

# Глава 12. Введение в архитектуру компьютера

Термин «компьютер» был определен во введении как универсальное устройство, используемое для автоматизации процессов приема, хранения, обработки и передачи данных, которые осуществляются по заранее разработанным человеком программам. Обращаем внимание на важнейшие моменты этого определения.

1. Компьютер представляет собой неодушевленное устройство (обычно электронное).
2. Компьютер выполняет действия без вмешательства человека — автоматически.
3. Для этого ему должен быть заранее передан разработанный человеком и записанный в специальной форме план действий — программа.
4. Это устройство является универсальным в том смысле, что оно может выполнять любую обработку данных, для которой имеется соответствующая программа.

Существует множество автоматических устройств, которые так или иначе обрабатывают данные. Это, например, всевозможные автоматы по продаже товаров, банкоматы (банковские автоматы), телефоны-автоматы, встроенные в бытовую технику устройства управления и т. д. Но в подавляющем большинстве они имеют очень узкую специализацию и не могут выполнить произвольно заданную программу — именно в этом их коренное отличие от компьютеров, являющихся универсальными устройствами обработки данных.

Подчеркнем, что аппаратура компьютера принципиально не может выполнять никакие действия без программы, задающей, описывающей эти действия. Аппаратура компьютера без программы подобна автомобилю без водителя. Но и программы сами по себе, без аппаратуры не могут обработать данные, так же как водитель без автомобиля не может перевезти пассажиров или груз. Таким образом, аппаратура компьютера и выполняемые программы образуют систему.

**ВНИМАНИЕ!** Компьютер представляет собой универсальную программно-аппаратную систему, которая обеспечивает автоматизацию процессов приема, хранения, обработки и передачи данных, необходимых для решения различных задач.

Термин «архитектура» в применении к компьютерам является расширением и уточнением использовавшегося примерно до середины 1970-х годов более узких терминов «устройство» или «структура» компьютера. Но, как правило, после рассмотрения собственно устройства машины следовало изучение способов представления программ и данных в компьютере, особенностей различных устройств компьютера, организации обмена данными и т. д. Впоследствии всю эту совокупность сведений объединили под одним общим названием — архитектура компьютера.

**ВНИМАНИЕ!** Под **архитектурой компьютера** понимается совокупность сведений об основных устройствах компьютера и их назначении, о способах представления программ и данных в компьютере, об особенностях его организации и функционирования.

Представление данных в компьютерах частично уже рассмотрено в главах 4 и 5 и обсуждается в нескольких последующих главах. А в настоящей главе приведены начальные сведения об основных устройствах компьютера и их взаимодействии в процессе выполнения программы.

Для выполнения функций, связанных с хранением, обработкой, приемом и передачей данных в компьютере, предусмотрены соответствующие этим функциям устройства и группы устройств. В состав любого современного компьютера входят:

- память — группа устройств, которые обеспечивают хранение программ и данных;
- один или несколько процессоров — устройств, которые обеспечивают задаваемую программой обработку данных;
- устройства ввода-вывода — группа устройств, которые обеспечивают обмен, то есть прием и передачу данных между пользователем и компьютером или между двумя или более компьютерами.

Различные устройства компьютера присоединяют друг к другу с помощью стандартизированных и унифицированных<sup>1</sup> аппаратных средств — кабелей, разъемов и т. д. При этом устройства обмениваются друг с другом кодами и управляющими сигналами, которые также приводятся к стандартным формам. Совокупность этих стандартных средств и форм образует конкретный интерфейс того или иного устройства.

**ВНИМАНИЕ!** **Интерфейсом** (англ. interface — сопряжение, поверхность раздела, перегородка) называется совокупность унифицированных стандартных соглашений, аппаратных и программных средств, методов и правил взаимодействия или сопряжения двух систем, в частности устройств или программ, а также устройства или программы с пользователем.

Для обозначения совокупности устройств, которые могут быть включены в состав компьютера той или иной модели, а также средств их соединения используется термин **аппаратное обеспечение**.

## 12.1. Память компьютера

Память компьютера имеет сложную многоуровневую структуру, реализованную в виде взаимодействующих устройств, которые могут использовать различные физические принципы для хранения данных. Такими устройствами могут быть, например, интегральные схемы, магнитные и оптические диски и т. д. Многоуровневый подход к построению памяти вытекает из необходимости обеспечения эффективной работы компьютера при решении самых разных задач, точнее, при выполнении соответствующих им программ.

Как было выяснено ранее, любые дискретные сообщения представляют собой последовательность знаков некоторого алфавита. Для представления в компьютере программ и данных — важнейших частных случаев дискретных сообщений — наиболее эффективным (см. раздел 5.1.2) оказался двоичный алфавит  $\{0, 1\}$ . Напоминаем, что цифры 0 и 1, из которых он состоит, принято называть двоичными, а данные и программы, записанные в двоичном алфавите, называют машинным кодом.

Для хранения каждой из двоичных цифр любого кода в памяти компьютера требуется отдельное устройство, точнее, отдельный элемент памяти, который называется битом. Это слово произошло от английского термина bit, представляющего собой сокращение словосочетания Binary digiT (двоичная цифра).

