

Новые возможности «старого» USB или USB On-The-Go

Станислав Дидилев

Любопытное прошлое

sd@may.ru

USB (Universal Serial Bus — универсальная последовательная шина) появилась не так давно (версия первого утвержденного варианта стандарта датирована 15 января 1996 года). В разработке стандарта приняли участие такие лидеры компьютерной и телекоммуникационной промышленности, как Microsoft, Intel, DEC, IBM, NEC, Northern Telecom и Compaq.

Основная цель стандарта, поставленная перед его разработчиками — обеспечить пользователям реальную возможность работы в режиме Plug&Play с периферийными устройствами. Это означает, что должно быть предусмотрено подключение устройства к работающему компьютеру, автоматическое распознавание его немедленно после подключения и последующей установки соответствующих драйверов (если это необходимо). Кроме того, желательно обеспечить подачу питания для маломощных устройств с самой шины. Скорость шины должна быть достаточной для подавляющего большинства низкоскоростных периферийных устройств. При этом контроллер USB занимает только одно прерывание независимо от количества подключенных к шине устройств.

Практически все поставленные задачи были решены в стандарте USB 1.1, и уже весной 1997 года появились компьютеры, оборудованные разъемами для подключения USB-устройств. Однако периферия с подключением по USB стала реальностью лишь спустя год, в середине 1998-го. По мере развития стандарт USB получил широкую популярность и количество устройств, использующих USB, стало быстро расти. В настоящее время USB активно используется многими производителями компьютерной периферии.

Рассмотрим некоторые характеристики USB 1.1

- Высокая максимальная скорость обмена — до 12 Мбит/с.
- Максимальная длина кабеля — 4,5 м.
- Максимальное количество подключенных устройств (включая концентраторы) — до 127.
- Возможно подключение устройств с различными скоростями обмена.
- Не требуется использование дополнительных устройств и терминаторов.
- По шине может подаваться напряжение питания 5 В для периферийных устройств.
- Максимальный ток потребления на одно устройство — 500 мА.

Топология сети USB изображена на рис. 1.

Как легко заметить, сеть USB построена по схеме многоуровневой «звезды». В сети есть одно управляющее устройство (HOST-контроллер), конечные устройства (DEVICE), а также концентраторы (HUB).

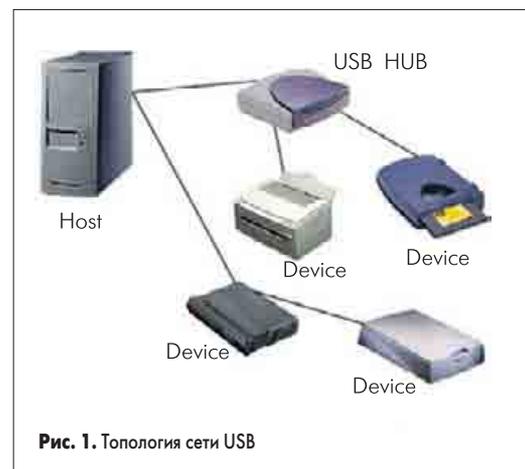


Рис. 1. Топология сети USB

Задача HOST-контроллера состоит в управлении сетью. Он заведует подключением и регистрацией устройств в сети, а также контролирует потоки данных. Только HOST-контроллер может обращаться к устройствам и управлять ими. Взаимодействие двух устройств в сети между собой напрямую невозможно.

Задача концентратора (HUB) состоит в распределении и направлении потоков данных от различных устройств. Концентратор транслирует сигнал в направлении от HOST-контроллера к устройствам (downstream), то есть в данном случае является повторителем (repeater). При передаче сигнала в обратном направлении (от устройства к HOST-контроллеру) концентратор является «маршрутизатором». Кроме того, концентратор позволяет управлять питанием портов USB.

И, наконец, конечные устройства. В качестве конечного устройства может быть любое устройство, оборудованное шиной USB: от таких простых, как мышь и клавиатура, до принтеров, сканеров, PDA и мобильных телефонов. При подключении к шине устройство автоматически распознается и получает уникальный идентификатор. Устройства поддерживают расширенное управление питанием — если устройство не используется некоторое время, оно переходит в режим пониженного потребления (ток потребления при этом составляет менее 500 мкА).

