

# СОДЕРЖАНИЕ

ТЕМА 1. НАЗНАЧЕНИЕ ПЕРИФЕРИЙНЫХ УСТРОЙСТВ И ИНТЕРФЕЙСОВ .....	6
1. Архитектура ПЭВМ и ее подсистемы ввода-вывода. Классификация периферийных устройств. ....	6
2. Определение понятий: шина, системная шина. Иерархия шин. ....	7
3. Определение понятия: интерфейс. Параметры характеризующие интерфейс. ....	9
4. Определение понятия: протокол. Режимы интерфейсов. ....	10
5. Определение понятий: транзакция, арбитраж. Принцип работы и виды данных понятий. ....	11
6. Определение понятия: интерфейс. Классификация интерфейсов. Характеристики интерфейсов. ....	12
ТЕМА 2. АППАРАТНАЯ И ПРОГРАММНАЯ ПОДДЕРЖКА ИНТЕРФЕЙСОВ .....	13
7. Основные принципы программирования доступа к периферийным устройствам. Особенности адресации. ....	13
8. Методы управления обменом. Регистровая программная модель ПУ .....	14
9. Методы управления вводом/выводом. Классификация. Принцип работы. ....	15
10. Каналы ввода/вывода. Основные функции. ....	16
11. Аппаратные средства поддержки работы периферийных устройств: контроллеры, адаптеры, мосты. ....	17
12. BIOS. Принцип работы. ....	17
13. UEFI. Принцип работы. Отличия от BIOS .....	17
ТЕМА 3. СИСТЕМНЫЕ И ПЕРИФЕРИЙНЫЕ ШИНЫ .....	18
14. Шина LPC. Назначение. Характеристики .....	18
15. Шина LPC. Топология, сигналы, интерфейс. ....	19
16. Понятие северного и южного моста. Принцип работы .....	20
17. Шина LPC. Чип ввода-вывода Super I/O .....	21
18. Шина PCI. Основные характеристики, архитектура, топология. Арбитр шины. ....	21
19. Шина PCI. Механизмы доступа к устройствам, система адресации, прерывания. ....	22
20. Шина PCI. Формат транзакции PCI. ....	23
21. Шина PCI. Контроль достоверности передачи. Электрический интерфейс шины. ....	23
22. Шина PCI-X. Электрический и физический интерфейс, отличия от PCI .....	24
23. Шина PCI-X. Модификация сигналов и протоколов PCI. (пакетные и одиночные транзакции, последовательность, атрибуты, отложенная и расщепленная транзакции, обмен ролями) .....	25
24. Транзакции PCI-X. Типы, форматы атрибутов. ....	26
25. Шина PCI-X. Отложенная и расщепленная транзакция, обмен ролями. ....	27
26. Режимы PCI-X. Механизм обмена сообщениями. ....	27
27. Шина PCI-Express. История реализации. Архитектура, топология. ....	27
28. Шина PCI-Express. Уровни протокола, форматы пакетов. ....	29
29. Шина PCI-Express. Пакеты уровня транзакций. Качество обслуживания (QoS) и виртуальные каналы. ....	29
30. Шина PCI-Express. Пакеты канального уровня. Оборачивание TLP. Кредиты доверия. ....	30
31. Шина PCI-Express. Многоуровневая реализация, коммутаторы, физический интерфейс, кодирование. ....	31

32.	Шина PCI-Express. Поле Digest, CRC-контроль. ....	31
33.	Шина PCI-Express. Физический уровень. Кодирование 8b/10b. ....	32
34.	Итоги развития периферийной шины от PCI к PCI-Express. ....	33
ТЕМА 4. МАГНИТНЫЕ НАКОПИТЕЛИ.....		33
35.	Иерархия устройств памяти. Классификация устройств памяти. ....	33
36.	Устройства внешней памяти. Характеристики внешней памяти.....	34
37.	Классификация устройств хранения данных, физические основы функционирования, основные характеристики. ....	35
38.	Конструкция и принцип работы жесткого диска. (Принцип магнитной записи (законы), типы магнитной записи, элементы конструкции жесткого диска) .....	36
39.	Конструкция и принцип работы жесткого диска. (Схема головки чтения-записи, головки GMR, TMR. Плотность записи. Методики повышения плотности записи) .....	38
40.	- .....	39
41.	Принцип работы актуатора. Управление перемещением головок. ....	39
42.	Кодирование PRML. ....	40
43.	Базовые методы кодирования двоичной информации: FM, MFM, RLL. Проблема синхронизации.....	41
44.	Классификация и особенности применения жестких дисков. ....	41
45.	Ошибки жестких дисков. Дисковые массивы, архитектура, оценка надежности характеристик RAID-массивов.....	42
46.	Технология RAID, уровни, отказоустойчивость.....	43
47.	Массивы RAID 0, RAID 1, оценка надежности.....	44
48.	Массивы RAID 2, RAID 3, RAID 4. Восстановление одного диска.....	45
49.	Массив RAID 5. Способ восстановления данных. Вероятность выхода из строя RAID 5. ....	45
50.	Массив RAID 6. Способ восстановления данных. Вероятность выхода из строя RAID 6. ....	46
51.	Расширенные уровни RAID: 1E, 5E, 5EE, 6E. ....	46
52.	Гибридные массивы RAID. Оценка надежности RAID 0, RAID 1.....	47
53.	Matrix RAID.....	48
54.	Накопители на твердотельных дисках. Гибридные жесткие диски.....	48
55.	Накопители на базе флеш-памяти. Различие NOR и NAND памяти .....	49
56.	Накопители на гибком диске. Форматы и стандарты. Плотность записи. ....	50
57.	Накопители на магнитной ленте. Основные разновидности, характеристики, интерфейсы. Конструкция и принцип действия накопителей на магнитной ленте. ....	51
58.	Ленточная библиотека. Автозагрузчики. ....	53
ТЕМА 5. НАКОПИТЕЛИ НА ОПТИЧЕСКИХ ДИСКАХ.....		54
59.	Физическая организация информации на оптическом диске. Модуляция и кодирование данных. ....	54
60.	Конструкция и принцип действия оптического привода (накопителя). Методы фокусировки. ....	55
61.	CD. Особенности, структура данных, форматы. Файловые системы. Интерфейс ATAPI. ....	56
62.	DVD. Особенности технологии в сравнении с CD. Двухслойные диски DVD. Формат DVD. Формат сектора DVD. Файловая система UDF.....	57
63.	DVD. Избыточное кодирование. ECC блок. Блок Recording Frame. ....	59
64.	Формат Blu-ray Disc. Особенности технологии BD. Оптическая головка (PUH). Проблемы тонкого слоя. Кодирование информации 1.7 PP. ....	60

65.	Принцип действия магнитно-оптического накопителя. Основные разновидности магнитно-оптических дисков. ....	61
66.	Накопители на голографических дисках. Принцип действия голографического накопителя. ....	62
ТЕМА 6. СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ИНТЕРФЕЙСЫ ПОДКЛЮЧЕНИЯ НАКОПИТЕЛЕЙ .....		63
67.	Интерфейс ATA. Архитектура, конфигурация. Протоколы обмена. Электрический интерфейс. Протокол взаимодействия хоста и устройства. ....	63
68.	Интерфейс ATA. Версии интерфейса. ....	65
69.	Интерфейс ATAPI. Дополнительные функции ATA: SMART, Security, HPA, NV Cache. ....	65
70.	Интерфейс Serial ATA. Основное назначение, совместимость с ATA/SCSI, различия. ....	66
71.	Уровневая модель SATA. Эмуляция Parallel ATA. Методы кодирования. Теневые регистры. Дополнительные регистры Serial ATA. ....	67
72.	Интерфейс SATA. Умножитель портов. Селектор порта. Функция Staggered Spin-up, режим First Party DMA, технология изменения очередности команд, кэширование данных. Перспективы интерфейса SATA. Интерфейс eSATA. ....	67
73.	Интерфейс SCSI. Логическая организация. Сигналы, протокол, фазы, адресация шины. Особенности применения. Различия между SCSI и ATA. ....	68
74.	Интерфейс SCSI. Архитектурная модель. Типы протоколов и интерфейсов. Подключение жестких дисков. Разновидности электрических интерфейсов. Схема подключения ПУ. Терминаторы шины. ....	69
75.	Интерфейс SCSI. Асинхронная передача данных. Фаза синхронной передачи (запись, чтение). Последовательность фаз при обмене данными. Режимы/варианты SCSI для HDD. ....	70
76.	Хост-адаптер SCSI. Интерфейсы ASPI, SPTI, iSCSI. Арбитраж шины. Команды SCSI. ....	71
77.	Интерфейс SAS, концепция и архитектура, совместимость с ATA/SCSI. Варианты последовательных протоколов. Набор стандартов SAS. Перспективы развития. ....	72
78.	Физический интерфейс SAS: уровни портов, физический и электрический, связь уровней. ....	73
79.	Канальный уровень SAS, способы маршрутизации. Архитектура экспандера. ....	74
80.	Транспорты уровня SAS. Формат кадров, порядок обмена. ....	74
81.	Интерфейс FC-AL. ....	75
ТЕМА 7. ЗВУКОВАЯ ПОДСИСТЕМА ПЭВМ .....		76
82.	Звук, оцифровка. АЦП, технология преобразования с импульсно-кодовой модуляцией, ЦАП, сглаживание. ....	76
83.	Основные методы синтеза звука. (Цифровой FM-синтез звука, WT-синтез, WF-синтез). ....	76
84.	Методы сжатия звука. Форматы звуковых файлов, параметры. Кодеки и их интерфейсы. Мультикодековая конфигурация. ....	77
85.	Звуковая карта, типовая схема, параметры. ....	78
86.	Аудиокодек AC'97. Структура, протокол, сигналы. ....	78
87.	Аудиокодек HDA. Структура, протокол, сигналы, отличия от AC'97, особенности применения. ....	79
88.	Интерфейсы подключения звуковых устройств вывода: аналоговый, цифровой S/PDIF, MIDI. ....	80
ТЕМА 8. ГРАФИЧЕСКАЯ ПОДСИСТЕМА ПЭВМ. ДИСПЛЕЙНЫЕ УСТРОЙСТВА (МОНИТОРЫ) И ПРОЕКТОРЫ, ИНТЕРФЕЙСЫ ПОДКЛЮЧЕНИЯ ДИСПЛЕЙНЫХ УСТРОЙСТВ .....		81
89.	Конструкция и принцип действия графической карты. ....	81
90.	Создание графического объекта. Этапы рендеринга. Шейдеры. ....	82
91.	Интегрированные графические устройства. Встроенная графика. Графическое ядро, встроенное в процессор. ....	82

92.	Шина AGP. Топология. Протокол, сигналы и линии AGP.	83
93.	Конвейерные транзакции AGP, два метода подачи запроса. Графическая апертура.	84
94.	Классификация и принцип действия дисплеев на основе ЭЛТ-трубки. Явление фотоэффекта. Устройство дисплея (векторный, запоминающий, растровый). Генератор векторов. Генератор символов. Цветodelительные маски ЭЛТ.	84
95.	Жидкокристаллические дисплеи. Принцип действия (анизотропность кристаллов, поляризация и фотопроводимость).	85
96.	Виды кристаллов. Формируемая геометрия. Технологии Twisted Nematics, In-Plane Switching, Vertical Domain Alignment. Конструкция ЖК-панели.	86
97.	Технология OLED.	87
98.	Интерфейсы подключения мониторов: классификация, разновидности, характеристики.	87
99.	Проекционные устройства. Мультимедийный интерфейс (HDMI). Перспективный интерфейс DisplayPort.	88
ТЕМА 9. УСТРОЙСТВА ПЕЧАТИ И СКАНИРОВАНИЯ		89
100.	Классификация устройств печати.	89
101.	Языки описания PostScript, PCL, GDI. Интерфейсы подключения.	90
102.	Устройства печати: описание цвета и цветовые модели. Взаимодействие чернил с бумагой.	91
103.	Конструкция и принцип действия строчного и матричного принтера.	92
104.	Конструкция и принцип действия струйного принтера.	92
105.	Конструкция и принцип действия лазерного принтера.	93
106.	Конструкция и принцип действия светодиодного принтера.	94
107.	Конструкция и принцип действия сублимационного принтера.	95
108.	Конструкция и принцип действия 3D-принтера.	95
109.	Классификация сканеров. Интерфейсы подключения сканеров. Программные интерфейсы подключения сканеров: TWAIN, WIA, ISIS, SANE.	96
110.	Сканер на основе CCD.	97
111.	Сканер на основе CIS.	98
112.	Сканер на основе PMT.	98
113.	Устройства спутникового координатного ввода (GPS).	99
ТЕМА 10. КЛАВИАТУРА, МЫШЬ, ДИГИТАЙЗЕР, КОМБИНИРОВАННЫЙ ВВОД		99
114.	Конструкция и принцип действия клавиатуры. Различные клавишные механизмы. Интерфейсы подключения клавиатуры.	99
115.	Конструкция и принцип действия манипулятора типа "мышь". Классификация. Интерфейсы подключения координатных устройств.	100
116.	Устройства ввода координат (графический планшет, перо, игровые устройства).	101
ТЕМА 11. ПАРАЛЛЕЛЬНЫЙ ИНТЕРФЕЙС IEEE 1284		102
117.	Интерфейс Centronics. Характеристики, принцип действия, сигналы, протокол. Особенности применения.	102
118.	Стандарт IEEE 1284-1994. Физический и электрический интерфейс. Требования к передатчикам и приемникам.	103
119.	Режимы SPP, полубайтного ввода, двунаправленного байтного ввода, EPP, ECP. Согласование режимов.	104
ТЕМА 12. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫЕ ИНТЕРФЕЙСЫ RS-232, USB, IEEE 1394, BLUETOOTH, WIFI		105

120. Интерфейс RS-232-C. Протокол, формат асинхронной посылки, физический интерфейс, разъемы. Программная модель, порт COM.....	105
121. Интерфейс USB. Архитектура, топология, характеристики. Уровни протокола, форматы пакетов, режимы обмена. ....	105
122. Физический интерфейс USB, кабели и разъемы. Хаб USB.....	106
123. Интерфейс USB. Контрольная сумма CRC. Алгоритм вычисления CRC. Перспективы развития. (Интерфейс USB OTG. Беспроводной интерфейс Wireless USB) .....	107
124. Интерфейс IrDA. Архитектура, принцип действия, характеристики. Протоколы обмена. ....	108
125. Интерфейс IEEE 1394. Архитектура, топология, характеристики. Уровни протокола, форматы пакета, режимы обмена. Протокол самоконфигурирования. Программные интерфейсы.	109
126. Интерфейс IEEE 1394. Синхронная передача. Асинхронные транзакции (субакции). Пакеты. Изохронные передачи. Арбитраж. Физический интерфейс, разъемы и кабели. Протоколы обмена.	110
127. Интерфейс Thunderbolt. Архитектура, топология, характеристики. Физический интерфейс. Перспективы развития. ....	111
128. Интерфейс Bluetooth. Архитектура, принцип действия, характеристики. Стек протоколов. Перспективы развития. ....	112
129. Беспроводной интерфейс Wi-Fi. Архитектура, принцип действия, характеристики. Стек протоколов. Перспективы развития. ....	112

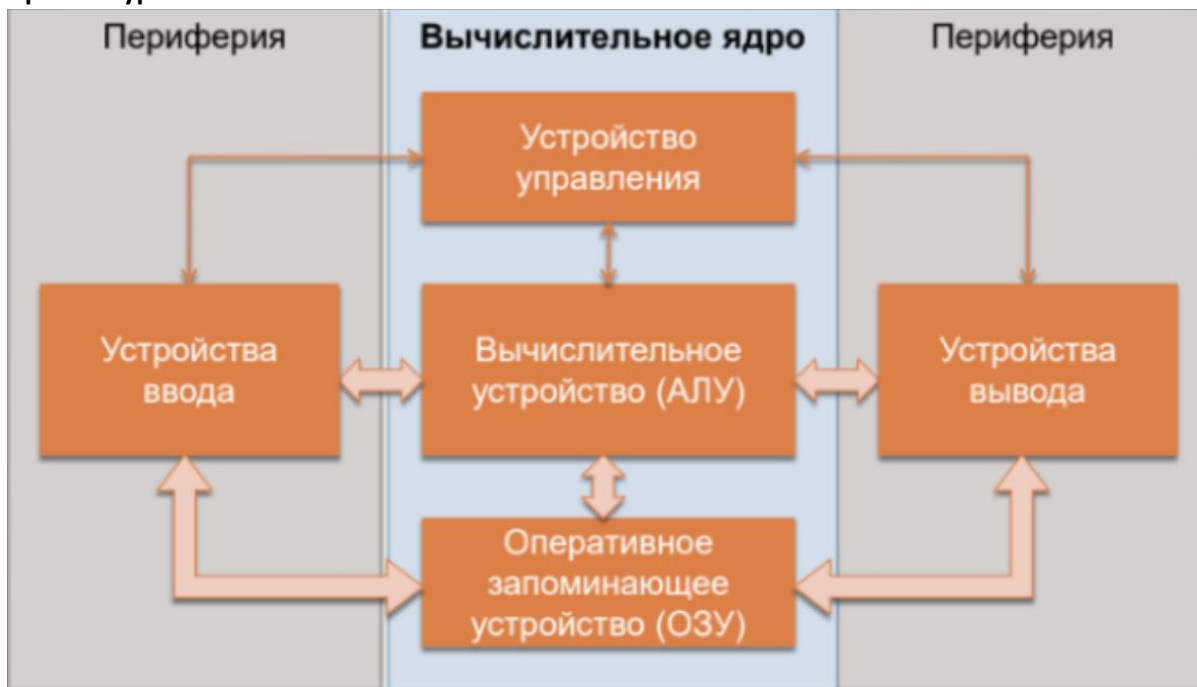
# ТЕМА 1. НАЗНАЧЕНИЕ ПЕРИФЕРИЙНЫХ УСТРОЙСТВ И ИНТЕРФЕЙСОВ

## 1. Архитектура ПЭВМ и ее подсистемы ввода-вывода. Классификация периферийных устройств.

### Принципы концепции ВМ фон Неймана:

- Двоичного кодирования.
- Однородности памяти.
- Адресуемости памяти.
- Последовательного программного управления.
- Жесткости архитектуры.

### Архитектура:



### Классификация периферийных устройств:

- Устройства ввода - преобразуют аналоговую информацию в цифровую информацию / преобразование информации некоторой физической природы в электрические сигналы пригодные для обработки ядром
- Устройства вывода - преобразует цифровую информацию в аналоговую / отправляет информацию, обработанную ядром системы таким образом, что она становится пригодной для человеческого восприятия или других систем.
- Устройства хранения данных (обеспечивают хранение и последующую загрузку машинного кода и/или данных)
- Сетевые и коммуникационные устройства (выполняют передачу данных между вычислительными системами, минуя промежуточные носители информации)

### По конструктивному исполнению:

- Внутренние (расположенные внутри корпуса системы и питающиеся от системного блока питания или интерфейса)
- Внешние (имеющие свой корпус и (зачастую) отдельный источник)
- Встроенные (расположенные на системной (материнской) плате или являющиеся частью одной из микросхем на этой плате)

## 2. Определение понятий: шина, системная шина. Иерархия шин.

**Шина** — совокупность линий, сгруппированных по функциональному назначению.

Виды шин:

- Шина данных;
- Шина передачи управления;
- Шина прерывания;
- Шина управления.

С целью снижения стоимости ВМ могут иметь общую шину для памяти и устройств ввода-вывода.

Такая шина часто называется **системной**.



Системная шина служит для физического и логического объединения всех устройств ВМ. 3 функциональные группы:



### Иерархия шин:

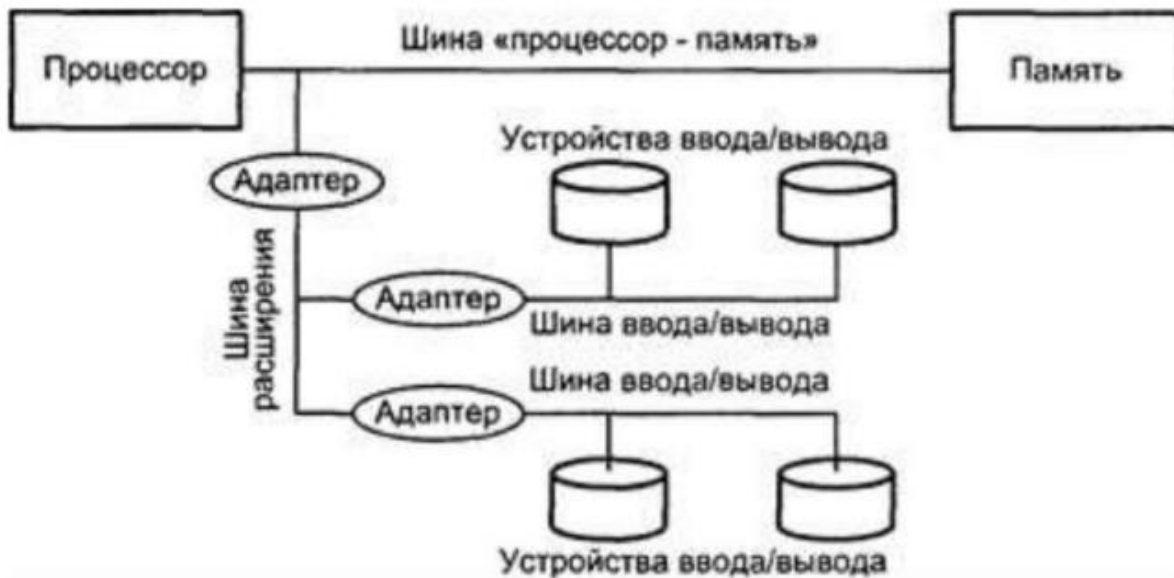
Если к шине подключено большое число устройств, ее пропускная способность падает, поскольку слишком частая передача прав управления шиной от одного устройства к другому приводит к ощутимым задержкам. По этой причине во многих ВМ предпочтение отдается использованию нескольких шин, образующих определенную иерархию.

Рассмотрим примеры ВМ с двумя и тремя видами шин.

### ВМ с двумя видами шин



### ВМ с тремя видами шин



### !!! ДАЛЬШЕ ОТВЕТ НЕ ИЗ ЛЕКЦИИ

Компьютерная шина (англ. computer bus) в архитектуре компьютера — соединение, служащее для передачи данных между функциональными блоками компьютера. В устройстве шины можно различить механический, электрический (физический) и логический (управляющий) уровни. Важным критерием, определяющим характеристики шины, может служить ее целевое назначение. По этому критерию можно выделить:

- шины «процессор-память»;
- шины ввода/вывода;
- системные шины.

Шина «процессор-память» обеспечивает непосредственную связь между центральным процессором (ЦП) вычислительной машины и основной памятью (ОП).

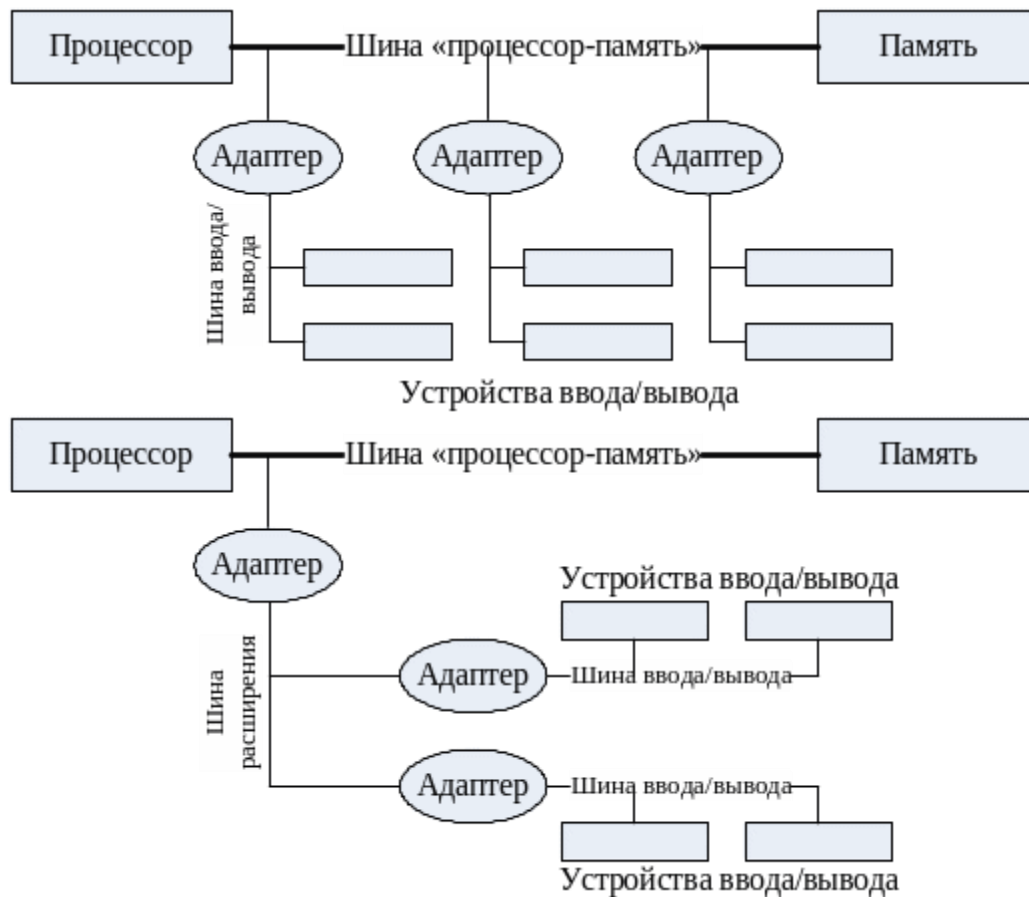
Шина ввода/вывода служит для соединения процессора (памяти) с устройствами ввода/вывода (УВВ). Учитывая разнообразие таких устройств, шины ввода/вывода унифицируются и стандартизируются.

С целью снижения стоимости некоторые ВМ имеют общую шину для памяти и устройств ввода/вывода. Такая шина часто называется системной. Системная шина служит для физического и логического объединения всех устройств ВМ. Поскольку основные устройства машины, как правило, размещаются на общей монтажной плате, системную шину часто называют объединительной шиной (backplane bus), хотя эти термины нельзя считать строго эквивалентными.

Если к шине подключено большое число устройств, ее пропускная способность падает, поскольку слишком частая передача прав управления шиной от одного устройства к другому приводит к ощутимым задержкам. По этой причине во многих ВМ предпочтение отдается использованию нескольких шин, образующих определенную иерархию.







### 3. Определение понятия: интерфейс. Параметры характеризующие интерфейс.

ПУ и системные компоненты ЭВМ соединяются друг с другом посредством средств подключения, организованных по иерархическому принципу.

Средства (аппаратные и программные), используемые для соединения двух компонентов или систем, называются **интерфейсом**.

*Интерфейс ЭВМ (или системы)* - это совокупность унифицированных аппаратурных, программных и конструктивных средств, необходимых для реализации алгоритмов взаимодействия функциональных устройств.

Интерфейс в общем случае состоит из магистрали и аппаратурных средств (контроллеров, адаптеров), работающих под управлением некоторых программ.

Система сигнальных линий оптимизирована под определенный вид коммуникаций.

**Унификации** (стандартизации) в интерфейсах обычно подлежат:

- форматы передаваемой информации;
- команды и состояния интерфейса;
- состав и тип линий связи;
- алгоритмы функционирования;
- передающие и принимающие устройства;
- параметры сигналов и требования к ним;

- конструктивные решения (например, типы разъемов, габаритные размеры печатных плат, конструктивные особенности блоков).

#### Параметры, характеризующие интерфейс:



- совокупность сигнальных линий;
- физические, механические и электрические характеристики шины;
- используемые сигналы арбитража, состояния, управления и синхронизации;
- правила взаимодействия подключенных устройств (протокол).

### !!!ДАЛЬШЕ НЕ ИЗ ЛЕКЦИЙ

Интерфейс – средства (аппаратные и программные), используемые для соединения двух компонентов или систем.

Интерфейсы по роли в архитектуре:

Системные:

- Шина процессора
- Шина контроллера памяти
- Шина ввода-вывода

Периферийные:

- Интерфейс памяти

Системные интерфейсы имеют электрическую природу и реализованы в виде дорожек на печатных платах (или линий внутри микросхем). Периферийные имеют различия.

Интерфейсы по способу кодирования и передачи данных:

- Параллельные
- Последовательные

Интерфейсы по направлению передачи:

- Однонаправленные (симплексные)
- Двунаправленные (дуплексные)
- С возможностью изменения направления передачи (полудуплексные)

Интерфейсы по физическому явлению, используемому для кодирования информации:

- Электрические (с управлением током или напряжением)
- Оптические (оптоволоконные)
- Беспроводные (радио)

## 4. Определение понятия: протокол. Режимы интерфейсов.

**Протоколы** - строго заданная процедура или совокупность правил, определяющая способ выполнения определенного класса функций соответствующими СБТ (средств вычислительной техники).

Практически любой интерфейс содержит больше или меньше элементов протокола, определяемых процедурными и функциональными интерфейсами.

- режим 1 - однонаправленный ввод/вывод с квитированием;
- режим 2 - двунаправленный ввод/вывод с квитированием.

Квитирование, как известно, позволяет вести асинхронный обмен с учетом готовности абонента к передаче, т.е. иметь переменный темп обмена соответственно возможностям внешнего устройства.

### **Синхронные интерфейсы**

Достаточно удобно использовать благодаря дискретным временным интервалам, но здесь все же есть некоторые проблемы. Например, если процессор и память способны закончить передачу за 3.1 цикла, они вынуждены продлить ее до 4 циклов, поскольку неполные циклы запрещены.

Еще хуже то, что если однажды был выбран определенный цикл шины и в соответствии с ним были разработаны память и карты ввода/вывода, то в будущем трудно делать технологические усовершенствования. Если синхронная шина соединяет ряд устройств, один из которых работают быстро, а другие медленно, шина подстраивается под самое медленное устройство, а более быстрые не могут использовать свой полный потенциал.

### **Асинхронные интерфейсы**

Без задающего генератора. Здесь ничего не привязывается к генератору. Когда задающее устройство устанавливает адрес и любой другой требуемый сигнал, он выдает специальный сигнал, который мы будем называть MSYN (Master SYNchronization). Когда подчиненное устройство получает этот сигнал, оно начинает выполнять свою работу настолько быстро, насколько это возможно. Когда работа закончена, устройство выдает сигнал SSYN (Slave SYNchronization).

## **!!!ДАЛЬШЕ НЕ ИЗ ЛЕКЦИИ**

Протокол — это Стандарт, определяющий поведение функциональных блоков при передаче данных, логическую последовательность данных, которыми обмениваются устройства

Протокол — задаётся набором правил взаимодействия функциональных блоков, расположенных на одном уровне;

описывает: синтаксис сообщения, имена элементов данных, операции управления и состояния.

Протоколы передаются по физическим интерфейсам. Протоколы бывают многоуровневыми TCP, UDP, ICMP (протокол PING-ов) передаются на основе IP протокола.

Примеры:

- протокол IP передаётся через интерфейс 10BASE-T Ethernet IEEE 802.3i (витая пара)
- протокол IP передаётся через интерфейс 10BASE2, IEEE 802.3a (тонкий коаксиальный эзернет)
- протокол IP передаётся через интерфейс 10BASE5 10 Мбит/с (толстый 12мм эзернет) и так далее 100Mb, 1Gb, 10Gb, WiFi, WiMax

## **5. Определение понятий: транзакция, арбитраж. Принцип работы и виды данных понятий.**

Операции на шине называют **транзакциями**. Основные виды транзакций - **чтения** и **записи**. Если в обмене участвует устройство ввода/вывода, **транзакция ввода/вывода = чтение/запись**.

**Фазы транзакции:** посылка адреса и прием (или посылка) данных.

**Два типа устройств:**

- Ведущие – инициация обмена и управление им (не обязательно использует данные сам).

- Ведомые – устройства, не обладающие возможностями инициирования транзакции.

К шине может быть подключено несколько ведущих, но активным может быть только один из них: если несколько устройств передают информацию одновременно, их сигналы перекрываются и искажаются. Для предотвращения этого в шине предусматривается процедура допуска к управлению шиной только одного из претендентов (**арбитраж**). При широковещательной передаче арбитр не нужен.

#### **Механизмы смены приоритетов:**

- статический
- динамический
  - простая циклическая смена приоритетов
  - циклическая смена приоритетов с учетом последнего запроса
  - смена приоритетов по случайному закону
  - схема равных приоритетов
  - алгоритм «наиболее давнего» использования (LRU )
  - алгоритм очереди
  - алгоритм фиксированного кванта времени

#### **Арбитраж запросов может быть:**

- централизованный (один арбитр, может быть частью ЦП. Возможна одна точка отказа)
  - параллельный
  - последовательный
- децентрализованный (кол-во арбитров = кол-ву ведущих. Менее чувствителен к отказам. Более сложная логика аппаратной реализации)

## **6. Определение понятия: интерфейс. Классификация интерфейсов. Характеристики интерфейсов.**

Интерфейс – средства (аппаратные и программные), используемые для соединения двух компонентов или систем.

Интерфейсы по роли в архитектуре:

- Системные:
  - Шина процессора;
  - Шина контроллера памяти;
  - Шина ввода-вывода.
- Периферийные;
- Интерфейс памяти;

Системный интерфейс образует единую логическую системную шину по которой информация передается в виде данных, пригодных для обработки и снабжения адресами в общем адресном пространстве системы.

Системные интерфейсы имеют электрическую природу и реализованы в виде дорожек на печатных платах (или линий внутри микросхем). Периферийные имеют различия.

Интерфейсы по способу кодирования и передачи данных:

- Параллельные, характеризующиеся разрядностью (количеством бит одного машинного слова, передаваемых в один момент времени);
- Последовательные, характеризующиеся количеством агрегированных каналов передачи данных (количеством бит различных машинных слов, передаваемых одновременно, необязательно синхронно и с одной скоростью);
- Последовательно-параллельные.

Интерфейсы по направлению передачи:

- Однонаправленные (симплексные);
- Двухнаправленные (дуплексные);

- С возможностью изменения направления передачи (полудуплексные).
- Интерфейсы по физическому явлению, используемому для кодирования информации:
- Электрические (с управлением током или напряжением);
  - Оптические (оптоволоконные);
  - Беспроводные (радио).

### Характеристики интерфейсов

**Пропускная способность канала** — наибольшая возможная в данном канале скорость передачи информации называется его пропускной способностью. Пропускная способность канала есть скорость передачи информации при использовании “наилучших” (оптимальных) для данного канала источника, кодера и декодера, поэтому она характеризует только канал.

Пропускная способность дискретного (цифрового) канала без помех:

$$C = \log(m) \text{ бит/символ,}$$

где  $m$  — основание кода сигнала, используемого в канале.

**Скорость передачи информации** в дискретном канале без шумов (идеальном канале) равна его пропускной способности, когда символы в канале независимы, а все  $m$  символов алфавита равновероятны (используются одинаково часто).

## ТЕМА 2. АППАРАТНАЯ И ПРОГРАММНАЯ ПОДДЕРЖКА ИНТЕРФЕЙСОВ

### 7. Основные принципы программирования доступа к периферийным устройствам. Особенности адресации.

Разбиение ввода-вывода на несколько уровней, причем нижние – учитывают особенности аппаратуры, верхние - обеспечивают удобный интерфейс для пользователей.

Критерии программного доступа:

- *независимость от устройств;*
- *обработка ошибок как можно ближе к аппаратуре;*
- *использование блокирующих (синхронных) и неблокирующих (асинхронных) передач;*
- *одни устройства являются разделяемыми, а другие - выделенными.*

Для решения поставленных проблем целесообразно разделить программное обеспечение ввода-вывода на четыре слоя:

1. Пользовательский слой ПО
2. Независимый от устройств слой ПО
3. Драйверы устройств
4. Обработка прерываний

По мере усложнения архитектуры и повышения требований к устройствам и интерфейсам появилась необходимость реализации более сложной многоуровневой модели программирования с применением объектно-ориентированного подхода.

Современные интерфейсы программирования устройств включают не только аппаратные, но и программные компоненты, входящие в состав ядра операционной системы. Программисту приходится иметь дело не с регистрами, а с системными объектами, а всю низкоуровневую работу с аппаратными ресурсами выполняет драйвер со стандартным интерфейсом программирования.

Единого интерфейса программирования (API) не существует.

**Особенности адресации.** Процессоры 8086/88 использовали сегментную модель памяти, унаследованную и следующими моделями в реальном режиме. Согласно этой модели исполнительный (линейный) адрес вычисляется по формуле

$$\text{Addr} = \text{Seg} \times 16 + \text{Offset},$$

где Seg и Offset — содержимое сегментного и адресного регистров. Таким образом, обеспечивался доступ к адресному пространству Addr = 00000 - FFFFFh при помощи пары 16-битных регистров.

## 8. Методы управления обменом. Регистровая программная модель ПУ

Наиболее простым методом обмена является программно-управляемый доступ (программный доступ), или **PIO**. Управляет обменом (определяет моменты передачи данных, подает адреса и т.д.) процессор, чаще всего центральный (но может быть и выделенный процессор ввода-вывода). При этом фактически происходит пересылка данных между регистрами процессора и регистрами/памятью ПУ (или контроллера интерфейса).

**Преимущество PIO** — простота аппаратной реализации ПУ. Требуется обеспечить лишь выставление на шину / чтение с шины содержимого регистров или ячеек памяти по сигналу доступа.

**Недостаток PIO** — низкое быстродействие и необходимость задействовать процессор, который в общем случае будет простаивать ввиду более высокого быстродействия по сравнению с ПУ.

Метод **прямого доступа к памяти (DMA – Direct Memory Access)** позволяет выполнять обмен между оперативной памятью системы и ресурсами ПУ асинхронно по отношению к вычислительному процессу. Управление обменом берет на себя контроллер DMA (CDMA - Controller DMA). Последний может быть как общесистемным (как в старой архитектуре), так и входить в состав ПУ. Контроллер DMA требуется запрограммировать на пересылку данных между двумя адресатами, после чего он самостоятельно вырабатывает сигналы передачи данных.

Современные контроллеры интерфейсов снабжены интеллектуальным **хост-контроллером** — устройством, обеспечивающим более гибкое управление процессом обмена данными. В частности, такой хост-контроллер самостоятельно обрабатывает списки задач, формируемые в памяти системы, не требуя от процессора контроля за состоянием ПУ.

Подключение к DMA. В каждой транзакции шина используется дважды.

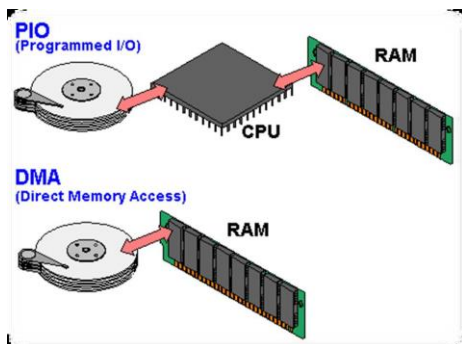
1) I/O к DMA

2) DMA к ОЗУ

При передаче на шине CPU дважды приостанавливает свою работу



**Регистровая программная модель ПУ.** Изначально разработчики придерживались регистровой программной модели ПУ. Устройство представлялось программно доступным (в общем пространстве портов ввода-вывода) набором регистров, среди которых обязательно были три – состояния, управления и данных (т.н. модель CSD). Доступ предполагался методом PIO. Со временем усложнилось применением ООП. Сейчас программист работает с системными объектами, а не регистрами, а всю низкоуровневую работу выполняет драйвер.



## 9. Методы управления вводом/выводом. Классификация. Принцип работы.

В ВМ находят применение три способа организации ввода/вывода (В/ВыВ):

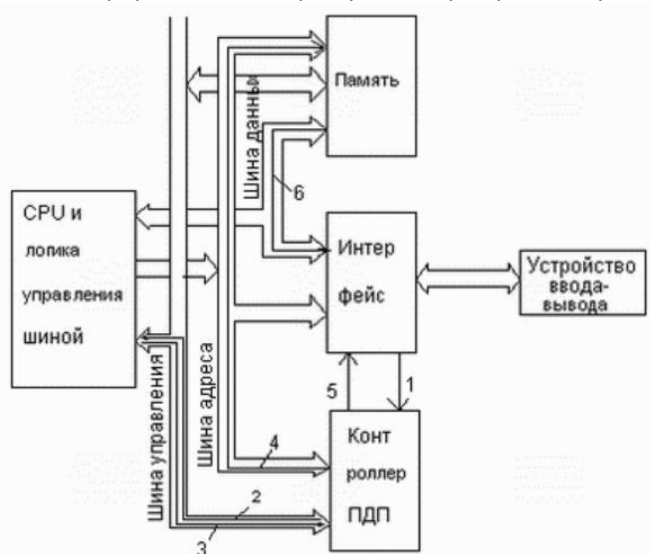
- программно управляемый ввод/вывод;
- ввод/вывод по прерываниям;
- прямой доступ к памяти.

**При программно управляемом** вводе/ все связанные с этим действия происходят по инициативе центрального процессора и под его полным контролем. ЦП выполняет программу, которая обеспечивает прямое управление процессом ввода/вывода, включая проверку состояния устройства, выдачу команд ввода или вывода. Выдав в МВВ (модуль ВВ) команду, центральный процессор должен ожидать завершения ее выполнения, и, поскольку ЦП работает быстрее, чем МВВ, это приводит к потере времени.

**В/В по прерываниям.** ЦП выполняет программу, которая обеспечивает прямое управление процессом ввода вывода, включая проверку состояния устройства, выдачу команд В/В. Выдав на шину В/В команду ЦП должен ожидать завершения ее выполнения. Данные читаются пословно. ЦП остается в цикле проверки, пока не определит, что слово находится в регистре данных В/В.

Отличие состоит в том, что после выдачи команды ввода/вывода ЦП не должен циклически опрашивать МВВ для выяснения состояния устройства. Вместо этого процессор может продолжать выполнение других команд до тех пор, пока не получит запрос прерывания от МВВ, извещающий о завершении выполнения ранее выданной команды В/ВыВ. Как и при программно управляемом В/ВыВ, ЦП отвечает за извлечение данных из памяти (при выводе) и запись данных в память (при вводе).

Повышение как скорости В/ВыВ, так и эффективности использования ЦП обеспечивает третий способ В/ВыВ — **прямой доступ к памяти (ПДП)**. В этом режиме основная память и модуль ввода/вывода обмениваются информацией напрямую, минуя процессор.



