

ОПЕРАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

<https://vikchas.ru>

Лекция 4 «Подсистема управления внешними устройствами (подсистема ввода-вывода)»

Часовских Виктор Петрович
доктор технических наук, профессор
кафедры ШИиКМ, ФГБОУ ВО
«Уральский государственный
экономический университет

Екатеринбург 2026

Дисковая подсистема ОС. Понятие «геометрии диска»

Существует множество различных типов дисков. Наиболее распространеными являются жесткие магнитные диски. Их характеризует сравнительно высокая скорость чтения-записи данных, что позволяет им играть роль вторичной памяти, например, для реализации виртуальной памяти. Массивы, составленные из таких дисков, иногда используются для организации высоконадежного хранилища данных. Однако для распространения программ, данных и фильмов чаще используются разнообразные оптические диски (DVD и Blu-Ray диски). И, наконец, растущей популярностью, благодаря высокой скорости работы и отсутствию механических частей, пользуются твердотельные

ДИСКИ.

ПРИМЕРЫ МАГНИТНЫХ ДИСКОВ

Магнитный диск был изобретен в компании IBM в начале 50-х годов.

Магнитный диск Запоминающее устройство, в котором носителем информации является тонкий алюминиевый или пластмассовый диск, покрытый слоем магнитного материала. Применяются М. д. диаметром от 180 до 1200 мм при толщине 2,5—5 мм, в качестве магнитного покрытия используют сплавы металлов



Первый дисковод для ЭВМ на 50 жёстких дисков, диаметром 24", общой ёмкостью 5 МВ

МАГНИТНЫЙ ДИСК

- С начала 1960-х годов в употребление входят компьютерные магнитные диски: алюминиевые или пластмассовые диски.
- Покрыты диски тонким магнитным порошковым слоем



Накопитель на магнитных дисках EC- 5061



Гибкие магнитные диски

- Гибкие магнитные диски (флоппи-диски) имеют размер 3,5 дюйма.
- Объём 3,44 Мбайт



Компании **IBM** и **Fujifilm** создали ленточный накопитель, который мог вмещать **580 ТБ** (терабайтов информации). Это был абсолютный мировой рекорд: до появления данной разработки в мире не существовало ни одного накопителя на магнитной ленте, способного хранить такой объём данных.

[cnews.ru](#)

[ichip.ru](#)

При разработке использовали частицы феррита стронция, которыми покрыли поверхность ленты. Для этого уменьшили дорожки записи до 56,2 нм и сконструировали новую головку для чтения и записи, способную работать с уменьшенными дорожками и обладающую повышенной точностью перемещения — 3,2 нм.

[cnews.ru](#)

Также в 2020 году сообщалось, что **WDC** и **Seagate** выпустили жёсткие диски объёмом **20 Тбайт**.

[ru.wikipedia.org](#)

МБ, ГБ, ТБ, РВ, ЗВ?

MEGABYTE



GIGABYTE



TERABYTE



ZETTABYTE



ЖЁСТКИЙ
ДИСК

20 ТБ

SATA III

3.5"
HDD



SkyDisk

Western Digital
Ultrastar®
DC HS760
DATA CENTER DRIVE

20 ТБ

Одной из основных характеристик дисковых систем является тип интерфейса.

Интерфейс — это способ взаимодействия жесткого диска и материнской платы компьютера, представляющий собой набор специальных линий и специального протокола (набора правил передачи данных).

Приведем примеры без детального описания нескольких современных интерфейсов для серийно выпускаемых внутренних жестких дисков.

IDE (*Integrated Drive Electronics*) — буквально означает «встроенный контроллер», один из самых ранних (1980-е гг.), также называемый ATA (*Advanced Technology Attachment*). ATA — это параллельный интерфейс передачи данных, за что вскоре он был переименован в PATA (*Parallel ATA*). IDE хоть и был очень медленный (пропускная способность канала передачи данных составляла от 100 до 133 Мбайт в секунду в разных версиях), однако позволял присоединять одновременно сразу два устройства к материнской плате, используя при этом один шлейф.

