

# РАЗВИТИЕ СЕМЕЙСТВ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ LPC1700, LPC1800, LPC3000, LPC4300 ПОВЫШЕНИЕ БЫСТРОДЕЙСТВИЯ

И.Романова

Компания NXP Semiconductors, один из первых партнеров компании ARM, лицензировавших последнее поколение процессоров Cortex-M4, является единственным поставщиком полупроводниковых компонентов, предлагающим полный спектр микроконтроллеров семейств ARM Cortex-M0, Cortex-M3 и Cortex-M4. Микроконтроллеры NXP на базе этой архитектуры имеют ряд преимуществ перед предыдущими семействами. Они позволили преодолеть очередной барьер увеличения производительности и уменьшения энергопотребления, а благодаря новым технологиям – уменьшить стоимость, что сделало их очень популярными среди разработчиков электроники.

Cortex-M3 является стандартизированным микроконтроллерным ядром и в отличие от ARM7 и ARM9, содержит, помимо ЦПУ, и другие элементы, образующие основу микроконтроллера, такие как система прерываний, системный таймер и отладочная система. Адресное пространство Cortex-M3 разделено на четко распределенные области кода программы, статического ОЗУ, устройства ввода/вывода и системных ресурсов. К тому же, благодаря гарвардской архитектуре, ядро имеет отдельные шины данных и инструкций и трехуровневый конвейер.

## МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ LPC1700

Построены на основе ядра ARM Cortex-M3, работают на тактовой частоте до 100 МГц. Включают в себя флеш-память до 512 Кбайт, ОЗУ до 96 Кбайт, энергонезависимую память (EEPROM) до 4 Кбайт. Большой объем встроенной флеш-памяти и статического ОЗУ позволяет хранить код и данные и быстро их обрабатывать, не прибегая к использованию внешних модулей памяти. Ядро Cortex-M3 (вторая версия), на основе которого выполнены LPC1700, отличается улучшенными энергосберегающими возможностями: в него входит специальный WIC-контроллер ("спящего" режима),

реализующий эффективный вход и выход в/из режимов пониженного энергопотребления.

МК LPC1700 ориентированы на большое число применений, включая счетчики электроэнергии, системы освещения, промышленные сети, системы сигнализации и пожаротушения, бытовую технику и управление двигателями. Благодаря широким возможностям по оптимизации энергопотребления, они также подходят для работы в устройствах с батарейным питанием, к числу которых относятся портативная измерительная техника и беспроводные сенсоры, нуждающиеся в использовании сложных алгоритмов цифровой обработки.

В составе периферии МК этого семейства – интерфейсы Ethernet 10/100 Мбит, USB (в режиме On-The-Go, Host и Device), CAN. Помимо них и двух портов CAN МК серии LPC1700 имеют:

- 12-разрядный АЦП и 10-разрядный ЦАП;
- шину I<sup>2</sup>C с поддержкой режима Fast-Mode Plus (1 Мбит/с), четыре UART, три шины SPI/SSP и две шины I<sup>2</sup>S;
- часы реального времени с потреблением менее 1 мкА;
- модуль защиты памяти (MPU), выделяющий области памяти только для чтения и предохраняющий их от разрушения;

- интерфейс квадратурного энкодера (Quadrature Encoder Interface, QEI) и блок ШИМ для управления двигателями.

Микроконтроллеры семейств LPC1700 поддерживаются такими партнерами NXP в области средств разработки, как Keil (an ARM company), IAR Systems, Hitex Development Tools, Embedded Artists. Компания Code Red Technologies обеспечивает поддержку LPC1700 в своей платформе Red Suite Software Development на базе Eclipse.

Дальнейшее развитие семейства LPC1700 – микроконтроллеры **LPC1769** и **LPC1759** (табл.1) с бесплатной библиотекой DSP, работающие на частоте до 120 МГц. Эти МК имеют высокую производительность и интегрированные функции управления и обработки сигнала. Они стали бюджетным решением для выполнения задач быстрого преобразования Фурье и позволили исключить использование выделенных устройств цифровой обработки сигнала (DSP).

