

# ARM-МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ ATMEL:

## АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА РАЗРАБОТЧИКА

**В статье рассмотрена серия современных 32-разрядных микроконтроллеров AT91SAM7 фирмы ATMEL на базе ядра ARM7TDMI, а также аппаратные средства для работы с ними, разработанные специалистами компании АРГУССОФТ.**

Н. Королев, А. Шабынин  
korolev@argussoft.ru

Корпорация ATMEL поставляет микроконтроллеры на базе ядра ARM уже достаточно давно, однако современное поколение микроконтроллеров на ядре ARM7TDMI (SAM7, Smart ARM7) производится лишь с 2005 года. Микросхемы изготавливаются по технологическим нормам 0,18 мкм и работают на частоте до 60 МГц. Практически все микросхемы SAM7 имеют "на борту" flash-память объемом 16...512 Кбайт и ОЗУ объемом 4...128 Кбайт, что существенно уменьшает габариты и стоимость конечного изделия. Все микросхемы, за исключением семейства SAM7A, содержат на кристалле память типа ROM, в которой находится загрузчик. Использование этого загрузчика позволяет обойтись без отдельного программатора, flash-память контроллеров можно загрузить через COM-или USB-порт компьютера посредством стандартного кабеля и бесплатной программы SAM-BA.

Общие характеристики микроконтроллеров серии AT91SAM7:

- наилучшее соотношение производительность/потребляемая мощность;
- производительность – 30–60 MIPS;
- 32/16-разрядная шина команд (ARM/THUMB);
- 32-разрядная внутренняя шина данных;
- тип выхода – трехстабильный или открытый сток;
- многоканальный контроллер прямого доступа к памяти (PDC);
- интерфейс USB (2.0 Full Speed, 12 BPS);
- последовательный интерфейс SPI (Master/Slave режим);
- последовательный интерфейс UART с функцией отладки;
- последовательный интерфейс USART (скорость обмена до 25 BPS);
- двухпроводный интерфейс TWI (совместимый с I2C), поддержка режима Master Mode;
- интерфейс SSC, поддержка режима I<sup>2</sup>S;

- интерфейс JTAG;
- встроенный микромощный RC-генератор и модуль ФАПЧ;
- расширенный тактовый генератор и контроллер управления энергопотреблением;
- четыре программируемых внешних источника тактирования;
- контроллер прерываний с расширенными функциями;
- четырехканальный 16-разрядный ШИМ-контроллер;
- внутрисхемный эмулятор с коммуникационным отладочным каналом;
- встроенный модуль отладки (через UART);
- таймер реального времени (Real Time Timer, RTT) с отдельным прерыванием;
- два или три 3-канальных 16-битных таймера/счетчика;
- 20-разрядный интервальный таймер (Periodic Interval Timer, PIT);
- 32-разрядный таймер реального времени (Real Time Timer, RTT);
- 10-разрядный 8/16-канальный АЦП с временем преобразования 2,6 мкс;
- схема задержки при включении питания (POR);
- схема слежения за уровнем напряжения питания (BOD);
- режимы снижения энергопотребления;
- напряжение питания – 3,0...3,6 В;
- защита памяти программ от несанкционированного чтения;
- диапазон рабочих температур -40–85°C.

Доступ к flash-памяти программ в контроллерах SAM7 организован по 32-разрядной шине, время доступа к памяти – 25 нс. Если частота ядра не превышает 30 МГц, выборка команды происходит без задержки. Если частота ядра находится в диапазоне 30–60 МГц, для выборки команды вводится такт задержки. Если контроллер работает в режиме THUMB (ширина команды 16 бит), за одно обращение к flash-памяти происходит выборка двух команд, которые затем выполняются последовательно.

Микросхемы имеют гибкую систему тактирования. В качестве источника тактирования можно выбрать встроенный RC-генератор (22–42 кГц), кварцевый генератор (частота 3–

