

Raspberry Pi AI



机器人 实战

王进德◎著



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

Raspberry Pi AI

与

机器人
实战

王进德◎著



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

Raspberry Pi是一套价格低廉且高性能的计算机系统，大小就像信用卡一样，由于“迷你”，因此可用于任何你能想到的地方。本书将介绍如何运用这台神奇的小型计算机来构建专属的开发环境，制作超酷的机器人，从项目设计与开发的过程中获得实操的乐趣。

本书内容的编排由浅入深，读者不需要有Raspberry Pi的基础，即可经由本书进入Raspberry Pi的世界。而关于机器人的制作方面，则是以常见的马达、驱动电路板及感测器来制作，如此可用最少的钱、最方便的方式来构建机器人。另外，本书特别强调机器人计算机视觉的应用，希望慢慢引导读者进入智能机器人的领域。

本书适用于本科生的微处理机、机电整合、专题制作等课程，不仅提供教师教学、学生研习之用，而且业余爱好者、专案设计者也适合阅读本书。

图书在版编目(CIP)数据

Raspberry Pi入门与机器人实战 / 王进德著.—北京：北京大学出版社，2018.7
ISBN 978-7-301-29526-7

I. ①R… II. ①王… III. ①Linux操作系统②机器人—制作 IV. ①TP316.85②TP242

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第097520号

书 名 Raspberry Pi入门与机器人实战
RASPBerry PI RUMEN YU JIQIREN SHIZHAN
著作责任者 王进德 著
责任编辑 吴晓月
标准书号 ISBN 978-7-301-29526-7
出版发行 北京大学出版社
地 址 北京市海淀区成府路205号 100871
网 址 <http://www.pup.cn> 新浪微博：@北京大学出版社
电子信箱 pup7@pup.cn
电 话 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62570390
印 刷 者 大厂回族自治县彩虹印刷有限公司
经 销 者 新华书店
787毫米×1092毫米 16开本 15.75印张 320千字
2018年7月第1版 2018年7月第1次印刷
印 数 1-4000册
定 价 59.00元

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有，侵权必究

举报电话：010-62752024 电子信箱：fd@pup.pku.edu.cn

图书如有印装质量问题，请与出版部联系。电话：010-62756370



Raspberry Pi 是一套价格低廉且高性能的计算机系统，运用这台神奇的小型计算机来构建专属的开发环境，制作超酷的项目，并且从项目设计与开发的过程中获得实操的乐趣。当前坊间虽然已有很多有关此方面的书，但本书的内容与它们有些不同。在本书中，笔者针对 Raspberry Pi 与机器人的应用，挑选了几个最基础、最重要的主题，以深入浅出的方式把这几个主题交代清楚，让读者读完之后可以学以致用，从而制作出专属于自己的机器人项目。

本书特色

本书页数不多，但内容翔实，包含的主题从 Linux 系统管理、Python 程序设计、机器人制作项目至计算机视觉应用。阅读本书后，读者可以学到下列精彩内容。

- 构建 Raspberry Pi 3 开发环境
- Linux 基本系统管理
- Raspberry Pi 3 网络远程管理
- Python 基本程序设计
- Raspberry Pi GPIO 程序设计
- Raspberry Pi 摄影机程序设计
- Raspberry Pi 与 Arduino 整合应用
- 六轴机械手臂控制
- 四轴两足机器人控制
- 轮型机器人控制
- Python OpenCV 基本图像处理

- OpenCV 人脸辨识
- 机器人计算机视觉应用

本书读者对象

本书适用于本科生的微处理机、机电整合、专题制作等课程，不仅提供教师教学、学生研习之用，而且业余爱好者、项目设计者也很适合阅读本书。本书的内容以 Linux 操作系统及 Python 程序设计为主，而机器人的应用则以伺服马达控制及直流马达控制为主，并导入 OpenCV 计算机视觉的概念于机器人的设计应用中。本书内容浅显易懂、程序内容小而实用，阅读后可以充分理解程序设计的精髓。

