

# Консолидация архитектур на рынке микроконтроллеров: пожелания, реальность и прогнозы

Пётр Павлов (Москва)

**В отличие от рынка процессоров для персональных компьютеров и серверов, где представлены несколько процессорных архитектур, на рынке встроенных (embedded) систем используется около полусотни архитектур микроконтроллеров. По данным аналитиков компании Frost & Sullivan, в 2007 г. две компании, занимавшие высшие позиции в рейтинге рынка, поставляли на него изделия на основе десяти разных архитектур.**

Особенностью рынка микроконтроллеров (МК) является огромное разнообразие применений, поэтому востребованными являются десятки архитектур. Кембриджская компания-разработчик Cygnal Technology в 2009 г. представила 16-разрядный микроконтроллер eCOG16E01, не считаясь с прогнозами о возможной «кончине» 16-разрядных МК. Имея 64 Кб флэш-памяти и 8 Кб SRAM, 50-МГц Cygnal eCOG16E01 демонстрирует производительность (в MIPS), сопоставимую с 32-разрядными МК начального уровня, но характеризуется при этом энергопотреблением на уровне 8/16-разрядных приборов, что весьма важно при реализации приложений на основе технологии ZigBee. Новая 16-разрядная архитектура Cygnal позволила добиться производительности 0,7 DMIPS/МГц и снижения плотности

кода в стандартных тестах на 20% по сравнению с достижимой на ядрах архитектурой ARMv6. Она позволяет не только поддерживать протокол радиосети (Cy-Net3), но и технологию коррекции ошибок FEC на физическом уровне. При этом характеристики энергопотребления (0,65 мВт/МГц) соответствуют требованиям, предъявляемым к системам с батарейным питанием.

Лидер полупроводникового рынка компания Texas Instruments (TI) на выставке embedded world 2010 заявила о намерении усилить свои позиции в области 8-разрядных микроконтроллеров. В планах компании – создать линейку из сотни новых микросхем такого класса, обладающих производительностью 16-разрядных микроконтроллеров и развитым набором интегрированной периферии.

Это решение компании TI является «зеркальным отражением» на 8-разрядный рынок заявки компании Microchip Technology на рынок 32-разрядных приборов. Более известная своими фирменными ядрами меньшей разрядности, компания Microchip вышла на рынок 32-разрядных МК, представив в 2007 г. первую линейку микроконтроллеров «общего» назначения на основе архитектуры MIPS32. Новые 32-разрядные микросхемы с тактовой частотой до 72 МГц и ресурсами памяти в 512 Кб (флэш-память) и 32 Кб (RAM) оказались лишь на 15% дороже 16-разрядных микроконтроллеров.

Методы укрепления своих позиций на микроконтроллерном рынке компании Microchip Technology проявляются не только в технологических инновациях, но и в агрессивном поведении. Если объединение компаний NEC (третье место рейтинга в 2008 г. по данным Electronics.ca Publications) и Renesas (первое место рейтинга в 2008 г. по тем же данным) вызвано, в первую очередь, экономическими мотивами, то Microchip хочет приобрести Atmel по тем же причинам, по которым TI приобрела Luminary Micro: для усиления технических позиций и последующего прорыва в области бизнеса.

Компания Atmel – безусловный технологический лидер на рынке микроконтроллеров. В 2010 г. она представила на выставке embedded world 2010 около двух десятков микроконтроллеров «общего» назначения на основе ядра Cortex-M3 семейства SAM3S (см. рис. 1). При тактовой рабочей частоте до 64 МГц эти микросхемы имеют удельную мощность 1,45 мВт/МГц.