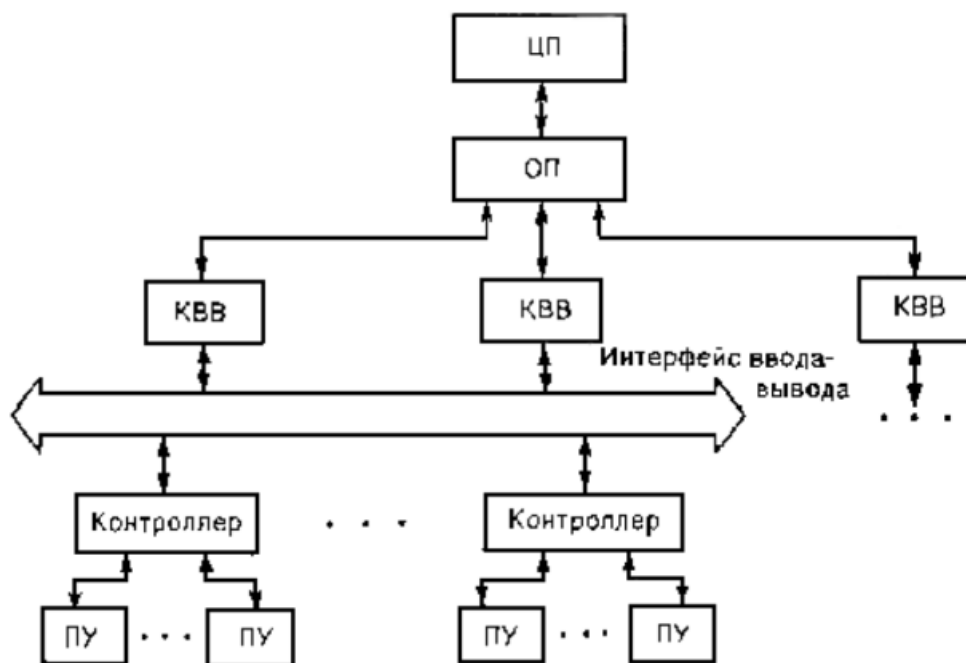
## 10. Каналы ввода/вывода. Основные функции.

Поскольку в современной компьютерной системе устройств ввода вывода несколько, то для каждого устройства в составе контроллера DMA организуется канал, в состав которого входят перечисленные выше регистры. Назначение регистров также видно из их названия:

- 1.Регистр управления
- 2.Регистр состояния
- 3.Регистр адреса

Основные функции канала:

- прием команд управления работой канала из центрального процессора
- адресация внешнего устройства, указанного в принятой команде
- выполнение действий, заданных в командах
- установка управляющих сигналов на шинах интерфейса ввода вывода
- прием управляющих сигналов, поступающих от ПУ по шинам интерфейса
- непосредственная передача информации между оперативной памятью и ПУ
- контроль передаваемой информации на четность
- подсчет количества передаваемых байт информации
- прием и анализ информации о состоянии периферийных устройств
- формирование запросов в центральный процессор на прерывание
- управление последовательностью прерываний от ПУ и выполнение прерывания



### *Не из презы*

Для разделения функций управления центральным процессором и периферийными устройствами в состав ЭВМ включаются дополнительные устройства - каналы ввода-вывода (КВВ), задачей которых является обеспечение взаимодействия центрального процессора и ПУ.

Характерная особенность КВВ заключается в том, что канал работает по хранимой в памяти программе, т. е. так же, как процессор. Следовательно, КВВ, по существу, является специализированным процессором ввода-вывода. В результате центральный процессор полностью освобождается от обслуживания операций обмена периферийных устройств с памятью. КВВ взаимодействует с ПУ через стандартные устройства сопряжения - интерфейсы и устройства управления периферийными устройствами - контроллеры. В структуре ЭВМ, показанной на рис. 10.1, используются интерфейсы четырех типов:



- оперативной памяти (через интерфейс осуществляется обмен информацией между ОП, процессором и каналами);
- «процессор—канал» (на рис. 10.1 не показан), необходимый для обмена управляющими сигналами между ними;
- ввода-вывода (через интерфейс контроллеры ПУ подключаются к каналу);
- устройств (с помощью интерфейса ПУ подключаются к контроллеру).

## 11. Аппаратные средства поддержки работы периферийных устройств: контроллеры, адаптеры, мосты.

**Аппаратное обеспечение** (англ. hardware) включает в себя все физические части компьютера, но не включает информацию (данные), которые он хранит и обрабатывает, и программное обеспечение, которое им управляет.

**Контроллер** – 1) устройство, которое связывает периферийное оборудование или каналы связи с центральным процессором, освобождая процессор от непосредственного управления периферией. 2) Электрическое устройство, иногда выполняемое как часть самого процессора или же сложных схем его обрaмления, входы которого присоединены электрически к соответствующим входам различных устройств.

**Адаптер** – 1)это устройство, позволяющее соединять различные технические приспособления между собой. Оно используется в случае, если непосредственное соединение устройств между собой не возможно по разным причинам: разница в напряжении, несовместимые разъемы портов и так далее.

2) Устройство сопряжения ЭВМ и ПУ.

**Мост** - 1) устройство передачи данных, соединяющее две и более шины. 2) ретрансляционная система, соединяющая каналы передачи данных. Мост выполняет соединения на канальном уровне модели OSI. Мосты не имеют механизмов управления потоками блоков данных.

**Контроллеры и адаптеры** представляют собой наборы электронных цепей, которыми снабжаются устройства компьютера с целью совместимости их интерфейсов. Контроллеры, кроме этого, осуществляют непосредственное управление периферийными устройствами по запросам микропроцессора.

Для согласования интерфейсов периферийные устройства подключаются к шине не напрямую, а через свои **контроллеры** (адаптеры) и **порты** примерно по такой схеме:

Устройство ↔ Контроллер или адаптер ↔ Порт ↔ Шина

## 12. BIOS. Принцип работы.

BIOS – базовая система ввода вывода программы низкого уровня, хранящийся на чипе материнской платы. Он загружается при включении компьютера и отвечает за пробуждение его аппаратных компонентов, убеждается в том, что они правильно работают, а потом запускает программу-загрузчик, запускающую ОС.

Принцип работы. Перед загрузкой ОС биос проходит через POST-самотестирование после включения. Она проверяет корректность настройки аппаратного обеспечения и его работоспособность. При ошибке будут либо звуковые оповещения, либо на экране. По окончании самотестирования биос ищет master boot record – главную загрузочную запись для запуска загрузчика ос. Биос хранит различные настройки в CMOS, но данный метод уже устарел и заменен на EEPROM (флеш-память). Предел диска 2,1 ТБ

## 13. UEFI. Принцип работы. Отличия от BIOS

UEFI – небольшая ОС, работающая над прошивкой ПК. Поэтому она способна на гораздо большее, чем BIOS. Ее можно хранить во флеш памяти на материнской плате или загружать с жесткого диска или сети. Предел диска 9,4 ЗБ (зеттабайт  $10^{21}$ ).

Принцип работы. UEFI поддерживает такие объемы из-за использования на разделы GPT вместо MBR. Также у нее стандартизирован процесс загрузки и она запускает используемые программы EFI вместо кода, расположенного в MBR.

Достоинства относительно BIOS

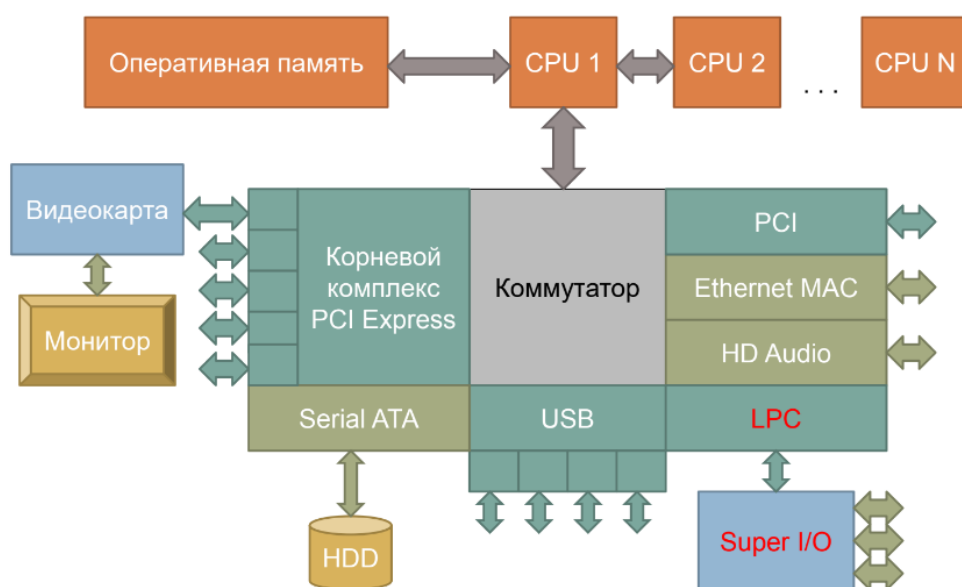
- Поддерживает жесткие диски большего объема
- Быстрее грузится за счет большего адресного пространства
- Более безопасен
- Графический интерфейс
- Поддерживаемая работа с использованием мыши

## ТЕМА 3. СИСТЕМНЫЕ И ПЕРИФЕРИЙНЫЕ ШИНЫ

### 14. Шина LPC. Назначение. Характеристики

Low Pin Count (LPC bus) — шина, используемая в IBM PC-совместимых персональных компьютерах для подключения устройств, не требующих большой пропускной способности к ЦПУ. К таким устройствам относятся загрузочное ПЗУ и контроллеры «устаревших» низкопроизводительных интерфейсов передачи данных, такие как последовательный и параллельные интерфейсы, интерфейс подключения манипулятора «мышь» и клавиатуры, Накопитель на гибких магнитных дисках (НГМД), а с недавнего времени и устройств хранения криптографической информации. Обычно контроллер шины LPC расположен в южном мосте на материнской плате.

Шина является синхронной параллельной, мультиплексированной, с разрядностью 4 бита. Обычно используется для подключения единственного физического устройства – моста Super I/O (PS/2, IDE, RS-232, IEEE 1284 и тд) также может поддерживать IO-контроллеры, BIOS Firmware, аудиокодеки. Разъемов и карт расширения не существует. Мост PCI-LPC обычно входит в состав микросхемы «южного моста».



## 15. Шина LPC. Топология, сигналы, интерфейс.

**LPC (Low Pin Count)** – специализированная системная периферийная шина.

Топология – шина (точка-точка).

Интерфейс – синхронный параллельный. Программно прозрачен и не требует драйверов. Реализован как мост PCI-LPC, отслеживает все обращения за пределами пространства PCI, не поддерживает общий механизм конфигурации и механизм plug&play. Замена устаревшего интерфейса ISA.

- чтение–запись памяти (1 байт);
- чтение–запись ввода–вывода (1, 2, 4 байта – 16–ти и 32–х разрядные передачи ICH преобразует в последовательность байтовых передач);
- чтение–запись через DMA (1 или 2 байта);
- прямое управление шиной (busmastering) чтение–запись (1, 2 или 4 байта).

Тип – мультиплексированная.

Разрядность (ширина) – 4 бита.

Тактовая частота – 33.3 МГц.

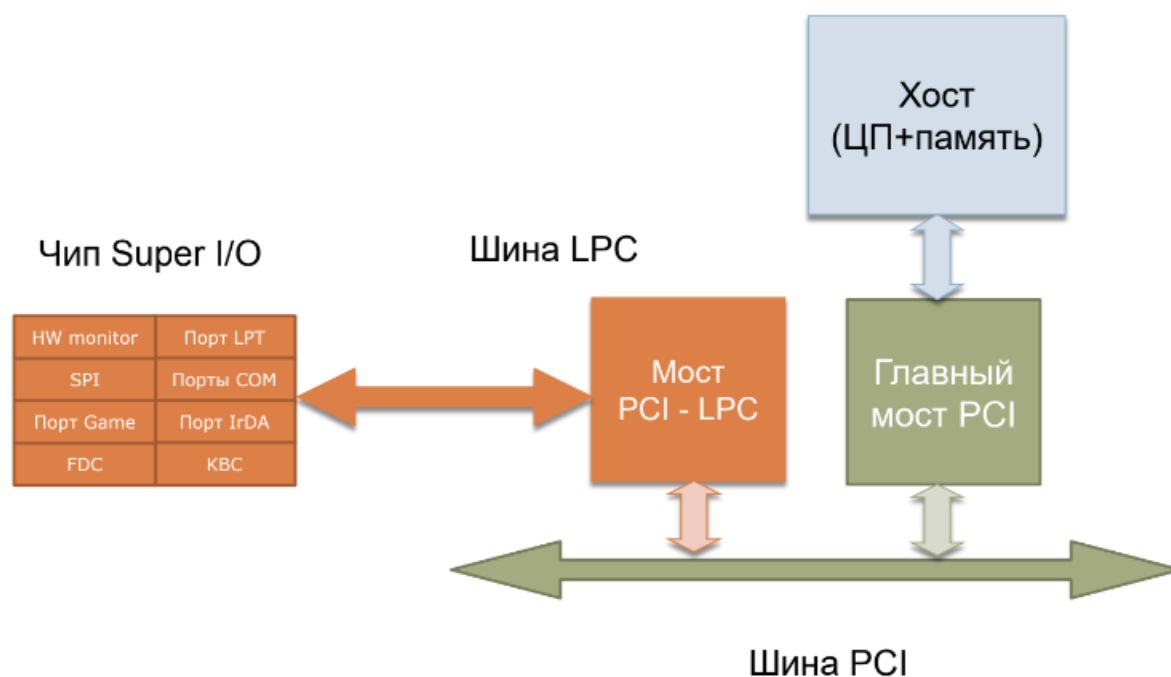
Пропускная способность – 16,67 МБ/с.

Количество подключаемых устройств – обычно используется для подключения единственного физического устройства – моста Super I/O, также может поддерживать IO-контроллеры, BIOS Firmware, аудиокодеки.

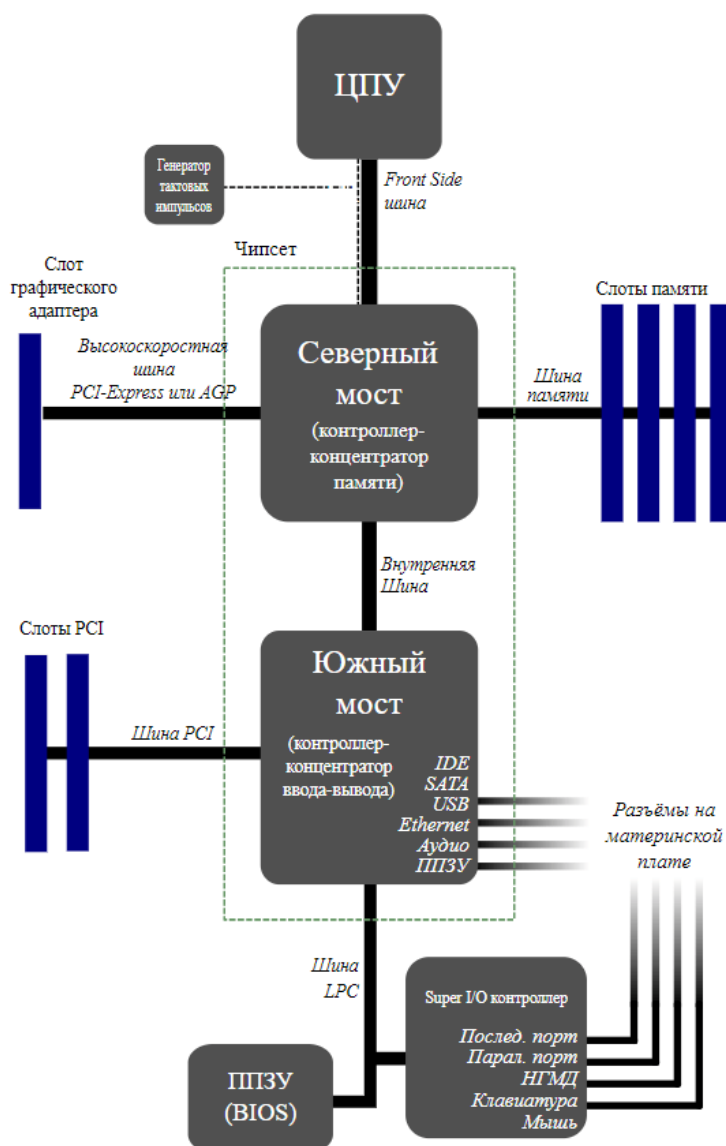
Разъемов и карт расширения не существует.

Интерфейс LPC использует ряд сигналов шины PCI, в частности, импульсы синхронизации. Однако устройства LPC могут вводить произвольное число тактов ожидания.

Обязательные сигналы (7 линий): мультиплексированная шина команд, адреса и данных, границы кадра (подачи команды), сброса (с шины PCI), сигнал синхронизации, берется с шины (с шины PCI). Спецификация также определяет семь необязательных сигналов, которые могут быть использованы для поддержки прерываний, организации сеансов обмена DMA, возвращения системы из состояния с низким потреблением энергии, а также для того, чтобы проинформировать периферийные устройства о скором отключении питания.



## 16. Понятие северного и южного моста. Принцип работы



Мост – это чип, который распаян на материнской плате и является частью чипсета. Традиционно чипсет материнской платы состоит из двух чипов, которые называют северным и южным мостом. Данные чипы называют мостами потому, что они выполняют связующую функцию между центральным процессором компьютера и остальными комплектующими. Вместо северного и южного мостов теперь используется исключительно южный мост, так как все функции северного моста были интегрированы в процессор.

Северный мост (в оригинале Northbridge)- Системный контроллер памяти который взаимодействует с процессором, оперативной памятью, графическим адаптером. Свое название получил исключительно из-за топологии расположение на материнской плате, потому как находится на ее севере. В его задачу входит определение параметров (частоту, пропускную способность, тип): системной шины и процессора (например до какой степени может быть разогнан оный), оперативной памяти (тип DDR2/DDR3 и ее максимальный объем), подключенного видеоадаптера. Также от северного моста зависят параметры работы системной шины, оперативной памяти и видео адаптера.

Южный мост (в оригинале Southbridge) отвечает за взаимодействие с внешними устройствами и остальные функции материнской платы. Он включает в себя контроллеры PCI Express, PCI, SATA, PATA, RAID, USB, Ethernet, Firewire и т.д. Также южный мост отвечает за управление питанием, энергонезависимую память BIOS и прерывания. Взаимодействие южного моста с процессором происходит через северный мост.

## 17. Шина LPC. Чип ввода-вывода Super I/O.

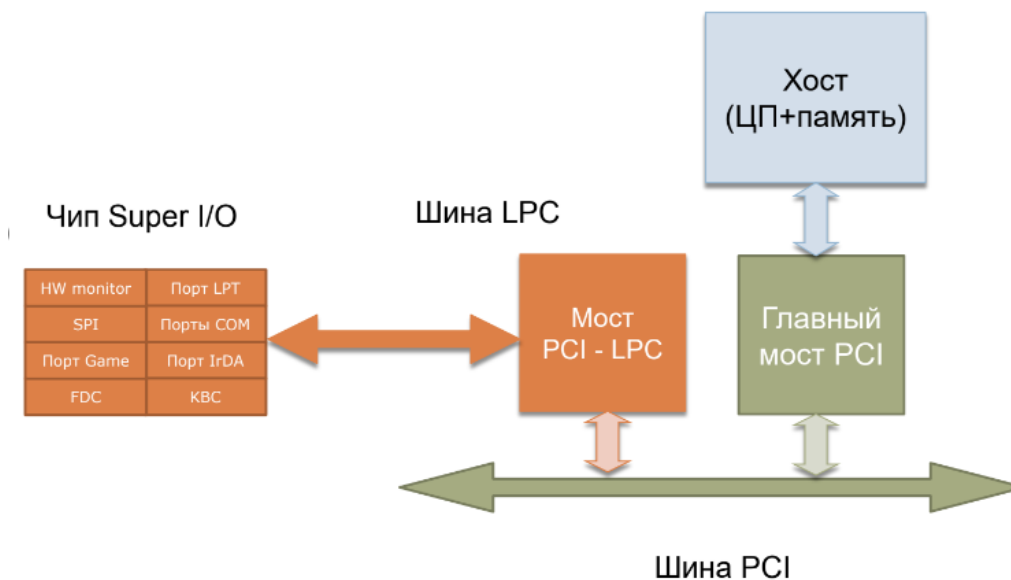
**Super I/O** - класс сопроцессоров, объединяет интерфейсы различных низкочастотных устройств:

Как правило, включает в себя следующие функции:

- контроллер дисководов гибких дисков (floppy);
- контроллер параллельного (LPT-порт) порта;
- контроллер последовательных (COM) портов.
- клавиатура
- мышь

Super I/O также может включать в себя и другие интерфейсы, такие как игровой (MIDI или джойстик) или инфракрасный порты.

Изначально Super I/O связывались через шину ISA. Затем стала использоваться шина PCI. Современные Super I/O используют шину LPC.



## 18. Шина PCI. Основные характеристики, архитектура, топология. Арбитр шины.

Интерфейс – синхронный параллельный

Топология – многоуровневая шина

Разрядность (ширина) – 32 или 64 бита;

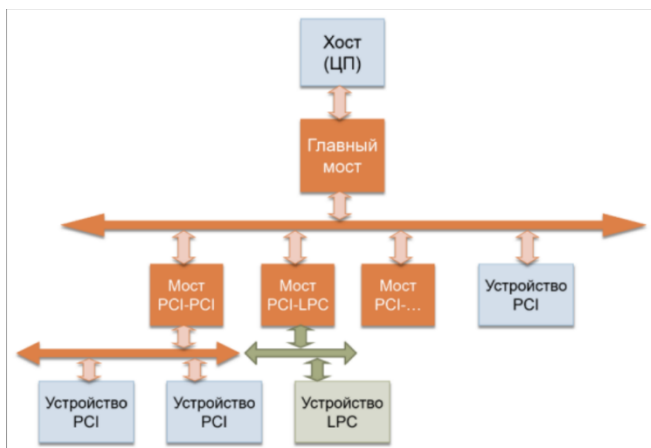
Тактовая частота – 33.3 или 66.6 МГц;

Адресация – 32 или 64 бита (не зависит от ширины шины);

Пропускная способность – от 133 до 528 Мб/с в зависимости от реализации;

Количество подключаемых устройств – зависит от реализации, но не более 32 для одного физического сегмента шины.

Разводка – внутри микросхем или на печатной плате (обычно материнской)



Топология **многоуровневая шина**: к первичной шине могут подключаться устройства – мосты, управляющие вторичными шинами, и т.д. Хост – источник команд и основной потребитель данных (системное ядро – процессор и системная память). Хост подключен через главный мост, который является устройством PCI. Мосты играют роль арбитров, обрабатывая запросы от устройств на доступ к шине и отслеживая соблюдение протокола обмена.

**Конфигурирование** – через блок регистров размером 256 байт, доступный через конфигурационный цикл

транзакции. В регистрах устройства хранится описание требований к следующим ресурсам:

- Регистры в пространстве в-в.
- Регистры, отображенные на память.
- Память, допускающая предвыборку.

Базовые адреса ресурсов описываются регистрами BAR которых имеется 6 (для 32-битной адресации). После того, как в регистры BAR записаны новые значения, можно выставить биты, позволяющие устройству отвечать на запросы по выданным адресам, а также инициировать транзакции.

**Для конфигурационного доступа** принята иерархическая адресация: номерШины : номерУстройства : номерФункции.

## 19. Шина PCI. Механизмы доступа к устройствам, система адресации, прерывания.

Существует 4 механизма **доступа к устройствам** со стороны хоста или других устройств:

1. Обращение к области памяти или портам, выделенным устройству.
2. Обращение к конфигурационным регистрам (в конфигурационном адресном пространстве).
3. Широковещательные сообщения ко всем устройствам шины.
4. Механизм обмена сообщениями.

Когда устройства сконфигурированы, они адресуются через диапазоны пространства памяти или портов на основе анализа адреса, передаваемого в начале транзакции. В противном случае требуется механизм конфигурационного доступа.

Адрес **памяти** может быть 32- или 64-битным, он зависит не от разрядности мультиплексированной шины A/D, а от текущей адресации в системе (режима работы процессора).

Адрес **портов** в архитектуре x86 – 32-битный, но используются только 16 младших бит.

**Конфигурационные регистры** адресуются в конфигурационном цикле. У каждого устройства имеется поле из 256 байт. Конфигурационный адрес состоит из:

- позиционного номера устройства (задается мостом в поле IDSEL);
- номера функции (состоит из 3 бит, обрабатывается устройством);
- номера регистра (состоит из 6 бит, всего 64 регистра по 32 бита).

31	11	10	8	7	2	1	0
Позиционный код выбора устройства				Func	Reg #		0 0

**Команда** передается в фазе адреса каждой транзакции по шине C/BE#. Она определяет тип транзакции, метод адресации, направление обмена данными и т.д.

Перечень команд:

- чтение;
- запись.

Для подачи сигналов хосту устройства применяют механизм :

- маскируемые (INTx или MSI - Message Signaled Interrupt );
- немаскируемые (NMI – NonMaskable Interrupt );
- системные (SMI – System Management Interrupt).

**Устройства PCI могут подавать сигнал прерывания 4 способами:**

- Проводная сигнализация по линиям INTx# (стандартный);
- Сигнализация по линиям PME#;
- Сигнализация фатальной ошибки SERR#;
- Сигнализация с помощью сообщений (контроллеру APIC).

## 20. Шина PCI. Формат транзакции PCI.

В транзакции обязательно имеется одна фаза адресации и одна или несколько фаз передачи данных.  
Запрос (+REQ#) → арбитраж → предоставление шины (-GNT#) → ожидание завершения текущей транзакции (-FRAME#) → транзакция

**Фазы:**

- Адресации
  - Установка адреса и команды
  - Определение принадлежности адреса устройству (DEVSEL#)
  - Если не определено за 3 такта – сигнал ошибки
- Данных
  - Подготовка данных
  - Сигнал готовности инициатора
  - Сигнал готовности целевого устройства
  - Если нет готовности целевого – холостой ход (прекращение транзакции или повторная передача)
- **Завершение транзакций (3 способа):**
  - Со стороны инициатора – снятием сигнала FRAME#:
    - Нормальное завершение: после передачи всех данных.
    - Прекращение: не определено целевое устройство
  - Со стороны целевого устройства – сигналом STOP#:
    - Повторение: повторения той же транзакции.
    - Отключение: запрос на повтор со следующей или текущей.
    - Отказ: снятие DEVSEL# вместе с установкой STOP#.
  - Со стороны арбитра – снятием сигнала GNT#. (Если инициатор не закончил транзакцию вовремя)

## 21. Шина PCI. Контроль достоверности передачи. Электрический интерфейс шины.

Для контроля достоверности (корректности) передаваемых данных в шине PCI предусмотрен механизм четности (parity). Сигнал PAR – признак нечетного количества единиц на линиях AD [31:0] и C/BE#[3:0]. Сигнал PAR64 используется для контроля четности линий AD[63:32] и C/BE#[7:4] в случае применения 64-битной шины. Эти сигналы вырабатываются устройством, которое управляет шиной AD.

Задержка сигналов PAR и PAR64 составляет один такт (для того, чтобы устройство успело подсчитать количество пришедших бит).

В случае обнаружения нарушения четности в фазе данных приемник вырабатывает сигнал PERR# (с задержкой в один такт) и выставляет бит 15 в регистре состояния. Для фазы адреса проверку четности выполняет целевое устройство, при ошибке вырабатывается другой сигнал – SERR#, выставляется бит 14 в регистре состояния.

Физически шина PCI разводится на печатных платах: материнской плате и платах расширения, соединяемых через щелевой (реже – штырьковый) разъем. Длина проводников жестко лимитирована ввиду использования эффекта отражения сигналов от концов нетерминированных линий. Сигнал должен отразиться и вернуться за 1/3 тактового периода (10 нс для 33 МГц, 5 нс для 66 МГц). Частота шины соответственно 33,3 МГц в первых версиях и 66,6 в последующих.

Предусмотрено два варианта реализации электрического интерфейса – с уровнями 5 В или 3.3 В, в зависимости от модели главного моста PCI. Устройства могут быть совместимыми с платами 5 В, 3.3 В либо с обоими типами одновременно.

## 22. Шина PCI-X. Электрический и физический интерфейс, отличия от PCI.

Щелевой разъем имеет ту же конфигурацию, но иное назначение некоторых контактов. В частности, добавлены сигналы ECC. Проверив устройства, мост выбирает режим работы шины (частота, режим PCI-X или PCI, контроль достоверности данных) и сообщает его всем устройствам двоичным кодом по линиям.

**Напряжение питания и уровни сигналов** – 3.3 В, с возможностью работы на 1.5 В.

Основное отличие – зависимость частоты шины от количества устройств: 66 МГц – 4, 100 МГц – 2, выше 133 МГц – 1. Существуют две версии PCI-X. У первой пропускная способность 1024 МБ/с, у второй – 4096 МБ/с. Напряжение у PCI-X – 1,5 В, но данная шина совместима с платами PCI 64 3,3 В.

**Отличия от PCI (большая разрядность + большая частота -> большая пропускная способность/скорость)**

PCI-X 1.0

- Повышение частоты шины (100 и 133 МГц); */было 33,3 и 66,6*
- Зависимость частоты шины от количества устройств: 66 МГц – 4, 100 МГц – 2, 133 МГц – 1. */ не было зависимости вроде как*
- Уменьшено время на операции;
- Разрядность шин данных/адреса 64 бита; */было 32 и 64*
- Максимальная пропускная – 1064 Мбайт/с. */было сильно меньше в зависимости от частоты и разрядности*
- Механизм расщепления транзакций;

PCI-X 2.0

- DDR и QDR (2128 и 4256 Мбайт/с)
- Напряжения питания и уровней сигналов 1.5 В
- Механизм коррекции ошибок четности при передаче данных (ECC)
- Конфигурационное пространство - 4 Кб
- Добавлен механизм обмена сообщениями между устройствами (DIM – Device ID Message)
- Допускает расщепление на 4 независимых



## 23. Шина PCI-X. Модификация сигналов и протоколов PCI. (пакетные и одиночные транзакции, последовательность, атрибуты, отложенная и расщепленная транзакции, обмен ролями)

PCI-X – модификация стандарта PCI 64. Протоколы передачи, сигналы и типы разъёмов, обратно совместимы с PCI. **Отличия от PCI см предыдущий вопрос.** Направлена на снижение задержек и устранение накладных расходов. Для определения возможностей карты добавлен новый контакт PCIXCAP – поддержка протокола PCI-X. Назначения остальных сигналов остались без изменений, кроме C/BE# - они не действуют в пакетных транзакциях (кроме MW - Memory Write).

В PCI-X транзакции по длине разделены на два типа:

- **пакетные** (Burst) — все команды, обращенные к памяти, кроме Memory Read DWORD;
- **одиночные** размером в двойное слово (DWORD) — остальные команды.

Введено понятие **последовательности** (Sequence) – одной или нескольких логически связанных пакетных транзакций (чтение или запись в память), в рамках которых передается единый блок данных. Сколько байт передается в рамках одной транзакции, не определено (она может быть прервана в любой момент), но для последовательности инициатор заявляет суммарный объем в байтах.

**Последовательность** определяется:

- идентификатором (RBN : RDN : RFN) инициатора, а именно:  
RBN — номер шины,  
RDN — номер устройства,  
RFN — номер функции,
- тэгом (ярлыком) – уникальным 5-битным номером.

Добавлена **фаза атрибутов**, следующая за фазой адресации перед фазами данных, в которой инициатор сообщает свой идентификатор.

По шине AD в фазе атрибутов передается:

- 8 бит – младшая часть счетчика байт последовательности LBC (сколько байт осталось передать до конца).
- RFN (3 бита), RDN – (5 бит), RBN – (8 бит).
- Тэг (5 бит). Благодаря тегу каждый инициатор может одновременно выполнять до 32 логических передач (повторное назначение тега другой логической передаче возможно только после завершения предшествующей, с тем же тегом).
- Дополнительные биты-признаки RO и NS области памяти, к которой относится транзакция. RO (Relaxed Order) – допустим произвольный порядок операций чтения и записи (для возможности переупорядочивания этих операций в целях оптимизации). NS (No Snoop) – отсутствие кэширования.

По шине C/BE# передается старшая часть счетчика байтов UBC; итого макс. размер последовательности составляет 4096 байт.

Если целевое устройство не успевает начать обработку транзакции, оно должно не откладывать ее и запрашивать повторение (завершение типа Delay), а выполнять **расщепление** (Split) – выполнение с **обменом ролями**.

В PCI-X **отложенные транзакции** (Delayed Transaction) заменены на **расщепленные транзакции** (Split Transaction). Любую транзакцию, кроме транзакций записи в память, целевое устройство может завершать либо немедленно, либо с использованием протокола расщепленных транзакций. В последнем случае целевое устройство подает сигнал Split Response (расщепление), внутренне исполняет команду, а потом иницирует собственную транзакцию (команда Split Completion) для пересылки данных или сообщения о завершении инициатору исходной (расщепленной) транзакции.

### Кратко:

PCI-X – модификация стандарта PCI 64, сохраняющая совместимость с предыдущими протоколами и разъёмами. Основные отличия заключаются в снижении задержек и устранении накладных расходов. Новый контакт PCIXCAP обозначает поддержку PCI-X.

Транзакции делятся на два типа:

- Пакетные (Burst) — все команды к памяти, кроме Memory Read DWORD.
- Одиночные — команды размером в DWORD.

Введено понятие последовательности (Sequence), которая включает логически связанные пакетные транзакции. Объем передаваемых байт не фиксирован, но инициатор указывает общий объем для последовательности.

Идентификация последовательности происходит по:

- RBN : RDN : RFN (номер шины, устройства и функции),
- Тэгу (5-битный уникальный номер).

Добавлена фаза атрибутов после адресации, где инициатор передает свой идентификатор и информацию о размере оставшихся байт.

Максимальный размер последовательности составляет 4096 байт. Если устройство не успевает обработать транзакцию, оно использует механизм расщепления (Split Transaction), позволяя завершать транзакции немедленно или с использованием протокола расщепленных транзакций.

#### **Модификации в протоколе обмена:**

- Пакетные и одиночные транзакции
- Фаза атрибутов, следующая за фазой адресации перед фазами данных, в которой инициатор сообщает свой идентификатор.
- Дополнительные биты--признаки области памяти, к которой относится транзакция
- Отложенные транзакции заменены на расщепленные транзакции
- Инициатор не может вводить холостые такты.
- Первая порция данных выставляется на шину через 2 такта после фазы атрибутов, вторая – через 2 такта после DEVSEL#.
- Если сигнала TRDY# нет, инициатор начинает повторять первые две порции до его появления.
- Целевое устройство может задерживать (холостым ходом) только первую фазу данных.
- Прерывание транзакции возможно только на границе 128 байт.
- В пакетных транзакциях, кроме записи в память, все байты разрешены и валидны.

## **24. Транзакции PCI-X. Типы, форматы атрибутов.**

**См предыдущий вопрос**

**В PCI-X транзакции по длине разделены на два типа:**

- пакетные (Burst) — все команды, обращенные к памяти, кроме Memory Read DWORD;
- одиночные размером в двойное слово (DWORD) — остальные команды.

**Последовательность** — одна или несколько логически связанных пакетных транзакций (чтение или запись в память), в рамках которых передается единый блок данных. Сколько байт передается в рамках одной транзакции, не определено (она может быть прервана в любой момент), но для последовательности инициатор заявляет суммарный объем в байтах.

**Последовательность определяется:**

- идентификатор инициатора (RBN:RDN:RFN, RBN-номер шины, RDN-устройства, RFN-функции),
- тэг (уникальный 5-битным номер).

Дополнительные биты--признаки RO и NS области памяти, к которой относится транзакция. RO (Relaxed Order) — допустим произвольный порядок операций чтения и записи (для возможности переупорядочивания этих операций в целях оптимизации). NS (No Snooper) — отсутствие кэширования

## 25. Шина PCI-X. Отложенная и расщепленная транзакция, обмен ролями.

**Порядок действий при отложенной транзакции:** медленное целевое устройство не успевает начать обработку транзакции, оно откладывает ее и запрашивает повторение транзакции (завершение типа Retry), затем внутренне выполняет транзакцию, и, когда в следующий раз придет запрос, быстро возвращает результат.

В PCI-X отложенные транзакции заменены на расщепленные транзакции.

**Порядок действий при расщеплении (обмен ролями):**

- медленное целевое устройство не успевает начать обработку транзакции, подает сигнал о расщеплении;
- целевое устройство становится исполнителем, а инициатор запросчиком (это и есть обмен ролями);
- исполнитель внутренне выполняет транзакцию, по готовности инициирует собственную транзакцию направленную запросчику (для отправки данных или сообщения о завершении).

## 26. Режимы PCI-X. Механизм обмена сообщениями.

**DIM** – Device ID Message, транзакция не по адресу памяти или портов в-в, а по идентификатору устройства. Поддержка DIM введена в PCI-X 2.0, она необязательна для устройств, только для мостов.

В фазе адреса передается:

- Код сообщения, 8 бит – зависит от класса сообщения
- CBN:CDN:CFN – ID устройства назначения (шина : устройство : функция)
- Класс сообщения – 4 бита

В фазе атрибутов старший бит AD – признак первой транзакции (начала сообщения).

**Сообщение** – это последовательность, его длина может достигать 4096 байт. (Последовательность – одна или несколько логически связанных пакетных транзакций (чтение или запись в память), в рамках которых передается единый блок данных.)

**Проверка четности** – простой метод обнаружения ошибок памяти, без возможности восстановления. ECC метод включает определение ошибки не только в одиночном разряде, но и двух, трех и четырех разрядах. Кроме того ECC может также исправлять ошибку в одиночном разряде. Во время считывания результат ECC слова сравнивается с рассчитанным, подобно тому, как происходит в методе проверки четности. Основное различие состоит в том, что в проверке четности каждый бит связан с одним байтом, в то время как ECC слово связано со всеми 8 байтами.

**Корректирующие коды:**

- Турбо код.
- Коды Хемминга
- Сверточный код.
- Код Рида-Соломона

## 27. Шина PCI-Express. История реализации. Архитектура, топология.

При разработке PCI Express особое внимание было уделено совместимости с PCI на уровне механизма конфигурирования, программного доступа и поддержки со стороны ОС и драйверов. При этом требовалось

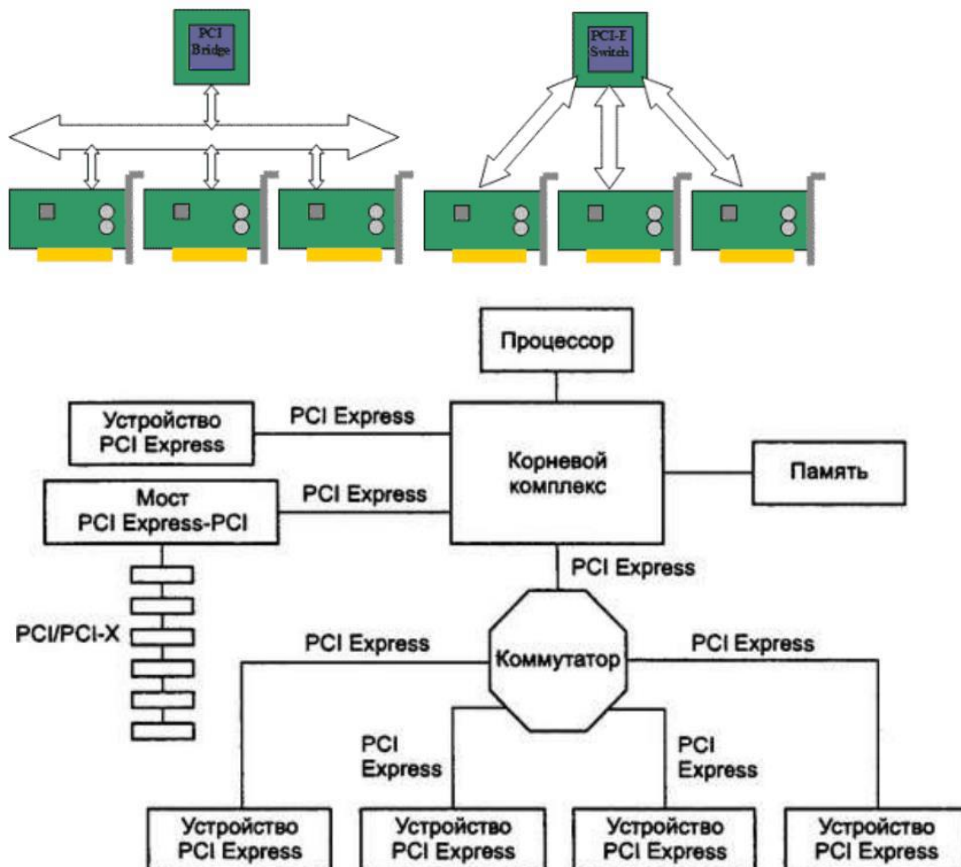
сохранить или уменьшить стоимость реализации при значительном улучшении всех характеристик, прежде всего пропускной способности.

В PCI Express применена схема объединенных через коммутаторы двухточечных каналов связи между устройствами и портами.

**Соединение (Link)** – это пара встречных симплексных каналов, соединяющих два компонента. Соединение может включать одну или несколько линий, каждая из которых представляет собой пару дифференциальных сигналов – передающую (Transmitting) и принимающую (Receiving). В целях масштабирования соединение может агрегировать несколько линий.

**Топология** – многоуровневая звезда.

PCI vs PCI express



**Корневой комплекс (RC, Root Complex)** – аналог моста, отвечает за связь с процессором и системной памятью, а также за конфигурирование всей фабрики. RC содержит несколько портов PCI Express (Root ports), которые могут (необязательно) взаимодействовать между собой посредством виртуального коммутатора. К каждому из портов RC может подключаться: коммутатор (switch), мост для другой шины (напр., PCI), конечное устройство (Endpoint).

**Порт** – это логическая точка подключения соединения (Link), которая отвечает за управление линиями, сборку в пакеты исходящих данных и разборку входящих. Портами оснащен RC и коммутаторы (если они имеются).

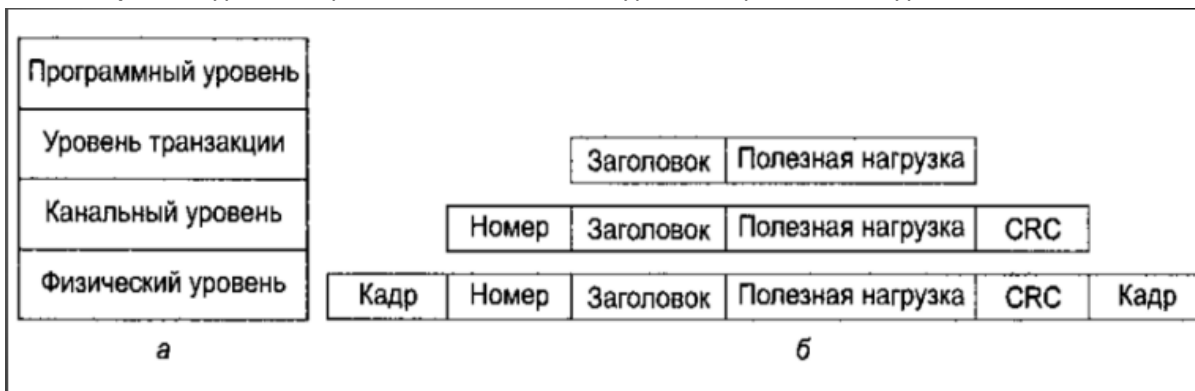
**Суть технологии PCI Express** заключается в замене параллельной шины с ее многообразием задающих и подчиненных устройств высокоскоростными двухточечными последовательными соединениями. PCI Express исполняет роль универсального коммутатора, соединяющего микросхемы по последовательным каналам.

**Основные отличия:**

- наличие централизованного коммутатора, пришедшего на смену многоотводной шины;
- применение узких последовательных двухточечных соединений вместо широкой параллельной PCI Express предусматривает отправку пакетов данных от одного устройства другому.

