

# 第 6 章

## 配置你的树莓派

树莓派的核心组件 BCM2835 芯片不像 PC 的 BOIS 那样提供很多可选的底层配置选项，它是在启动后通过加载一些文本配置文件来配置树莓派的。

在说明 `config.txt`、`cmdline.txt`、`start.elf` 配置文件中的配置项前，我们还是要不厌其烦地强烈警告你：修改有风险，编辑要谨慎。不正确的修改轻则导致系统无法启动，重则损坏你的系统。在说明如何具体配置的时候，存在潜在风险的地方都会给出相应的提示。

## 6.1 配置硬件：config.txt

树莓派的硬件配置存放在 `config.txt` 文件里，该文件位于 `/boot` 目录下（如图 6-1 所示）。该文件说明树莓派怎样配置输入设备和输出设备，BCM2835 芯片中的 CPU 和内存频率控制也在该文件中。

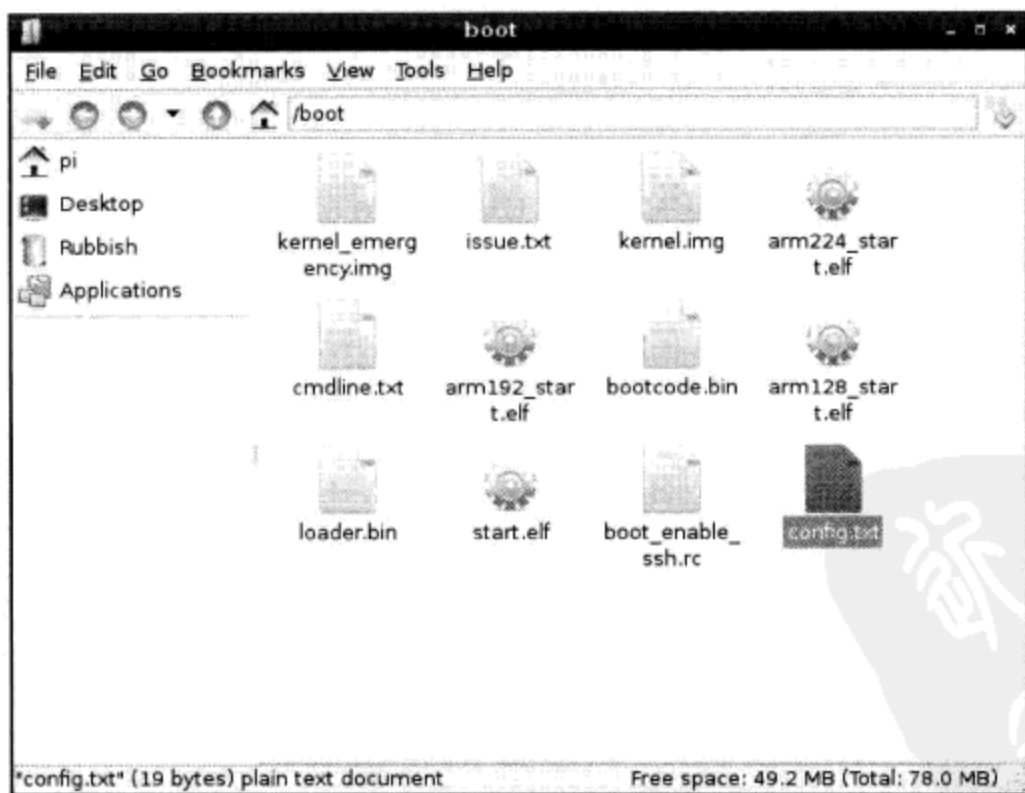


图 6-1 /boot 目录内容（`config.txt` 已高亮标出）

如果你的图像输出有问题，例如画面未能铺满屏幕或者画面超出了屏幕边界，你可以在 `config.txt` 中调整相应的配置项来修复这个问题。在正常情况下，`config.txt` 是空白文件，甚至有些 Linux 版本中压根就没有该文件，这意味着

