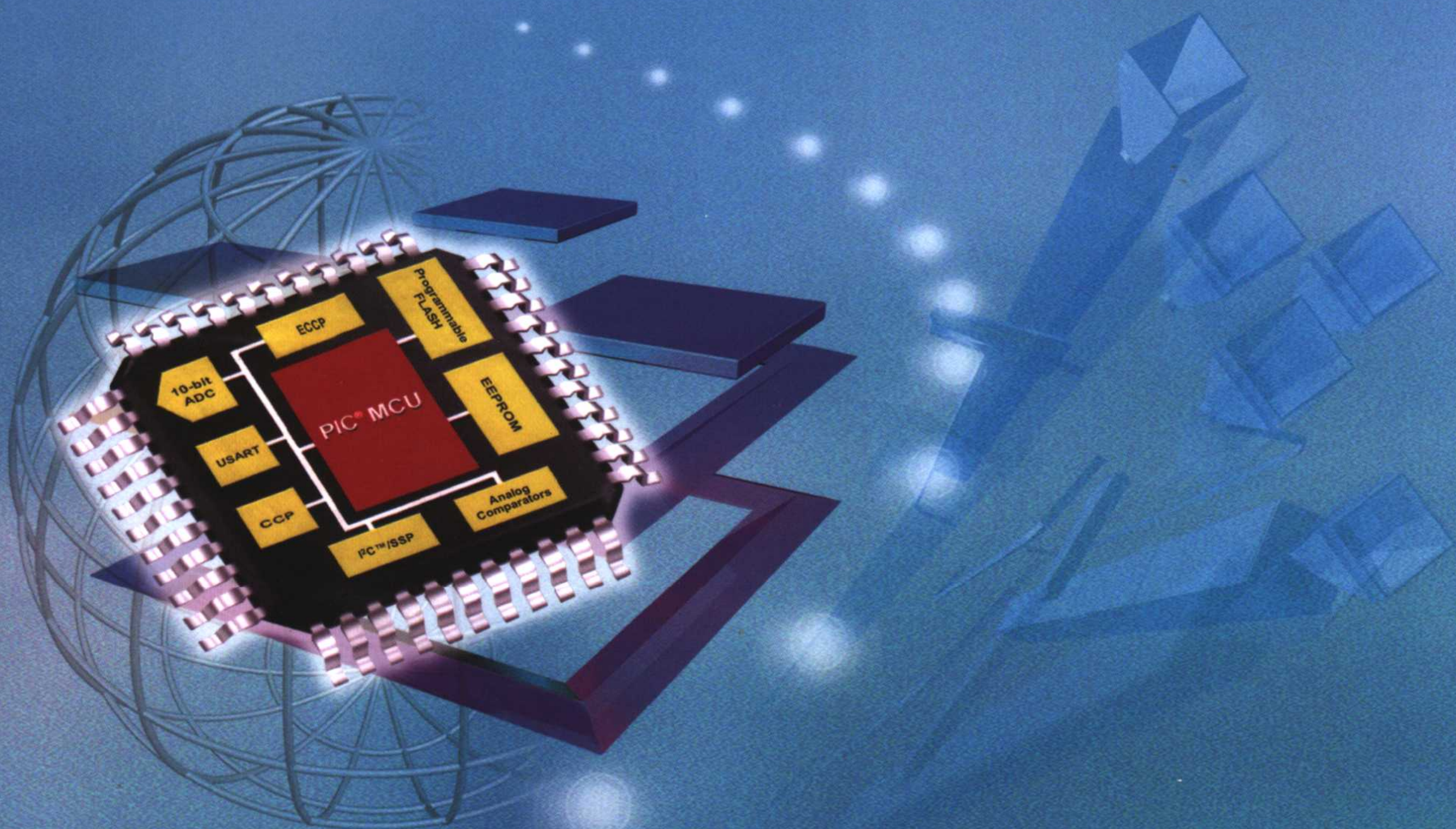




PIC[®]

系列单片机 开发应用实战

武 锋 陈新建 盛春花 编著



北京航空航天大学出版社

<http://www.buaapress.com.cn>

PIC[®]系列单片机 开发应用实战

武 锋 陈新建 盛春花 编著

北京航空航天大学出版社

<http://www.buaapress.com.cn>

内 容 简 介

本书结合作者 PIC 系列单片机的开发应用实践,从实战需要出发,介绍 PIC 系列单片机的基本特性、指令系统、开发工具、集成开发环境、调试应用方法、实战试验及其开发应用实例等。实战试验和开发应用实例主要以 FLASH 型产品为主。在开发应用实例中给出了作者自行开发出的子程序和相应的硬件电路。这些子程序和相应的硬件电路均已通过实际应用的检验。本书提供配套光盘一张,内有相关的工具软件和本书中的试验用源程序。

