

# РАЗВИТИЕ СЕМЕЙСТВ МК LPC1100 И LPC1300 КОМПАНИИ NXP СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ

И.Романова

В последние несколько лет микроконтроллеры (МК) общего применения на базе ядер ARM7 и ARM9 получили широкое распространение на рынке микроэлектроники. Внедрение этих ядер в разработки привело к появлению более 300 разновидностей 32-разрядных микроконтроллеров. Одна из ведущих компаний в числе их производителей – NXP Semiconductors. Она насчитывает в своем арсенале более 90 вариантов микроконтроллеров на ядрах ARM7 и ARM9. Дальнейшим развитием линейки микроконтроллеров NXP стал выпуск ряда семейств процессоров на базе архитектуры Cortex. Эти микроконтроллеры позволили преодолеть очередной барьер увеличения производительности и уменьшения энергопотребления. Благодаря новым технологиям уменьшилась стоимость МК, что сделало их очень популярными среди разработчиков электроники.

**В** настоящее время архитектура ARM занимает лидирующие позиции и охватывает более 75% рынка 32-разрядных встраиваемых RISC-микропроцессоров. Распространенность этого ядра объясняется его стандартностью, так как предоставляет возможность разработчику более гибко использовать свои и сторонние программные наработки как при переходе на новое процессорное ядро ARM, так и при миграциях между разными типами ARM-микроконтроллеров. Это позволяет существенно снизить финансовые затраты и сэкономить время на разработку и, как следствие, на выпуск конечного продукта.

Ядро Cortex, в отличие от других ядер семейства ARM, является завершенным

процессорным ядром, объединившим в себе стандартный центральный процессор (ЦПУ) и системную архитектуру. В основе Cortex использована Гарвардская архитектура. Cortex-семейство доступно в трех основных концепциях: Cortex-A (Application) – ориентирована на высокопроизводительные применения, в нее входят ядра A8 и A9; Cortex-R (Real Time) – для приложений, работающих в реальном времени, в эту группу входит одно ядро R4; Cortex-M – для наиболее распространенных и востребованных применений в стандартных приложениях, в которых критичными считаются стоимость и сроки выпуска микроконтроллеров. В последнюю группу входят три ядра – Cortex-M3, Cortex-M0 и Cortex-M1 (разработано специально

для использования в микросхемах программируемой логики).

Ряд семейств микроконтроллеров NXP, выполненных на базе ядра Cortex-M3, обеспечивают разработчиков электроники высокопроизводительными, энергоэкономичными и дешевыми продуктами. А 32-разрядные микроконтроллеры на базе ядра Cortex-M0 характеризуются настолько низкой стоимостью, что могут свободно конкурировать с 8- и 16-разрядными микроконтроллерами, а также превосходить их по производительности, низкому энергопотреблению и ряду других параметров. Основные семейства микроконтроллеров компании NXP на ядрах ARM7, ARM9 и Cortex-M приведены в табл.1.

Для решения проблемы снижения энергопотребления компания NXP предлагает семейства микроконтроллеров LPC1100 на основе 32-разрядного процессорного ядра ARM Cortex-M0 и LPC1300 на базе ядра ARM Cortex-M3 (табл.2, 3).

## МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ LPC1100

Это самые миниатюрные представители семейства микроконтроллеров на основе ядра ARM Cortex-M. Они сочетают в себе высокую производительность 32-разрядной архитектуры с низким энергопотреблением и малым размером чипа. LPC1100 предназначены для рынка недорогих устройств, на котором доминируют 8- и 16-разрядные микроконтроллеры.

Ядро Cortex-M0 имеет 32-разрядную архитектуру и расходует электроэнергию более эффективно, нежели ядра на базе 8- и 16-разрядной архитектуры, так как при производстве одних и тех же вычислений ядро M0 может работать в два-четыре раза медленнее, т.е. потреблять меньше энергии.

