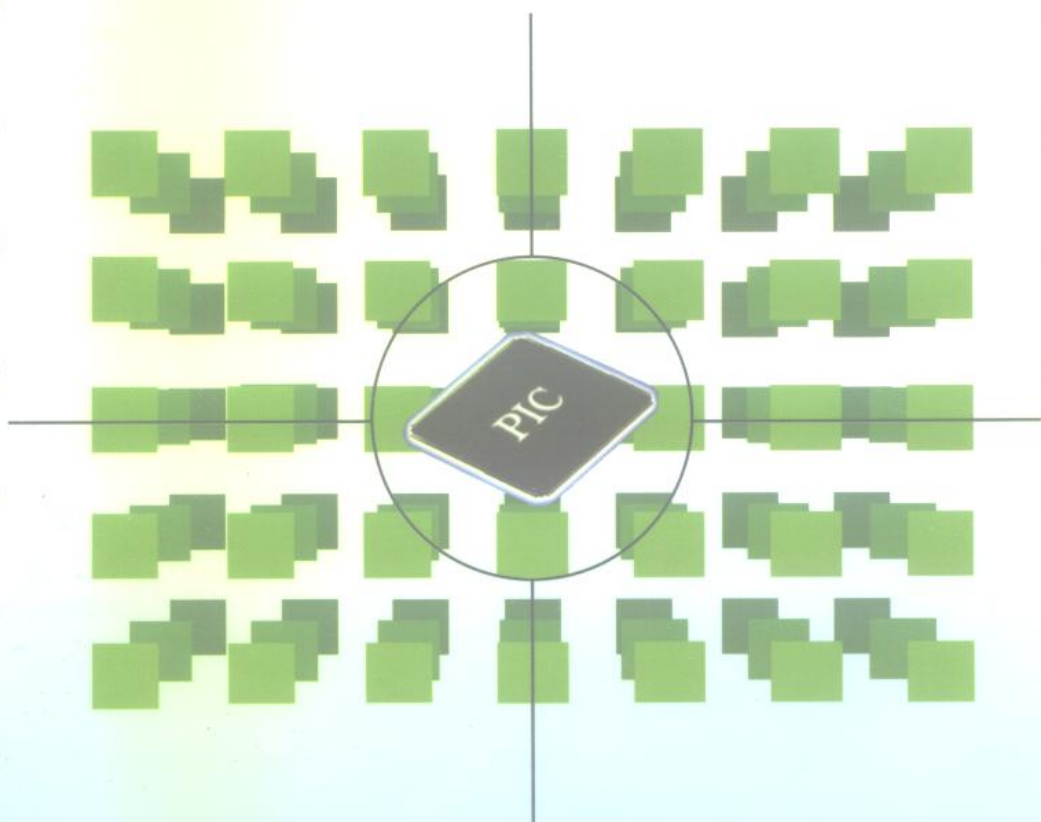




PIC系列单片机的 开发应用技术

武 锋 编著



北京航空航天大学出版社



PIC 系列单片机的开发应用技术

武 锋 编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

JS143/28

本书结合作者的开发应用试验,介绍了美国 Microchip 公司的 PIC 系列单片机的开发应用概况及其源程序的建立和汇编过程,并以 PIC16 系列产品为例介绍了目标程序的软件模拟仿真调试技术及其一些开发应用的演示试验和开发应用设计范例等内容。本书在开发应用演示试验和开发应用设计范例的介绍中均给出了硬件电路的设计及其相应的源程序,并在附录中收录了一些 PIC 系列单片机开发应用的实用资料,具有实用价值。本书可提供配套磁盘,内有相关的汇编与模拟调试等工具软件及主要源程序清单(磁盘的文件目录参见附录 J),以供读者选购。

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

图书在版编目(CIP)数据

PIC 系列单片机的开发应用技术/武锋编著. —北京:北京航空航天大学出版社,1998.8

ISBN 7-81012-796-9

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 14358 号

PIC 系列单片机的开发应用技术

武 锋 编 著

责任编辑 王小青

责任校对 张韵秋

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市学院路 37 号(100083) 发行部电话:62015720

