

**УДК 621.3.049.77**

**ББК 32.852**

**П71**

**Предко М.**

**П71** РИС-микроконтроллеры: архитектура и программирование  
Пер. с англ. – М.: ДМК Пресс, 2016. – 512 с.: ил.

**ISBN 978-5-97060-222-5**

Книга посвящена РИС-микроконтроллерам – одному из самых популярных семейств современных микроконтроллеров. В справочнике имеются все необходимые сведения, аппаратные и программные решения. По широте охвата и объему рассматриваемого материала книга претендует на статус малой энциклопедии. Здесь представлены классификация и архитектура различных подсемейств РИС-контроллеров, сравнительные характеристики типов, разводка выводов, системы команд, подробная спецификация управляющих регистров. Рассказывается о принципах работы основных узлов, приведены таблицы временных и электрических характеристик, алгоритмы программирования. Дано описание языков программирования и средств разработки приложений.

Издание предназначено для широкого круга читателей – от начинающих радиолюбителей до специалистов, работа которых связана с использованием РИС-микроконтроллеров.

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.

ISBN 978-0-07136-175-0 (англ.)

ISBN 978-5-97060-222-5 (рус.)

© McGraw-Hill Companies, Inc.

© Перевод на русский язык,  
оформление. ДМК Пресс

# СОДЕРЖАНИЕ

<b>Глава 1</b>	
Принятые обозначения и сокращения .....	13
<b>Глава 2</b>	
Основные характеристики микроконтроллеров PICmicro® .....	15
<b>Глава 3</b>	
Корпуса PIC-микроконтроллеров и назначение выводов .....	19
Микроконтроллеры младшего подсемейства .....	20
Микроконтроллеры среднего подсемейства .....	22
Микроконтроллеры PIC 17Схх .....	25
Микроконтроллеры PIC 18Схх .....	26
<b>Глава 4</b>	
Система команд микроконтроллеров PICmicro® .....	37
Параметры .....	38
Системы команд PIC-микроконтроллеров младшего и среднего подсемейств .....	38
Система команд микроконтроллеров подсемейства PIC 17Схх ....	46
Система команд микроконтроллеров подсемейства PIC 18Схх ....	56
Мнемоника специальных команд .....	69
Ассемблер фирмы Parallax Inc. для PIC-микроконтроллеров .....	72
<b>Глава 5</b>	
Архитектура процессора микроконтроллеров PICmicro® .....	79
Арифметико-логическое устройство PIC-микроконтроллеров .....	80
Микроконтроллеры PICmicro® младшего подсемейства .....	80
Доступ к регистрам .....	83
Регистр состояния .....	84
Счетчик команд .....	84
Микроконтроллеры среднего подсемейства .....	86

Доступ к регистрам .....	87
Регистр состояния .....	88
Счетчик команд .....	88
Управление прерываниями .....	88
Основные компоненты программы обработки прерываний .....	90
<b>Микроконтроллеры PIC 17Cxx .....</b>	<b>90</b>
Доступ к регистрам .....	92
Регистр состояния .....	93
Счетчик команд .....	93
Выполнение прерываний .....	94
Основные компоненты программы обработки прерываний .....	95
<b>Микроконтроллеры PIC 18Cxx .....</b>	<b>96</b>
Доступ к регистрам .....	97
Регистры состояния .....	99
Счетчик команд .....	99
Выполнение прерываний .....	102
Общий вид программы обработки прерываний .....	102
 <b>Глава 6</b>	
<b>Управляющие регистры PIC-микроконтроллеров .....</b>	<b>103</b>
<b>Микроконтроллеры младшего подсемейства .....</b>	<b>104</b>
<b>Микроконтроллеры среднего подсемейства .....</b>	<b>106</b>
<b>Микроконтроллеры PIC 17Cxx .....</b>	<b>121</b>
<b>Микроконтроллеры PIC 18Cxx .....</b>	<b>135</b>
 <b>Глава 7</b>	
<b>Функциональные узлы .....</b>	<b>149</b>
<b>Регистры конфигурации .....</b>	<b>150</b>
<b>Генераторы тактовых импульсов .....</b>	<b>151</b>
<b>Режим ожидания .....</b>	<b>155</b>
<b>Регистр OPTION .....</b>	<b>156</b>
<b>Порты ввода/вывода и регистры TRIS .....</b>	<b>158</b>
<b>Сторожевой таймер .....</b>	<b>161</b>
<b>Таймер TMR0 .....</b>	<b>162</b>
<b>Прескалер .....</b>	<b>164</b>
<b>Таймер TMR1 .....</b>	<b>164</b>
<b>Таймер TMR2 .....</b>	<b>167</b>

