

Интерфейсы ввода/вывода

БТПИТ

09.02.01 «КСиК»

Интерфейс

Интерфейс (от англ. interface — поверхность раздела, перегородка) — совокупность средств и методов взаимодействия между элементами системы.

Мы будем подразумевать под интерфейсом

Совокупность программного обеспечения (протокол)

Аппаратную реализацию контроллера.

Разъем для подключения устройства

Интерфейсом также принято называть сам такой разъем

COM Интерфейс (RS-232)

Последовательный порт (англ. Serial port), серийный порт или COM-порт — двунаправленный последовательный интерфейс, предназначенный для обмена байтовой информацией.



Наиболее часто используются D-образные разъёмы: 9-ти и 25-тиконтактные, (DB-9 и DB-25 соответственно).

Максимальная скорость передачи обычно составляет 115 200 бод

Морально устарел, но ещё нередко присутствует на современных компьютерах и используется в промышленном и узкоспециальном оборудовании.

Используется для подключения dial-up модемов, UPS

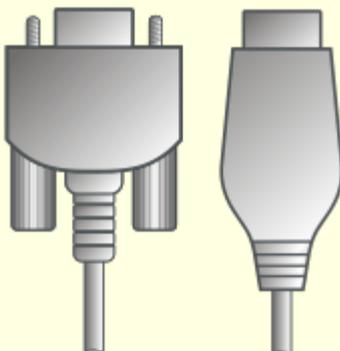
Отсутствует на современных ноутбуках.

COM-порты в операционной системе Unix (Linux) — это файлы символьных устройств

COM-порты в операционной системе Windows — это именованные каналы для передачи данных



Обозначение



LPT Интерфейс (IEEE 1284)

IEEE 1284 (порт принтера, параллельный порт, англ. Line Print Terminal, LPT) — международный стандарт параллельного интерфейса для подключения периферийных устройств персонального компьютера.

Изначально этот порт был разработан только для симплексной (односторонней) передачи данных, так как предполагалось, что порт Centronics должен использоваться только для работы с принтером.

Впоследствии разными фирмами были разработаны дуплексные расширения интерфейса (**byte mode**, **EPP**, **ECP**).

Затем был принят международный стандарт IEEE 1284, описывающий как базовый интерфейс Centronics, так и все его расширения

В основном используется для подключения к компьютеру принтера, сканера и других внешних устройств.



Обозначение

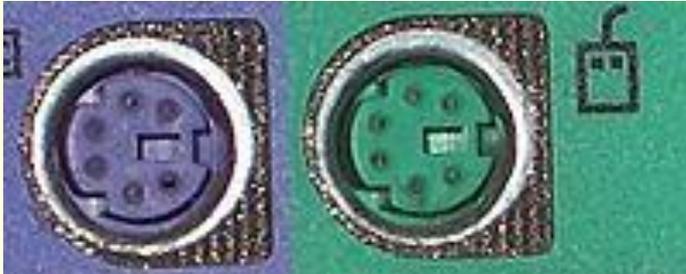


Стандарт позволяет использовать интерфейс в нескольких режимах:

- **SPP (Standart Paralell Port)** — однонаправленный порт, полностью совместим с интерфейсом Centronics.
- **Nibble Mode** — позволяет организовать двунаправленный обмен данными в режиме SPP путём использования управляющих линий (4 бит) для передачи данных от периферийного устройства к контроллеру. Исторически это был единственный способ использовать Centronics для двустороннего обмена данными.
- **Byte Mode** — редко используемый режим двустороннего обмена данными. Использовался в некоторых старых контроллерах до принятия стандарта IEEE 1284.
- **EPP (Enhanced Parallel Port)** — разработан компаниями Intel, Xircom и Zenith Data Systems — двунаправленный порт, со скоростью передачи данных до 2Мб/сек.
- **ECP (Extended Capabilities Port)** — разработан компаниями Hewlett-Packard и Microsoft — в дополнение появились такие возможности, как наличие аппаратного сжатия данных, наличие буфера и возможность работы в режиме DMA.

Разъем PS/2

Разъем принятый фирмой IBM 1987 году. Последовательный.



Обозначения

Используется для подключения мыши и клавиатуры

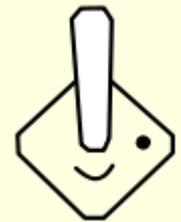
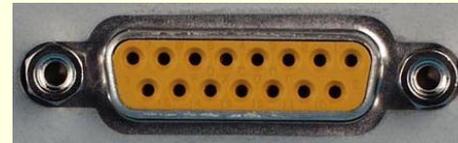
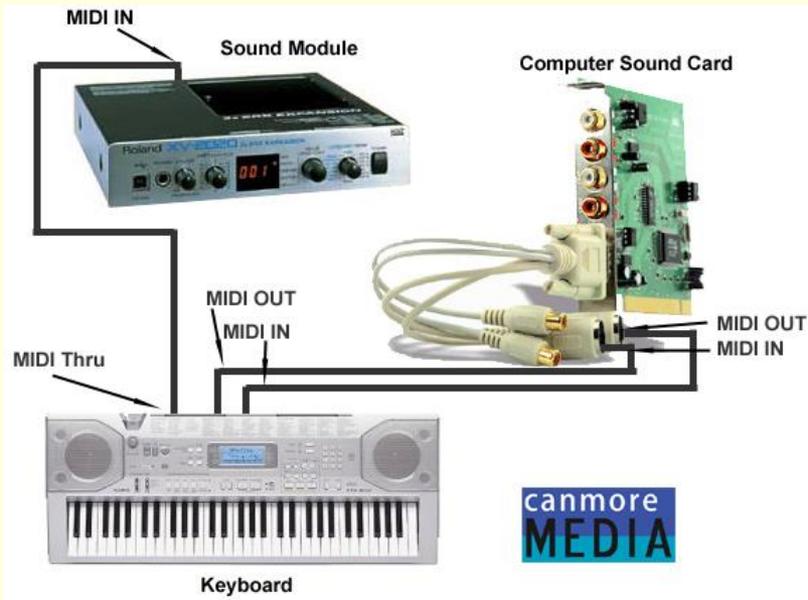
Разъем мыши и разъем клавиатуры электрически и механически идентичны. Однако логически различаются.

Разъем MIDI (Game)

разъем ввода/вывода, применяется для подключения игрового манипулятора или музыкального синтезатора.

Игровой порт поддерживает следующие аналоговые сигналы: четыре оси (X1, Y1, X2, Y2) и четыре кнопки. Все, что выходит за эти рамки, поддерживается в цифровом виде при помощи специальных нестандартных интерфейсов.

Современные манипуляторы оснащаются более универсальным интерфейсом USB.



Обозначения



IEEE 1394 (Fire Wire)

последовательная высокоскоростная шина, предназначенная для обмена цифровой информацией между компьютером и другими электронными устройствами.

Различные компании продвигают стандарт под своими торговыми марками:

