

## АТМЕЛ: МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ СЕМЕЙСТВА AVR, AVR32 И ARM

Компания Rainbow Technologies организовала и 24 сентября 2008 года провела семинар по современным микроконтроллерам компании Atmel. Тема семинара – презентация микроконтроллеров на базе архитектур AVR, AVR32, ARM7 и ARM9.

В рамках программы Дня Atmel были представлены обзоры новинок и планы развития семейств 8-битных микроконтроллеров AVR – tiny, mega, Xmega; семейства 32-битных контроллеров AVR32 UC3, AP7 и ARM7/ARM9, рассмотрены фирменная энергосберегающая технология Atmel picoPower, а также программные и отладочные средства для работы со всеми перечисленными семействами контроллеров. Также были подробно рассмотрены особенности архитектуры и применения новейших микроконтроллеров AVR Xmega и беспроводные решения семейства Z-link для сетей ZigBee (2,4 ГГц).

В последние годы наблюдается повышенный интерес к 32-разрядным контроллерам. Многие разработчики, которым уже "тесно" в рамках 8-разрядной архитектуры, начинают осваивать более мощные семейства. При этом класс 16-разрядных решений используется крайне мало, так как на практике не имеет никаких преимуществ (даже ценовых) перед 32-разрядными устройствами. Корпорация Atmel параллельно развивает две 32-разрядные архитектуры – ARM (семейства SAM7/SAM9) и AVR32. Сегодня перспективная архитектура AVR32, включающая два семейства – AP7000 и UC3, – превосходит ARM-контроллеры SAM7 и SAM9 как по вычислительной мощности, так и в части набора интерфейсных модулей на кристалле. Новые ARM-контроллеры серии AT91 корпорации Atmel, выпущенные в 2008 году, устраняют этот разрыв.

### МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ НА ОСНОВЕ ЯДРА AVR32

Первым семейством микроконтроллеров, выполненных на RISC-ядре AVR32, стало семейство AP7. Их особенностью является семистадийный конвейер обработки инструкций с высокой производительностью. Также они содержат наборы инструкций DSP и SIMD, которые значительно повышают производительность операций цифровой обработки сигнала. Микроконтроллеры созданы на основе нового процессорного ядра, и в их состав интегрированы практически все функциональные блоки, необходимые для реализации мультиме-

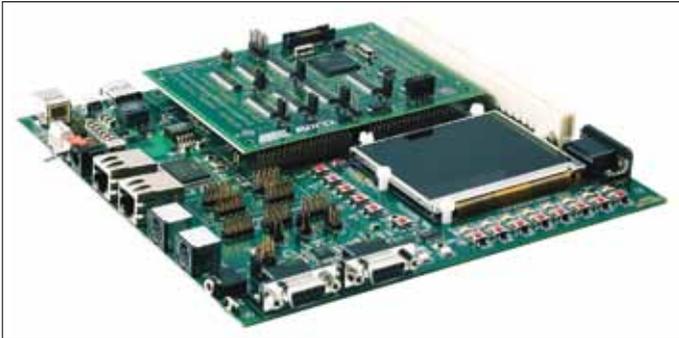
Б.Сидоренко,  
sby@rtcs.ru

дийных систем, которые применяются в сотовых телефонах, цифровых камерах, персональных цифровых помощниках, автомобильной и домашней аудио- и видеотехнике, ТВ-приставках, сетевом оборудовании, промышленных принтерах и одноплатных компьютерах. Микроконтроллеры полностью интегрируют тракт ввода (интерфейс фотоприемника изображения), обработки (сопроцессор векторного умножения для оптимизации масштабирования изображений и преобразования форматов YUV/RGB) и вывода (графический контроллер TFT/STN ЖК-дисплея с разрешающей способностью до 2048×2048 пикселей) графической информации. Для вывода звуковой информации предусмотрен 16-битный аудио-ЦАП и цифровой интерфейс I2S/AC'97. Кроме того, микроконтроллеры оснащены богатым инструментарием для последовательного и параллельного обмена данными, в том числе трансивером USB 2.0 480 Мбит/с, двухканальным контроллером Ethernet (опционально), интерфейсом IDE, интерфейсом карт памяти CF/SD/MMC, а также портами IrDA, 3xSPI, I2C, 3xSSC, 4xУСАПП. В состав семейства входят три микроконтроллера: AT32AP7000, AT32AP7001 и AT32AP7002. Для поддержки разработчиков предоставляется отладочный комплект STK1000 (рис.1) и интегрированная среда разработки AVR32 Studio.

Вслед за семейством AP7 компания Atmel представила в 2007 году еще одно семейство 32-разрядных микроконтроллеров – AVR32 UC3.

По сути, ядро UC3 представляет собой урезанную версию ядра AP7. Максимальная тактовая частота ядра понижена до 66 МГц, количество ступеней конвейера уменьшено с семи до трех, отсутствуют кэш-память инструкций и данных, набор инструкций SIMD и ускоритель выполнения JAVA-инструкций. Блок управления памятью (MMU – Memory Management Unit) заменен блоком защиты памяти (MPU – Memory Protection Unit), интегрирована флеш-память программ и сохранена поддержка инструкций DSP.

