

1. Что такое USB, и для чего он используется?

USB (Universal Serial Bus) - это стандартный интерфейс, разработанный для подключения различных периферийных устройств к компьютеру или другому хост-устройству. USB позволяет подключать устройства, такие как клавиатуры, мыши, принтеры, сканеры, внешние жесткие диски, флеш-накопители, камеры, смартфоны и другие устройства, к компьютеру или зарядному устройству. Он также используется для передачи данных, зарядки устройств и даже подключения периферийных устройств к мобильным устройствам.

2. Какие типы USB-коннекторов существуют, и какие устройства они обычно поддерживают?

Существует несколько типов USB-коннекторов, каждый из которых предназначен для разных целей:

- USB Type-A: Этот коннектор широко распространен и используется для подключения устройств к компьютерам, ноутбукам, зарядным устройствам и другим хост-устройствам.
- USB Type-B: Этот тип коннектора чаще всего используется для подключения принтеров, сканеров и других устройств к компьютерам.
- USB Type-C: Этот коннектор является более современным и универсальным, и используется в современных смартфонах, ноутбуках, планшетах и других электронных устройствах. Он поддерживает передачу данных, зарядку устройств, видеовыход и другие функции.
- Micro-USB: Этот коннектор часто используется в старших моделях смартфонов, планшетов, камер и других портативных устройств.

3. Каковы основные различия между USB 2.0, USB 3.0 и USB 3.1?

Основные различия между USB 2.0, USB 3.0 и USB 3.1 связаны с их скоростью передачи данных и возможностями:

- USB 2.0: Поддерживает скорость передачи данных до 480 Мбит/с. Это поколение USB было широко распространено, но по сравнению с более поздними версиями имеет более низкую скорость передачи данных.
- USB 3.0: Имеет скорость передачи данных до 5 Гбит/с, что в 10 раз выше, чем у USB 2.0. Он также обеспечивает улучшенную энергоэффективность и возможность зарядки устройств.
- USB 3.1: Существует две версии USB 3.1 - Gen 1 с такой же скоростью передачи данных, как и USB 3.0, и Gen 2 с удвоенной скоростью до 10 Гбит/с и некоторыми другими улучшениями в области функциональности. USB 3.1 также включает поддержку для передачи видеосигналов и звука.

4. Как работает принцип передачи данных через USB?

Принцип передачи данных через USB основан на использовании четырех основных жил:

- Питание (Vbus): Эта жила предоставляет энергию для подключенных устройств.
- Земля (GND): Эта жила обеспечивает возвратный путь для энергии.
- Два провода для передачи данных (D+ и D-): Они используются для передачи и приема данных между устройствами.

Данные передаются между устройствами в виде последовательных битов, используя метод дифференциальной передачи сигнала для минимизации помех и обеспечения надежной передачи данных. Передача данных осуществляется в обе стороны, позволяя устройствам обмениваться информацией и командами.

5. Какие стандарты и спецификации определяют технические характеристики USB?

Список спецификаций [\[править | править код \]](#)

Спецификация	Скорость	Стандарт USB
Low-Speed	до 1,5 Мбит/с	USB 1.0
Full-Speed	до 12 Мбит/с	USB 1.1
High-speed	до 480 Мбит/с	USB 2.0
SuperSpeed	до 5 Гбит/с	USB 3.0 / USB 3.1 Gen 1 / USB 3.2 Gen 1
SuperSpeed+ 10Gbps	до 10 Гбит/с	USB 3.1 Gen 2 / USB 3.2 Gen 2
SuperSpeed++ 20Gbps	до 20 Гбит/с	USB 3.2 Gen 2x2

Предварительные версии:

- USB 0.7: спецификация выпущена в ноябре 1994 года.
- USB 0.8: спецификация выпущена в декабре 1994 года.
- USB 0.9: спецификация выпущена в апреле 1995 года.
- USB 0.99: спецификация выпущена в августе 1995 года.
- USB 1.0 Release Candidate: спецификация выпущена в ноябре 1995 года.

USB 1.0

Спецификация выпущена 15 января 1996 года.

Технические характеристики:

- два режима работы:
 1. режим с низкой пропускной способностью (Low-Speed) — 1,5 Мбит/с;
 2. режим с высокой пропускной способностью (Full-Speed) — 12 Мбит/с;
- максимальная длина кабеля (без экрана) для режима Low-Speed — 3 м;
- максимальная длина кабеля (в экране) для режима Full-Speed — 5 м;
- максимальное количество подключённых устройств (включая размножители) — 127;
- возможно подключение «разноскоростных» периферийных устройств к одному контроллеру USB;
- напряжение питания для периферийных устройств — 5 В;
- максимальный ток, потребляемый периферийным устройством, — 500 мА.

USB 1.1

Спецификация выпущена в сентябре 1998 года. Исправлены проблемы и ошибки, обнаруженные в версии 1.0.

USB 2.0

Спецификация выпущена в апреле 2000 года.

USB 2.0 отличается от USB 1.1 введением режима High-Speed (пометка на логотипе — «Hi-speed»).

Для устройств USB 2.0 регламентировано три режима работы:

- Low-Speed, 10—1500 Кбит/с (клавиатуры, мыши, джойстики, геймпады);
- Full-Speed, 0,5—12 Мбит/с (аудио-, видеоустройства);
- High-Speed, 25—480 Мбит/с (аудио-, видеоустройства, устройства хранения информации).

