

Сегментация EEPROM-памяти микросхем FTDI на примере FT232H

Дмитрий АЛЕНИН
ada007@mail.ru

В статье рассматривается назначение полей энергонезависимой памяти EEPROM, применяемых для конфигурации микросхем фирмы FTDI, а также совместимость конфигурации микросхем внутри серии.

Компания Future Technology Devices International (FTDI) [1] выпускает широкий спектр аппаратных преобразователей интерфейсов (USB-мосты). Эти устройства позволяют соединять USB Host с устройством, не имеющим USB-интерфейса.

Одноканальные или многоканальные универсальные USB-мосты имеют один, два или четыре пользовательских порта, а их универсальность достигается за счет режима MPSSE (Multi-Protocol Synchronous Serial Engine). В режиме MPSSE эти мосты могут эмулировать работу различных последовательных протоколов [2]. Серия состоит из таких микросхем: FT232D, FT232C, FT232H, FT232H и FT4232H.

Они имеют возможность настройки VID/PID-устройства, режима использования порта, области данных производителя, пользовательской области данных, которые сохраняются в энергонезависимой памяти EEPROM. Эти микросхемы могут работать с внешней памятью AT93C46/56/66 фирмы Atmel или совместимыми с ней видами памяти.

USB-мосты компании FTDI очень часто используют в качестве универсального средства для программирования и отладки различного вида микроконтроллеров и ПЛИС.

Для того чтобы разобраться в содержимом памяти, возьмем для примера устройство, которое предлагает компания Digilent [3] на базе микросхемы FTDI. Это устройство представляет собой программатор-отладчик для микросхем ПЛИС фирмы Xilinx.

Хотелось бы также отметить, что компания Digilent позаботилась о полной совместимости своего устройства JTAG-HS2 со всеми отладочными средствами, которые предлагает Xilinx (EDK, ChipScope, Impact).

Разработчики устройства JTAG-HS2 построили его на микросхеме FT232H. Чтобы разобраться, что к чему, рассмотрим память, считанную с устройства JTAG-HS2. Вычитать данные можно при помощи программы FT_Prog [4], предоставляемой компанией FTDI. Для удобства все данные были сведены в таблицу, различные области отмечены разным цветом:

- красный — область конфигурации;
- зеленый — область пользовательских данных;
- синий — область отметки о производителе;
- желтый — область отметки о продукте;
- оранжевый — область серийного номера устройства;
- фиолетовый — контрольная сумма.

Таблица. Содержимое памяти EEPROM

Адрес	Данные							
0000:	0100	0304	1460	0009	80FA	0800	0000	A012
0008:	B228	DA1A	0000	0000	0000	0000	0000	5600
0010:	0100	C792	6A35	5201	9030	4A74	6167	4873
0018:	3200	0000	0000	0000	0000	0044	6967	696C
0020:	656E	7420	4A54	4147	2D48	5332	0000	0000
0028:	0000	0000	0000	0000	1100	0000	0000	0000
0030:	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
0038:	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
0040:	0000	0000	0000	0000	0000	4800	0000	0000
0048:	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
0050:	1203	4400	6900	6700	6900	6C00	6500	6E00
0058:	7400	2803	4400	6900	6700	6900	6C00	6500
0060:	6E00	7400	2000	5500	5300	4200	2000	4400
0068:	6500	7600	6900	6300	6500	1A03	3200	3100
0070:	3000	3200	3400	3900	3800	3500	3400	3600
0078:	3000	3600	0203	0000	0000	0000	0000	102D

Рассмотрим, какая информация записана в каждой из областей памяти с указанием смещения в байтах относительно начала:

- 0x00; 0x01 — настройки порта(-ов) устройства (для каждого устройства индивидуально).
- 0x02; 0x03 — Vendor ID (0x0403).
- 0x04; 0x05 — Product ID (0x6014).
- 0x06; 0x07 — тип используемой микросхемы USB-моста:
 - 0x0009 — FT232H;
 - 0x0008 — FT4232H;
 - 0x0007 — FT232C;
 - 0x0006 — TYPE_R;
 - 0x0005 — FT232C;
 - 0x0004 — TYPE_AM;
 - 0x0002 — TYPE_BM.
- 0x08 — конфигурационные биты:
 - бит 7: всегда 1;
 - бит 6: 1/0 — устройство имеет/не имеет собственный источник питания;