Следует отметить, что в своем развитии стандарт USB подчеркнул общую тенденцию к увеличению пропускной способности интерфейса. Скорости в 12 Мбит/с оказалось уже недостаточно для некоторых приложений, связанных с высокоскоростным обменом данными и обработкой видеоизображения. Это послужило толчком к появлению стандарта USB 2.0, впервые представленного в рамках Конференции разработчиков оборудования для Windows (Windows Hardware Engineering Conference — WinHEC), которая прошла в апреле 2000 года в Но-

Таблица 1. Сравнение стандартов USB 1.1 и USB 2.0

	Хост - контроллер USB 1.1			Хост - контроллер USB 2.0		
	Без концентратора	USB 1.1 концентратор	USB 2.0 концентратор	Без концентратора	USB 1.1 концентратор	USB 2.0 концентратор
Низкоскоростное USB 1.1 устройство	1,5 Мб/с	1,5 Мб/с	1,5 Мб/с	1,5 Мб/с	1,5 Мб/с	1,5 Мб/с
Высокоскоростное USB 1.1 устройство	12 Мб/с	12 Мб/с	12 Мб/с	12 Мб/с	12 Мб/с	12 Мб/с
Высокоскоростное USB 2.0 устройство	12 Мб/с	12 Мб/с	12 Мб/с	480 Мб/с	12 Мб/с	480 Мб/с

Таблица 2. Возможные комбинации устройств, использующих непосредственное USB-соединение

Управляющее устройство	Управляемое устройство	Применение
Мобильный телефон	Мобильный телефон	Обмен контактной информацией (Vcard)
	Цифровая камера	Передача изображений
	MP3 проигрыватель	Обмен звуковыми файлами
	Хранилище информации	Обмен информацией
Цифровая камера	Карманный компьютер	Обмен контактной информацией (Vcard)
	Цифровая камера	Обмен изображениями
	Мобильный телефон	Передача изображений
	Принтер	Печать изображений
Принтер	Хранилище информации	Сохранение изображений
	Цифровая камера	Печать изображений
	Сканер	Печать отсканированных изображений
MP3 проигрыватель	Хранилище информации	Печать сохраненных изображений
	MP3 проигрыватель	Обмен звуковыми файлами
Оциллограф	Принтер	Хранение звуковых файлов
Карманный компьютер	Принтер	Печать изображений с экрана оциллографа
	Карманный компьютер	Обмен информацией
	Принтер	Распечатка файлов
	Мобильный телефон	Обмен файлами
	MP3 проигрыватель	Обмен звуковыми файлами
	Сканер	Сканирование изображений
	Хранилище информации	Обмен информацией
	GPS-приемник	Получение координат
	Цифровая камера	Копирование изображений
	Оциллограф	Управление оциллографом
Клавиатура	Подключение устройства ввода информации	

вом Орлеане. Стандарт явился результатом работы USB 2.0 Promoter Group, в которую вошло несколько крупнейших корпораций отрасли персональных компьютеров, в том числе Compaq Computer, NEC и Philips Consumer Electronics.

При разработке USB 2.0 группе требовалось решить две основные задачи: во-первых, необходимо было сохранить совместимость со

старым стандартом, во-вторых, следовало добиться скорости в 10-20 раз превышающей скорость, которую обеспечивает существующий стандарт (USB 1.1). Первую задачу группа выполнила: современные ПК, периферийные устройства и кабели, поддерживающие USB, смогут бесконфликтно работать с новым стандартом. Что касается второй цели, то тут результат превзошел самые смелые ожида-

ния: скорость возросла в 40 раз! Это хорошо видно если сравнить стандарты USB 1.1 и USB 2.0, что сделано в табл. 1.

Достойное настоящее

С появлением стандарта USB 2.0 далеко не все проблемы, стоящие перед разработчиками различных электронных устройств, нашли свое решение. Большим недостатком USB являлось то, что устройства, подключенные к одной шине, не могли работать друг с другом напрямую. Связь была возможна только при участии HOST-контроллера, который, как правило, установлен на материнской плате персонального компьютера. Таким образом, в некоторых случаях компьютер оказывается «третьим лишним». Например, у вас есть карманный компьютер и принтер, подключенные к вашему настольному компьютеру при помощи USB и вы хотите распечатать файл, находящийся в памяти карманного компьютера. Очевидно, что для этого необходимо скопировать файл на настольный компьютер, а уже затем его распечатать. А нельзя ли это сделать напрямую, то есть подключить карманный компьютер непосредственно к принтеру при помощи USB-соединителя и распечатать файл? Оказывается, это возможно! В декабре 2001 года отраслевой консорциум Universal Serial Bus Implementers Forum, созданный с целью дальнейшего развития стандарта USB, выпустил дополнение к этому стандарту: USB On-The-Go (сокращенно OTG). Это дополнение позволило соединять устройства не через ПК, а непосредственно друг с другом. Например, музыкальные файлы можно переписать с MP3-плеера прямо на другой плеер, а цифровую камеру подключить прямо к принтеру.

