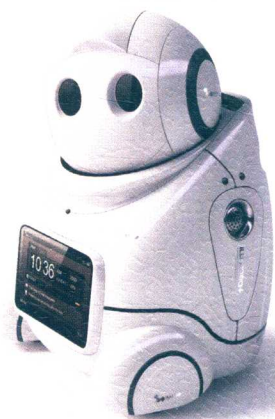
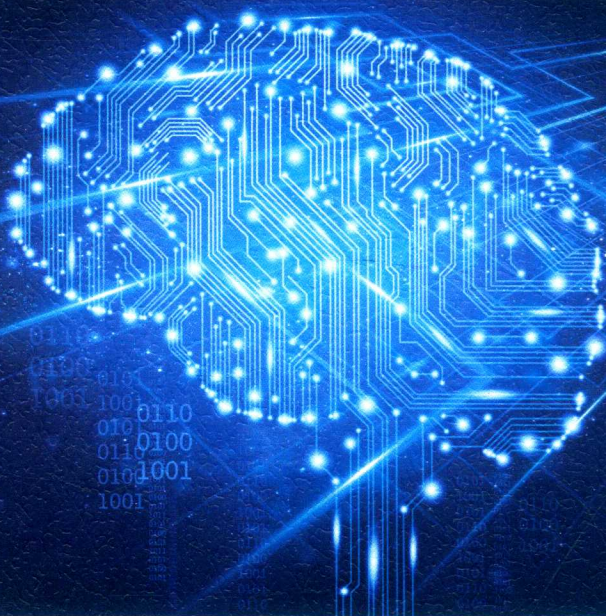


INTELLIGENT SERVICE ROBOT DESIGN
BASED ON THE PLATFORM OF INTERNET OF THINGS



基于物联网平台的 智能服务机器人设计

◎ 杨 欧 聂丽文 主编



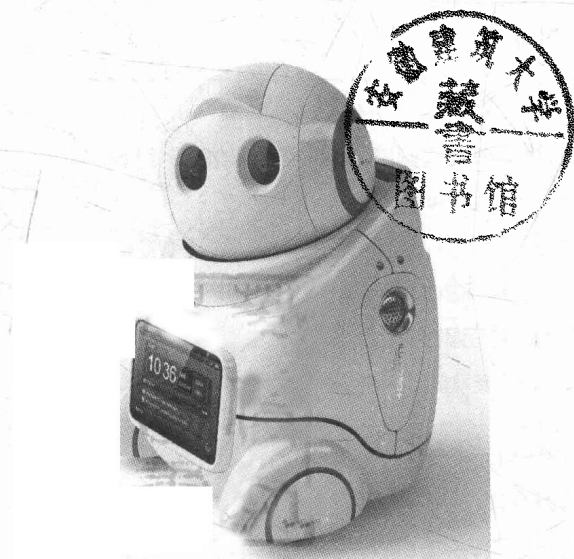
西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

基于物联网平台的 智能服务机器人设计

主 编：杨 欧 聂丽文

副 主 编：魏 彦 马亲民 王晓春 彭 艳 欧阳昭相

参编人员：史 虹 李金子 曾祥宏



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

基于物联网平台的智能服务机器人设计 / 杨欧, 聂丽文主编. —西安: 西安交通大学出版社, 2018. 1

ISBN 978-7-5693-0397-1

I. ①基… II. ①杨…②聂… III. ①智能机器人—设计 IV. ①TP242.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第018310号

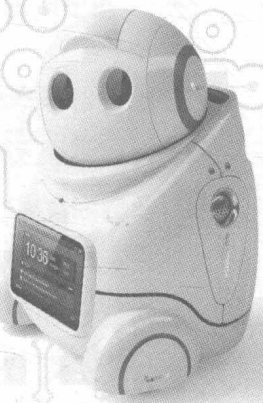
书 名 基于物联网平台的智能服务机器人设计
主 编 杨 欧 聂丽文
责任编辑 魏 杰 贺彦峰

