

Обзор информационных шин встроенных вычислительных систем

к.т.н. Никаноров А.В.

Структура лекции

- Параллельные и дифференциальные линии
- I²C
- SPI
- USB
- PCI
- PCIe
- Serial RapidIO

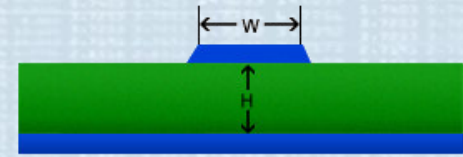
- JTAG
- IPMI

Параллельный и последовательный интерфейсы

Для того чтобы передавать группу битов, используются два основных подхода к организации интерфейса:

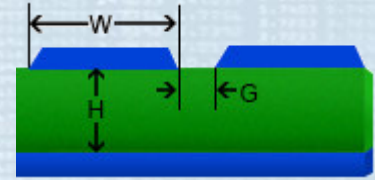
- ***параллельный интерфейс*** — для каждого бита передаваемой группы используется своя сигнальная линия (обычно с двоичным представлением), и все биты группы передаются одновременно за один квант времени.
 - Примеры: SCSI (8 или 16 бит), шина **PCI** (32 или 64 бита);
- ***последовательный интерфейс*** — используется лишь одна сигнальная линия, и биты группы передаются друг за другом по очереди; на каждый из них отводится свой квант времени (битовый интервал).
 - Примеры: последовательный коммуникационный порт (COM-порт), последовательные шины **USB** и FireWire, **PCI Express**, интерфейсы локальных и глобальных сетей.

Однопроводная схема



- Преимуществом однопроводной (несимметричной) схемы передачи сигналов является то, что для каждого сигнала достаточно только одного проводника.
- Для передачи электроэнергии нужны два проводника. Роль второго проводника выполняет опорный слой, общий для нескольких сигнальных проводников.
- Однопроводная схема передачи сигналов крайне чувствительна к нарушениям опорного напряжения.
- Однопроводная схема передачи сигналов восприимчива к дребезгу земли.
- Для однопроводной передачи сигналов требуется, чтобы соединение на общую опорную шину (опорный слой) было низкоимпедансным.

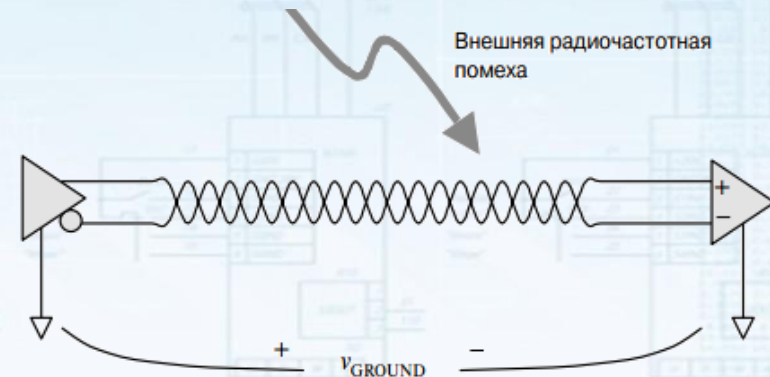
Дифференциальная схема



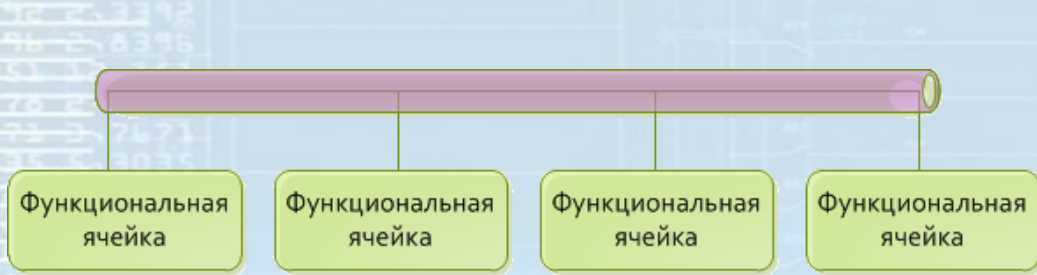
- Дифференциальная (двухпроводная, симметричная) схема передачи сигнала делает систему невосприимчивой к флуктуациям распределения общих опорных напряжений.
- Нейтрализуется
 - любой вид помех, поражающий в равной степени оба проводника.
 - дребезг земли (комбинационные коммутационные помехи) в приемнике.
 - сдвиги земли, возникающие в высокочастотных разъемах.
- Дифференциальная схема передачи эффективно работает при условии ограничения паразитного возвратного тока сигнала.

Переход от однопроводным параллельным шинам к дифференциальным каналам связи

- Дифференциальные схемы передачи отличаются лучшими по сравнению с параллельными шинами характеристиками:
 - более высокой производительностью выполнения транзакций,
 - более высокой совокупной пропускной способностью,
 - меньшими задержками передачи данных по линии связи,
 - поддержкой разнотипных шинных систем,
 - более высокой степенью масштабируемости,
 - меньшей потребностью в площадях печатной платы для трассировки проводников.



Топологии сетевых соединений



«Общая шина»
«линейная шина»



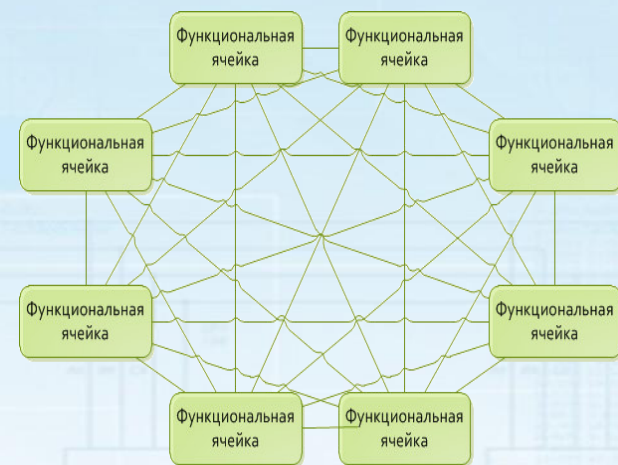
«Кольцо»