本书内容丰富、实用性强、通俗易懂,可供从事单片机开发与应用的有关工程技术人员、单片机爱好者以及高等院校相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

PIC 系列单片机开发应用实战/武锋等编著. —北京:
北京航空航天大学出版社,2003.9

ISBN 7-81077-333-X

I. P… II. 武… III. 单片微型计算机,PIC 系列
IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 064526 号

PIC®系列单片机开发应用实战

武 锋 陈新建 盛春花 编著

责任编辑 孔祥燮

*

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(100083) 发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

<http://www.buaapress.com.cn>

E-mail:bhpress@263.net

河北省涿州市新华印刷厂印装 各地书店经销

*

开本:787×1 092 1/16 印张:17.5 字数:448 千字

2003 年 9 月第 1 版 2003 年 9 月第 1 次印刷 印数:5 000 册

ISBN 7-81077-333-X 定价:29.00 元(含光盘)

版 权 声 明

本书中引用的 Microchip Technology Inc. (美国微芯科技股份有限公司) 以下技术资料已得到该公司的授权, 所有权保留。

[1] 18-Pin Flash/EEPROM 8-Bit Microcontrollers.	DS30430C
[2] MPLAB®-ICD User's Guide.	DS51184
[3] PICSTART Plus User's Guide.	DS51028D
[4] PRO MATE II User's Guide.	DS30082
[5] MPLAB ICE Emulator User's Guide.	DS51159C
[6] MPLAB-IDE 集成开发软件.	SW007002

没有美国微芯科技股份有限公司的许可, 上述资料不得翻印。

上述资料中关于器件应用或诸如此类的信息, 仅作为建议, 可根据最新资料更新。关于这些信息的应用或正确性, 翻译的正确性, 以及因使用这些信息对第三方知识产权的侵犯, 美国微芯科技股份有限公司不承担责任, 不给予担保或说明。美国微芯科技股份有限公司不授权使用本公司的产品在生命支持系统中作为关键部件, 除非有美国微芯科技股份有限公司的书面认可。不允许根据任何知识产权规定将授权转让给第三方。

商 标 声 明

以下图案是美国微芯科技股份有限公司的注册商标:



MICROCHIPTM

以下内容是美国微芯科技股份有限公司的注册商标(状态:®):

Amplab, dsPIC, ENVOY, FilterLab, KEELOQ, KEELOQ LOGO, Microchip logo, Microchip name and logo, microID, MPLAB, MXDEV, MXLAB, PIC, PICmicro, MICMASTER, PICSTART, PowerSmart, PRO MATE, SEEVAL, TrueGauge, *The Embeded Control Solutions Company*

以下内容是美国微芯科技股份有限公司的商标(状态:TM):

Accuron, Analog-for-the-Digital Age, Application Maestro, dsPICDEM, dsPICDEM.net, ECONOMONITOR, FanSense, FlexROM, *fuzzyLAB*, ICEPIC, ICSP or In-Circuit Serial Programming, microPort, Migratable Memory, MPASM, MPLAB Certified (logo), MPLIB, MPLINK, MPSIM, Now Design It, PICDEM, PICDEM.net, PICkit, PICLAB, PowerCal, PowerInfo, PowerMate, PowerTool, QuickASIC

前 言

美国 Microchip Technology Incorporated 公司(美国微芯科技股份有限公司)推出的 8 位 PIC 系列单片机产品可分为基本级、中级和高级三挡,均采用了精简指令集(RISC)、哈佛总线(Harvard)结构和二级流水线取指方式,具有低价、可靠、实用、指令少、体积小、功耗低和简单易学等特点,体现了微控制器工业发展的新趋势。目前其应用越来越广泛,深受广大用户的欢迎。

PIC 系列单片机有基本级(PIC12CXX 系列和 PIC16C5XX 系列)、中级(PIC16C6X/7X/8X 系列)及高级(PIC17CXX 系列和 PIC18CXX 系列)等不同系列的产品。为适应不同的应用目的,PIC 系列单片机还具有 MASK 型(掩膜型)、OTP 型(一次可编程型)、EPROM 型(可用紫外线擦除重写型)和 Flash 型(可在线反复编程型)等多种结构形式。其中 EPROM 型和 Flash 型可方便地反复多次编程调试,特别适于大专院校学生和初学者学习、试验以及产品的开发试验阶段使用。本书中的实战试验主要以 Flash 型产品为例。

本书结合作者的开发应用实践,从实战需要出发,分别介绍了 PIC 系列单片机的基本特性、指令系统、开发工具、集成开发环境、调试应用方法、实战试验及其开发应用实例等。

本书共分 9 章:

第 1 章为 PIC 系列单片机及其开发应用工具概述,介绍 PIC 系列单片机的特点、分类、源程序、机器码及其开发应用工具。

第 2 章为 PIC 系列单片机的指令与宏汇编,介绍 PIC 系列单片机的指令集、伪指令和特殊指令助记符。

第 3 章为 MPLAB-IDE 5.7 版集成开发环境,介绍 MPLAB-IDE 5.7 版集成开发环境的特性、安装运行、使用方法和应用示例。

第 4 章为 E2000 系列仿真器和 WAVE 集成开发环境,介绍伟福公司的 E2000 系列仿真器和 WAVE 集成开发环境的特性、安装运行和应用示例。

第 5 章为 AW-1 型多功能 PIC 试验板介绍,介绍自行开发研制的 AW-1 型多功能 PIC 试验板的硬件电路及其使用方法。

第 6 章为 PIC16F84 单片机的实战,介绍 PIC16F84 单片机的结构特点及其使用 AW-1 型多功能 PIC 试验板进行的实战试验。

第 7 章为 PIC16F87X 系列单片机的实战,介绍 PIC16F87X 系列单片机的结构特点及其使用“AW-1 型多功能 PIC 试验板”进行的实战试验。

第 8 章为 PIC 智能多波形电镀电源控制器的研制,以作者自行研制成功的“PIC 智能多波形电镀电源控制器”为例,详细介绍“PIC 智能多波形电镀电源控制

器”的硬件系统设计方法和软件系统设计方法。

第9章为红外遥控模型车控制系统的设计实例,介绍一种红外遥控模型车控制系统的硬件电路设计和软件系统的设计方法,以供读者在实际应用时借鉴、参考。

本书的前言、第1~3章及第9章由武锋编写,第4章(部分)、第7~8章由陈新建编写,第4章(部分)、第5~6章由盛春花编写,全书由武锋统稿。

本书在出版过程中得到了北京航空航天大学出版社的大力支持和帮助,在此表示衷心感谢。

本书提供配套光盘一张,内有相关的工具软件和本书中的源程序,具有很高的实用参考价值。配套光盘中的具体内容可参见附录F的配套光盘目录。

由于作者水平有限,书中不当和错误之处,敬请批评指正。

注:需要“AW-1型多功能PIC试验板”和“PIC智能多波形电镀电源控制器”电路板的读者可按以下方式联系:

联系人:盛春花

联系地址:安徽省蚌埠市治淮路771号

安徽省水利科学研究院微机自动化研究所

邮政编码:233000

联系电话:0552-3061753

作者

2003年4月

目 录

第 1 章 PIC 系列单片机及其开发应用工具概述

1.1	PIC 系列单片机概述	1
1.1.1	PIC 系列单片机的特点与分类	1
1.1.2	PIC 系列单片机的源程序与机器码	4
1.1.3	PIC 系列单片机的开发应用方法	9
1.2	PIC 系列单片机的开发应用工具概述	12
1.2.1	PIC 系列单片机的编程器与仿真器	12
1.2.2	PIC 系列单片机的集成开发环境	19
1.2.3	PIC 系列单片机开发应用工具的配置	19

第 2 章 PIC 系列单片机的指令与宏汇编

2.1	PIC 系列单片机的指令系统概述	21
2.1.1	PIC 系列单片机的寻址方式	21
2.1.2	PIC 系列单片机的指令码格式	22
2.1.3	PIC 系列单片机的指令说明	23
2.2	PIC 系列单片机的指令集	24
2.2.1	PIC 系列单片机的指令表	24
2.2.2	PIC 系列单片机的伪指令	34
2.2.3	PIC 系列单片机的特殊助记符	35
2.3	PIC 系列单片机的宏汇编程序 MPASM	36
2.3.1	MPASM 的特性及其安装与运行	36
2.3.2	MPASM 表达式与输出文件	39
2.3.3	MPASM 的指示语句及应用方法	40

第 3 章 MPLAB - IDE 5.7 版集成开发环境

3.1	MPLAB - IDE 5.7 版集成开发环境概述	54
3.1.1	MPLAB - IDE 5.7 的特性	54
3.1.2	MPLAB - IDE 5.7 版的安装与运行	55
3.1.3	MPLAB - IDE 5.7 版的运行界面	58
3.2	MPLAB - IDE 5.7 的菜单命令功能与应用操作	59
3.2.1	MPLAB - IDE 5.7 主菜单简介	59
3.2.2	MPLAB - IDE 5.7 主菜单的应用操作	64
3.2.3	专用编程器 PICSTART Plus 的使用方法	76

3.2.4	MPLAB-ICD 的应用	80
3.3	MPLAB-IDE 5.7 版集成开发环境应用示例	90
3.3.1	MPLAB-IDE 5.7 中 PIC 源程序的编辑与汇编	90
3.3.2	MPLAB-IDE 5.7 中的模拟运行调试	95
3.3.3	使用 MPLAB-ICD 运行调试	96