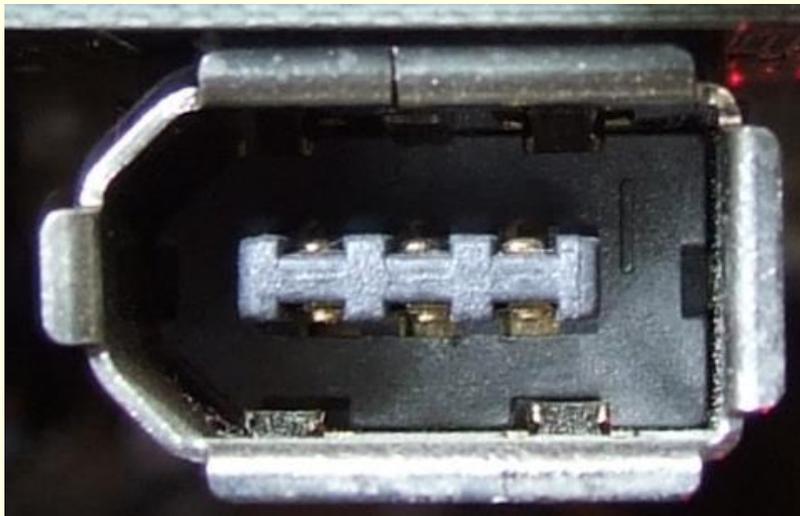
Apple — FireWire

Sony — i.LINK

Yamaha — mLAN

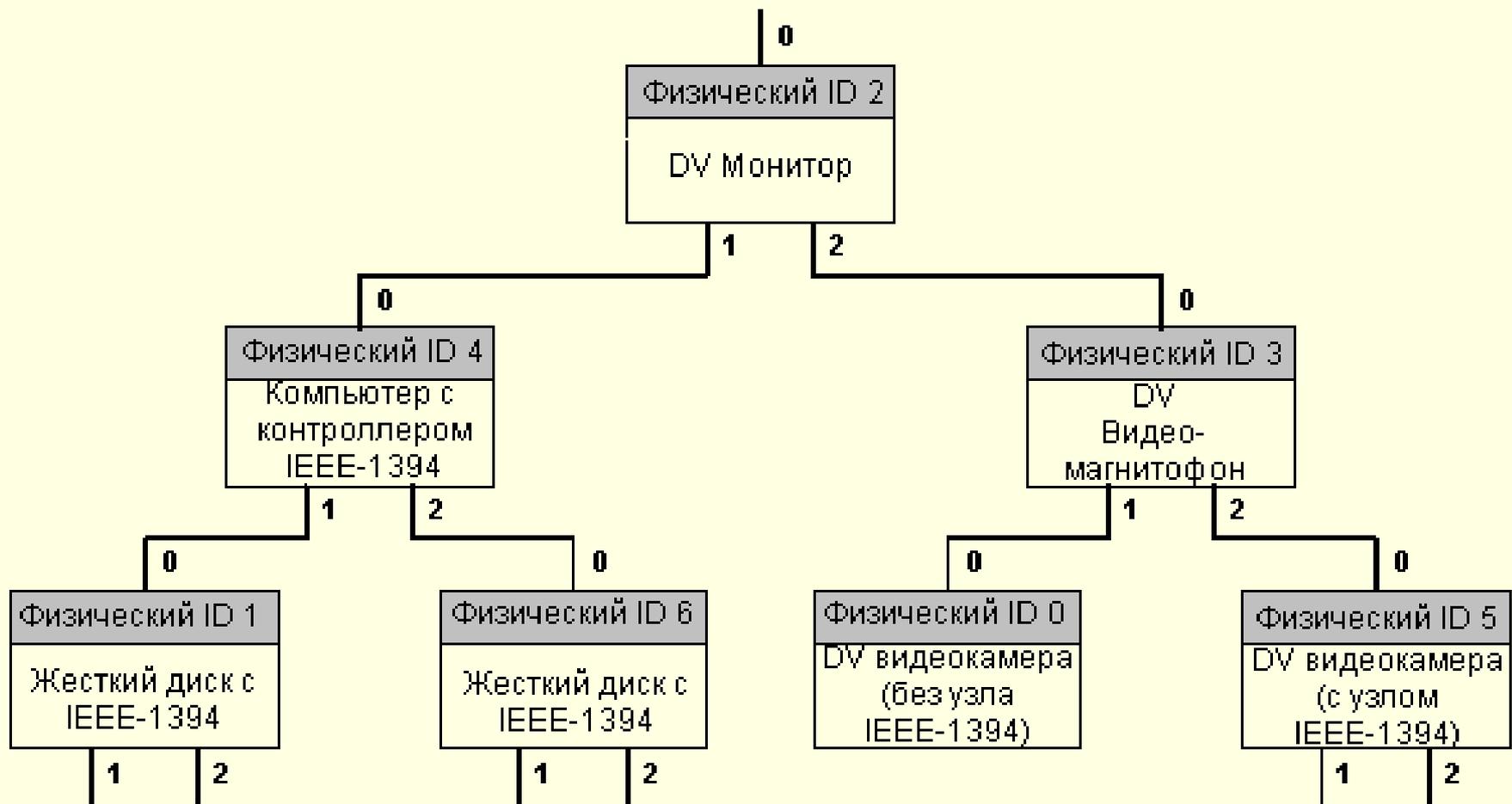
TI — Lynx

Creative — SB1394



Обозначение

- скорость передачи данных до 400 Mbits/s по стандарту IEEE-1394a и 800 Mbits/s по стандарту IEEE-1394b, согласованному в 1394 Trade Association в конце мая 2001 года.
- 16-ти разрядный адрес позволяет адресовать до 64K узлов на шине
- предельная теоретическая длина шины 224 метра
- "горячее" подключение/отключение без потери данных
- автоматическое конфигурирование, аналогичное Plug&Play
- произвольная топология шины - по аналогии с локальными сетями может использоваться как "звезда" так и общая шина (только в виде цепочки, в отличие от сети на коаксиальном кабеле)
- никакие терминаторы не требуются
- возможность обмена с гарантированной пропускной способностью, что крайне необходимо для передачи видеоизображений
- Максимальное расстояние между двумя устройствами в цепочке по IEEE-1394a - 4.5 м, по IEEE-1394b - 100 м.



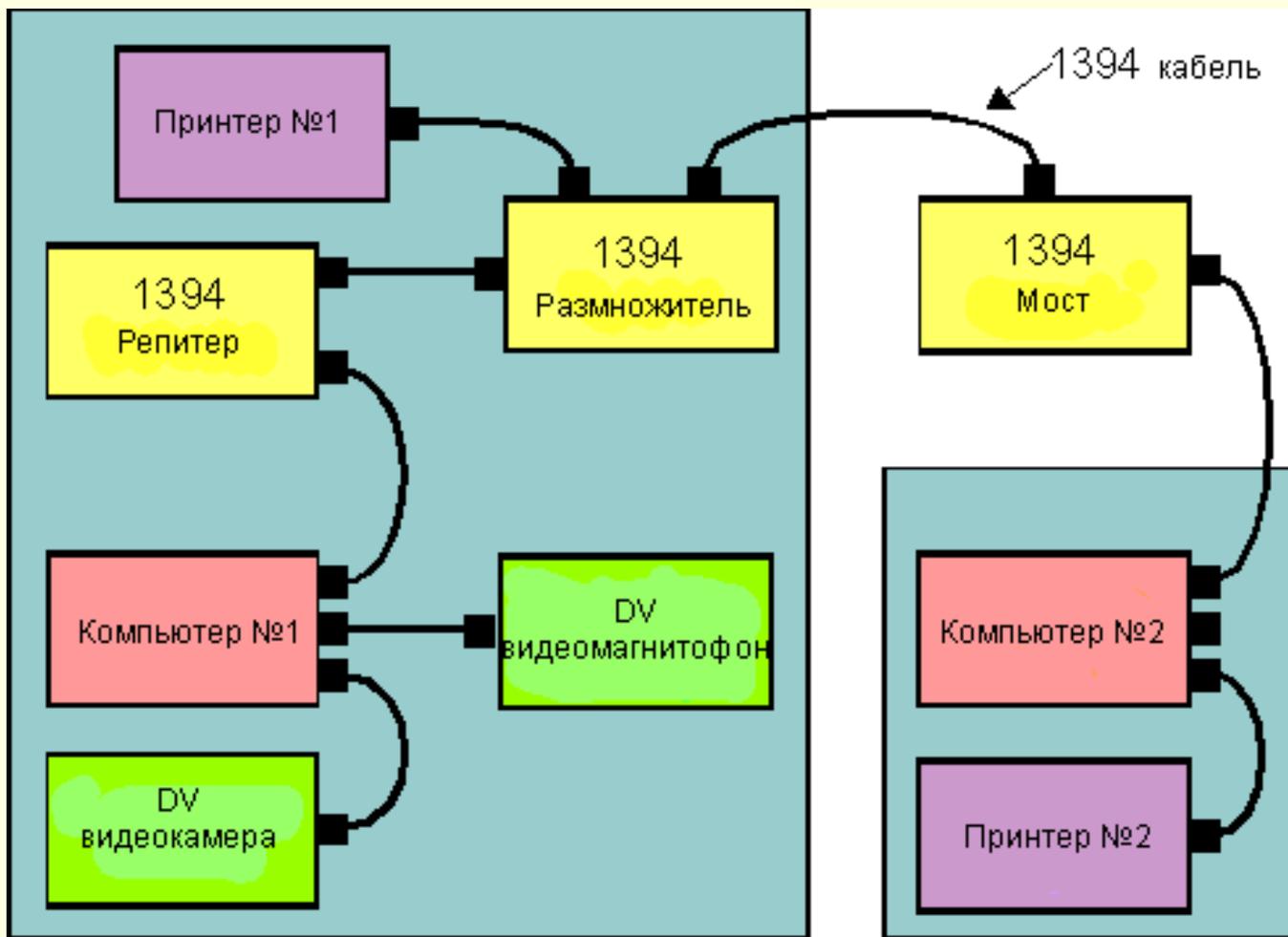
На шине не более 63 узлов

Между любыми двумя узлами не более 16 кабельных сегментов

Длина кабельного сегмента не более 4,5 м (в IEEE1394b до 100 м)

Суммарная длина кабеля не более 72м

Не должно быть петель



IEEE 1394

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

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

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

IEEE 1394.1

В 2004 году увидел свет стандарт IEEE 1394.1. Этот стандарт был принят для возможности построения крупномасштабных сетей и резко увеличивает количество подключаемых устройств до гигантского числа — 64 449

IEEE 1394c

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



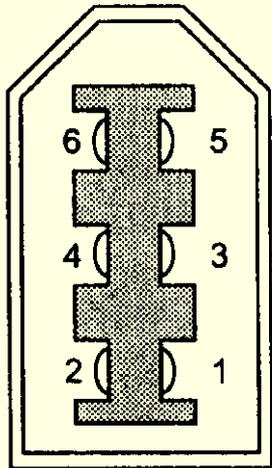
4 pin



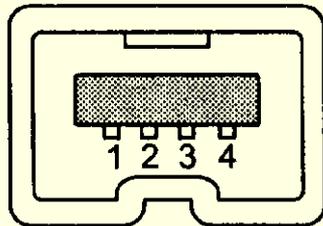
9 pin



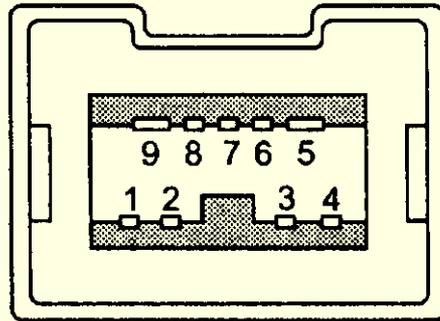
6 pin



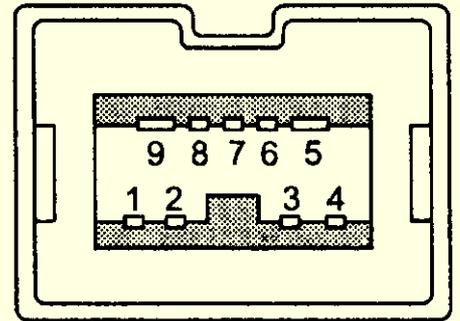
a



б



в



г



Кабель на 6/6 проводов, поддержка скорости передачи до 400 Mbits/s. Напряжение питания до 40 V при токе до 1.5 A. Длина от 0.7 м до 4.5 м.



6 pin



4 pin

Кабель на 6/4 проводов, поддержка скорости передачи до 100 Mbits/s. Напряжение питания до 5 V при токе до 0.5 A. Длина от 1 м до 4.5 м.



