

SAMD — новая линейка микроконтроллеров с ядром ARM Cortex-M0+ компании Atmel

Летом 2013 года компания Atmel анонсировала линейку SAMD на базе ядра ARM Cortex-M0+ с одним на тот момент ее представителем — SAMD20, быстро запустила кристалл в производство, а в феврале 2014 года уже сообщила об обновлении линейки тремя семействами: SAMD21, SAMD10 и SAMD11. Эти устройства ориентированы на приложения с батарейным питанием, критичные к энергопотреблению и не требующие высокой производительности вычислительного ядра или наличия специфической сложной периферии. SAMD имеет хорошие коммуникационные возможности, качественную аналоговую часть, контроллер сенсорного ввода, полный набор методик снижения потребления PicoPower, включая периферийную систему событий, технологию SleepWalking и продвинутую мультидоменную систему тактирования ядра и периферии. В статье рассмотрены особенности SAMD.

Дмитрий САЗАНОВ
sda@efo.ru

Введение

Новая линейка микроконтроллеров SAMD компании Atmel постепенно расширяется. Если вначале она была представлена всего одним семейством, то сейчас их уже четыре, и они отличаются числом выводов, корпусами, составом и количеством периферии. Первое семейство SAMD20 не имело контроллера DMA, в новых он добавлен. Также в новых семействах появились контроллеры USB и I²S и расширен функционал других периферийных модулей.

Линейка построена на недавно вышедшем ядре Cortex-M0+ компании ARM. Оно было создано в результате усовершенствования ядра ARM Cortex-M0, которое, в свою очередь, разработано на базе уже известного ядра ARM6-M. Все перечисленные ядра имеют архитектуру фон Неймана и конкурентное энергопотребление на момент разработки.

Cortex-M0+ — оптимизация Cortex-M0, наиболее компактного и энергоэффективного ядра в линейке компании ARM до выхода ядра M0+. M0 требует для реализации в минимальной конфигурации всего 12 тысяч транзисторов и потребляет 16 мкВт/МГц (1,2 В, 90LP). Для дальнейшего снижения энергопотребления в новом ядре заложен конвейер лишь на две инструкции.

В результате кристалл Cortex-M0+ стал наиболее энергоэффективным в линейке ARM: его потребление составляет 9,8 мкВт/МГц (1,2 В, 90LP). Был сохранен минимальный размер (около 0,04 мм² при техпроцессе 90LP), но производительность несколько уменьшилась: с 2,33 до 2,15 CoreMark/МГц¹. Добавлен ряд опциональных модулей кристалла: модуль защиты памяти (MPU²) и трассировщик на уровне инструкций. Также появилась возможность перемещения таблицы векторов прерываний.

Важно то, что периферийные шины ARM Cortex-M0+ дают доступ к портам ввода/вывода за один такт ядра, что отличает Cortex-M0+ от других ядер ARM Cortex, включая M0. Многие разработчики до сих пор пользуются программным управлением портами, перейдя с микроконтроллеров AVR, MSP430 и PIC24 на новые линейки микроконтроллеров с ядром ARM. Этот фактор часто является ключевым требованием у разработчиков 8-разрядных приложений.

Особенности линейки SAMD

Малопотребляющие микроконтроллеры SAMD позиционируются как недорогие решения начального уровня и ориентированы на разнообразные задачи невысокой сложности. К ним относятся:

- потребительская электроника;
- игрушки;

- POS-терминалы;
- медицинские приборы;
- M2M³ приложения, например терминалы оплаты услуг по обмену данными со средствами управления, а не с человеком;
- интеллектуальные средства измерения;
- домашняя автоматика;
- простые узлы сетей интеллектуального энергоснабжения, например счетчики электроэнергии;
- интернет вещей.

Новая линейка микроконтроллеров (табл. 1), разработанная на базе ядра Cortex-M0+, кроме энергоэффективного ядра имеет в своем составе малопотребляющую периферию, позаимствованную во многом у линеек AVR и SAM. В частности, система событий EventSystem и 12-бит-

Таблица 1. Сравнение характеристик семейств SAMD

Параметр	SAMD10	SAMD11	SAMD20	SAMD21
Максимальная частота, МГц	48			
SRAM, кбайт	4		2–32	4–32
Flash, кбайт	8, 16		16–256	32–256
DMAC	6 каналов		—	12 каналов
SERCOM	2/3/3	2/3/3	4/6/6	4/6/6
EVSYS	6	6	8	12
I ² S	—	—	—	+
USB	—	Full Speed Device	—	Full Speed Host/Device
TC	2/3/3	2	6/6/8	3/3/5
TCC	1	1	—	3
АЦП	5/8/10×12 бит		20/14/10×12 бит	
ЦАП	1×10 бит			
Корпус	SOIC14/20, QFN24		QFP/QFN×32/48/64	

1 По данным ARM для их ядер.

2 MPU — Memory Protection Unit.

3 M2M — интерфейс машины с машиной (Machine to Machine interface).

ный АЦП позаимствованы у линейки AVR XMEGA, а 10-битный ЦАП — у SAM4L.

