

Введение в архитектуру Cortex-M3

(часть 1)

Печатается с разрешения журнала Chip News Украина (www.chipnews.com.ua)

Павел Вовк (Киев, Украина)

Однокристальные решения, выполненные на основе встроенных ARM-процессоров, находят своё применение в самых различных областях рынка, включая такие ресурсоёмкие сегменты, как корпоративные приложения, автомобильные системы, домашние и беспроводные сетевые технологии и многие другие. Семейства процессоров на базе архитектуры ARM Cortex обеспечивают необходимые ресурсы для решения такого широкого круга задач.

Семейство процессоров Cortex включает в себя три основных подсемейства архитектуры ARMv7: подсемейство A для очень ресурсоёмких приложений, выполняемых под управлением сложных операционных систем, подсемейство R для применения в системах реального времени и подсемейство M, оптимизированное для применения в недорогих встроенных приложениях.

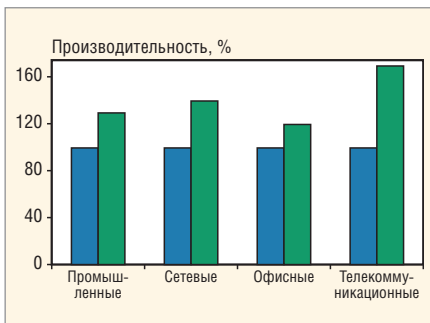


Рис. 1. Сравнение производительности стандартных ARM-процессоров ARM7TDMI-S (ARM) и процессоров Cortex-M3 (Thumb-2) в типовых приложениях

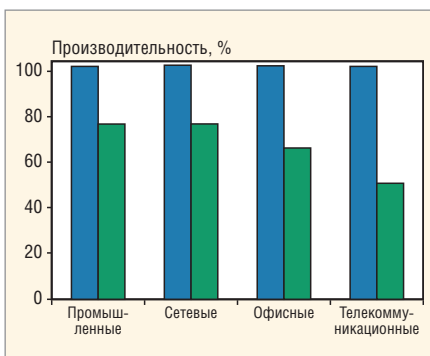


Рис. 2. Сравнение объёма кода стандартных ARM-процессоров ARM7TDMI-S (ARM) и процессоров Cortex-M3 (Thumb-2) для типовых приложений

Процессоры семейства Cortex-M3 – первые ARM-процессоры, базирующиеся на архитектуре ARMv7-M, которые были специально спроектированы для достижения высокой производительности всей системы в недорогих высокоэкономичных встроенных приложениях, таких как, например, системы промышленного контроля, автомобильная электроника, проводные и беспроводные телекоммуникационные системы, системы управления электроприводами и т.п. Для достижения этой цели было внесено множество изменений в базовую архитектуру, в частности, существенно упрощён процесс создания программного кода, что сделало рентабельным применение процессоров на базе архитектуры Cortex-M3 даже в самых простых приложениях.

Для увеличения производительности системы процессоры должны либо работать с более высокой тактовой частотой, либо использовать более изощрённые методы увеличения эффективности вычислений. Повышение тактовой частоты в принципе может повысить производительность, но в то же время увеличивает энергопотребление и сложность применения. С другой стороны, повышение эффективности вычислений при более низкой тактовой частоте более предпочтительно.

В основе процессора на базе архитектуры Cortex-M3 лежит ядро, выполненное по гарвардской технологии с трёхступенчатым конвейером. Это обеспечивает такие

привлекательные возможности, как предсказание переходов, одноктактное умножение и аппаратно реализованное деление, увеличивающие производительность до 1,25 MIPS/МГц (в тесте Drystone). В процессорах Cortex-M3 реализован новый набор команд Thumb-2, что позволяет достигнуть на 70% большей производительности на мегагерц, чем у классических ARM-процессоров на базе ARM7TDMI-S, использующих классический набор команд Thumb, и на 35% большей производительности, чем у тех же процессоров, выполняющих базовый набор команд ARM (по данным того же теста Drystone).

