

Шины расширения

Материалы по дисциплине «Микропроцессорные системы»
Специальность «Компьютерные системы и комплексы»
Составитель: Торгашин Р.Г

ОГОУ СПО Борисоглебский индустриальный техникум

Обзор шин расширения

Шина расширения — компьютерная шина, которая используется на системной карте компьютеров или промышленных контроллеров, для добавления устройств (плат) в компьютер.

В процессе эволюции вычислительных систем шины расширения сменялись. Те, которые использовались ранее как основная магистраль для подключения устройств, становились второстепенными, уступая место новым. А затем исчезали из чипсетов и системных плат. Основной причиной такого замещения является увеличение производительности устройств и требований к скорости передачи данных.

Рассмотрим наиболее известные шины в хронологическом порядке.

ISA

ISA Bus (Industry Standard Architecture) — шина расширения, применявшаяся с первых моделей PC и ставшая промышленным стандартом. В компьютере XT использовалась шина с разрядностью данных 8 бит и адреса — 20 бит. В компьютерах AT ее расширили до 16 бит данных и 24 бит адреса. Конструктивно шина выполнена в виде двух щелевых разъемов с шагом выводов 2,54 мм (0,1 дюйма). В подмножестве ISA-8 используется только 62-контактный слот (ряды A, B), в ISA-16 применяется дополнительный 36-контактный слот (ряды C, D).

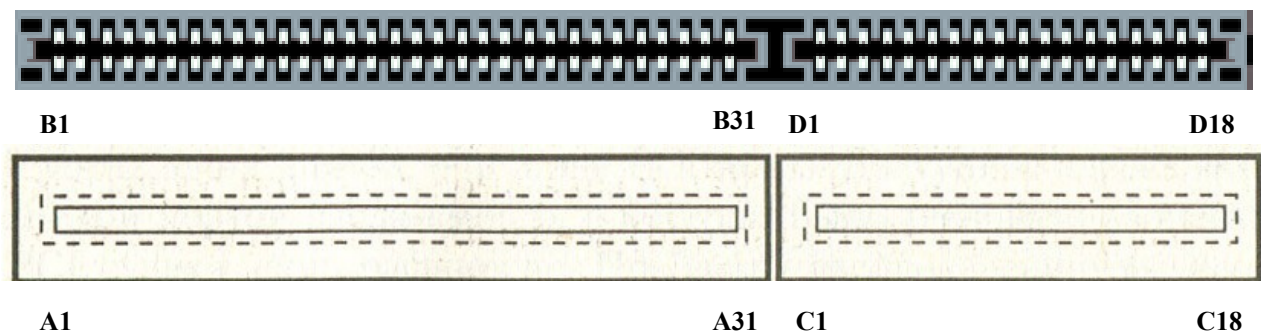


Рисунок 1 Разъем шины ISA

Шина ISA-8 может предоставить до 6 линий запросов прерываний, ISA-16 — 11. Часть из них могут «отобрать» устройства системной платы или шина PCI.

Шина ISA-8 позволяет использовать до трех 8-битных каналов DMA. На 16-битной шине доступны еще три 16-битных и один 8-битный канал.

Все перечисленные ресурсы шины должны быть бесконфликтно распределены.

Бесконфликтность подразумевает выполнение перечисленных ниже условий.

Каждое устройство-исполнитель должно управлять шиной данных только при чтении по его адресам или по используемому им каналу DMA. Области адресов, по которым выполняется чтение регистров различных устройств, не должны пересекаться.

Неиспользуемыми линиями запросов устройство управлять не имеет права, они должны электрически отсоединяться или подключаться к буферу, находящемуся в третьем состоянии. Одной линией запроса может пользоваться только одно устройство.

Задача распределения ресурсов для старых адаптеров решалась с помощью джамперов или DIP переключателей, затем появились программно конфигурируемые устройства, которые вытесняются автоматически конфигурируемыми платами PnP.

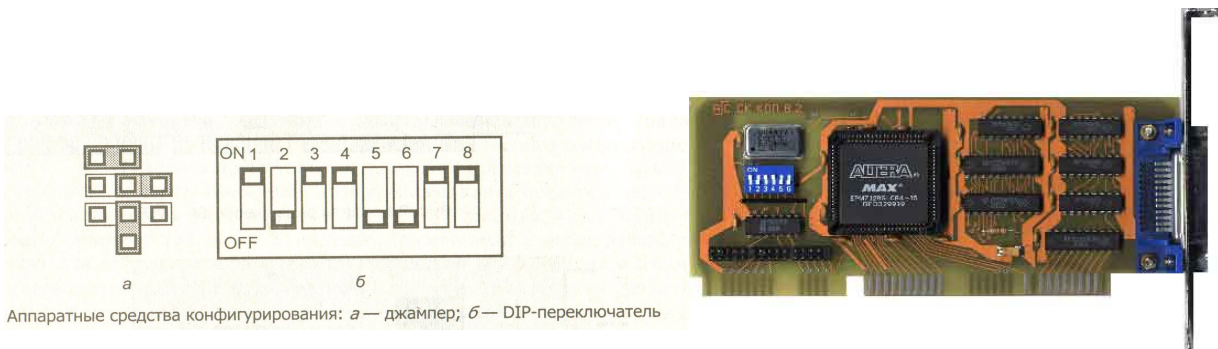


Рисунок 2 Аппаратные средства конфигурирования

Шина ISA выполняла роль основной шины подключения периферийных устройств

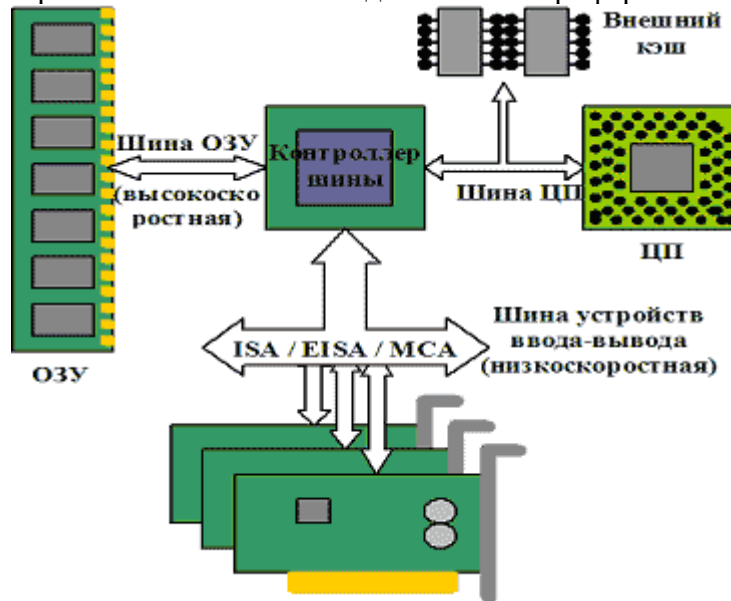


Рисунок 3 Структура системы на с шиной ISA



Рисунок 4 Платы с интерфейсами ISA-8 и ISA-16

EISA

EISA (Extended ISA) — 32-разрядном расширение ISA. Использует «двухэтажный» слот, позволяющий устанавливать и обычные карты ISA.

