

ЭВМ и периферийные устройства

Запоминающие устройства

Лекция 5

Начальник отдела научно-проектных дел



МОСКОВСКИЙ
ПОЛИТЕХ

Требования к памяти компьютера

Память наряду с процессором в значительной мере определяет основные возможности компьютера – его производительность и сложность решаемых задач, характеризуемую объемом программ и данных.

Основными системными требованиями, предъявляемыми к памяти, являются большая информационная ёмкость, малое время доступа к данным, низкая стоимость, энергонезависимость.

Эти требования противоречивы и потому в настоящее время не существуют единого физического устройства памяти, полностью удовлетворяющего перечисленным системным требованиям, поэтому память компьютера реализуется не в виде отдельного устройства, а в виде иерархической многоуровневой системы, представляющей собой совокупность взаимодействующих устройств памяти.

Иерархия запоминающих устройств

Иерархия памяти – термин, используемый в вычислительной технике при проектировании и программировании ЭВМ, он означает, что различные виды памяти образуют иерархию, на различных уровнях которой расположены устройства памяти с отличающимся временем доступа, сложностью, ёмкостью, стоимостью (|



Рис. 1 – Пирамида иерархии компьютерной памяти (Рег. – регистры

Иерархия запоминающих устройств

Возможность построения иерархии памяти вызвана тем, что большинство алгоритмов обращаются в каждый промежуток времени к небольшому набору данных, который может быть помещен в более быструю, но дорогую и поэтому небольшую память. Использование более быстрой памяти увеличивает производительность вычислительной системы. Под памятью в данном случае понимается устройство хранения данных (запоминающее устройство).

Иерархия запоминающих устройств

Регистры процессора

Регистры процессора – это небольшой блок высокоскоростной памяти в составе центрального процессора. Перед обработкой любые данные обязательно помещаются в регистры. Например, если два числа умножаются, то они должны находиться в регистрах, и результат отправляется тоже в регистр. Кроме того, регистр может содержать не само число, а адрес ячейки памяти, где оно хранится. Количество регистров, доступных центральному процессору, и размер каждого из них (количество разрядов) позволяют определить скорость и производительность процессора. Например, в 32-разрядном процессоре каждая команда процессора обрабатывает двоичные данные длиной в 32 разряда. В языках высокого уровня компилятор отвечает за перевод операций с высокого уровня в низкоуровневые операции, имеющие доступ к регистрам. Регистры, как правило, имеют иной механизм адресации, чем в основной памяти, но в некоторых случаях могут быть отображены в память.

Иерархия запоминающих устройств

Основная память

Основная память (ОП, англ. main storage) – оперативная память центрального процессора или ее часть, представляющая единое пространство памяти [1].

Оперативная память (ОЗУ – оперативное запоминающее устройство) предназначена для хранения информации, к которой приходится часто обращаться, и обеспечивает режимы ее записи, считывания и хранения (рис. 2). Этот вид памяти называют также памятью с произвольным доступом (*Random Access Memory, RAM*). На сегодня наибольшее распространение получили два вида ОЗУ: SRAM (*Static RAM*) и DRAM (*L*

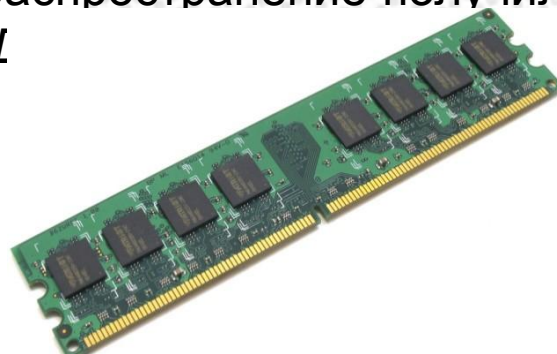


Рис. 2 – Внешний вид модуля оперативной памяти

Иерархия запоминающих устройств

Основная память

SRAM – это ОЗУ, собранное на триггерах, называется *статической* памятью с произвольным доступом или просто статической памятью. Достоинство этого вида – высокая скорость. Недостатки – обходится относительно дорого, занимает много места.