Микроконтроллеры семейства AVR32 UC3 с флеш-памятью программ предназначены для встраиваемых применений с высокой степенью интеграции, в том числе для промышленной автоматизации (программируемых логических конт-



**Рис. 1. Отладочный комплект STK1000**

роллеров, коммуникационного оборудования, робототехники, устройств сбора данных), средств автоматизации зданий (пультов управления, обработки голоса, управления доступом, биометрической идентификации), медицинской техники, контрольно-измерительного оборудования и приборов, коммуникационного оборудования (шлюзов преобразования последовательных протоколов, телефонов), торговых терминалов и портативных устройств.

Благодаря архитектуре AVR32 микроконтроллеры UC3 обладают высокой производительностью (до 1,3 MIPS/МГц по тесту Dhrystone, что составляет 86 DMIPS при частоте 66 МГц для серии UC3A) и малым энергопотреблением (23 мА/60 МГц в активном режиме и 30 мкА в статическом режиме (3,3 В) для серии UC3B). Ядро AVR32 UC3 – это первое 32-разрядное ядро, которое интегрирует статическое ОЗУ с однократным доступом чтения/записи, напрямую связанного с конвейером. Ядро AVR32 UC3 выполнено по "Гарвардской архитектуре" с трехступенчатой конвейеризацией и поддерживает арифметические операции ЦОС, однократные инструкции умножения и накопления, а также инструкции "чтение–модификация–запись" отдельного бита или слова. Семейство AVR32 UC3 на данный момент составляют серии микроконтроллеров UC3A и UC3B.

Серия AT32UC3A является основой большого семейства AVR32-микроконтроллеров с флеш-памятью на кристалле. Вслед за микросхемами AT32UC3A были выпущены микросхемы AT32UC3B. В них отсутствует внешняя параллельная шина и, как следствие, они упакованы в более компактные корпуса.

Рассмотрим микроконтроллеры серий UC3A и UC3B более подробно.

Микроконтроллеры серии UC3A оборудованы интерфейсами Ethernet (10/100 Мбит/с) и USB 2.0 с поддержкой функции On-The-Go и предназначены для применений, требующих различных интерфейсов передачи данных и большого количества линий ввода-вывода. У микроконтроллеров имеется внешний шинный интерфейс, с помощью которого можно подключить дополнительную память (SRAM/SDRAM) или организовать связь с такими периферийными устройствами, как контроллеры ЖК-дисплея, программируемая логика FPGA и др. Ядро

AVR32 UC3, система памяти и встроенные периферийные устройства подключены к шестислойной системной шине с чрезвычайно высоким быстродействием, которая работает на частоте 66 МГц и позволяет передавать конкурирующие потоки ПДП на каждой шине со скоростью до 264 Мбайт/с.

Микроконтроллеры серии AVR32 UC3B идеально подходят для портативных устройств с батарейным питанием или питанием от разъема USB, где требуется высокопроизводительный и экономичный микроконтроллер со встроенной флеш-памятью. На тактовой частоте 60 МГц микроконтроллеры AVR32 UC3B достигают производительности 72 MIPS (по тесту Dhrystone), при этом потребляемый ток составляет всего лишь 23 мА (3,3 В). Для подключения к существующим устройствам с портом USB 2.0 у данных микроконтроллеров предусмотрена поддержка функции On-The-Go (означает возможность работы порта USB и в режиме устройства, и в режиме хоста).

В разработке находятся новые серии контроллеров на базе архитектуры AVR32, в которые будут интегрированы дополнительные периферийные устройства – быстродействующие 12-разрядные ЦАП и АЦП, контроллер CAN, контроллер Hi-Speed USB и др.

Микроконтроллеры AVR32 UC3 привлекают разработчиков своими потребительскими характеристиками, такими как быстродействующее ядро, широкий набор периферийных узлов, низкое энергопотребление и различные архитектурные нововведения. Но даже самый лучший микроконтроллер сложно применить в проекте без доступных программных и аппаратных средств поддержки разработок, поэтому данному вопросу на семинаре было уделено большое внимание. Аппаратные средства поддержки разработок, выпускаемые фирмой Atmel для микроконтроллеров семейства AVR32 UC3, включают оценочные наборы EVK1100 и EVK1101, стартовый набор STK600 (рис.2) и внутрисхемный эмулятор JTAGICE2, а также внутрисхемный отладчик и программатор для всех AVR- и AVR32-контроллеров – AVR ONE!. Для разработки программного кода Atmel на свободной основе предлагает интегрированную среду разработки AVR32 Studio, а также библиотеку драйверов и оптимизированного кода AVR32UC3 Software Framework.

## **МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ НА ОСНОВЕ ЯДЕР ARM7/ARM9**

Микроконтроллеры этих серий различаются объемами встроенной флеш-памяти, а также наборами периферийных устройств в зависимости от модели.

AT91SAM7S – серия недорогих микроконтроллеров общего назначения, с высокой степенью интеграции, что позволяет использовать их в серийных приложениях, для которых стоимость является значимым фактором.

