



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 计算机操作系统教程 (第3版)

Operating System *Third Edition*

左万历 周长林 彭 涛 编著



高等教育出版社

HIGHER EDUCATION PRESS

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 计算机操作系统教程

Jisuanji Caozuo Xitong Jiaocheng

(第3版)

左万历 周长林 彭涛 编著



高等教育出版社·北京  
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

## 内容提要

本书主要讲述操作系统的基本概念、基本原理、设计方法与实现技术。在经典内容的基础上,突出介绍操作系统的最新进展,如多线程、并行与多核、实时调度、多级页表与倒置页表、RAID 技术、快速文件系统、分布式协同、微内核与嵌入式系统、操作系统安全等。在主要的章后面附有流行系统案例,并对 UNIX 系统进行较为全面的分析。最后,给出一个基于自动机的形式化的操作系统理论模型。

作为普通高等教育“十一五”国家级规划教材,本书在选材和组织上进行了认真推敲,力求做到概念准确、知识完整、层次清晰、系统性强、理论联系实际、富有启发性。本书第1版曾获国家级教学成果二等奖、国家教委优秀教材一等奖、国家教委科技进步三等奖,第2版曾获吉林省普通高等学校优秀教材一等奖。本书主要用作高等学校计算机科学与技术专业及相关专业的“操作系统”课程教材,也可供相关技术人员阅读,对准备研究生的学生具有一定的参考价值。

## 图书在版编目(CIP)数据

计算机操作系统教程 / 左万历, 周长林, 彭涛编著.  
—3 版. —北京: 高等教育出版社, 2010.7

ISBN 978-7-04-028809-4

I. ①计… II. ①左… ②周… ③彭… III. ①操作  
系统-高等学校: 技术学校-教材 IV. ①TP316

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 097102 号

策划编辑 刘 艳 责任编辑 康兆华 封面设计 杨立新  
版式设计 余 杨 责任校对 刘 莉 责任印制 朱学忠

出版发行 高等教育出版社  
社 址 北京市西城区德外大街 4 号  
邮政编码 100120

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司  
印 刷 北京明月印务有限责任公司

开 本 787 × 1092 1/16  
印 张 29.5  
字 数 670 000

购书热线 010 - 58581118  
咨询电话 400 - 810 - 0598  
网 址 <http://www.hep.edu.cn>  
<http://www.hep.com.cn>  
网上订购 <http://www.landaco.com>  
<http://www.landaco.com.cn>  
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 1994 年 9 月第 1 版  
2010 年 7 月第 3 版  
印 次 2010 年 7 月第 1 次印刷  
定 价 38.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 28809 - 00

# 前 言

《计算机操作系统教程》自 1994 年出版以来,被许多高等学校采用,得到广大读者的好评,曾获国家级教学成果二等奖、国家教委优秀教材一等奖、国家教委科技进步三等奖等多项奖励。该书的第 2 版(2004 年 7 月出版)在保持第 1 版经典风格的同时,对教材内容进行了系统的组织与更新,获得吉林省普通高等学校优秀教材一等奖。作为计算机学科一个比较活跃的领域,近 6 年来操作系统经历了较快的发展过程。为适应新时期“操作系统”课程教学的新要求,编者根据最新的“操作系统”课程教学大纲,在多年教学经验的基础上,用了将近 2 年的时间,本着“充实、完善、提高”的编写原则,对第 2 版教材进行了比较系统的修订,并作为普通高等教育“十一五”国家级规划教材出版。

在编写特色方面,本教材既致力于讲授经典操作系统的基本概念、基本理论、设计方法与实现技术,又注重与实际流行系统如 UNIX、Linux、Windows 中的成熟算法密切结合,同时把操作系统的最新成果融入教材之中,将学生带到操作系统发展的前沿,使教材体现知识的完整性、系统性、先进性和实用性。

