

HDD
CD/DVD/Blue-ray
Стриммер
Магнитооптика
Flash-drive
SCSI
SATA

Устройства хранения данных

¹Кафедра информационных технологий и систем
Национальная металлургическая академия Украины

12 октября 2011 г.

Накопитель на жёстких магнитных дисках или НЖМД (англ. hard (magnetic) disk drive, HDD, HMDD), жёсткий диск, в компьютерном сленге "винчестер" — устройство хранения информации, основанное на принципе магнитной записи. Является основным накопителем данных в большинстве компьютеров.

информация в НЖМД записывается на жёсткие (алюминиевые или стеклянные) пластины, покрытые слоем ферромагнитного материала, чаще всего двуокиси хрома. В НЖМД используется одна или несколько пластин на одной оси. Считывающие головки в рабочем режиме не касаются поверхности пластин благодаря прослойке набегающего потока воздуха, образующейся у поверхности при быстром вращении. Расстояние между головкой и диском составляет несколько нанометров (в современных дисках около 10 нм), а отсутствие механического контакта обеспечивает долгий срок службы устройства. При отсутствии вращения дисков головки находятся у шпинделя или за пределами диска в безопасной зоне, где исключён их нештатный контакт с поверхностью дисков.

1956 год — жёсткий диск IBM 350 в составе первого серийного компьютера IBM 305 RAMAC. Накопитель занимал ящик размером с большой холодильник и имел вес 971 кг, а общий объём памяти 50 вращавшихся в нём покрытых чистым железом тонких дисков диаметром 610 мм составлял около 5 миллионов 6-битных байт (3,5 Мб в пересчёте на 8-битные байты).

Microdrive (“микродрайв”) — торговая марка миниатюрных жёстких дисков, созданная IBM и впоследствии проданная Hitachi. Винчестеры этой марки были выполнены в формфакторе CompactFlash тип II (размеры 40 × 30 × 5 мм). Впоследствии ряд производителей выпускали полностью аналогичные изделия под своими торговыми марками, однако в быту прижилось общее для всех носителей этого типа наименование микродрайв.

в 1973 году был выпущен жёсткий диск модели 3340, впервые объединивший в одном неразъёмном корпусе пластины диска и считывающие головки. При его разработке инженеры использовали краткое внутреннее название "30-30", что означало два модуля (в максимальной компоновке) по 30 МБ каждый, что по созвучию совпало с обозначением популярного охотничьего оружия — винтовки "Winchester Model 1894" использующего винтовочный патрон ".30-30 Winchester".

Интерфейс (англ. interface) — совокупность линий связи, сигналов, посылаемых по этим линиям, технических средств, поддерживающих эти линии, и правил (протокола) обмена. Серийно выпускаемые внутренние жёсткие диски могут использовать интерфейсы ATA (он же IDE и PATA), SATA, eSATA, SCSI, SAS, FireWire, SDIO и Fibre Channel.

Ёмкость (англ. capacity) — количество данных, которые могут храниться накопителем. С момента создания первых жёстких дисков в результате непрерывного совершенствования технологии записи данных их максимально возможная ёмкость непрерывно увеличивается. Ёмкость современных жёстких дисков (с форм-фактором 3,5 дюйма) на сентябрь 2011 г. достигает 4000 ГБ (4 Терабайт) и близится к 5 Тб. В отличие от принятой в информатике системы приставок, обозначающих кратную величину (см.: двоичные приставки), производителями при обозначении ёмкости жёстких дисков используются величины, кратные 1000. Так, ёмкость жёсткого диска, маркированного как "200 ГБ", составляет 186,2 ГиБ

Физический размер (форм-фактор) (англ. dimension). Почти все современные (2001—2008 года) накопители для персональных компьютеров и серверов имеют ширину либо 3,5, либо 2,5 дюйма — под размер стандартных креплений для них соответственно в настольных компьютерах и ноутбуках. Также получили распространение форматы 1,8 дюйма, 1,3 дюйма, 1 дюйм и 0,85 дюйма. Прекращено производство накопителей в форм-факторах 8 и 5,25 дюймов.