**ВНИМАНИЕ!** Простейшее устройство, элемент памяти компьютера, который используется для хранения одной двоичной цифры машинного кода программы или данных, называется **двоичным разрядом**, или **битом**.

<sup>1</sup> Унификация (от лат. unus — один, facio — делаю) — приведение к единообразию, единой форме или системе.



Условно бит можно изобразить в виде небольшого прямоугольника, содержащего одну цифру — либо 0, либо 1 (рис. 12.1, *а*). Байт рисуют в виде расположенных рядом восьми одинаковых прямоугольников, каждый из которых содержит какую-либо двоичную цифру, а над битами байта указаны их порядковые номера (рис. 12.1, *б*). По этому рисунку видно, что биты, из которых состоит байт, принято нумеровать справа налево, начиная с нуля.

Заметим, что термины «бит» и «байт» можно понимать по-разному. С одной стороны, согласно изложенному в главе 4, бит и байт представляют собой единицы измерения количества информации, так же как метр и километр, грамм и килограмм, секунда и минута являются единицами измерения длины, веса и времени соответственно. С другой стороны, согласно трактовке этой главы и рис. 12.1, бит и байт — это физические устройства памяти компьютера — своеобразные контейнеры, в которые может быть записан любой двоичный код соответствующей длины. Поэтому точный смысл, в котором используются эти термины, необходимо выявлять из контекста сказанного или прочитанного.

Для хранения кодов целых и вещественных чисел, а также кодов данных со сложной структурой соседние, смежные байты могут объединяться в группы, которые называются полями памяти. Соседними считаются байты, номера которых образуют арифметическую прогрессию  $n, n+1, n+2, \dots, n+k$ . Количество байтов, входящих в эту группу, численно равно значению выражения  $k+1$ , считается длиной поля.

**ВНИМАНИЕ!** Группа смежных байтов памяти, которая используется для записи последовательности двоичных цифр, называется **полем**. Количество байтов, из которых состоит поле, называется **длиной поля**.

Из этого определения следует, что в общем случае в поле памяти могут находиться как связанные, так и логически не связанные между собой двоичные цифры. Байты, входящие в поле, обычно используются совместно, собственно говоря, для этого их и объединяют в поле. Однако при необходимости любой байт поля может обрабатываться самостоятельно, отдельно от остальных.

На рис. 12.1, *в*, в изображении поля границы отдельных байтов отмечены высокими линиями. Это поле состоит из четырех соседних байтов, следовательно, его длина равна четырем. При обсуждении содержимого поля биты нумеруются, как и биты байта, — справа налево, начиная с нуля, при этом применяется сквозная нумерация битов по всему полю. Поэтому на рис. 12.1, *в*, биты имеют номера от 0 до 31. Если же некоторый байт поля рассматривается отдельно от других, то нумерация битов в нем производится независимым образом, как показано на рис. 12.1, *б*.

Важнейшей характеристикой любого устройства памяти является **объем**, равный количеству байтов, которые имеются в этом устройстве. Следует вспомнить, что, когда речь шла о характеристике какого-то участка памяти, например поля, применялся термин *длина*, которая также измеряется в байтах. В дальнейшем эти термины используются как эквивалентные.

**ВНИМАНИЕ!** Объем памяти и длина участка памяти — это одна и та же характеристика — количество байтов, из которых состоит обсуждаемый объект.

Байт является основной единицей измерения объема памяти. Вместе с тем один байт представляет собой довольно маленькую величину, поэтому на практике для указания объемов используется целый ряд кратных единиц. Все они образуются с помощью так

называемой **двоичной тысячи** —  $2^{10} = 1024_{10}$ . Первая кратная единица называется **Кбайт** (произносится «ка байт»), 1 Кбайт = 1024 байт.

**ПРИМЕЧАНИЕ.** Для упрощения речи эту единицу объема называют «килобайт» что не совсем правильно, так как приставка «кило» означает 1000. Например, 1 кг — 1000 г. Следовательно, килобайт в точном смысле термина — это 1000, а не 1024 байта. Аналогичное замечание относится ко всем остальным кратным единицам. Правильно говорить «эм байт» [Мбайт], «гэ байт» [Гбайт], «тэ байт» [Тбайт] и т. д.

Для наглядности значения всех используемых в настоящее время кратных единиц приведены в табл. 12.1.

