



## Интерфейс ATA/IDE

### Краткий обзор

Интерфейс, используемый для подключения жестких дисков и оптических накопителей к современным компьютерам, обычно называют *IDE* (Integrated Drive Electronics — встроенный интерфейс накопителей); однако я всегда подчеркиваю, что официальное название интерфейса — *ATA* (AT Attachment). В нем отражено то, что данный интерфейс изначально был предназначен для подключения комбинации накопителя и контроллера к 16-разрядной шине представленного в 1984 году компьютера IBM AT, а также совместимых с ним. Шина AT больше известна как *ISA* (Industry Standard Architecture — архитектура шины промышленного стандарта). Хотя официально интерфейс называется ATA, часто используется маркетинговое название IDE, которое некоторые производители накопителей также применяют для описания комбинации накопителя и контроллера ATA. Название *Integrated Drive Electronics* говорит о том, что электроника интерфейса или контроллера встроена в накопитель, а не расположена на отдельной плате, как в устройствах предыдущих поколений. Поэтому, несмотря на официальное “техническое” название *ATA*, название *IDE* получило гораздо большее распространение. Но выход из подобной ситуации, безусловно, существует: под *IDE* следует понимать любой интерфейс накопителя, который характеризуется встроенным контроллером, в то время как под *ATA* — конкретную реализацию IDE, используемую в большинстве современных ПК.

Изначально ATA представлял собой 16-разрядный параллельный интерфейс, что означает возможность одновременной передачи по кабелю 16 бит данных. Новый интерфейс, который называется *Serial ATA*, был официально представлен в конце 2000 года; впервые он появился в настольных системах в 2003 году, а в портативных компьютерах — в конце 2005 года. Интерфейс Serial ATA (SATA) передает данные по кабелю по одному биту за такт, что означает возможность использования более тонких кабелей, а также обеспечение более высокого быстродействия благодаря меньшим задержкам и скорости передачи данных. SATA — совершенно новый физический интерфейс, однако на программном уровне он совместим с предыдущей реализацией ATA, которая в последнее время получила новое название — *Parallel ATA*

(параллельный ATA). В настоящей книге под ATA подразумевается как параллельная, так и последовательная версия этого интерфейса. При указании параллельной версии будет использоваться название *Parallel ATA (PATA)*, а последовательной — *Serial ATA (SATA)*.

## История развития интерфейса IDE

За время существования ПК было разработано несколько интерфейсов. В табл. 7.1 приведены типы интерфейсов и период их использования. С каждым новым поколением компьютеров появляются новые интерфейсы, в то же время старые отмирают и в современных системах не используются.

**Таблица 7.1. Интерфейсы жестких дисков**

Интерфейс	Когда использовался
ST-506/412	1978–1989 годы (устарел)
ESDI	1983–1991 годы (устарел)
IDE (не ATA)	1987–1993 годы (устарел)
SCSI	С 1986 года по настоящее время
IDE (Parallel ATA)	С 1986 года по настоящее время
Serial ATA	С 2003 года по настоящее время

Из них только первые два можно считать настоящими интерфейсами между контроллером и диском, и все они устарели. Версии интерфейса IDE (не ATA) использовались в основном в системах PS/2 и тоже отжили свое. Современные SCSI, ATA и SATA — это интерфейсы системного уровня, в которых контроллер одного из первых двух типов выполнен в виде набора микросхем и встроены в диск. Например, в большинстве дисков SCSI, IDE и SATA установлено устройство, собранное по той же схеме, что и автономный контроллер ESDI. В интерфейсе SCSI между контроллером и системной шиной вводится еще один уровень организации данных и управления, а IDE и SATA взаимодействуют непосредственно с системной шиной. Несмотря на эти отличия, платы SCSI, ATA и Serial ATA именуются не *платами контроллера*, а *адаптерами интерфейса*, так как реальные контроллеры встраиваются непосредственно в накопители на жестких дисках. Практически все современные накопители подключаются к ПК с помощью интерфейсов ATA, Serial ATA и SCSI.

## Происхождение IDE

Как уже отмечалось, IDE (Integrated Drive Electronics) — это обобщающий термин, применимый практически к каждому дисководу со встроенным контроллером. Хотя, говоря “IDE”, мы обычно подразумеваем конкретную реализацию этого интерфейса, называемую ATA. Комбинирование контроллера и привода в одном устройстве существенно упрощает процесс установки, поскольку устройство и контроллер не нужно соединять отдельным шлейфом. При этом общее количество компонентов уменьшается, пути прохождения сигналов становятся короче, а электрические соединения — более помехоустойчивыми. В результате данная конфигурация выигрывает как в отношении себестоимости, так и надежности.

Объединяя контроллер (в том числе входящий в его состав шифратор/дешифратор) с жестким диском, удастся существенно повысить надежность воспроизведения данных по сравнению с системами, в которых используются автономные контроллеры (ST506 и ESDI). Происходит это потому, что кодирование данных и их преобразование из цифровой формы в аналоговую (и наоборот) осуществляется непосредственно в жестком диске при меньшем уровне внешних помех. В результате аналоговые сигналы, временные параметры которых весьма критичны, не передаются по плоским кабелям, где они могли бы “набрать” помех; кроме того, при передаче сигналов по кабелям могут возникнуть непредсказуемые задержки их распространения. В конечном счете совмещение контроллера и жесткого диска в едином блоке позволило повысить тактовую частоту шифратора/дешифратора, плотность размещения данных на носителе и общее быстродействие системы.

Интеграция контроллера в жесткий диск освободила разработчиков от необходимости строго следовать стандартам, что было неизбежно при использовании прежних интерфейсов. Взаимно согласованная и “подогнанная” пара “жесткий диск–контроллер” обладает гораздо большим быстродействием по сравнению с прежними комбинациями автономных устройств.

Первые диски IDE назывались *жесткими платами* и представляли собой не что иное, как упакованные в один корпус контроллеры и диски, вставляемые в качестве единого устройства в специальный разъем. Некоторые компании, например Plus Development (подразделение Quantum), поступали следующим образом: прикрепляли небольшие жесткие диски формата 3,5 дюйма (в стандарте ST-506/412 или ESDI) непосредственно к платам стандартных контроллеров. Полученный модуль вставлялся в разъем шины, как обычный контроллер жесткого диска. Но когда тяжелый, вибрирующий жесткий диск устанавливается в разъем расширения и крепится всего одним винтом, это, естественно, — далеко не лучшая ситуация, не говоря уже о том, что такой модуль упирается в соседние платы, поскольку он намного толще обычного адаптера.

Некоторые компании пошли другим путем и переработали конструкцию контроллера, установив его вместо платы управления в стандартном жестком диске. При этом сам жесткий диск монтировался обычным образом в предназначенном для него отсеке. Конечно, как и любое другое устройство компьютера, встроенный контроллер таких жестких дисков необходимо было подключать к шине. Делалось это с помощью кабеля, соединяющего жесткий диск с одним из разъемов. Так зарождался интерфейс IDE.

## Происхождение ATA

Прототип накопителя ATA IDE, или 40-контактный разъем IDE, был разработан совместными усилиями компаний CDC, Western Digital и Compaq. Первым устройством ATA IDE стал жесткий диск формата 5,25 дюйма и емкостью 40 Мбайт, выпущенный CDC. В нем использовался встроенный контроллер компании Western Digital, а устанавливались эти диски в первых компьютерах Compaq 386 (1986 год). Помнится, когда этот диск был впервые представлен на ярмарке Comdex в 1986 году, меня больше всего поразили широкий 40-жильный шлейф и зеленый мерцающий индикатор (до этого все индикаторы активности устройств были красными).

Компания Compaq впервые представила в выпускаемых компьютерах специальный шинный адаптер, обеспечивший подключение 98-контактного краевого разъема шины АТ (также известной как ISA), расположенного на системной плате, к меньшему 40-контактному разъему, применяемому для соединения с накопителем. 40-контактного разъема оказалось вполне достаточно, поскольку контроллеру жесткого диска хватало 40 линий шины ISA. В меньших по размеру 2,5-дюймовых накопителях АТА, применяемых в портативных компьютерах, используется расширенный 44-контактный разъем, содержащий дополнительные контакты питания. Стандартному контроллеру жесткого диска АТ требуются только сигнальные контакты оригинальной шины ISA, поддерживаемые шиной АТА. Например, поскольку первичный контроллер диска АТ задействует лишь линию запроса прерывания 14 (IRQ 14), основной разъем системной платы АТА предоставляет только эту линию запроса, не требуя использования других линий IRQ. Даже если интерфейс АТА встроен в такой компонент набора микросхем системной логики, как южный мост или контроллер ввода-вывода (что типично для современных компьютеров), и работает на высоких тактовых частотах шины данных, схема расположения выводов и функциональное назначение контактов не отличаются от оригинальной конструкции шины ISA.

### Примечание

---

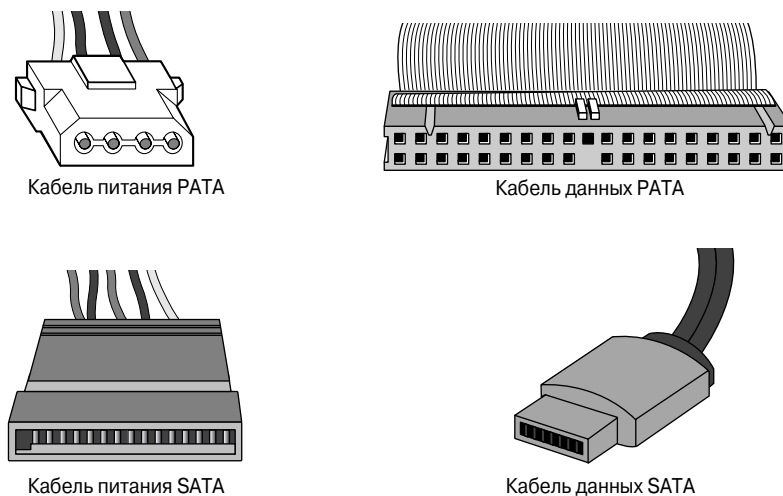
Многие пользователи полагают, что в компьютерах, в которых разъем IDE установлен на системной плате, контроллер жесткого диска расположен на ней же. На самом деле это не так: контроллер находится в самом жестком диске. Несмотря на то что интегрированные в материнскую плату порты АТА часто называют *контроллерами*, с технической точки зрения их правильнее было бы называть *адаптерами контроллеров* (хотя мне никогда не приходилось слышать такой термин), т.е. устройствами, подключающими контроллер к шине.

---

Через некоторое время 40-контактный разъем и метод построения дискового интерфейса были представлены на рассмотрение в Комитет по стандартам при ANSI. Совместными усилиями этого института и компаний-изготовителей были устранены некоторые шероховатости, “подчищены хвосты”, и в марте 1989 года был опубликован стандарт на интерфейсы, известный как *SAM ATA*. Однако еще до появления этого стандарта многие компании, например *Conner Peripherals*, вслед за CDC внесли некоторые изменения в первоначальную конструкцию. В результате многие старые накопители ATA очень трудно объединять в двух-дисковую конфигурацию, принятую в современных системах. К началу 1990-х годов большинство производителей жестких дисков привели выпускаемые устройства в соответствие официальному стандарту, что решило все проблемы совместимости.

Некоторые разделы стандарта ATA не конкретизированы, и изготовителям предоставлена определенная свобода творчества при введении собственных команд и функций. Кстати, именно поэтому низкоуровневое форматирование накопителей IDE превратилось в столь сложную проблему. Программа форматирования при перезаписи заголовков секторов и создании карты дефектов должна обладать возможностью использования набора команд, разработанного для конкретной модели жесткого диска. К сожалению, при таком подходе размывается само понятие “стандарт”. Большинство производителей жестких дисков публикуют программы низкоуровневого форматирования на своих сайтах поддержки.

Стандартная шина PATA представляет собой 16-разрядный параллельный интерфейс, т.е. по интерфейсному кабелю одновременно передается 16 бит данных (разрядов). Интерфейс SATA обеспечивает единовременную передачу по кабелю только одного бита данных, что позволяет уменьшить геометрические размеры используемого кабеля и обеспечить более высокую эффективность его работы, которая достигается за счет повышения циклической частоты передачи информации. На рис. 7.1 сравниваются размеры кабелей питания и данных шины SATA с геометрическими параметрами кабелей для параллельного интерфейса ATA (PATA).



**Рис. 7.1.** Кабели питания/данных SATA имеют гораздо меньший размер, чем кабели параллельного интерфейса ATA

## Стандарты ATA

В настоящее время развитием интерфейса ATA занимается независимая группа, включающая в себя представителей различных компаний-разработчиков ПК, жестких дисков и комплектующих. Эта группа, получившая название *Технический комитет T13* ([www.t13.org](http://www.t13.org)), отвечает за развитие всех стандартов интерфейсов Serial и Parallel AT Attachment. Комитет T13 входит

в Интернациональный комитет по стандартам информационных технологий (International Committee on Information Technology Standards — INCITS), который работает в соответствии с правилами государственной организации ANSI (Национальный институт стандартизации США). Для создания стандартов SATA была сформирована группа, получившая название *Serial ATA Workgroup* ([www.serialata.org](http://www.serialata.org)), которая затем передала свои разработки Комитету T13 для завершения и официальной публикации. В последние стандарты ATA-7 и ATA-8 вошли требования к последовательному и параллельному интерфейсам ATA.

Правила, разрабатываемые этими комитетами, предназначены для согласования стандартов производителей, вовлеченных в этот технологический сектор рынка. В частности, Международный комитет стандартов информационных технологий (INCITS) разрабатывает стандарты систем обработки информации, в то время как Институт стандартизации ANSI утверждает процесс разработки этих стандартов и публикует их. Поскольку Комитет T13 — общественная организация, все рабочие проекты и их обсуждения открыты для публичного доступа.

Копии всех опубликованных стандартов можно заказать на сайтах ANSI ([www.ansi.org](http://www.ansi.org)) и Global Engineering Document (<http://global.ish.com>). Черновые версии стандартов можно загрузить с сайтов комитета T13 и организации SATA-IO.

Все версии стандарта ATA обратно совместимы, т.е. устройство ATA-1 или ATA-2 будет прекрасно работать с интерфейсом ATA-4 или ATA-5. Каждый последующий стандарт ATA основан на предыдущем. Это означает, что стандарт ATA-8, например, практически полностью соответствует функциональным особенностям ATA-7, но обладает дополнительными функциональными возможностями. Стандарты ATA-7 и ATA-8 содержат требования к параллельному и последовательному интерфейсам ATA.

В табл. 7.2 представлены сведения о существующих стандартах ATA, а их более подробное описание приведено далее.

**Таблица 7.2. Стандарты ATA**

Стандарт	Предложен, год	Опубликован, год	Прекращен выпуск новых проектов, год	PIO	DMA	UDMA	Быстродействие параллельного ATA, Мбайт/с	Быстродействие SATA, Мбайт/с	Свойства
ATA-1	1988	1994	1999	0-2	0	—	8,33	—	Поддержка дисков емкостью до 136,9 Гбайт, не встроенная в BIOS
ATA-2	1993	1996	2001	0-4	0-2	—	16,67		Трансляция CHS/LBA для работы с дисками емкостью до 8,4 Гбайт
ATA-3	1995	1997	2003	0-4	0-2	—	16,67		Поддержка технологии S.M.A.R.T., обязательная поддержка LBA, исключение однословных режимов DMA
ATA-4	1996	1998	—	0-4	0-2	0-2	33,33		Режимы Ultra-DMA, поддержка дисков емкостью до 136,9 Гбайт на уровне BIOS
ATA-5	1998	2000	—	0-4	0-2	0-4	66,67		Режимы Faster UDMA, новый 80-контактный кабель с автоопределением
ATA-6	2000	2002	—	0-4	0-2	0-5	100,00		Режим UDMA с быстродействием 100 Мбайт/с; поддержка дисков емкостью до 144 Пбайт на уровне BIOS
ATA-7	2001	2004	—	0-4	0-2	0-6	133,00	150	Режим UDMA с быстродействием 133 Мбайт/с
ATA-8	2004	—	—	—	—	—	—	300	Незначительные изменения

*SMART* — *Self-Monitoring, Analysis, and Reporting Technology* (технология самоконтроля с анализом).

*Пбайт* — *петабайт* (один квадрильон байтов).

*CHS* — *Cylinder Head Sector* (система адресации типа цилиндр/головка/сектор).

*LBA* — *Logical Block Address* (адресация логических блоков).

*UDMA* — *Ultra DMA* (*Direct Memory Access* — прямой доступ к памяти).

## Стандарт ATA-1

Стандарт ATA-1 определяет оригинальный интерфейс AT Attachment (интегрированный интерфейс шины между дисковыми устройствами и адаптером к шине ISA). В спецификации ATA-1 были определены и документированы следующие основные свойства:

- 40/44-контактный разъем и кабель;
- параметры выбора конфигурации диска (ведущий/ведомый);
- параметры сигналов для основных режимов PIO (программируемый ввод-вывод) и DMA (прямой доступ к памяти);
- преобразование параметров накопителя CHS (Cylinder Head Sector) и LBA (Large Block Address) для устройств емкостью до 267386880 секторов (136,9 Гбайт).

Хотя интерфейс ATA-1 используется с 1986 года, работу по его превращению в официальный стандарт Комитетом CAM (Common Access Method — общий метод доступа) начал только в 1988 году. Стандарт ATA-1 был завершен и официально опубликован в 1994 году под названием *ANSI X3.221-1994, AT Attachment Interface for Disk Drives*. Официально его поддержка была прекращена 6 августа 1999 года.

Хотя стандарт ATA-1 теоретически поддерживает диски емкостью до 136,9 Гбайт ( $2^{28} - 2^{20} = 267386880$  секторов), он не позволил обойти ограничения BIOS, из-за чего максимальный объем дисков составил 528 Мбайт ( $102416 \times 63 = 1032192$  сектора). Ограничения BIOS удалось обойти только в последующих версиях стандарта ATA, поскольку на то время жестких дисков объемом более 528 Мбайт не существовало.

## Стандарт ATA-2

Этот стандарт, опубликованный в 1996 году, представляет собой расширение первоначального стандарта ATA (IDE). Наиболее существенные дополнения таковы:

- возможность работы в режимах быстрого программного ввода-вывода (Faster PIO) и прямого доступа к памяти (DMA);
- поддержка расширенной системы управления питанием;
- поддержка съемных устройств;
- поддержка устройств PCMCIA (PC Card);
- поддержка команды *Identify Drive*, с помощью которой можно получить дополнительные сведения о диске;
- стандарт CHS/LBA, определенный для дисков емкостью до 8,4 Гбайт.

Наиболее важным нововведением в стандарте ATA-2 была поддержка более быстросействующих режимов PIO и DMA, а также накопителей объемом до 8,4 Гбайт на уровне BIOS, поскольку, несмотря на поддержку стандартом ATA-1 дисков емкостью до 136,9 Гбайт, первые версии PC BIOS позволяли работать с дисками объемом не более 528 Мбайт. Добавление функции трансляции параметров позволило увеличить объем поддерживаемых BIOS накопителей до 8,4 Гбайт. Подробнее об этом речь пойдет ниже.

Кроме того, ATA-2 вносит некоторые изменения в команду идентификации жесткого диска, в результате чего появляется возможность передавать в систему более подробные сведения о нем. Это особенно важно как для технологии Plug and Play, так и для совместимости с последующими версиями стандарта.

Стандарт ATA-2 иногда называют Fast-ATA или Fast-ATA-2 (компания Seagate/Quantum), а также EIDE (Enhanced IDE) (компания Western Digital).

Хотя работа над стандартом ATA-2 была начата в 1993 году, впервые он был опубликован в 1996 году под названием *ANSI X3.279-1996 AT Attachment Interface with Extensions*. Официальная поддержка ATA-2 прекращена в 2001 году.

## Стандарт ATA-3

Стандарт ATA-3 предложил незначительные изменения по сравнению со своим предшественником. Среди наиболее заметных нововведений следующие:

- исключение 8-разрядного протокола передачи данных по каналам DMA;
- технология самоконтроля с анализом S.M.A.R.T. (Self Monitoring Analysis and Report Technology) для предсказания снижения быстродействия устройства;
- поддержка режима LBA стала обязательной (раньше она таковой не являлась);
- добавлен режим Security ATA, позволяющий защитить паролем доступ к устройству;
- приведены рекомендации относительно терминаторов шины для обеспечения повышенной помехоустойчивости при высоких скоростях передачи данных.

Стандарт ATA-3 базируется на стандарте ATA-2, но обеспечивает более высокую надежность, особенно при использовании режимов обмена данными PIO Mode 4; однако в нем не определено ни одного более быстродействующего режима. При этом были добавлены такие функции, как защита паролем, расширенное управление электропитанием, а также поддержка технологии S.M.A.R.T. Это позволяет накопителю контролировать свое состояние и в случае обнаружения проблем сообщать об этом, благодаря чему предотвращается потеря данных. Технология S.M.A.R.T. изначально была разработана компанией IBM.

Работа над стандартом ATA-3 была начата в 1995 году, а опубликован он в 1997 году под названием *ANSI X3.298-1997, AT Attachment 3 Interface*. Официальная поддержка стандарта ATA-3 прекращена в 2002 году.

## Стандарт ATA/ATAPI-4

Спецификация ATA-4 была опубликована в 1998 году. В соответствии с ней пакетный интерфейс ATAPI рассматривается как полноправный, а не вспомогательный интерфейс ATA, причем полностью совместимый с ним. Это позволило подключать к стандартному интерфейсу такие устройства, как приводы оптических CD-ROM и CD-RW, приводы гибких дисков LS-120 SuperDisk, Zip-устройства, ленточные накопители и т.д. До этого времени стандарт ATAPI был формально отделен от ATA. Кроме того, ATA-4 поддерживает режимы Ultra-DMA (называемые также Ultra-ATA) для еще более быстрой передачи данных. Режим с самым высоким эксплуатационным показателем, называемый DMA/33, имеет пропускную способность 33 Мбайт/с.

Основные нововведения стандарта ATA-4 следующие:

- режим передачи данных Ultra-DMA, обеспечивающий скорость до 33 Мбайт/с;
- интегрированная поддержка ATAPI;
- поддержка расширенного управления питанием;
- новый 80-жильный 40-контактный кабель, обладающий повышенной помехозащищенностью;
- поддержка защищенной области жесткого диска (HRA);
- поддержка Compact Flash Adapter (CFA);
- улучшенная BIOS с поддержкой дисков большой емкости (более 9,4 трлн. гигабайт), хотя стандарт ATA по-прежнему ограничен максимальным объемом 136,9 Гбайт.