Последующие модификации

Последующие модификации к спецификации USB публикуются в рамках «Извещений об инженерных изменениях» (англ. Engineering Change Notices, ECN). Самые важные из модификаций ECN представлены в наборе спецификаций USB 2.0 (англ. USB 2.0 specification package), доступном на сайте USB Implementers Forum.

- Mini-B Connector ECN: извещение выпущено в октябре 2000 года.
- Errata, начиная с декабря 2000: извещение выпущено в декабре 2000 года.
- Pull-up/Pull-down Resistors ECN: извещение выпущено в мае 2002 года.
- Errata, начиная с мая 2002: извещение выпущено в мае 2002 года.
- Interface Associations ECN: извещение выпущено в мае 2003 года. Были добавлены новые стандарты, позволяющие ассоциировать множество интерфейсов с одной функцией устройства.
- Rounded Chamfer ECN: извещение выпущено в октябре 2002 года.
- Unicode ECN: извещение выпущено в феврале 2005 года. Данное ECN специфицирует, что строки закодированы с использованием UTF-16LE.
- Inter-Chip USB Supplement: извещение выпущено в марте 2006 года.
- On-The-Go Supplement 1.3: извещение выпущено в декабре 2006 года. USB On-The-Go делает возможным связь двух USB-устройств друг с другом без отдельного USB-хоста. На практике одно из устройств играет роль хоста для другого.

USB OTG

В USB одно устройство всегда хост, другое — периферия. Смартфонам, цифровым фотоаппаратам и прочим мобильным устройствам приходится быть то хостом, то периферией: при подключении к компьютеру фотоаппарат — периферия, а при подключении к фотопринтеру — хост.

USB OTG (от On-The-Go, рус. «на ходу») сделала удобной смену роли устройств: они сами определяют, кем им быть. OTG-устройства можно подключать к компьютеру, и к таким устройствам через тот же порт можно подключать USB-периферию: обычно флеш-накопители, цифровые фотоаппараты, клавиатуры, мыши и другие устройства, не требующие дополнительных драйверов.

Роль устройства определяется кабелем: в штекере на стороне хоста замыкаются контакты 4 (ID) и 5 (Ground); на стороне периферии ID никуда не подключается.

USB 3.0

Окончательная спецификация USB 3.0 появилась в 2008 году. Созданием USB 3.0 занимались компании Intel, Microsoft, Hewlett-Packard, Texas Instruments, NEC и NXP Semiconductors.

Спецификация USB 3.0 повышает максимальную скорость передачи информации до 5 Гбит/с, что на порядок больше скорости, которую может обеспечить USB 2.0. Также версия 3.0 отличается увеличенной с 500 мА до 900

мА силой тока. Таким образом, от одного порта можно запитывать большее количество устройств, а также отпадает необходимость использования внешнего питания для некоторых устройств. 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 (у некоторых производителей — красного). Кабель USB 2.0 содержит в себе четыре линии — пару для приёма/передачи данных, плюс и ноль питания, разъём «А» имеет 4 контакта. Для передачи высокоскоростных SuperSpeed сигналов в USB 3.0 добавлено ещё четыре линии связи (две витые пары) и один контакт сигнальной земли (GND_DRAIN), в результате чего кабель стал гораздо толще. Новые контакты в разъёмах USB 3.0 расположены отдельно от старых в другом контактном ряду.

В октябре 2009 года появилась информация, что корпорация Intel решила отложить внедрение поддержки USB 3.0 в свои чипсеты до 2011 года. Это решение привело к тому, что до 2011 года данный стандарт не стал массовым, так как пользователю было недостаточно просто купить материнскую плату, был необходим дополнительный адаптер либо производитель материнских плат распаивал на них контроллер стороннего производителя.

Хост-контроллер USB 3.0 (xHCI)[en] обеспечивает аппаратную поддержку потоков для команд, статусов, входящих и исходящих данных, что позволяет более полно использовать пропускную способность USB-шины. Потоки были добавлены к протоколу USB 3.0 SuperSpeed для поддержки UASP.

Linux поддерживает USB 3.0 начиная с версии ядра 2.6.31. В Windows 8 и 10 интерфейс USB 3.0 поддерживается без установки дополнительных драйверов.

После выхода спецификации USB 3.1 стандарт USB 3.0 был переименован в USB 3.1 Gen 1. По словам технического директора USB-IF, это было сделано для того чтобы облегчить работу разработчикам устройств, то есть, чтобы обеспечить поддержку всех версий USB, теперь достаточно двух спецификаций — USB 2 и USB 3.1 — вместо трёх. После выхода спецификации USB 3.2 переименован в USB 3.2 Gen 1.

USB 3.1

31 июля 2013 года USB 3.0 Promoter Group объявила о принятии спецификации следующего интерфейса, USB 3.1, скорость передачи которого может достигать 10 Гбит/с. Компактный разъём USB Type-C, используемый с данной версией, является симметричным, позволяя вставлять кабель любой стороной, как это ранее сделала Apple в разъёмах Lightning.

После выхода стандарта USB 3.1 организация USB-IF объявила, что режим передачи USB 3.0 со скоростью до 5 Гбит/с (SuperSpeed) теперь будут классифицироваться как USB 3.1 Gen 1, а новый стандарт передачи USB 3.1 со скоростью до 10 Гбит/с (SuperSpeed+) — как USB 3.1 Gen 2.

В USB 3.1 входит два стандарта:

- SuperSpeed (USB 3.1 Gen 1) со скоростью до 5 Гбит/с, такой же, как и у USB 3.0;
- SuperSpeed+ (USB 3.1 Gen 2) со скоростью до 10 Гбит/с, удвоенная USB 3.0.

