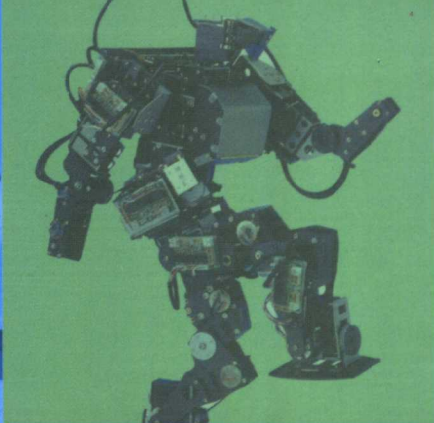
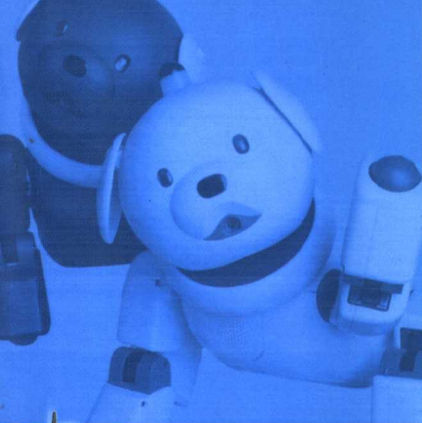




机器人创意与制作

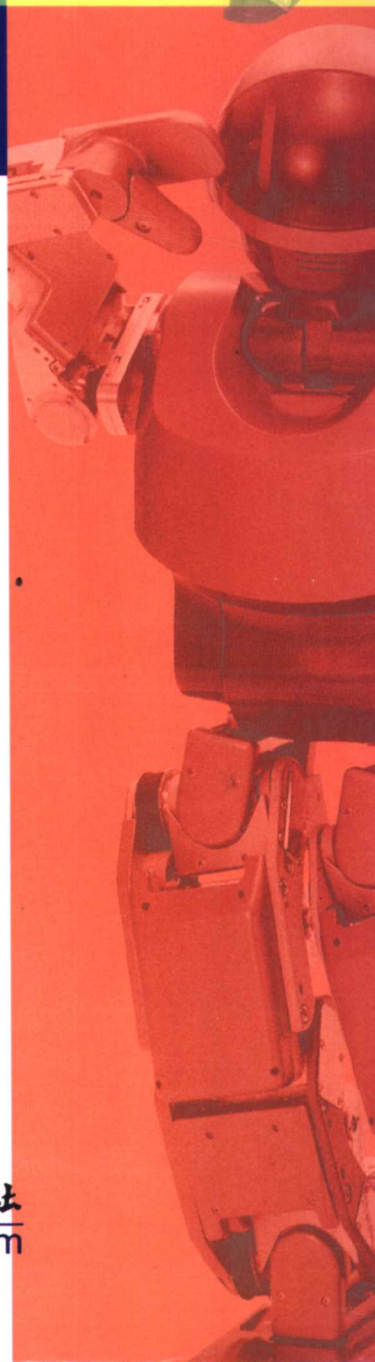
PIC 机器人 初学指南

——用 PIC 微控制器搭建机器人

[美] 约翰·埃欧文 著
边宇枢 高志慧 译
宗光华 审



科学出版社
www.sciencep.com



机器人创意与制作

PIC 机器人初学指南

——用 PIC 微控制器搭建机器人

〔美〕 约翰·埃欧文 著
边宇枢 高志慧 译
宗光华 审

科学出版社

北 京

图字: 01-2004-5798 号

内 容 简 介

本书是“机器人创意与制作”系列之一。主要介绍组建小型机器人的方案。全书共 14 章,前 7 章介绍了 PIC 微控制器的功能、特点、软件环境等,为简易机器人的控制及传感系统的制作和使用做准备;后 7 章则介绍了几种典型简易机器人的制作过程及其行走系统、传感系统的各自特点。本书的重点是使读者了解如何根据不同的运动特点,构筑基于 PIC 微控制器的机器人控制硬件、软件及传感系统。

本书语言通俗易懂,内容具有很强的趣味性、新颖性又不失先进性。

本书可供电子、自动控制、机电一体化、人工智能等专业的学生参考使用,也可作为广大机器人爱好者的趣味读物。

图书在版编目(CIP)数据

PIC 机器人初学指南——用 PIC 微控制器搭建机器人/(美)约翰·埃欧文(John Iovine)著;边宇枢,高志慧译. —北京:科学出版社,2005

(机器人创意与制作)

书名原文:PIC Robotics

ISBN 7-03-015177-1

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 021179 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: 15 3/4

印数: 1—4 000 字数: 302 000

定 价: 32.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

John · Iovine, PIC Robotics

ISBN: 0-07-137324-1

Copyright © 2004 by the McGraw-Hill Companies, Inc.

Original language published by the McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or distributed by any means, or stored in a data base or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

Simplified Chinese translation edition jointly published by Science Press and McGraw-Hill Education(Asia)Co.

本书中文简体版由科学出版社和美国麦格劳-希尔教育(亚洲)出版公司合作出版, 未经出版者预先书面许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

本书封面贴有 McGraw-Hill 公司防伪标签, 无标签者不得销售。

作者简介

约翰·埃欧文(John Iovine)是备受欢迎的 TAB 著作作者, 他已出版发行多本介绍科技前沿的图书。著有:《自制全息图——成本低廉的自制全息摄影完全指南》(*Homemade Holograms: The Complete Guide to Inexpensive, Do-It-Yourself Holography*),《机器人、类人型机器人与动画:12 个可以自己搭建的不可思议的方案》(*Robots, Androids, and Animatrons: 12 Incredible Projects You Can Build*)(被奉为经典),《Kirlian 摄影术:实用指南》(*Kirlian Photography: A Hands-On Guide*),《奇异的电子学:搭建自己的负离子发电机及其他方案》(*Fantastic Electronics: Build Your Own Negative-Ion Generator and Other Projects*),《虚拟现实进阶》(*A Step into Virtual Reality*)。此外, 埃欧文先生还为《大众电子学》(*Popular Electronics*),《螺母与螺栓》(*Nuts & Volts*),《今日电子学》(*Electronics Now*)以及其他期刊撰写文章。

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。到目前为止,机器人控制技术已经发展成为一门跨学科的综合性的技术,涉及自动控制、计算机、传感器、人工智能、电子技术和机械工程等多门学科的内容。

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,因此近年来广泛成为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,各种机器人比赛方兴未艾。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。

本书以 Microchip 公司的 PICmicro 系列微控制器为核心,深入浅出地介绍了在组建多种小型机器人的过程中所涉及的机器人控制器的设计与编程的详细内容。撰写本书的作者约翰·埃欧文是机器人控制和程序设计方面的专家,也是身处第一线的实践者。

全书的内容分为 14 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 章详细介绍了两个重要的编译器:PicBasic 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 5 章介绍如何在 DOS 环境下编写和编译程序代码。第 6 章介绍 Microchip 公司的 PICmicro 系列微控制器,其中以 PIC16F84 为重点。第 7 章概括地介绍实现机器人智能的两种方法。第 8 章详细介绍了沃尔特(Walter)海龟机器人的制作及其控制系统的设计与实现。第 9 章详细介绍了 Braitenberg 小车的制作及其控制系统的设计与实现。第 10 章详细介绍了六足步行机器人的制作、运动步态、行走功能、控制系统的设计与实现。第 11 章介绍了如何设计和使用语音识别电路。第 12 章主要介绍机器人手

臂的制作以及伺服电机的控制。第13章介绍了双足步行机器人的制作、运动控制与编程。第14章主要介绍了机器人彩色视觉系统。

由上可知,本书重点讲解如何搭建多个以PICmicro系列微控制器为核心的小型机器人系统。

本书注重实践,特别注意引导读者自己动手制作,将创意变为现实,起到激发读者创作灵感、拓展知识面、增强实践动手能力的作用。

本书的第二个特点是深入浅出。本书的内容充分考虑到学生在投身机器人模型制作的过程中,在知识和技能方面的接受程度。书中涉及的理论并不十分高深难懂,也没有复杂的数学公式,围绕PICmicro系列微控制器提供了大量的实例,详细介绍有关机器人控制器的基本原理和软件编程的知识。因此,本书的内容比较适合我国大学本科生和高中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学生自学,所给出的电路实例和机器人控制程序代码只需经过很少的变动就可方便地用于其他微控制器。

大多数对模型机器人设计抱有兴趣的学生在他们创意之初或制作之前毕竟对机器人知之甚少,本书循序渐进的特点可供作为大学生课外机器人创意设计与制作的辅导用书,当然也可以作为理工科学生补充机械电子学、机器人工程、人工智能、计算机控制、生产过程自动化等领域知识的参考书,还可以作为工程师、大专学生、中学生扩展知识,提高技能的读物。

本书适合有一定机械电子学基础知识水平的读者阅读,至少需要初步的物理、计算机、电子学方面的知识,可以作为大学三、四年级,或研究生一年级机电技术实践类课程的参考书,也可以选为大学生课外科技制作活动骨干、广大机电技术爱好者的技术指导书籍,以搭建自己的机器人智能玩具。

译者的研究生郭东明、尹咸阳、刘敏等参与了本书的部分翻译和案头工作,在此表示感谢。

宗光华教授在百忙之中对本书的翻译稿进行了仔细的审校,并提出了宝贵的意见和建议,在此特别致谢!

由于译者水平有限,书中难免有疏漏之处,恳请读者批评指正。

边宇枢 高志慧

前 言

这是一本介绍组建小型机器人方案的书籍。书中介绍的每种机器人都使用了 Microchip Technologies 公司的 PICmicro 系列微控制器, 以提供智能、导航、电机控制以及读取传感信息等功能。通过改写微控制器的程序或改装传感电路, 可以组建起一组机器人系统, 如图像信标(photo-vores)、基于行为(神经)的机器人、六足和双足步行机器人以及跟踪目标的人工视觉系统。

书中每种机器人方案都提供了很多有价值的学习内容。

约翰·埃欧文

目 录

第 1 章 机器人智能	1
1.1 什么是微控制器	1
1.2 为什么使用微控制器	1
1.3 设计师使用的众多微控制器	1
1.4 编译器	2
1.5 PIC 编程概述	2
1.6 软件和硬件	2
1.7 PicBasic 编译器和 PicBasic Pro 编译器	3
1.8 EPIC 编程器	4
1.9 固件	4
1.10 消耗品	5
1.11 16F84 PIC 微控制器	5
1.12 步骤 1:编写代码(Basic 程序)	6
1.13 步骤 2:使用编译器	6
1.14 步骤 3:安装固件,对 PIC 芯片编程	6
1.15 零件列表	7
第 2 章 安装编译器	9
2.1 安装 PicBasic 编译器	9
2.2 安装 PicBasic Pro 编译器	12
第 3 章 安装 EPIC 软件	16
3.1 在 Windows 环境下安装 EPIC 软件	16
3.2 在 DOS 环境下安装 EPIC 软件	17
3.3 补充——应用程序目录	19
第 4 章 CodeDesigner	20
4.1 CodeDesigner 的特点	20
4.2 软件安装	22
4.3 设置 CodeDesigner 选项	22
4.4 第一个程序	24
4.5 EPIC 编程电路板软件	28

4.6 零件列表	29
第 5 章 在 DOS 环境下编写代码、编译代码及编程	31
5.1 编 译	34
5.2 对 PIC 芯片编程	36
5.3 EPIC 编程电路板软件	37
第 6 章 测试 PIC 微控制器	41
6.1 PIC 微控制器	41
6.2 PIC 实验开发板和 LCD 显示器	45
6.3 介绍二进制和 PIC 微控制器	54
6.4 伺服电机	66
6.5 零件列表	69
第 7 章 智能系统	70
7.1 构建智能的方法	70
7.2 智能体现在哪里	72
7.3 分层的行为反应	72
7.4 基于行为的机器人技术	73
第 8 章 沃尔特的海龟机器人	74
8.1 基于行为的机器人技术	74
8.2 威廉斯·格雷·沃尔特——机器人技术先驱	74
8.3 四种操作模式	75
8.4 机器人具有的行为	75
8.5 制作一个沃尔特海龟机器人	76
8.6 驱动电机和转向电机	77
8.7 改装 HS-425BB 伺服电机	78
8.8 制作金属板	80
8.9 外 壳	85
8.10 确定重心位置	86
8.11 把缓冲器连接到机器人底座上	86
8.12 碰撞开关	87
8.13 安装转向电机	88
8.14 光敏电阻	88
8.15 调整传感器组件	90
8.16 示意图	94
8.17 程 序	96
8.18 添加睡眠模式	98

8.19	电 源	98
8.20	行 为	99
8.21	误差因数	99
8.22	光线强度	100
8.23	习惯于向左转或向右转	100
8.24	零件列表	101
第 9 章	Braitenberg 小车	102
9.1	神经系统的 I/O 关系	103
9.2	小 车	104
9.3	制作小车	105
9.4	第二个 Braitenberg 小车(具有躲避光源的行为)	115
9.5	零件列表	115
第 10 章	六足步行机器人	117
10.1	模仿生物	117
10.2	六条腿——三脚步态	117
10.3	具有三个伺服电机的步行机器人	118
10.4	功 能	119
10.5	向前行走	119
10.6	向后行走	120
10.7	向左转弯	121
10.8	向右转弯	122
10.9	制作机器人	122
10.10	零件列表	136
第 11 章	语音识别	138
11.1	应 用	139
11.2	软件方法	140
11.3	学习听	140
11.4	依赖说话者的语音识别系统和不依赖说话者的语音 识别系统	140
11.5	可识别的语音类型	141
11.6	语音识别电路	141
11.7	测试语音识别电路	144
11.8	不依赖说话者的语音识别系统	144
11.9	语音安全系统	145
11.10	语音接口控制电路	145

11.11	制作电路	150
11.12	对语音识别电路编程:训练,测试,重新训练	150
11.13	SRI-02 和 SRI-03 接口电路	150
11.14	机器人控制	150
11.15	零件列表	152
第 12 章	机器人手臂	155
12.1	机器人伺服电机模块	155
12.2	基本的伺服电机支架组件	157
12.3	多个伺服电机组件装配在一起	159
12.4	制作一个带有五个伺服电机的机器人手臂	160
12.5	伺服电机	162
12.6	四个或五个伺服电机的控制器	168
12.7	提高机器人手臂的抓重能力	181
12.8	添加一个机器人手臂的底座	181
12.9	零件列表	186
第 13 章	双足步行机器人	188
13.1	平衡问题	189
13.2	一些反馈	189
13.3	伺服电机	190
13.4	伺服电机支架	190
13.5	脚 掌	191
13.6	装 配	192
13.7	示意图	193
13.8	程 序	194
13.9	改 进	203
13.10	零件列表	204
第 14 章	机器人彩色视觉系统	205
14.1	CMU 摄像机	206
14.2	串行通信	207
14.3	VB 应用程序	209
14.4	CMU 摄像机与机器人的连接	210
14.5	在 16MHz 下运行 PIC 16F84 微控制器	211
14.6	程序 1	211
14.7	程序 2	214
14.8	程序 3	221

14.9 运行程序	227
14.10 改 进	227
14.11 零件列表	227
供货商	229
索 引	231

第 1 章

机器人智能

在本书介绍的各种机器人制作方案中,广泛使用了 Microchip Technology 公司的 PIC 系列微控制器。这些微控制器除了能运行程序外,还可通过输入输出管脚来控制电机驱动系统、读取传感器和通信。由于需要微控制器为我们做大量的工作,所以首先应该从以下几个方面对微控制器有一个很好的了解。

1.1 什么是微控制器

微控制器实质上是一个成本低廉的单片机。所谓单片机,就是把一个完整的计算机系统封装在一块硅片上,在塑料外壳内部是集成电路。微控制器与普通的个人计算机有些相似,它有一个 CPU(中央处理单元)、RAM(随机存取存储器)、ROM(只读存储器)、I/O(输入/输出)管脚、串口和并口及定时器,有时还会内置一些其他外设,例如模拟/数字(A/D)信号转换器、数字/模拟(D/A)信号转换器等。然而,微控制器的最主要特点是具有上传、存储以及运行程序的功能。

1.2 为什么使用微控制器

微控制器作为一种成本低廉的单片机,非常容易被嵌入到大型电路板中。其所具有的存储和运行特定程序的功能使得微控制器具有很好的通用性。例如,可以通过编程使微控制器能够根据各种情况(I/O 管脚逻辑)和事件做出判断,并且执行任务。数学功能和逻辑功能使得微控制器可以模拟尖端的逻辑电路。

另外,通过编程可以使微控制器作为一个神经网络和/或模糊逻辑控制器进行工作。还可以把微控制器嵌入到用户所使用的电子产品中,为这些电子设备提供“智能”。

1.3 设计师使用的众多微控制器

市场上有各种各样的微控制器。本书使用的通用微控制器芯片是 PIC 芯片

(或 PICmicro 芯片),它们是由 Microchip Technology 公司提供的。

1.4 编译器

市场上有许多种编译器允许程序员使用各种高级语言进行编程。正因为使用高级语言,程序员在编写代码和访问微控制器中的不同部件和存储器时,不需要耗费过多的精力来控制微控制器的各个寄存器。

本书使用的高级语言是从 Basic 语言发展起来的,称为 PicBasic(PicBasic,以及编写 PicBasic 程序时用到的 PicBasic Pro 编译器都属于 microEngineering Labs 公司的产品和商标)。PicBasic 语言与在 Basic Stamp 系列微控制器中使用的 PBasic 语言相似。直接使用 PicBasic(或 PicBasic Pro)编译器进行编程的微控制器与借助外部 EPROM 存储器的 Basic Stamp 系列微控制器相比具有两个优点,一个优点是程序运行速度快(可提高 20~100 倍),另一个是成本低。

1.5 PIC 编程概述

PIC 微控制器编程包括简单的三个步骤:编写代码、编译代码、把代码上传给微控制器。下面首先概略地介绍这个过程,在后面的章节中将循序渐进地进行详细的指导。

1.6 软件和硬件

根据机器人学的任务开始编程和搭建微控制器系统时,一般需要两个部件。第一个部件是编译器,既可以使用 PicBasic Pro 编译器,也可以使用 PicBasic 编译器(图 1.1)。microEngineering Labs 公司的 PicBasic Pro 编译器的建议零售价为 \$249.95, PicBasic 编译器的建议零售价为 \$99.95。除编译器外,需要的另一个部件是 EPIC 编程电路板及软件,这个产品包的销售价格为 \$59.95(图 1.2)。(EPIC 是 microEngineering Labs 公司的产品和商标)。

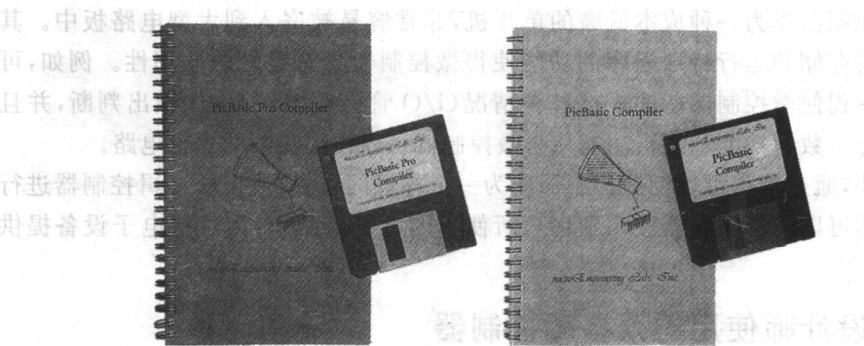


图 1.1 PicBasic Pro 和 PicBasic 软件包和使用手册

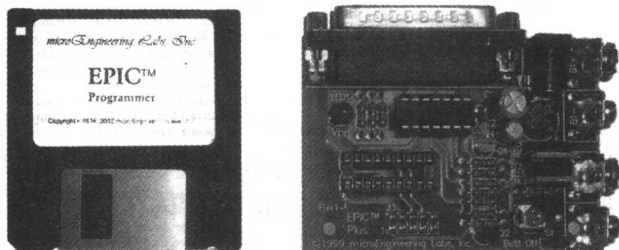


图 1.2 EPIC 编程器软件和硬件

1.7 PicBasic 编译器和 PicBasic Pro 编译器

PicBasic 编译器与 PicBasic Pro 编译器的工作方式相同。被保存的程序代码(文本文件)在编译器(如 PicBasic 编译器或 PicBasic Pro 编译器)中运行。编译器先读取文本文件,然后把文本文件编写(编译)成等效的机器代码指令程序序列(扩展名为 .hex 的文件)。这些机器代码(扩展名为 .hex 的文件)是一组用于描述 PicBasic 程序的十六进制数字序列。这些十六进制数字序列(扩展名为 .hex 的文件)被上传给微控制器。当微控制器启动时,它的 CPU 通过执行这些十六进制数字序列,运行 PicBasic 程序。把机器代码(.hex 文件)上传给微控制器的工作是由 EPIC 编程电路板及软件完成的,稍后将会看到这些内容。

PicBasic Pro 编译器的价格与标准的 PicBasic 编译器相比要昂贵得多。PicBasic Pro 编译器提供的命令语法与 PicBasic 编译器包提供的命令语法相比,当然更高级和更丰富一些。PicBasic Pro 编译器额外提供了几个命令,可以实现中断、LCD 模块的直接控制、DTMF out 及 X-10 命令等功能。

虽然 PicBasic Pro 编译器是一个比较先进的软件包,但是这个编译器不能处理人们喜欢的两个 Basic 命令,即 peek 和 poke。尽管在 PicBasic Pro 编译器的用户手册的函数列表中有这两个命令,但是需要强调指出,“PEEK 和 POKE 绝不能在 PicBasic Pro 程序中使用”。不过在 PicBasic Pro 编译器中有些工作区可以使用 peek 和 poke 命令,有关的内容将根据需要在后面进行介绍。

为了简单起见,本书中作者有时把 PicBasic 编译器和 PicBasic Pro 编译器统称为“编译器”。这样一来就无需在本书中频繁地申明 PicBasic 编译器或 PicBasic Pro 编译器。不过当需要进行区分时,作者将特别指定是哪个编译器。

编译器程序既可以在 DOS 窗口,也可以在 MS-DOS 窗口手工运行。作为第三种选择,也可以在名为“CodeDesigner”的 Windows 程序中运行编译器程序。在本章和第 4 章将要讨论 CodeDesigner 程序。

编译器所需要的最小系统配置是运行 DOS3.3 或更高一级操作系统的 XT 类

个人计算机(PC)。编译器可以对大量、各种各样的 PIC 微控制器程序进行编译。

1.8 EPIC 编程器

根据机器人学的任务着手编程和搭建微控制器系统时,需要的另一个部件是 EPIC 编程器,它同样由 microEngineering Labs 公司提供。EPIC 编程器包括软件 (EPIC) 和一个编程载体电路板 (硬件)。EPIC 软件包有两个可执行文件,一个在 DOS 环境下运行,另一个在 Windows 环境下运行。

EPIC 硬件和软件接收由编译器编译好的 .hex 文件,然后把该文件上传给微控制器,并在那里运行这个文件。EPIC 编程器与 PicBasic 编译器和 PicBasic Pro 编译器兼容。

在 EPIC 编程载体电路板(图 1.3)上有一个用来插 PIC 芯片的插槽,可以通过计算机的打印机端口把 PIC 芯片连接到计算机上进行编程。编程载体电路板使用一根 DB25 电缆连接到计算机的打印机端口上。如果计算机上只有一个打印机端口,并且已经连接了一个打印机,那么为了对 PIC 芯片进行编程,则需要暂时将打印机与计算机断开。EPIC 编程载体电路板支持很多类型的 PIC 微控制器。

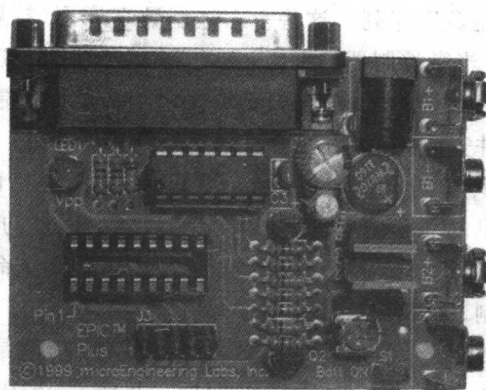


图 1.3 EPIC 编程载体电路板的特写

1.9 固件

许多作者使用“固件”(firmware)这个术语。当一个软件被嵌入硬件设备后,这个软件就可以被设备读取和执行,但是无法改变,这样的软件称为“固件”。所以,当把我们的程序(软件)嵌入(上传)到微型控制器之后,便可以把它称为“固件”。此外,在其他的一些短语中也会使用“固件”这个词,而不使用“软件”(software)这个词,例如“上传固件”或“一旦把固件安装到设备上”等。

1.10 消耗品

这里所说的“消耗品”主要包括一些必要的电子元件、PIC 微控制器芯片本身以及一些对微控制器的运行提供支持的元件。建议在开始的时候使用 16F84 PIC 微控制器。16F84 PIC 微控制器是一款有 13 条 I/O 线的 18 管脚芯片,带有 $1\text{KB} \times 14\text{bit}$ 的可重写内存。使用这种可重写内存,能够对 PIC 芯片进行上千次重复编程,从而对程序和电路进行测试和排错。此外,还会用到一些小的支持元件,包括一个 5V 直流电源、一个振荡器(4.0MHz 晶振)和一个 $1/4\text{W}$ 上拉电阻(4.7k Ω)等。

1.11 16F84 PIC 微控制器

16F84 PIC 微控制器如图 1.4 所示,它是一种带有闪存的通用微控制器。“闪存”一词是用来描述“可重写”内存的术语。 $1\text{KB} \times 14\text{bit}$ 的板载闪存至少可以承受 1000 次的擦/写循环。就是说,至少能使用 PIC 芯片进行 1000 次的重复编程。在擦/写循环之间的程序可以保留大约 40 年的时间。这个 18 管脚的芯片中有 13 个管脚可用于 I/O。可以对每个管脚分别编程进行数据的输入与输出。管脚的状态(I/O 方向控制)可以通过编程进行更改。此外,它还具有其他一些特性,如电源重置、节能休眠模式、power-up 定时器和代码保护等。关于 16F84 PIC 微控制器的其他特点和详细结构将在后面陆续介绍。

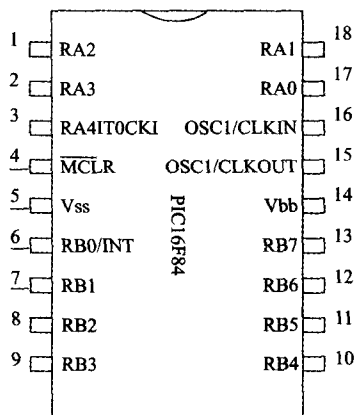


图 1.4 16F84 PIC 微控制器集成电路的管脚图

总的特性: RISC CPU 35 单字指令;操作速度,直流,10MHz 时钟输入;1KB 程序存储器;14bit 宽度指令;8bit 宽度数据通路;直接寻址、间接寻址和相对寻址;1000 次擦/写循环。外设特征:分别具有方向控制的 13 个 I/O 管脚;用于直接 LED 驱动的高供应/汲取电流(每个管脚的最高汲取电流为 25mA,每个管脚的最高供应电流为 20mA);TMRO——带有 8bit 可编程预分频器的 8bit 定时器/计算器