- бит 5: 1/0 — устройство использует/не использует режим дистанционного пробуждения;
- биты 4–0: всегда 0.
- 0x09 — максимальное потребление тока умноженное на 2 мА (0xFA — 500 мА).
- 0x0A — настройки микросхемы:
 - биты 7–5: всегда 0;
 - бит 4: 1/0 — версия USB 2.0/1.1;
 - бит 3: 1/0 — использовать/не использовать строку серийного номера;
 - бит 2: 1/0 — включить/выключить подтяжки к 0 в режиме остановки для более низкого потребления;
 - бит 1: 1/0 — изохронный/стандартный режим обращения к выходной конечной точке;
 - бит 0: 1/0 — изохронный/стандартный режим обращения к входной конечной точке.
- 0xB; 0xC; 0xD — настройки порта(-ов) устройства (для каждого устройства индивидуально).
- 0xE — смещение в байтах, по которому находится область отметки о производителе (синий).
- 0xF — длина блока области отметки о производителе (синий).
- 0x10 — смещение в байтах, по которому находится область отметки о продукте (желтый).
- 0x11 — длина блока области отметки о продукте (желтый).
- 0x12 — смещение в байтах, по которому находится область серийного номера устройства (оранжевый).
- 0x13 — длина блока области серийного номера устройства (оранжевый).
- 0x1E — тип микросхемы EEPROM (46/56/66) (для каждого типа микросхем смещение этого поля различное).
- (0x20–0x9F) + (0xF6–0xFD) — область пользовательских данных (первая часть всегда занимает (EEPROM_Size) 128 байт) (зеленый) [4].
- (0xA0–0xB1) — область отметки о производителе (записывается в формате unicode).

- (0xВ2–0xD9) — область отметки о продукте (записывается в формате unicode).
- (0xDA–0xF3) — область серийного номера устройства (записывается в формате unicode).
- 0xF4; 0xF5 — поле, указывающее на номер порта и режим PnP (если такая настройка доступна для данной микросхемы, в противном случае поле содержит нули).
- 0xFE; 0xFF — контрольная сумма, вычисляемая по алгоритму:

```
checksum = 0xAAAA;
for (i = 0; i < eeprom_size-1; i++)
{
    checksum = value[i]^checksum;
    checksum = (checksum << 1) | (checksum >> 15);
}
return user_area_size;
```

В старшем байте первого слова каждой из областей отметки о производителе, продукте и серийном номере записана длина этой области в байтах. В младшем байте этого слова записан признак наличия данных 0x03. Более подробную информацию о настройке порта(-ов) устройства или размещении поля типа микросхемы EEPROM можно найти в исходниках библиотеки [5].

Для того чтобы убедиться в полной совместимости USB-мостов внутри серии, запишем ту же информацию в двухпортовую FT232H. Для этого возьмем модуль FT232HQ Mini Module [6], подключим его к компьютеру и откроем при помощи программы FT_Prog.

Во вкладке **USB_Config_Description** в поле **Max Bus Power** следует поставить значение 500. Во вкладке **USB_String_Description** необходимо записать в полях:

- **Manufacturer** — Digilent;
- **Product Description** — Digilent USB Device;
- **Serial Number** — 210249854606.

Во вкладке **Hardware_Specific** → **Port_A** → **Hardware** нужно установить отметку напротив 245 FIFO, а в **Hardware_Specific** → **Port_A** → **Driver** — напротив D2XX. Все эти действия показаны на рис. 1.