«Звезда»



«Сдвоенная звезда»



«Все со всеми»
«полноячеистая сеть»

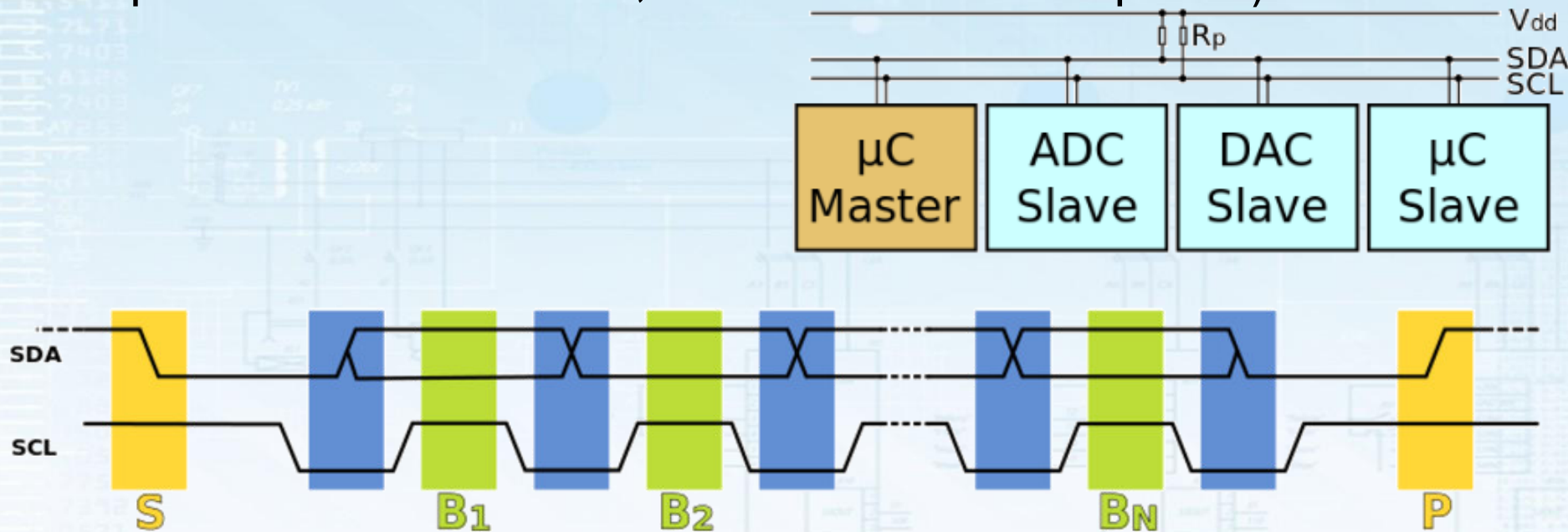
Звездообразные топологии уступают полноячеистой в пропускной способности, но дешевле и удобней в реализации.

I²C

- Двухпроводный последовательный интерфейс
- Скорость до 100 Кбит/с (до 400 Кбит/с и 1Мбит/с)
- На одной шине могут работать устройства, рассчитанные на разные скорости (работать будут на низшей скорости).
- Надежный, качественный прием/передачу данных
- «Ведущий» инициирует передачу данных и формирует сигналы синхронизации
- «Ведомый» может передавать данные только по команде «Ведущего».
- Каждое устройство имеет уникальный адрес

I²C

- Последовательная асимметричная шина для связи между интегральными схемами внутри электронных приборов. Использует две двунаправленные линии связи (SDA и SCL), применяется для соединения низкоскоростных периферийных компонентов с процессорами и микроконтроллерами (например, на материнских платах, во встраиваемых системах, в мобильных телефонах).



I²C

Преимущества:

- необходим всего один микроконтроллер для управления набором устройств;
- используется всего два проводника для подключения многих устройств;
- возможна одновременная работа нескольких ведущих (master) устройств, подключенных к одной шине I²C;
- стандарт предусматривает «горячее» подключение и отключение устройств в процессе работы системы;
- встроенный в микросхемы фильтр подавляет всплески, обеспечивая целостность данных.

Недостатки

- ограничение на ёмкость линии — 400 пФ;
- программирование затруднено из-за нештатных ситуаций на шине (в основном используют I²C с единственным ведущим устройством,
- трудность локализации неисправности, если одно из подключенных устройств ошибочно устанавливает на шине состояние низкого уровня.

SMBus



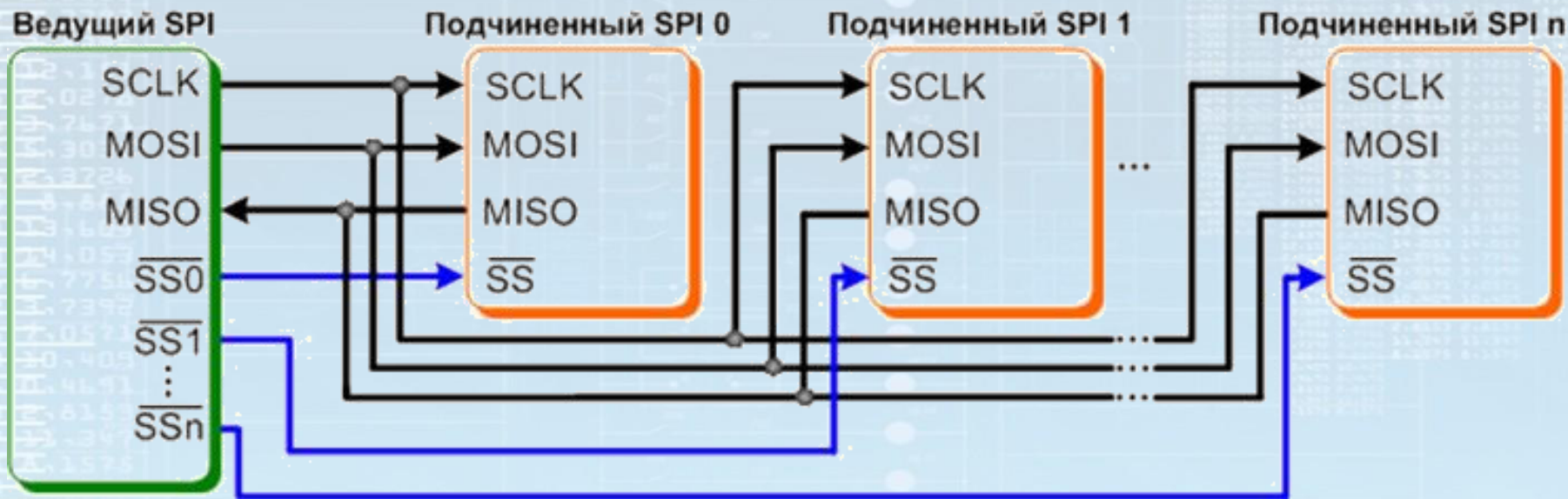
(<http://smbus.org>, <http://www.powersig.org>)

