

# Семейство микроконтроллеров Cortex M3 от Silicon Labs

**Павел Вовк**, технический директор ООО «Элвис Техно»

E-mail: p.vovk@eltis.ua

**В настоящее время число компаний-производителей микроконтроллеров на базе архитектуры ARM уже перевалило за сотню, в том числе компаний, предлагающих микроконтроллеры на базе архитектуры Cortex M3, — уже более сорока. Но, несмотря на то, что на рынок уже вышли представители более «продвинутой» архитектуры Cortex M4, рынок микроконтроллеров на базе Cortex M3 позиций своих не сдает и продолжает активно расширяться.**

На рынке высокопроизводительных микроконтроллеров для встраиваемых систем основной «вес» создают устройства с архитектурами ARM7 и Cortex M3 (как дальнейшее развитие данной архитектуры) в частности. Такая ситуация обусловлена тем, что, как правило, задачи, выполняемые этими микроконтроллерами, не требуют рекордной производительности. Причем рынок еще далеко не насыщен и требует все большего количества более или менее принципиально новых решений, более полно отвечающих его требованиям. И потому не удивительно, что ежегодно появляются новые производители микроконтроллеров с архитектурой Cortex M3.

Один из лидеров рынка микроконтроллеров с высококачественной развитой аналоговой периферией, компания Silicon Laboratories, в самом конце февраля 2012 г. представила собственную линейку микроконтроллеров Precision32 с архитектурой Cortex M3. Компания Silicon Laboratories широко известна своей линейкой популярных микроконтроллеров серии C8051Fxxx, которые славятся своей развитой и высококачественной, а часто уникальной аналоговой периферией.

Ситуация, складывающаяся на рынке микроконтроллеров в последние несколько лет, ясно показала, что сегмент для 8-разрядных микроконтроллеров становится все более и более узким —

разработчики все чаще и чаще отдают предпочтение более универсальным и производительным микроконтроллерам на базе архитектуры ARM. Тем более, что стоимость подобных решений отличается уже совсем не так разительно от традиционных, на базе 8-разрядных микроконтроллеров.

При этом оставались несколько сфер применения, где присутствие микроконтроллеров на базе архитектуры ARM было нежелательно в силу разных причин. Например, высокоэкономичные системы, где к микроконтроллеру выдвигаются очень жесткие требования к потребляемой мощности и системы, где требуются прецизионные измерения с разрядностью в 10 и более бит. До недавнего времени такие задачи для стандартных микроконтроллеров с архитектурой ARM были не «по зубам».

Однако компании Silicon Laboratories удалось преодолеть и эти барьеры: их линейка микроконтроллеров Precision32 является одновременно и сверхэкономичной и высокоточной. А применение двойной коммутирующей матрицы (фирменная «фишка» Silicon Laboratories в микроконтроллерах C851Fxxx), делает эту линейку уникальной.

Конечно, на рынке уже присутствуют высокоэкономичные микроконтроллеры и микроконтроллеры с прецизионной аналоговой периферией (хотя это утверждение сильно натянуто, в реальности параметры аналоговой периферии

Silicon Laboratories удалось повторить лишь считанным производителем). Но совместить это в одном кристалле и сделать его универсальным удалось не многим.

Тут, по законам жанра, как раз самое время перейти к описанию технических параметров нового семейства (в данной статье не приводится техническое описание архитектуры Cortex M3, так как оно было более или менее подробно описано в [1], [2] и [3]). В начале приведем основные параметры, характеризующие все семейство, позже рассмотрим те особенности, которые делают его уникальным. Блок-схема типового микроконтроллера семейства Precision32 приведена на рис. 1.

Итак, начнем с ядра, памяти программ и данных, а также схемы тактирования.

Максимальная тактовая частота ядра составляет 80 МГц, что, учитывая производительность архитектуры Cortex M3 в 1.25 MIPS/МГц дает производительность порядка 100 MIPS. В ядре аппаратно реализовано умножение за 1 такт и аппаратно поддержаны операции деления. Большую гибкость выполнения программ обеспечивает встроенный модуль NVIC с 16 уровнями приоритета прерываний.

Микроконтроллеры линейки Precision32 обладают 32..256 кБ flash-памяти программ и 8..32 кБ ОЗУ (включая блок из 4 кБ SRAM, сохраняющий информацию даже в самом глубоком режиме «сна»), а также интерфейсом с внешней статической памятью, позволяющим адресовать до 16 Мбайт. Второй функцией данного интерфейса является обеспечение работы ЖК индикаторов с параллельным интерфейсом формата QVGA.

