



普通高等教育“十二五”重点规划教材·计算机系列
中国科学院教材建设专家委员会“十二五”规划教材

戴仕明 姚昌顺 主编

操作系统

OPERATING SYSTEM



科学出版社

普通高等教育“十二五”重点规划教材·计算机系列
中国科学院教材建设专家委员会“十二五”规划教材

操作系统

戴仕明 姚昌顺 主 编

姜 华 张希伟 副主编

郑尚志 梁宝华
参 编

周 进 钱 进

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书由浅入深、系统全面地介绍了计算机系统中的一个重要系统软件——操作系统(OS)。全书共分9章,主要内容包括操作系统引论、进程管理、处理机调度与死锁、存储器管理、设备管理、文件管理、操作系统接口、网络操纵系统及UNIX系统内核结构等。

本书每一章都设置了考研真题解析和习题等模块,以便于读者掌握本章的重点及提高实际解决问题的能力。本书结构清晰、易教易学、实例丰富、可操作性强、注重能力培养。

本书既可作为高等院校计算机专业的教材,也可作为计算机技术各类培训班的培训教程。此外,本书也非常适于考研的学生、广大计算机专业人员以及自学人员参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

操作系统/戴仕明,姚昌顺主编. —北京:科学出版社,2011

ISBN 978-7-03-030625-8

I. ①操… II. ①戴… ②姚… III. ①操作系统—研究生—入学考试—自学参考资料 IV. ①TP316

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第048984号

责任编辑:赵丽欣 郭丽娜/责任校对:刘玉清

责任印制:吕春珉/封面设计:东方人华平面设计部

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2011年5月第一版 开本:787×1092 1/16

2011年5月第一次印刷 印张:25

印数:1—3 000 字数:594 000

定价:42.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换<新蕾>)

销售部电话 010-62142126 编辑部电话 010-62134021

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

普通高等教育“十二五”重点规划教材·计算机系列
学术编审委员会

主 任：杨静宇 许 勇

副 主 任：严云洋 朱贵喜 韩忠愿 谢圣献
戴仕明 方厚加 杨国为 舒 坚

编委成员：(排名不分先后，按姓氏笔画为序)

卜红宝	丁为民	丁永红	尹 静	毛红梅	王维民
韦相和	占德胜	史国川	史春联	乔正洪	刘旭东
刘志高	刘家琪	朱胜强	江家宝	严 峥	吴 婷
吴克力	宋正虹	张 宏	张华明	张希伟	张居晓
李 焕	李 胜	李 海	李 寒	李千目	李元振
李俊青	杨 勃	邵 杰	陈 伟	陈汉兵	陈海燕
周 勇	周卫民	姚昌顺	姜 华	胡虚怀	赵 明
赵传申	凌海云	徐卫军	郭龙源	钱 进	陶保壮
梁 明	程 勇	童爱红	葛武滇		

前 言

为适应高等院校应用型人才培养迅速发展的趋势和学生考研的迫切需求，本着“厚基础、重能力、求创新”的总体思想，培养以解决实际问题为导向的具备“举一反三”能力的应用型人才，满足当前教育改革的迫切需求，我们编写了本书。

1. 关于操作系统

操作系统（Operating System, OS）是最重要的计算机系统软件，同时也是计算机科学领域最活跃的学科之一，其发展极为迅速。操作系统既是管理计算机硬件与软件资源的程序，也是计算机系统的内核与基石。它大致包括 5 个方面的管理功能：进程与处理机管理、作业管理、存储管理、设备管理、文件管理。目前微机上常见的操作系统有 DOS、OS/2、UNIX、XENIX、LINUX、Windows、Netware 等。

