

МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ ФИРМЫ ATMEL

Корпорация ATMEL – известный лидер в разработке, производстве и маркетинге современных электронных изделий, в том числе микроконтроллеров, ИС программируемой логики, энергонезависимой памяти, интегральных схем с функциями безопасности, обработки смешанных сигналов и радиочастотных устройств (RF). ATMEL выпускает также универсальные интегральные схемы для прикладных применений.

Компания ATMEL имеет свои предприятия, исследовательские центры, центры продаж и распределения в более чем 60 странах и полностью ориентирована на клиента сегодняшнего рынка электроники в Северной Америке, Европе и Азии. Гарантируя своевременность поставки и длительную техническую поддержку изделий, ATMEL помогает фирмам-клиентам выходить на рынки с электронными системами, в которых используются изделия ATMEL и которые отличаются меньшими габаритами, стоимостью и большим набором выполняемых функций. Поэтому компании, заинтересованные в инновационных разработках, скорейшем выходе на рынки и определении своего места в существующих и развивающихся секторах рынка электронной продукции, выбирают ATMEL как поставщика компонентов для собственных высококачественных изделий.

Область применения изделий ATMEL – коммуникационные, вычислительные, автомобильные, промышленные системы и систем безопасности. Мировых лидеров рынке коммуникаций ATMEL обеспечивает широким набором ИС – от долговременной flash-памяти для сотовых телефонов до сложных компонентов и наборов микросхем для беспроводной передачи голоса и данных. Растущее семейство контроллеров и радиочастотных компонентов востребовано на традиционных и новых рынках беспроводных локальных вычислительных сетей, высокочастотных технологий беспроводной связи.

Смарт-карты компании и интегральные схемы считывателей смарт-карт для систем безопасности пользуются боль-

И.Романова

шим спросом на существующих и быстроразвивающихся рынках Европы, США и Азии. Технология смарт-карт применяется там, где необходима безопасность хранения данных, – в кредитных карточках, драйверах лицензий, удостоверениях личности, медицинских картах, подвижной связи, приставках к оборудованию, интернет-торговле и т.д.

Появляются и новые области применения изделий ATMEL – например, управление питанием. Это требуется во всех переносных устройствах для продления времени работы батареи питания, особенно если увеличивается число выполняемых устройством функций. Например, портативный телефон с цветным графическим экраном характеризуется специфическим потреблением энергии, поэтому для продления срока службы батареи питания необходимо сложное управление питанием. ATMEL обеспечила многих промышленных лидеров интегральными схемами управления питанием и готовит к выпуску семейство схем ASSP (специальные изделия со специфическим применением).

Основные технологии, которые используются фирмой ATMEL, – SiGe, КМОП и БиКМОП. Современное производство интегральных схем основано на технологических процессах с размерами 0,18 мкм. По мере дальнейшего развития технологий ATMEL последовательно переходит на производство ИС с топологическими нормами 0,13 мкм.

Параметры технологических процессов постоянно оптимизируются. Инженеры-технологи тесно связаны с инженерами-проектировщиками изделий, что способствует быстрому решению проблем разработки, производства, испытания и выпуска изделий фирмы. Многие из этих технологических процессов доступны фирмам-клиентам как отдельная услуга.

Все технологические процессы фирмы ATMEL соответствуют стандарту ISO9001, имеют большое число свидетельств QS9000 и несколько сертификаций по защите окружающей среды ISO14001. Технические требования к качеству регулярно обновляются.

Взаимодействие специалистов фирмы ATMEL и представителей заказчика в рамках контроля качества обеспечивает соответствие продукции ATMEL требованиям клиента. Научно-



Таблица 1. Микроконтроллеры, выпускаемые фирмой ATMEL

Тип ядра	Семейство МК	Разрядность	Производительность (тактовая частота), МГц	Последовательные интерфейсы	Разрядность АЦП/ЦАП
MARC4	ATAR-, ATAM-	4	4	SSI, I2C	10
80C51.80C52	AT89S, AT89LP	8	60	UART, SPI, PC.CAN, USB	10, 12
AVR	AT90, ATmega, ATtiny		20	SPI, UART, TWI, USB, CAN	
AVR32	AT32	32	133	USB 2,0, Ethernet, RS232, USART, I2C, AC97, TWI/I2C, SPI, PS/2, SSC, IrDA, Smart Card, LCD-TFT. S/PDIF	16
ARM7	AT91SAM7S, AT91SAM7X, SAM7A, SAM7SE		75	Ethernet, CAN, USB, SPI, SSC.TWI, MCI, USART, IrDA, Smart Card	10, 12
ARM9	AT91SAM9.AT91RM		180	Ethernet, CAN, USB, SPI, SSC.TWI, MCI, USART, IrDA, Smart Card, LCD-TFT	
Power PC	PC7x		400	32/64 бит	–

исследовательские проекты в фирме выполняются в сотрудничестве с основными заказчиками и научными кадрами университетов и технических институтов.

Чтобы поддерживать постоянно растущий уровень продукции, ATMEL имеет одну из самых богатых библиотек IP (интеллектуальная собственность). В нее включены продвинутое RISC-микроконтроллеры и внешние устройства с шинной совместимостью, ядра цифровых сигнальных процессоров, встроенная память, стандартные промышленные интерфейсы, прецизионные и быстродействующие аналоговые конвертеры, радиочастотные схемы и макроячейки управления питанием.

ATMEL концентрируется на разработке систем на кристалле (system-on-chip – SoC), в которых одна единственная микросхема с высокой степенью интеграции обеспечивает с максимальной полнотой функциональные возможности, требуемые в приложении конечного пользователя. Если однокристалльное решение невыполнимо или экономически не выгодно, то используют две или больше интегральных схем в одном корпусе (например, микроконтроллер и энергонезависимая память), что позволяет уменьшить физический размер изделия. ATMEL (при самой низкой потребляемой мощности и цене) стремится обеспечить интегрирование всех составных блоков в SoC-решения для того, чтобы минимизировать использование площади системы.

Диапазон номенклатуры интегральных схем ATMEL широк – от универсальной энергонезависимой памяти, микроконтроллеров, программируемой логики и ASIC (интегральные схемы со специальной областью применения) до ASSP (стандартные изделия со специальным применением). Эти ASSP включают набор радиочастотных (РЧ) устройств, используемых для беспроводной коммуникации, безопасные интегральные схемы для смарт-карт и датчики для биометрии, устройств обработки изображений и связанных систем.

ATMEL реализует свои изделия через обширный всемирный коммерческий канал в более чем 60 странах. Свыше чем 8000 профессионалов во всем мире работают в области продвижения и продаж продукции ATMEL, а сеть представительств решает задачи удовлетворения потребностей клиен-

тов ATMEL. Торговые офисы расположены по всей территории США, Европы и Азии.

Фирмы-дилеры продукции ATMEL в России: ООО "Аргус-софт" (Екатеринбург, Москва, Санкт-Петербург), Arrow CE (Москва), EBV Elektronik (Москва), Rainbow Technologies (Москва, Екатеринбург, Киев, Минск, Новосибирск, Санкт-Петербург), ЗАО КОМПЭЛ (Москва, Санкт-Петербург), ООО КТЦ-МК (Москва), ООО "МТ-Системы" (Москва, Санкт-Петербург). В области микроконтроллеров фирма ATMEL – признанный лидер, ее продукция хорошо известна на российском рынке. В табл. 1 приведены семейства микроконтроллеров, выпускаемых фирмой в настоящее время.

Рассмотрим подробнее микроконтроллеры фирмы ATMEL.



4-РАЗРЯДНЫЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ MARC4

MARC4 – семейство 4-разрядных однокристалльных МК (ATAR080, ATAR090, ATAR092), в основу которого положено 4-бит стек-ориентированное ядро гарвардской архитектуры с физически разделенной памятью программ и данных. Микроконтроллер семейства MARC4 содержит на кристалле память программ ROM 8 Кбайт, статическую память SRAM 256 бит, параллельные порты ввода/вывода, 8-разрядный многофункциональный таймер/счетчик, супервизор напряжения, интервальный таймер с функциями сторожевого таймера и сложный тактовый генератор. Семейство микроконтроллеров MARC4 выпускается для работы в расширенных температурных диапазонах – для автомобилей (-40...125°C) и для промышленных целей (-40...85°C). Это позволяет использовать MARC4 в электронных блоках управления двигателем автомобиля, системах бортовой электроники (мониторинг давления в шинах, управление вентиляцией, отоплением или интегрированными антеннами), а также для применения в промышленных датчиках.

МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ С АРХИТЕКТУРОЙ 8051

Архитектура 8051 зарекомендовала себя с положительной стороны и демонстрирует хорошие результаты более 10 лет. В этом плане ATMEL следует традициям и добавляет к стандартным MCS-51® функцию внутрисистемного программирования и ряд периферийных устройств. Некоторые микроконтроллеры поддерживают режим двукратного повышения быстродействия. В состав семейства 8051 также входят специализированные микроконтроллеры: с аппаратной поддержкой сетевого протокола CAN (семейство CANary™) со встроенным MP3-декодером, с интерфейсом смарт-карт, с USB-контроллером, а также с аппаратной поддержкой сетевого протокола TCP/IP для подключения к Интернету. ATMEL также выпускает микроконтроллеры на основе архитектуры C251, которые могут быть применены в 80C51-приложениях для повышения производительности.

8-РАЗРЯДНЫЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ AVR

AVR представляет собой 8-разрядный RISC-микроконтроллер с быстрым процессорным ядром, flash-памятью программ, памятью данных SRAM, с портами ввода/вывода и интерфейсными схемами. Гарвардская архитектура AVR реализует полное логическое и физическое разделение не только адресных пространств, но и информационных шин для обращения к ROM и SRAM. Такое построение уже ближе к структуре DSP и позволяет значительно повысить производительность. Использование одноуровневого конвейера в AVR также заметно сокращает цикл "выборка/исполнение команды".

AVR-семейство 8-разрядных RISC микроконтроллеров отличается однократным выполнением большинства инструкций и обширным набором встроенных периферийных блоков, что дает воз-

можность уменьшить число внешних компонентов. К таким компонентам относятся: генераторы, таймеры, УАПП, SPI, подтягивающие резисторы, ШИМ, АЦП, аналоговый компаратор и сторожевой таймер. Представители серии Mega поддерживают уникальный алгоритм самопрограммирования и содержат встроенный блок отладки для реально-временной эмуляции через интерфейс JTAG. Одни из последних разработок ATMEL – микроконтроллеры семейства ATmega169 со встроенным драйвером ЖКИ (4 x 25 сегментов), ATtiny13 с однопроводным отладочным интерфейсом debugWire, а также новейшее семейство ATmega48 с debugWire на 24 МГц с питанием 1,8–5,5 В.

Семейство 8-разрядных AVR-микроконтроллеров с RISC-архитектурой обеспечивает во много раз более высокое быстродействие выполнения программы и обработки данных, чем традиционная CISC-архитектура. Особенностью семейства AVR является наличие обширного набора аналоговых компонентов и цифровых периферийных устройств, а также встроенного программируемого ЭППЗУ и flash-памяти. Это значительно повышает гибкость, устраняет "узкие места" внешнего доступа к памяти и обеспечивает увеличение программы и безопасность данных. Диапазон серий начинается с tinyAVR™ (1 Кбайт flash-памяти) и заканчивается megaAVR™ (до 256 Кбайт flash-памяти). Питание 1,8 (2,7) – 5,5 В.

32-РАЗРЯДНЫЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ СЕМЕЙСТВА ARM THUMB

Еще в 1994 году фирмой ARM было разработано 32-разрядное процессорное RISC-ядро ARM7. Оно оказалось настолько удачным, что легло в основу целого ряда 32-разрядных процессоров и с различными модификациями используется до сих пор.

Система команд RISC-ядра ARM и связанный с нею механизм декодирования намного проще, чем у CISC-ядер, работающих на базе микропрограмм, что приводит к высокой скорости обработки команд и малому времени отклика на прерывания. Кроме того, RISC-процессор реализуется на кристалле меньших размеров, что снижает его стоимость.

Технология Thumb – дополнительное расширение архитектуры ARM. Система команд Thumb является производной от стандартной 32-разрядной системы команд ARM, перекодированных в 16-разрядные коды, что позволяет достичь очень высокой плотности кода. В процессе выполнения 16-разрядные Thumb-коды декомпрессируются процессором в соответствующие эквивалентные команды ARM, которые затем и выполняются процессорным ядром. Thumb-ориентированные ядра имеют по сути две отдельные системы команд – уникальное достоинство, позволяющее разработчику использовать как производительность 32-разрядной системы команд ARM, так и преимущества малого размера кода Thumb. Средства декодирующей логики Thumb чрезвычайно просты и лишь незначительно увеличивают размер кристалла и энергопотребление. Впервые технология Thumb была встроена в



ядро ARM7 еще в 1995 году. Адаптированное под нее ядро получило типовое обозначение ARM7TDMI (ARM7, T – наличие Thumb; D – возможность внутрисхемной аппаратной отладки; M – наличие аппаратного перемножителя; I – наличие модуля управления отладкой) и за короткое время было лицензировано большим количеством фирм-производителей – ATMEL, CirrusLogic, Sharp, Samsung, Triscend и др.

Микроконтроллеры серии AT91 ARM Thumb позволяют перевести пользователей 8-разрядных микроконтроллеров к 32-разрядной архитектуре без существенного увеличения бюджета системы. Рост производительности дает возможность программно реализовать усовершенствованные протоколы связи, сжатия или управления.

Вся номенклатура микроконтроллеров серии AT91 фирмы ATMEL выполнена на основе процессорного ядра ARM. Популярность данного процессора в итоге привела к разработке широкого набора проверенных программных IP-блоков, с помощью которых можно сократить сроки проектирования приложения.

Микроконтроллеры AT91 предназначены в первую очередь для управления в реальном времени при малом энергопотреблении. Они успешно применяются в системах промышленной автоматизации, плеерах MP-3/WMA, системах сбора данных, пейджерах, торговых терминалах, медицинском оборудовании,

системах глобального позиционирования (GPS) и сетевом оборудовании.

Серия AT91 поддерживается современными инструментальными средствами для проектирования – Си-компиляторы, отладчики, эмуляторы и операционные системы реального времени.

МИКРОКОНТРОЛЛЕР AT91RM9200 ФИРМЫ ATMEL

Микроконтроллер AT91RM9200 фирмы ATMEL представляет собой комплектную систему на кристалле, построенную на базе процессора ARM920T™ ARM® Thumb®. Это новый представитель семейства ARM9, программно совместим "снизу-вверх" с семейством ARM7. Микросхема имеет расширенный набор периферийных модулей и стандартных интерфейсов, что позволяет реализовать однокристальное решение для широкого диапазона применений, которые требуют максимальной функциональности, высокой производительности при минимуме потребляемой мощности и низкой стоимости.

AT91RM9200 имеет быстродействующую SRAM-память и шину внешнего интерфейса (EBI) для подключения к внешней памяти или программируемой периферии любой конфигурации, в зависимости от требований конкретного приложения. Интерфейс EMI содержит контроллеры для синхрон-

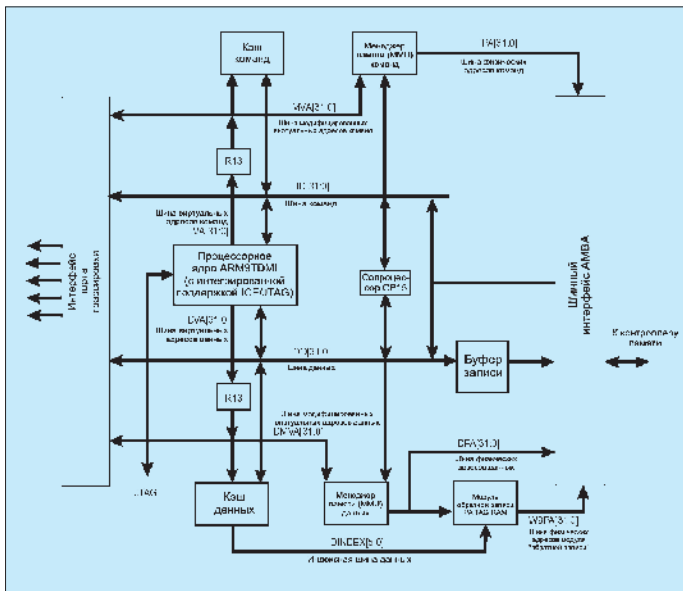


Рис. 1. Структура встроенного процессора ARM920T

ной памяти DRAM (SDRAM), flash-памяти и статической памяти, а также специальные схемы для подключения SmartMedia, CompactFlash и NAND flash.