第 4 章 E2000 系列仿真器和 WAVE 集成开发环境

4.1	E2000 系列仿真器概述	99
4.2	WAVE 集成开发环境与菜单命令功能	100
4.2.1	WAVE 集成开发环境及其安装与运行	100
4.2.2	WAVE 集成开发环境的桌面布置	101
4.2.3	WAVE 集成开发环境的菜单命令功能	102
4.3	WAVE 集成开发环境的应用示例	110
4.3.1	WAVE 集成开发环境中 PIC 源程序的编辑与装载	110
4.3.2	WAVE 集成开发环境中 PIC 源程序的汇编	112
4.3.3	WAVE 集成开发环境中的模拟运行调试	113

第 5 章 AW-1 型多功能 PIC 试验板介绍

5.1	AW-1 型多功能 PIC 试验板概述	114
5.2	AW-1 型多功能 PIC 试验板的硬件电路设计	115
5.2.1	电源电路	115
5.2.2	振荡器选择电路	116
5.2.3	按键(数据)输入接口	117
5.2.4	模拟量输入接口	118
5.2.5	二进制输出显示电路	118
5.2.6	十进制输出显示电路	119
5.2.7	串行口通信电路	119
5.3	AW-1 型多功能 PIC 试验板的使用方法	121

第 6 章 PIC16F84 单片机的实战

6.1	PIC16F84 单片机概述	124
6.1.1	PIC16F84 单片机的硬件结构	124
6.1.2	PIC16F84 单片机的存储器和定时器	126
6.1.3	PIC16F84 单片机的输入/输出口	136
6.2	E ² PROM 数据存储器的读/写试验	139
6.2.1	E ² PROM 数据存储器的读/写程序设计	140
6.2.2	在 MPLAB 中的 E ² PROM 读/写试验	141
6.2.3	在 WAVE 集成环境中的 E ² PROM 读/写试验	144

6.3	两位十进制脉冲计数器的试验	149
6.3.1	硬件电路的设计	149
6.3.2	源程序的设计	149
6.3.3	源程序的汇编与调试	152

第7章 PIC16F87X 系列单片机的实战

7.1	PIC16F87X 系列单片机概述	159
7.1.1	PIC16F87X 系列单片机的硬件结构	162
7.1.2	PIC16F87X 系列单片机的程序存储器和堆栈	165
7.1.3	PIC16F87X 系列单片机的数据存储器	166
7.2	8 路顺序控制器的试验	182
7.2.1	硬件电路的设计	182
7.2.2	源程序的设计	183
7.2.3	源程序的汇编与调试	186
7.3	PIC16F87X 系列单片机的 A/D 转换试验	189
7.3.1	硬件电路设计	189
7.3.2	源程序的设计	190
7.3.3	使用 MPLAB-ICD 进行程序调试	191

第8章 PIC 智能多波形电镀电源控制器的研制

8.1	PIC 智能多波形电镀电源控制器的功能描述	192
8.2	PIC 智能多波形电镀电源控制器的硬件系统设计	193
8.2.1	硬件系统组成及工作原理	193
8.2.2	硬件系统的电路设计	194
8.2.3	主要元器件的选择及 PCB 板的制作	197
8.3	PIC 智能多波形电镀电源控制器的软件系统设计	198
8.3.1	软件系统的程序框图	198
8.3.2	键盘显示子程序的设计	199
8.3.3	多字节二进制与 BCD 码转换子程序的设计	219

第9章 红外遥控模型车控制系统的设计实例

9.1	红外遥控模型车的控制原理和功能描述	232
9.2	控制系统的硬件设计	233
9.2.1	系统的硬件组成及工作原理	233
9.2.2	硬件电路的设计	233
9.3	红外遥控模型车控制系统的软件设计	234
9.3.1	软件系统的程序框图	234
9.3.2	程序设计清单	235

附录 A	PIC 智能多波形电镀电源控制器原理图	243
附录 B	P16F84.INC 包含文件	245
附录 C	P16F877.INC 包含文件	248
附录 D	MPASM 出错/警告/信息 (V3.10)	257
附录 E	PIC 系列单片机产品型号编码的定义	264
附录 F	配套光盘目录	266

参考文献

第 1 章 PIC 系列单片机及其 开发应用工具概述

单片机正名应为微控制器 MCU(MicroController Unit)。自 1976 年美国 Intel 公司的 MCS-48 单片机问世以来,单片机技术得到了迅猛发展,世界上许多公司竞相推出了各具特色的单片机芯片。