2. 本书阅读指南

全书共分 9 章，主要内容如下。

第 1 章介绍了操作系统的发展过程、基本特性、功能及结构设计。

第 2 章介绍了进程管理，包括进程与线程的基本概念、进程的控制、同步、通信等问题。

第 3 章介绍了进程管理中的处理机调度与死锁，涉及处理机调度的概念、调度算法及多处理机系统的调度问题，同时也介绍了死锁的概念、成因、预防及其检测方法。

第 4 章介绍了存储器管理，涉及程序的装入和链接，程序在内存中的分配方式等问题。

第 5 章介绍了设备管理，主要涉及 I/O 系统的分类及控制方式、设备分配、处理算法和磁盘存储器的管理等问题。

第 6 章介绍了文件管理，主要涉及文件及文件系统的概念、逻辑结构，在外存的分配方式及文件的共享与保护机制和目录管理等问题。

第 7 章介绍了操作系统的接口，主要包括联机命令接口、系统调用和图形化用户界面接口。

第 8 章介绍了网络操作系统、网络操作系统提供的功能和服务。

第 9 章介绍了一个操作系统的实例——UNIX 系统 V 的内核结构。

3. 本书特色与优点

（1）结构清晰，知识完整。内容详实、系统性强，依据高校教学大纲组织内容，同时覆盖最新版本的所有知识点，并将实际经验融入基本理论之中。

（2）学以致用，注重能力。以基础理论—实用技术—学习加油站为主线编写，每一

章都设置考研真题解析，以便于读者掌握本章的重点及提高解决实际问题的能力。

(3) 示例丰富，实用性强。示例丰富，步骤明确，讲解细致，突出可操作性和实用性。

4. 本书读者定位

本书既可作为大专院校的教材，也可作为计算机专业考研学生的参考教程。此外，本书也非常适于计算机领域的教师、研究人员以及自学人员参考阅读。

本书由戴仕明、姚昌顺任主编，姜华、张希伟任副主编，郑尚志、梁宝华、周进、钱进参编，全书框架结构由何光明拟定。邵世智、云邈、王珊珊、王程凌、史春联、赵传申、吴婷等同志对本书的编写给予了极大的关心和帮助，在此向他们表示真诚的感谢。

限于作者水平，书中难免存在不妥之处，恳请广大读者批评指正。

目 录

前言

第 1 章 操作系统引论	1
1.1 操作系统的目标和作用	1
1.1.1 操作系统的目标	1
1.1.2 操作系统的作用	2
1.1.3 推动操作系统发展的主要动力	3
1.2 操作系统的发展过程	4
1.2.1 无操作系统的计算机系统	4
1.2.2 单道批处理系统	5
1.2.3 多道批处理系统	6
1.2.4 分时系统	8
1.2.5 实时系统	9
1.3 操作系统的基本特性	10
1.3.1 并发	10
1.3.2 共享	11
1.3.3 虚拟	11
1.3.4 异步	12
1.4 操作系统的主要功能	12
1.4.1 处理机管理功能	13
1.4.2 存储器管理功能	14
1.4.3 设备管理功能	15
1.4.4 文件管理功能	16
1.4.5 用户接口	17
1.5 操作系统的结构设计	18
1.5.1 软件工程的基本概念	18
1.5.2 传统的操作系统结构	18
1.5.3 微内核操作系统结构	20
1.6 小结	22
1.7 学习加油站	23
1.7.1 答疑解惑	23
1.7.2 典型例题与考研真题解析	24
1.7.3 综合题详解	27
1.8 习题	28
第 2 章 进程管理	31
2.1 进程的基本概念	31

2.1.1	程序的顺序执行及其特征	31
2.1.2	前趋图	32
2.1.3	程序的并发执行及其特征	33
2.1.4	进程的特征与状态	34
2.1.5	进程控制块	37
2.2	进程控制	39
2.2.1	进程的创建	40
2.2.2	进程的终止	41
2.2.3	进程的阻塞与唤醒	42
2.2.4	进程的挂起与激活	42
2.3	进程同步	43
2.3.1	进程同步的基本概念	43
2.3.2	信号量机制	46
2.3.3	信号量的应用	49
2.4	经典进程的同步问题	51
2.4.1	生产者-消费者问题	52
2.4.2	哲学家进餐问题	54
2.4.3	读者-写者问题	55
2.5	管程机制	57
2.5.1	管程的基本概念	57
2.5.2	利用管程解决生产者-消费者问题	59
2.6	进程通信	60
2.6.1	进程通信的类型	60
2.6.2	消息传递通信的实现方法	61
2.6.3	消息传递系统实现中的若干问题	63
2.6.4	消息缓冲队列通信机制	64
2.7	线程	66
2.7.1	线程的基本概念	66
2.7.2	线程间的同步和通信	67
2.7.3	内核支持线程和用户级线程	68
2.7.4	线程控制	69
2.8	小结	70
2.9	学习加油站	70
2.9.1	答疑解惑	70
2.9.2	典型例题与考研真题解析	72
2.9.3	综合题详解	75
2.10	习题	82
第3章	处理机调度与死锁	86
3.1	处理机调度的基本概念	86

