

Простые решения FTDI: от USB-хоста до высокоскоростных аппаратных мостов USB-UART/FIFO

Сергей ДОЛГУШИН
dsa@efo.ru

FTDI является одной из известных компаний по разработке и производству специализированных микросхем для USB. Компания была основана в 1992 году в Шотландии. Основной сферой ее деятельности в то время была разработка чипсетов для материнских плат персональных компьютеров IBM. В 1996 году, после принятия первой спецификации USB 1.0, FTDI переориентировала направление своей деятельности на разработку решений для нового перспективного интерфейса.

Текущая ситуация показывает, что специалисты компании верно оценили ситуацию с новым стандартом и их решение оказалось востребованным на рынке USB-микросхем. Аппаратные мосты и драйверы для них под основные операционные системы не требуют от разработчика специальных знаний о стандарте USB. Реализация USB-интерфейса на базе микросхем FTDI является такой же простой задачей, как реализация интерфейса RS232 с точки зрения разработки не только «железа», но и программного обеспечения верхнего уровня.

Не останавливаясь на достигнутом, FTDI продолжает развивать линейку своих аппа-

ратных мостов. Новинкой прошлого года стали аппаратные мосты USB-UART и USB-FIFO с поддержкой высокоскоростного режима обмена данными. Их серийное производство начато в апреле 2009 года.

В настоящее время аппаратные мосты USB FTDI получили широкое признание во всем мире. Дело в том, что компания FTDI одной из первых предложила полное решение — аппаратную и программную реализации, то есть собственно микросхему и драйверы для основных операционных систем. По прошествии 10 лет с момента появления первых микросхем аппаратных мостов можно утверждать, что продукция FTDI популярна у производителей благодаря своей надежности, простоте в разработке, а также надежности и простоте в дальнейшей эксплуатации конечными потребителями изделий, в которых используются решения FTDI. Одной из основных сфер применения аппаратных мостов является модернизация существующих изделий с целью замены широко распространенного интерфейса UART на USB. В общем случае такая модернизация представляет собой замену микросхемы драйвера физического уровня интерфейса RS232/422/485 на аппаратный мост USB-UART FT232R. К этой же сфере можно отнести и производство готовых преобразователей USB-RS232/RS422/485. Такие конвертеры поставляют как сама компания FTDI (рис. 1), так и другие производители. Например, немецкая компания Vision Systems на базе микросхем FT232B серийно производит готовые преобразователи в промышленном и офисном исполнениях (рис. 2).

Сегодня компания FTDI предлагает четыре основные группы микросхем:

- одноканальные аппаратные мосты USB-FIFO/UART с поддержкой режима full-speed;

- двухканальный аппаратный мост USB-FIFO/UART с поддержкой режима full-speed;
- хост-контроллер Vinculum;
- новые многоканальные аппаратные мосты USB-FIFO/UART/MPSSE с поддержкой режима hi-speed.

В основу всех решений FTDI положен следующий принцип: «Интерфейс USB — это просто!» Производитель предлагает готовое программно-аппаратное решение, которое легко интегрируется в разрабатываемое или существующее устройство.

Для аппаратных мостов разработаны драйверы для операционных систем Windows, MAC и Linux. Драйверы дают возможность подключать аппаратный мост к компьютеру, на котором данное соединение может быть реализовано в виде виртуального COM-порта (драйвер VCP) или прямого USB-соединения (драйвер D2xx). В первом случае работа с устройством осуществляется абсолютно идентично работе со стандартным COM-портом. Во втором случае доступ к драйверу обеспечивается с помощью специальной библиотеки, содержащей API-функции для управления и обмена данными. Последний вариант обеспечивает максимальную скорость обмена, на которую рассчитан аппаратный мост. Оба драйвера входят в один пакет, называемый CDM (Combined Driver Model), и устанавливаются одновременно. Для ОС Windows драйверы имеют сертификат WHQL, если используются VID и PID производителя. При смене идентификаторов на пользовательские сертификат аннулируется.