Сокращение времени выхода конечного продукта на рынок и снижение затрат на разработку являются важнейшими критериями при выборе процессора; точно так же возможность быстро и легко создавать программный код является одним из ключевых требований в этом вопросе.

Процессоры на базе архитектуры Cortex-M3 разрабатывались с целью обеспечить как можно более быстрое и простое создание эффективного программного кода без использования ассемблерных вставок, при этом от программиста не требовалось очень глубокого знания особенностей архитектуры процессора для создания приложений средней сложности. Данные процессоры используют упрощённую стековую модель программирования, в которой удалось совместить стандартные команды ARM с несколькими переработанными и адаптированными к ядру ARM идеями, применявшимися в 8- и 16-разрядных микроконтроллерах, доказавшими свою высокую эффективность. В то же время аппаратно реализованное управление прерываниями позволяет создавать очень простые обработчики прерываний без использования ассемблерных вставок или каких-либо манипуляций с регистрами.

Новой, ключевой особенностью системы команд Thumb-2 является более эффективная реализация компилятора языка C с возможностью операций с битами и битовыми полями, аппаратным делением и более эффективной реализацией конструкций условий типа if/then. С точки зрения разработчика программного кода, процессоры с набором команд Thumb-2 позволяют создавать код намного быстрее, проще и эффективнее. Более того, при использовании набора команд Thumb-2 и соответствующего компилятора больше не придётся делать мучительный выбор между оптимизацией кода по скорости или по объёму – в новых компиляторах возможна оптимизация как по объёму, так и по скорости. Это еще более ускоряет процесс разработки программного кода, так как теперь программистам нет нужды заранее компилировать критические участки кода и присоединять их к основной программе в виде библиотек.

Постоянным ограничением в применении более производительных процессоров является их стоимость.

Сравнение ядер ARM7TDMI-S и Cortex-M3

Параметр	Ядро	
	ARM7TDMI-S	Cortex-M3
Ядро	ARMv4T	ARMv7-M
Архитектура	фон Неймана	Гарвардская
Поддерживаемые системы команд	Thumb	Thumb/Thumb-2
Прерывания	FIQ/IRQ	NMI + от 1 до 240 физических прерываний
Время обработки прерывания, тактов	24...42	12
Пошаговый режим	Нет	Интегрирован
Защита памяти	Нет	8 региональных устройств защиты памяти
Производительность, DMIPS/МГц	0,95 (в режиме ARM)	1,25
Потребляемая мощность, мВт/МГц	0,28	0,19
Площадь кристалла, мм ²	0,62 (только ядро)	0,86 (ядро и стандартная периферия)

Современные технологии производства являются дорогостоящими, и поэтому решающим моментом в уменьшении стоимости процессора является площадь его кристалла. Процессоры, выполненные по технологии Cortex-M3, используют самое маленькое ядро ARM на сегодняшний день, содержащее всего 33 тыс. вентилях, выполненных по 0,18-мкм технологии, и уменьшенные до разумных размеров периферийные модули. Требования ядра к

объёму памяти также минимизированы за счёт внедрения технологий хранения невыровненных данных, битовых операций и системы команд Thumb-2. Эффект от этих нововведений выражается в более чем 25% снижении требований к памяти по сравнению с классическими ARM-процессорами. Сравнительные графики производительности и объёма кода в различных областях применения приведены соответственно на рис. 1 и 2.

