

Python 树莓派编程

从零开始

(第 3 版)

[美] 西蒙·蒙克(Simon Monk) 著

张小明 任海英 译

清华大学出版社

北 京

北京市版权局著作权合同登记号 图字：01-2021-6892

Simon Monk

Programming the Raspberry Pi: Getting Started with Python, Third Edition

EISBN: 978-1-264-25735-5

Copyright © 2021 by McGraw-Hill Education.

All Rights reserved. No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including without limitation photocopying, recording, taping, or any database, information or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

This authorized Chinese translation edition is jointly published by McGraw-Hill Education and Tsinghua University Press Limited. This edition is authorized for sale in the People's Republic of China only, excluding Hong Kong, Macao SAR and Taiwan.

Copyright © 2022 by McGraw-Hill Education and Tsinghua University Press Limited.

版权所有。未经出版人事先书面许可，对本出版物的任何部分不得以任何方式或途径复制或传播，包括但不限于复印、录制、录音，或通过任何数据库、信息或可检索的系统。

本授权中文简体字翻译版由麦格劳-希尔(亚洲)教育出版公司和清华大学出版社有限公司合作出版。

此版本仅限在中华人民共和国境内(不包括中国香港、澳门特别行政区和台湾地区)销售。

版权©2022 由麦格劳-希尔(亚洲)教育出版公司与清华大学出版社有限公司所有。

本书封面贴有 McGraw-Hill 公司防伪标签，无标签者不得销售。

版权所有，侵权必究。举报：010-62782989 beiqinquan@tup.tsinghua.edu.cn。

图书在版编目(CIP)数据

Python树莓派编程从零开始：第3版 / (美) 西蒙·蒙克(Simon Monk) 著；张小明，任海英译。—北京：清华大学出版社，2022.8

书名原文：Programming the Raspberry Pi: Getting Started with Python, Third Edition
ISBN 978-7-302-61136-3

I. ①P… II. ①西… ②张… ③任… III. ①软件工具—程序设计 IV. ①TP311.561

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2022)第 110342 号

责任编辑：王 军

装帧设计：孔祥峰

责任校对：马遥遥

责任印制：刘海龙

出版发行：清华大学出版社

网 址：<http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址：北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编：100084

社总机：010-83470000 邮 购：010-62786544

投稿与读者服务：010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈：010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者：三河市东方印制有限公司

经 销：全国新华书店

开 本：148mm×210mm 印 张：5.75 字 数：182 千字

版 次：2022 年 8 月第 1 版 印 次：2022 年 8 月第 1 次印刷

定 价：49.80 元

产品编号：094305-01

译者序

随着智能硬件的发展，越来越多的人希望了解并使用树莓派这样的微型计算机。树莓派是一个只有信用卡大小的裸露电路板，它也是一个运行开源 Linux 操作系统的完全可编程的个人计算机系统。树莓派的官方编程语言是 Python。本书主要介绍了树莓派 Python 语言的基本语法和编程方法。全书共分 13 章，主要内容包括硬件和软件的配置、Python 脚本编写、用户友好 GUI 的创建和外部电子设备的控制，并详细展示了两个完整项目：数字时钟原型和功能齐全的树莓派机器人。

通过阅读本书，你将学会配置树莓派，编写并调试 Python 程序；学会使用 Python 的字符串、列表、函数和字典，以及模块、类、方法等；还可以使用 pygame 创建用户友好的游戏，使用 guizero 构建直观的用户界面，使用 gpiozero 库与硬件连接，通过 GPIO 端口连接外部电子设备。本书内容详尽，实例丰富，不仅适合软硬件开发人员、高校学生、Python 爱好者、树莓派爱好者学习，也适合作为从事树莓派编程相关实践的人员参考。

本书汇集了树莓派上使用 Python 开发硬件和软件的大量示例及源代码，每个示例均由一线工程师精心挑选，具有很强的实用性，相信这些示例能为开发者提供解决方案的极佳参考。我们非常高兴地看到，本书的出版很好地满足了图书市场对类似书籍的需求，也为关心这一领域的读者、致力于树莓派课程的教师，以及学习相关课程的学生提供了一种选择。