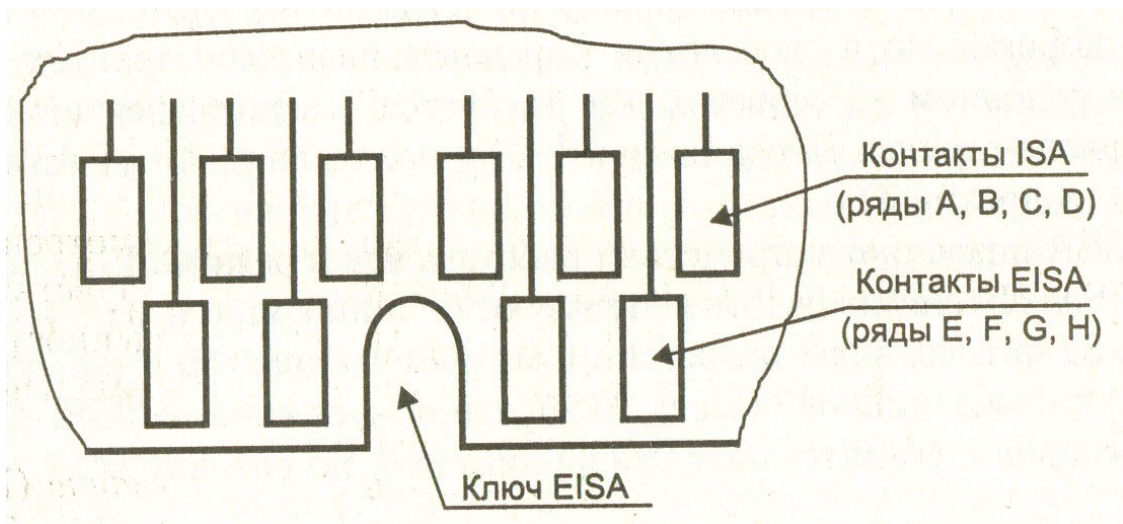


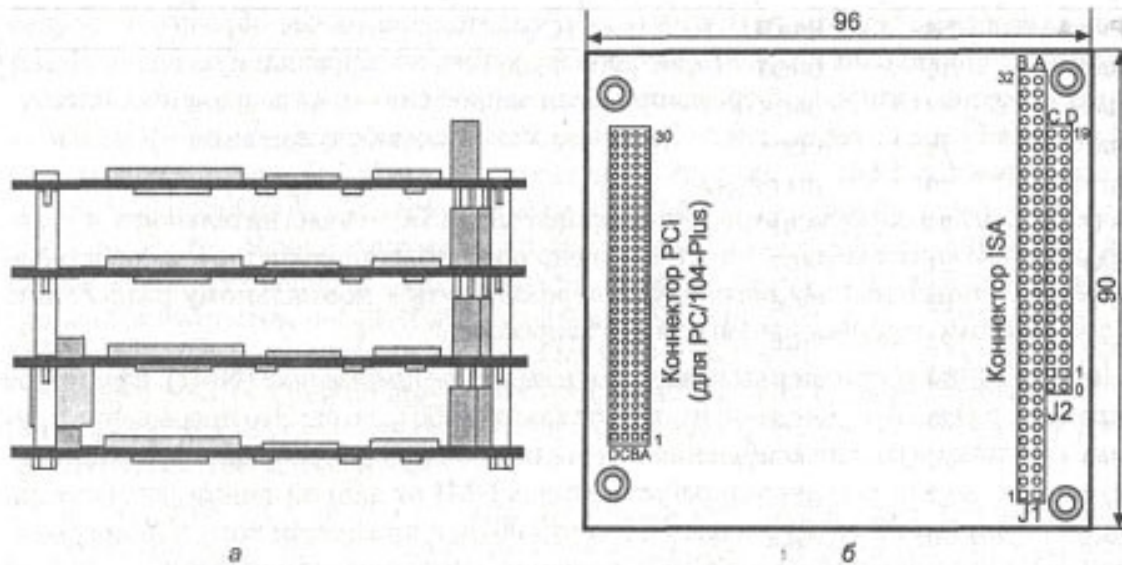
Рисунок 5 Контактные группы платы EISA



Рисунок 6 Плата с интерфейсом EISA

PC/104

PC/104, предназначенная для построения относительно несложных встраиваемых контроллеров, логически эквивалентна ISA. В ее названии 104 — число контактов коннектора, на который выводятся сигналы шины ISA. От ISA шина PC/104 отличается только типом коннектора и нагрузочными характеристиками линий: поскольку протяженность линий значительно сократилась, сигнальные цепи могут быть слаботочными. т данных и 24 бит адреса. Конструктивно шина выполнена в виде двух щелевых разъемов с шагом выводов 2,54 мм (0,1 дюйма). В подмножестве ISA-8 используется только 62-контактный слот (ряды A, B), в ISA-16 применяется дополнительный 36-контактный слот (ряды C, D).



Компьютер с шиной PC/104: а — стопка плат, б — расположение системных коннекторов

Рисунок 7 PC/104

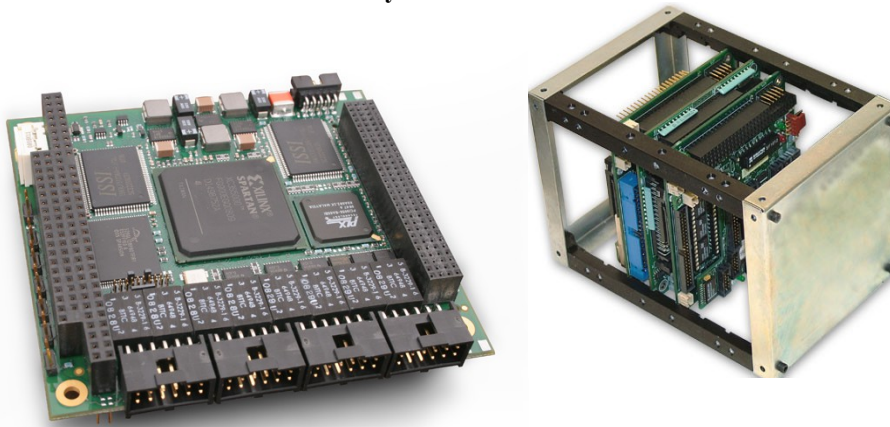


Рисунок 8 Плата с интерфейсом PC/104 и платы установленные в корпус

AMR и CNR

Слот AMR предназначался для звуковых карт и модемов. Разработан он был в рамках спецификации AC 97. На AMR-карту была вынесена аналоговая часть (кодеки и порты) звуковых адаптеров и модемов, а сам цифровой контроллер продолжал оставаться на системном чипсете. Слот обладал очень ограниченной функциональностью - поддерживал установку только одного вида устройств (либо только аудиокарта, либо только модем), не поддерживал Plug-n-Play и испытывал огромные трудности с совместимостью.

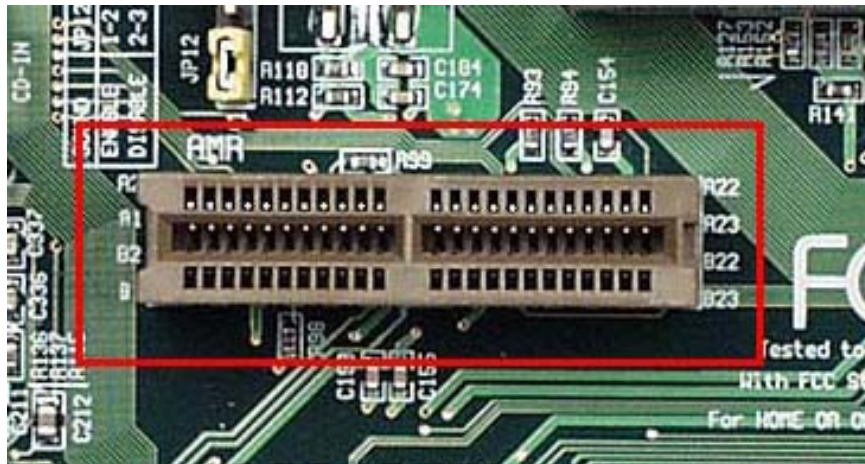


Рисунок 9 AMR

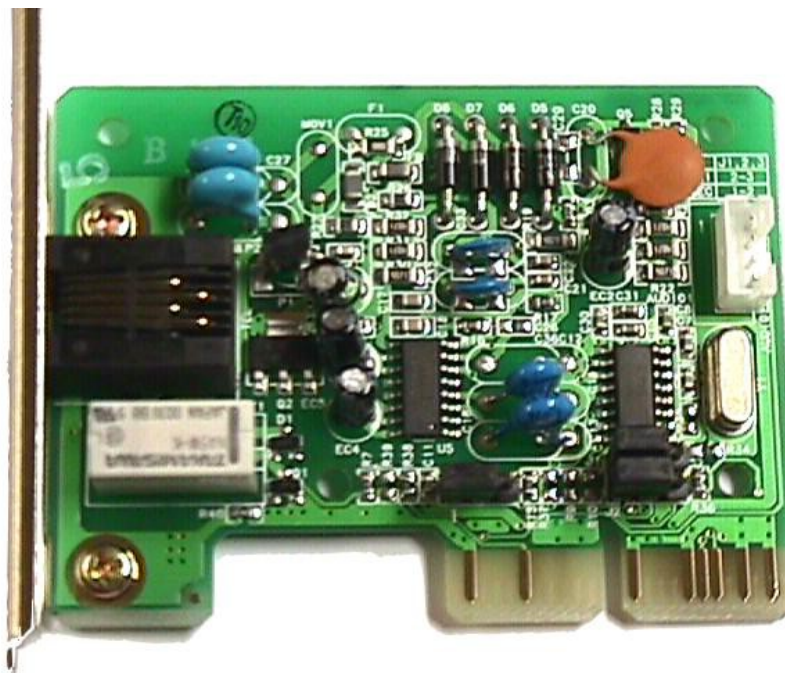


Рисунок 10 Плата с интерфейсом AMR

Слот CNR является развитием идеи AMR. Основная магистраль коммуникационного расширителя, идущая с контроллера, расположенного на материнской плате, на собственно сам CNR-разъем, является вместилищем нескольких шин:

- шина AC-Link (звук, модем);
- сетевая шина;
- шина USB;
- шина SMBus.