出版发行 西安交通大学出版社
(西安市兴庆南路10号 邮政编码710049)
网 址 <http://www.xjtupress.com>
电 话 (029) 82668357 82667874 (发行中心)
(029) 82668315 (总编办)
传 真 (029) 82668280
印 刷 长沙市宏发印刷有限公司

开 本 880mm×1230mm 1/16 印张 21.5 字数 359千字
版次印次 2018年1月第1版 2018年2月第1次印刷
书 号 ISBN 978-7-5693-0397-1
定 价 98.00元

读者购书、书店添货、如发现印装质量问题, 请与本社发行中心联系、调换。

版权所有, 侵权必究



前言

随着社会和科技的进步,机器人技术发展迅速,机器人已在军事、工业生产、农业、科研上被大量使用,研究人员在机器人代替人做更多的事情上面花费了大量的精力,从而出现了研究热潮。

现代人口老龄化问题日益显现,年轻人工作压力增大,人们对生活品质的要求提高,因此,人们在利用机器人提供服务方面有了更多更高的要求,促进了针对特定人群的服务机器人的兴起和发展,如家居清洁机器人、医疗辅助机器人、助老机器人、教育机器人、安防机器人等,且最终将形成一个产业。

与工业机器人相比,针对特点人群的服务机器人个性化、定制化更强,特别是家居服务机器人,其研究还处于一个初级阶段,在发展过程中仍存在不少问题。要让服务机器人真正走进人们的生活中,需要在传统服务机器人的基础上,融入新的智能技术,比如人工智能技术、云计算、云存储技术、大数据、情感识别技术、人体行为检测技术、复杂的多语言翻译、人脸识别技术、智能移动交互技术等。

智能新技术的出现和使用,要求我们必须加强对相关研究、应用和技术服务人员的专业技能和职业素养的培养,这对于服务机器人产业具有十分重要的战略意义。本书针对此问题,通过将人工智能、物联网、云计算、语音识别和机器视觉等先进智能技术应用到家居服务机器人上,设计和实现了一种基于云平台 and 智能移动终端的智能家居服务机器人,使服务机器人能更好、更有效和更人性化地服务人类,融入人类的生活。

《中国制造2015》指出,要统筹布局和推动服务机器人、智能家电、智能照明电器、

可穿戴设备等产品的研发和产业化,推进信息化与工业化深度融合,促进工业互联网、云计算、大数据在企业研发设计、生产制造、经营管理、销售服务等全流程和全产业链综合集成应用。《国家创新驱动发展战略纲要》明确提出,要加强类人智能、自然交互与虚拟现实、微电子与光电子等技术研究,推动宽带移动互联网、云计算、物联网、大数据、高性能计算、移动智能终端等技术研发和综合应用。中国《“十二五”国家战略性新兴产业发展规划》中,确定要重点发展高端软件和新兴信息服务产业,加强以网络化操作系统、海量数据处理软件等为代表的基础软件、云计算软件、工业软件、智能终端软件、信息安全软件等关键软件的开发,推动新兴服务业的发展。

由此可见,本书所涉及的智能新技术应用(云计算技术,以语音识别、人脸检测和形状识别为代表的人工智能技术,以百度开放物联网平台为代表的先进物联网技术,以微信平台为代表的智能移动终端技术等)与国家信息技术的发展方向、战略目标以及重点支撑保持了高度一致,具有典型的代表意义。

本书按照项目设计制作或工作过程展开,将学科知识融入项目或者产品的制作过程中,回归人类认识自然的本源方式。书中典型工程案例的实践过程均按照“任务驱动”模式组织,通过“实践—归纳—推理—再实践”这一螺旋式上升模式使学生获取系统的科学知识和实践技能,并将企业的“6S”考核体系融入教学考核评价中。我们将基于云平台和智能移动终端的智能家居服务机器人作为典型工程案例,以培养学生的职业能力并与国家战略先进技术相结合,而这正是本书的探索方向,也是本书的主要特色。

本书中的每个项目均由以下几部分组成:

- (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关键技术;讲述工作任务内容、工作环境以及工作时长和达到的效果。
- (2) 教学目的:从知识、能力、态度等方面介绍各项目的训练目标,主要包括技能目标和素养目标。
- (3) 知识准备:介绍项目设计制作所必需的知识,不求知识的完整性、全面性,以“必需”“够用”为度。
- (4) 任务实施:介绍项目实施所需要的材料、场地、技术资料及实现的具体步骤、相关的技术要求、现场要求、工艺与技术文件的撰写方法等。
- (5) 考核与评价:对作品的完成过程和质量、技术、实施人员的职业素养进行

评价。

(6) 项目小结: 总结实施步骤及要点, 拓展提高任务, 让读者学会触类旁通、举一反三, 强调知识的迁移、技能的强化。

(7) 相关链接: 列示学习过程中用到的网络资源、相关标准、规范和法规资料。

本书通过大量的工程实践详细介绍了智能家居服务机器人的软硬件设计。从基于物联网平台的机器人软件开发平台, 到基于低功耗 ARM 内核的机器人的硬件平台; 从机器人运动模块设计, 到基于开放云物联网的机器人触觉模块设计以及基于云语音的机器人听觉交互模块设计、机器人视觉模块设计, 再到基于百度云应用引擎和微信平台的机器人的设计, 逐步地进行了细致的讲解, 最后设计出一个功能完善的智能家居服务机器人。

本书结构清晰, 内容合理, 技术先进, 循序渐进, 给出了大量的工程实例, 将知识融合在实例中, 涵盖了嵌入式系统的大量开发技术。书中提供的所有程序代码均已经过调试实践, 读者既可以单独实践每个项目, 亦可将多个项目组合开发出新的项目。

本书适合作为计算机、通信、自动化、电子等相关专业的本科和高职院校的专业教材, 也可以作为学习嵌入式系统技术、传感器技术、物联网技术、云应用技术和人工智能技术的主导教材或辅助教材, 还可供其他智能控制技术和机器人爱好者使用。本书由杨欧、聂丽文担任主编, 对全书进行规划统稿, 由杨欧(负责项目四、五、六)、魏彦(负责项目七)、聂丽文(负责项目一、二、三及其他)合作编写。

由于时间仓促和编者水平有限, 书中疏漏之处在所难免, 敬请读者不吝赐教。

编者

2017年12月



目 录

项目一 基于物联网平台的智能机器人软件开发平台	1
一、项目描述	1
二、教学目的	2
(一) 技能目标	2
(二) 素养目标	2
三、知识准备	3
(一) Linux 操作系统	3
(二) Linux 系统终端	3
(三) Linux 文件系统	6
(四) Linux 文本编辑	11
(五) Linux 用户管理	12
(六) Linux 进程管理	17
(七) Linux 管道命令	19
(八) Linux 关闭重启	21
(九) Linux 帮助获取	21
四、任务实现	21
(一) 任务实现前准备	21
(二) Raspbian Linux 操作系统安装	22
(三) Raspbian Linux 操作系统配置	23

2 基于物联网平台的智能服务机器人设计

(四) Raspbian Linux 固件设置	27
(五) Raspbian Linux 系统软件管理	30
(六) Pi Store 安装软件和多媒体	32
(七) Raspbian Linux 系统多媒体中心构建	33
(八) Raspbian Linux 系统桌面游戏安装	36
(九) 智能家居机器人 python 编程	38
(十) 百度云盘 Python 客户端安装和使用	42
五、考核与评价	44
(一) 考核任务: 常用 Linux 命令实践	45
(二) 考核任务: Shell 脚本实践	46
(三) 考核任务: Python 计算圆面积程序编写	47
六、项目小结	48
(一) 拓展任务: 升级固件或内核	48
(二) 拓展任务: 设置视频输出	50
(三) 拓展任务: 测试和设置音频系统	51
七、相关链接	52
项目二 基于低功耗 ARM 内核的智能家居机器人硬件平台	53
一、项目描述	53
二、教学目的	54
(一) 技能目标	54
(二) 素养目标	54
三、知识准备	55
(一) 智能家居机器人硬件构成	55
(二) 智能家居机器人系统特性	56
(三) 智能家居机器人系统电路	56
四、任务实施	63
(一) 数字信号输出: 点亮 LED	63
(二) 数字信号输入: 读取按钮状态	65
(三) GPIO 接口测试	67