本书的翻译工作由张小明和任海英共同完成。第 1、2、8、9、10、11 章由任海英翻译，其余章由张小明翻译，最后由张小明统一修改定稿。本书的每章译稿都至少经过两个人多遍阅读和修改。由于译者水平有限，加之时间仓促，错误和疏漏在所难免，恳请读者批评指正。

张小明

2022 年 3 月

作者简介

Simon Monk 博士拥有控制论和计算机科学学士学位以及软件工程博士学位。他现在是一名全职作家，出版过许多图书，包括 *Programming Arduino*、*30 Arduino Projects for the Evil Genius*、*Hacking Electronics* 和 *Raspberry Pi Cookbook*。Monk 博士还为 MonkMakes.com 设计产品。你可以在 Twitter 上关注他(@simonmonk2)。

序 言

树莓派™(Raspberry Pi™)正在迅速成为一种世界性的现象。人们逐渐发现，一台 35 美元的电脑是有可能实现的，它可以在各种装置中使用，从台式工作站到媒体中心，再到家庭自动化系统的控制器。

本书用简单的术语向非程序员和不熟悉树莓派的程序员解释了如何使用流行的 Python 编程语言为树莓派编写程序。另外，书中还介绍了有关使用 pygame 模块创建图形用户界面和简单游戏的基础知识。

书中使用的软件是 Python 3 和 Mu 编辑器。全书使用了树莓派基金会推荐的树莓派 OS 发行版。

本书首先介绍树莓派，包括如何购买必要的配件和如何进行配置。然后，接下来的几章介绍了如何进行编程。本书通过应用程序示例来解释一些编程概念，这些应用程序可以帮助你快速学习如何编写树莓派程序。

书中有 4 章内容专门介绍如何编程和使用树莓派的 GPIO 连接器。该连接器允许将设备连接到外部电子设备。这些章节中引入了三个示例项目：一个 LED 照明控制器、一个 LED 时钟和一个由树莓派控制的机器人，该机器人还配备了一个超声波测距仪。

本书主要内容：

- Python 数字、变量和一些基本概念
- 字符串、列表、字典和其他 Python 数据结构
- 模块和面向对象
- 文件和互联网
- 使用 guizero 的图形用户界面
- 使用 pygame 进行游戏编程
- 通过 GPIO 连接器与硬件连接

- 硬件项目示例

书中的所有代码清单都可以从 GitHub 上的本书存储库中下载,网址为 https://github.com/simonmonk/prog_pi_ed3,其中也包含与本书相关的其他有用资源,包括勘误表等。另外,也可以扫描本书封底的二维码下载所有相关资源。

Simon Monk

致 谢

首先，我要特别感谢 Linda 对我的耐心支持。

在 TAB/McGraw Hill，我要感谢我的编辑 Lara Zoble，还要感谢 MPS 有限公司的 Jyoti Shaw。值得一提的是，同这样一个伟大的团队一起工作是一种乐趣。

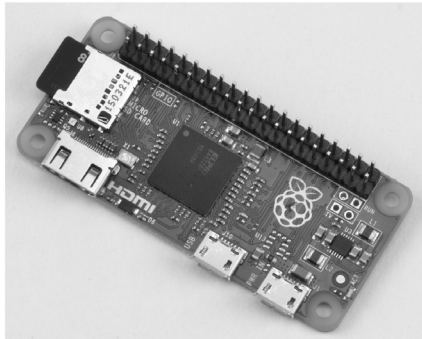
前 言

自从第一个树莓派™型号 B 的修订版 1 于 2012 年发布以来，树莓派的原始硬件已经进行了多次升级。树莓派 4 增加了树莓派的处理能力和内存，树莓派 Zero 提供了一种非常低成本的选择，而树莓派 400 实际上内置在键盘中。虽然这些新版本的树莓派在很大程度上与原始设备兼容，但是硬件和标准的树莓派 OS 发行版都发生了一些变化，因此本书内容也进行了升级，以反映这些新变化。

特别是，我已经将所有用户界面代码从 Tkinter 更改为更易用的 guizero，并且还把使用 RPi.GPIO 的代码示例更改为使用 gpiozero。

本书的大部分内容都是有关 Python 方面的，Python 是树莓派最常用的编程语言，这种情况至今都保持不变。然而，第 7 章已经重写为使用 guizero，第 9~11 章主要介绍硬件知识，它们已经更新为使用 gpiozero 库。

