

全国高等院校“十五”计算机规划教材
计算机科学与技术教材系列 (3)

操作系统原理 教程

张凤芝 王肃静 宁禄乔 编 著



北京希望电子出版社
Beijing Hope Electronic Press
www.bhep.com.cn

全国高等院校“十五”计算机规划教材

计算机科学与技术教材系列（3）

操作系统原理教程

张凤芝 王肃静 宁禄乔 编著



北京希望电子出版社
Beijing Hope Electronic Press
www.bhp.com.cn

内 容 简 介

本书是专门教授操作系统原理的实用教科书。内容全面,讲解深入浅出,编写时,特别注重根据不同的教学对象定位不同的培养目标,各章、节的重难点、主次内容都做了恰当合理的安排。

全书共由 12 章构成,第 1 章概要介绍了操作系统的发展历史、操作系统的基本类型和功能。第 2 章至第 7 章分别介绍了操作系统的各种功能及其实现原理,包括操作系统的用户接口、处理机管理、进程通信、存储管理、文件系统、设备管理。第 8 章介绍了操作系统的不同结构,第 9 章介绍了多机环境下的操作系统,最后三章是操作系统实例,介绍了三种不同风格、不同时期的主流操作系统:MS-DOS, Windows NT, Linux。

作者根据多年在一线的教学经验,在整体结构安排、内容取舍以及整书的编写过程中,都充分考虑了教与学的特点,以及所面对的特定读者的具体需要。在内容上既注重讲述基础知识,又能反应当代操作系统的新技术。本书结构清晰,概念准确,文字叙述简洁明了,可读性强,既便于教师课堂讲授,又便于自学者阅读。通过阅读本书,不但对计算机操作系统有全面的了解,还为进一步深入学习和研究计算机科学技术奠定基础。

本书可作为普通高校、职业学校计算机科学与技术专业本、专科学生的教材和教学参考用书,也是对操作系统原理感兴趣的广大从业人员的自学指导书和社会操作系统原理培训班教材。

系 列 书 名 : 全国高等院校“十五”计算机规划教材
计算机科学与技术教材系列(3)

书 名 : 操作系统原理教程

文 本 著 者 : 张凤芝 王肃静 宁禄乔 编著

责 任 编 辑 : 蒋湘群

出 版、发 行 者 : 北京希望电子出版社

地 址 : 北京市海淀区知春路 63 号卫星大厦三层 100080

网 址 : www.bhp.com.cn

E-mail: lxr@bhp.com.cn

电 话 : 010-62520290,62521724,62528991,62630301,62524940,62521921,82610344

(发行) 010-62613322-215 (门市) 010-82675588-501,82675588-201 (编辑部)

经 销 : 各地新华书店、软件连锁店

排 版 : 希望图书输出中心 马君

文 本 印 刷 者 : 北京双青印刷厂

开 本 / 规 格 : 787 毫米×1092 毫米 16 开本 19.50 印张 437 千字

版 次 / 印 次 : 2002 年 7 月第 1 版 2002 年 7 月第 1 次印刷

印 数 : 0001-5000 册

本 版 号 : ISBN 7-900101-57-8

定 价 : 23.00 元

说明: 凡我社产品如有残缺,可执相关凭证与本社调换。

计算机科学与技术教材系列

编委会成员名单

主任委员：徐洁磐

副主任委员：秦小麟 宋方敏

委员：（按姓氏笔画排序）

王元元 教授 解放军理工大学

宋方敏 教授 南京大学

张桂芸 副教授 天津师范大学

张新荣 教授 天津大学

柏家求 教授 天津大学

秦小麟 教授 南京航空航天大学

徐永森 教授 南京大学

徐洁磐 教授 南京大学

殷新春 副教授 扬州大学

蔡庆生 教授 中国科学技术大学

序

近年来计算机科学与技术的发展突飞猛进，其应用范围之广，对国民经济影响之大前所未有，特别是计算机网络、电子商务、多媒体技术等发展，正在彻底改变人类的工作方式与生活方式，同时也彻底改变了传统产业与传统的工作模式。目前，计算机科学与技术是高新技术的主要标志，是先进生产力的重要支柱，因此，发展计算机事业是摆在我们面前的重要任务。有鉴于此，我们特组织编辑了以大学本科学生为对象的《计算机科学与技术教材》丛书，为我国信息化培养人才作一份贡献。