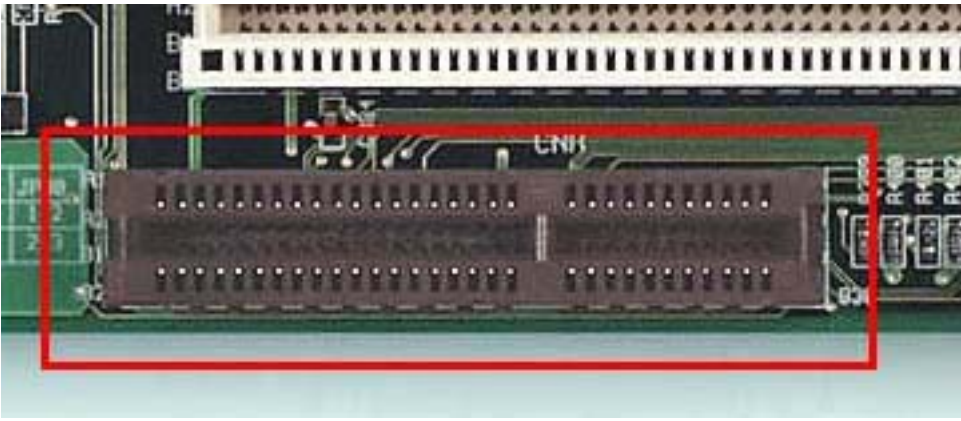


Рисунок 11 CNR

VLB

Расширение слотов ISA, EISA, MCA. Является набором сигналов системной шины, выведенных на разъёмы системной платы. Применялась для увеличения производительности. Разъем использовался в сочетании с разъемом шины ISA и механически монтировался рядом.

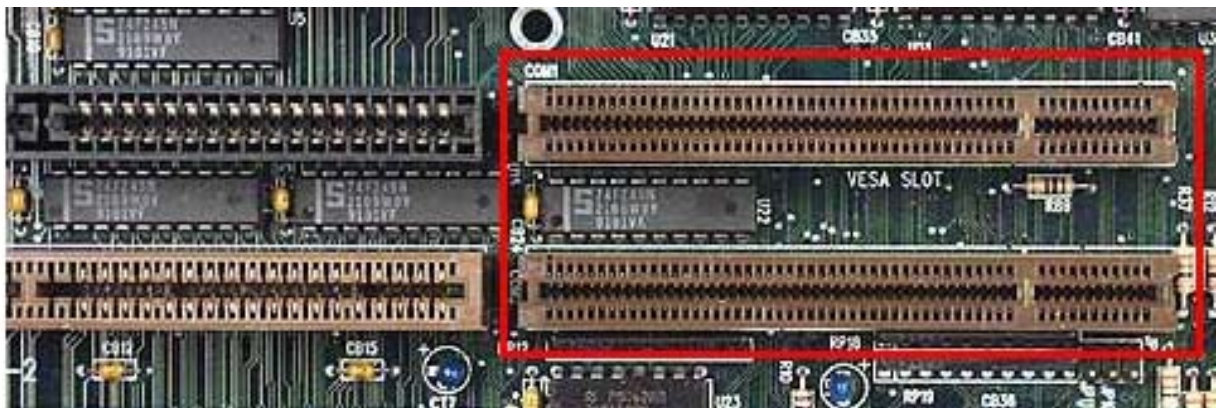


Рисунок 12 Разъемы ISA и VLB (выделен)

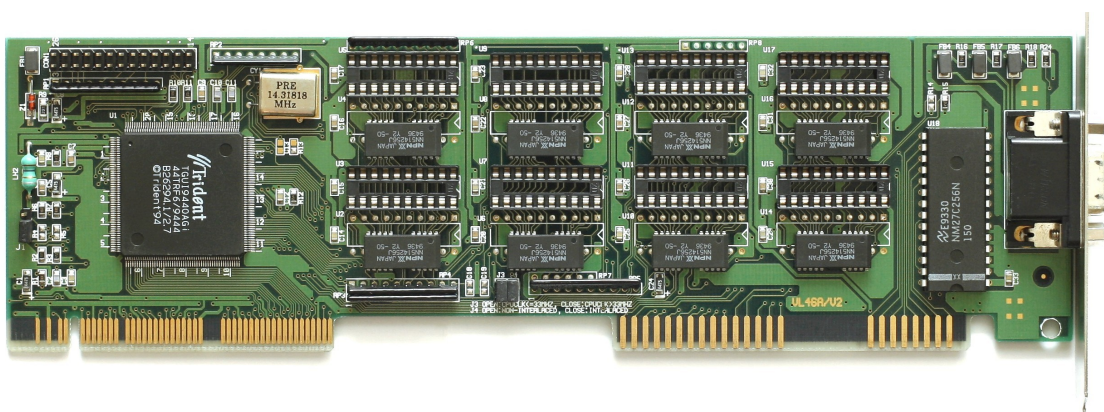


Рисунок 13 Плата с интерфейсом VLB



Рисунок 14 Системная плата форм фактора AT с разъемами шин ISA и VLB

PCI

PCI (Peripheral Component Interconnect) local bus - шина соединения периферийных компонентов долгое время являлась основной шиной расширения современных компьютеров.

Поначалу шина PCI вводилась как пристройка (mezzanine bus) к системам с основной шиной ISA, став позже центральной шиной: она соединяется с системной шиной процессора высокопроизводительным мостом («северным»), входящим в состав чипсета системной платы. Остальные шины расширения ввода-вывода (ISA/EISA или MCA), а также локальная ISA-подобная шина X-BUS и интерфейс LPC, к которым подключаются микросхемы системной платы (ROM BIOS, контроллеры прерываний, клавиатуры, DMA, портов COM и LPT, НГМД и прочие «мелочи»), подключаются к шине PCI через «южный» мост.

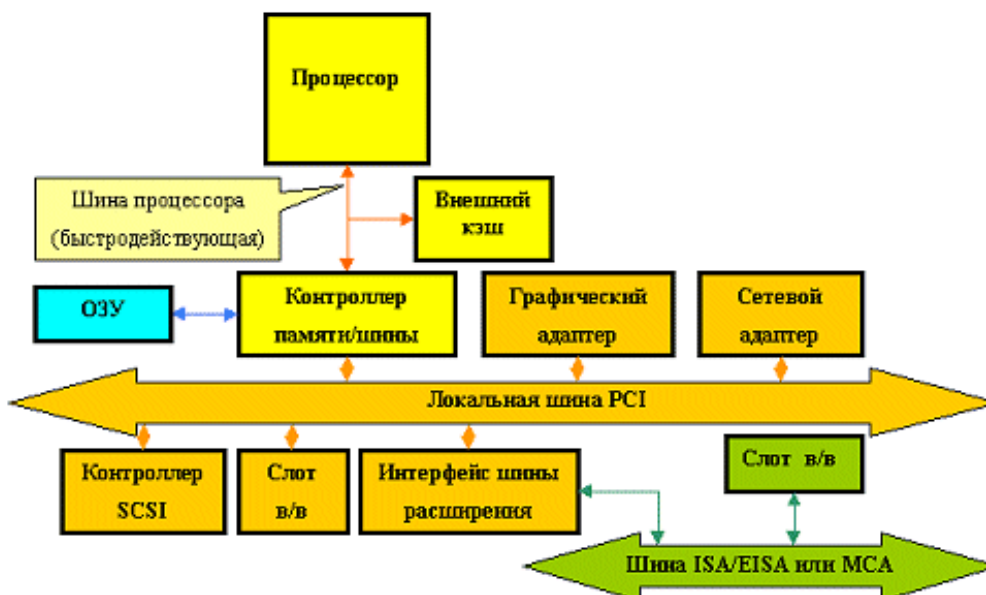


Рисунок 15 Архитектура системы с шиной PCI

Для работы на шине PCI используются микросхемы КМОП (CMOS), причем имеются две спецификации: с напряжениями питания интерфейсных схем 5 и 3,3 В.