В исполнении Atmel ARM-ядро развивает до 2,14 CoreMark/МГц при максимальной частоте в 48 МГц. Заявленное энергопотребление составляет до 145 мкА/МГц в активном состоянии при расчете алгоритма CoreMark и от 4 мкА в режиме энергосбережения с работающими часами реального времени и обновлением SRAM. Напряжение питания микроконтроллера варьируется в диапазоне от 1,62 до 3,63 В, что позволяет использовать дешевый линейный регулятор с напряжением 1,8 В \pm 10%. Следует отметить, что вся периферия работает в этом диапазоне напряжения без ограничений.

SAMD20

В первом, появившемся летом 2013 года семействе SAMD20 компания Atmel реализовала интересную систему тактирования периферии и ядра, универсальные коммуникационные модули, продвинутый контроллер сенсорного ввода, поддерживающий до 256 сенсоров, и применила в полной мере свои фирменные методики снижения энергопотребления в рамках технологии PicoPower, особенности которой рассмотрим позже. Поскольку микроконтроллер не ориентирован на сложные задачи, то Flash-памяти и SRAM установлено сравнительно немного.

Для коммуникаций можно задействовать один из шести модулей последовательного интерфейса SERCOM. Все они одинаковы и программно конфигурируются в типовые интерфейсы.

Таким же образом производитель поступил и с таймерами/счетчиками: установил восемь одинаковых модулей 16-битных T/C, с возможностями каскадирования в 32-битные счетчики и генерации ШИМ-сигналов.

Тактирование реализовано аналогично: восемь одинаковых преобразователей в рамках модуля контроллера тактирования с индивидуальными программно настраиваемыми делителями. К преобразователям подключается периферия, а источником тактирования для любого преобразователя может быть один из восьми источников: это пять различных генераторов и три дополнительных. Каждый из генераторов, преобразователей и каждого из потребителей можно отключить индивидуально.

Аналоговая часть представлена 20-канальным 12-битным АЦП, 10-битным ЦАП и аналоговыми компараторами. И АЦП, и ЦАП работают с частотой дискретизации в 350 тысяч отсчетов в секунду. Также АЦП поддерживает дифференциальное включение и имеет встроенный каскад предусилителя сигнала. В качестве входа АЦП можно использовать не только внешние сигналы, но и внутренние: температуру, напряжение питания, выход ЦАП и др., а опорное напряжение может быть как внешним, так и внутренним, которое настраивается с разрешением в 4 бита.

Микроконтроллеры семейства SAMD20 компания Atmel поместила в корпуса с небольшим количеством выводов. Выводы периферии можно гибко конфигурировать: до семи функций на вывод микросхемы, при

этом ряд выводов периферии дублирован и многие внешние пассивные компоненты реализованы внутри кристалла для упрощения разработки печатных плат. К примеру, для реализации емкостных сенсорных датчиков нет необходимости во внешних эталонных емкостях и других компонентах: они уже реализованы в чипе.

Семейство представлено в корпусах QFP и QFN с 32, 48 и 64 выводами. В микроконтроллерах с малым количеством выводов некоторая периферия установлена в меньшем количестве (табл. 1).

SAMD21

В начале 2014 года линейка микроконтроллеров на базе ядра Cortex-M0+ была расширена за счет трех новых семейств: SAMD10/11/21. Они получили в дополнение к технологиям SleepWalking и EventSystem контроллер DMA, а старшее семейство, SAMD21, блок-схема которого показана на рис. 1, получило контроллер I²S и контроллер USB с поддержкой FullSpeed, способный функционировать как в качестве хоста, так и устройства. Также три из восьми таймеров/счетчиков были обновлены для задач управления двигателями, освещением и подходят для других силовых применений: два из них стали 24-битными, и все они имеют расширенные возможности ШИМ-сигнала (TCC).

