

# МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ И ПРИЕМОПЕРЕДАТЧИКИ КОМПАНИИ ENERGY MICRO – ПРЕИМУЩЕСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ



Сегодня повсеместно используются портативные электронные устройства с автономным питанием. Очевидно – для них нужна элементная база с минимальным энергопотреблением, что позволяет существенно увеличить срок службы батарей. Эта задача успешно решается в микроконтроллерах многих ведущих производителей. Но даже на их фоне выделяются микроконтроллеры EFM32 компании Energy Micro, обладающие рекордно низким энергопотреблением. На страницах журнала

"Электроника: НТБ" уже рассказывалось об этих устройствах\*. С тех пор появились новые интересные продукты. О том, как выглядит сегодня модельный ряд устройств Energy Micro и где они используются, нам рассказал Андреас Коллер – вице-президент по продажам и маркетингу компании Energy Micro, – с которым мы встретились на выставке "ЭкспоЭлектроника 2012" в Москве.

## МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ EFM32

Напомним основные особенности микроконтроллеров EFM32 компании Energy Micro. Они построены на ядрах ARM Cortex – M0, M3 или M4, в зависимости от семейства. Микроконтроллеры имеют широкий набор периферии: тактовые генераторы, системы управления энергопотреблением, последовательные интерфейсы, порты ввода-вывода, таймеры, ЦАП, АЦП, системы безопасности и др. (рис.1).

Микроконтроллеры EFM32 изначально разрабатывались с расчетом на максимально низкое энергопотребление. Разработчики дали им название

Геско – геккон. И действительно, работа EFM32 во многом напоминает поведение этого пресмыкающегося. Геккон большую часть времени спит, но с открытыми глазами, и при этом не прекращает следить за добычей. Как только приближается муха, геккон мгновенно просыпается, ловит добычу, съедает ее, а потом снова переходит в "спящий режим". Микроконтроллеры EFM32 также могут большую часть времени проводить в режиме "сна", очень быстро выходить из него, выполнять необходимые действия и затем снова "засыпать".

Такие возможности обеспечиваются целым рядом технических решений, примененных в контроллерах EFM32. Например, в них предусмотрено целых пять режимов энергопотребления, в каждом из которых поддерживается работа

\* Елисеев Н., Стариченков М. Микроконтроллеры компании Energy Micro – ультранизкое энергопотребление при высокой производительности. – Электроника: НТБ, 2011, №5, с.68–74.



Рис.1. Блок-схема микроконтроллеров EFM32

определенных систем (см. рис.1). Процессорное ядро и периферийные устройства расходуют очень мало энергии. Так, в активном режиме микроконтроллеры могут потреблять всего 160 мА/МГц, а 12-разрядный АЦП – 9 мкА при частоте дискретизации 104 выб./с. Низкое энергопотребление обеспечивает также специальный механизм – Peripheral Reflex System (PRS), который служит для прямого взаимодействия периферийных модулей, минуя центральный процессор. При этом каналы PRS можно по-разному конфигурировать, соединяя различные периферийные устройства.

Недавно семейство микроконтроллеров EFM32 пополнилось двумя сериями – Leopard Gecko и Wonder Gecko. Серия Leopard Gecko (рис.2) занимает промежуточное положение между ранее выпущенными сериями Gecko и Giant Gecko. Она также основана на ядре ARM Cortex M3, а основное

отличие – в объемах памяти: от 64 до 256 Кбайт флеш-памяти и 32 Кбайт ОЗУ. Микроконтроллеры Wonder Gecko (рис.3) – наиболее мощные в семействе. Они построены на основе ARM Cortex M4F (расширенного ядра с поддержкой DSP-инструкций) и оснащены флеш-памятью от 64 до 256 Кбайт и ОЗУ 32 Кбайт. Микроконтроллеры всех серий доступны в различных корпусах (рис.4). Среди них есть и совсем миниатюрные корпуса BGA 48 размером всего 4×4 мм. В общей сложности семейство EFM32 сегодня насчитывает более 240 микроконтроллеров.

