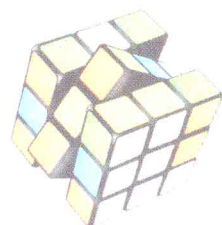
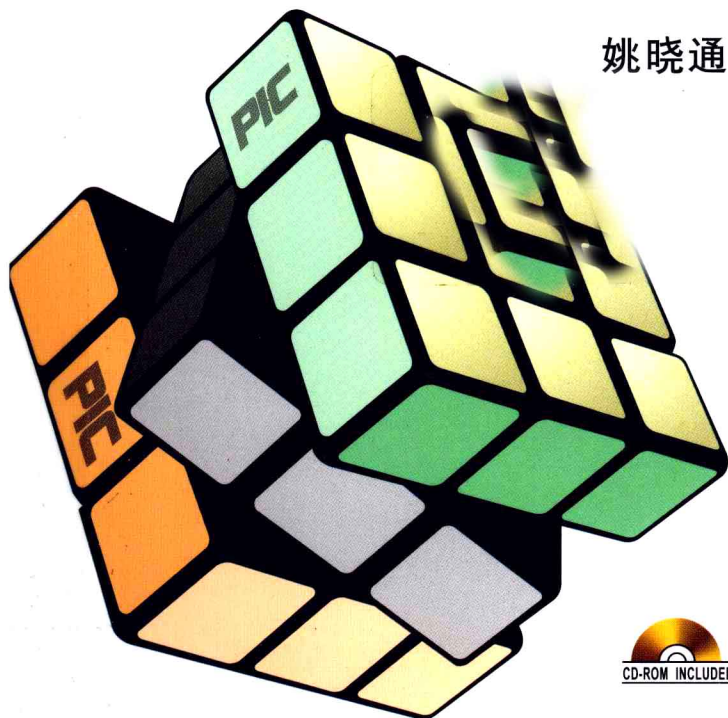


轻枪玩转系列

# 轻枪玩转

## PIC单片机C语言

姚晓通 杨 博 刘建清 编著



北京航空航天大学出版社  
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

轻松玩转系列丛书

# 轻松玩转 PIC 单片机 C 语言

姚晓通 杨 博 刘建清 编著

北京航空航天大学出版社

## 内 容 简 介

这是一本专门为 PIC 单片机玩家和爱好者“量身定做”的“傻瓜式”教材(基于 C 语言),在内容上,主要突出“玩”,在“玩”中学,在学中“玩”,使读者在不知不觉中轻松玩转 PIC 单片机!

本书采用新颖的讲解形式,深入浅出地介绍了 PIC 单片机(以 PIC16F877A 为例)的组成、开发环境及 PIC 单片机 C 语言基础知识,并结合大量实例,详细演练了 PIC 单片机 I/O 口、中断、定时器、CCP 模块、串行通信、键盘接口、LED 数码管、LCD 显示器、DS1302 时钟芯片、EEPROM 存储器、温度传感器 DS18B20、红外和无线遥控电路、单片机看门狗、休眠模式、模拟比较器、A/D 转换器、步进电动机等内容。本书中的所有实例均具有较高的实用性和针对性,且全部通过了实验板验证;尤其珍贵的是,所有源程序均具有较强的移植性,读者只需将其简单地修改甚至不用修改,即可应用到自己开发的产品中。

全书语言通俗,实例丰富,图文结合,简单明了,可作为大学本科、专科单片机课程教学用书,也可作为 PIC 单片机爱好者和从事 PIC 单片机开发的技术人员的参考用书。

## 图书在版编目(CIP)数据

轻松玩转 PIC 单片机 C 语言 / 姚晓通, 杨博, 刘建清  
编著. — 北京: 北京航空航天大学出版社, 2011. 7

ISBN 978-7-5124-0527-1

I. ①轻… II. ①姚… ②杨… ③刘… III. ①单片微  
型计算机, PIC 系列②C 语言—程序设计 IV. ①  
TP368.1②TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 142685 号

版权所有,侵权必究。

## 轻松玩转 PIC 单片机 C 语言

姚晓通 杨 博 刘建清 编著

责任编辑 刘 晨

\*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱:emsbook@gmail.com 邮购电话:(010)82316936

北京时代华都印刷有限公司印装 各地书店经销

\*

开本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:19 字数:486 千字

2011 年 7 月第 1 版 2011 年 7 月第 1 次印刷 印数:5 000 册

ISBN 978-7-5124-0527-1 定价:39.00 元(含光盘 1 张)

# 前言

《轻松玩转 51 单片机》、《轻松玩转 51 单片机 C 语言》和《轻松玩转 AVR 单片机 C 语言》出版后,深受广大读者的欢迎,很多读者通过邮件、QQ、阿里旺旺或手机与笔者联系,反应此书简单明了,实例丰富,操作性强,易于移植……有的读者还提出了一些宝贵意见。借此机会,我们向广大读者表示衷心感谢!