Тогда же компания Atmel представила новые 8-разрядные микроконтроллеры в семействе tinyAVR в шестивыводных корпусах (SOT-23, 1,6 × 2,9 мм), обеспечивающие производительность 12 MIPS на рабочей тактовой частоте 12 МГц. Позволяя создавать «интеллектуальные» датчики, системы домашней автоматизации для управления освещением, сигнализацией и охраны, новые МК семейства tinyAVR сохраняют работо-

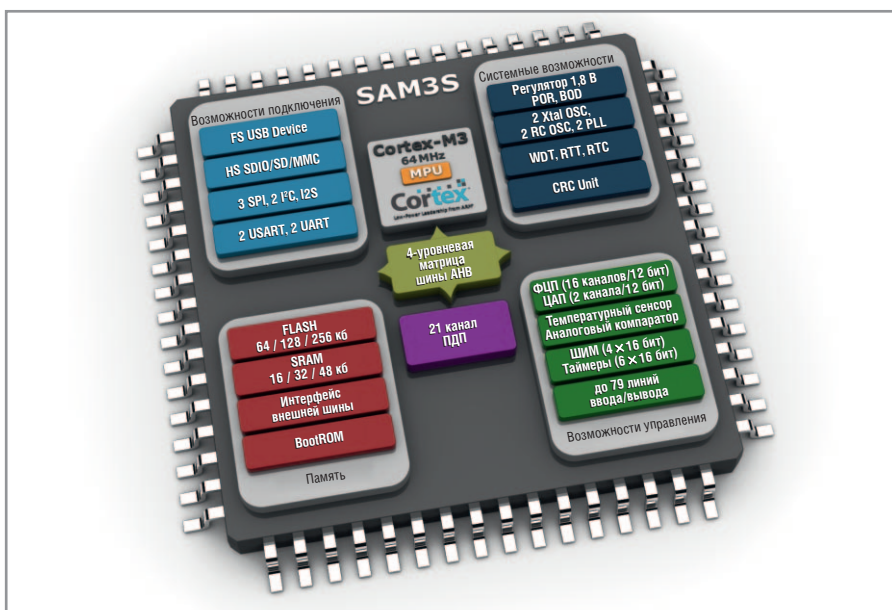


Рис. 1. Блок-схема микроконтроллера SAM3S

способность при напряжении питания до 0,7 В. Потребление тока этими микросхемами в активном режиме при рабочей тактовой частоте 1 МГц составляет менее 200 нА.

Ранее 32-разрядные микроконтроллеры AVR32 UC3 на основе фирменной архитектуры Atmel вошли в сотню лучших продуктов 2007 г. по версии журнала E DN. При формировании списка журнал EDN отбирал новую продукцию, демонстрирующую набор и значения характеристик, наиболее значимых для разработчиков. Полагаю, что в случае AVR32 UC3 это были не только показатели 83 DMIPS/66 МГц, 1,3 мВт/МГц и 1,08 DMIPS/мВт, но и коммуникационные возможности новых МК, поддержанные аппаратными технологиями шифрования данных, и специальные инструкции для реализации алгоритмов цифровой обработки сигналов (ЦОС). В семействе AVR32 UC3 есть серия микросхем UC3A, поддерживающая технологии Ethernet и USB для встраиваемых приложений с развитыми потребностями в сетевой работе и подключениях внешнего оборудования, а также серия UC3B, поддерживающая интерфейс USB и поставляемая в корпусах с малым числом выводов. На выставке embedded world 2008 МК AVR32 UC3 были отмечены наградой embedded Award в категории Hardware, установив «новые стандарты по эффективности вычислений и уровню удельного энергопотребления... среди 32-битных микроконтроллеров».

На той же выставке компанией Atmel были представлены новые 8/16-разрядные микроконтроллеры XMEGA семейства AVR, программно совместимые с микроконтроллерами семейств tiny и mega, уже завоевавших популярность. Их проприетарная вычислительная архитектура удачно сочетается с развивающейся фирменной технологией энергосбережения AVR picoPower. К отличительным особенностям нового поколения микроконтроллеров AVR, помимо пониженного энергопотребления, относятся расширенный набор периферии (12-разрядные АЦП и ЦАП, модули AES- и DES-шифрования, часы реального времени), увеличенная производительность (до 32 MIPS, четыре канала прямого доступа к памяти). Для того чтобы новые микросхемы можно было использовать в промышленных приложениях, в их конструкцию включен блок

контроля напряжения питания (BOD), сторожевого таймера, а рабочий температурный диапазон доведен до -40...85°C.