树莓派使用默认配置。如果你想修改这个文件但这个文件在你的系统中根本就没有的话，你只要用 config.txt 这个名字创建个新文件就可以了。

config.txt 文件除了不能管理 CPU 和 GPU 内存划分之外（它们的修改需要改动 start.elf 文件，在 6.2 节中，你将会看到 start.elf 的说明），可以控制树莓派的其他所有硬件。

config.txt 文件只有系统首次启动的时候才会读入，此后对该文件的任何改变都只有系统重启后才会生效。如果改变不是你想要的，只要将这个文件删了，系统就会还原成默认设置了。如果你改动后，树莓派没法启动了，取出 SD 卡找个能读写 SD 卡的电脑删除 SD 卡 boot 分区下的 config.txt 文件，删完后重新插入树莓派就可以启动了。

### 6.1.1 显示设置

通常情况下，树莓派会自动检测显示器的类型并修改配置。但有时，自动检测的结果可能不正确。如果你的树莓派连接到电视上但没有任何显示的话，你要考虑手动修改树莓派的显示配置了。

config.txt 中的一些配置项是用来改变、改进视频输出的，这些配置项和其对应的值如下所示。

---

**警告** 手动调整 HDMI 或复合视频输出设置可能会导致你的树莓派无法与显示器正常通信，最好是使用自动检测设置。

---

- **overscan\_left**: 该项用来将画面整体向左侧移动一定长度，以像素为单位。如果树莓派的显示超出了屏幕的边界，调整 **overscan** 选项可以来修正这种情况。配置项对应的值是需要移动的像素的数量。
- **overscan\_right**: 该项用来将画面向显示器右方移动一定长度，单位同上。
- **overscan\_top**: 该项用来将画面向显示器上方移动一定长度，单位同上。
- **overscan\_bottom**: 该项用来将画面向显示器下方移动一定长度，单位同上。

- **disable\_overscan**: 如果你使用 HDMI 端口连接到显示器或电视上, 或许你会发现你的画面四周有黑边存在, 为了避免黑边可以通过将该值设为 1 来把默认 overscan 选项关闭。
- **framebuffer\_width**: 该配置项用来调整输出画面的宽度, 对应值的单位为像素。如果你的屏幕上的文字太小, 可以将该值设成一个比连接到的显示器默认宽度更小的值。
- **framebuffer\_height**: 该值对终端画面大小的影响类似于 framebuffer\_width, 不过是垂直方向的。
- **framebuffer\_depth**: 控制终端画面的颜色深度, 单位为位/像素。默认为 16 位, 可显示 65536 色。该值还可以设为 8 位 (256 色)、24 位或 32 位。
- **framebuffer\_ignore\_alpha**: 当配置项对应值为 1 时, 禁止使用控制透明度的 alpha 通道。禁止 alpha 通道不是必须的, 但是当 framebuffer\_depth 设为 32 位/像素时能用来纠正许多图像错误。
- **sdtv\_mode**: 该值影响树莓派的输出信号, 需要根据各国使用的电视制式进行修改。默认情况下, 树莓派使用北美的 NTSC 视频标准, 其他国家会有所不同, 常见的值有:
  - 0-NTSC, 北美视频标准。
  - 1-NTSC-J, 日本视频标准。
  - 2-PAL, 英国和其他国家视频标准。
  - 3-PAL-M, 巴西视频标准。
- **sdtv\_aspect**: 控制输出画面的宽高比。如果输出的画面比例不正常, 可以根据你使用的显示器的宽高比来修改这个值。常见的值有:
  - 1-4:3, 一般较旧的电视机使用该比例。
  - 2-14:9, 较小的宽屏电视常用该比率。

