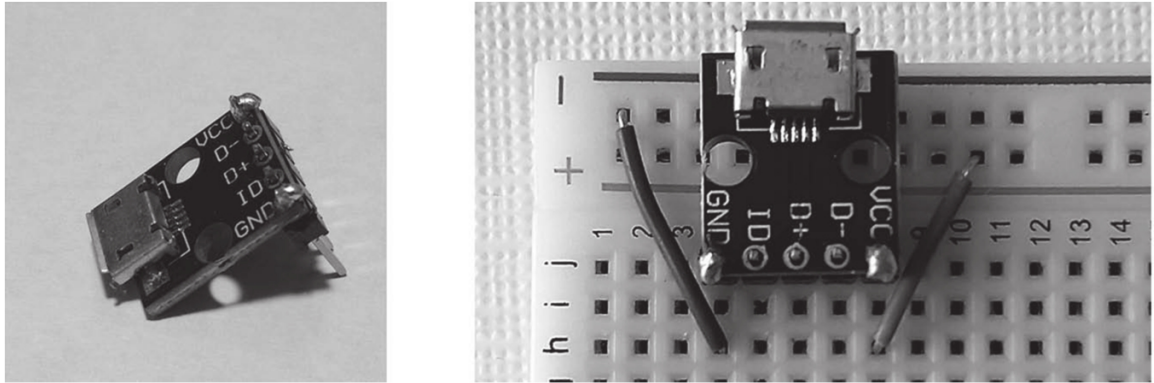


要进行一些焊接。这些板通常有5个引脚，但考虑到我们的目的，你只需要关注VCC (5V) 引脚和GND (接地) 引脚。当连接到面包板时，要记得调整引脚使得它们不会互相连接，如图B-3所示。