## 28. Шина PCI-Express. Уровни протокола, форматы пакетов.

**Уровни:** уровень транзакций, канальный уровень, физический уровень.



**Уровень транзакций** отвечает за сборку и разборку транзакционных пакетов TLP, используется в транзакциях чтения и записи в память либо в порты ввода-вывода.

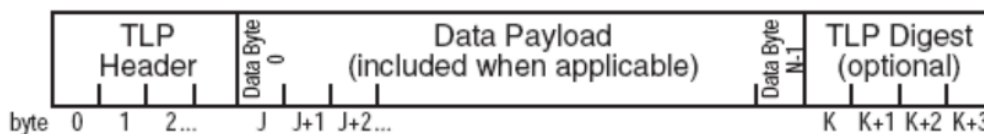
**Канальный уровень** отвечает за обеспечение целостности и достоверности данных, а также управление соединением.

**Физический уровень** делится на 2 подуровня – логический и электрический. **На логическом уровне** байты полученных данных кодируются по схеме 8b/10b и преобразуются в 10-битные символы. Выполняется также скремблирование (если необходимо), распределение по линиям, кадрирование, обрамление служебными символами. **На электрическом уровне** осуществляется передача сигналов.

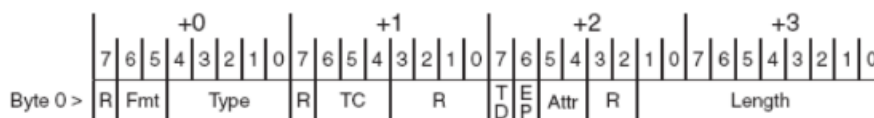
### Формат пакетов

Пакеты шины PCI Express оптимизированы для передачи по высокоскоростным последовательным линиям. Они имеют переменный формат, в том числе длину, чтобы исключить передачу незадействованных полей. Первым передается наиболее значимый байт, обычно старший байт, чтобы приемное устройство могло начать его обработку до прихода остальных байтов.

Пакеты уровня транзакций несут признак одной из двух фаз транзакции – запрос (Request) и выполнение (Complete), последняя нужна не для всех типов транзакций. Связь между запросами и выполнениями – по идентификатору транзакции (Transaction ID) из поля заголовка TLP. Естественно, имеется поле с данными. Также присутствует поле «дайджеста» - CRC-код.



Заголовок: • TC – класс трафика; • TD – признак наличия дайджеста (CRC); • EP – «отравленные» данные - признак ошибки данных и данные могут быть недействительными (poisoned data); • Length – длина поля данных в dword.



## 29. Шина PCI-Express. Пакеты уровня транзакций. Качество обслуживания (QoS) и виртуальные каналы.

**Уровень транзакций** отвечает за сборку и разборку транзакционных пакетов TLP (TLP – Transaction Layer Packet), используется в транзакциях чтения и записи в память либо в порты ввода-вывода.

### Формат пакетов уровня транзакций

Пакеты уровня транзакций несут признак одной из двух фаз транзакции – запрос (Request) и выполнение (Complete), последняя нужна не для всех типов транзакций. Связь между запросами и выполнениями – по идентификатору транзакции (Transaction ID) из поля заголовка TLP. Естественно, имеется поле с данными. Также присутствует поле «дайджеста» – 32 битный CRC-код.

В PCI Express имеется поддержка дифференцированных классов по качеству обслуживания (QoS), обеспечивающая следующие возможности:

- выделять ресурсы соединения для потока каждого класса (виртуальные каналы);
- конфигурировать политику по QoS для каждого компонента;
- указывать QoS для каждого пакета;
- создавать изохронные соединения.

Для поддержки QoS применяется маркировка трафика: каждый пакет TLP имеет трехбитное поле метки класса трафика TC (Traffic Class). Это позволяет различать передаваемые данные по типам, создавать дифференцированные условия передачи трафика для разных классов.

**Виртуальный канал VC (Virtual Channel)** представляет собой физически обособленные наборы буферов и средств маршрутизации пакетов, которые загружаются только обработкой трафика своего виртуального канала. На основе номеров виртуальных каналов и их приоритетов производится арбитраж при маршрутизации входящих пакетов. Каждый порт, поддерживающий виртуальные каналы, выполняет отображение пакетов определенных классов на соответствующие виртуальные каналы. При этом на один канал может отображаться произвольное число классов.

По умолчанию весь трафик маркируется нулевым классом (TC0) и передается дежурным каналом (VC0). Виртуальные каналы вводятся по мере необходимости.

## 30. Шина PCI-Express. Пакеты канального уровня. Оборачивание TLP. Кредиты доверия.

**Канальный уровень (Data Link Layer)** отвечает за обеспечение целостности и достоверности данных, а также управление соединением. На этом уровне пакеты уровня транзакций (TLP – Transaction Layer Packet) дополняются уникальным номером и контрольной суммой CRC. Уровень проверяет порядок пакетов и контролирует их содержание, запрашивает пропущенные пакеты, сигнализирует о сбоях соединения, управляет состояниями соединения (неактивно, режим ожидания/инициализации, активно), служит для подачи сигналов энергопотребления, индикации ошибок и журналирования, обмена информацией управления потоком и т.д.

**Специальные пакеты DLLP (Data Link Layer Packet)** – служебные, данных не содержат, служат для управления соединением. Они не проходят через промежуточные узлы, распространяются только между портами.

Пакеты DLLP подразделяются на следующие типы:

- Ask – подтверждение прихода TLP с заданным номером;
- Nask – запрос на повтор TLP с заданным номером;
- Пакеты управления кредитами и VC;
- Пакеты управления PM.

DLLP содержит заголовок с типом пакета, информационное поле и 16-битный CRC (LCRC).

Уровень канала сопровождает пакет TLP уникальным номером и 32-битным кодом LCRC (Link CRC). TLP находится в retry-буфере до прихода DLLP типа Ask с тем же номером.

Код LCRC работает только в пределах одного соединения.

Существуют развитые правила запроса и выполнения повторов, таймеров ожидания ответа (в зависимости от размера пакета и ширины линии) и т.д.

**Кредит доверия** контролирует, сколько пакетов данных может быть отправлено от отправителя к получателю без подтверждения получения.

Этот механизм позволяет устройствам на шине PCIe эффективно управлять потоком данных и избежать переполнения буферов приемника. Когда устройство-получатель готово принимать данные, оно выдает кредиты (или разрешения) отправителю на отправку определенного количества пакетов данных. После отправки этих пакетов устройство-получатель может либо выдать дополнительные кредиты для отправителя, либо приостановить передачу до освобождения буфера для данных. Этот механизм помогает улучшить эффективность передачи данных и предотвращает возможные проблемы с перегрузкой или задержками на шине PCI Express.

## 31. Шина PCI-Express. Многоуровневая реализация, коммутаторы, физический интерфейс, кодирование.

**Корневой комплекс (RC, Root Complex)** - аналог моста. Отвечает за связь с процессором и системной памятью, а также за конфигурирование всей фабрики.

RC содержит несколько портов PCI Express (Root ports), которые могут взаимодействовать между собой посредством виртуального коммутатора. К каждому из портов RC может подключаться:

- коммутатор (switch);
- мост для другой шины
- конечное устройство

**Физический уровень интерфейса** допускает как электрическую, так и оптическую реализацию. Базовое соединение электрического интерфейса (состоит из двух дифференциальных низковольтных сигнальных пар — передающей (сигналы PErTrO, PErTnO) и принимающей (PERrO, PERnO)).

**Набор сигналов интерфейса PCI Express:**

- PErTrO, PErTnO,..., PErTrI5, PErTnI5 — выходы передатчиков сигнальных пар 0...15;
- PERrO, PERnO,..., PERrI5, PERnI5 — входы приемников;
- REFCLK+ и REFCLK — сигналы опорной частоты;
- PERST# — сигнал сброса карты;
- WAKE# — сигнал «пробуждения» (от карты);
- PRSNT1#, PRSNT2# — сигналы обнаружения подключения-отключения карты для системы «горячего» подключения.

**На карты подается основное питание +3,3V, +12V и дополнительное +3,3Vaux.**

**Для передачи используется самосинхронизирующееся кодирование (8b/10b)**, что позволяет достигать высоких скоростей передачи.

Кодирование 8b/10b: 1 байт фактических данных кодируется при помощи 10-разрядного символа. Из 1024 возможных 10-разрядных символов выбираются такие, которые за счет достаточного количества фронтов без задающего генератора обеспечивают синхронизацию отправителя и получателя по границам битов. Младшие 5 бит отображаются на 6 бит, старшие 3 бита — на 4 бита, передаются младшим битом вперед.

## 32. Шина PCI-Express. Поле Digest, CRC-контроль.

(Digest) — 32-битный CRC-код. Длина всего пакета перечисленных полей кратна двойному слову (DW, 32 бит).

Признак «дайджеста» TD: единичное значение указывает на применение 32-битного CRC-кода в конце пакета, защищающего все поля пакета, не изменяемые в процессе его путешествия через коммутаторы PCI Express.

Этот дополнительный контроль применяют для особо важных случаев; для обычных транзакций ограничиваются CRC контролем канального уровня

CRC - Cyclical Redundancy Check - Контроль с помощью циклического избыточного кода. Способ контроля целостности данных при их передаче и хранении.

При помощи специального алгоритма вычисляется контрольная сумма пакета данных, которая передается вместе с ним. Алгоритм расчета контрольной суммы определяется используемым протоколом передачи данных.

Принимающее устройство повторно вычисляет контрольную сумму пакета данных.

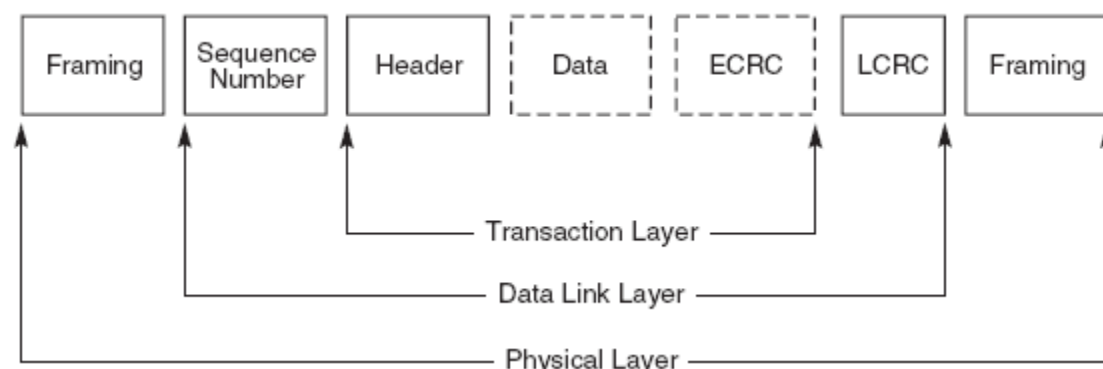
Несовпадение рассчитанной и принятой контрольной суммы расценивается как ошибка передачи данных, при этом, как правило, принимающее устройство производит запрос повторной передачи ошибочного пакета.

### 33. Шина PCI-Express. Физический уровень. Кодирование 8b/10b.

Физический уровень делится на два подуровня – логический и собственно электрический.

На логическом уровне байты полученных данных кодируются по схеме 8b/10b и преобразуются в 10-битные символы. Выполняется также скремблирование (если необходимо), распределение по линиям, кадрирование, обрамление служебными символами.

В результате данные принимают следующий вид:



Кодирование 8b/10b:

В отличие от шин ISA, EISA и PCI, в технологии PCI Express не предусмотрен тактовый генератор. Устройства вправе начинать передачу в любой момент, как только им будет, что передавать. Такая свобода, с одной стороны, повышает быстродействие, с другой, порождает проблему. Предположим, что 1 кодируется напряжением +3 В, а 0 - напряжением 0 В. Если первые несколько байтов равны нулю, как получатель узнает о том, что ему передаются данные? Действительно - последовательность нулевых битов трудно отличить от простоя канала. Эта проблема решается при помощи так называемой 8/10-разрядной кодировки. Согласно этой схеме, 1 байт фактических данных кодируется при помощи 10-разрядного символа. Из 1024 возможных 10-разрядных символов выбираются такие, которые за счет достаточного количества фронтов без задающего генератора обеспечивают синхронизацию отправителя и получателя по границам битов. В силу применения 8/10-разрядной кодировки суммарная пропускная способность канала, равная 2,5 Гбайт/с, сужается до фактической пропускной способности 2 Гбайт/с



## 34. Итоги развития периферийной шины от PCI к PCI-Express.

От PCI (Peripheral Component Interconnect) к PCI Express (PCIe) произошёл существенный скачок в скорости передачи данных и эффективности работы периферийных устройств. Вот основные изменения и улучшения, которые произошли:

**Пропускная способность:** Одним из основных отличий PCIe от PCI является его высокая пропускная способность. PCI работает на параллельной шине данных, в то время как PCIe использует серийную передачу данных, что позволяет достичь гораздо более высоких скоростей передачи данных.

**Скорость передачи данных:** PCI имеет ограничение скорости передачи данных, например, PCI 2.3 поддерживает скорость до 533 МБ/с на одном канале. В то время как PCIe предоставляет гораздо более высокие скорости: PCIe 3.0 поддерживает до 8 ГБ/с на одном линейном соединении, а PCIe 4.0 и PCIe 5.0 дальше увеличивают эту скорость.

**Форм-фактор и гибкость:** PCIe предлагает большую гибкость в выборе форм-фактора и подключения устройств. Он поддерживает разные размеры слотов (x1, x4, x8, x16, x32), что позволяет использовать его с различными устройствами, включая видеокарты, сетевые карты, накопители и другие.

**Дуплексная передача данных:** В отличие от PCI, PCIe поддерживает дуплексную передачу данных, что позволяет одновременно передавать и принимать данные, повышая эффективность передачи данных.

**Энергопотребление:** PCIe также более энергоэффективен по сравнению с PCI, что становится важным фактором в современных системах с учётом повышенного внимания к энергосбережению.

Эти улучшения сделали PCIe более привлекательным и широко используемым стандартом для подключения периферийных устройств к компьютерам. Он обеспечивает более высокую производительность, гибкость и эффективность по сравнению с более старыми стандартами, такими как PCI.

## ТЕМА 4. МАГНИТНЫЕ НАКОПИТЕЛИ

### 35. Иерархия устройств памяти. Классификация устройств памяти.

Классификация:

☐ По исполнению:

- о внутренние (внутри корпуса системы, без отдельного питания);
- о внешние (в отдельном корпусе).

☐ По конструкции:

- о со сменными носителями;
- о со встроенными движущимися носителями (обычно дисками);
- о твердотельные накопители (без движущихся деталей).



По принципу адресации и доступа:

- о блочные с произвольным доступом;
- о блочные с последовательным доступом (чаще всего ленточные);
- о потоковые (практически то же, что и последовательного типа).

По типу использованного физического явления:

- о магнитные (магнитная ориентация ячеек);
- о оптические (оптические свойства материалов);
- о электронные (хранение электронного заряда в ячейках);
- о комбинированные (один принцип – для чтения, другой – для записи).

Характеристики:

- Емкость
- Скорость доступа
- Скорость обмена данными
- Удельная стоимость хранения данных

## 36. Устройства внешней памяти. Характеристики внешней памяти.

Устройства внеш памяти:

Относятся к периферийной части системы, доступны через контроллеры, подключены к периферийным шинам.

Предназначены для подгрузки данных в оперативную память, которая не может вместить весь требуемый объем целиком.

Единица адресации значительно больше байта. Чаще всего используется понятие «сектора» (по аналогии с сектором диска, поскольку большинство устройств первого поколения имело вращающиеся диски). Типичный объем сектора – 512 байт.

Устройства внешней памяти могут иметь различную конструкцию и варианты исполнения, однако в любом случае они не доступны процессору напрямую, через команды загрузки и сохранения операндов (Load/Store). Системная адресация к ним тоже не применима.

По исполнению:

- внутренние (внутри корпуса системы, без отдельного питания);
- внешние (в отдельном корпусе).

По конструкции:

- со сменными носителями;
- со встроенными движущимися носителями (обычно дисками);
- твердотельные накопители (без движущихся деталей).

По принципу адресации и доступа:

- блочные с произвольным доступом;
- блочные с последовательным доступом (чаще всего ленточные);
- поточковые (практически то же, что и последовательного типа).

По типу использованного физического явления:

- магнитные (магнитная ориентация ячеек);
- оптические (оптические свойства материалов);
- электронные (хранение электронного заряда в ячейках);
- комбинированные (разные принципы для чтения и записи).

## 37. Классификация устройств хранения данных, физические основы функционирования, основные характеристики.

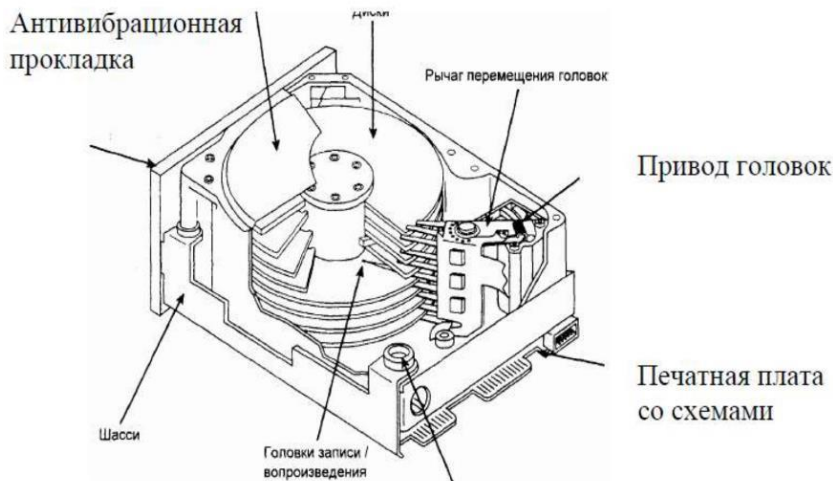
Классификация:

- По исполнению:
  - внутренние (внутри корпуса системы, без отдельного питания);
  - внешние (в отдельном корпусе).
- По конструкции:
  - со сменными носителями;
  - со встроенными движущимися носителями (обычно дисками);
  - твердотельные накопители (без движущихся деталей).
- По принципу адресации и доступа:
  - блочные с произвольным доступом;
  - блочные с последовательным доступом (чаще всего ленточные);
  - потоковые (практически то же, что и последовательного типа).
- По типу использованного физического явления:
  - магнитные (магнитная ориентация ячеек);
  - оптические (оптические свойства материалов);
  - электронные (хранение электронного заряда в ячейках);
  - комбинированные (один принцип – для чтения, другой – для записи).

Характеристики:

- Емкость
- Скорость доступа
- Скорость обмена данными
- Удельная стоимость хранения данных

38. Конструкция и принцип работы жесткого диска. (Принцип магнитной записи (законы), типы магнитной записи, элементы конструкции жесткого диска)



**Конструкция:**

Магнитные пластины:

- Подложка (substrate) – из алюминия или стекла.
- Несущий слой – сложный ферромагнитный сплав (напр. CoPtCrB).
- Защитный углеродный слой (от коррозии).
- Слой вязкой смазки.

Шпиндельный двигатель

Подвес головок чтения/записи:

- Головка (Head Gimbal Assembly) состоит из подвеса (suspension) и воздушного подшипника (ползуна).
- Головка закреплена на держателе (Arm) поворотной конструкции.
- Ползун содержит два элемента – индуктивный (для записи) и магниторезистивный (для чтения).
- Мотор катушки линейного электропривода (Voice Coil Motor)
- Поворотный механизм с применением управления током и постоянного магнита, состоящего из двух половин.

- Подача тока в катушки актуатора создает ЭДС, которая поворачивает держатель с подвесом головки. Схемы предусиления чтения и формирования тока записи, коммутатор головок, закрепленные на сборке головок.

Плата электроники, содержащая:

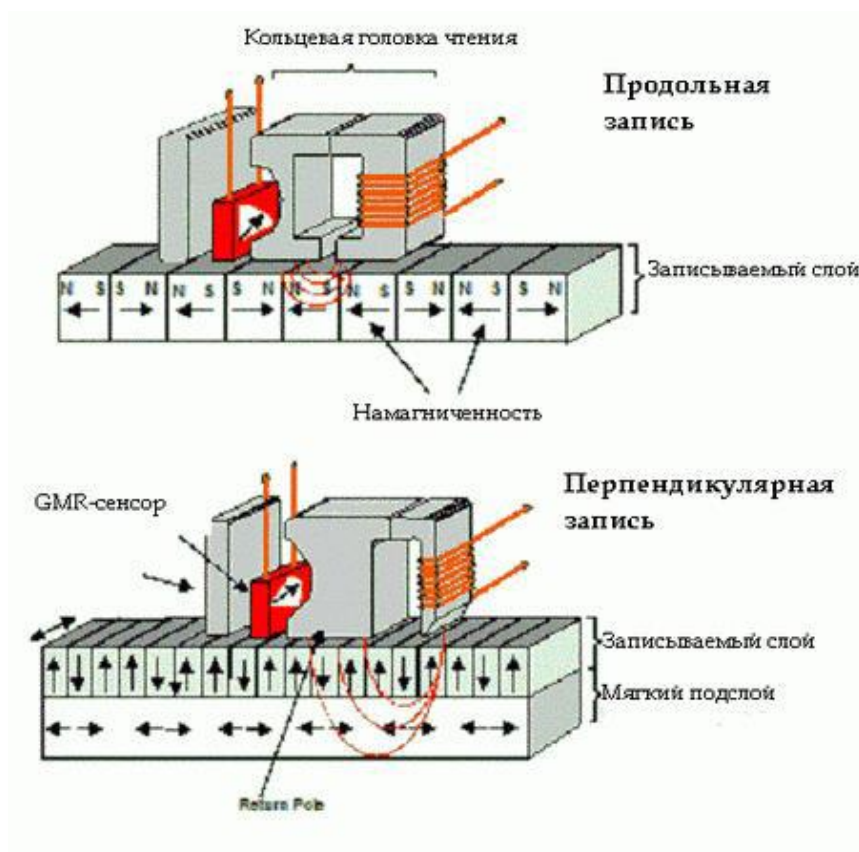
- Цифровой сигнальный процессор, обрабатывающий сигналы чтения/записи.
- Микросхема буферной памяти, хранящая кэш и (иногда) микрокод.
- Микроконтроллер, выполняющий роль управляющего контроллера, интерфейсного контроллера и контроллера жесткого диска.
- Разъемы – интерфейсный и питания.
- Конфигурационные перемычки (не обязательно).
- Служебный разъем (не обязательно, вместо него чаще применяют резервные контакты в группе перемычек).

Для хранения используют вращающиеся пластины круглой формы. Позиционер осуществляет радиальную адресацию. Границы «бит» (магнитных доменов), поле которых ориентировано в том или ином направлении, формируются в процессе записи данных, закодированных особым образом. Отсюда возникает проблема синхронизации. Она решается путем форматирования поверхности – нанесения меток (границ групп секторов и дорожек) специального вида.

Закон Гаусса - Электрический заряд является источником электрической индукции

Закон индукции Фарадея – изменение магнитной индукции порождает вихревое электрическое поле

Теорема о циркуляции магнитного поля - электрический ток и изменение электрической индукции порождают вихревое магнитное поле



### 39. Конструкция и принцип работы жесткого диска. (Схема головки чтения-записи, головки GMR, TMR. Плотность записи. Методики повышения плотности записи)

Конструкция и принцип действия жесткого диска.

Конструкция:

Магнитные пластины:

- ☐ Подложка (substrate) – из алюминия или стекла.
- ☐ Несущий слой – сложный ферромагнитный сплав (напр. CoPtCrB).
- ☐ Защитный углеродный слой (от коррозии).
- ☐ Слой вязкой смазки.

Шпиндельный двигатель.

Подвес головок чтения/записи:

☐ Головка (Head Gimbal Assembly) состоит из подвеса (suspension) и воздушного подшипника (ползуна).

☐ Головка закреплена на держателе (Arm) поворотной конструкции.

☐ Ползун содержит два элемента – индуктивный (для записи) и магниторезистивный (для чтения).

Мотор катушки линейного электропривода (Voice Coil Motor):

☐ Поворотный механизм с применением управления током и постоянного магнита, состоящего из двух половин.

☐ Подача тока в катушки актуатора создает ЭДС, которая поворачивает держатель с подвесом головок.

Схемы предусиления чтения и формирования тока записи, коммутатор головок, закрепленные на сборке головок.

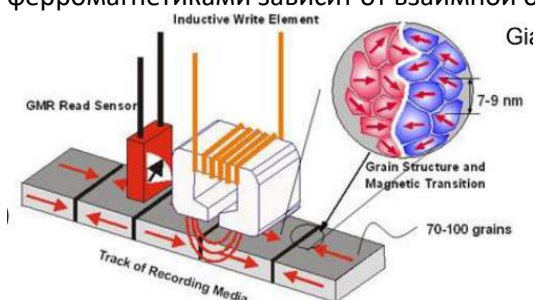
Плата электроники, содержащая:

- ☐ Цифровой сигнальный процессор, обрабатывающий сигналы чтения/записи.
- ☐ Микросхема буферной памяти, хранящая кэш и (иногда) микрокод.
- ☐ Микроконтроллер, выполняющий роль управляющего контроллера, интерфейсного контроллера и контроллера жесткого диска.
- ☐ Разъемы – интерфейсный и питания.
- ☐ Конфигурационные переключки (не обязательно).
- ☐ Служебный разъем (не обязательно, вместо него чаще применяют резервные контакты в группе переключек).

Для хранения используют вращающиеся пластины круглой формы. Позиционер осуществляет радиальную адресацию. Границы «бит» (магнитных доменов), поле которых ориентировано в том или ином направлении, формируются в процессе записи данных, закодированных особым образом. Отсюда возникает проблема синхронизации. Она решается путем форматирования поверхности – нанесения меток (границ групп секторов и дорожек) специального вида.

**Giant Magnetoresistive GMR.** Рабочий элемент головки чтения/записи представляет собой комбинацию индуктивного элемента записи и магниторезистивного элемента чтения. Катушка индуктивности создает магнитное поле заданной полярности. Магниторезистивный элемент чтения измеряет **изменение падения напряжения** в полупроводнике, возникающее при прохождении последнего в магнитном поле

Принцип работы элемента **TMR** - **туннельный ток** через изоляционный слой между двумя ферромагнетиками зависит от взаимной ориентации направлений их намагниченности



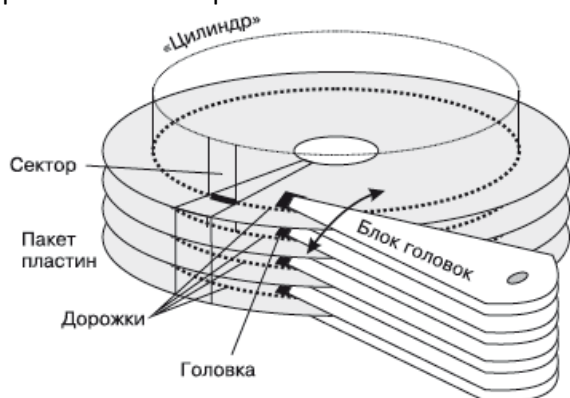
40. -

## 41. Принцип работы актуатора. Управление перемещением головок.

**Актуатор** (привод головок чтения/записи) представляет собой мощный постоянный магнит, в поле которого помещена катушка индуктивности, намотанная на другом плече держателя

Подача напряжения на катушку вызывает поворот держателя и перемещение рабочего элемента головки относительно радиуса магнитной пластины.

Поиск и удержание головки над заданной дорожкой осуществляется по сервометкам – внедренным между секторами ячейкам с сигналом особой формы. Сигнал сервометок выделяется из общего сигнала чтения, по принципу обратной связи формируется сигнал отклонения актуатора при ослаблении или усилении сигнала сервометок заданной дорожки и соседних дорожек. Сервометки записываются на заводе в условиях стерильности специальными устройствами – Servowriters. Запись и модификация сервометок в процессе работы винчестера невозможна.



При управлении головками используется принцип сервосистемы с закрытым контуром Closed Loop Servo который позволяет за счет обратной связи поддерживать стабильность положения головок и обеспечивать низкий уровень ошибок

Процесс позиционирования при чтении и записи состоит из трех основных этапов

- 1 Перемещение актуатора разгон, пауза, торможение
- 2 Нахождение нужной дорожки и переход к слежению Settle данный этап требует повышенного внимания при операциях записи, так как нахождение неверной дорожки приведет к порче данных
- 3 Ожидание появления нужного сектора Rotational Latency

В нерабочем состоянии головки чтения/записи должны быть запаркованы во избежание их порчи при ударе или встряске при транспортировке

Существует два вида парковки

- в выделенной зоне диска Dedicated landing zone
- на площадке Ramp

Первый способ сегодня не применяется ввиду серьезных недостатков

Перемещение головок в место парковки осуществляется либо механически (пружина или магнит), либо по сигналу об остановке шпинделя В последнем случае необходимая энергия берется от шпинделя, который исполняет роль генератора

Сейчас сервометки записываются в промежутках между секторами. В

некоторых моделях применяется комбинированная система слежения - встроенная сервоинформация в сочетании с выделенной поверхностью; при этом грубая настройка выполняется по выделенной поверхности, а точная - по встроенным меткам.



## 42. Кодирование PRML.

Выделяют три базовых метода кодирования

- Частотная модуляция FM (Frequency Modulation)
- Модифицированная частотная модуляция MFM (Modified Frequency Modulation)
- Модуляция с ограниченной длиной последовательности RLL (Run Length Limited), с различными вариантами

PRML (Partial-Response, Maximum-Likelihood групповым откликом, максимальной достоверностью / частичное определение, максимальное правдоподобие). Контроллер анализирует поток данных с головки посредством фильтрации, обработки и алгоритма определения (элемент частичного определения), а затем предсказывает последовательность битов, которые этот поток данных наилучшим образом представляет (элемент максимального правдоподобия)

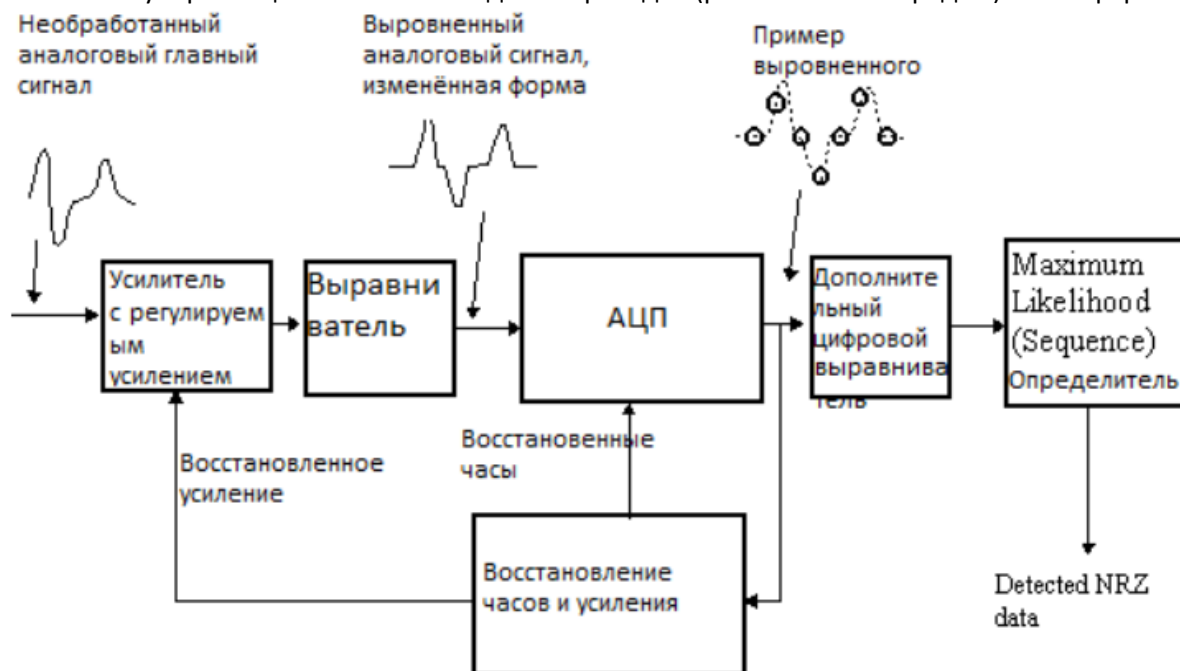
Позволяет повысить плотность расположения зон смены знака на диске в среднем на 40% и на столько же увеличить емкость носителя. Увеличение плотности записи приводит к тому, что пиковые значения напряжения при считывании данных могут накладываться друг на друга

*//на этом преграде все*

Вместо того чтобы пытаться отличать индивидуальные всплески, контроллер, использующий PRML, применяет большую тактовую частоту дискретизации при переводе аналогового сигнала в цифровой, восстанавливая структуру считанного сигнала в цифровой форме, фильтруя его и используя различные методы цифровой обработки сигналов. Рассматривает не один всплеск, а целый временной интервал, описывающий считанный сигнал. Далее контроллер сравнивает полученные результаты и подбирает наиболее похожий набор данных.

**Состоит из двух частей** - подсистема **Partial Response** (частичный отклик) переводит сигнал из аналоговой формы в цифровую, минимизируя шумы, а подсистема **Maximum Likelihood** (максимальное правдоподобие) производит цифровую обработку сигнала для восстановления наиболее правдоподобной его формы. Данный алгоритм и его развитие EPRML применяется практически во всех современных жестких дисках

**Основные допущения:** Форма считанного только что записанного сигнала отдельного перехода полярности известна. Суперпозиция сигналов соседних переходов (расположенных рядом) имеет форму сигнала.





## 43. Базовые методы кодирования двоичной информации: FM, MFM, RLL. Проблема синхронизации.

### Частотная модуляция (FM Frequency Modulation):

При 1 – смена направления, при 0 – нет. Между битами магнитное поле обязательно изменяется, иначе будет потеряна синхронизация. Фактически при таком способе кодирования изменяется частота следования перепадов уровня.

### Модифицированная частотная модуляция (MFM Modified Frequency Modulation):

При 1 – смена направления, при 0 – нет. Изменение между битами происходит только в случае, когда несколько 0 идут подряд. При этом способе записи количество зон смены знака, используемых только для синхронизации, уменьшается (синхронизирующие переходы записываются только в начало ячеек с (0)0). Благодаря этому при той же допустимой плотности их размещения на диске их размещения на диске информационная емкость по сравнению с записью по методу FM удваивается.

### Модуляция с ограниченной длиной последовательности (RLL Run Length Limited):

Кодируется последовательность нескольких бит, в результате чего создаются определенные последовательности зон смены знака. Алгоритмы RLL обеспечивают такую закодированную последовательность, что длина поля записи (количество бит между переходами от "0" к "1" или от "1" к "0") ограничена определенным диапазоном  $[d+1; k+1]$ .

T – смена знака есть; N – смены знака нет.

10	NTNN
11	TNNN
000	NNNTNN
010	TNNTNN
011	NNTNNN
0010	NNTNNTNN
0011	NNNNTNNN

## 44. Классификация и особенности применения жестких дисков.

Основной критерий – по области применения:

- Настольные (Desktop) – ПК, рабочие станции
- Мобильные (Mobile) – ноутбуки, Tablet PC
- Для бизнеса (Enterprise) – серверы, рабочие станции, сетевые системы (устройства) хранения (NAS - Network-Attached Storage) и сети
- хранения данных (SAN - Storage Area Network)
- Потребительские (CE - Consumer Electronics) – бытовые рекордеры, плееры, КПК
- Промышленные (Automotive) – встраиваемые системы, авто, космос и т.д.

Второй критерий – форм фактор, то есть диаметр пластин:

- 3.5 дюйма
- 2.5 дюйма
- 1.8 дюйма
- 1 дюйм, 0.85 дюйма (практически не применяются, вытеснены флэш-памятью)

Третий критерий – тип применяемого интерфейса:

- Parallel ATA (PATA), (ATA= AT Attachment, EIDE= Enhanced IDE = Integrated Drive Electronics — параллельный интерфейс подключения накопителей к компьютеру.

- Serial ATA = Serial ATA — последовательный интерфейс обмена данными с накопителями информации
- eSATA
- SCSI- Small Computer System Interface
- SAS - Serial Attached SCSI - компьютерный интерфейс, разработанный для обмена данными с жесткими дисками и ленточными накопителями
- FC-AL - Fibre Channel Arbitrated Loop
- CE-ATA/ZIF
- PCMCIA (Personal Computer Memory Card International Association) (для CompactFlash памяти)

Четвёртый критерий – обороты шпинделя:

- 3600 RPM
- 4200 RPM
- 5400 RPM
- 7200 RPM
- 10000 RPM (сервера среднего и малого класса)
- 15000 RPM (для серверов и рабочих станций)

Ряд новых моделей способен снижать обороты для экономии энергии, при этом головки обязательно выводятся из рабочей зоны.

Desktop винчестеры: 3.5" – 2,5", SATA(в основном), 7200 PRM (среднее), буфер 16-32 Мб, ёмкость 80 – 2000 Гб, 1 – 5 пластин, 1 – 10 головок.

Mobile винчестеры: 2.5" – 1,8", SATA(в основном) планируется microSATA, 5400 PRM (среднее), буфер 8-16 Мб, ёмкость 80 – 1000 Гб, 1 – 2 пластины, 1 - 4 головок.

## 45. Ошибки жестких дисков. Дисковые массивы, архитектура, оценка надежности характеристик RAID-массивов.

HDD считаются достаточно надежными устройствами – среднее время до выхода из строя (MTTF) жестких дисков корпоративного уровня составляет порядка 1,6 миллионов часов, а вероятность появления невосстановимой ошибки (UER) благодаря использованию кодов обнаружения ошибок (EDC), кодов коррекции ошибок (ECC) и различных проприетарных технологий поддержания целостности данных на носителе по оценкам производителей – не более чем 10–16 . Между тем в реальности частота ежегодных отказов (AFR) жестких дисков оценивается примерно в 0,75%.

Под **функциональным сбоем**, понимают выход из строя накопителя, который может обнаружить управляющий им контроллер, т.е. когда требуемые данные не могут быть прочитаны с накопителя. К основным причинам функциональных сбоев причисляют: нарушение серворазметки, сбой в работе электроники накопителя, поломки считывающих головок, сбой системы позиционирования, превышение лимита критичных S.M.A.R.T. параметров.

Под **скрытыми ошибками дисков** (UDE) понимают необнаруживаемые электроникой накопителя ошибки при записи данных (UWE), когда внешне нормальная операция записи влечет нарушение данных на соседних дорожках и/или не происходит модификация оригинальных данных, и ошибки при чтении данных (URE), при неправильной интерпретации кодов коррекции ошибок.

**Дисковым массивом** (Disc Array) называют набор жестких дисков, подключенных к одному многопортовому контроллеру. В простейшем случае контроллер интерпретирует их как независимые накопители, которые операционная система может использовать для размещения логических разделов. Такой массив принято называть JBOD (Just a Bunch of Discs).

Технология RAID предполагает создание дисковой подсистемы, надежность и/или быстродействие которой в несколько раз выше, чем у каждого из входящих в ее состав жестких дисков.

**Ядром RAID** является многопортовый контроллер, который реализует определенную логику распределения (distribution) данных и их резервных копий/контрольных кодов по подключенным к нему

жестким диском. При этом для системного ПО один массив представляется одним виртуальным диском. Контроллер также может объединить в массивы несколько массивов, создав массив второго порядка. Как правило, массивы 3-го и более высокого порядка не реализовываются. Контроллер отвечает за распределение данных при записи (striping), сборку их при чтении (concatenating), контроль за целостностью (monitoring), восстановление массива при сбое диска/дисков (rebuilding).

Для оперативного и прозрачного восстановления к массиву может быть приписан резервный диск (Spare disc), который заменяет дефектный. При этом один резервный диск может приписываться к нескольким массивам. В обычном режиме, когда массив исправен, резервный диск не используется. Обычно для массива RAID требуются диски идентичной емкости. Для достижения высокой скорости они должны быть одной модели. При использовании разных дисков задействованный объем каждого будет равен объему меньшего среди дисков.

Надежность:  $p$  – вероятность выхода,  $q=1-p$  – надежность.

RAID 0:  $P(A)=1-q^2$ ,

RAID 1:  $P(A)=p^2$ ,

RAID 5:  $N \text{ HDD } P(A)=C_2 N^*p^2 *q^{N-2}+ C_3 N^*p^3 *q^{N-3}+...+ C_N N^*p^N *q^0$

## 46. Технология RAID, уровни, отказоустойчивость.

**Технология RAID** (Redundant Array of Inexpensive Discs - избыточный массив недорогих дисков (раньше), сейчас: Redundant Array of Independent Discs - избыточный массив независимых дисков) – дорогостоящие серверные диски большого объема можно заменить набором дешевых и не столь надежных винчестеров настольного класса за счет усложнения логики доступа к ним со стороны контроллера.

Задачи:

- снижение стоимости (не актуально);
- обеспечение отказоустойчивости;
- улучшение производительности.

Ядром RAID является многопортовый контроллер, который реализует определенную логику распределения (distribution) данных и их резервных копий/контрольных кодов по подключенным к нему жестким дискам.

При этом для системного ПО один массив представляется одним виртуальным диском. Контроллер также может объединить в массивы несколько массивов, создав массив второго порядка. Как правило, массивы 3-го и более высокого порядка не реализовываются.

**Контроллер** отвечает за распределение данных при записи (striping), сборку их при чтении (concatenating), контроль за целостностью (monitoring), восстановление массива при сбое диска/дисков (rebuilding).

**Уровни RAID:**

- Уровни, которые можно считать стандартизованными — это RAID 0, RAID 1, RAID 2, RAID 3, RAID 4, RAID 5 и RAID 6.
- Комбинации различных RAID уровней (RAID 1+0, RAID 0+1, RAID 50) позволяют объединить их достоинства.
- Помимо стандартных, существует целый ряд других разработок: 1E, 5EE, 6EE.

Стрипы (strips) – последовательные блоки, на которые делится содержимое виртуального диска, сформированного контроллером из массива.

Стрип – единица хранения данных на одном диске массива. Обычно размер стрипа можно задавать в настройках контроллера.

**Страйп (stripe, по аналогии bit-byte)** – это сумма всех стрипов с каждого из дисков массива. Размер страйпа также важен, т.к. он определяет, запрос какого размера может быть выполнен параллельно всеми дисками.

**Отказоустойчивость**

HDD считаются достаточно надежными устройствами – среднее время до выхода из строя (MTTF) жестких дисков корпоративного уровня составляет порядка 1,6 миллионов часов, а вероятность появления невосстановимой ошибки (UER) благодаря использованию кодов обнаружения ошибок (EDC), кодов коррекции ошибок (ECC) и различных проприетарных технологий поддержания целостности данных на носителе по оценкам производителей – не более чем  $10^{-16}$ . Между тем в реальности частота ежегодных отказов (AFR) жестких дисков оценивается примерно в 0,75 %.

Современные RAID -массивы обеспечивают надежное хранение данных только в случае функциональных сбоев накопителей, входящих в RAID.