Микроконтроллеры AT91SAM7S решают широкий круг задач, связанных с применением контроллеров со стандартным набором функциональных возможностей. Но, в отличие от традиционных решений, AT91SAM7S имеют более



**Рис.2. Стартовый набор STK600**

высокую производительность без принципиальных изменений в стоимости изделия.

Особенности микроконтроллеров: выпускаются в корпусах TQFP с небольшим (44, 64) количеством выводов; имеют интегрированный контроллер интерфейса USB 2.0 (full speed); стоимость сопоставима со стоимостью 8-разрядных микроконтроллеров; поддерживаются недорогими средствами разработки и примерами программ.

Таким образом, находясь в одинаковой ценовой группе с большинством 8-разрядных микроконтроллеров, 32-разрядные микроконтроллеры AT91SAM7S позволяют решать более широкий круг задач.

Если сравнивать эти устройства с прочими 32-разрядными микроконтроллерами, можно выделить высокую интеграцию блоков и компонентов на кристаллах AT91SAM7S. Семейство включает схемы AT91SAM7S256, AT91SAM7S128, AT91SAM7S64, AT91SAM7S321, AT91SAM7S32 и AT91SAM7S161, AT91SAM7S16, которые отличаются друг от друга размерами памяти и набором периферийных узлов. Все члены семейства AT91SAM7S совместимы друг с другом по расположению выводов (кроме AT91SAM7S32 и AT91SAM7S16, которые совместимы только между собой).

AT91SAM7X – серия микроконтроллеров с большим числом периферийных устройств, в том числе контроллеров USB, SPI, CAN, Ethernet MAC, аналого-цифровых преобразователей и др. Это позволяет использовать их для гибкого и экономичного решения задач встраиваемого управления, когда необходима защищенная передача данных по каналу связи, например по проводным сетям Ethernet, CAN и беспроводным сетям Zigbee. Семейство микросхем Atmel AT91SAM7X является наилучшим решением для применений, требующих широкого набора периферии. Обладая высокопроизводительным 32-битным ядром ARM7TDMI, большим объемом флеш- и оперативной памяти на кристалле, набором широко применяемых интерфейсов, данная серия оптимальна для применений, связанных со сбором данных и передачей их по таким каналам как Ethernet, CAN, SPI, SSC, UART и др. В семейство входят три микросхемы – AT91SAM7X512, AT91SAM7X256

и AT91SAM7X128. Они различаются исключительно объемом флеш- и оперативной памяти на кристалле – 512/128, 256/64 и 128/32 Кбайт, соответственно. В остальном все три микросхемы идентичны и взаимозаменяемы. Важной особенностью данного кристалла является наличие ROM-памяти, содержащей программу-загрузчик, которая позволяет программировать флеш-память либо загружать и запускать программу из оперативной памяти с применением только USB либо RS-232. Кроме того, этот же загрузчик дает возможность программировать внешнюю последовательную флеш-память DataFlash серии AT45 (Atmel), подключенную к кристаллу.

Отличительная особенность серии микроконтроллеров AT91SAM7SE – наличие интерфейса внешней шины для подключения памяти SDRAM, CompactFlash, NAND Flash ECC (рис.3).

Микроконтроллеры AT91SAM7SE512, AT91SAM7SE256, AT91SAM7SE32 содержат флеш-память емкостью 512, 256 и 32 Кбайт. Это единственные микроконтроллеры на ядре ARM7TDMI, которые содержат интерфейс внешней шины (EBI) для подключения к внешней памяти большой емкости, в том числе к NAND-флеш-памяти, SDRAM, CompactFlash, статические ОЗУ и ПЗУ. Благодаря возможности эффективного чтения и записи данных объемом свыше 1 Гбайт, новые микроконтроллеры SAM7SE идеальны для применения в регистраторах информации, например таких, как амбулаторный медицинский мониторинг. Отладочный комплект для микроконтроллеров семейства SAM7SE показан на рис.3.

В марте 2008 года корпорация Atmel анонсировала выпуск нового семейства микроконтроллеров с ультранизким энергопотреблением AT91SAM7L на базе ядра ARM7TDMI.

В этих микроконтроллерах имеются встроенные коммутаторы, управляющие питанием множества блоков микроконтроллера, а также программируемый стабилизатор напряжения. Эти элементы помогают снизить потребление энергии как в активном режиме, так и в режиме ожидания.



**Рис.3. Отладочный комплект AT91SAM7SE-EK для микроконтроллеров семейства SAM7SE**



В активном режиме оптимизация потребления энергии достигается программированием напряжения питания, изменением тактовой частоты и управлением подачей тактового сигнала на периферийные узлы, а также использованием DMA-контроллера вместо CPU для передачи данных. SAM7L работает от одного источника питания напряжением 1,8, В и типовая величина тока потребления в активном режиме при выполнении кода из собственной флеш-памяти составляет 0,5 мА/МГц. Потребление энергии в различных режимах ожидания контролируется с помощью коммутаторов питания, масштабируемого стабилизатора напряжения и техники выборок для слежения за напряжением, а также путем формирования сброса по включению питания и обнаружения провала питающего напряжения вместо постоянного их отслеживания. Это обеспечивает более высокую структурированность, чем у конкурирующих продуктов, при одинаковом уровне энергосбережения.

