

# 32-РАЗРЯДНЫЕ ФЛЭШ-МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ STM32 КОМПАНИИ STMICROELECTRONICS

**АЛЕКСАНДР БОРОДУЛИН**, инженер по применению цифровой электроники, STMicroelectronics SA

*В статье рассказывается о 32-разрядных МК семейства STM32, построенных на базе ядра ARM Cortex™-M3. Основные особенности STM32 рассматриваются в сравнении с МК других семейств. Цель статьи - сформировать у читателя итоговое общее представление о функциональности семейства, его развитии и возможностях его применения как для модернизации существующих систем, так и при проектировании новых высокопроизводительных, в т.ч. портативных, приложений.*

Компания STMicroelectronics, один из мировых лидеров в производстве полупроводниковых компонентов, продолжает расширять семейство 32-разрядных флэш-микроконтроллеров STM32, построенных на ядре ARM® Cortex™-M3.

Появившись осенью прошлого года, семейство STM32 быстро завоевало популярность. За первые месяцы было продано более 16 тыс. комплектов для проектирования. По сути, появление этого семейства устранило все препятствия к широкому использованию 32-разрядных МК. Семейство STM32 расширилось за счет увеличения объема встроенной флэш-памяти до 512 Кбайт, добавления новых возможностей хранения и отображения информации, ввода и вывода звука, а также функций сложного управления (см. рисунок 1). Появилось 28 новых наименований, включая корпуса QFN36 (6 × 6 мм) и LQFP144/BGA144. Общее количество МК в семействе достигло 46, при этом сохранилась совместимость по выводам, периферии и программному обеспечению (см. рисунок 2). Новые МК семейства выпускаются с объемами памяти 256 Кбайт, 384 Кбайт и 512 Кбайт, при этом объем SRAM тоже увеличился — до 64 Кбайт для 72-МГц серии Performance и до 48 Кбайт — для 36-МГц серии Access. Появились версии с рабочей температурой до 105°C.

ARM-ядро Cortex-M3 было разработано для встраиваемых приложений. Оно сочетает высокую производительность, низкую потребляемую мощность и привлекательную цену. Пиковая производительность CORTEX-M3 составляет порядка 1,25 Dhrystone MIPS/МГц. Для сравнения, у ядра ARM7 TDMI этот показатель около 0,9 Dhrystone MIPS/МГц.

В сравнении с микроконтроллерами ARM7 TDMI, семейство STM32 обе-

спечивает примерно на 30% большую производительность. Если провести сравнение при одинаковой мощности вычислений, то STM32 требуется на 75% меньше энергоресурсов. На частоте 72 МГц, при выполнении из флэш-памяти и работающей периферии STM32 потребляет всего 36 мА, что соответствует 0,5 мА/МГц. Благодаря встроенному 8-МГц RC-генератору выход из режима останова с потреблением 14 мкА занимает 5,4 мкс. Выход из дежурного режима с потреблением около 2 мкА занимает 50 мкс. Эти особенности STM32 нашли свое применение в системах с батарейным питанием и позволили конкурировать с технологией ультранизкого потребления семейства MSP430 компании Texas Instruments. Встроенные

часы реального времени потребляют 1,4 мкА в дежурном режиме от батареи. При подаче основного питания батарея автоматически отключается. В режиме останова сохраняется содержимое оперативной памяти, а при переходе в дежурный режим, в котором отключается внутренний стабилизатор напряжения, данные можно хранить в специальных регистрах с батарейным резервированием. Для этой цели доступно от 20 до 84 байт.

