



# Все, что вы хотели узнать о флэш-дисках, но боялись спросить

Андрей Кузнецов

Описываются технические характеристики флэш-дисков и рассматриваются вопросы, связанные с их выбором и применением.

## Что такое флэш-диск?

Функциональное назначение флэш-дисков ничем не отличается от всех остальных «дисков» в компьютерном смысле этого слова — устройство для долговременного энергонезависимого хранения информации с возможностью многократной перезаписи. Их самое главное отличие от тривиальных винчестеров и флоппи-дисков заключается в отсутствии каких-либо подвижных механических деталей конструкции. Для хранения информации во флэш-дисках используются микросхемы памяти, выполненные по технологии Flash™, изобретенной в начале 80-х фирмой Intel. В сущности, эти микросхемы являются обычными электрически стираемыми ППЗУ, однако имеют от последних три существенных отличия. Во-первых, их можно стирать и перезаписывать не менее 1 млн. раз — невероятная цифра для ЭСПЗУ, допуславших в то время в лучшем случае 1000 перезаписей. Во-вторых, емкость этих микросхем очень быстро достигла объема 1 Мбайт при весьма малых габаритах. И в-третьих, время хранения записанной в такой микросхеме информации практически не ограничено. Итак, с точки зрения инженера, флэш-диск представляет из себя компактное электронное устройство на основе микросхем памяти, которое он может использовать в компьютере вместо обычного винчестера. Нужно только точно знать, зачем это надо...

## Зачем нужны флэш-диски?

Действительно, прогресс в области производства традиционных дисков настолько поражает, что кажется невероятной потребностью в создании каких-либо аналогичных изделий на основе микросхем. И в самом деле, пока трудно оправдать применение флэш-диска в офисном компьютере. Однако давайте просто сравним эти устройства между собой, после чего даже очень небогатое воображение подскажет тысячи применений, где альтернативы флэш-дискам просто не существует.

### Стойкость к внешним воздействиям

В отличие от любого винчестера, флэш-диск практически невосприимчив к ударам и вибрациям. Устойчивость к ударам в 1000 g и вибрации в 30 g является нормой для этих устройств. Стандартным диском похвастаться здесь особо нечем, так как они не работают при вибрациях более 2 g. Диски, предназначенные для применения в Notebook, не выходят из строя после ударов до 20 g, однако теряют работоспособность на время действия ударных ускорений. Эти характеристики можно улучшить, применяя специальную демпфирующую подвеску для НЖМД, что, конечно, связано с дополнительными затратами и не решает проблему кардинально.

Диапазон рабочих температур флэш-дисков может составлять от -40°C до +85°C, что является просто недостижимым для традиционных механических дисков. Они все-таки вертятся, а на морозе это не так-то просто. Кроме того, при изменении температуры механические части конструкции подвергаются температурному сжатию или расширению, причем для разных материалов в различной степени. Все это приводит к тому, что типичный рабочий диапазон температур для механических дисковых накопителей составляет +5...+40°C.

### Надёжность

Среднее время наработки на отказ (Mean Time Between Failures — MTBF) для флэш-дисков составляет, как правило, более 1000000 часов (более 100 лет). Надежность же стандартных дисков оставляет желать лучшего, так как они содержат движущиеся механические части. Хотя в последнее время некоторые производители жестких дисков указывают весьма неплохие параметры MTBF, это зачастую вводит пользователей в некоторые сомнения насчет правдивости приводимых данных.

Создана даже специальная ассоциация, целью которой является выработка реальных методов оценки надежности дисковых накопителей и прекращение «войны» MTBF, которая ведется в последнее время между ведущими производителями.

### Габариты и вес

Так как флэш-диски основаны на полупроводниковой технологии, то их минимальный размер соответствует размеру микросхемы. Так, например, флэш-диск DiskOnChip 2000 фирмы M-Systems выполнен в виде обычной DIP-микросхемы с 32 ножками.

