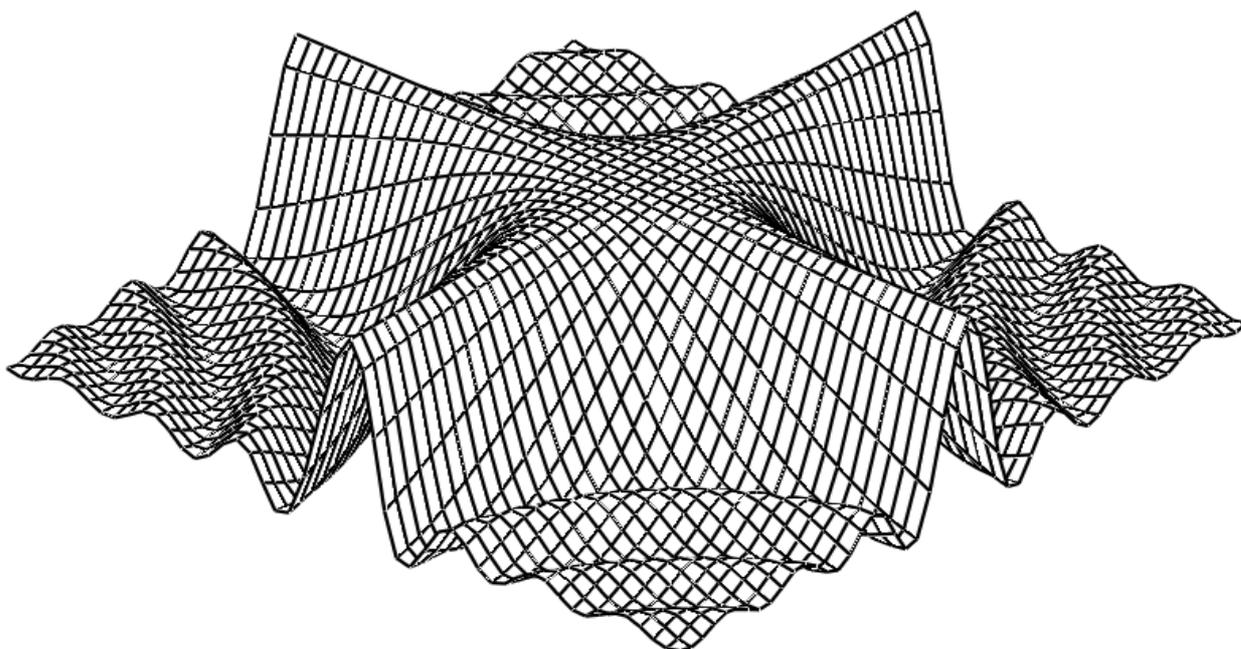


Б.В. Илюхин, Е.В. Смылова

АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА И СЕТИ ЭВМ

Учебное пособие



ТОМСК – 2011

Министерство образования и науки Российской Федерации

**ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ**

Б.В. Илюхин Е.В. Смыслова

Аппаратные средства и сети ЭВМ

Учебное пособие

2011

УДК 621.396.001.25(075.8)
ББК 32.884.1я73

Илюхин Б.В., Смылова Е.В.

Аппаратные средства и сети ЭВМ. Учебное пособие. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2011. – 165 с.

Изложены основы аппаратного обеспечения персональных ЭВМ. Рассмотрены вопросы взаимодействия вычислительных систем с окружающей средой, принципы построения и функционирования различных компонентов персональных электронно-вычислительных машин. Показано единство подходов к проектированию вычислительных систем и сетей, исследованы взаимные связи между ними.

Рассмотрена модель взаимодействия открытых систем и ее влияние на проектирование вычислительных сетей, различные сетевые топологии и архитектуры. Рассмотрены физические основы построения сетей и протоколы физического и канального уровней модели OSI.

@ Илюхин Б.В., 2011
@ Смылова Е.В., 2011
@ Томский государственный
университет систем управления и
радиоэлектроники

Содержание:

Введение	7
1 Аппаратные средства ЭВМ	8
1.1 Основные понятия и определения.	8
1.2 Терминология	9
1.3 Микропроцессоры	11
1.3.1 Архитектура и команды микропроцессора.	11
1.3.2 Семейство процессоров INTEL	14
1.3.3 Процессоры-клоны	22
1.3.4 Энергопотребление и теплообмен	25
1.3.5 Сопроцессоры	26
1.4 Память	27
1.4.1 Виды оперативной памяти.....	28
1.4.2 Принцип работы оперативной памяти	29
1.4.3 Типы DRAM	31
1.4.4 SRAM	34
1.4.5 Корпуса и маркировка.....	35
1.4.6 Видеопамять	37
1.4.7 Кэш память	37
1.5 BIOS	40
1.6 Вспомогательные микросхемы	42
1.6.1 Тактовый генератор.....	42
1.6.2 Контроллер прерываний	43
1.6.3 Контроллер прямого доступа в память	44
1.6.4 Часы внутри CPU	45
1.6.5 Другие вспомогательные микросхемы.....	46
1.6.6 Набор микросхем, или chipset	47
1.6.7 Выбор системной платы	49
1.7 Системные и локальные шины	50
1.7.1 Параллельные шины.....	51
1.7.1.1 Первое поколение шин.....	51
1.7.1.2 Второе поколение шин.....	52
1.7.1.3 Третье поколение шин	53
1.7.1.4 Подробнее об основных вехах в истории развития шин	53
1.7.1.5 Шина PCI	55
1.7.2 Последовательные шины	58
1.7.2.1 USB	58
1.7.2.2 IEEE 1394 - FireWire.....	63
1.8 Накопители	66
1.8.1 Методы хранения информации.....	67
1.8.2 Общие характеристики	68
1.8.3 Устройство жесткого диска.....	71

1.8.4	Историческая справка	74
1.9	Интерфейсы накопителей.....	75
1.9.1	Интерфейс ST-506/412	75
1.9.2	Интерфейс ESDI.....	77
1.9.3	Интерфейс SCSI.....	78
1.9.4	Интерфейс ATA.....	81
1.9.5	Интерфейс SATA	84
1.9.6	RAID – массивы	88
1.10	Другие виды накопителей	92
1.10.1	Флоппи-диски	92
1.10.2	Стримеры	94
1.10.3	Накопители, использующие эффект Бернулли.....	96
1.10.4	Оптические накопители	97
1.10.5	твердотельные накопители	102
1.10.6	Магнитооптические накопители.....	104
1.11	Видеоподсистемы	105
1.11.1	Принцип работы мониторов.....	105
1.11.2	Принцип построения картинки в ЭЛТ мониторах.....	107
1.11.3	Жидкокристаллические мониторы	108
1.11.4	OLED – дисплей	114
1.11.5	Плазменная панель	115
1.11.6	Сенсорный экран.....	117
1.12	Видеоадаптеры	119
1.12.1	MDA	119
1.12.2	CGA	120
1.12.3	HGC	121
1.12.4	EGA	122
1.12.5	VGA.....	122
1.12.6	SVGA.....	123
1.12.7	Проблемы цветопередачи	124
1.12.8	Видеокарты.....	125
1.12.9	TV-тюнеры.....	129
1.13	Порты ввода-вывода	130
1.13.1	Параллельный порт	130
1.13.2	Последовательный порт	131
1.13.3	Инфракрасный порт.....	131
1.13.4	Wi-Fi.....	132
1.13.5	Bluetooth.....	134
1.14	Устройства ввода	134
1.14.1	Клавиатуры.....	134
1.14.2	Мыши	137
1.14.3	Тачпад	141
1.14.4	Сканеры.....	142

1.14.5	Микрофон	143
1.14.6	Веб-камера	144
1.15	Устройства вывода	145
1.15.1	Принтеры	145
1.15.1.1	Классификация принтеров	145
1.15.1.2	Матричные принтеры	146
1.15.1.3	Струйные принтеры	146
1.15.1.4	Сублимационные принтеры	148
1.15.1.5	Лазерные принтеры	148
1.15.1.6	Графопостроители	149
1.15.1.7	Другие принтеры	150
1.15.2	Модемы	151
1.15.3	Звуковые карты	152
1.15.4	Акустические системы	154
1.15.5	Сетевые платы	155
2	Физическое окружение вычислительной техники.	156
2.1	Климатические условия.	157
2.2	Проблемы электропитания.	157
2.2.1	Классификация устройств защиты	159
2.2.2	Выбор подходящего ИБП.	162
2.3	Электромагнитные помехи.	163
2.4	Электростатические разряды (Electro Static Discharge)	164
	Заключение	165

Введение

Из этого пособия вы сможете узнать об основных узлах и компонентах IBM PC-совместимого компьютера, о большинстве периферийных устройств, которые могут к нему подключаться, о факторах окружающей среды, влияющих на работу вычислительной техники, а также об основах построения компьютерных сетей. Изложение материала построено исходя из того, что «знание некоторых принципов заменяет знание многих фактов». Вот почему основной упор сделан на описание принципов функционирования и используемых технологий. Действительно, стремительные изменения в элементной базе и схемотехнике в ряде случаев исключают возможность рассказа о конкретных технических решениях. Ведь хорошо известно, что, например, новые варианты системных плат появляются почти через каждые два месяца. Именно поэтому основной упор сделан на описание принципов функционирования и используемых технологий.

В этой книге речь идет об аппаратном обеспечении IBM PC, а точнее, об IBM PC-совместимых (и не совсем совместимых) компьютерах. Можно сказать, что в 1981 году появление первого IBM PC (Personal Computer) произвело настоящую информационную революцию.

Безусловно, понятие ЭВМ охватывает гораздо более широкий круг устройств, нежели персональные компьютеры. Но в данном пособии мы будем говорить именно о персональных ЭВМ, более того, о персональных IBM PC - совместимых компьютерах, поскольку они являются, на сегодняшний день, наиболее распространенными.

IBM PC не был первым персональным компьютером (даже у IBM), однако по сравнению с уже существующими имел ряд существенных преимуществ. По сути, впервые была предложена действительно гибкая и легко расширяемая система, которая могла использовать аппаратные и программные дополнения других фирм-производителей. До появления IBM PC все подобные компьютеры для пользователя оставались "черным ящиком": их модернизация оставалась уделом профессионалов, а самим пользователям приходилось довольствоваться только тем, что они приобретали. Принцип открытой (модульной) заложенный в IBM PC, позволял легко менять конфигурацию, модернизировать блоки и узлы. Удачным в IBM PC было и конструктивное решение. Почти за 25 лет, естественно, многое изменилось, однако так или иначе миллионы пользователей во всем мире продолжают работать именно с IBM PC-совместимыми компьютерами.

1 Аппаратные средства ЭВМ.

1.1 Основные понятия и определения.

Термин «компьютер» и аббревиатура «ЭВМ», принятая в русскоязычной научной литературе, не являются синонимами. Поскольку существовали механические вычислительные машины, сконструированные без применения электроники, то ЭВМ являются подмножеством компьютеров вообще. В настоящее время словосочетание «электронная вычислительная машина» почти вытеснено из бытового употребления. Аббревиатуру «ЭВМ» в основном используют как правовой термин в юридических документах, инженеры цифровой электроники, а также в историческом смысле — для обозначения компьютерной техники 1940-1980-х годов.

При помощи вычислений компьютер способен обрабатывать информацию по определённому алгоритму. Любая задача для компьютера является последовательностью вычислений.

Физически компьютер может функционировать за счёт перемещения каких-либо механических частей, движения электронов, фотонов, квантовых частиц или за счёт использования эффектов любых других физических явлений.

Архитектура компьютеров может непосредственно моделировать решаемую проблему, максимально близко (в смысле математического описания) отражая исследуемые физические явления. Так, электронные потоки могут использоваться в качестве моделей потоков воды при моделировании дамб или плотин. Подобным образом сконструированные аналоговые компьютеры были обычны в 1960-х годах, однако сегодня стали достаточно редким явлением. В большинстве современных компьютеров проблема сначала описывается в понятном им виде (при этом вся необходимая информация как правило представляется в двоичной форме — в виде единиц и нулей, хотя существовали и компьютеры на троичной системе счисления), после чего действия по её обработке сводятся к применению простой алгебры логики. Поскольку практически вся математика может быть сведена к выполнению булевых операций, достаточно быстрый электронный компьютер может быть применен для решения большинства математических задач, а также и большинства задач по обработке информации, которые могут быть сведены к математическим.

Слово компьютер является производным от английских слов to compute, computer, которые переводятся как «вычислять», «вычислитель» (английское слово, в свою очередь, происходит от латинского computāre — «вычислять»). Первоначально в английском языке это слово означало человека, производящего арифметические вычисления с привлечением или без привлечения механических устройств. В дальнейшем его значение было перенесено на сами машины, однако современные компьютеры выполняют множество задач, не связанных напрямую с математикой.

Впервые трактовка слова компьютер появилась в 1897 году в Оксфордском словаре английского языка. Его составители тогда понимали компьютер как механическое вычислительное устройство. В 1946 году словарь пополнился дополнениями, позволяющими разделить понятия цифрового, аналогового и электронного компьютера.

Классификация компьютеров может быть весьма разнообразной по различным критериям. Приведем пример самой простой – по назначению:

- Консольный компьютер
- Миникомпьютер
- Мейнфрейм
- Персональный компьютер
 - Настольный компьютер
 - Ноутбук (Лэптоп)
 - Субноутбук
 - Нетбук
 - Смартбук
 - Планшетный компьютер
 - Планшетный ПК
 - Тонкий ПК (Slate PC)
 - Ультрамобильный ПК
 - Интернет-планшет
 - Электронная книга (устройство)
 - Игровая приставка (Игровая консоль)
 - Карманный компьютер (КПК)
 - Коммуникатор
 - Смартфон
- Рабочая станция
- Сервер
- Суперкомпьютер

1.2 Терминология

Прежде чем далее говорить о составляющих любого ПК, необходимо запомнить некоторые важные определения, которые пригодятся в дальнейшем:

Центральный процессор (ЦП, или центральное процессорное устройство — ЦПУ; англ. central processing unit, CPU, дословно — центральное обрабатывающее устройство) — исполнитель машинных инструкций, часть аппаратного обеспечения компьютера или программируемого логического контроллера; отвечает за выполнение операций, заданных программами.

Архитектура вычислительной машины (Архитектура ЭВМ, англ. Computer architecture) — концептуальная структура вычислительной машины[1], определяющая проведение обработки информации и включающая методы

преобразования информации в данные и принципы взаимодействия технических средств и программного обеспечения.

Технологический процесс полупроводникового производства — технологический процесс изготовления полупроводниковых (п/п) изделий и материалов. Техпроцесс — это масштаб технологии, которая определяет размеры полупроводниковых элементов, составляющих основу внутренних цепей п/п изделий. Особую значимость имеет для процессорных ядер, в аспектах потребления электроэнергии, повышения производительности, поэтому указаны процессоры (ядра) массового производства на данном техпроцессе.

Оперативная память — часть системы компьютерной памяти, в которой временно хранятся данные и команды, необходимые процессору для выполнения им операции и время доступа к которой не превышает одного его такта.

Микроконтроллер (англ. Micro Controller Unit, MCU) — микросхема, предназначенная для управления электронными устройствами.

Тактовый генератор вырабатывает импульсы, служащие ритмом для центрального процессора. Частота тактовых импульсов называется тактовой частотой.

Регистр - совокупность бистабильных устройств (то есть имеющих два устойчивых состояния), предназначенных для хранения информации и быстрого доступа к ней. В качестве таких устройств в интегральных схемах используют триггеры. Триггер в свою очередь выполнен на транзисторных переключателях (электронных ключах). В регистре из N триггеров можно запомнить слово из N бит информации.

Порт — это некая схема сопряжения, обычно включающая в себя один или несколько регистров ввода-вывода и позволяющая подключить, например, периферийное устройство к внешним шинам микропроцессора. Практически каждая микросхема использует для различных целей несколько портов ввода-вывода. Каждый порт в персональном компьютере имеет свой уникальный номер. Номер порта — это, по сути, адрес регистра ввода-вывода, причем адресные пространства основной памяти и портов ввода-вывода не пересекаются.

Компьютерная шина (от англ. computer bus, bidirectional universal switch — двунаправленный универсальный коммутатор) - подсистема, которая передаёт данные между функциональными блоками компьютера

Прерывание - сигнал, по которому процессор узнает о совершении некоего асинхронного события. При этом исполнение текущей последовательности команд приостанавливается (прерывается), а вместо нее начинает выполняться другая последовательность, соответствующая данному прерыванию. Прерывания можно классифицировать как:

- *аппаратные,*
- *логические,*
- *программные.*

Периферийное устройство - любое внешнее устройство, совершающее по отношению к микропроцессору операции ввода-вывода.

Операционная система, сокращенно ОС (англ. operating system) — комплекс управляющих и обрабатывающих программ, которые, с одной стороны, выступают как интерфейс между устройствами вычислительной системы и прикладными программами, а с другой — предназначены для управления устройствами, управления вычислительными процессами, эффективного распределения вычислительных ресурсов между вычислительными процессами и организации надёжных вычислений. Это определение применимо к большинству современных ОС общего назначения.

1.3 Микропроцессоры

1.3.1 Архитектура и команды микропроцессора.

Современные ЦП, выполняемые в виде отдельных микросхем (чипов), реализующих все особенности, присущие данному роду устройствам, называют микропроцессорами. С середины 1980-х последние практически вытеснили прочие виды ЦП, вследствие чего термин стал всё чаще и чаще восприниматься как обыкновенный синоним слова «микропроцессор». Тем не менее, это не так: центральные процессорные устройства некоторых суперкомпьютеров даже сегодня представляют собой сложные комплексы, построенные на основе микросхем большой (БИС) и сверхбольшой (СБИС) степени интеграции.

Изначально термин *центральное процессорное устройство* описывал специализированный класс логических машин, предназначенных для выполнения сложных компьютерных программ. Вследствие довольно точного соответствия этого назначения функциям существовавших в то время компьютерных процессоров, он естественным образом был перенесён на сами компьютеры. Начало применения термина и его аббревиатуры по отношению к компьютерным системам было положено в 1960-е годы. Устройство, архитектура и реализация процессоров с тех пор неоднократно менялись, однако их основные исполняемые функции остались теми же, что и прежде.

В настоящее время наибольшее распространение в ЭВМ получили 2 типа архитектуры: принстонская (фон Неймана) и гарвардская.

Различие заключается в структуре памяти: в принстонской архитектуре программы и данные хранятся в одном массиве памяти и передаются в процессор по одному каналу, тогда как гарвардская архитектура предусматривает отдельные хранилища и потоки передачи для команд и данных.

По перечисленным признакам и их сочетаниям среди архитектур выделяют:

- По разрядности интерфейсов и машинных слов: 8-, 16-, 32-, 64-разрядные (ряд ЭВМ имеет и иные разрядности);
- По особенностям набора регистров, формата команд и данных:

CISC, RISC, VLIW;

- По количеству центральных процессоров: однопроцессорные, многопроцессорные, суперскалярные;

Рассмотрим основные типы архитектур.

Архитектура фон Неймана

Большинство современных процессоров для персональных компьютеров в общем основаны на той или иной версии циклического процесса последовательной обработки данных, изобретённого Джоном фон Нейманом в 1946 году.

Этапы цикла выполнения:

1. Процессор выставляет число, хранящееся в регистре счётчика команд, на шину адреса и отдаёт памяти команду чтения.
2. Выставленное число является для памяти адресом; память, получив адрес и команду чтения, выставляет содержимое, хранящееся по этому адресу, на шину данных и сообщает о готовности.
3. Процессор получает число с шины данных, интерпретирует его как команду (машинную инструкцию) из своей системы команд и исполняет её.
4. Если последняя команда не является командой перехода, процессор увеличивает на единицу (в предположении, что длина каждой команды равна единице) число, хранящееся в счётчике команд; в результате там образуется адрес следующей команды.

Во время процесса процессор считывает последовательность команд, содержащихся в памяти, и исполняет их. Такая последовательность команд называется программой и представляет алгоритм работы процессора. Очерёдность считывания команд изменяется в случае, если процессор считывает команду перехода, — тогда адрес следующей команды может оказаться другим. Другим примером изменения процесса может служить случай получения команды останова или переключение в режим обработки прерывания.

Скорость перехода от одного этапа цикла к другому определяется тактовым генератором.

Конвейерная архитектура

Конвейерная архитектура (pipelining) была введена в центральный процессор с целью повышения быстродействия. Обычно для выполнения каждой команды требуется осуществить некоторое количество однотипных операций, например: выборка команды из ОЗУ, дешифровка команды, адресация операнда в ОЗУ, выборка операнда из ОЗУ, выполнение команды, запись результата в ОЗУ. Каждую из этих операций сопоставляют одной ступени конвейера.

Например, конвейер микропроцессора с архитектурой MIPS-I содержит четыре стадии:

1. получение и декодирование инструкции,

2. адресация и выборка операнда из ОЗУ,
3. выполнение арифметических операций,
4. сохранение результата операции.

После освобождения k -й ступени конвейера она сразу приступает к работе над следующей командой. Если предположить, что каждая ступень конвейера тратит единицу времени на свою работу, то выполнение команды на конвейере длиной в n ступеней займёт n единиц времени, однако в самом оптимистичном случае результат выполнения каждой следующей команды будет получаться через каждую единицу времени.

Действительно, при отсутствии конвейера выполнение команды займёт n единиц времени (так как для выполнения команды по-прежнему необходимо выполнять выборку, дешифровку и т. д.), и для исполнения m команд понадобится $m \cdot n$ единиц времени; при использовании конвейера (в самом оптимистичном случае) для выполнения m команд понадобится всего лишь $n + m$ единиц времени.



Рисунок 1. - Простой пятиуровневый конвейер (IF - получение инструкции, ID - декодирование инструкции, EX - выполнение, MEM - доступ к памяти, WB - запись в регистр).

Факторы, снижающие эффективность конвейера:

- Простой конвейера, когда некоторые ступени не используются (напр., адресация и выборка операнда из ОЗУ не нужны, если команда работает с регистрами).
- Ожидание: если следующая команда использует результат предыдущей, то последняя не может начать выполняться до выполнения первой (это преодолевается при использовании внеочередного выполнения команд — out-of-order execution).
- Очистка конвейера при попадании в него команды перехода (эту проблему удаётся сгладить, используя предсказание переходов).

Суперскалярная архитектура

Способность выполнения нескольких машинных инструкций за один такт процессора путем увеличения числа исполнительных устройств. Появление этой технологии привело к существенному увеличению производительности.

В то же время существует определенный предел роста числа исполнительных устройств, при превышении которого производительность практически перестает расти, а исполнительные устройства простаивают.

CISC-процессоры

Complex instruction set computer — вычисления со сложным набором команд. Процессорная архитектура, основанная на усложнённом наборе команд. Типичными представителями CISC являются микропроцессоры семейства x86 (хотя уже много лет эти процессоры являются CISC только по внешней системе команд: в начале процесса исполнения сложные команды разбиваются на более простые микрооперации (МОП'ы), исполняемые RISC-ядром).

RISC-процессоры

Reduced instruction set computer — вычисления с упрощённым набором команд (в литературе слово «reduced» нередко ошибочно переводят как «сокращённый»). Архитектура процессоров, построенная на основе упрощённого набора команд, характеризуется наличием команд фиксированной длины, большого количества регистров. Упрощение набора команд призвано сократить конвейер. Однородный набор регистров упрощает работу компилятора при оптимизации исполняемого программного кода. Кроме того, RISC-процессоры отличаются меньшим энергопотреблением и тепловыделением.

MISC-процессоры

Minimum instruction set computer — вычисления с минимальным набором команд. В пылу борьбы за максимальное быстродействие, RISC догнал и перегнал многие CISC процессоры по сложности. Архитектура MISC строится на стековой вычислительной модели с ограниченным числом команд (примерно 20-30 команд).

VLIW-процессоры

Very long instruction word — сверхдлинное командное слово. Архитектура процессоров с явно выраженным параллелизмом вычислений, заложенным в систему команд процессора. Ключевым отличием от суперскалярных CISC-процессоров является то, что для них загрузкой исполнительных устройств занимается часть процессора (планировщик), на что отводится достаточно малое время, в то время как загрузкой вычислительных устройств для VLIW-процессора занимается компилятор.

Все перечисленные выше типа архитектур будут упоминаться в дальнейшем, при рассмотрении различных процессоров.

1.3.2 Семейство процессоров INTEL

4-битные процессоры

4004

Первый процессор, реализованный в одной микросхеме

Представлен: 15 ноября 1971 года

Частота: 740 кГц

Во всей технической документации фирмы Intel, относящейся к 4004, включая самые первые проспекты, выпущенные в ноябре 1971 года, явно указывается, что минимальный период тактового сигнала составляет 1350 наносекунд, что означает, что максимальная тактовая частота, при которой 4004 может нормально функционировать составляет 740 кГц. К сожалению, во многих источниках приводится другое, неверное значение максимальной тактовой частоты — 108 кГц; эта цифра приводится на некоторых интернет-страницах самой фирмы Intel.

Быстродействие: 0,06 MIPS

Ширина шины: 4 бита (мультиплексирование шины адреса/данных вследствие ограниченного количества выводов микросхемы)

Количество транзисторов: 2300

Технология: 10 мкм PMOS

Адресуемая память: 640 байт

Память для программы: 4 Кбайта

На микропроцессоре 4004 был построен «мозг» космического аппарата Пионер-10, запуск которого состоялся в марте 1972. Предполагаемый жизненный цикл составлял около 2-х лет, но до 2003 года, когда была утрачена радиосвязь с аппаратом, компьютер и большинство его электронных систем продолжали функционировать.

4040

Представлен: в 4-м квартале 1974 года

Частота: от 500 до 740 кГц используя кварцы от 4 до 5.185 МГц

Быстродействие: 0,06 MIPS

Ширина шины: 4 бита (мультиплексирование шины адреса/данных вследствие ограниченного количества выводов микросхемы)

Количество транзисторов: 3000

Технология: 10 мкм PMOS

Адресуемая память: 640 байт

Память для программы: 8 Кбайт

8-битные процессоры

8008

Представлен: 1 апреля 1972 года

Частота: 500 кГц

Быстродействие: 0,05 MIPS

Ширина шины: 8 бит (мультиплексирование шины адреса/данных вследствие ограниченного количества ножек)

Количество транзисторов: 3500

Технология: 10 мкм PMOS

Адресуемая память: 16 Кбайт

Типичное применение: терминалы, обычные калькуляторы, машины по продаже напитков

8080

Представлен: 1 апреля 1974 года

Частота: 2 МГц

Быстродействие: 0,64 MIPS

Ширина шины: 8 бит — данные, 16 бит — адрес

Количество транзисторов: 6000

Технология: 6 мкм NMOS

Адресуемая память: 64 Кбайта

Производительность равна 10-кратной производительности процессора 8008

Требовал 6 чипов для поддержки (вместо 20 у 8008)

Требовал 3 источника питания +5В, -5В и +12В

Не будет преувеличением сказать, что классическая архитектура i8080 оказала огромное влияние на дальнейшее развитие однокристальных микропроцессоров. Несмотря на заслуженный успех i8080, настоящим промышленным стандартом для персональных компьютеров стал другой микропроцессор фирмы Intel (i8088).

8086

Представлен: 8 июня 1978 года

Частоты:

5 МГц с быстродействием 0,33 MIPS

8 МГц с быстродействием 0,66 MIPS

10 МГц с быстродействием 0,75 MIPS

Ширина шины: 16 бит — данные, 20 бит — адреса

Количество транзисторов: 29000

Технология: 3 мкм

Адресуемая память: 1 Мбайт

10-кратная производительность 8080

Использовался в портативных вычислениях

Ассемблер совместим с 8080

8088

Представлен: 1 июня 1979 года

Частоты:

5 МГц с быстродействием 0,33 MIPS

8 МГц с быстродействием 0,75 MIPS

Внутренняя архитектура: 16 бит

Ширина внешней шины: 8 бит — данные, 20 бит — адреса

Количество транзисторов: 29000

Технология: 3 мкм

Адресуемая память: 1 Мбайт

Идентичен 8086, за исключением внешней шины данных шириной в 8 бит

Одним из существенных достоинств микропроцессора i8088 была возможность (благодаря 20 адресным линиям) физически адресовать область памяти в 1 Мбайт. Здесь следует, правда, отметить, что для IBM PC в этом пространстве программам было отведено всего лишь 640 Кбайт. Хотя с

внешними периферийными устройствами (дисками, видео) i8088 был связан через свою внешнюю 8-разрядную шину данных, его внутренняя структура (адресуемые регистры) позволяла работать с 16-разрядными словами.

80186

Представлен: в 1982 году

Использовался в основном во встроенных приложениях — контроллерах, системах точек продажи, терминалах, и т. д.

Включал два таймера, контроллер DMA, и контроллер прерываний на чипе помимо процессора

Позднее переименован в iAPX 186

80286

Представлен: 1 февраля 1982 года

Частоты:

6 МГц с быстродействием 0,9 MIPS

8 МГц, 10 МГц с быстродействием 1.5 MIPS

12,5 МГц с быстродействием 2,66 MIPS

Ширина шины данных: 16 бит

Ширина шины адреса: 24 бит

Количество транзисторов: 134000

Технология: 1,5 мкм

Адресуемая память: 16 Мбайт

Добавлен 16-ти разрядный защищённый режим без глубокого изменения набора инструкций 8086.

Наряду с увеличением производительности этот микропроцессор (i80286) мог теперь работать в двух режимах — реальном и защищенном. Если первый режим был (за рядом исключений) похож на обычный режим работы 18088/86, то второй использовал более изощренную технику управления памятью. В частности, защищенный режим работы позволял, например, таким программным продуктам, как Windows 3.0 и OS/2, работать с оперативной памятью выше 1 Мбайта. Благодаря 16 разрядам данных на новой системной шине, которая была впервые использована в IBM PC/ AT286, микропроцессор i80286 мог обмениваться с периферийными устройствами 2-байтными сообщениями. 24 адресные линии позволяли в защищенном режиме обращаться уже к 16 Мбайтам памяти. В микропроцессоре i80286 впервые на уровне микросхем были реализованы мультизадачность и управление виртуальной памятью.

32-битные процессоры: Линия 80386

80386DX

Представлен: 17 октября 1985 года

Частоты:

16-33 МГц с быстродействием от 5 до 11,4 MIPS

Ширина шины: 32 бит

Количество транзисторов: 275000

Технология: 1 мкм

Адресуемая память: 4 Гбайта

Виртуальная память: 64 Тбайта

Первый чип x86 для поддержки 32-битных наборов данных

Переработанная и расширенная поддержка защиты памяти включающая страничную виртуальную память и режим виртуального 86, особенности, которые в будущем потребуются для Windows 95, OS/2 Warp и Unix

Использовался в вычислениях на десктопе

Может адресовать достаточно памяти для управления восьмистраничной историей каждого человека на Земле

Может просмотреть всю Encyclopedia Britannica за 12.5 секунд

Полностью 32-разрядная архитектура (32-разрядные регистры и 32-разрядная внешняя шина данных) в новом микропроцессоре была дополнена расширенным устройством управления памятью MMU (Memory Management Unit), которое помимо блока сегментации (Segmentation Unit) было дополнено блоком управления страницами (Paging Unit). Это устройство позволяло легко переставлять сегменты из одного места памяти в другое (свопинг) и освобождать драгоценные килобайты памяти.

В реальном режиме (после включения питания) микропроцессор i80386 работал как "быстрый 18088" (адресное пространство 1 Мбайт, 16-разрядные регистры). Защищенный режим был полностью совместим с аналогичным режимом в i80286. Тем не менее, в этом же режиме i80386 мог выполнять и свои "естественные" (native) 32-разрядные программы. Вспомним, что 32 адресные линии микропроцессора позволяют физически адресовать 4 Гбайта памяти. Кроме того, был введен новый режим — виртуального процессора (V86). В этом режиме могли одновременно выполняться несколько задач, предназначенных для i8086.

80386SX

Представлен: 16 июня 1988 года

Частоты:

16-33 МГц с быстродействием 2.5-2.9 MIPS

Более дешевая альтернатива процессору i80386

80486DX

Представлен: 10 апреля 1989 года

Частоты:

25-50 МГц с быстродействием 20-41 MIPS

Ширина шины: 32 бита

Количество транзисторов: 1,2 миллиона

Технология: 1 мкм; 50 МГц версия была на 0,8 мкм

Адресуемая память: 4 Гбайта

Виртуальная память: 64 Тбайта

Кэш первого уровня на чипе

Встроенный математический сопроцессор

Использование конвейерной архитектуры, присущей RISC-процессорам, позволило достичь четырехкратной производительности обычных 32-разрядных систем. Это связано с уменьшением количества тактов для реализации каждой команды. 8-Кбайтная встроенная кэш-память ускоряет выполнение программ за счет промежуточного хранения часто используемых команд и данных. На тактовой частоте 25 МГц микропроцессор показал производительность 16,5 MIPS. Созданная в июне 1991 года версия микропроцессора с тактовой частотой 50 МГц позволила увеличить производительность еще на 50%. Встроенный математический сопроцессор существенно облегчил и ускорил математические вычисления.

80486DX2 – первый процессор с удвоением частоты

Представлен: 3 марта 1992 года

Частоты:

50 МГц с быстродействием 41 MIPS

Ширина шины: 32 бита

Количество транзисторов и технология: 1.2 миллиона на 0,8 мкм

Адресуемая память: 4 Гбайта

Виртуальная память: 64 Тбайта

Использовался в высокопроизводительных, дешёвых десктопах

Использовал технологию «удвоения скорости» при помощи работы ядра процессора на частоте, удвоенной по сравнению с частотой шины

В марте 1992 года фирма Intel объявила о создании второго поколения микропроцессоров 486. Эти микропроцессоры, названные i486DX2, обеспечили новую технологию, при которой скорость работы внутренних блоков микропроцессора в два раза выше скорости остальной части системы. Тем самым появилась возможность объединения высокой производительности микропроцессора с внутренней тактовой частотой 50(66) МГц и эффективной по стоимости 25/33-мегагерцевой системой. Новые микросхемы по-прежнему включали в себя центральный процессор, математический сопроцессор и кэш-память на 8 Кбайт. Компьютеры, построенные на базе микропроцессоров i486DX2, работали приблизительно на 70% производительнее тех, что основаны на микропроцессорах i486DX первого поколения. Несколько позже появились процессоры i486SX2, в которых, как следует из названия, отсутствует встроенный сопроцессор.

Технология умножения частоты (не только в два, но и, например, в полтора, два с половиной или три раза) находила и находит широкое применение практически во всех современных процессорах. Так, после DX2, фирма Intel выпускала серию микропроцессоров с умножением частоты в три раза — DX4 (кодовое название P24C). Процессоры этого семейства - 486DX4-75 и 486DX4-100 имели кэш-память 16 Кбайт и были предназначены для установки в системные платы, работающие на тактовой частоте 25 и 33 МГц. Напряжение питания этих процессоров составляло 3,3 В, количество транзисторов на кристалле — 1,6 миллиона.

32-битные процессоры: Pentium I

Pentium («Классический»)

Микропроцессор для настольных систем с поддержкой симметричной многопроцессорности (SMP), ограниченной двумя микропроцессорами

Представлен: 22 марта 1993 года

Ширина шины: 64 бит

Частота системной шины: 60 или 66 МГц

Ширина шины адреса: 32 бит

Адресуемая память: 4 гигабайта

Виртуальная память: 64 терабайта

Суперскалярная архитектура позволила повысить в 5 раз производительность по сравнению с 33 МГц 486DX

Напряжение питания: 5 В

Кэш L1: 16 КБ

Использовался в десктопах

В марте 1993 года фирма Intel объявила о начале промышленных поставок 66- и 60-Мегагерцевых версий процессора Pentium, известного ранее как 586 или P5.

Название нового микропроцессора является зарегистрированной торговой маркой корпорации Intel. Таким образом, в системах Intel Inside микропроцессор 586 фигурировать перестал. Системы, построенные на базе Pentium, были полностью совместимы со 100 миллионами персональных компьютеров, использовавших микропроцессоры 18088, i80286, i80386, i486.

Pentium Pro

Микропроцессор для серверов и рабочих станций с поддержкой симметричной многопроцессорности (SMP). Использовался преимущественно в серверных системах

Представлен: 1 ноября 1995 года

Предшественник Pentium II и III

Количество транзисторов: 5,5 миллионов

Технология процесса: 0,6 мкм

Кэш L1: 16 КБ

Кэш L2: 256 КБ (встроенный)

Частота системной шины: 60 МГц, 66 МГц

Celeron (Pentium II-based)

Микропроцессор для малобюджетных настольных систем с неофициальной поддержкой симметричной многопроцессорности (SMP), ограниченной двумя микропроцессорами

Pentium III

Представлен: 26 февраля 1999 года

Улучшенный PII, то есть ядро, основанное на P6, теперь включает Streaming SIMD Extensions (SSE)

Количество транзисторов: 9,5 миллионов

Частота системной шины: 100 МГц

Варианты:

450-600 МГц

PII Xeon

Варианты:

400-450 МГц

PIII Xeon

Представлен: 25 октября 1999 года

Количество транзисторов: 9,5 миллионов при технологии 0,25 мкм или 28 миллионов при 0,18 мкм)

Кэш L2: 256 КБ, 1 МБ или 2 МБ (интегрированный)

Ширина системной шины: 64 бит

Адресуемая память: 64 гигабайта

Использовался в двухпроцессорных серверах и рабочих станциях (256 КБ L2) или 4- и 8-процессорных серверах (1-2 МБ L2)

Варианты:

500-700 МГц

Intel Core

Технологический процесс: 0,065 мкм = 65 нм (Yonah)

Представлен: в январе 2006 года

Частота системной шины: 667 МГц

Удвоенное (или одиночное в случае Solo) ядро с разделяемым кэшем L2 размером 2 МБ

SSE3 SIMD-инструкции

Pentium Dual-Core

Технологический процесс: 0,065 мкм = 65 нм (Yonah)

Представлен: в январе 2006 года

Частота системной шины: 533 МГц

Pentium 4

Технологический процесс: 0,18 мкм (1,40 и 1,50 ГГц)

Представлен 20 ноября 2000 года

L2-кэш — интегрированный 256 КБ (Advanced Transfer)

Частота системной шины: 400 МГц

Количество транзисторов: 42 миллиона

Используется в настольных компьютерах и рабочих станциях начального уровня

Mobile Pentium 4-M

Технологический процесс: 0,13 мкм

Количество транзисторов: 55 миллионов

Интегрированный L2-кэш 512 КБ

Частота системной шины: 400 МГц

Поддерживает до 1 ГБ DDR 266 МГц оперативной памяти

Поддерживает системы управления энергосбережением ACPI 2.0 и APM 1.2 1.3 V — 1.2 V (SpeedStep)

Энергопотребление: 1,2 ГГц — 20,8 Вт, 1,6 ГГц — 30 Вт, 2,6 ГГц — 35 Вт

Энергопотребление в режиме «Сон» — 5 Вт (1,2 В)

Энергопотребление в режиме «Глубокий сон» — 2,9 Вт (1,0 В)

Intel Core 2

технологический процесс 65 нм

Микропроцессор для настольных систем

Представлен: 27 июля 2006 года

Количество транзисторов: 291 миллион у моделей с 4 МБ кэш-памяти

Реализованы технологии:

Intel Virtualization Technology — аппаратная виртуализация

LaGrande Technology — аппаратная технология защиты информации

Execute Disable Bit

EIST (Enhanced Intel Speed Step Technology)

iAMT2 (Intel Active Management Technology) — удаленное управление компьютерами

Quad Core (Микропроцессор для настольных систем с четырьмя ядрами)

Представлен: 13 декабря 2006 года

Количество транзисторов: 582 миллиона

Реализованы те же технологии, что и у микропроцессора Core 2 Duo, но в отличие от него имеет 4 ядра

Более подробную информацию о процессорах семейства INTEL можно найти на просторах сети Internet, здесь же необходимо рассмотреть также и модели конкурирующих фирм.

1.3.3 Процессоры-клоны

Вторым после Intel производителем микропроцессоров по праву считается компания AMD. Что касается фирмы AMD, то, став в свое время безусловным лидером на рынке 386-х процессоров, она после ухода Intel практически добилась того же успеха и на рынке 486-х. Так, микропроцессоры Am486 потребляли меньшую мощность и имели некоторые усовершенствования в архитектуре, касающиеся управления памятью и организации использования ее в мультипроцессорных системах. Am486DX2/DX4 изготавливались с соблюдением технологических норм 0,5 мкм и имели напряжение питания 3,3—3,6 В. Благодаря этому до тактовой частоты 100 МГц на корпусе микросхемы было достаточно только охлаждающего радиатора, работа с более высокими частотами (включая и 100 МГц) требовала уже микровентилятора. Вообще говоря, микросхемы DX2 и DX4 представляли собой один и тот же процессор с переменным коэффициентом внутреннего умножения частоты. В 1969 году AMD представляет чип-регистр Am9300 и процессор Am2501. В 1975 году, подписав кросс-лицензионное соглашение с Intel, AMD представляет свой процессор 8080, клон был совместим с оригиналом по набору команд. Затем AMD выпускает Am1902, свою первую плату оперативной памяти. Процессор собственной разработки, Am2900 оказался

очень удачным для своего времени (высокая скорость работы, уменьшенное тепловыделение, программируемые инструкции для приложений).

В 1991 AMD выпускает свой аналог i386 — Am386. В 1993 появляется процессор Am486. После представления Intel процессора Pentium, в 1997 году AMD выпускает AMD K6. Далее появляется AMD K6-2 с технологией 3DNow!.

В первой половине 1999 г. AMD начала поставки процессоров K6-III (K6-3D). Главная особенность — встроенная кеш-память второго уровня 256 КБ (L1 кеш остался 64 КБ, что вдвое больше, чем Pentium III), работающая на полной частоте ядра, а кеш-память, установленная на материнской плате, рассматривается как кеш третьего уровня. Тактовые частоты 400—500 МГц. 23 июня 1999 г. были представлены модели AMD Athlon 500, 550, 600, изготовленные по 0,250 микронной технологии в новом корпусе Slot A. 29 ноября 1999 г. были выпущены процессоры Athlon с частотами от 550—800 МГц, изготовленные по технологии 0,18 мкм. Основные характеристики: внутренняя архитектура — типа «RISC»; имеет 3 конвейера для целочисленных вычислений и 3 для операций с плавающей точкой; добавлены новые команды в блок 3DNow!, теперь носит название Enhanced 3DNow!; L1 кеш — 128 КБ (64+64), L2 кеш — 512 КБ (в перспективе до 8 МБ) расположен в отдельных микросхемах рядом с процессором и работает на частоте равной половине частоты ядра, поддерживает ECC-механизм; многопроцессорность — теоретически до 14 процессоров на одной шине; системная шина — 100 МГц, но работает по обоим фронтам сигнала, результирующая 200 МГц. Переход на технологию 0,180 мкм для AMD состоялся летом 2000 г. разработкой ядра Thunderbird. Для своих новых процессоров Athlon AMD разрабатывает также новый разъём Socket A (Socket 462 в виде микросхемы). Новый процессор содержит 37 млн транзисторов. L1 кеш — 128 КБ, L2 кеш — 256 КБ (L2 находится на кристалле процессора). Единственное «узкое» место (во всех смыслах этого слова) — 32-битная шина между ядром и кешем второго уровня (ширина аналогичной шины Pentium III — 512 бит). Первые процессоры работали на шине 200 МГц (2x100), последующие модели перешли на 266 МГц (2x133). Набор команд x86, MMX, Enhanced 3DNow! В ядре Athlon 4 появился блок аппаратной предвыборки данных. Изменения коснулись SIMD-инструкций 3DNow! Третья версия этих инструкций называется «3DNow! Professional», для управления энергопотреблением в процессоре Athlon 4 впервые реализована технология PowerNow! Также в ядре Athlon 4 появился встроенный в кристалл процессора диод для измерения температуры.

Не останавливаясь на достигнутом (и с переходом Athlon-ов на новое ядро), AMD, выпускает процессор Duron 1 и 1,1 ГГц (позже 1,2 ГГц), на новом ядре Morgan (переработанное Palomino). Кроме смены названия ядра, новый процессор имеет поддержку усовершенствованного набора инструкций 3DNow! Professional, а также инструкций SSE. Ядро Morgan имеет механизм

предсказания переходов (процессор пытается предсказать, какие данные ему могут потребоваться) и буфер преобразование адреса (кеширование адресов памяти).

В 2002 году AMD объявила о переходе на технологию 0,130 мкм и о внедрении новой технологии SOI («кремний на изоляторе»). В начале 2003 года компания AMD заключает соглашение с IBM о совместных технологических разработках.

10 февраля 2003 компания выпустила новые Athlon XP 3000+, 2800+ и 2500+ с увеличенной вдвое кеш-памятью второго уровня (L2 — 512 КБ). Само вычислительное ядро процессора никаких существенных изменений не претерпело.

Весной 2003 года компания AMD выпускает первые 64-битные процессоры, полностью совместимые с процессорами x86, известные под названием Opteron и предназначенные для серверов и рабочих станций. А в сентябре компания AMD выпускает аналогичные процессоры, известные как Athlon 64, и для персональных компьютеров.

2003 г. — год выпуска AMD K7 Thorton (Athlon XP). Thorton — это скорее очередной Duron, экономичная модель Athlon XP (искусственно отключена половина L2-кеша 256 Кбайт). Использование слова «Athlon» позволяет позиционировать Thorton как более производительную микросхему по сравнению с предыдущими Duron. Технология производства 0,130 мкм. Тактовая частота 1667—2133 МГц (2000+...2400+), частота шины 266 МГц (dual-pumped).

Представление процессора Sempron, которое должно было иметь место в середине августа, перенесено на 28 июля 2004 г. (выпуск 17 августа).

В июне 2005 года компанией AMD были выпущены двухъядерные процессоры Athlon 64 X2

В 2007 году появились первые четырёхъядерные процессоры AMD Phenom X4, первые конкуренты ранних Intel Core 2 Quad.

В 2009 году с переходом на новый Socket AM3 процессоры AMD обзавелись поддержкой памяти DDR3, что позволило установить на материнскую плату до 16 Гб ОЗУ.

В 2010 году 26 апреля AMD выпускает первые шестиядерные процессоры для настольных ПК AMD Phenom II X6, совместимые с платформами Socket AM2+ и Socket AM3. На сегодняшнее время у этих процессоров конкурентами являются, в первую очередь, процессоры производства фирмы Intel Core i5 и Core i7.

Стоит отметить, что с уходом Intel с рынка 486-х процессоров наряду с изделиями фирм AMD и Cyrix на нем более активно начали предлагаться электронные компоненты, например, от компаний Texas Instruments, SGS-Thomson, UMC.