Микроконтроллеры семейства Precision32 имеют в своем составе несколько тактовых генераторов. Основной такто-

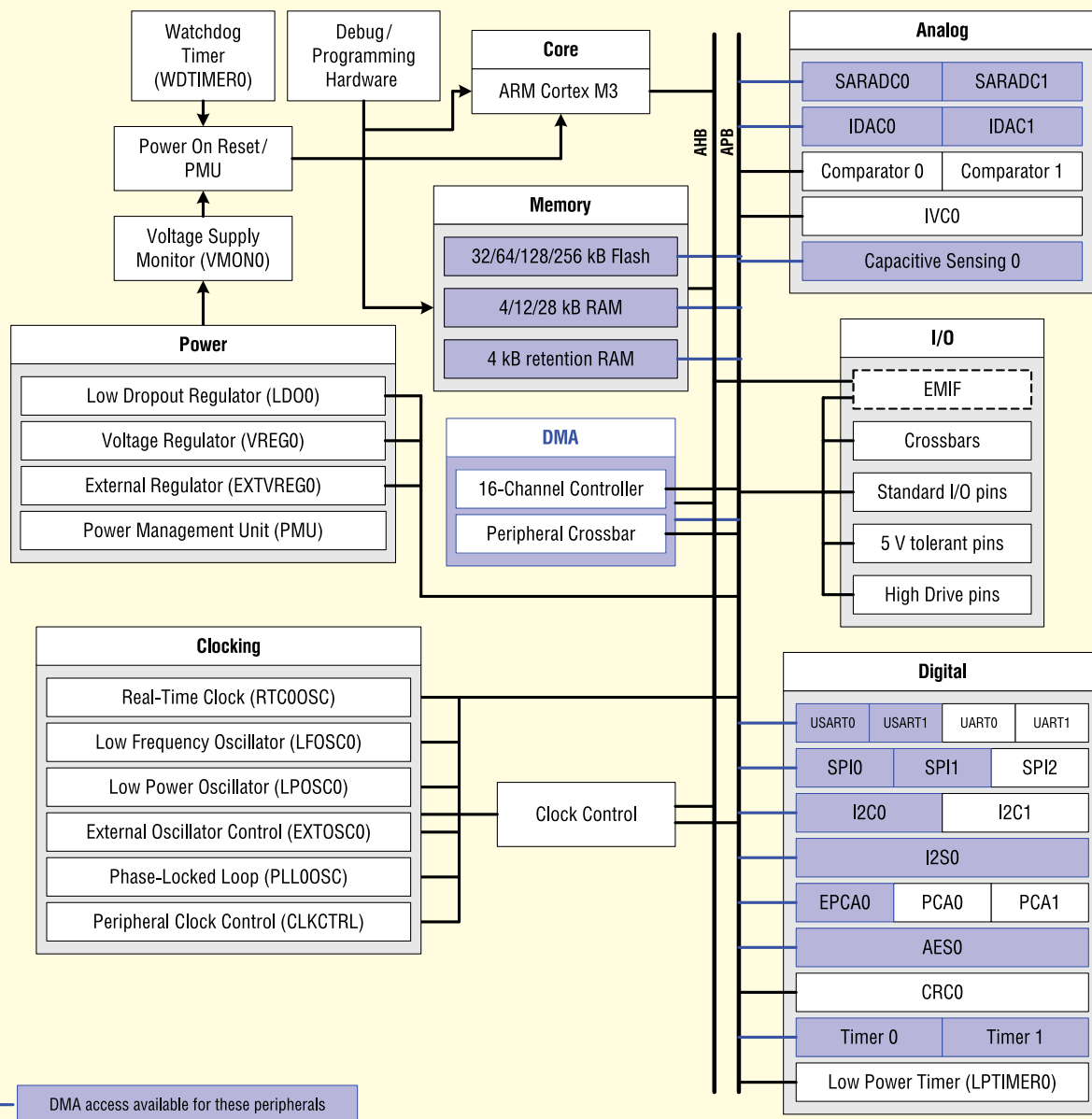


Рис. 1. Блок-схема микроконтроллера серии Precision 32

вый генератор со встроенной системой PLL позволяют тактировать ядро в диапазоне от 23 до 80 МГц с точностью не хуже  $\pm 1.5\%$  без применения внешнего кварцевого резонатора, а аналогичный тактовый генератор, встраиваемый в микроконтроллеры с интерфейсом USB, имеет выходную частоту 48 МГц с точностью  $\pm 0.25\%$ .