DRAM – более экономичный *динамический* вид памяти. Для хранения разряда (бита) используется схема, состоящая из одного конденсатора и одного транзистора. Таким образом, DRAM – дешевле и компактнее, но при этом её быстродействие ниже. В связи с этим обычную память строят на модулях DRAM, а SRAM используется для построения кеш-памяти в микропроцессорах. *Проблемы взаимодействия процессора с основной памятью.* Одной из проблем взаимодействия является согласование скоростных характеристик процессора и ОП. При современном уровне развития микроэлектроники процессор имеет значительно более высокое быстродействие по сравнению с быстродействием ОП. При этом с ростом тактовой частоты процессоров все большую долю в задержке обмена процессора данными с ОП составляет задержка в связях по *ОШ* (вне кристалла процессора).



Иерархия запоминающих устройств

Основная память

Основным архитектурным способом согласования скоростных характеристик процессора и ОП является *кеширование* ОП. Под кешированием понимается использование быстродействующей буферной памяти относительно малого размера, выполненной на элементах памяти статического типа (триггерах), которые имеют более высокое быстродействие по сравнению с динамическими элементами ОП.

Иерархия запоминающих устройств

Кеш-память

Кеш-память (англ. cache memory) – сверхоперативное запоминающее устройство (СОЗУ), являющееся буфером между оперативным запоминающим устройством (ОЗУ) и его «клиентами» – процессором (одним или несколькими) и другими абонентами системной шины.

Кеш-память не является самостоятельным хранилищем; информация в ней неадресуема клиентами подсистемы памяти, присутствие кеша для них «прозрачно». Кеш хранит копии блоков данных тех областей ОЗУ, к которым происходили последние обращения, и весьма вероятное последующее обращение к тем же данным будет обслужено кеш-памятью существенно быстрее, чем оперативной памятью. От эффективности алгоритма кеширования зависит вероятность нахождения затребованных данных в кеш-памяти и, следовательно, выигрыш в производительности памяти и компьютера в целом.

Иерархия запоминающих устройств

Кеш-память

Кеш-память размещается в непосредственной близости от процессорного ядра, при этом ее работа наиболее эффективна, если она встроена внутрь кристалла процессора (кеш 1-го уровня – L1). Ограниченность объема кристалла не позволяет реализовать в процессоре внутренний кеш большой емкости. Объем внутренней кеш-памяти процессоров редко превышает 32 Кбайт. В большинстве современных компьютеров используют 2- или 3-уровневую кеш-память.

Иерархия запоминающих устройств

Кеш-память

Все ранее рассмотренные виды памяти формируют высший первичный уровень. Сведём их технические характеристики в таблице 1. Кроме того, здесь же представим характеристики вторичного и третичного уровней внешней памяти, которые рассмотрим далее.

Уровень памяти	Устройства памяти	Емкость	Быстродействие	Энергозависимость
Внутренняя первичная	Регистры процессора	0,2–0,5 КБ	1–5 нс	Да
	СОЗУ, т. е. кеш-память	32–512 КБ	5–20 нс	Да
Основная первичная	Оперативное запоминающее устройство (ОЗУ – RAM)	1–4 ГБ	30–100 нс	Да
Вторичная, третичная (внешняя, архивная)	Дисковая кеш-память	1–8 МБ	50–100 мкс	Да
	Магнитные диски	100–1 000 ГБ	3–15 мс	Нет
	Оптические диски	0,7– 9 ГБ	50 мс	Нет
	Флеш-память	8–64 ГБ	25–50 мкс 2–25 МБ/с	Нет
	Твёрдотельные накопители (SSD)	0,1–1 ТБ	300–500 МБ/с	Нет



Иерархия запоминающих устройств

Постоянная память

Постоянная память. Постоянная память (ПЗУ – постоянное запоминающее устройство) обычно содержит такую информацию, которая не должна меняться в ходе выполнения процессором различных программ. Постоянная память имеет также название ROM (Read Only Memory), которое указывает на то, что обеспечиваются только режимы считывания и хранения.

Постоянная память энергонезависима, т. е. может сохранять информацию и при отключенном питании. Однако некоторые виды ПЗУ, например микро- схема BIOS, являются условно энергонезависимыми, т. е. они имеют внешнее питание от батареи или аккумулятора.

Иерархия запоминающих устройств

Внешняя память

Внешняя память (англ. *external storage*) – память, данные в которой доступны центральному процессору посредством операции ввода-вывода.

Для хранения программ и данных в персональных компьютерах используют внешнюю память – различного рода накопители (НЖМД, CD/DVD, SSD, флеш-накопители), общая емкость которых, как правило, в сотни раз превосходит емкость оперативной памяти.

