

# STM32 Discovery – стартовый набор разработчика ARM Cortex M3 со встроенным программатором

Андрей Курниц (г. Брест, Белоруссия)

В статье представлен отладочный набор на базе микроконтроллера ARM Cortex M3. Приведены краткие технические характеристики микроконтроллера, лежащего в основе набора. Показано, как получить бесплатное программное обеспечение для программирования на языке Си, как написать первое приложение и как заставить его выполняться на данном отладочном наборе. Проиллюстрирован процесс отладки приложения и рассмотрены альтернативные способы загрузки прошивки в целевой микроконтроллер.

## Набор STM32 Discovery

В начале 2011 г. на российском рынке появился отладочный набор STM32 Discovery производства компании STMicroelectronics. Набор предназначен для изучения и освоения 32-разрядных микроконтроллеров популярного семейства ARM Cortex M3. Семейство ARM Cortex M3 предлагается осваивать на базе микроконтроллера STM32F100RBT6B

производства STMicroelectronics, основные характеристики которого приведены в таблице 1. Особенностью набора является его низкая цена. На момент написания статьи она составляла 300 – 400 руб. [1]. Что же включает в себя набор при такой заманчивой цене?

Отладочный набор STM32 Discovery (см. рис. 1) состоит из упакованной платы. Все выводы общего назначения

этой мезонинной платы плюс цепи питания и сброса выведены в виде штырьков (62 штырька) с шагом 2,54 мм по её периметру (см. рис. 2). Это позволяет встроить плату в прототип своего устройства, выполненного на макетной плате с шагом отверстий 2,54 мм.

Кроме микроконтроллера, плата содержит программатор/отладчик ST-LINK (см. рис. 3). Это позволяет приступить к отладке первого приложения, не приобретая дополнительных устройств для программирования и отладки. Для начала работы понадобится лишь персональный компьютер и кабель USB-MicroUSB.

Большим преимуществом является возможность использования программатора/отладчика ST-LINK, входящего в состав STM32 Discovery в качестве самостоятельного устройства для про-

Таблица 1. Характеристики микроконтроллера STM32F100RBT6B

Параметр	Значение
Ядро	Cortex M3
Максимальная тактовая частота, МГц	24
Максимальная производительность, DMIPS	28,8
Флэш-память, Кб	128
ОЗУ, Кб	8
Количество выводов общего назначения (GPIO)	51
Количество таймеров/счётчиков	7
Количество модулей SPI	2
Количество модулей I <sup>2</sup> C	2
Количество модулей USART	3
Количество 12-битных модулей АЦП	1 (16 каналов)
Количество 12-битных модулей ЦАП	2 (по 2 канала)
Напряжение питания, В	2,0...3,6
Корпус	LQFP64
Рабочий температурный диапазон	-40...85°C

Таблица 2. Среды разработки для микроконтроллеров ARM Cortex M3

Производитель среды разработки	Название среды	Используемый компилятор	Фирменный отладчик	Поддержка встроенного отладчика ST-LINK
IAR Systems®	EWARM (IAR™ embedded workbench® for ARM)	IAR C/C++	J-Link	Да
Hitex Development Tools	HiTOP	TASKING	Tantino	Нет
Raisonance	Ride (Raisonance integrated development environment)	ARM-GCC	RLink	Нет
Keil™, an ARM® Company	RVMDK (RealView® microcontroller development kit)	ARMCC	ULINK	Да
Atollic AB	Atollic TrueSTUDIO®	ARM-GCC	ST-LINK	Да



Рис. 1. Внешний вид набора STM32 Discovery в упаковке

граммирования и отладки других устройств на базе микроконтроллеров семейства STM32. Для этого на плате предусмотрен четырёхконтактный разъём SWD и переключки, с помощью которых можно выбрать, какой микроконтроллер отлаживать – внешний или установленный на плате.

### ВЫБОР СРЕДЫ РАЗРАБОТКИ

Следует отметить, что при выборе отладочного набора STM32 Discovery в качестве аппаратной базы разработчику предоставляется богатый выбор средств разработки [4], информация о которых сведена в таблицу 2.

Исходя из принципа «бюджетности», чтобы не тратить средства на покупку

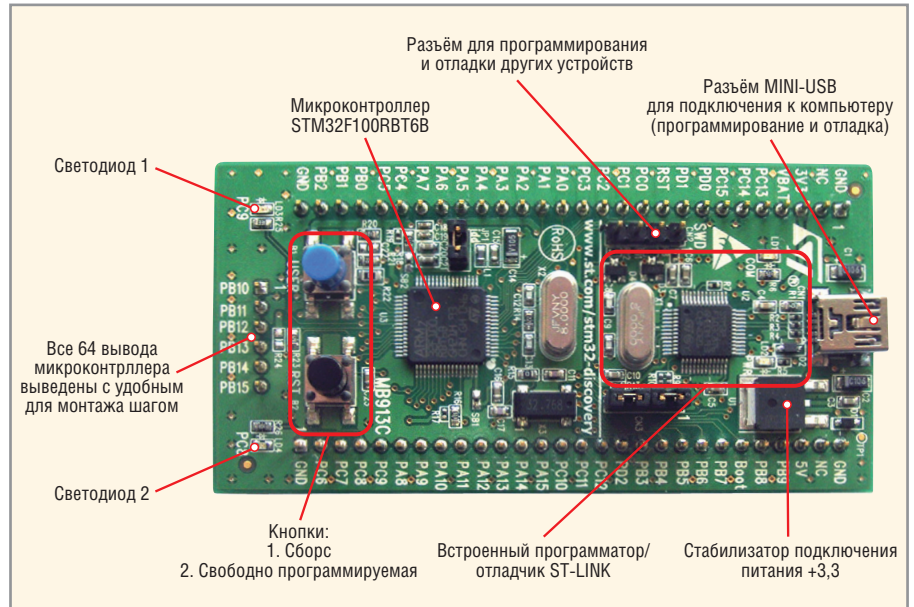


Рис. 2. Расположение основных элементов на плате

отдельного отладчика, следует выделить из таблицы те среды разработки, которые поддерживают встроенный в STM32 Discovery отладчик ST-LINK. К таковым относятся продукты компаний IAR, Keil и Atollic.