Степень поддержки и скорость интерфейса ATA в системе определяются главным образом набором микросхем используемой системной платы. Большинство микросхем системной логики поставляется с такими компонентами, как микросхемы южного моста или контроллера ввода-вывода, поддерживающие интерфейс ATA (а также другие функции). Чтобы узнать, поддерживает ли материнская плата режимы ATA/33, ATA/66, ATA/100 и ATA/133, прочитайте документацию к системной плате или ее набору микросхем. Можно также запустить

программу настройки BIOS, открыть меню с пользовательскими настройками жесткого диска и просмотреть перечисленные режимы Ultra-DMA (если таковые имеются). Большинство системных плат, выпущенных в 1998 году, поддерживают ATA/33; начиная с 2000 года платы поддерживают режим ATA/66, а с конца 2000 года — режим ATA/100. Системные платы, выпускаемые с середины 2002 года, поддерживают режим ATA/133.

Стандарт ATA-4 ввел поддержку ATAPI. Таким образом, ATAPI перестал существовать как отдельный интерфейс, независимый от ATA. Это позволило использовать ATA в качестве интерфейса других устройств. Кроме того, в стандарт ATA-4 была добавлена поддержка высокоскоростных режимов передачи данных Ultra-DMA. Так, режим UDMA/33 имел пропускную способность 33 Мбайт/с, что вдвое выше, чем у ранее использовавшихся режимов PIO и DMA. Режим UDMA к тому же еще и уменьшал нагрузку на процессор, что позволило добиться еще большего прорыва в производительности.

Необязательный 80-жильный кабель предназначен для передачи данных в режиме UDMA/33. Несмотря на то что в данном случае этот кабель использовать необязательно, в последующих высокоскоростных режимах ATA/55, ATA/100 и ATA/133, введенных стандартом ATA-5, он станет обязательным.

Поддержка защищенной области жесткого диска (HRA) была введена с целью поддержки необязательной команды SET MAX ADDRESS, позволяющей выделять некоторое пространство жесткого диска для программ восстановления.

Также в стандарт была включена поддержка очередей команд, аналогичных SCSI-2. Это позволило лучше обслуживать многозадачные системы, в которых одновременно работающие программы отправляют свои запросы на передачу данных по интерфейсу ATA.

В 1998 году Комитет T13 утвердил стандарт *ANSI NCITS 316-1998 1394 to AT Attachment — Tailgate*, описывающий протокол сопряжения между шиной IEEE-1394 (iLink/FireWire) и накопителем ATA. Этот протокол дает возможность обеспечить взаимодействие накопителей ATA с шиной FireWire. Сам шлюз сопряжения представляет собой адаптер (в виде, как правило, небольшой монтажной платы), используемый для преобразования сигналов IEEE-1394 (iLink/FireWire) в ATA, что позволяет подключать накопители ATA к шине FireWire. Это дало возможность производителям быстро начать разработку внешних дисковых накопителей, подключаемых по интерфейсу IEEE 1394. В настоящее время практически во всех внешних накопителях FireWire содержится шлюзовое устройство и стандартный накопитель ATA.

## Стандарт ATA/ATAPI-5

Стандарт ATA-5 был представлен в 1998 году и базируется на предыдущем стандарте, ATA-4. Он включает в себя спецификацию Ultra-ATA/66 (также известную как Ultra-DMA 6 или UDMA/66), в которой скорость пакетной передачи протокола Ultra-ATA удвоена за счет сокращения времени синхронизации и повышения частоты. Последнее привело к увеличению помех при передаче по стандартному 40-жильному кабелю, применяемому в интерфейсах ATA и Ultra-ATA. Для снижения уровня помех был разработан 80-жильный 40-контактный кабель. Он был впервые представлен для интерфейса ATA-4, однако стал обязательным для ATA-5 в случае использования режима UDMA/66. Этот кабель имеет 40 дополнительных заземляющих проводов между каждой из 40 основных сигнальных и заземляющих линий, что помогает изолировать сигналы от взаимных наводок. Данный кабель работает не только с устройствами Ultra-ATA, но и со старыми устройствами, поскольку все 40 контактов имеют то же назначение, что и раньше.

Работа над стандартом ATA-5 была начата в 1998 году, а официально он был опубликован в 2000 году под названием *ANSI NCITS 340-2000, AT Attachment-5 with Packet Interface*.

Этот стандарт был дополнен такими возможностями:

- режим передачи Ultra-DMA (UDMA), рассчитанный на скорость до 66 Мбайт/с (так называемая спецификация UDMA/66 или Ultra-ATA/66);
- 80-жильный кабель, необходимый для работы в режиме UDMA/66;



- автоматическое определение кабеля — 40- или 80-жильный;
- возможность использования режимов выше UDMA33 (только при наличии 80-жильного кабеля).

Новый 40-контактный 80-жильный кабель может работать в режиме выбора кабеля и имеет особую цветную разметку разъемов. Голубой (концевой) разъем подключается к плате интерфейса ATA (обычно к системной плате). Черный (с другой стороны кабеля) разъем называется мастер-разъемом; к нему подключается ведущий диск. Серый (центральный) разъем используется для подключения ведомого устройства.

Чтобы использовать режимы UDMA/33 и UDMA/66, интерфейс ATA, накопитель, BIOS и кабель должны быть совместимы с режимом, который вы хотите применить. Кроме того, операционная система должна поддерживать прямой доступ к памяти. Системы Windows 95 OSR2 и более поздние поддерживают режим прямого доступа к памяти, однако таким версиям, как Windows 95 и Windows NT (до появления пакета обновления Service Pack 3), необходимы дополнительные драйверы этих скоростных режимов. За обновленными версиями драйверов следует обратиться к производителю системы или материнской платы.

Для повышения надежности в режимах Ultra-DMA используется механизм обнаружения ошибок CRC. Этот алгоритм поиска вычисляет контрольную сумму, используемую для обнаружения ошибок в потоке данных. И контроллер, и диск вычисляют значение CRC для каждой передачи в канале Ultra-DMA. После пересылки данных диск отдельно рассчитывает значение CRC и сравнивает его со значением, которое присылает контроллер. Если эти значения отличаются, то контроллер понижает скорость передачи и повторно отправляет данные.

## Стандарт ATA/ATAPI-6

Работа над стандартом ATA-6 была начата в 2000 году; данный стандарт поддерживает спецификацию Ultra-ATA/100 (также известную как UDMA/100), в которой скорость пакетной передачи протокола Ultra-ATA удвоена за счет сокращения времени синхронизации и повышения частоты. Как и в случае использования стандарта ATA-5, для обеспечения скоростных режимов работы необходим 80-жильный кабель. Для обеспечения работоспособности режима Ultra-ATA/100 его должны поддерживать и накопитель, и системная плата.

Стандарт ATA-6 был официально опубликован в начале 2002 года и дополнен следующими возможностями:

- режим 5 Ultra-DMA (UDMA), позволяющий передавать данные со скоростью до 100 Мбайт/с (так называемая спецификация UDMA/100, Ultra-ATA/100 или просто ATA/100);
- количество секторов, приходящихся на каждую команду, увеличилось с 8-разрядных чисел (256 секторов, или 131 Кбайт) до 16-разрядных (65536 секторов, или 33,5 Мбайт), что позволило повысить эффективность передачи файлов большого размера;
- расширение адресации LBA с  $2^{28}$  до  $2^{48}$  (281474976710656) секторов, позволяющее поддерживать диски емкостью до 144,12 Пбайт (1 Пбайт равен 1 квадрильону байтов);
- адресация CHS признана устаревшей; дисководы должны использовать только 28- или 48-разрядную адресацию LBA.

Помимо повышения скорости передачи данных до 100 Мбайт/с, ATA-6 весьма своевременно увеличил поддерживаемую емкость диска. ATA-5 и стандарты более ранних версий поддерживают диски емкостью не более 136,9 Гбайт, что ограничивает увеличение емкости производимых дисков. В 2001 году появились первые коммерческие 3,5-дюймовые диски, емкость которых превысила 137 Гбайт. На тот момент существовали только SCSI-версии этих накопителей, что было связано с ограничениями стандартов ATA. При использовании стандарта ATA-6 адресация LBA была расширена с  $2^{28}$  до  $2^{48}$  секторов. Это означает, что вместо 28-разрядного числа, которое использовалось логическим блоком адресации, в стандарте ATA-6

при необходимости может использоваться 48-разрядное число. Это позволяет при емкости сектора, равной 512 байт, повысить максимальную поддерживаемую емкость накопителей до 144,12 Пбайт (т.е. более 144,12 квадрильона байтов!) Следует отметить, что 48-разрядная адресация является необязательной и используется только для дисководов, емкость которых превышает 137 Гбайт. Дисководы, емкость которых меньше или равна 137 Гбайт, могут использовать как 28-, так и 48-разрядную адресацию.

### **Стандарт ATA/ATAPI-7**

Работа над стандартом ATA-7 началась в конце 2001 года, а его окончательная версия была опубликована в 2004 году. Как и все стандарты ATA, он опирается на предыдущую версию, дополняя ее некоторыми возможностями.

Основные нововведения стандарта ATA-7 приведены ниже.

- Добавлен режим 6 Ultra DMA, увеличивающий скорость передачи данных до 133 Мбайт/с. Как и в режимах 5 (100 Мбайт/с) и 4 (66 Мбайт/с), обязательно использование 80-жильного кабеля.
- Добавлена поддержка длинных физических секторов. Это позволяет форматировать устройства так, чтобы один физический сектор содержал несколько логических секторов. Каждый физический сектор хранит поле кода коррекции ошибок (ЕСС), так что увеличение емкости физического сектора позволило повысить эффективность кодов ЕСС, которых стало меньше.
- Добавлена поддержка длинных логических секторов. Это позволило серверным приложениям использовать в каждом секторе дополнительные байты (520 или 528 байт вместо 512 байт). Устройства, использующие длинные логические секторы, не имеют обратной совместимости с устройствами и приложениями, использующими стандартные 512-байтовые секторы (такими, как стандартные настольные и портативные системы).
- В стандарт ATA-7 включены требования к последовательному интерфейсу ATA (SATA).
- Документ стандарта ATA-7 разбит на три тома. В первый том вошли набор команд и логические регистры. Второй том посвящен протоколам параллельной передачи данных, а третий — протоколам последовательной передачи данных.

Благодаря использованию режимов UDMA пропускная способность интерфейса, соединяющего контроллер, встроенный в накопитель, с системной платой, заметно повысилась. Но, несмотря на это, средняя максимальная скорость передачи при чтении данных в большинстве накопителей ATA, к числу которых относятся дисководы, поддерживающие режим UDMA Mode 6 (133 Мбайт/с), все еще не превышает 60 Мбайт/с. Это означает, что при использовании современных накопителей ATA, позволяющих передавать данные от дисковода к системной плате со скоростью 133 Мбайт/с, фактическая скорость передачи данных, считываемых головками с жестких дисков накопителя, будет примерно вдвое меньше. Исходя из этих соображений, можно заметить, что использование накопителя, поддерживающего режим UDMA Mode 6 (133 Мбайт/с), и системной платы, работающей только в режиме UDMA Mode 5 (100 Мбайт/с), приводит к весьма незначительному снижению фактической скорости передачи данных. Аналогично этому замена хост-адаптера ATA, имеющего скорость передачи 100 Мбайт/с, устройством с пропускной способностью 133 Мбайт/с не позволит повысить фактическую скорость передачи данных при использовании накопителя, считывающего данные с жестких дисков примерно с половинной скоростью. При выборе накопителя не забывайте о том, что скорость передачи носителей является более важным показателем, чем скорость передачи интерфейса, так как представляет собой главный ограничивающий фактор.

Режим передачи данных со скоростью 133 Мбайт/с был изначально предложен компанией Махтог, и только немногие производители впоследствии поддержали его. В среде производителей наборов микросхем системной логики компании VIA, ALi и SiS интегрировали поддержку режима ATA/133 до перехода к интерфейсу Serial ATA; компания Intel же воздержалась

от этого шага. Это значит, что подавляющее большинство систем не имеет поддержки режима ATA/133; в то же время все устройства ATA/133 способны работать и в режиме ATA/100.

### Стандарт SATA/ATAPI-8

В 2004 году была начата работа над стандартом SATA-8, который базируется на стандарте ATA-7 и подразумевает дальнейшее развитие Serial ATA с одновременной полной поддержкой параллельного интерфейса ATA. Основные нововведения стандарта SATA-8 следующие:

- замена функций `read long/write long`;
- улучшенное управление защищенной областью диска (HPA).

По мере развития стандарта в нем находят свое отражение предложения, направленные комитетом SATA-IO, в том числе повышенная скорость передачи данных (3 и даже 6 Гбайт/с).

### Параллельный интерфейс ATA

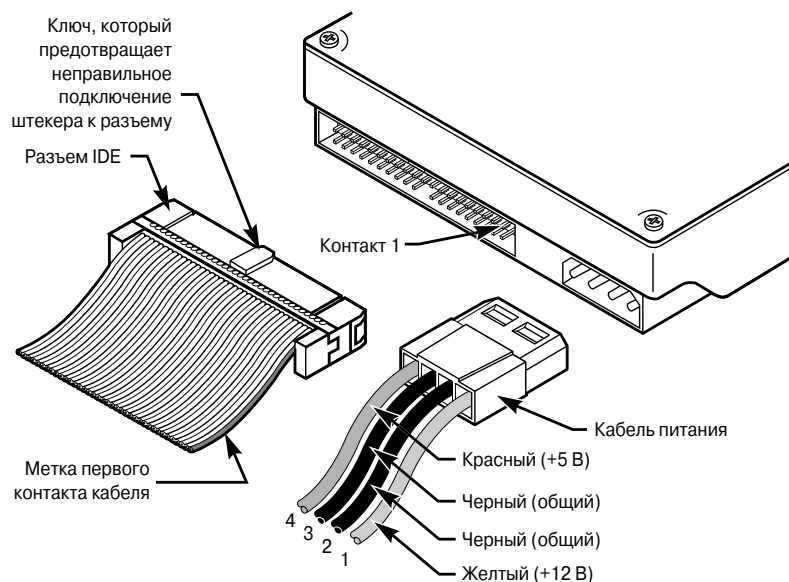
Параллельный интерфейс ATA (PATA) имеет уникальные спецификации и требования к физическому соединению устройств и их разъемам. В следующих разделах будут подробно описаны все отличительные особенности интерфейса PATA.

#### Разъем ввода-вывода параллельного ATA

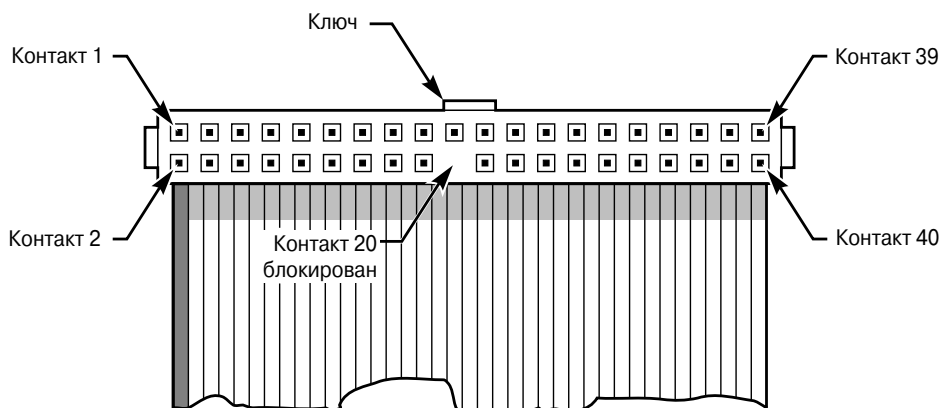
Чтобы предотвратить неправильное подключение, 40-контактный разъем интерфейса ATA (рис. 7.2) обычно снабжают ключом. Этот ключ на штекере кабеля обычно выполняют в виде выступа, а также заблокированного контакта с номером 20 (рис. 7.3). На самом устройстве ключу соответствует разрез, а контакт с номером 20 отсутствует.

Настоятельно рекомендуется приобретать кабели и устройства с ключами на разъемах и штекерах, чтобы исключить неправильное подключение устройств. Неправильное подключение кабеля IDE обычно не наносит существенного вреда, но может заблокировать систему, что приведет к ее “зависанию” или сделает запуск невозможным.

Назначение выводов разъема IDE приведено в табл. 7.3.



**Рис. 7.2.** Подключение жесткого диска ATA (IDE)



**Рис. 7.3.** Внешний вид 40-контактного разъема интерфейса ATA

**Таблица 7.3. Назначение выводов разъема интерфейса ATA IDE**

Название сигнала	Вывод	Вывод	Название сигнала
-RESET	1	2	Общий
Данные, бит 7	3	4	Данные, бит 8
Данные, бит 6	5	6	Данные, бит 9
Данные, бит 5	7	8	Данные, бит 10
Данные, бит 4	9	10	Данные, бит 11
Данные, бит 3	11	12	Данные, бит 12
Данные, бит 2	13	14	Данные, бит 13
Данные, бит 1	15	16	Данные, бит 14
Данные, бит 0	17	18	Данные, бит 15
Общий	19	20	Ключ (нет вывода)
DRQ 3	21	22	Общий
-IOW	23	24	Общий
-IOR	25	26	Общий
IO CH RDY	27	28	SPSYNC:CSEL <sup>1</sup>
-DACK 3	29	30	Общий
IRQ 14	31	32	Зарезервирован <sup>2</sup>
Адрес, бит 1	33	34	-PDIAAG
Адрес, бит 0	35	36	Адрес, бит 2
-CS1FX	37	38	-CS3FX
-DA/SP	39	40	Общий
+5 В (питание электроники)	41	42	+5 В (питание двигателя)
Общий	43	44	Зарезервирован

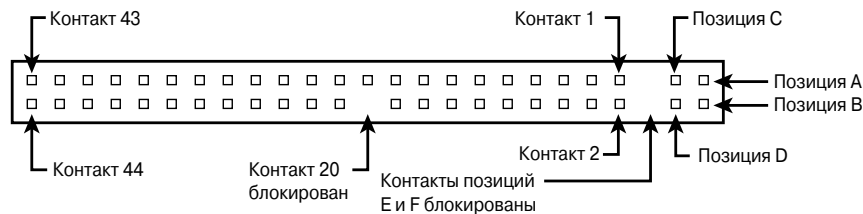
1. Контакт 28 обычно отвечает за режим Cable Select, однако некоторые старые модели накопителей используют его для синхронизации шпинделя для нескольких накопителей.

2. Контакт 32 был назначен сигнал -IOCS16 согласно стандарту ATA-2, однако в настоящее время он не используется.

Знак “-” перед названием сигнала (например, -RESET) указывает на то, что сигнал является “активно низким”.

В портативных компьютерах для подключения 2,5-дюймового дисководов обычно используется уменьшенный унифицированный 50-контактный разъем, выводы которого расположены на расстоянии 2 мм (0,079 дюйма) друг от друга. Кроме основной 40-контактной части, которая практически не отличается от стандартного разъема ATA (за исключением уменьшенного расстояния между выводами), существуют также дополнительные выводы питания и перемычек. Обычно для подключения к разъему используется 44-контактный кабель, передающий силовое напряжение питания и стандартные сигналы ATA. Статус жесткого диска определяется поло-

жением имеющейся на нем перемычки или переключателя: ведущий (Master), ведомый (Slave) или выбор кабеля (Cable Select). Унифицированный 50-контактный разъем, используемый для подключения 2,5-дюймовых дисководов АТА, показан на рис. 7.4.



**Рис. 7.4.** Схема унифицированного 50-контактного разъема, используемого для подключения 2,5-дюймовых дисководов АТА в портативных компьютерах с помощью 44-контактного кабеля

Обратите внимание на выводы позиций А–D и удаленные выводы позиций Е и F. Перемычка, используемая для определения статуса жесткого диска, обычно располагается между контактами позиций В и D. Выводы 41 и 42 разъема служат для подачи питания напряжением +5 В к логической схеме дисковода (на монтажную плату) и электродвигателю соответственно; вывод 43 заземлен (т.е. подключен к общему проводу); вывод 44 является резервным и в данной конструкции не используется. Следует также отметить, что в 2,5-дюймовых дисководах, в отличие от дисководов большего размера, используется электродвигатель с рабочим напряжением 5 В, а не 12 В.

Назначение выводов унифицированного 50-контактного разъема интерфейса АТА, используемого большинством 2,5-дюймовых дисководов (портативные компьютеры или ноутбуки), приведено в табл. 7.4.

**Таблица 7.4. Назначение выводов унифицированного 50-контактного разъема АТА**

Название сигнала	Вывод	Вывод	Название сигнала
Вывод перемычки	A	B	Вывод перемычки
Вывод перемычки	C	D	Вывод перемычки
Ключ (нет вывода)	E	F	Ключ (нет вывода)
-RESET	1	2	Общий
Бит данных 7	3	4	Бит данных 8
Бит данных 6	5	6	Бит данных 9
Бит данных 5	7	8	Бит данных 10
Бит данных 4	9	10	Бит данных 11
Бит данных 3	11	12	Бит данных 12
Бит данных 2	13	14	Бит данных 13
Бит данных 1	15	16	Бит данных 14
Бит данных 0	17	18	Бит данных 15
Общий	19	20	Ключ (нет вывода)
DRQ 3	21	22	Общий
-IOW	23	24	Общий
-IOR	25	26	Общий
I/O CH RDY	27	28	CSEL
-DACK 3	29	30	Общий
IRQ 14	31	32	Резервный
Разряд адреса 1	33	34	-PDIAG
Разряд адреса 0	35	36	Разряд адреса 2
-CS1FX	37	38	-CS3FX
-DA/SP	39	40	Общий
+5 В (логическая схема)	41	42	+5 В (электродвигатель)
Общий	43	44	Резервный

#### Примечание

Многие компании, производящие недорогие платы и кабели, не обращают на ключи никакого внимания. В разъемах АТА, используемых в дешевых системных платах, вывод 20 обычно не удален, а соответствующий контактный вывод в кабеле не блокирован. Условие правильной установки заключается в использовании закрытого разъема с пазом на системной плате и кабельного штекера с соответствующим выступом. Несоблюдение этого условия может привести к неправильному подключению кабеля. Часто самой вероятной причиной неработоспособности устройства является неверная ориентация соединительного кабеля.