Дисководы (англ. *drives*). В системный блок ПК вмонтированы дисководы (накопители на гибких и жестких магнитных дисках). Они позволяют многократно считывать и записывать магнитные диски для долгого хранения на большие объемы информации.

Работа дисководов управляется контроллерами – электронными устройствами, выполненными в виде печатных плат, устанавливаемыми в один из разъемов на системной плате или монтируемых непосредственно на дисковом.

Иерархия запоминающих устройств

Накопитель на жестких магнитных дисках

Накопитель на жестких магнитных дисках (НЖМД, HDD – *Hard Disk Drive*) – устройство хранения информации, основанное на принципе магнитной записи. Является основным накопителем данных в большинстве компьютеров и устанавливается в компьютер стационарно. Первый жесткий диск, разработанный фирмой IBM, получил у программистов название «Винчестер», со временем это название закрепилось за всеми жесткими дисками (рис. 3).

Жесткие диски могут иметь различную емкость – от 100 МБ до нескольких терабайт. Быстродействие жестких дисков может существенно различаться. Быстродействие характеризуется средним временем доступа – интервалом времени между подачей компьютером сигнала контроллеру на чтение требуемых данных и началом чтения этой информации с диска (несколько десятков миллисекунд).

Иерархия запоминающих устройств

Накопитель на жестких магнитных дисках



Рис. 3 – Накопитель на жестких магнитных дисках

Иерархия запоминающих устройств

Накопитель на жестких магнитных дисках

Информация в НЖМД (см. рис. 3) записывается на жёсткие (алюминиевые, керамические или стеклянные) пластины, покрытые слоем ферромагнитного материала, чаще всего двуокиси хрома. В НЖМД используется от одной до нескольких пластин на одной оси. Считывающие головки в рабочем режиме не касаются поверхности пластин благодаря слою набегающего потока воздуха, образующемуся у поверхности при быстром (тысячи об./мин) вращении. Расстояние между «плавающей» магнитной головкой и диском составляет примерно 0,1 мкм, 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. Жесткий диск герметичен, при его изготовлении отфильтровывается пыль, способная повредить магнитный слой.

Иерархия запоминающих устройств

Основные характеристики НЖМД

Интерфейс. Серийно выпускаемые жёсткие диски могут использовать интерфейсы ATA (он же IDE и PATA), SATA, SCSI, SAS, FireWire, USB, SDIO и Fibre Channel. Интерфейсные разъёмы расположены внутри компьютера на системной плате.

Ёмкость современных устройств достигает 20 000 ГБ (20 ТБ). В отличие от принятой в информатике системы приставок, обозначающих кратную 1 024 величину, производителями при обозначении ёмкости жёстких дисков используются величины, кратные 1 000. Так, ёмкость жёсткого диска, маркированного «200 ГБ», составляет 186,2 ГБ.

Физический размер (форм-фактор). Почти все диски современных накопителей для персональных компьютеров и серверов имеют диаметр либо 3,5, либо 2,5 дюйма. 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.

Иерархия запоминающих устройств

Основные характеристики НЖМД

Время произвольного доступа – время, за которое НЖМД гарантированно выполнит операцию чтения или записи на любом участке магнитного диска. Диапазон этого параметра невелик – от 2,5 до 16 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 НЖМД со следующими стандартными скоростями вращения: 4 200, 5 400 и 7 200 (ноутбуки), 5 400, 7 200 и 10 000 (персональные компьютеры), 10 000 и 15 000 об./мин (серверы и высокопроизводительные рабочие станции).

Количество операций ввода-вывода в секунду – у современных дисков это около 50 оп./с при произвольном доступе к накопителю и около 100 оп./с при последовательном доступе.

Потребление энергии – важный фактор для мобильных устройств.

Иерархия запоминающих устройств

Основные характеристики НЖМД

Уровень шума – шум, который производит механика накопителя при его работе. Указывается в децибелах. Тихими накопителями считаются устройства с уровнем шума около 26 дБ и ниже. Шум состоит из шума вращения шпинделя (в том числе аэродинамического) и шума позиционирования.

Скорость передачи данных (англ. *transfer rate*) при последовательном доступе:

внутренняя зона диска: от 44,2 до 74,5 Мб/с;

внешняя зона диска: от 60,0 до 111,4 Мб/с.