尽管在写本书时，树莓派的当前型号是树莓派 4，但为了简单起见，我将使用树莓派一词来指代树莓派的所有型号，除非某些特殊情况下需要区分。



树莓派 Zero

目 录

第 1 章 引言	1
1.1 树莓派概述	1
1.2 树莓派的作用	3
1.3 树莓派之旅	3
1.4 树莓派配置	5
1.4.1 设备准备	5
1.4.2 连接所有部件	8
1.5 启动	9
1.6 本章小结	11
第 2 章 树莓派开发基础	13
2.1 Linux	13
2.2 桌面	14
2.3 命令行	15
2.3.1 使用终端进行导航	16
2.3.2 sudo	18
2.4 应用程序	18
2.5 Internet 资源	19
2.6 本章小结	20
第 3 章 Python 基础	21
3.1 Mu	21
3.1.1 Python 的版本	22
3.1.2 Python Shell	22
3.1.3 编辑器	23
3.2 数字	26

3.3	变量	26
3.4	for 循环	28
3.5	模拟骰子	29
3.6	if	32
3.6.1	比较运算	33
3.6.2	合乎逻辑	34
3.6.3	else	35
3.7	while	35
3.8	终端的 Python Shell	37
3.9	本章小结	38
第 4 章	字符串、列表和字典	39
4.1	字符串理论	39
4.2	列表	41
4.3	函数	44
4.4	Hangman 游戏	46
4.5	字典	54
4.6	元组	55
4.6.1	为多个变量赋值	56
4.6.2	返回多个值	56
4.7	异常	57
4.8	函数小结	57
4.8.1	数字	58
4.8.2	字符串	58
4.8.3	列表	60
4.8.4	字典	61
4.8.5	类型转换	62
4.9	本章小结	62
第 5 章	模块、类和方法	63
5.1	模块	63

5.1.1	模块的使用	63
5.1.2	有用的 Python 库	65
5.2	面向对象	65
5.3	类的定义	66
5.4	继承	68
5.5	本章小结	71
第 6 章	文件和互联网	73
6.1	文件	73
6.1.1	读取文件	73
6.1.2	读取大型文件	76
6.1.3	写文件	77
6.1.4	文件系统	77
6.2	pickle	78
6.3	JSON	79
6.4	Internet	81
6.5	本章小结	83
第 7 章	图形用户界面	85
7.1	guizero	85
7.2	Hello World	85
7.3	温度转换器	87
7.4	其他 GUI Widget	89
7.5	弹出式窗口	92
7.6	菜单	94
7.7	本章小结	95
第 8 章	游戏编程	97
8.1	pygame 简介	97
8.2	坐标	98
8.3	Hello Pygame	98

8.4	树莓游戏	100
8.4.1	跟踪鼠标	101
8.4.2	添加一个树莓	102
8.4.3	捕获检测和计分	104
8.4.4	计时	104
8.4.5	添加更多树莓	105
8.5	本章小结	109
第9章	硬件接口	111
9.1	GPIO 引脚连接	111
9.1.1	引脚函数	112
9.1.2	串行接口引脚	113
9.1.3	电源引脚	113
9.1.4	帽针	114
9.2	带跨接导线的实验板	114
9.3	数字输出	114
9.4	模拟输出	119
9.5	数字输入	121
9.6	模拟输入	123
9.6.1	硬件	123
9.6.2	软件	125
9.7	HAT	128
9.8	本章小结	129
第10章	LED 光量控制器项目	131
10.1	项目部件	132
10.2	硬件组装	132
10.3	软件	133
10.4	本章小结	135
第11章	原型项目(时钟)	137
11.1	项目部件	138