Благодаря высокой производительности ядро Cortex-M0 эффективно также и в режимах глубокого сна (Deep Sleep) или повышенного энергосбережения, поскольку оно может выполнять

**Таблица 1.** Семейства микроконтроллеров, выпускаемых компанией NXP Semiconductors

Название семейства	Ядро	Объем памяти, Кбайт		Интерфейсы	Частота, МГц
		флеш	ОЗУ		
LPC1100	Cortex-M0	8, 16, 24, 32	2, 4, 8	UART, I <sup>2</sup> C, SPI, CAN	50
LPC1300	Cortex-M3	8, 16, 32	4, 8	USB, UART, I <sup>2</sup> C, SSP	72
LPC1700*	Cortex-M3	32, 64, 128, 256, 512	8, 16, 24, 32, 40, 80, 96	Ethernet, USB, I <sup>2</sup> C, CAN, SPI, I <sup>2</sup> S	100, 120
LPC1800	Cortex-M3	512, 768, 1024	104, 136, 200	Ethernet, USB, I <sup>2</sup> C, CAN, SPI, SSP	150
LPC2100	ARM7TDMI-S	8, 16, 32, 64, 128, 256	2, 4, 8, 16, 32, 64	USB, UART, I <sup>2</sup> S, CAN, SPI, SSP, I <sup>2</sup> S	70
LPC2200	ARM7TDMI-S	128, 256	16, 64	Ethernet, USB, UART, I <sup>2</sup> C, CAN, SPI, SSP, I <sup>2</sup> S	60, 75
LPC2300	ARM7TDMI-S	64, 128, 256, 512	34, 58, 98	Ethernet, USB, UART, I <sup>2</sup> C, CAN, SPI, SSP, I <sup>2</sup> S	72
LPC2400	ARM7TDMI-S	512	82, 98	Ethernet, USB, UART, I <sup>2</sup> C, CAN, SPI, SSP, I <sup>2</sup> S	72
LPC2280	ARM7TDMI-S	1024	64	USB, UART, I <sup>2</sup> C, I <sup>2</sup> S	60
LPC2900	ARM968EJ-S	128, 256, 512, 768	16, 32, 48	USB, UART, I <sup>2</sup> S, CAN, SPI	80, 100
LPC3000	ARM926EJ-S	Кэш 16, 32	64, 96, 128, 192, 256	Ethernet, USB, UART, I <sup>2</sup> C, SPI, SSP, I <sup>2</sup> S	180, 270

\* Наличие EEPROM (ЭППЗУ) до 4 Кбайт.

Таблица 2. Основные характеристики микроконтроллеров семейства LPC1100\*

Тип	Объем памяти, Кбайт		Интерфейсы				Число Вх/Вых	Тип корпуса
	флеш	ОЗУ	UART	I <sup>2</sup> C	SPI	CAN		
LPC1102	32	8	1	1	2	–	–	WL-CSP
LPC1111	8	2	1	1	2	–	28	HVQFN33
LPC1112	16	4	1	1	2	–	28	HVQFN33
LPC1113	24	8	1	1	2	–	28	HVQFN33, LQFP48
LPC1114	32	8	1	1	2	–	28	HVQFN33, LQFP48, PLCC44
LPC11C12	16	8	1	1	2	1	40	LQFP48
LPC11C14	32	8	1	1	2	1	40	LQFP48

\*Напряжение питания 3,3 В.

задачи быстрее ядер с 8- и 16-разрядной архитектурой и тем самым позволяет устройствам больше времени находиться в режиме энергосбережения. МК семейства LPC1100 в режимах глубокого сна и повышенного энергосбережения потребляют 2 мкА и 220 нА, соответственно, а на частоте 50 МГц ток потребления составляет 10 мА. Это значение можно уменьшить до уровня чуть выше 130 мкА при работе на частоте 1 МГц с пониженным энергопотреблением.

Микроконтроллеры LPC1100 очень эффективны и в тех случаях, когда, помимо решения базовых задач микроконтроллера, необходима обработка операндов различных типов (8- и 16-разрядных и длиннее). Наличие быстрого 32-разрядного ядра Cortex-M0, работающего на

частоте до 50 МГц, с сохранением гибкости функционирования и программирования микроконтроллера представляет собой выгодную альтернативу гибридным 16-разрядным применениям. Производительность микроконтроллера на базе ядра Cortex-M0 более 45 млн. оп./с (у 8- и 16-разрядных микроконтроллеров производительность не превышает 3–5 млн. оп./с).