МК LPC1769 и LPC1759 имеют флеш-память 512 Кбайт, СОЗУ 64 Кбайт, интерфейс USB 2.0 с поддержкой режимов Host/On-The-Go/Device, интерфейсы CAN, I<sup>2</sup>C, SPI, UART, шесть (восемь) 12-разрядных АЦП и один 10-разрядный ЦАП. Кроме того, микросхема LPC1769 имеет контроллер 10/100 Ethernet с выделенным контроллером прямого доступа к памяти (DMA) через Ethernet.

### МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ LPC1800

МК на ядре АРМ **Cortex-M3** оптимизированы для работы с низким энергопотреблением на сверхнизких частотах вплоть до 180 МГц с применением флеш-памяти или ОЗУ. Такая

производительность обеспечивает максимальные возможности подключения и использования пропускной способности для широкого ряда ресурсоемких применений. Гибкая двухбанковая флеш-память 256 Кбайт может использоваться для одновременного выполнения операций чтения и записи, что дает возможность сохранить оригинальную копию программного обеспечения и защитить ее от сбоя при перепрограммировании или выступать в качестве одного банка памяти. МК также содержит два инновационных периферийных устройства – гибкий интерфейс quad-SPI, который поддерживает подключение SPI и quad-SPI практически всех производителей, и подсистему таймеров с функцией конфигурирования состояния.

Высокая скорость передачи данных в четырехканальной памяти с интерфейсом SPI (до 80 Мбит/с на один канал) позволяет обрабатывать больше данных и программных кодов, чем в случае использования встроенной памяти. Разработанный NXP технологический 90-нм процесс обеспечивает высокую производительность, большие объемы памяти при низком энергопотреблении и оптимизированное снижение токов утечек в 10–100 раз в режиме ожидания.

Используемая в микроконтроллерах LPC1800 подсистема таймеров с функцией конфигурирования состояния представляет собой блок таймеров, обеспечивающий комплекс функций, включая генерирование формы сигнала для ШИМ, синхронизацию АЦП и контроль запаздывания. Такая подсистема таймеров дает разработчикам встроенных решений больше возможностей при

**Таблица 1.** Микроконтроллеры семейства LPC1700

Тип	Память, Кбайт			Интерфейсы								ЦАП	АЦП	Число вх./ вых.	Частота, МГц
	флеш	ОЗУ	EEPROM	Ethernet	USB	UART	I <sup>2</sup> C	CAN	SPI	SSP	I <sup>2</sup> S				
LPC1751	32	8			1	4	2	1	1	2			6	52	100
LPC1754	128	16			1	4	2	1	1	2		1	6	52	100
LPC1759	512	64			1	4	2	2	1	2		1	6	52	120
LPC1764	128	16		1	1	4	3	2	1	2	1	1	8	70	100
LPC1769	512	64		1	1	4	3	2	1	2	1	1	8	70	120
LPC1776	256	80	4	1	1	5	3	2		3	1	1	8	165	100
LPC1778	512	96	4	1	1	5	3	2		3	1	1	8	165	100
LPC1788	512	96	4	1	1	5	3	2		3	1	1	8	165	100

разработке необходимых управляющих сигналов для многих применений, таких как системы преобразования энергии, освещения и управления двигателем.

Дополнительные периферийные устройства МК LPC1800 включают два контроллера HS USB, встроенный интерфейс HS PHY, контроллер 10/100T Ethernet с аппаратным вычислением контрольных сумм, контроллер цветного LCD-дисплея высокого разрешения и модуль AES-декодирования, включающий два 128-разрядных защищенных модуля OTP-памяти (One-Time-Programmable) для хранения ключей. По запросу доступны версии с AES-шифрованием.

