



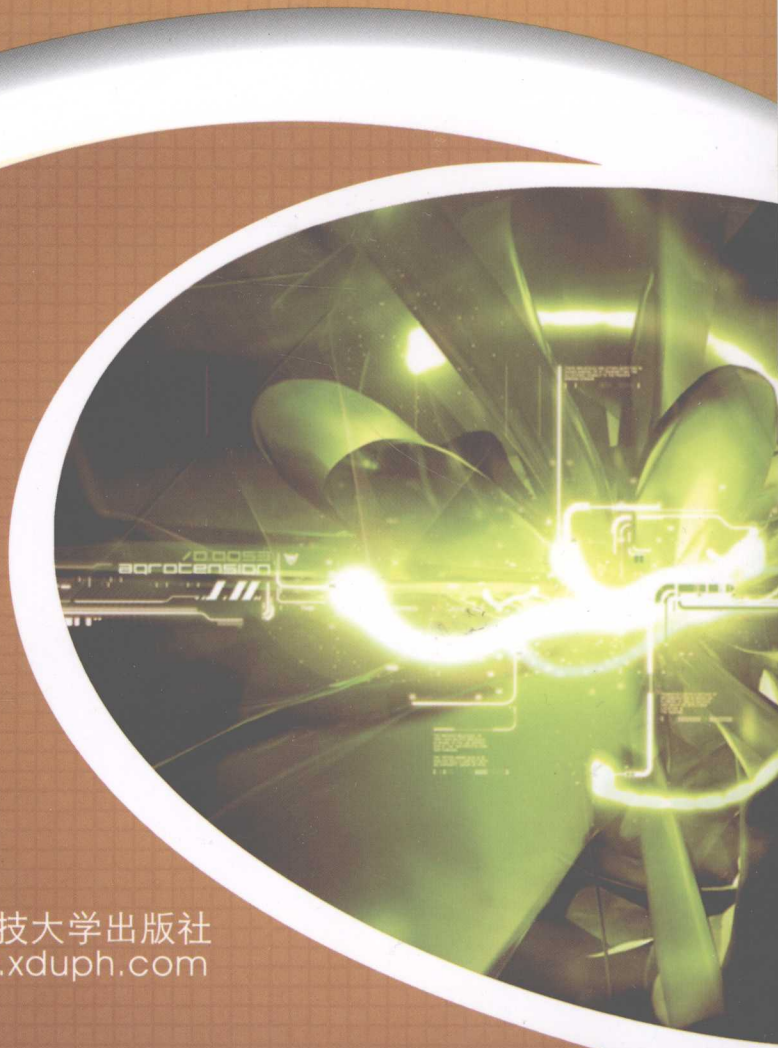
高等学校电子与通信类专业“十一五”规划教材

# Linux 操作系统 原理与应用

张玲 编著  
周旭 主审



西安电子科技大学出版社  
<http://www.xdph.com>



高等学校电子与通信类专业“十一五”规划教材

# Linux 操作系统原理与应用

张玲 编著

周旭 主审

西安电子科技大学出版社

2009

## 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。全书内容分为三个部分:第一部分为基础篇,包括 Linux 系统概述、Linux 系统的操作基础以及 vi 文本编辑器的使用;第二部分为原理篇,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;第三部分为应用篇,包括 Shell 程序设计和 Linux 系统管理和网络与通信应用。

本书文字通俗易懂、举例充分、内容循序渐进,书中配有难度适中、实用性强的示例和习题,以帮助读者加深对操作系统原理的理解,同时掌握 Linux 系统的应用技术和基本开发技能。本书适合作为高等院校信息类和计算机应用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。

★本书配有电子教案,需要者可登录出版社网站,免费下载。

## 图书在版编目(CIP)数据

Linux 操作系统原理与应用 / 张玲编著. —西安:西安电子科技大学出版社, 2009. 4

高等学校电子与通信类专业“十一五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 5606 - 2227 - 9

I. L… II. 张… III. Linux 操作系统—高等学校—教材 IV. TP 316.89

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 038008 号

策 划 曹 昶

责任编辑 曹 昶

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2009 年 4 月第 1 版 2009 年 4 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 20.125

字 数 471 千字

印 数 1~4000 册

定 价 28.00 元

ISBN 978 - 7 - 5606 - 2227 - 9/TP · 1135

**XDUP 2519001-1**

\*\*\* 如有印装问题可调换 \*\*\*

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

**西安电子科技大学出版社**  
**高等学校电子与通信类专业“十一五”规划教材**  
**编审专家委员会名单**

**主任:** 杨震 (南京邮电大学校长、教授)

**副主任:** 张德民 (重庆邮电大学通信与信息工程学院副院长、教授)

秦会斌 (杭州电子科技大学电子信息学院院长、教授)