В режиме пониженного потребления AT91SAM7L имеет типовую величину потребляемого тока 100 нА, что является поистине уникальной величиной для 32-битных микроконтроллеров. В режиме отключения запитанным остается только вывод быстрого старта (FWUP), который позволяет запустить систему простым нажатием кнопки. Данная функция применяется для управления подачей питания в таких приложениях, как, например, калькулятор. В режиме хранения активными остаются только контроллер питания, схема POR с нулевым потреблением и 32-кГц генератор. Часы реального времени RTC, 2-Кбайт ОЗУ с резервным питанием, BOD, схема накачки, стабилизатор напряжения для ЖКИ и контроллер ЖКИ могут включаться и отключаться независимо. Настоящий режим можно использовать, когда время, контекст или изображение на экране должно сохраниться, даже если основное приложение не исполняется. В режиме ожидания 2-МГц RC-генератор обеспечивает быстрый переход в активный режим для быстрой реакции на внешние события.

Серия AT91SAM7L включает две микросхемы – AT91SAM7L128 и AT91SAM7L64, имеющие 128 Кбайт и 64 Кбайт флеш-памяти соответственно. Серия AT91SAM7L также содержит множество периферийных модулей, в том числе USART, SPI, таймеры-счетчики, RTC и аналого-цифровые преобразователи. Системный контроллер AT91SAM7L128/64 содержит контроллер сброса, способный управлять последовательностью запуска при подаче питания. Правильность работы микросхемы отслеживают встроенный детектор провала питающего напряжения и сторожевой таймер, работающий от собственного генератора. Такой богатый набор выполняемых системных функций позволяет минимизировать количество необходимых внешних компонентов, так как микросхема способна работать на максимальной скорости и даже без внешнего тактового генератора.

AT91SAM7L128/64 имеет встроенные функции для ЖКИ-дисплеев. Это контроллер ЖКИ-сегментов, встроенные драйверы



**Рис.4. Отладочный комплект AT91SAM92-EK для микроконтроллеров AT91SAM9263**

и программируемый источник питания ЖКИ для управления контрастом изображения, состоящий из управляемой схемы накачки заряда и управляемого стабилизатора напряжения. Схема предназначена для управления монохромными пассивными жидкокристаллическими дисплеями (LCD), имеющими до десяти общих выводов и до сорока сегментных выводов.

AT91SAM9 – семейство производственных микроконтроллеров на ядре ARM926EJ-S с низким энергопотреблением и широким диапазоном встроенных контроллеров периферийных устройств. Предназначены они для различных применений, требующих высокой производительности, подключения внешней памяти и использования операционных систем WinCE или Linux. Отладочный комплект для микроконтроллеров AT91SAM9263 приведен на рис.4.

Микроконтроллеры из нового 32-битного семейства Atmel AT91SAM9XE преодолели барьер по производительности флеш-микроконтроллеров в 200 MIPS.

Сочетание высокой производительности и функциональности в одном кристалле делает флеш-микроконтроллеры AT91SAM9XE (объем флеш-памяти до 512 кбайт) идеальными для применения в устройствах, где пространство ограничено, но при этом необходимы богатые функциональные возможности и высокопроизводительная обработка.

Микроконтроллеры SAM9XE интегрируют ряд коммуникационных устройств, в том числе полноскоростные хост-порт и порт устройства USB 2.0, контроллер Ethernet 10/100 Base-T MAC, а также двухслотный интерфейс карт памяти MMC (SDCard/SDIO- и MultiMediaCard-совместимый), контроллер синхронной последовательной связи SSC, четыре УСАПП, два ведущих/подчиненных последовательных интерфейса SPI, отладочный интерфейс УАПП и два двухпроводных последовательных интерфейса TWI.

Шестислойная шинная матрица связана с блоком управления памятью процессорного ядра, а также с распределенными каналами ПДП хост-порта USB, контроллера Ethernet и интер-

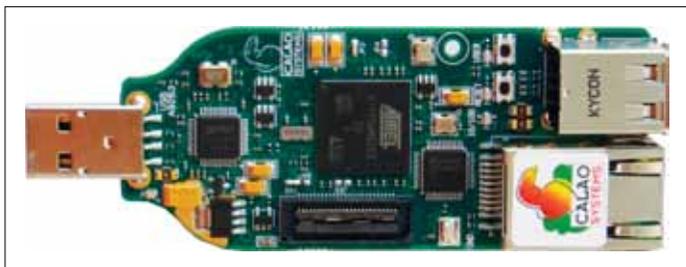


Рис.5. Микрокомпьютер Calao Systems USB-A9263



Рис.6. Микрокомпьютер Calao Systems QIL-A9260

фейса фотоприемника изображения. Тем самым гарантирует непрерывность внутренних потоков данных при минимальной загрузке процессора. Данная концепция распространяется и на периферийные устройства: контроллер ПДП периферийных устройств (PDC) связан с интерфейсами ПДП USB-устройства и всех остальных устройств последовательного ввода-вывода. Такая передовая архитектура распределенного ПДП обеспечивает передачу внутренних потоков данных на максимальной скорости и при минимальном вмешательстве процессора. Таким образом, микроконтроллеры SAM9XE способны выполнять сложную обработку данных одновременно с передачей данных на высокой скорости.