PIC 系列单片机是美国微芯科技股份有限公司推出的一种新型的高性能 8 位系列单片微控制器,体现了现代单片微控制器发展的一种新趋势,目前深受用户欢迎,正逐渐成为单片机世界的一种新潮流。PIC 是 Peripheral Interface Controller(外围接口控制器)的缩写,由此可清楚地知道 PIC 单片机的市场定位。从 PIC 单片机的问世到其快速普及,并为业界广为采用,最主要的原因是其完整的单片机系列芯片让使用者可以根据不同的需求选择最合适的单片机芯片。通常无需再外扩程序存储器、数据存储器和 A/D 转换器等外部芯片,真正体现了单片机的“单片”特性。它具有实用、低价、省电、高速、体积小和驱动强等特点,目前国内已得到广泛的应用。

1.1 PIC 系列单片机概述

美国微芯科技股份有限公司推出的采用 RISC(精简指令集)和哈佛总线(Harvard)结构的 PIC 系列 CMOS 8 位单片机,其主要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,靠发展多种型号的系列产品来满足不同层次的应用要求,真正体现了单片机的“单片”特性。由于 PIC 系列单片机采用了 RISC 指令集和 Harvard 总线结构,因此其指令总线和数据总线的位数可以不同。PIC 系列单片机中的数据总线是 8 位的(故称为 8 位单片机),而其指令总线则有 12 位(基本级产品)、14 位(中级产品)和 16 位(高级产品)3 种。与其他种类的单片机产品相比,因其具有品种丰富、实用、低价、省电、高速和体积小等特点,目前已被广泛应用于工业控制、仪器仪表、计算机和家电等许多领域之中,在国内有着极为广阔的发展前景。

1.1.1 PIC 系列单片机的特点与分类

1. PIC 系列单片机的主要特点

PIC 系列 8 位 CMOS 单片机具有实用、低价、易学、省电、高速和体积小等特点,特别是其独特的 RISC(精简指令集)及其独立分开的数据总线和指令总线的哈佛总线结构,使其指令具有单字长的特性,且允许其指令码的位数可多于 8 位的数据位数。这和传统的采用 CISC(复杂指令集)与冯·诺伊曼(Von-Neuman)结构的 8 位单片机相比,可达到 2:1 的代码压缩和 4:1 的速度提高。

PIC 系列单片机的另一特点是不搞单纯的功能堆积,而是靠发展多个系列产品型号来满足不同层次用户之需要。PIC 系列单片机可分为基本级、中级和高级三个系列产品。用户可根据需要选择不同档次和不同功能的芯片,通常无需外扩程序存储器、数据存储器 and A/D 转换器等外部芯片,真正体现了单片机的“单片”特性,以避免用户投资的浪费。另外 PIC 系列单片机还提供多种不同的芯片封装形式,特别是 PIC 系列单片机所提供的 OTP 型(一次性可编程)芯片的价格和其 MASK 型(掩膜型)芯片的价格已非常接近,特别适于批量产品的应用;而其 EPROM 型(紫外线可擦除程序存储器型,又称窗口型)和 Flash 型(闪烁程序存储器型,又称闪存型)芯片则可反复多次编程使用,特别适合于学生实验和产品开发时使用。

PIC 系列单片机还具有其他一些优异的功能,如低功耗睡眠功能、掉电复位锁定、上电复位(POR)电路以及看门狗(WDT)电路等,可大大减少外围器件的数量,节省用户的空间和成本,真正体现出单片机的“单片”特性。特别是它的保密技术十分可靠,可最大限度地保护开发者的权益。

PIC 系列单片机各型号都有商用级($0\sim+70^{\circ}\text{C}$)、工业级($-40\sim+85^{\circ}\text{C}$)和军工级($-40\sim+125^{\circ}\text{C}$)以及 PDIP、CEPDIP、SOIC 和 PLCC 等多种封装形式的产品,以适应不同的环境与应用要求。此外,PIC 各型号间具有很好的代码兼容性,用户可很容易地将代码从某一型号转移到另一型号中去。

综上所述,PIC 系列单片机具有如下特性。

- 产品上市零等待(zero time to market):采用 PIC 的低价 OTP 型芯片,可使单片机在其应用程序开发完成后立刻使该产品上市。
- 开发易、周期短(reduced development time):由于 PIC 采用 RISC 指令集,指令少(仅 30 多条指令),且全部为单字长指令,易学易用,相对于采用 CISC(复杂指令集)结构的单片机,可节省 30% 以上的开发时间,2 倍以上的程序空间。
- 高速(high speed):PIC 的 Harvard 总线和 RISC 结构建立了一种新的工业标准,指令的执行速度比一般的单片机要快 4~5 倍。
- 低功耗(low power):PIC 的 CMOS 设计结合了诸多的节电特性,使其功耗较低。PIC 100% 的静态设计可进入睡眠(sleep)省电状态而不影响任何逻辑变量。
- 低价实用(cost effective):PIC 配备有 OTP 型、EPROM 型和 Flash 型等多种形式的芯片,价格低廉,特别是其 OTP 型芯片的价格很低。此外 PIC 还提供看门狗(WDT)和程序保密位(security fuse)等功能,特别适合商品开发应用。PIC 系列单片机的选择自由度很大,用户可根据自己的需要进行选择。