SAMD10/SAMD11

В рамках обновления линейки микроконтроллеров SAMD для задач, не требующих

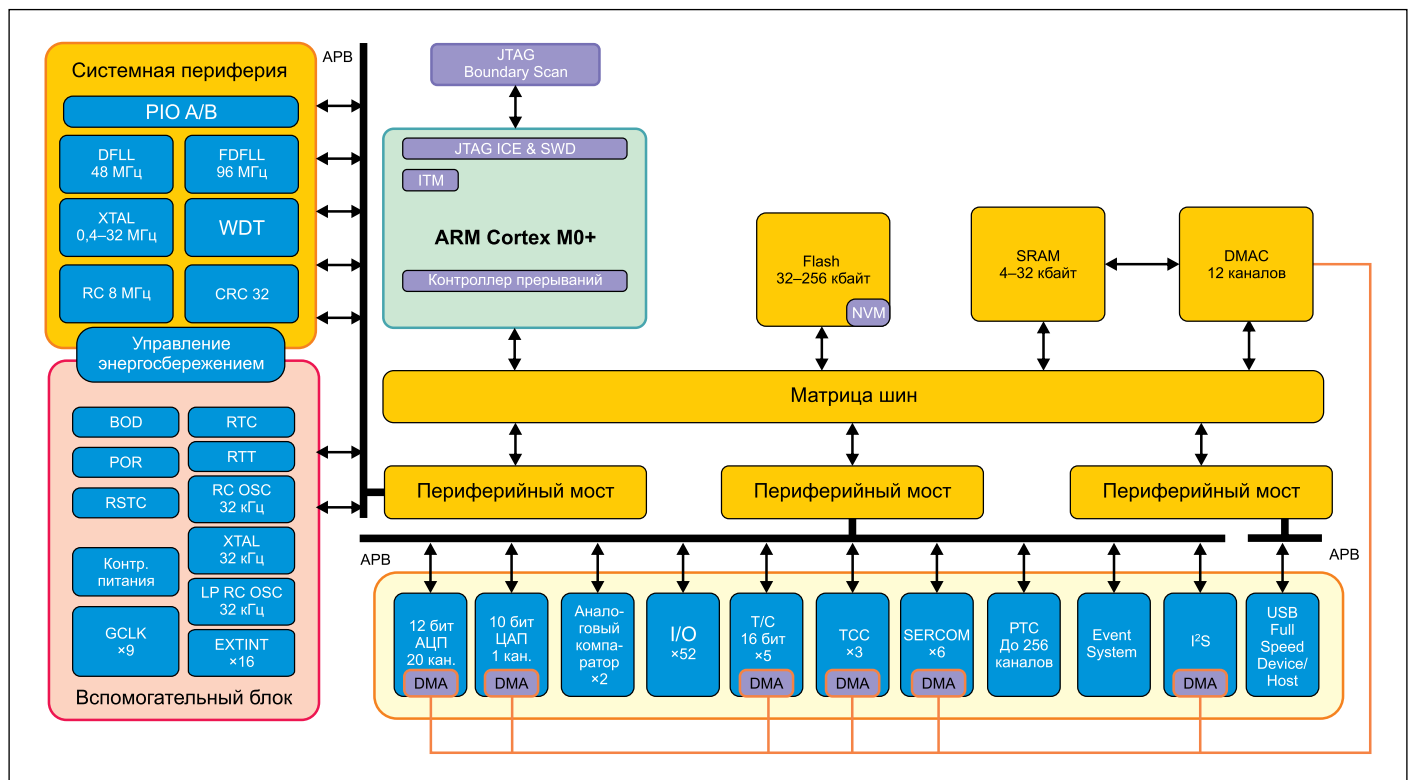


Рис. 1. Блок-схема SAMD21

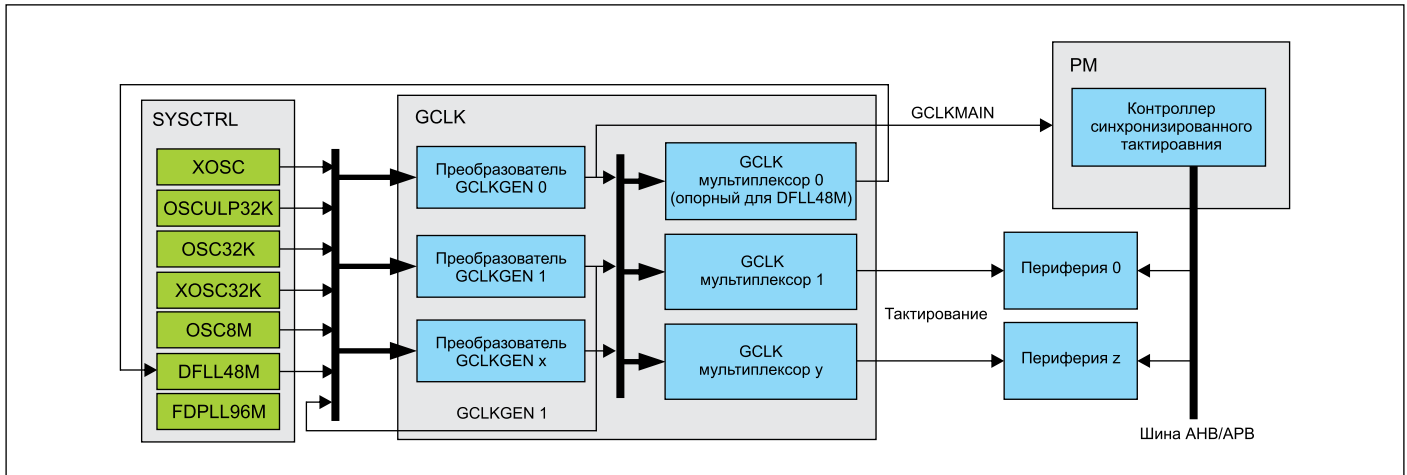


Рис. 2. Блок-схема универсального контроллера тактирования

большого количества выводов, периферии и критичных к стоимости, компания Atmel анонсировала упрощенные версии SAMD21: SAMD10 и SAMD11 (табл. 1). Эти семейства отличаются составом и количеством периферии и корпусами с небольшим количеством выводов: 14, 20 и 24.

Периферия

В новых семействах линейки SAMD добавлена новая интересная периферия.