Время произвольного доступа (англ. random access time) — среднее время, за которое винчестер выполняет операцию позиционирования головки чтения/записи на произвольный участок магнитного диска. Диапазон этого параметра — от 2,5 до 16 мс. Как правило, минимальным временем обладают серверные диски (например, у Hitachi Ultrastar 15K147 — 3,7 мс), самым большим из актуальных — диски для портативных устройств (Seagate Momentus 5400.3 — 12,5 мс). Для сравнения, у SSD накопителей этот параметр меньше 1 мс.

Скорость вращения шпинделя (англ. spindle speed) — количество оборотов шпинделя в минуту. От этого параметра в значительной степени зависят время доступа и средняя скорость передачи данных. В настоящее время выпускаются винчестеры со следующими стандартными скоростями вращения: 4200, 5400 и 7200 (ноутбуки), 5400, 5900, 7200 и 10 000 (персональные компьютеры), 10 000 и 15 000 об/мин (серверы и высокопроизводительные рабочие станции). Увеличению скорости вращения шпинделя в винчестерах для ноутбуков препятствует гироскопический эффект, влияние которого пренебрежимо мало в неподвижных компьютерах.

Количество операций ввода-вывода в секунду(англ. IOPS) — у современных дисков это около 50 оп./с при произвольном доступе к накопителю и около 100 оп./сек при последовательном доступе.

Принцип работы жёстких дисков похож на работу магнитофонов. Рабочая поверхность диска движется относительно считывающей головки (например, в виде катушки индуктивности с зазором в магнитопроводе). При подаче переменного электрического тока (при записи) на катушку головки возникающее переменное магнитное поле из зазора головки воздействует на ферромагнетик поверхности диска и изменяет направление вектора намагниченности доменов в зависимости от величины сигнала. При считывании перемещение доменов у зазора головки приводит к изменению магнитного потока в магнитопроводе головки, что приводит к возникновению переменного электрического сигнала в катушке из-за эффекта электромагнитной индукции.

Метод перпендикулярной записи — это технология, при которой биты информации сохраняются в вертикальных доменах. Это позволяет использовать более сильные магнитные поля и снизить площадь материала, необходимую для записи 1 бита.

Объём буфера — буфером называется промежуточная память, предназначенная для сглаживания различий скорости чтения/записи и передачи по интерфейсу. В современных дисках он обычно варьируется от 8 до 64 Мб.

Жёсткий диск состоит из гермозоны и блока электроники. Гермозона включает в себя корпус из прочного сплава, собственно диски (пластины) с магнитным покрытием, блок головок с устройством позиционирования, электропривод шпинделя.

Диски (пластины), как правило, изготовлены из металлического сплава. Хотя были попытки делать их из пластика и даже стекла, но такие пластины оказались хрупкими и недолговечными. Обе плоскости пластин, подобно магнитофонной ленте, покрыты тончайшей пылью ферромагнетика — окислов железа, марганца и других металлов. Точный состав и технология нанесения составляют коммерческую тайну. Большинство бюджетных устройств содержит одну или две пластины, но существуют модели с большим числом пластин.

Диски жёстко закреплены на шпинделе. Во время работы шпиндель вращается со скоростью несколько тысяч оборотов в минуту (3600, 4200, 5000, 5400, 5900, 7200, 9600, 10 000, 12 000, 15 000). При такой скорости вблизи поверхности пластины создаётся мощный воздушный поток, который приподнимает головки и заставляет их парить над поверхностью пластины. Форма головок рассчитывается так, чтобы при работе обеспечить оптимальное расстояние от пластины. Пока диски не разогнались до скорости, необходимой для "взлёта" головок, парковочное устройство удерживает головки в зоне парковки. Это предотвращает повреждение головок и рабочей поверхности пластин.

В ранних жёстких дисках управляющая логика была вынесена на MFM или RLL контроллер компьютера, а плата электроники содержала только модули аналоговой обработки и управления шпиндельным двигателем, позиционером и коммутатором головок. Увеличение скоростей передачи данных вынудило разработчиков уменьшить до предела длину аналогового тракта, и в современных жёстких дисках блок электроники обычно содержит: управляющий блок, постоянное запоминающее устройство (ПЗУ), буферную память, интерфейсный блок и блок цифровой обработки сигнала.

Интерфейсный блок обеспечивает сопряжение электроники жёсткого диска с остальной системой.

