

STR9 — новые 32-разрядные ARM микроконтроллеры STMicroelectronics

Анатолий ЮДИН,
к. т. н.
info@otkcm.ru

В статье дается обзор основных характеристик и возможностей нового семейства 32-разрядных флэш-микроконтроллеров производства компании STMicroelectronics, разработанных на основе ядра ARM966E-STM.

В феврале этого года специалисты компании STMicroelectronics за достижения в области разработки микроконтроллеров выдвинуты американским журналом EDN Magazine's на присуждение премии «Инновация 2006». Серия микроконтроллеров STR910F ST вышла в финал по категории «Микроконтроллер/Цифровой сигнальный процессор года». Учрежденной в 1990 г. ежегодной премии EDN «Инновация года» удостоиваются выдающиеся профессионалы в области электронных технологий по результатам опроса инженеров и технических менеджеров во всем мире.

Для недорогих сетевых решений, базирующихся на микроконтроллерах с встроенной флэш-памятью и большим ОЗУ, микроконтроллеры STR910F компании ST являются одними из первых, которые используют мощность процессорного ядра ARM9E. Используя инновационную однокристалльную концепцию устройства заменило то, что обычно требовало нескольких дорогостоящих ИС, интегрируя высокую вычислительную производительность, цифровую обработку сигналов, малое потребление мощности, большие встроенные блоки памяти, и множество системного регулирования и мониторинга задач.

Использование микросхем STR910F экономически выгодно для широкого круга изделий, которые могут быть связаны с центральной системой или другими устройствами через любую проводную или беспроводную сеть Ethernet. Сетевые технологии сейчас используются в новом поколении систем компьютеризации учета в розничной и оптовой торговле, в торговых автоматах, в медицинских мониторах, в системах управления производством, строительной автоматизации, системах безопасности и в других промышленных приложениях.

Ядро ARM9 обычно ассоциируется только с приложениями, имеющими широкие функциональные возможности, например, мобильные телефоны и карманные компьютеры. В этих приложениях мы обычно находим про-

цессоры с ядром ARM920T или ARM926EJ, потому что они, используя устройство управления памятью и кэш-память для достижения скорости свыше 200 МГц, легко поддерживают операционные системы типа Linux или WinCE. Это обычно многокристалльные системы, использующие устройства внешней памяти типа SDRAM или DDRAM и внешнюю флэш-память.

Однако компания ST выбрала для STR9 ядро ARM966E, в котором нет ни устройства управления памятью, ни кэш-памяти, но которое лучше всего подходит для детерминированных систем, управляемых в режиме реального времени. ARM966E поддерживает простую линейную карту памяти, которая идеально подходит для операционных систем реального времени, не требующих устройств внешней памяти.

Ядро ARM966E имеет три фундаментальных отличия от ядра ARM7TDMI популярных флэш-микроконтроллеров ARM7. Эти отличия позволили снизить тактовое число процессора на выполнение одной команды или соотношение затраты/производительность, повысить КПД. Они состоят в следующем: реализованы гарвардская архитектура с раздельной внутренней кэш-памятью команд и данных, пятиступенчатый конвейер и одноцикловые команды DSP.

Первое отличие ARM9 от ARM7 проявляется в структуре внутренней шины. Ядро ARM7 использует одну общую шину для доступа и к памяти команд, и к памяти данных. Это известная архитектура фон Неймана. Однако общая шина является ее «узким местом», потому что поток команд обеспечивается в течение доступа данных, а поток данных — в течение доступа команды. Ядро ARM9 имеет две шины — одну для памяти команд и одну для памяти данных. Такое устройство известно как модифицированная архитектура Гарварда, которая позволяет ядру центрального процессора одновременно выбирать команду и в это же время обращаться к данным. Кроме того, ядро ARM9 на каждой шине использует интерфейс памяти

с непосредственной связью, или TCM, что обеспечивает чрезвычайно быстрый обмен.

Второе отличие — конвейер команд. Конвейерная обработка между ядром центрального процессора и его памятью — другой способ понизить соотношение затраты/производительность за счет работы с совмещением выполнения множества команд. Ядро ARM7 для обслуживания каждой команды использует трехступенчатый конвейер: выборка, декодирование и выполнение. ARM9 имеет две дополнительные ступени конвейера: чтения памяти и перезаписи регистра. Эти две новые ступени плюс двухшинная архитектура Гарварда понижают отношение затраты/производительность примерно на 30%, так как в течение доступа данных исполнение команд не останавливается.

Главная особенность ядра ARM9E — это расширенные DSP возможности (буква «E» в ARM966E обозначает Extended Instructions for DSP):

- операции 16×16 и 32×16 перемножения/аккумуляции (MAC), выполняемые за один тактовый цикл, с добавлением в систему команд процессора новых команд;
- дробная арифметика без насыщения, также с добавлением новых команд;
- эффективный доступ к 16-разрядным величинам, обеспечивающий использование полной 32-разрядной полосы памяти;
- новая команда CLZ, улучшающая производительность операции деления.

