

Перспективные микроконтроллеры AVR компании Atmel

Несмотря на бурный рост популярности 32-разрядных микроконтроллеров, в том числе и производства Atmel Corp., компания продолжает ежегодно инвестировать значительные ресурсы в направление 8-разрядных микроконтроллеров AVR. Будучи убежденными в сохраняющейся актуальности и перспективности этой архитектуры, специалисты Atmel постоянно совершенствуют технологию производства и добавляют полезные функциональные возможности в AVR-микроконтроллеры. Данная тенденция поддержана и продажами, которые не прекращают рост с 1996 года, когда была создана архитектура AVR. Уже много лет создание новых микросхем компанией Atmel основывается на трех китах: высокой производительности, малом энергопотреблении и простоте использования.

Игорь КРИВЧЕНКО
ik@efo.ru

Александр РЫЖАКОВ
akr@efo.ru

При явном изобилии на рынке дешевых 32-разрядных микроконтроллеров может возникнуть сомнение: зачем использовать 8-разрядный процессор при доступности более современных 32-разрядных версий? Реальные цифры показывают обратное: продажи 8-битных микроконтроллеров продолжают расти, они активно закладываются в новые проекты. Причин тому несколько:

- стоимость микроконтроллера и решения на его основе, включая компоненты обвязки, ниже, чем у конкурирующих архитектур;
- сравнительная простота разработки и отладки кода;
- вычислительная мощность более чем достаточна для огромного числа приложений;
- широкий набор периферийных блоков;
- статическое энергопотребление ниже, чем у 32-разрядных микроконтроллеров.

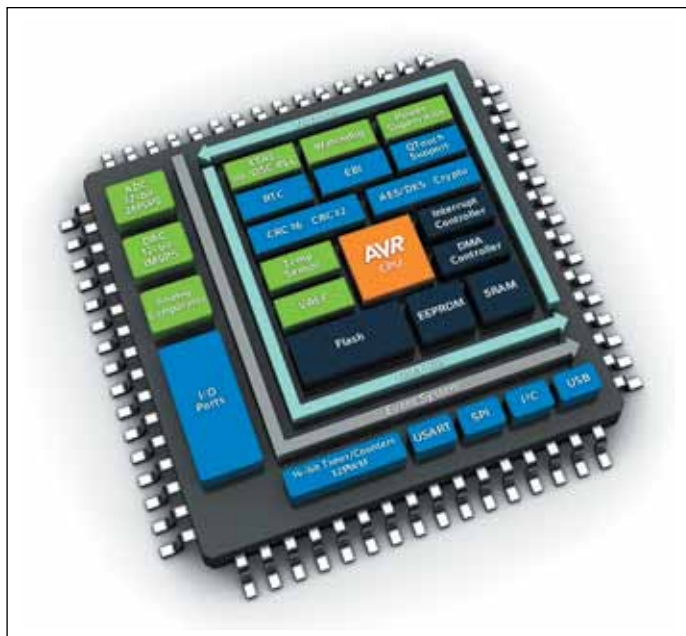


Рис. 1. Модульная структура архитектуры AVR

Отличающиеся простотой использования, низкой потребляемой мощностью и высокой степенью интеграции, 8/16-разрядные микроконтроллеры семейства AVR компании Atmel уже много лет демонстрируют действительно уникальную комбинацию производительности, энергоэффективности и универсальности. В основе семейства — одна из лучших в отрасли архитектур, оптимизированная для написания программ на языках C и Assembler и ускоряющая сроки программирования и отладки (рис. 1). Никакие другие типы микроконтроллеров не предлагают такого сочетания производительности и низкого энергопотребления. Эффективные программные и аппаратные отладочные средства в комплексе с профессиональной технической поддержкой облегчают и сокращают сроки проектирования и внедрения разработок. В составе отладочных средств инженерам доступна огромная база знаний и примеров алгоритмов Atmel Gallery и полная библиотека драйверов и вспомогательных алгоритмов Atmel Software Framework (ASF). Будучи однажды освоенным, семейство AVR дает возможность повторно использовать полученные знания как при модернизации существующих приборов, так и в новых разработках.

Почти за двадцатилетнюю историю развития AVR компания Atmel разработала и в настоящее время поставляет на рынок постоянно увеличивающийся набор стандартных AVR-микроконтроллеров, а также контроллеров, предназначенных для специфических областей. Расширяющаяся номенклатура (сегодня около 2000 типов) дает возможность удовлетворить требования большого диапазона применений, включая автомобильную электронику, сети CAN, управление жидкокристаллическими индикаторами и панелями, коммуникации по USB, управление электроприводами и системами освещения, контроль заряда батарей и т. п. Для простоты построения человеко-машинного интерфейса (HMI, Human-Machine Interface) Atmel предлагает технологию емкостных сенсоров QTouch Library, дополняющую функциональность своих кристаллов. Микроконтроллеры AVR успешно и широко применяются при построении систем беспроводной передачи данных — разработаны специализированные устройства для сетей стандартов IEEE 802.15.4, ZigBee, Wi-Fi, Remote Access Control и других, лежащих в основе концепции «Интернета вещей» (IoT, Internet of Things). Минимальное энергопотребление электронных устройств как при сетевом, так и особенно при батарейном питании является одним из ключевых факторов IoT. Более десяти