Блок управления представляет собой систему управления, принимающую электрические сигналы позиционирования головок, и вырабатывающую управляющие воздействия приводом типа "звуковая катушка", коммутации информационных потоков с различных головок, управления работой всех остальных узлов (к примеру, управление скоростью вращения шпинделя), приёма и обработки сигналов с датчиков устройства (система датчиков может включать в себя одноосный акселерометр, используемый в качестве датчика удара, трёхосный акселерометр, используемый в качестве датчика свободного падения, датчик давления, датчик угловых ускорений, датчик температуры).

Блок ПЗУ хранит управляющие программы для блоков управления и цифровой обработки сигнала, а также служебную информацию винчестера.

Буферная память сглаживает разницу скоростей интерфейсной части и накопителя (используется быстродействующая статическая память). Увеличение размера буферной памяти в некоторых случаях позволяет увеличить скорость работы накопителя.

Блок цифровой обработки сигнала осуществляет очистку считанного аналогового сигнала и его декодирование (извлечение цифровой информации). Для цифровой обработки применяются различные методы, например, метод PRML (Partial Response Maximum Likelihood — максимальное правдоподобие при неполном отклике). Осуществляется сравнение принятого сигнала с образцами. При этом выбирается образец, наиболее похожий по форме и временным характеристикам с декодируемым сигналом.

Резервные секторы

Для увеличения срока службы диска на каждой дорожке могут присутствовать дополнительные резервные секторы. Если в каком-либо секторе возникает неисправимая ошибка, то этот сектор может быть подменён резервным (англ. remapping). Данные, хранившиеся в нём, при этом могут быть потеряны или восстановлены при помощи ЕСС, а ёмкость диска останется прежней. Существует две таблицы переназначения: одна заполняется на заводе, другая — в процессе эксплуатации. Границы зон, количество секторов на дорожку для каждой зоны и таблицы переназначения секторов хранятся в ЗУ блока электроники.

Существует 2 основных способа адресации секторов на диске: цилиндр-головка-сектор (англ. cylinder-head-sector, CHS) и линейная адресация блоков (англ. linear block addressing, LBA).

CHS

При этом способе сектор адресуется по его физическому положению на диске 3 координатами — номером цилиндра, номером головки и номером сектора. В дисках, объёмом больше 528 482 304 байт (504 Мб), со встроенными контроллерами эти координаты уже не соответствуют физическому положению сектора на диске и являются ”логическими координатами”.

LBA

При этом способе адрес блоков данных на носителе задаётся с помощью логического линейного адреса. LBA-адресация начала внедряться и использоваться в 1994 году совместно со стандартом EIDE (Extended IDE). Стандарты ATA требуют однозначного соответствия между режимами CHS и LBA:
$$LBA = [(Cylinder * no\ of\ heads + heads) * sectors/track] + (Sector-1)$$

Метод LBA соответствует Sector Mapping для SCSI. BIOS SCSI-контроллера выполняет эти задачи автоматически, то есть для SCSI-интерфейса метод логической адресации был характерен изначально.

Компакт-диск (англ. Compact Disc) — оптический носитель информации в виде пластикового диска с отверстием в центре, процесс записи и считывания информации которого осуществляется при помощи лазера. Дальнейшим развитием компакт-дисков стали DVD.

Изначально компакт-диск был создан для хранения аудиозаписей в цифровом виде (известен как CD-Audio), однако в дальнейшем стал широко использоваться как носитель для хранения любых данных (файлов) в двоичном виде (т. н. CD-ROM (англ. Compact Disc Read Only Memory, компакт-диск только с возможностью чтения), или КД-ПЗУ — "Компакт-диск, постоянное запоминающее устройство"). В дальнейшем появились компакт-диски не только с возможностью чтения однократно занесённой на них информации, но и с возможностью их записи и перезаписи (CD-R, CD-RW).

- Первым этапом производства компакт-дисков является мастеринг — процесс подготовки данных, для запуска в серию.
- Второй этап — фотолитография — процесс изготовления штампа диска. На стеклянный диск наносится слой фоторезиста, на который производится запись информации. Фоторезист — полимерный светочувствительный материал, который под действием света изменяет свои физико-химические свойства.
- Третий этап — запись информации. Запись производится лазерным лучом, мощность которого модулируется записываемой информацией. Для создания пита мощность лазера повышается, что приводит к разрушению химических связей молекул фоторезиста, в результате чего он ”задубевает”.
- Четвёртый этап — проявка фоторезиста. Поверхность.

