

Использование инструментария LPCXpresso для разработки приложений на базе 32-разрядных микроконтроллеров NXP с ядрами ARM Cortex-M0 и Cortex-M3

Часть 1

Павел Редькин (г. Ульяновск)

Статья посвящена программно-аппаратному обеспечению LPCXpresso, предназначенному для разработки и отладки приложений для 32-разрядных микроконтроллеров семейств LPC11xx/13xx/17xx производства NXP с ядрами ARM Cortex-M0, Cortex-M3.

ВВЕДЕНИЕ

Архитектуры ARM Cortex-M0 и Cortex-M3 сегодня лидируют среди универсальных 32-разрядных процессорных ядер микроконтроллеров (МК). Свои изделия, имеющие указанные архитектуры, продвигают на рынок многие известные производители МК. По оценкам ряда экспертов, в авангарде этого процесса находится корпорация NXP Semiconductors, предлагающая потребителям семейство своих МК LPC11xx с архитектурой ARM Cortex-M0, а также семейства LPC13xx и LPC17xx [3] с архитектурой ARM Cortex-M3.

Разработка и отладка приложений на базе 32-разрядных МК LPC11xx/13xx/17xx от NXP поддерживается различными инструментальными средствами [1], наиболее известные образцы которых традиционно предлагаются на рынке компаниями – лидерами в этой области – Keil Software и IAR Systems. Это – программные пакеты IDE μ Vision4 и IDE IAR EWARM, включающие среды разработки и отладки, компиляторы, компоновщики, ассемблеры и т. д. Эти же фирмы выпускают и аппаратные средства разработки и отладки (отладочные платы, аппаратные отладчики – программаторы и т.п.) с поддержкой МК серий LPC11xx/13xx/17xx.

Вместе с тем, компания NXP в партнерстве с фирмами Code Red Technologies и Embedded Artists предлагает на рынке оригинальный инструментарий разработки и отладки приложений на базе МК семейств LPC11xx/13xx/17xx – аппаратно-про-

граммную платформу LPCXpresso™. Платформа состоит из программной части – интегрированной среды LPCXpresso IDE, построенной на базе графической среды Eclipse, и аппаратной части – недорогих отладочных наборов, состоящих из демонстрационной платы с МК целевой системы и интегрированного аппаратного отладчика USB-JTAG/SWD.

По мнению автора, инструментарий LPCXpresso является полноценной альтернативой продуктам от IAR и Keil. Для такого мнения имеются следующие основания. Стоимость демонстрационных плат LPCXpresso примерно на порядок ниже стоимости отладочных плат с аналогичными МК от фирм IAR и Keil, а предлагаемая NXP идеология разработки приложений с использованием этих плат (см. ниже) обеспечивает значительно большую гибкость и универсальность. То же самое можно сказать о сравнительной стоимости других аппаратных инструментальных средств, прежде всего, отладчиков-программаторов (USB-JTAG-адаптеров). В инструментарии LPCXpresso такой отладчик (LPC-Link) уже интегрирован в состав платы. Для использования инструментария от IAR и Keil отладчики (например, J-Link или ULINK2) необходимо приобретать отдельно. Справедливости ради заметим, что LPC-Link существенно уступает упомянутым отладчикам по скорости, набору поддерживаемых функций программирования, отладки и трассировки, а также номенклатуре поддерживаемых МК [3].

Даже в своем базовом (бесплатном) варианте после инсталляции и первичной активации интегрированная среда разработки-отладки LPCXpresso IDE поддерживает максимальный размер загружаемого в память МК кода, равный 128 Кб, чем выгодно отличается от бесплатных версий (без ограничения времени использования) IDE μ Vision4 и IDE IAR EWARM (32 Кб). Стоимость обновлений LPCXpresso IDE, позволяющих увеличить максимальный размер загружаемого кода до 256/512 Кб, примерно на порядок ниже стоимости профессиональных (платных) версий IDE μ Vision4 и IDE IAR EWARM. При этом возможности, предоставляемые LPCXpresso IDE разработчику в плане создания, редактирования, компиляции исходного текста на C (с оптимизацией или без), компоновки проектов встраиваемых программ и загрузки их кода в МК, ненамного уступают возможностям, обеспечиваемым средами IDE μ Vision4 и IDE IAR EWARM.

ИДЕОЛОГИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ИНСТРУМЕНТАРИЯ LPCXPRESSO

Идеология применения инструментария LPCXpresso, по замыслу производителей, предполагает три стадии разработки приложения.

На стадии оценки (evaluation) возможности ЦП и периферии предварительно выбранного для целевой системы МК могут быть оценены и протестированы разработчиком с помощью простой демонстрационной платы, на которой установлен этот МК с минимальной аппаратной обвязкой (кварцевый резонатор/генератор и несколько дискретных элементов). Отличительная особенность этой платы заключается в том, что на её контактные площадки (под две линейки штыревых разъёмов) выведены все

выводы МК, что обеспечивает поддержку любых возможных подключений. В состав платы интегрирован USB-JTAG/SWD-отладчик LPC-Link, получающий питание от порта USB управляющего компьютера и, в свою очередь, обеспечивающий питание целевого МК. Внешний вид оценочной платы LPCXpresso для МК LPX1768 с интегрированным USB-JTAG/SWD-отладчиком LPC-Link показан на рисунке 1.

На стадии исследования (explore) выбранной концепции приложения разработчик может использовать т.н. базовую отладочную плату (Base Board), например, от фирмы Embedded Artists, обеспечивающую поддержку максимального числа устройств ввода-вывода и периферийных интерфейсов МК. Демонстрационная плата может быть установлена на отладочную плату в две линейки разъёмов по типу мезонина, как показано на рисунке 2.

Вместе с тем, использование базовой отладочной платы для построения конечной целевой системы может оказаться экономически неоправданным из-за наличия элементов, не используемых в конкретной системе. В этом случае вместо отладочной платы может быть использована т.н. плата прототипа (Prototype Board), представляющая собой по сути отладочную плату без установленных элементов, но с большими макетными полями и разъёмами под мезонинную установку демонстрационной платы (см. рис. 3). Теперь пользователь сможет обойтись минимально необходимым числом дополнительных элементов, разместив их на плате прототипа.

После завершения исследования выбранной концепции пользователь LPCXpresso может перейти к стадии разработки (develop) своего приложения путём отладки кода с помощью JTAG-отладчика LPC-Link, подключаемого к плате через десятиштырьковый разъём JTAG (J5 на рис. 1, в красном круге). Ответная часть этого разъёма может быть предусмотрена на любой заказной плате конечной системы. Кроме того, отладка может производиться в МК демонстрационной платы, установленной на прототип.

Таким образом, один и тот же по сути, бесплатный пользовательский интерфейс и недорогой инструментальный могут применяться на всех этапах разработки и отладки конечного изделия.

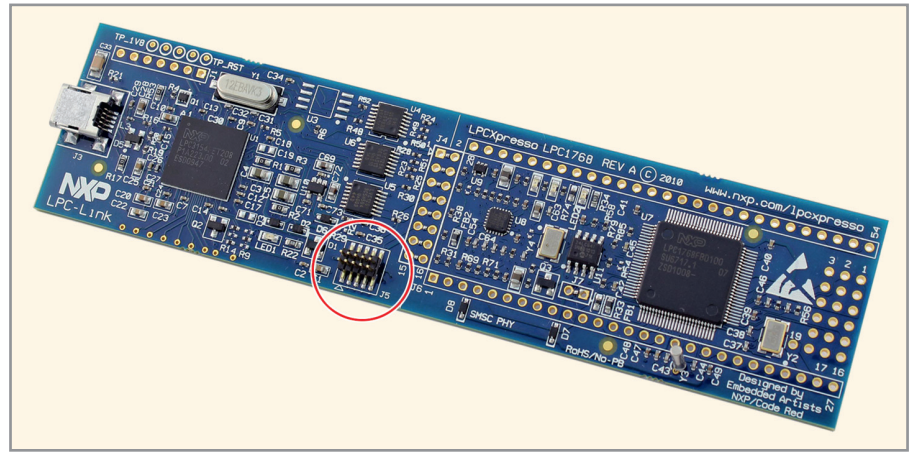


Рис. 1. Демонстрационная плата LPCXpresso с интегрированным USB-JTAG/SWD-отладчиком LPC-Link