由美国 Microchip(微芯)公司推出的 PIC 单片机系列产品,采用了 RISC 结构的嵌入式微控制器,其高速度、低电压、低功耗、大电流 LCD 驱动能力和低价位 OTP 技术等都体现出单片机产业的新趋势。PIC 单片机在计算机的外设、家电控制、通信、智能仪器、汽车电子等各个领域均得到了广泛的应用。现今的 PIC 单片机已经是世界上最有影响力的嵌入式微控制器之一,掌握 PIC 单片机编程已是一名单片机技术人员和玩家必备的技能。

本书从实用出发,通过大量实例,详细介绍了 PIC 单片机(以 PIC16F877A 为例)程序的设计方法与技巧,并进行了详细的解读。按照循序渐进的写作要求,全书共分 18 章,其中,第 1~2 章介绍了 PIC 单片机的组成、引脚功能、硬件电路及 C 语言入门知识;第 3 章介绍了 PIC 单片机实验设备的制作与使用方法;第 4 章介绍了 PIC 单片机开发的整个过程,使读者对 PIC 单片机开发有一个大致的了解与认识;第 5 章对 PIC 单片机 C 语言中的重点、难点进行了简要介绍;第 6~18 章采用实例的形式,详细演练了 PIC 单片机中断、定时器、CCP 模块、串行通信、键盘接口、LED 数码管、LCD 显示器、DS1302 时钟芯片、EEPROM 存储器、温度传感器 DS18B20、红外和无线遥控电路、单片机看门狗、休眠模式、模块比较器、A/D 转换器、步进电动机等内容。

为方便读者学习,本书配备了一张多媒体光盘,光盘中收集了书中所有源程序等内容。

值得庆幸的是,学习本书的成本很低,只需有一个 51 实验板、一块 PIC 核心板和 PIC KIT 仿真下载器,即可进行本书中的实验。

本书第 1~14 章由姚晓通副教授编写,第 15~17 章由杨博编写,第 18 章由刘建清编写,全书由姚晓通组织定稿。

本书编写过程中,参阅了《无线电》、《单片机与嵌入式系统应用》等杂志,并从互联网上搜索了一些有价值的资料,由于其中很多资料经过多次转载,已经很难查到原始出处,仅在此向资料提供者表示感谢。

本书在编写工作中,北京航空航天大学出版社的嵌入式系统事业部主任胡晓柏也做了大量耐心细致的工作,使得本书得以顺利完成,在此表示衷心感谢!由于编著者水平有限,加之时间仓促,书中难免会有疏漏和不足之处,恳请专家和读者不吝赐教。

如果您在使用本书的过程中有任何问题、意见或建议,请登录以下网站:ddmcu.taobao.com 和 www.dxeda.com,也可通过 E-mail:ddmcu@163.com 向我们提出,我们将为您提供超值延伸服务。

最后,请记住我们的诺言:顶顶电子携助你,轻松玩转单片机!

作 者

2011 年 5 月

于兰州交通大学



|                                         |           |
|-----------------------------------------|-----------|
| <b>第 1 章 PIC 单片机介绍 .....</b>            | <b>1</b>  |
| 1.1 PIC 单片机概述 .....                     | 1         |
| 1.1.1 集中指令集和精简指令集 .....                 | 1         |
| 1.1.2 PIC 单片机与 51 单片机的区别 .....          | 2         |
| 1.1.3 PIC 单片机的分类 .....                  | 2         |
| 1.1.4 PIC 系列单片机的优势 .....                | 3         |
| 1.2 PIC16F877A 单片机的主要功能、外部引脚和内部结构 ..... | 4         |
| 1.2.1 PIC16F877A 单片机的主要功能 .....         | 4         |
| 1.2.2 PIC16F877A 单片机的外部引脚 .....         | 5         |
| 1.2.3 PIC16F877A 单片机的内部结构 .....         | 6         |
| <b>第 2 章 PIC 单片机 C 语言入门 .....</b>       | <b>11</b> |
| 2.1 认识 C 语言 .....                       | 11        |
| 2.1.1 C 语言的特点 .....                     | 11        |
| 2.1.2 单片机采用 C 语言编程的好处 .....             | 11        |
| 2.2 简单的 C 语言程序 .....                    | 12        |
| 2.2.1 硬件电路 .....                        | 12        |
| 2.2.2 程序实现 .....                        | 13        |
| 2.2.3 改进后的程序 .....                      | 16        |
| <b>第 3 章 PIC 单片机低成本实验设备的制作与使用 .....</b> | <b>18</b> |
| 3.1 PIC 核心板介绍 .....                     | 18        |
| 3.2 DD—900 实验开发板介绍 .....                | 19        |
| 3.2.1 DD—900 实验开发板硬件资源 .....            | 19        |
| 3.2.2 硬件电路介绍 .....                      | 21        |
| 3.2.3 插针跳线设置 .....                      | 28        |
| 3.3 PIC 单片机编程调试器 PICKIT2 的使用 .....      | 29        |
| 3.3.1 PICKIT2 介绍 .....                  | 29        |
| 3.3.2 PICKIT2 的使用 .....                 | 30        |
| <b>第 4 章 30 分钟熟悉 PIC 单片机开发全过程 .....</b> | <b>31</b> |
| 4.1 PIC 单片机开发软件“吐血推荐” .....             | 31        |
| 4.1.1 MPLAB IDE 软件介绍 .....              | 31        |
| 4.1.2 HI—TECH(PICC)软件介绍 .....           | 32        |
| 4.2 MPLAB IDE 和 PICC 软件的安装 .....        | 32        |



