



**Мартин Т.**

**Микроконтроллеры ARM7. Семейство LPC2000 компании Philips. Вводный курс/Пер. с англ. — М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2006. — 240 с.: илл. + CD. — (Серия «Мировая электроника»).**

ISBN 5-94120-104-4

Семейство микроконтроллеров LPC2000 компании Philips — первый представитель нового поколения микроконтроллеров, построенных на базе 16/32-битного RISC-процессора ARM7 TDMI.

Эта книга — введение в архитектуру процессора ARM7 TDMI и микроконтроллеров семейства

LPC2000. Она основана на материалах однодневных семинаров, которые проводятся для профессиональных инженеров, заинтересованных в быстром изучении микроконтроллеров семейства LPC2000. В ней рассматриваются следующие вопросы: введение в процессор ARM7, средства разработки программного обеспечения, системная архитектура LPC2000, периферийные устройства LPC2000. Кроме того, в книгу включено полное учебное пособие, где на практических примерах закрепляются вопросы, изложенные в основном тексте. Изучая теоретический материал и выполняя сопутствующие упражнения, вы быстро освоите процессор ARM7 и микроконтроллеры семейства LPC2000.

На компакт-диске, прилагающемся к книге, имеются ознакомительные версии популярной интегральной среды разработки  $\mu$ VISION и компилятора Си от компании Keil Elektronik, а также исходный код для всех упражнений как в версии для компилятора Keil, так и в версии для компилятора GCC. На диске также содержатся руководства пользователя по ядру ARM7, микроконтроллерам семейства LPC2000, различные спецификации и другие материалы.

Предназначена для разработчиков радиоэлектронной аппаратуры, инженеров, студентов технических вузов и радиолюбителей.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	11
<b>Глава 1. Процессорное ядро ARM7 .....</b>	<b>13</b>
Основные положения.....	13
Конвейер .....	13
Регистры.....	14
Регистр текущего состояния программы.....	16
Режимы обработки исключительных ситуаций.....	18
Набор команд ARM7 .....	21

Команды ветвления .....	23
Команды обработки данных .....	24
Команда обмена .....	26
Изменение регистров состояния .....	27
Программное прерывание .....	28
Модуль MAC .....	28
Набор команд THUMB .....	29
Резюме .....	32
 <b>Глава 2. Разработка программного обеспечения.....</b>	<b>33</b>
Основные положения.....	33
Какой из компиляторов? .....	33
ИСП $\mu$ VISION .....	35
Учебное пособие.....	35
Стартовый код .....	36
Взаимодействие кода ARM и THUMB .....	38
Библиотека STDIO .....	41
Организация доступа к периферийным устройствам.....	42
Подпрограммы обработки прерываний .....	42
Программное прерывание .....	44
Размещение кода в ОЗУ .....	45
Встраиваемые функции .....	46
Поддержка операционных систем.....	47
Размещение объектов по фиксированным адресам.....	47
Встроенный ассемблер .....	47
Аппаратные средства отладки .....	47
Важное замечание! .....	49
Еще более важное замечание! .....	49
Резюме.....	50
 <b>Глава 3. Системные периферийные устройства.....</b>	<b>51</b>
Основные положения.....	51
Внутренние шины .....	51
Организация памяти .....	52
Программирование регистров .....	54
Модуль ускорения работы памяти .....	55
Пример конфигурирования модуля MAM .....	58
Программирование FLASH-памяти .....	59
Управление картой распределения памяти.....	60
Загрузчик .....	60
Внутрисхемное программирование (ISP) .....	62
Внутрипрограммное программирование (IAP) .....	63
Интерфейс внешней шины .....	64