Следует заметить, что в некоторых системах видеоданные воспроизводятся только в том случае, если накопители АТА реагируют на команду инициализации, которая может не поступать при неправильном подключении кабеля. Таким образом, установив в системе накопитель АТА, не снабженный ключом, включите компьютер и, если система окажется заблокированной (т.е. на экране ничего не отразится), проверьте подключение кабеля АТА. На рис. 7.6 приведены примеры кабелей АТА со снабженными ключами и без таковых.

В редких случаях при установке различных аппаратных компонентов можно встретить кабель с заблокированным выводом 20 (как это и должно быть) и разъем, в котором вывод 20 все еще существует. При этом можно удалить вывод 20 с системной платы, а также разблокировать вывод кабеля или воспользоваться другим кабелем, не имеющим заблокированного вывода. В некоторых кабелях блок представляет собой часть корпуса кабельного разъема, следовательно, придется либо удалить вывод 20 на системной плате, либо взять другой кабель.

Существует простое правило, согласно которому вывод 1 должен располагаться со стороны разъема питания подключаемого устройства, чему обычно соответствует красная полоса на кабеле.

#### Кабель ввода-вывода параллельного АТА

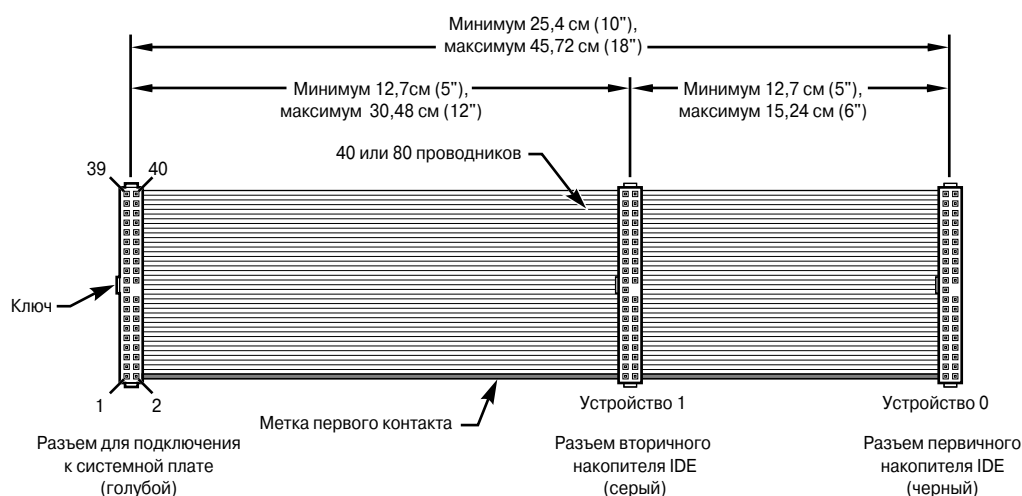
Для передачи сигналов между адаптером шины и жестким диском (контроллером) предназначен 40-контактный ленточный кабель. Чтобы по возможности не допускать искажения формы сигнала, увеличения задержек и уровня помех, длина кабеля не должна превышать 46 см (18 дюймов), хотя тестирование показало, что 80-жильные кабели могут достигать длины 69 см (27 дюймов).

Учтите, что новые высокоскоростные интерфейсы IDE наиболее подвержены помехам, возникающим в кабелях, особенно в слишком длинных. В них возможны нарушение целостности данных и другие неприятности, которые могут вывести из себя даже самых хладнокровных пользователей. Кроме того, любой жесткий диск, работающий в режиме UDMA Mode 4 (66 Мбайт/с), Mode 5 (100 Мбайт/с) или Mode 6 (133 Мбайт/с), должен подключаться к 80-жильному кабелю. Такой же кабель не мешает использовать и для жесткого диска UDMA/33. Я всегда храню специальный высококачественный 80-жильный кабель IDE в комплекте инструментов для тестирования дисков на тот случай, если возникнет подозрение, что проблемы связаны с качеством кабеля. На рис. 7.5 показаны структура типового кабеля АТА и его размеры.

#### Примечание

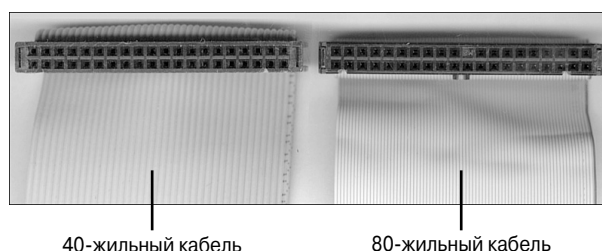
Цветовая кодировка разъемов, которая применяется во всех 80-жильных кабелях, в большинстве 40-жильных кабелей не используется.

В настоящее время применяются два типа кабелей — 40- и 80-жильные (рис. 7.6). В обоих используются 40-контактные разъемы, а остальные проводники в 80-жильном кабеле заземлены. Такое конструктивное решение позволяет снизить уровень помех в высокоскоростных интерфейсах UltraATA/66 или более новых. Современные устройства и адаптеры АТА способны отличить подключение 80-жильного кабеля от 40-жильного; в последнем случае просто отключается поддержка высокоскоростных режимов (АТА/66, АТА/100 и АТА/133) и отображается соответствующее предупреждение. Новый 80-жильный кабель обратно совместим с 40-жильным, так что лучше использовать именно этот тип кабеля, причем независимо от интерфейса установленного накопителя.



**Рис. 7.5.** Кабель АТА (IDE) с 40 контактами и 40 или 80 жилами (в 80-жильной версии дополнительные жилы используются для заземления)

Один студент однажды спросил меня, как отличить 40-жильный кабель от 80-жильного. Мой ответ был прост: подсчитать выступы на плоском кабеле. К тому же 80-жильный кабель менее ребристый, т.е. более гладкий.



**Рис. 7.6.** Кабели параллельного интерфейса АТА: 40-жильный (слева) и 80-жильный (справа)

Обратите внимание на то, что 80-жильные кабели снабжены ключами, которые позволяют предотвратить неправильное их подключение. В неудачно сконструированном 40-жильном кабеле, который показан на рис. 7.6, ключа нет; в то же время большинство качественных 40-контактных кабелей снабжено ключами. Поскольку наличие ключей — не обязательное условие, при конструировании более дешевых версий от них решили отказаться. В соответствии со стандартами АТА все 80-жильные кабели должны снабжаться ключами.

### Длинные и круглые кабели

Официальный параллельный стандарт АТА ограничивает длину кабеля 18 дюймами (46 см); однако выпускаются и более длинные кабели, вплоть до 36 дюймов (91 см) и даже больше. Меня часто спрашивают, зачем производятся подобные кабели, если стандарт не допускает использования кабелей длиной более 18 дюймов? Ответ таков: далеко не все, что продается, соответствует стандартам и работает должным образом! Мне неоднократно встречались неправильно спроектированные и некачественно изготовленные вещи. Однако многие вполне успешно пользуются длинными кабелями, хотя я немало слышал о том, что они вызывают проблемы. И поэтому я решил исследовать данный вопрос более тщательно.

В результате я пришел к выводу, что можно смело использовать 80-жильные кабели длиной до 27 дюймов (69 см), в то время как при использовании 40-жильных кабелей их длина должна быть ограничена 18 дюймами (46 см) в полном соответствии со стандартом.

Попытки внести изменения в стандарт параллельного интерфейса ATA для обеспечения возможности использования кабелей длиной 27 дюймов (69 см) все же предпринимались. В документе, доступном по адресу [www.t13.org/Documents/UploadedDocuments/technical/e00151r0.pdf](http://www.t13.org/Documents/UploadedDocuments/technical/e00151r0.pdf), можно найти замечания о том, что существуют пренебрежимо малые различия в целостности сигналов Ultra DMA Mode 5 при использовании 80-жильных кабелей длиной 18 дюймов (46 см) и 27 дюймов (69 см). Стандарт удлиненных кабелей предлагался в октябре 2000 года, но так и не был утвержден. Однако факт остается фактом: при использовании 80-жильных кабелей длиной 27 дюймов (69 см) не возникает никаких проблем.

Тем не менее хочу дать еще одну рекомендацию: не используйте так называемые круглые кабели ATA. Подобная конструкция стандартом ATA не предусмотрена; кроме того, использование круглых кабелей приводит к возникновению проблем, связанных с перекрестными помехами и шумом. Согласно спецификации в 80-жильных кабелях каждый заземляющий провод расположен между сигнальными проводами плоского кабеля; при “скруглении” же возможно соприкосновение сигнальных проводов, что приводит к перекрестным помехам и шуму, а это, в свою очередь, — к ошибкам передачи данных.

Разумеется, многие вполне успешно используют круглые кабели, однако мои знания в области электроники, а также знакомство со стандартами ATA не позволяют решиться на использование подобных кабелей.

### Управляющие сигналы параллельного интерфейса ATA

В этом разделе описаны наиболее важные сигналы ATA, т.е. приведена подробная информация об установке и конфигурировании дисководов. В частности, эта информация поможет понять, как работает функция Cable Select (выбор кабеля).

Вывод 20 играет роль ключа для правильной ориентации разъема и попросту отсутствует. Этот вывод и соответствующее отверстие в ответной части должны отсутствовать во всех разъемах интерфейса ATA. Все это необходимо для того, чтобы предотвратить неправильное подключение кабеля. Естественно, никаких сигналов на вывод 20 не подается.

На вывод 39 подается сигнал *DA/SP* (Drive Active/Slave Present — устройство активно, ведомый диск присутствует), одновременно выполняющий две функции. Сразу после подключения компьютера на вывод 39 поступает напряжение, свидетельствующее о наличии в системе ведомого жесткого диска. После этого каждый жесткий диск периодически отправляет сигнал, подтверждающий его активность. Старые устройства не поддерживали такой протокол и оснащались стандартными перемычками для возможности работы в паре с другими устройствами на одном канале IDE. По этой причине одни устройства требуют установки перемычки ведомого устройства (SP), а другие — нет.

Через вывод 28 могут передаваться два сигнала: *SPSYNC* (Spindle Synchronization — синхронизация шпинделя) и *CSEL* (Cable Select — выбор кабеля). Однако во время установки можно задать параметры так, чтобы использовалась только одна из этих функций. Сигнал *SPSYNC* может понадобиться для синхронизации вращения шпиндельного двигателя, но чаще всего через указанный вывод передается второй из возможных сигналов — *CSEL*. С его помощью можно определить жесткий диск либо как ведущий (присваивается номер 0), либо как ведомый (присваивается номер 1), не переставляя в них при этом никаких перемычек. Если линию *CSEL*, к которой подключен данный жесткий диск, заземлить (подсоединить к общему проводу), то накопитель будет первичным; если же оставить ее свободной (не подключать к общему проводу), то накопитель окажется вторичным.

Линии *CSEL* для разных жестких дисков можно заземлить (подключить к общему проводу) по отдельности, воспользовавшись Y-образным кабелем-раздвоителем. В нем разъем, подключенный к шине IDE, смонтирован в середине кабеля, а разъемы для двух жестких дисков —



на противоположных концах. В одной из ветвей кабеля линия CSEL заземлена (первичный жесткий диск), а в другой — свободна.

### Подключение двух жестких дисков РАТА

Установка двух накопителей IDE в одном компьютере может оказаться проблематичной, поскольку каждый из них имеет собственный контроллер и оба должны функционировать, будучи подключенными к одной шине. Поэтому важно найти метод, позволяющий адресовать каждую конкретную команду только одному контроллеру.

В стандарте АТА предусмотрен способ организации совместной работы двух последовательно подключенных жестких дисков. Статус жесткого диска (ведущий или ведомый) определяется либо путем установки имеющейся в нем перемычки или переключателя (с обозначением *Master* для ведущего и *Slave* для ведомого), либо путем подачи по одной из линий интерфейса управляющего сигнала выбора кабеля *CSEL*.

При установке в системе только одного жесткого диска его контроллер реагирует на все команды, поступающие от компьютера. Если жестких дисков два (а следовательно, и два контроллера), то команды поступают на оба контроллера одновременно. Их следует настраивать так, чтобы каждый жесткий диск реагировал только на адресованные ему команды. Именно для этого и служат перемычка (переключатель) *Master/Slave* и управляющий сигнал *CSEL*. Когда система передает команду определенному накопителю, контроллер другого дисководов должен “сохранять молчание” до тех пор, пока выбранный накопитель и контроллер продолжают функционировать. Установка перемычки в положение *Master* или *Slave* дает возможность распознавать контроллеры, задавая параметры определенного двоичного разряда (разряда *DRV*) в регистре Drive/Head Register командного блока.

Процесс конфигурирования накопителей АТА может быть простым, например при установке только одного жесткого диска, или довольно сложным, если приходится подключать к одному кабелю два старых накопителя от разных производителей.

Большинство накопителей IDE можно сконфигурировать следующим образом:

- первичный (один накопитель);
- первичный (два накопителя);
- вторичный (два накопителя);
- выбор кабеля.

Многие накопители поддерживают только три возможные конфигурации: первичный, вторичный и выбор кабеля. Поскольку каждый накопитель АТА имеет собственный контроллер, необходимо однозначно указать, что один из приводов является ведущим устройством, а другой — ведомым. Между этими устройствами не существует никаких функциональных различий, за исключением того, что накопитель, определенный как ведомый, после возврата системы в исходное состояние отправит сигнал *DASP*, указывающий ведущему накопителю на существование ведомого. После приема этого сигнала ведущий накопитель уделяет внимание линии выбора дисководов, которую при обычных условиях он игнорирует. Передача сообщения о том, что определенное устройство является вторичным, также приводит к задержке раскрутки диска на несколько секунд, благодаря чему ведущий накопитель начинает работу первым, и несколько смягчается распределение нагрузки на блок питания.

До появления спецификации АТА не существовало единого подхода к конфигурированию устройств. Некоторые производители даже использовали разные методы определения ведущих и ведомых устройств применительно к своим накопителям. Ввиду такой несогласованности некоторые устройства могут работать только в изначально предопределенной конфигурации “ведущее/ведомое” или “ведомое/ведущее”. В основном такая ситуация возникает при использовании устройств, увидевших свет до выхода спецификации АТА.

В настоящее время многим накопителям, полностью отвечающим спецификации АТА, требуется только один переключатель (ведущий/ведомый). Правда, в некоторых из них су-

ществует также переключатель “вторичный”. В табл. 7.5 приведены способы установки этих переключателей в накопителях ATA.

Таблица 7.5. Расположение переключателей для большинства накопителей ATA (IDE)

Переключатель	Один накопитель	Ведущий, два накопителя	Ведомый, два накопителя
Master (M/S)	Вкл.	Вкл.	Выкл.
Slave Present (SP)	Выкл.	Вкл.	Выкл.
Cable Select (CS)	Выкл.	Выкл.	Выкл.

Примечание

При использовании режима, поддерживающего выбор кабеля, необходимо установить перемычку CS в положение “On”, а все остальные переключатели — в положение “Off”. В этом случае разъем кабеля самостоятельно определяет, какой из накопителей должен быть ведущим устройством, а какой — ведомым.

На рис. 7.7 показано расположение описанных перемычек на задней части корпуса накопителя.

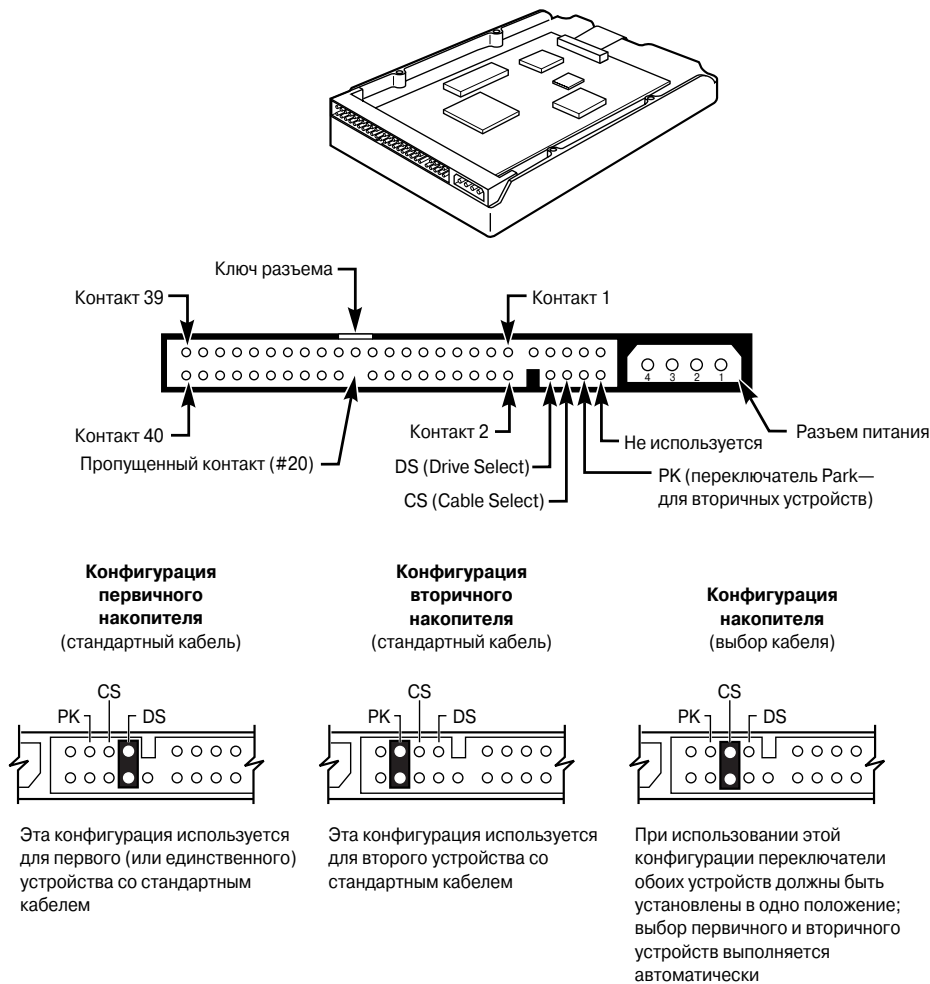


Рис. 7.7. Переключатели накопителя ATA (IDE)

Установка перемычки *Master* указывает на то, что данный диск является ведущим. В то же время некоторые устройства имеют перемычку наличия ведомого устройства (*Slave Present*), которая используется только в конфигурации с двумя устройствами, причем только на ведущем диске. Во многих устройствах установка перемычки ведущего устройства необязательна, в то же время, установив эту перемычку, можно избежать многих недоразумений.

#### Примечание

Следует отметить, что в некоторых накопителях переключатели располагаются на монтажной плате, которая находится в нижней части устройства, поэтому на задней части корпуса данные перемычки отсутствуют.

В большинстве современных систем используется режим выбора кабеля (*Cable Select*), который позволяет избежать ошибок при установке переключателей “первичный/вторичный”. Для использования этого режима потребуются два элемента. Во-первых, нужен специальный кабель АТА, все контакты которого (за исключением вывода 28) соединяют разъем системной платы с соответствующими разъемами обоих накопителей. Вывод 28 используется для выбора кабеля и подключается к разъему первичного накопителя (но не вторичного). Во-вторых, оба накопителя должны быть сконфигурированы в режиме выбора кабеля посредством установки переключателей *CS* в соответствующее положение.

В режиме выбора кабеля накопитель, получивший сигнал на вывод 28, автоматически становится ведущим устройством, а второй накопитель — ведомым. Во многих кабелях эта функция реализуется путем удаления металлического покрытия на внутренней части отверстия, расположение которого соответствует выводу 28, что заметить с первого взгляда довольно сложно. В других кабелях некоторая часть жилы 28-го контакта явно удалена. Незначительные изменения, внесенные в конструкцию, заметить практически невозможно, поэтому кабели такого типа обычно имеют разъемы с маркировкой “Master”, “Slave” и “System”; она указывает, что управление этими опциями выполняется с помощью кабеля, а не накопителя. Все 80-жильные кабели Ultra-АТА предназначены для использования функции выбора кабеля.

В режиме выбора кабеля достаточно установить перемычки *CS* на всех накопителях, а затем подключить приводы к соответствующим маркированным разъемам кабеля.

Единственным недостатком режима выбора кабеля являются более жесткие требования к месту установки устройств. Это, прежде всего, связано с длиной и конфигурацией самого кабеля.

### Режимы обмена данными PIO параллельного АТА

В стандартах АТА-2/EIDE и АТА-3 предусмотрено несколько режимов быстрого обмена данными с жесткими дисками. Описание этих режимов составляет существенную часть стандарта, который своим появлением во многом обязан именно этим новым возможностям. Большинство современных быстродействующих жестких дисков может работать в так называемых *режимах PIO 3* и *PIO 4*, скорость обмена данными в которых очень высока. Эти режимы описаны ниже.

От выбора режима *PIO* (программируемого ввода-вывода) зависит скорость обмена данными с жестким диском. В самом медленном режиме (режим 0) длительность одного цикла передачи данных не превышает 600 нс. В каждом цикле передается 16 бит данных, поэтому теоретически возможная скорость обмена в режиме 0 составляет 3,3 Мбайт/с. В большинстве современных жестких дисков поддерживается режим *PIO 4*, в котором скорость обмена данными достигает 16,6 Мбайт/с.

Характеристики режимов *PIO* приведены в табл. 7.6.

Таблица 7.6. Характеристики режимов *PIO*

Режим <i>PIO</i>	Разрядность шины, биты	Длительность цикла, нс	Частота шины, МГц	Число циклов за один такт	Скорость передачи данных, Мбайт/с	Стандарт
0	16	600	1,67	1	3,33	АТА
1	16	383	2,61	1	5,22	АТА
2	16	240	4,17	1	8,33	АТА
3	16	180	5,56	1	11,11	АТА-2, EIDE, Fast-АТА
4	16	120	8,33	1	16,67	АТА-2, EIDE, Fast-АТА

На большинстве материнских плат, поддерживающих стандарт ATA-2 и выше, имеются два разъема ATA. В таких системных платах интерфейс ATA включен в состав южного моста набора микросхем системной логики, который чаще всего связан с шиной PCI.

В более старых материнских платах для процессоров 486 и Pentium только первый разъем подключен к шине PCI, второй же работает через шину ISA и, таким образом, поддерживает только режимы PIO до второго включительно.