В USB 3.1 Gen 2, помимо увеличения скорости до 10 Гбит/с, были снижены издержки кодирования до 3 % переходом на схему кодирования 128b/132b.

Стандарт USB 3.1 обратно совместим с USB 3.0 и USB 2.0.

На практике первая реализация USB 3.1 в виде IP-блока от Synopsys показала в декабре 2013 года эффективную скорость передачи 7,2 Гбит/с (900 МБ в секунду).

USB 3.2

22 сентября 2017 некоммерческая организация USB Implementers Forum (USB-IF) опубликовала спецификацию стандарта USB 3.2, заключительная ревизия для USB 3.x. Новая спецификация предусматривает удвоение максимально возможной скорости передачи данных по сравнению с USB 3.1 Gen 2 — с 10 до 20 Гбит/с за счёт использования двух линий на 5 Гбит/с или 10 Гбит/с только для разъема USB Type-C по причине его двухсторонних контактов и использования дублирующих выводов как отдельный канал. Были внесены поправки в работу хост-адаптеров для плавного перехода между 2-канальным режимом дублирующих выводов к одноканальному режиму. Современные кабели USB Type-C, имеющиеся в наличии, уже поддерживают такой «двухлинейный» режим, так что покупать новые кабели не придётся. Появление первых коммерческих устройств с поддержкой стандарта USB 3.2 ожидается не ранее второй половины 2019 года.

Спецификации USB 3.2 заменяют стандарты USB 3.0 и USB 3.1; удовлетворяющие им устройства будут включать три стандарта скоростей:

- SuperSpeed USB (USB 3.2 Gen 1) со скоростью до 5 Гбит/с и кодированием 8b/10b, как у USB 3.1 Gen 1 и USB 3.0;
- SuperSpeed+ USB 10Gbps (USB 3.2 Gen 2) со скоростью до 10 Гбит/с и кодированием 128b/132b, как USB 3.1 Gen 2;
- SuperSpeed+ USB 20Gbps (USB 3.2 Gen 2x2) со скоростью до 20 Гбит/с и кодированием 128b/132b по двум линиям, каждая из которых соответствует USB 3.1 Gen 2.

В спецификациях также прописан вариант с двумя линиями, каждая из которых работает по протоколу USB 3.0:

- SuperSpeed+ USB 10Gbps (USB 3.2 Gen 1x2) со скоростью до 10 Гбит/с и кодированием 8b/10b по двум линиям, каждая из которых соответствует USB 3.1 Gen 1.

USB4

В отличие от предыдущих версий, название протокола пишется слитно, без пробела между словом «USB» и цифрой «4».

Спецификация четвёртой версии была опубликована 29 августа 2019 года[30][31]. Новый базовый протокол повышает максимальную скорость до 40 Гбит/с (при использовании совместимых кабелей Type-C), сохраняя обратную совместимость с USB 3.2, USB 2.0 и, опционально, Thunderbolt 3.

Скорость до 40 Гбит/с достижима только со специальными кабелями, имеющими соответствующую маркировку. Для обычных кабелей максимальная скорость ограничена 20 Гбит/с.

USB4 2.0

В октябре 2022 года вышла обновленная спецификация USB4 Version 2.0 с пропускной способностью до 80 Гбит/с.

Стандарт совместим с DisplayPort 2.1, и с его помощью можно выводить изображение на монитор 4K с частотой обновления 240 Гц или монитор 10K с частотой обновления 60 Гц без сжатия видео. По кабелю можно питать монитор или через монитор питать подключённый к нему ноутбук (стандартом предусмотрена передача мощностью до 240 Вт).

Inter-Chip USB

Inter-Chip USB (IC-USB) и High Speed Inter-Chip USB (HSIC) – упрощённые версии USB 2.0 для некоммутируемого соединения микросхем в одном устройстве. Упрощение достигается за счёт замены физического уровня USB с асинхронного на синхронный, отказа от возможности смены скорости и определения подключения, отказа от электрической защиты драйверов и уменьшения их мощности. Логическая часть USB неизменна (в том числе логика состояний шины). IC-USB определяет соединение Full Speed (12 Мбит/с) устройств; HSIC определяет соединение High Speed (480 Мбит/с) устройств.

Первая версия стандарта IC-USB была принята в 2006 году. Первая версия стандарта HSIC была принята в 2007 году. HSIC использует две цифровых линии с логическими уровнями LVCMOS (1,2 В): STROBE и DATA. Максимальная длина проводников 10 см. Синхронный интерфейс обеспечивает пропускную способность 480 Мбит/с при тактовой частоте 240 МГц. Драйвер физического уровня HSIC потребляет на 50 % меньше энергии и занимает на 75 % меньше места на кристалле, чем традиционный драйвер USB 2.0.

В 2012 году была принята первая версия спецификаций Inter-Chip USB для USB 3.0

Wireless USB

Wireless USB — технология USB (официальная спецификация доступна с мая 2005 года), позволяющая организовать беспроводную связь с высокой скоростью передачи информации (до 480 Мбит/с на расстоянии 3 метров и до 110 Мбит/с на расстоянии 10 метров).

23 июля 2007 года USB-IF объявила о сертификации шести первых потребительских продуктов с поддержкой Wireless USB

Media Agnostic USB

В 2013 году была представлена спецификация MA-USB, позволяющая инкапсулировать USB-протокол в существующие каналы связи, включая WiFi и WiGig.

6. Какие виды USB-кабелей существуют, и какие они имеют различия?