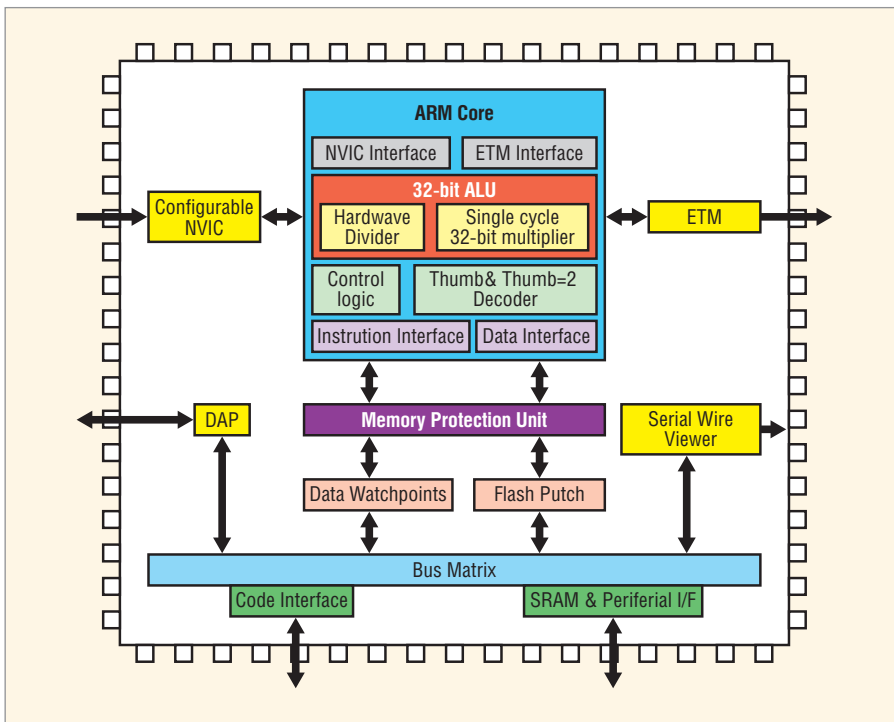


Рис. 3. Упрощённая блок-схема процессора с архитектурой Cortex-M3

В последнее время процессоры на основе технологии ARM нашли широчайшее применение во множестве встраиваемых приложений. Процессоры на основе архитектуры Cortex-M3 являются дальнейшим и наиболее прогрессивным развитием классической архитектуры ARM и, по всей видимости, станут наиболее популярными в самое ближайшее время за счёт более высокой производительности, менее сложной модели программирования, прекрасной системы обработки прерываний и низкой цены. Некоторые преимущества процессоров на базе архитектуры Cortex-M3 перед процессорами на базе классической архитектуры приведены в таблице.

Заявления, подобные приведённым выше, могут на первый взгляд показаться голословными и необоснованными. В этом случае есть смысл ближе познакомиться с архитектурой Cortex-M3.

Процессор на базе архитектуры Cortex-M3 в своей основе имеет иерархическую структуру. Она содержит ядро CM3Core с развитой периферией, включающей в себя механизмы управления прерываниями, защиты памяти и внутрисхемной отладки и другие. Этот набор обладает прекрасной конфигурируемостью, что позволяет применять этот процессор для решения широкого спектра задач и наиболее полно отвечать

требованиям, выдвигаемым к нему. Ядро Cortex-M3 и интегрированные в него компоненты (рис. 3) созданы с учётом требований к минимизации требуемого объёма памяти и потребления энергии.

Ядро Cortex-M3 базируется на гарвардской архитектуре и имеет отдельные шины для команд и для данных, в отличие от стандартных ARM-процессоров, использующих фон Неймановскую архитектуру и совмещённые шину и память как для данных, так и для команд. Процессоры Cortex-M3 считывают данные и команды одновременно, и это позволяет производить некоторые операции одновременно и таким образом существенно повысить производительность системы.

Встроенный в ядро конвейер имеет три стадии работы: выборка команды, декодирование команды, выполнение команды. Для случаев, когда в конвейере декодируется команда перехода, на стадии декодирования также производится выборка инструкции предсказания перехода, что также приводит к ускорению выполнения программы. Процессор выбирает команду назначения перехода во время собственной стадии декодирования. Позже, на стадии выполнения команд, переход разрешается, и к этому моменту уже известно, какая команда будет следующей. В случае, если пе-

реход не производится, следующая последовательность команд и так уже доступна. В случае же, если переход производится, команда перехода становится доступной в то же время, когда переход разрешается; таким образом, время простоя сводится к единственному такту.