Таблица 12.1. Кратные единицы объема памяти

Единица	Название*	Значение в байтах	Метрический аналог
1 Кбайт	Килобайт	1024 байт ( $2^{10}$ )	1000 ( $10^3$ )
1 Мбайт	Мегабайт	1024 Кбайт = 1 048 576 байт ( $2^{20}$ )	1 000 000 ( $10^6$ )
1 Гбайт	Гигабайт	1024 Мбайт = 1 073 741 824 байт ( $2^{30}$ )	$10^9$
1 Тбайт	Терабайт	1024 Гбайт = 1 099 511 697 776 байт ( $2^{40}$ )	$10^{12}$
1 Пбайт	Петабайт	1024 Тбайт = 125 899 978 522 624 байт ( $2^{50}$ )	$10^{15}$
1 Эбайт	Эксабайт	1024 Пбайт = 1 152 921 504 606 846 976 байт ( $2^{60}$ )	$10^{18}$
1 Збайт	Зетабайт	1024 Эбайт = 1 180 591 620 717 411 303 424 байт ( $2^{70}$ )	$10^{21}$
1 Йбайт	Йоттабайт	1024 Збайт = 1 208 925 819 614 629 174 706 176 байт ( $2^{80}$ )	$10^{24}$

\* Упрощенное бытовое название.

Наглядное представление о начальных единицах измерения объема можно получить из следующего приблизительного расчета. На одной странице книги обычного формата размещается 2–3 тысячи знаков, то есть для ее кодирования в ASCII необходимо 2–3 Кбайт. Таким образом, для хранения текста книги (без иллюстраций), состоящей из 500 страниц, необходимо 1–1,5 Мбайт.

В составе компьютера имеется несколько уровней, разновидностей памяти. Важнейшими для его работы являются оперативная память (ОП) и внешняя память (ВП).

### 12.1.1. Оперативная память

Этот уровень памяти компьютера подобен кратковременной памяти человека. Когда человек сосредоточен на выполнении какого-либо дела — готовит пищу, совершает покупки, играет на музыкальном инструменте, управляет автомобилем, — он хорошо помнит все детали, подробности текущей ситуации, а также план выполняемой работы. После перехода к другой деятельности все это забывается, но в памяти возникают другой план и другие подробности.

**ВНИМАНИЕ!** **Оперативной памятью** называется устройство компьютера, предназначенное для хранения выполняющихся в текущий момент времени программ, а также всех необходимых для их выполнения данных. Процессор компьютера имеет прямой, непосредственный доступ к любым байтам и полям оперативной памяти для чтения (выборки) находящегося там кода или для записи нового кода.

Поскольку процессору доступны любые байты оперативной памяти, находящиеся в этой памяти программы могут быть выполнены, а данные — обработаны.

Заметим также, что из этого определения следует, что в оперативной памяти на стадии выполнения могут одновременно находиться несколько программ. Кроме того, там могут содержаться как обрабатываемые, так и уже обработанные программой данные.

Все байты оперативной памяти пронумерованы идущими подряд целыми числами, при этом номер начального байта всегда считается равным нулю. Номер байта, заданный в двоичной или шестнадцатеричной системе счисления, по аналогии с номерами домов на улице принято называть **адресом**. Наличие адреса обеспечивает возможность обрабатывать содержимое любого байта памяти независимым от остальных байтов образом. Поскольку, указав адрес байта, можно прочесть код, который в нем записан, или занести в него какой-то другой код, оперативную память называют **прямоадресуемой** памятью или **памятью с прямым доступом**, и обозначают **RAM** (Random Access Memory — память произвольного доступа).

Максимально возможный объем оперативной памяти, который называется **адресным пространством**, и объем памяти, фактически имеющийся у машины, являются важнейшими характеристиками данной модели в целом и конкретного экземпляра компьютера. Адресное пространство является величиной, постоянной для данной модели, в то время как фактический объем оперативной памяти у разных экземпляров может быть различным, но не больше, чем адресное пространство данной модели. У наиболее распространенных на сегодняшний день моделей персональных компьютеров семейства IBM PC максимально возможный объем оперативной памяти 64 Гбайт. Стандартным по состоянию на 2016 год для персональных компьютеров общего назначения считался фактический объем оперативной памяти 4–8 Гбайт.

Кроме оперативной памяти в состав персонального компьютера входит родственная ей **кэш-память**, или просто **кэш** (от *англ.* cache — наличные, карманные деньги, то есть деньги, которые всегда под рукой). Это очень быстрая память, но она имеет относительно небольшой объем (в настоящее время до 32 Мбайт). Скорость передачи данных при обмене с кэшем значительно выше, чем при обмене с оперативной памятью, но и стоит кэш дороже.

Кэш используется как промежуточное звено между процессором и оперативной памятью, которое обеспечивает повышение общей скорости вычислений. Дело в том, что процессор обрабатывает данные с очень большой скоростью, которая намного превышает скорость обмена с оперативной памятью. Поэтому при совместной работе процессор будет часто простаивать, подстраиваясь под скорость оперативной памяти. Избежать этого помогает промежуточный скоростной уровень памяти — кэш, который обеспечивает значительное сглаживание разницы в скоростях работы процессора и оперативной памяти. В тот момент, когда процессору потребуются данные для обработки, он обращается не в «далекую» и медленную оперативную память, а в быструю кэш-память, которая находится под рукой, поближе. В современных машинах предусматривается до трех уровней кэш-памяти с разной скоростью и объемом.

Отличительными особенностями оперативной памяти и кэша в настоящее время являются их **энергозависимость** и относительно высокая стоимость.