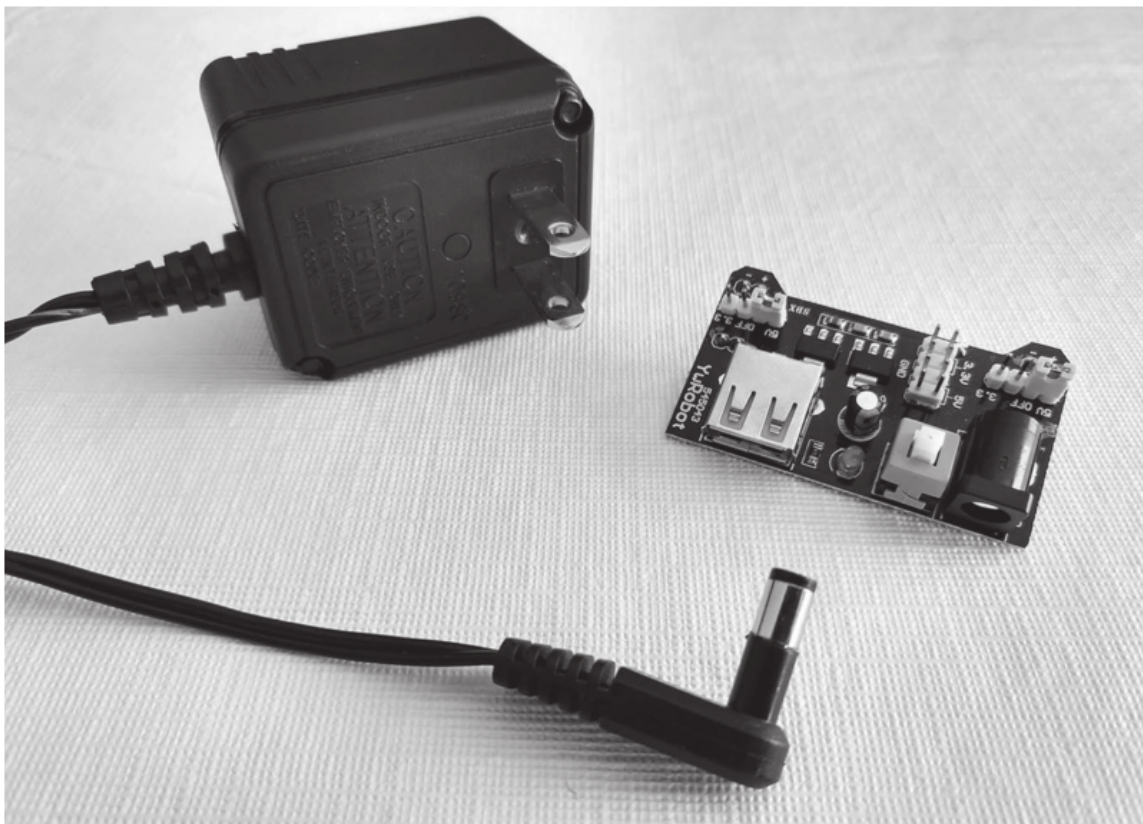


图B-3 微型USB接线板（左图），将其插入面包板（右图）

## 面包板电源

另一个选择是买一个面包板电源，比如DFRobot DFR0140或者YwRobot Power MB V2 545043。这些方便的设备可以插入面包板，并由带2.1mm桶形插孔的壁式直流电源供电。直流电源应提供6 ~ 12V的电压（请务必确认你使用的特定板所允许的具体电压）。这些2.1mm直流电源在为消费型电子产品供电方面是非常常见的——你可能已经有好几个了，而且这种类型的电路板可以很容易地把电压转换成5V并把它连接到面包板。图B-4展示了其中一个常见的带2.1mm桶形插孔的直流电源和一个面包板电源。

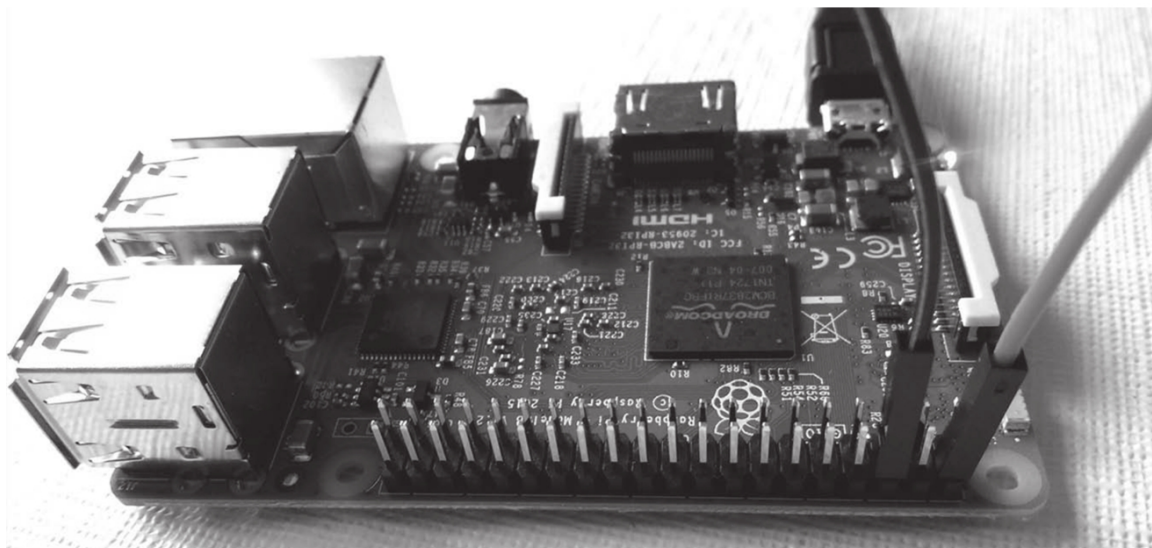
需要注意的是：这些电路板的稳压器可能会出现故障，导致其输出的电压高于5V。当连接到其中一个电源时，不要假设输出电压就是5V。在连接电路之前要测试输出电压！使用较低输入直流电压应该有助于降低这种风险，所以当给定的允许电压范围是6 ~ 12V时，建议使用9V或更低的直流电源。这些电路板还可以输出3.3V而不是5V，由电路板上的跨接线设置来控制，所以请确保跨接线在正确的位置。