当前，在我国计算机教学及教材建设中普遍存在着一些弊病与不足，主要有如下几种：

1. 在计算机教材特别是基础性教材中严重存在知识陈旧、落后，跟不上计算机科学与技术发展的步伐。由于计算机技术的飞速发展，内容更新要求极快，一般三五年就需作重大调整而一二年需作必要调整，而现有教材大都不能适应此种变化速度，这种现象在基础性教材中尤为突出。

2. 现有教材很多以国外教材为蓝本，存在着脱离我国具体应用实际的弊病。如何根据我国国情并参考国外先进技术编写教材是当务之急。

3. 现有的教材大都适应面窄，多数仅适应计算机本科专业而尤其仅适应少数重点院校与重要院校。而目前，由于计算机教育发展迅速，各种与计算机相近与相关的专业蓬勃发展，在计算机本科专业中也出现了不同层次的要求，特别是以应用型人才为主的培养要求。因此，迫切需要有一套适应面较广的基础性教材以满足多种层次的要求。

根据以上分析，本丛书编写原则是

1. 适应计算机科学与技术飞跃发展的需要，本教材丛书具有先进性与时代特性，并且每隔一二年作一次小的调整，每隔四五年重新修订出版。

2. 本教材丛书具有适应面广，基础性强的特点，能满足多种层次、多种类型的计算机专业本科学生的需要，特别是满足计算机应用型人才培养的需要。

3. 本教材丛书具有密切结合我国实际应用、反映我国计算机事业发展需求的基本特点，并且能在实际应用中发挥作用。

4. 教材是有别于一般书籍的一种特殊读物，它要求基本概念清楚，基本理论扎实，知识量大与实际应用联系紧密等特点，它还要求教材的内容逻辑性强，可读性好，深入浅出，并附有习题与参考资料等内容，本教材丛书将突出体现这些特点使其适合于教材需要。

5. 本教材丛书选题是根据我国目前实际并参考国际最新动态而制订的。本教材丛书第一批 8 本都是具有普遍性与基础性的教材，在不久我们将分别推出第二批、第三批教材满足不同的需要。

6. 本教材丛书聘请有深厚理论基础与应用实践经验且长期在教学、科研第一线工作的高校教授编写，特别是有专长的中、青年教授是本丛书教材编写的主要力量。

我们感谢丛书编委会各委员为本丛书出版所作的贡献，我们也感谢北京希望电子出版为丛书的立项、编审所作的努力，最后我们感谢丛书的作者为丛书编写、发行与发展所作的努力。

我们还期待广大读者为丛书提出宝贵意见与建议，我们将通过修订，努力把本丛书办得更好。

计算机科学与技术教材编委会

2002年3月于南京大学

前 言

操作系统控制和管理着整个计算机系统中硬件、软件资源，并为用户使用计算机提供一个方便灵活、安全可靠的工作环境，是现代计算机系统中不可缺少的基本系统软件。因而计算机操作系统课程不仅是高等院校计算机相关专业的必修课，也是从事计算机应用人员必须具备的专业知识。

近年来，随着计算机硬件的飞速发展，功能强大的新型操作系统不断涌现，它们的多任务/多线程能力、客户/服务器模式、内置网络功能等都反映了新型操作系统的特征。如何既能突出操作系统的基本概念，又能反映当代操作系统的新技术，将操作系统的基本原理和操作系统新的发展有机地结合在一起，无疑是对教学工作者的一个挑战。

操作系统虽然是一门实践性很强的课程，但却往往使读者，尤其是初学者感到抽象、枯燥、乏味、似懂非懂。根据作者多年来教授操作系统课程一线的体会，作者认为在教学过程中如果能和学生一起分析操作系统的部分源代码，或者让学生进行一些编写操作系统功能模块的模拟练习，将非常有助于对操作系统的深刻理解。近年来，我们一直将程序设计实习和操作系统相结合，让学生用汇编语言（有些用高级语言亦可）编写中断处理程序、多任务调度程序、人机会话子系统、系统登录程序、某些文件的管理功能等等，结果证明，效果是非常好的，既加深了对操作系统的理解，又锻炼了程序设计能力，有效地利用了有限的教学时间。