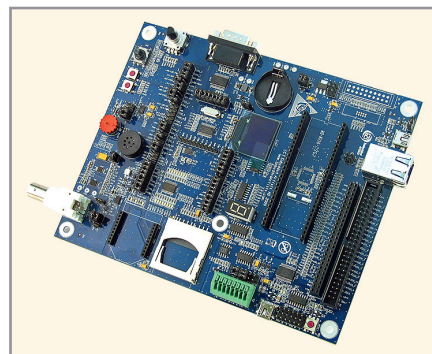


Рис. 2. Базовая отладочная плата (Base Board)

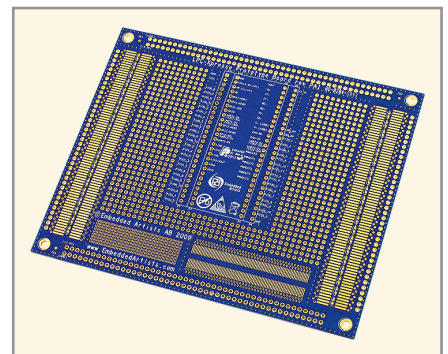


Рис. 3. Плата прототипа (Prototype Board)

АППАРАТНЫЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА LPCXPRESSO

Аппаратные средства разработки и отладки LPCXpresso (демонстрационные платы) производятся NXP в партнёрстве с фирмами Embedded Artists и Code Red Technologies и выпускаются на базе МК семейств LPC3xxx, LPC2xxx, LPC17xx, LPC13xx и LPC11xx. Интегрированный USB-JTAG/SWD-отладчик LPC-Link может использоваться как в МК из состава «своей» платы, так и в МК из состава внешней системы. В первом случае подключение к МК реализовано через проводники печатной платы LPCXpresso, выполненные между парами близкорасположенных отверстий на шине JTAG/SWD и размещённые на плате между областью отладчика LPC-Link и областью целевого МК (разъём J4 на рис. 1).

Во втором случае подключение может быть реализовано гибкими проводниками через миниатюрный десятиштырьковый разъём JTAG/SWD (J5 на рис. 1), расположенный на демонстрационной плате в области отладчика. При использовании отладчика LPC-Link с внешним МК, подключение к МК из состава «своей» платы должно быть разорвано путём перерезания дорожек между парами близкорасположенных

отверстий. Чтобы сохранить возможность восстановления подключения в дальнейшем, производитель рекомендует установить на весь ряд пар отверстий разъём 2 × 8, выводы которого при необходимости могут быть замкнуты стандартными перемычками.

Отладчик LPC-Link поддерживает целевые МК от NXP с процессорными ядрами Cortex-M0, Cortex-M3, а также ARM7/9 (МК семейств LPC17xx, LPC13xx, ряд МК семейства LPC11xx и некоторые представители МК семейств LPC2000 и LPC3000). Сам отладчик LPC-Link аппаратно выполнен на базе МК LPC3154 от NXP с ядром ARM9.

Таким образом, демонстрационные платы LPCXpresso могут использоваться следующим образом:

- автономно (в качестве отладчика и с собственным МК) для разработки программного обеспечения и его тестирования в «железе»;
- в качестве отладчика и с собственным МК вместе с базовой платой, например, для быстрого исследования выбранной концепции приложения;
- в качестве отладчика и с собственным МК вместе с платой прототипа как целевой системы;
- только в качестве отладчика для МК внешней системы.

ПРОГРАММНЫЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА LPCXPRESSO

В качестве средства программной поддержки демонстрационных плат LPCXpresso фирма NXP предлагает интегрированную среду разработки и отладки LPCXpresso IDE, разработанную и поддерживаемую фирмой Code Red Technologies. Этот продукт включает в себя все инструментальные средства, необходимые для разработки встроенного программного обеспечения на базе МК семейства LPC1xxx.

В приведённом ниже описании LPCXpresso IDE использовалась информация, полученная автором в ходе практической работы с IDE, сведения из контекстной справки этого продукта (*LPCXpresso IDE Help > Help Contents*), а также материалы [2]. В силу ограниченного объёма статьи здесь изложены только основные сведения о LPCXpresso IDE. Для получения более подробной информации рекомендуется обратиться к [3].

В состав LPCXpresso IDE входят: собственно среда разработки и отладки на основе Eclipse, компилятор GNU C, набор библиотек, компоновщик, а также усовершенствованный отладчик GDB, обеспечивающие профессиональное качество кода с несколькими уровнями его оптимизации.

Среда LPCXpresso IDE поддерживает возможности, связанные с обработкой исходного кода на языке C, такие как выделение синтаксиса, форматирование исходного текста, сворачивание функций, прямые ссылки на определения и объявления функций.

На момент написания статьи версия платформы LPCXpresso поддерживала следующие МК семейства LPC:

- все МК семейства LPC11xx;
- все МК семейства LPC13xx;
- МК семейства LPC17xx: LPC1751, LPC1752, LPC1754, LPC1756, LPC1758, LPC1764, LPC1765, LPC1766, LPC1767, LPC1768;
- МК семейства LPC2xxx: LPC2109, LPC2134, LPC2142, LPC2362, LPC2929;
- МК семейства LPC3xxx: LPC3130, LPC3250.

Среда LPCXpresso IDE поддерживает работу с JTAG-отладчиком LPC-Link от NXP, а также с JTAG-адаптером Red Probe от Code Red Technologies. Для облегчения работы с демонстрационными платами в комплект LPCXpresso IDE включены примеры готовых проектов и справочная документация по ним.

После инсталляции LPCXpresso IDE эти примеры находятся в папке `npx\lpcxpresso\Examples`.

Файл дистрибутива LPCXpresso может быть бесплатно загружен по адресу <http://lpcxpresso.code-red-tech.com/LPCXpresso> после ввода логина и пароля, полученных по электронной почте при регистрации на той же интернет-странице.

После инсталляции на ПК программный продукт LPCXpresso необходимо активировать. При первом запуске программы в окне рабочей области LPCXpresso IDE открывается окно встроенного браузера с предупреждением *Please note: Your product is not activated*. В этом же окне находится инструкция по активации.

Для активации необходимо обеспечить соединение ПК с Интернет, затем выбрать в главном меню *LPCXpresso IDE Help > Product activation > Create Serial number and Activate* для генерации уникального серийного номера продукта, после чего ввести в открывающуюся по заданной в инструкции ссылке сетевую форму указанный серийный номер, который основан на конфигурации аппаратных средств и ОС ПК и не содержит никакой личной информации.

После завершения заполнения формы и щелчка на кнопке *Send me my activation code* пользователь получает код активации на указанный им при регистрации адрес электронной почты. Этот код необходимо вставить в диалоговое окно активации продукта, отрываемого путём выбора в главном меню *LPCXpresso IDE Help > Product activation > Enter activation code*. В случае корректно проведённой процедуры появляется сообщение, подтверждающее принятие кода активации.

После завершения процедуры активации окно приглашения при запуске программы будет содержать надпись *LPCXpresso is fully activated* вместе со ссылками на доступные локальные и сетевые информационные ресурсы LPCXpresso.