图B-4 带2.1mm桶形插孔的直流电源和面包板电源

## 来自Raspberry Pi的供电

如果你已经打算为从第8章开始的设计任务购买一个Raspberry Pi，那么你很幸运，它的一个附带好处是可以充当5V电源！Pi上的GPIO引脚具备各种功能，但在这里，你只需要知道引脚6是接地引脚，引脚2提供5V电源即可。你可以把这些引脚连接到面包板为其供电。GPIO引脚图参见图13-11。这里甚至不用安装任何Raspberry Pi软件，因为当Pi上电时，5V引脚就会打开。只要把Pi与电源连接即可。它还有一个额外的好处，如果需要的话，引脚1可以提供3.3V电源。需要说清楚的是，如果这样做，那么你没有使用Pi的任何计算能力，它只是充当了一个5V电源。Raspberry Pi能提供的电流是有限的。Pi的电源适配器有最大额定电流，Pi本身会消耗一些电流，空闲时大约为300mA。这可能是不需要说的，但是如果你选择这种方式，请注意正确地连接电路，你肯定不想不小心弄坏Raspberry Pi！图B-5展示了一个用作电源的Raspberry Pi。



图B-5 把Raspberry Pi当作电源使用

## AA电池

你还可以使用AA电池为数字电路供电。单个AA电池提供1.5V，所以可以把3节AA电池串联起来提供4.5V电压。尽管这个电压小于7400系列组件的推荐电压，但它应该适合本书中的电路，虽然你的结果可能会有所不同。你可以买一个可装3节AA电池的电池座，然后把它的输出线连接到面包板，如图B-6所示。



图B-6 用3节AA电池为面包板上的电路供电

### 电路故障排除

有时候你搭建了一个电路，希望它按某种方式工作，但结果却完全不同，也许电路看起来啥都没做，又或者它的行为方式可能是你意想不到的。不要担心，每个搭建电路的人都会遇到这种情况！布线容易出错，连

接处容易松动，这都会把一切搞砸。电路故障排除和故障诊断是一项有价值的技能，它实际上能帮助你扩展对工作原理的理解。这里我将分享一些故障排除方法，这些方法是在我的电路不按预期工作时我所使用的。

如果电路中有任何元件摸起来很烫，请立即断开电路与其电源的连接。连线错误会让组件过热。如果继续连接几秒钟，通常就会对组件造成损坏。

电路故障排除的主要工具是万用表。使用万用表，你可以轻松查看电路上各点的电压。问问自己“电路上这个点或那个点的期望电压是多少？”对于5V的数字电路，预期电压通常大约为0V或5V。如果万用表在电路中的任意点测出非预期电压，请问一下自己“什么会影响这个电压？”然后检查这些内容。

对于数字电路，我一般采用“反向工作”方法，即从出现故障的组件开始排查。确认其输出电压是错的，然后检查其输入。输入也是非预期电压吗？如果是，则反向移动到提供这个输入的组件并查看其输出。重复上述步骤，直到找到问题的源头。

当检查电压时，我发现最简单的方法是把黑色/负极/COM引线连接到电路的一个接地点，并保持不动。如果没有明显的位置来把引线接地，只需增加一根跨接线连到面包板的接地点，然后使用接线夹把该跨接线连接到COM引线。把COM引线固定到接地点后，你可以轻松地使用正极引线（一般是红色的）戳一下电路中的不同点并检查其相对于地的电压。

在故障排除的过程中，我经常用万用表检查的另一类对象是电阻。有时，我知道两点之间的预期电阻，我想要验证这个电阻值。如果连接测量点的路径不止一条，请确保你知道预期电阻，这样你就可以正确解释你的测量结果。

通常，我检查电阻只是为了确保两个点是连接的，在这种情况下，我希望电阻趋近于 $0\Omega$ 。有时，我想要保证两个点是断开的，那么我要找的就是一个非常高的电阻，即开路。有些万用表还包含了连续测试功能，在这



个功能下，如果两点是连接的，那么万用表会发出声音。如果你只是检查连接性，这种方法有时比检查电阻更可取。

故障排除时需要验证的一些具体事项：

□**面包板电源** 面包板在长电源列上是否有适当的电压？正电源列应该等于电源（例如，9V电池或5V电源）的电压。如果两边都要使用，请务必检查面包板的两边。

□**面包板连接** 验证面包板上的连线是否正常。引线是否完全插入，是否有松了的连接？仔细检查面包板上连接的对齐情况，引线在正确的行中吗？正在检查的行中是否有任何额外的连接？

□**电阻** 电阻值正确吗？如果需要，从电路中取出每个电阻并用万用表进行验证。

□**LED** LED方向正确吗？较短的引线应该连接得离地更近。

□**电容器** 如果电容器是分正负极的，请确保正极引线和负极引线方向正确。同时检查电容值。

□**集成电路** 集成电路是否正确连接到接地点和正电压？芯片是否完全安置在面包板中，横跨中间的间隙吗？通过寻找缺口来检查集成电路是否正确对齐。你使用了正确的产品型号吗？

