

Введение в архитектуру Cortex-M3

(часть 3)

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

Павел Вовк (г. Киев, Украина)

В предыдущих частях статьи подробно рассматривались основные составные части микроконтроллеров с архитектурой Cortex-M3 и их особенности, позволяющие использовать данные микроконтроллеры в широчайшем спектре применений – от простейших и самых дешёвых до сложных систем обработки информации в режиме реального времени, требующих высокой производительности. В данной части статьи мы рассмотрим одну из самых важных составляющих любой микроконтроллерной системы, а именно, память и способы её использования, реализованные в архитектуре Cortex-M3.

Поскольку стоимость памяти, реализованной на кристалле, составляет очень существенную часть стоимости всего микроконтроллера (по некоторым данным до 30...40%), то вполне естественно было бы обратить самое пристальное внимание на способы её экономичного использования. Именно эту цель преследовали разработчики компании ARM, когда внедряли систему команд Thumb-2 в архитектуру Cortex-M3 совместно с оригинальной шиной для повышения гибкости использования памяти путём повышения плотности кода и введения команд для работы с битами и битовыми полями.

Как уже говорилось в предыдущих частях статьи, система команд Thumb-2 является смесью оригинальных команд системы Thumb и новых 32-разрядных команд, подобных командам системы ARM, которые призваны обеспечить более высокую производительность. Шестнадцатиразрядные команды выравниваются в памяти и вычитываются по две за один такт, в то время как 32-разрядные команды вычитываются целиком за один такт в случае, если они

выровнены по границе слова. В противном случае, если они выровнены посередине слова, они вычитываются за максимальное время, равное двум тактам. Данная система хранения данных обеспечивает более гибкое использование памяти при существенно меньших задержках, чем у оригинальных ARM-микроконтроллеров с архитектурой ARM7.

Встроенная флэш-память программ уже давно стала стандартом де-факто в микроконтроллерах. Однако с ростом максимальных тактовых частот ядра наблюдается диссонанс между ядром и флэш-памятью именно в области максимальных тактовых частот. Дело в том, что физические свойства технологий производства флэш-памяти не позволяют ей оперировать на частотах более 30...40 МГц, и поэтому производители микроконтроллеров идут на некоторые ухищрения, которые позволяют пусть не полностью, но хотя бы частично снизить потери производительности системы из-за несовпадения максимальных тактовых частот ядра и флэш-памяти.

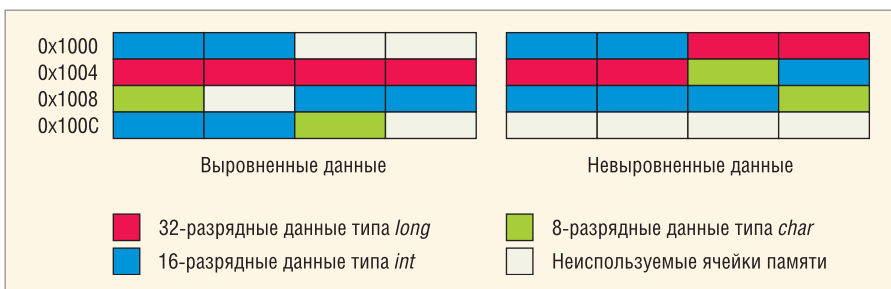
Такую задачу перед собой ставили и разработчики архитектуры Cortex-

M3. Для этого они разработали как новый интерфейс с памятью, так и новую систему команд, позволяющие вычитывать более чем одно 16-разрядное значение из памяти за один такт. Например, команды MOVW и MOVT работают с 16-разрядными константами более эффективно, так как данные доступны одновременно с командой, а не вычитываются последовательно, как в случае с традиционным пулом литералов.

Аналогичная задача стоит и перед оптимизацией работы с ОЗУ. Многие архитектуры используют массивы флагов в ОЗУ, организованные в байты или слова флагов. Классический способ работы с ними – вычитывание байта флагов, сложение этого байта с маской или изменение состояния одного из битов, запись байта по его адресу. В архитектуре Cortex-M3 работа с ОЗУ организована несколько проще и быстрее. Адресное пространство вплоть до 1 Мб отображается в 32 Мб адресов битов. В случае если изменяется бит в области с битовой адресацией, это изменение автоматически отображается по соответствующему адресу в области с байтовой адресацией. Такая схема работы существенно упрощает и ускоряет работу в случае многочисленных операций с битами.

