

Лабораторная работа №2 – Конфигурационное пространство PCI

1. Определение шины PCI. Отличия от шины PCI-X, PCI-Express.

PCI (Peripheral Components Interconnect) – базовая системная магистраль (шина) компьютера архитектуры x86, предназначенная для подключения внутренних периферийных устройств и контроллеров внешних интерфейсов;

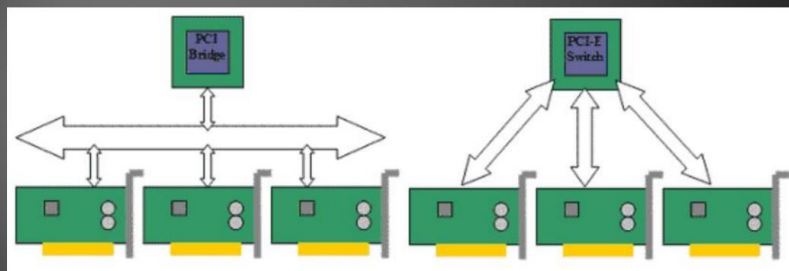
PCI-X (Peripheral Component Interconnect eXtended) – шина для подключения рабочих станций и серверов, разработана на основе шины PCI.

Основная цель создания шины – улучшить ключевые характеристики шины PCI, прежде всего пропускную способность и надежность, за счет усложнения протокола обмена данными и увеличения тактовой частоты. Шина PCI-X применяется только в рабочих станциях и серверах. Совместимость с устройствами PCI – механическая, электрическая, логическая – сохранена в полном объеме, но при наличии устройства PCI вся шина работает в режиме совместимости. На сегодня практически полностью вытеснена шиной PCI Express.

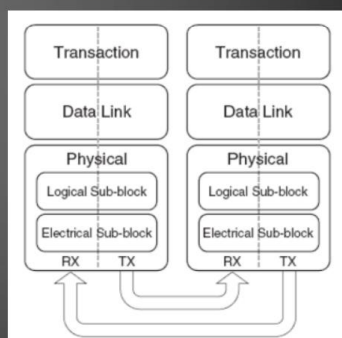
Стандарт	Разрядность, биты	Напряжение, В	Частота, МГц	Пропускная способность, Мб/с
PCI 2.0	32	5	33	133
PCI 2.1-3.0	32	5 или 3,3	33 или 66	133 (если частота 33 МГц) 266 (если частота 66 МГц)
PCI 64	64	3,3 или 5	33	266
PCI 66	64	3,3	66	533
PCI-X	64	1,5 или 3,3	66-533	1024-4096

PCI-Express (Peripheral Component Interconnect Express) – шина, предназначенная для подключения внутренних периферийных устройств и контроллеров внешних интерфейсов, разработанная на основе шины PCI;

2. Сравнение топологий PCI и PCI Express



В отличие от PCI протокол PCI Express условно разделен на уровни, без уточнения способов их реализации. Уровней всего три, на каждом выполняется сборка и разборка пакетов и их обрамление необходимыми заголовками и контрольными суммами. Не все пакеты относятся к уровню транзакций, существуют пакеты только канального уровня, служащие для управления.



2. Заключение

- возможность эффективно работать с различными структурами данных;
- низкое энергопотребление и поддержку функций энергосбережения;
- качество стратегий обслуживания;
- поддержку "горячей замены" и "горячей установки" устройств;
- обеспечение целостности данных и обнаружение ошибок на нескольких уровнях;
- изохронную передачу данных;
- узловую передачу при использовании чипов-мостов и одноранговую передачу с помощью коммутаторов;
- многоуровневую технологию с поддержкой пакетной коммутации.