- Последовательный протокол обмена данными для устройств питания. Основан на шине I²C (3,3В)
- SMBus - двухпроводный интерфейс, по которому простые устройства могут обмениваться информацией с остальной системой. Сообщения идут к устройствам и от них, вместо прохождения по отдельным управляющим линиям.

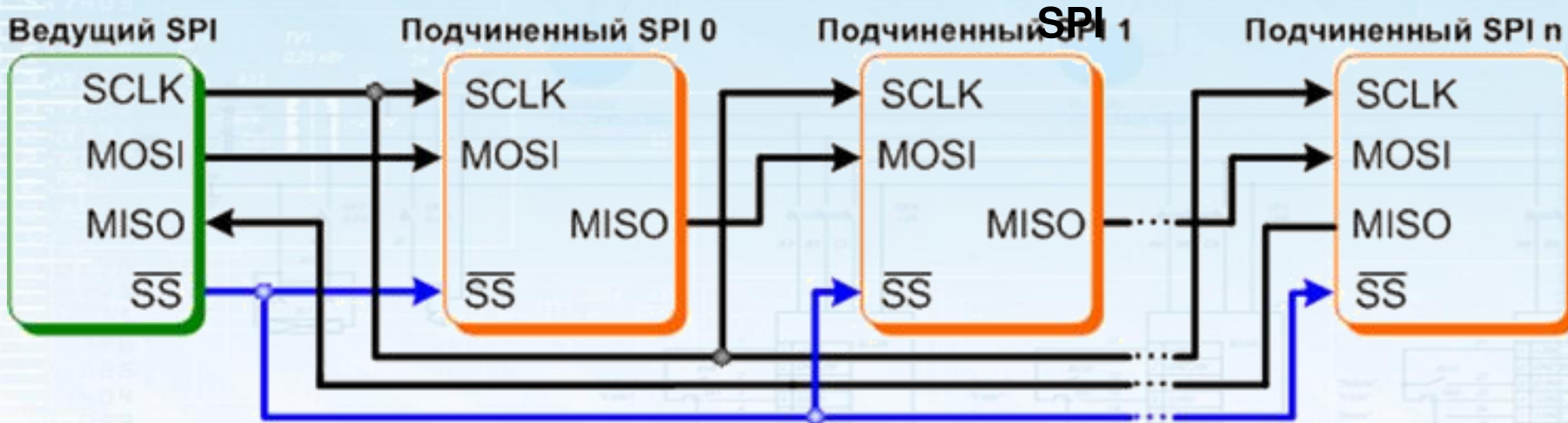
Преимущества:

- уменьшается количество проводов (не требуются отдельные линии управления),
- гарантируется дальнейшая расширяемость путём приема сообщений по протоколу I²C (только на низких скоростях).

SPI (*Serial Peripheral Interface*)



Независимое подключение к шине



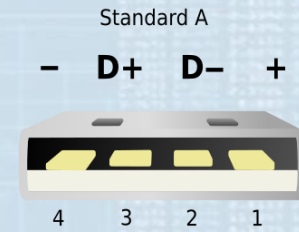
Каскадное подключение к шине SPI

Сравнение SPI и I²C

Интерфейс	SPI	I ² C
+	<ol style="list-style-type: none">1. Скорость.2. Не требуются нагрузочные резисторы.3. Полнодуплексный режим работы.4. Устойчивость к шумам	<ol style="list-style-type: none">1. Меньше подключений к линиям шины.2. Множество устройств делят между собой одну шину.3. Прием данных подтверждается.4. Возможность мультимастерной работы5. Протокол более стандартизован
-	<ol style="list-style-type: none">1. Больше число подключений к линиям шины.2. Для одновременного обмена данными более чем с одним ведомым устройством необходимы отдельные линии выбора кристалла.3. Отсутствует подтверждение приема данных.	<ol style="list-style-type: none">1. Скорость: для I²C — не выше 3,4 Мбит/с (для SMBus — не выше 100 кбит/с).2. Полудуплексный режим работы.3. Для линий с открытым стоком требуются нагрузочные резисторы.4. Сниженная устойчивость к шумам.

USB

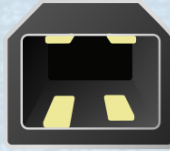
- USB (Universal Serial Bus — универсальная последовательная шина).