□**数字输入开关/按钮** 当使用下拉电阻时，开关的一侧是否连接到正电压，而另一侧通过下拉电阻连接到地？相关芯片的数字输入引脚是否与下拉电阻连接到开关的同一侧？

## **Raspberry Pi**

Raspberry Pi是一款小巧廉价的计算机。它的开发是为了促进计算机科学的的教学，它在技术爱好者中收获了一批追随者。这是本书选择的计算机，所以这里我们将介绍设置与使用Raspberry Pi的基础知识。

### **为什么选择Raspberry Pi**

在详细介绍如何配置Raspberry Pi之前，我想解释一下为什么本书选择了Raspberry Pi。有些设计任务需要某种类型的计算机进行交互。现在，你可能认为自己已经有计算机了，为什么还需要另一台计算机？既然你在阅读一本关于计算机的书，那么你可能已经拥有一台或者多台计算机！但是，并不是每个人都拥有相同类型的计算机，有些类型的计算机设备比其他类型更适合教学。此外，本书的一些设计任务涉及计算机的底层细节，所以所有学习本书内容的人都需要同一类型的设备。

Raspberry Pi是一个很自然的选择，因为它价格便宜（大约35美元），并且在设计时考虑到了计算机教学。我的目的不是让你把Raspberry Pi变成你的主计算机，或是让你成为Raspberry Pi专家。相反，我们使用Raspberry Pi来学习核心概念，然后你就可以把这些核心概念应用于任何计算机设备。Raspberry Pi使用ARM处理器，我们将在其上运行Raspberry Pi操作系统（以前称为Raspbian），它是针对Raspberry Pi优化的一个Linux版本。

## 需要的组件

首先，你需要获得Raspberry Pi和一些配件。下面是你所需要的：

□**Raspberry Pi** 价格大概是35美元，可以在网上购买。撰写本书时，最新模型是Raspberry Pi 4模型B，本书中的练习都在这个版本和Raspberry Pi 3模型B+上进行了测试。如果发布了更新的模型，考虑到Raspberry Pi以往的向后兼容性，它也可能是可以接受的。Raspberry Pi 4模型B有多种内存配置（1GB、2GB、4GB和8GB）——其中任何一种都适合本书。

□**USB-C电源（仅适用于Raspberry Pi 4）** Raspberry Pi 4使用USB-C电源。该电源需要提供5V电压和至少3A电流。某些USB-C电源与一些Raspberry Pi 4设备不兼容，因此，建议买一个专门为Raspberry Pi 4设计的USB-C电源。

□**微型USB电源（仅适用于Raspberry Pi 3）** 与Raspberry Pi 4不同，Raspberry Pi 3的电源和许多智能手机所使用的一样，都由微型USB电

源适配器供电。如果你已经有了智能手机充电器，它可能也适用于Pi。只要确保连接器是微型USB。这种充电器的标准输出电压是5V，但它们提供的最大电流各不相同。对于Raspberry Pi 3，推荐的电源要能提供至少2.5A的电流。电流需求随着连接到Pi的对象而变化。所以请查看智能手机充电器，看看它能提供多大电流。你可能需要买一个专门为Pi设计的微型USB电源。

**□MicroSD卡（8GB或更大容量）** Raspberry Pi没有任何存储空间，所以你需要利用MicroSD卡来自行添加。这些卡通常用于智能手机和相机，所以你可能已经有了一张多余的卡。安装Raspberry Pi操作系统的过程将擦除现有数据，所以请务必备份保存在MicroSD卡的所有内容。

**□USB键盘和USB鼠标。** 任何标准USB键盘和USB鼠标都行。

**□支持HDMI的电视或显示器** 所有的现代电视和许多计算机显示器都支持HDMI连接。

**□HDMI电缆线** Raspberry Pi 3使用标准的全尺寸HDMI电缆线，但Raspberry Pi 4有一个微型HDMI端口。假设显示设备接收全尺寸HDMI输入，则表明对于Raspberry Pi 4，你需要一个微型HDMI到HDMI的电缆线或适配器。