При появлении скрытых ошибок надежность хранения данных не гарантируется

## 47. Массивы RAID 0, RAID 1, оценка надежности.

### RAID 0

Режим, при использовании которого достигается максимальная производительность. Данные равномерно распределяются по дискам массива, диски объединяются в один, который может быть размечен на несколько. Распределенные операции чтения и записи позволяют значительно увеличить скорость работы, поскольку несколько дисков одновременно читают/записывают свою порцию данных. Пользователю доступен весь объем дисков, но это снижает надежность хранения данных, поскольку при отказе одного из дисков массив обычно разрушается и восстановить данные практически невозможно. **Область применения** - приложения, требующие высоких скоростей обмена с диском, например видеозахват, видеомонтаж. Рекомендуется использовать с высоконадежными дисками. RAID 0 применяется в настольных машинах, а также в задачах, где данные могут быть легко восстановлены.

#### Вероятность выхода из строя RAID 0 (2 HDD)

$p$  – вероятность выхода из строя HDD,  $q = 1 - p$  – вероятность работоспособного состояния,  $A$  – событие выхода из строя RAID0.

$$P(A1) = P(A2) = p; P(\overline{A1}) = P(\overline{A2}) = q;$$

$$P(A1A2) + P(A1\overline{A2}) + P(\overline{A1}A2) + P(\overline{A1}\overline{A2}) = 1;$$

$$P(A) = P(A1A2) + P(A1\overline{A2}) + P(\overline{A1}A2) = 1 - P(\overline{A1}\overline{A2}) = 1 - P(\overline{A1})P(\overline{A2}) = 1 - q^2.$$

### RAID 1

Запись одних и тех же данных одновременно на несколько дисков. Простой в реализации массив. Обычно его составляют из 2 дисков, а 3 и более – редко. +Высокая степень отказоустойчивости при минимальном использовании аппаратных средств. Для работы массива достаточно, чтобы оставался рабочим хотя бы один из дисков.

+ При организации параллельного доступа возможно ускорение всех операций чтения. Операция чтения ограничивается быстродействием самого медленного диска.

+ Простота реализации.

+ Дает наивысшую скорость восстановления массива, причем эта операция легко выполняется в фоновом режиме.

- Потери дисковой емкости.

В чистом виде применяется редко, в основном для задач, где требуется наивысшее сочетание быстродействия и отказоустойчивости, пусть и за счет повышения стоимости.

#### Вероятность выхода из строя RAID 1 (2 HDD)

$p$  – вероятность выхода из строя HDD,  $q = 1 - p$  – вероятность работоспособного состояния,  $A$  – событие выхода из строя RAID1.

$$P(A1) = P(A2) = p; P(\overline{A1}) = P(\overline{A2}) = q;$$

$$P(A) = P(A1A2) = P(A1)P(A2) = p^2$$

## 48. Массивы RAID 2, RAID 3, RAID 4. Восстановление одного диска.

RAID 2, 3, 4 практически не встречаются из-за сложности и отсутствия явных преимуществ от 5.

### RAID 2

A[0]	A[1]	A[2]	A[3]	HAM(A)[0]	HAM(A)[1]	HAM(A)[2]
B[0]	B[1]	B[2]	B[3]	HAM(B)[0]	HAM(B)[1]	HAM(B)[2]

Распределение побитно, размер **страйпа** – 4 бита (строка, состоящая из стрипов, блоков, на которые делятся физические диски). Для каждого вычисляется 3-битный код Хэмминга, (инверсия XOR номеров позиций, в которых находятся «1», в двоичном коде). Для 4бит слов разрядность номера позиций - 3 бита (начало - 1), поэтому обычно RAID 2 из **7 дисков** – 4 диска с данными и 3 диска с кодами Хэмминга. (может и другое кол-во) Данные:  $2^n - n - 1$  Код Хэмминга:  $n$ .

У RAID2 синхр и одновременная работа всех дисков сразу, за счет чего обеспечивается обнаружение до 4 бит ошибки в байте и исправление до 2 бит. Скорость чтения/записи = сумме скоростей всех дисков.

### RAID 3

A[0]	A[1]	A[2]	XOR(A[2-0])
A[3]	A[4]	A[5]	XOR(A[5-3])

**побайтное** распределение данных по дискам с дополнительным диском, используемым для хранения байтов четности. Предполагается строго синхронное обращение, потери на избыточность – всегда один диск. ->

Массив защищен от потери только одного диска.

Преимущество RAID 3 – умножение скорости чтения на число дисков, работают параллельно и одновременно.

Недостаток RAID 3 – невозможность параллельного выполнения запросов, (для каждого блока, не менее сектора) используются все винчестеры.

Из-за сложности RAID 3 исп. редко и в задачах, исп. доступ к файлам большого размера: системы видеонаблюдения, и т.п.

### RAID 4

A	B	C	XOR(A,B,C)
D	E	F	XOR(D,E,F)

Для каждого **страйпа** вычисляется блок четности XOR и записывается на отдельный диск. (у 5 – на все по очереди) Преимущества: ускорение доступа при чтении т.к. диск четности в этом не используется.

Избыточность – один диск на массив, прирост скорости чтения равен числу дисков минус один.

При записи, требуется читать страйп и обновлять блок четности, все блоки четности находятся на одном диске - он узкое место, к нему обращаются во время всех операций записи. Практически не используется на практике.

## 49. Массив RAID 5. Способ восстановления данных. Вероятность выхода из строя RAID 5.

Наиболее используемое, компромисс между отказоустойчивостью и избыточностью при возможном высоком быстродействии (зависит от контроллера).

A	B	C	XOR(A,B,C)
D	E	XOR(D,E,F)	F

Для каждого страйпа вычисляется блок четности XOR и записывается на один из дисков по очереди, равномерно нагружает массив, осуществляет конкурентные запросы параллельно.

Только от выхода из строя одного диска и способен, с низкой скоростью, работать без него. Избыточность - один диск. Скорость при чтении высока, как и у RAID 0 и RAID 1. Скорость записи (и случайной), может снижаться, т.к. для записи 1+ страйпа(блоки, на которые делится содержимое виртуального диска) приходится

прочитать весь страйп(сумма всех стрипов с каждого из дисков массива, то есть строка) и обновить блок четности.

Второй недостаток – сложность восстановления и в этот момент массив уязвим при порче второго диска. Применяется для большинства серверных задач, кроме тех где высокое быстродействие при случайной записи.

#### Восстановление:

1) Для вычисления контрольной суммы используется XOR, применяемый к блокам данных. Так, если имеется  $n$  дисков,  $d$  — блок данных (страйп), то контрольная сумма рассчитывается по формуле:  $p_n = d_1 + d_2 + \dots + d_{n-1}$ .

2) Если один из дисков, вышел из строя, его легко восстановить по контрольной сумме и по значениям остальных блоков с помощью операции XOR.

**RAID5 разрушен** – когда вышло из строя 2

## 50. Массив RAID 6. Способ восстановления данных. Вероятность выхода из строя RAID 6.

Блоки четности (XOR) дублируются на двух дисках, с чередованием.

A	B	XOR(A,B)	XOR(A,B)
C	XOR(C,D)	XOR(C,D)	D

Решается устойчивость к отказу сразу двух дисков, ускорение, защита при восстановлении массива. Скорость чтения и особенно записи снижается, если нет мощного контроллера. Избыточность два диска, в массиве не менее 4. Реализуется только в мощных контроллерах, где высок риск потери. Не теряет производительности при потере одного из дисков.

$p$  – выход из строя,  $q$  – работа,  $A$  – событие выхода из строя,  $CNi$  – выход из строя  $i$  из  $N$

**RAID6 разрушен** – когда вышло из строя 3.

## 51. Расширенные уровни RAID: 1E, 5E, 5EE, 6E.

RAID1E (stripping with mirroring)

A	B	C	D
D	A	B	C
E	F	G	H
F	G	H	E

Общий принцип – распределения данных с дублированием на тех же дисках. Обычно дублирование по страйпам (каждый страйп записывается дважды), лучше – с переменной порядка стрипов (как на таблице), что дает возможность восстановить данные, если выйдут из строя более одного диска, расположенные в массиве не рядом друг с другом. Также применяется двукратная запись одного стрипа, что мало отличается от первого способа.

Основное преимущество – возможность реализации на массивах с нечетным количеством дисков, что невозможно для RAID 0. Сохранены все преимущества RAID 1, равно как и недостатки, главный из которых – потеря 50% полезной емкости дисков на избыточность.

RAID5EE (hot space stripping)

A	B	<резерв>	XOR(A,B)
C	<резерв>	XOR(C,D)	D

RAID 5E и 6E включают в свой состав на один диск больше, чем требуется. На каждом диске создается свободная зона, которая будет использована при выходе из строя одного из дисков (виртуальный spare disc). В процессе восстановления выполняется «компрессия» массива (с заполнением резервных зон), и на выходе

получается обычный RAID 5/6. Чтобы он снова стал 5E/6E, требуется «декомпрессия» с применением нового диска.

RAID 5EE используется чаще, он использует распределение по дискам резервных зон в том же порядке, что и блоков четности. Нагрузка на диски – равномерна, а процесс «компрессии» быстрее (восстановленный блок пропавшего диска записывается вместо предусмотренной в каждом страйпе резервной зоны). Он обладает большей избыточностью (на один диск), но позволяет обойтись без резервного диска, который обычно простаивает. С другой стороны, при наличии нескольких массивов резервный диск отводится только один, что позволяет сэкономить.

## 52. Гибридные массивы RAID. Оценка надежности RAID 0, RAID 1

### RAID0+1(Mirrored RAID0)

A	B	A	B
C	D	C	D
RAID0	RAID0		

2+ копии массивов типа RAID 0. Добавляется возможность отказоустойчивости. Крайне прост в реализации, не требует серьезных аппаратных ресурсов, в том числе для процесса восстановления.

Недостатки: затраты на избыточность (половина пространства), не менее 4 дисков. По сравнению с RAID 1 возрастает только скорость записи.

Недостаток RAID 0+1, – резкое снижение отказоустойчивости при выходе из строя хотя бы одного диска.

Массив сразу превращается в RAID 0 (дубликат сразу разрушается), надежность которого в несколько раз ниже, чем надежность каждого диска.

### RAID10 (Striped RAID1)

A	A	B	B
C	C	D	D
RAID1	RAID1		

Принцип размещения информации похож на RAID 0+1. Серьезное преимущество: выход из строя одного из дисков приводит только к ослаблению (нет дубликата) одного из массивов RAID 1, в то время как остальные – устойчивые к отказам. Один недостаток – большая избыточность. Используют для массивов, состоящих из большого количества дисков. Исп. для повышенные требования к отказоустойчивости при необходимости высокого быстродействия.

### RAID50 (Striped RAID5)

A	B	XOR(A,B)	C	D	XOR(C,D)
E	XOR(E,F)	F	G	XOR(G,H)	H
RAID5			RAID5		

Состоит из массивов RAID 5, данные у них распределены, как в массиве RAID 0. Обеспечивает такую же производительность по чтению и такую же

отказоустойчивость, что и RAID 10, но с меньшими затратами на избыточность. Операции записи требуют много времени, особенно особенно без кэша.

Преимущество – высокая скорость восстановления 1 диска(восстанавливать требуется только один из компонентов массива RAID 0, остальные продолжают работать) по сравнению с одним RAID 5.

Существует также вариант RAID 60, аналогичный RAID 50.

### RAID0, надежность:

$p$  – вероятность поломки одного,  $q$  – вероятность работы,  $A$  – поломка всего массива

Для двух:

$$p(A) = p(A1A2) + p(A1\bar{A}2) + p(\bar{A}1A2)$$

Для N:

$$p(A)=1-q^N$$

### RAID1, надежность:

Для двух:

$$p(A)=p(A1A2)$$

Для N:

$$p(A)=p^N$$

## 53. Matrix RAID.

A	B	C	D	
E	F	G	H	RAID0
...	...	...	...	
A	B	C	D	RAID0

Данный вариант не является стандартным уровнем RAID, но упомянут тут в связи с тем, что систем с его поддержкой существует огромное множество.

Matrix RAID разработан Intel и реализован во всех настольных чипсетах с южными мостами с суффиксом “R” (“DH”, “OH”, “M”). Суть этого решения – в реализации нескольких сегментов RAID-массива на одном и том же диске. В данном случае мы наблюдаем RAID 0+1 на четырех дисках, но с распределением не по 2, а по 4 дискам сразу, что дает в идеальном случае увеличение быстродействия в 2 раза.

Matrix позволяет реализовать несколько вариантов RAID, а не только 0+1. Основное его преимущество – возможность экономии физических дисков (потери дискового пространства все равно остаются). Это актуально прежде всего для настольных систем или серверов высокой плотности.

## 54. Накопители на твердотельных дисках. Гибридные жесткие диски

**Твердотельный накопитель (SSD)** — компьютерное немеханическое запоминающее устройство на основе микросхем памяти и управляющего контроллера.

Существует два вида SSD, на основе памяти, **подобной оперативной памяти (сверхбыстрая скорость, но высокая цена)** компьютеров и на основе **флеш-памяти (маленький размер и низкое энергопотреблением)**. Производители переходят на производство SSD. Samsung.

Существуют также **гибридные жесткие диски**, появились из-за высокой стоимости SSD. Сочетают в себе (HDD) и SSD, в качестве кэша (для увеличения производительности и срока службы устройства, снижения энергопотребления). Используются в переносных устройствах.

В SSD используется NAND: SLC (1 бит информации), MLC (2 бита) и TLC (3 бита). MLC и TLC более дешёвые, но меньший ресурс (10к и 5к, SLC 100к) и пониженное быстродействие. На данный момент MLC/TLC память активно развивается и по скоростным характеристикам приближается к SLC

### Преимущества SSD:

- Скорость чтения данных независимо физического от расположения (более 200Мб/с) ;
- Низкое энергопотребление при чтении данных.
- Пониженное тепловыделение.
- Бесшумность.
- Высокая механическая надёжность.

### Недостатки SSD:

- Высокое энергопотребление при записи.
- Энергопотребление растёт с ростом объёма накопителя и интенсивностью изменения данных;
- Низкая ёмкость
- Высокая стоимость.
- Ограниченное число циклов записи.



## 55. Накопители на базе флеш-памяти. Различие NOR и NAND памяти

**Флэш-память** строится на одностранзисторных элементах памяти с «плавающим» затвором, что обеспечивает высокую плотность хранения информации.

Существуют различные технологии построения базовых элементов флэш-памяти, разработанные ее основными производителями. Эти технологии отличаются количеством слоев, методами стирания и записи данных, а также структурной организацией, что отражается в их названии.

Наиболее широко известны NOR и NAND типы флэш-памяти, запоминающие транзисторы в которых подключены к разрядным шинам, соответственно, параллельно и последовательно.

Среди главных **достоинств** можно назвать следующие:

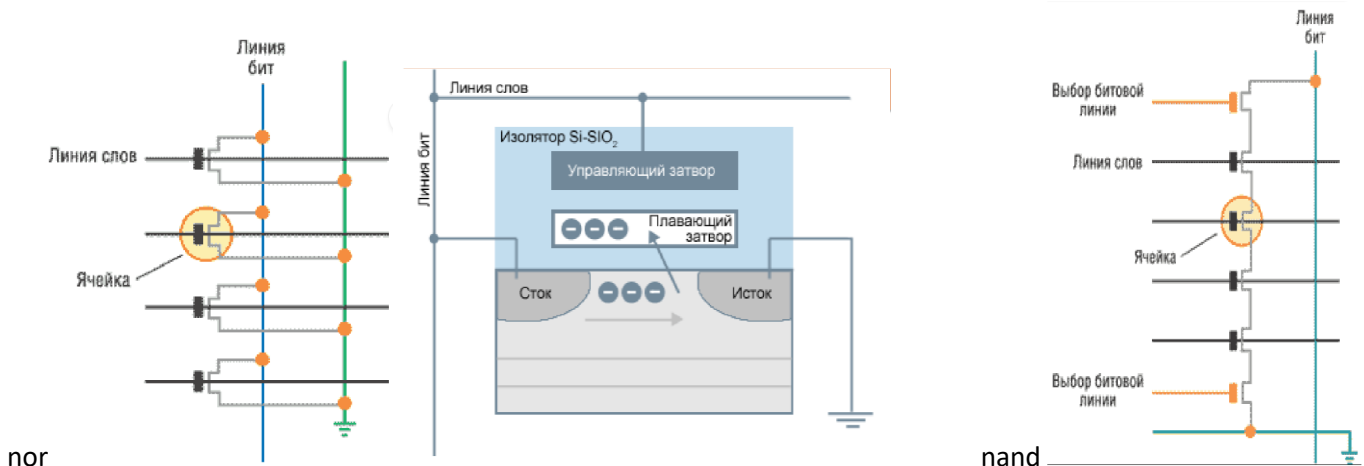
- энергонезависимость, т.е. способность хранить информацию при выключенном питании (энергия расходуется только в момент записи данных);
- информация может храниться очень длительное время (десятки лет);
- сравнительно небольшие размеры;
- высокая надежность хранения данных, в том числе устойчивость к механическим нагрузкам;
- не содержит движущихся деталей (как в жестких дисках).

Основные **недостатки** флэш-памяти:

- невысокая скорость передачи данных (в сравнении с динамической оперативной памятью);
- незначительный объем (по сравнению с жесткими дисками);
- ограничение по количеству циклов перезаписи (хотя эта цифра в современных разработках очень высока – более миллиона циклов).

память на основе ячеек **NOR** (логическая функция ИЛИ-НЕ). Структура NOR состоит из параллельно включенных элементарных ячеек хранения информации. Такая организация ячеек обеспечивает произвольный доступ к данным и побайтную запись информации.

В основе структуры **NAND** лежит принцип последовательного соединения элементарных ячеек, образующих группы (по 16 ячеек в одной группе), которые объединяются в страницы, а страницы - в блоки. При таком построении массива памяти обращение к отдельным ячейкам невозможно. Программирование выполняется одновременно только в пределах одной страницы, а при стирании обращение происходит к блокам или к группам блоков.



**Твердотельный накопитель (SSD)** — компьютерное немеханическое запоминающее устройство на основе микросхем памяти и управляющего контроллера.

Существует два вида SSD, на основе памяти **подобной оперативной памяти (сверхбыстрая скорость, но высокая цена)** компьютеров и на основе **флеш-памяти (маленький размер и низкое энергопотребление)**. Производители переходят на производство SSD. Samsung.

В SSD используется NAND: SLC (1 бит информации), MLC (2 бита) и TLC (3 бита). MLC и TLC более дешёвые, но меньший ресурс (10к и 5к, SLC 100к) и пониженное быстродействие. На данный момент MLC/TLC память активно развивается и по скоростным характеристикам приближается к SLC

#### **Преимущества SSD:**

- Скорость чтения данных независимо физического от расположения (более 200Мб/с) ;
- Низкое энергопотребление при чтении данных.
- Пониженное тепловыделение.
- Бесшумность.
- Высокая механическая надёжность.

#### **Недостатки SSD:**

- Высокое энергопотребление при записи.
- Энергопотребление растёт с ростом объёма накопителя и интенсивностью изменения данных;
- Низкая ёмкость
- Высокая стоимость.
- Ограниченное число циклов записи.

Элементарная ячейка хранения данных флэш-памяти - транзистор с плавающим затвором.

Конструкции флеш NOR и NAND различаются методом соединения ячеек в массив и алгоритмами чтения записи.

Конструкция NOR использует двумерную матрицу проводников, на пересечении строк и столбцов по ячейке. NAND — трёхмерный массив.

Матрица, что и в NOR, но на пересечении столбец из последовательно включенных ячеек.

Технология NOR быстрый доступ к одной ячейке, но площадь ячейки велика. NAND имеют малую площадь ячейки, но длительный доступ к большой группе ячеек.

## **56. Накопители на гибком диске. Форматы и стандарты.**

### **Плотность записи.**

**Гибкий диск** (floppy disc), дискета – исторически первый(1971 IBM) сменный носитель на основе магнитного принципа работы с данными Из-за дисководов возникали трудности и замедлялось развитие технологии. Общепринятый стандарт 1987 год. **стандарт** формат дискеты 3.5" (90 мм), фирмы Sony, ёмкость 720 Кб, в 1987 диски емкостью 1.44 Мб.

Для **обозначения формата** юзают метки: SS (single side) - односторонние; DS - двухсторонние зависит от количества головок.

- SD (Single Density, одинарная плотность, IBM System 3740),
- DD (Double Density, двойная плотность, IBM System 34),
- QD (Quadruple Density, четверная плотность, Robotron-1910 — 5¼" дискета 720 К, Amstrad PC, ПК Нейрон — 5¼" дискета 640 К).
- HD (High Density, высокая плотность, отличие от QD количеством секторов),
- ED (Extra High Density, сверхвысокая плотность).

**Плотность записи**(аббревиатуры такие же):

продольная:(SD) - нормальная: 24 TPI (метки на дюйм); (DD): 48;(HD - QD 96; поперечная: SD (20 дорожек); DD (40 дорожек); QD (80 дорожек); (QD-9 720 Кб), (QD-15 1,2 Мб сектор 1 Кб).

**Дискета состоит из:**

- защитного корпуса с отверстиями для головки и индексного датчика (датчик – для 5.25" дискет);
- лавсанового гибкого диска с ферромагнитным напылением;
- защитной металлической шторки с пружинным механизмом (для 3.5" дискет);
- заглушки отверстия защиты от записи (для 3.5" дискет);

- двух тканевых без ворсовых прокладок для очистки от пыли.

**Физический уровень.** Дорожка с номером 0 на внешней стороне диска. Первый сектор на дорожке определялся по положению индексной метки Форматы IBM PC :

- две рабочие поверхности;
- Головки перемещаться с помощью шагового двигателя, количество шагов 40 и 80 и с таким же количеством дорожек на одной стороне.
- 8, 9, 15 или 18 секторов на дорожке.
- 128, 256, 512 или 1024 байта в одном секторе
- Стандартный формат: 3.5" HD: 80 дорожек по 18 секторов;
- 5.25" HD: 80 дорожек по 15 секторов.

На дискете без индексных отверстий (**Soft Sectored**, в противовес методу с индексными метками для каждого сектора – **Hard Sectored**) на каждой дорожке, число которых определяется шагом блока головок, имеется заданное количество секторов с равными угловыми размерами (их число можно изменить программно).

На **логическом уровне** считается, что секторы логического диска имеют непрерывную нумерацию. Файл записывается в произвольные свободные сектора, которые могут находиться на различных дорожках.

**Например, Файл\_1** объемом 2 Кб может занимать сектора 34, 35 и 47, 48, а **Файл\_2** объемом 1 Кбайт - сектора 36 и 49. **Структура записей** в каталоге (секторы со 2 по 33, 0 – загрузочный, с 34 - данные) Для размещения каталога базы данных и таблицы FAT на гибком диске отводятся секторы со 2 по 33. Первый сектор отводится для размещения загрузочной записи операционной системы. Сами файлы могут быть записаны, начиная с 34 сектора.

## 57. Накопители на магнитной ленте. Основные разновидности, характеристики, интерфейсы. Конструкция и принцип действия накопителей на магнитной ленте.

Магнитная лента представляет собой гибкую ленту из того или иного материала, на которую с одной стороны нанесено покрытие из ферромагнетика. Применение вакуумного напыления позволяет надежно фиксировать покрытие (без адгезивного материала), что повышает устойчивость ленты к износу.

Запись данных на ленту выполняется в виде дорожек, разделенных зазорами.

Устройства можно разделить по двум признакам:

1. Линейный или наклонно-строчный способ записи.
2. Ширина ленты.

Виды записи:

1. линейная

Неподвижная головка формирует дорожку вдоль всей ленты. Как правило, на ленте можно разместить несколько дорожек с зазорами между ними (в один проход несколькими головками или в несколько проходов).

2. Линейная с серпантинном

Вариант линейной записи – головка выполняет запись в обратном направлении, но с небольшим смещением. Таким образом можно записать более 100 дорожек на ленту.

3. Наклонно-строчная

(Helical) Пишущие головки выполняют запись диагональных штрихов, что позволяет за один проход заполнять максимальную полезную площадь ленты. Для реализации этого метода головка выполнена в виде вращающегося барабана (против направления движения ленты).

Сегодня самым распространенным (и практически единственным) стандартом ленточных накопителей стал стандарт LTO (Linear Tape-Open). Он появился в 2000 году, и изначально разрабатывался компаниями IBM, Hewlett-Packard и Quantum. Позже к этому стандарту присоединились другие производители. Поэтому картриджи и приводы (накопители) LTO разных производителей полностью совместимы.

За прошедшее время сменилось несколько поколений LTO. Сейчас (2022 год) последним является девятое поколение – LTO-9.

Картриджи девятого поколения имеют 18ТБ физической ёмкости. Информация может записываться на картриджи со сжатием (упаковкой). Считается, что в коэффициент сжатия общем случае составляет 2,5:1, поэтому иногда для картриджей указывается их ёмкость с учетом сжатия, например – 45ТБ для картриджей LTO-9.

Стандарт LTO регламентирует для приводов поддержку чтения на 2 поколения назад и записи на 1 поколение назад. Поэтому привод LTO-9, например, умеет читать картриджи LTO-9, LTO-8 и LTO-7, а писать на картриджи стандартов LTO-9 и LTO-8.

### Распространенные форматы

#### 1. Линейный формат записи:

1. Лента 12.7 мм (1/2"): DLT (Digital Linear Tape), LTO Ultrium (Linear Tape Open), T1000 (StorageTek), Jaguar (IBM).
2. Лента 8 мм (1/3"): Travan (3M).
3. Лента 6.35 мм (1/4"): QIC/SLR (Quarter-Inch Cartridge/Scalable Linear Recording).

#### 2. Наклонно-строчный формат записи:

1. Лента 12.7 мм (1/2"): SAIT (Sony) - Advanced Intelligent Tape.
2. Лента 8 мм (1/3"): AIT (Sony), VXA (Exabyte).
3. Лента 3.8 мм (1/8"): DDS/DAT (Digital Audio Tape).

Наиболее распространенным сегодня форматом (по количеству существующих решений):

- в области «больших» ленточных библиотек является LTO Ultrium (ближайший конкурент – DLT);
- в области локальных и компактных систем резервного копирования – DDS/DAT.

## 2. Конструктивные особенности

**1. Шпиндель («бобина»)** – лента накручена на втулку, для ее обработки требуется закрепить свободный конец на вращающейся втулке устройства.

**2. Картридж** – пластиковая упаковка с одной втулкой, на которую накручена лента. Вторая втулка находится внутри устройства, привод вращает обе втулки при работе с лентой. Является развитием первого варианта.

**3. Кассеты** – в одном корпусе две втулки с лентой. Обеспечивает лучшую защиту для ленты при транспортировке. Вращение ленты обеспечивается либо за счет непосредственного вращения втулок, либо за счет другого типа привода (например, трения вращающегося ремня).



### Три вида картриджей:

- **RW** (Read/Write) – магнитная лента для чтения и записи информации.
- **WORM** (Write Once, Read Many) – 1 запись много чтений
- **UCC** (Universal Cleaning Cartridge) – чистящие картриджи, для проведения

**Основные проблемы:** Механизм протяжки ленты(медленный), поточный способ записи при постоянной скорости движения ленты (когда не успевает записывать и идет отмотка назад (полировка ботинка).

**Приводы LTO состоят из лентопротяжного механизма и головок чтения/записи.**

### Приводы различаются по:

- стандарту LTO. Стандарт LTO требует от приводов читать картриджи на 2 поколения назад и записывать на 1 поколение назад. Поэтому привод LTO-9, например, умеет читать картриджи LTO-9, LTO-8 и LTO-7, и писать на картриджи стандартов LTO-9 и LTO-8.
- интерфейсу подключения. Приводы LTO имеют один из двух интерфейсов подключения: SAS 6Gb или FC 8Gb. Более быстрых стандартов не бывает, т.к. привод не может писать быстрее, и использование быстрого интерфейса не требуется.
- форм-фактору. Приводы бывают двух форм-факторов: FH и HH. Привод форм-фактора FH (Full-Height) занимает два стандартных отсека 5,25". Привод HH (Half-Height) занимает только один такой отсек. Раньше приводы FH были более производительными, но сейчас разницы в производительности уже нет.

**Все устройства хранения на магнитной ленте можно разделить на несколько типов:**

- внутренние;
- внешние одиночные приводы;
- автозагрузчики;
- библиотеки.

### Основные алгоритмы сжатия:

- **LZ** (Зива-Лемпела) последовательная схема сжатия, группировка символов, для увеличение вероятности появления последовательностей идентичных символов.
- **IDRC** (Арифметическое кодирование) входной поток инф = число, в полуинтервале [0,1 для нахождения числа нужна информация об относительной частоте  $P_i$  каждого вхождения  $i$ -ого символа в этот поток.
- **ALDC** адаптивное сжатие данных без потерь, расширенное
- **DLZ1** большие скорости и в больших количествах инф

## 58. Ленточная библиотека. Автозагрузчики.

Внутренние и внешние одиночные приводы не имеют автоматизации. Каждый раз пользователь должен вставлять и вынимать картриджи самостоятельно.

**Автозагрузчик** (autoloader) – это устройство с одним приводом и автоматизированной системой хранения картриджей. Система может хранить несколько картриджей в магазинах. Внутри устройства робот-автомат выбирает картриджи из магазинов и вставляет в привод для чтения или записи. Обычно на картриджи наклеиваются штрих-коды (label) – метки. По этим штрих-кодам робот-автомат различает картриджи (считывает фотоэлементом), а управляющее программное обеспечение ведет по этим штрих-кодам каталог (какая информация хранится на каждом картридже) и отдаёт соответствующие команды роботу.

Автозагрузчики обеспечивают автоматизацию процессов резервного копирования, и поэтому применяются в тех случаях, когда объём информации не очень высок (для больших объёмов используются библиотеки), но требуется частое резервное копирование. Приводы, которые устанавливаются в автозагрузчики, могут иметь интерфейс SAS либо FC 8Gb.

Если автозагрузчик всегда имеет только один привод чтения/записи, то **библиотека** рассчитана на использование нескольких приводов. Кроме того, они обычно рассчитаны на большее количество

картриджей и имеют возможности расширения путём подключения модулей расширения с картриджами и дополнительными приводами.

Например, головной блок библиотеки начального уровня HPE MSL 3040 (на фото) имеет 40 слотов под картриджи, а с помощью шести модулей расширения количество картриджей можно увеличить до 280 штук. Кроме того, каждый модуль расширения может также содержать приводы, и их количество может быть увеличено до 21 штуки (3 штуки в головном блоке библиотеки и по 3 штуки в каждом из 6 модулей расширения). Приводы, которые устанавливаются в библиотеку, могут иметь интерфейс SAS либо FC 8Gb – причем в одной библиотеке могут использоваться приводы с разными интерфейсами.

## ТЕМА 5. НАКОПИТЕЛИ НА ОПТИЧЕСКИХ ДИСКАХ

### 59. Физическая организация информации на оптическом диске. Модуляция и кодирование данных.

В основе технологии лежит принцип регистрации интенсивности лазерного луча, отраженного от рельефной поверхности. Модулирование степени отражения лазерного луча:

- варьирования рельефа отражающего слоя (штампованные диски) ;
- варьирования прозрачности органического слоя, покрывающего слой отражающего материала
- создания эффекта голограммы за счет интерференции нескольких лучей, сфокусированных на разной глубине (голографические диски).

Диски (ROM) не могут быть перезаписаны. В глубине такого диска имеется отражающий слой с рельефом, выступами (pits) переменной длины. При чтении отраженный луч лазера отражается от плоской поверхности (land) и складывается с лучом испущенным. W/R диски используют эффект изменения фазового состояния редкоземельного сплава с помощью заданной температуры. Структура, как в ROM, но светочувствительный слой с двух сторон защищен слоями диэлектрика, для лучшего охлаждения после работы лазера. Участки с кристаллическим состоянием лучше отражают свет, имитируя плоскость.

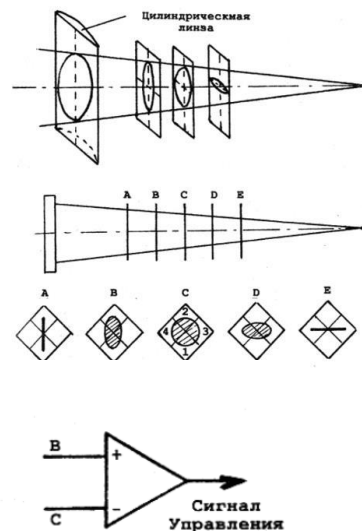
Чтение и запись данных при помощи лазерной головки, следовательно, оптическая головка должна обеспечивать выполнение двух операций:

1. Фокусировки луча на поверхности (получение пятна лазера заданного диаметра)
2. Позиционирования луча на дорожке(трекинг)

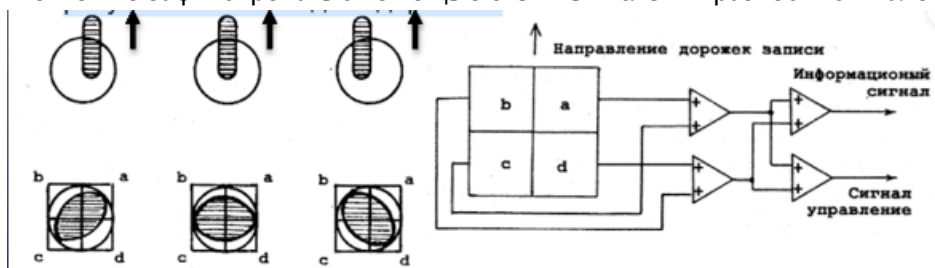
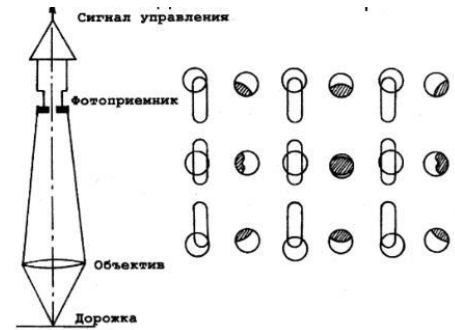
**Астигматизм пучка:** Для реализации этого метода лазерный луч проходит через неподвижную астигматическую линзу. Фотоприемник, состоящий из 4 площадок, расположенных, чтобы получать пятно круглой формы только тогда, когда лазерный луч отразился от поверхности на заданном расстоянии. Если расстояние до поверхности больше или меньше, то форма пятна будет вытянута по вертикали или горизонтали.

**Три базовых метода трекинга:**

- **Метод трех лучей.** Луча лазера делится на три, сфокусированные на расстоянии, равном ширине дорожки. Если центральный луч, используемый для чтения/записи данных, находится точно на дорожке, два крайних (управляющих) луча будут отражаться от меж дорожечных промежутков = не будут модулироваться.



- **Метод дифракции** Основывается на том, что мощность отраженного пучка из-за дифракции, вызванной питам, распределена неоднородно. Если луч теряет дорожку, то на левой или правой части фотоприемника мощность луча становится больше, что можно использовать для выработки сигнала управления.
- **Метод разности фаз.** Используется один луч, однако для вычисления положения на дорожке использует измерение фазового сдвига между информационным сигналом и разностным сигналом, полученным с двух пар фотоприемников. При смещении пятна относительно центра дорожки сигнал появляется раньше на левой или правой части 4 секционного фотоприемника, что можно зафиксировать с помощью схем вычисления разности сигналов.



**Модуляция и кодирование:** В частности, для нейтрализации возможных дефектов применяется двухуровневая схема избыточности с добавлением контрольных сумм. **Кодирование** Байты данных преобразуются в 14 битные символы, в которых группы единиц разделены некоторым количеством нулей. При этом единица соответствует потере сигнала (рассеиванию на пите), нули – отражению сигнала.

## 60. Конструкция и принцип действия оптического привода (накопителя). Методы фокусировки.

Накопители на оптических дисках, или оптические приводы предназначены для чтения и/или записи оптических носителей информации. Могут работать с несколькими дисками сразу.

В общем случае по функциональности они подразделяются на следующие классы: чтения определенного типа дисков, чтения и записи определенного типа дисков, комбинированного типа, способные читать один вид носителей и читать/записывать другой вид.

**Конструкция оптического привода:** верхняя крышка П-образного профиля, выполненная из стали, нижняя крышка, служащая часто радиатором для микросхем, лицевая панель, съемная, выдвижной лоток с углублением для укладки диска, крышка лотка.





**Оптическая головка** содержит линзу, электромагнитный привод линзы, источник лазерного излучения (обычно полупроводниковый) и оптическую систему. В общем случае оптическая система PUN состоит из:

- Основной подвижной линзы, осуществляющей фокусировку луча на поверхности.
- Астигматической линзы, добавляющей астигматические свойства лазерному лучу
- Коллиматорной линзы, формирующей
- Зеркала.
- Призмы разделения лучей (по числу лазерных источников).

Фотоприемник разделен на зоны для осуществления фокусировки луча и позиционирования луча на дорожке. Для обеспечения надежного считывания оптических свойств поверхности пятна лазерного луча должно очень точно позиционироваться на дорожке по двум осям – вертикальной и поперечной. **Оптическая головка** должна обеспечивать выполнение двух операций: фокусировки луча на поверхности (получение пятна лазера заданного диаметра) и позиционирования луча на дорожке (tracking, трекинг). Фокусировка лазера требуется ввиду того, что форма диска не является идеально гладкой. Следовательно, диск испытывает постоянное биение в вертикальной плоскости.

**Метод астигматизма пучка.** Он использует свойство лазерного луча, прошедшего через астигматическую (цилиндрическую) линзу, изменять форму пучка в зависимости от расстояния до плоскости наблюдения.

**Существует три базовых метода трекинга:**

- **Метод трех лучей** - разделение луча лазера на три, сфокусированные на расстоянии, равном ширине дорожки. Если центральный луч находится точно на дорожке, два крайних (управляющих) луча будут отражаться от междорожечных промежутков, а значит, не будут модулироваться. Если основной луч сходит с дорожки, то на одном из крайних лучей появляется модулированный сигнал. Недостаток метода – в необходимости отслеживания трех лучей и разделения основного луча на три части (с потерей мощности). Но он наиболее надежный.
- **Метод дифракции** основывается на том, что мощность отраженного пучка из-за дифракции, вызванной питрами, распределена неоднородно. Если луч теряет дорожку, то на левой или правой части фотоприемника мощность луча становится больше, что можно использовать для выработки сигнала управления
- **Метод разности фаз** также использует один луч, однако для вычисления положения на дорожке использует измерение фазового сдвига между информационным сигналом и разностным сигналом, полученным с двух пар фотоприемников. При смещении пятна относительно центра дорожки сигнал появляется раньше на левой или правой части 4-секционного фотоприемника, что можно зафиксировать с помощью схем вычисления разности сигналов. Преимущество данного метода в том, что он корректно работает при глубине питов  $1/4 \lambda$  и меньше, и не требует перемещения фотоприемника. Недостаток – в появлении ошибки при совпадении рисунка пит на соседних дорожках.

## 61. CD. Особенности, структура данных, форматы. Файловые системы. Интерфейс ATAPI.

Разработан Philips и Sony в 1983 году для задач хранения и распространения аудио в цифровом виде. Возможность копирования и записи не предусматривалась. Позже был приспособлен для хранения данных, реализована возможность записи.

Параметры диска:

- Диаметр 120 мм;
- Толщина 1.2 мм;
- Отражающий слой на глубине 1.2 мм (на уровне этикетки);
- Лазер  $\lambda=780$  нм, инфракрасный;
- Шаг витков спирали – 1.6 мкм;



- Ширина дорожки – 0.5 мкм;
- Глубина питов – 0.125 мкм ( $\lambda/6$ );
- Емкость (исходная) – 74 мин., или 650 Мб;
- Емкость может быть увеличена до 80 мин (700 Мб), 90 мин (800 Мб) или 99 мин (900 Мб) за счет незначительного уплотнения дорожек.

#### Особенности CD:

- Диск CD считывается и записывается лазером инфракрасного диапазона.
- Глубина питов подобрана таким образом, чтобы обеспечить возможность реализации любого из методов авто-фокусировки и треккинга.
- Толщина прозрачного слоя составляет практически всю толщину диска, что обеспечивает защиту даже от глубоких царапин. Вместе с тем диск очень уязвим с обратной стороны, в том числе для коррозии.
- Примененный метод кодирования данных обладает большой избыточностью и содержит большое количество служебных бит (даже больше, чем информационных). Кроме того, система организации блоков данных и их адресации ориентирована на цифровое аудио, что не очень удобно для хранения данных. Фактически секторная организация реализована «поверх» кадровой организации.

- Файловая система DVD-ROM
- Файловая система UDF в качестве замены ISO 9660 *см след вопрос*

Пакетный протокол **ATAPI** (ATA Packet Interface) - стандарт, созданный для возможности подключения CD-ROM к стандартному разъему ATA, что упростило подключение CD-ROM и позволило снизить их стоимость. ATAPI – расширение интерфейса ATA, фактически это метод передачи команд SCSI по интерфейсу ATA. Реализуется посредством команд чтения/записи пакетов данных, сформированных в соответствие с форматом SCSI. ATAPI – расширение универсальное, но в основном используется для оптических накопителей.

## 62. DVD. Особенности технологии в сравнении с CD.

### Двухслойные диски DVD. Формат DVD. Формат сектора DVD. Файловая система UDF.

#### Особенности технологии в сравнении с CD:

- Длина волны лазера уменьшена до 650 нм (красный диапазон).
- Толщина субстрата – до 0.6 мм, обычный DVD всегда является двухслойным.
- Апертура линз 0.34, глубина залегания отражающего слоя уменьшена до 0.6 мм.
- Ширина дорожек (track pitch) уменьшена до 0.74 мкм.
- Высота питов увеличена до  $\lambda/4$  (0.16 мкм).
- Допустимо использование двух слоев с расстоянием между ними  $55 \pm 15$  мкм, тогда плотность дорожек уменьшается на 10%.
- Применены иные способы кодирования (EFM+: 8b/16b при RLL2.10)
- Емкость одного слоя DVD составляет 4.7 Гб:
- Длительность воспроизведения – 133 минуты (2 ч. 13 м.)
- Витреопоток 3.5 Мбит/с
- Три аудиопотока Dolby AC3 по 384 Кбит/с
- Четыре потока субтитров по 10 Кбит/с

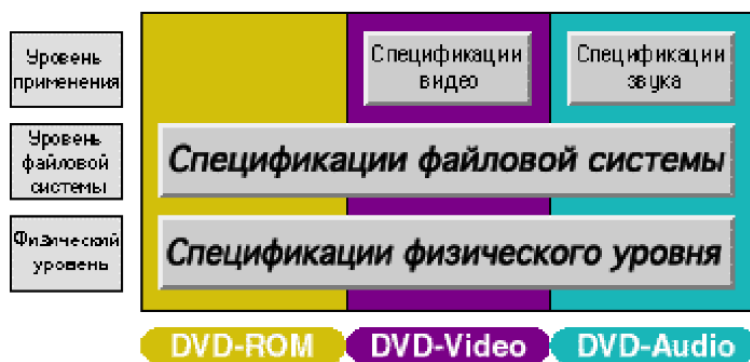
#### Двухслойный DVD-диск:

Диски DVD+R9 (DVD+R DL) содержат два отражающих слоя, поверх которых нанесен органический краситель (organic dye). Фокусируясь на первом или втором слое, лазер повышенной мощности может выполнять запись, как на обычном DVD+R. При этом слои расположены по принципу Opposite Track Path (OTP), то есть

второй слой начинается не от центра, а от края (точнее, с той же физической позиции, на которой закончилась запись первого слоя).