При использовании органического активного материала запись осуществляется путём разрушения химических связей материала, что приводит к его потемнению (изменению коэффициента отражения материала). При использовании неорганического активного материала запись осуществляется изменением коэффициента отражения материала в результате его перехода из аморфного агрегатного состояния в кристаллическое и наоборот. И в том и в другом случае запись производится модуляцией мощности лазера.

Данные с диска читаются при помощи лазерного луча с длиной волны 780 нм, излучаемого полупроводниковым лазером. Принцип считывания информации лазером для всех типов носителей заключается в регистрации изменения интенсивности отражённого света. Лазерный луч фокусируется на информационном слое в пятно диаметром 1,2 мкм. Если свет сфокусировался между питами (на ленде), то приёмный фотодиод регистрирует максимальный сигнал. В случае, если свет попадает на пит, фотодиод регистрирует меньшую интенсивность света.

Различие между дисками "только для чтения" (CD) и дисками однократной/многократной записи (CD-R/RW) заключается в способе формирования питов. В случае диска "только для чтения" питы представляют собой некую рельефную структуру (фазовую дифракционную решетку), причём оптическая глубина каждого пита чуть меньше четверти длины волны света лазера, что приводит к разнице фаз в половину длины волны между светом, отражённым от пита и светом, отражённым от ленда. В результате в плоскости фотоприёмника наблюдается эффект деструктивной интерференции и регистрируется снижение уровня сигнала. В случае CD-R/RW пит представляет собой область с большим поглощением света, нежели ленд (амплитудная дифракционная решетка). В результате фотодиод также регистрирует снижение интенсивности отражённого от диска света. Длина пита изменяется как

Первый привод, поддерживающий запись DVD-R, выпущен Pioneer в октябре 1997 года. Стоимость этого привода, поддерживающего спецификацию DVD-R версии 1.0, составляла 17 000 долл. Чистые диски объёмом 3,95 ГБ стоили по 50 долл. США.

Для считывания и записи DVD используется красный лазер с длиной волны 650 нм.

В технологии Blu-ray для чтения и записи используется сине-фиолетовый лазер с длиной волны 405 нм. Обычные DVD и CD используют красный и инфракрасный лазеры с длиной волны 650 нм и 780 нм соответственно.

В технологии Blu-ray для чтения и записи используется сине-фиолетовый лазер с длиной волны 405 нм. Обычные DVD и CD используют красный и инфракрасный лазеры с длиной волны 650 нм и 780 нм соответственно (635 нм для DVD-R for Authoring).

Более короткая длина волны сине-фиолетового лазера позволяет хранить больше информации на 12-сантиметровых дисках того же размера, что и у CD/DVD. Эффективный "размер пятна", на котором лазер может сфокусироваться, ограничен дифракцией и зависит от длины волны света и числовой апертуры линзы, используемой для его фокусировки. Уменьшение длины волны, использование числовой апертуры (0,85, в сравнении с 0,6 для DVD), высококачественной двухлинзовой системы, а также уменьшение толщины защитного слоя в шесть раз (0,1 мм вместо 0,6 мм) предоставило возможность проведения более качественного и корректного течения операций чтения/записи. Это позволило записывать информацию в меньшие точки на диске, а значит, хранить больше информации в физической области диска, а также увеличить скорость считывания до 432 Мбит/с

Стример (от англ. streamer), также ленточный накопитель — запоминающее устройство на принципе магнитной записи на ленточном носителе, с последовательным доступом к данным, по принципу действия аналогичен бытовому магнитофону.

Основное назначение: запись и воспроизведение информации, архивация и резервное копирование данных.

Достоинства:

- большая ёмкость;
- низкая стоимость и широкие условия хранения информационного носителя;
- стабильность работы;
- надёжность;
- низкое энергопотребление у ленточной библиотеки большого объёма.

Недостатки:

- низкая скорость произвольного доступа к данным из-за последовательного доступа (лента должна прокрутиться к нужному месту);
- сравнительно высокая стоимость накопителя.