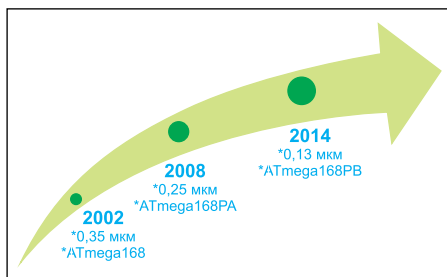


Рис. 2. Этапы развития технологии производства МК AVR

ти лет исследований компанией Atmel было потрачено на создание технологии *rhoPower* для микроконтроллеров AVR, которые используют ее для снижения потребляемой мощности в активном и в спящем режимах, достигая при этом рекордно низкого потребления тока: 500 нА с работающим таймером реального времени и 9 нА — с выключенным (при напряжении питания 1,8 В).

Развитие AVR происходит не только за счет функциональности, но и путем совершенствования технологии производства, при этом выпускаются новые поколения популярных микроконтроллеров. Уменьшение размеров элементов на кристалле способствует оптимизации стоимости изделий и энергопотребления при сохранении или даже увеличении производительности (рис. 2).

В настоящее время микроконтроллеры AVR представлены тремя семействами (рис. 3):

1. tinyAVR:

- объем памяти от 512 байт до 16 кбайт, корпус от 6 до 32 выводов;
- миниатюрные, но мощные;
- около 600 изделий.

2. megaAVR:

- объем памяти от 4 до 256 кбайт, корпус от 32 до 100 выводов;
- выносимые и универсальные;
- около 1100 изделий.

3. AVR XMEGA:

- объем памяти от 8 до 384 кбайт, корпус от 32 до 100 выводов;
- максимальная производительность 8/16 бит, развитая аналоговая часть;
- около 300 изделий.

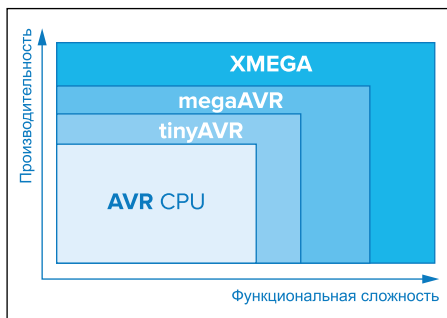


Рис. 3. Три семейства на основе единой архитектуры

Таблица 1. Основные технические характеристики микроконтроллеров tinyAVR

	4 5 9 10	13A	20 40	24A 44A 84A	441 841	25 45 85	261A 461A 861A	1634	48 88
Количество выводов корпуса	6	8	14–20	14	14	8	20	20	28–32
Объем Flash-памяти	512 байт/ 1 кбайт	1 кбайт	2–4 кбайт	2–8 кбайт	4–8 кбайт	2–8 кбайт	16 кбайт	16 кбайт	4–8 кбайт
Размер SRAM	32 байт	64 байт	128–256 байт	128–512 байт	256–512 байт	128–512 байт	1 кбайт	256 байт	256–512 кбайт
Размер EEPROM	N/A	64 байт	N/A	128–512 байт	256–512 байт	128–512 байт	256 байт	64 байт	64 байт
Количество входов/выходов	4	6	12–18	12	12	6	16	18	24–28
Основные особенности	• Малые габариты • Низкая цена		Низкая цена	Дифференциальный АЦП с усилительным каскадом	• Точный осциллятор 2% • Точный источник опорного напряжения • 12-канальный АЦП с усилительным каскадом	• Высоко-скоростной ШИМ • Дифференциальный АЦП с усилительным каскадом	• Два канала USART • 12 каналов АЦП	Низкая цена	
Примеры применений	• Таймер • Разъединитель цепи питания		Сенсорные устройства	• Управление зарядными устройствами электродвигателями постоянного тока • Источники питания • Малая бытовая техника	Преобразователи протоколов и коммуникационные шлюзы	Одноплатные контроллеры			
Ключевые преимущества	• Минимальные габариты на плате, низкая цена • Быстрая разработка и отладка • Ядро AVR с одноктактовыми командами и компактным кодом • Большое семейство совместимых устройств								

TinyAVR

Микроконтроллеры tinyAVR уникальным образом сочетают миниатюрность, вычислительную мощность, высокую производительность аналоговой части и интеграцию на системном уровне. Это самые компактные полнофункциональные устройства в семье AVR. Они оптимизированы для систем, в которых требуется эффективное использование энергии, простота применения и компактность. Идеальны для небольших систем сбора, обработки и передачи измерительной информации, преобразователей протоколов данных, локального контроля в жилых зданиях и на промышленном производстве, организации человеко-машинного интерфейса, контроллеров беспроводных сетей и IoT. Незаменимы в устройствах с батарейным питанием. Все кристаллы tinyAVR имеют общую архитектуру и совместимы с другими AVR. Поскольку в эти кристаллы встроены АЦП, память EEPROM и детектор понижения напряжения питания, то для построения системы не требуются дополнительные внешние компоненты обвязки. Flash-память допускает внутрисхемное программирование и перезапись программы в процессе работы. В микроконтроллерах tinyAVR предусмотрены встроенные инструменты отладки, что снижает затраты на разработку и сокращает ее сроки. Базовые представители серии tinyAVR и их основные параметры указаны в таблице 1.

