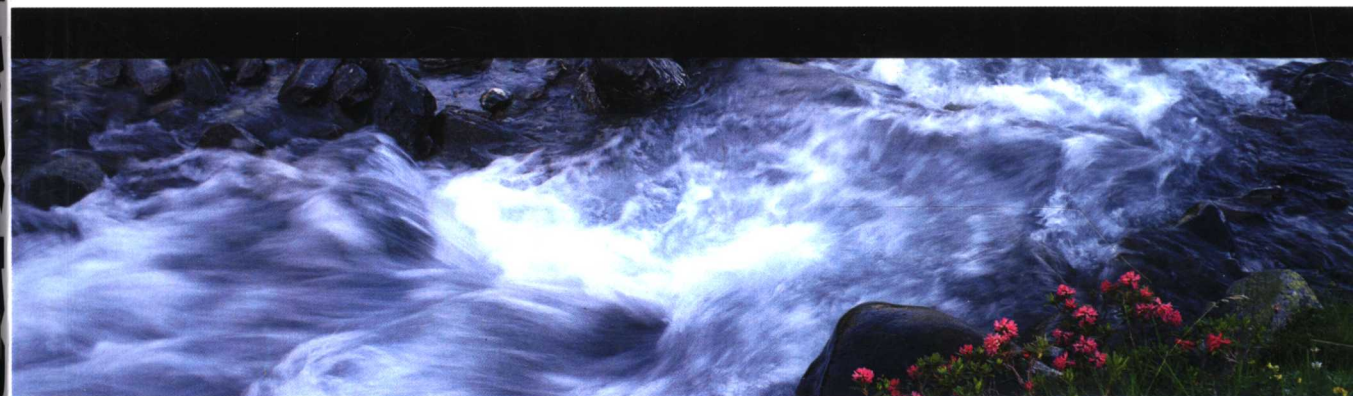


21世纪高校
计算机系列教程

操作系统



薛智文 编著

引进台湾原版成熟教材■

注重内容的实用性，培养学生的专业能力■

适合高校电子信息类各专业选用■

经过全国高等院校计算机基础教育研究会著名专家学者、教授的评估与审定■

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

21 世纪高校计算机系列教程

操作系统

薛智文 编著

中国铁道出版社

2006 年 • 北京

(京)新登字 063 号

北京市版权局著作合同登记号: 01-2003-2675 号

出版说明

本书中文繁体字版由台湾旗标出版股份有限公司出版(2003)。本书中文简体字版经台湾旗标出版股份有限公司授权由中国铁道出版社出版(2003)。任何单位或个人未经出版者书面允许不得以任何手段复制或抄袭本书内容。

图书在版编目(CIP)数据

操作系统/薛智文编著. —北京:中国铁道出版社, 2003.6 (2006.12 重印)

(21 世纪高校计算机系列教程)

ISBN 7-113-05310-6

I. 操… II. 薛… III. 操作系统-高等学校-教材 IV. TP316

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 043999 号

书 名: 操作系统

作 者: 薛智文

出版发行: 中国铁道出版社(100054, 北京市宣武区右安门西街 8 号)

策划编辑: 严晓舟 魏 春

责任编辑: 苏 茜 黄园园

封面设计: 孙天昭

印 刷: 三河市国英印务有限公司

开 本: 787×1092 1/16 印张: 25.25 字数: 590 千

版 本: 2003 年 7 月第 1 版 2006 年 12 月第 2 次印刷

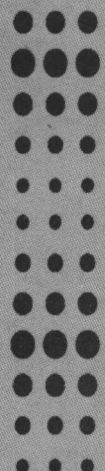
印 数: 5001~7000 册

书 号: ISBN 7-113-05310-6/TP·956

定 价: 32.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书, 如有缺页、倒页、脱页者, 请与本社计算机图书批销部调换。

