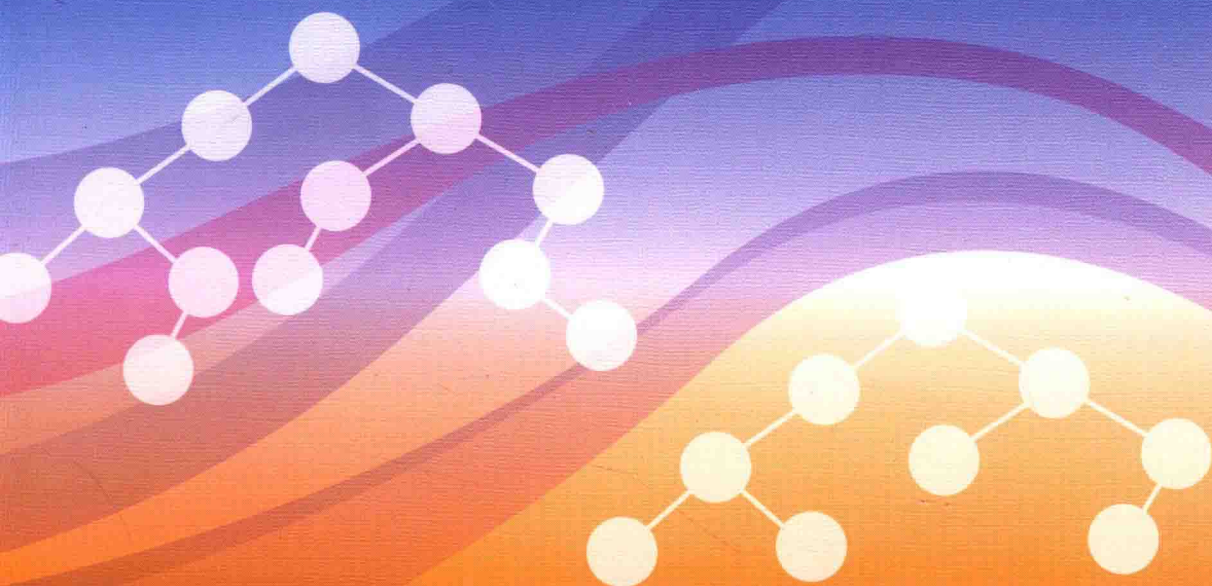


高等学校计算机专业规划教材

# Linux操作系统

基础、原理与应用（第2版）



张 玲 编著

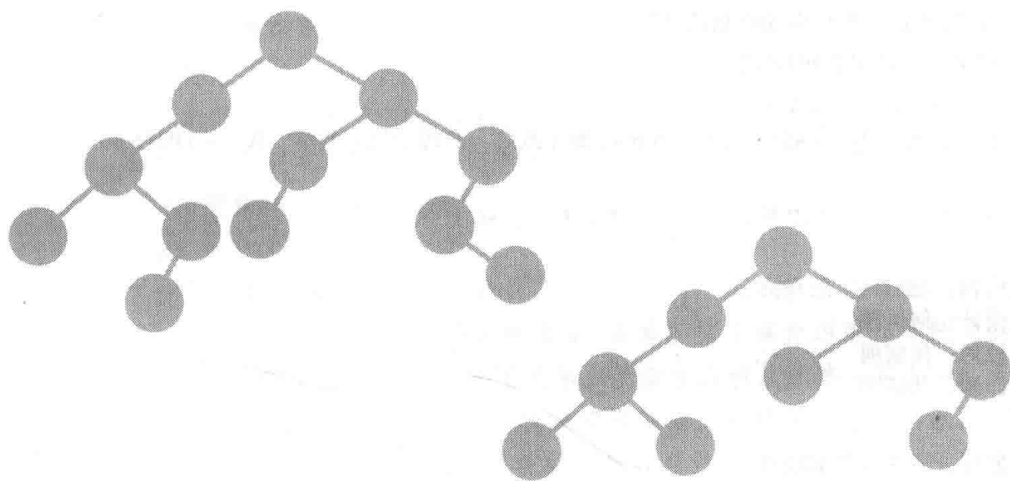
清华大学出版社

高等学校计算机专业规划教材

# Linux操作系统

## 基础、原理与应用（第2版）

张 玲 编著



清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本书以理论结合实践,注重应用为原则,全面、系统地讲述操作系统的基本原理,并将其与 Linux 的实现和应用技术紧密结合。全书内容分为 3 部分:第 1 部分为基础篇,共 4 章,包括 Linux 系统概述、Linux 系统的操作基础、vi 文本编辑器的使用以及 Linux C 编程基础;第 2 部分为原理篇,共 5 章,介绍操作系统的基本原理和 Linux 内核实现技术,包括进程管理、存储管理、文件管理、设备管理和操作系统接口;第 3 部分为应用篇,共 3 章,包括 Shell 程序设计、Linux 系统管理和网络与通信应用。

