (частично или полностью) удары и вибрацию. Однако нужно помнить, что залогом безотказной работы накопителя является бережное отношение к нему и соблюдение правил эксплуатации.

**Емкость накопителей.** Несколько слов следует сказать о емкости накопителей на жестких дисках. В настоящее время большинство фирм—производителей IDE- и SCSI-накопителей указывают в паспортных данных форматированную емкость, поскольку жесткие магнитные диски выпускаются уже отформатированными.

Эта величина отличается от неформатированной емкости накопителя. Как правило, объем памяти измеряется в двоичных единицах, а емкость накопителя — в десятичных или в двоичных единицах. Стандартные кратные единицы измерения представлены в табл. 8.12.

Таблица 8.12. Единицы измерения емкости накопителей

Наименование	Сокращенное наименование	Десятичная величина	Двоичная величина
Килобайт	Кбайт (КБ)	1 000	1 024
Мегабайт	Мбайт (МБ)	1 000 000	1 048 576
Гигабайт	Гбайт (ГБ)	1 000 000 000	1 073 741 824
Терабайт	Тбайт (ТБ)	1 000 000 000 000	1 099 511 627 776

Сравнив показатели, представленные в таблице, легко ответить на вопрос, почему паспортные данные накопителя не соответствуют информации о его емкости, появляющиеся на экране монитора при запуске компьютера.

В табл. 8.13 и 8.14 приведены основные технические характеристики некоторых накопителей на жестких магнитных дисках.

Таблица 8.13. Основные технические характеристики накопителей с интерфейсом IDE

Марка накопителя	Емкость, Мбайт	Число дисков	Число головок	Частота вращения, об/мин	Среднее время поиска, мс	Время безотказной работы, ч
Fujitsu M1638 TAU	2500	2	4	5400	10,0	500 000
Fujitsu M 1624 TAU	2100	2	4	5400	10,0	500 000
IBMDAQA-32160	2160	2	4	5400	9,5	500 000
Maxtor 83500A8	3500	4	8	4480	12,0	300 000
MaxtorCSC 72004A	2004	3	6	4480	12,0	300 000
Maxtor 72700AP	2700	4	8	4480	12,0	400 000
Maxtor 82560A4	2560	2	4	5400	10,0	500 000
Quantum 2550AT	2550	3	6	4500	11,0	400 000
Quantum FB TM3.8	3860	3	6	4500	10,5	400 000
Quantum FB TM3.2	3216	3	6	4500	10,5	400 000
Quantum FB TM2.5	2564	2	4	4500	10,5	400 000
Quantum FB TM2.1	2111	2	4	4500	10,5	400 000
Quantum Bigfoot2.1	2110	2	4	3600	15,5	300 000
Samsung WNR31601	1610	2	4	5400	11,0	500 000
Seagate ST52520A	2500	2	4	5400	11,0	500 000
Seagate ST32132A	2113	3	6	4504	12,5	300 000
WD CaviarAC34000	4001	3	6	5200	11,5	350 000
WD CaviarWDA33	3167	3	6	5200	12,0	300 000
WD CaviarWDA32	2560	3	6	5200	12,0	300 000

Таблица 8.14. Основные технические характеристики накопителей с интерфейсом SCSI

Марка накопителя	Емкость, Мбайт	Число дисков	Число головок	Частота вращения, об/мин	Среднее время поиска, мс	Размер кэш-буфера, Кбайт	Время безотказной работы, ч	Тип интерфейса
Fujitsu M2952QA	2420	3	6	7200	8,0	506	1 000 000	Ultra-SCSI
Fujitsu M2954SY	4000	5	10	7200	8,0	506	1 000 000	Ultra-SCSI
IBM DCAS 34330	4330	3	6	5400	8,5	512	—	SCSI-3
IBM DCHS 09U	9100	9	18	7200	8,5	512	—	Wide-SCSI
Quantum Atlas 2	4550	5	10	7200	8,0	512	—	Ultra-SCSI
Quantum FB TM2110	2110	2	4	4500	10,5	128	400 000	Ultra-SCSI
SG Cheetah 34501	4550	4	8	10033	7,5	512	1 000 000	Ultra-SCSI
SG Barracuda-3437	4350	5	10	7200	8,8	512	1 000 000	Ultra-SCSI
WD2170-0003	2170	—	—	7200	8,0	512	1 000 000	Fast-SCSI
WD 4360-0003	4360	—	—	7200	8,0	512	1 000 000	Fast-SCSI

**Стоимость накопителей.** Завершая обзор основных характеристик накопителей на жестких магнитных дисках, следует сказать несколько слов об их стоимости. Отношение емкость/стоимость накопителей продолжает снижаться по мере развития технологии создания магнитных дисков. Ориентировочные цены накопителей и стоимость 1 Мбайта памяти представлены в табл. 8.15.

Таблица 8.15. Ориентировочная стоимость некоторых накопителей на жестких дисках (по состоянию на лето 1998 г.)

Марка накопителя	Емкость, Мбайт	Ориентировочная цена, USD	Ориентировочная цена 1 Мбайта памяти, USD
Fujitsu M1638TAU	2500	185	0,074



Fujitsu M1624TAU	2100	161	0,077
IBMDAQA-32160	2160	175	0,081
Maxtor 83500A8	3500	220	0,063
MaxtorCSC 72004A	2004	183	0,091
Maxtor 72700AP	2700	225	0,083
Maxtor 82560A4	2560	215	0,084
Quantum 2550AT	2550	170	0,067
Quantum FB TM3.8	3860	215	0,056
Quantum FB TM3.2	3216	190	0,060
Quantum FB TM2.5	2564	183	0,071
Quantum FB TM2.1	2111	175	0,082
Quantum Bigfoot2.1	2110	145	0,068
SamsungWNR31601A	1610	140	0,086
Seagate ST52520A	2500	145	0,058
Seagate ST32132A	2113	140	0,066
WD CaviarAC34000	4001	215	0,056
WDCaviarWDA33100	3167	162	0,051
WD Caviar WDA32500	2660	148	0,057

**Кэш-память накопителей на жестких магнитных дисках.** Под кэш-памятью в данном случае подразумевается не буфер оперативной памяти PC, выделенный для накопителя и организованный программным путем, а фактическое наличие ячеек памяти на его контроллере. Эта кэш-память может существенно влиять на скорость работы накопителя, так как в ней могут храниться данные, которые прочитаны с упреждением и с высокой долей вероятности понадобятся процессору. Вряд ли в настоящее время есть накопители на жестких дисках, которые не имеют кэш-памяти. Типичная ее величина составляет 64 Кбайт, но бывают устройства с кэш-памятью объемом 256, 512 и даже 1024 Кбайт.

Рассмотрев основные характеристики накопителей на жестких дисках, приведем типовые параметры данных устройств различных фирм-производителей (табл. 8.16). К сожалению, мы не можем поместить в этом разделе список параметров всех накопителей на жестких дисках. Во-первых, развитие идет такими быстрыми темпами, что, весьма вероятно, вашего нового устройства в этом списке не будет, и, во-вторых, различные современные журналы по компьютерной тематике предлагают значительно больше информации по данной теме, чем можно было бы дать в этом пособии.

Таблица 8.16 . Основные технические характеристики распространенных моделей накопителей на жестких магнитных дисках.

Марка и модель накопителя	Емкость, Мбайт	Среднее время поиска, мс	Время поиска соседней дорожки, мс	Режим P10	Скорость обмена данными, Мбайт/с	Размер кэш-буфера, Кбайт	Частота вращения шпинделя, об/мин
<b>CONNER</b>							
CFS540A	541	14	4	3	2,5-4,0	64	3600
CFS850A	850	14	4	3	2,5-4,0	64	3600
CFS1081A	1081	14	4	3	-	64	3600
CFA1275A	1278	12	4	4	3,92-7,55	256	4500
CFS1275A	1278	14	4	3	2,5-4,0	64	3600
CFS1621A	1621	14	4	3	-	64	3600
<b>FUJITSU</b>							
M2713T	816	12	3	4	3,42-6,77	128	3600
M2714T	1088	12	3	4	3,42-6,77	128	3600
M1606TA	1089	10	3	4	4,34-7,84	256	5400
M1614TAU	1091	10	3	4	4,37-7,97	64	4500
M1636T	1284	10	3	4	7,7-13,8	128	5400
M1637T	1926	10	3	4	7,7-13,8	128	5400

M1638T	2568	10	3	4	7,7-13,8	128	5400
M1639T	3400	10	3	4	7,7-13,8	128	5400
<b>IBM</b>							
DPEA-31080	1080	10	-	3	4,98-6,89	512	5400
DJAA-31270	1270	12	-	3	4,83-7,76	128	4500
DJAA-31700	1700	12	-	4	4,83-7,76	128	4500
<b>MAXTOR</b>							
71626AP/A	1626	12	2	4	4,61 -8,10	128	4480
71670AP/A	1670	12	2	4	4,74-8,10	128	4480
72004AP/A	2004	12	2	4	4,74-8,10	128	4480
<b>QUANTUM</b>							
TB850AT	850	14	-	4	-	128	4500
FB 1.0AT	1082	12	-	4	5,12-11,20	128	4500
PB 1280AT	1283	11	-	4	—	128	5400
S11700AT	1700	11	2	4	9,0	128	4500
FB 2,1 AT	2168	10	-	4	5,12-11,20	128	4500
SI2550AT	2550	11	2	4	9,0	128	4500
FB 3,2AT	3254	10	-	4	5,12-11,20	128	4500
<b>SAMSUNG</b>							
STG-31270A	1280	12	3,0	3	9,40	128	4500
STG-31601A	1600	12	3,0	4	9,40	128	4500
WNR-31621	1610	11	3,0	4	5,37-10,60	128	5400
WNR-32101	2100	11	3,0	4	5,37-10,60	128	5400
WNR-32500	2410	11	3,0	4	5,37-10,60	128	5400
<b>SEAGATE</b>							
ST5850A	855	11	3,5	4	4,07-7,71	256	5400
ST31220A	1081	12	3,5	4	3,50-5,88	256	4500
ST31270A	1283	11	3,5	4	-	256	4500
ST51270A	1282	10	3,5	4	8,25	128	5400
ST31621A	1623	14	4,0	4	7,6	107	4500
ST31720A	1700	12	3,0	4	-	128	4500
ST32140A	2113	10	2,0	4	8,37	118	5400
ST52160A	2113	11	3,5		-	128	5400
ST32530A	2550	10	2,0	4	10,87	128	5400
ST52520A	2560	11	3,5	4	-	128	5400
ST33440A	3400	11	2,0	4	10,87	128	5400
ST34250A	4250	10	2,0	4	10,87	128	5400
<b>WESTERN DIGITAL</b>							
WDAC2850	854	12	4,0	3	-	64	4500
WDAC2100	1084	11	3,0	4	-	128	5200
WDAC2120	1282	11	3,0	4	-	128	5200
WDAC3210	2112	12	3,0	4	-	128	5200
WDAC3250	2560	12	3,0	4	-	128	5200

### 8.3.5.2.5. Параметры накопителей на жестких дисках в CMOS Setup

При конфигурировании накопителя на жестких дисках нужно корректно установить его параметры в CMOS Setup. Типовые параметры в AMI BIOS приведены в табл. 8.17.

Таблица 8.17. Окно параметров накопителей в CMOS Setup AMI BIOS

	Cyln	Heads	WPCom	Lzone	Sectors
Disk C: Type 47	1023	15	0	0	43
Disk D: Type	Not Installed				

Смысл некоторых из этих параметров вам уже известен. Это цилиндры (*Cyln*), головки (*Heads*) и секторы (*Sectors*). Их число определяет объем (*Size*) диска и может устанавливаться пользователем. Параметр *Size* недоступен для редактирования в CMOS Setup, он зависит от вышеуказанных параметров. Задание этих параметров необходимо для обеспечения корректной работы PC с диском.

IDE-накопитель, отформатированный с помощью метода *Zone Bit Recording*, работает так, как будто у него такие параметры, которые, занесены в CMOS. Значения этих параметров записываются на диск при его форматировании указанным способом. При новом форматировании эта информация теряется.

Поскольку возможны различные комбинации числа головок, цилиндров и секторов, для IDE-накопителей имеется несколько режимов передачи данных (*Translation Mode*). При этом могут появиться различия между паспортной емкостью и реально имеющейся в распоряжении, иногда достигающие 5—10 Мбайт. Для накопителя емкостью меньше 100 Мбайт такая потеря существенна. Проверьте документацию накопителя на предмет возможности использования различных режимов *Translation Mode* и выберите параметры, которые обеспечивают самую большую емкость накопителя.

CMOS Setup современных BIOS содержат опцию, называемую «автоматическое определение типа накопителя». Чаще всего BIOS определяет тип диска как 47 (*Users* — пользовательский). Это позволяет узнать параметры накопителя. После того как параметры диска изменены в CMOS Setup, необходимо заново разбить диск на разделы и отформатировать его! Помните, что при форматировании все данные на диске теряются, поэтому переустановка параметров накопителя имеет смысл, если диск еще не заполнен информацией.

SCSI-накопители в CMOS Setup PC объявляются как «Not Installed». Для управления ими предназначен отдельный BIOS SCSI-адаптера.

**L-Zone.** Параметр L-Zone (*Landing Zone* — дословно «зона мягкой посадки») определяет номер цилиндра (чаще всего последнего на диске), на котором паркуется головка чтения/записи при выключении PC. Напомним, что парковка необходима для предотвращения повреждений головки и самого диска. Данный параметр необходимо устанавливать для накопителей, не имеющих функции автопарковки. Для IDE- или SCSI-накопителей значение этого параметра должно быть равно номеру последнего цилиндра.

**WPCom.** Параметр WPCom используется при компенсации записи (*Write Precompensation*). Необходимость подобной компенсации возникает из-за особенностей строения диска: чем ближе к оси вращения находится головка чтения/записи, тем меньше скорость поверхности диска относительно нее. В результате время доступа к некоторым цилиндрам увеличивается на несколько наносекунд. Параметром WPCom устанавливается номер цилиндра, начиная с которого осуществляется компенсация этого времени.

При инсталляции накопителя параметр WPCom может быть пропущен, поскольку для современных дисков значение этого параметра уже установлено производителем. По умолчанию он имеет значение 65 535.

### 8.3.5.2.6. Логическая структура жесткого диска

После установки нового накопителя на жестких дисках и объявления его в CMOS Setup сам накопитель еще не может использоваться. Для того, чтобы операционная система компьютера загружалась с диска, необходимо последовательно выполнить следующие три операции: разбить диск на разделы; отформатировать разделы; скопировать операционную систему на диск.

Кратко рассмотрим содержание этих операций.

**Разбиение на разделы.** Накопитель может быть разделен на несколько (не более четырех) независимых частей, называемых *разделами*. Каждый раздел может быть выделен для работы под управлением какой-либо операционной системы (например, DOS, OS/2). DOS может работать с одним или одновременно с двумя разделами.

Различают три типа разделов: *первичный раздел DOS*, *расширенный раздел DOS* и *раздел не-DOS*.

На диске может быть сформирован один первичный раздел DOS, один расширенный раздел DOS и несколько разделов не-DOS (рис. 8.42). Для работы под управлением DOS наличие первичного раздела DOS обязательно. В нем создается единственный логический диск (обычно с именем C:).

Расширенный раздел DOS является необязательным. Такой раздел может быть разбит на один или несколько логических дисков, которым назначаются различающиеся имена.

Таким образом, с точки зрения пользователя накопитель на жестких дисках в среде DOS представляет собой совокупность логических дисков. Логический диск может быть сделан системным (загрузочным) только в первичном разделе DOS.

Описанная конфигурация накопителя играла важную роль в версиях DOS, предшествующих 4.0, так как они не обеспечивали работу с логическими дисками объемом более 32 Мбайт. В современных версиях DOS емкость каждого логического диска может достигать 2 Гбайт, поэтому формировать несколько логических дисков оказывается нецелесообразным. Однако для PC коллективного пользования имеет смысл разделить накопитель на два логических диска: системный, для хранения всех программных продуктов, и пользовательский, для временного хранения пользовательских

файлов.

Описанное конфигурирование накопителя, т. е. разбиение на разделы и формирование в разделах логических дисков, осуществляется командой FDISK. Реализующая эту команду программа

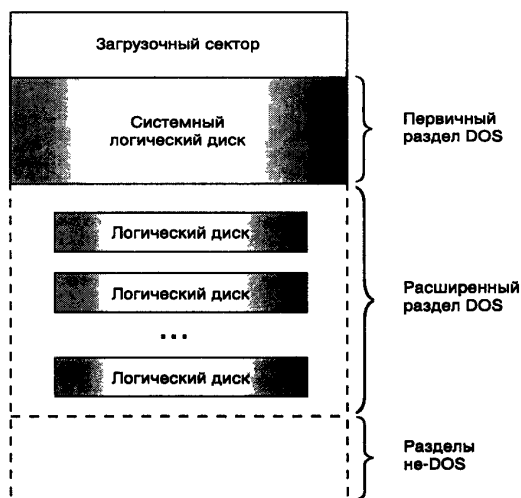


Рис. 8.42. Логическая структура жесткого диска

работает в интерактивном режиме и выполняет следующие функции:

- Создание первичного раздела DOS и логического диска на нем
- Создание расширенного раздела DOS
- Формирование логических дисков в расширенном разделе DOS
- Установление или изменение активного раздела, т. е. раздела, с логического диска которого будет осуществляться загрузка операционной системы после включения питания PC, нажатия кнопки Reset или клавиш <Ctrl> + <Alt> + <Del>
- Удаление логических дисков и разделов DOS, а также некоторых типов разделов не-DOS, что также обеспечивает реконфигурирование накопителя
- Отображение информации о конфигурации накопителя (разбивке на разделы и логические диски)
- Конфигурирование другого накопителя, если таковой в PC имеется

Формирование единственного логического диска в первичном разделе DOS осуществляется автоматически при создании этого раздела.

После конфигурирования накопителя подготовка его к работе в составе PC обязательно должна быть завершена высокоуровневым форматированием всех созданных логических дисков путем выполнения команды FORMAT (см. далее).

Таким образом, для того чтобы подготовить накопитель на жестких дисках к форматированию, необходимо произвести следующие действия: создать первичный раздел DOS с логическим диском на нем; создать расширенный раздел DOS; сформировать логические диски в расширенном разделе DOS; установить признак активности первичного раздела DOS.

Второе и третье действия можно не выполнять, если для работы достаточно иметь единственный логический диск. Четвертое действие также не всегда необходимо, поскольку при соблюдении определенных условий признак активности устанавливается автоматически для первичного раздела DOS.

**Форматирование** накопителя на жестких дисках, по сути, аналогично форматированию дискеты. При проведении форматирования необходимо помнить о следующем:

- как и при разбиении на разделы, в процессе форматирования все данные, хранящиеся на диске, теряются;
- перед переформатированием диска рекомендуется сохранить необходимые данные на другом носителе.

Однако надо иметь в виду, что любой процесс восстановления предварительно сохраненных или сжатых данных, реализуемый с помощью утилиты RESTORE или любой другой, не дает стопроцентной гарантии полного и безошибочного восстановления. В любом случае восстановление данных является хлопотным и длительным процессом.

Форматирование, например, диска C: выполняется командой DOS FORMAT C:.

Если диск накопителя разбит на логические диски, то, естественно, нужно форматировать каждый логический диск отдельно!

**Создание системного диска.** Чтобы перенести на диск накопителя операционную систему, нужно отформатировать диск командой

```
FORMAT C: /S
```

или после обычного форматирования, загрузив систему с дискеты, скопировать системные файлы на диск командой

SYS C:

В ходе выполнения этих команд с дискеты на жесткий диск переносятся три важнейших файла: IO.SYS, MSDOS.SYS и COMMAND.COM, которые нужны для загрузки системы, а в Boot-сектор записывается программа начальной загрузки.

### 8.3.5.2.7. Накопители на сменных жестких дисках.

Накопители на сменных жестких дисках (*removable hard disk drives*) — это новый тип накопителей, совсем недавно появившийся на отечественном рынке. Они являются новым воплощением идеи сменного накопителя на жестких дисках и позволяют эффективно решать проблему неограниченного наращивания дискового пространства компьютера. Различные по исполнению (внешнему и внутреннему) и емкости, эти накопители имеют общие черты, хотя производятся несколькими компаниями, в том числе SyQuest, IOmega, D2, Nomai, Xugatex и др. Фирма SyQuest производит сменные жесткие диски с 1982 г. и контролирует около 80% мирового рынка продаж этих устройств.

В отличие от гибких дисков, сменные жесткие диски имеют жесткую металлическую или стеклопластиковую основу и выполнены с использованием технологии, аналогичной технологии производства жестких дисков. Тем не менее, в них расстояние между магнитным диском и головкой больше, чем в классических накопителях на жестких дисках. Это, естественно, сказывается на плотности записи и общей емкости накопителя. Сам привод накопителя на сменных жестких дисках во многом идентичен приводу внешнего накопителя на 3,25 и 5,25" гибких дисках.

Сменный картридж состоит из жесткого магнитного диска (пластины), заключенного в прочный прозрачный пластмассовый конверт. Фирма IOmega производит накопители на сменных жестких дисках емкостью 1 Гбайт типа Jaz. Такие устройства (рис. 8.43) выпускаются как во внешнем, так и во встроенном исполнении. В обоих случаях для обмена данными используется интерфейс SCSI. Jaz спроектирован под современный тип платы SCSI-2 и поставляется с 50-штырьковыми разъемами (специальный переходник позволяет подключить устройство и к 25-штырьковому разъему платы SCSI более ранней версии).

Программное обеспечение Jaz предусматривает присвоение буквенного символа сменному дисководу, причем программные инструменты устанавливают собственную пиктограмму (а не используют по умолчанию иконку накопителя на сменных дисках). Скорость обмена данными в Jaz-

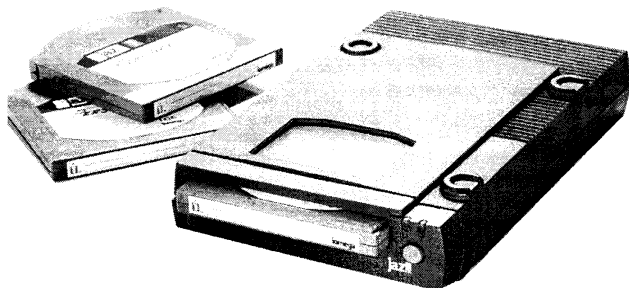


Рис. 8.43. Накопитель Jaz

устройствах составляет до 12 Мбайт/с, т. е. емкость дисков в 1 Гбайт заполняется за время около 5 мин. Такая скорость позволяет записывать полноэкранный видео в реальном масштабе времени. Параметры нового накопителя позволяют использовать Jaz-устройства для воспроизведения высококачественных аудио- и видеозаписей и могут составить серьезную конкуренцию как магнитооптическим накопителям, так и CD-ROM. Ведь один гигабайтный Jaz-картридж позволяет хранить и воспроизводить: 2-часовой видеofilm (в формате MPEG); 8-часовую качественную аудиозапись; 8-минутную видеозапись в стандарте ТВ- сигнала; до 100 фотографий (в цифровой форме) формата 10x15 см

Среднее время поиска информации у накопителей Jaz составляет 12 мс, среднее время доступа — 17 мс (т. е. время задержки составляет 5 мс), частота вращения диска — 3000 об/мин.

На мировом рынке конкуренцию устройствам Jaz составляют накопители на сменных жестких дисках фирмы SyQuest типа SyJet емкостью 1,4 Гбайт (рис 8.45).

Обычно эти устройства адаптированы для подключения к SCSI-интерфейсу, однако можно использовать и ATA- интерфейс. Кроме того, в ряде случаев связь осуществляется через стандартный параллельный порт, что весьма удобно. Частота вращения диска (помещенного в герметичный пластмассовый конверт) этих накопителей составляет около 3000 об/мин, а среднее время доступа составляет от 13,5 до 20 мс. Фирма SyQuest выпускает накопители на сменных жестких дисках трех форм-факторов (5,25"; 3,5" и 1,8") различной емкости. В процессе своей деятельности фирма провела

многочисленные исследования, изготовила конструкции, часть которых, однако, не получила широкого распространения. Серьезную конкуренцию этим накопителям составляют накопители фирмы SyDOS (рис. 8.44), которая является дочерней фирмой SyQuest. Накопитель фирмы SyQuest представлен на рис. 8.45.

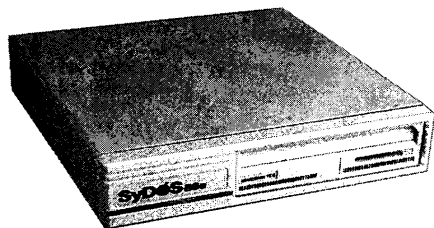


Рис. 8.44. Внешний привод SyDOS

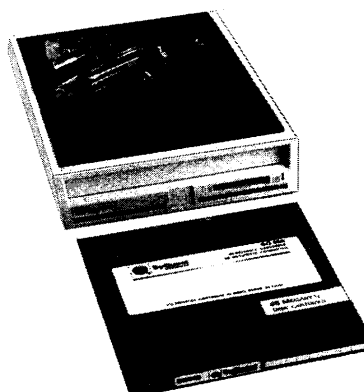


Рис. 8.45. Накопитель SyQuest с картриджем

**Эксплуатационные характеристики.** По своему устройству и принципу действия накопители на сменных жестких дисках, конечно же, не могут состязаться в быстродействии и емкости с винчестерами. Однако для хранения и транспортировки данных больших объемов они являются лучшей альтернативой им. В табл. 8.18 приведены характеристики приводов SyQuest.

Таблица 8.18. Характеристики приводов SyQuest

Характеристика	Привод SQS110x	Привод DOSMariln 105i
Размер (форм-фактор)	5,25"	3,5"
Емкость картриджа, Мбайт	44/88	105
Тип интерфейса	SCSI	IDE
Частота вращения, об/мин	3220	-
Скорость передачи данных, Кбайт/с	925	1400
Среднее время доступа, мс	20	-

**Носитель информации.** Носитель информации находится в герметично закрытом корпусе, который защищает его от частиц пыли и дыма (рис. 8.46), но поскольку полностью исключить загрязнение невозможно, то в этих накопителях увеличивают расстояние между поверхностью диска и головкой чтения/записи (что уменьшает общую емкость).

Сам сменный диск (*Removable Cartridge*) имеет, как и другие носители, систему защиты от записи. Различие между носителями емкостью 44 и 88 Мбайт можно определить по цвету устройства защиты от записи: у дисков SQ400 (44 Мбайт) оно имеет красный цвет, а у дисков SQ800 — желтый.

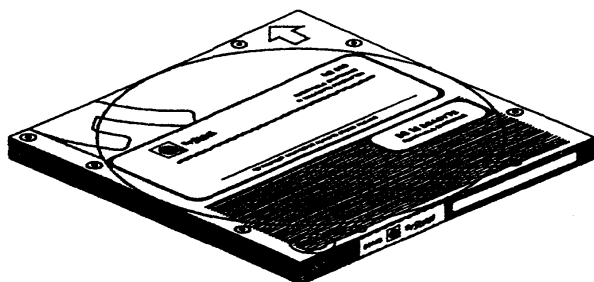


Рис. 8.46. Сменный диск SyQuest

### 8.3.5.2.8. Накопители на дисковых массивах RAID

RAID — это сокращение от Redundant Arrays of Inexpensive Disks, что дословно переводится как «избыточные массивы недорогих дисков». Основная идея RAID-массивов заключается в том, чтобы построить дисковый массив большой емкости, используя много недорогих дисков небольшого объема, что позволило бы получить при меньшей стоимости большую, чем у одного дорогого диска большой емкости, производительность. Такой массив дисков, будучи подключенным к компьютеру, распознается системой как один диск большой емкости. Отказоустойчивость дискового массива

может быть увеличена за счет избыточности хранимой информации.

RAID-массив строится на основе распределения (это довольно вольный перевод термина «striping», что дословно переводится как «деление на полосы») данных между дисками. Пространство каждого диска разбивается на сегменты (в англоязычном варианте используется термин «stripes» — в дословном переводе «полосы»), размер которых может составлять от одного сектора (512 байт) до нескольких мегабайт; он зависит от типа операционной системы (если RAID-массив реализуется программными средствами) или конструктивных особенностей RAID-контроллера (если RAID-массив реализуется аппаратно). Дисковое пространство RAID-массива есть объединение сегментов данных всех дисков массива.

RAID-массивы позволяют увеличить скорость доступа к данным. Поскольку дисковое пространство равномерно распределено между всеми дисками массива, можно одновременно читать и записывать данные на несколько дисков массива.

Отказоустойчивость RAID-массивов может быть увеличена либо за счет зеркалирования — создания дополнительной копии данных, либо за счет использования контрольных сумм для выявления и исправления ошибок и восстановления данных. В первом случае данные при записи тиражируются и разносятся по дискам: на каждом диске содержится по одной копии данных. Во втором случае при записи данных производится вычисление контрольной суммы.

Алгоритм вычисления контрольной суммы, вообще говоря, меняется от одного типа RAID-массива к другому. Данные и контрольная сумма записываются на разные диски. В обоих случаях выход из строя одного (или более, что зависит от типа RAID-массива) диска не приведет к потере данных, а содержимое этого диска может быть восстановлено.

#### 8.3.5.2.8.1. ТИПЫ RAID-МАССИВОВ.

По состоянию на 1987 год существовало девять типов («level» — уровень) RAID-массивов, различающихся по скорости, надежности и стоимости изготовления: RAID 0,1,2,3,4,5,6,7,10,53.

**RAID 0** — *дисковый массив без дополнительной отказоустойчивости*. RAID 0 — это пример распределения данных между дисками массива в «чистом» виде. Поток данных разбивается на блоки. Блоки последовательно записываются на диски (рис. 8.47).

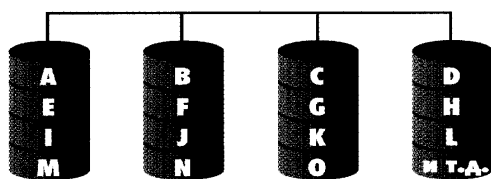


Рис. 8.47. Технология дискового массива RAID 0.

*Достоинства:* • высокая производительность за счет распределения операций ввода/вывода между всеми дисками массива; • не производится вычисление контрольных сумм, что также увеличивает производительность; • очень простой конструктив; • легкость в изготовлении.

*Недостатки:* • нет отказоустойчивости: выход из строя одного из дисков приводит к потере всех данных, хранящихся в дисковом массиве.

**RAID 1** — *дисковый массив с зеркалированием данных*. В RAID 1 блок данных записывается в двух экземплярах — каждый на свой диск. Для наилучшей производительности контроллер ввода/вывода должен поддерживать одновременное выполнение двух разных операций чтения и одной дуплексной операции записи для пары зеркалированных дисков (рис. 8.48).

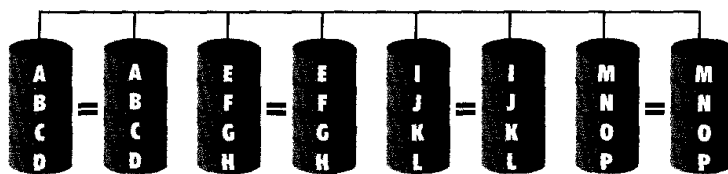


Рис. 8.48. Технология дискового массива RAID 1

*Достоинства:* • скорость записи та же, что и для одного диска; • скорость чтения в два раза выше, чем для одного диска; • высокая скорость восстановления данных из-за их 100%-ной избыточности. Данные восстанавливаются простым копированием с одного диска на другой. При этом не тратится время на дополнительные вычисления, как в случае с другими типами RAID-массивов; • самый простой конструктив из всех типов RAID-массивов; • единственный RAID-массив, позволяющий получить отказоустойчивую дисковую подсистему на двух дисках.

*Недостатки:* • низкий коэффициент использования дискового пространства. Под коэффициентом использования дискового пространства понимается отношение объема полезных

данных к суммарному объему дисков массива. В случае RAID 1 он равен 0,5.

**RAID 2 — дисковый массив с использованием алгоритма Хемминга для проверки/восстановления данных.** Поток данных разбивается на слова. Каждое слово данных разбивается на биты, причем количество бит в слове должно равняться количеству дисков с данными (в нашем примере оно равно 4). Биты записываются последовательно на диски с данными (рис. 8.49). Для каждого слова данных по алгоритму Хемминга вычисляется слово ECC кода. (Egog Checking/Correction Code — «Код для проверки/коррекции ошибок»). Этот код есть не что иное как контрольная сумма.) Оно записывается на диски, предназначенные для хранения контрольной информации. ECC код используется для проверки и исправления ошибок во время чтения данных.

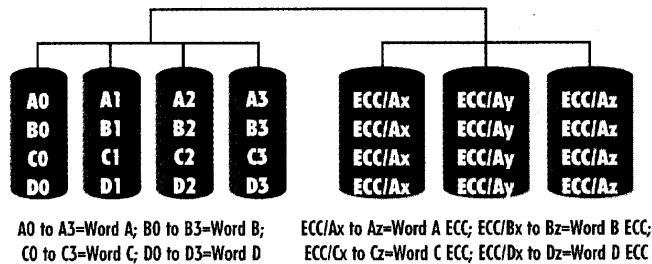


Рис. 8.49. Технология дискового массива RAID 2.

**Достоинства:** • исправление ошибок данных «на лету»; • исключительно высокая скорость передачи данных, увеличивающаяся с ростом количества дисков в массиве; • коэффициент использования дискового пространства увеличивается с ростом количества дисков в массиве; • относительно простой конструктив контроллера по сравнению с RAID 3, 4 и 5.

**Недостатки:** • очень низкий коэффициент использования дискового пространства в случае малого размера слова данных.

**RAID 3 — дисковый массив с вычислением контрольной суммы параллельно с передачей данных.** Поток данных разбивается на сегменты, которые записываются на диски (рис. 8.50). Контрольная сумма вычисляется во время операции записи, сохраняется на диске с контрольной информацией и проверяется во время операции чтения данных.

**Достоинства:** • очень высокая скорость чтения и записи данных; • выход из строя одного диска незначительно влияет на общую производительность массива; • высокий коэффициент использования дискового пространства.

**Недостатки:** • контроллер имеет конструктив средней сложности; • очень трудно реализуется программными средствами; • в случае программной реализации требуются значительные вычислительные мощности.

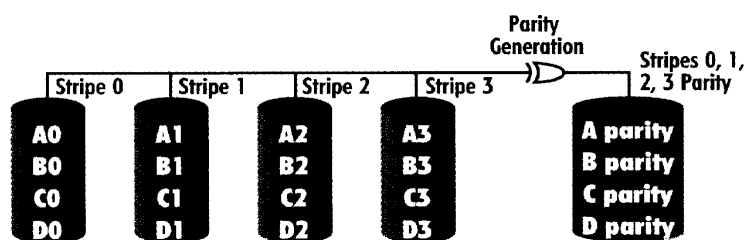


Рис. 8.50. Технология дискового массива RAID 3.

**RAID 4 — дисковый массив с независимыми дисками данных и общим диском для хранения контрольных сумм.**

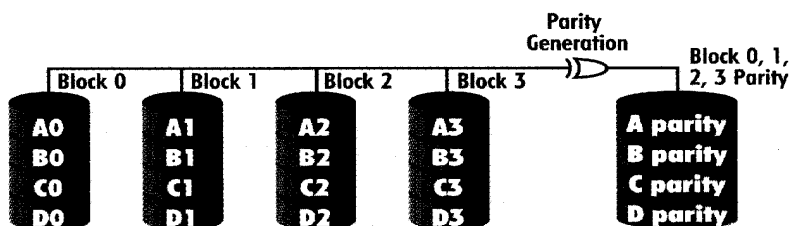


Рис. 8.51. Технология дискового массива RAID 4.



Блок данных целиком записывается на диск (рис. 8.51). Запись производится последовательно по дискам. Контрольная сумма, общая для всех блоков одного ряда, вычисляется во время операции записи данных, помещается на диск с контрольными данными и проверяется во время операции чтения.

*Достоинства:* • высокая скорость чтения данных; • высокий коэффициент использования дискового пространства.

*Недостатки:* • наименьшая из всех типов RAID-массивов скорость записи; • достаточно сложный конструктив контроллера; • сложный и неэффективный алгоритм восстановления данных в случае выхода из строя одного из дисков.

**RAID 5—дисковый массив с независимыми дисками данных и равномерным распределением контрольных сумм между дисками.** Блоки данных последовательно записываются на диски (рис. 8.52). Контрольная сумма для блоков одного ряда вычисляется во время операции записи. Контрольные суммы размещаются последовательно по всем дискам.

Проверка контрольной суммы производится во время операции чтения.

*Достоинства:* • высокая скорость чтения и записи данных; • высокий коэффициент использования дискового пространства.

*Недостатки:* • выход из строя одного из дисков оказывает заметное влияние на производительность; • сложный конструктив контроллера; • сложный алгоритм восстановления данных в случае выхода из строя одного из дисков.

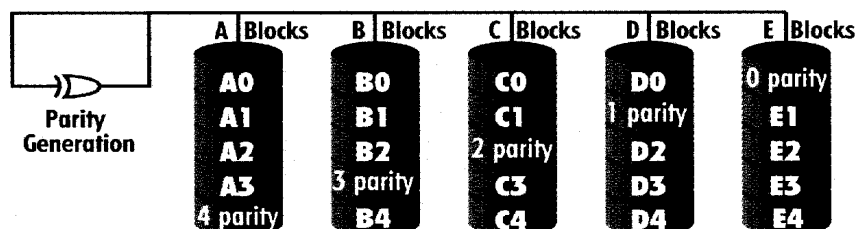


Рис. 8.52. Технология дискового массива RAID 5.

**RAID 6 — дисковый массив с независимыми дисками данных и двумя независимыми схемами контрольных сумм, распределенными между дисками.** RAID 6 — это, по существу, улучшенный вариант RAID 5 (рис. 8.53). В RAID 6 (в отличие от RAID 5) добавлена еще одна схема контрольных сумм, независимая от первой, что увеличивает отказоустойчивость массива. Блоки данных распределяются по дискам так же, как и в RAID 5. Второй набор контрольных сумм распределяется по дискам аналогично первому, RAID 6 обеспечивает исключительно высокую отказоустойчивость и остается работоспособным даже при одновременном выходе из строя двух дисков. Это отличное решение для систем, требующих повышенной надежности.

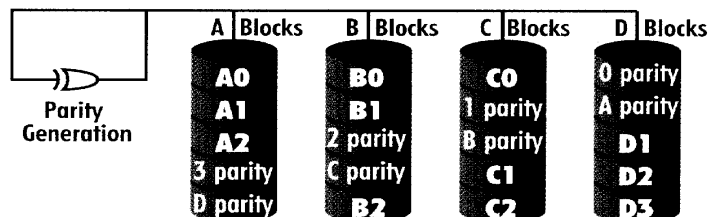


Рис. 8.53. Технология дискового массива RAID 6.

*Достоинства:* • высокая скорость чтения данных; • высокая отказоустойчивость.

*Недостатки:* • сложный конструктив контроллера; • большая нагрузка на контроллер при вычислении контрольных сумм и адресов, по которым они должны быть размещены на дисках; • очень малая скорость записи; • низкий коэффициент использования дискового пространства. Для RAID 6 он равен  $N/(N+2)$ , а для RAID5 —  $N/(N+1)$ , где  $N$  — число дисков с данными. Если взять для примера массив из 5 дисков, то коэффициенты составят 0,6 и 0,8 соответственно; • ни одна из коммерческих фирм на сегодняшний день не производит дисковых подсистем, в которых использовалась бы технология RAID 6.

**RAID 7 — дисковый массив с асинхронным вводом/выводом и высокой скоростью передачи данных.** Все операции ввода/вывода в массиве RAID 7 (рис. 8.54) проводятся в асинхронном режиме, то есть выполнение каждой такой операции контролируется независимо от выполнения других. Данные кэшируются во время любой операции ввода/вывода. Все вышесказанное справедливо не только для данных, передаваемых между дисками массива, но и для данных, передаваемых между массивом RAID 7 и компьютером.

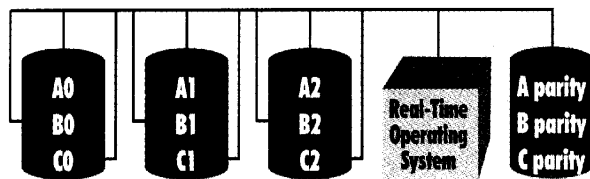


Рис. 8.54 Технология дискового массива RAID 7.

Управление массивом RAID 7 возложено на многозадачную операционную систему, работающую в режиме реального времени. Код операционной системы выполняется специальным контрольным процессором, входящим в состав массива RAID 7. Благодаря наличию такой операционной системы каналы передачи данных контролируются в режиме реального времени.

Кэширование данных при операциях ввода/вывода проводится централизованно. Для передачи кэшированных данных внутри массива RAID 7 используется высокоскоростная X-шина.

Контрольные суммы хранятся на одном диске, а сам алгоритм вычисления контрольной суммы интегрирован в кэш.

Массив RAID 7 может иметь до 12 внешних интерфейсов обмена данными, что позволяет подключить массив одновременно к нескольким компьютерам.

Массив RAID 7 имеет линейную масштабируемость по объему дискового пространства и поддерживает до 48 дисков с данными. Поддерживается также технология «горячей замены» вышедших из строя дисков.

Наличие встроенного SNMP-агента позволяет проводить мониторинг состояния и управление массивом RAID 7 удаленным образом.

**Достоинства:** • общая производительность на операциях записи на 25-90% лучше, чем для одного диска, и в 1,5-6 раз лучше, чем у RAID-массивов других типов; • количество внешних интерфейсов обмена данными может быть увеличено для подключения массива RAID 7 дополнительно к нескольким компьютерам или увеличения общей пропускной способности канала передачи данных между массивом RAID 7 и компьютером; • очень высокая скорость доступа к данным в многопользовательской среде. Время доступа приближается к нулю! Как это происходит? Поскольку после первой операции чтения малого объема данных вся информация, считанная с диска, целиком остается в кэше, то при последующих операциях чтения этих же данных они будут считываться из кэша, а не с диска, что происходит практически мгновенно. Для операций чтения большого объема данных это работает только наполовину, так как в кэше остаются не все считанные данные. А так как в многопользовательской среде одновременно работают несколько пользователей, и работают они, как правило, с одними и теми же данными, и при этом операции чтения малого объема данных составляют подавляющее большинство среди всех операций ввода/вывода, то вероятность чтения данных прямо из кэша становится очень высокой. Именно это и приводит к наблюдаемому эффекту; • скорость чтения и записи растет при увеличении числа дисков в массиве.

**Недостатки:** • высокая стоимость; • на сегодняшний день массивы RAID 7 производит только одна компания — Storage Computer.

**RAID 10 — комбинация технологий RAID 1 и RAID 0 в одном дисковом массиве.** RAID 10 — это пример использования нескольких RAID-технологий в одном дисковом массиве (рис. 8.55). Первая пара дисков заполняется данными по технологии RAID 1, а вторая — по технологии RAID 0. RAID 10 — это отличное решение для тех, кто хочет использовать технологию RAID 1, но нуждается в повышенной производительности.

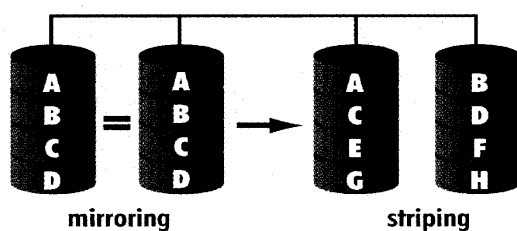


Рис. 8.55. Технология дискового массива RAID 10.

**Достоинства:** • имеет такую же отказоустойчивость, как и RAID 1; • скорость чтения и записи несколько выше, чем у RAID 1.

**Недостатки:** • высокая стоимость; • самый низкий коэффициент использования дискового пространства из всех типов RAID-массивов; в нашем примере он равен 0,25.

**RAID 53** — еще один пример комбинирования RAID-технологий. Массивы типа RAID 53 правильнее было бы называть массивами типа RAID 03, так как первая их часть строится по технологии RAID 3, а вторая — по технологии RAID 0 (рис. 8.56). Такой массив вполне подошел бы тем, кого в RAID 3 устраивает все, кроме его производительности.

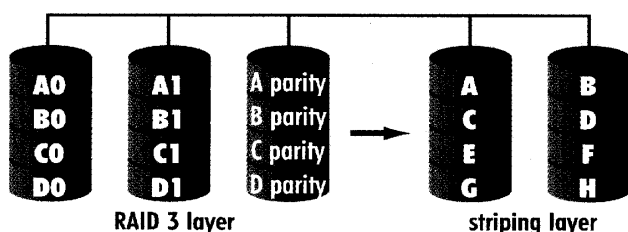


Рис.8.56. Технология дискового массива RAID 53.

**Достоинства:** • имеет такую же отказоустойчивость, как и RAID 3; • скорость чтения и записи несколько выше, чем у RAID 3.

**Недостатки:** • высокая стоимость; • низкий коэффициент использования дискового пространства; для нашего примера он равен 0,4.

#### 8.3.5.2.8.2. RAID-МАССИВЫ С ИНТЕРФЕЙСАМИ SCSI, SSA И IDE/EIDE.

RAID-массивы на базе SCSI-дисков уже давно стали классикой рынка дисковых подсистем хранения данных. Их производит большое число компаний, работающих на компьютерном рынке. Одним из последних достижений в этой области стало появление RAID-массивов с использованием оптического SCSI-интерфейса, что позволяет увеличить расстояние и скорость обмена данными (до 100 Мбайт/с) между компьютером и RAID-массивом.

Определенный интерес вызывают RAID-массивы с использованием SSA (Serial Storage Architecture) — технологии компании IBM (<http://www.ibm.com>). Представьте себе медный провод, оба конца которого подсоединены к компьютеру. Образуется «петля», которая есть не что иное, как SSA-шина. Если разорвать петлю в каком-либо месте и два образовавшихся конца подключить к дисковой стойке с SSA-интерфейсом, то получится готовая дисковая подсистема. При использовании медного кабеля максимальная длина SSA-шины равна 120 м, при использовании оптоволоконного кабеля — 2,5 км, Максимальное количество устройств на шине — 128. Скорость передачи данных — 80 Мбайт/с. Уникальной особенностью архитектуры SSA является полное сохранение работоспособности дисковой подсистемы при разрыве петли.

RAID-массивы со SCSI-дисками предпочтительнее использовать в том случае, когда количество дисков в массиве невелико и нет необходимости разносить компьютер и RAID-массив на большое расстояние. Для RAID-массивов с SSA-дисками все наоборот: их используют для создания распределенных дисковых подсистем с большим количеством дисков.

Нельзя сказать, чтобы история RAID-массивов с дисками IDE/EIDE была богата событиями: до недавнего времени их просто не существовало, пока в 1997 году компания Promise Technology, Inc. (<http://www.promise.com>) выпустила на рынок ряд продуктов, заполнивших пустовавшую нишу. Стоит отметить, что RAID-массив на IDE/EIDE-дисках оказался по своим характеристикам не хуже, а по стоимости значительно дешевле RAID-массивов на SCSI-дисках.

#### 8.3.5.2.9. Накопители стандарта PCMCIA

Разработчики и пользователи компьютеров всегда стремятся к их большей функциональности и в то же время заинтересованы в том, чтобы их цена и габариты были небольшими. Желание удовлетворить этим требованиям и стимулировало создание карт (плат) расширения Международной ассоциации плат памяти персональных компьютеров (*Personal Computer Memory Card International Association* — PCMCIA). Первые платы расширения размером с кредитную карточку (85,6x54,3x3,2 мм) появились в 1984 г., и с тех пор за ними закрепилось название «карта» (PC CARD). Стандарт PCMCIA был принят в 1990 г. как стандарт подключения периферийного оборудования к компьютерам Notebook и Laptop (рис. 8.57).

Имеются три типа карт расширения PCMCIA: I, II и III (или версии 1.0, 2.0, 3.0). Благодаря стандартной 68-контактной шине (два ряда по 34 контакта) и электронным схемам, адаптированным для работы с любым из подключаемых устройств, отпадает необходимость во множестве программных драйверов для различных периферийных устройств. PCMCIA является интерфейсом 16- и 32-битовых устройств.

Сложная внутренняя архитектура стандарта PCMCIA оставляет место для будущих улучшений, работа над которыми ведется в настоящее время. Если этот стандарт получит широкое распространение, то PCMCIA сможет обеспечить долгожданную связь между компьютером и бытовыми электронными приборами, например, видеоманитофоном и цифровым фотоаппаратом. В

качестве устройств хранения информации чаще всего используются карты I и III типов. Платы PCMCIA I типа используются, как правило, для наращивания оперативной памяти и размещения микросхем ПЗУ. Они будут рассмотрены в разделе, касающемся устройств на твердотельной памяти.



Рис. 8.57. Накопитель стандарта PCMCIA емкостью 850 Мбайт

В данном разделе рассмотрим карты стандарта PCMCIA типа III, которые могут, в частности, содержать накопители на жестких дисках.

Высота (толщина) карты типа III составляет 10,5 мм, хотя по краям этот размер составляет 3,3 мм (для совместимости с картами I и II типов)

Карты типа III представлены на отечественном рынке в ограниченном количестве по причине недостаточной распространенности портативных компьютеров и относительно высокой их стоимости. Например, накопитель стандарта PCMCIA (тип III) емкостью 340 Мбайт стоил в 1987 году около 560 USD.

Одним из направлений развития устройств хранения информации стандарта PCMCIA является применение этих устройств для использования в цифровых камерах. Интересную идею воплотила фирма Sony в цифровой камере Mavica: изображение объекта записывается на стандартный гибкий диск емкостью 1,44 Мбайт (стандарт HD). Накопитель на гибких магнитных дисках встроен в фотокамеру. Разрешение изображения такого формата (640x480) позволяет записать на дискету до 20 кадров. Информацию с гибкого диска можно обрабатывать на персональном компьютере.

Для получения более качественного изображения, удовлетворяющего требованиям рынка, необходима память большего объема, чем емкость дискеты 3,5". Фирма Юмега предложила свое решение проблемы — миниатюрные накопители на дисках Clik емкостью 40 Мбайт (рис. 8.58).

Диск Clik имеет размеры 5x5 см и изготовлен по технологии, аналогичной технологии изготовления накопителей Zip. Внешние Clik-накопители совместимы с большинством портативных устройств, включая Notebook, электронные записные книжки, портативные телефоны. Проектируются миниатюрные, встраиваемые в камеру Clik-устройства. Цена Clik-диска составит примерно 10 USD. Среднее время доступа к данным — 25 мс, скорость их передачи — до 1 Мбайт/с, напряжение питания накопителя — 3,3 В.



Рис. 8.58. Внешний вид диска фирмы Agfa с накопителем Clik



Рис. 8.59. Цифровая фотокамера Clik

Компании Agfa, Citizen, Digital, Hitachi, Kodak, HP, Microsoft, Motorola и др. уже поддержали технологию Clik, а некоторые из них приобрели лицензии на производство этих устройств. На рис. 8.59 представлена цифровая фотокамера фирмы Agfa (оптическая система — фирмы Minolta) с накопителем Clik емкостью 130 Мбайт.

### Контрольные вопросы

1. Опишите принцип действия накопителя на жестких дисках типа "Винчестер" и охаракт-

еризуйте его основные составные части.

1. Дайте краткую характеристику интерфейсов жестких дисков.
1. Перечислите и поясните основные характеристики накопителей на ЖМД.
1. Что понимается под логической структурой жестких дисков?
1. Охарактеризуйте накопители на сменных жестких дисках.
1. Что такое дисковые массивы RAID и каковы их разновидности?

Дополнительные сведения о жестких магнитных дисках можно найти в [8,38]. Достаточно подробное описание интерфейсов НЖМД приведено в [2]. Информация о дисковых массивах RAID представлена в [8,19].

В этом разделе использованы основные материалы из [2,8,19].

### 8.3.5.3. Накопители на компакт-дисках.

Существует несколько типов оптических накопителей информации, используемых в различных целях, а именно: CD-ROM - постоянные запоминающие устройства на компакт-дисках; WORM - накопители с однократной записью; CD-RW - накопители с неоднократной перезаписью; магнитооптические накопители (MO), на которые возможна многократная запись

При работе всех оптических накопителей информации используется лазерная технология. В различных ее вариантах луч лазера можно использовать для записи данных на носитель информации или для считывания ранее записанных данных.

#### 8.3.5.3.1. Общие сведения о CD-ROM и правила обращения с ними

Как видно из названия, CD-ROM (*Compact Disk Read-Only Memory*) — это компакт-диск (CD), предназначенный только для хранения в цифровом виде предварительно записанной на него информации и считывания ее с помощью соответствующего устройства — привода.

В настоящее время CD-ROM широко используются для хранения самой разнообразной информации: системного, интегрированного и прикладного программного обеспечения; справочников и энциклопедий, книг и учебных пособий; компьютерных игр, развлекательных программ; архивов, баз данных, фото- и видео изображений, аудио сборников и т. п.

Информация, хранимая на CD-ROM, в отличие от информации, хранимой на магнитных дисках, практически не подвержена разрушительному воздействию электрических и магнитных полей и в значительно меньшей степени подвергается стиранию в результате естественного старения материала носителя. Кроме того, стоимость записи и хранения единицы информации на CD-ROM значительно меньше, чем на магнитных дисках. Технологии изготовления CD-ROM прошли длительный путь развития. Историческим предшественником стандарта CD-ROM является стандарт цифровой записи на компакт-диск (*Compact Disk-Audio — CD-A*).

В 1980 г. фирмы Sony и Philips объединили свои усилия в области разработки компакт-дисков (CD) и пришли к соглашению о создании единой технологии записи и производства компакт-дисков с использованием лазеров. На первых порах возникли сложности с выбором единого размера CD, так как одни разработчики настаивали на размере 12", а другие предлагали размер 4,72". В конце концов был принят вариант диска 4,72", который используется в настоящее время. Как отмечается во многих публикациях по истории компьютерной техники, это было сделано потому, что на диске такого размера можно записать Девятую симфонию Бетховена, длительность звучания которой равна 74 мин.

Можно выделить три хронологических периода развития технологии оптических носителей информации CD. Первый период (1980— 1985 гг.) ознаменовался созданием стандарта цифровой записи звуковой информации и выпуском первого проигрывателя дисков.

Второй период (1985 — 1994 гг.) характеризовался дальнейшим совершенствованием портативных музыкальных систем на компакт-дисках и началом разработки стандарта CD-ROM, который был анонсирован в 1985 г. В этот же период стандарт CD-ROM был расширен и дополнен новыми стандартами для записываемых компакт-дисков CD-R (*CD-Recordable*).

С 1994 г. дисководы CD-ROM становятся неотъемлемой частью стандартной конфигурации PC, что приводит к буму мультимедиа. За несколько лет скорость передачи данных в CD-ROM выросла в 32 раза (при кратности скорости привода от 1 до 32), начали широко применяться накопители записываемых дисков CD-R и перезаписываемых CD-RW. Начался переход на новый, единый для PC и бытовой электронной техники, стандарт DVD-дисков емкостью 4,7 Гбайт.

В наши дни мы являемся свидетелями внедрения стандарта DVD, который предусматривает доведение емкости двухслойных дисков до 8,5 Гбайт, а емкости двусторонних двухслойных дисков — до 17 Гбайт.

Хранение данных на CD-ROM, как и на магнитных дисках, организуется в двоичной форме в виде древовидной файловой структуры. Максимальная емкость CD-ROM составляет 680 Мбайт (для дисков 4,72").

Конструкция CD-ROM определяет правила обращения с ним, а именно: держать диск необходимо за края (рис. 8.60); следует избегать касаний и непреднамеренного повреждения поверхности диска, особенно со стороны прозрачного слоя (рабочей стороны); хранить диск рекомендуется в месте, защищенном от попадания прямых солнечных лучей и влаги; не следует вытирать или чистить диск случайными подручными материалами, допустимо удалять пылинки лишь с помощью мягкой ткани.

Процесс изготовления CD состоит из нескольких этапов. Подготовительный этап заключается в формировании информационного файла для последующей записи на носитель, в качестве которого используется стеклопластиковый диск с покрытием из фоторезистивного материала. Следующий этап — запись на носитель с помощью лазерного луча данных в виде последовательности расположенных по спирали углублений (штрихов).

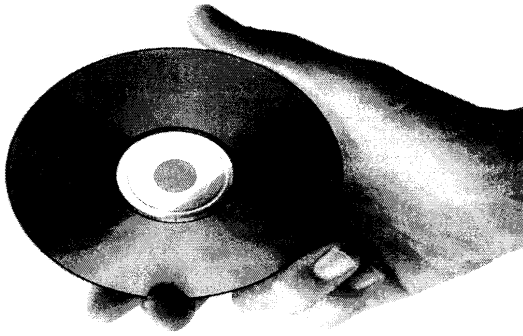


Рис. 8.60. Правильный способ держания CD

Глубина каждого штриха (*pit*) равна 0,12 мкм, ширина — 0,8 мкм. Они расположены вдоль спиральной дорожки, расстояние между соседними витками которой составляет 1,6 мкм, что соответствует плотности 16 000 витков/дюйм (625 витков/мм). Длина штрихов вдоль дорожки записи колеблется от 0,8 до 3,3 мкм (рис. 8.61).

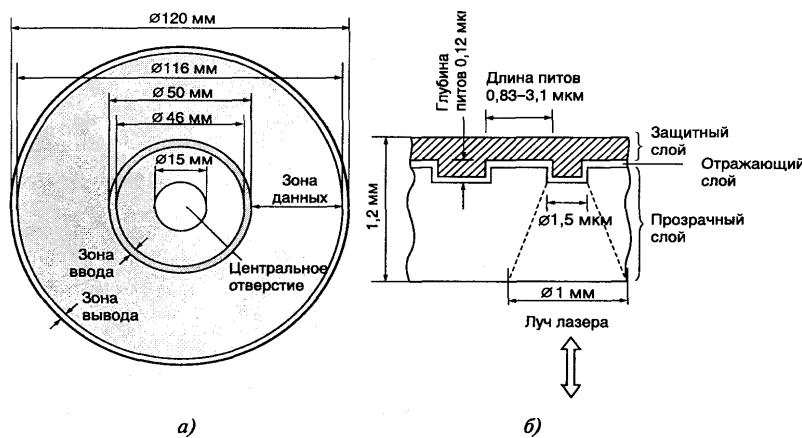


Рис. 8.61. Геометрические характеристики компакт-диска (а) и его поперечное сечение (б)

Запись информации на стандартный диск может длиться до полутора часов (при однократной скорости записи), при этом линейная скорость в зоне записи поддерживается постоянной.

Следующий этап заключается в проявлении фоторезистивного слоя и металлизации диска. Изготовленный по такой технологии диск называется *мастер-диск*. Для тиражирования компакт-дисков с мастер-диска снимается несколько рабочих копий (методом гальванопластики). Рабочие копии покрыты более прочным металлическим слоем (например, никелем), чем мастер-диск и могут использоваться в качестве матриц для тиражирования CD (до 10 тыс. шт. с помощью каждой матрицы). Тиражирование, или процесс репликации дисков, осуществляется методом горячей прессовки. После прессовки информационную сторону диска подвергают вакуумной металлизации слоем алюминия. После этого диск покрывают прозрачным защитным слоем пластика. Диски, выполненные методом горячей штамповки, в соответствии с паспортными данными, обеспечивают до 10 000 циклов безошибочного считывания данных.

### 8.3.5.3.2. Организация данных и основные характеристики CD-ROM

Технологии изготовления CD-ROM уже более десяти лет. За этот немалый для компьютерных технологий срок сменилось несколько поколений накопителей CD-ROM. Рассмотрим основы технологии CD-ROM и ее главные характеристики. Толщина диска составляет 1,2 мм, диаметр — 120 мм. Диск изготавливается из прозрачного поликарбоната, который покрыт с одной стороны тонким металлическим отражающим слоем (алюминия, реже золота) и защитной пленкой специального прозрачного лака. Информация на диске записана в виде чередования углублений в поверхности металлического слоя (*load*). Двоичный ноль представляется на диске как в виде углубления, так и в виде основной поверхности, а двоичная единица — в виде границы между ними.

При кодировании 1 байта (8 бит) информации на диске записывается 14 бит плюс 3 бита слияния (*merge bit*). Базовая информационная единица — кадр (*frame*) содержит 24 кодированных байта или 588 бит ( $24 \times (14+3)+180$  бит для коррекции ошибок). Кадры на диске образуют секторы и блоки. Сектор содержит 3234 кодированных байта (2352 информационных байта и 882 байта коррекции ошибок и управления). Такая организация записи данных на CD-ROM и использование алгоритмов коррекции ошибок позволяют обеспечить качественное чтение информации с вероятностью ошибки на бит  $10^{-10}$ .

В соответствии с принятыми стандартами, поверхность диска разделена на три области (рис. 8.62):

*Входная директория (lead in)* — область в форме кольца шириной 4 мм, ближайшего к центру диска. Считывание информации с диска начинается именно со входной директории, где содержатся оглавление (*Table of Contents* — TOC), адреса записей, число заголовков, суммарное время записи (объем), название диска (*Disk Label*).

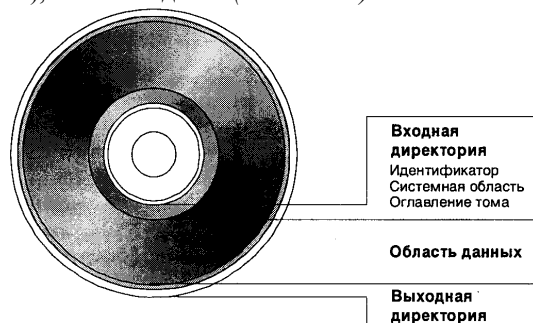


Рис. 8.62. Организация данных на диске.

*Основная область данных*, или файловая система, представлена на диске кольцом шириной 33 мм.

*Выходная директория (lead out)* с меткой конца диска.

Основными функциональными элементами привода CD-ROM являются: миниатюрный электродвигатель, полупроводниковый лазер, система оптических линз и датчиков, электронная схема предварительной обработки информации и управления приводом.

В настоящее время можно выделить семь основных групп задач, решаемых с помощью накопителей CD-ROM: установка и обновление программного обеспечения; работа с программными продуктами; поиск информации в базах данных, архивах, энциклопедиях, справочниках; работа с обучающими, развлекательными и игровыми программами; просмотр видеофильмов и фотоизображений; использование накопителя CD-ROM в качестве разделяемого ресурса локальной компьютерной сети; прослушивание музыкальных компакт-дисков.

Рассмотрим основные характеристики приводов CD-ROM с точки зрения их влияния на производительность накопителя в составе персонального компьютера и качество решения задач, возлагаемых на накопитель.

К основным характеристикам приводов CD-ROM относятся: *скорость передачи данных (Data Transfer Rate — DTR)*; *среднее время доступа (Access Time — AT)*; *объем буферной памяти (Buffer Memory)*; *коэффициент ошибок (Error Rate)*; *средняя наработка на отказ (Mean Time Between Failure — MTBF)*; *тип интерфейса*; *перечень поддерживаемых форматов CD*; *параметры трактов воспроизведения*; *конструкция привода*; *комплект поставки программного обеспечения*.

Рассмотрим более подробно перечисленные характеристики.

**Скорость передач и данных DTR** — это максимальная скорость, с которой данные пересылаются от носителя информации в оперативную память компьютера. Это наиболее важная характеристика привода CD-ROM, которая практически всегда упоминается вместе с названием модели. Непосредственно со скоростью передачи данных связан такой параметр, как скорость вращения диска («кратность»). Первое поколение приводов (или дисководов) CD-ROM имели скорость передачи данных 150 Кбайт/с, как и проигрыватели аудио CD. Скорости передачи данных следующих поколений устройств, как правило, кратны этому числу (150 Кбайт/с). Такие приводы получили название «накопителей с двух-, трех-, четырехкратной и т. д. скоростью». Причем скорость передачи данных приводов с *n*-кратной скоростью зависит от типа читаемой информации. Например, если считывается информация со звукового диска, то скорость передачи составляет 150 Кбайт/с (*normal speed*), а если считываются файлы данных, то скорость передачи может быть равна 300, 450, 600 Кбайт/с и т. д. Иногда для характеристики накопителей на CD-ROM используют такой показатель, как скорость постоянной передачи данных (*Sustained Data Transfer — SDT*).

Скорость передачи данных приводов CD-ROM различной кратности представлены в табл. 8.19.

С переходом на быстродействующие модели приводов наметилась тенденция к размыванию понятия «кратность». Дело в том, что термин «кратность» соответствует не угловой скорости вращения диска, а линейной скорости движения дорожки диска относительно считывающего устройства. В этом состоит важное отличие накопителя CD-ROM, например, от накопителя на жестких дисках. Вызвано оно историческими причинами: если одной из главных целей конструкторов жестких дисков было повышение средней производительности накопителей, то дисководы CD-ROM изначально проектировались для нужд аудиотехники, где требовалось, прежде всего, постоянство скорости передачи данных, независимо от того, с какой области диска в данный момент производится



считывание — с внешней или внутренней. До недавнего времени приводы CD-ROM, в отличие от накопителей на магнитных дисках, использовали метод считывания информации с постоянной линейной скоростью (*Constant Linear Velocity* — CLV), при котором угловая скорость вращения диска является величиной переменной, зависящей от места считывания информации (уменьшается по мере продвижения головки от центра к краю диска).

Таблица 8.19. Скорость передачи данных в зависимости от кратности привода CD-ROM

Кратность привода CD-ROM	Скорость передачи данных, Кбайт/с	Скорость передачи данных, байт/с
1x	150	153 600
2x	300	307 200
3x	450	460 800
4x	600	614 400
6x	900	921 600
8x	1200	1 228 800
10x	1500	1 536 000
12x	1800	1 843 200
16x	2400	2 457 600
20x	3000	3 072 000
24x	3600	3 686 400
32x	4800	4 915 200

Для преодоления серьезных технических проблем, возникающих при скоростях передачи информации 2400 Кбайт/с (кратность 16x) и более, производители CD-ROM начали выпускать накопители с частично-постоянной угловой скоростью вращения диска PCAV (*Partial Constant Angular Velocity*). При использовании метода PCAV (иногда встречается обозначение CLV-CAV) паспортное значение скорости передачи информации достигается только при считывании данных из области на внешнем крае диска, а в области, ближайшей к центру, этот параметр может быть меньше указанного почти в два раза.

Интересное решение предложено специалистами фирмы Hitachi для поддержания постоянной производительности накопителя при чтении как на внешних, так и во внутренних областях диска (*Hitachi 16maX Partial CAV-технология*). По мере того как оптическая головка перемещается от внутренних областей диска к внешним, скорость передачи данных растет, благодаря постоянной скорости вращения диска (CAV-режим). В точке X скорость передачи данных достигает 2400 Кбайт/с (рис. 8.63). От точки X до внешней стороны диска скорость вращения меняется так, что скорость передачи данных сохраняется на постоянном уровне (CLV-режим).



Рис. 8.63. Технология PCAV 16maX

В настоящее время разные компании применяют различные подходы к определению скорости дисководов CD-ROM. Например, два устройства с кратностью 12x, которые формально являются идентичными, в действительности могут существенно различаться по скорости передачи данных. Так, в дисковом CDR-8130 фирмы Hitachi, официально объявленном как 12-скоростной, максимальная скорость передачи данных достигает 2400 Кбит/с, что соответствует кратности скорости 16x, причем этот параметр остается неизменным при считывании данных со значительной части поверхности диска. А в 12-скоростном дисковом CR-584B фирмы Panasonic максимальная скорость передачи данных составляет 1944 Кбайт/с, что незначительно превышает среднюю величину, указанную в паспорте (1800 Кбайт/с). Вот почему при выборе накопителей CD-ROM на основе представленных паспортных данных бывает трудно разобраться в их сильных и слабых сторонах. Многие пользователи решают проблему путем опроса знакомых. Хорошим подспорьем служат публикуемые в периодических изданиях по компьютерной тематике результаты тестов накопителей на CD-ROM. Высокая скорость передачи данных привода CD-ROM необходима, прежде всего, для синхронизации изображения и звука. При недостаточной скорости передачи возможен пропуск кадров видеоизображения (дрожание изображения) и искажение звука. Как известно из опубликованных

результатов тестирования, приводы CD-ROM с двукратной скоростью передачи данных не могут с удовлетворительным качеством воспроизводить видеоизображение с частотой 30 кадров/с.

Приводы с шестикратной скоростью могут пропускать от 25 до 47% кадров. У моделей с кратностью 8x и 10x наблюдается, как правило, от 5 до 45% пропущенных кадров. Модели приводов с кратностью 16x, 20x и 24x (скорость передачи данных от 2400 до 3600 Кбайт/с) лишены этих недостатков.

Официально представленный в конце 1997 г. привод CD-ROM с 32-кратной скоростью передачи данных рассматривается многими аналитиками как последний этап в развитии традиционной технологии создания подобных устройств. Такая точка зрения основана на том, что, во-первых, появилась более перспективная технология — DVD, а во-вторых, потенциал совершенствования технологии накопителей на CD-ROM за счет повышения кратности скорости передачи данных исчерпан. При дальнейшем повышении скорости вращения CD (достигнута скорость 7200 об/мин) не обеспечивается требуемый уровень качества считывания.

Уровень качества считывания характеризуется *коэффициентом, или скоростью ошибок (Error Rate)*. Данный параметр отражает способность привода CD-ROM корректировать ошибки записи/чтения. Паспортные значения коэффициента ошибок составляют  $10^{-10}$  —  $10^{-12}$ . Коэффициент ошибок представляет собой оценку вероятности искажения информационного бита при его считывании. Когда привод считывает данные с загрязненного или поцарапанного участка диска, он регистрирует группу ошибочных битов. Если ошибку не удастся устранить за счет избыточности помехоустойчивого кода (применяемого при записи/чтении), то привод переходит на пониженную скорость считывания данных с многократным его повтором. Если механизм коррекции ошибок не справляется с устранением сбоя, то на мониторе компьютера появляется сообщение «Сектор не найден» (*Sector not found*). В случае устранения сбоя привод переключается на максимальную скорость считывания данных.

**Среднее время доступа** AT (*Access Time*) — это время (в миллисекундах), которое требуется приводу для нахождения на носителе нужных данных.

Таблица 8.20. Среднее время доступа к данным приводов CD-ROM

Кратность скорости привода	Время доступа, мс
1x	400
2x	300
3x	200
4x	150
6x	150
8x	100
10x	100
12x	100
16x	100
20x	100
24x	90
32x	80-100

Очевидно, что при работе на внутренних участках диска время доступа будет меньше, чем при считывании информации с внешних участков. Поэтому в паспорте накопителя приводится среднее время доступа, определяемое как среднее значение при выполнении нескольких считываний данных с различных (выбранных случайным образом) участков диска. По мере совершенствования приводов CD-ROM величина среднего времени доступа уменьшается, но все же этот параметр значительно отличается от аналогичного для накопителей на жестких дисках (100—200 мс для CD-ROM и 8—12 мс для жестких дисков). Столь существенная разница объясняется принципиальными различиями конструкций: в накопителях на жестких дисках используется несколько магнитных головок, и диапазон их механического перемещения меньше, чем диапазон перемещения оптической головки в приводе CD-ROM. Типовые значения среднего времени доступа приводов CD-ROM представлены в табл. 8.20.

Приведенные в таблице данные характерны для высококачественных устройств. В каждой категории накопителей (с одинаковой кратностью) могут быть устройства с более высоким или более низким значением среднего времени доступа.

**Объем буферной памяти (Buffer Memory — BM)** — это объем оперативного запоминающего устройства привода CD-ROM, используемого для увеличения скорости доступа к данным, записанным на носителе. Буферная память (или кэш-память) представляет собой устанавливаемые на плате накопителя микросхемы памяти для хранения считанных данных. Благодаря буферной памяти, данные в компьютер могут передаваться с постоянной скоростью. Например, данные обычно размещены в

различных областях диска, а поскольку накопители на CD-ROM имеют относительно большое время доступа, это может привести к задержке поступления данных в компьютер. Это практически незаметно при работе с текстовыми файлами, но при выводе видео изображений или звукового сопровождения паузы недопустимы. Если для управления приводом CD-ROM используются специальные программы-драйверы, то в буферную память может быть заранее записано оглавление диска. В этом случае обращение к фрагменту запрашиваемых данных происходит значительно быстрее.

Оптимальный объем буферной памяти определяется многими факторами. Принято считать, что для приводов CD-ROM с двукратной скоростью объем буферной памяти должен составлять не менее 64 Кбайт, а для накопителей с кратностью 4x и выше — не менее 256 Кбайт. Современные устройства имеют буферную память объемом 256 — 512 Кбайт.

Частично компенсировать недостаток буферной памяти позволяют специальные программы буферизации (или кэширования) дисков, использующие для этого ОЗУ компьютера. Примером такой программы является драйвер SMARTDRV операционной системы MS DOS 6.2.

Кроме объема буферной памяти, на производительность накопителя CD-ROM оказывает влияние тип буфера накопителя. Различают три типа буферов накопителей на CD-ROM: статический, динамический и с опережающим чтением.

Статический буфер принимает и накапливает все блоки данных, поступающих от накопителя, пока их не вызовет процессор компьютера. Динамический буфер накапливает только те блоки данных, которые предположительно могут быть затребованы повторно. Динамический буфер используется при работе с небольшими по размеру файлами, произвольно расположенными на диске, что характерно для баз данных. Буфер с опережающим чтением учитывает характер передаваемых данных, что позволяет подготовить нужные данные заблаговременно. Его использование наиболее эффективно при работе с большими по размеру файлами, например, аудио- и видеоданными. К сожалению, тип буферной памяти редко указывается в паспорте накопителя.

**Средняя наработка на отказ** MTBF (*Mean Time Between Failure*) — это среднее время (в часах), характеризующее безотказность работы привода CD-ROM. MTBF определяет надежность накопителя как технического устройства.

Для первых моделей приводов CD-ROM средняя наработка на отказ составляла около 30 тыс. ч, или 3,5 года круглосуточной работы. У современных моделей этот показатель лежит в пределах 50—125 тыс. ч, что почти на порядок превышает срок морального старения накопителя.

**Параметры аудиотракта.** Поскольку приводы CD-ROM используются и для воспроизведения аудиодисков формата CD-DA (*Compact Disk-Digital Audio*), то они характеризуются и параметрами, описывающими качественные показатели тракта звуковоспроизведения, а именно: полосой воспроизводимых частот; динамическим диапазоном; отношением сигнал/шум; коэффициентом нелинейных искажений; сопротивлением на выходе; э. д. с. сигналов на выходе; переходным затуханием между каналами и др.

По этим характеристикам можно судить о том, способен ли привод CD-ROM заменить пользователю аудио CD-проигрыватель.

### 8.3.5.3.3. Стандарты записи данных на CD

На протяжении всей истории развития накопителей на оптических дисках создано несколько стандартов на форматы представления данных на CD. Большинство этих форматов были описаны в так называемой «радужной серии книг». Первой в этой серии появилась «красная книга» (красная обложка книги дала ей название), изданная фирмами Phillips и Sony, в которой описан диск CD-DA.

Предшественником цифрового диска был аналоговый компакт-диск CD-A размером 120 мм и длительностью звучания 60 мин.

В «красной книге» были определены основные требования к качеству записи звука, описан метод кодирования данных, обоснованы размеры диска (form-factor). В «желтой книге» были расширены способы представления данных на CD, обоснованы стандарты для текстовой и графической информации. В дальнейшем они были определены Международной организацией по стандартизации ISO. В этой же книге было определено, что на диске любой фирмы-изготовителя должен записываться раздел с оглавлением тома. «Зеленая книга» регламентирует форматы для мультимедийных дисков типа CD-I (*Interactive*).

«Оранжевая книга» описывает физический формат для записываемых и стираемых CD. Основные параметры Video CD, предназначенных для хранения в цифровой форме и воспроизведения видеоизображения, были описаны в «белой книге», анонсированной в 1993 г. Следующая — «синяя книга» — описывает комбинированный формат CD Extra, позволяющий создать диск с двумя типами записей: аудиоинформации и цифровых данных. В сентябре 1995 г. фирма Sony, совместно с восьмью другими фирмами, направила свои усилия на создание единого унифицированного стандарта на формат записи данных на CD — DVD.

#### 8.3.5.3.3.1. ФОРМАТЫ ЗАПИСИ ИНФОРМАЦИИ НА CD.

Рассмотрим основные форматы записи информации на CD.

**Формат CD-DA (Digital Audio).** Формат CD-DA— цифровой аудио компакт-диск со временем звучания 74 мин был разработан в 1982 г. и, как это нетрудно заметить из названия, предназначен для звуковых компакт-дисков. Минимальной единицей информации для них является дорожка (и оставалась так вой до появления стандарта CD-UDF). В соответствии с этим форматом на диске может существовать до 99 дорожек, расположенных последовательно друг за другом. Между дорожками вставляются зазоры длиной 2 секунды.

В начале первой дорожки записывается заголовок сеанса, который называется lead-in. Размер области lead-in составляет 120 секунд.

Дорожки завершаются областью lead-out, содержащей одни нули. Эта область предназначена для того, чтобы плеер компакт-дисков мог обнаружить конец дорожек. В формате CD-DA данные записываются на дорожки блоками размером 2352 байта, причем средства контроля ошибок при чтении данных не предусмотрены. Устройство записи дисков CD-R позволяет создавать звуковые диски CD-DA, чем могут воспользоваться любители музыки.

**Формат CD-ROM.** На диске CD-ROM существует только одна дорожка, разделенная на блоки данных фиксированного размера.

Формат CD-ROM предназначен для хранения компьютерных данных и программ, поэтому в нем были предусмотрены специальные средства контроля ошибок. В результате за счет добавления служебных областей в блоке данных из 2352 байт осталось только 2048 байт пространства. Первые компакт-диски с данными создавались именно в формате CD-ROM. Большинство алюминиевых компакт-дисков с дистрибутивами программ и операционных систем также изготавливается в этом формате.

Заметим, что формат CD-ROM предполагает использование секторов двух типов. Первый тип (Mode 1) предназначен для хранения компьютерных данных, а второй (Mode 2) – для хранения сжатых графических, звуковых или видеоданных. Сектор первого типа хранит 2048 байт данных и код коррекции ошибок. В секторах второго типа коррекция ошибок не предусмотрена, поэтому для данных отведено 2336 байт

**Смешанный формат.** В компакт-дисках смешанного формата на одном диске записываются дорожки типа CD-DA и типа CD-ROM с секторами Mode 1. Это позволяет хранить вместе компьютерные и звуковые данные.

Смешанный формат открывает новые возможности для программистов, так как позволяет добавить к программам высококачественное звуковое сопровождение. Есть, однако, проблемы: устройство чтения CD-ROM не может читать компьютерные данные одновременно с проигрыванием звуковых дорожек. Выход простой – перед запуском нужно переписать программу с компакт-диска на жесткий диск или в оперативную память.

Другая проблема связана с тем, что в компакт-дисках смешанного формата первой записывается дорожка типа CD-ROM, а затем одна или несколько дорожек CD-DA. Если вставить такой диск в обычный плеер звуковых компакт-дисков, последний может выполнить попытку воспроизвести данные как звук. Это может шокировать слушателя и повредить звуковую аппаратуру, особенно если звуковой усилитель включен на полную мощность. Данная проблема успешно решается при использовании формата Enhanced CD, о котором мы расскажем ниже.

**Формат CD-ROM/XA.** Через некоторое время формат CO-ROM был расширен, в результате чего появился формат CD-ROM/XA (XA – eXtended Architecture, то есть расширенная архитектура). Эта технология была разработана в 1988 г. совместно Philips, Sony и Microsoft как основа для создания интерактивных гиперсредовых программ. Что же было расширено?

Технология была дополнена спецификациями сжатия аудиоданных (возможна аудиозапись 19 часов музыки), изображений и дополнительной информации по алгоритму ADPCM (Adaptive Differential Pulse Code Modulation – адаптивная дифференциальная кодово-импульсная модуляция). Появилась возможность чередовать на одной дорожке секторы компьютерных данных, а также графических, звуковых и видеоданных, что очень удобно для мультимедийных программ. Записав на дорожку соответствующим образом подготовленные данные, можно организовать многопоточное чтение, когда компьютерные и мультимедийные данные читаются одновременно.

Формат CD/XA совместим с форматами ISO 9660, High Sierra и обладает рядом дополнительных возможностей. Накопители на CD-ROM/XA используют метод, называемый чередованием (*interleaving*). На дисках, записанных в соответствии со стандартом CD/XA, чередуются фрагменты, содержащие различные виды информации (аудио, видео, текст). При этом в начале каждого фрагмента записывается специальный код-определитель типа информации на диске. Порядок следования фрагментов — произвольный. Фрагменты считываются последовательно и запоминаются в буферной памяти, а затем уже происходит их окончательная взаимная синхронизация.

Для хранения компьютерных и мультимедийных данных используются секторы различного типа. Секторы типа Form 1 (с коррекцией ошибок) применяются для компьютерных данных, а секторы Form 2 (без корректирующего кода) – для мультимедийных. Так же можно создавать диски смешанного формата, записав первой дорожку CO-ROM/XA с секторами типа Form 1 и разместив после нее одну

или несколько звуковых дорожек CD-DA.

Формат CD/XA не нашел широкого распространения, так как его реализация требует применения специального метода записи звуковых фрагментов — адаптированной дифференциальной импульсно-кодовой модуляции ADPCM, а также специализированного процессора обработки звуковой информации. По этой причине в настоящее время полностью CD/XA-совместимые накопители выпускаются только некоторыми фирмами (например, Sony, IBM), большинство же других накопителей следует считать частично совместимыми. Альтернативой формату CD/XA являются приложения «мультимедиа» для Windows, где возможно сочетание на одном диске видеоизображения и звука без полного соответствия формату CD/XA. Кстати, термин мультимедиа не относится к конкретному стандарту, а имеет описательный характер. Любой диск CD-ROM, содержащий текст и графические данные, аудио- или видеoinформацию, относится к категории мультимедиа. Мультимедиа CD существуют в различных форматах для различных операционных систем: DOS, Windows, OS/2, UNIX, Macintosh.

**Photo CD.** Записывая диск CD-R в формате CD-ROM, необходимо выполнять запись всех дорожек в один прием или, как говорят, в одном сеансе. После того как вы записали данные на компакт-диск, пополнить его новыми данными уже нельзя, даже если на диске CD-R осталось свободное пространство. Фирмы Philips и Codak разработали в 1990 — 92 гг. формат Photo CD, позволяющий устранить этот недостаток. Работая в формате Photo CD, к данным, записанным на диск CD-R во время первого сеанса, можно дописать новую информацию, выполнив один или несколько дополнительных сеансов записи. На физическом уровне формат Photo CD реализован с использованием формата CD-ROM/XA. Обычно диски Photo CD применяются для хранения и воспроизведения высококачественных фотоизображений (статической видеoinформации). На диске формата Photo-CD может храниться от 100 (разрешение 2048 × 3072 точек) до 800 (разрешение 256 × 384 точек) фотоизображений, а также звуковая информация. Многие фотографические фирмы распределяют свои каталоги в формате, совместимом с Photo-CD.

Для увеличения числа кадров, хранящихся на диске, данные Photo-CD записываются с помощью специализированной системы воспроизведения цветов. Согласно современным представлениям, человеческий глаз воспринимает цвета, в первую очередь, благодаря освещенности, или яркости, и только во вторую очередь — благодаря цветовому тону. В системе формирования цвета Photo-CD (где значение яркости условно обозначается одним параметром, а позиция цвета на оси «цветовой тон — насыщенность» — двумя параметрами) конечная цветовая палитра сложным образом формируется в процессе сжатия, которому подвергаются изображения. Процесс сжатия, очевидно, влияет на качество изображения. В табл. 8.21 приведены уровни разрешения фотоизображений формата Photo-CD.

Таблица 8.21. Уровни разрешения фотоизображений формата Photo-CD

Разрешение	Качество изображения
192×128	Пробный отпечаток
256×384	Просмотр. Соответствует возможностям большинства обычных ТВ
512×768	Соответствует стандартам S-VHS и VGA
1024×1536	Высококачественное ТВ
2048×3072	Превосходит возможности современных ТВ и мониторов компьютеров. Высококачественная цветная печать

Старые устройства чтения компакт-дисков CD-ROM не могут читать такие диски, однако с новыми устройствами такой проблемы не существует.

**Многосеансовые диски CD-ROM/XA.** Для хранения компьютерных данных на диске необходимо использовать формат CD-ROM/XA. Вы получаете возможность записывать дорожки не все сразу, а по одной или даже по несколько за один сеанс записи. Каждый сеанс начинается с области lead-in и заканчивается областью lead-out, причем размер последней области lead-out в три раза меньше предыдущих. Между дорожками второго сеанса должны быть зазоры, чтобы отделять одну дорожку от другой.

Если вы в несколько приемов создали многосеансный диск в формате CD-ROM/XA, то при чтении он будет выглядеть как диск, записанный за один сеанс. Данные из разных сеансов объединяются и становятся доступны одновременно. Как и в случае с форматом Photo CD, для чтения многосеансных компакт-дисков устройство чтения CD-ROM должно быть совместимо со стандартом CD-ROM/XA.

Чаще всего при создании компакт-дисков для хранения данных вам придется выбирать между форматами CD-ROM и CD-ROM/XA. Если компакт-диск будет записан за один сеанс и в дальнейшем не планируется его пополнение новыми данными, следует выбрать формат CD-ROM. Если же вы

собирается записывать компакт-диск в несколько приемов, нужно остановиться на формате CD-ROM/XA.

**Enhanced CD.** Как уже говорилось, формат CD-ROM/XA допускает комбинирование на одном диске звуковых дорожек и дорожек данных. При этом дорожка данных записывается первой, иначе она будет не доступна для программ. Здесь возникает проблема, связанная с попыткой проигрывания такого диска в обычном плеере звуковых компакт-дисков, о которой мы уже говорили.

Формат Enhanced CD решает эту проблему, допуская запись данных не на первой, а на последней дорожке диска. Первые несколько дорожек диска записываются в одном сеансе и могут быть использованы для хранения звуковых данных. Дорожка для хранения компьютерных данных записывается во втором сеансе.

Если вставить диск Enhanced CD в обычный плеер звуковых компакт-дисков, то он будет воспринят им как обычный музыкальный диск, так как плеер может проигрывать дорожки, записанные только во время первого сеанса. Что же касается дорожки с данными, то в настоящее время она доступна только приложениям операционных систем Windows 95 и Macintosh OS и более поздних ОС. В литературе вы можете встретить другие названия данного формата: CD Extra или CD Plus.

**Формат CD-I** (CD Interactive) разработан для интерактивных мультимедийных приложений, которые запускаются на небольших компьютерах, подключенных к домашнему телевизору. Стандарт обеспечивает вывод изображений с заданным разрешением на экран, анимацию, спецэффекты и звук и определяет методы сжатия, восстановления и вывода информации. На диске формата CD-I возможно хранение видеоизображения со звуковым сопровождением (стерео) с длительностью воспроизведения до 20 мин.

**Формат CD-I Brige** представляет собой набор спецификаций, определяющих способ записи информации в формате CD-I на дисках CD-ROM/XA. Такие диски в отличие от дисков CD-I могут быть прочитаны на компьютерах. Формат CD-I Brige используется для дисков Photo CD и Video CD.

**Формат Video CD** появился относительно недавно и используется, как правило, для записи на компакт-диски обычных видеофильмов. Компакт-диски с видеофильмами представляют собой альтернативу обычным видеокассетам и при наличии достаточно производительного компьютера обеспечивают хорошее качество полноэкранного изображения. Первая дорожка компакт-диска Video CD предназначена для хранения данных и записана в формате CD-ROM/XA. На этой дорожке хранятся программы, а также информация о самом компакт-диске. Следующие несколько дорожек содержат видеоинформацию, которая сжимается по стандарту MPEG.

**CD-UDF.** Новый формат, предполагающий использование пакетной записи. Универсальный формат диска CD-UDF (Universal Disk Format) позволяет обращаться к диску CD-R или CD-RW в процессе записи и чтения как к обычному дисковому накопителю или дискете.

Кроме названных, в различное время были разработаны следующие форматы, которые в настоящее время используются мало: **3DO**—разработан для игровых CD-приставок, например, Mega-CD фирмы Sega; **CD-A**—для аналоговых компакт-дисков с длительностью звучания 60 мин; **CD-G**— для аналоговой записи аудио и статического изображения; **CDTV**— для дисков, предназначенных для использования в компьютерах Amiga

### 8.3.5.3.3.2. ФАЙЛОВЫЕ СИСТЕМЫ КОМПАКТ-ДИСКОВ

Записывая компакт-диск CD-R с компьютерными данными, вы должны выбрать для него тип файловой системы. Выбор делается исходя из того, для какой операционной системы предназначена диск. Можно, например, записать компакт-диск с файловой системой, способной работать с длинными именами файлов Windows 95. Учтите, однако, что файлы и каталоги с длинными именами будут недоступны в среде MS-DOS.

Рассмотрим основные типы стандартов для файловых систем компакт-дисков. Эти стандарты определяют логический формат данных, записанных на диске.

**Формат High Sierra** (*High Sierra Group* — HSG) предложен в 1995 г. и назван по имени отеля, расположенного у озера Тахо (штат Калифорния), где представители многих фирм-производителей обсуждали вопросы совершенствования и унификации формата ISO 9660 и пришли к соглашению. С появлением формата High Sierra стало возможным чтение данных, записанных на диск в формате ISO 9660 с помощью приводов всех типов, что, в свою очередь, привело к массовому тиражированию программ на CD. Кроме того, стало возможным создание компакт-дисков, ориентированных на различные операционные системы. В самых общих чертах структура данных в формате High Sierra подобна структуре данных на гибких дисках. На начальной дорожке диска записывается метка тома, которая идентифицирует CD. После ее считывания включается механизм синхронизации накопителя. После синхронизирующей последовательности на диске располагается системная информация, в которой детализируется структура файлов. В системной области содержится информация о каталогах.

**Стандарт ISO-9660** был создан на основе спецификации High Sierra, определяющей логическую и файловую структуры и структуру записей диска CD-ROM. Стандарт ISO-9660 разделяется на три уровня. Первый уровень накладывает серьезные ограничения на записанные файлы – они не могут

быть фрагментированы, имена файлов и каталогов должны состоять из восьми символов плюс три символа расширения имени. Второй уровень снимает ограничения на имена файлов и каталогов, но не позволяет фрагментировать файлы. В третьем уровне и последнее допускается.

В чистом виде стандарт ISO-9660 первого уровня применяется для записи дисков CD-R, предназначенных для чтения в среде MS-DOS. Что же касается операционных систем Microsoft Windows 95 и Microsoft Windows NT, то для них разработаны стандарты с романтическими названиями Joliet и Romeo.

**Стандарт Joliet.** Операционная система Windows 95 славится не только длинными именами файлов, но и хитроумным способом обеспечения совместимости таких имен с программами MS-DOS. Для каждого файла с длинным именем в каталоге создается несколько дескрипторов, один из которых содержит альтернативное имя в формате MS-DOS, а остальные – оригинальное имя, возможно, разделенное на несколько частей (так как размер дескриптора фиксирован). Приложения Windows 95 работают с оригинальным именем файла, а программы MS-DOS – с альтернативным. Внешне альтернативное имя выглядит как сокращение полного имени, в конце которого находится символ тильда "~" и число.

Стандарт Joliet допускает запись файлов с именами длиной до 64 символов, а также предполагает создание на компакт-диске описанных выше альтернативных имен. Дополнительно этот стандарт позволяет записывать имена в кодировке Unicode.

Если ваш компакт-диск предназначен для операционных систем Windows 95 и Windows NT версии 4.0 или более старших версий и записи файлов с длинными именами, и при этом требуется совместимость с программами MS-DOS, то вам следует применять стандарт Joliet. Заметим, что более ранние версии Windows NT не могут читать диски Joliet.

**Стандарт Romeo** предоставляет другую возможность записи файлов с длинными именами на компакт-диск. Длина имени может составлять 128 символов, однако использование кодировки Unicode не предусмотрено. Альтернативные имена в этом стандарте не создаются, поэтому программы MS-DOS не смогут прочитать файлы с такого диска.

Вы можете выбрать стандарт Romeo только в том случае, если диск предназначен для чтения приложениями Windows 95 и Windows NT. Если ограничить длину имен файлов 31 символом, компакт-диск Romeo будет читаться и в компьютере Macintosh.

Существуют также узкопрофильные промышленные форматы. Это, например, Philips, определяющий процедуры кодирования для Audio CD; CDR-RFS — файловая система пакетной записи, разработанная фирмой Sony, и другие вспомогательные форматы, дополняющие и расширяющие основные. Например, известен гибридный формат записи диска (*Hybrid*), отвечающий одновременно стандарту ISO 9660 и стандарту фирмы Apple — HFS (*Hierarchical File Structure*), разработанному для компьютера Macintosh. На гибридные диски записывались две таблицы, описывающие размещение файлов (*partition table*) (одна — в формате ISO, вторая — в формате HFS), за что были прозваны «янусовыми дисками» в честь двуликого бога Януса.

Иногда в литературе встречается так называемый формат Multimedia CD-ROM, однако это не стандарт, а описательный термин для любого CD, допускающего запись данных, аудио-видеоинформации.

Что касается разрабатываемого в настоящее время нового стандарта DVD, то его технология будет рассмотрена ниже.

#### 8.3.5.3.4. Интерфейсы подключения CD.

Для подключения к компьютеру в приводах CD-ROM могут использоваться следующие интерфейсы: стандартные интерфейсы типов IDE, EIDE/ATAPI; стандартные интерфейсы SCSI; нестандартные интерфейсы, применяемые производителями CD-ROM в одной или серии моделей своих приводов

**Интерфейс IDE** хорошо известен и широко используется как интерфейс накопителей на жестких дисках. Попытка устранения ограничений по скорости передачи данных для интерфейса IDE и ограничений по емкости накопителей привели к появлению модифицированного интерфейса EIDE/ATAPI, предложенного фирмой Western Digital. Этот интерфейс поддерживает работу до четырех устройств, в том числе приводов CD-ROM. Включение привода CD-ROM с интерфейсом EIDE в систему компьютера осуществляется с помощью драйверов привода и/или операционной системы без изменения установок программы Setup BIOS, т. е. не требуется информирование BIOS о наличии нового периферийного устройства.

**Интерфейс SCSI** предусматривает подключение к одному адаптеру до семи устройств, в том числе приводов CD-ROM, и обеспечивает скорость передачи данных до 20 Мбайт/с. Интерфейс SCSI является наиболее универсальным, имеет явные преимущества при просмотре видео изображений, однако его аппаратная реализация дороже, чем реализация интерфейса EIDE.

В некоторых устаревших моделях CD-ROM можно встретить **нестандартные интерфейсы**, которые предназначены для подключения только конкретного устройства, для которого был разработан этот интерфейс. Например, известны интерфейсы фирм Panasonic, Mitsumi, Sony. Не

рекомендуется использовать такие интерфейсы, если они не работают в стандарте SCSI или IDE/ATAPI.

Приведем основные характеристики наиболее распространенных накопителей CD-ROM с кратностью скорости от 10 до 24 (табл. 8.22).

Таблица 8.22. Основные характеристики накопителей CD-ROM

Наименование дисководов CD-ROM	Тип интерфейса	Скорость передачи данных, кратность	Скорость передачи данных, Кбайт/с		Среднее время доступа, мс	Наличие аудио кнопки	Среднее время наработки на отказ, ч
			внутренние дорожки	внешние дорожки			
Aztech C DA 1068	ATAPI	10	900	1500	135	+	75 000
ECS TTD	ATAPI	12	1200	1800	150	+	65 000
Hitachi CDR 8130	ATAPI	12	1200	2400	90	-	100000
Panasonic CR548B	ATAPI	12	1200	1940	110	-	100000
Philips ROD 1270	ATAPI	10	1200	1500	140	+	75 000
Pioneer DR 444	ATAPI	12	1200	1800	110	-	75 000
Pioneer DR 466	SCSI	12	1200	1800	110	-	75 000
Plextor PX 12CSi	SCSI	12	1200	1800	110	+	75 000
TEACCD512E	ATAPI	12	1200	1800	160	-	75 000
Techmedia CDD	ATAPI	10	900	1500	130	+	50 000
Acer616A002	ATAPI	16	1200	2700	120	+	60 000
Acer 624A 102	ATAPI	24	1800	3600	120	+	60 000
Creative CD2423E	ATAPI	24	1800	3600	90	+	125000
LGCRD8160B	ATAPI	16	1200	2400	100	+	125000
LG CRD 8240B	ATAPI	24	-	3600	90	+	125000
Hitachi CDR 8130	ATAPI	16	-	2400	90	-	100000
MitsumiCRMC 16t	ATAPI	16	1800	2400	120	-	50 000
MitsumiCRMC 24s	ATAPI	24	1800	3600	90	-	50 000
NECCDR 1800A	ATAPI	24	1800	3600	95	-	70000
Panasonic CR 585b	ATAPI	24	-	3600	85	-	125000
Pioneer DR 511	ATAPI	24	1800	3600	75	-	100000
Pioneer DR 503S	SCSI	24	1800	3600	75	-	100000
Plextor PX 20 TS	SCSI	20	1800	3600	95	+	100000
Samsung SCR2030	ATAPI	20	-	3000	90	+	125000
Samsung SCR2431	ATAPI	24	-	3600	90	+	125000
Sony CDU 511	ATAPI	16	1290	2400	105	-	100000
Sony CDU621	ATAPI	24	1800	3600	90	-	100000
TEACCD516S	SCSI	16	1800	2400	150	-	100 000
TEAC CD 524E	ATAPI	24	1800	2400	95	-	100000
Toshiba XM 5701	SCSI	12	1800	1800	125	-	100000

### 8.3.5.3.5. Конструкция и принципы работы привода CD-ROM

#### 8.3.5.3.5.1. ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ ПРИВОДА

По конструктивному исполнению приводы CD-ROM бывают *встраиваемыми* в компьютер и *внешними*. Встроенные приводы размещаются в корпусе компьютера и подключаются к адаптеру (контроллеру). Внешние приводы имеют собственный блок питания и подключаются, как правило, к внешнему разъему адаптера платы расширения. Некоторые модели приводов подключаются к параллельному порту LPT компьютера, однако невысокая производительность параллельного порта снижает производительность всей системы, поэтому такой способ подключения не получил широкого распространения.

Как показывает опыт эксплуатации приводов CD-ROM, предпочтительнее использовать встраиваемые устройства.

По способу установки компакт-диска в приемный лоток приводы CD-ROM подразделяются на



устройства с *непосредственной установкой* диска в привод (рис. 8.64, а) и с *предварительной установкой* диска в выдвижной контейнер (caddy) (рис. 8.64, б).

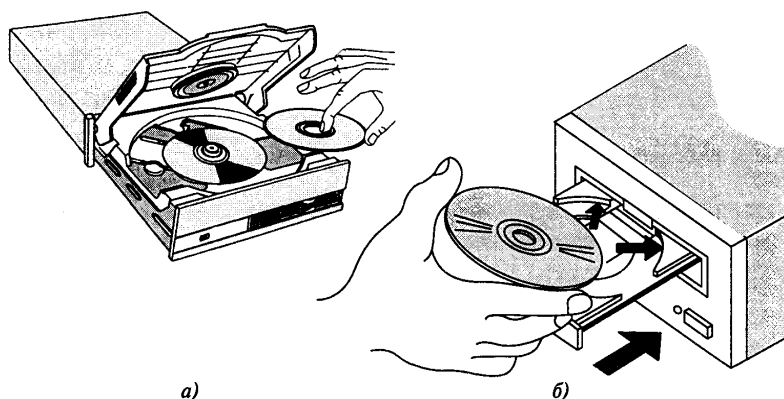


Рис. 8.64. Варианты установки диска в приемный лоток

Ранние модели приводов CD-ROM не имели специального механизма загрузки, и диски устанавливались непосредственно в привод (как пластинка в музыкальном проигрывателе), что приводило к загрязнению дисков и ухудшению характеристик накопителей. Поэтому такие приводы CD-ROM не нашли широкого распространения.

В современных накопителях CD-ROM наибольшее распространение получил способ трау-механизма (вследствие его относительно малой стоимости и достаточной надежности). Компакт-диск размещается на посадочном месте выдвижного лотка (планшайбе). Лоток выдвигается из привода и задвигается внутрь при нажатии кнопки Eject на передней панели устройства (рис. 8.65).

Второй способ загрузки реализуется с помощью специальной защитной кассеты, представляющей собой прозрачный пластиковый контейнер с компакт-диском. Контейнер оборудован подвижной металлической заслонкой (шторкой), которая сдвигается в сторону специальным механизмом, открывая путь к поверхности компакт-диска лазерному лучу.

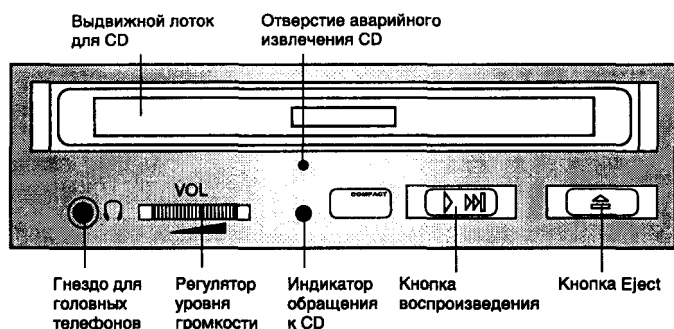


Рис. 8.65. Передняя панель привода CD-ROM

Помимо того, что контейнер защищает CD от загрязнений и повреждений, с его помощью производится более точная установка диска, что уменьшает ошибку позиционирования считывающего устройства и, в конечном счете, уменьшает среднее время доступа к данным. Недостатком CD-контейнеров является их довольно высокая стоимость. Загрузка контейнера в привод CD-ROM аналогична загрузке кассеты в видеомагнитофон.

Общими конструктивно-функциональными элементами практически всех моделей приводов CD-ROM являются: *индикатор включения электропитания и режима работы; кнопка управления выдвижным лотком привода (Eject); механизм плавного выдвижения и загрузки лотка; гнездо для подключения головных телефонов; отверстие аварийного выдвижения лотка; регулятор уровня громкости.* Некоторые модели приводов оборудуются механизмом автоматической очистки оптических линз.

#### 8.3.5.3.5.2. СОСТАВ И АЛГОРИТМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРИВОДА CD.

Для того, чтобы легче было понять, что происходит со считанным с компакт-диска сигналом в приводе CD (проигрывателе), рассмотрим, как этот сигнал формируется при записи, потому что при воспроизведении весь этот процесс будет происходить в обратном порядке.

##### 8.3.5.3.5.2.1. Основные принципы преобразования звукового сигнала в системе CD.

Структурная схема тракта преобразования, используемая при записи звука, показана на рис. 8.66.

Система CD является стереофонической. Поэтому тракт записи имеет два входа – для левого и правого каналов стереозвука. Вначале аналоговый музыкальный сигнал пропускается через фильтры

низких частот (ФНЧ) 1, которые предназначены для подавления посторонних шумов за пределами требуемой полосы, ограниченной частотой 20 кГц. Затем отфильтрованные сигналы левого и правого стереоканалов подаются на 16-разрядные АЦП 2.

Вся работа аппаратуры цифрового кодирования управляется высокостабильным задающим генератором 8, который формирует все сигналы, необходимые для функционирования каждого блока. Генератор стабилизирован кварцевым резонатором, рабочая частота которого равна или кратна основной тактовой частоте в системе CD – 4,3218 МГц. Чаще всего используется кварц с удвоенной частотой резонанса – 8,6436 МГц.

Рассматривая схему на рис. 8.66, можно подумать, что генератор 8 подает на все блоки один и тот же сигнал.

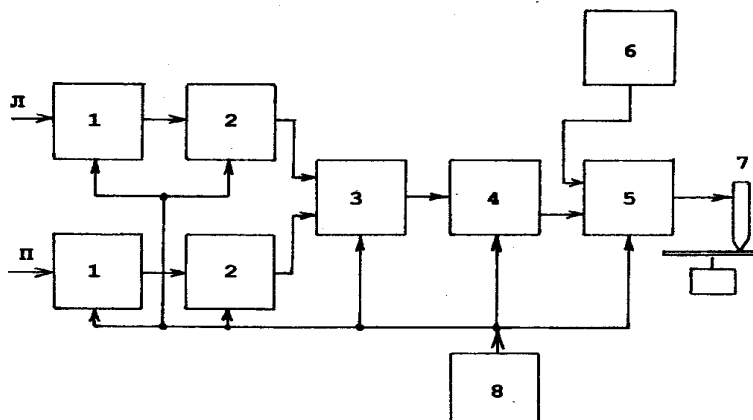


Рис.8.66. Структурная схема тракта преобразования музыкального сигнала в системе CD: 1 – ФНЧ, 2 – АЦП, 3 – Мультиплексор, 4 – Блок защиты от ошибок, 5 – Модулятор, 6 – Блок формирования служебной информации, 7 – Записывающий узел, 8 – Генератор тактовой частоты.

На самом деле это не так. К каждому блоку поступают те сигналы, которые ему требуются, и, даже, не по одному. В частности, на АЦП подается сигнал частоты дискретизации 44,1 кГц, который получается путем деления основной тактовой частоты 4,3218 МГц на 98.

В результате аналого-цифрового преобразования на выходах АЦП получают последовательности двоичных 16-разрядных чисел (выборок), следующих с частотой 44,1 кГц (рис. 8.67 а, б). Эти две последовательности поступают на два входа устройства 3, называемого мультиплексором. Мультиплексор объединяет две последовательности в одну, в которой период каждой выборки будет вдвое меньше, а частота их следования, соответственно, вдвое выше первоначальной, т.е. 88,2 кГц. Кроме того, в мультиплексоре непрерывная последовательность выборок делится на блоки – по 6 выборок левого и 6 выборок правого стереоканалов в каждом. Такие блоки в дальнейшем будут именоваться кадрами. Частота следования кадров равна

$$44,1 \text{ кГц}/6 = 88,2 \text{ кГц}/12 = 7,35 \text{ кГц}.$$

И, наконец, каждая 16-разрядная выборка делится пополам – старшие разряды А отдельно, младшие В – отдельно. В результате, на выходе мультиплексора 3 получается последовательность 8-разрядных групп, следующих с частотой

$$88,2 \text{ кГц} \times 2 = 176,4 \text{ кГц}$$

и объединенных в кадры по 24 такие группы в каждом. Это делается потому, что при дальнейшей обработке гораздо удобнее пользоваться относительно короткими 8-разрядными группами, чем громоздкими 16-разрядными.