涿州市新华印刷厂印装 各地书店经销

*

开本:787×1092 1/16 印张:16.5 字数:417 千字

1998 年 8 月第 1 版 1998 年 8 月 第 1 次印刷 印数:5000 册

ISBN 7-81012-796-9/TP·290 定价:23.00 元

前 言

美国 Microchip Technology 公司推出的采用 RISC(精简指令集)的 PIC 系列单片机具有实用、低价、易学、省电、高速和体积小等特点,体现了单片微控制器工业的新趋势。PIC 系列的特点之一是不搞单纯的功能堆积而是发展多种型号来满足不同层次的需要;另一特点是提供低价格的 OTP(一次性编程)芯片。因此, PIC 系列单片机在我国将会有广阔的发展应用前景。

本书结合作者的开发应用试验,以目前最为常用的 PIC16 系列产品为主,介绍了 PIC 系列单片机源程序的建立和汇编及其仿真调试技术与开发应用试验和开发应用设计范例等内容。全书分八章,第一章为绪论:介绍了 PIC 系列单片机的开发应用概况和源程序的建立,以及硬件仿真调试与软件模拟调试的特性及其基本的开发应用步骤;第二章为 DOS 下 PIC 系列单片机源程序的汇编与模拟调试:介绍了目前 PIC 系列单片机常用的汇编工具软件 MPASM 的特性和应用,以及 DOS 下 PIC 的模拟调试软件 MPSIM 的特性及其应用方法与演示试验等内容;第三章为 Windows 下的 MPLAB 集成开发软件:介绍了 Windows 下的 MPLAB 集成开发软件的特性和安装与运行、MPLAB 的菜单命令集等内容;第四章为 MPLAB 的应用演示试验:介绍了 MPLAB 的菜单操作方法与应用演示试验等内容;第五章为 PIC 的硬件开发支持:介绍了几种常用的典型 PIC 在线仿真器与编程器的结构特性;第六章为 PIC 系列单片机的应用与扩展技术:介绍了 PIC 系列单片机的 I/O 口的应用及其硬件与软件的扩展应用技巧;第七章为 PIC 系列单片机的编程范例与应用试验:介绍了 PIC 系列单片机的一些编程范例和开发应用试验;第八章为 PIC 常用的数学子程序及其开发应用设计范例:本章介绍了 PIC 的常用数学运算子程序及其 PIC16C5X/6X/7X/8X 的一些典型开发应用设计范例。

本书在开发应用试验和开发应用设计范例的介绍中,均给出了相应的硬件电路和源程序,并在附录中收录了一些 PIC 单片机开发应用的实用资料,具有很高的参考与实用价值。

本书提供一张配套磁盘,内有 PIC 系列单片机中常用的汇编与模拟调试等工具软件以及本书中的主要源程序清单,以供读者练习和试验使用。该磁盘的文件目录可参见附录 J^①。

吴金屏同志参与了本书部分章节的整理、校对和文字处理等工作,解经建高工对本书配套磁盘的制作和发行等给予了指导和帮助。此外,本书的编写工作自始至终得到了北京航空航天大学何立民教授的热情指导与帮助以及北京航空航天大学出版社的大力支持,在此一并致以衷心的感谢。

由于水平有限,时间仓促,对书中不当和错误之处敬请读者批评指正。

作 者

1998 年 3 月

① 本书配套磁盘的邮购方法

邮购地址:(邮编 233000)安徽省蚌埠市治淮路 771 号,安徽水利科学研究院思维电脑公司

邮购费: 20 元(平寄)/42 元(特快专递)

联系人: 解经建(高工)

目 录

第一章 绪 论	(1)
1.1 PIC 系列单片机及其开发与应用概况	(1)
1.1.1 PIC 系列单片机概述	(1)
1.1.2 PIC 系列单片机的开发与应用概况	(4)
1.2 PIC 的源程序与机器码	(5)
1.2.1 PIC 源程序的格式和建立	(5)
1.2.2 PIC 的机器码输出格式	(7)
1.3 PIC 系列单片机的开发与应用方法简述	(9)
1.3.1 PIC 的硬件仿真开发与软件模拟开发	(9)
1.3.2 PIC 的基本开发应用步骤	(10)
第二章 DOS 下 PIC 源程序的汇编与模拟调试	(12)
2.1 宏汇编程序 MPASM	(12)
2.1.1 MPASM 的特性及安装与运行	(12)
2.1.2 MPASM 的常数与表达式及文件扩展名	(14)
2.1.3 MPASM 的宏语言与伪操作及其汇编输出	(16)
2.1.4 MPASM 的指示语句及应用	(21)
2.2 模拟调试软件 MPSIM	(32)
2.2.1 MPSIM 的特性和安装与运行	(32)
2.2.2 MPSIM 使用和产生的文件	(33)
2.2.3 MPSIM 的指令及其应用	(35)
2.3 MPSIM 的应用演示试验	(42)
2.3.1 建立并汇编源程序	(42)
2.3.2 装入所需的文件	(44)
2.3.3 模拟运行调试练习	(46)
第三章 Windows 下的 PIC 集成开发软件 MPLAB	(50)
3.1 MPLAB 的特性和安装与运行	(50)
3.1.1 MPLAB 的特性	(50)
3.1.2 MPLAB 的安装	(51)
3.1.3 MPLAB 的启动运行	(52)
3.2 MPLAB 的桌面与菜单命令	(54)
3.2.1 MPLAB 的桌面	(54)