Также применена новая технология расположения данных в ОЗУ, которая базируется на принципе хранения невыровненных данных, что очень существенно уменьшает требуемый объём ОЗУ для работы приложения. Проблема с неэффективным использованием ОЗУ связана с тем, что в программе часто используются разные типы данных (например, long, integer, char), имеющие разные разрядности. На рисунке визуальным образом показана разница между традиционным способом хранения данных с разными разрядностями и способом, используемым в архитектуре Cortex-M3.

Отдельно стоит, хотя бы кратко, упомянуть ещё раз о полностью переработанной системе обработки пре-



Карта памяти процессоров с архитектурой Cortex-M3

рываний. В обычных микроконтроллерах ядро, в ущерб производительности всей системы, вынуждено самостоятельно поддерживать обработку прерываний и выполнять все функции, связанные с этим процессом. В микроконтроллерах с архитектурой Cortex-M3 ситуация совершенно иная: контроллер прерываний выделен в отдельный аппаратно реализованный узел, который обрабатывает прерывания с исключительно малым и при этом фиксированным временем задержки, снимая максимум нагрузки с ядра. За счёт этого время входа в прерывание по сравнению с классическими ARM-контроллерами уменьшилось за счёт независимого аппаратного сохранения и восстановления необходимых регистров и очень грамотной обработки ситуаций с последовательно сгенерированными прерываниями на очень существенные и приятные 70%.

Очень важной темой с бурным развитием разработки и производства портативных устройств стала экономичность микроконтроллеров. Микроконтроллеры с архитектурой ARM всегда «славились» своей относительной «прожорливостью», и с этим до сих пор приходится мириться. Однако, поскольку законы физики никто не отменял, в частности, пропорциональную зависимость потребляемой мощности от тактовой частоты, разработчикам микроконтроллеров

пришлось потрудиться для создания развитой системы управления тактированием как ядра, так и периферии. В микроконтроллерах с архитектурой Cortex-M3 практически все периферийные модули, не принимающие участия в реализации конкретной программы, могут быть индивидуально отключены от источника тактирования. Кроме этого, в микроконтроллерах на базе архитектуры Cortex-M3 добавлено несколько дополнительных режимов «сна», например, WFI (Wait For Interrupt) или WFE (Wait For Event), которые переводят микроконтроллер в режим глубокого «сна» до возникновения прерывания или события соответственно.

Но не только благодаря множеству энергосберегающих режимов можно достичь экономии потребляемой мощности. Ведь кроме высокоэкономичного режима «сна» есть ещё и активная фаза работы микроконтроллера, во время которой он потребляет максимум энергии в соответствии с вполне определёнными законами физики. Здесь может помочь, как это парадоксально ни звучит, только повышение производительности микроконтроллера, но ни в коем случае не за счёт тактовой частоты. Благодаря применению новой системы команд и повышению эффективности работы памяти, микроконтроллеры на базе архитектуры Cortex-M3 показывают впечатляющий прирост производи-

тельности, равный 1,25 DMIPS/МГц (в табл. 1 приведены сравнительные данные по производительности, приведённой к потреблению энергии, для различных серий ARM-микроконтроллеров).

И эта производительность позволяет либо быстрее выполнить поставленную задачу при той же тактовой частоте и таким образом уменьшить длительность активной фазы, либо выполнить ту же задачу за то же время, но со значительно меньшей тактовой частотой. Оба эти способа позволяют существенно уменьшить общее потребление энергии, а значит, улучшить эксплуатационные параметры конкретного устройства.

Микроконтроллеры с архитектурой Cortex-M3 стали значительным явлением на рынке ARM-микроконтроллеров. Ядро микроконтроллера, построенное на базе гарвардской архитектуры с использованием трёхуровневого конвейера, использует много новых решений, таких как предсказание переходов в командах ветвления, однотактное умножение и деление и многих других, и показывает впечатляющий уровень производительности, равный 1,25 DMIPS/МГц. Комбинация системы команд Thumb-2 и уникальных возможностей работы с невыровненными данными и битами позволяет смело говорить о том, что микроконтроллеры с архитектурой Cortex-M3 устанавливают стандарты производительности 32-разрядных архитектур наравне со стоимостью, сравнимой со стоимостью восьмиразрядных микроконтроллеров.