Следующим не менее популярным, чем IDE в свое время, интерфейсом является SATA (*SerialATA*), характерной особенностью которого является последовательная передача данных. Стоит отметить, что он является самым массовым для

применения в ПК.

SCSI (*Small Computer System Interface*) — параллельный интерфейс, используется для подключения различных внешних устройств (не только жестких дисков). Он постепенно вытесняется новым стандартом — SAS (*Serial Attached SCSI*), который устраняет ряд недостатков SCSI.

Жесткий диск (иногда употребляют название «винчестер») был впервые реализован для ПК в 1983 г. и с тех пор стал основным устройством внешней памяти.

Работа такого диска основана на 2 принципах:

- 1) магнитной технологии записи;
- 2) быстром вращении диска (5400 и 7200 об/мин, хотя имеются модели с 10 000 и 15 000 об/мин).



Жесткий диск для ПК

Жесткие диски представляют собой несколько пластин с магнитным покрытием, которые расположены на одной оси (шпинделе) и вращаются с большой скоростью рис. 1. Считывание-запись информации осуществляется с помощью специальных устройств — головок диска, которые располагаются одна под другой между пластинами и перемещаются от центра к краям пластин.

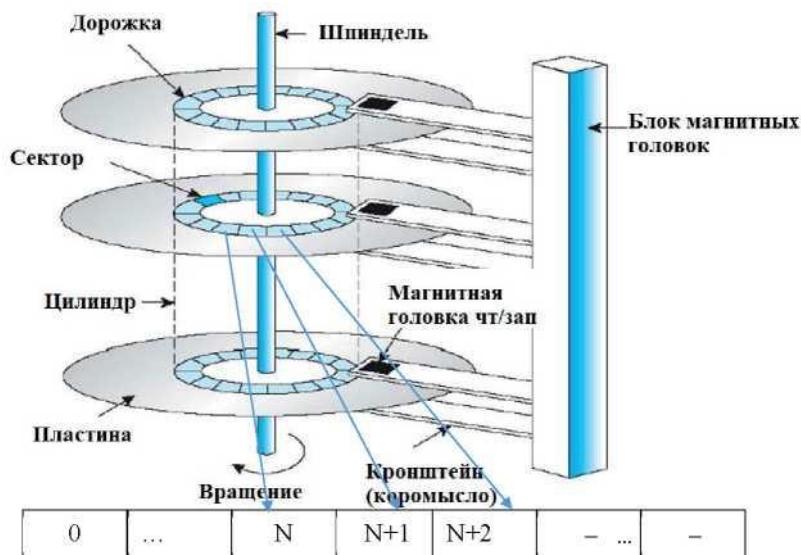


Рис. 1. Принципиальная схема работы жесткого диска

Окружность на магнитной пластине, которую описывает головка при вращении пластин, называется **дорожкой**, а совокупность таких дорожек, расположенных одна под другой на всех пластинах (определенная каждым фиксированным

положением головок), называется **цилиндром**. Каждая дорожка разбита на секторы, в секторе содержится 512 байт информации.

Существует понятие геометрии диска. Она определяется совокупностью трех цифр: числом цилиндров — числом дорожек в цилиндре — числом секторов на дорожке, или CHS (от первых букв соответствующих английских слов: *Cylinder—Head—Sector*, т. е. ци-линдр—головка—сектор). «Сырая» емкость диска определяется как произведение: CHS·512 (байт).

Диски являются блочными устройствами, т. е. считывание и запись информации производится блоками, и минимальный размер блока равен одному сектору (512 байт). Только низкоуровневые драйверы работают с физическими адресами, образованными как: номер цилиндра, номер считающей головки (или дорожки) и порядковый номер сектора на дорожке. В основном программы ОС используют другое представление диска — в виде линейной последовательности блоков (секторов), перенумерованных от нуля до некоторого максимального числа, начиная с нулевого сектора на внешней дорожке.

Понятие раздела. Схема разделов, основанная на MBR

Диски принято разбивать на разделы. Объясняется это тем, что первые версии MS-DOS не могли обеспечить доступ к большим дискам (объемы дисков росли быстрее, чем возможности DOS).

