

嵌入式硬件系统设计与开发系列

Microchip PIC 系列 单片机原理、应用与开发

王道宪 主编

国防工业出版社

<http://www.ndip.cn>

嵌入式硬件系统设计与开发系列

Microchip PIC 系列单片机 原理、应用与开发

王道宪 主编

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书介绍了美国 Microchip 公司的 PIC 系列微控制器(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 PIC16C 系列产品为主介绍了芯片的系统结构及其工作原理;片内各种丰富的部件和资源的使用方法;芯片的指令系统和汇编语言程序设计技术及实例;提供了常用的运算子程序。

本书内容全面而实用,语言逻辑性强,通俗流畅,易学易懂,是单片机开发者和初步具备电子技术基础和计算机知识基础的初学者的很好的参考书,也可作为大学相关专业研究生、本科、专科、中专各种单片机应用毕业设计的参考用书以及培训班的教材。

图书在版编目(CIP)数据

Microchip PIC 系列单片机原理、应用与开发 / 王道
宪主编. —北京:国防工业出版社,2003.12
(嵌入式硬件系统设计与开发系列)
ISBN 7-118-03226-3

I. M... II. 王... 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 094888 号

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

北京奥隆印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 25½ 584 千字

2004 年 1 月第 1 版 2004 年 1 月北京第 1 次印刷

印数:1-4000 册 定价:34.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

前 言

在美国通常把能独立运行、具有完整计算机功能面向控制的芯片称作微控制器, Intel 公司在其手册中则称作嵌入式控制器,而在我国习惯上称为单片机。据统计,相对于世界市场我国的占有率还不到 1%。这说明单片机应用在我国才刚刚起步,有着广阔的前景。培养单片机应用人才,特别是在工程技术人员中普及单片机知识有着重要的现实意义。

在这众多的五彩缤纷的微控制器中,美国 Microchip 技术公司的 PIC 系列微控制器异军突起,独树一帜。它率先推出采用精简指令集计算机 RISC(Reduced Instruction Set Computer)、哈佛(Harvard)双总线和两级指令流水线结构的高性能价格比的 8 位嵌入式控制器(Embedded Controller)。Microchip 公司单片机的主要产品是 PIC16C 系列和 PIC17C 系列 8 位单片机,CPU 采用 RISC 结构,分别仅有 33、35、58 条指令,采用 Harvard 双总线结构,2 级流水线取指令方式,适用于用量大,档次低,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,PIC 系列单片机在世界单片机市场份额排名中逐年提高,发展非常迅速。之所以这样,是由于 PIC 具备如下优点:

(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。

(2) 精简指令使其运行速度快(每条指令最快可达 160 ns),执行效率大为提高。

(3) 价格低,小体积(8 引脚),产品上市零等待(Zero time to market)。

(4) PIC 有优越开发环境,低工作电压(最低工作电压可为 3 V),低功耗(3 V, 32 kHz 时 15 μ s),较大的输入输出直接驱动 LED 能力(灌电流可达 25 mA)。

(5) 其引脚具有抗瞬态变化能力,通过限流电阻可以接至 220V 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。

(6) 一次可编程 OTP(One Time Programmable),安全的保密性。

(7) 自带看门狗定时器,可以用来提高程序运行的可靠性。

(8) 睡眠和低功耗模式。

Microchip 公司推出了 3 个不同层次系列、几十种型号的产品来满足不同的产品设计需求,这 3 个系列微控制器的每一种型号的芯片都含有片内程序存储器,而且它们的指令系统向上兼容,用户可以根据需要选择具有各种不同外围接口功能、不同封装形式和不同电压范围的芯片;该公司还可以提供完整的可兼容的开发工具套件和世界范围的现场应用支持。所以这个系列的微控制器在市场上极具强劲的竞争力,在全球都可以看到 PIC 微控制器从办公自动化设备、消费电子产品、电讯通信、智能仪器仪表到汽车电子、金融电子、工业控制等不同领域的广泛应用。