根据多年教学、科研实践，作者不断积累经验，力求想写一本通俗易懂、便于自学的操作系统教材，本书就是在此基础之上编写的。在编写过程中，力求达到以下特点：

1. 内容由浅入深，文字通俗易懂。不仅全书内容由浅入深，每一章的内容都是由浅入深的，这样便于不同层次的读者学习。
2. 既讲授操作系统基本原理又介绍操作系统的新发展，最后还介绍了三个不同风格的操作系统实例，既有理论又有实际。
3. 重点突出，详略得当。各章紧紧围绕本章的要点进行论述，该详则详，该简则简。
4. 全书结构上符合目前国内一般讲授的体系。在对操作系统进行概要介绍之后，首先从大家都比较熟悉的操作系统用户界面作为切入点，然后再针对操作系统的各种功能及相关问题展开介绍。

全书共由十二章构成，第一章为操作系统引论，介绍了操作系统的形成、类型、功能和发展。第二至七章介绍了操作系统各种功能的实现原理：操作系统用户界面、处理机管理、进程同步与通信，存储器管理、文件系统和设备管理。第八章从设计的角度讲述了操作系统的几种不同的结构。第九章介绍了操作系统的新发展，主要讨论了多处理机环境下的操作系统，最后三章介绍了不同时期的主流操作系统：MS-DOS，WINDOWS NT，LINUX。

本课程的先行课程为计算机原理、程序设计和数据结构。本书参考学时为 56 至 64 学时。前七章内容是必讲的，其中的实例可以选讲，第八、第九章可以选讲或自学，最后三章既可以单独讲，也可以选择某些内容穿插在前七章讲授。

本书由张凤芝主编，宁禄乔编写第五章，王肃静编写第十一章，宁禄乔和万宁合写第十二章，其余各章由张凤芝编写并最后统稿。天津大学柏家球教授审阅了全书并提出了许多宝贵意见，谨此表示衷心感谢。在作者备课和编书过程中参考了大量国内外文献，均列在参考文献中，在此也一并向作者表示衷心感谢。同时，我们还要特别感谢北京希望电子出版社的工作人员和南京大学徐洁磐教授，他们为此书的出版付出了辛勤的劳动。

由于时间仓促，加之作者水平所限，错误和缺点在所难免，恳请读者批评指正。

作者

2002年5月 于天津

目 录

第 1 章 操作系统概述	1
1.1 什么是操作系统	1
1.1.1 计算机系统的资源	1
1.1.2 操作系统在计算机系统中的地位和作用	2
1.1.3 操作系统的宗旨和特点	2
1.2 操作系统的发展史	3
1.2.1 操作系统的形成	3
1.2.2 操作系统的发展	8
1.3 操作系统的基本类型	9
1.3.1 批处理系统	9
1.3.2 分时系统	10
1.3.3 实时系统	11
1.3.4 微型机操作系统	13
1.3.5 网络操作系统	14
1.3.6 分布式操作系统	15
1.4 操作系统的主要功能	15
1.4.1 处理机管理	15
1.4.2 存储管理	16
1.4.3 文件系统	16
1.4.4 设备管理	16
1.4.5 用户界面	17
习题一	17
第 2 章 操作系统与用户间接口	18
2.1 用户使用计算机的过程	18
2.1.1 作业、作业步	18
2.1.2 用户需要的操作系统服务	19
2.2 操作级接口	19
2.2.1 命令界面	19
2.2.2 图形界面	24
2.2.3 作业控制语言 (JCL) 与作业说明书	25
2.3 程序级接口	27
2.3.1 系统调用概述	27
2.3.2 系统调用的实现	29
习题二	31