Система тактирования

Следуя своей идеологии PicoPower, компания Atmel реализовала многодоменную систему тактирования — контроллер тактирования GCLK. Это сложный и очень гибкий инструмент, в задачи которого входит генерация и распределение тактовых сигналов между периферией (рис. 2). Он состоит из ряда (до девяти) одинаковых, индивидуально отключаемых «генераторов» (GCLKGEN), в терминах Atmel. Чтобы избежать путаницы, в статье для этих генераторов на основе кристаллов и RC-цепей используется термин «генератор», а для блоков модуля контроллера тактирования с аббревиатурой GCLKGEN — термин «преобразователь».

На вход преобразователей можно подключить до девяти источников сигнала. Это семь источников, находящихся в составе модуля системного контроллера SYSCTRL:

- XOSC — генератор с внешним кристаллом: до 32 МГц;
- XOSC32K — генератор с внешним кристаллом: до 32 кГц;
- OSC8M — встроенный RC-генератор: до 8 МГц;
- OSC32K — встроенный RC-генератор: 1 и 32 кГц;
- OSCULP32K — встроенный RC-генератор с низким энергопотреблением: до 32 кГц;
- DFLL48M — ФАПЧ: до 48 МГц;
- FDPLL96M — ФАПЧ: до 96 МГц.

И два дополнительных источника:

- GCLKGEN[1] — преобразователь 1;
- GCLK_IO[i] — вывод микросхемы i-го преобразователя.

Каждый из генераторов может быть отключен для снижения энергопотребления, кроме OSCULP32K — от него тактируется сторожевой таймер. Последний источник, FDPLL96M, предназначен для контроллера I²S и, соответственно, доступен только в SAMD21. В качестве дополнительного источника сигнала можно выбрать преобразователь 1 (GCLKGEN[1]) для всех преобразователей кроме самого себя, и каждый преобразователь может либо принимать сигнал в качестве источника, либо выдавать результат своей работы через свой индивидуальный внешний вывод микросхемы.

Фактически каждый GCLKGEN представляет собой делитель частоты, с индивидуальным коэффициентом деления (число длиной от 5 до 16 бит), с возможностью выравнивания скважности сигнала до двух при нечетных значениях делителя. Роли и приоритеты почти у всех этих преобразователей одинаковы, кроме нулевого и первого. Первый преобразователь может быть источником тактирования для других, как говорилось ранее, а нулевой является источником опорной частоты (GCLKMAIN) для контроллера синхронного тактирования в составе менеджера питания, который, в свою очередь, является источником импульсов для синхронизированной периферии: ядра, шин данных и периферийных шин. Для всех трех периферийных шин можно выставить индивидуальный делитель частоты.

Выход любого преобразователя через мультиплексор можно подать на вход периферии по принципу «один ко многим», то есть к одному преобразователю можно подключить более одного периферийного модуля, часто с дополнительными делителями уже в самом модуле. Из этого следует, что есть такие конфигурации преобразователей и мультиплексора тактовых сигналов, при

которых возможен одновременный, в одно действие, останов набора периферии при отключении преобразователя, от которого этот набор тактируется, что может оказаться полезным.

Поскольку ядро и шины данных получают тактовый сигнал от нулевого преобразователя, а периферия может быть подключена к другим преобразователям, то она может работать асинхронно с ядром и периферийными шинами. Для обмена данными в таких случаях предусмотрены механизмы синхронизации данных и регистров при чтении и/или записи и механизм проверки завершения синхронизации.

Все настройки модуля GCLK программно доступны во время работы контроллера: это включение, отключение и конфигурирование преобразователей, запуск и останов генераторов, управление мультиплексорами и др. Также в режимах энергосбережения у модуля есть возможность самостоятельного запуска генераторов и преобразователей по запросу периферии в рамках механизма SleepWalking, который будет рассмотрен далее.

Универсальные коммуникационные модули

Последовательные интерфейсы в линейке SAMD реализованы необычно. Вместо привычных отдельных модулей для каждого типа интерфейса компания Atmel применила до шести одинаковых универсальных коммуникационных модулей SERCOM в зависимости от корпуса микросхемы. Модули аппаратно поддерживают три последовательных протокола, переключение между которыми реализовано программно, «на лету»:

- I²C/TWI/SMBus;
- SPI;
- UART/USART.

На каждый модуль SERCOM отведено по четыре вывода микросхемы, через которые идет обмен данными во всех трех режимах. У каждого из этих выводов есть два варианта мультиплексирования, и они рас-