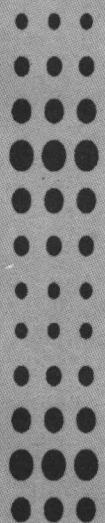


推

荐



书

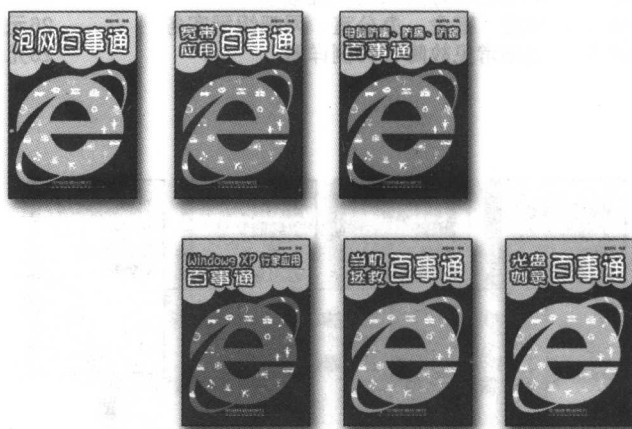


一点通系列

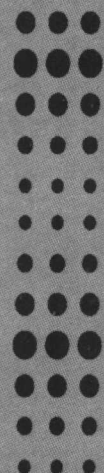


05039-5	外行学电脑软硬件维护一点通	29元
05052-2	外行学上网一点通	29元
05038-7	外行装电脑、用电脑、修电脑一点通	31元
04487-5	BIOS与Windows 注册表设置一点通	29元
04519-7	电脑常见故障与日常维护一点通	33元
04462-X	外行学电脑一点通	39元
04446-8	光盘刻录一点通	45元

百事通系列



05135-9	当机拯救百事通	20元
05063-8	光盘刻录百事通	19元
05006-9	宽带应用百事通	19元
04991-5	电脑防病毒、防黑、防窥百事通	19元
05012-3	泡网百事通	20元
04976-1	Windows XP行家应用百事通	20元
待定	局域网架构、管理、排困百事通	待定

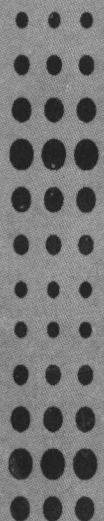


推

荐

书

书



现用现查红宝书系列



- | | | |
|---------|---------------------------------|-----|
| 04635-5 | 网吧、校园网办公网网管实务 | 30元 |
| 04657-6 | Windows 9X/Me/NT/2000/XP注册表修改实务 | 25元 |
| 04634-7 | Windows 98/2000/XP常见故障1000例详解 | 24元 |
| 05048-4 | 建设与维护你自己的网站 | 30元 |
| 05057-3 | 电脑组装维护与系统优化完全手册 | 30元 |
| 04898-6 | Internet常见问题与技巧1000例详解 | 29元 |
| 04822-6 | 黑客攻防技术速查 | 27元 |
| 04658-4 | 新手上网、邮件聊天、网页制作实务全书 | 26元 |
| 04743-2 | 电脑系统维护与最常用工具软件100款详解 | 27元 |
| 04745-9 | 电脑新手万用入门基础教程 | 35元 |
| 04696-7 | 家庭、宿舍、办公室、网吧组网实务 | 26元 |
| 04697-5 | 电脑常见故障1000例详解 | 23元 |



牛皮书系列

- | | | |
|---------|-----------------------------|-----|
| 05142-1 | Flash MX 中文版经典创作案例 | 32元 |
| 05088-3 | Delphi 7.0 经典开发案例 | 37元 |
| 05061-1 | Photoshop 7.0 中文版文字纹理滤镜经典案例 | 33元 |
| 05104-9 | AutoCAD 2002 中文版建筑与工业应用经典案例 | 27元 |
| 05075-1 | AutoCAD 2002 中文版机械应用案例精粹 | 27元 |
| 05080-8 | Visual C++.NET 经典开发案例 | 42元 |
| 05089-1 | Visual Basic .NET 经典开发案例 | 36元 |