(四) LED 闪烁	69
(五) 按钮测试	70
(六) 串口通信测试	73
(七) 智能家居机器人底层控制系统驱动	78
五、考核与评价	83
六、项目小结	85
(一) 拓展提高任务: 定时台灯制作	85
(二) 拓展提高任务: 简易发音板制作	88
七、相关链接	91
项目三 智能家居机器人运动模块设计	93
一、项目描述	93
二、教学目的	94
(一) 技能目标	94
(二) 素养目标	94
三、知识准备	94
(一) 直流电机介绍	94
(二) L298 电机驱动器	95
(三) 底层控制板电机编程介绍	96
(四) 导航传感器	100
(五) 巡航导航策略	102
四、任务实施	103
(一) 智能家居机器人运动模块方案设计	103
(二) 智能家居机器人运动模块硬件电路设计	103
(三) 智能家居机器人巡航系统组装	104
(四) 智能家居机器人巡航算法	107
五、考核与评价	113
六、项目小结	114
七、相关链接	119

项目四 基于开放云物联网的智能家居机器人触觉模块设计	121
一、项目描述	121
二、教学目的	122
(一) 技能目标	122
(二) 素养目标	122
三、知识准备	123
(一) 非接触式超声波触觉模块	123
(二) 非接触式红外触觉模块	124
(三) 非接触式温度触觉模块	125
(四) 百度开放云物联网 IoT (Internet of Things)	128
四、任务实施	129
(一) 云物联网的智能家居机器人触觉系统方案设计	129
(二) 硬件电路设计	130
(三) 超声波触觉程序设计	131
(四) 红外触觉程序设计	134
(五) 非接触式温度触觉程序设计	136
(六) 开放云物联网触觉系统设计和实现	140
(七) 整体调试	148
五、考核与评价	148
六、项目小结	149
(一) 拓展任务: 智能家居主动跟随机器人	150
(二) 拓展任务: 智能移动测温家居机器人	153
七、相关链接	159
项目五 基于云语音的智能家居机器人听觉交互模块设计	161
一、项目描述	161
二、教学目的	162
(一) 技能目标	162
(二) 素养目标	162
三、知识准备	163

(一) 非特定人语音识别模块	163
(二) 语音识别芯片基本工作原理	165
(三) 百度开放云语音识别	167
(四) 云在线图灵聊天机器人	169
(五) 百度开放云语音合成	169
四、任务实施	171
(一) 总体方案设计	171
(二) 听觉交互模块硬件设计	172
(三) 智能家居机器人离线语音识别系统实现	172
(四) 智能家居机器人云在线语音交互系统设计实现	178
五、考核与评价	188
六、项目小结	190
(一) 拓展任务: 离线陪护智能家居机器人	190
(二) 拓展任务: 智能语音交互测距机器人	191
七、相关链接	197
项目六 智能家居机器人机器视觉模块设计	199
一、项目描述	199
二、教学目的	200
(一) 技能目标	200
(二) 素养目标	200
三、知识准备	201
(一) python 编程基础	201
(二) 机器视觉库 SimpleCV 介绍	207
(三) 机器视觉库 SimpleCV 基础编程	208
(四) 数字摄像头	210
(五) 机器视觉基本概念	211
四、任务实施	211
(一) 智能家居机器人视觉模块总体设计	211
(二) 选取兼容的数字摄像头	212