- 3-16:9, 当前大多数宽屏电视使用该比率。
- **hdmi\_mode**: 当视频输出使用不同分辨率时, 它可以用来覆盖 HDMI 端口的自动分辨率检测结果。若你的树莓派使用的分辨率比显示器支持的分辨率更低时该配置项非常有用, 附录 B 中给出了所有该项可能的值。
- **hdmi-drive**: 可以使用该配置项来改变 HDMI 端口的电压输出, 在你使用 HDMI-DVI 转接口的时候非常有用, 因为 HDMI 和 DVI 电压稍有不同。当你注意到看高亮的图像时画面有雪花或者有发散线状, 可以试着改动这个配置项。该值可能的数字是:
  - 1-DVI 输出电压。该模式下, HDMI 输出中不包含音频信号。
  - 2-HDMI 输出电压。该模式下, HDMI 输出中包含音频信号。
- **hdmi\_force\_hotplug**: 强制树莓派使用 HDMI 端口, 即使树莓派没有检测到显示器连接仍然使用 HDMI 端口。该值为 0 时允许树莓派尝试检测显示器, 当该值为 1 时, 强制树莓派使用 HDMI。
- **hdmi\_group**: 设置 HDMI 组模式为 CEA 或 DMT, 在使用 **hdmi\_mode** 来控制输出方案和频率前, 你需要根据你的 HDMI 端口连接的显示器来设置该值。常见的两个值为:
  - 1-按 CEA (美国消费电子协会) 指定的标准设置 **HDMI\_group**。当树莓派连接到 HDTV 并且使用附录 “HDMI 显示模式” 中的第一设置列表中模式时使用该值。
  - 2-按 DMT 旗下的 VESA (视频电子标准协会) 制定的标准来设置 **HDMI\_group**。该配置项值一般在当树莓派使用 DVI 连接到电脑显示器时并且使用附录 B “HDMI 显示模式” 中的第二设置列表时使用。
- **hdmi\_safe**: 强制树莓派使用预置的 HDMI 设置来提供最大的兼容性。该处值设为 1 等价于 `hdmi_force_hotplug = 1, config_hdmi_boost = 4, hdmi_group=1, hdmi_mode=1` 和 `disable_overscan=0`

- **config-hdmi\_boost**: 一些显示器使用 HDMI 端口连接时, 需要较多的电量来运行。如果你的画面上有雪花, 试着增加该项的值, 增加范围从 1 (用于短电缆) 到 7 (用于长电缆)。

`config.txt` 中的每一配置项都应为单独一行, 前面是配置项名称, 后跟等号, 然后才是配置项对应的值。例如, 让树莓派使用 PAL 格式、屏幕比例 4:3、每边 20 像素的 **overscan** 的电视作为显示输出设备, 则需要将下面几行放到 `config.txt` 中:

```
sdtv_mode = 2
sdtv_aspect = 1
overscan_left = 20
overscan_right = 20
overscan_top = 20
overscan_bottom = 20
```

让树莓派通过 HDMI 端口使用 DVI 显示设备, 格式为 720p60, 没有 **overscan**, 就要使用下面几行代替上面几行:

```
hdmi_group = 1
hdmi_mode = 4
hdmi_drive = 1
disable_overscan = 1
```

### 6.1.2 启动设置

`config.txt` 文件也能控制树莓派加载 Linux 的方式。尽管大部分控制选项存放在 `cmdline.txt` 文件中, 但是还有部分配置项在 `config.txt` 中。这些配置项有:

- **disable\_commandline\_tags**: 该配置项告诉 `start.elf` 模块在加载 Linux 内核前不要填充 0x100 之后的内存。该配置项不能设成禁止, 否则 Linux 会加载失败。
- **cmdline**: 该命令行参数将被传递给 Linux 内核, 也可以在 `cmdline.txt` 中使用。
- **kernel**: 要加载的内核文件名称。这常用于加载紧急内核时 (见第 3 章)。

- `ramfsfiles`: 要加载的 RAM 文件系统名称。除非你有一个充分测试过的新初始文件系统, 否则不要改动该配置项。
- `init_uart_baud`: 设置串口的频率, 单位比特/秒, 默认数值为 115200, 如果树莓派连接到较老的串口终端上时, 较低的值能提高连接成功率。

### 6.1.3 树莓派超频

`config.txt` 文件不仅能控制树莓派的 BCM8235 片上处理器的图形输出, 还能够允许你开启芯片的其他功能。尤其其他允许你改变芯片运行速度, 提高性能, 这时用到的就是超频。

---

#### 小提示

本节给出的配置调整会危害你的树莓派。特别是改变 CPU 或 GPU 电压后的树莓派将无法保修, 即使你将电压重新调整回去仍然不能保修。树莓派基金和零售商不对超频造成的后果负责, 如果你考虑到保修因素, 超频得到的性能提升不值得你冒这个险。

---

树莓派的片上系统 BCM2835 主要包括 CPU 和 GPU 两部分。CPU 处理日常事务, 而 GPU 处理所有绘图操作, 包括 2D 和 3D 绘图。

使用 `config.txt`, 你不仅可以对 CPU 或 GPU 进行超频, 也可以对 RAM 进行超频。提高 CPU、GPU 和 RAM 的频率能够轻微提升树莓派的性能, GPU 的超频意味着 3D 绘图将会渲染得更频繁, CPU 的超频可以加速所有和 CPU 打交道的设备性能, 提高 RAM 的刷新频率。