如何阅读本书

本书内容的编排由浅入深，读者不需要有 Raspberry Pi 的基础，即可经由本书进入 Raspberry Pi 的世界，而在机器人的制作方面，则是以常见的马达、驱动电路板及感测器来制作，让读者可以用最少的钱、最方便的方式来构建机器人。另外，本书特别强调机器人计算机视觉的应用，希望慢慢引导读者进入智能机器人的领域。

另外，读者可以通过百度云链接 https://pan.baidu.com/s/1G7_zVZTcB8VF99MeG4Us0w (密码: pn5x) 下载本书中的源代码文件，或者加入新技术图书群 (群号: 726877265)，获取文件。

致谢

本书可以在最短的时间内出版，要感谢出版社编辑的全力帮助，在此谨致以最诚挚的谢意。同时也要将完成此书的喜悦献给我最亲爱的父母、我最心爱的老婆及我最疼爱的两个孩子。

虽然笔者怀抱着以最佳的书献给读者的心情来编写此书，但如果读者在阅读本书时发现任何疏漏之处，还请多加批评指正，笔者将不胜感激！

王进德



第1章 Raspberry Pi开发板

1.1 简介..... 2

1.2 组装 Raspberry Pi..... 2

1.3 Raspbian 简介 3

1.4 在 Windows 上刻录镜像文件..... 4

1.5 激活 Raspbian 操作系统..... 4

1.6 Raspbian 环境设置..... 5

1.7 图形化文件管理..... 7

1.8 激活终端机..... 8

第2章 Linux基本操作

2.1 简介..... 13

2.2 Linux 文件系统 13

2.3 文件管理指令 14

2.4 编辑文本文件 18

2.5 目录管理 19

2.6 了解文件权限 20

2.7 系统管理 23

2.8 升级操作系统..... 24

2.9 查找及安装软件套件 24

2.10 自动运行程序..... 26

2.11 捕捉屏幕画面	27
2.12 Shell Script 简介	29

第3章 Raspberry Pi连接上网络

3.1 简介	32
3.2 以网络线连接上网络	32
3.3 配置静态 IP 地址	32
3.4 Wi-Fi 无线网络	35
3.5 SSH 简介	37
3.6 启用 Pi 的 SSH Server	38
3.7 Linux 主机远程访问 Pi	39
3.8 Windows 主机远程连接 Pi	41
3.9 使用 SFTP 传送文件至 Pi	43
3.10 VNC 简介	47
3.11 安装 VNC 服务器	47
3.12 下载 VNC Viewer	49
3.13 自动运行 VNC 服务器	51

第4章 Python基本语法

4.1 简介	53
4.2 启动 Python	53
4.3 Python 基础	54
4.4 Python 字符串处理	56
4.5 Python 控制叙述	58
4.6 自定义函数	60
4.7 List 列表	62
4.8 Dictionary 字典	66
4.9 格式化数值	68
4.10 返回多个数值	69
4.11 使用模块	70
4.12 在 Python 中运行 Linux 指令	71

4.13	写入文件	71
4.14	读取文件	72
4.15	例外处理	73

第5章 Python GPIO控制

5.1	简介	76
5.2	点亮 LED	77
5.3	LED 闪烁程序	79
5.4	控制 LED 的亮度	82
5.5	连接按钮开关	84
5.6	切换 LED 亮灭	86

第6章 Python摄像头控制

6.1	简介	89
6.2	安装 Webcam	89
6.3	使用 fswebcam	90
6.4	fswebcam 定时捕捉影像	91
6.5	使用 Webcam 录制视频	93
6.6	以 Pygame 控制 Webcam	95
6.7	连接 Pi 相机模块	96
6.8	使用 raspistill 及 raspivid	98
6.9	创建缩时摄影	100
6.10	自动运行缩时摄影	102