Микроконтроллер LPC1100 – это конкурентоспособное решение для сектора микроконтроллеров с низкой себестоимостью и высокими гибкостью и производительностью, достаточными для множества применений, в которых в прошлом доминировали 8- и 16-разрядные архитектуры. Поставляется МК в сверхминиатюрном корпусе (16-выводном типа CSP размером 2,5×2,5 мм),

Таблица 3. Основные характеристики микроконтроллеров семейства LPC1300\*

Тип	Объем памяти, Кбайт		Интерфейсы				Число Вх/Вых	Тип корпуса
	флеш	ОЗУ	USB	UART	I <sup>2</sup> C	SSP		
LPC1311	8	4		1	1	1	26	HVQFN33
LPC1313	32	8		1	1	1	42	HVQFN33, LQFP48
LPC1342	16	4	1	1	1	1	26	HVQFN33, LQFP48
LPC1343	32	8	1	1	1	1	42	HVQFN33, LQFP48

\*Напряжение питания 3,3 В.

а также в простых в использовании корпусах HVQFN и LQFP. Для всего модельного ряда применяется базовая периферия – UART, I<sup>2</sup>C и SPI, доступна также более сложная – USB и CAN. В имеющихся версиях микроконтроллера объем флеш-памяти составляет от 8 до 32 Кбайт и ОЗУ от 2 до 8 Кбайт. Интегрированный блок управления питанием этих микроконтроллеров реализует эффективный режим пониженного энергопотребления, что позволяет использовать его в портативных устройствах.

Основные характеристики микроконтроллеров NXP LPC1100:

- ядро Cortex-M0 с тактовой частотой до 50 МГц;
- объем памяти: флеш – до 32 Кбайт, ОЗУ – до 8 Кбайт;
- 32 векторных прерывания, 4 уровня приоритета;
- интерфейсы: UART, один или два SPI, I<sup>2</sup>C;
- два 16-разрядных и два 32-разрядных таймера с ШИМ;
- встроенный RC-генератор 12 МГц (точность 1%);
- цепь фазовой подстройки частоты (ФАПЧ) 10–50 МГц;
- 8-канальный высокоточный 10-разрядный АЦП;
- единое питание 1,8–3,6 В и защита от статического разряда до 5000 В;
- миниатюрные корпуса LQFP48, HVQFN33, PLCC44.

Развитие семейства микроконтроллеров LPC1100 связано с дальнейшим снижением энергопотребления, введением CAN-интерфейса, 12-разрядного АЦП/ЦАП, температурного датчика, высокоточного таймера, периферии для создания сенсорных интерфейсов.

Помимо многих высокопроизводительных возможностей в семействе микроконтроллеров NXP LPC1100 реализовано динамическое переключение тактовой частоты системы – изменение частоты "на лету" в зависимости от потребности обработки данных.

### МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ LPC1300

Применяются для приложений, где необходимо малое энергопотребление и небольшой корпус. Микроконтроллеры LPC1300 выпускаются в миниатюрных корпусах HVQFN33 (33 вывода) и LQFP48 (48 выводов) и обладают самым низким в отрасли энергопотреблением. Они совместимы по выводам с микроконтроллерами LPC1100 (на базе ядра Cortex-M0). Высокая производительность микроконтроллера обеспечивается центральным процессором, работающим на частоте до 72 МГц,

а быстрая загрузка программ – встроенной высокоскоростной памятью флеш (до 32 Кбайт) и статическим ОЗУ (до 8 Кбайт).

Связь с внешними устройствами осуществляется набором наиболее популярных интерфейсов: USB, I<sup>2</sup>C, SSP, I<sup>2</sup>S и универсальным асинхронным приемопередатчиком UART с поддержкой интерфейса RS-485. Встроенные четыре таймера реализуют гибкую систему захвата/сравнения, 8-канальный 10-разрядный ЦАП преобразует цифровые сигналы, а встроенный блок управления питанием (PMU) позволяет свести к минимуму энергопотребление микроконтроллера.

