



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Московский технологический университет»

МИРЭА

Институт Информационных технологий

Кафедра ИППО

Дисциплина «Интерфейсы информационных систем»

ОТЧЁТ

ПО ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЕ

по теме: «Универсальная последовательная шина (USB)»

Исполнитель Карих Д.С.

Группа ИСБОп-01-14

Москва — 2017 г.

Оглавление

Введение	3
Назначение и место в информационной системе	4
Устройство.....	5
Принцип действия.....	6
Варианты исполнения	7
Характеристики	9
Выбор, подключение, настройка.....	10
Сравнение с конкурентами	11
Перспективы развития	12
Заключение.....	13
Список используемой литературы	14

Введение

Трудно себе представить использование персонального компьютера без единого периферийного устройства, к которым относятся всевозможные устройства ввода (клавиатуры, мыши и т.п.) и вывода (мониторы, проекторы, принтеры и т.п.).

Изначально для каждого класса подобных устройств разрабатывался свой интерфейс, который не был совместим с другими устройствами. Сложность заключалась не только в возможности физического подключения оборудования, но и в программной поддержке (драйверах).

Наглядными примерами таких интерфейсов являются:

1. PS/2 для клавиатуры и мыши;
2. Параллельный порт (LPT) для принтеров или сканеров;
3. Последовательный порт (COM).

Выход электронно-вычислительных машин на потребительский рынок в виде персональных компьютеров привёл к стремительному росту количества подключаемых устройств различного назначения, из-за чего создание и распространение специфичных интерфейсов стало крайне затруднительным.

Чтобы решить эту проблему, некоммерческой организацией USB Implementers Forum была создана спецификация последовательного интерфейса USB, призванная стать универсальным стандартом для подключения периферийных устройств к вычислительным машинам.

В ходе данной практической работы нами будут рассмотрены устройство, принцип действия, варианты исполнения и характеристики стандарта USB, а также будет произведено его сравнение с основными конкурентами и проанализированы перспективы развития.

Назначение и место в информационной системе

Изначально интерфейс USB разрабатывался для объединения трёх не связанных друг с другом стремлений разных компаний (Intel, Microsoft, Philips, US Robotics).

1. **Расширение функциональности компьютера** путём добавления периферийных устройств. Основная проблема: многообразие собственных интерфейсов, создаваемых производителями для своих устройств.
2. **Подключение мобильного телефона** к компьютеру. Появление мультимедийных возможностей в телефонах подняло проблему передачи данных между компьютером и устройствами, однако подходящего интерфейса в тот момент ещё не существовало.
3. **Простота использования.** USB задумывался как интерфейс для подключения портативных устройств, поэтому должен был обеспечивать горячее подключение и технологию PnP (Plug and Play, подключи и работай). Физическое подключение также должно производиться быстро и легко.

В результате совместной работы этих компаний в рамках USB-IF, спецификация USB охватила очень широкий круг вопросов подключения и взаимодействия периферийных устройств с вычислительной системой:

1. Унификация разъёмов и кабелей;
2. Нормирование энергопотребления;
3. Протоколы обмена данными;
4. Унификация функциональности и драйверов устройств.

Устройство

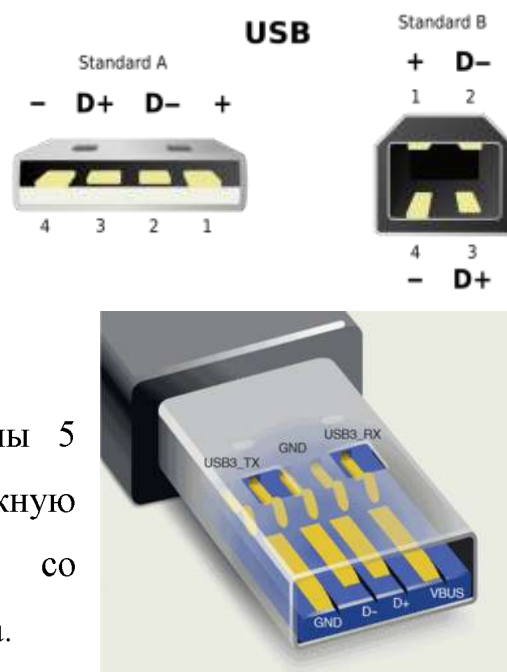
В основе физической спецификации USB лежит несколько важных принципов, во многом способствовавших такому широкому распространению этого стандарта.

1. **Предотвращение ошибки соединения разъёмов** — кабель USB можно подключить только правильными способами. Несовместимые версии USB не должны иметь возможность физического подключения друг к другу.
2. **Простота кабельного соединения** — соединение можно провести даже вслепую, что в совокупности с первым пунктом обеспечивает высокую степень удобства;
3. **Возможность подключения устройств, требующих питание** — важное требование для портативных устройств, не имеющих своих источников питания.