Модуль ССР .....	168
Модуль универсального синхронно-асинхронного приемопередатчика .....	172
Модуль SSP .....	178
Интерфейс SPI .....	178
Интерфейс I <sup>2</sup> C .....	182
Встроенный аналого-цифровой преобразователь .....	188
Встроенные компараторы напряжения .....	194
Управляемый параллельный порт .....	197
Доступ к EEPROM данных .....	199
Доступ к программной памяти EPROM .....	204
Доступ к программной флэш-памяти .....	205
Внешняя память .....	207
 <b>Глава 8</b>	
<b>Взаимодействие PIC-микроконтроллеров</b>	
<b>с внешними устройствами .....</b>	<b>211</b>
Схема для подключения микроконтроллеров к источнику питания .....	212
Схема перезапуска микроконтроллеров .....	215
Цифровые уровни .....	215
Использование параллельной шины .....	216
Взаимодействие с кнопками .....	217
Взаимодействие с матричной клавиатурой .....	219
Объединение входов и выходов .....	222
Схема эмуляции вывода с открытым коллектором/открытым стоком .....	223
Управление светодиодами индикаторами .....	224
Многосегментные светодиодные индикаторы .....	224
Управление жидкокристаллическим дисплеем .....	227
Интерфейс I <sup>2</sup> C в режиме MASTER .....	258
Интерфейс RS-232 .....	262
Интерфейсы RS-485/RS-422 .....	267
Подпрограммы для последовательного асинхронного обмена .....	269
Однопроводный интерфейс фирмы Dallas Semiconductor .....	276

Измерение сопротивлений с помощью цифровых входов/выходов .....	281
Схемы для управления двигателями .....	283
Управление серводвигателями .....	287
Схема формирования звуковых сигналов .....	288
Управление мощностью нагрузки переменного тока .....	289
Схемы датчиков на основе эффекта Холла .....	290
Дистанционное управление телевизионными приемниками фирмы Sony .....	290

## Глава 9

Программирование PIC-микроконтроллеров .....	295
Hex-файлы .....	296
Программирование PIC-микроконтроллера младшего подсемейства .....	297
Последовательное программирование микроконтроллеров среднего подсемейства .....	300
Программирование PIC 17Cxx .....	308
Внутрисхемное программирование PIC 17Cxx .....	311
Программирование PIC 18Cxx .....	314
Разъем для внутрисхемного программирования .....	316

## Глава 10

Интерфейсы ПК .....	319
Распределение оперативной памяти .....	320
Пространство ввода/вывода .....	320
Функции прерываний .....	332
Шина ISA .....	332
Контакты и линии шины ISA .....	334
Прерывания .....	337
Порты клавиатуры и мыши .....	338
Разъемы .....	338
Временные диаграммы интерфейса клавиатуры .....	339
Скан-коды клавиатуры .....	340
Команды контроллера клавиатуры .....	343
Интерфейсы BIOS .....	344
Команды клавиатуры .....	344

<b>Последовательный порт</b> .....	346
Выводы разъема .....	346
Блок-схема УАПП 8250 .....	347
Базовые адреса последовательного порта .....	348
Регистры УАПП 8250 .....	348
Прерывания .....	351
Функции прерывания 14h BIOS интерфейса RS-232 .....	352
<b>Параллельный порт</b> .....	354
Блок-схема и разъем параллельного порта .....	354
Базовые регистры .....	356
Регистры .....	356
Функции BIOS параллельного порта .....	358
 <b>Глава 11</b>	
<b>Полезные подпрограммы</b> .....	359
Переход за пределы текущей страницы .....	360
Таблицы .....	360
Ветвление по условию .....	362
Временные задержки .....	362
Получение дополнительного кода содержимого регистра (изменение знака) .....	364
Инкрементирование/декрементирование содержимого регистра w .....	365
«Вращение на месте» .....	365
Копирование битов из одного регистра в другой .....	366
Преобразование полубайта в код ASCII .....	366
Преобразование байта кода ASCII в шестнадцатеричный полубайт .....	366
Использование входа T0CKI в качестве источника прерывания .....	367
Деление на три .....	367
Измерение длительности импульса с 16-разрядной точностью .....	368
Регистрация изменений .....	368
Проверка диапазона .....	369
Преобразование символов ASCII в верхний регистр .....	369
Перестановка содержимого регистра и рабочего регистра w .....	369
Перестановка содержимого двух регистров .....	370