不像电脑上用的处理器, 片上系统很少对超频提供支持。树莓派不提供较高的频率主要是考虑芯片的寿命。BCM2835 的制造商 Broadcom 认为该芯片频率在 700MHz 时最稳定, 一旦速度超出了官方规定的频率, 尽管其仍然能够工作, 但是芯片的寿命会产生无可逆转的损害。

#### 超频设置

如果你想冒着树莓派变砖的危险来获取性能的提升, 可以修改 `config.txt` 中的相关配置, 这些配置包括:

- **arm freq:** 设置 CPU 的核心时钟频率，调高 CPU 相关的任务性能，默认频率为 700MHz。
- **gpu freq:** 设置 GPU 的时钟频率，提高绘图性能。默认频率为 250MHz。另外，你也可以使用下述选项调整 GPU 硬件内部个别组件频率。
  - **core freq:** 设置 GPU 的核心时钟频率，而不改动其他组件频率，能够提高整个 GPU 的性能，默认频率为 250MHz。
  - **h264 freq:** 设置 GPU 的视频解码器的时钟频率，从而提高 H.264 视频数据的反馈率。默认频率为 250MHz。
  - **isp\_freq:** 设置图像感应器流水线的时钟频率，从而提高连接的视频设备的捕获率（例如摄像头），默认频率为 250MHz。
  - **v3d\_freq:** 设置 GPU 的 3D 渲染设备的时钟频率，从而提高视觉表现和游戏性能，默认频率是 250MHz。
- **sdram\_freq:** 设置 RAM 芯片的时钟频率，默认频率为 400MHz。
- **init\_uart\_clock:** 设置 UART（统一异步接受/传输器）的时钟频率，用来控制串行终端。默认为 3000000。修改本项可能对解决串口输出冲突没有用处。
- **init\_emmc\_clock:** 设置 SD 卡控制器的默认时钟速度，默认是 8000000。增加该值可以使得 SD 卡的读取和写入速度变快，但是也会增加数据出错的可能。

下面给出一个超频的例子，其中 CPU 超频到 800MHz，GPU 超频到 280MHz，RAM 超频到 420MHz，在 config.txt 里输入下面几行，其中每行一项：

```
arm_freq = 800
gpu_freq = 280
sdram_freq = 420
```

所有显示配置的调整，都直到树莓派重启后才会生效，回到原来的配置，只需要删除整个 config.txt 文件或者删除新加的超频相关的几行，然后重启树莓派就好了。



## 电压设置

树莓派能否超频取决于出厂时的芯片频率是否允许可变。某些用户手中的树莓派芯片频率锁定为 800MHz，而有些用户却可以让你自己的树莓派冲上 1GHz 也没有问题。如果你的树莓派芯片不支持超频，但又想提高一点点树莓派的性能，还可以通过提高处理器的电压来实现，尽管不推荐你这样做。树莓派的板上处理器和内存一般工作在 1.2V，通过提高电压能够强制使得 CPU 和内存运行加快，同时这会使得芯片变热，减短处理器的寿命。

超频设置一节描述的配置中修改绝对的整数值，而电压调整是相对树莓派默认的 1.2V 来说的。对每个大于零的数值，电压大小增加该数值乘上 0.025V。对每一个小于 0 的数值，电压大小减少该数值绝对值乘以 0.025V。

电压修改的数值范围在 8 到-16 之间，也就是电压修改后最高为 1.4V，最低位 0.8V。

config.txt 中和电压相关的选项有：

- `over_voltage`: 调整 BCM2835 的核心电压。像前文所说的那样，配置项对应值为整数，修改范围 8 到-16。
- `over_voltage_sdram`: 调整树莓派上内存芯片的电压。数值范围同 `over_voltage`。而且你还可以进一步调整内存中个别组件的电压。
  - `over_voltage_sdram_c`: 调整供给内存控制器的电压，数值范围同上。
  - `over_voltage_sdram_i`: 调整内存输入输出 (I/O) 系统的电压。数值范围同上。
  - `over_voltage_sdram_p`: 调整物理层内存部件的电压，数值范围同上。

