

卓越工程师培养计划系列教材

# 操作系统原理与 Linux实践教程

| 申丰山 王黎明 编著



中国工信出版集团



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY  
<http://www.phei.com.cn>

卓越工程师培养计划系列教材

# 操作系统原理与 Linux 实践教程

申丰山 王黎明 编著



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

操作系统课程是计算机、软件及相关专业的核心课程和必修课程，是计算机文化基础知识的重要组成部分。本书理论与实践并重，全面、系统地阐述了操作系统的重要概念和原理，深入、细致地剖析了操作系统的组成结构和运行机制，给出了相关概念、原理在 Linux 操作系统中的实现方法，提供了大量鲜活的应用实例，详细说明了 Linux 实验环境搭建方法，给出了完整可用的 Linux C 源程序及编译和运行方法，方便读者无障碍实验学习和再创造，为培养具有扎实的专业理论知识和较强实践能力的高级工程技术人才提供可理解、可实践的内容和素材。全书共分 8 章，内容包括：操作系统概论、处理器管理、并发进程的同步、互斥与死锁、存储管理、设备管理、文件管理、操作系统安全、多处理机与多计算机操作系统，涵盖操作系统经典、核心内容及扩展内容。本书配有 PPT、相关源代码、习题解答等。

本书结构完整，逻辑清晰，言简意赅，理论和实践相呼应，理解和应用交替穿插，有效克服学习的单调性，有助于活跃学生思维，激发学生学习兴趣。

本书可作为计算机及软件类本科专业课程教材或参考书，也可作为对工程实践能力有着更高要求的面向卓越工程师培养的同样专业的课程教材或参考书，也可供计算机及软件行业工程技术人员阅读和参考。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。  
版权所有，侵权必究。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

操作系统原理与 Linux 实践教程 / 申丰山, 王黎明编著. —北京: 电子工业出版社, 2016.1  
ISBN 978-7-121-28010-8

I. ①操… II. ①申… ②王… III. ①操作系统—高等学校—教材 ②Linux 操作系统—高等学校—教材 IV. ①TP316

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 321359 号

策划编辑: 任欢欢

责任编辑: 郝黎明

印 刷: 三河市鑫金马印装有限公司

装 订: 三河市鑫金马印装有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编: 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 15.75 字数: 403.2 千字

版 次: 2016 年 1 月第 1 版

印 次: 2016 年 1 月第 1 次印刷

定 价: 38.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zlt@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010)88258888。

# 前 言

操作系统是计算机系统的重要组成部分，是保证计算机功能正常、完整、可用的最基本的软件系统。操作系统几乎是每个计算机用户驾驭计算机的唯一系统工具。因此，每个用户理所当然地需要熟悉操作系统。然而，操作系统又是一种异常复杂的软件系统，不仅代码规模庞大，而且组成结构和运行机制复杂，学习、理解操作系统内部奥秘极富挑战性。操作系统直接建立在硬件基础上，对硬件进行管理，向用户屏蔽复杂的硬件细节。计算机系统中的硬件品种众多，工作流程复杂。操作系统需要处理大量的并发任务及并行操作，良好协调这些任务及操作间的同步关系，防止错误的发生。总之，操作系统是计算机系统工作的指挥者、协调者、监控者。理解操作系统乃至进行新的设计及实现均离不开对操作系统概念和理论的熟悉和掌握，这些概念和理论是操作系统领域的共同语言。操作系统课程内容又是程序设计、软件工程等需要以操作系统作为工作支持环境及涉及操作系统内核要素的课程的基础。作为一种复杂的大规模的软件系统，操作系统的成功研制也是软件工程思想和方法应用的典范，并且为软件工程提供普遍的、可借鉴的、实用的实践方案和模板。例如，操作系统所包含的方便软件维护的模块化、层次化、分布式软件体系结构思想、复杂系统分治策略及各种资源管理中的数据结构在许多应用软件构造中有着类似的应用。因此，操作系统是一门重要的软件理论和方法基础课程。