USB

Standard B

+ D-
1 2



4 3
- D+

- Структура древовидная (от корневого хоста до периферии)
- Скорости (1,5 Мбит/с; 12 Мбит/с; 480 Мбит/с)

- Подключение до 127 устройств

- 4 провода

- 2 - питание

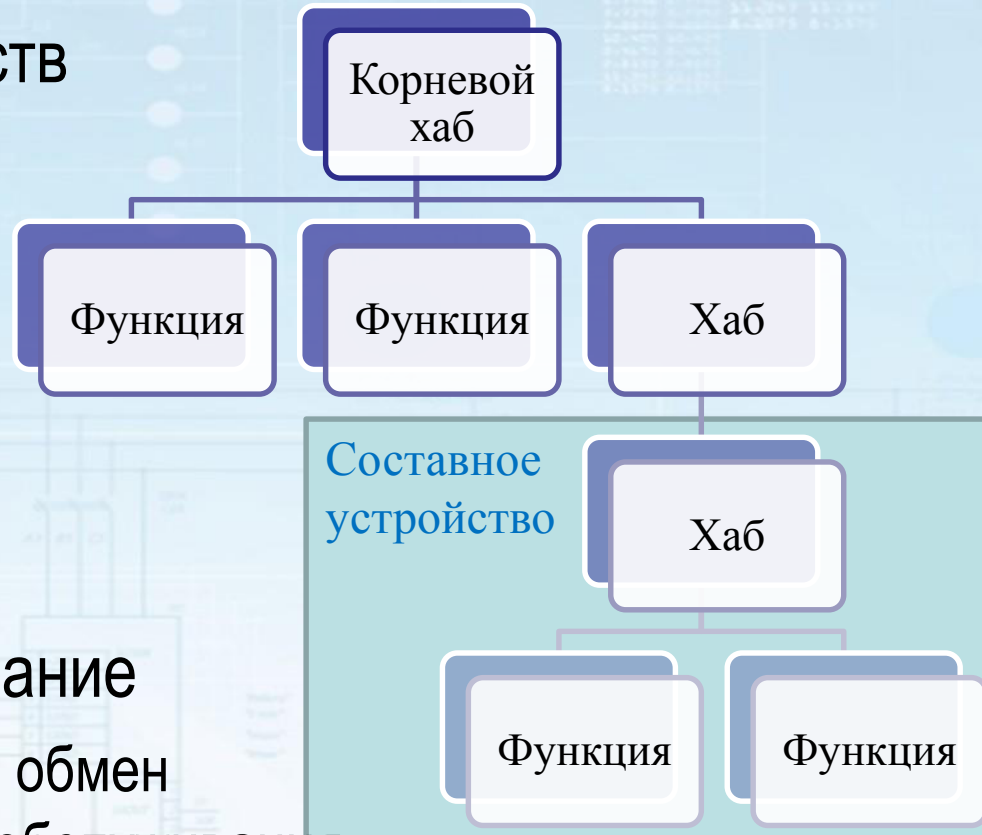
- 2 – данные (D+, D-)

- Полудуплекс

- «Горячее» подключение

- Динамическое конфигурирование

- Централизованный планируемый обмен обеспечивает гарантии качества обслуживания

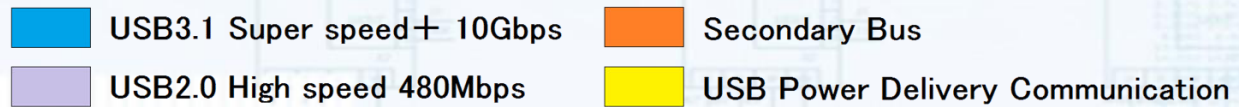
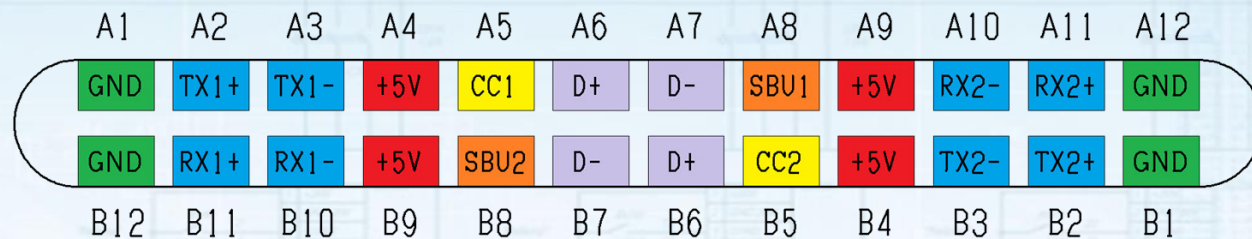


USB 3.0

- Возможности передачи данных на скорости до 5 Гбит/с (10 Гбит/с для USB 3.1).
- **Сила тока** до 900 мА (USB 2.0 - до 500 мА).
- USB 3.0 совместим со старыми стандартами. Имеется возможность подключать старые устройства в новые порты.
- USB Type-C нечувствителен к ориентации



USB Type-C Connector Pin Assign



Type-C







Type-C

Thunderbolt™ 3
The USB-C that does it all

Thunderbolt



- More Speed**  40 Gbps
- More Pixels**  Two 4K
- More Power**  Up to 100W
- More Protocols** 

Thunderbolt 3



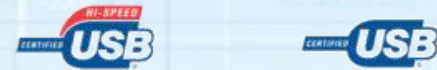
- 40 Gbps of PCIe 3.0 x4 data
- HDMI 2.0 and DisplayPort 1.2
- Backward electrical and protocol compatibility with Thunderbolt 1 and 2