**□可选：Raspberry Pi盒子** 这不是必需的，但是有的话还是很好的。请注意，Raspberry Pi 3和Raspberry Pi 4有不同的物理布局，所以它们需要不同形状盒子。

## 设置Raspberry Pi

Raspberry Pi网站 (<https://www.raspberrypi.org>) 有详细的设置指南，指导如何设置Raspberry Pi。这里没有介绍所有的细节，因为已经有在线文档了，而且文档会随时间推移而变化。这里将简单概述一下所需步骤。

有几种方法可在Raspberry Pi上安装Raspberry Pi操作系统。如果你有一台带MicroSD卡读写器的计算机，那么最简单的方法是使用



Raspberry Pi Imager。以下是利用该工具达到快速使用Raspberry Pi的步骤：

- 1) 把MicroSD卡插入计算机。
- 2) 从<https://www.raspberrypi.org/downloads>下载Raspberry Pi Imager。
- 3) 在计算机上安装并运行Raspberry Pi Imager。
- 4) 选择操作系统：Raspberry Pi OS（32位）。
- 5) 选择要使用的SD卡。
- 6) 单击“Write”，Raspberry Pi操作系统将被复制到MicroSD卡。
- 7) 从计算机上移除MicroSD卡。
- 8) 把MicroSD卡插入Raspberry Pi。
- 9) 将Raspberry Pi与USB键盘、USB鼠标和使用HDMI的显示器或电视连接，最后接通电源。
- 10) Raspberry Pi应该会引导到Raspberry Pi操作系统。

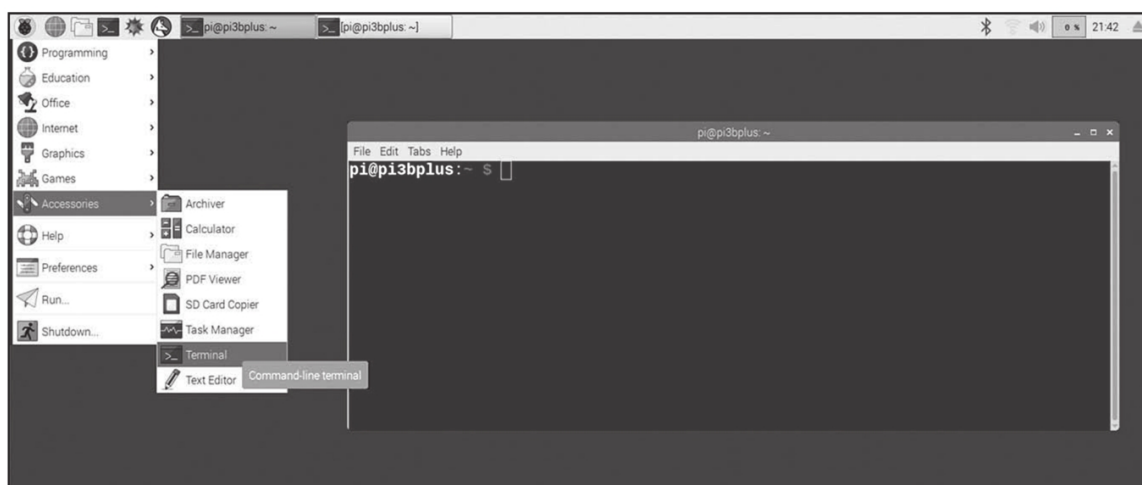
另一种安装Raspberry Pi操作系统的好方法是使用Raspberry Pi新开箱软件（New Out Of Box Software, NOOBS）。要使用NOOBS，需从<https://www.raspberrypi.org/downloads>下载NOOBS，并把它复制到空白MicroSD卡中。如果你没有另一台计算机可以用来做这个事情，那么你可以买一个预装了NOOBS副本的MicroSD卡。只要MicroSD卡上有了NOOBS，就把这个卡插入Raspberry Pi并接通电源。然后，按照屏幕上的说明来安装Raspberry Pi操作系统。

注意，在撰写本书时，64位版本的Raspberry Pi操作系统已经作为beta版发布了。但是，本书中的设计任务是用32位Raspberry Pi操作系统测试的，建议仍使用32位版本。

## 使用Raspberry Pi操作系统

设置好Raspberry Pi后，建议花点时间熟悉一下Raspberry Pi操作系统的用户界面。如果你之前已经用过Mac或Windows PC，那么你对Raspberry Pi操作系统桌面环境应该感到有点熟悉。你可以在窗口中打开应用程序，移动这些窗口，关闭窗口等。