下面是一个例子，修改 BCM2835 电压到 1.25V，内存芯片电压提高到 1.3V：

```
over_voltage = 2
over_voltage_sdram = 4
```

要想改成其他设置，从 config.txt 文件中删除这几行即可。

---

树莓派的超频不像本章中的其他设置那样可以随意改动，超频所有的  
**警告** 改动会在 BCM2835 中留下记录。即使还原回默认设置，记录也无法  
消除，树莓派无法得到保修。

---

### 6.1.4 关闭 L2 缓存

树莓派的 BCM2835 片上处理器有 128KB 的 L2 缓存，尽管数量不大，但是由于缓存速度快，因此常用于临时存储从较慢的内存中读取的数据和指令供处理器使用来提高性能。

由于 BCM2835 最初目的是用于机顶盒，因此 L2 缓存设计是专为 GPU 准备的，而不像一般的 CPU 有自己的专有 L2 缓存。使用 config.txt 可以让 BCM2835 的 CPU 访问 L2 缓存，这在一定程度上能提高系统性能。但也未必一定就有效果，毕竟 L2 缓存位于 GPU 附近，而离 CPU 的距离较远。

CPU 能使用 L2 缓存，需要树莓派上安装的 Linux 版本在编译的内核中支持缓存。如果内核不支持的话，开启 L2 缓存往往导致非常奇怪的结果。

打开 L2 缓存，只需在 config.txt 文件中添加下行：

```
disable_l2cache = 0
```

这个改变当树莓派重启后生效，要想关闭 L2 缓存，只要将上面的 0 换成 1 就行了。

### 6.1.5 测试模式

config.txt 上的最后一个配置项——测试模式，大部分用户都不用关心。测试模式在树莓派出厂的时候用来检测硬件，从而保证树莓派出厂时是合格品。

---

**警告** 开启测试模式不会对系统造成损害，但是树莓派启动后不会进入系统，除非你禁止该模式并把树莓派电源关掉然后重新打开。

---

如果你想看看测试模式打开以后什么样子，你只要在 config.txt 文件中输入下面这行就可以了：

```
test_mode = 1
```

树莓派重启后，你就可以看到测试模式下的树莓派的样子了。要禁止测试模式，可以通过在 `config.txt` 中删掉这行，或者删除整个 `config.txt` 文件，也可以将上面的 1 替换成 0。

## 6.2 内存划分: start.elf

尽管树莓派只有 256MB 内存，但也存在多种硬件内存分配使用方式。BCM2835 的内存主要面向两类硬件：通用的 CPU 和面向图形的 GPU。这意味着 256MB 的内存需要由这两部分共享，因此要对内存的分配方式进行划分，内存的划分是由 `start.elf` 文件控制的。

默认的内存划分方式的选择是由安装在树莓派上的 Linux 决定的。一些系统将内存一分为二，CPU 和 GPU 各 128MB 来保证 GPU 能发挥最大潜力。一些系统会给予 CPU 大一些的内存来提高计算性能。

大部分 Linux 版本包含 3 个 `start.elf` 版本，它们是 `arm128_start.elf`、`arm192_start.elf` 和 `arm224_start.elf`（如图 6-2 所示）。这三个文件内容差不多，只有为 BCM2835 的 CPU 和 GPU 保留的内存数量不一样。