USB 3.1



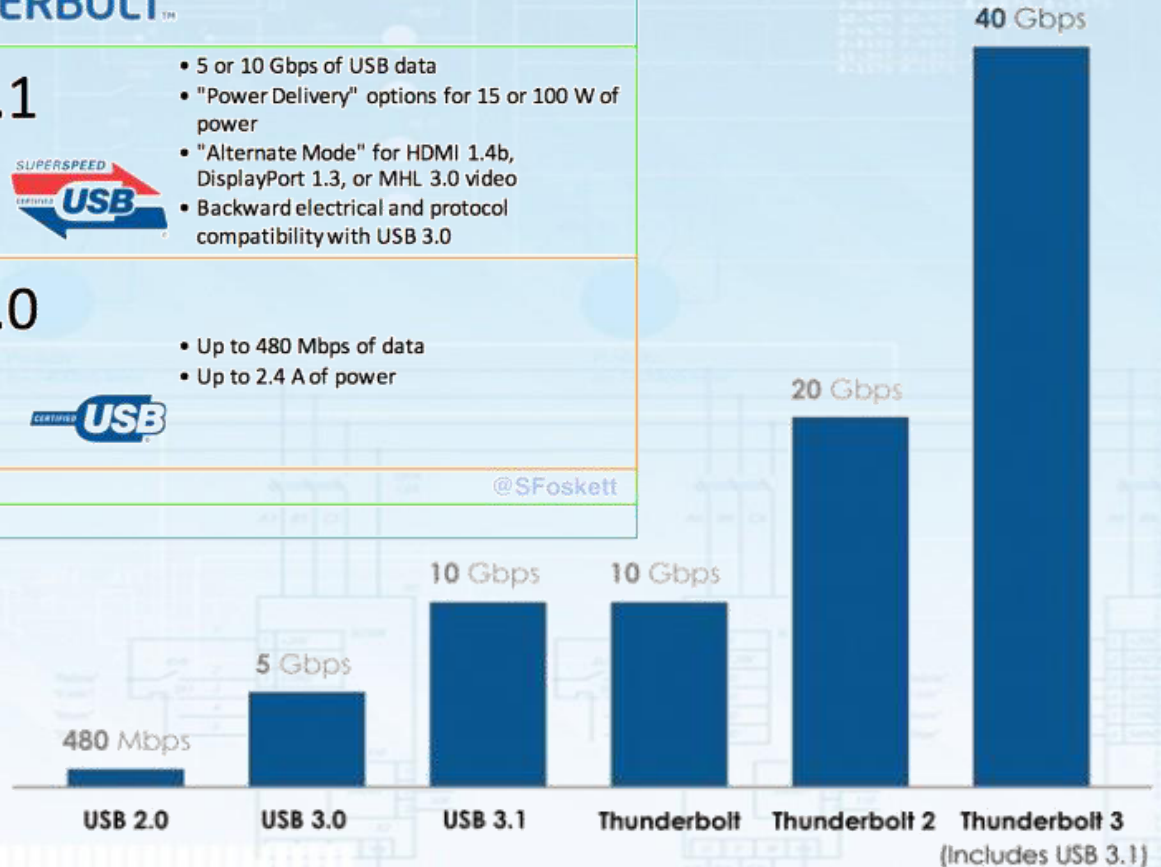
- 5 or 10 Gbps of USB data
- "Power Delivery" options for 15 or 100 W of power
- "Alternate Mode" for HDMI 1.4b, DisplayPort 1.3, or MHL 3.0 video
- Backward electrical and protocol compatibility with USB 3.0

USB 2.0



- Up to 480 Mbps of data
- Up to 2.4 A of power

@SFoskett



PCI

Основные возможности шины:

- Синхронный 32-х или 64-х разрядный обмен данными. При этом для уменьшения числа контактов (и стоимости) используется мультиплексирование, то есть адрес и данные передаются по одним и тем же линиям.
- Частота работы шины 33MHz или 66MHz.
- Автоматическое конфигурирование карт расширения при включении питания.
- Полная поддержка multiply bus master.
- Поддержка 5V и 3.3V логики.
- Пропускная способность
 - 132 МВ/сек при 32-bit/33MHz;
 - 264 МВ/сек при 32-bit/66MHz;
 - 264 МВ/сек при 64-bit/33MHz;
 - 528 МВ/сек при 64-bit/66MHz.

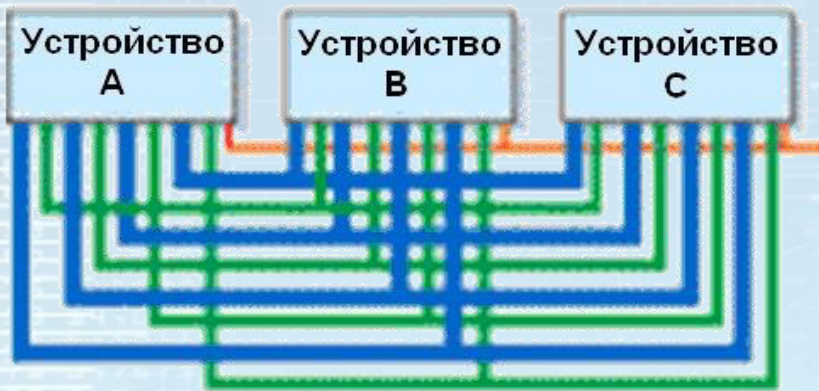


Архитектура компьютера с шиной PCI

PCI и PCIe

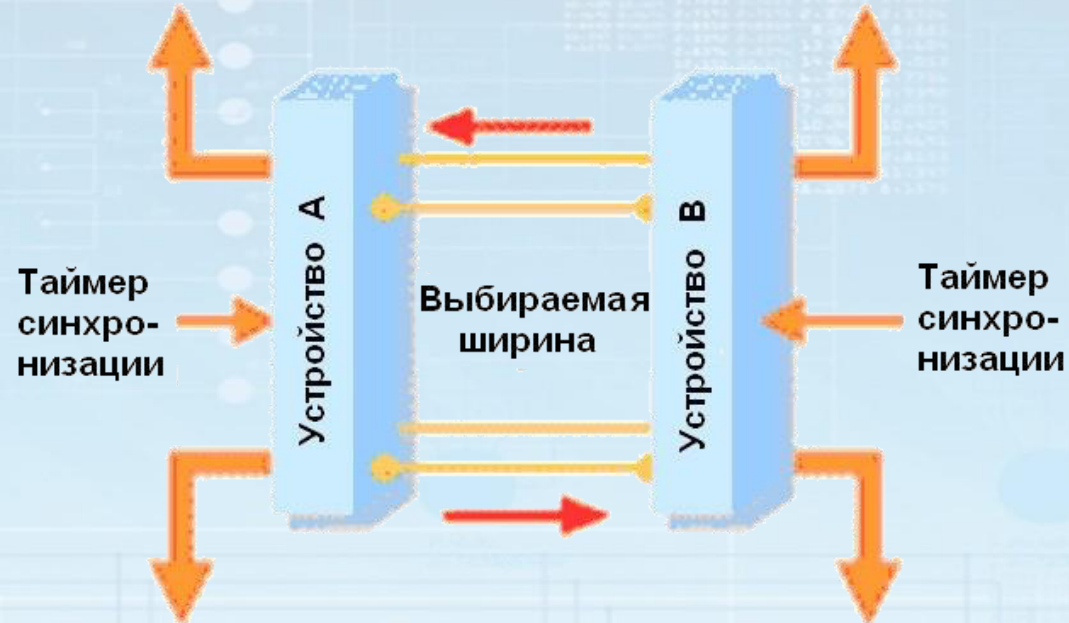
PCI(Peripheral Component Interconnect)

