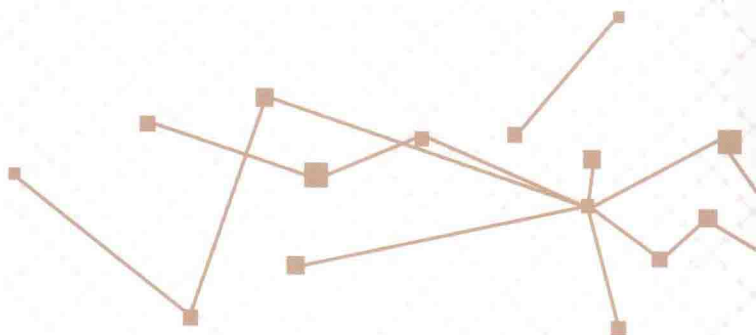




中国科学技术大学 *精品* 教材



10110111010001110101
10110111010001110

谢兴生 / 编著

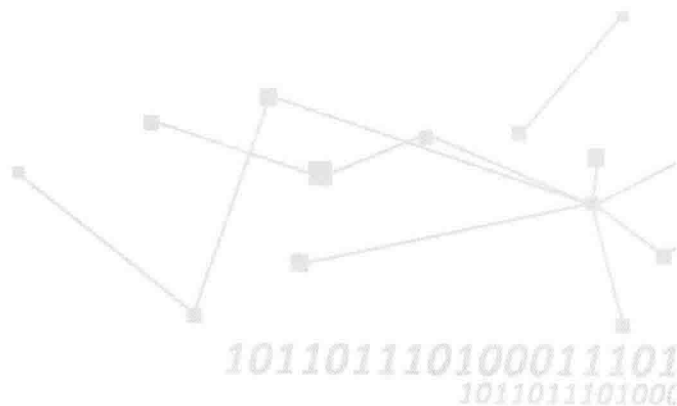
现代操作系统 原理与应用

*The Principles and Applications of
Modern Operating Systems*

中国科学技术大学出版社



中国科学技术大学 **精品** 教材



谢兴生 / 编著

The Principles and Applications of
Modern Operating Systems

现代操作系统 原理与应用

中国科学技术大学出版社

内 容 简 介

本书介绍计算机系统中最重要系统软件——操作系统。全书共分9章:第1章以直观、模型化方式,概要介绍计算机系统及操作系统的基本知识。第2章概要介绍计算机程序的机器(汇编)层级表示的知识,它是读者深入理解计算机系统底层工作机制的基础。第3~5章阐述进程/线程的概念、调度机制以及同步与通信机制,这部分是操作系统课程学习的重点,也是难点。第6章介绍存储管理,第7章介绍设备管理,第8章介绍文件管理,第9章介绍一个具体的著名文件系统——Linux文件系统。

本书力图以简明、准确、图文并茂的方式介绍各章节内容,同时,参考历年全国各院校研究生入学命题要求,为各章精心选配了课后习题,以满足高等院校计算机和计算机应用相关专业教学的需求。本书也可作为从事计算机工作的科技人员学习操作系统的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

现代操作系统原理与应用/谢兴生编著. —合肥:中国科学技术大学出版社, 2016.6

(中国科学技术大学精品教材)

ISBN 978-7-312-03906-5

I. 现… II. 谢… III. 操作系统 IV. TP316

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 137310 号

中国科学技术大学出版社出版发行

安徽省合肥市金寨路96号,230026

<http://press.ustc.edu.cn>

合肥市宏基印刷有限公司印刷

全国新华书店经销

开本:710 mm×960 mm 1/16 印张:21.75 插页:2 字数:412千

2016年6月第1版 2016年6月第1次印刷

印数:1—3000册

定价:43.00元

总 序

2008年,为庆祝中国科学技术大学建校五十周年,反映建校以来的办学理念 and 特色,集中展示教材建设的成果,学校决定组织编写出版代表中国科学技术大学教学水平的精品教材系列。在各方的共同努力下,共组织选题281种,经过多轮、严格的评审,最后确定50种入选精品教材系列。