3.2.2	MPLAB 桌面中的状态栏与工具栏	(55)
3.2.3	MPLAB 的菜单命令集	(57)
3.3	MPLAB 菜单命令的功能与应用操作	(60)
3.3.1	文件菜单的功能与应用操作	(61)
3.3.2	项目菜单的功能与应用操作	(64)
3.3.3	编辑菜单的功能与应用操作	(68)
3.3.4	调试菜单的功能与应用操作	(70)
3.3.5	选项菜单的功能与应用操作	(78)
3.3.6	工具菜单的功能与应用操作	(83)
3.3.7	窗口菜单的功能与应用操作	(84)
3.3.8	帮助菜单的功能与应用操作	(92)
第四章	MPLAB 集成开发软件的应用演示试验	(94)
4.1	MPLAB 中 PIC 源程序的编辑与装载	(94)
4.1.1	PIC 的源程序 TUTOR.ASM	(94)
4.1.2	MPLAB 中 PIC 源程序的建立和编辑	(95)
4.1.3	MPLAB 中 PIC 源程序的装载	(95)
4.2	MPLAB 中 PIC 源程序的汇编	(97)
4.2.1	创建项目	(97)
4.2.2	汇编 PIC 的源程序	(98)
4.2.3	汇编后的输出文件	(99)
4.3	MPLAB 中的模拟运行调试	(100)
4.3.1	设置开发模式与处理器型号	(100)
4.3.2	装载目标程序与设置观察窗口	(100)
4.3.3	单步运行调试	(101)
第五章	PIC 的硬件开发支持	(103)
5.1	PIC 在线仿真器与编程器概述	(103)
5.1.1	PIC 在线仿真器概述	(103)
5.1.2	PIC 编程器概述	(104)
5.1.3	PIC 编程器基本功能的应用	(105)
5.2	几种典型的 PIC 在线仿真器的结构特性	(105)
5.2.1	仿真器 PICICE-5X	(105)
5.2.2	通用在线仿真器 PICICE- I	(106)
5.2.3	高性能通用在线仿真器 PICMASTER	(108)
5.3	几种典型的 PIC 编程器的结构特性	(109)
5.3.1	PICSTART 编程器	(109)
5.3.2	PICW-5XA 与 PICW-ALL 烧写编程器	(110)
5.3.3	PRO MATE 通用编程器	(110)

第六章 PIC 系列单片机的应用与扩展技术	(112)
6.1 I/O 口的应用与扩展	(112)
6.1.1 I/O 口的应用	(112)
6.1.2 I/O 口的扩展	(114)
6.2 数据存储器的扩展	(118)
6.2.1 外接 RAM 芯片的扩展	(118)
6.2.2 外接 SEEPROM 芯片的扩展	(119)
6.3 软件的设计与应用技术	(129)
6.3.1 软件中断的扩展技术	(130)
6.3.2 软件堆栈的扩展技术	(133)
6.3.3 PIC 中常用的寄存器单元与位定义	(135)
第七章 PIC 系列单片机的编程范例与应用试验	(141)
7.1 PIC 的编程范例	(141)
7.1.1 PIC 的软件延时编程范例	(141)
7.1.2 变换预分频器的分配对象	(141)
7.1.3 PIC16C6X 的中断保护应用范例	(142)
7.1.4 查表程序设计范例	(143)
7.2 PIC16C5X 的应用试验	(144)
7.2.1 PIC16C54 的发光控制试验	(144)
7.2.2 PIC16C55 的脉冲计数试验	(146)
7.2.3 PIC16C55 的串行通信试验	(148)
7.3 PIC16C6X/7X/8X 的应用试验	(152)
7.3.1 寄存器体(BANK)的寻址试验	(152)
7.3.2 PIC16C71 中 A/D 转换器的应用试验	(153)
7.3.3 PIC16C84 内部 EEPROM 的应用试验	(156)
第八章 PIC 的常用数学子程序及其开发应用设计范例	(158)
8.1 PIC 的常用数学运算子程序	(158)
8.1.1 无符号数的运算子程序	(158)
8.1.2 双精度数的算术运算子程序	(160)
8.1.3 浮点运算子程序	(169)
8.1.4 码制转换子程序	(178)
8.2 PIC16C5X 系列的开发应用设计范例	(182)
8.2.1 两位数字显示	(182)
8.2.2 按键扫描显示	(186)
8.2.3 实现 A/D 转换	(188)
8.2.4 模拟 EPLD 和 PLD 电路	(193)