Далее следует один из самых сложных и хитроумных элементов тракта – блок защиты от ошибок 4. Немного подробнее его устройство показано на рис. 8.68. Как следует из его названия, он должен производить какие-то операции, позволяющие обеспечить сохранность записываемой на компакт-диск информации от искажений. Такие искажения могут возникнуть при тиражировании на заводе-изготовителе в результате загрязнения или повреждения диска в процессе эксплуатации и как следствие кратковременных сбоев систем считывания. Средняя вероятность появления ошибки при воспроизведении компакт-диска –  $10^{-5}$ . Это для диска среднего качества, плохие могут иметь такую вероятность до  $10^{-3}$ . На слух ошибка воспринимается как треск, интенсивность которого зависит от того, в каком разряде 16-разрядной выборки она произошла. Если бы защита от ошибок отсутствовала вовсе, то слушать такой диск было бы невозможно – был бы сплошной треск, на фоне которого слегка прослушивалась бы музыка.

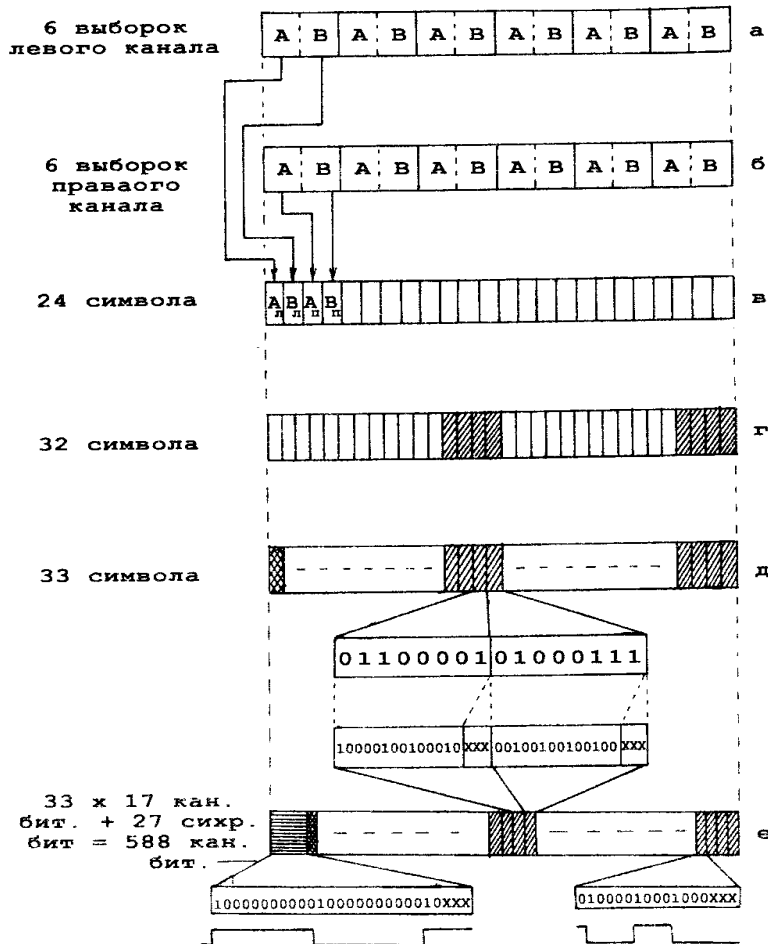


Рис. 8.67. Формирования кадра информации.

Однако, реально этого не происходит – никаких тресков мы не слышим. Все это – благодаря эффективнейшей системе защиты от ошибок, включающей в себя две ступени кодирования информации кодами, обнаруживающими и исправляющими ошибки и три ступени перекрестного перемежения (перемещения) символов. В качестве иллюстрации эффективности системы можно привести некоторые цифры. Если взять диск плохого качества, где вероятность присутствия ошибок

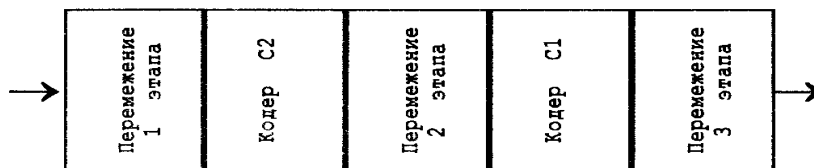


Рис. 8.68. Блок защиты от ошибок (общая схема).

равна  $10^{-3}$ , и проигрыватель компакт-дисков первых поколений, где использовались не самые совершенные стратегии декодирования (т.е. обнаружения и исправления ошибок), то вероятность появления неисправленной ошибки будет равна примерно  $10^{-17}$ , (где-то около одного раза в десять тысяч лет), а вероятность не обнаружения ошибки –  $10^{-26}$  (эту величину можно практически не учитывать).

Разработчики системы CD в процессе исследований выяснили, что дефекты, встречающиеся на диске, могут быть двух видов. Короткие – когда размер дефекта не превышает длины одного символа, и длинные – когда дефект может достигать нескольких кадров. Причем, первые встречаются значительно чаще вторых. Поэтому было принято решение в качестве основы системы защиты от ошибок использовать коды, способные обнаружить до четырех и исправить до двух поврежденных символов в каждом кадре. Такие коды легко справляются с короткими дефектами. Для того, чтобы с помощью тех же кодов можно было бороться и с длинными повреждениями – пришлось разработать остроумнейшую систему перераспределения символов как внутри каждого кадра, так и между

разными кадрами. Это называется перекрестным перемежением. Смысл всей этой процедуры перемежения заключается в том, чтобы перед записью разнести символы одного кадра как можно дальше друг от друга в пространстве и во времени. То есть, сделать так, чтобы эти символы были записаны на дорожке не подряд один за другим, а с достаточно большим промежутком между ними, заполненным символами из других кадров – точно так же «размазанных» по поверхности диска. Тогда практически любое повреждение, даже очень длинное, не может испортить больше одного-двух символов в каждом кадре. Когда информация с компакт-диска считывается проигрывателем, то происходит восстановление первоначального порядка следования символов (деперемежение) и результат воздействия длинного дефекта оказывается эквивалентным воздействию большего или меньшего числа коротких дефектов, а с ними, как говорилось выше, система декодирования вполне способна справиться.

Блок защиты от ошибок содержит две ступени кодирования кодами, обнаруживающими и исправляющими ошибки C1 и C2 и три ступени перемежения (рис. 8.68).

Для того, чтобы обнаружение и исправление ошибок было возможным, каждый из кодеров C1 и C2 вычисляет по имеющимся информационным символам четыре проверочных символа, которые также состоят из восьми двоичных разрядов. При выполнении операций помехоустойчивого кодирования и декодирования, совокупность символов, входящих в каждый рассматриваемый кадр, называется кодовым словом. Вычисления производятся таким образом, что проверочные символы содержат в себе информацию обо всех других символах, входящих в данное кодовое слово.

После первого этапа кодирования в кодовом слове (а значит и в кадре) будет всего  $24 + 4 = 28$  символов, а после второго этапа кодирования –  $28 + 4 = 32$  символа. Эти проверочные символы показаны на рис. 8.67 в середине и в конце кадра. Они заштрихованы.

Для тех, кто знаком с помехоустойчивым кодированием, можно отметить, что в вышеописанной процедуре используются два кода Рида-Соломона C2[28,24] и C1[32,28] над полем Галуа GF(2<sup>8</sup>) с образующим многочленом

$$F(X) = X^8 + X^4 + X^3 + X^2 + 1$$

Для тех, кого не устраивает краткое пояснение процедуры перемежения, и кто хочет познать его глубинный смысл, на рис. 8.69 приводится полная схема всех трех этапов. Остальные могут нижеследующее спокойно пропустить.

Слева на схеме буквами L и R с индексами показаны 16-разрядные стерео выборки левого и правого каналов по шесть и, того и другого. Буквами W с индексации обозначены 8-разрядные символы, на которые стерео выборки делятся. А - это старшие разряды, В - младшие. Их, как известно, в каждом кадре (кодовом слове) – 24. Квадратик с обозначением C2 – это первый кодер Рида-Соломона [28,24]. То же с обозначением C1 – второй кодер [32,28]. Цифра 2, стоящая внутри овала на схеме первого этапа перемежения, означает, что данный символ задерживается на два кадра. Кроме того, меняется местоположение символов внутри кодового слова. Для чего – будет сказано чуть позже. Буква D, стоящая внутри овала на схеме второго этапа перемежения, означает задержку на четыре кадра. Следовательно, 27D внутри овала говорит о том, что данный символ задерживается на  $27 \times 4 = 108$  кадров.

Таким образом, после второго этапа перемежения каждый последующий символ кодового слова C2 будет отстоять от предыдущего на четыре кадра. А все кодовое слово целиком растянется на 109 кадров. Если выразить эти 109 кадров в виде длины дорожки на компакт-диске, то получится примерно 17,5 мм. А расстояние между двумя соседними символами кодового слова составит около 0,7 мм. Согласитесь, что расстояние получаются довольно приличные, и, для того, чтобы повредить хотя бы два соседних символа, нужна такая соринка, которая уже будет видна невооруженным глазом.

Теперь вернемся к первому этапу перемежения. Если внимательно всмотреться в его схему, то можно заметить, что изменение местоположения символов выполнено с таким расчетом, чтобы пары символов соседних стерео выборок одного и того же канала переместились как можно дальше друг от друга. Например, символы W12n,A и W12n,B стерео выборки левого канала L6n остаются на своем месте, и после выполнения второго этапа перемежения попадают в тот же и в четвертый кадры. Символы же следующей стерео выборки левого канала L6n+1 (W12n+1,A и W12n+1,B) перемещаются на такие позиции, что после второго этапа перемещения оказываются задержанными на 16D (64 кадра) и 17D (68 кадров), т.е. достаточно далеко от символов выборки L6n. Символы следующей стерео выборки того же левого канала L6n+2, перемещаются на такие позиции, что после второго этапа перемежения задерживаются на 2D (8 кадров) и 3D (12 кадров) – подальше от соседней L6n+1. То, что при этом выборка L6n+2 оказывается вблизи L6n не страшно – она для нее не соседняя. Соседние для нее только L6n+1 и L6n+3, а от них-то она и удалилась.

Тот же принцип соблюдается и при перемещениях символов всех остальных стерео выборок, как левого, так и правого каналов. Причиной подобных манипуляций служит то, что коррекция кодами Рида-Соломона – не единственный способ борьбы с ошибками. На всякий случай в системе CD для этого предусмотрен еще так называемый метод интерполяции, когда значение ошибочной выборки, которую по каким-либо причинам не смог исправить декодер Рида-Соломона, вычисляется исходя из

значений двух соседних исправных выборок. Такая ситуация хотя и редка, но встречается, особенно тогда, когда, с целью удешевления конструкции декодера Рида-Соломона, он выполняется не по полной схеме, а по упрощенной. В этом случае он может корректировать не две ошибки в кодовом слове, а всего лишь одну. Однако, обнаруживающая способность его при этом не уменьшается, и каждый испорченный (или подозрительный на «испорченность» – что встречается много чаще) символ имеет указатель ошибки.

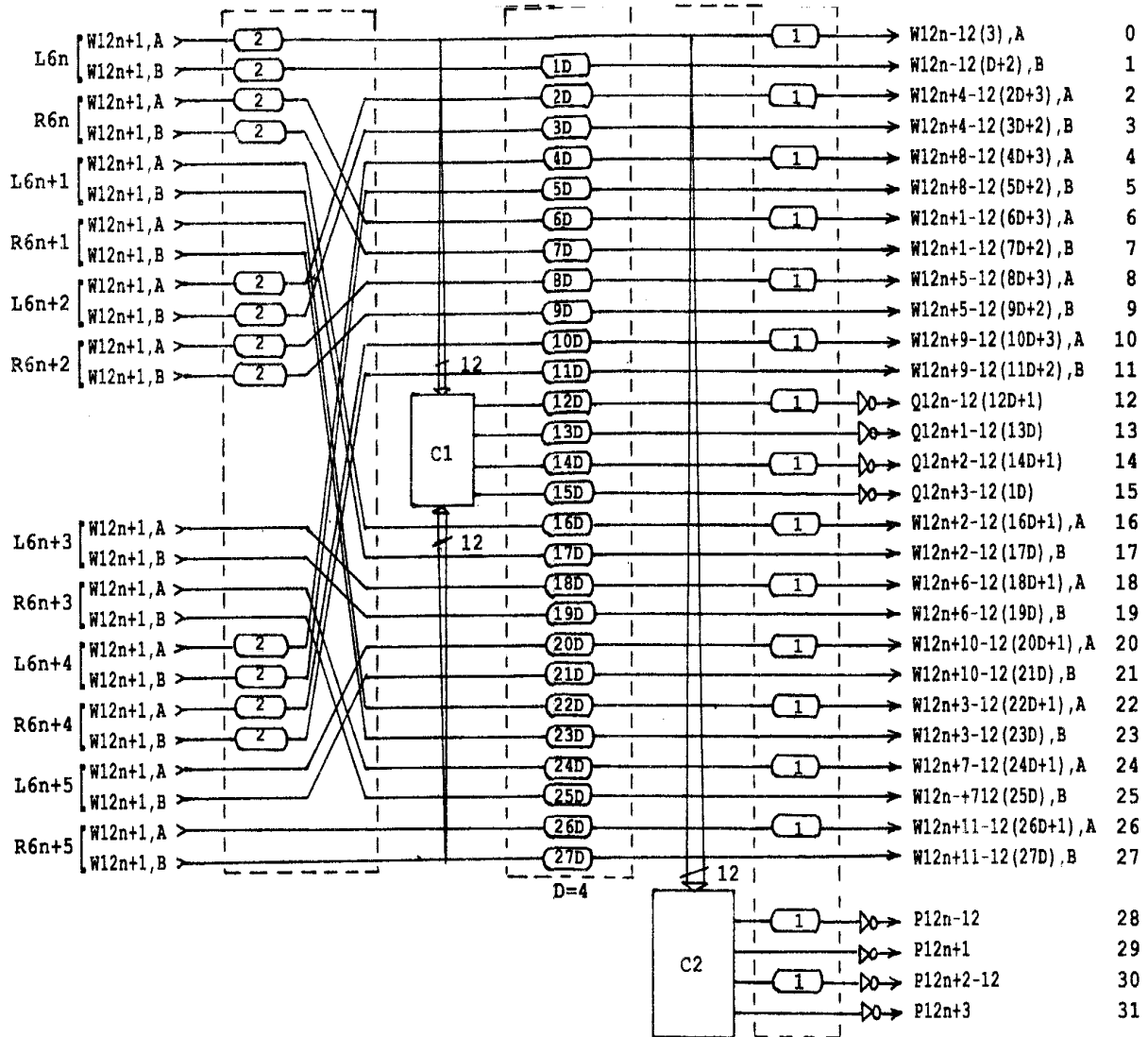


Рис. 8.69. Структурная схема блока защиты от ошибок.

Интерполяция – это более простой способ борьбы с ошибками, но неточный. Если декодер способен исправлять ошибки только точно (по другому он «не умеет»), то интерполятор, строго говоря, вообще их не исправляет, а заменяет их значения средним арифметическим от величин двух соседних выборок. Обратите внимание – выборки (16-разрядных), а не символов (8-разрядных). Интерполяция выполняется уже после завершения декодирования декодера Рида-Соломона и восстановления первоначального порядка следования символов (деперемежения), включая объединение символов старших и младших разрядов каждой стерео выборки.

Из вышесказанного становится понятным, для чего символы соседних выборок желательно разнести как можно дальше друг от друга.

Третий этап перемежения – задержка половины символов на один кадр – выполняется исключительно для борьбы с короткими ошибками (длиной до одного символа). Если такая ошибка попадает на границу двух соседних символов, то после деперемежения поврежденными окажутся только по одному символу в смежных кодовых словах.

И, наконец, инвертирование проверочных символов производится для того, чтобы декодер не мог «перепутать» кодированный 0 (пауза в музыкальном сигнале) с какой-либо неисправностью в тракте

воспроизведения (отсутствие сигнала вообще). В первом случае на декодер С1 поступят все «нули», во втором – проверочные символы будут «единицами», что укажет на наличие сбоя всего кадра.

Реализуются все три этапа перемежения с помощью запоминающего устройства с произвольной выборкой (ЗУПВ) объемом 2 килобайта (2Кх8). Это позволяет производить запись символов в порядке поступления, а считывать – в любом необходимом порядке.

Итак, на выходе блока защиты от ошибок формируется последовательность кадров, каждый из которых содержит в себе 32 8-разрядных символа, восемь из которых – проверочные (рис. 8.67 г). Эта последовательность поступает на следующий элемент тракта – модулятор 5 (см. рис. 8.66).

Но, прежде, чем рассматривать назначение и принцип работы модулятора, обратим внимание на то, что кроме сигнала с блока защиты от ошибок, на его вход поступает еще один сигнал – с блока формирования служебной информации 6. Как следует из его названия, он предназначен для того, чтобы вырабатывать какие-то вспомогательные данные, не имеющие прямого отношения к музыкальному сигналу.

Эти данные имеют вид все того же 8-разрядного символа, который добавляется в качестве 33-го к каждому кадру и располагается в его начале (см. рис. 8.67 д). Такой символ, называемый служебным, содержит в себе информацию, необходимую для реализации разнообразных потребительных функций проигрывателя – поиск необходимого фрагмента, программирование и воспроизведение по программе, индикации текущего времени на диске и на дорожке, а также сигналы музыка/пауза, наличие или отсутствие предискажений, и еще целый ряд других данных.

Структура служебной информации достаточно сложна и ее объяснение выхолит за рамки данной публикации. Тем не менее, следует отметить, что она тоже оформлена в блоки, подобные кадрам, состоящие из 98 восьмиразрядных символов.

Теперь вернемся к модулятору. Одной из основных задач этого блока является преобразование сформированного потока двоичных данных в форму, позволяющую получить наибольшую плотность записи на оптическом носителе, которым является компакт-диск, и обеспечивающую оптимальные условия для ее безошибочного считывания при воспроизведении.

Плотность записи характеризует количество информации (в битах), которое можно записать на единице площади носителя. В нашем случае, при заданном расстоянии между дорожками, плотность записи будет тем выше, чем большее количество информации разместится на единице длины дорожки.

Запись на компакт-диск (имеется в виду диск-оригинал) осуществляется путем формирования на его поверхности микрорельефа в виде углублений и промежутков между ними с помощью сфокусированного луча лазера. Углубления при этом соответствуют двоичным «единицам», а промежутки – двоичным «нулям».

Луч конкретного лазера можно сфокусировать на поверхность носителя в точку вполне определенных для данного лазера минимальных размеров. И результатом воздействия этой точки будет «отметина» (или «пит» – как говорят специалисты) тоже вполне конкретных размеров, которые зависят от длины волны излучения используемого лазера. Этот минимально возможный пит в общем случае будет отображать только одну единицу информации – один бит. Но это если не предпринимать никаких мер для повышения плотности записи.

Однако, существуют способы преобразования двоичных данных, с помощью которых минимально возможный пит будет отображать уже не одну единицу информации, а несколько больше. Такие способы преобразования называются *канальным кодированием*. Но повышением плотности

01101000	01001001000010
01101001	10000001000010
01101010	10010001000010
01101011	10001001000010
01101100	01000001000010
01101101	00000001000010
01101110	00010001000010
01101111	00100001000010

Рис.8.70. Фрагмент таблицы преобразования 8 – 14.

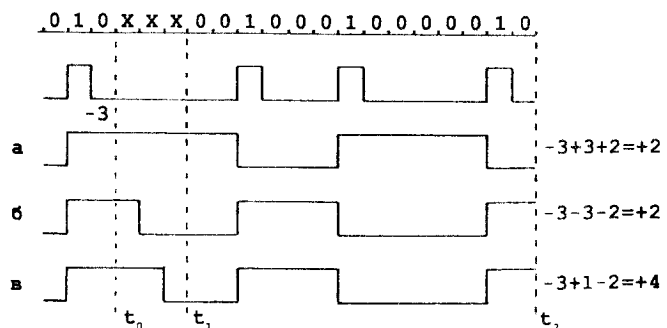


Рис.8.71. Пример формирования соединительных разрядов кода EFM.

записи задачи канального кодирования не исчерпываются.

Для того, чтобы правильно расшифровать закодированные данные необходимо точно определить границы каждого бита, символа и кадра. Если «0» и «1» чередуются достаточно часто, то это легко сделать, ориентируясь на границы между ними – перепады уровня. Но бывает так, что в потоке

информации образуются длинные последовательности «нулей» и «единиц». Так как при этом нет перепадов, то и «зацепиться» не за что. Скажем, 20 «нулей» могут быть приняты за 21 или за 19. А это означает полный сбой декодирования.

Для того, чтобы такого не происходило, каналные коды, предназначенные для записи на носитель, разрабатываются с таким расчетом, что длинные последовательности одного уровня невозможны. В этом случае говорят, что каналный код является самосинхронизирующимся, или обладает самосинхронизацией.

Кроме вышеперечисленного, в задачи канального кодирования по обеспечению оптимальных условий считывания входит устранение из цифрового потока постоянной составляющей. Дело в том, что считывающее устройство проигрывателя обладает неприятной, но неустранимой особенностью не пропускать постоянный ток. Поэтому, длинные последовательности «нулей» или «единиц» воспринимаются им как постоянная составляющая, которую оно не переносит. Мало того, требуется, чтобы количество «единиц» и «нулей» в потоке двоичных данных было примерно одинаковым. Иначе это опять же будет воспринято как какая-то паразитная низкочастотная составляющая, которая может привести к снижению уровня считываемого сигнала, а значит – к его уязвимости со стороны разного рода помех.

В системе «Компакт-диск» используется каналный код EFM (eight to fourteen modulation), или попросту модуляция 8-14, который удовлетворяет всем необходимым для записи на носитель требованиям.

По правилам кодирования EFM, каждый 8-разрядный символ заменяется однозначно ему соответствующим 14-разрядным символом из специальной таблицы преобразования. Кроме того, между этими 14-разрядными символами вставляются еще три соединительных разряда (смотри рис. 8.70). 14-разрядные символы в таблице подобраны таким образом, что между двумя «единицами» может располагаться не больше 10, но не меньше двух «нулей». Смысл такой трансформации становится очевидным, если заметить, что в дальнейшем эти комбинации из «0» и «1» преобразуются в такую форму, что каждой «единице» соответствует изменение уровня, а «нулю» – отсутствие такового, то есть сохранение прежнего уровня (см рис. 8.71 а-в). При этом достигается требование на ограничение длины последовательности одного уровня как сверху, так и снизу и обеспечивается возможность самосинхронизации. Максимальная длина последовательности при этом будет равна 11 канальным битам (сама «единица» и десять последующих «нулей»), а минимальная – трем. Если получится так, что при соединении двух последовательных канальных символов это условие нарушится – сумма «нулей» в конце одного и в начале другого символа вместе с соединительными разрядами будет больше 10 – то всегда есть возможность в один из этих самых соединительных разрядов вставить «единицу», ибо сами по себе они никакой информации не несут. Причем из трех возможных вариантов выбирается тот, который дает наименьшую разницу в числе бит одного и другого уровней. Контроль постоянной составляющей производится и во всех других случаях, не связанных с необходимостью ограничения длинных последовательностей одного уровня. Из четырех возможных вариантов (отсутствие «единицы» в соединительных разрядах или ее наличие на одной из трех позиций) принимается тот, где абсолютная величина суммы наименьшая. Исключен бывает только тот вариант, когда вставляемая «единица» оказывается ближе, чем на две позиции от «единицы», входящей в один из канальных символов.

Пример выполнения такой процедуры показан на рис. 8.71. Пусть некоторый 14-разрядный символ, закончившийся в момент времени  $t_0$  имеет числовую сумму, равную  $-3$ . Следующий символ, располагающийся в промежутке от  $t_1$  до  $t_2$ , при отсутствии «единицы» в соединительных разрядах будет иметь числовую сумму  $+2$  (разница между числом разрядов положительного уровня и числом разрядов отрицательного уровня), а сами соединительные разряды в этом случае добавляют величину  $+3$ . Общая сумма получается  $-3+3+2=+2$  (диаграмма а). В первый соединительный разряд «единицу» вносить нельзя, ибо до предыдущей «единицы» всего один «нуль». Во второй и в третий – можно. «Единица» во втором соединительном разряде изменит их числовую сумму до величины  $-1$ , а числовая сумма следующего за ней 14-разрядного символа поменяет знак, т.е. вместо  $+2$  будет  $-2$ . Общая сумма получится равной  $-3-1-2=-6$  (диаграмма б). «Единица» в третьем соединительном разряде, как видно из диаграммы в, даст общую числовую сумму  $-3+1-2=-4$ . Очевидно, что абсолютная величина меньше всего в первом случае ( $+2$ ), когда «единица» в соединительные разряды не вносится. Он-то и будет принят к исполнению.

Теперь вернемся к условию ограничения промежутка между двумя соседними перепадами уровня снизу. Оно, как отмечалось выше, равно трем. Такое ограничение и является фактором, позволяющим существенно повысить плотность записи. Теперь минимально возможный пит (вспомним о лазере и носителе) будет отображать уже не один двоичный разряд, а целых три. Правда, самих канальных разрядов стало 17 вместо первоначальных восьми, но все равно  $3/17$  больше  $1/8$  в 1,4 раза (примерно).

Таким образом, плотность записи повысилась в 1,4 раза, и теперь на компакт-диске можно записать программу в 1,4 раза более продолжительную, чем, если бы каналный код не применялся.

И, наконец, вспомним о том, что для правильного декодирования считываемой информации необходимо как-то обозначить границы кадра. Для этого в его начало вставляется так называемая кадровая синхрогруппа из 24-х канальных разрядов. Она имеет вполне определенную, не встречающуюся в информационном потоке, конфигурацию, а именно: два следующих один за другим максимальных интервала в 11 канальных разрядов (см. рис. 8.67,е). Так же, как и после всех прочих канальных символов, после кадровой синхрогруппы следуют три соединительных разряда с теми же задачами.

Когда сигнал с компакт-диска считывается, то при обнаружении синхрогруппы декодирующее устройство подготавливается к приему служебного символа, за ним – первого информационного, второго, и так далее.

Как говорилось выше, служебные символы также оформлены в блоки из 98 символов, и для обозначения их границ тоже используются синхрогруппы определенной конфигурации – сразу две (по одной в каждом из первых двух блоков). Эти синхрогруппы формируются модулятором и вставляются на место первых двух служебных символов блока. Остальные 98 символов содержат саму служебную информацию. Частота следования блоков  $7,35 \text{ кГц}/98 = 75 \text{ Гц}$ .

На этом формирование потока информации для записи заканчивается. Результирующий кадр будет содержать  $33 \times 17 + 27 = 588$  канальных бит. Полученный сигнал подается на устройство, управляющее мощностью записывающего лазера. Это устройство тоже называется модулятором, но только оптическим.

Следует отметить, что такой же механизм используется при записи цифровой информации. Однако при этом блоки фильтров, АЦП и мультиплексора не используются, а данные поступают прямо на блок защиты от ошибок.

#### 8.3.5.3.5.2. Привод CD-ROM.

Привод CD-ROM состоит из следующих основных функциональных узлов: загрузочного устройства; системы управления приводом; оптико-механического блока; системы автоматического регулирования; универсального декодера; интерфейсного блока.

Типовая функциональная схема привода CD-ROM представлена на рис. 8.72.

Упрощенный алгоритм функционирования привода CD-ROM состоит в следующем. После помещения CD в загрузочное устройство электромеханическое устройство приводит диск во вращение. Оптико-механический блок обеспечивает перемещение оптической головки считывания по радиусу диска и считывание информации.

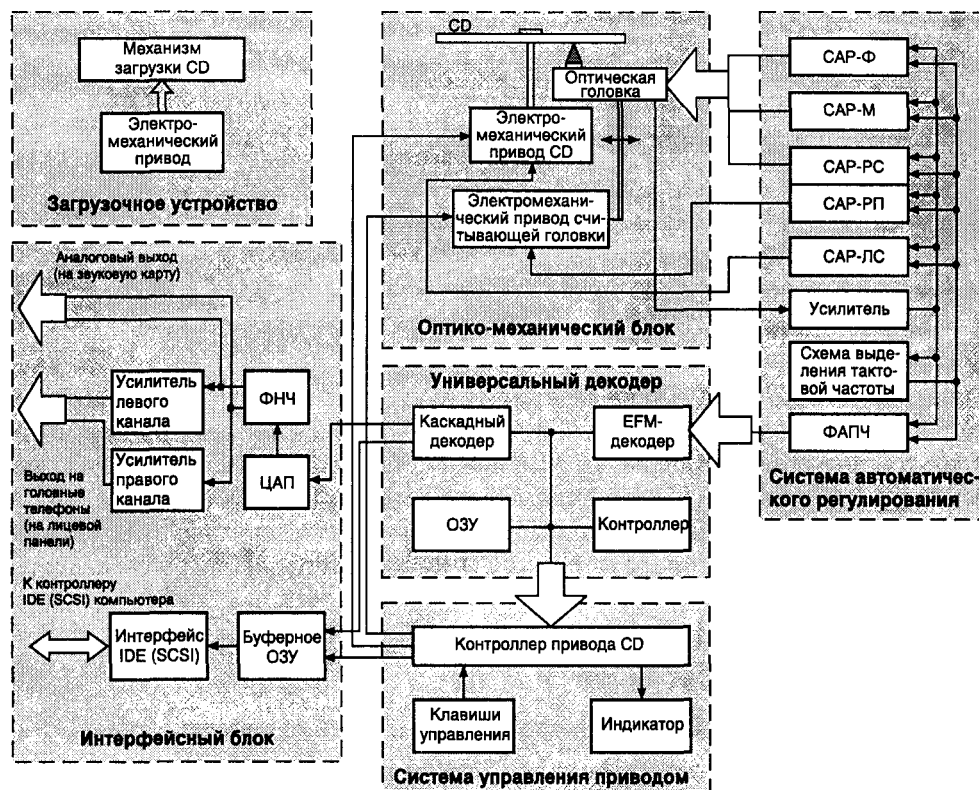


Рис. 8.72. Типовая функциональная схема привода CD-ROM

Полупроводниковый лазер генерирует маломощный инфракрасный луч (типичная длина волны 780 нм, мощность излучения 0,2—5,0 мВт), который попадает на отражающее зеркало (рис. 8.73).



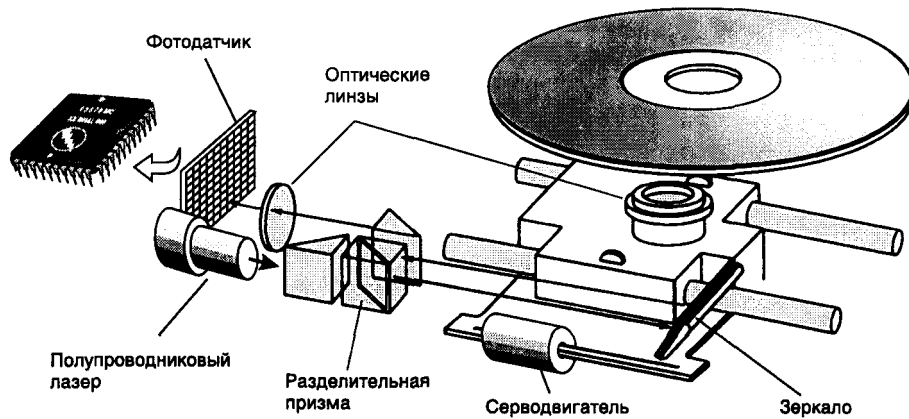


Рис. 8.73. Конструкция оптико-механического блока привода CD-ROM

Серводвигатель по командам, поступающим от встроенного микропроцессора, перемещает подвижную каретку с отражающим зеркалом к нужной дорожке на компакт-диске. Отраженный от диска луч фокусируется линзой, расположенной под диском, далее отражается от зеркала и попадает на разделительную призму, которая направляет луч на вторую фокусирующую линзу. Далее луч попадает на фотодатчик, преобразующий световую энергию в электрические сигналы. Сигналы с фотодатчика поступают на универсальный декодер.

Высокая точность считывания информации обеспечивается сложными системами автоматического слежения за поверхностью диска и дорожки записи данных. Первая из них называется системой *авто-фокусировки*, а вторая – системой слежения за дорожкой или *автотрекингом*.

#### 8.3.5.3.5.2.2.1. Система авто фокусировки

Для того, чтобы считывание информации было возможным, необходимо, чтобы, несмотря на вертикальные биения диска, дорожка все время находилась в фокусе считывающей оптики, или, по крайней мере, в пределах ее глубины резкости. Глубина резкости используемых в проигрывателях оптических систем составляет  $\pm 1,9$  мкм. А колебания компакт-диска при вращении могут достигать  $+0,5$  мм т.е. в сотни раз больше. Поэтому, для поддержания постоянного расстояния между объективом оптической головки и отражающей поверхностью компакт-диска, приходится применять систему авто фокусировки.

Существует несколько способов построения таких систем, основанных на физических свойствах лазерного излучения и свойствах используемых для того оптических элементов. Рассмотрим некоторые из них.

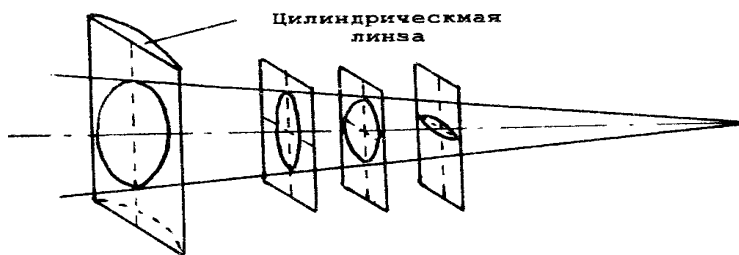


Рис. 8.74. Прохождение пучка через цилиндрическую линзу.

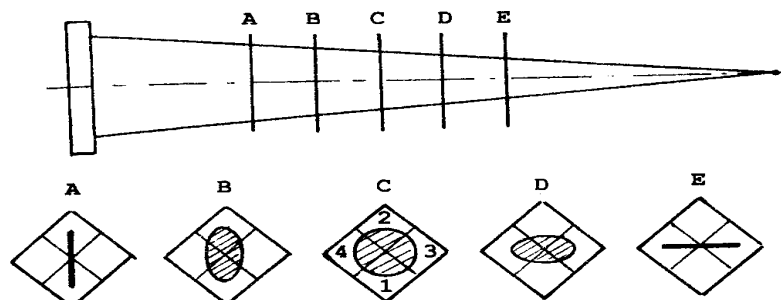


Рис. 8.75. Зависимость изображения светового пятна от плоскости наблюдения.

**Метод астигматизма пучка.** В основе этого метода лежит свойство излучения лазера изменять

форму пучка после прохождения им так называемой цилиндрической линзы (см. рис. 8.74), Эта форма зависит от расстояния, пройденного светом от лазера до плоскости наблюдения.

Предположим, что лазер и линза неподвижны относительно друг друга, и будем перемещать плоскость наблюдения вдоль оси пучка между линзой и фокусом (см. рис. 8.75). В некоторой плоскости сечения С изображение светового пятна будет иметь форму правильного круга. По мере удаления от этой плоскости вправо (к фокусу), круг будет вытягиваться по горизонтали. В плоскости D он превратится в горизонтальный овал, а в плоскости E - в горизонтальную линию. Если пойти вправо еще дальше, то картина будет повторяться в обратном порядке - сначала горизонтальный овал, затем опять круг.

Теперь двинемся от плоскости С влево. Вначале круг превратится в овал - но уже вертикальный, а затем трансформируется в вертикальную линию.

Если в плоскость наблюдения поместить четырех площадочный фотоприемник, то по мере его перемещения вдоль оси светового пучка, освещенность площадок будет меняться. В плоскости С все четыре площадки получают одинаковое количество света и, следовательно, выработают одинаковый электрический сигнал. По мере движения вправо, площадки 1 и 3 будут освещаться все сильнее, а площадки 2 и 4 — все слабее. Аналогичная картина будет наблюдаться при перемещении влево от плоскости С, только роли пар площадок 1-3 и 2-4 поменяются.

Если сложить вместе электрические сигналы площадок 1 и 3 и сравнить их сумму с суммой сигналов площадок 2 и 4, то разностный сигнал будет содержать информацию о величине и знаке перемещения фотоприемника относительно плоскости С, где такая разница будет равна нулю.

Оптическая система, в которой использован такой метод фокусировки, показан на рис. 8.76. Излучение лазера Л фокусируется объективом О на дорожке компакт-диска D, отражается от нее и через объектив О попадает на расщепитель луча РЛ, который направляет отраженный луч через цилиндрическую линзу ЦЛ на фотоприемник ФП.

В такой конструкции все элементы оптической системы неподвижны, а причиной изменения формы пятна на фотоприемнике является изменение расстояния от объектива до дорожки. Система отрегулирована так, что на фотоприемнике будет круг только тогда, когда расстояние от объектива до дорожки будет равно его фокусному расстоянию. При любом изменении положения оптической головки относительно диска будет изменяться форма пятна на фотоприемнике, и он будет вырабатывать соответствующий этому изменению сигнал ошибки. В зависимости от величины и знака сигнала ошибки, исполнительный механизм авто фокусировки будет перемещать оптическую головку на требуемое расстояние от дорожки.

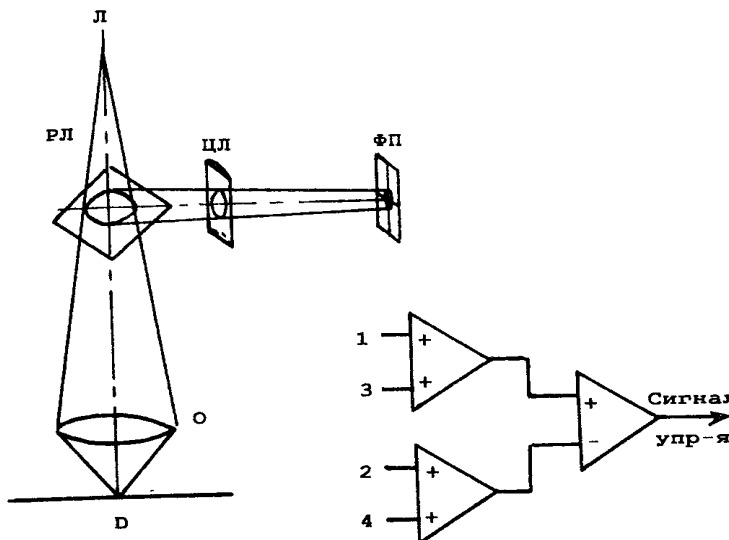


Рис. 8.76. Фокусировка по методу астигматизма пучка.

**Метод Фуко.** Это метод основан на применении призмы, расщепляющей луч лазера на два пучка (см. рис. 8.77). Если отраженный от компакт-диска луч точно сфокусировать на ребре призмы, то, расщепляясь, он образует два одинаковых пучка. Если на пути этих лучей поместить два двух площадочных фотоприемника, то на каждом из них образуется световое пятно в виде круга. Фотоприемники следует расположить так, чтобы граница между площадками проходила точно через середину круга (см. рис. 8.77 б). При этом разностный сигнал от пар 2-3 и 1-4, полученный с помощью схемы 8.77 г, будет равен нулю, что означает точную фокусировку объектива головки на дорожке. При сближении объектива и компакт-диска фокальная плоскость будет приближаться к фотоприемникам. В результате световые пятна переместятся на элементы 1 и 4 (см. рис. 8.77 а), а разностный сигнал

станет отрицательным. Если объектив и компакт-диск удаляются друг от друга, то удаляется и фокальная плоскость от фотоприемников. В результате, световые пятна сместятся на элементы 2 и 3 (рис. 8.77 в), а разностный сигнал станет положительным (рис. 8.77 г).

Полученный таким образом сигнал используется для управления исполнительным механизмом авто фокусировки.

Кроме вышеописанных, существуют и другие способы авто фокусировки, также основанные на свойствах лазерного излучения и особом построении оптической системы,

Исполнительный механизм авто фокусировки конструктивно напоминает устройство

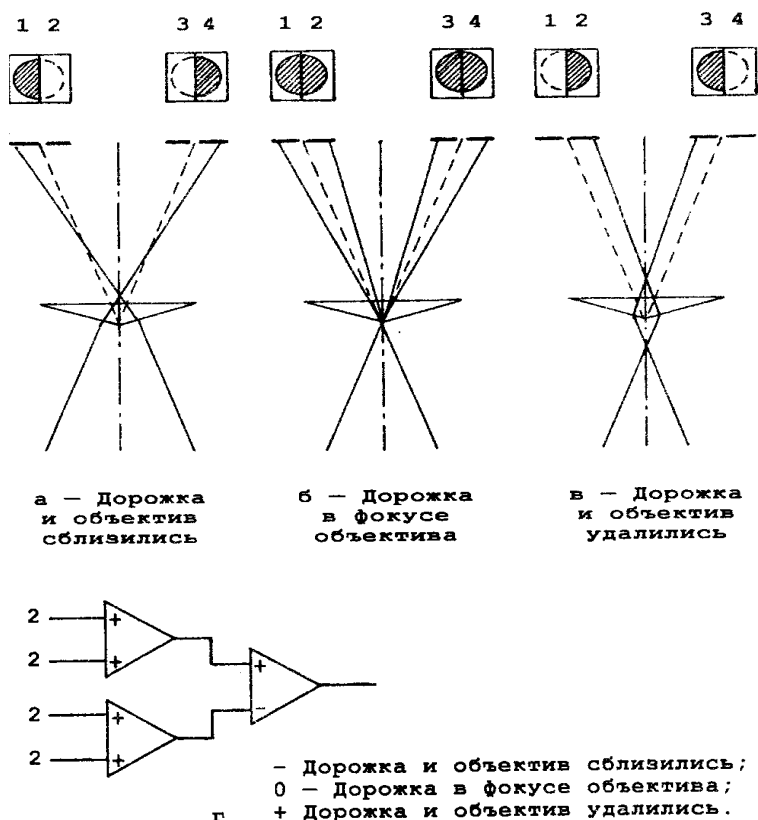


Рис. 8.77. Авто фокусировка по способу Фуко.

электродинамического громкоговорителя, только вместо диффузора в нем под воздействием электромагнитного поля перемещается линза объектива (см. рис. 8.78).

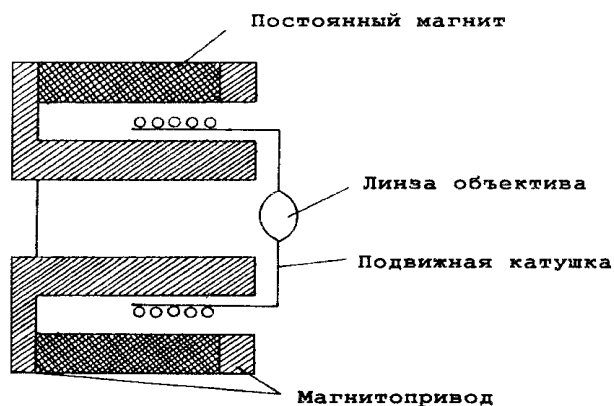


Рис. 8.78. Привод автофокусировки.

#### 8.3.5.3.5.2.2.2. Система слежения за дорожкой (автотрекинг).

Кроме колебаний в вертикальном направлении, компакт-диск может колебаться и в направлении, перпендикулярном оси вращения, т.е. может иметь эксцентриситет. Допустимая Стандартом величина эксцентриситета для компакт-диска равна  $\pm 70$  мкм. Для правильного же воспроизведения информации нужно обеспечить точность слежения  $\pm 0,1$  мкм. Как и в случае фокусировки, цифры отличаются в

сотни раз. Из этого вытекает, что необходима высокоэффективная система слежения за дорожкой (автотрекинг), которая, так же, как и авто-фокусировка, может быть реализована несколькими разными методами.

**Способ трех лучей.** Один из способов основан на использовании трех лучей, которые получаются путем расщепления основного луча лазера с помощью призм. При этом два дополнительных луча В и С располагаются по обеим сторонам от основного воспроизводящего луча А (см. рис. 8.79). Чтобы дополнительные лучи не мешали основному, они смещены по оси считываемой дорожки.

Оптимальное положение соответствует случаю, когда дополнительные лучи незначительно и одинаково перекрывают дорожку (рис. 8.79 б). Основная часть световой энергии от этих лучей

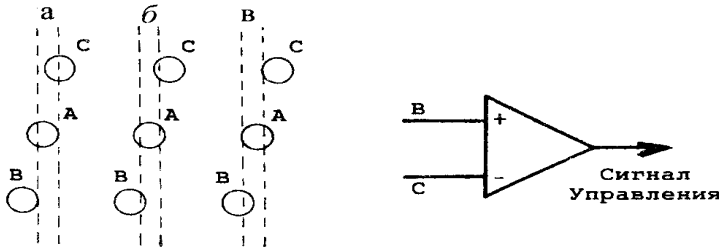


Рис. 8.79. Автотрекинг по способу трех лучей.

отражается поверхностью диска и попадает на соответствующие им фотоприемники. Поскольку перекрытие одинаково, то и сигналы с фотоприемников одинаковы, а, значит, разница их равна нулю. Если же происходит смещение оптической головки, то баланс сигналов с фотоприемников нарушается и на выходе сравнивающего устройства появляется разностный сигнал той или иной полярности (рис. 8.79 а, в). Исполнительный механизм обрабатывает ошибку, возвращая оптическую головку в оптимальное положение.

При таком способе для автотрекинга используются сигналы от лучей В и С, а сигнал от луча А служит для считывания самой информации. Способ трех лучей является старым и испытанным. Он применялся еще в видеопроекторных системах LV. Но оптическая система для его реализации чересчур громоздка, и оптическая головка получается тяжелой и дорогой, не говоря уже о том, что мощность лазера, которая и без того не ахти как велика, приходится перераспределять на три луча.

**Дифракционный способ.** Этот способ автотрекинга, как следует из его названия, основан на использовании явления дифракции светового излучения и реализуется с помощью всего одного луча при относительно простой оптической системе (см. рис. 8.80 а). Дело в том, что из-за дифракции, обусловленной питами, распределение мощности отраженного пучка, попадающего в объектив, изменяется в зависимости от взаимного расположения светового пятна и пит. Кроме того, для реализации данного способа необходимо, чтобы глубина пит была меньше четверти длины волны излучения используемого лазера. В нашем случае, глубина пит — 0,1 мкм, а длина волны излучения лазера — 0,78 мкм. Таким образом, видно, что условие выполняется. Рисунок 4.106 иллюстрирует форму отраженного пучка при

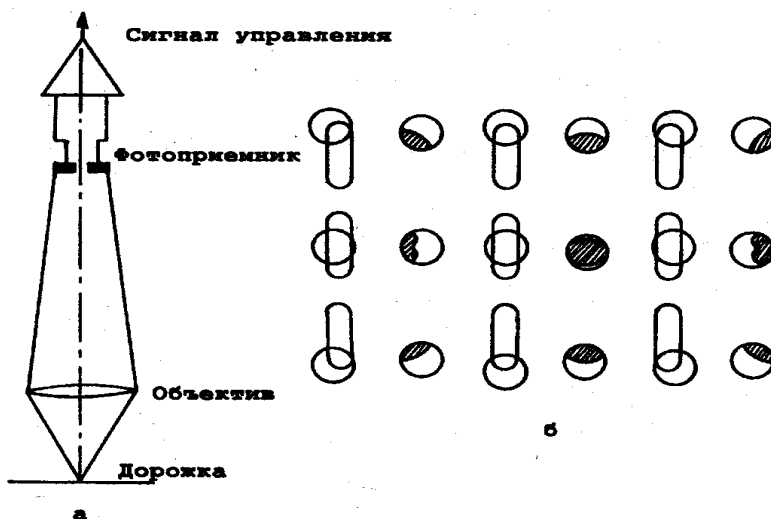


Рис. 8.80. Автотрекинг по дифракционному способу.

различных положениях светового пятна и пит. Используемый в рассматриваемом методе фотоприемник разделен на две части. При точном положении пятна на середине дорожки, картина на фотоприемнике будет симметричной. При смещении пятна в ту или иную сторону, симметрия будет нарушена и появится разностный сигнал управления системой автотрекинга.

Такой способ лучше предыдущего тем, что оптическая головка получается простой и легкой. Но он тоже не лишен недостатков, так как в силу некоторых его особенностей приходится перемещать всю головку целиком.

**Фазовый способ.** Этот способ похож на вышеописанный, но для его осуществления достаточно перемещать только линзу объектива. Кроме того, здесь разностный сигнал регулирования меньше зависит от глубины пит и может быть получен даже при глубине, равной четверти длины волны излучения лазера, т.е.  $0,78/4 \approx 0,2$  мкм.

Фазовый метод, так же, как и дифракционный, основан на изменении распределения отраженного света в зависимости от взаимного положения светового пятна и пит. Это изменение распределения регистрируется четырех площадочным фотоприемником (рис. 8.81). На рис. 8.82 показаны различные

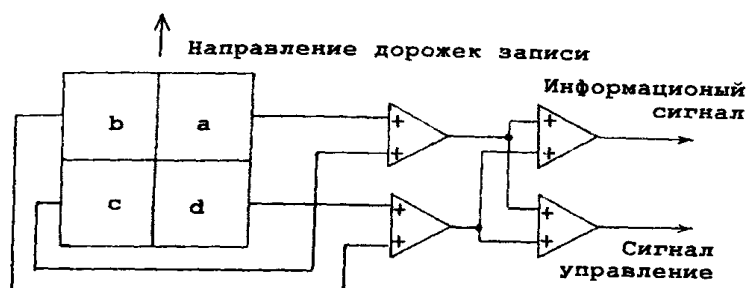


Рис. 8.81. Автотрекинг по фазовому способу.

формы распределения света на фотоприемнике при различных положениях пятна и пита. Разностный сигнал управления по этому методу определяется как  $(a+c) - (b+d)$ , а информационный сигнал как  $a+b+c+d$ . При точном следовании считывающего пятна по центру дорожки картинка на фотоприемнике будет

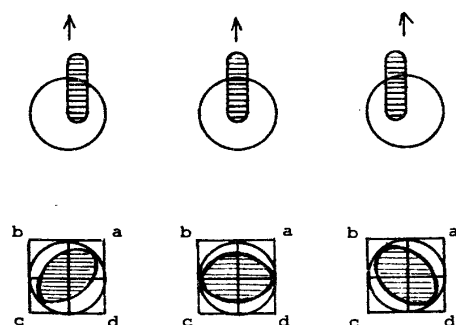


Рис. 8.82. Различные формы распределения света на фотоприемнике при фазовом методе автотрекинга.

меняться, оставаясь при этом симметричной, а разностный сигнал будет равен нулю. Если пятно сместится вправо или влево, то разностный сигнал будет иметь синусоидальную форму, сдвинутую по фазе на  $90^\circ$  относительно информационного сигнала. Сигнал управления получается путем детектирования этой фазы гетеродинным детектором (рис. 8.81).

Таким образом системы авто-фокусировки и автотрекинга позволяют удерживать сфокусированный луч лазера на информационной дорожке диска, обеспечивая тем самым надежное считывание информации.

При считывании объектив фокусирует на диске луч лазера диаметром около 1 мкм. Если световое пятно попадает на участки поверхности диска между углублениями, то луч не рассеивается, а отражается и, преломившись, попадает на фотоприемник. Если же луч света попадает на пит, то происходит дифракция света (рассеивание) и в фотоприемник попадает только часть отраженного луча. По интенсивности регистрируемого отраженного светового пучка фотоприемник воссоздает записанные на диске данные (как последовательность импульсов различной интенсивности, преобразуемых в нули и единицы информации). При выделении информации из сигналов фотодатчика возникает ряд проблем.

### 8.3.5.3.5.2.2.3. Формирование цифрового сигнала и выделение импульсов тактовой синхронизации.

Информационный сигнал, считанный с диска, в силу целого ряда причин имеет форму, далекую от той, которую он имел при записи на диск-оригинал. Среди таких причин — ограниченность полосы пропускания тракта оптического воспроизведения, не идеальность характеристик лазера и оптических элементов, дефекты диска и прочее. Поэтому, вместо ряда импульсов калиброванной длины и амплитуды получается пологая колебательная кривая, подобная показанной на рис. 8.83, а. Для выделения из нее прямоугольных импульсов, величину колебаний этой кривой сравнивают с некоторым средним уровнем. Все, что выше этого уровня, принимается за «единицу», а то, что ниже — за «нуль». В результате получается сигнал, подобный показанному на рис. 8.83, б, который в первом приближении похож на оригинальный.

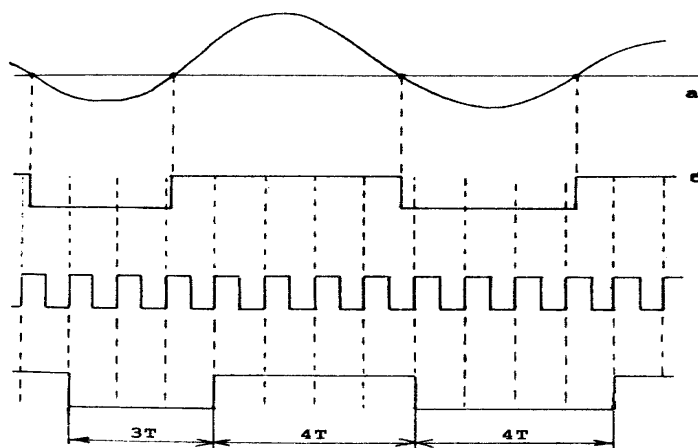


Рис. 8.83. Выделение цифрового информационного сигнала из колебательной кривой,

Теперь вспомним, что цифровой сигнал, записываемый на диск, имел базовый временной интервал, равный периоду частоты 4,3218 МГц, которая называется тактовой. Этим временным интервалом определялась длительность каждого канального разряда. Поэтому расстояние между любыми двумя перепадами уровня всегда было кратно длительности одного канального разряда или тактовому интервалу.

В считанном сигнале — из-за искажений — такое соотношение сохранить невозможно. Однако, для правильного декодирования информации, восстановить тактовые импульсы все-таки придется. Как говорилось выше, канальный код EFM является самосинхронизирующимся. Это означает, что регенерировать тактовые интервалы в виде импульсов, следующих с частотой 4,3218 МГц, можно на основе самого считанного сигнала. А если точнее, то на основе имеющихся в нем перепадов уровня — фронтов.

Устройство, предназначенное для этой цели, называется петлей фазовой автоподстройки — ФАП. Оно способно сформировать необходимую последовательность тактовых импульсов, исходя из некоторого среднего положения имеющихся фронтов двоичного сигнала. Кроме того, петля ФАП будет отслеживать всякое изменение скорости цифрового потока из-за неравномерности вращения диска, изменяя в соответствии с ним частоту следования импульсов тактовой синхронизации. С помощью полученной тактовой частоты приводится в надлежащую форму и сам информационный сигнал. Это означает, что перепады уровней составляющих его импульсов жестко привязываются к границам тактовых интервалов, определяемых фронтами импульсов тактовой частоты. Для этого уровень исходного информационного сигнала (рис. 8.83, б) идентифицируется в центре тактового интервала, т.е. там, где наименее вероятно его искажение. Идентификация осуществляется одним из фронтов тактового импульса (на рис. 8.83 — передним). Длительности импульсов полученного в результате этой операции сигнала будут в точности кратны периоду тактовой частоты. Получающийся при этом сдвиг сигнала на полпериода никакой роли не играет.

Здесь следует обратить внимание на то, что, хотя мы все время говорили о тактовой частоте 4,3218 МГц как о величине постоянной, но на самом деле эта частота при воспроизведении будет все время колебаться вокруг этой величины вместе с колебаниями скорости считываемого двоичного сигнала. Однако, такие колебания на воспроизводимый звук никакого влияния не оказывают, благодаря тому, что в проигрывателе используется буферное запоминающее устройство, о котором речь пойдет ниже.

Рассмотрим другие подсистемы привода CD.

### 8.3.5.3.5.2.2.4. Демодулятор. Система автоматического регулирования скорости вращения диска. Буферная память.

Полученный сигнал далее поступает на демодулятор. Преобразования, осуществляемые демодулятором, обратны тем, что производились в модуляторе.

Прежде всего, выделяется маркер кадровой синхронизации. Для этого каждые последующие 24 канальных бита сравниваются с хранящимся в памяти демодулятора образцом конфигурации кадровой синхрогруппы. Как только синхрогруппа опознана и цифровой поток разделен на кадры, происходит преобразование 14-разрядных канальных символов в 8-разрядные кодовые. Если снова взглянуть на рис. 8.67, то форма Е преобразуется в форму Д, а затем в форму Г. При этом первый символ в кадре — служебный — направляется в соответствующий блок для дальнейшей обработки. Оставшиеся 32 символа поступают в блок коррекции ошибок (рис. 8.67 з).

Кроме того, здесь выделяется маркер синхронизации служебной информации, которая так же, как и музыкальная, организована в блоки по 98 символов в каждом. Этот маркер, кроме своего основного назначения, используется для управления двигателем вращения диска. Частота следования маркера служебной синхронизации колеблется вокруг значения 75 Гц. Для формирования сигнала управления, синхросигнал сравнивается с частотой 75 Гц, сформированной стабильным кварцевым генератором. Эти два сигнала сравниваются по фазе. При точном совпадении фазовый сдвиг между ними будет равен нулю. При любом отклонении в ту или иную сторону появляется сигнал ошибки, который используется для уменьшения или увеличения скорости вращения двигателя. Наличие такой системы регулирования позволяет предельно снизить требования к двигателю. Никакой точности и стабильности от него не требуется — лишь бы подходил по габаритам и мощности. А тот факт, что считанный сигнал нестабилен во времени, никакой роли не играет, так как для борьбы с этим явлением используется очень эффективное средство — буферное запоминающее устройство, или, попросту, буферная память, которая реализуется на основе уже знакомого нам ЗУПВ (запоминающее устройство с произвольной выборкой). В буферную память информация записывается по мере ее поступления, т.е. с неравномерной скоростью, а считывается с помощью сигналов, сформированных кварцевым генератором — строго равномерно. Таким образом, в результирующем музыкальном сигнале детонации практически равны нулю. Это одно из важных достоинств проигрывателей компакт-дисков.

Вообще говоря, буферную память нельзя рассматривать как какое-то отдельное устройство. Это всего лишь часть объема памяти ОЗУ (оперативное запоминающее устройство), куда записываются кодовые символы, поступающие с демодулятора. В дальнейшем эти символы изымаются из него для осуществления операций депережежения и декодирования кодов Рида-Соломона и вновь записываются туда же, но уже в другие ячейки. Причем операции считывания и записи производятся несколько раз поскольку необходимо выполнить три этапа пережежения и два этапа декодирования.

Немаловажную роль при этом играет объем запоминающего устройства — чем он больше, тем лучше, тем большие отклонения скорости вращения диска от той, которая обеспечивает скорость потока информации 4,3218 Мбит в секунду, допускаются. В этом случае проигрыватель более устойчив к механическим воздействиям — тряске, ударам и вибрации. Наименьший возможный объем ОЗУ - 2 килобайта. Однако, используют ОЗУ с объемом 4, 8 и более килобайт. При достаточно большом объеме памяти, диск даже можно на мгновение притормозить рукой (если позволяет конструкция), и никаких «заиканий» при этом слышно не будет. Правда, при подобных экспериментах следует помнить, что сильные «потрясения» могут вызвать потерю дорожки оптической системой — шаг-то всего 1,6 мкм.

#### 8.3.5.3.5.2.2.5. Блок обработки служебной информации.

Информация, содержащаяся в 33-м символе каждого кадра, позволяет реализовать в проигрывателе CD разные интересные функции, недоступные аналоговому проигрывателю. Это поиск нужного фрагмента, воспроизведение по заданной программе, сканирование и прочее. Информация о содержимом компакт-диска записана уже в самом его начале — в оглавлении, на вводной дорожке. Это количество музыкальных фрагментов

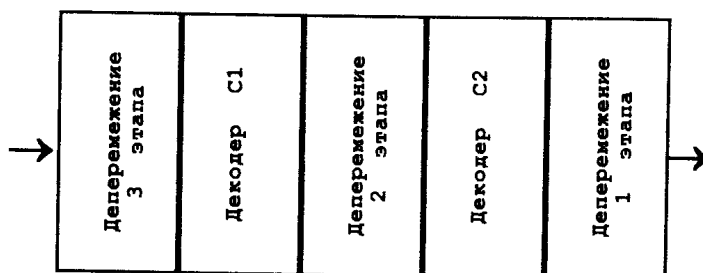


Рис.8.84. Блок коррекции ошибок.

(произведений) и время начала и конца каждого из них, а также наличие или отсутствие предискажений в записи. Как только проигрыватель с диском включен, он в первую очередь считывает оглавление. После этого он уже все о диске «знает» и готов найти любое нужное место, указанное ему путем нажатия соответствующей кнопки.

Хотя процесс поиска происходит достаточно быстро — порядка одной секунды — операций при этом производится довольно много. Чтобы найти нужное место в программе, оптическая головка скачками движется по радиусу диска, время от времени останавливаясь, фокусируясь на дорожке и считывая содержимое одного или нескольких служебных блоков. В данном процессе из всего объема служебной информации управляющий процессор интересуется только номер фрагмента и номер самого блока. Номер фрагмента задает пользователь, нажимая соответствующую кнопку, а номер блока, соответствующий началу этого фрагмента, записан в памяти процессора еще с того момента, когда он считал оглавление. Когда происходит поиск, система воспроизведения звука автоматически отключается, поэтому никаких шумов и тресков в динамиках не слышно. Как только найден нужный фрагмент и нужный блок, соответствующий началу этого фрагмента, режим поиска прекращается и включается режим воспроизведения звуковой программы.

Если на лицевой панели проигрывателя предусмотрены буквенные и цифровые индикаторы для визуализации названия исполняемого произведения, фамилии композитора, текущего времени на дорожке и с начала диска, то процессор может обеспечить соответствующей информацией регистры, управляющие этими индикаторами.

#### 8.3.5.3.5.2.2.6. Блок коррекции ошибок.

После того, как информация, поступившая из демодулятора, записана в ЗУПВ, начинается процесс поиска и коррекция ошибочных символов. При этом вся процедура декодирования и дегерметирования (рис. 8.84) осуществляется в порядке, обратном тому, что был при кодировании и перемежении. Более подробно — на рис. 8.85 и 8.69.

Следует отметить, что здесь и далее все сигналы управления, в том числе и для операций с ЗУПВ, сформированы на основе стабильной тактовой частоты 4,3218 МГц кварцевого генератора. О той тактовой частоте, которая была выделена из считанного с диска сигнала и которая обладала нестабильностью, теперь можно забыть раз и навсегда.

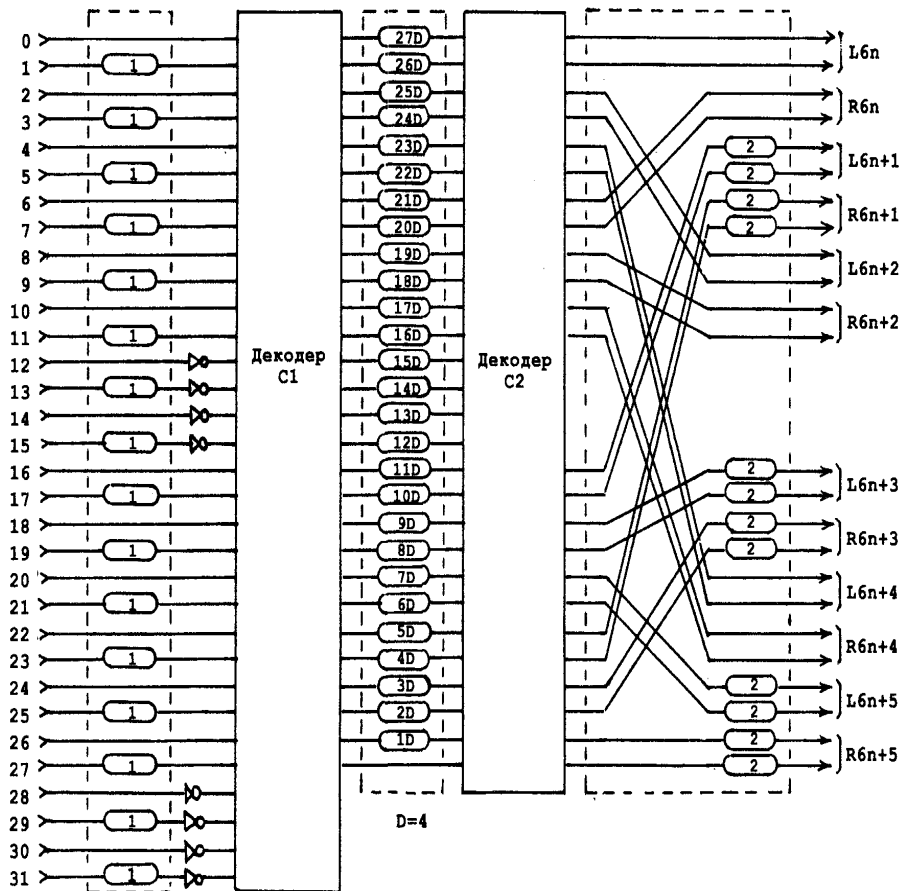


Рис. 8.85. Структурная схема блока коррекции ошибок.



Механизм всех трех этапов деперемежения заключается в том, что нужные символы извлекаются из памяти в нужном порядке и используются в процедуре декодирования. После чего вновь записываются — но уже по другим ячейкам памяти. Это повторяется до тех пор, пока не будут выполнены все операции двух этапов декодирования и трех этапов деперемежения (см. рис. 8.85). В результате восстанавливается изначальный порядок следования символов — такой, каким он был на выходе АЦП в аппаратуре цифрового кодирования звука.

Декодирование на каждом из этапов — С1 и С2 - заключается в том, что, благодаря наличию в кодовых словах проверочных символов, можно определить, есть ли в них (кодowych символах) ошибки и какие именно символы ошибочны. Такая процедура требует целого ряда довольно сложных и громоздких вычислений. Но, когда положение ошибки определено, она достаточно легко корректируется.

Однако, используемые коды С1 и С2 способны обнаружить не более четырех и исправить не более двух ошибочных символов. Если ошибок больше двух, но не более четырех, то декодер может обнаружить только сам факт их наличия, но ни локализовать, ни, тем более, исправить их не в состоянии. В этом случае все символы кодового слова отмечаются указателями ненадежности, или, что то же самое, стирания. После того, как эти символы вместе с указателями стирания подвергнутся операции очередного этапа деперемежения, они перераспределяются между другими кодовыми словами другого этапа декодирования и могут быть откорректированы уже на этом этапе. Если, конечно, в этом кодовом слове не окажется ошибок больше, чем он в состоянии исправить.

Поскольку декодеров всего два, то исправлять стирания, в принципе, приходится только декодеру С2, так как декодеру С1 получать их неоткуда — он может их только производить. Декодер С2 может как исправлять стирания, так и производить их, или же оставлять без изменения указатели стираний, полученные от декодера С1. В зависимости от схемотехники микросхемы, совокупность операций, которые могут выполнять декодеры С1 и С2, может сильно отличаться друг от друга. Такая совокупность операций называется *стратегией декодирования*.

Как говорилось выше, процесс декодирования кодов С1 и С2 требует большого количества вычислений и сложного анализа, а значит — громоздких схем с большим количеством элементов. Поэтому, некоторые фирмы-производители, с целью удешевления микросхем, включающих в себя декодеры С1 и С2, при их разработке использовали упрощенные стратегии декодирования. Например, декодер С1 может корректировать только одну ошибку вместо двух, а декодер С2 — только стирания, и не корректировать ошибок вовсе. Это касается, в основном, старых моделей проигрывателей CD, микросхемы для которых проектировались еще в начале восьмидесятых годов. Последующие разработки использовали все более сложные стратегии декодирования, где стирания вырабатываются еще на этапе декодирования канального кода EFM — когда обнаруживались 14-разрядные символы, не попадающие во множество, которому соответствуют какие-то 8-разрядные символы, что однозначно указывает на их ошибочность. При этом уже оба декодера — и С1 и С2 — работают со стираниями и могут корректировать до двух ошибочных символов, а также проводят сложный анализ количества и положения как стираний, так и ошибок, обнаруженных самостоятельно.

Разница между упрощенными и суперсложными стратегиями выражается в количестве стираний на выходе декодера С2, которые приходится затем маскировать интерполяцией. Чем сложнее стратегия, тем меньше будет интерполяций, которые могут ухудшать качество звука.

К блоку коррекции ошибок может быть отнесен и следующий за декодером С2 интерполятор. Тем более, что конструктивно все это выполнено в одном и том же корпусе микросхемы. Выше мы уже упоминали интерполятор, как устройство, маскирующее неисправленную декодером ошибку путем вычисления среднего арифметического от значений двух выборок, находящихся рядом с ошибочной. Здесь следует уточнить, что речь в данном случае шла об интерполяторе первого порядка. На самом деле интерполяторы могут быть еще и второго, третьего, пятого, десятого и, даже нулевого

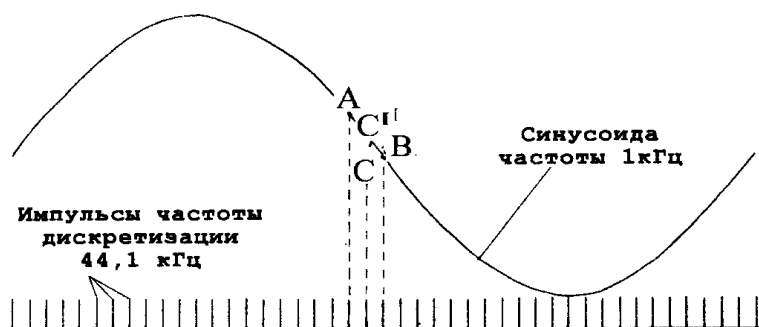


Рис. 8.86. Маскирование ошибочной выборки С интерполяцией (частота 1 кГц).

порядков. Например, нулевой порядок означает, что вместо ошибочной выборки вставляется

последняя правильная. То есть, происходит удержание предыдущего значения. Но такие интерполяторы в проигрывателях компакт-дисков не используются. Интерполятор, скажем, седьмого порядка при вычислении значения ошибочной выборки учитывает семь выборок до ошибочной и семь выборок после нее. Здесь уже результат получается значительно более точный, чем при использовании интерполяции первого порядка. Но и вычислений производится значительно больше. Значит, устройство получается сложнее и дороже. Поэтому, чаще всего используется интерполятор первого порядка, хотя он и обладает способностью ухудшать качество звука, особенно на верхних частотах.

Чтобы пояснить это его вредное влияние, рассмотрим два примера, показанные на рис. 8.86 и 8.87.

На рис. 4.16 показан один период частоты 1 кГц с одной ошибочной выборкой С. Вместо нее подставляется значение С', равное среднему арифметическому от значений соседних выборок А и В, которое практически точно совпадает со значением самой выборки С, и кривая, описывающая звуковой сигнал, почти не искажается. Качество звука здесь практически не пострадает. Теперь посмотрим на рис. 4.17, где изображена синусоида сигнала 20 кГц. В этом случае частота следования выборок — 44,1 кГц превышает ее всего лишь чуть больше, чем в два раза. А это означает, что расстояние между выборками чуть меньше половины периода частоты 20 кГц. Если выборка С повреждена, то, восстанавливая ее значение С' по соседним значениям А и В, интерполятор очень сильно исказит форму сигнала, что, конечно, может быть заметно.

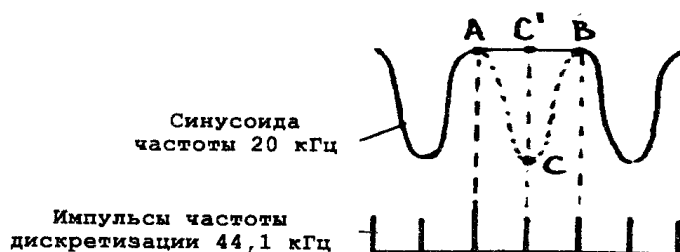


Рис. 8.87. Маскирование ошибочной выборки С интерполяцией (частота 20 кГц).

В такой ситуации утешает лишь то, что, во-первых, реальный музыкальный сигнал — это не чистая синусоида, а какая-то более сложная кривая, во-вторых — чувствительность человеческого уха на верхних частотах значительно слабее, чем на более низких, в-третьих — интерполяции не так уж часты и, в-четвертых, так неудачно, как показано на рис. 8.87 они попадают еще более редко. Поэтому, подавляющее большинство слушателей ничего не замечают и с легким сердцем и открытой душой наслаждаются прозрачностью и чистотой цифрового звука. И лишь очень небольшая часть особенно привередливых меломанов с высококлассной акустикой и усилителями отмечают характерное «холодное» звучание компакт-дисков. Но, заметим, что чем более высокого класса сам проигрыватель CD, тем менее заметна «холодность» его звучания — вспомним суперстратегии декодирования, интерполяторы высоких порядков и серьезное отношение к тракту цифро-аналогового преобразования.

#### 8.3.5.3.5.2.2.7. Цифро-аналоговый преобразователь и выходные фильтры.

После того, как выполнена коррекция ошибок и произведена интерполяция не откорректированных символов, сигнал поступает на цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП). Здесь последовательность 16-разрядных выборок преобразуется в аналоговый сигнал ступенчатой формы, который, проходя затем через фильтры НЧ, приобретает вид, практически точно соответствующий сигналу, поступившему на вход АЦП аппаратуры записи. Этот этап преобразования в общих чертах был описан в Томе 1. Здесь же необходимо рассмотреть лишь некоторые методы, позволяющие улучшить качество звучания проигрывателей CD, а также упростить и удешевить его конструкцию.

При описании процесса фильтрации звукового сигнала аналоговыми ФНЧ, было отмечено, что для эффективного подавления высокочастотных продуктов цифро-аналогового преобразования необходимы ФНЧ с очень крутым срезом амплитудно-частотной характеристики. Такие фильтры громоздки и дороги, так как требуют особо точных компонент и тщательной настройки. Более простые ФНЧ не смогут обеспечить нужной фильтрации, в результате чего отношение сигнал-шум будет значительно хуже тех 90-98 дБ, которые обеспечиваются самим принципом 16-разрядного квантования.

Однако, кроме аналоговых ФНЧ, существуют еще и ФНЧ цифровые. Выполнить цифровой ФНЧ высокого порядка с нужными характеристиками намного проще, чем аналоговый. Кроме того, такой фильтр можно изготовить по интегральной технологии и он займет очень мало места. В отличие от аналогового ФНЧ, цифровой фильтр располагается не после ЦАП, а до него. При этом аналоговый фильтр не исключается, а всего лишь значительно упрощается. К примеру, там, где без использования цифрового ФНЧ требовался аналоговый ФНЧ 10-12 порядков, применяя цифровой фильтр, можно

обойтись аналоговым фильтром 3-5 порядка.

Тем не менее, существуют определенные нюансы, связанные с принципами цифровой обработки сигнала, требующие некоторого усложнения тракта цифро-аналогового преобразования.

Дело в том, что цифровой сигнал имеет периодический спектр, т.е. интересующий нас набор звуковых частот  $0 \div 20$  кГц периодически повторяется с центрами на частотах, кратных частоте дискретизации —  $f, 2f, 3f$  и так далее, где  $f = 44,1$  кГц (см. рис. 8.88 а). Чтобы выделить эту полосу частот, необходим аналоговый фильтр с амплитудно-частотной характеристикой (АЧХ), показанной на рис. 8.89 б. Как уже говорилось выше, построить такой фильтр чрезвычайно сложно. Но если дополнить схему цифровым фильтром, то требования к аналоговому фильтру резко снизятся, и его АЧХ может быть такой, как показана на рис. 8.88 в. Однако, характеристика цифрового фильтра тоже имеет периодическую структуру и тоже повторяется на частотах, кратных частоте дискретизации (рис. 8.88 г). Таким образом, если не предпринимать никаких мер, то высокочастотные компоненты, лежащие выше частоты  $f/2$ , все равно подавляться не будут ни цифровым ФНЧ, ни пологой частью аналогового ФНЧ. Это приведет к появлению интермодуляционных компонент, которые попадут и в полосу звукового сигнала.

Для того, чтобы разрешить эту проблему, применяют метод искусственного повышения частоты дискретизации в 2, 4, 8 и более раз. После выполнения такой процедуры, спектры звукового сигнала и АЧХ цифрового фильтра будут сосредоточены вокруг частот, кратных  $2f, 4f, 8f$  и так далее,

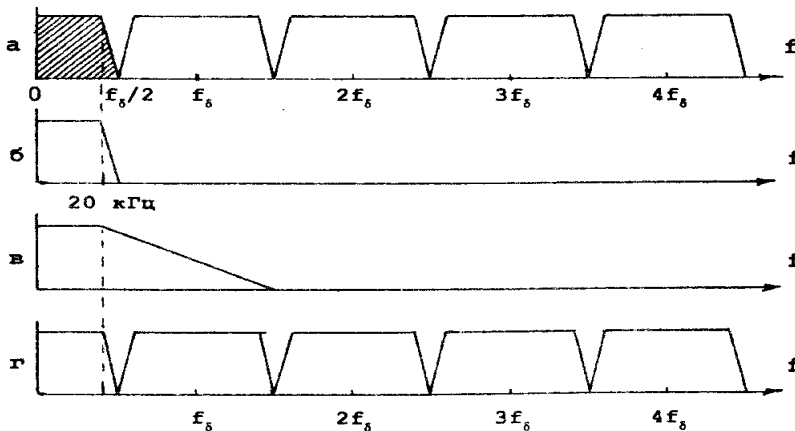


Рис. 8.88. Спектры цифрового звукового сигнала (а), АЧХ аналоговых фильтров (б,в) и цифрового фильтра (г).

и будут отодвинуты друг от друга на достаточное расстояние (см. рис. 8.89). В этом случае срез АЧХ аналогового фильтра может быть пологим и, тем не менее, обеспечивать эффективную фильтрацию.

Чтобы реализовать этот метод технически, перед цифровым фильтром размещают интерполятор, состоящий из одного или нескольких интерполирующих звеньев, каждое из которых подобно тому интерполятору, который использовался для маскирования не откорректированных выборок. Только здесь его роль заключается в том, чтобы в промежутках между выборками, следующими с частотой  $f_d 44,1$  кГц (рис. 8.90 а), вычислить

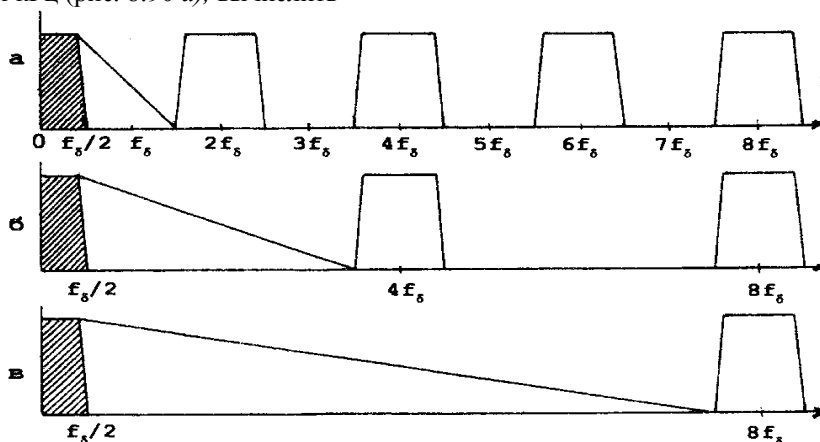


Рис. 8.89. АЧХ цифрового фильтра после двукратного (а), четырехкратного (б) и восьмикратного (в) повышения частоты дискретизации.

дополнительные значения звукового сигнала — те, которых не было раньше.

После одного этапа вычислений выборок становится вдвое больше, а следуют они вдвое чаще

(рис. 8.90 б). Теперь частота дискретизации становится равной 88,2 кГц. Если такую процедуру проделать еще раз, добавив еще одно интерполирующее звено, то количество выборок снова удвоится и частота дискретизации будет равной 176,4 кГц (рис. 8.90 в). Аналогичным способом можно увеличить частоту дискретизации и в 8 раз (рис. 8.90 г) и более. Сочетание такого многоступенчатого интерполятора и цифрового ФНЧ. называется *фильтром передискретизации*. Его характеристикой является *кратность*, показывающая, во сколько раз с его помощью повышается частота дискретизации.

Следует заметить, что с помощью метода передискретизации можно получить отношение сигнал/шум более 90 дБ, даже используя 14-разрядный ЦАП вместо 16-разрядного. При этом 16-разрядные значения выборок округляются до 14-разрядных. Такой способ применялся фирмой Philips в своих первых моделях проигрывателей компакт-дисков.

Теперь обратим внимание на тот факт, что в процессе вычисления промежуточных значений выборок интерполятором, могут получаться дробные значения, которые будут выражаться в появлении «лишнего» младшего двоичного разряда. Если используется 16-разрядный ЦАП, то все полученные промежуточные значения округляются до 16 разрядов. Но если округления не производить, а использовать ЦАП повышенной разрядности, то параметры звукового сигнала можно значительно улучшить. Например, использование 18-разрядного ЦАП позволит получить отношение сигнал/шум около 110 дБ, а 20-разрядного — более 120 дБ. При этом, чем выше кратность передискретизации, тем проще будет реализовать параметры, обеспечиваемые разрядностью используемого ЦАП.

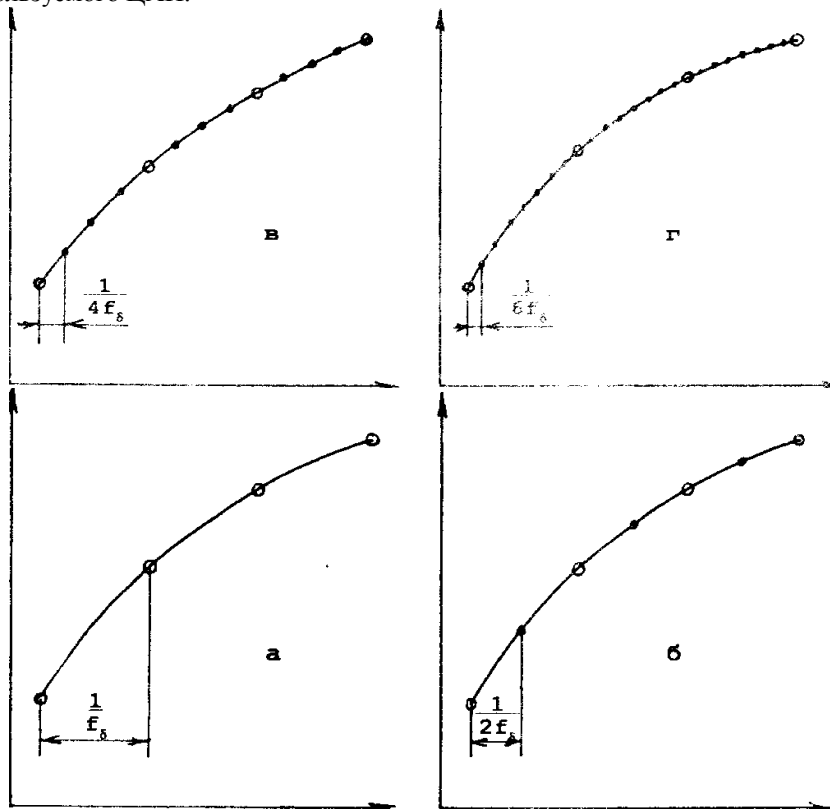


Рис. 8.90. Вычисление промежуточных значений звукового сигнала методом многоступенчатой интерполяции.

Однако, не следует все же полагать, что такое улучшение параметров звукового сигнала достигается автоматически за счет передискретизации и использования многоразрядных ЦАП. За каждый децибел свыше 90 нужно бороться всеми возможными способами — применением высокоточных аналоговых элементов, правильным их расположением на монтажной плате, тщательным экранированием чувствительных к наводкам цепей.

Звуковой сигнал неуязвим для помех, пока он существует в виде последовательности «единиц» и «нулей». Как только производится его преобразование в аналоговую форму - на него сразу начинает воздействовать все и вся. Это и переходные процессы в аналоговых ключах на выходе ЦАП, и нелинейность характеристик элементов ФНЧ, и собственные шумы радиокomпонентов и всякого рода электромагнитные поля. Так что теория теорией, а на практике все оказывается несколько сложнее. Поэтому высококачественные проигрыватели с использованием многоразрядных ЦАП дешевыми быть не могут.

Ситуация с реализацией высококачественного звучания цифровой аппаратуры без серьезного повышения ее стоимости несколько упростилась с появлением одноразрядных MASH-преобразователей, которые, кстати говоря, могут использоваться как в цифро-аналоговом, так и в аналого-цифровом преобразованиях. Такие преобразователи принципиально отличаются от традиционных многоразрядных ЦАП на основе высокоточных и потому малотехнологичных резистивных матриц.

Не объясняя сложной математической природы дельта-сигма модуляции, лежащей в основе MASH, отметим только, что если обычный ЦАП формирует аналоговую выборку, исходя из численного значения ее абсолютной величины, заданной, к примеру, 16-разрядным кодом, то MASH формирует непрерывный аналоговый сигнал, руководствуясь всего одним разрядом, который указывает на изменение его амплитуды относительно предыдущего значения. Если это «единица», то амплитуда увеличивается на определенную величину, а если - «нуль», то на такую же величину уменьшается. Для этого 16-разрядные выборки, поступающие с декодера блока коррекции ошибок, преобразуются в широтно-модулированный импульсный сигнал, частота следования импульсов которого составляет от нескольких мегагерц до нескольких десятков мегагерц.

Такую процедуру можно сопоставить повышению частоты дискретизации во многие десятки и сотни раз. В этом случае шумы преобразования отодвигаются по оси частот настолько далеко, что подавить их не составляет особого труда даже очень простым аналоговым ФНЧ.

В последнее время появились проигрыватели, которые вместе с аналоговым выводом имеют еще и цифровой, т.е. выход непосредственно с блока коррекции ошибок, минуя тракт цифро-аналогового преобразования. Для того, чтобы воспроизвести сигнал с такого вывода, нужен усилитель, имеющий цифровой вход.

Как говорилось выше, аналоговый сигнал легко уязвим. Каждый сантиметр пути его прохождения до входного каскада усилителя является приемной антенной для всякого рода электромагнитных полей, ухудшающих отношение сигнал/шум. Поэтому, чтобы сократить этот путь до минимума, ЦАП и ФНЧ лучше расположить непосредственно в корпусе усилителя, а по проводам от проигрывателя подавать сигнал в цифровой форме. Тогда никакие помехи ему страшны не будут. Правда, усилители с такими техническими возможностями пока еще редки, да и недешевы.

Тем не менее, проигрыватель имеющий цифровой выход, позволяет переписывать программы с компакт-диска на ДАТ-кассету в цифровой форме, т.е. без потери качества. Не будь такого выхода, сигнал при этом пришлось бы дважды преобразовывать - сначала в аналоговую форму, а затем - в ДАТ-рекодер — снова в цифровую.

Подытоживая все выше изложенное кратко опишем основные функции, реализуемые соответствующими блоками привода CD при считывании информации с компакт-дисков.

Импульсные сигналы с фотодатчика оптической головки поступают в усилитель системы автоматического регулирования (САР), где выделяются сигналы ошибок слежения и осуществляется фазочастотная коррекция считываемого сигнала. Сигналы ошибок слежения поступают в системы автоматического регулирования фокуса (САР-Ф) и радиального слежения (САР-РС). Система автоматического регулирования радиальной подачи (САР-РП) управляет серводвигателем перемещения оптической головки. Система автоматического регулирования мощности излучения лазера (САР-М) поддерживает ее неизменной независимо от температуры окружающей среды и перепадов напряжения. Система автоматического регулирования скорости вращения линейной скорости (САР-ЛС) обеспечивает постоянную линейную скорость вращения диска (для привода с однократной скоростью вращения диска 1,2 м/с). Устройство фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) выделяет из сигнала EFM-кода сигнал тактовой частоты, необходимый для работы кодера.

Универсальный декодер представляет собой процессор для обработки сигналов, считанных с CD. В его состав входят декодеры, оперативное запоминающее устройство и контроллер управления декодером. EFM-декодер выделяет из цифрового потока информационные символы, синхросигналы и служебную информацию. Каскадный декодер производит формирование блоков символов, которые предварительно (перед записью) были подвергнуты разбиению для их размещения на различных участках информационной дорожки с целью уменьшения вероятности потери информации. Применение двойного декодирования с перемещением символов дает возможность восстановить потерянную информацию объемом до 500 байт, что соответствует дефекту дорожки записи длиной 2,5 мм. Оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) выполняет функцию буферной памяти, а контроллер управляет режимами исправления ошибок в данных, записанных во всех поддерживаемых приводах форматах.

Интерфейсный блок состоит из преобразователя цифровых данных в аналоговые сигналы (ЦАП), фильтров нижних частот (ФНЧ) и интерфейса для связи с компьютером. При воспроизведении аудиоинформации ЦАП поочередно преобразует кодовые данные левого и правого каналов в аналоговые сигналы. Полученные сигналы подаются на усилители с активными ФНЧ. Далее сигналы выводятся на звуковую карту и (через линейный выход) на гнездо для подключения головных

телефонов.

### 8.3.5.3.6. Стандарты кодирования информации.

Эффективность функционирования системы передачи информации в значительной степени определяется безошибочностью передачи, записи, хранения и воспроизведения этой информации. Существуют две цели кодирования информации: сжатие данных при записи и повышение достоверности информации в процессе воспроизведения и обработки. Основой для целого класса систем сжатия данных является стандарт MPEG-1, разработанный независимой группой экспертов по движущимся изображениям MPEG (*Motion Pictures Experts Group*) и опубликованный в 1993 г. Любой совместимый со стандартом MPEG декодер должен быть способным, как минимум, обрабатывать стандартный ТВ-сигнал (PAL/NTSC). При обработке видеосигнала по стандарту MPEG-1 происходит сжатие сигнала внутри одного кадра в 10—20 раз без существенных искажений. Сокращение объема достигается путем уменьшения избыточности во временной области (уменьшения количества передаваемых не изменяющихся во времени фрагментов изображения). MPEG-1 нашел широкое распространение в приложениях, ориентированных на мультимедиа.

С появлением цифрового и спутникового ТВ и расширением сети Internet возросли требования к качеству восстанавливаемого изображения. Эти требования были учтены в стандарте MPEG-2. Этот стандарт предусматривает большое количество алгоритмов кодирования. Конкретное приложение может использовать режим кодирования/декодирования приемлемого для него

качества, для чего в MPEG-2 реализованы концепции профилей и уровней (от самого простого до высокого). Например, вариант профиля MAIN соответствует 720 пикселям в строке, 576 строкам в кадре, частоте смены кадров 30 кадров/с и максимальной скорости передачи данных 1,5 Мбит/с.

Для работы с приложениями видеотелефонной связи разработан стандарт MPEG-4.

### 8.3.5.3.7. Накопители CD-WORM, CD-R, PD/CD, CD/RW, CD-E.

Накопители CD-WORM (*Write Once Read Many*) или CD-R (*Recordable*) позволяют, как это следует из названия, единожды записать информацию на диск и многократно ее считывать. Таким образом, технология CD-WORM является новым шагом в развитии накопителей на оптических дисках. Различие технологий CD-WORM и CD-ROM заключается в том, что при записи данных на поверхности диска в первом случае не выжигаются углубления. Диск покрыт специальным термочувствительным слоем красителя, расположенным над отражательным слоем золота с такими же отражающими свойствами, как у алюминиевого покрытия обычного CD (рис.8.91). При записи информации на диск луч лазера разогревает слой золота и слой красящего вещества. Происходит

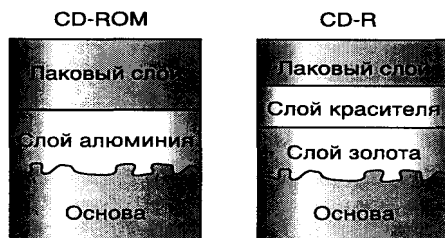


Рис. 8.91. Структура дисков CD-ROM и CD-R

химическая реакция, в результате которой облучаемый лазерным лучом участок на поверхности диска изменяет свой цвет, а следовательно, и свои отражательные свойства. Они начинают рассеивать свет точно так же, как углубления на мастердиске обычного CD. Считывающий лазер стандартного накопителя CD-ROM воспринимает эти участки как псевдоуглубления (хотя это только пятна) с меньшим уровнем интенсивности отражаемого света (альбедо).

Диски CD-R имеют зеленовато-золотистый цвет, благодаря слою термочувствительного красителя и золотому отражающему слою под ним.

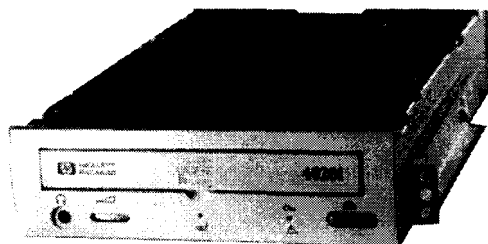


Рис. 8.92. Внешний вид накопителя CD-R

Существует несколько способов записи на CD-R. Наиболее распространен способ записи диска за один проход (*disk-at-once*), когда подготовленный (например, размещенный на жестком диске) файл

записывается за один сеанс. При этом отсутствует возможность добавления информации на диск. Другой способ позволяет производить многосеансную запись (*track-at-once*) отдельных участков дорожек (треков) и постепенное наращивание объема информации на диске. Внешний вид накопителя CD-R представлен на рис.8.92

Очередной ступенью в эволюции CD стал диск, предоставляющий пользователям возможность вести запись данных поверх ранее записанных. Оригинальная технология, разработанная компанией Matsushita, основана на изменении отражающих свойств поверхности диска при воздействии луча лазера. Технология получила название PD (*Phase-change Dual*) — двойное изменение фазы вещества. Запись данных на диск осуществляется с помощью лазерного луча, который с высокой точностью расплавляет отдельные участки носителя данных; при охлаждении они переходят либо в кристаллическое состояние (с более высокой отражательной способностью), либо в аморфное (с меньшей отражательной способностью). Информацию на таких дисках можно стирать и повторно записывать, следовательно, они пригодны для хранения и архивирования данных.

Фирма Panasonic (дочерняя фирма компании Matsushita) создала привод накопителя PD/CD со скоростью считывания данных 1141 Кбайт/с (модель LF-1000 AB) и средним временем доступа 165 мс. Однако требование совместимости с накопителями CD-ROM помешало широкому распространению технологии PD. На смену ей пришла технология CD/RW (*Rewritable*) — перезаписываемых CD, называемая также CD-E (*Erasable*) — стираемых CD. Эта технология объединяет элементы технологий двойного изменения фазы вещества и CD-R, обеспечивая весь спектр функциональных возможностей по записи и перезаписи дисков, пригодных для чтения на любом накопителе CD-ROM. Стандарт CD-E в настоящее время разрабатывает и поддерживает более 10 фирм, включая IBM, HP, Sony, Philips, Ricoh и др. По заявлению разработчиков приводов CD/RW, новое устройство рассчитано, по крайней мере, на выполнение 1000-кратной перезаписи.

#### 8.3.5.3.8. Накопители DVD.

По мере совершенствования технологии создания CD и приводов, а также создания научно-технического задела в области высококачественного цифрового видео, возникла потребность в увеличении емкости оптических носителей информации. К началу 1995 г. несколько конкурирующих фирм-производителей предложили свои стандарты с увеличенной емкостью CD, в частности, был предложен формат Super Density (SD). Чтобы избежать многообразия (а часто и несовместимости) стандартов, в сентябре 1995 г. фирма Sony в союзе с семью другими фирмами предложила новый универсальный формат записи данных на CD DVD (*Digital Versatile Disk*). Этот формат получил активную поддержку среди ведущих мировых электронных компаний, так как DVD удовлетворяет требованиям к воспроизведению видеоизображений, а также к хранению данных.

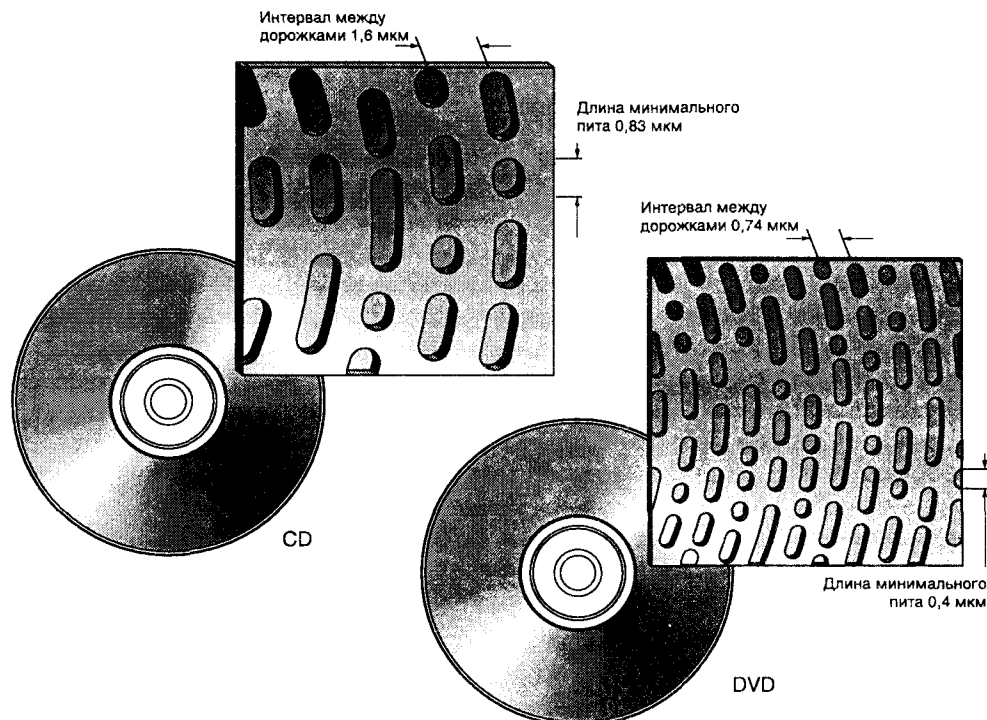


Рис. 8.93. Элементы рабочей поверхности дисков форматов CD и DVD

Иногда с дисками формата DVD отождествляют с Digital Video Disks (цифровыми видеодисками), однако они не тождественны, потому что первые являются предшественниками

дисков нового универсального стандарта Versatile.

Использование формата DVD позволяет приблизить качество видеоизображения для бытовых проигрывателей CD к качеству студийной ТВ-продукции. Параметры элементов рабочей поверхности дисков, записанных в различных форматах, приведены на рис. 8.93.

Качество изображения, хранимого в формате DVD, очень близко к качеству профессиональных студийных видеозаписей. Качество звука при записи в формате DVD также не уступает студийному. Высокое качество звучания обеспечивается использованием 16-, 20- или 24-разрядной линейной импульсно-кодовой модуляции с частотой дискретизации 48 или 96 кГц, что обеспечивает запись звука в полосе частот шириной до 22 или 44 кГц соответственно. Передача звука в формате DVD производится со скоростью 384 Кбайт/с, что позволяет передавать в секунду 64 Кбайт по каждому из каналов при пятиканальной передаче. Поэтому максимальная частота передачи данных используется лишь при работе с аудиодисками, т. е. в тех случаях, когда изображение играет второстепенную роль.

После принятия соглашения о применении единого стандарта DVD появились новые проблемы, связанные с интересами разных киностудий. Они потребовали дополнительных гарантий того, что кинофильмы, предназначенные для одного рынка, будут недоступны для других. В результате весь мир был поделен на шесть зон, в которых будут применяться различные региональные коды и диски. Проигрыватели CD будут предназначены для использования лишь в конкретном регионе, а DVD могут быть использованы в нескольких и, в отдельных случаях, во всех регионах. На рис. 8.94 приведены пиктограммы DVD-дисков, показывающие, для каких зон (регионов) предназначен данный диск.



Рис. 8.94. Пиктограммы DVD-дисков для определения зоны их использования

Такое искусственное деление мира послужит еще одним источником неприятностей для пользователей. Так, однажды кто-то выяснит, что аппаратура, приобретенная им, например, в США (зона 1) или в странах бывшего СССР (зона 5), не сможет воспроизвести DVD-диск, предназначенный для стран Европы.

В соответствии с первоначально принятым стандартом, DVD-диск является односторонним и может содержать до 4,7 Гбайт информации. Как и CD, диск формата DVD имеет диаметр 120 мм. В накопителе нового стандарта рабочая длина волны излучения лазера снижена с 0,78 до 0,63—0,65 мкм (видимый диапазон волн), что обеспечило возможность уменьшения размеров штрихов записи практически в два раза, а расстояние между дорожками записи — с 1,6 до 0,74 мкм.

Каждый двусторонний CD DVD состоит из двух дисков толщиной по 0,6 мм, плотно соединенных друг с другом. Сравнительные характеристики стандартов CD-ROM и DVD приведены в табл. 8.23

Таблица 8.23. Стандарты CD-ROM и DVD

Параметры дисков	CD-ROM	DVD
Диаметр, мм	120	120
Толщина, мм	1,2	1,2
Структура	Единая	Два диска по 0,6 мм скреплены
Длина волны лазера, нм	780 (инфракрасный)	650 и 635 (красный)
Расстояние между дорожками, мкм	1,6	0,74
Размер углубления (пит), мкм	0,83	0,4
Скорость вращения диска, об/мин	200-4200	570-1400
Емкость, Мбайт	680	4700 (одна сторона)
Скорость передачи информации, байт/с	150-3600 (1x-24x)	1350 (накопитель DVD первого поколения)

Применяя сжатие MPEG-2, на CD DVD можно разместить полнометражный видеофильм (длительностью до 135 мин) с тремя каналами качественного аудиосопровождения и четырьмя каналами субтитров.

Спецификация DVD сначала разрабатывалась для одностороннего однослойного диска, затем появилась конструкция двухслойного диска емкостью 8,5 Гбайт. Следующим шагом в развитии технологии DVD явилось создание двусторонних дисков, как однослойных, так и двухслойных, при этом емкость дисков доведена до 9,4 и 17 Гбайт соответственно, а время их воспроизведения — 4,5 и 8 ч.



В табл. 8.24 представлены значения емкости дисков DVD в зависимости от их конструктивных особенностей.

Таблица 8.24. Характеристики дисков DVD

Конструкция диска	Емкость диска, Гбайт	Длительность воспроизведения видеoinформации, мин
Одна сторона, один слой	4,7	133
Две стороны, один слой	9,4	266
Одна сторона, два слоя	8,5	240
Две стороны, два слоя	17,0	481

В накопителях стандарта DVD используется более узкий луч лазера, чем в приводах CD-ROM, поэтому толщина защитного слоя диска была снижена в два раза (до 0,6 мм). С учетом того, что общая толщина диска должна остаться неизменной (1,2 мм), под предохранительный слой был помещен укрепляющий. На укрепляющем слое также стали записывать информацию, что привело к появлению двухслойных дисков DVD. Когда лазерным лучом считывается информация, записанная на первом слое, расположенном в глубине диска, луч беспрепятственно проходит через полупрозрачную пленку, образующую второй слой CD. По окончании считывания информации с первого слоя, по команде контроллера, меняется фокусировка луча лазера. Луч фокусируется в плоскости второго (наружного) полупрозрачного слоя для дальнейшего считывания данных.

Для доступа к данным на второй стороне двустороннего диска его приходится переворачивать вручную. Несмотря на то, что этот промежуточный формат (*floppy*— перекидной) стал частью спецификации, он вряд ли будет применяться на практике. Предпочтительными являются приводы DVD, оснащенные двумя независимыми считывающими системами. Возможные варианты CD DVD представлены на рис. 8.95.

Так же как CD сделал революцию в области качественного звуковоспроизведения, так и появление формата DVD повысит качество домашнего видео. Фактически качество современных видеоизображений приближается к уровню «D-1» стандарта на качество студийной телевизионной продукции CCIR-601.

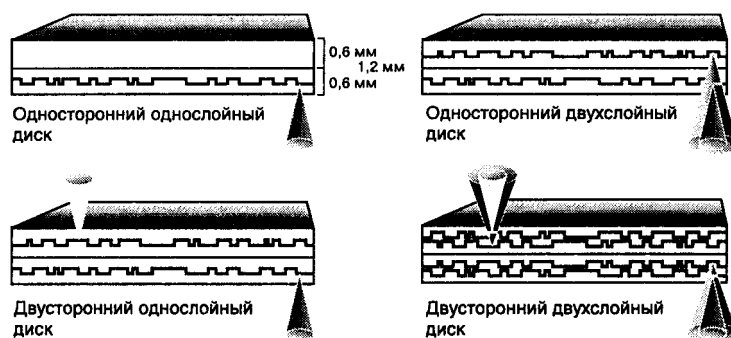


Рис. 8.95. Возможные варианты CD DVD

DVD позволяет получить гораздо больше, чем прекрасный цвет, четкость и чистоту изображения, превосходящие качество, обеспечиваемое стандартом Laserdisc. DVD поддерживает высокое разрешение и четкость отображения мелких деталей на изображении. Искажения видеоизображения сведены к минимуму, устранен характерный цветовой шум. Сравнительные характеристики качества видеоизображения, записанного в различных форматах, приведены на рис.8.96.

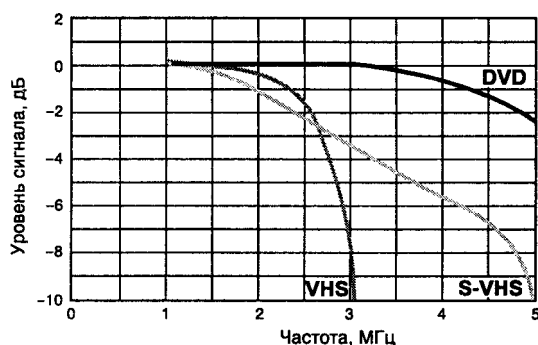


Рис. 8.96. Максимальное горизонтальное разрешение в форматах VHS (3 МГц, 240 твл), S-VHS (5 МГц, 400 твл) и DVD (6 МГц, 480 твл); твл — телевизионные линии.

### 8.3.5.3.9. Накопители на магнитооптических дисках.

Развитие информационных технологий вызвало необходимость создания устройств хранения информации, которые не только обладали бы большой емкостью и мобильностью, но и обеспечивали возможность перезаписи информации и надежное длительное хранение. Эти обстоятельства способствовали появлению устройств, основанных на магнитооптических методах записи информации.