在内容方面,本书第 2 版的篇幅适中,略偏少。新版教材对第 2 版教材未作大的删减,主要是增加和修订了一些内容,以更加完整地覆盖“操作系统”课程的知识点。所增加的内容主要有研究操作系统的几种观点、处理器阵发时间推算方法、带权周转时间、高级调度、前驱图与并发、Dekker 互斥算法、Peterson 互斥算法、PV 操作实现、信号量集与 SP 操作、吸烟者问题、打印机管理、简单组合资源死锁的静态分析、同种组合资源死锁的必要条件、存储管理部件、下次适应算法、局部性原理、虚拟段式工作过程、用户打开文件表与系统打开文件表之间的联系、差分转储、磁盘输入输出参数、虚拟设备实例、进程驱逐、socket 通信实例、间谍软件、UNIX 文件符号链接等。所修订的内容主要有处理器调度指标与调度算法、地址映射示意图与步骤、基于杂凑技术的反置页表、二次机会与时钟调度算法、工作集计算方法、段的动态连接、伙伴堆存储分配算法、虚拟段页式工作原理、直接存储器存取、磁盘调度、RAID 技术、事件排序、远程过程调用的实现、分布式死锁检测、计算机病毒、可信系统、UNIX 缓冲与缓存等。为提高学生分析和解决问题的能力以及考研究生的应试能力,书中新增加了一些计算型例题,同时在各章末尾增加了一些主观性习题,丰富了题库。

考虑近年来多核芯片和多核系统的普及,新版教材增加了第十章(多核操作系统与多处理器操作系统),力图反映操作系统的最新发展状况。主要内容包括多核处理器架构、多核存储访问、多核调度算法、多核并发控制、高速缓存的一致性、多核启动过程等。

在理论模型方面,新版教材作了较大的修改。第 2 版教材中的描述是非形式化的,本版教材推出一个基于自动机的、完全形式化的理论模型。该模型基于资源改造的观点,提出 I 型、

II型、III型资源，给出进程、互斥、同步、合作、死锁等概念的形式化描述，使操作系统建立在坚实的理论基础之上。第十四章的读者对象主要是对操作系统理论感兴趣的读者，如果学时有限，在课堂上可以不讲，这不会影响学生对“操作系统”课程的理解和掌握。

在教材知识结构和组织方面，编者认为第2版教材的章节次序是合理的，本版教材除增加一些章节外，未在结构上对章节作大的调整。

本书由左万历编写第一章~第九章、第十一章~第十三章，第十四章由周长林编写；第十章由彭涛编写。本教材的部分章节引用了参考文献中所列的中、英文操作系统教材和著作，在此向各位作者致以衷心的感谢和崇高的敬意。

本书的电子课件可以通过操作系统教学网站（网址 <http://ccst.jlu.edu.cn/dbwi/os>）获取。本教材建议讲授64学时，其中第九章、第十章和第十四章可以选讲，第十三章建议嵌入原理性的章节中讲授，以使教学更为生动。与本书配套的《操作系统习题与实验指导》（第2版）将在近期成稿并出版。

我们深知，编写一部好的教材是不容易的。为此我们付出了很大的努力，希望我们的工作成果能够得到广大师生的认可。但是，由于编者的水平和时间有限，错误与不当之处在所难免，敬请广大读者批评指正。编者的电子邮箱为 [wanli@jlu.edu.cn](mailto:wanli@jlu.edu.cn)。

编者

2010年3月于吉林大学

## 第2版前言

《计算机操作系统教程》(高等教育出版社, 1994年9月第1版)出版至今已近10年, 这期间操作系统从理论到实践上都经历了一个较大的发展过程。本书第2版的主要目标是根据新的教学大纲, 在保持原教程经典风格的同时, 对操作系统的教学内容进行系统而全面的更新, 以适应新世纪国内操作系统课程教学需要。

新版《计算机操作系统教程》增加了线程、实时调度与多处理机调度、自旋锁与多处理机互斥、条件临界区、饥饿与饿死、两阶段锁、同步方法、多级页表与倒置页表、伙伴堆内存分配、内存映射文件、日志结构文件、快速文件系统、Ext2fs、DMA、RAID技术、稳定存储器、进程迁移、RMI、分布式文件系统、保护与安全、嵌入式与微内核、面向对象操作系统设计方法等新内容, 同时删除了作业控制语言等过时内容和并发程序设计等外延性成分, 保证新版教程在篇幅上增加适当, 适合国内操作系统课程教学学时要求。

