

■ 教育部 高等 教育 司 推 荐  
■ 国外优秀信息科学与技术系列教学用书

# OPERATING SYSTEM CONCEPTS (Sixth Edition)

## 操作系统概念

第六版

翻译版

■ Abraham Silberschatz  
[美] Peter Baer Galvin 著  
Greg Gagne  
■ 郑扣根 译



高等教育出版社  
Higher Education Press

图字:01-2003-3477号

**Operating System Concepts, Sixth Edition, Simplified Chinese Edition**

[美] Abraham Silberschatz, Peter Baer Galvin, Greg Gagne 著,郑扣根 译

本书封面贴有 John Wiley & Sons, Inc. 防伪标签,无标签者不得销售。

Copyright©2003 John Wiley & Sons, Inc.

All Rights Reserved.

**AUTHORIZED TRANSLATION OF THE EDITION PUBLISHED BY JOHN WILEY & SONS,**

New York, Chichester, Brisbane, Singapore AND Toronto. No part of this book may be reproduced in any form without the written permission of John Wiley & Sons, Inc.

**图书在版编目(CIP)数据**

操作系统概念/(美)西尔伯斯查兹(Silberschatz, A.), (美)高尔文(Galvin, P. B.), (美)加尼(Gagne, G.)著;郑扣根译. —北京:高等教育出版社, 2004.1(2005重印)

书名原文:Operating System Concepts, Sixth Edition

ISBN 7-04-013301-6

I. 操... II. ①西...②高...③加...④郑...  
III. 操作系统 IV. TP316

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 121589 号

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市西城区德外大街 4 号

邮政编码 100011

总 机 010-58581000

经 销 北京蓝色畅想图书发行有限公司

印 刷 北京外文印刷厂

开 本 787×1092 1/16

印 张 48

字 数 1 000 000

购书热线 010-58581118

免费咨询 800-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

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

网上订购 <http://www.landaco.com>

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

版 次 2004年1月第1版

印 次 2005年11月第6次印刷

定 价 55.00元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 13301-00

# 前 言

20 世纪末，以计算机和通信技术为代表的信息科学和技术对世界经济、科技、军事、教育和文化等产生了深刻影响。信息科学技术的迅速普及和应用，带动了世界范围信息产业的蓬勃发展，为许多国家带来了丰厚的回报。

进入 21 世纪，尤其随着我国加入 WTO，信息产业的国际竞争将更加激烈。我国信息产业虽然在 20 世纪末取得了迅猛发展，但与发达国家相比，甚至与印度、爱尔兰等国家相比，还有很大差距。国家信息化的发展速度和信息产业的国际竞争能力，最终都将取决于信息科学技术人才的质量和数量。引进国外信息科学和技术优秀教材，在有条件的学校推动开展英语授课或双语教学，是教育部为加快培养大批高质量的信息技术人才采取的一项重要举措。

为此，教育部要求由高等教育出版社首先开展信息科学和技术教材的引进试点工作。同时提出了两点要求，一是要高水平，二是要低价格。在高等教育出版社和信息科学技术引进教材专家组的努力下，经过比较短的时间，第一批引进的 20 多种教材已经陆续出版。这套教材出版后受到了广泛的好评，其中有不少是世界信息科学技术领域著名专家、教授的经典之作和反映信息科学技术最新进展的优秀作品，代表了目前世界信息科学技术教育的一流水平，而且价格也是最优惠的，与国内同类自编教材相当。

这项教材引进工作是在教育部高等教育司和高教社的共同组织下，由国内信息科学技术领域的专家、教授广泛参与，在对大量国外教材进行多次遴选的基础上，参考了国内和国外著名大学相关专业的课程设置进行系统引进的。其中，John Wiley 公司出版的贝尔实验室信息科学研究中心副总裁 Silberschatz 教授的经典著作《操作系统概念》，是我们经过反复谈判，做了很多努力才得以引进的。William Stallings 先生曾编写了在美国深受欢迎的信息科学技术系列教材，其中有多种教材获得过美国教材和学术著作者协会颁发的计算机科学与工程教材奖，这批引进教材中就有他的两本著作。留美中国学者 Jiawei Han 先生的《数据挖掘》是该领域中具有里程碑意义的著作。由达特茅斯学院 Thomas Cormen 和麻省理工学院、哥伦比亚大学的几

位学者共同编著的经典著作《算法导论》，在经历了 11 年的锤炼之后于 2001 年出版了第二版。目前任教于美国 Massachusetts 大学的 James Kurose 教授，曾在美国三所高校先后 10 次获得杰出教师或杰出教学奖，由他主编的《计算机网络》出版后，以其体系新颖、内容先进而倍受欢迎。在努力降低引进教材售价方面，高等教育出版社做了大量和细致的工作。这套引进的教材体现了权威性、系统性、先进性和经济性等特点。