**ВНИМАНИЕ!** Энергозависимость памяти означает, что при отключении электропитания компьютера все программы и данные, которые в ней хранятся, безвозвратно теряются.

Вместе с тем энергозависимость оперативной памяти и кэша не является принципиальным моментом, так как теоретически и практически можно реализовать эти виды памяти и в энергонезависимом варианте, когда данные и программы хранятся в памяти независимо от того, включено или выключено электропитание компьютера. Но тогда

стоимость компьютера окажется очень высокой или скорость его работы — очень маленькой. Не исключено, что развитие технологий приведет к такому уровню стоимости и скорости, при которых оперативную память компьютера можно будет реализовать как энергонезависимую.

Следует упомянуть и еще один вид памяти компьютера — **постоянную память, ПЗУ** (постоянное запоминающее устройство), или **ROM** (Read Only Memory — память только для чтения). Эта память отличается от оперативной тем, что коды в нее записываются только один раз на заводе-изготовителе и в дальнейшем из этой памяти возможно только чтение. Кроме того, при отключении электропитания коды, записанные в ПЗУ, сохраняются. Постоянная память используется для хранения наиболее важных и часто используемых служебных программ, которые проверяют работу отдельных устройств компьютера (тестирование), а также выполняют постоянно используемые операции по обмену данными между клавиатурой, монитором и памятью компьютера. Этот комплекс программ образует **базовую систему ввода-вывода**, или **BIOS** (Base Input Output System — базовая система ввода-вывода).

### 12.1.2. Внешняя память

Этот уровень памяти компьютера похож на вспомогательные средства, используемые человеком для долговременного хранения важных сведений, — записные книжки, всевозможные справочники, фотографии, звукозаписи, киноплёнки, видеозаписи и т. д. Такие носители информации естественно считать внешними по отношению к «внутренней» памяти, «находящейся» в голове человека.

**ВНИМАНИЕ!** **Внешней памятью** называется группа устройств, которые предназначены для долговременного хранения больших массивов программ и данных. Процессор не имеет прямого доступа к программам и данным, находящимся во внешней памяти.

Фактически эти устройства могут находиться внутри корпуса компьютера, тем не менее для их обозначения используется исторически сложившийся термин «внешняя память». Внешнюю память компьютера, или **ВЗУ (внешние запоминающие устройства)**, можно представлять себе как значительный по объему информационный склад, где программы и данные могут храниться годами до тех пор, пока не потребуются.

Так как процессор не имеет непосредственного доступа к внешней памяти, то находящаяся в ней программа не может быть выполнена, а данные не могут быть каким-то образом обработаны. В этом и состоит главное функциональное отличие внешней памяти от оперативной. Во внешней памяти программы и данные хранятся в нерабочем состоянии, а в оперативной памяти программы и относящиеся к ним данные находятся только во время выполнения программ. Для того чтобы выполнить какую бы то ни было программу, ее сначала требуется «взять со склада», то есть найти на внешнем устройстве и перенести в оперативную память, где она сможет выполняться. Аналогичным образом, чтобы обработать данные, физически находящиеся во внешней памяти, их необходимо сначала перенести в оперативную память.

**ВНИМАНИЕ!** Перенос программы из внешней памяти в оперативную называется **загрузкой** программы, а инициирование (начало) ее выполнения — запуском программы или **передачей управления** этой программе.

Важнейшей особенностью внешней памяти является ее энергонезависимость. Кроме того, внешняя память гораздо дешевле и имеет значительно большие объемы по

сравнению с оперативной. Но скорость передачи данных при обмене с внешней памятью значительно меньше, чем у оперативной памяти.

В настоящее время в качестве внешней памяти в основном используются **жесткие магнитные диски**, **оптические диски**, а также **флеш-память**. Жесткие диски обычно являются составной частью компьютера, и их можно представить себе как стационарный шкаф для хранения разнообразной документации, фотографий, чертежей, звуковых и видеозаписей. Оптические диски, а также флеш-память являются **сменными носителями** данных. Сменные носители можно представить себе как своеобразный портфель, в котором документы хранят и переносят. За счет смены устройств флеш-памяти и дисков в дисководов на такие носители можно записать неограниченно много данных, хотя объем каждого отдельного запоминающего устройства может быть относительно мал.

### 12.1.2.1. Жесткие диски

В состав современных персональных компьютеров обязательно входит хотя бы один постоянный, несъемный жесткий диск. Обычно его называют **жестким магнитным диском (ЖМД)**, или **HDD** (Hard Disk Drive — привод жесткого диска). Для жестких дисков иногда используют сленговое название **винчестерский диск** или просто **винчестер** (Winchester rifle — винчестерская винтовка).

Фактически жесткий диск является пакетом дисков, который состоит из нескольких (от 2 до 10) металлических или стеклянных пластин, закрепленных на общей оси и жестко соединенных с механизмом вращения. Вся группа дисков размещена в герметичном корпусе (рис. 12.2). Такая конструкция позволяет значительно увеличить плотность записи информации и, следовательно, увеличить объем, который у современных жестких дисков достигает 4-х и более Тбайт.