Итоги развития шины PCI

Спецификации PCI		
Спецификация PCI	Дата выпуска	Основные изменения
PCI 1.0	Июнь 1992 г.	Оригинальная 32/64-разрядная спецификация
PCI 2.0	Апрель 1993 г.	Определенные соединители и платы расширения
PCI 2.1	Июнь 1995 г.	Рабочая частота — 66 МГц, порядок групповых операций, изменение времени задержек
PCI 2.2	Январь 1999 г.	Управление режимом электропитания, механические изменения
PCI-X 1.0	Сентябрь 1999 г.	Рабочая частота — 133 МГц, дополнение к спецификации 2.2
Mini-PCI	Ноябрь 1999 г.	Уменьшенный формфактор плат, дополнение к спецификации 2.2
PCI 2.3	Март 2002 г.	Напряжение — 3,3 В, предназначена для низкопрофильных плат расширения
PCI-X 2.0	Июль 2002 г.	Рабочая частота — 266 или 533 МГц, подразделение 64-разрядной шины данных на 32- и 16-разрядные сегменты для использования с различными устройствами, имеющими напряжение 3,3/1,5 В
PCI-Express 1.0	Июль 2002 г.	Общее быстродействие — 2,5 Гбайт/с, рабочее напряжение — 0,8 В, 250 Мбайт/с на каждую пропускную полосу
PCI-Express 2.0	Январь 2007 г.	Общее быстродействие — 5 Гбайт/с, рабочее напряжение — 0,8 В, 500 Мбайт/с на каждую пропускную полосу

Версия PCI Express	Год выхода	Схема кодирования	Скорость передачи	Пропускная способность на x линий			
				x1	x4	x8	x16
PCIe 1.0	2002	8b/10b	2,5 ГТ/с	250 Мб/с	1 Гб/с	2 Гб/с	4 Гб/с
PCIe 2.0	2007	8b/10b	5 ГТ/с	500 Мб/с	2 Гб/с	4 Гб/с	8 Гб/с
PCIe 3.0	2010	128b/130b	8 ГТ/с	984,6 Мб/с	3,94 Гб/с	7,88 Гб/с	15,8 Гб/с
PCIe 4.0	2017	128b/130b	16 ГТ/с	1,969 Гб/с	7,88 Гб/с	15,8 Гб/с	31,5 Гб/с
PCIe 5.0	2019	128b/130b	32 ГТ/с	3,938 Гб/с	15,75 Гб/с	31,5 Гб/с	63 Гб/с

2. Какие новые технологии и интерфейсы конкурируют с PCI в современных компьютерах?

Современные технологии и интерфейсы, которые конкурируют с PCI, включают:

1. PCI Express (PCIe) - это новый стандарт интерфейса, который предлагает большую пропускную способность и скорость передачи данных по сравнению с PCI.
2. USB 3.0 и Thunderbolt - эти интерфейсы предлагают высокую скорость передачи данных и могут использоваться для подключения устройств, таких как жесткие диски, камеры и другие периферийные устройства.
3. SATA - это стандарт интерфейса для подключения жестких дисков и SSD-накопителей, который предлагает высокую скорость передачи данных.
4. M.2 - это новый стандарт интерфейса для подключения SSD-накопителей, который предлагает высокую скорость передачи данных и меньший размер.
5. Wi-Fi и Bluetooth - эти беспроводные технологии могут использоваться для подключения устройств к компьютеру без необходимости использования проводов.

В целом, современные компьютеры используют различные интерфейсы и технологии для обеспечения высокой производительности и функциональности.

3. Какие устройства могут быть подключены к шине PCI, и какие устройства являются типичными PCI-устройствами?

К шине PCI могут быть подключены различные устройства, включая:

1. Звуковые карты
2. Сетевые карты
3. Видеокарты

4. Контроллеры жестких дисков
5. Контроллеры USB и FireWire
6. Контроллеры RAID
7. Карты захвата видео и аудио
8. Карты расширения портов (COM, LPT и т.д.)
9. Модемы

Типичными PCI-устройствами являются звуковые карты, сетевые карты, видеокарты и контроллеры жестких дисков. Они позволяют значительно улучшить производительность компьютера и расширить его функциональность.

4. Какие виды операций можно выполнять с устройствами, подключенными к шине PCI?

Чтение, запись, конфигурация, прерывания.

5. Доступ к шине PCI и фазы транзакции.

PCI предоставляет три адресных пространства(Доступ к адресным пространствам):

- 1) пространство адресов памяти,
- 2) пространство адресов ввода-вывода
- 3) пространство конфигурации.