Для конфигурации режимов работы и смены идентификаторов аппаратных мостов производителем предоставляется утилита Mprog (рис. 3). Программирование осуществляется

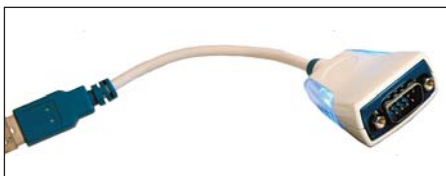


Рис. 1. Преобразователь USB-RS232 "US232R"



Рис. 2. Внешний вид преобразователя USB-RS422/485 с оптической развязкой USB-COMI-SI-M

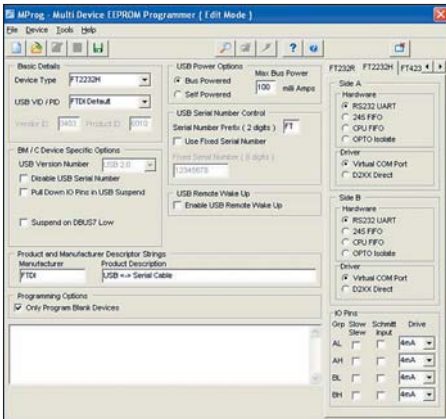


Рис. 3. Утилита Mprog 3.5

путем подключения микросхем по USB к компьютеру. Режим программирования доступен, в том числе, и через API-функции стандартной библиотеки драйвера D2xx, и может быть реализован в приложении пользователя, если такой режим будет необходим. В стандартных приложениях программирование требуется только один раз: при выборе режима работы микросхемы и задании идентификаторов USB.

В настоящее время компания FTDI серийно выпускает аппаратные мосты USB-FIFO/UART FT232/FT245, пришедшие на смену микросхемам FT8U232 и FT8U245. В эту группу входят два типа: серия “B” и серия “R”. FT232R и FT245R являются последним поколением аппаратных мостов, работающих в режиме full-speed. Основные их отличия от микросхем FT232B и FT245B — это интегрированные на кристалл энергонезависимая память для хранения настроек режима работы и идентификаторов USB, встроенный тактовый генератор и некоторые пассивные компоненты. Дополнительно каждая микросхема имеет уникальный идентификатор FTDIChipID, «прошиваемый» при производстве на фабрике. Встроенная EEPROM с выделенной областью для записи пользовательской информации и уникальный идентификатор дают возможность создавать на базе микросхем серии “R” аппаратные ключи для защиты от несанкционированного доступа, для реализации которого производителем разработана специальная библиотека, которую можно свободно скачать с веб-сайта FTDI.

Двухканальный аппаратный мост FT2232D, пришедший на замену FT2232C, может выполнять функции микросхем FT232 и FT245 и дополнительно имеет программно конфигурируемый режим MPSSE (Multi-Protocol Synchronous Serial Engine). В режиме MPSSE микросхема может эмулировать интерфейсы SPI, IIC и JTAG или служить в качестве загрузчика конфигурации в ПЛИС Altera или Xilinx. В качестве примера реализации загрузчика конфигурации ПЛИС компания FTDI предлагает модуль DLP FPGA на базе FPGA Xilinx и микросхемы FT2232D.

Таблица. Типы поддерживаемых хост-контроллером USB-устройств

Программное обеспечение	BOMS1		Мосты FTDI		HID		Принтер		Концентратор (HUB)		ПК (хост)		Монитор		CDC2		
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
VDAP	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*						*	*
VDIF	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			*				
VMSC	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*							*
VDPS	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*						*
VCDC	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*						*	*
VDFC	*	*															

Примечания. 1) BOMS — Bulk Only Mass Storage. Устройства хранения данных, поддерживающие режим обмена по USB типа bulk. 2) CDC — Communication devices class.