Магнитооптическая технология была разработана фирмой IBM в начале 70-х годов. Первые опытные образцы магнитооптических (МО) накопителей представила в начале 80-х годов фирма Sony. На рынке компьютерной техники магнитооптические накопители вначале не пользовались спросом вследствие дороговизны и сложности, однако по мере развития технологии и снижения цен отношение к ним изменилось. На рис. 8.97. представлен внешний вид магнитооптического накопителя и диска.

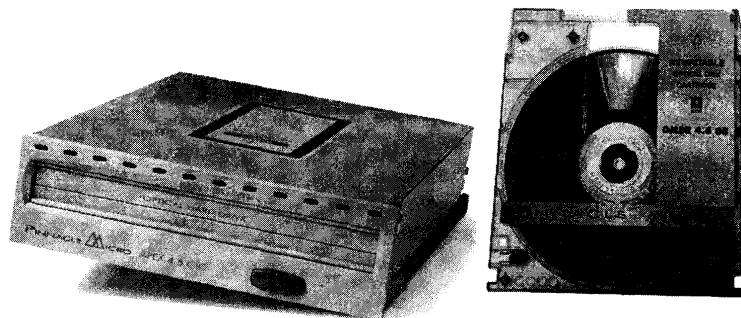


Рис. 8.97. Внешний МО-накопитель и МО-диск

**Технология записи данных на магнитооптические диски.** В настоящее время используются магнитооптические диски двух основных размеров — 3,5 и 5,25". В принципе, устройство МО- дисков всех размеров одинаковое. Основное различие заключается в числе рабочих поверхностей. Строение одностороннего МО- диска в разрезе (рис. 8.98) можно представить как совокупность следующих слоев (сверху вниз): *защитного; диэлектрического; магнитооптического; диэлектрического; отражающего; подложки.*

На стеклопластиковую подложку наносится алюминиевое (либо золотое) покрытие, предназначенное для отражения лазерного луча. Диэлектрические слои (прокладки), окружающие магнитооптический слой, выполнены из прозрачного полимера и защищают диск от перегрева, повышают чувствительность при записи и отражающую способность при считывании информации.

Магнитооптический слой создается на основе порошка из сплава кобальта, железа и тербия (65-й элемент периодической таблицы Менделеева, группа лантаноидов). Верхний защитный слой из прозрачного полимера предохраняет рабочую поверхность от механических повреждений (слой выполнен методом ультрафиолетового отверждения). Магнитооптические диски бывают одно- и двусторонние, причем последние состоят фактически из двух односторонних, склеенных между собой подложками.

Оптические носители обладают повышенной надежностью и не боятся воздействия неблагоприятных условий окружающей среды. МО- диск заключен в специальный пластиковый

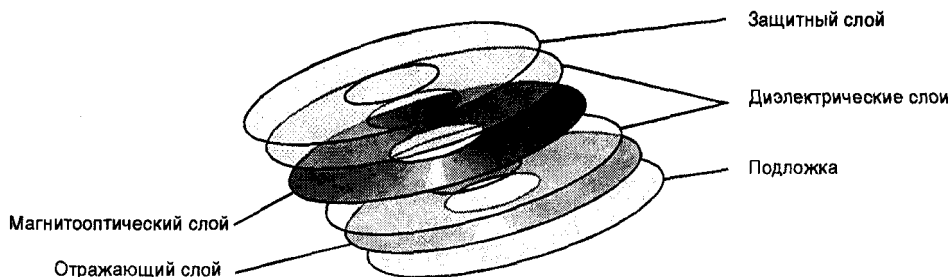


Рис. 8.98. Строение магнитооптического диска

конверт — картридж. В отличие от традиционных CD, для МО- дисков применяется магнитный записывающий слой, материал которого (магнетик) обладает большой коэрцитивной силой, препятствующей изменению магнитной ориентации доменов. Из самого названия магнитооптических накопителей следует представление о физических принципах работы этих устройств.

В процессе записи данных на МО- диск (рис. 8.99) лазерный луч фокусируется на поверхности магнитного слоя в пятно микронного размера. Поверхность магнетика в точке фокусировки

разогревается, и его температура достигает точки Кюри (около 200 °С), коэрцитивная сила падает до нуля, и поле записывающей магнитной головки формирует запись. После охлаждения материала новая магнитная ориентация доменов в данной точке сохраняется. В зависимости от магнитной ориентации участка магнитного материала он интерпретируется как логический нуль или логическая единица. Данные записываются блоками по 512 байт. Для изменения части этой информации необходимо перезаписывать весь блок, поэтому при первом проходе инициализируется (разогревается) весь блок, а при подходе сектора под магнитную головку происходит запись новых данных. Такой процесс называется записью *в два прохода*. Следовательно, операция записи в МО- накопителе длится в два раза дольше операции считывания.

Считывание данных с диска происходит с помощью поляризованного лазерного луча пониженной мощности, которой недостаточно для разогрева рабочего слоя (мощность излучения лазера около 25% от номинальной). При попадании луча на упорядоченные магнитные частицы диска (ориентированные при записи данных) их магнитное поле незначительно изменяет поляризацию луча (эффект Керра). Хотя плоскость поляризации поворачивается всего на несколько градусов, это легко определяется, так же как изменение магнитного поля при считывании данных с жестких дисков.

В отличие от компакт-диска, данные на магнитооптический диск теоретически можно записывать бесконечное количество раз, поскольку никаких необратимых процессов в материале носителя не происходит. Если нужно удалить старые данные, достаточно нагреть лазерным лучом

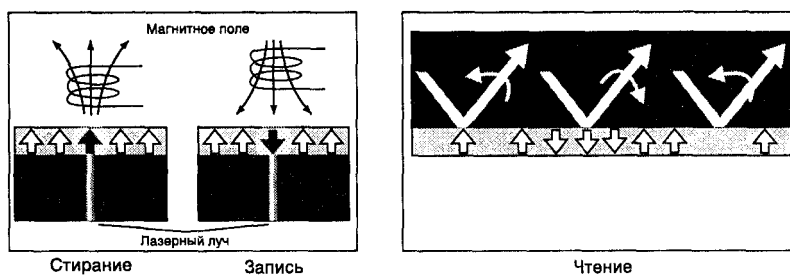


Рис. 8.99. Технология записи информации на МО-диск и чтения с него.

соответствующие дорожки (секторы) и перемагнитить их внешним магнитным полем. Многие фирмы-изготовители гарантируют миллион циклов перезаписи информации на МО- диск.

Благодаря очень узким дорожкам записи, плотность размещения данных на МО- диске составляет: для дисков 3,5" — 230—640 Мбайт, для дисков 5,25" — до 4,6 Гбайт.

Быстродействие МО- накопителей ниже, чем накопителей со сменными магнитными носителями, хотя быстродействие новых моделей, разработанных с учетом последних достижений магнитооптической технологии, неуклонно возрастает. Одна из причин сравнительно низкого быстродействия МО- накопителей заключается в том, что скорость вращения диска составляет всего 2000 об/мин. Кроме того, в МО- накопителях используется довольно массивная головка чтения/записи (в одном устройстве совмещены оптический и магнитный узлы). Среднее время доступа к данным в МО- накопителях около 30 мс, а гарантийный срок работы (средняя наработка на отказ) — 75 000 ч.

Технология магнитооптической записи непрерывно совершенствуется, и уже появились накопители, в которых запись на носитель осуществляется за один проход. Несколько фирм выпускают МО- накопители с частотой вращения диска 3600 об/мин, но стоимость таких устройств довольно высока.

Лидерами рынка накопителей на МО- дисках являются компании Sony, Fujitsu и HP, во втором эшелоне — компании Pinnacle Micro, MaxOptix Basf, Olympus и Verbatim (дочерняя фирма концерна Mitsubishi). Основные характеристики некоторых МО- накопителей приведены в табл 8.25.

Таблица 8.25. Характеристики некоторых магнитооптических накопителей

Фирма-производитель	Модель	Форм-фактор, дюйм	Емкость, Мбайт	Исполнение, интерфейса	тип	Объем памяти, Кбайт	кэш-
Fujitsu	M2512A	3,5	230	Встр, SCSI		512	
Fujitsu	M2513A	3,5	640	Встр, IDE		512	
Fujitsu	M2513A6	3,5	640	Встр IDE		6000	
Fujitsu	DynaMO	3,5	640	Внешн, IDE		512	
Olympus	MOS-330A	3,5	230	Встр SCSI		512	
Verbatim	Opti Driver	3,5	230	Встр IDE		512	
Pinnacle Micro	Tahoe	3,5	640	Внешн SCSI		1000	
Pinnacle Micro	Sierra	5,25	1300	Встр IDE		1000	

Pinnacle Micro	Vertex	5,25	1300	Встр /внешн , SCSI	1000
MaxOptix	T4-2600	5,25	2600	Встр /внешн , SCSI	1000
Sony	F541	5,25	2600	Встр /внешн SCSI	1000
Sony	F544	5,25	2600	Встр /внешн , SCSI	4000
Pinnacle Micro	Apex1024S	5,25	2600	Встр /внешн , SCSI	1000
Pinnacle Micro	Apex 4600	5,25	4600	Встр /внешн , SCSI	1000

Стоимость их колеблется от 220 до 700 USD для устройств с форм-фактором 3,5" и от 600 до 1500 USD для устройств с форм-фактором 5,25"

Магнитооптические диски и накопители большинства фирм-изготовителей соответствуют требованиям ISO (Международной организации по стандартизации) Накопители обоих форм-факторов выпускаются как в виде встраиваемых устройств, так и во внешнем автономном исполнении, с интерфейсами IDE и SCSI.

#### 8.3.5.3.10. Магнитооптические накопители с автоматической подачей дисков.

Устройства с автоматической подачей дисков (*Juke Box*) целесообразно использовать для работы с информацией больших объемов. Автоматы типа Juke Box манипулируют MO- дисками, снимая их с полок хранения и вставляя в дисковод. Такие автоматы применяются для хранения, резервного копирования, архивирования и других операций с информацией, особенно они полезны при работе с базами данных, размещенными на двух и более дисках. Еще более очевидна выгода от таких устройств, если магнитооптический накопитель является разделяемым ресурсом сети.

В настоящее время несколько компаний выпускают устройства типа Juke Box, которые имеют в своем составе один дисковод и 16 или 32 сменных диска. Емкость бокса магнитооптического накопителя ALTA фирмы Pinnacle Micro составляет 16 дисков, что дает возможность хранить около 74 Гбайт информации, а накопители типа 80fx Optical Juke Box фирмы Sure Store имеют два дисковода и емкость около 80 Гбайт. Стоимость таких устройств порядка 10 000 USD.

Существует несколько разновидностей автоматических устройств для смены дисков. Самым распространенным из них является автоматический захват. Сначала диски вставляются в гнезда внутри дискового автомата, затем механизм захвата извлекает требуемый диск и устанавливает его в накопитель. Работой механизма захвата управляет специальная программа.

Другие автоматические устройства для смены дисков содержат подвижные картриджи с многочисленными гнездами для дисков и вращающиеся держатели дисков, подобные тем, что используются в автоматах для смены музыкальных CD. В большинстве автоматических устройств, предназначенных для смены дисков, среднее время поиска и установки диска в накопитель составляет 6 с.

#### Основные характеристики оптических накопителей с автоматической подачей дисков

**Соответствие применению.** Магнитооптические дисковые автоматы занимают вполне определенную нишу среди накопителей различных типов. Они не могут использоваться в приложениях, где требуется быстрый доступ к данным, например, в системах оперативной обработки транзакций. Лучше всего, о каком бы носителе данных ни шла речь, тестировать соответствующий накопитель на предмет эффективности работы с реальными данными и приложениями.

Число дисководов в магнитооптическом дисковом автомате может значительно повлиять на его производительность. Это особенно ярко проявляется в многопользовательских сетевых средах. Обычно действует правило «чем больше, тем лучше». Максимальное число дисководов, которое может быть установлено в дисковом автомате, в различных устройствах может быть различным. В табл. 8.26 приведены основные характеристики накопителей с автоматической подачей дисков фирмы Pinnacle Micro.

Таблица 8.26. Основные характеристики накопителей с автоматической подачей дисков фирмы Pinnacle Micro

Характеристика	Alta75	Incline 150	Incline 350	Alpine 600	Alpine 1100
Число дисководов	1	2	4	6	12
Кол во дисков в накопителе	16	32	76	128	238
Максимальная емкость, Гбайт	73,6	143,7	349,8	589,1	1095,3
Скорость передачи данных, Мбайт/с	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Среднее время смены диска, с	6	8	8	8	8
Время безотказной работы, ч	100 000	100 000	100 000	150 000	150 000
Гарантированное число смен дисков	600 000	2 000 000	2 000 000	2 000 000	2 000 000

**Надежность.** Магнитооптический дисковый автомат — это чудо техники, но электромеханические устройства для автоматической смены носителей могут изнашиваться и перестать работать в самый неподходящий момент. Поэтому, принимая решение о создании информационных систем на основе дисковых автоматов, необходимо учитывать их надежность.

**Простота модернизации.** Конструкция магнитооптического дискового автомата такова, что установить дополнительные дисководы может даже начинающий пользователь, ознакомившись с руководством по эксплуатации автомата.

**Стоимость.** Магнитооптические диски имеют самую низкую стоимость в расчете на 1 Мбайт емкости (у магнитных лент данный показатель примерно такой же) среди всех известных носителей. Например, по оценкам некоторых производителей, средняя стоимость 1 Мбайта емкости магнитооптического диска составляет около 7 центов. Это намного меньше аналогичного показателя (30 центов) для жесткого магнитного диска SCSI-2 емкостью 9 Гбайт. И все же эти цифры обманчивы. Если учесть стоимость оптического дискового автомата с полным комплектом дисков, стоимость 1 Мбайта хранимой информации для магнитооптических носителей увеличится до 36 центов.

Не стоит забывать и о зависимости стоимостных показателей дисковых систем от объема хранимых данных. Автоматы с большей емкостью часто имеют более низкую стоимость 1 Мбайта хранимой информации, чем устройства с меньшей емкостью. Например, стоимость в расчете на 1 Мбайт емкости устройства SureStore 20XT общей емкостью 20 Гбайт (производства фирмы Hewlett-Packard) составляет 43 цента, SureStore 40ST общей емкостью 40 Гбайт — 40 центов, SureStore 300ST общей емкостью 309 Гбайт — 23 цента, а модели Alpine 1100 (производства фирмы Pinnacle Micro) общей емкостью 1100 Гбайт — 11 центов.

Даже при значительной емкости оптические дисковые автоматы могут иметь большую стоимость 1 Мбайта хранимой информации, чем накопители на магнитных дисках.

Работоспособность дисковых автоматов в значительной степени зависит от состояния их механических подсистем. Поэтому для обеспечения бесперебойной работы этих устройств хранения данных необходимо регулярно проводить их техническое обслуживание. Однако обслуживание механических подсистем дисковых автоматов — непростой и трудоемкий процесс, требующий высокой квалификации обслуживающего персонала. В результате стоимость обслуживания магнитооптических дисковых систем больше, чем стоимость обслуживания накопителей на магнитных дисках и, соответственно, выше стоимость хранения 1 Мбайта данных.

Подводя итог, можно сказать, что использовать магнитооптические дисковые автоматы целесообразно в тех случаях, когда требуется хранить большие массивы данных. Увеличение емкости систем позволит достичь их низкой стоимости в расчете на 1 Мбайт.

### Контрольные вопросы

1. Перечислите основные типы дисковых накопителей, использующих оптические технологии.
1. Опишите организацию данных и приведите основные характеристики CD-ROM.
1. Охарактеризуйте основные стандарты и форматы записи данных на CD.
1. Каковы основные принципы преобразования звукового сигнала при записи CD?
1. Перечислите основные компоненты привода CD-ROM и поясните принципы их работы.
1. Что такое CD-WORM, CD-R, PD/CD, CD/RW, CD-E?
1. Сформулируйте основные отличительные особенности DVD.
1. Дайте описание принципов работы накопителей на магнитооптических дисках.

Дополнительную информацию о CD-ROM и других оптических дисках можно найти в [2,8,36,38,40]. Информацию о стандартах и форматах записи можно найти в [8,40]. Основные принципы преобразования звукового сигнала при записи CD и основные компоненты привода CD достаточно подробно рассмотрены в [8,9]. Информацию по DVD можно найти в [8,38]. Много источников информации по DVD содержится в Internet, например: <http://www.dvdforum.org> - общие вопросы; <http://www.ecma.ch/stand/ECMA-267.htm>, <ftp://ftp.ecma.ch/ecma-st/e267-pdf.pdf> - по стандартам. Принципы магнитооптической записи освещены в [1,8] и других источниках.

В этом разделе использованы основные материалы из [8,9,38,40].

## 8.4. Внешние запоминающие устройства с последовательным доступом

К ВЗУ с последовательным доступом относятся накопители на магнитных лентах различных типов. В таких накопителях применяют последовательное или последовательно-параллельное размещение информации, в них организуется старт-стопный или непрерывный режим перемещения МЛ, используются различные способы записи. Все это существенно влияет на логическую организацию информации на носителе. Кроме того, организация информации на МЛ должна обеспечивать возможность обмена информацией между различными ВС. Для этого вводится стандарт на геометрические и физические характеристики ленты, а также на организацию информации на ней.

### 8.4.1. ЛОГИЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИИ НА МЛ.

Рассмотрим представление информации на МЛ для ВЗУ с последовательно-параллельным размещением информации и старт-стопным перемещением ленты. В таких ВЗУ используют МЛ шириной от 3,8 до 25,4 мм и многодорожечную запись с помощью нескольких головок записи-считывания. Стандартом Международной организации по стандартизации

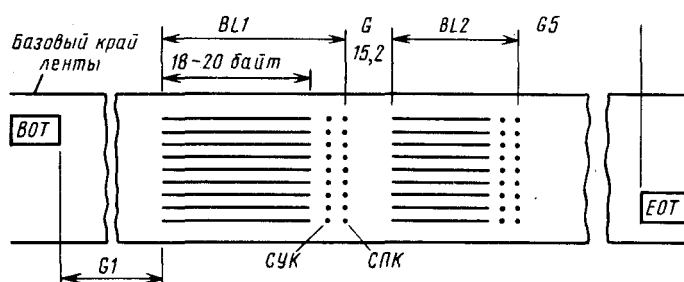


Рис. 8.100. Стандартное размещение информации на девятидорожечной ленте при способе записи БВН-1.

для ленты шириной 12,7 мм была определена девятидорожечная запись с использованием способа БВН-1 при продольной плотности 8 или 32 бит/мм; способа ФМ при плотности 63 бит/мм или способа ГК при плотности записи 246 бит/мм. В соответствии со стандартом информация на МЛ размещается блоками, длина которых также регламентируется. При плотностях записи в 32 и 63 бит/мм длина блока должна составлять от 18 до 2048 байт, а при плотности 246 бит/мм не менее 8000 байт. Блоки разделяются межблочными промежутками, размер которых определяется динамическими характеристиками лентопротяжных механизмов. Межблочные промежутки используются не только для разделения блоков, но и для разгона и останова ленты без потерь информации, поэтому в отличие от магнитных дисков межблочные промежутки на магнитных лентах не содержат служебной информации. Размеры межблочных промежутков стандартизируются и для ВЗУ, работающих с плотностями 32 и 63 бит/мм, размер промежутка составляет 15,2 мм.

На рис.8.20 приведено стандартное расположение информации на девятидорожечной МЛ шириной 12,7 мм при записи способом БВН-1 (32 бит/мм). Края ленты отмечаются специальными маркерами начала ВОТ и конца ЕОТ, которые используются схемами управления лентопротяжного механизма для ограничения перемещения ленты. Обычно маркеры выполнялись в виде наклеенных полосок фольги, которые отражали свет на специальный маркерный фотодетектор.

Блоки информации размещаются на МЛ после начального промежутка G1. Каждый блок состоит из нескольких байт (строк), размещаемых перпендикулярно базовому краю ленты. Таким образом, посредством девяти МГ весь байт можно записать или прочитать одновременно. Каждая из дорожек, параллельных базовому краю ленты, содержит одноименные разряды всех байтов блока. Одна из дорожек содержит контрольные разряды. Если контроль осуществляется по нечетности, то в каждой строке имеется хотя бы одна единица, т.е. хотя бы один отпечаток-переход при записи способом БВН-1.

Шаг между соседними строками определяется продольной плотностью записи и составляет 0,0125 мм. После завершения записи содержательной информации блока с промежутком в 4 шага записывается строка циклического контроля (СЦК), а затем еще после одного промежутка в 4 шага — строка продольного контроля СПК. Разряды символа продольного контроля образуются путем сложения по модулю 2 всех информационных разрядов на одной дорожке в

пределах блока, т.е. с учетом СПК число единиц на каждой дорожке в блоке должно быть четным. Совокупность поперечного (контроль по нечетности каждого байта строки) и продольного контроля часто называют *матричным контролем*; он позволяет выявить любые ошибки, кроме возникших во всех четырех вершинах любого прямоугольника, стороны которого параллельны дорожкам и строкам ленты. Таким образом, предусматриваются достаточно мощные средства контроля записанной информации, позволяющие выявлять и исправлять при считывании одиночные и некоторые групповые ошибки; значительно повышается достоверность хранения информации.

Достоверность возрастает уменьшением длины блока, но при этом увеличивается число промежутков и сокращается объем хранимой информации.

Способ записи посредством ФМ позволяет организовать независимое считывание по каждой дорожке за счет самосинхронизации. Для использования возможностей самосинхронизации каждый блок начинается со служебной последовательности символов. [40 байт во всех разрядах содержат «0», а один последний — «1». ] Этот символ, по существу, и отмечает начало записи. Заканчивается блок также служебной последовательностью символов, но расположенных в обратном порядке. Стандарт не предусматривает записи СЦК при плотности 63 бит/мм и использовании способа ФМ.

Все блоки на МЛ подразделяются на два вида: метки и блоки данных. С помощью меток, т.е. блоков служебной информации, удастся объединить блоки данных в файлы, проверить правильность выполнения операции поиска и т.п. Современные НМЛ используют различные средства для хранения ленты: катушки, картриджи (патроны), компакт-кассеты. Объем информации, доступной за одну установку носителя, называется томом. Том соответствует, например, одной катушке. Каждый том начинается с блока-метки «начало тома». Следующим блоком тома является метка начала файла. Часто используют так называемые ленточные маркеры, представляющие собой специальные короткие блоки, обрабатываемые стандартными операционными средствами. Они содержат имя файла, номер тома, имя владельца и т.п. Могут применяться и другие метки, создаваемые пользователем, но их обработка должна осуществляться прикладными программами. Затем располагаются блоки данных. Последним блоком файла являются блок-метка конца файла, которая содержит информацию, аналогичную метке начала файла; это обеспечивает возможность находить и считывать файл при движении МЛ в обратном направлении.

Если МЛ предполагается использовать для резервного хранения информации, которая обычно размещается в ВЗУ с прямым доступом, то организация информации на ленте должна обеспечивать особенно высокую логическую плотность и возможность автономной записи на МЛ и восстановления информации в том виде, в котором она представлена на диске. Удовлетворение этого требования встречает серьезные затруднения, вызванные различием способов доступа, объемов хранимой информации в одном томе, способов защиты информации на МЛ и МД и т.п. Единый стандарт на организацию информации для этих целей отсутствует.

В настоящее время для резервного архивного хранения информации наиболее перспективной считается организация с «поточковой» записью, при которой отсутствуют промежутки между блоками, предназначенными для останова и разгона МЛ. Отсутствие необходимости останавливать МЛ в промежутках между блоками позволило значительно уменьшить эти промежутки (здесь они используются только для разделения блоков), увеличив объем хранимой информации, повысить скорость движения ленты и соответственно скорость передачи данных. При потоковой организации запись-считывание ведутся последовательно по одной дорожке, хотя на ленте может быть несколько дорожек. После заполнения одной дорожки производится переключение головки записи-воспроизведения, изменение направления перемещения МЛ и запись далее продолжается на следующей дорожке, поэтому такую организацию иногда называют *серпантинной*, или *змейкой*.

Для организации потоковой записи необходимо, чтобы поток записываемой информации был непрерывным. Обычно для этого предусматривают буферное ЗУ, позволяющее вместить несколько блоков. Однако, если такое БЗУ в процессе записи окажется пустым, потоковый режим будет нарушен. Восстанавливается этот режим следующим образом. Контроллер НМЛ фиксирует пустое состояние БЗУ; в этом случае, если запись блока не была завершена, вырабатывается сигнал на останов и осуществляется реверс лентопротяжного механизма. При движении ленты в обратном направлении выделяется первый сигнал начала блока, соответствующий началу того блока, запись которого не была завершена. Этот сигнал служит в качестве сигнала останова и повторного реверса ленты. Из-за инерционности лентопротяжного механизма останов ленты произойдет на предшествующем полностью записанном блоке; при повторном реверсе вновь выделяется сигнал начала блока, который по-прежнему соответствует

блоку, запись которого не была завершена. Теперь этот сигнал используется для повторения операции записи, причем, поскольку за время двойного реверсирования МЛ блок вероятнее всего был загружен в буфер, запись блока завершится успешно.

#### **8.4.2. ОСНОВНЫЕ ОПЕРАЦИИ.**

Наборы операций для ВЗУ с последовательным и прямым доступом мало отличаются друг от друга, однако выполнение этих операций различается существенно.

Для поиска информации в НМЛ необходимо последовательно читать все блоки информации. При этом требуемый блок идентифицируется по номеру или содержимому блока-метки. Для ускорения поиска предусматриваются операции перемещения носителя на блок и файл вперед и назад. Кроме того, предусматриваются операции по перематке ленты. В процессе этих операций информация между ВЗУ и ОП не передается.

Основными операциями ВЗУ с последовательным доступом являются *чтение, запись и чтение в обратном направлении*. В процессе операции чтения МЛ перемещается в прямом направлении до следующего межблочного промежутка, а считываемая при этом информация в режиме ПДП передается в ОП. Операция чтения в обратном направлении выполняется аналогично операции чтения, но движение ленты производится в противоположном направлении, при этом последовательно считываемые с ленты байты размещаются в ОП в порядке убывания адресов. Операция записи позволяет записывать на МЛ данные из ОП при перемещении ленты в прямом направлении. При записи формируются символы продольного и циклического контроля, которые записываются на носитель. В процессе чтения также определяются байты контроля, которые сравниваются с записанными на носителе. Некоторые ошибки, в частности одиночные, могут исправляться либо автоматически, либо при повторном считывании блока. При этом особенно полезна операция перемещения ленты на один блок вперед или назад. Во многих ВЗУ на магнитной ленте предусматривается возможность создания большого промежутка длиной около 9 см. Такой промежуток создается в тех случаях, когда многократные попытки записать блок на данном участке носителя оказались безуспешными; этим удается исключать дефектные участки носителя. Помимо указанных операций в НМЛ выполняются операции стирания, записи различных меток, чтения с исправлением и т.п.

#### **8.4.3. СТРУКТУРА НМЛ.**

Рассмотрим кратко работу традиционных НМЛ в старт-стопном режиме. Основными задачами таких НМЛ являются обеспечение хранения больших объемов информации при минимальной стоимости; при этом должны обеспечиваться приемлемые характеристики быстродействия и высокая достоверность. Лента располагается на катушках (бобиных) или в кассетах. Стандартная катушка имеет диаметр 267 мм и позволяет разместить 743 м ленты шириной 12,7 мм. Используются также катушки 216 и 178 мм. Привод МЛ обычно осуществляется с помощью специального приводного ролика, который иногда называют тон-валом. Значительно реже используется перемещение МЛ путем перематки с бобины на бобину, так как оно не обеспечивает необходимого постоянства скорости МЛ. На рис.8.101 показана схема НМЛ, в которой перемещение МЛ обеспечивается приводным роликом (тон-валом), покрытым материалом с высоким коэффициентом трения. Ролик выполнен в виде полого цилиндра и приводится в движение двигателем с полым ротором. Этим обеспечивается уменьшение времени разгона и останова. Вакуумные карманы (ВК) служат в качестве буферных хранилищ ленты и обеспечивают сохранность МЛ при разгонах и остановах. Вдоль вакуумных карманов расположены фотодатчики (ФД), отмечающие положение петли в кармане.

В момент начала разгона (останова) МЛ из-за большой инерционности бобин длина петли в вакуумном кармане со стороны подающей бобины уменьшается (увеличивается), а в кармане со стороны приемной бобины — увеличивается (уменьшается). Таким образом, при разгоне изменяется число освещенных фотодатчиков в карманах со стороны подающей бобины их число увеличивается, а со стороны приемной — уменьшается; обратный процесс происходит при останове МЛ. Сигналы с фотодатчиков подаются в схемы управления двигателями привода бобин, ускоряя или замедляя их вращение так, чтобы при постоянной скорости перемещения МЛ длина петель в вакуумных карманах поддерживалась заданной величины. Эта длина должна быть согласована с динамическими характеристиками следящих систем привода бобин (СПБ). За время разгона лента не должна полностью выйти из кармана и касаться дна.

Разрежение воздуха, создаваемое в карманах посредством компрессора, обеспечивает постоянное натяжение МЛ и прижатие ее к ведущему ролику. Такая конструкция НМЛ обеспечивает скорость движения ленты до 5 м/с. В мини ЭВМ иногда вместо вакуумных карманов для предотвращения разрывов и выгибывания МЛ использовались натяжные рычаги,



закрепленные на корпусе накопителя посредством пружины. Положение рычага, а следовательно, и величина отрезка ленты между двумя стационарными роликами определяются с помощью датчиков, сигналы которых используются следящими системами привода бобин. Рычажная конструкция занимала существенно меньше места, но обеспечивала возможность работы при скоростях движения МЛ не свыше 1-1,5 м/с.

В НМЛ с шириной МЛ 12,7 обычно используется многодорожечная запись с числом дорожек 9 или 18. В блоке МГ для каждой дорожки предусматривается по 2 МГ — для записи и чтения. Таким образом, записанная информация посредством МГ записи с некоторой задержкой прочитывается головкой считывания. В таких НМЛ стандартными являлись плотности в 32, 64 и 246 бит/мм; для записи использовались способы ФК, МФМ, ГК.

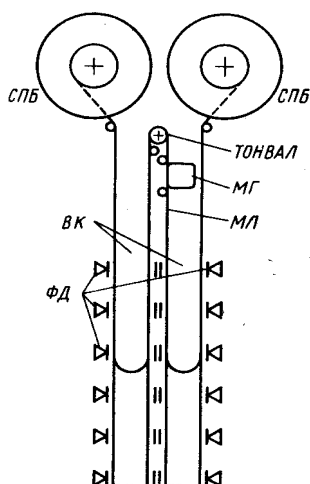


Рис. 101. Схема НМЛ с вакуумным натяжением магнитной ленты.

Для микроЭВМ различных назначений и НМЛ с потоковым режимом записи использовались МЛ шириной 6,3 мм (иногда 3,81 мм) в кассетах различных конструкций. На рис.8.102,а и б приведены схемы привода кассетной МЛ для двух типов кассет. Для первого типа перемещение МЛ обеспечивается одним из двух приводных валов (В), вращающихся в разные стороны. Прижатие МЛ к приводному валу осуществляется посредством одного из прижимных роликов (ПР). Схема управления движением должна обеспечить такое срабатывание электромагнитов прижатия роликов, при котором оба ролика не могут одновременно прижиматься к приводным валам. Привод бобин внутри кассеты осуществляется либо от двигателя приводного вала посредством фрикционных механизмов, либо от отдельных двигателей. Для обнаружения меток начала и конца ленты используют датчики Д, а постоянство скорости обеспечивается регулированием скорости вращения двигателя по сигналам с тахометров Т. Более распространенным является кассета, показанная на рис.8.102, б; ее иногда называют картриджом. Картридж имеет стандартные размеры 100x125x25 мм. Движение МЛ обеспечивается специальным пассиком (П), который прижимается к подающей и приемной бобинам, а также к внешнему ведущему ролику (В). Такая конструкция кассеты компактна, дешева и не требует сложных схем сервопривода бобин. На кассетной МЛ обычно располагают 2, 4 или 8 дорожек, запись осуществляется последовательно. Скорость движения МЛ обычно не превышает 0,25-0,5 м/с, более высокая скорость обеспечивается только при перематке (до 1 м/с).

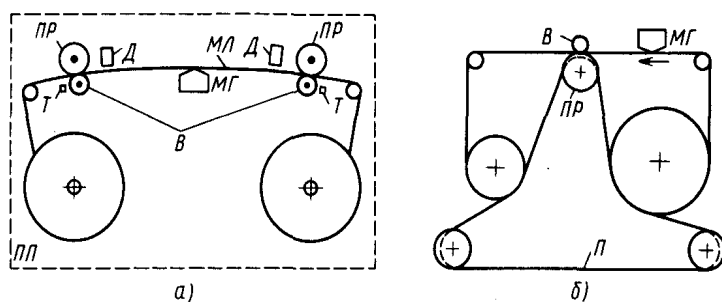


Рис. 8.102. Схемы привода кассетной МЛ для двух типов кассет.

Последовательный характер расположения информации на МЛ определяет сравнительно

большое время поиска, зависящее от скорости перемещения МЛ и ее длины; для НМЛ катушечного типа среднее время доступа составляет 200-400 с, а для НМЛ кассетного типа 50-200 с (последнее определяется меньшей емкостью кассеты по сравнению с бобиной). Скорость передачи данных составляет 20-500 Кбайт/с.

Во всех конструкциях НМЛ предусматривается механическая защита памяти. Если разрешено только считывание данных, а запись запрещена, то на катушке с МЛ снимается защитное кольцо или на кассетах удаляется упор, при этом выключатель размыкает цепь разрешения записи. При необходимости произвести запись кольцо вставляется в кольцевой паз катушки или устанавливается упор в кассете.

Многочисленные НМЛ выполнены по различным конструктивным схемам и обладают различными характеристиками, однако независимо от конструкции и характеристик НМЛ для управления основными операциями в контроллере предусматриваются следующие блоки: блок сопряжения с интерфейсом; блок управления движением МЛ, служащий для запуска, реверса, задания скорости движения и выделения управляющих интервалов; блок записи, включающий в себя генератор синхросигналов записи, схемы преобразования кодов (например, схемы фазового или группового кодирования), схемы формирования разрядов и символов контроля; блок чтения, в состав которого входят генератор синхросигналов считывания, схемы преобразования кодов, схему обнаружения и исправления ошибок, схему выделения начала блоков, а также схемы компенсации перекоса.

Кроме упомянутых блоков, в НМЛ располагают усилители записи-воспроизведения и детектирования сигналов. Для некоторых моделей НМЛ предусматриваются и дополнительные блоки, например, регистр задания плотности и способа записи (если возможна работа с различными плотностями и способами записи), схема слежения за состоянием буферных ЗУ в НМЛ, работающих в потоковом режиме и т.п.

#### **8.4.4. УСТРОЙСТВА ДЛЯ РЕЗЕРВНОГО КОПИРОВАНИЯ ДАННЫХ В ПЕРСОНАЛЬНЫХ КОМПЬЮТЕРАХ.**

Важность резервного копирования данных трудно переоценить. Если емкость используемого накопителя на жестких дисках невелика и при этом на нем хранится много программ или в тех случаях, когда результаты вашей работы представлены большими массивами данных, таким копированием приходится заниматься регулярно. Кроме этого, проблема нехватки места на жестком диске, по-видимому, не будет решена никогда. Поэтому лучшая защита от потери информации — это резервное копирование. В качестве устройств резервного копирования используются в основном накопители на магнитных лентах.

**Накопители на магнитной ленте.** Эволюция устройств записи данных на магнитную ленту (стримеров) протекала примерно так же, как и эволюция других накопителей информации. Сначала использовались катушечные накопители, аналогичные бытовым катушечным магнитофонам. Каждая фирма-производитель применяла свою систему кодирования данных и устанавливала стандарты записи информации на магнитную ленту. Разными были не только количество дорожек и плотность записи на магнитную ленту, но и интерфейсы накопителей. Начиная с 70-х годов некоторые фирмы — производители стримеров стали предпринимать усилия по созданию единого стандарта накопителей на магнитной ленте. С этого времени наступил новый этап в истории развития накопителей на магнитной ленте.

**История развития кассетных ленточных накопителей.** В 1972г. фирма 3М разработала первую кассету размером 15×10×1,6см (формат DC для магнитной ленты шириной 1/4"), предназначенную для хранения данных. Внутри кассеты находились две катушки, на которые с помощью лентопротяжного механизма наматывалась лента в процессе чтения/записи. Благодаря надежности этой кассеты интерес к системам резервного копирования на магнитной ленте стал резко возрастать. Однако серьезным препятствием для распространения накопителей на магнитной ленте явилось отсутствие единого стандарта на способы записи данных.

В 1983 г. под руководством координирующей организации Quarter-Inch Cartridge Drive Standards Inc — QIC (которую называли «четвертьдюймовым комитетом») был выпущен первый стандартный QIC-накопитель на магнитной ленте, емкость которого составляла 60 Мбайт. Запись данных производилась на 9 дорожках, а магнитная лента имела длину около 90 м.

В дальнейшем был разработан стандарт на мини-кассеты (формат MC). Габариты мини-кассеты, согласно этому стандарту, составляют 8,25 × 6,35 × 1,5 см.

В табл. 8.27 приведены параметры наиболее распространенных типов кассет, соответствующих стандарту QIC. Основу магнитного слоя лент QIC составляет оксид железа, а запись данных осуществляется с использованием кодирования по методу MFM или RLL.

Наибольшее распространение получили накопители на магнитной ленте QIC-40 и QIC-80

формата MS. Запись информации на кассету QIC-40 производится на 20 дорожек, плотность записи данных составляет 10 000 бит/дюйм. Магнитное покрытие ленты обладает коэрцитивной силой 550 Э. Длина ленты в кассете равна 100 м.

Таблица 8.27.. Основные параметры кассет стандарта QIC

Наименование кассеты	Емкость, Мбайт (без сжатия/со сжатием)	Количество дорожек записи	Скорость передачи данных, Мбайт/мин	Плотность записи, бит/дюйм	Длина ленты, м	Способ кодирования информации
QIC-40	40/60	20	2-8	10 000	62,5	MFM
QIC-80	80/120	28	3-9	14 700	62,5	MFM
QIC-128	86/128	32	-	16 000	94,0	MFM
QIC-120	125	15	-	10 000	183,0	MFM
QIC-150	150/250	18	-	10 000	305,0	MFM
QIC-3010	255	40	9	22 000	91,5	MFM
QIC-3020	500	40	9	42 000	122,0	MFM
QIC-3030	555	40	-	51 000	84,0	MFM
QIC-3050	750	40	-	68 000	122,0	RLL
QIC-150	320/525	26	12	16 000	305,0	MFM
QIC-1000	1000	30	18	36 000	232,0	MFM
QIC-1350	1350	30	18	51 000	232,0	RLL
QIC-2100	2100	30	18	68 000	267,0	RLL
QIC-2GB	2000	42	18	40 640	274,0	MFM
QIC-5GB	5000	44	18	96 000	366,0	RLL
QIC-5010	13000	144	18	68 000	360,0	RLL

Причиной успеха этих накопителей стало то, что удельная стоимость хранения данных на ленте (в пересчете на 1 Мбайт) значительно ниже, чем при использовании накопителей на гибких магнитных дисках, и, кроме того, ленточные накопители просты в использовании и надежны.

К недостаткам накопителей на кассетах QIC-40 и QIC-80 относится их низкое быстродействие, так как они подключаются к интерфейсу, предназначенному для накопителей на гибких дисках. Запись данных при этом производится со скоростью 250 — 500 Кбит/с. Форматирование кассеты перед записью данных также требует много времени, например, для форматирования кассеты емкостью 60 Мбайт стандарта QIC-40 необходимо около полутора часов.

Развитие технологии изготовления накопителей на магнитной ленте пошло по пути увеличения емкости кассет и повышения плотности записи данных. Комитетом QIC были разработаны стандарты систем резервного копирования с емкостью кассет от 86 Мбайт до 13 Гбайт. На рис. 8.103 представлен внешний вид кассеты QIC (формат DC, емкость 170 Мбайт). В подобных ей устройствах плотность записи данных на ленту составляет свыше 60 000 бит/дюйм. Запись производится на 144 дорожки. Чтобы добиться таких показателей, был разработан носитель с большой коэрцитивной силой, равной 1300 Э. Увеличена также длина магнитной ленты, например, для модели QIC-5010 она составляет 360 м.



Рис. 8.103. Кассета QIC емкостью 170 Мбайт.

Совместимость кассет различных типов является чрезвычайно важным фактором, который необходимо учитывать при выборе устройства резервирования информации на магнитной ленте, так как ленты не всегда совместимы по своим магнитным свойствам. В табл. 8.28 приводятся сведения о совместимости некоторых кассет QIC.

Наряду с распространенными в настоящее время устройствами резервного копирования форматов QIC, растет популярность и других устройств копирования на магнитной ленте. Особенно удобны эти устройства для использования в компьютерных сетях, манипулирующих большими объемами данных.

Таблица 8.28. Совместимость кассет форматов QIC

Тип кассеты	Совместимость кассет
MC-формат (мини-кассеты)	
QIC-40	Не совместимы
QIC-80	QIC-40 (только чтение)
QIC-100	Не совместимы
QIC-128	QIC-100 (только чтение)
QIC-3010	QIC-40 и QIC-80 (только чтение)
QIC-3030	QIC-3010 (только чтение)
DC-формат	
QIC-120	Не совместимы
QIC-150	QIC-120 (только чтение)
QIC-525	QIC-120 и QIC-150 (только чтение)
QIC-1000	QIC-120, QIC-150 и QIC-525 (только чтение)
QIC-2100	QIC-525 и QIC-1000 (только чтение)
QIC-5010	QIC-150, QIC-525 и QIC-1000 (только чтение)

**Стандарты записи данных на магнитные ленты.** Фирмой Sony освоен выпуск устройств, в которых используются магнитные ленты шириной 4 мм для цифровой звукозаписи DAT (*Digital Audio Tape*) и ленты шириной 8 мм для видеозаписи. Несколько фирм производят аналогичную продукцию по приобретенным лицензиям, фактически вводя тем самым стандарты на выпускаемые накопители и магнитные ленты, хотя единого признанного стандарта в этой области до сих пор нет.

В частности, фирмой Sony разработан стандарт для хранения данных в цифровом виде DDS (*Digital Data Storage*). При записи данных на магнитную ленту используется наклонно-строчная технология. Эта технология давно используется в видеомагнитофонах и заключается в том, что магнитная лента проходит через блок головок, установленных на вращающемся барабане, причем ось вращения барабана наклонена под небольшим (около 7°) углом к направлению движения ленты. Во время движения лента охватывает вращающийся блок головок, в результате записывается столько наклонных дорожек, сколько магнитных головок в блоке.



Рис. 8.104. Внешний вид кассеты стандарта DDS

При таком способе записи используется практически вся поверхность ленты (в отличие от

других методов, при использовании которых дорожки оказываются разделенными промежутками). На рис.8.104. представлен внешний вид кассеты стандарта DDS производства фирмы 3М.В магнитных лентах DAT используются два формата записи данных: DDS и Data DAT. Существуют три типа формата DDS: DDS-1, -2 и -3.

В середине 90-х годов появилась новая технология, позволяющая обеспечить более высокую емкость, скорость передачи данных и надежность резервного копирования — технология DLT (*Digital Linear Tape*), которая сегодня считается одной из самых популярных. Накопители DLT могут хранить 20/40 Гбайт данных и обеспечивают скорость передачи данных 1,5 — 3,0 Мбайт/с.

В табл. 8.29. приведены основные параметры накопителей на магнитных лентах стандартов DAT и DLT.

В накопителях стандарта DLT во время чтения/записи магнитная лента, разделенная на параллельные горизонтальные дорожки, проходит через неподвижную магниторезистивную головку со скоростью 2,5—3,7 м/с. Этим повышается надежность работы головки и обеспечивается малый износ магнитного слоя ленты.

Таблица 8.29. Основные параметры накопителей на магнитных лентах стандартов DAT и DLT

Тип формата	Емкость накопителя (без сжатия/сжатием), Гбайт	Длина ленты, м	Скорость передачи данных, Мбайт/с	Тип интерфейса
DDS-1	2/4	60	0,5/1	SCSI
DDS-2	4/8	90	0,5/1	SCSI
DDS-3	12/24	125	1/2	SCSI-2
DLT	20/40	-	1,5/3	Fast SCSI

Расчетный срок службы ленты соответствует 500 000 перемоток. Накопители DLT рассчитаны, в первую очередь, на использование в сетевых серверах в качестве автоматизированных систем резервирования данных на магнитных лентах. На рис. 8.105 представлена библиотека на DLT-кассетах (модель Scalar 440 фирмы ADIC).

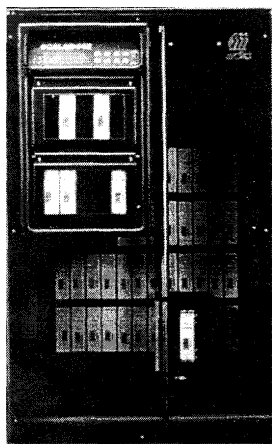


Рис. 8.105. Библиотека на DLT-кассетах

В накопителе обеспечивается независимый доступ к каждой из кассет (их число достигает нескольких десятков). При этом суммарная емкость ленточной библиотеки достигает 5 Тбайт, а производительность (скорость обмена данными) — 20 Мбайт/с.

Совершенно новый стандарт кассет, основанный на стандарте QIC, разработала фирма 3М. Этот стандарт получил название TRAVAN. Соответствующие устройства в последние годы достаточно широко представлены на рынке компонентов компьютерной техники. Накопители TRAVAN размещаются в отсеке для дисководов 3,5". Они могут работать как с оригинальными мини-кассетами стандарта TRAVAN, так и с кассетами стандарта QIC. Кассета (или картридж) TRAVAN содержит 225-метровую магнитную ленту шириной 8 мм. При производстве кассет TRAVAN применяются запатентованные технологии. Технология Black Watch уменьшает проскальзывание ленты за счет однородного специального покрытия, накопления статического электричества и препятствует осаждению пыли. Технология Blash Gard («стенка внутри

стенки») — устраняет мельчайшие технологические отходы в кассете, возникающие при ее сборке, и, тем самым, предохраняет ленту от механических повреждений. На сегодняшний день имеется четыре типа кассет и накопителей TRAVAN (TR-1, -2, -3, -4). Емкости мини-кассет TRAVAN (в соответствии с типом 1, 2, 3 или 4) составляют 400, 800, 1000 и 4000 Мбайт соответственно.

Необходимо заметить, что все накопители TRAVAN обеспечивают аппаратное сжатие данных с коэффициентом 2:1, что увеличивает емкость кассет вдвое. Это означает, что накопитель TR-4 способен хранить до 8 Гбайт информации. Накопители TR-1, -2, -3 обычно подключаются к системе через контроллер накопителя на гибких дисках или параллельный порт, а TR-4 использует интерфейс SCSI-2

Фирма Tandberg Data, являющаяся одним из лидеров мирового рынка в области производства накопителей на магнитных лентах, усовершенствовала кассету типа TR-4, получившую название TR-4 Pro.

Фирмой Юмега также налажен выпуск оригинальных накопителей Ditto (встраиваемых и внешних), в которых могут использоваться кассеты QIC и TRAVAN-1, -2, -3. Для накопителя Ditto разработана оригинальная кассета емкостью 2 Гбайт.

#### 8.4.5. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НАКОПИТЕЛЕЙ НА МАГНИТНЫХ ЛЕНТАХ.

Для современного уровня развития компьютерных технологий характерен неуклонный рост объема данных, хранящихся на серверах. Это связано с развитием сети Internet, электронной почты, мультимедийных приложений, баз данных и т. д. Уже сегодня никого не удивляют массивы накопителей на жестких дисках объемом 10—30 Гбайт. По прогнозам экспертов, в ближайшем будущем этот объем может увеличиться до 50 Гбайт. Технологии резервного копирования выходят на передний план, так как затраты на восстановление утерянных данных слишком велики.

Совершенствование систем резервного копирования идет в направлении развития как программного обеспечения, так и аппаратных средств. Программное обеспечение для резервирования данных и защиты информации (таких фирм — производителей, как Cheyenne Software) позволяет вести резервирование основных сетевых платформ (Novell, Windows NT); сохранять информацию баз данных (Oracle, SQL) и систем групповой обработки (Lotus Notes, Group Wise), а также архивировать сообщения электронной почты, предотвращать проникновение вирусов в рабочие станции и серверы.

Много новых возможностей ожидается от второй составляющей систем резервного копирования — аппаратных средств. Наиболее перспективными считаются формат DAT DDS-3 — для небольших организаций с суммарным объемом данных до 10 Гбайт и стандарт DLT — для накопителей больших объемов. На рис. 8.106 представлен накопитель на магнитных лентах с автозагрузчиком, несущим до 8 кассет.

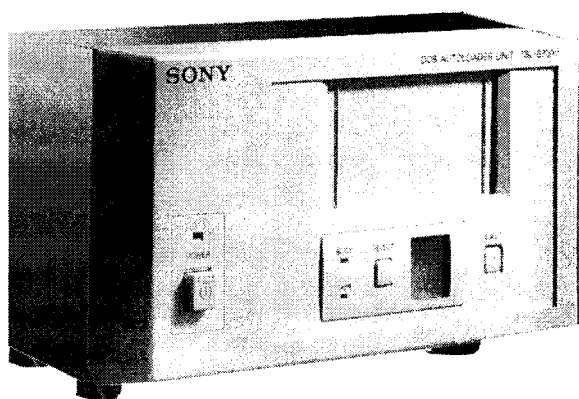


Рис 8.106. Накопитель стандарта DOS с автозагрузчиком

Стандарт DLT развивается в настоящее время по двум направлениям: создание DLT 4000 (интерфейс SCSI 2 Fast) — для объема данных 20 Гбайт и DLT 7000 (интерфейс SCSI 2 Fast/Wide) — для объема данных 35 Гбайт. Скорость передачи данных для DLT 7000 составляет 5—10 Мбайт/с.

Американская компания ADIC заявила о выпуске в ближайшем будущем накопителей для резервного копирования данных на магнитных лентах объемом от 11 до 55 Тбайт. Гарантийный

срок хранения информации — 30 лет. Для обеспечения гарантированного хранения особо важных данных фирмой Tandberg Data в оригинальных накопителях применяется новая магнитная головка и технология записи MLR — RWR (*Multi-channel Linear Recording — Read While Write*), заключающаяся в том, что одновременно с записью информации по нескольким каналам производится ее считывание и сравнение с исходной, а в случае необходимости — коррекция.

**Комплексные системы хранения данных.** С первых шагов компьютерной индустрии для обеспечения большей надежности хранения данных и повышения скорости передачи информации использовались накопители информации смешанного типа. Однако действенной схемы комплексного решения вопросов хранения информации до недавнего времени практически не существовало.

С появлением технологии Storage Works ситуация резко изменилась. Основным принципом организации систем, созданных по технологии Storage Works, стала модульность, которая позволяет из отдельных компонентов создавать практически любую систему оперативной обработки и хранения информации. Основными элементами такой системы могут быть: накопители информации на различных носителях (дисковые, ленточные, оптические, магнитооптические); контроллеры (адаптеры SCSI Fast/Wide, RAID-контроллеры); устройства сопряжения, корпуса и блоки для размещения компонентов Storage Works

Семейство систем Storage Works использует стандартный интерфейс SCSI и позволяет изменять конфигурацию системы накопителей информации произвольным образом.

### **Контрольные вопросы**

1. Опишите особенности логической организации информации на магнитной ленте?
1. Охарактеризуйте структуру НМЛ.
1. Что представляют собой устройства резервного копирования и какими параметрами они характеризуются?
1. Каковы перспективы развития накопителей на магнитной ленте?

Основные параметры и характеристики НМЛ а также описание логической организации информации представлены в [1,8,35]. Методы магнитной записи изложены в [1,33,32], логическая организация информации и конструкции отдельных узлов — в [1,8,34,35], тракты записи-воспроизведения — в [37,33].

В этом разделе использованы основные материалы из [1,8].

## 8.5. Накопители на твердотельной памяти.

К накопителям на твердотельной памяти относятся накопители, выполненные на базе интегральных схем полупроводниковой памяти (электронной памяти) и на основе элементов памяти на цилиндрических магнитных доменах. Их отличительной особенностью является отсутствие в их конструкции подвижных механических элементов, т.е. эта разновидность внешней памяти относится к накопителям без подвижных носителей информации.

### 8.5.1. НОСИТЕЛИ ИНФОРМАЦИИ НА БАЗЕ ЭЛЕКТРОННОЙ ПАМЯТИ.

Электронная память применяется практически во всех подсистемах персональных компьютеров:

*Основная* или *оперативная память* (Main Memory) компьютера используется для оперативного обмена информацией (командами и данными) между процессором, внешней памятью (например, дисковой) и периферийными подсистемами (графика, ввод/вывод, коммуникации и т. п.). Ее другое название — *ОЗУ* (оперативное запоминающее устройство) — примерно соответствует английскому термину *RAM* (Random Access Memory) — память с произвольным доступом. Произвольность доступа подразумевает возможность операций записи или чтения с любой ячейкой ОЗУ в произвольном порядке. Требования, предъявляемые к основной памяти: большой (для электронной памяти) объем, исчисляемый единицами, десятками, сотнями мегабайт и даже гигабайтами; быстродействие и производительность, позволяющие реализовать вычислительную мощность современных процессоров; высокая надежность хранения данных — ошибка даже в одном бите в принципе может привести к ошибкам вычислений, и к искажению и потере данных, иногда и на внешних носителях.

*Кэш-память* (Cache Memory) — сверхоперативная память (СОЗУ), является буфером между ОЗУ и его «клиентами» — процессором (одним или несколькими) и другими абонентами системной шины. Кэш-память не является самостоятельным хранилищем; информация в ней неадресуема клиентами подсистемы памяти, присутствие кэша для них «прозрачно». Кэш хранит копии блоков данных тех областей ОЗУ, к которым происходили последние обращения, и весьма вероятное последующее обращение к тем же данным будет обслужено кэш-памятью существенно быстрее, чем оперативной памятью. От эффективности алгоритма кэширования зависит вероятность нахождения затребованных данных в кэш-памяти и, следовательно, выигрыш в производительности памяти и компьютера в целом. Кэш в современных компьютерах строится по двухуровневой схеме.

*Первичный кэш*, или *L1 Cache* (Level 1 Cache) — кэш 1 уровня, внутренний (Internal, Integrated) кэш процессоров класса 486 и старше, а также некоторых моделей 386.

*Вторичный кэш*, или *L2 Cache* (Level 2 Cache) — кэш 2 уровня. Обычно это *внешний* (External) кэш, установленный на системной плате. В Pentium Pro и Pentium II вторичный кэш расположен в одном корпусе с процессором. Дополнительный кэш на системную плату уже не устанавливается. Кэш, установленный на системной плате компьютера с процессором 386, не имеющим внутреннего кэша, является первичным (и единственным).

*Постоянная память* используется для энергонезависимого хранения системной информации — BIOS, таблиц знакогенераторов и т. п. Эта память при обычной работе компьютера только считывается, а запись в нее (часто называемая программированием) осуществляется специальными устройствами — программаторами. Отсюда и ее название — *ROM* (Read Only Memory — память только для чтения) или *ПЗУ* (постоянное запоминающее устройство). Требуемый объем памяти этого типа невелик — например, BIOS PC/XT помещалась в 8 Кбайт, в современных компьютерах типовое значение — 128 Кбайт. Быстродействие постоянной памяти обычно ниже, чем оперативной. С этим фактом приходится мириться, а для повышения производительности содержимое ROM копируется в ОЗУ, и при работе используется только эта копия — *тенивая память* (Shadow ROM). В последние годы постоянную память стала вытеснять энергонезависимая электрически стираемая перепрограммируемая память (EEPROM и флэш-память), запись и стирание информации в которую возможна в самом компьютере в специальном режиме работы.

*Полупостоянная память* в основном используется для хранения информации о конфигурации компьютера. Традиционная память конфигурации вместе с часами-календарем (CMOS Memory и CMOS RTC) имеет объем несколько десятков байт, ESCD — (Extended Static Configuration Data) область полупостоянной памяти, используемая для конфигурирования устройств Plug and Play — имеет объем несколько килобайт. Сохранность данных полупостоянной памяти при отключении питания компьютера обеспечивается маломощной



внутренней батареей или аккумулятором. В качестве полупостоянной применяется и *энергонезависимая память* — *NV RAM* (Non-Volatile RAM), которая хранит информацию и при отсутствии питания.

*Буферная память* различных адаптеров (коммуникационных, дисковых и пр.) обычно является разделяемой между процессором (точнее, абонентами системной шины) и контроллерами устройств. К этой памяти относятся и 16-байтные FIFO-буферы COM-портов, и 16-мегабайтные (и более) кэш-буферы высокопроизводительных SCSI-адаптеров.

Специфическим примером буферной памяти является *видеопамять* дисплейного адаптера, которая используется для построения растрового изображения и его постоянного циклического вывода на монитор (регенерации изображения). Необходимый объем определяется видеорежимом и типом графического адаптера, для текстового режима MDA было достаточно 4 Кбайт, SVGA в режимах высокого разрешения требует нескольких мегабайт видеопамяти. Специфика работы видеопамяти заключается в необходимости обращения к ней со стороны центрального процессора или графического акселератора одновременно с непрерывным регенерации изображения.

Электронная память может применяться и для реализации внешней памяти. Для этих целей применяется в основном энергонезависимая память типа EEPROM и, особенно, ее разновидность - флэш-память.

#### 8.5.1.1. EEPROM (Electrical Erasable Programmable ROM, ЭСПЗУ).

EEPROM позволяет записывать и стирать информацию электрическим путем. Однако этот процесс требует значительного расхода энергии, который выражается в необходимости приложения относительно высокого напряжения стирания (10-30 В) и длительности импульса стирания более десятка микросекунд. Интерфейс традиционных микросхем EEPROM имел временную диаграмму режима записи с большой длительностью импульса, что не позволяло непосредственно использовать сигнал записи системной шины. Кроме того, перед записью информации в ячейку обычно требовалось предварительное стирание, тоже достаточно длительное. Микросхемы EEPROM относительно небольшого объема широко применяются в качестве энергонезависимой памяти конфигурирования различных адаптеров. Современные микросхемы EEPROM имеют более сложную внутреннюю структуру, в которую входит управляющий автомат. Это позволяет упростить внешний интерфейс, делая возможным непосредственное подключение к микропроцессорной шине, и скрыть специфические (и ненужные пользователю) вспомогательные операции типа стирания и верификации.

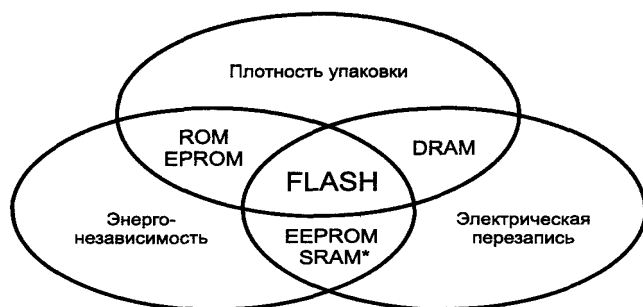


Рис. 8.107. Флэш-память в окружении традиционных видов памяти (\* — SRAM в комплекте с батареей питания)

#### 8.5.1.2. Флэш-память

Флэш-память по определению относится к классу EEPROM, но использует особую технологию построения запоминающих ячеек. Стирание во флэш-памяти производится сразу для целой области ячеек (блоками или полностью всей микросхемы). Это позволило существенно повысить производительность в режиме записи (программирования). Флэш-память обладает сочетанием высокой плотности упаковки (ее ячейки на 30% меньше ячеек DRAM), энергонезависимого хранения, электрического стирания и записи, низкого потребления, высокой надежности и невысокой стоимости (рис. 8.107).

Современная флэш-память имеет время доступа при чтении 35-200 нс, существуют версии с интерфейсом динамической памяти и синхронным интерфейсом, напоминающим интерфейс синхронной статической памяти. Стирание информации (поблочное или во всей микросхеме) занимает 1-2 секунды. Программирование (запись) байта занимает время порядка 10 мкс, причем шинные циклы обращения к микросхеме при записи — нормальные для процессора (не растянутые, как для EPROM и EEPROM).

Сведения о распространенных микросхемах флэш-памяти приведены в табл. 8.30.

Таблица 8.30. Популярные микросхемы флэш-памяти

Микросхема	Организация*	Корпус	Рис.	Примечание
28F256	32Kx8 BE	DIP-32	5.31, <i>a</i>	2, 3, 30=NC
28F256	32Kx8 BE	PLCC-32	5.31, <i>б</i>	2, 3, 30=NC
28F512	64Kx8 BE	DIP-32	5.31, <i>a</i>	2, 30=NC
28F010	128Kx8 BE	DIP-32	5.31, <i>a</i>	30=NC
28F010	128Kx8 BE	PLCC-32	5.31, <i>б</i>	30=NC
28F010	128Kx8 BE	TSOP-32	5.32, <i>a</i>	6=NC
28F001	128Kx8 BB	TSOP-32	5.32, <i>в</i>	-
29EE010 29F010	128Kx8 SA	DIP-32	5.31, <i>a</i>	1, 30=NC
29EE010 29F010	128Kx8 SA	PLCC-32	5.31, <i>б</i>	1, 30=NC
29EE010, 29F010	128Kx8 SA	TSOP-32	5.32, <i>a</i>	6, 9=NC
28F020	256Kx8 BE	DIP-32	5.31, <i>a</i>	30=A17
28F020	256Kx8 BE	TSOP-32	5.32, <i>a</i>	6=A17
28F002BX/BN/BL	256Kx8 BB	TSOP-40	5.32, <i>б</i>	12,13,45=NC
28F002BE/BV	256Kx8 BB	TSOP-40	5.32, <i>б</i>	13,45=NC
28F004BX/BN/BL	512Kx8 BB	TSOP-40	5.32, <i>б</i>	12,45=NC
28F004BE/BV	512Kx8 BB	TSOP-40	5.32, <i>б</i>	45=NC
28F200	256Kx8 128Kx16 BB	TSOP-44	5.33, <i>a</i>	2=WP#; 3=NC
28F200	256Kx8 128Kx16 BB	TSOP-48	5.33, <i>б</i>	16,17=NC
28F200	256Kx8 128Kx16 BB	TSOP-56	5.33, <i>в</i>	19,20=NC
28F400	512Kx8 256Kx16 BB	TSOP-44	5.33, <i>a</i>	2=WP#
28F400	512Kx8 256Kx16 BB	TSOP-56	5.33, <i>в</i>	19=NC
28F800	1024Kx8 512Kx16 BB	TSOP-44	5.33, <i>a</i>	2=A18
28F800	1024Kx8 512Kx16 BB	TSOP-56	5.33, <i>в</i>	-
29F200, 29LV200	256Kx8 128Kx16 BB	TSOP-44	5.33, <i>a</i>	1,3=NC; 2=RY/BY#
29F200, 29LV200	256Kx8 128Kx16 BB	TSOP-48	5.33, <i>б</i>	13,14,16,17=NC, 15=RY/BY#
29F400, 29LV400	512Kx8 256Kx16 BB	TSOP-44	5.33, <i>a</i>	1=NC, 2=RY/BY#
29F400, 29LV400	512Kx8 256Kx16 BB	TSOP-48	5.33, <i>б</i>	13, 14, 16=NC, 15=RY/BY#
29F800, 29LV800	1024Kx8 512Kx16 BB	TSOP-44	5.33, <i>a</i>	1=RY/BY#; 2=A18
29F800, 29LV800	1024Kx8 512Kx16 BB	TSOP-48	5.33, <i>б</i>	13,14= NC; 15=RY/BY#

BE — Bulk Erase (стираемые целиком), BB — Boot Block (несимметричные блоки), SA — Symmetric Architecture (симметричные блоки).

На рис. 8.108-8.110 приведено расположение выводов распространенных микросхем флэш-

памяти (основной вариант цоколевки). Многие микросхемы имеют два варианта цоколевки для корпусов поверхностного монтажа — основной и зеркальный (реверсный).

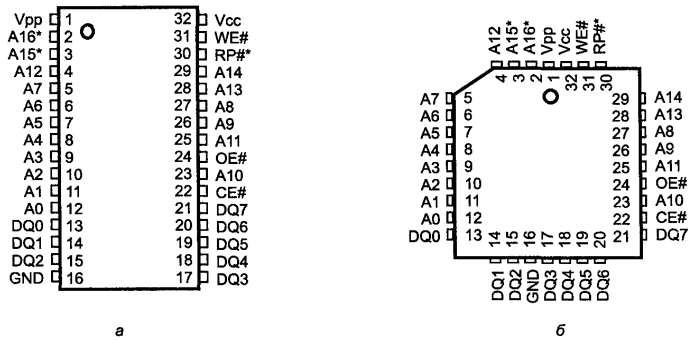


Рис. 8.108. Расположение выводов микросхем флэш-памяти с 8-битной организацией в корпусах DIP и PLCC: а — DIP-32, б — PLCC-32

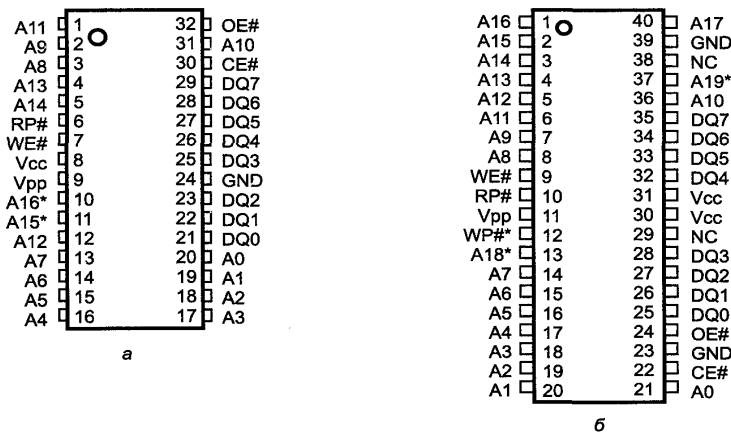


Рис. 8.109. Расположение выводов микросхем флэш-памяти с 8-битной организацией в корпусах TSOP: а — TSOP-32, б — TSOP-40

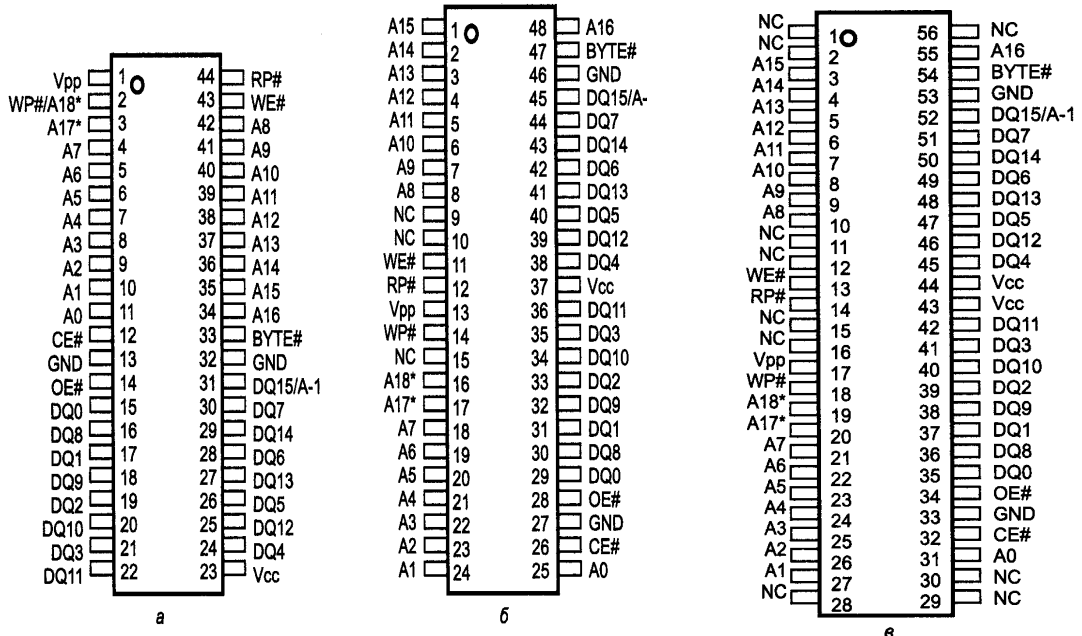


Рис. 8.110. Расположение выводов микросхем флэш-памяти с 8/16-битной организацией в корпусах TSOP: а — TSOP-44, б — TSOP-48, в — TSOP-56

Это позволяет существенно упростить разводку печатных проводников (серпантином) при объединении большого количества микросхем в массивы флэш-памяти.

Интерфейс микросхем флэш-памяти хорошо сочетается со стандартными сигналами, используемыми в микропроцессорных системах. *Внутренние циклы* стирания, записи и верификации выполняются автономно от *шинных циклов* внешнего интерфейса, что является существенным преимуществом перед микросхемами EPROM и EEPROM. В режиме чтения они полностью совместимы с EPROM, совпадая с ними и по расположению основных выводов.

Назначение сигналов микросхем флэш-памяти приведено в табл. 8.31, микросхемы разных изготовителей и моделей могут иметь не все из приведенных управляющих сигналов.

Таблица 8.31. Назначение сигналов микросхем флэш-памяти

<b>CE#</b> Chip Enable — разрешение доступа. Низкий уровень разрешает обращение к микросхеме, высокий уровень переводит микросхему в режим пониженного потребления. Доступ к микросхеме, имеющей два входа (CE1# и CE2#), возможен при низком уровне на обоих входах
<b>OE#</b> Output Enable — разрешение выходных буферов. Низкий уровень, при низком уровне CE#, разрешает чтение данных из микросхемы. Подача высокого (12 В) напряжения во время подачи команды стирания или программирования позволяет модифицировать Boot-блок (этот метод используется редко, поскольку требует не-ТТЛ сигнала)
<b>WE#</b> Write Enable — разрешение записи. Низкий уровень, при низком уровне CE#, разрешает запись и переводит выходные буферы в высокоимпедансное состояние независимо от сигнала OE#. Временные диаграммы шинного цикла записи аналогичны обычной статической памяти, что позволяет подключать флэш-память непосредственно к системной шине процессора. Допустимы оба способа управления — как с помощью сигнала WE# на фоне низкого уровня CE#, так и наоборот. Минимальная длительность импульса записи совпадает со временем доступа
<b>DQx</b> Data Input/Output — двунаправленные линии шины данных. Время доступа при чтении отсчитывается от установки действительного адреса или сигнала CE# (в зависимости от того, что происходит позднее). Фиксация данных при записи происходит по положительному перепаду WE# или CE# в зависимости от того, что произойдет раньше
<b>BYTE#</b> Управляющий сигнал для выбора режима обращения к микросхемам с 8/16-битной организацией. Они имеют два 8-битных банка и их ячейки памяти адресуются 16-битными словами. Низкий уровень сигнала BYTE# задает восьмибитный режим обмена по линиям DQ[0:7], при этом линия DQ15/A-1 становится самой младшей линией адреса, переключающей банки, а линии DQ[8:14] переходят в высокоимпедансное состояние
<b>Ax</b> Address — входные линии шины адреса. Линия A9 допускает подачу высокого (12 В) напряжения (как и EPROM) для чтения кода производителя (A=0) и устройства (A=1), при этом на остальные адресные линии подается логический «0»
<b>RP# (PWD#)</b> Reset/Power Down, раньше обозначался PWD# (PowerDown). Низкий уровень сбрасывает регистр команд и переводит микросхемы в режим «глубокого сна» (Deep Powerdown) с минимальным (доли микроампера) потреблением питания. Перевод сигнала в высокий логический уровень «пробуждает» микросхему (примерно за 0,3-0,8 мкс), после чего она переходит в режим чтения данных. Подача высокого (12 В) напряжения разрешает программирование даже защищенного Boot-блока
<b>WP#</b> Write Protect — защита записи. При низком уровне WP# модификация Boot-блока или других блоков с установленным битом защиты возможна только при наличии высокого (12 В) напряжения на входе RP#. При высоком уровне защита блоков игнорируется
<b>RY/BY#</b> Ready/Busy* — сигнал готовности (высокий уровень) микросхемы к очередной операции программирования или стирания. Низкий уровень указывает на занятость управляющего автомата (WSM) выполнением операции стирания или программирования. Выход обычно не управляется сигналами OE# и CE#. В микросхемах 28F016SA и старше выход имеет тип «открытый коллектор», запираемый по команде, и программируемое назначение
<b>3/5#</b> Сигнал, переключающий режим работы микросхемы в зависимости от питающего напряжения, введен для оптимизации быстродействия или потребления

### 8.5.1.3. Флэш-память Intel.

Первые микросхемы флэш-памяти были предложены фирмой Intel в 1988 году и с тех пор претерпели существенные изменения по архитектуре, интерфейсу и напряжению питания. По организации массива различают микросхемы:

*Bulk Erase* — стирание возможно только для всего объема.

*Boot Block* — массив разделен на несколько блоков разного размера, стираемых

независимо. Один из блоков имеет дополнительные аппаратные средства защиты от стирания и записи.

*Flash File* — массив разделен на несколько равноправных независимо стираемых блоков обычно одинакового размера, что позволяет их называть микросхемами с симметричной архитектурой SA (Symmetrical Architecture).

**Флэш-память первого поколения.** Микросхемы первого поколения (28F256, 28F512, 28F010, 28F020) имеют однобайтную организацию (32К, 64К, 128К и 256Кх8) и представляют собой единый массив памяти, стираемой целиком (*bulk erase*) и программируемой побайтно. Время доступа указывается в конце обозначения (например, 28F010-65) и лежит в диапазоне 65-200 нс. Микросхемы первых выпусков (1990 г.) имели гарантированное число циклов стирания-программирования 10 000, современные - 100 000.

Наличие внутреннего регистра команд и управляющего автомата *WSM* (Write State Machine) позволяет реализовать специфические функции, связанные с модификацией содержимого. Стирание и программирование флэш-памяти возможны только при подаче на вход  $V_{pp}$  напряжения 12 В по командам, записываемым во внутренний регистр в шинном цикле записи по сигналу  $WE\#$ .

Выполнение команд инициируется записью их кодов во внутренний регистр, не имеющий конкретного адреса. Команды для флэш-памяти первого поколения приведены в табл. 8.32.

Таблица 8.32. Команды микросхем флэш-памяти Intel первого поколения

Команда	Число циклов шины	Первый цикл шины			Второй (третий) цикл шины		
		R/W	Адрес	Данные	R/W	Адрес	Данные
Read Memory	1	W	X	00h	-	-	-
Read ID	3	W	X	90h	R	0 (1)	M_Id (D_Id)
Set-up Erase/ Erase	2	W	X	20h	W	X	20h
Erase Verify	2	W	EA	A0h	R	X	EVD
Set-up Program/ Program	2	W	X	40h	W	PA	PD
Program Verify	2	W	X	C0h	R	X	PVD
Reset	2	W	X	FFh	W	X	FFh

Здесь X обозначает несущественный адрес, M\_Id и D\_Id — идентификаторы производителя и устройства, EA — адрес ячейки, в которой контролируется стирание, EVD — данные, считанные при верификации стирания (должны быть FFh), PA и PD — адрес и данные программируемой ячейки, PVD — данные, считанные при верификации программирования.

В шинном цикле записи адрес (если он требуется для данной команды) фиксируется по спаду сигнала  $WE\#$ , фиксация данных выполнения команды происходит по фронту  $WE\#$ .

*Назначение команд:*

Read Memory — команда чтения данных, переводящая микросхему в режим чтения, совместимый по интерфейсу с EPROM.

Read ID — команда чтения идентификаторов. В последующих шинных циклах чтения по адресу 0 считывается M\_Id (Manufacturer Identifier — идентификатор производителя, 89h), по адресу 1 — D\_Id (Device Identifier — идентификатор устройства, для микросхем 28F256, 28F512, 28F010, 28F020 это B9h, B8h, B4h и BDh соответственно). Из этого режима микросхема выходит по записи любой другой действительной команды. Идентификаторы можно читать и с помощью подачи высокого напряжения на A9 (как и для EPROM).

Set-up Erase/Erase — подготовка и собственно стирание. Внутренний цикл стирания начинается по подъему сигнала  $WE\#$  во втором шинном цикле и завершается по последующему шинному циклу записи или по внутреннему таймеру (Stop Timer).

Последующей командой обычно является верификация стирания. Два шинных цикла записи, необходимые для выполнения команды, снижают вероятность случайного стирания и позволяют отказаться от выполнения стирания посылкой команды Reset. Наличие внутреннего таймера позволяет не заботиться о точной выдержке времени для стирания, необходимо только выдержать минимальный интервал (около 10 мкс). Перед стиранием все биты микросхемы должны быть предварительно запрограммированы в нули.

Erase Verify — верификация стирания. Отличается от обычного считывания тем, что проверяемая ячейка ставится в более жесткие условия считывания для повышения

достоверности контроля стирания. Между шинными циклами команды верификации должна быть пауза не менее 6 мкс.

Алгоритм быстрого стирания (Quick-Erase) предусматривает предварительное обнуление всех ячеек (командами программирования) и выполнение команды стирания, сопровождаемой верификацией. Команды верификации последовательно выполняются для каждой ячейки микросхемы. Если результат считывания отличается от FFh, производится повторное стирание (длительностью 10 мкс) и последующая верификация может начинаться с первой ранее не стертой ячейки. Если количество повторов стирания превышает 3 000, фиксируется ошибка стирания и микросхема признается негодной. Алгоритм позволяет выполнить полное стирание микросхемы менее чем за секунду.

Set-up Program/Program — подготовка и собственно программирование. Команда выполняется аналогично стиранию, но во втором шинном цикле передается адрес и данные программируемой ячейки, а последующая выдержка должна составлять не менее 10 мкс.

Program Verify — верификация программирования (аналогично верификации стирания), обычно следующая после команды программирования. Между шинными циклами команды верификации должна быть пауза не менее 6 мкс. Алгоритм быстрого программирования (Quick-Pulse Programming) предусматривает формирование внутреннего цикла программирования длительностью 10 мкс с последующей верификацией. В случае несовпадения результата выполняется повторное программирование (до 25 раз для каждой ячейки), а если и это не помогает — фиксируется отказ микросхемы.

Reset — команда сброса, прерывающая команду программирования или стирания. Эта команда не меняет содержимое памяти, после нее требуется подача другой действительной команды.

По включении питания внутренний регистр команд обнуляется, что соответствует команде чтения, и микросхема работает, как обычная микросхема PROM или EPROM. Это позволяет устанавливать микросхемы флэш-памяти вместо EPROM аналогичной емкости. При подаче на вход V<sub>pp</sub> низкого напряжения (0-6,5 В) стирание и программирование невозможны, и микросхема ведет себя, как обычная EPROM.

**Флэш-память второго поколения.** Ячейки микросхем второго поколения группируются в блоки, допускающие независимое стирание. Длительная операция стирания одного блока может прерываться для выполнения считывания данных других блоков, что значительно повышает гибкость и производительность устройства. Они имеют более сложный внутренний управляющий автомат и регистр состояния, что позволяет разгрузить внешний процессор и программу от забот по отслеживанию длительности операции программирования и стирания, а также упростить эти процедуры. По способу разбиения на блоки, ориентированному на различные области применения, различают микросхемы *Boot Block* и *Flash File*.

Микросхемы *Boot Block* имеют однобайтную (28F001/002/004/008) или переключаемую разрядность 8/16 бит (28F200/400/800) и состоят из нескольких блоков разного размера. Один из блоков имеет дополнительные аппаратные средства защиты от модификации и предназначается для хранения жизненно важных данных, не изменяемых при запланированных модификациях остальных областей. Эти микросхемы специально предназначены для хранения системного программного обеспечения (BIOS), а привилегированный блок (*Boot Block*) хранит минимальный загрузчик, позволяющий загрузить (например, с дискеты) и выполнить утилиту программирования основного блока флэш-памяти. В обозначении этих микросхем присутствует суффикс *T* (Top) или *B* (Bottom), определяющий положение Boot-блока либо в старших, либо в младших адресах соответственно. Первые предназначены для процессоров, стартующих со старших адресов (в том числе, x86, Pentium), вторые — для стартующих с нулевого адреса, хотя возможны и противоположные варианты использования, если некоторые биты шины адреса перед микросхемой памяти инвертируются.

Микросхема 28F001BX-T (28F001BN-T), часто применяемая для хранения флэш-BIOS в PC, имеет время доступа 70-150 нс, гарантированное число циклов стирания-программирования 100 000 и содержит:

- основной блок (Main Block) объемом 112 Кбайт (00000h-1BFFFh);
- два блока параметров (Parameter Block) объемом по 4 Кбайт (1C000h-1CFFFh и 1D000h-1DFFFh);
- загрузочный блок (Boot Block) объемом 8 Кбайт (1E000h-1FFFFh), стирание и программирование которого возможны лишь при особых условиях.

Основной блок и блоки параметров по защите равноправны; выделение небольших блоков параметров позволяет в них хранить часто сменяемую информацию, например ESCD системы Plug and Play.

В отличие от микросхем первого поколения, в шинном цикле записи и адрес, и данные фиксируются по положительному перепаду WE#. Низкий уровень дополнительного управляющего сигнала RP# (в первых версиях обозначался как PWD#) предназначен для перевода микросхемы в режим с минимальным потреблением. В этом режиме модификация содержимого памяти невозможна. Соединение этого вывода в нормальном режиме (когда не требуется перезапись Boot-блока) с системным сигналом RESET# предохраняет микросхему от выполнения ложных команд, которые могут появиться в процессе подачи питания.

Внутренние операции стирания и программирования выполняются после отправки соответствующих кодов во внутренний *регистр команд* (см. табл. 8.33). Обработка операций внутренним управляющим автоматом отображается соответствующими битами *регистра состояния SR* (Status Register), по значению которых внешняя программа может получить информацию о результате выполнения и возможности отправки следующих команд.

Таблица 8.33. Команды микросхем флэш-памяти Intel второго поколения

Команда	Число циклов шины	Первый цикл шины			Второй (третий) цикл шины		
		R/W	Адрес	Данные	R/W	Адрес	Данные
Read Array/Reset	1	W	X	FFh	-	-	-
Read ID	3	W	X	90h	R	0(1)	M_Id (D_Id)
Read Status Register	2	W	X	70h	R	X	SRD
Clear Status Register	1	W	X	50h	-	-	-
Erase Setup/Erase Confirm	2	W	BA	20h	W	BA	D0h
Erase Suspend/Erase Resume	2	W	X	B0h	W	X	D0h
Program Setup/Program	2	W	PA	40h	W	PA	PD
Alternate Program Setup/Program*	2	W	PA	10h	W	PA	PD

Здесь X обозначает несущественный адрес, M\_Id и D\_Id — идентификаторы производителя и устройства, SRD — данные, считанные из регистра состояния, PA и PD — адрес и данные программируемой ячейки, BA — адрес блока.

\* Альтернативный код команды программирования; доступен для микросхем емкостью 2, 4 и 8 Мбит.

#### **Назначение команд:**

Read Array/Reset — чтения массива памяти (перевод в режим, совместимый с EPROM) и прерывание операций стирания и программирования.

Read ID — чтение идентификаторов производителя и устройства.

Read Status Register — чтение регистра состояния.

Clear Status Register — сброс регистра состояния.

Erase Setup/Erase Confirm — подготовка и стирание блока. В отличие от микросхем первого поколения, все внутренние операции, необходимые для стирания (обнуление ячеек блока, стирание и верификация), выполняются автоматически. По получении команды в регистре состояния устанавливается признак занятости (SR.7=0) и любая шинная операция чтения микросхемы будет передавать данные этого регистра. Внешняя программа, периодически опрашивая регистр состояния, дожидается окончания выполнения стирания (когда SR.7=1). Результат стирания определяется по значению бит 3, 4, 5 (их нулевое значение соответствует успешному выполнению операции).

Erase Suspend/Erase Resume — приостановка/продолжение стирания. Операцию стирания блока (как самую длительную) можно приостановить для чтения данных из других блоков. После выполнения команды Erase Suspend (код B0h) необходимо дождаться признака приостановки стирания (SR.6=1), после чего, подав команду Read Array, можно считывать данные другого блока. По окончании считывания подается команда Erase Resume (код D0h), которая продолжает процесс стирания и снова переводит микросхему в режим чтения регистра состояния.

Program Setup/Program — подготовка и программирование ячейки. Эта команда выполняется аналогично подготовке и выполнению стирания, но не может быть приостановлена. Команда выполняет сразу и программирование и верификацию.

Команды стирания блока и программирования можно подавать, только когда управляющий

автомат свободен (бит SR.7 = 1). Во время этих операций микросхема следит за уровнем напряжения Vpp, и если оно понижается до порога VPPLK, этот факт регистрируется в регистре состояния и операция прерывается. Также операция прерывается при понижении напряжения питания Vcc до 2,5 В.

При считывании *регистра состояния* его мгновенное значение фиксируется по спаду сигнала CE# или OE# (самого позднего из них в шинном цикле считывания). Назначение бит регистра состояния (SR):

SR.7 — WSMS (Write State Machine Status) — состояние управляющего автомата: 0 — Busy (занят операцией стирания или программирования), 1 — Ready (свободен).

SR.6 — ESS (Erase Suspend Status) — состояние операции стирания: 0 — стирание завершено или выполняется, 1 — стирание приостановлено.

SR.5 — ES (Erase Status) — результат стирания блока: 0 — блок стерт успешно, 1 — ошибка стирания.

SR.4 — PS (Program Status) — результат программирования байта: 0 — байт записан успешно, 1 — ошибка записи.

SR.3 — VPPS (VPP Status) — состояние VPP во время программирования или стирания: 0 — напряжение было в норме, 1 — зафиксировано понижение напряжения, и операция прервана.

SR[2:0] — зарезервированы.

Программирование и стирание Boot-блока отличаются от операций с другими блоками тем, что для них требуется подача высокого потенциала V<sub>HH</sub> (не TTL, а +12 В) на вход PWD# перед выдачей команды стирания или программирования и удержание его до успешного завершения операции. Альтернативный способ — подача такого же потенциала, но на вход OE# на время пар шинных циклов записи команд стирания или программирования. Попытка программирования Boot-блока без выполнения этих условий не удастся, а в регистре состояния одновременно устанавливаются единичные значения бит ES и PS, что индицирует попытку модификации защищенного блока.

Микросхемы *Flash-file* организованы в виде набора одинаковых блоков, равноправных по защите (SA — Symmetrical Architecture). Защита от модификации для 28F008SA может осуществляться только для всей микросхемы подачей низкого напряжения на вход Vpp. По интерфейсу и командам микросхемы совпадают с микросхемами Boot Block (исключая специфику Boot-блока).

Микросхемы 28F016SA имеют существенные изменения архитектуры, значительно повышающие производительность программирования (до 28,6 Мбайт/с в пакетном режиме) и обеспечивающие поблочную защиту. Микросхема имеет два буфера данных для записи по 256 Кбайт. Флэш-память организована как 32 блока по 64 Кбайт, допускающих однобайтное или двухбайтное обращение. С каждым блоком связан собственный 8-битный *регистр состояния блока* BSRx (Block Status Register). Адреса регистров смещены относительно начального адреса блока на 2 или 1 для режимов обращения x8 или x16 соответственно.

Назначение бит BSR:

BSR.7 - BS (Block Status) — состояние блока: 1 - готов, 0 - занят.

BSR.6 - BLS (Block-Lock Status) — состояние защиты блока: 1 - программирование и стирание запрещены, 0 - блок не защищен.

BSR.5 - BOS (Block Operation Status) — состояние операции с блоком: 1 - операция завершена безуспешно: 0 - операция успешно завершена или выполняется.

BSR.4 - BOAS (Block Operation Abort Status) — состояние отмены операции с блоком: 1 - операция отменена, 0 - не отменялась.

BSR.3 - QS (Queue Status) — состояние очереди: 1 = очередь заполнена, 0 - доступна.

BSR.2 = VPPS (Vpp Status) — состояние Vpp: 1 - обнаружен низкий уровень, операция прервана, 0 - Vpp в норме.

BSR[1:0] — зарезервированы.

*Глобальный регистр состояния* GSR (Global Status Register) несет информацию о состоянии микросхемы в целом. К GSR можно обращаться по адресу, смещенному относительно начального адреса любого блока на 4 или 2 для режимов обращения x8 или x16 соответственно. Назначение бит GSR:

GSR.7 - WSMS (Write State Machine Status) — состояние автомата записи (и завершенности внутренних операций): 1 - занят, 0 - свободен.

GSR.6 - OSS (Operation Suspend Status) — состояние приостанова операции: 1 - операция приостановлена, 0 - операция выполняется или завершена.

GSR.5 - DOS (Device Operation Status) — состояние операции (копирует бит регистра состояния текущего блока): 1 - операция завершена безуспешно, 0 - операция успешно



завершена или выполняется.

GSR.4 - DSS (Device Sleep Status) — состояние ожидания: 1 - ожидание (Sleep), 0 - нормальный режим.

GSR.3 - QS (Queue Status) — состояние очереди: 1 - очередь заполнена, 0 - доступна.

GSR.2 - PBAS (Page Buffer Available Status) — состояние буферов записи: 1 - есть свободный буфер, 0 - нет свободного буфера.

GSR.1 - PBS (Page Buffer Status) — состояние выбранного буфера записи: 1 - выбранный буфер свободен, 0 - занят операцией с WSM.

GSR.0 - PBSS (Page Buffer Select Status) — номер выбранного буфера: 1 - выбран буфер 1, 0 - выбран буфер 0.

Для сохранения программной совместимости имеется безадресный регистр CSR (Compatible Status Register), полностью совпадающий с регистром состояния 28F008SA и микросхем с архитектурой Boot Block. Все команды этих микросхем доступны, и введены новые команды (табл. 8.34), обеспечивающие расширение функций. К дополнительным возможностям относятся:

- Буферированное страничное программирование. Кроме обычного побайтного или двухбайтного программирования, возможно быстрое заполнение буфера шинными циклами записи. Далее переписывание его содержимого (всего или фрагмента) во флэш-память выполняется одной командой. Содержимое буфера может быть считано после подачи соответствующей команды.

- Двухбайтное программирование при 8-битном использовании.

- Поддержка очереди команд позволяет при наличии свободного места в очереди подавать последующие команды стирания или программирования, не дожидаясь освобождения WSM. Признак готовности WSM установится только после выполнения всех команд очереди.

- Автоматическая запись из буфера во флэш-массив возможна во время стирания другого блока.

- Программная защита позволяет для любого блока установить бит защиты в специальную энергонезависимую область. Запись и стирание защищенного блока может осуществляться только после снятия общей защиты записи по сигналу WP#. Сброс бита защиты блока осуществляется только при его успешном стирании или перезаписи.

- Стирание всех незащищенных блоков может выполняться одной командой.

- Программирование использования сигнала RY/BY#. Возможно разрешение отображения бита готовности глобального регистра состояния, подачи импульсного сигнала по завершении программирования или стирания (на выбор), а также запрет его формирования.

- Перевод микросхемы в режим ожидания (Sleep) с пониженным потреблением. В этом режиме возможно считывание состояния и получение команд.

Таблица 8.34. Дополнительные команды микросхем 28F016SA

Команда	Первый цикл шины			Второй цикл шины			Третий цикл шины		
	R/W	Адрес	Данные	R/W	Адрес	Данные	R/W	Адрес	Данные
Read Extended Status Register (чтение дополнительных регистров)	W	X	xx71h	R	RA	GSRD BSRD	-	-	-
Page Buffer Swap (смена буфера)	W	X	xx72h	-	-	-	-	-	-
Read Page Buffer (чтение буфера)	W	X	xx75h	R	PBA	PBD	-	-	-
Single Load to Page Buffer (одиночная запись в буфер)	W	X	xx74h	W	PBA	PBD	-	-	-
Sequential Load to Page Buffer x8/x16 (последовательная запись в буфер)	W	X	xxE0h	W	X	BCL/ WCL	W	X	BCH/ WCH
Page Buffer Write to Flash x8/x16 (перепись буфера в массив)	W	X	xx0Ch	W	A0	BC (L,H)/ WCL	W	X	BC (H,L) WCH

Two-Byte Write x8 (двухбайтное программирование в режиме x8)	W	X	xxFBh	W	A0	WD(L,H)	W	WA	WD(H,L)
Lock Block/Confirm (защита блока)	W	X	xx77h	W	BA	xxD0h	-	-	-
Upload Status Bits/Confirm (выгрузка состояния блока в GSR)	W	X	xx97h	W	X	xxD0h	-	-	-
Upload Device Information (выгрузка информации об устройстве)	W	X	xx99h	W	X	xxD0h	-	-	-
Erase All Unlocked Blocks/Confirm (стирание всех незащищенных блоков)	W	X	xxA7h	W	X	xxD0h	-	-	-
RY/BY# Enable to Level- Mode (разрешение отображения GSR.7 потенциалом)	W	X	xx96h	W	X	xx01h	-	-	-
RY/BY# Pulse-On-Write (импульс по окончании программирования)	W	X	xx96h	W	X	xx02h	-	-	-
RY/BYS Pulse-On-Erase (импульс по окончании стирания)	W	X	xx96h	W	X	xx03h	-	-	-
RY/BY# Disable (запрет сигнала RY/BY#)	W	X	xx96h	W	X	xx04h	-	-	-
Sleep (режим ожидания)	W	X	xxF0h	-	-	-	-	-	-
Abort (отмена операции)	W	X	xx80h	-	-	-	-	-	-

Адрес: BA = Block Address — адрес блока; PBA = Page Buffer Address — адрес внутри буфера; RA = Extended Register Address — адрес дополнительного регистра (BSRx или GSR); WA = Write Address — адрес во флэш-массиве. A0 указывает на порядок следования байт в режиме x8 (при низком уровне BYTE#): 0 = сначала младший, затем старший; 1 = наоборот.

Данные: A0 = Array Data — данные из массива; PBD = Page Buffer Data — данные буфера; WD (L,H) - Write Data (Low, High) — данные для записи в массив; BSRD = BSR Data — информация регистра состояния блока; GSRD = GSR Data — информация глобального регистра состояния.

Счетчики: WC (L,H) " Word Count (Low, High) — счетчик слов. WCL=0 соответствует записи одного слова. Для буфера 256 байт WCH=0. BC (L,H) = Byte Count (Low, High) — счетчик байт. WCL=0 соответствует записи одного байта. Для буфера 256 байт WCH=0.

Микросхема 28F032SA представляет собой два параллельно соединенных кристалла 28F016SA в одном корпусе. Входы CE# одного из них соединены с выводами CE0# и CE1#, второго — с CE0# и CE2#.

#### **Флэш-память третьего поколения**

Современные микросхемы, выполненные по технологии *SmartVoltage*, допускают стирание и программирование при напряжении Vpp как 12 В, так и 5 В. В последнем случае эти операции занимают больше времени. Кроме того, операции чтения возможны при пониженном (3,3 и даже 2,7 В) напряжении питания Vcc, при этом снижается потребление, но увеличивается время доступа.

Для управления защитой данных введен логический сигнал WP# (Write Protect). При его высоком уровне программирование и стирание защищенных блоков выполняются так же, как и остальных. При низком уровне WP# модификация защищенных блоков возможна только при наличии высокого (12 В) напряжения на входе RP#.

Для полной защиты от стирания и программирования на вход Vpp должен подаваться низкий логический уровень (или 0 В), а не 5 В, как у микросхем с 12 В программированием.

Настройка (оптимизация потребления и быстродействия) происходит по уровню напряжения на выводе Vcc по включении питания, переход на другое значение должен производиться через выключение питания.

Сориентироваться в микросхемах класса Boot-Block помогут табл. 8.35 и 8.36.

Таблица 8.35. Питание микросхем флэш-памяти

Обозначение микросхемы	Vpp, В	Vcc, В
28FxxxBV, 28FxxxCV	5 или 12	3,3 или 5
28FxxxBE, 28FxxxCE	5 или 12	2,7 или 5
28FxxxBX, 28FxxxBN	12	5
28FxxxBL	12	5 или 3,3

Таблица 8.36. Организация и идентификация микросхем Boot block 28Fxxx

XXX	Емкость, бит	Boot, Кб	Parm, Кб	Main, Кб	D_Id-T	D_Id-B
001	128К×8	8	2×4	128	94h	95h
002	256К×8	16	2×8	96 + 128	7Ch	7Dh
200	256К×8/128К×16	16	2×8	96 + 128	2274h	2275h
004	512К×8	16	2×8	96 + 3×128	78h	79h
400	512К×8/256К×16	16	2×8	96 + 3×128	4470h	4471h
008	1М×8	16	2×8	96 + 7×128	98h	99h
800	1М×8/512К×16	16	2×8	96 + 7×128	889Ch	889Dh

Boot, Main, Parm — количество и размеры Boot-блока, основных блоков и блоков параметров. D\_Id-T и D\_Id-B — идентификаторы устройства для микросхем с верхним и нижним расположением Boot-блока. Для фирмы Intel код производителя M\_Id~89h.

#### 8.5.1.4. Накопители на электронной (полупроводниковой) памяти.

В настоящее время все большее распространение находят накопители информации, носителями которой являются полупроводниковые элементы. Совокупность этих элементов, конструктивно выполненных в виде интегральных КМОП (CMOS)-микросхем, иногда называют *твердотельной памятью*. Емкость элементов твердотельной памяти уже сегодня достигает 1 Гбайт и выше. Наибольшее распространение получили накопители на флэш-памяти.

**Накопители на Flash-памяти.** В 1994 г. компания Intel освоила серийное производство микросхем Flash-памяти по 0,6-микронной технологии Etox-IV, что позволило добиться увеличения объема хранимой на кристалле информации до 32 Мбайт. Твердотельную Flash-память целесообразно использовать для мобильных приложений, так как, наряду с устойчивостью к неблагоприятным внешним воздействиям, соответствующие микросхемы имеют сравнительно малое среднее время доступа к данным, низкое энергопотребление, высокую емкость, небольшой вес и размеры. Основные характеристики накопителей на Flash-памяти представлены в табл. 8.37.

Таблица 8.37. Основные характеристики накопителей на Flash-памяти

Характеристика	Значение
Среднее время доступа к данным в режиме считывания, нс	35 - 200
Среднее время записи 1 байта, мкс	8 - 10
Среднее время стирания блока данных, с	1 - 2
Количество циклов записи/стирания	100000
Емкость микросхем, Мбайт	0,256 - 32,000
Рабочее напряжение (при считывании), В	5,0; 3,3
Напряжение стирания/программирования, В	12

Существует несколько разновидностей накопителей на Flash-памяти. Так, накопители фирмы M-Systems (Flash-диски) имеют емкость 1 — 896 Мбайт и полностью эмулируют работу накопителей на жестких магнитных дисках. Эти устройства отличает повышенная надежность,

поскольку они сохраняют работоспособность при температурах от  $-40$  до  $+85^{\circ}\text{C}$  и выдерживают ударные ускорения до  $1000\text{ g}$ .

Микросхемы Flash-памяти применяются в аппаратах сотовой связи и цифровых фотоаппаратах. Так, фирмы Polaroid, Panasonic и Kodak объявили о намерении установить в цифровые фотоаппараты накопители на Flash-памяти емкостью 60 Мбайт, что позволит хранить в них до 60 кадров (без сжатия данных).

Накопители (карты) на Flash-памяти не содержат движущихся частей и не требуют электропитания в режиме хранения информации. Информация может многократно обновляться. Стоит, однако, заметить, что эти накопители сравнительно дороги, хотя, по мере насыщения рынка, цены постепенно снижаются. Борьба за первенство на рынке твердотельных карт памяти идет между двумя основными соперниками: Compact Flash и Smart Media. Compact Flash-карты, разработанные фирмой San Disk (США), подобны миниатюрным PCMCIA-картам, их используют в своих камерах и мобильных компьютерах. Фирмы Canon, HP, Kodak, NEC, Sharp и др. Smart Media-карты, известные также как SSFDC (*Solid State Floppy Disk Card*), используются фирмами Agfa, Fuji, Minolta и Olympus. Они просты по устройству и настолько тонки (как телефонные магнитные карты), что легко размещаются в камере, либо в PCMCIA слоте (TYPE I и TYPE II). Как и для Compact Flash-карт, для Smart Media-карт существуют адаптеры, позволяющие переносить записанные в цифровом виде изображения на электронные устройства обработки информации. Smart Media-карты выпускаются емкостью от 2 до 64 Мбайт в двух вариантах: с напряжением питания 5 и 3,3 В.

Фирмы Intel и Konica также работают над созданием накопителей на твердотельной памяти. В конце 1997 г. был анонсирован формат карт Miniature Card, которые разрабатываются по технологии, предусматривающей применение полимерных контактов, не подверженных окислению.

## 8.5.2. ОСНОВЫ ПАМЯТИ НА ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ МАГНИТНЫХ ДОМЕНАХ.

Интерес к ВЗУ на цилиндрических магнитных доменах (ЦМД) вызван отсутствием в них механически движущихся элементов и высокой надежностью, что особенно важно для управляющих ЭВМ. Сравнительно высокая стоимость ВЗУ на ЦМД ограничивает их использование.

### 8.5.2.1. Общие сведения.

Цилиндрические магнитные домены могут образовываться в тонких пленках некоторых магнитных материалов, обладающих свойством магнитной анизотропии. Материал пленки легко намагничивается в направлении, перпендикулярном поверхности, и при отсутствии внешнего магнитного поля вся пленка разбивается случайным образом на области, направления намагниченности которых противоположны (рис.8.111,а). На рисунке северный полюс обозначен точкой (острием стрелки), а южный — перекрестием. Магнитные моменты областей с различными направлениями намагниченности взаимно компенсируются, так что суммарные площади с противоположными направлениями намагниченности равны. При сильном внешнем магнитном поле, направленном перпендикулярно поверхности пленки и имеющем напряженность выше  $H_c$ , все области пленки приобретают одинаковое направление намагниченности. Это направление сохраняется, если напряженность внешнего магнитного поля (поля смещения), будет снижена до величины  $H_{cm}$ , несколько меньшей  $H_c$ .

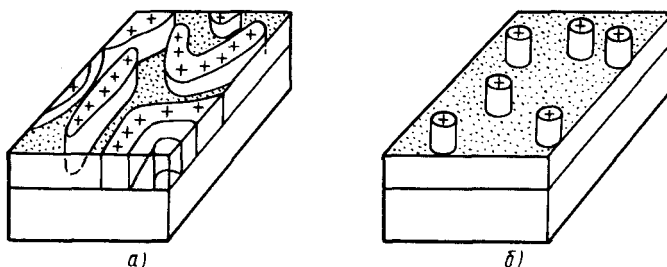


Рис.8.111. Зоны противоположной намагниченности, возникшие случайным образом - а; цилиндрические магнитные домены, полученные локальным намагничиванием пленки - б .

Если теперь воздействовать на отдельные участки пленки магнитным полем противоположной направленности, то в точках воздействия образуются изолированные области цилиндрической формы, направление намагниченности которых противоположно направлению

намагниченности остального материала пленки и полю смещения (рис.8.111,б), называемые *цилиндрическими магнитными доменами*. ЦМД сохраняются и после снятия порождающего поля; они могут перемещаться в плоскости слоя пленки под действием внешнего магнитного поля, направленного вдоль пленки.

Таким образом, ЦМД используется для запоминания одного бита информации; тонкая магнитная пленка, в которой образуются домены, является запоминающей средой, а средства, служащие для продвижения ЦМД по определенной траектории, - доменопроводящей структурой.

В качестве материала запоминающей среды используют эпитаксиальные пленки магнитного граната (на подложке из немагнитного граната) и аморфные металлические магнитные пленки (на аморфной подложке). Материалы на основе гранатов позволяют получать ЦМД диаметрами 0,5-6 мкм; аморфные металлические материалы — ЦМД диаметром 0,2-0,6 мкм, что обеспечивает более высокую плотность размещения информации в ЗУ, но приводит к ряду технологических трудностей.

Переход от одного направления намагниченности материала запоминающей среды к противоположному направлению намагниченности ЦМД происходит в некоторой области, называемой стенкой. Если изменение намагниченности в стенке происходит так, как показано на рис.8.26, то ее называют стенкой Блоха. Стенки могут быть с левым и правым вращением, а также с более сложной структурой. Структура стенки оказывает влияние на динамические характеристики ЦМД.

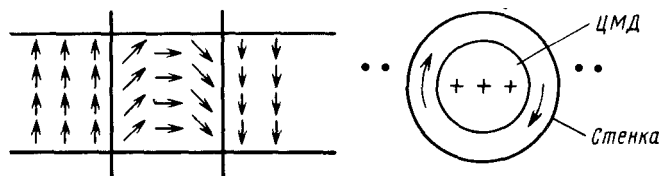


Рис. 8.112. Изменение намагниченности в стенке цилиндрического магнитного домена.

### 8.5.2.2. Основные функциональные узлы ЗУ на ЦМД.

Запоминающие устройства на основе ЦМД строят в виде сдвиговых регистров. Основными функциональными узлами таких ЗУ являются:

- узел сдвига двоичного кода, представленного совокупностью ЦМД в запоминающей среде, т.е. доменопроводящая структура;
- узел запоминания и стирания, т.е. генератор и аннигилятор ЦМД;
- узел считывания, т.е. детектор ЦМД.

Помимо указанных функций в реальных структурах ЗУ на ЦМД возникает необходимость передачи ЦМД из одного регистра в другой без сохранения (переключение) или с сохранением ЦМД в первом регистре (репликация).

**Доменопроводящая структура.** ЦМД может смещаться в плоскости запоминающей пленки под действием внешнего магнитного поля, направленного вдоль пленки. Для перемещения ЦМД по заданной траектории на запоминающий слой наносят аппликации из магнитомягкого изотропного материала (например, пермаллоя) в виде тонкой пленки (толщиной 0,4-1,5 мкм). Затем с помощью электромагнитов создается вращающееся магнитное поле  $H_\psi$ , приводящее к намагничиванию этих аппликаций. Вследствие взаимодействия магнитного поля

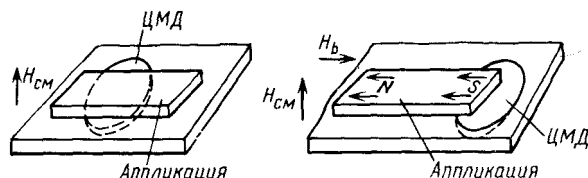


Рис. 8.113. Продвижение домена под аппликацией.

домена и поля, создаваемого аппликацией, ЦМД сдвигаются вдоль градиента поля к одному из ее концов (рис.8.113).