11.2	硬件组装	138
11.3	软件	140
11.4	第二阶段	142
11.5	本章小结	145
第 12 章	树莓派机器人	147
12.1	安装树莓派 Zero W	148
12.2	Web 控制的漫游者	151
12.2.1	项目部件	152
12.2.2	硬件	153
12.2.3	软件	154
12.3	自动漫游车	157
12.3.1	项目部件	157
12.3.2	硬件	157
12.3.3	软件	159
12.4	本章小结	161
第 13 章	应用扩展	163
13.1	Linux 资源	163
13.2	Python 资源	163
13.3	树莓派资源	164
13.4	编程语言	165
13.4.1	Scratch 语言	165
13.4.2	C 语言	166
13.5	其他语言	167
13.6	应用和项目	168
13.6.1	媒体中心(Kodi)	168
13.6.2	家庭自动化	168
13.7	本章小结	169

第 1 章

引 言

2012 年 2 月底，树莓派™(Raspberry Pi™)开始在市场上全面销售，巨大的订单量使当时接受订单的供应商网站崩溃。

从那时起，已经发布的树莓派 4(Raspberry Pi 4)的一些新型号也达到了顶峰(在撰写本文时)。那么，这个小型的设备有什么特别之处？为什么它会引起人们极大的兴趣？

1.1 树莓派概述

如图 1-1 所示，树莓派 4 其实是一台运行 Linux 操作系统的计算机。它具有 USB 接口，你可以将键盘和鼠标接入其中。它有不少于两个的 HDMI(High-Definition Multimedia Interface, 高清多媒体接口)的视频输出，可用于连接电视或显示器。许多显示器只有一个 VGA 接口，树莓派无法使用。但是，如果你的显示器具有 DVI 接口，那么可以使用便宜的一些 HDMI 转 DVI 的适配器。

当你启动树莓派时，将获得图 1-2 所示的 Linux 桌面。这是一台真正适用的计算机，它能够运行 Office 套件，具有视频播放和游戏等功能。该系统不是微软的 Windows，而是 Windows 的开源对手——Linux(Debian Linux)。该系统的桌面环境称为 Pixel。

它的体积非常小(一张信用卡的大小)，而且非常便宜(起价只有 30 美元)。

成本低的部分原因在于某些组件未包含在电路板中，或者可选的附加组件不包括在内。例如，不用为了保护它而将其装在箱子里，它只是一块裸板。它也没有配备电源，因此你需要自己配备一个 5V 的 USB-C 电源，就像给手机充电一样(建议使用能够提供 2A 和 3A 电流的电源)。注意，以前型号的树莓派使用 micro-USB 接口供电，而不是 USB-C，它们也只需要较少的电流。

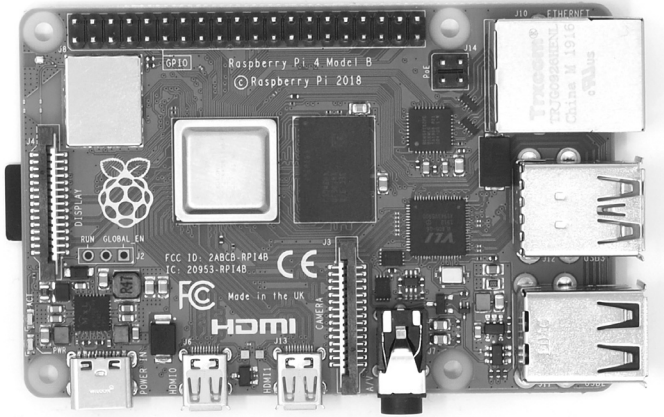


图 1-1 树莓派 4



图 1-2 树莓派的 Pixel 桌面

1.2 树莓派的作用

任何在 Linux 桌面计算机上能做的事，在树莓派上都可以做，只是存在一些限制。树莓派使用 micro-SD 卡代替硬盘。虽然你可以插入 USB 硬盘，但是较旧的树莓派型号 A 和 B 则使用 SD 内存卡大卡。你可以在树莓派上编辑 Office 文档、浏览 Internet 和玩游戏(甚至是图形密集的游戏，如 *Quake*)。