С точки зрения стоимости приложения, набор инструкций нового ядра Thumb-2 позволяет уменьшить размер кода до 45%. Таким образом, почти наполовину уменьшается количество флэш-памяти, требуемой для хранения кода. Принимая во внимание тот факт, что

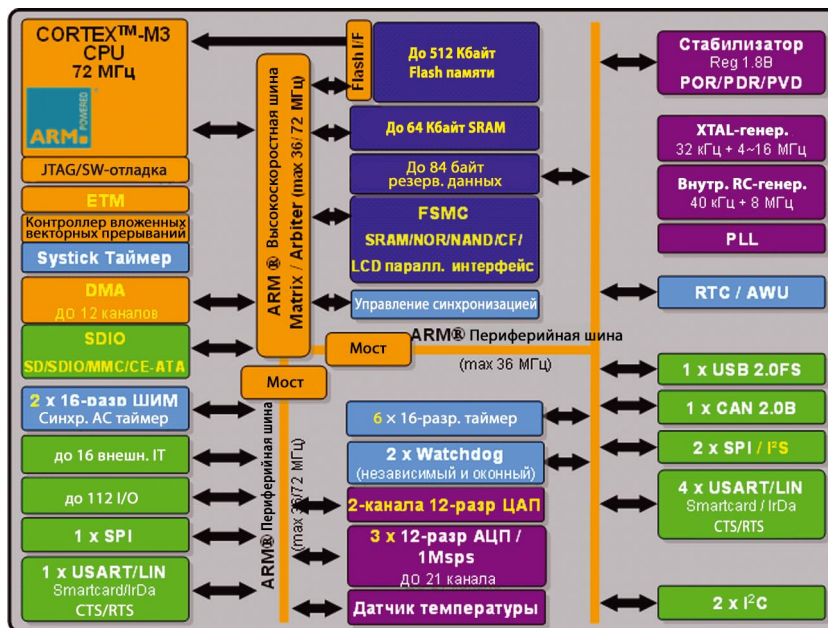


Рис. 1. Семейство STM32 расширилось за счет новых возможностей  
Комментарий: желтым цветом отмечены блоки и функции, которые появились в новых МК этого семейства

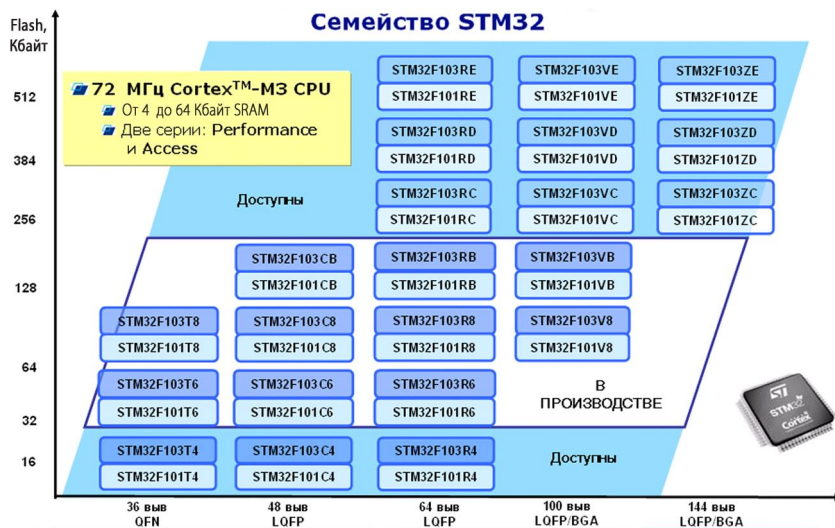


Рис. 2. Семейство STM32

на цену МК самое большое влияние оказывает размер относительно дорогой с технологической точки зрения флэш-памяти, можно утверждать, что применение CORTEX-M3 снижает общую стоимость приложения. Широта номенклатуры семейства STM32 позволяет применять эти МК в чувствительных к стоимости приложениях и использовать их при модернизации уже существующих систем, заменяя 16-разрядные и даже некоторые 8-разрядные МК. Так, минимальный объем флэш-памяти в МК STM32 составляет всего 16 Кбайт, и это естественным образом отражается на минимальной стоимости 32-разрядных систем.

