Linux操作系统环境下

# C语言程序设计

王继业／主编
耿照新 张灵倩／副主编

中央民族大学出版社
China Minzu University Press

# Linux 操作系统环境下 C 语言程序设计

王继业 主编

耿照新 张灵倩 副主编

中央民族大学出版社

**图书在版编目（CIP）数据**

Linux 操作系统环境下 C 语言程序设计/ 王继业主编. —北京：中央民族大学出版社，2009.7

ISBN 978-7-81108-702-4

Ⅰ. 系… Ⅱ. 王… Ⅲ. C 语言—程序设计 Ⅳ. TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2009）第 103595 号

**Linux 操作系统环境下 C 语言程序设计**

主　　编　王继业
责任编辑　戴苏芽
封面设计　李志彬
出 版 者　中央民族大学出版社
　　北京市海淀区中关村南大街 27 号　邮编：100081
　　电话：68472815（发行部）传真：68932751（发行部）
　　68932218（总编室）　68932447（办公室）
发 行 者　全国各地新华书店
印 刷 厂　北京九州迅驰传媒文化有限公司
开　　本　787×1092（毫米） 1/16　印张：17.5
字　　数　385 千字
版　　次　2009 年 7 月第 1 版　2009 年 7 月第 1 次印刷
书　　号　ISBN 978-7-81108-702-4
定　　价　45.00 元

# 前　言

本书为编者在中央民族大学为电子工程、通信工程、应用物理和光信息科学与技术等专业开设的“Linux 程序设计”选修课的教材。从 2004 年开始，编者为上述专业的本科生开设 Linux 程序设计课程，首要的原因是，上述专业中，计算机的爱好者众多，而 Linux 在计算机爱好者中逐步流行起来。另外的原因包括，Linux 操作系统在上述专业中，具有巨大的专业价值。对于物理类专业来说，Linux 优秀的性能和与 UNIX 的兼容，使得其对于计算和数值模拟是一个难得的平台环境；而对于电子类专业来说，由于 Linux 的开源，使得 Linux 成为有价值的嵌入式操作系统的待选者，从而在电子信息行业中得到较广泛应用。

正是基于上面的理由，编者在教学过程中，主要讲述在这个 Linux 操作系统环境下如何编写应用程序，而不顾及内核层次的问题。因为内核层次的问题，往往是更专业一些的计算机工程师应该考虑的问题，作为 Linux 操作系统的用户，电子和物理类专业的人，只是一个系统平台的使用者和应用程序的编制者。尤其是电子专业的学生，将来很可能成为嵌入式系统环境下的一名应用程序设计人员，而多数嵌入式系统环境，一般更有一些像 Linux 系统而非 Windows。当然 Wince 是一个例外，因为它是 Windows。

有的学生可能会进入更软一些的行业，直接和 Linux 内核或其他系统内核打交道。这也没关系，我们的课程为应用程序设计打下了良好的基础，这对内核的理解也是有好处的，很难设想一个应用程序都设计不好的人，可以从事操作系统内核的相关设计工作，比如设计驱动程序。因为这些程序更关键，一旦出现问题，往往导致系统的不稳定，甚至死机等故障，是比应用程序更重要的代码。

作为一本本科教材，本书的作用首先就是教学，因此编者考虑教学应用的方便，在不同的章节中配置了大量代码供参考，并有相当数量的思考题，编制了上机实践课程题目。这些都是为本科教学方便而设计，同时对一般读者也具有相当参考价值。

本书除了用于本科教学外，同样可以为该领域工作的工程技术人员、其他想转入该领域工作的工程师以及 Linux 程序设计的爱好者提供帮助，也是一本非常有益的参考读物。

本书由三位编者编写，分工如下：Linux 操作部分，主要包括第 1-4 章，由耿照新编写；图形界面设计和附录等由张灵倩编写；其余由王继业编写，并完成统稿和总体调整。