Важная особенность микроконтроллеров EFM32 – совместимость различных семейств по выводам (см. рис.4). Это позволяет легко выполнять модернизацию систем на основе EFM32: достаточно просто заменить микроконтроллер более мощным в таком же корпусе.



Рис.2. Микроконтроллеры Leopard Gecko



Рис.3. Микроконтроллеры Wonder Gecko

Микроконтроллеры совместимы также по программному обеспечению. Единственное отличие – в серии Wonder Gecko, основанной на ядре ARM Cortex M4F, доступен расширенный набор инструкций.

Для всех микроконтроллеров EFM32 доступны эффективные и удобные средства отладки – различные комплекты разработчика (Development Kits – DK, Starter Kits – STK), позволяющие сконфигурировать микроконтроллеры для минимального энергопотребления. Компания Energy Micro предлагает также программный пакет Simplicity Studio, с помощью которого можно автоматически загружать документацию, программное обеспечение и другую информацию с сайта производителя.

Недавно компания Energy Micro объявила о начале программы по распространению бесплатных образцов. Теперь каждый может самостоятельно заказать (через сайт компании) образцы микроконтроллеров EFM32 и убедиться в их действительно уникальных характеристиках.

### ПРИЕМОПЕРЕДАТЧИКИ EFR

Компания Energy Micro разработала еще один вид продуктов – приемопередатчики EFR. Они будут представлены тремя сериями: системы

на кристалле, включающие радиомодуль и микроконтроллер (серии EFR4D20x и EFR4D22x), и отдельные трансиверы, рассчитанные на использование с внешним микроконтроллером (серия EFR4D40x) (рис.5). Серии EFR4D20x и EFR4D22x построены на базе микроконтроллеров EFM32. Это позволило добиться очень низкого энергопотребления. Так, в режиме приема (RX) потребляемый ток равен 4 мА, а в режиме передачи – от 5 до 14 мА (в зависимости от мощности и частотного диапазона). При этом устройства EFR обладают превосходными характеристиками приема-передачи:

- чувствительность – от -121 до -95 дБм (в зависимости от модуляции и скорости передачи);
- максимальная выходная мощность – +17 дБм на частоте 868 МГц и +13 дБм на 2,4 ГГц;
- скорость передачи данных – от 300 бит/с до 4 Мбит/с.

Устройства EFR поддерживают различные протоколы (802.15.4(g), 6LoWPAN, (RF4CE) ZigBee, Bluetooth LE, KNX, ANT+ и др.), а также разные форматы модуляции ((4)G)FSK/MSK/O-QPSK/BPSK/OOK/ASK). Приемопередатчики EFR выпускаются с антенными блоками, рассчитанными на различные диапазоны частот (см. рис.5), остальные модули в них идентичны.

Cortex-M4F 48 МГц Флеш-память: 64–256 Кбайт ОЗУ: 32 Кбайт		EFM32WG940		EFM32WG942	EFM32WG980		EFM32WG990	EFM32WG995	
		EFM32WG840		EFM32WG842	EFM32WG880		EFM32WG890	EFM32WG895	
		EFM32WG330		EFM32WG332	EFM32WG380		EFM32WG390	EFM32WG395	
		EFM32WG230		EFM32WG232	EFM32WG280		EFM32WG290	EFM32WG295	
Cortex-M3 48 МГц Флеш-память: 512–1024 Кбайт ОЗУ: 128 Кбайт		EFM32CG940		EFM32CG942	EFM32CG980		EFM32CG990	EFM32CG995	
		EFM32CG840		EFM32CG842	EFM32CG880		EFM32CG890	EFM32CG895	
		EFM32CG330		EFM32CG332	EFM32CG380		EFM32CG390	EFM32CG395	
		EFM32CG230		EFM32CG232	EFM32CG280		EFM32CG290	EFM32CG295	
Cortex-M3 48 МГц Флеш-память: 64–256 Кбайт ОЗУ: 32 Кбайт		EFM32LG940		EFM32LG942	EFM32LG980		EFM32LG990	EFM32LG995	
		EFM32LG840		EFM32LG842	EFM32LG880		EFM32LG890	EFM32LG895	
		EFM32LG330		EFM32LG332	EFM32LG380		EFM32LG390	EFM32LG395	
		EFM32LG230		EFM32LG232	EFM32LG280		EFM32LG290	EFM32LG295	
Cortex-M3 32 МГц Флеш-память: 16–128 Кбайт ОЗУ: 8–16 Кбайт		EFM32G210	EFM32G840		EFM32G842	EFM32G880		EFM32G890	
		EFM32G200	EFM32G230	EFM32G222	EFM32G232	EFM32G280		EFM32G290	
Cortex-M3 32 МГц Флеш-память: 4–32 Кбайт ОЗУ: 2–4 Кбайт	EFM32TG110		EFM32TG840	EFM32TG822	EFM32TG842		EFM32TG825		
	EFM32TG108	EFM32TG210	EFM32TG230	EFM32TG222	EFM32TG232		EFM32TG225		
Cortex-M0 32 МГц Флеш-память: 4–32 Кбайт ОЗУ: 2–4 Кбайт	EFM32ZG110								
	EFM32ZG108	EFM32ZG210		EFM32ZG222					
	QFN24	QFN32	QFN64	QFP48	QFP64	QFP100	BGA48	BGA112	BGA120