Для того чтобы ЦМД сдвигался только в одном направлении при вращении поля  $H_\psi$ , рисунок аппликаций должен отвечать определенным требованиям, а именно, должна создаваться «энергетическая» ловушка доменов; продвижение доменов должно осуществляться от одной ловушки к другой. Этот процесс иллюстрируется рис.8.114,а для Т-образных аппликаций. На рис.8.114,б показаны другие используемые структуры: Y - образные, в виде

симметричных и несимметричных шевронов, с непрерывными направляющими.

При вращении продвигающего магнитного поля  $H_b$  с вектором напряженности, параллельным плоскости запоминающего слоя и слоя аппликаций, последовательно изменяется положение северного (-) и южного (+) полюсов на каждой из аппликаций. При этом ЦМД, обозначаемый на рисунке черным кружком, последовательно переходит к ближайшему южному полюсу, перемещаясь от аппликации к аппликации. Структуры с непрерывными направляющими более сложны технологически, но обеспечивают более высокую плотность размещения информации. Наиболее распространены структуры на основе аппликаций в виде несимметричных шевронов и с непрерывными направляющими.

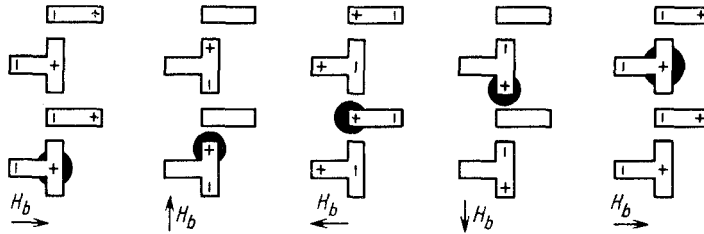


Рис. 8.114,а. Продвижение домена по Т-образным аппликациям.

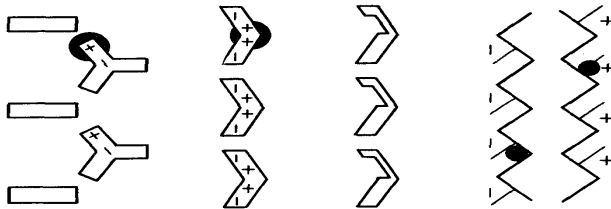


Рис. 8.114,б. Доменопродвигающие структуры: Y – образные; в виде симметричных и несимметричных шевронов; с непрерывными направляющими.

**Генераторы и аннигиляторы ЦМД.** Генератор ЦМД, т.е. схема записи единиц, наиболее часто выполняется в виде печатного проводника, имеющего форму петли и расположенного в доменопродвигающем слое. При подаче тока в этот проводник в области петли создается магнитное поле, напряженность которого достаточна для изменения направления намагниченности участка запоминающего слоя, расположенного непосредственно под петлей, т.е. для создания ЦМД. С помощью петли с током формируются ЦМД с диаметром более 1 мкм. Созданный ЦМД передается затем в доменопродвигающую структуру.

**Аннигиляция ЦМД,** т.е. запись «0», осуществляется аналогично, однако ток в петлеобразном проводнике должен создавать магнитное поле противоположной полярности. Подлежащий уничтожению ЦМД перемещается внутрь петли, а затем через нее пропускается импульс тока, создающий магнитное поле, совпадающее по направлению с полем смещения. Суммарная напряженность магнитного поля на участке запоминающего слоя под петлей аннигилятора становится больше  $H_c$  и ЦМД разрушается.

**Детекторы ЦМД.** Для считывания информации необходимо иметь средства обнаружения ЦМД в запоминающем слое. Для этой цели наиболее часто используют свойство некоторых материалов изменять электрическое сопротивление при изменении магнитного поля.

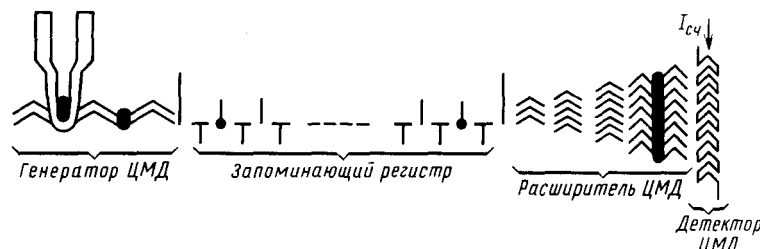


Рис.8.115. Структура с расширителем доменов.

Таким свойством, в частности, обладают пермаллоевые материалы. Электрическое сопротивление пермаллоевой полоски изменяется в зависимости от того, находится под ней ЦМД или нет. Однако, поскольку магнитное поле, создаваемое ЦМД, невелико, для получения выходного сигнала требуемой амплитуды ЦМД «растягивают». Магнитное воздействие

растянутого домена оказывается достаточным для выделения сигнала «1» или «0». Растягивание домена производится последовательностью шевроновых аппликаций. Растянутый домен проходит под плоскостью соединенных последовательно шевронов, при этом их электрическое сопротивление изменяется (рис.8.115).

Детекторы выполняют по мостиковой схеме. В одно плечо моста включают магниторезистор, в который передается растянутый ЦМД из сдвигового запоминающего регистра, в противоположное плечо моста — аналогичный магниторезистор, но не соединенный с запоминающим регистром. Таким образом, под вторым из этих магниторезисторов ЦМД всегда отсутствуют. При считывании «0» разностный сигнал, выделяемый детектором, равен нулю, а при считывании «1» (при наличии ЦМД под первым из магниторезисторов)—отличен от нуля. Влияние вращающего магнитного поля продвижения сказывается одинаково на оба магнитопровода.

Для создания ЗУ на основе ЦМД необходимо также реализовать функции *переключателя*. Существует несколько способов организации переключения направления передачи ЦМД. Один из наиболее простых заключается в том, что ЦМД подвергается растяжению, а затем посредством аннигилятора средняя часть растянутого домена разрушается, что приводит к образованию двух ЦМД, иными словами происходит *репликация*. Репликацию можно произвести и без использования аннигилятора путем продвижения ЦМД через шевронную структуру растяжения, в которой отсутствует средняя часть. Затем один из реплицированных ЦМД разрушается аннигилятором. Это равносильно наличию переключателя, управляемого импульсами тока.

### 8.5.2.3. Структура запоминающего устройства.

Простейшая структура ЗУ на ЦМД (рис.8.116) включает в себя кольцевой сдвиговый регистр 1, узел записи - генератор ЦМД 2, узел стирания - аннигилятор 3, узел считывания 4 и репликатор 5.

Все эти элементы выполнены в виде соответствующих аппликаций на запоминающем слое. Последовательный код, подлежащий запоминанию, подается на усилитель-формирователь тока записи генератора ЦМД 2. В случае, если заносимый в ЗУ бит содержал «1», формируется ток записи, который приводит к образованию ЦМД. Запись информации в регистр 1 синхронизирована с магнитным полем продвижения, т.е. за один полный цикл изменения вращающегося магнитного поля сформированный генератором ЦМД передается в первую позицию регистра 1. В этот момент на усилитель-формирователь тока записи подается следующий разряд кода. После завершения второго цикла изменения поля продвижения первый записанный бит окажется во второй позиции регистра, а второй бит — в первой позиции.

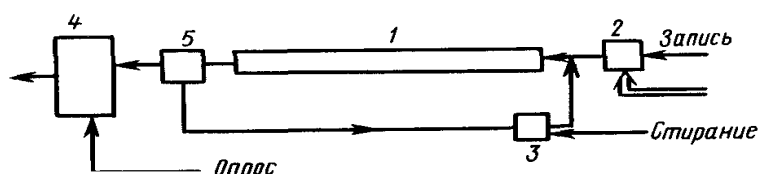


Рис. 8.116. Простейшая структура ЗУ на ЦМД.

Таким образом после  $n$  циклов изменения поля продвижения в регистр 1 записывается  $n$ -разрядное число. Это число каждым следующим тактом продвигается на одну позицию вперед в кольцевом регистре. Когда ЦМД достигает позиции репликатора 5, домен расщепляется, причем один из образованных доменов передается на следующую позицию регистра, а второй — в схему считывания 4. При необходимости прочтения информации на схему считывания 4 подается сигнал опроса.

Для записи новой информации предыдущая должна быть разрушена; с этой целью в моменты времени, когда подлежащие стиранию информационные биты располагаются в позиции узла стирания 3, на него подается ток записи «0», т.е. ток аннигиляции ЦМД. Записанная информационная последовательность непрерывно перемещается в кольцевом сдвиговом регистре. Максимальная задержка между моментом запроса информации и моментом, когда она станет доступной, составит

$$T_d = T_b n,$$

где  $T_b$  — длительность одного цикла изменения поля продвижения;

$n$  — длина кольцевого сдвигового регистра. Задержку в выдаче информации относительно момента запроса называют временем доступа и характеризуют средним значением

$$T_{д.ср} = (T_b n) / 2.$$

Для значений частоты поля продвижения  $1/T_b$  - (100-300) кГц и длины регистра  $n = 16K$  среднее время доступа  $T_{д.ср} = (25-80)мс$ .

Для рассмотренной структуры ЗУ на ЦМД увеличение объема памяти приводит к увеличению времени доступа. Более современные ЗУ на ЦМД имеют более сложную структуру, называемую часто минор-мажорной. Такая структура включает в себя  $m$  кольцевых сдвиговых регистров хранения информации длиной  $n_i$  бит каждый (минорные регистры) и один или два главных (мажорных) регистра ввода-вывода, служащих для организации записи и чтения.

Структура ЗУ на ЦМД с одним главным регистром приведена на рис.8.117 (левая схема). Посредством генератора ЦМД 4 производится запись последовательного кода в главный сдвиговый регистр 3. После занесения всего числа в главный регистр подается сигнал на переключатели 2, которые передадут ЦМД в кольцевые регистры хранения 1. Таким образом, если записывается последовательность  $m$ -разрядных чисел, то в одном регистре хранения размещаются одноименные разряды всех чисел, а все разряды одного числа распределяются по разным регистрам хранения. Положение одного числа условно показано точками. Кольцевые регистры хранения работают аналогично. Если длина запоминаемых чисел равна числу регистров хранения, то среднее время доступа

$$T_{д.ср} = (T_b n_i) / 2$$

$n_i$  - длина регистра хранения, а объем такого ЗУ  $n = m n_i$ .

Стирание и считывание информации в этой структуре выполняется с помощью переключателя 2, репликатора 5 и детектора 6. Подлежащая считыванию информация в момент, когда она находится в позиции переключателя 2, передается из регистров хранения в главный регистр. После этого производится считывание из главного регистра аналогично тому, как описано для последовательной структуры. Для синхронизации передачи ЦМД из рабочих в главный регистр в нем предусматриваются две позиции для каждого рабочего регистра, что приводит к увеличению времени считывания информации

$$T_{сч} = 2T_b m$$

Однако существуют структуры ЗУ на ЦМД, позволяющие избежать увеличения времени записи-считывания; в таких структурах обычно предусматриваются самостоятельные отдельные главные регистры для записи-считывания четных и нечетных позиций числового кода. Кроме того, можно все рабочие регистры разбивать на несколько групп, каждая из которых будет объединена своим общим только для регистров этой группы главным регистром. Наличие нескольких групп рабочих регистров, в которых сдвиг хранимой информации осуществляется одновременно, позволяет использовать одну из таких групп для хранения управляющей информации.

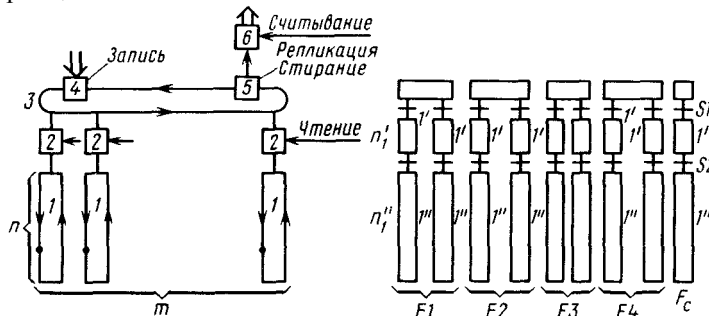


Рис. 8.117. Структуры ЗУ с дополнительными регистрами.

Кроме того, в рабочих регистрах ЗУ на ЦМД могут быть предусмотрены переключатели, посредством которых рабочие кольцевые регистры длиной  $n_i$  разбиваются на два кольцевых регистра неравной длины  $n'_i$  и  $n''_i$  рис.8.117 (правая схема). В режиме хранения информации регистры ( $n'_i$ ) и ( $n''_i$ ) посредством переключателей соединены последовательно и ЦМД продвигаются по «большому» кольцу единого рабочего регистра. В режимах записи и считывания переключатели «разрезают» большой кольцевой регистр на два. При этом подлежащая считыванию информация размещается по малым кольцевым регистрам ( $n'_i$ ). Такая структура позволяет ускорить процесс ввода-вывода, а также обеспечивает возможность использования логической организации информации, принятой для ЗУ со сменными пакетами.

Рассмотрим следующий пример на рис.8.117 (правая схема). Пусть в ЗУ на ЦМД хранится совокупность записей  $\{R_i\}$ , каждая из которых включает четыре поля  $R_i = (F1_i, F2_i, F3_i, F4_i)$ . Для хранения каждого поля записей предусмотрены отдельные группы рабочих регистров; кроме того, предусмотрен регистр для хранения управляющей информации (управляющее поле  $F_{св}$ ).



Пусть необходимо найти и прочитать среди записей  $F_{i,}$  те, у которых поля  $F_{3i}$  и  $F_{4i}$  отвечают некоторым условиям, например,  $F_{3i} = F_{3эт}$ , а  $F_{4i} > F_{4эт}$ . Работа ВЗУ в этом случае может быть организована следующим образом. Вначале производится последовательное считывание полей  $F_{3i}$  и сравнение их с эталонным  $F_{3эт}$ . При обнаружении совпадения в позицию поля управления  $F_{ci}$ , соответствующую записи  $R_i$ , для которой выявлено совпадение содержимого полей  $F_{3i}$  и  $F_{3эт}$ , заносится единица. Затраты времени на эту операцию могут быть оценены как  $t_1 = T_n m_3$ , где  $m_3$  - длина поля  $F_3$ . Затем аналогичным образом проверяется второе условие, для чего производится считывание полей  $F_{4i}$ , на это уходит  $t_2 = T_n m_4$ . В случае, если условие не выполнено, то в управляющее поле  $F_{ci}$  записывается «0». Таким образом, после завершения этих двух операций считывания в поле  $F_{ci}$  будут сохранены единицы только в тех позициях, которые соответствуют искомым записям. Следующий шаг заключается в считывании записей  $R_i$ , для которых  $F_{ci}$ , равно «1». Такая последовательность действий позволяет найти нужные записи без считывания всего содержимого памяти. Если известна область, где могут находиться искомые записи, то время поиска можно уменьшить. Для этого в момент, когда область находится в регистрах  $n'_1$ , в ключи  $S_2$  подается сигнал, на «разрезание» регистров. Теперь поиск ограничен длиной регистров  $n'_1$ , что приводит к уменьшению времени поиска  $t_1$  и  $t_2$ , а также времени на непосредственное считывание записей из поля  $F_c$ . После завершения операции записи-чтения сигнал с переключателей снимается.

Если логическую структуру данных в ВЗУ на ЦМД организовать аналогично НМД, то его можно рассматривать в качестве «электронного диска» и использовать те же системные программы, что и для НМД.

### Контрольные вопросы

1. Перечислите разновидности электронной памяти.
2. Что такое EEPROM и FLASH.
3. Охарактеризуйте флеш-память фирмы Intel.
4. Что представляют собой накопители на флеш-памяти?
5. Опишите цилиндрические магнитные домены (ЦМД) и основные узлы ЗУ на ЦМД.
6. Приведите пример структуры ВЗУ на ЦМД и опишите основные операции.

Достаточно подробное описание EEPROM и FLASH приведено в [2] Монография [47] посвящена ЗУ на ЦМД. Принципы построения ЗУ на ЦМД рассмотрены также в [1].

В данном разделе использованы основные материалы из [1,2].

## 8.6. Перспективы развития накопителей информации.

В настоящее время средняя емкость накопителя на жестких дисках обычного персонального компьютера равна 8 Гбайт. А ведь всего несколько лет назад накопитель емкостью 200 Мбайт вполне удовлетворял потребности любого пользователя. Если темпы научно-технического прогресса в области компьютерных технологий сохранятся, то через несколько лет накопители на жестких дисках емкостью 40 Гбайт и более станут обычным явлением. Даже тогда, когда технологии создания жестких дисков достигнут своих предельных возможностей, широкий выбор других технологий станет гарантом дальнейшего увеличения емкости накопителей.

Некоторые технологии, например голографической памяти, пока реализуются лишь в научно-исследовательских лабораториях, но не за горами время их практического использования. Другой перспективной, находящейся на уровне концептуальных разработок, является технология хранения информации в виде молекулярных (атомарных) кодограмм, создаваемых и перемещаемых растровым туннельным микроскопом.

Безусловно, ряд технологий, от которых в настоящее время многого ожидают, окажутся тупиковыми, но с такой же уверенностью можно утверждать, что другие получат широкое распространение.

### 8.6.1. НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ НАКОПИТЕЛЕЙ НА ЖЕСТКИХ ДИСКАХ.

Увеличение емкости накопителей на жестких дисках, в первую очередь, сопряжено с увеличением плотности записи данных. Хотя и существуют физические ограничения на предельные размеры магнитных доменов, но пока эти предельные значения не достигнуты. Когда в 1981 г. появились первые IBM PC, плотность записи данных на магнитный диск составляла 2 Мбайт/дюйм<sup>2</sup>.

В настоящее время плотность записи превышает 2 Гбайт/дюйм<sup>2</sup>. В печати появились сообщения, что инженерам фирмы IBM в 1997 г. удалось с помощью магниторезистивной головки достичь плотности записи данных 5 Гбайт/дюйм<sup>2</sup>.

В ближайшей перспективе основным способом увеличения плотности записи данных будет повышение чувствительности головки чтения/записи. Магниторезистивные головки все еще относятся к достаточно современным, имеющим широкие возможности для совершенствования. Когда возможности магниторезистивных головок будут исчерпаны, их заменят, по-видимому, более чувствительные головки типа *spin-valve* (спин-клапан). В основе механизма действия головок, работающих на эффекте спин-клапана, лежит открытый в 1988 г. так называемый GMR-эффект (*Giant Magnito-Resistive effect*) — супермагниторезистивный эффект, заключающийся в том, что использование различных тонкопленочных слоев в конструкции головки обеспечивает повышенное изменение ее сопротивления при прохождении над зонами носителя с различной намагниченностью. При этом достигается более высокая чувствительность магнитной головки. Головки типа спин-клапан, по-видимому, вытеснят магниторезистивные головки в тех областях, где их применение позволит увеличить плотность записи информации до 10 Гбайт/дюйм<sup>2</sup>.

Еще одно достоинство увеличения плотности записи — это повышение производительности системы в целом, поскольку при более плотном расположении информационных битов на поверхности носителя магнитная головка быстрее выполняет операцию чтения. Например, накопитель со скоростью вращения диска 4500 об/мин и высокой плотностью записи данных обеспечивает более высокую производительность, чем накопитель со скоростью вращения 5400 об/мин, но меньшей плотностью записи данных.

Скорость вращения дисков постоянно увеличивается; в большинстве современных накопителей она составляет 4500—7200 об/мин. Лидерами в этой области являются накопители Seagate Cheetah со скоростью вращения 10 тыс. об/мин.

Перспективным направлением повышения производительности компьютеров является увеличение пропускной способности интерфейсов. Альтернативой интерфейсам SCSI могут стать Fiber Channel IEEE 1394 (*FireWire*) и Serial Storage Architecture (SSA).

Важным направлением деятельности всех фирм — производителей накопителей на жестких дисках является повышение предельной емкости дисков. По мере совершенствования технологии записи и уменьшения размеров намагниченных участков поверхности диска неизбежно наступит момент, когда количество энергии, необходимой для сохранения состояния намагниченности, сравняется с величиной тепловой энергии окружающей среды. Иными словами, при достаточно высокой плотности записи данных и малых размерах магнитных

доменов магнитные поля при комнатной температуре будут нестабильными. Это ограничение, называемое *суперпарамагнитным пределом* (*superparamagnetic limit*), соответствует плотности записи (для разных магнитных материалов) 20—50 Гбайт/дюйм<sup>2</sup>, которая, по-видимому, будет достигнута уже в этом десятилетии. Некоторые специалисты считают, что это будет означать окончание совершенствования магнитных дисков, другие же, более оптимистичные, надеются, что суперпарамагнитный предел материалов будет преодолен с появлением новых структур дискового покрытия и новых материалов. Например, разрабатываются магнитные диски, у которых при создании покрытия каждый домен будет изолирован от соседних. Это повысит стабильность магнитных доменов, даст возможность и в дальнейшем совершенствовать технологию хранения информации в накопителях на жестких дисках.

Интересную разработку предложили специалисты фирмы Quinta (подразделение Seagate). Новая технология, названная оптически *наводимый винчестер* (*optically assisted Winchester — OAW*), предполагает использование лазерного луча, который по оптоволоконной линии будет подаваться на магнитную головку записи/чтения и позиционировать ее точно над соответствующим участком поверхности диска. По оценкам специалистов, этот метод позволит повысить поперечную плотность записи данных, по сравнению с существующими, на порядок.

### 8.6.2. НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ НАКОПИТЕЛЕЙ НА ОПТИЧЕСКИХ ДИСКАХ.

Ближайшее будущее оптических дисков связано с развитием технологий DVD. Хотя в настоящее время нет единого мнения специалистов о генеральном направлении развития накопителей DVD и согласованности действий фирм-производителей, по-видимому, новые технологии придут на смену технологиям накопителей CD-ROM и CD-R. Появление на рынке первых накопителей с возможностью перезаписи дисков DVD-RAM (*Random Access Memory* — память с произвольным доступом) ожидалась уже в 1998 г. Их емкость составит 2,6 Гбайт. В спецификациях первого поколения накопителей DVD-RAM предусматривается использование технологии изменения фазового состояния вещества носителя под действием луча лазера. Однако не обязательно, что эта технология будет доминировать в последующие годы. Как вы понимаете, многое в выборе направлений развития технологий накопителей на оптических дисках зависит от согласованности действий фирм-производителей, контролирующих рынок сбыта готовой продукции.

Альтернативой технологии оптических дисков может стать магнитооптическая технология. В частности, в печати появились сообщения о разработке магнитооптической технологии M07, обеспечивающей создание дисков емкостью 6—7 Гбайт. При разработке накопителей M07 предусматривается изменить размер существующего MO-диска (5,25") и сделать его совместимым с дисками со стандартов DVD и CD (120 мм).

Окончательный выбор той или иной технологии зависит от того, какая из них обеспечит более высокие темпы роста плотности записи данных. Один из способов повышения плотности записи данных на носитель — это использование нескольких информационных слоев. В этом отношении преимущество на стороне технологии с изменением фазового состояния носителя, но при ее использовании необходимо решить проблему точной фокусировки лазера для наведения его на нужный слой. В магнитооптических накопителях технология записи данных основана на управлении лазерным лучом и магнитным полем. Фирмой Sony разработана технология, получившая название *магнитного разрешения* (*magnetic resolution*), применение которой позволит MO-накопителям производить более плотную запись данных (за счет уменьшения размеров поляризованных участков носителя информации).

Развитие магнитооптических накопителей планируется осуществлять также в направлении уменьшения размера дисков, т. е. на смену 120-миллиметровым дискам придут, по-видимому, 3,5", что позволит применять их в портативных компьютерах. Возможно, технологии DVD-RAM также будут использовать диски такого размера.

Важным направлением развития оптических накопителей информации является создание совместимых или универсальных дисков. Ведущую роль в этом вопросе занимает Ассоциация по разработке оптических технологий памяти — OSTA. В табл. 8.38 представлены данные о совместимости существующих ныне оптических дисков. В числителе указана совместимость дисков при выполнении операции чтения данных, а в знаменателе — записи. Прочерки в графах свидетельствуют о том, что перед разработчиками стоит еще много проблем в области обеспечения совместимости накопителей на оптических дисках.

Успехи в совершенствовании малогабаритных лазеров дают надежду на дальнейшее увеличение плотности записи данных. Применение лазеров с более короткой длиной волны (зеленая и синяя части видимого спектра) обеспечит при любой оптической технологии

уменьшение размеров одного пита информации.

Таблица 8.38. Совместимость различных оптических дисков

Устройство	Диски ROM	CD-Диски CD-R	Диски CD-RW	Диски DVD-ROM	Диски DVD-R	Диски DVD-RAM
CD-ROM	+/-	+/-	+/-	-	-	-
CD-R	+/-	++	+/-	-	-	-
CD-RW	+/-	++	++	-	-	-
DVD-ROM	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-
DVD-R	+/-	+/-	+/-	+/-	++	+/-
DVD-RAM	+/-	+/-	+/-	+/-	++	++

### 8.6.3. НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ НАКОПИТЕЛЕЙ НА МАГНИТНОЙ ЛЕНТЕ

Многие пользователи уже оценили по достоинству накопители на магнитной ленте как устройства резервного копирования. Их отличает самая низкая удельная стоимость одного мегабайта памяти. Наиболее интересные перспективы, связанные с применением ленточных накопителей, — это разработка схем, обеспечивающих сходство ленточных накопителей с носителями прямого доступа (дисковыми накопителями) по скорости поиска и записи данных. В этом направлении уже сделаны первые шаги, в частности, разработаны программы PGSoft и Direct Tape Access 2.05 фирмы Seagate. Обе эти программы позволяют операционной системе компьютера воспринимать накопители на магнитной ленте как дисковые.

На этапе разработки и другие технологии совершенствования накопителей на магнитной ленте. Так, отделение Eagle фирмы Exabyte занимается проработкой решения, которое обеспечит быстрый доступ к файлам, записанным на ленте и содержащим, например, видеоклипы. На 8-миллиметровой ленте DigiMax предполагается создавать базовые области, или *серводорожки (reference)*, для автоматической записи из каждого видеоклипа некоторого числа кадров, достаточного по времени для того, чтобы, пока система воспроизводит первые кадры, установить головки накопителя на нужный файл данных. Емкость картриджа DigiMax составляет 13 Гбайт (без сжатия информации), он оптимизирован для работы со стандартом сжатия видеозаписей MPEG-2. Вариант оптимизации этого накопителя — возможность изменять скорость движения ленты с тем, чтобы согласовывать ее со скоростью поступления данных при изменении уровня сжатия.

Одна из основных особенностей DigiMax — магниторезистивная головка, захватывающая при чтении и записи одновременно 8 дорожек (каналов). Записанная информация отличается высокой избыточностью, что позволяет при потере одной дорожки не потерять данные в целом. Максимальная скорость передачи данных накопителя DigiMax составляет 2 Мбайт/с, что вполне достаточно для записи и воспроизведения видеоинформации даже при минимальном сжатии. Накопитель примечателен также тем, что он съемный и поставляется с монтажным набором для установки в отсек 5,25".

Фирма Eagle возлагает большие надежды на применение в будущем моделей DigiMax в качестве видеомagneтофонов и на использование в комбинации TV/PC при записи телепередач, просмотра файлов Internet и т. д.

Успех в развитии ленточных накопителей зависит от их производительности. И только в том случае, если считывание информации с ленты будет выполняться со скоростью, близкой к скорости считывания в накопителях на жестких дисках, ленточные накопители будут иметь перспективу. В этом направлении уже ведутся работы по использованию 8-канальных головок (в отличие от одноканальных, применяемых в большинстве современных накопителей на магнитной ленте), а также планируется постепенный переход на 16-канальные головки.

Еще одним направлением развития накопителей на магнитной ленте является применение в ленточных накопителях лазерной технологии, что приведет к появлению так называемой оптической ленты.

### 8.6.4. НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ НАКОПИТЕЛЕЙ НА ТВЕРДОТЕЛЬНОЙ ПАМЯТИ.

Быстрое развитие аппаратных средств и программного обеспечения привело к несоответствию между характеристиками центрального процессора компьютера и системной

памяти. Например, за период с 1980 г. по 1998 г тактовая частота процессора Intel, установленного в персональном компьютере, возросла в 60 раз (с 5 до 300 МГц), а частота, на которой работает системная память, за этот же период возросла только в пять раз (память со страничной организацией — FPM). Даже применение памяти EDO-RAM и SDRAM увеличило быстродействие системы всего в 10 раз. Таким образом, между быстродействием процессора и производительностью системной памяти образовался разрыв. Чтобы преодолеть возникшее несоответствие, многие фирмы—производители, начиная с 1997 г. приступили к разработке новых типов высокоскоростной памяти. На перспективу (до 2000 г.) были определены пять основных направлений совершенствования технологий высокоскоростной системной памяти: SDRAM II (DDR); SLDRAM (SyncLink); RAMBus RDRAM); Concurrent RAMBus; Direct RAMBus.

#### **SDRAM II (DDR)**

Системная память SDRAM II, или DDR (*Double Data Rate* — удвоенная скорость передачи данных), создана на втором этапе развития памяти SDRAM. Основные ее отличия заключаются в том, что, во-первых, работа микросхем памяти SDRAM II синхронизирована с системным таймером, управляющим центральным процессором. Во-вторых, используется специальный алгоритм синхронизации данных DDL (*Delay Locked Loop* — цикл с фиксированной задержкой) для выдачи сигнала DataStrobe, указывающего на возможность доступа к данным, хранящимся в системной памяти. Используя сигнал DataStrobe, контроллер осуществляет синхронизацию данных, передаваемых от нескольких модулей памяти, входящих в один банк. При этом скорость передачи данных вдвое больше, чем при использовании памяти SDRAM (при одинаковой тактовой частоте). Выпуск микросхем системной памяти SDRAM II планировалось в конце 1998 г.

#### **SLDRAM (SyncLink)**

Системная память SLDRAM является результатом дальнейшего развития технологии SDRAM, основанном на использовании расширенной архитектуры модулей памяти в одном банке (до 16 модулей). Применение нового алгоритма управления системной памятью позволяет использовать пакетный протокол для адресации ее ячеек. Передача данных осуществляется в ходе каждого такта системного таймера. Начало промышленного производства SLDRAM намечалось на 1999 г.

#### **RAMBus (RDRAM)**

Системная память RDRAM использует интегрированную на системном уровне технологию обмена данными между микросхемами памяти. Ключевыми элементами RDRAM являются:

- Модули DRAM, базирующиеся на технологии RAMbus
- Ячейки хранения модулей RAMbus ASIC (RACs)
- Схема соединения модулей RAMbus Channel

При создании системной памяти RAMbus используется технология RSL (*Rambus Signal Logic*), позволяющая осуществлять передачу данных на частоте до 600 МГц. Создание микросхем памяти RAMbus идет по трем направлениям: разработка модулей RDRAM, Concurrent RDRAM и Direct RDRAM. Первые два типа микросхем памяти уже производятся, третий находится в стадии разработки. Технология RAMbus запатентована 11 крупнейшими производителями микросхем DRAM, контролирующими 85% рынка.

#### **Concurrent RAMBus**

Технология Concurrent RAMBus позволяет увеличить скорость передачи данных и применяется для модулей RDRAM емкостью 16, 18, 64 и 72 Мбайт. Микросхемы этого поколения RDRAM целесообразно использовать для работы с графическими и мультимедийными приложениями. В основу технологии микросхем Concurrent RAMBus положен новый метод синхронной параллельной передачи данных (чередующихся или перекрывающихся по времени). Применение этой технологии позволяет сохранить совместимость с микросхемами предыдущего поколения и повысить скорость передачи данных до 600 Мбайт/с. Планируется увеличить скорость передачи данных до 800 Мбайт/с.

#### **Direct RAMBus (RIMM)**

Результатом дальнейшего развития системной памяти RDRAM являлось использование технологии Direct RAMBus, благодаря которой предполагалось повысить тактовую частоту работы системной памяти до значений, превышающих 800 МГц. Применение одного модуля Direct RAMBus позволит увеличить скорости передачи информации до 1,6 Гбайт/с.

В табл. 8.39 приведены некоторые характеристики перспективных технологий системной памяти.

Таблица 8.39. Характеристики перспективных элементов системной памяти

Параметр	SDRAM	SDRAM II	SLDRAM	RDRAM	Concurrent RDRAM	Direct RDRAM
Тактовая частота, МГц	125	200	400	600	600	800
Скорость передачи данных, Мбайт/с	125	200	400	600	600	1600
Стандарт системной памяти	JEDEC	JEDEC	SLDRAM Consortium	RAMBUS	RAMBUS	RAMBU
Напряжение питания, В	3,3	3,3	2,5	3,3	3,3	2,5
Год начала производства	1997	1998	1999	1996	1998	1999

Совершенствование твердотельной памяти идет также в направлении создания миниатюрных накопителей информации для использования в бытовых электронных и оптических приборах. Свыше десяти фирм-производителей пришли к соглашению о выпуске новой серии миниатюрных карт Flash-памяти — *Flash Memory Miniature Card* (MC). Этот новый вариант миниатюра устройства памяти по своим габаритам совпадает со спичечным коробком. Стоимость MC емкостью 2 Мбайт составит 45 — 50 USD, а 4 Мбайт — около 80 USD

В настоящее время MC обеспечивают простоту сопряжения компьютеров с такими бытовыми устройствами, как фотокамеры, магнитофоны, сотовые телефоны, системы определения координат, карманные игровые устройства и т. д. Помимо 2- и 4-мегабайтных MC, фирма Intel планирует выпуск 8- и 16-мегабайтных устройств. В дальнейшем намечено довести емкость MC до 64 Мбайт.

MC — не единственные перспективные накопители на твердотельной памяти. Компании SanDisk и Toshiba предлагают аналогичные PC Card, основанные на иных идеях. Фирмой Юмега ведутся разработки миниатюрного картриджа N-hand емкостью 20 Мбайт, стоимость которого, предположительно, составит 12-15 USD.

Широкое применение найдут твердотельные накопители PC-card в различных бытовых устройствах, например портативных системах распознавания речи, органайзерах, системах распознавания рукописного текста и др.

### 8.6.5. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ХРАНЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

Среди зарождающихся технологий наибольший интерес представляет голографическая память, которая находится в стадии лабораторных разработок. Принципы технологии голографической памяти заключаются в следующем. На первом этапе формируется страница с цифровой информацией в виде двумерного изображения. Информационная страница создается с помощью устройства, называемого пространственным модулятором света (*Spatial Light Modulator* — SLM). На втором этапе создается голограмма изображения. Лазерный луч, попадая на дефлектор — систему отклоняющих полупрозрачных зеркал (от лат. *deflecto* — отклоняю, отвожу), — расщепляется на два луча.

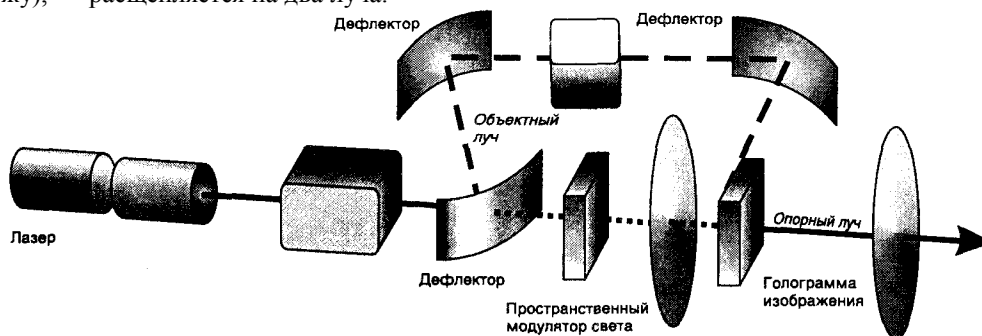


Рис. 8.118. Схема создания голограммы

Один из лучей, называемый объектным, освещает информационную страницу; второй луч, называемый опорным, создает интерференционную картину. Далее происходит наложение двух

лучей, которые создают голограмму. Голограмма сохраняется в запоминающей среде. Для чтения информации используется только опорный луч, которым освещается голограмма для воспроизведения страницы. Изображение считывается с помощью матрицы ПЗС (прибор с зарядной связью), представляющей собой совокупность большого числа фотодетекторов (площадный фотодетектор). Технология создания голограммы и принципы ее считывания представлены на рис. 8.118.

К достоинствам голографической памяти можно отнести то, что голограммы хранятся не в виде изображений, а в виде волновых интерференционных кодограмм. Если разделить такую голограмму на две части, то получатся не две части одного изображения, а два идентичных изображения. Это означает, что случайный дефект носителя данных не приведет к потере части информации. Это свойство проявляется за счет избыточности информации, характерной для всей голограммы.

Для характеристики голографической памяти используется понятие *объемной плотности записи*. В одной запоминающей среде возможно хранение множества различных голограмм, при образовании которых менялась длина волны излучения лазера и его фаза. Поскольку емкость каждой информационной страницы составляет более миллиона бит, а в единичном объеме запоминающей среды теоретически возможно хранение тысячи страниц (так называемого тома *информации*), то потенциальная объемная плотность голографической памяти может достигать триллионов бит, причем размер тома информации не превышает размера монеты достоинством 1 руб.

К числу перспективных технологий, также находящихся в стадии проведения фундаментальных исследований, относятся методы ближнего зондирования (*proximal probe techniques*) с помощью микроскопов АРМ (микроскоп с атомным разрешением) и STM (растровый туннельный микроскоп). Технология АРМ предполагает наведение с помощью микроскопа разогретого острия и прожиг им углублений в материале носителя. Размеры острия и, следовательно, размеры углублений не превышают нескольких нанометров ( $10^{-9}$  м). Плотность записи данных по технологии АРМ может составить сотни гигабайт на квадратный дюйм.

Еще более фантастическими возможностями, по-видимому, будет обладать технология STM, которая предполагает создание схем памяти на молекулярном или атомарном уровне.

### **Контрольные вопросы**

1. Охарактеризуйте перспективы развития накопителей на жестких и оптических дисках.
2. Каковы перспективы развития накопителей на магнитной ленте и твердотельной памяти?
3. По каким направлениям могут развиваться перспективные технологии хранения информации?

Информацию по некоторым направлениям развития технологий хранения информации можно найти в [8]. Последние новости в этих направлениях можно почерпнуть из периодических изданий и на информационных серверах Internet.

В разделе использованы материалы из [8].

## 9. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ ПЕРИФЕРИЙНЫХ УСТРОЙСТВ В ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСАХ, СИСТЕМАХ И СЕТЯХ.

Вычислительные средства объединяются в комплексы (ВК), системы и сети в целях увеличения производительности, обеспечения более высокой надежности, выполнения различных сложных системных функций, обеспечения коллективного использования многими пользователями дорогостоящих периферийных устройств, организации удаленного доступа. Периферийные устройства в ВС и ВК служат не только для ввода исходной информации от объектов внешнего мира, вывода результатов обработки и хранения больших объемов информации во внешней памяти, но и для организации обмена между центральными обрабатывающими устройствами, входящими в состав комплекса, т.е. для организации самого комплекса. Первоначально причиной создания ВК явилась необходимость преодоления противоречия между высоким быстродействием центральных устройств и низкой скоростью работы ПУ. Это противоречие частично разрешено введением в состав ВК специализированных процессоров ввода-вывода, что позволило организовать параллельную работу центрального процессора и большого числа ПУ, что, в свою очередь, привело к увеличению доли периферийного оборудования в составе комплексов и систем.

Если ВК или ВС создаются с целью достижения высокой или сверхвысокой производительности, то для обеспечения полного использования всей потенциальной производительности центральной части требуется большое количество различных ВЗУ и УВВ при достаточно сложной организации работы этого оборудования. Точно также, если создание ВК или ВС направлено на обеспечение высокой надежности и живучести, то это может быть реализовано, как правило, только за счет резервирования оборудования, в том числе и периферийного. Это опять таки требует и увеличения количества ПУ, и усложнения организации их работы. Естественно, способы подключения и организация работы ПУ существенно зависят от характера и структуры ВК и ВС.

### 9.1. Особенности подключения периферийных устройств к вычислительным комплексам и системам.

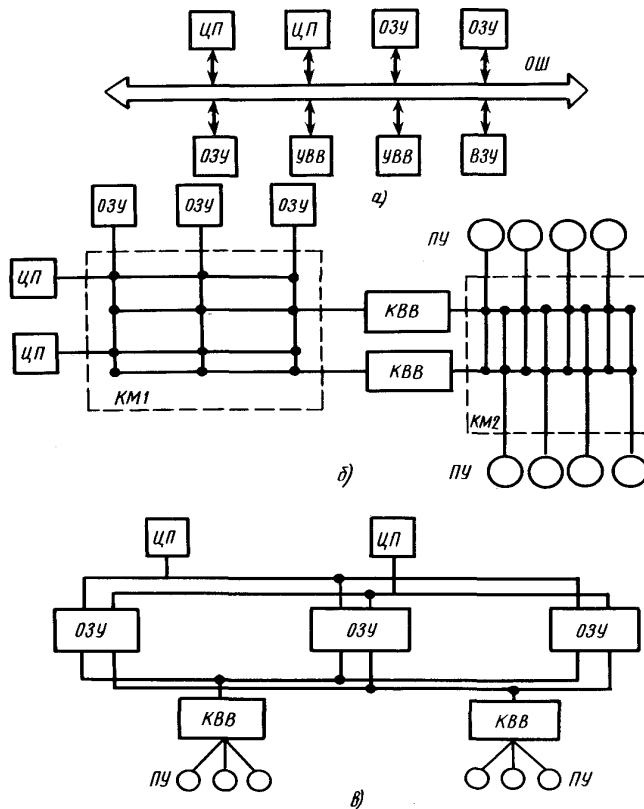


Рис. 9.1. Структурная организация многопроцессорных ВК:



Способы подключения и использования ПУ в значительной части зависят от типа ВК и его структурной организации. Все ВС и ВК принято делить на многопроцессорные и многомашинные.

**В многопроцессорных ВК** несколько процессоров используют модули оперативной памяти и ПУ в качестве общих ресурсов. Различают три типа структурной организации многопроцессорных ВК:

- с общей или разделенной во времени шиной;
- с перекрестной коммутацией;
- с многовходовой оперативной памятью.

**Структура ВК с общей, или разделенной во времени, шиной** обладает наименьшей сложностью (рис.9.1,а). В таком ВК все устройства (центральные и периферийные) связаны между собой общей шиной, по которой осуществляются все обмены информацией. Структура чрезвычайно проста с точки зрения связей: единый объединенный интерфейс для всех устройств позволяет легко добавлять в комплекс необходимые устройства или исключать их из него. Просто решается и организация работы ПУ, чаще всего они (точнее регистры их контроллеров) адресуются как ячейки ОЗУ и не требуют специальных команд (см.гл.3).

Вычислительные комплексы с общей шиной не свободны и от недостатков. Основной из них заключается в том, что производительность ВК полностью зависит от пропускной способности ОШ—ведь взаимодействовать друг с другом в каждый момент времени могут только два устройства — остальные в это время простаивают. Это не позволяет создавать с такой структурной организацией крупные ВК ввиду того, что эффективность использования аппаратуры окажется очень низкой. Вторым недостатком заключается в том, что ОШ оказывается слабым звеном комплекса с точки зрения надежности — выход ее из строя приводит к отказу всего ВК. С первым недостатком борются, создавая высокоскоростные ОШ, в частности, используя оптоволоконные линии связи, со вторым—путем резервирования ОШ. Однако и то и другое существенно усложняет и удорожает ВК.

Свободны от указанных недостатков **многопроцессорные ВК с перекрестной коммутацией** (рис.9.1,б). В этих ВК связи между процессорами (ЦП), модулями ОП (ОЗУ) и процессорами ввода-вывода (ПВВ) осуществляются с помощью специальной коммутационной матрицы (КМ1), которая позволяет осуществлять связь любых устройств друг с другом, причем любые пары устройств могут обмениваться информацией одновременно. При этом обеспечивается высокая производительность ВК и эффективно используются все аппаратные средства. Такая организация хороша и с точки зрения надежности — выход из строя какой либо коммутационной связи приводит к отключению лишь части комплекса, а остальная часть продолжает функционировать.

Недостатком рассматриваемой структуры является сложность коммутационной матрицы, которая должна строиться на высокоскоростной (и достаточно дорогой) элементно-технической базе, чтобы не ограничивать скорости работы центральных устройств. По этой причине ПУ не связываются с центральными устройствами через ту же коммутационную матрицу КМ1, а используется другая матрица КМ2, в которой обычно применяется не столь быстрая и не столь дорогая элементная база, как в КМ1.

**В многопроцессорных ВК с многовходовой оперативной памятью** все функции коммутации устройств переносятся в ОЗУ (рис.9.1,в). Каждое ОЗУ имеет самостоятельную связь с каждым устройством, входящим в состав ВК. Это упрощает коммутацию, хотя и несколько усложняет ОЗУ, которое должно иметь количество входов (выходов), равное числу подключаемых к нему устройств. Совершенно ясно, что в этом случае подключать ПУ прямо к ОЗУ нерационально — это слишком бы усложнило коммутацию в ОЗУ, поэтому ПУ подключаются через КВВ.

Несмотря на различные способы подключения и организации работы ПУ, в многопроцессорных ВК обеспечивается доступ со стороны всех процессоров ко всему периферийному оборудованию.

**В многомашинных ВС**, представляющих собой совокупность нескольких ЭВМ, каждая из которых имеет полный набор всех ресурсов, включая и ПУ, связанных между собой определенными способами для выполнения общесистемных функций, связи ПУ с центральными устройствами и организация их работы практически мало отличаются от того, что имеет место в обычных одиночных ЭВМ.

На рис.9.2 изображена структура ВК, включающего две одинаковые универсальные ЭВМ (ЭВМ1 и ЭВМ2). Каждая ЭВМ имеет в своем составе полный набор необходимых для ее работы устройств. Все ПУ подключены к ЦП через КВВ стандартными способами (см. гл.3). Кроме того, ЭВМ имеют характерные для многомашинных систем связи: через общее ОЗУ (ООЗУ),

канал прямого управления (КПУ), адаптер канал-канал (АКК), а также через ВЗУ. Наличие всех связей необязательно, но обычно в комплексе существует несколько типов связей, причем практически всегда имеется связь через ВЗУ. Эта связь организуется достаточно просто: контроллеры ВЗУ подключаются к двум КВВ разных ЭВМ через двухпозиционный переключатель (ДПК), имеющий два входа и позволяющий подключать ВЗУ к любому каналу. Такая связь позволяет организовать единое поле внешней памяти многомашинного комплекса. Следует отметить, что двухпозиционным переключателем снабжаются практически все ВЗУ универсальных ЭВМ, даже если они и не объединяются в многомашинный комплекс. Это дает возможность подключить ВЗУ к двум разным КВВ; в случае выхода из строя одного из них всегда остается возможность доступа к информации, хранящейся в ВЗУ, через другой КВВ. Такие же средства используются и в ВЗУ многопроцессорных ВК.

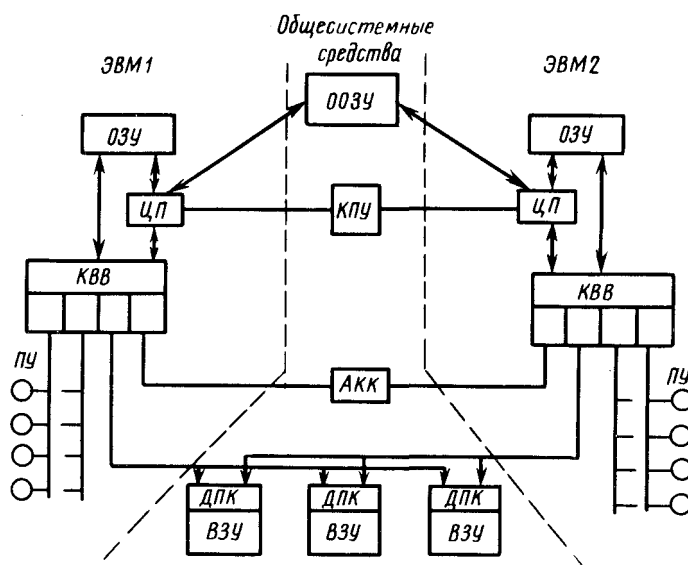


Рис. 9.2. Структура ВК, включающего две одинаковые универсальные ЭВМ.

Как видно из рис.9.2, адаптеры канал-канал (АКК) и многовходовые ВЗУ подключаются к КВВ через стандартный интерфейс ввода-вывода. Таким образом ПУ могут использоваться для построения многомашинных ВК. При объединении в многомашинный комплекс мини-ЭВМ, обладающих объединенным интерфейсом, в качестве специальных ПУ используют переключатели шины, специальные коммутаторы и адаптеры межпроцессорной связи, в которых реализуется принцип «окна» интерфейса или принцип пословного обмена.

Нередко встречаются многомашинные ВК с так называемыми спутниковыми ЭВМ. Входящие в этот комплекс машины неравноценны—обычно это бывает одна мощная быстродействующая полноразрядная ЭВМ и одна или даже несколько ЭВМ существенно (на порядок) меньшей производительности с малой разрядностью. Связь между ними осуществляется через АКК.

Смысл комплексирования заключается в том, чтобы разгрузить мощную ЭВМ от большого количества простых операций, которые необходимо выполнять при вводе и выводе информации. В современных ЭВМ человек—пользователь стремится вводить в ЭВМ и получить от нее информацию в наиболее удобной для него форме (текст, графика, речь), в то время как эта форма совершенно непригодна для обработки в ЭВМ. На перевод из одной формы в другую, да и вообще на организацию ввода/вывода требуется довольно много простых операций над отдельными символами. Тратить на это время мощного процессора просто нерентабельно, и поэтому подключение спутниковой ЭВМ дает значительный эффект и повышает существенно производительность всего комплекса.

Для ВС (ВК, ориентированных на решение определенного класса задач) характерны специфическая структура управления, очень высокое быстродействие и, как следствие, большое количество различных ПУ, обеспечивающих загрузку устройств обработки. Именно ориентация на решение определенного класса задач и позволяет создавать ВС с производительностью  $10^{10}$  —  $10^{13}$  оп./с и более. К таким ВС относятся конвейерные, конвейерно-векторные, матричные и ассоциативные системы. Специфика структуры центральных обрабатывающих устройств ВС практически исключает возможность использования их в какой бы то ни было степени для организации ввода-вывода, поэтому эти функции обычно возлагают на универсальную ЭВМ

среднего класса или мини-ЭВМ. Часто такая ЭВМ выполняет и диспетчерские функции, управляя всем вычислительным процессом.

С развитием микропроцессорной техники в системах ввода-вывода информации стали использовать функционально-ориентированные процессоры и ЭВМ, каждая из которых решает определенную часть общей задачи. Так, в составе ВК могут быть использованы процессор для работы с устройствами ввода и вывода информации, файловый процессор для работы с ВЗУ, графический процессор для работы с устройствами графики, процессор для дистанционной обработки информации и т.п. Такие структуры позволяют реализовать параллельное выполнение всех асинхронных процессов в ВК и ВС и вместе с тем позволяют в широких пределах изменять состав и функции ВС и ВК.

## 9.2. Периферийные устройства в системах дистанционной обработки информации.

Система дистанционной обработки информации (СДОИ) — совокупность аппаратных и программных средств, обеспечивающих передачу информации от пользователя к удаленной ЭВМ с целью ее обработки и обратную передачу результатов обработки к пользователю. СДОИ позволяют эффективно загружать большие вычислительные центры, при этом пользователи через каналы связи с помощью сравнительно простых устройств получают доступ к мощным вычислительным ресурсам, оплачивая только время их непосредственного использования. Развитие ПЭВМ не только не исключило широкого использования СДОИ, но в значительной степени стимулировало их развитие, так как подключение ПЭВМ к высокопроизводительным ЭВМ, входящим в состав СДОИ, позволяло использовать большие банки данных, библиотеки программ и решать сложные задачи.

### 9.2.1. ТИПОВАЯ КОНФИГУРАЦИЯ СДОИ.

Типовая конфигурация СДОИ представлена на рис.9.3. В состав СДОИ входят устройства сопряжения с каналами (УС), аппаратура передачи данных (АПД), каналы связи (КС), терминалы или абонентские пункты (АП) и собственно ЭВМ. Сопряжение всех устройств в СДОИ осуществляется через интерфейсы-стыки (С1, С2, С3), стандартизованные международными соглашениями.

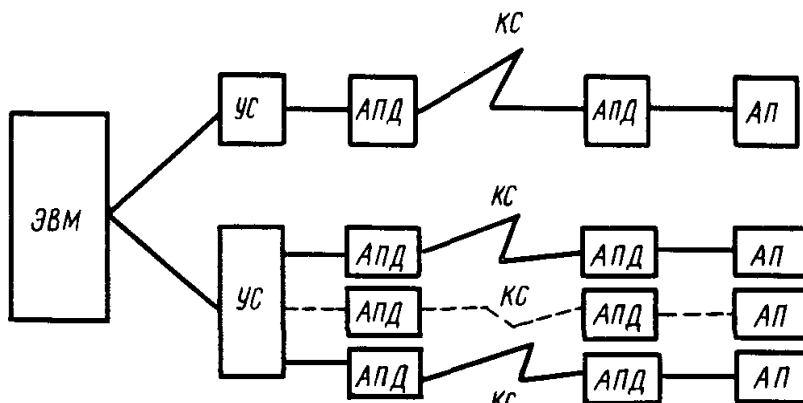


Рис. 9.3. Типовая конфигурация СДОИ.

Любую СДОИ можно рассматривать как совокупность систем обработки и передачи данных. Обработкой данных занимаются мощные центральные ЭВМ и интеллектуальные абонентские пункты, выполненные как правило на основе мини, микро-ЭВМ или ПЭВМ. Вместе с тем ЭВМ и АП совместно с остальными компонентами СДОИ участвуют в процессе обмена информацией и, следовательно, являются составной частью *системы передачи данных*.

#### 9.2.1.1. Типовая система передачи данных

Любая система передачи данных (СПД) может быть описана через три основные свои компоненты. Такими компонентами являются передатчик (или так называемый "источник передачи информации"), канал передачи данных и приемник (также называемый "получателем" информации). При двухсторонней (дуплексной передаче) источник и получатель могут быть объединены так, что их оборудование может передавать и принимать данные одновременно. В простейшем случае СПД между точками А и В (рис. 9.4) состоит из следующих основных семи частей:

- Оконечного оборудования данных в точке А.

- Интерфейса (или стыка) между окончечным оборудованием данных и аппаратурой канала данных.
- Аппаратуры канала данных в точке А.
- Канала передачи между точками А и В.
- Аппаратуры канала данных в точке В.
- Интерфейса (или стыка) аппаратуры канала данных.
- Оконечного оборудования данных в точке В.

Оконечное оборудование данных (ООД) — это обобщенное понятие, используемое для описания

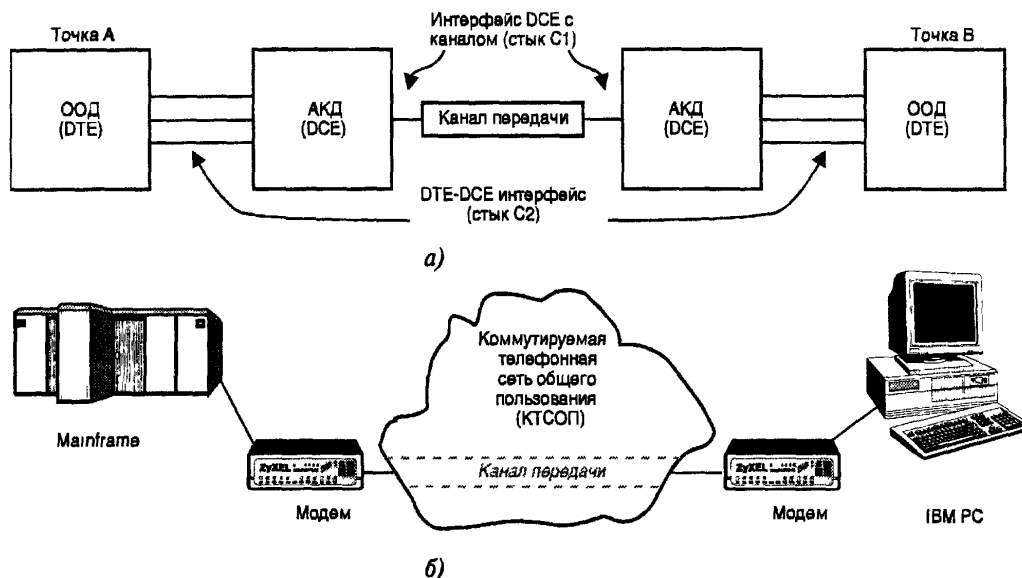


Рис. 9.4. Типовая система передачи данных: а — блок-схема системы передачи данных; б — реальная система передачи данных

оконечного прибора пользователя или его части. ООД может являться источником информации, ее получателем или тем и другим одновременно. ООД передает и (или) принимает данные посредством использования аппаратуры канала данных (АКД) и канала передачи. В литературе часто употребляется соответствующий международный термин — DTE (*Data Terminal Equipment*). Часто в качестве DTE может выступать персональный компьютер, большая ЭВМ (*mainframe computer*), терминал, устройство сбора данных, кассовый аппарат, приемник сигналов глобальной навигационной системы или любое другое оборудование, способное передавать или принимать данные.

Аппаратуру канала данных также называют аппаратурой передачи данных (АПД). Широко используется международный термин DCE (*Data Communications Equipment*). Функция DCE состоит в обеспечении возможности передачи информации между двумя или большим числом DTE по каналу определенного типа, например по телефонному. Для этого DCE должен обеспечить соединение с DTE с одной стороны, и с каналом передачи — с другой. На рис. 9.4., а DCE может являться аналоговым модемом, если используется аналоговый канал, или, например, устройством обслуживания канала/данных (CSU/DSU — *Channel Service Unit/ Data Service Unit*), если используется цифровой канал типа E1/T1 или ISDN (Integrated Services Digital Network - цифровая сеть интегрированных услуг, обеспечивающая коммутируемую связь между узлами в глобальном масштабе). Модемы, разработанные в 60—70-х годах, представляли собой устройства исключительно с функциями преобразования сигналов. Однако в последние годы модемы приобрели значительное количество сложных функций, которые будут рассмотрены ниже.

Слово *модем* является сокращенным названием устройства, осуществляющего процесс МОдуляции/ДЕМОдуляции.

Модуляцией называется процесс изменения одного либо нескольких параметров выходного сигнала по закону входного сигнала. При этом входной сигнал является, как правило, цифровым и называется модулирующим. Выходной сигнал — обычно аналоговый и часто носит название модулированного сигнала. В настоящее время модемы наиболее широко используются для передачи данных между компьютерами через *коммутируемую телефонную сеть общего*

пользования (КТСОП, GTSN — *General Switched Telephone Network*).

Важную роль во взаимодействии DTE и DCE играет их интерфейс, который состоит из входящих/исходящих цепей в DTE и DCE, разъемов и соединительных кабелей. В отечественной литературе и стандартах также часто употребляется термин *стык*.

Соединение DTE с DCE происходит по одному из стыков типа С2. При подключении DCE к каналу связи или среде распространения применяется один из стыков типа С1.

### 9.2.1.2. Каналы связи.

Под *каналом связи* понимают совокупность среды распространения (линий передачи) и технических средств передачи между двумя канальными интерфейсами или стыками типа С1 (см. рис. 9.4). По этой причине стык С1 часто называется канальным стыком. Каналы могут быть как аналоговыми, так и цифровыми. Линии передачи могут быть различными — проводные, кабельные, радиорелейные, волоконно-оптические, инфракрасные, радиолнии и т.п.

**Аналоговые и цифровые каналы.** В зависимости от типа передаваемых сигналов различают два больших класса каналов связи: цифровые и аналоговые.

Цифровой канал является битовым трактом с цифровым (импульсным) сигналом на входе и выходе канала. На вход аналогового канала поступает непрерывный сигнал, и с его выхода также снимается непрерывный сигнал. Как известно, сигналы характеризуются формой своего представления.

Параметры сигналов могут быть непрерывными или принимать только дискретные значения. Сигналы могут содержать информацию либо в каждый момент времени (непрерывные во времени, аналоговые сигналы), либо только в определенные, дискретные моменты времени (цифровые, дискретные, импульсные сигналы).

Цифровыми являются каналы систем ИКМ (импульсно-кодовой модуляции), ISDN, каналы типа T1/E1 и многие другие. Вновь создаваемые СПД стараются строить на основе цифровых каналов, обладающих рядом преимуществ перед аналоговыми.

Аналоговые каналы являются наиболее распространенными по причине длительной истории их развития и простоты реализации. Типичным примером аналогового канала является канал тональной частоты (ктч), а также групповые тракты на 12, 60 и более каналов тональной частоты. Телефонный канал КТСОП, как правило, включает многочисленные коммутаторы, устройства разделения, групповые модуляторы и демодуляторы. Для КТСОП этот канал (его физический маршрут и ряд параметров) будет меняться при каждом очередном вызове.

При передаче данных на входе аналогового канала должно находиться устройство, которое преобразовывало бы цифровые данные, приходящие от DTE, в аналоговые сигналы, посылаемые в канал. Приемник должен содержать устройство, которое преобразовывало бы обратно принятые непрерывные сигналы в цифровые данные. Этими устройствами являются модемы. Аналогично, при передаче по цифровым каналам данные от DTE приходится приводить к виду, принятому для данного конкретного канала. Этим преобразованием занимаются цифровые модемы, очень часто называемые адаптерами ISDN, адаптерами каналов E1/T1, линейными драйверами, и так далее (в зависимости от конкретного типа канала или среды передачи).

Термин модем используется широко. При этом необязательно подразумевается какая-либо модуляция, а просто указывается на определенные операции преобразования сигналов, поступающих от DTE для их дальнейшей передачи по используемому каналу. Таким образом, в широком смысле понятия модем и аппаратура канала данных (DCE) являются синонимами.

**Коммутируемые и выделенные каналы.** Коммутируемые каналы предоставляются потребителям на время соединения по их требованию (звонку). Такие каналы принципиально содержат в своем составе коммутационное оборудование телефонных станций (АТС). Обычные телефонные аппараты используют коммутируемые каналы КТСОП. Кроме того, коммутируемые каналы предоставляет *цифровая сеть с интеграцией служб* (ISDN — *Integrated Services Digital Network*).

Выделенные (арендованные) каналы арендуются у телефонных компаний или (очень редко) прокладываются самой заинтересованной организацией. Такие каналы являются принципиально двухточечными. Их качество в общем случае выше качества коммутируемых каналов по причине отсутствия влияния коммутационной аппаратуры АТС.

**Двух- и четырехпроводные каналы.** Как правило, каналы имеют двухпроводное или четырехпроводное окончание. Для краткости их называют, соответственно, двухпроводными и четырехпроводными.

Четырехпроводные каналы предоставляют два провода для передачи сигнала и еще два провода для приема. Преимуществом таких каналов является практически полное отсутствие влияния сигналов, передаваемых во встречном направлении.

Двухпроводные каналы позволяют использовать два провода как для передачи, так и для приема сигналов. Такие каналы позволяют экономить на стоимости кабелей, но требуют усложнения каналообразующей аппаратуры и аппаратуры пользователя. Двухпроводные каналы требуют решение задачи разделения принимаемого и передаваемого сигналов. Такая развязка реализуется при помощи дифференциальных систем, обеспечивающих необходимое затухание по встречным направлениям передачи. Неидеальность дифференциальных систем (а идеального ничего не бывает) приводит к искажениям амплитудно-частотных и фазо-частотных характеристик канала и к специфической помехе в виде эхо-сигнала.

Обычно в СДОИ и СПД используются существующие каналы связи общего назначения: телеграфные (Тг), телефонные (Тф), радиорелейные, радиоканалы и др.

**Важнейшими характеристиками каналов** связи являются: пропускная способность, т.е. максимальное количество двоичных единиц информации, которое можно передать в единицу времени; достоверность передачи, характеризуемая вероятностью искажения отдельной единицы информации.

**Пропускная способность канала** определяется полосой частот, эффективно передаваемых по данному каналу. Полоса частот зависит от физической реализации канала и колеблется от единиц килогерц до десятков и сотен гигагерц (ГГц). Широкополосные линии связи позволяют реализовать несколько каналов связи, при этом каждому каналу связи выделяется своя полоса частот. Ширина этой полосы зависит от требуемой скорости передачи данных: чем выше скорость, тем шире выделенная полоса. Так, например, в стандартной телефонной линии связи (Тф), имеющей полосу шириной 3,1 кГц (от 300 Гц до 3400 Гц), можно создать до 20 каналов связи со скоростью передачи данных 50 бит/с, или до 10 каналов — со скоростью 100 бит/с, или один канал со скоростью 1200 бит/с (имеется ввиду сигнальная скорость).

Для СДОИ скорости передачи данных стандартизовались. Они имели следующие значения: 200, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 12000, 24000, 48000 и 96000 бит/с. Однако в реальных СДОИ часто использовались еще и две нестандартные скорости — 50 и 100 бит/с. (При использовании цифровых систем и каналов передачи данных пропускная способность канала измеряется, как правило, в величинах, кратных 64 Кбит/с).

**Достоверность передачи информации** по реальным линиям связи весьма невысока — она колеблется от  $10^{-3}$  до  $10^{-6}$ . Это совершенно недостаточно для качественной передачи информации в СДОИ, поэтому существуют специальные методы контроля передаваемой информации и исправления ошибок.

### 9.2.1.3. Аппаратура передачи данных СДОИ.

По существующим линиям связи практически нельзя передавать информацию в том виде, в котором она циркулирует в ЭВМ из-за слишком больших искажений, так как для передачи прямоугольных импульсов без искажений требуется бесконечно большая полоса частот. Для того чтобы перевести эти сигналы в ограниченную полосу частот реального аналогового канала, осуществляется модуляция сигнала синусоидальной формы некоторой несущей частоты импульсами прямоугольной формы.

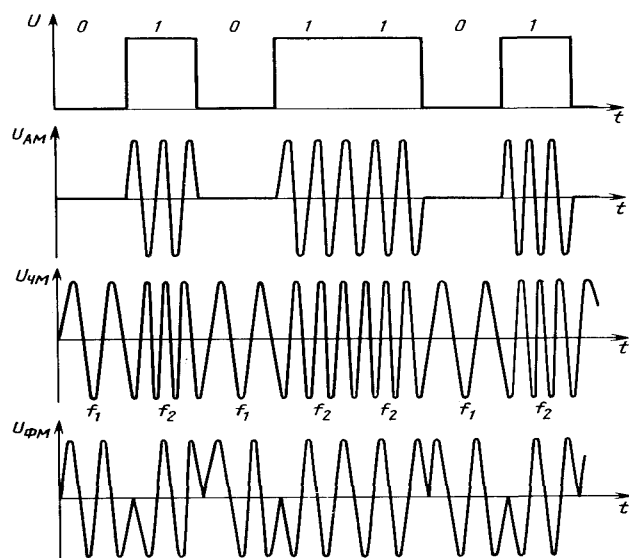


Рис. 9.5. Типы модуляции цифровой информации в аналоговых модемах.

На рис.9.5 изображена передача комбинации двоичных знаков при так называемой амплитудной модуляции (АМ), когда значение «1» передается наличием сигнала, а значение «0» — отсутствием (иногда сигналом меньшей амплитуды). Кроме амплитудной модуляции существуют и другие виды. Наиболее употребительны фазовая (ФМ) — при смене «1» на «0» и обратно изменяется фаза сигнала (обычно на 180°), и частотная модуляция (ЧМ), «1» передается сигналами одной частоты, а «0» — другой.

При приеме информации на другом конце линии связи осуществляется обратная операция — демодуляция, которая в зависимости от типа модуляции осуществляется амплитудными, фазовыми или частотными детекторами. Фазовая и частотная модуляция и демодуляция более сложны в реализации по сравнению с амплитудной (АМ), зато обеспечивают большую помехоустойчивость.

Модуляторы и демодуляторы (*модемы*) являются основными устройствами АПД. Кроме них, в состав АПД входят устройства защиты от ошибок (УЗО) и средства автоматической коммутации каналов (автоматические вызывные устройства — АВУ), которые применяются при использовании для СДОИ коммутируемых линий связи общего пользования. В некоторых случаях для особо ответственных систем используются специально выделенные и некоммутируемые каналы связи. В табл.9.1 приведены основные характеристики некоторых устройств АПД, которые использовались в СДОИ на базе ЕС ЭВМ (информация о современных модемах будет представлена в разделе 9.3). Отметим, что концепция СДОИ получила наибольшее распространение именно в рамках программы ЕС ЭВМ.

Таблица 9. 1 Характеристики некоторых устройств АПД, которые использовались в СДОИ на базе ЕС ЭВМ.

Тип устройства	Шифр	Скорость передачи данных, бит/с	Тип канала связи	Режим передачи	Метод модуляции
Модем-200	ЕС8002	300	Тф, В, К	Д, ПД, А	ЧМ
Модем-1200	ЕС8006	600,1200	Тф, В, К	Д,ПД,А,С	ЧМ
Модем-2400	ЕС8010	600,1200, 2400	Тф,В	Д, ПД, С	ФМ
Модем-4800	ЕС8015	2400,4800	Тф,В	Д,С	ЧМ,ФМ
Модем-4800	ЕС8018	4800,9600	Тф,В	Д, ПД, С	ФМ
УПС-Тг	ЕС8030	50—200	Тг, В, К	Д, ПД, А, С	АМ

В — выделенный, К — коммутируемый канал; Д — дуплексная, ПД — полудуплексная передача; А — асинхронная, С — синхронная передача

Информация в линиях связи передается последовательным кодом, в то время как ЭВМ работает с данными, представленными в параллельной форме. Кроме того, организация непосредственно передачи требует формирования и расшифровки специальных служебных кодовых символов, синхронизации, организации очередей и т.п. Возлагать все эти функции на ЭВМ нецелесообразно. Для этих целей в СДОИ используются специальные устройства сопряжения (УС) с каналом связи. Индивидуальные УС, которые осуществляют связь ЭВМ только с одним каналом связи, называются *линейными адаптерами* и использовались достаточно редко. Иногда в качестве индивидуальных УС используются простые устройства преобразования сигналов (УПС): для телеграфных линий — УПС-Тг, оптических — УПС-ОЛ, телефонных — УПС-Тф. Чаще используются групповые УС, связывающие ЭВМ с несколькими каналами связи. Они называются *мультиплексорами передачи данных (МПД)*. МПД, в которых все функции выполняются аппаратными средствами, называются аппаратными.

Более совершенны программируемые МПД, в которых значительная часть функций выполняется с помощью микропрограмм, хранящихся в соответствующей памяти. Программируемые МПД легче приспособляются к различным каналам связи, режимам работы, лучше учитывают требования пользователя. Еще большую гибкость в использовании обеспечивают *процессоры телеобработки данных (ПТД)*, которые с появлением микропроцессоров получили широкое распространение и заменили МПД. ПТД в значительной степени разгружают основную ЭВМ от вспомогательной работы по организации передачи и приема информации: подготавливают информацию, поступающую от удаленного абонента к виду, удобному для обработки в ЭВМ, а информацию, выдаваемую из ЭВМ, преобразуют в форму, удобную для пользователя; организуют очереди сообщений; производят редактирование

их, вводя служебную информацию при передаче и исключая ее из сообщений при приеме. На ПТД обычно возлагаются и все функции по контролю качества передачи, и по исправлению ошибок. Следовательно, ПТД — это наиболее универсальное средство сопряжения основной ЭВМ с каналами связи. Достаточно полное представление о возможностях ПТД дают следующие характеристики ПТД ЕС8375:

Тип каналов связи:

— телеграфные и телефонные, коммутируемые и некоммутируемые высокоскоростные;

Число каналов:

— полудуплексных до 64,

— дуплексных до 32;

Скорости передачи данных:

— по Тг каналу: 50, 75, 100, 200 бит/с,

— по коммутируемым Тф каналам: от 100 до 1200 бит/с,

— по некоммутируемым Тф каналам: от 100 до 9600 бит/с,

— по физическим линиям: до 19 200 бит/с,

— по широкополосным линиям: до 48 000 бит/с;

Число каналов связи с ЭВМ — не более двух;

Емкость ОЗУ — 512 Кбайт;

Подключаемые АП — стартопные, синхронные, программируемые, ПЭВМ.

#### 9.2.1.4. Абонентский пункт

Оконечный элемент в цепи передачи данных СДОИ— абонентский пункт (АП), или терминал. Состав и функции АП зависят прежде всего от характера задач, решаемых пользователем с помощью средств этого АП. Все АП имеют примерно одинаковую структуру. Основа их — это УВВ информации, посредством которых и осуществляется общение абонента с удаленной от него ЭВМ. Непосредственная связь с каналом осуществляется через АПД, которая обычно входит в состав АП. Кроме того, имеется устройство управления (УУ), которое выполняет все операции, связанные с организацией передачи и приема информации: управление УВВ; обнаружение и исправление ошибок, возникающих при передаче данных; управление передачей и приемом данных в соответствии с принятым в СДОИ алгоритмом; преобразование кодов и форматов сообщений; последовательно-параллельные и обратные преобразования при передаче и приеме; синхронизация; обеспечение работы оператора.

С точки зрения способов реализации функций управления все АП можно разделить на две группы — АП с аппаратной реализацией управления и программируемые АП. В программируемых АП для управления использовались, как правило, мини и микроЭВМ. Такие АП назывались обычно *интеллектуальными*.

Особенностью структуры АП является модульность построения. Это позволяло при необходимости наращивать или сокращать АП в зависимости от возлагаемых на него задач, что, в конечном счете, позволяло использовать АП с максимальной эффективностью.

По назначению все АП можно разделить на три группы: АП для контроля и управления технологическими процессами, производством, научным экспериментом и т.п.; АП для обработки запросов и выдачи справок или данных; АП для ввода заданий в ЭВМ с целью решения задач. По способу взаимодействия с ЭВМ АП разделяются на АП пакетной передачи и диалоговые АП. В зависимости от режима работы выбирались соответственно и ПУ, которыми комплектовались АП.

В АП практически использовались в тех или иных сочетаниях все виды ПУ. Состав этих устройств определялась функциями АП, теми требованиями, которые вытекали из задач, возлагаемых на АП. С точки зрения используемых ПУ АП не поддаются классификации. Можно лишь выделить наиболее распространенные модификации.

Наиболее простыми являются АП на базе телеграфных аппаратов и телетайпов (ТТ), которые сочетают в себе устройства ввода информации в канал связи и далее в ЭВМ, а также приема ее из канала связи. В качестве линий связи используются телеграфные линии, которые не требуют модемов, а сигналы в них формируются более простыми способами в виде токовых посылок. Телетайпы и телеграфные аппараты в своем составе имеют и необходимые элементы управления.

Выполненные на базе последовательного ПЧУ или электрической пишущей машинки АП также достаточно просты; в них средства ввода и вывода информации объединены в одном устройстве.

Обычно АП этого типа работают по низкоскоростным телеграфным каналам связи. Скорость передачи определяется скоростью работы оператора, но при наличии буферного



запоминающего устройства передача может производиться и с большей скоростью.

Несколько сложнее АП, выполненные на базе перфоленточных (ПЛ) и перфокарточных (ПК) устройств. Эти устройства использовались при передаче сравнительно больших объемов информации, при этом скорость передачи могла быть достаточно большой. Кроме того, на ПЛ и ПК информация могла храниться сколь угодно долго и могла быть передана тогда, когда канал связи наименее загружен. АП на базе магнитных ВЗУ превосходят перфоленточные и перфокарточные по своим возможностям: можно передавать больший объем информации и с большей скоростью.

Наибольшее распространение в СДОИ получили АП на базе дисплеев. Этот тип АП наиболее удобен для работы с ЭВМ в интерактивном режиме. В состав дисплейного АП входят обычно: устройство отображения информации (УОИ), клавиатура для ввода информации и последовательное ПЧУ для документирования необходимой информации. Наиболее распространены были алфавитно-цифровые дисплеи, реже — графические.

Преимуществом дисплейных АП являлось: высокая скорость обмена информацией с ЭВМ, возможность редактирования и простота исправления сообщений перед их посылкой в канал связи, что резко сокращает количество ошибок в системе, а также бесшумность работы и достаточно высокая надежность. Формат сообщения может быть различным, различны и принципы отображения информации (см.гл.6). Дисплейные АП часто использовались в групповом исполнении, когда одно устройство управления и общая АПД в режиме разделения времени обслуживают большое количество абонентов, каждый из которых располагает своим устройством отображения и клавиатурой. ПЧУ может быть индивидуальным и общим. Канал связи для всех абонентов также использовался только один.

Определенный интерес для АСУ технологическими процессами, АСУ производством и т.п. систем представляли АП, предназначенные для работы с жетонами, паспортами и датчиками. Различного рода жетоны и паспорта позволяли просто и быстро передать информацию в ЭВМ, не прибегая к достаточно длительным и требующим специальных навыков процедурам ввода с клавиатуры или записи информации на носитель.

Многоцелевые программно-управляемые АП (интеллектуальные терминалы) строились на базе мини- или микроЭВМ, что существенно расширяло их возможности. При этом большинство функций в АП осуществлялось программно; это повышало гибкость системы, каналы связи занимались на гораздо меньшее время, существенно экономилось время центральной ЭВМ за счет того, что АП частично брало на себя функции предварительной обработки данных, а также выполняло значительную часть работы по реализации алгоритма обмена. Наличие ЭВМ позволяло использовать широкий набор ПУ. Естественно, что «интеллектуальность» терминала определялась возможностями входящей в его состав ЭВМ.

В качестве примера в табл.9.2 приведены основные характеристики ряда промышленных АП в составе ЕС ЭВМ, которые охватывают все перечисленные типы АП.

Таблица 9. 2. Основные характеристики ряда промышленных АП

Обозначение	Тип канала связи	Пропускная способность,	Состав ПУ
АП-93 (ЕС 8593)	Тф.Тг	50, 100, 200	ТТ
АП-70 (ЕС 8570)	Тф.Тг	100	ПМ.Кл
АП-61 (ЕС 8561)	Тф	200, 1200, 2400	ПМ, Кл, УО (одиночный)
АП-63 (ЕС 8563)	Тф	1200, 2400, 4800	ПМ, Кл, УО (до 24 ПУ)
АП-2 (ЕС 8502)	Тф.Тг	200	Кл,ПЛ,ПЧУ
АП-5 (ЕС 8505)	Тф	200,600, 1200	ПМ, Кл, ПЛ, УВвД, УВвЖ
АП-4 (ЕС 8504)	Тф	600, 1200,2400	Кл, ПЧУ, НМЛ, ПЛ, ПК (до 8 ПУ)
ЕС 7920	Тф	1200,2400,4800	Кл, УО, ПЧУ

ТТ — телетайп; Кл — клавиатура; ПМ — пишущая машинка; УО—дисплей; УВвЖ — устройство ввода жетонов; УВвД — устройство ввода с датчиков.

Дальнейшее развитие СДОИ получили в виде сетей ЭВМ: глобальных и локальных.

**Контрольные вопросы**

1. В чем состоят особенности организации работы в многопроцессорных ВК? В многомашинных ВК?
2. Каковы основные функции сателитной ЭВМ в ВК?
3. Что такое СДОИ и СПД? Что такое канал связи, и какие разновидности каналов связи Вы знаете?
4. Какую роль играют ПУ в СДОИ?
5. Какова типовая структура АП и какие функции выполняют устройства АП?

Организации ВС и ВК, а так же системам дистанционной обработки информации посвящено пособие [41]; более подробно средства телеобработки описаны в [42].

В разделах 9.1 и 9.2 использованы материалы из [1,21].

### 9.3. Периферийные устройства в сетях ЭВМ.

В рамках глобальных сетей свое дальнейшее развитие получили модемы, как устройства подключения персональных компьютеров и локальных сетей к узловым ЭВМ глобальных сетей. В локальных сетях обычные периферийные устройства персональных ЭВМ программным путем могут быть предоставлены в общее пользование. Однако в последнее время все чаще стали применяться специальные сетевые исполнения этих устройств: сетевые принтеры, сетевые устройства резервного копирования, сетевые диски и т.п., которые непосредственно подключаются к среде передачи данных локальной сети (LAN – Local Area Network).

#### 9.3.1. СОВРЕМЕННЫЕ МОДЕМЫ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СЕТЯХ.

Основой информационных сетей, как и систем дистанционной обработки данных, являются телекоммуникационные системы или системы передачи данных, которые все чаще называют электронными коммуникациями.

В этой области рынок компьютеров, коммуникационного оборудования информационных систем и сетей необычайно широк и разношерстен. По этой причине создание современных информационных сетей стало невозможным без использования общих подходов при их разработке, без унификации характеристик и параметров их составных компонент.

Для определения места модемов в информационных системах рассмотрим некоторые теоретические основы информационных сетей.

##### 9.3.1.1. Семиуровневая модель OSI.

Теоретическую основу современных информационных сетей определяет Базовая эталонная модель взаимодействия открытых систем (OSI — *Open Systems Interconnection*) Международной организации стандартов (ISO — *International Standards Organization*). Она описана стандартом ISO 7498. Модель является международным стандартом для передачи данных. Согласно эталонной модели взаимодействия OSI выделяются семь уровней, образующих область взаимодействия открытых систем (табл. 9.3).

Таблица 9.3. Функции уровней модели взаимодействия открытых систем

Уровень	Функции
7. Прикладной	Интерфейс с прикладными процессами
6. Представительный	Согласование представления и интерпретация передаваемых данных
5. Сеансовый	Поддержка диалога между удаленными процессами; обеспечение соединения и разъединения этих процессов; реализация обмена данными между ними
4. Транспортный	Обеспечение сквозного обмена данными между системами
3. Сетевой	Маршрутизация; сегментирование и объединение блоков данных; управление потоками данных; обнаружение ошибок и сообщение о них
2. Канальный	Управление каналом передачи данных; формирование кадров; управление доступом к среде передачи; передача данных по каналу; обнаружение ошибок в канале и их коррекция
1. Физический	Физический интерфейс с каналом передачи данных; битовые протоколы модуляции и линейного кодирования

Основная идея этой модели заключается в том, что каждому уровню отводится конкретная роль. Благодаря этому общая задача передачи данных расщепляется на отдельные конкретные задачи. Функции уровня, в зависимости от его номера, могут выполняться программными, аппаратными либо программно-аппаратными средствами. Как правило, реализация функций высших уровней носит программный характер, функции канального и сетевого уровней могут быть исполнены как программными, так и аппаратными средствами. Физический уровень обычно выполняется в аппаратном виде.

Каждый уровень определяется группой стандартов, которые включают в себя две спецификации: *протокол* и обеспечиваемый для вышестоящего уровня *сервис*. Под протоколом подразумевается набор правил и форматов, определяющих взаимодействие объектов одного уровня модели.

Наиболее близким к пользователю является прикладной уровень. Его главная задача — предоставить уже переработанную (принятую) информацию. С этим обычно справляется

системное и пользовательское прикладное программное обеспечение, например, терминальная программа. При передаче информации между различными вычислительными системами должно применяться одинаковое кодовое представление используемых алфавитно-цифровых знаков. Другими словами, прикладные программы взаимодействующих пользователей должны работать с одинаковыми кодовыми таблицами. Количество представленных в коде знаков зависит от числа битов, используемых в коде, то есть от основания кода. Наибольшее распространение нашли коды, приведенные в табл. 9.4.

Таблица 9.4. Основные характеристики распространенных знаковых кодов

Код	Область применения	Основание кода, бит	Число знаков кода
BCD	Цифровая информация	4	16
BAUDOT (МТК-5)	Телеграфия	5	32
EBCD	Большие ЭВМ (mainframe)	6	64
ASCII	Мини- и микро-ЭВМ	7	128
EBCDI	Большие и мини-ЭВМ	8	256

Часто используются всевозможные национальные расширения перечисленных кодов, например основная и альтернативная кодировки кириллицы для кода ASCII. В этом случае основание кода увеличивается до 8 бит.

*Функции современных модемов, как и локальных сетей, относятся к наиболее "далеким" от пользователя уровням — физическому, и каналному.*

#### **Физический уровень**

Данный уровень определяет интерфейсы системы с каналом связи, а именно, механические, электрические, функциональные и процедурные параметры соединения. Физический уровень также описывает процедуры передачи сигналов в канал и получения их из канала. Он предназначен для переноса потока двоичных сигналов (последовательности бит), в виде, пригодном для передачи по конкретной используемой физической среде. В качестве такой физической среды передачи могут выступать канал тональной частоты, соединительная проводная линия, радиоканал или что-то другое.

Физический уровень выполняет три основные функции: установление и разъединение соединений; преобразование сигналов и реализация интерфейса.

*Установление и разъединение соединения.* При использовании коммутируемых каналов на физическом уровне необходимо осуществить предварительное соединение взаимодействующих систем и их последующее разъединение. При использовании выделенных (арендуемых) каналов такая процедура упрощается, так как каналы постоянно закреплены за соответствующими направлениями связи. В последнем случае обмен данными между системами, не имеющими прямых связей, организуется с помощью коммутации потоков, сообщений или пакетов данных через промежуточные взаимодействующие системы (узлы). Однако функции такой коммутации выполняются уже на более высоких уровнях и к физическому уровню отношения не имеют.

Кроме физического подключения взаимодействующие модемы могут также "договариваться" об устраивающем их обоим режиме работы, то есть способе модуляции, скорости передачи, режимах исправления ошибок и сжатия данных и т.д.

После установления соединения управление передается более высокому каналному уровню.

*Преобразование сигналов.* Для согласования последовательности передаваемых бит с параметрами используемого аналогового или цифрового канала требуется выполнить их преобразование в аналоговый либо дискретный сигнал, соответственно. К этой же группе функций относятся процедуры, реализующие стык с физическим (аналоговым или цифровым) каналом связи. Такой стык часто называется *стыком, зависящим от среды* и он может соответствовать одному из гостированных канальных стыков С1. Примерами таких стыков С1 могут быть: С1-ТФ (ГОСТы 23504-79, 25007-81, 26557-85) - для каналов КТСОП, С1-ТЧ (ГОСТы 23475-79, 23504-79, 23578-79, 25007-81, 26557-85) - для выделенных каналов тональной частоты, С1-ТГ (ГОСТ 22937-78) — для телеграфных каналов связи, С1-ШП (ГОСТы 24174-80, 25007-81, 26557-85) - для первичных широкополосных каналов, С1-ФЛ (ГОСТы 24174-80, 26532-85) — для физических линий связи, С1-АК — для акустического сопряжения DCE с каналом связи и ряд других.

Функция преобразования сигналов является главной функцией модемов. По этой причине первые модемы, не обладавшие интеллектуальными возможностями и не выполнявшие аппаратное сжатие и коррекцию ошибок, часто называли *устройствами*

преобразования сигналов (УПС).

**Реализация интерфейса.** Реализация интерфейса между DTE и DCE является третьей важнейшей функцией физического уровня. Такого рода интерфейсы регламентируются соответствующими рекомендациями и стандартами, к которым, в частности, относятся V.24, RS-232, RS-449, RS-422A, RS-423A, V.35 и другие. Такие интерфейсы определяются отечественными ГОСТами как преобразовательные стыки С2 или *стыками, не зависящими от среды*.

Стандарты и рекомендации по интерфейсам DTE-DCE определяют общие характеристики (скорость и последовательность передачи), функциональные и процедурные характеристики (номенклатура, категория цепей интерфейса, правила их взаимодействия); электрические (величины напряжений, токов и сопротивлений) и механические характеристики (габариты, распределение контактов по цепям).

На физическом уровне происходит диагностика определенного класса неисправностей, например таких, как обрыв провода, пропадание питания, потеря механического контакта и т.п.

Типовой профиль протоколов при использовании модема, поддерживающего только функции физического уровня, приведен на рис. 9.6. При этом считается, что компьютер (DTE) соединяется с модемом (DCE) посредством интерфейса RS-232, а модем использует протокол модуляции V.21.

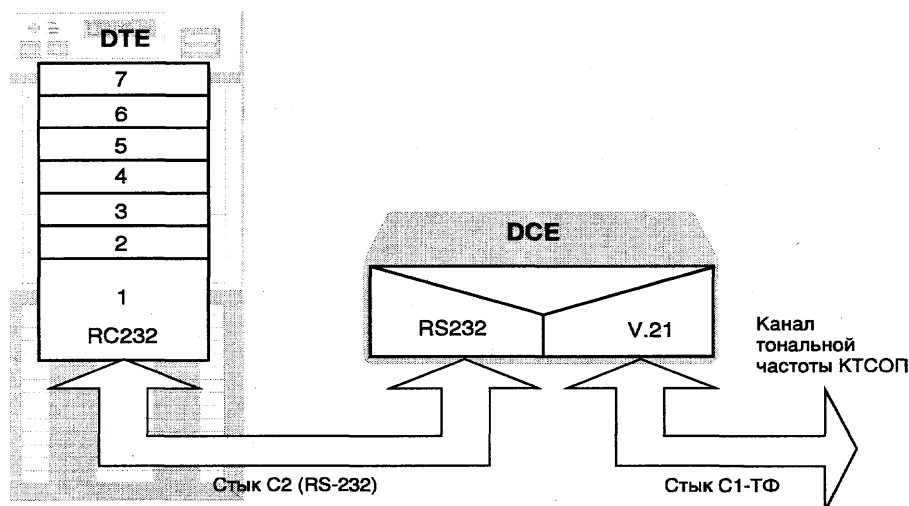


Рис. 9.6. Профиль протоколов для модема с функциями только физического уровня.

Помехозащищенность канала связи, состоящего из двух модемов и среды передачи между ними, является ограниченной и, как правило, не удовлетворяет требованиям, предъявляемым к достоверности передаваемых данных. По этой причине физический уровень рассматривается как ненадежная система. Задача исправления искаженных в канале передачи битов решается на более высоких уровнях, в частности, на канальном уровне.

#### **Канальный уровень**

Канальный уровень часто называют уровнем управления звеном данных. Средства этого уровня реализуют следующие основные функции:

- формирование из передаваемой последовательности бит блоков данных определенного размера для их дальнейшего размещения в информационном поле кадров, которые и передаются по каналу;
- кодирование содержимого кадра помехоустойчивым кодом (как правило, с обнаружением ошибок) с целью повышения достоверности передачи данных;
- восстановление исходной последовательности данных на приемной стороне;
- обеспечение кодонезависимой передачи данных с целью реализации для пользователя (или прикладных процессов) возможности произвольного выбора кода представления данных;
- управление потоком данных на уровне канала, то есть темпа их выдачи в DTE получателя;
- устранение последствий потерь, искажений или дублирования передаваемых в канале кадров.

В качестве стандарта для протоколов второго уровня организацией ISO рекомендуется протокол HDLC (*High Level Data Link Control*). Он получил в мире телекоммуникаций чрезвычайно широкое распространение. На основе протокола HDLC разработано множество

других, являющихся по своей сути некоторой адаптацией и упрощением ряда его возможностей по отношению к конкретной области применения. К такому подмножеству HDLC относятся часто используемые протоколы SDLC (*Synchronous Data Link Control*), LAP (*Link Access Procedure*), LAPB (*Link Access Procedure Balanced*), LAPD (*Link Access Procedure D-channel*), LAPM (*Link Access Procedure for Modems*), LLC (*Logical Link Control*), LAPX (*Link Access Procedure eXtention*) и ряд других. Например, протоколы LAPB и LAPD применяются в цифровых сетях ISDN (*Integrated Services Digital Network*), LAPM является базовым для стандарта коррекции ошибок V.42, LAPX является полудуплексным вариантом HDLC и используется в терминальных сетях и системах, работающих в стандарте Teletex, а протокол LLC (*Link Logic Control*) реализован практически во всех сетях с множественным доступом (например, в беспроводных локальных сетях). На рис. 9.7 изображено семейство протокола HDLC и области его применения.

Возможный профиль протоколов для модема, поддерживающего функции физического и канального уровней, представлен на рис. 9.8. Считается, что

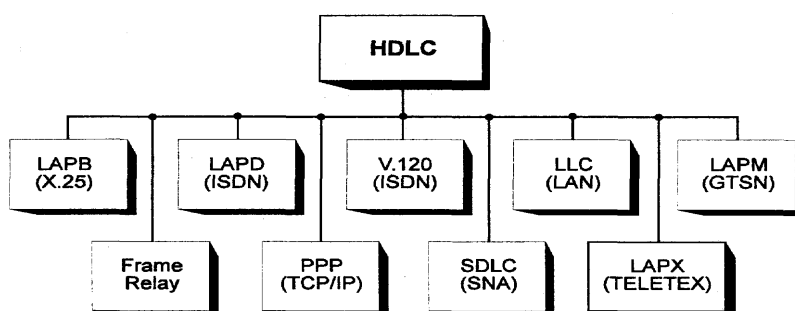


Рис. 9.7. Семейство протокола HDLC

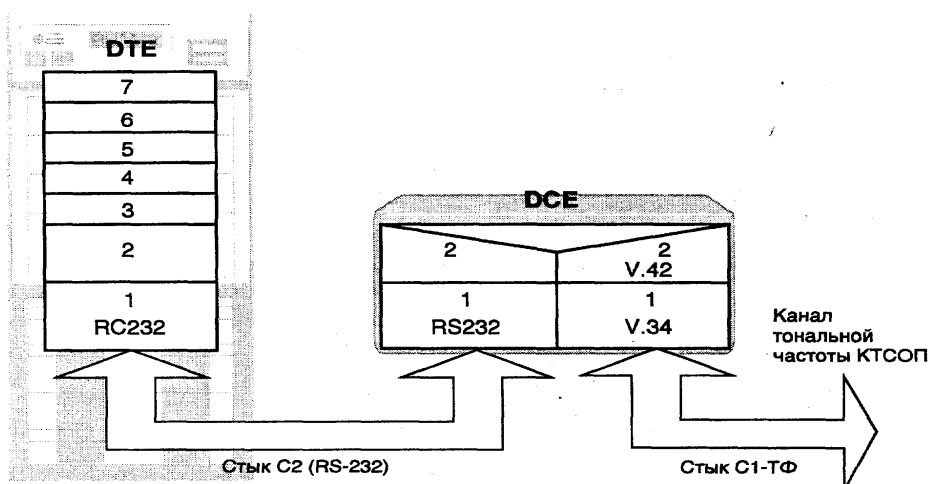


Рис.9.8. Профиль протоколов для модема с функциями физического и канального уровней

компьютер соединяется с модемом посредством интерфейса RS-232, и уже модем реализует протокол модуляции V.34 и аппаратную коррекцию ошибок согласно стандарта V.42.

В некоторых сетях, основанных на каналах с многоточечным подключением, сигнал, принимаемый каждым DCE, является суммой сигналов, передаваемых от целого ряда других DCE. Каналы связи в таких сетях называют каналами с множественным доступом или моноканалами, а сами сети называют сетями множественного доступа. Такими сетями являются некоторые спутниковые сети, наземные пакетными радиосетями, а также локальные проводные и беспроводные сети.

Соответствующие уровни модели OSI при передаче в режиме множественного доступа несколько отличны от тех, что используются в СПД с двухточечными каналами. Второй уровень должен обеспечить верхние уровни виртуальным каналом для безошибочной передачи пакетов, а физический уровень должен предоставить битовый тракт. Появляется необходимость в промежуточном уровне для управления каналом с множественным доступом таким образом, чтобы из каждого DCE можно было передавать кадры без постоянных конфликтов с остальными DCE. Этот уровень называется уровнем управления доступом к среде передачи MAC (*Medium Access Control*). Обычно его считают первым подуровнем уровня 2, т.е. уровнем

2.1. Традиционный канальный уровень в этом случае превращается в уровень управления логическим каналом LLC (*Logical Link Control*) и является подуровнем 2.2. На рис. 9.9 показана взаимосвязь второго уровня и подуровней LLC и MAC.

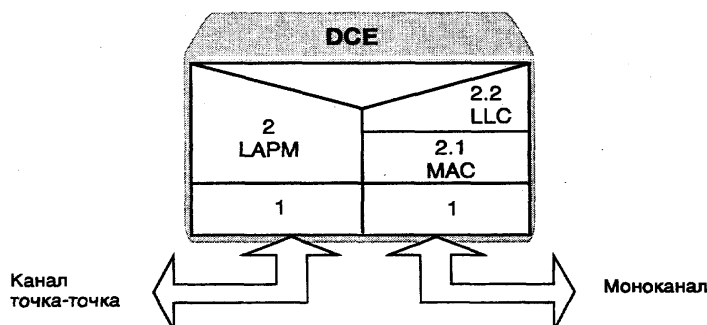


Рис. 9.9. Профиль протоколов для DCE с множественным доступом

### 9.3.1.2. Факсимильная связь

#### Передача факсимильного изображения

Факсимильная связь является видом документальной связи, предназначенной для передачи не только содержания, но и внешнего вида самого документа. Сущность факсимильного метода передачи состоит в том, что передаваемое изображение (оригинал) разбивается на отдельные элементарные площадки, которые сканируются со скоростью развертки 60, 90, 120, 180 или 240 строк/мин. Сигнал яркости пропорциональный коэффициенту отражения таких элементарных площадок преобразуется в цифровой вид и передается по каналу связи с использованием того либо иного способа модуляции. На приемной стороне эти сигналы преобразуются в элементы изображения и воспроизводятся (записываются) на приемном бланке.

Структурная схема факсимильной связи приведена на рис. 9.10. Изображение (оригинал), подлежащее передаче, подвергается сканированию световым пятном требуемых размеров. Пятно формируется светооптической системой, содержащей источник света и оптическое устройство. Перемещение пятна по поверхности оригинала осуществляется развертывающим устройством (РУ). Часть светового потока, падающего на элементарную площадку оригинала, отражается и поступает на фотоэлектрический преобразователь (ФП), в котором происходит его преобразование в электрический видеосигнал. Амплитуда видеосигнала на выходе

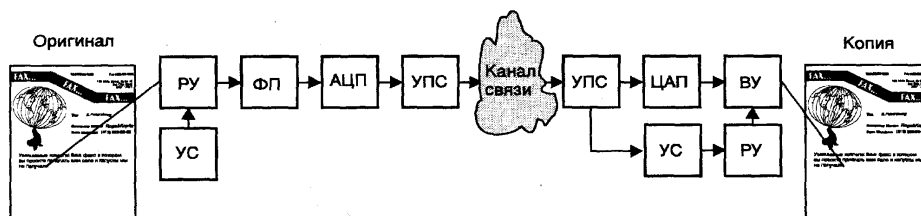


Рис. 9.10. Структурная схема факсимильной связи

фотопреобразователя пропорциональна величине отраженного светового потока. Далее видеосигнал поступает на вход аналого-цифрового преобразователя (АЦП), где преобразуется в цифровой код. С выхода АЦП цифровой код поступает на вход устройства преобразования сигналов (УПС), то есть модулятора, где посредством использования одного из протоколов модуляции спектр цифрового видеосигнала переносится в область частот используемого канала связи.

На приемной стороне входящий из канала связи модулированный сигнал последовательно поступает в УПС и ЦАП для демодуляции и цифро-аналогового преобразования, соответственно. Далее видеосигнал поступает в воспроизводящее устройство (ВУ), где в результате действия развертывающего устройства на бланке воспроизводится копия переданного изображения. Процесс получения конечной факсимильной копии обратный процессу сканирования носит название *репликации*. Для обеспечения синхронности и синфазности разверток на передающей и приемной сторонах используются устройства синхронизации (УС).

Таким образом, аппарат факсимильной связи (факс) очень напоминает ксерокс, в котором оригинал и копию разделяют многие километры.

Современные факс-модемы имеют в своем составе все составные части факсимильных аппаратов за исключением сканирующего и воспроизводящего устройств. Они "умеют" связываться с обыкновенными факсами, при этом принимаемая информация о передаваемом изображении выдается на компьютер, где программой передачи факсимильных сообщений преобразуется в один из распространенных графических форматов. В дальнейшем, полученный таким образом документ, можно отредактировать, вывести на принтер или передать другому корреспонденту, имеющему факс или компьютер с факс-модемом.

#### *Стандарты факсимильной связи*

Согласно рекомендациям Сектора стандартизации Международного союза электросвязи (ITU-T — *International Telecommunications Union — Telecommunications*) в зависимости от используемого вида модуляции различают факсы четырех групп. Первые факсимильные стандарты, относящиеся к группе 1, были основаны на аналоговом методе передачи информации. Страница текста факсами группы 1 передавалась за 6 минут. Стандарты группы 2 усовершенствовали эту технологию в направлении увеличения скорости передачи, в результате чего время передачи одной страницы сократилось до 3 минут.

Стандарт на факсы группы 3 изначально был определен рекомендацией ITU-T T.4 1980 года. Этот стандарт был дважды переиздан — первый раз в 1984 г. и затем в 1988 г. В модификации этого стандарта от 1990 г. были одобрены схемы кодирования, разработанные для факсимильных аппаратов группы 4, а также более высокие скорости передачи, определяемые стандартами V.17, V.29 и V.33. Радикальное отличие факс-аппаратов группы 3 от более ранних заключается в полностью цифровом методе передачи со скоростями до 14400 бит/с. В результате, применяя сжатие данных, факс группы 3 передает страницу за 30—60 с. При ухудшении качества связи факсы группы 3 переходят в аварийный режим, замедляя скорость передачи. Согласно стандарту группы 3 возможны две степени разрешения: стандартное, обеспечивающее 1728 точек по горизонтали и 100 точек/дюйм по вертикали; и высокое, удваивающее количество точек по вертикали, что дает разрешение 200x200 точек/дюйм и вдвое уменьшает скорость.

Факсимильные аппараты первых трех групп ориентированы на использование аналоговых телефонных каналов КТСОП. В 1984 году ITU-T принял стандарт группы 4, который предусматривает разрешение до 400x400 точек/дюйм и повышение скорости при более низком разрешении. Факсы группы 4 дают разрешение очень высокого качества. Однако, они нуждаются в высокоскоростных каналах связи, которые могут предоставить сети ISDN, и не могут работать через каналы КТСОП.

Практически все продаваемые в настоящее время факсы основаны на стандарте группы 3. Рис. 9.10 иллюстрирует работу именно таких факсов.

#### **9.3.1.3. Управление потоком**

##### ***Необходимость управления потоком***

В любой системе либо сети передачи данных возникают ситуации, когда поступающая в сеть нагрузка превышает возможности по ее обслуживанию. В этом случае, если не предпринимать никаких мер по ограничению поступающих данных (трафика), размеры очередей на линиях сети будут неограниченно расти и, в конце концов, превысят размеры буферов соответствующих средств связи. Когда это происходит, единицы данных (сообщения, пакеты, кадры, блоки, байты, символы), поступающие в узлы, для которых нет свободного места в буфере, будут сброшены и позднее переданы повторно. В результате возникает эффект, когда при увеличении поступающей нагрузки реальная пропускная способность уменьшается, а задержки передачи становятся чрезвычайно большими.

Средством борьбы с такими ситуациями выступают методы управления потоком, суть которых заключается в ограничении поступающего трафика для предотвращения перегрузок.

Схема управления потоком может понадобиться на участке передачи между двумя пользователями (транспортный уровень), между двумя узлами сети (сетевой уровень), между двумя соседними DCE, обменивающимися данными по логическому каналу (канальный уровень), а также между терминальным оборудованием и аппаратурой канала данных, взаимодействующих по одному из интерфейсов DTE—DCE (физический уровень).

Схемы управления потоком транспортного уровня реализованы в протоколах передачи файлов, таких как ZModem; схемы управления потоком сетевого уровня — в составе протоколов X.25 и TCP/IP; схемы управления потоком канального уровня — в составе протоколов повышения достоверности, таких как MNP4, V.42; управление потоком на физическом уровне реализуется в рамках набора функций соответствующих интерфейсов, таких как RS-232. Перечисленные три уровня схем управления имеют непосредственное отношение к аппаратному и программному обеспечению модемов.



### Метод окна

Рассмотрим часто используемый протоколами канального, сетевого и транспортного уровней класс методов управления потоком, названный *оконным управлением потоком*. Под окном понимается наибольшее число информационных единиц, которые могут оставаться неподтвержденными в данном направлении передачи.

В процессе передачи между передатчиком и приемником используется оконное управление, если установлена верхняя граница на число единиц данных, которые уже переданы передатчиком, но на которые еще не получено подтверждение от приемника. Верхняя граница в виде целого положительного числа и является окном или размером окна. Приемник уведомляет передатчик о том, что к нему попала единица данных путем отправления специального сообщения к передатчику (рис. 9.11). Такое сообщение называется *подтверждением, разрешением или квитанцией*. Подтверждение может быть положительным — АСК (*AC Knowledge*), сигнализирующим об успешном приеме соответствующей информационной единицы, и отрицательным — NAK (*Negative Acknowledgement*), свидетельствующим о неприеме ожидаемой порции данных. После получения квитанции передатчик может передать еще одну единицу данных приемнику. Число квитанций, находящихся в использовании, не должно превышать размер окна.

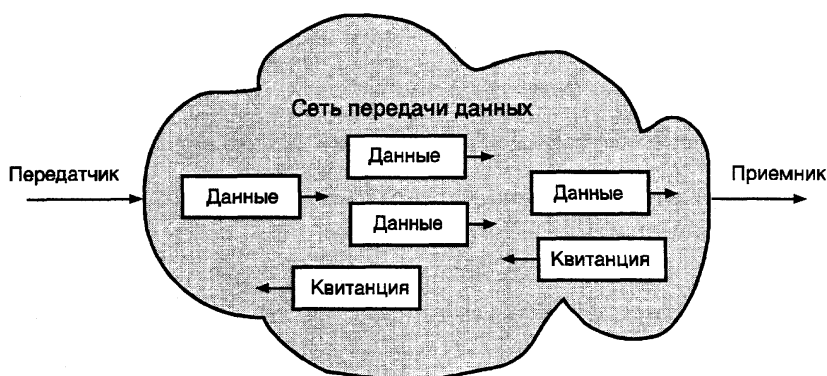


Рис. 9.11. Оконное управление потоком

Квитанции либо содержатся в специальных управляющих пакетах, либо добавляются в обычные информационные пакеты. Управление потоком используется при передаче по одному виртуальному каналу, группе виртуальных каналов, управлению может подвергаться весь поток пакетов, возникающих в одном окне и адресованных другому узлу. Передатчиком и приемником могут быть два узла сети или терминал пользователя и входной узел сети связи. Единицами данных в окне могут быть сообщения, пакеты, кадры или символы.

Выделяют две стратегии: оконное управление от конца в конец и поузловое управление. Первая стратегия относится к управлению потоком между входным и выходными узлами сети для некоторого процесса передачи и часто реализуется в составе протоколов передачи файлов. Вторая стратегия относится к управлению потоком между каждой парой последовательных узлов и реализуется в составе протоколов канального уровня, таких как SDLC, HDLC, LAPB, LAPD, LAPM и других.