2. PIC 系列单片机的型号分类

Microchip 公司目前已开发生产的 PIC 单片机系列产品可分为基本级、中级和高级三档。其具体的型号分类概况如表 1-1 所列。

表 1-1 PIC 系列单片机的型号分类概况

等 级	主要特性	系列名称	工艺特点	型 号
基本级	12 位 RISC 指令系统, 8 位数据线, DC - 20 MHz 时钟, 最快指令周期 200 ns, 低价格	PIC12CXXX PIC12CEXXX	OTP/EPROM E ² PROM	PIC12C(CE)508 /509/671/672
		PIC16C5X/50X PIC16HV5XX	OTP/EPROM	PIC16C54/55 /56/57/58/505 PIC16HV540
中 级	14 位 RISC 指令系统, 8 位数据线, DC - 20 MHz 时钟, 最快指令周期 200 ns, 多种中断, 复位锁定, 8 位 A/D(PIC16C7X), 电压比较器 (PIC16C62X), E ² PROM(PIC16C8X), Flash (PIC16F62X/8X/87X), LCD 驱动(PIC16C9XX)	PIC14000	OTP/EPROM 含 A/D、D/A 温度传感器	PIC14000
		PIC16C55X	OTP/EPROM	PIC16C554/556/ 558/559
		PIC16C6X	OTP/EPROM	PIC16C61/62/63 /64/65
		PIC16C(F)62X PIC16CE62X	OTP/ EPROM/Flash E ² PROM	PIC16C(F)620 /621/622/627/628 PIC16CE623/624 /625
		PIC16C(F) 7X/71X/7XX	OTP/EPROM	PIC16C(F)70/71 /72/73/74/711 /712/745/765 /770/771/773/774
		PIC16C(F)8X PIC16F87X	E ² PROM Flash	PIC16C83/84 PIC16F84/870 /871/872/873/874 /876/877
		PIC16C9XX	OTP/EPROM 含 LCD 驱动	PIC16C923/924
高 级	16 位 RISC 指令系统, 8 位数据线, DC - 25 MHz 时钟, 最快指令周期 160 ns, 多种中断, 硬件乘法器, 高性价比	PIC17CXX/XXX	OTP/EPROM	PIC17C42/43/44 /752/756/762/766
		PIC18C(F)XXX	OTP/EPROM Flash	PIC18C601/801 PIC18C242/252 /442/452/658/858 PIC18F010/020 /248/258

注: CE——有 E²PROM 数据存储器; F——有 Flash 程序存储器。

在 PIC 各系列单片机产品中, 基本级产品 PIC12CXXX/12CEXXX 和 PIC16C5X/50X 系列单片机采用的是 12 位的 RISC 指令系统, 价格很低, 适用于低成本的应用。在这两个系列产品中, PIC16C5X 目前的应用很广; PIC12C5XX 则是世界上第一个 8 脚封装的低价 8 位单片机, 其小巧、低价的特性可使其应用在很多以前不能应用单片机的地方, 应用前景广阔。

中级产品 PIC14000 和 PIC16C(F)55X/6X/62X/7X/71X/8X/87X/9XX 采用的是 14 位的 RISC 指令系统(其中 PIC16FXX/XXX 为 Flash 型), 在 PIC16C5X 的基础上进行了很多改

进,并与 PIC16C5X 系列保持很高的兼容性。它们有 18~68 脚各种形式的封装,是品种最丰富的系列。它们在保持低价的前提下,增加了温度传感器(仅 PIC14000 有)、A/D、内部 E²PROM 存储器、Flash 程序存储器、比较输出、捕捉输入、PWM 输出、I²C 和 SPI 接口、异步串行通信(USART)、模拟电压比较器和 LCD 驱动等许多功能,可广泛应用于各种高、中、低档的电子产品中。

高级产品 PIC17CXX 和 PIC18C(F)XXX 系列采用的是 16 位的 RISC 指令系统(其中 PIC18FXXX 为 Flash 型)。PIC17CXX 和 PIC18C(F)XXX 系列是目前世界上 8 位单片机中运行最快的,具备一个指令周期内(最短 160 ns)完成 8 位×8 位二进制乘法的能力,可在一些需要高速数字运算的场合取代 DSP(数字信号处理器)芯片。它们已成为目前 8 位单片机中性能最高的机种,可广泛应用于各种高、中档的电子设备中。