为使理论与实际更好地结合, 新版教程在每章后增加了流行系统(如Windows 2000/XP和Linux系统)中采用的具体算法和实现技术。全书最后比较全面地介绍了UNIX系统, 给出了完整的数据结构以及核心算法。

新版教程还对部分章节的次序进行了重新安排和组织, 将作业、进程、线程合并, 作为主体在第二章中集中讲述; 将中断与处理机调度这两个相互承接、密不可分的内容独立出来构成第三章; 将互斥、同步与通讯、死锁与饥饿提前, 分别构成第四章和第五章, 使章节篇幅适中, 逻辑关系连贯; 将保护与安全纳入第十章“操作系统管理”; 另外, 原版第二章“操作系统理论”经过精炼后移到最后, 更加方便教学取舍。

新版教程对重要术语进行了认真推敲, 并以定义形式给出, 明确了“系统开销”、“忙式等待”等概念, 给出了地址映射的数学意义。新版教程对经典内容进行了认真的审定, 使其更加严谨。除涉及管程语言和Ada语言的成分外, 所有算法均由Pascal语言改为C语言描述。另外, 新版教程特别注重能力和素质培养, 各章中都安排有启发性问题, 留给学生充分的思考空间。

作为高等教育出版社立体化精品课程教材, 作者开发了与之配套的远程教学系统, 并开通了相关教学网站(<http://info.jlu.edu.cn/~cs/os>)。为方便教学, 作者还制作了与新版教材配套的多媒体教学课件, 可以通过下载方式获取。我们将对网站进行动态维护并对课件进行周期性版本更新。与教材配套的操作系统习题解答与实验指导也将在近期完成。

新版教程力求更加准确地讲述操作系统的基本概念、基本原理、设计方法和实现技术, 全面反映操作系统近年来的最新发展, 深入介绍流行操作系统的核心算法。教材中部分章节引用了参考文献中列出的国外著作中的一些内容, 谨在此向作者致以衷心的感谢和深深的敬意。

本书第1版曾获得国家教学成果二等奖、国家教委第三届优秀教材一等奖、国家教委科

技进步三等奖等多项奖励。新版教材得到高等教育出版社立体化精品课程教材建设项目的支持，在此深表谢意。

本书第2版由左万历负责整体规划并执笔前十二章，第十三章由周长林编写。由于作者水平所限，加之时间仓促，若有错误与不当之处，敬请读者不吝赐教。作者的电子信箱为：  
wanli@jlu.edu.cn。

作者

2004年3月于长春

# 第 1 版前言

本书是根据国家教育委员会 1992 年颁发的计算机软件专业操作系统课程教学基本要求，结合作者多年教学经验和科研成果，参考国内外操作系统最新发展，联系目前我国操作系统教学实际编写而成的。在编写过程中，我们力求做到体系完整、结构合理、内容丰富、取舍得当、概念准确、叙述清晰、观点明确、深入浅出、适用面广、便于自学，适应 20 世纪 90 年代高等学校计算机专业操作系统教学的需要。

全书共分十四章：第一章是对操作系统的概括性描述；第二章给出操作系统的理论模型；第三章至第六章讲述资源管理，包括处理机管理、存储管理、文件管理、设备管理等；第七章和第八章讲述任务管理，包括作业管理和进程管理；第九章讨论操作系统的体系结构；第十章介绍网络与分布式操作系统；第十一章讲述并发程序设计；第十二章讲述操作系统管理；第十三章介绍 UNIX 操作系统；第十四章简述几个常见的操作系统。

考虑近年来操作系统在网络、分布式等方面有了较大的发展，为提高学生的适应能力，除基本内容外，本书还增加了一些新的内容，具体包括：（1）网络与分布式操作系统，介绍网络和分布式操作系统的基本原理以及与传统操作系统之间的联系和差别；（2）并发程序设计，在着重阐明操作系统对并发程序设计所应提供的支持的基础上，概述几种并发程序设计语言，并给出若干并发程序设计的例子；（3）操作系统管理，讲述系统管理员和操作员所应掌握的知识；（4）UNIX 操作系统，描述 UNIX 操作系统所采用的主要技术和特点，既使理论联系实际，又使读者对这一著名的系统有一定程度的了解。这样一来，全书篇幅较长，如因学时限制不能全部讲授，对于增加的内容可以根据具体情况选择其中部分章节。