编者首先感谢使用过本书（那时还只是一本讲义）的中央民族大学的学生，他们通过实践验证了上机题目的可行性。同时感谢自然科学青年基金“TC-1 和 Cluster 卫星的联合观测：近地磁尾尾向流对亚暴膨胀项触发的影响”，正是为该项目的工作使编者对 Linux 系统有了更多的应用和更深入的认识。

本书大部分示例均为编者自行编写和取自于编者的工程实践，极少的部分来自网络，掠美之处，不便一一指出，敬请谅解。

# 目 录

# 第一章　什么是 Linux

## 1.1 Linux 的历史

Linux 的历史虽然不长，但是它的思想源头 UNIX 却有着悠久的历史，而 Linux 秉承了 UNIX 的所有思想和优点，某种程度上也继承了 UNIX 的历史。下面详细介绍 Linux 的历史。

### 1.1.1　Linux 的诞生

Linux 是一种 UNIX 操作系统的克隆，它（的内核）由 Linus Torvalds 以及网络上组织松散的黑客队伍一起从零开始编写而成。

在上个世纪 90 年代，由于计算机硬件工业的发展，以 intel 的 x86 系统架构的个人计算机大行其道，80386 及以上的处理器不仅具有优良的性能，而且具备运行现代操作系统所具备的硬件条件。但在此时，人们使用的大多还是旧而且不能发挥更大硬件功效的 DOS 等操作系统。 此时，有个芬兰赫尔辛基大学 (Helsinki) 的学生 Linus Torvalds 做了件不寻常的事情，Linus 手边有个 Minix 操作系统 (Unix 为了教学目的的分支)，他对这个操作系统相当的有兴趣。他开始为自己的新硬件写了一些 Minix 上的驱动程序，并希望能够被 Minix 的作者允许加入到发行中去。但他很失望地被告知，原作者希望保持 Minix 的纯洁性，因此他想，何不自己写一个类 UNIX 的操作系统，使它支持新的硬件呢？他就很有心地研读 Unix 的核心，并且去除较为繁复的核心程序，将它改写成适用于一般个人计算机的 x86 系统上面。到了 1991 年，他终于将 0.02 版的 hobby 放到网络上面供大家下载，并且由于 hobby 受到大家的肯定，相当多的朋友一起投入这个工作中，终于到了 1994 年将第一个完整的核心 Version 1.0 发布到互联网上。由于 Linux kernel 的发展是由网络上的“虚拟团队”所完成的，大家都是通过网络取得 Linux 的核心原始码，经由自己精心改造后再回传给 Linux 社群，进而一步一步地发展完成完整的 Linux 系统。Torvalds 先生是这个集团中的发起者。

### 1.1.2　Linux 的吉祥物

Linux 的吉祥物是一只可爱的小企鹅。1994 年发表 Linux 正式核心 1.0 的时候，大家要 Linus Torvalds 想一只吉祥物，Torvalds 突然想到小时候去动物园被一只企鹅追着满地打滚，企鹅的力量和速度给他留下了很深刻的印象，就把 Linux 的吉祥物定为了企鹅。

现在的吉祥物企鹅是用自由软件世界的图像设计工具 GIMP 设计的，其完整的设

计过程可以参看 http://www.isc.tamu.edu/~lewing/linux/，上面有详细的描述。图 3-1 就是企鹅的图像（原图为彩色）。

图 3-1 Linux 吉祥物

### 1.1.3 Linux 的发行版

由于 Linux 的稳定性良好，并且可以在便宜的 x86 架构下的计算机平台运作，所以吸引了很多软件商与自由软件的开发团队在这个 Linux 的核心上面开发相关的软件，例如有名的 sendmail，wu-ftp，apache 等等。此外，亦有一些商业公司发现这个商机，因此，这些商业公司或者是非营利性的工作团队，便将 Linux 核心、核心工具与相关的软件集合起来，并加入自己公司或团队创意开发的系统管理模块与工具，而释出一套可以完整安装的操作系统，这个完整的 Linux 操作系统，我们就称呼它为发行版。当然，由于是基于 GNU 的架构下，因此各家公司所发行的光盘套件是可以在网络上面自由下载的。不过，如果想要有必要的技术支持，就需要购买发行版的光盘。