В ЭВМ, выпускавшихся до момента появления и широкого распространения жестких дисков, накопители на магнитной ленте (НМЛ), аналогичные стримерам, использовались как основной долговременный носитель информации. В дальнейшем, в мейнфреймах НМЛ стали использоваться в системах иерархического управления носителями для хранения редко используемых данных. Некоторое время они достаточно широко применялись в качестве съёмного ЗУ при переносе большого количества информации.

В настоящее время на рынке доминируют стримеры, соответствующие линейке стандартов LTO (Linear Tape-Open).

Компания IBM поставляет в настоящее время, помимо оборудования LTO, стримеры собственного закрытого стандарта IBM 3592 (Jaguar), представленные современной моделью IBM TS1140, а также совместимые ленточные библиотеки. Это оборудование используется в серверах и мейнфреймах. К линейке IBM 3592 относятся модели стримеров собственно 3592 (1 поколение), TS1120 (2 поколение), TS1130 (3 поколение) и TS1140, а также ленточные библиотеки на их основе. Картриджи имеют физическую ёмкость до 4 Тбайт.

Перспективы

В настоящее время компаниями IBM Research и FujiFilm представлена технология, позволяющая записывать до 35 терабайт данных на ленточном картридже, сопоставимом по размерам с ЛТО. Открытым, однако, пока остаётся вопрос об обеспечении достаточной пропускной способности интерфейса подключения устройства и блоков самого устройства: современным устройствам ЛТО-5, ориентированным на подключение по интерфейсу 6 Гбит/с SAS с фактической пропускной способностью 140 Мбайт/с, потребовалось бы около 3 суток для записи 35 терабайт данных.

Накопитель на магнитной ленте, поддерживающий работу одновременно с несколькими лентами, называется ленточной библиотекой. Роботизированные ленточные библиотеки могут содержать хранилища с тысячами магнитных лент, из которых робот автоматически достаёт требуемые ленты и устанавливает в одно или несколько устройств чтения-записи. С программной точки зрения такая библиотека выглядит, как один накопитель с огромной ёмкостью и значительным временем произвольного доступа. Кассеты в ленточной библиотеке идентифицируются специальными наклейками со штрихкодом, который считывает робот. В настоящее время (2010 год) коммерчески доступны модели ленточных библиотек с ёмкостью до 70 петабайт при использовании 70 000 кассет

Ленточная библиотека имеет значительные преимущества перед дисковым массивом по стоимости и энергопотреблению при больших объёмах хранимых данных. Например, согласно расчётам издания Clipper Notes, для поддержания в постоянном доступе архива размером 6,6 петабайт в течение 5 лет, стоимость дисковой системы (RAID-массивов, контроллеров, разветвителей, дисков, питания, охлаждения и пр.) составит 14,7 млн долларов (в том числе стоимость электроэнергии — 550 тыс. долларов), в то время как стоимость ленточной библиотеки — менее 700 тыс. долларов (в том числе стоимость электроэнергии — 304 доллара). Недостатком ленточной библиотеки является время произвольного доступа к данным, которое в нормальном режиме функционирования может достигать нескольких минут, а также падение производительности на порядки при увеличении количества различных одновременных запросов более числа параллельных устройств чтения записи (когда кассеты

HDD
CD/DVD/Blue-ray
Стример
Магнитооптика
Flash-drive
SCSI
SATA



Магнитооптический диск (также допускается написание магнитно-оптический диск) — носитель информации, сочетающий свойства оптических и магнитных накопителей. Впервые магнитооптический диск появился в начале 80-х годов. Магнитооптический диск взаимодействует с операционной системой как жесткий диск, поэтому он может быть отформатирован в стандартную файловую систему (NTFS, HPFS, ext и т.п.)

Магнитооптический диск изготавливается с использованием ферромагнетиков. Первые магнитооптические диски были размером с 5,25" дискету, потом появились диски размером 3,5".

Запись на магнитооптический диск осуществляется по следующей технологии: излучение лазера разогревает участок дорожки выше температуры точки Кюри, после чего электромагнитный импульс изменяет намагниченность, создавая отпечатки, эквивалентные питам на оптических дисках.