Транзакция включает в себя две части:

- посылку адреса;
- прием (или посылку) данных.

Устройство инициировавшее обмен и управляющие им называется ведущим.

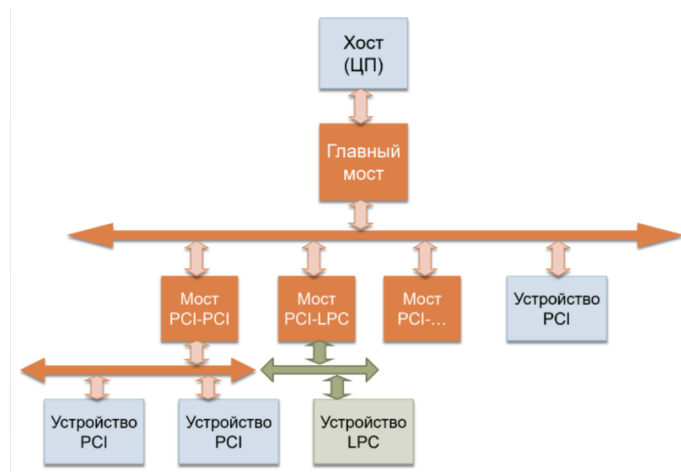
Устройства, не обладающие возможностями инициирования транзакции, носят название ведомых

Этапы транзакции:

- 1) устройство-инициатор подает запрос на доступ к шине;
- 2) арбитр анализирует пришедшие запросы и одному из устройств выдает разрешение;
- 3) фаза адресации, устройство-инициатор обращается к целевому;
- 4) прием/передача данных;
- 5) прекращение транзакции.

6. Схема подключения ПУ к системной шине.

К центральному процессору подключается нулевая шина pci используя главный мост. Далее к нулевой шине подключаются остальные шины используя мосты, а к этим шинам уже подключаются устройства.



7. Классификация ПУ.

Периферийные устройства (ПУ) можно классифицировать по различным признакам, например, по функциональному назначению, по способу подключения, по протоколам обмена данными и т.д. Ниже приведены основные классификации ПУ:

1. По функциональному назначению:
 - Ввода данных: клавиатура, мышь, сканер, микрофон и др.
 - Вывода данных: монитор, принтер, колонки, наушники и др.
 - Ввода-вывода данных: USB-устройства, сетевые карты, звуковые карты и др.
 - Хранения данных: жесткие диски, флешки, CD/DVD-приводы и др.
 - Обработки данных: процессоры, видеокарты, звуковые карты и др.
2. По способу подключения:
 - Подключаемые через порты: USB-устройства, PS/2-устройства, COM/LPT-устройства и др.
 - Подключаемые через слоты: PCI-устройства, AGP-устройства, PCIe-устройства и др.
 - Беспроводные устройства: беспроводные мыши, клавиатуры, наушники, Bluetooth-устройства и др.
3. По протоколам обмена данными:
 - Параллельные устройства: LPT-принтеры, сканеры и др.
 - Серийные устройства: COM-устройства, модемы и др.
 - USB-устройства: мыши, клавиатуры, флешки, веб-камеры и др.
 - Ethernet-устройства: сетевые карты, маршрутизаторы, коммутаторы и др.
4. По принадлежности к компьютеру:
 - Внутренние устройства: жесткие диски, звуковые карты, видеокарты и др.
 - Внешние устройства: мониторы, принтеры, сканеры, флешки и др.
5. По принципу работы:
 - Аналоговые устройства: микрофоны, колонки, джойстики и др.
 - Цифровые устройства: клавиатуры, мыши, флешки, жесткие диски и др.

8. Методы управления вводом/выводом.

- *программно-управляемый ввод/вывод.* 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).

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

9. Характеристики шины PCI.