СТАНДАРТЫ USB-РАЗЪЕМОВ



USB тип A

Стандартный универсальный разъем, который есть практически на каждом настольном ПК и старых ноутбуках, а также на телевизорах, игровых консолях и медиаплеерах. Хотя разъемы USB 3.0 тип A (синие) имеют больше внутренних контактов, форм-фактор тот же, поэтому он может работать с любым портом тип A, даже с USB 1.1. Однако передача данных будет ограничиваться скоростью старшего поколения.



USB 2.0



USB 3.0



USB тип B

Порт тип B, наиболее часто используемый для подключения принтеров и внешних жестких дисков к настольным компьютерам, на самом деле имеет две разные конфигурации. Один предназначен для скоростных протоколов USB 1.1 и 2.0, а другой - для использования со спецификациями USB 3.0 и более поздних версий.



USB 2.0



USB 3.0



USB Mini B

Соединение Mini B чаще всего используется портативной электроникой, такой как цифровые камеры, MP3-плееры и некоторые сотовые телефоны, и только со скоростями USB 1.1 и 2.0. Существуют как 4-контактные, так и 5-контактные версии разъема Mini B.



4 Pin



5 Pin



USB Micro B

Разъем Micro B имеет одну конфигурацию для USB 2.0 и другую конфигурацию для USB 3.0 и более поздних версий. Разъем Micro B встречается во многих популярных моделях смартфонов Android™ и внешних жестких дисках.



USB 2.0



USB 3.0



USB тип C

Разработан для поддержки устройств с меньшим, более тонким и легким форм-фактором. Тип C достаточно тонкий для смартфона или планшета, но достаточно прочный для портативного компьютера. Фактически, многие новые ноутбуки лишены портов Ethernet USB-A и RJ45 и предлагают USB-C в качестве единственного порта для видео, сети, передачи данных и зарядки. Это побудило другие протоколы, включая Thunderbolt™ 3, DisplayPort, MHL и HDMI, принять USB-C в качестве стандартного разъема.



Альтернативные режимы позволяют выводам данных на разъеме USB тип C передавать другие типы сигналов. Например, альтернативный режим DisplayPort (также называемый альтернативным режимом DP) позволяет кабелю USB-C подключать ноутбук или планшет с поддержкой DP напрямую к телевизору или монитору компьютера с портом USB-C.

Таблица 2: Типы портов USB

Порт	Цвет	Тип	Спецификация USB	Примечания
	Белый	USB-A или USB-B Micro USB-A	USB 1.x	
	Черный	USB-A или USB-B Micro USB-B	USB 2.0 Hi-Speed	
	Синий	USB-A или USB-B	USB 3.0 SuperSpeed	
	Бирюзовый	USB-A или USB-B	USB 3.1 Gen 1	
	Красный	USB-A для сна и зарядки	USB 3.1 Gen 2 USB 3.2	Обычно обозначает порт "всегда включен".
	Желтый	USB-A для сна и зарядки	USB 2.0 или USB 3.0	Более высокая мощность или "всегда включен" порт
	Оранжевый	USB-A для сна и зарядки	USB 3.0	Возможность зарядки. Иногда только зарядка.

7. Какие преимущества и недостатки USB в сравнении с другими интерфейсами передачи данных?

Преимущества USB:

- Универсальность и совместимость с различными устройствами.
- Простота использования и подключения.
- Возможность одновременного подключения нескольких устройств.
- Горячее подключение и отключение устройств.
- Поддержка питания устройств через USB-порт.
- Возможности передачи данных на скорости до 5 Гбит/с.
- Контроллер способен одновременно принимать и отправлять данные (полнодуплексный режим), что увеличило скорость работы.
- USB 3.0 обеспечивает бóльшую силу тока, что упрощает подключение таких устройств, как, например, жёсткие диски.
- USB 3.0 совместим со старыми стандартами. Имеется возможность подключать старые устройства в новые порты. Устройства USB 3.0 можно подключать к порту USB 2.0 (в случае достаточности электропитания), но скорость работы устройства будет ограничена скоростью работы порта.

Недостатки USB:

- Ограниченная дальность передачи сигнала (3-5 метров).
- Может возникнуть проблема с пропускной способностью, когда одновременно подключено большое количество устройств с высоким потреблением ресурсов.
- Не все устройства совместимы с новыми версиями стандарта, что может потребовать использования адаптеров или конвертеров.
- Разъёмы mini- и особенно Micro-USB, вследствие конструктивных просчётов производителя, зачастую со временем разбалтываются, начинают терять контакт и не имеют достаточно надёжного крепления к печатной плате, из-за чего при интенсивной эксплуатации могут быть полностью или частично повреждены. В некоторых случаях гнезда отрываются, что может привести к необходимости замены платы или даже приобретения нового устройства в связи с невозможностью нормального восстановления оторванных печатных дорожек.
- Протокол требует от конечного устройства поддержания достаточно сложного алгоритма как для непосредственно обмена по шине, так и для поддержания сопутствующих функций типа инициализации или ответов на служебные сообщения. Ввиду своей сложности и разнообразности устройства зачастую

аппаратно выполняют лишь базовые уровни протокола, оставляя верхние на откуп программному коду. Это приводит к заметным непроизводительным затратам программной памяти и времени, а также содержит угрозу ошибок и попыток избыточно упростить программный код в ущерб соответствию стандарту.