1.3.4 Энергопотребление и теплообмен

Первые процессоры архитектуры x86 потребляли мизерное (по современным меркам) количество энергии, составляющее доли ватта. Увеличение количества транзисторов и повышение тактовой частоты процессоров привело к существенному росту данного параметра. Наиболее производительные модели требуют до 130 и более ватт. Несущественный на первых порах фактор энергопотребления, сейчас оказывает серьезное влияние на эволюцию процессоров:

- совершенствование технологии производства для уменьшения потребления, поиск новых материалов для снижения токов утечки, понижение напряжения питания ядра процессора;
- появление сокетов (разъемов для процессоров) с большим числом контактов (более 1000), большинство которых предназначено для питания процессора. Так у процессоров для популярного сокета LGA775 число контактов основного питания составляет 464 штуки (около 60% от общего количества);
- изменение компоновки процессоров. Кристалл процессора переместился с внутренней на внешнюю сторону, для лучшего отвода тепла к радиатору системы охлаждения;
- интеграция в кристалл температурных датчиков и системы защиты от перегрева, снижающей частоту процессора или вообще останавливающей его при недопустимом увеличении температуры;
- появление в новейших процессорах интеллектуальных систем, динамически меняющих напряжение питания, частоту отдельных блоков и ядер процессора, и отключающих не используемые блоки и ядра;
- появление энергосберегающих режимов для "засыпания" процессора, при низкой нагрузке.

Проблема теплообмена стала особенно актуальной с повышением рабочей тактовой частоты процессоров и ужесточением технологических норм при производстве самих кристаллов. Заметим, что микросхема, рассеивающая более 4 Вт мощности, уже требует охлаждения. Имеются данные, показывающие, что снижение рабочей температуры процессора на 10 градусов ведет к удвоению времени его безотказной работы, при этом скорость движения электронов в полупроводниках также повышается почти вдвое.

Абсолютное большинство пользователей применяют наиболее доступные, воздушные системы охлаждения. В основе их лежит классический радиатор или кулер.

Радиаторы обычно применяются для охлаждения чипов памяти и чипсетов материнских плат, поскольку обладают достаточно скромными возможностями теплоотвода. Существуют и исключения (например, радиатор Ninja производства фирмы Scythe), когда радиатор с развитой поверхностью

теплообмена может применяться для охлаждения разогнанного центрального процессора.

Кулеры чаще всего обладают более развитой поверхностью теплообмена (превышающей 3000 см²), а также могут оснащаться крупными (более 80 мм) вентиляторами, тепловыми трубками, термоэлектрическими элементами (элемент Пельтье) или другими приспособлениями, увеличивающими мощность, которую кулер способен рассеять.

Второе место по популярности занимают жидкостные системы охлаждения, основным теплоносителем в которых является жидкость. Наиболее часто используются системы водяного охлаждения (СВО), в которых рабочим телом является вода (дистиллированная, часто с различными добавками антикоррозийного характера).

Типичная СВО состоит из:

- водоблока (ватерблока, от англ. waterblock), в котором происходит передача тепла от процессора теплоносителю
- помпы, прокачивающей воду по замкнутому контуру системы
- радиатора, где происходит отдача тепла от теплоносителя воздуху
- резервуара, который служит для заполнения СВО водой, предотвращения эффектов от перепада давления из-за нагрева охлаждающей жидкости и для прочих сервисных нужд
- соединительных шлангов

Для охлаждения компьютерных компонентов, разогнанных до частот, близких к технологическому пределу, могут применяться экстремальные системы охлаждения. К ним относятся системы, использующие жидкий азот, жидкий гелий, сухой лёд, различные хладагенты (например, фреон), а также каскадные системы охлаждения.

Кроме обычных малогабаритных вентиляторов для охлаждения процессоров ряд фирм предлагают несколько оригинальных решений, например охлаждающие устройства, использующие термоэлектрический эффект Пелтье (Peltier). Данный эффект заключается в том, что прохождение слабого электрического тока через контакт двух специально подобранных материалов сопровождается поглощением тепла. Подобные термоэлектрические устройства способны снизить температуру на 50—70 градусов. Известны также миниатюрные вентиляторы, которые, используя вихревой, или турбулентный, эффект, могут понижать температуру до 50—55 градусов.

1.3.5 Сопроцессоры

Важнейшей характеристикой любого компьютера является его быстродействие. Причем для ряда решаемых на компьютере задач одним из самых критичных параметров выступает скорость выполнения операций с плавающей точкой. Даже самые мощные универсальные микропроцессоры тратят на такие вычисления достаточно много времени. Поэтому вполне логичным было создание для этой цели специального устройства — микросхемы

математического сопроцессора. До недавнего времени математический сопроцессор представлял собой специализированную интегральную схему, работающую во взаимодействии с центральным микропроцессором. Данная микросхема была предназначена только для одного — выполнения математических операций. Во всех микропроцессорах Intel от 486DX и выше сопроцессор интегрирован на кристалл основного процессора.

С другой стороны, хотя одно из значений слова "computer" и определяется как "тот, кто вычисляет", масса современных программных приложений, используемых на персональных компьютерах, вовсе не требует выполнения сложных математических операций. Впрочем, и интуитивно понятно, что для решения одних задач можно вполне обойтись без математического сопроцессора, для других же его отсутствие будет крайне нежелательным. Если не затрагивать специальных физических или математических (наверное, не очень сложных) задач моделирования, решаемых на персональных компьютерах, можно однозначно сказать о необходимости установки в компьютер математического сопроцессора для работы, например, с 3-мерной графикой, издательскими пакетами, электронными таблицами, пакетами САПР, специальными математическими пакетами и т. п. При работе же с небольшими базами данных или обычными текстовыми редакторами, использование сопроцессора не даст никаких ощутимых результатов. Бесполезным окажется сопроцессор в вашем компьютере и при работе с сетевыми операционными системами. По некоторым оценкам, только треть всех владельцев персональных компьютеров эффективно используют математические сопроцессоры.

Первым математическим сопроцессором для персональных компьютеров IBM был NDP (Numerical Data Processor или MCP, Math Coprocessor) i8087 фирмы Intel, который появился еще в 1980 году, то есть за год до рождения первой "писишки" IBM. Отношение самой фирмы IBM к "собрату" i8088 было на первых порах достаточно прохладным — панелька (chip socket) для i8087 на системной плате компьютера, как правило, пустовала. Но со временем помимо "чисто интеловских" сопроцессоров в персональных компьютерах появились математические сопроцессоры и ряда других фирм, например ULSI (Ultra Large Scale Integration), AMD или Cyrix.

1.4 Память

Выражаясь языком нашего недавнего классического наследия, процессор, память и устройства ввода-вывода — это "три источника и три составные части" компьютера. Практически все компьютеры используют три вида памяти: оперативную, постоянную и внешнюю.

Оперативная память предназначена для хранения переменной информации, так как допускает изменение своего содержимого в ходе выполнения микропроцессором вычислительных операций. Таким образом, этот вид памяти обеспечивает режимы записи, считывания и хранения информации. Поскольку в

любой момент времени доступ может осуществляться к произвольно выбранной ячейке, то этот вид памяти называют также памятью с произвольной выборкой — RAM (Random Access Memory). Для построения запоминающих устройств типа RAM используют микросхемы статической и динамической памяти.

Постоянная память, где хранится такая информация, которая не должна меняться в ходе выполнения микропроцессором программы, имеет собственное название — ROM (Read Only Memory), которое указывает на то, что обеспечиваются только режимы считывания и хранения. Постоянная память обладает тем преимуществом, что может сохранять информацию и при отключенном питании. Это свойство получило название энергонезависимости. Все микросхемы постоянной памяти по способу занесения в них информации (программированию) делятся на масочные (ROM), программируемые изготовителем, однократно программируемые пользователем (Programmable ROM) и многократно программируемые пользователем (Erasable PROM). Последние в свою очередь подразделяются на стираемые электрически и с помощью ультрафиолетового облучения. К элементам EPROM с электрическим стиранием информации относятся и микросхемы флэш-памяти (flash). От обычных EPROM они отличаются высокой скоростью доступа и быстрым стиранием записанной информации.

Внешняя память реализована обычно на магнитных или оптических носителях.

1.4.1 Виды оперативной памяти

Если от типа процессора зависит количество адресуемой памяти, то быстродействие используемой оперативной памяти в свою очередь во многом определяет скорость работы процессора, а в конечном итоге влияет и на производительность всей системы. Практически любой PC-совместимый компьютер оснащен оперативной памятью, выполненной на микросхемах динамического типа с произвольной выборкой (DRAM, Dynamic Random Access Memory). Каждый бит такой памяти представляется в виде наличия (или отсутствия) заряда на конденсаторе, образованном в структуре полупроводникового кристалла. Другой тип памяти — статический (SRAM, Static RAM) — в качестве элементарной ячейки памяти использует так называемый статический триггер. DRAM – экономичный вид памяти. Для хранения разряда (бита) используется схема, состоящая из одного конденсатора и одного транзистора (в некоторых вариациях конденсаторов два). Такой вид памяти решает, во-первых, проблему дороговизны (один конденсатор и один транзистор дешевле нескольких транзисторов) и во-вторых, компактности (там, где в SRAM размещается один триггер, то есть один бит, можно уместить восемь конденсаторов и транзисторов). Есть и свои минусы. Во-первых, память на основе конденсаторов работает медленнее, поскольку если в SRAM изменение напряжения на входе триггера сразу же приводит к изменению его состояния, то для того чтобы установить в единицу один разряд (один бит) памяти на основе конденсатора, этот конденсатор нужно зарядить, а для того чтобы разряд

установить в ноль, соответственно, разрядить. А это гораздо более длительные операции (в 10 и более раз), чем переключение триггера, даже если конденсатор имеет весьма небольшие размеры. Второй существенный минус — конденсаторы склонны к «стеканию» заряда; проще говоря, со временем конденсаторы разряжаются. Причём разряжаются они тем быстрее, чем меньше их ёмкость. За то, что разряды в ней хранятся не статически, а «стекают» динамически во времени память на конденсаторах получила своё название динамическая память. В связи с этим обстоятельством, дабы не потерять содержимое памяти, заряд конденсаторов для восстановления необходимо «регенерировать» через определённый интервал времени. Регенерация выполняется центральным микропроцессором или контроллером памяти, за определённое количество тактов считывания при адресации по строкам. Так как для регенерации памяти периодически приостанавливаются все операции с памятью, это значительно снижает производительность данного вида ОЗУ.

Теперь коротко рассмотрим принцип работы динамической памяти. Единственным способом выяснить, заряжен или разряжен конденсатор, является попытка разрядить его. Если конденсатор был действительно заряжен (то есть хранил единичный бит), то после разряда его, (разумеется, надо снова подзарядить. Ячейки памяти динамического типа конфигурируются обычно в матрицу строк и столбцов, причем процесс считывания организуется таким образом, что содержимое целой строки переносится в некий буфер, выполненный на элементах статической памяти. После считывания соответствующего бита содержимое буфера перезаписывается в ту же строку ячеек динамической памяти, то есть производится перезарядка конденсаторов, которые до считывания были в заряженном состоянии.

Кстати, в первых моделях РС для индикации моментов времени, когда возникала необходимость регенерации динамической памяти, использовался специально выделенный таймер. Для считывания содержимого ячеек (которое, разумеется, сопровождается перезаписью информации) применялся один из каналов контроллера прямого доступа DMA. Стоит, правда, отметить, что микросхемы динамической памяти имели встроенные средства регенерации, что уменьшало загрузку процессора. Тем не менее, операции разрядки-перезарядки занимают определенное время, которое снижает скорость работы динамической памяти. Это является, пожалуй, одним из основных недостатков динамической памяти, так как по критерию, учитывающему информационную емкость, стоимость и энергопотребление, этот тип памяти во многих случаях предпочтительнее статической.

1.4.2 Принцип работы оперативной памяти

Рассмотрим принципы работы на примере динамической памяти, так как общая схема чтений-записи информации не зависит от принципа построения ячейки памяти.

Физически память DRAM состоит из ячеек, созданных в полупроводниковом материале, в каждой из которых можно хранить определённый объём данных, от 1 до 4 бит. Совокупность ячеек такой памяти образуют условный «прямоугольник», состоящий из определённого количества строк и столбцов. Один такой «прямоугольник» называется страницей, а совокупность страниц называется банком. Весь набор ячеек условно делится на несколько областей. Как запоминающее устройство, DRAM-память представляет собой модуль различных конструктивов, состоящий из электрической платы, на которой расположены микросхемы памяти и разъём, необходимый для подключения модуля к материнской плате.

Важным элементом памяти этого типа является чувствительный усилитель (англ. sense amp), подключенный к каждому из столбцов «прямоугольника». Он, реагируя на слабый поток электронов, устремившихся через открытые транзисторы с обкладок конденсаторов, считывает всю страницу целиком. Именно страница является минимальной порцией обмена с динамической памятью, потому что обмен данными с отдельно взятой ячейкой невозможен.

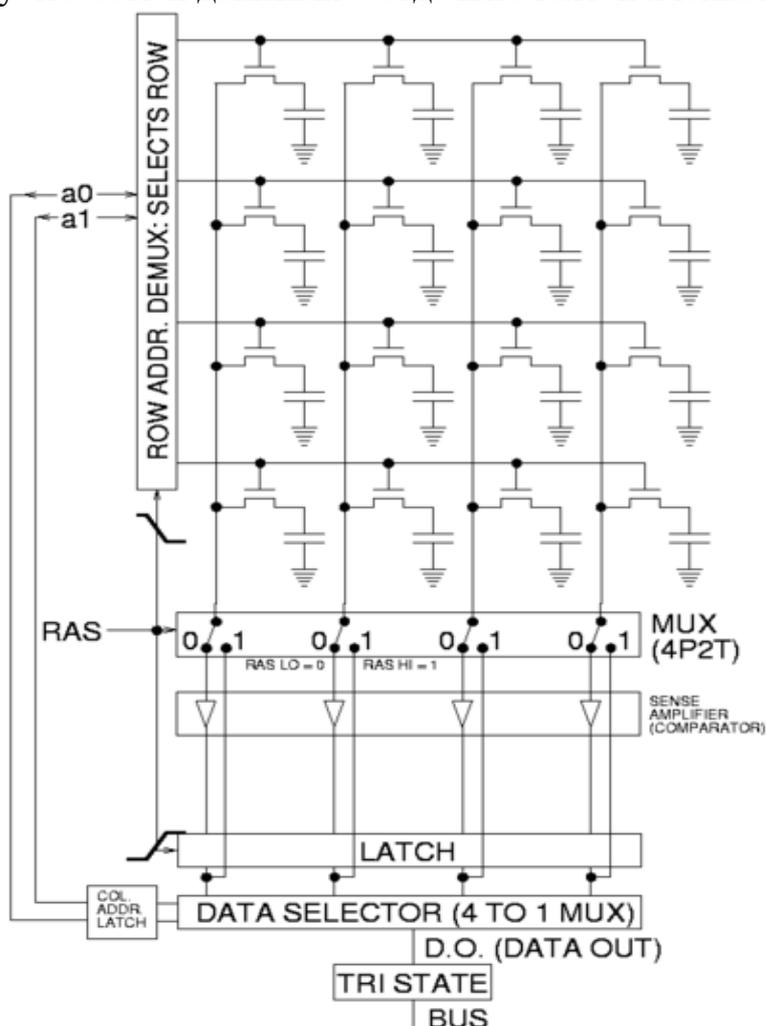


Рисунок 2 - Принцип действия чтения DRAM для простого массива 4 на

При обращении к ячейке памяти контроллер памяти задаёт номер банка, номер страницы в нём, номер строки и номер столбца и на все эти запросы тратится время, помимо этого довольно большой период уходит на открытие и закрытие банка после самой операции. На каждое действие требуется время, называемое таймингом.

Основными таймингами DRAM являются: задержка между подачей номера строки и номера столбца, называемая временем полного доступа (англ. RAS to CAS delay), задержка между подачей номера столбца и получением содержимого ячейки, называемая временем рабочего цикла (англ. CAS delay), задержка между чтением последней ячейки и подачей номера новой строки (англ. RAS precharge). Тайминги измеряются в наносекундах, и чем меньше величина этих таймингов, тем быстрее работает оперативная память.

1.4.3 Типы DRAM

На протяжении долгого времени разработчиками создавались различные типы памяти. Они обладали разными характеристиками, в них были использованы разные технические решения. Основной движущей силой развития памяти было развитие компьютеров и центральных процессоров. Постоянно требовалось увеличение быстродействия и объёма оперативной памяти.

Страничная память

Страничная память (англ. page mode DRAM, PM DRAM) являлась одним из первых типов выпускаемой компьютерной оперативной памяти. Память такого типа выпускалась в начале 1990-х годов, но с ростом производительности процессоров и ресурсоёмкости приложений требовалось увеличивать не только объём памяти, но и скорость её работы.

Быстрая страничная память

Быстрая страничная память (англ. fast page mode DRAM, FPM DRAM) появилась в 1995 году. Принципиально новых изменений память не претерпела, а увеличение скорости работы достигалось путём повышенной нагрузки на аппаратную часть памяти. Данный тип памяти в основном применялся для компьютеров с процессорами Intel 80486 или аналогичных процессоров других фирм. Память могла работать на частотах 25 и 33 МГц с временем полного доступа 70 и 60 нс и с временем рабочего цикла 40 и 35 нс соответственно.

EDO DRAM — память с усовершенствованным выходом

С появлением процессоров Intel Pentium память FPM DRAM оказалась совершенно неэффективной. Поэтому следующим шагом стала память с усовершенствованным выходом (англ. extended data out DRAM, EDO DRAM). Эта память появилась на рынке в 1996 году и стала активно использоваться на компьютерах с процессорами Intel Pentium и выше. Её производительность оказалась на 10—15 % выше по сравнению с памятью типа FPM DRAM. Её рабочая частота была 40 и 50 МГц, соответственно, время полного доступа — 60 и 50 нс, а время рабочего цикла — 25 и 20 нс. Эта память содержит регистр-

защелку (англ. data latch) выходных данных, что обеспечивает некоторую конвейеризацию работы для повышения производительности при чтении.

SDRAM — синхронная DRAM

В связи с выпуском новых процессоров и постепенным увеличением частоты системной шины, стабильность работы памяти типа EDO DRAM стала заметно падать. Ей на смену пришла синхронная память (англ. synchronous DRAM, SDRAM). Новыми особенностями этого типа памяти являлись использование тактового генератора для синхронизации всех сигналов и использование конвейерной обработки информации. Также память надёжно работала на более высоких частотах системной шины (100 МГц и выше).

Если для FPM и EDO памяти указывается время чтения первой ячейки в цепочке (время доступа), то для SDRAM указывается время считывания последующих ячеек. Цепочка — несколько последовательных ячеек. На считывание первой ячейки уходит довольно много времени (60-70 нс) независимо от типа памяти, а вот время чтения последующих сильно зависит от типа. Рабочие частоты этого типа памяти могли равняться 66, 100 или 133 МГц, время полного доступа — 40 и 30 нс, а время рабочего цикла — 10 и 7,5 нс.

С этим типом памяти применялась технология Virtual Channel Memory (VCM). VCM использует архитектуру виртуального канала, позволяющую более гибко и эффективно передавать данные с использованием каналов регистра на чипе. Данная архитектура интегрирована в SDRAM. VCM, помимо высокой скорости передачи данных, была совместима с существующими SDRAM, что позволяло делать апгрейд системы без значительных затрат и модификаций. Это решение нашло поддержку у некоторых производителей чипсетов.

Enhanced SDRAM (ESDRAM)

Для преодоления некоторых проблем с задержкой сигнала, присущих стандартной DRAM-памяти, было решено встроить небольшое количество SRAM в чип, то есть создать на чипе кеш.

ESDRAM — это, по существу, SDRAM с небольшим количеством SRAM. При малой задержке и пакетной работе достигается частота до 200 МГц. Как и в случае внешней кеш-памяти, SRAM-кеш предназначен для хранения и выборки наиболее часто используемых данных. Отсюда и уменьшение времени доступа к данным медленной DRAM.

Одним из таких решений являлась ESDRAM от Ramtron International Corporation.

Пакетная EDO RAM

Пакетная память EDO RAM (англ. burst extended data output DRAM, BEDO DRAM) стала дешёвой альтернативой памяти типа SDRAM. Основанная на памяти EDO DRAM, её ключевой особенностью являлась технология поблочного чтения данных (блок данных читался за один такт), что сделало её работу быстрее, чем у памяти типа SDRAM. Однако невозможность работать

на частоте системной шины более 66 МГц не позволила данному типу памяти стать популярным.

Video RAM

Специальный тип оперативной памяти — Video RAM (VRAM) — был разработан на основе памяти типа SDRAM для использования в видеоплатах. Он позволял обеспечить непрерывный поток данных в процессе обновления изображения, что было необходимо для реализации изображений высокого качества. На основе памяти типа VRAM, появилась спецификация памяти типа Windows RAM (WRAM), иногда её ошибочно связывают с операционными системами семейства Windows. Её производительность стала на 25 % выше, чем у оригинальной памяти типа SDRAM, благодаря некоторым техническим изменениям.

DDR SDRAM

По сравнению с обычной памятью типа SDRAM, в памяти SDRAM с удвоенной скоростью передачи данных (англ. double data rate SDRAM, DDR SDRAM или SDRAM II) была вдвое увеличена пропускная способность.

Первоначально память такого типа применялась в видеоплатах, но позднее появилась поддержка DDR SDRAM со стороны чипсетов.

У всех предыдущих DRAM были разделены линии адреса, данных и управления, которые накладывают ограничения на скорость работы устройств.

Для преодоления этого ограничения в некоторых технологических решениях все сигналы стали выполняться на одной шине. Двумя из таких решений являются технологии DRDRAM и SLDRAM. Они получили наибольшую популярность и заслуживают внимания. Стандарт SLDRAM является открытым и, подобно предыдущей технологии, SLDRAM использует оба перепада тактового сигнала. Что касается интерфейса, то SLDRAM перенимает протокол, названный SynchLink Interface и стремится работать на частоте 400 МГц.

Память DDR SDRAM работает на частотах в 100, 133, 166 и 200 МГц, её время полного доступа — 30 и 22,5 нс, а время рабочего цикла — 5, 3,75, 3 и 2,5 нс.

Так как частота синхронизации лежит в пределах от 100 до 200 МГц, а данные передаются по 2 бита на один синхроимпульс, как по фронту, так и по срезу тактового импульса, то эффективная частота передачи данных лежит в пределах от 200 до 400 МГц. Такие модули памяти обозначаются DDR200, DDR266, DDR333, DDR400.

DDR2 SDRAM

Конструктивно новый тип оперативной памяти DDR2 SDRAM был выпущен в 2004 году. Основываясь на технологии DDR SDRAM, этот тип памяти за счёт технических изменений показывает более высокое быстродействие и предназначен для использования на современных компьютерах. Память может работать с тактовой частотой шины 200, 266, 333, 337, 400, 533, 575 и 600 МГц. При этом эффективная частота передачи данных соответственно будет 400, 533, 667, 675, 800, 1066, 1150 и 1200 МГц. Некоторые производители

модулей памяти помимо стандартных частот выпускают и образцы, работающие на нестандартных (промежуточных) частотах. Они предназначены для использования в разогнанных системах, где требуется запас по частоте. Время полного доступа — 25, 11,25, 9, 7,5 нс и менее. Время рабочего цикла — от 5 до 1,67 нс.

DDR3 SDRAM

Этот тип памяти основан на технологиях DDR2 SDRAM со вдвое увеличенной частотой передачи данных по шине памяти. Отличается пониженным энергопотреблением по сравнению с предшественниками. Частота полосы пропускания лежит в пределах от 800 до 2400 МГц (рекорд частоты — более 3000 МГц), что обеспечивает большую пропускную способность по сравнению со всеми предшественниками.

Direct RDRAM или Direct Rambus DRAM

Тип памяти RDRAM является разработкой компании Rambus. Высокое быстродействие этой памяти достигается рядом особенностей, не встречающихся в других типах памяти. Первоначальная очень высокая стоимость памяти RDRAM привела к тому, что производители мощных компьютеров предпочли менее производительную, зато более дешёвую память DDR SDRAM. Рабочие частоты памяти — 400, 600 и 800 МГц, время полного доступа — до 30 нс, время рабочего цикла — до 2,5 нс.

1.4.4 SRAM

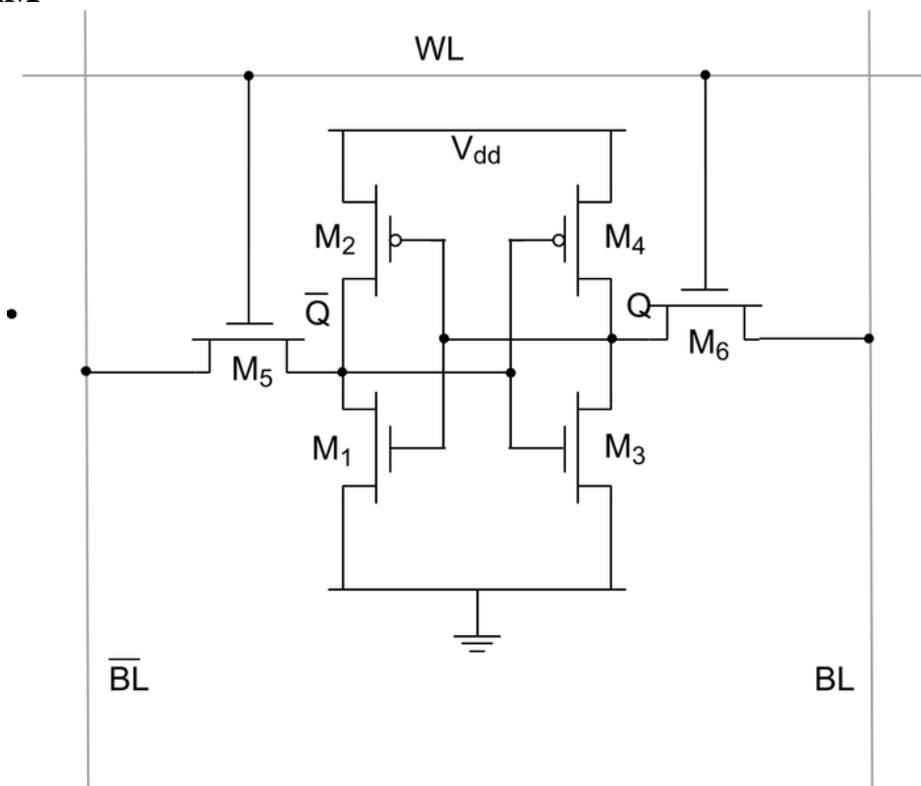


Рисунок 3 - Шеститранзисторная ячейка статической двоичной памяти SRAM

Двоичная SRAM

Типичная ячейка статической двоичной памяти (двоичный триггер) на КМОП-технологии состоит из двух перекрёстно (кольцом) включённых инверторов и ключевых транзисторов для обеспечения доступа к ячейке (рис. 1.). Часто для увеличения плотности упаковки элементов на кристалле в качестве нагрузки применяют поликремниевые резисторы. Недостатком такого решения является рост статического энергопотребления.

Переключение триггеров через транзисторы доступа является неявной логической функцией приоритетного переключения, которая в явном виде, для двоичных триггеров, строится на двухвходовых логических элементах 2ИЛИ-НЕ или 2И-НЕ. Схема ячейки с явным переключением является обычным RS-триггером. При явной схеме переключения линии чтения и записи разделяются, отпадает нужда в транзисторах доступа (по 2 транзистора на 1 ячейку), но в самой ячейке требуются двухзатворные транзисторы.

Троицная SRAM

Один логический элемент 2ИЛИ-НЕ состоит из двух двухзатворных транзисторов, три — из шести, плюс три транзистора доступа, всего — девять транзисторов на одну трёхрядную ячейку памяти.

1.4.5 Корпуса и маркировка

Память типа DRAM конструктивно выполняют и в виде отдельных микросхем в корпусах типа DIP, SOIC, BGA, и в виде модулей памяти типа: SIPP, SIMM, DIMM, RIMM. Первоначально микросхемы памяти выпускались в корпусах типа DIP (к примеру, серия K565PYxx), далее они стали производиться в более технологичных для применения в модулях корпусах.

На многих модулях SIMM и подавляющем числе DIMM устанавливалась SPD (Serial Presence Detect) — небольшая микросхема памяти EEPROM, хранящая параметры модуля (ёмкость, тип, рабочее напряжение, число банков, время доступа и т. п.), которые программно были доступны как оборудованию, в котором модуль был установлен (применялось для автонастройки параметров), так и пользователям и производителям.

Модули SIPP

Модули типа SIPP (Single In-line Pin Package) представляют собой прямоугольные платы с контактами в виде ряда маленьких штырьков. Этот тип конструктивного исполнения уже практически не используется, так как он далее был вытеснен модулями типа SIMM.

Модули SIMM

Модули типа SIMM (Single In-line Memory Module) представляют собой длинные прямоугольные платы с рядом контактных площадок вдоль одной из её сторон. Модули фиксируются в разъёме (сокет) подключения с помощью защёлки, путём установки платы под некоторым углом и нажатия на неё до приведения в вертикальное положение. Выпускались модули на 4, 8, 16, 32, 64, 128 Мбайт.

Наиболее распространены 30- и 72-контактные модули SIMM.

Модули DIMM

Модули типа DIMM (Dual In-line Memory Module) представляют собой длинные прямоугольные платы с рядами контактных площадок вдоль обеих её сторон, устанавливаемые в разъём подключения вертикально и фиксируемые по обоим торцам защёлками. Микросхемы памяти на них могут быть размещены как с одной, так и с обеих сторон платы. Модули памяти типа SDRAM наиболее распространены в виде 168-контактных DIMM-модулей, памяти типа DDR SDRAM — в виде 184-контактных, а модули типа DDR2, DDR3 и FB-DIMM SDRAM — 240-контактных модулей.

Модули SO-DIMM

Для портативных и компактных устройств (материнских плат форм-фактора Mini-ITX, ноутбуков, планшетов и т. п.), а также принтеров, сетевой и телекоммуникационной техники и пр. широко применяются конструктивно уменьшенные модули DRAM (как SDRAM, так и DDR SDRAM) — SO-DIMM (Small outline DIMM) — аналоги модулей DIMM в компактном исполнении для экономии места. Модули SO-DIMM существуют в 72-, 100-, 144-, 200- и 204-контактном исполнении.

Модули RIMM

Модули типа RIMM (Rambus In-line Memory Module) менее распространены, в них выпускается память типа RDRAM. Они представлены 168- и 184-контактными разновидностями, причём на материнской плате такие модули обязательно должны устанавливаться только в парах, в противном случае в пустые разъёмы устанавливаются специальные модули-заглушки (это связано с особенностями конструкции таких модулей). Также существуют 242-контактные PC1066 RDRAM модули RIMM 4200, не совместимые с 184-контактными разъёмами, и уменьшенная версия RIMM — SO-RIMM, которые применяются в портативных устройствах.

Несколько слов о контроле четности.

Так, при записи байта информации в запоминающее устройство определяется дополнительный контрольный разряд, который вычисляется как сумма по модулю 2 всех информационных битов. Обычно контрольный разряд равен нулю, если число единиц в байте было четным, и наоборот, он равен единице, если число единиц в группе было нечетным. Таким образом, при чтении ранее записанного байта, вновь получив контрольный разряд и сравнив его с уже имеющимся, можно говорить о достоверности получаемой информации. Этот метод нашел широкое распространение для контроля информации в оперативной памяти IBM PC-совместимых компьютеров.

С другой стороны, на каждые 8 информационных разрядов приходится один бит четности, то есть стоимость модуля увеличивается более чем на 10%. Современные технологические успехи производителей микросхем памяти существенно повысили степень их надежности (среднее время безотказной работы составляет теперь несколько десятков лет), что дало возможность исключить бит четности как таковой.

Другая крайность: некоторые изготовители очень мощных персональных компьютеров используют даже коды с коррекцией ошибок (ECC), чтобы защитить содержимое RAM так же, как это делается на жестких дисках. Это достигается либо использованием нескольких модулей RAM без четности (но при наличии запасных модулей, где и хранятся данные ECC), либо RAM с четностью (при сохранении данных ECC в объединенных битах четности).

Надо ли дополнительно платить за память с четностью. Не обязательно. Такую вещь хорошо иметь, но она может и не стоить своих денег. То же можно сказать и про память с ECC. Возможно, решающими факторами будут объем памяти PC (чем большей памятью он обладает, тем больше вероятность однажды ошибиться) и серьезность вашего отношения к целостности данных. Чем дороже ваш PC и чем больше у него памяти, тем выгоднее иметь четность или даже ECC - защиту. Но даже и не думайте об этом, если вы не защитили данные, установив источник бесперебойного питания (UPS) на вашем PC. Защита с помощью UPS гораздо важнее, и если это для вас слишком дорого, значит, вам не нужна и память с четностью.

1.4.6 Видеопамять

Видеоподсистеме нужна какая-то память, где она могла бы строить изображение, впоследствии выводимое на экран монитора. Эту память называют *буфером видеокadra* (video frame buffer). (Если мониторов два, то у каждого из них, скорее всего, будет свой кадровый буфер.) Кроме того, видеосистемы обычно имеют в своем распоряжении еще и дополнительную (по отношению к кадровому буферу) память.

В современных видеосистемах с высоким разрешением и большой глубиной цветов вполне обычным уже является кадровый видеобуфер размером 8 - 64 Мб. Еще больше памяти используется в высококачественных (high-end) системах.

И наконец, видеосистема может использовать свою память, не привлекая к этому CPU. Основное назначение кадрового буфера в видеосистеме — это сохранение изображения, находящегося в данный момент на экране, и постоянная подкачка пикселей к монитору, чтобы он мог перерисовывать изображение. Но системе может понадобиться место для временного размещения узора какого-либо шрифта или некоторое рабочее пространство для проведения различных действий графического ускорения. Обычно именно для этого используется незанятая кадровым изображением часть кадрового буфера памяти.

1.4.7 Кэш память

Функционально кэш-память предназначена для согласования скорости работы сравнительно медленных устройств, таких, на пример, как динамическая память, с относительно быстрым микропроцессором. Дело в том, что работа большинства элементов, на которых построен процессор, во многом похожа на

работу ячеек статической памяти — триггеров. Поэтому их быстродействие существенно выше, нежели элементов динамической памяти. Использование кэш-памяти позволяет избежать циклов ожидания в его работе, которые снижают производительность всей системы.

Для пользователей IBM PC-совместимых компьютеров использование кэш-памяти началось еще с 386-х микропроцессоров. Для таких устройств, синхронизируемых, например, частотой 33 МГц, тактовый период составляет приблизительно 30 нс. Обычные микросхемы динамической памяти имеют время выборки от 60 до 100 нс. Отсюда, в частности, следует, что центральный процессор вынужден простаивать 2—3 периода тактовой частоты (то есть имеет 2—3 цикла ожидания), пока информация из соответствующих микросхем памяти установится на системной шине данных компьютера. Понятно, что в это время процессор не может выполнять никакую другую работу. Такая ситуация приводит к снижению общей производительности системы, что, разумеется, крайне нежелательно. Таким образом, узким местом системы становится оперативная динамическая память. Из этого положения существует, казалось бы, простой выход — использовать в качестве основной памяти достаточно быструю статическую. Однако если основную оперативную память выполнить на микросхемах статической памяти, то стоимость компьютера возрастет очень существенно. Таким образом, с помощью технологии обработки, использующей кэш-память, найден определенный компромисс между стоимостью и производительностью системы.

Заметим, что работа кэш-памяти практически "прозрачна" (то есть невидима) для пользователя. Тем не менее, она очень важна. В IBM PC-совместимых компьютерах технология использования кэш-памяти помимо обмена данными между микропроцессором и основной оперативной памятью находит применение также между основной оперативной памятью и внешней (накопителями на сменных и несменных носителях).

Архитектура кэш-памяти

Прежде чем говорить об архитектуре кэш-памяти, введем такое понятие, как длина строки-кэша (cache-line). Если при обмене данными между устройствами речь обычно идет о блоке информации, то для кэш-памяти существует некий набор данных, называемых строкой. Итак, архитектура кэш-памяти определяется тем, каким образом достаточно большая по размеру основная память отображается на сравнительно небольшой кэш. Существуют, вообще говоря, три разновидности отображения: кэш-память с прямым отображением (direct-mapped cache), частично, или наборно-ассоциативная (set-associative cache) и полностью ассоциативная (fully associative cache). Все эти архитектуры так или иначе используются для построения кэш-памяти современных микропроцессоров.

Кэш-память с прямым отображением

Самой простой организацией обладает кэш-память с прямым отображением. В этом случае адрес памяти полностью определяет используемую строку кэша.

Таким образом, один или несколько блоков оперативной памяти строго соответствуют одной строке кэша, однако поскольку занимать ее в одно и то же время может только один из них, то для каждой строки используется специальный признак — тег (tag).

Преимуществом реализации такого типа архитектуры являются довольно низкие затраты, поскольку, по сути, требуется всего лишь одна операция сравнения (для тегов). Недостатки ее, впрочем, также очевидны. Например, если два блока данных основной памяти, используемые одинаково часто, претендуют на одну и ту же строку в кэше. Внешняя кэш-память с прямым отображением использовалась, например, вместе с 386-ми процессорами (кэш-контроллер 182385), а внутренняя — в микропроцессоре DEC Alpha 21064.

Полностью ассоциативная архитектура

Другим типом архитектуры является полностью ассоциативная кэш-память. В этом случае любой блок памяти может занимать любую строку кэша. Полный адрес памяти делится только на две части: младшие разряды — смещение в строке и старшие разряды — информация о теге. В этой архитектуре решена проблема конфликтов адресов, однако сама кэш-память требует для своей реализации больших аппаратных затрат, поскольку значения тегов должны уже сравниваться для всех линий кэша. Тем не менее, микропроцессор бх86 фирмы Сугіх, имел вторичную встроенную 256-байтную кэш память для команд, которая имела полностью ассоциативную архитектуру.

Наборно-ассоциативная архитектура

Разумным компромиссом между двумя рассмотренными архитектурами является наборно-ассоциативная организация кэш-памяти. В этом случае несколько линий (две, четыре, пять, восемь) объединяются в наборы, и средние биты адреса памяти определяют уже не конкретную линию (как в прямом отображении), а набор. Сравнение тегов (со значением старших разрядов) производится только для линий, входящих в набор. Подобную архитектуру имеет подавляющее число процессоров, например 486DX, 486DX2, Intel DX4, Pentium и т.д.

По количеству линий кэша, входящих в набор, подобная архитектура может называться 2-входовой (2-way set associative), 4-входовой (4-way set associative) и т.д.

Обновление информации

Каждый раз, когда микропроцессору требуется информация, отсутствующая в кэше (cache-miss), он вынужден обращаться через системную шину к основной оперативной памяти. После этого обычно решается, должна ли происходить замена строки в кэш-памяти и какая конкретно строка кэша будет заменена. В подавляющем большинстве случаев об этом заботится встроенный в контроллер LRU-алгоритм (Last Recently Used), который обновляет именно ту строку кэша, которая используется менее интенсивно.

1.5 BIOS

Базовая система ввода-вывода BIOS (Basic Input Output System) называется так потому, что включает в себя обширный набор программ ввода-вывода, благодаря которым операционная система и прикладные программы могут взаимодействовать с различными устройствами как самого компьютера, так и подключенными к нему. Большинство современных видеоадаптеров, а также контроллеры накопителей имеют собственную систему BIOS, которая обычно дополняет системную. Во многих случаях программы, входящие в конкретную BIOS, заменяют соответствующие программные модули основной BIOS. Вызов программ BIOS, как правило, осуществляется через программные или аппаратные прерывания.

Система BIOS, помимо программ взаимодействия с аппаратными средствами на физическом уровне содержит программу тестирования при включении питания компьютера POST (Power-On-Self-Test) и программу начального загрузчика. Последняя программа необходима для загрузки операционной системы с соответствующего накопителя.

Система BIOS в IBM PC-совместимых компьютерах реализована в виде одной или двух микросхем, установленных на системной плате компьютера. Название "ROM BIOS" в настоящее время не совсем справедливо, ибо "ROM" предполагает использование постоянных запоминающих устройств (ROM — Read Only Memory), а для хранения кодов BIOS применяются в основном перепрограммируемые (стираемые электрически или с помощью ультрафиолетового излучения) запоминающие устройства, например ППЗУ ЭС (Electrically Erasable Programmable ROM, EEPROM). Мало того, наиболее перспективной для хранения системы BIOS является сейчас флэш-память.

Поскольку содержимое ROM BIOS фирмы IBM было защищено авторским правом (то есть его нельзя подвергать копированию), то большинство других производителей компьютеров вынуждены были использовать микросхемы BIOS независимых фирм, разумеется, практически полностью совместимые с оригиналом. Наиболее известны из этих фирм три: American Megatrends Inc. (AMI), Award Software и Phoenix Technologies. Заметим, что конкретные версии BIOS неразрывно связаны с набором микросхем (chipset), размещенных на системной плате.

Система BIOS в компьютерах неразрывно связана с аббревиатурой CMOS RAM. Под этим понимается "неизменяемая" память, в которой хранится информация о текущих показаниях часов, значении времени для будильника, конфигурации компьютера: количестве памяти, типах накопителей и т.д. Именно в такой информации нуждаются программные модули системы BIOS. Своим названием CMOS RAM обязана тому, что выполнена на основе КМОП-структур (CMOS — Complementary Metal-Oxide-Semiconductor), которые, как известно, отличаются малым энергопотреблением. Поскольку в данной микросхеме реализованы также часы реального времени RTC (Real Time Clock), то ее обычно называют RTC CMOS RAM. В современных компьютерах функции этой микросхемы включены в

одну из вспомогательных (микросхем, например периферийного контроллера. CMOS-память энергонезависима только постольку, поскольку постоянно подпитывается, например, от аккумулятора, расположенного на системной плате, или батареи гальванических элементов, как правило, смонтированной на корпусе системного блока. Заметим, что большинство системных плат допускают питание CMOS RAM как от встроенного, так и от внешнего источников.

В системе BIOS имеется программа, называемая Setup, которая может изменять содержимое CMOS-памяти. Вызывается эта программа определенной комбинацией клавиш, которая обычно высвечивается на экране монитора после включения питания компьютера. Некоторые из данных комбинаций для различных фирм-производителей приведены в таблице 1. Заметим, что войти в программу Setup можно либо после успешной загрузки компьютера (нажав соответствующую комбинацию клавиш), либо после возникновения ошибки (клавиши F1 или F2). Во время загрузки компьютера запустить программу Setup можно, например, для системы BIOS фирмы AMI, нажав клавишу DEL.

Таблица 1 Комбинации клавиш для входа в BIOS различных фирм

Фирма-изготовитель	Комбинация клавиш	Примечание
Phoenix Technologies	CTL-ALT-S	или F2 после ошибки
American Megatrends	DEL	в течение загрузки
Award Software	CTL-ALT-ESC	—
Chips&Technologies	CTL-ALT-S	или F2 после ошибки
Zenith	CTL-ALT-INS	—
Quadtel	CTL-ALT-S	или F2 после ошибки

Программы Setup многих фирм, могут не только выполнять стандартные установки, доступные практически на любой AT/286, но и имеет ряд дополнительных возможностей.

Расширенные установки Advanced CMOS Setup или Advanced ChipSet Setup включают в себя дополнительные возможности конфигурирования системной платы, которые во многом зависят от используемого набора вспомогательных микросхем. Наиболее общими являются обычно такие возможности, как допустимая скорость ввода символов с клавиатуры (по умолчанию 15 символов в секунду), тестирование памяти выше границы 1 Мбайт, разрешение использования арифметического сопроцессора, приоритет или последовательность загрузки (то есть попытка загрузки компьютера сначала с накопителя со сменным, а затем несменным носителем, или наоборот), установка определенной тактовой частоты микропроцессора при включении, разрешение парольной защиты, запрет контроля четности памяти и т.д. Кроме того, возможна установка тактовой частоты системной шины, а также числа тактов ожидания (или временной задержки) для микропроцессора при обращении к устройствам ввода-вывода, оперативной и/или кэш-памяти.

Заметим, что в случае повреждения микросхемы CMOS RAM (или разряде

батареи/аккумулятора) программа Setup имеет возможность воспользоваться некой информацией по умолчанию (BIOS Setup Default Values), которая хранится в таблице соответствующей микросхемы ROM BIOS. Кстати, на некоторых материнских платах питание микросхемы CMOS RAM может осуществляться как от внутреннего, так и от внешнего источников. Выбор определяется установкой соответствующей перемычки.

Обычно программа Setup поддерживает также установки, связанные с шиной PCI и автоматической конфигурацией системы Plug and Play.

Задание полной конфигурации компьютера осуществляется не только установками из программы Setup, но и замыканием (или размыканием) соответствующих перемычек на системной плате. Назначение каждой из них указано в соответствующей документации. Они определяют тип процессора, наличие внешнего сопроцессора, тактовую частоту, размер внешней кэш-памяти, разрешения локальной шины. Причем подобные перемычки могут использоваться даже на системных платах с автоматической конфигурацией, например для выбора внешней тактовой частоты процессора, значения коэффициента умножения частоты, напряжения питания процессора и т.д.

1.6 Вспомогательные микросхемы

Хотя микропроцессор и память являются главными компонентами системной платы, но сами по себе они — еще не компьютер. Для создания полноценной микропроцессорной системы необходимы вспомогательные микросхемы, такие, как тактовый генератор, таймер, различные контроллеры, буфера адреса и данных и т.п.

1.6.1 Тактовый генератор

Большинство логических элементов компьютера разработано таким образом, чтобы работать синхронно, то есть по определенным тактовым сигналам. Именно генератор тактовой частоты вырабатывает специальные импульсы, служащие отсчетами времени для всех электронных устройств на системной плате. В качестве главного элемента генератора используется кристалл кварца, который на своей резонансной частоте обладает стабильностью 10^{-6} .

Итак, для получения стабильной опорной частоты на системной плате компьютера могут находиться один или два кварцевых генератора. Генерируемая ими тактовая частота используется, в частности, для синхронизации работы микропроцессора и системной шины. Как правило, имеются фиксированные величины тактовых частот для каждой модели микропроцессора. Например, существуют модели микропроцессоров, работающие на внешних тактовых частотах 33, 40, 50, 60, 66, 100, 133 МГц. Повышение частоты свыше установленного предела может привести к возникновению ошибок и сбоям в работе, причем не только микропроцессора. Кстати, заметим, что для многих микропроцессоров существует и нижний уровень ограничения на тактовую частоту. Дело в том, что отдельные узлы

микропроцессора могут быть построены по принципу динамической памяти и требовать постоянной регенерации.

Системная шина компьютера может тактироваться сигналом либо CLK2IN, либо CLK2IN/2, либо ATCLK (BBUSCLK). Для каналов прямого доступа в память DMA на системной плате используется еще один тактовый сигнал — SCLK, который зависит от частоты сигналов CLK2IN и ATCLK. Для часов же реального времени на системной плате используется свой "часовой" кварц (обычно 32 768 кГц).