Для работы на меньших частотах на кристалле расположены еще два низкочастотных тактовых генератора: один с выходной частотой либо 20, либо 2.5 МГц, второй предназначен для высокоэкономичной работы и имеет частоту всего 16.4 кГц.

Естественно, для обеспечения корректной работы встроенных часов ре-

ального времени предусмотрена возможность подключения внешнего кварцевого резонатора с частотой 32768 Гц.

Микроконтроллеры семейства Precision32 имеют «на борту» стандартный набор таймеров с несколько нестандартными функциями. А именно: встроенным 16-битным 6-канальным счетчиком с модулем захвата/сравнения и ШИМ, с dead-time контроллером и дифференциальным выходом, который будет очень востребован в области электропривода. Конечно, его можно использовать и не по прямому назначению, а, например, в блоке управления светодиодным светильником для аквариума...

Набор интерфейсов не содержит ничего экстраординарного и является

типичным для микроконтроллеров с архитектурой Cortex M3: USB 2.0 (в микроконтроллерах семейства SiM3Uxxx), пара USART и пара UART с поддержкой IrDA и интерфейса ISO7816 (Smart Card), а также 3 канала SPI, два I<sup>2</sup>C, и один канал I<sup>2</sup>S (прием и передача).

Но есть и такие особенности, которые выделяют семейство микроконтроллеров Precision32 из общего ряда: встроенная аналоговая периферия и потребление энергии.

В состав аналоговой периферии типового микроконтроллера семейства Precision32 входит многоканальный 12-разрядный АЦП со скоростью преобразования до 250 ksp/s. Вроде бы ничего особенного, но данный АЦП возможно

Таблица 1. Сравнительная таблица некоторых параметров высокоэкономичных микроконтроллеров

Параметры	SiLabs SIMU1xx	ST STM32F103	ST STM32L151	Freescale Kinetis K20	TI LM355xxx
Максимальная тактовая частота	80 МГц	72 МГц	32 МГц	100 МГц	80 МГц
Количество выводов в корпусе	40, 64, 80	64 ... 144	48 ... 100	80 ... 144	64, 100
Потребление тока в активном режиме	275 мкА/МГц	510 мкА/МГц	270 мкА/МГц	420 мкА/МГц	1125 мкА/МГц
Потребление тока в «спящем» режиме с включенным RTC	0.35 мкА	24.5 мкА	1.9 мкА	4 мкА	44 мкА
Напряжение питания	1.8...3.6 В	2.4...3.6 В	2.4...3.6 В	1.8...3.6 В	3.0...3.6 В
АЦП	2x12-бит	2x12-бит	1x12-бит	2x12-бит	2x10-бит
DNL (тип./макс.)	±0.7/±1.8	±1/±2	±1/±2	±0.7/±1.9	-/±3
INL (тип./макс.)	±1/±1.9	±1.5/±3	±1.7/±3	±1/±2.7	-/±3

переключить в 10-разрядный режим и получить скорость преобразования до 1 Msps, а это уже существенное приращение функциональности! При этом значения интегральной и дифференциальной нелинейности лежат в пределах ±0.2 LSB для 10-разрядного режима и ±0.1 LSB для 12-разрядного, что также является фирменной «фишкой» Silicon Laboratories, очень ревностно относящейся к качеству работы своей аналоговой периферии. Также «на борту» содержатся как двоярный 10-разрядный ЦАП, так и источник опорного напряжения и специальный механизм для управления работой АЦП и ЦАП.

При этом большинство периферии и интерфейсов связаны 16-канальным DMA, обеспечивающим быстрый обмен данными «в обход» вычислительного ядра.

Также вызывает уважение реализация *схемы питания*. Инженерам Silicon Labs удалось достигнуть блестящего показателя в 275 мкА/МГц в режиме «все включено»! При этом в микроконтроллерах реализована многоуровневая схема высокоэкономичных режимов, позволяющих добиться отличных показателей. Например, в режиме с включенным RTC (встроенный генератор 16.4 кГц) микроконтроллер потребляет всего 350 нА, а с выключенными часами реального времени — только 85 нА! При этом время выхода из режима минимального энергопотребления не превышает 10 мкс, а время установления аналоговой периферии не более 1.5 мкс.