**Таблица. Основные параметры микроконтроллеров семейства SAM7**

Контроллер	Частота, МГц, макс.	SRAM, Кбайт	Flash, Кбайт	USATR/DBGU	Расшир. USART	SPI	TWI (I2C)	SSC	DMA-каналы	MCI	CAN-контроллер	USB Device	16-бит-счетчики	ШИМ-контроллер	Системный таймер	Сторожевой таймер	10-бит-ADC	Сброс по питанию	Контроль питания	RC-генератор	16-MA выходы	Входы/Выходы	Корпус
SAM7S16	55	4	16	1	1	1	1	1	9	-	-	-	3	4	+	+	8	+	+	+	4	21	QFP48
SAM7S161	55	4	16	1	2	1	1	1	11	-	-	1	3	4	+	+	8	+	+	+	4	32	QFP64
SAM7S32	55	8	32	1	1	1	1	1	9	-	-	-	3	4	+	+	8	+	+	+	4	21	QFP48
SAM7S321	55	8	32	1	2	1	1	1	11	-	-	1	3	4	+	+	8	+	+	+	4	32	QFP64
SAM7S64	55	16	64	1	2	1	1	1	11	-	-	1	3	4	+	+	8	+	+	+	4	32	QFP64
SAM7S128	55	32	128	1	2	1	1	1	11	-	-	1	3	4	+	+	8	+	+	+	4	32	QFP64
SAM7S256	55	64	256	1	2	1	1	1	11	-	-	1	3	4	+	+	8	+	+	+	4	32	QFP64
SAM7S512	55	64	512	1	2	1	1	1	11	-	-	1	3	4	+	+	8	+	+	+	4	32	QFP64
SAM7SE32	48	8	32	1	2	1	1	1	11	-	-	1	3	4	+	+	8	+	+	+	4	88	QFP128
SAM7SE256	48	32	256	1	2	1	1	1	11	-	-	1	3	4	+	+	8	+	+	+	4	88	QFP128
SAM7SE512	48	32	512	1	2	1	1	1	11	-	-	1	3	4	+	+	8	+	+	+	4	88	QFP128
SAM7X128	55	32	128	1	2	1	1	1	11	-	1	1	3	4	+	+	8	+	+	+	4	60	QFP100
SAM7X256	55	64	256	1	2	1	1	1	11	-	1	1	3	4	+	+	8	+	+	+	4	60	QFP100
SAM7X512	55	128	512	1	2	1	1	1	11	-	1	1	3	4	+	+	8	+	+	+	4	60	QFP100
SAM7A1	40	4	-	3	-	1	-	-	11	-	1	-	9	4	-	+	8	-	-	-	-	49	QFP144
SAM7A2	30	16	-	2	-	1	-	-	10	-	4	-	10	4	-	+	16	-	-	-	-	57	QFP176
SAM7A3	60	32	256	1	3	2	1	2	19	+	2	1	9	8	+	+	16	+	+	+	4	62	QFP100

Примечание. Микросхемы SAM7X имеют на кристалле модуль Ethernet MAC 10/100.

20 МГц) или внешний генератор (1–50 МГц). На кристалле находится модуль ФАПЧ с дробным коэффициентом умножения. После модуля ФАПЧ тактовые импульсы поступают на делитель, который формирует системную частоту и частоту работы периферийных модулей. Для получения частоты 48 МГц (интерфейс USB) используется отдельный делитель.

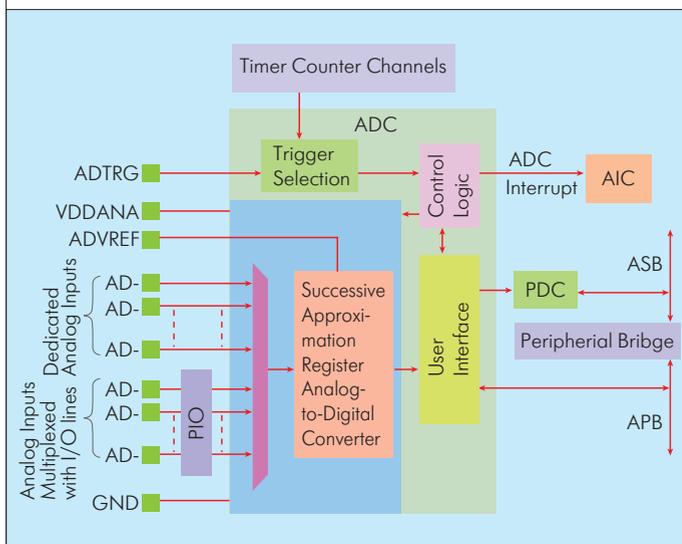
Известно, что общая производительность контроллера зависит не только от собственно тактовой частоты ядра, но, в большой степени, от организации потоков данных в кристалле. Преимущество микросхем SAM7 состоит в применении контроллеров прямого доступа к памяти (DMA-контроллер), причем для каждого периферийного модуля предусмотрен DMA-контроллер с отдельными каналами для приема и передачи.

