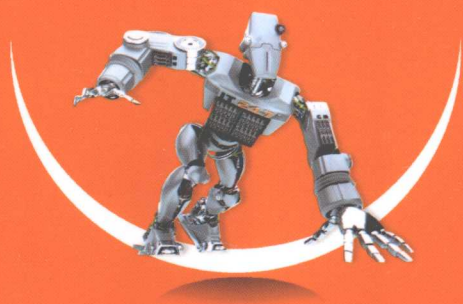


零基础学 PIC单片机

赵化启 闫广明 孙小君◎等编著



|从学生到工程师的良师益友|



机械工业出版社
China Machine Press

零基础学 PIC单片机

赵化启 闫广明 孙小君◎等编著



机械工业出版社
China Machine Press

本书分为4篇,共21章。主要包括:PIC单片机简介、PIC单片机的开发流程、PIC单片机最小系统的组成、PIC汇编语言及其开发环境的使用、PIC单片机的C语言应用、PIC单片机内置模块的原理及应用、项目实例设计等。

全书重点突出,层次分明,注重知识的系统性、针对性和先进性;注重理论与实践联系,培养工程应用能力。另外,本书配套光盘给出了书中的实例文件、开发过程的操作录像文件、常用元器件及芯片等丰富的拓展资源,极大地方便了读者自学,动手实践。

本书可作为高等院校电子工程、自动化、电气工程、测控技术与仪器、电子信息工程、通信工程及计算机科学与技术等专业的学生教材,也可作为相关工程技术人员的学习参考用书。

封底无防伪标均为盗版

版权所有,侵权必究

本书法律顾问 北京市展达律师事务所

图书在版编目(CIP)数据

零基础学PIC单片机/赵化启等编著. —北京:机械工业出版社,2010.6

ISBN 978-7-111-30787-7

I. 零… II. 赵… III. 单片微型计算机 IV. TP368.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第097298号

机械工业出版社(北京市西城区百万庄大街22号 邮政编码 100037)

责任编辑:张少波

北京诚信伟业印刷有限公司印刷

2010年8月第1版第1次印刷

184mm×260mm·33.25印张

标准书号:ISBN 978-7-111-30787-7

ISBN 978-7-89451-534-6(光盘)

定价:66.00元(附光盘)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

客服热线:(010) 88378991; 88361066

购书热线:(010) 68326294; 88379649; 68995259

投稿热线:(010) 88379604

读者信箱:hzjsj@hzbook.com

单片机，又称微控制器，是现代智能化产品设计中必不可少的核心元件，其应用领域也已经渗透到各行各业。世界上制造单片机的半导体厂家也从最初的以 Intel 公司和 Motorola 公司为主的几家逐渐发展到现在的几百家。

在激烈的单片机市场竞争中，Microchip 公司生产的 PIC 系列 8 位单片机以其优越的性能逐渐从 Intel 公司 51 系列和 Motorola 公司 68K 系列占绝对主导地位的 8 位单片机市场中脱颖而出。从 2003 年起至今，其 8 位单片机的年出货量稳居全球排名榜首。这样的业绩是与 PIC 单片机自身的优良性能密不可分的。

PIC 单片机具有可靠性高、指令系统简洁、功耗低、驱动能力强、产品系列丰富等优点，能满足各种用户的需要，因此受到广大用户欢迎，市场占有率也一直领先，同时也是一款非常易于学习、掌握的单片机。

本书以 PIC 单片机中档型号 PIC16F877 为例全面地讲解单片机的基本原理、软硬件设计方法和单片机各种接口的使用方法。

为了降低读者的入门成本，本书以免费的 MPLAB 和 HI-TECH PICC Lite 作为软件开发平台，以 Proteus 作为硬件电路开发平台，为学习者搭建了一个完美的单片机开发环境。本书还配有关键操作过程的全程视频，使读者可以轻松搭建开发环境、迅速入门。在学习完本书之后，相信读者能够全面地掌握单片机原理及其应用设计，并可以使用 PIC 单片机进行实际项目的开发。

本书特点

本书主要有以下特点。

1. 循序渐进，由浅入深

为了方便读者学习，本书站在开发者的角度组织章节顺序。首先讲解开发流程、开发环境建立、最小系统硬件电路搭建；然后讲解汇编语言、C 语言和各种接口的使用；最后给出了几个实际项目的核心部分例子，使读者按认知顺序完成从入门到精通的过程。

2. 技术全面，内容充实

本书所讲的内容在保证实用的前提下，详细介绍了 PIC 单片机每种接口的原理、软硬件设计方法，并都采用标准的模块化源代码给出可以实际运行的例子，使读者学完之后可以直接应用到项目实践中。

3. C 语言为主，汇编语言为辅

当前的实际开发中，大多数项目都是用 C 语言完成。所以本书的绝大部分代码都是用 C 语言编写。考虑到有很多读者有汇编语言基础但没有学习过 C 语言，所以本书前面章节仍然详细介绍了 PIC 的汇编语言及其程序设计。从第 9 章开始讲解 C 语言在单片机中的应用，便于无 C 语言基础的读者学习、掌握。

