



21 世纪大学本科
计算机专业系列教材

何炎祥 李飞 李宁 编著

计算机操作系统

<http://www.tup.com.cn>

- 根据教育部高教司主持评审的《中国计算机科学与技术学科教程 2002》组织编写
- 与美国 ACM 和 IEEE/CS 《Computing Curricula 2001》同步



清华大学出版社

21世纪大学本科计算机专业系列教材

计算机操作系统

何炎祥 李飞 李宁 编著



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书详细介绍了计算机操作系统的基本概念、基本原理和典型实现技术,着重讲述了构造操作系统过程中面临的各种问题及其解决方法;特别讨论了操作系统设计中的一些非常重要的进展,包括线程、实时系统、多处理器调度、进程迁移、分布计算模式、分布式进程管理、中间件技术、微核技术、操作系统的安全性和网络操作系统等。本书还选择了具有代表性的操作系统,如 Windows NT, UNIX, MVS, Linux 等作为实例贯穿全书,并专门讲解了一个小型操作系统——MINIX 的具体设计与实现过程,以期达到理论联系实际,学用结合,突出实践性的目的。

本书结合作者多年从事教学与科研的实践,根据计算机操作系统课程教学的特点编写而成,概念准确,层次清晰,内容丰富,取材新颖,系统性强,注重理论与实践的结合,并着力反映了操作系统发展过程中的新成果、新方法、新技术和新进展,全面展示了现代操作系统的基本设计原理与典型实现技术,有助于读者深入了解现代操作系统的全貌,为今后进行更深层次的大型软件系统的设计、研制与开发打下坚实的基础。

本书可作为高等院校计算机科学与技术、信息安全、电子信息、信息系统与信息管理等专业本科生的教材,也可供从事信息科学和计算机相关工作的工程技术人员参考。

版权所有,翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

计算机操作系统/何炎祥,李飞,李宁编著. —北京:清华大学出版社,2003

(21世纪大学本科计算机专业系列教材)

ISBN 7-302-07779-7

I. 计… II. ①何… ②李… ③李… 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 116059 号

出 版 者:清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社 总 机:010-62770175

地 址:北京清华大学学研大厦

邮 编:100084

客户服务:010-62776969

组稿编辑:张瑞庆

文稿编辑:霍志国

封面设计:孟繁聪

印 装 者:清华大学印刷厂

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:185×230 印张:27 字数:556千字

版 次:2004年1月第1版 2004年1月第1次印刷

书 号:ISBN 7-302-07779-7/TP·5673

印 数:1~6000

定 价:33.00元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770175-3103 或(010)62795704

21 世纪大学本科计算机专业系列教材编委会

名誉主任：陈火旺

主任：李晓明

副主任：钱德沛 焦金生

委员：（按姓氏笔画为序）

马殿富	王志英	王晓东	宁洪	刘辰
孙茂松	李大友	李仲麟	吴朝晖	何炎祥
宋方敏	张大方	张长海	周兴社	侯文永
袁开榜	钱乐秋	黄国兴	蒋宗礼	曾明
廖明宏	樊孝忠			

秘书：张瑞庆

本书责任编辑：李晓明

PREFACE

21 世纪是知识经济的时代,是人才竞争的时代。随着 21 世纪的到来,人类已步入信息社会,信息产业正成为全球经济的主导产业。计算机科学与技术的信息产业中占据了最重要的地位,这就对培养 21 世纪高素质创新型计算机专业人才提出了迫切的要求。

为了培养高素质创新型人才,必须建立高水平的教学计划和课程体系。在 20 多年跟踪分析 ACM 和 IEEE 计算机课程体系的基础上,紧跟计算机科学与技术的发展潮流,及时制定并修正教学计划和课程体系是尤其重要的。计算机科学与技术的发展对高水平人才的要求,需要我们从总体上优化课程结构,精炼教学内容,拓宽专业基础,加强教学实践,特别注重综合素质的培养,形成“基础课程精深,专业课程宽新”的格局。

为了适应计算机科学与技术学科发展和计算机教学计划的需要,要采取多种措施鼓励长期从事计算机教学和科技前沿研究的专家教授积极参与计算机专业教材的编著和更新,在教材中及时反映学科前沿的研究成果与发展趋势,以高水平的科研促进教材建设。同时适当引进国外先进的原版教材。