Все микросхемы имеют на кристалле стандартный модуль АЦП с выделенным DMA-контроллером. Разрядность – 10 бит, число каналов – 8 для микросхем SAM7S, SAM7X, SAM7SE и 16 для SAM7A3. Скорость преобразования – 384 KSPS при частоте тактирования АЦП 5 МГц. Структурная схема модуля АЦП показана на рис. 1.

Микросхемы имеют раздельное питание ядра и периферийных модулей – 1,8 В и 3,3 В, соответственно. Встроенный преобразователь питания ядра снимает необходимость во внешнем стабилизаторе напряжения. Такое сочетание параметров позволяет применять микроконтроллеры SAM7 в самых различных приложениях, в том числе для построения низкочастотных систем, работающих в реальном времени.

Серия микросхем SAM7 содержит четыре семейства: AT-91SAM7S, AT91SAM7SE, AT91SAM7A и AT91SAM7X. Семейства

различаются набором периферийных модулей и, соответственно, количеством выводов корпуса. Базовое семейство – SAM7S (64-выводной корпус) – содержит интерфейсы USART, UART, SPI, I2C, SSC и USB. Семейство AT91SAM7SE дополнительно внешними шинами адреса и данных и может работать с различными видами памяти: SRAM, SDRAM, Compact Flash, NAND. Наличие нового интерфейса потребовало увеличения числа выводов корпуса до 128. Семейство SAM7A (100-выводной корпус) дополнительно оснащено CAN-контроллером с 1, 2 или 4 каналами, а семейство SAM7X (100-выводной корпус) – одноканальным CAN-контроллером и модулем Ethernet MAC 10/100 Mbit Base-T. В таблице приведены основные параметры контроллеров.



**Рис. 1. Структурная схема модуля АЦП**

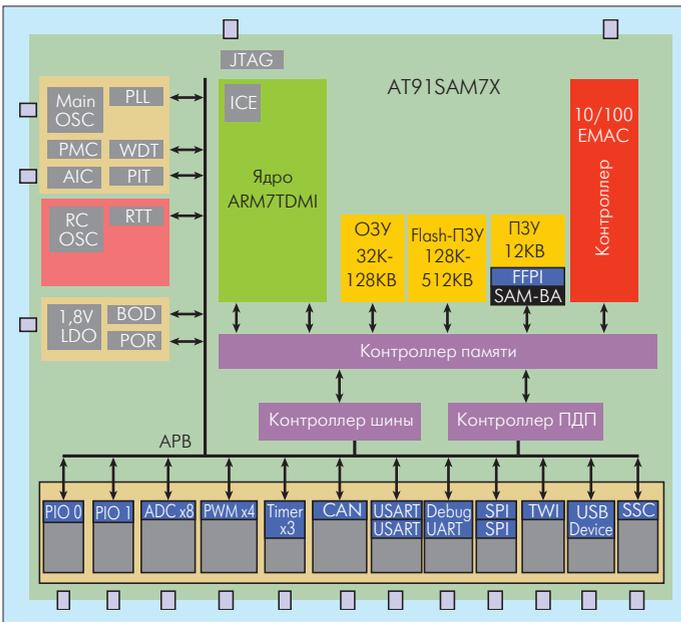


Рис.2. Структурная схема микроконтроллера AT91SAM7X

**СЕМЕЙСТВО AT91SAM7X**

Микроконтроллер AT91SAM7X (рис. 2), несмотря на малогабаритный 100-выводной корпус, имеет чрезвычайно богатый набор периферии. К стандартному набору периферийных модулей добавились следующие: дополнительный порт SPI, поддержка режима Master/Slave, 8- и 16 бит-обмен; порт CAN, поддержка режима 2,0 А и 2,0 В; модуль Ethernet MAC 10/100.

Таким образом, пользователь получает систему на кристалле, позволяющую строить на ее основе высокоинтегрированные малогабаритные одноплатные контроллеры, которые работают с интерфейсами семи различных типов.

Старшая микросхема имеет 512-Кбайт flash-ПЗУ на кристалле. ПЗУ размещено в двух банках по 256 Кбайт, причем это не страничное, а линейное размещение. Банк 0 занимает адресное пространство 0x0000000...0x0013FFFF, а банк 1 – 0x1400000...0x17FFFF. Такая компоновка памяти дает возможность, например, перезаписывать содержимое одного банка flash-ПЗУ в то время, пока выполняется программа, размещенная в другом банке.

Максимальный ток потребления при частоте ядра 50 МГц составляет примерно 30 мА, в режиме ожидания – 16 мкА.