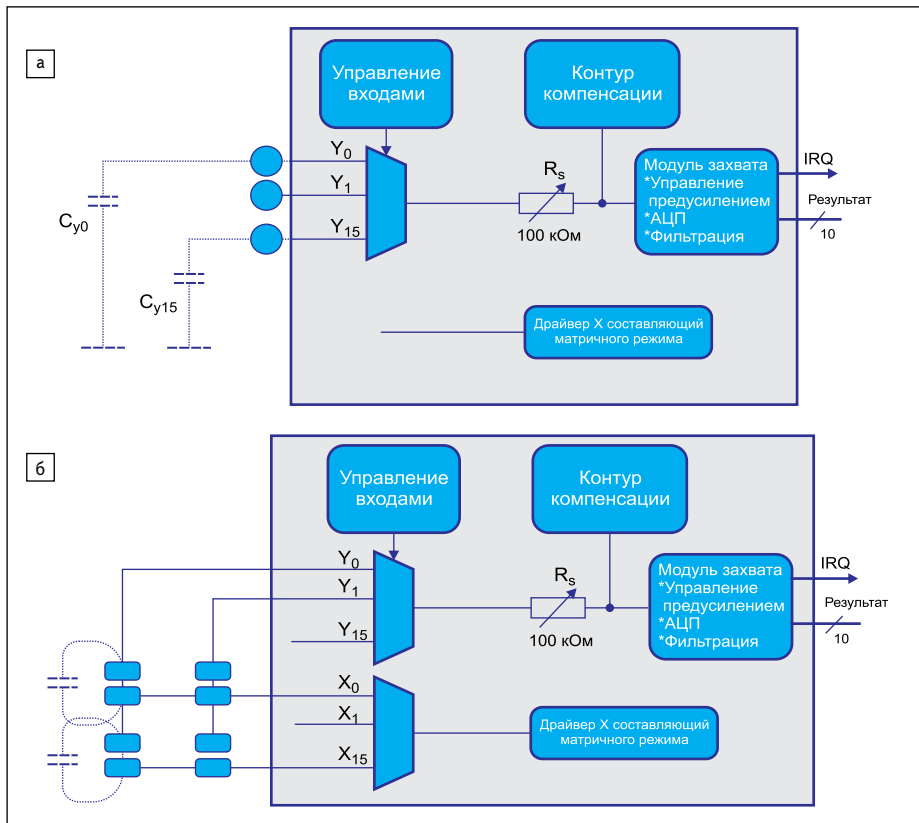


Рис. 3. Режимы работы PTC: а) Self Capacitance; б) Mutual Capacitance

пределены таким образом, что можно одновременно использовать все доступные модули SERCOM. Не задействованные в выбранном режиме работы выводы микросхемы можно использовать как GPIO или в качестве выходов другой периферии.

Универсальность модулей и возможность выбора выводов микросхемы позволяют упростить трассировку печатной платы: нет необходимости вести дорожки на другую сторону микросхемы, например к выводам выделенного модуля SPI.

Контроллер сенсорного ввода

В новые микроконтроллеры Atmel впервые интегрировала расширенный контроллер емкостных сенсорных интерфейсов — PTC, разработанный компанией Quantum Research, которая принадлежит Atmel. Полностью аппаратный контроллер поддерживает как обычные кнопки, так и линейные и кольцевые слайдеры и способен регистрировать касания и приближения.

Особенностью модуля является его способность работать в двух режимах:

- классическом, с одним сенсором на вывод — Self Capacitance (рис. 3а);
- матричном — Mutual Capacitance (рис. 3б).

Для 64-выводного корпуса в первом режиме максимальное количество датчиков — 16 штук; для второго режима — до 256 датчиков. В обоих случаях внешние компоненты не нужны, они реализованы на кристалле, а шумоподавление, компенсация паразитных

емкостей, подстройка коэффициента усиления и калибровка сенсоров происходят внутри модуля практически без вмешательства разработчика.

В самом аппаратном модуле PTC происходит регистрация касания с генерацией прерывания и/или события периферийной системы событий, которая будет рассмотрена позднее. Дальнейшая обработка сигнала и управление модулем PTC осуществляются благодаря библиотеке Qtouch Library, подключаемой к проекту. Доступная как надстройка для среды разработки Atmel Studio и как отдельная библиотека для компилятора IAR, она предоставляет полноценный API для клиентских приложений и берет на себя управление и конфигурирование модуля сенсорного ввода. Библиотека Qtouch Library, написанная «с нуля», вышла осенью 2013 года. В ближайших планах на 2014 год — добавление поддержки методик диагностики отказов FMEA для ответственных систем и поддержки датчиков приближения с небольшим расстоянием срабатывания и низким энергопотреблением.

Производитель утверждает о малом потреблении и низкой нагрузке на ЦПУ: при периоде опроса десяти сенсорных датчиков в 50 мс затрачивается всего около 5% мощностей процессора, а при периоде в 200 мс — всего 8 мкА на один сенсор, что позволяет отказаться от механических кнопок в проектах с батарейным питанием. Для наглядного проектирования и отладки сенсорных

интерфейсов также есть надстройка Qtouch Composer для Atmel Studio, упрощающая процедуру разработки.

К плюсам модуля PTC можно отнести следующие моменты:

- большое количество сенсорных датчиков в матричном режиме;
- высокая скорость регистрации касания;
- большое расстояние регистрации приближений (15 см);
- высокая помехозащищенность при отсутствии внешних компонентов и низкое энергопотребление.

Энергопотребление

Новая линейка SAMD позиционируется как малопотребляющая, для батарейного питания. Согласно документации новые микроконтроллеры потребляют до 145 мкА/МГц в активном состоянии при расчете алгоритма CoreMark и от 4 мкА в режиме энергосбережения с работающими часами реального времени и при обновлении SRAM.