Все эти новые возможности обеспечивают трехкратное увеличение производительности 16-разрядных алгоритмов управления.

Совмещенное однопроцессорное решение ядра ARM9E, представляющее сочетание возможностей микроконтроллера и DSP, обеспечивает значительные выгоды, по сравнению с традиционными решениями, в которых используются отдельные DSP и процессор управления:

- уменьшен размер кристалла, снижена его сложность;
- исключены средства межпроцессорной связи и синхронизации;

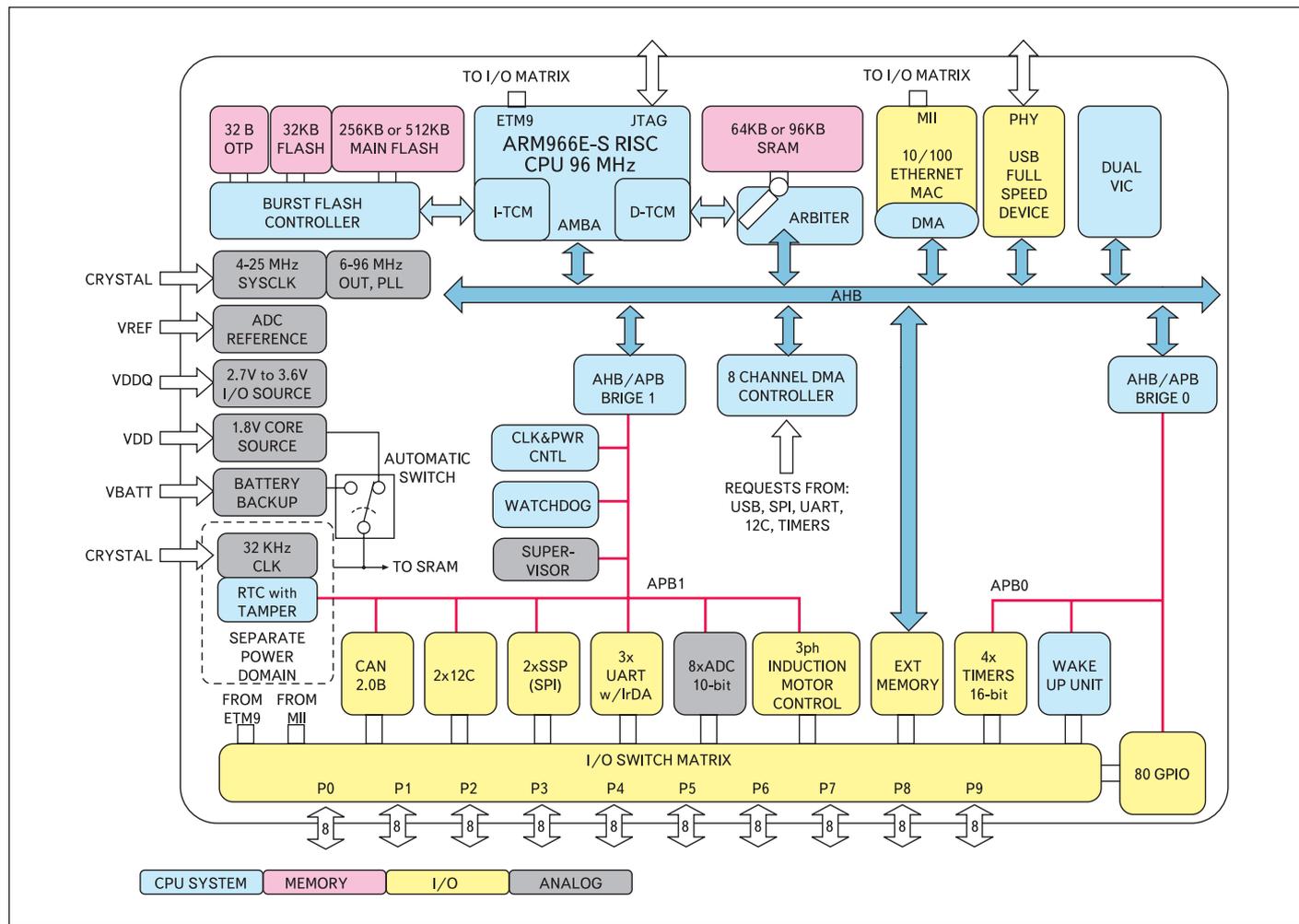


Рис. 1. Блок-схема STR912FAxx

- исключено дублирование ресурсов во встроенной системе памяти, организации шин, при отладке и трассировке;
- организован быстрый отклик на прерывания и контекстное переключение;
- распределение производительности между кодами DSP и контроллера может динамически изменяться в соответствии с требованиями системы;
- весь код имеет доступ к DSP-умножителю и использует преимущества ортогональной RISC-архитектуры с линейным 32-разрядным адресным пространством;
- понижена сложность программирования;
- используется единое унифицированное окружение разработки программного обеспечения и отладки;
- компиляторы C и C++ оптимально генерируют код при использовании расширенной системы команд.