С появлением USB On-The-Go возможности применения универсальной последовательной шины значительно возросли. Множество самых разных устройств теперь может взаимодействовать друг с другом без посредничества персонального компьютера. Некоторые комбинации из устройств, использующих непосредственное USB-соединение, приведены в табл. 2.

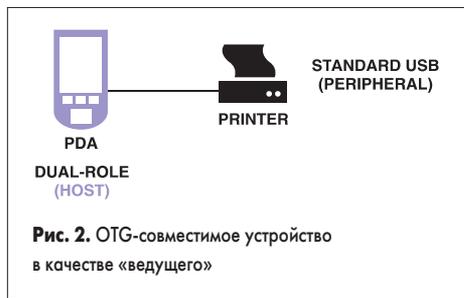
После принятия дополнения USB On-The-Go многие производители электронных компонентов начали разработку соответствующих микросхем. Однако первым в этой области по праву может считаться Philips Semiconductors. Созданный им один из первых OTG-совместимых USB-контроллеров ISP 1161 стал своего рода катализатором, ускорившим процесс внедрения технологии OTG в реально существующие устройства. Немаловажно отметить, что демонстрационная плата ISP 1161 была использована группой разработчиков стандарта OTG для проверки соответствия устройств других производителей требованиям этого стандарта.

Подробнее о реализации OTG от Philips можно прочитать на сайте компании по адресу: http://www.semiconductors.philips.com/news/infocus/usb_otg/. В настоящее время у Philips Semiconductors есть целая линейка микросхем USB, перекрывающая все возможные применения. Это хорошо видно, если взглянуть на табл. 3.

Таблица 3. USB-решения от Philips Semiconductors

Тип прибора	P / N	Применения в компьютерной технике	Применения в бытовой электронике	Телекоммуникационные применения
USB 1.1 Трансивер	— P11A — ISP1107 — ISP1105/6	Принтер, карманный компьютер	Цифровая камера, цифровой спутниковый тюнер	Модем, ADSL — маршрутизатор, сотовая связь
USB 1.1 Устройство	— D12 — ISP1181	Карманный компьютер, принтер, USB-диск	Цифровой музыкальный проигрыватель, цифровое ТВ, цифровой спутниковый тюнер	DECT, сотовая связь
USB 1.1 Host/Device контроллер	— ISP1161	Принтер, хранилище информации, карманный компьютер	Цифровая камера, цифровой музыкальный проигрыватель, цифровой спутниковый тюнер	Модем, маршрутизатор, домашняя информационная сеть
USB 1.1 Концентратор	— ISP1122A — ISP1123	USB концентратор, монитор, устройство для считывания смарт-карт	Игровая консоль, цифровой спутниковый тюнер	Модем, коммуникационный терминал
USB 2.0 Трансивер	— ISP1501	Внешнее хранилище информации, сканер, принтер, цифровая камера	Цифровая камера	
USB 2.0 Устройство	— ISP1581	Внешнее хранилище информации, сканер, принтер	Цифровой спутниковый тюнер	
USB 2.0 Host контроллер	— ISP1561	Материнская плата ПК, PCI - карта		
USB 2.0 Концентратор	— ISP1521	Высокоскоростной концентратор	Игровая консоль, цифровой спутниковый тюнер	

Архитектура OTG принесла в стандарт USB много новшеств. При работе в режиме OTG устройства также как и в «обыкновенном» USB сохраняют роли «ведущего» и «ведомого», однако в таком соединении участвуют только эти два устройства. Вообще режим OTG поддерживает только соединения типа «точка — точка». Причем устройство, которое в режиме OTG играло роль «ведущего» в стандартном режиме становится обыкновенным «ведомым» USB-устройством. Это продемонстрировано на рисунках 2 и 3, где карманный компьютер, поддерживающий технологию OTG, сначала выступает в роли «ведущего» по отношению к принтеру, а затем при подключении к настольному компьютеру становится стандартным «ведомым» USB-устройством.



