
PE-мулятор - внутрисхемный эмулятор микросхем
ПЗУ 1801PE2/1801PP1
Техническое описание

Версия 0.1 (предварительная)

PE-мулятор 1801PE2/1801PP1	Версия: 0.1 (draft)
Техническое описание	Date: 05-Aug-2013
1801pp1_manual.rtf	

1. Назначение и возможности

PE-мулятор представляет собой печатную плату в габаритах корпуса DIP-24 и предназначен для непосредственной замены микросхем типа 1801PE2 и 1801PP1 в различных устройствах.

С использованием дополнительных внешних входов один PE-мулятор теоретически способен одновременно заменить до тридцати двух отдельных независимых микросхем типа 1801PE2/PP1 - поддерживается до четырех независимых входов разрешения (chip select) и до восьми кодов декодирования адреса (три старших разряда адреса - chip code) на каждом из них. Практические примеры скромнее - возможна одновременная замена одним PE-мулятором четырех микросхем 1801PE2 на основной плате БК-0010 плюс дополнительно две микросхемы 1801PE2 на плате модуля МСТД/Фокал. Для БК-0011М один эмулятор способен также заменить до шести микросхем (две на основной плате, три дополнительно на плате Бейсика и одна микросхема на модуле МСТД).

PE-мулятор построен на основе недорогого и распространенного микроконтроллера STM32F205, работающего на частоте 120МГц. Допускается замена программного обеспечения микроконтроллера ("перепрошивка") без отключения PE-мулятора от платы для которой осуществляется эмуляция. Таким образом можно быстро изменять "прошивку" эмулируемой микросхемы без извлечения PE-мулятора из панельки.

Питание PE-мулятора осуществляется непосредственно от соответствующих выводов панельки, предназначенной для заменяемой микросхемы 1801PE2/PP1.

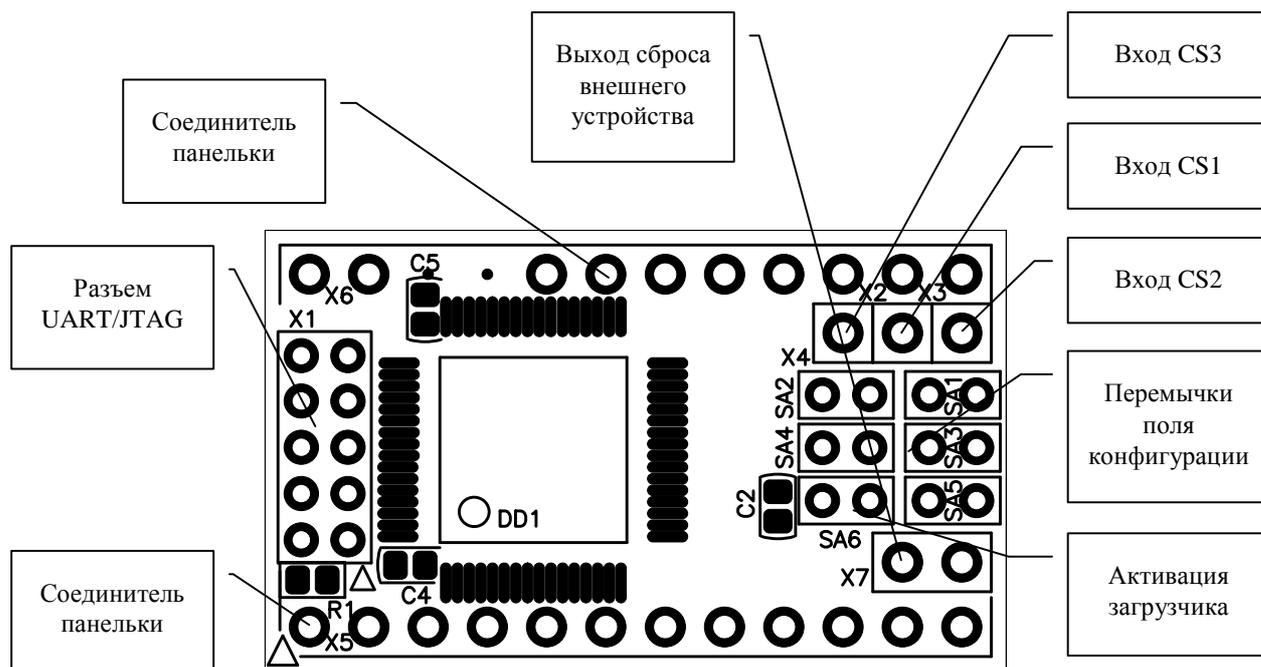
На плате PE-мулятора имеется поле конфигурации, реализованное на переключках ("джамперах"), которое позволяет управлять режимом работы программного обеспечения PE-мулятора без частой замены прошивки микроконтроллера.