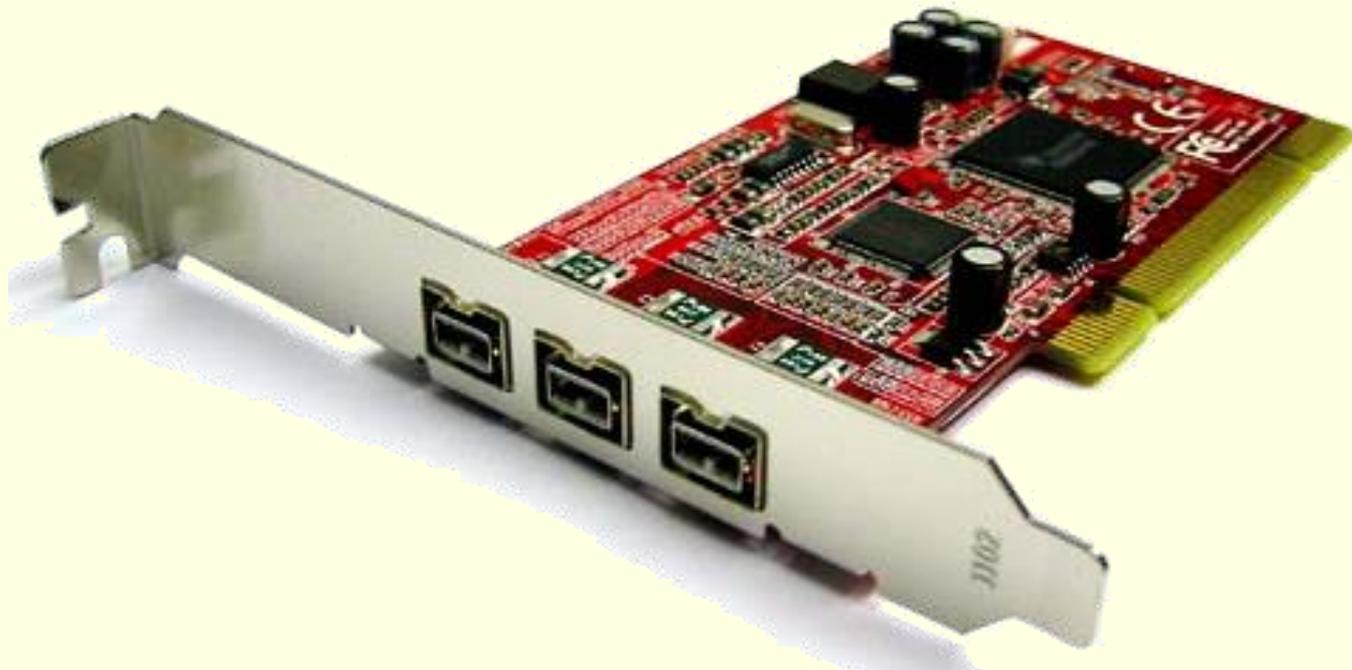
6 pin



4 pin



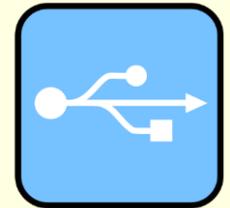
Кабель на 4 провода, поддержка скорости передачи до 100 Mbits/s. Напряжение питания до 5 V при токе до 0.5 A. Длина от 1 м до 4.5 м.



Разъем USB

последовательный интерфейс передачи данных для среднескоростных и низкоскоростных периферийных устройств в вычислительной технике.

Разработка спецификаций на шину USB производится в рамках международной некоммерческой организации USB Implementers Forum (USB-IF), объединяющей разработчиков и производителей оборудования с шиной USB.



Обозначение

USB 1.1

Технические характеристики:

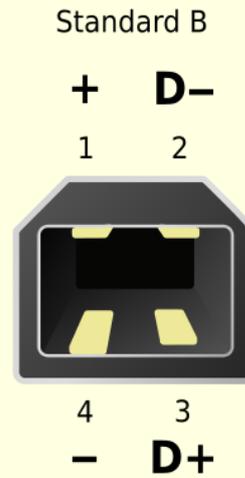
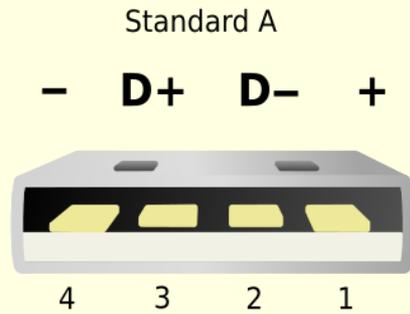
- два режима передачи данных:
- режим с высокой пропускной способностью (Full-Speed) — 12 Мбит/с
- режим с низкой пропускной способностью (Low-Speed) — 1,5 Мбит/с
- максимальная длина кабеля для режима с высокой пропускной способностью — 5 м максимальная длина кабеля для режима с низкой пропускной способностью — 3 м
- максимальное количество подключённых устройств (включая размножители) — 127
- возможно подключение устройств, работающих в режимах с различной пропускной способностью к одному контроллеру USB
- напряжение питания для периферийных устройств — 5 В
- максимальный ток, потребляемый периферийным устройством — 500 мА
- USB 2.0

отличается от USB 1.1 введением режима Hi-speed.

Для устройств USB 2.0 регламентировано три режима работы:

- Low-speed, 10—1500 Кбит/с (используется для интерактивных устройств: клавиатуры, мыши, джойстика)
- Full-speed, 0,5—12 Мбит/с (аудио-, видеоустройства)
- Hi-speed, 25—480 Мбит/с (видеоустройства, устройства хранения информации)

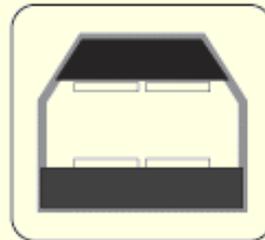
USB



Тип A



Тип B



Мини-USB

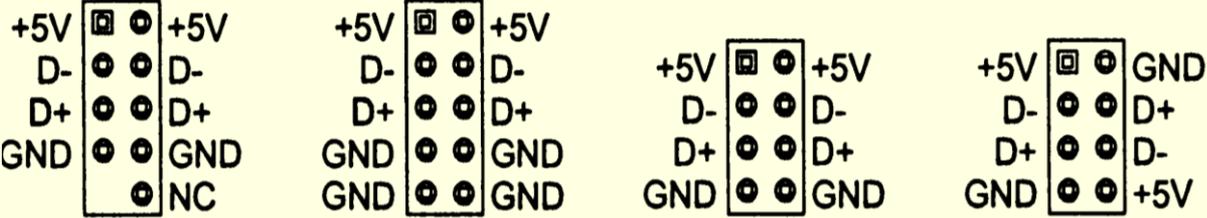
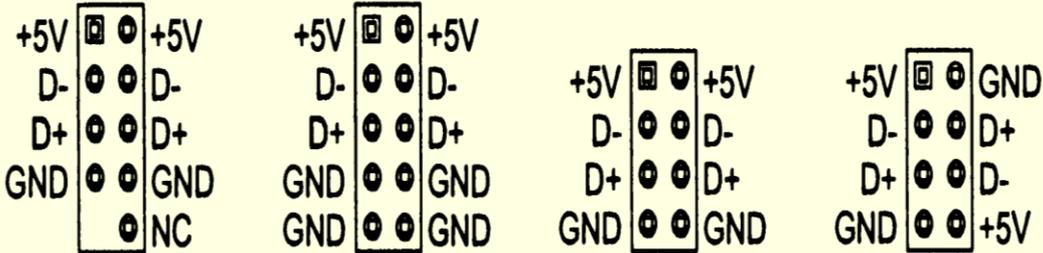


Разъем
на кабеле



Разъем
на устройстве

System Board Pinout



Архитектура USB

хост-контроллер (host controller) – это главный контроллер, который входит в состав системного блока компьютера и управляет работой всех устройств на шине USB. Для краткости мы будем писать просто хост. На шине USB допускается наличие только одного хоста. Системный блок персонального компьютера содержит один или несколько хостов, каждый из которых управляет отдельной шиной USB;

устройство (device) может представлять собой хаб, функцию или их комбинацию (compound device);

порт (port) – точка подключения;

