

**Редькин, Павел Павлович.**

P33 32-битные микроконтроллеры NXP с ядром CORTEX-M3 семейства LPC17XX. Полное руководство / П. П. Редькин. — 2-е изд., эл. — 1 файл pdf : 768 с. — Москва : ДМК Пресс, Додэка-XXI, 2023. — (Программируемые системы). — Систем. требования: Adobe Reader XI либо Adobe Digital Editions 4.5 ; экран 10". — Текст : электронный.

ISBN 978-5-89818-434-6

В книге содержится подробная справочная информация по МК семейства LPC17XX, рекомендации производителя по программированию и применению отдельных узлов МК, информация по существующим аппаратным и программным инструментальным средствам разработки-отладки-программирования приложений для LPC17XX: программным пакетам IDE IAR EWARM от фирмы IAR, IDE MDK от фирмы Keil Software, а также отладочным платам и аппаратным отладчикам-программаторам от IAR и Keil, приведены описания примеров приложений для МК LPC17XX. Все эти приложения были протестированы автором.

Важной особенностью книги является то, что она не только содержит сведения справочного характера, но и охватывает все этапы проектирования приложений на основе МК LPC17XX, что позволяет в короткие сроки овладеть навыками работы с этими устройствами даже начинающим разработчикам.

На сайте издательства выложены бесплатные демоверсии описанного в ней инструментального программного обеспечения, исходные коды свободно распространяемых примеров проектов для LPC17XX, оригинальную справочную информацию производителя и другие информационные и справочные материалы.

Книга предназначена для специалистов в области разработки электронной аппаратуры, студентов технических вузов и других лиц, интересующихся электроникой. Необходимый уровень подготовки читателей предполагает знание основ цифровой и аналоговой схемотехники, а также основ программирования на языке C.

УДК 004.31(035.3)

ББК 32.973-04я81

**Электронное издание на основе печатного издания:** 32-битные микроконтроллеры NXP с ядром CORTEX-M3 семейства LPC17XX. Полное руководство / П. П. Редькин. — Москва : ДМК Пресс, Додэка-XXI, 2015. — 766 с. — (Программируемые системы). — ISBN 978-5-97060-306-2. — Текст : непосредственный.

Все права защищены. Любая часть этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами без письменного разрешения владельцев авторских прав.

Материал, изложенный в данной книге, многократно проверен. Но поскольку вероятность технических ошибок все равно существует, издательство не может гарантировать абсолютную точность и правильность приводимых сведений. В связи с этим издательство не несет ответственности за возможные ошибки, связанные с использованием книги.

В соответствии со ст. 1299 и 1301 ГК РФ при устранении ограничений, установленных техническими средствами защиты авторских прав, правообладатель вправе требовать от нарушителя возмещения убытков или выплаты компенсации.

ISBN 978-5-89818-434-6

© Издательский дом «Додэка-XXI

© Издание, ДМК Пресс, 2015

# СОДЕРЖАНИЕ

<b>Предисловие автора .....</b>	<b>1</b>
<b>Глава 1. Общее описание LPC17xx.....</b>	<b>3</b>
1.1. Номенклатура и типовые характеристики .....	3
1.2. Архитектура и программная модель процессорного ядра Cortex-M3 микроконтроллера LPC17xx.....	8
1.3. Встроенная флэш-память и RAM .....	9
1.4. Карта памяти и адресация периферии .....	9
1.5. Исключение отказа шины .....	14
<b>Глава 2. Процессор ARM Cortex-M3 .....</b>	<b>15</b>
2.1. Классификация .....	15
2.2. Сравнение процессоров ARM7TDMI-S и Cortex-M3 .....	17
2.3. Особенности архитектуры Cortex-M3 .....	17
2.4. Энергопотребление процессора Cortex-M3 .....	29
<b>Глава 3. Управление системой .....</b>	<b>31</b>
3.1. Общее описание .....	31
3.2. Пользовательский интерфейс .....	31
3.3. Сброс.....	32
3.4. Обнаружение кратковременных провалов напряжения питания .....	34
3.5. Входы внешних прерываний.....	34
3.6. Прочие функции управления системой и флаги состояния .....	38
<b>Глава 4. Управление тактовыми сигналами и питанием.....</b>	<b>40</b>
4.1. Общее описание .....	40
4.2. Генераторы.....	40
4.3. Пользовательский интерфейс .....	43
4.4. Мультиплексор выбора источника тактового сигнала .....	45
4.5. Модуль PLL0 .....	45
4.6. Модуль PLL1 .....	56
4.7. Делители тактовой частоты .....	62