В процессе проектирования ядра Cortex-M3 компания ST выступала одним из основных партнеров компании ARM. Выпустив на рынок семейство STM32, ST таким образом стала лидирующим поставщиком МК на этом ядре. В ядре CORTEX-M3 имеется множество архитектурных улучшений:

- конфигурируемый контроллер вложенных векторных прерываний уменьшает время ожидания между последовательными прерываниями до шести циклов;
- атомарные битовые операции позволяют модифицировать отдельные биты одной операцией записи;
- наличие трехуровневого конвейера и прогнозирование ветвлений;
- однотактное перемножение;
- аппаратное деление;
- высокоэффективный набор инструкций Thumb-2;
- интегрированный системный таймер;
- высокоскоростная шинная матрица;
- прерываемые длинные инструкции;
- функции экономии электроэнергии встроены в ядро;

– сокращено количество выводов, используемых для отладки и программирования.

Семейство STM32 сохраняет все преимущества работы с открытой ARM-архитектурой и средами разработки. МК STM32 выпускаются в двух сериях с объемом флэш-памяти до 512 Кбайт и следующими характерными особенностями:

#### STM32F103 PERFORMANCE C ТАКТОВОЙ ЧАСТОТОЙ ДО 72 МГц

Эти устройства обеспечивают лучшую производительность в своем классе 32-разрядных МК. Приложения на базе этих устройств способны превосходить решения на целочисленных DSP. Максимальный объем SRAM составляет 64 Кбайт. Устройства имеют до трех 12-разрядных АЦП с временем преобразования 1 мкс. В парном режиме работы АЦП скорость выборок возрастает в два раза. Кроме этого, МК этой серии имеют интерфейсы USB 2.0 full speed, CAN 2.0B, а также специальные таймеры с расширенными функциями, идеально подходящими для управления трехфазными синхронными и асинхронными электродвигателями.

#### STM32F101 ACCESS C ТАКТОВОЙ ЧАСТОТОЙ ДО 36 МГц

Разработчики 16-разрядных устройств получают значительное увеличение производительности при том же уровне цены. Dhrystones и другие тесты демонстрируют, что семейство STM32 имеет как минимум вдвое выше производительность, чем лучшие 16-разрядные архитектуры. Эту серию можно условно назвать входом в мир 32-разрядных МК. Объем встроенной оперативной памяти 4..48 Кбайт.

STM32 питается одним напряжением, имея встроенный стабилизатор напряжения. Диапазон питающего напряжения 2..3,6 В. Набор периферии включает в себя

до трех АЦП, до пяти USART (4,5 Мбит/с, LIN ведущий/ведомый, ISO7816, IrDa, Modem Control), до трех SPI (18 МГц ведущий/ведомый, SD/MMC), до двух I<sup>2</sup>C (SMBus/PMBus), до четырех 16-разрядных таймеров (по 4 входных захвата/4 выходных сравнения/4 ШИМ-сигнала каждый) и до двух специальных таймеров с возможностью генерации шести ШИМ-сигналов и задержек включения. Имеются также USB 2.0 FS Device, CAN 2.0B Active. Все МК имеют DMA (7 или 12 каналов).

Разрешение каждого АЦП составляет 12-разрядов, а время преобразования — 1 мкс. Общее количество мультиплексных каналов составляет до 21, два из которых внутренние, один подключен к температурному сенсору, второй — к прецизионному внутреннему источнику опорного напряжения.

Встроенная схема сброса содержит в себе сброс по включению, сброс по выключению и супервизор напряжения. Имеется встроенный калиброванный 8 МГц ±1% RC-генератор, который можно использовать и как основной генератор, и как резервный (автоматически в случае отказа основного), генератор 4..16 МГц для внешнего кварцевого резонатора, встроенный 40 кГц RC-генератор, генератор 32,768 кГц для внешнего кварцевого резонатора (потребление меньше 1 мкА) и парные сторожевые таймеры. Как результат этого высокого уровня интеграции, только семь конденсаторов (в дополнение к источнику питания) необходимы для запуска МК STM32 в корпусе LQFP100.