Раздел можно определить как последовательность смежных секторов, выделенных для размещения одной файловой системы. Каждый раздел может рассматриваться как отдельный физический диск.

Согласно классической схеме (BIOS-MBR), сведения о разделах содержатся в специальной таблице — таблице разделов (*Partition Table*), которая находится в Главной загрузочной записи (MBR — *Master Boot Record*) (рис. 6.3). MBR располагается в первом физическом секторе жесткого диска.

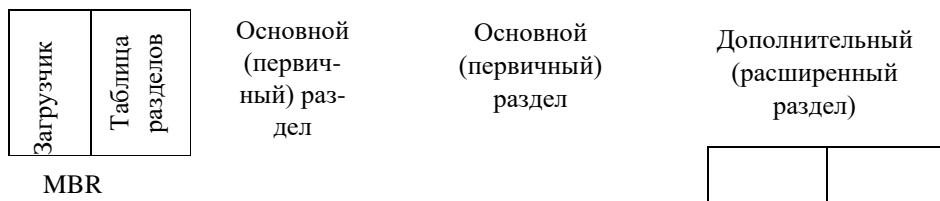


Рис. 6.3. Логическая структура диска

В MBR (рис. 1) под таблицу разделов выделено 64 байт. Каждая запись имеет длину в 16 байт. Таким образом, всего на

жестком диске может быть создано не более 4 разделов. Когда разрабатывалась структура MBR, это считалось достаточным. Позднее данное ограничение было преодолено за счет того, что ввели новый тип раздела. Дисковый раздел может быть одного из двух типов: основного (первичного) и дополнительного (расширенного). Разница в том, что дополнительный раздел может быть разбит на части — подразделы, однако нужно помнить, что такой раздел может быть только один на диске.

Число логических подразделов в принципе не ограничено, потому что каждый логический раздел может содержать таблицу разделов и вложенные логические разделы. В реальности ограничения есть: ОС Linux работает максимально с 15 логическими разделами на SCSI- дисках и с 63 логическими разделами на IDE-дисках.

Address		Description	Size (bytes)	
Hex	Dec			
+000 _{hex}	+0	Bootstrap code area	446	
+1BE _{hex}	+446	Partition entry №1	Partition table (for primary partitions)	16
+1CE _{hex}	+462	Partition entry №2		16
+1DE _{hex}	+478	Partition entry №3		16
+1EE _{hex}	+494	Partition entry №4		16
+1FE _{hex}	+510	55 _{hex}		2
+1FF _{hex}	+511	AA _{hex}	Boot signature ^[a]	2
Total size: 446 + 4×16 + 2			512	

Рис. 1. Структура главной загрузочной записи (MBR)

Кроме понятия основного и дополнительного разделов, важным является понятие активного раздела. Активным назначается раздел, ОС которого должна руководить процессом загрузки. Эта ОС загружается первой, а дальше она может предложить загрузить другую ОС, если это необходимо. Только один раздел в таблице разделов может быть помечен как активный, и именно в нем должны содержаться файлы, необходимые для загрузки ОС. При такой классической схеме загрузку начинает BIOS, пример экрана конфигурирования которой показана на рис. 2.



Рис. 2. Пример экрана программы конфигурирования BIOS

BIOS и UEFI

BIOS —*Basic Input-Output system* — базовая система ввода-вывода. Это программа низкого уровня (англ. *firmware*), хранящаяся на чипе материнской платы компьютера.

Существует программа конфигурирования BIOS, с помощью которой можно изменять множество параметров: аппаратную конфигурацию компьютера, системное время, последовательность поиска загрузочных устройств. Программу конфигурирования BIOS можно вызвать в начале загрузки компьютера по нажатию определенной клавиши — на разных компьютерах она разная, но чаще всего используются клавиши Esc, F2, F10, Delete. Сохраняя настройку, вы сохраняете ее в памяти материнской платы. При загрузке компьютера, BIOS настроит его так, как указано в сохраненных настройках.