Хост-контроллер USB — Vinculum — представляет собой законченное аппаратно-программное решение. Данный чип может выполнять функции хост-контроллера и периферийного устройства с поддержкой режимов full- и low-speed. Он не поддерживает спецификацию OTG, то есть не может динамически менять свою функциональную роль на шине. Функциональное назначение двух портов USB микросхемы и поддерживаемые классы USB-устройств задаются программой, загруженной в контроллер. Интерфейс, по которому происходит управление микросхемой VNC1, программируемый и может быть сконфигурирован как SPI, UART или 8-разрядный параллельный. Специалисты FTDI разработали несколько вариантов программного обеспечения для хост-контроллера VNC1, позволяющего работать с USB-устройствами разных классов. Все версии ПО находятся в свободном доступе на веб-сайте производителя. При необходимости добавить к существ-

ующим версиям ПО Vinculum дополнительные функции программисты компании FTDI готовы модифицировать софт. Обозначение вариантов ПО и классы поддерживаемых ими USB-устройств перечислены в таблице.

В качестве примера рассмотрим две из перечисленных в таблице версий ПО:

- VDFC — на базе данной программы можно реализовать готовое функционально-законченное устройство, предназначенное для перезаписи информации с одного носителя информации на другой (рис. 4). Например, такое устройство может помочь переписать информацию с цифрового фотоаппарата на USB флэш-диск без помощи компьютера.
- С помощью программы VDAP и хост-контроллера Vinculum в разрабатываемое приложение можно добавить возможность работы с USB флэш-дисками, принтерами, мостами FTDI, USB-устройствами классов HID и CDC (рис. 5).