Рис.4. Характеристики семейства микроконтроллеров EFM32

<b>EFR4D2210</b> <table border="1"> <tr><td>16</td><td>32</td><td>64</td><td>128</td><td>256</td></tr> <tr><td>8</td><td>8</td><td>16</td><td>16</td><td>16</td></tr> </table>	16	32	64	128	256	8	8	16	16	16	<b>EFR4D2230</b> <table border="1"> <tr><td>16</td><td>32</td><td>64</td><td>128</td><td>256</td></tr> <tr><td>8</td><td>8</td><td>16</td><td>16</td><td>16</td></tr> </table>	16	32	64	128	256	8	8	16	16	16	<b>EFR4D2240</b> <table border="1"> <tr><td>16</td><td>32</td><td>64</td><td>128</td><td>256</td></tr> <tr><td>8</td><td>8</td><td>16</td><td>16</td><td>16</td></tr> </table>	16	32	64	128	256	8	8	16	16	16	<b>EFR4D2250</b> <table border="1"> <tr><td>16</td><td>32</td><td>64</td><td>128</td><td>256</td></tr> <tr><td>8</td><td>8</td><td>16</td><td>16</td><td>16</td></tr> </table>	16	32	64	128	256	8	8	16	16	16	<b>EFR4D2280</b> <table border="1"> <tr><td>16</td><td>32</td><td>64</td><td>128</td><td>256</td></tr> <tr><td>8</td><td>8</td><td>16</td><td>16</td><td>16</td></tr> </table>	16	32	64	128	256	8	8	16	16	16	<b>EFR4D2290</b> <table border="1"> <tr><td>16</td><td>32</td><td>64</td><td>128</td><td>256</td></tr> <tr><td>8</td><td>8</td><td>16</td><td>16</td><td>16</td></tr> </table>	16	32	64	128	256	8	8	16	16	16
16	32	64	128	256																																																													
8	8	16	16	16																																																													
16	32	64	128	256																																																													
8	8	16	16	16																																																													
16	32	64	128	256																																																													
8	8	16	16	16																																																													
16	32	64	128	256																																																													
8	8	16	16	16																																																													
16	32	64	128	256																																																													
8	8	16	16	16																																																													
16	32	64	128	256																																																													
8	8	16	16	16																																																													
<b>EFR4D2010</b> <table border="1"> <tr><td>16</td><td>32</td><td>64</td><td>128</td><td>256</td></tr> <tr><td>8</td><td>8</td><td>16</td><td>16</td><td>16</td></tr> </table>	16	32	64	128	256	8	8	16	16	16	<b>EFR4D2030</b> <table border="1"> <tr><td>16</td><td>32</td><td>64</td><td>128</td><td>256</td></tr> <tr><td>8</td><td>8</td><td>16</td><td>16</td><td>16</td></tr> </table>	16	32	64	128	256	8	8	16	16	16	<b>EFR4D2040</b> <table border="1"> <tr><td>16</td><td>32</td><td>64</td><td>128</td><td>256</td></tr> <tr><td>8</td><td>8</td><td>16</td><td>16</td><td>16</td></tr> </table>	16	32	64	128	256	8	8	16	16	16	<b>EFR4D2050</b> <table border="1"> <tr><td>16</td><td>32</td><td>64</td><td>128</td><td>256</td></tr> <tr><td>8</td><td>8</td><td>16</td><td>16</td><td>16</td></tr> </table>	16	32	64	128	256	8	8	16	16	16	<b>EFR4D2080</b> <table border="1"> <tr><td>16</td><td>32</td><td>64</td><td>128</td><td>256</td></tr> <tr><td>8</td><td>8</td><td>16</td><td>16</td><td>16</td></tr> </table>	16	32	64	128	256	8	8	16	16	16	<b>EFR4D2090</b> <table border="1"> <tr><td>16</td><td>32</td><td>64</td><td>128</td><td>256</td></tr> <tr><td>8</td><td>8</td><td>16</td><td>16</td><td>16</td></tr> </table>	16	32	64	128	256	8	8	16	16	16
16	32	64	128	256																																																													
8	8	16	16	16																																																													