(三) 安装和测试 SimpleCV	213
(四) 图像数据无线传输实现	214
(五) 图像变换与增强处理	217
(六) 图像背景去除和轮廓提取实现	229
(七) 图像分割和运动检测实现	231
(八) 图像模式识别——颜色识别算法实现	237
(九) 图像模式识别——形状识别算法实现	241
五、考核与评价	254
六、项目小结	255
(一) 扩展任务: 条码识别	256
(二) 扩展任务: 人脸检测	256
(三) 拓展任务: 智能家居机器人互动照相馆	258
七、相关链接	260
项目七 基于百度云应用引擎和微信平台的智能家居机器人	261
一、项目描述	261
二、教学目的	262
(一) 技能目标	262
(二) 素养目标	262
三、知识准备	263
(一) REST API	263
(二) python 获取 URL 资源组件 urllib2	264
(三) PHP 应用脚本编程	267
四、任务实施	269
(一) 基于百度应用引擎和微信移动平台的智能家居机器人系统设计	269
(二) 基于百度应用引擎和微信移动平台的智能家居机器人硬件	270
(三) 微信公众平台接入	270
(四) 百度应用引擎 BAE (Baidu App Engine) 部署	274
(五) 百度引擎 PHP 应用程序	277
(六) 智能机器人客户端 python 程序	292

(七) 程序代码编辑、调试及运行	298
五、考核与评价	298
六、项目小结	299
(一) 拓展任务: 二维码创建和识别智能机器人	300
(二) 拓展任务: 遥控巡航和人脸检测智能家居机器人	302
七、相关链接	308
附录 A 树莓派 wiringPi 基础入门	309
一、wiringPi 简介	309
二、DevLib 简介	309
三、wiringPi 的安装	310
四、测试 wiringPi 是否安装成功	311
五、wiringPi 设置函数	312
六、wiringPi 核心函数	314
七、树莓派专用函数	315
八、I2C 库	317
九、SPI 库	318
十、串口库	319
十一、软件 PWM 库	320
十二、时间函数	321
十三、优先级 / 时间 / 线程	322
十四、转换库	325
十五、软件音频库	326
附录 B 安装所需元器件清单	328
附录 C 调试所需仪器仪表清单	330



项目一 基于物联网平台的 智能机器人软件开发平台

一、项目描述

智能家居机器人以开源的 Linux 操作系统为基础，使用跨平台的 python 语言进行软件开发。Python 语法简洁而清晰，具有丰富和强大的类库，非常适合初学编程语言的人群。同时，项目采用云存储技术，将开发资源同时在本地嵌入式系统和云端进行存储和同步备份，解决了项目开发中嵌入式系统存储空间有限和数据的安全备份等问题。

本项目主要工作任务是构建基于物联网平台的智能机器人软件开发平台，具体任务如下：

- (1) 安装和使用 Raspbian Linux 嵌入式操作系统，约 8 个课时；
- (2) 使用 apt-get 和 Pi Store 来管理软件和安装多媒体应用，约 2 个课时；
- (3) 运用 Raspi-config 配置嵌入式操作系统，约 2 个课时；
- (4) 运用 python 编写应用程序，约 4 个课时；
- (5) 安装和使用百度云存储客户端，约 4 个课时。

本项目工作环境和软硬件要求如下：

- (1) Raspberry Pi 嵌入式开发板一块（含键盘、鼠标和显示设备等）；
- (2) Raspbian.img 操作系统镜像；

- (3) Win32 Disk Imager 烧录软件;
- (4) OSMC (Open Source Media Center) 多媒体中心软件;
- (5) python 2.7 集成开发环境软件;
- (6) 百度云盘 Python 客户端;
- (7) 装有 Linux 系统的 PC 机和互联网接入。

二、教学目的

(一) 技能目标

- (1) 通过本章的学习让学生掌握智能家居机器人嵌入式系统 Raspbian Linux 发行版本的安装。
- (2) 学习和掌握 Linux 系统的相关知识和常用命令。
- (3) 通过 apt-get 管理软件: 下载、安装和卸载。
- (4) 使用 Pi Store 安装软件和多媒体。
- (5) 运用 Raspi-config 配置 Raspbian Linux 操作系统。
- (6) 学习 python 编程环境和基础知识, 掌握简单的 python 应用程序编写。
- (7) 掌握 Linux 环境下安装和使用百度云盘 python 客户端。

