КОМПАНИЯ ATMEL: НОВЫЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ НА ЯДРАХ CORTEX-M

Н.Королев korolev@ineltek.com

Компания Atmel производит микроконтроллеры на ядрах ARM уже более 15 лет. Первые поколения этих контроллеров с ядром ARM7, AT91M40400, выпущенные в 1999 году, работали на частоте 25 МГц и не имели встроенной памяти. Спустя несколько лет Atmel начала производство 32-разрядных микроконтроллеров на ядре собственной разработки AVR32. На момент выпуска, в 2004 году, контроллеры предоставляли ряд существенных возможностей – развитую систему команд, большой объем памяти программ и данных на кристалле, цифровой модуль ФАПЧ. Контроллеры серии AT32UC3L в период 2007–2009 годов имели лучшее в мире энергопотребление, поэтому компания Samsung широко применяла их в своих смартфонах и планшетах. Серия AT32UC3C отличается усовершенствованными модулями АЦП и ЦАП, поддержкой вычислений с плавающей запятой, работает от напряжения питания как 3,3 В, так и 5 В. Выпускаются также версии с расширенным температурным диапазоном для автомобилей. С выпуском микроконтроллеров серии SAM на ядрах Cortex-M положение изменилось.

МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ СЕРИИ SAM3, SAM4

Микроконтроллеры серии SAM3 построены на ядре Cortex-M3 и выпускаются с 2008 года. Предлагаются микросхемы SAM3S с объемом флеш-памяти на кристалле от 16 до 512 Кбайт и в корпусах с 48–144 выводами. Также выпускаются микросхемы SAM3N с уменьшенным объемом памяти и упрощенной периферией. В настоящее время происходит плавный переход к контроллерам SAM4, которые, при сопоставимых ценах, имеют повышенную производительность и увеличенные объемы памяти. Исключение составляет микроконтроллер SAM3X, отличительной особенностью которого является наличие интерфейсов High Speed USB (режимы Device и Host), Ethernet и двухканального CAN-контроллера. Полная замена SAM3X в SAM4 отсутствует. В конце 2012 года в рамках проекта Arduino выпущена плата Arduino DUE на контроллере SAM3X8E. Примерно в то же время появилась плата российской разработки AS-SAM3X на контроллере SAM3X8C. В отличие от Arduino DUE в российской плате использована концепция "все в одном флаконе", т.е. она содержит все периферийные микросхемы-драйверы RS-232, RS-485, CAN, Ethernet и большинство разъемов непосредственно на плате, т.е. использование дополнительных модулей не требуется. В 2014 году выпущена версия платы 1.2, которая позволяет устанавливать генератор на 12 МГц вместо кварцевого, что обеспечивает лучшую стабильность работы интерфейса High Speed USB.

Микроконтроллеры серии SAM4 можно назвать эволюционным развитием предыдущего семейства. Переход на более современный технологический

Таблица 1. Характеристики микроконтроллеров серии SAM4

	SAM4L	SAM4N	SAM4S	SAM4E
Частота ядра, МГц	48	100	120	120
Флеш-память, Кбайт	128–512	512–1024	512–2048	512–1024
Память ОЗУ, Кбайт	32-64	64-80	128–160	128
DSP-команды	Нет	Нет	Есть	FPU *
Ethernet MAC	Нет	Нет	Нет	100 Мбит
Порт Full Speed USB	Host/Dev	Нет	Device	Device
АЦП	12 бит	10 бит	12 бит	16 бит
ЦАП	10 бит	10 бит	12 бит	12 бит
Внешняя шина	Нет	Нет	8 бит	8 бит
Количество выводов в корпусе	48–100	48–100	48–100	100–144

* FPU – вычисления с плавающей точкой

процесс производства кристаллов позволил поднять тактовую частоту ядра до 120 МГц и за счет уменьшения геометрических размеров транзисторов разместить на кристалле увеличенный объем памяти при сохранении прежних размеров кристалла. Рекордсменом по энергопотреблению стала серия SAM4L, со значением тока 90 мкА/МГц в активном режиме.