4. 硬件设计，软件模拟

本书以 Proteus ISIS 软件为硬件模拟平台，为读者提供了一个完整的硬件电路设计、电路板

制作和硬件电路模拟平台。使初学者在无任何单片机硬件调试或烧写设备的条件下，可完成单片机硬件电路的学习和设计。书中所有实例均有对应的 Proteus ISIS 用硬件电路图，均调试完毕，能正常运行。

5. 视频精短，重点突出

常见的视频讲解往往是从头到尾的课堂讲解，使最终的视频录像达到几张 DVD 光盘之多。不便于随身携带、随时学习。本书的视频内容仅把关键的步骤和初学者容易出错的步骤进行高质量录制并配合清晰的语音讲解。

6. 代码规范，实用性强

书中的每个知识点都有相应的实例代码和电路图，并在书中明确地标出了在光盘中的路径。对绝大部分代码进行了注释说明。每段代码的后面都有详细的运行结果，读者可以参照运行结果阅读源程序，以便于加深理解。在代码结构上采用了标准的 C 语言项目开发规范进行组织，并把标准接口功能进行了模块化封装，可以直接应用于实际项目。

7. 功能分开，讲解清晰

本书在讲解每个知识点（功能模块）时，并不是按照数据手册的顺序来罗列的，而是采用单一功能模块介绍的方法（例如，把 USART 通信就分为两节：发送器和接收器），每一模块仅介绍相关的原理、寄存器、硬件电路连接和编程实例。这样能让读者明确知道使用某个模块该涉及哪些寄存器和硬件电路。每个功能模块的讲解都配合一个或几个简单的实例和硬件模拟用电路图，可以使读者在看完之后就能知道哪些功能应该应用在哪些场合。

主要内容

本书分为 4 篇，共 21 章。各章的主要内容如下。

第一篇 开发基础

第 1 章：主要讲解了单片机的由来和发展现状。介绍了什么是单片机系统、单片机的应用领域、常用单片机厂家，并以 PIC 系列单片机为例讲解了单片机的特点、单片机的型号选择和基本功能。

第 2 章：按照单片机项目开发的一般流程，以 PIC 单片机开发为例，通过大量的图示细致地讲解了软件开发环境 MPLAB 的建立和基本使用方法、HI-TECH PICC 编译器的安装和使用方法、在 MPLAB 中使用 Proteus ISIS 调试的一般流程、硬件调试器 MPLAB ICD2 的安装和使用方法。

第二篇 结构与编程

第 3 章：介绍了单片机系统及其组成，并详细地讲解了 PIC 单片机最小系统的组成，包括电源电路的设计、时钟电路、复位电路和调试接口的设计。

第 4 章：先从 PIC 单片机的基本结构入手来分析 PIC 单片机的优点，包括其中央处理器结构和存储器结构。然后又依次剖析了其专用功能模块的特点。

第 5 章：以 PIC 的 8 位系列单片机中档产品 PIC16F877 的汇编指令集为例，主要讲解 PIC 指令集的特点、分类，并通过简单的例子给出各个指令的使用方法。

第 6 章：重点讲解 MPASM 的汇编语言格式、常用汇编伪指令用法，并通过简单的例子给出各个伪指令的使用方法。然后讲解 PIC16F877 的寻址方式和编程案例。通过列举判断分支、循环、延时等常用子程序讲解子程序的设计方法。最后给出了一个中文版的 PIC 系列单片机汇编语言模板。

第 7 章：讲解了 PIC16F877 的 GPIO 用作输出时的控制原理和编程方法。并通过对延时子程序、查表子程序的使用来加深读者对汇编程序的理解。

第 8 章：主要讲解开关量信号的读取，介绍了 PIC16F877 的输入、输出端口用作输入方式的原理、使用方法、注意事项。并通过单按键判断、多按键判断、4×4 矩阵键盘扫描等实际编

程例子的讲解逐步加深读者对输入端口的理解。

第9章：主要讲解C语言开发环境的建立，C语言的常量、变量、运算符、控制语句、数组、函数、预处理和C语言编程规范等内容。

第10章：深入地讲解了PIC16F877的I/O口的扩展方法，包括输出扩展和输入扩展，以及I/O复用。通过编程实例讲解了它们的使用方法。

第三篇 模块功能

第11章：宏观介绍了PIC单片机中断系统，并通过处理一个简单的硬件电平中断的过程来讲解中断系统的功能和使用方法。

第12章：系统地讲解了PIC16F877的内置定时/计数器0的用途特点、结构、软硬件设计，通过实例编程讲解了它们的使用方法。

第13章：讲解了PIC16F877内置模数转换器(ADC)的系统结构、使用方法和编程步骤，并讲解了多通道A/D转换、软件滤波和A/D转换中的几个细节问题。

第14章：讲解PIC16F877的内置USART的用途特点、系统结构、硬件连接方法和软件编程，并通过双机互联、与PC互联等多个实例讲解了每种具体功能的编程方法。

第15章：通过分解式的方法讲解了PIC16F877的SPI接口模块的用途特点、系统结构和软硬件设计，通过双机通信、外置EEPROM读写等实例分别讲解了SPI模块主从模式数据收发的编程方法。