第 3 章 处理机管理	32
3.1 进程概念的引入	32
3.1.1 程序的顺序执行	32
3.1.2 多道程序环境下程序的并发执行	33
3.2 进程的描述	36
3.2.1 进程的定义	36
3.2.2 进程的基本状态及其转换	37
3.2.3 进程控制块 PCB	39
3.2.4 进程和程序的比较	41
3.3 进程控制	42
3.3.1 进程的创建	42
3.3.2 进程的终止与撤销	43
3.3.3 进程的阻塞与唤醒	44
3.3.4 进程的挂起与激活	45
3.4 处理机调度	46
3.4.1 队列机制	47
3.4.2 调度算法与调度方式	47
3.4.3 实时系统中的调度算法	50
3.4.4 多 CPU 系统中的调度	51
习题三	53
第 4 章 进程同步与通信	54
4.1 进程互斥与同步	54
4.1.1 与时间有关的错误	54
4.1.2 临界区	56
4.1.3 用同步机构解决进程间互斥	57
4.1.4 用同步机构解决进程同步	63
4.2 进程通信	71
4.2.1 消息缓冲通信	72
4.2.2 邮箱通信	73
4.2.3 管道通信	75
4.3 死锁	76
4.3.1 死锁产生的原因	76
4.3.2 死锁产生的必要条件	78
4.3.3 死锁的预防	78
4.3.4 死锁的避免	79
4.3.5 死锁的诊断	80
4.4 线程的基本概念	81

4.4.1	线程的引入	81
4.4.2	线程与进程	82
4.4.3	线程的类型	84
4.4.4	线程的应用	87
习题四		88
第5章	存储管理	89
5.1	存储管理概述	89
5.1.1	存储管理的主要功能	89
5.1.2	作业的不同空间	89
5.1.3	地址重定位	90
5.1.4	虚拟存储器	93
5.2	界式存储管理	94
5.2.1	单一连续区分配	94
5.2.2	固定分区分配	95
5.2.3	可变分区分配	96
5.3	页式存储管理	100
5.3.1	简单页式存储管理实现原理	100
5.3.2	请求页式存储管理	104
5.4	段式存储管理	111
5.4.1	简单段式管理实现原理	111
5.4.2	请求分段存储管理	116
5.4.3	段式与页式管理方案的比较	119
5.5	段页式管理	119
5.5.1	实现原理	119
习题五		121
第6章	文件管理	123
6.1	文件系统概述	123
6.1.1	文件和文件系统	123
6.1.2	文件类型	124
6.1.3	实现文件系统的好处	126
6.2	文件的逻辑结构及其存取方法	126
6.2.1	顺序文件	127
6.2.2	索引文件	127
6.2.3	索引顺序文件	128
6.2.4	流式文件	129
6.3	文件的物理结构	129
6.3.1	连续文件	129

6.3.2	串连文件.....	130
6.3.3	索引文件.....	130
6.3.4	文件的物理结构与存储介质的关系.....	132
6.4	文件目录.....	133
6.4.1	文件目录的组成与作用.....	133
6.4.2	二级文件目录.....	134
6.4.3	树型文件目录.....	135
6.4.4	文件目录的管理.....	136
6.5	文件操作.....	140
6.5.1	创建文件.....	140
6.5.2	打开文件.....	140
6.5.3	读/写文件.....	141
6.5.4	关闭文件.....	141
6.5.5	删除文件.....	142
6.6	文件存储器的管理.....	142
6.6.1	空闲文件目录表.....	142
6.6.2	空闲块链表.....	143
6.6.3	空闲块索引表.....	143
6.6.4	空闲块成组链表.....	143
6.6.5	位示图.....	144
6.7	文件的共享.....	145
6.7.1	绕弯法.....	145
6.7.2	连访法.....	146
6.7.3	链接索引结点法.....	146
6.7.4	符号连接法.....	147
6.8	文件的保护与保密.....	148
6.8.1	存取控制矩阵.....	148
6.8.2	存取控制表和用户权限表.....	149
6.8.3	口令.....	149
6.8.4	密码.....	149
6.8.5	设置文件属性.....	150
6.9	安全性设计.....	150
6.9.1	安全性概念.....	150
6.9.2	安全性测试.....	151
6.9.3	安全性设计原则.....	153
6.9.4	安全性设施.....	153
6.10	文件系统模型.....	153
6.10.1	模型的层次结构.....	154
6.10.2	文件命令执行过程.....	156