На основе базовых версий микроконтроллеров разработаны и выпускаются кристаллы, отличающиеся измененным диапазоном напряжения питания, максимальной рабочей тактовой частотой и дополнительной периферией.

Самые миниатюрные tinyAVR имеют габариты 1,5×1,4 мм и 6 выводов. Их можно использовать в качестве однокристалльных решений для компактных систем. Каждый вывод микросхемы tinyAVR поддерживает различные функции, например ввод/вывод

данных, АЦП или ШИМ. Даже вывод сброса можно использовать для передачи данных. Микроконтроллеры tinyAVR оснащены универсальным последовательным интерфейсом (USI, Universal Serial Interface), который можно применить в качестве SPI, UART или TWI (I²C). Реализованная на кристалле технология QTouch помогает разработчикам организовывать емкостный сенсорный ввод — встраивать сенсорные кнопки, слайдеры и колеса прокрутки в конечные приложения. Уникальные микроконтроллеры ATtiny43U оснащены импульсным повышающим стабилизатором, благодаря которому низкое напряжение источника энергии (батареи типа AA или AAA) преобразуется в стабиль-

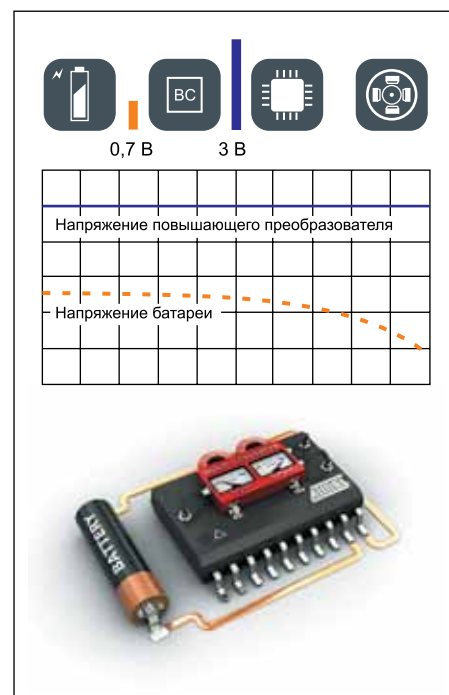


Рис. 4. Питание контроллера возможно от одного элемента

Таблица 2. Состав и характеристики новых микроконтроллеров tinyAVR

Микроконтроллер	tiny04	tiny06	tiny07
Количество выводов	14	20	24
Объем Flash-памяти, байт	2/4/8/16	2/4/8/16	8/16
Объем SRAM, байт	128/512/512/1024	128/512/512/1024	512/1024
Объем EEPROM, бит	64/128/128	64/128/128	128/256
Количество выводов I/O	12	18	22
Интерфейс USI	1	1	1
Разрядность АЦП, бит	10	10	10
Число каналов АЦП	8	12	12
Аналоговый компаратор	1	1	1
8-разрядный таймер	1	1	1
16-разрядный таймер	2	2	2

ное напряжение 3 В для питания всей системы. АТtiny43U сохраняет работоспособность при разряде батареи до 0,7 В (рис. 4).

Продолжая развитие семейства tinyAVR и усиливая тем самым свои позиции на рынке, компания Atmel в 2015 году запустит в серийное производство следующее поколение этих микроконтроллеров. Для их изготовления используется оптимизированный технологический процесс с уменьшенными проектными нормами 130 нм при сохранении напряжения питания 5 В. Новые микросхемы получают дополнительную функциональность и улучшенные параметры при более низкой цене, при этом гарантируется 12-летняя поддержка серийного производства.

- Повышена точность и стабильность частоты встроенного тактового генератора: ±2% во всем диапазоне напряжений питания и рабочем температурном диапазоне; ±1,5% в диапазоне температур от 0 до +70 °С.
- Повышена точность встроенного источника опорного напряжения до ±2% во всем рабочем диапазоне температур и всем диапазоне напряжений питания, добавлена возможность использования уровня 4,096 В.
- Скорость работы аналого-цифрового преобразователя повышена до 70 тыс. преобразований в секунду.
- Уменьшено напряжение смещения встроенного компаратора и добавлена возможность подключения его выхода внутри кристалла к выводам общего назначения.
- Каждый микроконтроллер содержит уникальный серийный номер, доступный для чтения в пользовательской программе.
- Предусмотрена аппаратная поддержка сенсорного ввода QTouch Peripheral Touch Controller (PTC) для кнопок, слайдеров, колес прокрутки и датчиков приближения, не требующая использования внешних компонентов и настройки.
- Включена сокращенная по сравнению с семейством AVR XMEGA система событий, дающая возможность снизить токи потребления и обеспечить предсказуемое временное разрешение процессов.