教材的第二章处于比较特殊的地位，它给出了操作系统的理论模型。考虑到易于讲解和接受，此模型不是严格形式化的。本章的目的是使学生在在学习操作系统具体内容之前，先对操作系统的基本知识——资源、进程、资源共享、进程并发执行等有一个理性的认识，以指导其后各章具体内容的学习。由于本章具有较强的独立性，可以安排在第九章之后讲授，作为对前面具体内容的理论总结。本章也可以不讲，这不会影响其他章节的学习。

对于具体教学安排提出如下建议，仅供参考：

（1）用 48~54 个学时讲授基本内容，包括第一章及第三章至第九章。其中某些节（标记※号的）可以选讲。有些内容可以由学生自学。

（2）如有更多的学时，可以根据教学目标选讲其余各章，其中第十三章应当优先介绍。

本书由周长林负责总体策划以及第二章的编写，其余各章均由左万历执笔。



限于作者水平，错误与不妥之处在所难免，恳请读者给予批评指正。

南京大学计算机科学系谭耀铭副教授在百忙之中审阅了本书，并提出许多宝贵意见和有益的建议，在此深表谢意。

作者

1993 年 8 月于吉林大学

# 目 录

<b>第一章 操作系统概述</b> .....1	1.5.4 处理器状态及状态转换 ..... 16
1.1 操作系统的概念.....1	1.5.5 地址映射机构 ..... 17
1.1.1 操作系统的地位.....1	1.5.6 存储保护设施 ..... 17
1.1.2 操作系统的作用 ..... 2	1.5.7 中断装置 ..... 18
1.1.3 操作系统的定义 ..... 3	1.5.8 通道与DMA控制器 ..... 18
1.2 操作系统的历史.....3	1.6 操作系统的界面形式 ..... 18
1.2.1 操作系统的产生 ..... 3	1.6.1 交互终端命令 ..... 18
1.2.2 操作系统的完善 ..... 5	1.6.2 图形用户界面 ..... 19
1.2.3 操作系统的发展 ..... 6	1.6.3 作业控制语言 ..... 19
1.3 操作系统的特性.....7	1.6.4 系统调用命令 ..... 19
1.3.1 并发性 ..... 7	1.7 操作系统的运行机理 ..... 20
1.3.2 共享性 ..... 7	1.8 研究操作系统的几种观点 ..... 20
1.3.3 异步性 ..... 7	1.8.1 进程观点 ..... 21
1.3.4 虚拟性 ..... 8	1.8.2 资源管理观点 ..... 21
1.4 操作系统的分类.....8	1.8.3 虚拟机观点 ..... 21
1.4.1 多道批处理操作系统 ..... 8	1.9 系统举例 ..... 22
1.4.2 分时操作系统 ..... 9	1.9.1 Linux系统 ..... 22
1.4.3 实时操作系统 ..... 10	1.9.2 Windows 2000/XP系统 ..... 22
1.4.4 通用操作系统 ..... 11	习题一 ..... 22
1.4.5 单用户操作系统 ..... 11	
1.4.6 网络操作系统 ..... 12	<b>第二章 进程、线程与作业</b> ..... 24
1.4.7 分布式操作系统 ..... 12	2.1 多道程序设计 ..... 24
1.4.8 多处理器操作系统 ..... 13	2.1.1 单道程序设计的缺点 ..... 24
1.4.9 嵌入式操作系统 ..... 14	2.1.2 多道程序设计的提出 ..... 25
1.4.10 多媒体操作系统 ..... 15	2.1.3 多道程序设计的问题 ..... 27
1.4.11 智能卡操作系统 ..... 15	2.2 进程的引入 ..... 27
1.5 操作系统的硬件环境 ..... 15	2.2.1 进程的概念 ..... 28
1.5.1 定时装置 ..... 15	2.2.2 进程状态及状态转换 ..... 28
1.5.2 系统栈 ..... 16	2.2.3 进程控制块 ..... 29
1.5.3 特权指令与非特权指令 ..... 16	2.2.4 进程的组成与上下文 ..... 29