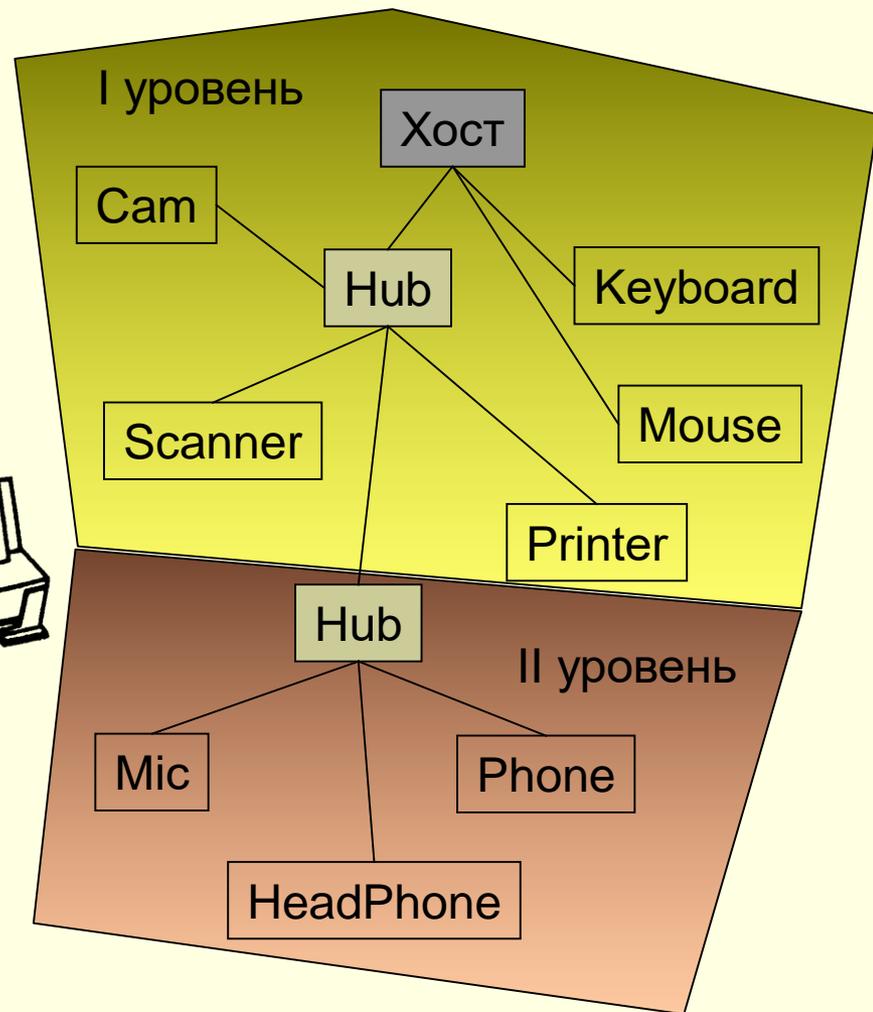
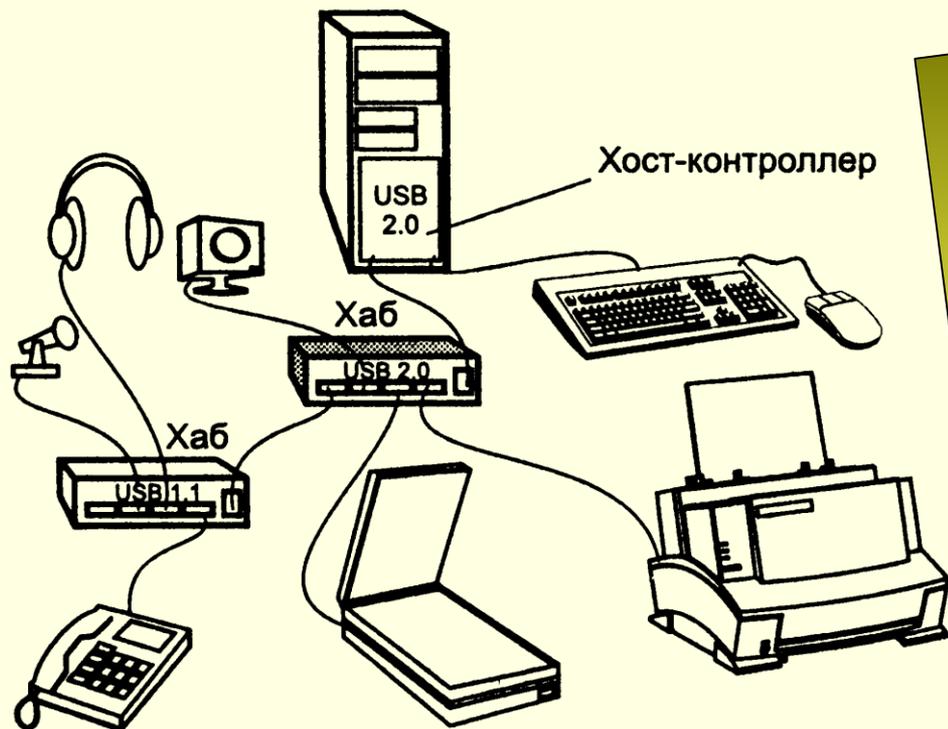
хаб (hub, концентратор) – устройство, которое обеспечивает дополнительные порты на шине USB. Другими словами, хаб преобразует один порт (восходящий порт, upstream port) во множество портов (нисходящие порты, downstream ports). корневой хаб (root hub) – это хаб, входящий в состав хоста;

кабель

функция (function) – это периферийное USB-устройство или его отдельный блок, способный передавать и принимать информацию по шине USB.

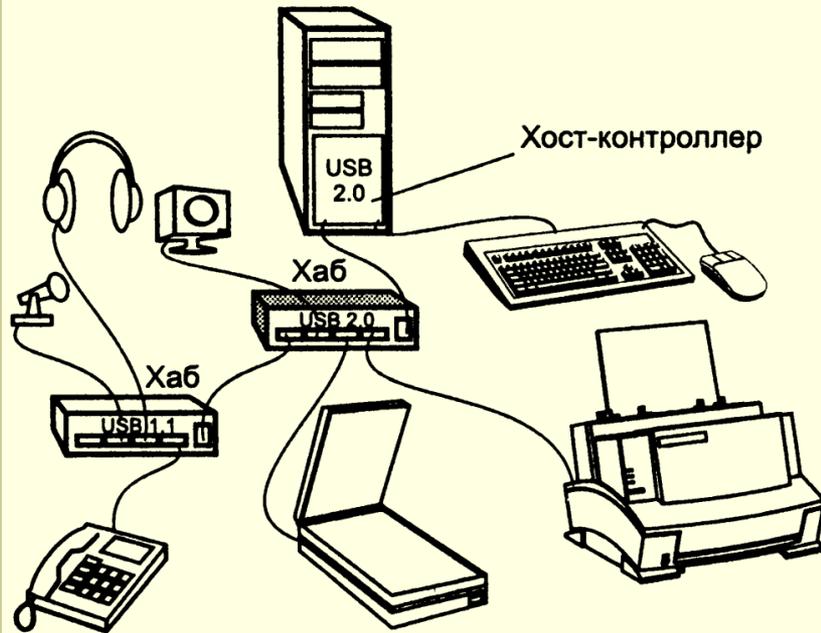
Физическая топология USB

Многоярусная звезда



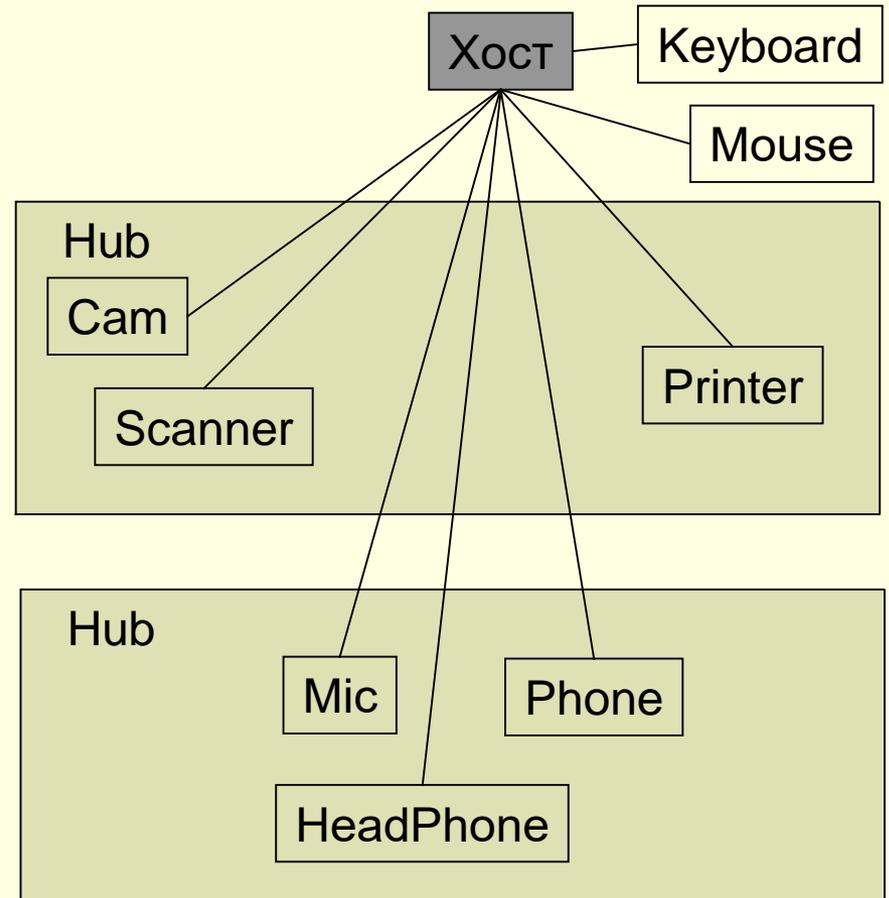
Логическая топология USB

Звезда



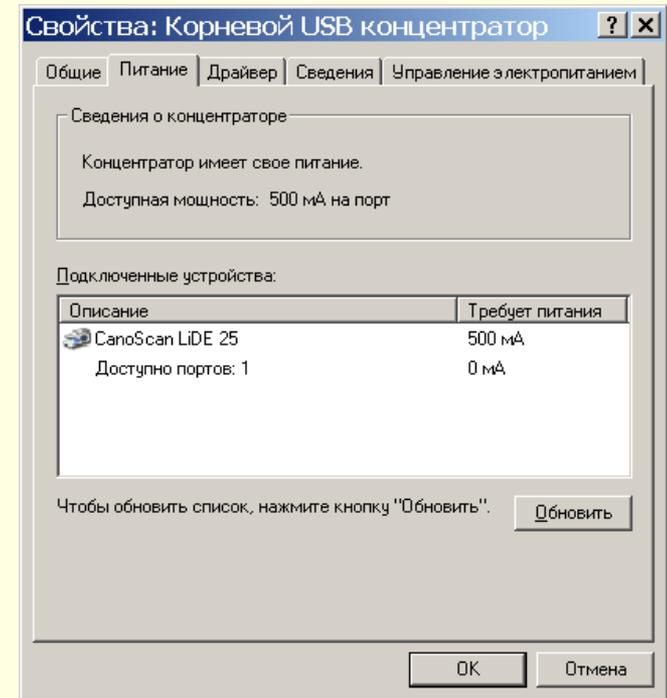
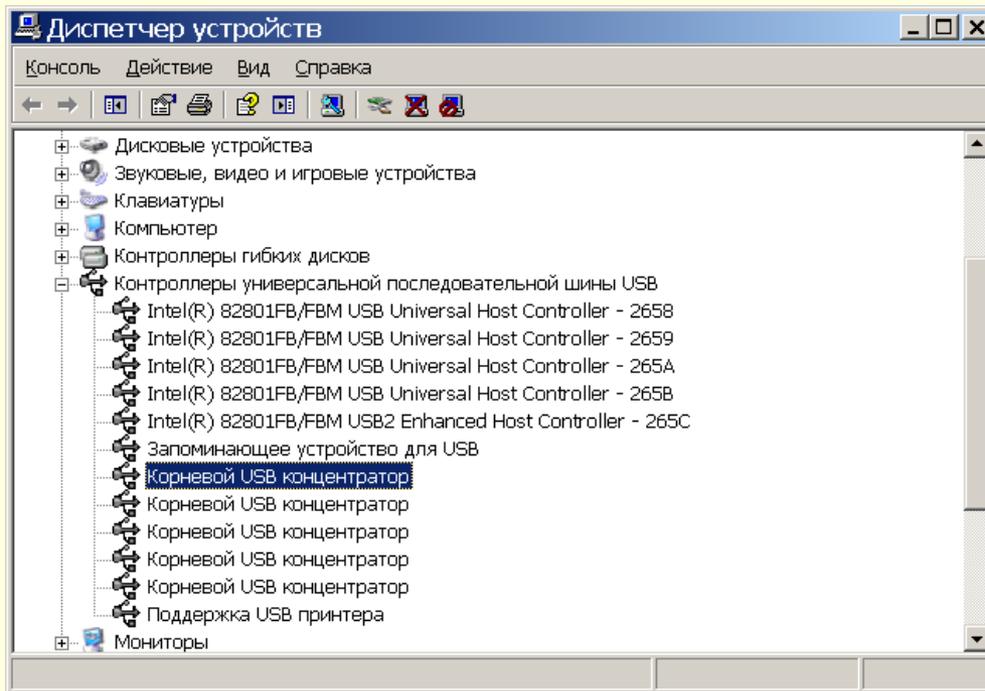
Обмен данными происходит по инициативе хост-контроллера.
Устройство не может инициировать обмен.
Устройство может передать сообщение о пробуждении
Устройства обмениваются данными только через Host