全书共分 8 章，分别讲述了操作系统基本概念、理论体系、处理器管理、并发进程的同步、互斥与死锁、存储管理、设备管理、文件管理、操作系统安全机制、多处理机与多计算机操作系统，涵盖操作系统经典、核心内容及扩展内容。

第 1 章，介绍操作系统的定义、地位、功能、特性、发展、分类及结构。重难点内容是 1.1.3 操作系统的资源管理技术；1.3 操作系统的主要特性；1.5.1 程序接口；1.6 操作系统的结构设计的理解与区分。

第 2 章，讲述进程管理的硬件基础、进程的定义、进程的结构、状态、进程控制、处理器调度以及线程概念和线程实现。重难点内容是 2.1.2 指令系统、特权指令与非特权指令；2.1.3 处理器状态及切换；2.2 中断等硬件设施与操作系统控制地位的实现关系；2.3 进程概念、进程逻辑结构与操作系统物理实现结构的关系；2.4.2 多线程环境中进程与线程的区别与联系、线程的应用；2.6 处理器调度算法的理解与应用及其评价标准。

第 3 章，讲述并发进程之间的关系，包括并发进程的同步、互斥关系及信号量与 PV 和管程实现机制、死锁的产生及其解决方案、进程间的通信方案。重难点内容是 3.1.3 并发进程与时间有关的错误；3.2.1 临界区调度原则；3.3 信号量结构与 PV 操作逻辑及其应用；3.4 管程结构、实现方法及应用；3.5 进程通信方案及应用；3.6 死锁的避免与检测和解除方法。

第 4 章，从简单到复杂讲述存储管理技术，包括连续存储管理技术（固定分区、可变分区、伙伴系统）、离散实存管理技术（分页、分段、段页式系统）和虚拟存储管理技术（请

求分页、请求分段、请求段页式系统),重点讲述请求分页虚拟存储管理技术。重难点内容是 4.2 地址重定位、存储保护和存储共享;4.4 分页存储管理;4.6 虚拟存储管理相关概念、工作原理及相关算法的理解与计算。

第 5 章,讲述设备管理的硬件基础知识、I/O 软件系统层次、磁盘结构与磁盘 I/O 调度算法、虚拟设备技术。重难点内容是 5.1.2 I/O 控制方式及控制器硬件工作关键细节;5.2.3 设备驱动程序的用途及与中断处理程序的协作关系;5.3.2 磁盘调度算法与计算及磁盘速度与磁道/扇区编排的关系;5.4.2 SPOOLing 系统结构。

第 6 章,讲述文件管理系统的文件及目录结构、用户接口功能及其实现、文件空间管理方法、内存映射文件技术及虚拟文件系统结构。重难点内容是 6.1.4 文件操作应用;6.3 文件物理结构与逻辑结构;6.4.2 文件操作系统调用功能实现;6.4.3 文件共享技术;6.5 文件空间管理技术、内存映射文件的应用。

第 7 章,简述操作系统安全保护机制,了解系统安全隐患与相应的防护措施。

第 8 章,简述多处理机及多计算机环境下操作系统设计思想,了解复杂硬件条件下与单处理机环境下处理机管理的区别。

为了使读者能够近距离、可触摸地感知操作系统的概念和原理知识,尽可能向读者清晰展现操作系统的结构元素和运行逻辑,本书采用可见形式描述复杂抽象的概念和事物。对于相关硬件及软件的重要运作细节力求充分揭示。

对操作系统的内核功能进行实践应用是解除操作系统陌生感的重要学习形式,也是以工程实践能力为培养目标的的教学内容的重要组成部分。本书包含了经过多年教学实践积累、完善形成的 Linux 操作系统内核功能完整实验程序和实验环境搭建方法,可供读者无障碍地验证和透彻理解操作系统的相关概念和理论,并在此基础上进行操作系统的应用创新和设计。实验内容包括:Linux 操作系统实验环境的搭建、Linux 程序接口实验、Linux 操作接口实验、Linux 进程控制实验、多线程并发运行与互斥访问实验、Linux 进程同步与互斥实验、Linux 多途径通信实验、Linux 文件操作实验、Linux 内存映射文件实验。实验选材既考虑操作系统概念、理论的验证性需求,同时也考虑相关技术在工程实践中的实用价值,达到学以致用目的。