**通信工程组**

**组长:** 张德民 (兼)

**成员:** (成员按姓氏笔画排列)

王晖 (深圳大学信息工程学院副院长、教授)

巨永锋 (长安大学信息工程学院副院长、教授)

成际镇 (南京邮电大学通信与信息工程学院副院长、副教授)

刘顺兰 (杭州电子科技大学通信工程学院副院长、教授)

李白萍 (西安科技大学通信与信息工程学院副院长、教授)

张邦宁 (解放军理工大学通信工程学院卫星系系主任、教授)

张瑞林 (浙江理工大学信息电子学院院长、教授)

张常年 (北方工业大学信息工程学院院长、教授)

范九伦 (西安邮电学院信息与控制系系主任、教授)

姜兴 (桂林电子科技大学信息与通信学院副院长、教授)

姚远程 (西南科技大学信息工程学院副院长、教授)

康健 (吉林大学通信工程学院副院长、教授)

葛利嘉 (中国人民解放军重庆通信学院军事信息工程系系主任、教授)

**电子信息工程组**

**组长:** 秦会斌 (兼)

**成员:** (成员按姓氏笔画排列)

王荣 (解放军理工大学通信工程学院电信工程系系主任、教授)

朱宁一 (解放军理工大学理学院基础电子学系系主任、工程师)

李国民 (西安科技大学通信与信息工程学院院长、教授)

李邓化 (北京信息工程学院信息与通信工程系系主任、教授)

吴谨 (武汉科技大学信息科学与工程学院电子系系主任、教授)

杨马英 (浙江工业大学信息工程学院副院长、教授)

杨瑞霞 (河北工业大学信息工程学院院长、教授)

张雪英 (太原理工大学信息工程学院副院长、教授)

张彤 (吉林大学电子科学与工程学院副院长、教授)

张焕君 (沈阳理工大学信息科学与工程学院副院长、副教授)

陈鹤鸣 (南京邮电大学光电学院院长、教授)

周杰 (南京信息工程大学电子与信息工程学院副院长、教授)

欧阳征标 (深圳大学电子科学与技术学院副院长、教授)

雷加 (桂林电子科技大学电子工程学院副院长、教授)

**项目策划:** 毛红兵

**策 划:** 曹 昶 寇向宏 杨 英 郭 景

# 前 言

Linux 是一个优秀的操作系统，它支持多用户、多进程，具有强大的功能、出色的性能以及良好的兼容性和可移植性，应用前景十分广阔。

Linux 的优秀品质来源于 Unix 系统。不同的是，它是一个源代码开放的操作系统，并且可以在简单且硬件成本低廉的环境下运行。因此，Linux 正越来越多地取代 Unix 而成为操作系统的分析实例，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。

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 的应用实践紧密结合在一起，在阐明基本概念和原理的前提下，重点介绍应用技术。本书注重内容的先进性和实用性，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 的最新技术特色。

本书分为三个部分，包括基础篇、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 1~3 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，因为它是从事实验、开发和系统管理的基本工具。

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 4~8 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 的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 9~11 章。第 9 章介绍 Shell 程序设计技术；第 10 章介绍系统管理技术；第 11 章介绍 TCP/IP 网络基础知识和 Linux 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，更加有效和自如地使用 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，避免使用晦涩或偏僻的用法。所有示例程序均调试无误。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（如 VMware）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。使用虚拟机安装 Linux 的另一个好处是可以在一台机器上演示网络应用的示例。



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。本书内容适合安排 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。

感谢参考资料的作者、编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。感谢主审与编辑为此书付出的辛勤劳动，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。