СТРУКТУРА И КОМПОНЕНТЫ LPCXPRESSO IDE

При работе в LPCXpresso IDE используется понятие рабочей области (*Workbench*). Каждая рабочая область содержит одну или более перспектив (*Perspective*). Перспективы представляют собой определённую конфигурацию окон обозрений (*View*) и редак-

торов (*Editor*), доступ к которым возможен через соответствующие меню и инструментальные панели, и отображают специфические представления данных в LPCXpresso. Это может быть исходный текст, hex-дамп, дизассемблированный текст, содержимое памяти и т.п. Окна обозрений и редакторов в пределах перспективы могут быть открыты, перемещены, состыкованы и закрыты пользователем. Пользователь может изменять размещение перспективы, открывая и закрывая обзорения и закрепляя их в пределах рабочей области. Размещение отображаемых в текущий момент окон обозрений и редакторов может быть сохранено и затем восстановлено пользователем.

Обозрения поддерживают редакторы и обеспечивают способы управления информацией в рабочих областях. Например, проводник проектов (*Project Explorer*) и другие навигационные обозрения управляют отображением проектов и других ресурсов, с которыми работает пользователь. Обозрения также имеют свои собственные меню. Чтобы сделать меню видимым, следует кликнуть на пиктограмме в левой части области заголовка обозрения. Некоторые обозрения имеют свои собственные инструментальные панели.

Для проектов, папок и файлов, которые находятся в рабочей области, введён собирательный термин «ресурсы». Навигационные обозрения обеспечивают иерархическое представление ресурсов и позволяют открывать их для редактирования. Другие инструментальные средства могут иначе отображать и обрабатывать эти ресурсы. Каждому типу ресурсов, существующему в рабочей области, сопоставляется определённый тип объектов из файловой системы ПК:

- файлам сопоставляются файлы;
- папкам сопоставляются каталоги в файловой системе. В рабочей области папки содержатся в проектах или в других папках. Папки могут содержать файлы и другие папки;
- проекты содержат папки и файлы. Проекты используются для компоновки, управления, совместного использования и организации ресурсов. Подобно папкам, проекты сопоставляются каталогам в файловой системе. Когда пользователь создаёт проект, он определяет местоположе-

ние этого проекта в виде каталога в файловой системе.

Папки и файлы могут быть размещены в файловой системе вне местоположения проекта. Тогда они называются связанными ресурсами.

Перспектива, как уже было сказано, представляет собой определённую конфигурацию обозрений и редакторов; она определяет начальный набор и размещение обозрений в окне рабочей области. В пределах окна каждая перспектива совместно использует один и тот же набор редакторов. Каждая перспектива предоставляет разработчику набор функциональных возможностей, нацеленных на выполнение определённого типа задач, или работает с определёнными типами ресурсов. Например, перспектива разработки *Developer* объединяет обозрения, которые обычно используются при создании (импортировании) проектов, а также создании и редактировании исходных файлов. Перспектива *Debug* содержит обозрения, которые обычно используются при отладке кода. При работе с одним и тем же проектом в рабочей области пользователь может переключать перспективы.

Все обозрения в перспективе могут быть перемещены пользователем путём их перетаскивания. Если обозрение было случайно закрыто, то оно может быть восстановлено путём его выбора в главном меню (меню перспективы) *Window > Show View > (Other...) >*. При этом открывается диалоговое окно *Show View*, содержащее все имеющиеся обозрения.

Перспективы могут содержать собственные меню и инструментальные панели. Они определяют видимые наборы действий, которые разработчик может использовать, чтобы настроить перспективу. Для открытия требуемой перспективы в окне рабочей области следует выбрать в меню *Window > Open Perspective*. Чтобы увидеть список всех поддерживаемых перспектив, следует выбрать *Window > Open Perspective > (Other...) >*, после чего откроется окно *Open Perspective*.

Большинство перспектив в рабочей области состоит из области редактора и одного или более обозрений. Пользователь может связать определённый редактор с определёнными типами файлов. Например, когда пользователь открывает файл для редактирования, дважды кликнув на его названии в

одном из навигационных обозрений, окно связанного с этим файлом редактора автоматически открывается в рабочей области.