#### 9.3.1.4. Классификация модемов

Строгой классификации модемов не существует и, вероятно, не может существовать по причине большого разнообразия, как самих модемов, так и сфер применения и режимов их работы. Тем не менее можно выделить ряд признаков, по которым и провести условную классификацию. К таким признакам или критериям классификации можно отнести следующие: область применения; функциональное назначение; тип используемого канала; конструктивное исполнение; поддержка протоколов модуляции, исправления ошибок и сжатия данных. Можно выделить еще множество более детальных технических признаков, таких как применяемый способ модуляции, интерфейс сопряжения с DTE и так далее.

##### По области применения

Современные модемы можно разделить на несколько групп:

- для коммутируемых телефонных каналов;
- для выделенных (арендуемых) телефонных каналов;
- для физических соединительных линий;
- модемы низкого уровня (линейные драйверы) или модемы на короткие расстояния (*short range modems*);

- модемы основной полосы (*baseband modems*)
- для цифровых систем передачи (CSU/DSU);
- для сотовых систем связи;
- для пакетных радиосетей;
- для локальных радиосетей.

Подавляющее большинство выпускаемых модемов предназначено для использования на коммутируемых телефонных каналах. Такие модемы должны уметь работать с автоматическими телефонными станциями (АТС), различать их сигналы и передавать свои сигналы набора номера.

Основное отличие модемов для физических линий от других типов модемов состоит в том, что полоса пропускания физических линий не ограничена значением 3,1 кГц, характерным для телефонных каналов. Однако полоса пропускания физической линии также является ограниченной и зависит в основном от типа физической среды (экранированная и неэкранированная витая пара, коаксиальный кабель и др.) и ее длины.

С точки зрения используемых для передачи сигналов модемы для физических линий могут быть разделены на *модемы низкого уровня* (линейные драйверы), использующие цифровые сигналы, и *модемы "основной полосы" (baseband)*, в которых применяются методы модуляции, аналогичные применяемым в модемах для телефонных каналов.

В модемах первой группы обычно используются цифровые методы биимпульсной передачи, позволяющие формировать импульсные сигналы без постоянной составляющей и часто занимающие более узкую полосу частот, чем исходная цифровая последовательность.

В модемах второй группы часто используются различные виды квадратурной амплитудной модуляции, позволяющие радикально сократить требуемую для передачи полосу частот. В результате на одинаковых физических линиях такими модемами может достигаться скорость передачи до 100 Кбит/с, в то время как модемы низкого уровня обеспечивают только 19,2 Кбит/с.

Модемы для цифровых систем передачи напоминают модемы низкого уровня. Однако в отличие от них обеспечивают подключение к стандартным цифровым каналам, таким как E1/T1 или ISDN, и поддерживают функции соответствующих канальных интерфейсов.

Модемы для сотовых систем связи отличаются компактностью исполнения и поддержкой специальных протоколов модуляции и исправления ошибок, позволяющих эффективно передавать данные в условиях сотовых каналов с высоким уровнем помех и постоянно изменяющимися параметрами. Среди таких протоколов выделяются ZyCELL, ETC и MNP10.

Пакетные радиомодемы предназначены для передачи данных по радиоканалу между мобильными пользователями. При этом несколько радиомодемов используют один и тот же радиоканал в режиме множественного доступа, например, множественного доступа с контролем несущей, в соответствии с ITU-T AX.25. Радиоканал по своим характеристикам близок к телефонному и организуется с использованием типовых радиостанций, настроенных на одну и ту же частоту в УКВ либо КВ диапазоне. Пакетный радиомодем реализует методы модуляции и множественного доступа.

Локальные радиосети являются быстроразвивающейся перспективной сетевой технологией дополняющей обыкновенные локальные сети. Ключевым их элементом являются специализированные радиомодемы (адаптеры локальных радиосетей). В отличие от ранее упомянутых пакетных радиомодемов такие модемы обеспечивают передачу данных на небольшие расстояния (до 300 м) с высокой скоростью (2—10 Мбит/с), сопоставимой со скоростью передачи в проводных локальных сетях. Кроме того, радиомодемы локальных радиосетей работают в определенном диапазоне частот с применением сигналов сложной формы, таких как сигналы с псевдослучайной перестройкой рабочей частоты.

#### ***По методу передачи***

По методу передачи модемы делятся на асинхронные и синхронные. Говоря о синхронном либо асинхронном методе передачи обычно подразумевают передачу по каналу связи между модемами. Однако передача по интерфейсу DTE—DCE также может быть синхронной и асинхронной. Модем может работать с компьютером в асинхронном режиме и одновременно с удаленным модемом — в синхронном режиме или наоборот. В таком случае иногда говорят, что модем *синхронно-асинхронный* или он работает в синхронно-асинхронном режиме.

Как правило, синхронизация реализуется одним из двух способов, связанных с тем, как работают тактовые генераторы отправителя и получателя: независимо друг от друга (асинхронно) или согласованно (синхронно). Если передаваемые данные составлены из последовательности отдельных символов, то, как правило, каждый символ передается независимо от остальных и получатель синхронизируется вначале каждого получаемого

символа. Для такого типа связи обычно используется асинхронная передача. Если передаваемые данные образуют непрерывную последовательность символов или байтов, то тактовые генераторы отправителя и получателя должны быть синхронизированы в течение длительного промежутка времени. В этом случае используется синхронная передача.

Асинхронный режим передачи используется главным образом тогда, когда передаваемые данные генерируются в случайные моменты времени, например пользователем. При такой передаче получающее устройство должно восстанавливать синхронизацию в начале каждого получаемого символа. Для этого каждый передаваемый символ обрамляется дополнительным стартовым и одним или более стоповыми битами. Такой асинхронный режим часто применяется при передаче данных по интерфейсу DTE—DCE. При передаче данных по каналу связи возможности применения асинхронного режима передачи во многом ограничены его низкой эффективностью и необходимостью использования при этом простых методов модуляции, таких как амплитудная и частотная. Более совершенные методы модуляции, такие как ОФМ, КАМ и др., требуют поддержания постоянного синхронизма опорных тактовых генераторов отправителя и получателя.

При синхронном методе передачи осуществляют объединение большого числа символов или байт в отдельные блоки или кадры. Весь кадр передается как одна цепочка битов без каких-либо задержек между восьмибитными элементами. Чтобы принимающее устройство могло обеспечить различные уровни синхронизации, должны выполняться следующие требования.

- Передаваемая последовательность битов не должна содержать длинных последовательностей нулей или единиц для того, что бы принимающее устройство могло устойчиво выделять тактовую частоту синхронизации.

- Каждый кадр должен иметь зарезервированные последовательности битов или символов, отмечающие его начало и конец.

Существует два альтернативных метода организации синхронной связи: символьно- или байт-ориентированный, и бит-ориентированный. Различие между ними заключается в том, как определяются начало и конец кадра. При бит-ориентированном методе получатель может определить окончание кадра с точностью до отдельного бита.

Кроме высокоскоростной передачи данных собственно по физическим каналам синхронный режим часто применяется и для передачи по интерфейсу DTE — DCE. В этом случае для синхронизации используются дополнительные интерфейсные цепи, по которым передается сигнал тактовой частоты от отправителя к получателю.

#### ***По интеллектуальным возможностям***

По интеллектуальным возможностям можно выделить модемы:

- без системы управления;
- поддерживающие набор AT-команд;
- с поддержкой команд V.25bis;
- с фирменной системой команд;
- поддерживающие протоколы сетевого управления.

Большинство современных модемов наделено широким спектром интеллектуальных возможностей. Стандартом де-факто стало множество AT-команд, разработанных в свое время фирмой Hayes и позволяющее пользователю или прикладному процессу полностью управлять характеристиками модема и параметрами связи. По этой причине модемы, поддерживающие AT-команды носят название Hayes-совместимых модемов. Следует заметить, что AT-команды поддерживают не только модемы для КТСОП, но и пакетные радиомодемы, внешние адаптеры ISDN и ряд других модемов с более узкими сферами применения.

Наиболее распространенным набором команд, позволяющим управлять режимами установления соединения и автовызова являются команды рекомендации ITU-T V.25bis.

Специализированные модемы для промышленного применения часто имеют фирменную систему команд, отличную от набора AT-команд. Причиной тому является большое различие в режимах работы и выполняемых функциях между модемами широкого применения и промышленными (сетевыми) модемами.

Промышленные модемы часто поддерживают протокол сетевого управления SNMP (*Simple Manager Network Protocol*), позволяющий администратору управлять элементами сети (включая модемы) с удаленного терминала.

#### ***По конструкции***

По конструкции различают модемы:

- внешние;
- внутренние;
- портативные;

- групповые.

Внешние модемы представляют собой автономные устройства, подключаемые к компьютеру или другому DTE посредством одного из стандартных интерфейсов DTE—DCE. Внутренний модем — это плата расширения, вставляемая в соответствующий слот компьютера. Каждый из вариантов конструктивного исполнения имеет свои преимущества и недостатки, которые будут рассмотрены далее.

Портативные модемы предназначены для использования мобильными пользователями совместно с компьютерами класса Notebook. Они отличаются малыми габаритами и высокой ценой. Их функциональные возможности, как правило, не уступают возможностям полнофункциональных модемов. Часто портативные модемы оснащены интерфейсом PCMCIA.

Групповыми модемами называют совокупность отдельных модемов, объединенных в общий блок и имеющих общие блок питания, устройства управления и отображения. Отдельный модем группового модема представляет собой плату с разъемом, устанавливаемую в блок, и рассчитан на один или небольшое число каналов.

*По поддержке международных и фирменных протоколов*

Модемы также можно классифицировать в соответствии с реализованными в них протоколами. Все протоколы, регламентирующие те или иные аспекты функционирования модемов, могут быть отнесены к двум большим группам: международные и фирменные.

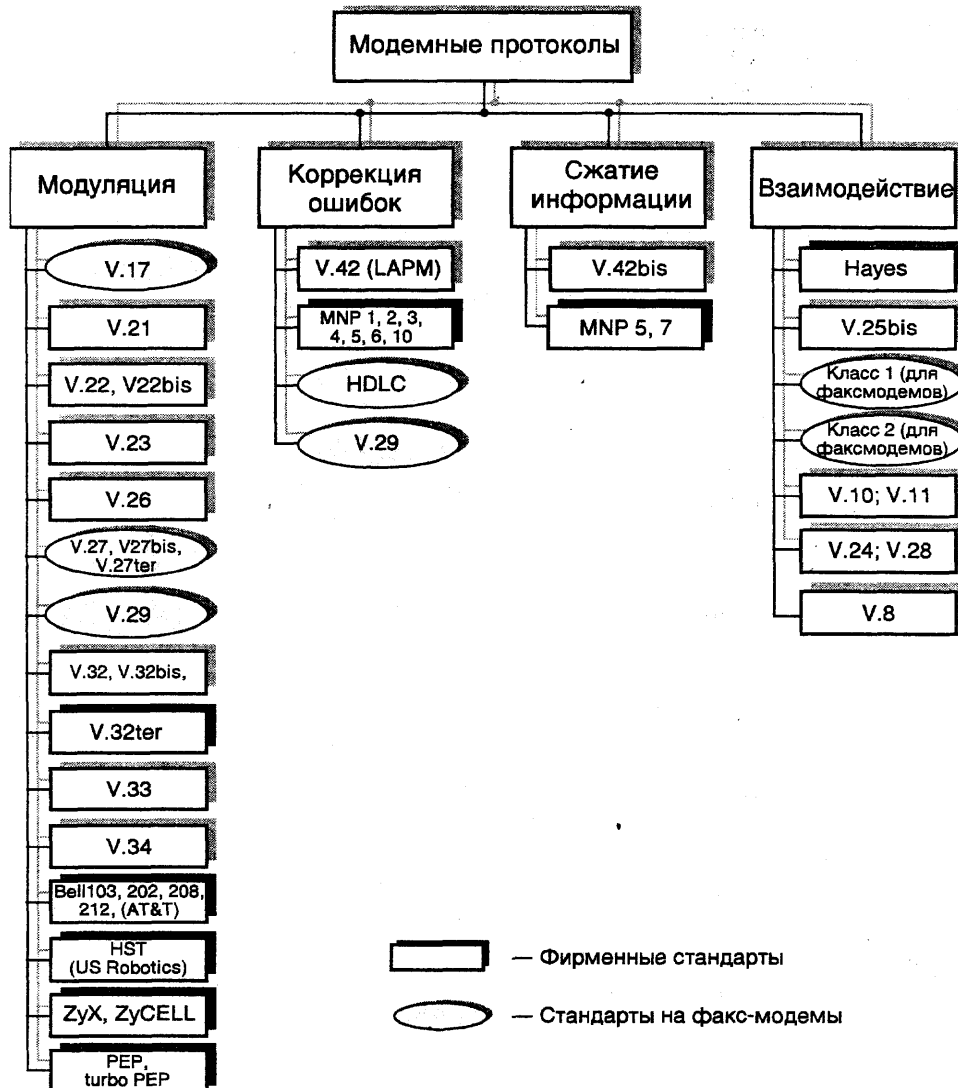


Рис. 9.12. Классификация модемных протоколов

Протоколы международного уровня разрабатываются под эгидой ИТУ-Т и принимаются им в качестве рекомендаций (ранее ИТУ-Т назывался *Международным консультативным комитетом по телефонии и телеграфии* — МККТТ, международная аббревиатура — ССИТТ). Все рекомендации ИТУ-Т относительно модемов относятся к серии V. Фирменные протоколы

разрабатываются отдельными компаниями — производителями модемов, с целью преуспеть в конкурентной борьбе. Часто фирменные протоколы становятся стандартными протоколами де-факто и принимаются частично либо полностью в качестве рекомендаций ИТУ-T, как это случилось с рядом протоколов фирмы Microsoft. Наиболее активно разработкой новых протоколов и стандартов занимаются такие известные фирмы, как AT&T, Motorola, U.S. Robotics, ZyXEL и другие.

С функциональной точки зрения модемные протоколы могут быть разделены на следующие группы:

- Протоколы, определяющие нормы взаимодействия модема с каналом связи (V.2, V.25);
- Протоколы, регламентирующие соединение и алгоритмы взаимодействия модема и DTE (V.10, V.11, V.24, V.25, V.25bis, V.28);
- Протоколы модуляции, определяющие основные характеристики модемов, предназначенных для коммутируемых и выделенных телефонных каналов. К ним относятся такие протоколы, как V.I 7, V.22, V.32, V.34, HST, ZyX, V.90 и большое количество других;
- Протоколы защиты от ошибок (V.41, V.42, MNP1—MNP4);
- Протоколы сжатия передаваемых данных, такие как MNP5, MNP7, V.42bis;
- Протоколы, определяющие процедуры диагностики модемов, испытания и измерения параметров каналов связи (V.51, V.52, V.53, V.54, V.56).
- Протоколы согласования параметров связи на этапе ее установления (*Handshaking*), например V.8.

Приставки "bis" и "ter" в названиях протоколов обозначают, соответственно, вторую и третью модификацию существующих протоколов или протокол, связанный с исходным протоколом. При этом исходный протокол, как правило, остается поддерживаемым.

Некоторую ясность среди многообразия модемных протоколов может внести их условная классификация, приведенная на рис. 9.12.

Следует также заметить, что некоторые протоколы нельзя отнести только к одной из приведенных групп, так как они описывают реализацию ряда различных функций, например, таких как модуляция и коррекция ошибок. В первую очередь, это относится к фирменным протоколам (ZyCELL, MNP10 и другим).

### **9.3.1.5. Устройство современных модемов.**

#### **9.3.1.5.1. Общие сведения**

Сведения о внутреннем устройстве и архитектуре современных модемов не настолько доступны, как, например, информация об устройстве персональных компьютеров. Одной из причин этого является отсутствие каких бы то ни было промышленных стандартов на конструкцию модемов. Другая причина состоит в том, что современные модемы, как правило, строятся на наборах специализированных микросхем, которые реализуют основные модемные функции. Число производителей наборов модемных микросхем значительно меньше числа производителей собственно модемов. Однако все же их недостаточно для того, чтобы можно было вести речь о какой-либо унификации модемных комплектующих. Основными производителями специализированных наборов являются фирмы Rockwell, Intel, AT&T, Sierra Semiconductor, National Semiconductor, Motorola, Eхag и некоторые другие. Ряд известных компаний, таких как U.S. Robotics, Telebit, ZyXEL, самостоятельно занимается разработкой и производством модемных микросхем для своих нужд. Некоторые производители при построении модемов используют микросхемы общего назначения — цифровые процессоры и микроконтроллеры.

Казалось бы каждый производитель модемов волен делать, что хочет и как хочет. Однако, это не так. В рамках такой "свободы" производитель должен создать конкурентоспособный продукт, удовлетворяющий множеству стандартных модемных протоколов, которые, в свою очередь, налагают определенные требования на количество и качество его функций. Эти требования приводят к тому, что в отличных по конструкции модемах одни и те же методы и протоколы реализованы различными способами. Один из вариантов исполнения модема можно представить в виде, изображенном на рис. 9.13.

Модем состоит из адаптеров портов канального и DTE—DCE интерфейсов; универсального (PU), сигнального (DSP) и модемного процессоров; постоянного (ПЗУ, ROM), постоянного энергонезависимого перепрограммируемого (ППЗУ, EPROM) оперативного (ОЗУ, RAM) запоминающих устройств и схемы индикаторов состояния модема.

Порт интерфейса DTE—DCE обеспечивает взаимодействие с DTE. Если модем внутренний, вместо интерфейсов DTE—DCE может применяться интерфейс внутренней шины компьютера ISA. Порт канального интерфейса обеспечивает согласование электрических параметров с используемым каналом связи. Канал может быть аналоговым или цифровым, с двух- или четырехпроводным окончанием.

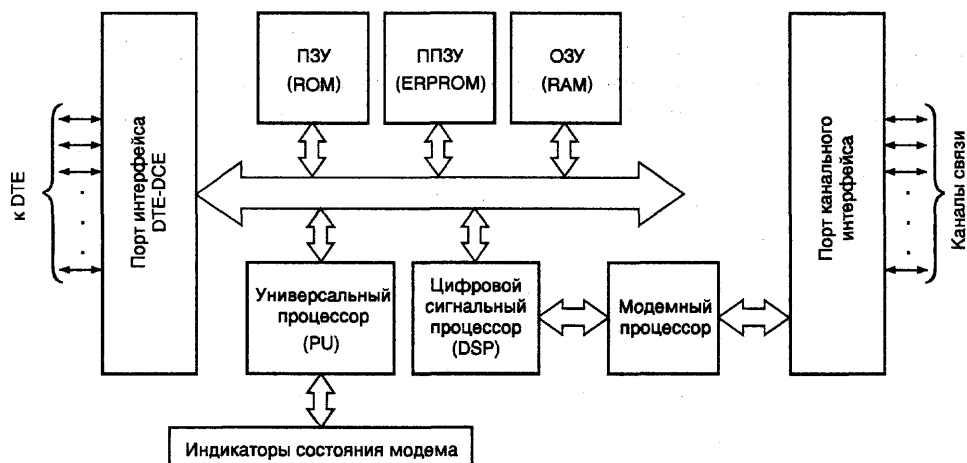


Рис. 9.13. Устройство современного модема

Универсальный процессор выполняет функции управления взаимодействием с DTE и схемами индикации состояния модема. Именно он выполняет посылаемые DTE AT-команды и управляет режимами работы остальных составных частей модема. Также универсальный процессор может реализовывать операции компрессии/декомпрессии передаваемых данных.

Интеллектуальные возможности модема определяются в основном типом используемого PU и микропрограммой управления модемом, хранящейся в ROM. Путем замены или перепрограммирования ROM иногда можно достичь существенного улучшения свойств модема, то есть произвести его модернизацию, или апгрейд (upgrade). Такого рода модернизация некоторых моделей модемов может обеспечить поддержку новых протоколов или сервисных функций, таких как автоматическое определение номера (АОН) вызывающего абонента. Для облегчения такой модернизации в последнее время вместо микросхем ROM стали широко применяться микросхемы флэш-памяти (FlashROM) (см. раздел 8.5.1).

Схема EPROM позволяет сохранять установки модема в так называемых профайлах или профилях модема на время его выключения. Память RAM интенсивно используется для временного хранения данных и выполнения промежуточных вычислений как универсальным, так и цифровым сигнальным процессорами.

На сигнальный процессор, как правило, возлагаются задачи по реализации основных функций протоколов модуляции (кодирование сверточным кодом, относительное кодирование, скремблирование и т.д.), за исключением разве что собственно операций модуляции/демодуляции. Последние операции обычно выполняются специализированным модемным процессором.

Описанное распределение функций между составными частями модема может быть, и скорее всего будет, совсем не таким, какое реализовано в вашем конкретном модеме. Однако внутренней начинкой современного модема все эти функции в той или иной мере должны выполняться.

Ниже подробнее остановимся на устройстве аналоговых (для телефонных каналов) и цифровых модемах и основных их функциях, связанных с обработкой сигналов. Согласно рис. 9.13 эти функции реализуются цифровым сигнальным процессором, модемным процессором и собственно каналным интерфейсом.

#### 9.3.1.5.2. Состав модема для КТСОП.

Большинство современных модемов для телефонных каналов КТСОП обеспечивают синхронную передачу данных по каналу. Поэтому, кратко остановимся на функциональном устройстве и работе именно таких модемов.

В самом общем виде синхронный модем содержит приемник, передатчик, компенсатор электрического эха, схему управления и, возможно, источник питания (рис. 9.14). Схема управления, как правило, исполняется в виде микропроцессора универсального назначения (PU на рис. 9.13), и предназначена для обеспечения интеллектуального интерфейса с DTE и управления работой приемника, передатчика и эхо-компенсатора.

Эхо-компенсатор предназначен для ослабления вредного влияния помехи в виде электрического эха (собственного отраженного сигнала) на прием сигнала от удаленного модема. Работа эхо-компенсатора подробнее будет рассмотрена ниже.

Передаваемые DTE данные поступают в передатчик модема, который выполняет операции

скремблирования, относительного кодирования, синхронизации и иногда вносит предсказания, частично компенсирующие нелинейность амплитудой и фазо-частотной характеристик (АЧХ и ФЧХ) используемого телефонного канала. Схема передатчика приведена на рис. 9.15.

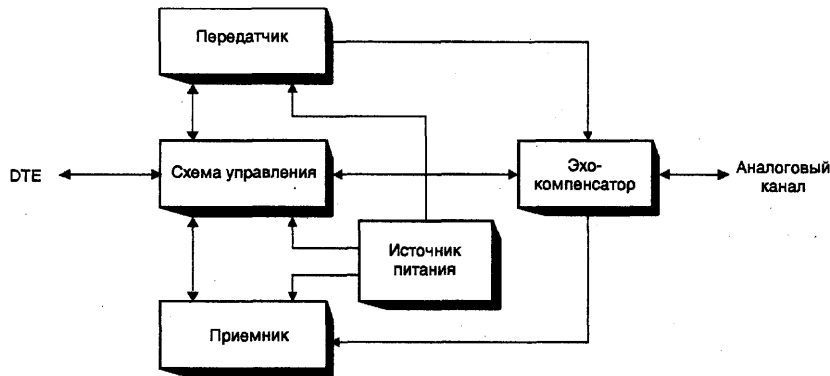


Рис. 9.14. Схема синхронного модема

Схема синхронизации передатчика получает сигнал опорной частоты от внутреннего генератора или от DTE, например, через 24 контакт разъема DB-25 интерфейса RS-232. В последнем случае модем обязан поддерживать синхронный режим работы не только по каналу с удаленным модемом, но и по интерфейсу DTE-DCE. Скремблер предназначен для придания свойств случайности (рандомизации) передаваемой последовательности данных с целью облегчения выделения тактовой частоты приемником удаленного модема. При использовании сигналов ФМ и производных от них, применение относительного кодирования позволяет решить проблему неоднозначности фазы, восстановленной на приеме несущей.

Приемник типового синхронного модема в свою очередь содержит адаптивный эквалайзер со схемой управления, модулятор с задающим генератором, демодулятор, относительный декодер, дескремблер и схему синхронизации (рис. 9.16).

Модулятор приемника совместно с задающим генератором позволяют перенести спектр принимаемого сигнала (300—3400 Гц) в область более высоких частот. Это делается для облегчения операций фильтрации и демодуляции. Относительный декодер и дескремблер выполняют операции, обратные выполняемым в передатчике. Схема синхронизации выделяет тактовую частоту из принимаемого сигнала и подает его на другие узлы приемника.

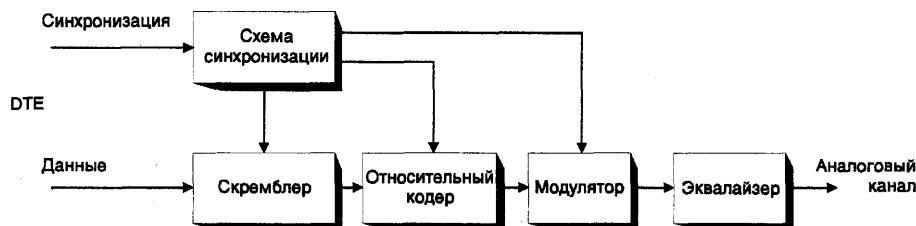


Рис. 9.15. Схема передатчика синхронного модема

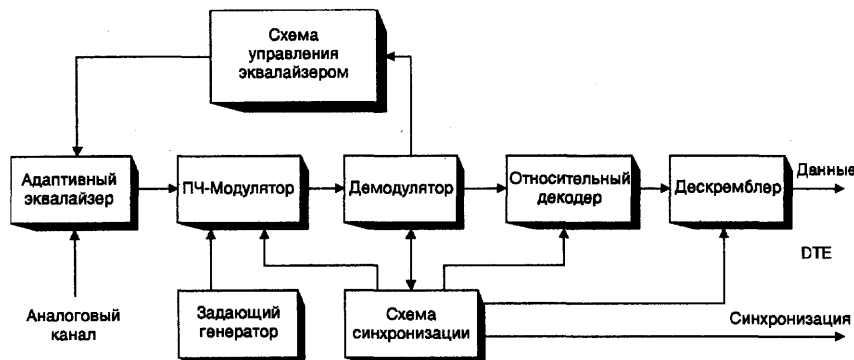


Рис. 9.16. Схема приемника синхронного модема

Адаптивный эквалайзер приемника, как и эквалайзер передатчика, позволяет

компенсировать нелинейные искажения, вносимые каналом передачи. Адаптивность эквалайзера заключается в его способности подстраиваться под изменяющиеся параметры канала в течение сеанса связи. Для этого сигнал ошибки фазы с демодулятора поступает на схему управления, которая вырабатывает управляющие сигналы для эквалайзера. Сам эквалайзер состоит из линии задержки с отводами и набора управляемых усилителей с изменяемым коэффициентом усиления (рис. 9.17).

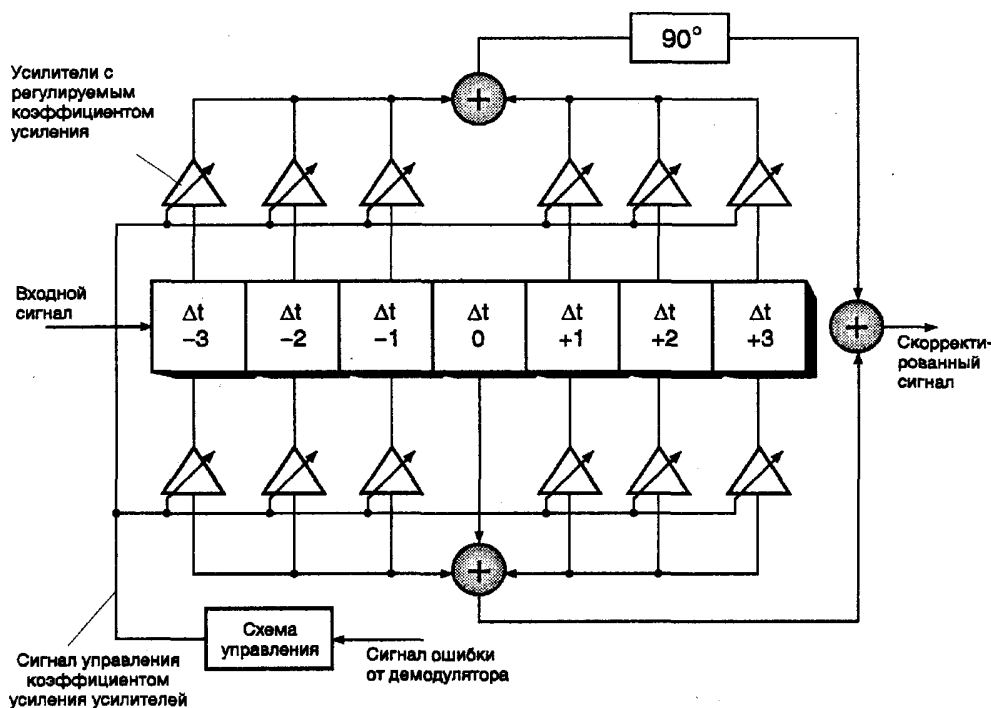


Рис. 9.17. Адаптивный эквалайзер

Более подробно остановимся на работе таких блоков синхронного модема, как скремблер и эхо-компенсатор.

### 9.3.1.5.3. Скремблирование.

Двоичный сигнал на входе модема может иметь произвольную статистическую структуру, которая не всегда удовлетворяет требованиям, предъявляемым синхронным способом передачи. Среди этих требований основными являются следующие:

- частота смены символов (1,0) должна обеспечивать надежное выделение тактовой частоты непосредственно из принимаемого сигнала;
- спектральная плотность мощности передаваемого сигнала должна быть, по возможности, постоянной и сосредоточенной в заданной области частот с целью снижения взаимного влияния каналов.

Приведенные требования должны выполняться независимо от структуры передаваемого сообщения. Поэтому в синхронных модемах исходная последовательность двоичных посылок часто подвергается определенной обработке. Смысл такой обработки состоит в получении последовательности, в которой статистика появления нулей и единиц приближается к случайной, что позволяет удовлетворить двум названным выше требованиям.

Одним из способов такой обработки является *скремблирование* (*scramble* — перемешивание). Скремблирование — это обратимое преобразование структуры цифрового потока без изменения скорости передачи с целью получения свойств случайной последовательности. Скремблирование производится на передающей стороне с помощью *скремблера*, реализующего логическую операцию суммирования по модулю два исходного и псевдослучайного двоичных сигналов. На приемной стороне осуществляется обратное преобразование — дескремблирование, выполняемое *дескремблером*. Дескремблер выделяет из принятой последовательности исходную информационную последовательность. На рис. 9.18 показано включение скремблера и дескремблера в канал связи.

Основной частью скремблера является генератор псевдослучайной последовательности (ПСП) в виде линейного  $v$ -каскадного регистра с обратными связями, формирующий последовательность максимальной длины  $2^v - 1$ . Различают два основных типа скремблеров-



дескремблеров — самосинхронизирующиеся и с начальной установкой (аддитивные).

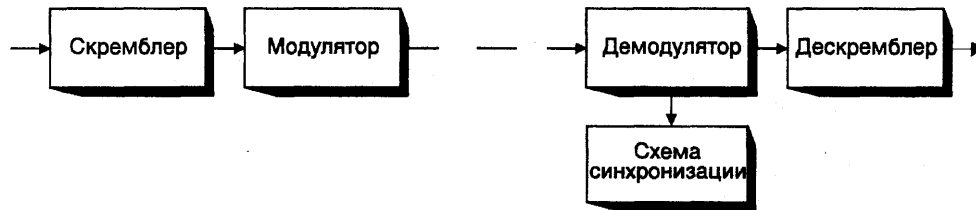


Рис. 9.18. Схема включения скремблера и дескремблера в канал связи

Схема пары самосинхронизирующихся скремблер-дескремблер представлена на рис. 9.19. Особенностью самосинхронизирующего скремблера является то, что он управляется самой скремблированной последовательностью, т.е. той, которая поступает в канал. Поэтому в данном случае не требуется специальной установки состояний скремблера и дескремблера, поскольку они оказываются идентичными в результате записи в их регистры сдвига скремблированной последовательности.

При потере синхронности между скремблером и дескремблером время его восстановления не превышает числа тактов, равного числу ячеек регистра скремблера. На приемной стороне выделение информационной последовательности происходит сложением по модулю два принятой скремблированной последовательности с псевдослучайной последовательностью (ПСП) регистра.

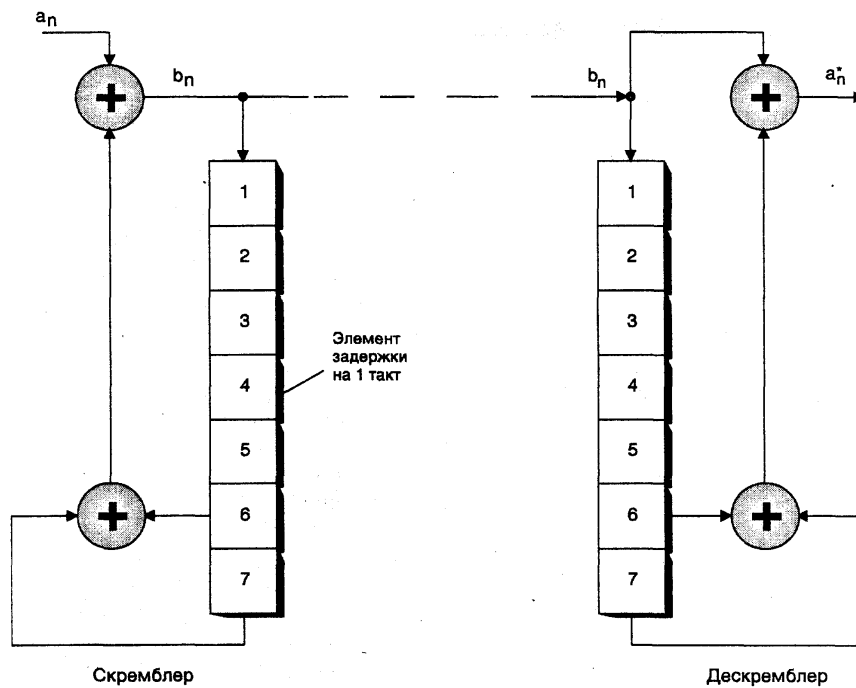


Рис. 9.19. Схема скремблирования с самосинхронизацией.

Например, для схемы, изображенной на рис. 9.19, входная последовательность  $a_n$  с помощью скремблера в соответствии с выражением

$$b_n = a_n \oplus (b_{n-6} \oplus b_{n-7})$$

преобразуется в двоичную последовательность  $b_n$ , посылаемую в канал. В приемнике из этой последовательности таким же регистром сдвига, как и на передаче, формируется последовательность

$$a_n^* = b_n \oplus (b_{n-6} \oplus b_{n-7}),$$

которая идентична последовательности  $a_n$ . Это легко проверяется при преобразовании первого выражения к виду

$$a_n = b_n \oplus (b_{n-6} \oplus b_{n-7})$$

и сравнении полученного выражения с предыдущим.



защиты от нежелательных ситуаций делают способ аддитивного скремблирования предпочтительнее и экономически эффективнее, если не учитывать затрат на решение задачи взаимной синхронизации пары скремблер-дескремблер.

Рассмотрим влияние скремблирования на энергетический спектр двоичного сигнала. На рис. 9.21, а изображен пример энергетического спектра для периодического сигнала с периодом  $T$ , содержащим 6 двоичных элементов с длительностью  $T_0$ . После скремблирования ПСП с  $M=2^v-1$  элементами спектр существенно "обогащается" (рис. 9.21, б). В примере число составляющих спектра увеличилось в  $M$  раз, одновременно уровень каждой составляющей уменьшается в такое же число раз.

#### 9.3.1.5.4. Эхо-подавление.

Организация дуплексной высокоскоростной передачи является не простой задачей при использовании коммутируемых каналов с двухпроводным окончанием. В отличие от выделенных четырехпроводных каналов (рис. 9.22, а), характерной особенностью телефонного канала КТСОП является наличие участков перехода двухпроводной части канала в четырехпроводную. Переход осуществляется при помощи *дифференциальных систем* (ДС), обеспечивающих необходимое затухание по встречным направлениям передачи. Если эти затухания очень велики, то схему связи можно практически считать четырехпроводной, представляющей собой электрически разомкнутую систему. Однако идеальных дифференциальных систем не существует. В результате, как и во всякой электрически замкнутой системе, в двухпроводном телефонном канале присутствуют токи обратной связи, вызывающие искажения амплитудно-частотных и фаз-очастотных характеристик прямого и обратного каналов. В качестве примера на рис. 9.22, б приведена типичная схема модемного канала с тремя дифференциальными системами и, соответственно, тремя путями прохождения эхо-сигналов. Собственный отраженный и задержанный сигнал поступает на вход демодулятора, являясь для него помехой. Чем большей задержкой обладает эхо-сигнал, тем труднее с ним бороться.

Рассмотрим один из возможных вариантов дифференциальных систем — мостовую трансформаторную дифференциальную систему (рис. 9.23). Такая дифференциальная система будет обеспечивать достаточное затухание (более 50 дБ) во встречных направлениях приема-передачи лишь при условии выполнения ее баланса. Однако обеспечить точный баланс не так просто, как может показаться на первый взгляд. Причиной этому является как изменения комплексных сопротивлений двух- ( $Z_{2ПР}$ ) и четырехпроводных ( $Z_{прд4}$  и  $Z_{прм4}$ ) линий, так и их несоответствие номинальным значениям. Это происходит вследствие, например, неодинаковой длины и различного качества абонентских линий, или в случае параллельного подключения модема к телефонному аппарату.

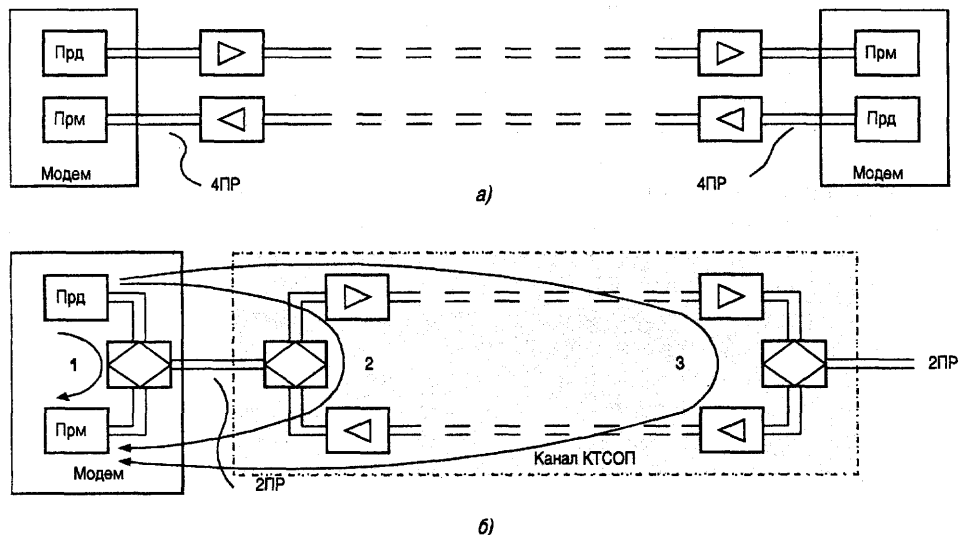


Рис. 9.22. Схема телефонных каналов с четырехпроводным (а) и двухпроводным окончанием (б) с путями прохождения эхо-сигналов (1, 2, 3)

Известны так называемые самобалансирующиеся дифференциальные системы, автоматически подстраиваемые под параметры используемой линии связи. Их рассмотрение выходит за рамки данного пособия. Стоит лишь отметить, что они представляют собой достаточно сложные электронные устройства.

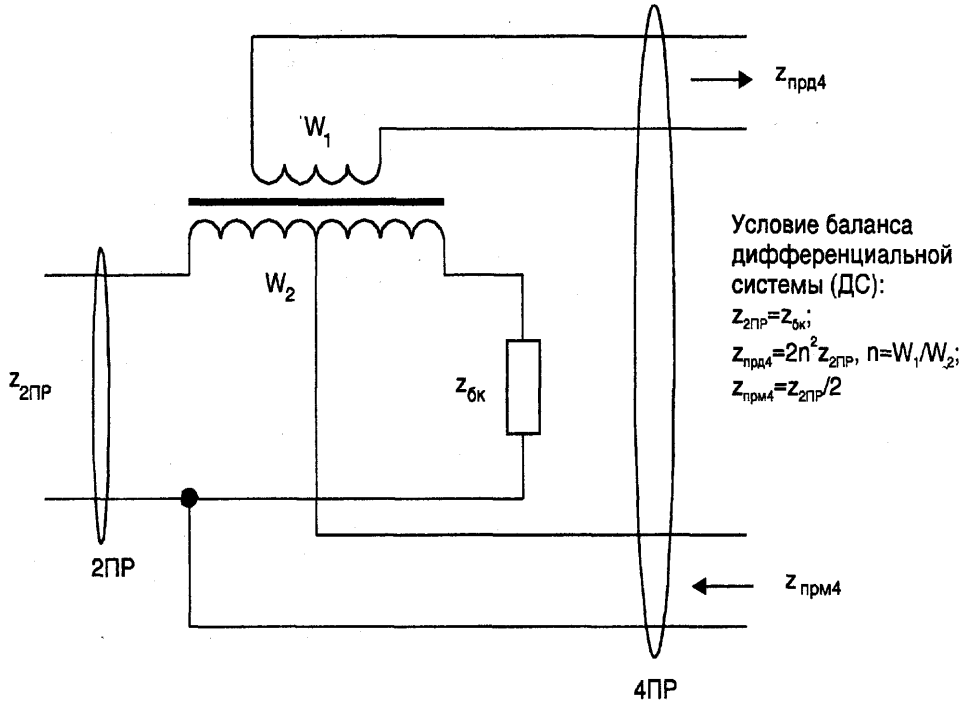


Рис. 9.23. Схема мостовой трансформаторной дифференциальной системы

Для борьбы с электрическим эхом возможно использование следующих методов:

- частотное разделение каналов;
- применение самобалансирующихся дифференциальных систем;
- компенсация эхо-сигнала.

При использовании первого метода вся полоса пропускания канала разделяется на два частотных подканала, по каждому из которых передается сигнал в одном направлении. Очевидно, в этом случае нет возможности использовать полосу канала в полном объеме. Более того, для исключения проникновения боковых гармоник между подканалами приходится вводить защитный частотный интервал. В результате этого подканалы займут меньше половины полной полосы пропускания канала. Существующие протоколы модуляции с частотным разделением каналов, например V.21 и V.22, обеспечивают *симметричную* дуплексную связь со скоростью не выше 2400 бит/с. Ряд протоколов с частотным разделением, например HST, обеспечивает и более скоростную связь, но в одном направлении. В то время как скорость передачи по обратному каналу значительно меньше. Такая разновидность дуплексной связи называется *асимметричной*.

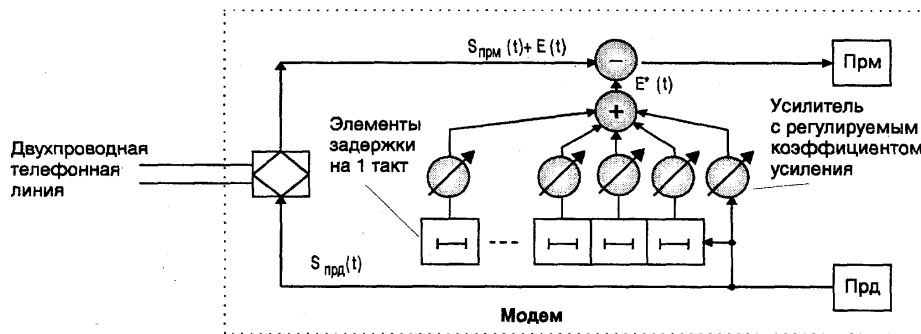


Рис. 9.24. Схема эхо-компенсатора

Применение автоматически настраиваемых дифференциальных систем экономически невыгодно из-за высокой сложности их технической реализации.

В связи с этим наибольшее распространение получил компенсационный метод борьбы с эхо-сигналом. Суть метода заключается в том, что модем, обладая информацией о своем собственном передаваемом сигнале  $S_{прд}(t)$ , может использовать ее для фильтрации принимаемого сигнала  $S_{прм}(t)$  от эхо-помехи. Отраженный эхо-сигнал  $E(t)$  претерпевает

существенные изменения вследствие амплитудных и фазовых искажений. На этапе установления соединения каждый модем посылает определенный зондирующий сигнал и определяет параметры эхо-отражения: время запаздывания, амплитудные и фазовые искажения, мощность отраженного сигнала. В процессе сеанса связи эхо-компенсатор модема вычитает из принимаемого входного сигнала свой собственный выходной  $E^*(t)$ , скорректированный в соответствии с полученными параметрами эхо-отражения. Функцию создания копии эхо-сигнала выполняет линия задержки с отводами, схема которой приведена на рис. 9.24.

Технология эхо-компенсации позволяет отвести для дуплексной передачи всю ширину полосы пропускания телефонного канала, однако требует немалых вычислительных ресурсов для обработки сигнала.

### 9.3.1.5.5. Устройство цифрового модема

Как уже отмечалось, к цифровым модемам можно отнести такие устройства, как CSU/DSU (*Channel Service Unit/Data Service Unit*), терминальные адаптеры ISDN, а также модемы на короткие расстояния (*Short Range Modem*). По выполняемым функциям цифровые модемы очень похожи на модемы для аналоговых каналов связи. За исключением самых простейших, цифровые модемы обладают интеллектуальными функциями и поддерживают набор АТ-команд. В первую очередь это относится к цифровым модемам, работающим на коммутируемых линиях, например, в сетях ISDN. В качестве примера цифрового модема рассмотрим устройство CSU/DSU.

Устройства CSU/DSU применяются для передачи данных по цифровым каналам типа E1/T1, Switched 56 и другим. CSU обеспечивает правильное согласование с используемым цифровым каналом и частотную коррекцию линии. CSU также поддерживает выполнение проверок по шлейфу. На CSU часто устанавливаются световые индикаторы, сигнализирующие об обрыве местных линий,

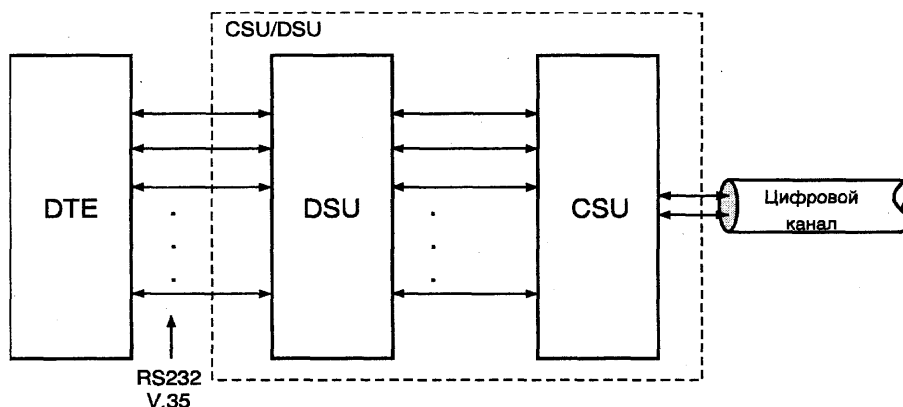


Рис. 9.25. Схема устройства CSU/DSU

потери связи со станцией, а также о работе в режиме проверки по шлейфу. Питание CSU может осуществляться отдельным источником питания, либо посредством самой цифровой линии.

Модули обслуживания данных, или цифровые служебные модули DSU включаются в цепь между CSU и DTE (рис. 9.25), в качестве которого часто выступает не только компьютер, но и различное сетевое оборудование, например, маршрутизатор, мост, мультиплексор или сервер. На DSU обычно устанавливается интерфейс RS-232 или V.35. Основной задачей DSU является приведение потока цифровых данных, поступающих от DTE в соответствие со стандартом, принятым для данной цифровой линии.

Можно провести аналогию с аппаратурой для сетей ISDN. В этом случае CSU играют примерно ту же роль, что и NT1, а DSU похожи на терминальные адаптеры ISDN. DSU часто встраивают в другие устройства, например мультиплексоры. Но чаще их комбинируют с CSU. При этом получается единое устройство, именуемое CSU/DSU или DSU/CSU. В CSU/DSU могут встраиваться схемы сжатия передаваемых данных, а также резервные коммутируемые порты. Часто устройства CSU/DSU выполняют функции защиты от ошибок, реализуя один из протоколов супермножества HDLC. К сожалению, в области цифровых модемов нет такой жесткой стандартизации на протоколы сжатия данных, защиты от ошибок и вид линейного кодирования, какая существует для аналоговых модемов КТСОП. По этой причине следует с большой осторожностью осуществлять выбор цифровых модемов различных производителей.

Как уже отмечалось, для передачи данных по цифровым линиям (включая локальные сети) требуется выполнить определенное преобразование исходной последовательности. Такое

преобразование часто носит название линейного кодирования (кодирования для линии передачи). Рассмотрим подробнее для чего и как оно делается.

### 9.3.1.5.6. Линейное кодирование

Данные пользователя, поступающие от DTE, уже являются цифровыми, представленными в униполярном или биполярном коде без возврата к нулю — NRZ (*NonReturn to Zero*). При передаче данных на большие расстояния в коде NRZ возникают следующие проблемы.

- С течением времени нарастает постоянный ток, блокируемый некоторыми электрическими устройствами цифрового тракта, например, трансформаторами, что приводит к искажению передаваемых импульсов.

- Изменение постоянного тока в цепи отрицательно сказывается на функционировании устройств, получающих питание из линии (репитеры или CSU).

- Передача длинных серий нулей или единиц приводит к нарушению правильной работы устройств синхронизации.

- Отсутствует возможность контроля возникающих ошибок на уровне физического канала.

Перечисленные проблемы решаются при помощи линейного кодирования. Параметры получаемого линейного сигнала должны быть согласованы с характеристикой используемой линии и отвечать ряду следующих требований.

- Энергетический спектр линейного сигнала должен быть как можно уже. В нем должна отсутствовать постоянная составляющая, что позволяет повысить верность либо дальность передачи.

- Структура линейного сигнала должна обеспечивать возможность выделения тактовой частоты на приемной стороне.

- Необходимо обеспечить возможность постоянного контроля за ошибками на уровне физической линии.

- Линейный код должен иметь достаточно простую техническую реализацию.

Формирование требуемого энергетического спектра может быть осуществлено соответствующим изменением структуры импульсной последовательности и выбором нужной формы импульсов. Например, даже сокращение длительности импульсов в два раза (биимпульсный код с возвратом к нулю, *RZ*) вдвое уменьшает уровень постоянной составляющей и увеличивает уровень тактовой составляющей в спектре такого сигнала.

Различают неалфавитные (1В1Т) и алфавитные (mВnТ) коды (В — двоичное, Т — троичное основание кода). При  $m > n$  скорость передачи снижается. Предельной помехоустойчивостью обладают сигналы, элементы которых равны, но противоположны по полярности. Примеры наиболее популярных линейных кодов приведены на рис. 9.26.

Квазитроичный сигнал с чередованием полярности импульсов АМІ (*Alternate Mark Inversion*) получают из двоичного в результате преобразования, при котором нули исходного двоичного кода передаются импульсами нулевой амплитуды, а единицы — импульсами чередующейся полярности. Сигналы с кодом АМІ требуют раздельной регенерации положительных и отрицательных импульсов (рис. 9.27) при их восстановлении в приемниках и репитерах. Информация о синхронизирующем сигнале, выделяется после выпрямления квазитроичного сигнала в резонансном устройстве синхронизации. Недостатком кода АМІ является то, что при появлении в информационной последовательности серий "нулей" резко снижается уровень синхронизирующей составляющей сигнала, что приводит к срыву синхронизации.

Наиболее широкое распространение получили двухуровневые линейные коды с удвоением скорости передачи класса 1В2В (преобразование группы из одного двухуровневого символа в группу из двух двухуровневых символов), обладающие высокой помехозащищенностью, простотой преобразования и выделения тактовой частоты. Однако частота следования импульсов таких кодов, а, следовательно, и требуемая полоса частот передачи вдвое превышает частоту следования исходной двоичной последовательности. К таким кодам относятся коды Манчестер, DMI, CMI, NEW, код Миллера (М),  $M^2$ , код отечественного стыка С1-И (С1-ФЛ-БИ) и ряд других менее популярных.

Код Манчестер характеризуется однозначным соответствием последовательности чередования импульсов внутри тактового интервала. А именно, "1" исходного цифрового сигнала передается нулевым импульсом в первом полутаковом интервале и единичным — во втором (биимпульс 01). Для символа "0" принимается обратный порядок чередования импульсов (биимпульс 10). Аналогичный код, в котором символ "1" передается двоичной парой 10, а символ "0" — парой 01, называется кодом Манчестер-II.

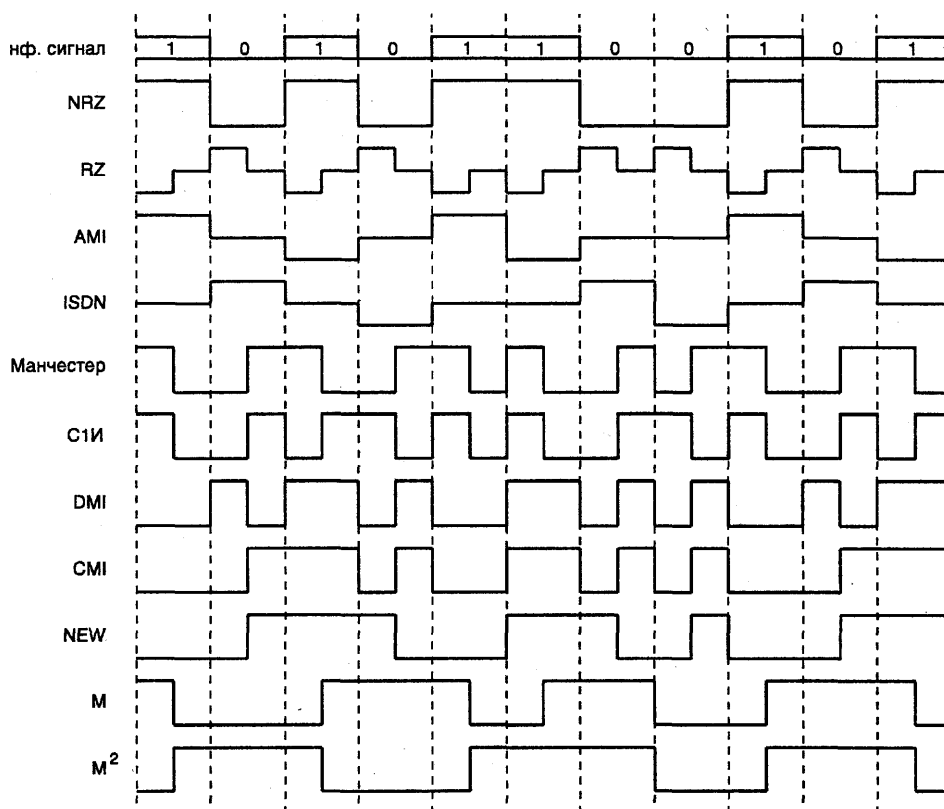


Рис. 9.26. Примеры кодирования линейными кодами

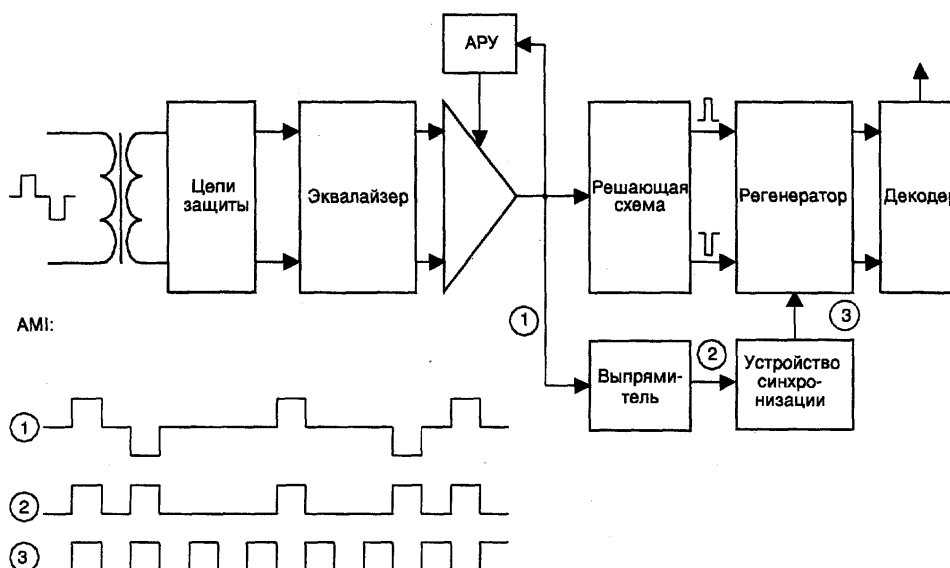


Рис. 9.27. Приемник линейного сигнала в коде AMI

На стыке С1-И символу "1" входной информационной последовательности соответствует биимпульс 10 или 01, совпадающий с предыдущим, а символу "0" — биимпульс 10 или 01, инверсный по отношению к предыдущему биимпульсу. Другими словами, данный код является относительным, подобно тому, который используется при модуляции методом ОФМ. Относительное кодирование позволяет решить проблему неопределенности фазы биимпульса на приемной стороне. В результате этого стык С1-И не боится ошибок типа "зеркальный прием", или "обратная работа" (инверсия знаков) и переполосовки контактов физической линии или используемых разъемов.

Энергетические спектры ряда линейных кодов приведены на рис. 9.28, где  $f_T$  — тактовая частота следования исходных двоичных символов. Эти спектры позволяют судить о частотной эффективности и свойствах синхронизации наиболее популярных линейных кодов.

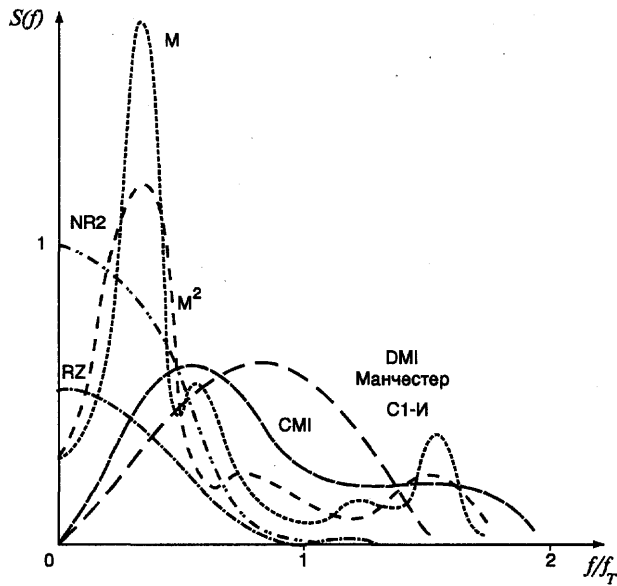


Рис. 9.28. Нормированные энергетические спектры линейных сигналов

### Контрольные вопросы

1. Что определяет семиуровневая модель OSI?
2. На каких уровнях модели OSI определены функции модемов и как они распределены по этим уровням?
3. Каковы особенности факсимильной связи?
4. В чем заключается управление потоком данных через модемы?
5. Приведите классификацию модемов.
6. Опишите устройство современных аналоговых модемов.
7. Что представляют собой цифровые модемы и какие способы линейного кодирования в них могут использоваться?

Дополнительную информацию по методам линейного кодирования можно найти в [43,44] и других источниках.

В этом разделе использованы материалы из [21].



### 9.3.1.6. Интерфейсы модемов.

Модемы, в зависимости от их исполнения и скоростных характеристик могут подключаться к компьютерам и локальным сетям по различным интерфейсам.

Внутренние модемы подключаются непосредственно к системным интерфейсам компьютеров через слоты расширения, а встраиваемые модемы переносных персональных компьютеров выполняются в стандарте интерфейса PC Card (PCMCIA). Достаточно подробное описание затих интерфейсов приведено в разделе 2 первой части пособия.

Внешние модемы в зависимости от используемых каналов связи могут подключаться к компьютеру по последовательным и параллельным приборным интерфейсам или непосредственно к передающей среде локальных сетей. Параллельные интерфейсы PC были подробно рассмотрены в разделе 2 первой части пособия. Интерфейсы локальных сетей в данном пособии рассматриваться не будут. В этом разделе рассмотрены только последовательные интерфейсы, используемые для подключения модемов, но не нашедшие достаточно подробного описания в разделе 2 первой части пособия. К ним относятся: RS-232 (V.24/V.28), RS-422A, RS-423A, RS-449 (V.36), V.35, X.21 и X.21bis.

#### 9.3.1.6.1. Интерфейс RS-232 (V.24/V.28).

Этот интерфейс уже рассматривался в разделе 2 первой части пособия. В этом разделе приводится ряд дополнительных сведений, которые важно знать при использовании этого интерфейса для подключения модемов.

**Общие сведения.** Этот стандарт соединения оборудования был разработан в 1969 г. рядом крупных промышленных корпораций и опубликован Ассоциацией электронной промышленности США (*Electronic Industries Association — EIA*) как вариант "С" рекомендуемого стандарта (*Recommended Standard — RS*) номер 232. RS-232 разработан как стандарт для соединения компьютеров и различных последовательных периферийных устройств. Международный союз электросвязи ИТУ-Т использует аналогичные рекомендации под названием V.24 и V.28. Министерство обороны США выпустило практически идентичный стандарт Mil-Std-188C. В нашей стране подобный стандарт введен ГОСТ 18145-81.

Модификация "D" RS-232 была принята в 1987 г. В ней определены некоторые дополнительные линии тестирования, а также в качестве наиболее предпочтительного соединителя для рассматриваемого интерфейса рекомендован разъем типа DB-25.

Самой последней модификацией является модификация "E", принятая в июле 1991г. как стандарт EIA/TIA-232E. В данном варианте нет никаких технических изменений, которые могли бы привести к проблемам совместимости с предыдущими вариантами этого стандарта. Материал данного раздела основан на спецификациях, устанавливаемых стандартом EIA/TIA-232E.

Рекомендация V.24 содержит описание линий и набора сигналов обмена между DTE и DCE. В RS-232 используются другие обозначения линий, однако линии интерфейса RS-232 и рекомендации V.24 выполняют совершенно одинаковые функции. V.24 определяет большее количество линий, чем RS-232, поскольку стандарт V.24 используется и в других интерфейсах. В этом смысле RS-232 является подмножеством V.24. Рекомендация V.24 не определяет электрические характеристики (см. V.28) или другие физические аспекты реализации, такие как тип разъема, расположение контактов, длина кабеля и скорость обмена. Технические вопросы реализации интерфейса подробно изложены в стандарте V.28.

Рекомендация V.28 определяет только электрические характеристики интерфейса V.24, обеспечивающего работу по несимметричным двухполярным линиям обмена на скоростях до 20 Кбит/с. К таким характеристикам относятся уровни используемых сигналов, емкостное сопротивление и т.д. Данная рекомендация не содержит требований к длине кабеля, типу разъемов и расположению их контактов. Поэтому рекомендация V.28 может рассматриваться как подмножество стандарта RS-232.

Стандарт RS-232 в общем случае описывает четыре интерфейсные функции:

- определение управляющих сигналов через интерфейс;
- определение формата данных пользователя, передаваемых через интерфейс;
- передачу тактовых сигналов для синхронизации потока данных;
- формирование электрических характеристик интерфейса.

**Сигналы интерфейса RS-232.** Интерфейс RS-232 является последовательным асинхронным интерфейсом. Последовательная передача означает, что данные передаются по единственной линии. Для синхронизации битам данных предшествует специальный стартовый бит, после битов данных следует бит паритета и один или два стоповых бита. Такая группа битов совместно со стартовым и стоповым битом, а также битом паритета носит название стартового символа. Таким образом, полный асинхронно передаваемый символ данных состоит из

10—11 бит при том, что собственно пользовательские данные состоят из 7—8 бит.

Используемые в интерфейсе RS-232 уровни сигналов отличаются от уровней сигналов, действующих в модеме или компьютере. Логический 0 (SPACE) представляется положительным напряжением в диапазоне от +3 до +25 В, а логическая 1 (MARK) — отрицательным напряжением в диапазоне от —3 до —25В.

Каждая линия интерфейса задается своим функциональным описанием. Все линии обмена сигналами между DTE и DCE, определяемые стандартом RS-232, можно разбить на четыре основные группы. Это линии данных, управления, синхронизации и линии сигнальной и защитной "земли". Все эти линии перечислены в табл. 9.5. В табл. 9.5. также приведены соответствующие обозначения стандарта V.24. Кроме того, указано направление передачи сигналов между DTE и DCE. Ниже приведем описание всех линий интерфейса RS-232.

Сигнальная "земля" (AB).

Эта линия является общим проводом для всех электрических цепей, образуемых линиями физического интерфейса. Стандарт рекомендует присоединять этот общий провод к защитной "земле" путем внутреннего соединения в DCE. Смысл такого соединения заключается в том, что корпуса устройств оказываются заземленными через штепсельную розетку.

Защитная "земля" (AA)

Эта линия присутствует только в интерфейсе с разъемом DB-25 и предполагает соединение с корпусом устройства.

Передаваемые данные (BA)

Сигналы, которые присутствуют на этой линии, вырабатываются местным (локальным) DTE для передачи местному DCE. Посылаемые сигналы могут быть кодами команд, управляющих работой местного DCE (AT-команды или другие), или данными, которые местное DCE должно передать удаленному DCE-устройству.

Если DTE не передает данные, то оно удерживает эту линию в состоянии логической 1 (MARK). Это свойство можно использовать для того, чтобы отличить DTE от DCE. Согласно стандарта DTE не будет передавать данные до тех пор, пока управляющие линии "Запрос передатчика", "Сброс передатчика", "Готовность DCE" и "Готовность DTE" не будут находиться одновременно в активном (ON) состоянии.

Независимо от того, относится ли данное устройство к DTE или DCE, рассматриваемая линия всегда называется одинаково: "Передаваемые данные". Это выходная линия для DTE и входная для DCE.

Принимаемые данные (BB)

Сигналы, присутствующие на этой линии, вырабатываются местным (локальным) DCE для

Таблица 9.5. Сигналы интерфейса RS-232

№ конт. DB-25	№ конт. DB-9	EIA обозн. (RS-232)	ITU-T обозн. (V.24)	Описание сигнала	Аббревиатура	От DCE	От DTE
1		AA		Защитное заземление	GND		
2	3	BA	103	Передаваемые данные	TxD		x
3	2	BB	104	Принимаемые данные	RxD	x	
4	7	CA CJ	105 133	Запрос передачи Готовность к приему	RTS		x x
5	8	CB	106	Готовность к передаче	CTS	x	
6	6	CC	107	Готовность DCE	DSR	x	
7	5	AB	102	Сигнальное заземление	SG	x	x
8	1	CF	109	Обнаружение несущей	DCD	x	
9				Резерв для теста DCE: +12 В, 20 мА		x	
10				Резерв для теста DCE: -12 В, 20 мА		x	
11			126	Выбор частоты передачи			x
12		SCF	122	Обнаружение дополнительного канала несущей	SDCD	x	
13		SCB	121	Готовность к передаче по дополнительному каналу	SCTS	x	

14		SBA	118	Передаваемые дополнительного канала	данные	STD		x
15		DB	114	Синхронизация передачи (DCE)		TC	x	
16		SBB	119	Принимаемые дополнительного канала	данные	SRD	x	
17		DD	115	Синхронизация приема (DCE)		RC	x	
18			141	Свободный (Местный шлейф)				x
19		SCA	120	Запрос передачи дополнительного канала		SRTS		x
20	4	CD	108.1	Готовность DCE		DTR		x
			108.2	Готовность DTE				
21		CG	110	Детектор качества сигнала		SQ	x	x
		RL	140	Удаленный шлейф				
22	9	CE	125	Индикатор вызова		RI	x	
23		CH	111	Переключатель скорости передачи данных (DTE)				x
23		CI	112	Переключатель скорости передачи данных (DCE)			x	
24		DA	113	Синхронизация передачи (DTE)				x
25			142	Свободный (Индикатор тестирования)			x	

передачи местному DTE. Передаваемые сигналы могут быть ответами на команды, передаваемыми местным DCE, или данными, получаемыми от удаленного DCE.

Если не выполняется операция подтверждения приема команды, стандартное DCE удерживает эту линию в состоянии логической 1 (MARK) при условии, что линия "Указатель несущей" находится в неактивном состоянии (OFF). Данное свойство также можно использовать для того, чтобы отличить DTE от DCE.

При полудуплексной работе эта линия удерживается в состоянии MARK, когда линия "Запрос передачи" находится в активном состоянии, а также в течение короткого промежутка времени после ее перехода из активного состояния в неактивное.

Независимо от того, относится ли данное устройство к DTE или DCE, рассматриваемая линия всегда называется одинаково: "Принимаемые данные". Это выходная линия для DCE и входная для DTE.

#### Запрос передачи (CA)

Сигналы на этой линии вырабатывает DTE. В симплексных или дуплексных системах активное состояние этой линии обеспечивает удержание DCE в режиме передачи. Переключение в неактивное состояние приостанавливает передачу. В обоих случаях состояние этой линии никак не влияет на работу DCE-устройства как приемника.

В полудуплексных системах переключение этой линии в активное состояние переводит DCE в режим передачи и приостанавливает его работу на прием. Когда DTE переключает эту линию в неактивное состояние, соответствующее DCE-устройство начинает работать в режиме приема.

Если DTE переключило линию "Запрос передачи" в неактивное состояние, оно не должно снова активизировать эту линию до тех пор, пока DCE-устройство не подтвердит прием этого сигнала путем переключения в такое же неактивное состояние линии "Готовность к передаче".

Переключение линии "Запрос передачи" из неактивного в активное состояние является сигналом на переход DCE в режим передачи. DCE может затем выполнять любые действия, необходимые для подготовки к передаче, и после их завершения устанавливает линию "Готовность к передаче" в активное состояние, сообщая тем самым, что DCE может передавать данные.

Переключение линии "Запрос передачи" из активного в неактивное состояние является сигналом для DCE на завершение обработки любых данных, которые уже получены от DTE-устройства. Затем DCE прекращает передачу или переходит в режим приема. О завершении этого процесса оно сообщает путем переключения линии "Готовность к передаче" в неактивное состояние.

#### Готовность к передаче (CB)

Сигналы на этой линии вырабатывает DCE. Эти сигналы сообщают о готовности DCE к приему данных от связанного с ним DTE-устройства. Если линия "Готовность к передаче" находится в неактивном состоянии, DTE не должно передавать данные. Когда DCE переключает эту линию в активное состояние, оно готово принимать данные. Эти данные могут быть командами для DCE или данными, передаваемыми по каналу связи.

Обычно сигнал "Готовность к передаче" является ответом на сигнал "Запрос передачи". Однако DCE может независимо переключить линию "Готовность к передаче" в неактивное состояние, чтобы сообщить DTE о необходимости приостановки передачи данных на некоторый конечный промежуток времени. Любые данные, переданные после переключения линии "Готовность к передаче" в неактивное состояние, могут быть проигнорированы DCE-устройством. DCE может снова активизировать эту линию в любой момент при условии, что линия "Запрос передачи" также находится в активном состоянии. Такая процедура хорошо известна как аппаратное управление потоком данных.

Если линия "Запрос передачи" не используется, DCE будет работать так, будто эта линия все время находится в активном состоянии.

#### Готовность DCE (CC)

DCE использует эту линию для информирования DTE о своей готовности к работе. Для соответствующего сигнала часто используется название: "Готовность устройства сопряжения" или "Готовность модема". Активное состояние линии означает, что DCE готово обмениваться информацией с DTE и начать передачу данных.

В некоторых реализациях данная линия в комбинации с линией "Индикатор тестирования" используется для управления обменом сигналами при тестировании и обслуживании DCE. В других случаях эта линия используется вместе с линией "Готовность к передаче" для управления и программирования DCE, поддерживающего последовательную систему автоматического вызова.

#### Готовность DTE (CD)

Сигналы на этой линии вырабатывает DTE. Переключение этой линии в активное состояние информирует DCE-устройство о том, что ему нужно подготовиться к соединению с каналом связи. Если DCE может автоматически отвечать на последующие вызовы, оно будет делать это только в том случае, если линия "Готовность DTE" находится в активном состоянии. Однако состояние данной линии не влияет на сигналы, присутствующие на линии "Индикатор вызова".

Если текущее соединение с каналом связи установлено, то активное состояние линии "Готовность DTE" указывает, что DCE должно поддерживать это состояние. Если эта линия впоследствии переключается в неактивное состояние, DCE отключится от канала связи после завершения текущей передачи данных. После перехода в неактивное состояние линия "Готовность DTE" не должна активизироваться снова до тех пор, пока от DCE не будет получено подтверждение этого перехода путем переключения линии "Готовность DCE" в неактивное состояние.

#### Индикатор вызова (CE)

DCE использует эту линию для сообщения о том, что по каналу связи принимается сигнал вызова. Сигнал на линии "Индикатор вызова" соответствует состоянию сигнала вызова ON — при наличии сигнала вызова, и OFF — при его отсутствии. Эта линия всегда активна. Однако DTE может игнорировать этот сигнал по своему усмотрению.

**Управление потоком передачи.** Для управления потоком данных (Flow Control) могут использоваться два варианта протокола — аппаратный и программный. Иногда управление потоком путают с квитированием, но это разные методы достижения одной цели — согласования темпа передачи и приема. *Квитирование* (Handshaking) подразумевает посылку уведомления о получении (квитанции) элемента, в то время как *управление потоком* предполагает посылку уведомления о невозможности последующего приема данных.

*Аппаратный протокол управления потоком RTS/CTS (Hardware Flow Control)* использует сигнал CTS, который позволяет остановить передачу данных, если приемник не готов к их приему. Работу этого протокола иллюстрирует рис. 9.29. Передатчик «выпускает» очередной байт только при включенном состоянии линии CTS. Байт, который уже начал передаваться, задержать сигналом CTS невозможно (это гарантирует целостность посылки). Аппаратный протокол обеспечивает самую быструю реакцию передатчика на состояние приемника. Обычно микросхемы асинхронных приемопередатчиков имеют не менее двух регистров в приемной части — сдвигающий для приема очередной посылки и хранящий, из которого принятый байт считывается. Это позволяет реализовать обмен с аппаратным протоколом без потери данных, не прибегая к программной буферизации.

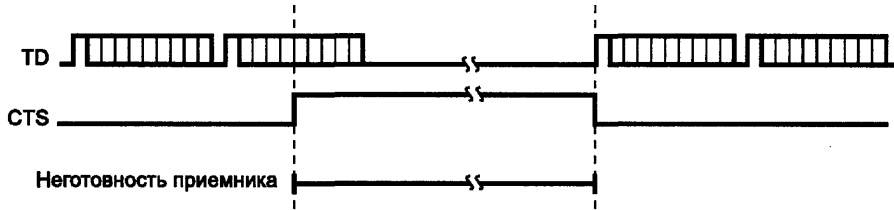


Рис. 9.29. Аппаратное управление потоком

Аппаратный протокол удобно использовать при подключении принтеров и плоттеров, если они поддерживают этот режим (рис. 9.30). При непосредственном (без модемов) соединении двух компьютеров аппаратный протокол требует перекрестного соединения линий RTS — CTS.

Если аппаратный протокол не используется, то при непосредственном соединении у передающего терминала должно быть обеспечено состояние «включено» на линии CTS (обычно соединением собственных линий RTS — CTS). В противном случае передатчик будет упорно молчать (хотя есть программный способ его «разговорить», но им пользуются редко).

*Программный протокол управления потоком XON/XOFF* предполагает наличие двунаправленного канала передачи данных. Работает он следующим образом: если устройство, принимающее данные, обнаруживает причины, по которым оно не может их дальше принимать, оно по обратному последовательному каналу посылает байт-символ XOFF (13h). Противоположное устройство, приняв этот символ, приостанавливает передачу. Далее, когда принимающее устройство снова становится готовым к приему данных, оно посылает символ XON (11h), приняв который противоположное устройство возобновляет передачу.

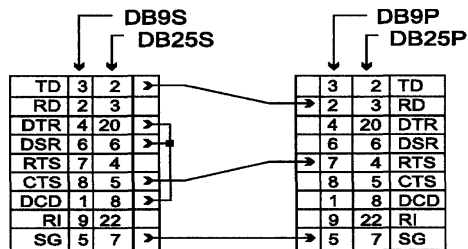


Рис. 9.30. Кабель подключения принтера с протоколом RTS-CTS

Время реакции передатчика на изменение состояния приемника по сравнению с аппаратным протоколом увеличивается по крайней мере на время передачи символа (XON или XOFF) плюс время реакции программы передатчика на прием символа (рис. 9.31). Из этого следует, что данные без потерь могут приниматься только приемником, имеющим дополнительный буфер принимаемых данных и сигнализирующим о неготовности заблаговременно (имея в буфере свободное место).

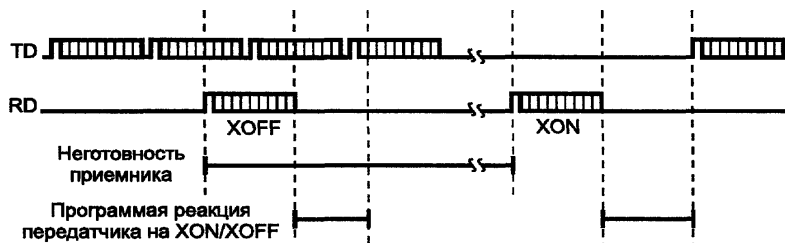


Рис. 9.31. Программное управление потоком XON/XOFF

Преимущество программного протокола при непосредственном соединении устройств заключается в отсутствии необходимости передачи управляющих сигналов интерфейса — минимальный кабель для двустороннего обмена может иметь только 3 провода. Недостатком, кроме требования наличия буфера и большего времени реакции (снижающего и общую производительность канала из-за ожидания прохождения сигнала XON), является сложность реализации полнодуплексного режима обмена. В этом случае из потока принимаемых данных должны выделяться (и обрабатываться) символы управления потоком, что ограничивает набор передаваемых символов. Минимальный вариант кабеля для подключения принтера (плоттера) с протоколом XON/XOFF приведен на рис. 9.32.

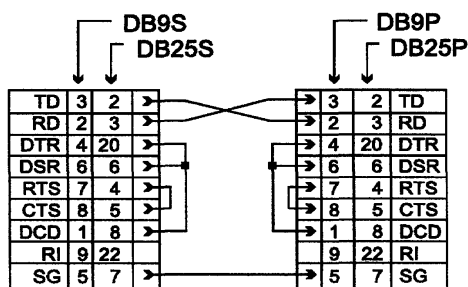


Рис. 9.32. Кабель подключения принтера с протоколом XON/XOFF

Кроме этих двух распространенных стандартных протоколов, поддерживаемых и устройствами, и операционными системами, существуют и некоторые другие. Например, некоторые плоттеры с последовательным интерфейсом используют программное управление, но посылают не стандартные символы XON/XOFF, а *слова* (ASCII-строки). Такой обмен на уровне системной поддержки протокола практически не поддерживается (эти плоттеры рассчитаны на прямой диалог с прикладной программой). Конечно, можно написать и драйвер COM-порта (перехватчик INT14h), но необходимость обработки в нем текстовых сообщений от устройства вывода обычно не вызывает восторга системного программиста. Кабель для подключения такого устройства совпадает с приведенным на рис. 9.21.

### 9.3.1.6.2. Интерфейсы RS-422A, RS-423A RS-449 (V.36) и RS-530.

Более новыми стандартами, по сравнению с RS-232, позволяющими обеспечить высокоскоростную работу на больших расстояниях, являются стандарты EIA RS-422A, RS-423A и RS-449. Соответствующими рекомендациями ITU-T для этих стандартов являются V.I 0 и X.26 — для RS-423, и V.I 1 и X.27 — для RS-422. В табл. 9.6 приведены соотношения скорости передачи и допустимой длины кабеля для этих стандартов.

Таблица 9.6. Соотношение скорости передачи и допустимой длины кабеля для стандартов RS-422A и RS-423A

Скорость передачи, Кбит/с		Длина кабеля, м
RS-423A(V10 и X26)	RS-422A (V. 11 и X.27)	
1	100	1000
10	1000	100
100	10000	10

**Стандарт RS-423A.** Стандарт RS-423A определяет электрические характеристики несимметричного цифрового интерфейса. "Несимметричность" означает, что данный стандарт подобно RS-232 для каждой линии интерфейса использует только один провод. При этом для всех линий используется единый общий провод.

Как и RS-422A, этот стандарт не определяет сигналы, конфигурацию выводов или типы разъемов. Он содержит только описание электрических характеристик интерфейса. Стандарт RS-422A предусматривает максимальную скорость передачи 100 Кбит/с.

**Стандарт RS-422A.** Стандарт RS-422A определяет электрические характеристики симметричного цифрового интерфейса (см раздел 2.3 и 2.7.2.2.1 первой части пособия). Он предусматривает работу на более высоких скоростях (до 10 Мбит/с) и больших расстояниях (до 1000 м) в интерфейсе DTE—DCE. Для его практической реализации, в отличие от RS-232, требуется два физических провода на каждый сигнал. Реализация симметричных цепей обеспечивает наилучшие выходные характеристики.

Подобно V.28, данный стандарт является простым описанием электрических характеристик интерфейса и не определяет параметры сигналов, типы разъемов и протоколы управления передачей данных. Для линий интерфейсов RS-422A и RS-423A могут быть использованы различные проводники (или пары проводников) одного и того же кабеля.

Стандарт RS-422A был разработан совместно с RS-423A и позволяет размещать линии этих интерфейсов в одном кабеле. Он не совместим с RS-232, и взаимодействие между RS-422A и RS-232 может быть обеспечено только при помощи специального интерфейсного конвертера.

**Стандарт RS-449.** Стандарт RS-449, в отличие от RS-422A и RS-423A, содержит информацию о параметрах сигналов, типах разъемов, расположении контактов и т.п. В этом отношении RS-449 является дополнением к стандартам RS-422A и RS-423A. Стандарту RS-449 соответствует международный стандарт V.36.

Комбинация RS-449, RS-422A и (или) RS-423A первоначально предназначалась для возможной замены RS-232. Однако этого не произошло, хотя данные стандарты нашли достаточно широкое применение в качестве высокоскоростного интерфейса DTE—DCE.

Стандарт RS-449 определяет 30 сигналов интерфейса. Большинство этих сигналов имеют эквивалентные в RS-232. Кроме того, добавлен ряд новых сигналов. Обозначения большинства сигналов были изменены во избежание путаницы.

Десять сигналов RS-449 определены как линии 1-й категории. Эта группа сигналов включает в себя все основные сигналы данных и синхронизации, такие как "Передаваемые данные", "Принимаемые данные", "Синхронизация терминала". Скорость передачи сигналов 1-й категории существенно зависит от длины кабеля. Для линий этой категории на скоростях до 20 Кбит/с могут использоваться стандарты RS-422A либо RS-423A; на скоростях выше 20 Кбит/с (до 2Мбит/с) - только RS-422A.

Оставшиеся 20 линий классифицируются как линии 2-й категории и используются стандартом RS-423A. Ко 2-й категории относятся такие управляющие линии, как "Качество сигнала", "Выбор скорости передачи" и др.

Стандарт RS-449 определяет тип разъема и, в отличие RS-232, распределение контактов разъема (см. табл. 9.7). Используемые разъемы имеют 37 контактов для прямого канала и 9 контактов для обратного канала.

Таблица 9.7. Назначение сигналов интерфейса RS-449

37-ми контактный разъем								
Номер контакта	RS-449		RS-232		V.24		От DCE	От DTE
1		Экран	RG	AA		Защитное заземление		
2	SI	Индикатор скорости передачи		CI	112	Переключатель скорости передачи	x	
3		Свободно						x
4	SD	Передача данных	TxD	BA	103	Передаваемые данные	x	
5	ST	Синхронизация передачи	TC	DB	114	Синхронизация элементов передаваемого сигнала		
6	RD	Прием данных	RxD	BB	104	Принимаемые данные		x
7	RS	Запрос передачи	RTS	CA	105	Запрос передачи	x	
8	RT	Синхронизация приема	RC	DD	115	Синхронизация элементов принимаемого сигнала	x	
9	CS	Готов к передаче	CTS	ев	106	Готов к передаче	x ,	
10	LL	Местный шлейф			141	Местный шлейф		x
11	DM	Режим данных	DSR	CC	107	Готовность DCE		x
12	TR	Входящий запрос соединения	DTR	CD	108	Готовность DTE	x	
13	RR	Готовность приемника	DCD	CF	109	Детектор линейного сигнала канала данных	x	
14	RL	Удаленный шлейф			140	Шлейфовое или техническое тестирование		x
15	IC	Входящий запрос соединения	RI	CE	125	Индикатор вызова	x	
16	SF/SR	Выбор частоты/скорости и передачи		CH/CI	111/112	Селектор скорости передачи данных	x	x
17	TT	Синхронизация терминала	te	DA	113	Синхронизация элементов передаваемого сигнала		x
18	TM	Режим контроля			142	Индикатор тестирования	x	
19	SG	Сигнальное заземление	SG	AB	102			
20	RC	Общий обратный провод приема	SG	AB	102	Сигнальное заземление	x	

21		Свободно						
22	SD	RS-422, возвратный ввод						x
23	ST	RS-422, возвратный ввод					x	
24	RD	RS-422, возвратный ввод					x	
25	RS	RS-422, возвратный ввод						x
26	RT	RS-422, возвратный ввод						x
27	CS	RS-422, возвратный ввод					x	
28	IS	Терминал работает		CN	135	Сигнал занятости		x
29	DM	RS-422, возврат					x	
30	TR	RS-422, возврат						x
31	RR	RS-422, возврат					x	
32	SS	Выбор резервного канала			116			x
33	SQ	Качество сигнала	SQ	CG	110	Детектор качества сигнала данных	x	
34	NS	Новый сигнал	NS		136	Новый сигнал		x
35	TT	RS-422, возврат						x
36	SB	Индикатор резервного канала			117		x	
37	SC	Общий обратный провод передачи	SG	SG	102	Сигнальное заземление		x

9-ти контактный разъем								
Номер контакта	RS-449		RS-232		V.24		От OCE	От DTE
1		Экран		AA		Защитное заземление		
2	SRR	Детектор несущей / обратного канала		SCF	122	Детектор принимаемого линейного сигнала обратного канала	x	
3	SSD	Передаваемые данные обратного канала		SBA	118	Передаваемые данные обратного канала		x
4	3RD	Принимаемые данные обратного канала		SBB	119	Принимаемые данные обратного канала	x	
5	SG	Сигнальное заземление	SG	AB	102	Сигнальное заземление		x
6	RC	Общий возврат DCE	SG	AB	102b	Общий обратный провод DTE	x	
7	SRS	Запрос передачи обратного канала	SRS	SCA	120	Запрос передачи обратного канала		x
8	SCS	Готовность обратного канала	SCS	SCB	121	Обратный канал готов	x	
9	SC	Общий обратный провод передачи	SG	AB	102a	Общий обратный провод DCE		x

Расположение контактов разъема интерфейса RS-449/V.36 приведено на рис. 9.33.



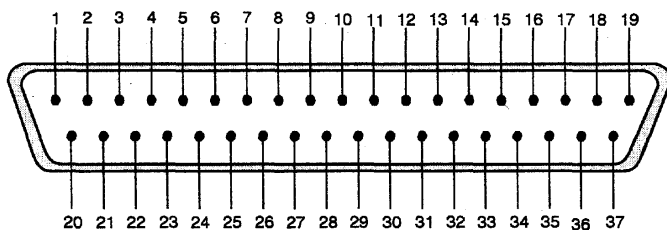


Рис. 9.33. Расположение контактов разъема интерфейса RS-449/V.36

**Интерфейс RS-530** определяет состав цепей и использование контактов разъемов типа DB-25 (табл. 9.8) для симметричной дифференциальной передачи с уровнями сигналов RS-422/RS-485. RS-530-A (табл. 9.9) отличается от RS-530 назначением контактов 22 и 23.

Таблица 9.8. Назначение контактов интерфейсов RS-530

Контакт	Цепь	Источник
1	Shield	Общий
2	Transmitted Data (A)	DTE
3	Received Data (A)	DCE
4	Request To Send (A)	DTE
5	Clear To Send (A)	DCE
6	DCE Ready (A)	DCE
7	Signal Ground	Общин
8	Receive Line Signal Detector (A)	DCE
9	Receive Signal Element Timing (A)	DCE
10	Receive Line Signal Detector (B)	Обратный провод
11	Ext. Transmit Signal Element Timing (B)	Обратный провод
12	Transmit Signal Element Timing (B)	Обратный провод
13	Clear To Send (B)	Обратный провод
14	Transmitted Data (B)	Обратный провод
15	Transmit Signal Element Timing (A)	DCE
16	Received Data (B)	Обратный провод
17	Receive Signal Element Timing (A)	DCE
18	Local Loopback	DTE
19	Request To Send (B)	Обратный провод
20	DTE Ready (A)	DTE
21	Remote Loopback	DTE
22	DCE Ready (B)	Обратный провод
23	DTE Ready (B)	Обратный провод
24	Ext. Transmit Signal Element Timing (A)	DTE
25	Test Mode	DCE

Таблица 9.9. Назначение контактов интерфейсов RS-530-A.

Контакт	Цепь	Источник
1	Shield	Общий
2	Transmitted Data (A)	DTE
3	Received Data (A)	DCE
4	Request To Send (A)	DTE
5	Clear To Send (A)	DCE
6	DCE Ready (A)	DCE
7	Signal Common	Общий
8	Receive Line Signal Detector (A)	DCE
9	Receive Signal Element Timing (A)	DCE
10	Receive Line Signal Detector (B)	Обратный провод
11	Ext. Transmit Signal Element Timing (B)	Обратный провод
12	Transmit Signal Element Timing (B)	Обратный провод

13	Clear To Send (B)	Обратный провод
14	Transmitted Data (B)	Обратный провод
15	Transmit Signal Element Timing (A)	DCE
16	Received Data (B)	Обратный провод
17	Receive Signal Element Timing (A)	DCE
18	Local Loopback	DTE
19	Request To Send (B)	Обратный провод
20	DTE Ready (A)	DTE
21	Remote Loopback	DTE
22	Ring Indicator (B)	Обратный провод
23	Signal Common (B)	Обратный провод
24	Ext. Transmit Signal Element Timing (A)	DTE
25	Test Mode	DCE

Примечание: А – прямой провод; В – обратный провод.

### 9.3.1.6.3. Интерфейс V.35.

Стандарт V.35 появился в начале 80-х годов как спецификация интерфейса между устройствами доступа к сети (мультиплексором, модемом или др.) и высокоскоростной сетью с коммутацией пакетов. Первоначально эта спецификация использовалась для подключения групповых модемов (модемных пулов) к коммутационному устройству.

Рекомендация V.35 определяет синхронный интерфейс для работы по аналоговым широкополосным каналам с полосой пропускания 60-108 кГц (соответствует полосе 12 канальной группы) со скоростью передачи до 48 Кбит/с.

В приложении к стандарту определялся вид электрического соединения, обеспечивающего высокоскоростной последовательный интерфейс между мультиплексором и коммутационным оборудованием сети.

Рынок собственно модемов V.35 не состоялся, но интерфейс в качестве высокоскоростной замены RS-232 прижился. В спецификации стандарта не был определен тип электрического разъема, но фирма IBM в свое время стала выпускать совместимые с V.35 большие прямоугольные разъемы с массивными прижимными винтами. Получилось очень надежное соединение. Остальные производители коммутационной техники стали повторять конструкцию соединителя IBM, который и стал стандартом де-факто и был принят в качестве рекомендации ISO 2593.

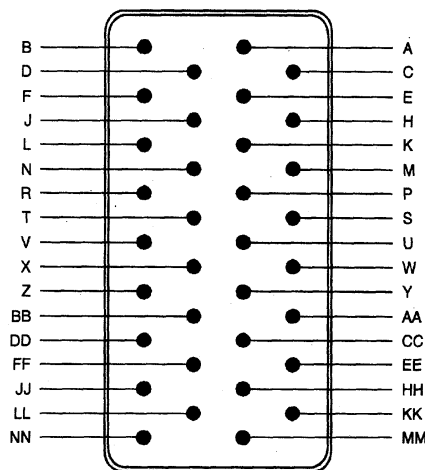


Рис. 9.34. расположение контактов разъема интерфейса V.35

Таблица 9.10. Назначение контактов и сигналов V.35

Обозначение контактов	Цепь обмена	Назначение цепи	НапряЕ отDTE	вление от DCE	
А	Б				
А		101	Защитное заземление	х	х
В		102	Сигнальное заземление	х	х
С		105	Запрос передачи	х	
Д		106	Готовность к передаче		х

E		107	Готовность DCE		x
F		109	Обнаружение несущей		x
H		108/1 108/2	Подключение DCE к линии Готовность	x x	
J		125	Индикатор соединения		x
K,L,M,N			Резерв для ITU-T		
P	S	103	Передаваемые данные	x	
R	T	104	Принимаемые данные		x
U	W	113	Синхронизация передачи	x	
V	x	115	Синхронизация приема		x
Y	AA	114	Синхронизация приема		x
Z,BB,CC, DD, EE,FF			Резерв для ITU-T		
HH, JJ, KK, LL			Резерв для использования в		
MM, NN			Резерв для ITU-T		

Контакты несимметричной цепи обмена с электрическими характеристиками V.28 используют один контакт, показанный в столбце А. Каждая несимметричная цепь обмена с электрическими характеристиками V.35 ("1"=-0,55 В, "0"=+0,55 В) используют два контакта, показанные в столбцах А и Б.

Интерфейс V.35 использует комбинацию несимметричных (V.24/V.28) и симметричных (V.35) сигналов. Поэтому максимальная длина соединительного кабеля та же, что и для интерфейса V.24/V.28 (RS-232). В качестве интерфейсного разъема между DTE—DCE используется 34-контактный разъем типа MRAC. Диаметр штырей/отверстий, используемых в 34-контактном разъеме, и соответствие контактов сигналов может отличаться в разных странах. В табл. 9.10 показано назначение сигналов и обозначение контактов разъема ISO 2593 для интерфейса V.35, а на рис. 9.34. приведено расположение его контактов.

В 1988 г. ITU-T отказался от стандарта V.35, заявив, что он устарел. Несмотря на столь категоричное официальное заявление, интерфейс V.35 продолжает существовать. В настоящее время, кроме различного рода высокоскоростных модемов, интерфейс V.35 применяется в мультиплексорах, маршрутизаторах и другом коммуникационном оборудовании, обеспечивая скорость передачи до 2 Мбит/с.

#### 9.3.1.6.4. Интерфейсы X.21 и X.21bis.

Стандарт X.21 впервые был опубликован в 1972 г. Он определяет физические характеристики и процедуры управления для интерфейса DTE—DCE в режиме синхронной передачи данных и может применяться как в сетях с коммутацией каналов, так и в сетях на выделенных линиях. Стандарт предусматривает дуплексную работу DTE при условии, что DCE связаны друг с другом реальными, а не виртуальными цифровыми линиями связи. Функциональные процедуры X.21 формализованы в виде диаграмм состояний, рассмотрение которых выходит за рамки данной книги.

Рекомендация ITU-T X.21 определяет формат передаваемых символов, которые представляются в коде МТК-5 (*Международный Телеграфный Код №5*). Данный интерфейс рассчитан на сквозную цифровую передачу. В нем в процесс установления соединения и разъединения полностью автоматизирован при помощи набора сигналов о состоянии соединения и о его неисправностях. В ходе передачи данных через интерфейс могут передаваться любые последовательности битов.

Создатели этого стандарта стремились максимально упростить его и, по нашему мнению, достигли своей цели. Так, соединение DTE с DCE требует существенно меньшего числа сигнальных линий, чем аналогичное соединение для интерфейса RS-232.

Назначение сигналов и линий интерфейса X.21 приведены в табл. 9.11.

Таблица 9.11. Назначение сигналов и линий интерфейса X.21

Номер контакта DB-15	Описание сигнала	От DCE	От DTE
1	Защитное заземление	x	x
2	Передача (А)		x
3	Управление (А)		x
4	Прием (А)	x	
5	Индикация(А)	x	
6	Синхронизация (А)	x	

7	Свободно		
8	Сигнальное заземление	x	x
9	Передача (В)		x
10	Управление (В)		x
11	Прием (В)	x	
12	Индикация (В)	x	
13	Синхронизация (В)	x	
14	Свободно		
15	Свободно		

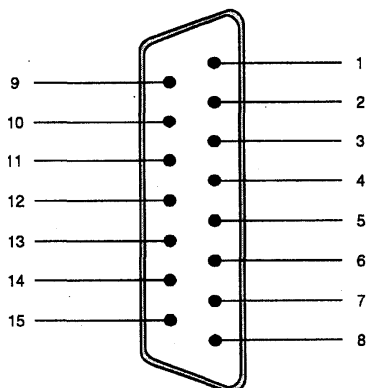


Рис. 9.35. Расположение контактов разъема интерфейса X.21

Механические характеристики интерфейса X.21 определены стандартом ISO 4903, предусматривающим использование 15-контактного разъема типа DB-15, изображенного на рис. 9.35.

Интерфейс X.21 может находиться либо в режиме переноса данных, либо в одном из многочисленных режимов управления. Управляющая информация в режимах управления передается в коде МТК-5. Применение потока управляющих символов открывает неограниченные возможности для выбора будущих управляющих механизмов. Такой подход является более гибким по сравнению с другими вариантами интерфейсов, использующими для каждого управляющего сигнала отдельную линию. В режиме управления важно правильно идентифицировать моменты появления символов. Для этого любой последовательности управляющих символов, посылаемых или принимаемых DTE, предшествуют два идущих подряд символа синхронизации SYN.

По ряду причин X.21 не получил широкого распространения. Тем не менее для некоторых приложений он является оптимальным вариантом, особенно для таких, где требуются дуплексные выделенные каналы, работающие в синхронном режиме.

**Рекомендация X.21bis.** Рекомендация X.21bis была разработана для обеспечения возможности подключения к сетям передачи данных общего пользования тех пользователей, которые используют для этого аналоговые выделенные или коммутируемые каналы и имеют синхронные модемы, работающие согласно рекомендациям серии V.

Выполнение рекомендации X.21bis обеспечивает взаимодействие между DTE, подсоединенным к сети через модем серии V в соответствии с рекомендацией X.21bis, и DTE, подсоединенным по рекомендации X.21. При этом возможна как дуплексная передача (основной вариант), так и полудуплексная.

Электрические и механические характеристики цепей интерфейса DTE— DCE могут соответствовать рекомендациям V.28, X.26 и иметь 25- или 37-контактный разъем, соответственно.

### 9.3.1.6..5. Высокоскоростной интерфейс HSSI

Высокоскоростной последовательный интерфейс HSSI (High Speed Serial Interface) был предложен фирмами Cisco Systems и T3plus Networking для синхронной связи оборудования DTE с DCE на скоростях до 52 Мбит/с (канал STS-1). Впоследствии с небольшими изменениями принят как стандарт ANSI. Физические спецификации описаны в EIA/TIA-613, электрические — в EIA/TIA-612. Интерфейс использует симметричную передачу сигналов уровнями ЭСЛ (эмиттерно-связанная логика, ECL) с питанием -5,2 или -5 В. Номинальный высокий уровень передатчика  $V_{OH} = -0,9В$ , низкий уровень  $V_{OL} = -1,75В$ . Приемники воспринимают дифференциальные сигналы в диапазоне 150 мВ-1В при допустимом синфазном напряжении -

2,85...-0,8В. Состоянию «включено» или «лог.1» соответствует  $V_{OH}$  на линии «+» и  $V_{OL}$  на линии «-». Дифференциальный импеданс приемников 110 Ом. Длина кабеля может достигать 15 м (типовая — 2 м).

Используемый тип кабеля — витая пара 28 AWG или 32 AWG (многожильный), 25 пар в общем двойном экране, импеданс 110 Ом. Разъемы — 50-контактные двухрядные (как в SCSI-2), на кабеле — вилки, на аппаратуре DTE и DCE — розетки. Назначение сигналов и контактов разъема приведено в табл. 9.12. Несмотря на совпадение по разъемам, кабели SCSI в HSSI могут не работать, особенно на высоких частотах и при значительной длине, поскольку в SCSI используется кабель с импедансом 70 Ом.

Таблица 9.12. Интерфейс HSSI

Сигнал	Назначение	Источник	Конт.+	Конт.-
RT	Receive Timing — синхронизация приемника	DCE	2	27
RD	Receive Data — принимаемые данные, синхронные с RT	DCE	4	29
ST	Send Timing — синхронизация передатчика	DCE	6	31
TT	Terminal Timing — синхронизация от терминала (развернутый сигнал ST)	DTE	9	34
SD	Send Data — данные передачи, синхронные с TT	DTE	11	36
TA	Data Terminal equipment Available — готовность терминала к передаче и приему	DTE	8	33
CA	Data Communications equipment Available — готовность коммуникационного оборудования к обмену	DCE	3	28
LA LB	Loopback circuit A, B — включение диагностических режимов (заглушек). Сочетание LB, LA определяет режим: 0 — нормальный, 11 — локальная «цифровая» заглушка DTE (проверяет линию DTE-DCE), 01 — локальная аналоговая заглушка (проверка DCE), 10 — удаленная аналоговая заглушка (проверка аналоговой линии)	DTE	10 12	35 37
LC	Loopback circuit C — необязательный сигнал запроса включения заглушки на DTE (DTE ' установит TT=RT и SD=RD, ST не используется)	DCE	5	30
TM	Test Mode — сигнализация о тестовом режиме (включена заглушка). необязательный сигнал	DCE	24	49
SG	Signal Ground — сигнальная земля	-	1, 7, 13, 19	26, 32, 38, 44
Резерв		DCE	20-23	45-48
Резерв		DTE	14-18	39-43
SH	Shield Direction — экран (оболочка разъема). К «земле» DTE подключается непосредственно. В DCE может соединяться с «землей» непосредственно или через параллельное соединение резистора (470 Ом/0,5 Вт) и двух конденсаторов (0,1 и 0,01 мкф/50 В)		Кожух	Кожух

Интерфейс HSSI отличается от RS-xxx уровнями сигналов, типом разъемов, упрощенным интерфейсом управляющих сигналов (всего по одному сигналу готовности с каждой стороны), определением трех режимов тестирования. Синхронизация допускает приостановку на неопределенное время (gapped clock).

Смена состояния сигналов SD и RD — по положительному перепаду ST и TT соответственно, защелкивание данных — по отрицательному. Допустимый сдвиг между фронтом синхросигнала и сменой состояния на передающей стороне не более  $\pm 3$  нс, длительность синхроимпульса не уже 7,7 нс. На приемной стороне длительность импульса не менее 6,7 нс, сдвиг не более  $\pm 5$  нс. Частота не выше 52 МГц. Предполагается в будущем повышение допустимой скорости до 155 Мбит/с (STS-3).

### 9.3.1.7. Интеллектуальные возможности модемов.

В современном понимании понятие модема значительно шире, чем просто совокупность

модулятора и демодулятора. В настоящее время модемы являются интеллектуальными устройствами, позволяющими помимо своей главной задачи — преобразования передаваемых сигналов, реализовать множество других функций, предоставляя дополнительные удобства пользователям. Такие модемы называют интеллектуальными или *Smart-модемами*.

Интеллектуальные возможности модемов реализуются благодаря наличию схемы управления, выполненной на основе того или иного микропроцессора. В схемах управления модемом часто применяются микропроцессоры общего назначения, такие как Z80, Intel 8086, 80186, 80286, 80386, Motorola 68020, 68030 и другие. Возможно применение и специализированных контроллеров, объединяющих в себе как сигнальный процессор, так и процессор, реализующий дополнительные сервисные функции. К таким контроллерам относятся, например, Intel 89024, 89027, 89C024, 89C124.

Для программного управления режимами работы модема (его схемы управления) со стороны компьютера используется набор специальных команд. Команды управления воспринимаются модемом только в случае, если он находится в командном режиме.

Каждый конкретный модем может воспринимать определенное множество команд, в общем случае не совпадающее с командами, поддерживаемыми другими модемами. Однако для удобства применения модемов и совместимости коммуникационных программ необходимо иметь стандартный набор таких команд.

Первенство в создании интеллектуального модема не принадлежит фирме Hayes. Прежде чем эта корпорация выпустила свой первый интеллектуальный Smart modem 300, другие изготовители уже ввели интеллектуальные возможности в свои модемы. Заслуга корпорации Hayes заключается не столько в создании еще одного собственного набора команд, сколько в утверждении этого набора команд в качестве промышленного стандарта.

Набор команд, под управлением которых работал Smart modem 300, был очень мал. Когда модемы стали более совершенными, фирма Hayes расширила этот набор путем введения дополнительных функций управления. Для того, что бы сделать свои модемы Hayes-совместимыми, другие производители скопировали базовый набор команд, а затем разработали собственные дополнительные команды для поддержки специфических характеристик своих модемов. В результате сложилась ситуация, когда несмотря на то, что почти все модемы выполняют базовые команды, практически невозможно встретить два модема, использующие одинаковые команды и их синтаксис для реализации более сложных функций.

В роли стандартов для интеллектуальных модемов в настоящее время выступает набор команд модемов Hayes, называемый также AT-командами, и команды, определяемые рекомендацией V.25bis.

Рассматриваемые в данной главе интеллектуальные возможности модемов относятся, в первую очередь, к наиболее распространенным абонентским модемам для коммутируемой телефонной сети общего пользования.

#### **9.3.1.7.1. Режимы работы модема**

Интеллектуальные модемы работают в одном из двух режимов. В командном режиме модем получает команды от компьютера, которые устанавливают и изменяют условия связи с удаленным модемом. В режиме передачи он работает как ретранслятор, выполняя свою главную задачу по преобразованию и передаче информации.

Командный режим модема устанавливается в следующих случаях:

- при включении питания;
- при первоначальной инициализации модема;
- после неудачной попытки соединения с удаленным модемом;
- при прерывании передачи с клавиатуры путем нажатия комбинации клавиш — "положить трубку" (обычно <Alt><H>);
- при выходе из режима передачи данных через последовательность команд (ESCAPE — последовательность).

Установление соединения и посылка модемом сообщения CONNECT происходит в двух случаях:

- при удавшейся попытке установления связи с удаленным модемом;
- при выполнении модемом самотестирования.