21 世纪高校计算机系列教材 审定委员会

主 任：高 林

副主任：丁桂芝 李 畅

委 员：安淑芝 鲍有文 陈文博 樊月华 陈维兴
顾星海 李秀芬

项目策划：严晓舟 宋旭明

编 辑：魏 春 秦绪好 张雁芳

丛 书 序

人类进入 21 世纪,以计算机和互联网为代表的信息技术的高速发展,使得计算机教育已经发展成为信息技术教育。21 世纪是信息技术高度发展,并在社会各行各业、各个层面得到广泛应用的时代,信息技术深刻地改变着人类的生活、工作和思维方式。时代要求每一个人都应当学习信息技术、应用信息技术。

随着我国社会主义市场经济和信息技术的高速发展,我国的高校计算机教育已步入从重视理论教育,走向理论与实践相结合、注重运用知识解决实际问题能力的发展阶段。大学计算机应用技术和高职高专教育还处于探索阶段,与之相适用的教材已成为教育改革的重要方面。

我国台湾地区的高校计算机应用技术教育发展已相当成熟,在过去的二十几年中,为台湾地区经济发展培养了大批应用型人才,在职业化教育方面积累了丰富的经验;通过多年的实践,在处理理论与实践的关系以及培养实际应用与操作的技术应用型人才方面都处于领先地位,也符合国际职业教育发展的主流。由于有着相同的历史文化背景,现阶段台湾的高校计算机应用技术教育教材对我们更具有借鉴作用。

因此根据教育部关于引进外文原版教材、推动我国教材改革的精神,通过多方面调查,在充分听取专家意见的基础上,中国铁道出版社以“引进,吸收,创新”为指导思想,力争走出一条新的高校计算机应用技术教育教材发展之路。作为这一决策的第一步,我们经过精心的组织策划,推出了“21 世纪高校计算机系列教程”。

我们本次引进的教材都是现阶段我国台湾地区的科技大学和技职学院正在使用的教材,这些学校是当前台湾发展高校计算机应用技术教育的主体学校,我们认为这些教材在编写过程中均采用了理论与实践相结合的方法,体现了能力本位的思想,注重在学习理论知识的基础上重点培养学生的实践能力,通过一系列实际训练,提高学生各种必备的技术应用能力,使他们一出校门便可发挥其所学专长,成为该领域的专门人才。

本套教材一开始便受到了全国高等学校计算机基础教育研究会高林教授的赞赏,高林教授充分肯定了铁道出版社引进台湾版高职教材的思路,并在教材引进和编审过程中给予了全面指导,组织多位专家教授对这套教材进行了审定。专家一致认为本套教材内容新颖,易教易学,层次配套,符合高校计算机应用技术教育的特点,有利于推动我国高等职业教育的发展,建议在全国范围内推广使用。

本套教材可以作为大学计算机应用技术课程教材以及高职高专、成人高校和面向社会的培训班的教材,也可作为学习计算机应用技术的自学教材。

中国铁道出版社
2003 年 6 月

出版说明

自从计算机发明以来，操作系统就以各种不同的形式存在于计算机系统之中，不过它再怎么变，始终都是一种用来帮助用户利用计算机资源的程序。虽然操作系统的研究与发展开始得很早，已不是一门新兴的学科，但随着计算机系统软硬件的迅速发展，操作系统也随着日新月异。

本书主要从操作系统概述、进程管理、内存管理、文件系统、分布式操作系统等几大板块进行讲解。立足于易读、易懂、易学，并在每一章后附有习题作业便于学生课后练习，巩固知识。书中的习题答案将放在网上，便于学生参考，可访问天勤书店的网址：www.tqbooks.net，在下载专区中下载。