Электрическая спецификация рассчитана на два предельных варианта нагрузки одной шины: 2 устройства PCI на системной плате плюс 4 слота или 4 устройства и 2 слота. При этом подразумевается, что одно устройство на каждую линию шины PCI дает только единичную КМОП-нагрузку. В слоты могут устанавливаться карты, тоже дающие только единичную нагрузку. На длину проводников, а также топологию расположения элементов и проводников на картах расширения накладываются жесткие ограничения. Из-за этого изготовление самодельных карт PCI на логических микросхемах средней степени интеграции становится проблематичным.

Ключевые модификации PCI

PCI 2.2 — допускается 64-бит ширина шины и/или тактовая частота 66 МГц, т.е. пиковая пропускная способность до 533 МБ/сек.;

PCI-X, 64-бит версия PCI 2.2 с увеличенной до 133 МГц частотой (пиковая пропускная полоса 1066 МБ/сек.);

PCI-X 266 (PCI-X DDR), DDR версия PCI-X (эффективная частота 266 МГц, реальная 133 МГц с передачей по обоим фронтам тактового сигнала, пиковая пропускная полоса 2.1 ГБ/сек.);

PCI-X 533 (PCI-X QDR), QDR версия PCI-X (эффективная частота 533 МГц, пиковая пропускная полоса 4.3 ГБ/сек.);

Mini PCI — PCI с разъемом в стиле SO-DIMM, применяется преимущественно для миниатюрных сетевых, модемных и прочих карточек в ноутбуках;

Compact PCI — стандарт на форм фактор (модули вставляются с торца в шкаф с общей шиной на задней плоскости) и разъем, предназначенные в первую очередь для промышленных компьютеров и других критических применений;

Accelerated Graphics Port (AGP) — высокоскоростная версия PCI оптимизированная для графических ускорителей. Отсутствует арбитраж шины (т.е. допустимо только одно устройство, за исключением последней, 3.0 версии стандарта AGP, где устройств и слотов может быть два).

Слоты PCI представляют собой щелевые разъемы, имеющие контакты с шагом 0,05 дюйма. Слоты расположены несколько дальше от задней панели, чем ISA/ EISA. Компоненты карт PCI расположены на левой поверхности плат. По этой причине крайний PCI-слот обычно совместно использует посадочное место адаптера (прорезь на задней стенке корпуса)

с соседним ISA-слотом. Такой слот называют разделяемым (shared slot), в него может устанавливаться либо карта ISA, либо PCI.

Карты PCI могут предназначаться для уровня интерфейсных сигналов 5 В и 3,3 В, а также быть универсальными. Во избежание ошибочного подключения слоты имеют ключи, определяющие номинал напряжения. Ключами являются пропущенные ряды контактов. Для слота на 5 В ключ расположен на месте контактов 50, 51; для 3,3 В — 12,13. На краевых разъемах карт PCI имеются ответные прорези на месте контактов 50,51 (5 В) и 12,13 (3,3 В); на универсальной карте имеется оба ключа.

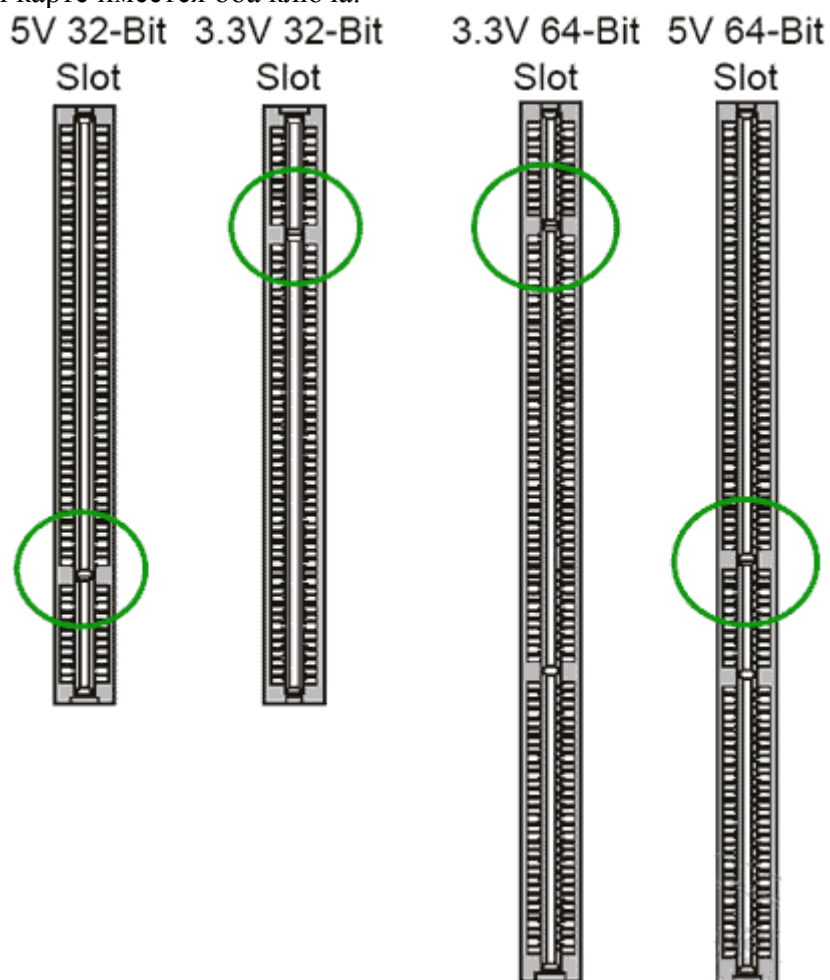


Рисунок 16 Разъемы PCI. Зеленым контуром отмечены ключи разъемов

На системных платах чаще всего встречаются 5-вольтовые 32-битные слоты, заканчивающиеся контактами A62/B62; 64-битные слоты встречаются реже, они длиннее и заканчиваются контактами A94/B94.

32-битная карта максимального размера (Long Card) имеет в длину 312 мм, длина короткой платы (Short Card) — 175 мм, но многие карты имеют и меньшие размеры. Карта имеет обрамление (скобку), стандартное для конструктива ISA (раньше встречались карты и с обрамлением в стиле MCA IBM PS/2)