Шина PCI
параллельная, широкая,
медленная, однонаправленная



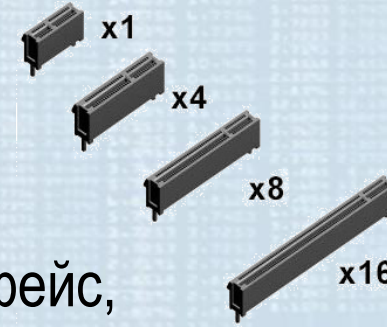
- Данные
- Тактовые сигналы
- Управление

PCI Express
последовательная, узкая,
быстрая, двунаправленная

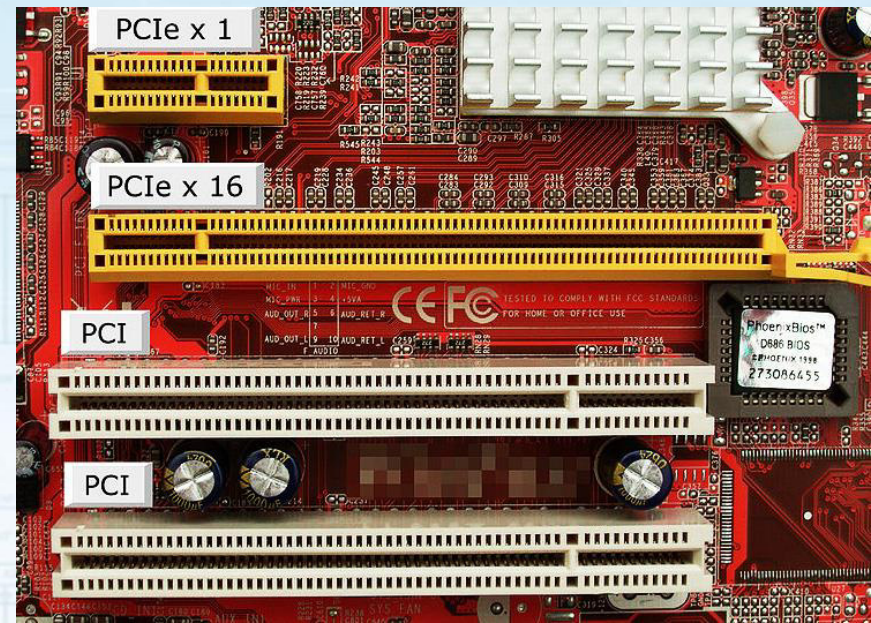


- Канал PCI Express состоит из двух однонаправленных каналов

PCIe



- PCI Express, или PCIe, или PCI-E — компьютерный интерфейс, соединение типа «точка-точка»), использующая программную модель шины PCI и высокопроизводительный физический протокол, основанный на последовательной передаче данных по диф. каналам.
- Является пакетной сетью с **топологией типа звезда**. Устройства PCI Express взаимодействуют между собой через среду, образованную коммутаторами, при этом каждое устройство напрямую связано соединением типа точка-точка с коммутатором.
- Шина PCI Express нацелена на использование в качестве локальной шины.



PCIe



- Шиной PCI Express поддерживается:
 - горячая замена карт;
 - гарантированная полоса пропускания (QoS);
 - управление энергопотреблением;
 - контроль целостности передаваемых данных.
- Соединение (англ. link — связь, соединение) между двумя устройствами PCI Express состоит из одной (x1) или нескольких (x2, x4, x8, x12, x16 и x32) двунаправленных последовательных линий. Каждое устройство должно поддерживать соединение, по крайней мере, с одной линией (x1).
- На электрическом уровне каждое соединение использует низковольтную дифференциальную передачу сигнала (LVDS), приём и передача информации производится каждым устройством PCI Express по отдельным двум проводникам,

PCI Express

Пропускная способность

В одну/обе стороны в Гбит/с							
	Количество линий						
	x1	x2	x4	x8	x12	x16	x32
PCIe 1.0	2/4	4/8	8/16	16/32	24/48	32/64	64/128
PCIe 2.0	4/8	8/16	16/32	32/64	48/96	64/128	128/256
PCIe 3.0	8/16	16/32	32/64	64/128	96/192	128/256	256/512
PCIe 4.0	16/32	32/64	64/128	128/256	192/384	256/512	512/1024

Высокоскоростные дифференциальные интерфейсы

- HyperTransport (межкристальный интерфейс)
- PCIe
- SerialRapidIO
- InfiniBand
- StarFabric
- Ethernet

Баланс требований



Serial RapidIO

- Разработчик стандарта - The RapidIO Trade Association (Xilinx, Freescale, Tundra, Mercury, Altera, Ericsson, Curtiss-Wright, etc.)
- Высокопроизводительная технология соединения точка-точка (Point-to-point) с коммутацией пакетов.
- Гарантированная доставка пакетов с низкой задержкой.
- Механизмы управления потоком.
- Эффективная реализация протокола в аппаратном обеспечении.
- Низкое потребление энергии.
- Масштабирование сети от двух узлов до тысяч. Поддержка разных сетевых архитектур. Поддержка медных и оптических соединений.
- Спецификация RapidIO ревизии 4.0 была выпущена в 2016-м году (скорость передачи до 25 Гбод/сек и др.)