Ядро процессора Cortex-M3 содержит декодер для традиционной системы команд Thumb и для новой системы Thumb-2, усовершенствованное АЛУ с поддержкой аппаратного умножения и деления, управляющей логикой и интерфейсами к другим компонентам системы.

Процессор на базе архитектуры Cortex-M3 представляет собой 32-разрядный процессор с 32-разрядными шиной данных, банком регистров и интерфейсом с памятью. Он содержит 13 регистров общего назначения, два указателя стека, регистр связей, счётчик команд, регистр статуса и множество специальных регистров.

Процессор на базе архитектуры Cortex-M3 поддерживает два режима работы – Thread и Handler, а также два уровня доступа к коду (привилегированный и непривилегированный), позволяющие создавать сложные открытые системы и при этом не жертвовать безопасностью. Непривилегированный уровень доступа ограничивает или полностью запрещает доступ и использование некоторых ресурсов типа определённых команд или областей памяти. Режим Thread является стандартным режимом работы и поддерживает распределение уровней доступа, тогда как режим Handler включается лишь в некоторых случаях, и весь код получает привилегированный уровень доступа.

В следующих частях статьи мы подробно рассмотрим принципы распределения памяти, операции с битами, преимущества системы команд Thumb-2 перед стандартной системой команд Thumb, работу контроллера прерываний, модуля защиты памяти, контроллеров шин и интерфейсов. Также будут рассмотрены принципы хранения невыровненных данных в памяти, режимы энергосбережения, а также основные семейства процессоров на базе архитектуры Cortex-M3.



Продолжение следует

Новости мира News of the World Новости мира

Элементы для решений с сенсорными экранами

Фирма Cypress демонстрирует решение с сенсорным экраном TrueTouch на базе архитектуры PSoC собственной разработки. К семейству относится однокристальное решение с сенсорным экраном, которое способно одновре-

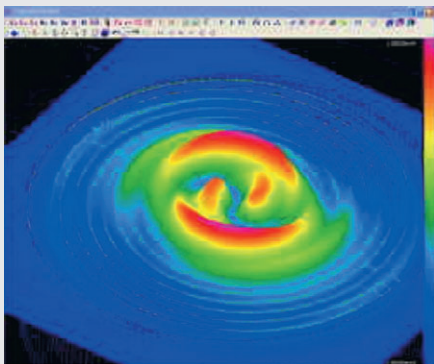


менно интерпретировать до 10 вводов со всех областей экрана. Примерами приложений, которые подходят для этого решения, являются дисплейные клавиатуры, устройства ввода данных в навигационную систему и видеоигры в мобильных телефонах. К семейству TrueTouch относятся Single-Touch-элементы CY8CTST1xx, Multi-Touch-решения CY8CTMG1xx с распознаванием жестов и Multi-Touch/All-Point-элемент CY8CTMA100. Элементы в корпусах QFN с 32 или 56 выводами должны с сентября пойти в серийное производство.

www.cypress.com

Программное обеспечение моделирования электромагнитных высокочастотных полей

Фирма Vector Fields опубликовала новую версию среды разработки Concerto для моделирования электромагнитных высокочастотных полей. Concerto v7 является двумерной и трёхмерной средой разработки для проектирования, моделирования, анализа и оптимизации высокочастотных электромагнитных узлов. Как отдельные компоненты, так и



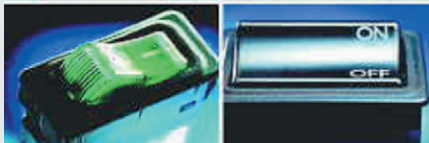
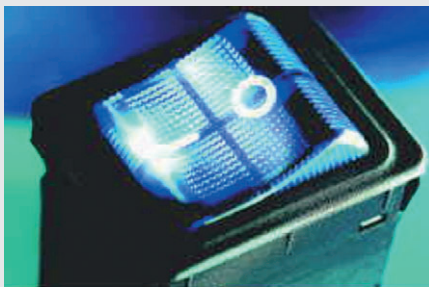
целые системы могут строиться в интегрированном модуле Geometric Modeller или импортироваться из CAD-программ. Поддерживаемыми CAD-форматами являются CATIA, ProEngineer, IGES, SAT и STEP. Многообразие приложений включает в себя весь высокочастотный спектр антенн, волноводов и кавитационных элементов, фильтров и соединителей, вплоть до устройств микроволнового нагрева и радаров.