Перед загрузкой ОС BIOS проходит через POST, или *Power-On Self Test* — самотестирование при включении. Проверяется корректность настройки минимума необходимого аппаратного обеспечения и его работоспособности. Если что-то не так, на экране появляется серия сообщений об ошибках или раздается предупредительный сигнал. Окончив POST, BIOS проверяет устройства, с которых может производиться загрузка (согласно хранящейся последовательности загрузки), и на найденном устройстве (если это жесткий диск) ищет MBR. Для этого BIOS считывает один сектор (512 байт), который находится по адресу: «цилиндр 0, головка 0, сектор 1», и помещает его в область памяти по физическому адресу 0x7C00. Далее BIOS проверяет, что этот сектор оканчивается сигнатурой 55 AAh (если это не так, то управление возвращается обратно в BIOS).

BIOS передает управление по физическому адресу 0x7C00 (т. е. сектору MBR). В MBR существует раздел, помеченный как активный, задача содержащегося в этой же записи загрузчика — передать управление на этот раздел. Код такого первичного загрузчика крайне мал, и никакой более

серьезный функционал он выполнить не может. Все остальные действия по загрузке возлагаются на ОС, содержащуюся в активном разделе.

BIOS существует уже давно и эволюционировала мало. Даже у компьютеров с ОС MS-DOS, выпущенных в 1980-х гг., был BIOS. Конечно, со временем BIOS все-таки менялась и улучшалась. Разрабатывались ее расширения, в частности ACPI — *Advanced Configuration and Power Interface* (усовершенствованный интерфейс управления конфигурацией и питанием). Это позволяло BIOS проще настраивать устройства и более эффективно управлять питанием, например уходить в спящий режим, но BIOS развилась не так активно, как другие компьютерные технологии со временем MS-DOS.

У традиционной BIOS есть серьезные ограничения. Загрузка возможна только с жестких дисков объемом не более 2,1 Тбайт. Сейчас уже повсеместно встречаются диски на 3 Тбайта, и с них компьютер с BIOS не загрузится. Это ограничение BIOS MBR. С BIOS возможна работа только в 16-битном режиме процессора, при этом доступен всего 1 Мбайт памяти. Существуют проблемы с одновременной инициализацией нескольких устройств, что ведет к замедлению процесса загрузки, во время которого инициализируются все аппаратные интерфейсы и устройства.

BIOS необходимо было заменить. Intel начала работу над *Extensible Firmware Interface* (EFI) еще в 1998 г. Apple выбрала EFI, перейдя на архитектуру Intel на своих компьютерах Mac в 2006 г., но другие производители не пошли за ней. В 2007 г. Intel, AMD, Microsoft и производители PC договорились о новой спецификации *Unified Extensible Firmware Interface* (UEFI) — унифицированного интерфейса расширяемой прошивки. Это индустриальный стандарт, обслуживаемый форумом UEFI, и он зависит не только от Intel. Поддержка UEFI в ОС Windows появилась с выходом Windows Vista Service Pack 1 и Windows 7. Большая часть компьютеров, которые сегодня продаются, используют UEFI вместо BIOS.

UEFI заменяет традиционную BIOS на ПК. На существующем компьютере никак нельзя поменять BIOS на UEFI. Нужно покупать аппаратное

обеспечение, поддерживающее UEFI. Большинство версий UEFI поддерживают эмуляцию BIOS, так что обратная совместимость у них есть.

Новый стандарт обходит ограничения BIOS. Прошивка UEFI может осуществлять загрузку с дисков объемом более 2,2 Тбайта; теоретический предел для них составляет 9,4 Эбайт (это примерно в три раза больше всех данных, содержащихся в сегодняшнем интернете).

UEFI использует GPT (*GUID Partition Table* — графическая таблица разделов) и специально отформатированный раздел на диске вместо MBR. Раздел имеет файловую систему FAT32. Структура GPT показана на рис. 3.