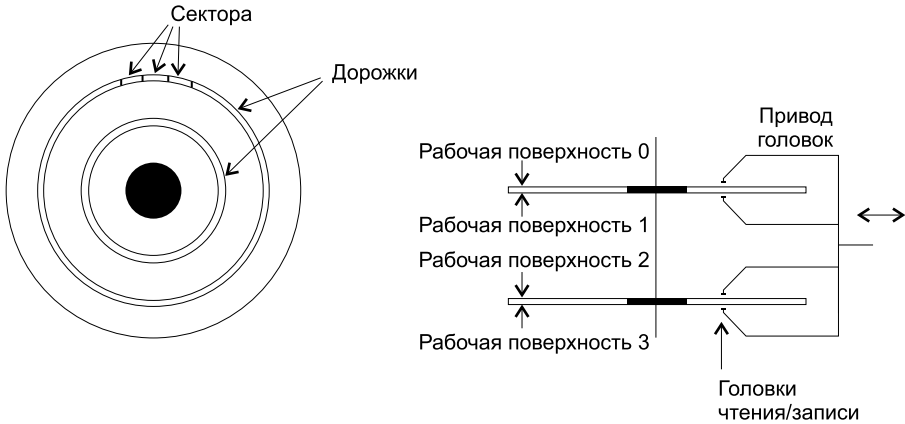
Все диски пакета вращаются одновременно, причем особенности конструкции жестких дисков позволяют достигать скоростей вращения пакета 10 000 – 15 000 об./мин, что обеспечивает большую скорость передачи кодов при их считывании или записи.



**Рис. 12.2.** Внешний вид жесткого диска со снятой крышкой корпуса

Обсудим подробнее способ хранения данных на дисках. Плоские поверхности каждого диска пакета покрыты специальным веществом, хорошо сохраняющим состояние намагниченности. Стороны диска, на которые нанесено магнитное покрытие, называются

**рабочими** поверхностями (рис. 12.2, 12.3) Каждая из поверхностей имеет собственный порядковый номер, начинающийся с нуля.



**Рис. 12.3.** Дорожки и сектора на рабочих поверхностях диска

На рабочие поверхности дисков наносятся концентрические **дорожки**, которые представляют собой не углубления в поверхностях, а круговые полосы особым образом намагниченного вещества, которые отделяются друг от друга областями с другими магнитными свойствами. Количество дорожек на рабочей поверхности диска зависит от его диаметра, материала, из которого изготовлен магнитный слой, и некоторых других факторов. Все дорожки каждой из поверхностей также пронумерованы числами, начиная с нуля.

Каждая дорожка диска разбивается на участки, которые принято называть **секторами**. В стандартном случае сектор имеет объем 512 байт. Сектора на дорожке также нумеруются, но в отличие от рабочих поверхностей и дорожек их нумерация начинается с единицы. Таким образом, чтобы однозначно указать какой-либо сектор на диске, следует задать три числа: номер рабочей поверхности, номер дорожки на ней и номер сектора на дорожке. Этот набор из трех номеров называется **физическим адресом сектора**.

Над каждой рабочей поверхностью вращающегося диска находится закрепленная на **приводе** головка чтения/записи, содержащая индукционную катушку (см. рис. 12.2, 12.3). Привод представляет собой механизм, обеспечивающий одновременное радиальное (вдоль радиуса диска от его внешней границы к центру и обратно) перемещение всех головок чтения/записи и точное их позиционирование на некотором расстоянии от центра диска. Сочетание вращательного движения дисков и радиального перемещения головок обеспечивает возможность чтения/записи в любом секторе любой дорожки любой рабочей поверхности.

В режиме записи при прохождении по индукционной катушке тока определенного направления на дорожке рабочей поверхности остается участок с соответствующим направлением тока направлением намагниченности. Одно из этих направлений считается кодом нуля, другое — кодом единицы, следовательно, такой участок намагниченности представляет собой бит памяти на дисковом носителе. В режиме чтения, когда головка проходит над намагниченной областью, в ней возникает ток соответствующего намагниченности направления, который воспринимается как прочитанное значение бита.

Для повышения скорости выполнения операций чтения и записи на жестких дисках несколько подряд расположенных секторов одной и той же дорожки объединяют в группы,

которые называют кластерами. Обмен информацией, то есть либо чтение, либо запись, для любого диска всегда осуществляется отдельными кластерами, а не отдельными секторами. Поэтому кластер диска в процессе чтения/записи данных играет примерно такую же роль, какую играет байт в оперативной памяти.

**ВНИМАНИЕ!** **Кластером** называется группа соседних секторов дорожки магнитного диска. Чтение данных с дисков и запись на них осуществляются не отдельными байтами, как в оперативной памяти, а группой секторов — кластером.

Кластер всегда состоит из целого количества секторов — одного, двух, четырех, восьми и т. д. Конкретное количество секторов, входящих в кластер, зависит от используемых аппаратных и программных средств. В частности, кластеры на современных жестких дисках состоят из 32, 64 и более секторов. Чтобы упростить адресацию, для всех кластеров диска вводится единая сплошная нумерация. Это позволяет в качестве адреса кластера вместо трех чисел физического адреса его начального сектора указывать только одно — порядковый номер кластера.