Рассмотрим следующую периферию, появившуюся в новых STM32 (микросхемы с объемом флэш-памяти 256/384/512 Кбайт).

1. Гибкий контроллер статической памяти (FSMC). Этот контроллер организует интерфейс с различными видами синхронной и асинхронной памяти, а также 16-разрядными PC картами памяти (PCMCIA). Основное его назначение — транслировать транзакции внутренней высокоскоростной шины в соответствующий протокол внешнего устройства. Поддерживаются NOR и NAND flash, SRAM и Compact flash, а также режимы Intel 8080 и Motorola 6800 параллельного интерфейса с ЖКИ-контроллерами. Контроллер позволяет выполнять код из внешней памяти.

2. Первичный интерфейс для сменных носителей (SDIO), например SD (Secure Digital), SDIO (Secure Digital Input/Output) и MMC (Multi-Media Card). Интерфейс отвечает спецификации MultiMediaCard System 4.2 для передачи 8-разрядных данных на 48 МГц.

3. Интерфейс I<sup>2</sup>S. Поддерживает режимы ведущего и ведомого с частотой выборки аудио от 8 до 48 кГц.

4. Двухканальный 12-разрядный ЦАП. Имеются два преобразователя, причем каждый из них работает на свой канал. Для увеличения разрешения используется внешнее опорное напряжение.

5. Блок встроенной трассировки (ETM). Расширяет возможности отладки МК.

6. Дополнительный расширенный ШИМ-таймер. Увеличивает возможности STM32 для контроля и управления. Таким образом, имеются два таймера со схемой синхронизации, семью выходами и управлением временем задержки включения. Вход Break служит для мгновенного перевода выходных сигналов в неактивное или заранее заданное состояние. Два ШИМ-таймера совместно с четырьмя стандартными 16-разрядными таймерами производят до 28 ШИМ-сигналов.

7. Дополнительный АЦП. Три 12-разрядных АЦП микросхемы обеспечивают до 21 канала преобразований.

Такое сочетание периферии позволяет STM32 управлять одновременно двумя трехфазными электродвигателями, оставляя большое количество ресурсов ядра на задачи, не связанные непосредственно с управлением.

В качестве примера использования новой периферии STM32 можно рассмотреть панель управления сигнализацией. Перечислим имеющиеся возможности:

- телефонная линия, тревожные датчики, сигнальные линии (5xUART/3xSPI/2xI<sup>2</sup>C, 5 таймеров, до 112 I/O, 3 x АЦП, 21 канал);
- дисплей (FSMC, параллельный интерфейс к графическому модулю);

- звук, голос и музыка (встроенный ЦАП, I<sup>2</sup>S-интерфейс к аудио-ЦАП для высококачественного воспроизведения);

- программные обновления, Wi-Fi-подключение к домашней сети (SDIO, SD-карты и SD-модули).

Вдобавок к таким традиционным применениям как промышленные контроллеры, бытовая техника, бытовая и промышленная безопасность, пожарные системы, системы обогрева, вентиляции и кондиционирования воздуха, пользовательские и персональные приложения, например считыватель карт и биометрия, новое семейство STM32 отлично подходит для таких портативных применений как контроль над содержанием глюкозы и холестерина, где важно низкое потребление электроэнергии.

Компания ST упростила сертификацию приложений на соответствие классу В международного стандарта IEC 60335-1.

#### С аппаратной точки зрения:

- архитектура с двойным сторожевым таймером позволяет отказаться от внешних элементов;

- один таймер работает от независимого RC-генератора и позволяет отслеживать изменения тактовой частоты; второй таймер — оконного типа;

- таймеры стартуют аппаратно (байт опций во флэш-памяти);

- порты ввода/вывода находятся в высокоомном состоянии во время сброса.