**Физическая структура DVD-диска** (формат сектора DVD) общая для всех типов информации, хранимой на нем. Данные о типе и содержании мультимедиа-контента хранятся в файловой системе и внутренней структуре файлов, а не на физическом уровне. Единица хранения данных – сектор с 2048 байт полезной нагрузки. Каждый сектор состоит из:

- Идентификатор ID (4 байта), в котором хранится адрес сектора (3 байта) и служебный байт.
- ECC-коды для ID (2 байта)
- Служебные коды (6 байт)
- 2048 байт данных
- EDC-коды для данных (4 байта)



#### Файловая система DVD-ROM

Диски DVD в общем случае не требуют таблиц TOC (Table Of Contents ) и не делятся на треки. Вся информация о структуре содержится в файловой системе

Вводная зона содержит служебную информацию о физическом формате, размере, производителе диска, применении системы защиты от копирования, допустимой скорости чтения и т.п.

В DVD рекомендуется использовать файловую систему UDF(Universal Disk Format); но для совместимости может содержаться также VTOC системы **ISO 9660** (Volume Table Of Contents).

**Файловая система UDF** была разработана при поддержке организации OSTA (создана для продвижения на рынок оптических технологий) в 1996 году в качестве замены ISO 9660. Несмотря на то, что она предназначалась прежде всего для перезаписываемых дисков (и была призвана решить проблему неудобства процедуры записи), данная ФС является весьма универсальной, подходящей для любых сменных носителей и обладающей поддержкой множества функций, присущих другим ФС:

- разделы объемом до 8 Тб, 64-битный размер файла;
- длинные и Unicode-имена файлов;
- именованные потоки;
- символические ссылки;
- управление дефектами (Defect management);
- хранение специфической для ОС файловой информации;
- оптимизации для не записываемых, однократно записываемых, перезаписываемых носителей и накопителей с функцией записи.

#### Особенности UDF:

1. UDF предполагает разделение носителя на разделы различного типа.
2. У раздела имеется также битовая таблица (bitmap), указывающая на свободные блоки.
3. Адреса блоков – логические, отсчитываются от начала раздела.

## 63. DVD. Избыточное кодирование. ECC блок. Блок Recording Frame.

### Избыточное кодирование.

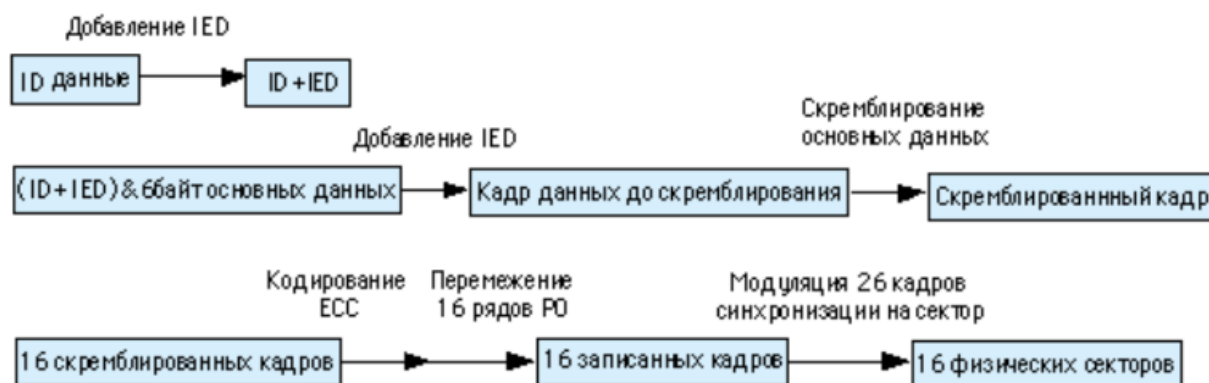
Возникновение повторяющихся последовательностей бит мешает системе слежения за дорожкой. Их нужно исключить путем перемешивания – скремблирования. Байты данных скремблируются по одному из 16 шаблонов, которые циклически повторяются; в качестве начального значения цикла берутся старшие 4 бита первого байта ID, тем самым шаблон повторяется через  $16 \times 16 = 256$  секторов.

Добавляются коды Рида-Соломона :

- (208, 192, 17) 16 байт (Parity of Outer, PO) к каждому столбцу для матрицы из 192 строк.
- (182, 172, 11) 10 байт (Parity of Inner, PI) к каждому 172 байтам, получается строка из 182 байт.

В итоге получается блок из  $182 \times 193 = 35$  Кб, или 32 Кб данных + блок ECC (3 Кб). Данные PO перемежаются с PI и байтами данных.

Один канальный кадр состоит из 13 строк по 182 байта, всего получается 16 кадров.



### Блок Recording Frame *(дай бог здоровья, в лк не нашли)*

16 последовательно расположенных Scrambled Frames образуют ECC блок, который можно представить в виде матрицы  $192 \times 172$  (192 строки по 172 байта в каждой, рис.55). Для каждого столбца матрицы рассчитывается и добавляется 16 байт корректирующего кода Reed-Solomon (208, 192, 17) (в спецификации [Есма-279] обозначен как Parity of Outer Code, PO), тем самым матрица расширяется до 208 строк. Затем для каждой строки рассчитывается и добавляется 10 байт корректирующего кода Reed-Solomon (182, 172, 11) (в спецификации [Есма-279] обозначен как Parity of Inner Code, PI), и каждая строка расширяется до 182 байт. recording frame Формируется путём чередования строк матрицы: строки, содержащие данные (первые 192 строк) чередуются со строками, содержащими корректирующий код (последние 16 строк) таким образом, что после 12 строк данных следует строка корректирующего кода. Таким образом 37856 байт (в лк не учтены добавленные столбцы) ECC блока преобразуются в 16 блоков Recording Frames по 2366 байт каждый. Блок Recording Frame представляет собой матрицу  $13 \times 182$  (13 строк по 182 байта в каждой). 8 бит каждого Recording Frame трансформируются в 16-ти битное кодовое слово (Code Words) таким образом, чтобы между двумя единичными битами было не меньше двух, но не более десяти нулевых бит. Этот код называется RLL(2,10).

Затем кодовое слово конвертируется в 16 канальных битов (Channel bits) при помощи NRZI-конвертора. Каждый байт заменяется на 16 канальных бит согласно методу EFM+ (8b16b).

## 64. Формат Blu-ray Disc. Особенности технологии BD.

### Оптическая головка (PUH). Проблемы тонкого слоя.

### Кодирование информации 1.7 PP.

При создании дисков BD производители сознательно добивались емкости 25 Гб.

#### Особенности технологии BD

Применение лазера с длиной волны 405 нм – повысило плотность. Толщина защитного слоя 0,1мм.

#### Оптическая головка (PUH)

Приводы BD должны иметь возможность работать не только с дисками BD, но и с DVD и CD. Создание универсальной головки (PUH), снабженной трехдиапазонным лазером и фокусирующей линзой с коррекцией числовой апертуры.

#### Проблемы тонкого слоя.

Толщина прозрачного слоя над несущим слоем была одним из ключевых преимуществ CD. Пятно лазера на поверхности диска в несколько раз больше пятна на несущем слое, а значит, все дефекты (царапины, отпечатки, пыль) находятся вне фокуса.

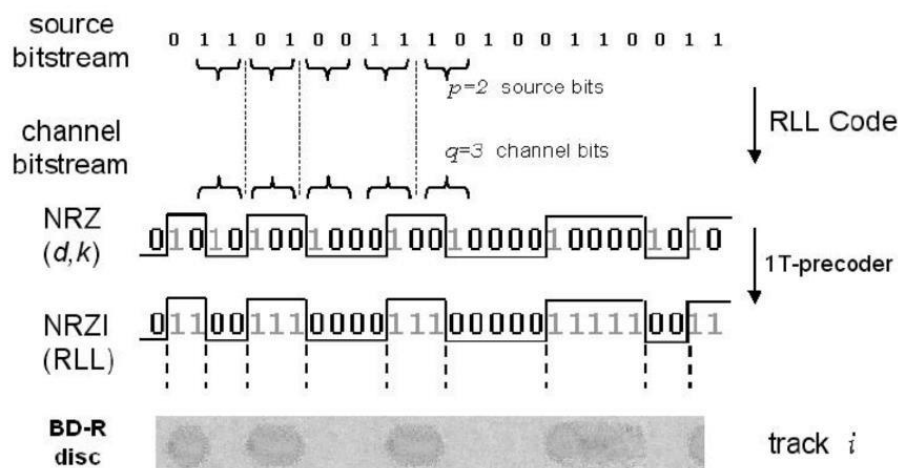
Проблемы тонкого слоя: даже небольшие царапины могут повредить несущий слой; пятно лазера на поверхности соизмеримо с пятном на несущем слое, а значит, влияние пыли и дефектов на качество сигнала ощутимо; головка при большой NA располагается на расстоянии менее 0.1 мм от поверхности, а значит, может ее задевать при вращении диска. Последняя проблема решается как электрически (схемы контроля расстояния), так и физически (защитные бамперы на головке).

#### Кодирование информации

Технология BD вводит новый метод модуляции – 1.7 PP (Parity Preserving – Prohibit RMTR) с минимальной длиной пита в 2T (так называемый d=1 code). Данный метод кодировки предусматривает:

- преобразование байтов в символы 14 бит по методу RLL 1.7
- код NRZI (смена полярности при каждой смене значения бита)
- сохранение четности количества переходов (для достижения статистически нулевого DC) путем вставки единичных бит (в коде NRZ);
- исключение повторяющихся последовательностей минимальной длины (0101010...).

Для защиты данных используется перекрестный ECC-код для блока в 64 Кб (вдвое больше, чем у DVD), что обеспечивает восстановление при ошибках из-за дефектов большой протяженности.



#### Аппаратная схема управления дефектами

Записываемые диски BD-R реализуют аппаратную схему управления дефектами, которая применяется также для «логической перезаписи» (Logical Over-write, LOW) для имитации работы с перезаписываемым носителем.

Схема управления дефектами предусматривает наличие зон резервных секторов в начале (и в конце каждого слоя диска, а также в вводной и выводной зонах. Кроме того, стандарт BD-R предусматривает возможность как последовательной записи диска (до 16 открытых сессий одновременно, которые не нужно закрывать для нормальной работы), так и произвольной, с ведением битовой карты свободных кластеров (размер кластера 64 Кб).

#### **BD-RE диск.**

По физической и логической структуре диска, технологии производства, примененному кодированию не отличается от BD-R. Для модуляции оптических свойств используется металлический сплав с двумя фазовыми состояниями. Метки данных наносятся на груве, выступающем над лендом, что обеспечивает защиту соседних витков дорожки от нагрева

#### **Логическая структура и файловая система**

Для дисков BD-RE применялась используют файловую систему UDF 2.5. Интересная особенность BD заключается в том, что на диске имеются специальные зоны для хранения мета-данных и вспомогательных файлов для видео (индексы, заставки, меню и пр.). Формирование этих зон осуществляется за счет механизма разделов UDF. BD не использует имеющиеся у UDF возможности управления дефектами и инкрементальной записи. Вместо этого применяются собственные аппаратные механизмы, требующие хранения некоторых таблиц и карт в памяти устройства записи.

#### **Прикладной формат BD-MV.**

Формат BD создавался, подобно DVD, с прицелом на использование для распространение лицензионного видео.

## **65. Принцип действия магнитно-оптического накопителя. Основные разновидности магнитно-оптических дисков.**

Технология магнитно-оптического (МО) хранения данных сочетает в себе универсальность и дешевизну реализации магнитной технологии и высокую точность и надежность оптической технологии. Лазерный луч используется как для разогрева поверхности носителя при записи (фиксация информации выполняется за счет магнитного поля), так и для регистрации намагниченности поверхности при чтении.

Технология МО начала развиваться практически одновременно с оптической, однако, в отличие от нее, изначально предлагала возможность надежной записи носителей большой емкости, благодаря чему успешно конкурировала и с магнитной, и с оптической технологией в области решений для резервного копирования и архивирования данных.

Ввиду резкого снижения стоимости оптических устройств с возможностью перезаписи носителей все производители отказались от МО.

В основе МО лежит несколько физических явлений, связывающих воедино оптическое и магнитное взаимодействия. В устройствах МО используется и лазерная, и электромагнитная головки, но по разные стороны носителя и для разных целей.

В процессе записи локальные участки носителя нагреваются лазером высокой мощности до точки Кюри (обычно 200-300 °С), когда они становятся восприимчивыми воздействию внешнего магнитного поля. Это поле воздействует с обратной стороны носителя, головка имеет вид управляемого постоянного магнита. В процессе чтения дорожки облучаются лазером низкой мощности, прошедшим через поляризатор. Согласно явлению Керра намагниченные участки поверхности способны поворачивать плоскость поляризации луча в ту или иную сторону. Факт поворота фиксируется фотоприёмником, расположенным на оптической головке.

#### **Основные преимущества технологии МО:**

- Более высокая сохранность информации (подвержен воздействию магнитных полей только при нагреве до точки Кюри)
- Наличие пластикового слоя создаёт защиту от механических воздействий
- Проектировались как пишущие и не требуют специального ПО

#### **Недостатки МО:**

- Высокая сложность реализации
- Низкая скорость записи

#### **Конструкция носителя.**

Первые диски МО форм-фактора 5.25” появились в начале 1990-х. Они имели емкость, соответствующую обычному CD – 650 Мб. В дальнейшем в среднем каждые 3 года емкость удваивалась и достигла к 2000 году 9.1 Гб.

Для достижения высоких показателей плотности производителям пришлось применить множество различных решений, включая три магнитных слоя, тепловое маскирование (проницаемость среднего слоя достигается только в центре лазерного пятна), запись на груве и на ленде и т.п.

Первоначально емкость 3.5" MO была невелика – всего 128 Мб, но уже в 2001 году были выпущены диски 2.3 Гб. Существуют стандарты на диски 230, 540, 640 и 1300 Мб.

## 66. Накопители на голографических дисках. Принцип действия голографического накопителя.

**Не из лк:**

**Голографический многоцелевой диск (Holographic Versatile Disc)** – перспективная технология производства оптических дисков, которая предполагает значительно увеличить объем хранимых на диске данных по сравнению с Blu-Ray и HD DVD.

Она использует технологию, известную как голография, которая использует два лазера: один – красный, а второй – зелёный, сведённые в один параллельный луч, зелёный лазер читает данные, закодированные в виде сетки и с голографического слоя близкого к поверхности диска, в то время как красный лазер используется для чтения вспомогательных сигналов с обычного компакт-дискового слоя в глубине диска. Вспомогательная информация используется для отслеживания позиции чтения, наподобие системы CHS в обычном жестком диске. На CD или DVD эта информация внедрена в данные.

### **Принцип действия.**

Принцип действия HVD заключается в чтении голографического «изображения» в какой-либо газовой среде с помощью лазера. Само же изображение создаётся при помощи двух когерентных лазерных лучей, один из которых несущий, или опорный, и не содержит каких-либо данных, а второй — проходит через модулятор информации, так называемый пространственный модулятор света, после чего при пересечении этих двух лучей в зоне интерференции возникает голографическое изображение, которое и записывается на носитель. Новшество этого способа хранения информации заключается в том, что данные можно записывать не в двухмерном виде, а в трёхмерном. То есть при считывании возникает голограмма, площадь которой больше, чем площадь поверхности носителя, на которую она записана, в несколько раз.

**Из лк:**

Запись и чтение в голографических приводах осуществляются параллельно (то есть одновременно записывается или считывается сразу весь массив битов, называемый страницей)

### **Достоинства голографической памяти:**

- высокая плотность записи и большая скорость чтения;
- параллельная запись информации (не по одному биту, а целыми страницами);
- высокая точность воспроизведения страницы;
- низкий уровень шума при восстановлении данных;
- неразрушающее чтение;
- длительный срок хранения данных 3050 и более лет;
- конкурентоспособность с другими оптическими технологиями.

### **Безопасность данных:**

- При голографическом «чтении» невозможно получить прямой доступ к носителю, в отличие от других оптических и жестких дисков: данные находятся в толще носителя, что уже намного затрудняет несанкционированный доступ.
- Каждый голографический накопитель снабжен особой микросхемой, в которую занесена информация о размещении данных на диске. При чтении привод прежде всего обращается к этой информации, а если она зашифрована, считывание данных без необходимых сведений будет неосуществимо.

- Нанесение особых меток, считывание и распознавание которых необходимо. Они расположены глубже, с определенными координатами. Чтобы преодолеть данный тип защиты, требуется лазер с иной длиной волны, которым не оснащаются приводы для массового потребителя.
- В диапазоне от 403 до 407 нм варьирует длина волны используемого для записи в голографических приводах лазера. На этом может основываться еще один эффективный способ защиты данных: дисковод, использующий лазер с неверной длиной волны не сможет прочитать диск.
- В качестве еще одного метода защиты от несанкционированного доступа может служить привязка диска к микропрограмме каждого определенного привода и использование встроенных средств защиты.

#### **Трудности в создании, пути их решения:**

- Главной проблемой, с которой сталкивались разработчики систем – необходимость размещения двух оптических систем по разные стороны от носителя информации (первая отвечает за формирование первоначального луча, а вторая - за прием прошедшего через диск измененного сигнала, т.е. считывание информации), а значит и отсутствовали возможности для создания компактных приводов. Но инженерам удалось обе системы расположить с одной стороны от голографического носителя и вторичный сигнал направить к приемнику благодаря наличию отражающего слоя на обратной стороне самого носителя информации.
- Половина пространства в голографических носителях недоступна для записи данных, так как она используется программным обеспечением для коррекции ошибок. Однако новая технология компании Sony позволила уменьшить количество ошибок до коррекции. Теперь этот показатель не превышает 10%. А потому со временем придумают способ более экономного расходования дискового пространства.
- Подверженность световому воздействию: электромагнитное излучение с длиной волны, близкой к световой, вызывает реакцию в регистрирующей среде, что вызывает искажение и повреждение записанных данных - размещение дисков в непрозрачных картриджах позволило снизить вероятность потери информации.

#### **Преимущества перед Blu Ray:**

- большой объем: 2 Тб против 50 Гб;
- большая скорость записи/считывания информации: 120 МБ/сек против 26 МБ/сек;
- длительный срок службы (до 50 лет);
- превышает 2000 циклов перезаписи без ухудшения чтения.

## **ТЕМА 6. СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ИНТЕРФЕЙСЫ ПОДКЛЮЧЕНИЯ НАКОПИТЕЛЕЙ**

### **67. Интерфейс АТА. Архитектура, конфигурация. Протоколы обмена. Электрический интерфейс. Протокол взаимодействия хоста и устройства.**

**АТА** (Advanced Technology Attachment) также называемый **IDE** (Integrated Drive Electronics) - стандарт на интерфейс между компьютером (контроллером) и накопителем на жестких магнитных дисках (дисководом, HDD), включая:

- физический уровень (разъемы, кабели);
- электрические и логические характеристики сигналов;

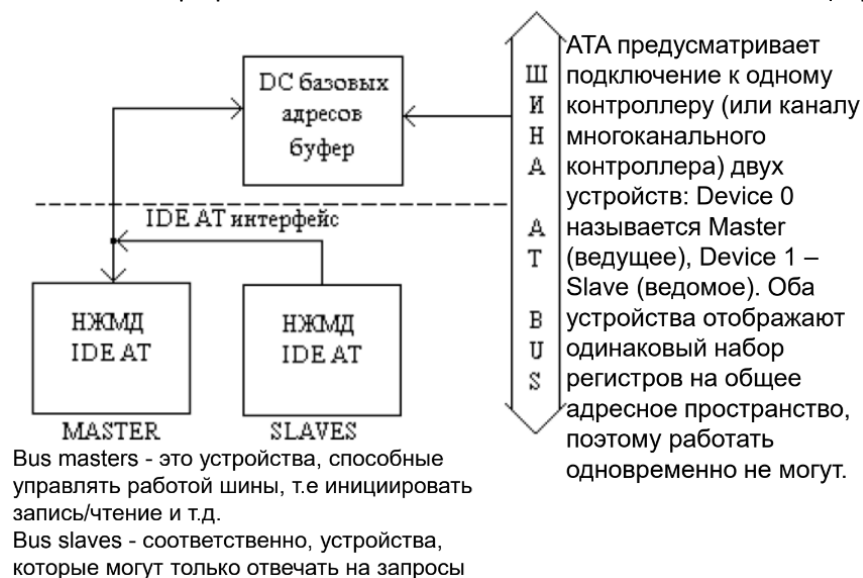
- регистры устройства;
- команды и протоколы.

Появился в 1990 году в результате переноса стандартного контроллера жесткого диска в архитектуру IBM PC AT на плату самого жесткого диска (такая архитектура получила название IDE).

**Назначение** интерфейса ATA – обмен данными с вынесенным на внешнее устройство контроллером: передача и прием данных, подача команд, отслеживание ошибок, доступ к управляющим и статусным регистрам. Включает ATAPI (AT Attachment interface with Packet Interface).

По сути ATA с **электрической** точки зрения представляет собой упрощенный вариант шины ISA. ISA (Industry Standard Architecture, ISA bus): первоначально представлял собой AT-совместимый дисковый контроллер, встроенный в дисковод и подсоединенный упрощенной 16-битной шиной ISA (AT bus).

По мере развития всё больше и больше напоминает SCSI (терминаторы, очередь команд, ATAPI).



Для выборки устройства предусмотрен особый механизм: регистр DH содержит бит DEV, обращению к которому отслеживают оба устройства. Запись значения в регистр DH означает выбор либо устройства Device 0, либо Device 1. До смены бита DEV предполагается, что контроллер работает с одним и тем же устройством.

**Электрический интерфейс.** Сигналы имеют уровни TTL (высокий – от 2.4 до 5.5 В, низкий – от -0.5 до 0.8 В).

Стандартный разъем для винчестеров имеет 40 контактов, плоский шлейф состоит из 40 проводников. Для режимов UltraDMA/66 и выше требуется шлейф с 80 проводниками с теми же 40-контактными разъемами. Питание – через отдельный 4-контактный разъем от блока питания. Кабель обычно содержит 3 разъема для подключения двух устройств с хост-контроллеру. **Регистры устройства ATA.** Определены два блока 8-битных регистров, выбор которого зависит от сигналов CS0# и CS1#: (1) Блок командных регистров служит для подачи команд и проверки состояния. (2) Блок управляющих регистров служит для задания некоторых важных параметров и безопасного (без сброса) чтения состояния. Доступ к регистрам возможен только при отсутствии занятости (биты BSY=0 и DRQ=0 в регистре состояния), иначе их содержимое недействительно.

**Протоколы взаимодействия хоста и устройства:** (1). Хост читает регистр состояния устройства, дожидаясь нулевого значения бита BSY.

Если присутствуют два устройства, хост обращается к ним "наугад" – состояние будет сообщать последнее выбранное устройство. (2). Дождавшись освобождения устройства, хост записывает в регистр DH байт, у которого бит DEV указывает на адресуемое устройство. (3). Хост читает основной или альтернативный регистр состояния адресованного устройства, дожидаясь признака готовности (DRDY=i), (4). Хост заносит требуемые параметры в блок командных регистров. (5). Хост записывает код команды в регистр команд. (6). Устройство устанавливает бит BSY и переходит к исполнению команды. Дальнейшие действия зависят от протокола передачи данных, заданного командой. (далее для каждого случая очень длинный список, вот эти случаи: Для команд, не требующих передачи данных (ND), Для команд, требующих чтения данных в режиме PIO (P1), Для



команд, требующих записи данных в режиме PIO (PO и P), Команды с передачей данных в режиме DMA выполняются похожим образом.)

**Взаимодействие:** Когда операционная система обращается к BIOS для чтения или записи секторов, она выдает соответствующие команды через программное прерывание INT13h, которое обращается к стандартной подпрограмме BIOS, используемой для доступа к диску. Подфункции прерывания INT13h позволяют выполнять чтение или запись секторов, используя при этом адресацию LBA или CHS. После этого стандартные программы базовой системы ввода-вывода преобразуют команды BIOS в аппаратные команды ATA, которые передаются через порты шины ввода-вывода на контроллер дискового. Аппаратные команды ATA также могут использовать адресацию CHS или LBA, несмотря на то что существуют определенные ограничения.

## 68. Интерфейс ATA. Версии интерфейса.

**ATA-1.** 16-битный параллельный интерфейс с 40-контактными интерфейсными разъемами и поддержкой 2 винчестеров. Скорость обмена данными не превышала 8 Мб/с. Поддержка дисков емкостью до 136,9 Гбайт, не встроенная в BIOS.

**ATA-2.** Скорость обмена – 16,6 Мб/с. Поддержка до 4 устройств (2 канала по 2 устройства). IDE накопители свыше 504 Мб, поддержка периферийных устройств (кроме жестких дисков).

**ATA3.** Поддержка технологии S.M.A.R.T. (SelfMonitoring , Analysis and Reporting Technolog), APM (AdvancedPowerManagement).

**ATA\ATAPI4.** Режимы UltraDMA (0, 1 и 2), Защита передаваемых данных кодами CRC. Пакетный протокол ATAPI. Скорость обмена 33,3 Мб/с.

**ATA/ATAPI-5.** 66,7 Мб/с. Удаление устаревших команд и битов. Новые режимы защиты и управления. Ultra DMA 3 и 4. Новый 80-ти контактный кабель.

**ATA/ATAPI-6.** 100 Мб/с, UltraDMA 5, AAM (Automatic Acoustic Management) управление уровнем шума. A/V Streaming Command Set поддержка аудиовидеопотоков. Расширенные журналы SMART. Удаление адресации CHS.

**ATA/ATAPI-7.** 133 Мб/с. UltraDMA 6. Обновление команд Streaming. Расширенные режимы самотестирования SMART.

**ATA/ATAPI-8** – в разработке

## 69. Интерфейс ATAPI. Дополнительные функции ATA: SMART, Security, HPA, NV Cache.

**ATAPI** – расширение интерфейса ATA, фактически это метод передачи команд SCSI по интерфейсу ATA. Реализуется посредством команд чтения/записи пакетов данных, сформированных в соответствие с форматом SCSI. **ATAPI** – расширение универсальное, но в основном используется для оптических накопителей.

**SMART** – Self Monitoring, Analysis & Reporting Technology, система мониторинга состояния винчестера. Специальные алгоритмы отслеживают состояние различных подсистем жесткого диска и предлагают прогноз его работоспособности. Цель SMART – заблаговременно предупредить пользователя о возможном выходе из строя. SMART выполняет самотестирование, отслеживает определенные события (ошибки секторов и интерфейса, переименование секторов, сбой запуска двигателя и т.д.), подсчитывает параметры работы (скорость запуска двигателя, температура и т.д.). Результаты работы SMART представлены в виде значений атрибутов – критичных для надежности параметров. С помощью значений в регистре FR можно вызвать ту или

иную команду SMART (прочитать значения, пороги, журналы, обновить значения, вкл/выкл. режимы автообновления, самотестирования, поддержку SMART).

**SECURITY** - режим блокировки с помощью пароля. Доступны следующие функции: **Set Password** – сохранение пароля (до 32 символов) и установка режима секретности. Предусмотрены два пароля – User и Master, и два режима – High и Maximum. **Disable Password** – снятие блокировки (отмена защиты). **Unlock** – передача пароля на проверку, разблокировка. **Erase Unit** – стереть всю информацию, аналогично форматированию.

**Host Protected Area** – специальная зона в конце диска, не доступная обычными операциями чтения. ПО может устанавливать максимальное количество доступных секторов, которое сохраняется между перезагрузками. Если установить доступное количество секторов менее существующих, то часть диска будет недоступна, сформируется защищенная зона – HPA. В HPA можно сохранять различную информацию, напр., образ системного диска, дампы памяти, копию BIOS и т.п. Чтобы прочитать HPA, требуется установить изначальное число секторов на диске той же командой.

**NV CACHE** - Специально для поддержки гибридных винчестеров в архитектурную модель ATA были добавлены команды управления энергонезависимым кэшем (Non-volatile cache). Гибридный диск представляет собой классический винчестер с дополнительным буфером flash-памяти.

## 70. Интерфейс Serial ATA. Основное назначение, совместимость с ATA/SCSI, различия.

**SerialATA(SATA)** последовательный интерфейс обмена данными с накопителями информации, развитие параллельного интерфейса ATA. Используется для подключения жёстких дисков, дисководов на оптических дисках, магнитных лентах. Возник из-за невозможности увеличения пропускной способности параллельной шины. Топология “точка-точка”. SATA сохраняет регистровую модель ATA (2 блока 8битных регистров), передачу в режимах PIO, DMA, систему команд ATA версии 5. Однако, вводится новый режим FPDMA и поддержка более эффективных команд. Поэтому с ATA полная совместимость на уровне архитектуры, регистровой модели и протоколов. Однако, способ (не протокол) обмена и содержимое регистров иное.

**Различия с PATA:** Доработанный и улучшенный интерфейс. Увеличение скорости. Стало возможным довести длину шлейфа до 1 м против 45 см для PATA. На один PATA шлейф можно было подключить до двух дисковых накопителей, установив на одном из них джампер в положение "Master", а на другом - в "Slave". В SATA шлейф похудел с 40 жил до 7 и выглядит скорее проводком, а не шлейфом. Спецификация интерфейса такова, что к одному контроллеру может быть подключено только одно устройство, из-за чего необходимость в джамперах отпадает. Реализована функция Hot Swap (Горячая Замена, т.е. возможность отключения винчестера от контроллера без необходимости полного обесточивания ПК).

**Совместимость с SAS (Serial Attached SCSI).** Физическая совместимость: разъем SAS является универсальным и по форм-фактору совместим с SATA. Это позволяет напрямую подключать к системе SAS как накопители SAS, так и накопители SATA. Набор команд SATA является подмножеством набора команд SAS. Сходные физические параметры интерфейсов SAS и SATA позволяют использовать новую универсальную заднюю панель SAS, которая обеспечивает подключение как накопителей SAS, так и накопителей SATA.

Совместимость на уровне протоколов: Технология SAS включает в себя три типа протоколов, каждый из которых используется для передачи данных разных типов по последовательному интерфейсу в зависимости от того, к какому устройству осуществляется доступ. Первый — это последовательный SCSI протокол, передающий команды SCSI, второй — управляющий протокол SCSI, передающий управляющую информацию на расширителях.

Третий — туннельный протокол SATA, устанавливает соединение, которое позволяет передавать команды SATA. Благодаря использованию этих трех протоколов интерфейс SAS полностью совместим с устройствами SATA.

## 71. Уровневая модель SATA. Эмуляция Parallel ATA. Методы кодирования. Теневые регистры. Дополнительные регистры Serial ATA.

**Физический уровень:** последовательный физический интерфейс. Обеспечивает соединение хост-контроллера и устройств по топологии «звезда». Обеспечивает детектирование наличия устройств, калибровку, согласование скоростей, передачу сигналов управления питанием, «горячее» подключение/отключение и т.п. **Канальный уровень:** Кодирование 8b/10b, Формирование кадра из пакетов транспортного уровня, Посылка и прием подтверждения встречным каналом, Подсчет и проверка CRC, Информирование транспортного уровня об ошибках передачи по каналу или физических ошибках, Скрэмблирование для снижения уровня электромагнитного излучения (ЭМИ). **Транспортный уровень:** Не участвует в обработке команд, отвечает за обмен данными между хостом (памятью системы) и устройством. Информация оформляется в виде FIS-пакетов различного типа и длины – в зависимости от типа операции..  
**Прикладной уровень:** устройство, буферы, DMA-контроллеры.

Контроллер Serial ATA полностью **эмулирует** работу стандартного контроллера ATA и стандартного PCI IDE для обеспечения совместимости с ПО. По умолчанию каждое подключенное устройство считается Master-устройством на отдельном канале.

Контроллер содержит **«теневые» регистры**, по назначению совпадающие с регистрами контроллера жесткого диска. Обращение к ним контроллер оформляет в виде FIS и отправляет устройству.

**Доп. Регистры:** находятся в перемещаемом пространстве портов или памяти (при отображении на память).

- 1) - **SStatus:** Состояние устройства (Active, Partial, Slumber). Выбранная скорость передачи. Состояние физического канала (нет устройства, связь имеется, идет диагностика, связь не установлена).
- 2) - **SError** - наличие ошибки: CRC, 8b/10b, протокола, исправленной ошибки данных и т.п.
- 3) - **SControl** – те же поля, что и у SStatus, только для управления состоянием и скоростью соединения.

**Примитивы:** Полезная информация транспортного уровня оформляется в кадры. Кадр состоит из примитивов заголовка (SOF), конца кадра (EOF) и контрольной суммы (CRC), а также полезного содержимого – **Frame Information Structure (FIS)**. При необходимости кадр может разрываться примитивами HOLD (пауза) и HOLDA (ответ на паузу)

## 72. Интерфейс SATA. Умножитель портов. Селектор порта. Функция Staggered Spin-up, режим First Party DMA, технология изменения очередности команд, кэширование данных. Перспективы интерфейса SATA. Интерфейс eSATA.

**Умножители портов:** применяются, когда необходимо подключить несколько устройств к одному порту контроллера. Устройства могут работать попеременно, но им предоставляется вся ширина канала (разделение во времени). Умножитель портов (Port Multiplier) обеспечивает коммутацию порта контроллера и выбранного устройства, анализируя биты номера порта, имеющиеся во всех исходящих FIS. По результатам анализа активности портов умножитель выстраивает запросы и ответы в очередь и заполняет входящие FIS, выставляя в них номер порта, из которого пришли данные. Для индикации номера порта предусмотрены 4 бита. Устройство с номером 16 – это сам умножитель, у которого имеется набор регистров управления.

**Селектор порта** – устройство, позволяющее подключать несколько портов к одному устройству. Селектор выбирает в качестве активного один порт – тот, который подал сигнал COMRESET. Выбор порта можно делать и аппаратно, но это уже выходит за рамки протокола Serial ATA.

**Staggered Spin-up.** В SATA получилось легко реализовать механизм последовательного запуска двигателей винчестеров, что важно в тех случаях, когда их в системе много, и одновременный старт приводит к тому, что

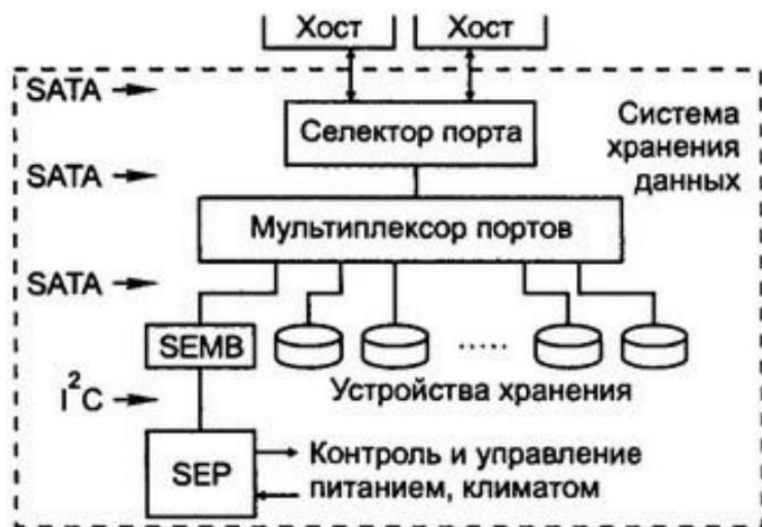
блок питания не может выдать требуемый номинал тока. Винчестер, поддерживающий staggered spin-up, не должен запускать двигатель до тех пор, пока порт, к которому он подключен, не перейдет в состояние active. Следовательно, контроллер может проверить состояние и количество устройств, но запускать их двигатели с выдерживанием необходимой паузы.

Особый тип прямого доступа к памяти — **«first party DMA»**. При этом устройство временно перехватывает контроль над шиной расширения для передачи потока данных между собой и системной памятью, в то время как при стандартном DMA-доступе всей операцией руководит DMA-контроллер, расположенный в чипсете материнской платы. Скорость передачи данных в режиме «first party DMA» оказывается значительно выше, чем в режиме стандартного прямого доступа к памяти.

**Native Command Queuing** – технология изменения очередности команд. По умолчанию команды, поданные устройству, выполняются сразу же. Это не позволяет проводить оптимизацию команд, которая важна для устройств с механическим позиционером. В режиме NCQ бит Busy интерфейса ATA только отвечает за подачу команды, но не выполнение. Устройство накапливает до 32 команд, располагает их в таком порядке, чтобы минимизировать перемещение позиционера, и начинает выполнение. Состояние конкретной команды можно проверить, запросив ее 32-битный дескриптор специальной командой. Выполненные запросы помечаются тэгом, который входит в заголовок FIS. Запросы с применением механизма NCQ имеют специальные коды команд, что позволяет смешивать обычные и NCQ-команды.

**External SATA.** Расширение стандарта, создано для подключения внешних устройств. Отличается от обычного SATA только на физическом уровне.

Примеры системы хранения данных



## 73. Интерфейс SCSI. Логическая организация. Сигналы, протокол, фазы, адресация шины. Особенности применения. Различия между SCSI и ATA.

Фактически интерфейс SCSI построен по тем же принципам, что и внутренние системные шины, но при этом допускает и внешние, и внутренние соединения.

Шина SCSI учитывает специфику устройств различного класса

- хранения данных,
- управления носителями данных,
- графического ввода (сканеры),
- вывода на твердый носитель (принтеры),
- коммуникации (модемы).

SCSI не является «хост-центрическим». В рамках архитектуры SCSI-устройством является как хост-адаптер (контроллер SCSI с точки зрения системы), так и контроллер ПУ. Причем количество хост-адаптеров в

принципе не ограничено, что позволяет, например, организовать совместный доступ к ПУ нескольких систем. Все устройства равноправны, могут выступать как инициаторами, так и целью транзакций. У каждого устройства имеется свой физический адрес, и каждое может содержать до 8 логических устройств (LU - Logical Unit). Устройства поддерживают выполнение цепочек команд, способны работать независимо и адресовать ресурсы друг друга.

В SCSI взаимодействие идёт между инициатором и целевым устройством. Инициатор посылает команду целевому устройству, которое затем отправляет ответ инициатору. Команды SCSI посылаются в виде блоков описания команды. В последних версиях SCSI блок может иметь переменную длину. Блок состоит из однобайтового кода команды и параметров команды. После получения команды? если целевое устройство вернуло ошибку, инициатор обычно посылает команду запроса состояния. Устройство возвращает Key Code Qualifier (KCQ). Все команды SCSI делятся на четыре категории: N (non-data), W (запись данных от инициатора целевым устройством), R (чтение данных) и V (двусторонний обмен данными)

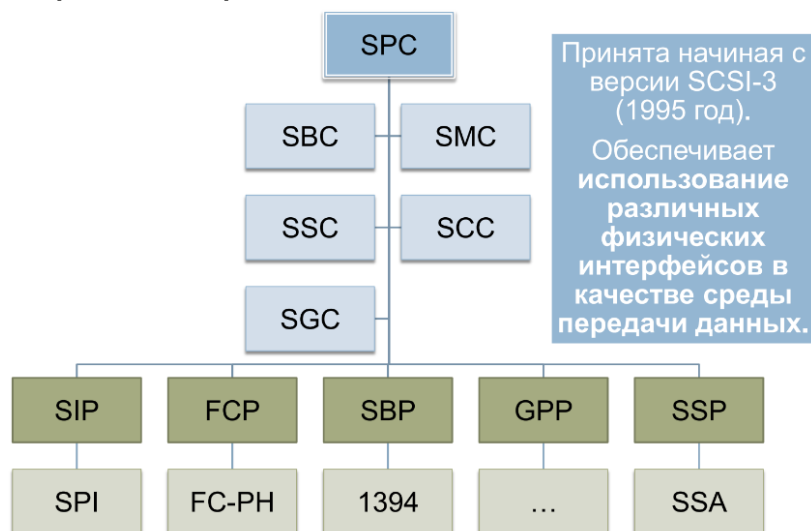
#### Фазы состояния шины SCSI:

- Bus Free: шина свободна
- Arbitration: борьба за доступ к шине. Устройство, которому соответствует самый старший бит шины данных, выигрывает арбитраж
- Selection/Reselection: выбор устройств для обмена данными. Устройство, выигравшее арбитраж, и выставляет на шину два ID – свой и другого устройства.
- Message: фаза сообщений используется для управления шиной. Сообщения бывают однобайтными, двухбайтными и расширенными (с аргументами, например, тайминги синхронного обмена, управление указателями, разрядность обмена данными).
- Command: фаза передачи команды. Команды могут занимать 6, 10 и 12 байт, в них указывается код, номер LUN, адрес логического блока, количество блоков (секторов), признак цепочки.
- Status: фаза состояния, завершающая выполнение команд (кроме специальных команд). Байт статуса сигнализирует об успешном завершении команды или цепочки либо об отказе из-за резервирования, заполнения очереди, занятости

В зависимости от разрядности шины данных поддерживается 7, 15 или 31 устройство.

Идентификатор (SCSI ID) представляет собой номер в позиционном коде, напр., 00000001, 00010000, 10000000. Устройство с большим номером – наиболее приоритетное

## 74. Интерфейс SCSI. Архитектурная модель. Типы протоколов и интерфейсов. Подключение жестких дисков. Разновидности электрических интерфейсов. Схема подключения ПУ. Терминаторы шины.



**Наборы команд:** SBC – команды блока ; SSC – команды потока; MMC мультимедийные команды; SGC – команды преобразователя среды для ориентированных на графику устройств ввода/вывода; SMC – устройства смены носителей; SCC – команды контроллера.

#### **Типы протоколов и интерфейсов**

- SIP (SCSI Interlocked Protocol) – стандартный протокол транспортного уровня (сообщения, сигналы, статус и т.п.), используемый в SCSI с самого начала.
- SPI – параллельный электрический интерфейс, реализующий протокол SIP
- FCP – последовательный протокол обмена по оптоволоконному интерфейсу.
- FC-PH – (Fibre Channel Physical and Signaling Interface ) оптоволоконный интерфейс.
- SBP – протокол последовательного интерфейса.
- 1394 – последовательный интерфейс FireWire/IEEE1394
- GPP – обобщенный (Generic Packetized Protocol) пакетный протокол, пригодный для реализации любым физическим интерфейсом
- SSP (Serial Storage Protocol) – протокол последовательной памяти, реализуемый через архитектуру SSA (Serial Storage Architecture)

Наиболее распространенный вариант подключения жестких дисков – SPC+SBC+SIP+SPI-4. Это параллельный интерфейс с шириной шины 16 бит, набор команд – базовый плюс подмножество команд для блочных устройств. Последние жесткие с поддержкой SCSI используют протокол SPI-4. На замену параллельному интерфейсу SPI был создан интерфейс SAS (Serial Attached SCSI), который заимствует физический/электрический уровень у интерфейса SATA и является полностью с ним совместимым (на уровне включения этого протокола в свой состав). Кроме этого, существуют винчестеры с поддержкой физического интерфейса FC-AL

#### **Электрический интерфейс:**

- Линейный (Single Ended, SE) – сигналы имеют уровень TTL.
- Дифференциальный (HDV, High-Voltage Differential) – пара сигналов в противофазе, уровни TTL
- Низковольтный дифференциальный (LVD, Low-Voltage Differential) – уменьшенные до 0,9-1 В уровни сигналов.