По мере разработки и усовершенствования программного обеспечения функционал PE-мулятора может быть значительно расширен, выходя за рамки простой эмуляции ПЗУ. Например, возможно использование одного из дополнительных выводов для генерации сигнала DOUT, PE-мулятор сможет осуществлять циклы записи на шине МПИ и выполнять самостоятельное тестирование устройства, без участия центрального процессора схемы (разумеется, сам ЦП следует отключить сигналами захвата шины).

PE-мулятор 1801PE2/1801PP1	Версия: 0.1 (draft)
Техническое описание	Date: 05-Aug-2013
1801pp1_manual.rtf	

2. Описание конструкции

На рисунке показаны внешние разъемы и соединители платы PE-мулятора:



- X1 - разъем для программирования (записи "прошивки") микроконтроллера. Программирование возможно по интерфейсам SWD, JTAG и UART. При необходимости данный разъем можно не устанавливать или установить с другой стороны платы с целью снизить общую высоту PE-мулятора
- X2, X3, X3 - дополнительные входы chip select, используются если требуется эмуляция более чем одной микросхемы и одного входа выборки приходящего из панельки недостаточно
- переключки поля конфигурации SA1-SA6 используются для задания режима работы программного обеспечения PE-мулятора. Переключка SA6 имеет специальное назначение - при ее установке активируется первичный загрузчик и становится возможна запись программного обеспечения PE-мулятора через интерфейс UART
- X5, X6 - штыри, устанавливаемые с обратной стороны платы, служат для установки платы PE-мулятора в панельку на внешнем устройстве, вместо эмулируемой микросхемы 1801PE2/PP1
- X7 - выход сброса внешнего устройства, на данном выход при старте PE-мулятора формируется низкий уровень. При достижении PE-мулятором готовности к работе данный

PE-мулятор 1801PE2/1801PP1	Версия: 0.1 (draft)
Техническое описание	Date: 05-Aug-2013
1801pp1_manual.rtf	

выход переходит в высокоимпедансное состояние. Выход реализован на отдельном транзисторе по схеме "открытый коллектор", поэтому может подключаться на емкостную нагрузку (в схемах часто используются времязадающие конденсаторы относительно большой емкости для формирования импульсов сброса устройства).

3. Начальный загрузчик и утилита записи программы

В PE-муляторе может быть применен любой микроконтроллер STM32F205/207/215/217 в корпусе LQFP-64 с количеством встроенной флэш-памяти от 128 килобайт. Возможно применение любого из указанных микроконтроллеров с количеством флэш-памяти до 1 мегабайта.

При разработке PE-мулятора ставилась задача обеспечить возможность внутрисхемного программирования микроконтроллера без отсоединения от внешнего устройства (без вынимания из панельки. Поскольку для подключения внешней шины AD подходит только порт GPIOB микроконтроллера (GPIOC имеет в своем составе некоторые слаботочные выходы, а GPIOA имеет некоторые 5V-нетолерантные входы), то внутрисхемное программирование с использованием полного интерфейса JTAG невозможно без отключения от внешнего устройства (так как часть выводов интерфейса JTAG находится на GPIOB). Также, ввиду того что вход BOOT1 совмещен с портом GPIOB, невозможно программирование с использованием внутреннего масочного заводского загрузчика по UART. Поэтому для внутрисхемного программирования микроконтроллера без отключения от внешнего устройства был разработан специальный первичный загрузчик, обеспечивающий программирование по UART со скоростью до 921600 Бод.