Hub прозрачен для устройства



Питание от шины USB

- Шина USB обеспечивает устройства питанием 5 в.
- Устройства-функции могут быть только потребителями.
- Устройства-функции и хабы могут использовать собственные источники питания
- Ток шины выдается дискретно по 100 мА (100, 200, 300,...)
- Устройству-функции может быть выдано по шине не более 0,5 А
- Порт обеспечивающий 0,5 А – мощный High-Power Port
- Порт обеспечивающий 0,1 А – маломощный Low-Power Port
- Способ питания и максимальный ток с точностью до 2мА описывается в дескрипторе конфигурации устройства
- Питание на порты подается с защитой от перегрузок из расчета 5 А на порт



Корневой Hub

Получает питание вместе с Host.
При питании от батарей только маломощные порты. От внешнего источника – любые порты

Self-Powered Hub

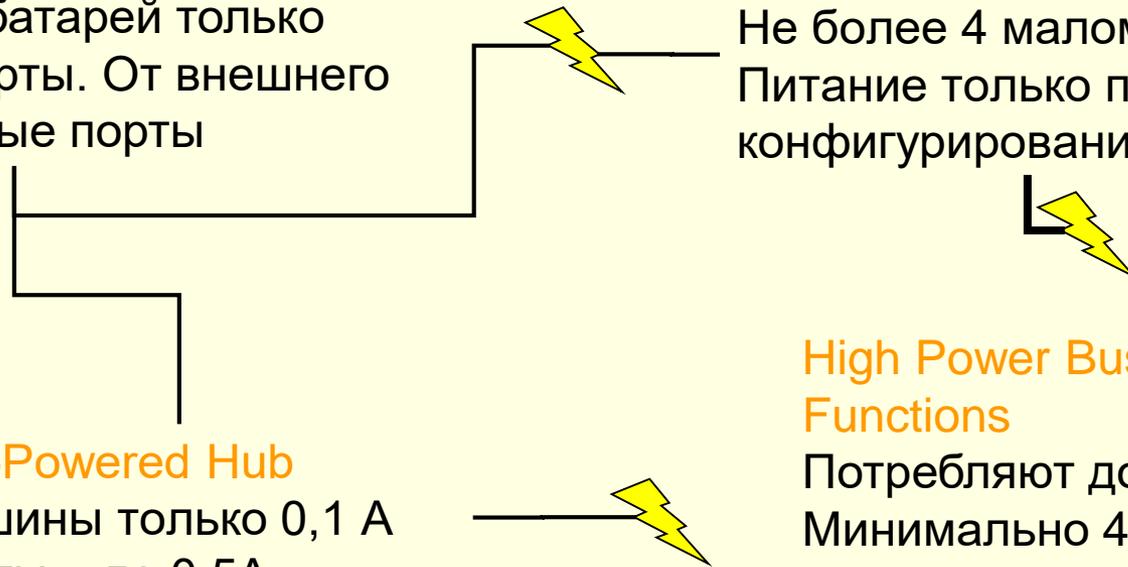
От шины только 0,1 А
Порты – до 0,5А

Bus-Powered Hub

Не более 4 маломощных.
Питание только после конфигурирования

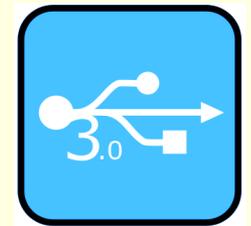
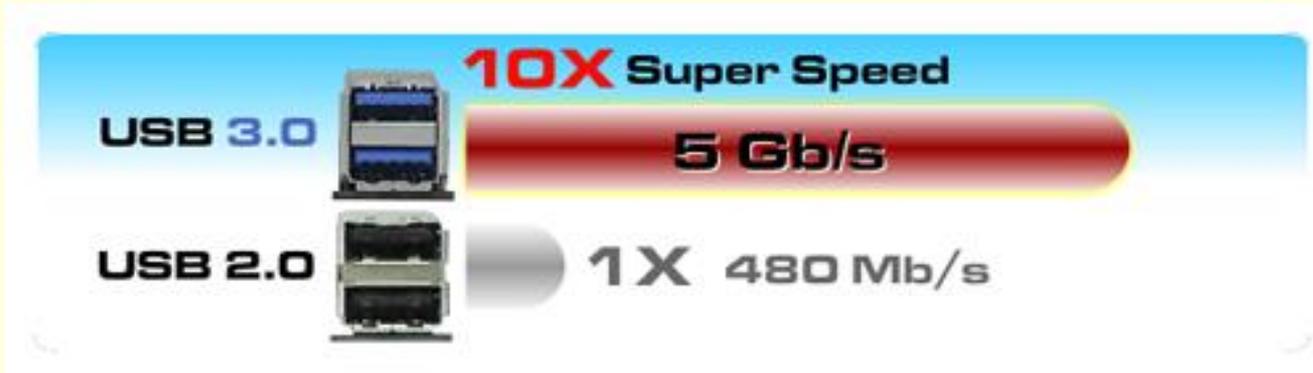
High Power Bus-Powered Functions

Потребляют до 0,5 А
Минимально 4,75 В



Разъем USB 3.0

Спецификация USB 3.0 повышает максимальную скорость передачи информации до 5 Гбит/с — что на порядок больше 480 Мбит/с, которые может обеспечить USB 2.0



Версия 3.0 отличается не только более высокой скоростью передачи информации, но и увеличенной силой тока с 500 мА до 900 мА

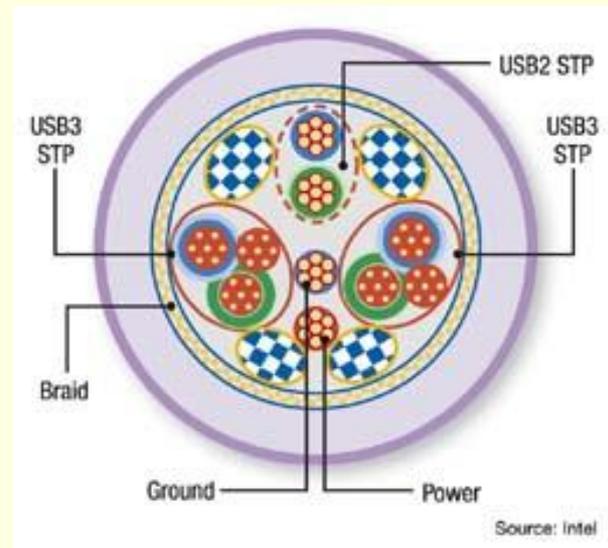


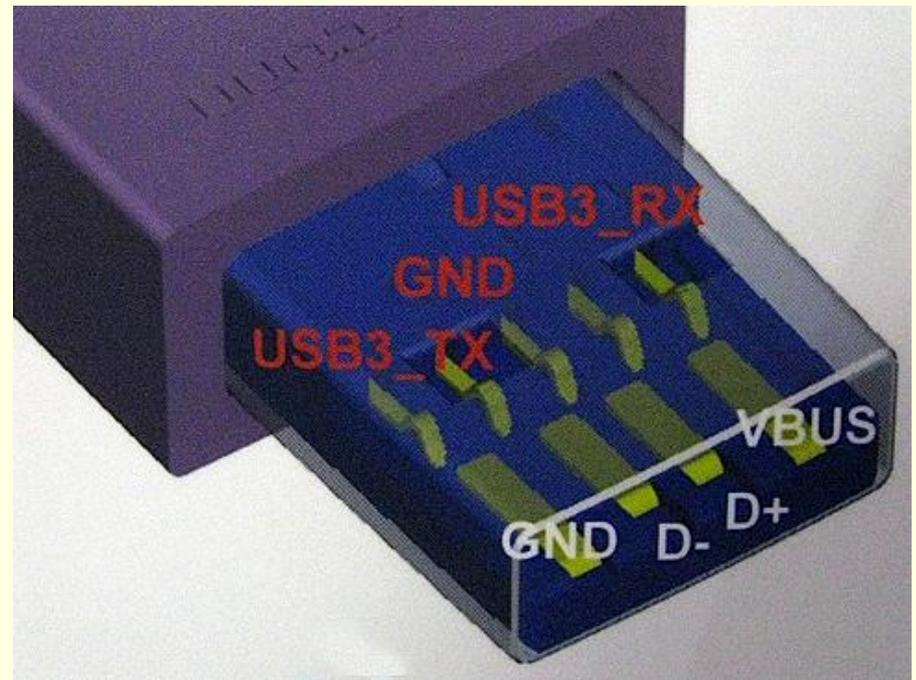
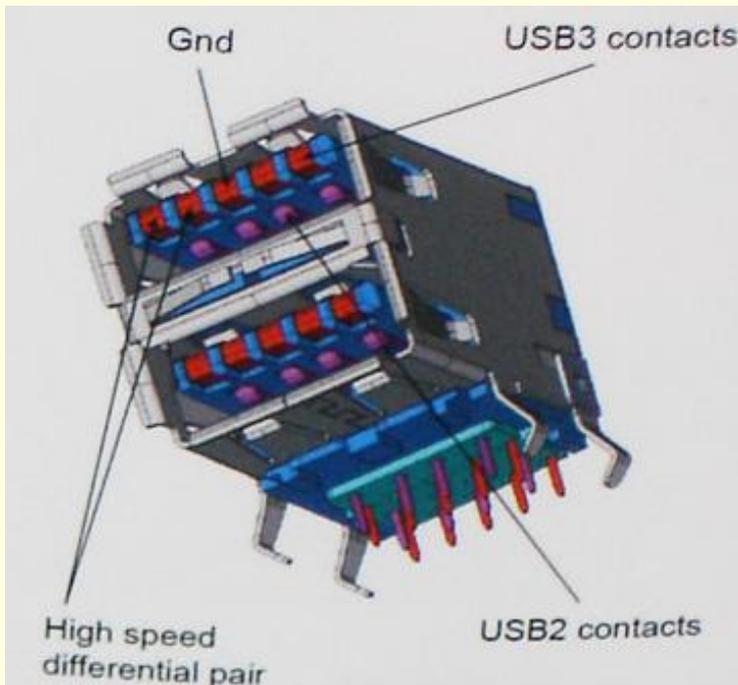
Linux поддерживает USB 3.0, начиная с версии ядра 2.6.31. В Windows 8 интерфейс USB 3.0 поддерживается без установки дополнительных драйверов.

