

# Отладочные средства для AVR и AVR32 UC3 2011 года

Алексей КУРИЛИН  
ak@efo.ru

Компания Atmel распространяет большое количество фирменных отладочных средств, предназначенных для поддержки разработок с использованием микроконтроллеров AVR (tiny, mega, Xmega) и AVR32 UC3 (AT32UC3). Выпущенные в последнее время отладочные средства компании уже ориентированы на поддержку кристаллов обеих архитектур. Это привело к формированию нового поколения средств разработки, выстроенных в едином стиле для двух микроконтроллерных платформ разного класса. Обзор возможностей этих новинок приведен в данной статье.

## Стартовый набор STK600

Стартовый набор STK600 является базовым средством для освоения 8-разрядных микроконтроллеров AVR (tiny, mega, Xmega) и 32-разрядных AVR32 UC3. Несмотря на свою универсальность, набор не перегружен функционально и достаточно прост в освоении. Он представляет собой базовую плату, на которую устанавливаются мезонинные модули и переходные платы (рис. 1).

На плате STK600 предусмотрены следующие компоненты:

- 10-контактные 2-рядные штыревые разъемы с шагом 2,54 мм для подключения к портам ввода/вывода микроконтроллеров.
- 8 кнопок и 8 светодиодов для реализации простейшего интерфейса пользователя.
- Микросхема энергонезависимой памяти DataFlash объемом 2 Мбит для хранения данных.
- Разъем USB mini-AB для микроконтроллеров, снабженных интерфейсом USB (Device и OTG).
- Разъем DB9 и микросхема преобразования уровней для подключения микроконтроллера к ПК по интерфейсу RS-232.
- Разъем DB9 и микросхема преобразования уровней для подключения по интерфейсу CAN микроконтроллеров, у которых этот интерфейс предусмотрен.
- Штыревой разъем и микросхема преобразования уровней для кристаллов с контроллером интерфейса LIN для подключения к этой шине.
- Интерфейс USB для управления платой STK600 с ПК.
- Разъемы для подключения управляющей части STK600 к микроконтроллеру по интерфейсам SPI (для tiny и mega), PDI (для Xmega), JTAG (для всех AVR с интерфейсом JTAG) и aWire (для AVR32 UC3).
- Регулятор напряжения, обеспечивающий питание управляющей части самой платы и программируемые напряжения, подаваемые на вход питания целевого микроконтроллера и источника опорного напряжения.

- Программируемый генератор тактового сигнала частотой до 32 МГц и кварцевый генератор с панелью для установки кварцевого резонатора.

Плата STK600 может быть запитана по интерфейсу USB либо от внешнего источника питания на 10–15 В с допустимым током нагрузки до 500 мА. Для питания целевого микроконтроллера могут быть установлены напряжения с шагом 0,1 В в диапазоне от 0 до 3,6/5,5 В в зависимости от допустимых напряжений питания этого микроконтроллера. Два напряжения, подаваемые в качестве опорных для аналоговой части, могут быть установлены в этих же пределах, но уже более точно — с шагом 10 мВ.

Для тех, кто знаком со стартовым набором STK500 [1], можно отметить, что в STK600 частоты источника тактового сигнала могут быть установлены точнее ( $\pm 0,1\%$ ), нежели это возможно у «старшего брата» — STK500, где тактовые частоты можно задать только из определенного набора дискретных значений.

Регулировка напряжения питания целевого микроконтроллера и частоты сигнала на выходе источника тактового сигнала производится «на лету» программным образом в среде AVR Studio. Это позволяет задать различные режимы работы целевого микроконтроллера и шире оценить его возможности.

На плате STK600 предусмотрены интерфейсы JTAG, PDI и aWire. Они обычно имеют двойное назначение — в качестве интерфейса для внутрисхемной эмуляции и в качестве интерфейса программирования Flash-памяти и конфигурационных битов целевого микроконтроллера. Интерфейсы самой STK600 обеспечивают только функцию программирования, хотя предусмотрена возможность подключения внешнего эмулятора для организации внутрисхемной отладки на процессоре, установленном на плате STK600. Она также может использоваться для программирования микроконтроллера на внешней целевой плате.