Но уже в 2010 г. представитель компании Atmel на выставке embedded world высказал мнение о том, что возможности и характеристики (включая и ценовые) современных линеек 8- и 32-разрядных МК способны перекрыть нишу, занимаемую 16-разрядными приборами. Хотя в комментариях крупных компаний прогноз о возможности консолидации собственной продуктовой линейки микроконтроллеров путём «вымывания» группы МК определённой разрядностью пока скорее исключение, чем правило, ряд поставщиков МК придерживается политики поддержки перехода между своими 8- и 32-разрядными платформами за счёт унификации периферии и интерфейсов.

### 8 БИТ? 16 БИТ? 32 БИТА?

«Есть мнение», что ставка в нынешних проектах делается на использование 32-разрядных МК во всех встроённых системах. Однако более реалистично полагать, что это справедливо лишь для массового рынка современных мобильных терминалов, многофункциональных устройств, способных поддерживать беспроводную связь, обеспечивать мобильный доступ в Интернет и работу игровых приложений. Оценка возможности консолидации рынка микроконтроллеров на основе разрядности шины данных является чрезмерно упрощённой. Требования, предъявляемые к встроённой системе, весьма разнообразны: функциональные возможности, производительность, энергопотребление, надёжность, длительность жизненного цикла и поддержка на его протяжении, цена и т.п.

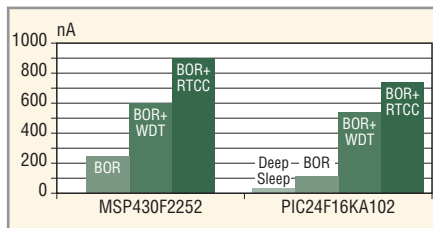
Использование 32-разрядной платформы во множестве приложений не является оптимальным даже для достижения высокой производительности. Так, если наибольший размер обрабатываемых данных, поступающих через периферию (АЦП/ЦАП, UARTS, SPI, I<sup>2</sup>C, CAN, таймеры/счётчики), не превосходит 16 бит, то использование 32-разрядной платформы может оказаться просто неэффективным и 16-разрядные МК станут естественным выбором разработчика.

Хотя современные 32-разрядные МК порой имеют цену ранее выпускавшихся 8- и 16-разрядных микросхем, совре-

менные 8- и 16-разрядные микроконтроллеры также дешевеют. И если 32-разрядные МК могут быстро переключать числа с плавающей запятой, то это ещё не значит, что подобная функциональность будет востребована. Более важными могут оказаться такие особенности 8-разрядного микроконтроллера, как напряжение питания 5 В, работа в условиях неблагоприятной электромагнитной обстановки, возможность напрямую управлять ЖК-дисплеем, наличие надёжной памяти EEPROM, ток потребления в ждущем режиме на уровне наноампер, – и всё это в миниатюрном корпусе площадью несколько квадратных миллиметров. Эти факторы могут оказаться решающими для разработчика устройства, которое должно работать от одного комплекта батарей 5 – 10 лет.

В числе особенностей 8-разрядных МК – поддержка лишь ограниченного набора арифметических операций и необходимость использования нескольких рабочих циклов для выполнения одной инструкции. Некоторые аналитики полагают, что именно эти параметры заставят разработчиков переходить на 32-разрядные платформы, поскольку избыточная «мощность» последних и возможность использования упрощённого, высокоуровневого программирования и ввелирует прорехи в квалификации программистов. Естественно, за это придётся заплатить и большей ценой кремния, и повышенным энергопотреблением платформы, и необходимостью более тщательного учёта паразитных электромагнитных влияний. Но разработчик не всегда готов платить за избыток ресурсов, поэтому 8- и 16-разрядные микроконтроллеры до сих пор являются наиболее широко используемыми платформами.

По данным компании Gartner Dataquest, на 2007 г. объём доступного рынка 8-разрядных микроконтроллеров (total available market, TAM) составлял 5 млрд. долл. США, 16-разрядных – 4 млрд., а 32-разрядных – 3 млрд. С учётом того, что стоимость микроконтроллеров в среднем повышается с ростом разрядности, рынок «в штуках» убывает с ростом разрядности микроконтроллеров ещё быстрее, чем рынок в долларах. Данные последних лет подтверждают, что 8- и 16-разрядные МК по-прежнему интересны заказчикам, и новинки в этой нише рынка предлагаются не только новыми разработчиками, но и лидерами промышленности.