Что касается механических дисков, то найти накопители размером меньше 2,5" достаточно трудно. Из нескольких компаний, пытавшихся производить 1,8" диски в формате PCMCIA Type III, сейчас осталась только одна. Из-за множества технологических проблем, связанных с миниатюризацией НЖМД, удельная стоимость таких накопителей достаточно высока и они вряд ли доживут до конца нынешнего тысячелетия. Вес флэш-дисков может составлять всего несколько граммов — цифра, явно недостижимая для их механических собратьев. Не лишним будет также отметить, что флэш-диски не производят акустических шумов.

### Потребляемая мощность

Здесь флэш-диски также вне конкуренции. Во время операции чтения или записи типичный флэш-диск потребляет от источника питания 5 В ток величиной всего около 40 мА (200 мВт), а во время хранения значение тока может падать до 0,1 мА.

Наиболее экономные НЖМД для Notebook даже в режиме полной остановки потребляют 200 мА, а при чтении или записи — 500 мА. Необходимо также учитывать, что подобные диски, в отличие от флэш-дисков, для раскрутки и перехода из режима остановки в рабочий режим требуют достаточно много времени и энергии. Во многих случаях полезным является то, что флэш-дискам для работы нужно напряжение питания одного номинала.

### Скорость доступа

Флэш-диски в отличие от механических не затрачивают время на позиционирование считывающей головки над необходимым цилиндром и сектором вращающегося магнитного диска. С этой точки зрения, доступ к любым данным на флэш-диске происходит практически мгновенно. Нет проблем и со скоростью считывания данных: в зависимости от исполнения флэш-диска эта величина колеблется в пределах 1...5 Мбайт/с. Немного меньшие скорости достигнуты и при записи во флэш-диск. Однако, как мы покажем далее, в некоторых случаях необходимо учитывать те ограничения на скорость записи, которые на-

кладывает сама технология флэш-памяти.

### Количество циклов записи

В отличие от магнитных дисков, число циклов записи (а точнее, стирания/записи) в одну и ту же ячейку флэш-памяти ограничено, что и указывается иногда как основной недостаток флэш-дисков. Давайте, однако, разберемся, насколько этот недостаток серьезен.

Для современных микросхем памяти число циклов перезаписи составляет не менее 1 млн. Много это или мало? Часто можно услышать такое мнение: «Мое устройство записывает 1 кбайт каждую секунду. Получается, через полторы недели работы мне придется покупать новый флэш-диск?» Конечно же, нет! Попробуем разобраться с этой проблемой на примере флэш-дисков фирмы M-Systems, производимых на основе микросхем флэш-памяти 28F008SA фирмы Intel. Эти микросхемы имеют объем 1 Мбайт и блочную структуру по 64 кбайт. Физическая организация флэш-памяти подразумевает стирание блока, если мы хотим его переписать заново. Иными словами, на каждые 64 кбайт записанных данных нам потребуется один цикл стирания. Здесь необходимо учитывать, что производители флэш-дисков программно или аппаратно реализуют концепцию так называемых «виртуальных» секторов. То есть, даже если ваша программа пытается писать блоки данных в одно и то же место на диске, разработчики позаботились о том, чтобы физические данные попадали при этом в разные области флэш-памяти, а число циклов стирания было равномерно распределено по всем блокам флэш-диска. В частности, программное обеспечение TrueFFS, применяемое фирмой M-Systems, гарантирует 95% утилизацию блоков флэш-диска и, как минимум, 1 млн. циклов записи на диск. Иными словами, в диск объемом 1 Мбайт может быть записано до 950 Гбайт данных, прежде чем исчерпается допустимое число циклов перезаписи. Давайте рассмотрим, как это выглядит на конкретном примере.

### Пример: кассовый аппарат.

Каждая транзакция.....200 байт  
Каждый чек .....20 транзакций =  
4 кбайт  
В день .....1000 чеков =  
4 Мбайт

При использовании флэш-диска размером 4 Мбайт на него может быть записано за время эксплуатации 950 Гбайт•4 = 3800 Гбайт, что соответствует общему времени эксплуатации в

приложении кассового аппарата 3800 Гбайт/4 Мбайт = 950 000 дней. В худшем случае гарантированное время эксплуатации 4 Мбайт флэш-диска в приложениях такого типа составит примерно 2600 лет. В случае применения диска объемом 1 Мбайт это время составит 650 лет.