**СЕМЕЙСТВО AT91SAM7SE**

Семейство SAM7SE (см. таблицу) состоит из трех микросхем, которые различаются только размером памяти flash-ПЗУ и ОЗУ.

С внешним миром микроконтроллер SAM7SE общается через три порта ввода/вывода (порты А и В содержат по 32 линии, а порт С – 24 линии). В процессе инициализации каждая линия порта может быть назначена как универсальная линия ввода/вывода, вход прерывания или линия периферийного интерфейса. В семействе SAM7SE отсутствует возможность подключения внешних устройств с уровнями сигнала 5 В.

Вместо этого на каждую входную линию порта установлен триггер Шмитта.

Размер ОЗУ сравнительно небольшой – 8 или 32 Кбайт. Это обусловлено возможностью подключения внешнего ОЗУ по внешней шине. При этом можно применять микросхемы памяти достаточно большой емкости.

Модуль MPU (Memory Protection Unit) обеспечивает защиту внутренней памяти и периферии от несанкционированного чтения/модификации. Внутреннее адресное пространство может быть разделено на 16 областей размером от 1 Кбайт до 4 Мбайт. При этом для каждой области назначается один из режимов: "Доступ запрещен" (No Access), "Только запись" (Read Only), "Запись/Чтение" (Read/Write).

Наличие шины EBI подразумевает использование внешней памяти ОЗУ, а также, при необходимости, ПЗУ, поэтому в состав EBI включены контроллеры SRAM, SDRAM, Parallel ROM, NAND Flash, Compact Flash. Адресное пространство ограничивается шириной внешней шины адреса (23 разряда) и набором выводов Chip Select (8 линий). Особенность шины данных состоит в том, что для работы с памятью типа SDRAM используются все 32 разряда шины данных, тогда как для работы с остальными типами памяти доступны лишь младшие 16 бит шины данных.

**ОСОБЕННОСТИ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ СЕРИИ AT91SAM7SE**

Перечислим специфические характеристики микроконтроллеров серии AT91SAM7SE:

- интерфейс внешней шины EB;I;
- модуль защиты памяти (MPU);
- 8 линий "Выбор кристалла" (Chip Select);
- программируемая 8/16/32-бит внешняя шина данных;

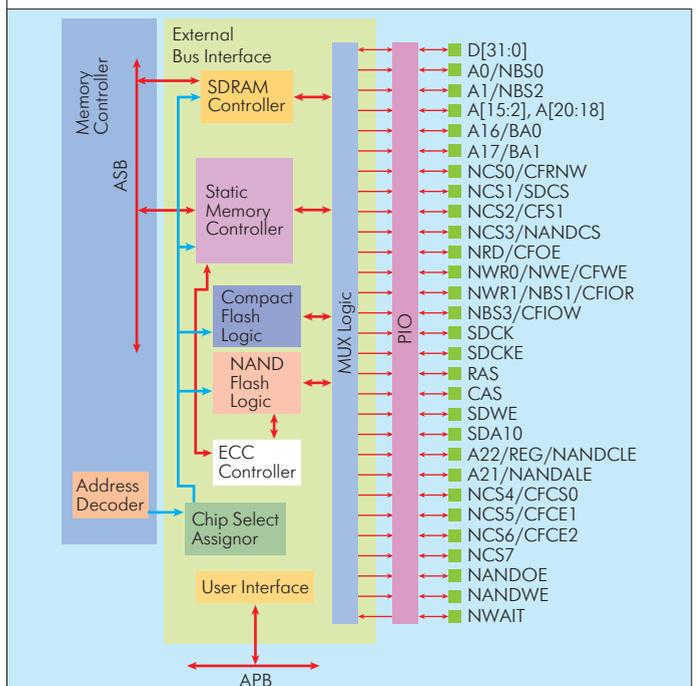
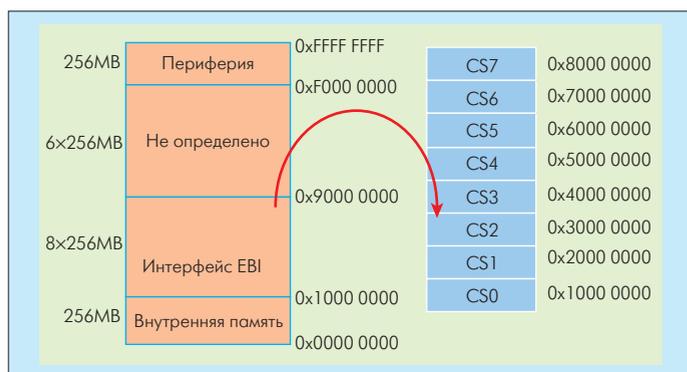


Рис.3. Структурная схема интерфейса EBI



**Рис.4. Карта памяти контроллера AT91SAM7SE**

- 88 линий ввода/вывода, каждая может быть источником прерывания;
- триггер Шмитта по каждому входу;
- встроенная программа-автозагрузчик для программирования flash-памяти через UART или USB-порт;
- корпус: 128-выводной LQFP (шаг 0,5 мм) и 144-выводной LBGA (шаг 0,8 мм).