(二) 素养目标

(1) 通过本项目的学习实践, 唤起和培养学生的职业意识。面对新一轮科技革命和产业变革, 我国正处在加快经济转型和升级的关键时刻。在重大历史机遇面前, 应该对自己的优势和不足有一个比较客观的认识, 同时结合先进的信息技术以及中国高端制造的广阔市场需要和社会资源等条件, 确定自己的发展方向和行业选择范围, 明确职业发展目标。

(2) 配合学校的培养任务, 完成知识、技能等显性职业素养的培养。

(3) 有意识地培养职业道德、职业态度、职业作风等方面的隐性职业素养。隐性职业素养是大学生职业素养的核心内容。核心职业素养体现在很多方面, 如独立性、责任心、敬业精神、团队意识、职业操守等。

三、知识准备

(一) Linux 操作系统

最适合嵌入式控制器的操作系统是 Linux 操作系统，特别是 Debian Linux 发行版 (Raspbian)。如果只使用过 Windows 或 Mac 操作系统，使用 Linux 时可能会有些不适应的感觉，主要是因为 Linux 系统默认可以不启用图形用户界面。这就意味着，你不需要使用鼠标，也不需要双击彩色图标就可以使用 Linux 系统。

所以需要一种操作这个系统的方法，在 Linux 操作系统中使用 Shell 达到这一目的。Shell 是一个程序，它接收键盘输入的命令，然后将它们传递到 Linux 操作系统。当 Linux 操作系统运行命令后，Shell 会将结果反馈出来。

Shell 在终端运行的方式可以追溯到计算机最开始的工作方式。当时，连接“真实”的计算机需要通过一个或几个简单的终端传递输入并通过计算机显示出来。现在已经不再需要使用这些终端设备了，但是终端设备的方式还在使用中，并且 Linux 系统的操作正是基于这些终端。

因此，当登录进入 Linux 操作系统的计算机时，Linux 操作系统常常在终端开启 Shell 会话。在 Shell 环境中，可以调用运行在 Linux 计算机中的命令。

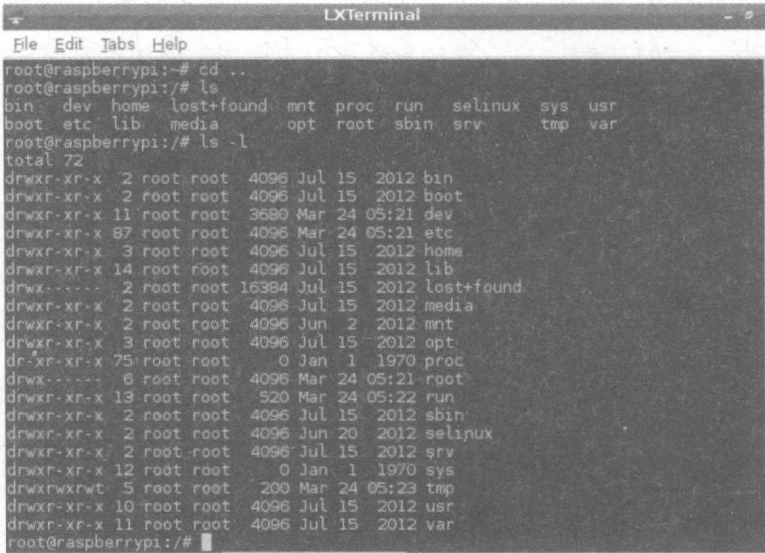
当前，Linux 已经有和 Windows 或 Mac OS X 一样的图形桌面系统。不过，这些桌面系统都附带一个可以直接调用命令的虚拟终端模拟器。例如，LXDE 桌面，与其配套的终端名为 LXTerminal。用户可以在 LXDE 桌面上找到快捷方式，双击后 Pi 就可以启动一个新的终端对话框。