8.3 PIC16C6X/7X/8X 的开发应用范例	(195)
8.3.1 PIC16C64/65 并行口的应用	(195)
8.3.2 CCP 模块的应用例程	(197)
8.3.3 TMR1 异步时钟方式下的应用	(206)
8.3.4 四通道数字电压表	(208)
附录 A PIC 系列单片机 12 位(基本级产品)的指令表	(219)
附录 B PIC 系列单片机 14 位(中级产品)的指令表	(221)
附录 C PIC 系列单片机 16 位(高级产品)的指令表	(224)
附录 D 特殊助记符指令表	(227)
附录 E 常用 PIC 系列产品特性一览表	(228)
附录 F 常用 PIC 系列芯片的引脚配置及其功能描述	(230)
附录 G 常用 PIC 系列芯片的绝对最大额定值	(238)
附录 H MPASM 的汇编输出信息(V1.30)	(240)
附录 I MPSIM 的输出信息	(246)
附录 J 本书配套磁盘的文件目录	(252)
参考文献	(254)

第一章 绪 论

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的发展,世界上许多公司竞相推出了许多各具特色的单片机芯片。

单片机准确的译名应为单片微控制器(Single Chip Microcontroller),又可称为单片微型计算机(Single Chip Microcomputer),简称单片机。在我国,近十多年来单片机的开发应用一直是以 Intel 公司的 8 位机 MCS-48 和 MCS-51,以及 16 位机 MCS-96 为主流系列的。进入 90 年代后,在我国的单片机市场上又出现了许多优秀的单片机系列产品,如 Motorola 的 M68HC05、M68HC11 系列,Zilog 公司的 Z8 系列,以及 Microchip 公司的 PIC 系列等。纵观各系列单片机产品的发展和特性,可以看出单片机正朝着以下两个方面发展。

一方面,单片机的性能不断提高,功能越来越强,可以完成各种较为复杂系统的设计和应用。该类产品的典型代表有 Intel 公司的 MCS-96 系列单片机和 Motorola 的 M68HC11 系列单片机。

另一方面,在中小型的智能化产品中,尤其是在消费类电子产品的应用中,单片机则朝着超小型、低功耗、低成本、多品种等方面发展。该类产品的典型代表有 Microchip 公司的 PIC 系列单片机,Zilog 公司的 CCP 系列单片机。它们的共同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。特别是美国 Microchip 公司推出的采用 RISC(精简指令集)的 PIC 系列 CMOS 8 位单片机,因其具有实用、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、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 PIC 系列单片机及其开发与应用概况

总部位于美国亚利桑那州的 Microchip Technology 公司推出的 PIC 系列 8 位 CMOS 单片机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,正在逐渐成为单片机的世界新潮流。本节将主要对 PIC 系列单片机的特点、种类及其开发与应用概况等作一些简要的介绍。

1.1.1 PIC 系列单片机概述

1. PIC 系列单片机的主要特性

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)结构,及独立分开的数据总线和指令总线的哈佛总线(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(复杂指令集)结构和冯·诺依曼结构的 8 位单片机相比,可以达到 2:1 的代码压缩和 4:1 的速度提高。