Интерфейс EB1 (рис.3) содержит набор контроллеров памяти различного типа и мультиплексор, который подключает один из контроллеров к модулю PIO (Peripheral Input/Output).

Ширина внутренней адресной шины (32 разряда) позволяет не экономить при распределении адресного пространства между внутренней памятью, встроенными периферийными модулями и устройствами, которые подключаются к внешней шине. На рис.4 представлена карта памяти контроллера AT91SAM7SE.

Внешнее адресное пространство разделено на 8 регионов, размером 256 МВ каждый. Оно предназначено для подключения внешней статической памяти, однако ряд выводов CS имеют также и специальные функции. Так, вывод CS1 используется при обращении к памяти SDRAM, выходы CS2 и CS4 – к памяти Compact Flash, а вывод CS3 – к памяти NAND Flash.

Как известно, память типа NAND Flash имеет особенность, определяемую технологией производства, – наличие секторов с дефектными битами памяти, причем число таких секторов увеличивается в процессе эксплуатации микросхемы. Таким образом, для корректной работы необходим механизм, управляющий процессом записи и проверяющий целостность записанных данных. Такой механизм реализует контроллер ECC (Error Corrected Code), который входит в состав микросхемы SAM7SE. В процессе записи он вычисляет контрольную сумму пакета данных и записывает ее в специально отведенную область памяти, а при чтении проверяет ее. С помощью механизма избыточного кодирования он может исправить одиночную ошибку в пакете и обнаружить двойную ошибку.

Максимальная частота работы шины EB1 составляет 48 МГц. Следовательно, с точки зрения скорости выполнения программы оптимальное место для размещения кода программы (а также стоимости изделия) – это память типа SDRAM с разрядностью 32 бит.

## АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ РАБОТЫ С КОНТРОЛЛЕРАМИ SAM7, РАЗРАБОТАННЫЕ В КОМПАНИИ АРГУССОФТ

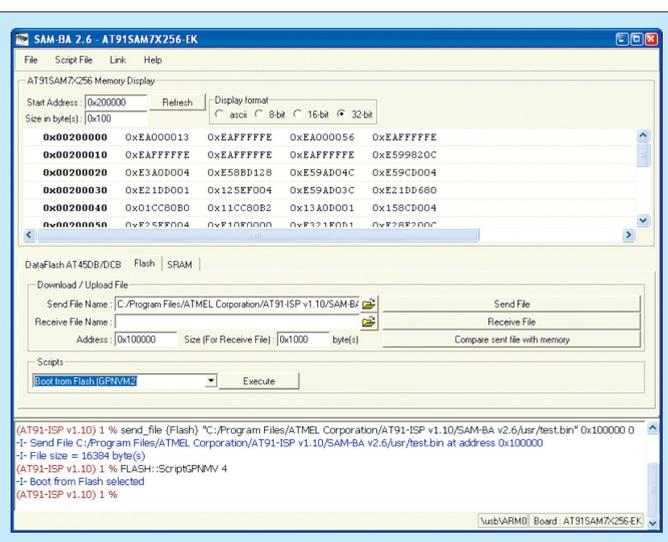
На начальном этапе разработки имеет смысл использовать готовые отладочные платы. Такие платы предлагает корпорация ATMEL. Специалисты АРГУССОФТ провели анализ потребностей заказчиков и разработали свои отладочные платы. Эти платы совместимы с платами от ATMEL, однако имеют расширенные аппаратные возможности и области применения.