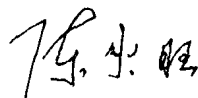
为了提高教学质量,需要不断改革教学方法与手段,倡导因材施教,强调知识的总结、梳理、推演和挖掘,通过加快教案的不断更新,使学生掌握教材中未及时反映的学科发展新动向,进一步拓广视野。教学与科研相结合是培养学生实践能力的有效途径。高水平的科研可以为教学提供最先进的高新技术平台和创造性的工作环境,使学生得以接触最先进的计算机理论、技术和环境。高水平的科研还可以为高水平人才的素质教育提供良好的物质基础。学生在课题研究中不但能了解科学研究的艰辛和科研工作者的奉献精神,而且能熏陶和培养良好的科研作风,锻炼和培养攻关能力和协作精神。

进入 21 世纪,我国高等教育进入了前所未有的大发展时期,时代的进步与发展对高等教育质量提出了更高、更新的要求。2001 年 8 月,教育部颁发了《关于加强高等学校本科教学工作,提高教学质量的若干意见》。文件指出,本科教育是高等教育的主体和基础,抓好本科教学是提高整个高等教育质量的重点和关键。随着高等教育的普及和高等学校的扩招,在校大学本科计算机专业学生的人数将大量上升,对适合 21 世纪大学本科计算机科学与技术学科课程体系要求的,并且适合中国学生学习的计算机专业教材的需求量

也将急剧增加。为此,中国计算机学会和清华大学出版社共同规划了面向全国高等院校计算机专业本科生的“21 世纪大学本科计算机专业系列教材”。本系列教材借鉴美国 ACM 和 IEEE/CS 最新制定的《Computing Curricula 2001》(简称 CC2001)课程体系,反映当代计算机科学与技术学科水平和计算机科学技术的新发展、新技术,并且结合中国计算机教育改革成果和中国国情。

中国计算机学会教育专业委员会和全国高等学校计算机教育研究会,在清华大学出版社的大力支持下,跟踪分析 CC2001,并结合中国计算机科学与技术学科的发展现状和计算机教育的改革成果,研究出了《中国计算机科学与技术学科教程 2002》(China Computing Curricula 2002,简称 CCC2002),该项研究成果对中国高等学校计算机科学与技术学科教育的改革和发展具有重要的参考价值和积极的推动作用。

“21 世纪大学本科计算机专业系列教材”正是借鉴美国 ACM 和 IEEE/CS CC2001 课程体系,依据 CCC2002 基本要求组织编写的计算机专业教材。相信通过这套教材的编写和出版,能够在内容和形式上显著地提高我国计算机专业教材的整体水平,继而提高我国大学本科计算机专业的教学质量,培养出符合时代发展要求的具有较强国际竞争力的高素质创新型计算机人才。



中国工程院院士

国防科学技术大学教授

21 世纪大学本科计算机专业系列教材编委会名誉主任

2002 年 7 月

前 言

FOREWORD

操作系统是计算机系统中最关键的系统软件,计算机系统愈复杂,操作系统的作用和地位就愈重要。

本书结合现代操作系统的设计并考虑操作系统的发展方向,着重讨论计算机操作系统设计的基本概念、基本原理和典型技术,同时,讲述构造操作系统过程中可能面临的各种问题及其解决办法;介绍操作系统设计中的一些非常重要的进展,包括线程、实时系统、多处理器调度、进程迁移、分布计算模式、分布式进程管理、中间件技术、微核技术、操作系统的安全性和网格操作系统等。为便于理解和加强实践性,还选择了4个有代表性、典型性的操作系统,即 Windows NT, UNIX, MVS, Linux 作为实例贯穿全书,并专门介绍了一个小型操作系统——MINIX 的设计与实现。其目的是尽可能清晰、全面地向读者展示当代操作系统的设计原理与基本实现技术,以便使读者深入了解现代操作系统的全貌,为今后进行更深层次的软件研制与系统开发打下坚实的基础。