JTAG (*Joint Test Action Group*)

- Выходной контроль микросхем при производстве
- Тестирование собранных печатных плат
- Прошивка микросхем с памятью
- Отладочные работы при проектировании аппаратуры и программного обеспечения

Разработка

Изготовление

Сопровождение

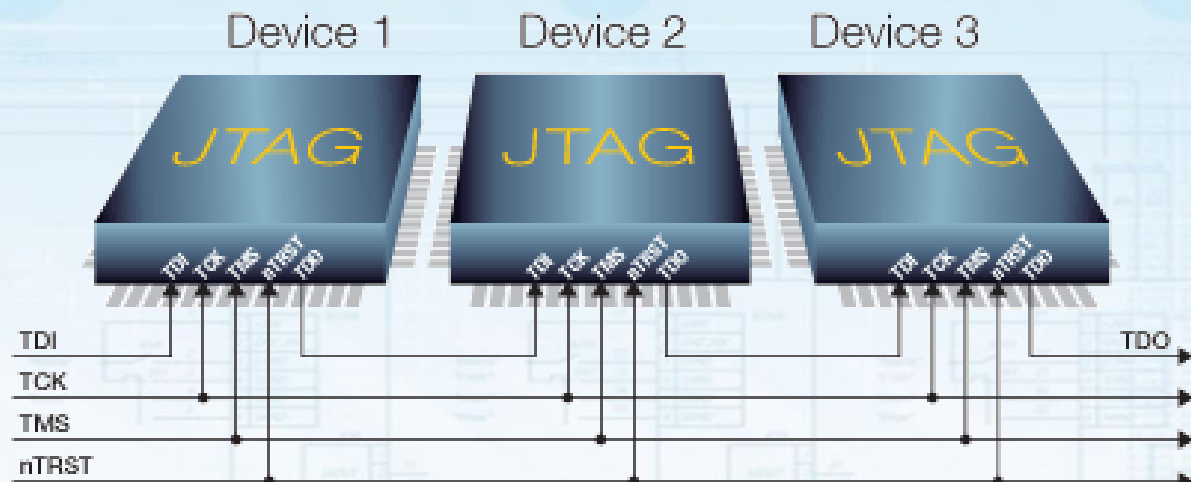
TCK (Test Clock)

TMS (Test Mode Select)

TDI (Test Data In)

TDO (Test Data Out)

TRST (Test Reset)



JTAG 1149.1 Standard Test Access Port and Boundary-Scan Architecture

Design for Test (DFT)

Назначение:

- Отладка процессоров
- Программирование ПЛИС/CPLD
- Функциональное тестирование
- Заводское тестирование
- Диагностика неисправностей
- Тестирование целостности электроцепей





IPMI

Интеллектуальный интерфейс управления платформой

Intelligent Platform Management Interface

1. Мониторинг состояния оборудования
2. Восстановление работоспособности сервера
3. Управление периферийными устройствами
4. Ведение журнала событий
5. Хранение информации об используемом оборудовании

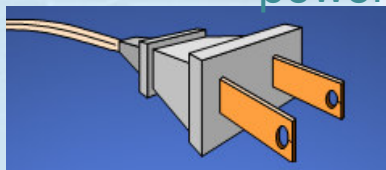
1998 IPMI v1.0 (RS-232)