Возвращаясь к первоначальному вопросу о записи на флэш-диск по 1 кбайт в секунду круглосуточно, легко подсчитать, что срок службы для диска объемом 4 Мбайт в такой фантастической задаче составит 120 лет.

Отсюда можно сделать вывод, что не так страшен черт, как его малюют, лишним подтверждением чего является тот факт, что некоторые производители даже не указывают допустимого числа циклов перезаписи для своих флэш-дисков, подразумевая тем самым, что срок их службы явно превышает период морального или физического старения того оборудования, где они применяются.

### Стоимость

При единичных закупках стоимость одного мегабайта флэш-диска составляет 10 долларов (здесь и далее указаны цены фирм-производителей без учета российских налогов). Это объясняется, в первую очередь, ценой самих микросхем флэш-памяти. Для сравнения, стоимость мегабайта обычного электромеханического диска составляет сегодня не более 0,2 доллара. Хотя, если речь зашла о стоимости, неплохо проследить динамику изменения цен на флэш-диски. Еще год назад стоимость одного мегабайта флэш-диска составляла не меньше 50 долларов, а по прогнозам производителей флэш-дисков, к 2000 году цена одного мегабайта составит не более 1 доллара США. С другой стороны, есть такое понятие, как начальная стоимость накопителя, определяемая минимально необходимым набором составных частей накопителя, таких как корпус, мотор, устройство позиционирования, плата контроллера и т. п. Для жестких дисков эта величина мало изменяется в течение уже многих лет и составляет около 100-150 долларов. Десять лет назад за эту цену потребителю предлагался жесткий диск объемом 32 Мбайт, год назад еще можно было найти диски 500 Мбайт такой стоимости, а сегодня за эти деньги почти невозможно найти НЖМД емкостью менее 1 Гбайт. В то же время начальная стоимость флэш-дисков гораздо ниже и составляет сегодня около 40-50 долларов США. За 170 долларов можно приобрести флэш-диск относительно большой емкости —

16 Мбайт (или 32 Мбайт, если использовать программы уплотнения типа Stacker) со всеми присущими флэш-дискам уникальными качествами. При этом существует огромное количество приложений, нуждающихся в накопителях емкостью менее 10 Мбайт, например кассовые аппараты, мобильные компьютерные устройства, станки с ЧПУ или аппараты для выдачи чеков на автомобильных стоянках. В подобных приложениях применение флэш-дисков оправдано не только с точки зрения эксплуатационных свойств, но и экономически. А если рассматривать мобильные компьютеры, то в этом случае стоимость диска часто отстает на задний план при оценке эксплуатационных затрат – лучше заплатить несколько больше за диск, чем смириться с необходимостью частой замены или перезарядки батарей.

### Альтернативные полупроводниковые диски

Начнем с дисков на базе микросхем статической памяти с резервным питанием от батарей. В первую очередь, необходимо отметить, что удельная стоимость статической памяти значительно превышает стоимость флэш-памяти.

Другим важным аспектом является надежность хранения данных. Диск на основе ОЗУ сохраняет записанную информацию после выключения питания, благодаря применению дополнительной батареи питания. Малейшая неисправность батареи (например, в связи с переохлаждением или истечением срока годности) приводит к полной потере записанной на таком диске информации. Кроме того, диски на основе статической памяти, как правило, не изготавливаются с емкостями более 2-4 Мбайт. Единственное, в чем флэш-диски проигрывают по сравнению с дисками на основе статической памяти, – это скорость записи. Если в приложении требуется запись на диск со скоростью, гораздо более высокой, чем 300-800 кбайт/с, то это единственный повод задуматься о необходимости применения диска на основе статического ОЗУ с батарейным питанием.