本书内容以 Microchip 公司采用精简指令集、哈佛双总线及两极指令流水线结构的产品 PIC16C 系列为主,以单片机的各种功能模块为线索,由浅入深逐步介绍了 PIC16C 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设计等内容,并且对 PIC16F、PIC17C 系列单片机也作了简明扼要的讲解。希望通过本书能为国内广大从事单片机开发和应用的工程技术人员的学习以及进一步提高提供一些帮助。

限于编者的水平,书中难免存在错误和不当之处,恳请读者批评指正。

作 者

2003 年 10 月

目 录

第1章 PIC 系列微控制器系统结构和工作原理	1
1.1 概述	1
1.1.1 PIC 系列微控制器硬件结构特点	4
1.1.2 PIC 系列微控制器技术性能特点	7
1.1.3 PIC 系列微控制器系统结构	8
1.1.4 特殊功能部件	9
1.1.5 振荡器配置方法	11
1.2 PIC 系列微控制器	12
1.2.1 型号选择指南	12
1.2.2 PIC 12C5XX/12CE5XX8 微控制器简介	16
1.2.3 PIC16C5X8 位微控制器简介	16
1.2.4 PIC16F8X8 位微控制器简介	19
1.2.5 PIC16CXX 中 8 位微控制器简介	19
1.2.6 PIC17CXX 高 8 位微控制器简介	19
第2章 PIC 系列微控制器指令系统	21
2.1 概述	21
2.1.1 PIC 源程序的格式和建立	21
2.1.2 寻址方式	31
2.2 PIC 系列微控制器的指令系统	32
2.2.1 PIC 汇编语言指令格式	32
2.2.2 清零指令	33
2.2.3 面向字节、常数与控制操作的指令	34
2.2.4 直观助记符	38
第3章 PIC12C5XX 系列微控制器	39
3.1 PIC12C5XX 功能原理	39
3.1.1 功能特点	39
3.1.2 型号及引脚介绍	40
3.1.3 PIC12C5XX 内部结构	41
3.1.4 指令周期和流水作业	41
3.1.5 程序存储器和堆栈	41
3.1.6 数据存储器	41
3.1.7 I/O 口	45

3.1.8	定时器/计数器 TIMER0	47
3.1.9	预分频器	47
3.1.10	看门狗 WDT	48
3.1.11	振荡	48
3.1.12	复位	50
3.2	PIC12C5XX 指令集及程序设计技巧	53
3.2.1	PIC12C5XX 指令概述	53
3.2.2	PIC12C5XX 指令寻址方式	54
3.2.3	面向字节操作类指令	54
3.2.4	面向位操作类指令	55
3.2.5	常数和操作类指令	55
3.2.6	PIC12C5XX 程序设计基础	55
第4章	PIC16C5X 系列微控制器	64
4.1	PIC16C5X 硬件结构	64
4.1.1	PIC16C5X 主要功能特点	64
4.1.2	PIC16C5X 型号及引脚介绍	65
4.1.3	PIC16C5X 内部结构	66
4.1.4	程序存储器及堆栈	67
4.1.5	数据存储器	69
4.1.6	预分频器	74
4.1.7	看门狗 WDT	74
4.1.8	I/O 口结构	75
4.1.9	振荡电路	76
4.1.10	复位	77
4.1.11	低功耗模式	79
4.1.12	系统定义字	80
4.2	PIC16C5X 指令集及程序设计技巧	80
4.2.1	PIC165X 指令概述	80
4.2.2	PIC16C5X 指令寻址方式	80
4.2.3	面向字节操作类指令	81
4.2.4	面向位操作指令	86
4.2.5	常数和操作类指令	87
4.2.6	特殊指令助记符	90
4.2.7	PIC16C5X 程序设计基础	92
第5章	PIC16C6X 系列微控制器	93
5.1	主要功能特点	93
5.1.1	高性能 RISC 结构 CPU	93
5.1.2	功能部件特性	93
5.1.3	微控制器特性	94