第16章：介绍了I²C总线的概念、特点和协议，并通过PIC16F877内置的I²C模块讲解了I²C协议的使用方法。通过双机通信、外置EEPROM的读写讲解了其协议的实现方法。

第17章：讲解了PIC16F877中的捕捉/比较/PWM模块的三个功能模式的系统结构、工作流程、硬件连接和软件编程，并通过实际例子给出在工程项目中的一般应用场合及其编程方法。

第四篇 综合实例

第18章：首先讲解了最简单的8×8LED点阵显示屏控制方法。然后介绍了采用74LS138和74HC595来简化系统设计的方法。最后给出多块8×8LED显示屏组成16×16LED显示屏的硬件原理和软件控制方法。本章还讲解了LED显示屏的滚屏效果实现。

第19章：分别介绍了笔段式液晶、字符式液晶和图形点阵式液晶这三类液晶显示屏的特点、结构、控制时序和编程方法，并给出在Proteus ISIS软件中的控制电路图和编程实例。

第20章：讲解了温度传感器DS18B20的控制原理、硬件连接、命令用法和软件编程。先讲解单DS18B20的使用方法，然后讲解一线总线上挂接多DS18B20的识别方法和控制方法。最后给出了一个实际项目的简化版本，其中给出了ROM搜索算法和快速CRC计算的实现。

第21章：简单介绍步进电机的控制原理。通过一个具体的实例着重介绍如何使用单片机控制L298和L297来驱动步进电机。

读者对象

- PIC单片机初学者
- 单片机工程师、嵌入式工程师、硬件电路工程师
- 高等院校电子信息工程、自动化、电气工程等相关专业师生

本书光盘

- 书中全部实例文件
- 开发过程录像文件
- 常用芯片及元器件
- 常用学习交流网址

本书主要由赵化启、闫广明、孙小君、张波和李国晶编著。其中第1~8章由赵化启编著，第9~11章由闫广明编著，第12章、第13章由李国晶编著，第14~17章由孙小君编著，第18~21章由张波编著，全书由赵化启统稿。其他参与编著和资料整理的人员有宋一兵、管殿柱、赵景波、付本国、张轩、赵景伟、赵秋玲、张忠林、王献红、王臣业、张洪信、初航、程联军、刘海波、陈立伟等，在此对他们的辛勤工作表示感谢！

衷心希望本书的出版能够为广大的单片机开发人员提供参考，能够为广大的电子爱好者学习PIC单片机技术提供帮助。

感谢您选择了本书，希望我们的努力对您的工作和学习有所帮助。限于编者的水平有限，书中难免会存在错误，恳请读者批评指正。也希望您把对本书的意见和建议告诉我们。

作者联系方式：gdz_zero@126.com

编辑联系方式：sdl@hzbook.com

作者

2010年6月

前言

第一篇 开发基础 1

第 1 章 单片机简介 1

- 1.1 常用的单片机 1
- 1.2 PIC 单片机 2
 - 1.2.1 PIC 单片机的种类 3
 - 1.2.2 PIC16F877 的功能特性 3
- 1.3 实践拓展：8 位 PIC 单片机
有哪些型号 4

第 2 章 PIC 单片机的开发流程及
开发环境 7

- 2.1 单片机的开发流程 7
- 2.2 软件开发平台的安装 8
 - 2.2.1 MPLAB 集成开发环境的
安装 8
 - 2.2.2 测试汇编语言开发环境 10
 - 2.2.3 C 语言编译器 HI-TECH
PICC 的安装 11
- 2.3 硬件开发平台的安装 12
 - 2.3.1 Proteus ISIS 软件的安装与
测试 12
 - 2.3.2 ICD2 + 开发板的硬件开发
平台的安装 14
 - 2.3.3 基于 ICD2 的硬件开发平台
的测试 16
- 2.4 单片机项目的建立 19

- 2.4.1 汇编语言项目的建立 19
- 2.4.2 C 语言项目的建立 24
- 2.4.3 目标代码的生成与排错 26
- 2.5 程序的烧写和调试运行 27
 - 2.5.1 基于 ISIS 的目标代码烧写
和调试 27
 - 2.5.2 基于 ICD2 的目标代码烧写
和调试 28
 - 2.5.3 基于 Proteus VSM MPLAB
Viewer 的目标代码调试 30
- 2.6 实践拓展：ICD2 无法正常工作
怎么办 31

第二篇 结构与编程 33

第 3 章 PIC 单片机最小系统 33

- 3.1 单片机系统的组成 33
- 3.2 PIC 单片机最小系统的组成 34
 - 3.2.1 电源电路 34
 - 3.2.2 时钟电路 35
 - 3.2.3 复位电路 37
 - 3.2.4 在线编程调试接口 38
- 3.3 实践拓展：设计单片机电路板
需要遵守哪些原则 39