Области применения микроконтроллеров LPC1100 и LPC1300: счетчики электроэнергии, жидкости, газа; системы освещения; промышленные сети; системы сигнализации и пожаротушения; портативные устройства; медицинская техника и приборы; бытовая техника; кассовые аппараты и POS-терминалы; системы управления двигателями.

## РАЗВИТИЕ СЕМЕЙСТВ LPC1100 И LPC1300

В ноябре 2010 года компания NXP Semiconductors расширила семейство 32-разрядных микроконтроллеров со сверхнизким энергопотреблением, выпустив МК серий **LPC1100L** и **LPC1300L**. Микроконтроллеры серии LPC1100L выполнены на основе ядра Cortex-M0 с рабочей тактовой частотой 50 МГц, имеют потребление в активном режиме 130 мкА/МГц и в режиме глубокого сна на 60% меньше в сравнении с другими 32-разрядными микроконтроллерами. Микроконтроллеры серии LPC1300L построены на ядре Cortex-M3 с рабочей частотой 72 МГц и совместимы по выводам и периферии с LPC1100L.

Снижение энергопотребления в МК LPC1100L и LPC1300L было достигнуто благодаря внедрению технологического процесса, который гарантирует ультранизкие токи утечки, и оптимизированному программному управлению питанием (разработка компании NXP). Микроконтроллеры предлагают усовершенствованные профили управления питанием, позволяющие снизить энергопотребление в активном режиме, обеспечивая еще большую экономию энергии и увеличивая срок службы батарей питания.

Профили могут быть настроены для любого приложения с низким энергопотреблением, что позволяет разработчикам достигнуть идеального уровня потребления. По сути, эти профили являются превосходной альтернативой режимам с пониженным энергопотреблением, так как благодаря им снижается динамическое потребление и оптимизируется производительность микроконтроллера для различных режимов работы. Имеется несколько основных профилей: повышение производительности CPU (блок управления питанием), эффективная работа CPU, пониженное потребление в активном режиме. Все профили сбалансированы для различных режимов работы.

При работе в режиме максимальной производительности процессора микроконтроллер конфигурируется для повышения пропускной способности центрального процессора, предоставляя приложению больше вычислительной мощности. Производительность может возрасти на 35% по сравнению со стандартным режимом работы. Режим максимальной эффективности процессора разработан для обеспечения оптимального баланса между эффективностью исполнения программного кода и обработки данных и уровнем снижения энергопотребления в рабочем режиме. Режим минимального

энергопотребления в рабочем режиме предназначен для приложений, основными требованиями которых являются снижение энергопотребления в рабочем режиме и при этом сохранение высокой производительности процессора, когда это необходимо. В этом режиме эффективность энергопотребления увеличивается на 20–30%. Профили управления энергопотреблением, оптимизированные для обеспечения максимальной производительности процессора, его эффективности и минимальной силы тока в рабочем режиме, позволяют достигать максимальной рабочей частоты во всем диапазоне напряжений от 1,8 до 3,6 В без снижения скорости работы или функционала устройств.

Благодаря таким возможностям микроконтроллеры LPC1100L и LPC1300L сегодня представляют собой самое энергоэффективное решение и могут применяться в контроллерах освещения, для управления устройствами преобразования энергии, в портативных бытовых устройствах и аксессуарах.

В конце 2010 года компания NXP выпустила **самый миниатюрный в мире 32-разрядный микроконтроллер LPC1102** в ультракомпактном корпусе CSP (Chip-Scale Package) размером 2,17×2,32 мм, толщиной 0,6 мм и шагом 0,5 мм. Этим она подтвердила свои позиции лидера инноваций в области корпусирования микроконтроллеров.

LPC1102 демонстрирует хорошую вычислительную мощность при размерах всего 5 мм<sup>2</sup>, что делает его идеальным решением в тех случаях, когда требуется использование сверхплотных печатных плат. Это самый недорогой 32-разрядный микроконтроллер на рынке.