**Рис. 2. Сравнение токов потребления микроконтроллеров PIC24F16RF102 и MSP430F2252**

## 16-РАЗРЯДНЫЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ ЖИВЫ И РАЗВИВАЮТСЯ

На выставке embedded world 2010 компания Renesas представила 16-разрядный микроконтроллер H8/38606F со сверхнизким энергопотреблением на основе ядра H8/300H. Особенностью микроконтроллера H8/38606F является наличие флэш-памяти объемом 48 Кб в микросхемах, поставляемых в компактном 32-выводном корпусе QFN.

На этой же выставке компания NEC Electronics анонсировала дюжину 16-разрядных микроконтроллеров, поддерживающих интерфейс USB 2.0. В числе 16-разрядных новинок – шесть микросхем в 48-выводных корпусах (78K0R/KC3-L) и шесть МК в корпусах с числом выводов 64 (78K0R/KE3-L). У новых приборов ток потребления в ждущем режиме может быть доведен до 0,37 мкА, а в активном режиме – до 6,4 мА при рабочей тактовой частоте 20 МГц. На основе 16-разрядного микроконтроллера 78K0R компания NEC Electronics в содружестве с компаниями ELMOS Semiconductor и TMG-Karlsruhe представила четыре однокристалльных микросхемы для реализации приложений на основе протокола IO-Link.

Компании TI и Microchip также постарались привлечь внимание посетителей выставки на свои новые 16-разрядные приборы. Первая представила в составе платформы на основе 16-разрядных ЦПОС семейства C5000 микроконтроллеры TMS320C5514 и TMS320C5515, которые демонстрируют увеличение производительности на 20% при рабочей тактовой частоте до 120 МГц и обладают развитой периферией. Компания Microchip рекламировала новые семейства 16-разрядных цифровых сигнальных МК в линейке PIC24F, которые позволяют довести ток потребления в спящем режиме (Deep Sleep) до 20 нА, используя технологию nanoWatt XLP (см. рис. 2).

Семейства микроконтроллеров PIC, в которых реализована технология nanoWatt XLP, компания Microchip пред-

ставила ещё в апреле 2009 г. Технология nanoWatt XLP позволяет не только довести значение тока потребления в новом режиме «глубокого сна» до 20 нА, но и уменьшить ток потребления часами реального времени до 550 нА, а сторожевым таймером – до 450 нА и менее. Среди новых семейств микросхем с технологией nanoWatt XLP – четыре 16-разрядных микроконтроллера PIC24F16KA с интегрированной памятью EEPROM, поставляемые в корпусах с 20 или 28 выводами. Утверждается, что на их основе можно создавать системы, не требующие замены батарей в течение 20 лет. Микроконтроллеры Microchip с технологией nanoWatt XLP ориентированы в первую очередь на тех разработчиков, которым необходимо реализовывать USB-подключения и технологии сенсорного управления в системах с батарейным питанием или в системах с серьёзными ограничениями на энергопотребление; среди них есть микросхемы общего назначения, а также МК с интерфейсом USB (host/device/OTG).

Низкие токи потребления в микроконтроллерах, поддерживающих технологию nanoWatt XLP, достигнуты компанией Microchip в том числе благодаря использованию новых технологических процессов с топологическими нормами 0,35 мкм (для 16-разрядных микросхем PIC24) и 0,25 мкм для 8-разрядных МК (PIC18).

Все микроконтроллеры с технологией nanoWatt XLP (не только 16-, но и 8-разрядные) поддерживаются свободно распространяемым C-компилятором от Microchip и инструментальными средствами для разработки и отладки приложений MPLAB IDE и MPLAB REAL ICE (система эмуляции), внутрисхемным отладчиком MPLAB ICD 3, недорогим отладчиком/программатором PICkit 3. И это не единственный пример возможности программирования 8- и 16-разрядных микроконтроллеров на языке C.