Первый сектор, расположенный на нулевой дорожке нулевой поверхности диска, принято называть **начальным, стартовым, загрузочным** или **boot-сектором**. Он играет особую роль в работе компьютеров. В частности, содержит исчерпывающую характеристику самого диска: количество рабочих поверхностей на диске, количество дорожек на одной поверхности и количество секторов на одной дорожке. Кроме того, в этом секторе может находиться специальная **программа-загрузчик**, которая при включении компьютера автоматически загружает **операционную систему** (см. раздел 13.4) — основную программу, которая управляет всей работой компьютера.

**ВНИМАНИЕ!** Диск, на котором размещена операционная система, называется **системным диском**. Обычно в качестве системного диска выбирается один из жестких магнитных дисков, включенных в состав компьютера.

Первоначальная подготовка дисков к использованию, во время которой на их рабочие поверхности наносится система дорожек и секторов, выполняется специальными вспомогательными программами-утилитами и называется **форматированием, инициализацией** или **разметкой**.

Различают **несъемные** и **съемные** жесткие диски. Несъемные жесткие диски размещаются внутри корпуса компьютера, их снятие и установка требуют разборки корпуса. Несъемные диски находятся в рабочем состоянии с момента включения до момента выключения компьютера.

Съемные жесткие диски размещаются вне основного корпуса компьютера в специальных контейнерах, которые обеспечивают защиту от внешних воздействий, а также подключение к электропитанию и к компьютеру. Съёмные диски включаются и выключаются в любой момент по мере необходимости. Они легко подсоединяются к компьютеру и отсоединяются от него, их можно переносить с одного компьютера на другой, что позволяет при необходимости переместить с таким диском терабайты данных и программ. Внутреннее устройство съёмных жестких дисков, иногда называемых **внешними** жесткими дисками, ничем не отличается от устройства несъемных.

В состав компьютера может быть включен как один, так и несколько жестких дисков. Кроме того, любой из жестких дисков можно разделить на несколько участков, каждый из которых ведет себя как *самостоятельный* диск. Такие участки жесткого диска принято называть **логическими дисками**. Возможность выделения логических дисков

позволяет при необходимости *имитировать* наличие в составе компьютера нескольких жестких дисков и обеспечивает удобство хранения и поиска данных.

Каждое дисковое устройство, включенное в комплект персонального компьютера, имеет собственное обозначение, которое состоит из буквы английского алфавита и двоеточия. Системный жесткий диск, то есть диск, на котором находится операционная система, всегда обозначается С:. Если в составе компьютера имеются дополнительные реальные или логические жесткие диски, дисководы для оптических дисков, подключаемые внешние диски и устройства флеш-памяти, то для их обозначения используются следующие по алфавиту буквы английского алфавита — D:, E:, F и т. д.

Программы и данные на жестких дисках хранятся в виде **файлов** — самостоятельных единиц хранения, имеющих имя и определенную внутреннюю структуру. Совокупность файлов, записанных на диск, вместе со вспомогательными таблицами, обеспечивающими быстрый поиск необходимых программ и данных, образует **файловую систему** диска. Более подробно файлы и файловые системы обсуждаются в главе 13. Для рассматриваемых далее вопросов достаточно понимания того, что каждый файл имеет имя и занимает некоторое количество кластеров на каком-либо диске. Отметим, что выраженное в байтах суммарное количество занятых файлом кластеров считается **длиной файла**.

### 12.1.2.2. Основные проблемы хранения программ и данных на магнитных дисках

В процессе эксплуатации магнитных дисков на их рабочих поверхностях могут возникать различные физические дефекты. Если в секторе, размещенном на дефектном участке рабочей поверхности, хранились какие-либо коды, они могут оказаться поврежденными или недоступными. Вследствие различных сбоев аппаратуры, ошибок в программах или ошибочных действий пользователя могут быть повреждены некоторые файлы или же частично или полностью разрушена файловая система диска, что также приводит к потере программ и данных, хранящихся на таком диске.

Очень многие программы во время работы создают на дисках временные файлы для хранения вспомогательных данных. Такие файлы при нормальном завершении работы программы автоматически уничтожаются. Если же во время работы программы произошел сбой в аппаратуре или работе программы, а также если пользователь по какой-то причине выключил компьютер, отдельные части вспомогательных файлов могут остаться на диске. Кластеры диска, на которых размещены эти части файлов, будут считаться занятыми, и доступ к ним будет закрыт. Постепенно это приводит к значительному засорению диска, когда полезными данными и программами занята только некоторая его часть, а большая часть недоступна для нормальной работы.