- Код производителя (VID) выдаётся разработчику устройства лишь после бюрократической процедуры и оплаты порядка 5000 \$. Дополнительно организация разработчиков стандарта USB-IF негативно относится к перепродаже владельцами кодов производителя кодов устройств (PID). Всё это ограничивает доступность шины для мелких производителей и независимых разработчиков. Свободно доступных кодов для устройств, реализующих стандартные функциональности (например, порт обмена, устройство памяти или аудиоустройство), создатели стандарта не предоставляют.
- Список классов и подклассов устройств частями непоследователен, чрезмерно раздут, подклассы одного уровня зачастую неравноценны и содержат устаревшую функциональность. Как результат, поддержка определённого стандартного класса зачастую требует избыточного кода, не нужного для непосредственного функционирования, как со стороны устройства, так и хоста (компьютера). То же относится и к типам передаваемых пакетов, часть из которых имеет скорее историческое значение.
- Несмотря на заявленную универсальность, многие устройства, даже принадлежащие стандартным классам, большей частью требуют программной поддержки и отдельных драйверов на хосте. Так, современная операционная система Windows при подключении внешнего COM-порта или GPS-навигатора (которые относятся к одному стандартному классу коммуникационных устройств) требует для каждого из устройств отдельного драйвера. Это налагает на производителей отдельные обязанности по созданию и, возможно, подписыванию драйверов и содержит риск неработоспособности устройства на операционной системе другой версии.
- По сравнению с другими форматами передачи данных формат USB 1.0 имеет большие латентности (задержки) передачи информации. В формате USB 2.0 High Speed создатели предприняли попытку для уменьшения проблем латентности, но этот формат сам по себе требует наличия высокоскоростного приёмопередатчика и высокочастотного кабеля сопряжения, что во многих случаях является избыточным и дорогостоящим.

- Универсальность мешает работе с тайной, управлению критичными процессами: один и тот же порт годится и для клавиатуры, и для носителя данных.
- Хотя теоретическая максимальная пропускная способность USB 2.0 составляет 480 Мбит/с (60 МБ/с), на практике обеспечить пропускную способность, близкую к пиковой, не удаётся (макс. 45 МБ/с, чаще до 30 МБ/с). Это объясняется тем, что шина USB является полудуплексной — для передачи данных в обе стороны используется всего одна витая пара, поэтому за один такт данные могут быть переданы только в одну сторону, и, соответственно, для двунаправленного обмена данными требуется два такта. Для сравнения, шина FireWire хоть и обладает меньшей пиковой пропускной способностью 400 Мбит/с, что формально на 80 Мбит/с (10 МБ/с) меньше, чем у USB 2.0, но, будучи дуплексной (для передачи данных используется две витые пары — каждая в свою сторону, и для двунаправленного обмена данными требуется 1 такт), она позволяет обеспечить бóльшую пропускную способность для обмена данными с жёсткими дисками и другими устройствами хранения информации. В связи с этим разнообразные мобильные накопители уже давно «упираются» в недостаточную практическую пропускную способность USB 2.0.

Уязвимость

В августе 2014 года была продемонстрирована реализация уязвимости устройств USB, получившей название BadUSB. Некоторые USB устройства позволяют изменять микропрограмму микросхемы, отвечающую за взаимодействие с компьютером. Злоумышленник, проведя реверс-инжиниринг конкретного устройства, может создать и записать в него вредоносный код. Этот вредоносный код может, например, имитируя клавиатуру, произвести необходимые действия за пользователя на заражаемом компьютере или, имитируя сетевое устройство, изменить сетевые настройки таким образом, что пользователь будет просматривать сайты Интернета через подконтрольные злоумышленнику промежуточные серверы (Фарминг). Кроме того, имитируя USB-флеш-накопитель, вредоносный код может загрузить и запустить на компьютере с включённым автозапуском вирусную программу. Такой вирус может скопировать себя и на другие устройства USB, подключённые в данный момент к компьютеру, заражая всё новые USB-устройства (веб-камеры, клавиатуры, флеш-карты и др.).

Зловредное устройство USB Kill и подобные могут эксплуатировать другую уязвимость: сразу после подключения к питанию USB-устройство формирует серию высоковольтных импульсов на контакты данных, уничтожая ценные микросхемы внутри компьютера. Уязвимость возникает благодаря

доступности гнезд USB, а также из-за того, что на все порты USB подаётся питание вне зависимости от того, какое устройство в них подключают, и из-за слабой защиты от высокого напряжения в высокоскоростных контактах, подключённых к микросхемам и выведенных на корпус.

8. Какие устройства могут быть заряжены через USB, и как работает стандарт USB Power Delivery (PD)?

USB Battery Charging

Первая попытка стандартизировать повышенное потребление мобильных устройств и источников питания с выходным разъёмом USB привела к появлению спецификации USB Battery Charging. Первая версия вышла в 2007 году. Актуальная версия USB BC 1.2 опубликована в 2010 году.

Спецификация разрешала существование специально обозначенных разъёмов USB-A с повышенной отдачей по току (до 1,5 А). Протокол начального конфигурирования USB дополнялся возможностью «договориться» о расширенном потреблении. Конечное устройство могло увеличить потребление только после «договорённости» с хостом.

Также разрешались разъёмы USB-A с не подключёнными линиями данных, например на зарядных устройствах. Такие зарядные устройства определялись мобильным устройством по замкнутым между собой контактам D+ и D-. Таким устройствам разрешалось отдавать ток до 5 А.

Для малогабаритных потребителей электроэнергии спецификация рекомендовала разъём MicroUSB-B.