五十周年校庆精品教材系列于2008年9月纪念建校五十周年之际陆续出版,共出书50种,在学生、教师、校友以及高校同行中引起了很好的反响,并整体进入国家新闻出版总署的“十一五”国家重点图书出版规划。为继续鼓励教师积极开展教学研究与教学建设,结合自己的教学与科研积累编写高水平的教材,学校决定,将精品教材出版作为常规工作,以《中国科学技术大学精品教材》系列的形式长期出版,并设立专项基金给予支持。国家新闻出版总署也将该精品教材系列继续列入“十二五”国家重点图书出版规划。

1958年学校成立之时,教员大部分来自中国科学院的各个研究所。作为各个研究所的科研人员,他们到学校后保持了教学的同时又作研究的传统。同时,根据“全院办校,所系结合”的原则,科学院各个研究所在科研第一线工作的杰出科学家也参与学校的教学,为本科生授课,将最新的科研成果融入到教学中。虽然现在外界环境和内在条件都发生了很大变化,但学校以教学为主、教学与科研相结合的方针没有变。正因为坚持了科学与技术相结合、理论与实践相结合、教学与科研相结合的方针,并形成了优良的传统,才培养出了一批又一批高质量的人才。

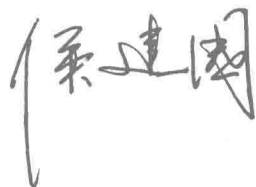
学校非常重视基础课和专业基础课教学的传统,也是她特别成功的原因之一。当今社会,科技发展突飞猛进、科技成果日新月异,没有扎实的基础知识,很难在科学技术研究中作出重大贡献。建校之初,华罗庚、吴有训、严济慈等老一辈科学家、教育家就身体力行,亲自为本科生讲授基础课。他们以渊博的学识、精湛的讲课艺术、高尚的师德,带出一批又一批杰出的年轻教员,培养

了一届又一届优秀学生。入选精品教材系列的绝大部分是基础课或专业基础课的教材,其作者大多直接或间接受到过这些老一辈科学家、教育家的教诲和影响,因此在教材中也贯穿着这些先辈的教育教学理念与科学探索精神。

改革开放之初,学校最先选派青年骨干教师赴西方国家交流、学习,他们在带回先进科学技术的同时,也把西方先进的教育理念、教学方法、教学内容等带回到中国科学技术大学,并以极大的热情进行教学实践,使“科学与技术相结合、理论与实践相结合、教学与科研相结合”的方针得到进一步深化,取得了非常好的效果,培养的学生得到全社会的认可。这些教学改革影响深远,直到今天仍然受到学生的欢迎,并辐射到其他高校。在入选的精品教材中,这种理念与尝试也都有充分的体现。

中国科学技术大学自建校以来就形成的又一传统是根据学生的特点,用创新的精神编写教材。进入我校学习的都是基础扎实、学业优秀、求知欲强、勇于探索和追求的学生,针对他们的具体情况编写教材,才能更加有利于培养他们的创新精神。教师们坚持教学与科研的结合,根据自己的科研体会,借鉴目前国外相关专业有关课程的经验,注意理论与实际应用的结合,基础知识与最新发展的结合,课堂教学与课外实践的结合,精心组织材料、认真编写教材,使学生在掌握扎实的理论基础的同时,了解最新的研究方法,掌握实际应用的技术。

入选的这些精品教材,既是教学一线教师长期教学积累的成果,也是学校教学传统的体现,反映了中国科学技术大学的教学理念、教学特色和教学改革成果。希望该精品教材系列的出版,能对我们继续探索科教紧密结合培养拔尖创新人才,进一步提高教育教学质量有所帮助,为高等教育事业作出我们的贡献。