5.1.4	CMOS 工艺特性	94
5.2	芯片类型	94
5.3	引脚介绍	95
5.4	内部结构	99
5.5	指令时序和流水作业	101
5.6	程序存储器和堆栈	101
5.7	数据寄存器	101
5.7.1	通用数据寄存器	102
5.7.2	专用功能寄存器	102
5.8	I/O 口	110
5.8.1	PORTA 和 TRISA	110
5.8.2	PORTB 和 TRISB	111
5.8.3	PORTC 和 TRISC	112
5.8.4	PORTD 和 TRISD	113
5.8.5	PORTE 和 TRISE	114
5.8.6	I/O 编程注意事项	116
5.8.7	并行口	116
5.9	定时器/计数器	118
5.9.1	TIMER0 定时器/计数器	118
5.9.2	TIMER1 定时器/计数器	119
5.9.3	TIMER2 定时器	121
5.10	CCP 模块	121
5.10.1	捕捉模式	122
5.10.2	比较模式	123
5.10.3	脉宽调制模式	124
5.11	同步串行口模块	126
5.11.1	SPI 模式	127
5.11.2	I ² C 模式	131
5.12	串行通信接口(SCI)模块	135
5.12.1	SCI 波特率产生器	137
5.12.2	采样	138
5.12.3	SCI 异步方式	138
5.12.4	SCI 同步主控模式	142
5.12.5	SCI 同步从属模式	144
5.13	CPU 的特性	145
5.13.1	系统定义字	145
5.13.2	振荡	146
5.13.3	复位	148
5.13.4	中断	151

5.13.5	看门狗	153
5.13.6	睡眠	154
5.13.7	程序保密位	155
5.13.8	用户识别码	155
第6章	PIC16C7X 微控制器	156
6.1	主要功能特点	157
6.1.1	高性能 RISC 结构 CPU	157
6.1.2	功能部件特性	157
6.1.3	微控制器特性	158
6.1.4	CMOS 工艺特性	158
6.2	引脚介绍	158
6.3	内部结构及指令时序	163
6.4	程序存储器和堆栈	164
6.5	数据寄存器	165
6.5.1	寄存器结构	165
6.5.2	中断控制寄存器 INTCON	165
6.5.3	寄存器 PIE1	166
6.5.4	寄存器 PIR1	167
6.5.5	寄存器 PCON	168
6.5.6	寄存器 PIE2 和 PIR2	168
6.6	I/O 口	168
6.6.1	PORTA 和 TRISA 寄存器	168
6.6.2	PORTE 和 TRISE	169
6.7	定时器/计数器及看门狗 WDT	170
6.8	CCP 模块	170
6.9	同步串行口模块及串行通信接口	171
6.10	A/D 转换	171
6.10.1	A/D 采样	174
6.10.2	A/D 转换时钟	175
6.10.3	设置 A/D 口	176
6.10.4	A/D 转换例程	176
6.10.5	睡眠中的 A/D 转换	177
6.10.6	A/D 精度和误差	178
6.10.7	复位对 A/D 的影响	178
6.10.8	CCP 模块触发 A/D 转换	178
6.10.9	A/D 电路连接	178
6.10.10	A/D 传递函数及 A/D 转换流程	178
6.11	CPU 特性	180
第7章	PIC16C8X 微控制器	182

7.1 主要功能特点	182
7.1.1 高性能 RISC 结构 CPU	182
7.1.2 功能部件	182
7.1.3 微控制器特性	182
7.1.4 CMOS 工艺特性	183
7.2 芯片类型	183
7.3 引脚介绍	183
7.4 内部结构	184
7.5 指令时序	185
7.6 程序存储器和堆栈	185
7.7 数据存储单元	186
7.8 E ² PROM 数据存储单元	187
7.8.1 数据寄存器 EEDATA	187
7.8.2 地址寄存器 EEADR	187
7.8.3 控制寄存器 EECON1 和 EECON2	187
7.8.4 E ² PROM 读操作	188
7.8.5 E ² PROM 写操作	188
7.8.6 E ² PROM 操作功耗	189
7.9 I/O 口	189
7.10 定时器/计数器	189
7.11 中断	190
7.12 CPU 特性	191
第 8 章 PIC16F8X 微控制器	193
8.1 概述	193
8.1.1 高性能 RISC 结构 CPU	194
8.1.2 功能部件	194
8.1.3 微控制器特性	195
8.1.4 CMOS 工艺特性	195
8.2 时钟和指令周期	196
8.3 存储器的结构	196
8.3.1 程序存储器的结构	196
8.3.2 数据存储器的结构	196
8.4 PCL 和 PCLATH	198
8.4.1 程序计数器	198
8.4.2 程序存储器的页	199
8.4.3 间接寻址 INDF 和 FSR 的作用	199
8.5 I/O 端口	200
8.5.1 PORTA 和 TRISA 寄存器	201
8.5.2 PORTB 和 TRISB 寄存器	201