1.3 树莓派之旅

图 1-3 标记了树莓派的各部分。该图示意了树莓派 4 的组成结构。

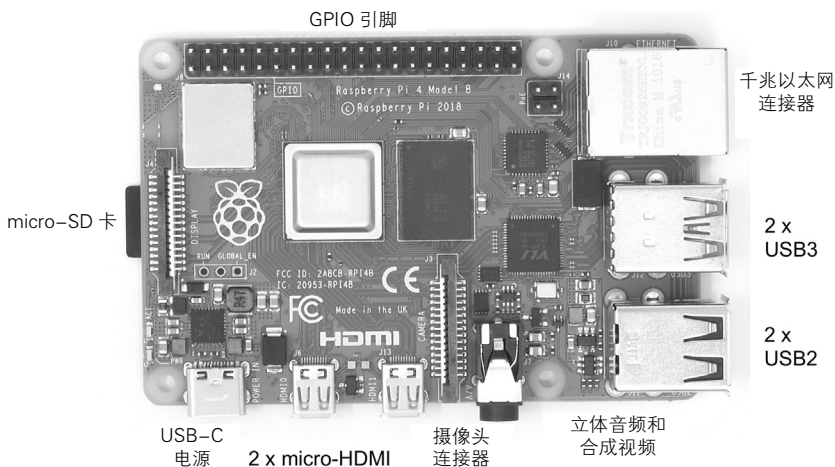


图 1-3 树莓派 4 的结构示意

图中右上角所示为 RJ-45 以太网连接器。如果你家里的集线器很方便，就可以将树莓派直接插入本地网络。甚至树莓派 4 或更早的型号，如树莓派 3，都内置了 Wi-Fi，这通常是一种更为便利的连接网络和 Internet 的方式。

在以太网插座的正下方，你会发现两对 USB 插座。可通过它将键盘、鼠标或外部硬盘插入电路板。

在图的中下部，你会发现一个音频插座，它为耳机或有源扬声器提供立体声模拟信号。该插座还提供复合视频信号。HDMI 接口也具有声音功能。

不过，你不太可能使用 audio/AV 插座连接器的复合视频功能，除非将树莓派用于旧款电视。你更可能使用其中一个 HDMI 接口。HDMI 具有更高品质，包括声音，并且可以通过便宜的适配器连接到配备 DVI 的显示器上。

在树莓派的顶部有两排引脚。这些引脚称为 GPIO(General Purpose Input/Output, 通用的输入/输出)引脚，它们允许将树莓派连接到定制的电子设备。使用 Arduino 和其他微控制器板的用户可能习惯于用 GPIO 引脚这种概念。稍后，在第 12 章，我们将介绍如何使用这些引脚，通过控制电机，使树莓派成为一个小型漫游机器人的“大脑”。在第 11 章，我们将使用树莓派来制作一个 LED 时钟。

树莓派 2 的电路板下面还有一个 micro-SD 卡插槽。此 SD 卡的大小必须至少为 8GB。它包含计算机的操作系统和文件系统，你可以在文件系统中存储和创建任何文档，因此最好使用比最小值更大的 SD 卡。32GB 是个不错的容量选择。购买树莓派时，SD 卡是可选的附加卡。准备自己的 SD 卡需要进行很多的配置，而 SK Pang、Farnell 和 RS Components 等供应商都有配置好的 micro-SD 卡销售。因为你的树莓派没有内置磁盘，这张卡实际上就是你的计算机，可以把它取出来放在不同的树莓派中，而且存储在卡上的数据仍保留不变。

micro-SD 卡的下方是 USB-C(相当于老款树莓派的 micro-USB)插座。它用于为树莓派供电。因此，你需要一个底部带有 USB-C 的电源。它与许多手机(包括大多数 Android 手机)使用的连接器类型相同。但是，你需要检查它是否能够提供至少 2.5A 的电流；否则，可能会导致树莓派不稳定。

对于那些关注技术规格的人来说，电路板中央的大方形芯片是执行所有处理操作的器件。这就是 Broadcom 的“片上系统”(System on a Chip, SoC)，包括 1GB、4GB 或 8GB(取决于你的树莓派 4)内存以及驱动树莓派 4 运行的图形和通用处理器。

你可能也注意到了树莓派 4 上的扁平电缆接头。最左侧的接头用于 LCD 显示屏，底部中间的接头用于特殊的树莓派摄像头模块。

1.4 树莓派配置

购买树莓派时,可以通过购买一张准备好的 micro-SD 卡和电源让事情变得简单,而且最好再购买一个 USB 键盘和鼠标(除非你家里有)。下面逐项检查你需要什么部件以及从何处获得它们来开始配置过程。