Интерфейс внешней памяти .....	65
Использование интерфейса внешней шины .....	68
Загрузка из ПЗУ .....	70
Схема ФАПЧ .....	71
Делитель шины VPB.....	73
Управление электропитанием.....	75
Система прерываний LPC2000 .....	77
Блок управления выводами .....	77
Выводы внешних прерываний .....	78
Структура прерываний .....	78
Прерывание FIQ .....	79
Выход из прерывания FIQ .....	80
Векторные прерывания IRQ .....	81
Выход из прерывания IRQ.....	84
Невекторные прерывания .....	85
Выход из невекторного прерывания IRQ.....	86
Вложенные прерывания.....	88
Резюме.....	90
 <b>Глава 4. Периферийные устройства общего назначения.....</b>	<b>91</b>
Основные положения.....	91
Порты ввода/вывода общего назначения .....	91
Таймеры общего назначения .....	92
Модуль ШИМ.....	96
Часы реального времени .....	100
Сторожевой таймер.....	104
Универсальный асинхронный приемопередатчик.....	105
Интерфейс I2C.....	111
Интерфейс SPI .....	117
Аналого-цифровой преобразователь.....	119
Цифро-аналоговый преобразователь .....	123
Контроллер интерфейса CAN .....	123
Семиуровневая модель ISO .....	124
Структура узла сети CAN .....	125
Объекты сообщений CAN .....	126
Арбитраж на шине CAN .....	128
Тактовая синхронизация.....	129
Передача сообщений CAN .....	131
Ограничение распространения ошибок .....	133
Прием сообщений CAN .....	138
Фильтрация сообщений .....	139
Полноскоростной интерфейс USB 2.0 .....	143
Введение в USB .....	143

Физическая организация шины USB .....	144
Логическая организация шины USB .....	146
Скорость передачи данных .....	147
Каналы шины USB .....	147
Распределение полосы пропускания шины .....	150
Транзакции на шине USB .....	150
Ограничение распространения ошибок .....	152
Конфигурация устройства .....	152
Дескриптор устройства .....	153
Дескриптор конфигурации .....	154
Дескриптор интерфейса .....	155
Дескриптор конечной точки .....	155
Нумерация .....	156
Резюме .....	170

## **Глава 5. Учебное пособие по средствам разработки компании Keil171**

Установка .....	171
Использование ИСР $\mu$ VISION компании Keil .....	172
Упражнение 1. Использование пакета программ компании Keil .....	173
Использование программы отладки .....	181
Использование аппаратного JTAG-отладчика ULINK .....	185
Установка отладчика ULINK .....	185
Упражнение 2. Стартовый код .....	188
Упражнение 3. Использование кода THUMB .....	189
Упражнение 4. Использование библиотек STDIO .....	191
Упражнение 5. Простое прерывание .....	192
Упражнение 6. Программное прерывание .....	194
Упражнение 7. Модуль MAM .....	196
Упражнение 8. Внутрипрограммное программирование .....	198
Упражнение 9. Интерфейс внешней шины .....	199
Упражнение 10. Схема ФАПЧ .....	203
Упражнение 11. Быстрое прерывание .....	204
Упражнение 12. Векторное прерывание .....	204
Упражнение 13. Невекторное прерывание .....	206
Упражнение 14. Вложенные прерывания .....	207
Упражнение 15. Порты ввода/вывода общего назначения .....	208
Упражнение 16. Функция захвата (capture) .....	208
Упражнение 17. Функция совпадения (match) .....	209
Упражнение 18. Генерация симметричного ШИМ-сигнала .....	212
Упражнение 19. Часы реального времени .....	214
Упражнение 20. UART .....	215
Упражнение 21. Интерфейс I2C .....	215
Упражнение 22. Интерфейс SPI .....	217

Упражнение 23. Аналого-цифровой преобразователь.....	217
Упражнение 24. Цифро-аналоговый преобразователь .....	218
Упражнение 25. Передача данных по интерфейсу CAN .....	218
Упражнение 26. Прием данных по интерфейсу CAN.....	219
 <b>Глава 6. Учебное пособие по средствам разработки GNU .....</b>	<b>221</b>
Основные положения.....	221
Стартовый код GCC.....	221
Взаимодействие кода ARM/THUMB .....	221
Организация доступа к периферийным устройствам.....	222
Подпрограммы обработки прерываний .....	222
Программное прерывание .....	222
Встраиваемые функции .....	223
Упражнение 1. Использование инструментальных средств компании Keil совместно с компилятором GNU .....	223
Упражнение 2. Стартовый код.....	229
Упражнение 3. Использование кода THUMB .....	230
Упражнение 4. Использование библиотек GNU .....	233
Упражнение 5. Простое прерывание .....	233
Упражнение 6. Программное прерывание .....	235
 <b>Приложение.....</b>	<b>237</b>
Список литературы .....	237
Ссылки .....	237
Инструментальные средства и ПО .....	237
Оценочные платы и модули .....	237
Материалы, размещенные на компакт-диске .....	238