3.1.1	高级、中级和低级调度	86
3.1.2	调度队列模型	88
3.1.3	选择调度方式和调度算法的若干准则	89
3.2	调度算法	91
3.2.1	先来先服务和短作业（进程）优先调度算法	91
3.2.2	高优先权优先调度算法	92
3.2.3	基于时间片的轮转调度算法	94
3.3	实时调度	97
3.3.1	实现实时调度的基本条件	97
3.3.2	实时调度算法的分类	99
3.3.3	常用的几种实时调度算法	100
3.4	多处理机系统中的调度	101
3.4.1	多处理器系统的类型	101
3.4.2	进程分配方式	102
3.4.3	进程(线程)调度方式	103
3.5	产生死锁的原因和必要条件	105
3.5.1	产生死锁的原因	105
3.5.2	产生死锁的必要条件	107
3.5.3	处理死锁的基本方法	108
3.6	预防死锁的方法	108
3.6.1	预防死锁	108
3.6.2	系统安全状态	109
3.6.3	利用银行家算法避免死锁	110
3.7	死锁的检测与解除	114
3.7.1	死锁的检测	114
3.7.2	死锁的解除	116
3.8	小结	116
3.9	学习加油站	116
3.9.1	答疑解惑	116
3.9.2	典型例题与考研真题解析	118
3.9.3	综合题详解	123
3.10	习题	127
第4章	存储器管理	130
4.1	程序的装入和链接	130
4.1.1	程序的装入	131
4.1.2	程序的链接	132
4.2	连续分配方式	134
4.2.1	单一连续分配	134
4.2.2	固定分区分配	134

4.2.3	动态分区分配	135
4.2.4	动态重定位分区分配	138
4.2.5	对换	141
4.3	基本分页存储管理方式	141
4.3.1	页面与页表	142
4.3.2	地址变换机构	143
4.3.3	两级和多级页表	145
4.4	基本分段存储管理方式	148
4.4.1	分段存储管理方式的引入	148
4.4.2	分段系统的基本原理	149
4.4.3	信息共享	150
4.4.4	段页式存储管理方式	151
4.5	虚拟存储器的基本概念	153
4.5.1	虚拟存储器的引入	154
4.5.2	虚拟存储器的实现方法	155
4.5.3	虚拟存储器的特征	156
4.6	请求分页存储管理方式	156
4.6.1	请求分页中的硬件支持	156
4.6.2	内存分配策略和分配算法	158
4.6.3	调页策略	160
4.7	页面置换算法	161
4.7.1	最佳置换算法和先进先出置换算法	161
4.7.2	最近最久未使用(LRU)置换算法	162
4.7.3	Clock 置换算法	164
4.8	请求分段存储管理方式	166
4.8.1	请求分段中的硬件支持	166
4.8.2	分段的共享与保护	168
4.9	小结	169
4.10	学习加油站	170
4.10.1	答疑解惑	170
4.10.2	典型例题与考研真题解析	173
4.10.3	综合题详解	179
4.11	习题	181
第5章	设备管理	187
5.1	I/O 系统	187
5.1.1	I/O 设备	187
5.1.2	设备控制器	189
5.1.3	I/O 通道	191
5.1.4	总线系统	193