Усовершенствованный контроллер прерываний (AIC) расширяет возможности процессора ARM920T в части обработки прерываний, обеспечивая множественную векторизацию, задание приоритетов источников прерывания и уменьшая время перехода к программе обработки прерывания.

Периферийный контроллер данных (PDC) обеспечивает прямые каналы доступа к памяти (DMA) для всех последовательных внешних устройств. Это позволяет передавать данные между ними и встроенной или внешней памятью без использования процессора.

Контроллеры параллельных линий ввода-вывода (PIO) выполняют мультиплексирование линии периферийных входов/выходов с линиями данных общего назначения, что делает проектировку устройства более гибкой.

Контроллер управления потребляемой мощностью (PMC) постоянно минимизирует величину потребляемой мощности путем включения/отключения процессора и различной периферии под управлением программного обеспечения. Он использует расширенный тактовый генератор, с помощью которого можно изменять значения тактовой частоты от минимальной (32 кГц) — для уменьшения энергопотребления до максимальной (180 МГц) — для повышения производительности.

В AT91RM9200 интегрированы модули двух стандартных интерфейсов: USB 2.0 и Ethernet 10/100 Base-T контроллер локальной сети (MAC). Они позволяют работать с обширным набором внешних устройств, созданных в соответствии с несколькими промышленными стандартами, которые используются в аудиотехнике, телевидении, Flash- и Smart-картах.

Важной особенностью микроконтроллера является наличие большого числа средств отладки: JTAG-IC-интерфейса,

предопределенного UART-канала отладки (DBGU) и встроенного трассировщика реального времени. Разработчику предоставляются мощные средства разработки и отладки любых систем, в первую очередь тех, которые имеют ограничения при работе в режиме реального времени.

Перечислим основные свойства микроконтроллера AT91RM9200:

- процессор ARM920T™ ARM® Thumb®, производительность 200 MIPS на частоте 180 МГц; 16 Кбайт кэш-данных и 16 Кбайт кэш-команд, буфер записи; внутрисхемный эмулятор, включающий коммуникационный отладочный канал;
 - низкое потребление: в активном режиме 30,4 мА, в режиме "сна" 3,1 мА;
 - интегрированная память: 16 Кбайт SRAM и 128 Кбайт ROM;
 - внешняя интерфейсная шина, поддерживающая SDRAM, Burst Flash, статическую память и подключение CompactFlash®, SmartMedia™ и NAND Flash;
 - разнообразная системная периферия: расширенный тактовый генератор, два встроенных осциллятора с двумя модулями PLL; улучшенный контроллер прерываний с 8-уровневой приоритетной системой; семь внешних источников прерывания и один "быстрый" источник прерывания; модуль отладки, двухпроводный UART и поддержка отладочного канала связи; четыре 32-бит контроллера ввода/вывода с 122 программируемыми линиями ввода/вывода, с открытым стоком на каждой линии; 20-канальный периферийный контроллер данных (DMA);
 - модуль локальной сети Ethernet MAC 10/100 Base-T;
 - двойной HOST-порт USB 2.0 (12 Мбит/с);
 - порт "Device" USB 2.0 (12 Мбит/с);
 - интерфейс карт мультимедиа (MCI), совместимый с MMC- и SD-картами памяти;
 - три синхронных последовательных контроллера (SSC);
 - четыре универсальных синхронных/асинхронных приемопередатчика (USART), поддерживающих ISO7816 T0/T1 Smart-карты, RS485, IrDA;
 - SPI- и TWI-интерфейсы;
 - два 3-канальных 16-бит таймера/счетчика;
 - интерфейс для граничного сканирования всех выводов по стандарту IEEE 1149.1 JTAG;
 - напряжение питания ядра от 1,65 до 1,95 В;
 - напряжение питания периферийных линий ввода/вывода и внешней интерфейсной шины от 1,65 до 3,6 В;
 - корпус 208-выводной PQFP или 256-выводной BGA.
- На рис.1 приведена структура встроенного в микроконтроллер процессора ARM920T. Он принадлежит к семейству ARM9™ Thumb® высокопроизводительных 32-разрядных SOC-процессоров. Процессор содержит следующие базовые блоки:
- RISC-процессор ARM9TDMI;



- виртуально адресуемые 64-направленные ассоциативные кэши команд и данных (оба по 16 Кбайт);
- модули управления памятью команд и данных (MMU);
- буфер записи;
- шинный интерфейс AMBA™ (Advanced Microprocessor Bus Architecture);
- интерфейс встроенных трассировочных макроячеек (ETM);
- сопроцессор CP14 – управляет программным доступом к отладочному коммуникационному каналу;
- сопроцессор CP15 – системный управляющий процессор, имеющий 16 дополнительных регистров, необходимых для конфигурирования и управления кэш-памятью, MMU, системой защиты, режимом тактирования и пр.

Из рис.1 видно, что микроконтроллер AT91RM9200 фактически имеет процессорное ядро ARM920T, основанное на процессоре ARM9TDMI. Ядро ARM9TDMI работает с 32-бит ARM или 16-бит Thumb® командами. Оно построено по Гарвардской архитектуре с отдельными шинами команд и данных. Конвейерная архитектура процессора предусматривает пять стадий выполнения команды: выборку команды, декодирование, выполнение, доступ к памяти, запись в регистр. ARM9TDMI, основанный на ARM-архитектуре, поддерживает семь процессорных режимов.

Режим может изменяться программно, либо вызываться внешним прерыванием или обработкой исключения. Большинство прикладных программ работают в пользовательском режиме. Остальные режимы являются привилегированными и введены для обслуживания прерываний, исключений или доступа к защищенным ресурсам.

Процессор ARM920T поддерживает три различных типа адресации, в зависимости от задействованного модуля: виртуальные адреса (при работе с ядром ARM9TDMI), модифицированные виртуальные адреса (при обращении к кэшам) и физические адреса (на шине AMBA).

Менеджеры памяти MMU разграничивают права доступа и трансляции для команд и данных к портам ядра ARM9TDMI. MMU управляется одним набором двухуровневой страницы таблиц, которая находится в главной памяти и подключается путем установки соответствующего бита в регистре 1 сопроцессора CP15. Использование MMU обеспечивает единый механизм адресации и схему защиты. Пользователь может независимо блокировать и сбрасывать команды и данные буферов TLB (Translation Lookaside Buffers – буферы хранения преобразований) в MMU.

Процессор ARM920T имеет одноуровневую систему памяти, включающую кэши команд и данных, буфер записи и координатор физических адресов ОЗУ, что обуславливает вли-

яние ширины полосы пропускания памяти и времени задержки на эффективность.

Архитектурное расширение Thumb® позволяет использовать преимущества 32-бит процессорной архитектуры с применением 16-разрядных инструкций. Это особенно важно для встраиваемых систем управления, которые реализуются в сотовых телефонах, винчестерах, модемах, пейджерах. Поскольку CISC-контроллеры текущего поколения имеют ограниченную эффективность, разработчики нуждаются в 32-разрядных RISC-процессорах. С их помощью можно повысить производительность и объем адресуемой памяти без повышения стоимости изделия. Технология Thumb® позволяет работать с 16-разрядным кодом повышенной плотности на 32-разрядном ARM-процессоре. В результате уменьшается объем необходимой для хранения программы памяти и снижается стоимость всей системы. При выполнении программы 16-бит код Thumb® распаковывается в полноценные 32-бит ARM-команды в реальном времени без потери производительности. Программный 16-бит код Thumb® требует примерно на 35% меньшего объема памяти по сравнению с эквивалентным 32-бит кодом.

Для оценки возможностей 32-разрядных микроконтроллеров серии ARM9 и отладки их программного обеспечения в режиме реального времени ATMEL предлагает отладочную плату AT91RM9200. В пакет, помимо платы, входят: источник питания от сети переменного тока 100–240 В, 1А, 50–60 Гц; модемный кабель RS232; сетевой Ethernet-кабель RJ45; USB-кабель типа А/В; два кабеля подключения питания (один "американского" типа, другой "французского"); CD-диск с полным описанием микроконтроллера; электрическая схема отладочной платы и ее механические характеристики; рекомендации по применению и руководство по быстрому запуску системы с листингом программного обеспечения на языке С.