В ответ на запрос команды идентификации жесткого диска последний, среди прочих параметров, возвращает информацию о режимах PIO и DMA, в которых он может работать. В большинстве улучшенных версий BIOS предусмотрен автоматический переход программы в режим, соответствующий возможностям жесткого диска. Если установить скорость обмена больше той, на которую рассчитан жесткий диск, данные будут утеряны.

В жестких дисках, соответствующих стандарту ATA-2, предусмотрен *блочный режим передачи данных* (Block Mode PIO) с использованием команд Read/Write Multiple. Благодаря им удастся существенно сократить количество прерываний, отсылаемых в адрес центрального процессора, и соответственно уменьшить время их обработки. Это позволяет еще больше повысить скорость обмена данными.

## Режимы обмена данными DMA параллельного ATA

Передача через канал прямого доступа к памяти (DMA) означает, что в отличие от режима PIO данные передаются непосредственно из жесткого диска в системную (основную) память, минуя центральный процессор. Это освобождает процессор от большинства операций обмена данными с диском. К тому же во время передачи данных с диска в память процессор может выполнять другую полезную работу.

Существуют два типа прямого доступа к памяти: *однословный* (8-разрядный) и *многословный* (16-разрядный). Однословные режимы DMA были удалены из стандарта ATA-3, а также из спецификаций более поздних версий и в настоящее время не используются. Режимы DMA, использующие хост-адаптер, который поддерживает технологию управления шиной, получили название режимов *Bus Master ATA*. В первом случае обработка запросов, захват шины и передача данных осуществляются контроллером DMA на системной плате. Во втором случае все эти операции выполняет дополнительная высокоскоростная микросхема, также смонтированная на системной плате.

В системах с микросхемой Intel PIIX (PCI IDE ISA eXcelerator) и более поздними компонентами южного моста (или его эквивалента) могут поддерживать режим Bus Master ATA. Режимы и скорости передачи данных однословного и многословного режимов Burstmaster ATA приведены в табл. 7.7 и 7.8.

**Таблица 7.7. Однословные (8-разрядные) режимы DMA и скорости передачи**

8-разрядный режим DMA	Разрядность шины, биты	Продолжительность цикла, нс	Частота шины, МГц	Число циклов за один такт	Скорость передачи, Мбайт/с	Спецификация ATA
0	16	960	1,04	1	2,08	ATA-1 <sup>1</sup>
1	16	480	2,08	1	4,17	ATA-1 <sup>1</sup>
2	16	240	4,17	1	8,33	ATA-1 <sup>1</sup>

1. Однословные режимы ATA были удалены из спецификаций ATA-3 и более поздних.

**Таблица 7.8. Многословные (16-разрядные) режимы DMA и скорости передачи**

16-разрядный режим DMA	Разрядность шины, биты	Продолжительность цикла, нс	Частота шины, МГц	Число циклов за один такт	Скорость передачи, Мбайт/с	Спецификация ATA
0	16	480	2,08	1	4,17	ATA-1
1	16	150	6,67	1	13,33	ATA-2 <sup>1</sup>
2	16	120	8,33	1	16,67	ATA-2 <sup>1</sup>

1. Стандарт ATA-2 также может именоваться EIDE (Enhanced IDE) или Fast-ATA.

К сожалению, даже самый быстрый режим Bus Master IDE 2 имеет ту же скорость передачи 16,67 Мбайт/с, что и режим PIO 4. Следует принять в расчет то, что использование режимов DMA снимает нагрузку с процессора, что в результате увеличивает общее быстродействие системы. Однако и этот факт не позволил многословному режиму DMA завоевать популярность, к тому же он был быстро вытеснен новыми режимами Ultra-DMA, поддерживаемыми устройствами, совместимыми со стандартами от ATA-4 до ATA-7.

В табл. 7.9 приведены характеристики режимов Ultra-DMA, которые в настоящее время описываются спецификациями от ATA-4 до ATA-7. Обратите внимание на то, что для использования этих режимов следует установить подходящие драйверы устройств и версии Windows.

**Таблица 7.9. Спецификации режимов Ultra-DMA**

Режим Ultra-DMA	Разрядность шины, биты	Время цикла, нс	Частота шины, МГц	Число циклов за один такт	Скорость передачи данных, Мбайт/с	Спецификация
0	16	240	4,17	2	16,67	ATA-4, Ultra-ATA/33
1	16	160	6,25	2	25,00	ATA-4, Ultra-ATA/33
2	16	120	8,33	2	33,33	ATA-4, Ultra-ATA/33
3	16	90	11,11	2	44,44	ATA-5, Ultra-ATA/66
4	16	60	16,67	2	66,67	ATA-5, Ultra-ATA/66
5	16	40	25	2	100	ATA-6, Ultra-ATA/100
6	16	30	33	2	133	ATA-7, Ultra-ATA 133

## Serial ATA

С появлением стандарта ATA-7 могло показаться, что параллельный интерфейс ATA, используемый более десяти лет, уже сходит со сцены. Передача данных, осуществляемая по плоскому кабелю со скоростью более 100 Мбайт/с, порождает множество проблем, связанных с синхронизацией сигнала и электромагнитной интерференцией. Их решением стал новый последовательный интерфейс ATA (Serial ATA, или SATA), пришедший на смену параллельному интерфейсу физических накопителей. Он обратно совместим на программном уровне, т.е. используемое программное обеспечение взаимодействует с новой архитектурой без каких-либо ограничений. Другими словами, существующая BIOS, операционные системы и утилиты, работающие с параллельным ATA, точно так же будут работать и с последовательным интерфейсом. SATA поддерживает все существующие устройства ATA и ATAPI, в число которых входят дисководы CD-ROM, CD-RW и DVD, накопители на магнитной ленте, дисководы SuperDisk, а также накопители других типов, поддерживаемые в настоящее время параллельным ATA.

Существуют, конечно, определенные физические различия: нельзя, например, подключить дисководы стандарта ATA к хост-адаптерам последовательного интерфейса ATA, и наоборот. В SATA используются более узкие 7-контактные кабели, позволяющие упростить схему подключения системных компонентов и уменьшить габариты кабельных разъемов. Конструкция микросхемы SATA отличается меньшим количеством контактов и пониженным напряжением питания. Все эти изменения позволили избежать многих проблем, характерных для параллельного интерфейса ATA.

На рис. 7.8 показан официальный логотип рабочей группы Serial ATA, который можно встретить на подавляющем большинстве устройств SATA.

Несмотря на то что SATA не предназначен для немедленной замены параллельного интерфейса ATA, многие новые системы поддерживают как последовательный, так и параллельный интерфейс. Со временем SATA как фактический стандарт внутренних запоминающих устройств, используемых в ПК, полностью вытеснит параллельный интерфейс ATA. Конструктивные особенности современных системных плат указывают на то, что переход от стандартов ATA к SATA будет осуществляться постепенно, причем возможностями параллельного интерфейса ATA можно будет пользоваться в течение всего переходного периода.



**Рис. 7.8.** Официальный логотип рабочей группы Serial ATA

В феврале 2000 года состоялся официальный Форум разработчиков Intel, на котором было объявлено о создании специальной рабочей группы, занимающейся разработкой стандарта SATA. Первыми членами этой группы стали компании APT Technologies, Dell, IBM, Intel, Maxtor, Quantum и Seagate. Название этой группы претерпело ряд изменений, и только в 2004 году закрепилось последнее из них — *Международная организация Serial ATA*. Данными группами были выпущены следующие спецификации SATA.

- Первый черновик спецификации Serial ATA 1.0 был представлен в ноябре 2000 года; окончательную спецификацию опубликовали в августе 2001 года.
- Первые расширения Serial ATA II Working Group данной спецификации, благодаря которым интерфейс Serial ATA стал больше подходить для использования в сетевых хранилищах, были опубликованы в октябре 2002 года.
- Спецификация SATA Revision 2 была опубликована в апреле 2004 года. Она добавила скорость передачи данных 3 Гбит/с (300 Мбайт/с).
- Спецификация SATA Revision 2.5 была опубликована в августе 2005 года. Помимо скорости передачи данных 3 Гбит/с, она добавила поддержку команд Native Command Queuing (NCQ), поэтапное увеличение частоты вращения, “горячее” подключение, умножитель портов, а также поддержку eSATA.
- Спецификация SATA Revision 2.6 была опубликована в марте 2007 года. Она добавила новые кабели и разъемы Slimline и Micro, а также модифицированный набор команд Native Command Queuing (NCQ).
- Спецификация SATA Revision 3.0 была опубликована в 2009 году. Она добавила скорость передачи данных 6 Гбит/с (600 Мбайт/с).

Спецификации доступны для загрузки с сайта организации Serial ATA International Organization website ([www.serialata.org](http://www.serialata.org)). С момента формирования организация насчитывает уже больше 200 компаний-участников, работающих в разных отраслях.

Системы с интерфейсом Serial ATA впервые были выпущены в 2002 году благодаря использованию отдельных адаптеров PCI или интегрированных контроллеров. Впервые интерфейс SATA был интегрирован в набор микросхем в апреле 2003 года, когда был представлен южный мост Intel ICH5. С тех пор практически все наборы микросхем поддерживают интерфейс Serial ATA.

Производительность SATA просто впечатляет! В настоящее время существуют три версии стандарта SATA, в которых используются кабели и разъемы одних и тех же размеров; эти версии отличаются только скоростью передачи данных. После появления первой версии стало очевидно, что эффективность интерфейса может быть увеличена в два и даже в четыре раза. В табл. 7.10 приведены спецификации как уже существующих, так и планируемых версий SATA; версия интерфейса, обеспечивающая скорость передачи данных 300 Мбайт/с, была представлена в 2005 году; версия со скоростью 600 Мбайт/с стала доступна в 2009 году.

**Таблица 7.10. Спецификации стандартов SATA**

Тип Serial ATA	Разрядность шины, биты	Частота шины, МГц	Число циклов данных за такт	Пропускная способность, Мбайт/с
SATA-150	1	1500	1	150
SATA-300	1	3000	1	300
SATA-600	1	6000	1	600

Как следует из таблицы, последовательный интерфейс ATA одновременно передает только один бит данных. В интерфейсе используется узкий 7-жильный кабель с ключевыми разъемами шириной не более 14 мм (0,55 дюйма) на каждом конце. Подобная конструкция позволяет избежать проблем с циркуляцией воздуха, возникающих при использовании более широких плоских кабелей стандарта ATA. Следует заметить, что разъемы находятся только на концах кабелей. Кабели, в свою очередь, используются для соединения устройства непосредственно с контроллером (обычно находящимся на системной плате). В последовательном интерфейсе перемычки “ведущий–ведомый” не используются, поскольку каждый кабель поддерживает только одно устройство. Концы кабеля совершенно одинаковы, т.е. разъем системной платы и разъем подключаемого устройства практически не отличаются. Максимальная длина кабеля SATA достигает одного метра (39,37 дюйма), что значительно превышает 18-дюймовый максимум для параллельного интерфейса ATA. Скорость передачи данных последовательного интерфейса, использующего более узкий, длинный и менее дорогой кабель, равна 150 Мбайт/с (в полтора раза больше скорости передачи параллельного ATA/100). В будущем эта скорость увеличилась до 300 и даже до 600 Мбайт/с.

Для кодирования и расшифровки данных, передаваемых по кабелю, SATA использует специальную схему шифрования, получившую название 8B/10B. Первоначально код 8B/10B был разработан (и запатентован) компанией IBM в начале 1980-х годов для использования в высокоскоростных стандартах передачи данных, включая Gigabit Ethernet, Fibre Channel, FireWire и др. Основной особенностью схемы кодирования 8B/10B является то, что количество последовательно передаваемых нулей (или единиц) не должно превышать четырех. Схема RLL 0,4 называется *кодированием с ограничением длины записи* (Run Length Limited — RLL), где 0 считается минимальным, а 4 — максимальным числом последовательных нулей в каждом закодированном символе.

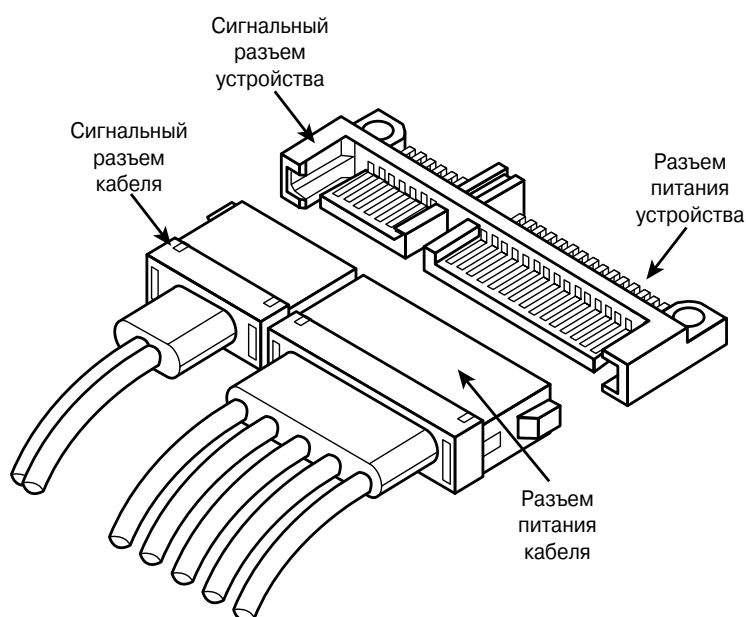
В одном закодированном 10-разрядном символе не может быть использовано более шести или менее четырех нулей (единиц). Передача нулей и единиц осуществляется в виде изменения величины подаваемого напряжения. Поэтому промежуток между переходными напряжениями, которые подаются передатчиком, получается достаточно сбалансированным, с более устойчивым и регулярным потоком импульсов. Нагрузка схемы становится более постоянной, что приводит к повышению ее надежности. Во время преобразования 8-разрядных данных в 10-разрядные закодированные символы некоторое количество 10-разрядных комбинаций остается неиспользованным. Часть из них применяется для управления потоком, разграничения пакетов данных, проверки ошибок или каких-либо других специальных операций.

### Кабели и разъемы SATA

В схеме физической передачи интерфейса SATA используется так называемый дифференцированный метод “без возврата к нулю” (Non-Return to Zero — NRZ). В этой схеме применяется сбалансированная пара проводов, по каждому из которых подается напряжение, равное  $\pm 0,25$  В. Сигналы посылаются дифференцированно: если по одному проводу пары передается напряжение  $+0,25$  В, то по другому соответственно  $-0,25$  В. Таким образом, разность напряжений постоянно составляет 0,5 В. Это означает, что передаваемые сигналы всегда находятся в противофазе в смежных проводах. Дифференцированная передача минимизирует электромагнитное излучение и позволяет упростить чтение сигналов на принимающем конце.

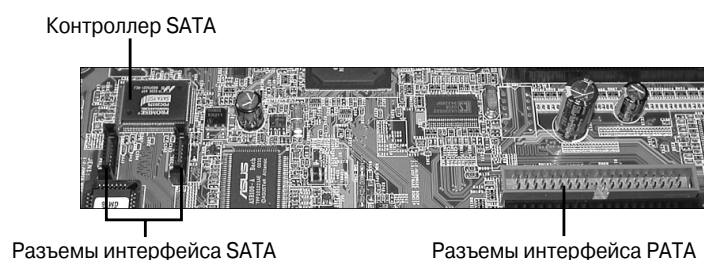
В интерфейсе SATA для подачи напряжения 5 и 12 В используется стандартный 4-контактный силовой разъем, а также дополнительный 15-контактный силовой кабель и разъем питания, обеспечивающие подачу электроэнергии напряжением 3,3 В. Ширина силового разъема 15-контактного кабеля в этой конструкции равна всего 24 мм (0,945 дюйма). Сила тока, подаваемого на контакты уровней напряжения 3,3, 5 и 12 В, достигает 4,5 А, что обеспечивает достаточную мощность даже для наиболее энергоемких дисководов. Для совместимости с существующими источниками питания дисководы SATA могут быть выполнены как со стандартными 4-контактными разъемами питания, так и с новыми 15-контактными силовыми разъемами. К тому же на рынке представлен широкий выбор переходников.

Сигнальные и силовые разъемы интерфейса SATA показаны на рис. 7.9.



**Рис. 7.9.** Сигнальные и силовые разъемы SATA

На рис. 7.10 показаны разъемы адаптеров интерфейсов SATA и PATA, расположенные на типичной системной плате.



**Рис. 7.10.** Системная плата с хост-адаптерами PATA и SATA

В табл. 7.11 и 7.12 приведены параметры выводов разъема данных SATA и дополнительных силовых разъемов.



**Таблица 7.11. Выводы разъема данных SATA**

Контакт	Сигнал	Описание
S1	Общий	Первая пара
S2	A+	Host Transmit+
S3	A-	Host Transmit-
S4	Общий	Первая пара
S5	B-	Host Receive-
S6	B+	Host Receive+
S7	Общий	Первая пара

*Контакты разъема расположены в один ряд на расстоянии 1,27 мм (0,05 дюйма) один от другого.*

*Выводы заземления длиннее, поэтому они контактируют друг с другом раньше, чем сигнальные или силовые контакты. Это позволяет подключать кабель во время работы компьютера.*

**Таблица 7.12. Выводы дополнительного силового разъема SATA**

Контакт	Сигнал	Описание
P1	+3,3 В	+3,3 В (питание)
P2	+3,3 В	+3,3 В (питание)
P3	+3,3 В	+3,3 В (питание)
P4	Общий	Первая пара
P5	Общий	Первая пара
P6	Общий	Первая пара
P7	+5 В	+5 В (питание)
P8	+5 В	+5 В (питание)
P9	+5 В	+5 В (питание)
P10	Общий	Первая пара
P11	Общий	Первая пара
P12	Общий	Первая пара
P13	+12 В	+12 В (питание)
P14	+12 В	+12 В (питание)
P15	+12 В	+12 В (питание)

*Контакты разъема расположены в один ряд на расстоянии 1,27 мм (0,05 дюйма) один от другого.*

*Выводы заземления длиннее, поэтому они контактируют друг с другом раньше, чем сигнальные или силовые контакты. Это позволяет подключать кабель во время работы компьютера.*

*Три силовых вывода используются для подачи тока силой 4,5 А на каждом уровне напряжения.*

## Конфигурирование устройств SATA

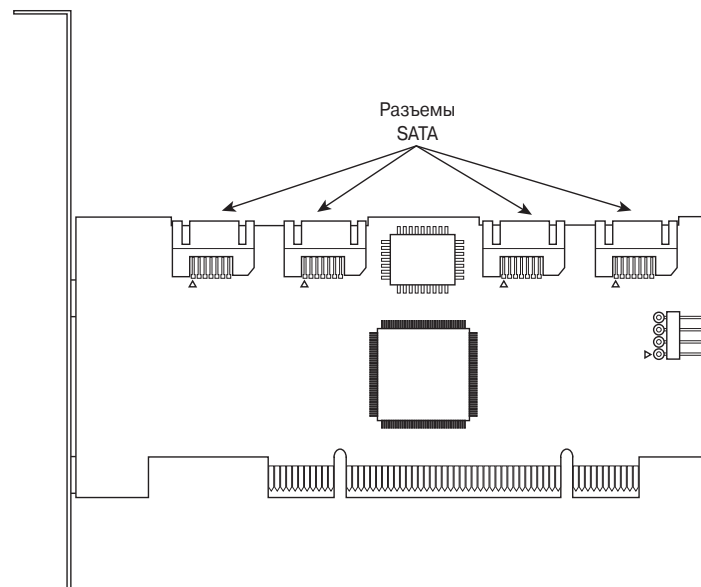
Конфигурирование устройств SATA значительно упрощено, так как переключатели “первичный/вторичный” и “выбор кабеля”, используемые с параллельным интерфейсом ATA, больше не применяются.

Настройка BIOS при использовании накопителей SATA также не отнимет много времени. Стандарт SATA создавался на основе интерфейса ATA, поэтому автоматическое распознавание параметров накопителя в системе с разъемами SATA выполняется так же, как и в системе с параллельным интерфейсом ATA. В зависимости от характеристик системы SATA может быть активизирован по умолчанию или после установки соответствующих параметров в программе настройки BIOS. Более подробную информацию по этой теме см. в главе 5.

Если хотите использовать интерфейс SATA, но пока не желаете расставаться с материнской платой, не содержащей такого контроллера, установите адаптер SATA в разъем расширения PCI (рис. 7.11). Большинство таких адаптеров поддерживают и функции ATA RAID.

В первых хост-адаптерах SATA — к ним относятся модели HighPoint и 3Ware — использовалась технология моста Parallel–Serial ATA, на поддержку которой затрачивается не менее половины пропускной способности шины данных. В других адаптерах, в частности в устройствах, разработанных компанией Promise Technology, применяется собственная микросхема

контроллера SATA, которая теоретически является оптимальным решением, так как позволяет накопителю использовать пропускную способность в полном объеме. Тем не менее скорость передачи данных современных накопителей SATA, являющихся потомками устройств Parallel ATA, значительно меньше скорости хост-адаптеров, которая достигает 150 Мбайт/с. Первое поколение накопителей SATA со скоростью вращения 7200 об/мин имеет скорость передачи данных не более 40–50 Мбайт/с.



**Рис. 7.11.** Типичные двухканальный (вверху) и четырехканальный (внизу) адаптеры SATA RAID. Двухканальный адаптер также содержит разъем для подключения устройств PATA

## Интерфейс AHCI

Интерфейс SATA разрабатывался не только как замена параллельного интерфейса ATA, но и как интерфейс с более расширенными возможностями и функциями. Изначально совместимость с параллельным интерфейсом ATA была одним из наиболее важных свойств SATA, так как это позволяло легко переходить от одного стандарта к другому. Подобная совместимость распространяется на уровень драйверной поддержки, что позволяет устройствам SATA использовать те же драйверы и программное обеспечение уровня BIOS, что и старые устройства с параллельным интерфейсом ATA.