Первые стандарты USB 1.0, 1.1 и 2.0 используют только 4 проводника для соединения устройств. Два провода используются для обеспечения устройства питанием (5 вольт). Ещё по двум проводам передаются данные.

В спецификации USB 3.0 были добавлены 5 дополнительных линий, расширяющих пропускную способность интерфейса. Совместимость со старыми спецификациями полностью сохранена.

В спецификации USB 3.0 Type-C присутствуют 24 провода, что намного превышает все предыдущие варианты этого стандарта. В данный момент большая часть этих линий не используется, однако в будущем их наличие позволит снизить «шок» от перехода на новые стандарты (как было в случае с USB 3.0).



Принцип действия

USB представляет собой сеть с одним мастером (хостом) и произвольным количеством подчинённых устройств (device). Топология сети представляет собой активное дерево, т.е. в каждом узле дерева находится концентратор (хаб), занимающийся электрическим согласованием кабелей, маршрутизацией пакетов, обнаружением подключения/отключения устройств и другими функциями.

Стандарт поддерживает горячее подключение устройств и сегментов сети, т.е. работа сети при изменении состава устройств не нарушается, а мастер способен определять факт изменения конфигурации сети автоматически.

Для передачи данных используется одна или несколько дифференциальных линий связи, представляющих собой витую пару проводников. Данные кодируются по методу NRZI (Non-return-to-zero inverted) — каждому нулевому биту данных соответствует изменение состояния дифференциальной пары, а при единице изменения не происходит. Чтобы избежать потери синхронизации на длинных единичных последовательностях, применяют битстаффинг — принудительную вставку нулей в поток каждые 6 единиц подряд.

Таким образом, для передачи данных используются только два состояния дифференциальной пары (01 и 10) из четырёх возможных. Остальные состояния используются в качестве служебных сигналов:

1. SE0 (00, низкие уровни на обоих проводниках) дольше 10мс трактуется как сброс (Reset). После сброса устройство должно провести реинициализацию USB стека.
2. SE1 (11, высокие уровни на обоих проводниках) дольше 3мс трактуется как сигнал остановки шины (Suspend). От устройства формально требуется самостоятельно ограничить энергопотребление от шины USB, однако, в некоторых случаях, устройства игнорируют этот сигнал.

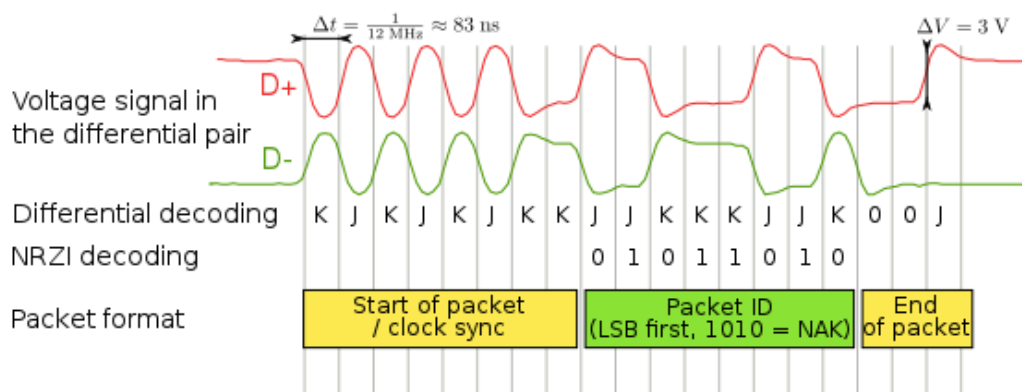


Рис. 1. Осциллограмма пакета NACK для Full Speed устройства

Варианты исполнения

Наиболее простыми в плане конструкции являются коннекторы по спецификации USB 1.0, 1.1 и 2.0.

	Обычный	Mini	Micro
Тип А	4×12 мм 	3×7 мм 	2×7 мм
Тип В	7×8 мм 	3×7 мм 	2×7 мм

Рис. 2. Коннекторы USB 1.0, 1.1 и 2.0.

Также существуют коннекторы типа Mini-AB и Micro-AB, которые можно подключать к разъёмам типа А и В соответствующих размеров. Форма разъёмов выбрана таким образом, чтобы подключение несовместимых устройств было невозможным.

У коннектора USB 2.0 Type-A, в отличие от модификаций Mini и Micro, качество соединения практически не деградирует со временем, даже несмотря на отсутствие винтовых креплений, как у LPT, VGA и подобных. Однако Mini-B и Micro-B получили широкое распространение в портативной электронике за счёт своей миниатюрности.