Все МК семейства LPC1800 имеют следующие стандартные характеристики: ПЗУ объемом 32 Кбайт для хранения загрузочного кода и программных драйверов на кристалле, 8-канальный контроллер DMA общего назначения (GPDMA), два 10-разрядных АЦП и один 10-разрядный ЦАП со скоростью преобразования данных 400 тыс. выб./с, интерфейсы частотно-импульсной модуляции для управления двигателем и для импульсного датчика положения (Quadrature Encoder), четыре интерфейса UART, два интерфейса PLUS I<sup>2</sup>C с высокоскоростным режимом работы, интерфейс I<sup>2</sup>S, два интерфейса SSP/SPI, интерфейс смарт-карт, четыре таймера, контрольный таймер с обращением к памяти, сигнальный таймер, RTC со сверхнизким энергопотреблением, имеющий 256 байт резервных регистров с питанием от батареи и до 80 контактов ввода/вывода общего назначения. Выпускаются в корпусах LQFP с 144 и 208 выводами и в корпусах BGA со 100, 180 и 256 выводами. Диапазон рабочих температур от -40 до 85°C.

### МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ LPC3000

Построены на базе ядра ARM926EJ-S, включают в себя ОЗУ до 256 Кбайт, таймеры, Ethernet, USB, UART, I<sup>2</sup>C, SPI, SSP, I<sup>2</sup>S, АЦП, SD/MMC и шину внешней памяти (табл.2).

В семейство МК LPC3000 входят микросхемы **LPC314x** и **LPC315x**, они имеют блок дешифрирования AES и защищенную память однократного программирования OTP. LPC314x работают на частоте до 270 МГц, LPC315x – на частоте до 180 МГц. Последние имеют дополнительно стереоаудиокодек, внутренний источник питания и блок контроля зарядки батареи.

Микросхемы **LPC314x** содержат два устройства: LPC3141 и LPC3143. LPC314x разработаны с использованием 90-нм процесса производства,

имеют 16 Кбайт кэш данных, 16 Кбайт кэш команд и 192 Кбайт СОЗУ, а также 8/16-разрядный интерфейс внешней шины СОЗУ и ДОЗУ, интерфейс карты памяти для поддержки периферийных устройств SDHC, MMC/SDIO и CE-ATA. Поддерживаются последовательные интерфейсы SPI/SSI, I<sup>2</sup>C, I<sup>2</sup>S, UART, PWM и PCM (Pulse Code Modulation). Набор функций включает 10-разрядный АЦП, таймеры общего назначения, WDT и несколько GPIO. Для применений, требующих визуального взаимодействия, в LPC314x предусмотрен встроенный интерфейс LCD.

Микросхемы **LPC315x** содержат два устройства: LPC3152 и LPC3154. LPC3152 добавляет к функциям LPC3141 стереоаудиокодек с усилителем класса АВ, внутренний источник питания (Power Supply Unit – PSU) и блок управления зарядки Li-Ion батарей, что позволяет разработчикам минимизировать расход энергии без ущерба производительности и стоимости. Блок PSU обеспечивает работу системы непосредственно от батареи или от источника питания USB, что дает возможность оптимизировать напряжение питания для использования в остальных частях системы. Встроенное зарядное устройство позволяет заряжать Li-Ion батарею от источника питания, подключенного с помощью USB или через адаптер AC. Зарядное устройство также контролирует напряжение питания батареи, ее температуру, ток зарядки и температуру чипа. Гибкий блок управления тактированием Clock Generation Unit (CGU) обеспечивает динамическое разделение и масштабирование сигналов тактирования в целях дальнейшей оптимизации системы для работы с пониженным энергопотреблением. Микросхема LPC3154 дополняет функции LPC3152 128-разрядным блоком дешифрирования AES, обеспечивая возможность защищенной загрузки с NAND-флеш, SPI-флеш, SD/MMC, eMMC/eSD и устройств, управляемых NAND.