Все вышеупомянутые среды разработки являются коммерческими продуктами, и их полноценные версии стоят больших денег. Однако каждый производитель предлагает ознакомиться со своим продуктом, скачав с официальной интернет-страницы [5, 6] его бесплатную пробную версию. И если в средах от IAR и Keil существует ограничение на размер итогового файла прошивки (32 кбайт) или ограничение по вре-

мени работы, то в пробной версии среды разработки TrueSTUDIO Lite компании Atollic отсутствуют ограничения как по времени пользования, так и на размер создаваемого файла прошивки [7]. Именно этот факт сыграл ключевую роль в выборе автором конкретной среды разработки. Кроме того, среда разработки TrueSTUDIO Lite выполнена на основе популярной среды разработки приложений для персональных компьютеров Eclipse.

Хотя пробная версия TrueSTUDIO Lite и допускает создание полноценных приложений для микроконтроллеров серии STM32, тем не менее, она имеет ряд ограничений:

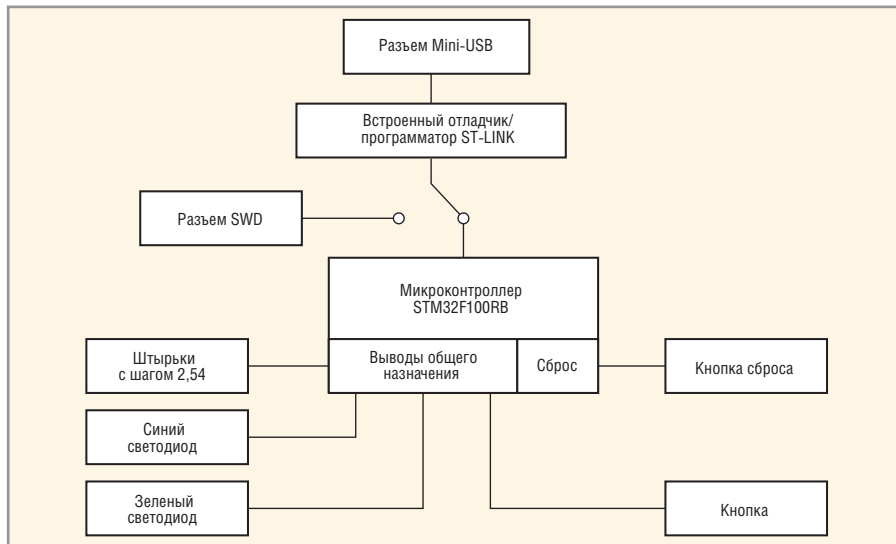


Рис. 3. Функциональная схема платы

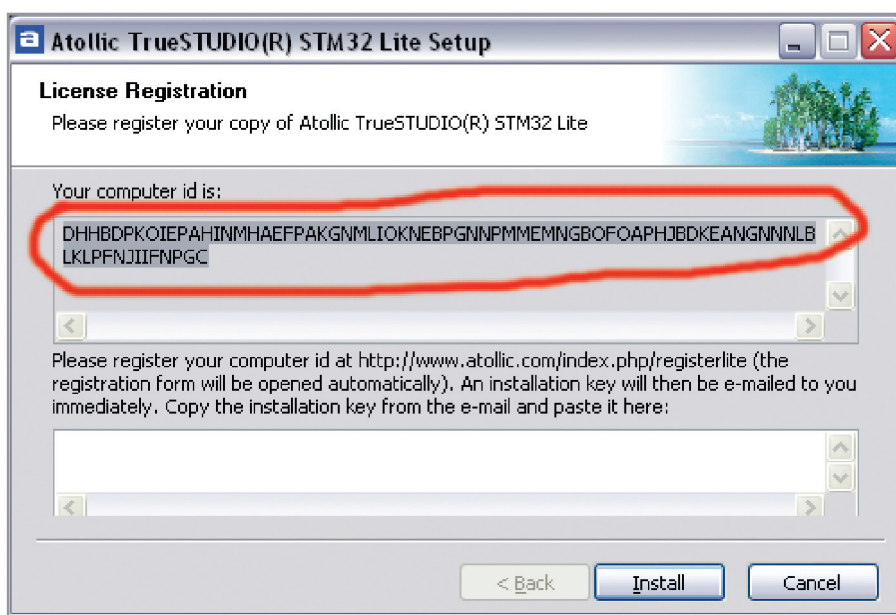


Рис. 4. Форма для ввода инсталляционного ключа

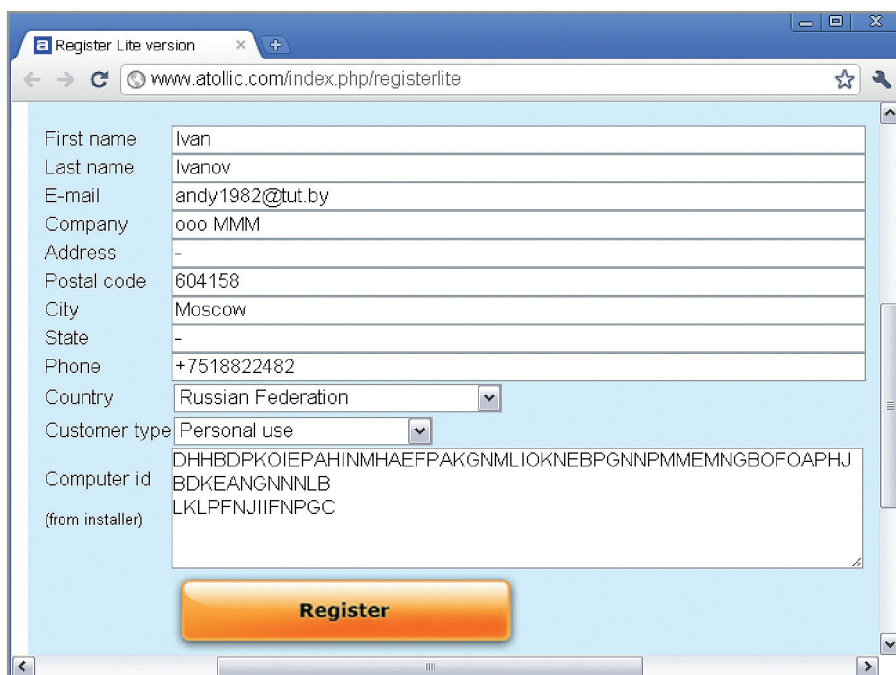


Рис. 5. Интернет-страница регистрации Atollic TrueSTUDIO Lite

- отсутствует поддержка языка C++ (только Си и ассемблер);
- отсутствует возможность интеграции с системой контроля версий;
- отладчиком поддерживается всего одна точка останова (break point) и др.

### УСТАНОВКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Чтобы создать первое приложение, прежде всего, необходимо скачать последнюю версию среды TrueSTUDIO Lite с официальной интернет-страницы компании Atollic [8]. На момент написания статьи это была версия v2.1.0 от 2011.05.03. Дальнейшее изложение основано на работе именно с этой версией.

Чтобы пользоваться средой TrueSTUDIO Lite, её необходимо бесплатно зарегистрировать. Для этого после запуска скачанного инсталляционного файла мастер установки сгенерирует уникальный номер вашего компьютера – Computer id (см. рис. 4) – и открывает в веб-браузере страницу регистрации, где следует ввести адрес электронной почты и уникальный номер компьютера, полученный на предыдущем этапе установки (см. рис. 5).