Сравнение и перестановка, если $Y < X$ .....	370
Подсчет числа 1 в байте .....	370
Генерация бита четности для байта .....	371
Удержание переменной внутри диапазона .....	371
Перестановка четных и нечетных битов .....	371
Побитовые операции .....	371
Умножение на константу .....	372
Деление на константу .....	373

## Глава 12

16-разрядные числа .....	375
Определение 16-разрядных чисел .....	376
Инкрементирование и декрементирование .....	376
Сложение/вычитание .....	377
Побитовые операции с константами и переменными .....	379
Сравнение 16-разрядных переменных .....	380
Умножение .....	382
Деление .....	384

## Глава 13

Рабочие характеристики PIC-микроконтроллеров .....	387
Токи нагрузок выходов и портов .....	388
Значения компонентов RC-генератора .....	388
Рабочие характеристики в режиме LP-генератора .....	391
Рабочие характеристики в режиме XT-генератора .....	391
Рабочие характеристики в режиме HS-генератора .....	392

## Глава 14

Возможные неисправности устройств с PIC-микроконтроллерами .....	393
---	-----

## Глава 15

Средства разработки приложений .....	399
Функции клавиш текстового редактора .....	400
Файл MPSIM.INI .....	400

<b>Среда разработки MPLAB</b> .....	401
Файлы стимулов .....	406
Директивы ассемблера .....	406
<b>Включаемые файлы</b> .....	406
<b>Компоновка приложений</b> .....	414
<b>Шаблон программы приложения</b> .....	416
<b>Язык Basic</b> .....	416
<b>Расширенная версия Basic</b> .....	418
<b>PicBasic</b> .....	418
<b>Visual Basic</b> .....	442
<b>Управление вводом/выводом с помощью MSComm</b> .....	444
<b>Язык C</b> .....	449
Объявления .....	449
Операторы .....	451
Операции .....	453
Директивы .....	453
Управляющие последовательности .....	456
Функции C .....	457
Функции C для PIC-микроконтроллеров .....	460

## Глава 16

<b>Постоянные и таблицы данных</b> .....	461
<b>Математические и физические постоянные</b> .....	462
<b>Код ASCII</b> .....	462
<b>Управляющие символы кода ASCII</b> .....	462
<b>Управляющие ANSI-последовательности</b> .....	465
<b>Расширенный набор символов кода ASCII</b> .....	467
<b>Символы кода ASCII для Windows</b> .....	467
<b>Код EBCDIC</b> .....	470
<b>Ноты</b> .....	470
<b>Частоты телефонов с тональным набором</b> .....	470
<b>AT-команды модема</b> .....	471
Регистры модема .....	471
<b>Код Морзе</b> .....	477



Фонетический алфавит .....	478
Теп-радиокод .....	478
<b>Глава 17</b>	
<b>Справочная информация по электронике .....</b>	<b>481</b>
Цветовое кодирование резисторов .....	482
Электромагнитный спектр .....	482
Диапазоны радара .....	482
Цифровая логика .....	484
Вентили .....	484
Триггеры .....	484
<b>Глава 18</b>	
<b>Формулы .....</b>	<b>487</b>
Формулы постоянного тока .....	488
Формулы переменного тока .....	489
Физические формулы .....	490
Булева алгебра .....	490
Соответствия единиц измерения .....	491
<b>Глава 19</b>	
<b>Библиография .....</b>	<b>493</b>
Информация о компании Microchip .....	494
Web-сайты, посвященные PIC-микроконтроллерам .....	494
Периодические издания .....	496
Полезные Web-сайты .....	496
Seattle Robotics Society .....	496
List of Stamp Applications (L.O.S.A.) .....	496
Adobe PDF Viewers .....	497
PKZip и PKUnZip .....	497
Часто задаваемые вопросы по аппаратному обеспечению .....	497
Поставщики комплектующих .....	497
<b>Предметный указатель .....</b>	<b>500</b>