本书由13章组成。

第1章对本书的内容进行了概述。

第2章介绍了进程的概念,以及操作系统对进程进行控制和管理时采用的数据结构,还讨论了与进程相关的线程等内容。

第3章介绍了在单一系统中并行处理的关键技术——互斥和同步机制。

第4章描述了死锁和饥饿的性质,并讨论了解决死锁和饥饿问题的一些方法。

第5章讨论了各种内存管理方法,并讨论了用于支撑虚拟内存所需的硬件结构,以及操作系统用来管理虚拟内存的软件方法。

第6章分析了各种不同的进程调度方法,包括实时调度策略等方面的内容。

第7章论述了操作系统对输入/输出设备的控制和管理,尤其是对系统性能影响较大的磁盘 I/O 的调度和控制。

第8章对文件的组织、存储、使用和保护等方面的内容进行了讲解。

第9章和第10章描述了分布式操作系统的一些关键设计领域,包括 Client/Server 结构,用于消息传递和远程过程调用的分布式通信机制、分布式进程迁移、中间件技术,以

及解决分布式互斥和死锁问题的基本原理与相关技术。

第 11 章简要讨论了保证操作系统安全性的相关理论和方法。

第 12 章扼要介绍了网格操作系统的一个雏形——Globus 的体系结构、相关模型和工具集,以及典型的网格实现技术。

第 13 章以小型操作系统 MINIX 为例,用解释性的方式介绍了 MINIX 设计和实现的具体过程,以期达到理论联系实际,学以致用,突出实践性的目的。

本书从传授知识和培养能力的基点出发,结合作者多年从事教学与科研的实践,根据本课程教学的特点编写。本书概念清晰,内容丰富,取材新颖,注重理论与实践的结合,并努力反映操作系统发展过程中的新成果、新方法、新技术和新进展。

本书由何炎祥、李飞、李宁共同编写,何炎祥统编了全书。在编写过程中,北京大学计算机系李晓明教授作为本书的责任编委,提出了许多指导性和建设性的修改意见,并得到了武汉大学计算机学院领导和同事们的关心,清华大学出版社为本书的出版给予了大力支持,书中还参考、引用了国内外一些专家学者的论著和研究工作,以及一些公司的产品介绍,在此一并表示诚挚的感谢。

限于水平,书中错误难免,敬请读者不吝赐教。

何炎祥

2003 年 12 月于武昌珞珈山



CONTENTS

第 1 章 操作系统概论	1
1.1 操作系统的作用	1
1.1.1 硬件系统和应用程序间的界面	1
1.1.2 资源管理者	2
1.1.3 推动操作系统发展的因素	3
1.2 操作系统的演变	4
1.2.1 串行处理系统	4
1.2.2 简单批处理系统	4
1.2.3 多道程序批处理系统	7
1.2.4 分时系统	9
1.2.5 实时系统	11
1.3 操作系统的主要成就	12
1.3.1 进程	12
1.3.2 存储管理	15
1.3.3 信息保护和安全性	16
1.3.4 调度和资源管理	17
1.3.5 系统结构	18
1.4 操作系统举例	20
1.4.1 Windows NT	20
1.4.2 UNIX System V	23
1.4.3 MVS	24
1.5 操作系统的主要研究课题	28
小结	28
习题	28



第 2 章 进程描述与控制	30
2.1 进程状态	30
2.1.1 进程产生和终止	32
2.1.2 进程状态模型	34
2.1.3 进程挂起	38
2.2 进程描述	42
2.2.1 操作系统控制结构	43
2.2.2 进程控制结构	44
2.2.3 进程属性	44
2.3 进程控制	47
2.3.1 执行模式	47
2.3.2 进程创建	47
2.3.3 进程切换	48
2.3.4 上下文切换	49
2.3.5 操作系统的运行	49
2.3.6 微核	51
2.4 线程和 SMP	51
2.4.1 线程及其管理	51
2.4.2 多线程的实现	53
2.4.3 进程与线程的关系	55
2.4.4 SMP	55
2.5 系统举例	57
2.5.1 UNIX System V	57
2.5.2 Windows NT	60
2.5.3 MVS	65
2.5.4 Linux	67
小结	69
习题	69
第 3 章 并发控制——互斥与同步	72
3.1 并发原理	73
3.1.1 进程间的相互作用	75
3.1.2 进程间的相互竞争	76
3.1.3 进程间的相互合作	78