6.10.3 文件操作举例	157
习题六	158
第7章 设备管理	159
7.1 设备管理概述	159
7.1.1 设备分类	159
7.1.2 I/O 系统的硬件组成	160
7.1.3 设备管理的目标	162
7.2 I/O 控制方式	163
7.2.1 查询方式 I/O	164
7.2.2 中断方式 I/O	164
7.2.3 DMA 方式 I/O	165
7.2.4 通道方式 I/O	167
7.3 缓冲技术	170
7.3.1 设置缓冲的目的	170
7.3.2 单缓冲	171
7.3.3 双缓冲	171
7.3.4 环形缓冲	172
7.3.5 缓冲池	173
7.3.6 UNIX 缓冲区管理	174
7.4 设备分配	177
7.4.1 数据结构	177
7.4.2 与设备无关性	177
7.4.3 独享设备的安全分配	180
7.4.4 共享设备的分配与调度	181
7.4.5 虚拟设备的实现——SPOOLing 技术	183
7.4.6 设备分配程序	184
7.5 设备驱动	185
7.5.1 启动设备	186
7.5.2 中断处理	186
7.5.3 I/O 操作的实现过程	187
习题七	189
第8章 操作系统结构设计	191
8.1 结构设计概述	191
8.1.1 大型软件的特点	191
8.1.2 关于软件工程	192
8.1.3 操作系统的设计准则	194
8.1.4 操作系统的研制过程	196

8.2	模块接口模式.....	199
8.2.1	模块接口法设计思想与步骤.....	199
8.2.2	对模块接口模式的评价.....	200
8.2.3	模块接口模式中的结构化.....	201
8.3	有序分层模式.....	202
8.3.1	层次结构设计思想.....	202
8.3.2	层次结构系统——THE.....	205
8.3.3	对层次结构的评价.....	206
8.4	客户/服务器模式.....	206
8.4.1	什么是客户/服务器模式.....	206
8.4.2	客户/服务器模式的实现原理.....	207
8.4.3	使用客户/服务器模式的好处.....	208
8.5	面向对象模式.....	209
8.5.1	对象和面向对象.....	209
8.5.2	面向对象技术应用于操作系统.....	210
8.5.3	面向对象模式的优点.....	214
	习题八.....	215
第9章	现代操作系统.....	216
9.1	网络操作系统.....	216
9.1.1	网络操作系统和网络文件系统（NFS）.....	217
9.2	多处理机分时系统.....	222
9.3	分布式操作系统.....	223
9.3.1	NFS 的缺点.....	223
9.3.2	分布式系统的定义、特征和功能.....	224
9.3.3	分布式系统的实现策略.....	226
9.3.4	分布式系统的优越性和缺点.....	231
9.4	分布式文件系统.....	232
9.4.1	文件服务.....	232
9.4.2	目录服务.....	233
9.4.3	文件命名.....	234
9.4.4	文件共享.....	235
9.5	分布式系统中的处理器分配.....	236
9.5.1	分配策略.....	236
9.5.2	进程迁移.....	237
9.6	分布式系统中的进程同步与通信.....	238
9.6.1	进程同步问题.....	238
9.6.2	Lamport 算法.....	239
9.6.3	分布式系统中的进程通信.....	240

习题九	240
第 10 章 操作系统实例 1 MS-DOS	241
10.1 DOS 简介	241
10.1.1 DOS 的组成	241
10.1.2 DOS 的层次结构	242
10.1.3 DOS 的启动	243
10.2 DOS 的用户界面	244
10.2.1 键盘命令	244
10.2.2 用户程序中的系统调用	245
10.2.3 配置文件 CONFIG.SYS 和自动执行文件 AUTOEXEC.BAT	246
10.2.4 中断响应过程	248
10.3 DOS 文件系统	248
10.3.1 文件、文件目录	249
10.3.2 文件的逻辑组织与物理组织	250
10.4 设备管理	252
10.4.1 I/O 设备	252
10.4.2 设备驱动	252
10.5 程序的运行	253
习题十	254
第 11 章 操作系统实例 2 Windows NT	255
11.1 Windows NT 操作系统概述	255
11.1.1 Windows NT 的特点	255
11.1.2 Windows NT 的内装网络	256
11.2 Windows NT 系统结构	256
11.2.1 系统核心	258
11.2.2 执行单元	258
11.2.3 Windows NT 子系统	259
11.3 Windows NT 的文件系统	262
11.3.1 FAT 文件分配表	263
11.3.2 NTFS 文件系统	264
11.4 Windows NT 的内装网络	264
11.4.1 Windows NT 网络的体系结构	264
11.4.2 Windows NT 网络的特色	266
11.5 Windows 2000 操作系统简介	267
习题十一	268
第 12 章 操作系统实例 3 Linux	269