5.2 I/O 控制方式	194
5.2.1 程序 I/O 方式	194
5.2.2 中断驱动 I/O 控制方式	195
5.2.3 直接存储器访问 I/O 控制方式	195
5.2.4 I/O 通道控制方式	197
5.3 缓冲管理	198
5.3.1 缓冲的引入	198
5.3.2 单缓冲和双缓冲	199
5.3.3 循环缓冲	200
5.3.4 缓冲池(Buffer Pool)	202
5.4 设备分配	203
5.4.1 设备分配中的数据结构	204
5.4.2 设备分配时应考虑的因素	205
5.4.3 设备独立性	206
5.4.4 独占设备的分配程序	208
5.4.5 SPOOLing 技术	208
5.5 设备处理	210
5.5.1 设备驱动程序的功能和特点	210
5.5.2 设备驱动程序的处理过程	211
5.5.3 中断处理程序的处理过程	213
5.6 磁盘存储器管理	214
5.6.1 磁盘性能简述	215
5.6.2 磁盘调度	216
5.6.3 磁盘高速缓存(Disk Cache)	219
5.6.4 提高磁盘 I/O 速度的其他方法	221
5.6.5 廉价磁盘冗余阵列	222
5.7 小结	223
5.8 学习加油站	224
5.8.1 答疑解惑	224
5.8.2 典型例题与考研真题解析	227
5.8.3 综合题详解	229
5.9 习题	230
第 6 章 文件管理	234
6.1 文件和文件系统	234
6.1.1 数据项、记录和文件	235
6.1.2 文件类型和文件系统模型	236
6.1.3 文件操作	237
6.2 文件的逻辑结构	239
6.2.1 文件逻辑结构的类型	239
6.2.2 顺序文件	240

6.2.3	索引文件	241
6.2.4	索引顺序文件	242
6.2.5	直接文件和哈希文件	243
6.3	外存分配方式	243
6.3.1	连续分配	243
6.3.2	链接分配	245
6.3.3	索引分配	246
6.4	目录管理	250
6.4.1	文件控制块和索引结点	250
6.4.2	目录结构	252
6.4.3	目录查询技术	255
6.5	文件存储空间的管理	256
6.5.1	空闲表法和空闲链表法	257
6.5.2	位示图法	258
6.5.3	成组链接法	259
6.6	文件共享与文件保护	260
6.6.1	基于索引结点的共享方式	260
6.6.2	利用符号链实现文件共享	261
6.6.3	磁盘容错技术	262
6.7	数据一致性控制	264
6.7.1	事务	264
6.7.2	检查点	265
6.7.3	并发控制	266
6.7.4	重复数据的数据一致性问题	267
6.8	小结	269
6.9	学习加油站	269
6.9.1	答疑解惑	269
6.9.2	典型例题与考研真题解析	271
6.9.3	综合题详解	276
6.10	习题	278
第7章	操作系统的接口	281
7.1	联机命令接口	281
7.1.1	联机命令的类型	281
7.1.2	键盘终端处理程序	283
7.1.3	命令解释程序	285
7.2	Shell 命令语言	287
7.2.1	简单命令	287
7.2.2	重定向与管道命令	289
7.2.3	通信命令	291
7.2.4	后台命令	292

7.3 系统调用	292
7.3.1 系统调用的基本概念	292
7.3.2 系统调用的类型	293
7.3.3 系统调用的实现	294
7.4 小结	297
7.5 习题	297
第 8 章 网络操作系统	298
8.1 计算机网络概述	298
8.1.1 计算机网络的拓扑结构	298
8.1.2 计算机广域网	301
8.1.3 计算机局域网	303
8.1.4 开放系统互连参考模型	304
8.2 客户/服务器模式	306
8.2.1 客户/服务器模式的形成及其优点	306
8.2.2 两层结构的客户/服务器模式	307
8.2.3 三层结构的客户/服务器模式的引入	308
8.2.4 两层客户/服务器与三层客户/服务器的比较	309
8.3 网络操作系统的功能	310
8.3.1 数据通信功能	310
8.3.2 资源共享功能	312
8.3.3 网络管理功能	313
8.3.4 应用互操作功能	315
8.4 网络操作系统提供的服务	316
8.4.1 电子邮件服务	316
8.4.2 文件传输服务	317
8.4.3 目录服务	318
8.5 支持 Internet 与 Intranet 的功能和服务	320
8.5.1 Internet 简介	320
8.5.2 Internet 提供的信息服务	323
8.5.3 Intranet 及其特征	325
8.6 Windows NT	326
8.6.1 Windows NT 的发展过程	326
8.6.2 Windows NT 的优良性能	327
8.6.3 网络文件/打印服务	328
8.6.4 目录服务	331
8.6.5 数据安全的管理	332
8.7 小结	334
8.8 习题	334
第 9 章 UNIX 系统内核结构	335
9.1 UNIX 系统概述	335