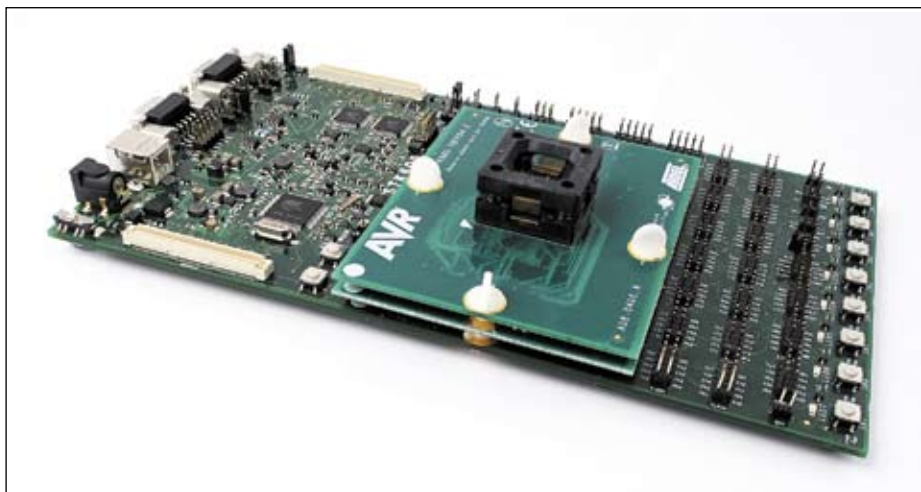


Рис. 1. STK600 с установленными на нее переходной и мезонинной платами

**Таблица 1.** Соответствие наименований мезонинных и переходных плат и поддерживаемых ими микроконтроллеров

Мезонинная плата	Поддерживаемый корпус	Переходная плата	Поддерживаемые микроконтроллеры
ATSTK600-SC01	DIP	ATSTK600-RC01	ATtiny2313, ATtiny2313A, ATtiny4313
		ATSTK600-RC02	ATtiny11, ATtiny12, ATtiny13, ATtiny13A, ATtiny25, ATtiny45, ATtiny85
		ATSTK600-RC04	ATmega162, ATmega8515
		ATSTK600-RC05	ATmega1284, ATmega1284P, ATmega16, ATmega164A, ATmega164P, ATmega164PA, ATmega16A, ATmega32, ATmega324A, ATmega324P, ATmega324PA, ATmega32A, ATmega644, ATmega644A, ATmega644P, ATmega644PA, ATmega8535
		ATSTK600-RC06	ATmega168, ATmega168A, ATmega168P, ATmega168PA, ATmega328, ATmega328P, ATmega48, ATmega48A, ATmega48P, ATmega48PA, ATmega8, ATmega88, ATmega88A, ATmega88P, ATmega88PA, ATmega8A, ATtiny48, ATtiny88
		ATSTK600-RC08	ATtiny26, ATtiny261, ATtiny261A, ATtiny461, ATtiny861, ATtiny861A
ATSTK600-RC12	ATtiny24, ATtiny24A, ATtiny44, ATtiny44A, ATtiny84		
ATSTK600-SC02	TQFP64	ATSTK600-RC09	AT90CAN128, AT90CAN32, AT90CAN64, ATmega128, ATmega1281, ATmega128A, ATmega2561, ATmega64, ATmega64A
		ATSTK600-RC10	ATmega165, ATmega165A, ATmega165P, ATmega169, ATmega169A, ATmega169P, ATmega169PA, ATmega325, ATmega325A, ATmega325P, ATmega329, ATmega329A, ATmega329P, ATmega329PA, ATmega645, ATmega645A, ATmega645P, ATmega649, ATmega649A, ATmega649P
		ATSTK600-RC14	ATxmega128A3, ATxmega128D3, ATxmega192D3, ATxmega256A3, ATxmega256A3B, ATxmega256D3, ATxmega64A3, ATxmega64D3
		ATSTK600-RC17	AT90USB1286, AT90USB1287, AT90USB646, AT90USB647, ATmega32U6
		ATSTK600-RC11	ATmega1280, ATmega2560, ATmega640
		ATSTK600-RC13	ATxmega128A1, ATxmega128A1U, ATxmega64A1
ATSTK600-SC03	TQFP100	ATSTK600-RC18	ATmega3250, ATmega3250A, ATmega3250P, ATmega3290, ATmega3290A, ATmega3290P, ATmega6450, ATmega6450A, ATmega6450P, ATmega6490, ATmega6490A, ATmega6490P
		ATSTK600-RC28	AT32UC3A1128, AT32UC3A1256, AT32UC3A1512
		ATSTK600-RC38	AT32UC3C1128, AT32UC3C1256, AT32UC3C1512C, AT32UC3C164
		ATSTK600-RC15	ATxmega16A4, ATxmega16D4, ATxmega32A4, ATxmega32D4
ATSTK600-SC06	TQFP44	ATSTK600-RC25	ATmega16U4, ATmega32U4
		ATSTK600-RC30	ATmega162, ATmega8515
		ATSTK600-RC31	ATmega1284, ATmega1284P, ATmega16, ATmega164A, ATmega164P, ATmega164PA, ATmega16A, ATmega32, ATmega324A, ATmega324P, ATmega324PA, ATmega32A, ATmega644, ATmega644A, ATmega644P, ATmega644PA, ATmega8535
		ATSTK600-RC20	AT90USB162, AT90USB82, ATmega16U2, ATmega32U2, ATmega8U2
ATSTK600-SC10	TQFP32	ATSTK600-RC22	ATmega16M1, ATmega32C1, ATmega32M1, ATmega64C1, ATmega64M1
		ATSTK600-RC29	ATmega168, ATmega168A, ATmega168P, ATmega168PA, ATmega328, ATmega328P, ATmega48, ATmega48A, ATmega48P, ATmega48PA, ATmega8, ATmega88, ATmega88A, ATmega88P, ATmega88PA, ATmega8A
		ATSTK600-RC45	ATtiny48, ATtiny88
		ATSTK600-RC19	AT90PWM1, AT90PWM2, AT90PWM216, AT90PWM2B, AT90PWM3, AT90PWM316, AT90PWM3B
ATSTK600-SC11	SOIC	ATSTK600-RC23	ATtiny167, ATtiny87
		ATSTK600-RC26	AT90PWM81
		ATSTK600-RC42	ATtiny20
		ATSTK600-RC44	ATtiny40
ATSTK600-RC46	ATtiny24, ATtiny24A, ATtiny44, ATtiny44A, ATtiny84		
ATSTK600-SC13	TSSOP44	ATSTK600-RC24	ATmega16HVB, ATmega32HVB
ATSTK600-SC14	TQFP64	ATSTK600-RC21	AT32UC3B0128, AT32UC3B0256, AT32UC3B0512, AT32UC3B064
		ATSTK600-RC40	AT32UC3C2128, AT32UC3C2256, AT32UC3C2512C, AT32UC3C264
ATSTK600-SC16	TQFP48	ATSTK600-RC27	AT32UC3B1128, AT32UC3B1256, AT32UC3B164
		ATSTK600-RC34	AT32UC3L016, AT32UC3L032, AT32UC3L064
ATSTK600-SC19	TQFP144	ATSTK600-RC32	AT32UC3A3128, AT32UC3A3128S, AT32UC3A3256, AT32UC3A3256S, AT32UC3A364, AT32UC3A364S
		ATSTK600-RC33	AT32UC3A0128, AT32UC3A0256, AT32UC3A0512
		ATSTK600-RC36	AT32UC3C0128, AT32UC3C0256, AT32UC3C0512C, AT32UC3C064
		ATSTK600-RC35	AT32UC3A0128, AT32UC3A0256, AT32UC3A0512
STK600-Tinyx3U	SOIC20	—	ATtiny43U
STK600-ATTINY10	SOT23/6	—	ATtiny4, ATtiny5, ATtiny9, ATtiny10