USB Power Delivery

В новом стандарте USB Power Delivery концепция электропитания была значительно переработана. Теперь разработчики как хоста, так и устройства получили возможность гибко управлять питанием через шину USB. Решение о том, кто является источником, кто потребителем, о возможностях источника и кабеля принимаются в ходе диалога между устройствами по отдельному каналу связи. Предусматривается возможность, что в процессе диалога устройство может потребовать, а хост согласиться на повышение напряжения питания с целью передачи по USB-кабелю большей мощности. Повышенное напряжение выдаётся хостом на провод питания Vbus. Для совместимости со старыми устройствами хост возвращает напряжение к старым значениям 5 вольт, как только обнаруживает отсоединение устройства.

Технология USB Power Delivery обеспечивает передачу мощности до 100 Вт. Благодаря этому при помощи обычного USB-кабеля появилась возможность заряжать и подключать все электронные устройства от источника заряда, которым может выступить смартфон, ноутбук или внешний аккумулятор.

9. Какие меры безопасности могут быть применены для защиты от угроз, связанных с использованием USB-портов? Каковы перспективы развития технологии USB в будущем?

Выделим три реальных метода защиты от угроз со стороны USB-накопителей:

- программно-аппаратные средства защиты от несанкционированного доступа (СЗИ НСД);
- DLP-системы;
- пофайловое или посекторное ("прозрачное") шифрование данных на USB-носителе.

Применение возможностей СЗИ НСД является более предпочтительным решением с точки зрения надежности и управления, поскольку оно позволяет использовать единый центр управления, единую систему аутентификации и авторизации пользователей, обеспечивает аппаратную поддержку защиты и способно контролировать доступ к разнообразным интерфейсам, не только к USB. Однако функции контроля доступа к внешним носителям не являются основной целью таких средств, а потому уступают по функционалу DLP-системам.

DLP-системы призваны обеспечить контроль над распространением конфиденциальной информации за пределы предприятия по всем доступным каналам, в том числе и по USB. Таким образом, контроль доступа к USB-носителям является одной из их основных "обязанностей". Помимо этого, DLP-системы "закрывают" и другие уязвимые места ИС. Однако требуются дополнительные усилия по их встраиванию в единую систему ИБ. Сами эти системы не обеспечивают безопасность вычислительной среды, а потому для их безопасного функционирования требуется установка тех же СЗИ НСД. Так что, по нашему мнению, использование DLP-систем для контроля доступа пользователей к USB-носителям оправданно в двух случаях. Во-первых, когда эти средства не столь обременительны по цене, как СЗИ НСД, а использование последних не является чем-то необходимым. Это системы с нарушителем класса не выше Н2 по классификации ФСБ. И во-вторых, DLP-системы могут использоваться для расширения функционала СЗИ НСД, но только в том случае, когда они сумеют доказать работоспособность их расширенного функционала.

Использование средств шифрования USB-носителя тоже решает задачу контроля доступа к хранимой на нем информации. Ведь если информация в память флешки записывается только в зашифрованном виде, то прочитать ее можно, только зная истинный ключ. Главный недостаток этих средств – сложность управления средством криптографической защиты информации (СКЗИ), в частности ключами шифрования. В простейших случаях ключи вычисляются на основе пароля пользователя. К примеру, так поступают, когда в качестве средства шифрования используется виртуальный диск TrueCrypt.

Но при этом USB-носитель может использоваться тем же пользователем и вне предприятия. На наш взгляд, более правильным должно быть использование системы управления ключами, которая работала бы только в корпоративной среде и не позволяла бы пользователю правильным образом сгенерировать ключ шифрования вне этой среды. Однако, являясь полноценным СКЗИ, такое средство сложно в управлении. При этом следует иметь в виду, что СЗИ НСД тоже может оказаться обязательным для обеспечения безопасной программной среды использования СКЗИ. Кроме того, шифрование USB-носителей совсем не обеспечивает контроль доступа к другим интерфейсам.

Перспективы развития технологии USB в будущем включают в себя увеличение скорости передачи данных, улучшение энергоэффективности и разработку новых типов коннекторов. Также возможно появление новых методов защиты от угроз безопасности, связанных с использованием USB-портов, таких как биометрическая аутентификация или шифрование данных при передаче через USB.

10. Что представляет собой интерфейс Inter-Chip (IC) в контексте USB, и какие его особенности и применения?

Интерфейс Inter-Chip (IC) в контексте USB представляет собой специальный протокол, который позволяет устройствам, подключенным к USB, обмениваться данными напрямую, минуя хост-контроллер USB. Этот интерфейс позволяет устройствам взаимодействовать друг с другом без необходимости передачи данных через компьютер или другое устройство.

Особенности интерфейса Inter-Chip включают в себя низкую задержку передачи данных, низкое энергопотребление и возможность обмена данными между различными типами устройств, такими как микроконтроллеры, датчики, дисплеи и другие периферийные устройства.

Применения интерфейса Inter-Chip включают в себя различные области, такие как автомобильная промышленность (например, для обмена данными между различными системами в автомобиле), промышленная автоматизация (для связи между различными устройствами в производственной среде) и потребительская электроника (например, для обмена данными между смартфоном и носимым устройством).

11. Что такое беспроводный USB, и какие технологии используются для беспроводной передачи данных в рамках беспроводного USB-интерфейса?

Wireless USB (беспроводной USB) — стандарт беспроводной передачи данных, который разрабатывается группой Wireless USB Promoter Group.