Concerto v7 предлагается для двумерного и трёхмерного вариантов проектирования. Наряду с полной версией Vector Fields предлагает различные более дешёвые версии для начинающих.

www.vectorfields.com

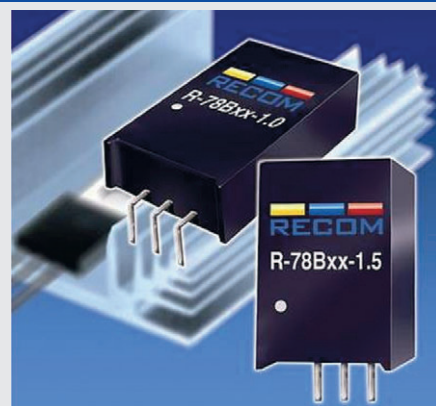
Тепловой предохранитель-выключатель с числом полюсов от одного до трёх

Фирма Schurter предлагает серию приборных предохранителей-выключателей TA35. Клавиши с подсветкой и без неё могут быть различного цвета и



с различными нанесёнными символами. Новинкой является вариант в флюоресцентном кобальтовом синем цвете. Корпус выключателя рассчитан на монтаж простым защёлкиванием в платы толщиной от 1 до 4 мм. Подключение осуществляется через выводы размером $6,3 \times 0,8$ мм. TA35 выполняет функции выключателя прибора, а также предохранителя, реализующего защиту от перегрузки. Имеются выключатели на номинальные токи от 0,05 до 20 А для одно- и двухполюсных типов, или от 0,05 до 12 А для трёхполюсного исполнения. Опциональный защитный колпак обеспечивает класс защиты IP 65 для использования прибора в сложных условиях с пылью и брызгами.

www.schurter.com



Модули импульсных стабилизаторов с выходным током 1 и 1,5 А

Фирма Recom предлагает модули импульсных стабилизаторов с выходным током 1 и 1,5 А. Импульсные стабилизаторы R-78Bxx-1.0 и R-78Bxx-1.5 имеют КПД до 95% и совместимы по контактам с обычными линейными стабилизаторами. При таком КПД этим импульсным стабилизаторам не требуется охлаждающих радиаторов. Диапазон входных напряжений составляет 4,75...34 В, а выходные напряжения находятся в пределах 1,5...15 В. Построенные по топологии гальванически не развязанных понижающих импульсных стабилизаторов, они имеют постоянную защиту от короткого замыкания и внутреннюю схему отключения при перегреве. Размеры модулей $8,50 \times 11,50 \times 17,50$ мм, они выпускаются как в вертикальном, так и в горизонтальном исполнении и допускают различные варианты монтажа. Температурный диапазон от -40 до 85°C при допуске дерэтинга.

www.recom-electronic.com

8-разрядные микроконтроллеры для USB-приложений

Microchip представляет семейство 8-разрядных PIC-микроконтроллеров для USB-приложений. PIC18F13K50 и PIC18F14K50 являются самыми недорогими USB-микроконтроллерами фирмы Microchip и поддерживаются бесплатным USB-Software-Stack и бесплатной средой разработки MPLAB IDE, представляющими собой сквозную платформу разработки для всех PIC-микроконтроллеров. Микроконтроллеры семейства PIC18F1XK50 имеют наряду с USB 2.0 интерфейсы I²C, SPI и USART. Дополнительно они имеют 9-канальный аналого-цифровой преобразователь и сдвоенные компараторы, которые обеспечивают пользователю наличие нескольких входов для датчиков температуры, влажности и ёмкости.

www.microchip.com