本书由台湾旗标出版股份有限公司提供版权，经中国铁道出版社计算机图书中心审选，陆正武、刘玉敏、张勇、安冀苗、陆正中、马进德、梅成刚、郑荣辉、陈敏、李净、吴根清、刘军、吴伟、廖康良、孟丽花、陈贤淑等同志参与了本书的整稿及编排工作。书中难免有疏漏之处，恳请各位专家和读者批评指正。我们也会在适当时间进行修订和补充，并发布在天勤网站：<http://www.tqbooks.net>“图书修订”栏目中。

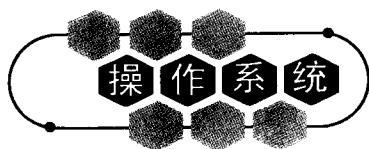
为方便教学，我们将为选用本书作教材的任课老师免费提供本书的“电子教案素材库”光盘一张。

中国铁道出版社

2003年6月

目 录

第 1 章 简介 (Introduction)	1
1-1 什么是操作系统 (What is an Operating System)	2
1-1-1 用户观点 (User View)	2
1-1-2 系统观点 (System View)	3
1-1-3 系统目标 (System Goals)	3
1-1-4 系统特征迁移 (System Feature Migration)	4
1-2 单节点系统 (Single-Node Systems)	5
1-2-1 大型计算机系统 (Mainframe Systems)	5
1-2-2 个人计算机系统 (Personal-Computer Systems)	7
1-2-3 多处理器计算机系统 (Multiprocessor Systems)	7
1-3 多节点系统 (Multiple-Node Systems)	9
1-3-1 分布式系统 (Distributed Systems)	9
1-3-2 集群式系统 (Clustered Systems)	10
1-4 特殊目的系统 (Special-Purpose Systems)	11
1-4-1 实时系统 (Real-Time Systems)	11
1-4-2 掌上型系统 (Handheld Systems)	12
1-4-3 嵌入式系统 (Embedded Systems)	13
1-5 计算环境 (Computing Environments)	13
1-5-1 传统式计算 (Traditional Computing)	13
1-5-2 因特网式计算 (Web-based Computing)	14
1-5-3 嵌入式计算 (Embedded Computing)	14
1-6 小结	15
1-7 作业 (Homework)	15
第 2 章 硬件结构 (Hardware Structures)	17
2-1 CPU (Central Processing Unit)	18
2-1-1 寄存器 (Register)	19
2-1-2 冯诺依曼计算机 (Von Neumann Machine)	19
2-2 存储设备 (Storage Device)	20
2-2-1 内存 (Memory)	20
2-2-2 高速缓存 (Caching)	21
2-2-3 磁盘 (Magnetic Disk)	22
2-2-4 磁带 (Magnetic Tape)	22
2-3 I/O 结构 (I/O Structure)	23



2-3-1	总线 (Bus)	23
2-3-2	控制器 (Controller)	24
2-3-3	I/O 中断 (I/O Interrupt)	25
2-3-4	直接内存访问 (Direct Memory Access, DMA)	26
2-4	存储层次结构 (Storage Hierarchy)	27
2-4-1	连贯性 (Coherency)	28
2-4-2	一致性 (Consistency)	29
2-5	硬件保护 (Hardware Protection)	29
2-5-1	双状态运行 (Dual-Mode Operation)	30
2-5-2	I/O 保护 (I/O Protection)	30
2-5-3	CPU 保护 (CPU Protection)	31
2-5-4	内存保护 (Memory Protection)	31
2-6	小结	32
2-7	作业 (Homework)	33
第 3 章	操作系统结构 (Operating-System Structures)	35
3-1	系统组成 (System Components)	36
3-1-1	进程管理 (Process Management)	36
3-1-2	主存储器管理 (Main Memory Management)	37
3-1-3	文件管理 (File Management)	37
3-1-4	I/O 系统管理 (I/O System Management)	38
3-1-5	辅存管理 (Secondary-Storage Management)	38
3-1-6	网络 (Networking)	39
3-1-7	保护系统 (Protection System)	39
3-1-8	命令解释程序系统 (Command-Interpreter System)	39
3-2	操作系统服务 (Operating-System Services)	40
3-3	系统调用 (System Call)	41
3-3-1	进程控制 (Process Control)	42
3-3-2	内存管理 (Memory Management)	42
3-3-3	文件操作 (File Manipulation)	43
3-3-4	设备管理 (Device Management)	43
3-3-5	信息维护 (Information Maintenance)	43
3-3-6	进程间通信 (Interprocess Communication)	44
3-4	系统结构 (System Structure)	45
3-4-1	简单结构 (Simple Structure)	45
3-4-2	分层方法 (Layered Approach)	46
3-4-3	微内核 (Microkernel)	46
3-5	虚拟机 (Virtual Machine)	47
3-5-1	实现 (Implementation)	48