Совмещенное однопроцессорное решение целесообразно использовать тогда, когда в разные периоды времени необходимо иметь различное соотношение производительности DSP и контроллера, например, в устройствах Internet-телефонии. Один процессор используется для решения различных задач с динамическим распределением вычислительной

мощности между выполняемыми задачами.

Внутреннюю структуру новой серии микроконтроллеров рассмотрим на примере устройства STR912FAxx, блок-схема которого приведена на рис. 1.

Начнем рассмотрение с системы центрального процессора. Основой системы является ядро ARM966E-STМ, которое при обращении к блокам памяти команд и данных использует две отдельные внутренние шины, что обеспечивает одновременный доступ и к коду, и к данным. Каждый из имеющихся блоков памяти связан с ядром через тщательно оптимизированный интерфейс TCM (Tightly-Coupled Memory) быстрого доступа к памяти. Используя такую архитектуру, STR9 размещает высокоскоростной пакет флэш-памяти на TCM команд и SRAM нулевой латентности на TCM данных. В результате достигается пиковая производительность выполнения кода в 96 MIPS при тактовой частоте в 96 МГц (самые высокие показатели пиковой производительности для универсальных флэш-микроконтроллеров на основе ядра ARM) и чрезвычайно эффективное перемещение данных между ядром центрального процессора и ОЗУ (SRAM).

В микроконтроллере STR9 имеется множество каналов быстродействующей связи и до девяти полнофункциональных каналов прямого доступа к памяти (DMA), обеспечивающих их поддержку путем перемещения данных между внешними устройствами и памятью, почти не используя центральный процессор и освобождая тем самым его для исполнения всесторонних задач управления в реальном времени. Контроллеры DMA эффективно допускают внешние устройства к расширенной шине с высокой производительностью (AHB) и к расширенной шине периферии (APB) на правах мастера ОЗУ, совместно используя доступ ОЗУ к ЦП через специально предназначенного арбитра конфликтных ситуаций, образуя очень хорошо налаженный поток данных. Например, контроллер DMA Ethernet может поддерживать скорость перемещения необработанных фреймов Ethernet между MAC (Media Access Controller) и ОЗУ до 91 Мбит/с при 10%-ной загрузке центрального процессора.

Традиционно ядра ARM9E использовались в микропроцессорах без встроенного ПЗУ (ROMless), со сложным модулем управления памятью (MMU), работающим с внутренним кэшем и внешним синхронным ОЗУ (RAM),

которое полностью загрузилось при начальной загрузке от внешней флэш-памяти. Однако микроконтроллер STR9 разрабатывался для использования множества преимуществ ARM9E без применения традиционного кэша и внешних блоков памяти, а на основе реализации компактного устройства микроконтроллера с флэш-памятью. Вместо MMU с кэшем, микроконтроллером STR9 поддерживается простая модель памяти, хорошо подходящая для компактных операционных систем реального времени (RTOS). В нем также используется инновационный акселератор памяти с предварительной выборкой очереди из памяти Pre-Fetch Queue (PFQ) и сегментное кэширование Branch Cache (BC), которые увеличивают производительность во время выполнения непоследовательного кода от пакета флэш-памяти и улучшают процесс управления в реальном времени по сравнению с традиционной памятью с кэш.

Система памяти представлена высокоскоростной (96 МГц) пакетной флэш-памятью, соединенной с интерфейсом команд I-TCM через акселератор, и ОЗУ, соединенным с интерфейсом данных D-TCM через арбитр конфликтных ситуаций. Для поддержки использования RTOS и протоколов TCP/IP микроконтроллер STR9 имеет достаточно большие блоки памяти, которые обеспечивают довольно сложные приложения управлением. Размер памяти ОЗУ (SRAM) достигает 96 кбайт и является одним из самых больших среди всех многоцелевых ARM-микроконтроллеров с флэш-памятью из имеющихся сегодня на рынке; оно хорошо подходит для буферизации больших пакетов, передаваемых по высокоскоростным каналам последовательной связи. Уникально, что это ОЗУ можно защитить от батарейки или суперконденсатора (ионистора), связанного с входным контактом батарейки, таким образом, что опционально для защищенных приложений содержание SRAM может быть автоматически уничтожено при поступлении на входной штырек STR910F сигнала об обнаружении вмешательства со стороны. Размер флэш-памяти достигает 544 кбайт. Она сформирована в два банка, что обеспечивает возможность считывания одного банка во время записи другого в процессе внутрисхемного перепрограммирования приложения от удаленных программно-аппаратных средств, а также эмуляцию СППЗУ (EEPROM). Как ОЗУ, так и каждый из блоков флэш-памяти может использоваться или для команд, или для данных.

Контроллер прерываний резидентно подключен к шине АНВ для быстрого отклика на прерывание. Центральный процессор также имеет встроенный модуль трассировки (ETM) для трассировки команд в реальном времени в течение отладки.