第 4 章 PIC 单片机的系统结构 40

- 4.1 PIC 单片机的基本结构 40

4.1.1 基本功能模块	41	6.5 实践拓展：如何编程可以减少程序的 bug	98
4.1.2 专用功能模块	45		
4.2 PIC 单片机的特点	46	第 7 章 通用端口的输出控制	99
4.3 实践拓展：如何选择合适的单片机	49	7.1 PIC16F877 的输出端口	99
第 5 章 PIC 单片机的汇编指令	51	7.1.1 输出端口的工作原理	100
5.1 PIC 的 RISC 指令集	51	7.1.2 输出端口的相关寄存器	100
5.2 字节操作指令	53	7.1.3 端口的输出驱动能力	101
5.3 位操作指令	61	7.1.4 I/O 口的设定方法	102
5.4 立即数操作指令	62	7.1.5 PORTA 的用法	103
5.5 转移控制类指令	64	7.2 输出控制应用	104
5.6 特别功能指令	66	7.2.1 实例：LED 的实用控制程序设计	104
5.7 实践拓展：CISC 与 RISC 有何不同	67	7.2.2 实例：单个七段数码管的静态控制与动态控制	111
第 6 章 MPASM 汇编语言及其程序设计	68	7.3 实践拓展：如何提高系统的抗干扰能力	117
6.1 MPASM 汇编语言	68	第 8 章 通用端口的输入测量	120
6.1.1 MPASM 的语法	68	8.1 PIC16F877 的输入端口	120
6.1.2 MPASM 的伪指令	69	8.1.1 输入端口的工作原理	120
6.1.3 MPASM 的运算符	76	8.1.2 输入端口的相关寄存器	121
6.1.4 MPASM 的内置宏指令	78	8.1.3 端口的“读—修改—写”问题	121
6.2 寻址模式	81	8.1.4 端口的高压静电保护	122
6.2.1 文件寄存器直接寻址与 BANK 的使用	81	8.2 按键状态的识别	123
6.2.2 文件寄存器间接寻址	84	8.3 矩阵式键盘的读取	128
6.2.3 程序的直接跳转与 PAGE 的使用	86	8.3.1 4×4 矩阵式键盘的工作原理	128
6.2.4 程序的间接跳转	88	8.3.2 实例：基于扫描法的矩阵式键盘读取	129
6.3 MPASM 汇编常用子程序设计	90	8.4 实践拓展：如何正确使用上拉电阻与下拉电阻	136
6.3.1 判断分支程序	90	第 9 章 PIC 单片机的 C 语言程序设计	138
6.3.2 循环程序	91	9.1 实例：第一个单片机 C 语言程序	138
6.3.3 延时子程序	92		
6.3.4 查表子程序	94		
6.4 汇编语言程序模板	97		

9.2 单片机 C 语言的数据类型	142	9.9.1 头文件的书写	191
9.2.1 常量和变量	143	9.9.2 源码文件的书写	192
9.2.2 字符型数据	145	9.9.3 模块文件添加到当前项目	193
9.2.3 整型数据	147	9.10 实例：一位计数器的设计	193
9.2.4 浮点型数据	149	9.11 实践拓展：PIC 单片机 C 语言入门常见问题	195
9.2.5 位型数据	150		
9.2.6 变量的命名规则	151		
9.2.7 变量赋初值	152		
9.3 C 语言的运算符	152	第 10 章 基于 C 语言的 I/O 控制	197
9.3.1 算术运算符	153	10.1 输出端口的 C 语言编程	197
9.3.2 位运算符	154	10.1.1 走马灯控制	197
9.3.3 赋值运算符	158	10.1.2 多数码管的显示控制	198
9.3.4 关系运算符	159	10.2 输入端口的编程	203
9.3.5 逻辑运算符	160	10.2.1 单个按键状态的读取	203
9.4 C 语言的重要控制语句	161	10.2.2 两个按键状态的读取	205
9.4.1 选择结构	161	10.3 矩阵式键盘的读取方法	207
9.4.2 循环结构	165	10.3.1 基于扫描法的矩阵式键盘读取	207
9.5 数组	168	10.3.2 矩阵式键盘的模块化编程	209
9.5.1 数组的定义与初始化	169	10.4 实例：简单的电子计算器设计	211
9.5.2 数组的使用	170	10.5 实践拓展：如何使用去偶电容	215
9.5.3 实例：用 C 语言控制数码管	171		
9.6 函数	174	第三篇 模块功能	217
9.6.1 函数的声明和定义	175	第 11 章 中断系统	217
9.6.2 局部变量和全局变量	177	11.1 单片机中断的处理过程	217
9.6.3 数组作为函数的参数	178	11.2 PIC 中断系统的硬件结构	217
9.6.4 实例：延时函数的设计	179	11.3 中断的响应和处理	219
9.7 预处理命令与宏定义	181	11.4 INT 中断	221
9.7.1 不带参数的宏定义	181	11.4.1 INT 中断的相关寄存器	221
9.7.2 带参数的宏定义	182	11.4.2 INT 中断的硬件连接	222
9.7.3 文件包含	183	11.4.3 INT 中断的汇编语言编程	223
9.7.4 条件编译	183		
9.8 C 语言编程规范	185		
9.8.1 标识符命名	185		
9.8.2 可读性	186		
9.8.3 程序的排版	187		
9.8.4 注释的书写方法	189		
9.9 多文件项目管理	191		