第7章 伺服马达控制

7.1	简介	105
7.2	舵机结构	105
7.3	舵机工作原理	106
7.4	Raspberry Pi 控制舵机	107
7.5	舵机控制板	112
7.6	舵机控制板命令格式	115

7.7 Pi 连接舵机控制板	115
----------------------	-----

第8章 六轴机械手臂控制

8.1 简介	119
8.2 组装六轴机械手臂	119
8.3 控制六轴机械手臂取放物	123

第9章 四轴两足机器人控制

9.1 简介	128
9.2 组装四轴两足机器人	128
9.3 步行原理	130
9.4 控制四轴两足机器人前进与后退	133
9.5 控制四轴两足机器人左转与右转	138

第10章 直流马达控制

10.1 简介	145
10.2 直流马达特性	145
10.3 Raspberry Pi 3 控制直流马达	146
10.4 RaspiRobot 驱动板	150
10.5 连接 RRB3 及 Raspberry Pi	154

第11章 轮型机器人控制

11.1 简介	157
11.2 轮型机器人组装	158
11.3 Robot 驱动板	160
11.4 Raspberry Pi 连接 Robot 驱动板	160
11.5 控制轮型机器人	161
11.6 超声波传感器模块	162
11.7 Raspberry Pi 超声波测距	164
11.8 轮型机器人自动避开障碍物	166

第12章 Raspberry Pi与Arduino

12.1 简介	170
12.2 在 Pi 中安装 Arduino IDE	170
12.3 Pi 与 Arduino 串行传输	172
12.4 Arduino 序列传送模拟值给 Pi	175
12.5 Pi 与 Arduino 整合: 使用 Firmata	178
12.6 使用 Firmata	179
12.7 Pi 控制 Arduino 数字输出	181
12.8 Pi 读取 Arduino 数字输入	182
12.9 Pi 读取 Arduino 的模拟输入	185
12.10 Pi 控制 Arduino PWM 输出	187

第13章 OpenCV简介

13.1 简介	192
13.2 安装 OpenCV	192
13.3 OpenCV 基本操作	193
13.4 色彩空间转换	195
13.5 影像平移	198
13.6 影像旋转	200
13.7 影像放大与缩小	201
13.8 仿射变换	203
13.9 投影变换	205
13.10 2D 卷积	207
13.11 模糊化	207
13.12 边缘检测	209
13.13 侵蚀和膨胀	211

第14章 OpenCV人脸辨识

14.1 简介	215
14.2 使用 Haar cascades 来检测事物	215

14.3	积分影像	216
14.4	人脸辨识	217
14.5	检测眼睛	220
14.6	检测嘴巴	220
14.7	检测鼻子	221
14.8	检测耳朵	223
14.9	检测猫脸	224

第15章 机器人计算机视觉应用

15.1	简介	228
15.2	OpenCV 连接 Webcam	229
15.3	色彩空间	232
15.4	OpenCV 检测球的颜色	235
15.5	OpenCV 显示球的位置	237
15.6	OpenCV 动态人脸辨识	240

第1章

- 1.1 简介
- 1.2 组装 Raspberry Pi
- 1.3 Raspbian 简介
- 1.4 在 Windows 上刻录镜像文件
- 1.5 激活 Raspbian 操作系统
- 1.6 Raspbian 环境设置
- 1.7 图形化文件管理
- 1.8 激活终端机

Raspberry Pi 开发板

1.1 简介

Raspberry Pi 是一系列低成本、手掌大小的单板计算机，是由英国的 Raspberry Pi 基金会所开发出来的。该基金会以推广计算机科学基础教育为宗旨，虽以学校学生为主要对象，但推出后却广受好评，并广泛应用于各个领域，包含超级计算机的构建及高阶机器人的应用。