Ввиду возможности подключения к SCSI большого количества устройств и весьма серьезной максимальной длины кабеля требуется принимать меры для терминирования концов линий, для быстрого возврата состояния линий к пассивному высокому уровню. Для этих целей используются терминаторы шины – нагрузочные резисторы) которые должны быть установлены на последних устройствах (или разъемах) с обоих концов кабеля. При отсутствии терминаторов как минимум возникают отражения сигнала от концов линий, которые дают сильные помехи и препятствуют работе шины

## **75. Интерфейс SCSI. Асинхронная передача данных. Фаза синхронной передачи (запись, чтение). Последовательность фаз при обмене данными. Режимы/варианты SCSI для HDD**

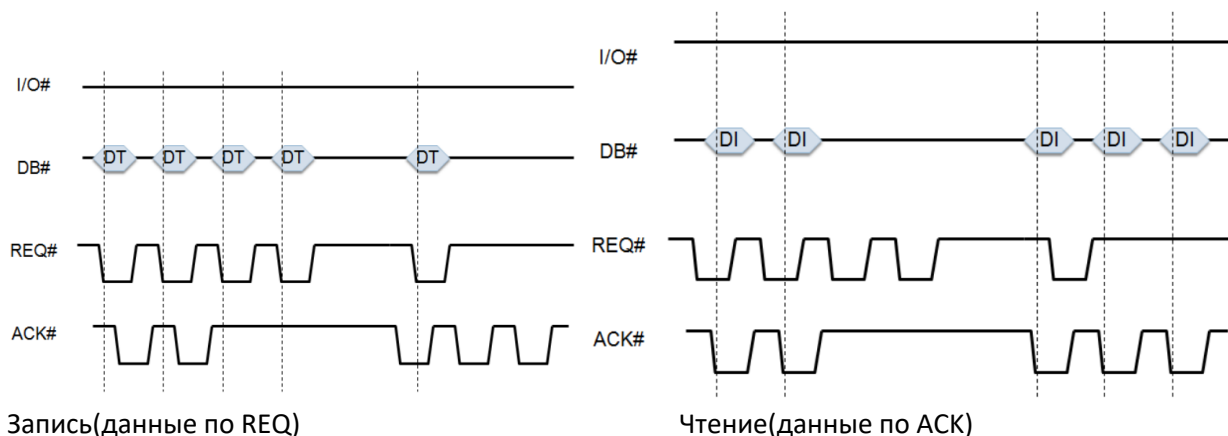
Асинхронная передача является обязательной для всех устройств SCSI и всех фаз передачи информации. ЦУ управляет направлением передачи информации с помощью сигнала I/O:

I/O = «0» – передача Initiator => Target,

I/O = «1» – передача Initiator <= Target.

Передача каждого байта сопровождается взаимосвязанной парой сигналов REQ/ACK. Initiator фиксирует принимаемые данные по отрицательному перепаду сигнала REQ, Target считает принимаемые данные действительными по отрицательному перепаду сигнала ACK.

Синхронная передача является опцией и может использоваться в фазах Data Out и Data In и только по результатам предварительной договоренности, которая реализуется посредством сообщений «Synchronous Data Transfer Request».



Запись(данные по REQ)

Чтение(данные по ACK)

Последовательность фаз при обмене данными:

- Шина свободна
- Арбитраж
- Сообщение о выбор устройства
- Адресация
- Выдача команды
- Обмен данными
- Состояние выполнения
- Сообщение об окончании/ошибке

Наиболее распространенный вариант подключения жестких дисков – SPC+SBC+SIP+SPI-4. Это параллельный интерфейс с шириной шины 16 бит, набор команд – базовый плюс подмножество команд для блочных устройств. Последние жесткие с поддержкой SCSI используют протокол SPI-4. На замену параллельному интерфейсу SPI был создан интерфейс SAS (Serial Attached SCSI), который заимствует физический/электрический уровень у интерфейса SATA и является полностью с ним совместимым (на уровне включения этого протокола в свой состав). Кроме этого, существуют винчестеры с поддержкой физического интерфейса FC-AL

## 76. Хост-адаптер SCSI. Интерфейсы ASPI, SPTI, iSCSI. Арбитраж шины. Команды SCSI.

Хост-адаптер SCSI – устройство, использующееся для подсоединения устройств SCSI к системной шине.

Функции хост-адаптера:

- реализация протокола шины SCSI, а также физических и электрических спецификаций стандарта;
- сопряжение с аппаратными и программными системными ресурсами

Интерфейс SCSI никак не документирует архитектуру или интерфейс программирования хост-адаптера.

Однако есть универсальных интерфейсов, работающих «верхним слоем» над различными типами драйверов и устройств SCSI.

Чаще всего используется один из двух интерфейсов, аналогичных по функциональности:

- ASPI (Advanced SCSI Programming Interface) – разработан для контроллеров жестких дисков, обычно используется и для работы с оптическими накопителями, сканерами, стримерами и т.д. Предоставляет набор функций для обмена данными.
- SPTI (SCSI Pass-Through Interface) – разработан Microsoft в качестве альтернативы ASPI, используется как расширение DeviceIoControl в WinAPI. Обычно применяется для работы с оптическими дисками (как порт SCSI-ATAPI).
- iSCSI (англ. Internet Small Computer System Interface) — протокол, который базируется на TCP/IP и разработан для установления взаимодействия и управления системами хранения данных, серверами и клиентами.

Арбитраж:

- Адаптер → проверка статуса шины. Если шина свободна, то ПК передает по информационным линиям свой идентификационный код.
- (При арбитраже шины каждое устройство передает бит по соответствующей его идентификатору линии, для SCSI1 - 8)
- Приоритет получает устройство с наибольшим идентификатором.
- инициатор выбирает целевое устройство посредством активизации одной из линий.
- Выбранное устройство берет на себя контроль над обменом данными до его завершения. Для начала оно запрашивает у инициатора, какую команду следует выполнить

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

- Test unit ready — проверка готовности устройства, в том числе 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.

## 77. Интерфейс SAS, концепция и архитектура, совместимость с ATA/SCSI. Варианты последовательных протоколов. Набор стандартов SAS. Перспективы развития.

Интерфейс Serial Attached SCSI строился по той же концепции, что и SATA: обеспечена полная совместимость контроллеров SAS с устройствами SATA за счет унификации электрического и физического интерфейсов включения канального и транспортного слоев SATA в состав архитектуры SAS. Основная цель такого решения – достижение максимальной гибкости при формировании массива дисков. **В то же время SAS имеет собственную архитектурную модель**, в которой протокол SSP (Serial SCSI Protocol) является частью общей схемы и может быть заменен другими протоколами транспортного уровня. **SSP** – протокол последовательной памяти, реализуемый через архитектуру SSA (Serial Storage Architecture). Протокол SATA фактически является подсистемой SAS. SAS обеспечивает более сложную схему управления, обмена командами и данными, подключения и обслуживания, нежели SATA. Фактически это интерфейс нового поколения, использующий общие принципы SCSI (команды, адреса, ресурсы и т.п.).

Протокол SAS **содержит четыре традиционных уровня**: физический, коммуникационный, уровень портов, транспортный уровень. Объединение четырех уровней в каждом порте SAS означает, что программы и драйверы, используемые для работы с параллельными портами SCSI, могут с равным успехом использоваться и для обслуживания портов SAS, лишь с незначительной модификацией.

**Варианты последовательных протоколов**



Тип соединения	Стандарт	Год	Скорость, МБайт/сек	Ключевые возможности
Fibre Channel	FCP	1995	100	Оптический
Serial Storage Architecture (SSA)	SSA-S2P	1996	20	Поставляется только IBM
	SSA-TL1			
	SSA-PL1			
Serial Storage Architecture (SSA)	SSA-S3P	1997	40	Поставляется только IBM
	SSA-TL2			
	SSA-PL2			
FireWire	SBP-2	1998	50	—
Fibre Channel	FCP-2	2002	200	—
InfiniBand	SRP	2002	250	Также доступна скорость 4x, 12x
Ethernet	iSCSI	2002	~100	Gigabit Ethernet

#### Набор стандартов SAS включает:

- уровень приложений: SCSI, ATA, SMP (Serial Management Protocol);
- транспортный уровень: SSP (Serial SCSI Protocol), STP (Serial ATA Tunneling Protocol), SMP (Serial Management Protocol);
- SAS port layer;
- уровень соединения: общая часть и SSP, STP, SMP;
- SAS phy: согласование скорости; кодировка; возможность объединения в широкий порт; скорость: SAS-1 3Gbps (300MBps), SAS-2 - 6Gbps (600MBps);
- физический уровень: обеспечивается полный дуплекс; кабели и разъёмы;

#### Перспективы развития

SAS используется и сейчас. Более того, он развивается. Действующий стандарт (с 2013-ого года) — SAS-3: 12.0 Gbit/s. Сейчас разрабатывается и в 2017 ожидается выход стандарта SAS-4: 22.5 Gbit/s.

## 78. Физический интерфейс SAS: уровни портов, физический и электрический, связь уровней.

#### Уровень портов SAS отвечает за

- обмен пакетами данных с коммуникационным уровнем в порядке установления соединений;
- выбор физического уровня, с помощью которого будет осуществляться передача пакетов одновременно на несколько устройств;

Под физическим уровнем SAS подразумевается соответствующее аппаратное окружение – трансиверы и модули кодирования, которые подключаются к физическому интерфейсу SAS и отправляют сигналы по проводным цепям.

**Физический (электрический?) уровень** описывает механические и электрические характеристики кабелей и разъемов, соединяющих устройства (жесткие диски) с экспандерами и хост-адаптерами.

**Интерфейс физического уровня** – определяет способ кодирования данных и специальную «внеполосную» сигнализацию для служебных целей.

#### Связь уровней

В терминах SAS:

- Phy – аппаратный блок обработки данных, имеющий уникальный адрес SAS и поддерживающий работу канального уровня.
- Физические Phy соединены кабельным интерфейсом, аналогичным Serial ATA (две диф. пары, по одной на передачу и прием).
- Логические Phy, входящие в состав физических Phy, могут поддерживать один из трех протоколов – SSP, STP или SMP.
- Порт SAS может соответствовать одному Phy (узкий порт), либо объединять несколько (широкий порт).
- Если у нескольких Phy один адрес SAS, то они не могут разделяться на несколько портов.

## 79. Канальный уровень SAS, способы маршрутизации. Архитектура экспандера.

### На канальном уровне

- определяется тип устройства (конечное, экспандер) и адреса порта;
- производится согласование скоростей путем добавления в передаваемый поток специальных заполнителей, не несущих информативности;
- обеспечивается управление соединением.

### Способы маршрутизации:

- Прямая – по SAS-адресу Phy;
- Табличная – по таблице соответствия SAS-адресов физическим Phy;
- Субтрактивная – для восходящих каналов (к хост-адаптеру или экспандеру).

**Экспандеры** служат для объединения конечных устройств в сложных конфигурациях.

Экспандер не только физически коммутирует устройства, но и занимается маршрутизацией пакетов между Phy (Phy – Physical layer, физический слой), подключенными к различным его портам.

Экспандер имеет собственный SAS-адрес для управления его функциями по протоколу SMP.

Порты экспандера могут служить для подключения инициаторов и целевых устройств SAS, а также других экспандеров. По этим портам будут передаваться кадры любых протоколов (SSP, STP, SMP).

Экспандер может содержать мосты STP/SATA, позволяющие к портам экспандера подключать устройства SATA. По этим портам будут передаваться только кадры SATA.

### Управление соединением

#### Открытие соединения

Инициатор посылает запрос либо непосредственно целевому устройству, либо экспандеру, через который это целевое устройство подключено.

Целевое устройство либо подтверждает, либо отклоняет запрос на соединение.

Экспандер пересылает запрос далее, а обратно посылает специальный сигнал, информирующий инициатора о том, что запрос находится в процессе арбитража.

При нескольких одновременно пришедших запросах на соединение преимущество отдается запросу с наибольшим временем ожидания.

#### Закрытие соединения

Приемник и передатчик пересылают друг другу сообщения об окончании передачи, после чего оба устройства передают сигнал о закрытии соединения.

## 80. Транспортный уровень SAS. Формат кадров, порядок обмена.

**Транспортный уровень** – определяет формат кадров и порядок обмена ими.

Уровни приложений, включающие драйверы и собственно приложения, создают специфические задания для транспортного уровня. Он инкапсулирует команды, данные, статусы и пр. в SAS-фреймы и перепоручает их передачу уровню портов. Транспортный уровень также отвечает за прием SAS-фреймов с уровня портов, дизассемблирование принятых фреймов и передачу контента уровню приложений.

### Формат кадров

Формат кадра позаимствован у протокола FC-AL.

Всего предусмотрено 5 видов кадров:

- Command
- Data
- XFER\_READY
- Response

- Task

Назначения кадров вытекают из названий.

#### **Порядок обмена**

Для гарантированной доставки данных для каждого кадра данных, полученных целевым устройством, генерируется квитанция о принятии, либо непринятии кадра. После отправки кадра, инициатор ожидает квитанции в течении 1 мс, если пришла квитанция о принятии, то кадр считается успешно отправленным, иначе, если пришла квитанция о непринятии, либо квитанция не пришла в течении 1 мс, то кадр считается не переданным и влечет за собой закрытие соединения. Передача данных является не блокирующей, т.е. передатчик не ожидает приема квитанции об успешной доставке предыдущего кадра, а сразу же передает следующий.

Управление потоком передачи основано на кредитах. Для того, чтобы передать кадр данных, передатчик должен иметь ненулевой кредит.

## 81. Интерфейс FC-AL.

В основе интерфейса FC-AL (Fibre Channel Arbitrated Loop) лежит система команд SCSI-3.

- Пропускная способность — до 200MBps.
- Поддерживает до 126 самоконфигурирующихся устройств с возможностью "горячего" подсоединения без перезагрузки.
- Может работать с коаксиальным кабелем длиной более 30m и с оптоволоконным до 10km.
- Обеспечивает высокую помехоустойчивость.

**Ориентирован на серверные приложения уровня high-end.** Является естественным решением для создания гигабитных опорных магистралей и локальных сетей, которые требуют широкой полосы пропускания

#### **Топология**

Каждый порт содержит как минимум приемник и передатчик, а некоторые также и контроллер, и действует как репитер.

Дуплексное соединение реализуется при помощи 2 противоположно направленных симплексных каналов, связывающих соответствующие передатчики и приемники.

Порты FC-AL могут быть соединены посредством в конфигурации "точка-точка", "кольцо" (порты типа AL – Arbitrated Loop) или посредством коммутатора (порты типа FC – Fibre Channel).

#### **Стек протоколов**

Стандарт FC-AL специфицирует иерархический стек протоколов, содержащий 5 уровней:

- FC-0  
Низший физический уровень, определяющий интерфейс связи со средой передачи.
- FC-1  
Уровень, определяющий протокол передачи и контроль ошибок.
- FC-2  
Сигнальный протокол, определяющий транспортный механизм FC: формирование кадров, механизмы управления тремя классами услуг и средства диспетчеризации.
- FC-3  
Уровень, определяющий набор функций для повышения эффективности передачи, (таких как распределение данных по нескольким портам, работающим параллельно).
- FC-4  
Высший уровень в сетке протоколов. Определяет прикладной интерфейс.

# ТЕМА 7. ЗВУКОВАЯ ПОДСИСТЕМА ПЭВМ

## 82. Звук, оцифровка. АЦП, технология преобразования с импульсно-кодовой модуляцией, ЦАП, сглаживание.

**Звук** представляет собой колебания физической среды (обычно воздуха) частотой в диапазоне от 20 до 44000 Гц.

Путем **прямой оцифровки аналогового сигнала**, представляющего собой электрическую копию звукового давления (преобразователем - микрофон), осуществляется запись произвольного звука.

Частота оцифровки (частота преобразования) называется частотой выборки сигнала и по **теореме Котельникова** (любой аналоговый сигнал, имеющий конечный спектр, можно представить в виде набора значений, отстоящих друг от друга с шагом  $t = 1/2f_{\max}$ ) должна быть не ниже удвоенного значения максимальной частоты.

**Аналого-цифровой преобразователь (АЦП)** преобразует аналоговый сигнал в цифровую форму, выполняя дискретизацию сигнала по времени (частота оцифровки) и квантование по уровню (собственно цифровое представление сигнала).

Интервал выборки (эта величина обратно пропорциональна частоте выборки) — временной промежуток между моментами преобразования сигнала.

Разрешающая способность АЦП — наименьшее значение аналогового сигнала, которое приводит к изменению цифрового кода.

Обычно в АЦП применяется технология преобразования с импульсно-кодовой модуляцией (PCM, Pulse Code Modulation). Амплитуда аналогового сигнала при каждом преобразовании делится (квантуется) по уровню и кодируется в соответствующий параллельный цифровой код.

**Цифро-аналоговым преобразователем (ЦАП)** осуществляется обратное преобразование цифрового кода в аналоговый сигнал. **Сглаживание** выполняется фильтрами.

## 83. Основные методы синтеза звука. (Цифровой FM-синтез звука, WT-синтез, WF-синтез)

### 1. FM синтез

В цифровом FM синтезе каждый из управляемых генераторов называется оператором. В операторе выявляются два базовых элемента:

1. фазовый модулятор - задает частоту (высоту) звука
2. генератор огибающей — задает амплитуду (громкость) звука

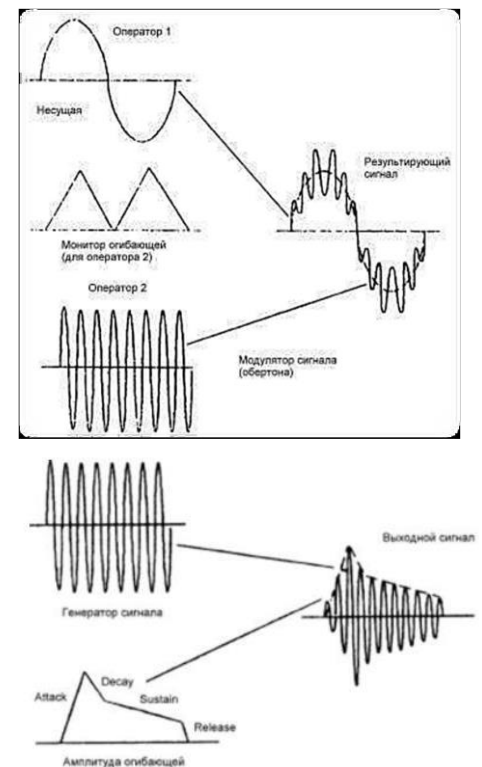
Обычно для синтеза одного инструмента достаточно двух операторов:

1. Оператора несущей частоты (основной тон)
2. Оператора модулирующей частоты (обертон)

Синтез звука при использовании ADSR генератора

Генератор огибающей именуется ADSR-генератором (Attack, Decay, Sustain, Release). Например, для струнных инструментов (фортепиано, гитара и др.) можно выделить общие моменты:

- при нажатии произвольной клавиши (возбуждении колебаний струны) амплитуда сначала быстро возрастает до максимума, Attack,
- затем несколько спадает, Decay,
- после чего следует относительно продолжительный участок медленного падения амплитуды, Sustain,
- наконец, участок быстрого затухания. Release

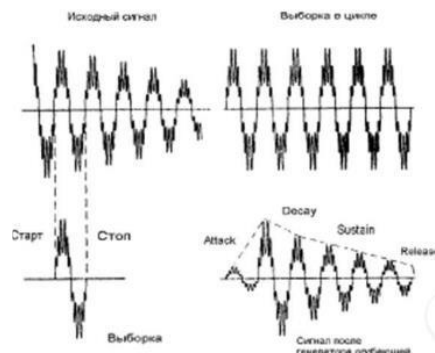


## 2. WT синтез

Табличный синтез (от Wave Table). Используют специальные алгоритмы, позволяющие по одному лишь характерному тону (выборке) музыкального инструмента воспроизвести все остальные тона (фактически восстановить его полное звучание). Выборки сигналов (таблицы) сохраняются в ROM или программно загружаются в RAM звуковой карты, после чего специализированный WT-процессор выполняет операции над выборками сигнала, изменяя их амплитуду и частоту. Дополнительную гибкость WT-методу дает возможность простого изменения таблиц выборок. Многие карты поддерживают как FM так и WT-синтез.

## 3. WF метод

Известен WF-метод (Wave Form) генерации звучания, основанный на преобразовании звуков в сложные математические формулы и дальнейшем применении этих формул для управления мощным процессором с целью воспроизведения звука; от WF-синтеза ожидают еще лучшей (относительно FM и WT-технологий) реальности звучания музыкальных инструментов при ограниченных объемах звуковых файлов.



# 84. Методы сжатия звука. Форматы звуковых файлов, параметры. Кодеки и их интерфейсы. Мультикодековая конфигурация.

## 1. Методы сжатия звука.

Методы кодирования аналогового сигнала:

1.  $\mu$ -кодирование – аналоговый сигнал преобразуется в цифровой код, определяемый логарифмом величины сигнала. Недостаток - нужно знать характеристики исходного сигнала.
1. Дифференциальная импульсно-кодовая модуляция – сохраняется только разность между текущим и предшествующим уровнями сигнала.
2. Дельтакодирование – каждая выборка состоит всего из одного бита, определяющего знак изменения исходного сигнала (увеличение или уменьшение). Требуется повышенной частоты сэмпинга.
3. Адаптивная импульснокодовая модуляция – используют 8 или 4-разрядное кодирование для разности сигналов. Обеспечивает сжатие до 4:1.
4. Программные методы: MP3, MPEG-4

## 2. Форматы звуковых файлов.

1. WAVE (.wav) – распространён, но не обеспечивает хорошего сжатия. Стандартом формата является Microsoft RIFF.
2. MPEG-3 (.mp3) – при оцифровке удаляются звуки не воспринимаемые человеком.
3. RealAudio – воспроизведение звуков из Интернета в реальном времени. Низкое качество.
4. MIDI (.mid) – цифровой интерфейс музыкальных инструментов.
5. RAW - формат "чистой оцифровки", не содержащий заголовка.

## 3. Кодеки и их интерфейсы.

Кодек – алгоритм компрессии/декомпрессии звука.

1. AC'97. Архитектура AC'97 определяет параметры и протокол взаимодействия двух компонентов ПК - контролера и кодека. При этом кодек может обрабатывать аудиоданные или модемные данные.
1. HD Audio. Разработан на смену AC'97, но не совместим с ним и в отличие от него более гибок, управляем, содержит потоки, каналы, прерывания и тд. Не требует спец драйверов.

## 4. Мульти-кодековая конфигурация.

Кодеки AC'97 за счёт адресации могут создавать мульти-кодековая конфигурация. Контроллер DC'97 допускает подключение 4 кодеков, как аудио, так и модемных. Такие конфигурации используются для:

1. расширения числа выходов и входов
2. подключения дополнительного модемного кодека
3. подключения докстанции ноутбука с дублирующим кодеком

Поддержка данной конфигурации позволяла сократить аппаратные затраты.

## 85. Звуковая карта, типовая схема, параметры.

### 1. Звуковая карта.

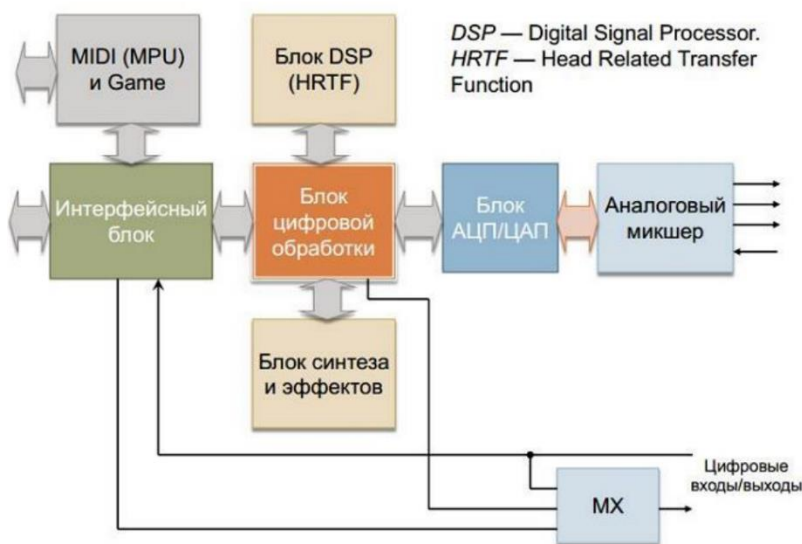
Первые устройства – карты расширения для шины ISA. Они обрабатывали форматы PCM и MIDI. Обмен осуществлялся через порты ввода/вывода и каналы DMA. При переходе к шине PCI, DMA-контроллер эмулировался. Далее звуковые карты перешли к шине PCI-Express, преимуществ это не дало.

Классификация:

1. чисто звуковые содержащие только тракт цифровой записи/воспроизведения. Эти платы позволяют только записывать или воспроизводить непрерывный звуковой поток, наподобие магнитофона.
2. чисто музыкальные – содержат только муз. синтезатор. Служат для генерации коротких музыкальных звуков по командам от ЦП. Звуки либо создаются, либо воспроизводятся сохранённые оцифровки.
3. комбинированные с объединённым на одной плате цифровым трактом и музыкальным синтезатором (содержат блок цифровой записи/воспроизведения, блок синтезатора, блок микшера)

### 2. Структурная схема

Данные в звуковую карту поступают от: микрофона, линейного входа, usb-кабелю (в случае внешней



аудиокарты), внутреннему аналоговому аудиокабелю.

Аналоговые выходы: выход на наушники, линейный.

### 3. Параметры.

1. Разрядность (8 или 16 бит)
2. Максимальная частота дискретизации (8-25 кГц)
3. Количество каналов (моно, стерео)
4. Параметры синтезатора (FM – бедное звучание, WT – живое звучание)
5. Расширяемость (возможность подключать доп устройства)
6. Совместимость

## 86. Аудиокодек AC'97. Структура, протокол, сигналы.

Разработана Intel для определения стандарта ввода/вывода аудио в x86.

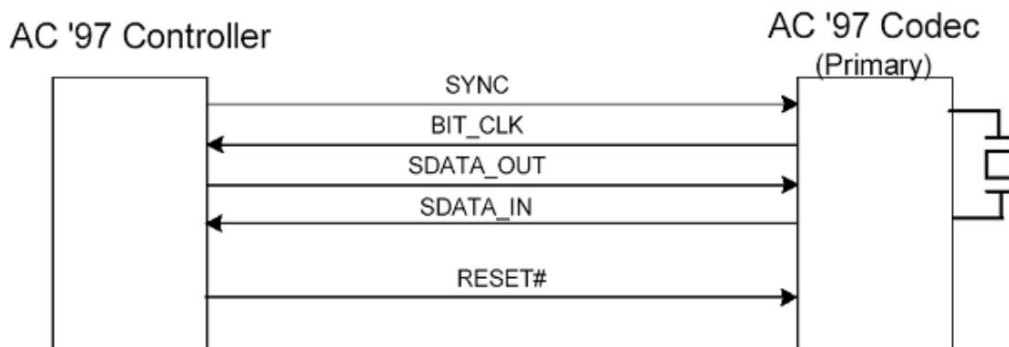
Архитектура AC'97 - параметры и протокол взаимодействия контроллера и кодека. Кодеком может обрабатывать аудиоданные и/или модемные данные. Разделение кодека и контроллера было необходимо для отделения аналоговой части от цифровой.

Цифровой интерфейс ALink служит для подключения кодеков к цифровому контроллеру. На частоте 48 кГц передаются многоканальные цифровые данные а также содержимое регистров кодеков.

Требования к кодеку:

1. Аналоговый (линейный) стерео-выход
2. Микрофонный вход с поддержкой усиления +20 дБ

3. Дополнительные аналоговые выходы для поддержки многоканального звука
4. Поддержка интерфейса S/PDIF для выхода и входа
5. Поддержка до 6 линейных входов
6. ЦАП и АПЦ с разрядностью 16 бит



Reset# сброс кодека, программный или аппаратный

Sync – отмечает нулевой слот кадра высоким уровнем на протяжении 16 бит.

BIT\_CLK – границы битов

SDATA\_OUT – исходящий поток данных к кодекам

SDATA\_IN – входящий поток данных от кодека

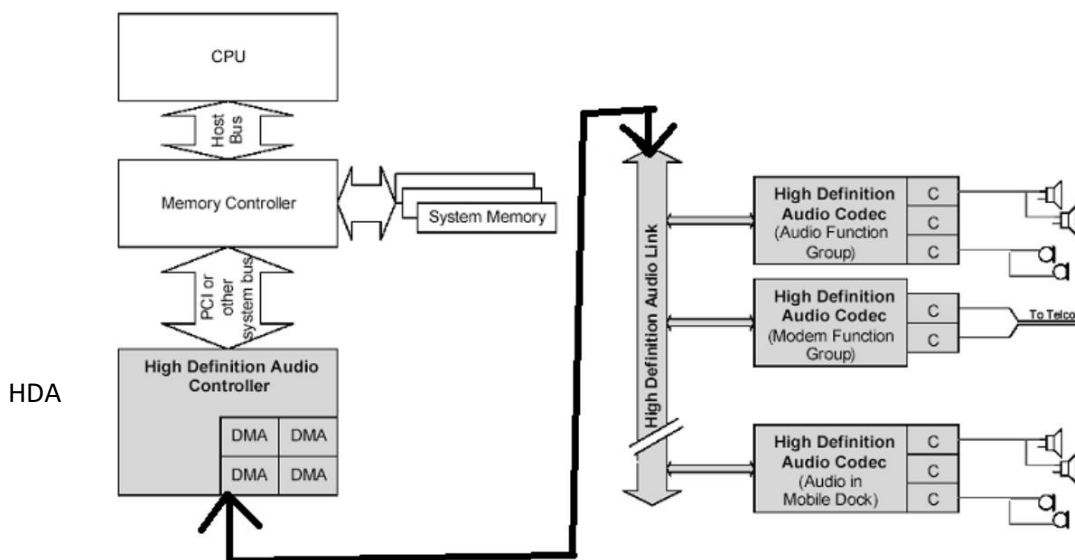
Кодеки AC'97 имеют возможность адресации для создания мультикодековых конфигураций.

Контроллер DC'97 допускает подключение 4 кодеков, как аудио, так и модемных.

Такие конфигурации используются для:

1. расширения числа выходов и входов
2. подключения дополнительного модемного кодека
3. подключения докстанции ноутбука с дублирующим кодеком

## 87. Аудиокодек HDA. Структура, протокол, сигналы, отличия от AC'97, особенности применения.



Структура кодека.

Архитектура HDA состоит из:

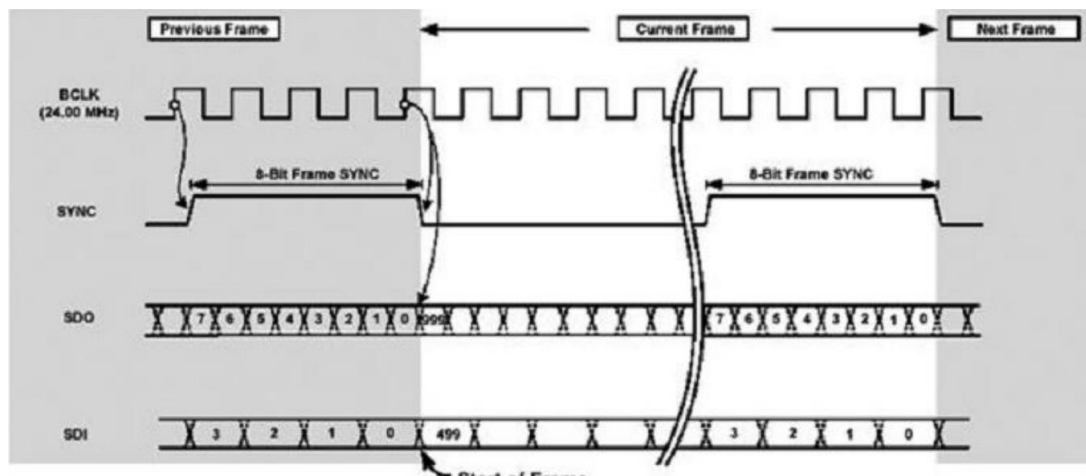
1. HDA контроллер
  2. Link контроллер
  3. Аппаратный кодек
  4. Акустическое устройство
- была разработана на смену AC'97 и не имеет с ней совместимости.

**2. Главное отличие от AC'97:** большая гибкость, управляемость, расширяемость архитектуры, введение понятий потоков, каналов, прерываний, сообщений, команд. Так же данные обрабатываются с помощью

контроллеров, реализованных в составе хост контроллера. Каждый из потоков обрабатывается с помощью DMA контроллера.

Для корректной поддержки HDA ввиду полной программно-аппаратной архитектуры не требуются драйвера для конкретного чипсета.

### 3. Сигналы



HDALink состоит из пяти сигналов – RST#, SYNC, BCLK, SDO и SDI. Линия SDO является совместно используемой, к ней можно подключать несколько кодеков одновременно. Линия SDI выделена для каждого кодека, она тактируется только по переднему фронту BCLK

## 88. Интерфейсы подключения звуковых устройств вывода: аналоговый, цифровой S/PDIF, MIDI.

### 1. Аналоговый интерфейс.

Аналоговых выхода на плате два:

1. Выход на наушники - имеет предусилитель
2. Линейный – без усиления, сохраняется качество. Сигнал можно подать на любое мультимедийное или записывающее устройство.

### 2. S/PDIF

S/PDIF – формат интерфейса передачи цифровых аудио сигналов между устройствами без процедуры преобразования в аналоговый сигнал, следовательно качество звука не ухудшается. Является симплексным. Тип данных – либо PCM (32 – 48кГц), либо поток данных со сжатым аудио (MPEG2, AC3, DTS). Состоит из физической и программной частей. Физический интерфейс – либо электрический коаксиальный кабель 75 Ом, либо оптический пластиковый кабель Toslink. Метод кодирования – частотная модуляция (FM), частота 3.1 МГц.

Данные защищены битами четности, субкадры отделяются последовательностью синхронизации.

### 3. MIDI

MIDI - Цифровой интерфейс музыкальных инструментов является двунаправленным последовательным асинхронным интерфейсом с частотой передачи 31, 25 Кбит/сек. В файле хранятся описания высоты и длительности звучания музыкальных инструментов, поэтому файлы занимают меньший объём, чем оцифрованный звук. Интерфейс MIDI позволяет, помимо исполнения музыки, синхронизировать управление другим оборудованием, например, осветительным, пиротехническим. Воспроизводящее устройство называется синтезатором. Физический уровень интерфейса представляет собой токовую петлю.

### 4. HDMI

HDMI- интерфейс для мультимедиа высокой чёткости, позволяющий передавать цифровые видеоданные высокого разрешения и многоканальные цифровые аудиосигналы с защитой от копирования. В отличие от DVI, HDMI меньше по размеру и позволяет передавать многоканальный звук.



### Характеристики:

- Пропускная способность от 4,9 (HDMI 1.0) до 18 (HDMI 2.0) Гбит/с.
- Длина кабеля до 10 м без усилителей, 20-35 с усилителями.
- Возможно использование переходников с HDMI на DVI

### Разновидности:

1. miniHDMI
2. microHDMI

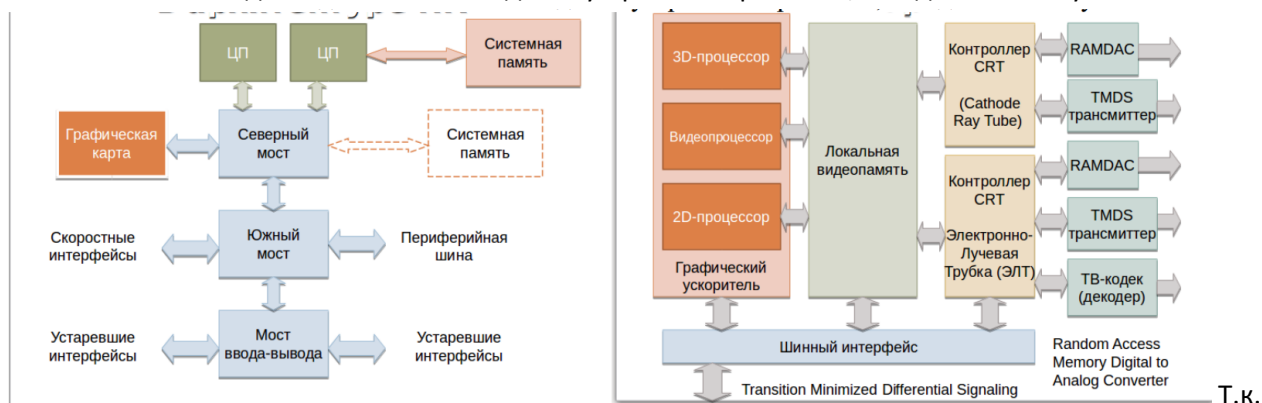
HDMI кабель имеет несколько видов экранов (алюминий/проволока) для исключения повреждения передающихся данных.

HDMI работает со звуковыми форматами: стерео, DolbyDigital, DTS, DolbyTrueHD, DTS-HD, поддерживает передачу 8 канального аудио с частотой 192 кГц без сжатия.

## ТЕМА 8. ГРАФИЧЕСКАЯ ПОДСИСТЕМА ПЭВМ. ДИСПЛЕЙНЫЕ УСТРОЙСТВА (МОНИТОРЫ) И ПРОЕКТОРЫ, ИНТЕРФЕЙСЫ ПОДКЛЮЧЕНИЯ ДИСПЛЕЙНЫХ УСТРОЙСТВ

### 89. Конструкция и принцип действия графической карты.

Графическая подсистема изначально входила в архитектуру ПК. Раньше она была интегрирована в микросхемы системной логики, но со временем появлялись задачи все более требовательные к быстродействию 3D и видео, это привело к тому что появились графические карты расширения. Изначально к ПК можно было подключать не более одного устр-ва отображения, сегодня - минимум 2.



требовательность к быстродействию только росла, появилась необходимость выделить для граф. карты отдельную высокоскоростную шину. (раньше AGP, теперь - PCI Express).

**RAMDAC** - Random Access Memory Digital to Analog Converter - преобразует цифровые изображения в аналоговые сигналы (VGA выход) для монитора.

**TMDS** - Transition Minimized Differential Signaling, протокол передачи данных, используемый в интерфейсе DVI. Графический процессор (GPU) занимается расчетами выводимого изображения, освобождая от этой задачи CPU. Включает в себя блоки обработки 2D, 3D и видеопроцессор (обработка видеоданных).

Видеопамять выполняет роль кадрового буфера для хранения изображения/его частей. (DDR, GDDR2/3/4/5).

## 90. Создание графического объекта. Этапы рендеринга. Шейдеры.

**Моделирование** — создание трёхмерной математической модели сцены и объектов в ней. Выполняет CPU.

**Рендеринг (визуализация)** — построение проекции в соответствии с выбранной физической моделью. Выполняет GPU.

Вывод полученного изображения на устройство вывода - дисплей или принтер.

Рендеринг состоит в преобразовании 3D объекта в 2D кадр, при этом часть информации теряется, прежде всего, о глубине объекта.

Чтобы сделать объект реалистичным используется ряд приемов. Для этого объекты проходят несколько стадий обработки. Самые важные стадии это:

- Создание формы (shape) - множество полигонов образуют каркас.
- Обтягивание текстурами - цвет+текстура+отражающая способность.
- Освещение - наложение теней.
- Создание перспективы - используется Z-буффер.
- Глубины резкости (depth of field) - потеря резкости при удалении объекта.
- Сглаживания (anti-aliasing)

Все эти действия составляют графический конвейер.

**Z-буффер** присваивает каждому полигону номер в зависимости от того, насколько близко к переднему краю сцены располагается объект, содержащий этот полигон. Обычно меньшие номера присваиваются ближащим к экрану полигонам. Объект с самым маленьким Z-значением будет полностью прорисовываться, другие же объекты с большими значениями будут прорисованы лишь частично.

Обработка объектов в GPU производится с помощью специальных программ - шейдеров, выполняемых внутри GPU.

Типы шейдеров: вершинный (каркас и полигоны), пиксельный (текстуры), геометрический (перспектива).

**Этапы графического конвейера:**

1. Получение информации о сцене и объектах из CPU.
2. Вершинный процессор ядра (ядер может быть много) строит конкретный объект в пространстве сцены с фиксированными координатами, называемый вершиной (vertice). Режим SIMD.
3. Сборка - вершины собираются в примитивы – треугольники (полигоны), линии или точки.
4. Пиксельный процессор определяет конечные пиксели, которые будут выведены в кадровый буфер, и проводит над ними различные операции: затенение или освещение, текстурирование, присвоение цвета, данных о прозрачности, Z-тестирование и т.п.
5. Из Z-буфера вычитываются данные о расположении конкретных пикселей, чтобы отбросить те, которые будут скрыты другими объектами и не видны пользователю. Фрагменты снова собираются в полигоны, состоящие из отдельных пикселей, и весь массив уже отработанной картинки передаётся в кадровый буфер для вывода на экран.

## 91. Интегрированные графические устройства. Встроенная графика. Графическое ядро, встроенное в процессор.

Встроенная графика отличается отсутствием локальной видеопамати (иногда небольшой выделенный буфер используется) и применением специализированного интерфейса подключения к системной логике.

Вместо видеопамати используется статически (или динамически, в разделяемом режиме, или оба сразу) выделенный диапазон системной памяти.

Наличие тех или иных блоков графического ускорителя – на усмотрение разработчиков. Помимо полноценных встроенных 3D-процессоров, имеются варианты с минимальной аппаратной реализацией специальных функций (обычно это фильтрация, выборка, текстурирование, отставка). Тенденция последнего времени – «гибридная» графика, то есть попеременное использование дискретной и встроенной графики. Иногда допускается использование встроенного графического процессора для частичной разгрузки дискретного, но это в большинстве случаев непродуктивно. Также графическое ядро может являться частью процессора - в этом случае его возможности сильно ограничены. Интегрированное графическое ядро - встроенное в чипсет. Минус - невозможность замены.

## 92. Шина AGP. Топология. Протокол, сигналы и линии AGP.

**AGP** (Accelerated Graphic Port, ускоренный порт для графической карты) – специализированный интерфейс для подключения видеокарты. Идея, лежащая в основе AGP, заключается в том, чтобы предоставить графической карте с 2D/3D-ускорителем высокоскоростной доступ к системной памяти по выделенному каналу.

Шина AGP – 32-битная параллельная синхронная шина с частотой 66 МГц, рассчитанная на топологию «точка-точка».

Большинство сигналов позаимствовано у PCI, поддерживается протокол этой шины наряду с собственным. Физически и электрически не совместима с PCI, однако интегрируется в единую системную шину посредством контроллера.

Первая версия спецификации была разработана Intel в 1996 г., последняя, AGP 3.0 (AGP 8x), появилась в 2002 году.

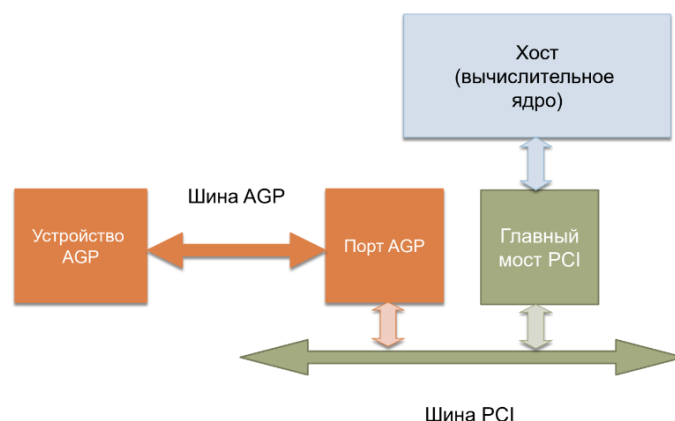
Заменена шиной PCI Express, но ввиду наличия большого количества систем продолжает поддерживаться.