(二) Linux 系统终端

Linux 系统终端是用户和 Linux 操作系统之间的接口，称之为 Shell。Shell 是一个命令语言解释器，它拥有自己内建的 shell 命令集，可以使用该命令集编写程序。shell 命令集也能被系统中其他应用程序所调用。使用 shell 命令集编写的程序称为 shell 脚本。在 Linux 中几乎所有的操作都可以通过命令行完成。

本节所介绍的命令和概念都是标准 Linux 系统，具有很强的通用性。在开始前，先打开一个 Shell 终端 (LXTerminal，见图 1.1)，可以按照任务实现部分，在安装好 Raspbian Linux 的控制系统中进行。在操作终端时，有两个基本技巧非常有用：自动

补全与命令历史。通常情况下，只需要输入命令或者文件名的前几个字符，然后按 Tab 键，终端就会尝试以当前目录中的文件或常用目录中的程序（Shell 通常会在 /bin 和 /usr/bin 目录搜索可执行程序）来补全你输入的字符串。如果按键盘上的上下箭头键，可以调用以前执行过的命令。如果不小心在命令中打错了字，可以用这个方法把错误的命令找出来修改后再重新执行。



```

LXTerminal
File Edit Tabs Help
root@raspberrypi:~# cd ..
root@raspberrypi:~# ls
bin  dev  home  lost+found  mnt  proc  run  selinux  sys  usr
boot  etc  lib  media  opt  root  sbin  srv  tmp  var
root@raspberrypi:~# ls -l
total 72
drwxr-xr-x  2 root root  4096 Jul 15  2012 bin
drwxr-xr-x  2 root root  4096 Jul 15  2012 boot
drwxr-xr-x 11 root root 3680 Mar 24 05:21 dev
drwxr-xr-x 87 root root  4096 Mar 24 05:21 etc
drwxr-xr-x  3 root root  4096 Jul 15  2012 home
drwxr-xr-x 14 root root  4096 Jul 15  2012 lib
drwx----- 2 root root 16384 Jul 15  2012 lost+found
drwxr-xr-x  2 root root  4096 Jul 15  2012 media
drwxr-xr-x  2 root root  4096 Jun  2  2012 mnt
drwxr-xr-x  3 root root  4096 Jul 15  2012 opt
dr-xr-xr-x 75 root root      0 Jan  1  1970 proc
drwx----- 6 root root  4096 Mar 24 05:21 root
drwxr-xr-x 13 root root   520 Mar 24 05:22 run
drwxr-xr-x  2 root root  4096 Jul 15  2012 sbin
drwxr-xr-x  2 root root  4096 Jun 20  2012 selinux
drwxr-xr-x  2 root root  4096 Jul 15  2012 srv
drwxr-xr-x 12 root root      0 Jan  1  1970 sys
drwxrwxrwt  5 root root   200 Mar 24 05:23 tmp
drwxr-xr-x 10 root root  4096 Jul 15  2012 usr
drwxr-xr-x 11 root root  4096 Jul 15  2012 var
root@raspberrypi:~#

```

图 1.1 通过 LX 终端 (LXTerminal) 访问命令行 (Shell)

在第一次登录进入 Pi 或已经从桌面启动一个新的终端时，可以看到以下命令提示符，等待你输入命令：

```
pi@raspberrypi ~ $
```

命令提示符看上去并不起眼，但是它已经显示出很多信息。例如，第一部分 (pi@raspberrypi) 告诉你计算机主机名是 raspberrypi，当前的用户名是 pi。这是十分重要的信息，因为 Linux 操作系统是一个多用户操作系统，许多人可以同时在同一台计算机上工作 (例如，通过网络)。另外，也可以在需要的时候切换成其他用户，因此用户需要知道用户名。

第二部分的提示包括文件系统的当前路径。在这里，它只包含 ~ 字符，这是一个用户主目录的缩写代码。每一个 Linux 用户都有一个主目录来存储个人数据和配置文件。它和 Windows 系统中的 “My Documents” (我的文档) 或 Mac 系统中的 “Documents” (文件) 一样。之后的美元字符 (\$) 表示命令提示符的结束。