В первый физический 16-килобайтный сектор флэш-памяти (диапазон адресов 0x08000000-0x080003FFF) должен быть записан специальный первичный загрузчик. Остальная флэш-память (область, начинающаяся с адреса 0x08004000) используется для хранения кода и константных данных приложения. Запись первичного загрузчика может осуществляться один единственный раз перед первым подключением к внешнему устройству (вставке в панельку) по интерфейсу JTAG или SWD с использованием стандартных адаптеров для отладки/программирования микроконтроллеров Cortex-M3 типа ST-Link, JLink, Wiegler, Altera ByteBlaster и других. Описание стандартных методов программирования внутренней флэш-памяти микроконтроллера выходит за рамки данного документа.

После записи первичного загрузчика дальнейшее программирование микроконтроллера уже может осуществляться под его управлением. Стирание и новая запись первичного загрузчика могут потребоваться только при обновлении его версии.

Первичный загрузчик получает управление при аппаратном сбросе микроконтроллера и начинает свою работу только на низком уровне на выводе 15 (PA1), что достигается при установленной перемычке SA6. Если перемычка SA6 установлена, то первичный загрузчик программирует UART1 на скорость 115200 Бод и начинает ожидать поступления команд чтения-записи флэш-памяти по данному последовательному интерфейсу. Если же на входе 15 (PA1) высокий уровень, что соответствует не установленной перемычке SA6, то управление немедленно передается основному приложению в области флэш-памяти начиная с адреса 0x08004000.

Первичный загрузчик использует UART1 микроконтроллера, выходы TxD (PA9) и RxD (PA10) которого выведены на разъем внутрисхемного программирования X1.

PE-мулятор 1801PE2/1801PP1	Версия: 0.1 (draft)
Техническое описание	Date: 05-Aug-2013
1801pp1_manual.rtf	

0x08000000 0x08003FFF	Первичный загрузчик Программируется однократно через интерфейс JTAG или SWD, внешнее устройство при программировании должно быть отключено	
0x08004000 0x08007FFF	Основная программа	Код программы
0x08008000 0x08xxxxxx (верхняя граница)	Может программироваться многократно через интерфейс UART с использованием первичного загрузчика и утилиты wload, допускается программирование без отключения от внешнего устройства (т.е. без извлечения из панельки эмулируемой микросхемы)	Данные для эмуляции ПЗУ и определение конфигураций

Для осуществления операций программирования и/или считывания прошивки плата PE-мулятора подключается к персональному компьютеру по интерфейсу RS-232 с использованием внешнего (внешнего относительно платы, интеграция микросхемы физического уровня RS-232 на миниатюрную плату PE-мулятора представляется нецелесообразной) адаптера-преобразователя физических уровней RS-232 в CMOS (3.3V предпочтительны, но также допускаются уровни 5.0V). Также возможно использование различных адаптеров USB2COM, имеющих непосредственно логические выходы в уровнях CMOS. **Подключать плату PE-мулятора непосредственно (без адаптера согласователя уровней) к физическому интерфейсу RS-232 нельзя.**

Для работы первичного загрузчика достаточно подключение только цепей TxD и RxD. Поскольку запуск первичного загрузчика осуществляется после аппаратного сброса микроконтроллера и наличии установленной перемычки SA6, утилита программирования **wload** при начале работы генерирует импульсы низкого уровня на выходах DTR и RTS COM-порта. Любой из данных выходов (после согласования уровней) может быть подключен к цепи ~RESET, также выходящей на разъем внутрисхемного программирования X1. При этом будет достигнут автоматический вход в первичный загрузчик при запуске утилиты и не будет требоваться выполнение сброса микроконтроллера другими методами (например циклов выключения и включения питания).

Для взаимодействия с первичным загрузчиком по COM-порту разработана соответствующая утилита **wload**, представляющая собой приложение Win32. Данная утилита позволяет записать программное обеспечение во флэш-память микроконтроллера из файла, или прочитать программное обеспечение из флэш-памяти микроконтроллера в файл.