В режиме передачи модем является "прозрачным" для команд, которые передаются в канал наряду с другими символами. И только ESCAPE-последовательность символов будет восприниматься модемом как управляющая команда. После получения этой последовательности модем выходит из режима передачи в командный режим, не прерывая связи с удаленным модемом. Это дает возможность пользователю или прикладному процессу, не разрывая связи, войти в командный режим и изменить параметры обмена информацией или настройки

используемой коммуникационной программы.

Возможные состояния интеллектуального модема и переходы между ними поясняются диаграммой, приведенной на рис. 9.36.

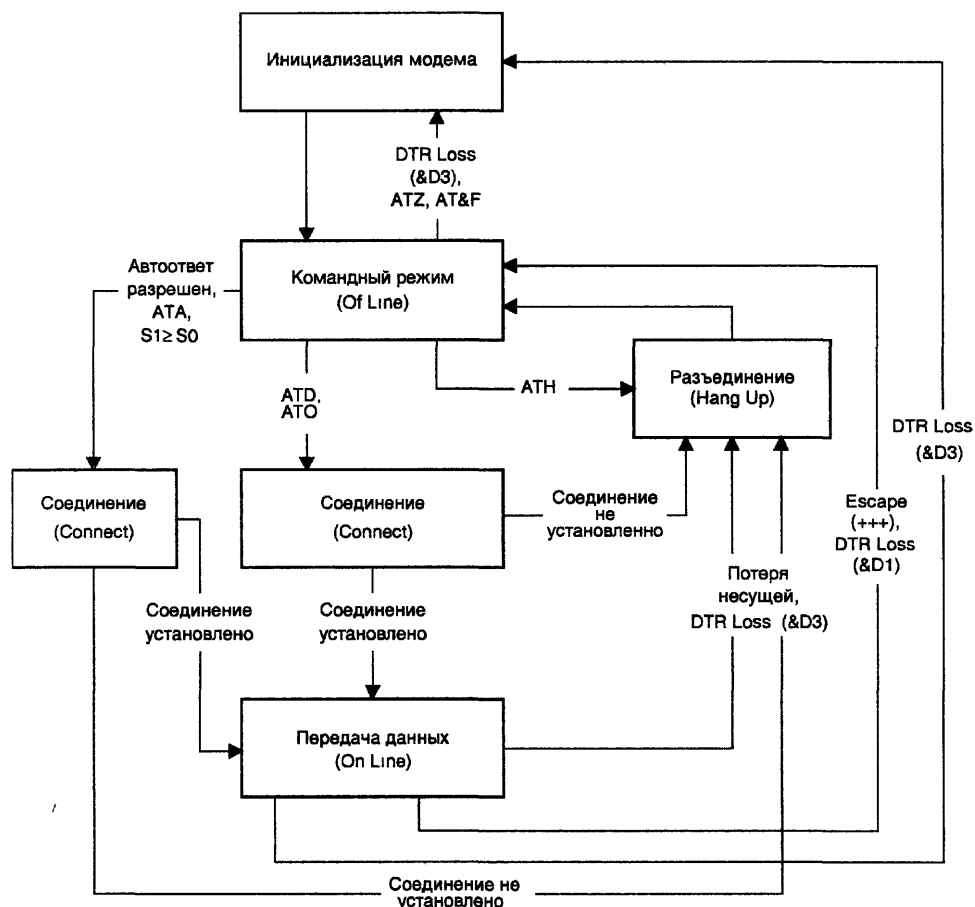


Рис. 9.36. Диаграмма состояний интеллектуального модема

### 9.3.1.7.2. AT-команды.

Основное отличие Hayes-совместимых модемов состоит в поддержке командного режима в стандарте *AT-команд*. AT (*Attention* — внимание) — это префикс, который ставится перед одной или несколькими командами Hayes-модема.

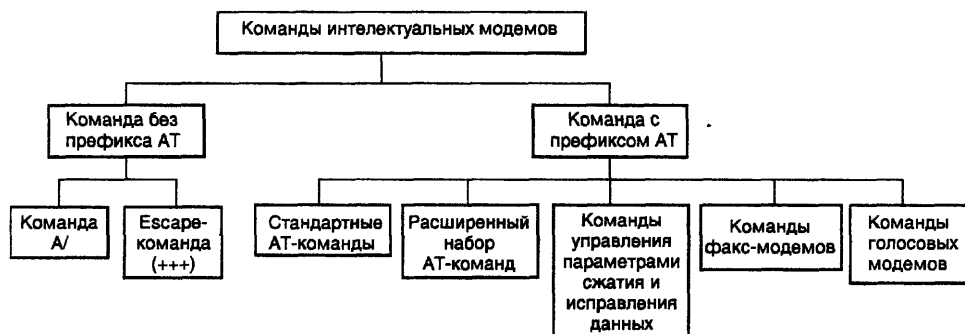


Рис. 9.37. Структура команд интеллектуального модема.

В командном режиме символы, набираемые на клавиатуре, попадают в командный буфер и посылаются на исполнение нажатием клавиши <Enter>. Команды могут быть набраны либо строчными, либо прописными буквами и должны содержать численные параметры, если того требует формат команды. Если численный параметр пропущен, то его значение по умолчанию принимается равным нулю. При успешном выполнении команды модем посылает вам сообщение <Ok>. При интерпретации команды модем анализирует только семь младших разрядов каждого символа; строчные символы команды эквивалентны прописным символам.

Пробелы и управляющие символы, отличные от ASCII-кода возврата каретки 13 (<CR> — *Carriage Return*) и ASCII-кода зазора 8 (<BS> — *Back Space*), появляющиеся в командной строке, игнорируются. По умолчанию все факс-модемы должны поддерживать внутрисполосное XON/XOFF-управление потоком данных, хотя также могут использоваться другие типы управления потоком.

Все команды современных интеллектуальных модемов можно классифицировать, как это показано на рис. 9.37. Данная классификация не является окончательной и может расширяться в процессе роста функциональных возможностей модемов, например таких, как организация закрытых шифрованных каналов связи.

Как видно из рис. 9.37, префикс AT не ставится только перед командой A/ и Escape-последовательностью (+++). Команда A/ означает повторение последней команды. По этой команде происходит повторение последней введенной команды из внутреннего буфера модема. Escape-последовательность используется для переключения модема в командный режим из режима передачи данных.

Остальные команды являются AT-командами, так как начинаются с префикса AT. Команды различного рода расширенных наборов имеют также дополнительные префиксы, следующие за префиксом AT. В качестве таких префиксов выступают знаки типа <&>, <|>, <\*>, <%>, <#>, <+> или другие.

Таблица 9.13. Основные AT-команды

Команда	Назначение AT-команды
AT	Префикс командной строки.
In	Запрос результирующего кода и проверочной суммы ROM: 0 — модем посылает трехцифровой результирующий код; 1 — модем выдает проверочную сумму программы ROM; 2 — модем выдает <Ok> или состояние ошибки проверочной суммы программы ROM; 3 — модем выдает свой статус, включая формат данных, протокол Bell или ITU-T.
A	Автоответ.
Vn	Выбор протокола Bell или ITU-T: 0 - ITU-TV.22/V.22bls; 1 —Bell 212A.
Cn	Передача сигнала несущей: 0 — запрещает передачу несущей; 1 — разрешает передачу несущей.
Dn	Набор номера n и установление связи.
P	Использование импульсного набора (метода PULSE).
R	Установление связи в реверсивном режиме — режиме автоответа
S	Набор хранимого номера.
T	Использование тонального набора (метода TONE).
W	Ожидание длинного тона (гудка) из линии.
@	Ожидание "молчания" в линии.
,	Задержка, перерыв в последовательности вызовов (время задержки — из регистра S8).
!	Краткая временная задержка (0,5 с) — имитирует процесс "положить трубку".
;	Возврат в командный режим модема после набора номера.
/	Пауза на 1/8 с.
En	Эхо модемных команд (отображение выдаваемых команд на экране дисплея): 0 — запрет эха; 1 — любой символ, посланный в модем в командном режиме, отображается на дисплее.
Fn	Установка режима дуплекса: 0 — полудуплексный режим; 1 — полнодуплексный режим.
Hn	Подключение модема к линии: 0 - "положить трубку" (HUNG UP или ON HOOK); 1 — "поднять трубку" (OFF HOOK).



Ln	Управление громкостью встроенного динамика: 0 — слабая; 1 — выше слабой; 2 — средняя; 3 — высокая.
Mn	Управление динамиком: 0 — выключен; 1 — включен в процессе вызова или ответа (по умолчанию); 2 — всегда включен; 3 — отключается после получения несущего сигнала при наборе номера.
On	Управление режимом работы модема: 0 — переводит модем в режим передачи; 1 — переводит модем в режим передачи и переустанавливает протоколы связи и параметры эквалайзера.
Qn	Выдача сообщений модемом: 0 — разрешает выдачу сообщений модемом (по умолчанию); 1 — запрещает выдачу сообщений.
Sn=x	Команды записи в S-регистры: n — номер S-регистра; x — значение, записываемое в регистр.
Sn?	Чтение регистра — считывает содержимое S-регистра с номером n.
Vn	Выбор кодов для сообщений модема: 0 — используются цифры; 1 — используются слова.
Xn	Выбор набора диагностических сообщений, управление определением сигнала "занято" и наличием гудков в линии. Подробная информация о X0 — X4 приведена в табл. 4.3. X5, X6 — переключение голос/данные: X5 — переход из режима голосовой связи в режим передачи данных; X6 — переход из режима передачи данных в режим передачи голоса пользователя.
Yn	Дистанционное отключение сеанса связи: 0 — не отключается; 1 — отключается после задержки в 1,6 с.
Z	Первоначальная установка, приводит к следующим событиям: - модем "кладет трубку"; - содержимое всех S-регистров устанавливается в состояние "по умолчанию"; - очищается командный буфер; - считывается состояние конфигурационных переключателей или файла конфигурации из энергонезависимой памяти; - посылается сообщение <Ok>.

Набор AT-команд конкретного модема может отличаться от наборов команд модемов других производителей. Полное описание команд должно содержаться в руководстве на модем.

Стандартные наборы AT-команд приведены в табл. 9.13.

Если модем не выполняет команды, необходимо проверить следующее:

- находится ли модем в командном режиме;
- стоит ли в начале последовательности команд префикс AT;
- находится ли конфигурация компьютера и программы в соответствии с параметрами обмена модема по порту RS-232.

Если после выполнения команды от модема пришло сообщение ERROR, то причиной этого могут быть следующие:

- переполнение командного буфера по причине большого количества команд;
- ошибка в команде.

### 9.3.1.7.3. Ответные коды модемов

В процессе своей работы модем может информировать компьютер пользователя о текущем состоянии связи и результатах выполнения AT-команд. Для этого применяются так называемые ответные коды модема. Модемы могут передавать одиночные цифровые коды, которые можно расшифровать, используя руководство пользователя модема или символьный ответ, который близок к простому английскому языку.

В табл. 9.14 приведены основные ответные коды Hayes-совместимых модемов, а также набор X-команд, определяющих использование соответствующих ответных кодов.

Таблица 9.14. Ответные коды модемов

Символьный вид	Цифровой код	Набор команд					Значение ответа
		X0	X1	X2	X3	X4	
Ok	0	+	+	+	+	+	Модем выполнил команду без ошибок
CONNECT	1	+	+	+	+	+	Связь установлена со скоростью 300 бит/с (после выполнения команд X1, X2, X3, X4) или со скоростью 600, 1200, 2400 бит/с (после выполнения команды X0)
RING	2	+	+	+	+	+	Обнаружение сигнала звонка на линии
NO CARRIER	3	+	+	+	+	+	Модем потерял несущую или не получил ответ от удаленного модема
ERROR	4	+	+	+	+	+	Ошибка в командной строке, командный буфер переполнен или ошибка в контрольной сумме (команда I2)
CONNECT 1200	5	—	+	+	+	+	Установлена связь со скоростью 1200 бит/с
NO DIALTONE	6	—	—	+	—	+	Отсутствие сигнала станции при снятии трубки
BUSY	7	—	—	—	+	+	Модем обнаружил сигнал "занято" после набора номера
NO ANSWER	8	—	—	+	+	+	Использовалась команда @, но не было выполнено условие пятисекундной паузы
CONNECT 600	9	—	+	+	+	+	Установлена связь со скоростью 600 бит/с
CONNECT 2400	10	—	+	+	+	+	Установлена связь со скоростью 2400 бит/с

Большинство ответов модема зависит от команды и связано с возвратом запрашиваемой информации или сообщением о текущем состоянии модема. Тем не менее, имеются два стандартных ответа — Ok и ERROR. Ответ Ok означает, что команда принята и модем готов для приема следующей команды.

Если модем обнаруживает использование недопустимого аргумента или неправильный формат команды, он выдает ответ ERROR. Нераспознанные и неподдерживаемые команды также могут приводить к этому ответу. В других случаях, например, при получении вышедших из употребления команд, ответ Ok будет выдаваться для сохранения совместимости с имеющимся программным обеспечением, но при этом в состоянии модема не будет происходить никаких изменений.

Различные модемы по разному реагируют на ошибки в командной строке. Обычно, любая ошибка в командной строке приводит к сбрасыванию всей командной строки без изменения состояния модема. Однако некоторые модемы могут обрабатывать правильные команды в строке до тех пор, пока они не встретят ошибку, после чего обработка командной строки прекращается.

#### 9.3.1.7.4. S-регистры модемов

В интеллектуальных модемах имеется набор регистров, содержимое которых можно считать и изменять программным образом. Устанавливая определенные значения в соответствующие регистры, можно управлять работой модема. На платах многих модемов имеются конфигурационные переключатели, которые можно установить определенным образом и тем самым задать содержимое некоторых регистров, которое они принимают по умолчанию при включении модема. В табл. 9.15 приведен список S-регистров модема, их содержимое по умолчанию и соответствующие функции модема.

Для того, чтобы прочитать содержимое регистра, необходимо подать команду Sn?, где n — номер регистра. Для записи числа x в регистр Sn используется команда Sn=x. После этой команды можно использовать команду чтения и записи, не включая в командную строку имени

регистра, например:

ATS6 — установить указатель на регистр S6;

AT? — считать содержимое регистра S6;

AT=3 — записать в регистр S6 число 3.

Указатель на данный регистр будет сохраняться до тех пор, пока не будет использована команда Sn со значение n, отличным от текущего.

Как и в случае AT-команд, между разными изготовителями модемов существует некоторый уровень согласованности и в определениях S-регистров. Однако полная схема использования S-регистров зависит от типа модема. В общем случае можно считать, что 13 S-регистров S0-S12 присутствуют в любом модеме, и выполняемые ими функции согласованы между производителями модемов. Ниже приведено краткое описание и минимальные комментарии по этим тринадцати S-регистрам.

Таблица 9.15. Основные S-регистры интеллектуальных модемов

Регистр	Пределы изменения величин	Значение по умолчанию	Функция
S0	0—255	1	Число гудков для автоответа
S1	0—255	0	Счетчик приходящих гудков
S2	0-127 (ASCII)	43	ASCII код ESCAPE символа, обычно символа +
S3	0—127 (ASCII)	13	ASCII код ENTER (<CR>) символа
S4	0—127 (ASCII)	10	ASCII код LINEFEED (<LF>) символа
S5	0-32, 127 (ASCII)	8	ASCII код BACKSPACE (<BS>) символа
S6	2—225 (с)	2	Время ожидания первого гудка, с
S7	1—255 (С)	45	Время одной попытки, с
SB	0—255 (с)	2	Значение задержки, определяемой символом <,>, с
S9	1—255(0,1 с)	6	Время определения несущей, с
S10	1-255(0,1 С)	7	Время ожидания восстановления потерянной несущей, с
S11	50-255 (0,1 С)	70	Скорость набора для метода TONE
S12	0—255 (0,05 с)	50	Пауза для передачи ESCAPE последовательности

Регистры различных модемов с номерами больше 12 могут значительно отличаться между собой по функциональному назначению.

**Комментарии:**

S0 — количество гудков для автоответа. Значение этого регистра равно числу гудков, после которого модем, находящийся в режиме автоответа, поднимет трубку и начнет устанавливать связь с удаленным модемом. По умолчанию S0=1. Для отключения этой функции необходимо присвоить S0=0.

S1 — счетчик приходящих гудков. Эта функция работает при ненулевом значении регистра S0. Если после последнего гудка в течении 8 с новые гудки не последуют, содержимое S1 обнуляется.

S2 — символ ESCAPE. Используется в ESCAPE-последовательностях, по умолчанию 43-й символ ASCII - "+" (плюс). Однако можно заменить любым символом от 0 до 127.

S3 — символ ENTER. Символ "ввод" или "перевод каретки" (<CR>), по умолчанию равен 13. Можно заменить любым другим символом от 0 до 127.

S4 — символ LINEFEED. Символ "прокручивание линии" (<LF>), по умолчанию равен 10. Можно заменить любым другим символом от 0 до 127.

S5 — символ BACKSPACE. Символ "забой" (<BS>), по умолчанию равен 8. Можно заменить любым другим символом от 0 до 32 или символом 127.

S6 — ожидание первого гудка. Определяет время в секундах, в течение которого должен прийти гудок из линии при "поднятии трубки". Если в течение этого времени придет сигнал, то модем начнет набор номера, если нет, то модем "положит трубку".

S7 — время одной попытки соединения, определяет время в секундах, в течение которого должна быть установлена связь с удаленным модемом. Если в течение этого времени связь

будет установлена, то модем выдаст сообщение CONNECT, если нет, — то модем "положит трубку" и выдаст сообщение NO CARRIER. По умолчанию это время составляет 45 с.

S8 — время задержки, задается командой <,>. По умолчанию — 2 с.

S9 — определение несущей. Определяет время в десятых долях секунды, в течении которого на линии должна присутствовать несущая частота от удаленного модема для ее надежного определения. По умолчанию значение регистра равно 6 (т.е. 0,6 с).

S10 — потеря несущей. Определяет время в десятых долях секунды, в течении которого может отсутствовать несущая частота от удаленного модема и при этом не будет оборвана связь. По умолчанию значение регистра равно 7 „(т.е. 0,7 с). Значение регистра S10 должно всегда превосходить значение регистра S9.

S11 — скорость набора для режима TONE. Определяет время в тысячных долях секунды, соответствующее отношению длительности передачи цифры к промежутку времени между передачей цифр телефонного номера при тональном наборе. По умолчанию значение регистра равно 70, что примерно соответствует скорости 7,14 цифр/с. При значении регистра 255 скорость набора минимальна и равна 1,9 цифр/с. Не оказывает влияния на параметры набора номера при импульсном наборе (режим PULSE).

S12 — пауза в ESCAPE-последовательности. Определяет время задержки для ESCAPE-последовательности через временные интервалы длительностью 0,02 с. По умолчанию значение регистра равно 50 (т.е. 1 с). Минимальное значение соответствует 0,4 с, максимальное — 5,1 с.

### 9.3.1.7.5. Команды управления факс-модемами

Для реализации возможностей факсимильной связи в системе компьютер-модем также необходим свой командный интерфейс. Но ни один из производителей факс-модемов не смог захватить основную часть рынка их сбыта. В результате появилось большое число командных интерфейсов. Наличие множества интерфейсов привело к необходимости решения весьма неприятных проблем. Пользователи, привыкшие к широкой совместимости модемов, обнаружили полное отсутствие совместимости программных средств управления факс-модемами. Использование конкретного факс-модема требовало привлечения заказного программного обеспечения, ориентированного на модемы данного изготовителя.

Для решения этой проблемы Ассоциация электронной промышленности США (EIA) разработала ряд стандартов, определяющих протоколы и команды для использования в факсимильной системе DTE—DCE. Была поставлена цель разбить модемы на три класса в соответствии с их возможностью проводить сеанс факсимильной связи независимо от DTE. В данном разделе описываются эти три класса факс-модемов.

**Классы модемов.** Отдельный факсимильный аппарат с полным набором функций осуществляет все фазы сеанса связи, начиная от подготовки изображения с последующей передачей данных по каналу связи и кончая восстановлением изображения на приемной стороне. Однако, когда сеанс факсимильной связи проводится с использованием персонального компьютера и факс-модема, обязанности по управлению сеансом связи распределяются между этими двумя устройствами. Спецификации EIA для факс-модемов определяют границу разделения этих обязанностей и интерфейс взаимодействия. На рис. 4.3 показано представление двух уровней (DTE и DCE) интерфейса классов факс-модемов.

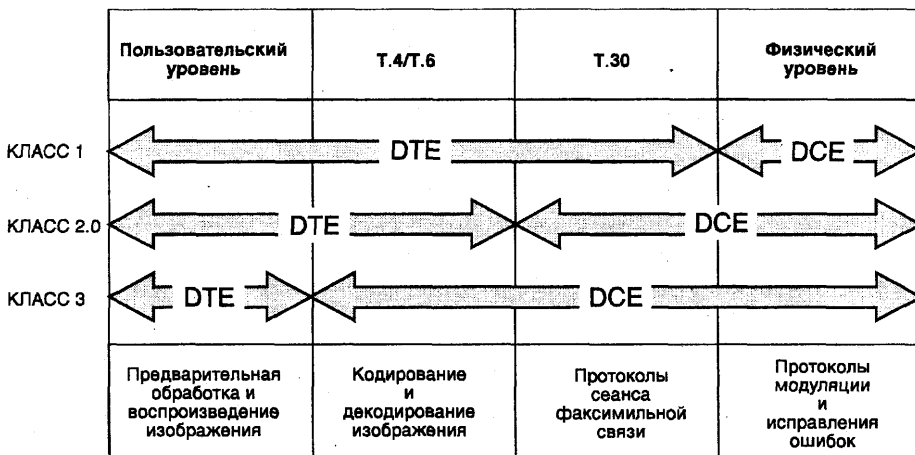


Рис. 9.38. Разделение интерфейсных функций DTE и DCE при использовании факс-модемов различных классов.

Класс 1 факс-модемов описывается спецификацией EIA/TIA-578. Факс-модемы класса 1 обеспечивают минимальный сервис, необходимый для реализации сеанса факсимильной связи с факсимильными аппаратами Группы 3. Как показано на рис. 9.38, в обязанности компьютера входит кодирование изображения (по стандарту T.4) и управление передачей документов (по стандарту T.30). Факс-модемы класса 1 обеспечивают следующие функции:

- интерфейс с коммутируемой телефонной сетью;
- автонабор;
- преобразование сигнала (модуляция) в соответствии с одним из протоколов модуляции серии V;
- передача и прием данных;
- формирование HDLC-кадров (прозрачность данных, обнаружение ошибок);
- выполнение управляющих команд и выдача ответов.

Сеанс факсимильной связи, проводимый с использованием модемов класса 1, должен всегда осуществляться под управлением прикладных программ. В отличие от типичного сеанса связи с использованием обычного модема, требования стандарта T. 30 по синхронизации, декодированию и упорядочению данных делают нецелесообразным управление сеансом факсимильной связи в неавтоматическом режиме (с ручной подачей команд).

Факс-модемы класса 2.0 характеризуются большей интеллектуальностью по сравнению с модемами класса 1. Как видно из рис. 9.38, при использовании этих факс-модемов распределение обязанностей в интерфейсе изменяется таким образом, что основная нагрузка по осуществлению сеанса связи по стандарту T.30 смещается от компьютера к модему. Предполагается, что модемы класса 2.0 обеспечивают следующие возможности:

- интерфейс с коммутируемой телефонной сетью;
- автонабор;
- преобразование сигнала (модуляция) в соответствии с одним из V-протоколов;
- реализация протокола T. 30;
- выдача сообщения о состоянии (статусе) сеанса связи;
- дополнение минимального времени интервала сканирования линии;
- проверку качества получаемых данных;
- пакетные протоколы для интерфейса DTE—DCE.

Обозначение "класс 2.0" (где "0" означает номер модификации) применимо только к факс-модемам, которые соответствуют окончательному варианту спецификации TIA/EIA-592. В процессе разработки этого стандарта его проект был обозначен как SP-2388. Однако окончательный вариант существенно отличается от ранних модификаций. Модемы, которые были изготовлены в расчете на использование раннего варианта SP-2388-A, на запрос о классе, к которому они относятся, возвращают ответ просто <2>.

Модемы класса 2.0 иницируют и завершают вызовы, управляют сеансом связи, передают данные, представляющие изображения, и могут осуществлять преобразование форматов изображения, определяемых стандартами T. 4 (группа 3) и T. 6 (группа 4). У DTE остаются обязанности по подготовке и сжатию данных для передачи и интерпретации сжатых данных при приеме. DTE передает данные в том виде, в котором их запрашивает модем. Командный интерфейс модемов класса 2.0 не обязательно совместим снизу вверх с интерфейсом модемов класса 1; реализация функций модемов класса 1 является возможной, но необязательной.

Спецификация для факс-модемов класса 3 находится в стадии разработки Ассоциацией электронной промышленности EIA (состояние на 1997г.). Планируется, что она продолжит тенденцию передачи обязанностей по обработке факсимильного сообщения от компьютера к модему, как показано на рис. 9.38. В дополнение к реализации функций стандарта T. 30 и физических функций модема, модемы класса 3 будут преобразовывать файлы данных, представляющих изображение, в сжатое изображение стандартов T. 4 или T. 6 для передачи. Модем по желанию пользователя может декомпрессировать изображение при его получении (такое расширение может быть необязательным или нежелательным для систем передачи с буферизацией данных).

Вероятно модемы класса 3 будут допускать преобразование некоторых форматов графических файлов и текстовых ASCII-файлов. Такая файловая поддержка позволит включить возможности факсимильной связи во многие типы прикладного программного обеспечения. Интерфейс класса 3 также улучшит работу факсимильного оборудования в сети или в другом коммуникационном окружении, где синхронизация сообщений, передаваемых между DTE и DCE, не контролируется.

**Команды класса 1.** Команды для управления факс-модемами класса 1 и класса 2.0 были введены как расширение набора AT-команд. Как и в случае команд для обычных модемов,

строка символов, посылаемая к модему, называется командной строкой и должна начинаться с символов AT или at. Командная строка содержит только печатные ASCII-символы и заканчивается символом возврата каретки.

Каждая факс-команда EIA начинается с символа факс расширения +F. Имеются три общих формы синтаксиса команды, зависящие от конкретной команды. Эти три формы задают идентификацию возможностей, идентификацию состояния и установку параметров модели. Отметим, что не все эти формы синтаксиса применимы для каждой команды.

Для того чтобы определить возможности модема, используется командный синтаксис идентификации возможностей. Этот синтаксис соответствует следующей форме записи команды:

**+ F command =?**,

где *command* означает действительную факс-команду. Модем будет отвечать на эту команду путем перечисления значений или интервала значений параметров, которые он поддерживает. Например, ответ модема класса 1 на командную строку AT+FCLASS=? мог бы быть следующим:

**0,1**

Этот ответ указывает на то, что модем может быть сконфигурирован как факс-модем класса 1, а также как обычный модем (класс 0).

При использовании второго типа командного синтаксиса (идентификация состояния) выдается запрос модему на текущие значения параметра или конфигурационной установки. В этом случае команда выдается в следующем виде:

**+Fcommand?**

Например, для определения текущего режима работы модема, можно подать команду AT+FCLASS? Модем, сконфигурированный для работы в качестве факс-модема класса 1, выдал бы следующий ответ:

**1**

Третий тип командного синтаксиса используется для того, чтобы установить значение параметра или передать параметр, управляющий работой модема. Команда установки выдается в виде

**+Fparam=val**

где *param* указывает параметр, который должен быть установлен, а *val* — желаемое значение этого параметра. В зависимости от команды, *val* может быть числом или буквенным выражением. Как для AT-команд стандартных модемов, так и для команд факс-модемов класса 1 числовой аргумент представляется в виде десятичного числа.

По умолчанию командную строку завершает символ возврата каретки. В качестве символа, завершающего строку, также может использоваться точка с запятой <;>. За исключением команд +FTS и +FRS, команда класса 1 должна быть единственной командой в строке. Хотя это ясно указано в стандарте EIA/TIA-578, многие факс-модемы класса 1 допускают несколько факс команд в одной строке без разделителей.

Факс-модемы могут быть запрограммированы на выдачу ответов в буквенной (расширенной словесной) или числовой (краткой) формах. Перед словесным ответом и после него ставится символьная пара возврата каретки и перевода строки (<CR><LF>). Числовые ответы выдаются только с завершающим символом возврата каретки. Коды результата ОК (0), CONNECT (1), NO CARRIER (3) и ERROR (4) обязательны.

**Команды класса 2.** Команды EIA для факс-модемов класса 2.0, по существу, имеют тот же синтаксис, что и факс-модемы класса 1. Все команды начинаются с символа расширения +F. Три общих формы командного синтаксиса (идентификации возможностей, идентификации состояния и установки) также могут использоваться, когда это необходимо.

Для модемов класса 2.0 командный синтаксис, предназначенный для установки значения параметра или передачи параметра, контролирующего работу модема, может поддерживать числовые или строковые значения. Однако, в отличие от команд класса 1, числовые константы для класса 2.0 должны быть заданы в шестнадцатеричной системе. Числовая константа может быть составлена только из символов <0> — <9> (ASCII-коды от 30h до 39h) и символов <A> — <F> (ASCII-коды от 41h до 46h). Десятичная константа 255, эквивалентная шестнадцатеричной константе FFh, посылалась бы как два символа <F>. Символ h используется в тексте для обозначения шестнадцатеричных чисел и не посылается модему.

Строковые константы состоят из последовательности печатных ASCII-символов, перед которой и за которой стоит символ двойной кавычки <">. Нулевая строка константы задается с помощью двух последовательных двойных кавычек <" ">.

В дополнение к величинам, принимающим одно значение, факс-модемы класса 2.0 могут

передаваться и возвращать в качестве аргументов целые области значений. Этот синтаксис отличается от синтаксиса для модемов класса 1. В ответ на запрос о возможностях модем возвращает набор значений в виде упорядоченного списка. Этот список начинается с символа левой скобки <(> и заканчивается символом правой скобки <)>. В списке может быть указана одна величина, несколько величин или интервал величин. Для того чтобы обеспечить совместимость с модемами класса 1, ответ модема класса 2.0 на команду AT+FCLASS=? не следует этому соглашению.

Несколько величин, содержащихся в упорядоченном списке, разделяются символом запятой <,>. Пример такого ответа <(0, 2, 4, 8)>. Интервал значений выражается как две величины, разделяемые символом переноса <—>. Например, интервал десятичных чисел от 0 до 255 выражался бы в виде <(0—FF)>. Команды для модемов класса 2.0 могут также допускать составные величины, состоящие из серий значений, заключенных в круглые скобки и разделенных запятыми. Вносимые пробелы игнорируются. Следующая строка представляет типичную составную величину:

(0,1,2), (0), (0-3).

Команды класса 2 выполняются слева направо внутри командной строки. Каждая команда выполняется отдельно, независимо от того, что следует за ней на командной строке. Если все команды выполнены правильно, выдается единственный код результата. Если команда приводит к ошибке или если обнаружена недопустимая команда, выполнение командной строки прекращается и все необработанные команды в командной строке игнорируются. Факс-модемы группы 2 поддерживают следующие ответные коды:

0	OK
1	CONNECT
2	RING
3	NO CARRIER
4	ERROR
6	NO DIALTONE
7	BUSY
8	NO ANSWER

Разработка спецификации для факс-модемов класса 2.0 проводится подкомитетом TR-29.2 по факсимильным цифровым интерфейсам. В августе 1990 г. этот подкомитет выпустил стандарт SP-2388-A, первый проект которого в конце концов стал стандартом TIA/EIA-592 для факс-модемов класса 2.0. Группа изготовителей микросхем, включая фирмы Sierra, Rockwell и Eхаg, разработала и выпустила свыше миллиона модулей, реализующих стандарт класса 2, описанный в первом проекте стандарта, датированном августом 1990 г.

Основываясь на отзывах, полученных о стандарте SP-2388-A, подкомитет решил существенно модифицировать данный документ (например, сообщение об установлении факсимильной связи было изменено с +FCON на +FCO), несмотря на то, что большое число установленных модулей базируется на этом стандарте. Стандарт SP-2388-A был отменен и вместо него выпущен стандарт SP-2388-B. Чтобы учесть широкое распространение модемов класса 2, основанных на стандарте, выпущенном в августе 1990 г., команда CLASS была переопределена для возврата следующих ответов:

0	Обычный модем
1	EIA/TIA-578
2	SP-2388-A (резервный для производителя)
2.0	TIA/EIA-592

#### **9.3.1.7.6. Команды модемов MNP, V.42 и V.42bis**

Модемы, обеспечивающие аппаратную поддержку коррекции ошибок и сжатия данных, могут работать в следующих режимах передачи данных:

**Стандартный режим.** Модем не выполняет аппаратной коррекции ошибок, но обеспечивает буферизацию данных. Буферизация позволяет использовать различные скорости передачи данных между компьютером и модемом, а также между двумя модемами. Для повышения эффективности передачи скорость обмена по интерфейсу DTE—DCE рекомендуется устанавливать выше, чем скорость обмена по каналному интерфейсу (на участке модем-модем).

**Режим прямой передачи.** В этом режиме модем работает, как обычный модем, не выполняя буферизацию передаваемых данных и не поддерживая коррекцию ошибок.

**Режим с коррекцией ошибок и буферизацией.** Это стандартный режим для связи двух модемов, поддерживающих коррекцию ошибок. При этом желательно, чтобы скорость передачи по интерфейсу DTE — DCE была в 2 — 4 раза выше, чем в канале связи. Если удаленный модем

не поддерживает коррекцию ошибок, связь не устанавливается и модем освобождает линию.

**Режим с коррекцией ошибок и автоматической настройкой.** Режим используется в случае, когда заранее неизвестно, поддерживает ли удаленный модем протоколы MNP/V.42bis. В начале сеанса связи после автоматического определения режима работы удаленного модема устанавливается один из трех рассмотренных выше режимов.

Для управления модемами с аппаратной поддержкой протоколов коррекции ошибок и сжатия передаваемых данных существуют специальные команды, входящие в состав расширенного набора АТ-команд (табл. 9.16).

В конкретном модеме набор команд может несколько отличаться от представленного. Более полные сведения содержатся в документации на конкретный модем.

Таблица 9.16. Команды модемов MNP, V.42, V.42bis

Команда	Назначение АТ-команды
\An	Выбор размера блоков кадров протокола MNP: \A0 — 64 байт; \A1 — 128 байт; \A2 — 192 байт; \A3 — 256 байт (по умолчанию).
\Bn	Передача сигнала прерывания. Длительность сигнала прерывания определяется параметром n (n=1..9) в десятых долях секунды.
%Cn	Управление сжатием данных: %C0 — запрещает сжатие данных (по умолчанию); %C1 — разрешает сжатие данных в соответствии с рекомендацией MNP; %C2 — разрешает сжатие данных в соответствии с рекомендацией V.42bis; %C3 — разрешает сжатие данных в соответствии с рекомендацией V.42bis и MNP.
%En	Контроль качества связи: %E0 — запрещает контроль качества связи; %E1 — разрешает выполнение контроля качества связи и соответствующую перенастройку модема.
\Gn	Управление протоколом XON/XOFF: \G0 — отмена использования протокола XON/XOFF (по умолчанию); \G1 — установка протокола XON/XOFF.
\Jn	Управление скоростью передачи данных: \J0 — разрешает использование различных скоростей передачи данных в канале связи и между модемом и компьютером; \J1 — запрещает использование различных скоростей передачи данных в канале связи и между модемом и компьютером.
\Kn	Определение действий модема после получения им сигнала BREAK от компьютера или удаленного модема. Вид команд \Kn и реакции на них зависит от типа модема и его текущего режима работы. Подробную информацию о команде \Kn следует искать в документации на модем.
\Ln	Установка потокового или блочного метода обмена данными при соединении в режиме MNP: \L0 — выбор потокового метода обмена данными; \L1 — выбор блочного метода обмена данными.
\Nn	Выбор режима обмена данными: \N0 — установка стандартного режима с буферизацией; \N1 — режим прямой передачи; \N2 — режим передачи с коррекцией ошибок и с буферизацией; \N3 — режим передачи с коррекцией ошибок и автоматической настройкой на удаленный модем; \N4 — выбор протокола коррекции ошибок LAPM (V.42); \N5 — выбор протокола коррекции ошибок MNP.

### Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте интерфейс RS-232 (V.24/V.28).
2. Дайте краткую характеристику интерфейсам: RS-422A, RS-423A, RS-449(V.36) и RS-530.



3. В чем заключаются особенности интерфейсов: V.35, X.21, X.21bis, HSSI?
4. Что понимается под интеллектуальными возможностями модемов?

Дополнительную информацию по интерфейсам можно найти в [2,4,22,43], по AT-командам и регистрам модемов в [21,22,45,46].

В этом разделе использованы материалы из [2,21].

### 9.3.1.8. Протоколы взаимодействия.

Для выполнения своих функций модемы должны взаимодействовать как между собой, так и с различного рода оконечным оборудованием. За исключением ранее рассмотренного набора АТ-команд, средствами такого взаимодействия выступают стандарты V.25, V. 25 bis и V.8.

Рекомендации V.25 и V.25bis определяют интерфейс и функции оборудования автоматического вызова и ответа. Различие этих двух стандартов определяется отличием в используемых линиях интерфейса DTE—DCE. Протокол V.8 описывает процедуры взаимодействия двух модемов на этапе установления связи между ними.

#### 9.3.1.8.1. Протокол V.25 (RS-366A)

Согласно Рекомендации V.24 все линии интерфейса DTE—DCE разделены на две группы: серии 100 (общего назначения) и серии 200 (автоматического вызова). Группа серии 100 включают в себя 34 линии различного назначения, служащие, как для передачи данных, так и для осуществления управления интерфейсом. Основные линии этой серии рассматривались ранее в разделе 9.3.1.6.1.

Группа серии 200 включают в себя 12 линий. В табл. 9.17 приведено назначение этих линий. Рекомендация V.25 предусматривает использование цепей двух серий 100 и 200.

V.25 определяет автоматическое вызывное устройство (АВУ), которое позволяет компьютеру, используя номер нужного абонента, установить связь через коммутируемую телефонную сеть с удаленным DTE. Вызывное устройство подключается к DTE с помощью двух 25-контактных разъемов типа D (рис.9.39).

Таблица 9.17. Назначение линий обмена серии 200 интерфейса V.25

Контакт	Номер	Обозначение	Назначение цепи	к DCE	к DTE
1	—	—	Защитное заземление		
2	211	DPR	Наличие цифры	x	
3	205	ACR	Несостоявшийся вызов (и повторная его передача)		x
4	202	CRQ	Запрос соединения	x	
5	210	PND	Запрос следующей цифры		x
6	213	PWI	Индикатор электропитания		x
7	201	SG	Сигнальное заземление		
13	204	DSC	Удаленная установка подключена		x
14	206	NB1	Цифровой сигнал (2 <sup>0</sup> )	x	
15	207	NB2	Цифровой сигнал (2 <sup>1</sup> )	x	
16	208	NB3	Цифровой сигнал (2 <sup>2</sup> )	x	
17	209	NB4	Цифровой сигнал (2 <sup>3</sup> )	x	
18	—	RC	Общий прием		
19	—	SC	Общая передача		
22	203	DLO	Канал данных занят		x

Один интерфейс использует линии обмена серии 100 (V. 24/V. 28), подключенные через АВУ к модему для передачи данных. Другой интерфейс использует линии серии 200 (V.25/V.28) для автоматического вызова.

Линии обмена серии 200 имеют обозначения от 200 до 213 и используются только для



Рис. 9.39. Устройство автовызова V.25

Таблица 9.18. Кодировка цифрового сигнала по цепям 206—209

Номер линии	209	208	207	206
Цифра набора "0"	0	0	0	0
Цифра набора "1"	0	0	0	1
Цифра набора "2"	0	0	1	0
Цифра набора "3"	0	0	1	1
Цифра набора "4"	0	1	0	0
Цифра набора "5"	0	1	0	1
Цифра набора "6"	0	1	1	0
Цифра набора "7"	0	1	1	1
Цифра набора "8"	1	0	0	0
Цифра набора "9"	1	0	0	1
Конец номера (EON)	1	1	0	0
Интервал между цифрами (SEP)	1	1	0	1

установления связи и ее разъединения. Компьютер набирает телефонный номер, посылая через интерфейс RS-366A в DCE по цепям обмена 206—209 одну за другой цифры в виде 4-разрядного параллельного кода (табл. 9.18).

После того как последняя цифра передана в АВУ, компьютер посылает еще один четырехбитовый знак конца номера <EON> (*End Of Number*). После установления соединения через КТСОП начинается передача данных по группе линий серии 100.

### 9.3.1.8.2. Протокол V.25bis

В отличие от V.25, Рекомендация V.25bis для реализации всех функций автовызова позволяет использовать только группу линий серии 100. В этом случае DTE подключается к DCE через один интерфейс и может с его помощью выполнять как операции автовызова/автоответа, так и операции по передаче данных (рис. 9.40). Такой подход является наиболее удобным и позволяет объединить АВУ и собственно модем. Поэтому практически все современные интеллектуальные модемы, поддерживающие протоколы передачи по коммутируемым каналам КТСОП, представляют собой устройства со встроенным АВУ.

Для осуществления операций автовызова необходимо определенное взаимодействие между DTE и модемом. Рекомендация V.25bis определяет интерфейс и режимы работы DTE и модема:

- режим прямого вызова;
- режим вызова по адресу.

Режим прямого вызова основан на использовании операции "Подключить модем к линии" (CDSTL — *Connect Dataset To Line*), в результате которой DTE устанавливает связь по телефонному номеру, хранящемуся в памяти модема.

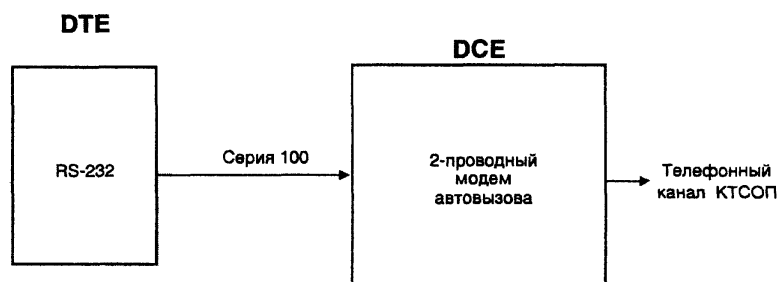


Рис. 9.40. Подключение модема автовызова V.25.bis

Режим вызова по адресу основан на использовании операции "Готовность терминала" (DTR — *Data Terminal Ready*), а также позволяет вызывающему DTE обмениваться командами с модемом, что расширяет возможности DTE. Эти команды являются частью процедуры автоматического вызова и пересылаются из DTE в модем. В ответ на команды DTE получает от модема отклики. Команды и отклики могут пересылаться с использованием асинхронной или синхронной передачи.

При использовании асинхронной передачи каждый старт-стопный знак содержит десять битов: стартовый, 7 информационных бит в коде ASCII, бит контроля четности и стоповый бит. При синхронной передаче каждый знак содержит восемь бит: 7-битовый код знака ASCII и бит контроля по нечетности.

При асинхронной передаче используется следующий формат:

<CR><LF>

При синхронной передаче используется два формата. Одним из них является формат байт-

ориентированной передачи BSC:

<SYN><STX><Сообщение><ETX>.

Второй бит-ориентированный формат синхронной передачи соответствует протоколу HDLC:

<ADDRES><CONTROL><Сообщение><FCS><FLAG>.

<Сообщение> содержит несколько 8-битовых знаков. При асинхронной передаче каждый восьмибитовый знак представляет собой 7 бит данных и 1 бит проверки на четность. При синхронной передаче по протоколу BSC каждый знак сообщения также состоит из 7 бит данных и одного проверочного бита на нечетность. В случае применения протокола HDLC, передаются восьмибитовые знаки без использования бита паритета. Вместо этого рассчитывается контрольная последовательность кадра FCS размером 16 (CRC-16) или реже 32 бита (CRC-32), позволяющая контролировать возникающие ошибки как в передаваемом сообщении, так и в служебных полях адреса <ADDRES> и управления <CONTROL>.

Различные типы сообщений идентифицируются комбинацией из трех алфавитных знаков в начале сообщения. Кроме трех обязательных знаков сообщение может содержать несколько необязательных параметров, отделяемых друг от друга точкой с запятой.

Таблица 9.19. Команды, передаваемые от DTE к DCE по протоколу V.25bis

Команды DTE	Операция модема
ABC	Прерывание соединения
CRN<номер телефона>	Модем "снимает трубку" и набирает номер. Номер содержит до 50 символов, включая пробелы и дефисы
CRS<адрес памяти>	Модем набирает номер, выбранный из памяти по указанному адресу
PRN<адрес памяти>;<номер телефона>	Модем запоминает номер телефона в памяти по указанному адресу
RLD	Модем выдает список отложенных номеров
RLF	Модем выдает список запрещенных номеров
RLI	Модем выдает список хранимых номеров
RLN	Модем посылает список хранящихся телефонных номеров
RLS	Показать состояние регистра управления модема и биты модема
SCRn	Программирование регистра управления n модема
SMBn	Установить бит модема в "1"
RMBn	Установить бит модема в "0"
STS	Сохранить используемый параметр .
RLBn	Показать состояние бита n модема
RLM	Показать установку параметров в режиме работы с протоколом MNP
SAT	Переключиться на работу с набором AT-команд
CAT	Переключиться на работу с протоколом V.25bis
VOLn	Установка громкости работы встроенного громкоговорителя
LSPn	Переключение варианта использования громкоговорителя
???	Вызов вспомогательной функции
DIC	Модем игнорирует входящий вызов
CIC	Модем производит соединение по входящему вызову
RST	Модем возвращается в режим работы с AT-командами

Таблица 9.20. Ответы, передаваемые от DCE к DTE по протоколу V.25bis

Ответы OCE к DTE	Значение ответа
VAL	Получена правильная команда
INV	Получена неправильная команда
INC	Получен входящий запрос соединения (звонка)
ONL	Принят ответный тон. Указывает на то, что на противоположной стороне включено устройство передачи данных (DCE)
CFI <код ошибки>	Возвращает код отказа при вызове
AB	Модем отменил вызов, так как он не обнаружил тонального сигнала набора
CB	Собственный выход в линию занят

ND	Нет ответа станции
ET	Принят встречный тон
RT	Был зарегистрирован входящий звонок, но связь не установлена из-за истечения установленного времени
NT	Нет ответного тонального сигнала от удаленного модема
DL	Блокировка вызова. В модеме может находиться счетчик сообщений об ошибках. Если их число превосходит заданное значение, то автонабор запрещается. Для восстановления этой функции нужно нажать на кнопку "сброс"
RDD	Задержка повторного набора
CNX <скорость передачи>	Успешное установление соединения с соответствующей скоростью
LSN <адрес памяти>; <номера телефонов>	Модем запоминает список телефонных номеров в памяти

Протокол V.25bis предусматривает свыше 20 типов различных сообщений. В табл. 9.19 и 9.20 приведены некоторые из них.

Для перевода некоторых модемов в режим V.25bis рекомендуется следующая последовательность действий.

1. Использовать команду AT\$S13=n (n=1...10) для выбора скорости обмена по последовательному порту.
2. При синхронном режиме передачи по последовательному порту использовать команду AT&X для выбора частоты синхронизации.
3. Выдать команду AT\$S24=n (n=1,2,3):
  - S24=1 — для перехода в асинхронный режим V.25bis (7 бит данных и 1 бит проверки на четность);
  - S24=2 — для перехода в синхронный режим HDLC;
  - S24=3 — для перехода в синхронный режим BSC.
4. Записать текущий профиль по команде AT&W.

Возврат из режима V.25bis может осуществляться программно или аппаратно. В первом случае необходимо использовать команду RST для возврата в режим передачи AT-команд и затем — AT&F&W для записи изменения конфигурации модема. Ряд внешних модемов позволяет использовать аппаратный способ возврата из режима V.25bis путем выполнения следующих операций:

- перевод в режим ручного управления обычно при помощи переключателя T/D;
- аппаратный сброс конфигурации модема при помощи нажатия на кнопку RESET;
- запись измененной конфигурации командой AT&F&W.

### 9.3.1.8.3. Протокол V.8

Современные модемы для коммутируемых телефонных каналов обеспечивают работу в соответствии с целым рядом рекомендаций серии V. При этом предельные скоростные возможности модемов, устанавливающих соединение, могут существенно различаться. Для автоматического определения максимально возможной скорости взаимодействующих модемов в сентябре 1994 г. ИТУ-T была принята Рекомендация V.8 "Процедуры начала сеансов передачи данных по коммутируемой телефонной сети общего пользования". Нормируемые этой рекомендацией процедуры позволяют определить функцию вызова (передача данных, факсимильная связь или текстофон) и наличие сотового доступа к КТСОП.

При этом возможно взаимодействие с теми модемами, которые не поддерживают Рекомендацию V.8, и передачу сигналов взаимодействия с устройствами управления работой эхо-компенсаторов телефонной сети, как это предусмотрено Рекомендацией V.25.

Таким образом, Рекомендация V.8 определяет, какими сигналами должны обмениваться два модема по КТСОП только при начальной организации сеанса передачи данных. По окончании выполнения процедур протокола V.8 обмен сигналами осуществляется в соответствии с выбранным протоколом модуляции серии V.

**Сигналы взаимодействия.** Рекомендация V.8 предусматривает обмен сигналами в форме одного или нескольких октетов (8 битов). Перед октетом и после него добавляются соответственно стартовый (0) и стоповый (1) биты.

Перед каждой информационной последовательностью передается преамбула, состоящая из 10 единиц и двух видов 10-разрядной последовательности фазирования: одна — для последовательности сигналов CI, другая — для CM и JM.

Эти информационные сигналы передаются со скоростью 300 бит/с путем модуляции нижнего или верхнего канала согласно Рекомендации V.21. Для того чтобы не спутать сигналы Рекомендации V.21 с сигналами, предусмотренными Рекомендацией T. 30 для факсов, выдерживается ограничение для

кодирования, запрещающее появление флагов 01111110 протокола HDLC в потоке данных.

Таблица 9.21. Сигналы, применяемые в протоколе V.8

Название	Определение и некоторые параметры сигнала
CI	Сигнал индикации вызова. Передается вызывающим модемом для указания общей функции связи. Последовательность CI состоит из 10 единиц, за которыми следуют 10 бит фазирования и октет функции вызова. Интервалы "включено" должны содержать не менее трех отрезков последовательности CI и иметь продолжительность не более 2 с; интервалы "выключено" (сигнал не передается) должны иметь продолжительность не менее 0,4 с и не более 2 с. Интервалы "включено" содержат повторяющуюся последовательность битов со скоростью 300 бит/с, которые модулируют нижний канал, определенный в Рекомендации V.21.
CNG	Вызывной тон, определенный в Рекомендации T.30
CT	Любой вызывной тон, допускаемый Рекомендацией V.25
CV	Сигнал меню вызова. Передается вызывающим модемом для указания доступных в нем режимов модуляции. Содержит повторяющуюся последовательность битов, которые передаются со скоростью 300 бит/с и модулируют нижний канал, определенный в Рекомендации V.21
CJ	Завершение сигнала меню вызова. Подтверждает обнаружение сигнала JM и указывает на завершение сигнала CM. Сигнал JM содержит три последовательных октета из одних нулей со стартовым и стоповыми битами; эти октеты модулируют нижний канал V.21 со скоростью 300 бит/с
JM	Сигнал совместного меню. Передается отвечающим модемом для указания режимов модуляции, доступных как вызывающему, так и отвечающему модемам. Сигнал JM содержит повторяющуюся последовательность битов, которые передаются со скоростью 300 бит/с и модулируют верхний канал, определенный в Рекомендации V.21
ANS	Ответный тон, определенный в Рекомендации V.25
ANSam	Модифицированный ответный тон, представляющий собой синусоидальный сигнал с частотой 2100 Гц и переворотами фазы через каждые 450 мс, модулированный по амплитуде синусоидальным колебанием частотой 15 Гц. Модулированная огибающая должна изменяться по амплитуде в диапазоне 0,8-1,2 от ее средней амплитуды
sigC	Передаваемый вызывающим модемом сигнал, специфический для рекомендаций серии V на модем
sigA	Передаваемый отвечающим модемом сигнал, специфический для рекомендаций серии V на модем

Таким образом, формат октета имеет вид:

(0)	b0	b1	b2	b3	0	b5	b6	b7	(1)
-----	----	----	----	----	---	----	----	----	-----

Биты перечислены слева направо в том порядке, в котором они передаются. Для исключения появления флага протокола HDLC бит b4 всегда равен нулю.

В рекомендации введены следующие специальные функциональные сигналы взаимодействия:

- сигнал меню вызова CM (*Call Menu*);
- сигнал совместного меню JM (*Joint Menu*);
- сигнал CJ (сигнал завершения JM);
- сигнал индикации вызова CI (*Call Indicator*).

Определения и параметры этих, а также ряда других сигналов, использованных в Рекомендации V.8, приведены в табл. 9.21.

#### Информационные сигналы

Оклеты передаваемых сигналов распределяются по нескольким категориям:

- функции вызова;
- режим модуляции;
- протокол;
- вид доступа к КТСОП (через сотовую сеть или нет).

Используемый метод кодирования позволяет расширить перечень категорий информации для специального применения, причем в большинстве случаев сохраняются короткие сигналы (сохраняющие минимальное число октетов).

Первой категорией информации в последовательности должна быть функция вызова, для

последующих категорий очередность следования может быть произвольной. Вся информация одной категории передается в одном октете либо, если это необходимо, в определенной последовательности октетов (с помощью так называемых октетов расширения).

Биты B0—B3 первого октета указывают категорию информации, а биты b5—b7 определяют ее возможные варианты. Если все возможные варианты данной категории информации не могут быть определены с помощью битов b5—b7, используются октеты расширения, в которых для задания вариантов отводится 5 бит. В табл. 9.22 приведены варианты, определенные для каждой категории информации.

Для совместимости со следующими версиями Рекомендации V.8 приемники должны игнорировать все биты, коды и октеты, зарезервированные для будущих расширений.

Таблица 9.22. Варианты категории информации сигналов протокола V.8

Категория	Варианты
Функция вызова: октет "callf0"	Текстофон согласно Рекомендации V.18 Передача и прием данных Функция вызова указана в октете расширения
Режимы модуляции: октет "modn0"	Дуплекс V.34 Полудуплекс V.34
октет "modn1" (октет расширения)	V.32bis/V.32 V.22bis/V.22 V.17 Полудуплекс V.29 V.27ter
октет "modn2" (октет расширения)	V.26ter V.26bis Дуплекс V.23 Полудуплекс V.23 V.21
Протокол: октет "prot0"	Соединение согласно Рекомендации V.42 Соединение по протоколу, указанному в октете расширения
Доступ к КТСОП: октет "access0"	Вызывающий модем находится в сотовом соединении Отвечающий модем находится в сотовом соединении
<b>Примечание:</b> Отсутствие октета протокола не исключает использования альтернативных средств согласования протокола. Категория доступа к КТСОП указывает на возможность сотового доступа к КТСОП; в отсутствие октета этой категории нет и информации о типе доступа к КТСОП.	

**Процедуры вызывающего модема.** На рис. 9.41. схематически изображен обмен сигналами между вызывающим и отвечающим модемами в начале сеанса передачи данных согласно Рекомендации V.8.

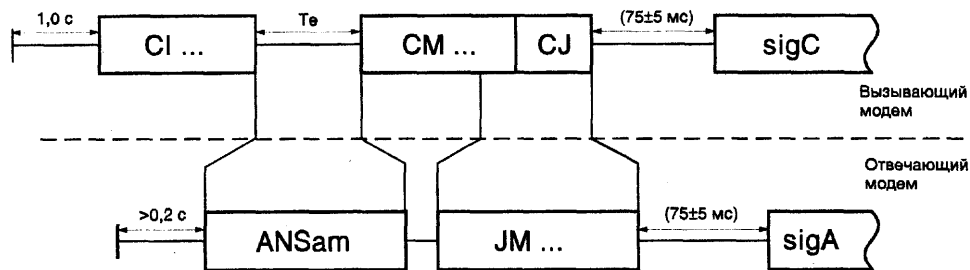


Рис. 9.41. Обмен сигналами в начале сеанса передачи данных.

Вызывающий модем после установления соединения и паузы длительностью 1с начинает передачу сигнала вызова CI, CT или CNG, либо не передает никаких сигналов, так как в большинстве рекомендаций на модемы передача и обнаружение сигналов вызова являются необязательными. Независимо от того, используется или нет эта функция, работа модема, соответствующего Рекомендации V.8, при получении CI нарушаться не должна.

Использование сигнала CI в качестве сигнала вызова является необязательными. Для обеспечения совместимости с некоторыми существующими отвечающими терминалами требуется

использование сигналов CNG или CT.

Далее модем приступает к обнаружению сигнала ANS, ANSam или sigA, характеризующего приемлемый протокол модуляции.

Если обнаружен подходящий сигнал sigA, то дальнейший режим работы модема будет определяться этим сигналом.

При обнаружении сигнала ANS модем работает согласно Рекомендации V.32bis, Рекомендации T.30, или другой подходящей Рекомендации.

В случае обнаружения сигнала ANSam модем не передает никаких сигналов в течение интервала  $T_e$  длящегося до начала передачи сигнала CM. Интервал  $T_e$  является интервалом молчания, позволяющим нейтрализовать работу устройств управления эхо-компенсаторами. Он начинается по окончании сигнала вызова, а при отсутствии сигнала вызова — после обнаружения сигнала ANSam. Минимальное значение  $T_e$  составляет 0,5 с. Однако, если нужно обеспечить нейтрализацию сетевого эхо-компенсатора способом, определенным в Рекомендации V.25, выбирается  $T_e$  1 с.

По окончании интервала  $T_e$  вызывающий модем начинает передачу сигнала CM и настраивает свой приемник на обнаружение сигнала JM.

Получив не менее двух идентичных последовательностей JM, вызывающий модем завершает передачу текущего октета и связанных с ним стартового и стопового битов, а затем передает сигнал CJ. После этого вызывающий модем не передает никаких сигналов в течение  $(75 \pm 5)$  мс, затем передает sigC и далее работает согласно выбранному протоколу модуляции серии V.

Если в JM указаны нули для всех режимов модуляции, то вызывающий модем после передачи CJ может отключиться.

**Процедуры отвечающего модема.** После подключения к линии в течение 0,2 с отвечающий модем "молчит", а затем, если он поддерживает обмен сигналами CM/JM, передает сигнал ANSam.

Если во время передачи ANSam обнаружен подходящий сигнал sigC, модем не должен передавать сигналы в течение  $(75 \pm 5)$  мс, потом передать соответствующий sigA и продолжить работу согласно соответствующей Рекомендации на модем.

Если во время передачи ANSam не обнаружено сигнала CM или подходящего сигнала sigC, модем не передает сигналы в течение  $(75 \pm 5)$  мс, а затем продолжает работу согласно Рекомендации V.32bis, Рекомендации T.30 или другой подходящей Рекомендации. Передача сигнала ANSam продолжается в течение (51) с, если она не прекращена при получении CM или подходящего sigC.

Получив не менее двух идентичных последовательностей CM, модем передает последовательность JM.

Если предложенная вызывающим модемом функция вызова доступна, то сигнал JM кодируется для указания той же функции вызова, что и в сигнале CM, и режимов модуляции, доступных как для вызывающего, так и для отвечающего модемов.

Если функция вызова не доступна, то отвечающий модем может указать другую, доступную ему функцию вызова, которая отличается от имеющейся в CM. При этом сигнал JM должен содержать столько же октетов режимов модуляции, сколько их в CM, и для всех режимов указать нули.

При отсутствии общих режимов модуляции у вызывающего и отвечающего модемов последовательность JM должна содержать столько же октетов режимов модуляции, сколько CM, где для всех режимов модуляции установлены нули.

Пересылка JM должна продолжаться до обнаружения сигнала CJ и получения всех трех октетов CJ. Если CJ не принят правильно, для завершения передачи JM может быть использован другой критерий, например обнаружение сигнала sigC, отвечающего выбранному режиму модуляции, или отсутствие CM в течение приемлемого интервала времени.

Передача JM может быть завершена до того, как будет полностью передана последовательность JM. В этом случае в течение  $(75 \pm 5)$  мс модем не передается никаких сигналов. Далее передается сигнал sigA, удовлетворяющий выбранному режиму модуляции.

Если в JM для всех режимов модуляции указаны нули, то отвечающий модем может отключиться после приема CJ.

В следующем за процедурами Рекомендации V.8 сеансе передачи данных должен использоваться заданный в сигнале JM режим модуляции с наименьшим номером пункта кодовой таблицы, соответствующий максимально доступной обоим модемам скорости передачи.

Во время начала сеанса передачи данных согласно Рекомендации V.8 никаких специфических требований на связь между DTE и модемом не предъявляется. Поэтому состояние цепей стыка DTE—DCE может определяться процедурами, которые выполняются до и после процедур Рекомендации V.8.

## Контрольные вопросы

1. Что и как определяют протоколы взаимодействия модемов?

В разделе использованы материалы из [21].



### 9.3.1.9. Протоколы модуляции.

#### 9.3.1.9.1. Общие сведения

Основная функция модема — преобразование несущего гармонического колебания (одного или нескольких его параметров) в соответствии с законом изменения передаваемой информационной последовательности. Такое преобразование аналогового сигнала называется *модуляцией*.

Способ модуляции играет основную роль в достижении максимально возможной скорости передачи информации при заданной вероятности ошибочного приема. Предельные возможности системы передачи можно оценить с помощью известной формулы Шеннона, определяющей зависимость пропускной способности  $C$  непрерывного канала с белым гауссовским шумом от используемой полосы частот  $F$  и отношения мощностей сигнала и шума  $P_S/P_N$ :

$$C = F \log_2(1 + P_S/P_N),$$

где  $P_S = E_B V$  — средняя мощность сигнала;  $E_B$  — энергия, затрачиваемая на передачу одного бита информации;  $V$  — скорость передачи информации;  $P_N = N_0 \Delta F$  — средняя мощность шума в полосе частот  $\Delta F$ ;  $N_0/2$  — спектральная плотность мощности шума.

Пропускная способность определяется как верхняя граница реальной скорости передачи информации  $V$ . Приведенное выше выражение позволяет найти максимальное значение скорости

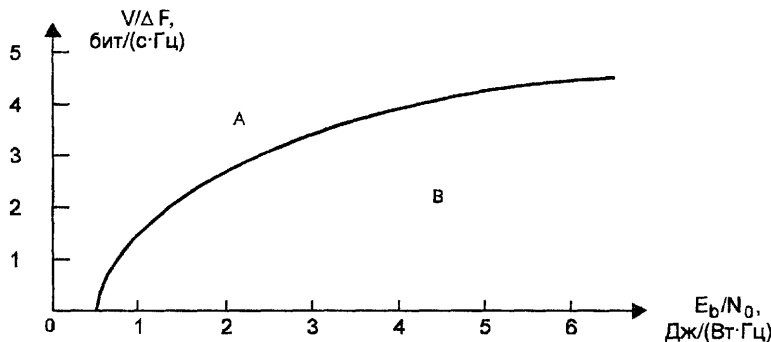


Рис. 9.42. Зависимость удельной скорости передачи от отношения сигнал/шум

передачи, которое может быть достигнуто в гауссовском канале с заданными значениями  $\Delta F$  и  $P_S/P_N$ . Например, если отношение сигнал/шум равно 20 дБ, т.е. мощность сигнала на входе модема в 100 раз выше мощности шума, и используется полная полоса телефонного канала тональной частоты (3100 Гц), то максимально достижимая скорость не может превышать 20640 бит/с.

Вероятность ошибочного приема бита в конкретной системе передачи определяется отношением  $E_b/N_0$ . Из формулы Шеннона следует, что возрастание удельной скорости передачи  $V/\Delta F$  требует увеличения энергетических затрат ( $E_b$ ) на один бит (рис. 9.42).

Любая система передачи может быть описана точкой, лежащей ниже приведенной на рисунке кривой (область В). Эту кривую часто называют границей или пределом Шеннона. Для любой точки в области В можно создать такую систему связи, вероятность ошибочного приема у которой может быть настолько малой, насколько это требуется. История развития как систем связи в целом, так и модемной техники, в частности, представляет собой непрерывающуюся серию попыток приблизить их к границе Шеннона, сохраняя при этом низкую вероятность ошибочного приема информационного бита (такие системы используют современные способы модуляции и кодирования).

Современные системы передачи данных требуют, чтобы вероятность необнаруженной ошибки была не выше величины  $10^{-7} \dots 10^{-12}$ . Эти значения обеспечивают протоколы исправления ошибок типа MNP1 — MNP4 и V.42.

#### 9.3.1.9.2. Способы модуляции

В модемах для телефонных каналов, как правило, используются три вида модуляции: частотная, относительная фазовая (фазоразностная) и квадратурная амплитудная модуляция, часто называемая многопозиционной амплитудно-фазовой.

**Частотная модуляция.** При частотной модуляции (ЧМ, FSK — *Frequency Shift Keying*) значениям "0" и "1" информационной последовательности соответствуют определенные частоты аналогового сигнала при неизменной амплитуде. Частотная модуляция весьма помехоустойчива, поскольку помехи телефонного канала искажают в основном амплитуду, а не частоту сигнала. Однако при частотной модуляции неэкономно расходуется ресурс полосы частот телефонного канала. Поэтому этот вид модуляции применяется в низкоскоростных протоколах, позволяющих осуществлять связь по каналам с низким отношением сигнал/шум.

**Относительная фазовая модуляция.** При относительной фазовой модуляции (ОФМ, DPSK — *Differential Phase Shift Keying*) в зависимости от значения информационного элемента изменяется только фаза сигнала при неизменной амплитуде и частоте. Причем каждому информационному биту

ставится в соответствие не абсолютное значение фазы, а ее изменение относительно предыдущего значения.

Чаще применяется *четырёхфазная ОФМ* (ОФМ-4), или *двукратная ОФМ* (ДОФМ), основанная на передаче четырех сигналов, каждый из которых несет информацию о двух битах (дибите) исходной двоичной последовательности. Обычно используется два набора фаз: в зависимости от значения дибита (00, 01, 10 или 11) фаза сигнала может измениться на  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $270^\circ$  или  $45^\circ$ ,  $135^\circ$ ,  $225^\circ$ ,  $315^\circ$  соответственно. При этом, если число кодируемых бит более трех (8 позиций поворота фазы), резко снижается помехоустойчивость ОФМ. По этой причине для высокоскоростной передачи данных ОФМ не используется.

**Квадратурная амплитудная модуляция.** При *квадратурной амплитудной модуляции* (КАМ, QAM — *Quadrature Amplitude Modulation*) изменяется как фаза, так и амплитуда сигнала, что позволяет увеличить количество кодируемых бит и при этом существенно повысить помехоустойчивость. В настоящее время используются способы модуляции, в которых число кодируемых на одном бодовом интервале информационных бит может достигать 8...9, а число позиций сигнала в сигнальном пространстве - 256...512.

Квадратурное представление сигналов является удобным и достаточно универсальным средством их описания. Квадратурное представление заключается в выражении колебания линейной комбинацией двух ортогональных составляющих — синусоидальной и косинусоидальной:

$$S(t) = x(t)\sin(\omega t + \varphi) + y(t)\cos(\omega t + \varphi),$$

где  $x(t)$  и  $y(t)$  — биполярные дискретные величины. Такая дискретная модуляция (манипуляция) осуществляется по двум каналам на несущих, сдвинутых на  $90^\circ$  друг относительно друга, т.е. находящихся в квадратуре (отсюда и название представления и метода формирования сигналов).

Поясним работу квадратурной схемы (рис. 9.43) на примере формирования сигналов четырехфазной ФМ (ФМ-4).

Исходная последовательность двоичных символов длительностью  $T$  при помощи регистра сдвига разделяется на нечетные импульсы  $y$ , которые подаются в квадратурный канал ( $\cos \omega t$ ), и четные —  $x$ , поступающие в синфазный канал ( $\sin \omega t$ ). Обе последовательности импульсов поступают на входы соответствующих формирователей манипулирующих импульсов, на выходах которых образуются последовательности биполярных импульсов  $x(t)$  и  $y(t)$ .

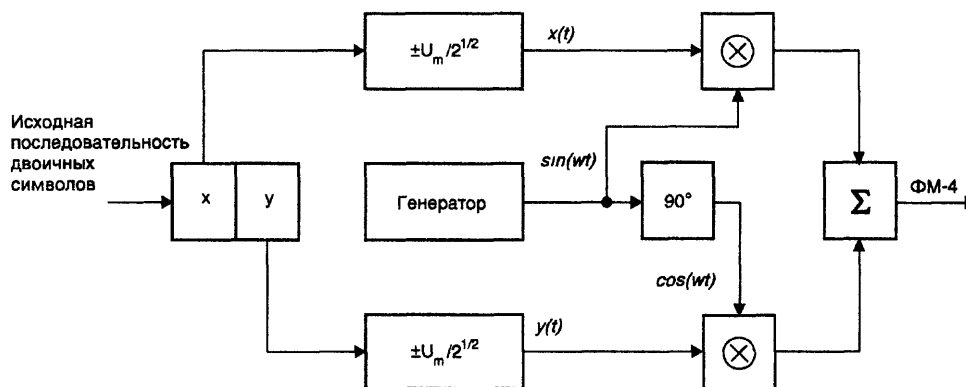


Рис. 9.43. Схема квадратурного модулятора.

Манипулирующие импульсы имеют амплитуду  $U_m/\sqrt{2}$  длительность  $2T$ . Импульсы  $x(t)$  и  $y(t)$  поступают на входы канальных перемножителей, на выходах которых формируются двухфазные  $(0, \pi)$  ФМ колебания. После суммирования они образуют сигнал ФМ-4. В соответствии с методом формирования сигнал ФМ-4 также называют *квадратурным ФМ сигналом* (QPSK — *Quadrature PSK*).

При одновременной смене символов в обоих каналах модулятора (с 10 на 01, или с 00 на 11) в сигнале ДОФМ происходит скачок фазы на  $180^\circ$  ( $\pi$ ).

Такие скачки фазы, также имеющие место и при обыкновенной двухфазной модуляции (ФМ-2), вызывают паразитную амплитудную модуляцию огибающей сигнала. В результате этого при прохождении сигнала через узкополосный фильтр возникают провалы огибающей до нуля. Такие изменения сигнала нежелательны, поскольку приводят к увеличению энергии боковых полос и помех в канале связи.

*Четырёхфазная ФМ со сдвигом* (OQPSK - *Offset QPSK*) (рис. 9.44) позволяет избежать скачков фазы на  $180^\circ$  и, следовательно, глубокой модуляции огибающей. Формирование сигнала в квадратурной схеме происходит так же, как и в модуляторе ФМ-4, за исключением того, что манипуляционные элементы информационной последовательности  $x(t)$  и  $y(t)$  смещены во времени на длительность одного элемента  $T$ , как показано на рис. 9.44, б, в. Изменение фазы при таком смещении модулирующих потоков определяется лишь одним элементом последовательности, а не двумя, как

при ФМ-4. В результате скачки фазы на  $180^\circ$  отсутствуют, так как каждый элемент последовательности, поступающий на вход модулятора синфазного или квадратурного канала, может вызвать изменение фазы на  $0^\circ$ ,  $+90^\circ$  или  $-90^\circ$ .

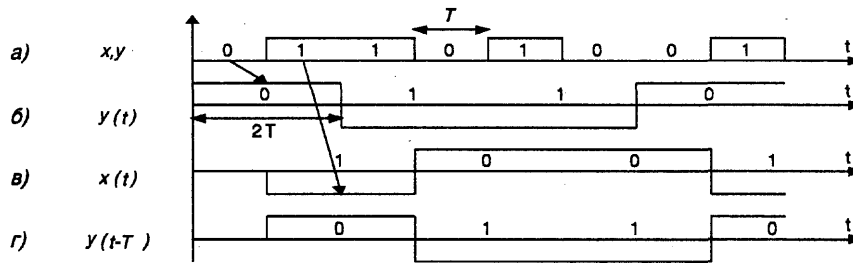


Рис. 9.44. Формирование сигналов OQPSK

Для приведенного в начале раздела 6.2.3 выражения для описания сигнала характерна взаимная независимость многоуровневых манипулирующих импульсов  $x(t)$ ,  $y(t)$  в каналах, т.е. единичному уровню в одном канале может соответствовать единичный или нулевой уровень в другом канале. В результате выходной сигнал квадратурной схемы изменяется не только по фазе, но и по амплитуде. Поскольку в каждом канале осуществляется амплитудная манипуляция, этот вид модуляции называют *квадратурной манипуляцией с изменением амплитуды* (QASK — *Quadrature Amplitude Shift Keying*) или просто квадратурной амплитудной модуляцией — КАМ.

Пользуясь геометрической трактовкой, каждый сигнал КАМ можно изобразить вектором в сигнальном пространстве. Отмечая только концы векторов, для сигналов КАМ получаем изображение в виде сигнальной точки, координаты которой определяются значениями  $x(t)$  и  $y(t)$ . Совокупность сигнальных точек образует так называемое сигнальное созвездие (*signal constellation*).

На рис. 9.45 показана структурная схема модулятора и сигнальное созвездие для случая, когда  $x(t)$  и  $y(t)$  принимают значения  $\pm 1, \pm 3$  (4-х уровневая КАМ).

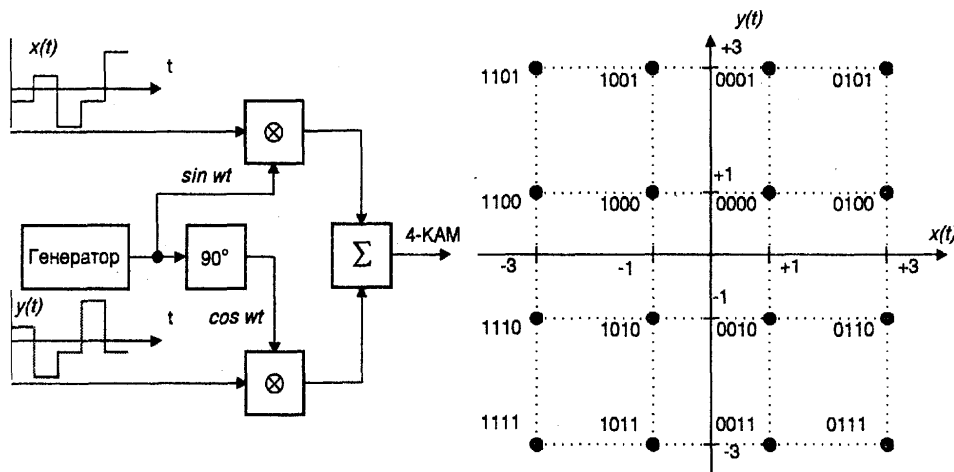


Рис. 9.45. Схема модулятора и сигнальная диаграмма КАМ-4

Величины  $\pm 1, \pm 3$  определяют уровни модуляции и имеют относительный характер. Созвездие содержит 16 сигнальных точек, каждая из которых соответствует четырем передаваемым информационным битам.

Комбинация уровней  $\pm 1, \pm 3, \pm 5$  может сформировать созвездие из 36 сигнальных точек. Однако из них в протоколах ITU-T используется только 16 равномерно распределенных в сигнальном пространстве точек.

Существует несколько способов практической реализации 4-х уровневой КАМ, наиболее распространенным из которых является так называемый *способ модуляции наложением* (SPM — *Superposed Modulation*). В схеме, реализующей данный способ, используются два одинаковых 4-х фазных модулятора (рис. 9.43). Структурная схема модулятора SPM и диаграммы, поясняющие его работу приведены на рис. 9.46.

Из теории связи известно, что при равном числе точек в сигнальном созвездии спектр сигналов КАМ идентичен спектру сигналов ФМ. Однако помехоустойчивость систем ФМ и КАМ различна. При большом числе точек сигналы системы КАМ имеют лучшие характеристики, чем системы ФМ. Основная причина этого состоит в том, что расстояние между сигнальными точками в системе ФМ меньше расстояния между сигнальными точками в системе КАМ.

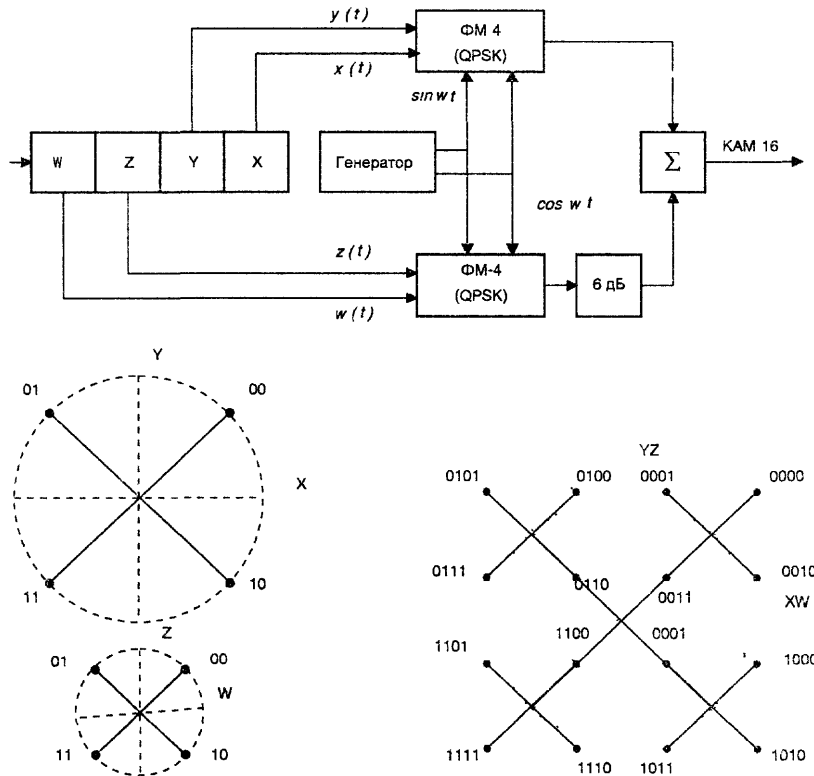


Рис 9.46 Схема модулятора КАМ-16

На рис. 9.47 представлены сигнальные созвездия систем КАМ-16 и ФМ-16 при одинаковой мощности сигнала. Расстояние  $d$  между соседними точками сигнального созвездия в системе КАМ с  $L$  уровнями модуляции определяется выражением:

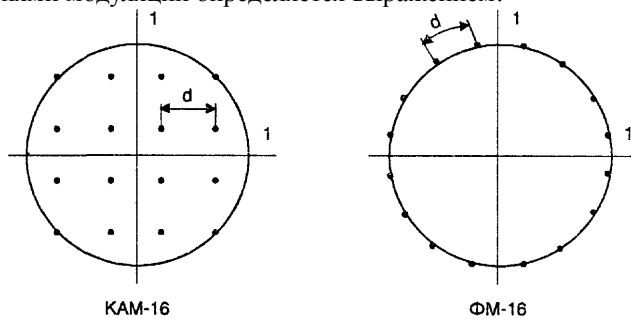


Рис. 9.47. Сигнальные созвездия КАМ-16 и ФМ-16

$$d = \sqrt{2} / (L - 1).$$

Аналогично для ФМ

$$d = 2 \sin(\pi / M),$$

где  $M$  — число фаз.

Из приведенных выражений следует, что при увеличении значения  $M$  и одном и том же уровне мощности системы КАМ предпочтительнее систем ФМ. Например, при  $M=16$  ( $L=4$ )  $d_{КАМ} = 0,47$  и  $d_{ФМ} = 0,396$  а при  $M = 32$  ( $L=6$ )  $d_{КАМ} = 0,28$ ,  $d_{ФМ} = 0,174$ .

### 9.3.1.9.3. Сигнально-кодовые конструкции (треллис-модуляция).

Применение многопозиционной КАМ в чистом виде сопряжено с проблемой недостаточной помехоустойчивости. Поэтому во всех современных высокоскоростных протоколах КАМ используется совместно с решетчатым кодированием — специальным видом сверточного кодирования. В результате появился новый способ модуляции, называемый *треллис-модуляцией* (TCM — *Trellis Coded Modulation*). Выбранная определенным образом комбинация конкретной КАМ и помехоустойчивого кода в отечественной технической литературе носит название *сигнально-кодовой конструкции* (СКК). СКК позволяют повысить помехозащищенность передачи информации наряду со снижением требований к отношению сигнал/шум в канале на 3—6 дБ. При этом число сигнальных точек увеличивается вдвое за счет добавления к информационным битам одного избыточного, образованного путем сверточного кодирования. Расширенный таким образом блок битов подвергается

все той же КАМ. В процессе демодуляции производится декодирование принятого сигнала по алгоритму Витерби. Именно этот алгоритм за счет использования введенной избыточности и знания предыстории процесса приема позволяет по критерию максимального правдоподобия выбрать из сигнального пространства наиболее достоверную эталонную точку.

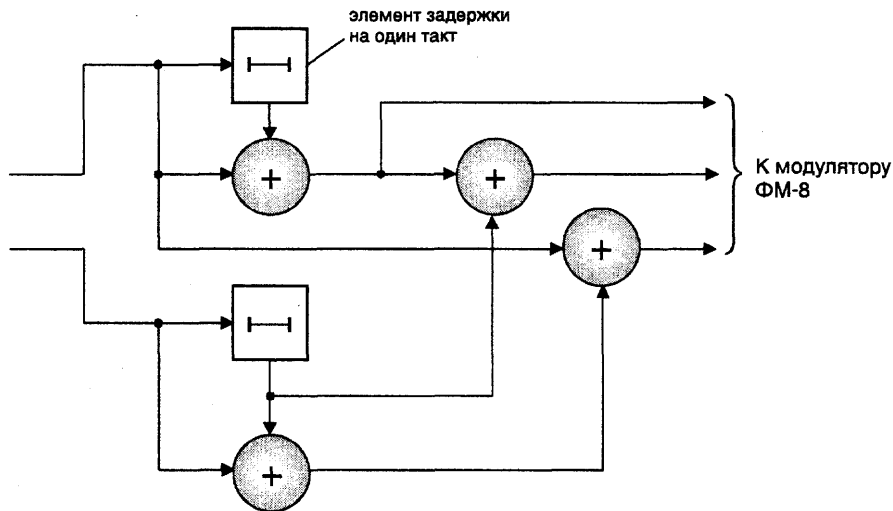


Рис. 9.48. Схема сверточного 2/3 кодера

Выбор способов модуляции и кодирования сводится к поиску такого заполнения сигнального пространства, при котором обеспечивается высокая скорость и высокая помехоустойчивость. Комбинирование различных ансамблей многопозиционных сигналов и помехоустойчивых кодов порождает множество вариантов сигнальных конструкций. Согласованные определенным образом варианты, обеспечивающие улучшение энергетической и частотной эффективности, и являются сигнально-кодowymi конструкциями. Задача поиска наилучшей СКК является одной из наиболее сложных задач теории связи. Современные высокоскоростные протоколы модуляции (V.32, V.32bis, V.34 и др.) предполагают обязательное применение сигнально-кодowych конструкций.

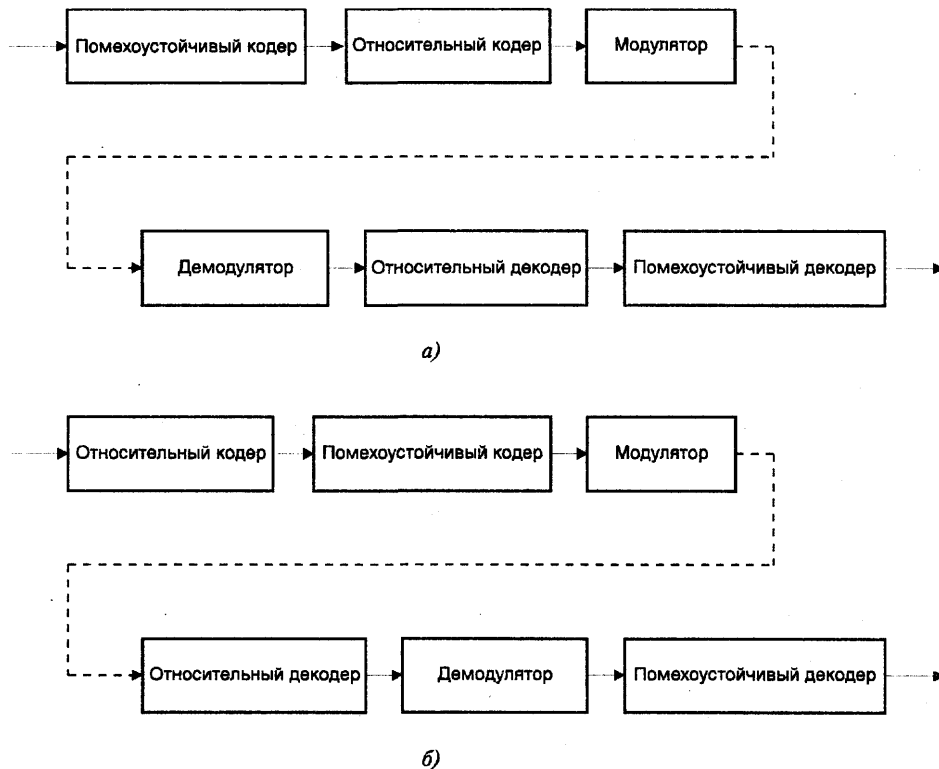


Рис. 9.49. Схема внутреннего (а) и внешнего (б) включения относительного кодера

Все применяемые сегодня СКК используют сверточное кодирование со скоростью  $(n-1)/n$ , т.е. при передаче одного сигнального элемента используется только один избыточный двоичный символ.

Типичный кодер, применяемый совместно с модулятором ФМ-8 представлен на рис. 9.48. Он является сверточным кодером с относительной скоростью кода, равной  $2/3$ . Каждым двум информационным битам на входе кодер сопоставляет трехсимвольные двоичные блоки на своем выходе, которые и поступают на модулятор ФМ-8.

Применение сигналов ФМ связано с разрешением проблемы неоднозначности фазы восстановленной на приеме несущей. Данная проблема решается за счет относительного (дифференциального) кодирования, что в системах без помехоустойчивого кодирования приводит к размножению ошибок. В системах с помехоустойчивым кодированием относительное кодирование также используется. В этом случае имеет значение последовательность включения относительного и помехоустойчивого кодера.

Различают внешнее и внутреннее относительное кодирование. При внутреннем кодировании относительный кодер расположен на выходе помехоустойчивого кодера, а на приемной стороне относительный декодер включен на входе помехоустойчивого декодера (рис. 9.49, а). В этом случае помехоустойчивый кодер должен уметь бороться с группирующимися ошибками.

Внешнее относительное кодирование в ряде случаев является более выгодным, так как источник размножения ошибок — относительный декодер — включен на выходе помехоустойчивого декодера (рис. 9.49, б). Однако теперь возникают трудности декодирования, вызванные неоднозначностью фазы опорного колебания при демодуляции. При ФМ-2 неоднозначность фазы опорного колебания (0 или  $\pi$ ) приводит к явлению "обратной работы", заключающейся в том, что передаваемые единичные биты принимаются нулевыми, а нулевые — наоборот единичными. При большем числе позиций фазы возможна не только инверсия, но и перестановка двоичных символов. Решение этой проблемы заключается в использовании помехоустойчивых кодов, прозрачных, т.е. нечувствительных, к неопределенности фазы опорного колебания. Известно несколько видов СКК, обеспечивающих прозрачность к неопределенности фазы восстановленной несущей. Они также основаны на сверточном кодировании со скоростью  $(n-1)/n$ , т.е. используется только один избыточный двоичный символ.

#### 9.3.1.9.4. Некоторые основные протоколы модуляции

##### 9.3.1.9.4.1. Протоколы V.21, Bell 103J.

Основой Рекомендации ИТУ-Т V.21 послужил протокол Bell 103J, разработанный американской фирмой AT&T. Протокол V.21 является дуплексным и использует частотную модуляцию и частотное разделение каналов. Полоса частот телефонного канала тональной частоты делится на два подканала. Один из них (нижний) используется вызывающим модемом для передачи своих данных, а другой (верхний) — для передачи информации от отвечающего модема. При этом в нижнем подканале "1" передается с частотой 980 Гц, а "0" — 1180 Гц. В верхнем подканале "1" передается частотой 1650 Гц, а "0" — 1850 Гц (рис. 9.50).

Скорость модуляции и скорость передачи данных в этом случае равны 300 Бод и 300 бит/с, соответственно. Несмотря на низкую скорость передачи, протокол V.21 широко используется в качестве "аварийного". Кроме того, он применяется в высокоскоростных протоколах на этапе установления соединения, что предусмотрено рекомендацией V.8. Данный протокол используется также для передачи управляющих команд при факсимильной связи (только по верхнему каналу).

Протокол Bell 103J соответствует протоколу V.21 с точностью до номиналов используемых частот. В нижнем подканале логический "0" передается частотой 1070 Гц, а "1" - 1270 Гц, в верхнем подканале: "0" - 2025 Гц, "1" - 2225 Гц, соответственно.

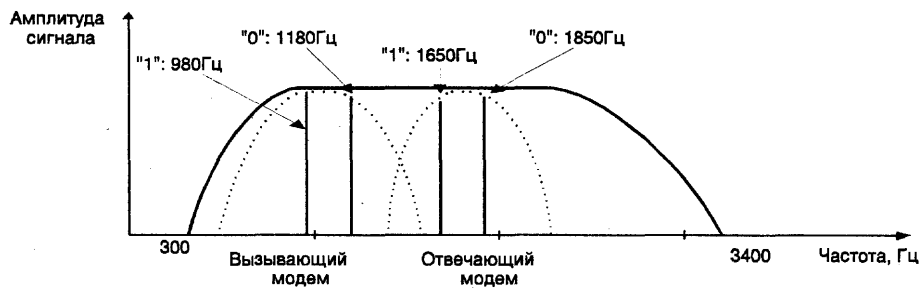


Рис. 9.50. Спектр сигналов взаимодействующих модемов V.21

##### 9.3.1.9.4.2. Протоколы V.22, V.22bis

Протокол V.22 является дуплексным протоколом модуляции, предусматривающим использование относительной фазовой модуляции при частотном разделении каналов передачи взаимодействующих модемов. Нижний подканал, как и в протоколе V.21, использует вызывающий модем. Он передает на несущей частоте 1200 Гц. Отвечающий модем, в свою очередь, использует частоту передачи 2400 Гц (рис. 9.51). Скорость модуляции равна 600 Бод. Протокол предусматривает два режима модуляции — ОФМ и ДОФМ. В первом случае скорость передачи достигает значения 600

бит/с, а во втором — 1200 бит/с.

В отличие от V.21, протоколом V.22 впервые предусмотрено использование корректора фазовых искажений (эквалайзера) с фиксированными характеристиками.

Рекомендация V.22bis совпадает с V.22 по значениям несущих частот и скорости модуляции. Предусматриваются два режима модуляции — четырехпозиционная (КАМ-4) и шестнадцати позиционная (КАМ-16) квадратурная модуляции с передачей двух (дибит) и четырех (квадбит) бит на один сигнальный отсчет. Скорость передачи данных может быть 1200 либо 2400 бит/с соответственно. В режиме 1200 бит/с протокол V.22bis полностью совместим с V.22.

Согласно Рекомендации V.22bis при передаче со скоростью 2400 бит/с поток данных разделяется на группы из квадбитов. Первые два бита определяют изменение фазового квадранта по отношению к квадранту, в котором находился

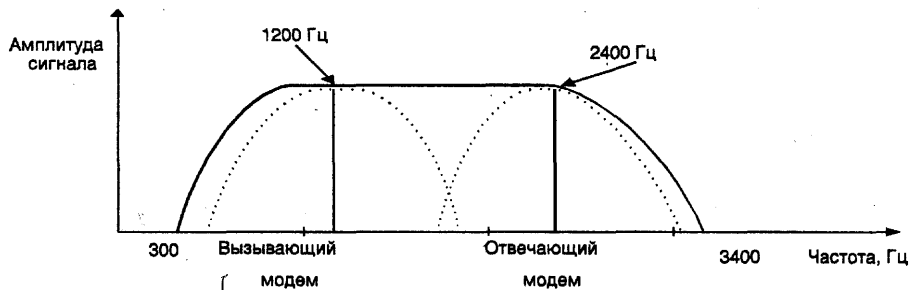


Рис. 9.51. Спектр сигналов модемов V.22

предыдущий сигнальный элемент. Последние два бита каждого квадбита определяют один из четырех сигнальных элементов в новом квадранте. Первые биты каждой пары в табл. 9.23 и на рис. 9.52 являются также первыми в потоке данных, поступающем в модулятор после скремблирования.

Таблица 9.23. Кодирование сигнала согласно V.22bis

Значения первых двух бит в квадбите (2400 бит/с) и дибите (1200 бит/с)	Изменение фазового квадранта	
	00	1→2, 2→3, 3→4, 4→1
01	1→1, 2→2, 3→3, 4→4	0°
11	1→4, 2→1, 3→2, 4→2	270°
10	1→3, 2→4, 3→1, 4→2	180°

При передаче со скоростью 1200 бит/с поток данных разделяется на дибиты, которые определяют изменение фазового квадранта по отношению к квадранту, в котором находился предыдущий сигнальный элемент. Сигнальные элементы, соответствующие точкам 01 на сигнальной диаграмме (рис. 9.52) передаются независимо от рассматриваемого квадранта. Это обеспечивает совместимость с протоколом V.22.

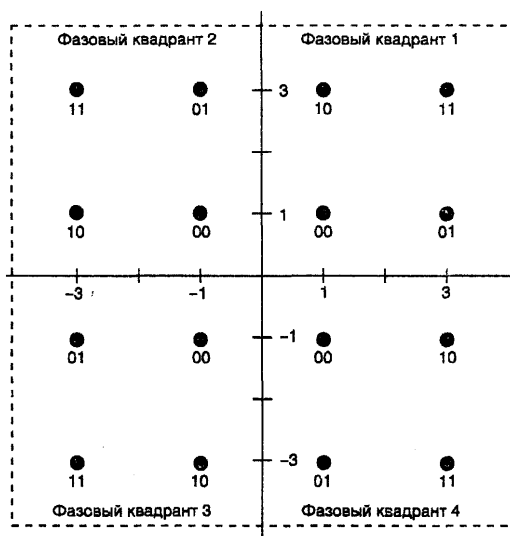


Рис. 9.52. Сигнальная диаграмма V.22bis

Согласно Рекомендациям V.22 и V.22bis передаваемые данные подвергаются скремблированию. Схема скремблера и дескремблера V.22/V.22bis представлена на рис. 9.53.

Протоколы V.22 и V.22bis предусматривают возможность использования защитного тонального

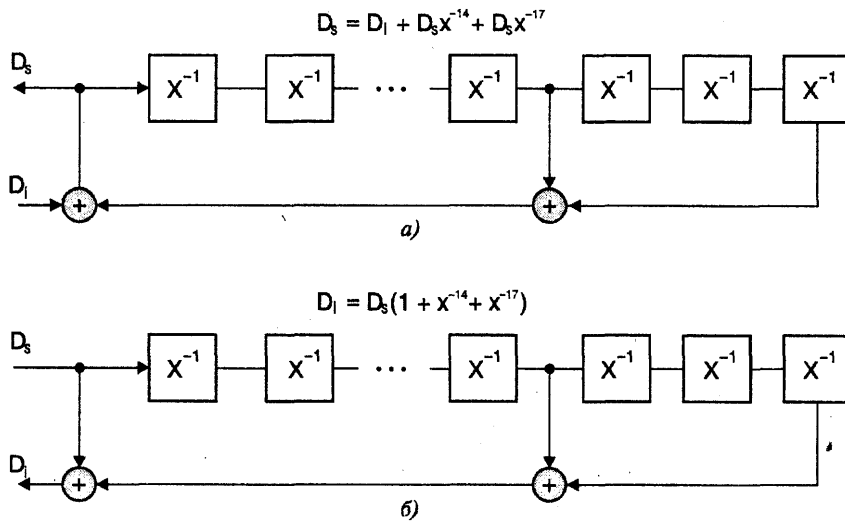


Рис.9.53. Скремблер (а) и дескремблер (б) V/22/V/22bis.

сигнала с частотой 1800 Гц. Необязательное (альтернативное) значение частоты защитного сигнала может равняться 550 Гц. Уровень защитного сигнала на частотах 1800 Гц и 550 Гц должен быть, соответственно, на 6 и 3 дБ ниже уровня мощности сигнала в верхнем канале, который, в свою очередь, должен быть еще на 1 дБ ниже, чем мощность сигнала в нижнем канале.

Протокол V.22bis фактически является стандартом для всех среднескоростных модемов.

#### 9.3.1.9.4.3. Протокол V.32bis.

Протокол модуляции V.32bis разработан для обеспечения передачи данных со скоростью до 14400 бит/с по двухпроводным коммутируемым и выделенным телефонным каналам. Данный протокол принят в качестве стандарта ИТУ-Т в 1991 году. Основные характеристики модемов, поддерживающих данный протокол, следующие:

- дуплексный режим работы по коммутируемым каналам телефонных сетей общего пользования и арендуемым двухпроводным линиям передачи;
- реализация эхоподавления;
- применение КАМ для режимов синхронной передачи со скоростью модуляции 2400 Бод;
- частота несущей равна 1800 Гц;
- приемник модема должен обеспечивать бесперебойную работу при нестабильности частоты принимаемого сигнала не более  $\pm 7 \text{ Гц}'$ ,

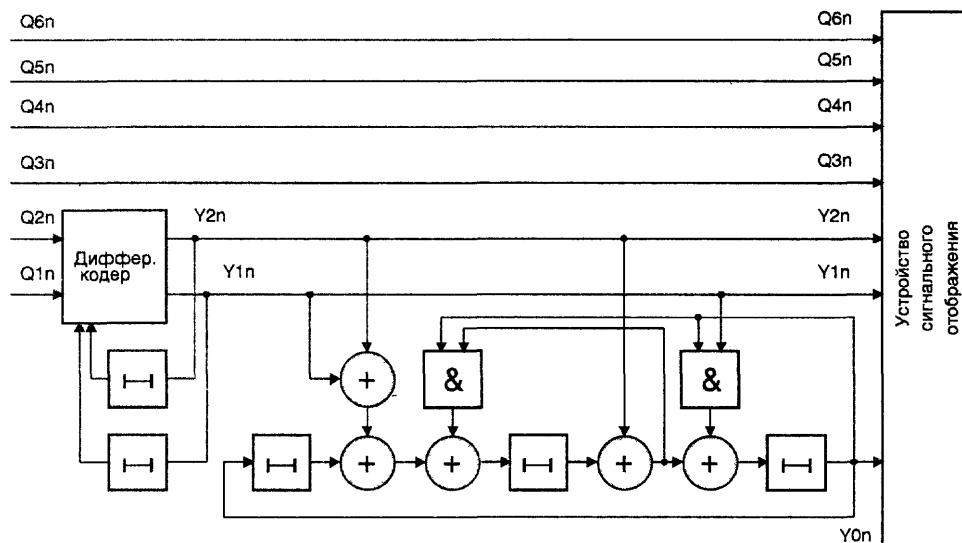


Рис. 9.54. Схема кодирования информации в модеме V.32bis

- скорости передачи данных:



- 14400, 1200, 9600, 7200 бит/с с треллис-кодированием;
- 4800 бит/с без кодирования;
- совместимость с модемами V.32 на скоростях 9600 и 4800 бит/с;
- обмен управляющими последовательностями и выбор скорости передачи в течение процедуры установления связи;
- процедура смены скорости передачи в течение сеанса связи без разрыва соединения;
- режим асимметричной передачи не поддерживается; другими словами, скорости передачи и приема каждого взаимодействующего модема должны быть одинаковы;
- спектр сигнала ограничен полосой частот от 600 Гц до 3000 Гц.

Таблица. 9.24. Правило дифференциального кодирования при использовании сигнально-кодовой конструкции

Вход		Предыдущий		Выход	
Q1n	Q2n	Y1n-1	Y2n-1	Y1n	Y2n
0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	1
0	0	1	0	1	0
0	0	1	1	1	1
0	1	0	0	0	1
0	1	0	1	0	0
0	1	1	0	1	1
0	1	1	1	1	0
1	0	0	0	1	0
1	0	0	1	1	1
1	0	1	0	0	1
1	0	1	1	0	0
1	1	0	0	1	1
1	1	0	1	1	0
1	1	1	0	0	0
1	1	1	1	0	1

Устройство кодирования по протоколу V.32bis показано на рис. 9.54. При скорости передачи 14400 бит/с на вход кодера подаются все шесть битов Q1n — Q6n в параллельном коде. При скорости 12000 бит/с входная информационная последовательность разделяется на блоки по пять битов Q1n — Q5n. Аналогично, при скоростях 9600, 7200 и 4800 бит/с задействуются четыре (Q1n — Q4n), три (Q1n - Q3n) и два (Q1n—Q2n) входа соответственно.

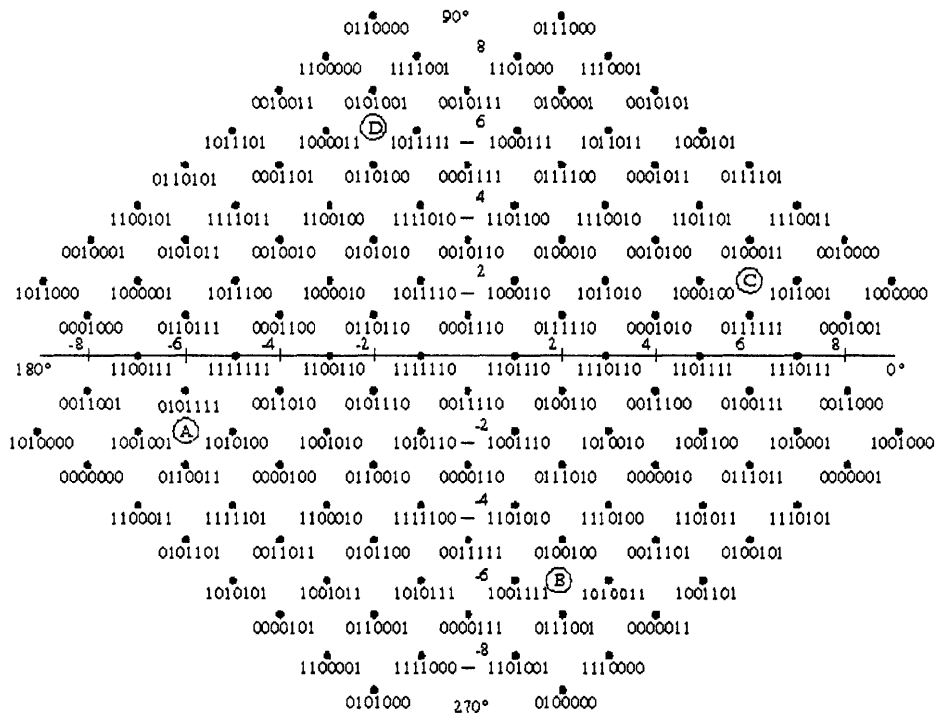


Рис. 9.55. Сигнальная диаграмма для скорости 14400 бит/с.

Два первых бита  $Q1n$  и  $Q2n$  в каждом блоке при любой скорости передачи (индекс  $n$  обозначает последовательный номер блока информационной последовательности) поступают на дифференциальный кодер, где они перекодируются в биты  $Y1n$  и  $Y2n$  согласно табл. 9.24.

Дифференциальные биты  $Y1n$  и  $Y2n$  используются в качестве входных для систематического сверточного кодера, который генерирует избыточный бит  $Y0n$ . Этот избыточный бит и шесть информационных бит  $Y1n$ ,  $Y2д$ ,  $Q3n$ ,  $Q4n$ ,  $Q5n$ ,  $Q6n$  поступают на устройство сигнального отображения, которое формирует элементы сигнального созвездия, представленного на рис. 9.55.

Двоичные числа на рис. 9.55 соответствуют последовательности битов  $Y0n$ ,  $Y1n$ ,  $Y2n$ ,  $Q3n$ ,  $Q4n$ ,  $Q5n$ ,  $Q6n$ , а обозначения A, B, C, D — синхронизирующим сигнальным элементам.

На скорости передачи 12000 бит/с входной проскремблированный поток данных делится на группы по пять бит. Процесс дифференциального кодирования и кодирования сверточным кодом принципиально ничем не отличается от кодирования при скорости 14400 бит/с. При скорости 12000 бит/с формируются элементы сигнального созвездия, приведенного на рис. 9.56.

Двоичные числа на рис. 9.56 соответствуют последовательности шести битов  $Y0n$ ,  $Y1n$ ,  $Y2n$ ,  $Q3n$ ,  $Q4n$ ,  $Q5n$ , а обозначения A, B, C, D, как и ранее, соответствуют синхронизирующим сигнальным элементам.

При скорости передачи 9600 бит/с входной проскремблированный поток данных делится уже на блоки по четыре бита  $Q1n$ ,  $Q2n$ ,  $Q3n$ ,  $Q4n$ . В результате этого схема кодера V.32bis при скорости 9600 бит/с соответствует кодеру V.32. Пространственная сигнальная диаграмма соответствует диаграмме модемов V.32 при той же скорости передачи.

Двоичные числа на диаграмме соответствуют последовательности пяти битов  $Y0n$ ,  $Y1n$ ,  $Y2n$ ,  $Q3n$ ,  $Q4n$ , поступающих на вход устройства сигнального отображения.

При скорости передачи 7200 бит/с входной проскремблированный поток данных делится на блоки по три бита  $Q1n$ ,  $Q2n$ ,  $Q3n$ . Пространственная сигнальная диаграмма для такой скорости передачи приведена на рис. 9.57.

В этом случае двоичные числа соответствуют последовательности четырех бит  $Y0n$ ,  $Y1n$ ,  $Y2n$ ,  $Q3n$ , поступающих на вход устройства сигнального отображения.

При скорости 4800 бит/с скремблированный входной поток данных разбивается на блоки по два бита  $Q1n$  и  $Q2n$ , которые и поступают на вход относительного кодера, работающего согласно табл. 9.25.

С выхода относительного кодера биты  $Y1n$  и  $Y2n$  отображаются в передаваемые сигнальные элементы. Таким образом, при скорости 4800 бит/с кодирования избыточным сверточным кодом не происходит.