1.6.2 Контроллер прерываний

В первых компьютерах IBM PC использовалась микросхема контроллера прерываний I8259 (Interrupt Controller), которая имеет восемь входов для сигналов прерываний (IRQ0-IRQ7). Как известно, в одно и то же время микропроцессор может обслуживать только одно событие, и в этом ему помогает контроллер прерываний, который устанавливает для каждого из своих входов определенный уровень важности — приоритет. Наивысший приоритет имеет линия запроса прерывания IRQ0, а наименьший — IRQ7, то есть приоритет убывает в порядке возрастания номера линии.

В IBM PC/AT восьми линий прерывания оказалось уже недостаточно, и их количество было увеличено до 15 путем каскадного включения двух микросхем контроллеров прерываний I8259. Такое каскадное включение осуществлялось путем соединения выхода второго контроллера ко входу IRQ2 первого. Важно понять следующее: линии прерывания IRQ8—IRQ15 (то есть входы второго контроллера) имеют приоритет ниже, чем IRQ1, но выше IRQ3.

В таблице 2 приведено распределение номеров прерываний по устройствам для большинства IBM PC/AT - совместимых компьютеров.

Таблица 2 - распределение номеров прерываний по устройствам

IRQ	INT	Доступно	Использование
0	08h	нет	Системные часы (18,2 Гц)
1	09h	да	Клавиатура
2	0Ah	да	Второй блок IRQ8-15
8	70h	нет	Таймер (1024 Гц)
9	71h	да	Переадресовано на IRQ2
10	72h	да	-
11	73h	да	-
12	74h	да	-
13	75h	нет	Сопроцессор
14	76h	да	Контроллер винчестера

15	77h	да	-
3	0Bh	да	COM2 или COM4
4	0Ch	да	COM1 или COM3
5	0Dh	да	LPT2
6	0Eh	да	Контроллер флоппи
7	0Fh	да	LPT1

Для компьютеров, совместимых с PC/AT, обычно свободны всего четыре линии запроса прерываний: IRQ 10, 11, 12 и 15. Это, разумеется, касается только полноразмерных плат (16 разрядов данных). Для шин ISA и PCI используется одинаковый набор IRQ. Однако для PCI обычно используются прерывания, активные не по фронту, а по уровню, хотя и первая возможность также не исключается. Это позволяет использовать одну линию для передачи нескольких сигналов прерываний. Обычно для устройств PCI автоматически используются оставшиеся прерывания после установки ISA-плат.

Помимо прерываний, есть еще один способ вызывать какие-то события внутри PC без прямого вмешательства CPU. Это канал DMA.

1.6.3 Контроллер прямого доступа в память

Пересылка байта информации из одной области памяти в другую или из памяти в порт обычно проходит в два шага. На первом шаге CPU получает этот байт, из памяти и записывает в один из своих регистров. На втором шаге он записывает байт в место назначения.

Немного подумав, сразу же можно назвать два основных недостатка подобного подхода: Первый из них заключается в том, что во время перемещения байта CPU ни чем другим заниматься не может. Второй — на перемещение байта требуется два шага. Кажется, мелочь, но если нужно переместить не один байт, а целый блок, мелочью это уже не назовешь.

Внутри PC есть несколько типов устройств, которым нужно пересылать именно большие группы байт. Устройство чтения гибких дисков, например. Звуковые карты также очень интенсивно пересылают байты, настолько интенсивно, что часто они используют сразу несколько каналов DMA. Многие сканеры пользуются каналом DMA, и кто знает, какие еще подобные устройства появятся в дальнейшем.

Осознавая важность проблемы, разработчики первого PC решили завести дополнительный микропроцессор, называемый *контроллером прямого доступа к памяти*. Этот микропроцессор занимается тем, что по команде CPU перемещает заданное количество байт из одной последовательности адресов памяти в указанный порт, начиная с определенного адреса памяти.

Он может и принять из порта последовательность, байт определенной длины и поместить ее в память, начиная с указанного адреса. Все подобные пересылки происходят через каналы DMA, иначе говоря, каждой пересылкой занимается

определенная часть контроллера DMA. Какая именно это будет часть, т. е. какой; канал займется этим, решает не сам контроллер, а устройство (CPU или какое-либо устройство, ввода-вывода), запросившее доступ к нему. А именно, перед тем как пользоваться DMA-контроллером для пересылки данных, такое устройство обязано сказать контроллеру, какой канал будет им использоваться. Так что каналы DMA — это ресурс, требующий аккуратного обращения, иначе при обращении к ним могут начаться конфликты устройств, которые ни к чему хорошему не приведут.

Разумеется, DMA подверглась улучшению, позволившему более эффективно использовать пропускную способность существующих шин. Новейшая версия, названная UltraDMA, может передавать данные IDE-устройствам со скоростью до 33 Мб/с (мегабайт в секунду), т. е. в два раза быстрее старой версии.

1.6.4 Часы внутри CPU

Самые знаменитые часы - это часы, тикающие внутри CPU. Это те самые 266 МГц (или 300 МГц, или 1800 МГц, или те, что стоят внутри вашего PC), о которых вы столь много слышите. От них зависит, насколько быстро работают самые быстрые части вашего PC. На сегодня лишь некоторые схемы CPU работают с этой скоростью, остальные части PC даже близко к ней не приближаются, исключая процессор Pentium Pro, кэш L2 которого, расположенный внутри модуля CPU также работает с этой скоростью. В Pentium II кэш L2 работает на половине частоты часов CPU. Во всех остальных процессорах x86 внешний кэш работает с такой же скоростью, как шина памяти.

Шина от CPU к основной памяти работает со скоростью, в несколько раз меньшей скорости часов внутри CPU. Или, иными словами, CPU работает со скоростью, в несколько раз превышающей скорость внешней шины. Микросхема часов, контролирующая эту скорость, расположена вне CPU, и CPU просто синхронизирует свои не слишком точные часы по сигналу внешних часов.

Стандартная линейка частот тактовых генераторов: 50, 60, 66, 100, 133 МГц.

Те же часы, что управляют CPU, также управляют модулями основной памяти и сопутствующими им микросхемами. Часто только внешняя (L2 или L3) память реально способна успевать за этими быстрыми часами. Быстрые микросхемы DRAM можно заставить работать медленнее, вставив одно или несколько *состояний ожидания* (wait states). Это паузы между интервалом, в течение которого CPU или внешний кэш-контроллер спрашивает что-либо у микросхемы памяти, и интервалом, в течение которого они ожидают получения ответа на свой запрос.

Многие подсистемы PC должны работать синхронно с часами, идущими с другой частотой. Например, частота перемещения электронного луча вдоль и

вниз по сетке монитора в процессе развертки изображения устанавливается Пользователем (в пределах возможного, конечно). Жестким дискам нужны часы с частотой, в определенное количество раз превышающей частоту вращения их магнитных пластин. Модему тоже нужны часы — чтобы передавать и принимать данные согласно скорости соединения. Вообще, сколько различных устройств со своими возможностями и запросами (и микропроцессорами), столько и часов внутри РС. (Никакое устройство не может работать быстрее, чем позволяют его возможности, и в некоторых случаях скорость работы устройства должна поддерживаться на некотором стандартном для этого устройства, уровне, не быстрее и не медленнее.)

1.6.5 Другие вспомогательные микросхемы

К вспомогательным микросхемам в первую очередь можно отнести таймеры (реализованные раньше на микросхеме i8254) и часы реального времени (МС146818А). В зависимости от типа процессора на системной плате могут располагаться контроллеры шины и памяти, системный и периферийный контроллеры, кэш-Контроллер, а также буфера для данных и адресов.

1.6.6 Набор микросхем, или chipset

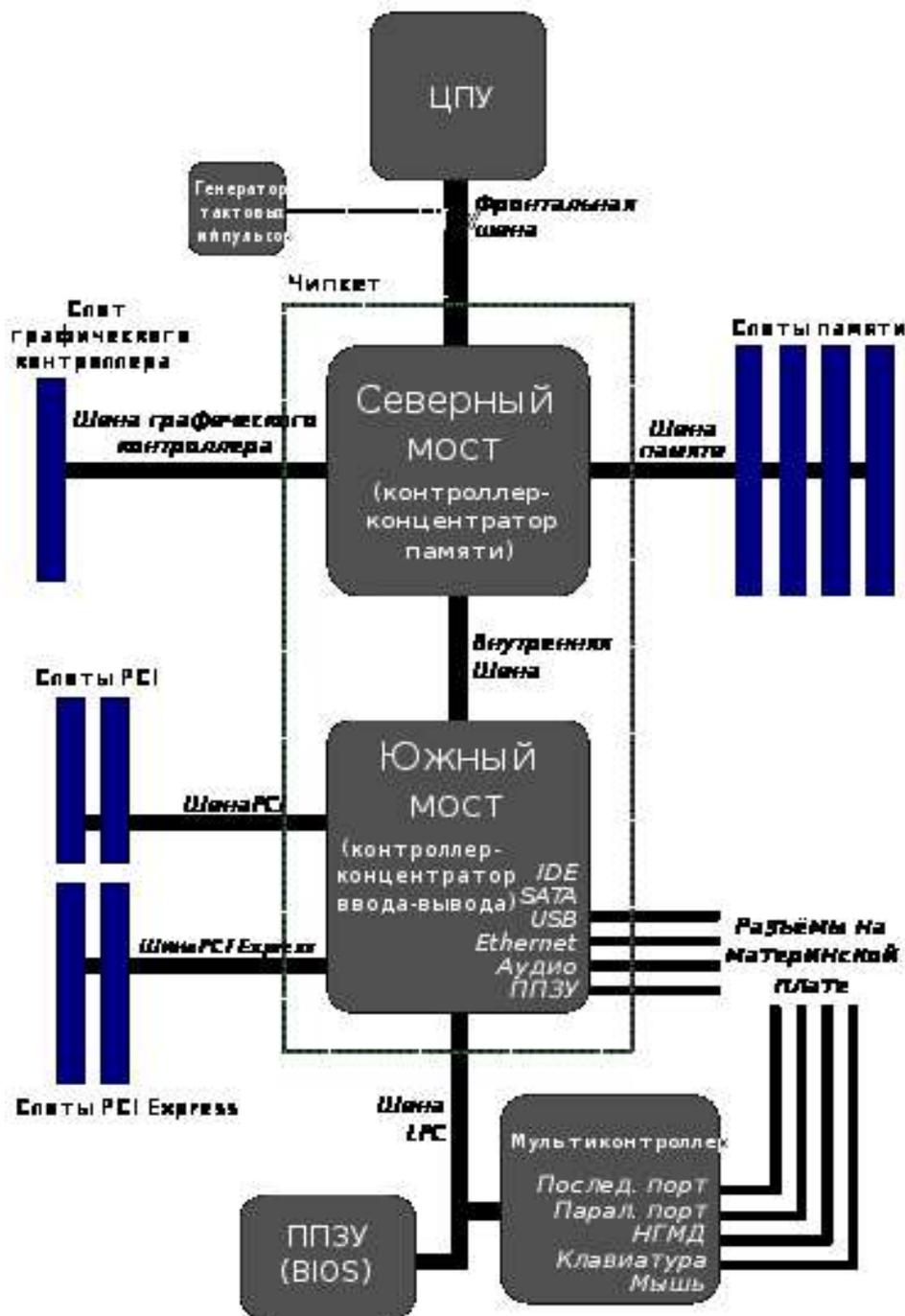


Рисунок 4 - Схематическое изображение традиционного чипсета материнской платы

Чипсет (англ. chipset) — набор микросхем, спроектированных для совместной работы с целью выполнения набора каких-либо функций. Так, в компьютерах чипсет, размещаемый на материнской плате выполняет роль связующего компонента, обеспечивающего совместное функционирование подсистем памяти, центрального процессора (ЦП), ввода-вывода и других. Чипсеты встречаются и в других устройствах, например, в радиоблоках сотовых телефонов.

Первые чипсеты в современном понимании этого термина появились в середине 1980-х. Первопроходцами стали разработчики компьютеров серии Amiga с чипсетом OCS (позже его сменил ECS и AGA). Немногим позже компания Chips & Technologies предложила чипсет CS8220 (основной чип 82C206) для IBM PC/AT-совместимых систем. Примерно тогда же появились компьютеры серии Atari ST, так же созданные с использованием чипсета.

Чипсеты современных компьютеров

Чаще всего чипсет современных материнских плат компьютеров состоит из двух основных микросхем (иногда объединяемых в один чип, т. н. системный контроллер-концентратор (англ. System Controller Hub, SCH):

- контроллер-концентратор памяти (англ. Memory Controller Hub, MCH) или северный мост (англ. northbridge) — обеспечивает взаимодействие ЦП с памятью и с видеокартой, использующей шину PCI Express (а в прошлом, шину AGP). Соединяется с ЦП высокоскоростной шиной (FSB, HyperTransport или QPI). В современных ЦП (например Opteron, Itanium, Nehalem, UltraSPARC T1) контроллер памяти может быть интегрирован непосредственно в ЦП. В MCH некоторых чипсетах может интегрироваться графический процессор;
- контроллер-концентратор ввода-вывода (англ. I/O Controller Hub, ICH) или южный мост (англ. southbridge) — обеспечивает взаимодействие между ЦП и жестким диском, картами PCI, низкоскоростными интерфейсами PCI Express, интерфейсами IDE, SATA, USB и пр.

Существуют и чипсеты, заметно отличающиеся от традиционной схемы. Например, у процессоров для разъёма LGA 1156 функциональность северного моста (соединение с видеокартой и памятью) полностью встроена в сам процессор, и следовательно, чипсет для LGA 1156 состоит из одного южного моста, соединенного с процессором через шину DMI.

Чипсеты для современных x86-процессоров

В создании чипсетов, обеспечивающих поддержку новых процессоров, в первую очередь заинтересованы фирмы-производители процессоров. Исходя из этого, ведущими фирмами (Intel и AMD) выпускаются пробные наборы, специально для производителей материнских плат, так называемые англ. referance-чипсеты. После обкатки на таких чипсетах, выпускаются новые серии материнских плат, и по мере продвижения на рынок лицензии (а учитывая глобализацию мировых производителей, кросс-лицензии) выдаются разным фирмам-производителям и, иногда, субподрядчикам производителей материнских плат.

Список основных производителей чипсетов для архитектуры x86:

- Intel
- NVidia
- ATI/AMD (после перекупки в 2006 году ATi вошла в состав Advanced Micro Devices)

- Via
- SiS

1.6.7 Выбор системной платы

Тип материнской платы определяют прежде всего базовый микропроцессор и системная шина. От типа материнской платы и используемого набора вспомогательных микросхем зависит наличие той или иной локальной шины. Системная плата имеет конечное число не только разъемов расширения, но и установочных мест для строго определенных модулей памяти. Стоит обратить внимание на то, какие разъемы предназначены для модулей памяти (количество выводов, частота шины, другие параметры).

Тип системной платы определяет возможность замены одного микропроцессора на другой, либо обновления только самого микропроцессора, либо всего процессорного модуля (например, с внешней кэш-памятью). Поскольку системные платы типа All-In-One интегрируют на себе как контроллер жесткого диска, так и видеоадаптер, то в минимальной конфигурации все имеющиеся слоты расширения остаются свободными. Более того, использование встроенных адаптеров позволяет избежать проблем, связанных с совместимостью оборудования разных производителей, а также повысить надежность. Ряд системных плат включают в себя, например, встроенный звуковой модуль и/или сетевую карту и даже в ряде случаев встроенный SCSI-адаптер.

Не стоит приобретать системную (да, впрочем, и любую) плату, если вы увидите на ней соединения, выполненные навесными проводниками. Это говорит о ее низком качестве. Некоторые системные платы поддерживали несколько типов процессоров от разных производителей, например Intel и AMD. Такие платы называли обычно универсальными или наращиваемыми (upgradable).

Среди производителей системных плат типа brand name можно отметить, например, такие компании, как Intel, Micronics, Ivill, ASUSTek. Неплохо зарекомендовали себя подобные изделия от фирм Acer, FIC, DataExpert и других. Что касается системных плат на базе процессоров Pentium или AMD, то здесь замена процессора на более производительный также выполняется относительно просто. Гнездо ZIF позволяет легко удалить старую и вставить новую микросхему. Единственно на что следует обратить особое внимание, это предельная тактовая частота процессора и верная установка соответствующих перемычек.

Таким образом, фирмы-производители материнских плат можно разбить на три категории:

Первая, так называемые «brand name», к ним относятся:

- ASUS Technology (Тайвань).

Их отличительные особенности:

Специальная микросхема аппаратного мониторинга системы,

Хорошая сервисная поддержка (обновления на сайте и т.д.),

Использование более качественных элементов,

Возможность всегда развести прерывания по слотам расширения.

- AViT (Тайвань).

Полностью программная настройка всех параметров режим «soft menu»,

Наличие резервной микросхемы BIOS (Dual BIOS),

- INTEL

Хорошее качество изготовления, хотя и невысокая скорость.

Продукция указанных фирм отличается высоким качеством изготовления, высокой надежностью и хорошими услугами технической поддержки.

Вторая категория – «средний класс»

- GigaByte GA , Chain Tech, ACORP, и др.

Представители этой категории как правило достаточно высокого качества, недорогие.

К третьей категории относятся фирмы, выпускающие продукцию дешевую и не всегда качественную. Это Lucky Star (Formoza), Tomato Board и т.д.

1.7 Системные и локальные шины

Основным функционалом системной шины является передача информации и данных между базовым микропроцессором и остальными электронными компонентами компьютера. По этой шине осуществляется также адресация устройств и происходит обмен специальными служебными сигналами. Таким образом, упрощенно системную шину можно представить как совокупность сигнальных линий, объединенных по их назначению (данные, адреса, управление). Передачей информации по шине управляет одно из подключенных к ней устройств или специально выделенный для этого узел, называемый арбитром шины.

Ранние компьютерные шины представляли собой параллельные электрические шины с несколькими подключениями, но сейчас данный термин используется для любых физических механизмов, предоставляющих такую же логическую функциональность, как параллельные компьютерные шины. Современные компьютерные шины используют как параллельные, так и последовательные соединения и могут иметь параллельные (multidrop) и цепные (daisy chain) топологии. В случае USB и некоторых других шин могут также использоваться хабы (концентраторы).

1.7.1 Параллельные шины

1.7.1.1 Первое поколение шин

Ранние компьютерные шины были группой проводников, подключающей компьютерную память и периферию к процессору. Почти всегда для памяти и периферии использовались разные шины, с разным способом доступа, задержками, протоколами.

Одним из первых усовершенствований стало использование прерываний. До их внедрения компьютеры выполняли операции ввода-вывода в цикле ожидания готовности периферийного устройства. Это было бесполезной тратой времени для программ, которые могли делать другие задачи. Также, если программа пыталась выполнить другие задачи, она могла проверить состояние устройства слишком поздно и потерять данные. Поэтому инженеры дали возможность периферии прерывать процессор. Прерывания имели приоритет, так как процессор может выполнять только код для одного прерывания в один момент времени, а также некоторые устройства требовали меньших задержек, чем другие.

Некоторое время спустя, компьютеры стали распределять память между процессорами. На них доступ к шине также получил приоритеты.

Во многих микроконтроллерах и встраиваемых системах шины ввода-вывода до сих пор не существует. Процесс передачи контролируется ЦПУ, который в большинстве случаев читает и пишет информацию в устройства, так, как будто они являются блоками памяти. Все устройства используют общий источник тактового сигнала. Периферия может запросить обработку информации путём подачи сигналов на специальные контакты ЦПУ, используя какие-либо формы прерываний. Например, контроллер жёсткого диска уведомит процессор о готовности новой порции данных для чтения, после чего процессор должен считать их из области памяти, соответствующей контроллеру. Почти все ранние компьютеры были построены по таким принципам, начиная от Altair с шиной S-100, заканчивая IBM PC в 1980-х.

Такие простые шины имели серьёзный недостаток для универсальных компьютеров. Всё оборудование на шине должно было передавать информацию на одной скорости и использовать один источник синхросигнала. Увеличение скорости процессора было непростым, так как требовало такого же ускорения всех устройств. Это часто приводило к ситуации, когда очень быстрым процессорам приходилось замедляться для возможности передачи информации некоторым устройствам. Хотя это допустимо для встраиваемых систем, данная проблема непозволительна для коммерческих компьютеров. Другая проблема состоит в том, что процессор требуется для любых операций, и когда он занят другими операциями, реальная пропускная способность шины может значительно страдать.

Такие компьютерные шины были сложны в настройке, при наличии

широкого спектра оборудования. Например, каждая добавляемая карта расширения могла требовать установки множества переключателей для задания адреса памяти, адреса ввода-вывода, приоритетов и номеров прерываний.

Системная шина IBM PC и IBM PC/XT была предназначена для одновременной передачи только 8 бит информации, так как используемый в компьютерах микропроцессор 18088 имел 8 линий данных. Кроме того, системная шина включала 20 адресных линий, которые ограничивали адресное пространство пределом в 1 Мбайт. Для работы с внешними устройствами в этой шине были предусмотрены также 4 линии аппаратных прерываний (IRQ) и 4 линии для требования внешними устройствами прямого доступа в память (DMA, Direct Memory Access). Для подключения плат расширения использовались специальные 62-контактные разъемы. Системная шина и микропроцессор синхронизировались от одного тактового генератора с частотой 4,77 МГц. Таким образом, теоретически скорость передачи данных могла достигать более 4,5 Мбайта/с.

1.7.1.2 Второе поколение шин

Компьютерные шины «второго поколения», например NuBus решали некоторые из вышеперечисленных проблем. Они обычно разделяли компьютер на две «части», процессор и память в одной и различные устройства в другой. Между частями устанавливался специальный контроллер шин (bus controller). Такая архитектура позволила увеличивать скорость процессора без влияния на шину, разгрузить процессор от задач управления шиной. При помощи контроллера устройства на шине могли взаимодействовать друг с другом без вмешательства центрального процессора. Новые шины имели лучшую производительность, но также требовали более сложных карт расширения. Проблемы скорости часто решались увеличением разрядности шины данных, с 8-ми битных шин первого поколения до 16 или 32-х битных шин во втором поколении. Также появилась программная настройка устройств для упрощения подключения новых устройств, ныне стандартизованная как Plug-n-play.

Однако новые шины, так же как и предыдущее поколение, требовали одинаковых скоростей от устройств на одной шине. Процессор и память теперь были изолированы на собственной шине и их скорость росла быстрее, чем скорость периферийной шины. В результате, шины были слишком медленны для новых систем и машины страдали от нехватки данных. Один из примеров данной проблемы: видеокарты быстро совершенствовались, и им не хватало пропускной способности даже новых шин Peripheral Component Interconnect (PCI). Компьютеры стали включать в себя Accelerated Graphics Port (AGP) только для работы с видеоадаптерами. В 2004 году AGP снова стало недостаточно быстрым для мощных видеокарт и AGP стал замещаться новой шиной PCI Express

Шины стали разделять на внутренние (local bus) и внешние (external bus). Первые разработаны для подключения внутренних устройств, таких как видеоадаптеры и звуковые платы, а вторые предназначались для подключения внешних устройств, например, сканеров. IDE является внешней шиной по своему назначению, но почти всегда используется внутри компьютера.

1.7.1.3 Третье поколение шин

Шины «третьего поколения» в настоящее время находятся в процессе выхода на рынок, включая HyperTransport и InfiniBand. Они обычно позволяют использовать как большие скорости, необходимые для памяти, видеокарт и межпроцессорного взаимодействия, так и небольшие при работе с медленными устройствами, например, приводами дисков. Также они стремятся к большей гибкости в терминах физических подключений, позволяя использовать себя и как внутренние и как внешние шины, например для объединения компьютеров. Это приводит к сложным проблемам при удовлетворении различных требований, так что большая часть работ по данным шинам связана с программным обеспечением, а не с самой аппаратурой. В общем, шины третьего поколения больше похожи на компьютерные сети, чем на изначальные идеи шин, с большими накладными расходами, чем у ранних систем. Также они позволяют использовать шину нескольким устройствам одновременно.

1.7.1.4 Подробнее об основных вехах в истории развития шин

Шина ISA и EISA

Впервые шина ISA появилась на компьютерах IBM PC/XT в 1981 году. Это была 8-разрядная шина с частотой до 8 МГц и скоростью передачи данных до 4 МБайт/с (передача каждого байта требовала минимум двух тактов шины). Разъём состоял из 62 контактов, из которых 8 использовалось для данных, 20 — для адреса, остальные — для управляющих сигналов, а также подачи напряжений питания (земля, +5 В, -5 В, +12 В и -12 В).

В 1984 году шина была усовершенствована. Была удвоена разрядность данных (что повлекло удвоение пропускной способности) и добавлены четыре разряда адреса; кроме того, увеличилось число линий запросов прерываний (IRQ) и запросов прямого доступа к памяти (DMA). Кроме того, в 16-разрядной шине ISA любое подключенное к ней устройство могло выступать в роли задатчика, то есть инициировать операцию обмена данными (в 8-разрядной шине задатчиками были только процессор и контроллер DMA). Для подключения 16-разрядных устройств используются разъёмы, состоящие из двух частей: полностью совместимой с 8-разрядной шиной 62-контактной и новой 36-контактной.

В 1988 консорциумом из девяти производителей компьютеров: (AST Research, Compaq, Epson, Hewlett-Packard, NEC, Olivetti, Tandy, Wyse и Zenith) была обнародована 32-разрядная архитектура системной шины *EISA*.

Новая системная шина должна была обеспечить больший возможный объем адресуемой памяти, 32-разрядную передачу данных, в том числе и в режиме DMA, улучшенную систему прерываний и арбитраж DMA, автоматическую конфигурацию системы и плат расширения. В EISA-разъем на системной плате компьютера помимо, разумеется, специальных EISA-плат могла вставляться либо 8-, либо 16-разрядная плата расширения, предназначенная для обыкновенной PC/AT с шиной ISA. Это обеспечивалось простым, но поистине гениальным конструктивным решением. EISA-разъемы имеют два ряда контактов, один из которых (верхний) использует сигналы шины ISA, а второй (нижний) — соответственно EISA. Контакты в соединителях EISA расположены так, что рядом с каждым сигнальным контактом находится контакт "Земля". Благодаря этому сводится к минимуму вероятность генерации электромагнитных помех, а также уменьшается восприимчивость к таким помехам.

Шина EISA позволяла адресовать 4-Гбайтное адресное пространство, доступное микропроцессорам 180386/486. Стандарт EISA поддерживал многопроцессорную архитектуру для "интеллектуальных" устройств (плат), оснащенных собственными микропроцессорами. Поэтому данные, например, от контроллеров жестких дисков, графических контроллеров и контроллеров сети могли обрабатываться независимо, не загружая при этом основной процессор. Теоретически максимальная скорость передачи по шине EISA в так называемом пакетном режиме (burst mode) могла достигать 33 Мбайт/с. В обычном (стандартном) режиме она не превосходила, разумеется, известных значений для ISA.

На шине EISA предусматривался метод централизованного управления, организованный через специальное устройство — системный арбитр. Таким образом поддерживается использование ведущих устройств на шине, однако возможно также предоставление шины запрашивающим устройствам по циклическому принципу.

Со временем возникла потребность в шине с более высокой пропускной способностью, и шина EISA была вытеснена более совершенными, но уже локальными шинами VESA Local Bus и PCI.

VESA Local Bus (VL-Bus или VLB)

Разработана в 1992 г. Ассоциацией стандартов видеооборудования (VESA — Video Electronics Standards Association), поэтому часто ее называют шиной VESA. С появлением шины PCI и процессоров Intel Pentium необходимость в ее использовании исчезла и на материнские платы для Pentium контроллеры и слоты VLB не ставили. Существовали материнские платы для процессоров Intel 80486 имевшие сразу три типа слотов: ISA, VLB и PCI.

Слот VLB был расширением шины ISA. Поэтому карты для шины ISA могли вставляться в слот VLB и работать. Это делало разъем довольно длинным, и из за этого аббревиатура VLB в шутку расшифровывалась как Very Long Bus (Очень Длинная Шина). Дополнительная часть VLB разъёма была окрашена в светло-коричневый цвет. Вероятно, большие габариты послужили одной из

причин гибели стандарта. Несмотря на большое количество оборудования, в основном промышленного, требовавшего (и по сей день требующего) обратной совместимости, в конкурентной борьбе победила шина PCI. Физический разъём шины PCI (слот, форм-фактор) совпадает с дополнительной частью разъёма VLB, но расположен у заднего края системной платы и имеет другие назначения выводов.

Шина VLB была расширением шины ISA только для процессоров Intel 80486 и использовала его технические особенности. По сути, на контакты дополнительного слота выходили физические линии системной шины (процессор-память). Таким образом, процессор мог напрямую обращаться к буферам и памяти контроллеров, работающих на шине VLB. Для процессора это выглядело как дополнительные модули обычной памяти (общее адресное пространство). Таким образом, процессор оперировал данными в самом устройстве, что и обеспечивало высокое быстродействие.

В шинах видео-контроллеров (AGP, PCI-Express) этот метод применяется до сих пор ("северный мост" - микросхема, связывающая процессор, память и графическую шину).

Шина VLB перестала применяться вместе с процессором i486 и базовой шиной ISA, электрические и временные параметры которых использовала и расширением которых была.

Шина PCI по конструкции является развитием шины ISA (а не VLB), и принципиально отличается от неё наличием DMA (Direct Memory Access) - прямого доступа к памяти - способностью шины в фоновом режиме (без участия процессора) переносить данные между буфером внешней платы и оперативной памятью.

1.7.1.5 Шина PCI

Описанию этой популярной шины можно выделить отдельный раздел.

PCI (англ. Peripheral component interconnect, дословно — взаимосвязь периферийных компонентов).

Весной 1991 года компания Intel завершает разработку первой макетной версии шины PCI. Перед инженерами была поставлена задача разработать недорогое и производительное решение, которое позволило бы реализовать возможности процессоров 486, Pentium и Pentium Pro. Кроме того, было необходимо учесть ошибки, допущенные VESA при проектировании шины VLB (электрическая нагрузка не позволяла подключать более 3 плат расширения), а также реализовать автоконфигурирование устройств по примеру протокола Autoconfig для компьютеров Amiga.

В 1992 году появляется первая версия шины PCI, Intel объявляет, что стандарт шины будет открытым и создаёт PCI Special Interest Group. Благодаря этому, любой заинтересованный разработчик получает возможность создавать устройства для шины PCI без необходимости приобретения лицензии. Первая версия шины имела тактовую частоту 33 МГц, могла быть 32 или 64 битной, а

устройства могли работать с сигналами в 5В или 3,3В. Теоретически, пропускная способность шины 133 Мбайт/с, однако в реальности пропускная способность составляла около 80 Мбайт/с.

В 1995 году появляется версия PCI 2.1 (ещё одно название — «параллельная шина PCI», которая обеспечила передачу данных по шине с частотой 66 МГц и максимальную скорость передачи в 533 Мбайт/с (для 64-битного варианта с частотой 66 МГц). Кроме того, эта шина уже была поддержана на уровне ОС Windows 95 (технология Plug and Play), что позволило пользователям IBM PC больше не чувствовать себя ущемлёнными по отношению к другим платформам.

В 1997 году, в связи с развитием компьютерной графики и разработкой шины AGP, шина PCI перестала удовлетворять новым, повышенным требованиям к видеокартам и перестала использоваться для установки видеокарт.

В настоящее время интерфейс PCI постепенно вытесняется интерфейсами PCI Express, HyperTransport и USB. На современные материнские платы (по состоянию на 2010 год) устанавливается лишь один, редко два PCI разъема, вместо 5-6, устанавливавшихся ранее. На некоторые современные материнские платы (в основном High-End класса) PCI разъем не устанавливается вовсе.

Стандартные модификации PCI

PCI 2.0

Первая версия базового стандарта, получившая широкое распространение, использовались как карты, так и слоты с сигнальным напряжением только 5 вольт. Пиковая пропускная способность — 133 Мбайт/с;

PCI 2.1 — 3.0

Отличались от версии 2.0 возможностью одновременной работы нескольких шинных задатчиков (англ. bus-master т. н. конкурентный режим), а также появлением универсальных карт расширения, способных работать в слотах использующих как с напряжением 5 вольт, так и в слотах использующих 3,3 вольта (с частотой 33 и 66 МГц соответственно). Пиковая пропускная способность для 33 МГц — 133 Мбайт/с, а для 66 МГц — 266 Мбайт/с;

PCI 64

Расширение базового стандарта PCI, появившееся в версии 2.1, удваивающее число линий данных, и, следовательно, пропускную способность. Слот PCI64 является удлинённой версией обычного PCI-слота. Формально совместимость 32-битных карт с 64-битными слотами (при условии наличия общего поддерживаемого сигнального напряжения) полная, а совместимость 64-битной карты с 32-битными слотами является ограниченной (в любом случае произойдёт потеря производительности). Работает на тактовой частоте 33 МГц. Пиковая пропускная способность — 266 Мбайт/с;

PCI-X

Развитие версии PCI 64. Для всех вариантов шины существуют следующие ограничения по количеству подключаемых к каждой шине устройств: 66 МГц

— 4, 100 МГц — 2, 133 МГц — 1 (или 2, если одно или оба устройства не находятся на платах расширения, а уже интегрированы на одну плату вместе с контроллером), 266, 533 МГц и выше — 1, пиковая пропускная способность — 4096 Мбайт/с.

PCI Express

Шина PCI Express нацелена на использование только в качестве локальной шины. Так как программная модель PCI Express во многом унаследована от PCI, то существующие системы и контроллеры могут быть доработаны для использования шины PCI Express заменой только физического уровня, без доработки программного обеспечения. Высокая пиковая производительность шины PCI Express позволяет использовать её вместо шин AGP и тем более PCI и PCI-X. Ожидается, что PCI Express заменит эти шины в персональных компьютерах.

Mini PCI

Новый форм-фактор PCI 2.2 предназначен для использования, в основном, в ноутбуках;

Cardbus

Устройства, соответствующие первой версии стандарта PCMCIA, задумывались как альтернатива относительно тяжелым и энергоемким приводам флоппи-дисков в портативных компьютерах. "Загадочная" аббревиатура PCMCIA означает не что иное, как Personal Computer Memory Card International Association. Сегодня данный стандарт поддерживают уже более 300 производителей. PCMCIA-устройства размером с обычную кредитную карточку являются альтернативой обычным платам расширения, подключаемым к системной шине. Сегодня в этом стандарте выпускаются модули памяти, модемы и факс-модемы, SCSI-адаптеры, сетевые карты, звуковые карты, винчестеры и т.д. Особой популярностью пользуются PCMCIA-карты флэш-памяти, которые не теряют информацию при выключении питания, обладают высоким быстродействием и могут быть использованы в качестве винчестера без движущихся частей.

Стандарт PCMCIA для связи между PC Card и соответствующим устройством (адаптером или портом) компьютера определяет 68-контактный механический соединитель. На нем выделены 16 разрядов под данные и 26 разрядов под адрес, что позволяет непосредственно адресовать 64 Мбайта памяти. Хотя некоторые выводные контакты предназначены для сигналов, необходимых при работе с памятью, эти же контакты могут использоваться и для иных сигналов, рассчитанных на работу с устройствами ввода-вывода. Разумеется, перед этим происходит так называемая переконфигурация выводов.

На стороне модуля PC Card расположен соединитель-розетка (female), а на стороне компьютера — соединитель-вилка (male). Кроме того, стандарт определяет три различные длины контактов соединителя-вилки. Такое решение легко объяснимо. Поскольку подключение и отключение PC Card может происходить при работающем компьютере (так называемое горячая замена), то

для того, чтобы на модуль сначала подавалось напряжение питания, а лишь затем напряжение сигнальных линий, соответствующие контакты выполнены более длинными. Понятно, что при отключении PCMCIA-модуля все происходит в обратном порядке.

Помимо габаритных размеров стандарт PCMCIA предписывает размещение переключателя защиты записи, внутреннего источника тока, марки изготовителя, в случае если таковые имеются. Надо отметить, что "теплолюбивые" PC Cards должны нормально функционировать при температуре от 0 до 55 градусов по Цельсию.

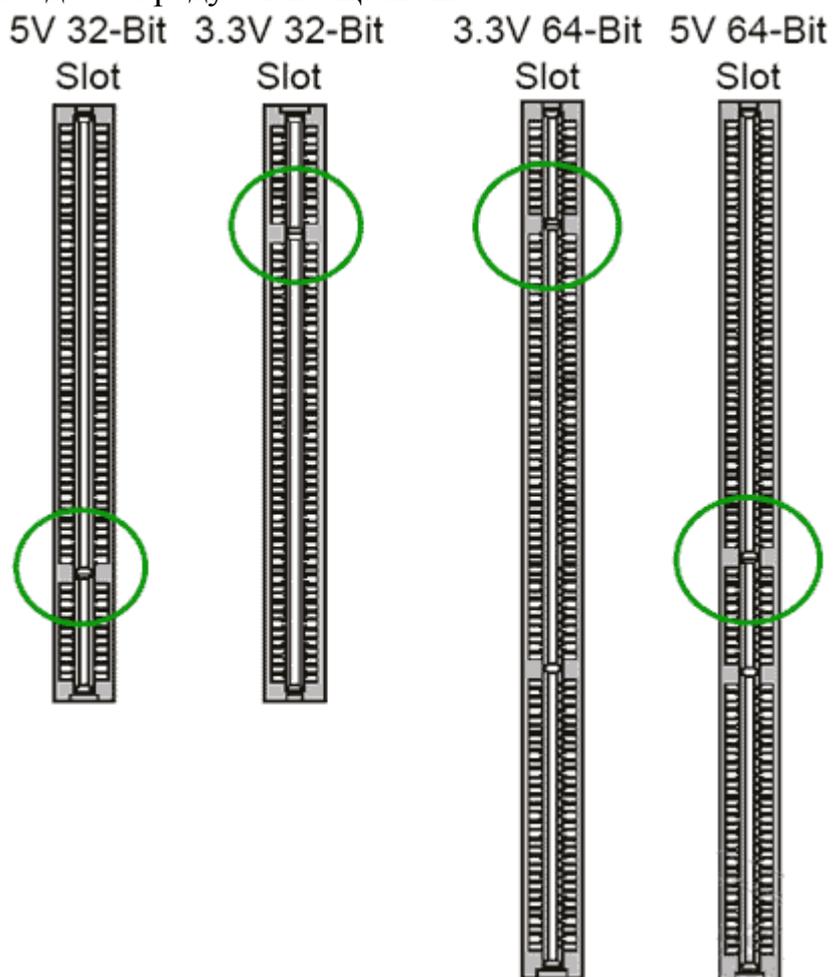


Рисунок 5 - Типы PCI-слотов

1.7.2 Последовательные шины

1.7.2.1 USB

USB (англ. Universal Serial Bus — «универсальная последовательная шина») — последовательный интерфейс передачи данных для среднескоростных и низкоскоростных периферийных устройств в вычислительной технике.

Символом USB являются четыре геометрические фигуры: большой круг, малый круг, треугольник, квадрат.

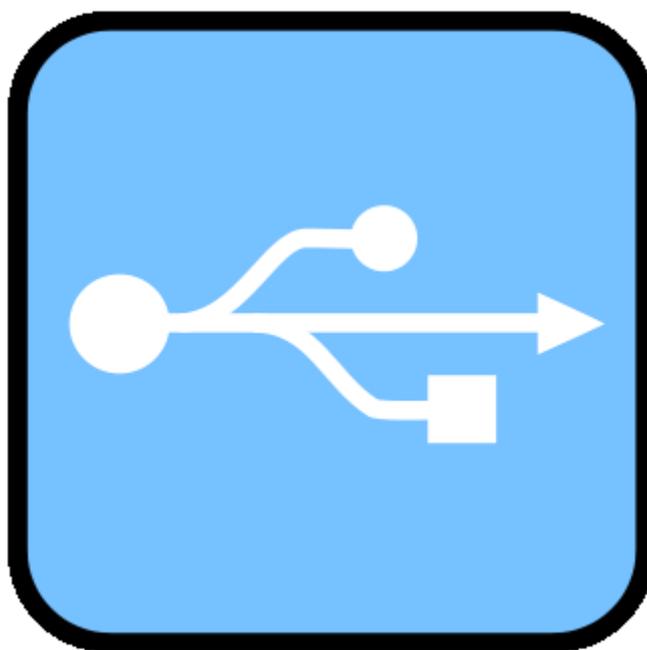


Рисунок 6 – символика шины USB

Для подключения периферийных устройств к шине USB используется четырёхпроводный кабель, при этом два провода (витая пара) в дифференциальном включении используются для приёма и передачи данных, а два провода — для питания периферийного устройства. Благодаря встроенным линиям питания USB позволяет подключать периферийные устройства без собственного источника питания (максимальная сила тока, потребляемого устройством по линиям питания шины USB, не должна превышать 500 мА). К одному контроллеру шины USB можно подсоединить до 127 устройств по топологии «звезда», в том числе и концентраторы. На одной шине USB может быть до 127 устройств и до 5 уровней каскадирования хабов, не считая корневого.

Спецификации для USB 1.0 были представлены в ноябре 1995 года. Разработка USB поддерживалась Intel, Microsoft, Philips и US Robotics. USB стал «общим знаменателем» под тремя не связанными друг с другом стремлениями разных компаний:

- Расширение функциональности компьютера. На тот момент для подключения внешних периферийных устройств к персональному компьютеру использовалось несколько «традиционных» (англ. legacy) интерфейсов (PS/2, последовательный порт, параллельный порт, порт для подключения джойстика, SCSI), и с появлением новых внешних устройств разрабатывали и новый разъём. Предполагалось, что USB заменит их все и заодно подхлестнёт разработку нетрадиционных устройств.
- Подключить к компьютеру мобильный телефон. В то время поднимались на ноги компьютерные сети, телефоны переходили на цифровую передачу

голоса, и ни один из имеющихся интерфейсов не годился для передачи с телефона на компьютер как речи, так и данных.

- Простота для пользователя. Старые интерфейсы (например, COM- и LPT-порты) были крайне просты для разработчика, но не давали настоящего «plug and play». Требовались новые механизмы взаимодействия компьютера с низко- и среднескоростными внешними устройствами — возможно, более сложные для конструкторов, но надёжные, дружелюбные и пригодные к «горячему» подключению.

Поддержка USB вышла в виде патча к Windows 95b, в дальнейшем она вошла в стандартную поставку Windows 98. Устройств было мало, и шину называли «useless serial bus» — «бесполезная последовательная шина». Впрочем, производители быстро осознали пользу USB, и уже к 2000 году большинство принтеров и сканеров работали с новым интерфейсом.

Hewlett-Packard, Intel, Lucent (ныне Alcatel-Lucent), Microsoft, NEC, и Philips совместно выступили с инициативой по разработке более скоростной версии USB. Спецификация USB 2.0 была опубликована в апреле 2000 года, и в конце 2001 года эта версия была стандартизирована USB Implementers Forum. USB 2.0 является обратно совместимой со всеми предыдущими версиями USB.

В середине 2000-х годов BIOS'ы компьютеров начали массово поддерживать USB. Это позволило загружаться с флэш-дисков; пропала надобность в PS/2-клавиатуре, например, для переустановки ОС. На современных материнских платах устанавливаются до 5 USB-контроллеров, по два порта на каждом. В современных ноутбуках COM- и LPT-портов нет в принципе, всё чаще появляются настольные компьютеры без этих портов.

Кабель USB состоит из 4 медных проводников — 2 проводника питания и 2 проводника данных в витой паре, и заземленной оплётки/экрана.

Кабели USB ориентированы, то есть имеют физически разные наконечники «к устройству» и «к хосту». Возможна реализация USB устройства без кабеля, со встроенным в корпус наконечником «к хосту». Возможно и неразъёмное встраивание кабеля в устройство, как в мышь (стандарт запрещает это для устройств full и high speed, но производители его нарушают). Существуют (хотя и запрещены стандартом) и пассивные USB удлинители, имеющие разъёмы «от хоста» и «к хосту».

Шина строго ориентирована, имеет понятие «главное устройство» (хост, он же USB контроллер, обычно встроен в микросхему южного моста на материнской плате) и «периферийные устройства». Шина имеет древовидную топологию, поскольку периферийным устройством может быть разветвитель (hub), в свою очередь имеющий несколько нисходящих разъёмов «от хоста». Разветвитель есть сложное электронное устройство, пассивных разветвителей не бывает. Соединение 2 компьютеров — или 2 периферийных устройств — пассивным USB кабелем невозможно. Существуют активные USB кабели для соединения 2 компьютеров, но они включают в себя сложную электронику, эмулирующую Ethernet адаптер, и требуют установки драйверов с обеих сторон.

Устройства могут быть запитаны от шины, но могут и требовать внешний источник питания. Поддерживается и дежурный режим для устройств и разветвителей по команде с шины со снятием основного питания при сохранении дежурного питания и включением по команде с шины.

На логическом уровне устройство USB поддерживает транзакции приема и передачи данных. Каждый пакет каждой транзакции содержит в себе номер конечной точки (endpoint) на устройстве. При подключении устройства драйверы в ядре ОС читают с устройства список конечных точек и создают управляющие структуры данных для общения с каждой конечной точкой устройства.

Управляющий канал предназначен для обмена с устройством короткими пакетами «вопрос-ответ». Любое устройство имеет управляющий канал 0, который позволяет программному обеспечению ОС прочитать краткую информацию об устройстве, в том числе коды производителя и модели, используемые для выбора драйвера, и список других конечных точек.

Канал прерывания позволяет доставлять короткие пакеты и в том, и в другом направлении, без получения на них ответа/подтверждения, но с гарантией времени доставки — пакет будет доставлен не позже, чем через N миллисекунд. Например, используется в устройствах ввода человеком (клавиатуры/мыши/джойстики).

Изохронный канал позволяет доставлять пакеты без гарантии доставки и без ответов/подтверждений, но с гарантированной скоростью доставки в N пакетов на один период шины (1 КГц у low и full speed, 8 КГц у high speed). Используется для передачи аудио- и видеоинформации.

Поточный канал дает гарантию доставки каждого пакета, поддерживает автоматическую приостановку передачи данных по нежеланию устройства (переполнение или опустошение буфера), но не дает гарантий скорости и задержки доставки. Используется, например, в принтерах и сканерах.

Версии спецификации

USB 1.0

Спецификация выпущена в ноябре 1995 года.

Технические характеристики:

два режима передачи данных:

режим с высокой пропускной способностью (Full-Speed) — 12 Мбит/с

режим с низкой пропускной способностью (Low-Speed) — 1,5 Мбит/с

максимальная длина кабеля для режима с высокой пропускной способностью — 5 м

максимальная длина кабеля для режима с низкой пропускной способностью — 3 м

максимальное количество подключённых устройств (включая размножители) — 127

возможно подключение устройств, работающих в режимах с различной пропускной способностью к одному контроллеру USB

напряжение питания для периферийных устройств — 5 В
максимальный ток, потребляемый периферийным устройством — 500 мА

USB 1.1

Спецификация выпущена в сентябре 1998 года. Исправлены проблемы и ошибки, обнаруженные в версии 1.0. Первая версия, получившая массовое распространение.

USB 2.0

USB 2.0 отличается от USB 1.1 введением режима Hi-speed.