После заполнения страницы регистрации появится сообщение об успешной регистрации продукта. На почтовый ящик придёт письмо от service@atollic.com, содержащее инсталляционный ключ (Installation key), который следует ввести в нижнее поле формы (см. рис. 6).

В процессе установки среды появится окно с предложением установить драйвер для ST-LINK, который понадобится для работы со встроенным в STM32 Discovery отладчиком. Эту настройку следует оставить включённой.

### СОЗДАНИЕ ПЕРВОГО ПРИЛОЖЕНИЯ

Создадим простейшее приложение на языке Си, которое будет выполняться на плате STM32 Discovery. Сразу после запуска среды Atollic TrueSTUDIO Lite пользователю предлагается выбрать местоположение так называемого рабочего пространства (*Workspace*) (см. рис. 7). По большому счёту, рабочее пространство определяет папку на компьютере, в которой будут создаваться несколько взаимосвязанных проектов и приложений. Оставим местоположение рабочего пространства без изменений.

Далее загрузится непосредственно среда разработки, но текущее рабочее пространство не содержит ни одного проекта, поэтому его необходимо создать. Для этого следует выбрать пункт меню *File* → *New* → *C Project*. В появившемся диалоге (см. рис. 8) следует выбрать тип проекта (*Project type*) STM32 C Project и ввести название проекта (*First\_Application* в нашем случае).

Следующий диалог позволяет выбрать аппаратную платформу, для которой будет разрабатываться приложение (см. рис. 9). Из списка *Evaluation Board* следует выбрать STM32\_Discovery. Остальные настройки установятся автоматически в соответствии с выбранной платой разработчика. Далее последует выбор отладчика, но версия TrueSTUDIO Lite поддерживает только отладчик ST-LINK, поэтому можно завершить работу мастера нажатием *Finish*.

Сразу же после создания проекта автоматически выполнится его сборка (см. рис. 10). О безошибочной сборке свидетельствует сообщение *Build complete for project First\_Application*. В результате сборки мы получили файл прошивки с расширением \*.elf, который в нашем случае расположен по адресу C:\Documents and Settings\Andrey\_K\Atollic\TrueSTUDIO\STM32\_workspace\First\_Application\Debug\First\_Application.elf. Теперь этот файл можно