1.4.1 设备准备

表 1-1 展示了一个功能齐全的树莓派 4 的系统所需。树莓派本身通过两家总部位于英国的全球分销商销售: Farnell(以及相关的美国公司 Newark)和 RS Components, 以及许多在线的电子爱好者公司, 如 Adafruit 和 Sparkfun。

表 1-1 一个树莓派套件

部件	来源和零件编号	其他信息
USB 电源 美式插头	PiShop.us: 1660 Buyaoi.ca: 1660 Adafruit: 4298	5V 的 USB 电源。对于树莓派 4, 建议使用 3A(15W)
USB 电源 英式插头	Pimoroni.co.uk: RPI040 cpc.farnell.com: SC15228	
键盘和鼠标	任一电脑商店	任何 USB 键盘都可以。带有 USB 适配器的无线键盘和鼠标也可以
带 HDMI 的电视/显示器	任一电脑/电器商店	
Micro-HDMI 转 HDMI 导线	任一电脑/电器商店	
micro-SD 卡(建议使用 Class 10 32GB)	任一电脑/电器商店	
以太网配线电缆*	任一电脑商店	
外盒*	任一树莓派经销商, 也包括 Amazon 和 eBay	确保你订购的外盒与树莓派型号兼容。树莓派 4 不能使用树莓派 3 的外盒

*这些部件是可选的。

1. 电源

图 1-4 展示了一个典型的 USB 电源。

可以使用旧手机或类似设备的电源,只要它是 5V 且能够提供足够的电流。重要的是,不要使电源过载,因为电源可能发热并发生故障(甚至有火灾危险)。因此,电源应至少能提供 2.5A 的电流,但 3A 的电源不仅能为连接到 USB 端口的设备供电,还能给树莓派提供一些额外的电量。如果你有旧版本的树莓派 2 或 3,则 1.5A 的微型 USB 电源适配器就够用了。



图 1-4 USB 电源

如果仔细查看写在电源上的规格,你能确定它当前的供电能力。有时,它的功率处理能力以瓦特(W)表示;如果是这样,应为 15W,相当于 3A。

2. 键盘和鼠标

树莓派几乎可与任何 USB 键盘和鼠标一起工作。你还可以使用大多数无线 USB 键盘和鼠标,它们自带的 dongle 可以插入 USB 端口。采用无线 USB 键盘和鼠标是很好的做法,尤其它们能配套使用时。这样,你便只使用了一个 USB 端口。在第 11 章中,当使用无线键盘控制基于树莓派的机器人时,这样做也会非常方便。如果你使用的是树莓派 Zero,那么还需要一个适用于全尺寸 USB 适配器的 USB OTG。

3. 显示器

一台廉价的、带有 HDMI 接口的 22 英寸液晶电视,就可以为树莓派提供完美的显示。事实上,你可能决定使用主流的家庭电视,这样在需要将树莓

派插入电视即可。

如果你的计算机显示器只有一个 VGA 接口，那么不借助一个昂贵的转换器盒将无法使用它。另一方面，如果你的显示器有 DVI 接口，那么使用一个便宜的适配器即可。

4. micro-SD 卡

你可以在树莓派中使用自己的 micro-SD 卡，但前提是使用 NOOBS(新的开箱即用软件)安装程序。这有点麻烦，所以你不妨多花一两美元，买一张已经安装好的即用的 micro-SD 卡。大多数出售树莓派的地方也会出售预装有 NOOBS 的现成的格式化 micro-SD 卡。

也可以在树莓派 Meeting UPS 上找到愿意帮助你准备 micro-SD 卡的人。互联网上也有出售成品卡的供应商，这些卡片上都装有 NOOBS。如果你确实想要“自己动手”准备 SD 卡，请参阅 www.raspberrypi.org/downloads 上的说明。