Raspberry Pi 3 为当前最新一代的 Raspberry Pi，其外观图如图 1-1 所示。它采用四内核 Broadcom BCM 2837 64 位 ARMv8 处理器，其处理器速度为 1.2GHz，自带 1GB SDRAM、Wi-Fi 芯片及蓝牙 BLE，是构建物联网的最佳方案。

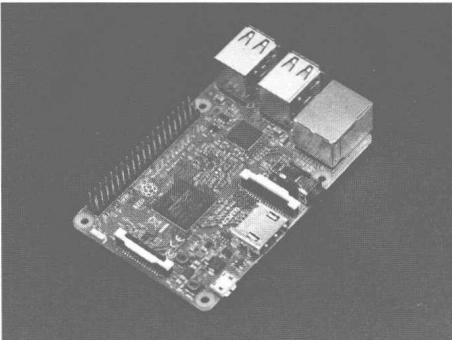


图1-1 Raspberry Pi 3外观图

1.2 组装 Raspberry Pi

图 1-2 所示为一个组装后的 Raspberry Pi 系统。

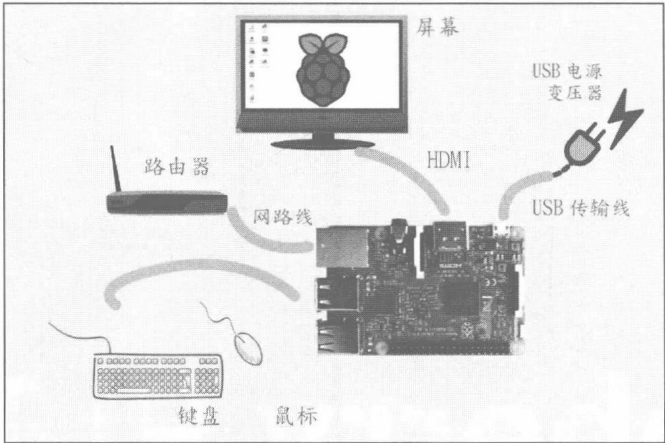


图1-2 组装后的Raspberry Pi系统

由图 1-2 可知，若要组成一个 Raspberry Pi 系统，需要以下组件。

- (1) 一个 Micro USB 电源模块，建议规格为 5V DC / 2A 以上。
- (2) 标准 USB 键盘及 USB 鼠标。
- (3) 一片 Micro SD 卡，至少需 4GB 以上。

(4) 可以是 HDMI 屏幕，也可以是 VGA 屏幕。若是 VGA 屏幕，还需一条 HDMI 转 VGA 转接线，所以建议使用 HDMI 屏幕。

(5) 屏幕连接线若采用 HDMI 屏幕，则需要一条 HDMI 连接线。

(6) Raspberry Pi 必须能上互联网，下载软件包才会方便。建议先将 Raspberry Pi 以无线网络线连接至家中的 Wi-Fi AP，或者准备一条网络线，连接至家中的路由器上。

(7) 一台操作系统为 Windows、Linux、Mac OS 的计算机，具备互联网连接功能，且需一台 MicroSD 读卡器。

1.3 Raspbian 简介

Raspbian 是 Linux 发行版，基于 Debian 构建而成，所有软件包都特地为 Raspberry Pi 重编译。Raspberry Pi 基金会也提供 Raspbian 操作系统的镜像文件供用户使用，并且维护在线储藏库，含有额外的软件程序。Raspbian 的目标是提供易于操作的接口，第一次接触 Raspberry Pi 时，一般都会推荐使用 Raspbian 操作系统。

