

Микроконтроллеры семейства EFM8 Bee

Алексей КУРИЛИН
ak@efo.ru

С каждым днем микроконтроллеры семейства EFM8 Bee от компании Silicon Labs становятся популярнее в мире, и российские инженеры все чаще обращают на них внимание. Тем не менее информация об этом семействе представлена на сайте производителя не самым доступным для понимания ключевых особенностей образом, а потому в данной статье представим их структуру более развернуто.

Кристаллы EFM8 Bee представлены четырьмя семействами «пчел»:

- микроконтроллеры серии Busy Bee, ориентированные на бюджетные приложения;
- малопотребляющие микроконтроллеры Sleepy Bee для приложений с батарейным питанием;
- серия Universal Bee для простых задач, где требуется интерфейс USB;
- микросхемы Laser Bee с развитой аналоговой подсистемой.

В основу каждой заложено простое в освоении процессорное ядро CIP-51 с системой команд 51-го процессора, в котором более 70% команд выполняются за 1–2 такта системной тактовой частоты.

Архитектурно кристаллы EFM8 продолжают линейку C8051Fxxx, но изготавливаются по меньшим проектным нормам — 0,18 мкм против 0,35 мкм у C8051Fxxx. Это позволило компании Silicon Labs обеспечить сравнительно невысокую цену и по соотношению цены и возможностей уверенно конкурировать с законодателями рынка бюджетных микроконтроллеров.

Серия EFM8 Busy Bee

Кристаллы серии EFM8 Busy Bee представляют собой бюджетную серию, где ключевой акцент сделан на стоимости микросхем. Цена самого дешевого микроконтроллера составляет \$0,21 без НДС (\$0,25 с учетом НДС) на проекты с годовым объемом от 10 тыс. шт.

EFM8 Busy Bee подразделяются на три линейки, которые имеют общие характерные отличия:

- максимальная производительность до 50 MIPS на тактовой частоте до 50 МГц;
- до 64 кбайт Flash-памяти;
- до 4352 байт ОЗУ;
- до 29 линий ввода/вывода общего назначения;
- 12-разрядный АЦП с максимальной частотой дискретизации до 350 тыс. отсчетов/с;
- до четырех 12-разрядных ЦАП;

- понижающий регулятор напряжения из 5 В в 3,3 В.

Для задач, где требуется микроконтроллер с минимальными возможностями, можно применить микроконтроллер EFM8BB10F2G-A-QFN20, предлагаемый за указанную выше цену, но имеющий при этом широкие возможности:

- процессорное ядро с производительностью до 25 MIPS на тактовой частоте 25 МГц;
- 2 кбайт Flash-памяти;
- 256 байт ОЗУ;
- два встроенных тактовых генератора на частоты 24,5 МГц и 80 кГц;
- интерфейс SMBus/I²C;
- интерфейс SPI;
- интерфейс UART;
- 16 линий ввода/вывода общего назначения;
- 3-канальный программируемый массив счетчиков;
- четыре 16-битных таймера/счетчика;
- два аналоговых компаратора со встроенным ЦАП для гибкой установки порогов;
- 12-разрядный АЦП с мультиплексором на 15 каналов, источником опорного напряжения и датчиком температуры;
- 16-разрядный блок CRC;
- встроенный загрузчик по UART.

Серия EFM8 Sleepy Bee

Микросхемы EFM8 Sleepy Bee ориентированы на приложения с батарейным питанием, имеют сходные параметры энергопотребления с 32-разрядными микроконтроллерами EFM32 компании Silicon Labs, но без интеллектуальных режимов работы и с более скромным набором периферии. Зато стоимость кристаллов EFM8 Sleepy Bee ниже, а их освоение — проще.

Данная серия содержит две линейки микросхем и характеризуется следующими особенностями:

- максимальная производительность до 25 MIPS на тактовой частоте до 25 МГц;
- аппаратный контроллер сенсорных клавиатур;

- ток потребления в активном режиме: 88 мкА/МГц на тактовых частотах от 14 МГц;
- ток потребления в режиме сна с часами реального времени (тактирование от внутреннего генератора): 0,3 мкА при 1,8 В и 0,5 мкА при 3,6 В;
- среднее значение тока потребления в режиме сна с пробуждением от сенсорной кнопки: около 1 мкА;
- время пробуждения не превышает 2 мкс при использовании внутреннего генератора.