不过，由于发展的 Linux 公司实在太多了，例如有名的 Red Hat，Debian，Mandrake，SuSE，Ubuntu 等等，所以很多人都很担心，每个发行版是否都不相同呢？这大可不必，由于各个发行版都是架构在 Linux 内核下来开发属于自己公司风格的发行版，因此大家都遵守 Linux Standard Base （LSB）规范，也就是说，各个发行版其实都是差不多的。大家可以按照自己的喜好来选择 Linux 的发行版光盘。下面列出几个主要的 Linux 发行版情况：

Red Hat，红帽子，网址为 http://www.redhat.com，其发行的 RH Linux 曾风行一时，后来改为 Fedora Core Linux，现在版本为 Fedora Linux 9.0，是当前最流行的发行版之一。另外，该公司还致力于开发类 Linux 的嵌入式操作系统 eCos。

Mandrake，网址为 http://www.linux-mandrake.com/en/，曾经很流行，现在仍然有不少支持者。

Slackware，最古老的发行版之一，网址为 http://www.slackware.com/，由于其一直保持简单和纯粹的风格，因此拥有稳定的用户群。

SuSE，网址为 http://www.suse.com/index_us.html，曾经是欧洲最流行的发行版，现在仍然保持活跃。

Debian，网址为：http://www.debian.org/，是当前流行的发行版之一。

Ubuntu，是众多的发行版中的后起之秀，当前用户非常多，是最具风格的一个发行版。

### 1.1.4 自由软件基金会和GNU版权

当前流行的软件按其提供方式可以划分为三种模式：商业软件(Commercial software)、共享软件(Share ware)和自由软件(Free ware或Free software)。

商业软件由开发者出售拷贝并提供技术服务，用户只有使用权，但不得进行非法拷贝、扩散、修改或添加新功能；共享软件由开发者提供软件试用程序拷贝授权，用户在试用该程序拷贝一段时间之后，必须向开发者交纳使用费用，开发者则提供相应的升级和技术服务；而自由软件则由开发者提供软件全部源代码，任何用户都有权使用、拷贝、扩散、修改该软件，同时用户也有义务将自己修改过的程序源代码公开。

1984年，曾和Bill Gates同为哈佛大学学生的Richard Stallman组织开发了一个完全基于自由软件的软件体系计划——GNU，并拟定了一份普遍公共许可（General Public License，简称GPL）。GNU计划的宗旨是：消除对于计算机程序拷贝、分发、理解和修改的限制。也就是说，每一个人都可以在前人工作的基础上加以利用、修改或添加新内容，但必须公开源代码，允许其他人在此基础上继续工作。Linux从产生到发展一直遵循的是“自由软件”的思想。正因为如此，Linux才发展得如此迅速和健康。1994年3月14日，Linus发布Linux的第一个“产品”版Linux1.0的时候，是按完全自由发布版权进行发布的。它要求所有的源代码必须公开，而且任何人均不得从Linux交易中获利。然而，半年以后，他开始意识到这种纯粹的自由软件的方式对于Linux的发布和发展来说实际上是一种障碍，因为它限制了Linux以磁盘拷贝或者CD－ROM等媒体形式进行发布的可能，也限制了一些商业公司参与Linux的进一步开发并提供技术支持的良好愿望。于是Linus决定转向GPL版权，这一版权除了规定有自由软件的各项许可权之外，还允许用户出售自己的程序拷贝，并从中赢利。这一版权上的转变后来证明对于Linux的进一步发展确实至关重要。从此以后，便有多家技术力量雄厚又善于市场运作的商业软件公司加入了原先完全由业余爱好者和网络黑客所参与的这场自由软件运动，开发出了多种Linux的发布版本，增加了更易于用户使用的图形界面和众多的软件开发工具，极大地拓展了Linux的全球用户基础。并有多家著名的商业软件开发公司开发了基于Linux的商业软件，如IBM、SUN software inc.、ORACLE、INFORMIX等。