Хотя изначально предполагалось обеспечение простого перехода от устройств с параллельным интерфейсом ATA к устройствам SATA, стандарт SATA разрабатывался таким образом, чтобы обеспечивались дальнейшее повышение скорости передачи данных и расширение возможностей. Поэтому группой AHCI Contributor Group был разработан расширенный программный интерфейс *AHCI* (Advanced Host Controller Interface). В состав данной группы, возглавляемой Intel, входили компании AMD, Dell, Marvell, Maxtor, Microsoft, Red Hat, Seagate и StorageGear. Предварительная версия спецификации AHCI v0.95 была представлена группой AHCI Contributor Group в мае 2003 года, а окончательная — в апреле 2004 года. Последняя версия спецификации — 1.1; ее можно загрузить по адресу [www.intel.com/technology/serialata/achi.com](http://www.intel.com/technology/serialata/achi.com)

Спецификация AHCI определяет высокопроизводительный интерфейс для системных драйверов и программного обеспечения, позволяющий реализовать такие расширенные

функции SATA, как очередь команд, “горячая” замена и управление питанием. Поддержка AHCI реализована практически во всех выпущенных в 2004 году наборах микросхем, поддерживающих стандарт SATA. Кроме того, соответствующая поддержка реализована и на уровне драйверов Windows. Основная идея, заложенная в интерфейсе AHCI, сводится к наличию единого интерфейса уровня драйверов, поддерживающего все расширенные адаптеры SATA. Это в значительной мере упрощает установку операционной системы, устраняя необходимость в дополнительных драйверах SATA поддержки устройств конкретных производителей. К примеру, в состав Windows Vista входят драйверы AHCI, которые поддерживают все AHCI-совместимые адаптеры SATA.

К сожалению, драйверы AHCI не были по умолчанию включены в установочные диски Windows XP и предыдущих версий системы, поскольку разработка спецификации AHCI началась уже после того, как эти операционные системы увидели свет. Это значит, что, если Windows XP устанавливается в системе с интегрированным адаптером SATA, включенным в режим AHCI, в начале инсталляции необходимо нажать клавишу <F6> и вставить гибкий диск, содержащий драйверы AHCI. В противном случае система не сможет распознать устройства SATA. Сложность заключается в том, что необходимые драйверы AHCI перед установкой следует скопировать на дискету. Однако далеко не все современные системы укомплектованы дисководом. Существует несколько выходов из этой ситуации.

Прежде всего, можно всегда держать под рукой запасной дисковод, чтобы подключать его к компьютерам во время установки с помощью сигнального и силового кабелей. В данном случае нет никакой необходимости закреплять устройство в корпусе, так как оно подключается для чтения только одной дискеты в начале процесса установки.

Еще один выход — переключить адаптер SATA в режим совместимости с ATA (отключив AHCI) в настройках BIOS. После этого можно загрузиться со стандартного диска установки Windows XP и инсталлировать систему без каких-либо дополнительных действий. Адаптер, в принципе, можно оставить в режиме совместимости, однако это чревато потерей всех преимуществ от быстродействия жестких дисков. К счастью, после установки Windows можно без труда перенастроить BIOS для поддержки AHCI, однако сначала необходимо переписать (или загрузить) на жесткий диск драйвер AHCI (точнее — Intel Matrix Storage Manager Driver). Во время следующей перезагрузки Windows обнаружит новый адаптер AHCI и автоматически запустит мастер установки нового оборудования, который и предложит вам указать место размещения необходимого драйвера AHCI. После завершения работы мастера все устройства SATA будут работать с полной отдачей. К сожалению, многие материнские платы, произведенные сторонними компаниями (т.е. не Intel) или использующие сторонние наборы микросхем системной логики, не поддерживают режим совместимости с ATA, так что предложенный метод применим далеко не всегда.

И все-таки лучшим, по моему мнению, подходом является создание отдельного загрузочного диска Windows XP, содержащего среди прочего драйверы AHCI (и даже RAID). Это, естественно, можно сделать и вручную, но процесс интеграции будет довольно трудоемким. Так что лучше воспользоваться утилитой BTS DriverPacks ([www.driverpacks.net](http://www.driverpacks.net)), которая поможет с помощью системы меню интегрировать в установочный компакт-диск Windows XP драйверы всех популярных на текущий момент устройств. В дополнение в драйверам устройств SATA в диск можно внедрить драйверы современных процессоров, наборов микросхем, сетевых адаптеров (в том числе беспроводных) и т.п. Все это поместится на один компакт-диск вместе с инсталляцией операционной системы. При желании можете создать и установочный DVD; в этом случае на него без проблем поместятся абсолютно все предлагаемые пакеты драйверов устройств.

### **Режимы обмена данными SATA**

При использовании интерфейса SATA данные передаются совершенно не так, как при использовании параллельного интерфейса ATA. Предполагается обеспечение скорости передачи данных 150, 300 и 600 Мбайт/с; современные накопители обеспечивают скорость передачи

данных 150 и 300 Мбайт/с. Все эти режимы поддерживают обратную совместимость. Это значит, что устройства, поддерживающие скорость передачи данных 300 Мбайт/с, будут поддерживать и 150 Мбайт/с. Следует отметить, что, поскольку стандарт SATA создавался с поддержкой обратной совместимости со стандартом Parallel ATA, может возникнуть определенная путаница, так как устройства SATA могут отчитываться о режимах и скоростях, которые эмулируют настройки PATA. Это сделано для того, чтобы “обмануть” старое программное обеспечение, формально не поддерживающее устройства SATA.

Например, многие системные платы при подключении накопителя SATA указывают, что он поддерживает режим Ultra DMA Mode 5 (ATA/100), который соответствует параллельному режиму ATA со скоростью передачи данных 100 Мбайт/с. Очевидно, что это неправильно, так как наиболее медленный режим Serial ATA (SATA-150) характеризуется скоростью передачи данных 150 Мбайт/с, а режимы Ultra DMA к накопителям SATA просто не применимы.

Стандарты PATA и SATA полностью отличаются по своим электрическим и физическим спецификациям, однако SATA поддерживает режим *эмуляции* параллельного интерфейса ATA, благодаря чему на уровне программного обеспечения никаких отличий не существует. На самом деле режим эмуляции параллельного интерфейса ATA, согласно спецификации SATA, соответствует всем требованиям спецификации ATA-5.

Это становится более понятным, если рассмотреть применение команды IDENTIFY DEVICE; ее используют функции автоматического определения BIOS, чтобы установить параметры накопителя. Согласно спецификации SATA многие данные, получаемые с помощью команды IDENTIFY DEVICE, определяются как соответствующие стандарту ATA/ATAPI-5, в том числе доступные режимы UDMA и другие настройки.

Согласно спецификации SATA 1 эмуляция параллельного интерфейса ATA — это совместная работа программного обеспечения накопителя и контроллера, благодаря которой BIOS и драйверам передаются необходимые данные. В частности, эмулируются регистры команд и блока управления, режимы обмена данными PIO и DMA, прерывания и другие параметры. Хост-адаптер содержит набор регистров, которые затевают содержимое регистров традиционных устройств; данный блок называется *блоком регистров затенения* (Shadow Register Block). Все устройства SATA ведут себя как устройства *Device 0*. Они игнорируют бит DEV в поле Device/Head среди полученных данных; за это отвечает хост-адаптер.

Это означает, что блоки регистров затенения “имитируют” регистры параллельного интерфейса ATA, благодаря чему становится возможной эмуляция команд, режимов и других параметров ATA. Стандарт SATA разрабатывался таким образом, чтобы на программном уровне быть полностью совместимым со стандартом ATA/ATAPI-5; именно поэтому устройства SATA могут сообщать, что работают в параллельном режиме ATA, хотя на самом деле это не так.

## Функции ATA

Стандарты ATA прошли долгий путь к преодолению несовместимости и проблем, вызванных конфликтами накопителей IDE с системами, оснащенными шинами ISA/PCI. Согласно спецификациям ATA предполагается использование для передачи данных 40-контактных кабелей, определяются функции и временные характеристики сигналов, спецификации кабеля и т.д. Некоторые элементы и функции, определяемые спецификациями ATA, подробно рассматриваются в следующих разделах.

## Команды интерфейса ATA

Одно из преимуществ интерфейса ATA IDE — расширенная система команд. Этот интерфейс разрабатывался на базе использовавшегося в первых компьютерах IBM AT контроллера WD1003, поэтому все без исключения накопители ATA IDE должны быть совместимыми с системой из восьми команд упомянутого контроллера. Этим, в частности, и объясняется простота установки накопителей IDE в компьютеры. Во всех PC-совместимых компьютерах поддержка контроллера WD1003, а следовательно, и интерфейса ATA IDE встроена в системную BIOS.

Помимо набора команд контроллера WD1003, в стандарте ATA предусмотрено множество других команд, позволяющих повысить быстродействие и улучшить параметры жестких дисков. Эти команды считаются необязательной частью интерфейса ATA, но некоторые из них используются почти во всех современных жестких дисках и в значительной степени определяют их возможности в целом.

По-видимому, наиболее важной является команда идентификации жесткого диска, по которой с него в систему передается блок данных размером 512 байт с подробными сведениями об устройстве. Это позволяет любой программе (в том числе и системной BIOS) определить тип подключенного жесткого диска, компанию-изготовителя, номер модели, рабочие параметры и даже заводской номер изделия. Во многих современных версиях BIOS эта информация запрашивается автоматически, и после ее получения параметры жесткого диска заносятся в CMOS-память. Это избавляет пользователя от необходимости вводить их вручную при конфигурировании системы. Кроме того, при таком подходе вы будете застрахованы от ошибок, если впоследствии вдруг забудете первоначально введенные параметры жесткого диска (если при повторном вводе они будут другими, доступ к данным на диске окажется невозможным).

Данные, полученные при выполнении команды идентификации жесткого диска, включают ряд сведений, относящихся к этому дисководу:

- количество адресов логических блоков, доступных при использовании режима LBA;
- количество физических цилиндров, головок и секторов, доступных в режиме P-CHS;
- количество логических цилиндров, головок и секторов в текущей трансляции режима L-CHS;
- поддерживаемые режимы (и скорости) передачи;
- название компании-изготовителя и номер модели;
- версия внутренней прошивки;
- серийный номер;
- тип или размер буфера, определяющий буферизацию сектора или возможности кэширования.

Некоторые общедоступные программы позволяют выполнить эту команду и вывести полученную информацию на экран. К их числу принадлежит и программа ATAINF, входящая в состав набора средств диагностики Ultimate Boot CD. Весь этот набор или его отдельные утилиты можно бесплатно загрузить с сайта <http://ultimatbootcd.com>. Эти программы могут оказаться как никогда кстати при установке жесткого диска в системе, не поддерживающей автоматическое распознавание, для получения характеристик диска, которые необходимо вручную задать в настройках BIOS. Все эти программы получают информацию непосредственно от самих устройств.

Еще две очень важные команды — Read Multiple и Write Multiple. Они позволяют осуществлять так называемый *многосекторный обмен данными* (т.е. обмен порциями, равными нескольким секторам). В сочетании с возможностью реализации пакетного режима программного ввода-вывода (Programmed I/O — PIO) это позволяет многократно повысить общую производительность жесткого диска (по сравнению с работой в односекторном режиме). Некоторые старые системы требуют указания точного количества секторов, поддерживаемых устройством; более современные системы извлекают эту информацию автоматически.

Помимо указанных, существует множество других команд, в том числе специфических, определяемых производителями конкретных моделей жестких дисков. Довольно часто некоторые операции, например форматирование низкого уровня и создание карт поверхностных дефектов, осуществляются именно с помощью таких специфических наборов команд. Поэтому программы форматирования низкого уровня зачастую бывают уникальными, а производители включают их в комплект поставки своих IDE.

## Режим безопасности АТА

Поддержка защиты паролем жестких дисков (так называемый режим безопасности АТА Security Mode) была включена в спецификацию АТА-3 еще в 1995 году. Соответствующее дополнение к спецификации АТА было предложено компанией IBM, которая разработала соответствующие функции и реализовала их в портативных системах ThinkPad и 2,5-дюймовых дисках. Поскольку данная функция в дальнейшем была включена в официальный стандарт АТА-3 (окончательно опубликованный в 1997 году), ее начали поддерживать и другие производители дисков и компьютерных систем, особенно в 2,5-дюймовых дисках для портативных систем. Следует отметить, что подобные пароли оказываются весьма надежными: если его забыть, то, как правило, не останется ни малейшей возможности получить доступ к диску.

Пароль доступа к жесткому диску задается с помощью программы настройки BIOS, хотя данную функцию поддерживают не все системы. Большинство портативных систем эту функцию поддерживают, а большинство настольных — нет. Если данная функция поддерживается, можно задать пароли двух типов: пароль пользователя и основной пароль. Первый блокирует и разблокирует диск, в то время как второй используется исключительно для разблокировки. Можно задать только пароль пользователя или пароль пользователя и основной пароль; задать только основной пароль нельзя.

Когда задается только пароль пользователя или оба пароля, доступ к диску блокируется (даже после его установки в другую систему) до тех пор, пока корректный пароль не будет указан при включении системы.

Основной пароль представляет собой резервный пароль, предназначенный для системных администраторов. Если заданы оба пароля, сообщается только пароль пользователя. Следовательно, при желании пользователь может изменить свой пароль; при этом системный администратор сможет получить доступ к диску, указав основной пароль.

Если определены оба пароля, доступ к диску должен быть разблокирован при загрузке еще на уровне BIOS. Внешний вид соответствующего сообщения зависит от конкретной системы, однако в системах IBM для этого всегда используется графический интерфейс. На экране отображается значок в виде цилиндра с номером над ним (который указывает на номер диска) рядом со значком в виде замка. Если на экране отобразится окно с запросом пароля доступа к диску, необходимо его ввести; в противном случае будет запрещен доступ к диску и дальнейшая загрузка будет невозможна.

Как отмечалось выше, если вы забыли пароль пользователя (без использования основного пароля) или же оба пароля, вам не удастся получить доступ к диску даже в том случае, если его установить в другую систему, в том числе в такую, которая не поддерживает режим АТА Security Mode. Поэтому в данном случае диск становится совершенно бесполезной “железкой”.

Как и при использовании подавляющего большинства средств безопасности, должно существовать решение на тот случай, если вы забыли пароль. Есть минимум одна компания, которая может восстановить работоспособность диска и даже данные на нем. Это компания Nortek (подробные сведения вы найдете на сайте [www.nortek.on.ca](http://www.nortek.on.ca)). За снятие пароля придется заплатить от 85 до 295 долларов; кроме того, необходимо будет предоставить подтверждение прав на владение диском. Как видите, за восстановление придется заплатить больше, чем за новый диск, поэтому к данной возможности следует обращаться только в том случае, если вам во что бы то ни стало необходимо восстановить данные.

Пароли на новых дисках не заданы, однако они вполне могут быть заданы в том случае, если вы приобретаете диск, бывший в употреблении. Например, многие продавцы, которые реализуют старые компьютеры на электронных аукционах, таких как eBay, задают системный пароль или пароль жесткого диска и сообщают его покупателю только после того, как получат деньги. Однако иногда диски продаются “как есть”, и даже продавец может не знать пароля. Поэтому не рекомендуется приобретать бывший в употреблении портативный компьютер или жесткий диск до тех пор, пока вы не будете уверены в том, что на них не заданы никакие пароли.

Подавляющее большинство систем также поддерживает пароль включения или системный пароль, который задается с помощью программы настройки BIOS. В большинстве случаев при определении системного пароля такой же пароль задается и для жесткого диска. Поэтому чаще всего при вводе системного пароля BIOS автоматически указывает такой же пароль и для жесткого диска. Это означает, что пароль жесткого диска может быть задан, а вы об этом даже не подозреваете, так как соответствующий запрос не отображается на экране. Однако, если диск переставить в другую систему, он не будет работать до тех пор, пока не будет введен корректный пароль. Так что, если новый пользователь его не знает, визита в специальную компанию, такую как Nortek, не избежать.

## Защищенная область

Многие современные ПК поддерживают определенные функции автоматического восстановления, которые позволяют пользователю легко восстановить работоспособность операционной системы или другого программного обеспечения. Сначала для этого использовался один или несколько специальных компакт-дисков, содержащих сценарии, которые восстанавливают исходные настройки программного обеспечения, установленного в системе.

К сожалению, компакт-диски могут быть потеряны или повреждены; кроме того, включение подобных компакт-дисков в комплект поставки компьютера приводит к дополнительным расходам со стороны производителей. В результате производители решили размещать программное обеспечение для восстановления в специальном скрытом разделе загрузочного жесткого диска. Как правило, программное обеспечение для восстановления занимает от одного до четырех компакт-дисков, что составляет около 1–3 Гбайт. Поэтому при использовании жестких дисков объемом 60 Гбайт и больше “теряется” около 5% (или меньше) от общего пространства. В то же время с помощью программного обеспечения для создания разделов или других специальных утилит скрытый раздел может быть удален.

В 1996 году компания Gateway предложила внести изменения в разрабатываемый в то время стандарт ATA-4, которые позволили бы резервировать на жестком диске специальную защищенную область. Эти изменения были утверждены, и функция HPA (Host Protected Area) была включена в спецификацию ATA-4, опубликованную в 1998 году. В 1999 году была предложена отдельная спецификация интерфейса BIOS – PARTIES (Protected Area Run Time Interface Extension Services), согласно которой определены службы, используемые операционной системой для доступа к защищенной области HPA. Стандарт PARTIES был завершен и опубликован в 2001 году под названием *NCITS 346-2001, Protected Area Run Time Interface Extension Services*.

Для обеспечения возможности использования защищенной области HPA применяется команда `ATA SET MAX ADDRESS`, благодаря чему жесткий диск воспринимается системой как диск чуть меньшего размера. Вся область, которой соответствуют адреса от заданного этой командой (определяющего новый конец диска) до адреса фактического конца диска, является защищенной областью HPA, доступ к которой возможен только с помощью специальных команд PARTIES. Благодаря этому обеспечивается более высокий уровень защиты, чем при использовании обычных скрытых разделов, поскольку к защищенной области не могут обращаться не только обычные приложения, но и такие специализированные утилиты для работы с разделами, как PartitionMagic и Partition Commander. Поэтому, если вы решили удалить защищенную область HPA, вам придется использовать специальные параметры программы настройки BIOS или отдельные команды для изменения исходного значения MAX ADDRESS. После этого можно воспользоваться утилитой PartitionMagic или Partition Commander, чтобы изменить размеры смежного раздела и включить в него дополнительное пространство, которое ранее было скрыто или недоступно.

Начиная с 2003 года многие новые системы, оснащенные Phoenix FirstBIOS, поставляются вместе с программами восстановления и диагностики, которые хранятся в области HPA, поскольку это подразумевается новым ядром Phoenix BIOS.

## Интерфейс ATAPI (ATA Packet Interface)

Данный интерфейс был разработан для того, чтобы накопители на магнитной ленте, CD-ROM и другие устройства, такие как SuperDisk и Zip, можно было подключать к обычному разьему IDE. Основное преимущество устройств, выполненных в стандарте ATAPI, — это их дешевизна и возможность подключения к уже установленному адаптеру. Что касается накопителей CD-ROM, то они используют ресурсы центрального процессора гораздо реже, чем аналогичные устройства, подключенные к специальным адаптерам, но не дают выигрыша в быстродействии. А вот быстродействие и надежность накопителей на магнитной ленте могут существенно возрасти, если их подключить к интерфейсу ATAPI, а не к контроллерам дисководов на гибких дисках. Хотя накопители CD-ROM и подключаются к интерфейсу жесткого диска, это отнюдь не означает, что с точки зрения системы они выглядят, как обычные жесткие диски. Напротив, в контексте программного обеспечения они напоминают устройства SCSI. Все современные накопители ATA CD-ROM поддерживают протоколы ATAPI, поэтому эти термины можно с полным основанием использовать в качестве синонимов. Другими словами, накопитель ATAPI CD-ROM представляет собой ATA CD-ROM, и наоборот.

### Предупреждение

Большинство систем с 1998 года стали поддерживать спецификацию Phoenix El Torito, в которой допускается загрузка с устройств ATAPI CD и DVD. Системы, не поддерживающие эту спецификацию, не могут загружаться с оптических устройств ATAPI. Даже если в BIOS установлена поддержка ATAPI, для поддержки этого интерфейса в DOS или Windows следует установить соответствующий драйвер. В Windows 95 и более поздних версиях системы уже имеется поддержка ATAPI на уровне ядра. Некоторые компакт-диски установки Windows 98 и Me искусственно сделаны загрузочными (с помощью принудительной загрузки дополнительных драйверов), в то время как все диски Windows NT/2000/XP/Vista в таких системах загружаются напрямую, что значительно упрощает процесс инсталляции.

Кроме того, обычно рекомендуется устанавливать различные типы устройств ATA на разные каналы. Дело в том, что интерфейс ATA не поддерживает одновременный доступ к нескольким устройствам, установленным на одном и том же канале. Это значит, что пока на некотором канале выполняется доступ к одному устройству, другое устройство того же канала остается недоступным. Распределив привод оптических дисков и жесткий диск по разным каналам, можно более эффективно использовать данные устройства. Еще один подвод скрывается в том, что некоторые жесткие диски на интерфейсе PATA могут оказаться неработоспособными, если в качестве ведущего устройства установлен привод оптических дисков. Таким образом, рекомендуется всегда устанавливать жесткий диск PATA в качестве ведущего, а устройства ATAPI — в качестве ведомых (в случае их подключения к одному кабелю).

## Ограничения емкости дисков ATA

Версии стандарта интерфейса ATA, вплоть до ATA-5, имеют ограничение емкости диска величиной 136,9 Гбайт. Кроме того, в зависимости от версии BIOS значение этого ограничения может находиться еще ниже, например на отметке в 8,4 Гбайт или 528 Мбайт. Это может случиться в результате наложения ограничений для ATA на ограничения BIOS. Чтобы понять физическую сущность этих ограничений, необходимо рассмотреть взаимодействие интерфейсов аппаратного (ATA) и программного (BIOS) уровней.

### Примечание

В дополнение к ограничениям BIOS и ATA, которые рассматриваются в настоящем разделе, свои ограничения налагают и различные операционные системы. Эту тему мы затронем ниже.

В табл. 7.13 обобщаются ограничения емкости жестких дисков, связанные непосредственно с интерфейсом ATA или BIOS.

В следующих разделах будут более подробно описаны отличия методов адресации секторов и налагаемые ими ограничения.