Для устройств USB 2.0 регламентировано три режима работы:

Low-speed, 10—1500 Кбит/с (используется для интерактивных устройств: клавиатуры, мыши, джойстика)

Full-speed, 0,5—12 Мбит/с (аудио-, видеоустройства)

Hi-speed, 25—480 Мбит/с (видеоустройства, устройства хранения информации)

USB Wireless

USB wireless — технология USB (официальная спецификация доступна с мая 2005 года). Позволяет организовать беспроводную связь с высокой скоростью передачи информации (до 480 Мбит/с на расстоянии 3 метра и до 110 Мбит/с на расстоянии 10 метров).

23 июля 2007 года USB Implementers Forum (USB-IF) объявила о сертификации шести первых потребительских продуктов с поддержкой Wireless USB.

USB 3.0

Стандарт USB версия 3.0 разработан в 2009 году. Созданием USB 3.0 занимались компании Intel, Microsoft, Hewlett-Packard, Texas Instruments, NEC и NXP Semiconductors.

В спецификации USB 3.0 разъёмы и кабели обновлённого стандарта физически и функционально совместимы с USB 2.0. Кабель USB 2.0 содержит в себе четыре линии — пару для приёма/передачи данных, плюс и ноль питания. В дополнение к ним USB 3.0 добавляет пять новых линий (в результате чего кабель стал гораздо толще), однако новые контакты расположены параллельно по отношению к старым на другом контактном ряду. Теперь можно будет с лёгкостью определить принадлежность кабеля к той или иной версии стандарта, просто взглянув на его разъём. Спецификация USB 3.0 повышает максимальную скорость передачи информации до 4,8 Гбит/с — что на порядок больше 480 Мбит/с, которые может обеспечить USB 2.0.

Версия 3.0 может похвастаться не только более высокой скоростью передачи информации, но и увеличенной силой тока с 500 мА до 900 мА. Отныне пользователь может не только подпитывать от одного хаба гораздо большее количество устройств, но и само аппаратное обеспечение избавится от ранее поставлявшихся отдельных блоков питания.

Финальная спецификация USB 3.0 появилась в 2008 году, а оборудование, поддерживающее новую спецификацию, также уже существует. Компания Asus выпустила материнскую плату P6X58 Premium, у которой есть два USB 3.0 порта.

Фирмой Intel анонсирована предварительная версия программной модели контроллера USB 3.0

Но в октябре 2009 года появилась информация (от EE Times со ссылкой на сотрудника одной из крупнейших компаний по производству персональных компьютеров), что корпорация Intel решила повременить с внедрением поддержки USB 3.0 в свои чипсеты до 2011 г. Это решение приведет к тому, что данный стандарт не станет массовым ещё как минимум год.

Недостатки USB

Хотя пиковая пропускная способность USB 2.0 составляет 480 Мбит/с (60 Мбайт/с), на практике обеспечить пропускную способность, близкую к пиковой, не удаётся (~33,5 Мбайт/сек на практике). Это объясняется достаточно большими задержками шины USB между запросом на передачу данных и собственно началом передачи. Например, шина FireWire хотя и обладает меньшей пиковой пропускной способностью 400 Мбит/с, что на 80 Мбит/с меньше, чем у USB 2.0, в реальности позволяет обеспечить большую пропускную способность для обмена данными с жёсткими дисками и другими устройствами хранения информации. В связи с этим разнообразные мобильные накопители уже давно «упираются» в недостаточную практическую пропускную способность USB 2.0

1.7.2.2 IEEE 1394 - FireWire

IEEE 1394 (FireWire, i-Link) — последовательная высокоскоростная шина, предназначенная для обмена цифровой информацией между компьютером и другими электронными устройствами.

Различные компании продвигают стандарт под своими торговыми марками:

- Apple — FireWire – патентованное название
- Sony — i-LINK
- Yamaha — mLAN
- TI — Lynx
- Creative — SB1394

Кабель представляет собой 2 витые пары — А и В, распаянные как А к В, а на другой стороне кабеля как В к А. Также возможен необязательный проводник питания.

Устройство может иметь до 4 портов (разъёмов). В одной топологии может быть до 64 устройств. Максимальная длина пути в топологии — 16. Топология древовидная, замкнутые петли не допускаются.

При присоединении и отсоединении устройства происходит сброс шины, после которого устройства самостоятельно выбирают из себя главное, пытаясь взвалить это «главенство» на соседа. После определения главного устройства

становится ясна логическая направленность каждого отрезка кабеля — к главному или же от главного. После этого возможна раздача номеров устройствам. После раздачи номеров возможно исполнение обращений к устройствам.

Во время раздачи номеров по шине идет трафик пакетов, каждый из которых содержит в себе количество портов на устройстве, а также ориентацию каждого порта — не подключен/к главному/от главного, а также максимальную скорость каждой связи (2 порта и отрезок кабеля). Контроллер 1394 принимает эти пакеты, после чего стек драйверов строит карту топологии (связей между устройствами) и скоростей (наихудшая скорость на пути от контроллера до устройства).

Операции шины делятся на асинхронные и изохронные.

Асинхронные операции — это запись/чтение 32-битного слова, блока слов, а также атомарные операции. Асинхронные операции используют 24-битные адреса в пределах каждого устройства и 16-битные номера устройств (поддержка межшинных мостов). Некоторые адреса зарезервированы под главнейшие управляющие регистры устройств. Асинхронные операции поддерживают двухфазное исполнение — запрос, промежуточный ответ, потом позже окончательный ответ.

Изохронные операции — это передача пакетов данных в ритме, строго приуроченном к ритму 8 КГц, задаваемому ведущим устройством шины путем инициации транзакций «запись в регистр текущего времени». Вместо адресов в изохронном трафике используются номера каналов от 0 до 31.

Подтверждений не предусмотрено, изохронные операции есть одностороннее вещание.

Изохронные операции требуют выделения изохронных ресурсов — номера канала и полосы пропускания. Это делается атомарной асинхронной транзакцией на некие стандартные адреса одного из устройств шины, избранного как «менеджер изохронных ресурсов».

Возможности шины:

- Горячее подключение — возможность переконфигурировать шину без выключения компьютера
- Различная скорость передачи данных — 100, 200 и 400 Мбит/с в стандарте IEEE 1394/1394a, дополнительно 800 и 1600 Мбит/с в стандарте IEEE 1394b и 3200 Мбит/с в спецификации S3200.
- Гибкая топология — равноправие устройств, допускающее различные конфигурации (возможность «общения» устройств без компьютера)
- Высокая скорость — возможность обработки мультимедиа-сигнала в реальном времени
- Поддержка изохронного трафика
- Открытая архитектура — отсутствие необходимости использования специального программного обеспечения

- Наличие питания прямо на шине (маломощные устройства могут обходиться без собственных блоков питания). До полутора ампер и напряжение от 8 до 40 вольт.
- Подключение до 63 устройств.

Шина IEEE 1394 может использоваться для:

- Создания компьютерной сети.
- Подключения аудио и видео мультимедийных устройств.
- Подключения принтеров и сканеров.
- Подключения жёстких дисков, массивов RAID.

Спецификации FireWire

IEEE 1394

В конце 1995 года IEEE принял стандарт под порядковым номером 1394. В цифровых камерах Sony интерфейс IEEE 1394 появился раньше принятия стандарта и под названием iLink.

Интерфейс первоначально позиционировался для передачи видеопотоков, но пришёлся по нраву и производителям внешних накопителей, обеспечивая высокую пропускную способность для современных высокоскоростных дисков. Сегодня многие системные платы, а также почти все современные модели ноутбуков поддерживают этот интерфейс.

Скорость передачи данных — 100, 200 и 400 Мбит/с, длина кабеля до 4,5 м.

IEEE 1394a

В 2000 году был утверждён стандарт IEEE 1394a. Был проведён ряд усовершенствований, что повысило совместимость устройств.

Было введено время ожидания 1/3 секунды на сброс шины, пока не закончится переходный процесс установки надёжного подсоединения или отсоединения устройства.

IEEE 1394b

В 2002 году появляется стандарт IEEE 1394b с новыми скоростями: S800 — 800 Мбит/с и S1600 — 1600 Мбит/с. Соответствующие устройства обозначаются FireWire 800 или FireWire 1600, в зависимости от максимальной скорости.

Изменились используемые кабели и разъёмы. Для достижения максимальных скоростей на максимальных расстояниях предусмотрено использование оптики, пластмассовой — для длины до 50 метров, и стеклянной — для длины до 100 метров.

Несмотря на изменение разъёмов, стандарты остались совместимы, что позволяет использовать переходники.

12 декабря 2007 года была представлена спецификация S3200 с максимальной скоростью — 3,2 Гбит/с. Максимальная длина кабеля может достигать 100 метров.

IEEE 1394.1

В 2004 году увидел свет стандарт IEEE 1394.1. Этот стандарт был принят для

возможности построения крупномасштабных сетей и резко увеличивает количество подключаемых устройств до гигантского числа — 64 449.

IEEE 1394c

Появившийся в 2006 году стандарт 1394c позволяет использовать кабель Cat 5e от Ethernet. Возможно использовать параллельно с Gigabit Ethernet, то есть использовать две логические и друг от друга не зависящие сети на одном кабеле. Максимальная заявленная длина — 100 м, Максимальная скорость соответствует S800 — 800 Мбит/с.

1.8 Накопители

Для хранения программ и данных в IBM PC-совместимых персональных компьютерах используют различного рода накопители, общая емкость которых, как правило, в сотни или тысячи раз превосходит емкость оперативной памяти. По отношению к компьютеру накопители могут быть внешними и встраиваемыми (внутренними). В первом случае такие устройства имеют собственный корпус и источник питания, что экономит пространство внутри корпуса компьютера и уменьшает нагрузку на его блок питания. Встраиваемые накопители крепятся в специальных монтажных отсеках (drive bays) и позволяют создавать компактные системы, которые совмещают в системном блоке все необходимые устройства.

Сам накопитель можно рассматривать как совокупность носителя и соответствующего привода. В связи с этим различают накопители со сменным и несменным носителями. В зависимости от типа носителя все накопители можно подразделить на накопители на магнитной ленте и дисковые накопители. Накопители на магнитной ленте в свою очередь бывают двух видов: накопители на полудюймовых девятидорожечных лентах, работающие в старт-стопном режиме, и стримеры, работающие в потоковом ('инерционном) режиме. Накопители на магнитной ленте называют также устройствами последовательного доступа, так как обратиться к удаленным фрагментам данных можно только после считывания менее удаленных. Накопители же на дисках, как правило, являются устройствами произвольного доступа, поскольку интересующие данные могут быть получены без обязательного прочтения им предшествующих.

По способу записи и чтения информации на носитель дисковые накопители можно подразделить на магнитные, оптические и магнитооптические. Среди дисковых накопителей можно выделить:

накопители на флоппи-дисках;

накопители на несменных жестких дисках (винчестеры);

накопители на сменных жестких дисках;

накопители на сменных гибких дисках, использующие эффект Бернулли;

накопители на магнитооптических дисках;

накопители на оптических дисках с однократной записью и многократным чтением WORM (Write Once Read Many);

накопители на оптических компакт-дисках;

твердотельные накопители

Сразу отметим, что мир накопителей со сменным носителем гораздо шире и многообразнее остальных. Появились сменные винчестеры, которые чаще всего используются в портативных компьютерах. Такое многообразие сменных накопителей связано, видимо, с несколькими причинами. Во-первых, каждый пользователь персонального компьютера знает: какова бы ни была емкость винчестера, наступит время, когда он заполнится до отказа. С другой стороны, чисто теоретически емкость накопителя со сменным носителем, вообще говоря, не имеет предела. Во-вторых, довольно остро стоит проблема архивирования и резервного копирования накапливаемой информации. Исторически она решается с использованием сменных носителей. В-третьих, поскольку IBM PC-совместимый компьютер все-таки персональный, то довольно часто требуется определенный уровень защиты используемых данных. Разумеется, сменные носители — наиболее подходящее средство для обеспечения секретности при хранении частной, служебной и иной закрытой информации. В-четвертых, в ряде случаев с помощью сменных носителей вопрос переноса нескольких единиц, десятков и даже сотен мегабайт данных решается довольно просто. Это, конечно, далеко не все имеющиеся причины, и при желании к ним можно добавить еще несколько.

1.8.1 Методы хранения информации

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.

В последнее время для считывания применяют магниторезистивный эффект и используют в дисках магниторезистивные головки. В них изменение магнитного поля приводит к изменению сопротивления, в зависимости от изменения напряженности магнитного поля. Подобные головки позволяют увеличить вероятность достоверности считывания информации (особенно при больших плотностях записи информации).

Метод продольной записи

Биты информации записываются с помощью маленькой головки, которая, проходя над поверхностью вращающегося диска, намагничивает миллиарды горизонтальных дискретных областей — доменов. При этом вектор намагниченности домена расположен продольно, т.е. параллельно поверхности

диска. Каждая из этих областей является логическим нулём или единицей, в зависимости от намагниченности.

Максимально достижимая при использовании данного метода плотность записи составляет около 23 Гбит/см². В настоящее время происходит постепенное вытеснение данного метода методом перпендикулярной записи.

Метод перпендикулярной записи

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. Плотность записи у современных образцов — 60 Гбит/см². Жёсткие диски с перпендикулярной записью доступны на рынке с 2005 года.

Метод тепловой магнитной записи

Метод тепловой магнитной записи (англ. Heat-assisted magnetic recording, HAMR) на данный момент самый перспективный из существующих, сейчас он активно разрабатывается. При использовании этого метода используется точечный подогрев диска, который позволяет головке намагничивать очень мелкие области его поверхности. После того, как диск охлаждается, намагниченность «закрепляется». На рынке ЖД данного типа пока не представлены (на 2009 год), есть лишь экспериментальные образцы, плотность записи которых 150 Гбит/см². Разработка HAMR-технологий ведется уже довольно давно, однако эксперты до сих пор расходятся в оценках максимальной плотности записи. Так, компания Hitachi называет предел в 2,3–3,1 Тбит/см², а представители Seagate Technology предполагают, что они смогут довести плотность записи HAMR-носителей до 7,75 Тбит/см². Широкого распространения данной технологии следует ожидать в 2011—2012 годах.

1.8.2 Общие характеристики

В отличие от «гибкого» диска (дискеты), 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.

Также, в отличие от гибкого диска, носитель информации совмещён с накопителем, приводом и блоком электроники и (в персональных компьютерах в подавляющем количестве случаев) обычно установлен внутри системного блока компьютера.

По одной из версий, название «винчестер» (англ. Winchester) накопитель получил благодаря работавшему в фирме IBM Кеннету Хотону (англ. Kenneth E. Naughton), руководителю проекта, в результате которого 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 WCF». Также существует версия, что название произошло исключительно из-за названия патрона, также выпускаемого Winchester Repeating Arms Company, первого созданного в США боеприпаса для гражданского оружия «малого» калибра на бездымном порохе, который превосходил патроны старых поколений по всем показателям и немедленно завоевал широчайшую популярность.

В Европе и США название «винчестер» вышло из употребления в 1990-х годах, в русском же языке сохранилось и получило полуофициальный статус, а в компьютерном сленге сократилось до слова «винт» (наиболее употребимый вариант).

Характеристики

- **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 жестких дисков в результате непрерывного совершенствования технологии записи данных их максимально возможная емкость непрерывно увеличивается. Ёмкость современных жестких дисков (с форм-фактором 3,5 дюйма), на ноябрь 2010 г., достигает 3000 Гб (3 Терабайта). В отличие от принятой в информатике системы приставок, обозначающих кратную 1024 величину, производителями при обозначении ёмкости жёстких дисков используются величины, кратные 1000. Так, ёмкость жёсткого диска, маркированного как «200 ГБ», составляет 186,2 ГиБ (гибибайт).
- **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) — время, за которое винчестер гарантированно выполнит операцию чтения или записи на любом участке магнитного диска. Диапазон этого параметра невелик — 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).
- **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, 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.
- **Надёжность** (англ. reliability) — определяется как среднее время наработки на отказ (MTBF). Также подавляющее большинство современных дисков поддерживают технологию S.M.A.R.T.
- **Количество операций ввода-вывода в секунду** — у современных дисков это около 50 оп./с при произвольном доступе к накопителю и около 100 оп./сек при последовательном доступе.
- **Потребление энергии** — важный фактор для мобильных устройств.
- **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.
- **Сопrotивляемость ударам** (англ. G-shock rating) — сопротивляемость накопителя резким скачкам давления или ударам, измеряется в единицах допустимой перегрузки во включённом и выключенном состоянии.
- **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** — 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.

1.8.3 Устройство жесткого диска

Жёсткий диск состоит из гермозоны и блока электроники.

Гермозона

Гермозона включает в себя корпус из прочного сплава, собственно диски (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.

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 держатся в секрете. Большинство бюджетных устройств содержит 1 или 2 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. Шпиндельный двигатель жёсткого диска трехфазный, что обеспечивает стабильность вращения магнитных дисков, смонтированных на оси (шпинделе) двигателя. Статор двигателя содержит три обмотки, включенные звездой с отводом посередине, а ротор — постоянный секционный магнит. Для обеспечения малого биения на высоких оборотах в двигателе используются гидродинамические подшипники.

Устройство позиционирования головок состоит из неподвижной пары сильных неодимовых постоянных магнитов, а также катушки на подвижном блоке головок. Вопреки расхожему мнению, в подавляющем большинстве устройств 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 микрон) частицы. Однако в этом случае

выравнивается и влажность, а также могут проникнуть вредные газы. Выравнивание давления необходимо, чтобы предотвратить деформацию корпуса гермозоны при перепадах атмосферного давления (например, в самолёте) и температуры, а также при прогреве устройства во время работы. Пылинки, оказавшиеся при сборке в гермозоне и попавшие на поверхность диска, при вращении сносятся на ещё один фильтр — пылеуловитель.

Блок электроники

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.

На заключительном этапе сборки устройства поверхности пластин формируются — на них формируются дорожки и секторы. Конкретный способ определяется производителем и/или стандартом, но, как минимум, на каждую дорожку наносится магнитная метка, обозначающая её начало.

Существуют утилиты, способные тестировать физические секторы диска, и ограниченно просматривать и править его служебные данные.[10] Конкретные возможности подобных утилит сильно зависят от модели диска и технических сведений, известных автору по соответствующему семейству моделей.[11]

Геометрия магнитного диска

С целью адресации пространства поверхности пластин диска делятся на **дорожки** — концентрические кольцевые области. Каждая дорожка делится на равные отрезки — **секторы**. Адресация CHS предполагает, что все дорожки в заданной зоне диска имеют одинаковое число секторов.

Цилиндр — 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.

Чтобы использовать адресацию CHS, необходимо знать геометрию используемого диска: общее количество цилиндров, головок и секторов в нем. Первоначально эту информацию требовалось задавать вручную; в стандарте ATA-1 была введена функция автоопределения геометрии (команда Identify Drive).

Зонирование

На пластинах современных «винчестеров» дорожки сгруппированы в несколько зон (англ. Zoned Recording). Все дорожки одной зоны имеют одинаковое количество секторов. Однако, на дорожках внешних зон секторов больше, чем на дорожках внутренних. Это позволяет, используя бóльшую длину внешних дорожек, добиться более равномерной плотности записи, увеличивая ёмкость пластины при той же технологии производства.

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 ECC, 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.

Логическая геометрия

По мере роста емкости выпускаемых жёстких дисков их физическая геометрия перестала вписываться в ограничения, накладываемые программными и аппаратными интерфейсами. Кроме того, дорожки с различным количеством секторов несовместимы со способом адресации CHS. В результате контроллеры дисков стали сообщать не реальную, а фиктивную, логическую геометрию, вписывающуюся в ограничения интерфейсов, но не

соответствующую реальности. Так, максимальные номера секторов и головок для большинства моделей берутся 63 и 255 (максимально возможные значения в функциях прерывания BIOS INT 13h), а число цилиндров подбирается соответственно ёмкости диска. Сама же физическая геометрия диска не может быть получена в штатном режиме работы и другим частям системы неизвестна.

1.8.4 Историческая справка

- 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).
- 1980 год — первый 5,25-дюймовый Winchester, Shugart ST-506, 5 Мб.
- 1981 год — 5,25-дюймовый Shugart ST-412, 10 Мб.
- 1986 год — стандарты SCSI, ATA(IDE).
- 1991 год — максимальная ёмкость 100 Мб.
- 1995 год — максимальная ёмкость 2 Гб.
- 1997 год — максимальная ёмкость 10 Гб.
- 1998 год — стандарты UDMA/33 и ATAPI.
- 1999 год — IBM выпускает Microdrive ёмкостью 170 и 340 Мб.
- 2002 год — стандарт ATA/ATAPI-6 и накопители емкостью свыше 137 Гб.
- 2003 год — появление SATA.
- 2005 год — максимальная ёмкость 500 Гб.
- 2005 год — стандарт Serial ATA 3G (или SATA II).
- 2005 год — появление SAS (Serial Attached SCSI).
- 2006 год — применение перпендикулярного метода записи в коммерческих накопителях.
- 2006 год — появление первых «гибридных» жёстких дисков, содержащих блок флеш-памяти.
- 2007 год — Hitachi представляет первый коммерческий накопитель ёмкостью 1 Тб.
- 2009 год — на основе 500-гигабайтных пластин Western Digital, затем Seagate Technology LLC выпустили модели ёмкостью 2 Тб.
- 2009 год — Samsung выпустила первые жесткие диски с интерфейсом USB 2.0.
- 2009 год — Western Digital объявила о создании 2,5-дюймовых HDD объемом 1 Тб (плотность записи — 333 Гб на одной пластине).
- 2009 год — появление стандарта SATA 3.0 (SATA 6G).

- 2010 год — Seagate выпускает жесткий диск объемом 3 Тб.
- 2010 год — Samsung выпускает жесткий диск с пластинами, у которых плотность записи — 667 Гб на одной пластине.

1.9 Интерфейсы накопителей

Для подключения накопителей к IBM PC-совместимому компьютеру в настоящее время используется либо интерфейс IDE, SATA, либо SCSI, либо каким-либо сочетанием интерфейсов. Рассмотрим различные интерфейсы с исторической точки зрения.

1.9.1 Интерфейс ST-506/412

ST-506

ST-506 был первым 5.25 дюймовым жёстким диском, пусть и полной (full-height) высоты. Представленный в 1980 фирмой Seagate Technology, дисковый накопитель предоставлял ёмкость в 6 (после форматирования — 5) Мбайт. Для кодирования записываемой на диск информации применялся метод модифицированной частотной модуляции МЧМ (англ. Modified Frequency Modulation, MFM) которое уже широко использовалось в дисководах на гибких дисках. С вычислительной системой ST-506 связывался при помощи интерфейса SA1000, который использовал дисковый контроллер. Интерфейс ST-506, разработанный Shugart Associates, в свою очередь являлся базой разработки интерфейса дисководов на гибких дисках таким образом, вынуждая проектировать контроллер жёсткого диска относительно простым. Особенностью интерфейса ST-506 является подключение диска при помощи нескольких кабелей:

- первый — для передачи данных (с двумя разъёмами, в случае одного накопителя в системе, и тремя — в случае двух накопителей),
- второй (третий) — для передачи управляющих сигналов первому (второму) накопителю),
- питание каждого накопителя традиционно обеспечивал отдельный кабель.

Диски были просты и вызывались одновременно, потому что плата управления транслировала запросы на требуемую операционной системе дорожку и сектор в последовательности команд позиционирующих считывающие головки по кабелю одновременно всем накопителям, затем считывала с них сигнал и управляла считанные данные. 34-контактный "контрольный кабель" только управлял механическими движениями диска при помощи одной линии. Данные затем последовательно могли читаться или записываться, используя соответствующие два контакта 20-контактного "кабеля данных". Это приводило к принципиально медленной производительности в работе жёсткого диска, обусловленной ограниченной пропускной способностью "кабеля данных", хотя в то время это не было принципиальной задачей.

Приводы современных жёстких дисков имеют внутри значительные возможности обработки данных, и таким образом операционной системе требуется только запросить блок данных и жёсткий диск внутри себя осуществляет все шаги, которые требуются, чтобы отыскать запрошенный блок данных.

ST-412

В 1981 году были представлены более дорогие и ёмкие (10 Мбайт форматированной ёмкости, 12 — не форматированной) накопители с интерфейсом ST-412. В них появилось обновление интерфейса – добавилась способность "буферизированного поиска". В режиме буферизованного поиска, контроллер диска отправлял диску сигнал "STEP" так быстро, как мог получить ответ на него без необходимости дожидаться перемещения шагового двигателя. Затем встроенный микроконтроллер отправил сигнал шаговому двигателю, с той скоростью, с какой он мог работать, или перепрограммировал сервосистему на приводе головок, чтобы переместиться на требуемую дорожку. Буферизованный поиск значительно улучшил показатель времени поиска и в конце 1980-х обеспечил дискам, использующие эту способность, показатель среднего времени поиска в 15-30 миллисекунд (старые диски наподобие ST-506 имели показатель среднего времени поиска в среднем равный 100-200 миллисекунд, примерно столько же как и дисковод на гибких дисках или современный оптический привод).

В ST-412 использовался метод записи RLL, что прибавляло накопителю до 50% в ёмкости и скорости передачи данных (см. также ESDI)

Ряд других компаний быстро приступил к производству жёстких дисков, используя те же соединители и сигналы, создав из жестких дисков на базе ST-506 стандарта.

Сложность контроллера и кабельной системы привела к более новым решениям подобно ESDI, SCSI, и позже, IDE. Несколько ранних дисков SCSI было фактически дисками ST-506 со SCSI->ST-506 контроллером внутри диска; однако, большинство SCSI и все ATA имели встроенный контроллер в составе диска и таким образом, в таких моделях исключался интерфейс ST-506.

Реальный уровень совместимости с дисковым интерфейсом - уровень поддержки в BIOS, обеспечивается материнской платой. Когда компьютерной индустрии в 1983 году была представлена инновация IBM PC, поддержка интерфейса жесткого диска была обеспечена микросхемой BIOS на контроллере жёсткого диска. Наиболее вероятно, что BIOS материнских плат IBM PC и IBM PC/XT так и не имеет никакой собственной поддержки интерфейса жесткого диска. Когда была представлена система IBM PC/AT, IBM разместила поддержку интерфейса ST-506/412 в BIOS материнской платы, исключив задачи этой поддержки со стороны контроллера. С тех пор любая IBM PC/AT совместимая система также имеет расширенную версию и также обеспечивает поддержку интерфейса жёстких дисков в BIOS'e

материнской платы. Поскольку эта поддержка была отчасти ограничена, особенно в BIOS старых версий, много изготовителей дисковых контроллеров разместило дополнительную BIOS-поддержку непосредственно на контроллерах своих жёстких дисков. В некоторых случаях возможно одновременное использование и BIOS контроллера жёсткого диска и BIOS материнской платы; в других случаях, можно отключить BIOS одного из контроллеров (либо на жёстком диске либо на материнской плате), а затем использовать оставшийся.

1.9.2 Интерфейс ESDI

Этот интерфейс, разработанный компанией Maxtor Corporation в начале 1980-х как наследник интерфейса жёстких дисков ST-506, получил название «Улучшенный интерфейс малых дисков» (англ. Enhanced Small Disk Interface, ESDI). Усовершенствование ESDI, относительно ST-506, заключалось в перемещении контроллера шины, непосредственно в корпус привода жёсткого диска, а также унификацией шины управления так, чтобы стало возможным подключение большего видов устройств (таких как съёмные диски и ленточные накопители). ESDI использовал те же кабели, что и ST-506 (один 34-контактный кабель общего управления и 20-контактный кабель канала передачи данных на каждое устройство). Но нужно принимать во внимание, что по кабелям ESDI, длина которых могла достигать 9 футов (3 метра), внешне не отличающимся от кабелей ST506, передаются другие сигналы, главным образом — синфазные (то есть с общей землей), за исключением данных и синхронизации, для передачи которых использовался дифференциальный метод. Данные передавались порциями по 16 бит, сопровождаемых битом четности по последовательной линии. Имелась возможность подтверждения передачи данных.

Сепаратор теперь устанавливался непосредственно на плате накопителя и данные, передаваемые по кабелю данных уже имели цифровую форму (а не аналоговых сигналов), что позволяло подобрать параметры сепаратора к конкретному типу устройства. Поскольку в связи с заменой формы передаваемых сигналов их искажения в кабеле уже не имели такого значения, скорость обмена с контроллером удалось увеличить до 10 Мбит/сек и повысить надежность передачи данных.

Интерфейс ESDI позволял подключать до 7 винчестеров большой емкости (более 100 мегабайт, до 1 ГБ в IBM PS/2 модели 95) и оптических приводов (использовались три сигнала выбора устройства). Сигналы выбора головки позволяли напрямую адресовать до 16 головок (однако специальная команда Select Head Group позволяла использовать 16 групп по 16 головок в каждой, увеличивая предел до 256 головок).

Среднее время доступа у жестких дисков с интерфейсом ESDI составляло от 11 до 18 мс.

Косвенный признак, по которому можно отличить контроллер ESDI от контроллера ST506/412 — наличие на плате контроллера микросхемы ПЗУ BIOS.

ESDI был популярен во второй половине 1980-х в серверах, пока только появившиеся SCSI и ATA ещё не были достаточно развиты, а ST-506 уже не был достаточно быстрым или гибким в использовании. ESDI управлял потоком данных в 10, 15, или 20 мегабит в секунду (в отличие от ST-506, верхний предел у которого составлял 7,5 мегабит в секунду), и множество высокопроизводительных SCSI дисков выпускаемых в то время были фактически высокопроизводительными ESDI-дисками с интегрированными в диск SCSI-мостом.

В начале 1990-х, SCSI развился достаточно, чтобы управлять высокими скоростями передачи данных и множеством видов приводов, а на настольном рынке ATA быстро достиг возможностей ST-506. Эти два события сделали ESDI менее значимым и через некоторое время, с середины 1990-х, интерфейс ESDI массово больше не использовался.

1.9.3 Интерфейс SCSI

Интерфейс SCSI был разработан в конце 70-х годов и предложен организацией Shugart Associates первоначально под названием SASI (Shugart Associates System Interface). После стандартизации этого интерфейса в 1986 году уже под "именем" SCSI (читается "скази") он стал одним из важнейших промышленных стандартов для подключения "разумных" периферийных устройств, таких, как винчестеры, стримеры, сменные жесткие и оптические диски и т.п.

Интерфейс SCSI не разрабатывался специально для работы с дисковыми устройствами, он представляет собой миниатюрную сеть, построенную в пределах одного компьютера. Для подсоединения устройства любого типа с интерфейсом SCSI (а жесткие диски являются только одним из многих видов устройств, подключаемых посредством интерфейса SCSI) к PC необходимо наличие специальной платы расширения, называемой *адаптером SCSI* (SCSI Host Adapter). Эта, карта расширения используется в качестве моста между системной шиной PC и шиной SCSI. Накопители с интерфейсом SCSI, с другой стороны, обладают большей емкостью и скоростью, но за это придется не только заплатить дополнительные деньги, но и преодолеть трудности, связанные с их установкой в PC. Необходимо отметить, что SCSI — интерфейс системного, а не приборного уровня, поскольку протокол определяет только логический и физический уровень. В отличие от последовательных приборных интерфейсов ST506/412 и ESDI (где информация между накопителем и контроллером передается бит за битом) SCSI осуществляет параллельную пересылку данных. Это, в частности, позволяет существенно повысить скорость обмена. Контроллеры SCSI применяются не только в IBM PC-совместимых компьютерах, но и других платформах.

В некотором смысле шину SCSI можно рассматривать как небольшую локальную вычислительную сеть. Основное различие между шиной SCSI и обычной локальной вычислительной сетью (ЛВС) состоит в том, что ЛВС (Local Area Network, LAN) обычно используется для соединения нескольких PC (или, возможно, для подключения их к файловому серверу), в то время как PC, на котором установлен адаптер шины SCSI, является единственным универсальным компьютером, который может быть подключен к этой шине.

Каждое устройство, имеющее разъем шины SCSI, фактически содержит в своем составе маленький специализированный компьютер, реализующий функции контроллера интерфейса SCSI. Но этот компьютер может решать только одну задачу, а именно, обеспечение связи данного периферийного устройства с адаптером шины, установленным в PC, и возможно с другими устройствами, подключенными к шине SCSI.

Следует заметить, что SCSI не накладывает никаких ограничений на связь между контроллером и периферийным устройством. Устройства, подключаемые к шине SCSI, могут выступать в двух ипостасях: Initiator (ведущий, например компьютер) и Target (ведомый, например винчестер), причем одно и то же устройство может быть как ведущим, так и ведомым. В стандарте выделяются четыре схемы подключения устройств: один ведущий и один ведомый, один ведущий и несколько ведомых, несколько ведущих и один ведомый, несколько ведущих и несколько ведомых. К шине одновременно может быть подключено до восьми устройств, в том числе основной (хост) адаптер SCSI. Если необходимо подключить более семи устройств, то следует использовать второй хост-адаптер. Большинство систем позволяет использовать до 4 хост-адаптеров, таким образом, общее количество периферийных устройств достигает 28. Однако на практике не рекомендуется "смешивать" адаптеры различных фирм-производителей.

Хост-адаптер SCSI имеет собственную BIOS (базовую систему ввода-вывода), которая занимает обычно 16 Кбайт в верхней области памяти UMB (Upper Memory Block). Замена системной BIOS позволяет адаптеру работать не с двумя, а с семью приводами (например, Adaptec I1540C). Тем не менее стоит отметить, что некоторые адаптеры ограничиваются поддержкой только двух накопителей. В этом случае, правда, можно воспользоваться специальным программным драйвером.

Для осуществления обмена с процессором адаптер SCSI использует такие системные ресурсы, как порты ввода-вывода, прерывания IRQ и каналы прямого доступа в память DMA.

Существует три стандарта SCSI:

- SE (англ. single-ended) - асимметричный SCSI, для передачи каждого сигнала используется отдельный проводник.
- LVD (англ. low-voltage-differential) — интерфейс дифференциальной шины низкого напряжения, сигналы положительной и отрицательной полярности идут по разным физическим проводам - витой паре. На один

сигнал приходится по одной витой паре проводников. Используемое напряжение при передаче сигналов $\pm 1,8$ В.

- HVD (англ. high-voltage-differential) — интерфейс дифференциальной шины высокого напряжения, отличается от LVD повышенным напряжением и специальными приемопередатчиками.

В терминологии SCSI взаимодействие идёт между инициатором и целевым устройством. Инициатор посылает команду целевому устройству, которое затем отправляет ответ инициатору.

Все команды SCSI делятся на четыре категории: N (non-data), W (запись данных от инициатора целевым устройством), R (чтение данных) и B (двусторонний обмен данными). Всего существует порядка 60 различных команд SCSI, из которых наиболее часто используются:

- Test unit ready — проверка готовности устройства, в т.ч. наличия диска в дисковом.
- Inquiry — запрос основных характеристик устройства.
- Send diagnostic — указание устройству провести самодиагностику и вернуть результат.
- Request sense — возвращает код ошибки предыдущей команды.
- Read capacity — возвращает ёмкость устройства.
- Format Unit
- Read (4 варианта) — чтение.
- Write (4 варианта) — запись.
- Write and verify — запись и проверка.
- Mode select — установка параметров устройства.
- Mode sense — возвращает текущие параметры устройства.

Терминирование

Параллельные шины SCSI всегда должны терминироваться с обеих сторон для обеспечения нормального функционирования. Терминатор — поглотитель энергии (обычно резистор) на конце длинной линии, сопротивление которого равно волновому сопротивлению данной линии. Слово «терминатор» применяется в основном в компьютерном жаргоне, синонимом ему является выражение «согласованная нагрузка». Подавляющее большинство контроллеров и многие устройства имеют возможность автотерминирования — использования встроенного терминатора.

Таблица XX – обзор интерфейсов SCSI

Наименование	Разрядность шины	Частота шины	Пропускная способность	Максимальная длина кабеля	Максимальное количество устройств
SCSI	8 бит	5 МГц	5 МБайт/сек	6 м (25 м с HVD)	8
Fast SCSI	8 бит	10 МГц	10 МБайт/сек	3 м (25 м с HVD)	8

Wide SCSI	16 бит	10 МГц	20 МБайт/сек	3 м (25 м с HVD)	16
Ultra SCSI	8 бит	20 МГц	20 МБайт/сек	1,5—3 м (25 м с HVD)	4—8
Ultra Wide SCSI	16 бит	20 МГц	40 МБайт/сек	1,5—3 м (25 м с HVD)	4—16
Ultra2 SCSI	8 бит	40 МГц	40 МБайт/сек	12 м (25 м с HVD)	8
Ultra2 Wide SCSI	16 бит	40 МГц	80 МБайт/сек	12 м (25 м с HVD)	16
Ultra3 SCSI	16 бит	40 МГц DDR	160 МБайт/сек	12 м	16
Ultra-320 SCSI	16 бит	80 МГц DDR	320 МБайт/сек	12 м	16
Ultra-640 SCSI	16 бит	160 МГц DDR	640 МБайт/сек		16

1.9.4 Интерфейс ATA

ATA (англ. Advanced Technology Attachment — присоединение по передовой технологии) — параллельный интерфейс подключения накопителей (жёстких дисков и оптических приводов) к компьютеру. В 1990-е годы был стандартом на платформе IBM PC; в настоящее время вытесняется своим последователем — SATA и с его появлением получил название PATA (Parallel ATA).

Предварительное название интерфейса было PC/AT Attachment («Соединение с PC/AT»), так как он предназначался для подсоединения к 16-битной шине ISA, известной тогда как шина AT. В окончательной версии название переделали в «AT Attachment» для избежания проблем с торговыми марками. Первоначальная версия стандарта была разработана в 1986 году фирмой Western Digital и по маркетинговым соображениям получила название IDE (англ. Integrated Drive Electronics — «электроника, встроенная в привод»). Оно подчеркивало важное нововведение: контроллер привода располагается в нём самом, а не в виде отдельной платы расширения, как в предшествующем стандарте ST-506 и существовавших тогда интерфейсах SCSI и ST-412. Это позволило улучшить характеристики накопителей (за счёт меньшего расстояния до контроллера), упростить управление им (так как контроллер канала IDE абстрагировался от деталей работы привода) и удешевить производство (контроллер привода мог быть рассчитан только на «свой» привод, а не на все возможные; контроллер канала же вообще становился стандартным). Следует отметить, что контроллер канала IDE правильнее называть хост-адаптером, поскольку он перешёл от прямого управления приводом к обмену данными с ним по протоколу.

Интерфейс имеет 8 регистров, занимающих 8 адресов в пространстве ввода-вывода. Ширина шины данных составляет 16 бит. Количество каналов, присутствующих в системе, может быть больше 2. Главное, чтобы адреса каналов не пересекались с адресами других устройств ввода-вывода. К каждому каналу можно подключить 2 устройства (master и slave), но в каждый момент времени может работать лишь одно устройство.

Стандарт EIDE (англ. Enhanced IDE — «расширенный IDE»), появившийся вслед за IDE, позволял использование приводов ёмкостью, превышающей 528 Мб (504 МиБ), вплоть до 8,4 Гб. Хотя эти аббревиатуры возникли как торговые, а не официальные названия стандарта, термины IDE и EIDE часто употребляются вместо термина ATA.

Поначалу этот интерфейс использовался с жёсткими дисками, но затем стандарт был расширен для работы и с другими устройствами, в основном — использующими сменные носители. К числу таких устройств относятся приводы CD-ROM и DVD-ROM, ленточные накопители, а также дискеты большой ёмкости, такие, как ZIP и магнитооптические диски (LS-120/240).

Первоначальные расширения ATA для работы с приводами CD-ROM не обладали полной совместимостью и являлись фирменными. В результате, для подключения CD-ROM было необходимо устанавливать отдельную плату расширения, специфичную для конкретного производителя, например для Panasonic (существовало не менее 5 специфичных вариантов ATA, предназначенных для подключения CD-ROM). Некоторые варианты звуковых карт, например Sound Blaster, оснащались именно такими портами.

Другим важным этапом в развитии ATA стал переход от PIO (англ. Programmed input/output — программный ввод/вывод) к DMA (англ. Direct memory access — прямой доступ к памяти). При использовании PIO считыванием данных с диска управлял центральный процессор компьютера, что приводило к повышенной нагрузке на процессор и замедлению работы в целом. По причине этого компьютеры, использовавшие интерфейс ATA, обычно выполняли операции, связанные с диском, медленнее, чем компьютеры, использовавшие SCSI и другие интерфейсы. Введение DMA существенно снизило затраты процессорного времени на операции с диском. В дальнейшем развитии стандарта (ATA-3) был введён дополнительный режим UltraDMA 2 (UDMA 33).

Интерфейс ATA

Для подключения жёстких дисков с интерфейсом PATA обычно используется 40-проводный кабель (именуемый также шлейфом). Каждый шлейф обычно имеет два или три разъёма, один из которых подключается к разъёму контроллера на материнской плате (в более старых компьютерах этот контроллер размещался на отдельной плате расширения), а один или два других подключаются к дискам. В один момент времени шлейф P-ATA передаёт 16 бит данных. Иногда встречаются шлейфы IDE, позволяющие

подключение трёх дисков к одному IDE каналу, но в этом случае один из дисков работает в режиме read-only.

Долгое время шлейф ATA содержал 40 проводников, но с введением режима Ultra DMA/66 (UDMA4) появилась его 80-проводная версия. Все дополнительные проводники — это проводники заземления, чередующиеся с информационными проводниками. Такое чередование проводников уменьшает ёмкостную связь между ними, тем самым сокращая взаимные наводки. Ёмкостная связь является проблемой при высоких скоростях передачи, поэтому данное нововведение было необходимо для обеспечения нормальной работы установленной спецификацией UDMA4 скорости передачи 66 МБ/с (мегабайт в секунду). Более быстрые режимы UDMA5 и UDMA6 также требуют 80-проводного кабеля.

Хотя число проводников удвоилось, число контактов осталось прежним, как и внешний вид разъёмов. Внутренняя же разводка, конечно, другая. Разъёмы для 80-проводного кабеля должны присоединять большое число проводников заземления к небольшому числу контактов заземления, в то время как в 40-проводном кабеле проводники присоединяются каждый к своему контакту. У 80-проводных кабелей разъёмы обычно имеют различную расцветку (синий, серый и чёрный), в отличие от 40-проводных, где обычно все разъёмы одного цвета (чаще чёрные).

Стандарт ATA всегда устанавливал максимальную длину кабеля равной 46 см. Это ограничение затрудняет присоединение устройств в больших корпусах, или подключение нескольких приводов к одному компьютеру, и почти полностью исключает возможность использования дисков PATA в качестве внешних дисков. Хотя в продаже широко распространены кабели большей длины, следует иметь в виду, что они не соответствуют стандарту. То же самое можно сказать и по поводу «круглых» кабелей, которые также широко распространены. Стандарт ATA описывает только плоские кабели с конкретными характеристиками полного и ёмкостного сопротивлений. Это, конечно, не означает, что другие кабели не будут работать, но, в любом случае, к использованию нестандартных кабелей следует относиться с осторожностью.

Если к одному шлейфу подключены два устройства, одно из них обычно называется ведущим (англ. master), а другое ведомым (англ. slave). Обычно ведущее устройство идёт перед ведомым в списке дисков, перечисляемых BIOS'ом компьютера или операционной системы. В старых BIOS'ах (486 и раньше) диски часто неверно обозначались буквами: «С» для ведущего диска и «D» для ведомого.

Если на шлейфе только один привод, он в большинстве случаев должен быть сконфигурирован как ведущий. Некоторые диски (в частности, производства Western Digital) имеют специальную настройку, именуемую single (то есть «один диск на кабеле»). Впрочем, в большинстве случаев единственный

привод на кабеле может работать и как ведомый (такое часто встречается при подключении CD-ROM'a на отдельный канал).

Настройка, именуемая *cable select* (то есть «выбор, определяемый кабелем», кабельная выборка), была описана как опциональная в спецификации ATA-1 и стала широко распространена начиная с ATA-5, поскольку исключает необходимость переставлять переключки на дисках при любых переподключениях. Если привод установлен в режим *cable select*, он автоматически устанавливается как ведущий или ведомый в зависимости от своего местоположения на шлейфе.

Во времена использования 40-проводных кабелей широко распространилась практика осуществлять установку *cable select* путём простого перерезания проводника 28 между двумя разъёмами, подключившимися к дискам. При этом ведомый привод оказывался на конце кабеля, а ведущий в середине. Такое размещение в поздних версиях спецификации было даже стандартизировано. К сожалению, когда на кабеле размещается только одно устройство, такое размещение приводит к появлению ненужного куска кабеля на конце, что нежелательно — как из соображений удобства, так и по физическим параметрам: этот кусок приводит к отражению сигнала, особенно на высоких частотах.

80-проводные кабели, введённые для UDMA4, лишены указанных недостатков. Поскольку для 80-проводных шлейфов в любом случае требовались собственные разъёмы, повсеместное внедрение этого не составило больших проблем. Стандарт также требует использования разъёмов разных цветов, для более простой идентификации их как производителем, так и сборщиком. Синий разъём предназначен для подключения к контроллеру, чёрный — к ведущему устройству, серый — к ведомому.

Термины «ведущий» и «ведомый» были заимствованы из промышленной электроники (где указанный принцип широко используется при взаимодействии узлов и устройств), но в данном случае являются некорректными, и потому не используются в текущей версии стандарта ATA. Более правильно называть ведущий и ведомый диски соответственно *device 0* (устройство 0) и *device 1* (устройство 1).

1.9.5 Интерфейс SATA

SATA (англ. Serial ATA) — последовательный интерфейс обмена данными с накопителями информации.

SATA использует 7-контактный разъём вместо 40-контактного разъёма у PATA. SATA-кабель имеет меньшую площадь, за счёт чего уменьшается сопротивление воздуху, обдувающему комплектующие компьютера, упрощается разводка проводов внутри системного блока.

SATA-кабель за счёт своей формы более устойчив к многократному подключению. Питающий шнур SATA также разработан с учётом многократных подключений. Разъём питания SATA подаёт 3 напряжения питания: +12 В, +5 В

и +3,3 В; однако современные устройства могут работать без напряжения +3,3 В, что даёт возможность использовать пассивный переходник со стандартного разъёма питания IDE на SATA.

Стандарт SATA отказался от традиционного для PATA подключения по два устройства на шлейф; каждому устройству полагается отдельный кабель, что снимает проблему невозможности одновременной работы устройств, находящихся на одном кабеле (и возникавших отсюда задержек), уменьшает возможные проблемы при сборке (проблема конфликта Slave/Master устройств для SATA отсутствует), устраняет возможность ошибок при использовании нетерминированных PATA-шлейфов.

Стандарт SATA не предусматривает горячую замену активного устройства, дополнительно подключенные диски отключать нужно постепенно — питание, шлейф, а подключать в обратном порядке — шлейф, питание.