1.1.2 PIC 系列单片机的源程序与机器码

PIC 系列单片机的源程序是指用 PIC 的助记符指令编写的程序。对此源程序进行汇编后,即可生成列表文件和机器码(目标代码,也称指令码)文件。本节将对 PIC 源程序的格式要求、源程序的建立及其机器码(指令码)的输出格式等做简要的介绍。

1. PIC 源程序的格式

PIC 系列单片机的源程序是指用 PIC 的助记符指令编写的程序,也可称为助记符程序。每条语句一般可分为“标号”、“助记符指令”、“操作数”和“注释”4 个部分。其格式要求如下:

[标号] <助记符指令> [操作数 1], [操作数 2] [;注释]

在一条语句中,<助记符指令>是不可缺少的部分,其他“[]”中的内容为可选项,有时可以省去;如有两个以上操作数,则两个操作数间应用逗号隔开,助记符指令与标号和操作数之间至少应有一个空格;如一行语句没有标号,则助记符指令前至少应有一个空格,否则汇编程序会把助记符当成标号。在 PIC 的源程序中,一条语句中最多的字符个数为 255 个。

例如:

```

;THIS IS SAMPLE FOR SOURCE CODE
LIST    P=16C55,R=HEX
DATA    EQU        03H        ;将 03(十六进制数)赋予 DATA
.
.
.
ORG      0x1FF        ;复位向量
GOTO     START        ;转至程序开始处
.
.
.
START    ;程序开始标号
MOVLW    DATA        ;将 DATA 的值(03H)赋给 W

```

```

GOTO          START      ;循环
.
.
.
END            ;程序结束

```

1) 标 号

标号必须由源程序的第一格(最左边的一格)开始,最多为 15~32 个字符(视汇编程序的不同而定),如上例中的 START。标号必须以一个字母或下划线“_”开始,可包含字母、数字或下划线的任意组合。标号一般作为源程序中位置的符号引用,除非使用选择项把字母大小写识别功能关闭,否则标号中字母的大小写是不一样的(在 Wave 集成开发环境中,标号后面应加“:”,如“START:”)。

例如:_Start START start 它们是不同的标号。

2) 助记符指令

助记符指令指 PIC 的各种助记符指令、伪指令或宏定义符等(如上例中的 MOVLW、GOTO等)。

3) 操作数

操作数可以是常数、符号或表达式。当操作数不止一个时,操作数之间应用“,”号分开。它可以是可选项,也可以不是可选项(如上例中的 03H、DATA 等)。

4) 注 释

位于分号“;”右边的对程序的解释字符均被作为注释,且汇编时被汇编程序忽略。

2. PIC 源程序的建立

PIC 的源程序可使用各种文字编辑处理软件(如 EDIT、WPS、写字板和 Word 等)来建立,也可直接在后面将要介绍的 PIC 集成开发环境 MPLAB 或 WAVE 中建立。源程序编辑完成后,应起名保存为纯文本格式,一般其缺省的扩展名为 ASM。例如,可以用上述的文字编辑处理软件来建立一个文件名为 PIC01.ASM 的源程序。其中 PIC01 为其主文件名,ASM 为其扩展名。

在建立 PIC 源程序时,通常应在源程序的开始部分应用伪指令(如“EQU”等)对源程序中要用到的一些寄存器和数据的符号或标号等进行赋值。对不同型号的 PIC 芯片,其内部程序存储器的容量、数据存储器的容量(寄存器数)、堆栈级数及其复位向量(复位地址)等有所不同,在赋值时应予以注意。另外,在 PIC 系列单片机中,其数据存储器 RAM 都是当作寄存器来使用的,一般可用 FXX 来表示,如第 9 个 RAM 单元可用 F9 表示,第 12 个 RAM 单元可用 F12 表示,以使寻址简单明了。

在 PIC 的数据存储器中,从功能上可将其分为操作寄存器、I/O 口寄存器、通用寄存器和特殊功能寄存器。对某些寄存器的相应位置 1 或清 0,可实现某些特定的功能操作。

例 1:

```

MOVLW    06      ;将常数 6 送入工作寄存器 W 中
MOVWF    09      ;将 W 中的内容送入寄存器 F09
BSF      03,1    ;将状态寄存器 STATUS(F3)中的第 1 位置 1

```

例 2:(功能与例 1 相同,但指令形式不同)

```

STATUS    EQU    03
    DC     EQU    01
.
.
.
    MOVLW    06        ;将常数 6 送入工作寄存器 W 中
    MOVWF    09        ;将 W 中的内容送入寄存器 F09
    BSF      STATUS,DC ;将状态寄存器 STATUS(F3)中的第 1 位置 1