Гибкое управление интегрированными периферийными компонентами, быстрый процесс создания и отладки кода позволяют свести время разработки нового устройства до минимума. Для ресурсоёмких и высоконадёжных приложений незаменимым будет аппаратный контроллер вложенных прерываний, который обеспечивает чрезвычайно малое, а главное, фиксированное время входа в прерывание. При этом обеспечивается быстрая обработка последовательных и вложенных прерываний, которых может быть до 240. Для ответственных применений будет незаменим модуль распределения приоритетов и защиты памяти от несанкционированного доступа (MPU – Memory Protection Unit). И есть ещё много приятных «мелочей», которые в сово-

Таблица 1. Сравнение производительности, приведённой к потреблению энергии, различных серий ARM-микроконтроллеров

Параметр	CM3Core	Cortex-M3	ARM7TDMI-S (ARM)	ARM7TDMI-S (Thumb)
Потребление, мВт/МГц	0,19	0,24	0,28	0,28
Производительность, DMIPS/МГц	1,25	1,25	0,93	0,74
Соотношение производительности и энергопотребления, DMIPS/мВт	6,57	5,21	3,32	2,64

Таблица 2. Некоторые производители программных продуктов для ARM MCU Cortex-M3

Производитель	Продукты
Keil Software	Полный комплекс разработки и отладки программного кода, а также аппаратные средства программирования и отладки
IAR Systems	Полный программный комплекс разработки и отладки программного кода
CodeSousery	Полнофункциональный комплекс разработки и отладки GNU G++
Rowley Associates	Полнофункциональный пакет разработки и отладки CrossWorks
FreeRTOS.org	Встраиваемые операционные системы реального времени RTOS
Pumpkin	RTOS
Express Logic	RTOS, TCP/IP-стеки, файловые системы, USB-стеки
Micrium	RTOS, TCP/IP-стеки, файловые системы, USB-стеки, библиотеки для работы с протоколами CAN и Modbus
CMX Systems	RTOS, TCP/IP-стеки, файловые системы, USB-стеки
SEGGER Microcontroller System	RTOS, GUI, файловые системы, USB-стеки, JTAG-эмуляторы
Interneche Technologies	RTOS, сетевые стеки и файловые системы

купности дают совсем не мелочный результат, позволяют смело утверждать, что архитектуру Cortex-M3 в микроконтроллерах общего применения ждёт очень большое и светлое будущее.

Немаловажной составляющей общей привлекательности архитектуры Cortex-M3 является широкая её поддержка ведущими производителями программного обеспечения. В частности, поддержку этой архитектуры ввели в свои продукты многие всемирно известные производители. В табл. 2 перечислены основные производители программных и программно-аппаратных комплексов для создания и отладки программного кода для микроконтроллеров с архитектурой Cortex-M3.

В заключение следует отметить, что на момент написания статьи число компаний, разрабатывающих микроконтроллеры на базе архитектуры Cortex всех серий, достигло 11 (среди них такие известные, как Actel, Altera, Samsung Electronics, Luminary Micro, а также STMicroelectronics). Две из них начали разработку микроконтроллеров на основе архитектуры Cortex-M3 (Samsung Electronics и Luminary Micro). Также о практически полной готовности к выходу линейки микроконтроллеров на базе архитектуры Cortex-M3 заявила компания STMicroelectronics. Фактическим и единоличным лидером в производстве микроконтроллеров на базе архитектуры Cortex-M3 на сегодня является компания Luminary Micro, выпустившая уже более 100 типов

микроконтроллеров на базе архитектуры Cortex-M3. Среди них есть как простейшие – с минимальным объёмом флэш-памяти и ОЗУ, с тактовой частотой 20 МГц, с минимальным набором периферии, в корпусе SOIC28 и с минимальной ценой, – так и сложные – с максимальным объёмом флэш-памяти 256 Кб и ОЗУ 64 Кб, со встроенными контроллерами Ethernet+PHY, CAN (в том числе и микроконтроллеры, содержащие оба эти контроллера на кристалле), декодерами сигналов квадратурных энкодеров, многоканальных ШИМ и прочими «вкусностями».