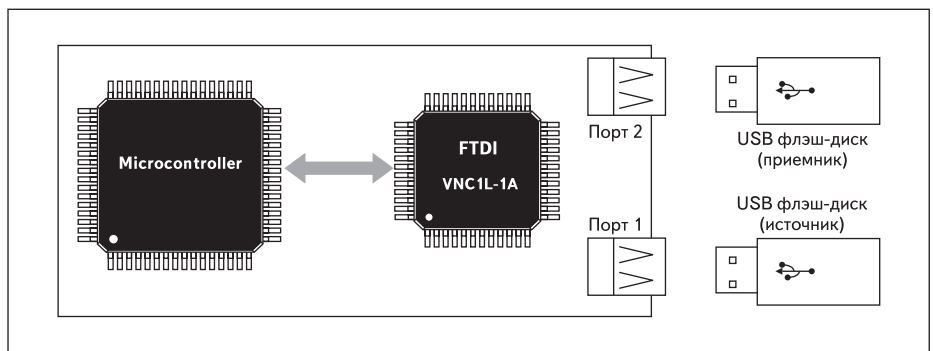


Рис. 4. Версия ПО — VDFC

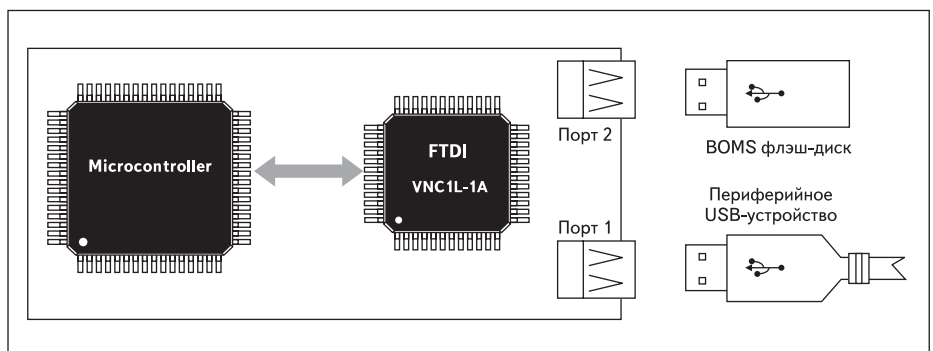


Рис. 5. Версия ПО — VDAP

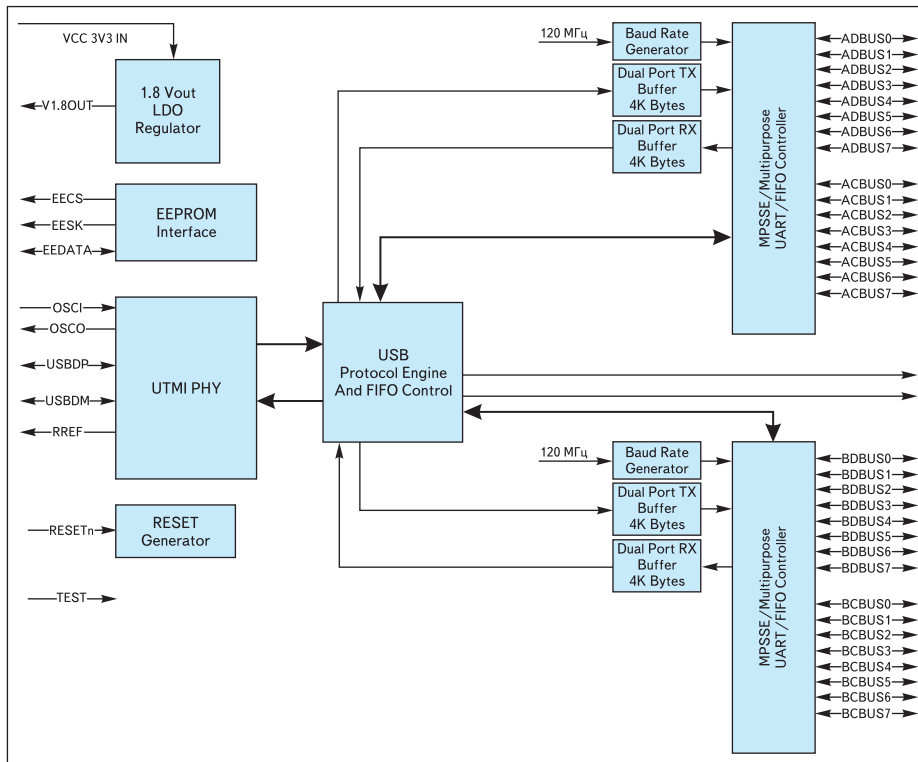


Рис. 6. Структурная схема моста FT2232H

При разработке изделия на базе микроконтроллера Vinculum следует обратить внимание на то, что хост-контроллеры поставляются незапрограммированными. Первичное программирование осуществляется только по интерфейсу UART. Если Vinculum предполагается программировать в составе изделия, необходимо предусмотреть доступ к интерфейсу UART на плате. Альтернативным способом программирования является использование программатора VPROG1, поставляемого производителем. В данном случае хост-контроллер программируется до установки на плату. Для перепрошивки или обновления программного обеспечения контроллера может использоваться USB флэш-диск. Новая версия ПО помещается в корневой каталог диска и автоматически загружается в ПЗУ VNC1L при подключении диска.

В начале 2009 года компания FTDI объявила о начале производства аппаратных мостов USB-UART/FIFO 5-го поколения. Новые микросхемы поддерживают спецификацию USB 2.0 и рассчитаны на работу в высокоскоростном режиме (hi-speed). На момент выхода данной статьи микросхемы уже должны быть запущены в серийное производство.

Новинки представлены двумя версиями — FT4232H и FT2232H. Обе микросхемы выполнены в 64-выводных корпусах типа QFN и LQFP, рассчитаны на напряжение питания 3,3 В и рабочий температурный диапазон от -40 до +80 °С. Конфигурация микросхем, дескрипторы USB, VID и PID хранятся во

внешней EEPROM, в качестве которой может быть использована микросхема AT93C46/56/66 фирмы Atmel. Если питание микросхем осуществляется от шины USB, в схеме требуется использовать регулятор напряжения на 3,3 В, например LP38693MP-3.3 производства National Semiconductor.