Устройство AGP допускает работу только в качестве инициатора транзакций AGP (AGP Master) и PCI (PCI Master). Для работы в качестве целевого устройства необходимо использовать протокол PCI.

Сигналы AGP по большей части соответствуют сигналам PCI.

### Отличия от PCI:

- Конвейеризация обращений к памяти: запросы (фазы адреса) могут выдаваться до получения всех данных предыдущих запросов.
- Демультиплексирование шины адреса и данных, наличие выделенной шины подачи запросов
- Умножение частоты передачи данных относительно базовой частоты синхронизации, до 8 раз
- Наличие собственного протокола транзакции и набора команд.
- Дополнительные сигнальные линии.
- Поддержка в общем случае только одного устройства, отсутствие механизма адресации нескольких устройств.
- Иное механическое и электрическое исполнение.



## 93. Конвейерные транзакции AGP, два метода подачи запроса. Графическая апертура.

Шина AGP в каждый момент времени может находиться в одном из 4 состояний:

- **IDLE** – покой
- **DATA** – передача данных конвейеризированных транзакций
- **AGP** – постановка в очередь команды AGP
- **PCI** – выполнение транзакции в режиме PCI

Из состояния покоя IDLE порт может вывести запрос транзакции PCI или запрос AGP.

В состоянии PCI транзакция PCI выполняется целиком, от подачи адреса и команды до завершения передачи данных.

В состоянии AGP ведущее устройство передает только команду и адрес для транзакции, ставящийся в очередь, т.е. несколько запросов могут следовать сразу друг за другом (это и есть конвейерная транзакция).

В состоянии DATA порт переходит, когда у него в очереди имеется необслуженная команда, готовая к исполнению (конвейерные транзакции).

В этом состоянии происходит передача данных для команд, стоящих в очереди. Это состояние может прерываться запросами PCI или AGP, но прерывание возможно только на границах данных транзакций AGP.

Когда порт AGP обслужит все команды, он снова переходит в состояние покоя. Все переходы происходят под управлением арбитра порта AGP, реагирующего на поступающие запросы REQ# и ответы контроллера памяти.

**Два метода подачи команд** (постановка запросов в очередь):

Подача адреса и команды по общей шине AD (не поддерживается в AGP 3.0) с помощью сигнала PIPE#.

Подача адреса и команды по внеполосной (независимой от шины AD) 8-битной шине SBA (Side Band Addressing) (этих линий не было в PCI) - 4 вида посылок.

### Графическая апертура

Графическая карта требует высокоскоростного доступа к системной памяти, но ядро системы зачастую не может предоставить устройствам непрерывный блок памяти большой длины из-за сильной фрагментации. В качестве решения был предложен механизм ремаппинга памяти, выделенной графической карте.

Графической карте выделяется непрерывный блок адресов памяти, который называется **AGP-апертурой** (AGP Aperture). Блок делится на страницы. Каждая страница отображается на непрерывный блок физической памяти с помощью таблицы GART (Graphics Address Remapping Table - таблица переопределения графических адресов). С помощью таблицы происходит подмена адресов во время обращения.

## 94. Классификация и принцип действия дисплеев на основе ЭЛТ-трубки. Явление фотоэффекта. Устройство дисплея (векторный, запоминающий, растровый). Генератор векторов. Генератор символов. Цветоделительные маски ЭЛТ.

**Принцип работы:** испускаемый пушками пучок электронов модулируется по интенсивности, фокусируется, разгоняется и направляется с помощью отклоняющей системы в заданную точку поверхности стеклянной колбы. Внутренняя поверхность колбы покрыта люминофором – материалом, способным излучать свет (кратковременно) при попадании электронов.

Работа фоточувствительных поверхностей основывается на использовании внешнего и внутреннего **фотоэффекта**. При внешнем фотоэффекте освобожденные электроны покидают облученное вещество, вылетая в пространство, – фотоэлектронная эмиссия, при внутреннем – остаются внутри твердого тела, изменяя его проводимость, – фотопроводимость.

**Классификация:**

1) **Векторный.** Дисплейная программа включает команды вывода точек, отрезков, символов. Эти команды интерпретируются дисплейным процессором, который преобразует цифровые значения в аналоговые напряжения, управляющие электронным лучом. Луч вычерчивает линии на люминофорном покрытии. Полученное таким образом изображение не может храниться долго, так как светоотдача люминофора падает до нуля за несколько микросекунд. Поэтому изображение нужно обновлять - регенерация. Частота регенерации должна быть не меньше 25 раз в секунду, чтобы глаз человека не наблюдал мерцание. Используется буфер регенерации.

2) **ЗЭЛТ** позволил отказаться от буфера и регенерации. Изображение запоминается путем его однократной записи на запоминающую сетку с люминофором медленно движущимся электронным лучом. Запоминающие трубки применяются в тех случаях, когда нужно вывести большое количество отрезков и литер и когда нет необходимости в динамических операциях с изображением.

3) **Растровый.** В растровых дисплеях примитивы хранятся в памяти для регенерации в виде совокупности образующих их точек, называемых пикселями. Значения пикселей хранятся в битовой карте, которая и является в данном случае дисплейной программой.

Получение изображения на векторном дисплее - **генератор векторов**. Луч, управляемый дисплейным процессором, создает изображение, двигаясь от точки к точке по отрезкам прямых, которые называются векторами.

Генератор векторов должен управлять тремя параметрами:

отклонением по оси X/Y и интенсивностью.

Генератор символов

Существуют четыре способа генерации символов на экране:

- метод маски;
- метод Лиссажу;
- штриховой метод;
- метод точечной матрицы.

**Цветоделительные маски:**

- тeneвая
- щелевая
- апертурная

**шаг маски** — расстояние между двумя ближайшими отверстиями маски (расстояние между двумя ближайшими элементами люминофора одного цвета)

## 95. Жидкокристаллические дисплеи. Принцип действия (анизотропность кристаллов, поляризация и фотопроводимость).

Электронно-лучевые трубки обладали целым рядом недостатков, среди которых:

- Большие габариты, особенно в глубину
- Сферическая поверхность экрана
- Круглый (по сечению колбы) экран
- Использование высокого напряжения для разгона и отклонения электронов
- Высокий уровень ЭМ излучения.

На конец 90-х единственной альтернативной технологий, пригодной для отображения цветного изображения небольшого формата (14- 30 дюймов), была технология ЖК.

Принцип работы ЖК основан не на излучении, а на фильтрации света. Этим и обусловлены все недостатки данной технологии.

В мониторах на основе ЖК используется особое вещество, которое обладает кристаллической структурой (а значит, анизотропностью основных физических свойств), но при этом при комнатной температуре сохраняет

жидкое состояние. Жидкое состояние необходимо для подвижности кристаллов. Под действием напряжения кристаллы меняют свою конфигурацию, сдвигаясь относительно друг друга. При этом меняется направления преобразования света – мы получаем управляемый светофильтр.

**Анизотропность** - такое распределение всех или некоторых физических свойств в твердом теле, когда эти свойства различны по различным направлениям в теле

**Поляризация света** –это свойство света, которое характеризуется пространственно-временной упорядоченностью ориентации электрического вектора  $E$ . Поляризатор - устройство, позволяющее получить поляризованный свет.

**Оптически активное вещество** –это вещество, которое при прохождении через него поляризованного света поворачивает плоскость поляризации этого света (жидкие кристаллы).

**Принцип действия** заключается в том, что под воздействием управляемого напряжения меняется конфигурация кристаллов, а вместе с этим изменяется вектор поляризации света, проходящего через них.

## 96. Виды кристаллов. Формируемая геометрия. Технологии Twisted Nematics, In-Plane Switching, Vertical Domain Alignment. Конструкция ЖК-панели.

### Виды кристаллов:

- Сmekтические: продольные оси кристаллов расположены параллельно друг другу, многослойная структура
- Нематические: продольные оси параллельны, но кристаллы смещены друг относительно друга
- Холестерические (скрученные нематики): винтовая структура при переходе от слоя к слою

В ЖК-панели специальным рельефом подложки формируют исходную геометрию расположения кристаллов, которая сохраняется за счет сил поверхностного натяжения.

### Формируемая геометрия:

- Плоская (гомогенная) – кристаллы параллельны друг другу и плоскости подложек.
- Нормальная (гомеотропная) – кристаллы перпендикулярны подложкам.
- Твистированная (закрученная) – векторы подложек ортогональны, кристаллы послойно поворачиваются от одной подложки к другой.

### Twisted Nematics (TN)

Базовая, самая дешевая и проработанная технология, пригодная для дисплеев широкого спектра устройств – от MP3-плееров до торговых стендов.

Самая простая, а потому имеющая худшие характеристики и наиболее выраженные недостатки.

Под действием электрического поля (прозрачные электроды расположены с двух сторон) кристаллы выпрямляются, при снятии поля – восстанавливают спиральное расположение (твистированная геометрия). Кристаллы заключены между двух стекол с поляризационными пленками. Плоскости поляризации двух стекол взаимно перпендикулярны. В исходном состоянии ячейка свет пропускает, в раскрученном (деформированном под действием напряжения) – задерживает.

### In-Plane Switching (IPS)

Используется плоская геометрия, а электроды нанесены на одну подложку – нижнюю. Все кристаллы выровнены вдоль одной оси, параллельной плоскости подложки.

Подача напряжения вызывает поворот срединных слоев кристаллов, что приводит к смещению плоскости поляризации света и пропусканию его через верхний поляризатор.

### Vertical Domain Alignment

Используется гомеотропная геометрия – кристаллы выстроены по оси, перпендикулярной плоскости подложки, из-за чего при отсутствии напряжения кристаллы свет не пропускают. Используется отрицательная диэлектрическая анизотропия (кристаллы не выстраиваются, а отклоняются от линий электромагнитного поля).

## 97. Технология OLED.

**Органический светодиод** (organic light-emitting diode, сокр. OLED) — полупроводниковый прибор, изготовленный из органических соединений, эффективно излучающих свет при прохождении через них электрического тока.

Основное применение OLED-технология находит при создании устройств отображения информации (дисплеев). Предполагается, что в производстве такие дисплеи будут гораздо дешевле жидкокристаллических дисплеев.

Для создания органических светодиодов (OLED) используются тонкоплёночные 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 электрон теряет энергию, что сопровождается излучением (эмиссией) фотонов в области видимого света.

### Преимущества

В сравнении с плазменными дисплеями:

- меньшие габариты и вес,
- сравнительно низкое энергопотребление при той же яркости изображения,
- возможность создания гибких экранов,
- возможность создания экранов с большим разрешением к размеру,

В сравнении с жидкокристаллическими дисплеями:

- меньшие габариты и вес
- отсутствие необходимости в подсветке
- большие углы обзора — изображение видно без потери качества с любого угла
- мгновенный отклик (на несколько порядков быстрее, чем у ЖК) — по сути, полное отсутствие инерционности
- высокая контрастность
- возможность создания гибких экранов
- большой диапазон рабочих температур (от  $-40$  до  $+70$  °C)

### Недостатки:

- малый срок службы (порядка 2-3 лет).
- малый размер дисплеев

## 98. Интерфейсы подключения мониторов: классификация, разновидности, характеристики.

### Интерфейсы VGA, DVI, UDI.

#### VGA (Video Graphics Array).

Самым распространенным интерфейсом для подключения мониторов к ПК является аналоговый интерфейс, получивший название VGA. Аналоговый интерфейс пришел на смену цифровому по той причине, что потребовалось обеспечить простую возможность наращивания количества отображаемых оттенков цветов с сохранением совместимости снизу вверх.

Всего 15 контактов. Три контакта используются для передачи аналогового сигнала трех цветовых составляющих.

Еще три контакта служат в качестве обратных проводов, они заземлены и выполняют роль экрана, гасящего наводки и отражения. Два контакта задействованы под синхроимпульсы строчной и кадровой разверток. Механизм DDC (Display Data Channel) позволяет реализовать механизм Plug&Play для получения информации о мониторе.

Первоначально три свободных контакта разъема использовались для простой идентификации типа монитора (для IBM PS/1 и PS/2). Сейчас два контакта отведены под данные и синхронизацию шины ACCESS.Bus.

### **DVI (Digital Visual Interface)**

Для обеспечения работы мониторов с цифровым управлением (плазма, ЖК, проекторы и т.д.) были разработаны несколько альтернативных цифровых интерфейсов подключения. Из всех стандартов распространение получил только DVI. Он позволяет передавать цифровой сигнал по одному или двум 3-разрядным каналам, а также аналоговый сигнал VGA, сигналы DDC и питание (для получения EDID, если монитор не включен).

Существуют варианты интерфейса и разъема: одноканальный и двухканальный, только цифровой DVI-D, совмещенный аналоговый и цифровой DVI-I.

### **HDMI (High-Definition Multimedia Interface)**

Интерфейс HDMI был создан для подключения мультимедиа-аппаратуры (проигрывателей, приставок) и ПК к широкоэкранным телевизорам и панелям. Помимо RGB, возможно кодирование YCbCr, применение большей глубины цвета и пр. Помимо видеоданных, передается также аудио в «плоском» (LPCM) или сжатом виде.

### **UDI (Unified Display Interface)**

Цифровой интерфейс, основан на DVI. Разрабатывался как более дешевая реализация, совместимая с DVI и HDMI интерфейсами. В отличие от HDMI, предназначен для подключения исключительно мониторов к ПК, в связи с чем отсутствует канал передачи аудио данных.

Изначально разрабатывался компанией Intel в сотрудничестве с Samsung, но вскоре Intel отказалась от разработки в пользу интерфейса Display-Port. С 2007 года нет новостей о дальнейших разработках, официальный сайт UDI недоступен.

## **99. Проекционные устройства. Мультимедийный интерфейс (HDMI). Перспективный интерфейс DisplayPort.**

### **Проекционные устройства**

Существует два типа устройств, использующих принцип проецирования изображения – мультимедийные проекторы типа Front Projection и широкоэкранные телевизоры типа Rear Projection. В них используются одни и те же технологии, но по-разному формируется изображение.

В телевизорах типа Rear Projection изображение на экране является отражением сформированной с помощью проектора картинку. Система зеркал многократно отражает картинку.

Мультимедийные проекторы формируют изображение на отражающем экране, который является внешним по отношению к проектору.

Проекторы отличаются типом устройства, формирующего первичное изображение, которое впоследствии с помощью лампы и оптической системы выводится в объектив.

Существуют четыре базовые технологии:

- CRT – электронно-лучевая трубка
- LCD – просветная ЖК-матрица.
- LCOS (DILA) – зеркальная матрица на основе ЖК-технологии.
- DLP – матрица управляемых микрозеркал.

Лучшей считается технология DLP.

### **HDMI (High-Definition Multimedia Interface)**



Интерфейс HDMI был создан для подключения мультимедиа-аппаратуры (проигрывателей, приставок) и ПК к широкоэкранным телевизорам и панелям.

Помимо RGB, возможно кодирование YCbCr, применение большей глубины цвета и пр. Помимо видеоданных, передается также аудио в «плоском» (LPCM) или сжатом виде.

### DisplayPort

стандарт сигнального интерфейса для цифровых мониторов. Принят VESA (Video Electronics Standard Association) в мае 2006, версия 1.1 принята 2 апреля 2007, версия 1.2 принята 7 января 2010, а версия 1.3 — 15 сентября 2014[1]. DisplayPort предполагается к использованию в качестве наиболее современного интерфейса соединения аудио и видеоаппаратуры, в первую очередь для соединения компьютера с дисплеем, или компьютера и систем домашнего кинотеатра. Технология, реализованная в DisplayPort, позволяет передавать одновременно как графические, так и аудио сигналы. Основное отличие от HDMI — чуть более широкий канал для передачи данных (10,8 Гбит/с вместо 10,2 Гбит/с). Максимальная длина кабеля DisplayPort составляет 15 метров. Таким образом, через интерфейс DisplayPort 1.2 можно подключить до двух мониторов, воспроизводящих картинку размером 2560 x 1600 точек с частотой 60 Гц, либо до четырёх мониторов с разрешением 1920 x 1200 точек. Если монитор один - разрешение возрастает до 3840 x 2400 точек с частотой 60 Гц.

## ТЕМА 9. УСТРОЙСТВА ПЕЧАТИ И СКАНИРОВАНИЯ

### 100. Классификация устройств печати

Устройства печати предназначены для вывода компьютерной информации на твердые носители, пригодные для человеческого и/или машинного восприятия. В отличие от других устройств, принтеры могут подключаться не к ПК, а к локальной сети для организации совместного доступа.

#### Способы задания цвета:

- Колориметрический - описать цвет как точку в некоторой системе координат (цветовом пространстве)
- системой спецификаций - каждой точке дать определенный цвет
- Классификация принтеров:

Тип Информации:	Формирования изображения:	Физ-хим принцип:
Символьная	Посимвольные	Ударного типа
Растровая	Построчные	Фотоэлектронная адгезия
Векторная	Постраничные	Химический Термический

#### Основные классы принтеров:

- Матричные: ударный тип, посимвольная печать, символьная и растровая информация.
- Струйные: пигмент (чернила), построчная печать, растровая информация.
- Лазерные: фотоэлектронная печать, постраничная, растровая или векторная информация
- Светодиодные (LED): по конструкции и принципу действия схожи с лазерными
- Термические принтеры: обычно являются частью факс-аппаратов или устройств печати бланков, чеков и т.п.
- Термосублимационная и сублимационная печать применяются в области полиграфии. Существуют настольные модели для фотопечати, но они имеют высокую стоимость и малый размер отпечатка.

Три базовые характеристики принтеров:

- Комплексная характеристика качества печати (ч/б, цвет, фото).
- Скорость печати: выдача первой страницы, выдача последующих страниц.
- Стоимость отпечатка (с указанием цветности, режима качества, формата и процента заполнения).

Качество печати - разрешение, количество полутонов, чистота градиентов, точность цветопередачи, стойкость отпечатка, поддержка бумаги различных типов и плотностей.

Скорость зависит от интерфейса, скорости обработки и подготовки информации и скорости вывода на бумагу.

**Стоимость отпечатка** – стоимость принтера, подходящей бумаги, расходных материалов, износ компонентов и расходных материалов, сложность ремонта и пр. факторы.

**Термин разрешение (resolution)** используется для описания контрастности и качества напечатанного образца. Разрешение принтера обычно измеряют в точках на дюйм (dots per inch - dpi)

## 101. Языки описания PostScript, PCL, GDI. Интерфейсы подключения.

Для взаимодействия компьютера с принтером применяется язык описания страницы (page description language - PDL). Это средство кодирования каждой части печатаемого документа в поток данных, который может быть передан на принтер. Принтер преобразует код в шаблон точек, которые переносятся на бумагу. Задача принтера – интерпретация языка, выполнение растеризации, буферизация готовых к печати страниц.

- Рендеринг - математическая (векторная) пространственная модель превращается в плоскую (растровую) картинку.

### PostScript:

Создан для описания векторной и растровой графики в стиле ООП. Поддерживаются:

- графические примитивы,
- масштабируемые шрифты,
- кривые Безье и другие элементы для поддержки векторной графики

На принтер отправляются геометрические объекты. Для того чтобы напечатать текст определенным шрифтом, драйвер принтера указывает контур шрифта и его размер. Принтер генерирует изображение символа из его контура, а не загружает из памяти. Этот тип изображения, который генерируется индивидуально для каждой страницы, называется векторной графикой, в отличие от растровой графики, которая отправляется на принтер в виде готового набора точек.

### PCL:

Язык PCL (Printer Command Language). Этот язык более объектно ориентированный, имеет широкие средства управления шрифтами и объектами, близок к API программирования интерфейса Windows (GUI).

Поток данных языка PCL содержит 4 типа команд управления принтером:

- Управляющие коды. Стандартные коды ASCII.
- Команды PCL. Специфичные для каждого принтера эквиваленты параметров документа (форматирование страницы, шрифт).
- Команды HP-GL/2 (Hewlett-Packard Graphics Language — язык график). Служат для печати векторной графики составного документа.
- Команды PJL (Printer Job Language — язык выполнения печати). Позволяют принтеру “общаться” с компьютером для обмена информацией о состоянии, процессе печати и других параметрах.

Принтеры, реализующие аппаратную поддержку языков PS и PCL, оснащаются микроконтроллерами или микропроцессорами, имеют солидный объем памяти.

### GDI:

GDI - Graphic Device Interface – это библиотека определенных функций ОС Windows для осуществления вывода информации на графические периферийные устройства, такие как дисплеи или принтеры. В отличие от принтеров с мощным встроенным процессором, контроллер GDI-принтера всего лишь выводит информацию в буферную память принтера. Информация представляет собой описание страницы, воспроизводящее уже подготовленные к печати графические примитивы - линии, текст и пр., для обработки которых и вызываются функции.

**Подключение принтеров:**

- Centronics – ограничен, из-за низкого быстродействия и отсутствия гибкости.
- SCSI – для высокоскоростных принтеров (не актуален)
- USB
- Ethernet, Wi-fi
- Карты памяти и др.

## 102. Устройства печати: описание цвета и цветовые модели. Взаимодействие чернил с бумагой.

Устройства печати предназначены для вывода компьютерной информации на твердые носители, пригодные для человеческого и/или машинного восприятия.

**Описание цвета и цветовые модели:**

Способы задания цвета:

- Колориметрический - описать цвет как точку в некоторой системе координат (цветовом пространстве),
- системой спецификаций - каждой точке дать определенный цвет

**Колориметрический:**

Интуитивные модели

- Пространство HSL: Hue(тон), Saturation (Насыщенность), Lightness (Яркость)

Аддитивные модели

- Цветовое пространство RGB

Субтрактивные модели

- CMYK: Cyan (Голубой), Magenta (Пурпурный), Yellow (Желтый).

Еще один класс цветовых моделей - это модели перцепционные, то есть как бы имитирующие восприятие цвета - пространство XYZ. Длины волн, соответствующие пикам на кривой, не совпадают с длинами волн основных цветов RGB. Таких чистых цветов попросту не существует в природе, поэтому кривые (и соответствующие им величины) и имеют условные названия X, Y, Z. Однако именно эти условные величины позволяют полностью описать все воспринимаемые человеком цвета спектра.

**Взаимодействие чернил с бумагой:**

Краска на бумаге сама не способна испускать свет. Каждый красящий пигмент поглощает световой поток лишь некоторой части спектра и отражает некоторую часть попавшего на него света.

**Водорастворимые** используют обычно для цветных красителей, так как они дают широкий цветовой охват.

При падении на бумагу чернильный раствор впитывается в волокна, окрашивая их. Таким образом, вся поверхность рисунка закрашивается практически непрерывным слоем.

**Сольвентные чернила**

применяются в широкоформатной и интерьерной печати. Характеризуются очень высокой стойкостью к воздействию воды и атмосферных осадков. Характеризуются вязкостью, зернистостью и используемой фракцией сольвента.

**Пигментные чернила** - используются для получения изображений высокого качества, в интерьерной и в фото печати.

## 103. Конструкция и принцип действия строчного и матричного принтера.

### **Матричные (игольчатые):**

Самая старая, простая, надежная и предельно дешевая технология печати. Относится к печати ударного типа, когда отпечаток получается благодаря прижиму к бумаге носителя с красящим веществом. Печатающая головка представляет собой набор управляемых иголок, которые расположены вертикально (9 игл) или в два ряда со смещением (24 иглы). Бумага перемещается поступательно в одном направлении, головка – в перпендикулярном. Печать происходит посимвольно. Перемещением игл управляют пьезоэлементы. Существуют символьные и строчные матричные принтеры.

### **Строчный:**

У строчного принтера головка отсутствует, но имеется печатающая планка, которая по всей длине снабжена иголками. Таким образом, при печати изображения матрица, соответствующая строке, полностью переносится на бумагу. Так как головка принтера не должна двигаться слева направо или справа налево, а строка печатается целиком за один раз, то это конечно же дает существенное преимущество в скорости печати. Скорость печати достигает 1500 строк в минуту (примерно 20 страниц формата А4 в минуту).

Основными недостатками матричных принтеров являются:

- высокий уровень шума
- низкая скорость и качество печати в графическом режиме
- ограниченные возможности цветной печати

## 104. Конструкция и принцип действия струйного принтера.

Печать производится с помощью капель красителя, которые поступают за счет капиллярного эффекта. Два базовых принципа дозированного выбрасывания капель:

- Пьезоэлектрический.
- Термоструйный (метод газовых пузырьков).
- drop-on-demand

**Краска** в струйных принтерах наносится непосредственно на бумагу каплями краски через очень малые отверстия называемые дюзами.

### **Пьезоэлектрический:**

В каждое сопло печатающей головки встроена плоская мембрана, изготовленная из пьезокристалла. Под воздействием электрического тока пьезоэлемент изгибается, удлиняется или тянет диафрагму вследствие чего создаётся локальную область повышенного давления возле дюзы — формируется капля, которая впоследствии выталкивается на материал. В некоторых головках технология позволяет изменять размер капли.

Каждая капля краски имеет объем порядка нескольких пиколитра с диаметром порядка от нескольких до десятых микрон. В одном кубическом миллиметре помещается приблизительно десять тысяч таких капель.

### **Принцип непрерывной струйной печати.**

Две траектории капель: либо в желоб возврата, либо на бумагу. Управление в режиме ключа.

### **Термоструйный метод:**

В основе метода газовых пузырьков лежит быстрое нагревание небольшого объема чернил до температуры кипения. Скорость нагрева подобна взрывному процессу. Образующийся при этом пар выбрасывает из сопла микроскопическую каплю чернил. Для реализации этого метода в каждое сопло встраивается микроскопический нагревательный элемент. После остывания неиспользованные чернила возвращаются в сопла. Минус технологии – в быстром износе головки из-за высоких температур, а также в инерционности процесса нагрева и охлаждения.

Термоструйные головки обычно интегрированы с резервуаром чернил и заменяются вместе.

#### **Drop-in-Demand (Капли по требованию):**

Идея «выстреливать» по одной капле организовала вторую ветвь развития технологии струйной печати. Способ формирования капель разного размера: Из дюзы, практически непрерывно, выпускается необходимое количество суб-капель, которые в полете объединяются в одну каплю большего размера. Так же как в методе газовых пузырей, здесь для подачи чернил из резервуара на бумагу используется нагревательный элемент. Однако при этом дополнительно используется специальный механизм.

**Электростатический способ.** Управляющие импульсы высокого напряжения вызывают выделение капель чернил из сопла. Электростатическое поле между печатающей головкой и бумагой является причиной, вызывающей отрыв от поверхности и перенос капли краски на бумагу.

Электростатические силы могут формировать капли чернил меньшего диаметра, чем сопла, которые их образуют.

**Пьезоэлектрический способ.** Сжатие полости с чернилами при деформации ее стенки приводит к формированию вылетающей капли чернил.

Обратная деформация заполняет камеру чернилами и готовит систему к выстреливанию следующей капли. В качестве элемента, оказывающего давление на стенку камеры с чернилами, служит пьезокерамическая пластина. При подаче напряжения к электродам пьезоэлемента он деформируется. Величина деформации линейно зависит от напряжения.

## 105. Конструкция и принцип действия лазерного принтера.

В основе лазерной и светодиодной печати лежит принцип электрографии:

- Источник освещает заряженную поверхность фоточувствительного вала
- На освещенных местах поверхности меняется заряд и к ним притягивается тонер
- С поверхности фотовала тонер переносится электростатическими силами на бумагу
- тонер закрепляется под действием высокой температуры и давления

В основе печати лазерного принтера лежит эффект адгезии(сцепления) микрочастиц тонера вследствие статического электричества.

#### **Этапы лазерной печати:**

1. Барабан заряжается с помощью валика.
  2. Луч лазера построчно наносит монохромный рисунок, снимая заряд с барабана (процесс может протекать наоборот).
  3. Ролик наносит заряженный тонер, который прикрепляется в местах, где лазер не снял заряд (или наоборот).
  4. Бумага заряжается, чтобы притягивать тонер (не обязательно).
  5. Барабан делает оттиск на бумаге.
  6. Валики снимают заряд, нагревают бумагу и фиксируют тонер.
  7. Барабан разряжается специальной лампой, излишки тонера удаляются (обычно пластиковым ножом).
- 
1. Фотобарабан представляет собой металлический цилиндр, покрытый тонкой пленкой из фотопроводящего полупроводника. По поверхности барабана равномерно распределяется статический заряд с помощью тонкой проволоки или сетки. На этот провод подается высокое напряжение, вызывающее возникновение вокруг него светящейся ионизированной области, называемой короной.
  2. Лазер, управляемый микроконтроллером, генерирует тонкий световой луч, отражающийся от вращающегося зеркала. Этот луч, попадая на фотобарабан, засвечивает на нем элементарные площадки (точки), и в результате фотоэлектрического эффекта в этих точках изменяется электрический заряд. Таким образом, на фотобарабане возникает копия изображения в виде потенциального рельефа.

3. На следующем рабочем шаге с помощью другого барабана, называемого девелопером, на фотобарабан наносится тонер – мельчайшая красящая пыль. Под действием статического заряда мелкие частицы тонера легко притягиваются к поверхности барабана в точках, подвергшихся экспозиции, и формируют на нем изображение.
4. Лист бумаги из подающего лотка с помощью системы валиков перемещается к барабану. Затем листу сообщается статический заряд, противоположный по знаку заряду засвеченных точек на барабане.
5. При соприкосновении бумаги с барабаном частички тонера с барабана притягиваются на бумагу.
6. Для фиксации тонера на бумаге листу вновь сообщается заряд и он пропускается между двумя роликками, нагревающими его до температуры около 180° – 200°С.
7. После барабан полностью разряжается, очищается от прилипших частиц тонера и готов для нового цикла печати.

При печати на цветном лазерном принтере используются две технологии:

- на фотобарабане последовательно для каждого отдельного цвета формировалось соответствующее изображение, и лист печатался за четыре прохода.
- в результате 4х последовательных прогонов на фотобарабан наносится тонер каждого из 4х цветов. Затем при соприкосновении бумаги с барабаном на нее наносятся все 4 краски одновременно.

## 106. Конструкция и принцип действия светодиодного принтера.

В светодиодном принтере для засвечивания барабана вместо лазерного луча, управляемого с помощью системы зеркал, используется неподвижная светодиодная строка, состоящая из 2500 светодиодов, на которой формируется не каждая точка изображения, а целая строка. Преимущества светодиодного принтера – в меньшей сложности: отсутствует лазер, отклоняющая система, зеркала и призмы. Такой принтер дешевле в производстве и обслуживании, обеспечивает более высокую точность и однородность изображения. Минусы – в физическом ограничении горизонтального разрешения.

Светодиодная печатающая головка Xerox HiQ LED состоит из линейки с 14,592 светодиодами. Миниатюрная система сканирования светового потока частично примыкает к каждому светодиоду, а остальная часть системы встроена в управляющий чип ASIC, расположенный на самой плате светодиодной линейки. Кроме того, каждая печатающая головка имеет новую самофокусирующуюся линзовую решетку. Решетка состоит из групп линзовых элементов с однородными оптическими характеристиками, которые систематически накладываются друг на друга, позволяя создавать изображения с высоким разрешением. Свет, излучаемый диодами, проходит через линзовую решетку и формирует скрытое изображение на барабане фоторецептора. В цветных принтерах установлены 4 отдельные печатающие головки. Каждая содержит светодиодную линейку с плотностью светодиодов 1200 на дюйм и обеспечивает необходимое высокое разрешение, при этом являясь более компактной по сравнению с лазерной печатающей головкой. Управляющий чип ASIC контролирует интенсивность светового потока и точность синхронизации каждого из 14 592 светодиодов в каждой печатающей. Благодаря постоянному автоматическому отслеживанию информации по каждому светодиоду, чип ASIC может настраивать для каждого из них интенсивность светового потока. Благодаря этой возможности обеспечивается однородность на протяжении всей линейки светодиодов и высокое качество печати.

Традиционная светодиодная печать имеет ряд дефектов из-за возможных деформаций. Коррекция этих дефектов требует механического вмешательства. Технология HiQ LED автоматически исправляет все причины ошибок совмещения, постоянно корректируя работу каждого светодиода в линейке. Устройства на основе технологии HiQ LED имеют возможность цифровой коррекции совмещения.

## 107. Конструкция и принцип действия сублимационного принтера.

Принтеры, использующие термосублимационный метод печати, обычно применяются в полиграфии, но существуют и сравнительно доступные модели для цифровой фотопечати. Сублимационный принтер использует эффект испарения твердого красителя (сублимацию) для нанесения на бумагу цветowych пятен. Для полноцветной печати используется несколько проходов.

Классический **сублимационный принтер** использует красящую ленту с несколькими цветовыми сегментами. Испарение красителя обеспечивается при помощи печатающей головки с нагревательными элементами.

**Преимущество** сублимационной печати заключается в хорошей передаче полутонов за счет возможности варьировать интенсивность впитывания паров красителя и более долговечной отпечатке.

**Минус** – более сложная конструкция устройства и повышенный расход материалов при печати. Кроме того, поверхность бумаги после печати требуется покрывать защитным слоем, что повышает стоимость отпечатка. Технология **твердочернильной (Solid Ink) печати** часто называется сублимационной, хотя этот термин не верен. Основное их отличие от струйной и сублимационной печати заключается в применении красящего вещества, имеющего воскообразную консистенцию при комнатной температуре. После разогрева воск переходит в жидкую или газообразную форму и может быть нанесен на барабан или прямо на бумагу. По многим характеристикам, особенно по качеству печати, твердочернильная технология схожа с сублимационной, поэтому обычно она применяется для фотопечати. К недостаткам можно отнести как высокую сложность устройства и стоимость материалов, так и низкое быстродействие при сравнительно низком разрешении. Особенность печати состоит в том, что чернила расплавляются непосредственно перед нанесением на бумагу. Их основной компонент – воск, который очень быстро плавится, а попадая на бумагу сразу застывает. В целом же технология повторяет струйную: микроскопические разноцветные точки наносятся на бумагу и формируют на ней узор.

## 108. Конструкция и принцип действия 3D-принтера.

Периферийное устройство, использующее метод послойного создания физического объекта по цифровой 3D-модели. Также процесс трехмерной печати называют быстрым прототипированием .

**Технологии:**

- лазерная
- Струйная

**Лазерная.**

- Лазерная стереолитография — ультрафиолетовый лазер постепенно засвечивает жидкий фотополимер. При этом полимер затвердевает и превращается в прочный пластик.
- Лазерное сплавление — при этом лазер сплавляет порошок из металла или пластика в контур будущей детали.
- Ламинирование — деталь создаётся из большого количества слоёв рабочего материала, которые постепенно накладываются друг на друга и склеиваются, при этом лазер вырезает в каждом контуре сечения.

**Струйная.**

- Застывание материала при охлаждении — раздаточная головка выдавливает на охлаждаемую платформу-основу капли разогретого термопластика. Капли быстро застывают и слипаются друг с другом, формируя слои будущего объекта.
- Полимеризация фотополимерного пластика под действием ультрафиолетовой лампы —пластик твердеет под действием ультрафиолета.
- Склеивание или спекание порошкообразного материала —порошковая основа склеивается жидким (иногда клеящим) веществом. При этом можно воспроизвести окраску детали, используя вещества различных цветов.

- Биопринтеры — ранние экспериментальные установки, в которых печать 3D-структуры объекта производится каплями, содержащими живые клетки. Далее деление, рост и модификации клеток обеспечивает окончательное формирование объекта.

#### **Применение.**

- Для быстрого изготовления прототипов моделей и объектов.
- Для быстрого изготовления готовых деталей из материалов.
- Изготовление моделей и форм для литейного производства.
- Конструкция из прозрачного материала позволяет увидеть работу механизма «изнутри».
- Производство различных мелочей в домашних условиях.
- Производство сложных, массивных, прочных и недорогих систем.
- Выращивание полноценных органов.
- В медицине, при протезировании и производстве имплантатов (фрагменты скелета, черепа, костей, хрящевые ткани). Ведутся эксперименты по печати донорских органов.
- Для строительства зданий и сооружений.
- Для создания компонентов оружия. Существуют эксперименты по печати оружия целиком.
- Производства корпусов экспериментальной техники (автомобили, телефоны, радио-электронное оборудование)

## **109. Классификация сканеров. Интерфейсы подключения сканеров. Программные интерфейсы подключения сканеров: TWAIN, WIA, ISIS, SANE.**

**Сканер** – устройство графического ввода информации, в основе которого лежит принцип регистрации оптической прозрачности или отражающей способности элементов оригинала и преобразование их в электрические импульсы. Как правило, сканеры считывают данные оригинала поэлементно и используют искусственное освещение. Веб-камеры и цифровые фото-видеокамеры тоже можно отнести к сканерам, выполняющим мгновенное считывание всего оригинала.

#### **По конструктивному исполнению:**

- Планшетные
- Роликовые
- Ручные
- Барабанные
- Проекционные (планетарные)

#### **По типу рабочего элемента (светочувствительного датчика):**

- CCD - Charge-Coupled Device (ПЗС-матрица в камерах и планшетных сканерах)
- CMOS (КМОП), CIS-Contact Image Sensor матрица в планшетных сканерах, APS- Advanced Photo System в камерах)
- PMT - Photomultiplier tube (фотоэлектронный умножитель в барабанных сканерах)

#### **По типу оригинала:**

- Сканеры для прозрачных оригиналов (фото пленки, слайдов)
- Сканеры для документов, фотокамеры
- Комбинированные или универсальные сканеры

#### **Параметры сканера:**

- Разрешение – количество пикселей на один дюйм оригинала.
- Глубина цвета – под ней обычно понимают разрядность АЦП. Разрядность может быть внутренней (АЦП) и внешней, проявляющейся в разрядности выходных данных
- Скорость сканирования (страниц или других единиц оригинала в минуту)



#### Режимы сканирования:

- Монохромный (бинарный)
- Полутоновый (черно-белый)
- Полноцветный (24/32/48 бит)

#### Типичные интерфейсы:

- Centronics (IEEE 1284)
- SCSI
- USB
- FireWire (IEEE 1394)

Специализированные интерфейсы обычно не используются

Программные интерфейсы многочисленны:

**TWAIN.** Цель интерфейса – единый способ доступа к устройствам-источникам графических данных. Интерфейс предоставляет несколько слоев (Application Layer, Protocol Layer, Acquisition Layer, Device Layer), которые имеют стандартный интерфейс и позволяют ПО получить управление устройством сканирования независимо от особенностей его реализации.

**WIA** Разработан как аналог TWAIN, но в рамках модели COM и с учетом особенностей модели драйверов Windows. Имеет свою многоуровневую модель, опирается на драйверы и промежуточные уровни доступа к устройствам. Имеет совместимость (эмуляцию) с TWAIN. Архитектура WIA включает как API, так и интерфейс драйверов устройств.

**SANE.** Интерфейс прикладного программирования (API), который предоставляет стандартизированный доступ к устройствам сканирования растровых изображений. Является общественным достоянием и открыт для всеобщего обсуждения и разработки.

## 110. Сканер на основе CCD.

**CCD** - Charge-Coupled Device (ПЗС-матрица в камерах и планшетных сканерах)

Специализированная аналоговая интегральная микросхема, состоящая из светочувствительных фотодиодов, выполненная на основе кремния, использующая технологию ПЗС – приборов с зарядовой связью.

При подаче напряжения через поликремневые затворы изменяются электрические потенциалы вблизи электродов. До экспонирования обычно происходит сброс всех ранее образовавшихся зарядов и приведение всех элементов в идентичное состояние. Далее комбинация напряжений на электродах создаёт потенциальную яму, в которой могут накапливаться электроны, образовавшиеся в данном пикселе матрицы в результате воздействия света при экспонировании. Чем интенсивнее световой поток во время экспозиции, тем больше накапливается электронов в потенциальной яме, соответственно тем выше итоговый заряд данного пикселя.

Обычно ПЗС матрицы состоят из двух разных областей (секций): накопления и хранения-переноса заряда. Последний организуется строочно-кадровому принципу. Значительно реже секция хранения отсутствует. В этом случае перенос заряда осуществляется прямо по элементам секции накопления. Во время такого переноса процесс накопления останавливается за счет использования оптического затвора ПЗС - сенсор сканера состоит из линейки датчиков ПЗС. ПЗС – это набор фоточувствительных МОП-конденсаторов, способных накапливать заряд в зависимости от освещенности. Обработка данных ПЗС происходит методом последовательного сдвига зарядов между соседними ячейками и считывания их из сдвигового регистра на выходе. **Плюс ПЗС** – большая эффективная площадь, срок службы. Минусы ПЗС – средняя чувствительность и способность накапливать шум.

В процессе движения каретки, свет от лампы отражается от сканируемого носителя и проходя через систему линз и зеркал, попадает на светочувствительные элементы, которые формируют фрагмент изображения. Двигаясь, каретка проходит под всем носителем, и сканер составляет общую картину из последовательно “сфотографированных” фрагментов – изображение носителя

## 111. Сканер на основе CIS.

**CIS (Contact Image Sensor)** – светочувствительный элемент представляет собой линейку одинаковых фотодатчиков, равную по ширине рабочему полю сканирования, непосредственно воспринимающих световой поток от оригинала.

CIS сканирующая система обычно использует светоизлучающие диоды (LED) для подсветки документа. Излучаемый LED-источником свет проходит через световод, чтобы обеспечить равное распределение света по всей линии сканирования. Затем свет отражается от документа и улавливается стеклянной стержневой линзой, направляющей свет по направлению к датчикам, которые считывают пиксел.

Применение контактных датчиков позволило убрать большую часть элементов – оптическую систему, лампу подсветки, матрицу ПЗС. Контактные датчики – полноразмерные фотодиоды или фототранзисторы, выполненные по технологии CMOS. Фокусирующие линзы и светодиоды подсветки расположены непосредственно рядом с фотодатчиками. Светочувствительные матрицы, выполненные по этой технологии, воспринимают отраженный оригиналом свет непосредственно через стекло сканера без использования систем фокусировки. Применение технологии позволило уменьшить размеры и вес планшетных сканеров более чем в два раза.

Основные плюсы:

- Меньшая стоимость
- Высокая надежность
- Высокая производительность
- Компактность
- Не требует калибровки устраняющей эффект “склейки”
- Высокий контраст, резкость линий
- Нет искажений на линзах

Основной недостаток - чувствительность к глубине резкости.

## 112. Сканер на основе PMT.

**Барабанный сканер:** обеспечивают самое высокое разрешение, самую лучшую цветопередачу, самый большой динамический диапазон. Построены на специальном ламповом регистраторе света – фотоэлектронном умножителе (PMT). В качестве подсветки используется лазер или светодиод. Сканирует поэлементно, оригиналы – любого типа и размера. Оригинал может монтироваться на барабан с помощью специальной жидкости, которая нейтрализует эффект воздушных пузырей между стеклом и оригиналом. Барабанные сканеры применяются только для профессиональной обработки ценных объектов.

**Конструкция барабанного сканера:**

Имеются два источника света – для прозрачных и непрозрачных оригиналов. Барабан вращается в одном направлении, датчик с подсветкой движется в другом.