Команда для вызова утилиты **wload** имеет следующий вид:

wload [[-/]/ключ(и) ...] имя-файла

PE-мулятор 1801PE2/1801PP1	Версия: 0.1 (draft)
Техническое описание	Date: 05-Aug-2013
1801pp1_manual.rtf	

Утилита поддерживает следующие значения ключей:

-#	При указании этого ключа утилита будет выводить на экран дополнительную информацию - общий ход выполнения, прогресс выполнения длительных операций и прочее. При отсутствии ключа будет осуществляться только вывод сообщений об ошибках
-c_	Этот ключ указывает номер коммуникационного порта (COM-порта) который следует использовать для взаимодействия с первичным загрузчиком. Допускаются значения в диапазоне от 1 до 99. Например, при указании -c18 утилита будет использовать COM18.
-b_	Этот ключ указывает на начальную скорость обмена, которую нужно использовать для установления связи с загрузчиком. Если ключ не указан то используется скорость по умолчанию 115200. Первичный загрузчик PE-мулятора по умолчанию работает на такой скорости, поэтому указание данного ключа не требуется. Пример использования ключа: -b230400
-x_	После начального установления соединения с загрузчиком выполнить кратное увеличение скорости. Например -x8 - скорость будет увеличена в 8 раз. Если начальная скорость установления соединения составляла 115200 Бод, то рабочая скорость обмена будет согласована с загрузчиком и увеличена до 921600 Бод (в восемь раз). С данным ключом допускается указывать значения от 1 до 8. Также следует заметить что не все COM-порты поддерживают скорости обмена более 115200. Кроме того, многие преобразователи физических уровней RS-232 также не поддерживают повышенные скорости, это следует учитывать при использовании данного ключа.
-z_	Количество используемых стоп битов, допускается использовать значения 1 или 2. Используемое по умолчанию значение равно 2 (если не указан данный ключ). Однако существуют такие адаптеры USB2COM (в частности построенные на микросхемах Prolific) которые требуют использования одного стоп-бита. Для таких адаптеров следует явно указывать ключ -z1 .
-w	Осуществить операцию записи флэш-памяти микроконтроллера из указанного файла. Данный ключ нельзя указывать одновременно с ключом -г , также данный ключ требует обязательного указания имени файла. Запись осуществляется только в область приложения, область первичного загрузчика остается неизменной. Будет произведена запись только тех данных, которые содержатся в файле. Также следует помнить что запись возможна только если флэш-память находится в стертом состоянии. Для приведения флэш-памяти в данное состояние следует использовать ключ -е .
-г	Осуществить операцию считывания флэш-памяти микроконтроллера в указанный файл. Будет прочитана вся область приложения (то есть исключая область первичного загрузчика) и записана в указанный файл. Данный ключ нельзя указывать одновременно с ключом -w , также данный ключ требует обязательного указания имени файла.
-v	Сравнить содержимое флэш-памяти микроконтроллера с указанным файлом. Обычно операция верификации производится после выполнения записи. С учетом того загрузчик автоматически верифицирует флэш-память в пределах записанной страницы использования ключа -v после записи необязательно. Допускается указывать данный ключ одновременно с ключом -w .

PE-мулятор 1801PE2/1801PP1	Версия: 0.1 (draft)
Техническое описание	Date: 05-Aug-2013
1801pp1_manual.rtf	

-j	После выполнения всех операций осуществить автоматический запуск приложения (выход из режима загрузчика)
-y_	После выполнения всех операций осуществить запуск отладочного терминала на указанной скорости. При запуске терминала также осуществляется автоматический запуск приложения (аналог указания ключа -j). Пример - -y115200 .
Имя-файла	Имя файла с данными. При выполнении операции записи флэш-памяти должен содержать исходные данные, при операции чтения в этот файл будут записаны прочитанные данные. Используемое расширение имени файла по умолчанию - .hex (то есть для файлов с таким расширением можно указывать только имя). Поддерживаемый формат файла - intel-hex.