2.2.5 进程的队列	31	3.4 实时调度	72
2.2.6 进程的类型和特性	31	3.4.1 最早截止期优先调度	74
2.2.7 进程间的相互联系与 相互作用	33	3.4.2 速率单调调度	74
2.2.8 进程的创建与撤销	33	3.5 系统举例	76
2.2.9 进程与程序的联系和差别	34	3.5.1 Linux进程调度	76
2.3 线程与轻进程	34	3.5.2 Windows 2000/XP线程调度	76
2.3.1 线程的引入	34	习题三	78
2.3.2 线程的概念	35	<b>第四章 互斥、同步与通信</b>	<b>81</b>
2.3.3 线程的结构	35	4.1 并发进程	81
2.3.4 线程控制块	36	4.1.1 前驱图的定义	81
2.3.5 线程的实现	36	4.1.2 顺序程序及其特性	82
2.3.6 线程的应用	38	4.1.3 并发程序及其特性	82
2.4 作业	40	4.1.4 程序并发执行的条件	84
2.4.1 批处理作业	40	4.1.5 并发程序的表示	85
2.4.2 交互式作业	40	4.1.6 与时间有关的错误	85
2.5 系统举例	42	4.2 进程互斥	86
2.5.1 Java线程	42	4.2.1 共享变量与临界区	86
2.5.2 Linux进程与线程	43	4.2.2 临界区与进程互斥	87
2.5.3 Windows 2000/XP进程、 线程与纤程	44	4.2.3 进程互斥的实现	88
习题二	47	4.3 进程同步	99
<b>第三章 中断与处理器调度</b>	<b>48</b>	4.3.1 进程同步的概念	99
3.1 中断与中断系统	48	4.3.2 进程同步机制	100
3.1.1 中断概念	48	4.3.3 信号量与PV操作	100
3.1.2 中断装置	48	4.3.4 条件临界区	109
3.1.3 中断处理程序	52	4.3.5 管程	111
3.2 处理器调度	60	4.3.6 会合	122
3.2.1 处理器调度算法	60	4.4 进程高级通信	131
3.2.2 处理器调度时机	68	4.4.1 进程通信的概念	131
3.2.3 处理器调度过程	69	4.4.2 进程通信的模式	132
3.3 调度级别与多级调度	70	4.4.3 直接方式	132
3.3.1 交换与中级调度	70	4.4.4 间接方式	136
3.3.2 作业与高级调度	70	4.5 系统举例	138
		4.5.1 Java中的管程	138
		4.5.2 Linux进程通信	138

4.5.3 Windows 2000/XP的 并发控制·····	140	5.16 系统举例·····	169
习题四·····	141	习题五·····	170
<b>第五章 死锁与饥饿</b> ·····	146	<b>第六章 存储管理</b> ·····	173
5.1 死锁的概念·····	146	6.1 存储管理的功能·····	173
5.2 死锁的类型·····	147	6.1.1 存储分配·····	173
5.2.1 竞争资源引起的死锁·····	147	6.1.2 存储共享·····	173
5.2.2 进程通信引起的死锁·····	147	6.1.3 存储保护·····	174
5.2.3 其他原因引起的死锁·····	147	6.1.4 存储扩充·····	175
5.3 死锁的条件·····	147	6.1.5 地址映射·····	175
5.4 死锁的处理·····	148	6.2 内存资源管理·····	175
5.5 资源分配图·····	148	6.2.1 内存分区·····	175
5.5.1 资源分配图的定义·····	148	6.2.2 内存分配·····	176
5.5.2 资源分配图的约简·····	150	6.2.3 碎片与紧凑·····	178
5.6 死锁的预防·····	150	6.3 存储管理方式·····	179
5.6.1 预先分配策略·····	150	6.3.1 单一连续区存储管理·····	179
5.6.2 有序分配策略·····	151	6.3.2 页式存储管理·····	181
5.7 死锁的避免·····	152	6.3.3 段式存储管理·····	187
5.7.1 安全状态与安全进程序列·····	152	6.3.4 段页式存储管理·····	193
5.7.2 银行家算法·····	152	6.4 外存储器管理技术·····	196
5.8 死锁的发现·····	155	6.4.1 外存空间划分·····	197
5.8.1 死锁检测算法·····	155	6.4.2 外存空间分配·····	197
5.8.2 死锁检测时刻·····	157	6.5 虚拟存储系统·····	198
5.9 死锁的恢复·····	158	6.5.1 虚拟页式存储管理·····	198
5.10 鸵鸟算法·····	158	6.5.2 虚拟段式存储管理·····	209
5.11 有关问题的讨论·····	159	6.5.3 虚拟段页式存储管理·····	216
5.11.1 关于充要性算法·····	159	6.6 系统举例·····	219
5.11.2 关于消耗型资源问题·····	159	6.6.1 Linux存储管理·····	219
5.11.3 关于可剥夺资源问题·····	160	6.6.2 Windows Vista存储管理·····	221
5.11.4 关于两阶段锁·····	160	习题六·····	224
5.12 饥饿与活锁·····	161	<b>第七章 文件系统</b> ·····	227
5.13 可复用资源死锁的静态分析·····	162	7.1 文件与文件系统·····	227
5.14 同种组合资源死锁的必要条件·····	165	7.1.1 文件·····	227
5.15 死锁与饥饿的例子·····	165	7.1.2 文件系统·····	228

