



创新

工作导向创新实践教材

基础机器人 制作与编程

(第2版)

校企合作的经典体现

秦志强 侯肖霞 王文斌 编译

▶▶ 小项目蕴涵



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

工作导向创新实践教材

基础机器人制作与编程

(第2版)

秦志强 侯肖霞 王文斌 编译

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

再 版 前 言

本书自 2007 年 7 月出版以来,得到了深圳职业技术学院、广西河池学院、温州大学等高等院校和职业技术学院的关心与厚爱,他们提出了许多宝贵的意见,在此表示感谢。在这三年多的时间里,高等工程教育改革取得了很大的进展,随着本科院校卓越工程师计划、CDIO 教学模式改革的推广,他们也希望能够使用此书,但因为封面冠有“高等职业教育创新实践教材”的字样而无法使用。因此借这次再版的机会,将本教材纳入“工作导向创新实践教材”系列中,同时对教材中发现的一些问题进行修改和补充,以此答谢读者。

工作导向的概念不只是一个简单的概念游戏,而是包含了深刻的哲理。学习的目的,特别是对于未来想从事工程师职业的学生而言,不仅是学习某个专业的知识体系,而是要获得未来从事工程师职业的专业技能和胜任未来技术进步的学习技能。这些技能不是仅靠一到两个项目的实践就能获得的,而是应该从大学一入学就开始准备,经过反复的循序渐进和螺旋式上升的学习和实践过程而获得的。

工程师是为了解决问题,这种解决问题的能力只有从实践中才能获得。当然,单纯的实践也无法获得真正的能力,关键是如何从实践的经验和体会中,归纳出共性的知识,建立起知识体系,然后再将这些知识重新应用到新的实践当中去。这也是我们在未来实际工作中必须采取的学习和工作方法。因此,如何在大学三年或四年中,掌握这种自我学习和提高的方法,是工程教育改革的根本目的。而相应的教材就是应该按照这种未来学习和工作的方法来编写。做到了这一点,才是真正实践了工作导向的哲学理念:实践、归纳、推理和再实践。

本书作为工作导向创新实践教材的第一本入门书,目的是通过基础机器人的制作与实践,让读者可以体验工程师的工作思路和工作方法,并同时掌握现代工程师所必备的一项基本技能——编程的基本思路和方法,了解微控制器的输入和输出接口特性。然后再利用后续教材重复同样的学习过程,通过类比和分析,就可以归纳出现代工程师编程的核心知识和技能。同时,因为对于同样的项目和课题,采用了不同的单片机和编程语言去实现,也让读者能够从中掌握和理解分析问题和解决问题的根本方法。与本教材配套的后续教材包括《C51 单片机应用与 C 语言程序设计》(第 2 版)、《AVR 单片机与小型机器人制作》、《智能传感器应用项目教程》等,目的是让读者在两年内就可以沿着这样一个系统的循序渐进的过程掌握工程师所需要的核心知识和技能,并胜任工作的需求。

对于未来想成为嵌入式系统开发工程师的学生而言,只有学习完单片机等课程并且能够很好掌握,才有可能进一步学习 ARM、VC 和 Linux 等高级嵌入式课程。无论是本科生还是高职学生,这个规律都很难打破。通过两年多的努力,我们已经基本完成了从基础入门,到 8 位单片机 AVR 或 C51 等基础嵌入式系统,再到 ARM 和 DSP 等高端嵌入式系统的系列化

教材,让同学们可以从一个没有任何编程基础的学生循序渐进地成长为可以进行复杂嵌入式系统设计和开发的工程师,具体教材列表如表1所示。

表1 工作导向创新实践教材——嵌入式方向

教材类型	教材名称	基本教学课时	拓展空间	配套平台
基础入门	基础机器人制作与编程	40~50学时	各种传感器应用 项目20个	BASIC 编程控制的鸥鹏 机器人套件
专业基础	C51单片机与小型机器人制作	50~70学时	各种传感器应用 项目30个	C51/AVR 控制的鸥鹏机 器人套件, C 语言编程
	AVR 单片机与小型机器人制作			
专业课	智能传感器应用项目教程	50~70学时	各种智能传感器 综合项目	C51/AVR 控制的鸥鹏机 器人套件, C 语言编程
	基于 ARM Cortex-M3 的 STM32 系列嵌入式微控制器应 用实践	80~100学时	各种传感器应用 项目30个	Cortex-M3 控制的鸥鹏 机器人套件, C 语言编程
	基于 ARM Cortex-M3 的 STM32 系列嵌入式微控制器高 级实践	策划中(带操作系统,采用 VC 等编程)		
	基于 ARM 嵌入式实时系统设 计与实践			

因为是工作导向,所以每套教材都必须配有相应的硬件设备方能达到最佳的教学效果。所有教材都使用同一个鸥鹏机器人套件对象,不同的只是教学板单片机和编程语言平台,这样做的原因除了前面提到的便于读者进行类比和分析以外,也是为了节约读者的成本支出,虽然这个支出在目前的商业社会中显得微不足道。对于一些拓展项目所需要用到的传感器等扩展器材,读者除了可以到鸥鹏科技的网站 www.szopen.cn 上搜寻外,还可以发挥自己的创造力去其他站点搜寻。

这次再版的教材结构和内容都没有太大的变化,只是增加了一章采用光敏电阻导航的内容。再版的教材基本上保留了原版的风格和特点,即

① 寓教于乐,兴趣为先,采用机器人作为整本教材的项目实践内容,非常容易引起学生的兴趣和学习热情;

② 机器人对象采用伺服舵机作为控制与驱动电机,非常容易控制,便于老师和同学入门,并将重点放在时序和逻辑的控制,而不是电机的复杂控制原理;

③ 基础传感器等耗材采用非常便宜和易于获得的触觉、光敏和红外传感器,便于学校降低成本,普及项目教学;

④ 每讲最后都有工程素质和技能归纳,启发学生进行知识的归纳和系统化。

本教材再版之后,无论是高职院校还是大学本科都可以采用,具体的教学安排完全可以

根据学校原有的教学计划，只是上课的方式要进行调整，不必再单独开设理论和实验课程，项目拓展课程可以根据每个学校的情况灵活设置，没有必要统一。

本书的再版，要特别感谢电子工业出版社的田领红编辑，同时还要感谢深圳市中科鸥鹏智能科技有限公司的钟梅，没有她们的共同努力，本书不可能如此迅速地再版。限于时间与水平，书中难免有不妥之处，敬请批评指正。

秦志强

2010年12月1日

目 录

第 1 讲 机器人大脑及编程软件的安装与使用	(1)
学习情境	(1)
BASIC Stamp 模块和教学板简介	(2)
任务 1: 获得软件	(2)
任务 2: 安装软件	(6)
任务 3: 硬件安装及系统测试	(9)
任务 4: 你的第一个程序	(13)
任务 5: 查询指令	(19)
任务 6: 介绍 ASCII 码	(21)
任务 7: 断开电源完成试验	(22)
工程素质和技能归纳	(23)
第 2 讲 机器人的伺服电机	(24)
学习情境	(24)
连续旋转伺服电机简介	(24)
任务 1: 将伺服电机连接到教学底板	(25)
任务 2: 伺服电机调零	(27)
任务 3: 如何保存数值和计数	(31)
任务 4: 测试伺服电机	(35)
工程素质和技能归纳	(42)
第 3 讲 机器人的组装和测试	(43)
学习情境	(43)
任务 1: 组装机器人	(43)
任务 2: 重新测试伺服电机	(48)
任务 3: 开始/复位指示电路和编程	(51)
任务 4: 用调试终端测试速度控制	(54)
工程素质和技能归纳	(59)
第 4 讲 机器人巡航	(60)
学习情境	(60)
任务 1: 基本巡航动作	(60)

任务 2: 基本巡航运动的调整	(65)
任务 3: 计算运动距离	(68)
任务 4: 匀变速运动	(70)
任务 5: 用子程序简化巡航运动程序	(73)
任务 6: 高级主题——在 EEPROM 中建立复杂运动	(79)
工程素质和技能归纳	(87)
第 5 讲 机器人触觉导航	(88)
学习情境	(88)
触觉导航	(88)
任务 1: 安装并测试机器人的胡须	(89)
任务 2: 现场测试胡须	(93)
任务 3: 胡须导航	(95)
任务 4: 机器人迷路时的人工智能决策	(99)
工程素质和技能归纳	(104)
第 6 讲 用光敏电阻进行导航	(105)
学习情境	(105)
光敏电阻介绍	(105)
任务 1: 搭建和测试光敏电阻电路	(105)
任务 2: 行走和躲避阴影	(109)
任务 3: 更易于响应阴影控制的机器人	(112)
任务 4: 从光敏电阻得到更多的信息	(114)
任务 5: 手电筒光束引导机器人	(118)
任务 6: 向光源移动	(124)
工程素质和技能归纳	(130)
第 7 讲 机器人红外线导航	(131)
学习情境	(131)
使用红外线发射和接收器件探测道路	(131)
任务 1: 搭建并测试 IR 发射和探测器电路	(132)
任务 2: 物体检测和红外干涉的实地测试	(135)
任务 3: 红外探测距离调整	(140)
任务 4: 探测和避开障碍物	(142)
任务 5: 提高红外导航程序性能	(145)
任务 6: 边沿探测器	(148)
工程素质和技能归纳	(153)

第 8 讲 机器人距离探测	(154)
学习情境	(154)
任务 1: 测试扫描频率	(154)
任务 2: 机器人尾随控制	(160)
任务 3: 跟踪条纹带	(166)
工程素质和技能归纳	(172)
附录 A 本书所使用机器人部件清单	(173)

第1讲 机器人大脑及编程软件的安装与使用



学习情境

人之所以为人，是因为人有一个比动物更加发达的大脑。机器人之所以能够叫做机器人，要么是因为它有一个其他机器所没有的大脑，要么是因为它有一个与其他自动化机器不同的大脑。许多自动化机器都有类似大脑的部分，在工程设计中称为自动控制器。之所以没有将它们称为机器人，完全是由人为因素决定的。

机器人的大脑和其他自动化机器的控制器之间的关系就像人的大脑和其他动物大脑之间的关系一样，从物质构成或硬件构成来看，几乎没有什么区别，有区别的是意识或软件，而且意识或软件的区别也并不是本质的区别，而仅仅是智能程度的差异或思考问题的方式之间的差别。因此，如果掌握了机器人大脑的开发和使用方法，也就掌握了其他自动化机器的控制器的开发和使用方法。

机器人大脑和其他自动化机器的控制器一样，都是由计算机构成的。所有简单的自动化机器同本书要制作的基础机器人一样都采用一种叫做微控制器的单片计算机（简称单片机）进行思考和控制。为了学习的方便，直接引导大家首先掌握编程或软件的本质，本书采用美国派拉力狮（Parallax）公司的 BASIC Stamp 微控制器作为机器人的大脑，以避免与单片机硬件有关的复杂知识。

机器人的大脑同人的大脑一样，工作时需要有能量，因此使用前的第一件事就是要给微控制器接通电源；然后需要安装并测试一些软件，以使用某种编程语言编写一些机器人所需要的软件从而使机器人具有一定的思想。

本讲通过以下步骤告诉你如何安装和使用机器人微控制器的编程环境并教你如何开始编写 BASIC Stamp 程序，以使你的机器人具有思想。

- 寻找并安装编程软件。
- 连接 BASIC Stamp 模块到电池供电的电源。
- 连接 BASIC Stamp 模块到计算机，以便编程。
- 初次编写少量的 PBASIC 程序。
- 完成后断开电源。



BASIC Stamp 模块和教学板简介

如图 1.1 所示为一块 BASIC Stamp 2 模块和教学底板。实际上，一块 BASIC Stamp 2 模块就是一个很小的计算机。这个很小的“计算机”插在教学底板上，就像人的大脑需要颅骨支撑一样。同时教学底板使 BASIC Stamp 模块与电源及串口线很容易连接。在后面的章节中，还会看到在教学底板上可以搭建传感器电路，并且使搭建的电路与 BASIC Stamp 模块连接变得非常简单。

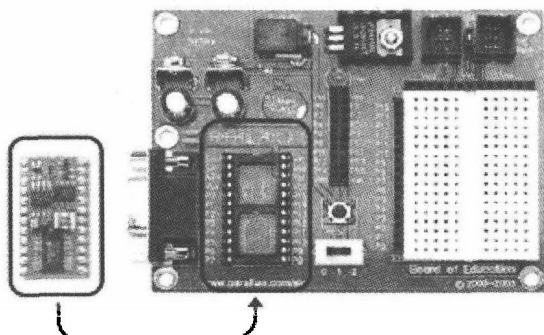


图 1.1 BASIC Stamp 2 模块（左）和教学底板（右）

任务 1：获得软件

本书中，机器人任务和项目都要使用 BASIC Stamp 编辑器（版本 2.0 或以上）。该软件允许你在计算机上编写程序并下载到机器人的 BASIC Stamp 内核里。它的界面也可以显示 BASIC Stamp 反馈的信息，即允许机器人通过这种方式把它正在做什么和感觉到什么报告给你——我们未来的机器人专家。

计算机系统需求

你将需要一台计算机或笔记本电脑来运行 BASIC Stamp 编辑器软件，要求如下：

- Windows 98 及以上操作系统。
- 一个串口或 USB 端口。
- 光驱、互联网或两者兼有。

从因特网上下载软件

从派拉力狮公司的网站上可以很容易地下载 BASIC Stamp 编辑器软件。下载过程中将



出现如图 1.2 所示的页面，或许与你访问网页时看到的不同，因为派拉力狮的网站在不断更新，但步骤是类似的：

- 通过浏览器，访问 www.parallax.com 网站。
- 鼠标寻找“Downloads”菜单，显示选项。
- 鼠标寻找“BASIC Stamp”链接，单击。
- 进入 BASIC Stamp 软件页面后，将发现有 2.0 或更高版本的编辑器可供下载。
- 单击下载图标。如图 1.2 所示，下载图标像一个文件夹，其左边的描述为“BASIC Stamp Windows Editor version 2.3.1 (4.3MB)”。

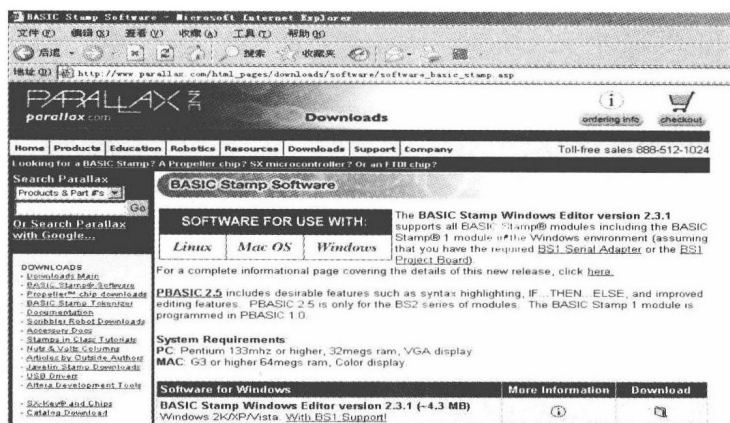


图 1.2 下载页面

- 文件下载窗口显示如图 1.3 所示的对话框，单击“保存”按钮保存文件到硬盘。

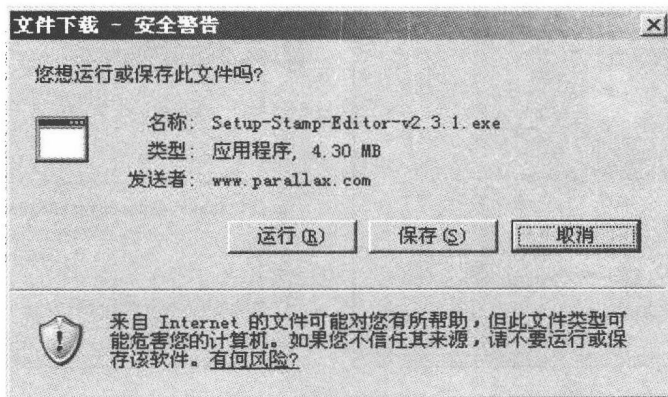


图 1.3 文件下载对话框



- 如图 1.4 所示为“另存为”对话框。你可以用“保存在”区域浏览你的计算机硬盘，找一个理想的存储文件的位置。

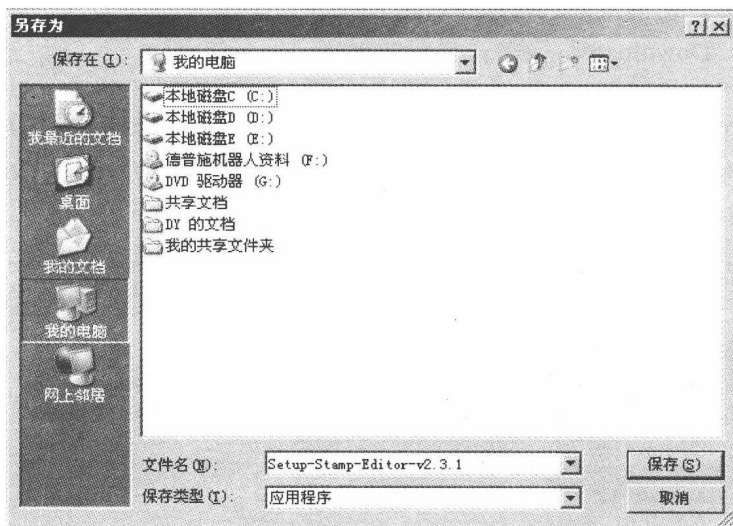


图 1.4 “另存为”对话框

- 选定下载文件的保存位置后，单击“保存”按钮。
- 当下载 BASIC Stamp 编辑器安装程序时（如图 1.5 所示），等待一会儿。如果用的是调制解调器，下载 BASIC Stamp 编辑器安装程序可能需要一点时间。
- 下载完成后，出现如图 1.6 所示的对话框，此时可以直接跳到任务 2 对软件进行安装，并打开它。

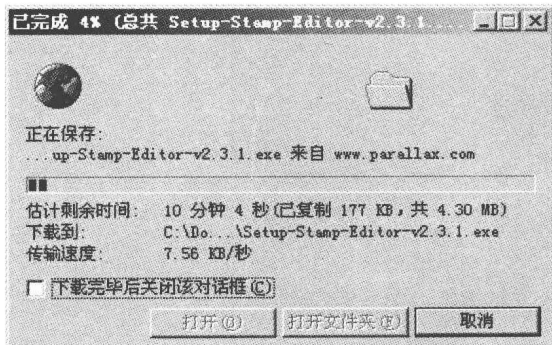


图 1.5 下载进程对话框

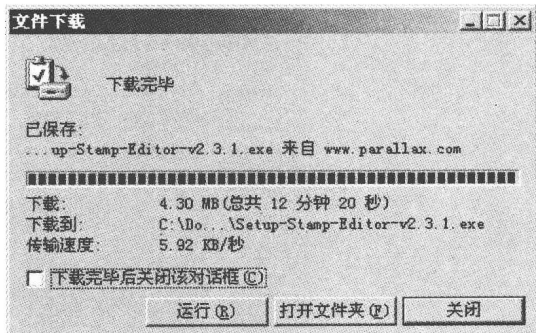


图 1.6 下载完成，提示安装对话框



在产品光盘中寻找编辑器安装软件

你也可以在产品光盘中找到 BASIC Stamp 编辑器安装软件。

- 把产品光盘放入计算机光驱中。光盘浏览器被称为“Welcome”应用程序，如图 1.7 所示，把光盘放入计算机光驱中就可自动运行。
- 如果“Welcome”应用程序没有自动运行，则双击“我的电脑”图标，再双击光驱图标，然后双击“Welcome”。
- 单击“Software”链接，如图 1.7 所示。

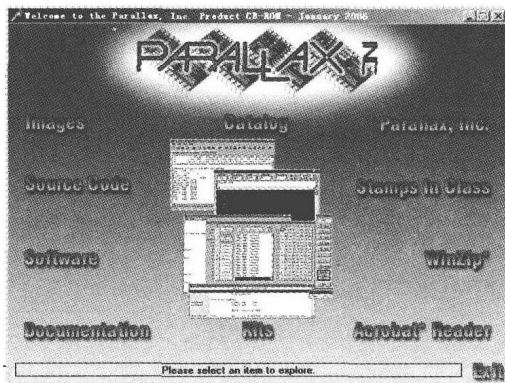


图 1.7 Parallax 光盘浏览器界面

- 单击与“BASIC Stamps”文件夹连接的“+”号，如图 1.8 所示。
- 单击与“Windows”文件夹连接的“+”号。
- 单击标志有“Stamp 2/2e/2sx/2p/2pe (stampw.exe)”的软盘图标。
- 继续进行到任务 2，即可安装软件。

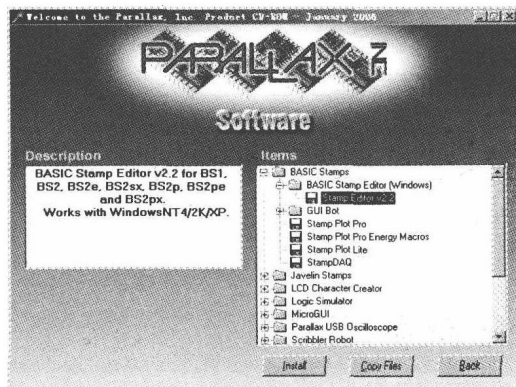


图 1.8 从软件页面里选择安装软件



任务 2：安装软件

到目前为止，可以从网站上下载，也可以从光盘中找到 BASIC Stamp 的编辑器安装程序，接下来就要运行它。

一步一步进行软件安装

- 如果 BASIC Stamp 编辑器安装软件是从网站上下载的，那么单击下载完成窗口中的“运行”按钮，如图 1.9 所示。

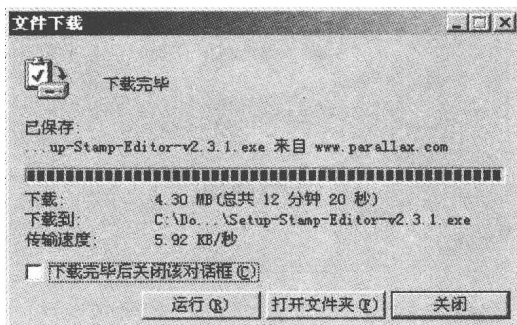


图 1.9 下载完成对话框

- 如果是从光盘中安装，则单击“Install”按钮，如图 1.10 所示。

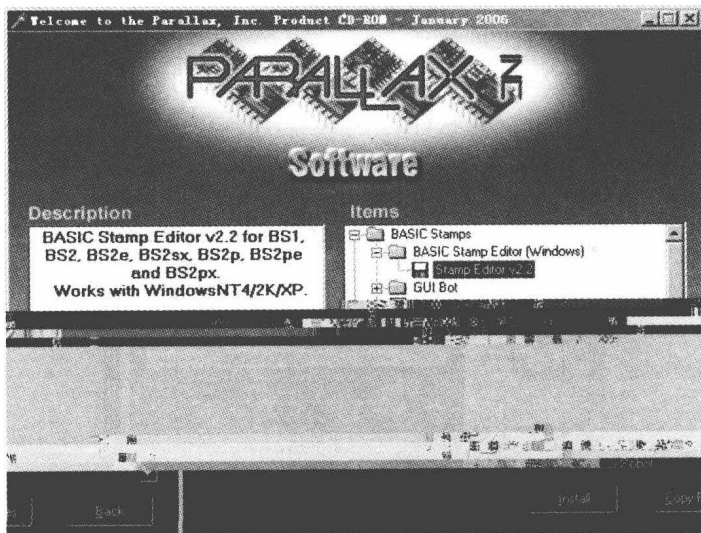


图 1.10 Parallax 光盘浏览器



- 当 BASIC Stamp 编辑器安装向导窗口打开后，单击“Next”按钮，如图 1.11 所示。

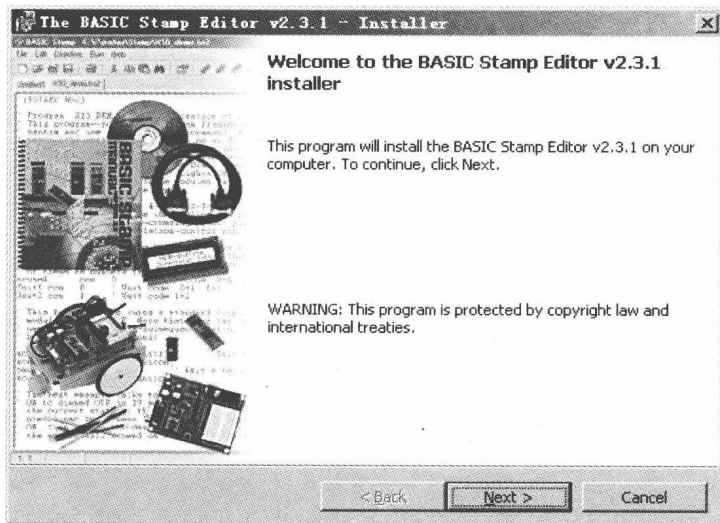


图 1.11 编辑器安装向导

- 安装类型选择“Complete”（完全安装）单选钮，如图 1.12 所示。单击“Next”按钮执行下一步。

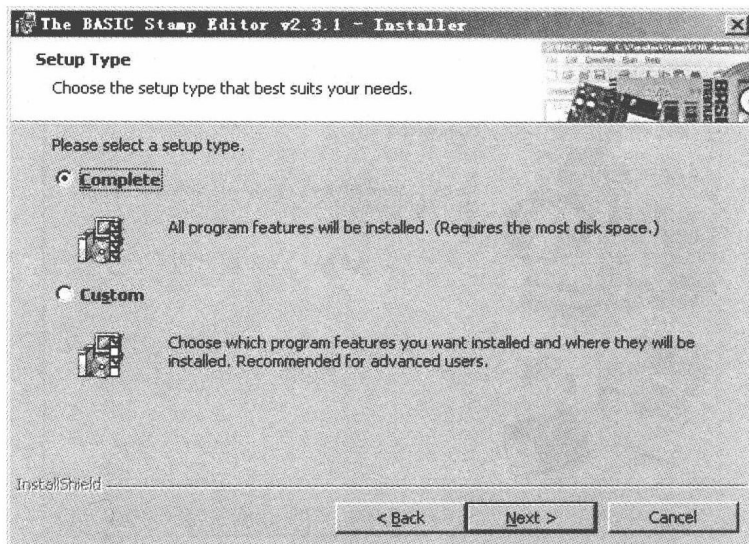


图 1.12 安装类型选择对话框



- 当安装向导提示“Ready to Install the Program”时，单击“Install”按钮开始安装，如图 1.13 所示。

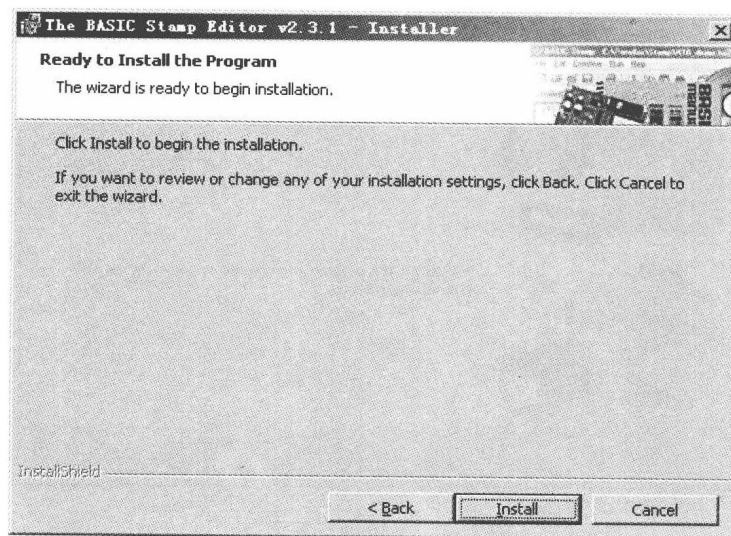


图 1.13 准备安装，单击“Install”按钮

- 当安装向导提示“BASIC Stamp Editor v2.3.1 Installation Completed”（编辑器安装顺利完成）时，如图 1.14 所示，单击“Finish”按钮。

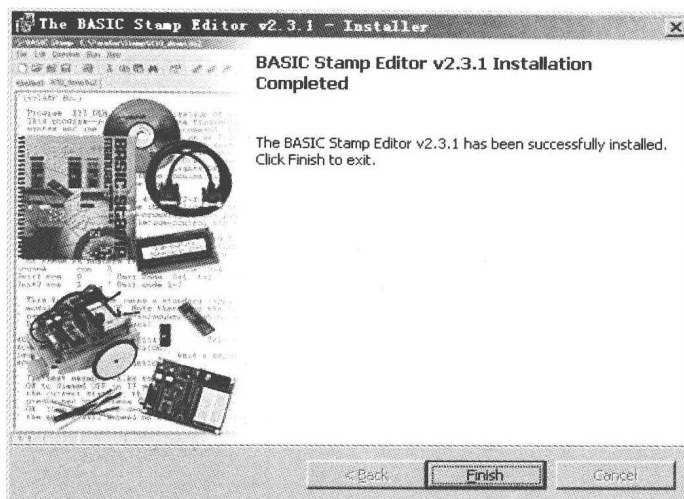


图 1.14 安装向导结束安装



任务3：硬件安装及系统测试

BASIC Stamp 需要连接电源以便运行，同时也需要连接到 PC（或笔记本电脑）以便编程。以上接线完成后，就可以用编辑器软件对系统进行测试了。下面将告诉你如何完成上述任务。

计算机串口设置

BASIC Stamp 教学底板通过串口电缆（或 USB 转串口适配器）连接到 PC（或笔记本电脑）上。

如果使用串口电缆，那么将如图 1.15 所示的串口线连接到计算机后面的 COM 端口上。如果要用 USB 转串口适配器，请按照适配器硬件和软件安装说明书进行。如图 1.16 所示为派拉力狮公司常用的适配器。

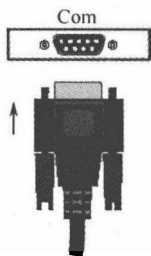


图 1.15 PC 或笔记本电脑上的串口

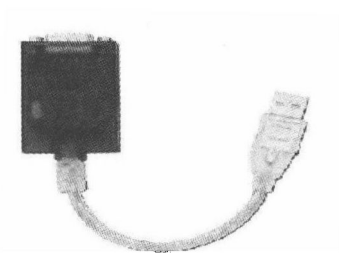


图 1.16 USB 转串口适配器

编程电缆连接到计算机以后，就该组装硬件了。所需硬件如图 1.17 所示，包括：

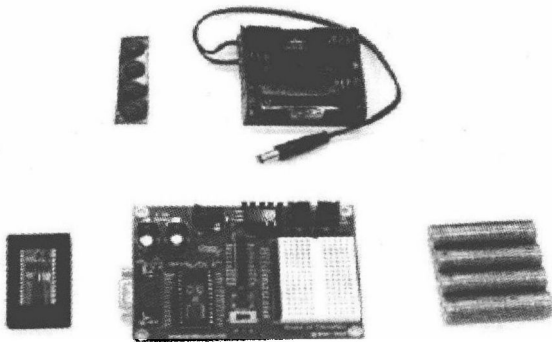


图 1.17 工作所需硬件