### Плата AS-SAM7S

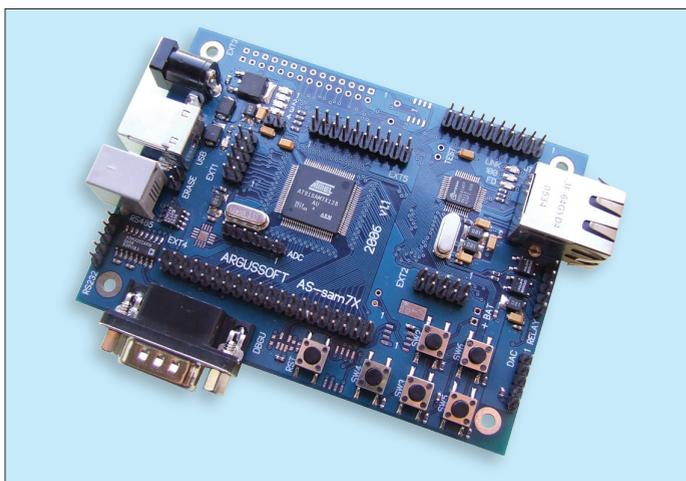
Базовой платой АРГУССОФТ на контроллерах подсемейства SAM7S является плата AS-SAM7S на базе микроконтроллера AT91SAM7S256. На плате можно дополнительно установить: микросхемы АЦП и ЦАП, источник опорного напряжения, температурный датчик, две микросхемы flash-памяти AT45. Расширенные (относительно предложенной платы ATMEL) возможности схемы и установка дополнительных компонентов позволяют использовать плату не только в качестве макетной, но также применять в конечных устройствах.

В дополнение к примерам программ, предлагаемым ATMEL, специалистами АРГУССОФТ создан собственный пример, демонстрирующий работу с микросхемами АЦП, ЦАП и внешней flash-памятью.

**Программирование в SAM-BA.** Все микросхемы семейства SAM7S могут быть запрограммированы по порту USB или UART с использованием специальной утилиты SAM-BA (SAM Boot Assistant). Она входит в состав пакета AT91-ISP, разработанного корпорацией ATMEL. Программа взаимодействует с ROM-загрузчиком программируемой микросхемы, и, таким образом, образуется своеобразный программно-аппаратный комплекс. Загрузка файла программы производится при помощи стандартного кабеля с интерфейсом RS-232 или USB. Вид рабочего окна программы SAM-BA представлен на рис.5.



**Рис.5. Программирование микросхемы в SAM-BA**



**Рис.6. Плата AS-SAM7X-256 производства АРГУССОФТ AS-SAM7X-256**

Программа предоставляет пользователю возможность программирования и чтения как flash-памяти кристалла, так и оперативной памяти, а также внешней Data Flash серии AT45.

Для загрузки кода в flash-память кристалла необходимо выбрать закладку "Flash", после чего указать путь к файлу, который нужно загрузить. Программирование микроконтроллера начинается после нажатия кнопки "Send". При необходимости правильность загрузки файла в микроконтроллер проверяют, нажав кнопку "Compare send file with memory". Можно программировать микросхему из командной строки при помощи tcl-скрипта. Пример командной строки может выглядеть так: `sam-ba.exe COM1 MY_BOARD my_script.tcl`.

### МОДУЛИ AS-SAM7S-M, AS-VGA

Модуль AS-SAM7S-M, разработанный в компании АРГУССОФТ, служит для облегчения сборки первой макетной платы. Модуль избавляет пользователя от необходимости монтажа микросхемы с шагом выводов 0,5 мм и аккуратной разводки чувствительных цепей. Он представляет собой плату размером 31x23 мм и может быть укомплектован микроконтроллером AT91SAM7S321/64/128/256/512. На нем установлены самые чувствительные к разводке компоненты: микроконтроллер, кварц, фильтр PLL и микросхема защиты порта USB. По периметру платы выведены все интерфейсы микроконтроллера. На плате модуля предусмотрено место для установки микросхемы-стабилизатора напряжения питания 3,3 В. При этом модуль можно подключить непосредственно к интерфейсу USB.

Поскольку все контроллеры семейства SAM7 оснащены функциями загрузки кода через интерфейс USB или UART, начинать свое знакомство с контроллерами SAM7 можно с более простой платы. При отладке удобно использовать интерфейс UART для вывода системных сообщений. Одновременно с модулем была разработана установочная плата AS-SAM7SV. На ней размещены интерфейсы USB, RS-232, RS-485, JTAG и стабилизатор питания. Кроме этого, на плату может быть ус-

тановлена flash-память AT45 и трехосевой датчик ускорений. Схематика платы AS-SAM7S-V с установленным модулем AS-SAM7S-M совместима со схематикой платы AS-SAM7S.

Интересным применением этой пары плат является продукт AS-VGA. Он принимает команды по интерфейсу RS-232 и выводит монохромную картинку (с возможностью выбора цвета) формата VGA 640x480@60Hz на стандартный разъем D-SUB для подключения монитора. AS-VGA поддерживает команды вывода как текстовых, так и графических объектов, масштабирование шрифта, вывод графики, смену цвета выводимой картинки.