- Для всех представителей нового поколения tinyAVR установлен диапазон напряжений питания 1,8–5,5 В и гарантируется максимальная рабочая тактовая частота 16 МГц, а также рабочий диапазон окружающих температур –40...+105 °С.

Технические параметры первых микроконтроллеров tinyAVR нового поколения приведены в таблице 2.

MegaAVR

Если для построения вашей системы требуется больше ресурсов, чем могут предоставить tinyAVR, рекомендуется рассмотреть возможности семейства megaAVR. Эти микроконтроллеры обладают большей вычислительной мощностью благодаря увеличенной до 20 МГц тактовой частоте, развитым периферийным блокам, а также памяти программ и данных большого размера.

Современные тенденции в общении людей и электронных машин между собой вызывают возрастающую необходимость использования общих данных, что приводит к организации новой распределенной информационной среды — IoT. К составляющим этой среды относятся, например, устройства автоматизации производственных процессов, коммерческих и жилых зданий, медицинские и развлекательные системы и т. п. Во всех случаях основой таких устройств является микроконтроллер, который выполняет вычислительные задачи, контролирует объект и передает данные через Интернет. Контроллеры megaAVR идеальны именно для таких развитых приложений со значительным объемом кода и с повышенными требованиями к производительности. Все чаще устройства IoT работают от гальванических источников тока, поэтому энергопотребление также становится ключевым фактором при выборе компонентов системы. Инновационная технология picoPower компании Atmel минимизирует энергопотребление кристалла, по этому параметру микроконтроллеры megaAVR занимают лидирующие

позиции в мире и являются отличным выбором для построения элементов IoT.

Семейство megaAVR содержит широкий набор кристаллов с различными объемами памяти, количеством выводов и обширным набором разнообразной периферии, включая контроллер жидкокристаллического индикатора, интерфейсы USB, CAN и LIN, мощные токовые выходы. Аналоговые функции у megaAVR представлены модулями АЦП, ЦАП, внутренним источником опорного напряжения, детектором пониженного напряжения питания, встроенным температурным датчиком, высокоскоростным аналоговым компаратором и усилителем с программируемым коэффициентом усиления. Высокая степень интеграции кристаллов megaAVR позволяет создавать на их основе системы с минимальным количеством внешних аналоговых компонентов. Основные параметры базовых представителей семейства приведены в таблице 3.

Одновременно с развитием tinyAVR компания Atmel продолжает активно расширять и совершенствовать семейство megaAVR. На базе нового техпроцесса с топологическими нормами 0,13 мкм сейчас выводятся на рынок изделия с суффиксом «В» в обозначении, и первые из них — АТmega48PB/88PB/168PB. Новые контроллеры полностью совместимы с версиями предыдущего поколения, позволяют легко и с небольшими затратами модернизировать уже выпускаемое электронное оборудование. В то же время новое поколение демонстрирует улучшенные параметры, например точность встроенного тактового генератора и источника опорного напряжения, а также уменьшенное напряжение смещения компаратора. Ряд внешних выводов микроконтроллеров получил дополнительные функции, в некоторые устройства включены два дополнительных таймера, дополнительный USART и детектор неисправности тактового генератора, контроллер сенсорного ввода QTouch, программно доступный регистр

Таблица 3. Основные технические характеристики микроконтроллеров megaAVR

	48 A 88 A 168 A 328	164 A 324 A 644 A 1284	8515 162	8535 16 A 32 A	64 A 128 A	640 1281 1280 2561 2560	169 A 329 A 3290 A 649 A 6490 A
Количество выводов корпуса	28–32	40–44	40–44	40–44	64	64–100	64–100
Объем Flash-памяти	4–32 кбайт	16–128 кбайт	8–16 кбайт	8–32 кбайт	64–128 кбайт	64–256 кбайт	16–64 кбайт
Размер SRAM	512 байт – 2 кбайт	1–16 кбайт	512 байт – 1 кбайт	512 байт – 2 кбайт	4 кбайт	8 кбайт	1–4 кбайт
Размер EEPROM	256 байт – 1 кбайт	512 байт – 4 кбайт	512 байт	512 байт – 1 кбайт	2–4 кбайт	4 кбайт	512 байт – 2 кбайт
Количество входов/выходов	23	32	35	32	53	54–86	54–69
Основные особенности	• 1,8 В • picoPower		Внешняя RAM	• АЦП с усилительным каскадом	• АЦП с усилительным каскадом • Внешняя RAM	• 1,8 В • АЦП с усилительным каскадом • Внешняя RAM	• Контроллер ЖКИ • 1,8 В • picoPower
Примеры применений	• Бытовая техника • Электроинструменты • Управляющие контроллеры • Устройства с батарейным питанием			• Бытовая техника • Электроинструменты • Управляющие контроллеры		• Интерфейсные устройства и панели • Термостаты • Расходомеры с батарейным питанием	
Ключевые преимущества	• Надежные и выносливые приборы с 5-В питанием, отличными характеристиками по электромагнитной совместимости • Встроенные средства отладки и программирования в составе системы • Процессорное ядро AVR с компактным кодом и операциями за один цикл системной тактовой частоты • Развитое семейство совместимых устройств						

