

ПРОГРАММНО-АППАРАТНОЕ РЕШЕНИЕ ПРОГРАММАТОРА МИКРОКОНТРОЛЛЕРА СЕРИИ 1986ВЕ9х КОМПАНИИ «МИЛАНДР»

Г. А. Лехнер, Г. М. Кузякин, Ю. Н. Викулов

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

Введение

В настоящее время при разработке и отладки электронных изделий все большее применение находят программируемые интегральные микросхемы – микроконтроллеры (МК), программируемые матрицы (ПЛИМ). Данные типы микросхем поддерживают инструмент внутрисхемного программирования, что позволяет загружать или изменять содержимое программного кода после их монтажа на поверхности печатной платы. Существует два способа программирования интегральных микросхем, при помощи системы внутрисхемного программирования от производителя интегральных схем (Altera, Xilinx и др.) и любым JTAG¹-тестером. Систему программирования упрощенно можно представить из следующих компонентов:

- целевой объект программирования МК или ПЛИМ;
- программная среда;
- адаптер связи ПЭВМ пользователя с целевым объектом программирования.

Схематично система представлено на рис. 1

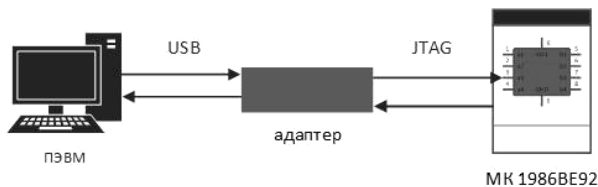


Рис. 1. Схема программирования целевого устройства

При необходимости программирования нескольких типов интегральных микросхем или микросхем от разных производителей, необходимо несколько программных сред, и возможно, несколько адаптеров. Решения от производителя, однозначно, являются коммерческими и как следствие требуют приобретения лицензий. Производственная необходимость выделения функционала процедур загрузки программного кода целевого устройства программирования (функции программатора) в свою программную среду,

при наличии открытого (free hardware) адаптера, побудило нас к поиску собственного программно-аппаратного решения.

В общем виде поставленную задачу можно сформулировать следующим образом: необходимо найти универсальное программно-аппаратное решение с возможностью программирования отечественных микросхем:

- 1) микроконтроллеров фирмы «Миландр» серии 1986ВЕх по интерфейсу JTAG;
- 2) микроконтроллера 1882ВЕ53У по интерфейсу SPI;
- 3) загрузочного ПЗУ 5576РС1 для конфигурирования ПЛИС 5576ХС1Т по интерфейсу JTAG.

В докладе рассматривается решение поставленной задачи в части программирования микроконтроллеров фирмы «Миландр» (г. Зеленоград).

В настоящее время российский рынок элементной базы предлагает отечественные аналоги иностранных микроконтроллеров, которые по техническим характеристикам весьма привлекательны для использования в разработках ВПК. В частности, российская компания ЗАО «ПКК Миландр» выпускает микросхемы серии 1986ВЕ9х для применения в электронной аппаратуре. Микроконтроллеры серии 1986ВЕ9х на ядре Cortex-M3 имеют 32-битную микропроцессорную архитектуру с сокращенным набором команд (RISC) фирмы ARM Limited, а также обладают расширенными диапазонами температур и напряжений питания, повышенной устойчивостью к механическим воздействиям – ударам, вибрации, значительным ускорением. Микроконтроллеры работают на тактовой частоте до 80 МГц и содержат 128 кбайт встроенной энергонезависимой памяти программ флеш типа и 4 кбайт ОЗУ. Микроконтроллеры серии 1986ВЕ9х имеют широкий набор периферийных интерфейсных блоков, таких как USB, CAN, UART, SPI и I2C и последовательный отладочный интерфейс JTAG/SW [1].

При выборе адаптера, наиболее подходящим для программирования МК является переходник USB-JTAG, поскольку современные ПЭВМ оснащены портами USB 2.0. Согласно поставленной задаче адаптер USB-JTAG рекомендован для отладки и прошивки ПЗУ микроконтроллера фирмы «Миландр» серии 1986ВЕх. При подключении к микроконтроллеру JTAG адаптера внешняя программная среда может переключать микроконтроллер в отладочный режим. В данном режиме можно записывать, считывать и стирать внутреннюю флеш память программ.