Из высокоскоростных периферийных устройств имеется контроллер многопротокольного (медиа) доступа (MAC) Ethernet, интер-

фейс высокоскоростного устройства USB и интерфейс внешней памяти, резидентно располагаемый на АНВ. Последний обеспечивает высокоскоростной доступ к ядру процессора и ОЗУ совместно с DMA. В этом случае шина АНВ используется в качестве мультимастера и имеет пропускную способность до 384 Мбит/с.

Имеется отличный набор низкоскоростных периферийных устройств, резидентно находящихся на двух шинах APB, что увеличивает пропускную способность. Есть три интерфейса UART, два SPI, один CAN, два I²C, до 80 I/O и полнофункциональный блок управления трехфазным асинхронным электродвигателем. Если управление двигателем не требуется, то три выхода ШИМ могут использоваться для других целей. Многие из этих низкоскоростных периферийных устройств можно использовать совместно с DMA.

Тактовая синхронизация системы может динамически регулироваться аппаратными средствами, обеспечивая баланс между производительностью и потреблением энергии. Расширенным блоком автозапуска обеспечивается гибкость при планировании операций с малым потреблением тока. Полнофункциональные часы реального времени автоматически по необходимости переключают микросхему в режим питания от резервного батарейного источника питания, в котором потребляемый ток менее 1 мкА. Для защищенных приложений доступна система обнаружения несанкционированного доступа. Также имеются четыре универсальных 16-разрядных таймера, которые полностью независимы и могут использоваться для сбора данных, их сравнения и генерации ШИМ.

Микроконтроллеры STR9 обладают большим набором аналоговых функций. Встроенные генераторы и фазовая автоподстройка позволяют использовать для управления системой тактовой синхронизации один недорогой внешний кварц на 25 МГц и опционально внешний кварц на 32 кГц для управления часами реального времени.

Аналого-цифровой преобразователь с временем преобразования 0,7 мкс может использовать DMA. Набор встроенных супервизорных функций делает не нужным использование внешних устройств для управления сбросом, обнаружения пониженного напряжения, предупреждения о пропадании питания, а, следовательно, уменьшает системную стоимость, экономит пространство печатной платы и число компонентов на плате.

При оптимизации производительности внутренней памяти, работающей с высокоскоростным ядром ARM966E, разработчики микроконтроллеров STR9 учитывали наличие пакетной высокоскоростной флэш-памяти, акселератора памяти команд и арбитра памяти данных.

Задачей пакетной флэш-памяти является обеспечение ядра процессора командами на частоте 96 МГц для поддержания пиковой про-

изводительности 96 MIPS. Это осуществляется за счет наличия матрицы памяти с шириной 128 бит и загрузкой буфера конвейера четверками 32-разрядных команд. Поток команд через конвейер достигает частоты 100 МГц или 10 нс для каждой, пока адреса команд последовательны. При поступлении непоследовательной команды конвейер очищается, и последующее время доступа составляет 50 нс, но оно немедленно возвращается к 10 нс для потока последовательных адресов команд.

Задача акселератора памяти команд — предотвращение вызываемых по разным причинам интервалов в потоке команд пакета флэш-памяти. Предварительная выборка очереди (PFQ) позволяет всегда поддерживать устойчивый поток команд от флэш-памяти к центральному процессору. Но когда в потоке команд происходит ветвление, то PFQ должен быть очищен с приостановкой центрального процессора на время, пока PFQ не перезагрузится от флэш-памяти заново. Для минимизации этого вида останова используется регистр сегментного кэширования (BC), который запоминает команды самых последних 15 ветвлений и перегружает PFQ при соответствующем ветвлении. Это обеспечивает PFQ достаточным временем для того, чтобы подхватить поток снова с минимальным временем останова центрального процессора. Для направления отклика прерывания зарезервирован 16-й вход BC.

Арбитр памяти данных обеспечивает гарантированный доступ к ОЗУ центрального процессора с одной стороны и внешних устройств с другой. Если одна из сторон монополизует ОЗУ, то перенос потока данных с другой стороны задерживается. Этот простой арбитр гарантирует доступ каждой из сторон на любом другом цикле работы шины, устраняя «зависание» данных.

Объединив вышеописанные преимущества с большими возможностями ядра ARM9, компания ST получила сетевой микроконтроллер высокой производительности с управлением при свободном перемещении команд и данных в реальном масштабе времени и функциями DSP. Например, центральный процессор может использовать канал прямого доступа в память для перемещения потока данных USB в SRAM во время выборки и выполнения команды от флэш-памяти. Так как используется прямой доступ в память, то центральный процессор не нагружается перемещением этих данных.

Исследования ST показали, что если не использовать прямой доступ в память, то для обработки трафика USB требуется задействовать не менее 67% пропускной способности центрального процессора. При использовании DMA для этого задействуется менее 10% пропускной способности центрального процессора, и он освобождается для решения других задач в реальном масштабе времени.

Не менее эффективна и акселерация DMA при использовании Ethernet. Тестирование

использования DMA с Ethernet показало, что при перемещении между MAC Ethernet и внутренним ОЗУ фреймов необработанных данных Ethernet на скорости 94 Мбит/с 80% ресурсов центрального процессора остается доступным для других задач. Сохраненная пропускная способность центрального процессора может использоваться, например, для осуществления уровня протокола Ethernet типа TCP/IP или исполнения в режиме реального времени других задач управления.