总之,本书理论与实践并重,满足各类读者的需要。既方便以理论学习为主的人员具体、完整地理解和掌握操作系统理论知识,又方便需要在理论学习基础上熟练掌握操作系统内核功能应用技术的人员顺利获得工程实践能力。对于安排有独立实验学时的班级,教材中的实验可以在实验学时进行。对于课程安排在实验室或机房,但是没有独立实验学时的班级,教材中的实验可以嵌入在理论讲授的适当时机进行,实验时长由教师根据学生情况及总学时合理确定。建议理论讲授与实验交替进行,防止学习形式的单调性,保持学生学习兴趣。对于不具备统一实验条件的班级,教材中的实验可以由学生课下进行,教师决定验收与否。略过教材中的实验章节,并不影响操作系统理论体系的完整性。

本书内容与知识结构图形象直观地描述了本书核心章节,同时也是操作系统各组成部分与所依赖的硬件系统各部件之间的对应关系及内部结构。该图帮助读者总览知识全局、准确定位知识细节。

本书由申丰山、王黎明编著。作者所在团队的多名成员参与了课程讨论与部分编写工

作。王黎明教授一直支持作者从事操作系统教学工作，使得作者有充分的时间和机会熟悉、积累和完善操作系统知识、探索讲授技巧，为本书的成稿积累了重要的素材。王黎明教授参与了教材第1章、第2章、第3章的部分编写工作。张卓博士参与讨论、编写了第4章、第5章和第6章的部分内容，职为梅和张岳参与讨论、编写了第7章和第8章的部分内容。书中某些章节参考或引用了文献中列出的国内外著作的部分内容以及互联网资源上的某些内容，谨此向各位作者一并表示衷心的感谢！本书的讲义版在卓越工程师班及计算机和软件类专业班的应用极大调动了学生学习和探索操作系统的兴趣，这是促成本书出版的重要动力。