要准备自己的卡，你必须配有另一台带有 SD 卡读卡器的计算机。

5. 外盒

树莓派并没有任何形式的外壳。虽然这样做有助于压低价格，但也使其容易破损。因此，尽快购买一个外盒是个好主意。图 1-5 显示了目前可用的一些现成的外盒。

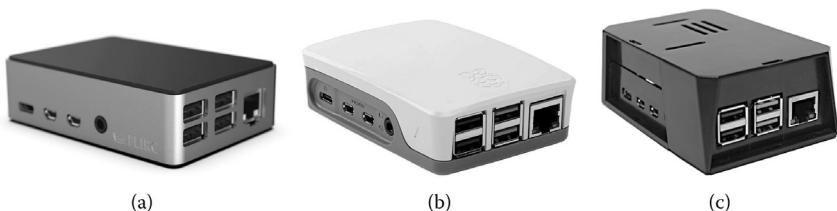


图 1-5 树莓派商业外盒

在你购买树莓派的任何地方都能找到一系列可供选择的外盒。有些外盒为树莓派 4 提供了一个集成风扇。这有助于你更好地利用树莓派，比如，将它作为一个媒体中心。

如果你有 3D 打印机, 可访问 thingiverse.com, 它提供了各种各样的树莓派外壳设计可供打印。

实际上, 人们非常热衷于把各种旧容器(如老式计算机和游戏机)改造成树莓派外盒。甚至可以用乐高积木制作一个箱子。我的第一个树莓派外盒就是用装名片的塑料容器制作的, 在上面开几个孔即成(见图 1-6)。

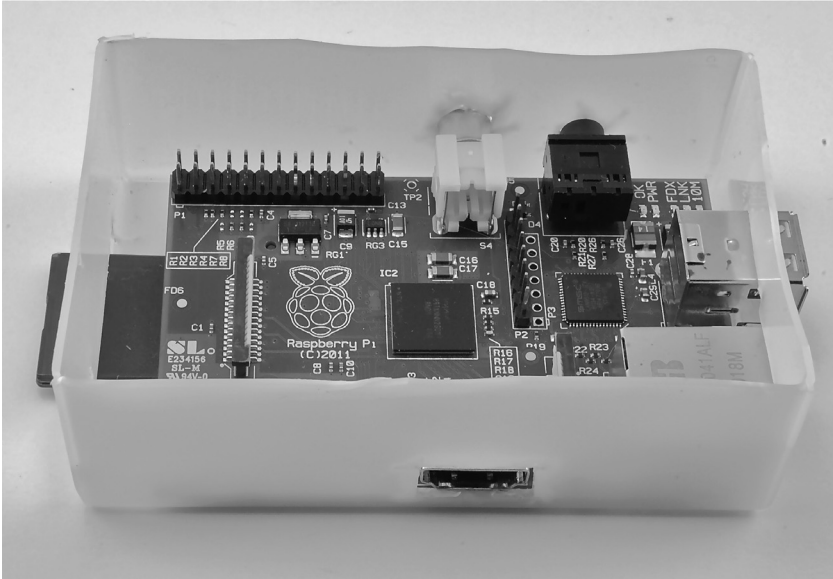


图 1-6 自制的树莓派外盒

1.4.2 连接所有部件

现在你已经拥有了所需的所有部件, 把它们都插在一起, 然后即可首次启动你的树莓派。图 1-7 展示了所有部件应如何连接。如果你的树莓派已经连接到 Internet, 安装会更容易, 可以使用内置的 Wi-Fi 或以太网电缆连接到 Home Hub。