11.4.4 PICC 中断服务程序的编写	224	13.3 中断模式下的 A/D 转换	267
11.5 实例：用 INT 中断控制 LED ...	225	13.3.1 中断模式下 A/D 转换器涉及的寄存器	268
11.6 实践拓展：PIC 单片机常见的中断问题有哪些	226	13.3.2 中断模式下 A/D 转换器编程	268
第 12 章 定时/计数器	228	13.4 实例：电位器阻值测量	270
12.1 计数与定时的基本概念	228	13.4.1 电位器阻值测量仪设计 ...	271
12.2 PIC16F877 的定时/计数器	228	13.4.2 A/D 转换的软件滤波 ...	274
12.3 TIMER0 的用法	229	13.4.3 上下限报警	278
12.3.1 TIMER0 的系统结构及相关寄存器	229	13.4.4 休眠模式的 A/D 转换 ...	281
12.3.2 TIMER0 的硬件连接	231	13.5 A/D 转换参数计算	283
12.3.3 TIMER0 的软件编程	232	13.5.1 转换精度	284
12.4 TIMER0 的应用	237	13.5.2 采样时间要求	284
12.4.1 实例：电子表设计	237	13.5.3 转换时间要求	285
12.4.2 实例：脉冲宽度测量	241	13.6 实践拓展：常见的 A/D 转换器有哪些	285
12.4.3 实例：频率计设计	245		
12.4.4 实例：方波发生器	247	第 14 章 通用同步/异步收发器 USART	287
12.5 看门狗	251	14.1 串行通信与并行通信的基本概念	287
12.5.1 看门狗的系统结构	251	14.1.1 通信协议	287
12.5.2 看门狗的硬件设置	252	14.1.2 数据传送方式	288
12.5.3 看门狗的程序设计	252	14.1.3 波特率	289
12.5.4 看门狗的使用要点	257	14.1.4 串行通信的检错和纠错 ...	289
12.6 实践拓展：如何校准 PIC 单片机内部 RC 振荡器	257	14.2 PIC 单片机的 USART 模块 ...	289
第 13 章 A/D 转换器	259	14.2.1 USART 的功能特点	289
13.1 PIC16F877 片内 A/D 转换器的结构与基本用法	259	14.2.2 USART 发送器的系统结构	290
13.1.1 A/D 转换器的系统结构 ...	259	14.2.3 USART 发送器的相关寄存器	292
13.1.2 与 A/D 转换相关的寄存器	261	14.2.4 实例：USART 异步模式下发送数据	294
13.1.3 A/D 转换器的硬件设计 ...	262	14.2.5 USART 接收器的系统结构	297
13.1.4 A/D 转换器的查询方式操作时序与编程	262	14.2.6 USART 接收器的相关寄存器	298
13.2 实例：多通道 A/D 转换编程 ...	265	14.2.7 实例：USART 异步模式下接收数据	300

14.2.8 实例：USART 异步接收方式的出错分析	304	15.4.4 主控接收和从动发送模式下的硬件连接	331
14.3 USART 的外围硬件电路设计	306	15.4.5 实例：双机通信的程序设计	332
14.4 高级串行通信协议的设计	308	15.5 25xxx 系列 EEPROM 的读写	336
14.4.1 实例：单向数据通信协议的设计	309	15.5.1 25C160 的功能特点	336
14.4.2 带应答的数据通信协议	314	15.5.2 25C160 的系统结构与工作流程	337
14.5 实践拓展：什么是 RS-485/EIA-485	314	15.5.3 25C160 的硬件连接	339
第 15 章 SPI 接口	316	15.5.4 实例：25C160 的程序设计	340
15.1 SPI 模块的功能及系统结构	316	15.6 实践拓展：常用 SPI 接口芯片有哪些	345
15.2 主控发送模式	317	第 16 章 I²C 接口	346
15.2.1 主控发送模式的工作流程	317	16.1 I ² C 的功能特点	346
15.2.2 主控发送模式的相关寄存器	318	16.1.1 I ² C 的电气连接	346
15.2.3 主控发送模式的硬件连接	319	16.1.2 I ² C 协议简介	347
15.2.4 实例：主控发送模式的程序设计	319	16.1.3 PIC16F877 的 I ² C 模块	349
15.3 从动接收模式	321	16.2 I ² C 主模式数据发送	349
15.3.1 从动接收模式的工作流程	322	16.2.1 I ² C 主模式系统结构与数据发送流程	350
15.3.2 从动接收模式的相关寄存器	322	16.2.2 I ² C 主模式发送过程相关寄存器	352
15.3.3 从动接收模式的硬件连接	324	16.2.3 I ² C 模块的硬件连接	353
15.3.4 实例：从动接收模式的程序设计	325	16.2.4 实例：I ² C 的主模式数据发送程序设计	354
15.4 主控接收与从动发送	328	16.3 I ² C 主模式数据接收	357
15.4.1 主控接收模式的工作流程	328	16.3.1 I ² C 主模式数据接收流程	357
15.4.2 主控接收模式的相关寄存器	329	16.3.2 I ² C 主模式接收过程相关寄存器	359
15.4.3 从动发送模式的工作流程	331	16.3.3 实例：I ² C 的主模式数据接收程序设计	360
		16.4 I ² C 主模式的复合数据帧	364
		16.5 I ² C 接口 EEPROM 的读写实例	364
		16.5.1 24C02C 功能简介	364