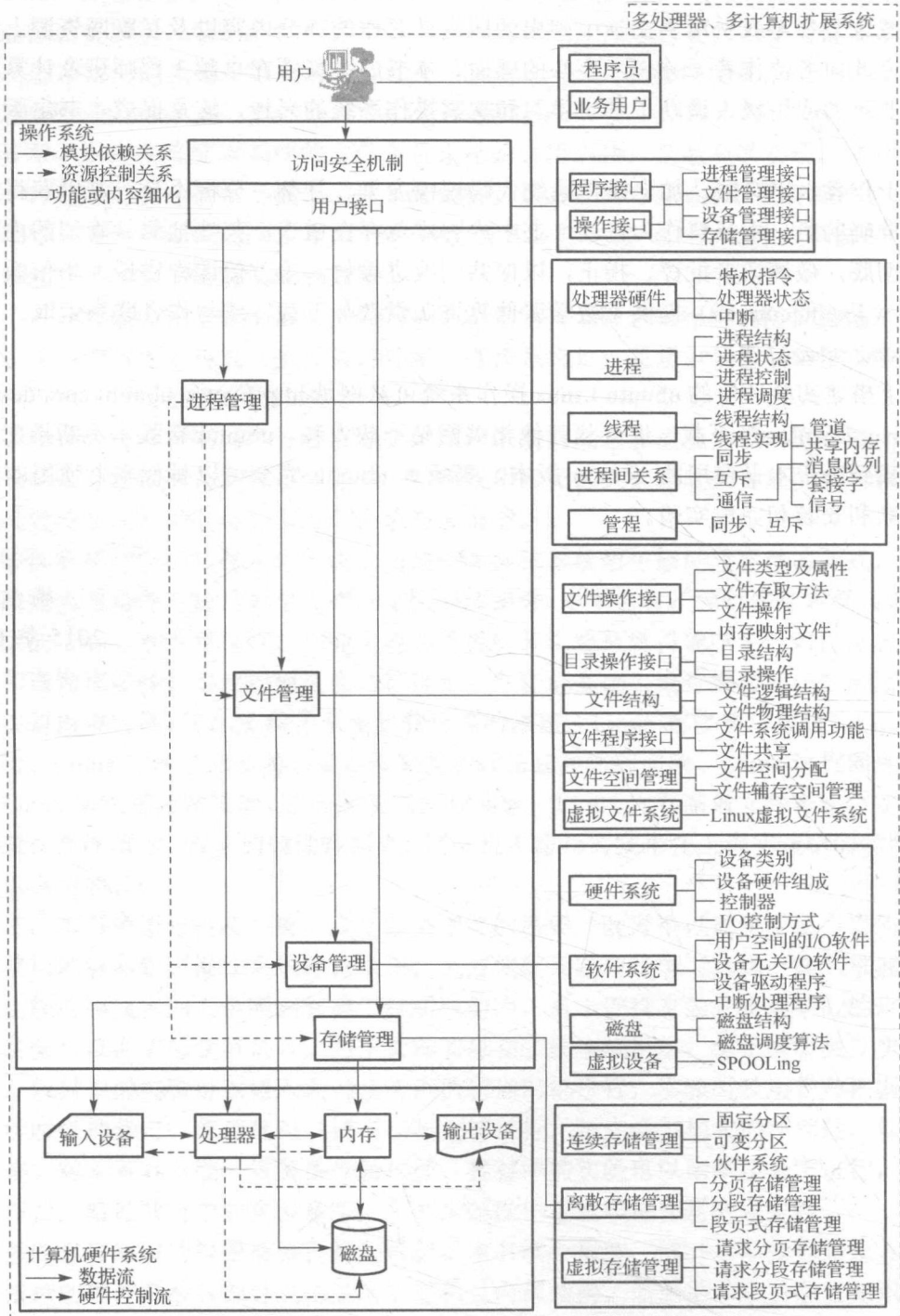
由于作者水平有限，加上操作系统代码规模庞大、复杂，分析不易，难以获得系统、完整、准确的第一手资料作为佐证，书中内容难免存在错误，某些抽象、晦涩的内容可能改进不彻底，敬请读者批评、指正，以便共同改进教材。为方便课程讲授，华信教育资源网（[www.hxedu.com.cn](http://www.hxedu.com.cn)）提供了教学课件等资源供教师下载，或与作者联系索取。电子邮箱：[iefssh@zsu.edu.cn](mailto:iefssh@zsu.edu.cn)。

用于搭建实验环境的 ubuntu Linux 操作系统可从网址 <http://www.ubuntu.com/download/alternative-downloads> 下载，也可从其他相关网站下载安装。ubuntu 新版本不断推出，读者可能下载到高于本书使用的 ubuntu 版本，高版本 ubuntu 完全可以替代本书使用的低版本 ubuntu 顺利安装和完成实验。