也就是说，本书中的大多数设计任务不需要你使用Pi的任何图形应用程序。几乎所有的事情都可以通过终端完成，大多数设计任务至少需要使用终端，所以我们花点时间来熟悉一下它。从Raspberry Pi操作系统的桌面，你可以通过单击Raspberry（左上角的图标）→Accessories→Terminal打开终端，如图B-7所示。



图B-7 打开Raspberry Pi终端

终端是一个命令行界面（CLI），在那里，你所做的一切都是通过输入命令来完成的。如同所有版本的Linux一样，Raspberry Pi操作系统出色地支持着CLI。如果你知道正确的命令，你可以从终端执行任何操作。默认情况下，Raspberry Pi操作系统的终端运行一个称为bash的壳。壳是操作系统的用户界面，它可以是图形化的（如桌面），也可以是基于命令行的。bash命令行中的初始文本应该如下所示：

```
pi@raspberrypi:~ $
```

让我们来检查一下这个文本字符串的每个部分：

□**pi** 这是当前登录用户的用户名。默认用户名为pi。

□**raspberrypi** 用@符号与用户名分开，这是计算机的名称。

□**~** 表示当前目录（文件夹）。~字符具有特殊含义：它指当前用户的根目录。

□**\$** 这个美元符号是CLI提示符，指示你可以在这里输入你的命令。

在本书中，当我列出要在终端输入的命令时，我用\$提示符作为该行的前缀。例如，下面的命令列出了当前目录中的文件：

```
$ ls
```

要运行命令，你无须输入美元符号，只需输入其后的文本，然后按回车键即可。如果你想运行之前输入的命令，那么你可以按键盘上的向上箭头来循环切换之前发出的命令。

如果你喜欢使用终端，则可以把Raspberry Pi设置为直接引导到命令行，而不是桌面：

Raspberry→Preferences→Raspberry Pi Configuration→System tab→Boot→To CLI。一旦改变了设置，下次启动系统就会直接进入CLI，而不是桌面。在只使用CLI的环境下，如果想启动桌面环境，只需运行如下命令：

```
$ startx
```

作为终端用户，另一种方法是通过网络使用SSH从其他计算机甚至是一部手机控制Raspberry Pi。这个方法的结果就是，即使没有连接显示器或键盘，Pi也可以在网络上的任何地方运行，而且还可以用另一台设备的键盘和显示器来控制它。为此，必须在Pi上启动SSH

(Raspberry→Preferences→Raspberry Pi Configuration→Interfaces tab→SSH→Enable)，然后在另一台设备上运行SSH客户端应用程序。在这里我不会介绍详细的设置步骤，不过网上有大量的设置指南。

用完Pi一段时间之后，你需要优雅地关闭Pi以防损坏数据，而不仅仅是关闭电源。从桌面，你可以通过Raspberry→Shutdown...→Shutdown关闭。从终端，你可以使用如下命令来停止系统：

```
$ sudo shutdown -h now
```

当连接的显示器不再显示任何内容并且Raspberry Pi板上活动指示灯停止闪烁的时候，你就知道系统已经完全关闭了。然后，你就可以拔掉Pi了。

## 使用文件和文件夹

本书的设计任务会定期让你创建或编辑文本文件，然后对它们运行一些终端命令。让我们来聊一下如何从命令行和图形桌面在Raspberry Pi操作系统中使用文件和文件夹。操作系统使用文件系统在存储设备（比如Raspberry Pi中的MicroSD卡）上组织数据。文件是数据的容器，文件夹（也被称为目录）是文件或其他文件夹的容器。文件系统的结构是一个层次结构，即一个文件夹树。在Linux系统上，这个层次结构的根目录用/表示。根目录是顶层的文件夹——其他所有文件夹和文件都在根目录的“下面”。

直接在根目录下面的文件夹是这样表示的：/ <foldername>。在这个文件夹中的文本文件是这样表示的：/ <foldername> / <filename> .txt。注意一下.txt文件扩展名，它是文件名最后一个部分。按照惯例，文件名以点号结束，其后跟几个字符来表明文件中的数据类型。对于文本文件，通常使用“txt”。文件扩展名不是必需的，但保留它是一种常见做法，有助于保持数据的条理性。