Для снижения потребления в новом кристалле задействованы все методики технологии PicoPower:

- несколько доменов тактирования;
- баланс между скоростью переключения (производительностью) и малыми токами утечки (энергопотреблением) транзисторов;
- поддержка низкого напряжения питания;
- использование периферийной системы событий и прямого доступа к памяти;
- технология SleepWalking.

При использовании нескольких доменов тактирования есть возможность индивидуально снижать рабочую частоту периферии и отключать неиспользуемые модули, чем можно заметно снизить потребление энергии микроконтроллером. В SAMD этот функционал реализован благодаря наличию до девяти гибко конфигурируемых преобразователей тактовых частот в модуле GCLK.

Низкое напряжение питания также благотворно сказывается на энергосбережении. Для SAMD минимальное рабочее напряжение составляет 1,62 В, что позволяет использовать дешевые линейные регуляторы на 1,8 В $\pm 10\%$. При таких значениях у новой линейки работает вся периферия, включая аналоговую часть, EEPROM и Flash, в отличие от многих устройств конкурентов, имеющих ряд ограничений при сниженном напряжении питания.

Микроконтроллер поддерживает четыре режима сна: три режима Idle и режим Standby (табл. 2). Выход из любого режима энергосбережения возможен по асинхронному прерыванию от периферии, способной его сгенерировать.

Две технологии PicoPower требуют более подробного описания: они обеспечивают энергоэффективную схему работы периферии в энергосберегающих режимах.

Таблица 2. Энергосберегающие режимы SAMD

Режим	CPU clock	AHB clock	APB clock	Генераторы				Основное тактирование	Режим регулятора питания	Режим SRAM	Время выхода из сна, мкс	Типовое потребление
				ONDEMAND = 0		ONDEMAND = 1						
				RUNSTDBY = 0	RUNSTDBY = 1	RUNSTDBY = 0	RUNSTDBY = 1					
				По запросу	По запросу	По запросу	По запросу					
Idle 0	-	+	+	+	+	По запросу	По запросу	+	Нормальный	Нормальный	4	2 мА
Idle 1	-	-	+	+	+	По запросу	По запросу	+	Нормальный	Нормальный	12	1,45 мА
Idle 2	-	-	-	+	+	По запросу	По запросу	+	Нормальный	Нормальный	13	1,15 мА
Standby	-	-	-	-	+	-	По запросу	-	Экономичный	Экономичный	20	2,7–4,06 мкА

Рассмотрим технологию SleepWalking и периферийную систему событий подробнее.

Периферийная система событий (EVSYS)

Модуль EVSYS позаимствован у линейки XMEGA и широко используется в новых семействах микроконтроллеров компании Atmel. Он позволяет без участия ядра микроконтроллера передавать так называемые «события» — дискретные сигналы от периферии к периферии, являющиеся не прерываниями, а отдельным механизмом общения периферии. Такими событиями являются, например, срабатывание логики сравнения в таймере/счетчике, окончание оцифровки сигнала АЦП, события календаря и RTC и многие другие. Эти события можно передать на другие периферийные модули и, например, посчитать счетчиком или запустить ими ЦАП, АЦП, передачу данных через DMA и др.

В процессе передачи сигнала задействованы:

- источник события;
- канал события;
- приемник события.

Источником и приемником события является встроенная периферия: таймеры/счетчики, АЦП и др. Каждый из них может быть как в роли источника или приемника события, так и одновременно играть обе эти роли. Некоторая периферия выступает в роли сразу двух и более источников и/или приемников событий. Суммарно в старших микросхемах может быть до 73 источников и до 29 приемников событий, включая события модуля DMA, что позволяет начинать передачу данных через модуль прямого доступа к памяти.

Основная задача канала события в модуле EVSYS — передавать сигналы от источников события к приемникам без участия вычислительного ядра. Мультиплексор каждого канала способен работать на принципе «один ко многим», что позволяет передавать события сразу нескольким пользователям, при этом гарантируется стабильность времени передачи события. В старших микроконтроллерах доступно до 12 таких каналов, в каждом из которых реализованы механизмы синхронизации асинхронных событий и возможность выбора для использования фронта или спада события. Канал также может генерировать прерывания и запрашивать

тактирование у привязанного к приемнику события преобразователя GCLKGEN, и только в одном режиме работы ему не нужно собственное тактирование. Но в этом режиме канал пассивен, и никакая статусная информация и генерация прерываний не доступны.

Технология SleepWalking

Эта технология позволяет с помощью специального механизма, реализованного в канале события системы EVSYS, запускать тактирование у спящей периферии при передаче ей события. Запрос направляется преобразователю GCLKGEN, сконфигурированному для данной периферии, который после этого при необходимости запускает нужный генератор. Они оба работают до тех пор, пока периферия этого требует, после чего тактирование отключается, либо периферия генерирует прерывание и будит весь микроконтроллер. Эти процессы происходят без вмешательства вычислительного ядра, оно может и дальше находиться в любом режиме энергосбережения. В функционировании этого механизма важную роль играют возможности нового контроллера тактирования GCLK.