¹ Когда речь идет о JTAG, прежде всего, подразумевается стандарт: IEEE 1149.1-2001 Test Access Port and Boundary-Scan Architecture (Стандарт IEEE 1149.1-2001 Порт тестового доступа и Архитектура Граничного сканирования).

В качестве USB-JTAG адаптера решено использовать недорогой FTDI программатор «Марсоход» (технический проект Open Source) (рис. 2). Производителем программатора является ООО «Инпро Плюс» (г. Таганрог).

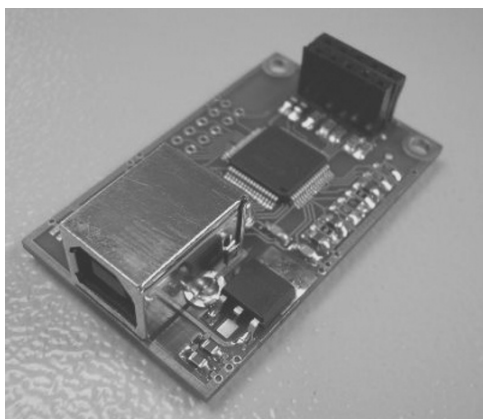


Рис. 2. FTDI программатор «Марсоход»

Программатор построен на микросхеме FT2232H компании FTDI. Применение микросхемы FT2232H дает разработчику простой способ реализации высокоскоростного моста между USB и доступными типами управляющих интерфейсов ввода-вывода. Микросхема FT2232H позволяет реализовать следующие возможности:

- преобразование одного подключения USB в два последовательных или параллельных порта в различных комбинациях;
- две системы Multi-Protocol Synchronous Serial Engine (MPSSE), упрощающие разработку с поддержкой синхронных последовательных протоколов JTAG, I2C, SPI [2];

Для работы синхронных последовательных протоколов шин типа JTAG, SPI режим MPSSE выбран в качестве рабочего режима микросхемы FT2232H при решении поставленной задачи. Немаловажным фактором является и наличие в свободном доступе драйверов от FTDI Virtual Com Port (VCP) для формирования виртуального COM-порта и Direct (D2XX)-драйвер прямого доступа к микросхеме FT2232H через библиотеку DLL [3]. В большинстве случаев это устраняют необходимость разработки собственного драйвера USB для операционной системы.

Целевые устройства программирования определены условиями поставленной задачи, адаптер связи ПЭВМ пользователя с устройством программирования так же определен. Для реализации собственной системы программирования необходима программная среда.

Программная среда

Наличие в свободном доступе драйвера прямого доступа D2XX, а также исходного кода API пользовательских библиотек синхронного последовательного протокола JTAG (ftcjttag.dll) и протокола SPI

(ftcspi.dll) и подтолкнуло нас на разработку собственного программного обеспечения программатора. Так как это наше первое знакомство с областью аппаратного программирования и сделан упор на реализацию функционала разрабатываемой программы, тип программы намеренно был выбран, как консольное приложение Win32.

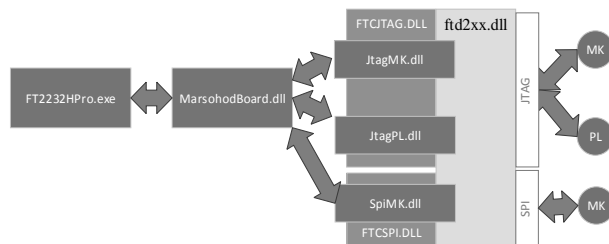


Рис. 3. Блочная структура программы

Также намеренно выбрана модульная конструкция построения программы. Разработанный программный код целевого объекта программирования сосредоточен в отдельных модулях – динамических библиотеках. Предполагаемый состав программы представлен на Рис. 3. Завершена разработка модуля JtagMK – программирование микроконтроллера серии 1986BE9x по интерфейсу JTAG. Данный модуль совместно с программными модулями FT2232HPro, Marsohod Board, ftcjtag и драйвером ftd2xx являются компонентами программы программатора микроконтроллеров фирмы «Миландр», а в комплекте с USB-JTAG адаптером «Марсоход» – собственным аппаратно-программным решением.