3.1.4 互斥的要求	79
3.2 互斥——软件解决方法	79
3.2.1 Dekker 算法	79
3.2.2 Peterson 算法	83
3.3 互斥——硬件解决方法	84
3.3.1 禁止中断	84
3.3.2 使用机器指令	85
3.4 信号量	87
3.4.1 用信号量解决互斥问题	89
3.4.2 用信号量解决生产者/消费者问题	90
3.4.3 信号量的实现	94
3.4.4 用信号量解决理发店问题	94
3.5 管程	98
3.5.1 带信号量的管程	98
3.5.2 用管程解决生产者/消费者问题	100
3.6 消息传递	101
3.6.1 消息传递原语	101
3.6.2 用消息传递实现同步	102
3.6.3 寻址方式	103
3.6.4 消息格式	104
3.6.5 排队规则	104
3.6.6 用消息传递实现互斥	104
3.7 读者/写者问题	106
3.7.1 读者优先	106
3.7.2 写者优先	107
3.8 系统举例	110
3.8.1 UNIX System V	110
3.8.2 Windows NT	112
3.8.3 MVS	113
小结	115
习题	115
第 4 章 死锁处理	118
4.1 死锁问题概述	118

4.1.1	可重用资源	118
4.1.2	消耗型资源	119
4.1.3	产生死锁的条件	121
4.2	死锁处理	121
4.2.1	死锁预防	121
4.2.2	死锁避免	122
4.2.3	死锁检测	126
4.2.4	死锁恢复	127
4.2.5	处理死锁的综合方法	128
4.3	哲学家用餐问题	129
	小结	130
	习题	130

第5章 内存管理 132

5.1	概 述	132
5.1.1	基本概念	132
5.1.2	虚拟存储器	134
5.1.3	重定位	135
5.2	存储管理的基本技术	137
5.2.1	分区法	137
5.2.2	可重定位分区法	139
5.2.3	覆盖技术	141
5.2.4	交换技术	142
5.3	分页存储管理	143
5.3.1	基本概念	143
5.3.2	纯分页系统	146
5.3.3	请求式分页系统	148
5.3.4	硬件支持及缺页处理	148
5.3.5	页的共享和保护	150
5.4	分段存储管理	151
5.4.1	基本概念	151
5.4.2	基本原理	152
5.4.3	硬件支持和缺段处理	152
5.4.4	段的共享和保护	154

5.5	段页式存储管理	156
5.5.1	基本概念	156
5.5.2	地址转换	157
5.5.3	管理算法	158
5.6	虚拟内存的置换算法	158
5.6.1	先进先出页面置换算法	159
5.6.2	最佳页面置换算法	159
5.6.3	最近最少使用页面置换算法	160
5.6.4	第2次机会页面置换算法	161
5.6.5	时钟页面置换算法	161
5.6.6	其他页面置换算法	162
5.7	系统举例	163
5.7.1	UNIX 系统中的存储管理技术	163
5.7.2	Linux 系统中的存储管理技术	167
小结		168
习题		169
第6章	处理机调度	170
6.1	调度类型	170
6.1.1	长程调度	172
6.1.2	中程调度	172
6.1.3	短程调度	172
6.2	调度算法	173
6.2.1	短程调度标准	173
6.2.2	优先权的使用	174
6.2.3	调度策略	175
6.2.4	性能比较	183
6.2.5	模拟模型	185
6.2.6	公平分享调度策略	186
6.3	多处理机调度	188
6.3.1	粒度	189
6.3.2	设计要点	190
6.3.3	调度策略	191
6.4	实时调度	196

6.4.1	实时操作系统的特性	196
6.4.2	实时调度	199
6.4.3	期限调度	200
6.4.4	比率单调调度	203
6.5	响应时间	205
6.6	系统举例	206
6.6.1	UNIX System V	206
6.6.2	Windows NT	207
6.6.3	MVS	209
小结		210
习题		210
第7章	I/O 设备管理	213
7.1	I/O 系统硬件	213
7.1.1	I/O 设备	213
7.1.2	设备控制器	214
7.1.3	I/O 技术	216
7.2	I/O 软件	222
7.2.1	中断处理程序	222
7.2.2	设备驱动程序	223
7.2.3	与设备无关的 I/O 软件	224
7.2.4	用户空间的 I/O 软件	226
7.2.5	缓冲技术	227
7.3	磁盘调度	232
7.3.1	调度策略	232
7.3.2	磁盘高速缓存	236
7.4	系统举例	238
7.4.1	UNIX System V	238
7.4.2	Windows NT I/O 分析	240
小结		244
习题		245
第8章	文件管理	247
8.1	文件与文件系统	247
8.1.1	文件及其分类	247