Когда файл записывается на пустой диск, ему выделяется группа последовательно расположенных кластеров, вместе взятые они являются аналогом сплошного участка рабочей поверхности диска. Следующему файлу также достается сплошной участок, и так происходит до тех пор, пока весь диск не окажется заполненным. Принцип выделения памяти сплошным участком удобен тем, что головки чтения-записи привода при выполнении операций обмена совершают минимально возможное количество перемещений. Поэтому механизмы диска меньше изнашиваются и, кроме того, обмен осуществляется быстрее.

Однако после первичного заполнения диска и последующего удаления некоторых из ранее записанных файлов может сложиться парадоксальная ситуация. Допустим, что удалены несколько относительно коротких файлов, а записать требуется всего один, но его длина больше, чем длина любого из удаленных файлов. Если выделять дисковую

память по принципу сплошного участка, записать этот файл на диск будет невозможно. И это несмотря на то, что суммарная длина свободных участков дисковой памяти может многократно превосходить длину записываемого файла. Записать файл не удастся потому, что он должен занимать один сплошной участок диска, в то время как размер любого из освободившихся участков меньше его длины, следовательно, он не помещается целиком ни на один из них.

Чтобы избежать возникновения подобных ситуаций, при записи файлов на диски может осуществляться их **фрагментация**. Это значит, что файл разрезается на части, соответствующие размерам свободных участков рабочей поверхности, и каждая часть записывается на свой участок. Такие участки могут быть произвольно разбросанными по поверхности диска группами кластеров или даже одиночными кластерами. Таким образом, фрагментация позволяет записать файл и в тех случаях, когда подходящего по длине файла сплошного участка на диске нет.

Отдельно записанные части файлов называют **фрагментами**, а сам разрезанный на части файл называют **фрагментированным**. Сведения о том, какие именно кластеры диска заняты отдельными фрагментами одного и того же файла, собраны в специальной таблице файловой системы, которая называется **FAT** (File Allocation Table — таблица распределения файлов), или ее аналогах.

Если во время работы производятся многочисленные удаления и записи файлов, то они могут оказаться разбитыми на большое количество фрагментов. В этом случае говорят, что файл сильно фрагментирован. Чрезмерная фрагментация файлов приводит к ускоренному изнашиванию механизмов дисководов, а также значительному увеличению времени на выполнение операций обмена.

Для увеличения срока службы жестких дисков рекомендуется периодически выполнять процедуру **дефрагментации**. Во время ее выполнения все файлы на диске перезаписываются так, чтобы каждый из них занимал группу соседних кластеров, то есть один сплошной участок памяти, следовательно, размещение файлов на диске окажется *оптимальным* для работы компьютера.

Во время работы компьютера пакет жесткого диска постоянно вращается, причем с огромной скоростью. Поэтому из-за трения в подшипниках дисководов выделяется довольно много тепла. Кроме того, нагреваются электронные схемы диска, особенно в периоды, когда происходят интенсивные процессы обмена данными с жестким диском. Для современных жестких дисков критической температурой, превышение которой оказывается опасным, считается 50 °С. Постоянное превышение критической температуры резко снижает период надежной эксплуатации диска и приводит к его преждевременному выходу из строя. Поэтому при грамотной работе с компьютером необходимо постоянно наблюдать за температурой его жестких дисков и прерывать работу с диском, критическая температура которого оказалась превышена.

Чтобы при хранении программ и данных на дисковых носителях избежать потерь и сохранить диски в работоспособном состоянии на максимальное время, необходимо периодически контролировать качество рабочих поверхностей и целостность файловой системы на всех используемых жестких дисках, а также выполнять их дефрагментацию и постоянно контролировать температурный режим.

### 12.1.2.3. Твердотельные диски

Одной из весьма перспективных современных разновидностей внешних запоминающих устройств являются **твердотельные накопители**, или **SSD-диски** (Solid-State

Drive) — немеханические запоминающие устройства на основе интегральных микросхем. Несмотря на то что в конструкции твердотельных накопителей дисков как таковых нет, электронные схемы и программы имитируют на них наличие рабочих поверхностей, дорожек, секторов и кластеров, таких же, как на магнитных дисках. Так что пользователи рассматривают такие накопители как обычные жесткие магнитные диски, имеющие целый ряд полезных свойств. Важнейшие преимущества этой разновидности дисковых накопителей:

- отсутствие движущихся частей, отсюда полное отсутствие шума и высокая механическая стойкость;
- стабильность времени считывания файлов вне зависимости от их расположения;
- считывание/запись кластеров не связаны с перемещениями привода, поэтому SSD-диски не нуждаются в дефрагментации;
- высокая скорость чтения/записи, существенно превосходящая скорость обмена у жесткого диска;
- низкое энергопотребление;
- широкий диапазон рабочих температур, отсутствие эффекта нагревания дисков;
- низкая чувствительность к внешним электромагнитным полям;
- малые габариты и вес.

Как следует из перечисленного, такие диски, в отличие от обычных жестких дисков, практически не нуждаются в уходе: не требуется выполнять проверку рабочих поверхностей и дефрагментацию, нет необходимости следить за температурным режимом. Кроме того, производители этой разновидности носителей указывают, что время надежной эксплуатации SSD-дисков превышает сотни лет в режиме непрерывного чтения/записи.