```

3. PIC 的机器码输出格式

PIC 的源程序必须经过汇编程序汇编产生机器码文件和列表文件等文件之后,才可进行调试与应用。

在 PIC 系列单片机中,汇编后生成的机器码(目标代码)文件分别有 INHX8M、INHX8S、INHX16 和 INHX32 等几种不同的格式,以适应不同程序存储器的要求。

在这些格式中,其机器码文件中的数据记录开始于 9 个字符的前缀,以 2 个字符的检验和(补码)结束。其具体形式如下:

:BBAAAATTTHHHH...HHHHCC

其中:BB——2 个数字的十六进制字节数,表示该行的数据字节数;

AAAA——4 个数字的十六进制地址,表示数据记录的起始地址;

TT——2 个数字的记录类型:

00 为数据记录,

01 为文件记录结束,

02 为段地址记录(INHX32 格式),

04 为线性地址记录(INHX32 格式);

HH——2 个数字的十六进制数据字节(代码数据);

CC——2 个数字的十六进制检验和,是该记录中前面所有字节和的补码。

PIC 汇编程序的各机器码文件输出格式举例介绍如下:

设有一个 PIC16C54 单片机的延时程序,程序名为 SAMPLE1.ASM,其源程序如下:

```

; *****
;      SAMPLE1.ASM
; *****
      LIST P=16C54, R=DEC
;-----
COUNT1 EQU    11        ;用伪指令定义 COUNT1=F11
COUNT2 EQU    12        ;用伪指令定义 COUNT2=F12
;-----
      ORG      0X1FF      ;PIC16C54 的复位地址
      GOTO     Dely       ;从复位地址跳转到 Dely 处

```

```

;-----
                ORG      0          ;定义存储指令码的起始地址
Dely            MOVLW    41H        ;将延时常数 41H(十进制数 65)送入 W
                MOVWF    COUNT2    ;将延时常数再送入 COUNT2 中
                CLRF     COUNT1    ;将 COUNT1 中数据清为 0
Loop            INCFSZ   COUNT1    ;判 COUNT1=COUNT1+1 是否为 0?
                GOTO     Loop      ;不为 0,跳转到 Loop 处继续循环
                DECFSZ   COUNT2    ;COUNT1=0,判 COUNT2-1=0 否?
                GOTO     Loop      ;不为 0,跳转到 Loop 处继续循环
;-----
                END              ;COUNT2=0,程序结束
;-----

```

以上源程序可用 Microchip 公司的 MPASM 汇编软件进行汇编。正确汇编后,可产生列表文件和机器码文件。在汇编过程中,可分别用列表指示语句 F=INHX8M、F=INHX8S、F=INHX16 和 F=INHX32 定义汇编后的机器码文件格式。

以上源程序在用 MPASM 正确汇编后的列表文件内容如图 1-1 所示。

MPASM 03.10 Released

EXAMPLE1.ASM 12-8-2002 15:03:12

PAGE 1

LOC OBJECT CODE LINE SOURCE TEXT
VALUE

<pre> 0000000B 0000000C 程序地址 ↓ 机器码 ↓ 01FF 01FF 0A00 0000 0000 0C41 0001 002C 0002 006B Message[305]: Using default destination of 1 (file). 0003 03EB 0004 0A03 Message[305]: Using default destination of 1 (file). 0005 02EC 0006 0A03 </pre>	<pre> 00001 ; ***** 00002 ; EXAMPLE1.ASM 00003 ; ***** 00004 ; LIST P=16C54, R=DEC, F=INHX8M 00005 ;----- 00006 COUNT1 EQU 11 ; E用伪指令定义COUNT1=F1 00007 COUNT2 EQU 12 ; E用伪指令定义COUNT2=F2 00008 ;----- 00009 ORG 0X1FF ; PIC16C54的复位地址 00010 GOTO Dely ; 从复位地址跳转到Dely处 00011 ;----- 00012 ORG 0 ; 定义存储指令码的起始地址 00013 Dely MOVLW 41H ; 将延时常数41H(十进制数65)送入W 00014 MOVLW COUNT2 ; 将延时常数再送入COUNT2中 00015 CLRF COUNT1 ; 将COUNT1中数据清为0 00016 Loop INCFSZ COUNT1 ; 判COUNT1=COUNT1+1是否为0 00017 GOTO Loop ; 不为0, 跳转到Loop处继续循环 00018 DECFSZ COUNT2 ; COUNT1=0, 判COUNT2-1=0否 00019 COTO Loop ; 不为0, 跳转到Loop处继续循环 00020 ;----- 00021 END ; COUNT2=0, 程序结束 </pre>
---	--

图 1-1 EXAMPLE1.ASM 的列表文件

以上源程序在用 MPASM 正确汇编后,可产生如下不同格式的机器码文件。

(1) INHX8M——产生一个把低字节和高字节组合在一起的 Intellec 十六进制目标代码