7.2 文件的访问方式	228	存储型设备	257
7.2.1 顺序访问	228	8.1.2 块型设备与字符型设备	257
7.2.2 随机访问	229	8.1.3 独占型设备与共享型设备	258
7.3 文件的组织	229	8.2 设备的物理特性	258
7.3.1 文件的逻辑组织	229	8.2.1 输入输出型设备的物理特性	258
7.3.2 文件的物理组织	231	8.2.2 存储型设备的物理特性	258
7.4 文件目录	236	8.3 数据传输方式	261
7.4.1 文件控制块与目录项	236	8.3.1 程序控制查询方式	261
7.4.2 文件目录与目录文件	237	8.3.2 中断驱动方式	261
7.4.3 单级目录与多级目录	238	8.3.3 DMA方式	262
7.4.4 文件目录的改进	239	8.3.4 通道方式	263
7.4.5 根目录与当前目录	240	8.4 设备分配与去配	265
7.4.6 文件目录的查找	240	8.4.1 独占型设备的分配与去配	265
7.5 文件的共享	241	8.4.2 共享型设备的分配与去配	267
7.5.1 文件共享的目的	241	8.5 设备驱动	267
7.5.2 文件共享的模式	241	8.5.1 通道程序	267
7.5.3 文件共享的实现	242	8.5.2 设备启动	268
7.6 文件的保护、保密与安全	242	8.5.3 中断处理	268
7.6.1 文件的保护	242	8.6 设备调度	268
7.6.2 文件的保密	243	8.6.1 磁盘输入输出参数	269
7.6.3 文件的安全	244	8.6.2 磁盘引臂调度算法	269
7.7 文件系统的实现	245	8.6.3 磁盘访问举例	273
7.7.1 内存所需的表目	245	8.7 缓冲技术	273
7.7.2 外存空间的管理	247	8.7.1 缓冲技术的引入	273
7.8 文件系统的界面	248	8.7.2 硬缓冲与软缓冲	274
7.9 日志结构文件系统	251	8.7.3 私有缓冲与公共缓冲	274
7.10 内存映射文件	252	8.7.4 单缓冲、双缓冲与循环缓冲	274
7.11 系统举例	253	8.7.5 缓冲池及其管理	274
7.11.1 Linux文件系统	253	8.7.6 缓冲技术的实现	275
7.11.2 Windows Vista的NTFS	253	8.8 输入输出进程	278
习题七	255	8.9 RAID技术	279
<b>第八章 设备与输入输出管理</b>	<b>257</b>	8.9.1 RAID级别	279
8.1 设备的分类	257	8.9.2 硬件RAID与软件RAID	284
8.1.1 输入输出型设备与		8.10 虚拟设备	284
		8.10.1 虚拟设备的引入	284