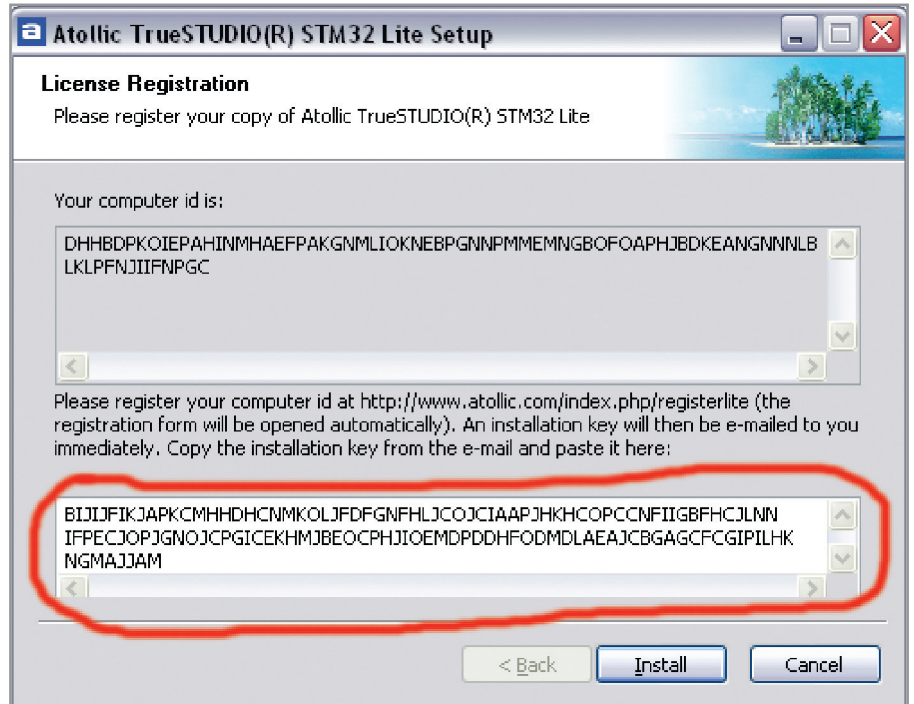


Рис. 6. Введение в форму полученного инсталляционного ключа

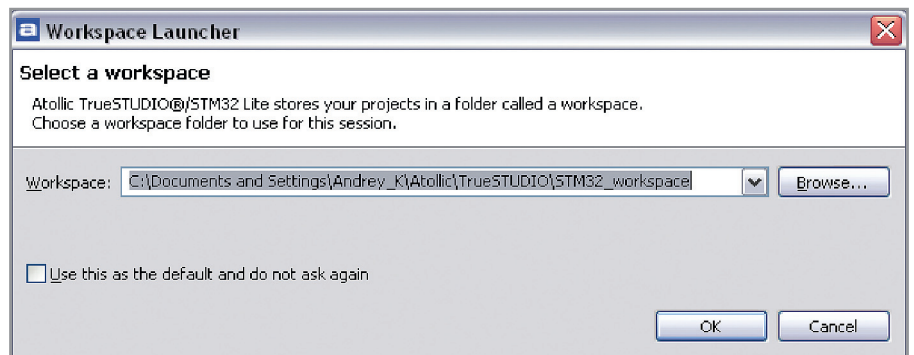


Рис. 7. Выбор местоположения рабочего пространства

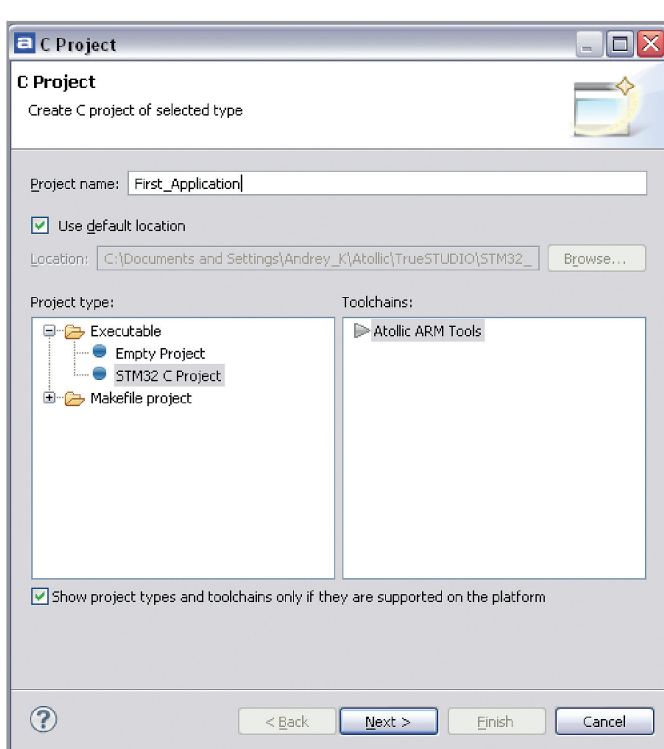


Рис. 8. Создание нового проекта в Atollic TrueSTUDIO Lite

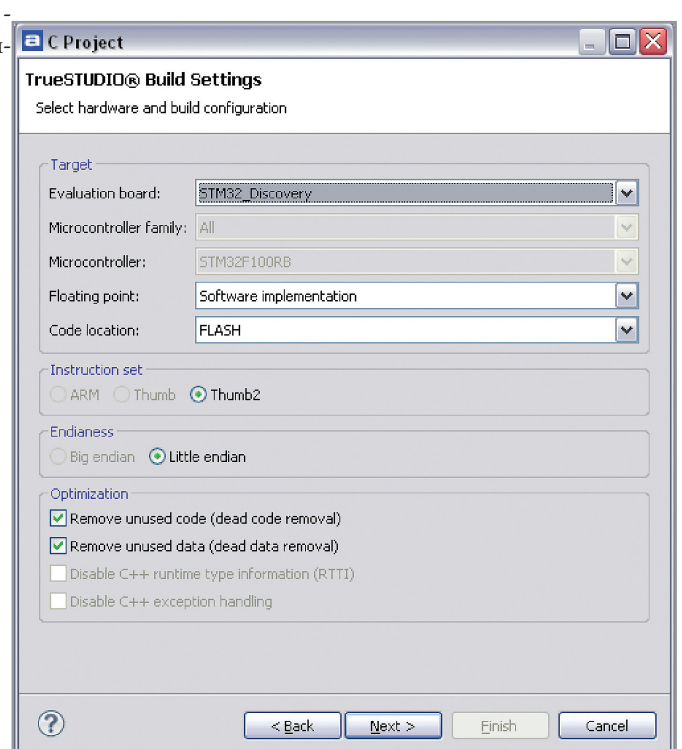


Рис. 9. Выбор платы разработчика или целевого микроконтроллера

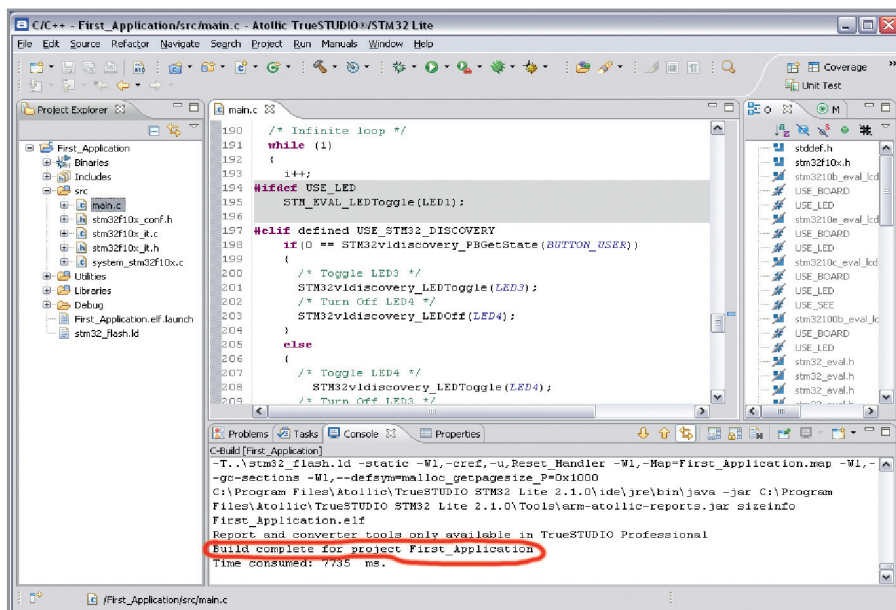


Рис. 10. Окно среды Atollic TrueSTUDIO Lite с открытым проектом

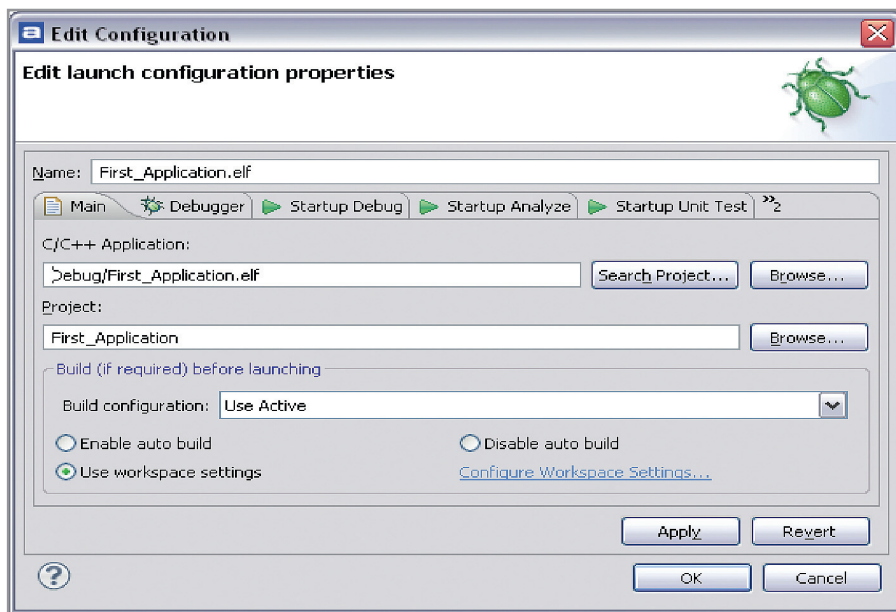


Рис. 11. Настройка сеанса отладки

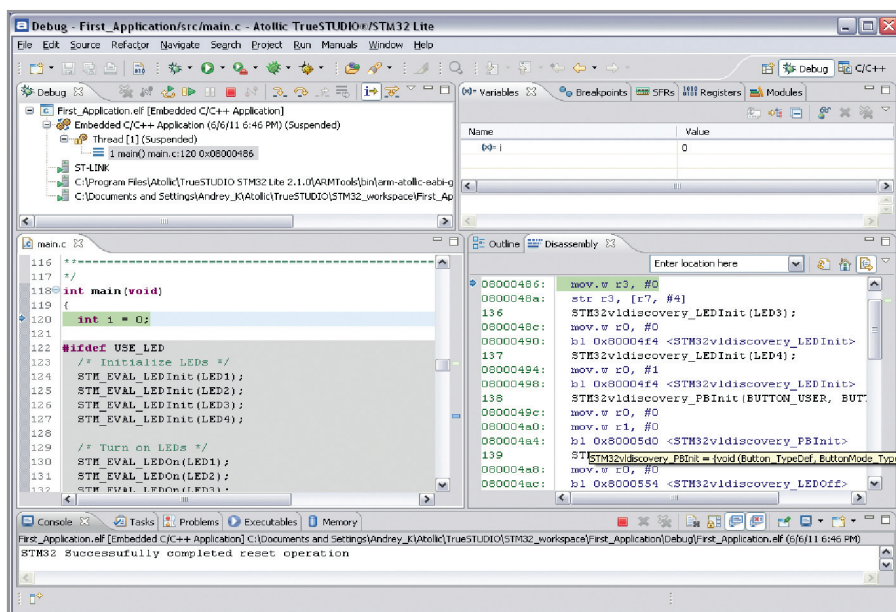


Рис. 12. Окно среды TrueSTUDIO Lite в режиме отладки приложения

сать во флэш-память микроконтроллера и/или приступить к отладке приложения.

### Отладка первого приложения

Для отладки первого приложения необходимо соединить компьютер со встроенным отладчиком ST-LINK при помощи кабеля USB-MiniUSB. Свечение красного светодиода свидетельствует о том, что питание подано и плата готова к загрузке приложения и отладке.

Для начала отладки следует нажать F11 или кнопку *Debug* на панели инструментов. Так как это первый сеанс отладки, на экран будет выведен диалог настройки сеанса отладки (см. рис. 11). Никаких изменений вносить не следует. По нажатию кнопки OK произойдет загрузка приложения в микроконтроллер и начнется процесс отладки на экран выводится полезная информация:

- фрагмент выполняемого в данный момент кода, при этом текущая строка выделена синим маркером;
- фрагмент кода ассемблера, который соответствует выполняемой в данный момент инструкции (окно дизассемблера);
- значения текущих локальных переменных программы и др.