По аналоговой и цифровой периферии EFM8 Sleepy Bee подобны EFM8 Busy Bee. Стоимость младшего микроконтроллера EFM8SB10F2G-A-QFN20, аналогичного по начинке минимальному кристаллу из серии EFM8 Busy Bee, составляет \$0,32 без НДС. Более функциональная микросхема EFM8SB10F8G-A-QSOP24 в корпусе QSOP24 с Flash-памятью 8 кбайт и ОЗУ 512 байт предлагается по цене \$0,48 без НДС. Цены действуют для проектов с потреблением на уровне 10 тыс. шт. в год.

Серия EFM8 Laser Bee

Серия кристаллов EFM8 Laser Bee ориентирована на приложения с аналоговыми измерениями — в них интегрирован 14-разрядный АЦП, который обеспечивает типовое значение сигнал/шум + искажения (SNDR) на уровне 72 дБ, общие гармонические искажения (THD) –74 дБ и динамический диапазон, свободный от гармоник (SFDR), 74 дБ. Также они отличаются более высокой рабочей тактовой частотой.

Микроконтроллеры серии EFM8 Laser Bee имеют следующие особенности:

- максимальная производительность до 72 MIPS на тактовой частоте до 72 МГц;
- 14-разрядный АЦП последовательного приближения с частотой дискретизации до 900 тыс. отсчетов/с с возможностью организации непрерывного сбора данных по всем каналам АЦП без участия процессорного ядра;

					LB12F64 LB12F32 LB11F32 LB11F16 LB10F16	LB12F64 LB12F32 LB11F32 LB11F16 LB10F16		LB12F64 LB12F32 LB11F32 LB11F16 LB10F16	LB12F64 LB12F32 LB11F32 LB11F16 LB10F16		
				UB10F16 UB10F8	UB11F16	UB11F16	UB10F16	UB20F64 UB20F32	UB20F64 UB20F32	UB20F64 UB20F32	
		SB10F8		SB10F8 SB10F4 SB10F2	SB20F64 SB20F32 SB20F16 SB10F8	SB10F8		SB20F64 SB20F32	SB20F64 SB20F32		
			BB10F8	BB21F16 BB10F8 BB10F4 BB10F2	BB31F64 BB31F32 BB31F16	BB31F64 BB31F32 BB31F16 BB21F16 BB10F8	BB22F16	BB31F64 BB31F32 BB31F16	BB31F64 BB31F32 BB31F16		
		wCSP 16 1,65×1,75 мм	SOIC 16 10×4 мм	QFN 20 3×3 мм	QFN 24 3×3 мм 4×4 мм	QSOP 24 9×4 мм	QFN 28 5×5 мм	QFN 32 4×4 мм 5×5 мм	LQFP 32 7×7 мм	TQFP 48 7×7 мм	

Рисунок. Корпуса и серии микроконтроллеров EFM8 Bee

- два либо четыре 12-разрядных ЦАП с возможностью генерации комплементарных синусоидальных сигналов и сигналов произвольной формы;
- два аналоговых компаратора с перестраиваемым соотношением «время реакции»/«энергопотребление» и гибкой схемой выбора входных сигналов;
- встроенный калиброванный датчик температуры, обеспечивающий в базовом исполнении измерения с погрешностью в пределах $\pm 3^\circ\text{C}$, а с применением описанных производителем методик — в пределах $\pm 0,2^\circ\text{C}$;
- диапазон рабочих температур всех кристаллов в серии: $-40\dots+105^\circ\text{C}$. Уникальность серии заключается в сочетании характеристик и цены. В минимальной комплектации представлена микросхема EFM8LB10F16E-B-QFN24, которая имеет 16 кбайт Flash-памяти и 1,25 кбайт ОЗУ. Ее цена составляет \$0,54. Более универсальный вариант — EFM8LB10F16E-B-QFP32 в корпусе QFP32 — предлагается по цене \$0,70. Самый функциональный вариант серии — EFM8LB12F64E-B-QSOP24 — с 64 кбайт Flash-памяти, 4,25 кбайт ОЗУ и четырьмя ЦАП — доступен за \$0,94. Цены указаны без учета НДС на проекты объемом от 10 тыс. шт. в год.