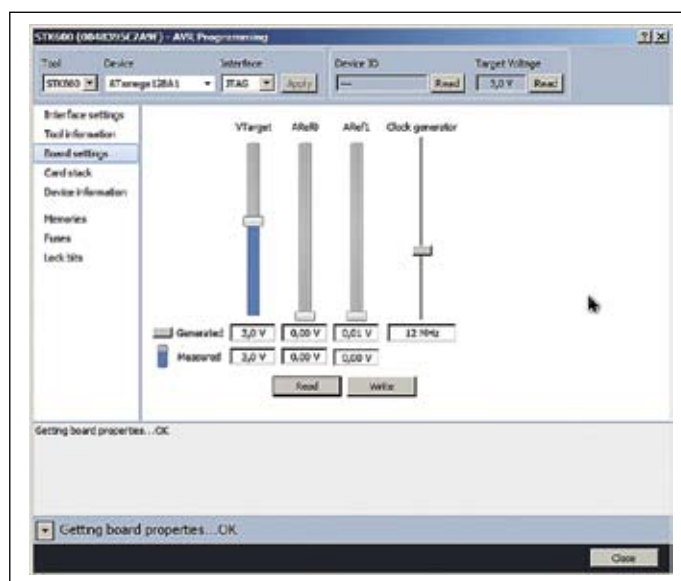
На плате STK600 имеется управляющая логика, построенная на базе кристаллов AT90USB1287 и ATmega16. Она обеспечивает работу всех вышеперечисленных функций платы. Для поддержки новых микроконтроллеров, которые Atmel начала производить после выпуска набора STK600, выпускаются обновления микрокода управляющей логики вместе с интегрированной средой разработки AVR Studio,

которая проверяет его актуальность в STK600 и обновляет в случае необходимости.

В базовой комплектации набор STK600 поставляется с демонстрационным мезонинным модулем, на котором распаян микроконтроллер ATmega2560. В зависимости от того, какой микроконтроллер и в каком корпусе планирует задействовать разработчик, должна быть выбрана соответствующая мезонинная плата с ZIF-панелью. Ассортимент кристаллов AVR достаточно широк, и в одном и том же корпусе (одинаковое количество выводов и шаг между выводами) могут выпускаться различные микроконтроллеры, которые могут быть не совместимы повыводно (например, ATmega128 и ATxmega128 A3). Поэтому для организации корректной коммуникации между контроллером на мезонинной плате и функциональными узлами, питанием и разъемами расширения на базовой плате STK600, между STK600 и мезонином устанавливаются переходные платы, которые подбираются под определенный кристалл либо серию повыводно совместимых кристаллов. Таким образом, в STK600 обеспечивается поддержка всех выпускаемых микроконтроллеров AVR: от самого маленького ATtiny10 в 6-выводном корпусе до кристалла AT32UC3A0 в корпусе TQFP144. Наименования мезонинных и переходных плат, а также поддерживаемых ими микроконтроллеров приведены в таблице 1.

Практика показывает, что при первом включении платы STK600 с мезонинным модулем может возникнуть такая проблема: после установки мезонинной платы и включения питания индикатор статуса STK600 может мигать оранжевым цветом, показывая, что мезонинная плата не установлена либо установлена неверно. В первую очередь здесь необходимо проверить правильность установки мезонинного модуля, переходной платы, их взаимного позиционирования, а также корректность установки микроконтроллера в ZIF-панель. Затем следует проверить значение напряжения VTarget в окне программирования на закладке настроек платы STK600 (закладка HW Setting в AVR Studio 4 или Board Settings в AVR Studio 5) и установить его в нужное значение, так как большинство новых плат поставляются со значением VTarget, установленным в 0 В. Индикация некорректной установки загорается потому, что на мезонинных и переходных платах имеется своя логика, требующая питания, и если питание на мезонинную плату не подано, то базовая плата не получает отклика от логики мезонина и не может идентифицировать установленный на нее модуль.

На данный момент плата STK600 может работать под управлением интегрированных сред разработки AVR Studio 4, AVR32 Studio и среды последнего поколения — AVR Studio 5 (рис. 2).



**Рис. 2.** Стандартное диалоговое окно программирования микроконтроллера

Стартовый набор STK600 доступен в России по цене \$235, а большинство мезонинных и переходных плат — по \$60 и \$20 соответственно. Возможность заказа всех компонентов по отдельности позволяет постепенно вкладывать средства по мере развития требований по поддержке тех или иных микросхем в разных корпусах для текущих и новых проектов.

Так как стоимость мезонинного модуля сопоставима с розничной стоимостью качественной ZIF-панели, то существует и нестандартный путь использования мезонинного модуля — в роли платы для быстрого макетирования. Конечно же, мезонинные платы не так удобны для подобного использования, но при необходимости быстрого создания макета могут заметно сэкономить время на поиске подходящей ZIF-панели либо при изготовлении печатной платы под заданный тип корпуса микроконтроллера. Принципиальные электрические схемы мезонинных плат доступны на сайте Atmel.

### Внутрисхемный эмулятор JTAGICE3

Эмулятор JTAGICE3 (рис. 3) предназначен для выполнения внутрисхемной отладки программ на целевом микроконтроллере с использованием встроенного в большинство кристаллов AVR механизма отладки. JTAGICE3 обеспечивает работу со всеми микроконтроллерами AVR и AVR32 и является альтернативой известному и широко используемому эмулятору JTAGICE2 [1]. Новый JTAGICE3 в отличие от «предшественника» обладает рядом преимуществ:

- обеспечивает большую скорость работы;
- лучше защищен (аппаратно) от неверных действий пользователя;
- имеет меньшие размеры;
- доступен по меньшей цене.