Пример командной строки для записи файла a205_rom.hex в флэш-память микроконтроллера с использованием COM16 и предварительным стиранием флэш-памяти:

wcload -# -c16 -e -w a205_rom

То же самое, но с верификацией и автоматическим запуском новой записанной прошивки, на повышенной скорости (при условии что COM-порт и преобразователи уровней поддерживают):

wcload -# -c16 -x8 -e -w -v -j a205_rom

Считывание содержимого флэш-памяти в файл read.rom по COM3 на повышенной до 230400 скорости:

wcload -# -c3 -x2 -r read.rom

Таким образом процесс сборки, настройки и последующей эксплуатации PE-мулятора выглядит следующим образом:

- монтаж платы согласно электрической схемы
- подключение питания +5V к плате (или обеспечение питанием +3.3V от адаптера JTAG, если он предоставляет такую возможность)
- программирование первичного загрузчика с использованием JTAG-адаптера типа ST-Link
- подключение PE-мулятора к внешнему устройству (установка в панельку вместо эмулируемой микросхемы)
- присоединение выходов сброса и дополнительных сигналов chip select если необходимо. Подключение выхода управления сбросом очень желательно, но в ряде случаев, если PE-мулятор гарантировано стартует раньше внешнего устройства можно обойтись и без него
- подключение PE-мулятора с использованием адаптеров-согласователей к COM-порту, установка перемычки SA6

PE-мулятор 1801PE2/1801PP1	Версия: 0.1 (draft)
Техническое описание	Date: 05-Aug-2013
1801pp1_manual.rtf	

- подготовка основной программы с нужными данными и конфигурацией для эмуляции
- подача питания на внешнее устройство (значит и на установленный PE-мулятор)
- программирование основной программы во флэш-память контроллера при помощи утилиты **wcload**
- повторение предыдущих трех шагов при необходимости (например замена данных эмуляции - это может быть компилируемая прошивка для отлаживаемого устройства)

4. Структура программного обеспечения

Основное программное обеспечение состоит из двух отдельных частей:

- управляющий код, реализует начальную инициализацию и собственно алгоритмы эмуляции микросхем 1801PE2/PP1. Для размещения управляющего кода выделена область размером 16 килобайт начиная с адреса 0x08004000. В результирующем файле, предназначенном для дальнейшей обработки утилитой **wcload** управляющий код должен размещаться начиная с адреса 0x00000000. Первичный загрузчик автоматически выполнит нужную коррекцию при записи данных во флэш-память.
- данные для эмуляции. Размещаются во флэш-памяти начиная с адреса 0x08008000 и до верхней границы (зависит от объема конкретно примененного микроконтроллера). В результирующем файле, предназначенном для дальнейшей обработки утилитой **wcload** управляющий код должен размещаться начиная с адреса 0x00004000.

Для того чтобы пользователи могли легко менять данные для эмуляции без полной перекомпиляции проекта эти две основные части вынесены в два отдельных файла. Сборка результирующего файла может осуществляться при помощи единственной операции объединения, выполняемой при помощи соответствующей утилиты, например **srec_cat** (<http://srecord.sourceforge.net>).

Файл управляющего получается в результате компиляции исходных текстов, написанных на языках C и Ассемблер. Предоставленные исходные тексты могут быть скомпилированы компиляторами GCC или IAR. Ввиду того что размер кода не превышает 32К, компилятор IAR может быть использован в рамках бесплатной лицензии KickStarter. В зависимости от использованного компилятора на выходе получается файл **a205_gcc.hex** или **a205_iar.hex**. Функционально данные прошивки полностью равнозначны, различие только в использованном компиляторе.

Данные эмуляции (данные которые PE-мулятор будет выдавать на шину внешнего устройства) вынесены в отдельную часть. Эти данные представлены в виде непрерывного массива элементов, описываемых структурой типа **ROM_DESC**. Один элемент соответствует одной эмулируемой микросхеме типа 1801PE2/PP1. Несколько элементов массива могут описывать несколько одновременно эмулируемых микросхем.

В целях обеспечения большей гибкости PE-мулятор может поддерживать несколько рабочих конфигураций. Под конфигурацией понимается некоторая заданная комбинация одновременно

PE-мулятор 1801PE2/1801PP1	Версия: 0.1 (draft)
Техническое описание	Date: 05-Aug-2013
1801pp1_manual.rtf	

эмулируемых микросхем, описываемых некоторыми заданными элементами из массива описания данных эмуляции. Например, в массиве находятся элементы с данными для микросхем типа:

- 1801PE2-017 (основной монитор БК-0010)
- 1801PE2-106 (Бейсик БК-0010, первая микросхема)
- 1801PE2-107 (Бейсик БК-0010, вторая микросхема)
- 1801PE2-108 (Бейсик БК-0010, третья микросхема)
- 1801PE2-018 (Фокал БК-0010)
- 1801PE2-019 (МСТД БК-0010)