2001 IPMI v1.5 (RS-232, LAN)

2004 IPMI v2.0 (LAN, Blade-системы)

Обзор IPMI

Управление питанием
power control



Монитор



Восстановление
recovery



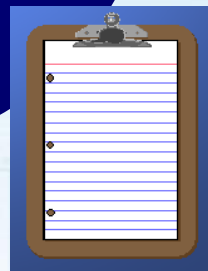
Сигнал
тревоги
alert



Ведение журнала,
Протоколирование
logging



Инвентаризация
(опись в наличии)
inventory



Единая платформа
управления

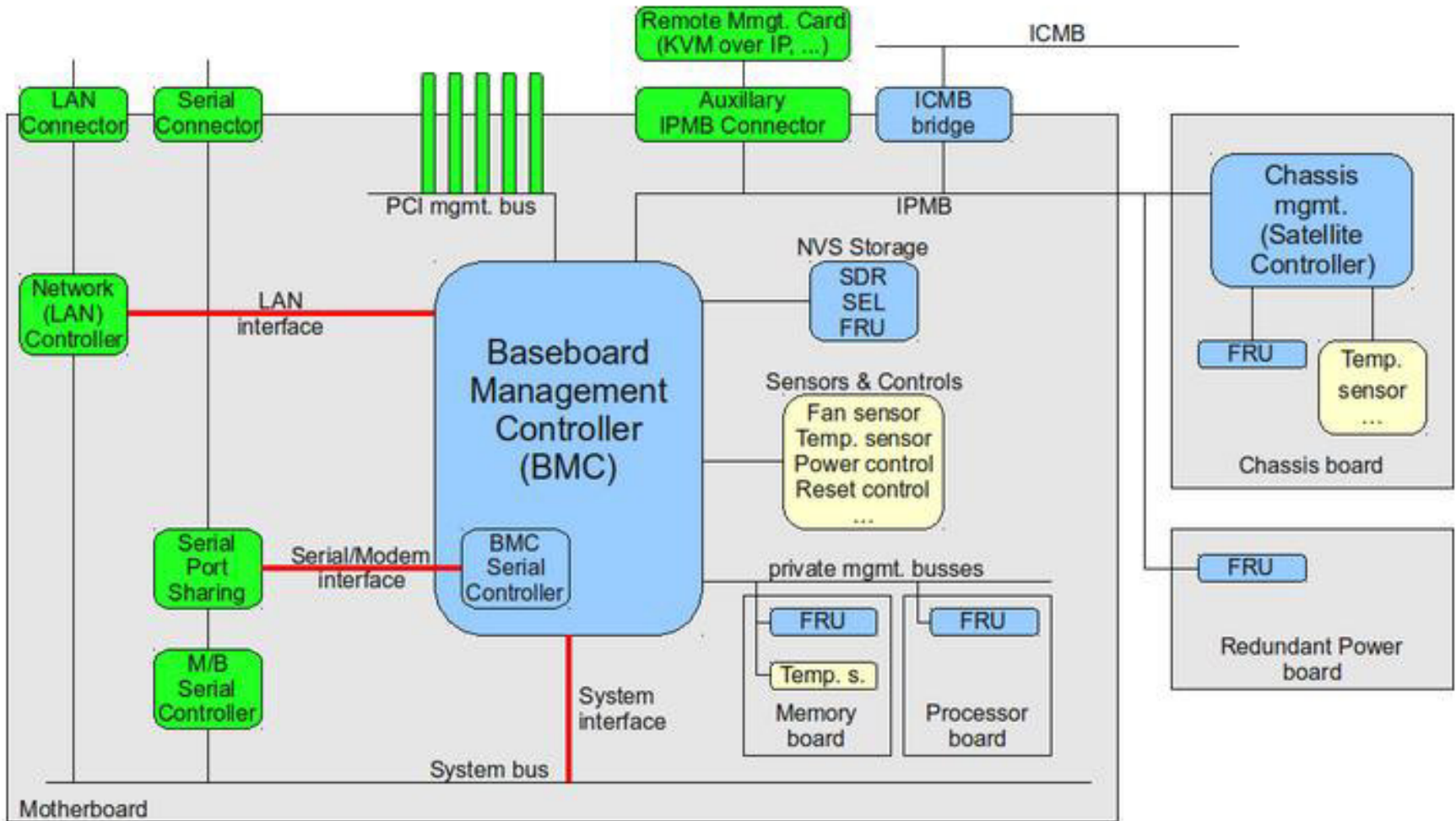
Различные
платформы

Всегда доступна

Основные компоненты IPMI

- **MC**: (**M**anagement **C**ontroller) - контроллер управления, расположен в центре системы IPMI. **MC включается первым.**
- **BMC**: (**B**aseboard Management **C**ontroller) - контроллер управления платой, обычно это недорогой микроконтроллер,
- **IPMB**: (**I**ntelligent **P**latform **M**anagement **B**us) – шина управления интеллектуальной платформы, I²C
- **FRU** (Field replaceable unit) – сменный/заменяемый блок, например эл. карта, интегральная схема.
- **SSIF** (**S**MBus **S**ystem **I**nterface)
- **SDR** (**S**ensor **D**ata **R**epository) - хранилище данных датчика.
- **SEL** - журнал событий

Компоненты структуры IPMI v2.0



IPMI аппаратный модуль - BMC

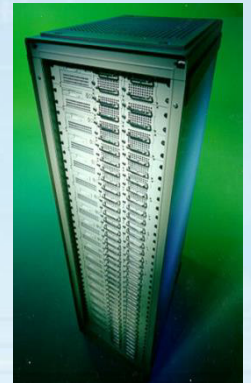
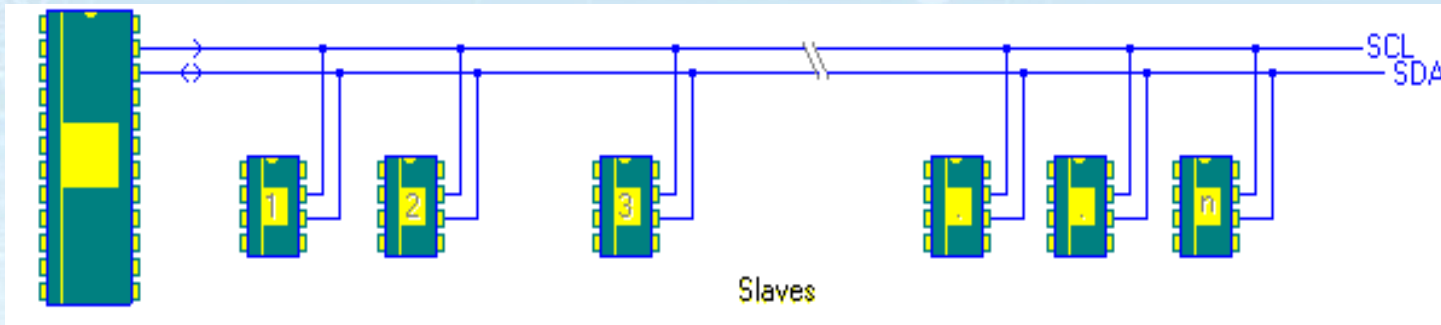
- Контроллер управления платой (Baseboard Management Controller)
- Микроконтроллер, обеспечивающий интеллект для IPMI
- Управляет интерфейсом между системой управления программным обеспечением и управления платформой аппаратными средствами
- Автономный мониторинг
- Ведения журнала событий
- Контроль восстановления
- Служит в качестве шлюза между программным обеспечением для управления системой и IPMB и МБР
- Доступно даже если система выключена и ОС не загружена

IPMB/ICMB - аппаратная часть IPMI

- **Intelligent Platform Management Bus** – интеллектуальная шина управления платформой

Стандартизированная шина и протокол для расширенного управления, мониторинг и доставки событий внутри шасси.

На основе шины I2C, со множеством мастер-устройств



- **Intelligent Chassis Management Bus** - Интеллектуальная шина управления корпусом (шасси), Эта шина расширяется IPMI до множество хостов (узлов) и периферийных шасси. Поддерживает до 64 шасси.

Элементы функционирования IPMI

- **Power Control** – Контроль питания
 - состояние, питание вкл./выкл., повтор, сброс, NMI диагностика
- **Monitoring** – мониторинг
 - значения датчиков
- **Inventory** – инвентаризация (опись)
 - заменяемые блоки/детали
- **Logging** – ведение журнала
 - Ведение журнала событий системы
- **Recovery** - восстановление
 - Контроллер BMC принимает меры на сообщения событий, которые он получает
- **Alert** - предупреждения
 - SNMP сообщения через соединения LAN и PPP
 - Выполнять пейджинг через последовательный / модемного соединения
- **Serial Console Redirection** – перенаправление последовательной консоли

Функциональные блоки IPMI

Extended

IPMI v1.5

New