Согласно спецификации USB On-The-Go различают 2 класса OTG устройств:

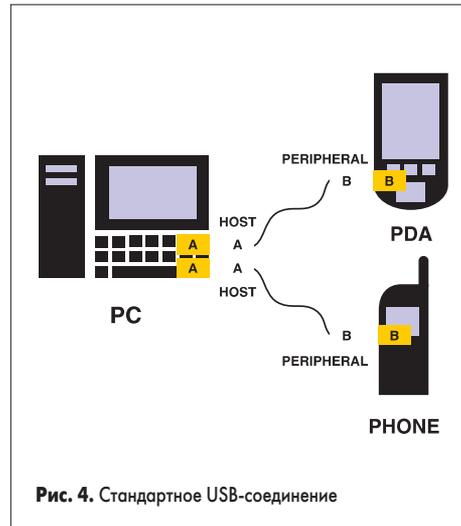
- Устройства, выполняющие двойную роль (могут быть как «ведомыми» так и «ведущими»)
- Только периферийные («ведомые») устройства.

Для первых характерно использование USB-соединителей типа «mini AB», поддержка протокола HNP (Host Negotiation Protocol), возможность питать шину током до 8 мА, а также инициализировать сессию связи («ведомое» устройство) или принимать запрос на установление сессии («ведущее» устройство) согласно протоколу SPR (Session Request Protocol).

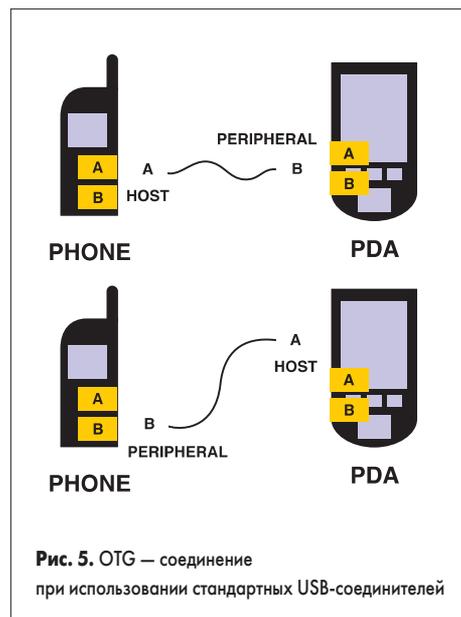
Для вторых характерно использование USB-соединителей типа «mini B» или штекера типа «mini A» на кабеле, который идет к устройству. «Ведомые» устройства, в отличие от «ведущих», могут только инициализировать сессию связи. Также ведомое устройство может потреблять ток от шины USB не более 8 мА.

Здесь уместно рассказать о соединителях, используемых в устройствах OTG, тем более что выше уже упоминались некоторые из

них. Вернемся немного назад к обыкновенному USB. Для соединения USB-устройств использовались соединители типа «A» прямоугольной формы (этот соединитель вставляется в компьютер) и соединители типа «B» квадратной формы (обычно вставляется в USB устройство). Схема такого соединения приведена на рис. 4.

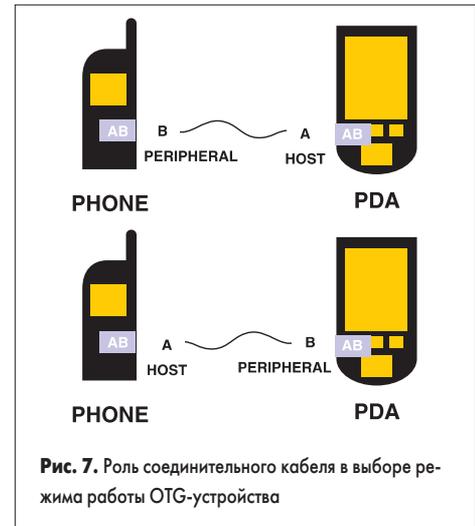


К сожалению, использовать эту схему соединения в стандарте OTG полностью не удалось. Ведь для того, чтобы устройство могло быть «ведомым» и «ведущим» пришлось бы устанавливать сразу два соединителя (см. рис. 5).