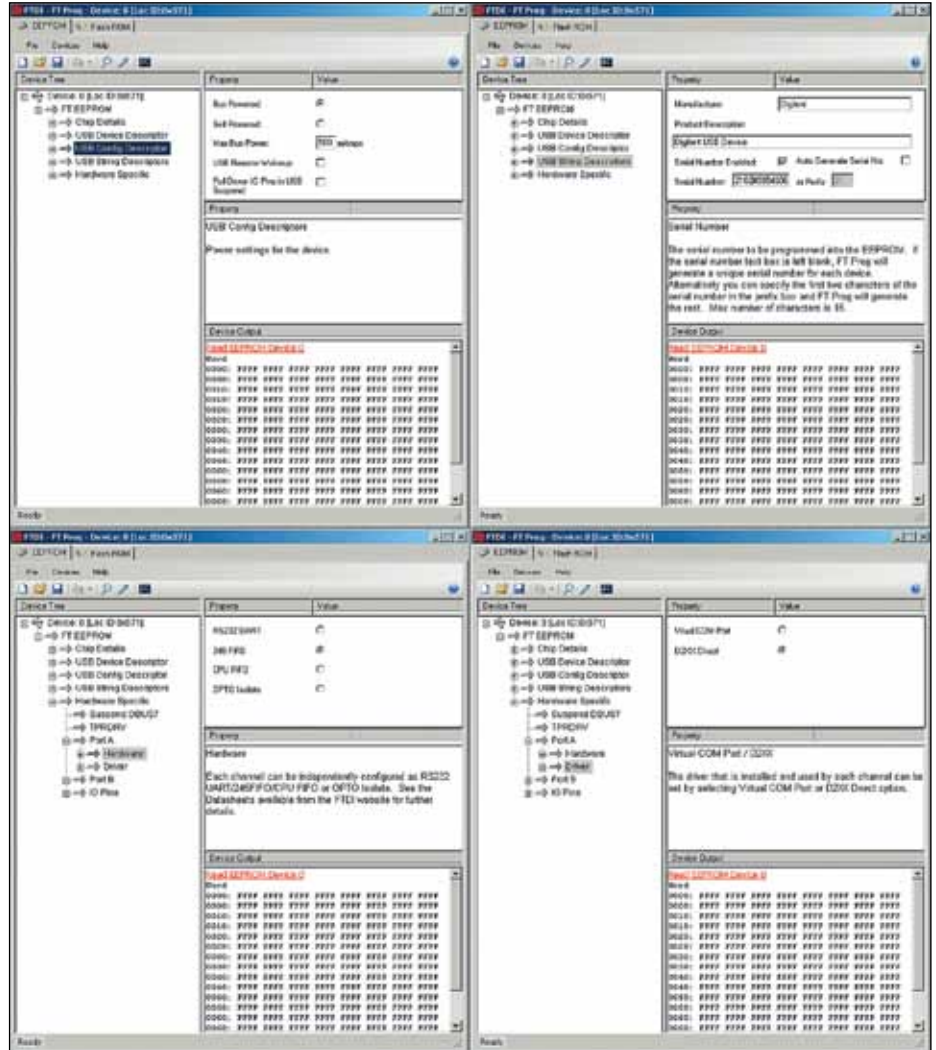


Рис. 1. Настройка микросхемы в программе FT_Prog

После настройки нужно записать эти данные в память EEPROM (рис. 2).

Для записи пользовательской области EEPROM необходимо воспользоваться функцией **FT_EE_UAWrite** из библиотеки D2XX

API (пример использования этой функции приведен в [5]) либо программой автора¹ [6], которая запишет все необходимые данные автоматически (рис. 3).

¹ Программа автора предлагается без техподдержки.

