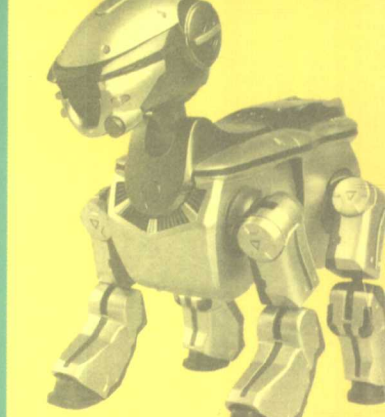
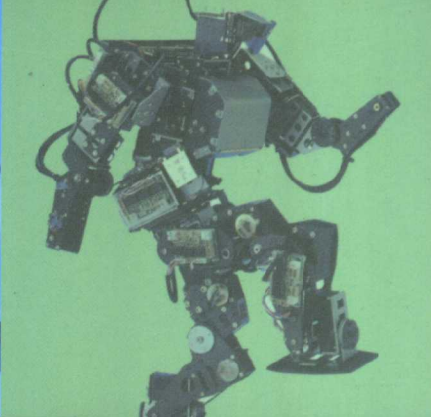
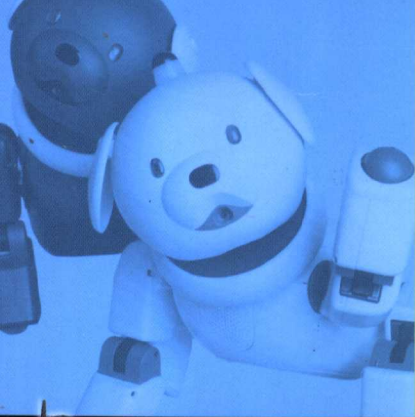




机器人创意与制作

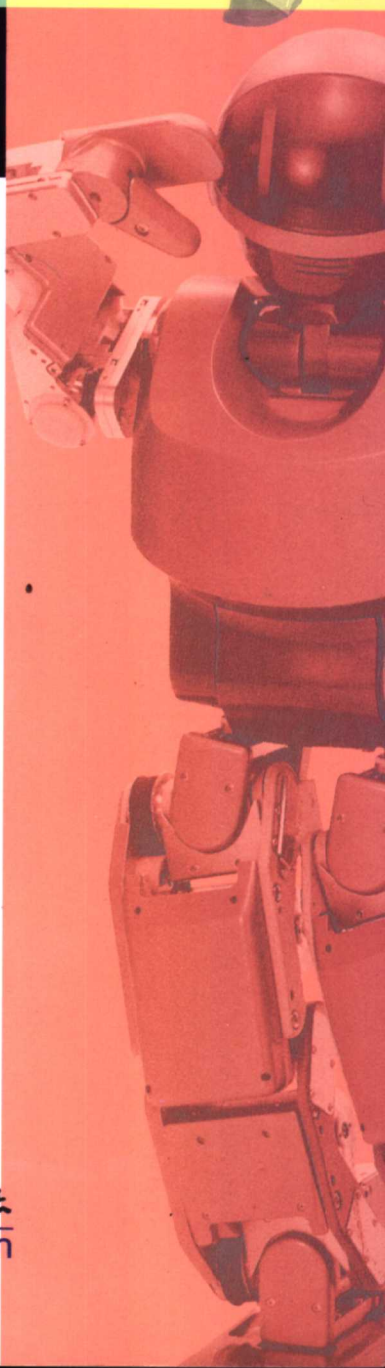
PIC微控制器 应用

——PICBasic 语言和 PICBasic Pro 语言编译

〔美〕约翰·埃欧文 著
于靖军 边宇枢 译
宗光华 审



科学出版社
www.sciencep.com



机器人创意与制作

PIC 微控制器应用

——PICBasic 语言和 PICBasic Pro 语言编译

(原书第二版)

〔美〕 约翰·埃欧文 著
于靖军 边宇枢 译
宗光华 审

科学出版社

北 京

图字: 01-2004-5799 号

内 容 简 介

本书是“机器人创意与制作”系列之一。本书重点向读者介绍 PIC 系列微控制器——PIC 16F84 的开发及应用。主要内容有 PIC 微控制器的工作原理,编译器、编程器以及开发环境的使用,测试方法,编译器的基本指令和附加指令,I/O 口的创建与扩展,与外围设备如 LCD、A/D 以及传感器等的接口,在语音合成器、三种典型电机控制以及交流设备上的应用等。本书的特点是内容深入浅出,紧密结合实际,提供给读者大量的应用实例和相应的源程序,从而有利于培养学生综合运用知识进行工程设计和实践的能力。

本书可以作为大专院校理工科学生补充机械电子学、计算机控制、机器人工程、人工智能等领域知识的参考书,也可供广大机电技术爱好者的自学参考。

图书在版编目(CIP)数据

PIC 微控制器应用/(美)约翰·埃欧文(John Iovine)著;于靖军,边宇枢译. —北京:科学出版社,2005

(机器人创意与制作)

书名原文:PIC Microcontroller Project Book

ISBN 7-03-015193-3

I. P… II. ①约…②于…③边… III. PIC 微控制器-机器人 IV. TP242

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 021833 号

责任编辑:赵方青 刘晓融/责任制作:魏 谨

责任印制:刘士平/封面制作:李 力

科 学 出 版 社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京东方科龙图文有限公司 制作

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

源海印刷有限责任公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2005 年 5 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2005 年 5 月第一次印刷 印张: 18 1/2

印数: 1—4 000 字数: 352 000

定 价: 38.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

译者序

随着科学技术的发展,机器人得到了日益广泛的应用。进入 21 世纪,机器人已经遍及工业、国防、宇宙空间、海洋开发、医疗康复等各个领域,为人类社会的发展与进步做出了巨大的贡献。

机器人的核心是控制系统。机器人的功能与性能的强弱通常与其控制系统的性能有直接的关系。因此,对机器人的控制技术有所了解对于更好地设计、使用机器人是十分重要的。由于机器人本身凝聚了机械电子学、计算机技术、人工智能等多门学科的内容,体现了多学科的交叉与融和,因此近年来被广泛用于我国理工科院校的教学课程。在中学,模型机器人则逐渐成为素质教育、技能实践的选题之一。因此,选择一本合适的关于机器人控制器的入门读物是非常重要的,也是十分必须的。

撰写本书的作者约翰·埃欧文(John Iovine)是机器人控制和程序设计方面的专家,同时也是一位多产的 TAB 系列丛书撰写者。本书是《PIC 微控制器应用》(PIC Microcontroller Project Book)的第二版。

全书的内容分为 20 章。

第 1 章介绍机器人控制器的基本概念,如控制器中的微控制器、编译器、编程器、编程过程等。第 2 章详细介绍了两种重要的编译器:PIC-Basic 和 PICBasic Pro。第 3 章介绍了如何使用编程器 EPIC。第 4 章介绍基于 Windows 的软件集成开发环境 CodeDesigner 的安装与使用。第 6 章介绍如何在 DOS 环境下编写和编译程序代码。第 7 章介绍基于面包板的微控制器测试方法。第 7 章以 PIC 16F84 为重点介绍 Microchip 公司的 PICmicro 系列微控制器。第 8 章讲的是 PIC 微控制器输入输出的读取方法。第 9 章和第 10 章分别介绍了 PIC 微控制器控制软件系统中的基本指令和附加指令。第 11 章介绍了 PIC 微控制器在语音合成器上的应用。第 12 章向读者介绍了如何扩展 PIC 微控制器的输入输出口。第 13 章讲的是 PIC 微控制器与液晶显示器的接口实现。第 14 章介绍了在 PIC 微控制器中如何读取阻性传感器。第 15 章讲的是 PIC 微控制器与 A/D 转换器的接口实现。第 16 章、17 章、18 章分别讲述的是由 PIC 微控制器构成的直流电机、步进电机和伺服电机控制系统。第 19 章介绍了 PIC 微控制器在控制交流负载中的应用。第 20 章又向读者介绍了

PIC 微控制器的其他几个应用实例。

本书所讲述的内容直接与机器人微控制器及其外围设备的配置和连接有关。

与大多数同类教科书不同,本书并不过多涉及诸如电子学、PC 机操作、软件编程等基础细节,因此读者需要一定的基础知识。本书重点介绍软件开发所需的工具和开发环境,尤其注重对器件和系统实际使用知识的解说。设计者在本书的导引下,能够按照自己的创意与设想开发出一套功能比较完整的控制系统。书中还给出了一些重要的应用程序清单,这对于培养学生将学过的知识融会贯通,灵活运用是十分有益的。

除了内容丰富、循序渐进、图文并茂、深入浅出、易读易学外,本书在写作上的突出特点是紧密结合实际,给出了多个实例,很适合我国高中生和大学本科生的知识结构和知识层次。书中的入门知识和具体实例都有利于激发读者的创造性思维,教会学生综合运用知识进行工程设计和实践,显然这是学生素质培养的重要内容。

本书适合有一定机电技术基础的读者使用,既可以作为大学高年级本科生,或低年级研究生机电技术实践类课程的教材,也可作为大学生课外科技制作活动骨干以及广大机电技术爱好者的技术指导书籍。

参加本书翻译工作的有朱小锋(第 1~5 章)、魏怀玺(第 6 章、第 7 章、第 11~13 章)、关云涛(第 8~10 章)、王冰(第 14~20 章)、于靖军(附录和索引)。全书由于靖军和边宇枢负责统稿和整理,北京航空航天大学宗光华教授参与了本书翻译工作的指导和审校。

鉴于译者水平有限,难免有错误和不妥之处,敬请广大读者批评指正。

译 者

目 录

第 1 章 微控制器	1
1.1 微控制器的概念	1
1.2 使用微控制器的原因	1
1.3 微控制器是电子学的未来	1
1.4 计算机设计师——种类繁多的微控制器	2
1.5 PIC 芯片	2
1.6 在性能上优于任何的 STAMP	2
1.7 PIC 编程简介	3
1.8 PICBasic 和 PICBasic Pro 编译器	4
1.9 EPIC 编程器	5
1.10 固 件	6
1.11 消耗品	6
1.12 16F84 PIC 微控制器	7
1.13 步骤 1:编写代码(Basic 程序)	7
1.14 步骤 2:使用编译器	8
1.15 步骤 3:安装软件,或者程序化 PIC 芯片	8
1.16 准备好、注意、前进	9
1.17 硬件和软件	9
1.18 元件列表	9
第 2 章 安装编译器	11
2.1 安装 PICBasic 编译器软件	11
2.2 安装 PICBasic Pro 编译器	15
第 3 章 安装 EPIC 软件	19
3.1 在 Windows 中安装 EPIC 软件	19
3.2 在 DOS 下安装 EPIC 软件	22
3.3 应用目录进行操作	22
3.4 ZIF 适配器插槽	22
3.5 交流适配器(变压器)	23
第 4 章 CodeDesigner	24

4.1	CodeDesigner 的特点	24
4.2	软件的安装	26
4.3	设置 CodeDesigner 选项	26
4.4	第一个程序	32
4.5	EPIC 编程电路板的软件	35
4.6	元件列表	36
第 5 章	如何在 DOS 环境下编写代码、编译及编程	37
5.1	编 译	40
5.2	对 PIC 芯片编程	43
5.3	EPIC 编程电路板软件	44
5.4	使用 DOS 版本的 EPIC 软件	44
5.5	继续“wink. bas”程序	44
第 6 章	测试 PIC 微控制器	49
6.1	无焊剂面包板	49
6.2	同一电路的三种原理图	51
6.3	闪 烁	53
6.4	电路排错	53
6.5	PIC 实验电路板和 LCD	53
6.6	PIC 实验电路板	56
6.7	使用板载的 LCD:PICBasic 和 PICBasic Pro 程序实例	61
第 7 章	PIC 16F84 微控制器	63
7.1	高级 PIC 系列微控制器	63
7.2	返回到 16F84 微控制器	64
7.3	时钟振荡器	64
7.4	复 位	66
7.5	PIC 的哈佛结构	67
7.6	寄存器映射区	68
7.7	存储器映射的 I/O 端口	69
7.8	二进制的基本原理	69
7.9	寄存器和端口	71
7.10	使用 TRIS 和端口寄存器	72
7.11	使用 PICBasic 编译器写寄存器	73
7.12	使用 PICBasic Pro 编译器写寄存器	74
7.13	访问端口并输出数据	74

7.14	TTL 和 CMOS 电路中的二进制	75
7.15	计数程序	75
7.16	递增 1 的二进制计数程序	76
7.17	变量空间	78
7.18	与程序相对应的原理图	80
7.19	二进制级数计数	80
7.20	Basic 语言中的 High 和 Low 指令	82
7.21	编程回顾	83
7.22	下一章——读取输入信号	85
7.23	元件列表	85
7.24	可选元件	85
第 8 章	读 I/O 引脚	86
8.1	向引脚输入电信号	86
8.2	读端口	87
8.3	PICBasic 编译器与变量 B0, B1(0 位~15 位)	89
8.4	动态改变	89
8.5	延时变量	92
8.6	基本输入输出指令	93
8.7	基本输入输出指令(Pro 版本)	93
8.8	Button 指令	93
8.9	防跳跃开关	94
8.10	自动重复	94
8.11	Button 指令中使用的变量	96
8.12	单行的多语句声明	96
第 9 章	PICBasic 语言参考	97
9.1	Branch	97
9.2	Button	98
9.3	Call	100
9.4	Eeprom	100
9.5	End	100
9.6	For...Next	100
9.7	Gosub	101
9.8	Gosub 的嵌套	101
9.9	Goto	101
9.10	High	102

9.11	I2CIN	102
9.12	I2cout	103
9.13	If...then	104
9.14	Input	105
9.15	Let	105
9.16	Lookdown	106
9.17	Lookup	106
9.18	Low	107
9.19	Nap	107
9.20	Output	108
9.21	Pause	108
9.22	Peek	108
9.23	Poke	109
9.24	Pot	109
9.25	Pulsin	110
9.26	Pulsout	111
9.27	PWM	111
9.28	Random	112
9.29	Read	112
9.30	Return	112
9.31	Reverse	112
9.32	Serin	113
9.33	Serout	114
9.34	Sleep	116
9.35	Sleep 指令的附加注意事项	116
9.36	Sound	116
9.37	Toggle	117
9.38	Write	117
第 10 章 PICBasic Pro 附加指令参考		118
10.1	@	119
10.2	Adcin	121
10.3	Asm...EndAsm	121
10.4	Branchl	122
10.5	Clear	122
10.6	Clearwdt	122

10.7	Count	122
10.8	Data	123
10.9	Debug	123
10.10	Debugin	123
10.11	Disable	124
10.12	Disable Debug	124
10.13	Disable Interrupt	124
10.14	DTMFout	124
10.15	Enable	125
10.16	Enable Debug	125
10.17	Enable Interrupt	125
10.18	Freqout	125
10.19	Hserin	125
10.20	Hserout	126
10.21	I2cread	126
10.22	I2cwrite	126
10.23	If...Then	126
10.24	Lcdin	127
10.25	Lcdout	127
10.26	Lookdown2	128
10.27	Lookup2	129
10.28	On Debug	129
10.29	On Interrupt	129
10.30	Pauseus	132
10.31	Peek	132
10.32	Poke	132
10.33	Pulsin	132
10.34	Pulsout	132
10.35	RCtime	133
10.36	Readcode	133
10.37	Resume	133
10.38	Serin2	134
10.39	Serout2	134
10.40	Shiftin	134
10.41	Shiftout	134

10.42	Swap	134
10.43	While...Wend	135
10.44	Writecode	135
10.45	Xin	135
10.46	Xout	136
第 11 章	语音合成器	138
11.1	语音芯片 SPO256	138
11.2	一些语言学的说明	140
11.3	SPO256 的接口	141
11.4	模式选择	141
11.5	电路图	142
11.6	两种程序间的差异	146
11.7	程序的功能	146
11.8	元件列表	148
第 12 章	创立新的 I/O 口	149
12.1	串行通信	149
12.2	输出端口	149
12.3	基本的串行传输	150
12.4	清零引脚	151
12.5	第一个程序	152
12.6	移位的修正	155
12.7	输入 I/O	158
12.8	兼容性问题	164
12.9	元件列表	165
第 13 章	液晶显示(LCD)	166
13.1	Serout 指令的 RS-232 串行通信	166
13.2	检错算法	168
13.3	校 验	168
13.4	串行通信格式:模式和波特率	168
13.5	请留意 XTAL 时钟	168
13.6	4.0MHz 时钟的局限性	168
13.7	三绞线连接	169
13.8	光标定位	171
13.9	屏幕外存储区的显示	172
13.10	PICBasic Pro 应用实例:LCD 模块	173

13.11	使用 LCD 模块显示信息	175
13.12	元件列表	176
第 14 章	读取阻性传感器	177
14.1	阻/容比值	178
14.2	比 例	178
14.3	引脚异常	178
14.4	阻性传感器	179
14.5	测试程序	179
14.6	模糊逻辑和神经传感器	181
14.7	模糊理论介绍	181
14.8	模糊逻辑光跟踪器	183
14.9	直流电机控制	186
14.10	二极管	187
14.11	操 作	189
14.12	模糊输出	189
14.13	神经传感器(逻辑)	189
14.14	多阈值	190
14.15	元件列表	193
第 15 章	模数(A/D)转换器	194
15.1	模拟信号	194
15.2	等价的数字量	194
15.3	A/D 转换器	196
15.4	设置基准电压	196
15.5	电压范围与分辨率	197
15.6	转换结果的表示	197
15.7	串行 A/D 转换器芯片的控制	197
15.8	TLC549 串行操作时序	198
15.9	气敏传感器	200
15.10	元件列表	202
第 16 章	直流电机的控制	203
16.1	三极管	203
16.2	第一种方法	203
16.3	电机的双向驱动	204
16.4	二极管	206
16.5	元件列表	207

第 17 章 步进电机	208
17.1 步进电机的组成与工作原理	208
17.2 分辨率	209
17.3 半拍步进	209
17.4 其他类型的步进电机	210
17.5 实际应用的步进电机	210
17.6 第一个步进电机电路	210
17.7 步进电机的等效电路	212
17.8 测试电路程序	213
17.9 一个整周旋转	214
17.10 第二个 Basic 程序	214
17.11 半拍步进	217
17.12 “ti”延时变量	218
17.13 调 试	219
17.14 UCN 5804 专用步进电机 ICs	219
17.15 元件列表	222
第 18 章 伺服电机	223
18.1 扩展伺服电机的转动范围	226
18.2 手动控制伺服电机	226
18.3 多个伺服电机的控制	229
18.4 伺服电机与定时	232
18.5 PICBasic Pro 编译器应用实例:五轴伺服电机控制器	233
18.6 元件列表	237
第 19 章 交流设备的控制	238
19.1 感性负载与阻性负载	238
19.2 搭建电路	239
19.3 电路的测试	242
19.4 智能控制	243
19.5 电子鼻	244
19.6 元件列表	244
第 20 章 更多的应用实例	245
20.1 二进制时钟	245
20.2 时钟设置	248
20.3 数字盖革计数器	248
20.4 频率发生器	250

20.5 结束语	252
附录 A 供应商名单	253
附录 B 十六进制数	254
索 引	257

第 1 章

微控制器

1.1 微控制器的概念

微控制器是一种成本低廉的单片机。所谓单片机,是指位于集成电路上面的一个完整的计算机系统。微控制器被封装在硅条内部,在性能上与我们平常使用的计算机相似。而微控制器首要的也是最重要的特征,是它能够存储和运行程序。

微控制器中包含有中央处理器(CPU)、随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、电子可擦写只读存储器(EEPROM)、输入/输出引脚(I/O)、串/并行端口、定时器以及其他一些内置的外围设备,例如模数(A/D)转换器和数模(D/A)转换器等。

1.2 使用微控制器的原因

微控制器所具有的存储和运行特定程序的功能使其具有很好的通用性。例如,通过对其编程,微控制器能够根据特定环境(I/O 引脚逻辑)进行决策和执行任务。而其具有的数学运算与逻辑功能可用来模拟复杂的逻辑与电子电路。

另外,通过编程可以使微控制器像一个神经网络或模糊逻辑控制器那样进行工作。还可以把微控制器嵌入到用户使用的电子产品中,为这些电子设备提供“智能”。

1.3 微控制器是电子学的未来

在任何一种电子爱好者的刊物上,我们都可以看到有关介绍直接应用微控制器或者将微控制器嵌入到某一电路设计方面的文章。为保证其通用性,在微控制器上增加了许多功率模块、控制模块以及其他一些成本低廉的可选模块。这样做是很有必要的,电子工程师或者业余爱好者们通过学习对微控制器的编程,以提高自身的能力,进而在自己设计的电路中去体验微控制器所提供的诸多优点。另外,

在检测电子产品时,会发现几乎在每一种产品中都嵌入了微控制器。

1.4 计算机设计师——种类繁多的微控制器

目前市场上的微控制器种类繁多。而本书将主要精力集中在那些被称为 PIC 芯片(或 PICmicro 芯片)的通用微控制器上,它们是由 Microchip Technology 公司提供的。

1.5 PIC 芯片

一般情况下,将 Microchip Technology 公司的微控制器统称为 PIC 芯片。该公司使用 PIC 来描述 PIC 微控制器系列。尽管没有专门的定义,但 PIC 通常是指可编程的接口控制器。

1.6 在性能上优于任何的 STAMP

Parallax 公司出售一种使用简单的 Basic Stamp 微控制器系列。Basic Stamp 系列(BS-1 和 BS-2)使用的就是 Microchip 公司的 PIC 微控制器。由于 Stamp 系列使用简化了的 Basic 语言来进行编程(基于 Basic 语言的编程使读者学习和使用起来都很简单),从而使这种芯片流行甚广并且使用简单。因而,与其他微控制器相比,Basic Stamp 系列的最大优点在于编程,而掌握其他微控制器系统均需要花费较长的时间。其原因在于后者要求使用者与开发者都必须学习某种只适用该系统的特异化语言——即只适合自己的产品而不适合其他微控制器的语言。

今天,Basic Stamp 已经成为广为流行的微控制器之一。不过再次重申,Basic Stamp 能够流行完全取决于它采用了易学易用的 Basic 语言进行编程。

在本书使用的对 PIC 芯片编程的编译器中,采用了一种准 Basic 的语言,它实质上是一种与 Basic Stamp 系列的语法结构相类似的 Basic 语言。这样,读者就可以享受使用与 Basic Stamp 一样简单的语言。此外,它至少还有其他两个很重要的优点。

1.6.1 优点一:速度快

与 Basic Stamp 系列相比,可编程的 PIC 芯片在程序运行的速度上要快得多。如果在 Basic Stamp 和 PIC 芯片中键入同样的 Basic 程序,PIC 芯片运行速度比 Basic Stamp 快 20~100 倍,实际的倍数取决于所使用的指令。下面解释其中的原因。

BS-1 和 BS-2 系统使用一条与 PIC 芯片外接的串行 EEPROM 存储器来存储程序。程序中的 Basic 指令存储为 Basic 标识,Basic 标识是 Basic 指令的简略表达。当运行程序时,Basic Stamp 通过读串行线从一个外部的 EEPROM 存储器中读取每条指令(标识、数据和地址),再编译标识(把标识转换成 PIC 能够理解的与之等效的机器语言[ML]),然后执行指令,读取下一个指令,如此反复。只要程序

处于运行状态,每个指令都需要连续的加载、读取、编译和执行。这种串行式的读取路线消耗了微控制器 CPU 的大部分时间。

与此相反,当 PIC 芯片使用 Basic 编译器进行编程时,Basic 程序首先转变为等效的机器语言[ML]并且以十六进制的文件保存,称为十六进制文本。然后将这个十六进制文本直接加载到 PIC 芯片的板上(EEPROM)存储器中。因为机器语言(hex 文件)是 PIC 的一种本机语言,代码无需在程序运行时进行编译,它直接从板上存储器读取机器语言指令并执行这些指令,而不再有那些外部的 EEPROM 或者连接外部 EEPROM 的串口来耗费 CPU 时间。这样的系统使得加载程序的 PIC 芯片运行代码时比 Basic Stamp 运行同样的代码要快 20~100 倍。

1.6.2 优点二:成本更为低廉

另一个因素是成本。使用 PIC 芯片将会比使用同样规格的 Basic Stamp 节约 75%。可存储 256 个字节的 BS-1,其零售价是 34 美元。能够存储 2K 的 BS-2,其零售价是 49 美元。本书中的 16F84 PIC 微控制器在性能上更接近于 BS-2 Stamp,这种所使用芯片具有 1K 的程序存储能力。

16F84 PIC 芯片的零售价是 6.95 美元。这个价格,再加上时钟晶振、一些金属罩、一些电阻以及一个 7805 的变压器,所有这些都是制作一个与 Stamp 功能等效的电路所必须的。所有这些组件加起来总价为 9.00 美元——依然只是 BS-2 报价的 25%。

9.00 美元的 PIC 成本在一定情况下还可以大幅度削减。16F84 PIC 带有可重写的存储器,即所谓的闪存。闪存是一个用来描述可重写存储器的术语。例如,如果设计一个电路(或者产品),其中的程序一旦初始化后无需再重写。这时,可使用一次性编程(OTP)的 PIC 微控制器,从而在微控制器上可节约 2~3 美元。

无论如何,当一个人在一年内使用的 PIC 比 Stamp 多时,他会认识到值得在速度快和成本低的微控制器上投资。

对于一个实验者、开发者、制造者或者计划成为其中一员的人而言,节约成本是一个重要问题,根本无需考虑使用其他系统。

1.6.3 Bonus 优点

嵌入在其他电路中的 16F84 PIC 微控制器芯片引脚要比等效的 BS-2 Stamp 小,原因是 Stamp 使用了外部串行的 EEPROM 作为存储器。BS-2 也许第一眼看上去比较小,这是因为它被包含在含有 28 个引脚的双列直插式组装(DIP)中,其实这并不是必须的。也可以购买表面封装型的 16F84,其电路引脚的尺寸也会相应变小。

1.7 PIC 编程简介

PIC 微控制器编程包括简单的三个步骤:编写代码、编译代码、将代码上传至