AVR-МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ PICOPOWER С УЛЬТРАНИЗКИМ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕМ

В январе 2007 года корпорация ATMEL провела в Норвегии, на родине AVR, традиционный дистрибьюторский семинар, посвященный новым достижениям в AVR-строении. Развитие AVR-контроллеров происходит по трем основным направлениям: микросхемы для автомобильных применений, микросхемы со сверхнизким энергопотреблением (picoPower) и микросхемы, построенные на принципиально новом высокопроизводительном низкопотребляющем 32-разрядном ядре AVR32.

Автомобильные AVR-контроллеры

Для применения в автомобильной промышленности ATMEL разработала "высокотемпературные" версии микросхем. Особое внимание уделено модулю flash-памяти. Известно, что время хранения информации, записанной во Flash-память, обратно пропорционально температуре кристалла. Таким образом, для микросхемы любого производителя фактический срок хранения данных в памяти при комнатной температуре и при температуре, например, 85°C, отличается в несколько раз. Инженеры корпорации ATMEL разработали специальную топологию элемента flash-памяти со сниженными токами утечки. В результате гарантируется надежная работа микросхем в диапазоне температур от -40 до 125 °C. Существует четыре диапазона рабочих температур для микросхем автомобильного применения: -40...85°C; -40...105°C; -40...125°C; -40...150°C.

К концу 2007 года будет выпущено более 10 типов микросхем с расширенным диапазоном рабочих температур.

В современных приложениях микроконтроллеров все большее значение придается потребляемой ими мощности. Многие приложения используют батарейное питание или питание

Таблица 2. Краткие характеристики микроконтроллеров серии picoPower

Наименование	Флэш-память, Кбайт	EEPROM, байт	ОЗУ, байт	Линии ввода-вывода	V _{cc} , В	Частота, МГц	Краткое описание	
ATmega164P	16	512	1024	32	1,8-5,5	16	Общего назначения	
ATmega324P	32	1024	2048	32	1,8-5,5	16		
ATmega644P	64	2048	4096	32	1,8-5,5	16		
ATmega48P	4	256	512	23	1,8-5,5	20		
ATmega88P	8	512	512	23	1,8-5,5	20		
ATmega168P	16	512	1 кбайт	23	1,8-5,5	20		
ATmega165P*	16	512	1024	54	1,8-5,5	16		
ATmega325P	32	1024	2048	54	1,8-5,5	16		
ATmega3250P	32	1024	2048	69	1,8-5,5	16		
ATmega645P	64	2048	4096	54	1,8-5,5	16		
ATmega6450P	64	2048	4096	69	1,8-5,5	16		
ATmega169P*	16	512	1024	54	1,8-5,5	16		
ATmega329P	32	1024	2048	54	1,8-5,5	16		Контроллер ЖКИ 4x25
ATmega3290P	32	1024	2048	69	1,8-5,5	16		
ATmega649P	64	2048	4096	54	1,8-5,5	16		
ATmega6490P	64	2048	4096	54	1,8-5,5	69		

* "Спящий" BOD у микроконтроллеров ATmega165P и ATmega169P отсутствует. Более детальную информацию о технологии picoPower компании ATMEL можно найти на сайте www.ATMEL.com/products/AVR/picopower/.

Таблица 3. Основные параметры микросхем AT32AP700X

	SDRAM, Кбайт	DSP-инструкции	Векторный сопроцессор	Ether.10/100 MAC	USB HS Device	Контроллер LCD 2048 × 2048	Число выводов общего назначения	Число DMA каналов	Интерфейс внешней шины	Контроллер SDRAM	AC97	Интерфейс к камере	ФАПЧ	Кварцевый осциллятор	MMU/ MPU	Бессвинцовый корпус
AT32AP7000	32	+	+	2	1	24 бит	160	20	+	+	1	CMOS	2	2	MMU	256 CTBGA
AT32AP7001	32	+	+	0	1		90	20	+	+	1	CMOS	2	2	MMU	208 VQFP
AT32AP7002	32	+	+	0	1	18 бит	85	20	+	+	1	CMOS	2	2	MMU	196 CTBGA

жает работать. Режим Extended Standby аналогичен режиму Power Save, за исключением того, что тактовый генератор продолжает работать.

2-й уровень – регистр управления мощностью

Вторым уровнем управления тактовыми сигналами является регистр управления мощностью (Power Reduction Register – PRR). Большинство периферийных модулей используется только в короткие отрезки времени или вообще не используются. В регистре PRR содержатся контрольные биты, которые отключают неиспользуемые периферийные модули (отключается тактирование этих модулей). Это более эффективно по сравнению с обычным отключением модулей, так как с помощью регистра PRR отключаются регистры ввода-вывода периферийных модулей.

3-й уровень – автоматическое управление тактовым сигналом

Автоматическое управление тактовым сигналом разрешает поступление тактового сигнала только на те регистры, которые меняют свое состояние. Для снижения энергопотребления модуля flash-памяти применяются следующие способы:

Однофазная система управления тактовыми сигналами. AVR-микросхемы имеют однофазную систему управления тактовыми сигналами, имеющую меньшее потребление по сравнению с двухфазными системами управления тактовыми сигналами, используемыми в других микросхемах.

Буферы задержки. Для компенсации рассогласования тактовых сигналов между регистрами необходимы буферы задержки, потребляющие часть мощности из-за емкостной нагрузки. В AVR-микросхемах количество буферов задержки минимизировано.

Отключение аналоговых модулей. AVR-микросхемы имеют высококачественные аналоговые модули, имеющие сравнительно большое потребление. Однако если эти модули не задействованы, их можно отключить, что минимизирует потребление без ухудшения точности и производительности.

Потребление flash-памяти. При малых значениях тактовой частоты время считывания flash-памяти меньше периода тактирования, поэтому для снижения энергопотребления мож-

но отключить flash-память. Поэтому при частотах порядка нескольких МГц и менее в AVR-микросхемах используется техника flash sampling, включающая flash-память только на время около 10 нс, а затем отключающая ее, уменьшая таким образом ее энергопотребление.

Работа при напряжении питания 1,8 В. AVR-микросхемы имеют напряжение питания в диапазоне от 1,8 до 5,5 В, причем в этом диапазоне работают все аналоговые модули, flash-память, EEPROM и ОЗУ. Это позволяет обеспечить более долгий срок работы устройств с батарейным питанием.

Утечки выводов и регистр разрешения работы цифровых входов

AVR-микросхемы имеют мультиплексированные линии цифровых входов и входов АЦП, что увеличивает гибкость прибора. Однако при этом повышается энергопотребление входного буфера при поступлении на вход аналогового сигнала. Данную проблему удалось решить с помощью регистра DIDR (Dedicated Input Disable Register), дающего возможность отдельно отключать любой из цифровых входов от аналогового входа. Это способствует снижению общего энергопотребления микросхемы.

О перспективах технологии рiсoPower можно сказать следующее.

Основные AVR-микросхемы компании ATMEL будут переведены на технологию рiсoPower, новые продукты также будут производиться с применением этой технологии. Микросхемы серии рiсoPower будут иметь букву "P" в конце наименования (например, ATmega169P). В настоящее время анонсированы микросхемы ATmega169P, ATmega165P, ATmega164P, ATmega324P (декабрь 2006 г.) и ATmega644P (I квартал 2007 г.). До конца 2007 года планируется увеличить серию рiсoPower до 16 микросхем. Краткие характеристики микросхем этой серии приведены в табл. 2.

МИКРОКОНТРОЛЛЕР ATmega169

Выпускается с 2003 года, предназначен для работы в портативном оборудовании с автономным питанием.