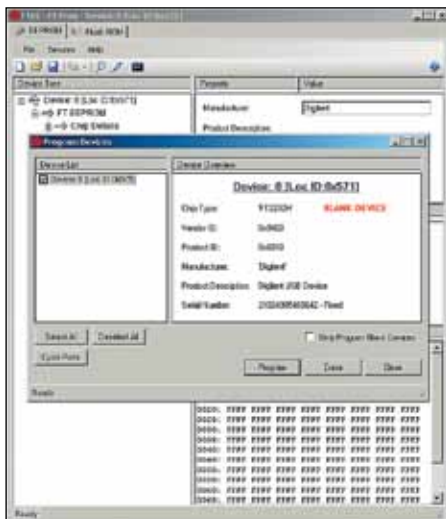


Рис. 2. Запись памяти EEPROM

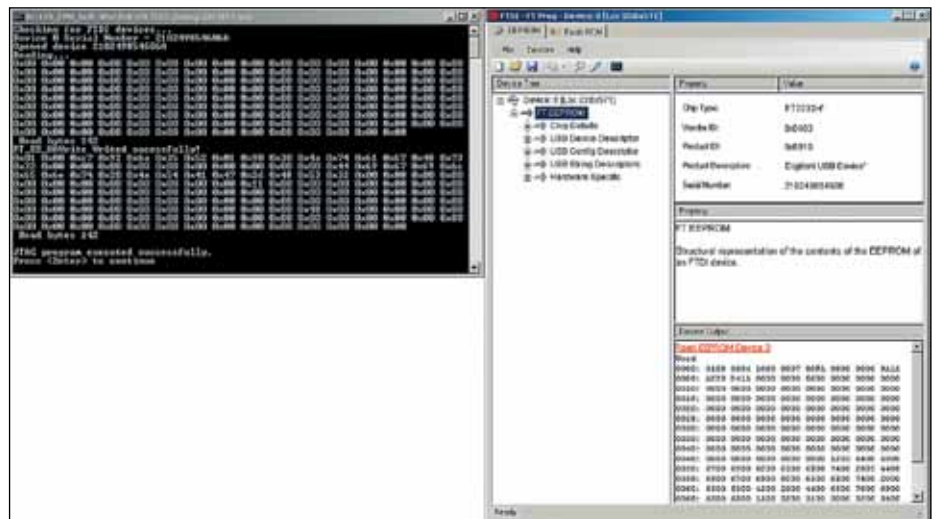


Рис. 3. Запись пользовательской области EEPROM



Рис. 4. Список устройств USB

Далее необходимо отсоединить кабель USB и затем вновь подключить его к компьютеру. После чего должна начаться автоматическая настройка драйверов устройства, по окончании которой в списке устройств у вас должно появиться три устройства (рис. 4):

- USB Serial Converter A;
- USB Serial Converter B;
- составное USB-устройство.

При подключении все USB-устройства должны передавать в USB Host свои дескрипторы в ответ на специальный запрос. Стандарт USB определяет специальную группу дескрипторов, которая должна выдаваться устройством в ответ на стандартный запрос [9]. Благодаря использованию памяти EEPROM пользователь может настроить некоторые дескрипторы по своему усмотрению. Часть из них передается микросхемой FTDI в USB Host в неизменном виде (например, Vendor ID, Product ID, область серийного номера устройства (рис. 4)), а другая часть кодируется (например, версия USB 2.0/1.1 в EEPROM указывается одним битом, а в USB Host передается 0x0200/0x0110). Более детально о дескрипторах и взаимодействии с USB-устройствами можно прочитать в [9].

Поскольку за образец был взят программатор-отладчик ПЛИС Xilinx, то для проверки корректности проделанных операций нужно подключить выводы микросхемы USB-моста к выводам ПЛИС следующим образом:

- ADBUS0 — TCK;
- ADBUS1 — TDI;
- ADBUS2 — TDO;
- ADBUS3 — TMS.

В приложении impact, поставляемом в Web Edition версии ПО Xilinx, проверяем работу устройства, предварительно установив драйверы от Digilent, которые находятся в папке `...\\Xilinx\\14.1\\ISE_DS\\common\\bin\\nt64\\digilent\\install_digilent.exe`. Устройство должно определиться как оригинальное JTAG-HS2 при выборе меню **Output** → **Cable Auto Connect**. Далее следует просканировать JTAG-цепочку, выбрав

File → **Initialize Jtag Chain**, и после этого можно программировать устройства (рис. 5).

Таким образом, разработчики JTAG-HS2 для идентификации своего устройства используют не только области стандартного дескриптора (отметка о производителе, отметка о продукте, серийный номер), но и дополнительную область пользовательских данных, которая не входит ни в один из дескрипторов. После проверки всех этих областей программа, которая взаимодействует с этим программатором-отладчиком, однозначно может идентифицировать его на шине USB.

В завершение отметим, что результаты, приведенные в этой статье, отражают лишь методы исследования. Вся информация для них была собрана из общедоступных публичных интернет-ресурсов и предназначена исключительно для ознакомительных целей. Изложенные сведения могут несколько отличаться в зависимости от серии, типа и ревизии микросхем. Также предупреждаем читателей, что, как и все устройства, подключаемые к порту JTAG, предлагаемое автором устройство требует тщательной проверки. Поэтому сначала проверьте осциллографом сигналы на JTAG без их подключения к ПЛИС и только затем подключайте устройство к ПЛИС.

Выводы

FTDI предлагает практически универсальные, гибкие в настройке, простые в использовании аппаратные средства для создания USB-совместимых устройств.