Предназначение модуля JtagPL – программирование логической схемы 5576XC1T по интерфейсу JTAG. Разработка модуля находится в завершающей стадии разработки и тестирования.

Назначение модуля SpiMK – программирование микроконтроллера 1882BE53 по интерфейсу SPI (в стадии разработки).

Как видно из рис. 4 пользовательский интерфейс поддерживает минимальный, но достаточный набор команд программирования целевого устройства, а именно:

- запись данных из внешнего файла формата IntelHex (-w);
- верификация записанных данных с данными внешнего файла (-v);
- чтение данных с записью их во внешнем файле в формате IntelHex (-r);
- стирание данных (-e).

Несколько слов об организации информационного обмена при обращении к встроенной памяти микроконтроллера серии 1986BE9x. Информационный обмен проходит в два этапа, вначале передается код инструкции, затем данные. Порт JTAG микроконтроллеров Миландр оснащен блоком отладки, реализующим протокол ARM Debug Interface v5, где регистр IR (instruction register) блока TAP имеет 4-битный размер и принимает следующие значения [4]:

```

d:\Temp\FT2232HPro>FT2232HPro.exe
FT2232HPro - Програаматор МК 1986BE2 (Миландр).
Версия программы : 1.0.0.0
-----
Старт программы : 05.08.2016 08:01:33
-----
FT2232HPro

Flash memory МК :
FT2232HPro -v:jtag:mk [Path]file.hex
FT2232HPro -e:jtag:mk pagestart count
FT2232HPro -r:jtag:mk address count [Path]file.hex
FT2232HPro -w:jtag:mk [Path]file.hex

Flash memory PL:
FT2232HPro -v:jtag:pl:N [Path]file.hex
FT2232HPro -e:jtag:pl:N pagestart count
FT2232HPro -r:jtag:pl:N address count [Path]file.hex
FT2232HPro -w:jtag:pl:N [Path]file.hex

Args:
file.hex      Code file in HEX format
pagestart    Page of flash memory start
address      Address of flash memory
count        Count of flash memory
-v:jtag:mk   Verify only for МК
-v:jtag:pl:N Verify only for PL device number N
-e:jtag:mk   Erase count pages МК
-e:jtag:pl:N Erase count pages PL device number N
-r:jtag:mk   Read data to file
-r:jtag:pl:N Read data pages PL device number N
-w:jtag:mk   Write data from file
-w:jtag:pl:N Write data from file to PL device number N
-version     Print version info
-h          Print this help message
-----
Завершение работы программы : 05.08.2016 08:01:33
-----
d:\Temp\FT2232HPro>

```

Рис. 4. Аргументы команд программы

- ABORT 0x8 –останов транзакции.
- DPACC 0xA –доступ к регистрам уровня DP (debugport).
- APACC 0xB –доступ к регистрам уровня MEM-AP (memory access port).
- IDCODE 0xE –чтение идентификатора микросхемы.
- BYPASS 0xF –проброс данных с задержкой на 1 такт.

Регистр IDCODE для микроконтроллера фирмы Миландр 1986BM9x имеет следующее фиксированное значение:

31-----28	27-----12	11-----0
Version = 0x4	Part number = 0xBA00	Manufacturer ID = 0x477

Доступ к встроенной памяти осуществляется через программное взаимодействие с регистрами уровня порта отладки (DP) и регистрами уровня порта доступа к памяти (MEM-AP). Среди регистров уровня MEM-AP есть регистр IDR (0xFC) – идентификатор блока MEM-AP (только чтение), который имеет следующее фиксированное значение:

24	77	00	11
----	----	----	----

Данное значение является идентификационным кодом для микроконтроллера 1986BM91T, микроконтроллер 1986BE92У имеет тоже значение.