8.5.3 I/O 编程的考虑	202
8.6 堆栈	202
8.7 计时器	202
8.8 数据 E ² PROM 存储器	204
8.9 CPU 专门的特征	205
8.9.1 配置位	205
8.9.2 中断	206
8.9.3 复位	207
8.9.4 监视定时器 WDT	207
第 9 章 PIC17CXX 微控制器	209
9.1 PIC17CXX	209
9.1.1 性能特点	210
9.1.2 典型芯片	211
9.2 PIC17C7XX	212
9.2.1 高性能 RISC 结构 CPU	213
9.2.2 功能部件特性	213
9.2.3 微控制器特性	213
9.2.4 CMOS 工艺特性	213
第 10 章 PIC16CXX 指令系统	215
10.1 PIC16CXX 指令寻址方式	217
10.1.1 寄存器间接寻址	217
10.1.2 立即数寻址	217
10.1.3 直接寻址	217
10.1.4 位寻址	217
10.2 PIC16CXX 指令详细介绍	217
10.3 特殊指令助记符	230
第 11 章 PIC16CXX 程序设计范例	232
11.1 程序的基本格式	232
11.2 开发步骤流程	238
11.3 设计实例	239
11.3.1 RB 口电平变化中断的几种情况	239
11.3.2 利用按键来唤醒 CPU	242
11.3.3 A/D 转换	244
11.3.4 4 路 A/D 转换、4×4 键盘矩阵、4 位 7 段数码显示的电路	246
11.3.5 16CXX 和 24LC01 的连接	258
11.3.6 16CXX 和 24LC65 的连接	263
11.3.7 16CXX 和 93LC46 的连接	269
11.3.8 16CXX SPI 接口和 93LCXX 的连接	273
11.3.9 8 位并行口的使用	278

11.3.10	CPP 模式的应用例程	282
11.3.11	TMR1 异步时钟方式下的应用	293
11.3.12	PIC16C84 内部数据 E ² PROM 使用例程	294
第 12 章	PIC 单片机常用运算子程序	299
12.1	定点算术运算程序	299
12.1.1	8×8 位无符号数乘法	299
12.1.2	16×16 位数加法和减法	301
12.1.3	16×16 位数乘法	303
12.1.4	16/16 位除法	310
12.2	浮点算术运算程序	318
12.2.1	浮点数表示方法	318
12.2.2	浮点数运算程序	318
12.3	BCD 码转换和运算程序	324
12.3.1	BCD 码到二进制数转换	324
12.3.2	二进制数到 BCD 码转换	326
12.3.3	BCD 码加法和减法程序	329
12.4	开平方根程序	331
12.5	测试程序	334
12.5.1	8×8 位无符号数乘法的测试程序	334
12.5.2	16×16 位数加法和减法的测试程序	334
12.5.3	16×16 位数乘法的测试程序	335
12.5.4	16/16 位除法测试程序	335
12.5.5	浮点数运算程序测试程序	336
12.5.6	BCD 码到二进制数转换测试程序	337
12.5.7	二进制数到 BCD 码转换测试程序	337
12.5.8	BCD 码加法和减法程序测试程序	338
12.5.9	开平方根算法测试程序	338
12.6	PIC 的 4×4 键盘子程序	338
第 13 章	宏汇编器 MPASM	343
13.1	单片机开发中的基本问题	343
13.2	MPASM 的特性及安装启动和运行操作	344
13.2.1	特性	344
13.2.2	安装	345
13.2.3	运行	346
13.2.4	基于 Windows 和 MPLAB 的 MPASM 汇编	347
13.2.5	设置 MPLAB 以运行 MPASM	347
13.2.6	生成输出文件	348
13.2.7	疑难解答	348
13.3	汇编语言格式	349