编 者

2015 年 12 月

# 本书内容与知识结构



本书内容与知识结构

# 教学建议

教学章节	教学内容	讲授学时	实验学时
第1章 操作系统概论	1.1 操作系统的资源管理功能和目标	2	2
	1.2 操作系统的功能	1	
	1.3 操作系统的主要特性	1	
	1.4 操作系统的发展和分类	1	
	1.5 操作系统的用户接口	1	
	1.6 操作系统的结构设计	2	
第2章 处理器管理	2.1 处理器	1	2
	2.2 中断	1	
	2.3 进程及其实现	3	
	2.4 线程及其实现	2	
	2.5 处理器调度系统	2	
	2.6 处理器调度算法	2	
第3章 并发进程的同步、互斥与死锁	3.1 并发进程	2	4
	3.2 临界区管理	2	
	3.3 同步	4	
	3.4 管程	2	
	3.5 进程通信	2	
	3.6 死锁	2	
第4章 存储管理	4.1 存储器层次	1	0
	4.2 地址重定位、存储保护和存储共享	1	
	4.3 连续存储管理	1	
	4.4 分页存储管理	2	
	4.5 分段存储管理	1	
	4.6 虚拟存储管理	3	
第5章 设备管理	5.1 I/O 硬件系统	2	0
	5.2 I/O 软件系统	2	
	5.3 磁盘管理	2	
	5.4 虚拟设备	1	
第6章 文件管理	6.1 文件	2	2
	6.2 目录	1	
	6.3 文件结构	2	
	6.4 文件系统功能及实现	2	
	6.5 文件空间管理	2	
	6.6 内存映射文件	1	
	6.7 虚拟文件系统	1	
第7章 操作系统安全	7.1 操作系统安全概念	1	0
	7.2 信息安全保护机制	1	
第8章 多处理机与多计算机操作系统	8.1 多处理机操作系统	1	0
	8.2 多计算机操作系统	1	
		64	10



### 讲授及学习建议:

(1) 建议课堂教学在配有上机环境的实验室进行, 计算机上安装 `ubuntu` 操作系统。理论讲授和上机实验交替穿插进行, 树立重视创新创造的工程意识。一般每周或每两次理论课安排一次实验, 每次实验学时不超过 1 个学时。由于实验在各个章节的分布并不均匀, 某些章节的讲授内容和实验次序可以适当调整, 例如 3.5 节的 4 个进程通信实验可以安排在之前或之后的适当章节完成。

(2) 教师在实验进行之前采用图等形式直观、概括介绍实验设计方案和重要细节, 学生调试运行本书源程序, 观察运行结果, 写出/绘制程序关键流程/步骤、Linux 内核函数与所依据概念及理论模型之间的对应关系。在此基础上改写程序, 完成新的业务功能。

(3) 先导课程建议为微处理器原理与接口、计算机硬件与汇编语言、数据结构及 C 语言程序设计。

(4) 建议教学总学时为 64 学时, 某些章节的讲授学时和实验学时可以适度压缩合并, 课堂上未完成的实验可以由学生课后继续完成。

(5) 课程考核形式建议为卷面考试和课程设计相结合, 两者成绩占比分别为 70% 和 30%。课程设计开始时间建议为第 8 周或学时过半时。课程设计结束时间建议为讲授学时结束时。课程设计题目建议选择具有创新性、实用性的问题为题。题目数量依据工程复杂性和学生人数来定。

# 目 录

第 1 章 操作系统概论	1
1.1 操作系统的资源管理功能和目标	1
1.1.1 操作系统的定义	1
1.1.2 操作系统在计算机系统中的作用	2
1.1.3 操作系统的资源管理技术	2
1.1.4 操作系统运行程序的服务	3
实验 1 Linux 操作系统实验环境搭建	5
1.1.5 操作系统的目标	10
1.2 操作系统的功能	10
1.3 操作系统的主要特性	11
1.3.1 并发性	11
1.3.2 共享性	12
1.3.3 异步性	12
1.3.4 虚拟性	13
1.4 操作系统的发展和分类	13
1.4.1 操作系统的发展	13
1.4.2 操作系统的分类	15
1.5 操作系统的用户接口	16
1.5.1 程序接口	17
实验 2 Linux 程序接口实验	19
1.5.2 操作接口	20
实验 3 Linux 操作接口实验	21
1.6 操作系统的结构设计	25
1.6.1 操作系统的主要构件	25
1.6.2 操作系统的结构	26
1.6.3 操作系统运行模型	27
习题 1	28
第 2 章 处理器管理	30
2.1 处理器	30
2.1.1 寄存器	30
2.1.2 指令系统、特权指令与非特权指令	30