Микроконтроллеры STR9 поддерживают несколько рабочих режимов малой мощности, которые для достижения равновесия между желательным потреблением энергии и производительностью управляются программно-аппаратными средствами. В режиме пуска встроенные системные часы могут быть отключены или динамически масштабированы. В режиме холостого хода центральный процессор находится в статическом состоянии, в то время как выбранные внешние устройства продолжают работать. Режим ожидания прерываний обеспечивает замедленную полнофункциональную работу центрального процессора от генератора мощностью 32 кГц часов реального времени. Потребление в этом режиме составляет порядка 700 мкА до тех пор, пока не происходит прерывание для переключения обратно к высокоскоростной работе. Это хороший способ достижения минимума средней мощности потребления. И, наконец, имеется режим бездействия, потребление тока в котором составляет всего 55 мкА. В этом режиме все устройства микроконтроллера за исключением блока автозапуска и часов реального времени находятся в статике. В таком режиме сверхмалой мощности STR9 может оставаться до сигнала тревоги от часов реального времени или пока не произойдет прерывание или сброс.

При отключении основного источника питания или его отсутствии из-за повреждения в микроконтроллере STR9 питание автоматически переключается на штырек питания от батарейки, что обеспечивает сохранность генератора часов реального времени в активном состоянии. Встроенные часы реального времени обладают возможностями, которые обычно присущи только внешним устройствам часов реального времени. Они имеют полный календарь и функции защиты с выдчей временной метки при появлении на входном штырьке сигнала несанкционированного доступа. Они замедляются при снижении тока питания от батарейки менее чем 1 мкА и работают в полном диапазоне рабочих температур от -40 до +85 °С. Указанные особенности делают выбор микроконтроллера STR910F удачным решением для переносных, питающихся от батарейки и защищенных приложений.

Опционально содержимое ОЗУ может сохраняться за счет энергии батарейки, потребляя только 5 мкА. Для безопасных приложений микроконтроллеры STR9 имеют вывод

обнаружения несанкционированного доступа, с которого выдается сигнал о попытке нежелательного считывания или записи. В случае несанкционированного доступа фиксируется его время, и содержимое ОЗУ автоматически очищается.

В настоящее время для пользователей микроконтроллеров STR9 обеспечена всесторонняя поддержка как непосредственно от компании ST, так и от третьих фирм, поставляющих недорогие стартовые комплекты отладочных средств: Hitex, IAR, Keil и Raisonance — через ST или от других фирм — напрямую. Комплекты включают все необходимые программно-аппаратные средства для начала работы с микроконтроллерами и разработки проектов на их основе: интегрированную среду разработки (IDE) с простым графическим интерфейсом пользователя (GUI), С-компилятор, отладчик, пример исходного кода, JTAG-программатор, кабель-отладчик и др. Некоторые компании поддерживают STR9 ETM интерфейсом трассировки команд в реальном времени с инструментальными и программными средствами ETM.

Для новых микроконтроллеров компания ST предоставляет оценочные платы STR9xx-EVAL с описанием кода и ряда аппаратных возможностей для оценки встроенных периферийных устройств, включая USB, Ethernet, CAN, АЦП и др. Дополнительно в их составе имеется стандартный интерфейс JTAG для внутрисхемной отладки и программирования, а также интерфейс ETM для связи и трассировки. Демонстрационные исполняемые коды для Ethernet, USB, CAN и всех других основных функций кристалла базируются на общей для всего семейства библиотеке абстрактного аппаратного уровня (HAL) и доступны бесплатно от ST.

Веб-сайт ST www.st.com/mcu обеспечивает разработчиков комплектом библиотеки встраиваемых программ драйверов нижнего уровня для всех периферийных устройств STR9. Написанные в Си ANSI они могут использоваться с любым компилятором, поддерживающим STR9. Эти полностью протестированные и зарегистрированные драйверы экономят время разработчиков при проектировании и уменьшают число ошибок.

В начале этого года компания STMicroelectronics анонсировала комплект программного развития USB для серий микроконтроллеров STR7 и STR9, который позволяет упростить реализацию встроенного программного обеспечения для обработки относительно сложного стандарта связи интерфейса USB.

Обе серии 32-разрядных ARM-микроконтроллеров STR7 и STR9 включают много вариантов с USB-портами наряду с широким диапазоном других стандартных интерфейсов. Новым комплектом развития USB, который будет доступен для потребителей путем бесплатной загрузки с сайта ST, поддерживаются устройства STR71x и STR91x с USB, а также ранее анонсированная серия STR75x.