8.10.2 虚拟设备的实现	285	9.8.3 死锁检测	310
8.10.3 虚拟设备举例	285	9.9 资源管理	312
8.11 稳定存储器	288	9.9.1 集中式资源管理	312
8.12 系统举例	289	9.9.2 分布式资源管理	313
习题八	289	9.9.3 层次式资源管理	313
<b>第九章 网络操作系统与分布式</b>		9.10 分布式文件系统	313
<b>操作系统</b>	291	9.10.1 一般结构	313
9.1 计算机网络	291	9.10.2 命名与透明性	313
9.1.1 计算机网络的概念	291	9.10.3 远程文件存取	314
9.1.2 计算机网络的组成	291	9.10.4 有状态服务与无状态服务	315
9.1.3 计算机网络的分类	292	9.10.5 缓存策略	315
9.1.4 计算机网络的拓扑结构	293	9.11 系统举例	316
9.2 通信与协议	295	习题九	317
9.3 网络服务	296	<b>第十章 多核操作系统与多处理器</b>	
9.3.1 远程登录	296	<b>操作系统</b>	319
9.3.2 远程文件传输	297	10.1 问题的提出	319
9.4 计算模型	297	10.2 并行计算机与并行计算模型	320
9.4.1 数据迁移	297	10.3 多核处理器架构	321
9.4.2 计算迁移	297	10.4 内存访问方式	323
9.5 事件排序	300	10.4.1 均匀存储访问模型	323
9.5.1 先发生关系	300	10.4.2 非均匀存储访问模型	323
9.5.2 全序关系	301	10.4.3 全高速缓存存储访问模型	324
9.6 进程互斥	303	10.4.4 非远程存储访问模型	324
9.6.1 集中方式	303	10.5 调度与负载均衡	324
9.6.2 分布方式	303	10.5.1 负载均衡的因素	324
9.6.3 标志传递方式	305	10.5.2 多核调度指标	325
9.7 进程同步与进程通信	305	10.5.3 多核调度算法	326
9.7.1 消息传递	305	10.6 多核并发控制	328
9.7.2 套接字	306	10.6.1 自旋锁	329
9.7.3 远程过程调用	306	10.6.2 队列自旋锁	329
9.7.4 远程方法启用	309	10.7 多核中断与多核通信	330
9.8 死锁处理	309	10.7.1 高级可编程中断控制器	330
9.8.1 死锁预防	310	10.7.2 多核中断	330
9.8.2 死锁避免	310	10.7.3 多核通信	330

10.8 高速缓存的一致性.....	331	12.3.3 微内核结构.....	361
10.9 多核启动过程.....	333	12.4 操作系统设计方法.....	361
10.10 多核系统效率.....	334	12.4.1 模块接口法.....	361
10.11 系统举例.....	335	12.4.2 核扩充法.....	362
习题十.....	336	12.4.3 层次结构法.....	362
		12.4.4 面向对象设计方法.....	367
<b>第十一章 操作系统管理.....</b>	<b>338</b>	12.5 系统举例.....	367
11.1 操作系统使用.....	338	习题十二.....	370
11.1.1 操作系统生成.....	338		
11.1.2 操作系统装入.....	339	<b>第十三章 UNIX 实例分析.....</b>	<b>372</b>
11.1.3 操作系统初启.....	339	13.1 历史回顾.....	372
11.1.4 操作系统运行.....	340	13.2 系统结构.....	373
11.2 操作系统维护.....	340	13.2.1 内核部分.....	373
11.2.1 改正性维护.....	341	13.2.2 外壳部分.....	375
11.2.2 适应性维护.....	342	13.3 进程管理.....	375
11.2.3 完善性维护.....	342	13.3.1 进程组成.....	375
11.3 操作系统保护.....	343	13.3.2 进程控制块.....	376
11.3.1 域结构.....	343	13.3.3 进程状态与状态转换.....	378
11.3.2 访问矩阵.....	344	13.3.4 进程调度.....	379
11.4 操作系统安全.....	345	13.3.5 进程互斥.....	380
11.4.1 闯入与身份认证.....	346	13.3.6 进程同步.....	380
11.4.2 程序威胁.....	348	13.3.7 进程通信.....	380
11.4.3 安全策略.....	351	13.4 存储管理.....	384
11.4.4 可信系统.....	353	13.4.1 存储管理方式.....	384
11.5 系统举例.....	353	13.4.2 存储分配算法.....	384
习题十一.....	354	13.4.3 进程空间扩充.....	386
		13.4.4 交换技术.....	386
		13.4.5 虚拟页式存储管理.....	387
<b>第十二章 操作系统设计.....</b>	<b>356</b>	13.5 文件系统.....	387
12.1 操作系统设计目标.....	356	13.5.1 文件类型.....	388
12.2 操作系统基本内核.....	357	13.5.2 文件体系.....	388
12.2.1 内核的基本组成.....	357	13.5.3 文件结构.....	389
12.2.2 内核各个部分的关系.....	357	13.5.4 文件目录与连接.....	389
12.3 操作系统体系结构.....	358	13.5.5 文件系统映射.....	390
12.3.1 基于共享变量的结构.....	359	13.5.6 文件卷的安装.....	391
12.3.2 基于信件传递的结构.....	360		