3-5-2	优点 (Benefits)	48
3-6	系统设计 (System Design)	49
3-6-1	设计目标 (Design Goals)	49
3-6-2	机制和策略 (Mechanism and Policies)	49
3-6-3	实现 (Implementation)	50
3-7	小结	50
3-8	作业 (Homework)	51
第 4 章	进程 (Processes)	53
4-1	进程概念 (Process Concept)	54
4-1-1	简介 (Introduction)	54
4-1-2	进程的状态 (Process State)	54
4-1-3	进程控制块 (Process Control Block)	55
4-2	进程调度 (Process Scheduling)	56
4-2-1	调度队列 (Scheduling Queue)	56
4-2-2	调度器 (Schedulers)	57
4-2-3	上下文切换 (Context Switch)	58
4-3	进程的建立与结束 (Process Creation and Termination)	58
4-3-1	进程的建立 (Process Creation)	58
4-3-2	进程的结束 (Process Termination)	59
4-4	线程 (Thread)	60
4-4-1	线程概念 (Thread Concept)	60
4-4-2	线程的优点 (Benefits of Thread)	60
4-4-3	用户和内核线程 (User and Kernel Thread)	61
4-4-4	多线程的模型 (Multithreading Models)	61
4-5	进程合作 (Processes Cooperation)	62
4-5-1	缓冲区 (Buffer)	63
4-5-2	生产者 (Producer)	63
4-5-3	消费者 (Consumer)	64
4-6	进程间通信 (InterProcess Communication)	64
4-6-1	基本结构 (Basic Structure)	64
4-6-2	直接通信 (Direct Communication)	65
4-6-3	间接通信 (Indirect Communication)	66
4-6-4	同步 (Synchronization)	67
4-6-5	缓冲 (Buffering)	67
4-6-6	异常状况 (Exception Conditions)	68
4-7	小结	69
4-8	作业 (Homework)	70

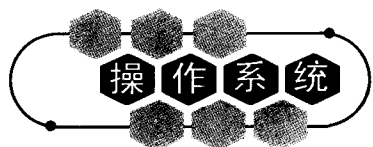
第5章 调度 (Scheduling)	71
5-1 调度概念 (Scheduling Concept)	72
5-1-1 进程行为 (Process Behavior)	72
5-1-2 CPU 调度器 (CPU Scheduler)	73
5-1-3 调度时机 (Schedule Occasion)	73
5-1-4 分派器 (Dispatcher)	74
5-1-5 调度准则 (Scheduling Criteria)	74
5-2 调度方法 (Scheduling Method)	75
5-2-1 先来先服务调度 (FCFS Scheduling)	75
5-2-2 最短工作优先调度 (SJF Scheduling)	76
5-2-3 优先级调度 (Priority Scheduling)	79
5-2-4 时间片轮转调度 (Round-Robin Scheduling)	80
5-2-5 多级队列调度 (Multilevel Queue Scheduling)	81
5-2-6 多级反馈队列调度 (Multilevel Feedback Queue Scheduling)	82
5-3 特殊用途调度 (Special Purpose Scheduling)	83
5-3-1 多处理器调度 (Multiple-Processor Scheduling)	83
5-3-2 实时调度 (Real-Time Scheduling)	84
5-4 调度评估 (Scheduling Evaluation)	85
5-4-1 定性模式 (Deterministic Modeling)	85
5-4-2 排队模型 (Queuing Models)	86
5-4-3 仿真 (Simulations)	87
5-4-4 实现 (Implementation)	87
5-5 小结	88
5-6 作业 (Homework)	89
第6章 同步与死锁 (Synchronization and Deadlock)	91
6-1 进程同步 (Process Synchronization)	92
6-2 临界区 (Critical Section)	93
6-2-1 交替算法 (Turn Algorithm)	94
6-2-2 标识算法 (Flag Algorithm)	94
6-2-3 综合算法 (Combination Algorithm)	95
6-2-4 面包店算法 (Bakery Algorithm)	96
6-2-5 硬件支持 (Hardware Support)	97
6-3 信号量 (Semaphore)	99
6-3-1 计数信号量 (Counting Semaphore)	99
6-3-2 二元信号量 (Binary Semaphore)	101
6-4 同步的经典问题 (Classical Problems of Synchronization)	101
6-4-1 有限缓冲区问题 (The Bounded-Buffer Problem)	101
6-4-2 读取者与写入者问题 (The Readers and Writers Problem)	102