Мерцание красного светодиода на программаторе/отладчике ST-LINK свидетельствует о происходящем процессе отладки. Сразу после начала отладки можно видеть, что маркер строки встал на первой инструкции в теле функции *main()* и выполнение программы остановилось. Для продолжения работы программы следует нажать кнопку F8 или кнопку *Resume* на панели инструментов в окне *Debug* (см. рис. 12).

Алгоритм работы приложения предельно простой и заключается в следующем. Если пользовательская кнопка на плате не нажата – горит зелёный светодиод, если нажата – синий светодиод.

Продemonстрируем возможности отладки на использовании точки останова (*Break point*). Для этого следует перейти на строку 210 исходного кода в файле *main.c*, как показано на рисунке 13. Нажав *Ctrl+Shift+B*, установив точку останова, которая обозначается круглым синим маркером (см. рис. 13). Если теперь во время выпол-

нения приложения нажать пользовательскую кнопку, то на плате зажгутся оба светодиода (зелёный и синий), а программа остановится точно в том месте, где была установлена точка останова.

### ЗАГРУЗКА ПРОШИВКИ В МИКРОКОНТРОЛЛЕР

Текущая прошивка загружается в микроконтроллер в процессе отладки. Однако начинать продолжительный по времени процесс отладки не всегда удобно, когда стоит цель только загрузить прошивку. Поэтому лучше использовать отдельную программу для работы с программатором/отладчиком ST-LINK, которая называется STM32 ST-LINK Utility. Эта программа также является бесплатной, и её можно скачать с официальной интернет-страницы STMicroelectronics [9] (см. рис. 14).

Для работы с платой STM32 Discovery необходимо установить режим программирования по интерфейсу SWD. Это можно сделать, выбрав пункт меню *Target* → *Settings* (см. рис. 15).

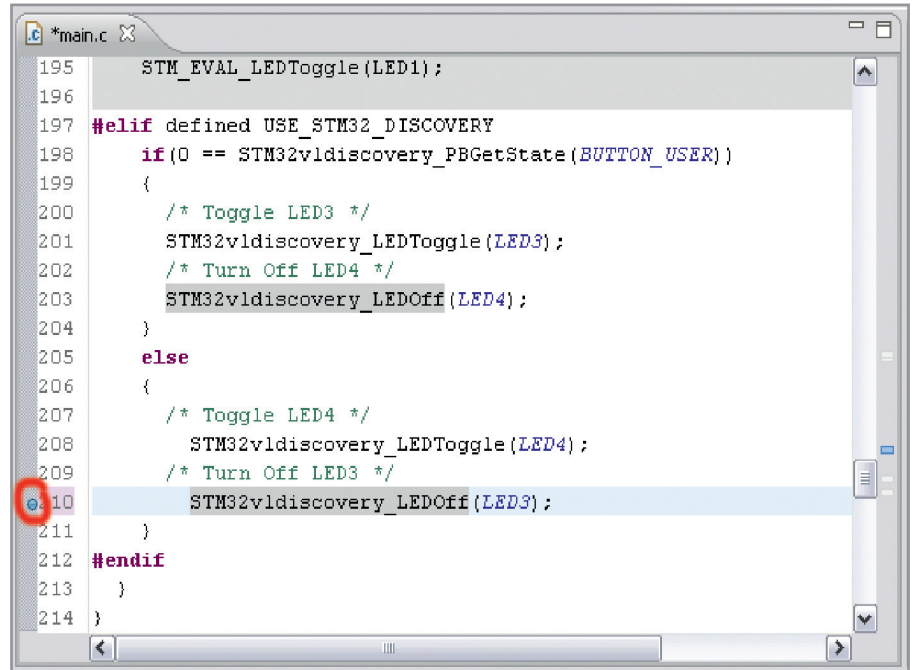


Рис. 13. Установка точки останова

Для подключения к программатору/отладчику ST-LINK необходимо выбрать пункт меню *Target* → *Connect*. После этого на экране (см. рис. 14) отобразится название целевого микроконтроллера (на панели *Device In-*

*formation*) и содержимое флэш-памяти микроконтроллера.

Программа STM32 ST-LINK Utility, помимо операций, непосредственно связанных с загрузкой прошивки, позволяет выполнять простейшие

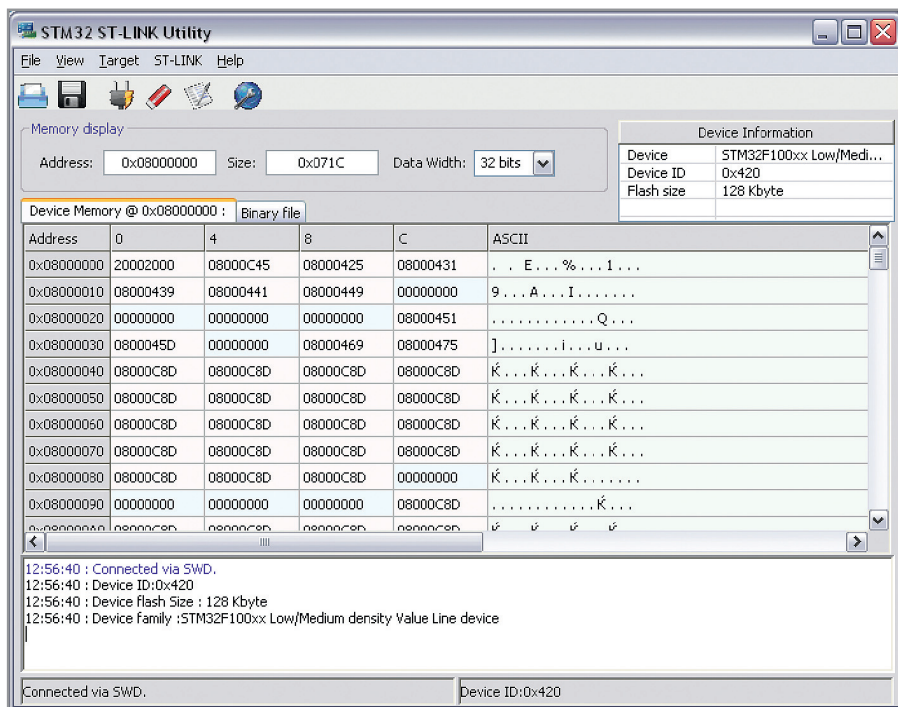


Рис. 14. Окно программы STM32 ST-LINK Utility

действия по управлению ядром микроконтроллера, такие как сброс, запуск/останов выполнения и просмотр