9.1.1	UNIX 系统的发展史	335
9.1.2	UNIX 系统的特征	337
9.1.3	UNIX 系统的内核结构	338
9.2	进程的描述和控制	339
9.2.1	进程控制块 PCB	339
9.2.2	进程状态与进程映像	342
9.2.3	进程控制	343
9.2.4	进程调度与切换	345
9.3	进程的同步与通信	346
9.3.1	sleep 与 wakeup 同步机制	347
9.3.2	信号 (Signal) 机制	347
9.3.3	管道机制	348
9.3.4	消息机制	349
9.3.5	共享存储区机制	351
9.3.6	信号量集机制	352
9.4	存储器管理	353
9.4.1	请求调页管理的数据结构	353
9.4.2	换页进程	356
9.4.3	请求调页	356
9.5	设备管理	357
9.5.1	字符设备缓冲区管理	357
9.5.2	块设备缓冲区管理	359
9.5.3	内核与驱动程序接口	360
9.5.4	磁盘驱动程序	362
9.5.5	磁盘读、写程序	363
9.6	文件管理	364
9.6.1	UNIX 文件系统概述	365
9.6.2	文件的物理结构	366
9.6.3	索引结点的管理	368
9.6.4	空闲磁盘空间的管理	370
9.6.5	文件表的管理	372
9.6.6	目录管理	373
9.7	小结	375
9.8	学习加油站	375
9.8.1	答疑解惑	375
9.8.2	典型例题与考研真题解析	377
9.8.3	综合题详解	382
9.9	习题	383
	参考文献	386

第 1 章 操作系统引论

计算机系统由硬件和软件两部分组成，操作系统是配置在硬件上的第一层软件，在计算机系统中占据重要的地位，而其他诸如汇编程序、编译程序和数据库管理系统等系统软件，以及大量的应用软件，都依赖于操作系统的支持。因此，操作系统已成为现代计算机系统中必须配置的软件。

考研大纲

- (1) 操作系统的概念、特征、功能和提供的服务
 - (2) 操作系统的发展与分类
 - (3) 操作系统的运行环境
-

1.1 操作系统的目标和作用

在计算机系统上配置操作系统（Operating System, OS）的主要目标，与计算机系统的规模和操作系统的运行环境有关。通常，对于配置在大、中型计算机系统中的操作系统，都有着较高的要求，相应地，其操作系统就具有较强的功能；而对应用于实时工业控制环境下的操作系统，则要求其具有实时性和高度的可靠性。

1.1.1 操作系统的目标

目前，存在着多种类型的操作系统，不同类型的操作系统其目标各有所侧重。通常在计算机硬件上配置的操作系统，其目标有以下几点。

1. 方便性

配置操作系统后可使计算机系统更方便使用。一个未配置操作系统的计算机系统是极难使用的，因为计算机硬件只能识别 0 和 1 这样的机器代码。而如果配置了操作系统，用户就可以通过操作系统提供的各种命令来使用计算机系统。

2. 有效性

在未配置操作系统的计算机中，诸如 CPU、I/O 设备等各种资源会因为经常空闲而得不到充分利用；内外存中所存放的数据由于无序而浪费存储空间。配置了操作系统后，CPU、I/O 设备能保持忙碌状态而得到有效利用，而且内外存的数据因有序存储节约了存储空间。

3. 可扩充性

随着超大规模集成电路 (Very Large Scale Integrated Circuits, VLSI) 技术的迅速发展, 计算机硬件和体系结构也得到迅速发展, 它们对操作系统提出了更高的功能和性能要求。此外, 计算机网络, 特别是 Internet 的发展, 也对操作系统提出了新的要求。因此, 操作系统必须具有更好的可扩充性, 方能适应发展的要求。

4. 开放性

20 世纪 80 年代以来, 由于计算机网络的发展, 尤其是局域网 (Local Area Network, LAN) 的迅速发展, 使计算机操作系统的应用环境已逐步由单机环境转向网络环境。为使来自不同厂家的计算机和设备能通过网络加以集成化, 并能正确、有效地协同工作, 实现应用的可移植性和互操作性, 必须具有统一的开放环境, 进而要求操作系统具有开放性。