Raspberry Pi操作系统的每个用户都有一个主文件夹可用。Raspberry Pi操作系统的默认用户名为pi，pi用户的主文件夹位于/home/pi。当你以pi用户的身份登录时，也可以用~字符引用相同的主文件夹。假设你在自己的主文件夹中创建了一个名为pizza的文件夹。它的完整路径应该是/home/pi/pizza，当以pi身份登录时，你可以用~/pizza来引用它。让我们尝试用mkdir命令从终端窗口创建一个pizza文件夹，该命令是“make directory”的缩写。输入命令后别忘了按回车键。

```
$ mkdir pizza
```

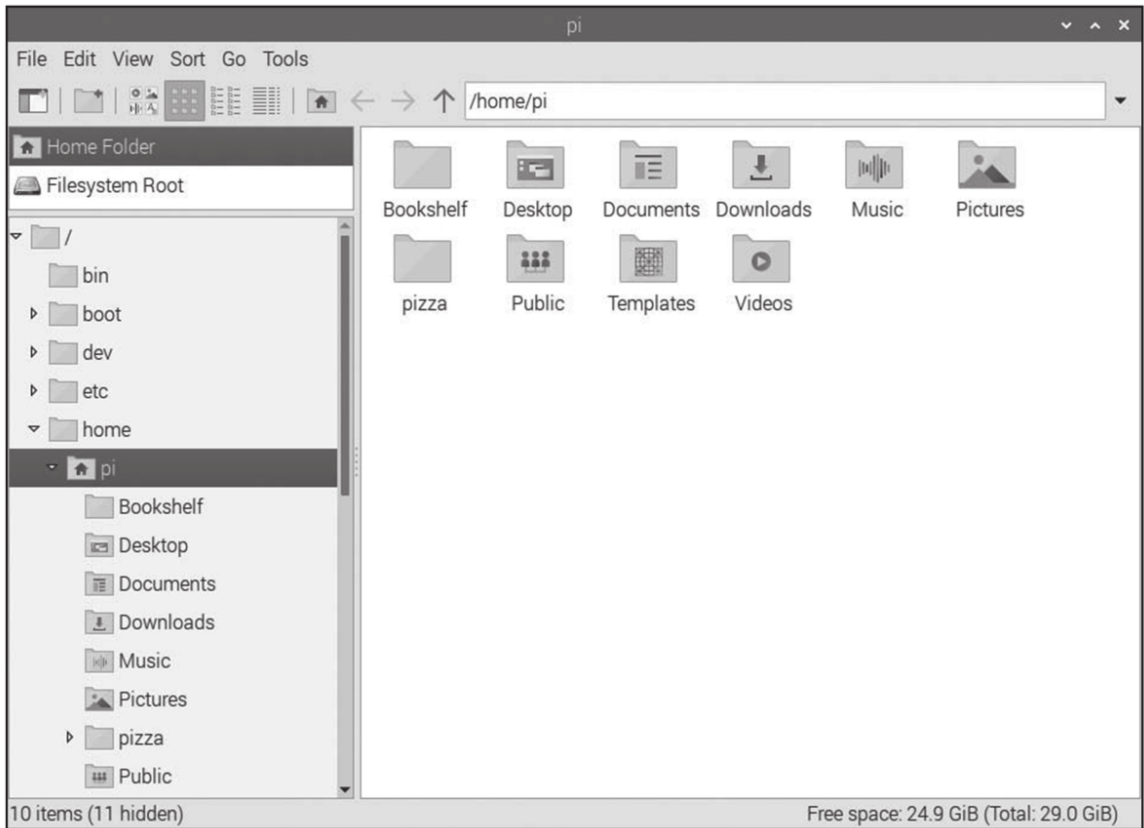
从终端，你可以用ls命令查看新创建的文件夹：

```
$ ls
```

输入ls并按下回车键后，你应该看到pizza文件夹以及主文件夹中已经存在的一组其他文件夹，比如Desktop、Downloads和Pictures。

终端不是查看文件夹中文件的唯一方法。你还可以使用File Manager应用程序，用Raspberry→Accessories→File Manager来启动。如图B-8所示，File Manager应用程序打开并显示主文件夹的默认视图。