中国科学院院士
第三世界科学院院士

前 言

操作系统是现代计算机系统不可缺少的基本系统软件,它主要用来控制和管理整个计算机系统的硬件资源和软件资源,并为用户提供一个方便灵活、安全可靠的计算机工作环境。

本书作者从事操作系统教学和研究多年,对多种操作系统,包括 DOS、Windows、MINIX、UNIX 和 Linux,进行了较系统的研究,剖析了部分源码,并在查阅了大量国内外有关资料和教材的基础上,遵循该课程的教学要求,编写了本教材。全书内容共分为 9 章:

第 1 章:计算机系统导论。准确理解操作系统需要一些微机原理方面的基础,但限于篇幅很难详细补充这方面的知识。本章作为导论,首先以简明、直观和模型化方式,综述读者需要具备的微机原理知识。在此基础上,给出关于操作系统的定义、主要功能、分类和抽象结构模型的描述。

第 2 章:程序的机器层级表示。理解汇编语言以及它如何与 C 代码对应,从汇编程序员视点“看”机器层级工作模式,也是理解计算机系统如何执行程序及底层工作机制的关键,对理解操作系统至关重要。补充学习操作系统必要的微机原理知识和简明的汇编知识,是本书的一个创新性尝试。

第 3 章:内核与进程控制。在综述操作系统内核结构模式,并增加选读部分“CPU 分段保护模式”的基础上,自然地引入现代操作系统最重要的概念——“进程”。本章也遵循经典操作系统教科书编排,介绍了进程定义、进程特征、进程控制块、进程状态与转换,以及进程控制原语方面的知识。

第 4 章:调度与死锁处理。本章主要介绍了调度机制、基本调度算法和死锁处理等方面知识;内容难度不大,力图简明、准确,并结合例题应用进行叙述。本章中还补充了 Windows 和 Linux 两个主流操作系统的调度程序分析,作为读者的选读部分;这对读者理解抽象的调度机制和算法,以及如

何在实际系统中应用是很有益的。

第5章:进程同步与通信。本章主要介绍多进程并发运行环境下,进程之间的互斥、同步协调,以及相互通信等知识;是操作系统课程学习的重点和难点。作者力图做到描述简明准确、算法说明清晰,并通过适当增加例题、习题,采用与应用结合的策略来安排本章内容。

第6章:存储管理。本章主要介绍了计算机存储器的分配、回收、保护、共享和虚拟扩充等方面的知识;内容难度适中,但内容稍多。作者力图以简明、条理层次明晰的方式介绍这部分知识。

可执行程序的结构及其链接、加载,也是存储管理的一部分,对理解操作系统如何使用和管理存储空间非常重要。但现有操作系统教科书对这部分内容大都仅限于概念性介绍。作为本书的另一个创新性尝试,本章中除加强了对这部分知识的拓展介绍外,还增加了针对实际操作系统 Linux 的存储管理介绍。

第7章:设备管理。本章主要介绍计算机外部设备管理方面的知识;内容难度适中。

第8章:文件管理。本章主要介绍磁盘文件管理方面的知识;内容难度不大。考虑到内容相关性,本书将磁盘设备知识安排在本章。为强化与应用结合,本章还介绍了 FAT、NTFS、EXT2 和 MINIX 等常用文件系统的卷布局,强化了针对目录搜索成本的理解。而在文件保护部分,补充了公共密钥密码 RSA 技术原理、数字证书原理等近年来热点新技术的介绍。

第9章:Linux 文件系统。文件系统是操作系统应用的最重要部分,深入理解文件系统对提升读者对操作系统的理解和实际应用能力非常重要。为此,在第8章介绍的文件系统基本知识的基础上,本章进一步安排了针对具体文件系统 Linux 的介绍。本章内容翔实、具体,相对容易理解,便于自学阅读。

本书内容深浅适中,安排系统合理。在反映操作系统概念和原理的基础上,也注意反映操作系统发展新动向,以及与应用的结合,力求做到理论联系实际。在每一章都精心选配了习题,选题参考了历年全国各院校研究生入学命题要求,既可帮助读者巩固所学知识,也有助于部分读者准备操作系统类专业考试。