|                                       |           |
|---------------------------------------|-----------|
| 4.3 PIC 单片机开发过程“走马观花” .....           | 33        |
| 4.3.1 硬件电路 .....                      | 33        |
| 4.3.2 编写和编译程序 .....                   | 34        |
| 4.3.3 程序的仿真 .....                     | 42        |
| 4.3.4 程序的下载 .....                     | 47        |
| <b>第 5 章 PIC 单片机 C 语言重点难点剖析 .....</b> | <b>49</b> |
| 5.1 PICC 基本知识 .....                   | 49        |
| 5.1.1 PICC 变量 .....                   | 49        |
| 5.1.2 PICC 对数据寄存器 bank 的管理 .....      | 50        |
| 5.1.3 PICC 中的位变量 .....                | 50        |
| 5.1.4 PICC 中的浮点数 .....                | 51        |
| 5.1.5 PICC 变量修饰关键词 .....              | 51        |
| 5.1.6 PICC 定义工作配置字 .....              | 52        |
| 5.1.7 C 语言和汇编语言混合编程 .....             | 54        |
| 5.2 PICC 函数 .....                     | 54        |
| 5.2.1 中断函数的实现 .....                   | 54        |
| 5.2.2 标准库函数 .....                     | 55        |
| 5.2.3 用户自定义函数 .....                   | 56        |
| 5.2.4 局部变量和全局变量 .....                 | 57        |
| <b>第 6 章 中断系统实例解析 .....</b>           | <b>59</b> |
| 6.1 中断系统基本知识 .....                    | 59        |
| 6.1.1 中断系统概述 .....                    | 59        |
| 6.1.2 与中断相关的寄存器 .....                 | 61        |
| 6.2 中断系统实例解析——外中断 1 演示 .....          | 65        |
| 6.2.1 实现功能 .....                      | 65        |
| 6.2.2 源程序 .....                       | 65        |
| 6.2.3 源程序释疑 .....                     | 67        |
| 6.2.4 实现方法 .....                      | 68        |
| <b>第 7 章 定时/计数器实例解析 .....</b>         | <b>69</b> |
| 7.1 PIC 定时/计数器基本知识 .....              | 69        |
| 7.1.1 8 位定时/计数器 TMR0 .....            | 69        |
| 7.1.2 16 位定时/计数器 TMR1 .....           | 70        |
| 7.1.3 8 位定时/计数器 TMR2 .....            | 72        |
| 7.2 定时/计数器实例解析 .....                  | 73        |
| 7.2.1 实例解析 1——TMR0 计数实验 .....         | 73        |
| 7.2.2 实例解析 2——TMR0 定时实验 .....         | 76        |
| 7.2.3 实例解析 3——TMR1 计数实验 .....         | 78        |
| 7.2.4 实例解析 4——TMR1 定时实验 .....         | 80        |

|                                      |            |
|--------------------------------------|------------|
| 7.2.5 实例解析 5——TMR2 定时实验 .....        | 81         |
| <b>第 8 章 CCP 模块实例解析 .....</b>        | <b>84</b>  |
| 8.1 CCP 模块基本知识 .....                 | 84         |
| 8.1.1 输入捕捉模式 .....                   | 85         |
| 8.1.2 输出比较模式 .....                   | 86         |
| 8.1.3 脉宽调制输出工作模式 .....               | 87         |
| 8.2 CCP 模块实例解析 .....                 | 88         |
| 8.2.1 实例解析 1——CCP1 模块捕捉模式实验 .....    | 88         |
| 8.2.2 实例解析 2——CCP1 模块比较输出模式实验 .....  | 91         |
| 8.2.3 实例解析 3——CCP1 模块 PWM 模式实验 ..... | 93         |
| <b>第 9 章 串行通信实例解析 .....</b>          | <b>95</b>  |
| 9.1 串行通信基本知识 .....                   | 95         |
| 9.1.1 串行通信简介 .....                   | 95         |
| 9.1.2 单片机的串口电平转换电路 .....             | 96         |
| 9.1.3 串行通信寄存器介绍 .....                | 98         |
| 9.1.4 USART 波特率的设定 .....             | 100        |
| 9.1.5 异步串行通信的工作过程 .....              | 101        |
| 9.2 串行通信实例解析——PC 控制单片机工作 .....       | 103        |
| 9.2.1 实现功能 .....                     | 103        |
| 9.2.2 源程序 .....                      | 103        |
| 9.2.3 源程序释疑 .....                    | 105        |
| 9.2.4 实现方法 .....                     | 105        |
| <b>第 10 章 键盘接口实例解析 .....</b>         | <b>107</b> |
| 10.1 键盘接口电路基本知识 .....                | 107        |
| 10.1.1 键盘的工作原理 .....                 | 107        |
| 10.1.2 键盘与单片机的连接形式 .....             | 108        |
| 10.2 键盘接口电路实例解析 .....                | 108        |
| 10.2.1 实例解析 1——数码管显示独立按键值 .....      | 108        |
| 10.2.2 实例解析 2——数码管显示矩阵按键值 .....      | 111        |
| <b>第 11 章 LED 数码管实例解析 .....</b>      | <b>118</b> |
| 11.1 LED 数码管基本知识 .....               | 118        |
| 11.1.1 LED 数码管的结构 .....              | 118        |
| 11.1.2 LED 数码管的显示码 .....             | 119        |
| 11.1.3 LED 数码管的显示方式 .....            | 120        |
| 11.2 LED 数码管实例解析 .....               | 122        |
| 11.2.1 实例解析 1——程序控制动态显示 .....        | 122        |
| 11.2.2 实例解析 2——定时中断动态显示 .....        | 125        |
| 11.2.3 实例解析 3——简易数码管电子钟 .....        | 128        |