### ПЛАТА AS-SAM7X

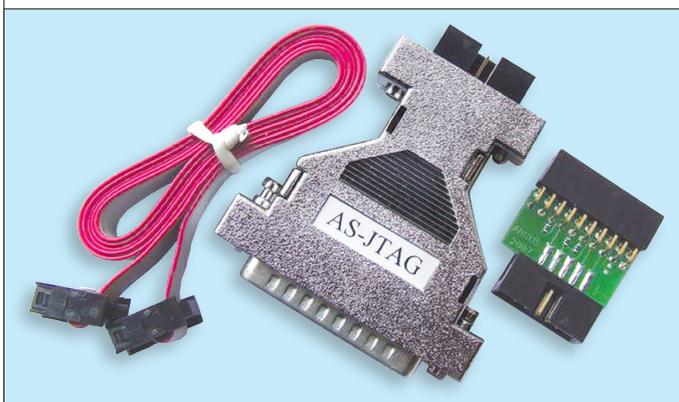
Подсемейство микроконтроллеров AT91SAM7X, как и все остальные контроллеры семейства SAM7, построено на ядре ARM7. Особенности конструкции – наличие поддержки сетей CAN и Ethernet, большее число линий ввода-вывода и улучшенная работа с загрузчиком SAM-BA. EMAC-контроллер позволяет стандартизировать протокол обмена с микросхемой РНУ-уровня и унифицировать пользовательское ПО. Разработчик также может выбрать тип микросхемы физического уровня.

Специалисты компании АРГУССОФТ разработали плату AS-SAM7X (рис.6), которая программно совместима с фирменным комплектом, однако имеет ряд аппаратных расширений.

#### Технические характеристики платы

Аппаратные ресурсы:

- микроконтроллер AT91SAMX256;
- температурный датчик AD7415;
- стабилизатор напряжения питания (3,3 В);
- разъем Ethernet 10/100 Mbps;
- разъем USB типа B, интерфейс USB;
- разъем типа RJ45, интерфейс RS-485;
- разъем DRB-9, интерфейс DBGU-RS-232;
- разъем PLS5, дополнительный интерфейс RS-232;
- разъемы PLD10 (2 шт.), интерфейс SPI, графический ЖКИ;
- разъемы PLD20 и PLD40 для подключения внешних сигналов к портам контроллера;



**Рис.7. Эмулятор AS-JTAG**

- разъем PLS5, два опто-изолированных ключа с "сухими" контактами;
- разъем PLS6 для четырех аналоговых входов с питанием;
- разъем PLS5 для вывода аналоговых сигналов с внешнего ЦАП;
- разъем PLD20 для подключения JTAG-эмулятора (ATSAM-ICE);
- штыревые разъемы для подключения внешних аналоговых сигналов (до 8);
- 5 пользовательских кнопок и кнопка "Reset";
- 4 пользовательских светодиода.

На плате предусмотрено место для распайки следующих дополнительных компонентов:

- микросхема ПЗУ серии DataFlash (AT45) в корпусе TSOP28;
- микросхема ПЗУ серии DataFlash (AT45) в корпусе SOIC8;
- микросхема двухканального 8/10/12-разрядного ЦАП AD5302/12/22;
- микросхема трехосевого интегрального датчика ускорений ADXL330;
- микросхема часов реального времени DS1307 с возможностью подключения батареи питания;
- разъем карт памяти с интерфейсом SPI;
- разъем PLD28 для подключения модуля радиointерфейса на базе трансивера ATR2406;
- генератор тактового сигнала для модуля радиointерфейса.

Программирование микроконтроллера и микросхем DataFlash производится при помощи бесплатного программного обеспечения SAM-BA через DBGU порт (кабель RS-232) либо через порт USB (кабель USB), либо же посредством эмулятора AT91SAM-ICE. Габаритные размеры – 103 x 75 мм.

Существует два типа комплектации плат. На старшей плате – AS-SAM7X-256 – установлен микроконтроллер AT91SAM7X256 и микросхемы физического уровня Ethernet. Также на внешние интерфейсные разъемы выведены полностью все сигнальные выводы контроллера. На младшей плате AS-SAM7X установлен контроллер AS-SAM7X-128 и отсутствуют некоторые интерфейсы.