В состав микроконтроллеров SAM9XE не только интегрировано большинство периферийных устройств и технологий ARM7 микроконтроллеров семейства SAM7. Кроме того, в них используется та же инфраструктура, что и в SAM7. Все это упрощает применение микроконтроллеров описанных семейств.

Директор по маркетингу ARM-микроконтроллеров компании Atmel Джеко Уилбринк так прокомментировал выпуск новых микроконтроллеров: "Микроконтроллеры SAM9XE закрепят лидерские позиции Atmel на рынке ARM-флеш-микроконтроллеров, который теперь, помимо микроконтроллеров ARM7, будет представлен микроконтроллерами ARM9. Микроконтроллеры SAM9XE выполнены на основе апробированной архитектуры и набора периферийных устройств и гарантируют нашим многочисленным клиентам новый уровень производительности, функциональность и доступные цены".

Микроконтроллеры AT91SAM9XE выпускаются в 208-выводном корпусе PQFP или 217-выводном корпусе LFBGA (оба корпуса не содержат свинца). Микроконтроллеры имеют объем флеш-памяти от 128 до 512 Кбайт.

В марте 2008 года корпорация Atmel анонсировала новый микроконтроллер AT91SAM9R64 на базе ядра ARM926EJ-S. AT91SAM9R64 выпускается в корпусе BGA 10×10 мм с шагом 0,8 мм. Микроконтроллер содержит интерфейс USB high speed (480 Мбит/с), а также программируемый интерфейс внешней памяти (EBI), поддерживающий SDRAM и NAND Flash, который благодаря программно устанавливаемому усилителю позволяет подключать на линии ввода/вывода память с уровнем сигнала 3,3 и 1,8 В.

Ядро AT91SAM9R64 снабжено кэш-памятью команд объемом 4 Кбайт и данных объемом 4 Кбайт, имеются 64 Кбайт SRAM (с доступом за один такт), интерфейсы USB High Speed device, MCI/SDIO, 5 UART, SPI, SSC, TWI, шесть таймеров, четыре ШИМ, 24 канала DMA, часы реального времени с режимом автономной работы. Микроконтроллер может загружаться через USB-порт, с SD-карты или с NAND флеш.

В качестве средств поддержки разработок предлагаются свободно распространяемый компилятор C GNU GCC, отладчик GNU GDB, коммерческие программные продукты фирм IAR System (компилятор C – Embedded Workbench, операционная система реального времени (RTOS) – Powerware), Mentor Graphics (RTOS – Nucleus PLUS), Micrium (RTOS – uCOS/II), ExpressLogic (RTOS – ThreadX) и Microsoft (OS – .NET Framework), которые в настоящий момент портируются для поддержки кристалла. Также для всех описанных семейств ARM7- и ARM9-контроллеров Atmel доступны недорогие отладочные платы, JTAG-эмулятор AT91SAM-ICE и примеры кодов.

### МИНИ-КОМПЬЮТЕРЫ НА БАЗЕ ARM9-КОНТРОЛЛЕРОВ ATMEL ОТ КОМПАНИИ CALAO SYSTEMS

Компания Rainbow Technologies представляет в России продукцию европейской компании Calao Systems. Большинство продуктов Calao Systems выполнено на базе процессоров AT91SAM9 с архитектурой ARM926EJ-S от Atmel и системы Linux 2.6 (рис. 5, 6, 7). Они могут использоваться как

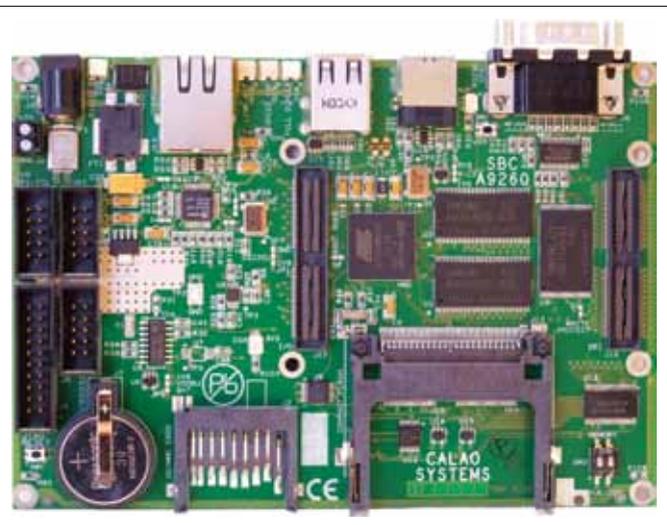


Рис.7. Микрокомпьютер Calao Systems SBC35-A9260



оценочные платы для указанных процессоров, для разработки собственных устройств, либо как готовые модули для встроенных систем и сетей. Миникомпьютеры от Calao Systems выпускаются в различных форм-факторах – USB-донгл, плата "все в одном" и т. д.