4.8. Управление питанием .....	66
4.9. Таймер «пробуждения» .....	71
4.10. Выход тактовой частоты.....	73
<b>Глава 5. Акселератор флэш-памяти .....</b>	<b>75</b>
5.1. Общее описание .....	75
5.2. Аппаратное построение флэш-акселератора .....	77
5.3. Конфигурирование флэш-акселератора .....	77
<b>Глава 6. Контроллер векторных вложенных прерываний (NVIC) .....</b>	<b>79</b>
6.1. Общее описание .....	79
6.2. Источники прерываний.....	79
6.3. Преобразование таблицы векторов прерываний .....	82
6.4. Пользовательский интерфейс .....	82
<b>Глава 7. Типы корпусов и конфигурация выводов.....</b>	<b>92</b>
7.1. Типы корпусов.....	92
7.2. Конфигурация выводов .....	92
<b>Глава 8. Блок коммутации выводов .....</b>	<b>107</b>
8.1. Общее описание .....	107
8.2. Регистр выбора функции вывода .....	107
8.3. Регистр выбора режима работы вывода .....	108
8.4. Пользовательский интерфейс .....	109
<b>Глава 9. Блок ввода/вывода общего назначения (GPIO) .....</b>	<b>126</b>
9.1. Общее описание .....	126
9.2. Прерывания от цифровых портов ввода/вывода .....	127
9.3. Пользовательский интерфейс .....	127
9.4. Примеры использования GPIO .....	146
9.5. Особенности записи данных в порты GPIO .....	147
9.6. Базовая конфигурация.....	147
<b>Глава 10. Модуль Ethernet MAC.....</b>	<b>148</b>
10.1. Общее описание .....	148
10.2. Основные особенности модуля Ethernet.....	150
10.3. Архитектура и операции модуля Ethernet .....	151
10.4. Функции механизма DMA.....	152
10.5. Краткий обзор операций DMA.....	152
10.6. Пакет Ethernet.....	153
10.7. Особенности работы.....	154

10.8. Описание выводов.....	155
10.9. Пользовательский интерфейс.....	155
10.10. Форматы дескриптора и элемента состояния.....	182
10.11. Функциональное описание модуля Ethernet .....	188
10.12. Прерывания от модуля Ethernet.....	189
10.13. Пропускная способность шины АНВ.....	217
10.14. Методика вычисления CRC.....	219
10.15. Базовая конфигурация .....	220

## Глава 11. Контроллер USB-устройства.....221

11.1. Общее описание.....	221
11.2. Основные особенности контроллера USB-устройства.....	222
11.3. Конфигурация фиксированных конечных точек .....	223
11.4. Архитектура и состав контроллера USB-устройства.....	224
11.5. Краткий обзор операций .....	225
11.6. Описание выводов.....	226
11.7. Управление синхронизацией и питанием.....	226
11.8. Пользовательский интерфейс.....	228
11.9. Обработка прерываний .....	253
11.10. Описание команд механизма последовательного интерфейса (SIE).....	255
11.11. Инициализация контроллера USB-устройства .....	267
11.12. Операции режима Slave.....	268
11.13. Операции DMA.....	269
11.14. Операции конечных точек с двойной буферизацией .....	279
11.15. Базовая конфигурация .....	281

## Глава 12. Контроллер USB-хоста .....282

12.1. Общее описание .....	282
12.2. Архитектура .....	282
12.3. Описание выводов.....	283
12.4. Пользовательский интерфейс .....	283
12.5. Базовая конфигурация.....	286

## Глава 13. Контроллер USB-OTG.....287

13.1. Общее описание .....	287
13.2. Архитектура.....	287
13.3. Режимы работы.....	288
13.4. Описание выводов.....	289
13.5. Пользовательский интерфейс .....	290
13.6. Обработка прерываний .....	301
13.7. Поддержка HNP.....	301
13.8. Управление питанием и синхронизацией .....	309
13.9. Инициализация контроллера USB-OTG.....	311
13.10. Базовая конфигурация .....	312