Стандарт USB 3.0 разрабатывался с сохранением совместимости со всеми предыдущими спецификациями, поэтому имеет похожие элементы в разъёмах и коннекторах. Однако для увеличения пропускной способности в спецификации USB 3.0 были добавлены дополнительные контакты для передачи данных.

	Обычный	Mini	Micro
Тип А			
Тип В			
Тип С			

Рис. 3. Коннекторы USB 3.0 и 3.1.

Как можно заметить, разъёмы USB 3.0 типа А и В содержат дополнительные контакты по сравнению с USB 2.0, но при этом являются полностью совместимыми со старыми стандартами. При подключении кабеля USB 2.0 к разъёму USB 3.0 лишние контакты просто не задействуются.

Исключением является разъём Micro-USB 3.0 Type B, в который не удалось добавить дополнительные контакты из-за его слишком маленьких размеров. По этой причине кабель Micro-USB 2.0 Type-B можно подключить к разъёму Micro-USB 3.0 Type-B, но не наоборот.

USB 3.0 Type-C сильно отличается от своих предшественников тем, что кабель можно подключать к любому устройству любой стороной без риска ошибочного соединения. Ценой такого удобства стала потеря обратной совместимости с предыдущими стандартами, однако эту проблему можно решить простыми пассивными переходниками.

Характеристики

В рамках стандарта USB существует множество спецификаций, отличающихся по пропускной способности шины и максимальной мощности питания подключаемых устройств.

Спецификация	Стандарт	Скорость	Мощность
Low-Speed	USB 1.0 USB 1.1	до 1.5 Мбит/с	до 2.5 Вт
Full-Speed		до 12 Мбит/с	
High-Speed	USB 2.0	до 480 Мбит/с	
SuperSpeed	USB 3.0, USB 3.1 Gen 1	до 5 Гбит/с	до 4.5 Вт
SuperSpeed 10 Gbps	USB 3.1 Gen 2	до 10 Гбит/с	до 100 Вт

Выбор, подключение, настройка

В большинстве случаев самостоятельный выбор стандарта USB невозможен, так как контроллеры и разъёмы встраиваются напрямую в материнскую плату компьютера или другого устройства. Таким образом, повлиять на то, какой именно стандарт будет поддерживаться устройством, может только производитель.

Однако модульная структура современного ПК позволяет увеличивать количество доступных USB портов (в том числе других спецификаций) путём установки специальных плат расширения на шину PCI.

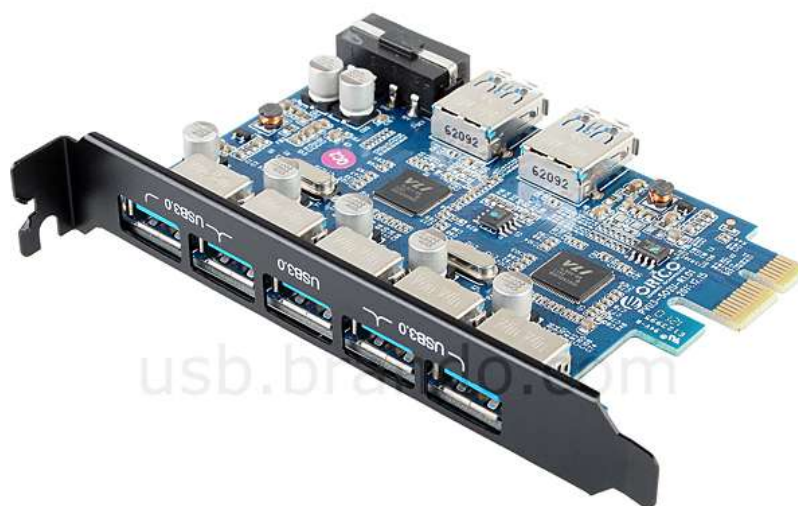


Рис. 4. Плата расширения PCI Express с 7 портами USB 3.0

Также количество портов можно увеличить при помощи хаба — устройства, предусмотренного спецификацией USB. Хаб действует аналогично коммутатору из компьютерных сетей, позволяя подключать к одному ПК до 127 устройств USB.

Благодаря высокой популярности, поддержка стандарта USB уже реализована абсолютно во всех операционных системах, включая Windows, Linux, Mac OS X и многие другие. Технология Plug and Play решает ещё одну проблему: при подключении нового устройства операционная система сама выберет необходимый драйвер.

Лишь в редких случаях для обеспечения работы устройства необходимо производить настройку системы. Обычно такая проблема возникает со сложными проприетарными устройствами, которые не соблюдают общепринятые открытые стандарты (например, с принтерами).

Таким образом, интерфейс USB является одним из самых удобных для повседневного использования, чего и добивался форум USB-IF.