File Manager的左侧显示了文件夹的完整文件系统层次结构，并且高亮显示了当前选择的文件夹——在本例中是pi。顶部地址栏中显示的/home/pi表示当前文件夹。现在，试着双击pizza文件夹，它应该是空的。让我们回到终端窗口并在这个文件夹中创建一些文件。首先，我们用cd命令（用于修改目录）更改文件夹，这样当前文件夹就是pizza文件夹。然后，我们用touch命令创建两个空文件。最后，我们将用ls列出目录内容，希望能看到列出两个新文件名。

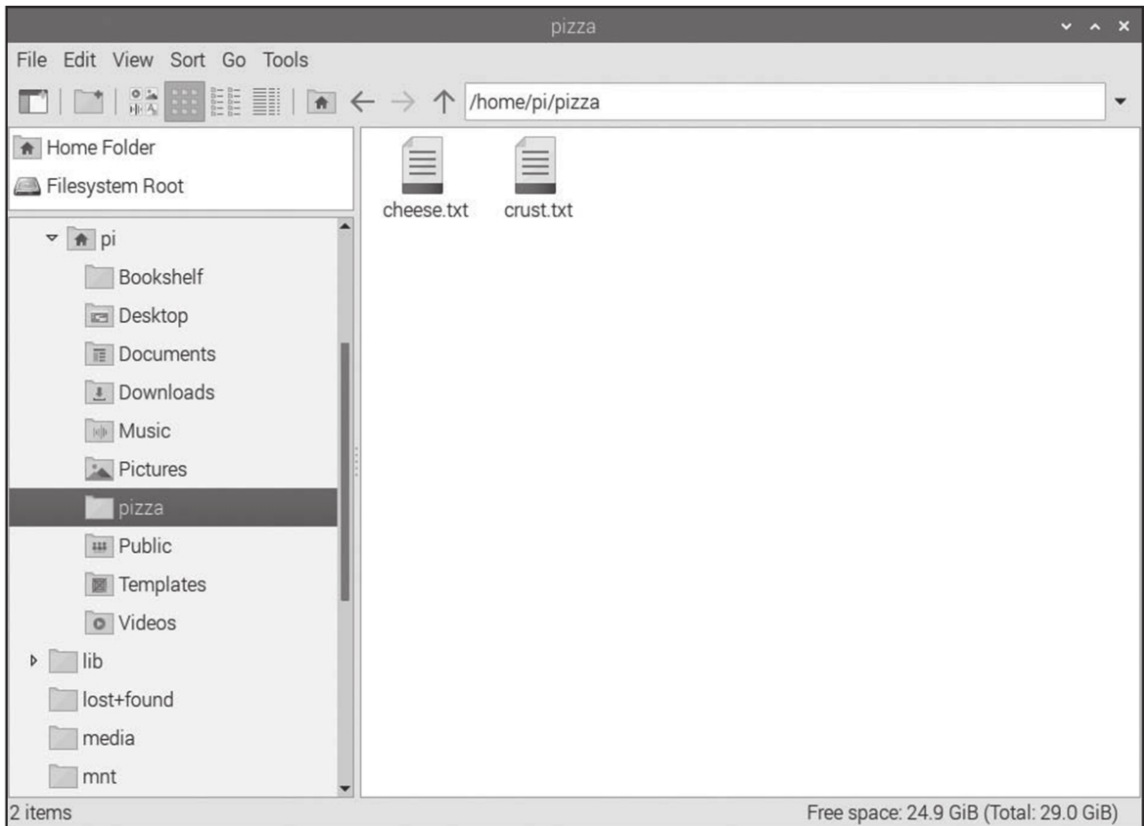


▲ 图B-8 Raspberry Pi操作系统的File Manager（文件管理器）

```
$ cd pizza
$ touch cheese.txt
$ touch crust.txt
$ ls
```

请注意，当你更改到pizza文件夹时，bash提示符也应该发生变化。现在，它应该在\$的前面包含~/pizza，表示当前文件夹。现在来查看File Manager应用程序窗口，它也应该在pizza文件夹下显示两个新文件，如图B-9所示。





图B-9 Raspberry Pi操作系统的File Manager：pizza文件夹中的文件

现在，pizza文件夹中有两个空文件。我们给这些文件添加些文本内容。首先，我们将用名为nano的命令行文本编辑器来编辑cheese.txt：

```
$ nano cheese.txt
```

在终端打开nano编辑器窗口后，你可以输入要保存到cheese.txt中的文本。请记住，nano是命令行应用程序——不能使用鼠标。你需要用方向键来移动光标。如图B-10所示，尝试输入一些文本。