Это позволит легко разрабатывать программное обеспечение для всех типов передачи USB и включать выполнение обновления встроенных программ устройства (DFU) для обеспечения возможности обновления встроенного программного обеспечения системы через интерфейс USB. Для потребителей, которые хотят извлечь выгоду из повсеместности USB, но сохранить при этом существующее программное обеспечение, комплект также включает функцию высокое быстродействия прерывания передач. Высокая скорость групповой передачи данных сочетается с приложением внешней памяти большого объема. Гарантируемая скорость изохронной передачи поддерживается демонстрацией работы с речью при использовании микрофона и громкоговорителя ПК.

В комплект программного обеспечения входит библиотека драйверов с демонстрацией для каждого типа передачи, что помогает потребителям разрабатывать свою собственную USB-аппаратуру на микроконтроллерах STR7 и STR9. Драйвер HID (пользовательский интерфейс устройства) «мышь»/джойстика демонстрирует высокое быстродействие прерывания передач. Высокая скорость групповой передачи данных сочетается с приложением внешней памяти большого объема. Гарантируемая скорость изохронной передачи поддерживается демонстрацией работы с речью при использовании микрофона и громкоговорителя ПК.

В настоящее время во встраиваемых приложениях интерфейс USB столь же популярен, как и UART, но его прикладная разработка более затруднительна из-за большей сложности. Встроенные программы обычно разделяются на три уровня: функциональный уровень USB, претворяющий функциональные возможности устройства; логический уровень устройства с обработкой запросов стандартного USB и низкоскоростной передачей данных, плюс реестр устройства и управление электропитанием; уровень шинного интерфейса, который обеспечивает связь между логическим устройством USB и аппаратным обеспечением.

Имеются комплекты USB и от других поставщиков программного обеспечения, которые обеспечивают поддержку файловой системы, защищенные файловые системы, поддержку любых операционных систем реального времени, поддержку для специальных устройств и заказных драйверов и поддержку для сложных устройств, которые используют несколько классов USB. Некоторые производители программного обеспечения также предлагают техническое обслуживание и поддержку контрактов.

Одной из особенностей микроконтроллеров STR9 является применение матрицы переключения выводов I/O микросхемы, что обеспечивает гибкость использования вывода малоразмерного корпуса. Например, можно обеспечить доступ 12 внешних устройств к множеству 8-разрядных портов вход/выход I/O. Набор встроенных программ STR9 обеспечивает соответствующую конфигурацию переключателя портов I/O в течение инициализации. Для того чтобы сделать функцио-

Таблица. Состав семейства STR9xx

Обозначение	Размер прогн. памяти флэш, байт	Размер RAM, байт	АЦП входы	Таймеры функций		Последовательные интерфейсы	Уровни LVD	Порты I/O (высоковольтные 2)	Корпус	Питание, В	Специальные функции
				16-Bit (IC/OC/PWM)	Другие						
STR910FM32	256+32K	65536	8×10-бит	7×16-бит (8/8/7)	WDG, 1 мкА RTC	CAN, 3×UART, 2×Fast I ² C, 2×SPI	1	48(16)	TQFP 80 12×12×1,4 – 1.0	2,7–3,6	9×DMA, сигнал о снижении Уплит., 3-фазная АС МС, трассировщик ETM
STR910FW32	256+32K	65536	8×10-бит	7×16-бит (8/8/7)	WDG, 1 мкА RTC	CAN, 3×UART, 2×Fast I ² C, 2×SPI	1	80 (16)	TQFP 128 14×14×1,4 – 1.0	2,7–3,6	9×DMA, сигнал о снижении Уплит., 3-фазная АС МС, трассировщик ETM, детектор НСД, EMI
STR911FM42	256+32K	98304	8×10-бит	7×16-бит (8/8/7)	WDG, 1 мкА RTC	USB, CAN, 3×UART, 2×Fast I ² C, 2×SPI	1	48(16)	TQFP 80 12×12×1,4 – 1.0	2,7–3,6	9×DMA, сигнал о снижении Уплит., 3-фазная АС МС, трассировщик ETM
STR912FW42	256+32K	98304	8×10-бит	7×16-бит (8/8/7)	WDG, 1 мкА RTC	Ethernet, USB, CAN, 3×UART, 2×Fast I ² C, 2×SPI	1	80(16)	TQFP 128 14×14×1,4 – 1.0	2,7–3,6	9×DMA, сигнал о снижении Уплит., 3-фазная АС МС, трассировщик ETM, детектор НСД, EMI
STR911FM44	512+32K	98304	8×10-бит	7×16-бит (8/8/7)	WDG, 1 мкА RTC	USB, CAN, 3×UART, 2×Fast I ² C, 2×SPI	1	48(16)	TQFP 80 12×12×1,4 – 1.0	2,7–3,6	9×DMA, сигнал о снижении Уплит., 3-фазная АС МС, трассировщик ETM
STR912FW44	512+32K	98304	8×10-бит	7×16-бит (8/8/7)	WDG, 1 мкА RTC	Ethernet, USB, CAN, 3×UART, 2×Fast I ² C, 2×SPI	1	80(16)	TQFP 128 14×14×1,4 – 1.0	2,7–3,6	9×DMA, сигнал о снижении Уплит., 3-фазная АС МС, трассировщик ETM, детектор НСД, EMI