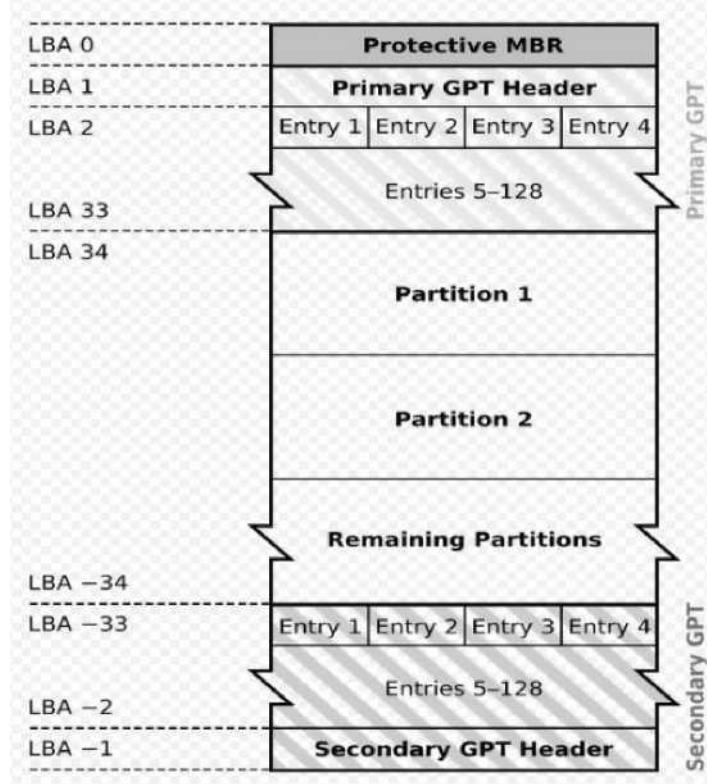


Рис. 3. Структура GPT

GPT начинается с оглавления таблицы разделов (англ. *Partition Table Header*). Она использует современную систему адресации логических блоков (LBA) вместо применявшейся в MBR адресации «цилиндр — головка — сектор» (CHS). MBR, доставшаяся по наследству со всей своей информацией, содержится в блоке LBA 0, оглавление GPT — в блоке LBA 1. В оглавлении содержится адрес блока, где начинается сама таблица разделов, обычно это следующий блок — LBA 2. Количество разделов не ограничено стандартом и зависит от ОС. Так, в Windows в таблице разделов резервируется место для 128 записей по 128 байт каждая (в Linux ядро поддерживает до 256 разделов).

У UEFI стандартизирован процесс загрузки, и она запускает исполняемые программы EFI вместо кода, расположенного в MBR. UEFI может работать в 32-битном или 64-битном режимах, и ее адресное пространство больше, чем у BIOS, а значит, быстрее загрузка. Также это означает, что экраны настройки UEFI можно сделать красочнее и понятней, чем у BIOS, включить туда графику и поддержку мыши.

В UEFI встроено множество других функций. Она поддерживает безопасный запуск Secure Boot, в котором можно проверить, что загрузку ОС не изменила никакая вредоносная программа. Она может поддерживать работу по сети, что позволяет проводить удаленную настройку и отладку. Для настройки компьютера с традиционной BIOS необходимо было сидеть прямо перед ним. И это не просто замена BIOS. UEFI — это небольшая ОС, работающая над прошивкой РС, поэтому она способна на гораздо большее, чем BIOS. Ее можно хранить во флеш-памяти на материнской плате или загружать с жесткого диска или с сети.

У разных компьютеров бывает разный интерфейс и свойства UEFI. Все зависит от производителя компьютера, но основные возможности одинаковы у всех. В современных версиях ОС существуют программы — менеджеры UEFI (*UEFIboot manager*), т. е. конфигурацией загрузки можно управлять изнутри ОС (рис. 5).

Суммируя все вышесказанное, можно выделить следующие преимущества UEFI в сравнении с BIOS:

- 1) простой и понятный графический интерфейс программы-менеджера на многих языках, включая русский с поддержкой управления мышью;
- 2) поддержка накопителей вместительнее 2,2 Тбайта с неограниченным количеством разделов;
- 3) практически неограниченное количество создаваемых на диске разделов;
- 4) намного более быстрая загрузка ОС. Так, Windows 10, установленная на SSD-диск, размеченный по новому стандарту GPT, грузится всего за 4-15 с;
- 5) собственный менеджер загрузки ОС. Позволяет компьютеру грузиться с носителей, которые не имеют своих загрузчиков, и изменять конфигурацию загрузки непосредственно из среды ОС;
- 6) поддержка установки приложений и драйверов сторонних производителей, которые расширяют функциональность UEFI;
- 7) защита от внедрения вредоносного кода в системные загрузчики и собственную среду (обеспечивает встроенный в интерфейс протокол Secure

Boot);

- 8) настройка UEFI из среды ОС, например, из Windows 8 и 10, различных версий Linux.