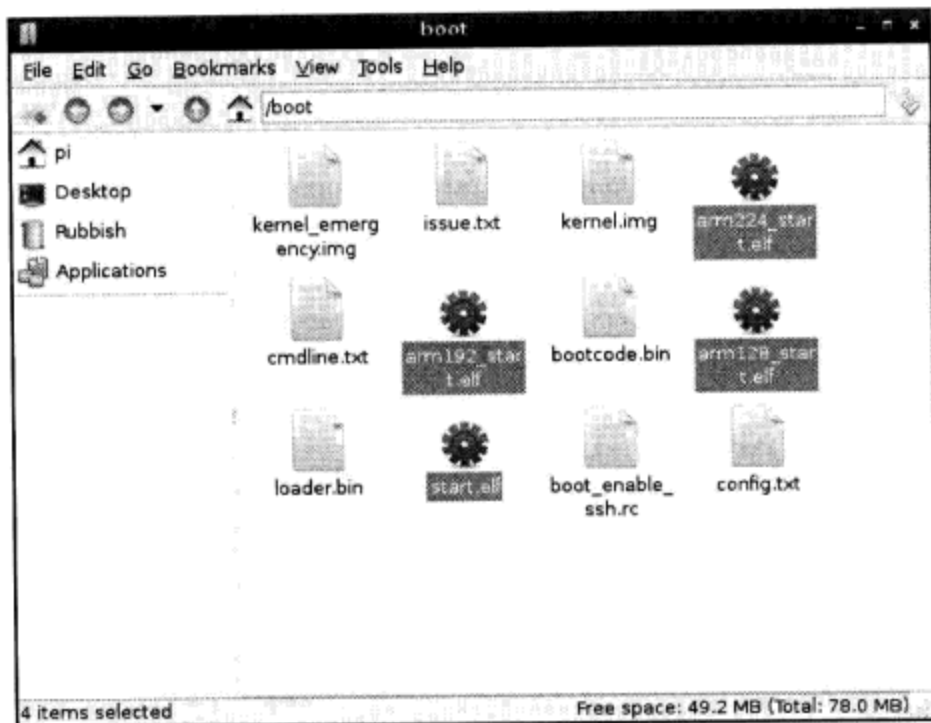


图 6-2 /boot 目录下的 start.elf 文件

arm128\_start.elf 中的内存分配方式是将内存划分为相同的两半，CPU 和 GPU 各使用 128MB。第二个和第三个文件减少了为 GPU 保留的内存数量。arm192\_start.elf 为 CPU 保留 192MB 的内存，64MB 留给 GPU。arm224\_start.elf 为 CPU 保留 224MB 的内存，32MB 留给 GPU。

---

**警告** 如果应用程序中的图形任务很多，例如玩 3D 游戏时，这时 GPU 至少需要 128MB 才能流畅运行。如果 GPU 内存不够会导致画面停顿甚至当机。

---

大部分 Linux 版本使用 192MB/64MB 的划分方式，当然你也可以强制使用 224MB/32MB。要改变为 CPU 和 GPU 保留的不同内存大小，只要删除/boot 目录下的 start.elf 文件，然后复制上述三个文件之一到/boot 目录下。确保把复制的文件改名为 start.elf，否则树莓派无法启动。完成这个功能最简单的实现方式是在终端中输入下述指令：

```
sudo cp /boot/arm224_start.elf /boot/start.elf
```

重启树莓派后，ARM CPU 就会有更多的可用内存，你可以通过在终端中输入 free 来查看内存的分配情况。要改成另外一种内存划分方式，你可以重新使用这个命令来复制另外一个不同的 elf 文件。

## 6.3 配置软件：cmdline.txt

/boot 目录下还有另外一个重要文件 cmdline.txt（如图 6-3 所示），该文件包含树莓派启动时传递给 Linux 内核的所有配置项。

在安装了 Linux 的电脑上，这个选项是由一个叫做 bootloader 的工具传递给内核的，bootloader 有自己的配置文件，在树莓派上，这些选项是在树莓派启动时从 cmdline.txt 中直接读取的。

几乎所有 Linux 支持的内核选项都在 cmdline.txt 中，包括命令行窗口的外观、启动时的 Linux 内核选择等。下面是一个 Debian 版的 cmdline.txt 示例，