На платах мини-компьютеров также предусмотрены разъемы расширения для подключения периферийных устройств – LCD, камеры и др. Также они могут комплектоваться широким диапазоном плат расширения с различным набором периферийных модулей, например, модулей WiFi и Bluetooth, гироскопов, датчиков ускорений, часов истинного времени, слотов для карт памяти SD/MicroSD/MMC и др.

Использование мини-компьютеров компании Calao Systems позволяет создавать встроенные системы и гибкие сетевые решения без затрат на разработку собственной платы, подбора и закупки комплектующих, монтажа. Все что нужно – создать необходимое программное обеспечение и воспользоваться готовыми модулями мини-компьютеров и плат расширения.

#### **ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ *picopower***

В современных приложениях микроконтроллеров все большее значение придается потребляемой ими мощности. Многие приложения используют батарейное питание или питание от линии связи. Все эти разработки объединяет общее требование – малая потребляемая мощность, но при этом достаточная производительность. Для соответствия этим требованиям в 2005 году компания Atmel представила собственную энергосберегающую технологию *picopower*, обеспечивающую работу устройства на базе микроконтроллеров AVR с батарейным питанием в течение нескольких лет без замены батареи. Для отличия микроконтроллеров, произведенных по данной технологии, от остальных устройств AVR в наименование после числового обозначения добавляется индекс P (например, ATmega48P). Все микроконтроллеры AVR с технологией *picopower* отличаются пониженным энергопотреблением, высокой производительностью и богатой периферией.

Особенности микроконтроллеров AVR с технологией *picopower*:

- полная функциональность при напряжении питания от 1,8 до 5,5 В;
- производительность до 20 MIPS при 20 МГц;
- шесть режимов энергосбережения;
- минимизированный ток утечки;
- генератор 32 кГц с ультранизким потреблением;
- регистр управления мощностью PRR (Power Reduction Register);
- регистр разрешения работы цифровых входов DIDR (Digital Input Disable Registers);
- автоматическое включение/отключение флеш-памяти (Flash Sampling);

- "спящий" BOD (Sleeping Brown-out Detector).

Компания Atmel разработала технологию и архитектуру *picopower* для достижения минимальных значений потребляемой мощности. Эта технология применяется во всех новых 8-разрядных AVR-микроконтроллерах.

В июле 2008 года компания Atmel выпустила два новых микроконтроллера *tinyAVR*, выполненных по технологии *picopower*, для применений с батарейным питанием и высокой ценовой чувствительностью – ATtiny48 и ATtiny88. Объем их флеш-памяти составляет 4 и 8 Кбайт, соответственно. Работая при напряжении питания 1,8 В и тактовой частоте 1 МГц, эти AVR-микроконтроллеры потребляют ток менее 240 мкА, а после перевода в режим отключения (*power-down*) – менее 100 нА. Микроконтроллеры идеальны для применения в портативных системах, где крайне важно низкое энергопотребление, в частности в системах дистанционного управления, датчиках и портативных приборах.

В новые микроконтроллеры интегрирована схема контроля питания, которая автоматически отключается в дежурных режимах и, следовательно, ничего не потребляет; регистр снижения энергопотребления, который позволяет отключить от питания каждое из встроенных устройств ввода-вывода; а также регистры отключения цифровых входов, которые позволяют исключить протекание токов утечки на выводах МК, которые используются в качестве входов АЦП.

ATtiny48/88 работают при напряжении 1,8–5,5 В, содержат 10-битный АЦП, интерфейсы SPI и I2C, датчик температуры. Кроме того, они способны работать с производительностью до 12 MIPS при тактовой частоте 12 МГц. Так же, как и у других МК AVR, у ATtiny48/88 предусмотрена встроенная отладочная система для ускорения и упрощения проектирования.

"Появление ATtiny48/88 расширит область использования микроконтроллеров AVR до очень маломощных и при этом весьма чувствительных к стоимости применений. Для клиентов, разрабатывающих продукцию с малым энергопотреблением, новые микроконтроллеры ATtiny48/88 станут идеальным решением этой задачи", – заявил директор по маркетингу МК *tinyAVR* Юкка Эскилайнен (Jukka Eskelinen).

**Технические характеристики микроконтроллеров семейств tiny и mega, выпущенных фирмой Atmel в 2008 году по новой технологии**