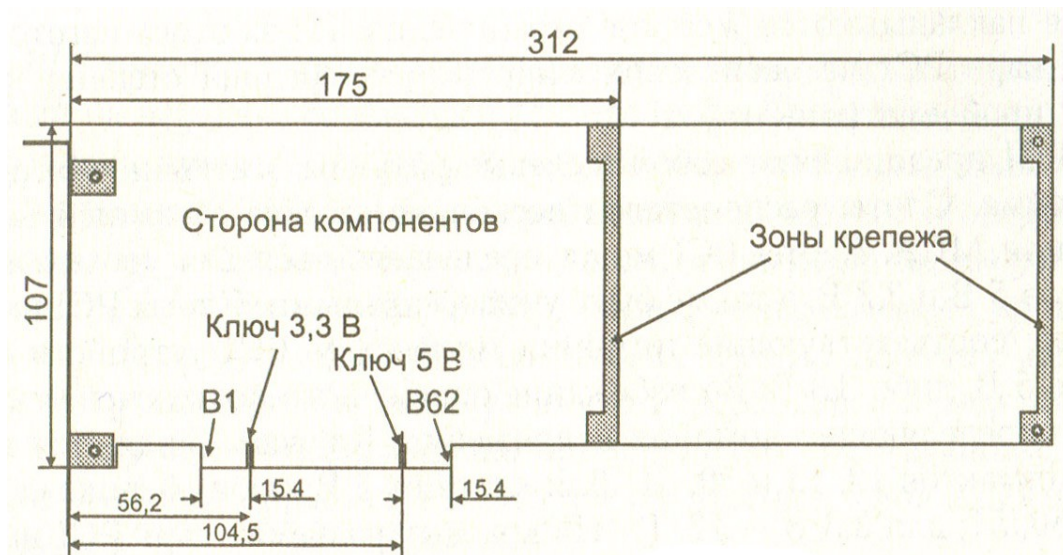


Рисунок 17 Форм-фактор платы PCI

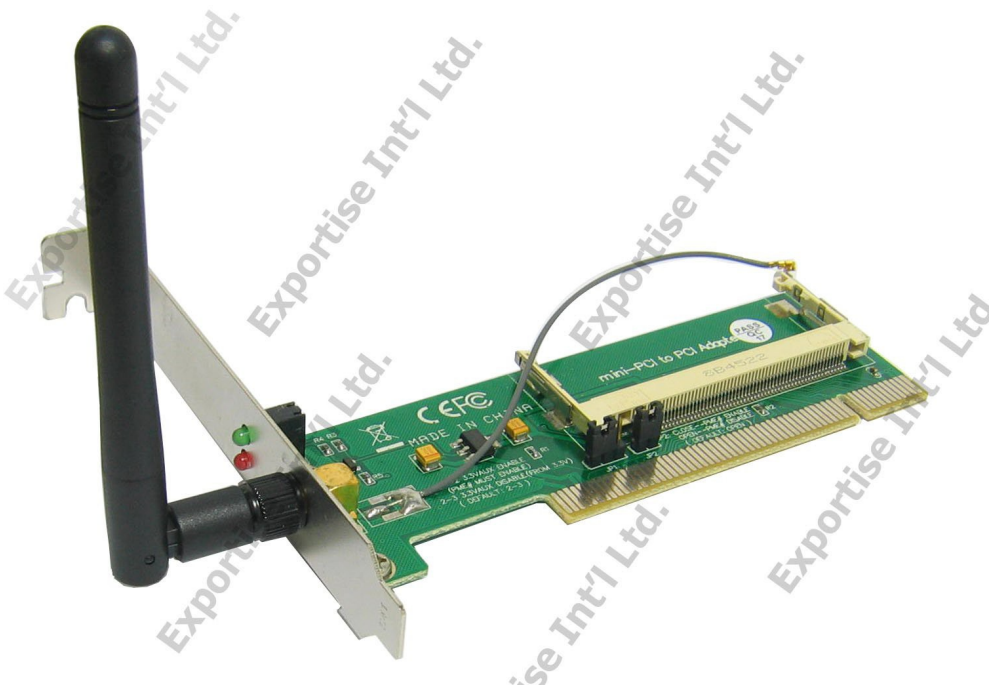


Рисунок 18 Плата с интерфейсом PCI

AGP

AGP (Accelerated Graphic Port — ускоренный графический порт) - стандарт подключения графических адаптеров разработан фирмой Intel на базе шины PCI 2.1.

Порт AGP представляет собой 32-разрядную шину с тактовой частотой 66 МГц, большая часть сигналов позаимствована из шины PCI. Однако в отличие от PCI, порт AGP представляет собой двухточечный интерфейс, соединяющий графический адаптер с памятью и системной шиной процессора напрямую логикой и каналами данных чипсета системной платы, не пересекаясь с «узким местом» — шиной PCI. Порт AGP предназначен только для интеллектуального графического адаптера, имеющего 3D-ускоритель. Хотя AGP является модификацией PCI, в системе может быть только один разъем AGP так как из протоколов исключена поддержка нескольких устройств.

«Ускоренность» порта обеспечивается следующими факторами:

- конвейеризацией обращений к памяти;

- удвоенной (2x) или учетверенной (4x) частотой передачи данных (относительно тактовой частоты порта);
- демultipлексированием шин адреса и данных.

Существует несколько стандартов AGP различающихся производительностью:

AGP-> AGP2x -> AGP4x -> AGP8x

Графический адаптер с интерфейсом AGP может быть встроен в системную плату, а может располагаться и на карте расширения, установленной в слот AGP. Внешне карты с портом AGP похожи на PCI (рис. 6.13), но у них используется разъем повышенной плотности с «двухэтажным» (как у EISA) расположением ламелей. Сам разъем находится дальше от задней кромки платы, чем разъем PCI.

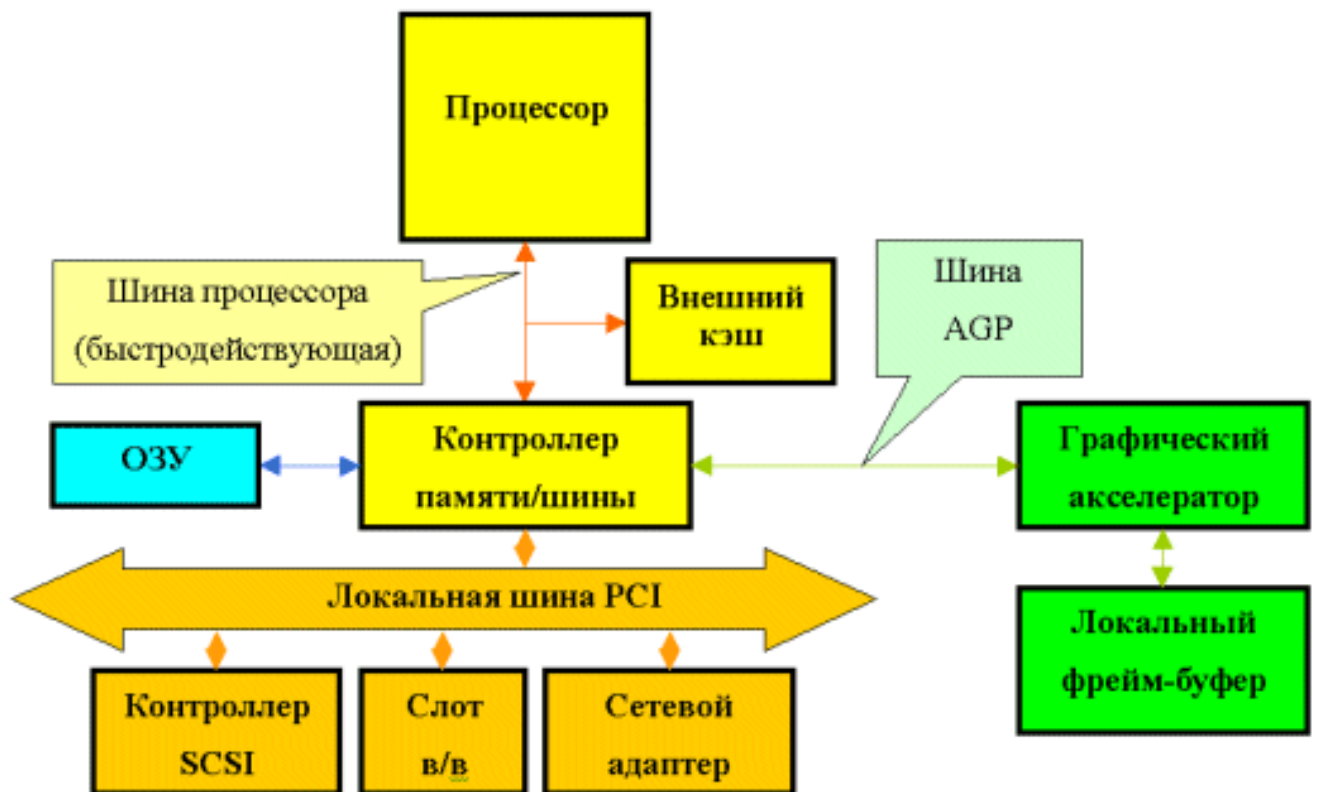


Рисунок 19 Архитектура системы с шиной AGP

Порт AGP может использовать два возможных номинала питания интерфейсных схем: 3,3 В и 1,5 В. Снижение напряжения питания буферных схем позволяет повысить достижимую частоту переключений. Для режимов 1x и 2x может использоваться любой из номиналов питания буферов, для режима 4x — только 1,5 В.

По уровню питания буферов карты и порты AGP могут быть трех типов: 3,3 В, 1,5 В и универсальные, причем имеются механические ключи, предотвращающие ошибочные подключения. Слот и карта 3,3 В имеют ключи на месте контактов 22-25 слот и карта 1,5 В — на месте контактов 42-45. Универсальный слот не имеет перегородок, а универсальная карта имеет оба выреза. Некоторые карты и разъемы могут оснащаться защелкой.