**PMT (Photomultiplier Tube)**- фотоэлектронный умножитель (ФЭУ), применяемый в барабанном сканере. В цветном барабанном сканере применяется три ФЭУ, по одному на каждый цвет. Принцип работы основан на вторичной электронной эмиссии, вызываемой падающим на катод ФЭУ светом. Измерение полученного на аноде ФЭУ напряжения позволяет преобразовать цвет в цифровые данные. Элемент PMT – это электронная вакуумная лампа, способная усиливать зарегистрированный фотонный импульс. По чувствительности и отсутствию шумов PMT на порядок или два превосходит ПЗС

## 113. Устройства спутникового координатного ввода (GPS).

Спутниковая радионавигационная система или, как она еще называется, глобальная система определения местоположения GPS (Global Position System) обеспечивает высокоточное определение координат и скорости объектов в любой точке земной поверхности, в любое время суток, в любую погоду, а также точное определение времени.

Пришла на замену TRANSIT (медленная и не точная).

Аналог в России ГЛОНАСС (ГЛОбальная НАвигационная Спутниковая Система).

В приемнике измеряется время распространения сигнала от ИСЗ (Искусственный Спутник Земли) и вычисляется дальность "спутник-приемник. Нужно знать три координаты (плоские координаты X, Y и высоту H), поэтому приемник измеряет расстояния до трех различных ИСЗ.

При таком методе радионавигации (он называется беззапросным) необходимо наличие синхронизации временных шкал спутника и приемника.

Современные GPS-приемники имеют от 5 до 12 каналов т.е. могут одновременно принимать сигналы от такого количества ИСЗ. (избыточность для повышения точности)

**В состав системы входят:**

- созвездие ИСЗ (космический сегмент). Состоит из 26 спутников (21 основной и 5 запасных), которые обращаются на 6 орбитах. Сигналы модулируются псевдослучайными цифровыми последовательностями. (фазовая модуляция), для различия сигнала.
- сеть наземных станций слежения и управления (сегмент управления). Содержит главную станцию управления, пять станций слежения, сеть государственных и частных станций слежения за ИСЗ, которые выполняют наблюдения для уточнения параметров атмосферы и траекторий движения спутников.
- собственно GPS-приемники (аппаратура потребителей). После захвата сигнала спутника аппаратура приемника переводится в режим слежения, т.е. поддерживается синхронизм между принимаемым и опорным сигналами. Процедура синхронизации может выполняться:
  - по C/A-коду (одночастотный кодовый приемник),
  - по P – коду (двухчастотный кодовый приемник),
  - по C/A-коду и фазе несущего сигнала (одночастотный фазовый приемник),
  - по P - коду и фазе несущего сигнала (двухчастотный фазовый приемник).

Используемый в GPS-приемнике способ синхронизации сигналов является едва ли не важнейшей его характеристикой.

## ТЕМА 10. КЛАВИАТУРА, МЫШЬ, ДИГИТАЙЗЕР, КОМБИНИРОВАННЫЙ ВВОД

### 114. Конструкция и принцип действия клавиатуры. Различные клавишные механизмы. Интерфейсы подключения клавиатуры.

Клавиатура – клавишное устройство управления персональным компьютером.

**Конструкции клавиатуры:**

- Пленочные клавиатуры. При нажатии на клавишу происходит изменение сопротивления расположенного между контактами клавиши слоя, который из изолятора превращается в проводник.

- Коммутационная панель. Отличается от пленочной клавиатуры конструкцией слоя электрической разводки кнопок, которая выполняется на печатной плате.

#### **Клавишные механизмы:**

- Мембранные. При нажатии клавиш замыкаются две мембраны. Возврат клавиш осуществляется резиновым куполом. Наиболее популярны: низкая стоимость, низкий уровень шума при работе. Они достаточно герметичны, что важно при попадании влаги.
- Гибкие клавиатуры разновидностью мембранных клавиатур. Отсутствует жесткий корпус. Устойчивы к воздействию влаги и жидкости. Практически бесшумные.
- Механические клавиатуры. Клавиши возвращаются в исходное положение пружиной. Контакты металлические или позолоченные. Надежны и долговечны, рассчитаны на 50-100 млн нажатий. Недостатки: высокая стоимость, шум при нажатии клавиш и не герметичны.
- Полумеханические клавиатуры. Имеют долговечные металлические контакты. Клавиши возвращаются резиновым куполом. Достаточно герметичны, низкий уровень шума.

**Контроллер клавиатуры** - находится непосредственно в ее корпусе рядом с клавишами. Обычно он выполняется на базе Intel 8048.

Скан-код - это однобайтовое число, младшие 7 бит которого представляют идентификационный код, присвоенный каждой клавише. Старший бит кода говорит о том, нажата ли клавиша (бит=1).

Для подключения клавиатуры предназначен последовательный синхронный двунаправленный интерфейс, состоящий из двух обязательных сигналов KB-Data и KB-Clock. Обе линии на системной плате подтягиваются резисторами к шине +5 В.

#### **Интерфейс подключения:**

- AT (5 pin) – DIN большая розетка
- PS/2 (6 pin) – DINmicro маленькая розетка
- USB
- Беспроводные

Для подключения клавиатуры предназначен последовательный синхронный двунаправленный интерфейс, состоящий из двух обязательных сигналов KB-Data и KB-Clock. Обе линии на системной плате подтягиваются резисторами к шине +5 В.

## **115. Конструкция и принцип действия манипулятора типа “мышь”. Классификация. Интерфейсы подключения координатных устройств.**

**Мышь** – устройство управления манипуляторного типа.

#### **Принцип действия.**

Мышь не является стандартным органом управления, и ПК не имеет для нее выделенного порта. Для мыши нет и постоянного выделенного прерывания, а BIOS не содержат программных средств для обработки прерываний мыши. Поэтому она нуждается в драйвере. Драйвер устанавливается либо при первом подключении мыши, либо при установке ОС компьютера. Для работы с ней используют один из стандартных портов, средства для работы с которыми имеются в составе BIOS. Драйвер мыши предназначен для интерпретации сигналов, поступающих через порт. Кроме того, он обеспечивает механизм передачи информации о положении и состоянии мыши.

#### **Интерфейсы подключения:**

- COM-port (9 – , 25 – pin). Мышь с последовательным интерфейсом.
- PS/2 (6 pin mini-DIN). Адаптер и разъем PS/ 2-Mouse устанавливаются на многих современных (уже старых) системных платах
- USB
- Беспроводные

#### По принципу действия:

- Оптико-механическая мышь. Состоит из следующих основных элементов. В нижней плоскости корпуса мыши находится отверстие, которое открывается поворотом пластмассовой шайбы. Под шайбой находится шарик диаметром 1,5 — 2 см, изготовленный из металла с резиновым покрытием. В непосредственном контакте с шариком находятся валики. На осях валиков установлены диски с прорезями, которые вращаются между двумя пластмассовыми цоколями. На одном цоколе находится источник света, а на другом — фото- чувствительный элемент.
- Оптическая мышь функционирует аналогично оптико-механической мыши, отличаясь тем, что ее перемещение регистрируется оптическим датчиком. Способ регистрации перемещения заключается в том, что оптическая мышь посылает луч на специальный коврик и обрабатывает отражённый.

## 116. Устройства ввода координат (графический планшет, перо, игровые устройства).

**Графический планшет** — это перьевое устройство, предназначенное для ввода информации в компьютер для последующей работы. Говоря другими словами, графический планшет — это электронный лист бумаги и ручка, с помощью которых можно выполнять различные манипуляции с информацией в различных программах.

Характеристики:

- чувствительность к наклону пера;
- программируемые клавиши;
- сенсорное кольцо с переключением режимов;
- размер планшета;

и так далее.

Область применения:

- дизайн;
- графика;
- обучение;
- 3D-моделирование;

и так далее.

**Стилус** - это многофункциональное электронное перо для управления и навигации.

**Цифровая ручка** – это устройство ввода информации, фиксирующее рукописные символы и рисунки пользователя и оцифровывающее их.

Цифровые ручки, как правило, обладают большей функциональностью, нежели стилусы. В отличие от них, устройства снабжены внутренней электроникой и обладают такими функциями, как сенсорная чувствительность, функциональные кнопки, встроенная память, Bluetooth, и электронный ластик, возможность использования вместо мыши или в качестве указки. Некоторые модели входят в комплектацию графических планшетов, другие используют технологию Aoto, позволяющую делать записи на цифровой бумаге или другой поверхности, например, на доске.

Основное преимущество цифровых ручек над другими устройствами ввода — возможность вводить текст привычным для человека образом — рукописным. Если устройство используется автономно от компьютера, записи сохраняются во внутренней памяти.

Существует две разновидности цифровых ручек, принципиально различающиеся по принципу работы:

- оптические цифровые ручки;
- координатные цифровые ручки.

Первые отличаются наличием встроенной в тело ручки видеокамеры, с помощью которой распознаются и запоминаются в памяти линии, которые пользователь проводит по бумаге. Обычно для использования оптических цифровых ручек нужна специальная бумага с нанесенными на неё маркерами или метками. Координатные ручки определяют и запоминают абсолютные координаты линий на листе, относительно приёмника. Поэтому при подключении к порту компьютера большинство из координатных ручек можно использовать в качестве простого графического планшета.

Вследствие более простого устройства координатных цифровых ручек по сравнению с оптическими они более дешёвы и в настоящее время более популярны.

**Джойстик** — незаменимое устройство ввода в области компьютерных игр.

Создавался джойстик для использования на специальных военных тренажерах и имитировал устройство управления какой-либо военной техникой.

Цифровые джойстики, как правило, применяются в игровых приставках и в игровых компьютерах.

Любой джойстик состоит из двух элементов: координатной части — ручки или руля, перемещение которой меняет положение виртуального объекта в пространстве, и функциональных кнопок. Число кнопок может быть от трех до восьми, и большинству из них, кроме главной кнопки «Огонь», можно в зависимости от игры присваивать разные значения: смена оружия, коробка скоростей и т.д.

Для ПК в качестве устройства ввода (управления) в основном применяются аналоговые джойстики, но также существуют цифровые.

- Использование цифрового джойстика требует установки в компьютер специальной карты или применения переходника с одного разъема на другой. Цифровой джойстик реагирует в основном на положение управляющей ручки (влево, вправо, вверх, вниз) и статус кнопки «огонь».

- Аналоговый джойстик имеет существенное преимущество перед цифровым. Аналоговые джойстики регистрируют минимальные движения ручки управления, что обеспечивает более точное управление.

## ТЕМА 11. ПАРАЛЛЕЛЬНЫЙ ИНТЕРФЕЙС IEEE 1284

### 117. Интерфейс Centronics. Характеристики, принцип действия, сигналы, протокол. Особенности применения.

**Centronics** — параллельный (8 бит), симплексный интерфейс с побайтной передачей данных со скоростью до 150 КБ/сек предназначенный для подсоединения механических печатающих устройств. В 1994 году появился стандарт IEEE1284, где определялось три вида портов:

- SPP (Standard Parallel Port) — изначально был разработан для вывода данных на линейный принтер.
- EPP (Enhanced Parallel Port) эффективен при работе с устройствами внешней памяти, адаптерами локальных сетей;
- ECP (Extended Capability Port) — эффективен для принтеров и сканеров, программаторов.

**Сигналы:**

- Data0-Data7 — информационные линии
- Strobe# - стробирование (наличие валидных данных Data0-7).
- AutoLF# - сигнал авто-перевода строки.
- SelectIn# - сигнал использования интерфейса Centronics.
- Init# - инициализация
- Ack# - подтверждение от принтера (запрос на прием следующего).

- Busy – занято.
- PE (Paper End) – нет бумаги .
- Select – принтер включен
- Error# – ошибка принтера: конец бумаги, состояние OFF-Line или внутренняя ошибка принтера
- Итого 8 линий данных, 5 – состояния принтера и 4 управляющих сигнала.
- SltIn# – выбор принтера. При высоком уровне принтер не воспринимает остальные сигналы интерфейса
- GND – общий провод интерфейса

Благодаря параллельности интерфейс применялся для высокоскоростных периферийных устройств (принтеры, сканеры). Топология: точка-точка. Используется логика TTL, нет гальванической развязки. Традиционный порт SPP является однонаправленным портом, на базе которого программно реализуется протокол обмена Centronics. Предусматривает передачу 8 бит от компьютера к принтеру с полностью программным управлением – записью данных в выходной регистр и стробированием. Возможна выдача прерывания по сигналу подтверждения от принтера, выдаваемого для каждого байта. Имеется также полубайтный режим (Nibble, или Bitronics), в котором половина информационных линий используется на прием. Использование механизма SPP требует «ручного» выставления строга, следовательно, на вывод байта нужно 5 запросов к портам (чтение Status Register, чтение Control R, запись Control R, запись Data R, чтение Control R).

- Регистр DR – регистр данных.
- Регистр SR – отображение состояния входных линий плюс бит прерывания – регистр состояния (5-битный порт ввода сигналов состояния принтера).
- Регистр CR – регистр управления (4-битный порт вывода). Как и регистр данных, он допускает запись и чтение.

## 118. Стандарт IEEE 1284-1994. Физический и электрический интерфейс. Требования к передатчикам и приемникам.

Определяет несколько новых режимов работы порта LPT, в том числе двунаправленные и аппаратно управляемые. Параллельный.

IEEE 1284 определяет два уровня интерфейсной совместимости:

- Первый уровень (Level I) определен для устройств, не претендующих на высокоскоростные режимы обмена, но использующих возможности смены направления передачи данных.
- Второй уровень (Level II) определен для устройств, работающих в расширенных режимах, с высокими скоростями и длинными кабелями.

**К передатчикам предъявляются следующие требования:**

- - уровни сигналов без нагрузки не должны выходить за пределы  $-0,5...+5,5$  В;
- - уровни сигналов при токе нагрузки 14 мА должны быть не ниже +2,4 В для высокого уровня и не выше +0,4 В для низкого уровня на постоянном токе;
- - выходной импеданс, измеренный на разъеме, должен составлять  $50(\pm)5$  Ом. Для обеспечения заданного импеданса в некоторых случаях используют последовательные резисторы в выходных цепях передатчика.
- - скорость нарастания (спада) импульса должна находиться в пределах 0,05-0,4 В/нс.

**Требования к приёмникам:**

- - допустимые пиковые значения сигналов  $-2,0...+7,0$  В (выдерживаемые без разрушений и ошибок в работе);
- - пороги срабатывания должны быть не выше 2,0 В для высокого уровня и не ниже 0,8 В для низкого;
- - приемник должен иметь гистерезис в пределах 0,2-1,2 В

- - входной ток микросхемы (втекающий и вытекающий) не должен превышать 20 мкА, входные линии соединяются с шиной питания +5 В резистором 1,2 кОм;
- - входная емкость не должна превышать 50 пФ.

## 119. Режимы SPP, полубайтного ввода, двунаправленного байтного ввода, EPP, ECP. Согласование режимов.

**SPP** - стандартный порт SPP (Standard Parallel Port) является однонаправленным портом.

Предусматривает передачу 8 бит от компьютера к принтеру с полностью программным управлением – записью данных в выходной регистр и стробированием. Возможна выдача прерывания по сигналу подтверждения от принтера, выдаваемого для каждого байта. Используется протокол Centronics. Режимы:

- Compatibility mode – режим SPP – однонаправленный по протоколу Centronics
- Nibble mode – полубайтный – ввод байта в два цикла (по 4 бита), используя для приема линии состояния.
- Byte mode – побайтный обмен, используя для приема линии данных, направление задается битом 5 в регистре CR .
- EPP (Enhanced Parallel Port) mode – режим двунаправленного обмена данными с аппаратной генерацией управляющих сигналов интерфейса во время цикла обращения к порту.
- ECP (Extended Capability Port) mode – режим двунаправленного обмена данными с возможностью аппаратного сжатия данных по методу RLE (Run Length Encoding) и использования FIFO-буферов и DMA. Управляющие сигналы интерфейса генерируются аппаратно.

**Полубайтный режим ввода:** Полубайтный режим предназначен для двунаправленного обмена и может работать на всех стандартных портах. Порты имеют 5 линий ввода состояния, используя которые ПУ может посылать в хост байт тетрадами (nibble — полубайт, 4 бита) за два приема.

**Двунаправленный байтный режим:** Порт может переключаться в режим приема, а не передачи, и линии Data используются устройством для передачи данных. Также используется квитирование передачи, и кроме того, сигнал Strobe используется как запрос на следующий байт. Формирование всех выходных сигналов выполняется программно.

**Режим EPP:** Предназначен для повышения производительности обмена по параллельному порту. Использует аппаратное управление сигналами. Имеются сигналы выбора направления передачи (Strobe), стробирования для передачи данных и адресов, квитирования от устройства (Busy), прерывания от устройства.

**Режим ECP:** режим двунаправленного обмена данными с возможностью аппаратного сжатия данных по методу RLE (Run Length Encoding) и использования FIFO-буферов и DMA. Управляющие сигналы интерфейса генерируются аппаратно. В обоих направлениях обеспечивает два типа циклов: Циклы записи и чтения данных, Командные циклы записи и чтения.

**Согласование режимов:** ПУ в стандарте IEEE 1284 обычно не требуют от контроллера реализации всех предусмотренных этим стандартом режимов. Для определения режимов и методов управления конкретным устройством стандарт предусматривает последовательность согласования (negotiation sequence).

1. Хост выводит байт расширяемости на линии данных.
2. Хост устанавливает сигналы начала последовательности согласования.
3. ПУ устанавливает определённые сигналы. Устройство, «не понимающее» стандарта 1284, ответа не даст, и дальнейшие шаги не выполняются.
4. Хост устанавливает сигналы для записи байта расширяемости в ПУ.
5. ПУ отвечает, если ПУ имеет обратный канал передачи данных.
6. ПУ устанавливает сигнал, указывающий на завершение последовательности согласования, после чего контроллер задает требуемый режим работы.



# ТЕМА 12. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫЕ ИНТЕРФЕЙСЫ RS-232, USB, IEEE 1394, BLUETOOTH, WIFI

## 120. Интерфейс RS-232-C. Протокол, формат асинхронной посылки, физический интерфейс, разъемы. Программная модель, порт COM.

**RS-232** (Recommended Standard 232) — предназначен для подключения аппаратуры, передающей или принимающей данные (ООД — оконечное оборудование данных, или АПД — аппаратура передачи данных; DTE — Data Terminal Equipment), к оконечной аппаратуре каналов данных (АКД; DCE — Data Communication Equipment). В роли АПД может выступать компьютер, принтер, плоттер и другое периферийное оборудование. В роли АКД обычно выступает модем. Конечной целью подключения является соединение двух устройств АПД. В настоящее время практически вытеснен интерфейсом USB.

**Ассинхронный режим:** Интерфейс RS-232c в асинхронном режиме использует только две линии для обмена данными. Формат посылки — сначала старт-бит («0»), далее один символ (часто — байт), и в конце стоп-бит («1»). Обрыв линии регистрируется как старт-бит без стоп-бита, что приводит к ошибке. Между стоп-битом и старт-битом следующей посылки возможна произвольная пауза.

**Разъемы:** два вида разъемов — DB-25 и DB-9, в первом предусмотрены контакты для синхронного режима, которые обычно не используются.

**Программная модель, порт COM:**

Порт COM точка подключения к компьютеру коммуникационного устройства (модема) или периферийного устройства. Реализуется порт COM посредством приемопередатчиков UART с регистрами, отображенными на пространство портов вв, и интерфейса RS-232c, усеченного до одного асинхронного варианта.

## 121. Интерфейс USB. Архитектура, топология, характеристики. Уровни протокола, форматы пакетов, режимы обмена.

**USB** (Universal Serial Bus — универсальная последовательная шина). В основе архитектуры USB лежит принцип централизованного управления всей сетью подключенных устройств со стороны одного контроллера, за которым стоит хост-система. Хост-контроллер, с одной стороны, обслуживает набор устройств, с другой — обслуживает набор прикладных программных процессов. Шина USB обеспечивает централизованное планирование и распределение трафика между подключенными устройствами, их обнаружение, инициализацию, «горячее» подключение/отключение, надежный обмен данными, приоритетный трафик для важной информации, а также питание и управление энергопотреблением.

**Логическая топология USB** — звезда, которым управляет единственный инициатор обмена хост-контроллер: для хост контроллера хабы создают иллюзию непосредственного подключения каждого устройства.

Физическая топология — многоуровневая звезда с хост-контроллером в центре.

**Пропускная способность:**

- Low Speed (LS) — 1.5 Мбит/с
- Full Speed (FS) — 12 Мбит/с
- High Speed (HS, начиная с 2.0) — 480 Мбит/с
- Super Speed (SS, начиная с 3.0) — 5 Гбит/с

**Уровень протокола:** Обмен данных происходит пакетами, которые образуют транзакции. Транзакция обычно состоит из трех пакетов: маркерного, данных, квитирования. Транзакция обеспечивает однократный обмен данными между хостом и конечной точкой устройства.

В свою очередь транзакции включены в кадр(Frame). Начала кадра и номер кадра передаются специальным пакетом(SOF) каждую 1 ms.

**Формат пакетов:**

Пакета любого типа состоит из следующих полей:

- Sync – 8 бит синхронизации (или 32 в режиме HS)
- PID – 4-битный тип пакета
- Check – инверсный PID, для контроля
- EOP – 2 бита, конец пакета.

Пакет – маркер содержит также: Addr - адрес (лог. номер) устройства(7 бит), EndP - номер EP (4 бита), CRC (5 бит).

Пакет данных содержит также: Data - блок данных, размер зависит от типа транзакции,  $8 \cdot n$  и CRC

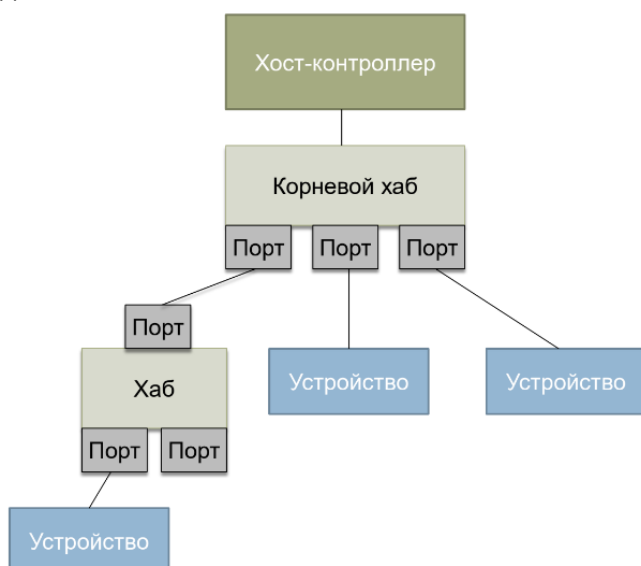
**Режимы обмена:**

Управляющие посылки (control transfers) используются для конфигурирования устройств во время их подключения и для управления устройствами в процессе работы. Протокол обеспечивает гарантированную доставку данных.

Передачи массивов данных (bulk data transfers) — это передачи без каких-либо обязательств по задержке доставки и скорости передачи. Передачи массивов могут занимать всю полосу пропускания шины, свободную от передач других типов. Приоритет этих передач самый низкий, они могут приостанавливаться при большой загрузке шины. Доставка гарантированная — при случайной ошибке выполняется повтор.

Прерывания (interrupts) — короткие передачи, которые имеют спонтанный характер и должны обслуживаться не медленнее, чем того требует устройство.

Изохронные передачи (isochronous transfers) — непрерывные передачи в реальном времени, занимающие предварительно согласованную часть пропускной способности шины с гарантированным временем задержки доставки.



## 122. Физический интерфейс USB, кабели и разъемы. Хаб USB.

Интерфейс USB является асинхронным, передача данных ведется по одной паре линий (D+ и D-). Вторая пара (GND и Vbus) предназначена для питания (+5В, до 500 мА).

Разъемы имеют один из двух типов:

- «А» - порт подключения устройства или хаба к нисходящему порту

- «В» - порту подключения кабеля к устройству или восходящему порту
- Mini-A, Mini-B – уменьшенные варианты разъемов
- Mini-AB – гнездо порта USB OTG, допускает подключение и как хоста, и как устройства

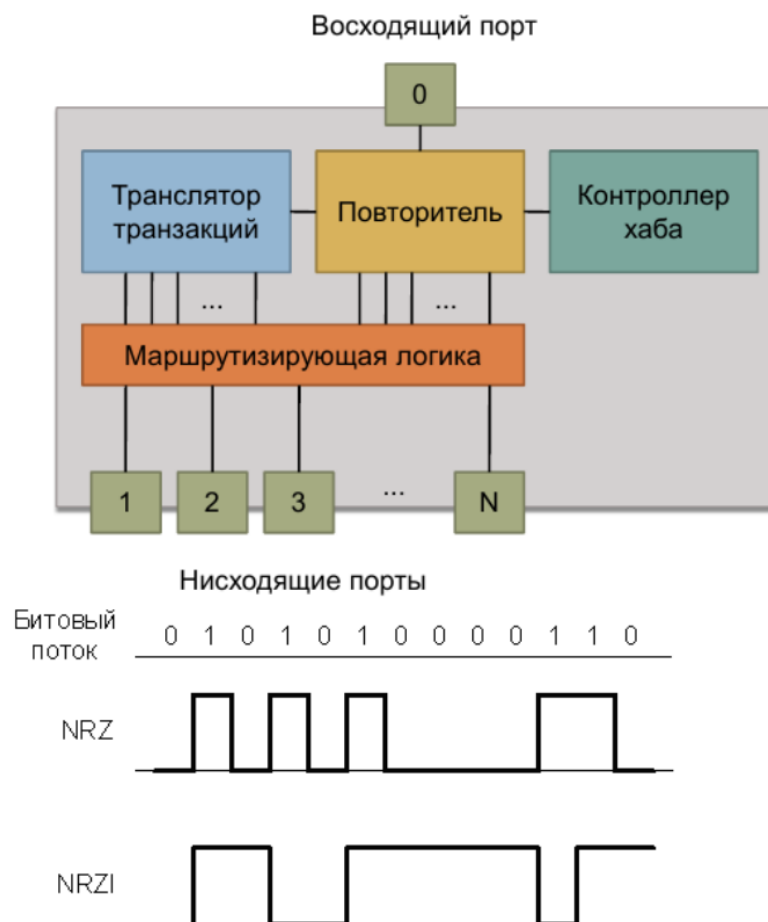
Кодирование NRZI – при передаче нулевого бита состояние сигнала меняется на противоположное; при передаче единичного – не меняется.

Хаб является частью хоста, отдельным внешним устройствам либо частью внешнего устройства.

В рамках шины USB концентратор(хаб) выполняет функции:

- физическое подключение устройств к хосту;
- трансляция трафика от хоста к устройству и наоборот;
- объединение сегмента шины, в том числе работающих на разных скоростях;
- отслеживание состояния устройств, сообщение хосту о их подключении/отключении;
- контроль за работой устройств, изоляция неисправных;
- питание устройств, их приостановка и возобновление работы.

**Структура хаба:**



NRZI – при поступлении 1 – смена знака, при поступлении 0 - сохранение

## 123. Интерфейс USB. Контрольная сумма CRC. Алгоритм вычисления CRC. Перспективы развития. (Интерфейс USB OTG. Беспроводной интерфейс Wireless USB)

Протокол USB использует циклический избыточный код (CRC, Cyclic Redundancy Checksums) для защиты полей пакета. CRC-контроль является более мощным методом обнаружения ошибок и используется для обнаружения ошибок на уровне блоков данных. Он основан на делении и умножении многочленов. В

определенном смысле CRC-контроль является алгоритмом хэширования, который отображает (хэширует) элементы большого набора на элементы меньшего набора.

**Образующий полином** есть двоичное представление одного из простых множителей, на которые раскладывается число  $x^n - 1$ , где  $x^n$  обозначает единицу в  $n$ -м разряде,  $n$  равно числу разрядов кодовой группы. Так, если  $n = 10$  и  $x = 2$ , то  $x^n - 1 = 1023 = 11 \cdot 93$ , следовательно  $P(x) = 11$  или в двоичном коде 1011.

#### Алгоритм вычисления CRC

- Выбрать полином  $P(x)$ , в результате автоматически становится известной его степень  $N$ .
- К исходной двоичной последовательности  $S$  добавить  $N$  нулевых битов. Это добавление делается для гарантированной обработки всех битов исходной последовательности.
- Выполнить деление двоичной последовательности  $S$  на полином  $P(x)$  по правилам CRC-арифметики. Запомнить остаток, который и будет являться CRC.
- Сформировать окончательное сообщение, которое будет состоять из двух частей: собственно сообщения и добавленного в его конец значения CRC.

#### Перспективы развития USB

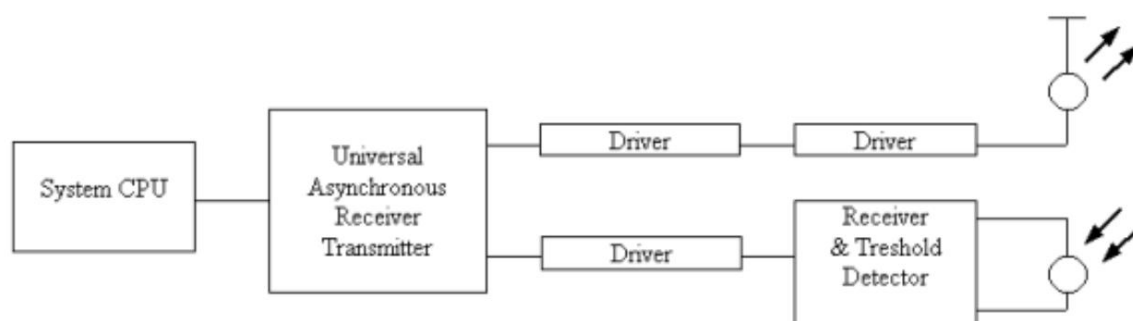
В настоящее время интерфейс развивается в трех направлениях.

- Wireless USB - то есть способность передавать USB-протокол через беспроводное подключение. В основе лежит стандарт технологии UWB (Ultra Wideband). UWB не является обособленной технологией, а работает поверх существующих стеков, таких как Bluetooth.
- Развитие скорости проводного подключения путем внедрения Hi-Speed USB. Ныне существующий USB 2 и есть Hi-Speed USB. Цель направления – сделать USB единственным, самым удобным и скоростным протоколом в будущих PC и полностью заменить им остальные, такие как SCSI или IDE.
- USB называется On-The-Go. Принцип в том, чтобы два периферийных устройства, связывались посредством USB без участия компьютера. Помимо интеллектуальности самих устройств, On-The-Go включает и требования по низкому энергопотреблению.

## 124. Интерфейс IrDA. Архитектура, принцип действия, характеристики. Протоколы обмена.

При передаче данных протокол IrDA обеспечивает пропускную способность от 4 до 16 Мбит/сек. Более высокая скорость достигается с помощью протокола Very Fast Infrared (VFIR). Используется источник света (850–900 нм с 880 нм пиком) и фотодатчик, последовательный порт.

*Архитектура порта IrDA*



Сам порт IrDA основан на архитектуре коммуникационного COM-порта ПК, который использует универсальный асинхронный приемо-передатчик UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter). Подключение «точка – точка».

Взаимодействие устройств происходит на небольшом расстоянии и при условии "прямой видимости". В домашнем компьютере на большинстве материнских плат имеется разъем для подключения ИК-порта (сам порт продается отдельно), скорость передачи в данном случае почти такая же, как и у RS-232C (от 2,4 до 115 Кбит/сек).

**IrDA SIR** (Serial InfraRed) — для скоростей 2,4-115,2 Кбит/с используется стандартный асинхронный режим передачи (как в COM-портах): старт-бит (нулевой), 8 бит данных и стоп-бит (единичный).

**ASK IR** — для скоростей 9,6-57,6 Кбит/с также используется асинхронный режим, но кодирование иное: нулевой бит кодируется посылкой импульсов, единичный — отсутствием импульсов.

**IrDA HDLC** — для скоростей 0,576 и 1,152 Мбит/с используется синхронный режим передачи и кодирование, аналогичное протоколу SIR. Формат кадра соответствует протоколу HDLC, начало и конец кадра отмечаются флагами 01111110, внутри кадра эта битовая последовательность исключается путем вставки битов (bit stuffing).

**IrDA FIR** (IrDA4PPM) — для скорости 4 Мбит/с также применяется синхронный режим, но кодирование несколько сложнее. Здесь каждая пара смежных битов кодируется позиционно-импульсным кодом: 00 → 1000, 01 → 0100, 10 → 0010, 11 → 0001 (частота переключения светодиода в 2 раза меньше)

## 125. Интерфейс IEEE 1394. Архитектура, топология, характеристики. Уровни протокола, форматы пакета, режимы обмена. Протокол самоконфигурирования. Программные интерфейсы.

Архитектура IEEE 1394 позволяет организовывать сети, состоящие из одной или нескольких (до 1023) шин. К шинам IEEE 1394 подключаются физические устройства, которые должны иметь по крайней мере один порт. Физическое устройство может иметь сложную внутреннюю структуру.

**Физическая топология** – звезда, цепочка, дерево с ограничениями по длине 4,5 м, количеству сегментов 16 и количеству устройств 63.

**Логическая топология** – шина.

- IEEE 1394-1995 – скоростные режимы 100, 200, 400 Мбит/с.
- IEEE 1394-2002 – скоростные режимы 800, 1600, 3200 Мбит/с.

**Уровни протоколов:**

- уровень PHY отвечает за подключение к шине, конфигурирование при инициализации, арбитраж, кодирование/декодирование сигналов состояния и потоков данных, трансляцию трафика между доступными портами, питание и пр.
- уровень LINK выполняет формирование пакетов, проверяет форматы и контрольные суммы, выполняет адресацию по адресу узла или номеру изохронного канала
- уровень транзакций отвечает за доступ к регистрам и памяти других узлов сети со стороны ПО и драйверов, организует исправление ошибок (повторы).
- отдельный уровень управления шиной реализуется через доступ ко всем трем уровням.

**Формат пакета:**

- 64-битный адрес назначения, включающий номер шины (10 бит), номер узла (6 бит), адрес в пространстве узла (48 бит)
- номер источника (16 бит)
- тэг транзакции, код повтора, тип пакета
- длина блока данных в байтах
- код CRC для заголовка
- блок данных
- код CRC для блока данных (32 бита)

**Режимы передачи:**

- синхронные
- асинхронные
- изохронные

**Протокол самоконфигурирования:**

Конфигурация шины происходит при добавлении/удалении узла, обнаружении зависания или по программному запросу.

- сброс шины
- идентификация дерева (построение логической топологии, каждый порт получает свой статус родительский или дочерний)
- самоидентификация (каждый узел по запросу корня присваивает себе номер)

Программный интерфейс описывается стандартом OHCI 1394 (Open Host Controller Interface) описывает программную модель контроллера 1394.

## 126. Интерфейс IEEE 1394. Синхронная передача. Асинхронные транзакции (субакции). Пакеты. Изохронные передачи. Арбитраж. Физический интерфейс, разъемы и кабели. Протоколы обмена.

**Синхронная передача:**

Отправитель просит предоставить синхронный канал. Идентификатор синхронного канала передается вместе с данными пакета. Получатель проверяет идентификатор канала и принимает только те данные, которые имеют определенный идентификатор. Может быть организовано до 64 синхронных каналов. Шина конфигурируется таким образом, чтобы передача кадра начиналась во время интервала синхронизации. В начале кадра располагается индикатор начала.

**Асинхронная транзакция:****Предусматривают три типа операций:**

- чтение – данные передаются от ответчика к запросчику
- запись – данные передаются от запросчика к ответчику
- блокированные операции (чтение-модификация-запись), не позволяющие вклиниваться другим узлам в процессе выполнения

Асинхронная транзакция состоит из двух субакций (шагов исполнения) – запроса и ответа, между которыми могут возникать другие транзакции.

Субакция состоит в общем случае из:

- арбитража (по тому или иному механизму)
- префикса начала данных
- пакета данных
- префикса окончания данных
- зазора (gap) – интервала простоя шины
- префикса данных квитанции
- пакета квитанции
- префикса окончания данных

**Пакет данных асинхронной транзакции включает:**

- 64-битный адрес назначения, включающий номер шины (10 бит), номер узла (6 бит), адрес в пространстве узла (48 бит)
- номер источника (16 бит)
- тэг транзакции, код повтора, тип пакета
- длина блока данных в байтах
- код CRC для заголовка
- блок данных
- код CRC для блока данных (32 бита)

Изохронные транзакции выполняются в специальном периоде цикла шины, имеют приоритет перед асинхронными передачами. Пакеты идут широковещательно, вместо адреса и других атрибутов заголовка имеется только номер канала (6 бит). Распределением изохронных каналов занимается диспетчер изохронных ресурсов, роль которого берет на себя один из узлов в процессе конфигурации шины. Стандарт 1394 предусматривает два режима сигнализации – DS (data & strobe) и 8b10b (бета-режим); в последнем случае помимо медного электрического допустим и оптический интерфейс. Режим бета доступен начиная с версии 1394b. Интерфейс DS представляет собой две дифференциальные сигнальные пары (А и В), соединенные в кабеле перекрестно, и пару проводов питания. Разъемы 6 пиновый и 4 пиновый.

Протоколы обмена:

- асинхронный
- изохронный
- синхронный

## 127. Интерфейс Thunderbolt. Архитектура, топология, характеристики. Физический интерфейс. Перспективы развития.

Интерфейс Thunderbolt разработан компаниями Intel и Apple для передачи данных, видео и питания через один универсальный порт. Вот основные аспекты этого интерфейса:

### Архитектура:

Поддержка протоколов: Thunderbolt объединяет интерфейсы DisplayPort и PCI Express в одном кабеле, что позволяет передавать данные и видео высокого разрешения через один порт.

Концепция daisy chaining: Thunderbolt поддерживает топологию "daisy chaining", позволяя подключать несколько устройств к одному порту с помощью специальных кабелей. Это позволяет создавать цепочки устройств, не теряя производительности.

Топология:

Daisy chaining: Возможность подключать несколько устройств к одному порту с помощью специальных кабелей. Один порт может быть подключен к другому, образуя цепочку устройств.

Point-to-point соединения: Помимо daisy chaining, Thunderbolt поддерживает точечное соединение, позволяя прямое подключение устройства к компьютеру.

Характеристики:

Высокая скорость передачи данных: Интерфейс Thunderbolt обычно поддерживает очень высокие скорости передачи данных. Например, Thunderbolt 3 может достигать скорости до 40 Гбит/с.

Поддержка видео высокого разрешения: Thunderbolt позволяет передавать видео с разрешением до 4K и выше через один кабель.

Подача питания: Некоторые версии Thunderbolt также поддерживают передачу энергии, что позволяет заряжать устройства через тот же кабель, используемый для передачи данных.

### Физический интерфейс:

Разъемы: Обычно интерфейс Thunderbolt использует USB Type-C разъемы, что обеспечивает универсальность и совместимость с другими устройствами.

Кабели: Для соединения устройств используются специальные кабели, совмещающие интерфейсы DisplayPort и PCI Express.

### Перспективы развития:

Thunderbolt продолжает развиваться, причем новые версии увеличивают скорость передачи данных, расширяют функциональность и улучшают совместимость с другими стандартами. Так, Thunderbolt 4, представленный в 2020 году, предлагает улучшенные характеристики по сравнению с Thunderbolt 3, включая

повышенные требования к устройствам, чтобы обеспечить более высокую однородность и совместимость. Скорее всего, в будущем мы увидим дальнейший рост скоростей передачи данных и улучшение возможностей подключения и передачи энергии.

## 128. Интерфейс Bluetooth. Архитектура, принцип действия, характеристики. Стек протоколов. Перспективы развития.

Семейство стандартов IEEE 802.15 образует беспроводную сеть WPAN (Wireless Personal Area Network), которая обеспечивает беспроводную связь между различного типа устройствами на небольших расстояниях.

### **Стандарт Bluetooth IEEE 802.15.1.**

Система Bluetooth позволяет объединять в одну беспроводную пикосеть (piconet) от двух до восьми различных электронных устройств, таких как, например, сотовый телефон, беспроводная гарнитура, ноутбук, цифровой фотоаппарат, принтер, клавиатура и др., но общее количество объединяемых устройств (как результат объединения пикосетей) может достигать 71. (точка – много точек)

**Принцип действия** основан на использовании радиоволн. Радиосвязь Bluetooth осуществляется в ISM-диапазоне (Industry, Science and Medicine). В Bluetooth применяется метод расширения спектра со скачкообразной перестройкой частоты (Frequency Hopping Spread Spectrum, FHSS). Метод FHSS прост в реализации, обеспечивает устойчивость к широкополосным помехам, а оборудование недорогое.

Скорость каждого голосового канала – 64 Кбит/с в каждом направлении, асинхронного в асимметричном режиме – до 723,2 Кбит/с в прямом и 57,6 кбит/с в обратном направлениях или до 433,9 Кбит/с в каждом направлении в симметричном режиме.

При работе устройств Bluetooth используются специфические протоколы для Bluetooth и общие, которые используются в различных телекоммуникационных системах. Все они образуют стек протоколов Bluetooth. Все эти протоколы можно разделить на 4 слоя:

1. Корневые протоколы.
2. Протокол замены кабеля
3. Протокол управления телефонией
4. Заимствованные протоколы

## 129. Беспроводной интерфейс Wi-Fi. Архитектура, принцип действия, характеристики. Стек протоколов. Перспективы развития.

**Стандарт IEEE 802.11.** Технология Wi-Fi – беспроводной аналог стандарта Ethernet, на основе которого сегодня построена большая часть офисных компьютерных сетей.

802.11 a,n – частота вещания 5 ГГц, 802.11 b,g,n – 2,4 ГГц.

Обычно точка доступа состоит из приёмника, передатчика, интерфейса для подключения к проводной сети и программного обеспечения для обработки данных. После подключения вокруг точки доступа образуется территория радиусом 50-100 метров (её называют хот-спотом или зоной Wi-Fi), на которой можно пользоваться беспроводной сетью.

Для функционирования беспроводной сети используются радиоволны, как и для работы сотовых телефонов, телевизоров и радиоприемников. Обмен информацией по беспроводной сети во многом похож на переговоры с использованием радиосвязи. При этом происходит следующее.

- Адаптер беспроводной связи компьютера превращает данные в радиосигнал и передает их в эфир с применением антенны.



- Беспроводной маршрутизатор принимает и декодирует этот сигнал. Информация с маршрутизатора направляется по кабелю проводной сети.

Радиус действия 50-100 метров. Скорость передачи данных (теоретическая): a,b,g – 54 Мбит/с, n – 600 Мбит/с. Стек протоколов стандарта IEEE 802.11 соответствует общей структуре стандартов комитета 802, то есть состоит из физического уровня и канального уровня с подуровнями управления доступом к среде MAC (Media Access Control) и логической передачи данных LLC (Logical Link Control). Как и у всех технологий семейства 802, технология 802.11 определяется двумя нижними уровнями, то есть физическим уровнем и уровнем MAC, а уровень LLC выполняет свои стандартные общие для всех технологий LAN функции.

**WiMAX** – очень перспективное направление в развитии беспроводных технологий IEEE 802.16.

Характеристики технологии WiMAX во многом превосходят стандарт IEEE 802.11 в особенности в области вещания.