Режим	Условия	Значения параметров	
		ATtiny13	ATtiny13A
Активный	$U_n=5,5\text{ В}, f=20\text{ МГц}$	13 мА	8,8 мА
	$U_n=1,8\text{ В}, f=1\text{ МГц}$	240 мкА	190 мкА
Энергосбережения	$U_n=5,5\text{ В}, f=20\text{ МГц}$	4,0 мА	1,7 мА
	$U_n=1,8\text{ В}, f=1\text{ МГц}$	220 мкА	24 мкА
		<b>ATmega16</b>	<b>ATmega16A</b>
Активный	$U_n=3\text{ В}, f=1\text{ МГц}$	1,1 мА	0,6 мА
	$U_n=5\text{ В}, f=8\text{ МГц}$	12 мА	7,0 мА
Энергосбережения	$U_n=3\text{ В}, f=1\text{ МГц}$	0,3 мА	0,2 мА
	$U_n=5\text{ В}, f=8\text{ МГц}$	5,1 мА	2,7 мА
		<b>ATmega32</b>	<b>ATmega32A</b>
Активный	$U_n=3\text{ В}, f=1\text{ МГц}$	1,1 мА	0,6 мА
	$U_n=5\text{ В}, f=8\text{ МГц}$	12 мА	7,5 мА
Энергосбережения	$U_n=3\text{ В}, f=1\text{ МГц}$	350 мкА	220 мкА
	$U_n=5\text{ В}, f=8\text{ МГц}$	5,5 мА	2,8 мА
		<b>ATmega88 / ATmega88P</b>	<b>ATmega88PA</b>
Активный	$U_n=2\text{ В}, f=1\text{ МГц}$	0,3 мА	0,2 мА
	$U_n=3\text{ В}, f=4\text{ МГц}$	1,7 мА	1,2 мА
	$U_n=5\text{ В}, f=8\text{ МГц}$	6,3 мА	4,1 мА
Энергосбережения	$U_n=2\text{ В}, f=1\text{ МГц}$	0,05 мА	0,03 мА
	$U_n=3\text{ В}, f=4\text{ МГц}$	0,3 мА	0,18 мА
	$U_n=5\text{ В}, f=8\text{ МГц}$	1,4 мА	0,8 мА
		<b>ATtiny44</b>	<b>ATtiny44A</b>
Активный	$U_n=2\text{ В}, f=1\text{ МГц}$	0,33 мА	0,25 мА
	$U_n=3\text{ В}, f=4\text{ МГц}$	1,6 мА	1,2 мА
	$U_n=5\text{ В}, f=8\text{ МГц}$	5,0 мА	4,4 мА
Энергосбережения	$U_n=2\text{ В}, f=1\text{ МГц}$	0,11 мА	0,04 мА
	$U_n=3\text{ В}, f=4\text{ МГц}$	0,40 мА	0,25 мА
	$U_n=5\text{ В}, f=8\text{ МГц}$	1,5 мА	1,3 мА
		<b>ATmega324P</b>	<b>ATmega324PA</b>
Активный	$U_n=2\text{ В}, f=1\text{ МГц}$	0,42 мА	0,3 мА
	$U_n=3\text{ В}, f=4\text{ МГц}$	2,4 мА	1,5 мА
	$U_n=5\text{ В}, f=8\text{ МГц}$	8,0 мА	5,2 мА
Энергосбережения	$U_n=2\text{ В}, f=1\text{ МГц}$	0,13 мА	0,06 мА
	$U_n=3\text{ В}, f=4\text{ МГц}$	0,6 мА	0,35 мА
	$U_n=5\text{ В}, f=8\text{ МГц}$	2,3 мА	1,3 мА

Все микроконтроллеры tinyAVR поддерживаются инструментальными средствами для проектирования стандартных МК AVR, в том числе бесплатной интегрированной средой для проектирования AVR Studio. Оба микроконтроллера выпускаются в корпусах QFN32, QFN28, TQFP32 и PDIP28.

**РАЗВИТИЕ СЕМЕЙСТВ ATtiny И ATmega**

В настоящее время компания Atmel постепенно переводит наиболее популярные микроконтроллеры AVR tiny и mega на новый технологический процесс. Для отличия от предыду-

щих версий в наименование добавляется индекс А (например, ATmega16A, ATmega88PA).

Суть новой технологии заключается в том, что значительно уменьшены расстояния между транзисторами и площадь межсоединений (технология 0,25 мкм).

В июле 2008 года фирма Atmel сообщила о выпуске новых микроконтроллеров ATmega16A и ATmega32A, которые должны заменить микросхемы ATmega16 и ATmega32. Новые схемы ATmega16A и ATmega32A имеют значительно меньшее энергопотребление, но при этом сохраняется полная совместимость с популярными устройствами ATmega16 и ATmega32. Они имеют меньший ток потребления как в активном режиме работы микросхем, так и в режимах энергосбережения, работают в диапазоне напряжений питания от 2,7 до 5,5 В, обеспечивая максимальную производительность до 16 MIPS на частоте 16 МГц при напряжении питания 4,5–5,5 В.

В августе 2008 года фирма Atmel сообщила о выпуске новых микроконтроллеров ATtiny13A в качестве замены ATtiny13. В ATtiny13A, так же, как и в микроконтроллерах ATmega16A и ATmega32A, сохранена полная совместимость с ATtiny13. Они имеют меньший ток потребления как в активном режиме, так и в режимах энергосбережения, работают в диапазоне напряжений питания от 1,8 до 5,5 В.

В декабре 2008 года Atmel сообщила о выпуске в рамках нового технологического процесса (0,25 мкм) схем ATmega88PA и ATmega324PA. Это полные аналоги M88P/M324P, но со сниженным на 30–40% потреблением во всех режимах (например, 200 мкА при 1 МГц и 750 нА в режиме энергосбережения при включенном RTC на 32768 Гц). Новые микроконтроллеры работают в диапазоне напряжения питания от 1,8 до 5,5 В и обеспечивают быстроедействие до 20 MIPS на частоте 20 МГц.