6-4-3	哲学家晚餐问题 (The Dining-Philosophers Problem)	103
6-5	临界区域与监控程序 (Critical Region and Monitor)	104
6-5-1	临界区域 (Critical Region)	104
6-5-2	监控程序 (Monitor)	105
6-6	死锁简介 (Deadlock Introduction)	107
6-6-1	死锁特性 (Deadlock Characterization)	107
6-6-2	死锁检测 (Deadlock Detection)	108
6-6-3	死锁解除 (Recovery from Deadlock)	109
6-7	死锁预防 (Deadlock Prevention)	110
6-7-1	互斥 (Mutual Exclusion)	110
6-7-2	占用与等待 (Hold and Wait)	110
6-7-3	不可抢占 (No Preemption)	110
6-7-4	循环等待 (Circular Wait)	111
6-8	死锁避免 (Deadlock Avoidance)	111
6-8-1	安全状态 (Safe State)	111
6-8-2	资源分配图算法 (Resource-Allocation Graph Algorithm)	112
6-8-3	银行家算法 (Banker's Algorithm)	112
6-9	小结	114
6-10	作业 (Homework)	114
第 7 章	与进程相关的实现 (Process Related Implementation)	117
7-1	数据结构 (Data Structure)	118
7-1-1	进程描述符 (Process Descriptor)	118
7-1-2	进程状态 (Process State)	119
7-1-3	进程链表 (Process List)	120
7-1-4	就绪队列 (Ready Queue)	120
7-2	进程运行 (Process Operation)	121
7-2-1	进程建立 (Process Creation)	121
7-2-2	上下文切换 (Context Switch)	124
7-2-3	进程结束 (Process Termination)	128
7-3	进程间的通信 (Interprocess Communication)	129
7-3-1	自旋锁 (Spin Lock)	129
7-3-2	信号量 (Semaphore)	131
7-3-3	消息队列 (Message Queue)	133
7-4	小结	137
7-5	作业 (Homework)	138
第 8 章	内存管理 (Memory Management)	139
8-1	背景介绍 (Background)	140
8-1-1	地址空间 (Address Space)	140