编者

2009 年 1 月

# 目 录

## 第一部分 基础篇

<b>第 1 章 操作系统概述</b> ..... 2	2.3.1 Linux 系统的文件..... 23
1.1 认识操作系统..... 2	2.3.2 Linux 系统的目录..... 28
1.1.1 操作系统的概念..... 2	2.3.3 常用的目录操作命令..... 29
1.1.2 操作系统的功能..... 3	2.3.4 常用的文件操作命令..... 33
1.2 操作系统的发展..... 4	2.4 输入/输出重定向..... 50
1.2.1 操作系统的发展..... 4	2.4.1 命令的输入与输出..... 50
1.2.2 操作系统的分类..... 6	2.4.2 输入重定向..... 51
1.3 Linux 操作系统概述..... 9	2.4.3 输出重定向..... 52
1.3.1 Linux 操作系统的发展背景与历史..... 9	2.4.4 管道..... 55
1.3.2 Linux 操作系统的特点..... 11	习题..... 57
1.3.3 Linux 操作系统的组成..... 12	<b>第 3 章 vi 文本编辑器</b> ..... 59
1.3.4 Linux 操作系统的版本..... 12	3.1 vi 文本编辑器概述..... 59
1.3.5 Linux 操作系统的应用与发展..... 14	3.1.1 vi 文本编辑器介绍..... 59
习题..... 14	3.1.2 vi 的工作模式..... 60
<b>第 2 章 Linux 操作基础</b> ..... 15	3.1.3 vi 的启动与退出..... 60
2.1 Linux 基本操作..... 15	3.2 vi 基本命令..... 61
2.1.1 登录..... 15	3.2.1 屏幕翻滚..... 62
2.1.2 修改口令..... 16	3.2.2 光标定位与移动..... 63
2.1.3 退出..... 17	3.2.3 文本输入与删除..... 63
2.1.4 系统的关闭与重启..... 17	3.2.4 文本修改与替换..... 65
2.2 Linux 命令..... 17	3.2.5 文本拷贝与粘贴..... 67
2.2.1 命令的格式..... 18	3.2.6 撤销与重做..... 68
2.2.2 命令的输入与修改..... 18	3.3 vi 常用末行命令..... 69
2.2.3 命令的执行..... 18	3.3.1 搜索与替换命令..... 69
2.2.4 命令的分类..... 19	3.3.2 文件操作与退出命令..... 70
2.2.5 简单命令..... 19	3.3.3 其他常用命令..... 71
2.2.6 联机帮助..... 22	习题..... 72
2.3 Linux 文件操作..... 22	

## 第二部分 原 理 篇

<b>第 4 章 进程管理</b> .....	74	5.1.2 地址变换.....	109
4.1 进程.....	74	5.1.3 内存的保护.....	112
4.1.1 程序的顺序执行与并发执行.....	74	5.1.4 内存的扩充.....	112
4.1.2 进程的概念.....	76	5.2 存储管理方案.....	113
4.1.3 进程控制块.....	78	5.2.1 单一连续存储管理.....	113
4.1.4 进程的组织.....	78	5.2.2 分区存储管理.....	114
4.1.5 Linux 系统中的进程.....	79	5.2.3 页式存储管理.....	116
4.2 进程的运行模式.....	83	5.2.4 段式存储管理.....	118
4.2.1 操作系统内核.....	83	5.2.5 段页式存储管理.....	120
4.2.2 中断与系统调用.....	84	5.3 虚拟存储管理.....	121
4.2.3 进程的运行模式.....	85	5.3.1 虚拟存储技术.....	121
4.3 进程控制.....	86	5.3.2 页式虚拟存储器原理.....	121
4.3.1 进程控制的功能.....	86	5.4 Linux 的存储管理.....	124
4.3.2 Linux 系统的进程控制.....	87	5.4.1 Linux 的内存管理概述.....	124
4.3.3 Shell 命令的执行过程.....	92	5.4.2 Linux 存储空间的描述.....	125
4.4 进程调度.....	93	5.4.3 Linux 多级分页机制.....	127
4.4.1 进程调度的基本原理.....	94	5.4.4 空闲内存的管理.....	128
4.4.2 Linux 系统的进程调度.....	94	5.4.5 内存的分配与回收.....	129
4.5 进程的互斥与同步.....	97	5.4.6 页面的交换.....	130
4.5.1 进程的互斥与同步.....	97	习题.....	131
4.5.2 信号量与 P、V 操作.....	98	<b>第 6 章 文件管理</b> .....	132
4.5.3 Linux 的信号量机制.....	100	6.1 文件管理概述.....	132
4.5.4 死锁问题.....	101	6.1.1 文件与文件系统.....	132
4.6 进程通信.....	102	6.1.2 文件的逻辑结构与存取方式.....	134
4.6.1 进程通信的方式.....	102	6.1.3 文件的物理结构与存储方式.....	135
4.6.2 Linux 信号通信原理.....	104	6.1.4 文件的共享与保护.....	139
4.6.3 Linux 管道通信原理.....	105	6.1.5 文件存储空间的管理.....	140
4.7 线程.....	106	6.2 Linux 文件系统.....	141
4.7.1 线程的概念.....	106	6.2.1 Linux 文件系统的特点.....	141
4.7.2 线程和进程的区别.....	106	6.2.2 Linux 文件系统的结构.....	141
4.7.3 内核级线程与用户级线程.....	107	6.3 Ext2 文件系统.....	143
4.7.4 Linux 中的线程.....	107	6.3.1 Ext2 文件的结构.....	143
习题.....	107	6.3.2 Ext2 文件系统的格式.....	147
<b>第 5 章 存储管理</b> .....	109	6.3.3 Ext2 文件存储分配策略.....	148
5.1 存储管理概述.....	109	6.4 虚拟文件系统.....	148
5.1.1 内存的分配与回收.....	109	6.4.1 VFS 的文件对象.....	149