Объём буфера в современных дисках обычно варьируется от 8 до 64 Мб.

Иерархия запоминающих устройств

Основные характеристики НЖМД

Конструкция НЖМД состоит из гермозоны и блока электроники.

Гермозона включает в себя корпус из прочного сплава, собственно дисковые пластины с магнитным покрытием, блок головок с устройством позиционирования, электропривод шпинделя. Блок головок – пакет рычагов из пружинистой стали (по паре на каждый диск). Одним концом они закреплены на оси рядом с краем диска. На других концах (над дисками) закреплены головки.

Дисковые 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 покрыты тонким слоем ферромагнетика – окислов железа, марганца и других металлов. Большинство бюджетных устройств содержит 1 или 2 пластины, но существуют модели с большим числом пластин.

Иерархия запоминающих устройств

Основные характеристики НЖМД

Диски закреплены на шпинделе, который во время работы вращается со скоростью несколько тысяч об./мин. 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. Для обеспечения малого биения на высоких оборотах в двигателе используются гидродинамические подшипники.

Иерархия запоминающих устройств

Основные характеристики НЖМД

Устройство позиционирования головок состоит из неподвижной пары сильных неодимовых постоянных магнитов, а также катушки на подвижном блоке головок. Внутри гермозоны нет вакуума. Одни производители делают её герметичной (отсюда и название) и заполняют очищенным и осушенным воздухом или нейтральными газами, в частности азотом; а для выравнивания давления устанавливают тонкую металлическую или пластиковую мембрану. (В таком случае внутри корпуса жёсткого диска предусматривается маленький карман для пакетика силикагеля, который абсорбирует водяные пары, оставшиеся внутри корпуса после его герметизации.) Другие производители выравнивают давление через небольшое отверстие с фильтром, способным задерживать очень мелкие (несколько микрометров) частицы. Выравнивание давления необходимо, чтобы предотвратить деформацию корпуса гермозоны при перепадах атмосферного давления и температуры, а также при прогреве устройства во время работы. Пылинки, оказавшиеся при сборке в гермозоне и попавшие на поверхность диска, при вращении попадают на ещё один фильтр – пылеуловитель.



Иерархия запоминающих устройств

Основные характеристики НЖМД

Блок электроники современных НЖМД содержит управляющий блок, постоянное запоминающее устройство (ПЗУ), буферную память, интерфейсный блок и блок цифровой обработки сигналов. 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).

Иерархия запоминающих устройств

Основные характеристики НЖМД

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.

Иерархия запоминающих устройств

Основные характеристики НЖМД

На заключительном этапе сборки устройства поверхности пластин формируются – на них формируются *дорожки* и *секторы*. Конкретный способ определяется производителем и/или стандартом, но на каждую дорожку наносится как минимум магнитная метка, обозначающая её начало. *Цилиндр* – это совокупность дорожек, равноотстоящих от центра, на всех рабочих поверхностях пластин жёсткого диска. Номер головки задает используемую рабочую поверхность (то есть конкретную дорожку из цилиндра), а номер сектора – конкретный сектор на дорожке.

Иерархия запоминающих устройств

Накопитель на оптических дисках

Оптический диск (англ. *optical disc*) – собирательное название для носителей информации, выполненных в виде дисков, чтение с которых ведётся с помощью оптического лазерного излучения. Диск обычно плоский, его основа сделана из поликарбоната, на который нанесён специальный слой, который и служит для хранения информации. Для считывания информации используется луч лазера, который направляется на специальный слой и отражается от него. При отражении луч модулируется мельчайшими выемками (питами, от англ. *pit* – ямка, углубление, рис. 4) на специальном слое, на основании декодирования этих изменений устройством чтения восстанавливается информация.

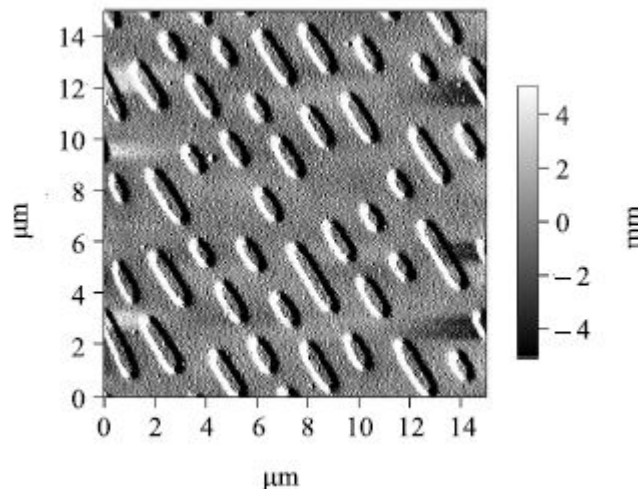


Рис. 4 – Компакт-диск (CD)
под электронным
микроскопом

Иерархия запоминающих устройств

Накопитель на оптических дисках

Существует несколько видов оптических дисков: CD, DVD, Blu-ray (рис. 5).