Микропроцессор ATmega169 является первым низкопотребляющим членом семейства AVR, который содержит встроенный контроллер ЖКИ. AVR-ядро имеет богатый набор ко-



Таблица 4. Характеристики микроконтроллеров ARM7 фирмы ATMEL (I полугодие 2007 года)

	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	РС-генератор	16-мА выходы	Входы/выходы	Корпус
SAM7X512	55	128	512	1	2	2	1	1	11	-	+	2	3	4	+	+	8	+	+	+	4	60	100QFP
SAM7XC512	55	128	512	1	2	2	1	1	11	-	+	2	3	4	+	+	8	+	+	+			100QFP
SAM7S512	55	64	512	1	2	1	1	1	11	-	+	1	3	4	+	+	8	+	+	+	4	32	100QFP
SAM7S161	55	4	16	1	2	1	1	1	11	-	-	1	3	4	+	+	8	+	+	+	4	32	64QFP
SAM7S16	55	4	16	1	1	1	1	1	9	-	-	-	3	4	+	+	8	+	+	+	4	21	48QFP
SAM7SE256	48	32	256	1	2	1	1	1	11	-	-	2	3	4	+	+	8	+	+	+	4	88	128QFP
SAM7SE32	48	8	32	1	2	1	1	1	11	-	-	2	3	4	+	+	8	+	+	+	4	88	128QFP

манд и 32 рабочих регистра, которые могут быть напрямую подключены к АЛУ, что позволяет выполнять действия с двумя регистрами одной командой. Вычислительное ядро построено по Гарвардской архитектуре с разделенными памятью и шинами программы и данных. Процессор имеет одноуровневый конвейер, который дает возможность при выполнении одной команды выбирать следующую команду. Такая архитектура вычислительного ядра позволяет выполнять команды в каждом цикле. Архитектура вычислительного ядра микропроцессора приведена на рис. 2.

Микропроцессор содержит 16 Кбайт программной flash-памяти, 512 байт EEPROM-памяти, 1 Кбайт SRAM, 53 линии портов ввода-вывода общего назначения, 32 рабочих регистра общего назначения, JTAG-интерфейс, встроенные автоматы отладки и программирования, законченный контроллер ЖКИ с преобразователем напряжения, три гибких независимых таймера/счетчика, внешние и внутренние источники прерывания, последовательный программируемый USART, универсальный последовательный интерфейс с детектором стартового состояния, 8-канальный 10-бит АЦП, программируемый сторожевой таймер со встроенным генератором и последовательный SPI-порт.

Предназначенный для использования в аппаратуре с автономным питанием, микропроцессор имеет превосходные мощностные характеристики. Во-первых, он выпускается в трех модификациях с различными диапазонами напряжения питания: ATmega169 имеет диапазон напряжения питания от 4,5 до 5,5 В, ATmega169L – от 2,7 до 5,5 В, а ATmega169V – от 1,8 до 5,5 В. При этом модификации имеют различные диапазоны рабочих частот тактового генератора: ATmega169 – от 0 до 16 МГц, ATmega169L – от 0 до 8 МГц, а ATmega169V – от 0 до 1 МГц. При работе на частоте 1 МГц, т.е. с производительностью 1 MIPS, микропроцессор потребляет всего 400 мкА при питании 1,8 В. Во-вторых, имеется возможность

программного изменения частоты работы вычислительного ядра. Для выполнения сложных вычислительных функций или других действий, требующих высокого быстродействия вычислительного ядра, разработчик может установить высокую тактовую частоту, а при выполнении простых управляющих функций существенно ее снизить. При работе с частотой 32 кГц микропроцессор потребляет всего 20 мкА (40 мкА при активизированном драйвере ЖКИ). В-третьих, микропроцессор имеет пять программно инициализируемых режимов пониженного потребления: Idle, Power-down, Power-save, ADC Noise Reduction и Standby.

В режиме Idle останавливается ядро, а SRAM, таймеры/счетчики, SPI-порт и система прерываний продолжают функционировать. При этом микропроцессор потребляет не более 0,25 мА при питании 2 В и частоте тактовых импульсов 1 МГц. В режиме Power-down содержимое регистров сохраняется, но

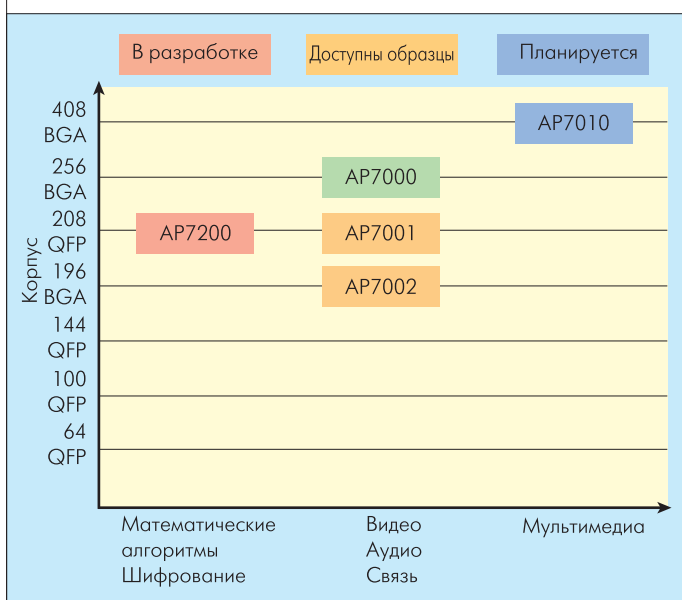


Рис.3. Развитие микроконтроллеров на базе ядра AVR32

Таблица 5. Характеристики микроконтроллеров ARM9 фирмы ATMEL (I полугодие 2007 года)

Микроконтроллер	Частота ядра, МГц	ОЗУ, Кбайт	Flash-ПЗУ, Кбайт	Кэш-память, Кбайт	Число USART/UART	Порт SPI	Порт TWI	Интерфейс SSC	Входной видеointерфейс	Интерфейс MCI	Контроллер CAN	Интерфейс USB Host	Интерфейс USB Device	Контроллер ШИМ	Системный таймер	16-бит таймер	Интервальный таймер	Каналы DMA	Схема сброса	RC-генератор	Число линий ввода/вывода	Корпус
91SAMXE128	210	16	128	24	7	2	1	1	1	1	-	2	1	-	1	6	1	24	2	1	96	BGA217
91SAM9XE256	210	32	256	24	7	2	1	1	1	1	-	2	1	-	1	6	1	24	2	1	96	BGA217
91SAM9XE512	210	32	512	24	7	2	1	1	1	1	-	2	1	-	1	6	1	24	2	1	96	BGA217
91SAM9261	240	160	-	32	4	2	1	3	-	1	-	2	1	-	1	3	1	19	2	-	96	BGA217
91SAM9261S	240	16	-	32	4	2	1	3	-	1	-	2	1	-	1	3	1	19	2	-	96	BGA217
91SAM9263	240	96	-	3	4	2	1	3	1	2	1	2	1	4	2	3	1	22	2	-	160	BGA324

останавливается задающий генератор и все внутренние функции микропроцессора отключаются до тех пор, пока не произойдет прерывание или аппаратный сброс. При этом типовой ток потребления при отключенном сторожевом таймере и при питании 3 В составляет 1 мкА. В режиме Power-save асинхронные таймеры и контроллер ЖКИ продолжают функционировать, позволяя ЖКИ работать в то время, пока микропроцессор находится в "режиме сна". В режиме ADC Noise Reduction останавливаются вычислительное ядро и все модули ввода-вывода, за исключением асинхронного таймера, контроллера ЖКИ и самого АЦП, что позволяет минимизировать шумы в ходе выполнения аналого-цифрового преобразования. В режиме Standby задающий генератор работает, в то время как остальная часть прибора бездействует.