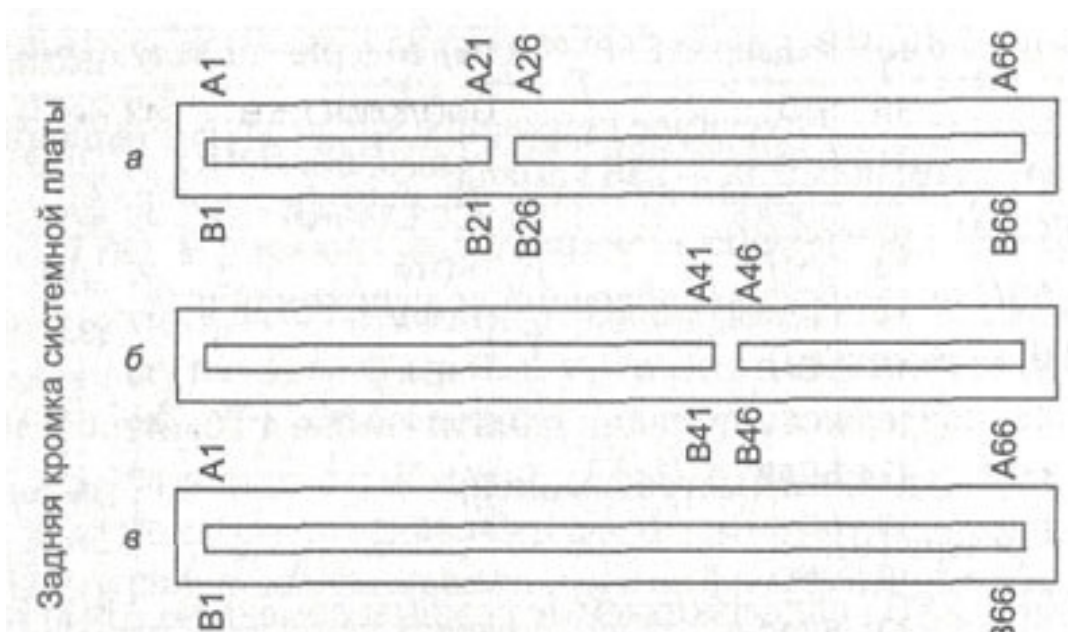


Рисунок 20 Слоты AGP. а) 3,3 В; б) 1,5 В; в) универсальный

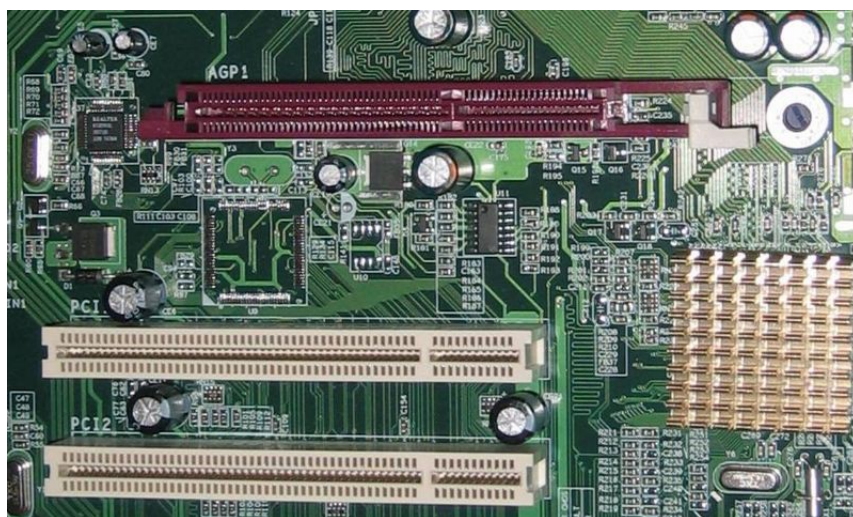


Рисунок 21 Разъемы AGP (выше) и PCI

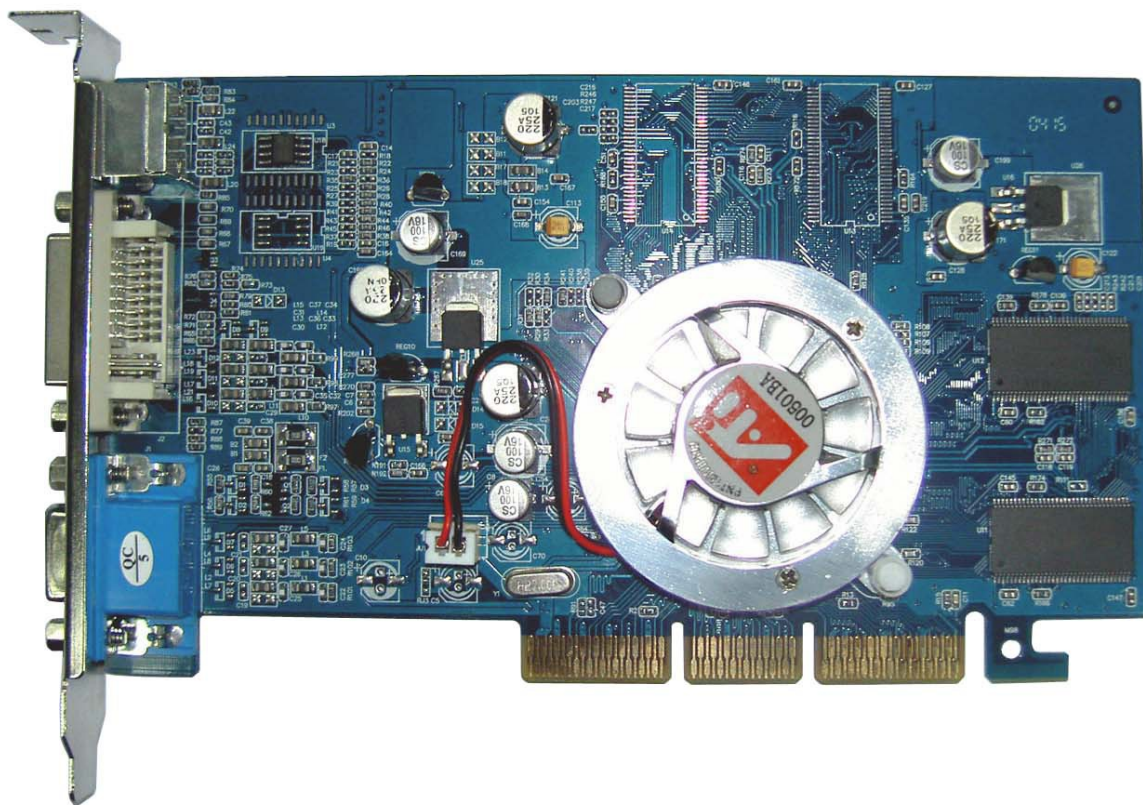


Рисунок 22 Плата с интерфейсом AGP

PCI-Express

PCI Express предоставляет масштабируемую высокоскоростную последовательную шину ввода-вывода. Многоуровневая архитектура PCI Express поддерживает существующие приложения PCI и драйверы за счет обратной совместимости с существующей моделью PCI.

Принцип работы PCI Express основан на последовательной передаче данных. Шина представляет собой пакетную сеть с топологией типа "звезда". При взаимодействии PCI-E устройств используется двунаправленное соединение типа "точка-точка", получившее название "Line" (линия). Каждое соединение PCI Express может состоять из одной (1x) или множества линий (4x, 16x и т.д.).

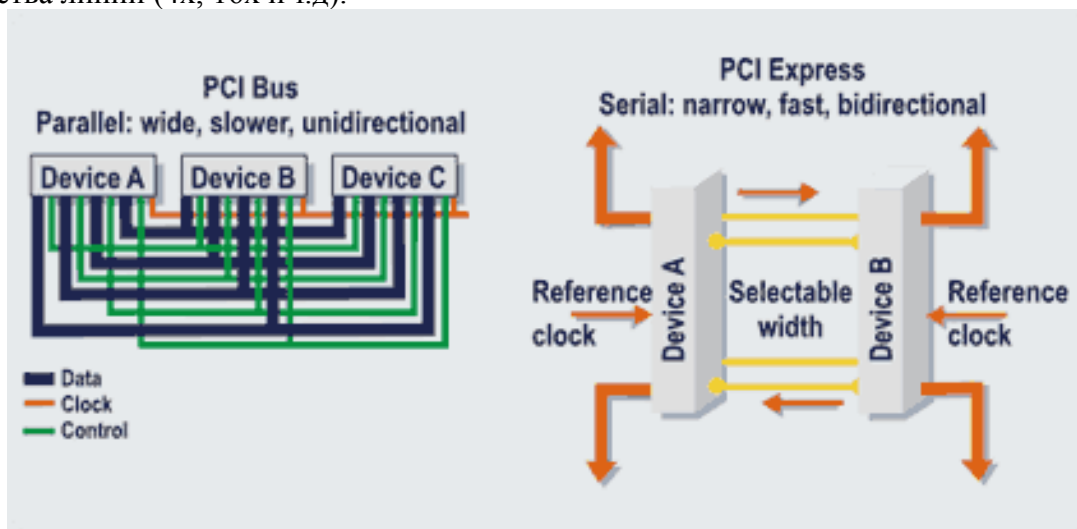


Рисунок 23 Архитектуры PCI и PCI-E

Для базовой конфигурации PCI-Express 1x теоретическая пропускная способность составляет

250 MB/s в каждом направлении (передача/прием). Соответственно, для PCI-E x16 это значение равно $250 \text{ MB/s} \times 16 = 4 \text{ GB/s}$.