本书计划讲授 60 学时。不同院校或专业可根据需要选择部分内容,将

课时压缩到 40 学时。其中,标题带“*”部分和第 9 章是为读者深化理解相关内容而增设的课外选读内容。

尽管作者讲授该课程多年,并试图编好本书,但由于水平有限,书中难免存在不足和错误之处,敬请读者和同行批评指正。

作 者

2016 年 2 月

目 次

总序	(i)
前言	(iii)
第 1 章 计算机系统导论	(1)
1.1 计算机系统硬件组织结构	(1)
1.1.1 计算机主要配件及其组装结构	(1)
1.1.2 计算机系统的逻辑组织结构	(1)
1.1.3 Intel 8086 的存储器组织模型	(5)
1.1.4 堆栈的组织模型	(5)
1.1.5 32 位微处理器	(7)
1.1.6 保护模式下的全局段描述符	(9)
1.1.7 保护模式下的寻址方式	(10)
1.2 中断机制	(11)
1.3 指令、机器语言与汇编语言	(12)
1.3.1 指令	(12)
1.3.2 机器语言与汇编语言	(13)
1.3.3 Intel 8086 指令系统	(13)
1.4 形成层次结构的存储设备	(18)
1.5 利用操作系统管理计算机硬件、软件资源	(19)
1.5.1 操作系统综述	(19)
1.5.2 操作系统抽象	(23)
习题	(26)
上机实践	(27)

第 2 章 程序的机器层级表示	(28)
2.1 程序汇编与机器编码	(28)
2.1.1 机器代码	(29)
2.1.2 指令与数据格式	(32)
2.1.3 访问信息	(32)
2.1.4 数据传送指令	(34)
2.2 算术和逻辑操作	(35)
2.3 控制	(36)
2.3.1 条件码	(36)
2.3.2 应用条件码	(36)
2.3.3 循环	(38)
2.4 过程调用	(39)
2.4.1 栈帧结构	(39)
2.4.2 转移控制	(40)
2.4.3 寄存器使用惯例	(40)
2.4.4 过程应用示例	(40)
习题	(42)
上机实践	(45)
第 3 章 内核与进程控制	(46)
3.1 内核控制	(46)
3.1.1 内核的结构模式	(46)
3.1.2 内核的体系结构	(48)
3.2 CPU 的分段保护工作模式*	(52)
3.2.1 保护机制综述	(52)
3.2.2 使用调用门进行控制转移	(54)
3.2.3 使用中断门或陷阱门进行控制转移	(55)
3.2.4 支持分段保护的硬件设施及内核数据结构	(56)
3.2.5 任务状态段 TSS 及其结构	(57)
3.3 利用进程实现并发多任务	(58)
3.3.1 进程概念的引入	(58)
3.3.2 进程的定义	(62)
3.3.3 进程控制块	(63)

3.4	进程状态及转换	(65)
3.5	进程控制	(66)
3.5.1	创建新进程	(67)
3.5.2	终止进程	(69)
3.6	线程控制	(70)
3.6.1	线程的概念	(70)
3.6.2	线程的实现	(70)
3.6.3	线程与进程的比较	(70)
3.6.4	Linux 的线程机制*	(71)
3.6.5	Windows 的线程机制*	(72)
	习题	(72)
	上机实践	(74)
第4章	调度与死锁处理	(75)
4.1	调度技术基础	(75)
4.1.1	调度策略	(76)
4.1.2	调度器的触发时机	(76)
4.1.3	上下文切换	(78)
4.1.4	CPU 调度的主要类型	(78)
4.1.5	衡量调度性能的原则	(79)
4.2	常规调度算法	(80)
4.2.1	先到先服务算法	(80)
4.2.2	最短作业优先算法	(81)
4.2.3	时间片轮转调度算法	(82)
4.2.4	优先权调度算法	(82)
4.2.5	多级反馈队列调度算法	(84)
4.2.6	最高响应比优先调度算法	(85)
4.2.7	实时系统及其调度算法	(86)
4.3	Linux 及 Windows 系统调度程序分析*	(86)
4.3.1	Linux 系统调度程序分析	(87)
4.3.2	Windows 系统调度程序分析	(90)
4.4	多处理机调度	(93)
4.4.1	多处理机环境下的进程调度概述	(93)