13.5.7 磁盘空间管理	393	14.2.1 进程的概念	431
13.5.8 inode区管理	394	14.2.2 进程的描述	433
13.5.9 快速文件系统	396	14.3 处理机管理	434
13.5.10 网络文件系统	398	14.3.1 作业管理	434
13.6 设备管理	400	14.3.2 狭义处理机管理	435
13.6.1 设备分配	400	14.3.3 进程管理	436
13.6.2 缓冲与缓存	400	14.3.4 进程合作	439
13.6.3 预先读与延迟写	405	14.3.5 死锁	440
13.7 系统调用	406	14.4 存储管理	443
13.7.1 有关进程控制的 系统调用命令	407	14.4.1 内存资源的自动机描述	444
13.7.2 有关文件的系统调用命令	410	14.4.2 虚拟技术	445
13.8 外壳语言	414	14.5 文件系统	447
习题十三	415	14.5.1 信息	447
<b>第十四章 操作系统理论</b>	<b>418</b>	14.5.2 文件资源	447
14.1 预备知识	418	14.5.3 文件的自动机	447
14.1.1 自动机	418	14.6 设备管理	448
14.1.2 资源	421	14.6.1 设备描述	448
14.1.3 组合资源与并行活动	423	14.6.2 设备的管理	449
14.1.4 资源的分类	424	14.6.3 虚拟设备	450
14.1.5 有限自动机的分解	429	习题十四	452
14.2 进程	431	<b>参考文献</b>	<b>453</b>



# 第一章

---

## 操作系统概述

### 1.1 操作系统的概念

“操作系统”目前尚无统一的定义。这里只能从操作系统在整个计算机系统中所处的地位以及所起的作用来给出关于操作系统的非形式化描述。

#### 1.1.1 操作系统的地位

计算机系统是由硬件和软件两部分构成的。软件又分成系统软件和应用软件两类，操作系统（Operating System, OS）是一个最基本也是最重要的系统软件。从虚拟机的观点来看，软件是划分层次的。系统软件位于低层，应用软件位于高层。当然，系统软件和应用软件都可以进一步分层。如果将系统软件进一步分层，可以发现操作系统位于系统软件层次中的最底层，如图 1-1 所示。

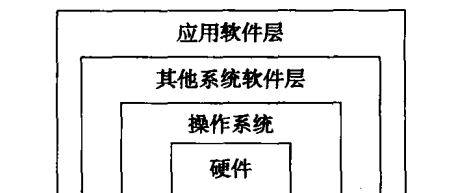


图 1-1 虚拟机层次

据此可以看出，操作系统是与计算机硬件关系最为密切的一个系统软件，是对硬件部件的第一次扩充。

图 1-1 所示的层次关系具有穿透性：高层软件可以调用所有低层次的软件，并与硬件直接打交道。每个软件层都在原有层次的基础上增加一层新的界面。例如，应用程序（application program）以目标代码的形式运行时，可以与操作系统和硬件直接打交道（调用操作系统或执行硬件指令），操作系统之上的系统库可以被应用程序调用，系统库中的函数又可以调用操作系统，