所以，Linux严格说起来，应该是GNU/Linux。

## 1.2 Linux特点

Linux首先是一种操作系统。对于一般的个人电脑而言，当我们打开计算机，首

先执行的程序是固化在计算机内部只读存储器的系统自检程序（post），自检程序如果没发现问题，就把控制权交给自举程序。自举程序查找硬盘或软盘的第一个扇区（叫引导扇区），这个扇区如果包含了合法的代码，就把系统的控制权交给它。这段代码有时是操作系统的一部分，有时不是。引导程序取得控制权后，紧接着读入相应的操作系统，可以是windows,也可以是Linux，或其他别的什么系统。如果是windows，你就看到了它的启动画面，进入windows环境。如果是Linux，那么Linux系统的内核被读入内存，并取得控制权。这时Linux就控制了系统的所有资源，包括CPU、内存、外存、网络端口等。同时它给其他的程序提供服务。从而完成一个操作系统的所有应该具有的功能。

Linux系统是一种UNIX，它被称为多用户系统，因为多个用户可以同时使用一台Linux机器；又由于每个用户可以同时运行多个程序，所以Linux又是多任务的。同时Linux又具有UNIX系统所有特点：有250多种单独的命令，既包括列出文件、文件复制这种简单的命令，也包含网络管理、系统修正等复杂的命令。Linux又是一种多选择的系统，同一个任务，可以有多个命令、多种方法实现，同一个命令，又能完成多种功能。这也许是Linux最不同寻常的地方。比如，简单cp命令能够拷贝文件、建立文件的连接、显示文件内容、播放音乐等，也许还有许多功能。正因为这样，Linux提供解决几乎所有问题的方法，能完成所有任务，并且用各种不同的方法。这和其他操作系统有点不一样。比如，我们想把另一块硬盘按照已有的一块硬盘的结构建立分区和文件系统，并复制内容，这被称为“克隆”。在windows系统下，我们得使用专门的第三方软件实现，操作系统没有这个功能。在Linux系统下，我们只要一个命令：dd if=/dev/hda of=/dev/hdb即可。

正因为Linux的丰富多彩，使得学习Linux不是一个容易的过程。

### 1.2.1 多用户系统

多用户系统，顾名思义，应当是使多个用户能同时（或不同时）使用一台计算机，而每个用户都像拥有独立的计算机一样。那么，多个用户怎么使用一台计算机呢？这有许多方法。一种是Linux系统提供虚拟控制台，即在一个主控制台上通过切换提供多个界面供不同的用户使用，这种方法通常能够给一个人需要以不同身份登录系统提供方便。另一种方法是通过串行线连接不同的终端，不同的用户通过终端登录系统，运行程序。这种方法可以在银行的储蓄所的操作终端中见到。还有一种方法更为常用，就是通过网络程序，比如telnet，实现登录和使用你的Linux机器。比如在我的Linux（或Windows）机器上，运行命令telnet 192.168.0.1，在我的网络环境设置下，就可以看到如下界面：

```
Red Hat Linux release 7.1 (Seawolf)
Kernel 2.4.2-2 on an i586
login:
```

只需键入用户名和密码，就可以使用远端的Linux机器。你可以通过网络让远端

的计算机运行应用程序，而输入和显示通过网络由你提供。

### 1.2.2 登录

由于 Linux 系统允许许多用户同时使用计算机，因此当你想进入系统时，必须告诉计算机你是谁，这就是登录。当 Linux 内核启动后，最终要运行一类叫“Shell”的程序提供用户登录界面，shell 程序有文本界面和图形界面两类，不论是哪种 shell，用户登录后 shell 都是作为用户的“代理”在系统中执行用户的输入命令，帮助用户完成各种操作。

文本界面下常用的 shell 是 bash，如果是文本界面，登录过程大致如下：

```
Red Hat Linux release 7.1 (Seawolf)
Kernel 2.4.2-2 on an i586
login: wjy
Password:
Last login: Wed Sep  4 16:31:39 from 192.168.0.11
[wjy@linux wjy]$
```