Качественным отличием, которое было положительно оценено разработчиками, является то, что шлейф, соединяющий эмулятор с целевой платой, у JTAGICE3 выполнен в классическом варианте — обычным плоским кабелем с IDC-разъемами на его концах. Это важно, так как соединительный кабель более всего подвержен механическим повреждениям, которые могут привести к полной остановке процесса разработки с использованием этого эмулятора. В новом JTAGICE3 такой простой кабель может быть восстановлен собственными силами либо приобретен в готовом виде в розничном радиоэлектронном магазине в отличие от кабеля для JTAGICE2, доступном по достаточно высокой цене только по каналам поставки продукции Atmel.

Эмулятор JTAGICE3 имеет следующие характеристики:

- Поддержка внутрисхемной эмуляции и программирования по интерфейсам JTAG и aWire для 32-разрядных AVR32 UC3.



Рис. 3. Внутрисхемный эмулятор JTAGICE3

- Поддержка внутрисхемной эмуляции и программирования по интерфейсам JTAG и PDI для 8-разрядных AVR Xmega.
- Поддержка внутрисхемной эмуляции по интерфейсам JTAG и debugWire для 8-разрядных AVR Tiny и Mega, а также их программирования по интерфейсам JTAG и SPI.
- Широкий набор поддерживаемых скоростей обмена данными:
  - интерфейс JTAG — от 32 кбит/с до 15 Мбит/с;
  - интерфейс PDI — от 32 кбит/с до 10 Мбит/с;
  - интерфейс debugWire — от 4 кбит/с до 0,5 Мбит/с;
  - интерфейс aWire — от 7,5 кбит/с до 7,5 Мбит/с;
  - интерфейс SPI — от 8 кбит/с до 1,875 Мбит/с.

- Поддержка трех аппаратных точек останова и одной точки останова по данным (при условии поддержки функции блоком OCD микроконтроллера и поддержке этого механизма программным обеспечением).
- Поддержка до 128 программных точек останова.
- Работа с целевым микроконтроллером, питание которого может варьироваться в диапазоне от 1,8 до 5,5 В.
- Высокая скорость загрузки кода (загрузка 256 байт кода за 15 с в микроконтроллер XMEGA по интерфейсу JTAG).
- Подключение к ПК и питание по интерфейсу USB.

В состав набора, помимо самого эмулятора, входят все необходимые для работы кабели, а также три переходника, необходимые для подключения к разъемам с типовыми «распиновками» (схемами расположения контактов на разъемах) на стартовом наборе STK600 и всех оценочных наборах для AVR и AVR32 UC3. У этих переходников с одной стороны установлен 10-контактный 2-рядный разъем с шагом 1,27 мм для подключения кабеля от JTAGICE3, а с обратной — в зависимости от назначения:

- 10-контактный 2-рядный разъем с шагом 2,54 мм со стандартной (типовой для отладочных средств Atmel) «распиновкой» интерфейса JTAG;
- 6-контактный 2-рядный разъем с шагом 2,54 мм с «распиновкой» под интерфейсы SPI, debugWire, PDI и aWire;

- 6-контактный 2-рядный разъем с шагом 1,27 мм с «распиновкой» под интерфейсы SPI, debugWire, PDI и aWire.

6-контактный разъем с шагом 1,27 мм не свойственен отладочным средствам Atmel: вероятно, это сделано для будущих отладочных средств либо для предоставления разработчикам возможности размещения разъема для подключения эмулятора на минимальной площади собственной платы. 10-контактный разъем с шагом 1,27 мм на «хвосте» кабеля самого JTAGICE3 имеет типовую «распиновку» интерфейса JTAG. На все интерфейсы, поддерживаемые эмулятором, «распиновки» приведены во встроенной справке AVR Studio 5, и они идентичны всем разъемам отладочных средств, выпускаемых фирмой Atmel, где предусмотрена возможность подключения по какому-либо поддерживаемому эмулятором интерфейсу.

Так как JTAGICE3 подключается к ПК по интерфейсу USB, то операционная система при подключении эмулятора должна найти драйвер. Этот драйвер прописывается в операционной системе при установке среды AVR Studio 5. Это значит, что до первого подключения эмулятора к ПК среда разработки уже должна быть установлена. Часто встречается, что драйвер при его установке некорректно прописывается в операционной системе, что требует переустановку драйвера: для этого его инсталлятор распространяется отдельно [4].

Разработчики, уже работающие с платформой AVR и приобретающие эмулятор JTAGICE3, должны учитывать тот факт, что он поддерживается только последней версией интегрированной среды разработки — AVR Studio 5. Его поддержка в AVR Studio 4 и AVR32 Studio не реализована и не планируется. Поэтому для работы с ним необходимо либо перенести проект в новую оболочку и продолжить разработку в ней, либо объектный файл (ELF для GCC), сформированный в AVR Studio 4 или AVR32 Studio, отлаживать уже в оболочке AVR Studio 5. К этому можно добавить, что поддержка «предшественника» — эмулятора JTAGICE2 — реализована в новой среде AVR Studio 5, в то время как его поддержка в прежних версиях среды была реализована исторически. Фирма Atmel пока не планирует снимать JTAGICE2 с производства, поэтому нужно заказывать его в тех случаях, когда ограничения, накладываемые эмулятором JTAGICE3, неприемлемы.

При работе с JTAGICE3 необходимо выполнять стандартное правило: соединение эмулятора с целевой платой должно производиться до соединения эмулятора с ПК и подключения питания целевой платы. На рис. 4 приведена блок-схема JTAGICE3, которую будет полезно знать разработчикам, нарушившим по различным причинам это правило. Его несоблюдение может привести к выходу из строя интерфейсной части эмулятора — микросхемы согласования уровней логических сигналов, обеспечивающей работу эмулятора