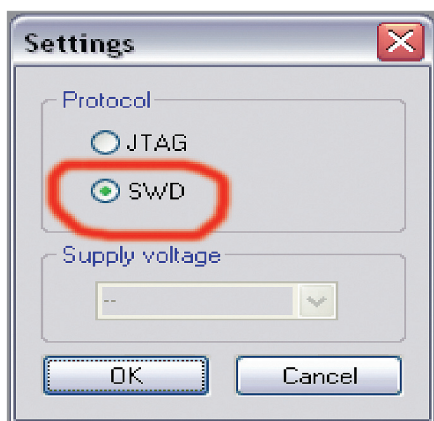


Рис. 15. Выбор интерфейса программирования

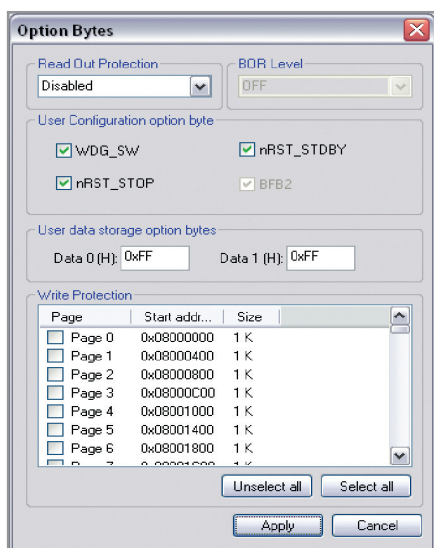


Рис. 16. Настройка конфигурационных байтов с помощью программы STM32 ST-LINK Utility

регистров. Для вызова этой функции следует выбрать пункт меню *Target* → *MCU Core*.

Кроме этого, имеется возможность выполнить конфигурацию целевого микроконтроллера, а именно:

- защитить память программ от несанкционированного чтения;
- установить/сбросить конфигурационные биты;
- постранично защитить флэш-память от записи.

Чтобы выполнить эти действия, необходимо выбрать пункт меню *Target* → *Option Bytes* (см. рис. 16).

### ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ФОРМАТА \*.ELF

К сожалению, программа STM32 ST-LINK Utility не распознаёт формат файла с прошивкой \*.elf, который генерирует среда разработки Atollic TrueSTUDIO Lite. Чтобы загрузить файл прошивки \*.elf с помощью STM32 ST-LINK Utility, его необходимо преобразовать в другой формат, например Intel HEX (\*.hex) [10]. Для этого удобно воспользоваться программой arm-elf-objcopy.exe из бесплатного пакета GNU ARM, который можно загрузить по адресу [11].

После установки пакета (если папка установки была выбрана по умолчанию) программа будет находиться по адресу C:\Program Files\GNUARM\bin\. Скопировав файл arm-elf-objcopy.exe в папку, где находится файл прошивки First\_Application.elf, следует выполнить

следующую консольную команду: arm-elf-objcopy.exe -O ihex First\_Application.elf First\_Application.hex. После этого в папке должен появиться файл прошивки с расширением \*.hex, который можно загрузить в целевой микроконтроллер с помощью программы STM32 ST-LINK Utility.

Для этого в программе STM32 ST-LINK Utility необходимо выбрать пункт меню *File* → *Open file* и указать путь к файлу \*.hex. Файл прошивки будет загружен в программу, и можно посмотреть как содержимое флэш-памяти микроконтроллера, так и содержимое загруженного файла с прошивкой. Чтобы загрузить файл прошивки в микроконтроллер, следует выбрать пункт меню *Target* → *Program & Verify*. Сообщение *Verification...OK* свидетельствует об успешной загрузке прошивки в микроконтроллер.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На примере отладочного набора STM32 Discovery были выполнены основные этапы создания микроконтроллерного устройства – от выбора программного обеспечения до загрузки готовой прошивки в микроконтроллер и его отладки. Поэтому отладочный набор STM32 Discovery может стать отправной точкой для разработчиков, которые хотят освоить платформу ARM Cortex M3, но при этом не желают нести значительных предварительных расходов.