Основные параметры микроконтроллеров SAM4 приведены в таблице 1.

Все контроллеры имеют порты SPI, TWI, многоканальные UART/USART и таймеры. Старшие представители серии SAM4 оснащены аппаратным модулем для выполнения SIMD- и DSP-команд, причем контроллер SAM4E поддерживают выполнение DSP-команд с плавающей точкой. Структурная схема микроконтроллера SAM4E представлена на рис.1.

Вследствие богатого набора периферии микроконтроллер SAM4E удобен для построения одноплатных промышленных контроллеров. Один из примеров – замена штатной платы процессора в системах сбора/управления стандарта Micro-PC. Это достаточно старый стандарт, и он редко применяется в новых разработках, однако в стране есть большое количество установленных систем на базе Micro-PC.

Типовая система Micro-PC состоит из платы процессора, часто реализуемой на микропроцессоре AMD (работает плата под управлением операционной системы MS-DOS), и набора периферийных плат. В состав набора обычно входят платы многоканальных аналого-цифровых и цифроаналоговых преобразователей, а также платы цифровых входов/выходов и промышленных интерфейсов. Как правило, эти платы имеют гальваническую развязку. Так как периферийные платы сертифицированы, то именно они составляют основную ценность системы.

При модернизации промышленного оборудования требуется модификация управляющей программы, и здесь возникает проблема, так как найти специалиста, который разбирается в тонкостях взаимодействия программ, работающих под MS-DOS в квазиреальном времени, в наше время непросто. В результате, приходится отказываться от использования всего аппаратного комплекса управления, и вместо него закупать современную весьма дорогостоящую сертифицированную систему. В этом свете решение замены единственной платы процессора выглядит оптимальным как с точки зрения аппаратных модификаций, так и с точки зрения затрат времени на запуск этой системы. Реализация платы процессора в форм-факторе Micro-PC на микроконтроллере SAM4E обходится совсем недорого, а, учитывая, что для него есть адаптированная современная операционная системы реального времени FreeRTOS, задача поиска программиста существенно облегчается. Пример реализации такой платы, AS-microPC, приведен на рис.2. Фактически, к собственно микроконтроллеру требуется добавить микросхему часов реального времени и несколько микросхем-драйверов портов. Наличие у SAM4E шины адрес/данные и стандартные сигналы управления обеспечивает