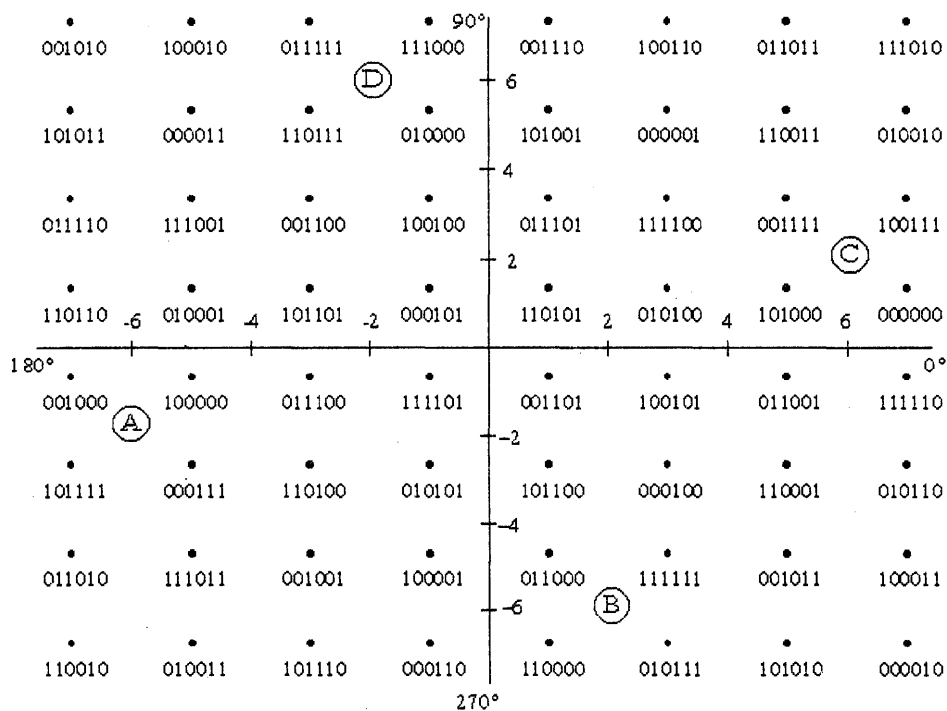


Рис. 9.56. Сигнальная диаграмма для скорости 12000 бит/с

Согласно протокола V.32bis модемы должны иметь два самосинхронизирующихся скремблера. В каждом направлении передачи используется свой скремблер. Вызывающий модем использует

скремблер с образующим полиномом

$$1+x^{-18}+x^{-23},$$

а отвечающий модем пользуется скремблером с образующим полиномом

$$1+x^{-5}+x^{-23}.$$

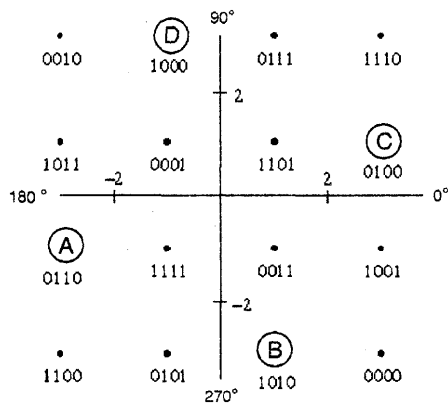


Рис. 9.57. Сигнальная диаграмма для скорости 7200 бит/с.

Таблица 9.25. Правило дифференциального кодирования при скорости передачи 4800 бит/с.

Вход		Предыдущий выход		Изменение фазы	Выход		Сигнальная точка для 4800 бит/с
Q1n	Q2n	Y1n-1	Y2n-1		Y1n	Y2n	
0	0	0	0	+90°	0	1	B
0	0	0	1		1	1	C
0	0	1	0		0	0	A
0	0	1	1		1	0	D
0	1	0	0	0°	0	0	A
0	1	0	1		0	1	B
0	1	1	0		1	0	D
0	1	1	1		1	1	C
1	0	0	0	+180°	1	1	C
1	0	0	1		1	0	D
1	0	1	0		0	1	B
1	0	1	1		0	0	A
1	1	0	0	+270°	1	0	D
1	1	0	1		0	0	A
1	1	1	0		1	1	C
1	1	1	1		0	1	B

#### 9.3.1.9.4.4. Протоколы V.34, V.34+, V.Fast.

Рекомендация V.34 была принята ИТУ-T 20 сентября 1994 г. Она регламентирует процедуры передачи данных по коммутируемым телефонным каналам со скоростями до 28 800 бит/с. Модем, соответствующий V.34, называют "модемом, обеспечивающим передачу данных со скоростью до 28800 бит/с, для использования в коммутируемой сети общего пользования и на двухточечных двухпроводных выделенных каналах телефонного типа". До принятия этой рекомендации многие производители пользовались промежуточной Рекомендацией V.Fast, которая не предусматривала большого числа нововведений, однако позволяла передавать данные со скоростью 28,8 Кбит/с.

Стандарт предусматривает возможность использования интерфейсов двух типов. Первый интерфейс (предпочтительный) представляет собой разъем с 25 или 26 контактами, причем сигналы данных и синхронизации передаются в симметричном режиме, а сигналы управления — в несимметричном. Такой интерфейс предпочтителен для использования в синхронном режиме передачи. Второй вариант интерфейса (альтернативный) совместим с RS-232C. Выпускаемые в настоящее время модемы V.34, как правило, имеют интерфейс RS-232C с UART 16550, порты EPP, ECP, PCMCIA или V.35.

Протокол V.34 предполагает большое количество режимов работы и сервиса. Остановимся на некоторых из них.

**Скорость модуляции и передачи.** Скорость передачи данных выбирается из множества допустимых значений в диапазоне от 2400 до 28800 бит/с с шагом 2400 бит/с. Таким образом возмо-

жен выбор 12 значений, а также изменение скорости передачи в процессе сеанса связи. В отличие от более ранних протоколов, скорость модуляции не является фиксированной величиной. Рекомендация предусматривает шесть скоростей модуляции, равных 2400, 2743, 2800, 3000, 3200 и 3429 символам в секунду. Следует отметить, что в Рекомендации V.34 вместо единицы измерения "Бод" введено понятие "символ в секунду".

Для достижения большей скорости передачи необходимо выбирать большее значение скорости модуляции. Однако для полосы пропускания стандартного телефонного канала 3100 Гц (300 — 3400 Гц) две последние модуляционные скорости являются неприемлемыми. Этот факт следует из теоремы Найквиста. Тем не менее, работа на таких скоростях возможна в основном благодаря неидеальности характеристик фильтров каналообразующей аппаратуры.

При введении таких "запредельных" скоростей была учтена тенденция увеличения в КТСОП доли систем передачи с *импульсно-кодовой модуляцией (ИКМ)*, в которых реальная полоса пропускания телефонного канала может достигать 3500 Гц.

Кроме того, при установлении соединения через КТСОП в пределах города канал связи чаще всего представляет собой соединение нескольких физических (кабельных) линий. Такой канал при наличии специальных средств частотной коррекции также может обеспечить передачу сигнала с более широким спектром.

Для канала, не позволяющего расширить стандартную полосу пропускания, максимально допустимой символьной скоростью является значение 3000 символов в секунду. При этой символьной скорости возможно установление соединения со скоростью до 26400 бит/с.

**Особенности модуляции.** В модемах V.34 применяется многопозиционная КАМ с решетчатым кодированием. В отличие от более ранней Рекомендации V.32, в V.34 увеличена размерность кодируемого информационного элемента.

В предыдущих протоколах с КАМ информационный элемент был двумерным, так как значение элемента характеризовалось амплитудой и фазой сигнала. Рекомендация V.34 предусматривает использование третьего параметра — времени, который порождает еще два измерения информационного элемента. В этом случае каждый кодируемый элемент включает в себя два последовательно передаваемых символа, представляющих собой сигналы, промодулированные по амплитуде и фазе. Таким образом, в четырехмерном пространстве каждый информационный элемент (сигнальная точка) имеет четыре координаты и передается за два символьных интервала. В самой Рекомендации представлено 50 различных сигнальных созвездий, которые обеспечивают работу на всех скоростях. Переход к четырехмерным СКК позволил существенно увеличить общее число сигнальных точек, что, в свою очередь, позволило повысить скорость кода без ухудшения помехоустойчивости. За один символьный интервал теперь может передаваться от одного до девяти бит, т.е. одной точке в четырехмерном пространстве может соответствовать одновременно 18 бит. Однако при формировании ее позиционного номера, как и ранее, используется лишь один избыточный бит решетчатого кодера.

В Рекомендации V.34 сделан шаг вперед и в области треллис-кодирования. Здесь используется сверточный код на 16, 32 и 64 состояния, что позволяет повысить помехоустойчивость всей системы сигналов за счет увеличения свободного евклидова расстояния между соседними путями на решетчатой диаграмме. Однако это приводит к увеличению задержки на принятие решения и к повышению требований к объему памяти и вычислительной мощности процессора модема.

Значение частоты несущей согласно V.34 также не является фиксированным. Оно выбирается из ряда: 1600, 1646, 1680, 1800, 1829, 1867, 1920, 1959, 2000 Гц.

Большое число возможных значений скорости модуляции, скорости передачи и несущей частоты предоставляет модему возможность использовать имеющуюся полосу частот с максимальной эффективностью.

**Особенности дуплексной передачи.** Нововведение протокола V.34 в области организации дуплексной связи заключается в его асимметричности по многим параметрам. Передача данных между двумя модемами V.34 может осуществляться не только с разными скоростями, но и на разных несущих частотах с использованием различных СКК.

В стандарте также предусмотрен режим полудуплексной передачи, которая предполагает взаимодействие модемов без схем эхокомпенсации.

Кроме того, Рекомендация V.34 предусматривает наличие дополнительного канала со скоростью передачи 200 бит/с, который образуется за счет временного уплотнения (мультиплексирования). Этот канал может быть использован как самим модемом для обмена служебной информацией, так и DTE. В последнем случае он называется вторичным каналом. Вторичный канал является асинхронным.

**Возможности адаптации.** В предыдущих поколениях модемов адаптивная подстройка под конкретные характеристики канала осуществлялась исключительно на приемном конце. В отличие от них в модемах V.34 идея адаптации носит глобальный характер.

В передающую часть модема введен так называемый генератор колец, способствующий синтезу требуемой формы выходного сигнала. При КАМ с большим сигнальным пространством диапазон

возможных амплитуд сигналов довольно велик. Из-за этого может возникнуть статистическая зависимость между передаваемой информацией и уровнем сигнала на выходе. Что может повлечь за собой ситуации, при которых выходной сигнал будет иметь малую амплитуду в течение длительного времени. В таких ситуациях возможны сбои декодера и потеря сигнала на приемной стороне. Также возможно формирование сигнала с большим пик-фактором (отношение пикового значения мощности к среднему значению), что приводит к ухудшению общих характеристик системы (увеличивает уровень взаимных и нелинейных искажений). Для решения этой проблемы Рекомендация предлагает специальное предкодирование, в котором двумерное созвездие разбивается на концентрические кольца, содержащие равные количества сигнальных точек с близкой или одинаковой амплитудой.

Стандарт V.34 предусматривает амплитудно-фазовую предкоррекцию сигнала передатчика для устранения межсимвольной интерференции. Эта предкоррекция позволяет получить выигрыш более 3,5 дБ по сравнению с линейной коррекцией, применяемой в протоколе V.32. Предыскажения на передающей стороне вводятся с помощью цифрового фильтра третьего порядка с комплексными коэффициентами, значения которых передаются от удаленного модема на этапе вхождения в связь. В результате этой процедуры передаваемый сигнал имеет искажения, компенсирующие те, которые он приобретает при прохождении по каналу. За счет этого существенно облегчается работа адаптивного эквалайзера на приемной стороне.

Помимо этого в Рекомендации заложена возможность выбора одного из 11 заранее заданных шаблонов для спектра передатчика. Эти шаблоны предусматривают подъем высокочастотных составляющих спектра, что компенсирует искажения, вносимые абонентскими и соединительными линиями.

В стандарте V.34 предусмотрено введение в передаваемый сигнал нелинейных предыскажений. Это позволяет частично скомпенсировать остаточные специфические искажения сигнала, вносимые аппаратурой ИКМ. Предыскажения приводят к неоднозначной трансформации сигнального пространства, увеличивая защищенность его периферийных точек.

Нововведением является использование иерархической кадровой структуры на физическом уровне. Сигнальные кадры, состоящие из 4-х четырехмерных информационных элементов (8 символов), объединяются в кадры данных, которые, в свою очередь, составляют суперкадр. Суперкадр имеет фиксированную длительность 280 мс. Вследствие этого в систему введены средства для поддержания синхронизации по кадрам.

Широкие возможности адаптации предусмотрены и на этапе вхождения в связь.

**Вхождение в связь.** Процедура вхождения в связь состоит из четырех фаз. На первой фазе модемы выбирают наивысший протокол ITU-T серии V, реализованный в обоих модемах. На этом этапе соединение устанавливается согласно Рекомендациям V.25 и V.8. Если оба модема поддерживают протокол V.34, то они переходят ко второй фазе, в ходе которой производится классификация канала связи. В течение 3 и 4 фазы происходит обучение адаптивного эквалайзера, эхокомпенсатора и ряда других систем модема.

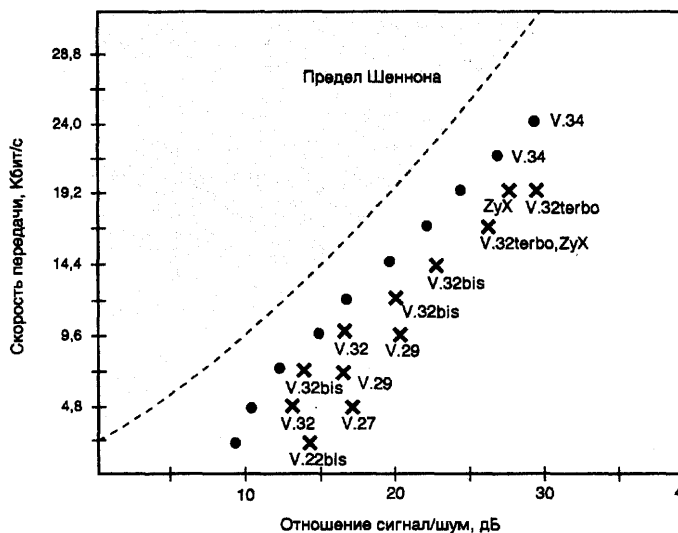


Рис. 9.58. Место протокола V.34.

После установления соединения процедура адаптации к каналу связи начинается с того, что передатчик модема посылает в линию специальный тестовый сигнал, представляющий собой последовательность из 21 гармонического колебания разных частот в диапазоне от 150 до 3750 Гц. Приемник удаленного модема, принимая этот сигнал, рассчитывает частотную характеристику канала связи, степень нелинейных искажений, сдвиг частот и ряд других характеристик канала. Затем

выбирается номинальная скорость модуляции, значение несущей частоты, уровень передачи, номер шаблона и коэффициенты предкорректора, скорость передачи данных, число состояний решетчатого кодера, тип СКК, параметры нелинейного кодера и другая информация о желаемой конфигурации удаленного передатчика. Такая же процедура выполняется и в противоположном направлении.

Далее оба модема обмениваются этими установками. Для этого используются протоколы V.22 (скорость 600 бит/с, ОФМ в частотно-разделенных каналах на несущих 1200 и 2400 Гц) и V.42.

**Преимущества V.34.** Рекомендация V.34 реализует системный подход к решению проблемы помехоустойчивости. Поэтому модем V.34 может работать с большей скоростью, чем другие на каналах такого же качества. Оценочное место протокола V.34 относительно других протоколов модуляции и граница Шеннона иллюстрируются рис. 9.58. Здесь значение вероятности ошибочного приема принято равным  $10^{-4}$ .

В Рекомендации V.34 предусмотрена возможность передачи данных со скоростью 33,6 Кбит/с, однако юридически она была закреплена в виде поправки к стандарту в октябре 1996 г. в Женеве на международной конференции по стандартизации в области телекоммуникаций. Модемы, поддерживающие такую скорость, часто называют модемами V.34+ или V.34bis.

### 9.3.1.9.5. Факс-протоколы модуляции

#### 9.3.1.9.5.1. Протоколы V.27, V.27bis, V.27ter

Из протоколов V.27, V.27bis, V.27ter два первых предназначены для использования на четырехпроводных арендованных линиях, а V.27ter — на двухпроводных коммутируемых каналах связи. В этих протоколах применяется относительная фазовая модуляция с частотой несущей 1800 Гц. Возможна работа на скоростях 2400 и 4800 бит/с. Скорость передачи 2400 бит/с достигается при скорости модуляции 1200 Бод и использовании ОФМ-4 (ДОФМ). Соответствие между дибитами и разностью фаз следующее: 00 —  $0^\circ$ , 01 —  $90^\circ$ , 11 —  $180^\circ$ , 10 —  $270^\circ$ . Скорость 4800 бит/с, в свою очередь, достигается посредством выбора скорости модуляции 1600 Бод и ОФМ-8. Закон кодирования трибитов значением фазы приведен в табл. 9.26.

Протокол V.27 предусматривает применение самосинхронизирующего скремблера с образующим полиномом  $1 + x^{-6} + x^{-7}$ . Схема скремблера приведена на рис. 9.59.

Таблица 9.26. Кодирование трибитов в модемах V.27

Трибит	Разность фаз	Трибит	Разность фаз
001	$0^\circ$	111	$180^\circ$
000	$45^\circ$	110	$225^\circ$
010	$90^\circ$	100	$225^\circ$
011	$135^\circ$	101	$315^\circ$

Протокол V.27 bis позволяет организовать полнодуплексную передачу на четырехпроводных линиях и полудуплексную на телефонных каналах с двухпроводным окончанием. При этом скорость передачи по обратному каналу составляет 75 бит/с.

Протокол V.27ter предусматривает использование автоматического адаптивного корректора. Для настройки корректора применяется специальный генератор двухфазного сигнала.

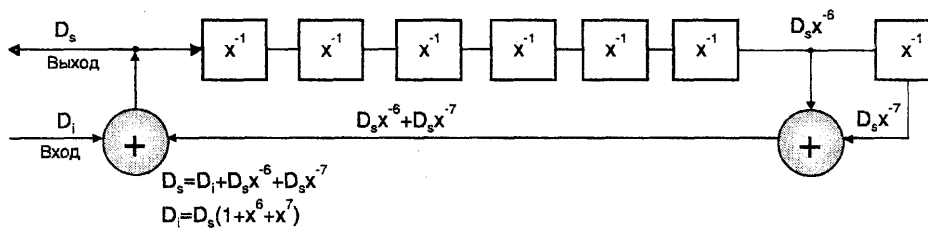


Рис. 9.59. Скремблер V.27

#### 9.3.1.9.5.2. Протокол V.29

Протокол V.29 предусматривает возможность работы со скоростями 9600, 7200 и 4800 бит/с по четырехпроводным арендованным телефонным каналам. Частота несущего сигнала равна 1700 Гц, а скорость модуляции — 2400 Бод. Применена квадратурная амплитудная модуляция. Сигнальное созвездие протокола изображено на рис. 9.60. При скорости 9600 бит/с поток двоичных символов разделяется на блоки по 4 бита (Q1, Q2, Q3, Q4). Второй (Q2), третий (Q3), четвертый (Q4) биты в блоке определяют изменение фазы сигнала по отношению к фазе предшествующего элемента в соответствии с табл. 9.27, реализуя таким образом закон относительного кодирования. Амплитуда передаваемого сигнального элемента определяется первым битом (Q1) и величиной абсолютной фазы сигнального элемента в соответствии с табл. 9.28.

Принцип формирования сигнала рассмотрим на примере передачи последовательности 1011 0000

1101 0110 0011 0101. Значения амплитуд и фаз сигналов в соответствии с диаграммой на рис. 9.60 представлены в табл. 9.29 (за исходную фазу предыдущей посылки по диаграмме выбрана фаза  $135^\circ$ ). Значения фазы  $270^\circ$  и амплитуды 5 первой строки табл. 9.29 получились следующим образом. Для блока Q2Q3Q4=011 по табл. 9.27 находится фаза, равная  $135^\circ$ . Это значение определяет скачок фазы по отношению к фазе предыдущей посылки, равной также  $135^\circ$ . В результате абсолютному значению фазы  $270^\circ$  и значению бита Q1=1 по табл. 9.28 соответствует амплитуда, равная 5.

Таблица 9.27. Закон изменения фазы сигнала для протокола V.29

Q2	Q3	Q4	Изменение
0	0	1	$0^\circ$
0	0	0	$45^\circ$
0	1	0	$90^\circ$
0	1	1	$135^\circ$
1	1	1	$180^\circ$
1	1	0	$225^\circ$
1	0	0	$270^\circ$
1	0	1	$315^\circ$

Таблица 9.28. Закон изменения амплитуды сигнала для протокола V.29

Абсолютная фаза	Q1	Амплитуда
$0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$	0	3
	1	5
$45^\circ, 135^\circ, 225^\circ, 315^\circ$	0	$\sqrt{2}$
	1	$3\sqrt{2}$

Таблица 9.29. Пример кодирования фазы и амплитуды при передаче последовательности данных по протоколу V.29.

Блок данных	Абсолютная фаза	Амплитуда
1011	$270^\circ$	5
0000	$315^\circ$	$\sqrt{2}$
1101	$270^\circ$	5
0110	$135^\circ$	$\sqrt{2}$
0011	$270^\circ$	3
0101	$225^\circ$	$\sqrt{2}$

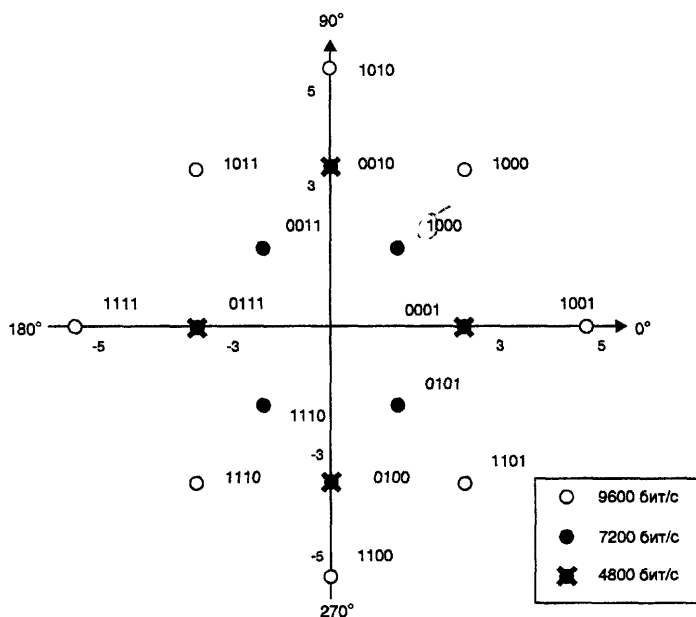


Рис. 9.60. Сигнальная диаграмма протокола V.29

При скорости 9600 бит/с в соответствии с диаграммой на рис. 9.60 применяется сигнал КАМ-16 с четырьмя градациями амплитуды и восемью градациями фазы. На скорости 7200 бит/с при объединении в блок трех бит достаточно 8-и позиционного сигнала. Согласно V.29 в этом случае

используются 2 значения амплитуды ( $3$  и  $\sqrt{2}$ ) и все 8 градаций фаз. Трех битный блок образуют 3 последние цифры комбинаций, указанных на рис. 9.60.

На скорости 4800 бит/с при объединении в блок двух бит для передачи требуется четыре элементарных сигнала. В данном случае эти сигналы имеют вид обычной ФМ-4. Двухбитный блок образуют два средних двоичных знака комбинаций, указанных на рис. 9.60.

Протокол V.29 предусматривает возможность многоканальной передачи. Это означает, что вместо четырех объединенных бит можно организовать передачу по четырем каналам со скоростью  $9600/4=2400$  бит/с. Возможны также комбинации скоростей 2400, 4800, 7200 бит/с, дающие в сумме скорость 9600 бит/с. Многоканальный режим также может быть осуществлен при скорости передачи модема 7200 бит/с (объединение до трех каналов) и 4800 бит/с (два канала по 2400 бит/с). Более подробная информация о режимах работы внешнего мультиплексора приведена в табл. 9.30.

Варианты конфигурации 1—5 рассчитаны на групповую скорость 9600 бит/с, варианты 6—8 — на скорость 7200 бит/с, а варианты 9—10 — на скорость 4800 бит/с.

В модемах V.29 применяется адаптивный корректор (эквалайзер) и скремблер. Скремблирование передаваемых данных осуществляется по закону образующего полинома  $1 + x^{-18} + x^{-23}$ .

Таблица 9.30. Варианты работы мультиплексора V.29

Номер конфигурации	Скорость в подканалах, бит/с	Канал мультиплексирования	Модуляционные биты			
			Q1	Q2	Q3	Q4
1	9600	A	x	x	x	x
2	7200	A	x	x	x	
	2400	B				x
3	4800	A	x		x	
	4800	B		x		x
4	4800	A	x		x	
	2400	B		x		
	2400	C				x
5	2400	A	x			
	2400	B		x		
	2400	C			x	
	2400	D				x
6	7200	A		x	x	x
7	4800	A		x	x	
	2400	B				x
8	2400	A		x		
	2400	B			x	
	2400	C				x
9	4800	A		x	x	
10	2400	A		x		
	2400	B			x	

### 9.3.1.9.5.3. Протокол V.17.

Протокол V.17 является самым скоростным факс-протоколом модуляции. По своим же параметрам он похож на протокол V.32bis.

Частота несущего колебания принята равной 1800 Гц, а скорость модуляции — 2400 Бод. При этом используются режимы СКК-16, СКК-32, СКК-64 и СКК-128.

Соответственно информационная скорость передачи может быть 7200, 9600, 12000 и 14400 бит/с.

### 9.3.1.9.6. Фирменные протоколы модуляции

#### 9.3.1.9.6.1. Протокол V.32terbo.

Протокол V.32terbo был разработан фирмой AT&T. Он опубликован и доступен разработчикам модемов. За исключением модемов фирмы AT&T данный протокол реализован в большинстве модемов корпорации MultiTech и некоторых модемах фирмы U.S. Robotics. Протокол V.32terbo предусматривает более развитые технические решения, чем те, которые предусмотрены в V.32bis: технология эхоподавления, модуляция с решетчатым кодированием (СКК). В данном протоколе скорость модуляции принята равной 2400 Бод, а несущая частота 1800 Гц. В отличие от V.32bis, за счет применения СКК-256 и СКК-512 обеспечиваются скорости передачи 16800 и 19200 бит/с.

Модемы V.32terbo предъявляют жесткие требования к качеству используемого телефонного канала. Так, для устойчивой работы на скорости 19200 бит/с необходимо, чтобы отношение сигнал/шум в канале было не менее 30 дБ.



### 9.3.1.9.6.2. Протоколы ZyX, ZyCELL.

Протокол **ZyX** разработан корпорацией ZyXEL Communications и реализован в ее собственных модемах. Данный протокол, также как и V.32terbo, обеспечивает скорости передачи 16800 и 19200 бит/с. Предусмотрено применение технологии эхо-подавления и модуляции решетчатым кодом несущего колебания с частотой 1800 Гц. Скорость модуляции 2400 Бод сохраняется лишь для скорости передачи 16800 бит/с. Скорость 19200 бит/с обеспечивается за счет повышения модуляционной скорости до 2743 Бод при сохранении 256-позиционной СКК для обеих скоростей передачи. Такое решение позволило снизить требования к качеству канала связи на 2,4 дБ; Однако расширение спектра сигнала за счет увеличения скорости модуляции может негативно сказаться на качестве связи в каналах с большой неравномерностью амплитудно-частотной характеристики.

Протокол **ZyCELL** разработан специально для передачи информации по телефонным каналам низкого качества (с высоким уровнем помех), какими также являются каналы сотовых сетей связи.

Технология **ZyCELL** включает в себя 5 процедур физического уровня и 2 процедуры канального, улучшающие реализацию протокола исправления ошибок V.42. Поэтому протокол **ZyCELL** является не только протоколом модуляции, но и протоколом исправления ошибок.

Процедуры физического уровня:

- быстрая повторная синхронизация;
- кодирование с прямым исправлением ошибок;
- автоматическое регулирование уровня передачи;
- динамический выбор скорости передачи;
- улучшенная процедура вхождения в связь.

Процедуры канального уровня:

- модифицированная процедура адаптивного изменения размера передаваемого кадра;
- процедура селективного повтора кадра (ARQ типа SR или SREJ).

При перемещении мобильного телефона из одной соты в другую происходит переключение с одного радиоканала на другой. При изменении расстояния от сотового радиотелефона до базовой станции производится автоматическое переключение мощности передатчика. В результате таких переключений радиосвязь, а значит и несущая частота модема, прерывается на 0,2...1,2 с. Обычный модем реагирует на такой перерыв связи процедурой повторного соединения, которая обычно продолжается около 10 с, или даже расоединением. При смене сот или изменении мощности сигнала протокол **ZyCELL** предусматривает применение процедуры быстрой повторной синхронизации (FRS — *Fast ReSynchronization*).

Большой проблемой при обеспечении безошибочной передачи данных через сотовые системы связи являются замирания сигнала, вызванные его многократным отражением. Из-за различия фаз сигналов, пришедших к приемнику разными путями, возникает интерференция, которая в зависимости от места расположения приемника влияет на мощность принятого сигнала. В результате колебаний амплитуды несущей при передаче данных возникают ошибки и нарушается режим работы модема. Для уменьшения влияния эффекта замирания сигнала в протоколе **ZyCELL** применяется *кодирование с прямым исправлением ошибок* (FEC — *Forward Error Correction*), названное фирмой сотовым FEC (CFEC — *Cellular FEC*). Применение такого кода позволяет на приемной стороне исправить ряд ошибок, не запрашивая повторной передачи искаженных кадров. Повторная передача запрашивается только в том случае, когда корректирующей способности кода FEC для исправления всех ошибок оказывается недостаточно. Таким образом, протокол **ZyCELL** предусматривает гибридное кодирование как кодом с обнаружением ошибок для формирования контрольного поля кадра в рамках протокола канального уровня типа V.42, так и кодом с исправлением ошибок. При очень низком качестве канала это позволяет резко снизить число повторных передач и, следовательно, повысить реальную скорость передачи.

Аналоговые системы сотовой связи первоначально были разработаны для голосовой связи. Они используют компрессирование и предварительную коррекцию, которые вносят дополнительные искажения в передаваемый сигнал. Очень сильный сигнал может исказиться компрессором при его ограничении по амплитуде. Слишком слабый сигнал даст низкое отношение сигнал/шум на приемной стороне. Поэтому для установки оптимального уровня передаваемого сигнала используется процедура *автоматической регулировки уровня передачи* (ATPA — *Automatic Transmit Power Adjustment*).

Протокол **ZyCELL** для быстрого выбора рабочей скорости передачи и режимов кодирования с целью максимизации пропускной способности предусматривает *динамический сотовый выбор скорости* (DCSS — *Dynamic Cellular Speed Selection*).

*Улучшенная процедура квитирования* (RHE — *Reliable Handshake Enhancements*) обеспечивает надежное вхождение в связь без повторных попыток даже на линиях с очень высоким уровнем шума.

Протокол **ZyCELL** обеспечивает скорость передачи данных в диапазоне от 2400 до 14400 бит/с. В нем используется два новых фирменных метода модуляции: **ZyCELL-T** и **ZyCELL-C**.

Метод **ZyCELL-T** используется при относительно низком уровне помех и обеспечивает передачу данных со скоростями 14400, 12000, 9600, 7200 и 4800 бит/с. При этом используются СКК на 128, 64,

32, 16 и 8 сигнальных позиций соответственно. В режиме ZyCELL-T на скорости 4800 бит/с реализация СКК-8 дает более высокие показатели допустимого отношения сигнал/шум, по сравнению с режимом ДОФМ протокола V.32 для такой же скорости.

Метод ZyCELL-C применяется при относительно высоком уровне помех и обеспечивает передачу данных со скоростями 4800, 3600 и 2400 бит/с при использовании 8-позиционной СКК. В этом режиме используется кодирование CFEC.

При работе по каналам низкого качества модем может автоматически переключаться между режимами ZyCELL-T и ZyCELL-C, выбирая наилучший из них для текущих условий передачи. В обоих режимах при всех скоростях передачи скорость модуляции равна 2400 Бод.

Сотовый режим работы можно рекомендовать не только для использования с мобильным сотовым радиотелефоном, но и для работы на обычных телефонных линиях с повышенным уровнем помех. Особенно эффективно его использование на фоне преобладания импульсных помех, кратковременных пропаданий сигнала и повышенном уровне шума.

По результатам тестов ряда авторитетных специализированных журналов ZyCELL признан лучшим, по сравнению с другими протоколами для сотовых систем связи, такими как ETC фирмы AT&T и MNP10.

Основные характеристики протоколов модуляции, используемых в модемах для КТСОП представлены в табл. 9.31. Под режимом передачи в данной таблице понимается режим передачи (синхронный либо асинхронный) собственно в канале связи.

Таблица 9.31. Характеристики протоколов модуляции модемов для КТСОП

Рекомендация	Скорость модуляции, Бод	Скорость передачи, бит/с	Режим передачи	Дуплекс/полудуплекс	Модуляция	Тип линии	Тип окончания
V. 17 (fax)	2400	14400,1200, 9600,7200	Синхр	пдл	СКК128.64, 32,16	Комм.	2ПР
V.21	300	300	Любой	дпл	ЧМ	Комм, выд.	2ПР
V.22	600	1200,600	Любой	дпл	ДОФМ, ОФМ	Комм, выд.	2ПР
V.22bis	600	2400,1200	Любой	ДПЛ	КАМ16.КАМ4	Комм.	2ПР
V.23	1200,600	1200,600	Любой	дпл	ЧМ	Комм.	2ПР,4ПР
V.26	1200	2400	Синхр.	ДПЛ	ДОФМ	Выд.	4ПР
V.26bis	1200	2400,1200	Синхр.	пдл	ДОФМ, ОФМ	Комм.	2ПР
V.26ter	1200	2400,1200	Любой	дпл	ДОФМ, ОФМ	Комм.	2ПР
V.27 (fax)	1600	4800	Синхр.	Любой		Выд.	4ПР
V.27bis	1200, 1600	4800,2400	Синхр.	Любой	ОФМ8, ДОФМ	Выд.	2ПР,4ПР
V.27ter (fax)	1200,1600	4800, 2400	Синхр.	пдл	ОФМ8, ДОФМ	Комм.	2ПР
V.29 (fax)	2400	9600,7200, 4800	Синхр.	Любой	КАМ16.8	Выд.	
V.32	2400	9600,4800,2400	Синхр.	дпл	СКК32, 16, КАМ4, ОФМ	Комм.	2ПР,4ПР
V.32bis	2400	14400,1200,9600, 7200,4800	Синхр.	дпл	СКК128.64, 32, 16	Комм.	2ПР,4ПР
V.32terbo	2400	19200,16800	Синхр.	ДПЛ	СКК256.512	Комм.	2ПР.4ПР
V.33	2400	14400,12000	Синхр.	дпл	СКК128.64	Выд.	4ПР
V.34	2400,2743, 2800,3000, 3200,3429	28800,26400, 24000,21600, 19200,16800, 14400,1200, 9600,7200,4800, 2400	Синхр.	ДПЛ	Многомерные СКК	Комм., выд.	2ПР
V.34bis (V.34+)		33600	Синхр.	дпл	Многомерные СКК	Комм., выд.	2ПР
Belli 03j	300	300	Любой	дпл	ЧМ	Комм.	2ПР
Bell 202		1200	Любой	дпл	ЧМ	Комм., выд.	
Bell 208		4800		дпл		Комм.	
Bell 212a		1200		дпл		Комм.	2ПР

HST	2400	300, 450/4800, 7200,9600,1200, 14400,16800	Синхр.	Асимм дпл		Комм.	2ПР
ZyX	2400,2743	7200, 9600, 12000,14400, 16800,19200	Синхр.	дпл	СКК256	Комм.	2ПР
PEP	511×2..6×2.. 6	19600	Синхр.	дпл	511×СКК64	Комм.	2ПР

### Контрольные вопросы

1. Каковы задачи протоколов модуляции и какие способы модуляции они могут реализовывать?
2. Охарактеризуйте протоколы V.21, Bell-103J, V.22 и V.22bis.
3. Что представляет собой протокол V.32bis?
4. В чем заключаются особенности протоколов V.34, V.34+ и V.Fast?
5. Каковы особенности факс протоколов модуляции?
6. Опишите особенности фирменных протоколов модуляции ZyX и ZyCELL.

Более подробную информацию о протоколах модуляции можно найти в [21]. Некоторая информация о протоколе V.90 приведена в [43].

В разделе 9.3.1.9 использована информация из [21].

### 9.3.1.10. Протоколы исправления ошибок.

#### 9.3.1.10.1. Повышение достоверности передачи

При передаче данных по каналам связи всегда возникают ошибки. Причины их могут быть самые различные, но результат оказывается один — данные искажаются и не могут быть использованы на приемной стороне для дальнейшей обработки. Как правило, вероятность искажения бита в потоке передаваемых данных на уровне физического канала находится в пределах  $10^{-2} \dots 10^{-6}$ . В тоже время со стороны пользователей и многих прикладных процессов часто выдвигается требование к вероятности ошибок в принимаемых данных не хуже  $10^{-6} \dots 10^{-12}$ . Борьба с возникающими ошибками ведется на разных уровнях семиуровневой модели OSI (в основном на первых четырех). Для борьбы с возникающими ошибками известно много различных способов. Все их можно подразделить на две группы: не использующие обратную связь и использующие ее.

В первом случае на передающей стороне передаваемые данные кодируются одним из известных кодов с исправлением ошибок. На приемной стороне, соответственно, производится декодирование принимаемой информации и исправление обнаруженных ошибок. Исправляющая возможность применяемого кода зависит от числа избыточных битов, генерируемых кодером. Если вносимая избыточность невелика, то есть опасность того, что принимаемые данные будут содержать необнаруженные ошибки, которые могут привести к ошибкам в работе прикладного процесса. Если же использовать код с высокой исправляющей способностью (большой избыточностью), то это приводит к необоснованно низкой реальной скорости передачи данных. В системах с обратной связью применяются процедуры обнаружения ошибок и запроса на повторную передачу также называемые *решающей обратной связью* или *обнаружением ошибок с автоматическим запросом повторения* (АЗП, ARQ — *Automatic Repeat Request*). В этом случае код применяется только в режиме обнаружения ошибок, что позволяет достичь очень низкой вероятности необнаруженной ошибки (до  $10^{-6} \dots 10^{-12}$ ) при незначительном уровне вводимой избыточности.

При передаче данных модемами наиболее широкое применение нашел второй подход, основанный на использовании методов ARQ. Иногда также применяется комбинация двух рассмотренных подходов, заключающаяся в реализации на передающей стороне сначала кодирования с обнаружением ошибок, а затем кодирования кодом с исправлением ошибок. Такие методы гибридного ARQ особенно эффективны при передаче данных по каналам очень низкого качества. Одним из примеров использования методов гибридного ARQ может служить сотовый протокол ZyCELL фирмы ZyXEL,

Для реализации механизма ARQ передаваемые данные организуются в специальные блоки, которые называются кадрами.

##### 9.3.1.10.1.1. Формат кадра протоколов с исправлением ошибок

Формат кадра зависит от своего функционального назначения, типа протокола и режима передачи. Тем не менее, можно выделить некую обобщенную структуру кадра. Такой кадр содержит два флага (FLAG), поле управления (CONTR), поле информации (INFORM) и *контрольную последовательность кадра* (FCS — *Frame Check Sequence*), часто называемую также *полем циклического избыточного кода* (CRC — *Cyclical Redundancy Check*):

FLAG	CONTR	INFORM	FCS	FLAG
------	-------	--------	-----	------

*Флаги* состоят из уникальной последовательности <01111110> и предназначены для установления и поддержания синхронизации передачи. Флаговая последовательность позволяет приемнику распознать начало и конец принимаемого кадра.

*Поле управления* содержит команды, ответы, а также порядковые номера, используемые для контроля прохождения данных в канале между приемником и передатчиком. Формат и содержание поля управления могут варьировать в зависимости от конкретного типа кадра конкретного протокола.

*Информационное поле* содержит данные пользователя или прикладного процесса передаваемые получателю.

*Контрольная последовательность кадра* используется для обнаружения ошибок передачи между двумя DCE. Передающее DCE вычисляет FCS и включает его в состав кадра. В свою очередь принимающая DCE производит аналогичные вычисления над принятым кадром и сравнивает полученный результат с полем FCS. Если имеет место совпадение, то считается, что передача прошла без ошибок. Вероятность необнаруженной ошибки, как правило, достигает порядка  $10^{-6}$  и менее. В случае несовпадения контрольных последовательностей кадра, считается, что была ошибка. Принимающее DCE посылает отрицательное подтверждение NAK, означающее, что необходимо повторить передачу кадра.

##### 9.3.1.10.1.2. Кодонезависимость протоколов с исправлением ошибок.

Протоколы с исправлением ошибок, как правило, являются кодонезависимыми. В первую очередь, это касается HDLC-подобных протоколов. Кодонезависимость протокола означает, что протокол способен передавать данные, представленные в виде практически любой известной

кодировки, например ASCII (IA5) или EBCDIC. Это ценное свойство протокола достигается в основном за счет использования уникальной флаговой последовательности <01111110>. Однако ничто не мешает прикладному процессу (или пользователю) помещать в поток передаваемых данных последовательность <01111110>, совпадающую с флагом. Для того, чтобы предотвратить вставку в поток данных пользователя флаговой комбинации, передающее DCE помещает "0" после пяти идущих подряд единиц, встретившихся в любом месте между начальным и конечным флагами кадра. Такая вставка дополнительного "0" может производиться в управляющее и информационное поля, а также в поле FCS. Описанный метод называется *битстаффингом* (*bit stuffing*). Процесс битстаффинга поясняется рис. 9.61.

Кроме уникальной флаговой комбинации HDLC-подобными протоколами используются еще два сигнала. *Сигнал аварийного завершения* состоит из последовательности единиц, число которых больше шести, но меньше пятнадцати. *Сигнал покоя канала* представляет собой последовательность из пятнадцати или большего числа единиц. Передающее DCE помещает сигнал аварийного

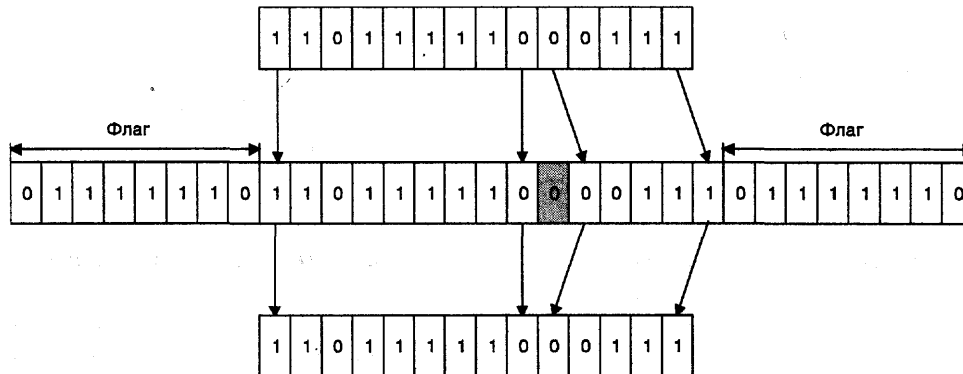


Рис. 9.61. Битстаффинг в HDLC-подобных протоколах

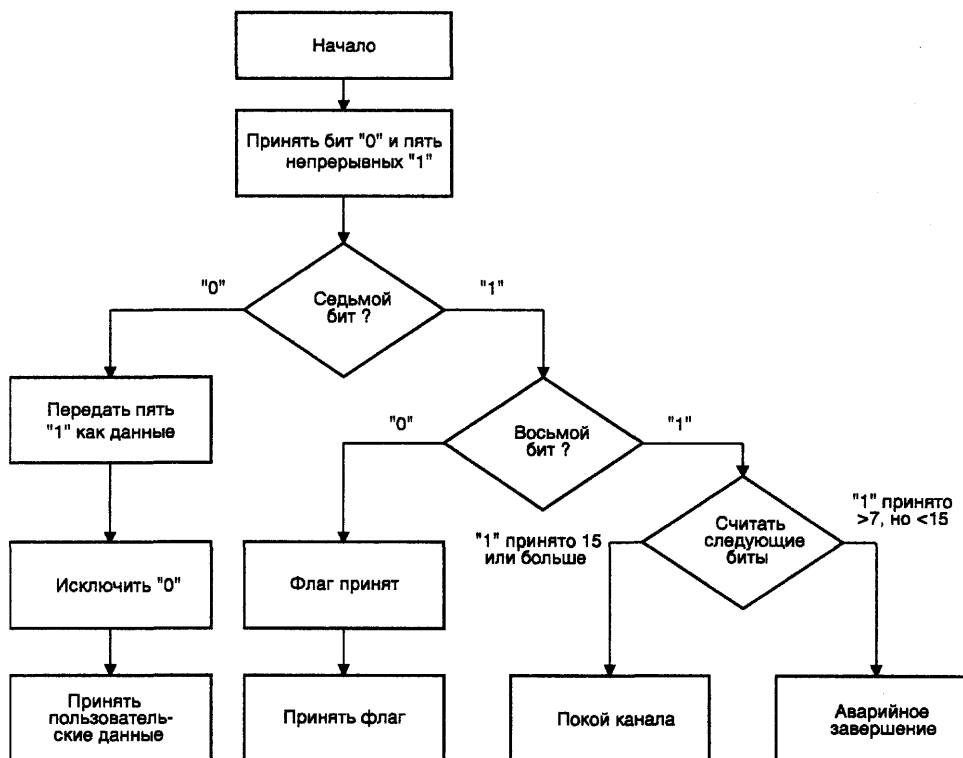


Рис. 9.62. Процедура анализа принимаемого потока данных

завершения в конце кадра и посылает его, когда возникает исключительная ситуация. Сигнал покоя канала находит применение в полудуплексном режиме передачи. При обнаружении этого сигнала производится изменение направления передачи на противоположное.

Фактическое время между передачами кадров по каналу сопровождается передачей непрерывной последовательности флагов. Это называется межкадровым временным заполнением. Флаги могут быть восьмибитовыми или может иметь место совмещение последнего "0" предыдущего флага с первым "0" следующего флага.

Приемное DCE непрерывно контролирует поток битов в соответствии с алгоритмом, приведенном на рис. 9.62. После того как DCE получит комбинацию <011111>, оно анализирует следующий бит. Если это "0", он удаляется. Если седьмой бит является единицей, то анализируется восьмой бит. Если восьмой бит — "0", считается, что получена флаговая комбинация <01111110>. Если "1", то получен сигнал покоя или аварийного завершения, и DCE выполняет соответствующие действия.

Таким образом обеспечивается кодовая прозрачность. Протоколу безразлично, какие кодовые комбинации находятся в потоке данных. Единственное, что требуется, так это поддержание уникальности флагов.

#### 9.3.1.10.1.3. Обнаружение ошибок

Для обнаружения ошибок в передаваемых данных в общем случае могут применяться различные методы. Идея их состоит в следующем: к информации добавляются дополнительные контрольные биты, в которые входит в свернутом виде характеристика всех информационных битов. Считается, что вероятность искажения этих дополнительных битов гораздо меньше, чем информационных битов (меньше во столько же раз, во сколько раз количество дополнительных битов меньше количества информационных битов). А далее приемник проверяет соответствие принятых информационных и контрольных битов, и на основании этого и делает вывод о наличии ошибок. Затем он сообщает передатчику, выявил он ошибки или нет, а передатчик при необходимости повторяет свою передачу.

Контроль приемником бывает побайтный и пакетный.

1). *Побайтный метод* предполагает, что каждый передаваемый байт дополняется битом четности (или нечетности), то есть в случае, когда количество единиц в передаваемом информационном байте четное, то бит равен «0», а если нечетное - то «1». Метод может применяться как при байтовой передаче, так и при пакетной передаче. Избыточность передаваемой информации здесь довольно велика (добавляется лишний бит на каждые передаваемые 8 бит). Данный метод может применяться и при пословной передаче (16 или 32 информационных бита). Вероятность того, что ошибка не будет обнаружена, довольно велика. К этому может привести наличие двух или более неправильных битов в байте, а также одновременное искажение информационного и контрольного битов.

2). *Пакетный метод* сводится к тому, что в конце каждого передаваемого пакета добавляется контрольная сумма (длиной 8,16 или 32 бита), которая включает в себя информацию обо всех информационных битах пакета. Метод подсчета контрольной суммы выбирается так, чтобы, с одной стороны, ее просто было вычислить, а с другой стороны, чтобы она достаточно надежно выявляла ошибки. Обычно используются контрольные суммы трех видов.

а). Сумма по модулю 2 всех байтов (слов) пакета, т. е. вычисление идет по правилам:  $0+0=0$ ,  $0+1=1$ ,  $1+1=0$ . При этом однократные ошибки (то есть одна ошибка на пакет) обнаруживаются с вероятностью 100%, двукратные (две ошибки на пакет) - с вероятностью  $7/8$  (так как в случае, когда две ошибки попадают в один и тот же разряд, они не могут быть обнаружены). Надо также учесть, что бывают еще и пачки ошибок (искажения нескольких близких битов), которые данным методом выявляются довольно плохо. Такая сумма легко и быстро считается программным путем, так как соответствующая команда вычисления суммы по модулю 2 имеется практически у всех микропроцессоров.

б). Арифметическая сумма всех байтов (или слов) пакета. При ее вычислении отбрасываются старшие разряды для сохранения заданной разрядности контрольной суммы (обычно 8 или 16). Однократные ошибки обнаруживаются с вероятностью 100%. Вероятность необнаружения двукратных ошибок в наихудшем случае составляет  $1/8 \times 1/4 = 1/32$ . Такая наихудшая ситуация наблюдается, когда в каждом из 8 разрядов всех байт пакета или в каждом из 16 разрядов всех слов пакета присутствует половина логических единиц и половина логических нулей. При этом двукратные ошибки не выявляются, когда в одном разряде один из битов из «0» переходит вследствие ошибки в «1», а другой бит в этом же разряде из «1» переходит в «0», что не изменяет общей суммы. Арифметическая сумма также легко и быстро вычисляется программно.

в). Циклическая контрольная сумма. Использование циклической контрольной суммы часто называют «циклическим контролем по избыточности» (сокращенно CRC - Cyclic Redundancy Check). В определенном смысле CRC-контроль является алгоритмом *хеширования*, который отображает (хеширует) элементы большого набора на элементы меньшего набора. Процесс хеширования приводит к потере информации. Хотя каждый отдельный элемент набора данных отображается на один и только один элемент хэшнабора — обратное не верно. При CRC-контроле большой набор всех возможных двоичных чисел отображается на меньший набор всех возможных CRC.

Применение CRC вызвано стремлением повысить качество контроля, то есть увеличить вероятность обнаружения ошибок. Циклическую контрольную сумму нельзя так же просто, как предыдущие вычислить программно, однако надежность данного метода контроля неизмеримо выше. Смысл его состоит в следующем.

Весь пакет рассматривается как N-разрядное двоичное число, где N - количество бит в пакете. Для вычисления контрольной суммы это число делится на некоторое постоянное число, выбранное

специальным образом (но делится не просто, а по модулю 2). Частное от этого деления отбрасывается, а остаток используется в качестве контрольной суммы.

Как видим, этот метод не так прост, как предыдущие два. Он выявляет однократные ошибки с вероятностью 100%, а любое другое количество ошибок с вероятностью примерно  $P = (1 - 2^{-n})$ , где  $n$  - количество разрядов контрольной суммы (однако это верно только при условии, что  $N \gg n$ ). Например, при  $n = 8$  данная вероятность составит  $P = 0,996$ , для  $n = 16$  она будет  $P = 0,999985$ .

Кратко поясним, что такое деление по модулю 2. Пусть пакет (последовательность бит) имеет следующий вид: 101111001110 (для простоты берем небольшую разрядность). В качестве делителя (называемого обычно полиномом) возьмем 10011. Как он выбирается? Это число должно делиться без остатка только на единицу и на самое себя (то есть это должно быть простое число в смысле деления по модулю 2). Разрядность полинома берется на единицу большая, чем требуемая разрядность контрольной суммы (остатка от деления). Так, чтобы был 8-разрядный остаток, надо брать 9-разрядный полином. В нашем случае полином 5-разрядный, следовательно остаток будет 4-разрядный. Для получения 8-разрядного остатка можно использовать полиномы  $100011101 = 435_8$  а также  $543_8$ ,  $551_8$ ,  $727_8$ .

А теперь переходим непосредственно к делению.

$$\begin{array}{r}
 \oplus 101111001110 \quad | \quad 10011 \\
 \underline{10011} \\
 \oplus 0010010 \\
 \quad \underline{10011} \\
 \oplus 00000010111 \\
 \quad \quad \underline{10011} \\
 \quad \quad \quad 1000
 \end{array}$$

Вместо вычитания, применяющегося при обычном делении, здесь используется сложение по модулю 2. Частное от деления нас не интересует, а остаток, равный в нашем примере 1000, и будет контрольной суммой.

Как реализовать вычисление этого остатка (контрольной суммы)? Можно сделать это программно по приведенному здесь принципу. Но это удобно только для небольших пакетов, иначе будет очень медленно. Ускорить процесс вычисления можно, воспользовавшись табличным методом. Для этого составляется таблица чисел размером  $2^n \times n$ , где  $n$  - разрядность контрольной суммы. Принцип вычисления чисел очень прост (табл. 9.32).

Таблица 9.32. Табличный метод вычисления контрольной суммы

Адрес в таблице	Данные в таблице (числа)
0	0
1	Остаток от деления числа 1 0000 0000 на полином
2	Остаток от деления числа 10 0000 0000 на полином
3	Остаток от деления числа 11 0000 0000 на полином
.....	.....
255	Остаток от деления числа 1111 1111 0000 0000 на полином

Числа в таблице представляют собой остаток от деления по модулю 2 числа с  $n$  конечными нулями (в нашем примере  $n=8$ ) и с  $n$  начальными разрядами, равными номеру числа (его адресу) в таблице. Деление производится на выбранный полином (в нашем случае 9-разрядный). Таблица вычисляется один раз и хранится на диске или в ППЗУ.

Алгоритм вычисления контрольной суммы следующий (рассматриваем случай  $n=8$ ). Берем первый байт нашего пакета. Рассматриваем его как адрес в таблице (номер числа). Берем из таблицы число с полученным номером - получаем остаток  $O_1$ . Берем второй байт пакета и складываем его по модулю 2 с остатком  $O_1$ . Полученное число используем как адрес в таблице. По этому адресу выбираем из таблицы остаток  $O_2$ . Берем третий байт пакета, складываем его по модулю 2 с остатком  $O_2$ . Используя это число как адрес в таблице, выбираем из нее остаток  $O_3$  и так продолжаем до последнего байта пакета. Естественно, это будет гораздо быстрее, чем вычисление по формуле (скорость сравнима с вычислением арифметической суммы).

Можно реализовать вычисление контрольной суммы и аппаратно: или по этому же табличному алгоритму, или путем использования сдвиговых регистров с обратными связями через сумматоры по модулю 2.

Наиболее распространено аппаратное вычисление контрольной суммы в последовательном коде, т. е. непосредственно в потоке передаваемых в сеть или принимаемых из сети последовательных данных. Для этого обычно используются сдвиговые регистры с обратными связями с некоторых разрядов через сумматоры по модулю 2 (т. е. элементы «Исключающее ИЛИ»). Полное количество разрядов регистра сдвига должно быть равно разрядности вычисляемой контрольной суммы или, что то же самое, быть на единицу меньше разрядности используемого полинома. Место включения обратных связей однозначно определяется выбранным полиномом. В качестве примера на рис. 9.63 показана схема вычисления 5-разрядной контрольной суммы при выбранном двоичном полиноме 100101. В данном случае сумматоры по модулю 2 должны быть включены перед триггерами, номера которых соответствуют номерам разрядов полинома, равным единице. При этом единицу в старшем разряде полинома мы не учитываем. В нашем примере единицы находятся в нулевом (младшем) и втором разрядах. Первый, третий и четвертый разряды равны нулю, а пятый мы не учитываем. Следовательно, сумматоры должны быть включены перед нулевым триггером (Т0) и перед вторым триггером (Т2). Входной сигнал в последовательном коде суммируется по модулю 2 с входным сигналом триггера Т0. Если бы мы вычисляли 8-разрядную контрольную сумму с полиномом 100011101 (или 435 в восьмеричном коде), тогда нам пришлось бы использовать сдвиговый регистр из восьми триггеров и включать четыре сумматора: перед Т0, Т2, Т3, Т4. Для 16-разрядной контрольной суммы рекомендуется производящий полином  $X^{16}+X^{12}+X^5+1$  или 1000100000100001 (рекомендация МККТТ V41), требующий трех сумматоров.

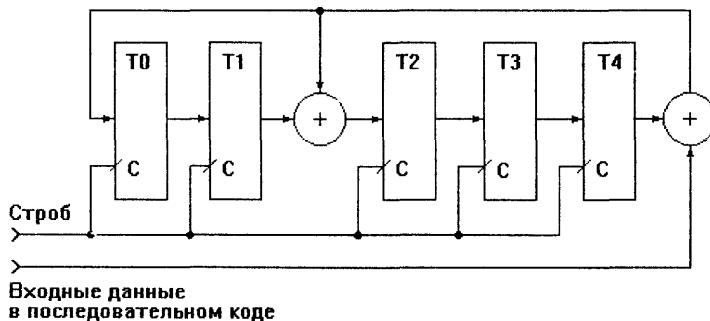


Рис. 9.63. Вычисление контрольной суммы на регистре сдвига в потоке последовательных данных.

Схему вычисления контрольной суммы на регистре сдвига можно построить и по-другому, объединяя выходы нужных разрядов и входной сигнал с помощью многовходового элемента «Исключающее ИЛИ» перед введением в регистр. При этом точки включения обратной связи определяются номерами разрядов полинома, в которых находятся единицы. Например для полинома  $X^{16}+X^{12}+X^5+1$  схема будет иметь три обратные связи через элементы «Исключающее ИЛИ» (рис. 9.64). Перед началом вычисления содержимое регистра сбрасывается. И, конечно же, алгоритм вычисления циклической контрольной суммы не зависит от выбора того или иного варианта конкретной схемы.

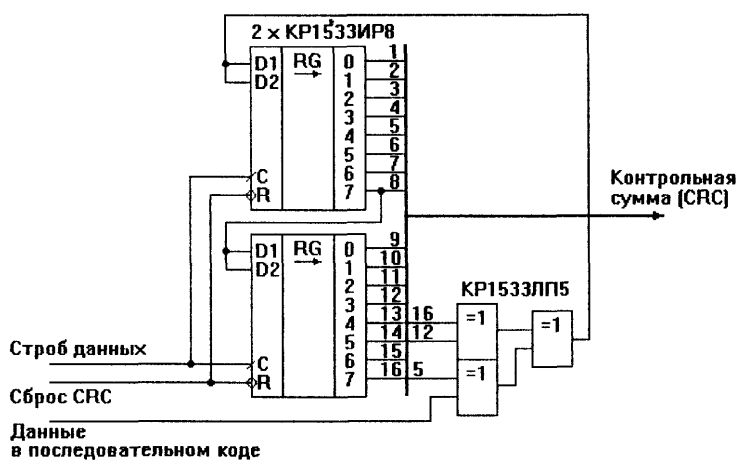


Рис. 9.64. Вариант схемы вычисления циклической контрольной суммы в потоке последовательных данных.

Другим возможным путем аппаратной реализации вычисления циклической контрольной суммы является применение схемы параллельного вычисления на базе ПЗУ, в котором зашита таблица



промежуточных остатков (рис. 9.65). Адресом ПЗУ служит сумма по модулю 2 входных данных и содержимого выходного регистра, в который по сигналу строба данных записывается выходной код ПЗУ. Контрольная сумма формируется при этом в выходном регистре (перед началом вычисления состояние регистра обнуляется). Основным и, пожалуй, единственным преимуществом данного решения по сравнению с предыдущим является гораздо меньшее требуемое быстродействие микросхем, так как здесь вычисления проводятся с байтами, следующими в 8 раз реже, чем биты, или даже с 16-битными словами. Но имеется и существенный недостаток - это большие аппаратные затраты, особенно для 16-разрядной контрольной суммы (объем ПЗУ в этом случае должен быть равен  $64K \times 16$ ).

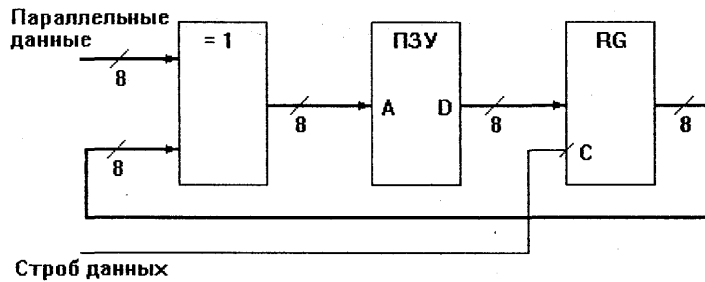


Рис. 9.65. Вычисление контрольной суммы табличным методом в потоке параллельных данных

Аппаратное вычисление контрольной суммы, как в потоке последовательных данных, так и в потоке параллельных данных не требует временных затрат на это вычисление. Если же контрольную сумму вычислять программным путем, то полное время пересылки пакета из компьютера в адаптер и из адаптера в компьютер возрастает не менее, чем в 2 - 3 раза, так как пересылаемая информация требует дополнительной обработки.

В любом случае вычислитель контрольной суммы должен работать и при передаче пакета на передающем конце, и при приеме пакета на приемном конце. Точно так же при программной реализации вычисления нужно производить его и передатчику и приемнику. Если мы делим принятый пакет на один и тот же полином, то данные, в него входящие, дадут тот же самый остаток. А так как контрольная сумма сама обычно включается в состав пакета в его конце, ее биты делают этот остаток равным нулю. Это можно проследить при табличном методе: число, суммируемое само с собой по модулю 2, даст нулевую сумму. Следовательно, из таблицы (из нулевого адреса ПЗУ) мы получим нулевые данные. Поэтому принимающему пакет абоненту достаточно проверить, равняется ли нулю остаток (т. е. контрольная сумма) после приема пакета в целом. Если он равен нулю, то пакет может считаться принятым без ошибок.

Применяются также алгоритмы, где результат контрольного подсчета получается не нулевым, а равным определенному, заранее заданному числу. Рассмотрим один из них.

Вычисление и использование кода CRC в этом случае производится в соответствии со следующей последовательностью действий:

К содержимому кадра, описываемого полиномом  $F(x)$ , добавляется набор единиц

$$L(x) = \sum_{n=0}^{15} x^n = 1111111111111111,$$

количество которых равно длине поля CRC.

Образованное таким образом число  $x^{16}F(x) + x^kL(x)$ , где  $k$  — степень  $F(x)$ , делится по модулю 2 на производящий полином  $g(x)$ .

Остаток  $O(x)$  от такого деления, определяемый из соотношения

$$Q(x)g(x) = x^{16}F(x) + x^kL(x) + O(x)$$

где  $Q(x)$  — частное от деления  $x^{16}F(x) + x^kL(x)$  на  $g(x)$ . Остаток  $O(x)$  в инвертированном виде помещается в контрольное поле кадра. Эта инверсия может быть осуществлена путем суммирования  $O(x)$  с  $L(x)$  по модулю 2:  $\bar{O}(x) = O(x) \oplus L(x)$

На приемной стороне выполняется деление содержимого кадра с полем CRC на полином  $g(x)$ :

$$(x^{16}F^*(x) + x^{k+16}L(x))/g(x),$$

где  $F^*(x) = x^{16}F(x) + O(x) \oplus L(x)$  — передаваемая кодовая комбинация.

Результат такого деления можно представить в виде

$$x^{16}[x^{16}F(x) + x^kL(x) + O(x)]/g(x) + x^{16}L(x)/g(x) = x^{16}[Q(x)g(x)]/g(x) + x^{16}L(x)/g(x).$$

Числитель первого слагаемого, если при передаче не было ошибок, делится на  $g(x)$  без остатка, поэтому в приемнике остаток получается равным остатку от деления постоянного числителя второго слагаемого  $(x^{16}L(x)/g(x))$  и при  $g(x) = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$  имеет вид

$$x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^3 + x^2 + x + 1 = 1110100001111.$$

Таким образом, если результат вычислений на приемной стороне равен некоторому определенному числу (в некоторых системах нулю, либо другому числу, несовпадающему с приведенным выше), то считается, что передача выполнена без ошибок.

Возможны и другие алгоритмы формирования и проверки контрольного поля кадра. Однако отличия их от рассмотренного носят частный характер.

При выборе порождающего полинома руководствуются желаемой разрядностью остатка и его способностью выявлять ошибки. Ряд порождающих полиномов принят международными организациями в качестве стандартов.

Как уже упоминалось, рекомендацией ITU-T V.41 стандартизуется полином  $g(x) = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$ . Часто этот полином обозначают просто как CCITT-16 или МККТТ-16. Он, в частности, используется в протоколе XModem-CRC и в производных от него протоколах передачи файлов.

Другим популярным 16-разрядным порождающим полиномом является полином CRC-16. Он приобрел широкую известность как часть протокола двоичной синхронной передачи (BSC — *Binary Synchronous Communications*) фирмы IBM. Данный многочлен также определяется альтернативной процедурой Приложения А к стандарту V.42 ITU-T. Полином CRC-16 представляется в виде

$$g(x) = x^{16} + x^{15} + x^2 + 1.$$

Увеличение числа разрядов CRC-поля позволяет значительно повысить надежность передаваемых данных. Порождающий полином CCITT-32 (МККТТ-32) дает 32-разрядный остаток и также стандартизован в Рекомендации V.42. Многочлен CCITT-32, известный как CRC-32, представляется в виде

$$g(x) = x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x^1 + 1.$$

Он применяется, например, для контроля передачи данных в локальной сети Ethernet

Находит применение и многочлен CRC-12  $g(x) = x^{12} + x^{11} + x^3 + 1$ . Он может использоваться в тех случаях, когда для поля CRC выделяется меньшее число разрядов или когда не требуется более высокая точность более длинных CRC.

В принципе существуют и алгоритмы, позволяющие с помощью циклической контрольной суммы исправлять некоторое число ошибок, а не только констатировать их наличие, но обычно контрольная сумма используется только для контроля правильности приема пакета. Если выявлено наличие ошибок, то приемник запрашивает у передатчика повторную передачу пакета.

В заключение рассмотрим небольшой пример расчета количества ошибочных пакетов. Если вероятность ошибки в сети равна  $10^{-7}$  (то есть одна ошибка на 10 миллионов бит), а длина пакета равна 2 Кбайт или  $16 \times 10^3$  бит, следовательно, вероятность ошибки будет  $16 \times 10^3 \times 10^{-7} = 16 \times 10^{-4}$ , а значит, 1 пакет из 600 будет передан с одиночной ошибкой.

#### 9.3.1.10.1.4. Методы повторной передачи (ARQ)

Возможен ряд вариантов механизма ARQ. Каждый правильно принятый кадр может быть подтвержден отдельным специальным кадром, либо подтверждение может быть вставлено в управляющее поле информационных кадров, переносящих данные в обратном направлении. В последнем случае также должны применяться специальные кадры подтверждения, поскольку информационного кадра в нужный момент может не оказаться.

Существует два вида подтверждения о приеме: положительное (ACK) и отрицательное (NACK или NAK). Но в любом случае во избежание перегрузок должны применяться перерывы. Передающая сторона, не получившая ответа (ACK или NACK) в течение заданного промежутка времени после передачи, повторяет соответствующий кадр. Чтобы организовать процедуру перерывов, кадры должны сохраняться в накопителе передающей стороны до получения подтверждения правильности передачи.

Существует три основных способа обработки ответов на положительные и отрицательные подтверждения

- *Стартстопный*, или передача с *остановкой и ожиданием* (SAW — *Stop And Wait*), часто называемый блочным методом передачи.
- С *возвращением на N кадров* (GBN — *Go Back N*, также называемый потоковым методом передачи.
- *Метод выборочного (селективного) повтора* (SR — *Selective Repeat*).

Кратко рассмотрим принцип работы перечисленных процедур.

**SAW.** Согласно этой процедуре без подтверждения может быть передан только один кадр. После передачи очередного кадра передающая сторона ждет подтверждения. Если поступает отрицательное подтверждение или произойдет превышение времени тайм-аута, кадр передается повторно. Кадр сбрасывается (стирается) из накопителя передатчика лишь после получения положительного подтверждения. Временная диаграмма работы процедуры ARQ типа SAW изображена на рис.9.66.

Данную процедуру удобно использовать при полудуплексной связи, когда передача сторон чередуется. Однако она неэффективна в случае организации полнодуплексной связи, особенно, если время распространения сигнала по каналу значительно больше времени передачи кадра, что типично

для спутниковых и ряда других каналов.

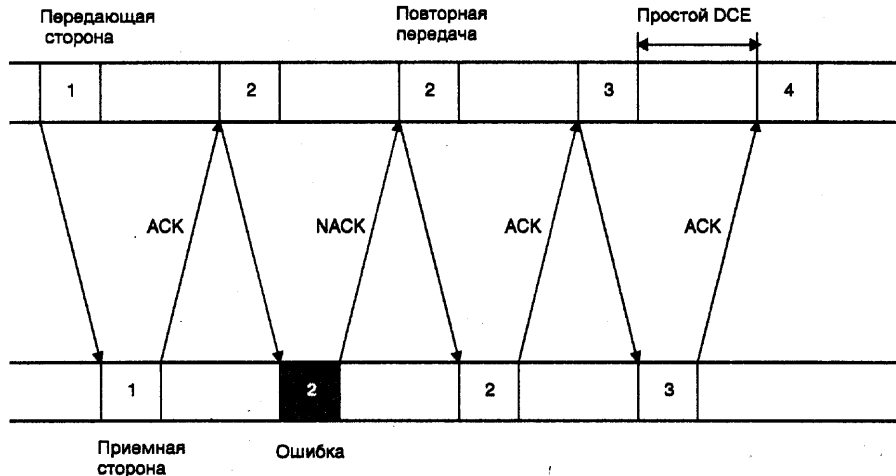


Рис. 9.66. Передача кадров согласно процедуре SAW.

Из теории телекоммуникаций известно простое выражение для оценки производительности СПД со схемой ARQ типа SAW:

$$\eta_{SAW} = \frac{Q}{1 + VD/n},$$

где  $Q$  — вероятность безошибочной передачи кадра из  $n$  бит;  $V$  — скорость передачи, выраженная в бит/с;  $D$  — средняя задержка между двумя успешными передачами, с.

Если время распространения пренебрежимо мало (при небольшой протяженности канала либо по причине низкой скорости передачи), процедура SAW не приведет к серьезному снижению производительности всей системы.

**GBN.** В данном случае кадры передаются непрерывно без ожидания подтверждения приема определенного количества кадров. При получении отрицательного подтверждения или по истечении установленного времени ожидания неподтвержденные и все последующие кадры передаются повторно. Пример такой передачи по процедуре GBN представлен на рис. 9.67.

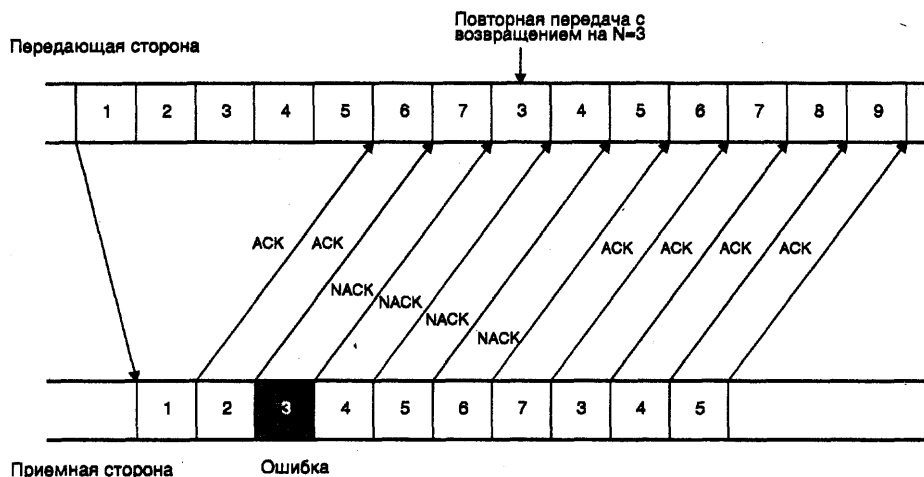


Рис. 9.67. Передача кадров согласно процедуре GBN

Производительность схемы GBN может быть вычислена с помощью следующего выражения:

$$\eta_{GBN} = \frac{Q}{Q + (1 - Q)N}$$

где  $N$  — задержка кругового распространения, т.е. промежуток времени от момента начала передачи кадра до момента получения подтверждения на него.

В практических версиях процедур GBN, например в составе протокола V.42, не все кадры требуют подтверждения. Положительное подтверждение может служить подтверждением правильной передачи не только данного кадра, но и всех предшествующих ему.

Процедуру GBN часто называют ARQ типа REJ (REject), также как служебные кадры, переносящие подтверждения NACK от приемника к передатчику.

**SR.** Согласно процедуре SR повторная передача данных осуществляется только для кадра, на который поступило отрицательное подтверждение либо истекло время тайм-аута подтверждения. Данная процедура, по сравнению с процедурами SAW и GBN, существенно увеличивает пропускную способность СПД. Но для передачи и приема кадров не по порядку их номеров на приемной стороне должен находиться буферный накопитель с произвольным доступом. С увеличением задержки распространения сигнала в канале связи необходимо увеличивать буферную память. Очевидно, реализация процедуры SR является более сложной и дорогостоящей. По этой причине она долго не могла найти широкого коммерческого применения. Даже в совершенном на сегодняшний день протоколе V.42 процедура селективного повтора не является обязательной. Временная диаграмма передачи кадров согласно процедуры SR показана на рис. 9.68.

Способ SR часто называют ARQ типа SREJ (Selective REJect), также как одноименные служебные кадры, переносящие подтверждения о селективном неприеме от приемника к передатчику.

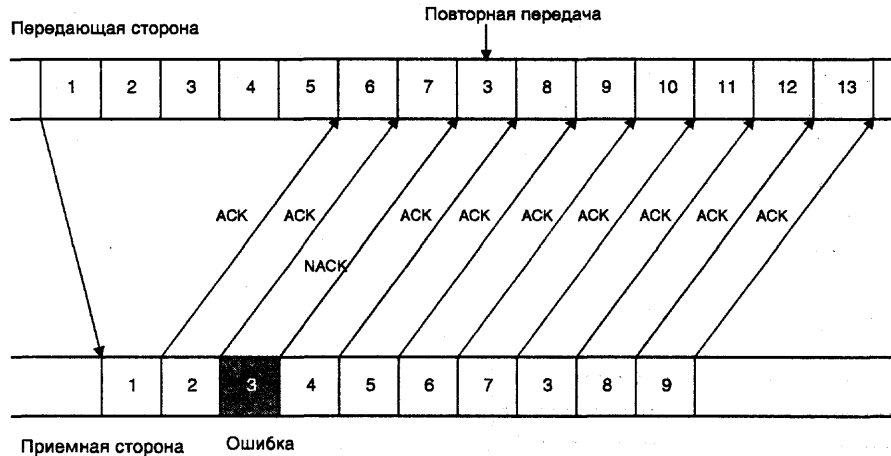


Рис. 9.68. Передача кадров согласно процедуре SR

Эффективность СПД со схемой ARQ типа SR в идеальном случае зависит только от вероятности безошибочного приема кадров, то есть от качества канала связи:  $\eta_{SR} = Q$ .

Сравнивая приведенные выше выражения для производительности трех основных схем ARQ, нетрудно заметить, что при условии короткого расстояния и низкой скорости передачи ( $D, V \rightarrow 0, N \rightarrow 1$ ) эффективность систем передачи становится равной между собой и зависит исключительно от качества канала связи (вероятности  $Q$ ). С другой стороны, при увеличении расстояния и возрастании скорости передачи ( $D, V, N \rightarrow \infty$ ), стратегия селективной повторной передачи оказывается вне конкуренции. На рис. 9.69 приведены ориентировочные зависимости эффективности рассмотренных методов от вероятности ошибок в канале.

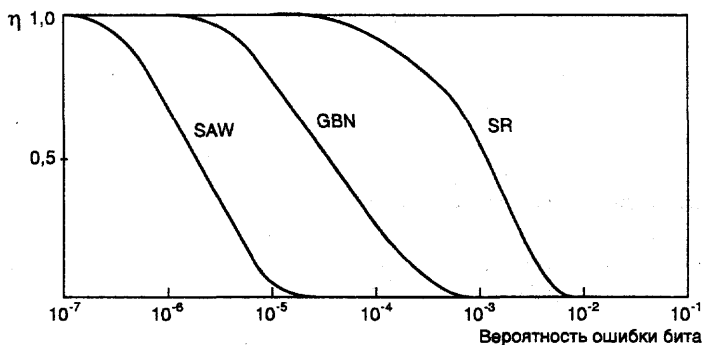


Рис. 9.69. Производительность различных вариантов ARQ

### 9.3.1.10.2. Протоколы MNP

#### 9.3.1.10.2.1. Общие сведения

Одним из первых протоколов исправления ошибок стал протокол MNP (*Microcom Networking Protocol*), разработанный фирмой Microcom. Он оказался настолько удачным, что претерпел девять модификаций и расширений, которые получили название Классов протоколов MNP. Классы 1—4 обеспечивают исправление ошибок, классы 6, 9, 10 — кроме исправления ошибок, выполняют и другие функции.

MNP1 используется для асинхронного побайтного полудуплексного обмена данными. Он был

разработан для того, чтобы устройства с минимальными аппаратными ресурсами могли осуществлять контроль ошибок. Из-за своей чрезвычайно низкой эффективности протокол в современных модемах больше не используется.

MNP2 позволяет исправлять канальные ошибки при асинхронной полнодуплексной передаче данных и реализуется в модемах с микропроцессорным управлением. Протокол также характеризуется повышенной избыточностью, поскольку в нем при асинхронном режиме передачи в каждый передаваемый символ включаются стартовые и стоповые биты.

MNP3 обеспечивает обмен данными между модемами по протоколу SDLC (*Synchronous Data Link Control*) в синхронном режиме, в то время как обмен данными с компьютером остается асинхронным. Из байт данных, принимаемых от DTE, формируются блоки данных (кадры), называемые в терминах MNP *пакетами*. Каждый пакет передается как один синхронный кадр второго канального уровня модели OSI. Скорость передачи информации при использовании MNP3 повышается за счет того, что уже не требуется передавать дополнительные стартовые и стоповые биты для каждого байта.

MNP4 предусматривает возможность изменения размера пакета в процессе процедуры согласования параметров передачи, называемой также процедурой *адаптивной сборки пакетов* (*Adaptive Packet Assembly*). Пакет может содержать 32, 64, 128, 192 или 256 байт. При большом уровне шумов передаются пакеты меньших размеров. В результате этого увеличивается вероятность без-ошибочной передачи пакета данных. По высококачественным каналам пересылаются пакеты больших размеров; при этом уменьшается количество избыточной служебной информации. Управление размером пакета со стороны пользователя часто возможно при помощи AT-команды \An. Протокол MNP4 позволяет повысить скорость передачи за счет оптимизации *фазы* (режима) *передачи данных* (*Data Phase Optimization*), поскольку не требует передавать не изменяющийся заголовок для каждого нового пакета. Благодаря этому большая часть информационной пропускной способности канала используется для передачи данных.

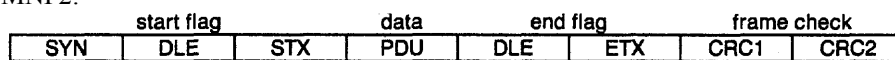
MNP6 рассчитан на работу со скоростями от 300 до 9600 бит/с. Модем начинает работу на скорости 2400 бит/с и затем изменяет ее в зависимости от типа удаленного модема. Этот протокол предусматривает возможность автоматического переключения из полудуплексного режима в дуплексный и обратно.

MNP9 обеспечивает совместимость с протоколом модуляции V.32 и предусматривает процедуру сжатия, а также повышает эффективность передачи за счет реализации режима селективного повтора искаженных пакетов (ARQ типа SR).

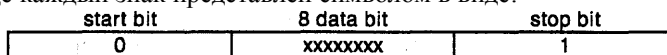
MNP10 предназначен для обеспечения передачи данных при неблагоприятных или изменяющихся условиях на линии связи, характерных, например, для сотовых систем связи. Протокол включает возможность многократных попыток установления связи, динамическую подстройку уровня передачи и размера передаваемого пакета. MNP10 также имеет возможность изменения скорости передачи не только в сторону ее уменьшения, но и в сторону увеличения.

#### 9.3.1.10.2.2. Форматы передаваемых данных

Способность MNP к непрерывному совершенствованию и расширению своих функциональных возможностей определяется базисным элементом сообщения MNP, называемым *протокольным блоком данных* (PDU — *Protocol Data Unit*). PDU включается в синхронный или асинхронный пакет, передаваемый от модема к модему. Ниже приведена диаграмма асинхронного байт-ориентированного пакета MNP2:

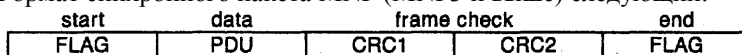


где каждый знак представлен символом в виде:



Пакет MNP2 включает в себя поле начального флага, содержащее три байта: SYN, DLE и STX (16h, 10h, 2h); прозрачные пользовательские данные переменной длины в виде PDU; управляющее поле конечного флага, включающее два байта: DLE и ETX (10h, 3h); двухбайтовую контрольную последовательность кадра, полученную с помощью образующего полинома  $CRC-16$   $g(x)=x^{16}+x^{15}+x^2+1$ .

Формат синхронного пакета MNP (MNP3 и выше) следующий:



где FLAG — флаг, представляющий собой комбинацию <01111110> (7Eh). В данном случае каждый передаваемый знак представляется байтом без стартового и стопового битов. Исключение стартовых и стоповых бит существенно повышает эффективность передачи информации при помощи синхронных протоколов.

Блок данных PDU содержит всю информацию, требуемую для описания и реализации услуг управления соединением и пересылки данных между модемами. Существует всего восемь типов PDU.

Общий формат блоков PDU приведен ниже:

LEN	TYPE	Parameters	User data
-----	------	------------	-----------

где LEN — это длина PDU в байтах, TYPE — код от 1 до 9, указывающий тип PDU и Parameters — это строка служебных знаков. Значение Parameters определяется его позицией в PDU и значением кода TYPE. Например, Parameters *порядковый номер передачи N(S)* указывает последовательный номер данного PDU в потоке передаваемых пакетов и позволяет приемному модему определить правильность приема очередного пакета.

MNP позволяет сформировать до 256 различных параметров и, соответственно, до 256 различных типов PDU. Это предоставляет большие возможности по развитию и расширению протоколов MNP, каждый из которых будет совместим с предыдущими.

В настоящее время определены восемь типов PDU.

Link Request (LR) — запрос соединения:

Link Disconnect (LD) — разъединение канала:

Link Transfer (LT) — передача по каналу:

Link Acknowledgement (LA) — подтверждение приема:

Link atteNtion (LN) — линейное предупреждение (разрыв связи):

Link atteNtion Acknowledgement (LNA) — подтверждение приема блока линейного предупреждения LN:

Link Management (LM) — управление каналом:

Link Management Acknowledgement (LMA) — подтверждение приема LM:

### 9.3.1.10.2.3. Процедура соединения MNP

При использовании протоколов MNP модемы взаимодействуют друг с другом, передавая и принимая PDU, включенные в пакеты синхронных или асинхронных битовых потоков.

Соединение инициализируется, когда один из модемов (передатчик) передает по каналу блок данных "Запрос соединения" (LR). Приемник отвечает, передавая собственный PDU LR обратно передатчику. После этого передатчик передает PDU "Подтверждение приема" (LA), и на этом соединение считается установленным. Этот трехэтапный процесс подтверждения связи называется фазой установления соединения. После фазы установления передатчик пересылает данные со своего компьютера приемнику в форме PDU "Передача по каналу" (LT). Приемник подтверждает корректное получение этих сообщений, посылая обратно передатчику PDU "Подтверждение приема" (LA). Таким образом реализуется метод решающей обратной связи для повышения достоверности передачи информации. Число сообщений, передача которых разрешена до того момента, как будет принят PDU LA, устанавливается при обмене "запросами соединения" (LR). Этот обмен данными и подтверждениями их приема называется фазой передачи данных.

В случае приема сообщения с ошибками программное обеспечение, реализующее механизм автоматического запроса повторения в модеме MNP также посылает передатчику PDU "Подтверждение приема" с номером последнего правильно принятого протокольного блока LT. В этом случае блок "Подтверждение приема" (LA) указывает передатчику, что надо передавать PDU LT, следующий за тем, чей номер помещен в параметр данного блока. То есть следующий номер и будет номером полученного с искажениями информационного блока LT. Приемник выносит решение об искажении информационного блока, если обнаружена некорректная контрольная последовательность пакета, неправильная последовательность приема PDU LT или получение большего числа сообщений, чем может обработать приемник.

Один из модемов может завершить сеанс связи, пошлав PDU "Разъединение канала" (LD). Отправитель PDU LT подразумевает, что сеанс завершен после передачи им запроса на разъединение канала. Модемы MNP откликаются на сигнал DTE BREAK, посылая сигналы удаленному модему на основе сигнализации, предусмотренной PDU "Прерывание канала" и "Отклик на прерывание канала" (LN и LNA). "Прерывание канала" LN вырабатывается в ответ на прерывание и указывает, должны ли данные, переданные до сигнала BREAK, быть доставлены пользователю или отменены. Приемник возвращает "Отклик на прерывание канала" (LNA), указывающий *SSN* подтверждаемого PDU LN.

В ходе фазы установления соединения передатчик и приемник достигают соглашения об услугах, которые они будут использовать при передаче данных. Кроме того, они "договариваются" о следующем:

- будет связь синхронной или асинхронной;
- будет ли применяться сжатие данных и если будет, то в соответствии с каким протоколом;
- какой класс (классы) MNP активизировать.

Соглашение по этим вопросам достигается в ходе трехэтапного обмена блоками данных LR и LA. Обмен начинается с асинхронной передачи отправителем своего LR. Это происходит в соответствии с протоколом MNP2, поскольку его поддерживают все MNP-модемы.

LR передатчика содержит информацию о наборе функций, которые передатчик хотел бы использовать. В ответ приемник посылает передатчику LR, указывающий, какие из запрошенных

функций он поддерживает.

Передатчик подтверждает получение LR приемника, посылая кадр LA, который содержит набор функций, согласованных с приемником. С этого момента передатчик и приемник начинают взаимодействие, используя перечень выбранных функций. Например, они могут теперь переключиться с асинхронного режима на синхронный, если "договорились" о его использовании.

Если используется класс 6 или класс 10 MNP, изменение скорости передачи совершается в ходе фазы передачи данных с помощью PDU "Управление каналом" (LM). Модем подсчитывает число повторных передач и изменяет скорость передачи по каналу таким образом, чтобы достичь оптимального соотношения между числом искаженных блоков данных (согласно содержанию счетчика повторных передач) и скоростью передачи. Для этого удаленному модему передается блок данных PDU "Управление каналом" (LM) с указанием скорости, и затем изменяя скорость работы местного модема.

### 9.3.1.10.3. Протокол V.42

#### 9.3.1.10.3.1. Основные характеристики

Стандарт V.42, принятый ИТУ-Т в ноябре 1988 года, определяет процедуру LAPM (*Link Access Procedure for Modems*), схожую по возможностям с MNP4. Преимущества LAPM по сравнению с MNP4 заключаются в повышенной скорости передачи по плохим телефонным каналам и хорошей согласованности с другими стандартами, основанными на протоколе HDLC. Процедура LAPM

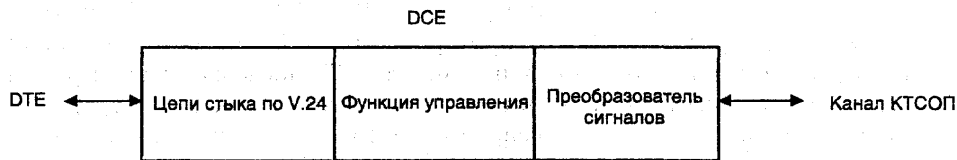


Рис. 9.70. Функции DCE без аппаратной коррекции ошибок

очень близка к процедурам LAPB и LAPD, применяемых в сетях X.25 и в сетях интегрального обслуживания ISDN.

Согласно V.42 требуется реализация как процедуры LAPM, так и протокола MNP4, как альтернативного варианта повышения достоверности. Это означает, что модем V.42 может взаимодействовать с модемами типа MNP4. Однако при таком соединении не будут задействованы все возможности V.42. Во время установления связи модем V.42 проверяет, может ли удаленный модем работать согласно полного протокола V.42 или только по протоколу MNP4. При этом предпочтение отдается протоколу V.42. Таким образом, модем V.42 пытается использовать процедуры коррекции ошибок согласно V.42, и если это не получается, то производится попытка запустить MNP4. Если и эта попытка оказывается безуспешной, устанавливается связь без коррекции ошибок.

В отличие от аппаратуры канала данных без аппаратного исправления ошибок (рис. 9.70), рекомендация V.42 выделяет в функциональной схеме DCE дополнительный блок защиты от ошибок (рис. 9.71).

Согласно V.42 блок управления модема должен определять, поддерживает ли удаленная аппаратура функции исправления ошибок, и координировать согласование соответствующих процедур.

Блок защиты от ошибок предназначен для управления процедурами исправления ошибок. Именно он и реализует протокол связи LAPM.

Рекомендация V.42 регламентирует также цепи интерфейса V.24, задействованные в процессе работы модемов по протоколу V.42 (рис. 9.72).

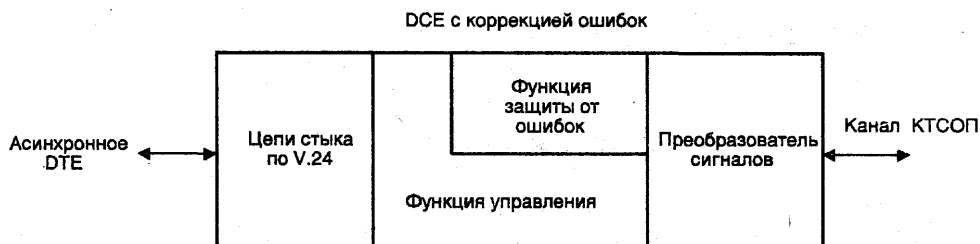


Рис. 9.71. Функции DCE согласно V.42

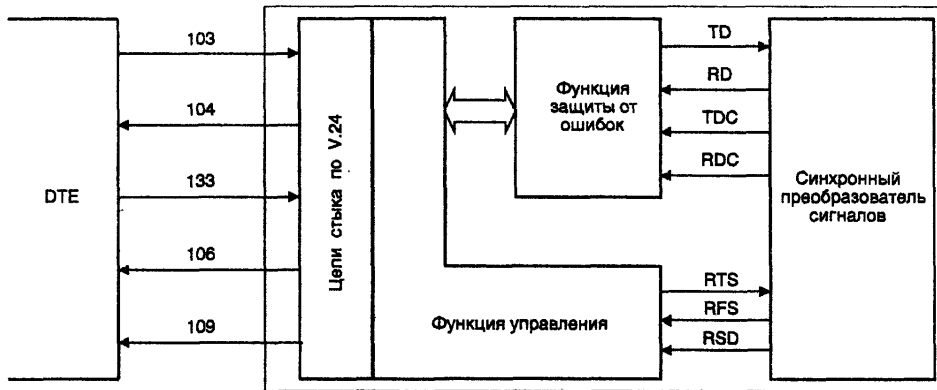


Рис.9.72 . Цепи, работающие при защите от ошибок, где TD — передаваемые данные; RD — принимаемые данные; TDC — синхронизация передаваемых данных; RDC — синхронизация принимаемых данных; RTS — запрос передачи; RFS — готовность к передаче; RSD — детектор принимаемого линейного сигнала из канала данных.

### 9.3.1.10.3.2. Формат кадров V.42

В стандарте V.42 используется понятие кадра данных. Согласно V.42 кадр должен передаваться только в синхронном режиме и соответствовать рекомендациям протокола X.25 или HDLC. Это означает, что в нем обязательно должны присутствовать поля адреса и управления. Кадр LAPM выглядит следующим образом:

FLAG	ADRES	CONTR	INFORM	FCS	FLAG
------	-------	-------	--------	-----	------

Здесь ADRES — поле адреса, которое позволяет по одному физическому каналу организовать несколько логических (виртуальных) каналов. Формат поля адреса следующий:

DLCI	c/r	Q
------	-----	---

где DLCI (*Data Link Connection Identifier*) — идентификатор соединения по звену данных, или адрес. Разряд c/r определяет, содержит ли кадр команду или ответ на нее.

Для определения адреса допускается использовать один или два байта. В последнем случае последний разряд поля адреса должен быть равен единице. Протокол V.42 определяет следующие допустимые значения идентификатора соединения DLCI:

- 0 - данные пользователя;
- 1—31 - зарезервировано;
- 32—62 - не используется и не зарезервировано;
- 63 - служебные данные блока управления.

Заметим, что в протоколах MNP поле адреса не используется.

INFORM — поле информации пользователя, которое является необязательным, однако может присутствовать и в служебных кадрах. Поле информации V.42 соответствует блоку PDU протоколов MNP.

CONTR — поле управления является обязательным для HDLC-подобных процедур, но в протоколах MNP не используется. Это поле может состоять из одного или двух байт. Определить его размер можно по типу кадра, который определяется одним или двумя последними битами первого байта. Последний нулевой бит означает двухбайтное поле управления формата I. Комбинация 01 в последних битах соответствует типу кадра формата S. Комбинация 11 соответствует одному байту управления кадра формата U. Остановимся подробнее на указанных типах кадров.

Кадры **формата I** (информационные) предназначены для передачи прикладных данных. В поле управления таких кадров содержится порядковый номер N(S) передаваемого и номер N(R) подтверждаемого кадров (в протоколах MNP для таких целей используется шесть байт), а также признак запроса ответа (бит P). Параметры N(S) и N(R) LAPM аналогичны соответствующим параметрам SSN и RSN протоколов MNP. Таким образом, поле управления кадра формата I выглядит следующим образом:

N(S)	0
N(R)	P

Если передается команда или запрос, на который необходим ответ, бит P должен быть равен единице. При P равном нулю ответ не требуется. В ответах на запрос этот бит также устанавливается равным единице.

При передаче последнего кадра пакета разряд P устанавливается в "1". Это означает окончание передачи пакета. При получении такого кадра приемная сторона должна передать подтверждение приема пакета данных.

Кадры **формата S** (супервизорные) используются для подтверждения получения



информационных кадров, запроса их повторной передачи или запроса временной задержки передачи кадров. Процедура LAPM допускает подтверждение правильного приема данных любым кадром. При дуплексной передаче информации предпочтительно пересылать подтверждения принятых кадров вместе с передаваемыми данными. В симплексном режиме передачи используются специальные супервизорные кадры.

Информация пользователя в этих кадрах не передается. Формат поля управления супервизорного кадра выглядит следующим образом:

x	x	x	x	S	S	0	1
N(R)							P

где значение разрядов (S,S) определяет конкретное назначение супервизорного кадра; разряды "xxxx" не используются.

Последний тип кадров *формата U* (.Unnumbered) — нумерованный:

M	M	M	P	M	M	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

где M — изменяемые функциональные биты, определяющие код и параметры кадра; последние два бита со значением (1,1) являются признаком нумерованного кадра. Кадры этого типа используются для обмена служебной информацией. В них не допускается передача информации о подтверждении блоков.

С помощью поля управления CONTR однозначно определяется тип кадра и его формат. Как и для протоколов MNP, каждый кадр можно рассматривать как определенную команду процедуры передачи данных. Приведем перечень кодов команд и сообщений процедуры LAPM:

RR — готовность к приему (тип S):

0	0	0	0	0	0	0	1
N(R)							P

RNR — неготовность к приему (тип S):

0	0	0	0	0	1	0	1
N(R)							P

REJ — неприем кадра (тип S):

0	0	0	0	1	0	0	1
N(R)							P

SREJ — селективный неприем отдельного кадра (тип S):

0	0	0	0	1	1	0	1
N(R)							P

SABME — установить асинхронный сбалансированный режим (тип U):

0	1	1	P	1	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

DM — режим "Завершение связи" (тип U):

0	0	0	P	1	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

UI — нумерованная информация (тип U):

0	0	0	P	0	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

DISC — завершение связи (тип U):

0	1	0	P	0	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

UA — нумерованное подтверждение (тип U):

0	1	1	P	1	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

FRMR — неприем кадра (тип U):

1	0	0	P	0	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

XID — идентификация обмена (тип U):

1	0	1	0	1	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

TEST — испытание (тип U):

1	1	1	0	0	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

Стандарт V.42 описывает функционирование модема с коррекцией ошибок как совокупность алгоритмов работы блока управления и процедур блока защиты от ошибок. Алгоритмы блока управления регламентируют последовательность выполнения различных процедур и команд.

### 9.3.1.10.3.3. Процедура соединения на основе V.42

Процедура соединения полностью определяется алгоритмом работы блока управления и может быть разделена на фазу обнаружения, фазу установления соединения с исправлением ошибок, фазу испытания канала связи, фазу передачи данных, фазу завершения связи и фазу разрыва соединения.

**Фаза обнаружения.** Работа протокола начинается с фазы обнаружения. На этом этапе каждый из соединяющихся модемов определяет к какому классу аппаратуры относится его корреспондент. При этом производится распределение ролей: один из модемов становится инициатором соединения, а другой — ответчиком.

Затем происходит взаимное опознавание. Каждый модем должен определить возможности своего

партнера. Для этого модем-инициатор начинает передавать последовательность единиц со специальными символами опознавания:

0 1000 1000 1 11...11 0 1000 1 11...11 и так далее.

Между символами может быть от 8 до 16 единиц. Такая последовательность передается до получения ответа от модема-ответчика, но не более 750 мс.

Подобный сигнал передает и удаленный модем. Он может передавать одну из двух возможных последовательностей:

0 1010 0010 1 11...11 0 1100 0010 1 11...11

или

0 1010 0010 1 11...11 0 0000 0000 1 11...11.

Первая последовательность означает, что протокол V.42 поддерживается, вторая — что протокол не поддерживается. Если оба модема поддерживают протокол V.42, то начинается фаза установления соединения с исправлением ошибок.

**Фаза установления соединения.** Согласование значений параметров и ряда необязательных процедур происходит в фазе установления соединения. Для этого производится обмен кадрами XID (*eXchange IDentification*), аналогичными кадрам протоколов MNP, содержащим информацию о конкретных возможностях модема.

Такое согласование параметров допускается не только в фазе установления соединения, но и в фазе передачи данных. В последнем случае в любой момент времени может быть передана команда приостановки передачи данных RNR.

Отвечающий модем выполняет процедуру согласования, а именно, определяет удовлетворяющие оба модема параметры связи и посылает ответ, содержащий данные о поддерживаемых параметрах.

В целом процедура аналогична используемой в протоколах MNP, но существуют и свои особенности. На начальном этапе установления соединения однозначно невозможно определить разрядность контрольной суммы. Поэтому приемнику очередной принятый кадр необходимо проверять как по 16-разрядной, так и по 32-разрядной контрольной последовательности. Если одна из проверок дает положительный результат, то кадр считается принятым без ошибок. Так продолжается до завершения фазы установления соединения.

Отличительная особенность процедуры установления соединения согласно V.42 заключается в значительном количестве параметров сеанса связи, требующих согласования в течение данной фазы. Такие параметры, в частности, определяют использование режима селективной повторной передачи (SR, SREJ), возможность шлейфных испытаний (TEST), размер контрольной последовательности кадра (16 или 32 бита) и др.

**Фаза испытания канала.** В течение этой фазы модемы могут обмениваться тестовыми кадрами TEST и по результатам передачи делать выводы о качестве канала связи. Эта фаза является необязательной.

Рекомендация V.42 не предусматривает конкретное кодирование поля информации кадров TEST. Однако в ней отмечается, что поле данных должно иметь определенное содержание для проведения испытаний канала.

**Фаза передачи данных.** В случае успешного согласования параметров связи модемы переходят в фазу передачи данных. Сигналом к переходу в эту фазу является передача кадра SABME. Отвечающий модем при первой же возможности выдает ответ на такую команду. Это может быть кадр UA. Если вызываемый модем не в состоянии начать обмен данными, он может ответить кадром DM (режим разъединения). В случае готовности к информационному обмену обоих модемов наступает фаза передачи данных. Данные передаются в кадрах формата I, каждый из которых имеет свой номер и может быть легко идентифицирован.

После приема информационного кадра приемник проверяет его контрольную последовательность и делает заключение о достоверности полученных данных. Правильно принятый кадр сопровождается подтверждением, которое передается в составе любого кадра.

При наличии данных передается информационный кадр, в поле управления которого заносится номер, на единицу больший номера последнего правильно принятого кадра. Если модем занят и временно не может принимать данные, он отвечает нумерованным кадром RNR (неготовность к приему); если свободен, то отвечает командой RR (готовность к приему), также с номером очередного ожидаемого кадра. После этого все кадры с номерами меньше указанного считаются успешно принятыми, а кадр с указанным номером еще не подтвержденным.

При обнаружении ошибки в принятом кадре запрашивается его повторная передача. Это осуществляется в зависимости от принятой реакции на автоматический запрос повторения ARQ с помощью одного из двух типов кадров неподтверждения. В случае ARQ с возвратом на N шагов (GBN) передаются кадры REJ (неприем). При получении кадра REJ передатчик должен повторить все кадры, начиная с номера, заданного в этой команде. Остальные кадры подтверждаются этой командой. При ARQ с селективным повтором (SR) принимаемый модем передает кадр типа SREJ (селективный неприем). В случае получения такого кадра, передающий модем должен повторить только кадр с

указанным номером, после чего передача очередного кадра может быть продолжена. Режим ARQ с селективным повтором не является обязательным. Соответственно, не являются обязательными и кадры селективного неприятия, которые не поддерживаются некоторыми устройствами.

Возможна ситуация, когда принят кадр с неустранимыми искажениями, например, с недопустимым полем управления (CONTR), с ненормальной длиной или недействительным номером. Если повторная передача кадра не исправляет положение, модем может уведомить об этом своего корреспондента командой FRNR (неприем кадра). Прием такого кадра вызывает переход в фазу повторного установления соединения с исправлением ошибок. В этом случае снова выполняется согласование параметров протокола. Возврат в эту фазу может происходить и по другим причинам, например, по инициативе пользователя, при получении кадра SABME в фазе передачи данных, по истечении тайм-аута ожидания кадра и др.

**Фаза завершения связи.** Фаза начинается с передачи кадра DISC. Ответом на него может служить кадр UA, подтверждающий завершение кадра, или кадр DM, информирующий о том, что корреспондент уже находится в фазе завершения связи.

**Фаза разрыва соединения.** Модемы переходят в фазу разрыва соединения в случае необходимости срочного прекращения связи до того, как данные будут переданы полностью. При этом должен использоваться кадр UI, содержащий в поле информации параметр BRK (разрыв) или BRKACK (подтверждение разрыва). Как и в протоколах MNP, здесь можно говорить об обычном, срочном или разрушающем разрывах. Эти кадры имеют следующий формат.

Кадр BRK:

0	0	0	P	0	0	1	1
x	1	0	0	0	0	0	0
D	S	Резерв					
Длина разрыва							

где D — бит, определяющий является ли разрыв разрушающим или нет; S — бит, определяющий является ли разрыв срочным или нет; x — порядковый номер кадра по модулю 2.

Кадр BRKACK:

0	0	0	P	0	0	1	1
x	1	1	0	0	0	0	0

В фазе разрыва соединение не разрушается, обмен кадрами при этом продолжается. Однако модем игнорирует все кадры, кроме DISC и SABME. Прием кадра DISC подтверждается обычным образом, а прием кадра SABME вызывает переход в фазу установления соединения с исправлением ошибок.

#### 9.3.1.10.3.4. Управление потоком в V.42

Для управления потоком в протоколе V.42 используется метод скользящего (переменного) окна. Размер окна ( $M-1$ ) обычно равен 7 кадрам, в расширенной версии протокола —  $(M-1)=127$ . Порядковые номера кадров лежат в пределах  $0 \leq N(S) \leq M-1$ , где  $M$  — модуль порядковой нумерации. В неподтвержденном состоянии может находиться не более  $M-1$  кадров. Расширенная

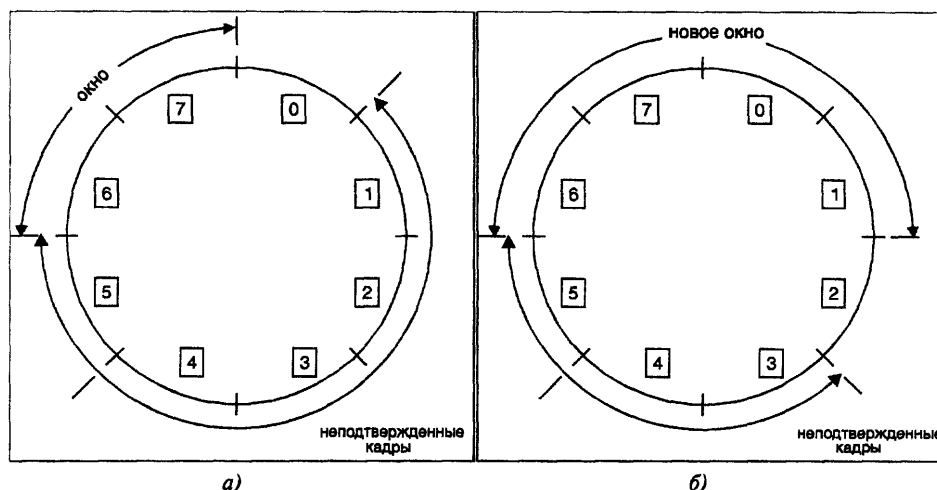


Рис. 9.73. Скользящее окно: до (а) и после (б) получения подтверждения  $N(R)=3$

версия применяется при передаче по каналам с большими значениями задержки распространения сигналов, такими как спутниковые.

В качестве примера рассмотрим случай, когда все  $M$  кадров с номерами от 0 до  $M-1$  не подтверждены. Кадр с номером  $N(R)$  подтверждает все предыдущие кадры, включая кадр с номером  $N(S)-1$ , и сообщает об ожидании кадра  $N(S)$ . После того, как кадры с меньшими номерами получают

подтверждения, номера этих кадров могут использоваться вновь. Таким образом, механизм порядковой нумерации по модулю  $M$  с подтверждениями устанавливает скользящее окно последовательных номеров, которые можно использовать в данный момент для нумерации передаваемых кадров. Пример организации скользящего окна при  $M=8$  показан на рис. 9.73.