Существуют также диски на основе динамического ОЗУ. Как известно, ин-

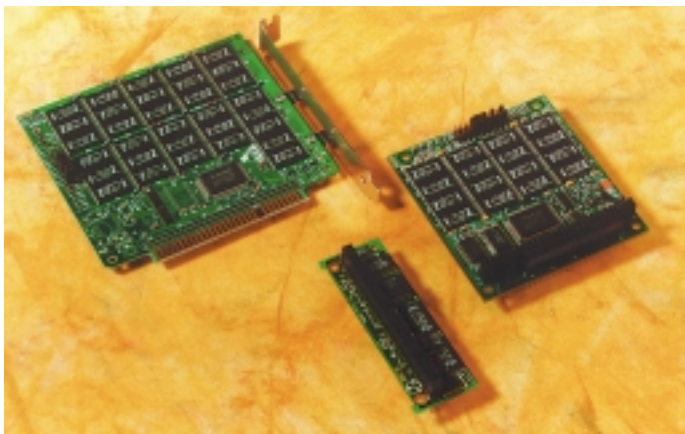


Рис. 1. Флэш-диски в формате карт ISA и PC/104 фирмы M-Systems

формация в динамическом ОЗУ стирается после выключения питания, поэтому в таких дисках, как правило, предусматривается дублирующий НЖМД, куда при случайном или плановом выключении питания успевают записываться вся информация. В определенной степени такие диски можно рассматривать как обычные НЖМД, где размер внутренней кэш-памяти дискового контроллера совпадает с полной емкостью диска. Отсюда легко видеть, что подобные системы наследуют многие недостатки механических дисков.

Подводя итоги наших рассуждений, можно сказать следующее: если для ре-



Рис. 2. SCSI флэш-диск фирмы M-Systems

шения вашей задачи хотя бы по одному из вышеперечисленных параметров обычные жесткие диски не подходят, то самое время рассмотреть возможность применения флэш-дисков. В мобильных приложениях, цифровых камерах, промышленных и встраиваемых компьютерах, авиации, космосе, ноутбуках, палатках, радиотелефонах и тысячах других приложений уже работают миллионы флэш-дисков. Хотя в области высокоскоростных изделий большой емкости для

нормальных условий эксплуатации позиция традиционных жестких дисков явно будет прочной еще не один год.

### Какие они бывают?

Проще всего на этот вопрос ответить одним словом – любые. И это действительно так. В настоящее время флэш-диски выпускаются с различными интерфейсами и в различных конструктивных исполнениях.

### Фиксированные флэш-диски со стандартными интерфейсами

Отдельную группу таких флэш-дисков составляют изделия, выполненные в виде печатных плат, предназначенных для непосредственной установки в разъемы системной шины компьютеров. Наиболее популярны изделия для шин ISA и PC/104 емкостью от 2 до 200 Мбайт (рис. 1). На их основе обычно реализуют системные диски в компьютерах с повышенными требованиями к надежности и скорости начальной загрузки. Если на таком диске запретить запись, то ни один злоумышленник или просто сбой в программе не разрушит записанную на нем информацию. Диски поставляются с предустановленным программным обеспечением TrueFFS, необходимым для работы файловой системы.

Другую группу составляют флэш-диски, которые могут подключаться вместо жестких дисков через обычно используемые для этого интерфейсы IDE и SCSI.

Диски с интерфейсом SCSI (рис. 2) имеют огромную для флэш-дисков емкость до 1,7 Гбайт и применяются, в основном, в довольно экзотических областях, типа бортовых накопителей в авиации или в составе диагностического оборудования, которое перемещается внутри нефте- и газопроводов. Это объясняется тем, что стоимость SCSI флэш-диска объемом 1,7 Гбайт составляет сегодня около \$22000(!).