16.5.2	24C02C 的系统结构与 读写帧格式	365	17.4.4	实例: 基于 PWM 功能的 方波发生器设计	396
16.5.3	24C02C 的硬件连接	366	17.4.5	实例: 基于 PWM 功能的 D/A 转换器设计	399
16.5.4	实例: 读写 24C02C 的 程序设计	367	17.5	CCP2 模块	402
16.6	I ² C 从模式的数据接收和 发送	373	17.6	实践拓展: 什么是 SPWM	402
16.6.1	I ² C 从模式系统结构和 数据接收流程	373	第四篇 综合实例		403
16.6.2	I ² C 从模式相关寄存器	374	第 18 章 LED 点阵显示屏及其应用		403
16.6.3	实例: I ² C 从模式数据 接收	376	18.1	8×8LED 显示屏显示原理 及编程	403
16.6.4	实例: I ² C 从模式数据 发送	379	18.2	改进的 8×8LED 显示屏原理 及编程	406
16.7	实践拓展: SPI、I ² C、USART 有何区别	381	18.3	16×16LED 显示屏显示原理 及编程	410
第 17 章 CCP 模块		382	18.4	基于第三方软件的汉字字模 生成	414
17.1	CCP 模块的基本概念	382	18.5	LED 点阵显示屏的动态 显示	416
17.2	CCP1 的捕捉模式	382	18.6	基于硬件字库的汉字显示	420
17.2.1	CCP1 捕捉模式的系统 结构和工作过程	383	18.7	实践拓展: 字模 III 软件有 什么特色功能	425
17.2.2	CCP1 捕捉模式下的相关 寄存器	384	第 19 章 液晶显示屏的使用		427
17.2.3	实例: 基于捕捉功能的 频率计设计	385	19.1	笔段式液晶显示屏原理及 编程	427
17.3	CCP1 的比较模式	390	19.1.1	VIM-332-DP 的显示 原理	427
17.3.1	CCP1 比较模式的系统 结构和工作过程	390	19.1.2	VIM-332-DP 的硬件 连接	428
17.3.2	CCP1 比较模式下的相关 寄存器	391	19.1.3	VIM-332-DP 的软件 编程	429
17.3.3	实例: 基于比较功能的 方波发生器设计	391	19.2	字符式液晶显示屏原理及 编程	433
17.4	CCP1 的 PWM 模式	394			
17.4.1	CCP1 的 PWM 模式的系统 结构和工作过程	394			
17.4.2	CCP1 的 PWM 模式下的 相关寄存器	394			
17.4.3	PWM 的周期与占空比	395			

19.2.1	字符式液晶显示屏 LM016L 的特点	434	20.2	DS18B20 的操作命令及 其应用	465
19.2.2	LM016L 的系统结构与 硬件连接	434	20.2.1	复位操作	466
19.2.3	LM016L 的指令集	436	20.2.2	写位操作	467
19.2.4	LM016L 的编程方法	437	20.2.3	写字节操作	467
19.2.5	LM016L 的字符显示	437	20.2.4	读位操作	468
19.2.6	LM016L 的初始化	438	20.2.5	读字节操作	469
19.2.7	实例: 基于 LM016L 的 秒表显示设计	439	20.3	DS18B20 的命令列表	469
19.3	图形点阵式液晶显示屏原理 及应用	445	20.4	实例: 单点温度测量	470
19.3.1	HDG12864F-3 的功能 特点	445	20.5	多点温度采集相关命令及 编程	481
19.3.2	HDG12864F-3 的接口 与硬件连接	446	20.5.1	搜索 ROM 命令	481
19.3.3	HDG12864F-3 的 指令集	447	20.5.2	读 ROM 命令	485
19.3.4	HDG12864F-3 的编程 方法	448	20.5.3	匹配 ROM 命令	485
19.3.5	HDG12864F-3 的数据 显示	450	20.6	实例: 多点温度监测报警 系统	487
19.3.6	HDG12864F-3 的 初始化	450	20.7	实践拓展: 常用一线总线 芯片有哪些	500
19.3.7	HDG12864F-3 的驱动 程序设计	451	第 21 章	步进电机控制	501
19.3.8	在图形点阵式液晶显示屏 上显示图像和汉字	457	21.1	步进电机的控制原理	501
19.4	实践拓展: 使用液晶显示屏 时有哪些常见问题	462	21.2	步进电机的驱动系统	502
第 20 章	多点温度监测系统	464	21.2.1	电机驱动芯片 L298 原理 与应用	502
20.1	DS18B20 的结构与功能 特点	464	21.2.2	电机控制芯片 L297 原理 与应用	505
			21.3	实例: 基于 L297 和 L298 的 步进电机控制	508
			21.4	实践拓展: 步进电机使用中 的常见问题有哪些	512
			参考文献	514	