С помощью технологий SleepWalking и EVSYS можно реализовать различные схемы эффективной работы микроконтроллера

в энергосберегающих режимах. А реализованный в новых семействах контроллер DMA позволяет реге будить ЦПУ. На рис. 4 схематично приведен пример реализации термометра с порогом в сравнении с классической схемой работы.

Отладочные средства

Для работы со всей линейкой микроконтроллеров Atmel, включая SAMD, компания предлагает свою бесплатную интегрированную среду разработки Atmel Studio. Она ориентирована на полный цикл разработки и отладки приложений на языке C/C++ и языке ассемблера для 8- и 32-битных микроконтроллеров Atmel AVR, беспроводных SoC Atmel SAMR и линеек микроконтроллеров SAM3, SAM4, SAMD и SAMG с ядром ARM Cortex-M.

В состав среды включены следующие компоненты:

- Atmel Software Framework (ASF). Большая библиотека драйверов встроенной периферии, коммуникационных стеков, графических функций и примеров использования с исходными кодами (сейчас библиотека содержит более 1600 примеров), что позволяет сфокусироваться на разработке приложения и сократить ее цикл. Для выбора нужных в проекте компонентов ASF используется надстройка ASF Explorer.
- C/C++ компилятор GCC с поддержкой командной строки для микроконтроллеров с ядром AVR и ARM.
- Дебаггер с расширенным функционалом, поддерживающий онлайн-просмотр переменных, сложные точки останова по совпадению данных, неинтрузивную отладку для линеек SAM3 и SAM4 (включая инструменты профилирования, трассировщик данных и обработчиков прерываний), а также трассировку данных для ARM Cortex-M0+.
- Редактор с подсветкой синтаксиса.

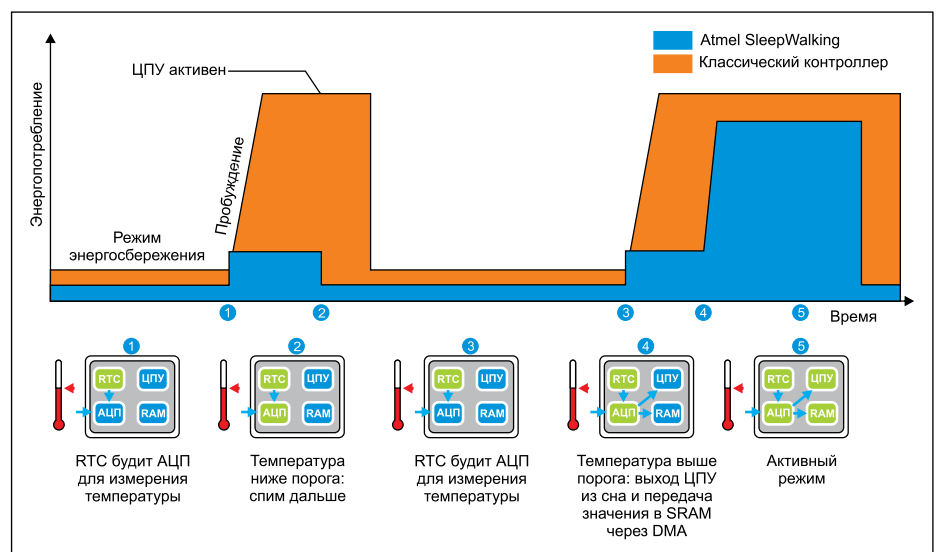


Рис. 4. Пример работы SleepWalking и системы событий



Рис. 5. Аппаратные средства отладки

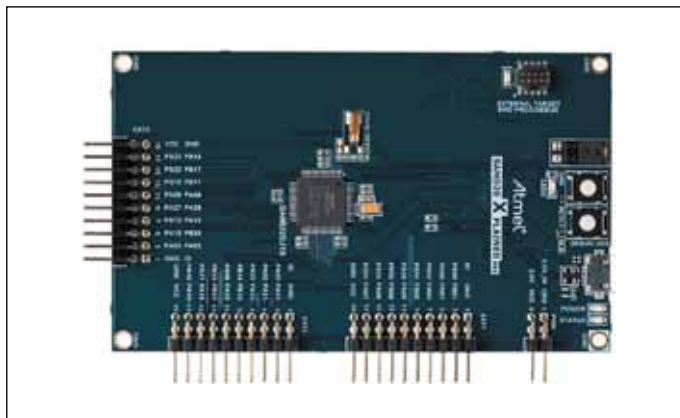


Рис. 6. Оценочная плата ATSAMd20-XPRO

- Extension Manager — менеджер расширений для Atmel Studio, реализующий доступ к онлайн-магазину Atmel Gallery и обновление установленных компонентов и расширений.
- Atmel QTouch Composer — набор средств для разработки и отладки сенсорных интерфейсов.
- Wireless Composer — средства для отладки беспроводных приложений.
- Atmel Spaces — облачный защищенный сервис для обмена проектами с функционалом репозитория.

Также доступна сборка ASF для среды разработки Embedded Workbench от IAR.