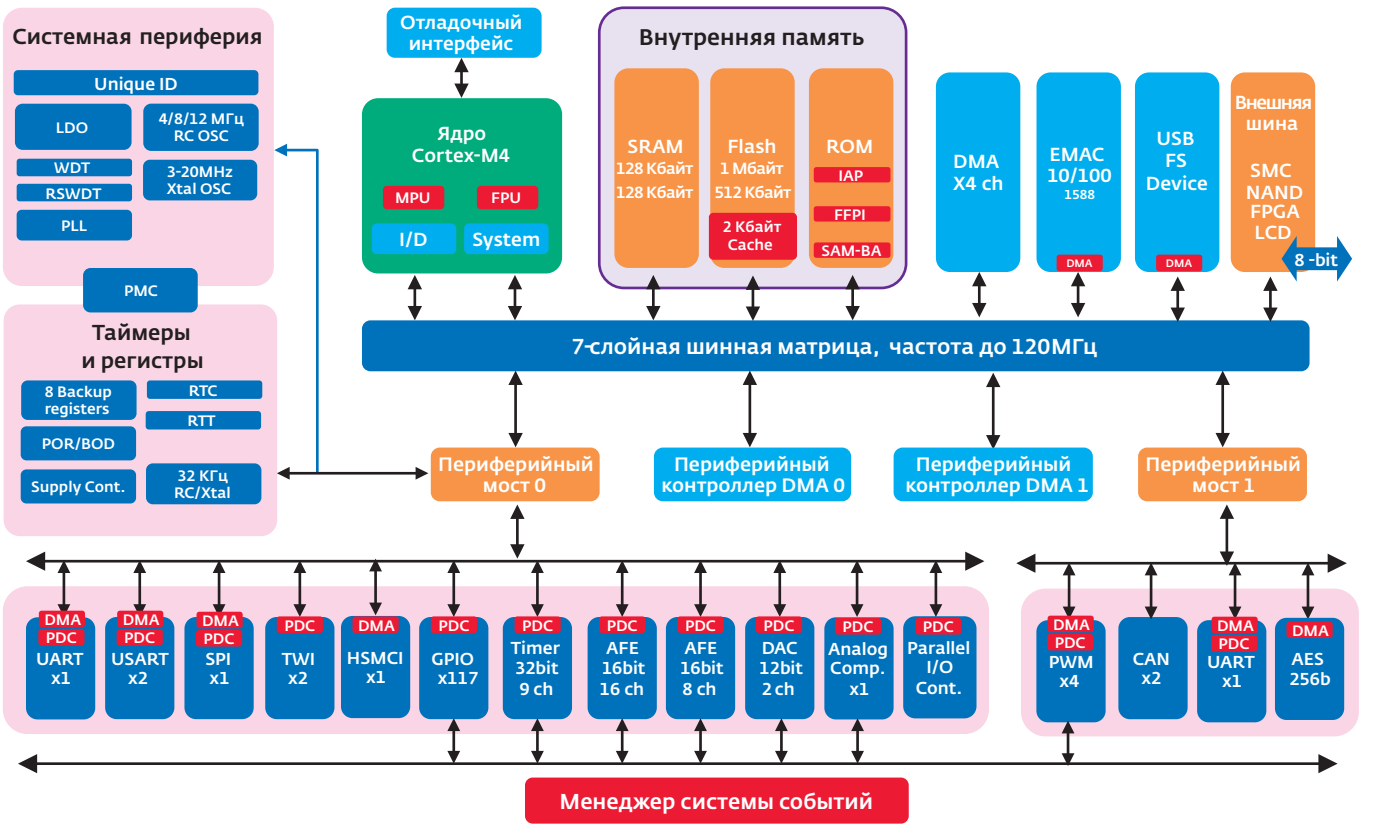

Рис.1. Структурная схема микроконтроллера SAM4E

прямую реализацию интерфейса ISA, на котором построена шина Micro-PC, а наличие непосредственно на плате гальваноразвязанных интерфейсов RS-232 и RS-422 даже позволяет исключить из системы одну периферийную плату.

Большой интерес представляет семейство SAM G5. В этих микроконтроллерах сочетаются высокая производительность ядра с поддержкой вычислений с плавающей запятой и малогабаритный 49-выводной корпус типа WLCSP площадью менее 3 мм^2. Выпускаются МК и в 100-выводном корпусе LQFP. Максимальная тактовая частота контроллера – 48 МГц, потребление в активном режиме – 100 мкА/МГц. На кристалле есть порты UART/USART, SPI, TWI (стандартный и высокоскоростной), а также 8-канальный 12-разрядный АЦП с производительностью 800 тыс. выборок/с. Область применения контроллера – мобильные решения с батарейным питанием, под которыми сегодня обычно подразумеваются смартфоны и планшеты.

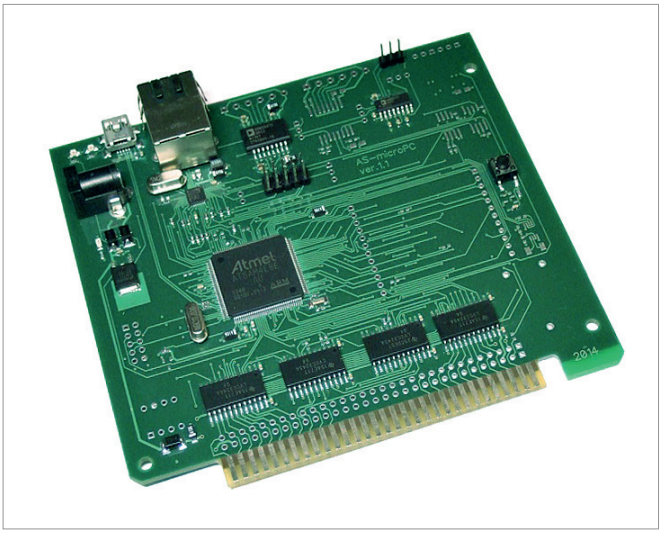

Рис.2. Одноплатный контроллер AS-microPC

В состав семейства входят два контроллера, различающиеся объемом памяти: SAM G51 содержит флеш-память 256 Кбайт и СОЗУ 64 Кбайт, а SAM G53 – флеш-память 512 Кбайт и СОЗУ 96 Кбайт.

МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ СЕРИИ SAM D

После выпуска широкой гаммы микросхем на ядрах Cortex-M3 и Cortex-M4 компания Atmel переключила внимание на бюджетный сегмент рынка и презентовала семейство микроконтроллеров на ядре ARM начального уровня, Cortex-M0+. Это ядро разработано компанией ARM в 2012 году, и оно является

модификацией Cortex-M0 с пониженным энергопотреблением ядра, от 70 мкА/МГц в активном режиме, и улучшенной производительностью (просматривается аналогия с переходом от Cortex-M3 к Cortex-M4). Общие характеристики контроллеров SAM D: частота ядра – 48 МГц, производительность ядра 0,93 млн. операций/с, аппаратный 32-разрядный умножитель, доступ к портам ввода/вывода за один такт, быстродействующая периферийная система событий, гибкий контроллер прерываний. Структурная схема базового микроконтроллера SAM D20 представлена на рис.3.

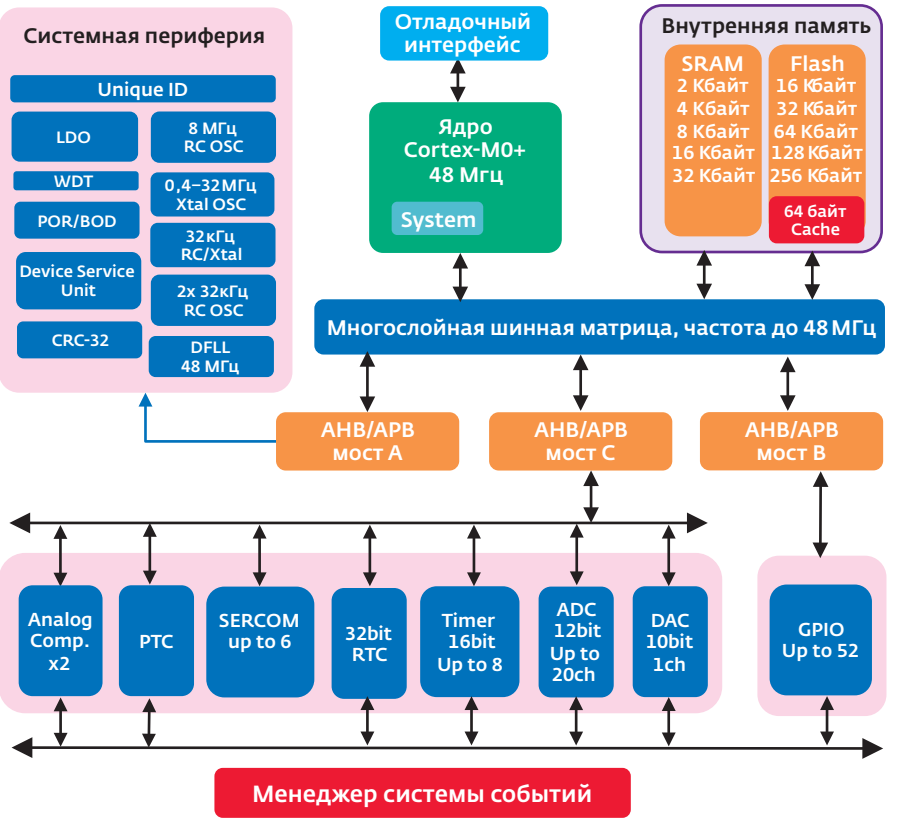

Рис.3. Структурная схема микроконтроллера SAM D20

Семейство микроконтроллеров Atmel SAM D состоит из четырех серий, совместимых по корпусам и системе команд, суммарно выпускается 35 модификаций. Везде используется идентичное ядро, шинная матрица, система прерываний, а различия состоят в объеме памяти и наборе периферии. В начале 2013 года появились микроконтроллеры базовой серии SAM D20, а вскоре – несколько модификаций:

- SAM D21 – добавлен контроллер DMA и интерфейс USB;
- SAM D10 – маловыводной корпус, уменьшен объем памяти, снижено энергопотребление;
- SAM D11 – SAM D10 с интерфейсом USB.