На данных микросхемах возможно поддержать две конфигурации:

- Конфигурация 0: эмуляция четырех штатных ПЗУ материнской платы БК-0010, в этом случае будут использованы элементы описывающие микросхемы -017, -106, -107, -108
- Конфигурация 1: эмуляция ПЗУ основного монитора и подключенного внешнего модуля МСТД БК-0010, в этом случае будут использованы элементы описывающие микросхемы - 017, -18, -19

Все конфигурации помещаются в единую прошивку. Выбор номера активной конфигурации осуществляется переключателями SA0-SA3. Всего может быть поддержано до 14 конфигураций.

Конфигурация	SA3	SA2	SA1	SA0
0	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует
1	отсутствует	отсутствует	отсутствует	установлена
2	отсутствует	отсутствует	установлена	отсутствует
3	отсутствует	отсутствует	установлена	установлена
4	отсутствует	установлена	отсутствует	отсутствует
5	отсутствует	установлена	отсутствует	установлена
6	отсутствует	установлена	установлена	отсутствует
7	отсутствует	установлена	установлена	установлена
8	установлена	отсутствует	отсутствует	отсутствует
9	установлена	отсутствует	отсутствует	установлена
10	установлена	отсутствует	установлена	отсутствует

PE-мулятор 1801PE2/1801PP1	Версия: 0.1 (draft)
Техническое описание	Date: 05-Aug-2013
1801pp1_manual.rtf	

Конфигурация	SA3	SA2	SA1	SA0
11	установлена	отсутствует	установлена	установлена
12	установлена	установлена	отсутствует	отсутствует
13	установлена	установлена	отсутствует	установлена

Поле переключателей SA0-SA3 считывается управляющей программой однократно при старте, дальнейшие изменения поля конфигурации в процессе эмуляции игнорируются и вступают в силу только после следующего аппаратного сброса микроконтроллера.

Массив описателей данных эмуляции должен располагаться в памяти микроконтроллера, начиная с адреса 0x08008000 и может простирается до верхней границы флэш-памяти. Соответственно чем больше флэш память примененного микроконтроллера тем больше образов эмулируемых микросхем можно разместить. В микроконтроллер STM32F205RB со 128 килобайтами флэш-памяти можно поместить до 11 образов эмулируемых микросхем, в STM32F205RG с 1 мегабайтом - до 123.

Управляющий код при старте считывает номер конфигурации, задаваемой полем переключателей SA0-SA3 и затем сканирует массив описателей данных эмуляции, начиная с адреса 0x08008000. Найденные элементы соответствующие выбранной конфигурации далее будут участвовать в процессе эмуляции. Сканирование прекращается при обнаружении первого недостоверного элемента описания.

Каждый элемент описания имеет размер 8208 байт (8K+16) и содержит следующие поля:

- собственно поле данных, 8192 байта, эти данные будут выдаваться в неизменном виде на шину внешнего устройства. PE-мулятор **не производит инвертирование адреса и данных** в процессе эмуляции (это ускоряет работу - не выполняются данные операции), поэтому в этом поле данные должны быть представлены в формате "программатора" - то есть данные и адреса должны быть инвертированы относительно того как их будет видеть процессор внешнего устройства
- один байт кода эмулируемой микросхемы - значение от 0 до 7:

0x00	160000..177777
0x01	140000..157777
0x02	120000..137777
0x03	100000..117777
0x04	600000..077777
0x05	400000..057777
0x06	200000..037777
0x07	000000..017777

PE-мулятор 1801PE2/1801PP1	Версия: 0.1 (draft)
Техническое описание	Date: 05-Aug-2013
1801pp1_manual.rtf	

- сигнатура - байт со значением 0x03
- 14 байтов, описывающий используемый вход chip select в зависимости от номера выбранной конфигурации. Байт со смещением 0 описывает использование данного элемента в конфигурации 0, байт со смещением 1 описывает использование для конфигурации 1 и так далее. Байты в данном поле могут принимать следующие значения:

0x00	Активировать при низком уровне на входе chip select 0 (панелька)
0x11	Активировать при низком уровне на входе chip select 1 (дополнительный разъем)
0x22	Активировать при низком уровне на входе chip select 2 (дополнительный разъем)
0x33	Активировать при низком уровне на входе chip select 3 (дополнительный разъем)
0xFF	Данный элемент не используется в выбранной конфигурации

В комплекте поставляются примеры двух готовых файлов данных эмуляции - **bk0010.hex** и **bk0011m.hex**.