**Таблица 7.13. Ограничения емкости ATA/IDE при использовании различных методов адресации секторов**

Метод адресации сектора	Расчет общего количества секторов	Максимальное количество секторов	Максимальная емкость, байты	Емкость (десятичная)	Емкость (двоичная)
CHS: BIOS w/o TL	1024×16×63	1032192	528482304	528,48 Мбайт	504,00 МиБ
CHS: BIOS w/bit-shift TL	1024×240×63	15482880	7929234560	7,93 Гбайт	7,38 ГиБ
CHS: BIOS w/LBA-assist TL	1024×255×63	16450560	8422686720	8,42 Гбайт	7,84 ГиБ
CHS: BIOS INT13h	1024×256×63	16515072	8455716864	8,46 Гбайт	7,88 ГиБ
CHS: ATA-1/ATA-5	65536×16×255	267386880	136902082560	136,9 Гбайт	127,5 ГиБ
LBA: ATA-1/ATA-5	228	268435456	137438953472	137,44 Гбайт	128,0 ГиБ
LBA: ATA-6+	248	281474976710655	144115188075855872	144,12 Пбайт	128 ПиБ
LBA: EDD BIOS	264	18446744073709551600	9444732965739290427392	9,44 Збайт	8,0 ЗиБ

CHS — Cylinder Head Sector (цилиндр, головка, сектор).

LBA — Logical Block (sector) Address (адрес логического блока).

w/ — с (наличие).

w/o — без (отсутствие).

TL — Translation.

INT13h — прерывание 13h.

**Таблица 7.14. Стандартные префиксные наименования и обозначения десятичной и двоичной системы счислений**

Десятичная система				Двоичная система			
Множитель	Название	Обозначение	Значение	Множитель	Название	Обозначение	Значение
10 <sup>3</sup>	Кило	к	1000	2 <sup>10</sup>	Киби	Ки	1024
10 <sup>6</sup>	Мега	М	1000000	2 <sup>20</sup>	Меби	Ми	1048576
10 <sup>9</sup>	Гига	Г	1000000000	2 <sup>30</sup>	Гиби	Ги	1073741824
10 <sup>12</sup>	Тера	Т	1000000000000	2 <sup>40</sup>	Теби	Ти	1099511627776
10 <sup>15</sup>	Пета	П	1000000000000000	2 <sup>50</sup>	Пеби	Пи	1125899906842624
10 <sup>18</sup>	Экса	Э	1000000000000000000	2 <sup>60</sup>	Эксби	Еи	1152921504606846976
10 <sup>21</sup>	Зетта	З	1000000000000000000000	2 <sup>70</sup>	Зеби	Зи	1180591620717411303424

Обозначение “кило/kilo (k)” в соответствии с Международной системой единиц СИ начинается со строчной буквы, а все остальные обозначения десятичной системы счислений — с прописной.

## Префиксы десятичных и двоичных множителей

Боюсь, что многие читатели плохо знакомы с мебибайтами (МиБ), гибибайтами (ГиБ) и другими подобными обозначениями, которые используются как в этом разделе, так и во всей книге. Они представляют собой некоторую часть стандарта, позволяющего избежать путаницы между множителями десятичной и двоичной систем счислений, в частности в компьютерных системах. Единицы измерений стандарта SI (международной системы единиц, или метрической системы) создаются на основе десятичных множителей. Такая система подходит для решения разнообразных задач, но неудобна для компьютеров, обитающих в двоичном мире, в котором все числа создаются на двоичной основе (т.е. на основе множителя 2). Это привело к появлению различных значений, присваиваемых одному и тому же префиксу, например 1 Кбайт (килобайт) может обозначать как 1000 (10<sup>3</sup>) байт, так и 1024 (2<sup>10</sup>) байт. В декабре 1998 года Международная электротехническая комиссия (МЭК) утвердила в качестве международного стандарта ряд префиксных названий и обозначений двоичных множителей, используемых при обработке и передаче данных. Некоторые из этих префиксов см. в табл. 7.14.

В соответствии с принятой стандартной терминологией 1 Мбайт (мегабайт) содержит 1000000 байт, в то время как 1 МиБ (мебибайт) — 1048576 байт.

#### Примечание

Для того чтобы получить подробную информацию о промышленном стандарте десятичных и двоичных префиксов, обратитесь на сайт Национального института стандартов и технологий (NIST):

[physics.nist.gov/cuu/Units/prefixes.html](http://physics.nist.gov/cuu/Units/prefixes.html)

## Ограничения BIOS

Обновления ROM BIOS системной платы обеспечивают поддержку накопителей, емкость которых постоянно увеличивается. В табл. 7.15 приведены данные, касающиеся изменения емкости накопителей.

**Таблица 7.15. Даты, когда были преодолены ограничения на емкость накопителей в ROM BIOS**

Дата создания BIOS	Ограничение емкости
Август 1994 года	528 Мбайт
Январь 1998 года	8,4 Гбайт
Сентябрь 2002 года	137 Гбайт

В таблице представлены этапы преодоления ограничений на емкость дисков. Например, BIOS, созданные до августа 1994 года, поддерживали накопители, емкость которых не превышала 528 Мбайт; BIOS, разработанные до января 1998 года, как правило, ограничивают емкость дисков значением 8,4 Гбайт. Большинство BIOS, используемых после 1998 года, поддерживают емкость жестких дисков, равную 137 Гбайт. И наконец, BIOS, созданные после сентября 2002 года, поддерживают накопители, емкость которых превышает 137 Мбайт. В то же время эти сведения являются лишь общими правилами; для определения параметров конкретной системы следует обратиться к производителю системной платы. Также существует утилита *BIOS Wizard* (<http://www.unicore.com.bioswiz/index2.html>), которая укажет данные BIOS и определит, поддерживает ли компьютер спецификацию EDD (Enhanced Hard Disk Drive) (т.е. поддерживаются ли накопители объемом свыше 8,4 Гбайт).

В том случае, если BIOS не поддерживает спецификацию EDD, возможно несколько вариантов действий:

- обновите системную BIOS, заменив ее версией, выпущенной после 1998 года, которая поддерживает накопители емкостью более 8,4 Гбайт;
- установите плату расширения BIOS, например UltraATA ([www.siiz.com](http://www.siiz.com));
- установите программное обновление, обеспечивающее поддержку накопителей, емкость которых превышает 8,4 Гбайт.

Оптимальным является первый способ, не требующий каких-либо капиталовложений. Чтобы узнать, существует ли новая версия BIOS, которая обеспечивает поддержку дисков большого размера, посетите сайт производителя конкретной системной платы. Если нужной версии не оказалось, можно приобрести плату UltraATA от компании SIIG. К программному методу прибегать вообще не рекомендуется, поскольку установка программного обновления в загрузочный сектор жесткого диска может повлечь за собой многочисленные проблемы, в частности при загрузке с различных дисков, установке новых накопителей или восстановлении данных.

## Методы адресации CHS и LBA

Существуют два основных метода, используемых для адресации (или нумерации) секторов накопителей ATA. Первый из них называется *CHS* (Cylinder Head Sector). Это аббревиатура от названий трех координат, используемых для адресации каждого сектора дискового.

Во втором методе, который называется *LBA* (Logical Block Address), для адресации секторов накопителя используется только одно значение. В основе метода CHS лежит физическая структура накопителей (а также способ организации его внутренней работы). Метод LBA, в свою очередь, представляет собой более простой и логический способ нумерации секторов, не зависящий от внутренней физической архитектуры накопителей.

При последовательном считывании данных с накопителя в режиме CHS процесс чтения начинается с цилиндра 0, головки 0 и сектора 1 (который является первым сектором на данном диске), после чего считываются все остальные секторы первой дорожки. Затем выбирается следующая головка и читаются все секторы, находящиеся на этой дорожке. Это продолжается до тех пор, пока не будут считаны данные со всех головок первого цилиндра. Затем выбирается следующий цилиндр, и процесс чтения продолжается в такой же последовательности. Метод CHS подобен принципу одометра (счетчика пройденного пути): для того чтобы изменить номер головки, необходимо “провернуть” определенное количество секторов, а для того, чтобы перейти на следующий цилиндр, необходимо “провернуть” несколько головок.

При последовательном считывании данных с накопителя в режиме LBA процесс чтения начинается с сектора 0, после чего читается сектор 1, сектор 2 и т.д. Как вы помните, в режиме CHS первым сектором жесткого диска является 0,0,1. В режиме LBA этот же сектор будет сектором 0.

В качестве примера представьте себе накопитель, содержащий один жесткий диск, две головки (используются обе стороны жесткого диска), две дорожки на каждом жестком диске (цилиндры) и два сектора на каждой дорожке. В этом случае можно сказать, что накопитель содержит два цилиндра (две дорожки на каждой стороне), две головки (по одной на сторону), а также два сектора на каждой дорожке. В общей сложности емкость накопителя равна восьми (2×2×2) секторам. Обратите внимание на то, что нумерация цилиндров и головок начинается с нуля, а нумерация физических секторов, находящихся на дорожке, — с единицы. При использовании адресации CHS расположение первого сектора накопителя определяется выражением “цилиндр 0, головка 0, сектор 1 (0,0,1)”; адрес второго сектора — 0,0,2; третьего — 0,1,1; четвертого — 0,1,2 и т.д., пока мы не дойдем до последнего сектора, адрес которого — 1,1,2.

Представьте теперь, что мы взяли восемь секторов и, не обращаясь непосредственно к физическим цилиндрам, головкам и секторам, пронумеровали их от 0 до 7. Таким образом, если необходимо обратиться к четвертому сектору накопителя, можно сослаться на него как на сектор 0,1,2 в режиме CHS или как на сектор 3 в режиме LBA. Соотношение между номерами секторов воображаемого восьмисекторного накопителя в режимах CHS и LBA приведено в табл. 7.16.

**Таблица 7.16. Нумерация секторов в режимах CHS и LBA для воображаемого накопителя, содержащего два цилиндра, две головки и по два сектора на каждой дорожке (в общей сложности — восемь секторов)**

Режим	Соответствующие номера секторов							
CHS	0,0,1	0,0,2	0,1,1	0,1,2	1,0,1	1,0,2	1,1,1	1,1,2
LBA	0	1	2	3	4	5	6	7

Как видно из приведенного примера, использование нумерации LBA заметно облегчает и упрощает процесс обработки данных. Несмотря на это, при создании первых ПК вся адресация ATA на уровне устройства выполнялась методом CHS.

## Преобразования CHS/LBA и LBA/CHS

Адресация секторов может выполняться как в режиме CHS, так и в режиме LBA. Для любого конкретного накопителя существует определенное соответствие между адресациями CHS и LBA, которое, в частности, позволяет преобразовывать адреса CHS в адреса LBA, и наоборот. Спецификация ATA-1 предлагает довольно простую формулу, с помощью которой можно преобразовывать параметры CHS в LBA:

$$LBA = (((C \times HPC) + H) \times SPT) + S - 1.$$

Обратив эту формулу, можно выполнить обратное преобразование, т.е. преобразовать параметры LBA в адрес CHS:

$$\begin{aligned} C &= \text{int} (LBA/SPT/HPC), \\ H &= \text{int} ((LBA/SPT) \bmod HPC), \\ S &= (LBA \bmod SPT) + 1. \end{aligned}$$

В этих формулах использованы следующие обозначения:

- LBA — адрес логического блока;
- C — цилиндр;
- H — головка;
- S — сектор;
- HPC — количество головок в каждом цилиндре (общее количество головок);
- SPT — количество секторов на каждой дорожке;
- $\text{int } X$  — целочисленная часть  $X$ ;
- $X \bmod Y$  — остаток от деления  $X$  на  $Y$ .

С помощью данных формул можно вычислить параметры LBA практически для любого адреса CHS, и наоборот. Если взять накопитель с 16 383 цилиндрами, 16 головками и 63 секторами на каждой дорожке, полученное соотношение адресов CHS и LBA будет подобно показанному в табл. 7.17.

**Таблица 7.17. Параметры CHS и соответствующая им нумерация секторов LBA для накопителя, содержащего 16383 цилиндра, 16 головок и 63 сектора на каждой дорожке (общее количество секторов — 16514064)**

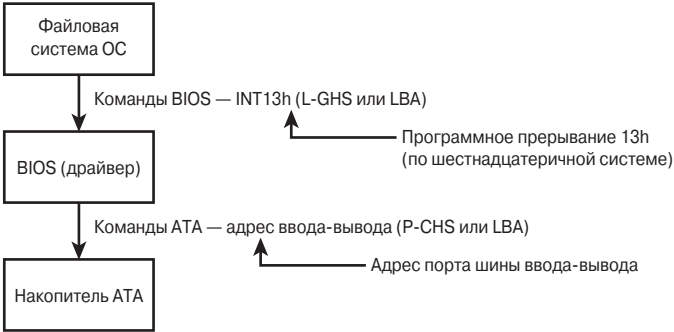
Цилиндр	Головка	Сектор	LBA
0	0	1	0
0	0	63	62
1	1	1	63
999	15	63	1007999
1000	0	1	1008000
9999	15	63	10079999
10 000	0	1	10080000
16 382	15	63	16514063

## Команды BIOS и ATA

Помимо двух методов адресации секторов (CHS и LBA), существуют еще два уровня интерфейса, в которых она выполняется. Первым уровнем является область взаимодействия операционной системы и BIOS (с помощью команд драйвера); вторым — область сопряжения BIOS и накопителя (с помощью команд ATA). На каждом из этих уровней используются определенные команды, которые поддерживают как режим CHS, так и режим LBA. На рис. 7.12 схематически показаны уровни интерфейса.

Когда операционная система обращается к BIOS для чтения или записи секторов, она выдает соответствующие команды через программное прерывание INT13h, которое обращается к стандартной подпрограмме BIOS, используемой для доступа к диску. Подфункции прерывания INT13h позволяют выполнять чтение или запись секторов, используя при этом адресацию LBA или CHS. После этого стандартные программы базовой системы ввода-вывода преобразуют команды BIOS в аппаратные команды ATA, которые передаются через порты шины ввода-вывода на контроллер дискового. Аппаратные команды ATA также могут использовать адресацию CHS или LBA, несмотря на то, что существуют определенные ограничения. Будут ли BIOS и накопитель использовать адресацию CHS или LBA, зависит от емкости жесткого

диска, срока службы накопителя и “возраста” BIOS, установленных параметров BIOS и используемой операционной системы.



**Рис. 7.12.** Взаимоотношения между BIOS и схемой физической адресации секторов (где выражение L-CHS обозначает логический CHS, а P-CHS — физический CHS)

### Ограничения CHS (преодоление ограничения в 528 Мбайт)

BIOS обращается к драйверу жесткого диска с помощью прерывания INT13h, которое предоставляет функции чтения и записи на диск на уровне секторов. Прерывание INT13h требует указания определенного сектора, при этом каждый сектор адресуется расположением цилиндра, головки и сектора. Этот интерфейс обращения к диску называется *CHS-адресацией* и используется операционной системой и дисковыми утилитами низкого уровня. Изначально интерфейс прерывания 13h был реализован IBM в BIOS для контроллера жесткого диска компьютера PC XT. Этот интерфейс был создан в 1983 году, а в 1984 году был включен в BIOS системной платы PC AT. Интерфейс использует числа для адресации каждого отдельного сектора, цилиндра и головки. В табл. 7.18 приведены ограничения параметров CHS прерывания INT13h для стандартной BIOS.

**Таблица 7.18.** Ограничения параметров CHS для прерывания BIOS INT13h

Поле	Размер поля, биты	Максимальное значение	Диапазон	Количество используемых значений
Цилиндры	10	1024	0–1023	1024
Головки	8	256	0–255	256
Секторы	6	64	0–63	64

Концепция определения максимального значения при заданном количестве цифр проста. К примеру, если у вас есть отель, в котором номера комнат ограничены двумя разрядами, вы сможете пронумеровать только сто комнат — от 0 до 99. Номера CHS, используемые интерфейсом INT13h, записаны в двоичном формате. Поскольку цилиндры адресуются десятью битами, можно использовать максимум 1024 цилиндра (от 0 до 1023). Максимальное количество головок, с которыми можно работать через BIOS, равно 256; они нумеруются от 0 до 255. И наконец секторы, с которыми еще больше проблем. Секторы на дорожке адресуются шестью битами, значит, можно адресовать максимум 64 сектора. Однако, поскольку нумерация начинается не с нуля, а с единицы, суммарное количество секторов на дорожку, с которым может работать BIOS, не должно превышать 63.

Эти ограничения распространяются на все версии BIOS и на все программы, которые используют стандартную адресацию CHS и интерфейс INT13h. Подставив максимальные значения для адресации CHS, мы получим диск с 1024 цилиндрами, 256 головками и 63 секторами на дорожку. Поскольку размер каждого сектора равен 512 байт, результаты будут такими, как показано ниже.

Максимальные значения	
Цилиндров	1024
Головок	256
Секторов на дорожку	63
=====	
Итого секторов	16515072
-----	
Итого байтов	8455716864
Мегабайт (Мбайт)	8456
Мебибайт (МиБ)	8064
Гигабайт (Гбайт)	8,4
Гибибайт (ГиБ)	7,8

Из этих расчетов видно, что максимальный размер диска, который можно адресовать через интерфейс BIOS INT13h, составляет приблизительно 8,4 Гбайт, или 7,8 ГиБ.

К сожалению, не только BIOS накладывает ограничения — существуют еще и ограничения самого интерфейса ATA (табл. 7.19).

**Таблица 7.19. Ограничения параметров стандартного интерфейса ATA**

Поле	Размер поля, биты	Максимальное значение	Диапазон	Число используемых значений
Цилиндры	16	65536	0–65535	65536
Головки	4	16	0–15	16
Секторы	8	256	1–255	255

Как видите, в интерфейсе ATA для хранения значений адресов CHS используются поля другого размера. Обратите внимание на то, что ограничения ATA, относящиеся к количеству цилиндров и секторов, выше, чем соответствующие ограничения BIOS, но ниже, чем ограничения BIOS по количеству головок. Ограничения CHS по емкости жестких дисков в соответствии со спецификациями ATA приведены ниже.

Максимальные значения	
Цилиндров	65536
Головок	16
Секторов на дорожку	255
=====	
Итого секторов	267386880
-----	
Итого байтов	136902082560
Мегабайт (Мбайт)	136902
Мебибайт (МиБ)	130560
Гигабайт (Гбайт)	136,9
Гибибайт (ГиБ)	127,5

При объединении ограничений BIOS и ATA CHS мы сталкиваемся с ситуацией, описанной в табл. 7.20.

**Таблица 7.20. Объединение ограничений BIOS и ATA CHS**

Поле	Ограничения параметров для CHS BIOS	Ограничения параметров для ATA	Суммарные ограничения
Цилиндры	1024	65536	1024
Головки	256	16	16
Секторы	63	255	63
Всего секторов	16505072	267386880	1032192
Максимальный объем	8,4 Гбайт	139,9 Гбайт	528 Мбайт

Как видим, комбинация ограничений приводит к следующим максимальным значениям: цилиндров — 1024, головок — 16, секторов — 63; в результате максимальный объем получается равным 528 Мбайт. Это значение стало называться *барьером в 528 Мбайт* и существует практически во всех компьютерах, выпущенных в 1993 году и ранее.

### CHS-трансляция (преодоление ограничения в 528 Мбайт)

При использовании жестких дисков, объем которых не превышал 528 Мбайт, существование барьера не играет никакой роли. Однако к 1994 году технология достигла уровня, позволившего создавать жесткие диски, емкость которых значительно превышала ограничения, налагаемые BIOS и спецификациями ATA. В результате данная проблема приобрела особую остроту.

В 1993 году компания Phoenix Technologies начала работу над расширениями BIOS, которые дали бы возможность преодолеть ограничения CHS. В январе 1994 года эта компания опубликовала спецификацию BIOS Enhanced Disk Drive (EDD), переизданную впоследствии комитетом T13 (который также занимается развитием стандарта ATA) в виде документа *BIOS Enhanced Disk Drive Services (EDD)*. Документы EDD содержат подробное описание различных методов, позволяющих обойти ограничения предыдущих BIOS, избегая при этом проблем совместимости с существующим программным обеспечением. Эти методы включают в себя следующее:

- расширения базовой системы ввода-вывода INT13h, поддерживающие 64-разрядную адресацию LBA;
- геометрическая трансляция CHS со смещением разряда;
- геометрическая трансляция CHS LBA-assist.

Метод, используемый для реализации ограничений CHS, называется *трансляцией*, поскольку позволяет ввести в BIOS дополнительные стандартные подпрограммы, необходимые для преобразования параметров CHS от максимальных значений ATA до максимальных значений BIOS (и наоборот). Стремясь превратить эти методы в стандарт, используемый во всех производимых персональных компьютерах, компания Phoenix опубликовала документ EDD и разрешила бесплатное использование описанной технологии всем производителям, в том числе своим основным конкурентам — компаниям AMI и Award. Впоследствии комитет T13, отвечающий за интерфейс ATA, принял стандарт EDD и включил его в официальные документы ATA.

С 1993 года в большинстве версий BIOS начали использовать “ухищрения”, позволяющие адресовать до 8,4 Гбайт дискового пространства. Новый способ получил название *метод трансляции параметра*, который активизируется на уровне BIOS и адаптирует, или, другими словами, транслирует, параметры цилиндров, головок и секторов в приемлемые для BIOS. Существуют два типа трансляции: первый основан на сдвиге разряда CHS (в программе настройки BIOS этот метод называется *Large CHS* или *Extended CHS*), второй — на общем числе секторов (в программе настройки BIOS он называется *LBA* — Logical Block Address). Описанные типы трансляции представлены разными математическими методами, хотя выполняют, по сути, одну и ту же операцию, состоящую в преобразовании одного набора значений CHS в другой.

CHS-трансляция со сдвигом разряда оперирует номерами цилиндров и головок, не изменяя при этом номер сектора. В качестве основы принимается число физических (переданных диском) цилиндров и головок, которое с помощью несложных операций деления и умножения преобразуется в измененные номера цилиндров и головок. Количество секторов, приходящихся на каждую дорожку, не транслируется и передается в неизменном виде. Математические операции деления и умножения фактически выполняются в программном обеспечении BIOS путем смещения разрядов в адресе CHS, поэтому в данном случае и используется термин “смещение/сдвиг разряда”.

При использовании CHS-трансляции со сдвигом разряда сообщенные диском (физические) параметры передаются как P-CHS, а логические параметры, измененные BIOS, передаются в виде L-CHS. После установки соответствующих значений в программе настройки BIOS происхо-

дит автоматическое преобразование логических адресов CHS (L-CHS) в физические адреса CHS (P-CHS) на уровне BIOS. Это дает возможность операционной системе посылать команды в BIOS, используя логические параметры L-CHS, которые при обращении BIOS к накопителю с помощью команд ATA автоматически преобразуются в физические параметры P-CHS. Правила вычисления параметров CHS-трансляции со сдвигом разряда приведены в табл. 7.21.