Когда компания Microchip представила в 2010 г. 8-разрядные микроконтроллеры PIC12F182X и PIC16F182X (PIC1XF182X) с активным потреблением тока 50 мкА/МГц (типичный ток в ждущем режиме 20 нА при напряжении питания 1,8 В, рабочие напряжения питания 1,8...5,5 В), для улучшения программируемости на языке C в архитектуру новых микроконтроллеров были добавлены 14 новых инструкций.

Удобны для программирования на языке C и представленные компанией STMicroelectronics в начале 2008 г. мик-

роконтроллеры STM8 на основе гарвардской архитектуры.

Что же касается снижения цены (и габаритов) 32-разрядных МК за счёт использования новых технологических процессов и конструктивных особенностей кристаллов, то и среди 8-разрядных микроконтроллеров появляются всё более компактные, дешёвые, экономичные и простые в применении микросхемы, позволяющие делать «интеллектуальным» оборудование и устройства.

## РЫНОК 8-РАЗРЯДНЫХ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ

Наиболее популярными технологическими процессами для производства 8-разрядных микроконтроллеров являются 0,35- и 0,25-мкм. Именно они оказываются наиболее подходящими для реализации специализированных блоков интерфейса USB и контроллера ЖК-дисплея, являющихся сегодня наиболее востребованными периферийными подсистемами 8-разрядных микроконтроллеров. Однако компания STMicroelectronics, например, использовала технологический процесс с проектной нормой 130 нм для создания 8-разрядных микросхем STM8. Пиковая производительность новых микроконтроллеров, представленных в 2008 г., достигала 20 MIPS при рабочей тактовой частоте 24 МГц, при этом для выполнения одной инструкции новые МК использовали в среднем 1,6 тактового цикла, что соответствует производительности около 0,6 MIPS/МГц.

В семействе микроконтроллеров STM8L особое внимание было уделено энергосбережению. В числе реализованных режимов работы микроконтроллеров Low-Power Run Mode (5,4 мкА), Low-Power Wait Mode (3,3 мкА), Active Halt Mode (1,0 мкА с работающими часами реального времени), Halt Mode (350 нА). При этом время пробуждения из режима Halt Mode не превышает 4 мкс, что позволяет использовать микросхему в наиболее экономичном режиме и довести потребление тока в динамическом активном режиме до 150 мкА/МГц. Аналоговая периферия микроконтроллеров STM8, рассчитанных на применения в автомобильной электронике, устойчиво работает с сигналами в диапазоне 1,65...5,5 В; верхний предел рабочего диапазона температур этих МК был доведен до 145°C.

Растущим рынком приложений для 8-разрядных микроконтроллеров является



поддержка технологии Ethernet на уровне 10/100 Мбит/с. Интеграция этой технологии во встроенные системы позволяет осуществлять их дистанционную диагностику, обновление программного обеспечения и сбор данных в торговых терминалах, системах промышленной и бытовой автоматики. Микросхемы на основе 8-разрядного ядра для таких приложений выпускаются компаниями Microchip, Maxim и Silicon Labs.

Растущим сегментом рынка потребления 8-разрядных микроконтроллеров является создание пользовательских интерфейсов на основе сенсорных технологий. К микросхемам для такого рода приложений относятся, например, PIC16F72x от Microchip. Поставщиками 8-разрядных МК с аналогичными функциями являются компании Atmel, Cypress Semiconductor и др.

Доведение стоимости некоторых «простейших» микроконтроллеров до 25 центов за штуку (при массовых закупках) позволяет разработчикам заменять дискретную логику микроконтроллерами и создавать новые рыночные ниши для «простейших» микроконтроллеров вроде бытовых медицинских приборов. Гигантский объём подобных рынков стимулирует