### ЛИТЕРАТУРА

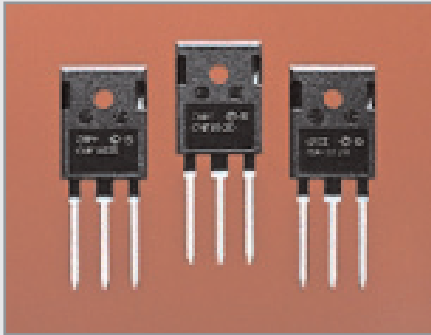
1. <http://www.efind.ru/icsearch/?search=stm32vldiscovery>.
2. <http://www.st.com/internet/mcu/product/216844.jsp>.
3. [http://www.st.com/internet/com/technical\\_resources/technical\\_literature/user\\_manual/CD00267113.pdf](http://www.st.com/internet/com/technical_resources/technical_literature/user_manual/CD00267113.pdf).
4. [http://www.st.com/internet/com/technical\\_resources/technical\\_literature/user\\_manual/CD00214439.pdf](http://www.st.com/internet/com/technical_resources/technical_literature/user_manual/CD00214439.pdf).
5. <http://www.iar.com/website1/1.0.1.0/68/1/>.
6. <http://www.keil.com/arm/mdk.asp>.
7. [http://www.atollic.com/download/Atollic\\_TrueSTUDIO\\_Feature\\_comparison.pdf](http://www.atollic.com/download/Atollic_TrueSTUDIO_Feature_comparison.pdf).
8. <http://www.atollic.com/index.php/download>.
9. [http://www.st.com/internet/com/software\\_resources/tool/device\\_programmer/um0892.zip](http://www.st.com/internet/com/software_resources/tool/device_programmer/um0892.zip).
10. <http://sourceware.org/ml/ecos-discuss/2004-07/msg00268.html>.
11. [http://www.gnuarm.com/bu-2.16.1\\_gcc-4.1.0-c-c++\\_nl-1.14.0\\_gi-6.4.exe](http://www.gnuarm.com/bu-2.16.1_gcc-4.1.0-c-c++_nl-1.14.0_gi-6.4.exe).



# Новости мира News of the World Новости мира

## Карбидокремниевый МОП-транзистор на 1200 В

Фирма Cree расширяет свое семейство SiC Z-FET на 1200 В. Для оптимизации мощности он может включаться параллельно. МОП-транзистор специфицирован при рабочей температуре 100°C на ток 12 А. Он предназначен для запирающих напряжений до 1,2 В и имеет при температуре 25°C типичное значение RDS(on) 160 мОм.



В отличие от кремниевых элементов с аналогичными параметрами, значение RDS(on) у SiC-МОП-транзистора остаётся менее 200 мОм во всём диапазоне рабочих температур. Ток утечки менее 1 мкА. Элемент заменяет кремниевые транзисторы (IGBT), которые в настоящее время применяются в диапазоне от 3 до 10 кВ. CMF10120D имеет корпус TO-247.

[www.cree.com](http://www.cree.com)

## Плоские катушки индуктивности

Фирма Murata Power Solutions анонсировала три серии SMD-катушек индуктивности, которые разработаны для использования в приложениях с сильными токами. В сериях 3700, 3800 и 3900 речь идёт об индуктивности от 0,15 до 10 мкГн при постоянном токе до 19,5 А. Эти элементы поверхностного монтажа имеют размеры 14,5 × 11,5 × 5,8 мм.



Индуктивности предназначены для использования в DC/DC-преобразователях, в которых требуется быстродействие в переходных режимах. Примерами являются модули стабилизаторов напряжения, ноутбу-

ки и плазменные дисплеи. Рабочий температурный диапазон элементов -40...+130°C. Все катушки индуктивности соответствуют требованиям директивы RoHS и обратно совместимы с системами пайки оловом-свинцом.

[www.murata-ps.com](http://www.murata-ps.com)

## Изолированные DC/DC-преобразователи 60 Вт

Фирма TDK-Lambda выпускает 60-ваттные DC/DC-преобразователи серии PXF с входом 2 : 1. Модули имеют диапазоны входных напряжений 18...36 В или 36...75 В (номинальные значения 24 или 48 В) и выходные напряжения от 3,3 до 15 В при общей выходной мощности 60 Вт. Они имеют стандартный формат 5,08 × 5,08 × 1,016 см.



Преобразователи PXF60 имеют КПД до 90%, допуски безопасности согласно нормам IEC/UL/EN 60950 и отмечены символом CE. В стандартное оборудование входят дистанционное включение-выключение, триммер на выходе, а также схемы защиты от перегрузки и повышенного напряжения.

[www.de.tdk-lambda.com](http://www.de.tdk-lambda.com)

## Светодиоды для видеодисплеев внутреннего и наружного использования

Светодиоды серии Screen Master CLX6A-FKB и CLXVBA-FKA компании Cree предназначены для видеоскренов в HD-технологии. Светодиоды семейства CLX6A-FKB водонепроницаемы и предназначаются для дисплеев, применяемых на открытом воздухе. Модели серии CLXVBA-FKA предназначены для экранов, устанавливаемых в помещениях.

Светодиоды серии Screen Master CLX6A-FKB поставляются в компактном герметичном корпусе. Он выполняет требования по классу защиты IPX6 (защита от мощных струй воды) и IPX8 (защита от длительного погружения). Чёрный корпус PLCC6 исклю-



чает необходимость в дополнительных защитных оболочках.

Screen Master CLXVBA-FKA является первым RGD-светодиодом Cree с SMT-корпусом для видеоскренов с высокой контрастностью, устанавливаемым в зданиях. Светодиод CLXVBA-FKA поставляется в корпусе PLCC4 размером 3,5 × 2,8 мм.

[www.cree.com](http://www.cree.com)

## Силовые дроссели с монтажной высотой 1,65 мм

Фирма Murata Power Solutions представляет серии 2700 и 2700T силовых дросселей поверхностного монтажа, которые



пригодны для работы в потребительских приложениях с небольшой высотой. Дроссели серии 2700 имеют размеры 9,0 × 7,7 × 1,65 мм, номиналы индуктивности от 4,7 до 1000 мкГн и рассчитаны на максимальный постоянный ток до 1,6 А в зависимости от элемента. Дроссель индуктивностью 1 мГн имеет сопротивление по постоянному току в пределах от 0,1 до 14 Ом. Несколько меньшая серия 2700T имеет номиналы индуктивности от 1 до 330 мкГн и максимальный рабочий ток до 2 А. Сопротивление по постоянному току дросселя индуктивностью 1 мГн составляет 80 мОм и повышается для индуктивности 330 мкГн до 15 Ом. Серии 2700 и 2700T имеют рабочий температурный диапазон -40...+125°C.

[www.murata-ps.com](http://www.murata-ps.com)