第 1 章 单片机简介

单片机又称微控制器 (Micro Control Unit), 是计算机发展的另一个分支, 其主要被嵌入到目标设备中实现智能控制或者测量。由于它具有体积小、功能强、价格便宜、可靠性高等优点, 被广泛应用于人们的日常生活和生产中。本章先简单介绍流行的单片机种类, 而后专门就 PIC 单片机进行详细介绍。

1.1 常用的单片机

自世界上第一片单片机诞生以来, 单片机厂商不断推陈出新, 目前已有几十个系列、上百种型号。当前市场上以 8 位单片机为主流, 应用比较广、影响比较大的 8 位单片机有以下几种。

(1) Microchip (微芯) 公司的 PIC 系列单片机

PIC 系列单片机的 CPU 采用 RISC 指令集, 采用 Harvard (哈佛) 双总线结构、运行速度快、功耗低、可靠性高、性价比高。适用于用量大、可靠性要求高、价格敏感的产品。在办公自动化设备、消费电子产品、电讯通信、智能仪器仪表、汽车电子、金融电子、工业控制等不同领域都有广泛的应用。近几年, PIC 系列的 8 位单片机在世界 8 位单片机市场份额中一直排名第一, 保持领先, 社会对熟练使用 PIC 单片机的人才也需求旺盛。图 1-1 所示是双列直插 (Dual In-line Package, DIP) 封装的 PIC16F877A 单片机, 由于其接口丰富, 通常用于 PIC 单片机的教学和科研中。

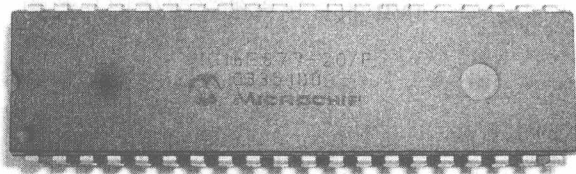


图 1-1 PIC16F877A 实物图

(2) Motorola (摩托罗拉) 公司的 68HC 系列单片机

Motorola 公司是目前世界上仅次于 Microchip 公司的第二大 8 位单片机厂商。从 M6800

开始,开发了众多的品种,4位、8位、16位、32位的单片机都能生产。其中典型代表有8位机MC68HC05XX系列,8位增强型MC68HC11XX、MC68HC12XX系列,16位机MC68HC16XX系列,32位机MC68HC3XX系列等。Motorola单片机的特点之一是在同样的速度下所用的时钟频率较Intel类单片机低得多,因而使得高频噪声低,抗干扰能力强,更适合于工控领域及恶劣的环境。图1-2所示是一款MC68HC系列单片机的实物图。

(3) 8051 单片机

8051单片机也被简称为51单片机。它最早由Intel(英特尔)公司推出,后来包括Philips(飞利浦)公司、Atmel(爱特梅尔)公司、Siemens(西门子)公司等多家世界著名的半导体公司都购买了8051的内核,并各自加入特色功能和外设,这使得以8051为内核的单片机在世界上种类最多。由于8051单片机的原理与8086单片机相同,所以国内从20世纪90年代中后期就开始以8051单片机为主进行嵌入式系统的研发和教学,目前仍是单片机教学的主流型号。图1-3所示是一款Atmel公司生产的51单片机。

(4) Atmel公司的AVR单片机

Atmel公司除了生产传统的51单片机外,还开发独具特色的AVR单片机。这种单片机采用增强的RISC结构,使其具有高速处理能力,在一个时钟周期内可执行复杂的指令,每兆赫[兹]可实现1MIPS(每秒百万条指令)的处理能力。AVR单片机工作电压为2.7~6.0V,可以实现耗电最优化。内置丰富的外设接口,内置Flash,使用JTAG接口进行程序烧写和调试,使其开发成本低廉、可随时编程,使用户的产品设计、更新换代方便。AVR的C语言编译器使用开源的GCC编译器,进一步降低了开发成本。AVR的单片机广泛应用于计算机外部设备、工业实时控制、仪器仪表、通信设备、家用电器、宇航设备等各个领域。图1-4所示是一款型号为ATMEGA32的AVR单片机实物图。