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

Для поддержки режима горячей замены нужно включить в BIOS режим AHCI. В случае, если загрузочный диск Windows XP подключен к контроллеру, которому переключают режим с IDE на AHCI, Windows перестанет загружаться — активировать этот режим в BIOS возможно только во время установки Windows.

Основные особенности eSATA:

- Разъёмы — менее хрупкие, и конструктивно рассчитаны на большее число подключений.
- Требуется для подключения два провода: шину данных и кабель питания. В новых спецификациях планируется[2] отказаться от отдельного кабеля питания для выносных eSATA-устройств.
- Длина кабеля увеличена до 2 м (по сравнению с 1 метром у SATA).
- Средняя практическая скорость передачи данных выше, чем у USB или IEEE 1394.
- Существенно снижается нагрузка на центральный процессор.
- Уменьшены требования к сигнальным напряжениям по сравнению с SATA.

SAS

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.

SAS и SATA-2 в первых редакциях были синонимами. Но позже производители

посчитали, что реализовывать SCSI полностью в настольных компьютерах нецелесообразно, поэтому мы сейчас наблюдаем такое разделение. К слову, такие высокие скорости, заложенные в стандарте SATA, на первый взгляд могут показаться излишними — обычный SATA HDD использует, в лучшем случае, 40-45 % пропускной способности шины. Однако, работа с буфером винчестера происходит на полной скорости интерфейса.

Сравнение SAS и параллельного SCSI

- SAS использует последовательный протокол передачи данных между несколькими устройствами, и, таким образом, использует меньшее количество сигнальных линий.
- Интерфейс SCSI использует общую шину. Таким образом, все устройства подключены к одной шине, и с контроллером одновременно может работать только одно устройство. Интерфейс SAS использует соединения точка-точка — каждое устройство соединено с контроллером выделенным каналом.
- В отличие от SCSI, SAS не нуждается в терминации шины пользователем.
- В SCSI имеется проблема, связанная с тем, что время распространения сигнала по разным линиям, составляющим параллельный интерфейс, может отличаться. Интерфейс SAS лишён этого недостатка.
- SAS поддерживает большое количество устройств (> 16384), в то время как интерфейс SCSI поддерживает 8, 16, или 32 устройства на шине.
- SAS обеспечивает более высокую пропускную способность (1,5, 3,0 или 6,0 Гбит/с). Такая пропускная способность может быть обеспечена на каждом соединении инициатор-целевое устройство, в то время как на шине SCSI пропускная способность шины разделена между всеми подключёнными к ней устройствами.
- SAS поддерживает подключение устройств с интерфейсом SATA.
- SAS, также как и параллельный SCSI, использует команды SCSI для управления и обмена данными с целевыми устройствами.

Сравнение SAS и SATA

- SATA-устройства идентифицируются номером порта контроллера интерфейса SATA, в то время как устройства SAS идентифицируются их WWN-идентификаторами (WWN — англ. World Wide Name).
- Устройства SATA-1 и SAS поддерживают тегированные очереди команд TCQ(англ. Tagged Command Queuing). В то же время, устройства SATA версии 2 поддерживают как TCQ, так и англ. Native Command Queuing (NCQ).
- SATA использует набор команд ATA, который позволяет работать с жёсткими дисками, в то время как SAS поддерживает более широкий набор устройств, в том числе жёсткие диски, сканеры, принтеры и др. (Накопители на оптическом диске, подключаемые через SATA, на самом деле являются целевыми устройствами SCSI, для доставки SCSI команд к

которым используется SATA);

- Аппаратура SAS поддерживает связь инициатора с целевыми устройствами по нескольким независимым линиям: в зависимости от реализации можно повысить отказоустойчивость системы и/или увеличить скорость передачи данных. Интерфейс SATA версии 1 такой возможности не имеет. В то же время, интерфейс SATA версии 2 использует дубликаторы портов для повышения отказоустойчивости.
- Преимущество SATA — в низком энергопотреблении и невысокой стоимости оборудования, а интерфейса SAS — большей надёжности.

Характеристики стандартов

SATA Revision 1.x (до 1.5 Гбит/с)

Первоначально стандарт SATA предусматривал работу шины на частоте 1,5 ГГц, обеспечивающей пропускную способность приблизительно в 1,2 Гбит/с (150 МБ/с). (20%-я потеря производительности объясняется использованием системы кодирования 8В/10В, при которой на каждые 8 бит полезной информации приходится 2 служебных бита). Пропускная способность SATA/150 незначительно выше пропускной способности шины Ultra ATA (UDMA/133). Главным преимуществом SATA перед PATA является использование последовательной шины вместо параллельной. Несмотря на то, что последовательный способ обмена принципиально медленнее параллельного, в данном случае это компенсируется возможностью работы на более высоких частотах за счёт большей помехоустойчивости кабеля. Это достигается меньшим числом проводников и объединением информационных проводников в две витые пары, экранированные заземлёнными проводниками.

SATA Revision 2.x (до 3 Гбит/с)

Стандарт SATA/300 работает на частоте 3 ГГц, обеспечивает пропускную способность до 2,4 Гбит/с (300 МБ/с). Впервые был реализован в контроллере чипсета nForce 4 фирмы «NVIDIA». Часто стандарт SATA/300 называют SATA II или SATA 2.0. Теоретически устройства SATA/150 и SATA/300 должны быть совместимы (как контроллер SATA/300 с устройством SATA/150, так и контроллер SATA/150 с устройством SATA/300) за счёт поддержки согласования скоростей, однако для некоторых устройств и контроллеров требуется ручное выставление режима работы. Например, на НЖМД фирмы Seagate, поддерживающих SATA/300, для принудительного включения режима SATA/150 предусмотрен специальный джампер.

SATA Revision 3.x (до 6 Гбит/с)

Спецификация SATA Revision 3.0 предусматривает возможность передачи данных на скорости до 6 Гбит/с (практически до 5.89 Гбит/с — 600 МБ/с). В числе улучшений SATA Revision 3.0 по сравнению с предыдущей версией спецификации, помимо более высокой скорости, можно отметить улучшенное управление питанием. Также будет сохранена совместимость, как на уровне разъёмов и кабелей SATA, так и на уровне протоколов обмена. Кстати, консорциум SATA-IO предостерегает от применения для обозначения

поколений SATA терминов вроде SATA III, SATA 3.0 или SATA Gen 3. Полное правильное название спецификации — SATA Revision 3.0; название интерфейса — SATA 6Gb/s.

1.9.6 RAID – массивы

RAID (англ. redundant array of independent/inexpensive disks — избыточный массив независимых/недорогих 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. Калифорнийский университет в Беркли представил следующие уровни спецификации RAID, которые были приняты как стандарт де-факто:

- RAID 0 представлен как неотказоустойчивый дисковый массив.
- RAID 1 определён как зеркальный дисковый массив.
- RAID 2 зарезервирован для массивов, которые применяют код Хемминга.
- RAID 3, 4, 5 используют чётность для защиты данных от одиночных неисправностей.
- RAID 6 используют чётность для защиты данных от двойных неисправностей.
- RAID 10 отказоустойчивый массив с дублированием и параллельной обработкой.
- RAID 30 отказоустойчивый массив с параллельной передачей данных и повышенной производительностью.

Уровни RAID

RAID 0

RAID 0 (Striping — «чередование») — дисковый массив из двух или более жёстких дисков с отсутствием избыточности. Информация разбивается на блоки данных (A_i) и записывается на оба/несколько дисков одновременно.

За счёт этого существенно повышается производительность (от количества дисков зависит кратность увеличения производительности).

Страдает надёжность всего массива (при выходе из строя любого из входящих в RAID 0 винчестеров полностью и безвозвратно пропадает вся информация).

Надёжность массива RAID 0 заведомо ниже надёжности любого из дисков в отдельности. Вероятность нормальной работы системы равна произведению вероятностей нормальной работы всех входящих в нее дисков, см.

Вероятность пересечения событий, так как отказы разных дисков в системе можно считать независимыми событиями.

RAID 1

RAID 1 (Mirroring — «зеркалирование»).

Обеспечивает приемлемую скорость записи и выигрыш по скорости чтения при распараллеливании запросов.

Имеет высокую надёжность — работает до тех пор, пока функционирует хотя бы один диск в массиве. Вероятность выхода из строя сразу двух дисков равна произведению вероятностей отказа каждого диска, см. Вероятность пересечения событий. На практике при выходе из строя одного из дисков следует срочно принимать меры — вновь восстанавливать избыточность. Для этого с любым уровнем RAID (кроме нулевого) рекомендуют использовать диски горячего резерва. Достоинство такого подхода — поддержание постоянной надёжности. Недостаток — ещё большие издержки (то есть стоимость двух винчестеров для хранения объёма одного диска).

Недостаток заключается в том, что приходится выплачивать стоимость двух жёстких дисков, получая полезный объём одного жёсткого диска (классический случай, когда массив состоит из двух дисков).

Зеркало на многих дисках — RAID 1+0. При использовании такого уровня зеркальные пары дисков выстраиваются в «цепочку», поэтому объём полученного тома может превосходить ёмкость одного жёсткого диска. Достоинства и недостатки такие же, как и у уровня RAID 0. Как и в других случаях, рекомендуется включать в массив диски горячего резерва из расчёта один резервный на пять рабочих.

RAID 2

В массивах такого типа диски делятся на две группы — для данных и для кодов коррекции ошибок, причем если данные хранятся на n дисках, то для складирования кодов коррекции необходимо $n - 1$ дисков. Данные записываются на соответствующие винчестеры так же, как и в RAID 0, они разбиваются на небольшие блоки по числу дисков, предназначенных для хранения информации. Оставшиеся диски хранят коды коррекции ошибок, по которым в случае выхода какого-либо винчестера из строя возможно восстановление информации. Метод Хемминга давно применяется в памяти типа ЕСС и позволяет на лету исправлять однократные и обнаруживать двукратные ошибки.

Впрочем, держать ради этого громоздкую структуру из почти двойного количества дисков никому не хотелось, и этот вид массива не получил распространения.

RAID 3

Структура массива RAID 3 такова: в массиве из n дисков данные разбиваются на блоки размером 1 байт и распределяются по $n - 1$ дискам, а еще один диск используется для хранения блоков четности. В RAID 2 для этой цели стояло $n - 1$ дисков, но большая часть информации на этих дисках использовалась только для коррекции ошибок на лету, а для простого восстановления в случае поломки диска достаточно меньшего ее количества, хватает и одного выделенного винчестера.

Соответственно, отличия RAID 3 от RAID 2 очевидны: невозможность коррекции ошибок на лету и меньшая избыточность.

Скорость чтения и записи данных высока, а для создания массива требуется совсем немного дисков, всего три.

Массив этого типа хорош только для однозадачной работы с большими файлами, так как наблюдаются проблемы со скоростью при частых запросах данных небольшого объёма.

Большая нагрузка на контрольный диск, что приводит к тому, что его надёжность сильно падает по сравнению с дисками с данными.

RAID 4

RAID 4 похож на RAID 3, но отличается от него тем, что данные разбиваются на блоки, а не на байты. Таким образом, удалось «победить» проблему низкой скорости передачи данных небольшого объёма. Запись же производится медленно из-за того, что четность для блока генерируется при записи и записывается на единственный диск. Из систем хранения широкого распространения RAID-4 применяется на устройствах хранения компании NetApp (NetApp FAS), где его недостатки успешно устранены за счет работы дисков в специальном режиме групповой записи, определяемом используемой на устройствах внутренней файловой системой WAFL.

RAID 5

Основным недостатком уровней RAID от 2-го до 4-го является невозможность производить параллельные операции записи, так как для хранения информации о четности используется отдельный контрольный диск. RAID 5 не имеет этого недостатка. Блоки данных и контрольные суммы циклически записываются на все диски массива, нет асимметрии конфигурации дисков.

RAID5 получил широкое распространение, в первую очередь, благодаря своей экономичности. Объем дискового массива RAID5 рассчитывается по формуле $(n-1) * \text{hddsize}$, где n — число дисков в массиве, а hddsize — размер одного диска. Например для массива из 4-х дисков по 80 гигабайт общий объем будет $(4 - 1) * 80 = 240$ гигабайт. На запись информации на том RAID 5 тратятся дополнительные ресурсы, так как требуются дополнительные вычисления, зато при чтении (по сравнению с отдельным винчестером) имеется выигрыш, потому что потоки данных с нескольких накопителей массива обрабатываются параллельно.

Недостатки RAID 5 проявляются при выходе из строя одного из дисков — весь том переходит в критический режим (degrade), все операции записи и чтения сопровождаются дополнительными манипуляциями, резко падает производительность. При этом уровень надежности снижается до надежности RAID-0 с соответствующим количеством дисков (то есть в n раз ниже надежности одиночного диска). Если до полного восстановления массива произойдет выход из строя, или возникнет невозможная ошибка чтения хотя бы на еще одном диске, то массив разрушается, и данные на нем

восстановлению обычными методами не подлежат. Минимальное количество используемых дисков равно трём.

RAID 6

RAID 6 — похож на RAID 5, но имеет более высокую степень надежности — под контрольные суммы выделяется емкость 2-х дисков, рассчитываются 2 суммы по разным алгоритмам. Требует более мощный RAID-контроллер. Обеспечивает работоспособность после одновременного выхода из строя двух дисков — защита от кратного отказа. Для организации массива требуется минимум 4 диска. Обычно использование RAID-6 вызывает примерно 10-15 % падение производительности дисковой группы, по сравнению с аналогичными показателями RAID-5, что вызвано большим объемом обработки для контроллера (необходимость рассчитывать вторую контрольную сумму, а также прочитывать и перезаписывать больше дисковых блоков при записи каждого блока).

RAID 7

RAID 7 — зарегистрированная марка компании Storage Computer Corporation. Структура массива такова: на $n - 1$ дисках хранятся данные, один диск используется для складирования блоков четности. Но добавилось несколько важных деталей, призванных ликвидировать главный недостаток массивов такого типа: кэш данных и быстрый контроллер, заведующий обработкой запросов. Это позволило снизить количество обращений к дискам для вычисления контрольной суммы данных. В результате удалось значительно повысить скорость обработки данных (кое-где в пять и более раз). Прибавились и новые недостатки: очень высокая стоимость реализации такого массива, сложность его обслуживания, необходимость в источнике бесперебойного питания для предотвращения потери данных в кэш-памяти при перебоях питания.

RAID 10

RAID 10 — зеркалированный массив, который затем записывается последовательно на несколько дисков, как RAID 0. Эта архитектура представляет собой массив типа RAID 0, сегментами которого являются массивы RAID 1. Он объединяет в себе высокую отказоустойчивость и производительность. Нынешние контроллеры используют этот режим по умолчанию для RAID 1. То есть, 1 диск основной, 2-й диск — зеркало, причем чтение производится с них поочередно, как для RAID 0. Собственно, сейчас можно считать что RAID 10 и RAID 1+0 — это просто разное название одного и того же метода аппаратного зеркалирования дисков. Но не стоит забывать, что полноценный RAID 1+0 должен содержать как минимум 4 диска.

Комбинированные уровни

Помимо базовых уровней RAID 0 — RAID 5, описанных в стандарте, существуют комбинированные уровни RAID 1+0, RAID 3+0, RAID 5+0, RAID 1+5, которые различные производители интерпретируют каждый по-своему. RAID 1+0 — это сочетание зеркалирования и чередования (см. выше).

RAID 5+0 — это чередование томов 5-го уровня.

RAID 1+5 — RAID 5 из зеркалированных пар.

Комбинированные уровни наследуют как преимущества, так и недостатки своих «родителей»: появление чередования в уровне RAID 5+0 несколько не добавляет ему надёжности, но зато положительно отражается на производительности. Уровень RAID 1+5, наверное, очень надёжный, но не самый быстрый и, к тому же, крайне неэкономичный: полезная ёмкость тома меньше половины суммарной ёмкости дисков...

Стоит отметить, что количество жестких дисков в комбинированных массивах также изменится. Например для RAID 5+0 используют 6 или 8 жестких дисков, для RAID 1+0 — 4, 6 или 8.

Matrix RAID

Matrix RAID — это технология, реализованная фирмой Intel в своих чипсетах начиная с ICH6R. Строго говоря, эта технология не является новым уровнем RAID (ее аналог существует в аппаратных RAID-контроллерах высокого уровня), она позволяет, используя небольшое количество дисков организовать одновременно один или несколько массивов уровня RAID 1, RAID 0 и RAID5. Это позволяет за сравнительно небольшие деньги обеспечить для одних данных повышенную надёжность, а для других высокую скорость доступа.

Программный (англ. software) RAID

Для реализации RAID можно применять не только аппаратные средства, но и полностью программные компоненты (драйверы). Например, в системах на ядре Linux существуют специальные модули ядра, а управлять RAID-устройствами в GNU/Linux можно с помощью утилиты mdadm. Программный RAID имеет свои достоинства и недостатки. С одной стороны, он ничего не стоит (в отличие от аппаратных RAID-контроллеров, цена которых от \$250). С другой стороны, программный RAID использует ресурсы центрального процессора, и в моменты пиковой нагрузки на дисковую систему процессор может значительную часть мощности тратить на обслуживание RAID-устройств.

1.10 Другие виды накопителей

1.10.1 Флоппи-диски

Дискета (англ. floppy disk) — портативный носитель информации, используемый для многократной записи и хранения данных, представляющий собой помещённый в защитный пластиковый корпус (диск диаметром 3,5" имеет более жёсткий футляр, чем диск диаметром 5,25") гибкий магнитный диск, покрытый ферромагнитным слоем.

В отечественных разработках существовал термин «гибкий магнитный диск» и соответствующая аббревиатура — ГМД. Устройство для работы с ГМД соответственно называется НГМД (дисковод гибких дисков, флоппи-

дисковод) — «накопитель на гибких магнитных дисках»), а контроллер устройства — КНГМД.

Дискеты обычно имеют функцию защиты от записи, посредством которой можно предоставить доступ к данным только в режиме чтения. Дискеты были массово распространены с 1970-х и до конца 1990-х годов, уступив более ёмким CD и удобным флеш-накопителям.

История

- 1967 — Алан Шугарт возглавлял команду, которая разрабатывала дисководы в лаборатории фирмы IBM, где были созданы накопители на гибких дисках. Дэвид Нобль (англ. David Noble), один из старших инженеров, работающих под его руководством, предложил гибкий диск (прообраз дискеты диаметром 8") и защитный кожух с тканевой прокладкой.
- 1971 — фирмой IBM была представлена первая дискета диаметром в 8" (200 мм) с соответствующим дисководом.
- 1976 — Shugart Associates, разработав контроллер и оригинальный интерфейс Shugart Associates SA-400, выпустила дисковод для миниатюрных (mini-floppy) гибких дисков на 5,25", который, быстро вытеснив дисководы для дисков 8", стал популярным в персональных компьютерах. Компания Shugart Associates также создала интерфейс Shugart Associates System Interface (SASI), который после формального одобрения комитетом ANSI в 1986 году был переименован в Small Computer System Interface (SCSI).
- 1981 — Sony выводит на рынок дискету диаметром 3,5" (90 мм). В первой версии (DD) объём составляет 720 килобайт (9 секторов). В 1984 году фирма Hewlett-Packard впервые использовала этот накопитель в своем компьютере HP-150. Поздняя версия (HD) имеет объём 1440 килобайт или 1,40 мегабайт (18 секторов).
- 1984 год — фирма Apple стала использовать накопители 3,5" в компьютерах Macintosh
- 1987 год — 3,5" HD накопитель появился в компьютерных системах PS/2 фирмы IBM и становится стандартом для массовых ПК.
- 1987 год — официально представлены разработанные в 1980-х годах фирмой Toshiba Corporation дисководы сверхвысокой плотности (англ. Extra High Density, ED) носителем для которых служила дискета ёмкостью 2880 килобайт (36 секторов).

Таблица 3 - Параметры дисководов для флоппи-дисков

Параметры	Дисководы			
	5,25 дюйма		3,5 дюйма	
	DS/DD	DS/HD	DS/DD	DS/HD
Число дорожек	40	80	80	80

Количество секторов на одну дорожку	9	15	9	18
Число сторон	2	2	2	2
Емкость, Кбайт	360	1200	720	1440

Конструкция

Для считывания (и записи) информации, записанной на диске, дисковод оснащён установленной на приводе головок парой магнитных головок, представляющих собой электромагнитные катушки с сердечниками из мягкого сплава железа, снабженных пружинами и под небольшим давлением прижимающихся к поверхности диска. Двигатель, который осуществляет перемещения головок по диску в двух направлениях с определенным приращением, или шагом, называется шаговым двигателем. Двигатель управляется контроллером диска, который устанавливает головки в соответствии с любым относительным приращением в пределах границ перемещения привода головок. В миниатюрных дисководах на 3,5" головки монтируются на червячной передаче, приводимой в движение непосредственно валом шагового двигателя.

Диски имеют два типа плотности — радиальную и линейную. Радиальная плотность указывает, сколько дорожек может быть записано на диске, и выражается в количестве дорожек на дюйм. Линейная плотность — это способность отдельной дорожки накапливать данные и выражается в количестве битов на дюйм. Шаговые двигатели не могут осуществлять непрерывное позиционирование, обычно он поворачивается на точно определенный угол и останавливается. Большинство шаговых двигателей, установленных в дисководах гибких дисков, осуществляют перемещение с определенным шагом, связанным с расстоянием между дорожками на диске. Позиционирование головок — это операция расположения головок относительно дорожек на диске (узкие концентрические кольца на диске), позволяет приступить к чтению или записи информации на диск.

Цилиндр - количество дорожек, с которых можно считать информацию, не перемещая головок. Термин обычно используется как синоним дорожки, а поскольку гибкий диск в дискете имеет две стороны, а дисковод для гибких дисков — только две головки, в гибком диске на один цилиндр приходится две дорожки.

1.10.2 Стримеры

Носители на магнитной ленте применяются в компьютерах еще с начала 50-х годов. В те времена подобные устройства стали приходить на смену "бумажным" носителям информации — перфолентам и перфокартам. Как устройство длительного хранения данных магнитная лента до сих пор сохраняет свое значение. В настоящее время чаще всего применяется несколько типов устройств, использующих в качестве носителя информации магнитную ленту.

Более всего известны, конечно, накопители, использующие полудюймовые ленты, намотанные на бобины или катушки (half-inch reel-to-reel). Остальные типы устройств (кстати, более современные) используют для намотки ленты не отдельные бобины, а специальные кассеты — картриджи, или компакт - кассеты. Как известно, полудюймовые ленты, используемые в соответствующих накопителях, называют также девятидорожечными. Накопители на полудюймовых лентах в основном используются в составе мини и универсальных ЭВМ (mainframes).

Под стримером (streamer) понимается просто лентопротяжный механизм, работающий в инерционном режиме, и не более того. Так что то, намотана лента на бобину или заключена в кассету (картридж), к названию "стример" ровно никакого отношения не имеет. Но поскольку практически во всех лентопротяжных механизмах современных средств резервного копирования используется именно этот режим работы, сами накопители и называют стримерами (иногда "потокowymi" лентами).

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.

Ленточная библиотека

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 наличествующих устройств чтения-записи (когда кассеты оказываются стоящими в очереди к устройству).

1.10.3 Накопители, использующие эффект Бернулли

Специалисты американской фирмы Iomega нашли красивое решение для минимизации расстояния между магнитным слоем носителя и головкой записи-считывания. Они использовали для регулирования этого расстояния известное соотношение Бернулли: давление на поверхность, создаваемое потоком движущейся жидкости или газа, зависит от скорости этого потока. Причем чем быстрее движется газ или (жидкость), тем меньше давление на поверхность, то есть подъемная сила. Внешне новый носитель данных — Bernoulli Cartridge — выглядит как увеличенная до 5,25 дюйма обычная 3,5-дюймовая дискета. Движение воздуха в системе привод-носитель создается благодаря быстрому вращению диска в накопителе. Неподвижный гибкий диск с магнитным носителем прогибается под тяжестью собственного веса и, поскольку он расположен ниже головки, отдаляется от нее. При оптимальной скорости вращения магнитный слой носителя и головку разделяет крошечная прослойка воздуха (три миллионных миллиметра). Головка "летит" над рабочей поверхностью носителя, и, как следствие, отсутствует ее износ. При снижении количества оборотов (например, из-за отключения электропитания), ударах и вибрациях расстояние между поверхностью магнитного носителя и универсальной головкой автоматически увеличивается.

Первые модели накопителей Bernoulli были выпущены фирмой Iomega в 1986 году. Тогда каждый сменный диск имел емкость всего 20 Мбайт. Сравнительно быстро миновав рубеж в 90 Мбайт, в 1992 году она достигла уже 150 Мбайт. Сегодня же речь идет о сменных удароустойчивых носителях емкостью примерно 1,5 Гбайт. Как и для многих других накопителей, для устройств типа Bernoulli имеется несколько вариантов исполнения: встраиваемое, внешнее, с одиночным и сдвоенным приводами. В качестве интерфейса связи между накопителем и компьютером чаще всего используется SCSI. Однако есть варианты, рассчитанные и на интерфейс IDE.

Довольно популярным типом привода, использующим эффект Бернулли, стал накопитель Zip. Вес этого компактного устройства не превышает 400 г. В зависимости от версии к компьютеру оно может подключаться либо через

параллельный, либо через SCSI-интерфейс. Причем скорость передачи данных достигает 1,1 Мбайта/с, емкость 3,5-дюймового картриджа составляет от 100 Мбайт, скорость вращения диска — около 3 тысяч оборотов в минуту, а время доступа — около 30 мс.

1.10.4 Оптические накопители

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 CD-дисков стали DVD-диски.

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). Компакт-диск был разработан в 1979 году компаниями Philips и Sony. На Philips разработали общий процесс производства, основываясь на своей более ранней технологии лазерных дисков. Sony, в свою очередь, использовала собственный метод кодирования сигнала РСМ — Pulse Code Modulation, использовавшийся ранее в цифровых профессиональных магнитофонах. В 1982 году началось массовое производство компакт-дисков, на заводе в городе Лангенхагене под Ганновером, в Германии.

Значительный вклад в популяризацию компакт-дисков внесли Microsoft и Apple Computer. Джон Скалли, тогдашний CEO Apple Computer, в 1987 году сказал, что компакт-диски произведут революцию в мире персональных компьютеров.

Технические детали

Геометрия диска

Компакт-диск представляет собой поликарбонатную подложку толщиной 1,2 мм и диаметром 120 мм, покрытую тончайшим слоем металла (алюминий, золото, серебро и др.), на который обычно наносится графическое представление содержания диска, и защитным слоем лака. Принцип считывания через подложку 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 без коробки составляет ~15,7 г.

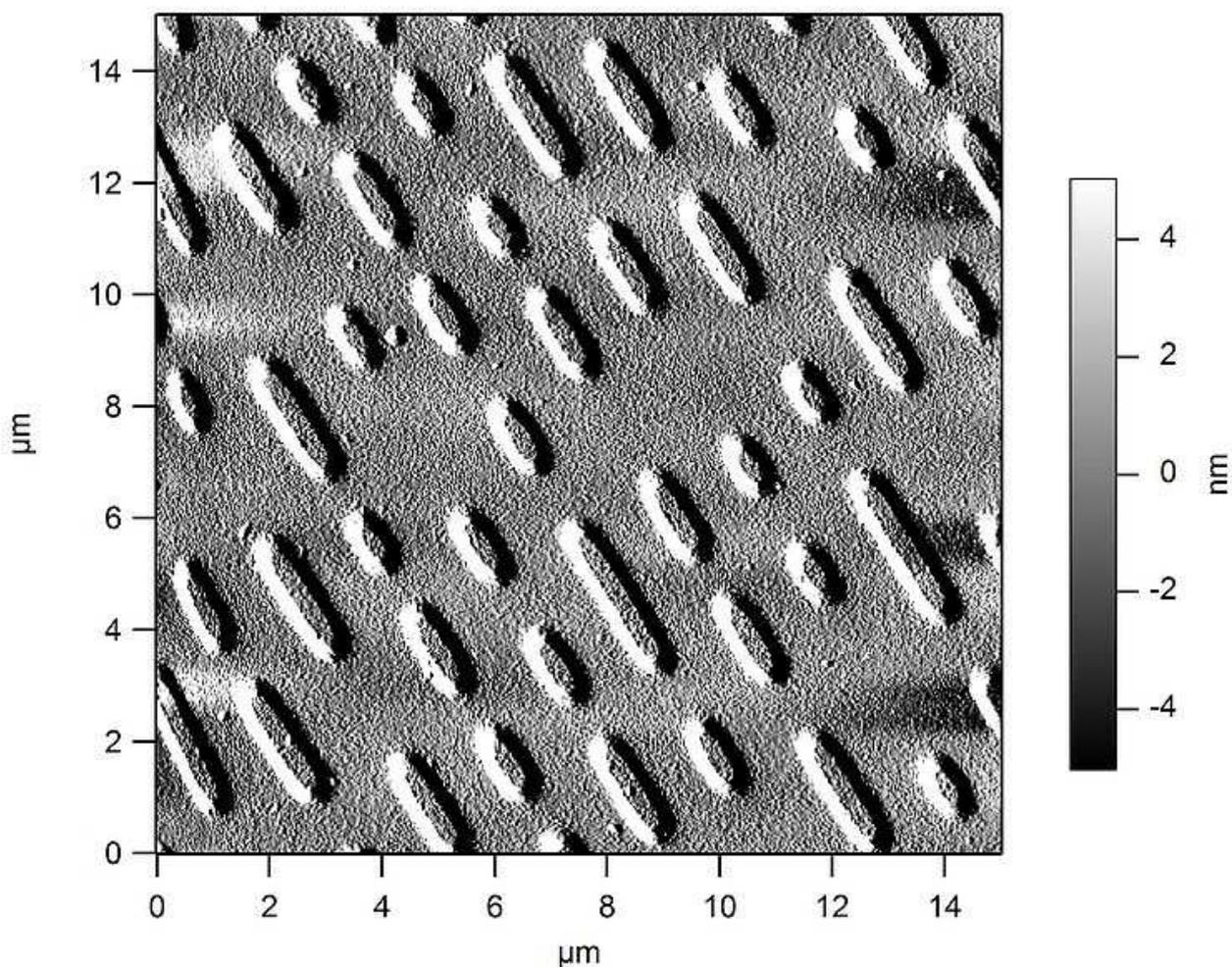


Рисунок 7 - CD-ROM под электронным микроскопом

Кодирование информации

Формат хранения данных на диске, известный как Red Book («Красная книга»), был разработан компанией Philips. В соответствии с ним на компакт-диск можно записывать звук в два канала с 16-битной импульсно-кодовой модуляцией (PCM) и частотой дискретизации 44,1 кГц. Благодаря коррекции ошибок с помощью кода Рида — Соломона, лёгкие радиальные царапины не влияют на читаемость диска. Philips также владеет всеми правами на знак «Compact disc digital audio», логотип формата аудио-компакт-дисков.

Информационная структура

Информация на диске записывается в виде спиральной дорожки из питов (англ. pit — углубление), выдавленных в поликарбонатной основе. Каждый пит имеет примерно 100 нм в глубину и 500 нм в ширину. Длина пита варьируется от 850 нм до 3,5 мкм. Промежутки между питами называются лендом (англ. land — пространство, основа). Шаг дорожек в спирали составляет 1,6 мкм.

Различают диски только для чтения («алюминиевые»), CD-R — для однократной записи, CD-RW — для многократной записи. Диски последних двух типов предназначены для записи на специальных пишущих приводах. В

некоторых CD-плеерах и музыкальных центрах такие диски могут не воспроизводиться (в последнее время все производители бытовых музыкальных центров и CD-плееров включают в свои устройства поддержку чтения CD-R/RW).

Считывание информации

Данные с диска читаются при помощи лазерного луча с длиной волны 780 нм. 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 ленте), то фотодиод регистрирует максимальный сигнал. В случае, если свет попадает на пит, фотодиод регистрирует меньшую интенсивность света. Различие между дисками «только для чтения» и дисками однократной/многократной записи 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 ленты. 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 лента (амплитудная дифракционная решетка). В результате фотодиод также регистрирует снижение интенсивности отражённого от диска света. Длина пита изменяет как амплитуду, так и длительность регистрируемого сигнала.

Скорость чтения/записи CD указывается кратной 150 Кб/с (то есть 153 600 байт/с). Например, 48-скоростной привод обеспечивает максимальную скорость чтения (или записи) CD, равную $48 \times 150 = 7200$ Кб/с (7,03 Мб/с).

Запись на компакт-диски

Существуют и диски, предназначенные для записи в домашних условиях: CD-R (Compact Disc Recordable) для однократной и CD-RW (Compact Disc ReWritable) для многократной записи. В таких дисках используется специальный активный материал, позволяющий производить запись/перезапись информации. Различают диски с органическим (в основном диски CD-R-типа) и неорганическим (в основном CD-RW-диски) активным материалом.

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.

В просторечии такие записываемые диски называются «болванками» и записываются на специальных пишущих приводах для компакт-дисков (широко сегодня распространённых), на сленге именуемыми «резаками». Процесс записи называется «прожигом» (от англ. to burn) или «нарезкой» диска.

DVD (англ. *Digital Versatile Disc* — цифровой многоцелевой диск; также англ. Digital Video Disc — цифровой видеодиск) — носитель информации, выполненный в виде диска, внешне схожий с компакт-диском, однако имеющий возможность хранить больший объём информации за счёт использования лазера с меньшей длиной волны, чем для обычных компакт-дисков.

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

DVD по структуре данных бывают четырёх типов:

- DVD-видео — содержат фильмы (видео и звук);
- DVD-Audio — содержат аудиоданные высокого качества (гораздо выше, чем на аудио-компакт-дисках);
- DVD-Data — содержат любые данные;
- смешанное содержимое.

В отличие от компакт-дисков, в которых структура аудиодиска фундаментально отличается от диска с данными, в DVD всегда используется файловая система UDF (для данных может быть использована ISO 9660).

DVD-видео диски, для которых существует требование "быть проигранным на бытовых проигрывателях", используют файловую систему UDF с рядом ограничений (документ ECMA-167). Так, например, не допускается фрагментация файлов.

Физически DVD может иметь одну или две рабочие стороны и один или два рабочих слоя на каждой стороне. От их количества зависит ёмкость диска (из-за чего 8-см диски получили названия DVD-1, -2, -3, -4, а 12-см диски — DVD-5, -9, -10, -14, -18, по принципу округления ёмкости диска в Гб до ближайшего сверху целого числа):

Таблица 4 – ёмкости DVD в зависимости от типа

Тип диска (12 см)	Число секторов	Ёмкость в байтах	мебибайты	гигабайты	гибибайты
1-слойный DVD-R(W)	2 298 496	4 799 854 999	4489,25	4,7	4,384
1-слойный DVD+R(W)	2 295 104	4 700 372 992	4482,625	4,7	4,378
1-слойный DVD-RAM	2 295 072	4 700 307 456	4482,5625	4,7	4,378

2-слойный DVD-R(W)	4 171 712	8 543 666 176	8147,875	8,5	7,957
2-слойный DVD+R(W)	4 173 824	8 547 991 552	8152	8,5	7,961
2-слойный DVD-RAM					

Blu-ray Disc, BD (англ. blue ray — синий луч и disc — диск; написание blu вместо blue — намеренное) — формат оптического носителя, используемый для записи с повышенной плотностью и хранения цифровых данных, включая видео высокой чёткости. Стандарт Blu-ray был совместно разработан консорциумом BDA. Первый прототип нового носителя был представлен в октябре 2000 года. Современный вариант представлен на международной выставке потребительской электроники Consumer Electronics Show (CES), которая прошла в январе 2006 года. Коммерческий запуск формата Blu-ray прошёл весной 2006 года.

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). Буква «e» была намеренно исключена из слова «blue», чтобы получить возможность зарегистрировать торговую марку, так как выражение «blue ray» является часто используемым и не может быть зарегистрировано как торговая марка.

С момента появления формата в 2006 году и до начала 2008 года у Blu-ray существовал серьёзный конкурент — альтернативный формат HD DVD. В течение двух лет многие крупнейшие киностудии, которые изначально поддерживали HD DVD, постепенно перешли на Blu-ray. Warner Brothers, последняя компания, выпускавшая свою продукцию в обоих форматах, отказалась от использования HD DVD в январе 2008 года. 19 февраля того же года Toshiba, создатель формата, прекратила разработки в области HD DVD. Это событие положило конец так называемой второй «войне форматов».

Однослойный диск Blu-ray (BD) может хранить 23,3/25/27 или 33 ГБ, двухслойный диск может вместить 46,6/50/54 или 66 ГБ. Также в разработке находятся диски вместимостью 100 ГБ и 200 ГБ с использованием четырёх и восьми слоёв соответственно. Корпорация TDK уже анонсировала прототип четырёхслойного диска объёмом 100 ГБ.

5 октября 2009 года японская корпорация TDK сообщила о создании записываемого Blu-ray диска ёмкостью 320 гигабайт. Новый десятислойный носитель полностью совместим с существующими приводами, сообщает сайт TechOn.

На данный момент доступны диски BD-R (одноразовая запись) и BD-RE (многократная запись), в разработке находится формат BD-ROM. BD-R диски также могут быть LTH типа. В дополнение к стандартным дискам размером 120 мм, выпущены варианты дисков размером 80 мм для использования в

цифровых фото- и видеокамерах. Планируется, что их объём будет достигать 15 ГБ для двухслойного варианта.

1.10.5 твердотельные накопители

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 энергонезависимой (RAM SSD) и энергонезависимой (NAND или Flash SSD) памяти.

Последние являются весьма перспективной разработкой. Уже в ближайшие годы (2010-2012г.) твердотельные накопители NAND займут достаточно большую долю рынка накопителей, отвоевав её у накопителей на жёстких магнитных дисках. На сегодняшний день, твердотельные накопители используются в основном в специализированных вычислительных системах, в некоторых моделях компактных ноутбуков, коммуникаторах и смартфонах (например, нетбуки ASUS Eee PC, Acer Aspire One, ноутбуки фирмы Apple, Lenovo). Твердотельные накопители также используются на Международной космической станции.

История развития

Первые накопители подобного типа (на ферритовых сердечниках) были созданы ещё для ламповых вычислительных машин. Однако с появлением барабанных, а затем и дисковых накопителей вышли из употребления из-за чрезвычайно высокой стоимости.

- 1978 год — компания StorageTek разработала первый твердотельный накопитель современного типа (основанный на RAM-памяти).
- 1995 год — компания M-Systems представила первый твердотельный накопитель на flash-памяти.
- 2008 год — Южнокорейской компании Mtron Storage Technology удалось создать SSD накопитель со скоростью записи 240 МБ/с и скоростью чтения 260 МБ/с, который она продемонстрировала на выставке в Сеуле. Объём данного накопителя — 128 ГБ. По заявлению компании выпуск таких устройств начнётся уже в 2009 году.
- 2009 год — Super Talent Technology выпустила SSD объёмом 512 гигабайт, OCZ представляет SSD диск объёмом 1 терабайт.

В декабре 2009 года Seagate анонсировала накопитель Seagate Pulsar – своего первенца из твердотельных дисков для предприятий. Pulsar имеет ёмкость до 200 ГБ, форм-фактор 2,5 дюйма, толщину 7 мм; интерфейс - SATA со скоростью 3 Гбит/с. Создан специально для блейд-серверов и серверов общего назначения. Совместим с современными наборами микросхем сверхтонких серверов в нём используется технология одноуровневой ячейки (SLC), что обеспечивает надёжность и долговечность твердотельных накопителей.

Годовая интенсивность отказов (AFR) составляет всего 0,44 процента, что свидетельствует о высокой надёжности и долговечности накопителей. Защита

данных при отключении питания позволяет избежать их потери в случае отключения электроэнергии.

Архитектура и функционирование

RAM SSD

Эти накопители, 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 (от 80 до 800 долларов США за Гигабайт). 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.

NAND SSD

Накопители, построенные на использовании энергонезависимой памяти (NAND SSD) появились относительно недавно, но в связи с гораздо более низкой стоимостью (от 2 долларов США за Гигабайт) 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.

Преимущества по сравнению с жёсткими дисками

- меньше время загрузки системы, переход Power On - Ready 1 с;
- отсутствие движущихся частей;
- латентность в режиме чтения 85 мкс, в режиме записи 115 мкс (50-нм технологический процесс);
- латентность в режиме чтения 65 мкс, в режиме записи 85 мкс (34-нм технологический процесс);
- производительность: скорость чтения и записи до 270 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;

Недостатки твердотельных накопителей

- высокая цена за 1 ГБ (от 2 долларов, при примерно 8 центах для жестких дисков, за гигабайт)
- стоимость SSD-накопителей прямо пропорциональна емкости, в то время как стоимость традиционных жестких дисков зависит от количества пластин и медленнее растет при увеличении объема диска;
- более высокая чувствительность к некоторым эффектам, например, внезапной потере питания, магнитным и электрическим полям;
- ограниченное количество циклов перезаписи: обычная флеш-память позволяет записывать данные до 100 тыс. раз, более дорогостоящие виды памяти — до 5 млн. раз;

1.10.6 Магнитооптические накопители

Видимо, одними из самых жизнеспособных устройств, предназначенных для хранения данных, являются накопители, использующие магнитооптические диски. Здесь были объединены достижения магнитной и оптической технологий. Новые устройства сочетают портативность флоппи-диска, среднюю скорость работы винчестера, надежность оптического компакт-диска и емкость, сравнимую с кассетой хорошего стримера.

Такие накопители записывают данные, представленные в виде колебаний магнитного поля, на соответствующий носитель при помощи дополнительного магнитного поля (поля смещения) и луча лазера. Поверхность носителя покрыта магнитным материалом (пленкой), который при обычной температуре (из-за высокой коэрцитивной силы) не может быть перемагничен приложенным к нему полем смещения. При нагревании, достигнув температуры Кюри (примерно 145 градусов), коэрцитивная сила ослабевает и соответствующий участок перемагничивается должным образом. Следует заметить, что запись обычно идет в два приема: стирание информации и затем новая запись. Правда, уже появились новые модели накопителей, осуществляющих запись за один проход. Считывание данных с носителя происходит только при помощи луча лазера, но уже меньшей мощности. Здесь, как правило, используется эффект Керра, заключающийся в изменении плоскости поляризации отраженного луча в зависимости от направления магнитного поля.

У магнитооптического диска в отличие от компакт-диска обычно используются обе стороны. Емкость одного двустороннего носителя может достигать от сотен мегабайт до нескольких гигабайт, причем его геометрические размеры соответствуют флоппи-дискам 3,5 или 5,25 дюйма. Формат нижнего уровня магнитооптического носителя определяют жесткое разбиение на сектора, наличие таблиц дефектных секторов и число логических дисков. Наиболее распространенным стандартом такого формата служит спецификация ISO-ANSI. Диски размером 3,5 дюйма стандартизованы

в большей степени и имеют один жесткий формат секторов — 512 байт. Количество секторов постоянно и равно 25. Согласно стандартам ISO/ECMA 3,5-дюймовый диск может хранить 128 или 230 Мбайт. Разумеется, для повышения емкости носителей существуют и специальные системные форматы. Например, на 3,5-дюймовый диск уже записывают до 650 Мбайт, а на 5,25-дюймовый — почти 3 Гбайта. В качестве примера можно привести магнитооптический накопитель Apex фирмы Pinnacle Micro, который использует 5,25-дюймовый картридж емкостью 4,6 Гбайта. За счет использования однопроходной записи время поиска составляет около 17,5 мс. Кстати, производительность магнитооптических накопителей существенно повышается за счет использования встроенной кэш-памяти, объем которой в ряде устройств может достигать нескольких мегабайт.

Так как между головкой и поверхностью самого носителя нет непосредственного контакта, вероятность механического повреждения весьма мала. Стоит также отметить, что магнитооптические носители в отличие от обычных магнитных значительно меньше подвержены влиянию внешних электромагнитных полей. По разным оценкам, срок гарантированного хранения информации на магнитооптических носителях колеблется от 30 до 50 лет и более.

Для работы с библиотеками оптических дисков выпускают так называемые дисковые автоматы (jukeboxes), которые обеспечивают автоматический поиск и подачу требуемых дисков. Вместимость такого устройства может составлять от нескольких единиц до сотен оптических дисков общей емкостью 1 Гбайт. Электромеханический привод управляется от компьютера и позволяет выбирать, переворачивать и устанавливать диски в пределах нескольких секунд.

Наиболее известными производителями магнитооптических устройств являются фирмы Fujitsu, Maxoptix, Ricoh и другие.

1.11 Видеоподсистемы

Одной из наиболее важных составных частей любого персонального компьютера является его видеоподсистема, под которой обычно подразумевают монитор, плату видеоадаптера и набор соответствующих программ-драйверов, поставляемых в комплекте с адаптером или в составе прикладных пакетов. Оба устройства (монитор-видеоадаптер) очень плотно взаимодействуют друг с другом, поэтому говоря одним из них, часто приходится упоминать и другое.

1.11.1 Принцип работы мониторов

Монитор — универсальное устройство визуального отображения всех видов информации, состоящее из дисплея и устройств, предназначенных для вывода текстовой, графической и видео информации на дисплей. Различают алфавитно-цифровые и графические мониторы, а также монохромные мониторы и мониторы цветного изображения — активно-матричные и пассивно-матричные ЖКМ.

Классификация мониторов

По виду выводимой информации

- алфавитно-цифровые
 - дисплеи, отображающие только алфавитно-цифровую информацию
 - дисплеи, отображающие псевдографические символы
 - интеллектуальные дисплеи, обладающие редакторскими возможностями и осуществляющие предварительную обработку данных
- графические
 - векторные
 - растровые

По строению

- ЭЛТ — на основе электронно-лучевой трубки (англ. cathode ray tube, CRT)
- ЖК — жидкокристаллические мониторы (англ. liquid crystal display, LCD)
- Плазменный — на основе плазменной панели
- Проектор — видеопроектор и экран, размещённые отдельно или объединённые в одном корпусе (как вариант — через зеркало или систему зеркал)
- OLED-монитор — на технологии OLED (англ. organic light-emitting diode — органический светоизлучающий диод)
- Виртуальный ретинальный монитор — технология устройств вывода, формирующая изображение непосредственно на сетчатке глаза.
- Лазерный — на основе лазерной панели (пока только внедряется в производство)

По типу видеоадаптера

- HGC
- CGA
- EGA
- VGA, SVGA

До недавнего времени подавляющее большинство настольных компьютеров использовало мониторы на базе электронно-лучевых трубок (ЭЛТ). Кстати, ЭЛТ была изобретена почти сто лет назад (в 1897 году) немецким ученым Карлом Фердинандом Брауном. Принцип действия мониторов на базе ЭЛТ мало чем изменился с тех пор и заключается в том, что испускаемый электродом (электронной пушкой) пучок электронов, попадая на экран, покрытый люминофором, вызывает его свечение. На пути пучка электронов находятся дополнительные электроды: отклоняющая система, позволяющая изменять направление пучка, и модулятор, регулирующий яркость получаемого изображения. Заметим, что любое текстовое или графическое изображение на экране монитора компьютера (как, впрочем, и телевизора) состоит, вообще говоря, из множества дискретных точек люминофора, называемых также пикселями (pixel — picture element). Поэтому такие дисплеи называют еще

растровыми. Электронный луч периодически сканирует весь экран, образуя на нем близкорасположенные строки развертки. Именно этот шаблон и называется растром. По мере движения луча по строкам видеосигнал, подаваемый на модулятор, изменяет яркость определенных пикселей, образуя некоторое видимое изображение. Разрешающая способность монитора определяется числом элементов изображения, которые воспроизводятся по горизонтали и вертикали, например 640x480 или 1024x768 пикселей. Сразу же заметим, что существуют несколько обычных типоразмеров экранов мониторов, используемых для IBM PC-совместимых персональных компьютеров: 9, 14, 15, 17, 19, 20 и 21 дюйм (по диагонали).