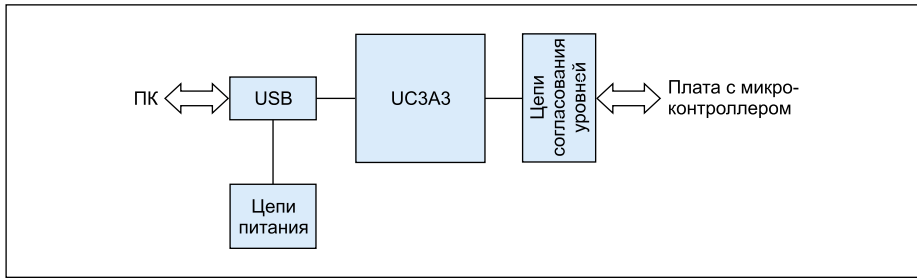


Рис. 4. Структурная схема эмулятора JTAGICE3

### Оценочные наборы

Самым простым и дешевым способом опробовать ключевые характеристики микроконтроллеров AVR являются оценочные наборы. Фирма Atmel в конце прошлого и начале этого года анонсировала новые оценочные наборы, в наименовании которых содержится слово Xplained (эксплэйнд), созвучное слову explained (разъясненный). Этими наборами Atmel разъясняет ключевые функциональные и периферийные возможности установленных на них микроконтроллеров, а также показывает простоту дизайна изделий на их базе.

Все наборы Xplained построены типовым образом (фото плат с ATXmega128A1 и AT32UC3A3 для примера приведены на рис. 5): на плате распаян старший в линейке микроконтроллер, который «обязан» минимальной периферией и снабжен средством для соединения с ПК. Каждая плата Xplained доступна в России по цене \$35. В таблице 2 приведены их характеристики.

На платах Xplained предусмотрены разъемы для подключения внешних устройств либо мезонинных модулей производства

с широким набором питающих напряжений и уровней логических сигналов на целевой плате. Случаев отказа еще не было, но нужно иметь в виду, что выход из строя интерфейсной части не является гарантийным случаем, и единственное решение проблемы — это самостоятельная замена элемента: микросхемы SN74CB3T3125PW. Другие элементы из строя выходить не должны.

Здесь можно отметить интересный момент: фирма Atmel впервые в своих отладочных средствах применила в JTAGICE3 собственный микроконтроллер AT32UC3A3 для организации интерфейса с компьютером. Этот микроконтроллер обеспечил скоростной обмен данными с ПК по интерфейсу USB High-Speed, а также позволил гибко управлять тактированием процессорного ядра микроконтроллера в зависимости от требуемой скорости обмена данными с целевой платой. Тактовая частота процессорного ядра может автоматически снижаться вплоть до 1 МГц на малых скоростях и повышаться до 60 МГц — на высокой скорости работы канала. Факт применения собственного микроконтроллера служит подтверждением высоких коммуникационных свойств AT32UC3A3, которая была применена производителем для изготовления собственного изделия, относящегося к классу устройств, составляющих отдельный бизнес компании.

Теоретически эмулятор JTAGICE3 помимо внутрисхемной отладки должен обеспечить возможность тестирования печатных

плат с использованием методов граничного сканирования. Но на данный момент автору статьи неизвестно о существовании программы, которая может работать с этим эмулятором. Поэтому для реализации задачи тестирования цепей печатной платы с микроконтроллерами AVR необходимо использовать сторонний JTAG-эмулятор и доступное программное обеспечение для него. Фирма Atmel, в свою очередь, распространяет для этой задачи BSDL-файлы с описанием архитектуры регистров граничного сканирования всех микроконтроллеров AVR с JTAG-интерфейсом.

Таблица 2. Характеристики оценочных наборов Xplained

	XMEGA-A1 Xplained	MEGA-1284P Xplained	UC3-L0 XPLAINED	UC3-A3 XPLAINED
Код для заказа	ATAVRXPLAIN	ATMEGA1284P-XPLD	AT32UC3L0-XPLD	AT32UC3A3-XPLD
Целевой МК	ATXmega128A1	ATmega1284P	AT32UC3L064	AT32UC3A3256
Внешняя память	8 Мбайт SDRAM	—	—	64 Мбит SDRAM
Расширение памяти	2 площадки для распайки микросхемы DataFlash серий AT25 и AT45			
Связь с ПК по USB	Через контроллер платы, построенный на AT32UC3B1256			Собственный USB у AT32UC3A3256
Доступные интерфейсы	JTAG, 6xUART, 3xTWI, 3xSPI	JTAG, 2xUART, TWI, SPI с двумя chip select	JTAG, UART, TWI, SPI с двумя chip select	JTAG, 2xUART, 2xSPI, 2xTWI
Доступная аналоговая периферия	8 входов АЦП и аналогового компаратора, НЧ-фильтр на входе одного из каналов, выход ЦАП на динамик через УМЗЧ	8 входов АЦП, НЧ-фильтр на входе одного из каналов		
Датчики	Температурный и освещенности, подключенные ко входам АЦП		Температурный, подключенный ко входу АЦП	
Частоты внешних источников тактирования	32 кГц	32 кГц	32 кГц	12 МГц, 32 кГц
Количество доступных линий ввода/вывода	24	24	24	24
Интерфейс пользователя	8 механических кнопок, 8 светодиодов	3 механических и 1 сенсорная кнопка, 4 светодиода	1 механическая и 1 сенсорная кнопки, слайдер, 1 трехцветный и 1 одноцветный светодиода	1 механическая и 1 сенсорная кнопки, слайдер, 2 одноцветных светодиода