要安装 Raspbian 操作系统，可以到 Raspberry Pi 官网下载镜像文件，网址如下所示。

<https://www.raspberrypi.org/downloads/raspbian/>

进入网站后，可以看到图 1-3 所示的画面。

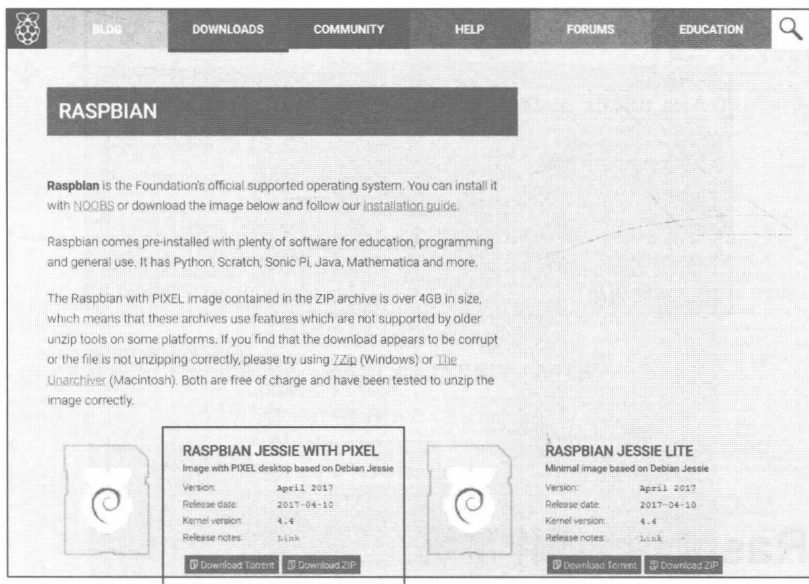


图1-3 下载Raspbian

单击【RASPBIAN JESSIE WITH PIXEL】下的【Download ZIP】按钮，即可下载镜像文件来安装 Raspbian，下载后解压文件，即可进行镜像文件的刻录。

1.4 在 Windows 上刻录镜像文件

下载完 Raspbian 镜像文件后，需要将其刻录至 SD 卡中。默认的 Raspbian 镜像文件只包含两个分割区：BOOT 及 SYSTEM，可以将其放至 4GB 的 SD 卡中，但建议使用 8GB 以上的 SD 卡比较安全，可以适用于大部分的应用开发。

1. 下载 Win32 Disk Imager

首先进入下列网址，下载及安装 Win32 Disk Imager 工具。

<http://sourceforge.net/projects/win32diskimager/files/latest/download>

2. 刻录镜像文件

运行 Win32 Disk Imager 工具程序，如图 1-4 所示，选择自己想刻录的镜像文件，本例选择下载的 Raspbian 镜像文件；从【Device】下拉菜单中，选择 SD 存储卡或读卡器的磁盘驱动器编号；单击【Write】按钮，即可开始将镜像文件刻录至 SD 卡中。完成后请退出存储卡。

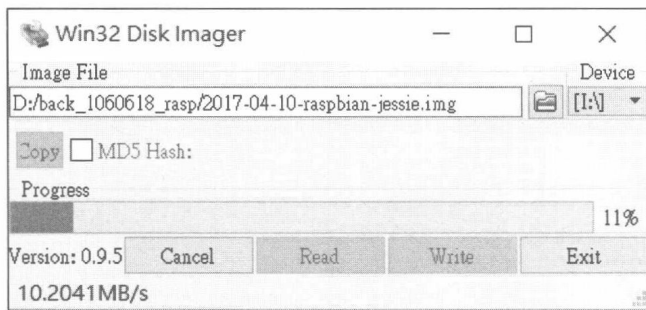


图1-4 Win32 Disk Imager运行画面

1.5 激活 Raspbian 操作系统

将 Raspbian 镜像文件写入 SD 存储卡后，再将 SD 卡插入 Raspberry Pi，连接键盘与鼠标，

使用 HDMI 端口连接屏幕，然后打开电源，即可开始激活 Raspbian 操作系统。顺利引导后，会加载操作接口，如图 1-5 所示。



图1-5 激活Raspbian操作系统

1.6 Raspbian 环境设置

当 Raspberry Pi 安装好 Raspbian 操作系统后，必须进行一些设置才能让 Raspbian 操作系统发挥最好的性能。本节将说明如何在 Raspbian 操作系统中进行以下的环境设置。