本书文字通俗易懂,举例典型,内容循序渐进。书中配有难度适中且实用性强的示例和习题,可以帮助读者加深对操作系统原理的理解,同时掌握 Linux 操作系统的应用技术和基本开发技能。本书适合作为高等院校计算机专业和 Information 类专业本科生操作系统课程的教材,也可作为 Linux 应用开发人员的自学教材。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。  
版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

### 图书在版编目(CIP)数据

Linux 操作系统:基础、原理与应用 / 张玲编著. —2 版. —北京:清华大学出版社, 2019  
(高等学校计算机专业规划教材)  
ISBN 978-7-302-49407-2

I. ①L… II. ①张… III. ①Linux 操作系统—高等学校—教材 IV. ①TP316.89

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 012180 号

责任编辑:龙启铭 战晓雷  
封面设计:何凤霞  
责任校对:焦丽丽  
责任印制:丛怀宇

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: 010-62770175 邮 购: 010-62786544  
投稿与读者服务: 010-62776969, [c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)  
质 量 反 馈: 010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)  
课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 刷 者: 北京鑫丰华彩印有限公司

装 订 者: 三河市溧源装订厂

经 销: 全国新华书店

开 本: 185mm×260mm 印 张: 25 字 数: 572 千字  
版 次: 2013 年 9 月第 1 版 2019 年 8 月第 2 版 印 次: 2019 年 8 月第 1 次印刷  
定 价: 49.00 元

产品编号: 070510-01



Linux 是一个优秀的操作系统，它具有强大的功能、出色的性能以及良好的兼容性与可靠性，应用前景十分广阔。此外，Linux 还是一个源代码开放的操作系统，这给操作系统的学习带来了一种新的途径。结合 Linux 学习操作系统，不仅可以通过其源代码了解操作系统的实现技术，使抽象的理论和概念具体化，还可同时掌握一门实用操作系统的应用技术。

在信息化大潮的推动下，操作系统的设计思想和实现技术都在快速地发展。自本书第 1 版出版以来，短短几年间，Linux 的内核与应用技术都已更新换代。为了避免操作系统教学与实际相脱离，教材的更新势在必行。本书第 2 版是对第 1 版的全面修订，舍弃了过时的或非主流的技术与概念，力求反映当代操作系统的先进技术和思想，以及 Linux 最新内核（4.10 版后）的技术特色。

本书从计算机应用的角度出发，全面系统地介绍操作系统的基本原理与概念，并把它与 Linux 应用实践紧密结合在一起。全书分为 3 部分，即基础篇、原理篇和应用篇，循序渐进地引导读者理解和掌握操作系统的原理以及 Linux 系统的实现和应用技术。

基础篇的目的是帮助读者认识操作系统和 Linux，熟悉 Linux 环境并掌握一些基本的操作。基础篇包括第 1~4 章。第 1 章介绍操作系统的概况、Linux 系统的起源、特点以及现状等，使读者能够从总体上对 Linux 系统有所了解；第 2 章介绍 Linux 系统的使用基础，包括登录与退出以及常用的 Shell 命令，重点介绍 Linux 系统的文件和目录的基本操作；第 3 章介绍 vi 文本编辑器的使用方法，它是从事实验、开发和系统管理的基本工具；第 4 章介绍在 Linux 系统上进行 C 程序开发的基本方法与工具。

原理篇介绍操作系统的原理以及 Linux 内核的实现技术。原理篇包括第 5~9 章，分别对应操作系统的 5 大功能，即进程管理、存储管理、文件管理、设备管理以及操作系统接口。各章均是先介绍操作系统有关方面的原理、概念和技术，然后针对 Linux 内核分析具体的实现技术，在内容上突出对基本原理和概念的分析，并注重解释它们的实际意义。