Сравнение серий представлено в табл.2.

Интересной конструктивной особенностью этого семейства является разводка сигналов на внешние выводы. Это сделано таким образом, что можно на одной плате установить три посадочных места, под корпуса с 32, 48 и 64 выводами, с центрами симметрии в одной точке. При этом можно соединить одноименные сигналы проводниками кратчайшей длины, без переходных отверстий. Таким образом, можно разработать универсальную печатную плату, на которую устанавливается любой из типов корпусов, в зависимости от функционала, требуемого от платы в конкретном приложении.

SAM-МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ С БЕСПРОВОДНЫМ ИНТЕРФЕЙСОМ

Компания Atmel имеет многолетний опыт производства двухкристальных микросхем. Например, в корпус микросхемы ATA5790N упакован

Таблица 2. Основные параметры микроконтроллеров серии SAM D и ее модификаций

	SAM D10	SAM D11	SAM D20	SAM D21
Флеш-память	8–16 Кбайт		16–256 Кбайт	32–256 Кбайт
Контроллер DMA	6 каналов		12 каналов	
Таймеры/счетчики	1		Нет	3
Интерфейс USB	Нет	Full Speed Device	Нет	Full Speed Device
Корпус, количество выводов	14, 20, 24		32, 48, 64	

AVR-микроконтроллер, а рядом с ним размещен кристалл ресивера, поэтому корпус имеет прямоугольную форму. Нечто подобное Atmel предлагает и на ARM-контроллере. На кристалле собственно контроллера Cortex-M0+ сверху размещен кристалл ZigBee трансивера AT86RF233. Такая система получила название SAM R21. Этот инновационный продукт может быть использован в различных приложениях, где требуется беспроводная защищенная передача данных – от удаленного снятия показаний электросчетчика до дистанционного мониторинга промышленных систем. И, конечно, этот контроллер может быть интересен для применения в недавно зародившемся и бурно развивающемся мире "Интернет вещей" (IoT, Internet of things). Американская компания Thingsquare, один из пионеров развития технологии IoT, уже обратила внимание на SAM R21 и даже написала программный стек для этого контроллера.

Параметры микросхемы (табл.3), действительно неплохие. Рабочий частотный диапазон – 2,4 ГГц, скорость передачи – 250 кбит/с, аппаратное кодирование данных по стандарту AES "на лету", выходная мощность передатчика составляет 4 дБм, чувствительность приемника – 101 дБм, потребляемый ток в режиме передачи – 13,8 мА, в режиме приема – 11,8 мА. Диапазон рабочих температур – от – 40 до 125°С.

Таблица 3. Основные параметры микроконтроллеров SAM R21

	SAM R21G	SAM R21E
Частота ядра	48 МГц	
Флеш-память, Кбайт	256/128/64	
Память ОЗУ, Кбайт	32/16/8	
Таймеры/счетчики	3	
Число каналов DMA	12	
Число каналов Event System	12	
Интерфейсы SPI/UART/TWI	5	4
Число каналов АЦП (12 бит)	8	4
Аналоговые компараторы	2	
Счетчик реального времени	1	
Число линий внешних прерываний	15	14
Кварц 32,768 кГц	Есть	Нет
Число линий ввода/вывода	28	16
Корпус	QFN48	QFN32