2.1.3	处理器状态及切换	31
2.1.4	程序状态字寄存器	32
2.2	中断	32
2.2.1	中断概念	32
2.2.2	中断源分类	33
2.2.3	中断处理	34
2.3	进程及其实现	35
2.3.1	引入进程概念的必要性	35
2.3.2	进程定义和属性	35
2.3.3	进程状态与切换	36
2.3.4	进程描述	39
2.3.5	进程切换	43
2.3.6	模式切换	45
2.3.7	进程控制与管理	45
	实验4 Linux 进程控制实验	47
2.4	线程及其实现	49
2.4.1	多线程的引入	49
2.4.2	多线程环境中的进程与线程	50
2.4.3	多线程实现方法	52
	实验5 结果不唯一的多线程并发运行实例	53
	实验6 多线程共享资源并发访问控制	54
2.5	处理器调度系统	58
2.6	处理器调度算法	63
2.6.1	低级调度的功能和类型	63
2.6.2	作业调度和低级调度算法	64
	习题2	70
第3章	并发进程的同步、互斥与死锁	73
3.1	并发进程	73
3.1.1	程序执行的顺序性	73
3.1.2	程序执行的并发性	74
3.1.3	与时间有关的错误	77
3.1.4	进程的交互	79
3.2	临界区管理	79
3.2.1	临界区调度原则	79
3.2.2	实现临界区管理的几种错误算法	80
3.2.3	实现临界区管理的 Peterson 算法	81
3.2.4	实现临界区管理的硬件设施	82

3.3	同步	84
3.3.1	同步与同步机制	84
3.3.2	信号量与PV操作	85
3.3.3	利用信号量实现互斥	87
3.3.4	利用信号量实现进程同步	88
3.3.5	Linux系统中的同步互斥功能	96
	实验7 使用信号量解决生产者-消费者问题	97
3.4	管程	100
3.4.1	管程的概念	100
3.4.2	管程的实现	103
3.4.3	管程的应用	106
3.5	进程通信	109
3.5.1	管道通信机制	109
	实验8 Linux管道通信	110
3.5.2	共享内存通信机制	113
	实验9 Linux共享内存通信	114
3.5.3	消息传递通信机制	118
	实验10 Linux消息传递通信	120
3.5.4	套接字通信机制	122
	实验11 Linux套接字通信	123
3.5.5	信号通信机制	125
3.6	死锁	128
3.6.1	死锁的概念和产生的必要条件	128
3.6.2	死锁防止	130
3.6.3	死锁避免	130
3.6.4	死锁检测与解除	133
	习题3	135
第4章	存储管理	138
4.1	存储器层次	138
4.2	地址重定位、存储保护和存储共享	139
4.3	连续存储管理	141
4.3.1	固定分区存储管理	141
4.3.2	可变分区存储管理	143
4.3.3	伙伴系统	145
4.3.4	主存不足的辅助存储管理技术	146
4.4	分页存储管理	146
4.4.1	分页存储管理方案	146

4.4.2	快表 .....	148
4.4.3	分页存储空间的分配和释放 .....	149
4.4.4	分页存储空间页面共享与保护 .....	150
4.4.5	多级页表 .....	150
4.4.6	反置页表 .....	151
4.5	分段存储管理 .....	152
4.6	虚拟存储管理 .....	155
4.6.1	虚拟存储器原理 .....	155
4.6.2	请求分页虚拟存储管理 .....	156
习题 4	.....	166
<b>第 5 章</b>	<b>设备管理</b> .....	<b>167</b>
5.1	I/O 硬件系统 .....	167
5.1.1	I/O 设备 .....	167
5.1.2	I/O 控制方式 .....	169
5.2	I/O 软件系统 .....	172
5.2.1	I/O 软件设计目标 .....	172
5.2.2	中断处理程序 .....	173
5.2.3	设备驱动程序 .....	173
5.2.4	设备无关 I/O 软件 .....	176
5.2.5	用户空间的 I/O 软件 .....	179
5.3	磁盘管理 .....	180
5.3.1	磁盘结构 .....	180
5.3.2	磁盘调度算法 .....	182
5.4	虚拟设备 .....	185
5.4.1	虚拟设备原理 .....	185
5.4.2	SPOOLing 系统结构 .....	186
习题 5	.....	188
<b>第 6 章</b>	<b>文件管理</b> .....	<b>189</b>
6.1	文件 .....	189
6.1.1	文件概念 .....	189
6.1.2	文件类型和属性 .....	190
6.1.3	文件存取方法 .....	191
6.1.4	文件操作 .....	193
<b>实验 12</b>	<b>Linux 文件操作</b> .....	<b>194</b>
6.2	目录 .....	196
6.2.1	目录项信息和结构 .....	196
6.2.2	目录层次 .....	198