**Таблица 7.21. Правила CHS-трансляции со сдвигом разряда**

Физические (переданные диском) цилиндры	Физические головки	Логические цилиндры	Логические головки	Максимальная емкость
$1 < C \leq 1024$	$1 < H \leq 16$	$C = C$	$H = H$	528 Мбайт
$1024 < C \leq 2048$	$1 < H \leq 16$	$C = C/2$	$H = H \times 2$	1 Гбайт
$2048 < C \leq 4096$	$1 < H \leq 16$	$C = C/4$	$H = H \times 4$	2,1 Гбайт
$4096 < C \leq 8192$	$1 < H \leq 16$	$C = C/8$	$H = H \times 8$	4,2 Гбайт
$8192 < C \leq 16384$	$1 < H \leq 16$	$C = C/16$	$H = H \times 16$	8,4 Гбайт

*Количество секторов, переданное дисководом, не транслируется.*

*При использовании таких операционных систем, как DOS/Win9x/Me, количество логических головок не может превышать 255.*

CHS-трансляция со сдвигом разряда основывается на делении количества физических цилиндров на число 2, что позволяет преодолеть существующее ограничение BIOS INT13h (количество цилиндров не должно превышать 1024), и последующем умножении количества головок на то же число, благодаря чему общее количество секторов остается неизменным. Как показано ниже, степень числа 2, используемая в качестве делителя, зависит от количества цилиндров.

Ниже приведен пример CHS-трансляции со сдвигом разряда.

	Физические параметры CHS	Логические параметры CHS со сдвигом разряда
-----		
Цилиндров	8000	1000
Головок	16	128
Секторов на дорожке	63	63
=====		
Итого секторов	8064000	8064000
-----		
Итого байтов	4128768000	4128768000
Мегабайт (Мбайт)	4129	4129
Мебибайт (МиБ)	3938	3938
Гигабайт (Гбайт)	4,13	4,13
Гибибайт (ГиБ)	3,85	3,85

В данном примере приведен диск, содержащий 8000 цилиндров и 16 головок. Физическое количество цилиндров больше ограничения в 1024 цилиндра, накладываемого BIOS, поэтому при выборе CHS-трансляции со сдвигом разряда BIOS делит количество цилиндров на 2, 4, 8 или 16, уменьшая его до 1024. В данном случае количество цилиндров делится на 8, в результате чего получено новое число логических цилиндров, равное 1000, которое не превышает установленного ограничения (1024). После этого число головок умножается на ту же величину, в результате чего получается количество логических головок, равное 128, что также ниже ограничения, установленного BIOS.

Таким образом, несмотря на то, что диск физически имеет 8000 цилиндров и 16 головок, BIOS и все программное обеспечение (включая операционную систему) рассматривают его как жесткий диск, содержащий 1000 цилиндров и 128 головок. Обратите внимание на то, что число 63, выражающее количество секторов, приходящихся на каждую дорожку, передается в неизменном виде. Результатом трансляции является то, что благодаря использованию логических параметров BIOS может полностью видеть весь диск емкостью 4,13 Гбайт, не ограничиваясь только первыми 528 Мбайт.



При установке нового жесткого диска не придется выполнять математическую трансляцию для преобразования количества цилиндров и головок — BIOS сделает это автоматически. Необходимо только разрешить BIOS автоматически определить физические параметры CHS, а затем активизировать в программе настройки BIOS трансляцию ECHS или Large. Все остальное BIOS сделает сама.

CHS-трансляция со сдвигом разряда представляет собой простую и довольно быструю схему, работающую практически со всеми дисководы, которая, к сожалению, не позволяет правильно транслировать все теоретически возможные конфигурации жесткого диска емкостью до 8,4 Гбайт. Для решения этой проблемы в спецификацию ATA-2 было введено специальное дополнение, в соответствии с которым дисководы должны были указывать определенные диапазоны конфигураций, позволяющие выполнять трансляцию со сдвигом разряда. Таким образом, все дисководы, которые соответствуют спецификации ATA-2 (или выше), могут выполнять трансляцию с помощью этого метода.

### Преодоление ограничений емкости в 2,1 и 4,2 Гбайт

В некоторых базовых системах ввода-вывода для данных, обозначающих количество полей физических цилиндров CHS, отводилось только 12 бит, что ограничивало объем диска 4096 цилиндрами. В сочетании с существующими стандартными ограничениями (16 головок и 63 сектора) это не позволяло поддерживать накопители, емкость которых превышала 2,1 Гбайт. К счастью, описанный дефект существовал только в определенных системах, включающих в себя BIOS, созданную примерно до середины 1996 года.

Тем не менее все еще существовали определенные проблемы, связанные с трансляцией со сдвигом разряда. Технология организации операционных систем DOS и Windows 9x/Me не позволяет правильно обрабатывать жесткие диски, содержащие 256 головок. Подобная ситуация стала проблемной для накопителей емкостью более 4,2 Гбайт, поскольку правила CHS-трансляции со сдвигом разряда обычно приводили к логическому значению 256 головок, как в следующем примере.

	Физические параметры CHS	Логические параметры CHS со сдвигом разряда
Цилиндров	12000	750
Головок	16	256
Секторов на дорожке	63	63
Итого секторов	12096000	12096000
Итого байтов	6193152000	6193152000
Мегабайт (Мбайт)	6193	6193
Мебибайт (МиБ)	5906	5906
Гигабайт (Гбайт)	6,19	6,19
Гибибайт (ГиБ)	5,77	5,77

При попытке инсталляции Windows 9x/Me (или DOS) на жестком диске емкостью более 4,2 Гбайт оказалось, что подобная схема неудачна, поскольку значение “256 головок” является одним из параметров L-CHS. Ограничение емкости диска значением 4,2 Гбайт было свойственно практически каждой BIOS, реализующей эту схему, поэтому установка жесткого диска большей емкости и выбор CHS-трансляции со сдвигом разряда и приводили к сбоям накопителя. Следует заметить, что к операционным системам Windows NT/2000/XP это не относится.

#### Примечание

Интересно то, что причиной подобной проблемы является вовсе не BIOS, а код файловой системы DOS/Win9x/Me, в котором количество секторов, приходящихся на каждую дорожку, сохраняется в виде 8-разрядного числа. Проблемы возникают при считывании числа 256, представляющего собой в двоичной записи выражение 100000000b, для хранения которого требуется 9-разрядное поле. Число 255 (или

1111111b в двоичной системе) является наибольшим значением, которое подходит 8-разрядному двоичному регистру и определяет максимальное число головок, поддерживаемое той или иной операционной системой.

Для решения этой проблемы CHS-трансляция со сдвигом разряда была переработана и дополнена правилом, согласно которому при наличии 16 физических головок и более чем 8192 цилиндров (что привело бы к трансляции 256 головок) принимается количество головок P-CHS, равное 15 (вместо 16). Во избежание ошибок при вычислении количества цилиндров P-CHS умножается на выражение 16/15. После этого выполняется трансляция скорректированного количества цилиндров и головок. Результаты вычислений приведены ниже.

	Физические параметры CHS	Логические параметры CHS со сдвигом разряда	Откорректированные логические параметры CHS со сдвигом разряда
Цилиндров	12000	750	800
Головок	16	256	240
Секторов на дорожке	63	63	63
Итого секторов	12096000	12096000	12096000
Итого байтов	6193152000	6193152000	6193152000
Мегабайт (Мбайт)	6193	6193	6193
Мебибайт (МиБ)	5906	5906	5906
Гигабайт (Гбайт)	6,19	6,19	6,19
Гибибайт (ГиБ)	5,77	5,77	5,77

Как показано в примере, жесткий диск, содержащий 12000 цилиндров и 16 головок, с помощью стандартной схемы CHS со сдвигом разряда преобразуется в логический диск с 750 цилиндрами и 256 головками. В данном случае в соответствии с правилом переработанной схемы CHS со сдвигом разряда выполняется двойная трансляция, которая состоит в изменении числа физических головок (принимается число головок, равное 15, а не 16) и последующем умножении числа цилиндров (12000) на выражение 16/15, в результате чего получается количество цилиндров, равное 12800. После этого новое число цилиндров, полученное при CHS-трансляции со сдвигом разряда, делится на 16, в результате чего получается 800 логических цилиндров. Аналогично при умножении количества головок (15) на число 16 получаем 240 логических головок. Вычисленное количество логических цилиндров, превышающее 1024, уменьшается до 1024. В этом случае 12000 физических цилиндров и 16 головок транслируются в 800 логических цилиндров и 240 головок (вместо 750 цилиндров и 256 головок), что позволяет не обращать внимания на ошибки, существующие в операционных системах DOS/Win9x/Me.

До сих пор все приведенные примеры были понятны, т.е. вычисленные логические параметры L-CHS и физические параметры P-CHS соответствовали одной и той же емкости жесткого диска. К сожалению, этот метод подходит далеко не всегда. Ниже приведен довольно типичный пример из реальной жизни. Накопители емкостью 8,4 Гбайт, созданные в компаниях Maxtor, Quantum, Seagate и др., содержат 16 383 физических цилиндра и 16 головок. При трансляции будут получены приведенные ниже параметры дисков.

	Физические параметры CHS	Логические параметры CHS со сдвигом разряда	Откорректированные логические параметры CHS со сдвигом разряда
Цилиндров	16383	1023	1024
Головок	16	256	240
Секторов на дорожке	63	63	63
Итого секторов	16514064	16498944	15482880

Итого байтов	8455200768	8447459328	7927234560
Мегабайт (Мбайт)	8455	8447	7927
Мебибайт (МиБ)	8064	8056	7560
Гигабайт (Гбайт)	8,46	8,45	7,93
Гибибайт (ГиБ)	7,87	7,87	7,38

Правила переработанной CHS-трансляции со сдвигом разряда позволяют поддерживать не более 7,93 Гбайт из общего объема жесткого диска, равного 8,4 Гбайт. Фактически параметры, приведенные в этом примере (в столбце с 240 головками), являются абсолютным максимумом, который может поддерживать переработанная CHS-трансляция со сдвигом разряда. К счастью, существует другой режим трансляции, позволяющий выйти из этого положения.

### Трансляция LBA-Assist

Метод трансляции LBA-Assist не налагает каких-либо искусственных ограничений на физические параметры конфигурации жесткого диска, но работает только на тех накопителях, которые поддерживают адресацию LBA на уровне интерфейса ATA. Практически все накопители ATA, емкость которых превышает 2 Гбайт, поддерживают LBA. Трансляция LBA-Assist принимает параметры CHS, переданные диском, перемножает их для того, чтобы получить расчетное максимальное значение LBA (общее число секторов), а затем использует вычисленное значение LBA для получения преобразованных (транслированных) параметров CHS. Основные правила трансляции LBA-Assist приведены в табл. 7.22.

Трансляция LBA-Assist устанавливает число секторов, равное 63, независимо от числа цилиндров и головок, получаемых при делении и умножении общего числа секторов. В результате получается набор логических параметров CHS, которые используются операционной системой при обращении к BIOS. После этого выполняется трансляция чисел L-CHS в числа LBA на уровне интерфейса ATA. Режим LBA более подходит для выполнения трансляции, поэтому в большинстве случаев вместо CHS-трансляции со сдвигом разряда следует использовать именно этот режим.

**Таблица. 7.22. Правила трансляции LBA-Assist**

Общее количество секторов	Логические цилиндры	Логические головки	Логические секторы
$1 < T \leq 1032192$	T/1 008	16	63
$1032192 < T \leq 2064384$	T/2 016	32	63
$2064384 < T \leq 4128768$	T/4 032	64	63
$4128768 < T \leq 8257536$	T/8 064	128	63
$8257536 < T \leq 16450560$	T/16 065	255	63

*T* — общее количество секторов, полученное при перемножении переданных жестким диском физических параметров CHS ( $C \times H \times S$ ).

Обычно выполнение CHS-трансляции со сдвигом разряда и трансляции LBA-Assist приводит к получению практически одинаковых логических параметров конфигурации накопителя. Это справедливо в тех случаях, когда жесткий диск содержит 63 сектора на каждой дорожке и 4, 8 или 16 головок. В приведенном ниже примере обе схемы трансляции приводят к получению одинаковых логических параметров CHS.

	Физические параметры CHS	Откорректированные логические параметры CHS со сдвигом разряда	Логические параметры CHS трансляции LBA-Assist
Цилиндров	8192	1024	1024
Головок	16	128	128
Секторов на дорожке	63	63	63
Итого секторов	8257536	8257536	8257536

Итого байтов	4227858432	4227858432	4227858432
Мегабайт (Мбайт)	4228	4228	4228
Мебибайт (МиБ)	4032	4032	4032
Гигабайт (Гбайт)	4,23	4,23	4,23
Гибибайт (ГиБ)	3,94	3,94	3,94

Тем не менее, если значения, переданные жестким диском, отличаются от ранее описанных (63 сектора на дорожке и 4, 8 или 16 головок), то параметры, полученные при выполнении трансляции LBA-Assist и CHS-трансляции со сдвигом разряда, будут совершенно разными. Результаты подобной трансляции показаны ниже.

	Физические параметры CHS	Откорректированные логические параметры CHS со сдвигом разряда	Логические параметры CHS трансляции LBA-Assist
Цилиндров	16383	1024	1024
Головок	16	240	255
Секторов на дорожке	63	63	63
Итого секторов	16514064	15482880	16450560
Итого байтов	8455200768	7927234560	8422686720
Мегабайт (Мбайт)	8455	7927	8423
Мебибайт (МиБ)	8064	7560	8033
Гигабайт (Гбайт)	8,46	7,93	8,42
Гибибайт (ГиБ)	7,87	7,38	7,84

Трансляция LBA-Assist поддерживает жесткие диски емкостью 8,42 Гбайт, что примерно на 500 Мбайт больше, чем поддерживает переработанная CHS-трансляция со сдвигом разряда. Гораздо важнее то, что различия этих трансляций могут привести при изменении режимов трансляции к определенным проблемам с данными, находящимися на жестком диске. Например, при использовании трансляции LBA-Assist для преобразования параметров жесткого диска, установленного и отформатированного с помощью CHS-трансляции со сдвигом разряда, зачастую происходит изменение интерпретируемой геометрии диска. В результате жесткий диск становится нечитаемым, и единственным выходом из этого положения будет повторное разбиение диска на разделы и их форматирование, что приведет к уничтожению всех имеющихся данных. Запомните, что после выбора используемого метода трансляции следующее изменение режима можно выполнять только после полного резервирования *всех* важных данных.

Начиная с 1994 года практически во всех BIOS, используемых в персональных компьютерах, функция трансляции введена в программу настройки параметров BIOS. Более того, во всех BIOS поддерживаются опции обоих режимов трансляции, а также возможность их полного отключения. В том случае, если предлагаются оба режима трансляции (т.е. CHS со сдвигом разряда и LBA-Assist), следует воспользоваться методом LBA, который является более гибким и эффективным. Не забывайте также о том, что трансляция LBA-Assist поддерживает, независимо от существующих параметров, не более 255 логических головок, что позволяет устранить проблему ограничения емкости диска в 4,2 Гбайт, возникшую из-за ошибки операционной системы.

Чтобы узнать, поддерживает ли трансляцию параметров ваша версия BIOS, попробуйте в соответствующем разделе программы настройки параметров BIOS ввести число, большее 1024. Однако лучше просто проверить, есть ли параметры трансляции в разделе настройки диска программы. Запуск и работа с программой настройки параметров BIOS описываются в главе 5. Если вы столкнулись с такими относящимися к накопителю параметрами, как LBA и ECHS (иногда используются названия Large и Extended), учтите, что они указывают на BIOS с поддержкой трансляции. Данную функцию поддерживает большинство версий BIOS,

выпускаемых с 1994 года, однако в некоторых версиях AMI BIOS, которые выпускаются с середины 1990-х годов, параметры LBA задаются не в том разделе, где задаются параметры работы жестких дисков. Если ваша система не поддерживает трансляцию параметров, следует обновить BIOS или же установить специальную плату модернизации BIOS, например LBA Pro от компании eSupport.com

В табл. 7.23 приведены данные для всех доступных сегодня четырех способов адресации секторов: стандартный CHS (без трансляции), расширенная трансляция CHS, адресация LBA и полный режим LBA (EDD BIOS).

**Таблица 7.23. Способы адресации секторов на диске**

Режим BIOS	Параметры, которые операционная система передает BIOS	Параметры, которые BIOS передает диску
Стандартный (без трансляции)	Физические параметры CHS	Физические параметры CHS
Расширенная трансляция CHS (ECHS)	Логические параметры CHS	Физические параметры CHS
Трансляция LBA	Логические параметры CHS	Параметры LBA
“Чистый” LBA	Параметры LBA	Параметры LBA

В стандартном режиме трансляция может выполняться только в один этап и только в пределах самого диска. Сегодня настоящая физическая геометрия всех зонально записанных дисков ATA абсолютно не видна снаружи. Информация о цилиндрах, головках и секторах, которую показывает программа настройки параметров BIOS, отражает логическую геометрию, а не реальные физические параметры диска. Стандартная адресация CHS ограничена 16 головками и 1024 цилиндрами, что приводит к лимиту емкости диска в 504/528 Мбайт.

В программе настройки параметров BIOS этот режим часто называется Normal и “заставляет” BIOS вести себя так, будто это ее старая версия без трансляции. Данный режим применим для дисков, имеющих менее 1024 цилиндров, или же при использовании такого диска с операционной системой, которая не поддерживает трансляцию.

Параметры ECHS и Large, указанные в программе настройки BIOS, представляют собой CHS-трансляцию со сдвигом разряда, а начиная с 1997 года и по сей день в BIOS чаще всего используется переработанный и дополненный метод трансляции (не более 240 логических головок).

Параметр LBA, выбранный в программе настройки BIOS, определяет трансляцию LBA-Assist, которая не является “чистым” режимом LBA, и позволяет программному обеспечению использовать логические параметры CHS при обращении BIOS к жесткому диску в режиме LBA.

Существует только один способ, позволяющий выбрать “естественный” режим LBA как при обращении операционной системы к BIOS, так и при обращении BIOS к жесткому диску, — использование жесткого диска, емкость которого превышает 8,4 Гбайт. Все накопители емкостью более 137 Гбайт должны адресоваться посредством LBA как на уровне BIOS, так и на уровне жесткого диска. Следует заметить, что BIOS, используемая в большинстве персональных компьютеров, с помощью этого метода автоматически адресует любые жесткие диски емкостью более 8,4 Гбайт. В этом случае не придется задавать какие-либо специальные настройки в программе установки параметров BIOS, достаточно лишь определить автоматическое обнаружение дисков.

#### **Предупреждение**

Относительно выбора вида трансляции в настройках BIOS необходимо сказать следующее. Если изменить режим пересчета секторов (CHS, ECHS или LBA) для дисков емкостью до 8,4 Гбайт, то BIOS может перейти к другой логической модели диска. То же самое может произойти, если переставить диск, отформатированный в старом компьютере (в котором не предусмотрен режим LBA), в новую систему с возможностью такой адресации. Это приведет к смене логической модели диска, “видимой” со стороны операционной системы; при этом координаты расположения блоков данных на диске изменятся до неузнаваемости. Естественно, добраться до них вам уже не удастся. Поэтому советуем всегда записывать хранящиеся в CMOS-памяти параметры жестких дисков, чтобы позднее их можно было восстановить в первоначальном виде. Это не относится к жестким дискам, емкость которых превышает 8,4 Гбайт, поскольку в данном случае автоматически выбирается “чистый” режим LBA.

## Преодоление ограничения емкости в 8,4 Гбайт

Несмотря на то что CHS-трансляция позволила преодолеть ограничение емкости в 528 Мбайт, вскоре пользователи столкнулись с новым препятствием, которым стали жесткие диски емкостью более 8,4 Гбайт. Обеспечение поддержки накопителей, емкость которых превышает 8,4 Гбайт, потребовало отказаться от CHS-трансляции и перейти к адресации LBA на уровне BIOS. Интерфейс ATA поддерживал адресацию LBA даже в оригинальной спецификации ATA-1. К сожалению, первоначально поддержка LBA на уровне ATA была факультативной, но основная проблема состояла в том, что на уровне интерфейса BIOS адресация LBA не поддерживалась. Пытаясь устранить эту проблему, в программе настройки параметров BIOS иногда устанавливали трансляцию LBA-Assist, но это приводило лишь к преобразованию параметров LBA в параметры CHS на уровне интерфейса BIOS.

Специалисты компании Phoenix Technologies пришли к решению о необходимости использовать интерфейс BIOS для перехода от CHS к LBA и в 1994 году опубликовали спецификацию *BIOS Enhanced Disk Drive Specification (EDD)*, в которой для устранения этой проблемы использовались новые расширенные сервисы INT13h BIOS, работающие не с адресами CHS, а с параметрами LBA.

Чтобы обеспечить широкую промышленную поддержку и совместимость с новыми функциями BIOS, в 1996 году компания Phoenix передала этот документ в технический комитет T13 Национального комитета по стандартам информационных технологий (NCITS) для дальнейшего улучшения и утверждения в качестве стандарта, который в результате получил название *BIOS Enhanced Disk Drive Specification (EDD)*. Примерно с 1998 года большинство производителей BIOS начали обеспечивать поддержку EDD в создаваемых BIOS, обеспечивая тем самым поддержку режима LBA на уровне BIOS для накопителей ATA, емкость которых превышает 8,4 Гбайт. Случайно или нет, но накопители ATA емкостью 8,4 Гбайт и более появились примерно в это же время.

Спецификация EDD описывает новые расширенные команды INT13h BIOS, обеспечивающие возможность выполнения адресации LBA до  $2^{64}$  секторов, что позволяет поддерживать накопители емкостью более 9,44 Збайт. Это то же самое, что 9,44 трлн. Гбайт,  $9,44 \times 10^{21}$  байт или, если говорить более точно, 9444732965739290430000 байт! Речь идет о теоретической емкости жестких дисков, так как, несмотря на то что к 1998 году BIOS могла обрабатывать до 264 секторов, накопители ATA все еще использовали 28-разрядную адресацию ( $2^{28}$  секторов) на уровне интерфейса ATA. Это позволяло накопителям ATA содержать не более 268435456 секторов, что приводило к максимальной емкости, равной 137438953472 байт, или 137,44 Гбайт. Таким образом, после успешного преодоления барьера в 8,4 Гбайт производители столкнулись с новым ограничением емкости в 137 Гбайт, появившимся в результате использования 28-разрядной адресации LBA в интерфейсе ATA. Ниже показано, как это выглядит в числовом выражении.