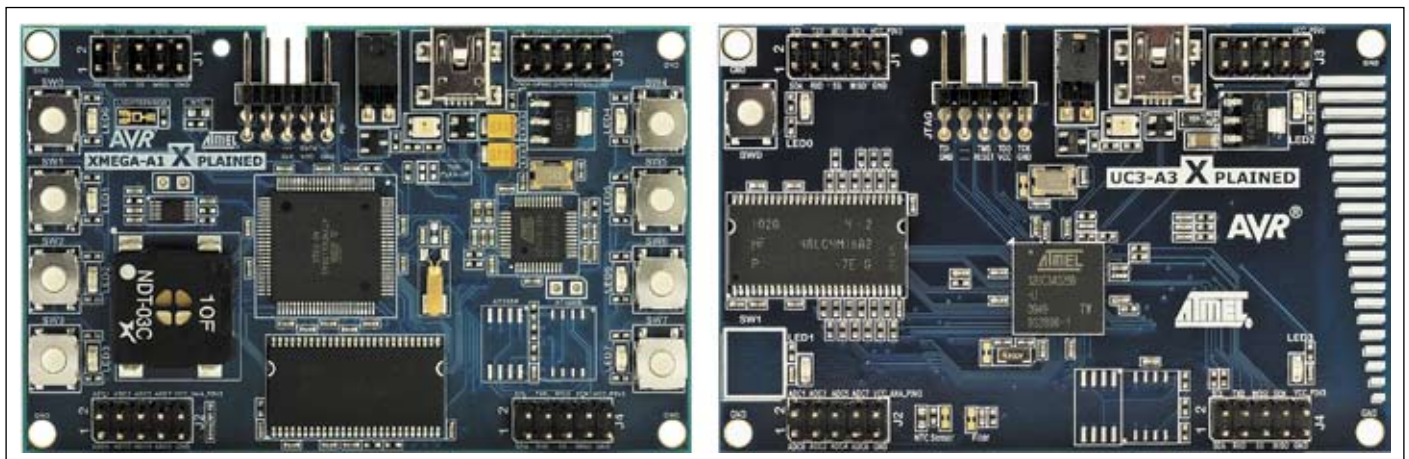


Рис. 5. Оценочные наборы Xplained для ATXmega128A1 и AT32UC3A3

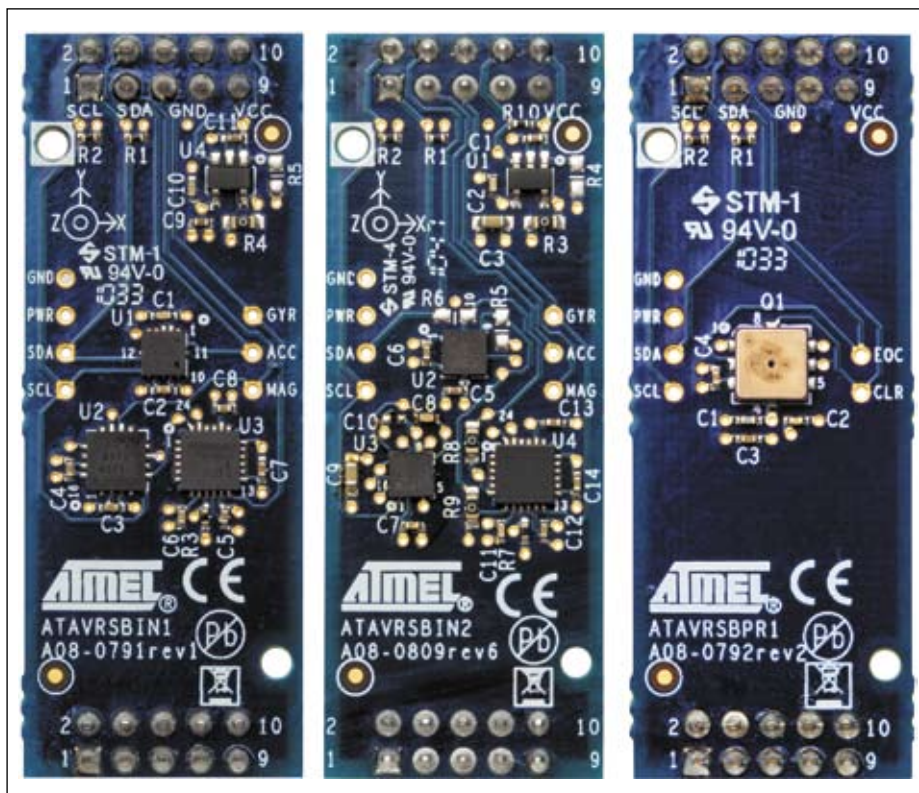


Рис. 6. Платы с датчиком давления и инерциальными датчиками

чиками в двух вариантах предоставляют возможность выбора между простым дизайном (в Inertial One) и более точными характеристиками и возможностью конфигурирования (в Inertial Two).

К платам Xplained для кристаллов AT32UC3A3 и AT32UC3L0 даются примеры программ для этих мезонинных плат: они входят в состав AVR Studio 5. Эти программы обеспечивают сбор данных и передачу их на ПК посредством коммуникационного моста. Для визуализации данных распространяется программа Atmel Data Visualizer, которая позволяет оценивать в виде графиков результат работы датчиков в различных режимах работы. Вся линейка микроконтроллеров AVR32UC3 снабжена библиотеками для работы с этими датчиками.

### Программное обеспечение

В качестве программного обеспечения Atmel предлагает интегрированную среду разработки AVR Studio 5, которая включает в себя все программные средства, необходимые для работы с 8- и 32-разрядными микроконтроллерами AVR. Ранее для этих двух архитектур предлагались две отдельные среды: AVR Studio 4 и AVR32 Studio, но с этого года Atmel объединила программные средства в одну интегрированную среду разработки AVR Studio 5, построенную на базе платформы Microsoft Visual Studio Isolated Shell 10.0 (ранее объединение ожидалось на базе платформы Eclipse, на которой построена AVR32 Studio).

Стандартные возможности Visual Studio Isolated Shell в AVR Studio 5 дополнены плагином Visual Assist X, включающим средства рефакторинга кода, а также расширяющим возможности оболочки Visual Studio для более удобного написания кода, навигации по проекту, просмотра кода и поиска ошибок в нем. Более подробно ознакомиться с функциями плагина можно на сайте разработчика [6].

Построенная на базе продукта от Microsoft, AVR Studio 5 включает в себя как оригинальные наработки Atmel, так и распространяемые свободно программные продукты:

- GNU toolchain — свободно распространяемый набор пакетов программ для компиляции и генерации выполняемого кода из исходных текстов программ, написанных на C. Компилятор GCC из состава GNU toolchain оптимизирован инженерами Atmel для платформы AVR и AVR32 UC3.
- Средства для отладки проектов с использованием фирменных эмуляторов JTAGICE2, JTAGICE3, AVR ONE и AVR Dragon.
- Средства для программирования Flash-памяти микроконтроллеров с использованием фирменных программаторов и эмуляторов.
- Набор библиотек AVR Software Framework и примеров программ с его использованием.