Рис. 5 – Дисковод для чтения и записи оптических дисков

Иерархия запоминающих устройств

Накопитель на оптических дисках

CD-ROM (англ. *compact disc read-only memory*) – разновидность компакт- дисков с записанными на них данными, доступными только для чтения. Изначально диск был разработан для хранения аудиозаписей, но впоследствии был доработан для хранения и других цифровых данных. В дальнейшем на базе CD- ROM были разработаны диски как с однократной, так и с многократной перезаписью (CD-R и CD-RW).

Диски CD-ROM, а позднее и DVD-ROM – самые популярные носители для распространения программного обеспечения, компьютерных игр, мультимедиа и данных, а также для переноса информации между компьютерами.

Иерархия запоминающих устройств

Накопитель на оптических дисках

Компакт-диск представляет собой поликарбонатную подложку толщиной 1,2 мм, покрытую тонким слоем металла (алюминий, золото, серебро и др.) и защитным слоем лака, на котором обычно наносится графическое представление содержания диска. Принцип считывания через подложку был принят, поскольку позволяет весьма просто и эффективно осуществить защиту информационной структуры и удалить её от внешней поверхности диска. Диаметр пучка на внешней поверхности диска составляет порядка 0,7 мм, что повышает помехоустойчивость системы к пыли и царапинам. Кроме того, на внешней поверхности имеется кольцевой выступ высотой 0,2 мм, позволяющий диску, положенному на ровную поверхность, не касаться этой поверхности. В центре диска расположено отверстие диаметром 15 мм. Вес диска составляет примерно 16 г.

Иерархия запоминающих устройств

Накопитель на оптических дисках

Компакт-диски имеют в диаметре 120 мм и изначально вмещали до 650 Мбайт информации. Однако впоследствии, после 2000 г., стали наиболее распространёнными диски объёмом 700 Мбайт. Также существуют минидиски диаметром 80 мм и ёмкостью 140 или 210 МБ данных.

Кроме того, диски различают по возможности перезаписи: CD-ROM – только для чтения («алюминиевые»); CD-R – для однократной записи; CD- RW – для многократной записи.

Приводы компакт-дисков (CD) используют лазеры невидимого инфра- красного (ИК, IR) излучения с длиной волны 780 нм. Совершенствование CD- дисков привело к созданию DVD-дисков.



Иерархия запоминающих устройств

Накопитель на оптических дисках

DVD (англ. *Digital Versatile Disc*) – цифровой многоцелевой диск – носитель информации, внешне схожий с обычным компакт-диском, однако имеющий возможность хранить больший объём информации за счёт использования лазера видимого красного излучения с меньшей длиной волны – 650 нм. Одно-слойный DVD-диск может хранить 4,7 ГБ, двухслойный – 8,5 ГБ. В совмещённых CD/DVD-дисководов используется два лазера – красного (650 нм) и инфракрасного (780 нм) излучений.

Blu-ray Disc (BD) – формат оптического носителя, используемый для записи и хранения цифровых данных, включая видео высокой чёткости с повышенной плотностью. Стандарт Blu-ray был совместно разработан консорциумом BDA. Blu-ray (буквально «синий луч») получил своё название от использования для записи и чтения коротковолнового (405 нм) «синего» (технически сине-фиолетового) лазера. Однослойный диск Blu-ray (BD) может хранить 25 ГБ, двухслойный диск может вместить 50 ГБ данных.



Иерархия запоминающих устройств

Твердотельный накопитель

Твердотельный накопитель (англ. *SSD, Solid State Drive, Solid State Disk*) энергонезависимое, перезаписываемое компьютерное запоминающее устройство без движущихся механических частей. Следует различать твердотельные накопители, основанные на использовании энергозависимой (RAM SSD) и энергонезависимой (NAND или Flash SSD) памяти (рис. 6).