В линейке микроконтроллеров серии LPC3000 компания NXP предлагает МК **LPC3180**, выполненный по 90-нм технологии на основе ядра ARM9. Особенности LPC3180: максимальная частота – 208 МГц, СОЗУ – до 64 Кбайт, высокоэффективная многоуровневая шина передачи данных АНВ; семь модулей UART; интерфейсы – два SPI, два I<sup>2</sup>C, I<sup>2</sup>S с поддержкой DMA, SD; 10-разрядный трехканальный АЦП; два модуля генерации ШИМ для управления трехфазным двигателем; модуль часов реального времени. Напряжение питания ЦП – 1,2 В; напряжение питания вх./вых. – 3,3 В. МК выпускаются в корпусе LFBGA320.

Таблица 2. Микроконтроллеры семейства LPC3000

Тип	Память, Кбайт			Интерфейсы						АЦП	Число вх./ вых.	Частота, МГц
	ОЗУ	Кэш инструк.	Кэш дан- ных	Ethernet	USB	UART	I <sup>2</sup> C	SPI	I <sup>2</sup> S			
LPC3180	64	32	32		1	7	2	2		3	55	260/208
LPC3130	96	16	16		1	1	2	1	2	4	55	180
LPC3141	192	16	16		1	1	2	1	2	4	97	270
LPC3151	192	16	16		1	1	2	1	2	4	97	180
LPC3153	192	16	16	1	1	1	2	1	2	4	97	180
LPC3154	192	16	16	1	1	1	2	1	1	3	157	180

### МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ LPC4300

Цифровой сигнальный контроллер (DSC) LPC4300 на ядре ARM Cortex-M4 с сопроцессором Cortex-M0 работает с тактовой частотой 204 МГц. Это отличный выбор для заказчиков, которым требуется высокопроизводительный микроконтроллер с возможностями цифрового сигнального процессора.

Благодаря высокой тактовой частоте серия LPC4300 идеально подходит для широкого круга применений, таких как встраиваемые радиомодули, приложения высшего класса для управления двигателями, промышленная автоматизация, кассовые терминалы, медицинские приборы и автомобильные аксессуары.

LPC4300 имеет уникальную асимметричную двухъядерную архитектуру с двумя процессорами ARM: ядро Cortex-M4 оптимизировано для обработки данных в режиме реального времени, а ядро Cortex-M0 – для управления в режиме реального времени. Дополнительному ядру Cortex-M0 с небольшим количеством транзисторов переданы многие из функций управления и обработки операций ввода/вывода, которые занимали полосу пропускания ядра Cortex-M4. Оба ядра работают на частотах до 204 МГц.

В состав LPC4300 входят уникальные конфигурируемые периферийные устройства:

- подсистема таймера с конфигурируемыми состояниями (State Configurable Timer), которая предоставляет расширенные возможности разработчикам при настройке операций по времени и при управлении конечным автоматом, включая сложные функции управления двигателем;
- четырехканальный интерфейс SPI-флеш, увеличивающий объем памяти для кода и данных

благодаря недорогой SPI флеш-памяти данных с небольшим количеством выводов;

- интерфейс Serial GPIO, способный эмулировать стандартные интерфейсы, например, несколько I<sup>2</sup>S для подключения 7.1 канального аудио.

Для отладки двухъядерного МК предлагаются лучшие инструментальные средства разработки ARM, включая IAR Systems, Keil, а также интегрированная среда разработки NXP LPCXpresso на базе Eclipse. МК LPC4300 выпускаются в корпусах TFBGA100, LQFP144, LQFP100, LQFP208 и BGA180.

LPC4300 – это единственное семейство микроконтроллеров на базе ядра Cortex-M4, обеспечивающее совместимость по контактам с контроллерами на базе ядра Cortex-M3, что позволяет разработчикам создавать системы на базе микроконтроллеров (M3) или DSC (M4), не меняя разводки платы.

По материалам сайта [www.nxp.com](http://www.nxp.com)