Рис5. Пример экрана настройки UEFI

Для определения, с чем (BIOS или UEFI) работает компьютер с ОС Windows, можно запустить программу Diskpart. Ее выдача укажет на стандарт UEFI, если в соответствующем столбце «GPT» есть символ «*», и на BIOS, если ее нет).

Особенности работы с дисками и разделами

в разных операционных системах

В Linux диск в целом (т. е. физический диск) доступен через файл, зарегистрированный в каталоге /dev. Примеры имен файлов, ассоциированных с дисками: /dev/hda, /dev/hdb, /dev/sda. По имени такого файла можно многое сказать об этом диске.

- 1) IDE-диски — имя файла начинается с hd:
 - главный диск (master) первичного контроллера -> a;
 - подчиненный (slave) диск первичного контроллера -> b;
 - главный диск (master) вторичного контроллера -> c;
 - подчиненный (slave) диск первичного контроллера -> d;

- 2) SCSI- (SATA- и др.) диски — имя начинается с sd:
 - диски нумеруются последовательно (a, b, c, d, ...).

```

Л Выбрать Администратор: Командная строка - diskpart           — ox

Microsoft Windows (Version 10.0.17134.1069]
(c) Корпорация Майкрософт (Microsoft Corporation), 2018. Все права защищены.

C:\WINOOWS\system32>diskpart

Microsoft DiskPart, версия 10.0.17134.1

(C) Корпорация Майкрософт (Microsoft Corporation). На компьютере: DESKTOP-L3A0BRN

DISKPART> list disk

Диск Состояние Размер Свободно Дин GPT

Диск 0     8 сети          223 6байт 1024 Кбайт

DISKPART> b

```

```

S3 Администратор: Командная строка - diskpart

Hcrosft Windows [Version 10.0.18362.356]
'с) Корпорация Майкрософт (Microsoft Corporation), 2019. Все права защищены.

::\WIND0WS\system32>diskpart

licrosoft DiskPart, версия 10.0.18362.1

'С) Корпорация Майкрософт (Microsoft Corporation).
la компьютере: LAPTOP-SV4161A8

>ISKPART> list disk

Диск #4#    Состояние Размер Свободно Дин GPT

Диск 0    В  сети      931   ббайт    0 байт
Диск 1    В  сети      238   ббайт   6144 Кбайт
Диск 2    В  сети     7680   Мбайт  1024 Кбайт

```

. Использование утилиты diskpart для определения, с BIOS (*a*)
или UEFI (*b*) работает компьютер

Разделы на дисковых устройствах также ассоциированы с отдельными файлами, и нумеруются цифрами, начиная с 1.

Для случая BIOS и MBR действуют следующие правила. Файлы, ассоциированные с первичными разделами, содержат имя файла диска и цифру от 1 до 4: /dev/hdal, /dev/hda2, /dev/hda3, /dev/hda4, — а логические разделы в

Linux доступны по именам: /dev/hda5, /dev/hda6 ... (начиная с 5). Из сказанного выше ясно, что /dev/hda3 и /dev/hda4 могут быть пропущены, т. к. третий и четвертый первичные разделы не были созданы, а был создан расширенный раздел, в котором сформированы логические подразделы.

В Windows существует понятие «логический диск», такой диск формируется в каждом разделе. Он представляет собой отдельную файловую систему, начинающуюся с корневого каталога. В дополнительном разделе можно сформировать несколько логических дисков (в каждом подразделе существует отдельный логический диск).

В Windows логические диски имеют однобуквенные имена — буквы латинского алфавита. Например, имеется один жесткий диск с двумя основными разделами (в них сформируются диски C: и D:) и одним расширенным разделом, в котором созданы два логических диска; они получат имена E: и F:.