Считывание осуществляется тем же самым лазером, но на меньшей мощности, недостаточной для разогрева диска: поляризованный лазерный луч проходит сквозь материал диска, отражается от подложки, проходит сквозь оптическую систему и попадает на датчик. При этом в зависимости от намагниченности изменяется плоскость поляризации луча.

Преимущества

- Слабая подверженность механическим повреждениям
- Слабая подверженность магнитным полям
- Гарантированное качество записи
- МО-диски допускают до 10 млн циклов стирания-записи,
- скорость вращения составляет 3 000—3 600 об/мин, что обеспечивает много большую скорость передачи данных, скорость записи практически равна скорости чтения и достигает нескольких мегабайт в секунду,
- МО-носитель полностью размещён внутри защитного пластикового корпуса, что обеспечивает его лучшую сохранность,
- существуют приводы МО с различными интерфейсами: IDE, LPT, USB, SCSI.

Недостатки

- Относительно низкая скорость записи, вызванная необходимостью перед записью стирать содержимое диска, а после записи — проверкой на чтение. Данный недостаток начал устраняться в поздних (начиная с 1997 года) моделях приводов.
- Высокое энергопотребление. Для разогрева поверхности требуются лазеры значительной мощности, а следовательно и высокого энергопотребления. Это затрудняет использование пишущих МО приводов в мобильных устройствах.
- Высокая цена как самих дисков, так и накопителей.
- Малая распространённость.

Предшественниками технологии флеш-памяти можно считать ультрафиолетово стираемые ПЗУ и электрически стираемые (EEPROM). Эти приборы также имели матрицу транзисторов с плавающим затвором, в которых инжекция электронов в плавающий затвор ("запись") осуществлялась созданием большой напряженности электрического поля в тонком диэлектрике. Однако площадь разводки компонентов в матрице резко увеличивалась если требовалось создать поле обратной напряженности для снятия электронов с плавающего затвора ("стирания"). Поэтому и возникло два класса устройств: в одном случае жертвовали цепями стирания получая память высокой плотности а в другом случае делали полнофункциональное устройство с гораздо меньшей емкостью.

Принцип работы полупроводниковой технологии флеш-памяти основан на изменении и регистрации электрического заряда в изолированной области (кармане) полупроводниковой структуры.

Изменение заряда ("запись" и "стирание") производится приложением между затвором и истоком большого потенциала чтобы напряженность электрического поля в тонком диэлектрике между каналом транзистора и карманом оказалась достаточна для возникновения туннельного эффекта. Для усиления эффекта тунеллирования электронов в карман при записи применяется небольшое ускорение электронов путем пропускания тока через канал полевого транзистора

Принцип работы полупроводниковой технологии флеш-памяти основан на изменении и регистрации электрического заряда в изолированной области (кармане) полупроводниковой структуры.

Изменение заряда ("запись" и "стирание") производится приложением между затвором и истоком большого потенциала чтобы напряженность электрического поля в тонком диэлектрике между каналом транзистора и карманом оказалась достаточна для возникновения туннельного эффекта. Для усиления эффекта тунеллирования электронов в карман при записи применяется небольшое ускорение электронов путем пропускания тока через канал полевого транзистора

Ресурс записи

Изменение заряда сопряжено с накоплением необратимых изменений в структуре и потому количество записей для ячейки флеш-памяти ограничено (типично до 100 тыс. раз). Одна из причин деградации — невозможность индивидуально контролировать заряд плавающего затвора в каждой ячейке. Дело в том что запись и стирание производятся над множеством ячеек одновременно (это неотъемлемое свойство технологии флеш-памяти). Автомат записи контролирует достаточность инжекции заряда по референсной ячейке или по средней величине. Постепенно заряд отдельных ячеек разбегается и однажды выходит за допустимые границы которые может скомпенсировать инжекцией автомат записи и воспринять устройство чтения. Понятно что на ресурс влияет степень идентичности ячеек.

Забавное следствие: с уменьшением топологических норм полупроводниковой технологии создавать идентичные элементы все труднее, поэтому вопрос ресурса записи становится все острее.

Срок хранения данных

Изоляция кармана неидеальна, заряд постепенно изменяется.