由于 PIC 系列单片机采用了 RISC 指令集和 Harvard 总线结构,其数据总线是 8 位的,

而指令总线则分别是 12 位的(如 PIC12CXX 系列和 PIC16C5X 系列)、14 位的(如 PIC16C55X/6X/62X/7X/8X 等)及 16 位的(如 PIC17CXX),这就意味着 PIC 的一个指令字长比采用 CISC 指令集的那种 8 位字长的单片机指令可包含更多的处理信息,形成了 PIC 独特的单字长指令结构。单字长指令的好处是程序空间的利用率和程序的执行速度可得到较大的提高。图 1-1 是几种典型单片机产品的程序代码紧凑性比较图,图 1-2 是几种典型单片机产品的相对程序执行速度比较图。

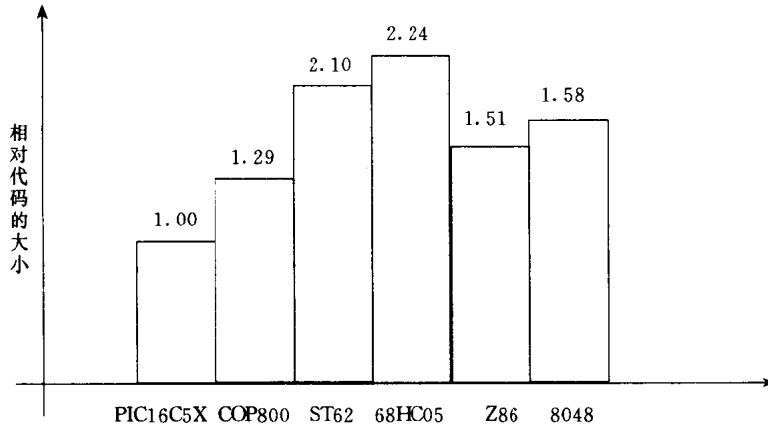


图 1-1 几种单片机程序代码紧凑性比较图

PIC 系列单片机的时钟频率和指令速度关系如表 1-1 所示。

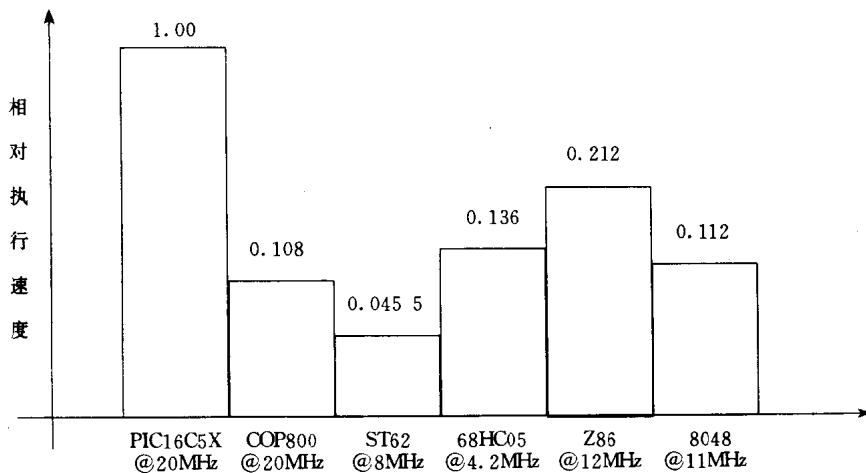


图 1-2 几种单片机的相对执行速度比较图

表 1-1 时钟频率和指令速度关系表

时钟频率	1 MHz	4 MHz	8 MHz	20 MHz
单周期指令	4 μ s	1 μ s	500 ns	200 ns
双周期指令	8 μ s	2 μ s	1 μ s	400 ns

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的需要,以避免用户投资的浪费,尤其是 PIC 系列单片机所提供的 OTP 型(一次性可编程)芯片的价格与 MASK 型(掩膜型)芯片的价格已非常接近,特别适宜于批量产品的应用。

PIC 系列单片机还具有其它一些优秀的特性,如低功耗睡眠功能、掉电复位锁定、上电复位(POR)电路、看门狗(WDT)电路等功能可以大大减少外围器件,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,可以最大限度的保护开发者的权益。

PIC 系列单片机各型号都有商用级($0^{\circ}\text{C}\sim+70^{\circ}\text{C}$)、工业级($-40^{\circ}\text{C}\sim+85^{\circ}\text{C}$)和军工级($-40^{\circ}\text{C}\sim+125^{\circ}\text{C}$)以及 PDIP、CEPDIP、SOIC、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,用户很容易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:

(1) 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。

(2) 开发易、周期短(Reduced development time): 由于 PIC 采用了 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。