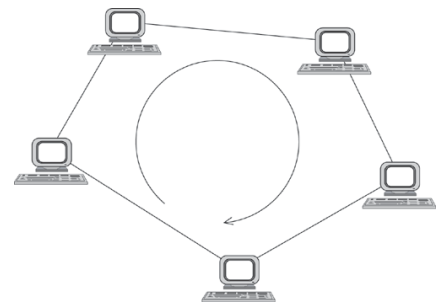
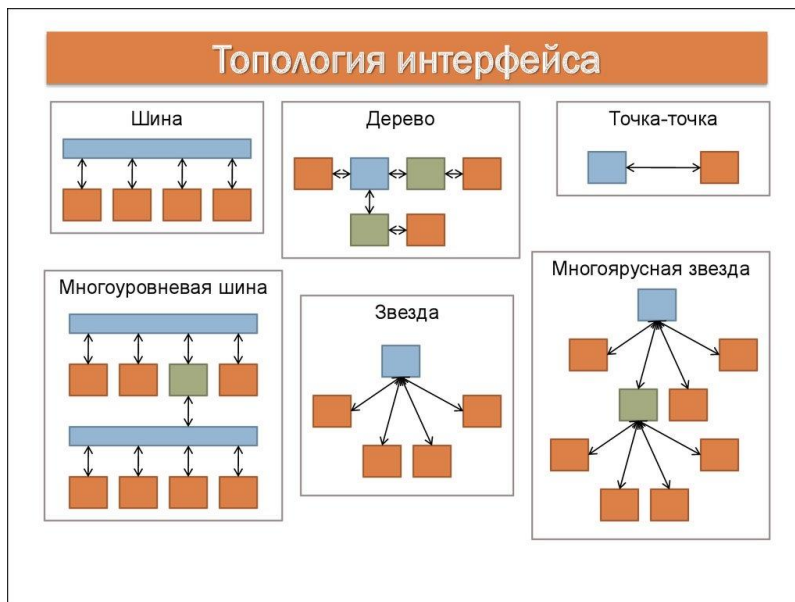
- частота шины — 33,33 или 66,66 МГц, передача синхронная;
- разрядность шины — 32 или 64 бита, шина мультиплексированная (адрес и данные передаются по одним и тем же линиям);
- пиковая пропускная способность для 32-разрядного варианта, работающего на частоте 33,33 МГц — 133 Мбайт/с;
- адресное пространство памяти — 32 бита (4 байта);
- адресное пространство портов ввода-вывода — 32 бита (4 байта);
- конфигурационное адресное пространство (для одной функции) — 256 байт;
- напряжение — 3,3 или 5 В.

10. Основные принципы программирования доступа к периферийным устройствам

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

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

11. Топологии интерфейса



Топология интерфейса определяет физическую структуру и подключение устройств в компьютерной сети или системе.

Каждая из этих топологий имеет свои преимущества и недостатки, и выбор подходящей зависит от конкретных требований и особенностей сети или системы.

12. Режимы кэширования шины PCI.

Шина PCI (Peripheral Component Interconnect) поддерживает несколько режимов кэширования для оптимизации производительности системы. Режимы кэширования включают:

Некэшируемый (Non-cacheable): В этом режиме данные, передаваемые через шину PCI, не кэшируются в кэшах процессора. Это может быть полезно для ввода-вывода или устройств, которым требуются прямые и непосредственные доступы к системной памяти.

Устройство кэш-памяти (Write-Combining): Этот режим позволяет устройству на шине PCI использовать кэш-память процессора для объединения последовательных записей в одну пакетную операцию записи. Это может привести к улучшению производительности при записи больших объемов данных.

Кэширование по указателю (Cached): В этом режиме данных можно кэшировать в кэшах процессора. При чтении данных из памяти они будут храниться в кэше и могут быть доступны для более быстрого доступа. Однако при записи данных в память они также будут записаны в кэш и в последующем синхронизированы с основной памятью.

Выбор режима кэширования шины PCI зависит от требований и характеристик конкретного устройства и его взаимодействия с системой. Некоторые устройства могут требовать некэшируемого режима для гарантии актуальности данных, в то время как другие могут использовать кэширование для повышения производительности.

13. Определение понятия интерфейса.

Интерфейс – это точка взаимодействия или граница между двумя системами, компонентами или устройствами. Он устанавливает правила и способы коммуникации, обмена данных и взаимодействия между различными сущностями.