Кроме того, для снижения потребления в рабочем режи-

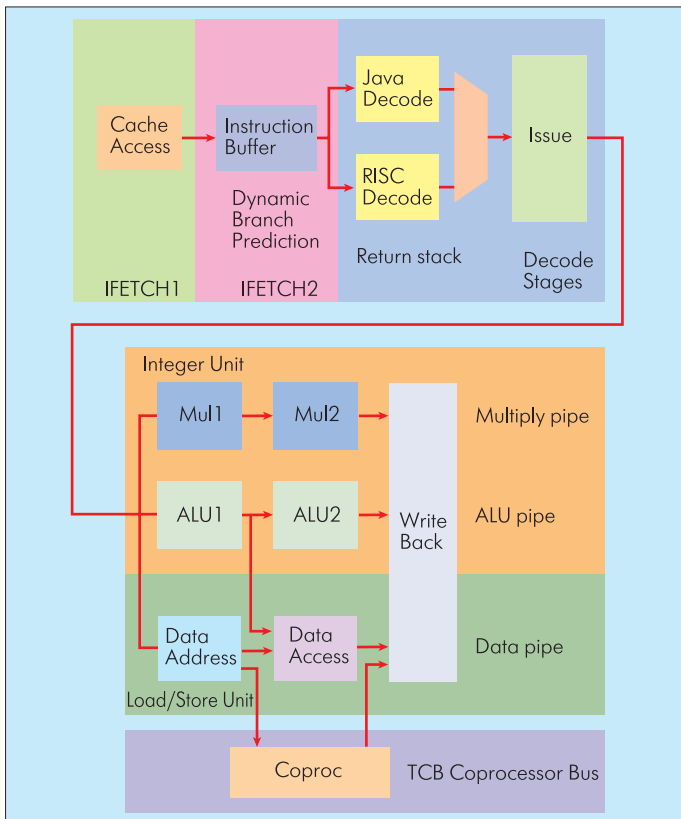


Рис.4. Схема конвейера AVR32

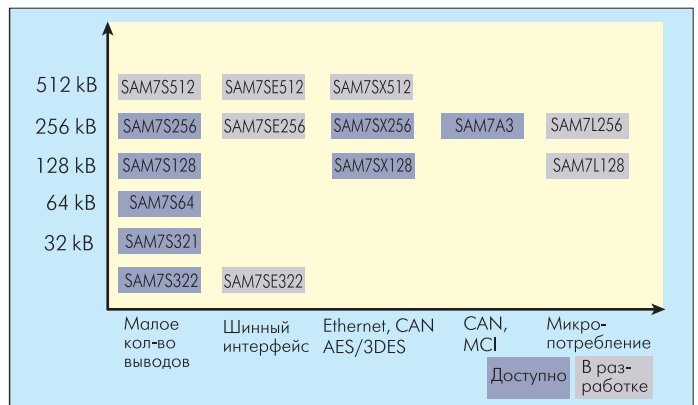


Рис.5. Развитие микроконтроллеров семейства SAM7 на базе ядра ARM7

ме можно отключить незадействованные периферийные модули. Также следует иметь в виду, что многие модули остаются активными даже при инициализации режимов пониженного потребления. Например, если АЦП был включен в активном режиме, то он остается активным во всех режимах. Аналоговый компаратор остается активным только в режимах Idle и ADC Noise Reduction, в остальных режимах "сна" он автоматически отключается.

При правильном использовании микропроцессор ATmega169 способен управлять работой ЖКИ в течение 10 лет, питаясь только от двух батареек типа AA.

Микропроцессор содержит встроенный драйвер ЖКИ, что также способствует снижению энергопотребления. Встроенный контроллер/драйвер ЖКИ способен обслуживать индикаторы 25x4.

Контроллер модуля ЖКИ может тактироваться как от внутреннего, так и от внешнего источника тактовых импульсов. Для модуля ЖКИ оба эти источника идентичны. Опорные синхриимпульсы поступают на 12-бит циклический счетчик, имеющий отводы от старших восьми разрядов, что позволяет поделить частоту опорных тактовых импульсов на 16, 64, 128, 256, 512, 1024, 2048 или 4096. Полученные после деления синхриимпульсы используются в качестве опорных для тактирования ЖКИ.

Чтобы снизить потребляемую мощность, можно также выбрать режим маломощных сигналов (Low Power Waveform).



Таблица 6. Характеристики микроконтроллеров ATtiny и ATmega фирмы ATMEL (выпуск конец 2006)

	Частота, МГц	Flash, Кбайт	EEPROM, байт	RAM	Входы/выходы	USI (для tiny), USART (для mega)	8-бит таймер	16-бит таймер	10 бит-ADC	Контроль питания	Питание, В	Корпус
ATtiny261	20	2	128	128	16	1	1	1	11	+	2,7-5,5	QFN, PDIP SOIC,DIE
ATtiny261V	10	2	128	128	16	1	1	1	11	+	1,8-5,5	
ATtiny84	20	8	512	512	12	1	1	1	8	+	2,7-5,5	PDIP, QFN, DIE
ATtiny84V	10	8	512	512	12	1	1	1	8	+	1,8-5,5	
ATmega164P	20	16	512	1 Кб	32	21	2	1	8	+	2,7-5,5	QFN, PDIP
ATmega164PV	10	16	512	1 Кб	32	2	2	1	8	+	1,8-5,5	TQFP, DIE
ATmega324P	20	32	1 Кб	2 Кб	32	2	2	1	8	+	2,7-5,5	QFN, PDIP
ATmega324PV	10	32	1 Кб	2 Кб	32	2	2	1	8	+	1,8-5,5	TQFP, DIE
ATmega640	16	64	4 Кб	8 Кб	86	4	2	4	16	+	2,7-5,5	TQFP, DIE,
ATmega640V	8	64	4 Кб	8 Кб	86	4	2	4	16	+	1,8-5,5	BGA

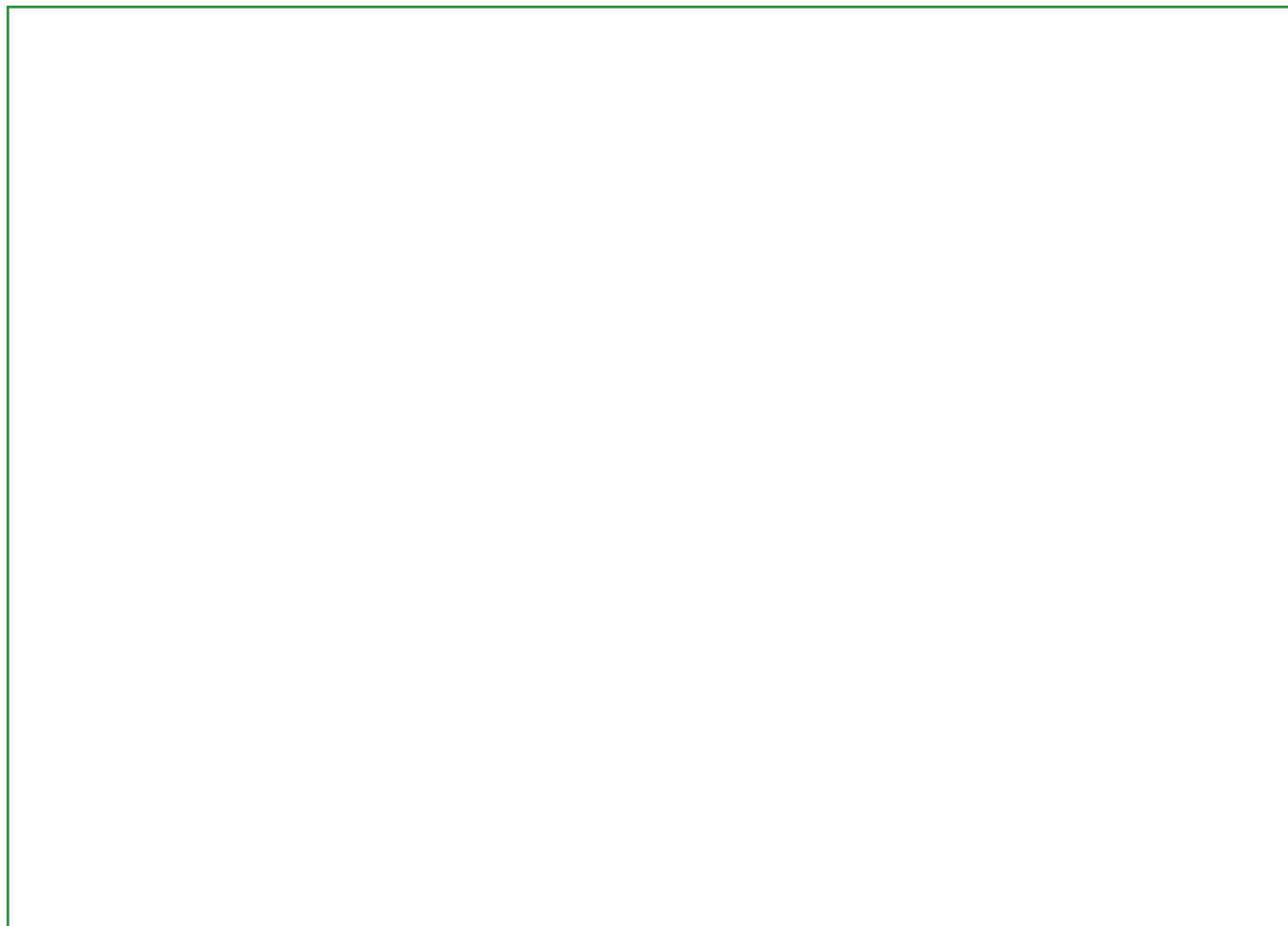
Однако при этом, чтобы добиться нулевой постоянной составляющей тока через сегменты ЖКИ, длительность обновления режима следует увеличить в два раза.