Вначале (рис. 9.73, а) предполагается, что кадры 1—5 являются неподтвержденными. Остается окно из двух кадров 6 и 7, так как неподтвержденных кадров должно быть не более  $M-1$ . Далее считается, что получено подтверждение с номером  $N(R)=3$  (рис. 9.73, б). Оно подтверждает получение кадров 1 и 2, тем самым позволяя расширить используемое окно включением в него кадров 0 и 1.

#### 9.3.1.10.3.5. Вычисление контрольного поля кадра

Рекомендация V.42 предусматривает применение как 16-разрядного, так и 32-разрядного контрольного поля кадра (FCS). Поле FCS-32 применяется при передаче данных по каналам с очень большим уровнем помех.

Поле FCS-16 представляет собой дополнение до "1" по модулю 2 двух следующих чисел:

- остатка от деления числа

$$x^k(x^{15} + x^{14} + x^{13} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^9 + x^8 + x^7 + x^6 + x^5 + x^4 + x^3 + x^2 + x^1 + 1)$$

на образующий полином CRC-16:  $x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$ , где  $k$  — количество бит в кадре, находящихся между последним битом открывающего флага и первым битом FCS (не включая эти биты), за исключением стаффинг-битов;

- остатка от деления по модулю 2 на образующий полином  $x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$  произведения  $x^{16}$  на содержимое кадра, находящегося между последним битом открывающего флага и первым битом FCS, за исключением стаффинг-битов.

При типовой реализации вычисления FCS в передатчике сначала содержимое сдвигового регистра устанавливается в единичное состояние, а затем изменяется путем деления полей адреса, управления и информационного поля на образующий полином. Дополнение результирующего остатка до "1" передается в виде 16-разрядного контрольного поля кадра.

При типовой реализации в приемнике первоначальное содержимое ячеек регистра сдвига устанавливается равным "1". Окончательный остаток после умножения последовательно входящих защищенных битов и FCS принимаемого кадра на  $x^{16}$  и последующего деления на образующий полином  $x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$ , должен равняться при отсутствии ошибок передачи константе <0001 1101 0000 1111> (от  $x^{16}$  до  $x^0$  соответственно). Если это не так, то принятый кадр считается ошибочным и запрашивается его повторная передача.

Вычисление FCS-32 принципиально ничем не отличается от вычисления 16-разрядного контрольного кадра. В данном случае используется образующий полином CRC-32.  $x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x^1 + 1$ . На приемной стороне правильность приема кадров с FCS-32 контролируется по константе <1100 0111 0000 0100 1101 1101 0111 1011>.

### Контрольные вопросы

1. Что входит в задачи повышения достоверности передачи данных по линиям связи?
2. Опишите процесс получения избыточного циклического контрольного кода и способы его аппаратной реализации.
3. Перечислите и охарактеризуйте методы повторной передачи.
4. Охарактеризуйте MNP-протоколы коррекции ошибок.
5. В чем заключаются особенности протокола коррекции ошибок V.42?

Более подробная информация о протоколах коррекции ошибок приведена в [21].

В данном разделе использованы, в основном, материалы из [21,47].

### 9.3.1.11. Протоколы сжатия данных.

#### 9.3.1.11.1. Основные методы сжатия.

Как известно, применение сжатия данных позволяет более эффективно использовать емкость дисковой памяти. Не менее полезно применение сжатия при передаче информации в любых системах связи. В последнем случае появляется возможность передавать значительно меньшие (как правило, в несколько раз) объемы данных и, следовательно, требуются значительно меньшие ресурсы пропускной способности каналов для передачи той же самой информации. Выигрыш может выражаться в сокращении времени занятия канала и, соответственно, в значительной экономии арендной платы.

Научной предпосылкой возможности сжатия данных выступает известная из теории информации теорема кодирования для канала без помех, опубликованная в конце 40-х годов в статье Клода Шеннона "Математическая теория связи". Теорема утверждает, что в канале связи без помех можно так преобразовать последовательность символов источника (в нашем случае DTE) в последовательность символов кода, что средняя длина символов кода может быть сколь угодно близка к энтропии источника сообщений  $H(X)$ , определяемой как:

$$H(X) = - \sum_{i=1}^N p(x_i) \times \log_2 p(x_i)$$

где  $p(x_i)$  — вероятность появления конкретного сообщения  $x_i$  из  $N$  возможных символов алфавита источника. Число  $N$  называют объемом (мощностью) алфавита источника.

Энтропия источника  $H(X)$  выступает количественной мерой разнообразия выдаваемых источником сообщений и является его основной характеристикой. Чем выше разнообразие алфавита  $X$  сообщений и порядка их появления, тем больше энтропия  $H(X)$  и тем сложнее эту последовательность сообщений сжать. Энтропия источника максимальна, если априорные вероятности сообщений и вероятности их выдачи являются равными между собой. С другой стороны,  $H(X)=0$ , если одно из сообщений выдается постоянно, а появление других сообщений невозможно.

Единицей измерения энтропии является бит. 1 бит — это та неопределенность, которую имеет источник с равновероятной выдачей двух возможных сообщений, обычно символов "0" и "1".

Энтропия  $H(X)$  определяет среднее число двоичных знаков, необходимых для кодирования исходных символов (сообщений) источника. Так, если исходными символами являются русские буквы ( $N=32=2^5$ ) и они передаются равновероятно и независимо, то  $H(X)=5$  бит. Каждую букву можно закодировать последовательностью из пяти двоичных символов, поскольку существуют 32 такие последовательности. Однако можно обойтись и меньшим числом символов на букву. Известно, что для русского литературного текста  $H(X)=1,5$  бит, для стихов  $H(X)=1,0$  бит, а для текстов телеграмм  $H(X)=0,8$  бит. Следовательно, возможен способ кодирования в котором в среднем на букву русского текста будет затрачено немногим более 1,5; 1,0 или даже 0,8 двоичных символов.

Если исходные символы передаются не равновероятно и не независимо, то энтропия источника будет ниже своей максимальной величины  $H_{MAX}(X)=\log_2 N$ . В этом случае возможно более экономное кодирование. При этом на каждый исходный символ в среднем будет затрачено  $n^* = H(X)$  символов кода. Для характеристики достижимой степени сжатия используется коэффициент избыточности  $R_{ИЗБ} = 1 - H(X)/H_{MAX}(X)$ . Для характеристики же достигнутой степени сжатия на практике применяют так называемый коэффициент сжатия Ксж. Коэффициент сжатия — это отношение первоначального размера данных к их размеру в сжатом виде, — обычно дается в формате Ксж:1. Путем несложных рассуждений можно получить соотношение  $R_{ИЗБ} \geq 1 - 1/Ксж$ .

Известные методы сжатия направлены на снижение избыточности, вызванной как неравной априорной вероятностью символов, так и зависимостью между порядком поступления символов. В первом случае для кодирования исходных символов используется неравномерный код. Часто появляющиеся символы кодируются более коротким кодом, а менее вероятные (редко встречающиеся) — более длинным кодом.

Устранение избыточности, обусловленной корреляцией между символами, основано на переходе от кодирования отдельных символов к кодированию групп этих символов. За счет этого происходит укрупнение алфавита источника, так как число  $N$  тоже растет. Общая избыточность при укрупнении алфавита не изменяется. Однако уменьшение избыточности, обусловленной взаимными связями символов, сопровождается соответствующим возрастанием избыточности, обусловленной неравномерностью появления различных групп символов, то есть символов нового укрупненного алфавита. Происходит как бы конвертация одного вида избыточности в другой.

Таким образом, процесс устранения избыточности источника сообщений сводится к двум операциям — декорреляции (укрупнению алфавита) и кодированию оптимальным неравномерным кодом.

Сжатие бывает с потерями и без потерь. Потери допустимы при сжатии (и восстановлении) некоторых специфических видов данных, таких как видео и аудиоинформация. По мере развития

рынка видеопродукции и систем мультимедиа все большую популярность приобретает метод сжатия с потерями MPEG 2 (*Motion Pictures Expert Group*), обеспечивающий коэффициент сжатия до 20:1. Если восстановленные данные совпадают с данными, которые были до сжатия, то имеем дело со сжатием без потерь. Именно такого рода методы сжатия применяются при передаче информации в СПД.

На сегодняшний день существует множество различных алгоритмов сжатия данных без потерь, подразделяющихся на несколько основных групп.

#### **Кодирование повторов (Run-Length Encoding, RLE).**

Этот метод является одним из старейших и наиболее простым. Он применяется в основном для сжатия графических файлов. Самым распространенным графическим форматом, использующим этот тип сжатия, является формат PCX. Один из вариантов метода RLE предусматривает замену последовательности повторяющихся символов на строку, содержащую этот символ, и число, соответствующее количеству его повторений. Применение метода кодирования повторов для сжатия текстовых или исполняемых (\*.exe, \*.com) файлов оказывается неэффективным. Поэтому в современных системах связи алгоритм RLE практически не используется.

#### **Вероятностные методы сжатия**

В основе вероятностных методов сжатия (алгоритмов Шеннона-Фано (*Shannon-Fano*) и Хаффмена (*Huffman*)) лежит идея построения "дерева", положение символа на "ветвях" которого определяется частотой его появления. Каждому символу присваивается код, длина которого обратно пропорциональна частоте появления этого символа. Существуют две разновидности вероятностных методов, различающих способом определения вероятности появления каждого символа:

- статические (*static*) методы, использующие фиксированную таблицу частоты появления символов, рассчитываемую перед началом процесса сжатия;
- динамические (*dynamic*) или адаптивные (*adaptive*) методы, в которых частота появления символов все время меняется и по мере считывания нового блока данных происходит перерасчет начальных значений частот.

Статические методы характеризуются хорошим быстродействием и не требуют значительных ресурсов оперативной памяти. Они нашли широкое применение в многочисленных программах-архиваторах, например ARG, PKZIP и др., но для сжатия передаваемых модемами данных используются редко — предпочтение отдается арифметическому кодированию и методу словарей, обеспечивающим большую степень сжатия.

#### **Арифметические методы**

Принципы арифметического кодирования были разработаны в конце 70-х годов. В результате арифметического кодирования строка символов заменяется действительным числом больше нуля и меньше единицы. Арифметическое кодирование позволяет обеспечить высокую степень сжатия, особенно в случаях, когда сжимаются данные, где частота появления различных символов сильно варьируется. Однако сама процедура арифметического кодирования требует мощных вычислительных ресурсов, и до недавнего времени этот метод мало применялся при сжатии передаваемых данных из-за медленной работы алгоритма. Лишь появление мощных процессоров, особенно с RISC-архитектурой, позволило создать эффективные устройства арифметического сжатия данных.

#### **Метод словарей**

Алгоритм, положенный в основу метода словарей, был впервые описан в работах израильских исследователей Якоба Зива и Абрахама Лемпеля, которые впервые опубликовали его в 1977 г. В последующем алгоритм был назван *Lempel-Ziv*, или сокращенно LZ. На сегодняшний день LZ-алгоритм и его модификации получили наиболее широкое распространение, по сравнению с другими методами сжатия. В его основе лежит идея замены наиболее часто встречающихся последовательностей символов (строк) в передаваемом потоке ссылками на "образцы", хранящиеся в специально создаваемой таблице (словаре). Алгоритм основывается на том, что по потоку данных движется скользящее "окно", состоящее из двух частей. В большей по объему части содержатся уже обработанные данные, а в меньшей помещается информация, прочитанная по мере ее просмотра. Во время считывания каждой новой порции информации происходит проверка, и если оказывается, что такая строка уже помещена в словарь ранее, то она заменяется ссылкой на нее.

Большое число модификаций метода LZ — LZW, LZ77, LZSS и др. — применяются для различных целей. Так, методы LZW и BTLZ (*British Telecom Lempel-Ziv*) применяются для сжатия данных по протоколу V.42bis, LZ77 — в утилитах Stacker и DoudleSpase, а также во многих других системах программного и аппаратного сжатия.

#### **9.3.1.11.2. Методы Шеннона-Фано и Хаффмена**

В качестве примера, поясняющего принципы сжатия, рассмотрим простой метод Шеннона-Фано. В чистом виде в современных СПД он не применяется, однако позволяет проиллюстрировать принципы, заложенные в более сложных и эффективных методах. Согласно методу Шеннона-Фано для каждого символа формируется битовый код, причем символы с различными частотами появления имеют коды разной длины. Чем меньше частота появления символов в файле, тем больше размер его битового кода. Соответственно, чаще появляющийся символ имеет меньший размер кода.

Код строится следующим образом: все символы, встречающиеся в файле выписывают в таблицу в порядке убывания частот их появления. Затем их разделяют на две группы так, чтобы в каждой из них были примерно равные суммы частот символов. Первые биты кодов всех символов одной половины устанавливаются в "0", а второй — в "1". После этого каждую группу делят еще раз пополам и так до тех пор, пока в каждой группе не останется по одному символу. Допустим, файл состоит из некоторой символьной строки aaaaaaaaabbbbbbbccccccddddddeeeefff, тогда каждый символ этой строки можно закодировать как показано в табл.9.33.

Таблица 9.33. Пример построения кода Шеннона-Фано

Символ	Частота	Код
a	10	11
b	8	10
c	6	011
d	5	010
e	4	001
f	3	000

Итак, если обычно каждый символ кодировался 7—8 битами, то теперь требуется максимум 3 бита.

Однако, показанный способ Шеннона-Фано не всегда приводит к построению однозначного кода. Хотя в верхней подгруппе средняя вероятность символа больше (и, следовательно, коды должны быть короче), возможны ситуации, при которых программа сделает длиннее коды некоторых символов из верхних подгрупп, а не коды символов из нижних подгрупп. Действительно, разделяя множество символов на подгруппы, можно сделать большей по вероятности как верхнюю, так и нижнюю подгруппы. В качестве примера такой ситуации служат приведенные ниже две таблицы (Табл.9.34 и 9.35), где одни и те же символы с одинаковыми вероятностями появления в файле имеют различную кодировку. Более удачен в данном отношении метод Хаффмена. Он позволяет однозначно построить код с наименьшей средней длиной, приходящейся на символ.

Таблица 9.34. Пример кодировки одних и тех же символов различными кодами

Символ	Частота появления	Код
c	22	11
e	20	101
h	16	100
l	16	01
a	10	001
k	10	0001
m	4	00001
b	2	00000

Таблица 9.35. Пример кодировки одних и тех же символов различными кодами

Символ	Частота появления	Код
c	22	11
e	20	101
h	16	011
l	16	010
a	10	001
k	10	0001
m	4	00001
b	2	00000

Суть метода Хаффмена сводится к следующему. Символы, встречающиеся в файле, выписываются в столбец в порядке убывания вероятностей (частоты) их появления. Два последних символа объединяются в один с суммарной вероятностью. Из полученной новой вероятности и вероятностей символов, не использованных в объединении, формируется новый столбец в порядке убывания вероятностей, а две последние вновь объединяются. Это продолжается до тех пор, пока не останется одна вероятность, равная сумме вероятностей всех символов, встречающихся в файле.

Процесс кодирования с использованием метода Хаффмена поясняется табл. 9.36. Для составления кода, соответствующего данному символу, необходимо проследить путь перехода знака по строкам и столбцам таблицы кода.

Таблица 9.36. Кодирование методом Хаффмена

Символ	Частота	Вспомогательные столбцы
с	22	22 22 26 32 42 58 100
е	20	20 20 22 26 32 42
h	16	16 16 20 22 26
l	16	16 16 16 20
a	10	10 16 16
k	10	10 10
m	4	6
b	2	

Более наглядно принцип действия метода Хаффмена можно представить в виде кодового дерева (рис. 9.74) на основе табл. 9.36. Из точки, соответствующей сумме всех вероятностей (в данном случае она равна 100), направляются две ветви. Ветви с большей вероятностью присваивается единица, с меньшей — нуль. Продолжая последовательно разветвлять дерево, доходим до вероятности каждого символа.

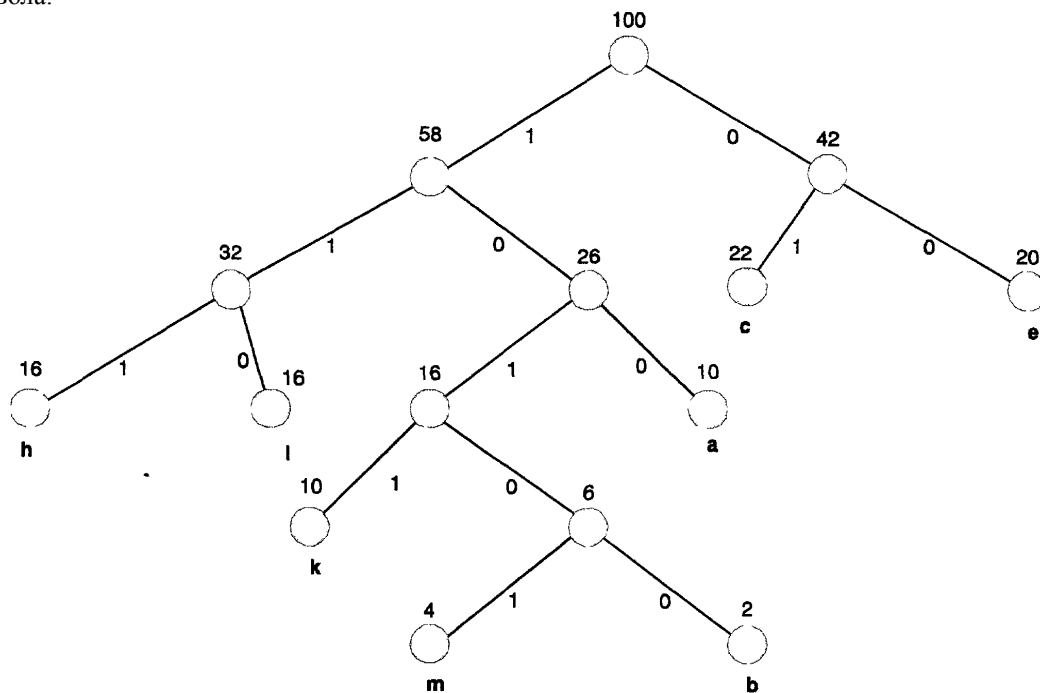


Рис. 9.74. Кодовое дерево для кода Хаффмена

Теперь, двигаясь по кодовому дереву сверху вниз, можем записать для каждого символа соответствующий код (табл. 9.37).

Таблица 9.37. Коды символов для кодового дерева на рис. 8.1

Символ	Код
с	01
е	00
h	111
l	110
a	100
k	1011
m	10101
b	10100

### 9.3.1.11.3. Алгоритм LZW

Непосредственным предшественником алгоритма LZW явился алгоритм LZ78, опубликованный в 1978 г. Этот алгоритм воспринимался как математическая абстракция до 1984 г., когда Терри Уэлч (*Terry A. Welch*) опубликовал свою работу с модифицированным алгоритмом, получившим в дальнейшем название LZW (*Lempel-Ziv-Welch*).



Алгоритм LZW построен вокруг так называемой таблицы фраз (словаря), которая отображает строки символов сжимаемого сообщения в коды фиксированной длины, равные 12 бит. Таблица обладает свойством предшествования, то есть для каждой фразы словаря, состоящей из некоторой фразы  $w$  и символа  $K$ , фраза  $wK$  тоже содержится в словаре.

Алгоритм работы кодера LZW следующий:

**Проинициализировать словарь односимвольными фразами, соответствующими символам входного алфавита;  
Прочитать первый символ сообщения в текущую фразу  $w$ ;**

**Шаг алгоритма:**

**Прочитать очередной символ сообщения  $K$ ;**

**Если КОНЕЦ\_СООБЩЕНИЯ**

**Выдать код  $w$ ;**

**ВЫХОД;**

**Конец Если**

**Если фраза  $wK$  уже есть в словаре,**

**Заменить  $w$  на код фразы  $wK$ ;**

**Повторить Шаг алгоритма;**

**Иначе**

**Выдать код  $w$ ;**

**Добавить  $wK$  в словарь;**

**Повторить Шаг алгоритма;**

**Конец Если;**

Пример работы кодера LZW при преобразовании трехсимвольного алфавита приведен в табл. 9.38 и 9.39.

Описанный алгоритм кодера не оптимизирует выбор фразы для добавления в словарь или разбор сообщения. Однако в силу его простоты он может быть эффективно использован.

Таблица 9.38. Работа кодера LZW на примере трехсимвольного алфавита (а, б, в).

Символ	$wK$	Выход	Добавление в словарь (фраза — позиция)
а	1		
б	б	1	1б(4)
а	2а	2	2а(5)
б	1б		
в	4в	4	4в(6)
б	3б	3	3б(7)
а	2а		
б	5б	5	5б(8)
а	2а		
б	5б		
а	8а	8	8а(9)
а	1а	1	1а(10)
а	1а		
а	10а	10	10а(11)
а	1а		
а	10а		
а	11а	11	11а(12)
		1	

Декодер LZW должен использовать тот же словарь, что и кодер, строя его по аналогичным правилам при восстановлении сжатых данных. Каждый считываемый код разбирается с помощью словаря на предшествующую фразу  $w$  и символ  $K$ . Затем рекурсия продолжается для предшествующей фразы  $w$  до тех пор, пока она не окажется кодом одного символа. При этом завершается

Таблица 9.39. Словарь, построенный кодером LZW, для примера из табл. 9.38

Фразы, добавленные в словарь при инициализации	
а	1
б	2
в	3
Фразы, добавленные при разборе сообщения	
1б	4

2a	5
4в	6
3б	7
5б	8
8a	9
1a	10
10a	11
11a	12

декомпрессия этого кода. Обновление словаря происходит для каждого декодируемого кода, кроме первого. После завершения декодирования кода его последний символ, соединенный с предыдущей фразой, добавляется в словарь. Новая фраза получает то же значение кода (позицию в словаре), что присвоил ей кодер. В результате такого процесса, шаг за шагом декодер восстанавливает тот словарь, который построил кодер.

Алгоритм декодирования LZW описывается следующим образом:

```

КОД = Прочитать первый код сообщения( );
ПредыдущийКОД = КОД;
Выдать символ K, у которого код(K) == КОД;
Последний символ = K;
Следующий код:
    КОД = Прочитать очередной код сообщения( );
    ВходнойКОД = КОД;
    Если КОНЕЦ_СООБЩЕНИЯ
        ВЫХОД;
    Конец Если;
    Если Неизвестен(КОД) // Обработка исключительной
//ситуации
        Выдать(ПоследнийСимвол)
        КОД = ПредыдущийКОД
        ВходнойКОД = код(ПредыдущийКОД, ПоследнийСимвол)
    Конец Если;
Следующий символ:
    Если КОД == код(wK)
        В_СТЕК(K);
        КОД = код(w);
        Повторить Следующий символ;
    Иначе если КОД == код(K)
        Выдать K;
        ПоследнийСимвол = K;
        Пока стек не пуст
            Выдать(ИЗ_СТЕКА( ));
        Конец Пока;
        Добавить в словарь (ПредыдущийКОД, K);
        Предыдущий КОД = Входной КОД;
        Повторить СледующийКОД;
    Конец Если;

```

Обычно декодирование LZW намного быстрее процесса кодирования. Автор LZW Терри Уэлч в свое время сумел запатентовать свой алгоритм в США. В настоящее время патент принадлежит компании Unisys. Алгоритм LZW определяется как часть стандарта ITU-T V.42bis, но Unisys установила жесткие условия лицензирования алгоритма для производителей модемов.

#### 9.3.1.11.4. Сжатие данных в протоколах MNP

Расширяемость MNP при сохранении совместимости с существующими реализациями ярко продемонстрирована в его поддержке Рекомендации ITU-T V.42bis.

В процессе установления соединения передатчик и приемник "оговаривают" использование сжатия данных. Это выполняется с помощью параметра 9 или 14 блока PDU LR. Параметр 9, который специфицирует сжатие данных MNP5 или MNP7, был расширен, чтобы обеспечить "краткую" форму спецификации V.42bis. Параметр 14 является новым параметром, применяемым для детализации особенностей V.42bis, используемого в данном канале.

Если существует возможность поддерживать MNP5 и (или) MNP7 и V.42bis, передатчик может включить как параметр 9 (сжатие MNP), так и параметр 14 (сжатие V.42bis). Ответственность за выбор

типа сжатия данных, который будет использоваться, в этом случае несет приемник. Он возвращает PDU LR, который указывает выбранный тип сжатия данных. Если передатчик и приемник поддерживают несколько методов сжатия, то приемник делает свой выбор в соответствии с приоритетами, представленными в таблице 9.40.

Приемник не включает информацию о поддержке V.42bis в свой PDU LR, если он не принял запрос на V.42bis в LR от передатчика; если передатчик включил такой запрос в свой PDU LR, но не получил подтверждения, он отказывается от использования сжатия по протоколу V.42bis.

Далее рассмотрим особенности реализации сжатия в протоколах MNP.

Таблица 9.40. Приоритеты выбора метода сжатия

Тип сжатия	Приоритет
V.42bis	Высокий
MNP7	Средний
MNP5	Низкий

#### 9.3.1.11.4.1. Протокол MNP5.

Протокол MNP 5 реализует комбинацию адаптивного кодирования с применением кода Хаффмена и группового кодирования. При этом хорошо поддающиеся сжатию данные уменьшают свой исходный объем примерно на 50% и, следовательно, реальная скорость их передачи возрастает вдвое по сравнению с номинальной скоростью передачи данных модемом.

На первом этапе процедуры сжатия используется метод группового кодирования для удаления из потока передаваемых данных слишком длинных последовательностей повторяющихся символов. Этот метод преобразует каждую группу из трех и более (вплоть до 253) одинаковых смежных символов к виду *символ* и *число символов*. Поскольку групповое кодирование не связано с большими вычислениями, этот метод особенно хорош для реализации в реальном масштабе времени, в частности, при передаче данных по линиям связи.

Согласно данному методу система группового кодирования проверяет проходящий поток данных. Алгоритм остается пассивным до тех пор, пока в этом потоке не обнаружатся три одинаковых смежных символа. После этого алгоритм начинает счет и удаляет из потока данных до 250 одинаковых следующих друг за другом символов. Счетный байт посылается вслед за тремя исходными символами, и передача продолжается. На рис. 9.75 показан пример группового кодирования потока данных.

Способность метода группового кодирования сжимать длинные последовательности очевидна. Тем не менее, рис. 9.75 иллюстрирует также одну из слабостей данного алгоритма. Кодирование группы из трех символов, наоборот, расширяет поток данных.

На втором этапе сжатия данных протокол MNP5 использует адаптивное кодирование на основе метода Хаффмена, известное также как *адаптивное частотное кодирование*. Этот способ

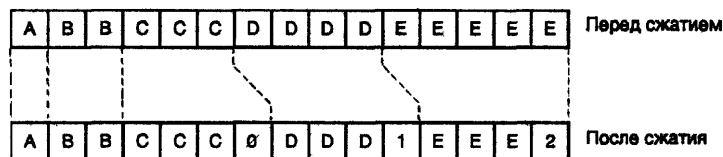


Рис. 9.75. Групповое кодирование по протоколу MNP5

кодирования основан на предположении, что некоторые символы будут встречаться в потоке данных чаще, чем другие. Символы, которые встречаются чаще, кодируются с использованием небольшого числа битов. Реже встречающиеся символы передаются с использованием более длинных кодовых последовательностей.

Когда формат передаваемых данных относительно хорошо известен и постоянен, кодовые битовые последовательности, или лексемы, могут быть определены заранее. Однако адаптивный алгоритм может подстраиваться под поток данных путем "обучения" с последующим изменением своих лексем.

В протоколе MNP5 определяются 256 лексем для всех возможных 8-разрядных величин (октетов). Лексема состоит из 3-разрядного префикса (заголовка) и суффикса (тела, или основы), который может включать от 1 до 8 разрядов. Как передатчик, так и приемник инициализируют свои символично-лексемные таблицы в соответствии с табл. 9.41. Первая и последняя записи (строки) этой таблицы содержат наиболее и наименее часто встречающиеся октеты, соответственно.

После того как обработан каждый октет, таблица переопределяется, исходя из частоты появления каждого символа. Октетам, которые появляются чаще всего, приписываются наиболее короткие лексемы. На приемном конце лексемы преобразуются в символы. В соответствии с частотой

появления тех или иных символов трансформируется таблица приемника. Тем самым осуществляется самосинхронизация таблиц кодирования и декодирования.

Таблица 9.41. Карта символьно-лексемного кодирования в начале процедуры уплотнения данных.

Значение октета (десятичное)	Заголовок лексемы	Тело лексемы
0	000	0
1	000	1
2	001	0
3	001	1
4	010	00
5	010	01
6	010	10
7	010	11
8	011	00
...	...	...
15	011	111
16	100	0000
...	...	...
31	100	1111
32	101	00000
...	...	...
63	101	11111
64	110	000000
...	...	...
127	110	111111
128	111	0000000
...	...	...
254	111	1111110
255	111	11111110

#### 9.3.1.11.4.2. Протокол MNP7

Протокол MNP7 использует более эффективный (по сравнению с MNP5) алгоритм сжатия данных и позволяет достичь коэффициента сжатия порядка 3:1. MNP7 использует улучшенную форму

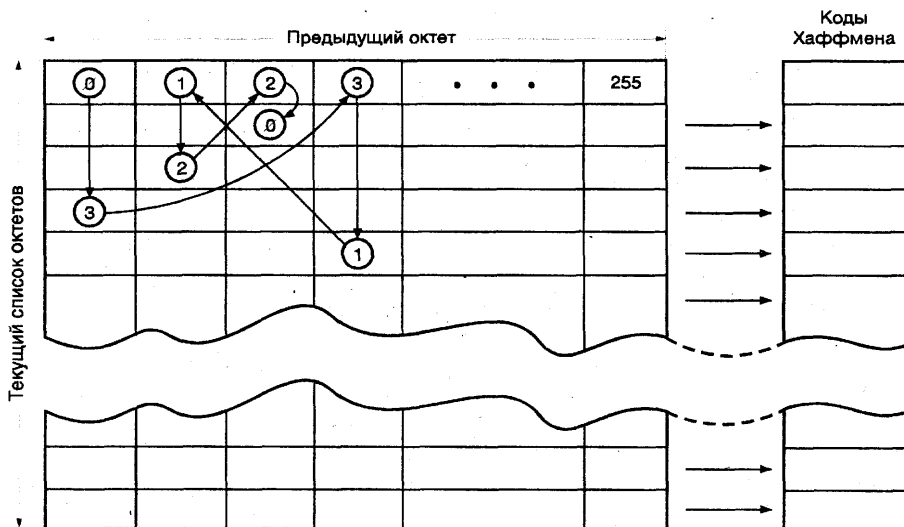


Рис. 9.76. Кодирование при помощи марковского алгоритма прогнозирования и кода Хаффмена.

кодирования методом Хаффмена в сочетании с марковским алгоритмом прогнозирования для создания кодовых последовательностей минимально возможной длины.

Марковский алгоритм может предсказывать следующий символ в последовательности, исходя из появившегося предыдущего символа. Для каждого октета формируется таблица из всех 256 возможных следующих за ним октетов, расположенных в соответствии с частотой их появления. Октет кодируется путем выбора столбца, соответствующего предыдущему октету (озаглавливающему столбец), с последующим отысканием в этом столбце значения текущего октета. Строка, в которой находится текущий октет, определяет лексему точно так же, как в описанном выше случае кодирования с использованием кода Хаффмена. После того как каждый октет будет закодирован,

порядок следования записей (октетов) в выбранном столбце изменяется в соответствии с новыми относительными частотами появления октетов.

На рис. 9.76 показан пример кодирования последовательности октетов 3120 в предположении, что перед этим был передан октет 0. Из рис. 9.76 видно, что в столбце, соответствующем предыдущему октету 0, отыскивается запись (строка) октета 3. После этого передается код Хаффмена для этой записи (октета 3) в таблице. Далее в столбце, соответствующем этому только что переданному октету 3, отыскивается строка с записью следующего октета — в данном случае октета 1, и передается код Хаффмена для этой строки и т.д. В этом примере отсутствует иллюстрация адаптивной части алгоритма, изменяющей порядок расположения октетов в каждом столбце.

### 9.3.1.11.5. Сжатие данных по стандарту V.42bis.

В настоящее время методы сжатия данных, включенные в протоколы MNP5 и MNP7, целенаправленно заменяются на метод, основанный на алгоритме словарного типа Лемпеля-Зива-Уэлча (LZW-алгоритме). LZW-алгоритм имеет два главных преимущества:

- обеспечивает достижение коэффициента сжатия 4:1 файлов с оптимальной структурой;
- LZW-метод утвержден ИТУ-Т как составная часть стандарта V.42bis.

Метод сжатия данных LZW основан на создании древовидного словаря последовательностей символов, в котором каждой последовательности соответствует единственное кодовое слово. Входящий поток данных последовательно, символ за символом, сравнивается с имеющимися в словаре последовательностями. После того, как в словаре будет найдена кодируемая последовательность, идентичная входной, модем передает соответствующее ей кодовое слово. Алгоритм динамически создает и обновляет словарь символьных последовательностей.

Рассмотрим, например, последовательности А, АУ, БАР, БАС, БИС, ШАГ, ШАР и ШУМ. На рис. 9.77 показано, как эти последовательности будут выглядеть в виде деревьев в словаре стандарта V.42bis. Каждый путь от корневого узла к вершине представляет собой последовательность, которая может быть закодирована с помощью одного кодового слова. Имеющиеся последовательности могут расширяться до тех пор, пока не будет достигнута их максимальная длина. Можно добавлять новые последовательности, причем единственным ограничением является объем используемого словаря.

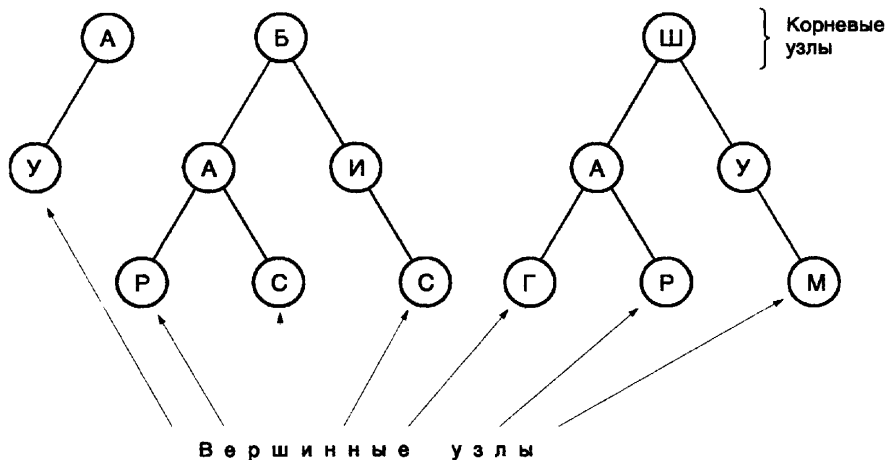


Рис. 9.77. Пример структуры древовидного словаря последовательностей стандарта V.42bis 225

Алгоритм сжатия, определяемый стандартом V.42bis, весьма гибок. К параметрам, значения которых могут быть согласованы между модемами, относятся: максимальный размер, кодового слова, общее число кодовых слов, размер символа, число символов в алфавите и максимальная длина последовательности. Кроме того, алгоритм осуществляет мониторинг входного и выходного потока данных для определения эффективности сжатия. Если сжатия не происходит или оно невозможно (в силу природы передаваемых данных) алгоритм прекращает свою работу. Это свойство обеспечивает лучшие рабочие характеристики при передаче файлов, которые уже были сжаты (заархивированы) или которые не поддаются сжатию.

### Контрольные вопросы

1. Опишите основные методы сжатия информации.
2. Как производится сжатие информации в протоколах MNP?
3. Каковы особенности сжатия информации по протоколу V.42bis?

В разделе использованы основные материалы из [21].

### 9.3.1.12. Пакетные радиомодемы.

Передача данных по радиоканалу во многих случаях надежнее и дешевле, чем передача по коммутируемым или арендованным, каналам, и особенно по каналам сотовых сетей связи. В ситуациях, характеризующихся отсутствием развитой инфраструктуры связи, использование радиосредств для передачи данных часто является единственно разумным вариантом организации связи. Сеть передачи данных с использованием радиомодемов может быть оперативно развернута практически в любом географическом регионе. В зависимости от используемых приемопередатчиков (радиостанций) такая сеть может обслуживать своих абонентов в зоне радиусом от единиц до десятков и даже сотен километров. Огромную практическую ценность радиомодемы имеют там, где необходима передача небольших объемов информации (документов, справок, анкет, телеметрии, ответов на запросы к базам данных и т.п.).

Радиомодемы часто называют *пакетными контроллерами* (TNC — *Terminal Node Controller*) по причине того, что в их состав входит специализированный контроллер, реализующий функции обмена данными с компьютером, управления процедурами форматирования кадров и доступа к общему радиоканалу в соответствии с реализованным методом множественного доступа. Рассматриваемые здесь радиомодемы во многом похожи на интеллектуальные модемы для телефонных каналов КТСОП. Главное же их отличие в том, что радиомодемы ориентированы для работы в едином радиоканале со многими пользователями (в канале множественного доступа), а не в канале типа "точка-точка".

Алгоритмы функционирования пакетных радиосетей регламентируются Рекомендацией АХ.25.

#### 9.3.1.12.1. Стандарт АХ. 25

Рекомендация АХ.25 устанавливает единый протокол обмена пакетами, т.е. обязательный для всех пользователей пакетных радиосетей порядок осуществления обмена данными. Стандарт АХ.25 представляет собой специально переработанную для пакетных радиосетей версию стандарта Х.25.

Особенность пакетных радиосетей заключается в том, что один и тот же радиоканал используется для передачи данных всеми пользователями сети в режиме множественного доступа. Протокол обмена АХ.25 предусматривает множественный доступ в канал связи с контролем занятости. Все пользователи (станции) сети считаются равноправными. Прежде чем начать передачу радиомодем проверяет свободен канал или нет. Если канал занят, то передача своих данных радиомодемом откладывается до момента его освобождения. Если радиомодем обнаруживает канал свободным, то он сразу же начинает передачу своей информации. Очевидно, что в тот же самый момент может начать передачу и любой другой пользователь данной радиосети. В этом случае происходит наложение (конфликт) сигналов двух радиомодемов, в результате чего их данные с высокой вероятностью серьезно искажаются под воздействием взаимных помех. Радиомодем-передатчик узнает об этом получив отрицательное подтверждение на переданный пакет данных от радиомодема-получателя или в результате превышения времени тайм-аута. В такой ситуации он обязан будет повторить передачу этого пакета по уже описанному алгоритму.

При пакетной связи информация в канале передается в виде отдельных блоков — кадров. В основном их формат соответствует формату кадров известного протокола HDLC, однако есть отличия, рассматриваемые далее.

#### 9.3.1.12.2. Формат кадров

Согласно Рекомендации АХ.25 кадры подразделяются на служебные и информационные и имеют следующий формат:

FLAG	ADRES	CONT	CRC-16	FLAG
01111110	14—70 байт	1 байт	2 байт	01111110

FLAG	ADRES	CONT	INFORM	CRC-16	FLAG
01111110	14—70 байт	1 байт	до 256 байт	2 байт	01111110

Начало и конец кадра отмечаются флагами FLAG, т.е. комбинациями вида <01111110>, что облегчает прием кадра на фоне помех. Поле адреса ADRES содержит адреса отправителя, получателя и станций-ретрансляторов, если таковые имеются. Размер адресного поля может составлять от 14 до 70 байт.

Поле управления CONT определяет тип кадра: информационный или служебный. Служебные кадры, в свою очередь, могут подразделяться на супервизорные и нумерованные. Супервизорные кадры служат для подтверждения приема неискаженных помехами кадров или для запроса повторной передачи пораженных кадров. Нумерованные кадры предназначены для установления логического соединения и в случаях управления обменом в сети.

Длина информационного поля INFORM, представляющая собой пакет сетевого уровня, в пакетных радиосетях обычно не превышает несколько сотен байт. Увеличение длины информационного поля приводит к повышению вероятности поражения помехой и возрастанию

времени ожидания передачи пакетов другими пользователями.

При реализации сетевого (третьего) уровня протокола AX.25 используется поле определения протокола, которое выступает как часть информационного поля и является необязательным.

Контрольное поле кадра (CRC-16) предназначено для обнаружения ошибок в кадре при его передаче.

**Адресное поле** может содержать от двух до десяти логических адресов. Простейшим случаем является адресное поле из двух адресов (два пользователя). Если пользователи находятся вне зоны радиовидимости, то могут использовать радиомодемы других пользователей сети в качестве ретрансляторов. Таких ретрансляторов для одного логического канала может быть до восьми. Адреса ретрансляторов также присутствуют в адресном поле кадра. Таким образом поля адреса делится на три подполя: получателя, отправителя и ретранслятора. Формат адресного поля следующий:

Получатель		Отправитель		Ретранслятор	
Адрес (6 байт)	SSID	Адрес (6 байт)	SSID	Адрес (6 байт)	SSID

Занесенные в него адреса могут состоять не более чем из шести символов. Если адрес состоит менее чем из шести символов, он дополняется соответствующим количеством пробелов.

После адреса в каждом подполе идет вторичный идентификатор пользователя (станции) SSID (*Secondary Station Identifier*). Это некоторое число от 0 до 15. Оно определяет уровень сервиса данного пользователя, например, что он имеет несколько станций пакетной радиосвязи, работающих в разных диапазонах, поддерживает функции электронного почтового ящика BBS, или является сетевым узлом-ретранслятором NET /ROM. Обычный пользователь работает без вторичного идентификатора или с идентификатором равным 1. Идентификатор BBS и узловой станции может быть равен значениям от 2 до 9. При прохождении кадра транзитом через узел NET / ROM вторичный идентификатор получает значения от 10 до 15, в зависимости от того, через сколько узловых станций он прошел.

Значение идентификатора в двоичном виде занимает четыре бита — со второго по пятый в байте, следующем после каждого адреса. Первый бит этого байта используется как признак конца адресного поля. Если он равен единице, то это признак последнего байта адресного поля. Для шестого и седьмого битов рассматриваемого байта нет определенного назначения, и они могут использоваться в отдельных сетях по усмотрению ее пользователей или администратора сети, если такой имеется.

Восьмой бит в последнем байте подполя отправителя и получателя всегда устанавливается в нуль. В подполе ретранслятора его устанавливают в единицу, если кадр прошел через ретранслятор, и в нуль, если нет. Установление бита ретранслятора необходимо для того, чтобы ретрансляторы, находящиеся в зоне радиовидимости друг друга, следовали очередности передачи кадров через себя и выполняли эту процедуру строго в порядке, указанном отправителем кадра.

**Управляющее поле** содержит информацию о типе кадра, которая используется для определения назначения сообщения. Протокол AX.25 использует три основных типа кадров: I — информационные, содержащие информацию пользователя либо прикладного процесса; S — супервизорные (служебные), подтверждающие правильный прием кадра или содержащие запрос на выдачу очередного информационного кадра; U — нумерованные кадры, управляющие запросами на соединение-разъединение.

Кроме того, управляющее поле содержит номер кадра, который ожидает принять радиомодем корреспондента-получателя. Для повторной передачи искаженных кадров используются механизм ARQ типа GBN и SR.

**Информационное поле** кадра содержит информационный пакет размером до 256 байт. При передаче текстовой информации в терминальном режиме информационное поле представляет собой последовательность символов пользователя, которые при приеме отображаются на экране компьютера корреспондента.

Иногда первый байт информационного поля выступает в качестве самостоятельного подполя-идентификатора протокола. Это происходит при использовании сетевого (третьего) уровня протокола AX.25 при прохождении пакета через станции NET / ROM.

**Контрольное поле кадра**, как и в других протоколах, служит для проверки правильности передачи данных. Формирование контрольного поля кадра происходит при использовании образующего полинома  $CRC-16 \ g(x) = x^{16} + x^{15} + x^2 + x + 1$  в соответствии с алгоритмом, приведенным в Рекомендации ISO 3309, аналогично правилам формирования контрольного поля кадра протоколов HDLC и V.42. При приеме также подсчитывается контрольное поле, которое сравнивается с принятым значением. При несовпадении контрольных последовательностей осуществляется запрос повторной передачи кадра.

### 9.3.1.12.3. Физическая реализация радиомодемов

Типичная станция пакетной связи включает в себя компьютер (обычно портативный типа notebook), собственно радиомодем (TNC), приемопередатчик (радиостанция) УКВ или КВ -диапазона (рис. 9.78).

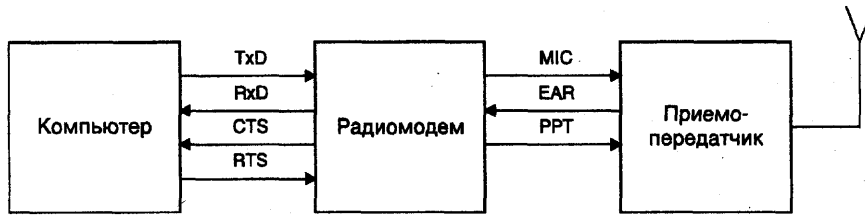


Рис. 9.78. Состав станции пакетной связи

Компьютер взаимодействует с радиомодемом посредством одного из известных интерфейсов DTE—DCE. Практически всегда применяется последовательный интерфейс RS-232. Передаваемые из компьютера в радиомодем данные могут быть либо командой, либо информацией, предназначенной для передачи по радиоканалу. В первом случае команда декодируется и исполняется, во втором — формируется кадр в соответствии с протоколом AX.25. Перед непосредственной передачей кадра последовательность его битов кодируется линейным кодом без возврата к нулю NRZ-I (Non Return to Zero Inverted). Согласно правила кодирования NRZ-I перепад физического уровня сигнала происходит в случае, когда в исходной последовательности данных встречается ноль. Временная диаграмма, поясняющая процесс кодирования кодом NRZ-I приведена на рис. 9.79.

Пакетный радиомодем представляет собой совокупность двух устройств: собственно модема и собственно контроллера TNC. Контроллер и модем связаны между собой четырьмя линиями (на рис. 9.78 не показаны): TxD — для передачи кадров в коде NRZ-I, RxD — для приема кадров от модема также в коде NRZ-I, PTT — для подачи сигнала включения модулятора и DCD — для

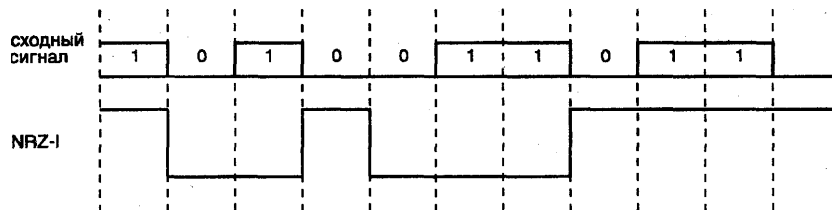


Рис. 9.79. Процесс кодирования кодом NRZ-I.

подачи сигнала занятости канала с модема к контроллеру. Обычно модем и пакетный контроллер конструктивно выполняются в одном корпусе. Это и является причиной того, что пакетные радиомодемы называют контроллерами TNC.

Перед передачей кадра контроллер включает модем с помощью сигнала по линии PTT, а по линии TxD посылает кадр в коде NRZ-I. Модем модулирует получаемую последовательность в соответствии с принятым способом модуляции. Промодулированный сигнал с выхода модулятора поступает на микрофонный вход MIC передатчика.

При приеме кадров модулированная последовательностью импульсов несущая поступает с выхода EAR приемника радиостанции на вход демодулятора. С демодулятора принятый кадр в виде последовательности импульсов в коде NRZ-I поступает в контроллер пакетного радиомодема.

Одновременно с появлением в канале сигнала в модеме срабатывает специальный детектор, вырабатывающий на своем выходе сигнал занятости канала. Сигнал PTT, помимо включения модулятора, также выполняет функцию переключения мощности передачи. Обычно она реализуется посредством транзисторного ключа, который переключает приемопередатчик с режима приема в режим передачи.

В пакетной радиосвязи на базе типовых радиостанций применяются два способа модуляции для коротких и ультракоротких волн. На КВ используется однополосная модуляция для формирования канала тональной частоты в радиоканале. Для передачи данных применяется частотная модуляция поднесущей в полосе частот телефонного канала 0,3 до 3,4 кГц. Значение частоты поднесущей может быть различной, а разнос частот всегда равен 200 Гц.

В таком режиме обеспечивается скорость передачи, равная 300 бит/с. В Европе обычно используется частота 1850 Гц для передачи "0" и 1650 Гц для "1".

В УКВ диапазоне чаще работают на скорости 1200 бит/с при использовании частотной модуляции с разнесом поднесущих частот 1000 Гц. Принято, что "0" соответствует частота 1200 Гц, а "1" — 2200 Гц. Реже в диапазоне УКВ применяют относительную фазовую модуляцию (ОФМ). В этом случае достигаются скорости передачи 2400, 4800, а иногда 9600 и 19200 бит/с.

В табл. 9.42 — приведены сравнительные характеристики некоторых промышленно выпускаемых пакетных радиомодемов.

#### 9.3.1.12.4. Применение радиомодемов

Для успешного использования радиомодема необходимо правильное его подключение к



компьютеру с одной стороны, и к радиостанции — с другой.

Таблица 9.42. Сравнительные характеристики пакетных радиомодемов

Характеристика	PK-88	PK-900	DSP-2232	СТЕК	ATMA
Скорость передачи, Кбит/с	0,3;0,6;1,2;2,4;4,8;9,6	0,3—19,2	0,3—19,2	1,2	2,4
Объем ПЗУ, Кбит	32	256	384		
Объем ОЗУ, Кбит		64	64		
Выходной уровень, мВ	5300	5-100	5-100		
Вес, кг	1,1	2,84	1,7	4,5	1,5
Габариты, мм	191×152×38	300×305×89	305×249×74	330×270×90	220×270×45

Для подключения радиомодема к компьютеру при использовании последовательного интерфейса RS-232 необходимо обратить внимание на правильность (одинаковость) установки параметров обмена между компьютером и радиомодемом: скорость, размер информационного символа (7 или 8 бит), четность (Even — четный бит, Odd — нечетный, Mark — всегда 1, Space — всегда 0) и число стоповых бит (1, 1,5 или 2). Эти параметры в радиомодемах устанавливаются DIP-переключателями, реже перемычками или программно. Во многих современных моделях радиомодемов реализована автоматическая настройка на требуемую скорость обмена с компьютером. Особое внимание следует обратить на используемый протокол управления потоком: аппаратный или программный. При этом каждому из протоколов должен соответствовать свой соединительный кабель с соответствующей распайкой.

Радиомодем со встроенным контроллером является интеллектуальным устройством. Он выполняет множество функций и имеет свою систему команд. По этой причине не обязательно подключать к нему персональный компьютер, в простейшем случае достаточно терминала. Компьютер удобнее тем, что позволяет записывать в память принятую информацию, подготавливать к передаче данные и выполнять ряд других сервисных функций.

Для совместной работы радиомодема и компьютера, последний необходимо перевести в режим терминала с помощью любой из доступных терминальных программ. Такие программы существуют для любых типов компьютеров. Наиболее известными терминальными программами для IBM PC-совместимых компьютеров являются TELIX, PROCOMM, MTE, QMODEM и т.д. Использовать можно любую из них. Существуют и специализированные терминальные программы для пакетной связи, например, PC-Pacrat — для Windows, Mac-RATT — для компьютеров Macintosh, COM-Pacrat — для компьютеров Commodore. Также разработаны и имеются в продаже программы передачи факсов в пакетных радиосетях. Это программы AEA-FAX, AEA WeFAX и ряд других. Продаваемые радиомодемы, как правило, комплектуются дискетой с терминальной программой.

Сдерживающим фактором применения для радиомодемов всего спектра программного обеспечения, разработанного для обычных модемов, является система команд управления радиомодема, отличная от набора AT-команд.

Единого рецепта для подключения радиомодемов и радиостанций разных типов нет и быть не может. Однако можно сделать несколько общих замечаний.

Наиболее просто подключить радиостанцию, имеющую разъем для выносной гарнитуры, — устройства, совмещающего функции микрофона, телефона (громкоговорителя) и переключателя управления приемом/передачей радиостанции. В этом случае подключение сводится к изготовлению соединительного кабеля от радиомодема к приемопередатчику. При этом, как и в любом другом случае, необходимо тщательно изучить техническую документацию как на радиомодем, так и на радиостанцию, особенно, касающуюся цепей коммутации.

Если радиостанция не имеет разъема для выносной гарнитуры, то придется либо отказаться от ее использования, либо вскрывать корпус и подключаться непосредственно к схеме станции, опять же руководствуясь документацией. Такая модернизация радиостанции является довольно сложным и рискованным делом и должна производиться квалифицированными специалистами.

### 9.3.1.13. Модемы в сотовых сетях связи.

Передача речи составляет 90—98% трафика сотовых сетей. Однако объем передачи данных по таким сетям имеет тенденцию к быстрому увеличению. Правильный выбор модема и его использование позволяет эффективно организовать передачу электронной почты, отправку и получение факсов с переносного компьютера. Можно даже превратить его в мобильный узел своей локальной сети. Для начала немного разберемся в том, какие бывают сотовые сети связи.

#### 9.3.1.13.1. Стандарты сотовых сетей связи.

В настоящее время в мире существует большое количество стандартов на сотовые сети связи. Все их можно разделить на две большие группы: аналоговые и цифровые. К аналоговым относятся сети

типа AMPS (США), NMT (Северная Европа), HCMTS (Япония), С-450 (Германия), TACS (Англия), ETACS (Англия), RTMS-101Н (Италия), Radlocom-2000 (Франция). Основными цифровыми стандартами на сотовые сети являются GSM (Европа), ADC или D-AMPS (США), CDMA (США), JDC и PHS (Япония).

Несмотря на большое разнообразие стандартов сотовых сетей связи, жителей нашей страны должны интересовать те, которые приняты в качестве стандартов Министерством связи России. В качестве федеральных выбраны два стандарта: аналоговый NMT-450 (*Nordic Mobile Telephone*) и цифровой GSM (*Global System for Mobile communication*). Наряду с федеральными создаются региональные сети радиотелефонной связи в диапазонах частот 800 и 330 МГц. При построении региональных сотовых сетей чаще всего используются американский стандарт AMPS (*Advanced Mobile Phone System*) и его цифровая модификация — D-AMPS (Digital — Advanced Mobile Phone System). Основные характеристики некоторых аналоговых и цифровых стандартов приведены в табл. 9.43 и табл. 9.44 соответственно.

Таблица 9.43. Характеристики аналоговых сотовых сетей.

Характеристика	AMPS	NMT-450	NMT-900
Дата начала использования, год	1981	1981	1986
Частоты передач (МГц): — базовая станция; — радиотелефон.	870—890; 825-845	463—467,5; 453—457,5	935—960; 890—915
Разнос телефонных каналов, кГц	30	25/20	12,5
Число дуплексных телефонных каналов	666	180-225	1000—1999
Максимальная мощность передачи базовой станции, Вт	100	50	100
Мощность передачи радиотелефона, Вт	3	15/2	6/1
Модуляция	ЧМ	ЧМ	ЧМ
Типовой радиус соты, км	2—20	1-40	0,5—20

Таблица 9.44. Характеристики цифровых сотовых сетей.

Характеристика	GSM	D-AMPS
Метод доступа	TDMA	TDMA
Рабочий диапазон частот, МГц	890-915; 935—965	824-840; 869—894
Разнос несущих частот, кГц	200	30
Число каналов на несущую	8/16	3
Вид модуляции	GMSK (0.3)	DQPSK (n/4)
Требуемое отношения сигнал/шум, дБ	9	16
Скорость преобразования речи, Кбит/с	13/6,5	8
Алгоритм преобразования речи	RPE—LTP	VSELP
Типовой радиус соты, км	0,5—35	0,5—20

Технологическое преимущество цифровой сотовой связи позволяет увеличивать емкость сетей, снижать стоимость и повышать надежность передачи данных. Поэтому в последние годы в мире вообще, и в России, в частности, наблюдается преимущественный рост числа пользователей именно цифровых сотовых сетей. Стандарт GSM является результатом фундаментальных исследований ведущих научных и инженерных центров Европы. Системные и технические решения этого стандарта имеют большой запас дальнейшего развития и могут использоваться для широкого класса перспективных цифровых систем мобильной связи. К таким решениям можно отнести:

- построение сетей GSM на принципах модели открытых систем и интеллектуальных сетей;
- применение эффективных методов повторного использования частот;
- применение множественного доступа с динамическим временным разделением;
- временное разделение режимов приема и передачи;
- пакетирование сообщений;
- использование передовых методов борьбы с замираниями сигналов;
- программное формирование логических каналов связи;
- разработка высококачественных низкоскоростных речевых кодеков;
- шифрование передаваемых сообщений и закрытие данных пользователя.

Американский стандарт D-AMPS явился результатом вынужденной миграции аналогового стандарта в "новую цифровую эру" мобильной связи. В связи с этим D-AMPS сохранил большое число свойств своего аналогового предшественника.

Все стандарты цифровых сотовых сетей связи обеспечивают взаимодействие с ISDN и КТСОП.

С точки зрения передачи данных аналоговые сотовые сети принципиально мало отличаются от

КТСОП. Так они предоставляют те же телефонные каналы тональной частоты 0,3—3,4 кГц. В отличие от каналов обычной телефонной сети, каналы сотовых сетей обладают рядом особенностей, которые серьезно влияют на качество передачи данных. Особенности каналов сотовых сетей следующие.

1. При перемещении радиотелефона из одной соты в другую происходит переключение обслуживающей базовой станции и радиоканала. При изменении расстояния от мобильного телефона до базовой станции также происходит переключение мощности передатчика. В результате таких переключений радиоканал, а значит и несущая частота модема, прерываются на 0,2—1,2 с. Обычный модем реагирует на это процедурой повторного соединения, которая продолжается в течение 10с, или даже разъединением.

2. Замирания и многолучевое распространение радиосигналов оказывает существенное влияние на качество связи. Из-за различия фаз сигналов, пришедших различными путями, возникает интерференция, которая в зависимости от места расположения приемника изменяет уровень принимаемого сигнала (отношения сигнал/шум). В результате колебаний амплитуды несущей частоты при передаче данных возникают ошибки и нарушается адаптивный режим работы модема.

3. Аналоговые сотовые сети первоначально разрабатывались для голосовой связи. Поэтому в сотовых сетях широко используется комбинирование и предварительная коррекция АЧХ канала. Высокий уровень несущей в таких каналах приводит к искажениям, вызванным ограничением сигнала. А слишком низкий уровень сигнала ухудшает отношения сигнал/шум при его приеме.

В цифровых сотовых сетях перечисленные проблемы в основном решаются еще на уровне системного проектирования. В результате пользователь получает высококачественный цифровой канал (в стандарте GSM — со скоростью 13 Кбит/с), который и используется для передачи его оцифрованного голоса. Этот цифровой канал можно использовать и для передачи данных от компьютера или другого DTE.

В общем случае передача данных по цифровым сотовым сетям, по сравнению с передачей данных по аналоговым сотовым сетям, обеспечивает значительно большую надежность и устойчивость к шумам и задержкам при переходе абонента из одной соты в другую, а также к замираниям и многолучевому распространению радиосигналов.

#### 9.3.1.13.2. Модемы в аналоговых сетях

Для успешной передачи данных через аналоговую сотовую сеть на стороне подвижного абонента требуется наличие, как минимум, сотового модема, поддерживающего один из сотовых протоколов передачи. Такие протоколы, как правило, описывают функции протокола модуляции, протокола исправления ошибок и, иногда, сжатия данных. Наиболее известны сотовые протоколы MNP10, MNP10EC, ZyCELL, ETC, TX-CEL.

Протоколы фирмы Micromcom MNP10 и MNP10EC (*Enhanced Cellular*) предусматривают механизмы адаптации, реализованные на канальном и более высоких уровнях. Похожий подход реализован в протоколе фирмы AT&T Paradyne ETC (*Enhanced Throughput Cellular*), основанном на стандарте V.32bis. Более совершенным является протокол ZyCELL фирмы ZyXEL. Он базируется на протоколе V.42 с селективным повтором (ARQ типа SR) и большим числе процедур адаптации как канального, так и физического уровня. Протокол TX-CEL компании Celeritas Technologies является также адаптивным и определяет порядок динамической подстройки электрических характеристик сигнала.

С помощью модемов, поддерживающих сотовые протоколы передачи данных по сотовому соединению пользователи могут получить надежный коммутируемый канал для передачи данных со скоростью 9,6 Кбит/с (без их сжатия), а при хороших радиусовых условиях — 14,4 Кбит/с. Недостаток этой системы — необходимость использовать сотовые модемы на обоих концах соединения. Если на одном конце установлен обычный модем, то надежность и производительность соединения могут серьезно пострадать.

С недавнего времени поставщики услуг сотовой связи решают эту проблему с помощью размещения банка модемов в коммутационных центрах подвижной связи (*mobile switching centers*), как правило, совмещенных с базовыми станциями сети. Протокол сотового модема действует только на участке до такого центра, а на всем протяжении остального соединения работает протокол обычного модема.

#### 9.3.1.13.3. Модемы в цифровых сетях

В настоящее время существуют и развиваются две конкурирующие технологии цифровой сотовой связи. Одна из них основана на множественном доступе с разделением по времени TDMA (*Time Division Multiple Access*), другая — с кодовым разделением CDMA (*Code Division Multiple Access*). Первая технология обещает трехкратное увеличение емкости сетей по сравнению с аналоговыми системами, вторая — еще большее, возможно десятикратное. TDMA уже используется в системах типа GSM, D-AMPS, а технология CDMA еще ждет своего внедрения.

В цифровых сотовых системах при подключении сотового модема к аналоговому окончанию телефонного канала цифрового сотового телефона также можно воспользоваться подходами, используемыми в аналоговых сотовых сетях. Однако в будущем ожидаются большие изменения в

организации передачи данных по цифровым сотовым сетям.

Ассоциацией телекоммуникационной промышленности TIA (*Telecommunications Industry Association*) США недавно были приняты два стандарта цифровой сотовой связи TDMA: IS-135 (Услуги TDMA. Асинхронная передача данных и факсимильной информации) и IS-130 (Радиоинтерфейс TDMA. Протокол радиоканалов). Они определяют, как в системах TDMA должны обрабатываться запросы на передачу данных. Технология передачи данных в системах CDMA определяется стандартом IS-99.

Согласно этим стандартам портативный компьютер будет соединяться с цифровым сотовым телефоном не с помощью внешнего модема, а через последовательный порт и использовать AT-команды, поддерживаемые большинством традиционных стационарных модемов. Пользователи получают возможность передавать данные и факсимильную информацию в системах TDMA со скоростью 9,6 Кбит/с, а в системах CDMA, вероятно, и со скоростью до 14,4 Кбит/с. Цифровые сотовые сети предоставят также услугу пересылки коротких сообщений, аналогичную услугам пейджинговых сетей, но гарантирующую надежную доставку информации.

На физическом уровне разные виды информации, передаваемой по цифровой сотовой сети, — речь, факсы, данные — выглядят одинаково. По мере повышения уровня сетевых протоколов различия между ними становятся все более существенными, а, следовательно, и способы обработки разной информации должны быть разными. Стандарты передачи данных по цифровым сотовым сетям определяют протоколы канального уровня, обеспечивающие надежную передачу данных по относительно ненадежному радиоканалу. При вызове мобильного устройства один телефонный номер будет использоваться в целях установления соединения для передачи речи, а другой — факсимильной информации и данных. Для исходящих вызовов мобильное устройство будет выдавать команду цифровому сотовому телефону, указывая вид требуемой услуги.

Интеграция с существующими проводными системами представляет несколько иную проблему. Базовая станция должна не только эффективно принимать передаваемые с мобильного узла данные, но еще и передавать их на стационарный модем на другом конце соединения. Следовательно, в коммутационных центрах подвижной связи должен существовать пул (множество модемов, объединенных в одном корпусе) модемов для передачи данных при помощи традиционных модемных протоколов, таких как V.32, V.34 и др. Для обеспечения межсетевое взаимодействия коммутационные центры должны поддерживать стандарты цифровых сетей с интеграцией услуг (ISDN) и распределенных сетей передачи данных.

Существуют потенциальные возможности для повышения скорости передачи данных по цифровым сотовым сетям. GSM, D-AMPS и технология CDMA поддерживают объединение каналов. D-AMPS позволяет объединять три канала для передачи данных с суммарной скоростью 28,8 Кбит/с, а CDMA возможно позволит достичь скорости до 64 Кбит/с.

В настоящее время также находит применение подход, основанный на объединении всего оборудования мобильного пользователя в одном устройстве. Так, устройство Nokia 9000 объединяет в себе функции сотового телефона стандарта GSM и персонального цифрового секретаря (PDA) — несложного походного компьютера. Устройство использует процессор Intel 80386. В его крышку вмонтированы телефон и жидкокристаллический дисплей. Nokia 9000 работает под управлением операционной системы GeoWorks и имеет прикладное программное обеспечение, состоящее из календаря, адресной книги, записной книжки, системы электронной почты, навигационной программы для Internet и калькулятора. Причем все они могут работать одновременно. Когда крышка закрыта, устройство работает только как телефон. Когда она открыта, клавиатуру и телефон можно использовать одновременно.

#### **9.3.1.14. Эксплуатационные характеристики и конструкции модемов.**

##### **9.3.1.14.1. Основные характеристики модемов.**

Приведем основные характеристики модемов для телефонных коммутируемых и выделенных каналов, которые необходимо прямо либо косвенно учитывать при работе с такими модемами.

##### *Уровни приема/передачи и обнаружения несущей*

Выходной уровень передачи модемов обычно устанавливается в диапазоне от 0 до —15 дБм с точностью  $\pm 1$  дБм.

Диапазон входных сигналов модемов для коммутируемых каналов составляет от 0 до —43 дБм.

Для выделенных (арендованных) каналов уровень входного сигнала может находиться в диапазоне от 0 до —34 дБм, либо от 0 до —26 дБм в зависимости от коэффициента затухания соединительных линий.

Модемы в телефонном коммутируемом канале обнаруживают несущую (формируют сигнал ON на линии 109 интерфейса V.24) при уровне несущей в диапазоне от 0 до —43 дБм. При понижении уровня несущей до —48 дБм модемы ее не воспринимают (формируют сигнал OFF на линии 109).

Для модемов, работающих на некоммутируемых каналах, критические значения уровней обнаружения и потери несущей могут составлять — 34 или — 26 дБм и —39 или —31 дБм соответственно. Последняя пара уровней (—26 и —31 дБм) используется на выделенных каналах

высокого качества.

#### *Синхронизация передачи*

Большинство типов модемов поддерживают три режима синхронизации передаваемой информации:

- синхронизация сигналом внутреннего задающего тактового генератора (AT&X0);
- внешним тактовым сигналом, поступающим от DTE (AT&X1);
- тактовым сигналом, выделяемым из принимаемого сигнала от удаленного модема (AT&X2).

Выбор режима синхронизации модема производится с помощью переключателей на нем или управляющих команд от DTE, например AT-команд.

#### *Параметры защитного и вызывного тона*

При работе по протоколам V.22 и V.22bis может передаваться защитный синусоидальный сигнал. Как правило, при работе через АТС старых моделей необходимость в нем отпадает. Частота защитного сигнала равна  $1800 \pm 20$  Гц (AT&G2),  $550 \pm 20$  Гц (AT&G1), либо сигнал может отсутствовать вообще (AT&G0). Частота устанавливается с помощью переключателей или AT-команд с DTE.

Уровень защитного тонального сигнала частотой 1800 Гц на 6 дБ, а уровень сигнала частотой 550 Гц на 3 дБ ниже уровня информационного модулированного сигнала.

После установления соединения и подключения к линии отвечающего модема вызывающий модем передает периодические пакеты вызывного тона на частоте 1300 Гц. Длительность пакетов и интервалов между ними равна 2 с.

#### *Параметры импульсного набора*

Скорость следования импульсов при наборе знаков телефонного номера обычно равна 10 импульсов в секунду, хотя в некоторых модемах возможна установка скорости 20 импульсов в секунду. Здесь и далее под импульсом набора понимается импульс набора номера, включающий в себя собственно импульс и паузу. Последовательность импульсного набора иллюстрируется рис. 9.80.

Отношение времени паузы к длительности всего импульса (коэффициент паузы) может составлять значения 67/33 (AT&P0) или 61/39 (AT&P1).

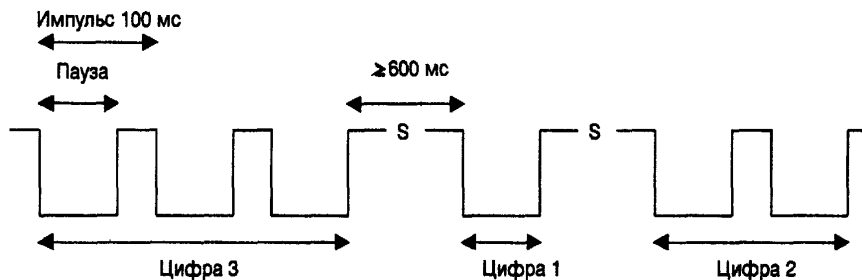


Рис. 9.80. Импульсный набор

Первый вариант соответствует стандарту, принятому в Великобритании и ряде других стран. Второй вариант используется в Северной Америке, России и является наиболее распространенным. В любом случае длительность импульса равна 100 мс. Интервал между набором соседних цифр должен быть не менее 600 мс.

#### *Параметры тонального набора*

Длительность элемента тонального набора также равна 100 мс. Интервал времени между соседними цифрами тонального набора значительно меньше, но не менее 100 мс. Таким образом, длительность цикла передачи одной цифры составляет не менее 200 мс.

Согласно принятому стандарту тонального набора каждый знак передается с помощью пары частот, как показано в табл. 9.45. Например, цифра 4 передается частотами 770 и 1209 Гц одновременно.

Таблица 9.45. Частоты тонального набора

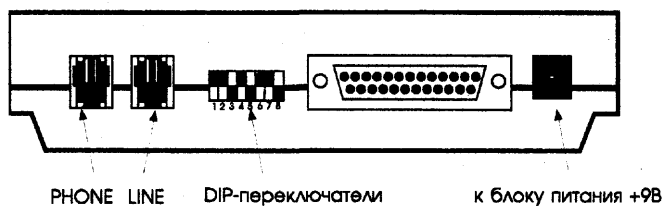
Нижняя группа (Гц)	Верхняя группа (Гц)			
	1209	1336	1477	1633
697	1	2	3	A
770	4	5	6	B
852	7	8	9	C
941	*	0	#	D

#### **9.3.1.14.2. Конструкция модемов.**

Конструктивно большинство модемов исполняются в виде внешних либо внутренних устройств. Часто один и тот же модем предлагается на рынке в виде таких двух решений. На рис. 9.81 показаны

внешний и внутренние модемы Sportster.

### ВНЕШНИЙ МОДЕМ



### ВНУТРЕННИЙ МОДЕМ

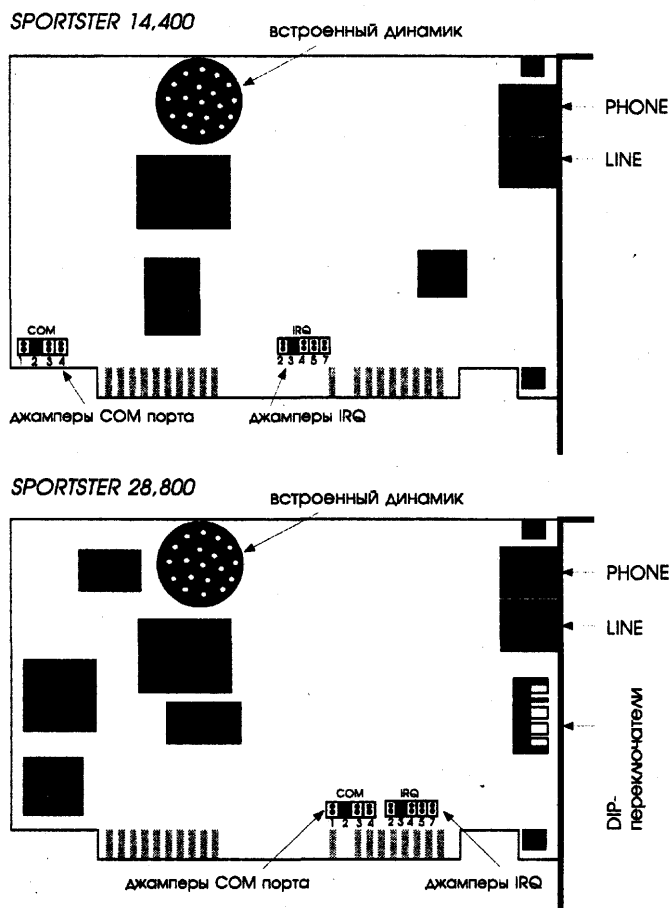


Рис. 9.81. Общий вид внутреннего и внешнего модемов фирмы US Robotics

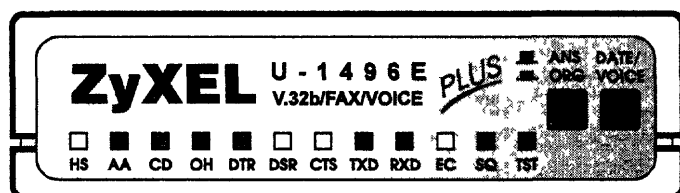


Рис. 9.82 Лицевая панель внешнего модема ZyXEL U-1496E Plus

#### Внешние модемы

Внешние модемы выпускаются в отдельном корпусе и имеют встроенный либо вынесенный блок питания. Внешние модемы являются более мобильными, чем внутренние, так как для подключения их к другому компьютеру достаточно просто переключить один разъем. При подключении внутреннего модема придется разбирать компьютер. Кроме того, внешний модем позволяет легко определить его состояние по световым индикаторам, находящимся на лицевой панели (рис. 9.82).

Расположение и количество индикаторов у внешних модемов различных моделей может отличаться. Назначение типовых индикаторов приведены в табл. 9.46. В скобках указаны их

альтернативные обозначения и названия.

В последнее время широкое распространение получили буквенно-цифровые дисплеи, размещаемые на лицевой панели модема. В этом случае дисплей выполняет все функции индикации состояния модема. Во многих модемах на лицевой панели находятся органы управления, позволяющие управлять модемом и изменять его конфигурацию. В некоторых типах модемов одни и те же органы управления могут выполнять несколько функций, определяемых пользователем. Типовой набор органов управления модема и выполняемых ими функций приведен в табл. 9.47.

На задней панели внешних модемов, как правило, находятся разъемы для подключения к источнику питания (если он внешний), последовательному порту и телефонной линии (LINE, WALL, SW, LL), а также для подключения телефонного аппарата (PHONE). Часто имеются конфигурационные DIP-переключатели, позволяющие вручную устанавливать некоторые параметры модема.

Внешние модемы, оснащенные внутренним громкоговорителем, иногда имеют регулятор громкости. Громкоговоритель позволяет контролировать процесс установления соединения и передачи данных в зависимости от текущей конфигурации модема. Применение AT-команды M<sub>n</sub> предоставляет пользователю возможность контролировать процесс набора номера, соединения с удаленным модемом и передачи данных: Напомним, что:

- команда M0 (M) полностью отключает громкоговоритель;
- команда M1 включает его во время набора номера и выключает после соединения с удаленным модемом (в момент обнаружения несущей);
- по команде M2 громкоговоритель остается включенным все время;
- по команде M3 громкоговоритель включается после набора последней цифры номера и выключается после обнаружения несущей удаленного модема.

Конструктивные особенности внешних модемов определяют их преимущества и недостатки.

Преимущества внешнего модема:

- внешняя индикация;
- наличие отдельного блока питания;
- наличие внешних органов управления (сброс модема, регулировка громкости и т.д.).

Таблица 9.46. Световые индикаторы внешних модемов

Обозначение	Название	Назначение
MR (DSR, 107)	Modem Ready (Готовность модема)	Модем готов к обмену данными
TR(DTR,108)	Terminal Ready (Готовность терминала данных)	Компьютер готов к обмену данными с модемом. Индикатор светится, когда модем получил от компьютера сигнал DTR
CS	Clear to Send (Сброс для передачи)	Индикатор светится, когда модем получил от компьютера сигнал CTS
CD(DCD, 109)	Carrier Detect (Обнаружение несущей)	Модем обнаружил несущую от удаленного модема. Индикатор должен светиться на протяжении всего сеанса связи и гаснуть только тогда, когда один из модемов освободит линию
SD(TxD, 103)	Send Data (Передача данных)	Индикатор светится во время передачи данных. Так как передача происходит порциями, то индикатор обычно мигает
RD(RxD, 103)	Receive Data (Прием данных)	Индикатор светится во время приема данных. Как правило, мигает
HS	High Speed (Высокая скорость)	Модем работает на максимально возможной для него скорости. Иногда значение скорости определяется по цвету индикатора
AA	Auto Answer (Автоматический ответ)	Индикатор светится, когда модем установлен в режим автоматического ответа на звонки
OH	Off Hook (Трубка снята)	Индикатор светится, когда модем "снял" трубку (занял линию)
EC (ARQ)	Error Control (Исправление ошибок)	Установлено соединение с исправлением ошибок
Rl (125)	Ring Indicator (Индикатор вызова)	Индикация поступления из линии входящего вызова
TM (142)	Tester of Modem (Тестер модема)	Светится при подключении тестера модема вместо компьютера

TST	Test (Тест)	Индикация режима тестирования
SQ	Signal Quality (Сигнал качества)	Контроль качества сигнала
ON (PWR)	PoWeR (Питание)	Индикатор светится при включении питания модема

Недостатки:

- внешний модем требует дополнительного места на рабочем столе;
- при установке модема необходимо учитывать его конструктивные особенности и обеспечить свободную циркуляцию воздуха;

Таблица 9.47. Органы управления, расположенные на лицевой панели внешнего модема

Обозначени	Назначение
DATA	При нажатии на кнопку в процессе установления связи включает режим передачи данных. В режиме изменения конфигурации загружает новую конфигурацию. В режиме набора номера позволяет набрать номер, хранящийся в памяти модема.
ANS/4	Перевод в режим ответа. Установка номера новой конфигурации или адреса телефонного номера из справочника номеров, хранящегося в памяти модема.
TP/2	Включение самотестирования. Установка номера новой конфигурации или адреса телефонного номера из справочника номеров, хранящегося в памяти модема.
LLB/1	Включение местного аналогового теста. Установка номера новой конфигурации или адреса справочника телефонных номеров.
RDL	Включение удаленного цифрового теста. Совместно с кнопкой DIAL включает режим изменения конфигурации.
DIAL	Перевод в режим набора номера. Совместно с кнопкой RDL включает режим изменения конфигурации

- для высокоскоростной передачи данных (на скоростях свыше 9600 бит/с) может потребоваться замена платы контроллера коммуникационных портов на другую, с микросхемой UART 16550A;

- некоторые внешние модемы зарубежного производства рассчитаны на подключение к сети электропитания с напряжением 110—115 В, в результате чего может потребоваться замена блока питания модема или покупка дополнительного трансформатора;

- кабель для подключения внешнего модема к компьютеру может не входить в комплект поставки модема.

В некоторых типах модемов имеется дополнительный порт для подключения асинхронного управляющего терминала, что позволяет управлять конфигурацией модема при подключении к его основному разъему синхронного терминала в режиме передачи. Как правило, такие модемы отвечают стандарту V.25.

#### **Внутренние модемы.**

Внутренний модем представляет собой типичную карту расширения для установки в слот материнской платы компьютера. При этом чаще всего используется слот шины ISA. Такие модемы не имеют собственного блока питания и получают постоянные питающие напряжения от устройства, в которое они установлены.

На задней панели внутренних модемов обычно имеются разъемы для подключения линии связи (LINE, TELCO), телефона (PHONE) и иногда оконечного оборудования данных (DTE) (в модемах для групповых блоков - пулов).

Непосредственно на модемной плате размещаются переключатели или DIP-переключатели для выбора коммуникационного порта и номера прерывания. При этом нежелательно одновременное использование портов COM1 и COM3 (линия IRQ4) или COM2 и COM4 (линия IRQ3).

В некоторых моделях на задней панели установлен регулятор уровня громкости громкоговорителя модема, а также переключатели уровня выходного сигнала.

У внутренних модемов также имеют свои преимущества и недостатки.

Преимущества внутренних модема:

- внутренние модемы не занимают дополнительного места на рабочем столе;
- не требуют модернизации контроллера COM-порта;



- позволяют избежать путаницы в соединительных кабелях;
- внутренние модемы дешевле внешних.

**Недостатки:**

- необходимо наличие свободного слота на материнской плате компьютера;
- увеличивается нагрузка на блок питания компьютера;
- отсутствует внешняя индикация, что затрудняет контроль за работой модема;
- для восстановления работоспособности модема после его "зависания" может потребоваться перезагрузка компьютера путем отключения питания либо кнопкой RESET на его панели;
- при установке внутреннего модема требуется более тонкая настройка системных ресурсов, — необходимо внимательно относиться к выбору адреса COM-порта и его прерывания (IRQ) (прерывание не должно быть задействовано другим устройством);
- сложность переустановки модема в другой компьютер.

**Контрольные вопросы**

1. Что понимается под пакетными радиомодемами?
2. Каков формат кадров стандарта AX.25?
3. Опишите физическую реализацию радиомодемов.
4. Дайте краткую характеристику стандартов сотовых сетей связи
5. Опишите особенности использования модемов в аналоговых и цифровых сотовых сетях.
6. Перечислите основные эксплуатационные характеристики модемов для коммутируемых телефонных линий связи. Опишите различные конструктивные исполнения модемов.

Более подробная информация по материалам раздела 9.3.1. представлена в [21]. Там же и в [45,46] можно найти дополнительную информацию по эксплуатации модемов, по их программированию, по используемым протоколам передачи файлов и пр. Дополнительную информацию по методам кодирования информации при ее передаче по цифровым линиям можно найти в [43,44].

### 9.3.2. СЕТЕВЫЕ ПРИНТЕРЫ

В последнее время широкое распространение получило развитие локальных компьютерных сетей (Local Area Network, LAN), которые позволяют организовать совместное использование файлов, прикладных программ, дискового пространства, модемов, принтеров. Принтер, подключенный к одному из компьютеров, стал доступен всем пользователям локальной сети (рис. 9.83).

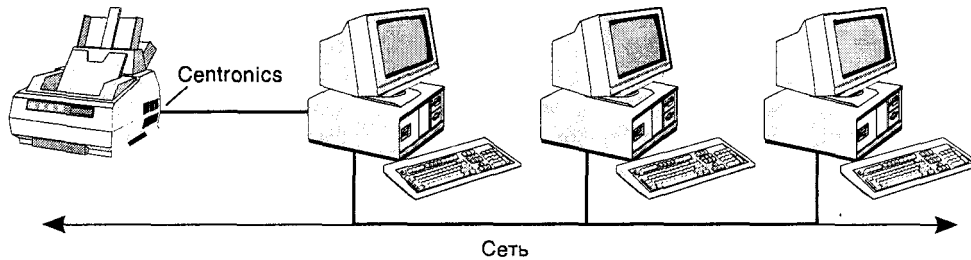


Рис. 9.83. Использование принтера в локальной сети.

Однако с увеличением объема и сложности выводимых на печать документов появилась необходимость более удобного и оперативного сетевого использования устройств печати. Поэтому были разработаны специальные сетевые интерфейсы для принтеров.

Так, например, фирма Hewlett-Packard предлагает для различных моделей своих принтеров и графопостроителей специальную сетевую карту JetDirect.

На рис. 9.84 приведена типичная конфигурация устройств при использовании карты HP JetDirect для организации печати на включенном в сеть принтере или графопостроителе.

Многие современные лазерные принтеры продаются со встроенной сетевой картой Ethernet. Такие принтеры называются сетевыми лазерными принтерами. Кроме того, что эти принтеры оборудованы соответствующей картой, они рассчитаны на выдачу огромного количества

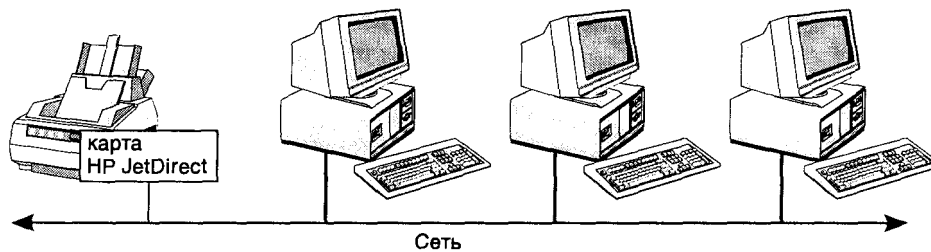


Рис. 9.84. Применение карты HP JetDirect для организации сетевого использования принтера *HP LaserJet* членами рабочей группы.

распечатанных листов за короткое время — скорость работы механизмов печати составляет от 12 до 38 страниц в минуту. Многие из этих принтеров позволяют осуществлять специальные виды работы с бумагой: двустороннюю печать, выборку бумаги из нескольких карманов, печать на бумаге формата A3 и даже раскладку бумаги по нескольким приемным карманам.

#### 9.3.2.1. Что такое сетевой принтер?

С момента появления первых персональных компьютеров фирмы Intel для их сопряжения с принтером, как правило, использовался параллельный интерфейс Centronics. С течением времени для сетевого применения устройств печати их стали оборудовать более быстродействующими интерфейсами, которые сегодня стали стандартом для лазерных принтеров *HP LaserJet*. Первым принтером из семейства *HP LaserJet*, в котором производителями была установлена карта HP JetDirect, стал принтер *HP LaserJet 4MV*. Карта HP JetDirect — это карта интерфейса, которая устанавливается в слот расширения ввода/вывода лазерных принтеров *HP LaserJet*. Фирмой Hewlett-Packard постоянно велись работы по расширению области применения карты JetDirect, и в настоящий момент существует целое семейство карт интерфейсов, каждая из которых удовлетворяет специфическим требованиям конкретной конфигурации сети.

Получившие широкое распространение в последние десять лет Ethernet и другие сети позволили группам специалистов использовать карту JetDirect для совместного применения устройств печати без помощи специализированных компьютеров. Принтер *HP LaserJet 4si* был специально разработан для применения группой пользователей локальной сети.

#### 9.3.2.2. Сравнение интерфейсов подключения к LAN.

Фирмой Hewlett-Packard были разработаны так называемые внутренние интерфейсы Ethernet. Они называются интерфейсами JetDirect и представляют собой набор электронных схем, обеспечивающих доступ к различным принтерам, распределенным в сети. Вместе с тем были

разработаны и уже завоевали популярность внешние сетевые интерфейсы принтера. Технологию внешних сетевых интерфейсов для печати впервые представила небольшая компания MicroTest в Paradise Valley (Arizona). Внешний сетевой интерфейс еще называют принт-сервером. Компания Intel приобрела эту новую концепцию, продолжила разработки и представила семейство принт-серверов.

#### **Внутренние интерфейсы Ethernet.**

Внутренние интерфейсы Ethernet — это сетевые интерфейсы, устанавливаемые в принтер. Использование таких интерфейсных карт позволяет разгрузить интерфейс Centronics. Пользователи лазерных принтеров фирмы Hewlett-Packard обычно используют этот тип интерфейса для размещения принтеров либо в удаленных местах, либо в специально отведенных помещениях неподалеку от места расположения рабочей группы. Карты HP JetDirect используются в принтерах *HP LaserJet 5Si, 5Si MX, 5, 5N, 5M, 4Si MX, III Si, 4, 4M, 4V, 4MV, 4Plus* и *4M Plus*. Помимо перечисленных лазерных принтеров карта HP JetDirect может быть использована с графопостроителями *HP PaintJet XL300, XL300/PS, HP DesignJet 650C, 650C/PS, 750C* и *750CM*. Из приведенного списка видно, что карта интерфейса JetDirect совместима с большинством современных принтеров и графопостроителей фирмы Hewlett-Packard.

Для расширения области применения интерфейса разработчики фирмы Hewlett-Packard при создании драйверов поддержки карт JetDirect использовали наиболее популярные сетевые протоколы систем: Novell NetWare, IBM LAN Server, Microsoft LAN Manager, Apple EtherTalk, Apple LocalTalk, Microsoft Windows NT, Microsoft Windows for Workgroups, HP-UX, Sun OS, Sun Solaris, IBM AIX и SCO UNIX. Также поддерживаются утилиты, используемые в UNIX. Столь мощная программная поддержка гарантирует совместимость лазерных принтеров фирмы Hewlett-Packard, оборудованных картой JetDirect, с большинством сетевых конфигураций. На рис. 9.85 приведены панели карт внутренних интерфейсов серии HP JetDirect. По имеющимся на них разъемам можно судить о сетевом предназначении моделей.

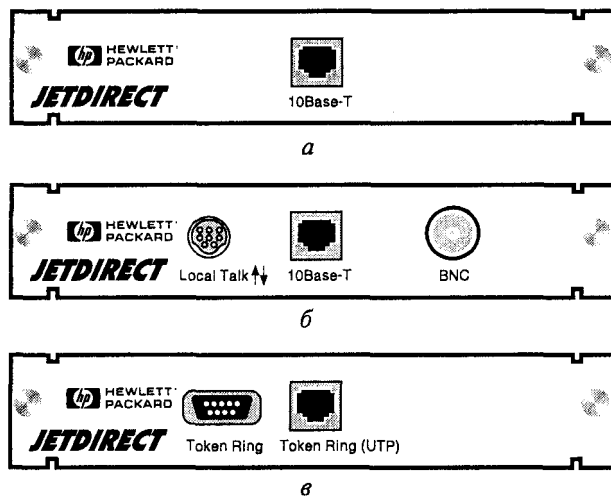


Рис. 9.85. Разъемы карт внутренних интерфейсов HP JetDirect для моделей J2550B (а), J2552B (б) и J2555B (в).

#### **Внешние интерфейсы Ethernet**

В отличие от карты JetDirect, внешние интерфейсы размещаются снаружи на корпусе принтера и обычно для выполнения запросов печати используют интерфейс Centronics. На рис. 9.86 показан внешний вид внешнего принт-сервера HP JetDirect EX Plus.

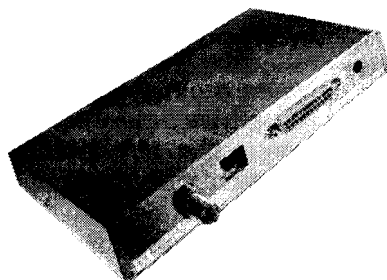


Рис. 9.86. Внешний вид принт-сервера HP JetDirect EX Plus.

Принт-сервер HP JetDirect EX во многом схож с другими внешними устройствами, обеспечивающими прием документов непосредственно из сети. Устройства семейства Intel NetPort

обладают схожей структурой. Наилучшим выбором при организации печати, особенно при работе в сетях Token Ring или Apple Ethernet, является применение принт-сервера HP JetDirect EX. Организация печати при работе в этих сетях требует применения специфических сетевых драйверов.

Рост популярности принт-серверов обусловлен теми же факторами, которые способствовали широкому применению внутренних интерфейсов Ethernet. Удобство размещения принтера, высокое быстродействие и низкая стоимость — все это относится к принт-серверам и обеспечивает им статус наиболее динамично развивающейся в последние годы отрасли в мире устройств печати. Принт-сервер HP JetDirect EX находит широкое применение благодаря мультипротокольной поддержке всех Centronics-ориентированных принтеров, поддержке стандарта Token Ring и утилит UNIX, гибкости в использовании памяти для обмена программными продуктами в сети (без замены чипов ROM) и совместимости с операционной системой Novell NetWare со всеми ее свойствами обеспечения безопасности и шифрования. На рис. 9.87 показан пример подключения принтеров в сеть при использовании принт-серверов серии HP JetDirect EX.

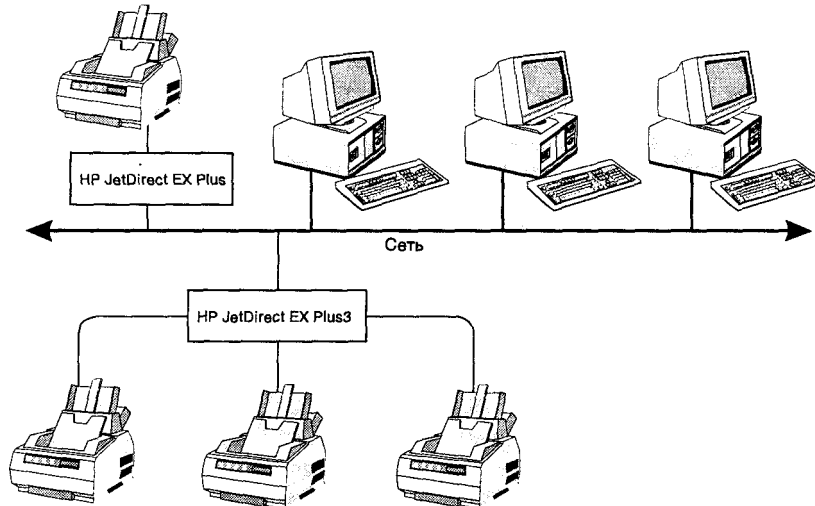


Рис. 9.87. Применение принт-серверов *HP JetDirect EX* для организации сетевого использования лазерных принтеров

Принт-сервер HP JetDirect EX был разработан для применения с принтерами *HP LaserJet 4P, 4MP, 4Mb, HP, HHP*, графопостроителем *HP DraftPro Plus* и принтерами семейства *HP DeskJet* в дополнение к большому количеству Centronics-ориентированных принтеров. Возможность использования принт-серверов HP JetDirect EX с самыми разными моделями принтеров соответственно означает их совместимость со многими операционными системами. Принт-сервер HP JetDirect EX обеспечивает поддержку Novell NetWare, Microsoft LAN Manager, Windows NT, Windows for Workgroups, IBM's LAN Server, HP-UX, Sun OS, Sun Solaris, Apple EtherTalk, Apple LocalTalk и команды lpd большинства версий операционной системы UNIX.

На рис. 9.88 приведены панели внешних интерфейсов HP JetDirect EX Plus3 (б) и HP JetDirect EX Plus (а). По имеющимся на них разъемам также можно судить о сетевом предназначении принт-серверов.

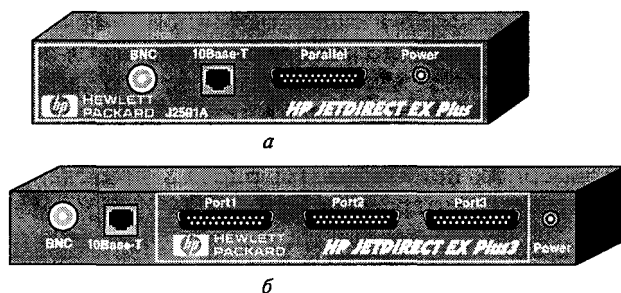


Рис. 9.88 Разъемы принт-серверов для моделей J2591A (а) и J2593A (б).

### 9.3.2.3. Принцип работы интерфейсов сетевых принтеров

Принцип работы как внутреннего, так и внешнего интерфейса принтера, во многом одинаков. В обоих интерфейсах для приема и интерпретации сетевых сообщений используется набор микросхем Ethernet. Основным достоинством карты JetDirect является быстродействие. В случае использования карты JetDirect передача данных осуществляется без задействования интерфейса Centronics

непосредственно через интерфейс расширения ввода/вывода принтера. При этом скорость передачи данных из сети на механизм печати значительно возрастает.

Как внутренний интерфейс JetDirect, так и принт-сервер JetDirect EX имеет внутреннюю память, доступ к которой может осуществляться прямо из сети. Эта программируемая память, называемая флэш-памятью. Эта память подобна электронной записной книжке, содержащей последнюю запись набора команд, загруженного главной системой. Однако не каждая команда, переданная принтеру, может быть записана во флэш-память: для этого необходимы специальные драйверы. Наличие флэш-памяти не требует при установке сетевой операционной системы изменять интерфейс, будь то карта JetDirect или принт-сервер EX JetDirect. Выбор новой совместимой сетевой операционной системы осуществляется путем перепрограммирования флэш-памяти непосредственно из сети.

Сетевые интерфейсы принтера позволяют размещать устройства печати в любом месте сети по желанию пользователя. Число совместимых с интерфейсами Ethernet операционных систем постоянно растет и в настоящее время охватывает большинство компьютерных систем во всем мире. Как и любой другой отрасли компьютерной индустрии, операционным системам присуща высокая динамика развития. Применяемая разработчиками интерфейсов флэш-память позволяет настраивать интерфейс Ethernet (и соответственно принтер) для использования в любой поддерживаемой операционной системе. Программные коды, специфичные для каждой операционной системы, загружаются из главной системы непосредственно во флэш-память на карте интерфейса и активизируют принтер в задействованной операционной системе. Например, если вы работаете в сети NetWare и хотите перейти к работе под управлением Windows NT, вам необходимо только загрузить во флэш-память программное обеспечение, соответствующее новой операционной системе. На рис. 9.89 приведена диаграмма, поясняющая принцип работы интерфейса Ethernet.

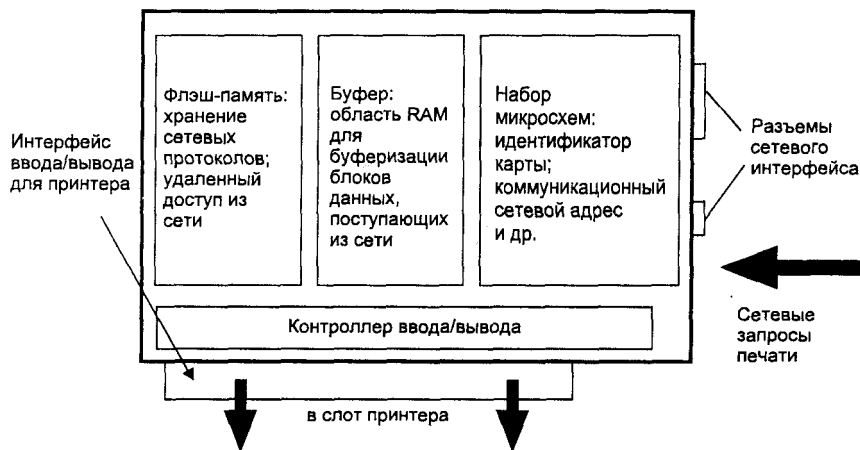


Рис. 9.89. Принцип работы интерфейса Ethernet

### Контрольные вопросы

1. Что такое сетевой принтер и как он может подключаться к локальной сети?
2. Опишите принцип работы интерфейса сетевого принтера.

В разделе 9.3.2 представлена информация из [8].

### РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.

1. Ларионов А.М., Горнец Н.Н. Периферийные устройства в вычислительных системах: Учеб. пособие для вузов. М.: Высшая шк., 1991 – 336 с., ил.
2. Гук М. Аппаратные средства РС. Энциклопедия – СПб: Питер Ком, 1998. -816 с.: ил.
3. Мячев А.А. Системы ввода-вывода ЭВМ.-М.: Энергоатомиздат, 1983, 168с.
4. Мячев А.А. и др. Интерфейсы систем обработки данных: Справочник. –М.: Радио и связь, 1989.- 416 с., ил.
5. Новиков Ю.В., Калашников О.А., Гуляев С.Э. Разработка устройств сопряжения для персонального компьютера типа IBM PC. Под общей редакцией Ю.В. Новикова. Практ. пособие – М.: ЭКОМ., 1997.- 224 с., ил..
6. Сопряжение датчиков и устройств ввода данных с компьютерами IBM PC: Пер. с англ. /Под ред. У. Томпкинса, Дж. Уэмбстона. –М.: Мир, 1992. – 592 с., ил.
7. Айден К. и др. Аппаратные средства РС. Изд. 2-е. Перераб. И доп. – С.-Петербург.: ВНУ, 1998. – 608 с., ил.
8. Чепурной В. Устройства хранения информации. – СПб.: ВНУ- Санкт-Петербург, 1998. – 208 с., ил.
9. Николин В.А. Компакт-диски и CD устройства. – СПб.: Издательство Лань, 1997. – 112 с., ил.
10. Федорков Б.Г., Телец В.А. Микросхемы ЦАП и АЦП: функционирование, параметры, применение М.: Энергоатомиздат, 1990. – 320 с., ил.
11. Цифровые и аналоговые интегральные микросхемы: Справочник/ С.В. Якубовский, Л.И.Лиссельсон, В.И. Кулешова и др.; под ред. С.В. Якубовского. М.: Радио и связь. 1990. – 496 с.: ил.
12. Чернов В.Г. Устройства ввода-вывода аналоговой информации для цифровых систем сбора и обработки данных. 1988, 183с.
13. Коффрон Дж., Лонг В. Расширение микропроцессорных систем: Пер. с англ./ Под ред. П.В.Нестерова. -М.: Машиностроение, 1987, 320с.
14. Краус М., Каучбах Э., Зошни О.Г. Сбор данных в управляющих вычислительных системах: Пер. с нем. -М. :Мир, 1987, 294с.
15. Методы автоматического распознавания речи: В 2 кн./Под ред. У. Ли. /Пер. с англ.— М.: Мир, 1983, Кн.1. 328с, Кн.2. 392с.
16. 28-ОбжелянН.К. Речевое общение в системах человек — ЭВМ. -Кишинев: Штиница, 1985,176с.
17. Речь и ЭВМ/ Под ред. Васильева. -М. :Знание, 1989, 63с.
18. Кейтер Дж. Компьютеры — синтезаторы речи: Пер.с англ. —М. :Мир, 1985, 237с.
19. Назаров С. RAID-технологии компании Promise Technology//Компьютер Пресс, 1988, № 4.- С.208 – 215.
20. Колесниченко О. и др. Лазерные принтеры. –СПб.: ВНУ – Санкт-Петербург, 1997.- 272 с., ил.
21. Лагутенко А.И. Модемы. Справочник пользователя / Оформление А. Лурье -СПб.- «Лань», 1997 – 368 с., ил.
22. Хаммел Р.Л. Последовательная передача данных: Руководство для программиста: Пер. с англ. – М.: Мир, 1996. – 782 с., ип.
23. Балашов Е.П., Григорьев В.Л., Петров Г.А. Микро- и мини ЭВМ.- Л.: Энергоатомиздат, 1984,376с.
24. Кейслер С. Проектирование операционных систем для малых ЭВМ.- М.: Мир, 1986, 680с.

25. Янсен И. Курс цифровой электроники. В 4-х томах: Пер. с голл. -М.: Мир, 1987. Т.3. Сложные ИС для устройств передачи данных — 412с.
26. Ковалевский В.А., Гимельфарб Г.Л., Возиянов А.Ф. Оптические читающие автоматы. /Под ред. В.А. Ковалевского. -Киев: Техшка, 1980, 207с.
27. Вуколов Н.И., Михайлов А.Н. Знакосинтезирующие индикаторы: Справочник.— М.: Радио и связь, 1987, 589с.
28. Яблонский Ф.М., Троицкий Ю.В. Средства отображения информации. -М.: Высшая школа, 1985, 298с.
29. Алиев Т.М., Вигдоров Д.И., Кривошеев В.П. Системы отображения информации. - М.: Высшая школа, 1988, 223с.
30. Роджерс Д., Адаме Дж. Математические основы машинной графики: Пер. с англ. /Под ред. Ю.И. Топчеева. -М.: Машиностроение, 1980, 240с.
31. Павлидис Т. Алгоритмы машинной графики и обработки изображений: Пер. с англ.— М.: Радио и связь, 1986, 399с.
32. Сиаккоу М. Физические основы записи информации.- М.: Связь, 1980, 192с.
33. Михайлов В.И., Князев Г.И., Раков Б.М. Информационные каналы запоминающих устройств на магнитных дисках.-М.: Энергоатомиздат, 1984, 176с.
34. Адамысо В.И., Каган Б.М., Пац В.Б. Основы проектирования запоминающих устройств большой емкости.-М.: Энергоатомиздат, 1984, 288с.
35. Котов Е.П., Руденко М.И. Ленты и диски в устройствах магнитной записи.- М.: Радио и связь, 1986, 223с.
36. Авах Ю.А., Фатин В.К. Односторонние запоминающие устройства.- М.: Энергия, 1981, 191с.
37. Иванов Е.Л., Степанов И.М., Хомяков К.С. Периферийные устройства ЭВМ и систем: — М.: Высшая школа, 1987, 319с.
38. Кулаков В., Зимин К. Носители информации. Часть 1: Диски, диски, диски... "Hard & Soft". №12. 1996г. стр. 48 - 53.
39. Казаров С. RAID-технологии. "Компьютер пресс",: 1998г. №4, стр. 208 - 215.
40. Фролов А.В., Фролов Г.В. Что вы должны знать о дисках CD-R и CD-RW. "Hard & Soft@". №10, 1997г., стр. 74 - 80.
41. 21. Ларионов А.М., Майоров С.А., Новиков Г.И. Вычислительные комплексы, системы и сети.— Л.: Энергоатомиздат. Ленинградское отделение, 1987, 288с.
42. Уткин В.И. Мультиплексоры и процессоры телеобработки данных ЕС ЭВМ.- М.: Радио и связь, 1987, 232с.
43. Гук М. Аппаратные средства локальных сетей. Энциклопедия - СПб: Издательство "Питер", 2000. - 576с.: ил.
44. Денисьева О.М., Мирошников Д.Г. Средства связи для "последней мили". Инженерная энциклопедия ТЭК.: ЭКО-ТРЕНЗ - НТС НАТЕКС. Москва, 1999. - 137с.
45. Фролов А.В., Фролов Г.А. Программирование модемов. 2-е издание, стереотипное.- М.: "ДИАЛОГ-МИФИ", 1994.- 240с.- (Библиотека системного программиста; Т. 4).
46. Фролов А.В., Фролов Г.А. Модемы и факс-модемы. Программирование для MS-DOS и Windows.- М.: "ДИАЛОГ-МИФИ", 1995.- 284с.- (Библиотека системного программиста; Т. 16).
47. Новиков Ю.В., Карпенко Д.Г. Аппаратура локальных сетей: функции, выбор, разработка / Под общей редакцией Ю.В. Новикова. -М., Издательство ЭКОМ, 1998.-288с.

Учебное издание

*ПАВЛОВ Виктор Александрович*

**ПЕРИФЕРИЙНЫЕ УСТРОЙСТВА ЭВМ  
ЧАСТЬ 2**

Учебное пособие для вузов