

УДК 621.316.544.1(035.5)

ББК 32.844.1-04я2

М29

Мартин Т.

М29 Микроконтроллеры ARM7. Семейство LPC2000 компании Philips. Вводный курс / Пер. с англ. — М.: ДМК Пресс, 2017. — 240 с. : ил. — (Серия «Мировая электроника»).

ISBN 978-5-97060-444-1

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 сайте издательства www.dmkpress.com имеются ознакомительные версии популярной интегральной среды разработки μ 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. Кроме того там 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.

УДК 621.316.544.1(035.5)

ББК 32.844.1-04я2

Все права защищены. Никакая часть этого издания не может быть воспроизведена в любой форме или любыми средствами, электронными или механическими, включая фотографирование, ксерокопирование или иные средства копирования или сохранения информации, без письменного разрешения издательства.

ISBN 978-0-95499-881-3 (англ.)

ISBN 9785-94120-104-4 (Додэка)

ISBN 9785-97060-444-1 (ДМК Пресс)

© Hitex (UK) Ltd.

© Издательский дом «Додэка-XXI»

© Издание, ДМК Пресс, 2017

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|-----------|
| Введение | 11 |
| Глава 1. Процессорное ядро ARM7 | 13 |
| 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 |
| Глава 2. Разработка программного обеспечения | 33 |
| Основные положения | 33 |
| Какой из компиляторов? | 33 |
| ИСП μ 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 |

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|-----------|
| 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 |
| Глава 3. Системные периферийные устройства | 51 |
| 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 |
| Глава 4. Периферийные устройства общего назначения. | 91 |
| 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 передатчик | 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 Keil | 171 |
| Установка | 171 |
| Использование ИСП μ 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 |

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|------------|
| Упражнение 5. Простое прерывание | 192 |
| Упражнение 6. Программное прерывание | 194 |
| Упражнение 7. Модуль МАР | 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 |
| Глава 6. Учебное пособие по средствам разработки GNU | 221 |
| 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 |
| Приложение | 237 |
| Список литературы | 237 |
| Ссылки | 237 |
| Инструментальные средства и ПО | 237 |
| Оценочные платы и модули | 237 |
| Материалы, размещенные на сайте издательства | 238 |