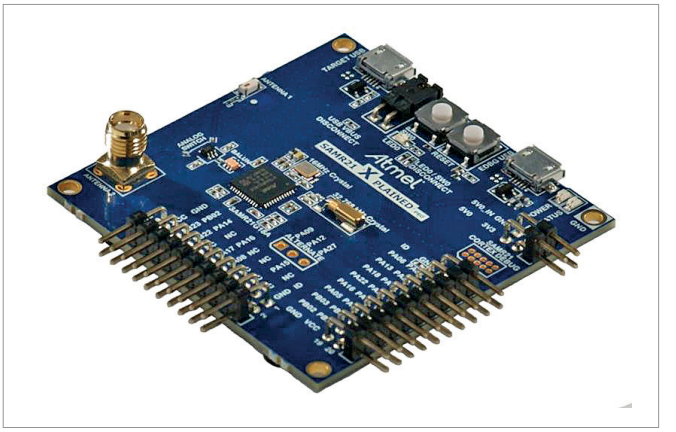

Рис.4. Отладочная плата SAM R21 Xplained Pro

Для освоения микроконтроллеров SAM R21 предлагается отладочная плата SAM R21 Xplained Pro, построенная на контроллере ATSAMR21G18A. Она поддерживается пакетом Atmel Studio 6.2, в среде которой можно запускать примеры из пакета ASF версии 3.18, а также отлаживать свой код с использованием встроенного отладчика Embedded Debugger. Внешний вид платы приведен на рис.4.

9 июня 2014 года компания Atmel анонсировала еще одно беспроводное решение на базе контроллера с ядром Cortex-M0+, семейство сертифицированных модулей SAM W23 с интерфейсом Wi-Fi. В состав серии входит три типа модулей:

- ATSAMW23G18-MD1 – законченный модуль Wi-Fi с печатной антенной;
- ATSAMW23G18-MD2 – модуль Wi-Fi, флеш-память 4 Мбит с возможностью обновления "по воздуху" (OTA, Over the Air) и печатная антенна;
- ATSAMW23G18-MD51 – модуль Wi-Fi, флеш-память 4 Мбит OTA, внешний усилитель мощности и керамическая антенна.

Возможен вариант поставки как законченного сертифицированного модуля, готового к применению, так и в виде образцового проекта для построения пользовательских модулей на базе чипсета SAM W23 для встраивания в существующие системы.

❊ ❊ ❊

Компания Atmel активно расширяет спектр своих продуктов на базе 32-разрядных микроконтроллерных ядер, что позволяет разработчику выбрать оптимальное решение для конкретного проекта.

Бесплатный программный пакет Atmel Studio поддерживает все современные 8- и 32-разрядные контроллеры компании, т.е. программист может писать и отлаживать программный код для различных контроллеров в единой среде.

Немаловажно, что компания Atmel в ежегодном официальном письме гарантирует период выпуска своих микроконтроллеров не менее 12 лет. Последнее официальное письмо опубликовано в июне 2014 года, т.е. подтвержденный период выпуска продлен до середины 2026 года.

ЛИТЕРАТУРА

- **Королев Н.** Atmel: акцент на микромощные технологии. – Компоненты и технологии, 2013, №8, с.102–105
- **Андреас Йеланд** (**Andreas Eieland**). Микроконтроллер Cortex-M4 с низким энергопотреблением. – Компоненты и технологии, 2013, №2, с.84–85
- **Королев Н.** Микроконтроллеры Atmel на ядре Cortex: расширение семейства. – Электроника: НТБ, 2013, №1, с.68–75
- **Королев Н.** Atmel: новые возможности пакета AVR Studio. – Компоненты и технологии, 2011, №10, с.113–116
- **Королев Н.** 32-разрядные ARM7-микроконтроллеры Atmel: практика работы. – Электроника: НТБ, 2009, №4, с.42–50
- **Королев Н.** 32 разряда от Atmel: развитие линии ARM-контроллеров. – Компоненты и технологии, 2008, №1, с.121–126
- **Королев Н.** 32-разрядные микроконтроллеры ATMEL на базе ядра ARM7. –Компоненты и технологии, 2006, №6, с.42–50
- Презентации по теме: www.ineltek.com/presentations.php
- Материалы сайта www.as-kit.ru