Таблица 4. Состав и характеристики новых микроконтроллеров megaAVR

Микроконтроллер	mega48PB	mega88PB	mega168PB	mega328PB	mega164PB	mega324PB
Количество выводов	32	32	32	32	16	44
Объем Flash, кбайт	4	8	16	32	16	32
Объем SRAM, байт	512	1024	1024	2048	1024	2048
Объем EEPROM, байт	256	512	512	1024	512	1024
Выводы GPIO	27	27	27	27	32	32
Интерфейсы SPI	2	2	2	2	3	3
Интерфейсы TWI (I ² C)	1	1	1	2	2	2
Интерфейс USART	1	1	1	2	2	2
Модуль АЦП (10-bit 15ksp/s)	1	1	1	1	1	1
Число каналов АЦП	8	8	8	8	8	8
Аналоговый компаратор	1	1	1	1	1	1
8-разрядные таймеры	2	2	2	2	2	2
16-разрядные таймеры	1	1	1	3	3	3
Число каналов ШИМ	6	6	6	12	12	12
QTouch контроллер	нет	нет	нет	есть	есть	есть
Регистр отладки	нет	нет	нет	есть	есть	есть
Детектор тактового генератора	нет	нет	нет	есть	есть	есть

с серийным номером и новый двунаправленный регистр для отладчика. Все микроконтроллеры megaAVR нового поколения рассчитаны на работу с максимальной тактовой частотой 20 МГц в диапазоне питающих напряжений 1,8–5,5 В и при температуре окружающей среды от –40 до +105 °С. Особенности и основные параметры микроконтроллеров нового поколения megaAVR представлены в таблице 4.

AVR XMEGA

Микроконтроллеры XMEGA — семейство с максимальной производительностью, обеспечиваемой архитектурой AVR. Состав и технические характеристики семейства AVR XMEGA оптимизированы для построения систем, работающих в режиме реального времени. Высочайшая производительность для 8-разрядных микроконтроллеров достигается двумя способами. Первый — увеличение максимальной тактовой частоты ядра до 32 МГц при сохранении возможности выполнения операции за один такт. Второй — включение в состав микроконтроллера высокоскоростной периферии, требующей для ее эффективного использования минимального участия процессорного ядра.

AVR XMEGA содержит на кристалле криптографические акселераторы AES и DES, до 32 выходов с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ), 8 интерфейсов UART, 4 интерфейса TWI (I²C) и 4 канала последовательного периферийного интерфейса (SPI), модуль вычисления кода коррекции ошибок (CRC) и многое другое. Например, обеспечивается подключение устройств USB на максимальной скорости без необходимости использования дополнительных внешних тактовых генераторов или резонаторов, а также реализована специальная функция многопакетной передачи, позволяющая увеличить темп обмена данными. Криптографические акселераторы поддерживают аппаратное шифрование и дешифрование по алгорит-

мам DES (64 бит) и AES (128 бит). Это означает, что шифрованная передача данных может осуществляться на один-два порядка быстрее, чем в случае программной реализации алгоритмов шифрования. Некоторые микроконтроллеры AVR XMEGA оснащены инновационным модулем XMEGA Custom Logic (XCL), состоящим из двух независимых 8-разрядных таймеров-счетчиков и двух таблиц перекодировок для определения связующей логики. Модуль XCL может заменять дополнительные внешние логические микросхемы в проекте, снижая тем самым совокупную стоимость и габариты конечного изделия: элементы задержки, RS- и D-триггеры, логические схемы выбора кристалла на D-триггере, логические элементы AND, NAND, OR, NOR, XOR, XNOR, NOT, MUX AND/OR/XOR. В сочетании с приемопередатчиком USART данный модуль может обеспечить поддержку специализированных коммуникационных протоколов (рис. 5).

Встроенная восьмиуровневая система событий значительно упрощает взаимодействие между периферийными устройствами на кристалле, обеспечивая 100%-ную прогнозируемость времени отклика. Все периферийные устройства могут использовать прямой доступ к памяти (DMA) для передачи данных, что позволяет разгрузить вычислительное ядро контроллера. Система событий действует в режимах глубокого сна микроконтроллера независимо от функционирования вычислительного ядра, управляет событиями без дополнительных временных задержек, обеспечивает аппаратные механизмы защиты объектов управления. Система событий осуществляет одновременную синхронную и асинхронную обработку до восьми независимых сигналов, позволяет применять дополнительные функции обработки: квадратурное декодирование, цифровую фильтрацию входных сигналов.

Аналоговые подсистемы микроконтроллеров AVR XMEGA используют в каждом

устройстве один или два 12-разрядных аналого-цифровых преобразователя, один или два двухканальных быстродействующих 12-разрядных цифро-аналоговых преобразователя, а также аналоговые компараторы, снижающие потребность во внешних компонентах. АЦП имеет дифференциальный и несимметричный вход, встроенный усилительный каскад, схемы коррекции смещения и коэффициента усиления, встроенный датчик температуры. Производительность АЦП составляет до 2 млн выб./с на каждый преобразователь. Имеется аппаратное усреднение и поддержка алгоритмов передискретизации и децимации (рис. 6).