Только после программного подтверждения приведенных выше идентификационных кодов и переводом памяти в режим программирования (запись кода 0x8AAA5551 в регистр МК EERPOM_KEY)

возможно обращение к ячейкам памяти микроконтроллера. Основная память программ в адресном пространстве микроконтроллера начинается с адреса 0x08000000 и имеет страничную организацию (рис. 5)

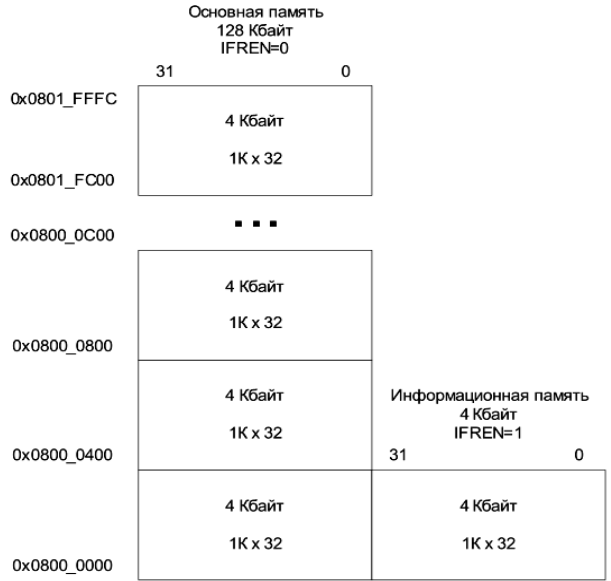


Рис. 5. Память программ в адресном пространстве микроконтроллера

В режиме программирования основной памяти возможны следующие операции:

- стирание всей памяти;
- стирание страницы памяти размером 4 Кбайт;
- запись 32-х битного слова в память;
- чтение 32-х битного слова из памяти.

Данные операции явились основой для программной реализации интерфейсных функций программатора для микроконтроллеров серии 1986BE9х компании «МИЛАНДР».

Заключение

Задача программирования внутренней памяти микроконтроллера серии 1986BE9х решена. Представленное в докладе программно-аппаратное решение вошло в состав ПО автоматизированного формирования и загрузки в память микроконтроллера исполняемого кода прибора БКА4.

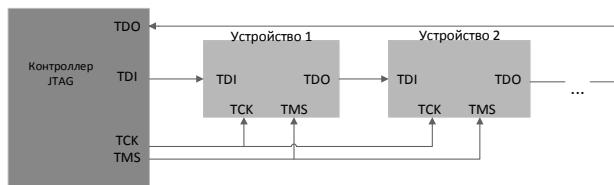


Рис. 6. Схема объединения устройств в JTAG-цепочку

Программирование логической интегральной схемы (ПЛИС) 5576XC1Т по интерфейсу JTAG находится на завершающей стадии разработки и тестирования. Под программированием ПЛИС понимается процесс конфигурирования, проходящий путем заполнения конфигурационной памяти данными. Одна из схем конфигурирования ПЛИС предполагает

наличие загрузочного ПЗУ, в нашем случае это 5576PC1У. Схема объединения устройств, поддерживающих JTAG называется JTAG-цепочкой рис. 6. Загрузочное ПЗУ и микросхема ПЛИС имеют такое объединение.

Осмислив принцип программирования устройств объединенных JTAG-цепочкой при программировании ПЛИС, этот принцип предполагается распространить и на программирование микроконтроллеров.

Предполагается расширить поддержку форматов файлов входных и выходных данных. Решив поставленную задачу в полном объеме мы получим собственный универсальный программатор с возможностью расширения его функциональных возможностей.

Литература

1. Спецификация микроконтроллеров серии 1986BE9х, K1986BE9х, K1986BE92QC, K1986BE92QI, K1986BE91H4 [Файл Spec_Seriya_1986BE9х.pdf]: ЗАО «ПКМиландр» ТСКЯ.431296.001СП, 2013.
2. DS_FT2232H. – Glasgow G41 1НН United Kingdom: FTDI Chip, 2011.
3. FTDI Drivers Installation guide for Windows XP, Glasgow G5 8QB United Kingdom: FTDI, AN_104, 2008.
4. FTDI_Hi_Speed_USB_To_JTAG_Example, Glasgow: FTDI Chip, AN_129, 2011.