Серия EFM8 Universal Bee

Название серии происходит из названия интерфейса USB, которым снабжены кристаллы.

Среди особенностей линейки можно выделить:

- интерфейс USB Device с режимом пониженного энергопотребления;
- стабильный генератор тактовой частоты, обеспечивающий работу интерфейса USB без внешнего кварца во всем диапазоне рабочих температур и напряжений питания;
- регулятор напряжения из 5 В в 3,3 В для обеспечения работы устройства от шины USB без использования дополнительного регулятора напряжения;
- функцию распознавания подключения к зарядному устройству согласно спецификации USB-BCS 1.2.

Режим пониженного энергопотребления интерфейса USB в EFM8 Universal Bee необходим для подключения к автономным устройствам, где обмен данными должен происходить без взаимной нагрузки по питанию.

Устройство с минимумом внешних компонентов (внешний кварц и регулятор напряжения не требуются) можно построить на микросхеме EFM8UB10F8G-C-QFN20 стоимостью \$0,43 без учета НДС, которая помимо интерфейса USB снабжена 8 кбайт Flash-памяти, 2304 байт ОЗУ, 12-разрядным АЦП и типовыми блоками микроконтроллера, предусмотренными и в других сериях EFM8.

Общие особенности микросхем EFM8 Bee

Если говорить обо всех микроконтроллерах EFM8 Bee, то в целом можно отметить, что для такой ценовой категории микросхем начинка кристаллов всех серий достаточно насыщена, однако у них есть важные особенности, расширяющие возможности данных устройств:

- цифровой коммутатор (crossbar), обеспечивающий определенную гибкость при проектировании печатной платы за счет изменения назначения коммутации внутренней периферии на внешние выводы. Он также может применяться для коммутации в разные моменты времени одного и того же встроенного периферийного блока на разные внешние выводы микросхемы;
- блоки конфигурируемой логики, обеспечивающие возможность реализации до 256 функций комбинаторной логики с подключением внешних сигналов и сигналов внутренней периферии;
- уникальный 128-битный ID каждого процессора, упрощающий задачу сериализации изделий с использованием EFM8 Bee;
- запрограммированный во Flash-память загрузчик, работающий по одному из имеющихся на кристалле интерфейсов.

Микроконтроллеры серий Busy Bee и Sleepy Bee представлены как в промышленном температурном диапазоне, так и в автомобильном исполнении согласно требованиям стандарта AEC-Q100.

Корпуса весьма компактны — самый большой кристалл выпускается в 48-выводном корпусе QFP (рисунок).

Средства поддержки разработок для микроконтроллеров EFM8 Vee

Для микроконтроллеров EFM8 Vee производитель предлагает фирменные отладочные платы, стоимость которых колеблется в диапазоне \$45–55 с учетом НДС. На каждой плате распаян старший микроконтроллер из семейства и реализован эмулятор/программатор, обеспечивающий полный доступ ко всем ресурсам самого микроконтроллера.

В качестве программного средства компания Silicon Labs предлагает интегрированную платформу разработки Simplicity Studio, распространяемую бесплатно. Платформа содержит широкий набор компонентов, необходимых для каждого этапа проектирования и продемонстрированных на канале EFO company на YouTube.

Среди компонентов Simplicity Studio особенно полезным инструментом является графический конфигуризатор, позволяющий задавать конфигурацию периферийных блоков микроконтроллера в графическом режиме. Его применение делает первоначальное освоение микроконтроллеров EFM8 Vee еще проще.

В качестве инструмента для разработки программ в составе Simplicity Studio предусмотрена интегрированная среда разработки Simplicity IDE, построенная на платформе Eclipse.