13.3.1	标号	350
13.3.2	指令助记符	350
13.3.3	操作数	350
13.3.4	注释	351
13.4	宏指令	351
13.4.1	宏定义	351
13.4.2	宏调用	352
13.4.3	局部符号 LOCAL	352
13.4.4	伪操作	352
13.5	伪指令	353
13.5.1	数据伪指令	353
13.5.2	列表伪指令	354
13.5.3	控制伪指令	355
13.5.4	宏定义伪指令	356
13.6	错误/警告信息	357
13.6.1	错误信息	357
13.6.2	警告信息	359
13.7	使用 MPASM 来汇编 PIC12C5XX 的问题	359
13.8	MPALC 到 MPASM 的转换	359
13.9	标准头文件示例	360
13.9.1	PIC16C74 的标准头文件	360
13.9.2	PIC17C42 的标准头文件	367
第 14 章	Windows 下微控制器源程序汇编和固化	374
14.1	Windows 下 PIC 集成开发软件 MPLAB	374
14.1.1	MPLAB 的特性与安装运行	375
14.1.2	MPLAB 的桌面与菜单命令	379
14.2	在 MPLAB 中建立 PIC 微控制器源程序	384
14.3	MPLAB 中源程序文件被存入到指定的目录和装载	386
14.4	在 MPLAB 中创建项目	387
14.5	在 MPLAB 中 PIC 源程序的汇编	388
14.6	PIC 微控制器源程序的固化和编程器	389
14.7	设置 MPLAB 以便使用 MPLINK	391
14.8	PIC 16F84(或 16C8C)实验板	393
参考文献		394

第 1 章 PIC 系列微控制器系统结构和工作原理

1.1 概 述

据统计,我国的微控制器(即单片机)年需求量已达 1 亿片~3 亿片,且每年以大约 16% 的速度增长,当今单片机厂商俯拾皆是,产品性能各有所长。针对具体情况,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,价格亦高。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,速度亦更快。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 Intel8051 系列、Motorola 和 M68HC 系列、Atmel 的 AT89 系列、台湾 Winbond(华邦) W78 系列、荷兰 Philips 的 PCF80C51 系列等;属于 RISC 结构的有 Microchip 公司的 PIC 系列、Zilog 的 Z86 系列、Atmel 的 AT90S 系列、韩国三星公司的 KS57C 系列 4 位单片机、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。不过,随着 RISC 单片机的迅速完善,用于控制关系复杂的场合也毫不逊色。

根据程序存储方式的不同,单片机可分为 EPROM、OTP(一次可编程)、QTP(掩膜)3 种。我国一开始都采用 ROMless 型单片机(片内无 ROM,需片外配 EPROM),对单片机的普及起了很大作用,但这种强调接口的单片机无法广泛应用,甚至走入了误区。如单片机的应用一味强调接口,外接 I/O 及存储器,便失去了其原有的特色。目前单片机大都将程序存储器置于其内,给应用带来了极大的方便。值得一提的是,以往 OTP 型单片机的价格是 QTP 的 3 倍,而现在已降至 1.5 倍~1.2 倍,所以很多用户选用 OTP 型,以避免因订货周期、批量等问题而产生的不必要麻烦。

PIC 到底有什么优势? 概括起来主要有以下几点:

(1) 型号层次丰富,适合于不同领域方面的要求。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一个 I/O 较少、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 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,是世界上最小的单片机,该型号有 512B ROM、25B RAM、一个 8 位定时器、一根输入线、5 根 I/O 线,市面售价在 3 元~6 元人民币。这样一款单片机用在像摩托车点火器这样的地方无疑是非常适合的。PIC 的高档型号,如

PIC16C74(尚不是最高档型号)有 40 个引脚,其内部资源为 4KBROM、192BRAM、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 脚。这个型号可以和其他品牌的最高档型号相媲美。

(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,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) 产品上市零等待。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可以立刻使该产品上市。