<b>Глава 14. Модули UART0/2/3.....</b>	<b>313</b>
14.1. Общее описание .....	313
14.2. Описание выводов.....	313
14.3. Пользовательский интерфейс .....	313
14.4. Архитектура UART0/2/3.....	334
14.5. Базовая конфигурация.....	336
 <b>Глава 15. Модуль UART1 .....</b>	 <b>337</b>
15.1. Общее описание .....	337
15.2. Описание выводов.....	337
15.3. Пользовательский интерфейс .....	337
15.4. Архитектура UART1 .....	338
 <b>Глава 16. Контроллеры CAN1/2 .....</b>	 <b>340</b>
16.1. Общее описание .....	340
16.2. Описание выводов.....	342
16.3. Архитектура.....	342
16.4. Самотестирование CAN-контроллера.....	345
16.5. Карта памяти модуля CAN.....	346
16.6. Пользовательский интерфейс .....	346
16.7. Операции CAN-контроллера.....	374
16.8. Центральные регистры CAN .....	376
16.9. Глобальный приемный фильтр .....	378
16.10. Примеры таблиц приемного фильтра и значений индексов ID .....	395
16.11. Программирование Lookup-таблицы ID.....	399
16.12. Базовая конфигурация .....	400
 <b>Глава 17. Модуль SPI .....</b>	 <b>401</b>
17.1. Общее описание.....	401
17.2. Описание выводов .....	401
17.3. Архитектура .....	402
17.4. Передача данных через SPI.....	403
17.5. Операции ведущего .....	405
17.6. Операции ведомого.....	406
17.7. Исключения, связанные с SPI.....	406
17.8. Пользовательский интерфейс.....	407
17.9. Базовая конфигурация .....	408
 <b>Глава 18. Интерфейсы SSP0/1 .....</b>	 <b>409</b>
18.1. Общее описание .....	409
18.2. Описание выводов.....	409
18.3. Пользовательский интерфейс .....	410
18.4. Базовая конфигурация.....	411

<b>Глава 19. Интерфейсы I<sup>2</sup>C0/1/2.....</b>	<b>412</b>
19.1. Общее описание.....	412
19.2. Описание выводов.....	413
19.3. Архитектура и функционирование.....	414
19.4. Пользовательский интерфейс.....	417
19.5. Базовая конфигурация.....	420
<b>Глава 20. Интерфейс I<sup>2</sup>S.....</b>	<b>421</b>
20.1. Общее описание.....	421
20.2. Особенности функционирования.....	421
20.3. Описание сигналов.....	423
20.4. Пользовательский интерфейс.....	423
20.5. Приемный и передающий интерфейсы I <sup>2</sup> S.....	433
20.6. Операционные режимы I <sup>2</sup> S.....	434
20.7. Контроллер FIFO-буферов.....	439
20.8. Базовая конфигурация.....	439
<b>Глава 21. Универсальные таймеры/счетчики 0/1/2/3.....</b>	<b>441</b>
21.1. Общее описание.....	441
21.2. Описание сигналов.....	442
21.3. Пользовательский интерфейс.....	442
21.4. Примеры операций таймера/счетчика.....	450
21.5. Операции DMA.....	451
21.6. Архитектура.....	451
21.7. Базовая конфигурация.....	451
<b>Глава 22. Таймер периодических прерываний (RIT).....</b>	<b>453</b>
22.1. Общее описание.....	453
22.2. Пользовательский интерфейс.....	453
22.3. Архитектура и операции RIT.....	455
<b>Глава 23. Системный таймер SysTick.....</b>	<b>457</b>
23.1. Общее описание.....	457
23.2. Архитектура и операции SysTick.....	457
23.3. Пользовательский интерфейс.....	458
23.4. Конфигурирование SysTick.....	460
23.5. Базовая конфигурация.....	461
<b>Глава 24. Широтно-импульсный модулятор (PWM).....</b>	<b>462</b>
24.1. Общее описание.....	462
24.2. Архитектура и операции.....	463
24.3. Описание сигналов.....	466