注意其中所有内容应当是在连续一行中写入的。

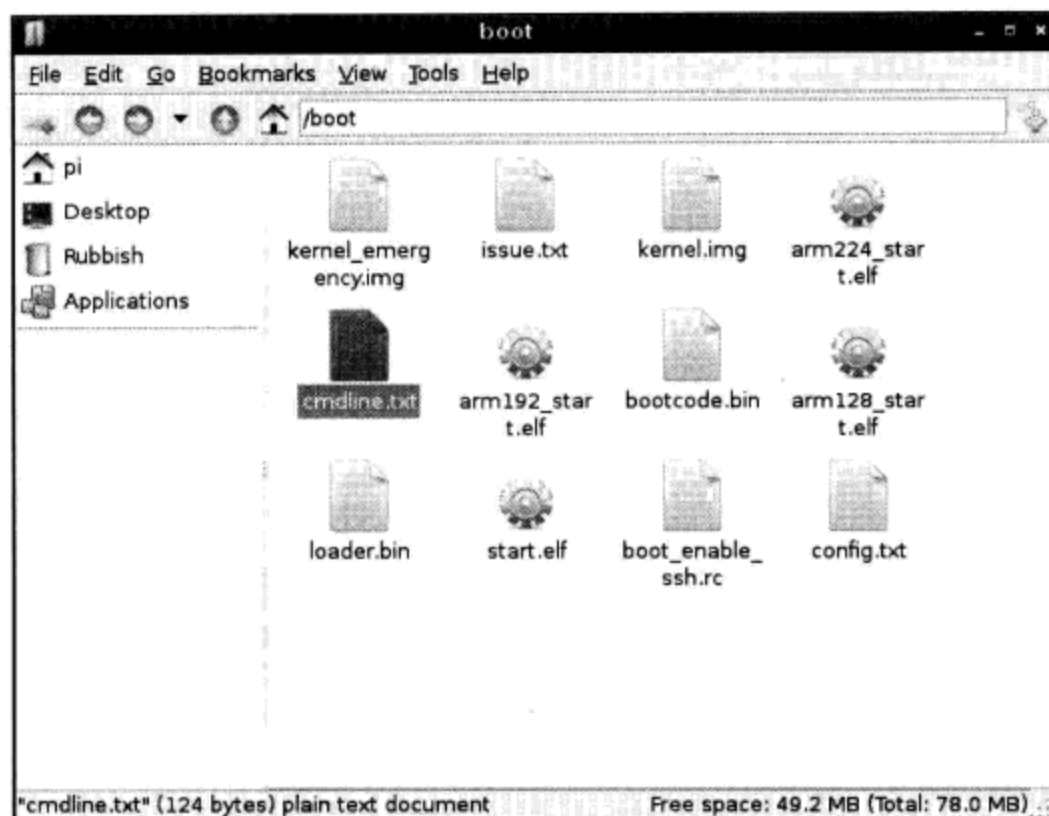


图 6-3 /boot 目录下的 cmdline.txt

```
dwc_otg.lpm_enable = 0 console = ttyAMA0,115200
kgdboc = ttyAMA0, 115200 console = tty1 root = /dev/mmcblk0p2
rootfstype = ext4 rootwait
```

第一个配置项 `dwc_otg.lpm_enable` 用来告知是否禁止树莓派的 USB 控制器的 OTG (On-The-Go) 模式，树莓派的大部分 Linux 版本都禁止该模式。

`console` 配置项告诉 Linux 是否要创建串行控制台（即 `ttyAMA0`），以及设置串口的传输速度。大部分情况下，传输速度应当限定在 115200Kb/s。当然如果树莓派是和较老的设备打交道，这个数字也要做相应的调整。

`kgdboc` 配置项使用 `console` 参数在串行控制台上开启调试模式。大部分用户不需要使用调试模式。但对开发者来说，用串口端口获得系统核心的调试信息非常有用。

第二个 `console` 选项创建 `tty1` 设备，当你首次启动树莓派的时候，你可以看到它是一个文本界面。如果没有这行的话，当树莓派没有连接到第一个

console 设置的串口时，你无法使用树莓派。

root 选项告诉 Linux 内核从哪里找到根目录，根目录包括所有系统需要的文件和目录。在默认的 Debian 版中，根目录通常在 SD 卡的第二个分区中，也就是 mmcblk0p2。该选项可以用来设置 Linux 从其他的 USB 存储设备启动。

为了知道从何处找到根目录，内核还需要知道目录所在的分区格式。由于 Linux 支持一系列不同的文件系统，例子中的 rootfstype 选项就是用来设定 Debian 系统使用 EXT4 文件系统的。

最后的 rootwait 参数告诉内核是否在根目录完全读取时才试图启动系统。没有该选项，树莓派在使用较慢的 SD 卡时，没有完全读取就会准备启动。

除了 dwc\_otg 之外，其他的选项都不是必须设置的。电脑上 Linux 版本使用的 bootloader 包括的配置项和 cmdline.txt 非常类似。

通常你不用修改 cmdline.txt，它由 Linux 发行方创建。不同的发行方创建的这个文件也不一样，它取决于内核创建时使用的内核版本和特征。如果你是内核开发者，你可以用 cmdline.txt 来传递参数开启或禁止编译进内核的新功能。和 config.txt 一样，任何改动都需要重启后才能生效。