6.4.2	VFS 缓存	151	7.6.2	Linux 系统的 I/O 软件结构	170
6.4.3	VFS 与进程的接口	151	7.6.3	Linux 的设备文件	171
6.4.4	文件系统的注册、挂装与卸载	152	7.6.4	Linux 设备驱动程序	172
6.4.5	文件系统的操作	152	7.6.5	字符与块设备的驱动技术	173
	习题	153	7.6.6	Linux 的中断处理	175
<b>第 7 章</b>	<b>设备管理</b>	<b>154</b>	习题		177
7.1	设备管理概述	154	<b>第 8 章</b>	<b>操作系统接口</b>	<b>178</b>
7.1.1	设备的分类	154	8.1	操作系统接口概述	178
7.1.2	设备管理的功能	155	8.1.1	作业与作业调度	178
7.1.3	设备与系统的接口	155	8.1.2	操作系统的接口	179
7.1.4	I/O 系统的硬件结构	158	8.1.3	Linux 系统的接口	180
7.1.5	I/O 系统的软件结构	159	8.2	Shell 命令接口	180
7.2	设备管理的相关技术	160	8.2.1	Shell 界面的组成	180
7.2.1	中断技术	160	8.2.2	Shell 的功能	180
7.2.2	缓冲与缓存技术	162	8.2.3	Shell 的版本	181
7.2.3	DMA 技术	163	8.2.4	Shell 的工作流程与原理	182
7.3	I/O 控制方式	165	8.3	X 图形窗口接口	184
7.3.1	程序 I/O 方式	165	8.3.1	X Window 系统概述	184
7.3.2	中断 I/O 方式	165	8.3.2	X 系统的体系结构与工作原理	184
7.3.3	DMA 方式	166	8.3.3	X 图形界面的组成	186
7.3.4	通道方式	166	8.3.4	X 系统的启动与停止	191
7.4	设备的分配	167	8.3.5	Linux 桌面系统简介	194
7.4.1	设备分配策略	167	8.4	系统调用接口	196
7.4.2	虚拟设备技术	168	8.4.1	系统调用接口概述	196
7.5	设备的驱动	169	8.4.2	Linux 系统调用接口的组成	196
7.5.1	设备驱动程序	169	8.4.3	Linux 系统调用	198
7.5.2	设备中断处理程序	169	8.4.4	Linux 系统调用的执行过程	199
7.6	Linux 设备管理	170	习题		200
7.6.1	Linux 设备管理的特点	170			

### 第三部分 应用篇

<b>第 9 章</b>	<b>Shell 程序设计</b>	<b>202</b>	9.2	Shell 特殊字符	204
9.1	Shell 语言概述	202	9.2.1	通配符	204
9.1.1	Shell 语言的特点	202	9.2.2	输入/输出重定向与管道符	204
9.1.2	Shell 程序	202	9.2.3	命令执行控制符	206
9.1.3	Shell 程序的建立与执行	203	9.2.4	命令组合符	207