16	32	64	128	256																																																													
8	8	16	16	16																																																													
16	32	64	128	256																																																													
8	8	16	16	16																																																													
16	32	64	128	256																																																													
8	8	16	16	16																																																													
16	32	64	128	256																																																													
8	8	16	16	16																																																													
16	32	64	128	256																																																													
8	8	16	16	16																																																													
<b>EFR4D1010</b> <table border="1"> <tr><td>-</td></tr> <tr><td>4</td></tr> </table>	-	4	<b>EFR4D1030</b> <table border="1"> <tr><td>-</td></tr> <tr><td>4</td></tr> </table>	-	4	<b>EFR4D1040</b> <table border="1"> <tr><td>-</td></tr> <tr><td>4</td></tr> </table>	-	4	<b>EFR4D1050</b> <table border="1"> <tr><td>-</td></tr> <tr><td>4</td></tr> </table>	-	4	<b>EFR4D1080</b> <table border="1"> <tr><td>-</td></tr> <tr><td>4</td></tr> </table>	-	4	<b>EFR4D1090</b> <table border="1"> <tr><td>-</td></tr> <tr><td>4</td></tr> </table>	-	4																																																
-																																																																	
4																																																																	
-																																																																	
4																																																																	
-																																																																	
4																																																																	
-																																																																	
4																																																																	
-																																																																	
4																																																																	
-																																																																	
4																																																																	
167–183 МГц	292–320 МГц	422–464 МГц	470–510 МГц	863–956 МГц	2,4–2,5 ГГц																																																												

Рис.5. Семейство приемопередатчиков EFR. Числа под названием модели указывают объемы флеш-памяти и ОЗУ

Приемопередатчики EFR должны быть запущены в производство в 2013 году.

### ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

Андреас Коллер говорит, что он всегда начинает разговор с потенциальными заказчиками с вопроса: интересует ли их очень низкое энергопотребление устройств? Если нет, разговор продолжать не стоит. Можно найти и другие микроконтроллеры сопоставимой производительности и функциональности. Но если речь идет о максимально низком энергопотреблении, то здесь продукты компании Energy Micro вне конкуренции. Поэтому микроконтроллеры EFM32 ориентированы на использование в первую очередь в компактных устройствах с батарейным питанием. Среди типовых применений – счетчики электроэнергии, газа

и воды; пульты и датчики систем управления зданиями (контроль доступа, регулирование освещения, климат-контроль, дистанционное управление и др.); модули систем безопасности (датчики пожарной сигнализации, движения, присутствия и др.); портативные медицинские устройства; устройства для фитнеса и развлечений и др. В ряде случаев использование микроконтроллеров EFM32 позволяет увеличить срок службы батарей до четырех раз.