При использовании **bk0010.hex** поддерживаются следующие конфигурации (PE-мулятор устанавливается вместо DS17):

	Микросхема	Код	Подключение входов chip select к схеме внешнего устройства (БК-0010)
0	1801PE2-017	0x03	Chip select 0 - цепь 101 (вывод 23 колодки DS17)
	1801PE2-106	0x02	Chip select 1 - цепь 53 (вывод 23 DS18 или DS20)
	1801PE2-107	0x01	
	1801PE2-108	0x00	Chip select 2 - цепь 46 (вывод 1 DS19)
1	1801PE2-017	0x03	Chip select 0 - цепь 101 (вывод 23 колодки DS17)
	1801PE2-018	0x02	Chip select 1 - цепь 53 (вывод 23 DS18 или DS20)
	1801PE2-019	0x00	Chip select 2 - цепь 46 (вывод 1 D19 1801ВП1-037)

При использовании **bk0011m.hex** поддерживаются следующие конфигурации (PE-мулятор устанавливается вместо DS17):

	Микросхема	Код	Подключение входов chip select к схеме внешнего устройства (БК-0011M)
0	1801PE2-324	0x01	Chip select 0 - цепь NOROM324 (вывод 23 колодки DS17)
	1801PE2-325	0x02	Chip select 1 - цепь NOROM325 (вывод 23 колодки DS18 или DS20)
1	1801PE2-324	0x01	Chip select 0 - цепь NOROM324 (вывод 23 колодки DS17)
	1801PE2-325	0x02	Chip select 1 - цепь NOROM325 (вывод 23 колодки DS18 или DS20)
	1801PE2-327	0x03	Chip select 1 - цепь NOROM325 (вывод 23 колодки DS18 или DS20)
	1801PE2-328	0x03	Chip select 2 - цепь S1-58 (вывод 21 колодки XT8)

PE-мулятор 1801PE2/1801PP1	Версия: 0.1 (draft)
Техническое описание	Date: 05-Aug-2013
1801pp1_manual.rtf	

	1801PE2-329	0x02	Chip select 2 - цепь S1-58 (вывод 21 колодки XT8)
2	1801PE2-324	0x01	Chip select 0 - цепь NOROM324 (вывод 23 колодки DS17)
	1801PE2-325	0x02	Chip select 1 - цепь NOROM325 (вывод 23 колодки DS18 или DS20)
	1801PE2-330	0x00	Chip select 3 - S1-46 (вывод 37 D19 1801ВП1-037)

Файлы управляющего кода и данных эмуляции могут быть объединены в единый файл для программирования микроконтроллера при помощи утилиты `srec_cat`. Например:

```
srec_cat a205_gcc.hex -Intel rom\bk0011m.hex -Intel -offset -0x4000 -o a205_gcc11.hex -Intel
```

```
srec_cat a205_gcc.hex -Intel rom\bk0010.hex -Intel -offset -0x4000 -o a205_gcc10.hex -Intel
```

Таким образом, процесс построения файла для программирования микроконтроллера включает в себя следующие этапы:

- компиляция исходных кодов для получения файла управляющего кода. Можно не компилировать, а взять готовый **a205_gcc.hex** или **a205_iar.hex** из комплекта поставки
- собрать файл описания данных эмуляции. В комплект входят примеры сборок файлов **bk0010.hex** (сборка описывается файлом **bk0010.cat**) и **bk0011m.hex** (описывается файлом **bk0011m.cat**) при помощи утилиты `srec_cat` из отдельных файлов, прочитанных при помощи программатора "Стерх".
- Выполнить объединение файла управляющего кода и файла данных эмуляции в единый файл
- Запрограммировать микроконтроллер получившимся файлом при помощи утилиты **wcload**