В каждый момент времени может быть открыто любое количество редакторов, но только один из них может быть активен. (На самом деле в LPCXpresso IDE имеется только один многооконный редактор.) При этом область главного меню и инструментальная панель окна рабочей области содержат команды и пиктограммы операций, соответствующих активному редактору. Позиции табуляции в области редактора указывают названия ресурсов, которые в настоящее время открыты для редактирования. Звездочка (*) у названия ресурса указывает, что редактор ещё не сохранил произведённые изменения.

Поле слева от границы области редактирования в окне файла может содержать значки, которые помечают ошибки, предупреждения или проблемы, обнаруженные инструментальными средствами LPCXpresso IDE при обработке редактируемых ресурсов. Значки также появляются при создании закладок, добавления точек останова в коде или зарегистрированных примечаний.

Для обеспечения возможности создавать, редактировать, компилировать, компоновать и отлаживать приложения в составе среды LPCXpresso IDE должен быть установлен набор инструментов разработки C/C++ – C/C++ Development Toolkit (CDT). По умолчанию в состав CDT LPCXpresso IDE уже входит инструментальный Code Red MCU Tools. Заметим, что входящий в CDT альтернативный инструментальный может быть как коммерческим (платным), так и открытым (бесплатным), например, от GNU. К последней категории относится инструментальный GNU toolchain, содержащий утилиты компоновщика, GCC-компилятора и GDB-отладчика. Как указано в контекстной справке LPCXpresso IDE, в случае использования разработчиком ПК под ОС Windows для загрузки GNU toolchain можно использовать один из двух интернет-ресурсов: MinGW (www.mingw.org) и Cygwin (www.cygwin.com).

Загрузку ПО GNU toolchain с ресурса MinGW рекомендуется осуществлять в следующем порядке:

- загрузить и выполнить программу установки MinGW-5.1.3.exe (<http://downloads.sourceforge.net/mingw/MinGW-5.1.3.exe>). По умолчанию при запуске предлагается установка программы в корневой каталог MinGW на диске ПК. При этом следует выбрать загрузку и установку базового инструментального MinGW и g++-компилятора. Можно также выбрать загрузку и других компиляторов. Выбор установки утилиты MinGW Make не рекомендуется;
- программа установки MinGW в настоящее время автоматически не устанавливает gdb-отладчик. Чтобы установить отладчик вручную, необходимо загрузить файл *gdb-6.6.tar.bz2* (<http://downloads.sourceforge.net/mingw/gdb-6.6.tar.bz2>), затем с помощью стандартной программы архиватора распаковать этот файл и поместить его в папку, где находится MinGW;
- если разработчик хочет использовать makefile-проекты (см. ниже), то ему необходимо загрузить и выполнить соответствующую программу установки MSYS-1.0.10.exe (<http://downloads.sourceforge.net/mingw/MSYS-1.0.10.exe>). По умолчанию при запуске этого файла предлагается установить программу в корневой каталог msys на диске ПК. Программа MSYS обеспечивает для формирования проектов соответствующие инструментальные средства командной строки. Заметим, что её использование не требуется для других типов проектов, подготовленных с помощью MinGW toolchain.

Страница интернет-ресурса MinGW, переход на которую осуществляется по гиперссылке из раздела контекстной справки Help LPCXpresso IDE, открывается в окне обозрения встроенного навигатора LPCXpresso IDE.

Продолжение следует

ЛИТЕРАТУРА

1. Development Tools for ARM-based microcontrollers – Select from the best in support. August 2010. <http://ics.nxp.com/literature/other/microcontrollers/pdf/arm.mcu.tools.pdf>.
2. LPCXpresso. Getting started with NXP LPCXpresso. User guide. Rev. 7. 15 September 2010.
3. *Редькин П.И.* 32-битные микроконтроллеры NXP с ядром Cortex-M3 семейства LPC17xx. Полное руководство. Додэка-XXI, 2011.
4. <http://www.keil.com/mcb1700/mcb1760.asp>.