LPC1102 имеет флеш-память 32 Кбайт и ОЗУ 8 Кбайт, 4-канальный 10-разрядный АЦП, один приемопередатчик UART, один интерфейс SPI, два 32-разрядных и два 16-разрядных таймера, один 24-разрядный системный таймер. Обеспечивает сверхнизкое энергопотребление (не более 130 мА/МГц в активном режиме), имеет встроенный RC-генератор с точностью до ±1% в промышленных диапазонах температур и напряжений.

В конце 2011 года семейство микроконтроллеров ARM Cortex-M0 LPC1100 компании NXP Semiconductors пополнилось **моделями в корпусах SO20, TSSOP20, TSSOP28 и DIP28 с малым числом выводов**. Применение таких корпусов позволит разработчикам различных видов продукции сократить размеры и стоимость готовых систем.

Корпуса SO и DIP допускают ручную пайку, упрощая тем самым изготовление прототипов продукции, и снижают аппаратные требования к программированию и отладке, а корпуса TSSOP позволяют при массовом производстве исключить процесс пайки оплавлением. Эти удобные и надежные корпуса, широко используемые для 8- и 16-разрядных микроконтроллеров, помогают минимизировать количество производственных процессов и одновременно повысить выход продукции, что позволяет еще больше снизить общую стоимость системы. Кроме того, эти корпуса упрощают схему печатной платы и повышают масштабируемость.

МК с малым числом выводов (LPC111x) могут применяться в приложениях, прежде не доступных для типичных 32-разрядных микроконтроллеров из-за размеров корпуса или различных производственных ограничений. Они обеспечивают производительность 50 млн. оп./с.

В 2012 году компания NXP Semiconductors расширила линейку микроконтроллеров серии LPC1100, представив новую серию микросхем **LPC1100LV** на базе ядра Cortex-M0 с низкой энергией потребления и двумя диапазонами напряжения питания – 1,65–1,95 В и 1,65–3,6 В.

Микроконтроллеры LPC1100LV способны выполнять 50 млн. оп./с, при этом они имеют миниатюрный корпус и втрое меньшее энергопотребление, чем у аналогичных устройств с напряжением 3,3 В, низкий потребляемый ток в режиме глубокого сна (1,6 мкА) и мгновенное "пробуждение" (5 мкс). МК LPC1100LV разработаны специально для приложений с батарейным питанием – от мобильных телефонов, планшетных ПК, устройств Ultrabook и мобильных аксессуаров до видеокамер и портативных медицинских электронных приборов. В мобильных системах, например, в смартфоне, большинство компонентов, как правило, находится в режиме сна с очень низким потребляемым током, но при необходимости устройство должно очень быстро пробуждаться и достигать пиковой производительности. Таким требованиям отвечает LPC1100LV – его время пробуждения составляет 5 мкс.

LPC1100LV выпускается в корпусе WL-CSP (Chip-Scale Package) размером 2×2 мм. Кроме того, имеется модель в корпусе типа HVQFN (5×5 мм) с двумя входами питания 1,8 и 3,3 В (для ЦПУ и подсистемы ввода/вывода) и с уникальной функцией сдвига уровней между шинами SSP/SPI (3,3 В) и I<sup>2</sup>C (1,8 В).

Основные технические характеристики LPC1100LV:

- ЦПУ Cortex-M0, частота до 50 МГц;
- потребляемый ток 1,6 мкА в режиме глубокого сна, время пробуждения 5 мкс;
- объем флеш-памяти до 32 Кбайт и СОЗУ – до 8 Кбайт;
- интерфейсы SPI, UART и I<sup>2</sup>C;
- 8-канальный 10-разрядный АЦП;
- два 32-разрядных и два 16-разрядных таймера;
- генератор 12 МГц, точность 1%;
- корпуса WL-CSP25, HVQFN24 и HVQFN33 (имеются BGA).