В ней в качестве компилятора языка C интегрирован профессиональный компилятор фирмы Keil, являющийся стандартом де-факто для архитектур с системой команд 8051. Для получения неограниченной лицензии на его использование необходимо зарегистрироваться на сайте keil.com по ссылке из Simplicity Studio.

В качестве альтернативного подхода к реализации проекта компания Silicon Labs предлагает платформу mbed, чьи возможности представлены в корпоративном блоге компании «ЭФО» на habrahabr.ru.

Для всех линеек кристаллов EFM8 Vee предлагается набор библиотек EFM8 SDK, включающий драйверы для внутренней периферии кристаллов и BSP для поддержки

компонентов, размещаемых на фирменных отладочных платах. Документация на эти библиотеки доступна по адресу: <http://devtools.silabs.com/studio/doc/EFM8/software>, а возможности манипуляций с компонентами SDK интегрированы в Simplicity IDE.

Что касается работы на собственном макете, в качестве эмулятора/программатора можно использовать фирменную отладочную плату для любой серии EFM8 либо отладчик USB Debug Adapter стоимостью \$55, который, вполне вероятно, уже имеется у тех, кто ранее работал с микроконтроллерами C8051Fxxx.

Ответы на большинство возникающих вопросов по применению микроконтроллеров EFM8 можно найти на сайте сообщества, организованного производителем, по адресу: community.silabs.com. Здесь представлена база знаний от производителя и организован форум с ответами на вопросы от пользователей по микросхемам и программному обеспечению. На вопросы, заданные на форуме, отвечают в том числе сотрудники технической поддержки производителя. Этот ресурс избавляет от необходимости искать информацию в сообществах разработчиков или в других случайных местах, где компания-производитель не принимает участия в решении возникающих проблем.

Программирование при производстве

При запуске производства приборов с кристаллами EFM8 небольшой серии микроконтроллеры можно внутрисхемно запрограммировать в изделии с помощью внутрисхемного эмулятора/программатора USB Debug Adapter. В качестве программной оболочки предусмотрен набор утилит Flash Programming Utilities или Production Programmer, проверенных временем в работе с кристаллами C8051Fxxx. Flash Programming Utilities работает в графическом режиме либо в режиме командной строки, что полезно при создании сценариев программирования, помещаемых в .bat-файл.

В качестве более дешевого варианта программатора предлагается бескорпусная версия ToolstickBA стоимостью \$30. С данным устройством можно экономичнее сделать разъемное соединение, поскольку у ToolstickBA имеется торцевой разъем, ответную часть для которого можно предусмотреть на печатной плате без дополнительных разъемов.

При крупных объемах серийного производства или если трудозатраты и накладные расходы на программирование превышают пределы разумного, предлагается услуга программирования кристаллов на производстве Silicon Labs. Стоимость услуги в партиях от 5000 шт. составляет \$0,06–0,1/шт. с учетом НДС в зависимости от объема Flash-памяти.

Также нужно помнить, что в микроконтроллерах EFM8 есть встроенный загрузчик, который можно использовать при наличии в изделии разъема для подключения к поддерживаемому интерфейсу. То есть можно организовать программирование микроконтроллера перед финальным тестированием собранного изделия, не прибегая к помощи программатора. Функционирование загрузчика подробно описано в руководстве по применению AN945 и программном обеспечении к нему.

Заключение

Вполне закономерно, что микроконтроллеры семейства EFM8 Vee обретают все большую популярность в мире и, в частности, в России: линейка кристаллов сбалансирована, а стоимость предлагаемых микросхем вызывает особый интерес. Более того, при выборе микроконтроллера инженерам важно, чтобы присутствовал полный набор средств поддержки разработки, доступная и читаемая документация, недорогие средства отладки — словом, все, что предоставляет компания Silicon Labs для микроконтроллеров EFM8 Vee. На этот важный момент следует обратить особое внимание, ведь иначе дешевизна микросхем может обернуться лишними расходами и трудозатратами на этапе разработки. ■