Важно заметить, что контроллер ЖКИ продолжает работать и в "режимах сна". При синхронном тактировании драйвер ЖКИ будет работать в режимах Idle и Power-save при любом источнике опорного сигнала. При асинхронном тактировании от TOSC1, работающего от встроенного RC-генератора, драйвер ЖКИ будет работать в режимах Idle, ADC Noise

Reduction и Power-save. В асинхронном режиме работы в качестве опорных синхроимпульсов можно использовать сигнал, поданный на вход TOSC1 от внешнего источника.

Если для управления работой ЖКИ используются не все выводы модуля, то незадействованные выводы могут использоваться в качестве линий портов ввода-вывода общего назначения.

Встроенный автомат внутрисистемного программирования позволяет перепрограммировать программную память



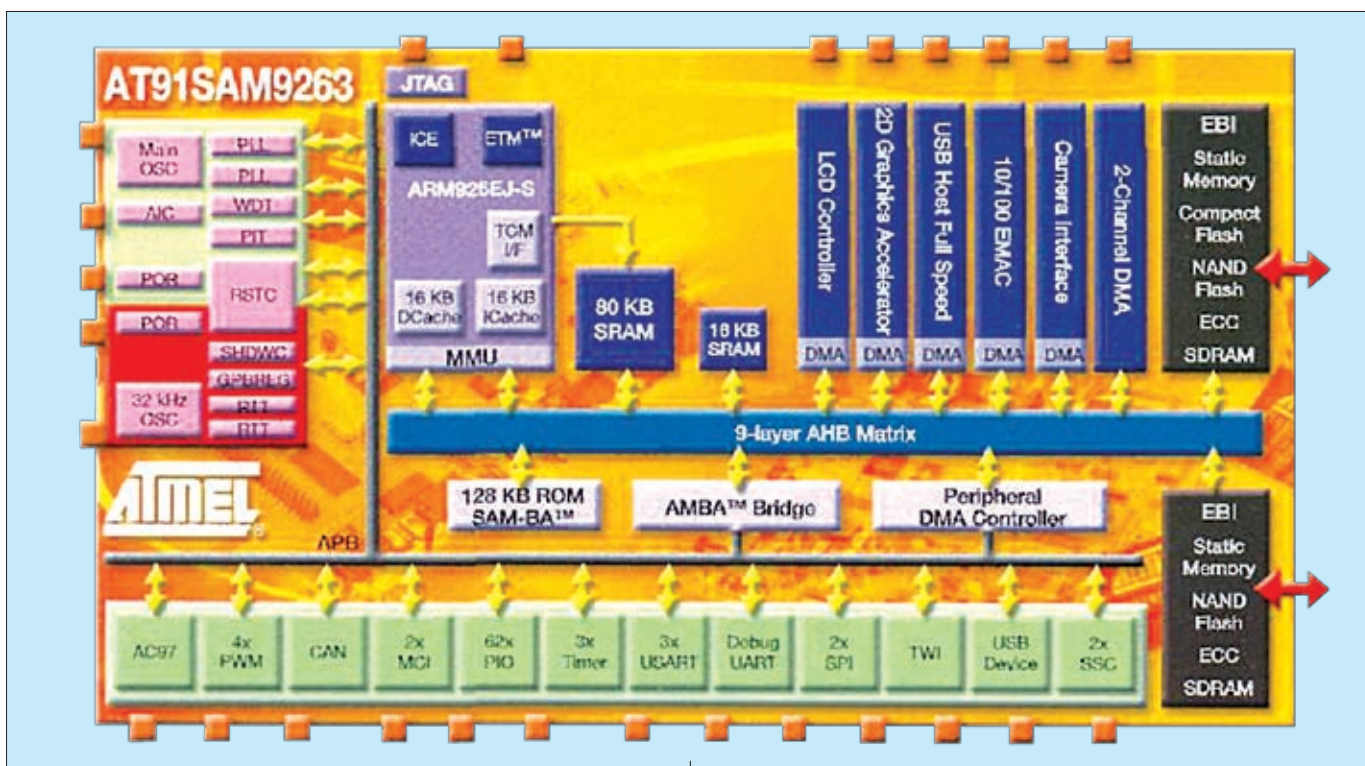


Рис.6. Структурная схема микроконтроллера AT91SAM9263

через последовательный ISP-интерфейс при помощи энергонезависимого программатора памяти или встроенной программы-загрузчика, которая выполняется в AVR-ядре. Программа-загрузчик может использовать любой интерфейс для записи программы в прикладную flash-память. Программа из загрузочной секции flash-памяти выполняется даже при загрузке прикладной секции flash -памяти, обеспечивая режим работы Read-While-Write (чтение при записи). Объединяя в себе 8-бит RISC-ядро и самопрограммируемую flash-память в одном корпусе, микропроцессор ATmega169 является мощным прибором, который обеспечивает устройствам более высокие гибкость и стоимостную эффективность.

Микропроцессор ATmega169 поддерживается различными программными и системными средствами разработки, такими как C-компиляторы, макроассемблеры, отладчик/симулятор (AVR Studio версий 3.5 и 4.0), внутрисхемные эмуляторы (ATICE50 и AVR JTAG ICE) и внутрисистемный программатор AVR ISP. Чтобы ускорить разработку новых устройств на базе микропроцессора ATmega169 и снизить затраты на нее, выпущены отладочная плата STK502 и демонстрационный набор AVR Butterfly.

Надо сказать, что AVR – самая обширная производственная линия среди других микроконтроллеров корпорации ATMEL. ATMEL представила первый 8-разрядный микроконтроллер в 1993 году и с тех пор непрерывно совершенствует технологию. Удалось снизить удельное энергопотребление (мА/МГц), расширить диапазон питающих напряжений (до 1,8 В) для продления ресурса батарейных систем, увеличить быстродействие до 16 млн. операций в секунду, усовершенс-

твовать встраивание эмуляции в реальном масштабе времени, реализовать функции самопрограммирования, увеличить число периферийных модулей, расширить число встраиваемых специализированных устройств (радиочастотный передатчик, USB-контроллер, драйвер ЖКИ, программируемая логика, контроллер DVD, устройства защиты данных) и др.

Успех AVR-микроконтроллеров обусловлен возможностью легко реализовать проект и достичь необходимого результата в кратчайшие сроки, благодаря доступности большого числа инструментальных средств проектирования, поставляемых как непосредственно компанией ATMEL, так и сторонними производителями. Ведущие сторонние производители выпускают полный спектр компиляторов, программаторов, ассемблеров, отладчиков, разъемов и адаптеров. Отличительной чертой инструментальных средств от ATMEL является их невысокая стоимость.

Другая особенность AVR-микроконтроллеров, сделавшей их столь популярными, это использование RISC-архитектуры с мощным набором инструкций, большинство которых выполняются за один машинный цикл. Таким образом, AVR-микроконтроллеры представляют более широкие возможности по оптимизации производительности/энергопотребления, что особенно важно при разработке приложений с батарейным питанием. Микроконтроллеры обеспечивают производительность до 16 млн. операций в секунду и поддерживают flash-память программ различной емкости: 1...256 Кбайт. AVR-архитектура оптимизирована под язык высокого уровня Си, а большинство представителей семейства megaAVR содержат 8-канальный 10-разрядный АЦП, а также совместимый с IEEE 1149.1



интерфейс JTAG или debugWIRE для встроенной отладки. Кроме того, все микроконтроллеры megaAVR с flash-памятью емкостью 16 Кбайт и более могут программироваться через интерфейс JTAG.