Типовой срок хранения заряда заявляемый большинством производителей для бытовых изделий — 10..20 лет.

Специфические внешние условия могут катастрофически уменьшить срок хранения данных. Например, повышенные температуры или радиоактивное излучение.

SCSI (англ. Small Computer System Interface, произносится "скази" (встречается вариант эс-си-эс-ай) — интерфейс, разработанный для объединения на одной шине различных по своему назначению устройств, таких как жёсткие диски, накопители на магнитооптических дисках, приводы CD, DVD, стримеры, сканеры, принтеры и т. д. Раньше имел неофициальное название Shugart Computer Systems Interface в честь создателя Алана Ф. Шугарта

После стандартизации в 1986 году SCSI начал широко применяться в компьютерах Apple Macintosh, Sun Microsystems. В компьютерах, совместимых с IBM PC, SCSI не пользуется такой популярностью в связи со своей сложностью и сравнительно высокой стоимостью и применяется преимущественно в серверах.

SCSI широко применяется на серверах, высокопроизводительных рабочих станциях; RAID-массивы на серверах часто строятся на жёстких дисках со SCSI-интерфейсом (однако, в серверах нижнего ценового диапазона всё чаще применяются RAID-массивы на основе SATA). В настоящее время устройства на шине SAS постепенно вытесняют устаревшую шину SCSI.

| Назв. | шина | Частота | Ск. | длина | N |
|------------------|--------|---------|----------|---------|------|
| SCSI | 8 бит | 5 МГц | 5 МБ/с | 6 м | 8 |
| Fast SCSI | 8 бит | 10 МГц | 10 МБ/с | 3 м | 8 |
| Wide SCSI | 16 бит | 10 МГц | 20 МБ/с | 3 м | 16 |
| Ultra SCSI | 8 бит | 20 МГц | 20 МБ/с | 1,5–3 м | 4–8 |
| Ultra Wide SCSI | 16 бит | 20 МГц | 40 МБ/с | 1,5–3 м | 4–16 |
| Ultra2 SCSI | 8 бит | 40 МГц | 40 МБ/с | 12 м | 8 |
| Ultra2 Wide SCSI | 16 бит | 40 МГц | 80 МБ/с | 12 м | 16 |
| Ultra3 SCSI | 16 бит | 40 DDR | 160 МБ/с | 12 м | 16 |
| Ultra-320 SCSI | 16 бит | 80 DDR | 320 МБ/с | 12 м | 16 |
| Ultra-640 SCSI | 16 бит | 160 DDR | 640 МБ/с | | 16 |

SCSI-1

Стандартизован ANSI в 1986 г.

Использовалась восьмибитная шина, с пропускной способностью в 1,5 МБайт/сек в асинхронном режиме и 5 МБайт/сек в синхронном режиме. Максимальная длина кабеля — до 6 метров.

SCSI-2

Этот стандарт был предложен в 1989 году и существовал в двух вариантах — Fast SCSI и Wide SCSI.

Fast SCSI характеризуется удвоенной пропускной способностью (до 10 МБайт/сек).

Wide SCSI в дополнение к этому имеет удвоенную разрядность шины (16 бит), что позволяет достичь скорости передачи до 20 МБ/сек.

При этом максимальная длина кабеля ограничивалась тремя метрами.

Также в этом стандарте была предусмотрена 32-х битная версия Wide SCSI, которая позволяла использовать два шестнадцатитбитных кабеля на одной шине, но эта версия не получила распространения.

SCSI-3

Также известен под названием Ultra SCSI.

Предложен в 1992 году.

Пропускная способность шины составила 20 МБайт/сек для восьмибитной шины и 40 МБайт/сек — для шестнадцатибитной. Максимальная длина кабеля так и осталась равной трём метрам.

Устройства, отвечающие этому стандарту, известны своей чувствительностью к качеству элементов системы (кабель, терминаторы).

Ultra-2 SCSI

Предложен в 1997 году.

Использует LVDS. Максимальная длина кабеля — 12 метров,
пропускная способность — до 80 МБайт/сек.

Ultra-3 SCSI

Также известен под названием Ultra-160 SCSI.

Предложен в конце 1999 года.

Имеет удвоенную пропускную способность (по сравнению с Ultra-2 SCSI), которая составила 160 МБайт/сек.