9.2.5	命令替换符 .....	208	10.4.3	划分磁盘分区 .....	247
9.2.6	其他元字符 .....	208	10.4.4	建立文件系统 .....	248
9.2.7	元字符的引用 .....	209	10.4.5	挂装文件系统 .....	249
9.3	Shell 变量 .....	209	10.4.6	拆卸文件系统 .....	251
9.3.1	变量的定义与使用 .....	209	10.4.7	修复文件系统 .....	251
9.3.2	变量的作用域 .....	211	10.5	系统备份 .....	251
9.3.3	变量的分类 .....	213	10.5.1	备份策略 .....	251
9.3.4	环境变量 .....	214	10.5.2	备份命令 .....	252
9.3.5	特殊变量 .....	216	10.6	系统监控 .....	255
9.4	Shell 表达式 .....	220	10.6.1	监视用户的登录 .....	255
9.4.1	数字运算表达式 .....	220	10.6.2	监控进程的运行 .....	256
9.4.2	逻辑测试表达式 .....	222	10.6.3	监视内存的使用 .....	260
9.5	Shell 控制结构 .....	224	10.6.4	监视文件系统的使用 .....	261
9.5.1	条件与条件命令 .....	225	10.7	软件安装 .....	262
9.5.2	分支控制命令 .....	225	10.7.1	软件的打包与安装 .....	262
9.5.3	循环控制命令 .....	227	10.7.2	RPM 软件包管理工具 .....	263
9.5.4	退出循环命令 .....	229	10.7.3	安装与升级 RPM 包 .....	263
9.5.5	退出命令 .....	230	10.7.4	查询 RPM 包 .....	264
9.6	Shell 程序综合举例 .....	230	10.7.5	校验 RPM 包 .....	265
	习题 .....	234	10.7.6	卸载 RPM 包 .....	265
<b>第 10 章</b>	<b>Linux 系统管理</b> .....	<b>236</b>		习题 .....	<b>266</b>
10.1	系统管理概述 .....	236	<b>第 11 章</b>	<b>网络与通信应用</b> .....	<b>267</b>
10.1.1	系统管理工作的内容 .....	236	11.1	TCP/IP 网络相关概念 .....	267
10.1.2	系统管理工具 .....	236	11.1.1	TCP/IP 协议概述 .....	267
10.1.3	root 的权威性与危险性 .....	237	11.1.2	IP 地址与域名 .....	268
10.2	启动与关闭系统 .....	237	11.1.3	协议端口 .....	269
10.2.1	系统的运行级别 .....	237	11.1.4	客户/服务器软件模型 .....	270
10.2.2	系统的启动 .....	238	11.2	Linux 网络应用技术 .....	270
10.2.3	系统的关闭与重启 .....	238	11.2.1	网络测试 .....	271
10.3	用户管理 .....	239	11.2.2	网络查询 .....	273
10.3.1	用户管理概述 .....	239	11.2.3	远程执行命令 .....	274
10.3.2	用户管理的相关文件 .....	240	11.2.4	文件传输 .....	276
10.3.3	用户管理 .....	242	11.2.5	即时通信 .....	277
10.3.4	用户组管理 .....	245	11.3	电子邮件 .....	278
10.4	文件系统维护 .....	245	11.3.1	电子邮件的结构 .....	278
10.4.1	文件系统的目录结构 .....	245	11.3.2	电子邮件系统的工作原理 .....	279
10.4.2	存储设备命名规则 .....	247	11.3.3	在 Linux 中使用邮件 .....	281

习题 .....	283	A.3.4 在虚拟机中运行 Linux .....	292
<b>附录 A Linux 系统的安装</b> .....	<b>284</b>	A.3.5 配置虚拟机网络 .....	293
A.1 安装准备 .....	284	A.3.6 安装虚拟机工具 .....	295
A.1.1 获得安装介质 .....	284	<b>附录 B Linux C 开发工具简介</b> .....	<b>297</b>
A.1.2 了解硬件需求 .....	284	B.1 Linux C 开发工具 .....	297
A.1.3 确定安装方式 .....	284	B.2 GCC 简介 .....	299
A.2 在硬盘分区中安装 Linux 系统 .....	285	B.2.1 gcc 编译过程 .....	299
A.2.1 启动安装程序 .....	285	B.2.2 gcc 命令 .....	300
A.2.2 安装过程 .....	285	B.2.3 gcc 应用举例 .....	302
A.3 在虚拟机中安装 Linux 系统 .....	289	B.3 Make 简介 .....	305
A.3.1 安装虚拟机软件 .....	289	B.3.1 makefile 文件 .....	305
A.3.2 创建虚拟机 .....	290	B.3.2 make 命令 .....	308
A.3.3 在虚拟机中安装 Linux .....	292	<b>参考文献</b> .....	<b>310</b>

# 基础知识 第 1 章

计算机系统由硬件和软件两部分组成。硬件是指计算机系统中那些看得见、摸得着的物理设备，如中央处理器(CPU)、内存、总线、总线接口、总线驱动器等。软件是指计算机系统中那些看不见、摸不着的、用计算机语言编写的程序和数据。计算机系统的主要功能是接收和处理数据，并将处理结果输出给用户。计算机系统的发展经历了从第一代电子管计算机到第四代大规模集成电路计算机的四个阶段。随着计算机技术的不断发展，计算机系统的应用也越来越广泛，从最初的科学计算到现在的网络通信、多媒体处理、人工智能等各个领域。

## 第一部分

### 基础知识 第 1 章

#### 1.1.1 计算机系统组成

### 基础篇

计算机系统由硬件和软件两部分组成。硬件是指计算机系统中那些看得见、摸得着的物理设备，如中央处理器(CPU)、内存、总线、总线接口、总线驱动器等。软件是指计算机系统中那些看不见、摸不着的、用计算机语言编写的程序和数据。计算机系统的主要功能是接收和处理数据，并将处理结果输出给用户。计算机系统的发展经历了从第一代电子管计算机到第四代大规模集成电路计算机的四个阶段。随着计算机技术的不断发展，计算机系统的应用也越来越广泛，从最初的科学计算到现在的网络通信、多媒体处理、人工智能等各个领域。