Wireless USB предназначен в качестве замены для традиционных проводных USB. К типичным подключаемым устройствам относятся: клавиатура, мышь, камера, принтер, внешние накопители и т.д. Wireless USB также может использоваться для простого совместного использования

принтеров, которые не имеют стандартного сетевого интерфейса или подключения к серверу печати. Принтер, подключенный к Wireless USB, ведет себя таким образом, как будто он подключен с помощью USB непосредственно к обычному компьютеру. Технология не предназначена для создания компьютерных сетей (хотя теоретически это возможно).

12. Что такое метод связи (Communication Method) в контексте USB, и какие методы связи поддерживаются?

Метод связи в контексте USB – способ, при помощи которого данные передаются по данному интерфейсу.

Вся передача данных через USB инициируется USB-хостом. Хост контролирует время связи, поддерживая временные интервалы, называемые кадрами. Хост выдает последовательность начала кадра (SOF) по линиям данных USB в начале каждого кадра.

Временной интервал каждого кадра определяется указанной скоростью USB. Одним из требований сертификации соответствия USB является способность хоста точно выдавать SOF.

Спецификация USB предлагает разработчику несколько вариантов устройств в зависимости от требуемой скорости обмена данными. Это:

- **Low Speed:** Физическая скорость 1,5 Мбит/с $\pm 1,5 \%$.
- **Full Speed:** Физическая скорость 12 Мбит/с $\pm 0,25 \%$.
- **High Speed:** Физическая скорость 480 Мбит/с $\pm 0,25 \%$ (USB 2.0).
- **SuperSpeed:** Физическая скорость 5 Гбит/с (USB 3.0), 10 Гбит/с (USB 3.1 Gen 2), 20 Гбит/с (USB 3.2 Gen 2x2).
- **USB4:** Физическая скорость до 40 Гбит/с.

13. Какие особенности физического уровня (Physical Layer) присутствуют в структуре USB, и какие сигналы используются для передачи данных?

Особенности физического уровня USB:

- **Электрические параметры:** USB использует напряжение 5 В DC;
- **Выводы:** USB имеет 4 вывода: 1 power, 2 data, 1 ground;
- **Передача данных:** USB использует пакетные данные;
- **Кабель:** Длина кабеля USB может варьироваться от 2 до 5 метров в зависимости от категории;
- **Горячая замена:** USB поддерживает горячую замену, что позволяет подключать и отключать устройства без необходимости перезагружать систему;
- **Топология сети:** Сетевая архитектура USB позволяет подключать большое количество периферии даже к устройству с одним разъёмом USB.

USB использует дифференциальную передачу данных для обеспечения надежности. Это означает, что данные передаются по двум проводам: D+ и D-

. Один провод передает данные, а другой передает инвертированную версию этих данных.

Когда данные передаются, линия D+ переходит в высокое состояние, а линия D- переходит в низкое состояние. Когда данные не передаются, обе линии остаются в высоком состоянии.

Это помогает уменьшить влияние электромагнитных помех, поскольку любые помехи, подхваченные проводами, будут одинаковыми на обеих линиях и, следовательно, могут быть легко отфильтрованы.

Также стоит отметить, что USB использует NRZI (Non-Return to Zero Invert) кодирование для передачи данных. Это означает, что “0” передается как изменение состояния на линии данных, а “1” передается как отсутствие изменения

14. Какова структура пакетов данных в USB?

Вся информация в USB передается кадрами, которые отправляются через равные промежутки времени. Каждый кадр состоит из транзакций.

Транзакция в свою очередь состоит из трех фаз:

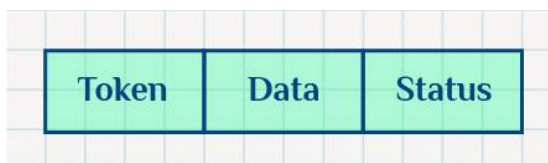


Рисунок 0 – Фазы транзакции

1. Фаза токена (Token Phase): Эта фаза определяет тип транзакции (IN, OUT, SETUP, SOF, DATA0, DATA1, DATA2, MDATA) и адрес устройства.

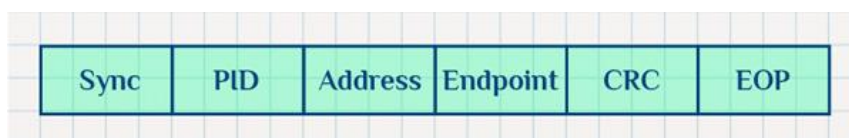


Рисунок 1 – структура пакета в фазе токена

2 Фаза данных (Data Phase): Эта фаза включает передачу данных. Количество передаваемых данных может варьироваться от 0 до 1023 байт для USB 2.0 и от 0 до 65535 байт для USB 3.0.

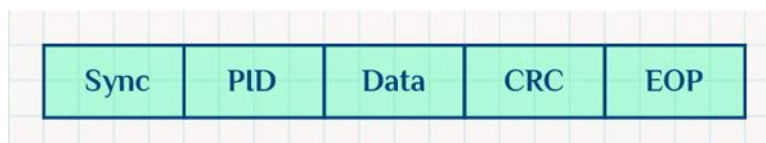


Рисунок 2 – структура пакета в фазе данных

3. Фаза подтверждения (Handshake Phase): Эта фаза используется для подтверждения приема данных. Она может включать один из следующих пакетов: ACK, NAK, STALL, NYET.

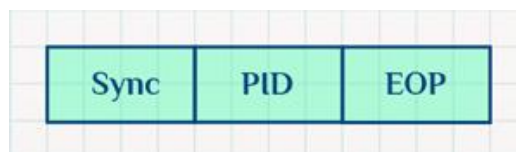


Рисунок 3 – структура пакета в фазе статус

Важно отметить, что структура пакетов данных может меняться в зависимости от версии usb.