(4) PIC 有优越的开发环境。OTP 单片机开发系统的实时性是一个重要的指标,像普通 51 单片机的开发系统大都采用高档型号仿真低档型号,其实时性不尽理想。PIC 在推出一款新型号的同时推出相应的仿真芯片,所有的开发系统由专用的仿真芯片支持,实时性非常好。

(5) 其引脚具有抗瞬态变化的能力,通过限流电阻可以接至 220V 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。

(6) 安全的保密性。PIC 以保密熔丝来保护代码,用户在烧入代码后熔断熔丝,别人将再也无法读出,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。

(7) 芯片内集成有看门狗定时器,借此,程序的运行可靠性得到大大的提高。

(8) 两种模式即睡眠和低功耗。虽然 PIC 在这方面已不能与新型的 TI-MSP430 相比,但在大多数应用场合还是能满足需要的。

PIC 8 位单片机产品共有 3 个系列,即基本级、中级和高级。

1. 基本级系列

该级产品的特点是低价位,如 PIC16C5X, PIC16C5X/12C5XX 是一种低价格、高速、低功耗全静态 CMOS、有极高性价比的 8 位系列微控制器,适用于各种把低成本作为主要指标的嵌入式控制应用。例如 PIC12C5XXX 系列是世界上第 1 种 8 引脚小体积、低价格微控制器,其 OTP 芯片的价格仅 7.98 元/片,这样可以消除很多以前由于价格和体积因素不能使用微控制器应用的障碍,适于各种对成本要求严格的家电产品选用。又如 PIC12C5XX 是世界第 1 个 8 脚的低价位单片机,因其体积很小,完全可以应用在以前不能使用单片机的家电产品的领域。

2. 中级系列

PIC16CXX 是 3 个层次系列中品种最丰富的系列。它在 PIC16C5X 的基础上进行了很多改进,并保持了很高的兼容性。具有从 18 引脚到 68 引脚各种形式的封装, PIC16CXX 可应用于各种高、中、低档电子产品的设计。它的特点是在保持低价格的前提下具有很高的性能,扩展了存储器容量和 I/O 口,增强了中断处理功能,还增加了精密的外围接口功能,例如集成了 A/D 转换器、精密模拟电压比较器和通信部件、E²PROM 数据存储器、比较器输出等,为了能适应各种不同的需要,有些型号的芯片还集成了捕捉输入功能、脉宽调制 PWM(Pulse Width Modulation) 输出部件、I²C 和 SPI 接口、通用异步接收发送器 UART(Universal Asynchronous Receiver Transmitter) 串行通信接口和 LCD 驱动模块等,使之成为业界耀眼的机种,已被广泛应用于各种电子产品中,表现极佳。

3. 高级系列

该系列产品如 PIC17CXX, 其特点是速度快, 所以适用于高速数字运算的应用场合中, 加之它具备一个指令周期内(160ns)可以完成 8×8 (位) 二进制乘法运算, 所以可取代某些 DSP 产品。PIC17CXX 片内集成了功能丰富而强大的外围部件, 其 I/O 控制功能可以满足大多数实时嵌入式控制的应用, 并可以外接扩展 EPROM 和 RAM 芯片, 使它成为目前 8 位微控制器中性能最高的机种之一, 被广泛应用于各种高、中档电子设备中。

该系列微控制器具有非常优秀的外围接口特性, 如多种复位方式、多种中断功能、具有低功耗睡眠方式、可以掉电复位锁定等等。在 PIC 微控制器的内部还集成有上电复位电路(POR)、监视定时器 WDT 电路、I/O 口弱上拉等, 可以大大减少外围器件, 节省用户系统的空间和成本。该系列微控制器所有型号都有商业级 ($0^{\circ}\text{C} \sim +70^{\circ}\text{C}$)、工业级 ($-40^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$) 和汽车级 ($-40^{\circ}\text{C} \sim +125^{\circ}\text{C}$) 芯片, 可适用于各种环境温度。

上述 3 层次(级)的 PIC 8 位单片机还具有很高的代码兼容性, 用户很容易将代码从某型号转换到另一个型号中。PIC 单片机 3 个层次的系列产品如表 1-1 所示。

表 1-1 PIC 单片机的类型

系 列		主要特性	名称	工艺及特点	型 号
高 级	PIC17CXXX 8 位单片机	• 16 位指令系统, 8 位数据线 • 多种中断 • DC~25MHz 时钟 • 最快 160ns 指令周期 • 硬件乘法器, 一个指令周期完成 8 位乘法运算 • 高性价比, 可取代某些 DSP 产品	PIC17C4X	OTP/EPROM	PIC17C42 PIC17C43 PIC17C44
中 级	PIC16CXXX 8 位单片机	• 14 位指令系统, 8 位数据线 • 多种中断 • DC~20MHz 时钟 • 最快 200ns 指令周期 • 8 位 A/D(PIC16C7X) • 电压比较器(PIC16C62X) • 复位锁定 • E²PROM(PIC16C8X) • LCD 驱动(PIC16C9XX) • 混和信号处理器(PIC14000) • 低价格	PIC16C6X	OTP/EPROM	PIC16C61 PIC16C62 PIC16C63 PIC16C64 PIC16C65
			PIC16CR6X	ROM(掩膜)	PIC16CR62 PIC16CR64
			PIC16C62X	OTP/EPROM 含比较器	PIC16C620 PIC16C621 PIC16C622
			PIC16C7X	OTP/EPROM 含 8 位 A/D	PIC16C70 PIC16C71 PIC16C72 PIC16C73 PIC16C74
			PIC16C8X	E ² PROM 程序存储器、 数据存储器	PIC16C83 PIC16C84
			PIC16CR8X	ROM(掩膜)含 E ² PROM 数据存储器	PIC16CR83 PIC16CR84

(续)

系 列	主要 特 性	名 称	工 艺 及 特 点	型 号
中 级		PIC16C9XXX	OTP/EPROM 含 LCD 驱动	PIC16C923 PIC16C924
		PIC14000	OTP/EPROM 含 A/D、 D/A 和温度传感器	PIC14000
基 本 级	PIC16C5X PIC12C5XXX 8 位单片机	PIC16C5X	OTP/EPROM	PIC16C52 PIC16C53 PIC16C54 PIC16C55 PIC16C56 PIC16C57 PIC16C58
		PIC16CR5X	ROM(掩膜)	PIC16CR54 PIC16CR57 PIC16CR58
		PIC12C5XXX	OTP/EPROM 8 脚封装	PIC12C508 PIC12C509

1.1.1 PIC 系列微控制器硬件结构特点

PIC 8 位单片机具有指令少、执行速度快等优点。其主要原因是 PIC 系列单片机在结构上与其它单片机不同。该系列单片机引入了原用于小型计算机的双总线和两级指令流水结构。这种结构与一般采用复杂指令集计算机 CISC(Complex Instruction Set Computer)结构的单片机是不同的。

1. 精简指令集的双总线结构

具有 CISC 结构的单片机均在同一存储空间取指令和数据,片内只有一种总线。这种总线既要传送指令又要传送数据(如图 1-1(a)所示)。因此,它不可能同时对程序存储器和数据存储器进行访问。因与 CPU 直接相连的总线只有一种,要求数据和指令同时通过,显然有点“乱套”,这正如一个“瓶颈”,瓶内的数据和指令要一起倒出来,往往就被瓶颈卡住了。所以具有这种结构的单片机,只能先取出指令,再执行指令(在此过程中往往要取数),然后,待这条指令执行完毕,再取出另一条指令,继续执行下一条。这种结构通

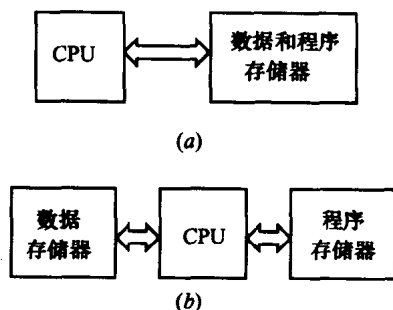


图 1-1 两种总线结构

(a) 单总线结构; (b) 双总线结构。