|                                                 |            |
|-------------------------------------------------|------------|
| <b>第 12 章 LCD 显示实例解析 .....</b>                  | <b>137</b> |
| 12.1 字符型 LCD 基本知识 .....                         | 137        |
| 12.1.1 字符型 LCD 引脚功能 .....                       | 137        |
| 12.1.2 字符型 LCD 内部结构 .....                       | 138        |
| 12.1.3 字符型 LCD 控制指令 .....                       | 140        |
| 12.2 字符型 LCD 实例解析 .....                         | 144        |
| 12.2.1 实例解析 1——1602 LCD 显示字符串 .....             | 144        |
| 12.2.2 实例解析 2——1602 LCD 移动显示字符串 .....           | 149        |
| 12.2.3 实例解析 3——1602 LCD 滚动显示字符串 .....           | 150        |
| 12.2.4 实例解析 4——1602 LCD 电子钟 .....               | 153        |
| 12.3 12864 点阵型 LCD 介绍与实例解析 .....                | 159        |
| 12.3.1 12864 点阵型 LCD 介绍 .....                   | 159        |
| 12.3.2 实例解析 5——12864 LCD 显示汉字(并口方式) .....       | 163        |
| 12.3.3 实例解析 6——12864 LCD 显示汉字(串口方式) .....       | 169        |
| 12.3.4 实例解析 7——12864 LCD 显示图形 .....             | 172        |
| <b>第 13 章 时钟芯片 DS1302 实例解析 .....</b>            | <b>177</b> |
| 13.1 时钟芯片 DS1302 基本知识 .....                     | 177        |
| 13.1.1 DS1302 介绍 .....                          | 177        |
| 13.1.2 DS1302 的控制命令字 .....                      | 178        |
| 13.1.3 DS1302 的寄存器 .....                        | 178        |
| 13.1.4 DS1302 的数据传送方式 .....                     | 180        |
| 13.2 DS1302 读/写实例解析 .....                       | 181        |
| 13.2.1 实例解析 1——DS1302 数码管电子钟 .....              | 181        |
| 13.2.2 实例解析 2——DS1302 LCD 电子钟 .....             | 189        |
| <b>第 14 章 EEPROM 存储器实例解析 .....</b>              | <b>195</b> |
| 14.1 主控同步串行端口 MSSP 介绍 .....                     | 195        |
| 14.1.1 I <sup>2</sup> C 串行接口 .....              | 195        |
| 14.1.2 SPI 串行接口 .....                           | 198        |
| 14.2 I <sup>2</sup> C 串行存储器 24CXX 介绍与实例解析 ..... | 200        |
| 14.2.1 24CXX 数据存储器介绍 .....                      | 200        |
| 14.2.2 实例解析 1——具有记忆功能的计数器 .....                 | 202        |
| 14.3 Microwire 总线存储器 93CXX 介绍与实例解析 .....        | 211        |
| 14.3.1 93CXX 介绍 .....                           | 211        |
| 14.3.2 实例解析 2——数据的写入与读出 .....                   | 213        |
| 14.4 PIC16F877A 内部 EEPROM 的使用 .....             | 218        |
| 14.4.1 与片内 EEPROM 相关的寄存器 .....                  | 218        |
| 14.4.2 片内 EEPROM 数据存储器的操作 .....                 | 220        |
| 14.4.3 实例解析 3——PIC16F877A 内部 EEPROM 读/写演示 ..... | 221        |