24.4. Пользовательский интерфейс .....	466
24.5. Базовая конфигурация.....	476

## Глава 25. Модуль ШИМ для управления двигателями (MCPWM) ..... 477

25.1. Общее описание .....	477
25.2. Архитектура .....	477
25.3. Описание сигналов.....	479
25.4. Пользовательский интерфейс .....	479
25.5. Операции MCPWM.....	493
25.6. Базовая конфигурация.....	499

## Глава 26. Интерфейс квадратурного энкодера (QEI) ..... 500

26.1. Общее описание .....	500
26.2. Описание сигналов.....	502
26.3. Захват значения положения .....	503
26.4. Захват значения скорости вращения .....	504
26.5. Сравнение значения скорости вращения.....	505
26.6. Пользовательский интерфейс .....	505
26.7. Базовая конфигурация .....	510

## Глава 27. Часы реального времени (RTC) с резервными регистрами..... 511

27.1. Общее описание.....	511
27.2. Описание сигналов .....	512
27.3. Пользовательский интерфейс.....	514
27.4. Прерывания от RTC .....	514
27.5. Группа регистров различного назначения .....	514
27.6. Регистры консолидированного времени .....	518
27.7. Регистры счетчиков времени .....	520
27.8. Определение високосного года .....	521
27.9. Калибровка модуля RTC .....	521
27.10. Регистры общего назначения .....	522
27.11. Группа сигнальных регистров .....	522
27.12. Замечания по использованию модуля RTC .....	523
27.13. Базовая конфигурация .....	523

## Глава 28. Сторожевой таймер (WDT)..... 524

28.1. Общее описание .....	524
28.2. Пользовательский интерфейс .....	526

## **Глава 29. Аналого-цифровой преобразователь (ADC).....530**

29.1. Общее описание .....	530
29.2. Описание сигналов.....	531
29.3. Пользовательский интерфейс .....	532
29.4. Операции модуля ADC .....	539
29.5. Базовая конфигурация.....	540

## **Глава 30. Цифро-аналоговый преобразователь (DAC) .....541**

30.1. Общее описание .....	541
30.2. Описание сигналов.....	541
30.3. Пользовательский интерфейс .....	541
30.4. Операции DAC .....	543
30.5. Базовая конфигурация.....	544

## **Глава 31. Контроллер DMA общего назначения (GPDMA) .....545**

31.1. Общее описание.....	545
31.2. Архитектура и функционирование.....	546
31.3. Пользовательский интерфейс.....	550
31.4. Функционирование контроллера DMA .....	564
31.5. Базовая конфигурация.....	570

## **Глава 32. Инструментальные средства разработки от компании Keil.....572**

32.1. Аппаратные инструментальные средства .....	572
32.2. Программные инструментальные средства .....	577

## **Глава 33. Примеры пользовательских проектов от Keil .....625**

33.1. Пример использования SysTick, ADC, UART — проект Blinky.....	625
33.2. Пример использования LCD — проект LCD_Blinky .....	630
33.3. Проект RTX_Blinky.....	631
33.4. Пример использования внешнего прерывания INT — проект Exti.....	632
33.5. Пример использования ADC, CAN — проект CAN.....	632
33.6. Пример использования Ethernet MAC — проект EasyWEB .....	634
33.7. Пример использования USB HID-устройства — проект USBHID.....	635
33.8. Пример использования USB-устройства памяти — проект USBMem.....	637

## **Глава 34. Инструментальные средства разработки от компании IAR.....639**

34.1. Аппаратные инструментальные средства .....	639
34.2. Программные инструментальные средства.....	643



<b>Глава 35. Инструментальные средства разработки от компании NXP .....</b>	<b>689</b>
35.1. Общее описание .....	689
35.2. Аппаратные инструментальные средства .....	690
35.3. Программные инструментальные средства .....	691
<b>Приложение 1. Предельно допустимые параметры МК.....</b>	<b>741</b>
<b>Приложение 2. Статические характеристики МК .....</b>	<b>743</b>
<b>Приложение 3. Статические характеристики МК .....</b>	<b>747</b>
<b>Приложение 4. Характеристики энергопотребления встроенной периферии МК .....</b>	<b>751</b>
<b>Приложение 5. Чертежи корпусов .....</b>	<b>753</b>
<b>Список литературы.....</b>	<b>756</b>
<b>Структура диска.....</b>	<b>757</b>