Для формирования раstra в мониторе используются специальные управляющие сигналы. В цикле сканирования луч движется по зигзагообразной траектории от левого верхнего угла экрана к нижнему правому. Прямой ход луча по горизонтали осуществляется сигналом строчной (горизонтальной), а по вертикали — кадровой (вертикальной) развертки. Перевод луча из крайней правой точки строки в крайнюю левую точку следующей строки (обратный горизонтальный ход луча) и из крайней правой позиции последней строки экрана в крайнюю левую позицию первой строки (вертикальный обратный ход луча) осуществляется специальными сигналами обратного хода.

1.11.2 Принцип построения картинка в ЭЛТ мониторах

Для любого монитора существуют такие параметры как частота вертикальной синхронизации (кадровая развертка), частота горизонтальной синхронизации (строчная развертка) и полоса пропускания видеосигнала. Кадровая частота измеряется обычно в герцах и во многом определяет устойчивость изображения (отсутствие мерцаний). Как известно, человеческий глаз воспринимает смену изображений с частотой выше 20—25 Гц практически как непрерывное движение. Чем выше частота кадров, тем устойчивее изображение. Так, организация VESA (Video Electronics Standards Association) рекомендовала использовать для разрешения 640x480 и 800x600 частоту кадровой развертки не ниже 72 Гц, а для разрешения 1024x768 — 70 Гц. В настоящее время речь уже идет о частоте 100 Гц. Однако повышение частоты требует увеличения частоты строчной развертки, так как уменьшается время, отводимое на формирование каждой точки изображения. Частота строк в килогерцах, вообще говоря, определяется произведением частоты вертикальной развертки на количество выводимых строк в одном кадре (разрешающая способность по вертикали). Полоса видеосигнала, измеряемая в мегагерцах, определяет самые высокие частоты в видеосигнале. Приблизительно эта величина может быть рассчитана как произведение количества точек в строке (разрешающая способность по горизонтали) на частоту строчной развертки. Иными словами, этот параметр отражает число точек в строке, которое монитор может воспроизвести за одну секунду.

Цветной монитор работает примерно так же, как и монохромный (черно-белый). И так, в случае цветного монитора имеются уже три электронные пушки с отдельными схемами управления, а на поверхность экрана нанесен люминофор трех основных цветов: R (Red, красный), G (Green, зеленый) и B (Blue, синий). Таким образом, каждая пушка должна "стрелять" только по своей "цели". Для этого в каждом цветном кинескопе имеется либо теневая маска, либо так называемая апертурная решетка. Они служат для того, чтобы лучи электронных пушек попадали только в точки люминофора соответствующего цвета. Если теневая маска содержит систему отверстий, то апертурная решетка образует систему щелей, выполняющих ту же функцию.

Величина точки люминофора, необходимая для обеспечения требуемого разрешения, зависит от размеров экрана. Чем больше нужно разместить точек и чем меньше экран, тем плотнее приходится располагать точки.

При прочих равных условиях четкость изображения на мониторе тем выше, чем меньше размеры точек люминофора на внутренней поверхности экрана. Обычно говорят не о размерах самих точек, а о расстоянии между ними (dot pitch). Этот параметр для различных моделей мониторов может лежать в диапазоне от 0,41 до 0,18 мм, однако для хороших моделей диапазон существенно сужается — от 0,25 до 0,18 мм. Интересно отметить, как примерно определяется расстояние между точками. Для обычного 14-дюймового монитора размер экрана в ширину составляет около 265 мм. Режим 640x480 требует отображения 640 точек на одну линию. Следовательно, расстояние между точками должно быть не более 0,41 мм: 265/640.

Таблица 5 - Зависимость между разрешением и расстоянием между точками люминофора

Размер экрана, дюйм	640X480	800X600	1024X768	1280X1024
14	0,32	0,28	0,22	0,18
15	0,38	0,30	0,24	0,19
17	0,43	0,34	0,27	0,22
21	0,50	0,40	0,31	0,25

1.11.3 Жидкокристаллические мониторы

Важнейшие характеристики ЖК-дисплеев:

- Разрешение — горизонтальный и вертикальный размеры, выраженные в пикселях. В отличие от ЭЛТ-мониторов, ЖК имеют одно фиксированное разрешение, остальные достигаются интерполяцией.
- Размер точки (размер пикселя) — расстояние между центрами соседних пикселей. Непосредственно связан с физическим разрешением.

- Соотношение сторон экрана (формат) — отношение ширины к высоте (5:4, 4:3, 8:5, 5:3, 16:9 и др.)
- Видимая диагональ — размер самой панели, измеренный по диагонали. Площадь дисплеев зависит также от формата: монитор с форматом 4:3 имеет большую площадь, чем с форматом 16:9 при одинаковой диагонали.
- Контрастность — отношение яркостей самой светлой и самой тёмной точек. В некоторых мониторах используется адаптивный уровень подсветки с использованием дополнительных ламп, приведённая для них цифра контрастности (так называемая динамическая) не относится к статическому изображению.
- Яркость — количество света, излучаемое дисплеем, обычно измеряется в канделах на квадратный метр.
- Время отклика — минимальное время, необходимое пикселю для изменения своей яркости. Методы измерения неоднозначны.
- Угол обзора — угол, при котором падение контраста достигает заданного, для разных типов матриц и разными производителями вычисляется по-разному, и часто не подлежит сравнению.
- Тип матрицы: технология, по которой изготовлен ЖК-дисплей.

Устройство

Конструктивно дисплей состоит из ЖК-матрицы (стеклянной пластины, между слоями которой и располагаются жидкие кристаллы), источников света для подсветки, контактного жгута и обрамления (корпуса), чаще пластикового, с металлической рамкой жёсткости.

Каждый пиксель ЖК-матрицы состоит из слоя молекул между двумя прозрачными электродами, и двух поляризационных фильтров, плоскости поляризации которых (как правило) перпендикулярны. В отсутствие жидких кристаллов свет, пропускаемый первым фильтром, практически полностью блокируется вторым.

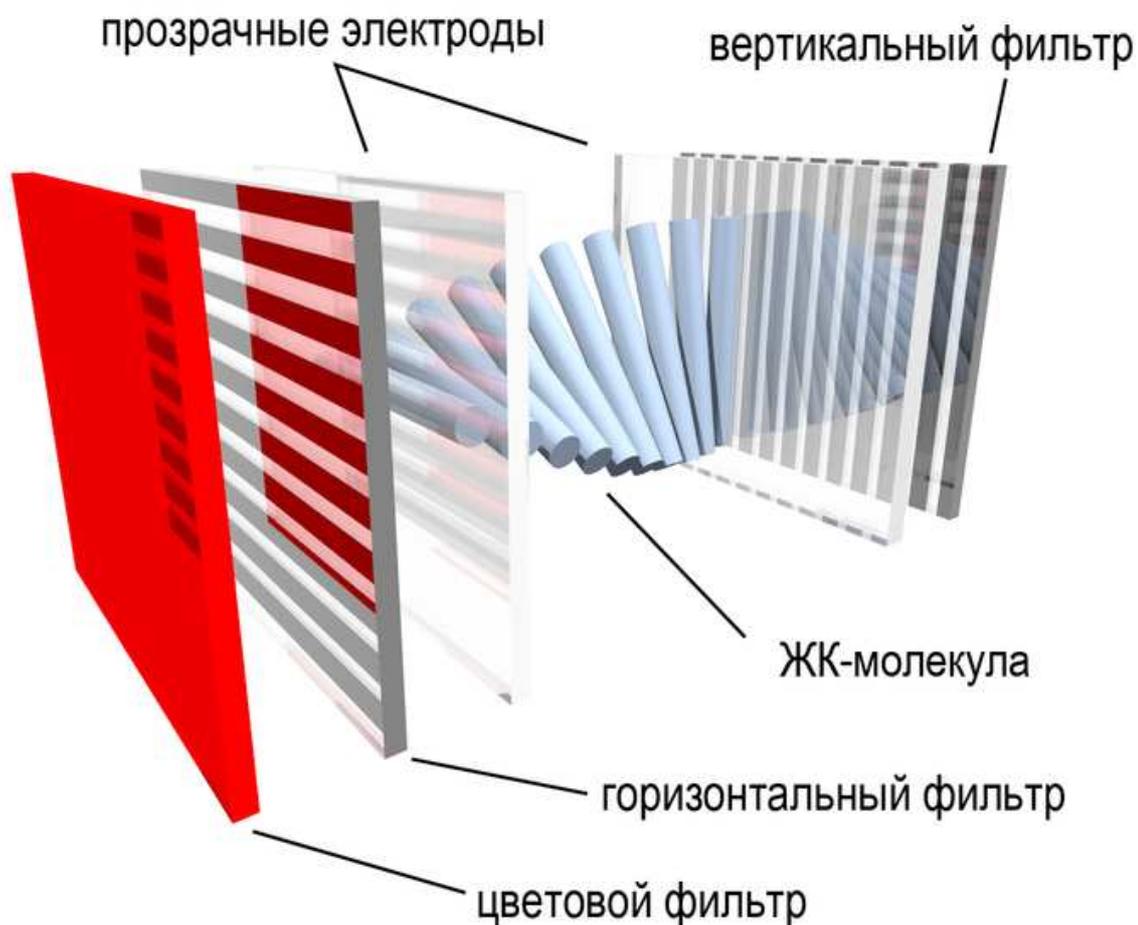


Рисунок 8 - Красный субпиксел ЖК-монитора

Поверхность электродов, контактирующая с жидкими кристаллами, специально обработана для изначальной ориентации молекул в одном направлении. В TN-матрице эти направления взаимно перпендикулярны, поэтому молекулы в отсутствие напряжения выстраиваются в винтовую структуру. Эта структура преломляет свет таким образом, что до второго фильтра плоскость его поляризации поворачивается и через него свет проходит уже без потерь. Если не считать поглощения первым фильтром половины неполяризованного света, ячейку можно считать прозрачной.

Если же к электродам приложено напряжение, то молекулы стремятся выстроиться в направлении электрического поля, что искажает винтовую структуру. При этом силы упругости противодействуют этому, и при отключении напряжения молекулы возвращаются в исходное положение. При достаточной величине поля практически все молекулы становятся параллельными, что приводит к непрозрачности структуры. Варьируя напряжение, можно управлять степенью прозрачности.

Если постоянное напряжение приложено в течение долгого времени, жидкокристаллическая структура может деградировать из-за миграции ионов. Для решения этой проблемы применяется переменный ток или изменение

полярности поля при каждой адресации ячейки (так как изменение прозрачности происходит при включении тока, вне зависимости от его полярности).

Во всей матрице можно управлять каждой из ячеек индивидуально, но при увеличении их количества это становится трудновыполнимо, так как растёт число требуемых электродов. Поэтому практически везде применяется адресация по строкам и столбцам.

Проходящий через ячейки свет может быть естественным — отражённым от подложки (в ЖК-дисплеях без подсветки). Но чаще применяют искусственный источник света, кроме независимости от внешнего освещения это также стабилизирует свойства полученного изображения.

Таким образом, полноценный монитор с ЖК-дисплеем состоит из электроники, обрабатывающей входной видеосигнал, ЖК-матрицы, модуля подсветки, блока питания и корпуса с элементами управления. Именно совокупность этих составляющих определяет свойства монитора в целом, хотя некоторые характеристики важнее других.

Технологии

Основные технологии при изготовлении ЖК дисплеев: TN+film, IPS и MVA. Различаются эти технологии геометрией поверхностей, полимера, управляющей пластины и фронтального электрода. Большое значение имеют чистота и тип полимера со свойствами жидких кристаллов, применённый в конкретных разработках.

Компании Sony, Sharp и Philips совместно разработали технологию PALC (англ. Plasma Addressed Liquid Crystal — плазменное управление жидкими кристаллами), которая соединила в себе преимущества ЖК (яркость и сочность цветов, контрастность) и плазменных панелей (большие углы видимости по горизонту и вертикали, высокую скорость обновления). В качестве регулятора яркости в этих дисплеях используются газоразрядные плазменные ячейки, а для цветовой фильтрации применяется ЖК-матрица.

TN+film (Twisted Nematic + film)

TN + film — самая простая технология. Часть film в названии технологии означает дополнительный слой, применяемый для увеличения угла обзора (ориентировочно — от 90° до 150°). В настоящее время приставку film часто опускают, называя такие матрицы просто TN. К сожалению, способа улучшения контрастности и времени отклика для панелей TN пока не нашли, причём время отклика у данного типа матриц является на настоящий момент одним из лучших, а вот уровень контрастности — нет.

Матрица TN + film работает следующим образом: если к субпикселям не прилагается напряжение, жидкие кристаллы (и поляризованный свет, который они пропускают) поворачиваются друг относительно друга на 90° в горизонтальной плоскости в пространстве между двумя пластинами. И так как направление поляризации фильтра на второй пластине составляет угол в 90° с направлением поляризации фильтра на первой пластине, свет не проходит

через него. Если красные, зеленые и синие субпиксели полностью освещены, на экране образуется белая точка.

К достоинствам технологии можно отнести самое маленькое время отклика среди современных матриц, а также невысокую себестоимость.

Недостатки: худшая цветопередача, наименьшие углы обзора.

IPS (In-Plane Switching)

Технология In-Plane Switching была разработана компаниями Hitachi и NEC и предназначалась для избавления от недостатков TN + film. Однако, хотя с помощью IPS удалось добиться увеличения угла обзора до 170°, а также высокой контрастности и цветопередачи, время отклика осталось на низком уровне.

На настоящий момент матрицы, изготовленные по технологии IPS, — единственные из ЖК-мониторов, всегда передающие полную глубину цвета RGB — 24 бита, по 8 бит на канал. Старые TN-матрицы имеют 6-бит на канал. Если к матрице IPS не приложено напряжение, молекулы жидких кристаллов не поворачиваются. Второй фильтр всегда повернут перпендикулярно первому, и свет через него не проходит. Поэтому отображение чёрного цвета близко к идеалу. При выходе из строя транзистора «битый» пиксель для панели IPS будет не белым, как для матрицы TN, а чёрным.

IPS в настоящее время вытеснено технологией S-IPS (Super-IPS, Hitachi 1998 год), которая наследует все преимущества технологии IPS с одновременным уменьшением времени отклика. Но, несмотря на то, что цветность S-IPS панелей приблизилась к обычным мониторам ЭЛТ, контрастность всё равно остаётся слабым местом. S-IPS активно используется в панелях размером от 20". LG.Philips, Dell и NEC остаются единственными производителями панелей по данной технологии.

****VA (Vertical Alignment)***

Матрицы MVA/PVA считаются компромиссом между TN и IPS, как по стоимости, так и по потребительским качествам. MVA (Multi-domain Vertical Alignment). Эта технология разработана компанией Fujitsu как компромисс между TN и IPS технологиями. Горизонтальные и вертикальные углы обзора для матриц MVA составляют 160° (на современных моделях мониторов до 176—178°), при этом благодаря использованию технологий ускорения (RTC) эти матрицы не сильно отстают от TN+Film по времени отклика, но значительно превышают характеристики последних по глубине цветов и точности их воспроизведения.

Достоинствами технологии MVA являются глубокий чёрный цвет и отсутствие как винтовой структуры кристаллов, так и двойного магнитного поля.

Недостатки MVA в сравнении с S-IPS: пропадание деталей в тенях при перпендикулярном взгляде, зависимость цветового баланса изображения от угла зрения.

Преимущества и недостатки ЖК-мониторов

Искажение цветности и контрастности изображения на ЖК-мониторе с малым углом обзора матрицы при взгляде под большим углом к нормали

В настоящее время ЖК-мониторы являются основным, бурно развивающимся направлением в технологии мониторов. К их преимуществам можно отнести: малый размер и вес в сравнении с ЭЛТ. У ЖК-мониторов, в отличие от ЭЛТ, нет видимого мерцания, дефектов фокусировки и сведения лучей, помех от магнитных полей, проблем с геометрией изображения и четкостью. Энергопотребление ЖК-мониторов в 2—4 раза меньше, чем у ЭЛТ и плазменных экранов сравнимых размеров. Энергопотребление ЖК-мониторов на 95 % определяется мощностью ламп подсветки или светодиодной матрицы подсветки (англ. backlight — задний свет) ЖК-матрицы. Во многих мониторах 2007 года для настройки пользователем яркости свечения экрана используется широтно-импульсная модуляция ламп подсветки частотой от 150 до 400 и более герц.

Светодиодная подсветка в основном используется в небольших дисплеях, хотя в последние годы она все шире применяется в ноутбуках и даже в настольных мониторах. Несмотря на технические трудности её реализации, она имеет и очевидные преимущества перед флуоресцентными лампами, например более широкий спектр излучения, а значит, и цветовой охват.

С другой стороны, ЖК-мониторы имеют и некоторые недостатки, часто принципиально трудноустраняемые, например:

В отличие от ЭЛТ, могут отображать чёткое изображение лишь в одном («штатном») разрешении. Остальные достигаются интерполяцией с потерей чёткости. Причем слишком низкие разрешения (например 320×200) вообще не могут быть отображены на многих мониторах.

Цветовой охват и точность цветопередачи ниже, чем у плазменных панелей и ЭЛТ соответственно. На многих мониторах есть неустранимая неравномерность передачи яркости (полосы в градиентах).

Многие из ЖК-мониторов имеют сравнительно малый контраст и глубину чёрного цвета. Повышение фактического контраста часто связано с простым усилением яркости подсветки, вплоть до некомфортных значений. Широко применяемое глянцевое покрытие матрицы влияет лишь на субъективную контрастность в условиях внешнего освещения.

Из-за жёстких требований к постоянной толщине матриц существует проблема неравномерности однородного цвета (неравномерность подсветки).

Фактическая скорость смены изображения также остаётся ниже, чем у ЭЛТ и плазменных дисплеев. Технология overdrive решает проблему скорости лишь частично.

Зависимость контраста от угла обзора до сих пор остаётся существенным минусом технологии.

Массово производимые ЖК-мониторы плохо защищены от повреждений. Особенно чувствительна матрица, незащищённая стеклом. При сильном нажатии возможна необратимая деградация. Также существует проблема

дефектных пикселей. Предельно допустимое количество дефектных пикселей, в зависимости от размеров экрана, определяется в международном стандарте ISO 13406-2 (в России - ГОСТ Р 52324-2005). Стандарт определяет 4 класса качества ЖК-мониторов. Самый высокий класс — 1, вообще не допускает наличия дефектных пикселей. Самый низкий — 4, допускает наличие до 262 дефектных пикселей на 1 миллион работающих.

Вопреки расхожему мнению пиксели ЖК-мониторов деградируют, хотя скорость деградации наименьшая из всех технологий отображения, за исключением лазерных дисплеев, не подверженных деградации пикселей.

Перспективной технологией, которая может заменить ЖК-мониторы, часто считают OLED-дисплеи (матрица с органическими светодиодами). С другой стороны, эта технология встретила сложности в массовом производстве, особенно для матриц с большой диагональю.

1.11.4 OLED – дисплей

Для создания органических светодиодов (OLED) используются тонкопленочные многослойные структуры, состоящие из слоев нескольких полимеров. При подаче на анод положительного относительно катода напряжения, поток электронов протекает через прибор от катода к аноду. Таким образом катод отдает электроны в эмиссионный слой, а анод забирает электроны из проводящего слоя, или другими словами анод отдает дырки в проводящий слой. Эмиссионный слой получает отрицательный заряд, а проводящий слой положительный. Под действием электростатических сил электроны и дырки движутся навстречу друг к другу и при встрече рекомбинируют. Это происходит ближе к эмиссионному слою, потому что в органических полупроводниках дырки обладают большей подвижностью, чем электроны. При рекомбинации происходит понижение энергии электрона, которое сопровождается испусканием (эмиссией) электромагнитного излучения в области видимого света. Поэтому слой и называется эмиссионным.

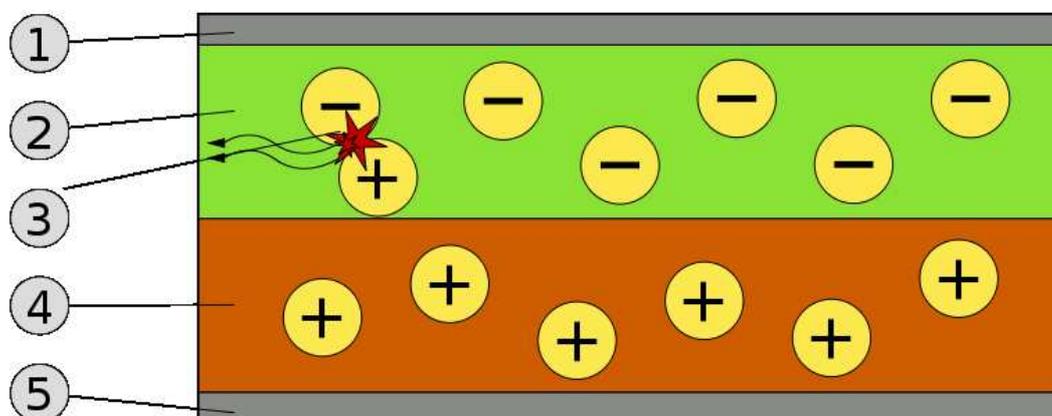


Рисунок 9 - Схема 2х слойной OLED-панели: 1. Катод(-), 2. Эмиссионный слой, 3. Испускаемое излучение, 4. Проводящий слой, 5. Анод (+)

Прибор не работает при подаче на анод отрицательного относительно катода напряжения. В этом случае дырки движутся к аноду, а электроны в противоположном направлении к катоду, и рекомбинации не происходит.

В качестве материала анода обычно используется оксид индия, легированный оловом. Он прозрачный для видимого света и имеет высокую работу выхода, которая способствует инжекции дырок в полимерный слой. Для изготовления катода часто используют металлы, такие как алюминий и кальций, так как они обладают низкой работой выхода, способствующей инжекции электронов в полимерный слой.

Преимущества в сравнении с жидкокристаллическими дисплеями

- меньшие габариты и вес
- отсутствие необходимости в подсветке
- отсутствие такого параметра как угол обзора — изображение видно без потери качества с любого угла
- мгновенный отклик (на порядок выше, чем у LCD) — по сути полное отсутствие инерционности
- более качественная цветопередача (высокий контраст)
- более низкое энергопотребление при той же яркости
- возможность создания гибких экранов
- большой диапазон рабочих температур (от -40 до $+70^{\circ}\text{C}$)
- Яркость. OLED дисплеи обеспечивают яркость излучения от нескольких кд/м² (для ночной работы) до очень высоких яркостей — свыше 100 000 кд/м², причем их яркость может регулироваться в очень широком динамическом диапазоне. Так как срок службы дисплея обратно пропорционален его яркости, для приборов рекомендуется работа при более умеренных уровнях яркости до 1000 кд/м². При освещении LCD-дисплея ярким лучом света появляются блики, а картинка на OLED-экране останется яркой и насыщенной при любом уровне освещенности (даже при прямом попадании солнечных лучей на дисплей).
- Контрастность. Здесь OLED также лидер. OLED-дисплеи обладают контрастностью 1000000:1 (Контрастность LCD 1300:1, CRT 2000:1)
- Углы обзора. Технология OLED позволяет смотреть на дисплей с любой стороны и под любым углом, причем без потери качества изображения.
- Энергопотребление. Энергопотребление OLED дисплеев в полтора раза ниже, чем LCD.

Потребность в преимуществах, демонстрируемых органическими дисплеями с каждым годом растёт. Этот факт позволяет заключить, что в скором времени человечество увидит расцвет данной технологии.

1.11.5 Плазменная панель

Плазменная панель представляет собой матрицу газонаполненных ячеек, заключенных между двумя параллельными стеклянными поверхностями. В

качестве газовой среды обычно используется неон или ксенон. Разряд в газе протекает между прозрачным электродом на лицевой стороне экрана и адресными электродами, проходящими по его задней стороне. Газовый разряд вызывает ультрафиолетовое излучение, которое, в свою очередь, инициирует видимое свечение люминофора. В цветных плазменных панелях каждый пиксель экрана состоит из трёх идентичных микроскопических полостей, содержащих инертный газ (ксенон) и имеющих два электрода, спереди и сзади. После того, как к электродам будет приложено высокочастотное напряжение, появится ёмкостный высокочастотный разряд. В межэлектродном пространстве образуется плазма. При этом она излучает ультрафиолетовый свет, который попадает на люминофоры в нижней части каждой полости. Люминофоры излучают один из основных цветов: красный, зелёный или синий. Затем цветной свет проходит через стекло и попадает в глаз зрителя. Таким образом, в плазменной технологии пиксели работают подобно люминесцентным трубкам, но создание панелей из них довольно проблематично.

Первая трудность — размер пикселя. Суб-пиксель плазменной панели имеет объём 200 мкм x 200 мкм x 100 мкм, а на панели нужно уложить несколько миллионов пикселей, один к одному.

Во-вторых, передний электрод должен быть максимально прозрачным. Для этой цели используется оксид индия и олова, поскольку он проводит ток и прозрачен. К сожалению, плазменные панели могут быть такими большими, а слой оксида настолько тонким, что при протекании больших токов на сопротивлении проводников будет падение напряжения, которое сильно уменьшит и исказит сигналы. Поэтому приходится добавлять промежуточные соединительные проводники из хрома — он проводит ток намного лучше, но, к сожалению, непрозрачен.

Наконец, требуется подобрать правильные люминофоры. Они зависят от требуемого цвета:

Последней проблемой остаётся адресация пикселей, поскольку, для получения требуемого оттенка нужно менять интенсивность цвета независимо для каждого из трёх суб-пикселей. На плазменной панели 1280x768 пикселей присутствует примерно три миллиона суб-пикселей, что даёт шесть миллионов электродов. Проложить шесть миллионов дорожек для независимого управления суб-пикселями невозможно, поэтому дорожки необходимо мультиплексировать. Передние дорожки обычно выстраивают в цельные строчки, а задние — в столбцы. Встроенная в плазменную панель электроника с помощью матрицы дорожек выбирает пиксель, который необходимо зажечь на панели. Операция происходит очень быстро, быстрее, чем сканирование лучом на ЭЛТ-мониторах. Тем не менее, многие зрители замечают мерцание плазменных экранов, особенно на больших светлых участках изображения.

1.11.6 Сенсорный экран

Сенсорный экран изобрели в США в рамках исследований по программированному обучению. Компьютерная система PLATO IV, появившаяся в 1972 году, имела сенсорный экран на сетке ИК-лучей, состоявший из 16×16 блоков. Но даже столь низкая точность позволяла пользователю выбирать ответ, нажимая в нужное место экрана.

В 1983 году вышел компьютер HP-150 с сенсорным экраном на ИК-сетке. Впрочем, в те времена сенсорные экраны применялись преимущественно в промышленной и медицинской аппаратуре.

В потребительские устройства (телефоны, КПК и т. д.) сенсорные экраны вошли как замена крохотной клавиатуре, когда появились устройства с большими (во всю переднюю панель) ЖК-экранами. Первая карманная игровая консоль с сенсорным экраном — Nintendo DS, первое массовое устройство, поддерживающее мультитач — iPhone.

Принципы работы сенсорных экранов

Существует множество разных типов сенсорных экранов, которые работают на разных физических принципах.

Резистивные сенсорные экраны

Резистивный сенсорный экран состоит из стеклянной панели и гибкой пластиковой мембраны. И на панель, и на мембрану нанесено резистивное покрытие. Пространство между стеклом и мембраной заполнено микроизоляторами, которые равномерно распределены по активной области экрана и надёжно изолируют проводящие поверхности. Когда на экран нажимают, панель и мембрана замыкаются, и контроллер с помощью аналогово-цифрового преобразователя регистрирует изменение сопротивления и преобразует его в координаты прикосновения (X и Y).

Резистивные сенсорные экраны дешёвы и обладают максимальной стойкостью к загрязнению. Резистивные экраны реагируют на прикосновение любым гладким твёрдым предметом: рукой (голой или в перчатке), пером, кредитной картой, медиатором. Их используют везде, где вандализм и низкие температуры полностью исключены: для автоматизации промышленных процессов, в медицине, в сфере обслуживания (POS-терминалы), в персональной электронике (КПК). Лучшие образцы обеспечивают точность в 4096×4096 пикселей.

Недостатками резистивных экранов являются низкое светопропускание (не более 85 % для 5-проводных моделей и ещё более низкое для 4-проводных), низкая долговечность (не более 35 млн нажатий в одну точку) и недостаточная вандалоустойчивость (плёнку легко разрезать).

Ёмкостные сенсорные экраны

Ёмкостный сенсорный экран представляет собой стеклянную панель, покрытую прозрачным резистивным материалом (обычно применяется сплав оксида индия и оксида олова). Электроды, расположенные по углам экрана, подают на проводящий слой небольшое переменное напряжение (одинаковое

для всех углов). При касании экрана пальцем или другим проводящим предметом появляется утечка тока. При этом чем ближе палец к электроду, тем меньше сопротивление экрана, а значит, сила тока больше. Ток во всех четырёх углах регистрируется датчиками и передаётся в контроллер, вычисляющий координаты точки касания.

В более ранних моделях ёмкостных экранов применялся постоянный ток — это упрощает конструкцию, но при плохом контакте пользователя с землёй приводит к сбоям.

Ёмкостные сенсорные экраны надёжны, порядка 200 млн нажатий (около 6 с половиной лет нажатий с промежутком в одну секунду), не пропускают жидкости и отлично терпят непроводящие загрязнения. Прозрачность на уровне 90 %. Впрочем, проводящее покрытие всё ещё уязвимо. Поэтому ёмкостные экраны широко применяются в автоматах, установленных в охраняемом помещении. Не реагируют на руку в перчатке.

Сенсорные экраны на поверхностно-акустических волнах

Экран представляет собой стеклянную панель с пьезоэлектрическими преобразователями (ПЭП), находящимися по углам. По краям панели находятся отражающие и принимающие датчики. Принцип действия такого экрана заключается в следующем. Специальный контроллер формирует высокочастотный электрический сигнал и посылает его на ПЭП. ПЭП преобразует этот сигнал в ПАВ, а отражающие датчики его соответственно отражают. Эти отражённые волны принимаются соответствующими датчиками и посылаются на ПЭП. ПЭП, в свою очередь принимают отражённые волны и преобразовывают их в электрический сигнал, который затем анализируется с помощью контроллера. При касании экрана пальцем часть энергии акустических волн поглощается. Приёмники фиксируют это изменение, а микроконтроллер вычисляет положение точки касания. Реагирует на касание предметом, способным поглотить волну (палец, рука в перчатке, пористая резина).

Главным достоинством экрана на поверхностных акустических волнах (ПАВ) является возможность отслеживать не только координаты точки, но и силу нажатия (здесь, скорее, способность точно определять радиус или область нажатия), благодаря тому, что степень поглощения акустических волн зависит от величины давления в точке касания (экран не прогибается под нажатием пальца и не деформируется, поэтому сила нажатия не влечет за собой качественных изменений в обработке контроллером данных о координатах воздействия, который фиксирует только область, перекрывающую путь акустических импульсов). Данное устройство имеет очень высокую прозрачность, так как свет от отображающего прибора проходит через стекло, не содержащее резистивных или проводящих покрытий. В некоторых случаях для борьбы с бликами стекло вообще не используется, а излучатели, приёмники и отражатели крепятся непосредственно к экрану отображающего устройства. Несмотря на сложность конструкции, эти экраны довольно

долговечны. По заявлению, например, американской компании Tусо Electronics и тайваньской фирмы GeneralTouch, они выдерживают до 50 млн касаний в одной точке, что превышает ресурс 5-проводного резистивного экрана. Экраны на ПАВ применяются в основном в игровых автоматах, в охраняемых справочных системах и образовательных учреждениях. Как правило, экраны ПАВ различают на обычные - толщиной 3 мм, и вандалостойкие - 6 мм. Последние выдерживают удар кулаком среднего мужчины или падение металлического шара весом 0.5 кг. с высоты 1.3 метра.

1.12 Видеоадаптеры

Максимальное разрешение и количество воспроизводимых цветов конкретной видеоподсистемы в первую очередь зависят от общего объема видеопамати и количества бит, приходящихся на один элемент изображения. Так, если для отображения одного пиксела отводится один бит, то понятно, что можно обеспечить только монохромный режим (0 или 1, есть точка или нет точки); если более одного, то имеется возможность воспроизводить либо оттенки серого за счет изменения яркости (00 — черный цвет, 01 — слабое свечение, 10 — обычное, 11 — яркое), либо цвета. Например, четырехцветный графический режим может включать поддержку черного, зеленого, красного и коричневого цветов. Разумеется, возможна и смена палитры.

Как известно, для формирования цвета элемента изображения на экране монитора обычно используются три основных цвета — R, G и B. Кроме них некоторые видеоадаптеры, работающие с уровнями TTL, вырабатывают также сигнал интенсивности (яркости) изображения— Intensity. Это дает возможность реализовать так называемую 16-цветную палитру IRGB. Другие адаптеры (также с цифровыми уровнями сигналов) кодируют каждый цвет не одним, а двумя независимыми сигналами — основным (R, G или B) и дополнительным с меньшей интенсивностью (r, g или b). Все возможные комбинации позволяют отображать уже 64 цвета, хотя одновременно по-прежнему только 16, поскольку для кодирования цвета отводится всего 4 бита. Видеоадаптеры с выходным аналоговым сигналом подают на соответствующий монитор сигналы R, G, B и, разумеется, сигналы синхронизации.

Как известно, в первой IBM PC на экране монитора могла отображаться только алфавитно-цифровая информация. Ни возможности вывода графики, ни тем более изменения цветов предусмотрено не было.

1.12.1MDA

Первый видеоадаптер имел полное название Monochrome Display and Parallel Printer Adapter (MDPPA), которое чаще использовалось в сокращенном виде — MDA.

Был представлен фирмой IBM в 1981 году в качестве стандартного видеоадаптера, а также стандарта на мониторы, подключающиеся к нему. MDA не поддерживал работу в графическом режиме. Единственным допустимым

видеорежимом являлся монохромный текстовый режим в котором на экране отображалась матрица символов из 80 столбцов и 25 строк.

Видеорежимы с таким количеством символов в строке и строк на экране прижились; результатом этого является например то, что исходные тексты ядра Linux отформатированы так, что в каждой строке содержится не более 80 символов, что позволяет без проблем просматривать их в текстовом режиме.

Для изображения символа использовалась матрица 9x14 пикселей, из которых видимая часть символа составлялась как 7x11, а оставшиеся пиксели использовались для формирования пустого пространства между строками и столбцами.

Стандартный видеоадаптер MDA был основан на чипе Motorola 6845 и оснащен 4 КБ видеопамати. Частота развёртки составляла 50 Гц, и для работы рекомендовался дисплей с люминофором длительного свечения.

Каждый символ мог обладать следующими атрибутами: невидимый, подчёркнутый, обычный, яркий (жирный), инвертированный и мигающий. Некоторые из этих атрибутов можно было комбинировать, и, например, можно получить текст, состоящий из ярких (жирных) и подчёркнутых символов.

Теоретически, разрешение экрана MDA составляло 720×350 пикселей. Такую цифру можно получить, если перемножить ширину одного символа (9 пикселей) на количество столбцов (80) и высоту символа (14 пикселей) на количество строк (25). Однако видеоадаптер MDA был не способен адресовать отдельные пиксели, он работал в текстовом режиме, в котором в каждое знакоместо можно было поместить один из 256 символов. В MDA использовалась кодовая страница CP437. Образы символов хранились в ПЗУ видеоадаптера, и отсутствовала возможность их программного изменения. Единственный способ нарисовать на экране «графическую картинку» — использовать ASCII- или ANSI-графику.

Оригинальная карта расширения, выпущенная IBM, содержала кроме MDA-видеоадаптера контроллер параллельного порта, и полное название такой карты было таким: «Monochrome Display and Printer Adapter» (MDPA) — адаптер монохромного дисплея и принтера. Использование такой карты избавляло владельца компьютера от необходимости покупать отдельную плату расширения для подключения принтера.

1.12.2 CGA

Тем не менее, спустя всего несколько месяцев после выпуска первой "писишки" с MDA фирма IBM разработала видеоадаптер, который поддерживал не только графическое изображение, но и цвета, что, кстати, особо подчеркивалось даже в его названии.

Палитра CGA

Максимальная цветовая глубина CGA — четыре бита, что позволяет использовать палитру из 16 цветов.

Младшие три бита соответствуют красному, зелёному и синему цветам и электронным лучам монитора.

Чёрный цвет означает, что все лучи практически выключены.

Сине-зелёный цвет достигается смешением синего и зелёного лучей, пурпурный — синего и красного и оранжево-коричневый — зелёного и красного. Белый (светло-серый) достигается смешением всех трёх лучей.

Оставшиеся восемь цветов достигаются установкой четвёртого бита — бита интенсивности — что даёт более яркую версию каждого из цветов, хотя на многих мониторах тёмно-серый нельзя было отличить от чёрного. Цветовая модель CGA «RGB плюс бит интенсивности» также называется RGBI.

Стандартные текстовые режимы

- 40×25 символов, 16 цветов. Каждый символ имеет размер 8×8 точек. Эффективное разрешение экрана — 320×200 пикселей (пропорции пиксела — 1:1,2), при этом невозможно обращение к каждому пикселу отдельно. Всего доступно 256 различных символов, начертания которых хранятся в ПЗУ видеокарты. Для каждого выводимого символа возможно задать цвет самого символа и цвет фона, оба цвета выбираются из палитры (см. таблицу). Видеокарта обладает достаточным объёмом ОЗУ для хранения восьми видеостраниц.
- 80×25 символов, 16 цветов. Используется тот же набор символов, что и для режима 40×25. Эффективное разрешение экрана — 640×200 пикселей (пропорции пиксела — 1:2,4), также невозможно обращение к отдельным пикселям. Так как на экран возможно вывести вдвое больше символов, ОЗУ видеокарты достаточно для хранения четырёх видеостраниц.

Стандартные графические режимы

- 320×200 пикселей, так же, как и у текстового режима 40×25. Несмотря на узкую палитру, CGA отличался от других видеосистем того времени тем, что возможно обращение к любому отдельно взятому пикселю, без каких-либо конфликтных зон. Одновременно можно использовать только четыре цвета, которые нельзя выбрать самостоятельно — для данного режима определены две палитры:
- 640×200 пикселей, так же, как и у текстового режима 80×25. Возможно обращение к отдельным пикселям. Этот режим монохромный, доступны только белый и чёрный цвет (цвета можно изменить).

Некоторые из этих приёмов можно комбинировать. В большинстве программ эти возможности не применялись, однако есть примеры их использования среди компьютерных игр.

1.12.3 HGC

В 1982 году фирмой Hercules Computer Technology был выпущен видеоадаптер Hercules Graphics Card. Адаптер поддерживал текстовый режим, совместимый с MDA, и монохромный графический режим. Разрешение графического режима составляло 720×348 пикселей — выше, чем у CGA. Благодаря

монохромной графике более высокого разрешения и возможности работы с более дешёвым монохромным монитором, Hercules Graphics Card для многих являлся привлекательным выбором.

В текстовом режиме на экран выводилось 25 строк текста по 80 символов в каждой строке. Этот режим был совместим со стандартом MDA. Разрешение в графическом режиме составляет 720×348 пикселей.

Позднее стандарт HGC был дополнен и расширен:

- HGC+ (Hercules Graphics Card Plus, июнь 1986), позволявший использовать пользовательские шрифты в текстовом режиме.
- HICC (Hercules InColor Card, апрель 1987) с возможностями, близкими к стандарту EGA — отображение 16 цветов из палитры в 64 цвета.

1.12.4 EGA

Выпущен IBM в августе 1984 года. Видеоадаптер EGA позволяет использовать 16 цветов при разрешении 640×350 пикселей. Видеоадаптер оснащён 16 кБ ПЗУ для расширения графических функций BIOS.

Адаптер EGA при разрешении 640×350 позволяет одновременно использовать 16 цветов из возможных 64-х (по два бита на красную, зелёную и синюю составляющие). EGA также поддерживает 16-цветные варианты графических режимов CGA 640×200 и 320×200; в этом случае можно использовать только цвета из палитры CGA. Исходные режимы CGA также поддерживаются, хотя EGA не полностью аппаратно совместим с CGA. EGA может выводить изображение на MDA-монитор, эта возможность включается с помощью переключателей на плате, при этом доступен только режим 640×350.

Плата EGA подключается к шине ISA, начиная с 8-битной версии. Базовая версия EGA имела 64 кБ видеопамати, чего было достаточно для монохромной графики высокого разрешения и цветной графики в режимах 640×200 и 320×200. Со временем большая часть плат EGA стала выпускаться с 256 кБ видеопамати. Некоторые клоны EGA сторонних производителей (в частности, ATI Technologies и Paradise) поддерживают расширенные графические режимы (например, 640×400, 640×480 и 720×540), автоматическое определение типа монитора и, иногда, специальный чересстрочный режим для CGA-мониторов.

Стандарт EGA был замещён стандартом VGA, представленным IBM в апреле 1987 года с моделью компьютера PS/2.

1.12.5 VGA

Выпущен IBM в 1987 году для компьютеров PS/2 Model 50 и более старших. VGA являлся последним стандартом, которому следовало большинство производителей видеоадаптеров.

Видеоадаптер VGA подключается как к цветному, так и к монохромному монитору, при этом доступны все стандартные видеорежимы. Частота обновления экрана во всех стандартных режимах, кроме 640×480, — 70 Гц, в

режиме 640×480 — 60 Гц. Видеоадаптер имеет возможность одновременно выводить на экран 256 различных цветов, каждый из которых может принимать одно из 262144 различных значений (отводится по 6 битов на красный, зелёный и синий компоненты). Объём видеопамати VGA — 256 кБ. Видеоадаптер VGA, в отличие от предыдущих видеоадаптеров IBM (MDA, CGA, EGA), использует аналоговый сигнал для передачи цветовой информации. Переход на аналоговый сигнал был обусловлен необходимостью сокращения числа проводов в кабеле. Также аналоговый сигнал давал возможность использовать VGA-мониторы с последующими видеоадаптерами, которые могут выводить большее количество цветов. Официальным последователем VGA стал стандарт IBM XGA, фактически же он был замещен различными расширениями к VGA, известными как SVGA. Термин VGA также часто используется для обозначения разрешения 640×480 независимо от аппаратного обеспечения для вывода изображения, хотя это не совсем верно (так, режим 640×480 с 16-, 24- и 32-битной глубиной цвета не поддерживаются адаптерами VGA, но могут быть сформированы на мониторе, предназначенном для работы с адаптером VGA, при помощи SVGA-адаптеров).

1.12.6 SVGA

После того как стало ясно, что стандарт VGA практически полностью себя исчерпал, большинство независимых разработчиков начали его улучшать как за счет увеличения разрешающей способности и количества воспроизводимых цветов, так и введения дополнительных возможностей. Например, некоторыми отличительными особенностями видеоадаптеров SVGA принято считать следующие:

- использование 16- и 256-цветных режимов с разрешением 1024 на 768 точек;
- применение новых цифро-аналоговых преобразователей RAMDAC (8 разрядов на цвет вместо 6);
- от 512 Кбайт до 4 Мбайт видеопамати;
- поддержка аппаратного курсора;
- 16-разрядная шина данных (у VGA обычно 8);
- 16-разрядный видеоBIOS (у VGA обычно 8);
- двухпортовые микросхемы памяти (VideoRAM);
- программируемый кварцевый генератор и т.д.

Вообще говоря, прародителем SVGA можно считать фирму NEC, разработавшую VGA-совместимый графический адаптер, который имел дополнительный режим с разрешением 800 на 600 точек и одновременным отображением 256 (из 256К возможных) цветов. Хотя все производители обеспечивали совместимость своих изделий с VGA, дополнительные видеорежимы и возможности адаптеров зачастую не совпадали, поскольку каждый считал нужным делать это по-своему.

Немудрено, что уже само понятие SVGA, не связанное жестко с конкретными режимами работы адаптера, вносило серьезную неразбериху. В октябре 1989 года ассоциация VESA предложила свой стандарт на новые видеоадаптеры — VESA BIOS Extension, который в настоящее время поддерживается большинством фирм-производителей. Сначала VESA рекомендовала использовать режим с разрешением 800 на 600 точек и поддержкой 16 цветов как стандартный. Затем последовали 256-цветные режимы с разрешением 640 на 480, 800 на 600 и 1024 на 768 точек, а также 16-цветный режим с разрешением 1024 на 768 пикселей и т.д.

Таблица 6 - Зависимость количества воспроизводимых цветов от типа видеоадаптера

Количество цветов	Разрешения					
	320x200	640x200	640x350	640x480	800x600	1024x768
2	CGA	CGA	EGA	VGA	SVGA	SVGA
4	CGA	EGA	EGA	VGA	SVGA	SVGA
16	EGA	EGA	EGA	VGA	SVGA	SVGA
256	VGA	SVGA	SVGA	SVGA	SVGA	SVGA

1.12.7 Проблемы цветопередачи

Цветовую гамму изображения можно расширить только при увеличении количества разрядов, приходящихся на один цвет. Например, стандартный VGA-режим 12h (16 цветов, 640 на 480 точек) использует 4 бита на пиксел (работает метод bit-mapped, 4 битовые плоскости), а режим 13h — 8 бит на пиксел. Количество одновременно воспроизводимых цветов подсчитывается достаточно просто: цифра 2 возводится в степень, равную количеству бит на один пиксел. Теоретически, конечно, объем памяти видеоадаптера можно увеличить до нужных размеров, чтобы использовать требуемое количество разрядов для кодирования цвета, однако в этом случае организация видеопамати должна соответствовать определенным стандартам. Для персональных компьютеров таких стандартов создано уже несколько.

Например, видеоадаптеры поддерживают одновременное воспроизведение 32 768 или 65 536 цветов. Видеорежимы, в которых используются 15 или 16 разрядов для кодирования цвета, называют HighColor. В видеоадаптерах с точной цветопередачей (достаточной даже для обработки профессиональных высококачественных фотографий) применяют 24 -разрядное кодирование цвета, по 8 разрядов на каждую составляющую. В этом случае возможно воспроизведение 16,8 миллиона цветов одновременно (а точнее, 16 777 216). Такой видеорежим называется TrueColor.