其中 wjy 是用户名，紧接着提示输入密码，输入密码是并不显示出来，是因为保密的原因。如果用户名和密码都正确了，登录成功，系统显示一句欢迎词，这里显示的是上次登录的时间，然后给出提示符$，我们就可以输入命令了。

需要注意的是，Linux 系统是区分大小写的，大小写不同的字母认为是不同的字符，这和 windows 系统有时候不一样，要特别注意。

登录成功后，shell 程序继续负责接受命令和完成相应的处理，上面说的提示符就是 shell 提供的，它表明 shell 程序就绪，准备接受命令。

上面的登录过程是基于字符截面的，这也是一个不寻常的特征，尤其对 windows 的用户来说。这很矛盾：一方面基于字符界面的 Linux 很难学习，另一方面，它有时（经常是）确比纯粹图形界面强大得多。

实际上，Linux 系统也有非常强大的图形界面系统（可以看成一种 shell），而且有不只一种，其中较广泛应用的一种叫 Xwindows。在一般个人电脑上，习惯于使用图形方式登录，和上面的类似，只是更漂亮一些。但是，人们认为，即使使用的 X Windows system 是最好的产品，字符界面也更胜一筹。而且，依据经验，想不经过命令行就想使用 Linux 提供的所有功能是不可能的。

上面提到，进入系统需要你的用户名（user name）和密码（password），这些信息都记录在系统中一个叫 passwd 的密码文件里。在这个文件中，每个用户占一行。我的密码文件像下面这样：

```
root:x:0:0:root:/root:/bin/bash
bin:x:1:1:bin:/bin:
daemon:x:2:2:daemon:/sbin:
adm:x:3:4:adm:/var/adm:
```

lp:x:4:7:lp:/var/spool/lpd:
sync:x:5:0:sync:/sbin:/bin/sync
shutdown:x:6:0:shutdown:/sbin:/sbin/shutdown
halt:x:7:0:halt:/sbin:/sbin/halt
mail:x:8:12:mail:/var/spool/mail:
news:x:9:13:news:/var/spool/news:
ftp:x:14:50:FTP User:/var/ftp:
nobody:x:99:99:Nobody:/:
named:x:25:25:Named:/var/named:/bin/false
wjy:x:500:500::/home/wjy:/bin/bash
zlq:x:501:501::/home/zlq:/bin/bash
mysql:x:100:101:MySQL server:/var/lib/mysql:/bin/bash

其中每一行包含用冒号隔开的 7 部分，意义如下：

name：用户名，用户登录是必须键入的名字。

password：有不同的含义，如果为 x，表示用户密码存储在一个叫影子文件的单独文件里，如果不是 X，它的意义就是加密后的密码。

Uid：这个数字用来识别每个用户。

Gid：是用户组的识别数字。

Comment：注释，说明一些关于用户的细节。

Home：是用户的工作目录，又称主目录。

Shell：是用户使用的 shell 程序。

其中 root 用户称为超级用户，或根用户，它对系统具有所有权限。

退出系统登录的方法是键入命令 logout，或在提示符后面键入文件结束符，这可以通过按 ctl-D 实现。

### 1.2.3 文件系统的层次结构

Linux 文件系统包含三类文件：

- 普通文件：存放的是数据和程序，也就是二进制流。文件中不包含任何特定的结构。
- 目录文件：目录是一种结构，它允许不同的文件和目录放在一起，像 windows 系统中的文件夹。其中包含的下级目录叫子目录。
- 特殊文件：包含多种类型，一般说，它和不同进程间通讯、计算机和外部设备通讯有关系。

所有这些文件都放在一个大的树型结构中。树的根是一个单独的目录，称为根（root）目录，并且用斜杠“/”表示。在根目录下有一些标准的子目录和文件，所谓标准，是一种传统。在这些子目录下又包含下级子目录和文件，依此类推。

任何文件，只要不在相同的子目录下，即使文件名相同，也不会混淆。这是显而