|                                              |            |
|----------------------------------------------|------------|
| <b>第 15 章 温度传感器 DS18B20 实例解析 .....</b>       | <b>223</b> |
| 15.1 温度传感器 DS18B20 基本知识 .....                | 223        |
| 15.1.1 DS18B20 引脚功能 .....                    | 223        |
| 15.1.2 DS18B20 的内部结构 .....                   | 224        |
| 15.1.3 DS18B20 的指令 .....                     | 225        |
| 15.1.4 DS18B20 使用注意事项 .....                  | 226        |
| 15.2 DS18B20 数字温度计实例解析 .....                 | 226        |
| 15.2.1 实例解析 1——LED 数码管数字温度计 .....            | 226        |
| 15.2.2 实例解析 2——LCD 数字温度计 .....               | 232        |
| <b>第 16 章 红外遥控和无线遥控实例解析 .....</b>            | <b>238</b> |
| 16.1 红外遥控基本知识 .....                          | 238        |
| 16.1.1 红外遥控系统 .....                          | 238        |
| 16.1.2 红外遥控的编码与解码 .....                      | 239        |
| 16.1.3 DD—900 实验开发板遥控电路介绍 .....              | 240        |
| 16.2 红外遥控实例解析 .....                          | 240        |
| 16.2.1 实例解析 1——LED 数码管显示遥控器键值 .....          | 240        |
| 16.2.2 实例解析 2——LCD 显示遥控器键值 .....             | 246        |
| 16.3 无线遥控电路介绍与演练 .....                       | 251        |
| 16.3.1 无线遥控电路基础知识 .....                      | 251        |
| 16.3.2 无线遥控模块介绍 .....                        | 253        |
| 16.3.3 实例解析 3——遥控模块控制 LED 灯和蜂鸣器 .....        | 255        |
| <b>第 17 章 PIC16F877A 单片机其他内部资源实例解析 .....</b> | <b>259</b> |
| 17.1 PIC16F877A 单片机看门狗实例解析 .....             | 259        |
| 17.1.1 PIC16F877A 单片机内部看门狗介绍 .....           | 259        |
| 17.1.2 实例解析 1——PIC16F877A 看门狗演示 .....        | 261        |
| 17.2 PIC16F877A 单片机的休眠工作方式实例解析 .....         | 263        |
| 17.2.1 休眠工作方式简介 .....                        | 263        |
| 17.2.2 实例解析 2——PIC16F877A 休眠方式演示 .....       | 264        |
| 17.3 PIC16F877A 模拟比较器实例解析 .....              | 266        |
| 17.3.1 PIC16F877A 模拟比较器介绍 .....              | 266        |
| 17.3.2 实例解析 3——模拟比较器演示 .....                 | 267        |
| 17.4 PIC16F877A 模/数转换(A/D)模块实例解析 .....       | 269        |
| 17.4.1 PIC16F877A 模/数转换(A/D)模块介绍 .....       | 269        |
| 17.4.2 实例解析 4——A/D 转换演示 .....                | 274        |
| <b>第 18 章 步进电动机实例解析 .....</b>                | <b>278</b> |
| 18.1 步进电动机基本知识 .....                         | 278        |
| 18.1.1 步进电动机的分类与原理 .....                     | 278        |
| 18.1.2 步进电动机的励磁方式 .....                      | 279        |

|                                    |            |
|------------------------------------|------------|
| 18.1.3 步进电动机驱动电路.....              | 280        |
| 18.2 步进电动机实例解析.....                | 281        |
| 18.2.1 实例解析 1——步机电动机正转与反转 .....    | 281        |
| 18.2.2 实例解析 2——步进电动机加速与减速运转 .....  | 285        |
| 18.2.3 实例解析 3——用按键控制步进电动机正反转 ..... | 287        |
| 参考文献.....                          | <b>292</b> |

# 第 1 章

## PIC 单片机介绍

由美国 Microchip(微芯)公司推出的 PIC 单片机系列产品,采用了 RISC 结构的嵌入式微控制器,其高速度、低电压、低功耗、大电流 LCD 驱动能力和低价位 OTP 技术等都体现出单片机产业的新趋势。现在,PIC 系列单片机在世界单片机市场的份额排名中已逐年升位,尤其在 8 位单片机市场,据称已从 1990 年的第 20 位上升到目前的第 2 位。PIC 单片机从覆盖市场出发,已有 3 个系列多种型号的产品问世,所以在全球都可以看到 PIC 单片机从计算机的外设、家电控制、通信、智能仪器、汽车电子到金融电子各个领域的广泛应用。现今的 PIC 单片机已经是世界上最有影响力的嵌入式微控制器之一。

### 1.1 PIC 单片机概述

#### 1.1.1 集中指令集和精简指令集

当今单片机厂商琳琅满目,产品性能各异。针对具体情况,用户应选何种型号呢?首先,我们来弄清两个概念:集中指令集(CISC)和精简指令集(RISC)。采用 CISC 结构的单片机数据线和指令线分时复用,即所谓冯·诺伊曼结构。它的指令丰富,功能较强,但取指令和取数据不能同时进行,速度受限,价格也高。采用 RISC 结构的单片机数据线和指令线分离,即所谓哈佛结构。这使得取指令和取数据可同时进行,且由于一般指令线宽于数据线,使其指令较同类 CISC 单片机指令包含更多的处理信息,执行效率更高,速度也更快。同时,这种单片机指令多为单字节,程序存储器的空间利用率大大提高,有利于实现超小型化。

属于 CISC 结构的单片机有 51 系列、Freescade 的 M68HC 系列等;属于 RISC 结构的有 Microchip 公司的 PIC 系列、ATMEL 的 AVR 单片机、台湾义隆的 EM-78 系列等。一般来说,控制关系较简单的小家电,可以采用 RISC 型单片机;控制关系较复杂的场合,如通信产品、工业控制系统应采用 CISC 单片机。

### 1.1.2 PIC 单片机与 51 单片机的区别

和 51 单片机相比, PIC 单片机有 3 个主要特点:

① 总线结构: 51 单片机的总线结构是冯·诺依曼型, 计算机在同一个存储空间取指令和数据, 两者不能同时进行; 而 PIC 单片机的总线结构是哈佛结构, 指令和数据空间是完全分开的, 一个用于指令, 一个用于数据, 由于可以对程序和数据同时进行访问, 所以提高了数据吞吐率。正因为 PIC 单片机中采用了哈佛双总线结构, 所以, 与常见的微控制器不同的是: 程序和数据总线可以采用不同的宽度。数据总线都是 8 位的, 但指令总线位数分别为 12、14、16 位。

② 流水线结构: 51 单片机的取指和执行采用单指令流水线结构, 即取一条指令。执行完后再取下一条指令; 而 PIC 的取指和执行采用双指令流水线结构, 当一条指令被执行时, 允许下一条指令同时被取出, 这样就实现了单周期指令。

③ 寄存器组: PIC 单片机的所有寄存器, 包括 I/O 口, 定时器和程序计数器等都采用 RAM 结构形式, 而且都只需要一个指令周期就可以完成访问和操作; 而 51 单片机需要两个或两个以上的周期才能改变寄存器的内容。

### 1.1.3 PIC 单片机的分类

PIC 单片机有 8 位、16 位和 32 位, 其中 8 位机应用最广。微芯公司提供多个系列的 8 位 MCU, 可以满足各种用户的使用需求。

#### 1. PIC12CXXX/PIC12FXXX 系列

PIC12CXXX/PIC12FXXX 系列采用 12 位或 14 位宽指令集, 工作电压很低 (仅为 2.5 V), 封装小, 占位空间少, 有中断处理能力, 有更深的硬件堆栈、多个 A/D 通道、闪存、OTP 或 ROM 程序存储器及 EEPROM 数据存储器。

#### 2. PIC16C5X 系列

PIC16C5X 是一个完善的基础产品系列, 这些产品带有 12 位宽指令集, 目前采用 14、18、20 和 28 引脚封装。在 SOIC 和 SSOP 封装的产品中, 它们是业界占位面积最小的 MCU; 工作电压低, OTP 型 MCU 最低可达 2.0 V, 使该系列产品成为电池供电应用的理想产品。

#### 3. PIC16CXXX/PIC16FXXX 系列

微芯推出的新款 PIC16CXXX/PIC16FXXX 系列产品是业界最高性能的带模/数转换器功能的 12 位 MCU。这个系列提供了极宽的选择, 有 18~64 引脚封装。产品具有 14 位宽指令集、中断处理能力和一个 8 级深硬件堆栈。PIC16CXXX/PIC16FXXX 系列提供的高性能和多用性, 能够满足当今这个对成本极其敏感的市场上的中档产品应用的最严格要求。比起 PIC16C5X 系列芯片, PIC16CXXX/PIC16FXXX 系列增加了 4~12 个中断源的中断功能。因此在实际使用中, 电路的设计和软件的编程具有更大的弹性。

#### 4. PIC17CXXX 系列

PIC17CXXX 系列将 RISC 结构扩展到 16 位指令字和增强型指令集,并具有强大矢量中断处理能力。这个系列的最大特点是具备  $8 \times 8$  位的硬件乘法器(PIC17C42 例外),运算结果可以得到 16 位的乘积值,而且由于核心结构的改善,这个系列的芯片性能较前面诸系列有大幅度提高。

#### 5. PIC18CXXX/PIC18FXXX 系列

PIC18CXXX/PIC18FXXX 是高性能、CMOS、全静态的 MCU 系列,具有多路 10 位 A/D 转换,和多路 10 位 PWM 输出等功能模块,同时,它的程序存储器最大可达 64 K 字,通用数据存储器最大可达 3968 字节,适合于对单片机要求较高、程序比较复杂的产品,如防盗系统、汽车电子、燃气泵控制器、机械制造、仪器监控、数据采集、功率调节、温控系统、环境监测、无线电通信等。

在本书中,主要以 PIC16F877A 为例进行讲解与演练,它是 PIC16FXXX 系列中的一个重要的产品,PIC16F877A 的功能较全,因此,读者掌握了 PIC16F877A 后,使用 PIC 系列的其他单片机就很容易了。

### 1.1.4 PIC 系列单片机的优势

现在,越来越多的单片机爱好者开始热衷于 PIC 单片机了,我们不禁要问,PIC 到底有什么优势? 在这里略谈几点看法:

① PIC 最大的特点是不搞单纯的功能堆积,而是从实际出发,重视产品的性能与价格比,靠发展多种型号来满足不同层次的应用要求。就实际而言,不同的应用对单片机功能和资源的需求也是不同的。比如,一个摩托车的点火器需要 I/O 口少、RAM 及程序存储空间不大、可靠性较高的小型单片机,若采用 40 引脚且功能强大的单片机,投资大不说,使用起来也不方便。PIC 系列从低到高有几十个型号,可以满足各种需要。其中,PIC12C508 单片机仅有 8 个引脚,如图 1-1 所示。