(3) 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。

(4) 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 百分之百的静态设计可进入睡眠省电(Sleep)状态而不影响任何逻辑变量。

(5) 低价实用(Cost Effective): PIC 配备有 OTP 型、EPROM 型和 EEPROM 型等多种形式的芯片,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,特别适合于商品开发应用。

2. PIC 系列单片机的型号分类

Microchip 公司目前已经开发生产的 PIC 系列单片机产品可以分为基本级产品(初级产品)、中级产品和高级产品三档,其具体的型号分类概况如表 1-2 所示。

在 PIC 各系列单片机的产品中,其基本级产品 PIC12C5XX 和 PIC16C5X 系列采用的是 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 PIC16C55X/6X/62X/7X/8X/9XX 采用的是 14 位的 RISC 指令系统。它在 PIC16C5X 的基础上进行了很多改进,并与 PIC16C5X 系列保持了很高的兼容性。它有从 18 脚到 68 脚各种形式的封装,是品种最丰富的系列。它在保持低价的前提下增加了 A/D、内部 E²PROM 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、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 系列采用的是 16 位的 RISC 指令系统,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,可以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。PIC17CXX 还具有丰富的 I/O 口控制功能,并可外接扩展 EPROM 和 RAM。它已成为目前 8 位单片机中性能最高的机种之一,可广泛应用于各种高、中档的电子设备中。

表 1-2 PIC 系列单片机的分类概况

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	PIC16C5X	OTP/EPROM	PIC16C52/ 54/55/56/ 57/58
		PIC12C5XX	OTP/EPROM	PIC12C508/ 509/671/672
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), EEPROM (PIC16C8X), LCD 驱 动 (PIC16C9XX)	PIC16C55X	OTP/EPROM	PIC16C554/ 556/558
		PIC16C6X	OTP/EPROM	PIC16C61/62/ 63/64/65
		PIC16C62X	OTP/EPROM	PIC16C620/ 621/622
		PIC16C7X	OTP/EPROM	PIC16C70/71/ 72/73/74
		PIC16C8X	EPROM	PIC16C83/84
		PIC16C9XX	OTP/EPROM 含 LCD 驱动	PIC16C923/ 924
		PIC14000	OTP/EPROM 含 A/D, D/A, 温度传感器	PIC14000
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	OTP/EPROM	PIC17C42 PIC17C43 PIC17C44

1.1.2 PIC 系列单片机的开发与应用概况

1. PIC 系列单片机的开发概况

单片机是把 CPU、ROM、RAM、I/O 等集成在一块芯片上的一种特殊微型计算机。由于单片机本身没有开发编程的能力,所以要想把单片机开发成为一个实际的应用产品,必须借助于一定的开发工具才行。

单片机的开发工具可分为硬件开发工具和软件开发工具两类,硬件开发工具主要是指各

种编程器、仿真开发机等编程开发设备;软件开发工具主要是指各种编辑、汇编、模拟调试等工具软件。在对 PIC 系列单片机的开发中,根据其所用的开发工具与开发手段的不同,可分为硬件在线仿真开发和软件模拟开发两种开发方式。

Microchip 公司在推出 PIC 系列单片机产品的同时,也相继推出了一些适用于 PIC 系列单片机开发的硬件与软件开发工具,如 PIC 通用编程器、PIC 在线仿真器、MPASM 宏汇编程序、MPSIM 软件仿真器及 MPLAB 集成开发软件等。目前国内, PIC 系列单片机的开发应用发展得也很快,现国内已有许多公司相继开发推出了一些 PIC 系列单片机的开发应用装置及其一些模拟调试软件,并可提供相应的技术支持。这其中既有价格低廉实用的简易开发应用装置,也有一些功能较为先进和完善的高中档开发应用装置。有些高档的开发应用装置不仅具有编辑、汇编、反汇编的功能,还能支持 C 编译器(MP-C)与模糊逻辑开发系统(FUZZY TECH-MP)等,既可以独立运行,也可以和 PC 机联机运行。另外,有些开发应用装置还配有用户应用与演示板,可直接用来进行一些开发应用试验或演示试验。

2. PIC 系列单片机的应用概况

由于 PIC 系列单片机具有上述许多独特的优点,所以其应用也越来越广泛,不仅适用于一般的商业与民用产品的开发,也可用于恶劣环境下的工业和军事应用。PIC 系列单片机目前在工业控制、仪器仪表、计算机、通信、家用电器、汽车和电子玩具等许多领域中都有着极为广泛的应用,在国内外已有数千种成功的产品开发范例。特别是在家用电器等消费类电子产品中,由于 PIC 具有价格便宜、体积小、功耗低等特点,因而特别适于此类产品的开发应用,是消费类电子产品微机化(智能化)的最佳机种之一,具有很好的开发应用前景。