В феврале 2013 года компания NXP добавила к семейству Cortex-M0 микроконтроллеры с малым энергопотреблением и встроенной памятью **EEPROM (ЭППЗУ) – LPC1100XL**. Этот МК устанавливает новый рекорд для микроконтроллеров ARM Cortex-M0 – ток потребления в активном режиме 110 мкА, а в режиме глубокого сна – менее 2 мкА. Одновременно NXP анонсировала новую серию микроконтроллеров **LPC11E00**, предназначенную для приложений с высокой плотностью монтажа, где необходима энергонезависимая специальная память. Микросхема LPC11E00 расширяет список опций, доступных в контроллерах NXP Cortex-M0: вслед за встроенными интерфейсами USB, CAN сегментных ЖКИ теперь добавилась EEPROM. Значительное уменьшение потребляемой мощности в LPC1100XL достигается благодаря наличию встроенного модуля "профилей питания" – уникальной реализацией управления питанием в реальном времени. Оптимизированные для повышения эффективности и снижения тока потребления центрального процессора профили питания обеспечивают максимальную тактовую частоту во всем диапазоне напряжений питания от 1,8 до 3,6 В без потерь в скорости или функциональности, что делает LPC1100XL идеальным решением для всех приложений, где необходим 8/16-разрядный микроконтроллер с низким энергопотреблением. Встроенная в LPC1100XL флеш-память имеет объем 64 Кбайта. Микроконтроллер LPC11E00 имеет 4 Кбайт встроенной ЭППЗУ, предназначен для приложений с ограниченной площадью печатной платы (медицинские и промышленные измерительные приборы). С его применением можно получить экономию площади на печатной плате до 15 мм<sup>2</sup>, а также сократить количество межсоединений и улучшить защищенность микроконтроллера.

Характеристики и особенности LPC1100XL и LPC11E00:

- тактовая частота до 50 МГц;
- объем флеш-памяти: LPC1100XL – до 64 Кбайт, LPC11E00 – до 32 Кбайт; СОЗУ: LPC1100XL – 8 Кбайт, LPC11E00 – 10 Кбайт;
- 32 векторных прерывания;
- 4 уровня приоритетов;
- до 13 внешних прерываний;
- последовательные интерфейсы: UART (LPC1100XL), USART (LPC11E00), один или два SSP, I<sup>2</sup>C;
- два 16-разрядных и два 32-разрядных таймера с модулями ШИМ, захвата и сравнения;
- внутренний RC-генератор 12 МГц, погрешность не более 1% во всем диапазоне рабочих температур и напряжений питания;
- сброс по включению питания (Power-On-Reset), многоуровневый детектор понижения напряжения питания (Brown-Out-Detect), фазовая автоподстройка частоты (Phase-Locked Loop);
- 8-канальный 10-разрядный АЦП высокой точности с дифференциальной нелинейностью (DNL) ±1 LSB (list significant bit – наименьшее значение напряжения, которое может быть измерено АЦП);
- число входов/выходов общего назначения – до 54 (для LPC11E00) и до 42 (для LPC1100XL).

Все микроконтроллеры NXP Cortex-M программно совместимы, что позволяет реализовать преимущества единого инструментария для разработки. Пользователи могут легко переносить свои проекты с Cortex-M0 на Cortex-M3 и обратно.

## СРЕДСТВА РАЗРАБОТКИ

Семейства микроконтроллеров LPC1100 и LPC1300 поддерживаются большинством существующих партнеров NXP в области средств разработки, такими как Keil, IAR, Hitex, Code Red и др. Для LPC1100 и LPC1300 компания Code Red Technologies разработала платформу Red Suite software development на базе Eclipse. Для поддержки микроконтроллеров LPC1100 и LPC1300 компания NXP предлагает собственную платформу LPCXpresso, которая имеет мощную интегрированную среду разработки (IDE) на базе Eclipse, совершенно новый интуитивно понятный интерфейс компании NXP, а также компилятор и библиотеки, оптимизированные под процессор Cortex-M0. Отладчик LPC-Link предоставляет пользователям все инструменты, необходимые для ускорения разработки продуктов и их вывода на рынок, а платформа LPCXpresso является самым комплексным решением.

*По материалам компании NXP Semiconductors*