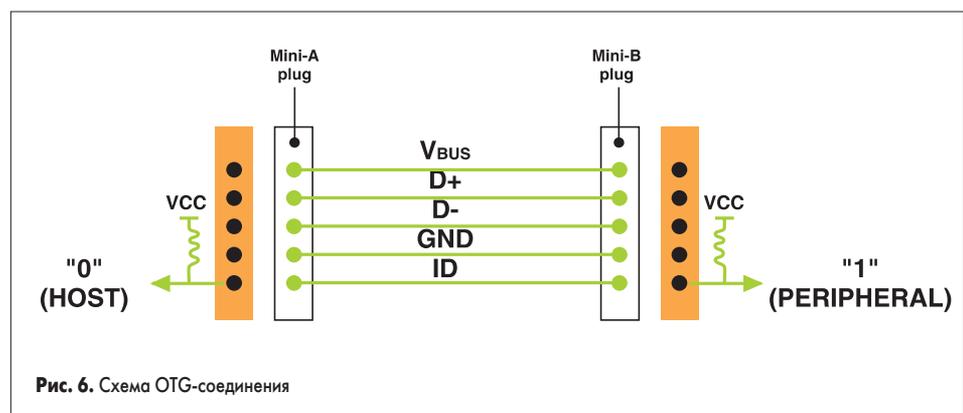


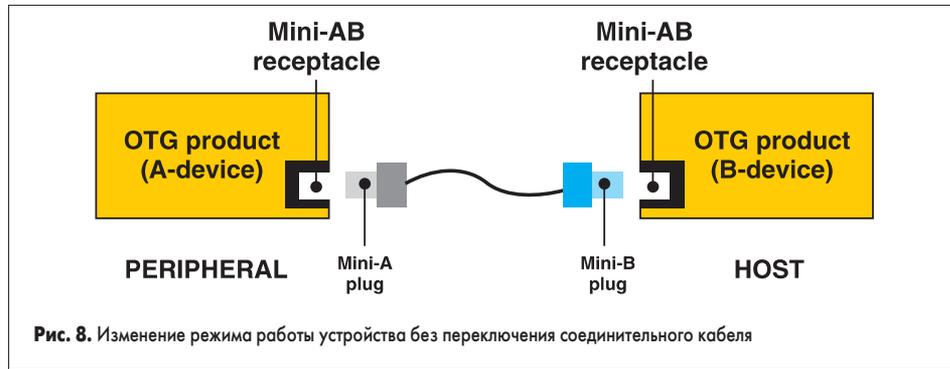
Подобная проблема была решена просто и эффективно: конструкторы разработали единый материнский разъем «mini AB», устанавливаемый на устройство, поддерживающее стандарт OTG, а соединительный кабель на одном конце армирован разъемом типа «mini A», а на другом — «mini B». Конструкция подключения устроена таким образом, что находящееся на одном его конце OTG-устройство определяет, что оно играет роль «ведущего», а другое устройство, находящееся на противоположном конце кабеля, определяет что оно «ведомое». Это достигается при помощи одного дополнительного контакта в разьеме. На одном конце кабеля этот контакт соединен с землей и подает на вход устройства уровень логического нуля (режим «ведущего устройства»), а на другом конце кабеля соответствующий контакт соединен через резистор с +5 В и подает на вход другого устройства уровень логической единицы (режим «ведомого»). Это продемонстрировано на рис. 6.

Таким образом, соединительный кабель определяет, в каких режимах будут работать подключенные к его концам устройства. Для смены ролей «ведущего» и «ведомого» достаточно подключить кабель наоборот. Иллюстрация подобного случая приведена на рис. 7.



Для справедливости следует отметить, что устройства могут поменять режимы своей работы и при неизменном подключении кабеля (что допустимо в рамках HNP). Происходит это следующим образом (обозначения приведены согласно рис. 8): устройство [A] («ведущее») выставляет флаг «HNP Enable» устрой-





ству [B]. Затем устройство [A] освобождает шину. Обнаружив это, устройство [B] становится «ведущим». После этого устройство [A] подключает свой нагрузочный резистор на +5 В, индицируя, что готово исполнять роль «ведомого». Далее устройство [B] определяет устройство [A] как «ведомое», перезапускает его, присваивает ему идентификатор и использует.

Типы кабелей и разъемов, используемых при OTG-соединении, приведены на рис. 9 и 10.

Для соединения устройств, поддерживающих OTG, с устройствами, оснащенными обычными USB-разъемами, разработаны специальные переходники.

Заманчивое будущее

Несомненно, стандарт USB ожидают большие перспективы. Внедрение технологии OTG позволит значительно увеличить количество различных USB-устройств и расширить предоставляемые ими возможности. Наличие интерфейса USB является требованием к современным периферийным устройствам. USB все более широко используется в разработках для промышленных применений.

В то же время, для высокоскоростной передачи данных все более широко начинает использоваться стандарт IEEE-1394, имеющий скорость передачи данных 400 Мбит/с. Основная сфера использования на сегодняшний день: интеграция между собой современной цифровой аудио-видеотехники, современных устройств хранения данных и компьютеров для их обработки. Также Philips Semiconductors разрабатывает решения для беспроводного IEEE-1394, используя патентованную технологию широкополосного ортогонального частотно разнесенного мультиплексирования (W-OFDM) в диапазоне 2,4 ГГц.