### Сменные флэш-диски со стандартными интерфейсами

Следующая большая группа флэш-дисков – устройства в стандарте PCMCIA и PC Card (рис. 3), применяемые в мобильной аппаратуре типа ноутбуков в качестве сменных дисков для хранения или переноса информации в обычных настольных компьютерах. В соответствии со свои-



Рис. 3. Флэш-диски в формате карт PCMCIA фирмы SanDisk

ми задачами они имеют специальную конструкцию в виде компактной карточки. Стандарт допускает три возможные толщины карточек РСМСІА — 3,3, 5 и 10 мм. Соответственно эти карточки называются РСМСІА Card Type I, II или III. Одной из самых главных функциональных особенностей этих устройств является возможность их установки в приемный слот в «горячем» режиме без выключения питания. Для обеспечения этой возможности разъем приемного слота имеет специальную конструкцию, обеспечивающую строгую очередность соединения контактов земли, питания и логических сигналов. На сегодняшний день для карточек Type II и Type III достигнуты емкости, соответственно, 85 Мбайт и 300 Мбайт. Флэш-диски в формате Type I не производятся.

Распространение получили флэш-карточки двух типов: линейные и АТА. АТА-карточки аппаратно эмулируют интерфейс жесткого диска, в то время как линейные карточки для своего использования в качестве дисков требуют программной эмуляции. В качестве формата хранения данных для линейных флэш-карт комитет РСМСІА принял стандарт FTL фирмы M-Systems. Более подробно о флэш-картах можно прочитать в «СТА» 1/96.

Карточки серии Compact Flash (рис. 4) являются логическим продолжением развития стандарта РСМСІА в сторону дальнейшего уменьшения габаритов. Они имеют размер примерно вдвое меньше РСМСІА Card Type I, но сохраняют совместимость с ними на уровне интерфейса. При помощи специального переходника CompactFlash можно устанавливать в приемный слот для карточек РСМСІА. Максимальная емкость дисков в формате CompactFlash уже достигла 48 Мбайт.

С Compact Flash пытается конкурировать Miniature Card (рис. 5) — новая разработка родоначальника флэш-технологий фирмы Intel. Miniature Card имеет практически такие же габаритные раз-



Рис. 5. Miniature Card фирмы Intel



Рис. 4. Флэш-диски в формате карт CompactFlash фирмы M-Systems

меры (33×38×3,5 мм), что и Compact Flash, и нацелена на те же области применения, такие как цифровые фотокамеры, палмтопы, радиотелефоны и другие компактные мобильные устройства. В настоящее время выпускаются три модификации Miniature Card, различающиеся емкостью: 4, 8 и 16 Мбайт. Это, как минимум, в три раза меньше, чем максимальная емкость Compact Flash. Другим отличием Miniature Card от Compact Flash является принцип ее функционирования. Miniature Card является устройством линейной памяти, в то время как Compact Flash содержит внутри контроллер для аппаратной эмуляции НЖМД. Простота конструкции Miniature Card, с одной стороны, позволяет минимизировать стоимость, а с другой стороны, может тормозить широкое распространение этого продукта из-за необходимости специального программного обеспечения для совместимости с компьютером.

Побив собственный рекорд в миниатюризации флэш-дисков, фирма Sandisk объявила в начале этого года о выпуске новой линии флэш-дисков Multimedia Card (MMC, рис. 6), разработан-



Рис. 6. Multimedia Card фирмы Sandisk

ной совместно с Siemens AG. Это изделие имеет размеры 32×24×1,4мм и емкость до 10 Мбайт при массе всего 2 г. Для связи с компьютером в MMC используется быстрый последовательный интерфейс на основе 7-контактного соединителя. Вся информация для начальной конфигурации системы (максимальная скорость обмена, поддерживаемые режимы обмена данными, объем памяти, идентификатор и т. д.) записывается внутри карточки MMC.