8-1-2	地址绑定 (Address Binding)	141
8-1-3	重叠 (Overlays)	141
8-1-4	置换 (Swapping)	142
8-2	连续分配 (Contiguous Allocation)	143
8-2-1	单一分割分配 (Single-Partition Allocation)	143
8-2-2	多重分割分配 (Multiple-Partition Allocation)	144
8-2-3	碎片 (Fragmentation)	146
8-3	分页 (Paging)	147
8-3-1	基本方法 (Basic Method)	147
8-3-2	分页表的结构 (Structure of Page Table)	148
8-3-3	多层分页法 (Multilevel Paging)	151
8-3-4	反转分页表 (Inverted Page Table)	152
8-4	分段 (Segmentation)	153
8-4-1	基本方法 (Basic Method)	153
8-4-2	段页式 (Segmentation with Paging)	155
8-5	小结	156
8-6	作业 (Homework)	157
第 9 章	虚拟内存 (Virtual Memory)	159
9-1	背景介绍 (Background)	160
9-1-1	基本概念 (Basic Concept)	160
9-1-2	需求分页 (Demand Paging)	161
9-1-3	需求分页的性能 (Performance of Demand Paging)	163
9-2	分页替换 (Page Replacement)	164
9-2-1	先进先出算法 (FIFO Algorithm)	165
9-2-2	优化算法 (Optimal Algorithm)	166
9-2-3	最近最久未使用淘汰算法 (LRU Algorithm)	167
9-2-4	最近最久未使用淘汰近似算法 (LRU Approximation Algorithms)	168
9-2-5	最不频繁使用淘汰算法 (LFU Algorithm)	170
9-2-6	最频繁使用淘汰算法 (MFU Algorithm)	170
9-2-7	分页缓冲算法 (Page Buffering Algorithm)	170
9-3	页框分配 (Frame Allocation)	171
9-3-1	最少页框数目 (Minimum Number of Frames)	171
9-3-2	分配算法 (Allocation Algorithms)	172
9-3-3	全局与局部分配 (Global and Local Allocation)	172
9-4	颠簸现象 (Thrashing)	173
9-4-1	颠簸现象的成因 (Cause of Thrashing)	173
9-4-2	工作集模型 (Working Set Model)	174
9-4-3	分页错误频率 (Page Fault Frequency)	175

9-5 实现问题 (Implementation Issues)	176
9-5-1 预先分页 (Prepaging)	176
9-5-2 程序结构 (Program Structure)	176
9-5-3 分页服务程序 (Paging Daemons)	177
9-5-4 分页上锁 (Page Locking)	177
9-5-5 分页大小 (Page Size)	178
9-5-6 其他考虑 (Other Considerations)	178
9-6 小结	178
9-7 作业 (Homework)	179
第 10 章 内存管理实现 (Memory Management Implementation)	181
10-1 内存寻址 (Memory Addressing)	182
10-1-1 硬件分段支持 (Segmentation in Hardware)	182
10-1-2 Linux 上的分段 (Segmentation in Linux)	185
10-1-3 硬件分页支持 (Paging in Hardware)	186
10-1-4 Linux 上的分页 (Paging in Linux)	188
10-2 页框管理 (Page Frame Management)	190
10-2-1 页框运行 (Operations of Page Frames)	190
10-2-2 对偶式系统算法 (Buddy System Algorithm)	193
10-3 内存区域管理 (Memory Area Management)	195
10-3-1 Slab 分配器 (Slab Allocator)	195
10-3-2 Slab 运行 (Slab Operations)	196
10-4 小结	197
10-5 作业 (Homework)	198
第 11 章 文件系统简介 (File System Introduction)	199
11-1 文件基本概念 (File Concept)	200
11-1-1 文件属性 (File Attributes)	200
11-1-2 文件操作 (File Operations)	201
11-1-3 文件类型 (File Types)	202
11-1-4 文件分配表 (File Allocation Table)	203
11-2 文件访问与保护 (File Access and Protection)	204
11-2-1 文件访问 (File Access)	204
11-2-2 访问权限 (Access Type)	205
11-2-3 访问组 (Access Groups)	206
11-3 目录结构 (Directory Structure)	207
11-3-1 单层目录 (Single-Level Directory)	208
11-3-2 双层目录 (Double-Level Directory)	209
11-3-3 树状目录 (Tree-Structured Directory)	210
11-3-4 非循环图状目录 (Acyclic-Graph Directory)	210