В спецификации USB 3.0 разъёмы и кабели обновлённого стандарта физически и функционально совместимы с USB 2.0, причём для однозначной идентификации разъёмы USB 3.0 принято изготавливать из пластика синего цвета.



Кабель USB 2.0 содержит в себе четыре линии — пару для приёма/передачи данных, плюс и ноль питания. В дополнение к ним USB 3.0 добавляет ещё четыре линии связи (две витые пары), в результате чего кабель стал гораздо толще.

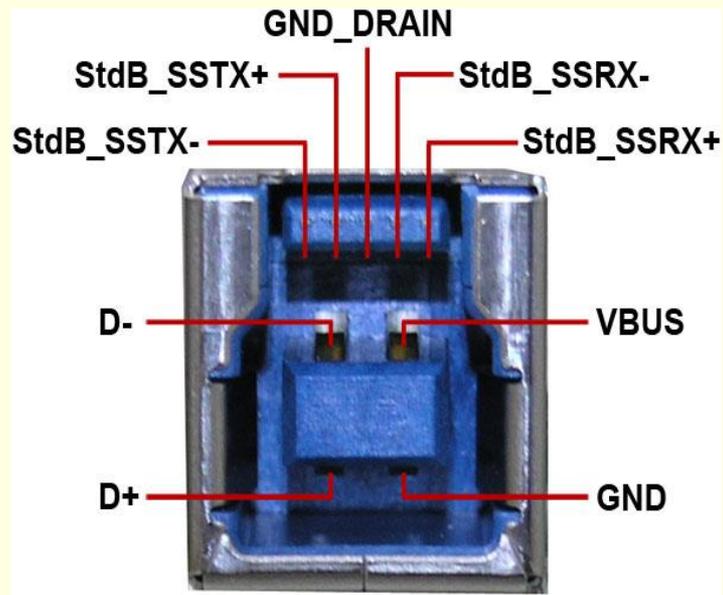




USB 3.0 type A

№ контакта	A
1	VBUS (VCC)
2	D-
3	D+
4	GND
5	StdA_SSTX-
6	StdA_SSTX+
7	GND_DRAIN
8	StdA_SSRX-
9	StdA_SSRX+
10	
Экран	Экран

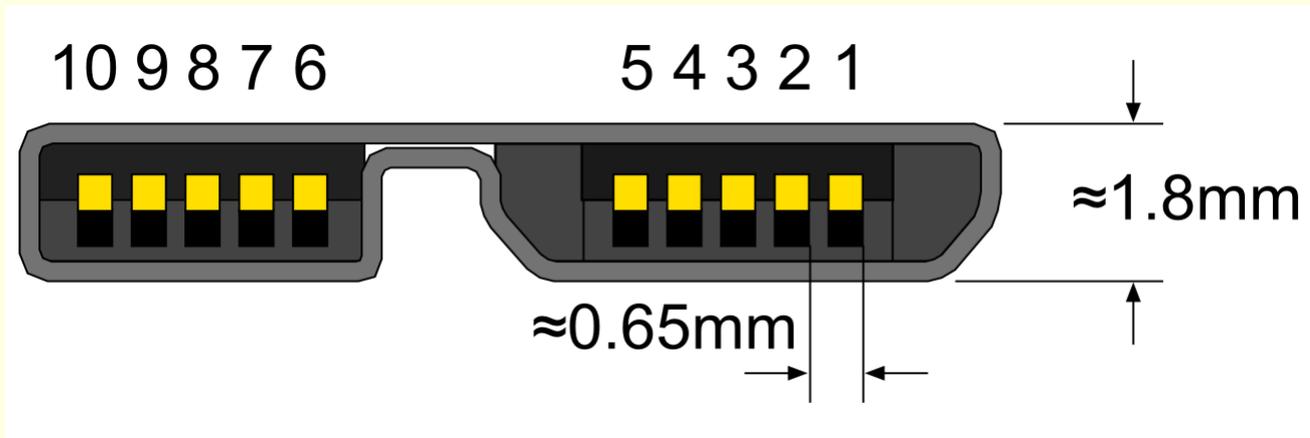




USB 3.0 type B

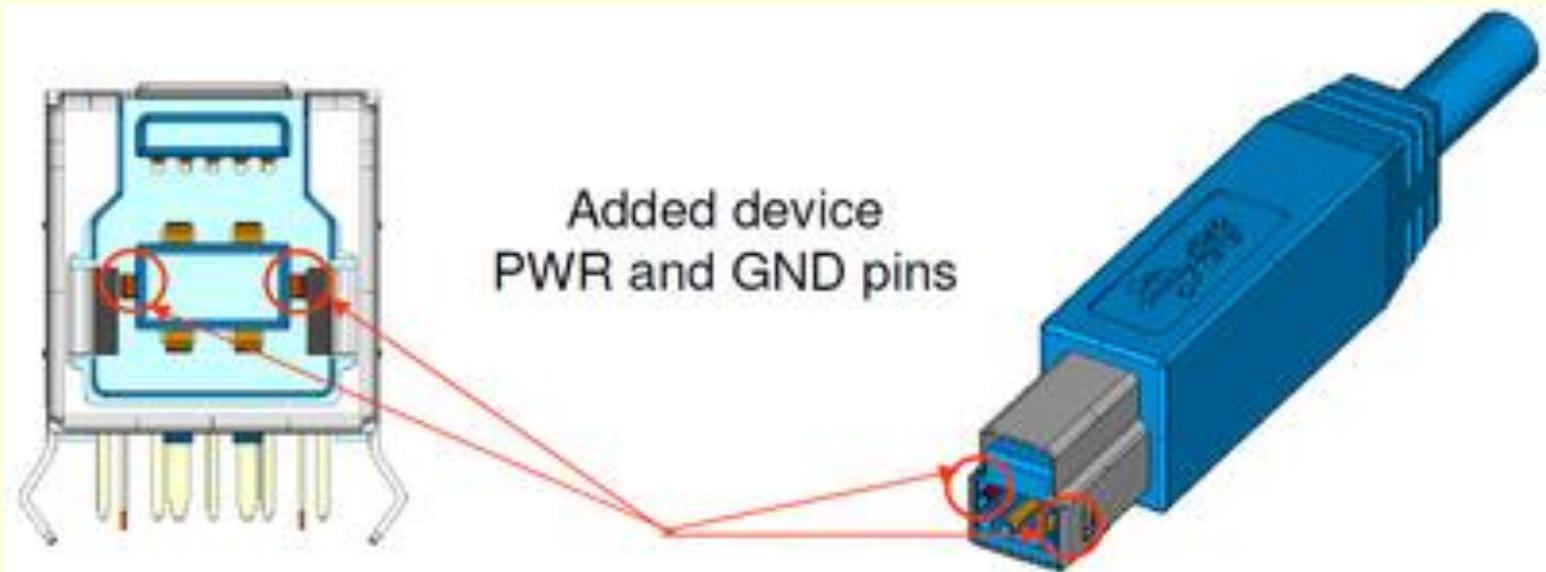
1	VBUS	Красный
2	D-	Белый
3	D+	Зелёный
4	GND	Чёрный
5	StdA_SSTX-	Синий
6	StdA_SSTX+	Жёлтый
7	GND_DRAIN	ЗЕМЛЯ
8	StdA_SSRX-	Фиолетовый
9	StdA_SSRX+	Оранжевый
Shell	Оплётка	Экран разъёма





1	VBUS	Красный
2	D-	Белый
3	D+	Зелёный
4	ID	не подключён
5	GND	Чёрный
6	StdA_SSTX-	Синий
7	StdA_SSTX+	Жёлтый
8	GND_DRAIN	ЗЕМЛЯ
9	StdA_SSRX-	Фиолетовый
10	StdA_SSRX+	Оранжевый
Shell	Оплётка	Экран разъёма