图 1-1 计算机系统的组成

计算机系统由硬件和软件两部分组成。硬件是指计算机系统中那些看得见、摸得着的物理设备，如中央处理器(CPU)、内存、总线、总线接口、总线驱动器等。软件是指计算机系统中那些看不见、摸不着的、用计算机语言编写的程序和数据。计算机系统的主要功能是接收和处理数据，并将处理结果输出给用户。计算机系统的发展经历了从第一代电子管计算机到第四代大规模集成电路计算机的四个阶段。随着计算机技术的不断发展，计算机系统的应用也越来越广泛，从最初的科学计算到现在的网络通信、多媒体处理、人工智能等各个领域。

# 第1章 操作系统概述

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，一般用户都可以很轻松地使用计算机。然而，对于要利用计算机进行专业开发和应用的来说，需要更加深入地理解操作系统的原理和运行机制，这样才能更加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)、内存和输入/输出设备(I/O 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，其动态形式是运行于 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做资源，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四类，如图 1-1 所示。其中，CPU、内存和 I/O 设备均为硬件资源，而文件则是信息资源。

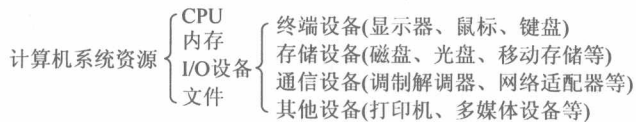


图 1-1 计算机系统的资源

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。目前的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。

从资源角度看，操作系统是管理和控制计算机资源的软件。一台没有安装操作系统的



计算机称为裸机，裸机上的资源是无法被利用的。

从用户角度看，操作系统是用户与计算机之间的接口。操作系统屏蔽了硬件的细节，扩展了硬件的能力，为用户构造出一台更便于使用的抽象的计算机。

从系统结构上看，操作系统是在硬件之上的第一层软件，操作系统包裹了整个硬件，用户和其他软件只有通过操作系统才可以使用硬件资源，以及存储在硬件中的信息资源。在操作系统之上运行的是系统软件和应用软件。系统软件是指那些为发挥硬件和系统的功能，使其方便使用而配备的软件，如编译系统、数据库管理系统、各种通信软件等。应用软件是为解决某应用问题而设计的软件，如文字处理、财会、科学计算、多媒体、计算机辅助制造软件等。

可以看出，操作系统在计算机系统中起着支撑应用程序运行以及用户操作环境的作用，它是计算机系统的核心与基石，而所有其他软件都要倚赖操作系统才能运行。图 1-2 示意了操作系统在计算机系统中的重要地位。

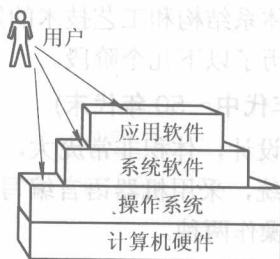


图 1-2 操作系统在计算机系统中的地位

### 1.1.2 操作系统的功能

操作系统作为计算机系统的资源管理器，它的功能是管理和控制系统资源。操作系统作为系统与用户之间的接口，它要为用户提供一个良好的使用环境。这些功能可以归纳为以下 5 项：

(1) 处理机管理。处理机(CPU)是计算机硬件的核心。在多任务的系统中，同时有多个程序在系统中运行，它们都要占用 CPU 进行计算。处理机管理的功能是在多道程序之间分配和调度 CPU，协调各程序的运行，并最大限度地发挥 CPU 的功效。

(2) 内存管理。内存是计算机中比较宝贵的资源。当多个程序运行时，它们都需要一定的内存空间来存放程序代码。内存管理的功能是合理地管理有限的内存空间，为多道程序分配内存，并对各程序的内存区域进行保护，防止互相干扰。内存管理的另一项功能是实现内存的扩充。

(3) 设备管理。计算机中除 CPU 和内存之外的所有硬件部件都称为 I/O 设备。设备管理的功能是有效地管理各种设备，合理地将设备分配给要求使用的程序，并控制设备完成指定的输入/输出操作。设备管理的目标一方面是要充分发挥各个设备的效能，提高设备的利用率；另一方面是要隐蔽设备操作的具体细节，方便用户使用设备。

(4) 文件管理。在现代计算机系统中，程序和数据都是以文件的形式存储在存储设备(磁盘、磁带等)中的。文件管理的任务是有效地组织、管理和存储文件，方便用户检索和使用