#### С программной точки зрения:

- ST бесплатно предоставляет библиотеки самодиагностики для STM32 и соответствующие руководства к нему;

- все библиотеки (стандартные и специализированные) совместимы с MISRA C;
- предоставляемое ПО было испытано VDE и не требует полной повторной сертификации в случае использования в неизменном виде.

Семейство STM32 полностью поддерживается средствами разработки от ST и третьих сторон. Если разработчик уже использует какую-либо среду проектирования для продуктов ARM7, ему достаточно будет только обновить ПО для поддержки STM32. Имеется оценочная плата STM3210B-EVAL, а также бесплатные программные библиотеки: стандартная библиотека, библиотека для разработки USB-приложений и библиотека управления электродвигателями (по запросу). Набор STM3210B-MCKIT предназначен для датчикового и бездатчикового векторного управления трехфазными электродвигателями. Доступны также OCPB (CMX, FreeRTOS, IAR, Keil, Micrium, Segger). Разработанная ST библиотека для шифрования AES-ECB 128 предоставляется по запросу.

Стартовые наборы третьих сторон базируются на испытанных инструментах для ARM: **Hitex** (STM3210B-SK/HIT, STM3210B-PFSTICK), **IAR** (STM3210B-SK/IAR), **Keil** (STM3210B-SK/KEIL) и **Raisonance** (STM3210B-SK/RAIS).

Обе серии STM32 Performance и Access предлагаются в корпусах QFN36, LQFP48, LQFP64, LQFP100/144 и BGA100/144, с 16, 32, 64, 128, 256, 384 и 512 Кбайт встроенной флэш-памяти. Дистрибьюторские цены (10К) — от 1,4 долл. (Access line, 16K Flash, 36-выв) до 5,1 долл. (Performance line, 512K Flash, 144 выв).

## НОВОСТИ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ И DSP

**IBM ИНВЕСТИРУЕТ 1,5 МИЛЛИАРДА ДОЛЛАРОВ В РАЗРАБОТКУ НОВЫХ МИКРОЧИПОВ** | По сообщению PC World, корпорация IBM планирует инвестировать 1,5 млрд. долл. США в проекты, связанные с разработкой и производством полупроводниковой продукции. По имеющейся информации, прежде всего IBM рассчитывает провести модернизацию своих производственных линий, расположенных в Ист-Фишвилле (штат Нью-Йорк). Дело в том, что в ближайшее время IBM намерена освоить массовый выпуск чипов по 32-нм технологии, а в перспективе — перейти на 28-нм и 22-нм техпроцессы. Применение новых методик изготовления чипов потребует переоборудования заводов. Другим важным проектом, в который планирует инвестировать средства корпорация IBM, станет строительство нового научно-исследовательского центра в северной части штата Нью-Йорк. Кроме того, деньги будут направлены на расширение нанотехнологических исследований в Олбани. Какую именно сумму IBM рассчитывает вложить в каждый из проектов, не уточняется.

Предполагается, что инвестиции IBM позволят сформировать до тысячи дополнительных рабочих мест в северной части штата Нью-Йорк. Власти Нью-Йорка, в свою очередь, намерены предоставить IBM субсидии в размере 140 млн. долл. США. Недавно появилась информация, что к концу десятилетия IBM намерена выпустить восьмиядерный процессор Power7 с тактовой частотой 4 ГГц. Производительность каждого ядра, по имеющимся сведениям, составит 32 гигафлопса (32 миллиарда операций с плавающей запятой в секунду), таким образом, процессор будет обладать быстродействием в 256 гигафлопс. Предполагается, что чипы Power7 лягут в основу сверхмощного вычислительного комплекса Blue Waters с пиковым быстродействием в десять петафлопс (квадриллионов операций с плавающей запятой в секунду).

[www.russianelectronics.ru](http://www.russianelectronics.ru)