1.2 PIC 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)文件。本节将对 PIC 源程序的格式要求和其源程序的建立,及其机器码(目标代码)的输出格式等作一些简要的介绍。

1.2.1 PIC 源程序的格式和建立

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,其格式要求如下(助记符指令可参见附录 A、附录 B 和附录 C):

[标号] <助记符指令> [操作数] [;注释]

在上述的源程序格式中,其[]中的内容为可选项,有时可以省去,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。

一般来说, PIC 的源程序并没有要求统一的编写形式,用户可以根据自己的习惯和风格来编写,本文下面将推荐一种清晰明了的源程序编写形式,以供实际应用时参考。例如:

```
;THIS IS SAMPLE FOR SOURCE CODE      ;程序标题
LIST P=16C55,R=HEX                     ;列表指示语句
;.....
```

```

;寄存器名称和变量及其位定义
;-----
F0      EQU      0      ;寄存器名称定义
PC      EQU      2
STATUS  EQU      3
RA      EQU      5
RB      EQU      6
      :
DATA    EQU      03H    ;变量定义,03(十六进制数)赋予 DATA
C       EQU      0      ;位定义(用 C 表示第 0 位)
DC      EQU      1      ;位定义(用 DC 表示第 1 位)
;-----
      ORG      0X1FF    ;复位向量(PIC16C54/55)
      GOTO     MAIN     ;转至主程序开始处
      ORG      0        ;从地址 000H 开始存放程序
;-----
      :                ;子程序区
;-----
MAIN    ;主程序开始标号
      MOVLW   DATA    ;将 DATA 的值(03H)赋给 W
      GOTO    START    ;跳转
      :
;-----
      END          ;程序结束
;-----

```

(1) 标 号

标号必须由源程序的第一格起始,最多为 15~32 个字符(视汇编程序的不同而定)。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,否则标号中的字母大小写是不一样的。

例如: _START START START

(2) 助记符指令

指 PIC 的各种助记符指令、伪指令或宏定义符等(可参见附录 A、附录 B 和附录 C)。

(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。

(4) 注 释

位于分号右边对程序的解释字符均被作为注释,且被汇编程序忽略。

2. PIC 源程序的建立

PIC 的源程序可以使用各种文字编辑处理软件(如 EDIT、PE2、QEDIT、WPS 等)来建立,一般其默认的扩展名为 .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,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(如初级产品 PIC16C54/55 的复位向量为 1FFH、PIC16C56 为 3FFH、PIC16C57/58 为 7FFH,其它的中级产品 PIC16CXX 和高级产品 PIC17CXX 系列的复位向量为 000H 和 0000H),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 2 位置 1
```

例 2:功能与例 1 相同,编写形式不同

```
STATUS    EQU     03
DC         EQU     01
:
MOVLW     06
MOVWF     09
BSF       STATUS,DC
```

1.2.2 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。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,以两个字符的检验和(补码)结束。其具体形式如下:

;BBAAAATTHHHH...HHHHCC

其中,

BB——两个数字的十六进制字节数,表示该行的数据字节数。

AAAA——四个数字的十六进制地址,表示数据记录的起始地址。

TT——两个数字的记录类型:

00——数据记录;

01——文件记录结束;

02——段地址记录(INHX32 格式);

04——线性地址记录(INHX32 格式)。

HH——两个数字的十六进制数据字节(代码数据)。

CC——两个数字的十六进制检验和,它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如下:

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

这种格式产生低字节/高字节组合的 8 位十六进制文件(文件扩展名为.OBJ 或.HEX)。因这种格式中每个地址只能包含 8 位,而 PIC 的指令码多于 8 位(12~16 位),故所有地址都是双倍的。这种格式适于把目标代码输入到大多数的 EPROM 编程器中。

例:要在地址 0000H~0019H 中写入数据 00,从 0019H 地址开始写入数据 0000 0028 0040 0068...等,则其机器码文件格式如下(低位在前):