Для микроконтроллеров SAM7X предусмотрена бесплатная операционная система реального времени – FreeRTOS. Она выполняет только функции RTOS и имеет минимальную аппаратную привязку. Работа TCP/IP-стека реализуется в виде отдельного задания FreeRTOS. Аналогично реализуются WEB- и telnet-сервер. На старшей плате AS-SAM7X-256 установлен микроконтроллер AT91SAM7X256 с 64 Кбайт SRAM и 256 Кбайт Flash. Выбор контроллера обусловлен использованием памяти при работе стека TCP/IP.

## МОДУЛЬ ОТЛАДКИ AS-JTAG

Когда разработка начинается с проверенной и работоспособной аппаратной базы, к которой прилагаются примеры использования, актуальной задачей становится написание и от-

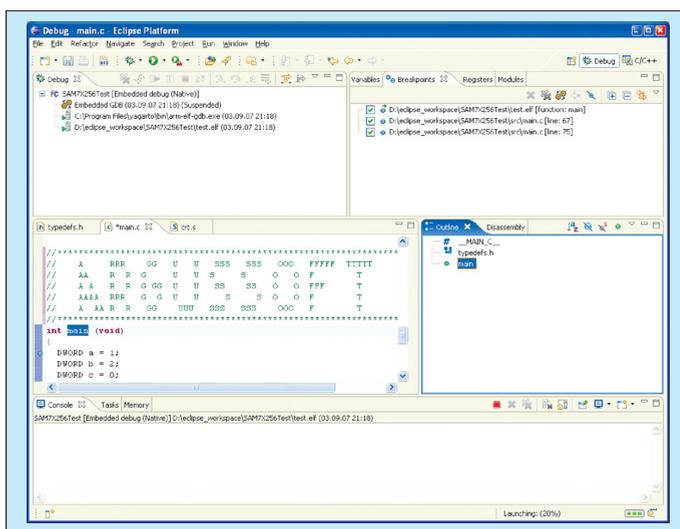


Рис.8. Работа Eclipse

ладка программного обеспечения контроллера. Для этих целей применяют отладочные сообщения, включенные в код программы, но большей эффективности можно достичь, используя внешние средства отладки. Во всех современных контроллерах в ядре имеется модуль для отладки. В контроллерах семейства SAM7 он называется ICE и подключается по линиям JTAG. Для работы с ним подходит отладчик AS-JTAG (рис.7). Это **Wiggler-совместимый JTAG-эмулятор с полной гальванической развязкой**. Он полностью совместим с бесплатной средой разработки, построенной на компиляторе gcc и оболочке Eclipse (рис.8).

Eclipse – это свободно распространяемая среда. На сайте [yagarto.de](http://yagarto.de) можно найти дистрибутив Eclipse, подборку плагинов и компилятор GCC для ARM. Там же имеется подробная инструкция по настройке.

Среди примеров работы FreeRTOS есть два, созданные для контроллеров AT91SAM7X256. Один из них написан под IAR. После компиляции вместе с TCP/IP-стеком и WEB-сервером размер кода вплотную приближается к бесплатному пределу IAR Kickstart в 32 Кбайта. Второй пример написан для компиляции GCC и может быть скомпилирован, используя среду Eclipse и подборку программ от [yagarto.de](http://yagarto.de). Соответственно при компиляции gcc никаких ограничений не будет.

Если графическая среда разработки не требуется, можно ограничиться установкой компилятора, например WinARM. Это еще один вариант сборки GCC для работы в Windows и компиляции под ARM.

Примеры программ можно загрузить со специализированного сайта корпорации Atmel – [www.at91.com](http://www.at91.com). Там же размещена документация и форум разработчиков.

Дополнительную информацию можно найти на сайте разработчика Си-компилятора – компании IAR Systems: [www.iar.com](http://www.iar.com).

Программное обеспечение для загрузки памяти программ микроконтроллеров семейства SAM7 SAM-BA загружается с сайтов [www.atmel.com](http://www.atmel.com) и [www.argussoft.ru/atmel](http://www.argussoft.ru/atmel).

**ЛИТЕРАТУРА**

**Королев Н.** Микроконтроллеры на ядре ARM производства корпорации ATMEL. – Компоненты и технологии, 2006, №6.

**Королев Н.** Современные микроконтроллеры ATMEL: акцент на 32 разряда. – Электронные компоненты, 2006, №12.

**Королев Н., Шабынин А.** ARM-микроконтроллеры ATMEL: практические аспекты применения. Материалы дистрибьюторских семинаров ATMEL на русском языке (<http://atmel.argussoft.ru/seminars/>). Сайт проекта yagarto (Yet another GNU ARM Toolchain) <http://yagarto.de>.