Благодаря своим функциональным возможностям, MMC идеально подходит для применения в мини-

турных приборах с батарейным питанием, таких как пэйджеры, мобильные телефоны, электронные записные книжки и диктофоны. Стандарт MMC получил мощную поддержку со стороны ведущих телекоммуникационных компаний, таких как Ericsson, Motorola, Nokia, QUALCOMM и Siemens Private Communication Systems. Что может поместиться в MMC объемом 2 Мбайт? Около 1500 страниц текста или 30 минут звуковых сообщений. Легко представить, как телефонный справочник большого города, записанный в MMC, помещается в миниатюрный сотовый телефон. MMC выпускается в версиях для нормального (0...60°C) и расширенного (-40... +85°C) диапазона температур. Поставки MMC начались во втором квартале 1998 г., а в 1999 г. обещано увеличение емкости MMC до 20 Мбайт.

### Микросхемы флэш-дисков

Настоящий бум среди производителей одноплатных компьютеров вызвало появление новой версии флэш-дисков DiskOnChip 2000 в корпусе микросхем DIP32 (рис. 7) производства фирмы M-Systems. Гнезда для установки этих микросхем появились в этом году на платах многих производителей промышленных компьютеров. Объясняется такой успех нового продукта достаточно просто — многие производители промышленных и встраиваемых компьютеров предусматривали на процессорных платах гнезда DIP 32 и до появления DiskOnChip 2000, используя их для установки микросхем ПЗУ твердотельных дисков. Схемотехника подключения DiskOnChip 2000 практически совпадает со схемой подключения ПЗУ к процессору — для успешной работы этого устройства необходимо окно 16 кбайт в расширенной памяти, а все остальные задачи по работе с флэш-памятью выполнит программа-драйвер TrueFFS.

Только для производителей крупных серий электронного оборудования



Рис. 7. Так выглядит DiskOnChip 2000

фирма SanDisk выпускает специальные комплекты микросхем — Flash ChipSet (рис. 8). В них входят микросхемы True IDE контроллера и флэш-памяти. Выпускается четыре разных по емкости набора: на 2, 4, 8 и 16 Мбайт. Микросхема флэш-памяти из этого комплекта выполнена в корпусе с размерами 14×20×1,2 мм. Стоимость Flash ChipSet емкостью 16 Мбайт для партий более 1000 шт. составляет 65 долларов США.

### Элементарные кирпичики

Здесь грех не упомянуть те элементарные кирпичики, которые лежат в основе любого флэш-диска. Речь, конечно, идет о микросхемах флэш-памяти. Традиционно первые микросхемы флэш-памяти рассматривались в качестве замены для обычных микросхем ПЗУ. Intel по-прежнему выпускает микросхемы флэш-памяти, изготовленные по технологии NOR, которые отличаются большим размером блоков стирания, очень быстрым выполнением операций чтения и достаточно медленной записью. Появившиеся в последнее время микросхемы, выполненные по технологии NAND, с самого начала ориентированы на применение в составе флэш-дисков. Эти микросхемы имеют существенно меньший размер стираемого блока (обычно 4 кбайт) и общаются с внешним миром через быстродействующий буфер, емкость которого кратна 512 байт. Скорость записи существенно выше, чем у микросхем NOR, однако скорость чтения ограничена производительностью внутреннего буфера. Ведущими производителями микросхем NAND являются фирмы Samsung и Hitachi. Своим путем идет фирма SanDisk, которая использует в своих изделиях только микросхемы, изготовленные по собственной запатентованной технологии.

### Как установить флэш-диск в компьютер?

Это зависит от типа флэш-диска, но правильным общим ответом будет: «Не сложнее, чем обычный жесткий диск». В общем случае флэш-диски имитируют работу традиционного НЖМД или аппаратно, или программно. Флэш-диски с интерфейсами IDE и SCSI, с точки зрения операционной системы компьютера и способов обращения к ним, ничем не отличаются от традиционных жестких дисков и не требуют какого-либо дополнительного программного обеспечения, кроме стандартно входящего в

состав операционной системы. Флэш-диски, выполненные в виде плат для шины ISA, требуют наличия дополнительного драйвера, эмулирующего работу НЖМД. Правда, эти диски поставляются с уже записанным на них необходимым ПО. Как правило, после установки такого диска в компьютер и включения питания в системе просто появляется дополнительный жесткий диск. Никаких операций форматирования или разбиения на разделы не требуется. Единственной проблемой может оказаться конфликт с другим устройством, работающим через то же самое