Каждый канал ЦАП способен осуществлять преобразование данных на скорости до 1 млн выб./с, может работать на резистивную, емкостную или комбинированную нагрузку, обеспечивая силу тока на выходе 10 мА. АЦП и ЦАП используют как внутренние, так и внешние источники опорного напряжения, причем внутренние буферные каскады AVR XMEGA минимизируют ток потребления от внешнего опорного источника. Каждый микроконтроллер этого семейства оснащен как минимум двумя аналоговыми компараторами, которые можно настраивать на работу совместно в оконном режиме. На входы компараторов могут подаваться сигналы с аналогового порта и некоторых других внутренних блоков микроконтроллера, включая 64-уровневый программируемый источник опорного напряжения.

Как и в других микроконтроллерах AVR, в XMEGA используется технология Atmel picoPower, причем полноценная работа микроконтроллера обеспечивается уже при напряжении питания 1,62 В. Таймер системы реального времени функционирует в режимах энергосбережения при токе потребления контроллера 100 нА, при этом данные полностью сохраняются в памяти SRAM для максимально быстрого пробуждения кристалла.

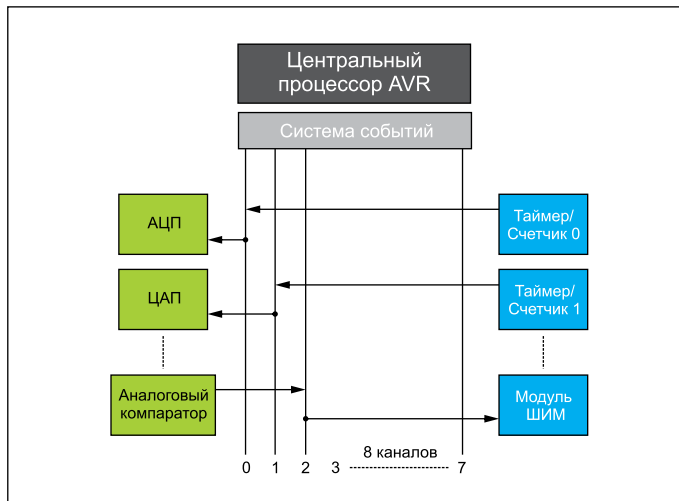


Рис. 5. Схема взаимодействия устройств с контроллером системы событий

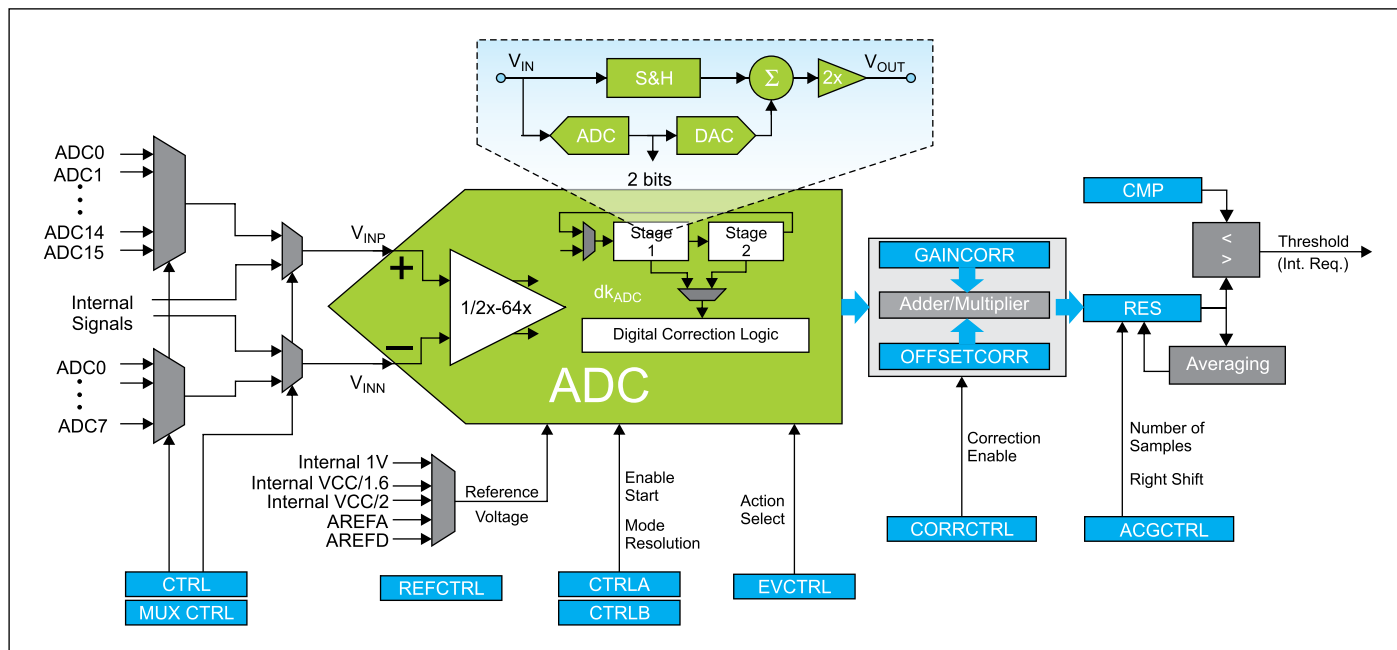


Рис. 6. Функциональная схема блока аналого-цифрового преобразователя

Таблица 5. Серии микроконтроллеров AVR XMEGA и их основные свойства

	E5	D4 D3	C3 C4	B1 B3	A1U A3U A4U
Число выводов корпуса	32	44–64	44–64	64–100	44–100
Объем Flash-памяти, доступный приложению	8–32 кбайт	16–384 кбайт	16–384 кбайт	64–128 кбайт	16–256 кбайт
Flash-память загрузчика	2–4 кбайт	4–8 кбайт	4–8 кбайт	4–8 кбайт	4–8 кбайт
Объем SRAM	1–4 кбайт	1–32 кбайт	2–32 кбайт	4–8 кбайт	2–16 кбайт
Объем EEPROM	512 байт – 1 кбайт	1–4 кбайт	1–4 кбайт	2 кбайт	1–4 кбайт
Число сигнальных выводов I/O	26	34–50	34–50	53	34–78
Отличительные свойства серии	<ul style="list-style-type: none"> Работа при питании 1,8 В riscoPower ЦАП Асинхронные события 	<ul style="list-style-type: none"> Работа при питании 1,8 В riscoPower 	USB-интерфейс	Сегментный ЖКИ	<ul style="list-style-type: none"> 2 Мвыб./с ЦАП 2 Мвыб./с ЦАП Контроллер DMA Криптоблоки Шина подключения внешней памяти
Примеры применения	<ul style="list-style-type: none"> Системы освещения Управление электродвигателями Управляющие контроллеры Батарейное питание 	<ul style="list-style-type: none"> Управляющие контроллеры Батарейное питание Медицинское оборудование 	<ul style="list-style-type: none"> Офисная техника Маршрутизаторы и преобразователи интерфейсов 	<ul style="list-style-type: none"> Панели визуализации Измерители потоков 	<ul style="list-style-type: none"> Промышленные контроллеры Медицинская техника