Увеличения пропускной способности удалось достичь за счёт одновременного использования фронтов и срезов импульсов. В этот стандарт было добавлено использование CRC (Cyclic Redundancy Check), предупреждение ошибок.

Ultra-640 SCSI

Предложен в начале 2003 года.

Удвоенная пропускная способность (640 МБайт/сек). В связи с резким сокращением максимальной длины кабеля неудобен для использования с более чем двумя устройствами, поэтому не получил широкого распространения..

RAID (англ. redundant array of independent disks — избыточный массив независимых жёстких дисков) — массив из нескольких дисков, управляемых контроллером, взаимосвязанных скоростными каналами и воспринимаемых внешней системой как единое целое. В зависимости от типа используемого массива может обеспечивать различные степени отказоустойчивости и быстродействия. Служит для повышения надёжности хранения данных и/или для повышения скорости чтения/записи информации (RAID 0).

Аббревиатура RAID изначально расшифровывалась как "redundant array of inexpensive disks" ("избыточный (резервный) массив недорогих дисков", так как они были гораздо дешевле RAM). Именно так был представлен RAID его создателями Петтерсоном (David A. Patterson), Гибсоном (Garth A. Gibson) и Катцом (Randy H. Katz) в 1987 году. Со временем RAID стали расшифровывать как "redundant array of independent disks" ("избыточный (резервный) массив независимых дисков"), потому что для массивов приходилось использовать и дорогое оборудование (под недорогими дисками подразумевались диски для ПЭВМ).

- RAID 0 представлен как дисковый массив повышенной производительности, без отказоустойчивости.
- RAID 1 определён как зеркальный дисковый массив.
- RAID 2 зарезервирован для массивов, которые применяют код Хемминга.
- RAID 3 и 4 используют массив дисков с чередованием и выделенным диском чётности.
- RAID 5 используют массив дисков с чередованием и "невыделенным диском чётности".
- RAID 6 используют массив дисков с чередованием и двумя независимыми "чётностями" блоков.
- RAID 10 — RAID 0, построенный из RAID 1 массивов
- RAID 50 — RAID 0, построенный из RAID 5
- RAID 60 - RAID 0, построенный из RAID 6

SATA (англ. Serial ATA) — последовательный интерфейс обмена данными с накопителями информации. SATA является развитием параллельного интерфейса ATA (IDE), который после появления SATA был переименован в PATA (Parallel ATA).

SATA-устройства используют два разъёма: 7-контактный (подключение шины данных) и 15-контактный (подключение питания). Стандарт SATA предусматривает возможность использовать вместо 15-контактного разъёма питания стандартный 4-контактный разъём Molex.

SATA-устройства используют два разъёма: 7-контактный (подключение шины данных) и 15-контактный (подключение питания). Стандарт SATA предусматривает возможность использовать вместо 15-контактного разъёма питания стандартный 4-контактный разъём Molex.

Существует также 13-и контактный совмещенный разъем SATA применяемый в серверах, мобильных и портативных устройствах для тонких накопителей. Состоит совмещенный разъем из 7-и контактного разъема для подключения шины данных и 6-и контактного разъёма для подключения питания устройства. Для подключения к данным устройствам в серверах может применяться специальный переходник.

eSATA (External SATA) — интерфейс подключения внешних устройств, поддерживающий режим "горячей замены" (англ. Hot-swap). Был создан несколько позже SATA (в середине 2004).

Интерфейс SAS (англ. Serial Attached SCSI) обеспечивает подключение по физическому интерфейсу, аналогичному SATA, устройств, управляемых набором команд SCSI. Обладая обратной совместимостью с SATA, он даёт возможность подключать по этому интерфейсу любые устройства, управляемые набором команд SCSI — не только НЖМД, но и сканеры, принтеры и др. По сравнению с SATA, SAS обеспечивает более развитую топологию, позволяя осуществлять параллельное подключение одного устройства по двум или более каналам. Также поддерживаются расширители шины, позволяющие подключить несколько SAS-устройств к одному порту.

- SATA Revision 1.x (до 1,5 Гбит/с)
- SATA Revision 2.x (до 3 Гбит/с)
- SATA Revision 3.x (до 6 Гбит/с)