Перечень конкретных применений продуктов компании Energy Micro все время расширяется. Вот несколько новых примеров. Компания RTX – ведущий поставщик беспроводных решений – применила микроконтроллер EFM32 Gecko в самом миниатюрном в мире полностью встраиваемом Wi-Fi-модуле, размеры которого всего 30×18 мм. Компания Pervasive



Рис.6. Модуль с дисплеем на основе "электронной бумаги"



Рис.7. Компьютер для дайвинга SCUBAPRO Meridian

Displays решила использовать микроконтроллеры EFM32 для управления устройствами с дисплеями на основе "электронной бумаги" (e-paper) (рис.6). Одно из последних применений – наручный компьютер для дайвинга SCUBAPRO Meridian (рис.7). Он будет управляться микроконтроллером EFM32G890 Gecko. Микроконтроллеры начинают применять и в России. Например, одно из специфично

российских приложений – автомобильные охраняемые системы.

Таким образом, микроконтроллеры EFM32 успешно применяются в разнообразных портативных устройствах с батарейным питанием. Они позволяют намного продлить срок службы батарей, тем самым снижая расходы пользователей и упрощая эксплуатацию устройств.

*Записал Н.Елисеев*

## **Медно-никелевые нанопровода – отличное решение для печатной электроники**

Химики Дюкского университета (США) разработали новые гибкие электропроводные нанопровода, выполненные на основе тонких нитей атомов меди, смешанных с никелем. Исследования показали, что медно-никелевые нанопровода в виде тонкой пленки проводят электрический ток даже в условиях, когда перенос электронов в серебряных и медных нанопроводах невозможен.

Новые медно-никелевые нанопровода – последний вариант наноматериала, разрабатываемого в химической лаборатории Дюкского университета. Он рассматривается как дешевая замена оксида индия и олова (ITO), наносимого в качестве прозрачного проводящего слоя на экраны дисплеев, сотовых телефонов, e-ридеров и планшетов iPad. Индий – дорогостоящий (600–800 долл./кг) редкоземельный элемент, основным поставщиком которого является Китай. Процесс осаждения пленок оксида индия и олова достаточно сложный и дорогостоящий. К тому же получаемая пленка – хрупкая, из-за чего зачастую не срабатывают электронные идентификаторы подписи и до сих пор нет гибкого сворачиваемого планшета iPad.

В прошлом году в лаборатории с помощью быстрого и дешевого процесса осаждения из жидкой фазы были получены пленки на основе медных нанопроводов. Но намного более дешевая, чем индий, медь имеет оранжевый оттенок, вследствие чего она не годится для нанесения на экран. К тому же пленка на основе меди на воздухе постепенно окисляется и наподобие Статуи Свободы и старой медной монеты

в один пенни «зеленеет», тогда как никелевые пятицентные монеты не окисляются и не меняют свой цвет. Ученые решили проверить возможность сохранения окраски медных нанопроводов за счет добавления в них никеля. Им это удалось с помощью метода смешения никеля с медными нанопроводами путем нагрева их в растворе никелевой соли. Как отмечают разработчики, цвет нанопровода за пять минут становился более серым.

Температурные испытания новых нанопроводов показали, что при хранении на воздухе в течение 400 лет их электропроводность уменьшается на 50% (электропроводность серебряных нанопроводов ухудшается на 50% после хранения на воздухе в течение 36 месяцев, чистые медные нанопровода теряют свои свойства через три месяца). Несмотря на свою превосходную электропроводность медно-никелевые нанопровода в ближайшее время не смогут заменить ITO в плоских панелях. Сейчас разработчики рассматривают возможность применения медно-никелевых нанопроводов в печатной электронике. Благодаря высокой стабильности характеристик, дешевому и быстрому процессу печати пленок на основе медно-никелевых нанопроводов они перспективны для применения в солнечных батареях, светодиодах, пластмассовых упаковках и одежде.

При участии разработчиков образована startup-компания NanoForge Corp., которая начнет изготавливать медно-никелевые нанопровода для различных приложений.

[www.printedelectronicworld.com](http://www.printedelectronicworld.com)