Отдельно стоит упомянуть важную особенность — любой неиспользуемый блок периферии может быть отключен от источника тактирования, и, следовательно, будет потреблять минимум энергии.

Также стоит обратить внимание на одну интересную особенность — среди портов ввода/вывода есть несколько выводов, которые имеют умощненный выходной каскад, позволяющий напря-

мую подключать нагрузку до 300 мА: обмотки реле, маломощные электродвигатели, мощные светодиоды, затворы мощных полевых транзисторов и т.д.

Еще можно долго перечислять многочисленные встроенные «фишки» и «вкусности», часть которых является стандартом для микроконтроллеров аналогичного класса, а часть — интересными нововведениями: встроенный LDO, супервизор питания и brownout детектор, гибкий делитель тактовых частот вплоть до 128 от любого источника тактирования, аппаратное AES шифрование (128/192/256-битное шифрование), аппаратная поддержка алгоритмов ECB, CBC и CTR, 16/32-бит CRC модуль и многое другое. Микроконтроллеры имеют рабочий температурный диапазон -40...+85°C и корпусные исполнения QFN-40, TQFP-64, TQFP-80 и LGA-92...

Дополнительно можно отметить, что микроконтроллеры Precision32 уже поддерживаются такими популярными средами разработки как Keil uVision, IAR и CodeVision. Но специально для того, чтобы максимально полно реализовать возможности микроконтроллеров, компанией Silicon Laboratories разработана среда визуального конфигурирования (Precision32 AppBuilder Rapid Prototyping Utility), конечным продуктом которого является конфигурационный файл для сред Keil uVision, IAR или CodeVision. Кроме работы в вышеперечисленных средах разработки, Silicon Laboratories традиционно предлагает и собственную среду разработки Precision32 Integrated Development Environment, которая обеспечивает полноценное проектирование, не имеет каких-либо ограничений и является полностью бесплатной [8].

Но не это делает микроконтроллеры семейства Precision32 с архитектурой Cortex M3 от Silicon Laboratories уникальными. По отдельности эти модули уже реализованы в большом количестве различных семейств микроконтрол-

леров. Уникальными их делает сам факт совмещения такого набора модулей на одном кристалле. Для иллюстрации можно привести небольшую сравнительную таблицу некоторых параметров аналогичных микроконтроллеров различных производителей (табл. 1).

Как видно из приведенной выше таблицы, многие из микроконтроллеров с архитектурой Cortex M3 различных производителей обладают отдельными параметрами, приближающимися к аналогичным параметрам микроконтроллеров семейства Precision32. Это очень хорошие микроконтроллеры и они занимают достойное место на рынке. Но именно сочетание высокой производительности, отличной экономичности и высококачественной аналоговой периферии на одном кристалле и есть то основное отличие, которое делает новое семейство 32-разрядных микроконтроллеров от Silicon Laboratories очень перспективным элементом рынка встраиваемых систем.

#### Литература:

1. Павел Вовк. «Введение в архитектуру Cortex-M3. Часть 1». Chip News № 7, 2007, стр. 72.
2. Павел Вовк. «Введение в архитектуру Cortex-M3. Часть 2». Chip News № 8, 2007, стр. 58.
3. Павел Вовк. «Введение в архитектуру Cortex-M3. Часть 3». Chip News № 9, 2007, стр. 59.
4. [http://www.st.com/internet/com/technical\\_resources/technical\\_literature/datasheet/cd00210843.pdf](http://www.st.com/internet/com/technical_resources/technical_literature/datasheet/cd00210843.pdf)
5. [http://www.st.com/internet/com/technical\\_resources/technical\\_literature/datasheet/cd00277537.pdf](http://www.st.com/internet/com/technical_resources/technical_literature/datasheet/cd00277537.pdf)
6. [http://www.freescale.com/files/32bit/doc/prod\\_brief/K20PB.pdf](http://www.freescale.com/files/32bit/doc/prod_brief/K20PB.pdf)
7. <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm3s5632.pdf>
8. <http://www.silabs.com/products/mcu/Pages/32-bit-mcu-software.aspx#suite>