Рис. 8. Flash ChipSet фирмы Sandisk

окно в области расширенной памяти. В этом случае для устранения конфликта потребуется переставить перемычки начального адреса на плате флэш-диска или сделать необходимые изменения в начальных установках компьютера. Все это хорошо описано в документации на конкретный флэш-диск. В случае с дисками в виде карточек PCMCIA в зависимости от типа карточки требуется установка в config.sys ссылки на соответствующий драйвер: atadrv.sys в случае с карточками ATA-типа или драйвер фирмы-изготовителя в других случаях. Для установки в систему флэш-диска типа DiskOnChip 2000 необходимо наличие на плате процессора 32-контактного гнезда под микросхему ПЗУ в корпусе DIP32. На многих платах промышленных компьютеров такие гнезда есть. Установите в гнездо DiskOnChip 2000 и подайте питание — все необходимое ПО для DOS/Windows уже записано внутри этого диска.

### Можно ли применить флэш-диск в не совместимом с IBM PC компьютере?

Этот вопрос задается практически всегда, когда разработчик микропроцессорного устройства, не совместимого с IBM PC, а точнее, не совместимого с DOS, узнает о существовании флэш-дисков серии DiskOnChip 2000 или о специальных комплектах «контроллер и флэш-ПЗУ» для встраивания в компьютерные платы. Да, сделать это можно. Более того, есть даже специальные комплекты для разработки таких приложений и программное обеспечение в исходных текстах для быстрой разработки встраиваемого ПО. Например, для встраивания DiskOnChip2000 в не совместимые с DOS компьютеры, в том числе и на основе микроконтроллеров (таких как 8051 или 80188), фирма M-Systems предлагает пакет Flite, включающий исходные тексты на языке C для ра-

боты с флэш-памятью. Но в этой бочке меда есть ложка дегтя: стоимость этого пакета, включающего в свой состав 1000 лицензий, составляет более 20000 долларов. Установив такую стоимость пакета разработчика, фирма руководствуется, по всей вероятности, следующими достаточно логичными соображениями. Во-первых, крупный производитель вполне способен пойти на такое капиталовложение. Дополнительные 20 долларов в стоимости крупносерийного продукта, производимого в тысячах экземпляров, за встроенный флэш-диск — вполне экономически оправданное дело, особенно на фоне дорогостоящего труда западных программистов. Время разработки конечного продукта при этом сокращается ощутимо. Во-вторых, техническая поддержка небольшого количества крупных разработчиков значительно выгоднее, чем огромного числа «самодельщиков», если бы внутреннее устройство и система команд контроллера флэш-памяти распространялись открыто. Для интеграции в собственную разработку флэш-дисков фирмы SanDisk таких больших капиталовложений не требуется. Достаточно хотя бы на программном уровне воспроизвести временную диаграмму стандартного IDE-интерфейса.

### Мне нужен флэш-диск, кто их производит?

В настоящее время за пальму лидерства в разработке и производстве флэш-дисков борются две фирмы: SanDisk, США, и M-Systems, Израиль. Все остальные в основном наклеивают свои логотипы на продукцию этих фирм. Поэтому, если вы увидите флэш-карточку PCMCIA с надписью Hewlett Packard, Compaq или Nokia — не верьте глазам своим, это наверняка M-Systems или SanDisk. Принципиальной разницы между продукцией этих фирм нет, хотя номенклатура производимых M-Systems дисков несколько шире, в частности, в ней присутствуют диски в формате карт с шиной ISA, интерфейсом SCSI и DiskOnChip 2000. Время от времени обе фирмы устраивают небольшие ценовые войны, что нам, конечным пользователям, только на руку — глядишь, и в самом деле в каждом компьютере займут свое место неприхотливые и недорогие флэш-диски. ●