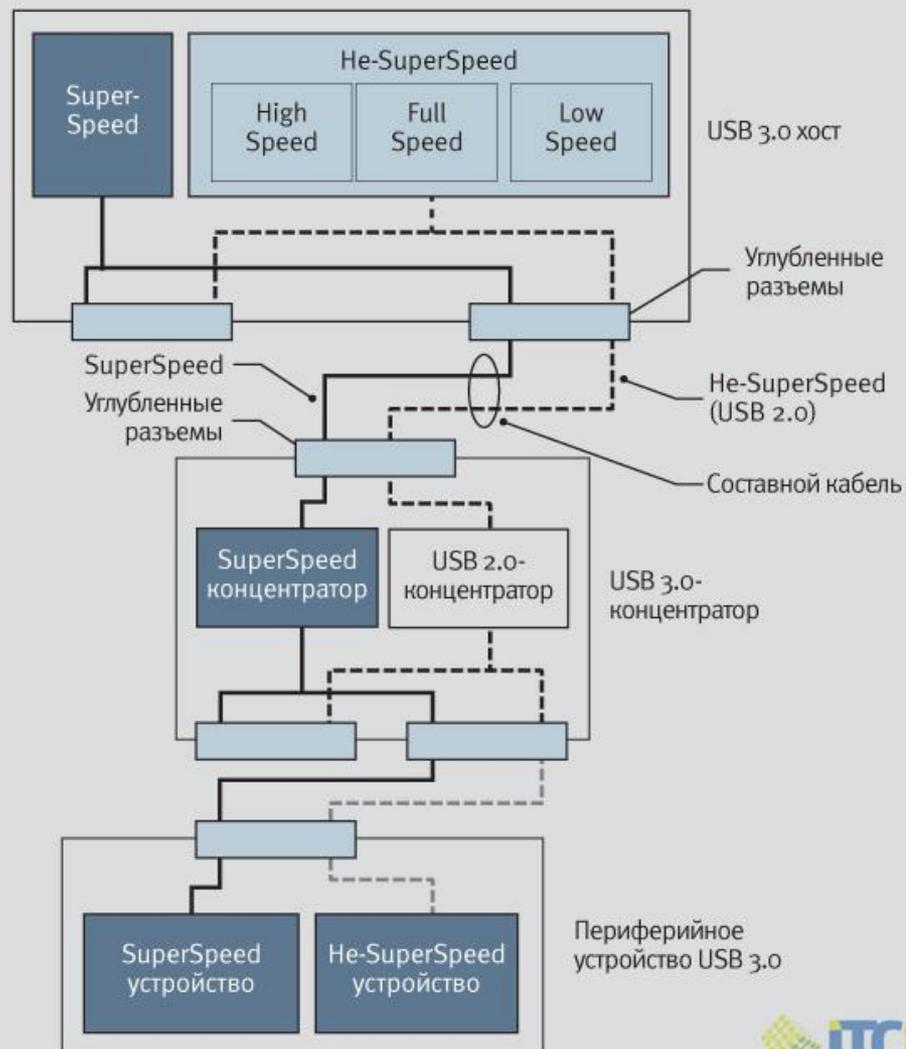
USB 3.0 Micro-B

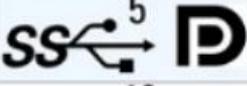
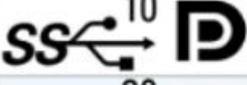


USB 3.0 type powered-B

Новый разъём Powered-B спроектирован с использованием двух дополнительных контактов, что позволяет устройствам предоставлять до 1000 мА другому устройству, например адаптеру Wireless USB.

Схема инфраструктуры USB 3.0 в ПК



Symbol	Name and Synonym	Data Transfer Speed	Audio/Video	Power Delivery
	USB 2.0 Hi-Speed USB	480 Mbps		
	USB 3.2 Gen 1 SuperSpeed USB USB 3.0	5 Gbps		
	USB 3.2 Gen 2 SuperSpeed+ USB	10 Gbps		
	USB 3.2 Gen 2x2 SuperSpeed 20 Gbps	20 Gbps		
	USB 3.2 Gen 1 SuperSpeed USB USB 3.0	5 Gbps		✓
	USB 3.2 Gen 2 SuperSpeed+ USB	10 Gbps		✓
	USB 3.2 Gen 1 SuperSpeed USB USB 3.0	5 Gbps	✓	
	USB 3.2 Gen 2 SuperSpeed+ USB	10 Gbps	✓	
	USB 3.2 Gen 2x2 SuperSpeed 20 Gbps	20 Gbps	✓	
	USB 3.2 Gen 1 SuperSpeed USB USB 3.0	5 Gbps	✓	✓
	USB 3.2 Gen 2 SuperSpeed+ USB	10 Gbps	✓	✓
	USB4 Gen 2x2	20 Gbps	✓	✓
	USB4 Gen 3x2	40 Gbps	✓	✓
	Thunderbolt 3 / 4	40 Gbps	✓	✓

USB Power Delivery

Передача повышенных мощностей через стандартный разъем USB

1 - зарядное устройство подаёт на порт 5 вольт, а гаджет — расходует из порта не более 100 мА.

2 - Гаджет разрешает ЗУ поднять напряжение порта сверх штатного;

3 - ЗУ говорит гаджету, какой ток оно может выдавать;

Могут существовать и другие механизмы

Мощность, Вт	Фиксированное напряжение, В	Согласуемый ток зарядки, А	Примеры устройств
От 0.5 до 15	5	От 0.1 до 3.0	Наушники, мелкие аксессуары с USB
От 15 до 27	9	От 1.67 до 3.0	Смартфоны, фото- и видеокамеры, дроны
От 27 до 45	15	От 1.8 до 3.0	Планшеты, компактные ноутбуки
От 45 до 100	20	От 2.25 до 3.0 – через любой USB-кабель. От 3.0 до 5.0 – только через USB-кабель соответствующего номинала	Большие ноутбуки, дисплеи

Interface Name	USB1.0	USB2.0	USB3.0 USB3.1 Gen1 USB3.2 Gen1	USB3.1 Gen2 USB3.2 Gen2	USB3.2 Gen2X2
Speed	1.5 Mbps	480 Mbps	5 Gbps	10 Gbps	20 Gbps
Logo					
Interface type	 Type A  Type B  Mini A  Mini B  Micro A  Micro B	 Type A  Type B  Micro B  Type C	 Type A  Type C	 Type C	

IrDA

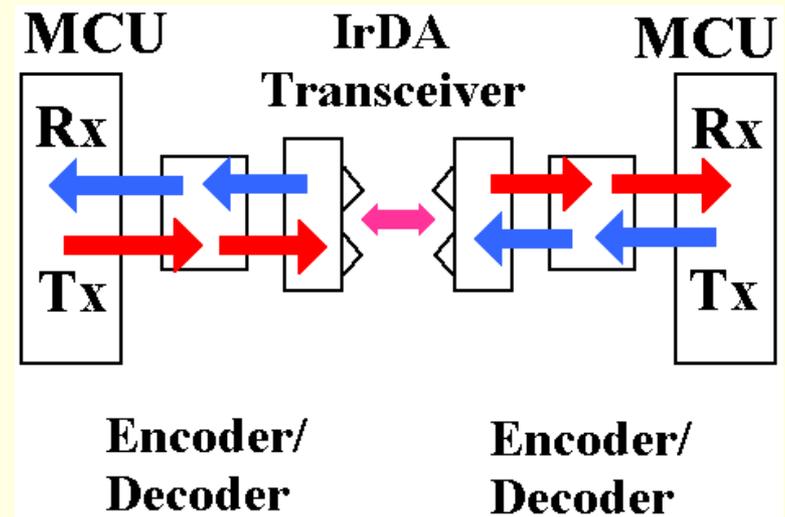
Infrared Data Association — IrDA, ИК-порт, Инфракрасный порт позволяет соединяться с периферийным оборудованием без кабеля при помощи ИК-излучения с длиной волны 880nm.

Порт IrDA позволяет устанавливать связь на коротком расстоянии до 1 метра в режиме точка-точка.

Интерфейс IrDA использует узкий ИК-диапазон (850–900 nm с 880nm "пиком") с малой мощностью потребления, что позволяет создать недорогую аппаратуру и не требует сертификации FCC (Федеральной Комиссии по Связи).

В ряде случаев одна из сторон может быть оснащена только передатчиком а другая только приемником.

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



Дальность: не менее одного метра.

Минимальное отклонение от оси : не менее 15°.

Скорость передачи данных: от 2.4 кбит/с до 16 Мбит/с

Модуляция: немодулированный сигнал, без несущей.

Волновой диапазон: от 850 до 880 нанометров.

Режим передачи данных: полудуплексный.

IrPHY	2.4 кбит/с - 16 Мбит/с
SIR	9.6 кбит/с – 115.2 кбит/с
MIR	0.576 Мбит/с и 1.152 Мбит/с.
FIR	9600 бит/с до 4 Мбит/с
VFIR	до 16 Мбит/с.
UFIR	до 100 Мбит/с.

Bluetooth

Bluetooth обеспечивает обмен информацией между такими устройствами как персональные компьютеры (настольные, карманные, ноутбуки), мобильные телефоны, принтеры, цифровые фотоаппараты, мышки, клавиатуры, джойстики, наушники, гарнитуры на надёжной, бесплатной, повсеместно доступной радиочастоте для ближней связи.



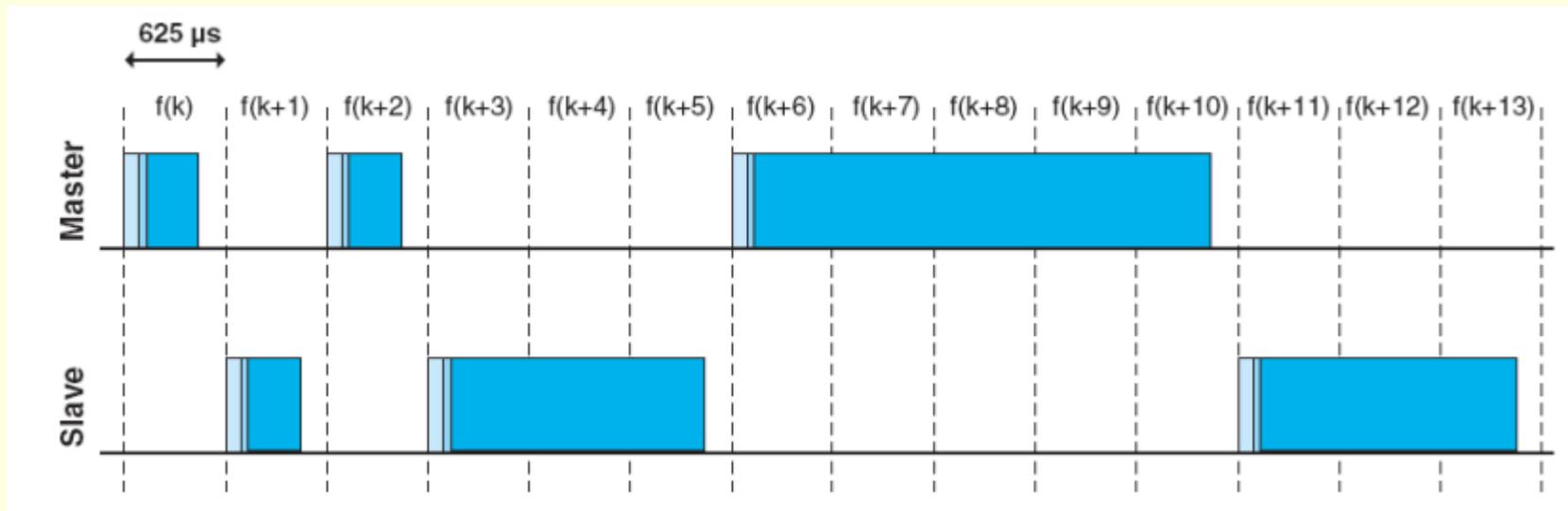
Класс	Максимальная мощность, мВт	Радиус действия, м
1	100	100 – 200
2	2,5	10 – 20
3	1	5 – 7