Вместе с тем стоимость SSD-накопителей пока существенно выше стоимости жестких дисков. Поэтому в настоящее время они используются в основном как системные диски, чем обеспечиваются высокая скорость и надежность работы операционной системы.

#### 12.1.2.4. Оптические диски

В состав современных компьютеров включаются дисководы — устройства для работы с **оптическими (лазерными)** дисками, которые относятся к сменным носителям данных. Простейший поликарбонатный оптический диск имеет одну или две рабочие поверхности, его диаметр 120 мм. Двоичные коды записываются механическим способом в виде углублений (ямки) и ровных участков или с помощью лазерного луча, формирующего участки с различной отражающей способностью. В любом случае коды данных и программ находятся на единственной спиралевидной дорожке рабочей поверхности диска. Включаемое в состав компьютера устройство для работы с оптическими дисками называется **лазерным проигрывателем** или просто **дисководом**. Механизм дисковода вращает диск со скоростью до 15 об./с, за счет этого лазерный луч, создаваемый оптической системой дисковода, с огромной скоростью пробегает вдоль дорожки, считывая записанный на ней код. Собственно из-за способа считывания кодов диски называются оптическими, или лазерными.

Простейшей разновидностью оптических дисков являются **CD-ROM** (Compact Disk Read Only Memoгу — память только для чтения на компакт-дисках). Они отличаются тем, что двоичные коды программ и данных наносятся на них при изготовлении на заводе механическим путем, при этом двоичные цифры представлены углублениями и ровными

участками дорожки. Отсюда вытекает основной недостаток CD-ROM — невозможность записывать на них новые данные. К достоинствам CD-ROM можно отнести низкую стоимость, емкость порядка 600–800 Мбайт, а также надежность и долговечность (теоретически до 100 лет). В настоящее время такие диски используются только в качестве носителей различных программ и данных в розничной продаже.

Существенный недостаток CD-ROM — невозможность выполнения записи кодов на диск непосредственно на компьютере — был устранен в дисках **WORM** (Write Once/Read Many — однократная запись, множественное считывание), которые имеют и более распространенное название **CD-R** (Compact Disk Recordable — записываемый компакт-диск). На диски такого типа коды данных и программ можно записать прямо на компьютере, но только один раз, при этом считывать их можно произвольное количество раз.

Запись на диски CD-R, которые принято называть **заготовками**, или **болванками**, выполняется с помощью воздействия высокотемпературного лазерного луча на особый светочувствительный слой диска (цианин зеленого цвета или пталоцианин желто-оранжевого цвета), который как бы выгорает под этим воздействием. Отсюда ясно, что такую запись можно выполнить только один раз. В этом способе разные двоичные цифры представлены участками дорожки с различной отражающей способностью.

Широкое распространение имеют диски и дисководы, обеспечивающие возможность многократной перезаписи. Для этого требуются диски типа **CD-RW** (Compact Disk ReWriteable — перезаписываемые компакт-диски). По своим размерам, объему и внешнему виду диски CD-RW ничем не отличаются от дисков CD-R и CD-ROM. Но принцип записи кодов на них другой. На металлическую (или иную) основу диска CD-RW наносится рабочий слой из специального материала (сплав серебра, индия, сурьмы и теллура), который под влиянием лазерного луча переходит из кристаллического состояния в аморфное или наоборот. Участки в кристаллическом и аморфном состоянии по-разному отражают свет, что обеспечивает возможность чтения данных, записанных на диск описанным способом. Переход из одного состояния в другое может происходить многократно, поэтому возможна многократная перезапись дисков CD-RW.

Все рассмотренные оптические диски имеют объем 600–800 Мбайт, что, в принципе, не очень много, если иметь в виду уровень современных требований к внешним запоминающим устройствам. Гораздо большие объемы имеют хорошо известные любителям видео DVD (Digital Versatile Disk — цифровой многосторонний, универсальный диск). Отличительной особенностью DVD является наличие нескольких слоев на одной рабочей поверхности. При этом каждый слой эквивалентен одной рабочей поверхности CD. Кроме того, для записи используется особый мультимедийный формат MPEG-2, поэтому общий объем диска достигает 27 Гбайт. В настоящее время распространены также диски однократной (**DVD-R**) и многократной (**DVD-RW**) записи.

В начале 2000-х годов появились **BD** (Blu-Ray<sup>1</sup> Disc — диск синего луча). Технологии Blu-Ray-дисков для чтения и записи кодов используют синий лазер с длиной волны 405 нм, в то время как обычные CD и DVD используют красный и инфракрасный лазеры с длиной волны 780 и 650 нм соответственно. Такое уменьшение длины волны лазера позволило вдвое сузить дорожку диска по сравнению с DVD и значительно увеличить плотность записи данных на его рабочую поверхность. BD могут хранить до 128 Гбайт данных на одном слое. Существуют многослойные BD объемом до 500 Гбайт, а также BD, допускающие однократную и многократную перезапись.

<sup>1</sup> Написание blu вместо blue намеренное, вызванное требованиями системы патентования.