Микросхема FT2232H представляет собой 2-канальный аппаратный мост (рис. 6). Каждый канал включает буферную память на прием и передачу по 4 кбайта и интерфейсный контроллер. Последний может работать как последовательный (UART) или 8-разрядный параллельный интерфейс, или в режиме MPSSE. Параллельный интерфейс имеет несколько вариантов конфигурации, основными из которых можно назвать синхронный или асинхронный FIFO и bit-bang. В режиме MPSSE могут быть эмулированы различные последовательные интерфейсы, например, SPI, JTAG и IIC, или реализован интерфейс для загрузки конфигурации в ПЛИС Altera или Xilinx. Для интерфейсов SPI, JTAG и IIC компания FTDI предоставляет готовые библиотеки верхнего уровня. Данные режимы работы требуют использования D2xx-драйвера. Использование микросхем в качестве загрузчиков для ПЛИС аналогичное, как и в случае FT2232D.

Скорость обмена зависит от выбора выходного интерфейса. В режиме UART скорость каждого канала может достигать 12 Мбод. В режиме MPSSE — до 30 Мбит/с. Для синхронного параллельного интерфейса FIFO можно получить скорость более 25 Мбайт/с,

в данном режиме доступен только один канал микросхемы.

Четырехканальный мост FT4232H, в отличие от FT2232H, менее функционален с точки зрения конфигурации выходных интерфейсов. Каждый канал может работать в режиме UART, два канала из четырех могут работать в режиме MPSSE. Каждый из каналов конфигурируется и работает независимо друг от друга. По скорости обмена микросхема идентична по характеристикам FT2232H в соответствующих режимах работы.

Для тестирования возможностей новых микросхем FTDI предлагает готовые модули «FT4232H Mini Module» и «FT2232H Mini Module» (рис. 7). Оба модуля выполнены в одинаковом форм-факторе. Два 26-выводных штыревых разъема модуля предназначены для подключения модуля к целевой плате, стандартный 5-контактный разъем USB mini B используется для подключения к USB-порту компьютера с помощью стандартного USB-кабеля. Модуль готов к работе сразу после установки и настройки соответствующих драйверов. Следует обратить внимание, что при использовании самоустанавливающейся версии драйвера модуль подключается к компьютеру только после установки.

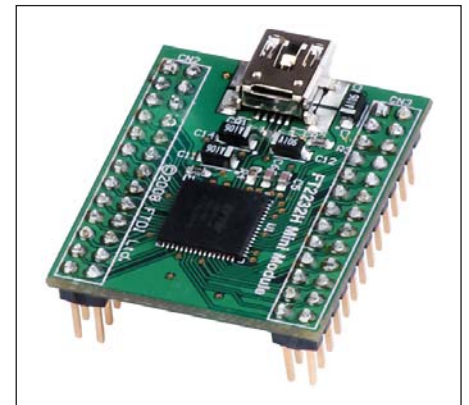


Рис. 7. Внешний вид отладочных модулей для микросхем FT2232H и FT4232H

Компания FTDI специализируется в разработке решений для USB. Она предлагает полностью готовые решения, используя которые, можно не задумываться о драйверах и тонкостях аппаратной и программной реализации USB. На базе микросхем FTDI, аппаратных мостов и хост-контроллера Vinculum реализация USB-интерфейса займет считанное время. Для всех микросхем выпускаются недорогие отладочные модули, с помощью которых можно быстро собрать и протестировать макет. Все новые микросхемы, начиная с FT232/245R, рассчитаны на работу в температурном диапазоне от -40 до +80 °С. Легкость в освоении и разработке — ключевая особенность всей продукции FTDI. Если необходим интерфейс USB, микросхемы FTDI помогут реализовать его с максимальной быстротой. ■