Ключевые преимущества	<ul style="list-style-type: none"> Ультранизкое энергопотребление в статическом режиме Высокопроизводительные аналоговые блоки с разрешением 12 бит Многоканальные коммуникационные возможности Периферийная система обработки событий для работы в реальном времени Высокопроизводительное RISC-ядро и компактный программный код Большое семейство совместимых устройств 				

Компания Atmel предоставляет для AVR XMEGA полную библиотеку драйверов периферийных устройств и коммуникационных стеков, что позволяет экономить время и усилия разработчиков. Для подключения бесконтактных органов управления прибором рекомендуется применение технологии сенсорного ввода Atmel QTouch. Поддержка библиотеки QTouch позволяет с легкостью реализовать полноценный емкостный сенсорный интерфейс для кнопок, слайдеров и колес прокрутки.

Микроконтроллеры семейства AVR XMEGA выпускаются в нескольких сериях (табл. 5), предлагая разработчику на выбор определенные комбинации периферийных блоков, ориентированные на различные применения.

AVR XMEGA серии A ориентированы на максимальную производительность, их параметры значительно превосходят характеристики устройств из других серий. Эти микроконтроллеры могут использоваться в большом диапазоне приложений, в частности в управлении инженерными системами зданий и в управлении производственными процессами; в компактных измерительных приборах и инструментах, работающих от аккумулятора; в крупной бытовой технике; в сложных оптических и медицинских приборах.

AVR XMEGA серии B содержат интегрированный контроллер сегментного жидкокристаллического индикатора (ЖКИ). Устройства обеспечивают сверхнизкое потребление энергии в носимых приложениях

с пользовательским интерфейсом, в частности в приборах учета ресурсов, бытовых системах автоматизации, системах контроля температуры, промышленных системах управления, спортивном оборудовании, игрушках, медицинском оборудовании. Сверхэкономичный драйвер ЖКИ оснащен рядом функций сокращения энергопотребления и имеет рабочий ток всего 3 мкА.

AVR XMEGA серии C представляют собой микроконтроллеры AVR начального уровня сложности и хорошо подходят для приложений, где требуется недорогое подключение через USB. Интерфейс USB 2.0 Full Speed на кристалле не требует подсоединения внешних компонентов, что сокращает стоимость и общее количество комплектующих в любой USB-системе.

Серия D у AVR XMEGA содержит 8/16-разрядные микроконтроллеры для построения приборов и приложений с минимальным энергопотреблением. Они оснащены высокопроизводительными периферийными системами и выпускаются в стандартных промышленных корпусах.