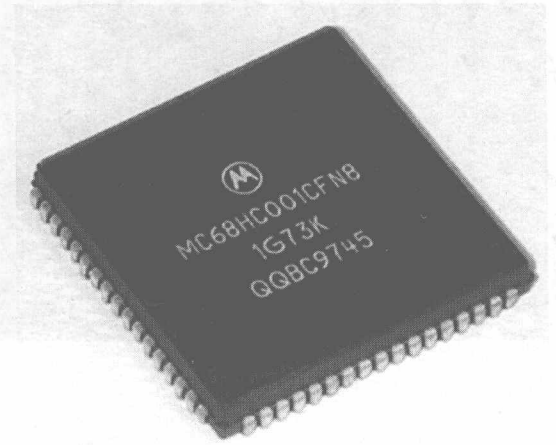


图 1-2 MC68HC 系列芯片实物图

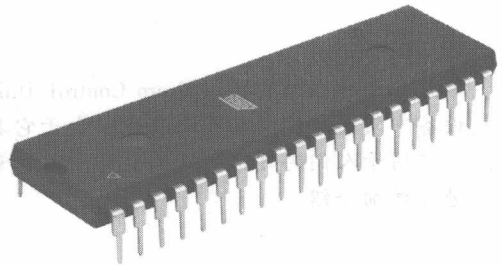


图 1-3 Atmel 公司的 51 单片机

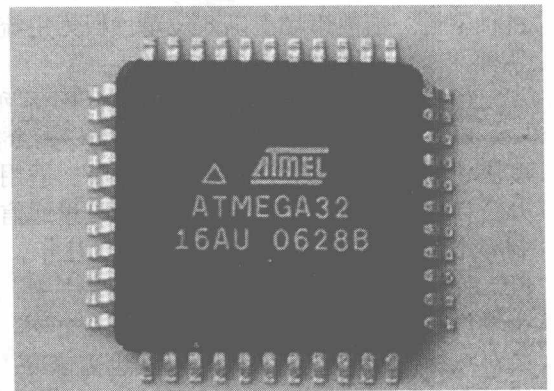


图 1-4 AVR 单片机实物图

1.2 PIC 单片机

上面这些产品有很多相似的功能,但各有各的特点,用户可以根据需要选择。如此庞大

的单片机家族，其实只要熟练掌握一种单片机的使用方法，便可以举一反三，对其他型号的单片机也能够快速上手。这里推荐 PIC 单片机作为入门选择。

为什么把 PIC 单片机列入重点研究的对象呢？综合评估各类单片机的性能及应用情况后，我们不得不把工作重点转到具有良好潜质的 PIC 单片机上。PIC 单片机的硬件系统设计简洁，指令系统设计精炼。在所有的单片机品种中，PIC 单片机具有性能完善、功能强大、学习容易、开发应用方便和人机界面友好等突出优点。PIC 单片机已经成为初学单片机的技术人员的首选，因此，没有理由不引导读者去接受和面对一个很有发展空间的领域。

1.2.1 PIC 单片机的种类

Microchip 公司的 PIC 系列单片机有 8 位单片机、16 位单片机、32 位单片机和超低功耗单片机。这里仅以 8 位单片机系列为主，介绍 8 位单片机的型号特点。

8 位单片机在其整个 8 位机家族中分低、中、高三档，对应的内部指令宽度分别是 12、14、16 位。现分别介绍如下：

- 12 位指令宽度的低档单片机结构简单，价格低廉，适用于一些控制任务相对简单且对价格敏感的低端消费类产品，代表型号如 PIC16C5x 系列的 PIC16C54C、PIC16C57C 等，PIC12C5xx 系列的 PIC12C508A、PIC12C509 等。
- 14 位指令宽度的中档单片机是目前型号最丰富的一个系列，片内功能模块种类齐全，组合灵活多变，价位适中，应用领域极其广阔，代表型号如 PIC16F7x 系列的 PIC16F73/74/76/77、PIC16F87xA 系列的 PIC16F873A/874A/876A/877A 等。
- 16 位指令宽度的高档单片机在命名上以 PIC18 开头，整个内核体系在 PIC16 系列基础上有很大提高，最高指令流可达 10MIPS（单条指令执行时间为 100ns）。一般用于较高端的产品设计，是 Microchip 今后在 8 位单片机上发展的主要方向。

PIC 的 8 位单片机的引脚从 6 针到 100 针，分别适合各类应用领域。

PIC 特定型号的 8 位单片机支持众多的外设接口，包括定时器、比较器、脉宽调变 (PWM)、模/数转换器 (ADC)、I²C、SPI、USB、CAN、LIN 等。

尽管 PIC 单片机分那么多种类，但不同家族不同型号间有着无缝的迁徙路径。这完全得益于 PIC 单片机内核设计的一致性，使其指令上下兼容，具备相同的功能模块操控方式，更重要的是其表现出的电气特性也一致。目前，国内单片机的应用方向还主要定位在中低端的产品设计中，自然 PIC16 系列成为广大设计工程师关注的焦点。本书就以 PIC 家族中最典型的中档系列为立足点展开深入讨论，但相关话题对低档和高档系列的开发应用也有借鉴意义。

1.2.2 PIC16F877 的功能特性

PIC16F877 是 Microchip 公司于 1998 年底推出的一款 Flash 单片机，后来又推出了改进版本 PIC16F877A，对 PIC16F877 做了细微的优化和改进，但使用方法大体上相同。本书所述内容同时适用于 PIC16F877 和 PIC16F877A 单片机，后文对这两款单片机就不作区分了。

所有 PIC12/16 中档单片机都有一个同样的运算控制和执行内核，各个型号所不同的是其配属的外围功能模块各不相同。这样做的目的是可以让用户按照具体产品设计的要求，选择最恰当的一款着手设计工作。按设计任务对功能进行添加或裁减，可以方便地移植到其他合适的芯片上继续开发。其基本功能特性包括如下几点：

- “哈佛”结构，功能强大的 RISC 单片机内核；
- 8 层硬件堆栈用于保护和恢复程序计数器；
- 工作频率为 0~20MHz，用户可选的多种时钟模式；