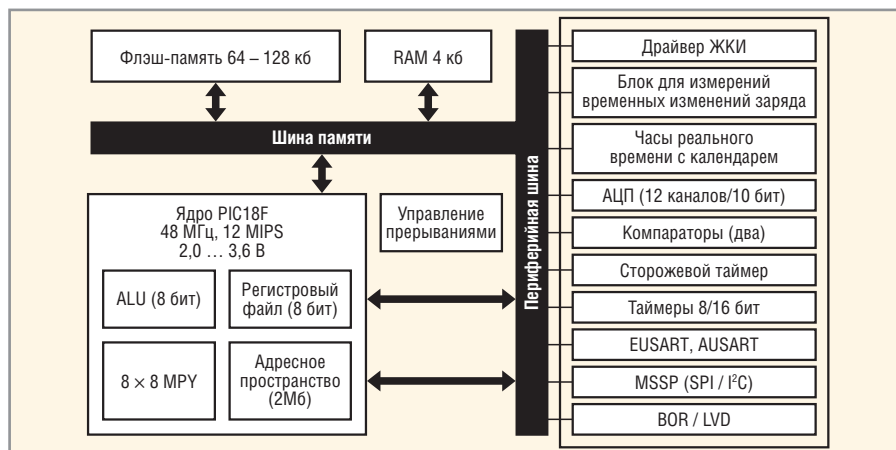
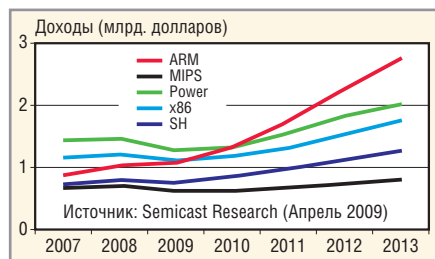


Рис. 3. Блок-схема микроконтроллера PIC18F87J90

борьбу за снижение стоимости на каждый цент, что заставляет производителей расширять номенклатуру микроконтроллеров в рамках одной архитектуры.

Расширение спектра поддерживаемой периферии делает микросхему более дорогой и энергоёмкой, но снижает стоимость набора комплектующих. В качестве примера такого высокоинтегрированного 8-разрядного микроконтроллера можно привести PIC18F87J90 (см. рис. 3), ориентированный на приложения, использующие отображение информации на ЖК-дисплее и сенсорное управление.

Этот МК интегрирует 128 Кб флэш-памяти для хранения прикладной программы, 4 Кб ОЗУ, а аналоговая периферия и порты ввода/вывода включают 12-канальный АЦП с разрядностью 10 бит, специализированный блок для измерений временных изменений заряда (для систем сенсорного управления), компараторы, таймеры, порты последовательного ввода/вывода. Микроконтроллеры оснащены встроенными часами реального времени с календарем (RTC), а встроенный модуль управления ЖКИ предусматривает



**Рис. 4. Прогноз роста доходов от продаж микроконтроллеров/процессоров для встроенных систем (PIC18F87J90)**

программное управление контрастом, обеспечивая автоматическое изменение режима работы дисплея в зависимости от освещенности или температуры окружающей среды.

Новые поколения 8-разрядных микроконтроллеров превосходят своих предшественников по компактности упаковки периферии. Так, микросхемы PIC18F46J11 (МК общего назначения с объемом флэш-памяти до 64 Кб) при поставках в корпусах с 28 или 44 выводами предоставляют разработчикам такие же возможности периферии, которыми обычно располагают МК, размещенные в 64- или 80-выводных корпусах.

### 32-РАЗРЯДНЫЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ

До определенного момента лидерство на рынке 32-разрядных МК сохраняли проприетарные архитектуры тройки лидеров – Renesas (SuperH), NEC (V850x) и Freescale (68K). Ситуацию изменило ядро ARM7TDMI на основе архитектуры ARMv4T, которая «объединила» вокруг себя около трех десятков производителей, предлагающих рынку номенклатуру из двух сотен микроконтроллеров. Таким образом, появился стандарт «де-факто». Унифицированная архитектура процессорного ядра позволяет, если не снизить, то хотя бы замедлить рост расходов на приобретение инструментальной разработки, стандартных библиотек и драйверов и создание программного обеспечения. По разным оценкам, на долю работ по созданию программного обеспечения в проектах встроенных систем приходится от 50 до 80% всех расходов.