应用篇针对 Linux 系统开发、系统管理和网络应用技术进行介绍。应用篇包括第 10~12 章。第 10 章介绍 Shell 程序设计技术；第 11 章介绍 Linux 系统管理技术；第 12 章介绍 TCP/IP 网络的基础知识和 Linux 的网络应用技术。通过这部分内容的学习，读者能够掌握在 Linux 下开展工作的基本方法

和手段,更加有效地使用 Linux。

本书安排了丰富的示例,直观地演示出 Linux 操作系统的各种功能、特色和操作。示例程序均按照实用性和可操作性设计,避免使用晦涩或冷僻的用法。运行这些示例可以加深读者对课程内容的理解,增加对 Linux 系统的体验,并熟悉正确的系统操作手法。建议教师采用虚拟机的方式在教学机上安装 Linux,这样可以方便地切换到 Linux 系统,对教材中的示例进行课堂示范,还可方便地在一台机器上演示网络应用的示例。

本书面向高等院校计算机应用相关专业的学生,要求读者具有计算机软硬件方面的初步知识和 C 语言基础。本书将操作系统原理与 Linux 操作系统应用合为一体,不需要另外开设操作系统先修课程。教材内容适合安排 50~60 学时,教师可以根据课程大纲和学时数的需求对内容进行选择。

感谢参考文献的作者以及互联网上的许多无名作者,他们为本书的写作提供了极有价值的信息资源。感谢主审与编辑为本书付出的辛勤劳动,希望我们的努力能对所有渴望学习和应用 Linux 操作系统的读者有所帮助。由于编写时间仓促,加之水平所限,不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

作者

2019年1月



## 第1部分 基础篇

### 第1章 操作系统概述 / 3

1.1 认识操作系统.....	3
1.1.1 操作系统的概念 .....	3
1.1.2 操作系统的功能 .....	4
1.2 操作系统的发展与现状.....	5
1.2.1 操作系统的发展 .....	5
1.2.2 操作系统的分类与现状.....	7
1.3 Linux 操作系统概述 .....	11
1.3.1 Linux 的发展背景与历史.....	11
1.3.2 Linux 操作系统的特点 .....	13
1.3.3 Linux 操作系统的组成 .....	14
1.3.4 Linux 操作系统的版本 .....	14
1.3.5 Linux 操作系统的应用与发展 .....	17
习题.....	17

### 第2章 Linux 操作基础 / 18

2.1 Linux 基本操作 .....	18
2.1.1 登录 .....	18
2.1.2 修改口令 .....	19
2.1.3 退出 .....	20
2.1.4 系统的关闭与重启 .....	20
2.2 Linux 命令 .....	20
2.2.1 命令的格式 .....	21
2.2.2 命令的输入与执行 .....	21
2.2.3 几个简单命令 .....	22
2.2.4 联机帮助 .....	25
2.3 Linux 文件操作 .....	25

2.3.1	Linux 系统的文件 .....	26
2.3.2	Linux 系统的目录 .....	32
2.3.3	常用的目录操作命令 .....	33
2.3.4	常用的文件操作命令 .....	37
2.4	输入输出重定向 .....	53
2.4.1	命令的输入与输出 .....	53
2.4.2	输入重定向 .....	54
2.4.3	输出重定向 .....	55
2.4.4	管道 .....	59
	习题 .....	61

### 第3章 vi 文本编辑器 /63

3.1	vi 文本编辑器概述 .....	63
3.1.1	vi 文本编辑器介绍 .....	63
3.1.2	vi 的工作模式 .....	64
3.1.3	vi 的基本工作流程 .....	64
3.2	vi 基本命令 .....	65
3.2.1	光标定位与移动 .....	66
3.2.2	文本输入与删除 .....	67
3.2.3	文本修改与替换 .....	68
3.2.4	文本复制、粘贴与选择 .....	69
3.2.5	撤销与重做 .....	71
3.3	vi 常用末行命令 .....	71
3.3.1	搜索与替换命令 .....	71
3.3.2	文件操作与退出命令 .....	73
3.3.3	其他常用命令 .....	73
	习题 .....	74

### 第4章 Linux C 编程基础 /75

4.1	Linux C 编程方法概述 .....	75
4.2	gcc 编译基础 .....	76
4.2.1	gcc 编译过程 .....	76
4.2.2	gcc 命令 .....	78
4.2.3	gcc 应用举例 .....	79
4.3	联机手册 .....	82
	习题 .....	82