Таблица 7 - Объем видеопамати в зависимости от разрешения и количества цветов

Разрешающая Способность	Кол. бит на пиксел	Кол. цветов	Мин. объем видеопамяти, Мб
640x480	4	16	0,25
640x480	8	256	0,50
640x480	16	65 536	1,00
640x480	24	16777216	1,00
800x600	4	16	0,25
800x600	8	256	0,50
800x600	16	65536	1,00
800x600	24	16777216	1,50
1024x768	4	16	0,50
1024x768	8	256	1,00
1024x768	16	65 536	1,50
1024x768	24	16 777216	2,50
1280x1024	4	16	1,00
1280x1024	8	256	1,50
1280x1024	16	65536	2,50
1280x1024	24	16 777 216	4,00
1600x1200	4	16	1,00
1600x1200	8	256	2,00
1600x1200	16	65 536	4,00
1600x1200	24	16777216	6,00

Понятно, что чем большее количество, памяти занимает изображение, тем большее число байт необходимо обрабатывать и пересылать на монитор, причем за время, ограниченное прямым ходом кадровой развертки.

1.12.8 Видеокарты

Графический пользовательский интерфейс, появившийся во многих операционных системах, стимулировал новый этап развития видеоадаптеров. Появляется понятие «графический ускоритель» (graphics accelerator). Это видеоадаптеры, которые производят выполнение некоторых графических функций на аппаратном уровне. К числу этих функций относятся, перемещение больших блоков изображения из одного участка экрана в другой (например, при перемещении окна), заливка участков изображения, рисование линий, дуг, шрифтов, поддержка аппаратного курсора и т. п. Прямым толчком к развитию столь специализированного устройства явилось то, что графический пользовательский интерфейс несомненно удобен, но его использование требует от центрального процессора немалых вычислительных ресурсов, и современный графический ускоритель как раз и призван снять с него львиную долю вычислений по окончательному выводу изображения на экран.

Современная видеокарта состоит из следующих частей:

- графический процессор (Graphics processing unit — графическое процессорное устройство) — занимается расчётами выводимого изображения, освобождая от этой обязанности центральный процессор, производит расчёты для обработки команд трёхмерной графики. Является основой графической платы, именно от него зависят быстродействие и возможности всего устройства. Современные графические процессоры по сложности мало чем уступают центральному процессору компьютера, и зачастую превосходят его как по числу транзисторов, так и по вычислительной мощности, благодаря большому числу универсальных вычислительных блоков. Однако, архитектура GPU прошлого поколения обычно предполагает наличие нескольких блоков обработки информации, а именно: блок обработки 2D-графики, блок обработки 3D-графики, в свою очередь, обычно разделяющийся на геометрическое ядро (плюс кэш вершин) и блок растеризации (плюс кэш текстур) и др.
- видеоконтроллер — отвечает за формирование изображения в видеопамяти, даёт команды RAMDAC на формирование сигналов развёртки для монитора и осуществляет обработку запросов центрального процессора. Кроме этого, обычно присутствуют контроллер внешней шины данных (например, PCI или AGP), контроллер внутренней шины данных и контроллер видеопамяти. Ширина внутренней шины и шины видеопамяти обычно больше, чем внешней (64, 128 или 256 разрядов против 16 или 32), во многие видеоконтроллеры встраивается ещё и RAMDAC. Современные графические адаптеры (ATI, nVidia) обычно имеют не менее двух видеоконтроллеров, работающих независимо друг от друга и управляющих одновременно одним или несколькими дисплеями каждый.
- видеопамять — выполняет роль кадрового буфера, в котором хранится изображение, генерируемое и постоянно изменяемое графическим процессором и выводимое на экран монитора (или нескольких мониторов). В видеопамяти хранятся также промежуточные невидимые на экране элементы изображения и другие данные. Видеопамять бывает нескольких типов, различающихся по скорости доступа и рабочей частоте. Современные видеокарты комплектуются памятью типа DDR, DDR2, GDDR3, GDDR4 и GDDR5.
- цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП, RAMDAC — Random Access Memory Digital-to-Analog Converter) — служит для преобразования изображения, формируемого видеоконтроллером, в уровни интенсивности цвета, подаваемые на аналоговый монитор. Возможный диапазон цветности изображения определяется только параметрами RAMDAC. Стоит отметить, что мониторы и видеопроекторы, подключаемые к цифровому DVI выходу видеокарты, для преобразования потока цифровых данных используют собственные цифроаналоговые преобразователи и от характеристик ЦАП видеокарты не зависят.

- видео-ПЗУ (Video ROM) — постоянное запоминающее устройство, в которое записаны видео-BIOS, экранные шрифты, служебные таблицы и т. п. ПЗУ не используется видеоконтроллером напрямую — к нему обращается только центральный процессор. Хранящийся в ПЗУ видео-BIOS обеспечивает инициализацию и работу видеокарты до загрузки основной операционной системы.
- система охлаждения — предназначена для сохранения температурного режима видеопроцессора и видеопамяти в допустимых пределах.

Правильная и полнофункциональная работа современного графического адаптера обеспечивается с помощью видеодрайвера — специального программного обеспечения, поставляемого производителем видеокарты и загружаемого в процессе запуска операционной системы. Видеодрайвер выполняет функции интерфейса между системой с запущенными в ней приложениями и видеоадаптером. Так же как и видео-BIOS, видеодрайвер организует и программно контролирует работу всех частей видеоадаптера через специальные регистры управления, доступ к которым происходит через соответствующую шину.

Характеристики

- ширина шины памяти, измеряется в битах — количество бит информации, передаваемой за такт. Важный параметр в производительности карты.
- объём видеопамяти, измеряется в мегабайтах — объём собственной оперативной памяти видеокарты.
- частоты ядра и памяти — измеряются в мегагерцах, чем больше, тем быстрее видеокарта будет обрабатывать информацию.
- текстурная и пиксельная скорость заполнения, измеряется в млн. пикселей в секунду, показывает количество выводимой информации в единицу времени.
- выводы карты — видеоадаптеры MDA, Hercules, CGA и EGA оснащались 9-контактным разъемом типа D-Sub. Изредка также присутствовал коаксиальный разъем Composite Video, позволяющий вывести черно-белое изображение на телевизионный приемник или монитор, оснащенный НЧ-видеовходом. Видеоадаптеры VGA и более поздние обычно имели всего один разъём VGA (15-контактный D-Sub). Изредка ранние версии VGA-адаптеров имели также разъем предыдущего поколения (9-контактный) для совместимости со старыми мониторами. Выбор рабочего выхода задавался переключателями на плате видеоадаптера. В настоящее время платы оснащают разъёмами DVI или HDMI, либо Display Port в количестве от одного до трех. Некоторые видеокарты ATi последнего поколения оснащаются шестью видеовыходами. Порты DVI и HDMI являются эволюционными стадиями развития стандарта передачи видеосигнала, поэтому для соединения устройств с этими типами портов возможно использование переходников. Порт DVI бывает двух разновидностей. DVI-I

также включает аналоговые сигналы, позволяющие подключить монитор через переходник на разъем D-SUB. DVI-D не позволяет этого сделать. Display Port позволяет подключать до четырёх устройств, в том числе акустические системы, USB-концентраторы и иные устройства ввода-вывода. На видеокарте также возможно размещение композитных и S-Video видеовыходов и видеовходов (обозначаются, как ViVo).

Первое препятствие к повышению быстродействия видеосистемы — это интерфейс передачи данных, к которому подключён видеоадаптер. Как бы ни был быстр процессор видеоадаптера, большая часть его возможностей останется незадействованной, если не будут обеспечены соответствующие каналы обмена информацией между ним, центральным процессором, оперативной памятью компьютера и дополнительными видеоустройствами. Основным каналом передачи данных является, конечно, интерфейсная шина материнской платы, через которую обеспечивается обмен данными с центральным процессором и оперативной памятью.

С появлением процессоров Intel Pentium II, и серьёзной заявкой PC на принадлежность к рынку высокопроизводительных рабочих станций, а также с появлением 3D-игр со сложной графикой, стало ясно, что пропускной способности PCI в том виде, в каком она существовала на платформе PC (обычно частота 33 МГц и разрядность 32 бит), скоро не хватит на удовлетворение запросов системы. Поэтому фирма Intel решила сделать отдельную шину для графической подсистемы, несколько модернизировала шину PCI, обеспечила новой получившейся шине отдельный доступ к памяти с поддержкой некоторых специфических запросов видеоадаптеров, и назвала это AGP (Accelerated Graphics Port — ускоренный графический порт). Разрядность шины AGP составляет 32 бит, рабочая частота 66 МГц. Первая версия разъема поддерживала режимы передачи данных 1x и 2x, вторая — 4x, третья — 8x. В этих режимах за один такт передаются соответственно одно, два, четыре или восемь 32-разрядных слов. Версии AGP не всегда были совместимы между собой в связи с использованием различных напряжений питания в разных версиях. Для предотвращения повреждения оборудования использовался ключ в разъеме. Пиковая пропускная способность в режиме 1x — 266 МБ/с. Выпуск видеоадаптеров на базе шин PCI и AGP на настоящий момент ничтожно мал, так как шина AGP перестала удовлетворять современным требованиям для мощности новых ПК, и, кроме того, не может обеспечить необходимую мощность питания. Для решения этих проблем создано расширение шины PCI — E — PCI Express версий 1.0, 1.1 и 2.0, это последовательный, в отличие от AGP, интерфейс, его пропускная способность может достигать нескольких десятков ГБ/с. На данный момент произошёл практически полный отказ от шины AGP в пользу PCI Express. Однако стоит отметить, что некоторые производители до сих пор предлагают достаточно современные по своей конструкции видеоплаты с интерфейсами PCI и AGP — во многих случаях это достаточно простой путь резко повысить производительность морально устаревшего ПК в некоторых графических задачах.

1.12.9 TV-тюнеры

Любой ТВ-тюнер в состоянии принимать и декодировать телевизионный сигнал в одном или нескольких стандартах телевидения.

В настоящее время наибольшее распространение на мировом рынке получают цифровые ТВ-тюнеры, позволяющие принимать цифровой сигнал в стандартах:

- DVB-T (европейское эфирное цифровое вещание),
- DVB-C (европейское кабельное цифровое вещание),
- DVB-S (европейское спутниковое цифровое вещание),
- ATSC (американское цифровое вещание),
- ISDB (японское и южноамериканское цифровое вещание),
- DMB-T/H (китайское цифровое вещание).

Для совместимости со старыми телевизионными стандартами продолжают выпускаться ТВ-тюнеры, позволяющие принимать аналоговые сигналы:

- PAL (европейское аналоговое вещание),
- SECAM (советское и французское аналоговое вещание),
- NTSC (американское и японское аналоговое вещание).

Качество цифровой трансляции видео (и аудио) значительно превосходит аналоговые видеостандарты, разрешение может достигать 720 или 1080 строк видео потока, при этом отсутствуют искажения изображения. В то же время, сам по себе цифровой способ кодирования изображения не обязательно означает увеличение разрешения: цифровые каналы могут кодироваться в стандартной чёткости, соответствующей аналоговым, либо повышенной чёткости (HDTV), т.е. в высоком разрешении.

Классификация по способу подключения к компьютеру

Наиболее общим является деление ТВ-тюнеров на внутренние и внешние, в зависимости от их расположения относительно корпуса системного блока компьютера. Более точным является деление по интерфейсу подключения.

На сегодняшний день наиболее распространены ТВ-тюнеры с интерфейсами USB, PCI, PCI Express и CardBus. Также существуют модели с интерфейсом FireWire и устаревшими ISA, PC Card.

Особняком стоят ТВ-тюнеры, подключаемые непосредственно к видеointерфейсу между компьютером и монитором, то есть DVI либо VGA. Такие тюнеры не требуют поддержки со стороны операционной системы и прикладного программного обеспечения компьютера, так как выводят телевизионную картинку на монитор независимо от компьютера. К их достоинствам относится универсальность по отношению к операционным системам, к недостаткам — невозможность записи видео и обычно не очень высокое максимальное допустимое разрешение монитора, ограничиваемое производительностью тюнера при обработке видеопотока.

1.13 Порты ввода-вывода

Подсоединение периферийных устройств, таких, как манипулятор типа мышь, внешний модем или принтер, к персональному компьютеру производится через так называемые устройства сопряжения, или адаптеры, на которых реализованы стандартные или специальные, интерфейсы. Ранее подобные адаптеры были выполнены в виде отдельных плат ввода-вывода — Input-Output (I/O) Card, вставляемых в разъемы расширения на системной плате. Современные системные платы, как правило, интегрируют все необходимые адаптеры.

Итак, взаимодействие периферийного устройства с адаптером происходит через один (возможно, один из двух) интерфейс, определяющий, в частности, тип и "род" (розетка или вилка, female или male) соединителя, уровни и длительность электрических сигналов, протоколы.

На жаргоне, сложившемся у пользователей IBM PC-совместимых компьютеров, стандартные последовательный и параллельный интерфейсы часто называют портами ввода-вывода. Собственно до последнего времени в качестве последовательного стандартного интерфейса используется разновидность RS-232C (Recommended Standard) — EIA-232D (Electrical Industry Association), а в качестве параллельного — Centronics. Порт называют последовательным, когда информационные биты передаются последовательно один за другим, и параллельным, когда несколько бит данных передаются одновременно.

Параллельные порты используются обычно для подключения принтера (в ряде случаев плоттера или сканера).

1.13.1 Параллельный порт

Поскольку параллельный порт в IBM PC-совместимом компьютере чаще всего используется для подключения принтера, то его называют также принтер - портом. В MS-DOS компьютер работает максимум с тремя параллельными портами, которые имеют логические имена LPT1, LPT2 и LPT3. В адресном пространстве компьютера резервируются базовые адреса этих портов. Для принтерного порта LPT1 предусмотрено аппаратное прерывание IRQ7, а для LPT2 — IRQ5, хотя на практике они обычно не применяются. Установка базовых адресов портов и возможность использования прерываний настраиваются перестановкой перемычек (jumpers) на плате, описание которых приводится в технической документации для конкретного адаптера, либо программно.

Подсоединение кабеля к адаптеру параллельного интерфейса производится через 25-контактный разъем типа D-shell (DB-25), а со стороны принтера используется специальный 36-контактный разъем типа Centronics. Поскольку частота передаваемых сигналов может достигать десятков кГц, длина таких кабелей обычно не превышает трех метров. "Фирменные" кабели Centronics бывают длиной 6, 8 и 10 футов (примерно 1,8; 2,4 и 3 м соответственно). Часто ошибки и потеря информации при использовании самодельного кабеля связаны

именно с его длиной. Увеличение длины кабеля до десяти и более метров возможно только при использовании специальных усилителей сигналов.

1.13.2 Последовательный порт

Последовательный интерфейс используется для большинства периферийных устройств, таких, как плоттер, удаленный принтер, мышь, внешний модем, программатор ПЗУ и т.д. До настоящего времени для последовательной связи IBM PC-совместимых компьютеров используются адаптеры с интерфейсом RS-232C (новая версия — EIA-232D). Описание этого интерфейса было опубликовано Американской промышленной ассоциацией еще в 1969 году.

Хотя первоначально RS-232 был предназначен для связи центральной машины с терминалами, его простота и богатые возможности обеспечили ему более широкое применение. В IBM PC совместимом компьютере, работающем под MS-DOS, может использоваться до четырех последовательных портов, имеющих логические имена соответственно COM1, COM2, COM3 и COM4.

Основным преимуществом последовательной передачи является возможность пересылки данных на большие расстояния, как правило, не менее 30 метров.

1.13.3 Инфракрасный порт

Infrared Data Association — *IrDA*, *ИК-порт*, *Инфракрасный порт* — группа стандартов, описывающая протоколы физического и логического уровня передачи данных с использованием инфракрасного диапазона световых волн в качестве носителя.

Является разновидностью атмосферной оптической линии связи ближнего радиуса действия.

Была особо популярна в конце 1990-х начале 2000-х годов. В данное время практически вытеснена более современными способами связи, такими как WiFi и Bluetooth. Вопреки распространенному мнению, основной причиной отказа от IrDA была вовсе не низкая скорость передачи данных, а ограниченная дальность действия и требования прямой видимости пары приемник-передатчик.

Скоростные возможности, напротив, до сих пор, в несколько раз превышают, например, возможности последней, на сегодняшний момент, версии протокола Bluetooth (спецификация 2.0).

Аппаратная реализация, как правило, представляет собой пару из передатчика, в виде светодиода, и приемника, в виде фотодиода расположенных на каждой из сторон линии связи. Наличие и передатчика и приемника на каждой из сторон является необходимым для использования протоколов гарантированной доставки данных.

В ряде случаев, например при использовании в пультах дистанционного управления бытовой техникой, одна из сторон может быть оснащена только передатчиком а другая только приемником.

Иногда устройства оснащают несколькими приемниками, что позволяет одновременно поддерживать связь с несколькими устройствами.

Использование при этом одного передатчика возможно благодаря тому, что протоколы логического уровня, для обеспечения гарантированной доставки данных, требуют лишь незначительного обратного трафика.

Наличие нескольких передатчиков встречается гораздо реже.

Большинство оптических сенсоров, используемых в фото и видео камерах, имеет диапазон чувствительности гораздо шире видимой части спектра.

Благодаря этому работающий инфракрасный передатчик можно увидеть на экране или фотоснимке в виде яркого пятна.

Возможности

Дистанционный пульт управления передает команды на телевизор или видеомаягнитофон с помощью IrDA. Сейчас ИК-портами все ещё оснащаются большинство мобильных телефонов, ноутбуков и карманных компьютеров. ИК-портами оснащаются некоторые принтеры и цифровые фотоаппараты. Большинство настольных ПК, напротив, не имеет инфракрасного порта в стандартной системной конфигурации, и для них необходим ИК-адаптер, который подключается к компьютеру через USB, COM-порт или в специальный разъем на материнской плате.

Через ИК-порт, с помощью протокола высокого уровня — IrOBEX можно, например, передать цифровую визитную карточку, мелодию, картинку или файл на другой мобильник или компьютер, на котором также имеется ИК-порт. Этот же протокол позволяет организовывать синхронизацию данных. Протокол IrCOMM позволяет использовать мобильный телефон как беспроводной модем.

Протокол IrLAN позволяет подключить и связать устройства в локальную сеть, наподобие Ethernet.

Ввиду того, что пульты дистанционного управления используют этот же протокол, КПК, со встроенным ИК-портом, можно использовать как пульт для управления. Для этого, как правило, необходимо установить соответствующее ПО.

1.13.4 Wi-Fi

Wi-Fi был создан в 1991 году NCR Corporation/AT&T (впоследствии — Lucent Technologies и Agere Systems) в Ньивегейн, Нидерланды. Продукты, предназначавшиеся изначально для систем кассового обслуживания, были выведены на рынок под маркой WaveLAN и обеспечивали скорость передачи данных от 1 до 2 Мбит/с.

Принцип работы

Обычно схема Wi-Fi сети содержит не менее одной точки доступа (так называемый режим infrastructure) и не менее одного клиента. Также возможно подключение двух клиентов в режиме точка-точка, когда точка доступа не

используется, а клиенты соединяются посредством сетевых адаптеров «напрямую».

Преимущества Wi-Fi

- Позволяет развернуть сеть без прокладки кабеля, что может уменьшить стоимость развёртывания и/или расширения сети. Места, где нельзя проложить кабель, например, вне помещений и в зданиях, имеющих историческую ценность, могут обслуживаться беспроводными сетями.
- Позволяет иметь доступ к сети мобильным устройствам.
- Wi-Fi устройства широко распространены на рынке.

Недостатки Wi-Fi

- Частотный диапазон и эксплуатационные ограничения в различных странах неодинаковы. Во многих европейских странах разрешены два дополнительных канала, которые запрещены в США; В Японии есть ещё один канал в верхней части диапазона, а другие страны, например Испания, запрещают использование низкочастотных каналов. Более того, некоторые страны, например Россия, Белоруссия и Италия, требуют регистрации всех сетей Wi-Fi, работающих вне помещений, или требуют регистрации Wi-Fi-оператора.
- В России точки беспроводного доступа, а также адаптеры Wi-Fi с ЭИИМ, превышающей 100 мВт (20 дБм), подлежат обязательной регистрации. Решение ГКРЧ № 04-03-04-003 от 6.12.2004 г. утверждает основные технические характеристики внутриофисных РЭС (приложение № 1) и содержит список РЭС, подлежащих регистрации в упрощённом порядке, то есть без оформления разрешения на использование радиочастот (приложение № 2).
- Высокое по сравнению с другими стандартами потребление энергии, что уменьшает время жизни батарей и повышает температуру устройства.
- Самый популярный стандарт шифрования WEP может быть относительно легко взломан даже при правильной конфигурации (из-за слабой стойкости алгоритма).
- Wi-Fi имеют ограниченный радиус действия. Типичный домашний маршрутизатор Wi-Fi стандарта 802.11b или 802.11g имеет радиус действия 45 м в помещении и 500 м снаружи. Микроволновая печь или зеркало, расположенные между устройствами Wi-Fi, ослабляют уровень сигнала. Расстояние зависит также от частоты.
- Наложение сигналов закрытой или использующей шифрование точки доступа и открытой точки доступа, работающих на одном или соседних каналах может помешать доступу к открытой точке доступа.
- Неполная совместимость между устройствами разных производителей или неполное соответствие стандарту может привести к ограничению возможностей соединения или уменьшению скорости
- Уменьшение производительности сети во время дождя

- Малая пригодность для работы приложений, использующих медиа-поток в реальном времени: качество медийного потока непредсказуемо из-за возможных высоких потерь при передаче данных, обусловленных целым рядом неконтролируемых пользователем факторов.

1.13.5 Bluetooth

Bluetooth или блютуз — производственная спецификация беспроводных персональных сетей (англ. Wireless personal area network, WPAN). Bluetooth обеспечивает обмен информацией между такими устройствами как карманные и обычные персональные компьютеры, мобильные телефоны, ноутбуки, принтеры, цифровые фотоаппараты, мышки, клавиатуры, джойстики, наушники, гарнитуры на надёжной, недорогой, повсеместно доступной радиочастоте для ближней связи. Bluetooth позволяет этим устройствам общаться, когда они находятся в радиусе от 10 до 100 метров друг от друга (дальность очень сильно зависит от преград и помех), даже в разных помещениях.

Принцип действия основан на использовании радиоволн. Радиосвязь Bluetooth осуществляется в ISM-диапазоне (англ. Industry, Science and Medicine), который используется в различных бытовых приборах и беспроводных сетях (свободный от лицензирования диапазон 2,4-2,4835 ГГц). В Bluetooth применяется метод расширения спектра со скачкообразной перестройкой частоты (англ. Frequency Hopping Spread Spectrum, FHSS). Метод FHSS прост в реализации, обеспечивает устойчивость к широкополосным помехам, а оборудование стоит недорого.

Протокол Bluetooth поддерживает не только соединение «point-to-point», но и соединение «point-to-multipoint».

1.14 Устройства ввода

1.14.1 Клавиатуры

Клавиатура компьютера — одно из основных устройств ввода информации от пользователя в компьютер. Стандартная компьютерная клавиатура, также называемая клавиатурой PC/AT или AT-клавиатурой (поскольку она начала поставляться вместе с компьютерами серии IBM PC/AT), имеет 101 или 102 клавиши. Клавиатуры, которые поставлялись вместе с предыдущими сериями — IBM PC и IBM PC/XT, — имели 86 клавиш.[источник не указан 461 день] Расположение клавиш на AT-клавиатуре подчиняется единой общепринятой схеме, спроектированной в расчёте на английский алфавит.

По своему назначению клавиши на клавиатуре делятся на шесть групп:

- функциональные;
- алфавитно-цифровые;
- управления курсором;

- цифровая панель;
- специализированные;
- модификаторы.

Двенадцать функциональных клавиш расположены в самом верхнем ряду клавиатуры. Ниже располагается блок алфавитно-цифровых клавиш. Правее этого блока находятся клавиши управления курсором, а с самого правого края клавиатуры — цифровая панель.



Рисунок 10 – стандартная клавиатура ПК

Алфавитно-цифровой блок

К алфавитно-цифровому блоку относятся клавиши для ввода букв, цифр, знаков пунктуации и арифметических действий, специальных символов. В стандартной клавиатуре PC/AT этот блок включает 47 клавиш. В тех странах, где число букв в алфавите больше 26, производители клавиатур выпускают клавиатуры с дополнительными клавишами в алфавитно-цифровом блоке. Например, на клавиатурах для украинского языка их уже 48. Для русского алфавита с его 33 буквами специальные клавиатуры не производятся. Все буквы русского алфавита размещены на клавишах стандартной клавиатуры PC/AT.

Клавиши алфавитно-цифрового блока делятся по рядам и по зонам. Нижний ряд блока находится над клавишей «пробел» и клавишами-модификаторами Ctrl, Alt, AltGr. Он считается первым. Выше — второй, в методе слепой десятипальцевой печати также называемый «домашним» рядом. Ещё выше — третий. Самый верхний ряд клавиш блока — четвёртый — в латинской раскладке QWERTY не содержит клавиш для ввода букв, но включает все клавиши ввода цифр. По этой причине его часто называют цифровым рядом.

Зоной называется совокупность клавиш, закреплённых в методе слепой десятипальцевой печати за пальцами каждой из рук. Нумерация зон идёт слева направо.

Клавиши-модификаторы

К числу клавиш-модификаторов относятся клавиши \hat{u} Shift , Ctrl , Caps Lock , Alt и AltGr (правый Alt). Они предназначены для изменения (модификации) действий других клавиш. Включение верхнего регистра клавиш (при отключённом Caps Lock) осуществляется нажатием и удержанием клавиши \hat{u} Shift . Нажатие и удержание клавиши AltGr используется для перехода на второй уровень клавиатуры.

Клавиши-модификаторы используются наиболее часто, поэтому они имеют увеличенный размер. К тому же клавиши \hat{u} Shift и Ctrl продублированы по обеим сторонам блока алфавитно-цифровых клавиш.

Цифровая панель

Основное назначение клавиш цифровой панели — дублирование функций клавиш алфавитно-цифрового блока в части ввода цифр и арифметических операторов. Использование клавиш этой панели более удобно для ввода цифр и арифметических операторов, нежели ввод этих символов клавишами алфавитно-цифрового блока.

Мультимедийные клавиатуры

Мультимедийная компьютерная клавиатура, способная управлять громкостью звука и сетевым поведением компьютера.

Многие современные компьютерные клавиатуры, помимо стандартного набора из ста четырёх клавиш, снабжаются дополнительными клавишами (как правило, другого размера и формы), которые предназначены для упрощённого управления некоторыми основными функциями компьютера:

- управление громкостью звука: громче, тише, включить или выключить звук;
- управление лотком в приводе для компакт-дисков: извлечь диск, принять диск;
- управление аудиопроигрывателем: играть, поставить на паузу, остановить воспроизведение, промотать аудиозапись вперёд или назад, перейти к следующей или предыдущей аудиозаписи;
- управление сетевыми возможностями компьютера: открыть почтовую программу, открыть браузер, показать домашнюю страницу, двигаться вперёд или назад по истории посещённых страниц, открыть поисковую систему;
- управление наиболее популярными программами: открыть калькулятор, открыть файловый менеджер;
- управление состоянием окон операционной системы: свернуть окно, закрыть окно, перейти к следующему или к предыдущему окну;

- управление состоянием компьютера: перевести в ждущий режим, перевести в спящий режим, пробудить компьютер, выключить компьютер.

Так как многие из этих функций (управление звуком и воспроизведением звукозаписей, управление компакт-дисками и т. п.) относятся к сфере мультимедиа, то такие клавиатуры часто называются «мультимедийными клавиатурами».

Фирменные драйвера таких клавиатур, как правило, не предоставляют пользователям возможности управлять назначением большинства дополнительных клавиш (кроме, возможно, специальной группы «пользовательских клавиш»), а также не дают возможности определять дополнительные сочетания из нескольких клавиш (с участием мультимедийных) и назначать им новые специальные функции. Однако, эта проблема может быть решена при помощи независимых универсальных драйверов от сторонних разработчиков.

1.14.2 Мыши

Мышь воспринимает своё перемещение в рабочей плоскости (обычно — на участке поверхности стола) и передаёт эту информацию компьютеру.

Программа, работающая на компьютере, в ответ на перемещение мыши производит на экране действие, отвечающее направлению и расстоянию этого перемещения. В универсальных интерфейсах (например, в оконных) с помощью мыши пользователь управляет специальным курсором — указателем — манипулятором элементами интерфейса. Иногда используется ввод команд мышью без участия видимых элементов интерфейса программы: при помощи анализа движений мыши. Такой способ получил название «жесты мышью» (англ. mouse gestures).

В дополнение к детектору перемещения, мышь имеет от одной до трёх и более кнопок, а также дополнительные элементы управления (колёса прокрутки, потенциометры, джойстики, трекболы, клавиши и т. п.), действие которых обычно связывается с текущим положением курсора (или составляющих специфического интерфейса).

Элементы управления мыши во многом являются воплощением идей аккордной клавиатуры (то есть, клавиатуры для работы вслепую). Мышь, изначально создаваемая в качестве дополнения к аккордной клавиатуре, фактически её заменила.

В некоторые мыши встраиваются дополнительные независимые устройства — часы, калькуляторы, телефоны.

Датчики перемещения

В процессе «эволюции» компьютерной мыши наибольшие изменения претерпели датчики перемещения.

Прямой привод

Изначальная конструкция датчика перемещения мыши, изобретённой Дугласом Энгельбартом в Стенфордском исследовательском институте в 1963 году, состояла из двух перпендикулярных колес, выступающих из корпуса устройства. При перемещении колеса мыши крутились каждое в своем измерении.

Такая конструкция имела много недостатков и довольно скоро была заменена на мышшь с шаровым приводом.

Шаровой привод

В шаровом приводе движение мыши передается на выступающий из корпуса обрешиненный стальной шарик (его вес и резиновое покрытие обеспечивают хорошее сцепление с рабочей поверхностью). Два прижатых к шару ролика снимают его движения по каждому из измерений и передают их на датчики, преобразующие эти движения в электрические сигналы.

Основной недостаток шарового привода — загрязнение шарика и снимающих роликов, приводящее к заеданию мыши и необходимости в периодической её чистке (отчасти эта проблема сглаживалась путём металлизации роликов).

Несмотря на недостатки, шаровой привод долгое время доминировал, успешно конкурируя с альтернативными схемами датчиков. В настоящее время шаровые мыши почти полностью вытеснены оптическими мышами второго поколения.

Оптические мыши первого поколения

Оптические датчики призваны непосредственно отслеживать перемещение рабочей поверхности относительно мыши. Исключение механической составляющей обеспечивало более высокую надёжность и позволяло увеличить разрешающую способность детектора.

Первое поколение оптических датчиков было представлено различными схемами оптопарных датчиков с непрямой оптической связью — светоизлучающих и воспринимающих отражение от рабочей поверхности светочувствительных диодов. Такие датчики имели одно общее свойство — они требовали наличия на рабочей поверхности (мышинном коврик) специальной штриховки (перпендикулярными или ромбовидными линиями). На некоторых ковриках эти штриховки выполнялись красками, невидимыми при обычном свете (такие коврики даже могли иметь рисунок).

Недостатками таких датчиков обычно называют:

- необходимость использования специального коврика и невозможность его замены другим. Кроме всего прочего, коврики разных оптических мышей часто не были взаимозаменяемыми и не выпускались отдельно;
- необходимость определённой ориентации мыши относительно коврика, в противном случае мышшь работала неправильно;
- чувствительность мыши к загрязнению коврика (ведь он соприкасается с рукой пользователя) — датчик неуверенно воспринимал штриховку на загрязнённых местах коврика;
- высокую стоимость устройства.

Оптические мыши второго поколения

Второе поколение оптических мышей имеет более сложную начинку. В нижней части мыши установлен специальный светодиод, который подсвечивает поверхность, по которой перемещается мышь. Миниатюрная камера «фотографирует» поверхность более тысячи раз в секунду, передавая эти данные процессору, который и делает выводы об изменении координат. Оптические мыши второго поколения имеют огромное преимущество перед первым: они не требуют специального коврика и работают практически на любых поверхностях, кроме зеркальных. Они также не нуждаются в чистке. Предполагалось, что такие мыши будут работать на произвольной поверхности, однако вскоре выяснилось, что многие продаваемые модели (в особенности первые широко продаваемые устройства) не так уж и безразличны к рисункам на коврике. На некоторых участках рисунка графический процессор способен сильно ошибаться, что приводит к хаотичным движениям указателя, абсолютно неадекватным реальному перемещению. Для склонных к таким сбоям мышей необходимо подобрать коврик с иным рисунком или вовсе с однотонным покрытием.

Лазерный датчик

В последние годы была разработана новая, более совершенная разновидность оптического датчика, использующего для подсветки полупроводниковый лазер.

О недостатках таких датчиков пока известно мало, но известно об их преимуществах:

- более высоких надёжности и разрешении
- успешной работе на стеклянных и зеркальных поверхностях (недоступных оптическим мышам)
- отсутствии заметного свечения (сенсору достаточно слабой подсветки лазером видимого или, возможно, инфракрасного диапазона)
- низком энергопотреблении

Кнопки

Кнопки — основные элементы управления мыши, служащие для выполнения основных манипуляций: выбора объекта (нажатиями), активного перемещения (то есть перемещения с нажатой кнопкой, для рисования или обозначения начала и конца отрезка на экране, который может трактоваться как диагональ прямоугольника, диаметр окружности, исходная и конечная точка при перемещении объекта, выделении текста и т. п.).

Двухкнопочная мышь

Количество кнопок на мыши ограничивает концепция их использования вслепую аналогично клавишам аккордной клавиатуры. Однако, в отличие от аккордной клавиатуры, которая может безболезненно использовать пять клавиш (по одной на каждый палец), мышь ещё необходимо перемещать тремя (большой, безымянный и мизинец) или двумя (большой и мизинец) пальцами. Таким образом, можно сделать две или три полноценные кнопки для

использования параллельно с перемещением мыши по столу — под указательный, средний и безымянный пальцы (для трех кнопок). Крайние кнопки называют по положению — левая (под указательный палец правши), правая и средняя, для трёхкнопочной мыши.

Трёхкнопочная мышь

Долгое время двух- и трёхкнопочные концепции противостояли друг другу. Двухкнопочные мыши поначалу лидировали, так как на их стороне, кроме простоты (три кнопки проще перепутать), удобства и отсутствия излишеств, было программное обеспечение, которое едва загружало две кнопки. Но, несмотря ни на что, трёхкнопочные мыши никогда не прекращали продаваться, пока противостоянию не пришёл конец.

Дополнительные кнопки

Производители постоянно стараются добавить на топовые модели дополнительные кнопки, чаще всего — кнопки под большой или указательный и реже — под средний палец. Некоторые кнопки служат для внутренней настройки мыши (например, для изменения чувствительности) или двойные-тройные щелчки (для программ и игр), на другие — в драйвере и/или специальной утилитой назначаются некоторые системные функции, например:

- горизонтальная прокрутка;
- двойное нажатие (double click);
- навигация в браузерах и файловых менеджерах;
- управление уровнем громкости и воспроизведением аудио- и видеоклипов;
- запуск приложений;

Трекболы

Трекбол — шарик, вращающийся в любом направлении. Движения шарика снимаются механическим (как в механической мыши) или оптическим способом (применяемым в современных трекболах).

Трекбол можно рассматривать как двухмерное колесо прокрутки. Аналогично джойстику, трекбол может быть использован для альтернативного перемещения указателя.

Интерфейсы подключения

Первые мыши подключались к компьютерам x86 через последовательный коммуникационный интерфейс RS-232 (последовательные мыши) с разъёмом DB25F и, позднее, DB9F, и с помощью своего адаптера (шинные мыши англ. bus mouse). В 1990-х годах большинство выпускавшихся мышей имели последовательное подключение.

В компьютере PS/2 фирма IBM предусмотрела для мыши специальный порт с разъёмом mini-DIN, точно таким же, как и для клавиатуры. Позднее разъёмы клавиатуры и мыши типа PS/2 были включены в современный стандарт материнских плат x86 — ATX. Такие мыши лидировали в продаже в период 2001—2007 гг. и используются до сих пор, постепенно уступая свои позиции интерфейсу USB.

Ещё одним интерфейсом, через который можно подключить мышь, является универсальный беспроводной радиointерфейс Bluetooth; он поддерживается на многих платформах.

Достоинства и недостатки

Мышь стала основным координатным устройством ввода из-за следующих особенностей:

- Очень низкая цена (по сравнению с остальными устройствами наподобие сенсорных экранов).
- Высокая точность позиционирования курсора. Мышь (за исключением некоторых «неудачных» моделей) легко попасть в нужный пиксель экрана.
- Мышь позволяет множество разных манипуляций — двойные и тройные щелчки, перетаскивания, жесты, нажатие одной кнопки во время перетаскивания другой и т. д. Поэтому в одной руке можно сконцентрировать большое количество органов управления — многокнопочные мыши позволяют управлять, например, браузером вообще без привлечения клавиатуры.

Недостатками мыши являются:

- Опасность синдрома запястного канала (не подтверждается клиническими исследованиями).
- Для работы требуется ровная гладкая поверхность достаточных размеров (за исключением разве что экзотических (для 2010 г.) гироскопических мышей).
- Ножки мыши накапливают грязь и служат недолго (по этой причине мышь практически не применяется в военных устройствах).

1.14.3 Тачпад

Тачпад (англ. touchpad — сенсорная площадка), сенсорная панель — указательное устройство ввода, применяемое чаще всего в ноутбуках. Как и другие указательные устройства, тачпад обычно используется для управления «указателем» путем перемещения пальца по поверхности устройства. Тачпады имеют различные размеры, но обычно их площадь не превосходит 50 см². Форма исполнения - чаще всего прямоугольник, но существуют модели и в виде круга.

Работа тачпадов основана на измерении ёмкости пальца или измерении ёмкости между сенсорами. Ёмкостные сенсоры расположены вдоль вертикальной и горизонтальной осей тачпада, что позволяет определить положение пальца с нужной точностью.

Поскольку работа устройства основана на измерении ёмкости, тачпад не будет работать, если водить по нему каким-либо непроводящим предметом, например, основанием карандаша. В случае использования проводящих

предметов тачпад будет работать только при достаточной площади соприкосновения. Влажные пальцы затрудняют работу тачпада. Тачпады являются устройствами с довольно низким разрешением. Этого достаточно для использования их в повседневной работе за компьютером (офисные приложения, веб-браузеры, логические игры), но затрудняет работу в графических.

Однако у тачпадов есть и ряд преимуществ, по сравнению с другими манипуляторами:

- не требуют ровной поверхности (в отличие от мыши);
- не требуют большого пространства (в отличие от мыши или графического планшета)
- расположение тачпада фиксировано относительно клавиатуры (в отличие от мыши);
- для перемещения курсора на весь экран достаточно лишь небольшого перемещения пальца (в отличие от мыши или крупного графического планшета);
- работа с ними не требует особого привыкания, как например, в случае с трекболом.
- с помощью одного тачпада (не прикасаясь к кнопкам) можно выполнять часть манипуляций левой кнопки мыши:
 - короткое касание — щелчок
 - двойное короткое касание — двойной щелчок
 - незавершённое двойное касание с последующим перемещением — перемещение объекта или выделение
- отдельные участки тачпада (полоска справа и сверху/снизу) могут быть использованы для вертикальной и горизонтальной прокрутки.

1.14.4 Сканеры

Сканер (англ. scanner) — устройство, которое, анализируя какой-либо объект, создаёт цифровую копию изображения объекта. Процесс получения этой копии называется сканированием.

Ещё одно определение: (не общепринятое)

Сканер — устройство, которое, при помощи АЦП создает цифровое описание изображения внешнего для ЭВМ образа объекта. И передает его посредством системы ввода/вывода в ЭВМ.

Бывают ручные (англ. Handheld), рулонные (англ. Sheet-Feed), планшетные (англ. Flatbed) и проекционные сканеры. Разновидностью проекционных сканеров являются слайд-сканеры, предназначенные для сканирования фотопленок. В высококачественной полиграфии используются барабанные сканеры, в которых в качестве светочувствительного элемента используется фотоэлектронный умножитель (ФЭУ).

Принцип работы однопроходного планшетного сканера состоит в том, что вдоль сканируемого изображения, расположенного на прозрачном неподвижном стекле, движется сканирующая каретка с источником света. Отраженный свет через оптическую систему сканера (состоящую из объектива и зеркал или призмы) попадает на три расположенных параллельно друг другу фоточувствительных полупроводниковых элемента на основе ПЗС, каждый из которых принимает информацию о компонентах изображения.

1.14.5 Микрофон

Вначале наибольшее распространение получил угольный микрофон Эдисона, об изобретении которого также независимо заявляли Махальский в 1878 и П. М. Голубицкий в 1883. Угольный микрофон до сих пор используется в аппаратах аналоговой телефонии. Действие его основывается на изменении сопротивления между зёрнами угольного порошка при изменении давления на их совокупность.

Конденсаторный микрофон был изобретён американским учёным Э. Венте в 1917 году. В нём звук воздействует на тонкую металлическую мембрану, изменяя расстояние между мембраной и металлическим корпусом. Тем самым образуемый мембраной и корпусом конденсатор меняет ёмкость. Если подвести к пластинам постоянное напряжение, изменение ёмкости вызовет ток через конденсатор, тем самым образуя электрический сигнал во внешней цепи. Более массовыми стали динамические микрофоны, отличающиеся от угольных гораздо лучшей линейностью характеристик и хорошими частотными свойствами, а от конденсаторных — более приемлемыми электрическими свойствами.

Первым динамическим микрофоном стал изобретённый в 1924 году немецкими учёными Э. Герлахом и В. Шоттки электродинамический микрофон ленточного типа. Они расположили в магнитном поле гофрированную ленточку из очень тонкой (ок. 2 мкм) алюминиевой фольги. Такие микрофоны до сих пор применяются в студийной записи благодаря чрезвычайно высоким частотным характеристикам, однако их чувствительность невелика, выходное сопротивление очень мало (доли Ома), что значительно осложняло проектирование усилителей. Кроме того, достаточная чувствительность достижима только при значительной площади ленточки (а значит, и размерах магнита), в результате такие микрофоны имеют большие размеры и массу по сравнению со всеми остальными типами.

Пьезоэлектрический микрофон, сконструированный советскими учёными С. Н. Ржевкиным и А. И. Яковлевым в 1925 году, имеет в качестве датчика звукового давления пластинку из вещества, обладающего пьезоэлектрическими свойствами. Работа в качестве датчика давления позволила создать первые гидрофоны и записать сверхнизкочастотные звуки, характерные для морских обитателей.

В 1931 году американские учёные Э. Венте и А. Терас изобрели динамический микрофон с катушкой, приклеенной к тонкой мембране из полистирола или фольги. В отличие от ленточного, он имел существенно более высокое выходное сопротивление (десятки Ом и сотни килоОм), мог быть изготовлен в меньших размерах и является обратимым.

Совершенствование характеристик именно этих микрофонов, в сочетании с совершенствованием звукоусилительной и звукозаписывающей аппаратуры, позволило развиваться индустрии звукозаписи. Создание малых по размеру (даже несмотря на массу постоянного магнита, необходимого для работы микрофона), а также чрезвычайно чувствительных и узконаправленных динамических микрофонов в заметной степени изменило представление о приватности и породило ряд изменений в законодательстве (в частности, о применении подслушивающих устройств).

Тогда же разработанные электромагнитные микрофоны, в отличие от электродинамических, имеют закреплённый на мембране постоянный магнит и неподвижную катушку. Благодаря отсутствию жёстких требований к массе катушки (характерном для динамических микрофонов) такие микрофоны делались высокоомными, а также порой имели многоотводные катушки, что делало их более универсальными. Такие микрофоны, наряду с пьезоэлектрическими, позволили создать эффективные слуховые аппараты, а также ларингофоны.

Электретный микрофон, изобретённый японским учёным Ёгути в начале 20-х гг. XX века по принципу действия и конструкции близок к конденсаторному, однако в качестве неподвижной обкладки конденсатора и источника постоянного напряжения выступает пластина из электрета. Долгое время такие микрофоны были относительно дороги, а их очень высокое выходное сопротивление (как и конденсаторных, единицы мегаОм и выше) заставляло применять исключительно ламповые схемы.

Создание полевых транзисторов привело к появлению чрезвычайно эффективных, миниатюрных и лёгких электретных микрофонов, совмещённых с собранным в том же корпусе предусилителем на полевом транзисторе.

1.14.6 Веб-камера

Веб-камера (также вебкамера) — цифровая видео или фотокамера, способная в реальном времени фиксировать изображения, предназначенные для дальнейшей передачи по сети Интернет (в программах типа Skype, Instant Messenger или в любом другом видеоприложении).

Веб-камеры, доставляющие изображения через интернет, записывают изображения на веб-сервер либо по запросу, либо непрерывно, либо через регулярные промежутки времени. Это достигается путём подключения камеры к компьютеру или благодаря возможностям самой камеры. Некоторые современные модели обладают аппаратным и программным обеспечением,

которое позволяет камере самостоятельно работать в качестве веб-сервера, FTP-сервера, FTP-клиента и (или) отсылать изображения электронной почтой. Веб-камеры, предназначенные для видеоконференций, — это, как правило, простые модели камер, подключаемые к компьютеру, на котором запущена программа типа Instant Messenger.

Модели камер, используемые в охранных целях, могут снабжаться дополнительными устройствами и функциями (такими, как детекторы движения, подключение внешних датчиков и т. п.).

Первая в истории веб-камера была запущена в 1991 году и показывала кофеварку в Троянской комнате Кембриджского университета. Сейчас она не работает, поскольку была отключена 22 августа 2001 года. Последний фотоснимок, сделанный этой камерой, ещё можно видеть на её домашней странице в Интернете (<http://www.cl.cam.ac.uk/coffee/coffee.html>).

1.15 Устройства вывода

1.15.1 Принтеры

Принтер — периферийное устройство компьютера, предназначенное для вывода информации на твёрдый носитель, обычно на бумагу. Слово заимствовано из англ. printer, от to print («печатать») + -er («тот, кто совершает действие»).

Процесс печати обычно называют «выводом на печать», а получившийся документ — «распечаткой» или «твёрдой копией» (калька с англ. hard copy).

Получили распространение многофункциональные устройства (МФУ), в которых в одном приборе объединены функции принтера, сканера, копировального аппарата и телефакса. Такое объединение рационально технически и удобно в работе.

Широкоформатные (A3, A2 и более) принтеры иногда ошибочно называют плоттерами.

1.15.1.1 Классификация принтеров

По принципу переноса изображения на носитель принтеры делятся на:

- литерные;
- матричные;
- лазерные (также светодиодные принтеры);
- струйные;
- сублимационные;
- термические,

По количеству цветов печати — на чёрно-белые (монохромные) и цветные.