8.1.2 文件系统及其功能	249
8.2 文件的结构及其存取方式	250
8.2.1 文件的逻辑结构及其存取方式	250
8.2.2 文件的物理结构及其存储设备	252
8.3 文件管理	258
8.3.1 文件目录结构	258
8.3.2 文件目录管理	264
8.4 文件存储空间的分配与管理	265
8.4.1 文件存储空间的分配	265
8.4.2 磁盘空间管理	267
8.5 系统举例——Windows NT	270
8.5.1 PE 可移动执行的文件格式	270
8.5.2 PE 文件首部	272
8.5.3 块表数据结构及辅助信息块	275
小结	277
习题	277
第 9 章 分布计算	278
9.1 客户/服务器模式	278
9.1.1 客户/服务器模式的概念	278
9.1.2 客户/服务器模式的应用	280
9.1.3 中间件	283
9.2 分布式消息传递	285
9.2.1 分布式消息传递的方法	285
9.2.2 分布式消息传递的可靠性	286
9.3 远程过程调用	286
小结	288
习题	289
第 10 章 分布式进程管理	290
10.1 进程迁移	290
10.1.1 进程迁移的原因	290
10.1.2 进程迁移的机制	291
10.1.3 进程迁移的协商	293
10.1.4 进程驱逐	294

10.1.5	抢占及非抢占进程的迁移	295
10.2	分布式全局状态	295
10.2.1	全局状态及分布式快照	295
10.2.2	分布式快照算法	297
10.3	分布式进程管理——互斥	299
10.3.1	分布式互斥问题	299
10.3.2	分布式系统的事件定序——时戳方法	301
10.3.3	分布式互斥算法	302
10.4	分布式死锁处理	306
10.4.1	资源分配中的死锁	307
10.4.2	死锁预防	307
10.4.3	死锁避免	309
10.4.4	死锁检测	309
10.4.5	消息通信中的死锁	312
小结		314
习题		315

第 11 章 操作系统的安全性 316

11.1	安全性概述	316
11.1.1	安全性的内涵	316
11.1.2	操作系统的安全性	317
11.1.3	操作系统的安全性级别	320
11.2	安全保护机制	321
11.2.1	进程支持	321
11.2.2	内存及地址保护	322
11.2.3	存取控制	325
11.2.4	文件保护	329
11.2.5	用户身份鉴别	331
11.3	病毒及其防御	334
11.3.1	病毒概述	334
11.3.2	病毒的防御机制	335
11.3.3	特洛伊木马程序及其防御	336
11.4	加密技术	337
11.4.1	传统加密方法	337

11.4.2	公开密钥加密方法	338
11.4.3	密钥的管理	339
11.5	安全操作系统的设计	341
11.5.1	安全模型	342
11.5.2	安全操作系统的设计策略	344
11.6	系统举例——Windows 2000 的安全性分析	348
	小结	350
	习题	351
第 12 章	网络操作系统的一个雏形——Globus	353
12.1	网络简介	355
12.1.1	网络的特点	355
12.1.2	网络的体系结构	356
12.1.3	网格技术	361
12.2	Globus 初探	362
12.2.1	Globus 工具包	363
12.2.2	Globus 与 5 层沙漏模型	369
12.2.3	Globus 与 OGSA 模型	370
	小结	372
	习题	373
第 13 章	一个小型操作系统的实现	374
13.1	MINIX 概述	374
13.1.1	MINIX 的组成结构	374
13.1.2	头文件	377
13.2	进程	379
13.2.1	概述	379
13.2.2	具体实现	381
13.3	I/O 任务	387
13.3.1	I/O 任务概述	387
13.3.2	设备驱动程序的实现	389
13.4	内存管理	393
13.4.1	内存管理概述	393
13.4.2	实现	396
13.5	文件系统	400