## 第2部分 原理篇

### 第5章 进程管理 /87

5.1	进程.....	87
5.1.1	程序的顺序执行与并发执行.....	87
5.1.2	进程的概念.....	89
5.1.3	进程控制块.....	91
5.1.4	Linux 系统中的进程.....	92
5.2	进程的运行模式.....	95
5.2.1	操作系统的内核.....	95
5.2.2	中断与系统调用.....	97
5.2.3	进程的运行模式.....	98
5.3	进程的描述与组织.....	98
5.3.1	进程的资源.....	98
5.3.2	进程的描述结构.....	100
5.3.3	进程的组织.....	100
5.4	进程控制.....	101
5.4.1	进程控制的功能.....	101
5.4.2	Linux 系统的进程控制.....	102
5.4.3	Shell 命令的执行过程.....	109
5.5	进程调度.....	110
5.5.1	进程调度的基本原理.....	110
5.5.2	Linux 系统的进程调度.....	112
5.5.3	Linux 系统的进程切换.....	117
5.6	进程的互斥与同步.....	120
5.6.1	进程间的制约关系.....	120
5.6.2	信号量同步机制.....	121
5.6.3	Linux 的信号量机制.....	123
5.6.4	死锁问题.....	124
5.7	进程通信.....	125
5.7.1	进程通信的方式.....	126
5.7.2	Linux 信号通信原理.....	127
5.7.3	Linux 管道通信原理.....	132
5.8	线程.....	132
5.8.1	线程的概念.....	132
5.8.2	线程与进程的比较.....	133

5.8.3 内核级线程与用户级线程.....	133
5.8.4 Linux 系统的线程.....	134
习题.....	135

## 第 6 章 存储管理 / 137

6.1 存储管理概述.....	137
6.1.1 内存的分配与回收.....	137
6.1.2 存储地址变换.....	137
6.1.3 内存的保护.....	140
6.1.4 内存的扩充.....	140
6.2 存储管理方案.....	141
6.2.1 段式存储管理.....	141
6.2.2 页式存储管理.....	143
6.3 虚拟存储管理.....	146
6.3.1 虚拟存储技术.....	146
6.3.2 页式虚拟存储器原理.....	147
6.4 Linux 的存储管理.....	150
6.4.1 Linux 的内存访问机制.....	150
6.4.2 进程地址空间的管理.....	154
6.4.3 内存空间的管理.....	159
6.4.4 页面的交换.....	162
习题.....	165

## 第 7 章 文件管理 / 166

7.1 文件管理技术.....	166
7.1.1 文件与文件系统.....	166
7.1.2 文件的逻辑结构与存取方式.....	168
7.1.3 文件的物理结构与存储方式.....	169
7.1.4 文件的共享与保护.....	173
7.1.5 文件存储空间的管理.....	173
7.2 Linux 文件系统概述.....	174
7.2.1 Linux 文件系统的特点.....	174
7.2.2 Linux 文件系统的结构.....	175
7.3 Ext 文件系统.....	177
7.3.1 Ext 文件的结构.....	177
7.3.2 Ext 文件系统的磁盘布局.....	183
7.3.3 Ext 文件存储分配策略.....	187
7.4 虚拟文件系统.....	188

7.4.1	VFS 的对象 .....	188
7.4.2	VFS 对象的关联结构 .....	192
7.4.3	VFS 文件与进程的接口 .....	192
7.4.4	VFS 文件与缓存的接口 .....	194
7.4.5	文件系统的注册与挂装 .....	195
7.4.6	文件的操作 .....	196
	习题 .....	198