AVR32-МИКРОКОНТРОЛЛЕР

Большую долю рынка 32-разрядных контроллеров в настоящее время занимают микросхемы на базе ядер ARM7, ARM9 и ARM11. Несмотря на это, в 2001 году корпорация начала разработку принципиально новой 32-разрядной RISC-архитектуры. Основной целью было повышение вычислительной производительности за такт процессора. Задача заключается в разработке процессора, который сможет решать сложные задачи цифровой обработки информации при малом потреблении энергии (требование разработчиков мобильных устройств). Ядро должно одновременно выполнять задачи MPU и DSP в рамках одной программной и инструментальной базы. В дополнение к производительному ядру контроллеры нового поколения имеют высокоскоростную периферию – в частности, два контроллера 10/100 Mbps MAC и High-Speed USB (480 Mbps). В последующих версиях контроллеров появится хост-контроллер USB (480 Mbps), поддерживающий режим OTG (On The Go).

Основные параметры микроконтроллеров на базе ядра AVR32 приведены в табл.3. Их выпуск планируется в 2007 году.

На ядре AVR32 разрабатывается семейство контроллеров с аббревиатурой AP (Application Processor). Микросхемы будут выпускаться в корпусах BGA и TQFP. На рис.3. представлена программа развития этого семейства.

Основой архитектуры микроконтроллеров на ядре AVR32 является семистадийный конвейер (рис. 4), который обеспечивает высокую производительность. Конвейер состоит из трех модулей, подготавливающих команду, и четырех модулей, выполняющих команду.

На первом этапе инструкции выбираются из кэш-памяти.

На втором этапе происходит динамическое предсказание ветвления на основе предыдущего значения, далее инструкции перемещаются в буфер декодера Java или RISC команд. Механизм предсказания ветвления позволяет избежать перезагрузки конвейера при выполнении операций ветвления. При предсказании ветвления в кэш загружается следующая за ветвлением операция. Совместно с высокой плотностью кода это позволяет снизить использование памяти и производить переходы без потери циклов.

Третий этап – декодирование команды. В зависимости от содержания команды она попадает в целочисленный модуль, который состоит из трех конвейеров:

- конвейер умножения, состоящий из двух блоков умножения;
- конвейер АЛУ, состоящий из двух блоков вычислений;

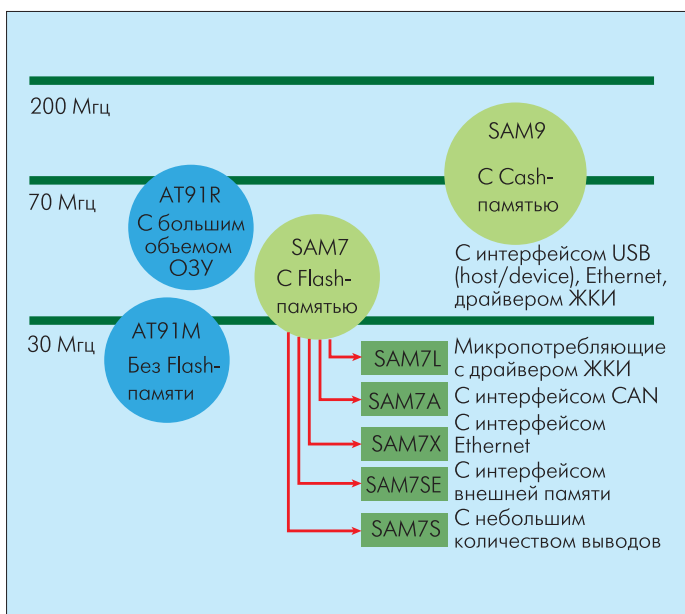


Рис.7. Частотные пределы микроконтроллеров на базе ядер ARV, ARV32, ARM7 и ARM9

конвейер данных, состоящий из модуля адресации и модуля доступа к данным.

Конвейер данных имеет доступ к сопроцессору для параллельного выполнения матричных и векторных операций.

Три перечисленных конвейера поддерживают одновременное исполнение независимых инструкций с изменением последовательности.

МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ НА БАЗЕ ЯДЕР ARM7 И ARM9

Микроконтроллеры на базе ядра ARM7 получают все более широкое распространение. Имея 32-разрядную архитектуру и "8-разрядную стоимость", эти контроллеры уверенно расширяют свое присутствие на рынке. Микросхемы на базе ядра ARM7, выпускаемые корпорацией ATMEL, в дополнение к мощному ядру имеют развитую периферию и многоканальный контроллер прямого доступа к памяти, что делает их очень привлекательными для использования в low-end сегменте рынка управляющих контроллеров.

Семейство микросхем AT91SAM7X разработано для применений, требующих обширного набора периферии. Обладая высокопроизводительным 32-/16-битным ядром ARM7TDMT ARM4 Thumb, большим объемом оперативной и flash-памяти на кристалле и набором широко распространенных интерфейсов, эта серия может использоваться для устройств сбора данных и их передачи по каналам Ethernet, USB, CAN, SPI, SSC, UART. Семейство SAM7 состоит из трех подсемейств: SAM7S, SAM7A и SAM7X. Подробно микроконтроллеры семейства SAM7 рассматриваются в статье Н.Королева и А.Шабынина "ARM-микроконтроллеры ATMEL: аппаратные средства разработчика" (наст. выпуск, с.42). Развитие семейства микроконтроллеров на базе ядра ARM7 приведено на рис.5.

В конце 2007 года в семействе микроконтроллеров SAM9 корпорации Atmel появилась новая микросхема с производи-

тельностью 200 MIPS ATMEL –AT91SAM9263. Структура микросхемы приведена на рис.6.

AT91SAM9263 содержит микроконтроллер на базе ARM926EJ-STM с быстродействием 200 миллионов операций в секунду, который преодолевает "узкие места" имеющиеся у обычных микроконтроллеров на базе ARM9TM при работе с приложениями с графическим интерфейсом и интенсивной обработкой данных, такими как в медицинском контрольном оборудовании и системах GPS-навигации.

AT91SAM9263 имеет 27 каналов DMA, включая внешний 18-канальный DMA-контроллер ATMEL, 9-уровневую матрицу шин и две дополнительные шины – шину данных и шину непосредственно связанной с программными командами памяти для повышения производительности центрального процессора и обеспечения внутрисхемных скоростей передачи данных до 41,6 Гбит/с. Два внешних интерфейса шин поддерживают внешние модули памяти размером более 1 Гбайт и выше.

Интерфейс пользователя. К встроенным в микросхему средствам для реализации интерфейса пользователя относятся интерфейс камеры, контроллер ЖК-дисплея TFT/STN, 6-канальный аудио-интерфейс(AC97), сопроцессор для обработки I2S- и 2D-графики.

Объединение в сеть и система связи. К внешним сетевым устройствам относятся 12 Мбит/с USB-хост и USB-устройство, сеть 10/100 Ethernet MAC и 1-Мбит/сеть контроллеров CAN. Также имеются четыре модуля USART, два SPI-интерфейса со скоростью передачи данных 50 Мбит/с, интерфейсы CompactFlash®,, SDIO (MCI) и двухпроводной интерфейс (TWI) который можно подсоединить к кабельным и беспроводным коммуникационным модулям, таким как GPRS-модем или Wi-Fi®. Распределение частотных диапазонов работы микроконтроллеров на базе ядер ARV, ARV32, ARM7 и ARM9 приведено на рис.7. В табл. 4, 5 и 6 приведены краткие характеристики микроконтроллеров фирмы ATMEL выпуска конца 2006 – первой половины 2007 годов.

ЛИТЕРАТУРА

Королев Н., Шабынин А. Архитектура AVR: развитие вширь и вглубь. Часть 1. – Компоненты и технологии, 2007, № 2.

Горелков Р. AVR-микроконтроллеры picoPower компании ATMEL с ультранизким потреблением. – Компоненты и технологии, 2006, № 12.

Производители микроконтроллеров и их поставщики на российском рынке. – Электронные компоненты, 2006, № 7.

Материалы практического семинара "День ATMEL на выставке "ЭкспоЭлектроника 2007".
www.atmel.com

Микроконтроллеры и DSP. – Электронные компоненты, 2005, № 7.