12.1	Linux 简介	269
12.1.1	Linux 的特点	269
12.2	内核及其配置	270
12.2.1	系统初始化	270
12.2.2	内存管理	271
12.2.3	进程管理和调度	273
12.2.4	进程间通信机制——信号和管道	276
12.2.5	设备管理	280
12.2.6	网络支持	281
12.3	X—Window 的体系结构	283
12.3.1	X Window 简介	283
12.3.2	X 的客户/服务器模型	284
12.3.3	消息机制	286
12.4	文件系统	287
12.4.1	ext2 文件系统	288
12.4.2	ext2 的索引节点	289
12.4.3	ext2 超级块	290
12.4.4	ext2 数据块组描述符	290
12.4.5	ext2 中的目录	291
12.4.6	在 ext2 文件系统中查找文件	291
12.4.7	VFS	292
12.5	NFS 文件系统	293
12.5.1	客户机上安装与拆卸 NFS 文件系统	293
12.5.2	设置 NFS 服务器	293
	习题十二	294

第 1 章

操作系统概述

本章要点

本章对操作系统进行概要性介绍。通过本章学习，应该掌握以下几点：（1）操作系统在计算机中的地位；（2）操作系统与其他大型软件的区别；（3）操作系统有哪些类型，在提供给用户工作环境方面它们之间有哪些差异；（4）从资源管理角度看，操作系统的主要功能有哪些。

1.1 什么是操作系统

在当今的信息时代，除了大型的数据处理和控制在功能外，计算机已是人们办公、学习、娱乐等不可缺少的工具。它之所以能够以如此快的速度进行着普及，除了它的硬件价格外，功能强大、操作简便是最重要的原因。它能够“看懂”人的命令，能“理解”人的要求。人们通过键盘命令或者在图形界面上用鼠标指指点点便可轻易地指挥计算机完成某种工作。然而，我们知道，计算机硬件只认识 0 和 1，它的最基本的操作只是加法和位移，计算机只懂自己的指令系统，其中每一条指令全部由 0 和 1 组成。它的“智能”来自何方？正是由于为它配置了操作系统这个大型软件才赋予计算机如此高的智能和如此强的可操作性，并为其他软件提供了工作平台。可以说，没有操作系统，其他软件便成了无源之水，无本之木，计算机就是废铁一堆。

每一个使用计算机的人都在有意无意地使用着操作系统，是操作系统扩充了计算机功能，增加了它的可操作性，使它变成了一台智能化的机器，称为虚拟机。这是站在用户角度从扩充机器的观点来看待操作系统，是自顶向下的。本书中，我们站在系统角度用资源管理的观点自底向上来看操作系统。

1.1.1 计算机系统的资源

计算机系统由硬件和软件两大部分组成。硬件部分叫做裸机，它包括主机和外部设备。主机是由 CPU 和内存组成的，CPU 是“中央处理部件”的缩写，负责运算和对其他部件进行控制，是计算机的核心；内存是用来存储程序和数据的，在冯·诺依曼系统结构中，只有放在内存的程序才能运行，内存中的数据才能被 CPU 访问到；外部设备包括象光电机、卡片机、键盘等输入设备；打印机、绘图仪等输出设备；磁带、磁盘、磁鼓等存储设备，为了和内存相区别，称之为外存储器，它可以弥补内存的不足并可以长期保存信息；还有时钟、鼠标、A/D 转换器、网络接口等等，总之是主机之外的所有成分，它们是计算机和外部世界进行联系的物质基础。我们将计算机的硬件部分统称之为硬件资源。

软件部分包括系统软件和应用软件两大部分。除了操作系统本身之外，系统软件还包括编译、编辑、连接、调试、DBMS 等为用户开发程序服务的多种软件，为了和操作系统区别，也有人称之为系统实用软件；应用软件是指为完成某种指定功能而设计的软件，如天气预报，大坝应力计算，财务管理等。不论哪种软件，都是程序和数据的集合。任何程序运行的目的都是要加工输入数据，产生结果数据进行输出，它们可能是一些普通的数据，