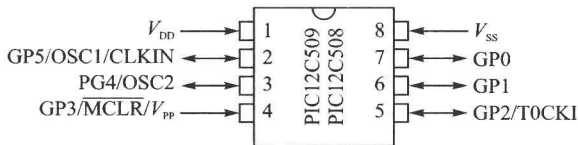


图 1-1 PIC12C508 单片机的引脚

PIC12C508 有 512 字节 ROM、25 字节 RAM、一个 8 位定时器、一根输入线、5 根 I/O 线。这样一款单片机在像摩托车点火器这样的应用无疑是非常适合的。PIC 的中档型号,如 PIC16C74 有 40 个引脚,其内部资源为 ROM 共 4K、192 字节 RAM、8 路 A/D、3 个 8 位定时器、2 个 CCP 模块、3 个串行口、1 个并行口、11 个中断源、33 个 I/O 引脚。这样一个型号可以和其他品牌的高档型号媲美。

② 精简指令使其执行效率大为提高。PIC 系列 8 位 CMOS 单片机具有独特的 RISC 结构,即采用数据总线和指令总线分离的哈佛总线(Harvard)结构,使指令具有单字长的特性,

且允许指令码的位数可多于 8 位的数据位数,这与传统的采用 CISC 结构的 8 位单片机相比,可以达到 2:1 的代码压缩,速度提高 4 倍。

③ PIC 单片机引脚具有防瞬态能力,通过限流电阻可以接至 220 V 交流电源,可直接与继电器控制电路相连,无须光电耦合器隔离,给应用带来极大方便。

④ 彻底的保密性。PIC 以保密熔丝来保护代码,用户在烧入代码后熔断熔丝,别人再也无法读出,除非恢复熔丝。目前,PIC 采用熔丝深埋工艺,恢复熔丝的可能性极小。

⑤ 自带看门狗定时器,可以用来提高程序运行的可靠性。

⑥ 睡眠和低功耗模式。虽然 PIC 在这方面已不能与新型的 MSP430 相比,但在大多数应用场合还是能满足需要的。

⑦ PIC 系列单片机的 I/O 口是双向的,其输出电路为 CMOS 互补推挽输出电路。I/O 引脚增加了用于设置输入或输出状态的方向寄存器 (TRISn, 其中 n 对应各口,如 A、B、C、D、E 等),当置位 1 时为输入状态,且不管该引脚呈高电平或低电平,对外均呈高阻状态;置位 0 时为输出状态,不管该引脚为何种电平,均呈低阻状态,有相当的驱动能力,低电平吸入电流达 25 mA,高电平输出电流可达 20 mA。相对于 51 系列而言,这是一个很大的优点,它可以直接驱动数码管显示且外电路简单。

## 1.2 PIC16F877A 单片机的主要功能、外部引脚和内部结构

在众多的 PIC 单片机中,PIC16F877A 是 PIC 系列中很有特色的一款单片机,除了具有 PIC 系列单片机大部分优点之外,片内还带有 EEPROM、A/D 转换器等,很适合初学者入门与提高。下面以 PIC16F877A 为例,介绍其主要功能、外部引脚和内部结构。

### 1.2.1 PIC16F877A 单片机的主要功能

PIC16F877A 单片机主要资源及功能如下:

- 3 个定时器,2 个 8 位,1 个 16 位。
- 2 个 CCP 模块,即捕捉、比较、脉宽调制模块。
- 1 个同步串行接口,SPI 与 I<sup>2</sup>C。
- 1 个通用同步/异步串行通信接口 USART。
- 1 个并行从动口。
- 上电复位(POR)。
- 掉电复位(BOR)。
- 低功耗睡眠工作方式。
- 8 路 10 位 A/D 转换器。
- 2 个模拟电压比较器。
- 1 个参考电压发生器。
- 8 级硬件堆栈。
- 可擦写 10 万次的 Flash 程序存储器,大小为 8K 字节(8K×18 位)。
- 可擦写 100 万次的 EEPROM,其数据可保持 40 年以上,大小为 256 字节(256×8 位)。