По соединению с источником данных (откуда принтер может получать данные для печати), или интерфейсу:

- по проводным каналам:

- через последовательный порт
- через параллельный порт (IEEE 1284)
- по шине Universal Serial Bus (USB)
- через локальную сеть (LAN, NET)
- посредством беспроводного соединения:
- через ИК-порт (IRDA)
- по Bluetooth
- по Wi-Fi

1.15.1.2 Матричные принтеры

Матричные принтеры — старейшие из ныне применяемых типов принтеров, их механизм был изобретён в 1964 году японской корпорацией Seiko Epson.

Изображение формируется печатающей головкой, которая состоит из набора иглолок (игольчатая матрица), приводимых в действие электромагнитами. Головка передвигается построчно вдоль листа, при этом иглолки ударяют по бумаге через красящую ленту, формируя точечное изображение.

Основными недостатками матричных принтеров являются монохромность (хотя существовали и цветные матричные принтеры, по очень высокой цене), низкая скорость работы и высокий уровень шума, который достигает 25 дБ.

Выпускаются также высокоскоростные линейно-матричные принтеры, в которых большое количество иглолок равномерно расположены на челночном механизме (фрете) по всей ширине листа.

Матричные принтеры, несмотря на полное вытеснение их из бытовой и офисной сферы, до сих пор достаточно широко используются в некоторых областях (банковское дело - печать документов под копирку, и др.)

1.15.1.3 Струйные принтеры

Принцип действия струйных принтеров похож на матричные принтеры тем, что изображение на носителе формируется из точек. Но вместо головок с иглолками в струйных принтерах используется матрица сопел (т. н. головка), печатающая жидкими красителями. Печатающая головка может быть встроена в картриджи с красителями (в основном такой подход используется компаниями Hewlett-Packard, Lexmark), а может и является деталью принтера, а сменные картриджи содержат только краситель (Epson, Canon).

Существуют два способа технической реализации способа распыления красителя:

- Пьезоэлектрический (Piezoelectric Ink Jet) — над соплом расположен пьезокристалл с диафрагмой. Когда на пьезоэлемент подаётся электрический ток он изгибается и тянет за собой диафрагму — формируется капля, которая впоследствии выталкивается на бумагу.

Широкое распространение получила в струйных принтерах компании Epson. Технология позволяет изменять размер капли.

- Термический (Thermal Ink Jet) (также называемый BubbleJet, разработчик — компания Canon, принцип был разработан в конце 1970-х годов) — в сопле расположен микроскопический нагревательный элемент, который при прохождении электрического тока мгновенно нагревается до температуры около 500 °С, при нагревании в чернилах образуются газовые пузырьки (англ. bubbles — отсюда и название технологии), которые выталкивают капли жидкости из сопла на носитель.

Печатающие головки струйных принтеров создаются с использованием следующих типов подачи красителя:

- Непрерывная подача (Continuous Ink Jet) — подача красителя во время печати происходит непрерывно, факт попадания красителя на запечатываемую поверхность определяется модулятором потока красителя (утверждается, что патент на данный способ печати выдан Вильяму Томпсону (William Thomson) в 1867 году). В технической реализации такой печатающей головки в сопло под давлением подаётся краситель, который на выходе из сопла разбивается на последовательность микро капель (объёмом нескольких десятков пиколитров), которым дополнительно сообщается электрический заряд. Разбиение потока красителя на капли происходит расположенным на сопле пьезокристаллом, на котором формируется акустическая волна (частотой в десятки килогерц). Отклонение потока капель производится электростатической отклоняющей системой (дефлектором). Те капли красителя, которые не должны попасть на запечатываемую поверхность, собираются в сборник красителя и, как правило, возвращаются обратно в основной резервуар с красителем. Первый струйный принтер, изготовленный с использованием данного способа подачи красителя, выпустила Siemens в 1951 году.
- Подача по требованию — подача красителя из сопла печатающей головки происходит только тогда, когда краситель действительно надо нанести на соответствующую соплу область запечатываемой поверхности. Именно этот способ подачи красителя и получил самое широкое распространение в современных струйных принтерах.

При длительном простое принтера (неделя и больше) происходит высыхание остатков красителя на соплах печатающей головки (особенно критично засорение сопел печатающей матрицы принтеров Epson, Canon). Принтер умеет сам автоматически чистить печатающую головку. Но также возможно провести принудительную очистку сопел из соответствующего раздела настройки драйвера принтера. При прочистке сопел печатающей головки происходит интенсивный расход красителя. Если штатными средствами принтера не удалось очистить сопла печатающей головки, то

дальнейшая очистка и/или замена печатающей головки проводится в ремонтных мастерских. Замена картриджа, содержащего печатающую головку, на новый проблем не вызывает.

Для уменьшения стоимости печати и улучшения некоторых других характеристик печати также применяют систему непрерывной подачи чернил (СНЧП).

1.15.1.4 Сублимационные принтеры

Термосублимация (возгонка) — это быстрый нагрев красителя, когда минует жидкая фаза. Из твёрдого красителя сразу образуется пар. Чем меньше порция, тем больше фотографическая широта (динамический диапазон) цветопередачи. Пигмент каждого из основных цветов, а их может быть три или четыре, находится на отдельной (или на общей многослойной) тонкой лавсановой ленте (термосублимационные принтеры фирмы Mitsubishi Electric). Печать окончательного цвета происходит в несколько проходов: каждая лента последовательно протягивается под плотно прижатой термоголовкой, состоящей из множества термоэлементов. Эти последние, нагреваясь, возгоняют краситель. Точки, благодаря малому расстоянию между головкой и носителем, стабильно позиционируются и получаются весьма малого размера. К серьёзным проблемам сублимационной печати можно отнести чувствительность применяемых чернил к ультрафиолету. Если изображение не покрыть специальным слоем, блокирующим ультрафиолет, то краски вскоре выцветут. При применении твёрдых красителей и дополнительного ламинирующего слоя с ультрафиолетовым фильтром для предохранения изображения, получаемые отпечатки не коробятся и хорошо переносят влажность, солнечный свет и даже агрессивные среды, но возрастает цена фотографий. За полноцветность сублимационной технологии приходится платить большим временем печати каждой фотографии (печать одного снимка 10×15 см принтером Sony DPP-SV77 занимает около 90 секунд). Фирмы-производители пишут о фотографической широте цвета в 24 бита, что больше желаемое, чем действительное. Реально, фотографическая широта цвета не более 18 бит.

Наиболее известными производителями термосублимационных принтеров являются Canon и Sony.

1.15.1.5 Лазерные принтеры

Технология — прародитель современной лазерной печати появилась в 1938 году — Честер Карлсон изобрёл способ печати, названный электрография, затем переименованный в ксерографию.

Принцип технологии заключался в следующем. По поверхности фотобарабана коротроном (скоротроном) заряда (вал заряда) равномерно распределяется статический заряд, после этого светодиодным лазером (в светодиодных принтерах — светодиодной линейкой) в нужных местах этот заряд снимается

— тем самым на поверхность фотобарабана помещается скрытое изображение. Далее на фотобарабан наносится тонер. Тонер притягивается к разряженным участкам поверхности фотобарабана, сохранившей скрытое изображение. После этого фотобарабан прокатывается по бумаге, и тонер переносится на бумагу коротроном переноса (вал переноса). После этого бумага проходит через блок термозакрепления (печка) для фиксации тонера, а фотобарабан очищается от остатков тонера и разряжается в узле очистки. Первым лазерным принтером стал EARS (Ethernet, Alto, Research character generator, Scanned Laser Output Terminal), изобретённый и созданный в 1971 году в корпорации Xerox, а их серийное производство было налажено во второй половине 1970-х. Принтер Xerox 9700 можно было приобрести в то время за 350 тысяч долларов, зато печатал он со скоростью 120 стр./мин.

1.15.1.6 Графопостроители

Графопостроитель (от греч. γράφω — пишу, рисую), плоттер — устройство для автоматического вычерчивания с большой точностью рисунков, схем, сложных чертежей, карт и другой графической информации на бумаге размером до А0 или кальке.

Графопостроители рисуют изображения с помощью пера (пишущего блока). Первые плоттеры (например Calcomp 565 из 1959) работали на принципе передвижения бумаги с помощью ролика, обеспечивая тем самым координату X, а Y обеспечивалась движением пера. Другой подход (воплощённый в Computervision's Interact I, первая САД система) представлял собой модернизированный пантограф, управляемый вычислительной машиной и имеющий шариковое перо в качестве рисующего элемента. Недостаток этого метода заключался в том, что требовалось пространство, соответствующее расчерчиваемой области. Но достоинством этого метода, вытекающим из его недостатка, является легко повышаемая точность позиционирования пера и соответственно точность самого рисунка, наносимого на бумагу. Позже это устройство было дополнено специальным кассетным держателем, который мог компоноваться перьями разной толщины и цвета.

Hewlett Packard и Tektronix в конце 1970-х представили планшетные плоттеры со стандартным размером с рабочий стол. В 1980-х была выпущена меньшая по размерам и более лёгкая модель HP 7470, использующая инновационную технологию «зернистого колеса» для перемещения бумаги. Эти небольшие плоттеры бытового назначения стали популярны в деловых приложениях. Но из-за их низкой производительности они были практически бесполезны для печати общего назначения. С широким распространением струйных и лазерных принтеров с высокой разрешающей способностью, удешевлением компьютерной памяти и скоростью обработки растровых цветных изображений, графопостроители с пером практически исчезли из обихода.

1.15.1.7 Другие принтеры

Барабанные принтеры (англ. drum printer). Первый принтер, получивший название UNIPRINTER, был создан в 1953 году компанией Remington Rand для компьютера UNIVAC. Основным элементом такого принтера был вращающийся барабан, на поверхности которого располагались рельефные изображения букв и цифр. Ширина барабана соответствовала ширине бумаги, а количество колец с алфавитом было равно максимальному количеству символов в строке. За бумагой располагалась линейка молоточков, приводимых в действие электромагнитами. В момент прохождения нужного символа на вращающемся барабане, молоточек ударял по бумаге, прижимая её через красящую ленту к барабану. Таким образом, за один оборот барабана можно было напечатать всю строку. Далее бумага сдвигалась на одну строку и машина печатала дальше. В СССР такие машины назывались алфавитно-цифровыми печатающими устройствами (АЦПУ). Их распечатки можно узнать по шрифту, похожему на шрифт пишущей машины и «прыгающим» по строке буквам. Скорость вывода барабанного принтера была и остаётся самой высокой среди всех известных печатающих устройств, но и она далеко не являлась пределом возможности данной технологии. Печать производилась на рулонной бумаге, из-за чего системщики называли результат распечатки "простыней".

Ромашковые (лепестковые) принтеры (daisywheel printer) по принципу действия были похожи на барабанные, однако имели один набор букв, располагающийся на гибких лепестках пластмассового диска. Диск вращался, и специальный электромагнит прижимал нужный лепесток к красящей ленте и бумаге. Так как набор символов был один, требовалось перемещение печатающей головки вдоль строки, и скорость печати была заметно ниже, чем у барабанных принтеров. Заменив диск с символами, можно было получить другой шрифт, а, вставив ленту не чёрного цвета — получить «цветной» отпечаток.

Шаровые принтеры (IBM Selectric) по принципу действия похожи на ромашковые принтеры, но литероноситель (печатающая головка) имел форму шара с выпуклыми буквами. Этот образ лёг в основу логотипа Википедии.

Гусеничные принтеры (train printer). Набор букв закреплён на гусеничной цепи;

Цепные печатающие устройства (chain printer). Отличались размещением печатающих элементов на соединённых в цепь пластинах;

Телетайпные принтеры состояли из электромеханической части, повторяющей электрическую печатную машинку, и модема. То есть, в один блок были объединены электрическая клавиатура, электромеханический рычаговый символьный принтер и устройство приёма и передачи информации по каналу связи. Дополнительно подключалось устройство записи и считывания перфоленты, обычно 5-рядной (5-битной).

Термические принтеры фирмы Xerox. Характеризуются расходным материалом — веществом на основе парафина, плавящимся при 60 град. по Цельсию.

Самый экологичный принтер. Японская компания PrePeat всерьез задумалась о защите окружающей среды и выпустила принтер, не требующий для работы ни чернил, ни тонера, ни бумаги. Для печати используется тонкий белый пластик. Перед повторной печатью лист автоматически очищается в принтере.

1.15.2 Модемы

Модем (акроним, составленный из слов модулятор и демодулятор) — устройство, применяющееся в системах связи для физического сопряжения информационного сигнала со средой его распространения, где он не может существовать без адаптации (то есть переносе его на несущую с модуляцией), и выполняющее функцию модуляции и демодуляции этого сигнала (чаще всего в речевом диапазоне).

Модулятор в модеме осуществляет модуляцию несущего сигнала, то есть изменяет его характеристики в соответствии с изменениями входного информационного сигнала, демодулятор — осуществляет обратный процесс. Модем выполняет функцию оконечного оборудования линии связи. Само формирование данных для передачи и обработку принимаемых данных осуществляет т. н. терминальное оборудование (в его роли может выступать и персональный компьютер).

Типы компьютерных модемов

По исполнению:

- внешние — подключаются через COM или LPT, USB порт или стандартный разъем в сетевой карте RJ-45, обычно имеют отдельный блок питания (существуют и USB-модемы с питанием от шины USB).
- внутренние — дополнительно устанавливаются внутрь аппарата (в слот ISA, PCI, PCI-E, PCMCIA, AMR, CNR)
- встроенные — являются частью аппарата, куда встроены (например ноутбука или док-станции).

По принципу работы:

- аппаратные — все операции преобразования сигнала, поддержка физических протоколов обмена, производятся встроенным в модем вычислителем (например с использованием DSP, контроллера). Так же в аппаратном модеме присутствует ПЗУ, в котором записана микропрограмма, управляющая модемом.
- программные (софт-модемы, Host based soft-modem) — все операции по кодированию сигнала, проверке на ошибки и управление протоколами реализованы программно и производятся центральным процессором компьютера. В модеме находится только входные аналоговые цепи и преобразователи (ЦАП и АЦП), также контроллер интерфейса (например USB).

- полупрограммные (Controller based soft-modem) — модемы, в которых часть функций модема выполняет компьютер, к которому подключён модем.

По виду соединения:

- Модемы для коммутируемых телефонных линий — наиболее распространённый тип модемов
- ISDN — модемы для цифровых коммутируемых телефонных линий
- DSL — используются для организации выделенных (некоммутируемых) линий используя обычную телефонную сеть. Отличаются от коммутируемых модемов тем, что используют другой частотный диапазон, а также тем, что по телефонным линиям сигнал передается только до АТС. Обычно позволяют одновременно с обменом данными осуществлять использование телефонной линии в обычном порядке.
- Кабельные — используются для обмена данными по специализированным кабелям — к примеру, через кабель коллективного телевидения по протоколу DOCSIS.
- Радио — работают в радиодиапазоне, используют собственные наборы частот и протоколы.
- Сотовые — работают по протоколам сотовой связи — GPRS, EDGE, и т. п. Часто имеют исполнения в виде USB-брелка. В качестве таких модемов также часто используют терминалы мобильной связи.
- Спутниковые
- PLC — используют технологию передачи данных по проводам бытовой электрической сети.

Дополнительные функции

- Факс-модем — позволяет компьютеру, к которому он присоединён, передавать и принимать факсимильные изображения на другой факс-модем или обычную факс-машину.
- Голосовой модем — с функцией оцифровки сигнала с телефонной линии и воспроизведения произвольного звука в линию. Часть голосовых модемов имеет встроенный микрофон. Такой модем позволяет осуществить:
 - передачу голосовых сообщений в режиме реального времени на другой удалённый голосовой модем, приём сообщений от него и воспроизведение их через внутренний динамик;
 - использование в режиме автоответчика и для организации голосовой почты.

1.15.3 Звуковые карты

Поскольку IBM PC проектировался не как мультимедийная машина, а инструмент для решения серьёзных научных и деловых задач, звуковая карта на нём не была предусмотрена и даже не запланирована. Единственный звук,

который издавал компьютер, был звук встроенного динамика, сообщавший о неисправностях. Хотя на компьютерах фирмы Apple звук присутствовал изначально.

В 1986 году в продажу поступило устройство фирмы Covox Inc. Оно присоединялось к принтерному порту IBM PC и позволяло воспроизводить монофонический цифровой звук. Пожалуй, Covox можно считать первой внешней звуковой платой. Covox был очень прост и дешев по устройству (практически простейший резистивный ЦАП) и оставался популярным в течение 90-х годов. Появилось большое количество модификаций, в том числе — для воспроизведения стереофонического звучания.

В 1988 году фирма Creative Labs выпустила устройство Creative Music System (C/MS, позднее также продавалась под названием Game Blaster) на основе двух микросхем звукогенератора Philips SAA 1099, каждая из которых могла воспроизводить по 6 тонов одновременно. Примерно в это же время компания AdLib выпустила свою карту, одноимённую с названием фирмы, на основе микросхемы YM3812 фирмы Yamaha. Данный синтезатор для генерации звука использовал принцип частотной модуляции (FM, frequency modulation). Данный принцип позволял получить более естественное звучание инструментов, чем у Game Blaster.

Вскоре Creative выпустили карту на той же микросхеме, полностью совместимую с AdLib, но превосходящую её по качеству звучания. Эта плата стала основой стандарта Sound Blaster, который в 1991 году Microsoft включила в стандарт Multimedia PC (MPC). Однако эти карты имели ряд недостатков: искусственное звучание инструментов и большие объёмы файлов, одна минута качества AUDIO-CD занимала порядка 10 Мегабайт.

Одним из методов сокращения объёмов, занимаемых музыкой, является MIDI (Musical Instrument Digital Interface) — способ записи команд, посылаемых инструментам. MIDI-файл (обычно это файл с расширением mid) содержит ссылки на ноты. Когда MIDI-совместимая звуковая карта получает эту ссылку, она ищет необходимый звук в таблице (Wave Table). Стандарт General MIDI описывает около 200 звуков. Карты, поддерживающие этот стандарт, обычно имеют память, в которой хранятся звуки, либо используют для этого память компьютера. Одной из первых wavetables-карт была Gravis Ultrasound, получившая в России прозвище «Гусь» (от сокращённого названия GUS). Creative, стремясь упрочить своё положение на рынке, выпустила собственный звуковой процессор EMU8000 (EMU8K) и музыкальную плату на его основе Sound Blaster AWE32, которая была, несомненно, лучшей картой того времени. «32» — это количество голосов MIDI-синтезатора в карточке.

С возрастанием мощности процессоров, постепенно стала отмирать шина ISA, на которой работали все предыдущие звуковые карты, и многие производители переключились на выпуск карты для шины PCI. В 1998 году компания Creative вновь делает широкий шаг в развитии звука и выпуском карты Sound Blaster Live! на аудиопроцессоре EMU10K, который поддерживал технологию EAX,

устанавливает новый стандарт для IBM PC, который остаётся, в усовершенствованном виде, и по сей день.

1.15.4 Акустические системы

Акустические системы (динамики или колонки) являются, вообще говоря, неотъемлемой частью звуковой карты, за исключением того случая, когда вы предпочитаете слушать музыку через головные телефоны (наушники).

Акустические системы подразделяются на пассивные (состоят только из излучателя и кроссовера) и активные (содержат также усилитель мощности).

Пассивные содержат внутри корпуса (или в углублении сзади) пассивные электрические фильтры для каждой полосы, состоящие из пассивных компонентов: конденсаторов, катушек индуктивности и резисторов.

Пассивные фильтры имеют малые искажения и широкий динамический диапазон, но они также совместно с формой корпуса изменяют А.Ч.Х. и Ф.Ч.Х. А.С. и более требовательны к разбросу номиналов деталей фильтра. Активные содержат 1 усилитель (и пассивные фильтры) либо несколько усилителей равное числу полос А.С. причём каждый усилитель даёт сигнал на свою электродинамическую (или иную) головку, а на входе усилителя стоит активный фильтр (как правило, на операционном усилителе), который даёт только тот диапазон частот усилителю, который пропускает. Активные фильтры имеют малые габариты и простоту перестройки на другой частотный диапазон, не требуют большого количества меди (как пассивные фильтры - для катушек индуктивности), но имеют уже динамический диапазон и больше вносят искажений в усиливаемый сигнал.

Усилитель встраивают внутрь акустической системы по трем причинам:

- облегчается согласование усилителя и излучателей по мощности и другим параметрам, вопросами согласования занимается производитель акустической системы, а не конечный потребитель
- уменьшается стоимость системы, так как нет необходимости в отдельном корпусе для усилителя и мощность усилителя (определяющая его стоимость) не завышена
- нет необходимости в кабеле большого сечения (в случае, если усилитель находится в каждой акустической системе)

однако, есть и недостатки:

- затрудняется обслуживание усилителя, так как акустическая система может быть установлена в труднодоступном месте (например, быть подвешена на некоторой высоте)
- в случае мощных акустических систем усилитель обычно устанавливается в каждую систему, что требует в сравнении с пассивной стереосистемой двух блоков питания вместо одного, что увеличивает стоимость

- в случае большого расстояния между акустической системой и источником звука требуется принимать специальные меры по защите сигнала (поднимать его уровень и использовать балансное подключение)

Таким образом, активные акустические системы обычно используются для персональных компьютеров, озвучивания небольших концертных площадок, дискотек, в студийных мониторах. Пассивные чаще встречаются в домашних акустических системах, а также при озвучивании больших площадок.

1.15.5 Сетевые платы

Сетевой адаптер (Network Interface Card (или Controller), NIC) вместе со своим драйвером реализует второй, канальный уровень модели открытых систем в конечном узле сети — компьютере.

Сетевой адаптер совместно с драйвером выполняют две операции: передачу и прием кадра. Передача кадра из компьютера в кабель состоит из перечисленных ниже этапов (некоторые могут отсутствовать, в зависимости от принятых методов кодирования).

Распределение обязанностей между сетевым адаптером и его драйвером стандартами не определяется, поэтому каждый производитель решает этот вопрос самостоятельно. Обычно сетевые адаптеры делятся на адаптеры для клиентских компьютеров и адаптеры для серверов.

В адаптерах для клиентских компьютеров значительная часть работы перекладывается на драйвер, тем самым адаптер оказывается проще и дешевле. Недостатком такого подхода является высокая степень загрузки центрального процессора компьютера рутинными работами по передаче кадров из оперативной памяти компьютера в сеть. Центральный процессор вынужден заниматься этой работой вместо выполнения прикладных задач пользователя.

Поэтому адаптеры, предназначенные для серверов, обычно снабжаются собственными процессорами, которые самостоятельно выполняют большую часть работы по передаче кадров из оперативной памяти в сеть и в обратном направлении.

В зависимости от того, какой протокол реализует адаптер, адаптеры делятся на Ethernet-адаптеры, Token Ring-адаптеры, FDDI-адаптеры и т. д. Так как протокол Fast Ethernet позволяет за счет процедуры автопереговоров автоматически выбрать скорость работы сетевого адаптера в зависимости от возможностей концентратора, то многие адаптеры Ethernet сегодня поддерживают две скорости работы и имеют в своем названии приставку 10/100.

Классификация сетевых адаптеров

Первое поколение

Адаптеры первого поколения были выполнены на дискретных логических микросхемах, в результате чего обладали низкой надежностью. Они имели буферную память только на один кадр, что приводило к низкой производительности адаптера, так как все кадры передавались из компьютера в сеть или из сети в компьютер последовательно. Кроме этого, задание

конфигурации адаптера первого поколения происходило вручную, с помощью перемычек. Для каждого типа адаптеров использовался свой драйвер, причем интерфейс между драйвером и сетевой операционной системой не был стандартизирован.

Второе поколение

В сетевых адаптерах второго поколения для повышения производительности стали применять метод многокадровой буферизации.

В сетевых адаптерах второго поколения широко используются микросхемы с высокой степенью интеграции, что повышает надежность адаптеров. Кроме того, драйверы этих адаптеров основаны на стандартных спецификациях. Адаптеры второго поколения обычно поставляются с драйверами, работающими как в стандарте NDIS (спецификация интерфейса сетевого драйвера), разработанном фирмами 3Com и Microsoft и одобренном IBM, так и в стандарте ODI (интерфейс открытого драйвера), разработанном фирмой Novell.

Третье поколение

В сетевых адаптерах третьего поколения осуществляется конвейерная схема обработки кадров. Она заключается в том, что процессы приема кадра из оперативной памяти компьютера и передачи его в сеть совмещаются во времени. Таким образом, после приема нескольких первых байт кадра начинается их передача. Это существенно (на 25—55 %) повышает производительность цепочки «оперативная память — адаптер — физический канал — адаптер — оперативная память». Такая схема очень чувствительна к порогу начала передачи, то есть к количеству байт кадра, которое загружается в буфер адаптера перед началом передачи в сеть.

Четвёртое поколение

Выпускаемые сегодня сетевые адаптеры можно отнести к четвертому поколению. В эти адаптеры обязательно входит ASIC, выполняющая функции MAC-уровня (англ. MAC-PHY), скорость развития до 1 гБит/сек, а также большое количество высокоуровневых функций. В набор таких функций может входить поддержка агента удаленного мониторинга RMON, схема приоритизации кадров, функции дистанционного управления компьютером и т. п. В серверных вариантах адаптеров почти обязательно наличие мощного процессора, разгружающего центральный процессор. Примером сетевого адаптера четвертого поколения может служить адаптер компании 3Com Fast EtherLink XL 10/100.

2 Физическое окружение вычислительной техники.

К сожалению, при эксплуатации вычислительной техники, ее физическому окружению уделяется, как правило, мало внимания. Тем не менее, исследования доказали, что подавляющее большинство поломок или сбоев в работе вычислительных систем происходит именно из-за проблем, возникающих в ее физическом окружении.

Классифицировать их можно следующим образом:

- климатические (окружающая среда)
- проблемы электропитания
- электромагнитные
- электростатические

Рассмотрим каждый из пунктов более подробно.

2.1 Климатические условия.

Большинство компонентов, составляющих современную вычислительную технику, рассчитаны для работы в нормальных климатических условиях (температура окружающего воздуха 15-40°C, влажность и т.д.), за исключением устройств, специально разработанных для работы в других условиях. Несоблюдение этих требований может привести как к выходу из строя всей системы в целом, так и отдельных ее компонентов.

Кроме того, ряд устройств, имеющих повышенную теплоотдачу, в настоящее время снабжается специальными системами охлаждения. Выход из строя этих систем может привести к перегреву устройства, и возможно, его поломке. Даже если этого не произойдет, велика опасность повышения температуры внутри корпуса всего устройства, что может создать эффект "chip creep", когда микросхемы, или другие компоненты самодемонтируются, либо потеряют контакт с разъемом.

В качестве рекомендаций по предотвращению подобных проблем необходимо указать следующее:

- регулярно (не реже раз в 3-4 месяца) проводить ревизию систем охлаждения и теплоотвода (вентиляторов и т.д.), вовремя очищать накопившуюся на них пыль и грязь.
- следить за качеством воздуха в помещении, температурой и влажностью.
- курение в помещении, в котором установлена вычислительная техника, сокращает срок ее эксплуатации на 40-50%, из-за осаждения табачного дыма на контактах и, как следствие, их окисления.

2.2 Проблемы электропитания.

К сожалению, вопросам, связанным с электропитанием вычислительных систем, не всегда уделяется должное внимание. А имеющаяся статистика свидетельствует, что по причинам связанным со сбоями в электросети, в 75 % случаев происходит потеря информации и в 65% выходит из строя само электронное оборудование. В некоторых случаях убытки от потери информации гораздо больше, нежели затраты на ремонт и замену оборудования, вышедшего из строя.

Важнейшим моментом при оборудовании помещения, в котором будет эксплуатироваться вычислительная техника, является правильная разводка линий электропитания (220 В).

Желательно, например, чтобы розетки для подключения персональных

компьютеров и периферийных устройств отличались от розеток для подключения мощных бытовых приборов: пылесосов, полотеров и т.п. Все узлы одного компьютера и подключенное к нему периферийное оборудование должны запитываться от одной фазы электросети. Подавляющее большинство компьютерного оборудования имеет разъемы электропитания с тремя (!!!) контактами, третий из которых является заземлением. Ни в коем случае не следует пытаться адаптировать эту трех точку в обычную бытовую розетку электропитания, используемую в России. По всем правилам должны быть выполнены и шины “земля”: радиально с одной общей точкой. Для отключения компьютерного оборудования должен использоваться отдельный щит с автоматами защиты и общим рубильником.

Однако, несмотря на соблюдение всех этих простых правил, значительная часть проблем, связанных с качественным электропитанием вычислительной техники по-прежнему остается. Их можно классифицировать следующим образом:

- полное отключение сетевого напряжения;
- кратковременные его провалы;
- перенапряжение;
- гармонические искажения;
- электромагнитные и радиочастотные шумы.

Рассмотрим каждую из этих причин более подробно.

Очевидно, что самая простая для понимания неприятность с электропитанием - его полное отключение (blackout). Причины этого, не столь уж редкого события достаточно разнообразны: от форс-мажорных до комических. К нему могут привести, например, как авария на электрической подстанции, замыкание проводов в ураган, так и простое отключение рубильника на распределительном щите, или, ставшие в последнее время “модными”, неожиданные веерные отключения электроэнергии. К сожалению, вне зависимости от причины, вызвавшей отключение питания, последствия этого бывают, как правило, самыми грустными. Это может быть и полная потеря информации (данных) на "электронных" дисках и в кэш-памяти, а при работе в сетевой операционной системе наиболее вероятен крах таблиц размещения файлов на диске, и в самом худшем случае повреждение электронных элементов самого компьютера.

Не так заметны для пользователя кратковременные “провалы” питающего напряжения в течение долей секунды, так называемые “sags” или “brownout”. Причины кратковременного понижения напряжения питающей сети, кроется обычно во включении мощных электрических машин, например лифтов, различных двигателей, электрических чайников и т.п. Этот вид помех является основным. Они существуют всегда, поскольку всегда существует необходимость включения либо выключения какой-либо аппаратуры, но нормальное их значение не должно превышать 3-5 % от напряжения питания. “Плавающее” (подвижное во времени, но не периодическое) понижение

питающего напряжения (rolling brownout), вызывается обычно включением сварочных аппаратов, компрессоров, приборов кондиционирования воздуха и, как правило, приводит к потере данных, находящихся в энергонезависимой памяти. Кратковременные повышения питающего напряжения сети также ничего хорошего для вычислительной техники не несут. Различают два вида подобного нарушения электропитания: кратковременное повышение на доли секунды (surge) и импульсное повышение с амплитудой не менее 100% от номинального, и длительностью 0.5-100 мкс (spike). Такие импульсные помехи вызываются обычно плохим состоянием осветительной аппаратуры, аварией электрических машин или замыканием проводов. Этот вид помех труднее всего обнаружить, и, следовательно, устранить. Вообще, любое повышение питающего напряжения выше допустимого уровня в пике, или по среднеквадратическому значению ведет к повреждению электронных компонентов аппаратуры и преждевременному выходу их из строя. Дело в том, что обычные блоки питания компьютеров и периферийных устройств рассчитаны на работу с питающим напряжением 220-240 В., и не обеспечивают защиты от вышеперечисленных факторов.

Способы минимизация риска возникновения подобных помех:

- консультации с фирмами, специализирующимися на данной проблематике (что в России делать пока не принято);
- использование различных устройств защиты.

2.2.1 Классификация устройств защиты.

Самую простейшую защиту по питанию обеспечивают так называемые ограничители перенапряжения. Они способны предохранить нагрузку от различного рода выбросов и всплесков питающего напряжения. Подобные устройства выпускают, например, фирмы American Power Conversion (APC), TrippLite, Best Power Technology.

Более высокий уровень защиты обеспечивают устройства нормализации, которые “очищают” питающее напряжение от всевозможных шумов, и позволяют регулировать его в некотором диапазоне. Некоторые из них способны даже предотвратить даже кратковременные провалы в питающем напряжении. В том случае, если в данном устройстве используется технология феррорезонансного преобразования, они способны обеспечить полную развязку по частоте, не допуская проникновения ВЧ шумов в цепь нагрузки.

Большая часть “необъяснимых” повреждений системных, модемных, сетевых и т.п. плат зачастую является следствием импульсов высокого напряжения, попадающих в интерфейсный порт не по цепи питания, а по кабелям данных. Чтобы избежать подобных эффектов, необходимо использовать дополнительные устройства.

Обеспечить работу нагрузки при полном отключении электропитания (blackout) могут только устройства, называемые UPS (Uninterruptible Power Supply) или ИБП (источник бесперебойного питания). Функционально такое

устройство почти всегда состоит из устройства подавления помех, зарядного устройства, батареи аккумуляторов (обычно свинцово-кислотных) и преобразователя напряжения. Две наиболее многочисленные группы ИБП составляют устройства, имеющие топологию on-line (постоянно включенные), и off-line или standby (резервные).

ИБП, относящиеся к последней группе, можно, в свою очередь, разделить на две подгруппы: standby hybrid UPS и standby-ferro UPS (гибридные и феррорезонансные). Существует еще подгруппа устройств, выполненных по топологии line – interactive (интерактивные ИБП), хотя чаще всего их относят к типу standby (или hybrid) UPS.

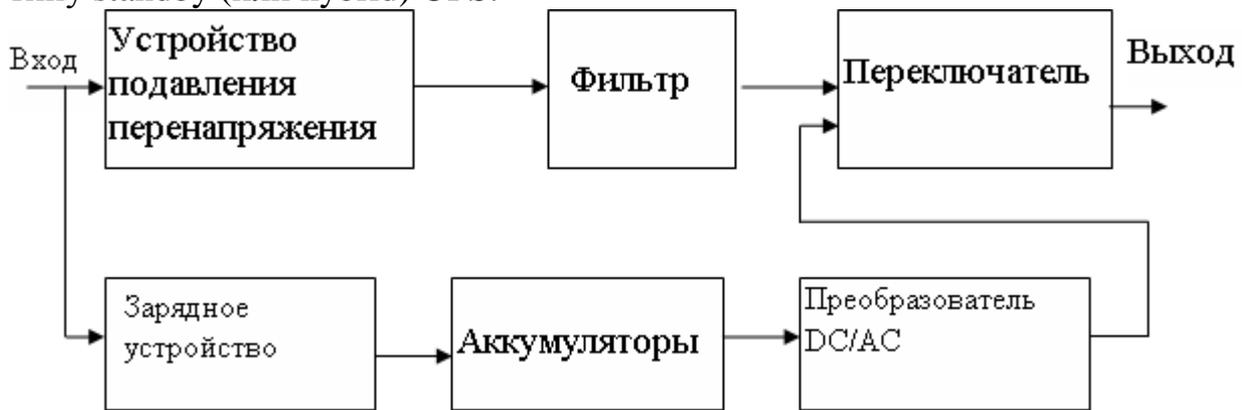


Рисунок 11 - Источник бесперебойного питания

Постоянно включенные ИБП (работающие в режиме on-line) обеспечивают электроснабжение подключенных устройств от батареи аккумуляторов через преобразователь напряжения независимо от состояния электросети, в то время как резервные UPS переходят на такой режим работы только при полном отключении питающего напряжения.

Для постоянно включенных ИБП, в рабочем режиме используется “ветка”, включающая в себя зарядное устройство, аккумуляторы и преобразователь. Таким образом, электропитание потребителей происходит от заведомо “чистого” источника и не зависит от “капризов” электросети. Зарядное устройство в этом случае должно быть достаточно мощным, что приводит, естественно, к большим габаритам самого ИБП. В случае выхода из строя какого-либо компонента рабочей ветки подобного ИБП питание потребителей осуществляется в резервном режиме непосредственно от сети по второй “ветке” через стабилизатор. Из-за высоких требований к компонентам (особенно аккумуляторам), классическая схема включения on-line на практике не используется. Вместо нее применяются различные схемы двойного и тройного преобразования напряжения: переменное - постоянное, постоянное – постоянное (с использованием широтно-импульсной модуляции), постоянное – переменное. В случае двойного преобразования, выпрямитель преобразует переменный ток в постоянный. При этом зарядное устройство одновременно подзаряжает батарею аккумуляторов. Затем инвертор преобразует постоянный ток в переменный. В случае сбоя питания, инвертор питается постоянным

током от батареи. В нормальном режиме работы аккумулятор в этом случае не разряжается. Это позволяет гарантировать коэффициент гармонических искажений не более 5% при падении напряжения на входе устройства даже на 50%.

Для резервных ИБП все выглядит с точностью до наоборот: “ветка” со стабилизатором является основной, а с аккумулятором – резервной. В качестве примера резервного ИБП можно привести модели серии Back-UPS фирмы APC, или Patriot фирмы Best Power Technology (BPT).



Рисунок 12 - Интерактивный ИБП

Одним из основных отличий от классической топологии standby UPS является наличие узла Smart-Boost. Это позволяет при кратковременных провалах напряжения до 12% от номинального не переходить на питание от аккумуляторов, а “вытягивать” уровень выходного напряжения за счет входного. Преимущества такого решения особенно проявляются в “грязной” электросети, то есть там, где падение напряжения происходит очень часто. В этом случае обычный резервный ИБП работает практически только на аккумуляторах, которые сравнительно быстро разряжаются. Кстати говоря, в современных моделях ИБП Smart-Boost работает не только как стабилизатор, то есть не только увеличивает, но и уменьшает входное напряжение. Другое важное отличие от классической схемы это то, что преобразователь напряжения постоянно подключен к выходу ИБП. Таким образом, при размыкании переключателя на выходе уже присутствует соответствующее напряжение питания. Примеры: Fortress (BPT), Smart UPS (APC). Причем последние наиболее популярны.

Основным узлом феррорезонансных ИБП является феррорезонансный трансформатор, который имеет две первичные обмотки. В нормальном режиме работы, напряжение от сети поступает через переключатель на одну из первичных обмоток трансформатора, а в случае сбоя питания от аккумулятора, через преобразователь на другую. В нормальном режиме работы трансформатор выполняет функции стабилизатора и сетевого фильтра. В случае сбоя в электросети, энергии, накопленной в магнитном поле трансформатора, хватает на питание нагрузки в течение 10-15 мс. За это время в работу включается инвертор, переключающий питание на резервный режим. Наличие феррорезонансного преобразования позволяет гарантировать высокий уровень гальванической развязки, практически синусоидальную

форму выходного напряжения, а также исключить большинство “неприятностей” в электропитании (особенно импульсные помехи).



Рисунок 13 - Феррорезонансный ИБП

Отдельная группа устройств - непрерываемые аккумуляторные системы UBS (Uninterruptible Battery System). По сути, любая из этих систем это маленькая электростанция: Управляемый микропроцессором источник постоянного тока с приводом от двигателя (система “мотор-генератор”). При использовании UBS можно гарантировать надежное электропитание в течение часов, дней и даже недель, при этом не требуется замены дорогостоящих элементов (аккумуляторов). Для локальных вычислительных систем большое значение имеет автоматический контроль состояния ИБП, подключенного к серверу. С этой целью в сетевые операционные системы включают специальные программы, а ИБП доукомплектовывается соответствующими платами контроля (UPS Monitoring Board). Для соединения с ИБП используется либо специальный интерфейс, либо стандартный последовательный интерфейс RS 232.

В заключение следует отметить, что европейский стандарт EN50091 Part 3 определяет такие категории ИБП, как пассивный резервный (Passive Standby), активный резервный (Active Standby) и постоянного действия (Continuous Operation). Активный ИБП отличается от пассивного наличием узла типа Smart-Boost. Кроме того, в активных ИБП нагрузка питается от UPS в случае сбоя по питанию только через инвертор. Ключевым элементом ИБП постоянного действия является питание нагрузки через инвертор, который, как правило, от нее гальванически развязан.

2.2.2 Выбор подходящего ИБП.

В настоящее время на отечественном рынке предлагаются средства защиты по электропитанию, выпускаемые, например, фирмами American Power Conversion, Fiskars Power Systems, Victron, Upsonic, Leadman Electronics, Para Systems, Tripp Lite, Exide Electronics и рядом других. Для того, чтобы выбрать наиболее подходящую для Вас модель, необходимо знать ответы на некоторые вопросы. Во-первых, какие проблемы с электропитанием необходимо решить. При минимальных требованиях вполне можно обойтись ограничителем перенапряжения, а при самых жестких условиях вам понадобятся

непрерываемые аккумуляторные батареи. Таким образом, первое, что нужно сделать, это определить уровень защиты.

Если Вы решили, что без ИБП не обойтись, следующим шагом должен быть выбор топологии UPS. Очень редко, только когда требуется бесперебойное электропитание измерительных устройств, Вам будет необходим постоянно включенный ИБП. Это обусловлено возможной потерей невозполнимой информации при переключении режимов работы. В большинстве случаев вполне достаточным оказывается выбор интерактивного ИБП.

Немаловажным вопросом является мощность подключаемой к ИБП нагрузки. Требуемую величину можно определить, просуммировав мощности всех подключаемых к ИБП устройств. Как известно, потребляемая мощность подобных устройств обычно определяется в ваттах (Вт), а мощность UPS – в вольт-амперах (ВА). Для вычислительной техники пересчет этих значений производится следующим образом: $ВА = Вт \times (1,5 \text{ или } 1,6)$.

Замечание: принтеры, особенно лазерные, подключать к ИБП не рекомендуется. Мощность, которую они потребляют - велика, а бесперебойная их работа не так уж и важна.

Следующий вопрос - время автономной работы (то есть, при отключении напряжения в электросети) на нагрузке определенной мощности, которое может обеспечить данная модель UPS. Обычно мощность ИБП выбирают таким образом, чтобы она превышала потребляемую на 25-30%. В таком случае время работы от аккумуляторов должно, как минимум, составлять 5-6 минут. В некоторой литературе общую мощность рекомендуют увеличивать вдвое.

Необходимо обратить внимание на форму выходного питающего напряжения, обеспечиваемого конкретным ИБП (лучше всего – “чистый синус”). В случае почти прямоугольной формы генерируемого напряжения (как правило, это дешевые модели) от покупки такого устройства лучше всего воздержаться.

Как известно, все аккумуляторы имеют свой срок службы, по истечении которого их следует заменить. В современных ИБП чаще всего используют различные модели кислотных и никель-кадмиевых аккумуляторов, срок службы которых составляет 3-5 лет и выше. Фирма Fiskas Power Systems предложила технологию АВМ (Advanced Battery Management), которая позволяет осуществлять контроль за аккумуляторной батареей, и подзаряжать ее только в случае необходимости. Применение АВМ позволяет увеличить срок службы батарей более чем на 50%.

2.3 Электромагнитные помехи.

Электромагнитными помехами являются шумы низких и высоких частот, токов, наводки от напряжения питания. Их источниками являются низкочастотные электромагнитные колебания от работы больших моторов, дрелей, и т.д. (Electromagnetic Interference), или высокочастотные электромагнитные колебания от близлежащих передатчиков, и т.д. (Radio

frequency interference). Кстати говоря, Ваш персональный компьютер – тоже источник электромагнитных помех.

Приводят к повреждению или потере данных; обнаруживаются осциллографом. Появляются самостоятельно, или вкупе с перенапряжением, бросками напряжения, и т.д.

Минимизация риска:

- не прокладывать сетевой кабель возле люминесцентных ламп;
- надежное заземление аппаратуры;
- не допускать установки вычислительной техники вблизи мощных радиостанций, или других источников EMI/RFI.
- постоянный контроль над низким уровнем излучения своей вычислительной техники;
- установка если возможно, сеток, защитных экранов и т.п.;
- силовые и сетевые кабели не должны проходить рядом.
- На открытых пространствах для передачи информации необходимо использовать оптоволоконный кабель или радиоканал типа точка-точка. Остальное ведет себя непредсказуемо, а главное не обеспечивает гальваническую развязку.
- Кроме того, к электромагнитным помехам относится Crosstalk - интерференция между кабелями, проложенными рядом.
- Минимизация:
 - физическая защита кабеля;
 - использование витой пары;
 - использование оптоволоконного кабеля.

2.4 Электростатические разряды (Electro Static Discharge)

Один из самых зловещих бичей вычислительной техники – статическое электричество, повреждающее компьютер и данные. Один из моих знакомых, работающий в отделе технической автоматизации одного из Томских банков рассказал следующую историю:

- однажды утром в отделе раздался телефонный звонок. Сотрудница сообщила, что у нее не работает клавиатура. Клавиатуру заменили. На следующий день ситуация повторилась. Так продолжалось три или четыре дня, пока инженеры не обратили внимания на то, что у сотрудницы шерстяные детали одежды соседствовали с синтетическими. Это и являлось причиной появления статического электричества, и как следствие, выхода из строя микросхемы клавиатуры.

Следует заметить, что электростатический потенциал может достигать величины 3-х киловольт, например движущийся человек способен создать разность потенциалов 1кВ (шаговое напряжение). Это при том, что практически любую вычислительную технику можно вывести из строя потенциалом > 20 В.

Обнаруживаются специальной аппаратурой.

Меры защиты:

- кроме выключения кнопки off, при замене плат, вынимать из розетки шнур питания;
- заземление всех компонентов, в особенности сетевых плат для коаксиального кабеля;
- при переноске различных компонентов использовать фольгированные пакеты.
- Кроме того, существуют так называемые “золотые правила Static Prevention”. Они гласят:
- при работе с вычислительной техникой необходимо следить за заземлением всех компонентов, себя, окружающих;
- не брать руками за токоведущие части;
- перевозить все компоненты в электростатических чехлах;
- осторожно использовать диэлектрики: пластик и т.д. – они могут являться источниками статического электричества;
- не касаться других людей, во время их работы с вычислительной техникой и особенно клавиатуры их компьютера;
- не класть компоненты вычислительной техники на токоведущие части (металл);
- не вскрывать вычислительную технику в местах с влажностью более 90%.

Заключение

Когда РС .были просто автономными машинами, изучение их устройства можно было ограничить рассмотрением механизмов действия и назначения их отдельных компонентов. Теперь же, когда РС соединены со всем миром, главным образом, через Internet, а локальные сети становятся обычным явлением не только для офиса, но и для дома, необходимо рассмотреть три стороны вопроса: о внутреннем устройстве РС, как такового, о компонентах, обеспечивающих его связь с внешним миром, и о влиянии этого мира на него. Эти стороны, подробно рассмотрены. Мобильные РС захватили новые высоты, заменяя во многих случаях настольные, а не просто дополняя их. У этих портативных машин часто своя собственная история. Кроме того, в этом курсе не уделяется большого внимания операционным системам.

Если Вы владелец персонального компьютера, значит, вы и в ответе за него. Возможно, заплатил за него кто-то другой (вам повезло). Возможно, этот кто-то за ним и ухаживает, и все же, вы — владелец персонального компьютера. Вам принадлежит право (и ответственность) решать, когда и как использовать РС. Не перекладывайте эту ответственность ни на кого.

Делайте свой выбор и настаивайте на нем, если хотите и можете заставить ваш РС работать по-своему.

Пожалуйста, продолжайте изучать РС и все, что с ними связано. Это один из способов (далеко не самый худший) оставаться умственно живым и быть интересным и себе, и людям. Если вы столкнетесь с чем-либо действительно интересным, возможно, чем-то, что, по вашему мнению, поможет другим узнать новое о РС, или с чем-то, восхитившим вас, я буду рад этому.