Накопители RAM SSD, построенные на использовании энергозависимой памяти (такой же, какая используется в ОЗУ персонального компьютера), характеризуются сверхбыстрым чтением, записью и поиском информации. Основным их недостатком является чрезвычайно высокая стоимость. Используются в основном для ускорения работы крупных систем управления базами данных и мощных графических станций. Такие накопители, как правило, оснащены аккумуляторами для сохранения данных при потере питания, а более дорогие модели – системами резервного и/или оперативного копирования.



Иерархия запоминающих устройств

Твердотельный накопитель



Рис. 5

Иерархия запоминающих устройств

Твердотельный накопитель

Накопители NAND SSD, построенные на использовании энерго-независимой памяти появились относительно недавно, но в связи с гораздо более низкой стоимостью начали уверенное завоевание рынка. До недавнего времени существенно уступали традиционным накопителям в чтении и записи, но компенсировали это (особенно при чтении) высокой скоростью поиска информации (сопоставимой со скоростью оперативной памяти). Сейчас уже выпускаются твердотельные накопители Flash со скоростью чтения и записи, сопоставимой с традиционными, и разработаны модели, существенно их превосходящие. Характеризуются относительно небольшими размерами и низким энергопотреблением. Уже практически полностью завоевали рынок ускорителей баз данных среднего уровня и начинают теснить традиционные диски в мобильных приложениях.



Иерархия запоминающих устройств

Твердотельный накопитель

Преимущества SSD по сравнению с жёсткими дисками:

- меньше время загрузки системы;
- отсутствие движущихся частей;
- производительность: скорость чтения и записи до 2500 МБ/с;
- низкая потребляемая мощность;
- полное отсутствие шума от движущихся частей и охлаждающих вентиляторов;
- высокая механическая стойкость;
- широкий диапазон рабочих температур;
- практически устойчивое время считывания файлов вне зависимости от их расположения или фрагментации;
- малый размер и вес.

Иерархия запоминающих устройств

Флеш-накопитель

Флеш-память (англ. *Flash-Memory*) – разновидность твердотельной полупроводниковой энергонезависимой перезаписываемой памяти. Она может быть прочитана сколько угодно раз, но писать в такую память можно лишь ограниченное число раз (максимально – около миллиона циклов). Распространена флеш-память, выдерживающая около 100 тысяч циклов перезаписи – намного больше, чем способна выдержать дискета или CD-RW. Она не содержит подвижных частей, так что, в отличие от жёстких дисков, более надёжна и компактна. Благодаря своей компактности, дешевизне и низкому энергопотреблению флеш-память широко используется в цифровых портативных устройствах (рис. 7 и 8).

Флеш-память хранит информацию в массиве транзисторов с плавающим затвором, называемых ячейками. В традиционных устройствах с одноуровневыми ячейками, каждая из них может хранить только один бит. Некоторые новые устройства с многоуровневыми ячейками могут хранить больше одного бита, используя разный уровень электрического заряда на плавающем затворе транзистора.



Иерархия запоминающих устройств

Флеш-накопитель



Рис. 7 – Разновидности карт флеш-накопителей



Рис. 8 – USB-флеш-накопитель

Иерархия запоминающих устройств

Флеш-накопитель

В основе флеш-памяти типа NOR лежит ИЛИ-НЕ элемент, потому что в транзисторе с плавающим затвором низкое напряжение на затворе обозначает единицу.

Транзистор имеет два затвора: управляющий и плавающий. Последний полностью изолирован и способен удерживать электроны до 10 лет. В ячейке имеются также сток и исток. При программировании напряжением на управляющем затворе создаётся электрическое поле и возникает туннельный эффект. Некоторые электроны туннелируют через слой изолятора и попадают на плавающий затвор, где и будут пребывать. Заряд на плавающем затворе изменяет «ширину» канала сток-исток и его проводимость, что используется при чтении. Программирование и чтение ячеек сильно различаются в энергопотреблении: устройства флеш-памяти потребляют достаточно большой ток при записи, тогда как при чтении затраты энергии малы. Для стирания информации на управляющий затвор подаётся высокое отрицательное напряжение, и электроны с плавающего затвора переходят (туннелируют) на исток.



Иерархия запоминающих устройств

Флеш-накопитель

В NOR-архитектуре к каждому транзистору необходимо подвести индивидуальный контакт, что увеличивает размеры схемы. Эта проблема решается с помощью NAND-архитектуры.