Однако ядро ARM7 было создано для расчетов, но никак не для управления в режиме реального времени. Ядро Cortex-M3 на основе архитектуры ARMv7, обеспечивающее детерминированную обработку прерываний, было создано в 2005 г. В числе пионеров его освоения следует назвать компании NXP и STMicroelectronics.

В 2007 г. компания STMicroelectronics представила семейство микроконтроллеров STM32 на основе ядра ARM Cortex-M3, сочетающих высокую производительность (1,25 MIPS/МГц), низкое энергопотребление и невысокую для таких характеристик стоимость. Ядро Cortex-M3 использует технологию прерываний на основе контроллера вложенных векторных прерываний (nested vector-interrupt controller, NVIC), обеспечивающую возможность уменьшения времени задержки до шести тактовых циклов. Ядро от ARM поддерживает также возможность «атомарных» операций с битами (модификация содержимого одного бита за одну операцию записи), предсказание ветвлений, умножение за один цикл и аппаратное деление. Всё это в сочетании с поддержкой единственного набора инструкций Thumb 2 и обеспечило микроконтроллерам STMicroelectronics на основе ядра Cortex-M3 уникальное сочетание высокой производительности, высокой плотности кода, низкого энергопотребления и возможности реализации технологии реального времени.

Диапазон допустимых напряжений питания для новых микроконтроллеров составил 2,0...3,6 В, что позволяет создавать на их основе системы с батарейным питанием, для работы с которыми были также оптимизированы часы реального времени и генератор тактовых сигналов. Появившиеся микроконтроллеры STM32 имели несколько режимов экономичного потребления. Если говорить о производительности, то микросхемы STM32 были на 30% производительнее своих аналогов на основе ядра ARM7TDMI, а при равной производительности были на 75% экономичнее. Набор инструкций Thumb 2 позволял на 45% уменьшить объем кода приложения.

В семействе STM32 были предложены линейка Performance (Производительные) микроконтроллеров STM32F103 с рабочей тактовой частотой до 72 МГц, которая обеспечивала наивысшую производительность, и линейка Access (Доступные) микросхем STM32F101, которые, имея рабочую тактовую частоту до 36 МГц, предлагались по цене 16-разрядных приборов. При этом STM32F101 вдвое превосходили по производительности лучшие образцы последних. Микроконтроллеры линейки Performance на тактовой частоте 72 МГц при работе с флэш-памятью демонстрировали потребление тока 36 мА или 0,5 мА/МГц.

Микроконтроллеры из обеих линеек имели флэш-память объемом от 32К до 128К, но отличались максимальным объемом SRAM и набором периферийных подсистем. В максимальной конфигурации объем ОЗУ новых микроконтроллеров составлял до 20 Кб, периферия включала до 2 АЦП (12 бит/1 МГц), до трех портов USART, по два интерфейса SPI (18 МГц, master/slave) и PC, до трех 16-разрядных таймеров. Высокие характеристики и разнообразные возможности применения новых МК в таких разнородных приложениях, как системы промышленной автоматизации и медицинские диагностические приборы, включая портативные, определяются шестью каналами прямого доступа к памяти и наличием шестиканального таймера ШИМ для реализации векторных технологий управления моторами.

Компания NXP после этапа сбора в своей номенклатуре линейки микроконтроллеров на основе популярных ядер ARM7 и ARM9 (в том числе и за счет приобретения у компании Sharp линейки микроконтроллеров BlueStreak) к началу 2009 г. подготовила семейство микроконтроллеров LPC1700 на базе ядра Cortex-M3. Эти микросхемы с рабочей тактовой частотой до 100 МГц по быстродействию на 28...64% опережали приборы конкурентов на основе того же ядра. В феврале 2010 г. компания NXP Semiconductors объявила о выпуске микроконтроллеров LPC1769 и LPC1759, работающих на частоте 120 МГц, которые на 54% опережали по производительности изделия ближайших конкурентов и могли конкурировать с недорогими цифровыми сигнальными процессорами. Что касается успехов компании NXP в части снижения энергопотребления микроконтроллеров на базе ядра Cortex-M3, то её семейство LPC1300, построенное на основе ядра Cortex-M3 второй версии, потребляет около 200 мкА/МГц.

По прогнозам фирмы Semicast Researchs, архитектура ARM готова опередить по популярности архитектуры Power и x86 на рынке 32-разрядных микроконтроллеров. Произойти это может к 2011 г. (см. рис. 4) в приложениях для автомобильной электроники и промышленных встраиваемых системах (включая медицинское приборостроение). Именно в этих рыночных сегментах микроконтроллеры/микропроцессоры на основе архитектуры ARM применяются в больших объемах, которые позволяют прогнозировать среднегодовой рост доходов от их продаж в 21% за период 2007 – 2013 гг.

Само понятие «архитектура ARM» достаточно фрагментировано, поэтому необходимо уточнить, что рост доходов в основном будет происходить за счёт процессоров на основе ядер ARM Cortex-M3 (Atmel, TI, NXP и STMicroelectronics) и Cortex-M0 (NXP). Второе место по темпам роста доходов могут показать микропроцессоры на основе архитектуры Power за счёт восстановления темпов роста автомобильной промышленности и развития телекоммуникационного сектора. Почётное третье место в прогнозах Semicast Researchs отведено архитектуре x86, которая популярна в системах промышленной автоматизации и телекоммуникациях. На четвёртом месте по темпам роста доходов от продаж могут оказаться МК на основе архитектуры SuperH.

### **КОММЕРЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ РЫНКА МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ: ПРОГНОЗЫ И РЕАЛЬНОСТЬ**

Всего на рынке микроконтроллеров работают более 40 фирм, которые используют микроконтроллеры на основе около полусотни архитектур. При этом ни одна архитектура не занимает более 5% рынка.

Летом 2006 г. компания Frost & Sullivan прогнозировала объём рынка микроконтроллеров в 22,7 млрд. долл. США в 2009 г., основываясь на его объёме в 13,7 млрд. долл. в 2005 г. И обеспечить столь впечатляющий рост должны были рынки автомобильных и промышленных приложений. По мнению аналитиков Frost & Sullivan, могли оказаться причиной сохранения популярности 16-разрядных микроконтроллеров, тогда как автомобильная электроника должна была расширить сегмент 32-разрядных микроконтроллеров, создавая спрос также и на 8- и 16-разрядные микросхемы. В автомобилях среднего класса количество 8- и 16-разрядных МК может составлять 30...40 шт., тогда как в представительских автомобилях количество микроконтроллеров достигает 70 шт.

Компанией Semicast объём мирового рынка микроконтроллеров в 2006 г. был оценён в 8,5 млрд. долл. США. По мнению Frost & Sullivan, в 2007 г. он был равен 16 млрд. долл. Общий объём рынка 8-разрядных МК, по данным STMicroelectronics, оценивался на 2007 г. в 5 млрд. долл. Прогноз роста продаж таких микроконтроллеров в штуках

указывал на возможность увеличения поставок в 2011 г. до 6,5 млрд. (4,4 млрд. шт. в 2007 г.). При этом рост продаж для нужд автомобильной промышленности (локомотива развития рынка микроконтроллеров) мог составить 40% за период 2007 – 2013 гг.

К сожалению, кризис внес свои поправки, и рынок микроконтроллеров не показал предполагаемого фантастического роста. По данным Gartner, в 2008 г. объём рынка 8-разрядных микроконтроллеров оценивается в 5 млрд. долл. США, а его динамика в период кризиса вполне может «довести» его в 2009 г. до 4 млрд. долл. Восстановление рынка до прежнего уровня может происходить вплоть до 2012 г. По данным Electronics.ca Publications, рынок микроконтроллеров в 2008 г. имел объём 13,8 млрд. долл., а в 2009 г. может составить «лишь» 12,3 млрд. долл.

По мнению аналитиков Databeans, рынок микроконтроллеров в 2010 г. может превысить 12 млрд. долл. США, показав рост на 11% по сравнению с 2009 г. Локомотивами рынка вновь названы автомобильная электроника и промышленные приложения; их дополняют устройства связи. 