6.2.3	目录操作	199
6.3	文件结构	200
6.3.1	文件逻辑结构	200
6.3.2	文件物理结构	200
6.4	文件系统功能及实现	201
6.4.1	磁盘信息分区	201
6.4.2	文件操作系统调用功能实现	202
6.4.3	文件共享	205
6.5	文件空间管理	208
6.5.1	文件空间分配方法	208
6.5.2	文件外存空间管理	212
6.6	内存映射文件	216
	实验 13 Linux 内存映射文件	217
6.7	虚拟文件系统	220
	习题 6	222
<b>第 7 章</b>	<b>操作系统安全</b>	<b>224</b>
7.1	操作系统安全概念	224
7.1.1	信息安全及威胁	224
7.1.2	信息保护	226
7.2	信息安全保护机制	227
	习题 7	230
<b>第 8 章</b>	<b>多处理机与多计算机操作系统</b>	<b>231</b>
8.1	多处理机操作系统	231
8.2	多计算机操作系统	232
	习题 8	235
	参考文献	236

# 第 1 章

## 操作系统概论

操作系统是信息社会正常运转的基础软件，几乎需要部署在每台计算机上，从而与每个用户都相关。操作系统是最受人们关注的一种系统软件，其发展一直非常活跃。总有一些人并不满足于接受目前的主流操作系统，他们乐于创造一种新的受人欢迎的操作系统，为人们学习、使用及开发操作系统创造越来越多的便利条件。了解操作系统无疑是计算机文化的重要组成部分。操作系统位于硬件之上、应用软件之下，既涉及丰富的硬件知识，又涉及软件构造的典型原则和方法，是综合硬件和软件技术的复杂工程产品。学习操作系统意味着综合学习、融会贯通，包括硬件、数据结构与算法、软件工程方法及原则在内的描述和构造复杂系统的多门课程知识。了解操作系统的结构和工作原理不仅有利于更好地应用操作系统，还有利于将其中包含的算法策略和软件工程思想应用到更一般的应用软件开发活动中。开源操作系统 Linux 的出现为深入学习和了解操作系统技术奥妙、为理论学习和实践应用及内核理解和开发提供了重要实践样本，为操作系统的平衡发展和安全问题的解决提供了机会。

### 1.1 操作系统的资源管理功能和目标

#### 1.1.1 操作系统的定义

操作系统（Operating System, OS）是管理系统资源、控制程序执行、改善人机界面、提供各种服务、合理组织计算机工作流程和为用户有效使用计算机提供良好运行环境的一种系统软件。

根据定义，操作系统对资源进行管理。计算机系统中有哪些资源呢？其主要有两类资源：硬件资源和软件资源。硬件资源主要包括：中央处理器（CPU）、内存、外存、输入/输出（I/O）设备。硬件通过主板连接在一起，可以相互通信，协调工作。图 1-1~图 1-7 列出了计算机系统的硬件资源。图 1-8 为 Linux 创始人 Linus Torvalds。

计算机系统软件资源包括程序、数据和文档。这些软件资源存放在外存上，使用时复制到内存中。

操作系统课程内容结构正是从操作系统资源管理角度来组织的，全书的重要章节包括处理器管理（进程管理）、存储管理（管理硬件内存）、设备管理（管理输入/输出设备）、文件管理（管理程序、数据和文档）。



图 1-1 计算机硬件系统



图 1-2 中央处理器



图 1-3 内存



图 1-4 硬盘 (外存)