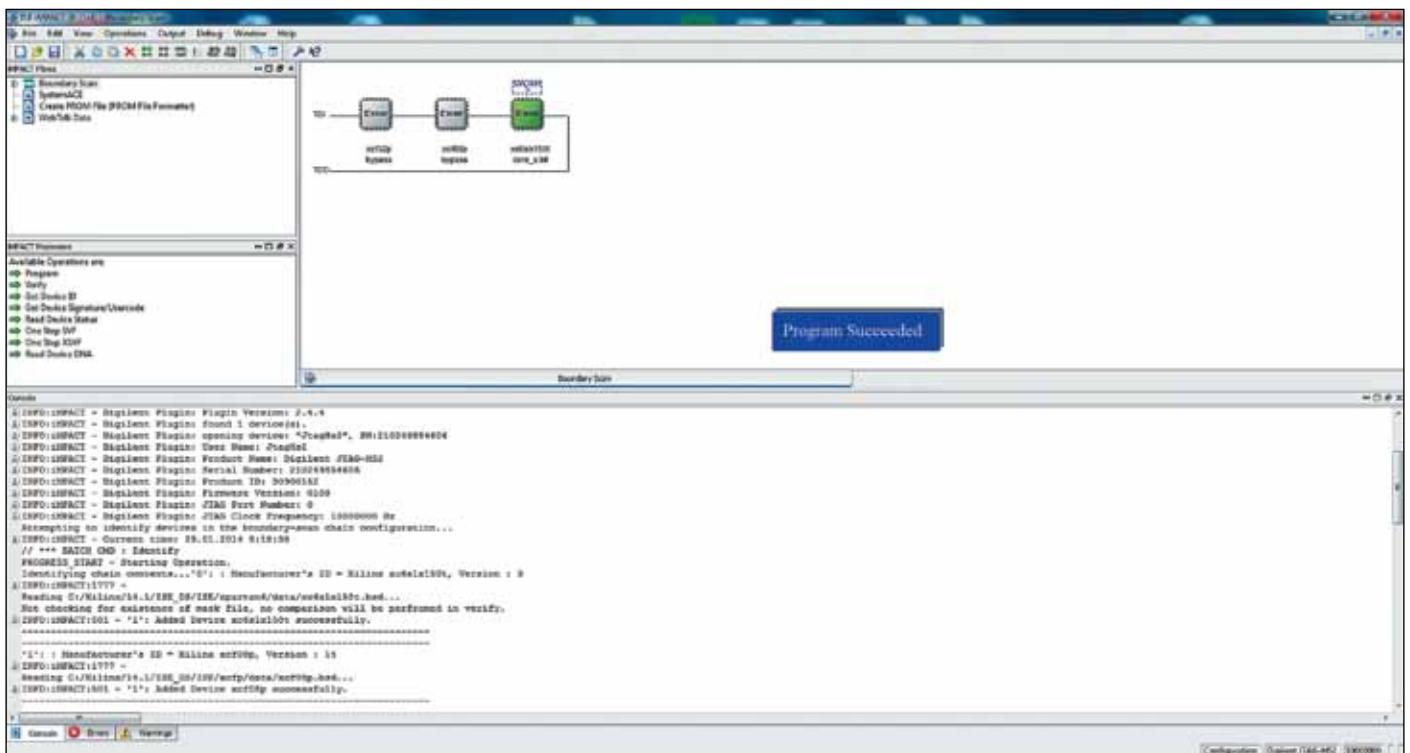


Рис. 5. Результат работы программатора-отладчика

Используя дополнительные ресурсы внешней памяти EEPROM, подключаемой к микросхемам от FTDI, пользователь получает возможность расширить сферу применения продукции этой компании. Разработчику предоставляется возможность изменять не только стандартные дескрипторы устройства, но и дополнительную область пользовательских данных, что позволяет однозначно идентифицировать подключаемое оборудование программой, которая выполняется со стороны USB Host. ■

Литература

1. www.ftdichip.com
2. Долгушин С. Аппаратные USB-мосты FTDI // Компоненты и технологии. 2010. № 4.
3. <http://www.digilentinc.com/Products/Detail.cfm?Prod=JTAG-HS2>
4. http://www.ftdichip.com/Support/Utilities/FT_Prog_v2.8.2.0.zip
5. Accessing The EEPROM User Area Of FTDI Devices — http://www.ftdichip.com/Support/Documents/AppNotes/AN_121_FTDI_Device_EEPROM_User_Area_Usage.pdf
6. https://github.com/ADA007/FTDI_User_Area_Writer.git
7. <http://www.intra2net.com/en/developer/libftdi/>
8. http://www.ftdichip.com/Support/Documents/DataSheets/Modules/DS_FT2232H_Mini_Module.pdf
9. Агуров П. В. Интерфейсы USB. Практика использования и программирования. СПб: БХВ-Петербург, 2004.