В качестве аппаратных средств отладки для своих продуктов Atmel предлагает внутрисхемные отладчики ATJTAGICE3, ATMEL-ICE и AT91SAM-ICE (рис. 5). Первые два схожи по внешнему виду, но отличаются интерфейсами и поддерживаемыми устройствами. Так, минимальное поддерживаемое напряжение целевого контроллера у ATJTAGICE3 — 1,62 В против 1,8 В у ATMEL-ICE. Список интерфейсов для ATJTAGICE3 таков: JTAG, aWire, SPI и PDI. У ATMEL-ICE добавлены SWD

и debugWIRE. ATJTAGICE3 поддерживает всю линейку 8-битных микроконтроллеров Atmel, включая MEGA, XMEGA, tinyAVR, и часть 32-битных МК: AVR UC3, SAMD и SAMR. В ATMEL-ICE добавлена поддержка остальных семейств на базе ядер ARM Cortex-M. Последний, AT91SAM-ICE, является клоном популярнейшего внутрисхемного отладчика J-Link компании Segger.

Для ускоренного освоения новых микроконтроллеров предлагаются новые недорогие оценочные наборы серии XPlained Pro на базе SAMD20 и SAMD21: ATSAMd20-XPRO и ATSAMd21-XPRO (рис. 6). Как и другие платы этой серии, они имеют реализованный на дополнительном микроконтроллере внутрисхемный отладчик на плате и опциональные модули расширения (рис. 7):

- ATPROTO1-XPRO — макетное поле;
- ATIO1-XPRO — плата с датчиками и microSD-слотом;
- ATOLED1-XPRO — плата с OLED-графическим индикатором;
- ATQT1-XPRO — набор емкостных датчиков;
- ATEPD-XPRO — контроллер e-ink дисплея;

- ATSLCD1-XPRO — текстовый индикатор.

Платы имеют прозрачную поддержку в Atmel Studio и содержат средства идентификации для среды разработки как базовых плат, так и опциональных, что облегчает первые этапы знакомства со средой и оценочными платами.

Заключение

Компания Atmel провела большую работу по запуску новой линейки SAMD в серийное производство. В аппаратной части была переработана периферия 8- и 32-битных контроллеров в плане энергопотребления, созданы совершенно новые модули тактирования, коммуникаций и впервые задействован контроллер сенсорного ввода RTC — продукт дочерней компании Quantum Research. Для поддержки этого нового модуля разработана сильно упрощающая создание сенсорных интерфейсов библиотека и надстройка Qtouch Library и Composer.

В результате получился очень интересный и конкурентный продукт, энергоэффективный и удобный для разработчика. ■

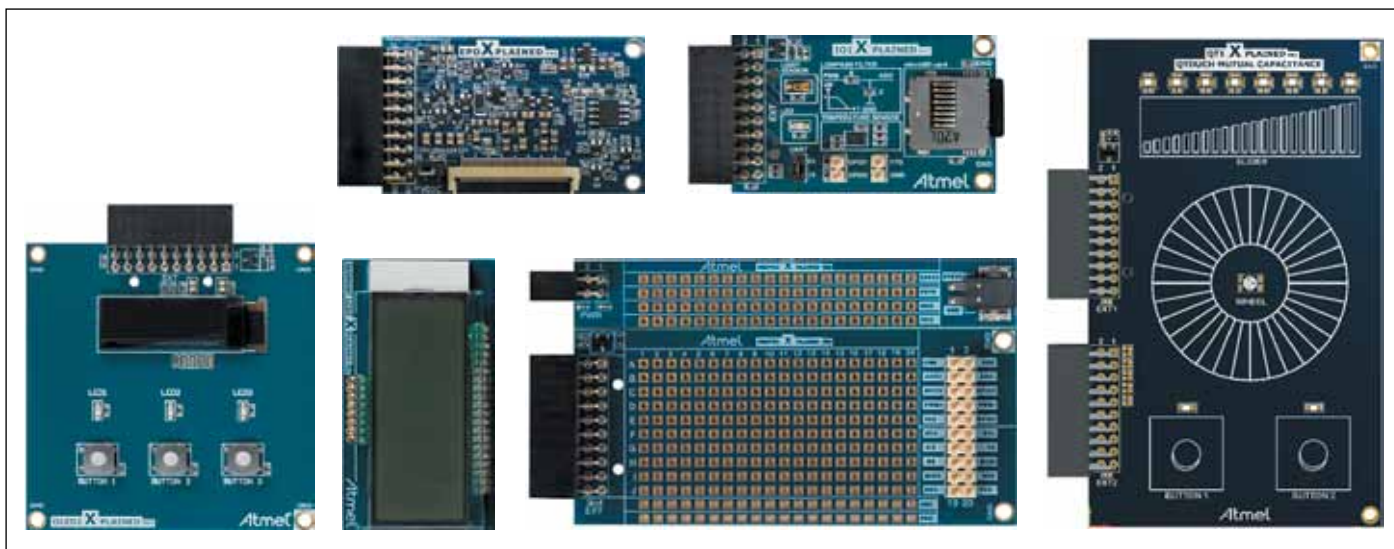


Рис. 7. Опциональные модули