В основе NAND-типа лежит И-НЕ элемент. Принцип работы такой же, от NOR-типа отличается только размещением ячеек и их контактами. В результате уже не требуется подводить индивидуальный контакт к каждой ячейке, так что размер и стоимость NAND-чипа может быть существенно меньше. Также запись и стирание происходит быстрее. Однако эта архитектура не позволяет обращаться к произвольной ячейке.

NAND и NOR-архитектуры сейчас существуют параллельно и не конкурируют друг с другом, поскольку находят применение в разных областях хранения данных.

Иерархия запоминающих устройств

Флеш-накопитель

Существуют несколько типов карт флеш-памяти, используемых в портативных устройствах:

Compact Flash – карты памяти CF являются старейшим стандартом карт флеш-памяти. Первая CF карта была произведена корпорацией SanDisk в 1994 г. Чаще всего в наши дни он применяется в профессиональном фото- и видеоборудовании, так как ввиду своих размеров (43×36×3,3 мм) слот расширения для Compact Flash-карт физически проблематично разместить в мобильных телефонах или MP3-плеерах.

Multimedia Card. Карта в формате MMC имеет небольшой размер – 24×32×1,4 мм. Разработана совместно компаниями SanDisk и Siemens. MMC-картами самого различного типа. В большинстве случаев карты MMC поддерживаются устройствами со слотом SD.

MMCmicro – миниатюрная карта памяти для мобильных устройств с размерами 14×12×1,1 мм. Для обеспечения совместимости со стандартным слотом MMC необходимо использовать переходник.



Иерархия запоминающих устройств

Флеш-накопитель

SD Card (Secure Digital Card) является дальнейшим развитием стандарта MMC. По размерам и характеристикам карты SD очень похожи на MMC, только чуть толще (32×24×2,1 мм). Основное отличие от MMC – технология защиты авторских прав: карта имеет криптозащиту от несанкционированного копирования, повышенную защиту информации от случайного стирания или разрушения и механический переключатель защиты от записи.

SDHC (SD High Capacity). Старые карты SD (SD 1.0, SD 1.1) и новые SDHC (SD 2.0) (SD High Capacity) и устройства их чтения различаются ограничением на максимальную ёмкость носителя, 2–4 ГБ для SD и 32 ГБ для SDHC (высокой ёмкости). Устройства чтения SDHC обратно совместимы с SD, то есть SD-карта будет корректно прочитана в устройстве чтения SDHC, но в устройстве SD карта SDHC не будет читаться вовсе. Оба варианта могут быть представлены в любом из трёх форматов физических размеров (стандартный, mini и micro).

Иерархия запоминающих устройств

Флеш-накопитель

MiniSD (Mini Secure Digital Card) от стандартных карт Secure Digital отличаются меньшими размерами 21,5×20×1,4 мм. Для обеспечения работы карты в устройствах, оснащённых обычным SD-слотом, используется адаптер.

MicroSD (Micro Secure Digital Card) являются на настоящий момент самыми компактными съёмными устройствами флеш-памяти (11×15×1 мм). Используются в первую очередь в мобильных телефонах, коммуникаторах и т. п., так как благодаря своей компактности позволяют существенно расширить память устройства, не увеличивая при этом его размеры.

Memory Stick Duo. Данный стандарт памяти разрабатывался и поддерживается компанией Sony. Корпус достаточно прочный. На данный момент это самая дорогая память из всех представленных. Memory Stick Duo был разработан на базе широко распространённого стандарта Memory Stick от той же Sony, отличается малыми размерами (20×31×1,6 мм).

Memory Stick Micro (M2). Данный формат является конкурентом формата microSD (по аналогичному размеру), сохраняя преимущества карт памяти Sony.



Иерархия запоминающих устройств

Контрольные вопросы

1. Каковы основные системные требования к устройствам памяти компьютера?
2. Что такое регистры процессора?
3. Что такое кеш-память, как она иначе называется? Каковы её основные свойства?
4. Что такое оптический диск?
5. Какие основные типы флеш-накопителей широко используются и каковы их основные характеристики?

Источники

1. ГОСТ 15971-90 Системы обработки информации. Термины и определения. – 12 с.

Спасибо за внимание!

С. А. Тогузов
Начальник отдела научно-проектных дел