Atmel. Все разъемы 10-контактные 2-рядные с шагом 2,54 мм. На эти разъемы выводятся линии ввода/вывода микроконтроллера. Они могут быть мультиплексированы с периферийными блоками кристалла: коммуникационными интерфейсами и аналоговыми блоками.

Для организации связи с ПК на платах, где целевой микроконтроллер не имеет собственного интерфейса USB, предусмотрен коммуникационный мост на базе микроконтроллера AT32UC3B1256. Мост реализует функцию виртуального COM-порта и связывает ПК с интерфейсом UART микроконтроллера, что позволяет отработать на кристалле код программы по передаче данных по UART.

Целевые микроконтроллеры на платах Xplained имеют встроенный загрузчик, который позволяет запрограммировать их Flash-память без программатора по интерфейсу UART, который подключен к коммуникационному мосту. В качестве среды для программирования памяти используется бесплатная программа FLIP3. Эта программа может работать в графическом режиме либо через командную строку. На платах Xplained

эта программа работает с загрузчиком только через командную строку, так как графическая оболочка FLIP3 не предусматривает такой возможности.

Готовые примеры программ для всех плат встроены в последнюю версию AVR Studio 5. Проекты выполнены с использованием набора библиотек AVR Software Framework, которые могут быть использованы и для собственного проекта, так как изначально написаны и оптимизированы для этих процессоров. Примеры программ включают проекты для оценки большинства периферийных блоков кристаллов на этих платах, за исключением платы MEGA-1284P Xplained, для которой производитель еще не успел создать проекты, но планирует сделать их к следующему выпуску AVR Studio 5.

Быстро найти описание и документацию на платы Xplained можно в выделенном разделе сайта производителя по адресу [5].

Для наборов Xplained выпускаются также мезонинные модули с инерциальными датчиками и датчиками давления (рис. 6, табл. 3). Это наборы Inertial One, Inertial Two и Pressure One. Наборы с инерциальными дат-

Таблица 3. Состав плат с инерциальными датчиками и датчиками давления

Наименование	Xplained Pressure One	Xplained Inertial One	Xplained Inertial Two
Код для заказа	ATAVRSBPR1	ATAVRSBIN1	ATAVRSBIN2
Тип датчика	Давления	3-осевые: гироскоп/акселерометр/магнетометр (цифровой компас)	3-осевые: гироскоп/акселерометр/магнетометр (цифровой компас)
Производитель и наименование датчика	Bosch Sensortec BMP085	InvenSense ITG-3200 / Bosch Sensortec BMA150 / АКМ АК8975	InvenSense IMU-3000 / Kionix KXTF9-1026 / Honeywell HMC5883L
Интерфейс связи с МК	PC	PC	PC

Функциональные возможности AVR Studio достаточно широки и заслуживают отдельного описания, поэтому в рамках этой статьи выделим основные отличия новой AVR Studio 5 в сравнении с уже многократно описанными и многим уже знакомыми «предшественниками» — AVR Studio 4 и AVR32 Studio:

1. AVR Studio 5, являясь единой средой разработки, обеспечивает возможность миграции проекта в знакомой среде даже между 8- и 32-разрядными платформами (рис. 7).
2. Возможности Visual Assist X и встроенный функционал Visual Studio составляют более удобную систему сниппетов и подсказок, что обеспечивает более быстрое написание кода и поиск ошибок в нем.
3. Дистрибутив AVR Studio 5 включает в себя GNU toolchain и AVR Software Framework для обеих архитектур, что упрощает процесс установки всего пакета программ, а также упрощает поиск последних версий каждой программы.
4. Добавлено по несколько десятков готовых проектов для освоения периферии каждого класса процессоров (рис. 8). Эти примеры используют библиотеки из состава AVR Software Framework, готовы для запуска на фирменных отладочных (стартовых и оценочных) платах, снабжены описанием и справкой по их запуску на платах, для которых они предусмотрены.
5. Библиотеки из встроенного набора AVR Software Framework написаны единообразно для разных семейств и архитектур, что обеспечивает возможность быстрого перевода проектов как между семействами, так и между архитектурами.
6. Разработка многопроцессорной платформы (где, например, в качестве центрального процессора используется 32-разрядный кристалл AVR32 UC3, а в качестве периферийного — ATmega или ATtiny) упрощается не только наличием единого интерфейса разработки, но и едиными эмуляторами/программаторами, поддерживаемыми в AVR Studio 5.

В целом отличия новой AVR Studio 5 обусловлены возможностями Visual Studio, но есть и обратная «сторона медали» — некоторые функциональные возможности, которые были реализованы в прежних AVR Studio, не были перенесены на новую платформу. Это пока вынуждает отдельных разработчиков по-прежнему использовать AVR Studio 4 и AVR32 Studio. Причины для этого следующие:

- В AVR Studio 4 предусмотрена работа с отладочными наборами STK500 и STK600, а также с программатором ATAVRISP2 в режиме командной строки. Это дает возможность автоматизировать процесс программирования микроконтроллеров в процессе отладки и при программировании микроконтроллеров в серийных изделиях.