- 368 字节( $368 \times 8$  位)的数据存储器。
- 可自编程及在线编程。
- 看门狗电路(WDT)。
- 程序代码保护。

### 1.2.2 PIC16F877A 单片机的外部引脚

PIC16F877A 单片机主要有 3 种封装形式,本书介绍使用最普遍的 DIP40 封装形式。其外部引脚分布如图 1-2 所示。

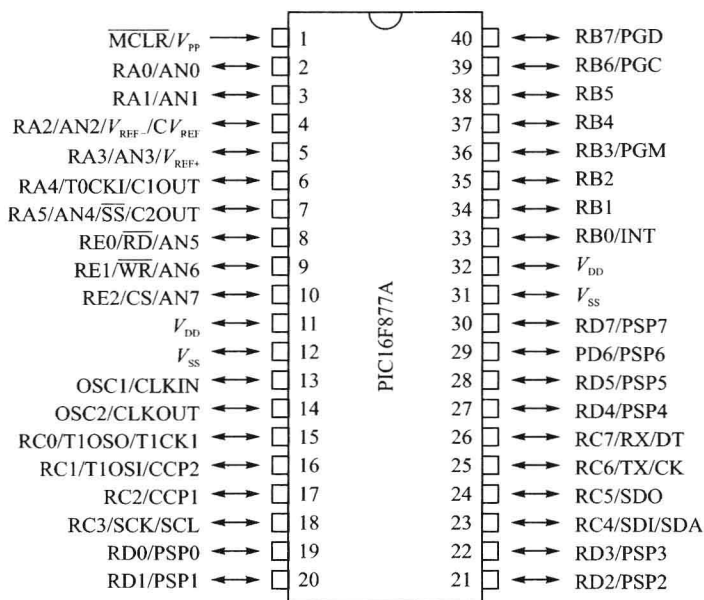


图 1-2 PIC16F877A 单片机的外部引脚分布

PIC16F877A 单片机和 51 系列单片机一样,其引脚除电源 V<sub>DD</sub>、V<sub>SS</sub>为单一功能外,其余的信号引脚一般有多个功能,即引脚的复用功能,PIC16F877A 引脚符号和功能如表 1-1 所列。

表 1-1 PIC16F877A 引脚符号和功能

| 引脚名称                      | 引脚号 | 功 能                                           |
|---------------------------|-----|-----------------------------------------------|
| MCLR/V <sub>PP</sub>      | 1   | 复位输入(低电平有效)/编程电压输入                            |
| OSC1/CLKIN                | 13  | 振荡器晶体/外部时钟输入端                                 |
| OSC2/CLKOUT               | 14  | 振荡器晶体输出端。在晶体振荡方式接晶体,在 RC 方式输出 OSC1 频率的 1/4 信号 |
| RA0/AN0                   | 2   | RA0/第 0 路模拟信号输入                               |
| RA1/AN1                   | 3   | RA1/第 1 路模拟信号输入                               |
| RA2/AN2/V <sub>REF-</sub> | 4   | RA2/第 2 路模拟信号输入/负参考电压                         |

续表 1-1

| 引脚名称                            | 引脚号             | 功 能                                        |
|---------------------------------|-----------------|--------------------------------------------|
| RA3/AN3/ $V_{REF+}$             | 5               | RA3/第 3 路模拟信号输入/正参考电压                      |
| RA4/T0CKI/C1OUT                 | 6               | RA4/定时器 0 的时钟计数脉冲输入/比较器 1 输出               |
| RA5/AN4/ $\overline{SS}$ /C2OUT | 7               | RA5 口/第 5 路模拟信号输入/同步串口选择/比较器 2 输出          |
| RB0/INT <sup>+</sup>            | 33              | RB0/外中断输入                                  |
| RB1                             | 34              | RB1 引脚                                     |
| RB2                             | 35              | RB2 引脚                                     |
| RB3/PGM                         | 36              | RB3/低电压编程电压输入                              |
| RB4                             | 37              | RB4 引脚,具有电平变化中断功能                          |
| RB5                             | 38              | RB5 引脚,具有电平变化中断功能                          |
| RB6/PGC                         | 39              | RB6/编程时钟输入,具有电平变化中断功能                      |
| RB7/PGD                         | 40              | RB7/编程数据输入,具有电平变化中断功能                      |
| RC0/T1OSO/T1CK1                 | 15              | RC0/定时器 1 的时钟输出或计数输入                       |
| RC1/T1OSI/CCP2                  | 16              | RC1/定时器 1 的振荡输入/捕捉器 2 输入或比较器 2 输出或 PWM2 输出 |
| RC2/CCP1                        | 17              | RC2/捕捉器 1 输入或比较器 1 输出或 PWM1 输出             |
| RC3/SCK/SCL                     | 18              | RC3/SPI 的时钟/ $I^2C$ 的时钟输入或输出端              |
| RC4/SDI/SDA                     | 23              | RC4/ SPI 的数据输入/ $I^2C$ 的数据输入或输出端           |
| RC5/SDO                         | 24              | RC5/SPI 的数据输出端                             |
| RC6/TX/CK                       | 25              | RC6/全双工串口发送端/半双工同步传输的时钟端                   |
| RC7/RX/DT                       | 26              | RC7/全双工串口接收端/半双工同步传输的数据端                   |
| RD0~RD7/PSP0~PSP7               | 19~22,<br>27~30 | RD 口,也可作为从动并行端口                            |
| RE0/ $\overline{RD}$ /AN5       | 8               | RE0/并口读出控制/第 5 路模拟信号输入                     |
| RE1/ $\overline{WR}$ /AN6       | 9               | RE1/并口写入控制/第 6 路模拟信号输入                     |
| RE2/ $\overline{CS}$ /AN7       | 10              | RE2/并口片选控制/第 7 路模拟信号输入                     |
| $V_{SS}$                        | 12              | 接地                                         |
| $V_{DD}$                        | 11              | 正电源端                                       |

### 1.2.3 PIC16F877A 单片机的内部结构

PIC16F877A 单片机的内部结构如图 1-3 所示。

从其执行功能考虑,可以将 PIC16F877A 单片机分成两大组件,即内部核心模块和外围功能模块,其中,外围功能模块主要由 RA~RE 口、定时器 0~2、A/D 转换器、通用同步/异步收发器、同步串行端口(SPI 和  $I^2C$ )、捕捉/比较/脉宽调制模块 1~2 等组成。