## 第 8 章 设备管理 / 199

8.1	设备管理概述 .....	199
8.1.1	设备管理的功能 .....	199
8.1.2	设备的分类 .....	200
8.1.3	设备与系统的接口 .....	200
8.1.4	I/O 系统的硬件结构 .....	203
8.1.5	I/O 系统的软件结构 .....	204
8.2	设备管理的相关技术 .....	205
8.2.1	中断技术 .....	205
8.2.2	缓冲与缓存技术 .....	207
8.2.3	DMA 技术 .....	209
8.3	I/O 控制方式 .....	210
8.3.1	程序控制 I/O 方式 .....	211
8.3.2	中断 I/O 方式 .....	211
8.3.3	DMA 方式 .....	212
8.3.4	通道方式 .....	212
8.4	设备的分配与调度 .....	213
8.4.1	设备分配的方法 .....	213
8.4.2	虚拟设备技术 .....	214
8.5	设备的驱动 .....	215
8.5.1	设备的驱动方式 .....	215
8.5.2	驱动程序与中断处理程序 .....	215
8.6	Linux 设备管理 .....	216
8.6.1	Linux 设备管理综述 .....	216
8.6.2	Linux I/O 系统的软件结构 .....	218
8.6.3	Linux 的设备管理机制 .....	219
8.6.4	字符设备的管理与驱动 .....	221
8.6.5	块设备的管理与驱动 .....	222
8.6.6	文件的块 I/O 操作 .....	225
8.6.7	Linux 的中断处理 .....	229



习题.....233

## 第 9 章 操作系统接口 /234

9.1 操作系统接口概述.....	234
9.1.1 作业与作业调度.....	234
9.1.2 操作系统的接口.....	235
9.1.3 Linux 系统的接口.....	236
9.2 Shell 命令接口.....	236
9.2.1 Shell 界面的组成.....	236
9.2.2 Shell 的功能.....	236
9.2.3 Shell 的版本.....	237
9.2.4 Shell 的工作流程.....	238
9.3 Linux 图形用户界面.....	239
9.3.1 X Window 系统概述.....	239
9.3.2 X 系统的体系结构.....	240
9.3.3 X 图形界面的组成.....	242
9.3.4 新一代图形系统.....	246
9.3.5 Linux 桌面系统简介.....	248
9.4 Linux 系统调用接口.....	252
9.4.1 系统调用接口概述.....	252
9.4.2 系统调用接口的组成.....	253
9.4.3 系统调用的分类.....	254
9.4.4 系统调用的执行过程.....	255
习题.....	257

## 第 3 部分 应用篇

## 第 10 章 Shell 程序设计 /261

10.1 Shell 语言概述.....	261
10.1.1 Shell 语言的特点.....	261
10.1.2 Shell 程序.....	261
10.1.3 Shell 程序的建立与执行.....	262
10.2 Shell 特殊字符.....	263
10.2.1 通配符.....	263
10.2.2 输入输出重定向与管道符.....	264
10.2.3 命令执行控制符.....	266
10.2.4 命令组合符.....	267

10.2.5	命令替换符.....	267
10.2.6	其他元字符.....	268
10.2.7	元字符的引用.....	268
10.3	Shell 变量.....	269
10.3.1	变量的定义与使用.....	269
10.3.2	变量的作用域.....	271
10.3.3	变量的分类.....	272
10.3.4	环境变量.....	273
10.3.5	特殊变量.....	275
10.4	Shell 表达式.....	279
10.4.1	数字运算表达式.....	279
10.4.2	逻辑测试表达式.....	281
10.5	Shell 控制结构.....	284
10.5.1	条件与条件命令.....	284
10.5.2	分支控制命令.....	284
10.5.3	循环控制命令.....	286
10.5.4	退出循环命令.....	288
10.5.5	退出命令.....	289
10.6	Shell 程序综合举例.....	290
	习题.....	293

## 第 11 章 Linux 系统管理 /295

11.1	系统管理概述.....	295
11.1.1	系统管理工作的内容.....	295
11.1.2	系统管理工具.....	295
11.1.3	root 的权威性与危险性.....	296
11.2	启动与关闭系统.....	296
11.2.1	Linux 系统的引导方式.....	296
11.2.2	Linux 系统的初始化机制.....	297
11.2.3	系统的启动与关闭操作.....	300
11.3	用户与用户组管理.....	301
11.3.1	用户与用户组.....	301
11.3.2	用户管理.....	303
11.3.3	用户组管理.....	307
11.3.4	用户权限管理.....	307
11.4	文件系统维护.....	309
11.4.1	文件系统的目录结构.....	309
11.4.2	文件存储设备及命名规则.....	311