(a) 键盘 (b) 鼠标

图 1-5 输入设备



(a) 打印机



(b) 显示器

图 1-6 输出设备

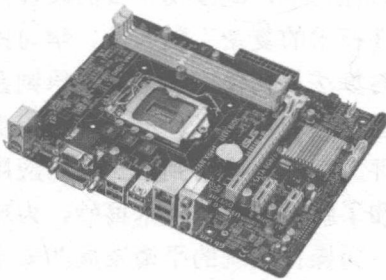


图 1-7 主板



图 1-8 Linux 创始人 Linus Torvalds

### 1.1.2 操作系统在计算机系统的位置

操作系统是计算机系统的重要组成部分，整个计算机系统大致可以分为如图 1-9 所示的 4 层结构，自底向上依次如下：硬件（包括 CPU、内存、外存、输入/输出设备）、操作系统、应用软件和用户。操作系统位于硬件之上、应用软件之下，起着承上启下的作用。

操作系统直接安装在硬件上，屏蔽复杂的硬件细节，向上层应用软件及用户提供简单、抽象、统一、友好的使用接口，即应用软件和用户不直接使用硬件的功能，而通过操作系统间接使用硬件功能。

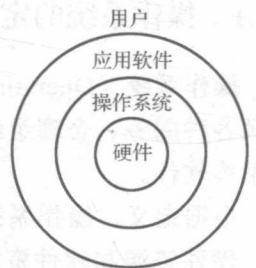


图 1-9 操作系统在计算机系统的位置

### 1.1.3 操作系统的资源管理技术

操作系统对计算机系统资源进行管理。如何管理资源呢？操作系统主要采用如下 3 种资源管理技术。



## 1. 资源复用

资源复用是指多个进程共享物理资源，包括分割资源为较多更小单位的空分复用和分时轮流使用资源的时分复用。进程是有资格获得系统资源的独立主体。

## 2. 资源虚化

资源虚化指利用一类事物模拟另外一类事物，造成另外一类事物数量更多或容量更大的假象。

## 3. 资源抽象

资源抽象是指利用软件封装复杂的硬件或软件设施，简化资源应用接口的一种资源管理技术。

资源复用和资源虚化的目的都是解决物理资源不足的问题；资源抽象解决的是物理资源的易用性问题。

在某种意义上可以说，操作系统的作用就是通过对计算机的各种硬件（包括处理器、存储器、输入设备、输出设备等）进行虚拟来实现的。

下面列举有关虚拟的例子。

### 【例 1】 虚拟处理器。

多任务操作系统的进程管理功能通过多道程序设计技术将一台物理处理器虚拟成若干台逻辑处理器，从而在单处理机系统中同时运行多道程序。

### 【例 2】 虚拟存储器。

操作系统的虚拟存储管理功能通过进程在内外存之间的对换、部分装入即可运行等操作，虚构了一个比实际内存空间大得多的编程空间，从而能够运行比内存空间大的程序，能够并发运行更多道的程序。

### 【例 3】 虚拟设备。

操作系统的 I/O 设备管理功能通过虚拟操作屏蔽了显示器、打印机、扫描仪、键盘和鼠标等设备的物理细节，使得用户可以使用统一的 I/O 命令、统一的界面来对不同的外部设备进行数据的输入/输出操作。

### 【例 4】 文件管理功能。

操作系统的文件管理功能将磁盘抽象成一组命名的文件，用户通过文件操作，按文件名来存取信息，不必涉及诸如数据物理地址、磁盘记录命令、移动磁头臂、搜索物理块及设备驱动等物理细节，便于使用，效率更高。

### 【例 5】 窗口管理软件。

操作系统的窗口管理软件把一台物理屏幕改造（虚拟）成多个窗口，每个应用可以在各自的窗口中操作，用户可以在窗口环境中方便地与计算机交互。

## 1.1.4 操作系统运行程序的服务

操作系统提供的最重要的服务是运行程序。操作系统如何为运行程序服务？来看如图 1-10 所示的一个 C 语言程序。