1.1.2 操作系统的作用

可以从不同的角度来观察操作系统的作用。从一般用户的角度, 可以把操作系统看成是用户与计算机硬件系统之间的接口; 从资源管理的角度, 可以把操作系统视为计算机系统的资源管理者。

1. 操作系统作为用户与计算机硬件系统之间的接口

操作系统作为用户与计算机硬件系统之间接口的含义是, 操作系统处于用户与计算机硬件系统之间, 用户通过操作系统来使用计算机系统。或者说, 用户在操作系统的帮助下, 能够方便、快捷、安全、可靠地操纵计算机硬件和运行自己的程序。应注意, 操作系统是一个系统软件, 因而这种接口是软件接口。图 1-1 是操作系统作为接口的示意图。由图可看出, 用户可通过以下三种方式使用计算机。

(1) 命令方式。操作系统提供了一组联机命令 (语言), 用户可通过键盘输入有关命令, 来直接操纵计算机系统。

(2) 系统调用方式。操作系统提供了一组系统调用, 用户可在自己的应用程序中通过相应的系统调用来操纵计算机。

(3) 图标和窗口方式。用户通过屏幕上的图标和窗口来操纵计算机系统和运行自己的程序。

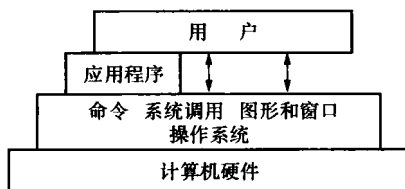


图 1-1 操作系统作为接口的示意图

2. 操作系统作为计算机系统资源的管理者

在一个计算机系统中，通常都含有各种各样的硬件和软件资源。归纳起来可将资源分为四类：处理器、存储器、I/O 设备以及信息（数据和程序）。相应地，操作系统的主要功能也正是针对这四类资源进行有效的管理，即：处理机管理，用于分配和控制处理机；存储器管理，主要负责内存的分配与回收；I/O 设备管理，负责 I/O 设备的分配与操纵；文件管理，负责文件的存取、共享和保护。可见，操作系统的确是计算机系统资源的管理者。事实上，当今世界上广为流行的一个关于操作系统作用的观点，正是把操作系统作为计算机系统的资源管理者。

3. 操作系统用作扩充机器

对于一台完全无软件的计算机系统（即裸机），即使其功能再强，也必定是难于使用的。如果我们在裸机上覆盖上一层 I/O 设备管理软件，用户便可利用它所提供的 I/O 命令，来进行数据输入和打印输出。此时用户所看到的机器，将是一台比裸机功能更强、使用更方便的机器。通常把覆盖了软件的机器称为扩充机器或虚机器。如果我们又在第一层软件上再覆盖上一层文件管理软件，则用户可利用该软件提供的文件存取命令来进行文件的存取。此时，用户所看到的是一台功能更强的虚机器。如果我们又在文件管理软件上再覆盖一层面向用户的窗口软件，则用户便可在窗口环境下方便地使用计算机，形成一台功能更强的虚机器。

由此可知，每当人们在计算机系统上覆盖一层软件后，系统的功能便增强一级。由于操作系统本身包含了若干个层次，因此当在裸机上覆盖操作系统后，便可获得一套功能显著增强、使用极为方便的多层扩充机器或多层虚拟机。

1.1.3 推动操作系统发展的主要动力

在操作系统出现后的短短 40 年中，操作系统取得了重大的发展，其主要动力可归结为以下四个方面。

1. 计算机资源利用率的不断提高

在计算机发展的初期，计算机系统特别昂贵，人们必须千方百计地提高计算机系统各种资源的利用率，这成为最初发展的动力。由此形成了能自动地对一批作业进行处理的批处理系统。

2. 方便用户

当资源利用率不高的问题得到解决后，用户在上机、调试程序时的不方便性便成为主要矛盾。于是人们又开始想方设法改善用户上机、调试程序时的条件，这又成为继续推动操作系统发展的主要动力。随之形成了分时系统，或称为多用户系统。

3. 器件的不断更新换代

计算机器件的不断更新，使得计算机性能不断提高，规模急剧扩大，从而推动了操