Интерфейс можно представить как набор функций, протоколов, команд, сигналов или спецификаций, которые определяют, как две системы могут общаться между собой. Он определяет форматы данных, структуры сообщений, типы подключения, а также возможные операции и функциональность, доступные через интерфейс.

Интерфейсы могут быть физическими (такими как порты, разъемы или кабели) или логическими (такими как программные API или протоколы связи). Они могут быть предназначены для взаимодействия между различными компьютерными системами, устройствами, программами или даже между человеком и компьютерной системой.

Важной чертой интерфейса является стандартизация и согласованность, чтобы обеспечить совместимость и возможность взаимодействия между разными системами или компонентами без проблем. Как правило, интерфейсы определяются и задокументированы разработчиками или организациями, чтобы облегчить интеграцию и обмен информацией.

14. Определение транзакции.

Транзакция – передача данных или команд между устройствами, подключенными к шине PCI. Шина PCI является стандартным интерфейсом для подключения периферийных устройств (например, видеокарт, звуковых карт, сетевых адаптеров) к компьютеру.

Транзакции на шине PCI могут быть разных типов, например:

1. **Чтение (Read):** Устройство запрашивает данные из другого устройства, подключенного к шине PCI.
2. **Запись (Write):** Устройство отправляет данные на другое устройство, подключенное к шине PCI.
3. **Конфигурация (Configuration):** Устройство запрашивает или изменяет информацию о своей конфигурации, такую как адресация, прерывания, ресурсы и т. д.
4. **Прерывание (Interrupt):** Устройство отправляет сигнал об прерывании центральному процессору для обработки специфических событий или запросов.

Транзакция включает в себя адресные данные, команды и опциональные данные, которые передаются по шине PCI с использованием различных сигналов и протоколов передачи данных.

В рамках транзакции определены два объекта:

- **инициатор обмена (Initiator);**
- **целевое устройство (Target).**

В рамках одной физической шины в конкретный момент может происходить только одна транзакция. Если физических шин несколько, то транзакции на них могут выполняться одновременно (Peer Concurrency), если пути прохождения данных не пересекаются.

Устройство, ставшее инициатором обмена и взявшее на себя временное управление шиной, называется **Bus Master**. Наличие этой функции не обязательно для устройств. Решение о передаче управления шиной принимает арбитр данной шины.

Механизм **Bus Mastering** фактически заменяет механизм с выделенным контроллером DMA: каждое устройство самостоятельно осуществляет доступ к системной памяти, выполняя все функции контроллера DMA.

15. Какие функции выполняют PCI-мосты, и почему они важны в архитектуре компьютера?

PCI-мосты (Peripheral Component Interconnect bridge) выполняют несколько важных функций в архитектуре компьютера:

Подключение периферийных устройств: PCI-мосты предоставляют физическую и логическую связь между центральным процессором (CPU) и периферийными устройствами, такими как видеокарты, звуковые карты, сетевые адаптеры, USB-устройства и т. д. Они обеспечивают интерфейсную шину для передачи данных и команд между центральным процессором и периферийными устройствами.

Маршрутизация данных: PCI-мосты принимают данные от центрального процессора и направляют их к соответствующим периферийным устройствам. Они выполняют функцию управления потоком данных между различными устройствами, обеспечивая правильную адресацию и передачу данных в нужное место.

Преобразование протоколов: PCI-мосты могут выполнять преобразование протоколов передачи данных между различными устройствами. Например, они могут преобразовывать данные, поступающие от центрального процессора в формат, понятный для видеокарты или другого устройства. Это позволяет разным типам устройств работать вместе, несмотря на разные протоколы коммуникации.

PCI-мосты играют важную роль в архитектуре компьютера, поскольку они обеспечивают эффективное взаимодействие между центральным процессором и периферийными устройствами. Они позволяют расширять возможности компьютера, подключая новые устройства без необходимости изменения центрального процессора или основной системной шины. Благодаря PCI-мостам компьютер становится более гибким, расширяемым и совместимым с различными устройствами.