Сравнение с конкурентами

Многие компании пытались вести конкуренцию со стандартом USB, создавая свои решения, которые в определённый момент превосходили возможности этого интерфейса: FireWire (IEEE 1394), Thunderbolt, eSATA и многие другие.

Сравним производительность этих интерфейсов со стандартом USB:

Интерфейс	Скорость	Скорость ниже, чем у
FireWire 400 (IEEE 1394a)	до 400 Мбит/с	USB 2.0
FireWire 800 (IEEE 1394b)	до 800 Мбит/с	USB 3.0
eSATA 150	до 1500 Мбит/с	
eSATA 300	до 3000 Мбит/с	
Thunderbolt (медный)	до 10 Гбит/с	USB 3.1 Gen 2
Thunderbolt (оптический)	до 20 Гбит/с	-

Можно заметить, что скорость почти всех конкурирующих стандартов была в итоге превышена новыми стандартами USB. Исключение составила только оптоволоконная модификация Thunderbolt, которая, однако, не выдерживает конкуренции в цене и не позволяет передавать энергию к подключённому устройству.

Также значительным преимуществом USB является его повсеместная распространённость и обратная совместимость, чем не могут похвастаться конкурирующие стандарты.

Перспективы развития

В связи с тем, что стандарт USB открыт для свободного использования любыми компаниями, можно не сомневаться, что в будущем его развитие не прекратится.

В настоящее время USB активно разрабатывается. На момент выполнения данной практической работы форум USB-IF разрабатывает спецификацию USB 3.2, которая призвана использовать все дифференциальные пары, присутствующие в кабеле USB Type-C. Это позволит увеличить скорость передачи данных в несколько раз по сравнению с USB 3.1 Gen 2, который сам по себе является крайне производительным.

Сетевая топология USB позволяет использовать в качестве физической среды передачи не только медные кабели и оптоволокно, но и технологии беспроводной связи. Так, например, в 2005 году группа Wireless USB Promoter Group предложила стандарт Wireless USB. Этот стандарт, пока что, не получил широкого распространения, но с развитием технологий беспроводной передачи данных следует ожидать и рост популярности данного направления.

Другой возможной перспективой развития стека USB можно считать спецификацию Media Agnostic USB, позволяющую инкапсулировать протокол USB в существующие каналы связи, например Wi-Fi или WiGig.

Ещё одно перспективное направление, связанное с новейшим стандартом USB Type-C, заключается в функциональных расширениях — альтернативных режима работы кабеля. Уже сейчас доступны следующие режимы: DisplayPort, MHL, Thunderbolt и HDMI. В будущем возможно появление дополнительных режимов, которые позволят отказаться от лишнего разнообразия интерфейсов передачи мультимедиа контента.

Таким образом, стандарт USB продолжит быть ведущим в области связи между персональными компьютерами и всевозможными периферийными устройствами.

Заключение

Универсальная последовательная шина из простой альтернативы устаревшим интерфейсам LPT, COM, PS/2 и т.п. переросла в универсальный и самый распространённый стандарт подключения периферийных устройств к персональному компьютеру.

Продуманность, простота использования, надёжность и универсальность отличает этот стандарт от конкурентов. С каждой новой спецификацией пропускная способность и мультимедийные возможности данного интерфейса возрастают.

Обратная совместимость новых спецификаций USB со старыми позволяет осуществлять обновление устройств плавно, не приводя к излишним неудобствам пользователя и рискам для производителей.

Новейший стандарт USB Type-C немного отошёл от политики полной обратной совместимости, но, несомненно, является крайне перспективным. Огромный запас функциональной расширяемости, универсальный коннектор, альтернативные режимы работы, управление питанием и другие полезные возможности данного стандарта плотно войдут в повседневную жизнь в ближайшем будущем.

Список используемой литературы

1. Википедия: USB Implementers Forum // https://ru.wikipedia.org/wiki/USB_Implementers_Forum
(дата обращения: 28.05.17)
2. Википедия: USB // <https://ru.wikipedia.org/wiki/USB>
(дата обращения: 28.05.17)
3. Краткая история USB: предшественники и конкуренты-неудачники // <https://geektimes.ru/company/ua-hosting/blog/266538/>
(дата обращения: 29.05.17)
4. Википедия: IEEE 1394 // https://ru.wikipedia.org/wiki/IEEE_1394
(дата обращения: 29.05.17)
5. Википедия: Serial ATA: eSATA // <https://ru.wikipedia.org/wiki/SATA#eSATA>
(дата обращения: 29.05.17)
6. Википедия: Thunderbolt // <https://ru.wikipedia.org/wiki/Thunderbolt>
(дата обращения: 29.05.17)