15. Как происходит инициализация USB-устройств при их подключении к компьютеру или другому хост-контроллеру?

При подключении USB-устройства к компьютеру или другому хост-контроллеру происходит следующий процесс инициализации:

1. Обнаружение устройства: Когда устройство подключается к порту USB, хост-контроллер обнаруживает его и начинает процесс инициализации.
2. Определение типа устройства: Хост-контроллер определяет тип подключенного устройства (например, клавиатура, мышь, принтер, флеш-накопитель и т. д.) и загружает соответствующий драйвер.
3. Назначение адреса: Хост-контроллер назначает уникальный адрес устройству, чтобы оно могло быть идентифицировано в системе.
4. Обмен дескрипторами: Устройство передает информацию о себе в виде дескрипторов хост-контроллеру, таким образом, хост-контроллер получает информацию о возможностях и требованиях устройства.
5. Загрузка драйверов: После получения информации о устройстве, хост-контроллер загружает соответствующие драйверы для обеспечения правильной работы устройства.
6. Установление связи: После завершения процесса инициализации, устройство готово к обмену данными с компьютером или другими устройствами через USB-порт.

Этот процесс инициализации позволяет компьютеру или другому хост-контроллеру правильно взаимодействовать с подключенным USB-устройством и обеспечивает его корректную работу.

16. Как регулируется и обеспечивается электропитание USB-устройств через USB-порты, и какие стандарты для этого существуют?

Электропитание USB-устройств через USB-порты регулируется стандартами USB Power Delivery (USB PD) и Battery Charging (BC) 1.2.

Стандарт USB PD позволяет устройствам получать более высокий уровень энергии (до 100 Вт) и поддерживает более высокие напряжения и токи, что позволяет быстрее заряжать устройства, такие как ноутбуки, планшеты и смартфоны. Этот стандарт также позволяет устройствам обмениваться информацией о своих энергетических требованиях, чтобы обеспечить оптимальное и безопасное зарядное устройство.

Стандарт BC 1.2 предназначен для зарядки портативных устройств, таких как смартфоны, планшеты и другие мобильные устройства. Он определяет различные уровни тока зарядки (до 1,5 А) и обеспечивает быструю зарядку при подключении к совместимым устройствам.

USB-порты обычно предоставляют 5 В постоянного тока и до 0,9 А (для стандарта USB 3.0) или до 0,5 А (для стандарта USB 2.0). Однако, с поддержкой стандартов USB PD и BC 1.2, устройства могут получать более высокий уровень энергии и заряжаться быстрее.

Таким образом, стандарты USB PD и BC 1.2 регулируют и обеспечивают электропитание USB-устройств через USB-порты, позволяя им получать необходимую энергию для работы и зарядки.

17. Что такое USB OTG в смартфоне и планшете?

USB OTG (USB On-The-Go) - это функция, которая позволяет смартфонам и планшетам работать в качестве хоста USB, что позволяет им подключаться к другим USB-устройствам, таким как флеш-накопители, клавиатуры, мыши, игровые контроллеры и другие устройства. Это позволяет пользователям расширить функциональность своих мобильных устройств, подключая к ним различные периферийные устройства.

18. Что такое USB-хаб?

USB-хаб — это устройство, которое позволяет подключать несколько USB-устройств к одному USB-порту компьютера или ноутбука. USB-хаб работает как разветвитель, который расширяет возможности USB-интерфейса. Однако при подключении большого количества устройств, может уменьшаться скорость передачи данных и увеличивается потребляемая энергия от батареи ноутбука.



19. Как можно увеличить кол-во USB-портов на ноутбуке?

Существует несколько способов для увеличения usb портов на ноутбуке:

USB-хаб. Это самый простой и дешевый способ, который не требует никаких дополнительных действий. USB-хаб – это устройство, которое подключается к одному порту на ноутбуке и имеет несколько дополнительных портов для подключения других устройств. Существуют хабы с различным количеством и типом портов, а также с возможностью питания от сети или от ноутбука.

USB-адаптер. Это устройство, которое подключается к другому типу порта на ноутбуке, например, HDMI, VGA, Ethernet, Thunderbolt и т.д., и преобразует его в USB-порт. Это может быть полезно, если есть свободные порты другого типа, которые пользователь не использует, или если нужен определенный тип USB-порта, например, USB 3.0 или USB-C. Однако, адаптер может снижать скорость передачи данных или потреблять больше энергии.



USB-карта расширения. Это устройство, которое вставляется в слот расширения на ноутбуке, если такой имеется, и добавляет дополнительные USB-порты. Это может быть самым быстрым и надежным способом, но он требует наличия свободного слота расширения, а также определенных навыков по установке и настройке карты. Кроме того, USB-карта расширения может быть дороже других вариантов.

USB 3.0x7



20. Какие вызовы и проблемы возникают при работе с USB в области кибербезопасности?

USB-устройства представляют собой потенциальную угрозу для кибербезопасности, так как они могут содержать вредоносный код, перехватывать данные, подделывать идентификацию или даже повредить компьютер. Некоторые примеры таких угроз – это USB-накопители с автозапуском, USB-клавиатуры с встроенным кейлоггером, USB-зарядные устройства с вредоносным ПО или USB-устройства, которые могут испускать высокое напряжение. Для защиты от таких угроз необходимо использовать антивирусное ПО, отключать автозапуск USB-устройств, проверять подлинность USB-устройств и избегать подключения неизвестных USB-устройств к компьютеру.