1. 激活 configuration

要激活 Raspbian 的环境设置，可以执行【Menu】→【Preference】→【Raspberry Pi Configuration】命令，如图 1-6 所示。

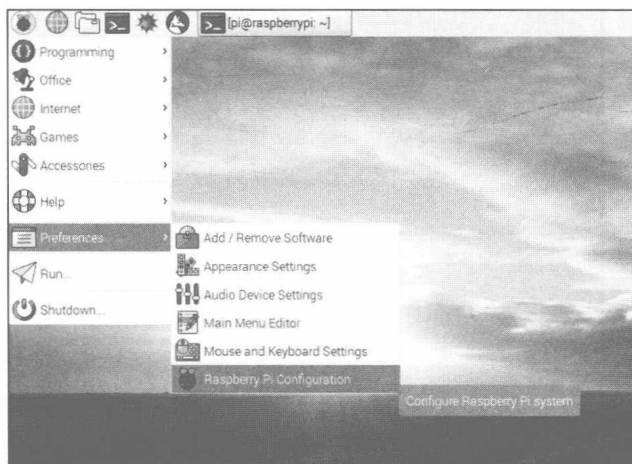


图1-6 激活环境设置

激活后的画面如图 1-7 所示。

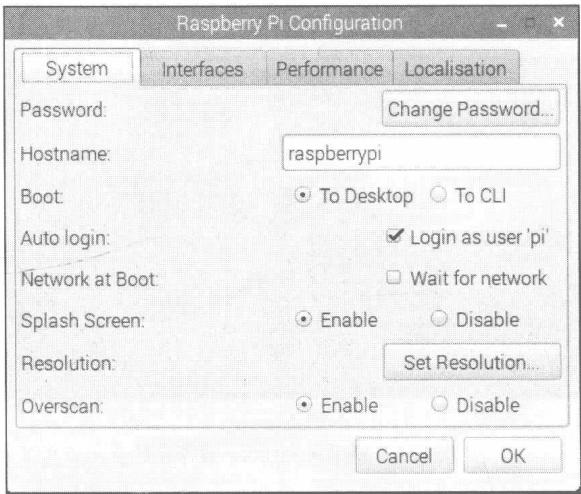


图1-7 Raspberry Pi Configuration

2. 改变时区

时区是地球上的本地使用同一个时刻定义。不同国家及地区必须使用不同的时区。要改变 Raspberry Pi 中时区的步骤如下。

- 第 1 步> 单击【Localistion】标签，如图 1-8 所示。
- 第 2 步> 再单击【Set TimeZone】按钮，即可设定时区。
- 第 3 步> 设置【Area】为【Asia】，设置【Location】为【Shanghai】。
- 第 4 步> 设置完成后，单击【OK】按钮。

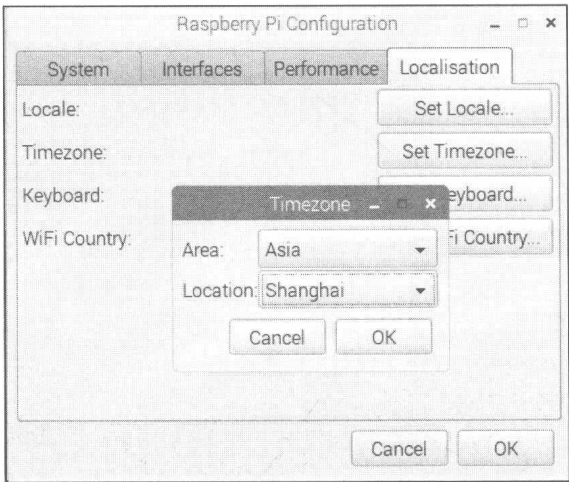


图1-8 设置时区