Примечателен тот факт, что с физической стороны интерфейс позволяет, например, любой плате с интерфейсом PCI-E 1x уверенно работать не только в штатном, но и в любом другом слоте PCI Express большей пропускной способности (4x, 16x и т.д.). При этом максимальное количество задействованных линий зависит только от свойств устройства.

Во всех высокоскоростных протоколах всегда остро встает вопрос помехозащищенности. На этот счет в PCI Express используется уже давно известная схема 8/10 или избыточного трафика (8 бит данных, передаваемых по каналу, заменяются на 10 бит, таким образом, генерируется дополнительная информация, около 20% от общего "потока").

При запуске компьютера, PCIe определяет, какие устройства подключаются к материнской плате. Затем перечисляются связи между устройствами, создавая карту маршрутов данных.

Пакеты данных перемещаться через полосу со скоростью один бит за цикл. Соединение PCI-E x1, имеет одну полосу из четырех проводов. Оно передает один бит за один цикл в каждом направлении. PCI-E x2 содержит восемь проводов и передает два бита одновременно, ссылка x4 передает четыре бита и так далее.

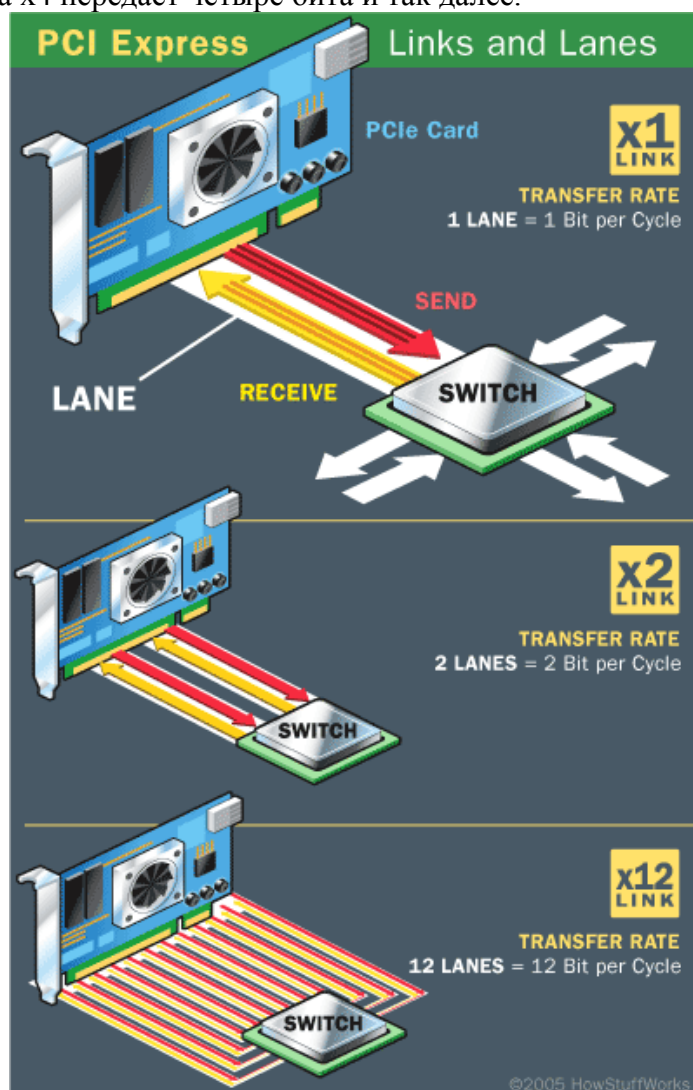


Рисунок 24 Line PCI-E

Как может быть последовательное соединение из 16 «линий» PCI-E быстрее, чем 32 провода PCI или 64 провода PCIx?

32-битный PCI шина имеет максимальную скорость в 33 МГц, что позволяет

[1 http://computer.howstuffworks.com/pci-express1.htm](http://computer.howstuffworks.com/pci-express1.htm)

использовать максимум 133 МБ данных для передачи по шине в секунду. 64-разрядные шины PCI-X имеют шину в два раза больше PCI. Различные PCI-X спецификации позволяют различные скорости передачи данных, с 512 Мб до 1 Гб данных в секунду.

PCI Express однако, может обрабатывать 200 Мб трафика в каждом направлении в секунду. Разъем PCIe x16 может работать на скорости 6,4 Гб данных в секунду в каждом направлении. На этих скоростях, соединение x1 легко справляется с подключением сетевых интерфейсов Gigabit Ethernet, а также аудиоплат и накопителей. x16 соединение может легко работать с мощными графическими адаптерами.

Причины такого скачка:

- Приоритетность данных, что позволяет системе, чтобы переместить важные данные раньше;
- Передача данных в реальном времени;
- Лучшие физические материалы, используемые для выполнения соединений;
- Улучшенные процедуры контроля ошибок и handshaking;
- Усовершенствованные методы для разбиения данных на пакеты и сборки пакетов вместе.

Кроме того, поскольку каждое устройство имеет свой собственный выделенный канал «точка-точка» для подключения к коммутатору, сигналы от нескольких источников больше не придется передавать через одну и ту же шину.

Особенности PCI-Express

- Сигнальный уровень 0.8 вольт. Каждый канал состоит из двух дифференциальных сигнальных пар (необходимо только 4 контакта)
- Используется избыточное защищенное от помех кодирование — каждый байт при передаче представляется десятью битами;
- Пропускная способность 2.5 Гигабита (250 МБ) в секунду для одного канала в каждом направлении одновременно (полный дуплекс), однако, следует учесть, что эффективная скорость передачи данных за вычетом избыточного кодирования составляет 2 Гигабита (200 МБ) ровно;
- Стандартизированы 1, 2, 4, 8, 16 и 32 канальные варианты (до 6.4 эффективных Гигабайт в секунду соответственно, при передаче в одну сторону и вдвое больше при передаче в обоих направлениях). При передаче данных они передаются параллельно (но не синхронно) по всем доступным каналам
- Стандарт предусматривает и альтернативные носители сигнала, такие как оптические волноводы;
- Возможность динамического подключения и конфигурации устройств;
- Возможность распознавания и использования альтернативных (улучшенных) протоколов обмена.
- Управление в PCI Express позволяет уменьшить энергопотребление, если шина не активна (т. е. данные не пересылаются между компонентами и периферийными устройствами).
- В PCI Express реализована оригинальная поддержка для горячей замены периферии ввода-вывода. Единая программная модель может использоваться для всех форм-факторов PCI Express.

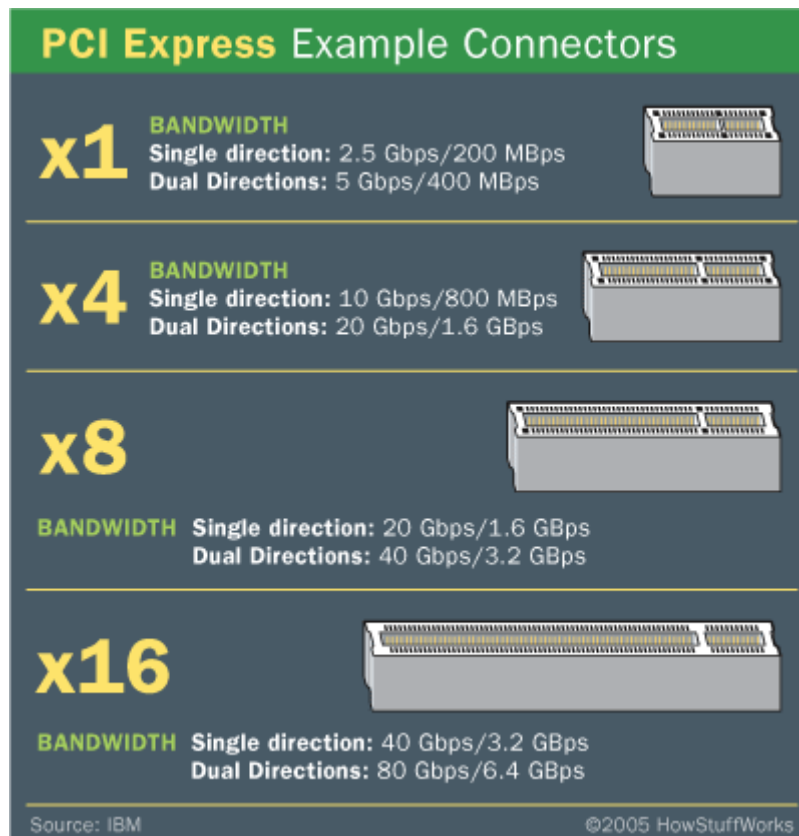


Рисунок 25 Разъемы PCI-Express

Для разъемов PCI-E существуют следующие рекомендации:

Разъем	Длина (мм)	Назначение	
x1	25	Most Client IO Cards	Пользовательские платы ввода/вывода
x2	39	Most Server IO Cards	Серверные платы ввода/вывода (высокопроизводительные интерфейсы)
x4	56		
x8	89	Graphics	Видеокарты
x16	84,84	32bit PCI	Поддержка PCI 32bit
x32	128,02	64bit PCI/PCI-X	Поддержка PCI 64bit/PCI-X

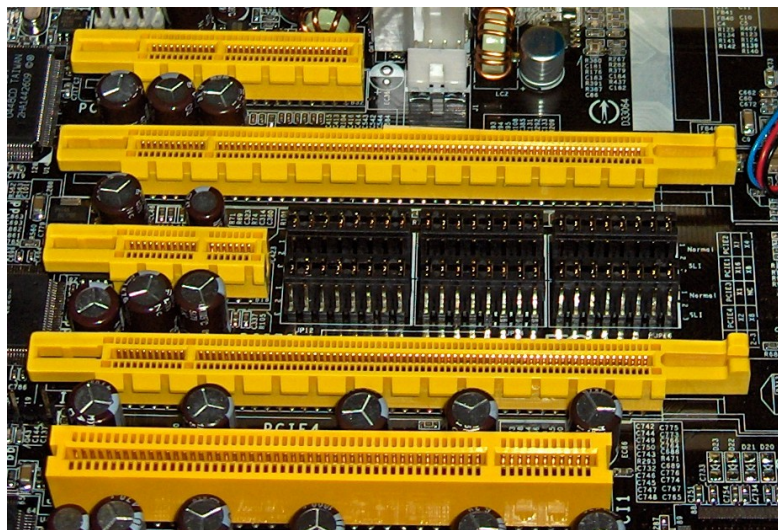


Рисунок 26 Разъемы PCI-Express и PCI (нижний)

Существует реализация PCI Express для мобильных устройств в виде стандарта ExpressCard. Поддержку модулей этого подстандарта используют ноутбуки и миниатюрные настольные ПК, хотя, уже известны случаи представления концепций серверных плат с разъемом ExpressCard. Основное преимущество применения таких модулей - подключение периферии практически без нужды использования крепежного инструмента, а также инсталляции дополнительных драйверов.

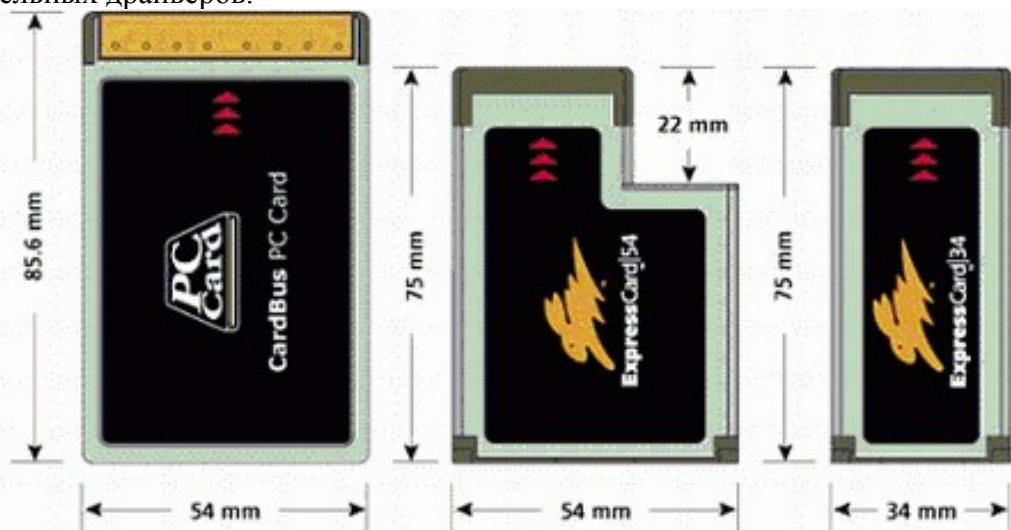


Рисунок 27 Карты CardBus(слева) и PCI-Express

Преимущества PCI-Express

- Высокая производительность – повышение пропускной способности версии x1 как минимум вдвое по сравнению с PCI, возможность линейного наращивания производительности путем линейного расширения шины. Помимо этого, PCI Express является реально дуплексной шиной.
- Упрощение разводки периферии – стандартизация там, где ранее использовались всевозможные варианты PCI - AGP, PCI-X и др.; снижение комплексных затрат на разработку и внедрение систем.
- Уровневая архитектура – основные затраты на развитие PCI Express в дальнейшем ложатся лишь на разработку соответствующей обвязки, можно экономить на возможности работы с прежним программным обеспечением.
- Следующее поколение периферии – PCI Express позволяет реализовать новые возможности обмена данными и мультимедийным контентом за счет изохронной природы передачи (т.е. разнесения отдельных частей сигнала по времени).
- Простота использования – производить апгрейд и доработку систем устройствами PCI Express станет значительно легче. Теперь появится возможность использовать PCI Express карты с "горячим" подключением.

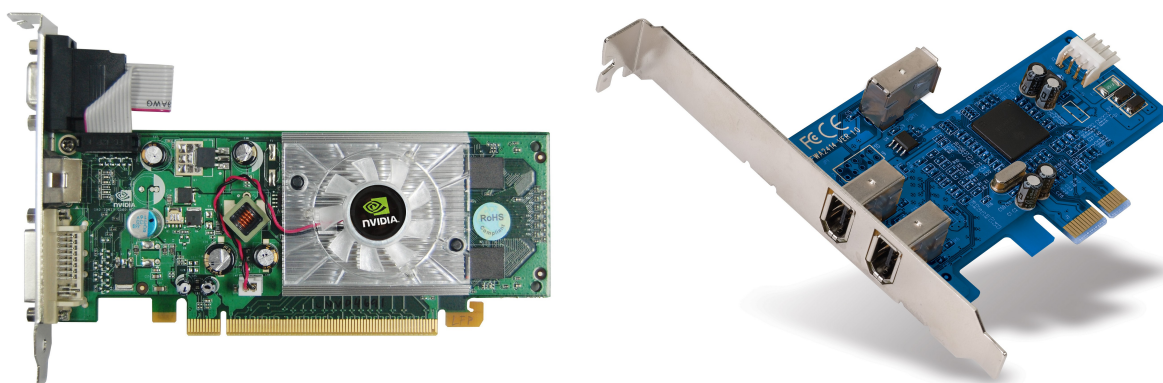


Рисунок 28 Платы с интерфейсами PCI-E x16 и PCI-E x1

Вопросы для контроля

Обязательный уровень

1. Опишите шину ISA. Ее разрядность, число прерываний? Укажите тип шины-последовательная или параллельная. Покажите разъем, плату
2. Опишите шину EISA. Ее разрядность, число прерываний. Покажите разъем, плату
3. Опишите шину PC/104. Ее назначение.
4. Опишите шины AMR и CNR. Их назначение. Покажите разъемы, платы
5. Опишите шину VLB. Ее назначение.
6. Опишите назначение шины PCI. Ее параметры: разрядность, число подключаемых устройств. Укажите тип шины-последовательная или параллельная
7. Опишите и покажите разъемы шины PCI и платы для предназначенные подключения к этой шине
8. Опишите назначение шины AGP. Ее параметры: разрядность, число подключаемых устройств. Укажите тип шины-последовательная или параллельная
9. Опишите и покажите разъемы шины AGP и платы для предназначенные подключения к этой шине
10. Опишите назначение шины PCI-Express. Ее параметры: разрядность, число подключаемых устройств. Укажите тип шины-последовательная или параллельная
11. Перечислите особенности шины PCI-Express
12. Опишите и покажите разъемы шины PCI-Express и платы для предназначенные подключения к этой шине. Укажите назначение каждого типа разъема
13. Перечислите преимущества PCI-Express

Расширенный уровень

1. Перечислите ключевые модификации шины PCI и их характеристики
2. Перечислите ключевые модификации шины AGP и их характеристики
3. Расскажите об особенностях работы PCI-Express: порядок определения устройств, передачи пакетов.
4. За счет чего шина PCI-Express быстрее PCI и PCIx?