4.4.2	自调度技术	(94)
4.5	死锁及其处理	(96)
4.5.1	死锁及其产生原因	(96)
4.5.2	产生死锁的必要条件和死锁处理方法	(97)
4.5.3	利用银行家算法避免死锁	(98)
4.5.4	死锁的检测和解除	(102)
	习题	(103)
第 5 章	进程同步与通信	(108)
5.1	多进程计算环境下的潜在问题	(108)
5.1.1	多进程计算环境下的资源及其特性	(108)
5.1.2	多进程并发可能引发的潜在问题	(109)
5.1.3	问题的复杂性、困难性和应对策略	(110)
5.2	临界区同步问题	(110)
5.2.1	什么是临界区	(110)
5.2.2	临界区问题的引出	(111)
5.2.3	临界区问题处理方法分析	(111)
5.2.4	几种临界区问题的初步解决方案及有效性分析	(112)
5.3	用信号量机制实现同步	(117)
5.3.1	信号量原理与定义	(117)
5.3.2	信号量分类与用途	(119)
5.3.3	信号量实现	(120)
5.3.4	用信号量解决几个经典同步问题	(122)
5.3.5	Windows 的信号量实现及其应用 *	(128)
5.3.6	Linux 的信号量实现及其应用 *	(131)
5.4	进程间通信	(135)
5.4.1	进程间通信概述	(135)
5.4.2	共享内存区	(136)
5.4.3	管道通信	(136)
5.4.4	基于消息块传递的进程间通信	(138)
5.4.5	一种基于端口的消息通信机制(实现模型) *	(140)
	习题	(144)
	上机实践	(148)

第 6 章 存储管理	(149)
6.1 存储管理概述	(149)
6.1.1 计算机的存储器组织	(149)
6.1.2 存储管理的主要功能与目标	(153)
6.1.3 传统的存储管理技术体系	(153)
6.2 基于连续分配的存储管理技术	(154)
6.2.1 单一分区连续分配管理	(154)
6.2.2 固定分区连续分配管理	(154)
6.2.3 可变分区连续分配管理	(155)
6.3 基于离散分配的存储管理技术	(158)
6.3.1 内存地址分类	(158)
6.3.2 段式存储分配管理	(159)
6.3.3 页式存储分配管理	(162)
6.3.4 段页式存储分配管理	(170)
6.4 虚拟存储管理技术	(171)
6.4.1 虚拟存储器技术概述	(171)
6.4.2 基于请求分页的虚拟存储管理技术	(175)
6.4.3 页面调度管理	(177)
6.4.4 物理页框管理	(184)
6.5 程序的编译、链接与加载	(184)
6.5.1 ELF 可重定位目标文件组织格式	(186)
6.5.2 ELF 可执行目标文件组织格式	(189)
6.5.3 链接器工作原理分析	(192)
6.5.4 动态链接	(196)
6.5.5 映射可执行文件到存储器	(199)
6.5.6 小结	(201)
6.6 Linux 存储管理*	(203)
6.6.1 Linux 虚拟空间管理的主要数据结构	(203)
6.6.2 Linux 的虚拟空间映射方案	(204)
6.6.3 Linux 的分段机制	(206)
6.6.4 Linux 的分页机制	(208)
6.6.5 Linux 的存储器映射	(208)
6.6.6 Linux 的物理内存管理	(209)