AVR XMEGA E — первая серия микроконтроллеров AVR XMEGA с 32 выводами, доступных в сверхмалых корпусах QFN 4×4 мм и предназначенных для приложений с жесткими пространственными ограничениями. Кроме того, микроконтроллеры AVR XMEGA серии E полностью раскрывают потенциал технологии Atmel riscPower и обеспечивают отличное сочетание объема памяти, низкого энергопотребления в режиме сна и минимального времени пробуждения. Устройства этой серии идеально подходят для приложений реального времени с низкой задержкой реакции, систем управления балластами, источников питания и преобразователей посто-

янного тока, светодиодных драйверов, а также приборов, работающих от аккумулятора, — игрушек, часов и портативных устройств.

Заключение

Ошибочное мнение о том, что 32-разрядные микроконтроллеры дешевле 8-разрядных со сходными характеристиками, обычно возникает из-за некорректного сравнения. Как правило, поставщики активно предлагают 32-разрядные микроконтроллеры по проектным ценам, в то время как 8-разрядный микроконтроллер берется из выборки с меньшими объемами закупки. Так, если сравнивать цены у стоковых дистрибьюторов, то сравнение получается более корректным и выигрышным в пользу AVR.

Инициализация ядра в 8-разрядных AVR не занимает программного кода: все установки осуществляются аппаратно и задаются однократно при программировании микроконтроллера установками FUSE-битов. Это особенно важно в приложениях, где микроконтроллер должен выйти на рабочий режим в кратчайшее время. Инициализация 32-разрядного процессора с популярными процессорными ядрами серии Cortex-M включает программную инициализацию системы тактирования, шин, циклов задержки при доступе к Flash-памяти, сторожевого таймера и монитора питания. Другими словами, простейшая программа в 8-разрядном процессоре будет заметно компактнее, а переход к началу ее выполнения произойдет заметно быстрее.

В основу 8-разрядного AVR положен RISC-процессор с регистровым файлом на 32 регистра общего назначения (РОН), работающий на частоте до 32 МГц. Такого количества РОН нет в большинстве 8- и 16-разрядных процессоров и в младших ядрах серии Cortex-M.

Увеличенное число регистров общего назначения снижает количество пересылок данных при манипуляциях с ними, что повышает удельную производительность процессора и снижает частоту доступа к ОЗУ. Более того, высокая производительность процессора нужна не в каждой задаче. Если устройство выполняет простейшую обработку нажатий на клавиатуру, вывод текстовых данных на дисплей, исполняет несложные алгоритмы, то высокие тактовые частоты и работа с 32-разрядными данными не требуются.

Помимо эффективного процессорного ядра, микроконтроллеры AVR содержат на кристалле и богатый набор периферийных блоков, которые обеспечивают широкую применимость AVR в задачах, где используются 8- и 16-разрядные микроконтроллеры. Сюда относятся как цифровые, так и производительные аналоговые блоки. Благодаря примененным технологическим процессам микроконтроллеры AVR обеспечивают хорошую устойчивость к электромагнитным помехам — проблема зависания тактовых генераторов здесь не так ярко выражена, как у 32-разрядных микроконтроллеров, выпускаемых по меньшим проектным нормам.

Скорость обмена данными по последовательным коммуникационным интерфейсам у AVR может быть заметно выше в сравнении с 32-разрядными платформами благодаря оптимальным связям на кристалле AVR процессорного ядра, памяти и периферии. Часто встречающаяся неэффективная организация связей периферии и памяти у микроконтроллеров с более современным процессорным ядром Cortex-M0+ может в конечном счете свести на нет все их преимущества.

Эффективная связь процессора с памятью, большое количество регистров общего на-

значения и оптимальная разрядность процессора обеспечивают платформе AVR большую производительность даже в сравнении с процессорным ядром Cortex-M0. При выполнении операций с байтовыми числами получается заметная экономия оперативной памяти и памяти программ.

В погоне за низким энергопотреблением в активном режиме производители новейших 32-разрядных микроконтроллеров уменьшают проектные нормы производства кристаллов, обеспечивая этим снижение динамических утечек. Но стремление понизить параметр «мА на МГц» имеет и обратную сторону медали — растет энергопотребление в статическом режиме, где утечка через затвор транзистора обратно пропорциональна размеру диэлектрика под его затвором. При производстве микроконтроллеров AVR применяются сравнительно крупные проектные нормы для диэлектрических слоев кристалла и меньшие проектные нормы для металлизированных слоев. Более крупный диэлектрик обеспечивает меньшие утечки в статическом режиме, а более тонкий металл снижает паразитную емкость, что положительно сказывается на энергопотреблении кристалла в активном режиме.

Подводя итог всему вышесказанному, отметим, что компания Atmel прогнозирует дальнейший рост объемов продаж 8-разрядных микроконтроллеров, несмотря на увеличивающуюся популярность 32-разрядных платформ. Несомненно, микроконтроллеры нового поколения архитектуры AVR привлекут внимание разработчиков и займут достойную нишу на рынке информационно-управляющих электронных систем, приборов персональной носимой электроники и компонентов «Интернета вещей» (IoT). ■