文件,并对文件实施共享、保密和保护措施。

(5) 用户接口。用户接口的功能是向用户提供一个使用系统的良好环境,使用户能方便有效地利用系统完成自己的工作。为适应各种需要,操作系统通常提供 3 类用户接口,即命令接口、图形接口和程序接口。前两者是供用户在终端上使用的操作界面,后者是供程序员在编制程序时使用的系统调用界面。

## 1.2 操作系统的发展与现状

### 1.2.1 操作系统的发展

操作系统经历了从无到有、由弱到强的发展过程。了解操作系统发展史可以帮助我们发现操作系统发展背后的原因、动机和技术的来龙去脉,从而加深对操作系统本质的认识。

操作系统的发展与计算机硬件体系结构和工艺技术的发展分不开。按照计算机硬件的 4 个时期的划分,操作系统的发展经历了以下几个阶段。

#### 1. 第一代计算机(20 世纪 40 年代中~50 年代末)

第一代计算机采用电子管器件设计,体积非常庞大,运行速度也很慢,主要用于数值计算。这个时期的机器没有操作系统,采用机器语言编写程序,完全靠手工方式来操作机器,方式有手工操作和手工批处理操作两种。

##### 1) 手工操作

最初运行程序的方式是通过插板和连接线来编程,运行时将连线板插入机器中,再在控制台上用扳键设置参数,然后按下启动按钮启动机器运行直到程序停止。程序运行中,用户通过控制板的开关和状态灯来调试程序。后来出现了读卡机和纸带机,取代了连线板。用户将机器语言的程序和数据打在卡片或纸带上,再用读卡机或纸带机将程序读入机器。

由于用户在进行手工操作期间计算机处于空闲等待状态,因此系统的效率极低。另外,手工操作的难度很大,只有专家级用户才能胜任。

##### 2) 手工批处理操作

20 世纪 50 年代初期,汇编语言和磁带机诞生,计算机操作进入手工批处理阶段。用户可以事先将一批程序录在磁带上,然后启动机器顺序地读入和执行各个程序。磁带机的传输速度快,缩短了程序加载的时间,而批处理方式又缩短了手工装卸程序的时间,这使系统效率有所提高。

#### 2. 第二代计算机(20 世纪 50 年代末~60 年代中)

20 世纪 50 年代末,计算机进入了晶体管时代,计算机的运行速度和可靠性都有了明显的提高,大型机诞生,并开始进入实际应用领域,如少数大型公司、政府部门和大学等。这个时期的计算机主要用于科学和工程计算,大多用 FORTRAN 语言和汇编语言编程。由于机器价格昂贵,减少处理机的空闲等待时间成为这个时期主要的研究目标。解决方案就是批处理系统和执行程序系统。

##### 1) 批处理系统

批处理的含义就是把用户提交的作业(作业是指要计算机完成的一项计算任务,包括程

序、数据和控制命令)编成序列,成批地录在磁带上,由常驻内存的“监督程序”控制一批作业依次运行。这个“监督程序”就是操作系统的雏形,它标志着操作系统的诞生。

批处理系统实现了作业间的自动转接,缩短了作业交替时主机的等待时间。但当作业进行 I/O 操作时,仍会造成主机大量的空闲等待时间,因而系统效率还是很低。

### 2) 执行程序系统

20 世纪 60 年代初期,硬件技术取得突破性进展,通道和中断技术出现。通道是一种专门用作控制外部设备传输数据的硬件,中断机制允许主机在运行时被代表某种事件的信号打断。利用通道技术和中断技术,主机可以将数据传输工作交给通道,在通道控制设备传输数据的同时,主机继续执行运算,传输完毕后,通道用中断方式向主机报告,主机响应中断后执行中断处理程序处理传输结果,然后再继续运行原来的程序。这在很大程度上实现了处理机与外设的并行操作,系统效率因而大大提高。此时的 I/O 控制与中断处理程序统称为“执行程序”。“执行程序”就是早期的操作系统。

## 3. 第三代计算机(20 世纪 60 年代中~70 年代初)

计算机进入集成电路时代后,系统体积明显减小,系统性能进一步提高,价格逐渐降低。此时,大型机开始进入商业领域,小型机也逐渐崛起,高级语言诞生。这一时期也是操作系统的兴盛期,涌现出大量操作系统,包括多道批处理系统、分时系统和实时系统等。这些奠定了现代操作系统的基本框架。

### 1) 多道批处理系统

由于大型机造价很高,机时十分昂贵,因此充分利用系统资源,缩短作业周转时间,提高系统吞吐量就成为操作系统的一个重要设计目标。

早期的批处理系统是单道的,即每次只调入一个用户作业运行,因此系统资源的利用率很低。而多道批处理系统同时可容纳多个作业运行,通过合理搭配作业,使 CPU 与 I/O 设备资源都得到充分的利用,从而极大地提高了系统效率。