插入带有 NOOBS 的 micro-SD 卡, 将键盘、鼠标和显示器连接到树莓派, 连接电源, 就可以启动了。

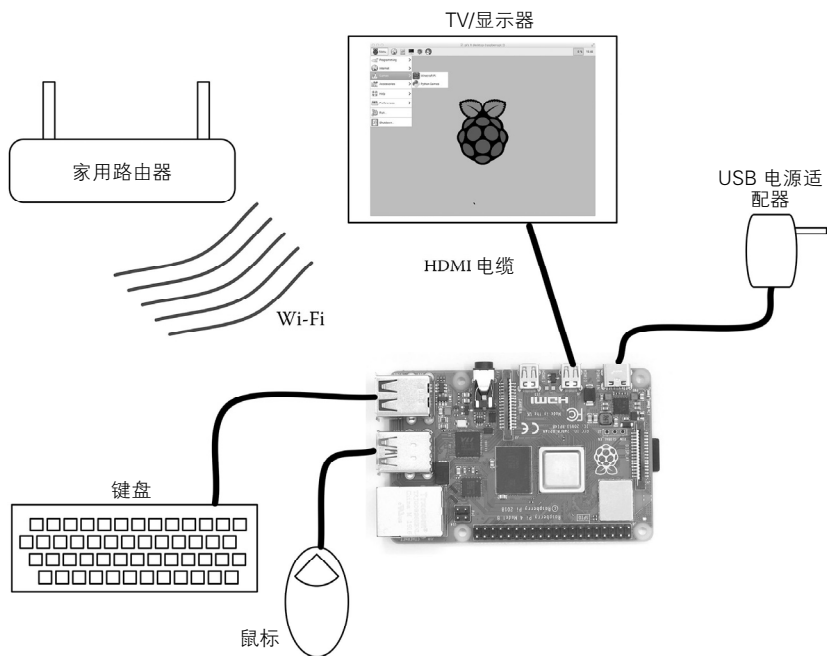


图 1-7 一个树莓派系统

1.5 启动

为确保安装程序能获得最新版本的树莓派 OS，安装过程中应将树莓派连接到网络。

当树莓派启动并引导至 NOOBS 安装程序时，你将看到一个操作系统列表(见图 1-8)。选中第一个选项(Raspberry Pi OS Full(32-bit) [RECOMMENDED])旁的复选框，然后单击 Install 按钮。

树莓派的 SD 卡设置程序会不时地被更新。有关这方面的最新信息，请参阅 <https://www.raspberrypi.org/documentation/installation/>。

在显示一个“SD 卡上的所有内容都将被擦除后”警告并得到确认后，安装即将开始。在此过程中，安装程序将显示有关安装进度的信息(见图 1-9)，这

需要相当长的一段时间。

安装程序安装完树莓派 OS 后，会弹出一个警告，告诉你安装已完成，并询问你是否连接到 Wi-Fi 网络(见图 1-10)。

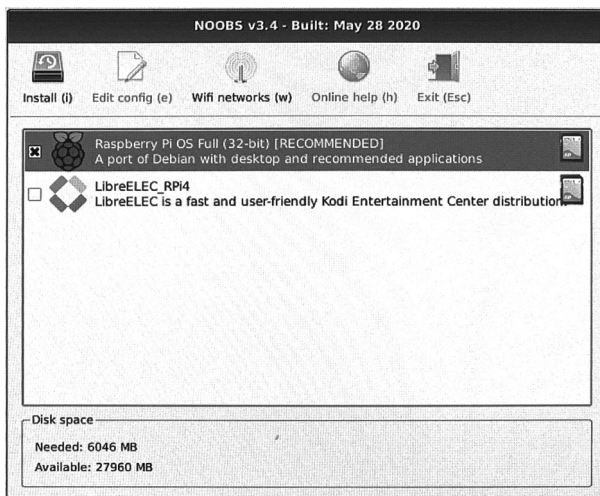


图 1-8 基于 NOOBS 选择要安装的操作系统

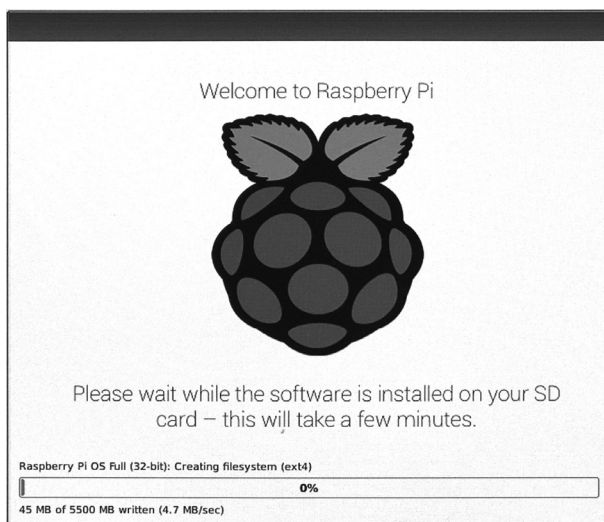


图 1-9 安装树莓派 OS



图 1-10 选择一个 Wi-Fi 网络

1.6 本章小结

现在，我们已经安装了树莓派 OS，可以开始使用它。接下来，我们将探索它的一些特性并学习 Linux 的基础知识。