习题	(214)
上机实践	(221)
第7章 设备管理	(222)
7.1 设备管理概述	(222)
7.1.1 I/O 系统的组织与结构	(222)
7.1.2 I/O 硬件及其控制基础知识	(224)
7.1.3 设备管理的基本目标与功能	(226)
7.2 设备 I/O 控制	(226)
7.2.1 程序直接控制方式	(227)
7.2.2 中断驱动的 I/O 控制方式	(227)
7.2.3 DMA 控制方式	(228)
7.2.4 通道控制方式	(229)
7.3 设备缓冲技术	(230)
7.3.1 专用缓冲	(231)
7.3.2 公共缓冲池	(233)
7.3.3 字符设备的公共缓冲池	(235)
7.3.4 磁盘高速缓冲	(236)
7.4 设备使用与设备驱动程序	(237)
7.4.1 设备的三种使用方法	(237)
7.4.2 设备驱动程序	(241)
7.5 设备分配与处理	(248)
7.5.1 设备分配	(248)
7.5.2 设备处理	(251)
7.5.3 设备独立性的表现与优势	(254)
习题	(255)
上机实践	(257)
第8章 文件管理	(259)
8.1 文件系统	(259)
8.1.1 文件的概念	(259)
8.1.2 文件的组织结构	(261)
8.1.3 文件系统综述	(261)
8.2 文件存储空间布局与管理	(265)

8.2.1	磁盘及其相关知识	(266)
8.2.2	几种常见的文件系统及其卷布局	(270)
8.2.3	文件存储空间的管理	(274)
8.2.4	磁盘空闲空间的管理	(275)
8.3	目录管理	(278)
8.3.1	目录管理概述	(278)
8.3.2	目录的结构与操作	(279)
8.3.3	索引节点	(283)
8.4	文件使用与控制	(284)
8.4.1	基本文件操作及实现机制	(284)
8.4.2	利用虚存映射机制读写文件	(287)
8.5	文件共享	(288)
8.5.1	早期实现文件共享的方法	(288)
8.5.2	基于索引节点的共享方式(硬链接)	(289)
8.5.3	利用符号链实现共享(软链接)	(290)
8.6	文件保护	(291)
8.6.1	文件的口令保护	(292)
8.6.2	文件的密码保护	(292)
8.6.3	基于数字证书的用户身份认证*	(293)
8.6.4	访问控制	(293)
8.6.5	分级安全管理	(295)
	习题	(296)
第9章	Linux 文件系统	(300)
9.1	Linux 标准文件系统 EXT2	(300)
9.1.1	EXT2 分区存储布局概述	(300)
9.1.2	EXT2 分区存储布局结构分析	(301)
9.2	VFS 接口	(310)
9.2.1	VFS 的工作原理	(310)
9.2.2	VFS 的四种基本对象	(313)
9.2.3	与进程访问文件相关的数据结构	(318)
9.3	文件系统注册、安装与卸载	(320)
9.3.1	文件系统注册	(320)

9.3.2 文件系统安装	(321)
9.3.3 文件系统卸载	(322)
9.4 编写文件系统驱动程序	(323)
9.4.1 文件系统驱动程序实现的要素	(323)
9.4.2 文件系统驱动程序实现框架示例	(324)
习题	(329)
上机实践	(331)
参考文献	(332)

第 1 章 计算机系统导论

计算机系统由硬件和软件组成,它们通过共同工作来运行应用程序。理解底层计算机系统和它如何影响应用程序,将有利于理解操作系统的本质以及进行深度的计算机应用。

1.1 计算机系统硬件组织结构

1.1.1 计算机主要配件及其组装结构

图 1.1 给出了经典台式兼容机的组装配件实物视图。

1.1.2 计算机系统的逻辑组织结构

为帮助读者加深对计算机系统硬件结构的理解,下面我们将从两种不同的视角进行抽象,给出计算机系统的逻辑组织结构模型。建议读者记住这两个模型,哪怕暂时不理解。

图 1.2 给出了微机硬件组成结构的一种低层次逻辑抽象模型。通过该图可帮助我们理解计算机的总体硬件组成及结构。图 1.3 进一步给出了 Intel 8086 微机 CPU 芯片及中断控制器 8259 芯片的引脚逻辑视图,通过这张图可帮助我们了解计算机总线上的各种信号位。

图 1.4 给出了一种抽象层次更高些的典型计算机系统硬件组织结构示意图。该图重点表现了计算机的主要核心部件及其连接关系。

计算机系统硬件的主要核心部件概要说明如下: