

小型嵌入式 产品开发

XIAOXING
QIANRUSHI
CHANPINKAIFA

主编◎刘 锰 谭立新 刘海妹



合肥工业大学出版社
HEFEI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

工作导向创新实践教材

小型嵌入式产品开发

主 编 刘 锰 谭立新 刘海妹
副主编 汪森湘 黄秀亮 孙小进 龙 凯



图书在版编目(CIP)数据

小型嵌入式产品开发/刘锰,谭立新,刘海妹主编. —合肥:合肥工业大学出版社,2018. 2

ISBN 978-7-5650-3845-7

I. ①小… II. ①刘…②谭…③刘… III. ①Linux 操作系统②微处理器—系统开发
IV. ①TP316.85②TP332

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 029169 号

小型嵌入式产品开发

刘 锰 谭立新 刘海妹 主编

责任编辑 吴毅明 袁 媛

出 版	合肥工业大学出版社	版 次	2018 年 2 月第 1 版
地 址	合肥市屯溪路 193 号	印 次	2018 年 2 月第 1 次印刷
邮 编	230009	开 本	787 毫米×1092 毫米 1/16
电 话	艺术编辑部:0551-62903120 市场营销部:0551-62903198	印 张	13.75
网 址	www.hfutpress.com.cn	字 数	310 千字
E-mail	hfutpress@163.com	印 刷	安徽昶颀包装印务有限责任公司
		发 行	全国新华书店

ISBN 978-7-5650-3845-7

定价: 32.00 元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社市场营销部联系调换。

前 言

随着信息化、智能化、网络化的发展，嵌入式技术将全方面展开，已成为通信和消费类产品的发展方向。嵌入式系统分别在硬件和软件（主要是嵌入式操作系统）方面获得发展，已成为 IT 界的又一焦点，研发自主知识产权的嵌入式处理器和嵌入式操作系统，对于我们国家的民族 IT 产业具有十分重要的战略意义。

通用计算机工业的基础被认为是由 Wintel（Microsoft 和 Intel 在 20 世纪 90 年代初建立的联盟）垄断的工业，而嵌入式系统是分散的工业，充满了竞争、机遇和创新，嵌入式系统领域的产品和技术，留给各个行业的中小规模高技术公司的创新余地非常大，各个应用领域不断向前发展，其中的嵌入式处理器核心也同步发展，构成了推动嵌入式工业发展的强大动力。

PC 行业	硬件	80%采用 Intel 的 80X86 体系结构，芯片基本采用 Intel、AMD、Cyrix 等几家公司
	软件	Microsoft 的 Windows 及 Word 占领了大约 80%~90%的市场份额
嵌入式行业	硬件	嵌入式处理器 70%~80%采用 ARM 体系结构，其他的还有 MIPS、PowerPC、SH 等
	软件	根据美国 VDC 统计数据显示，未来两年将占嵌入式操作系统市场份额的 50%

Linux 开放原始码及其模块化的设计，为用户提供了极大限度的可缩放功能。嵌入式 Linux 操作系统以价格低廉、功能强大又易于移植的优势被广泛采用，成为新兴的力量，以 Linux 为代表的免费软件开始占领比较大的市场，嵌入式操作系统及其研发平台的市场被普及计算（Pervasive-Computing）概念所驱动，发展更为迅速，嵌入式 CPU 是嵌入式系统的核心，拥有自己的嵌入式 CPU 和支撑硬件是发展自主知识产权嵌入式系统的前提和基础。操作系统是软件产业的基础和龙头，它能左右软件产业的发展方向，是世界软件产业最大的利润来源。研制自主知识产权的嵌入式操作系统意义重大，它可使中国的 IT 行业真正走向成熟和自立。

以 ARM 为核心的硬件平台开发小型机器人，具有体积小、低功耗、低成本、高性能等优势，同时配以以嵌入式 Linux 为代表的免费软件开发小型机器人，一是不需要任何的许可证或商家的合作关系，源代码可以免费获得，这使得采用 Linux 作为操作系统不会遇到任何关于版权的纠纷；二是标准平台上的移植加快了软件与硬件的开发过程，并且开发人员可以对操作系统进行定制，适应其特殊需要，这对于经费、时间受限制的研究与开发项目是很有吸引力的。以 ARM 和嵌入式 Linux 开发小型机器人代

表了嵌入式技术的基本技术，也是通信和消费类电子产品的典型代表，符合高职高专院校教学改革的需求以及人才培养定位和发展趋势。

现有高职院校的专业教材很多都是按照知识体系编写的，重理论、轻实践，重原理、轻应用或者根本与实践无关。学生学习了一个学期，不知道这个知识在实践中有什么作用，为什么要学习，与今后的工作有什么联系，以及如何应用等。本书探索了回归工程教学的教材编写思路，要求是按照项目设计制作或者工作过程展开，将学科知识融入项目或者产品的制作过程中，回归到人类认识自然的本原方式，典型工程案例的实践过程按照“项目驱动”的模式组织，通过“实践—归纳—推理—再实践”这一螺旋式上升的方法获取系统的科学知识和实践技能，回归到科学知识和实践技能获取的自然过程，并将企业的考核体系融入教学考核评价中。将嵌入式智能小车作为典型工程案例编写教材，培养学生职业能力，这是本书的主要探索，也是本书的主要特色。教材每个项目主要包括以下几个组成部分。

① 项目描述。介绍该项目的工程实践应用与技术要求及其实现的主要技术关键；介绍案例与课程的联系与技术要点及职业要求。

② 教学目标。从知识、能力、态度等方面介绍各项目的教学目标，包括方法能力、专业能力、社会能力以及团队合作等。

③ 知识准备。实现项目设计制作所必需的知识，不求知识的完整性与全面性，以“必需、够用”为度。

④ 任务实现。任务实现所需的材料、场地、技术资料、实现的步骤、相关的技术要求、现场要求、工艺与技术文件的撰写等。

⑤ 任务练习。让学生学会触类旁通、举一反三，学生知识的迁移，技能的强化，职业能力的拓展等。同时也对学生作品进行质量评价、技术评价、职业素养评价、完成过程评价。

本书由工业和信息产业职业教育教学指导委员会电子信息类专业教学指导委员会副主任委员、湖南省电子学会主席、湖南省高等学校教学名师、湖南信息职业技术学院电子工程学院院长主任谭立新教授提出编写的基本思路；湖南信息职业技术学院电子工程学院刘猛讲师任主编，参与开发了嵌入式智能小车的技术工作，整理了嵌入式智能小车的技术资料，撰写了项目5、项目6、项目7、项目8、项目9和项目10，并进行了统稿工作；湖南安全技术职业学院刘海妹讲师主要参与了嵌入式智能小车的技术开发工作，并撰写了项目3、项目4；湖南信息职业技术学院电子工程学院教研室主任孙小进高级实验师、湖南信息职业技术学院电子工程学院实验室主任黄秀亮高级实验师、湖南信息职业技术学院电子工程学院龙凯讲师和湖南信息职业技术学院计算机工程学院汪森湘讲师共同撰写了项目1、项目2、附录A、附录B和附录C。

《小型嵌入式产品开发》是典型的嵌入式教材，可以作为嵌入式系统工程、应用电子技术、电子信息工程技术、电子工艺与管理、电子设备与运行管理、玩具设计与制作等专业的教材，也可供嵌入式领域的科研和工程技术人员参考使用。

本书共分为三部分，各部分内容如下。

第一部分，Linux基础及环境搭建。从Linux的安装过程、基本操作命令开始，系

统地介绍了嵌入式 Linux 的环境搭建，为 Linux 初学者能够快速入门提供了保证。

第二部分，ARM 开发板硬件基础。结合 ARM 开发板硬件的具体实验介绍嵌入式 Linux 的 I/O 与文件系统的开发、进程控制开发、进程间通信开发、网络应用开发、基于中断的开发、设备驱动程序的开发，以及嵌入式图形界面的开发等，使读者能够边学边用，更快更好地学会 ARM 开发板的应用。

第三部分，嵌入式 Linux 的应用开发。根据典型工程项目及具体外设介绍嵌入式小型机器人的运动、通信及控制等功能的实现，使读者能够边学边用，更快更好地掌握所学知识，并能灵活应用。

《小型嵌入式产品开发》主要得到了以下基金项目的资助：基于机器人技术应用的高职大学生创新创业研究与实践（XJK016BZY029）；本书选取的典型工程项目——嵌入式探月小车控制软件 V1.0 版已获计算机软件著作权（登记号：2010SR069123）。

《小型嵌入式产品开发》得到了工业和信息产业职业教育教学指导委员会、湖南省电子学会指导与大力支持，同时也凝聚了湖南省众多兄弟院校的支持与帮助。在此一并表示感谢！

编者

于湘江之滨

2018 年 1 月 5 日

目 录

项目 1 软件环境搭建与 Linux 命令	(001)
1.1 项目描述	(001)
1.2 教学目标	(001)
1.3 知识准备	(001)
1.3.1 VMware Workstation 介绍	(001)
1.3.2 Linux 简介	(002)
1.3.3 Linux 文件系统简介	(002)
1.3.4 Linux 命令简介	(002)
1.3.5 vi 简介	(002)
1.4 任务实现	(002)
1.4.1 安装 VMware Workstation	(002)
1.4.2 在虚拟机上安装 RedHat Linux 操作系统	(007)
1.4.3 Linux 文件系统	(026)
1.4.4 Linux 命令	(027)
1.4.5 vi 命令及使用	(039)
1.5 任务练习	(041)
1.5.1 wc 命令使用	(041)
1.5.2 find 命令使用	(041)
1.5.3 mkdir 和 touch 命令使用	(041)
1.5.4 free 和 >> 命令使用	(041)
1.5.5 ping 命令使用	(041)

项目 2 Windows 和 Linux 资源共享	(042)
2.1 项目描述	(042)
2.2 教学目标	(042)
2.3 知识准备	(042)
2.3.1 VMware Tools 简介	(042)
2.3.2 Samba 简介	(043)
2.3.3 FTP 简介	(043)
2.3.4 超级终端简介	(043)
2.3.5 NFS 简介	(043)
2.4 任务实现	(043)
2.4.1 VMware Tools 安装	(043)
2.4.2 Samba 服务器配置	(047)
2.4.3 Linux 的 FTP 服务	(055)
2.4.4 超级终端配置	(057)
2.4.5 NFS 配置	(058)
2.5 任务练习	(060)
2.5.1 VMware Tools 使用	(060)
2.5.2 Samba 软件配置	(060)
2.5.3 FTP 软件配置	(060)
2.5.4 超级终端配置及使用	(060)
2.5.5 NFS 软件配置及使用	(061)
项目 3 Linux shell 脚本	(062)
3.1 项目描述	(062)
3.2 教学目标	(062)
3.3 知识准备	(062)
3.3.1 什么是 shell	(062)
3.3.2 shell 脚本基本语法和语义	(063)

3.4 任务实现	(065)
3.4.1 编写 shell 脚本, 利用循环计算 10 的阶乘	(065)
3.4.2 编写 shell 脚本, 利用判断比较两个数大小	(066)
3.4.3 编写 shell 脚本, 键盘循环输入	(067)
3.4.4 编写 shell 脚本, 实现打印出九九乘法表	(068)
3.4.5 编写 shell 脚本, 实现一个签到系统的功能	(070)
3.5 任务练习	(075)
3.5.1 设备文件判断脚本	(075)
3.5.2 拷贝文件脚本	(075)
3.5.3 删除文件脚本	(075)
3.5.4 阶乘计算脚本	(075)
3.5.5 素数判断脚本	(075)
项目 4 Mini2440 开发板使用	(076)
4.1 项目描述	(076)
4.2 教学目标	(076)
4.3 知识准备	(076)
4.3.1 Mini2440 开发板硬件	(076)
4.3.2 Mini2440 开发板系统特性	(078)
4.3.3 Mini2440 开发板接口布局及跳线	(079)
4.3.4 安装 USB 下载驱动	(085)
4.4 任务实现	(092)
4.4.1 烧写 bootloader	(092)
4.4.2 烧写 Linux 内核	(093)
4.4.3 烧写根文件系统	(095)
4.4.4 编写 Hello 程序	(098)
4.4.5 编写 LED 程序	(100)
4.5 任务练习	(101)
4.5.1 bootloader 烧写	(101)
4.5.2 内核烧写	(101)

4.5.3	操作系统烧写	(101)
4.5.4	按键测试	(101)
4.5.5	蜂鸣器测试	(101)
4.5.6	A/D 测试	(101)
项目 5	移植 madplay	(102)
5.1	项目描述	(102)
5.2	教学目标	(102)
5.3	必备知识	(102)
5.3.1	交叉编译器简介	(102)
5.3.2	交叉编译器安装及环境配置	(102)
5.4	任务实现	(104)
5.4.1	源代码包下载	(104)
5.4.2	解压安装 zlib	(105)
5.4.3	解压安装 libid3tag	(107)
5.4.4	解压安装 libmad	(108)
5.4.5	解压安装 madplay	(110)
5.4.6	烧写可执行文件	(111)
5.5	任务练习	(111)
5.5.1	mp3 歌曲播放	(111)
5.5.2	mp3 歌曲循环播放	(111)
5.5.3	不同 mp3 歌曲循环播放	(111)
5.5.4	mp3 歌曲循环播放并记录 CPU 使用情况	(111)
5.5.5	脚本间调用并循环播放和记录歌曲使用情况	(112)
项目 6	运动模块设计	(113)
6.1	项目描述	(113)
6.2	教学目标	(113)
6.3	必备知识	(113)
6.3.1	直流电机	(113)

6.3.2	L298 驱动模块	(114)
6.3.3	脉冲宽度调制 PWM	(114)
6.3.4	内核简介	(116)
6.3.5	Makefile 是什么	(116)
6.4	任务实现	(116)
6.4.1	linux_2.6.3.32 内核源码	(116)
6.4.2	Hello 驱动程序	(118)
6.4.3	编译 Hello 驱动	(119)
6.4.4	编写并编译输出驱动	(120)
6.4.5	方案设计	(122)
6.4.6	程序设计	(122)
6.4.7	程序代码编辑	(123)
6.4.8	交叉编译并下载调试	(128)
6.5	任务练习	(130)
6.5.1	智能小车固定线路巡航	(130)
6.5.2	脉宽调制控制智能小车	(130)
6.5.3	智能小车转弯状态控制	(130)
项目 7	红外模块设计	(131)
7.1	项目描述	(131)
7.2	教学目标	(131)
7.3	必备知识	(131)
7.3.1	关于红外传感器	(131)
7.3.2	open 函数	(132)
7.3.3	read 函数	(133)
7.3.4	write 函数	(133)
7.3.5	ioctl 函数	(133)
7.4	任务实现	(133)
7.4.1	编写并编译输入驱动	(133)
7.4.2	方案设计	(134)

7.4.3	程序设计	(135)
7.4.4	程序代码编辑	(136)
7.4.5	交叉编译并下载调试	(140)
7.5	任务练习	(142)
7.5.1	实现智能小车红外检测	(142)
7.5.2	实现智能小车红外避障巡航	(142)
7.5.3	实现智能小车使用脉宽调速情况下进行红外避障巡航	(142)
项目 8	倒车雷达设计	(143)
8.1	项目描述	(143)
8.2	教学目标	(143)
8.3	必备知识	(143)
8.3.1	超声波传感器简介	(143)
8.3.2	超声波测距原理及计算公式	(144)
8.3.3	超声波传感器工作时序	(144)
8.3.4	超声波不能测距的几种情况	(145)
8.3.5	gettimeofday () 函数	(145)
8.4	任务实现	(146)
8.4.1	编写并编译输入和输出驱动	(146)
8.4.2	方案设计	(147)
8.4.3	程序设计	(148)
8.4.4	程序代码编辑	(149)
8.4.5	交叉编译并下载调试	(155)
8.5	任务练习	(157)
8.5.1	实现智能小车超声波避障巡航	(157)
8.5.2	实现智能小车超声波跟踪巡航	(157)
项目 9	车载温度计设计	(158)
9.1	项目描述	(158)

9.2	教学目标	(158)
9.3	必备知识	(158)
9.3.1	DS-18B20 温度传感器介绍	(158)
9.3.2	DS-18B20 温度传感器初始化	(159)
9.3.3	DS-18B20 温度传感器写操作	(159)
9.3.4	DS-18B20 温度传感器读操作	(159)
9.3.5	DS-18B20 读写一次温度	(160)
9.4	任务实现	(160)
9.4.1	方案设计	(160)
9.4.2	程序设计	(161)
9.4.3	程序代码编辑、调试及运行	(162)
9.4.4	交叉编译并下载调试	(170)
9.5	任务练习	(171)
9.5.1	实现智能小车温度检测	(171)
9.5.2	实现智能小车温度上限报警	(171)
9.5.3	实现智能小车温度上限阶梯声光报警	(172)
项目 10	无线遥控智能小车	(173)
10.1	项目描述	(173)
10.2	教学目标	(173)
10.3	必备知识	(173)
10.3.1	Wi-Fi 简介	(173)
10.3.2	CGI 简介	(174)
10.3.3	HTML 简介	(174)
10.3.4	USB 无线网卡	(174)
10.4	任务实现	(174)
10.4.1	无线网卡安装	(174)
10.4.2	方案设计	(176)
10.4.3	程序设计	(177)

10.4.4	程序代码编辑	(177)
10.4.5	交叉编译并下载调试	(180)
10.5	任务练习	(182)
10.5.1	无线遥控窗帘	(182)
10.5.2	无线遥控智能家居	(182)
附录 A	C 语言概要归纳	(183)
1.	条件控制语句	(183)
1.1	if 语句	(183)
1.2	switch 语句	(190)
2.	循环语句	(193)
2.1	while 语句	(193)
2.2	for 语句	(197)
3.	函数	(200)
3.1	函数的定义	(200)
3.2	函数的声明和调用	(200)
附录 B	安装所需元器件清单.....	(203)
附录 C	调试所需仪器仪表清单	(204)

项目 1

软件环境搭建与 Linux 命令

1.1 项目描述

本项目的主要学习内容包括：安装 VMware 虚拟机软件，并在 VMware 虚拟机上安装 RedHat Linux 操作系统和掌握 Linux 的常用命令。

1.2 教学目标

通过此项目让学生学会如何安装和配置 VMware 软件，以及如何在 VMware 软件上安装 RedHat Linux 操作系统，利用 Linux 常用命令管理和使用 Linux 操作系统。提高学生的实际动手能力，为之后操作管理 Linux 操作系统打下良好基础。

1.3 知识准备

1.3.1 VMware Workstation 介绍

VMware Workstation 是 VMware 公司销售的商业软件产品之一。该工作站软件包含一个用于英特尔 X86 相容电脑的虚拟机套装，其允许用户同时创建和运行多个 X86 虚拟机。每个虚拟机实例可以运行其自己的客户机操作系统，如 Windows、Linux 等。用简单术语来描述就是，VMware 工作站允许一台真实的电脑在一个操作系统中同时开启并运行数个操作系统。其他 VMware 产品帮助在多个宿主电脑之间管理或移植

VMware 虚拟机。

使用虚拟机时运行在主机上的各个操作系统完全独立，虚拟机里面的所有操作不会影响主机，使用户可以在多个不同操作系统中自由切换，方便开发人员用来测试或实验。

1.3.2 Linux 简介

Linux 是一套免费使用和自由传播的类 Unix 操作系统，是一个基于 Posix 和 Unix 的多用户、多任务、支持多线程和多 CPU 的操作系统，并能运行主要的 UNIX 工具软件、应用程序和网络协议。支持 32 位和 64 位硬件。Linux 继承了 Unix 以网络为核心的设计思想，是一个性能稳定的多用户网络操作系统。

Linux 操作系统诞生于 1991 年 10 月 5 日。Linux 存在着许多不同的版本，但它们都使用了 Linux 内核。Linux 可安装在各种计算机硬件设备中，比如手机、平板电脑、路由器、视频游戏控制台、台式计算机、大型机和超级计算机。

严格来讲，Linux 这个词本身只表示 Linux 内核，但实际上人们已经习惯了用 Linux 来形容整个基于 Linux 内核，并且使用 GNU 工程各种工具和数据库的操作系统。

1.3.3 Linux 文件系统简介

Linux 文件系统是数据的集合，文件系统不仅包含着文件中的数据而且还有文件系统的结构，所有 Linux 用户和程序看到的文件、目录、软连接及文件保护信息等都存储在其中。

1.3.4 Linux 命令简介

Linux 命令是对 Linux 系统进行管理的命令。对于 Linux 系统来说，无论是中央处理器、内存、磁盘驱动器、键盘、鼠标，还是用户等都是文件，Linux 系统管理的命令是它正常运行的核心，与之前的 DOS 命令类似。Linux 命令在系统中有两种类型：内置 shell 命令和 Linux 命令。

1.3.5 vi 简介

vi 编辑器是 Linux 和 Unix 上最基本的文本编辑器，工作在字符模式下。由于不需要图形界面，vi 是效率很高的文本编辑器。尽管在 Linux 上也有很多图形界面的编辑器可用，但 vi 在系统和服务器管理中的功能是那些图形编辑器所无法比拟的。

1.4 任务实现

1.4.1 安装 VMware Workstation

(1) 双击安装程序，进入 VMware Workstation 安装向导界面，如图 1-1 所示。

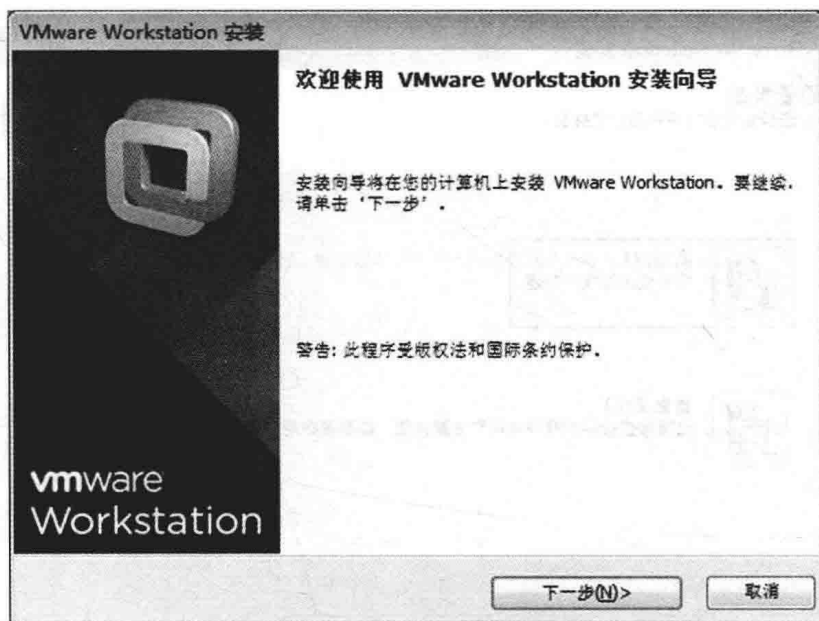


图 1-1 VMware Workstation 安装向导界面

(2) 选择“我接受许可协议中的条款”，如图 1-2 所示。

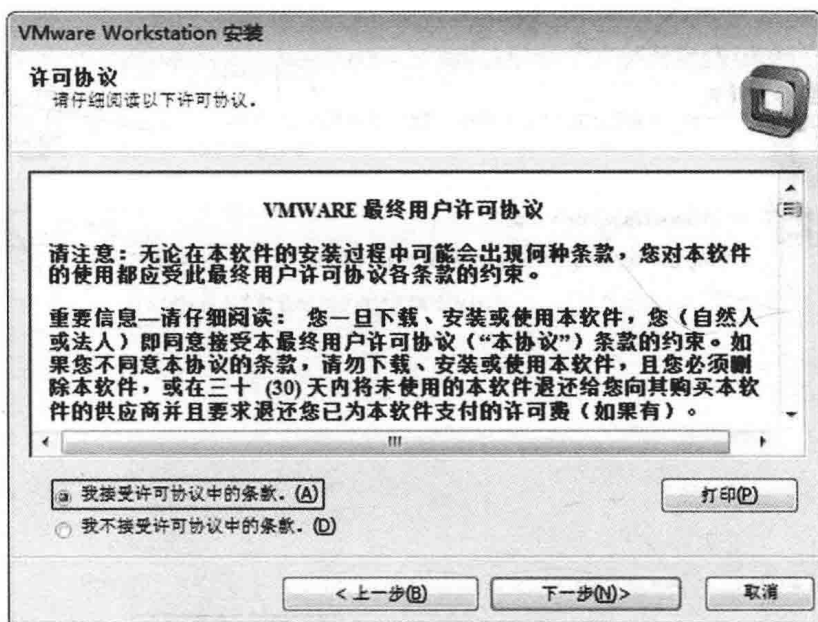


图 1-2 VMware Workstation 许可协议选择界面

(3) 选择设置类型，单击“典型”，如图 1-3 所示。

(4) 单击“下一步”按钮，将 VMware Workstation 安装在默认的路径下，如图 1-4 所示。