Контроллеры А-версии имеют более низкую стоимость по сравнению с аналогами предыдущего поколения, так как с переходом на новый технологический процесс повышен выход годных, на одной подложке помещается больше кристаллов из-за уменьшения размеров минимального элемента топологии, снижена себестоимость производства.

В таблице приведены некоторые характеристики новых микроконтроллеров, изготовленных по новой технологии и выпущенных в течение 2008 года, по сравнению с характеристиками контроллеров предыдущей версии.

**МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ AVR Xmega**

В марте 2008 года компания Atmel анонсировала новое семейство AVR-микроконтроллеров – Xmega, которое переводит 8/16-битные микроконтроллеры на новый уровень производительности. Особое внимание к производительности объясняется тем, что все больше и больше семейств 8/16-битных микроконтроллеров не отвечают современным требованиям. Сегодня микроконтроллеры для встроенных систем должны не только обладать высокими производительностью и интег-



рацией встроенных устройств, но и иметь низкие стоимость и энергопотребление, небольшие размеры, а также комплексно поддерживаться средствами разработки. Поэтому микроконтроллеры AVR Xmega могут выступать в качестве эталонных 8/16-битных микроконтроллеров.

Новое семейство можно считать важным дополнением к микроконтроллерам серии Mega. Серия Xmega, использующая усовершенствованную технологию *riCoPower* второго поколения, позволяет очень существенно снизить потребление энергии. В контроллеры встроены быстрый 12-разрядный АЦП, диспетчер DMA, инновация Event System и возможность шифрования.

Особенности микроконтроллеров AVR Xmega:

- производительность до 32 MIPS;
- низкое энергопотребление (технология *riCoPower* второго поколения);
- инновационная система обработки событий Event System, обеспечивающая независимую от ЦПУ быстросрабатывающую передачу данных между интегрированными периферийными устройствами;
- контроллер прямого доступа в память;
- контроллер многоуровневых прерываний, поддерживающий приоритеты прерываний и немаскируемые прерывания;
- быстросрабатывающие 12-битные АЦП и ЦАП;
- поддержка криптографических алгоритмов AES и DES.

Технология *riCoPower* уже используется в микроконтроллерах *megaAVR* и признана на рынке как лучшая энергосберегающая технология для микроконтроллеров. Технология *riCoPower* второго поколения, с помощью которой были созданы микроконтроллеры AVR Xmega, позволяет еще эффективнее использовать батарейный источник, в частности за счет возможности нормального функционирования при напряжении питания 1,6 В и суммарного потребления сторожевого таймера и схемы контроля питания всего лишь 1 мкА. Под нормальным функционированием при напряжении питания 1,6 В понимается выполнение микроконтроллером всех функций, в том числе программирование флеш-памяти, запись в ЭСППЗУ, преобразование аналоговых сигналов и работа внутренних генераторов. В применениях с батарейным питанием, например мобильных телефонах, микроконтроллеры Xmega могут быть запитаны от стабилизированного источника питания 1,8 В ± 10%, что снижает себестоимость системы и увеличивает время работы от батарейного источника. По уровню энергопотребления микроконтроллеры AVR Xmega лидируют на рынке. В режиме Power Down, когда сохраняются данные в ОЗУ, потребляемый ток составляет всего лишь 100 нА. Часы реального времени, тактируемые кварцевым генератором 32 кГц, потребляют всего лишь 650 нА.

Новые микроконтроллеры работают при напряжении питания от 1,6 до 3,6 В и достигают производительности 32 MIPS на тактовой частоте 32 МГц. Микроконтроллеры содержат



**Рис.8. Универсальный программатор и отладчик AVRONE!**

флеш-память объемом от 16 до 384 Кбайт и поставляются в 44–100-выводных корпусах (CBGA, TQFP, MFL).

Микроконтроллеры AVR Xmega являются микроконтроллерами общего назначения и применяются в самых разных устройствах, таких как аудиосистемы, системы ZigBee, медицинская техника, промышленное оборудование, системы автоматизации, коммуникационное оборудование, измерительные приборы, оптические трансиверы, системы управления электроприводами, бытовое электрооборудование, системы климат-контроля и приборы с батарейным питанием.

Микроконтроллеры AVR Xmega поддерживаются основными средствами разработок для AVR-контроллеров – внутрисхемный программатор AVRISP2, JTAG-эмулятор JTAGICE2, интегрированная среда разработки AVR Studio (от версии 4.13 и выше), компилятор IAR Systems. Также компания Atmel предлагает новый стартовый набор STK600, который поддерживает все микроконтроллеры AVR, включая Xmega и AVR32 UC3 и универсальный программатор для всех семейств AVR и AVR32 – AVRONE! (рис.8).

Более подробную информацию о всех выпускаемых фирмой Atmel микроконтроллерах можно найти на сайте официального дистрибьютора корпорации Atmel компании Rainbow Technologies [www.rtcs](http://www.rtcs).