11.4.3	建立文件系统空间.....	314
11.4.4	建立文件系统.....	316
11.4.5	挂装与拆卸文件系统.....	316
11.4.6	修复文件系统.....	319
11.5	系统备份.....	319
11.5.1	备份策略.....	320
11.5.2	备份命令.....	320
11.6	系统监控.....	323
11.6.1	监视用户的登录.....	323
11.6.2	监控进程的运行.....	324
11.6.3	监视内存的使用.....	329
11.6.4	监视文件系统的使用.....	329
11.7	软件安装.....	331
11.7.1	软件的打包与安装.....	331
11.7.2	RPM 软件包管理工具.....	332
11.7.3	DNF 软件包管理工具.....	335
	习题.....	337

## 第 12 章 网络与通信应用 /338

12.1	TCP/IP 网络相关概念.....	338
12.1.1	TCP/IP 协议概述.....	338
12.1.2	IP 地址与域名.....	339
12.1.3	协议端口.....	340
12.1.4	客户/服务器软件模型.....	341
12.2	Linux 网络应用技术.....	342
12.2.1	网络应用软件概述.....	342
12.2.2	网络探询.....	343
12.2.3	DNS 查询.....	344
12.2.4	远程执行命令.....	344
12.2.5	文件传输.....	346
12.2.6	电子邮件.....	347
	习题.....	350

## 附录 A Linux 系统的安装 /351

A.1	安装准备.....	351
A.1.1	获得安装映像.....	351
A.1.2	确定安装方式.....	352
A.2	在虚拟机中安装 Linux 系统.....	352

A.2.1	虚拟机技术简介 .....	352
A.2.2	安装虚拟机软件 .....	353
A.2.3	创建虚拟机 .....	353
A.2.4	在虚拟机中安装 Linux .....	358
A.3	在硬盘中安装 Linux 系统 .....	363
A.3.1	制作安装引导盘 .....	363
A.3.2	安装前操作 .....	364
A.3.3	安装过程 .....	365
A.3.4	设置系统引导 .....	366

## 附录 B Linux C 开发工具简介 /369

B.1	Linux C 开发环境 .....	369
B.2	make 工具介绍 .....	371
B.2.1	makefile 文件 .....	372
B.2.2	make 命令 .....	374
B.3	调试工具介绍 .....	376
B.3.1	gdb 命令 .....	376
B.3.2	gdb 的使用 .....	377

## 参考文献 /385

# 第1部分

## 基础篇



使用计算机必然会接触操作系统。现代操作系统已经发展得十分成熟和友好，使得一般用户都可以轻松地使用计算机。然而，对于要利用计算机进行专业开发和应用的来说，需要更深入地理解操作系统的原理和运行机制，这样才能更有效地利用计算机为自己的专业服务。

### 1.1 认识操作系统

#### 1.1.1 操作系统的概念

计算机系统由硬件和软件两部分组成。硬件是组成一台计算机的各个部件，包括中央处理器（CPU）、内存和设备。软件包括系统软件和应用软件。软件的静态形式是存储在存储设备中的程序、数据和文档信息；软件的动态形式是运行于 CPU 和内存中的指令流。在计算机系统中，硬件与软件相互依赖：硬件提供了执行计算的能力，软件控制和使用硬件完成特定的计算任务。

从资源的角度看，计算机系统内的所有硬件以及存储设备中的信息都被看作资源。计算机系统的用户和系统中运行的程序都是这些资源的使用者。计算机系统的资源分为 4 类，如图 1-1 所示。其中，CPU、内存和设备均为硬件资源，而文件则是信息资源。

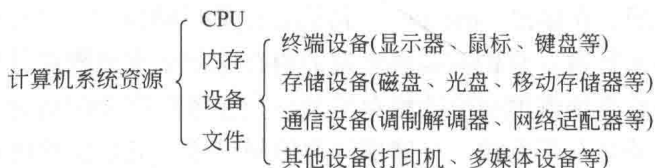


图 1-1 计算机系统的资源

计算机系统是一个十分复杂的系统，包含了数量庞大、种类繁多的资源，用户很难直接操作和管理这些资源。而对资源的调度或使用方法有任何不当都会直接影响系统效能的发挥。因此，如何有效地管理和使用系统资源是计算机系统设计的一个关键问题。解决方案是用软件来完成全部资源的管理工作，这个软件就是操作系统。

操作系统（Operating System, OS）是计算机系统中最基本的软件。它直接管理和控制计算机的资源，合理地调度资源，使之得到充分的利用，并为用户使用这些资源提供一个方便的操作环境和良好的用户界面。