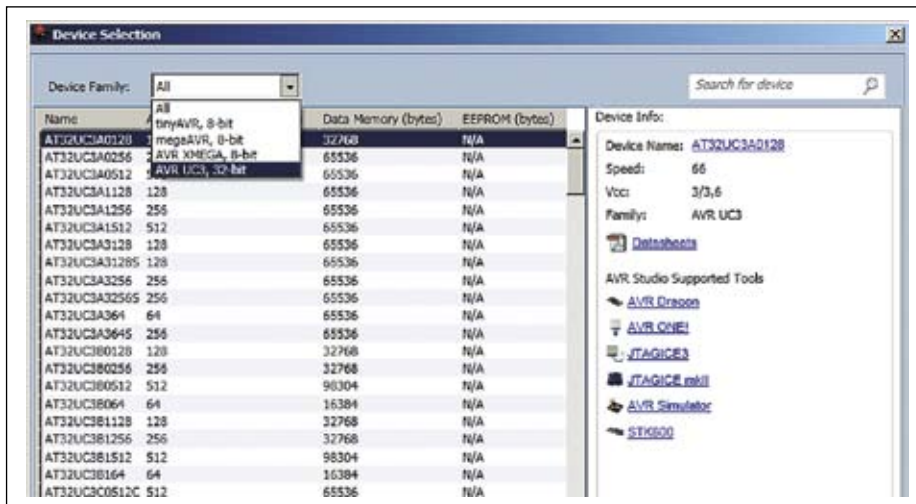


Рис. 7. Окно выбора микроконтроллера

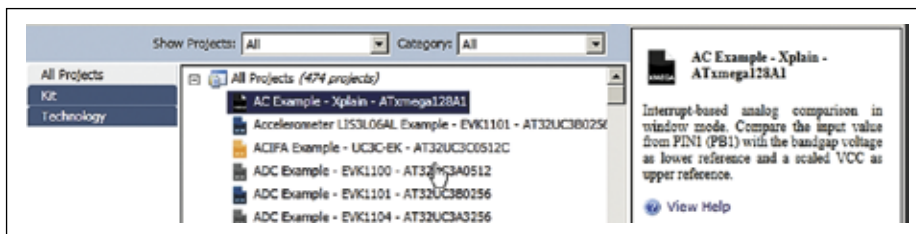


Рис. 8. Окно выбора примера проекта

Программа находится в папке `C:\Program Files\Atmel\AVR Tools\STK500>Stk500.exe` при установке AVR Studio 4 в папку по умолчанию. Формат команды и передаваемые параметры (значения FUSE- и Lock-битов) можно посмотреть с ключом “-h”. Полученную строку можно поместить в \*.bat-файл и одним нажатием запустить процесс программирования Flash-памяти, EEPROM, FUSE- и Lock-битов. Аналогичный функционал доступен в AVR32 Studio.

- Диалог программирования микроконтроллеров в AVR Studio 4 и AVR32 Studio имеет дополнительные возможности в сравнении с AVR Studio 5. В прежних версиях реализована полная поддержка программирования всего содержимого объектного файла (ELF-файла). Объектный файл, который формируется при создании проекта, может содержать данные не только для загрузки во Flash-память, но и данные для EEPROM, значения FUSE- и Lock-битов. В AVR Studio 4 и AVR32 Studio все это содержимое программируется в соответствующие блоки памяти и конфигурационные биты, тогда как в AVR Studio 5 предусмотрена возможность программирования только содержимого Flash-памяти. Остальное игнорируется и должно программироваться отдельно через дополнительный функционал.
- Среда AVR32 Studio поддерживает полезный функционал, именуемый Nanotrace, реализованный в отладочном автомате микро-

контроллеров AVR32 UC3 и поддерживанный в эмуляторах JTAGICE2/3. Этот функционал осуществляет запись трассы в выделенную пользователем оперативную память отлаживаемого процессора при выполнении им программы, что позволяет в дальнейшем произвести анализ этой трассы. В последнем JTAGICE3 эта возможность также имеется, но не поддерживается в AVR Studio 5. Поэтому использование Nanotrace с JTAGICE3 возможно только в коммерческом продукте — интегрированной среде разработки Embedded Workbench фирмы IAR systems, где такая поддержка реализована.

- Среда AVR Studio 5 также не поддерживает точки останова по данным, что с возможностью достаточно гибкого конфигурирования реализовано в прежних версиях AVR Studio. В них предусмотрена возможность останова программы по различным условиям (обращению к данным, логическим условиям, интервальным значениям, условиям к определенным битам данных), останова после определенного числа выполнения заданного условия, останова в зависимости от способа обращения к данным (чтение и/или запись). Также после останова по заданному условию и обновления данных в окнах просмотра переменных и регистров специальных функций возможен автоматический запуск программы на дальнейшее выполнение. Все вышеперечисленные возможности, которые реализованы только в прежних версиях

AVR Studio, могут стать определяющими факторами при выборе прежней программной платформы для разработки приложений. Здесь следует помнить, что новый внутрисхемный эмулятор JTAGICE3 не поддерживается в прежних версиях AVR Studio. На сайте [4] можно скачать последние версии AVR Studio 4.19 и AVR32 Studio 2.7, которые в преддверии AVR Studio 5 так и не вышли в свет.

### Заключение

Основа отладочных средств для AVR, разработанная Atmel в последнее время, включает в себя полный комплект аппаратных и программных средств от одного производителя.

Аппаратные средства представляют собой сбалансированный набор недорогих оценочных наборов для первичной оценки возможностей микроконтроллеров и стартовый набор STK600 для дальнейшей разработки. Что касается политики Atmel по программным средствам, многие спорят о правильности выбранного направления (продукте на базе платформы от Microsoft), но следует помнить, что пока доступна лишь первая версия новой среды разработки, и мы еще не знаем, какие задумки, еще не реализованные в AVR Studio 5, имеются у производителя. В любом случае остается возможность использования проверенных временем прежних версий AVR Studio. В России также доступна про-

фессиональная выверенная среда разработки Embedded workbench от фирмы IAR Systems. ■

### Литература

1. Курилин А. И., Золотуха Р. Н. AVR-микроконтроллеры: семь ярких лет становления. Что дальше? // Компоненты и технологии. 2005. № 1.
2. Ламберг Е.В. 8-разрядные микроконтроллеры AVR корпорации Atmel: новинки и тенденции развития // Компоненты и технологии. 2009. № 6.
3. [www.atmel.com](http://www.atmel.com)
4. [www.atmel.no/beta\\_ware](http://www.atmel.no/beta_ware)
5. [www.atmel.com/Xplained](http://www.atmel.com/Xplained)
6. [www.wholetomato.com](http://www.wholetomato.com)