Основные параметры физического уровня Bluetooth

Диапазон частот	2.4 ГГц, диапазон ISM 2.4000-2.4835 ГГц $f=2402+k$ MHz, $k=0, \dots, 78$ – радиоканалы
Модуляция	GFSK – основная ($BT=0.5$) $\pi/4$ -DQPSK, 8DPSK – для EDR* ($\text{roll-off} = 0.4$)
Максимальная скорость передачи данных в канале	1 Мбит/с – для GFSK 2 Мбит/с – для $\pi/4$ -DQPSK 3 Мбит/с – для 8DPSK
Схемы доступа	TDMA, FDMA, CDMA
Схема передачи	TDD
Расширение спектра	FHSS
Число радионесущих	79
Расстояние между несущими	1 МГц
Скорость перестройки частоты	1600 скачков в секунду в режиме передачи 3200 скачков в секунду в режимах опроса и запроса
Максимальная мощность передачи	1 мВт - 100 мВт – класс 1 0.25 мВт - 2.5 мВт – класс 2 до 1 мВт – класс 3

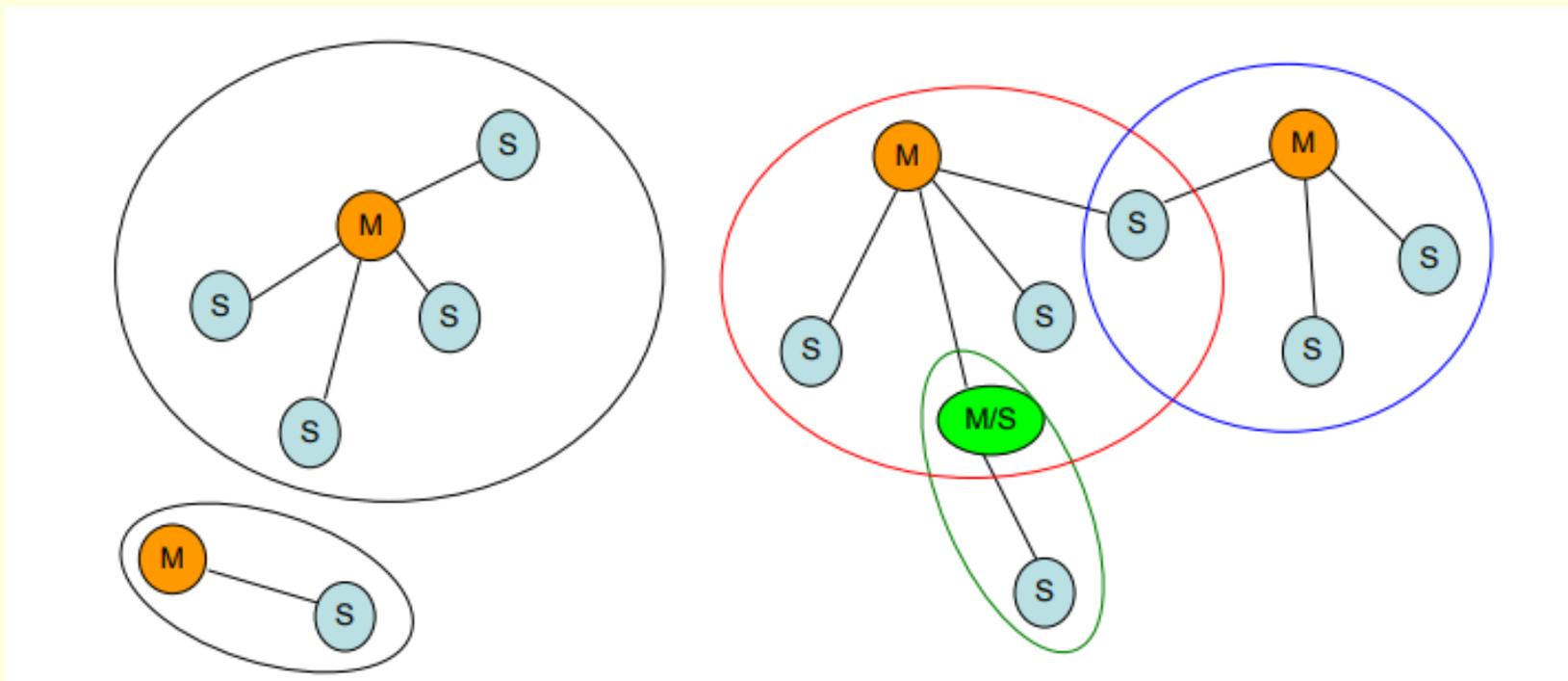
В Bluetooth применяется метод расширения спектра со скачкообразной перестройкой частоты (англ. Frequency Hopping Spread Spectrum, FHSS).



Согласно алгоритму FHSS, в Bluetooth несущая частота сигнала скачкообразно меняется 1600 раз в секунду (всего выделяется 79 рабочих частот шириной в 1 МГц, а в Японии, Франции и Испании полоса уже — 23 частотных канала).

Последовательность переключения между частотами для каждого соединения является псевдослучайной и известна только передатчику и приёмнику, которые каждые 625 мкс (один временной слот) синхронно перестраиваются с одной несущей частоты на другую.

Топология



Technology		Bluetooth		Wi-Fi	ZigBee	Z-Wave
		BLE 4.2	BLE 5.0			
Speed	Maximum Data Rate	1Mbps	2Mbps	600Mbps	250kbps	40kbps
Coverage	Transmission Range (Indoor)	10–20m	40m	<50m	10m	30m
	Mesh Support?	No	Yes	No	Yes	Yes
Energy Efficiency	Battery Life	High	High	Low	High	High
Accessibility	Existence in Cell Phone?	Yes	Yes	Yes	No	No
Cost	Module Price	\$1–\$5	\$5–\$10	\$5–\$10	\$1–\$5	\$1–\$5
	Additional Router	No	No	Yes	Yes	Yes
Network Capacity	Maximum Number of Nodes	8	32,767	255	>65,000	232

	Speed	Distance	Released Date	Bands	Backward Compatibility	New Hardware Requirement
Version 4.1	24MBs	100 m or 300 feet	4/12/2013	2.4 to 2.485 GHz	Yes	No
Version 4.2	24MBs	100 m or 300 feet	2/12/2014	2.4 to 2.485 GHz	Yes	For some feature
Version 5	48MBs	300 m or 985 feet	16/06/2016	2.4 to 2.485 GHz	No	Yes

Некоторые особенности протоколов

LMP - используется для установления и управления радио-соединением между двумя устройствами. Реализуется контроллером Bluetooth.

HCI - определяет связь между стеком хоста (т.е. компьютера или мобильного устройства) с контроллером Bluetooth.

AVRCP - обычно используется в автомобильных навигационных системах для управления звуковым потоком через Bluetooth.

L2CAP - используется для мультиплексирования локальных соединений между двумя устройствами, использующими различные протоколы более высокого уровня.

SDP - позволяет обнаруживать услуги, предоставляемые другими устройствами и определять их параметры.

RFCOMM - протокол замены кабеля, создаёт виртуальный последовательный поток данных и эмулирует управляющие сигналы RS-232.

BNEP - используется для передачи данных из других стеков протоколов через канал L2CAP. Применяется для передачи IP-пакетов в профиле Personal Area Networking.

AVCTP - используется в профиле Audio / Video Remote Control для передачи команд по каналу L2CAP.

AVDTP - используется в профиле Advanced Audio Distribution для передачи стереозвука по каналу L2CAP.

TCS— протокол, определяющий сигналы управления вызовом для установления голосовых соединений и соединений для передачи данных между устройствами Bluetooth.

Некоторые профили

Advanced Audio Distribution Profile ([A2DP](#)) — разработан для передачи двухканального стерео аудиопотока, например, музыки, к беспроводной гарнитуре или любому другому устройству.

Audio / Video Remote Control Profile ([AVRCP](#)) — разработан для управления стандартными функциями телевизоров, Hi-Fi оборудования и прочее.

Basic Imaging Profile (BIP) — разработан для пересылки изображений между устройствами и включает возможность изменения размера изображения и конвертирование в поддерживаемый формат принимающего устройства.

Basic Printing Profile ([BPP](#)) — позволяет пересылать текст, e-mails, vCard и другие элементы на принтер.

Dial-up Networking Profile (DUN) — протокол предоставляет стандартный доступ к Интернету или другому телефонному сервису через Bluetooth.

File Transfer Profile ([FTP_profile](#)) — обеспечивает доступ к файловой системе устройства.

Hands-Free Profile (HFP) — используется для соединения беспроводной гарнитуры и телефона, передаёт моносонг в одном канале.

Human Interface Device Profile (HID) — обеспечивает поддержку устройств с HID (Human Interface Device), таких как мышки, джойстики, клавиатуры и проч.

Headset Profile (HSP) — используется для соединения беспроводной гарнитуры (Headset) и телефона.

Intercom Profile (ICP) — обеспечивает голосовые звонки между Bluetooth-совместимыми устройствами.

LAN Access Profile (LAP) — обеспечивает доступ Bluetooth-устройствам к вычислительным сетям LAN, WAN или Интернет

Video Distribution Profile (VDP) — позволяет передавать потоковое видео.

Wireless Application Protocol Bearer (WAPB) — протокол для организации P-to-P (Point-to-Point) соединения через Bluetooth.