```
:10000000000000000000000000000000F0
:0400100000000000EC
:100032000000280040006800A800E800C80028016D
:100042006801A9018901EA01280208026A02BF02C5
:10005200E002E80228036803BF03E803C8030804B8
:1000620008040804030443050306E807E807FF0839
:06007200FF08FF08190A57
:00000001FF
```

(2) INHX8S——产生两个 8 位十六进制的文件,一个为高 8 位文件,另一个为低 8 位文件。

这种格式产生两个 8 位的十六进制文件,一个文件包含高 8 位的地址/数据对(其文件扩展名为.OBH 或.HXH),另一个文件包含低 8 位(其文件扩展名为.OBL 或.HXL)。这种格式对于编程高/低字节的 EPROMS 特别有用。

上例数据在此方式下的数据格式示例如下:

<文件名>.OBH(或<文件名>.HXH)

```
:0A0000000000000000000000000000F6
:1000190000000000000000001010101020202CA
:10002900020203030303040404050607070883
:0300390008080AAA
:00000001FF
```

<文件名>.OBL(或<文件名>.HXL)

```
:0A0000000000000000000000000000F6
:1000190000284068A8E8C82868A989EA28086ABFAA
:10002900E0E82868BFE8C8080808034303E8E8FFD0
:03003900FFFF19AD
:00000001FF
```

(3) INHX16——产生一个 16 位的 Intellec 十六进制目标代码文件。

上例数据在此方式下的数据格式示例如下(高位在前):

```
:08000000000000000000000000000000F8
:0200080000000000F6
:08001900000000280040006800A800E800C801288E
:08002100016801A9018901EA02280208026A02BFEE
:0800290002E002E80328036803BF03E803C80408E9
:080031000408040804030543060307E807E808FF72
```



```
:0300390008FF08FF0A1993
```

```
:000000001FF
```

(4) INHX32——产生一个 32 位的 Intellec 十六进制目标代码文件。

此格式除了输出扩展线性地址记录以建立数据地址的高 16 位之外,其格式与(1)INHX8M 格式相类似。

上例数据在此方式下的数据格式示例如下(低位在前):

```
:020000040000FA
```

```
:1000000000000000000000000000000000000000000000000F0
```

```
:040010000000000000EC
```

```
:100032000000280040006800A800E800C80028016D
```

```
:100042006801A9018901EA01280208026A02BF02C5
```

```
:10005200E002E80228036803BF03E803C8030804B8
```

```
:1000620008040804030443050306E807E807FF0839
```

```
:06007200FF08FF08190A57
```

```
:000000001FF
```

1.3 PIC 系列单片机的开发与应用方法简述

一个实际的单片机应用系统在完成总体设计、硬件设计、制版与安装、软件设计等工作之后即可借助各种开发工具进行调试运行,以发现错误并加以改正。因为通常一次性成功几乎是不可能的,所以成功的单片机应用是与合适的单片机的开发分不开的。本节将对 PIC 系列单片机的开发与应用方法作一简述。

1.3.1 PIC 的硬件仿真开发与软件模拟开发

在 PIC 系列单片机的开发应用中,因其硬件部分只要按所需的功能选择好合适的 PIC 芯片后,通常不需要再外扩 RAM 与 I/O 口等硬件电路(少数特殊情况下才需要外扩),故其硬件部分的开发设计工作相对来说比较易于完成,其后期的主要工作是应用程序(目标程序)的开发调试。PIC 目标程序(机器码程序)的运行调试可以分别采用硬件仿真调试(硬件仿真开发)与软件模拟仿真调试(软件模拟开发)两种方式进行。

1. 硬件仿真调试

所谓硬件仿真调试就是借助于各种 PIC 的实时在线开发仿真器等硬件设备,对用户的目标程序进行多种方式的联机运行调试(如单步执行、设置断点等),从而发现程序中的错误之处并改正之。由于这种方式可进行实时在线调试,可真实的模拟被开发的单片机系统,故实时性好,为软硬件的综合调试提供了很大的方便,是比较理想的开发方式。其缺点是价格较高。

2. 软件模拟仿真调试

所谓软件模拟调试就是借助于 PC 机(个人计算机)系统,利用 PIC 的模拟(仿真)调试工具软件来进行用户目标程序的运行调试。它可以允许用户通过设置断点、单步执行等功能对目标程序进行调试,还可以注入外部事件(激励文件)给予目标程序,从而可达到对目标程序进行模拟调试的结果。此法的优点是价格低,缺点是速度慢、实时性差。