Подробный обзор продукции Luminary Micro будет дан в следующей части статьи.

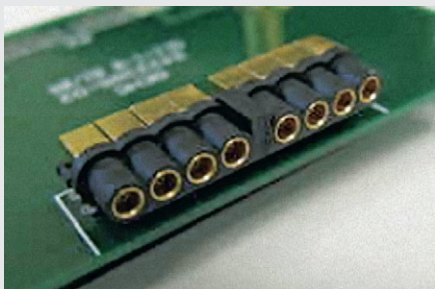


Продолжение следует

Новости мира News of the World Новости мира

Высокочастотные SSMCX-Multiport HF-соединители

Фирма Molex выходит на рынок с Multi-Port-SSMCX-соединителями. В соединителе интегрированы восемь коаксиальных разъёмов с шагом 3,00 мм.



Система предназначена для подключения кабелей к печатной плате и предлагается на выбор в исполнении с 4 или 8 разъёмами. Для монтажа в системе предусмотрен фиксирующий механизм, а также отверстия со стороны печатной платы, обеспечивающие применение штырей под пайку для дополнительной стабильности. Соединители для печатных плат предлагаются как в угловом (до 6 ГГц), так и в прямом исполнении (до 10 ГГц); есть вариант как для планарного монтажа, так и для запайки в печатную плату. Для приложений в медицинской технике имеются коаксиальные кабельные разъёмы SSMCX также и без применения магнитных материалов. Кабельный соединитель может поставляться как комплектный узел, так и в несмонтированном виде для монтажа самим заказчиком.

molex.com

Повышающие/понижающие импульсные стабилизаторы напряжения

Фирма Analog Devices представляет два стабилизатора напряжения. Импульсные стабилизаторы напряжения ADP2503 и ADP2504 базируются на Current-Mode Buck-Boost-архитектуре фирмы ADI, обеспечивающей, по заявлению производителя, переключение режимов без импульсов выбросов. Элементы имеют уровень тока покоя 38 мкА в режиме покоя. Импульсные стабилизаторы напряжения работают при входных напряжениях 2,3...5,5 В, выполняя тем самым требования, выставляемые к приложениям, питающимся от одного литий-ионного элемента или от нескольких щелочных или NiMH-элементов. Стабильные выходные напряжения находятся в диапазоне 2,8...5 В. Оба стабилизатора, ADP2503 и

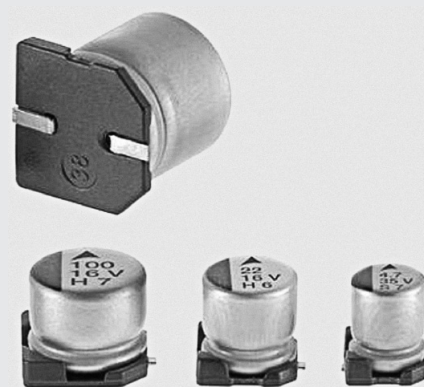


ADP2504, предлагаются сейчас в образцах в 10-контактном корпусе LFCSP размером 3 × 3 мм.

analog.com

Повышающие/понижающие импульсные стабилизаторы напряжения

Фирма Analog Devices представляет два стабилизатора напряжения. Импульсные стабилизаторы напряжения ADP2503 и ADP2504 базируются на



Current-Mode Buck-Boost-архитектуре фирмы ADI, обеспечивающей, по заявлению производителя, переключение режимов без импульсов выбросов. Элементы имеют уровень тока покоя 38 мкА в режиме покоя. Импульсные стабилизаторы напряжения работают при входных напряжениях 2,3...5,5 В, выполняя тем самым требования, выставляемые к приложениям, питающимся от одного литий-ионного элемента или от нескольких щелочных или NiMH-элементов. Стабильные выходные напряжения находятся в диапазоне 2,8...5 В. Оба стабилизатора, ADP2503 и ADP2504, предлагаются сейчас в образцах в 10-контактном корпусе LFCSP размером 3 × 3 мм.

epcos.de