11-3-5	一般图状目录 (General Graph Directory)	211
11-4	目录访问与保护 (Directory Access and Protection)	212
11-4-1	目录访问指令 (Directory Access Operation)	212
11-4-2	目录与文件路径 (Path)	212
11-4-3	目录访问保护 (Directory Protection)	213
11-4-4	文件系统挂接 (Mounting)	214
11-5	一致性语义 (Consistency Semantics)	214
11-5-1	UNIX 语义 (UNIX Semantics)	214
11-5-2	Session 语义 (Session Semantics)	214
11-5-3	Immutable 语义 (Immutable Semantics)	215
11-6	小结	215
11-7	作业 (Homework)	216
第 12 章	文件系统实现 (File System Implementation)	217
12-1	文件系统结构 (File System Structure)	218
12-1-1	文件访问 (File Access)	218
12-1-2	打开文件表 (Open File Table)	219
12-1-3	共享文件 (Shared Files)	220
12-2	可用空间管理 (Free Space Management)	220
12-2-1	链表 (Linked List)	221
12-2-2	位向量 (Bit Vector)	222
12-2-3	计数 (Counting)	222
12-3	文件分配方法 (File Allocation Method)	223
12-3-1	连续式分配 (Contiguous Allocation)	223
12-3-2	链表式分配 (Linked List Allocation)	224
12-3-3	索引式分配 (Indexed Allocation)	226
12-4	文件目录实现 (Directory Implementation)	227
12-4-1	线性链表 (Linear List)	227
12-4-2	哈希表 (Hash Table)	228
12-5	文件系统评估 (File System Evaluation)	229
12-5-1	性能 (Performance)	229
12-5-2	效率 (Efficiency)	230
12-5-3	可靠性 (Reliability)	230
12-5-4	一致性 (Consistency)	231
12-6	小结	232
12-7	作业 (Homework)	233
第 13 章	文件系统实例 (File System Examples)	235
13-1	UNIX 文件系统 (UNIX File System)	236
13-1-1	架构 (Framework)	236

13-1-2	inode	236
13-1-3	Superblock	238
13-2	Linux 文件系统 (Linux File Systems)	238
13-2-1	虚拟文件系统 (Virtual File System)	239
13-2-2	一般文件系统 (General File Systems)	240
13-2-3	日志式文件系统 (Journaling File Systems)	242
13-2-4	其他文件系统 (Other File Systems)	243
13-3	Windows 文件系统 (Windows File System)	244
13-3-1	内部布局 (Internal Layout)	244
13-3-2	复原 (Recovery)	245
13-3-3	安全 (Security)	246
13-3-4	压缩 (Compression)	246
13-4	小结	247
13-5	作业 (Homework)	248
第 14 章	输出 / 输入系统 (I/O Systems)	249
14-1	I/O 硬件 (I/O Hardware)	250
14-1-1	轮询 (Polling)	251
14-1-2	中断 (Interrupts)	252
14-1-3	直接内存访问 (Direct Memory Access)	254
14-2	应用系统 I/O 接口 (Application I/O Interface)	255
14-2-1	块和字符设备 (Block and Character Devices)	257
14-2-2	网络设备 (Network Devices)	258
14-2-3	时钟与定时器 (Clocks and Timers)	258
14-2-4	阻塞与非阻塞 I/O (Blocking and Nonblocking I/O)	259
14-3	内核 I/O 子系统 (Kernel I/O Subsystem)	259
14-3-1	I/O 调度 (I/O Scheduling)	259
14-3-2	缓冲 (Buffering)	260
14-3-3	高速缓存 (Caching)	261
14-3-4	假脱机和设备预留 (Spooling and Device Reservation)	261
14-3-5	错误处理 (Error Handling)	262
14-3-6	内核数据结构 (Kernel Data Structures)	262
14-4	实现问题 (Implementation Issues)	264
14-4-1	操作转换 (Operations Transforming)	264
14-4-2	驱动流 (STREAMS)	266
14-4-3	性能 (Performance)	267
14-5	小结	269
14-6	作业 (Homework)	270