нирование штырька вывода простым и без ошибок, ST предлагает соответствующее средство программного обеспечения для компьютера — CAPS или программное обеспечение для конфигурирования и программирования, которое позволяет графически выбирать функцию для штырька, а также устанавливать делители системного тактового генератора. CAPS автоматически генерирует файл заголовка на Си, в котором отражаются все выборы выводных штырьков и тактовой частоты, это экономит время и предотвращает ошибки. CAPS также можно использовать для управления недорогими JTAG кабелями-отладчиками, которые применяются для программирования флэш-памяти STR9 в мелкосерийном производстве. Поддержка RTOS и TCP/IP осуществляется с помощью средств, поставляемых треть-

ими компаниями, например, CMX, Micrium, Segger, Keil и NexGen Software и др.

В настоящее время в состав семейства входят шесть устройств (таблица), все они изготавливаются по бесвинтовой технологии и упаковываются в корпуса LQFP80 и LQFP128. Микроконтроллеры в корпусе LQFP128 имеют независимый мультимедийный интерфейс (MI) Ethernet и интерфейс шины внешней памяти. Размер ОЗУ лежит в диапазоне от 64 до 96 кбайт, диапазон флэш-памяти от 288 до 544 кбайт. Ядро работает от напряжения питания 1,8 В ±10%, напряжение на портах I/O составляет от 2,7 до 3,6 В во всем рабочем диапазоне температур от –40 до +85 °С.

В ближайшее время ожидается пополнение серии микроконтроллеров STR9 новыми устройствами с упаковкой в 144-контактные

BGA корпуса. Эти крошечные, размером 10×10 мм, корпуса будут обеспечивать возможность подключения внешних устройств синхронной флэш через интерфейс внешней памяти. В первой половине 2007 г. ожидается появление в серии STR9 устройств с большими размерами флэш-памяти. Основным банком флэш увеличится до 1 и 2 Мбайт, а вторичный — до 128 кбайт. План выпуска микроконтроллеров серии STR9 представлен на рис. 2. Все микроконтроллеры серии совместимы по контактам с существующими сегодня изделиями ST, что позволяет модернизировать имеющиеся приложения как по размеру программного кода, так и по величине данных. Для подбора подходящего для приложения микроконтроллера удобно использовать расшифровку его обозначения, которая приведена на рис. 3.

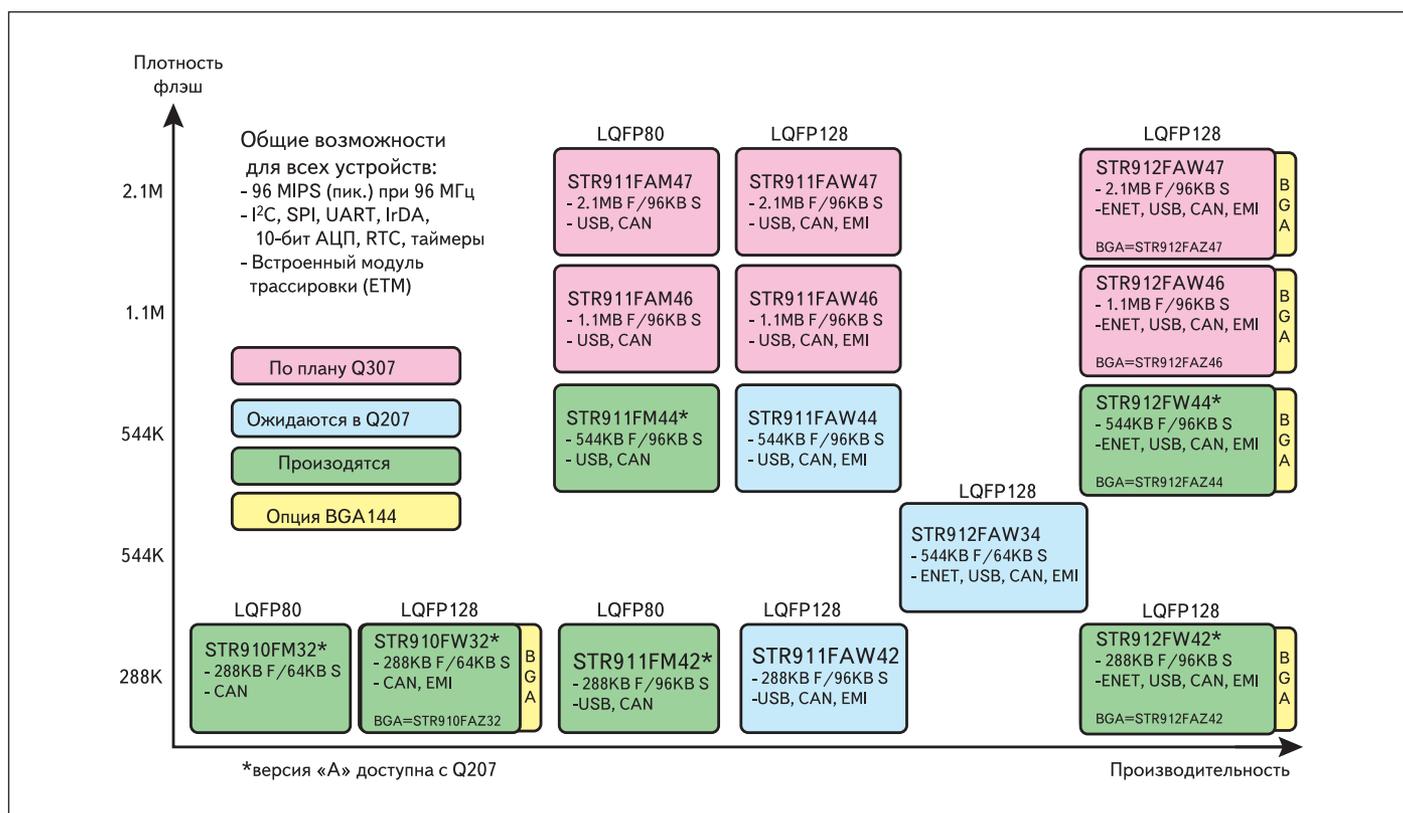


Рис. 2. План выпуска микроконтроллеров серии STR9

ARM-микроконтроллеры выпускаются многими известными производителями: Atmel, Samsung, Freescale, NXP, Cirrus Logic, Oki и другими. Однако результаты проведенного нами анализа и обзоры других авторов свидетельствуют, что пока подавляющее большинство производителей микроконтроллеров для встраиваемых систем используют в своих изделиях процессорное ядро ARM7-TDMI, например, в активно продаваемой серии LPC21xx компании NXP (ранее Philips Semiconductors). Ядро ARM9 можно встретить или в многоядерных специализированных микросхемах, применяемых в телекоммуникационной аппаратуре, или в микропроцессорах. Большую активность в освоении семейства ядер ARM в последнее время проявляет компания Atmel. Пожалуй, только у нее можно найти соперника для STR9, им является единственный микроконтроллер AT91RM9200 с ядром ARM920T. Но и он, обладая в два раза большей производительностью ядра и большим набором встроенных периферийных устройств, имеет существенный недостаток, который ограничивает его применение для встраиваемых систем реального времени. В нем использована традиционная архитектура с модулем управления внешней памятью и внутренним кэшем, недостатки которой рассмотрены выше.

Таким образом, подводя итоги, можно считать, что микроконтроллеры STR9xx, вопло-

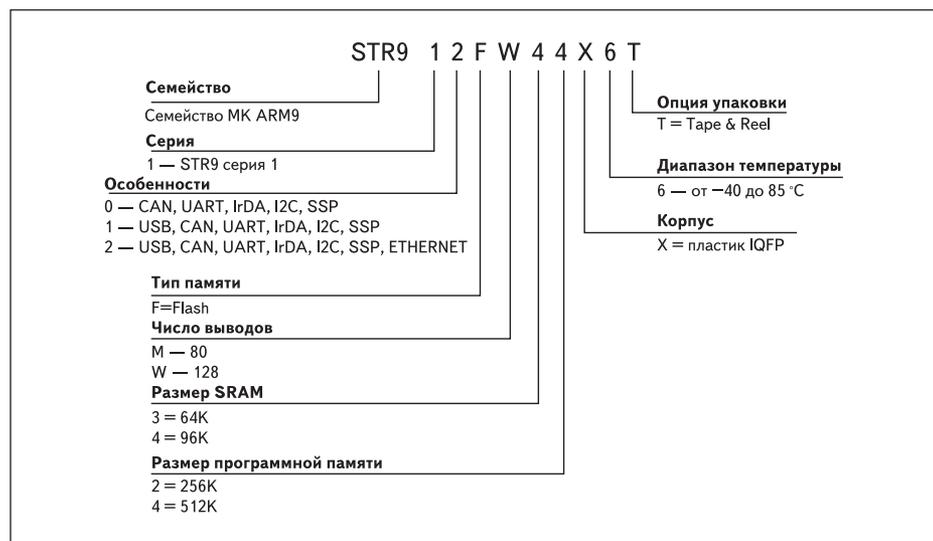


Рис. 3. Расшифровка обозначения микроконтроллеров серии STR9

щая в себе самые последние инновационные достижения компании ST в области архитектуры микроконтроллеров, встраиваемой флэш-памяти и периферийных устройств, являются сегодня уникальными и обладают очень большим потенциалом для применения в разнообразных встраиваемых системах реального времени.

Дополнительную информацию можно получить на сайте компании STMicroelectronics [ht tp:// /mcu.st.c om](http://mcu.st.com), где оперативно появляется

множество необходимой разработчикам документации и программных средств, а также в Объединенном технико-консультационном центре по микроэлектронике info@otkcm.ru. ■

Литература

1. STR91xF: ARM966E-S™ 16/32-Bit Flash MCU with Ethernet, USB, CAN, AC motor control, 4 timers, ADC, RTC, DMA // DataSheet, Rev 4, February 2007, STMicroelectronics group of companies.