Максимальные значения	
-----	
Итого секторов	268435456
-----	
Итого байтов	137438953472
Мегабайт (Мбайт)	137439
Мебибайт (МиБ)	131072
Гигабайт (Гбайт)	137,44
Гибибайт (ГиБ)	128,00

Использование команд нового расширенного 64-разрядного режима LBA на уровне BIOS, а также существующих команд 28-разрядного режима LBA на уровне накопителей ATA не требует трансляции, поэтому параметры LBA передаются в неизменном виде. Объединение режимов LBA на уровнях BIOS и интерфейса ATA позволяет окончательно отказаться от громоздкой адресации CHS. Это означает также, что при установке жесткого диска ATA емкостью более 8,4 Гбайт в ПК, содержащий BIOS, которая поддерживает спецификацию EDD

(т.е. BIOS, выпущенную в 1998 году или позже), происходит автоматическая настройка BIOS и жесткого диска на использование режима LBA.

Существует одна интересная особенность, возникшая при попытке обеспечения обратной совместимости. В этом случае при загрузке операционной системы, которая не поддерживает режим LBA-адресации (например, DOS или первая версия Win95), большинство накопителей, емкость которых превышает 8,4 Гбайт, сообщают о наличии только 16383 цилиндров, 16 головок и 63 секторов на каждой дорожке, что и составляет в общей сложности 8,4 Гбайт. В результате BIOS или операционные системы ранних версий “видят” на 120-гигабайтовом жестком диске только первые 8,4 Гбайт. Это может показаться странным, но я думаю, что лучше иметь 120-гигабайтовый накопитель, распознаваемый как диск емкостью 8,4 Гбайт, чем совершенно нерабочий жесткий диск. При установке накопителя емкостью более 8,4 Гбайт в систему, выпущенную до 1998 года, не забудьте обновить системную BIOS или установить дополнительную плату BIOS с поддержкой EDD.

### Преодоление барьера в 137 Гбайт

В 2001 году производители вплотную столкнулись с проблемой, связанной со 137-гигабайтовым ограничением емкости жестких дисков, поскольку существующий технологический уровень уже позволил создавать 3,5-дюймовые жесткие диски гораздо большей емкости. Решением этой проблемы стала спецификация ATA-6, также разработанная в 2001 году. Эта спецификация, содержащая обновленные функции LBA, позволила перейти от 28-разрядных чисел к 48-разрядным, что дало возможность поддерживать адресацию накопителей большей емкости.

Спецификация ATA-6 расширяет интерфейс LBA, что позволяет использовать 48-разрядную адресацию секторов. Это означает, что максимальная емкость жесткого диска повышается до  $2^{48}$  (т.е. 281474976710656) секторов. Поскольку каждый сектор содержит 512 байт, максимальная емкость жесткого диска будет равна значениям, представленным ниже.

Максимальные значения	
Итого секторов	281474976710656
Итого байтов	144115188075855888
Мегабайт (Мбайт)	144115188076
Мебибайт (МиБ)	137438953472
Гигабайт (Гбайт)	144115188
Гибибайт (ГиБ)	137217728
Терабайт (Тбайт)	144115
Тебибайт (ТиБ)	131072
Петабайт (Пбайт)	144,12
Пебибайт (ПиБ)	128,00

Как видите, 48-разрядная схема адресации LBA, описанная в спецификации ATA-6, поддерживает накопители, емкость которых достигает 144 Пбайт (петабайт — квадрильон байтов).

Функции EDD BIOS, использующие 64-разрядную схему адресации, позволяют еще больше расширить существующие ограничения.

Максимальные значения	
Итого секторов	18446744073709551600
Итого байтов	9444732965739290430000
Мегабайт (Мбайт)	9444732965739291
Мебибайт (МиБ)	9007199254740993
Гигабайт (Гбайт)	9444732965739
Гибибайт (ГиБ)	8796093022208
Терабайт (Тбайт)	9444732966
Тебибайт (ТиБ)	8589934592

Петабайт (Пбайт)	9444733
Пебибайт (ПиБ)	8388608
Эксабайт (Эбайт)	9445
Эксибайт (ЭиБ)	8192
Зеттабайт (Збайт)	9,44
Зебибайт (ЗиБ)	8,00

Несмотря на то что службы BIOS, использующие 64-разрядную схему адресации LBA, позволяют работать с дисками, имеющими емкость до  $2^{64}$  секторов, ограничение в 144 Пбайт, налагаемое спецификацией ATA-6, является наименьшим общим знаменателем, который можно применить. Так что на некоторое время мы застрахованы от проблем.

Согласно закону Мура емкость жестких дисков удваивается каждые 1,5–2 года. Принимая во внимание, что накопители ATA емкостью 160 Гбайт появились только в конце 2001 года, можно предположить, что диски емкостью 144 Пбайт будут созданы примерно в 2031–2041 годах (если допустить, что к этому времени технология изготовления жестких дисков не изменится). По аналогии с этим можно подсчитать, что ограничение EDD BIOS в 9,44 Збайт будет достигнуто не ранее чем в период с 2055 и 2073 годы! Прежде специалисты компании Phoenix заявляли, что спецификация EDD продержится примерно до 2020 года, но, похоже, они были слишком консервативны.

Преодолеть барьер в 137 Гбайт оказалось значительно труднее, чем справиться с предыдущей задачей. Это связано с тем, что, помимо реализации BIOS, пришлось решать вопросы, связанные с операционной системой.

Доступ к накопителям, емкость которых превышает 137 Гбайт, осуществляется при использовании 48-разрядной адресации LBA. Поддержка такой адресации обязательно должна существовать на уровне операционной системы, но может быть реализована и на уровне BIOS. Естественно, лучше, если поддержка LBA реализована и на уровне ОС, и на уровне BIOS, однако иногда достаточно поддержки на уровне ОС.

Поддержка LBA реализована в следующих операционных системах:

- Windows XP SP1 и более поздние версии;
- Windows 2000 SP4 и более поздние версии;
- Windows 98/98SE/Me и Windows NT с загруженной поддержкой IAA (Intel Application Accelerator); только в случае, если набор микросхем материнской платы поддерживает IAA. Дополнительную информацию о наборах микросхем, поддерживающих IAA, можно получить по такому адресу:  
<http://www.intel.com/support/chipsets/IAA>

Для поддержки 48-разрядной адресации LBA на уровне BIOS требуется следующее:

- BIOS с поддержкой 48-разрядной адресации LBA (датированная обычно сентябрем 2002 года и позже);
- адаптер контроллера ATA с BIOS, включающей поддержку 48-разрядной адресации LBA.

Если система не обеспечивает поддержку BIOS, обратитесь за обновленной версией к изготовителю системной платы или установите дополнительную плату со встроенной BIOS. Компания Promise Technologies ([www.promise.com](http://www.promise.com)) выпустила несколько карт PCI с интерфейсами PATA и SATA, а также ряд микросхем BIOS с поддержкой 48-разрядной адресации LBA.

Следует отметить, что, если поддержка 48-разрядной адресации LBA осуществляется и на уровне ОС, и на уровне BIOS, можно просто установить высокочастотный жесткий диск, как любой другой. Если поддержка реализована только на уровне ОС, то все пространство, находящееся за пределами 137 Гбайт, будет распознано и доступно только после загрузки операционной системы. Если установка операционной системы (такой, как Windows XP в своем начальном виде) выполняется на новый жесткий диск и при этом загрузка была произведена с компакт-диска, во время инсталляции потребуется создать раздел емкостью 137 Гбайт. После



установки системы Windows XP и пакета обновлений SP1 можно создать дополнительные разделы на оставшемся пространстве диска с помощью встроенных средств или сторонних программ. Кстати, такие программы, как Partition Magic и Partition Commander, позволяют расширить первый раздел на весь объем жесткого диска. Если загрузка выполняется с диска Windows XP SP1 или более поздней версии, разметить все пространство жесткого диска можно уже в процессе самой инсталляции ОС.

В заключение следует заметить, что оригинальная версия Windows XP (а также Windows 2000/NT или Windows 95/98/Me) не обеспечивает поддержку накопителей ATA, емкость которых превышает 137 Гбайт. Однако эта проблема легко решается, если установить соответствующий пакет обновлений или Intel Application Accelerator.

## Ограничения операционных систем и различного программного обеспечения

Следует хорошо запомнить, что при использовании устаревшего программного обеспечения, включая утилиты, приложения и даже операционные системы, работа которых базируется на параметрах CHS, им будут доступны лишь первые 8,4 Гбайт дисков любой емкости. Для поддержки прямой адресации LBA необходима не только новая система BIOS, но и новые версии программ.

Существующие ограничения операционных систем на емкость жестких дисков приведены в табл. 7.24.

**Таблица 7.24. Ограничения операционных систем на емкость жестких дисков**

Операционная система	Существующие ограничения
DOS/Windows 3x	DOS 6.22 или ниже не может поддерживать диски емкостью более 8,4 Гбайт. DOS 7.0 или выше (включая Windows 95 и выше) распознает диски емкостью более 8,4 Гбайт
Windows 9x/Me	Windows 95a (оригинальная версия) поддерживает расширения INT13h, а это значит, что данная система поддерживает диски емкостью более 8,4 Гбайт, однако в связи с ограничениями файловой системы FAT16 максимальный размер одного раздела имеет ограничение в 2 Гбайт. Windows 95B OSR2 и следующие версии (включая Windows 98) поддерживают расширения INT13h, что позволяет работать с дисками емкостью более 8,4 Гбайт, а также поддерживают файловую систему FAT32, которая допускает наличие разделов большой емкости. В то же время, ввиду конструктивных особенностей, Windows 95 не поддерживает жесткие диски емкостью более 32 Гбайт. Windows 98 требует обновления программы FDISK для создания разделов в дисках емкостью более 64 Гбайт
Windows NT	Windows NT 3.5x не поддерживает диски емкостью более 8,4 Гбайт. Windows NT 4.0 поддерживает диски емкостью более 8,4 Гбайт; однако, если диск такой емкости используется как основное загрузочное устройство, Windows NT не распознает его (эта ошибка исправлена в пакете обновления Service Pack 4)
Windows 2000 и более новые	Эти ОС поддерживают диски емкостью более 8,4 Гбайт
OS/2 Warp	В некоторых версиях OS/2 существовало ограничение на емкость загрузочного раздела в 3,1 или 4,3 Гбайт. Компания IBM выпустила программу Device Driver Pack, которая позволяет использовать загрузочный раздел емкостью более 8,4 Гбайт. Файловая система HPFS поддерживает диски емкостью 64 Гбайт
Novell	Операционная система NetWare 5.0 и выше поддерживает диски емкостью более 8,4 Гбайт

При использовании операционной системы, обеспечивающей поддержку жестких дисков емкостью более 8,4 Гбайт, ограничения максимального объема накопителя зависят не от нее, а от базовой системы ввода-вывода и интерфейса жесткого диска. В этом случае более существенную роль играют ограничения размера томов (разделов) и файлов, создаваемых и управляемых различными операционными системами. Эти ограничения зависят не только от существующей ОС, но и от файловой системы, которая используется в данном разделе. Минимальный и максимальный размеры тома (раздела), а также ограничения размера файлов для различных операционных систем Windows приведены в табл. 7.25. Как отмечалось выше, оригинальная версия Windows XP (а также Windows 2000/NT или Windows 95/98/Me) не обеспечивает в своем исходном виде поддержку накопителей ATA, емкость которых превы-

шает 137 Гбайт. Для этого нужна версия Windows XP SP1 (SP2) или Windows Vista/7. Данный тезис не относится к устройствам, подключенным через интерфейсы USB, FireWire, SCSI и др.

**Таблица 7.25. Ограничения размеров файлов и томов в различных файловых системах**

Ограничения, накладываемые файловой системой	FAT16	FAT32	NTFS
Минимальный размер тома (раздела) (9x/Me)	2,092 Мбайт	33,554 Мбайт	—
Минимальный размер тома (NT/2000/XP/Vista)	2,092 Мбайт	33,554 Мбайт	1,000 Мбайт
Максимальный размер тома (раздела) (9x)	2,147 Гбайт	136,902 Гбайт	—
Максимальный размер тома (раздела) (Me)	2,147 Гбайт	8,796 Тбайт	—
Максимальный размер тома (раздела) (NT/2000/XP/Vista/7)	4,294 Гбайт	8,796 Гбайт	281,475 Тбайт
Максимальный размер файла (все)	4,294 Гбайт	4,294 Гбайт	16,384 Тбайт

## PATA/SATA RAID

Избыточный массив независимых дисковых накопителей (Redundant Array of Independent/Inexpensive Disks — RAID) разрабатывался в целях повышения отказоустойчивости и эффективности систем компьютерных запоминающих устройств. Технология RAID разработана в Калифорнийском университете в 1987 году. В ее основу положен принцип использования нескольких дисков небольшого объема, взаимодействующих посредством специального программного и аппаратного обеспечения, в качестве одного диска большой емкости.

Первоначальная конструкция RAID предусматривала простое соединение областей памяти нескольких отдельных дисков. Но, как оказалось, подобная схема снижает надежность матрицы и практически не влияет на ее быстродействие. Например, четыре диска, объединенные в матрицу, которая работает, как один диск, будут “сбоить” в четыре раза чаще, чем один диск той же емкости. Для повышения надежности и быстродействия матрицы ученые университета Беркли предложили шесть уровней RAID, каждый из которых характеризуется определенной отказоустойчивостью, емкостью запоминающего устройства и быстродействием.

В июле 1992 года была создана организация RAID Advisory Board (RAB), которая занимается разработкой спецификаций RAID, согласованием программ для его различных уровней, а также систематизацией класса программ для аппаратного обеспечения RAID.

В настоящее время организация RAB определила семь стандартных уровней RAID — от RAID 0 до RAID 6. Избыточный массив независимых дисковых накопителей (RAID) обычно реализуется посредством соответствующей платы контроллера. Кроме того, реализация RAID может быть обеспечена с помощью соответствующих программ (что, правда, не рекомендуется). Ниже описаны существующие уровни RAID.

- **RAID 0 — полосование.** Содержимое файла записывается одновременно на несколько дисков массива, работающих, как один дисковод большой емкости. Этот уровень обеспечивает высокую скорость выполнения операций чтения/записи, но очень низкую надежность. Для реализации уровня необходимы минимум два дисковода.
- **RAID 1 — зеркальное отражение.** Данные, записанные на одном диске, дублируются на другом, что обеспечивает превосходную отказоустойчивость (при повреждении одного диска данные считываются с другого). При этом заметного повышения эффективности матрицы по сравнению с отдельным дисководом не происходит. Для реализации уровня необходимы минимум два диска.
- **RAID 2 — код коррекции ошибок на уровне битов.** Одновременно происходит побитовое дробление данных и запись кода коррекции ошибок (ECC) на нескольких дисках. Этот уровень предназначен для запоминающих устройств, не поддерживающих ECC (все дисководы SCSI и ATA имеют встроенный внутренний код коррекции ошибок). Он обеспечивает высокую скорость передачи данных и достаточную надежность матрицы. В то же время для достижения хотя бы 50%-ной эффективности необходимо

минимум семь дисков. Для реализации этого уровня требуется несколько дисководов. Насколько я знаю, в настоящее время не существует коммерческих контроллеров RAID 2 или дисков, не поддерживающих ECC.

- **RAID 3 — полосование с контролем четности.** Объединение уровня RAID 0 с дополнительным дисководом, используемым для обработки информации контроля четности. Этот уровень фактически представляет собой видоизмененный уровень RAID 0, для которого характерно уменьшение общей полезной емкости матрицы при сохранении числа дисководов. Однако при этом достигается высокая степень целостности данных и отказоустойчивости, так как в случае повреждения одного из дисков данные могут быть восстановлены. Для реализации этого уровня необходимы минимум три дисковода (два или более — для данных и один — для контроля четности).
- **RAID 4 — блочные данные с контролем четности.** Этот уровень отличается от RAID 3 только тем, что запись информации осуществляется на независимые дисководы в виде больших блоков данных, что приводит к увеличению скорости чтения больших файлов. Для реализации этого уровня необходимы минимум три дисковода (два или более — для данных и один — для контроля четности).
- **RAID 5 — блочные данные с распределенным контролем четности.** Этот уровень подобен RAID 4, но предполагает более высокую производительность, которая достигается за счет распределения системы контроля четности по жестким дискам. Для реализации этого уровня необходимы минимум три дисковода (два или более — для данных и один — для контроля четности).
- **RAID 6 — блочные данные с двойным распределенным контролем четности.** Подобен уровню RAID 5, но отличается тем, что данные контроля четности записываются дважды за счет использования двух различных схем контроля четности. Это обеспечивает более высокую надежность матрицы в случае множественных отказов дисковода. Для реализации этого уровня необходимы минимум четыре дисковода (два или более — для данных и два — для контроля четности).

Существуют и *вложенные* уровни RAID, получаемые в результате объединения нескольких форм RAID. Наиболее популярные из них описаны ниже.

- **RAID Level 01: чередование с зеркалом.** Накопители сначала объединяются в массивы RAID 0, после чего массивы RAID 0 объединяются в конфигурацию RAID 1. Необходимо как минимум четыре накопителя; общее количество накопителей должно быть четным. Большинство реализаций на ПК допускает использование максимум четырех накопителей. Общее используемое пространство равно половине количества накопителей в массиве, умноженной на емкость диска с наименьшей емкостью. Массивы RAID 01 допускают отказ одного накопителя, а некоторые реализации — нескольких накопителей. Данный вариант не рекомендуется к использованию, так как массивы RAID 10 обеспечивают большую избыточность и производительность.
- **RAID Level 10: зеркалирование с чередованием.** Накопители сначала объединяются в массивы RAID 1, после чего массивы RAID 1 объединяются в конфигурацию RAID 0. Необходимо как минимум четыре накопителя; общее количество накопителей должно быть четным. Большинство реализаций на ПК допускает использование максимум четырех накопителей. Общее используемое пространство равно половине количества накопителей в массиве, умноженной на емкость диска с наименьшей емкостью. Массивы RAID 10 допускают отказ одного накопителя, а некоторые реализации — нескольких накопителей. Похожи на RAID 01 за исключением увеличенной надежности благодаря отказоустойчивости в большем количестве вариантов отказа нескольких накопителей, а также возможности быстрее заменить диск и восстановить массив после сбоя.

Существуют также дополнительные уровни RAID, которые являются нестандартными реализациями определенных компаний. Например, с 1993-го по 2004-й год существовало понятие “RAID 7” для описания фирменной реализации RAID, выпущенной компанией Storage Computer Corp. (в настоящее время прекратила свое существование) Эти уровни официально не поддерживаются RAID Advisory Board.

Если необходима максимальная производительность, обычно используются массивы RAID уровня 0, предполагающего чередование данных. К сожалению, массивы RAID 0 ненадежны, так как при отказе одного накопителя теряются все данные. Преимущества — высокая производительность, которая увеличивается пропорционально количеству дисков в массиве. Например, производительность массива из четырех дисков при использовании производительных контроллеров может практически в четыре раза превышать производительность отдельного диска. Однако нельзя забывать о таких факторах, как задержки, т.е. время, необходимое для поиска данных. Как бы там ни было, производительность RAID 0 всегда выше производительности одного диска.

Для достижения более высокой надежности адаптеры ATA RAID поддерживают уровень RAID 1, который обеспечивает зеркальное отображение (т.е. дублирование) данных, записанных на одном из дисков. При повреждении какого-либо дискового система может работать с информацией, сохраненной на другом диске. К сожалению, эффективность массива при этом практически не изменяется; более того, используется только половина существующего дискового пространства. Другими словами, устанавливаются два диска, а по сути получается только один (второй диск является зеркальной копией первого). Тем не менее в эпоху накопителей большой емкости, имеющих невысокую стоимость, это не имеет существенного значения.

Для того чтобы объединить высокую эффективность с повышением надежности матрицы, следует воспользоваться уровнем RAID 3 или RAID 5. Например, практически все профессиональные контроллеры RAID, используемые в сетевых файловых серверах, предназначены для работы на уровне RAID 5. При этом стоимость подобных контроллеров значительно выше. Кроме того, для реализации уровня RAID 5 необходимы минимум три накопителя.

Используя четыре диска объемом 500 Гбайт в конфигурации RAID 5, вы получите хранилище общим объемом 1,5 Тбайт; при этом допускается отказ одного накопителя. После отказа диска данные могут быть считаны с массива или записаны в него. Однако скорость операций чтения/записи будет чрезвычайно низкой до тех пор, пока не будет заменен диск и восстановлен массив. Процесс восстановления массива может занять относительно много времени, а если произойдет отказ еще одного диска, все данные будут утеряны.

При использовании четырех накопителей в конфигурации RAID 10 вы получите хранилище общим объемом 1 Тбайт, однако при этом допускается отказ нескольких накопителей. Кроме того, после отказа накопителя работа с данными возможна, причем без каких-либо потерь быстродействия. После замены накопителя восстановление массива занимает достаточно мало времени, особенно по сравнению с массивом RAID 5. Благодаря их преимуществам массивы RAID 10 часто рекомендуются как альтернатива RAID 5, особенно когда необходимы избыточность и производительность.

Типичный недорогой контроллер SATA RAID позволяет подключить до семи дисков; с его помощью можно организовать массивы уровней 0, 1, 5 и 0+1; доступны также четырехканальные платы PATA RAID. Однако в настоящее время основной акцент сместился на выпуск контроллеров SATA RAID, так как соответствующие диски не имеют проблем с распределением функций ведущего и ведомого дисков. На платах SATA RAID для подключения каждого из дисков используется отдельный канал (кабель), что приводит к максимальному повышению производительности. Лично я отдаю предпочтение SATA RAID перед PATA RAID из-за повышенной производительности.

При поиске нужного контроллера SATA RAID в первую очередь обратите внимание на следующие параметры:

- поддерживаемые уровни RAID (наилучшие модели поддерживают уровни 0, 1, 5 и 0+1; отсутствие поддержки RAID 5 указывает на продукт низкого качества);
- четыре, шесть или восемь каналов;
- поддержка скорости передачи данных 3 Гбит/с;
- с точки зрения производительности и совместимости наилучшими являются платы контроллеров с интерфейсом PCI.

Если хотите поэкспериментировать с RAID без дополнительных затрат, можете создать дисковый массив с помощью программного обеспечения. Например, операционные системы Windows NT/2000 и более поздние предлагают программную реализацию полосования и зеркального отображения. Если же хотите реально повысить производительность и надежность системы, приобретите контроллер SATA RAID, поддерживающий уровень RAID 5.