### 2) 分时系统

随着计算机应用逐渐普及,越来越多的普通用户开始使用计算机来完成日常的工作。为了满足用户与系统交互的需要,同时又尽可能地充分利用尚且昂贵的系统资源,分时系统应运而生。分时系统允许多个用户共享一台计算机的资源,即在一台计算机上连接几台甚至几十台终端机(键盘与显示器),每个用户都通过各自的终端机直接与计算机交互,使用这台计算机的资源,直接与计算机交互。分时系统调度 CPU 按固定的时间片轮流为各个终端服务。由于计算机的处理速度很快,用户感觉不到分时引起的运行停顿,似乎这台计算机是自己专用的。

### 3) 实时系统

随着计算机性能和可靠性的不断提高,价格的不断降低,计算机开始进入自动控制等领域。这就要求计算机具备实时处理的能力。实时是指对于特定的输入事件,系统能够在限定的时间内作出响应并完成对该事件的处理。实时系统就是具有实时响应能力的系统,主要用于过程控制及实时信息处理。

## 4. 第四代计算机(20 世纪 70 年代初至今)

20 世纪 70 年代初,计算机进入大规模集成电路时代,计算机性能迅速提高,价格不断

下降。尤其是 20 世纪 80 年代以来, 超大规模集成电路使得计算机的体积大幅缩小, 价格大幅度下降, 而性能和可靠性不断增强。这些因素导致个人计算机飞速发展和普及, 同时计算机网络也兴起和迅速扩大。伴随这些发展, 操作系统也相应地向着个人计算、网络与分布式计算方向发展。操作系统的理论日益完善, 性能更加稳定, 操作更加方便。

### 1) 个人操作系统

随着计算机的普及, 个人计算机(PC 机)已进入到人们的日常工作和生活中。个人操作系统就是专为 PC 机设计的单用户操作系统, 主要供个人用户完成日常工作、文件编辑和娱乐使用。早期的 PC 操作系统以 DOS 为代表, 特点是单用户单任务和字符命令界面。20 世纪 80 年代末到 90 年代初, 显示技术的发展使显示设备的成本不断降低, PC 操作系统开始提供图形用户界面。而后随着 PC 机的更新换代和硬件性能的大幅提升, PC 操作系统又引入了多任务机制, 大大提升了系统的使用效率。目前, 以 Windows 系统为代表的 PC 操作系统已发展成为成熟的多任务图形窗口操作系统。

### 2) 网络操作系统

从 20 世纪 80 年代中期开始, 计算机网络飞速发展, 计算机不再是孤立地存在, 而是通过网络相互连接, 交流和共享信息资源。网络操作系统是在传统操作系统之上增加了对网络设备和网络协议的支持, 实现计算机之间的通信和资源共享。网络操作系统还提供了网络管理、安全控制等各种网络应用功能。

在网络发展的早期, 网络规模较小, 网络操作系统的应用局限在局域网范围, 使用的协议也不尽兼容。20 世纪 90 年代初, 随着广域网和全球互联网时代的到来, 网络操作系统逐步走向统一和开放。目前用于网络服务器的操作系统主要有 Unix 和 Windows 两大类, 它们都采用标准的 TCP/IP 通信协议和标准的网络服务协议, 从而消除了系统间的通信障碍, 实现了全网络的信息交流与资源共享。

纵观操作系统的发展历史, 可以看到主导其发展的两条主要线索, 即硬件和应用。早期操作系统的发展紧密依赖于硬件, 动力在于提高昂贵的硬件资源的利用率。而随着硬件价格的下降, 操作系统更加注重系统的易用性, 致力于构造方便、安全和可靠的应用环境。值得注意的是, 近年来操作系统的发展已逐渐走出依附于硬件发展的局面, 形成自身的一套理论体系, 并带动整个软件产业走向成熟。

## 1.2.2 操作系统的分类

目前, 操作系统的分类主要有以下几种方式。

### 1. 按处理方式分

#### 1) 多道批处理操作系统

多道批处理系统(Batch Processing OS)主要用于大型机系统。多道是指在内存中存在多个作业, 同时处于运行状态, 共享系统资源。当一个作业等待 I/O 操作时, CPU 不是空闲等待, 而是转去执行其他作业。批处理是指在系统外存中存在大量的后备作业, 可随时调入内存。作业的执行完全由作业控制语言控制, 系统不与用户交互。所以, 有时也称批处理系统为脱机系统。

多道批处理系统的设计目标是充分利用系统资源, 缩短作业周转时间, 提高系统吞吐量。其代表是 IBM 大型机操作系统 VM、MVS 和 OS/390。