教育部也希望国内和国外的出版商积极参与此项工作，共同促进中国信息技术教育和信息产业的发展。我们在与外商的谈判工作中，不仅要坚定不移地引进国外最优秀的教材，而且还要千方百计地将版权转让费降下来，要让引进教材的价格与国内自编教材相当，让广大教师和学生负担得起。中国的教育市场巨大，外国出版公司和国内出版社要通过扩大发行数量取得效益。

在引进教材的同时，我们还应做好消化吸收，注意学习国外先进的教学思想和教学方法，提高自编教材的水平，使我们的教学和教材在内容体系上，在理论与实践的结合上，在培养学生的动手能力上能有较大的突破和创新。

目前，教育部正在全国 35 所高校推动示范性软件学院的建设和实施，这也是加快培养信息科学技术人才的重要举措之一。示范性软件学院要立足于培养具有国际竞争力的实用性软件人才，与国外知名高校或著名企业合作办学，以国内外著名 IT 企业为实践教学基地，聘请国内外知名教授和软件专家授课，还要率先使用引进教材开展教学。

我们希望通过这些举措，能在较短的时间，为我国培养一大批高质量的信息技术人才，提高我国软件人才的国际竞争力，促进我国信息产业的快速发展，加快推动国家信息化进程，进而带动整个国民经济的跨越式发展。

教育部高等教育司

二〇〇二年三月

## 译者序

操作系统是计算机系统的基本组成部分。同样,操作系统课程也是计算机教学的基本组成部分。随着计算机日益广泛的应用,操作系统也正在以惊人的速度发生着变化。如今计算机图书市场上关于操作系统的书非常多,书店中的此类书籍可谓琳琅满目,但真正的好书却凤毛麟角。一本书,能被人引为经典,当然是一本好书。由 John Wiley & Sons 公司出版的贝尔实验室信息科学研究中心副总裁 Silberschatz 教授等人撰写的《操作系统概念(第六版)》就是这样一本经典之作,自第一版问世以来,经历了近 20 年的锤炼,已经成为操作系统教材的一本“圣经”。

该书的影印版是高等教育出版社为配合教育部提出的加快培养大批高质量的信息技术人才的工作所引进的国外优秀信息科学与技术系列教材之一。该书的影印版出版后,受到了广泛的好评,选用本书的多为高等院校研究生院的师生,对其科学性、实用性均给予了高度评价。为了让国人更好地学习和理解书中的知识,并在更广范围内推广使用,高等教育出版社出版了此书的中译本。

作为一本操作系统的经典之作,本书的内容广泛而又重点突出。主要有以下几个特点:

1. 内容全面。全书共分七部分,内容涉及操作系统概念和功能及其设计与构造、进程管理、存储器管理、I/O 系统、分布式系统、保护与安全以及对 Linux、Windows 2000、Windows XP、FreeBSD、Mach 及 Nachos 等实例进行分析与讨论,几乎覆盖了操作系统的各个重要方面。

2. 书中所有提及的原理,都有相应的详细解释,并配有很多实例和插图帮助读者理解,以充实的内容在抽象概念和实际实现之间架设了桥梁。本书讨论了操作系统中的基本概念与算法,提供了大量的实例研究,如 Solaris 2、Linux、MS-DOS、Windows NT、Windows 2000、Windows XP、IBM OS/2 等,为读者深入理解操作系统提供了坚实的理论基础。操作系统本身对许多人来说是枯燥无味的,国人撰书时又常常喜欢将一些浅显的道理深奥化,常给人一头雾水或字典化的感觉。此书却用风趣而智慧的语言讲解许多抽象的概念。

3. 由于该书已连续出版六次,不但每次都对前一次的不足进行了修改,而且还结合当前的技术,增加了最新的内容,因此它的内容和实例并不古老。较之以前的版本,本版本增加了线程、实时操作系统、Windows 2000 等内容。书中所有代码实例均被更新并以 C 语言描述。

4. 此书的写作遵循了循序渐进的原则,结合当今流行的各种操作系统,配有大量的实例和练习,逐步引导读者从一个门外汉变成一个精通操作系统的高手。

整体上看,本书具有内容新、全面、实用、指导性强等特点,不但是从事操作系统应用开

发等专业人士的必备之书,同时也是高等院校相关专业的师生教学的最佳教材。由衷地希望所有读者都能从本书中充分体会到操作系统的精髓,并能在今后的相关工作中游刃有余。

本书的翻译力求忠于作者原意。我们在许多操作系统的专业术语后面的括号中注上了英文原文。这一方面是为了能够方便读者对照理解,为其以后的学习打下基础;另一方面也为了避免以往就存在的不同中文译法带来的歧义,从而节省读者宝贵的时间。

本书由郑扣根教授翻译。在本书的翻译过程中,得到了田稷、冯钢、李祥兵、王晓栋、郑南、方前、李龙连、王万里、徐金星等同志的许多帮助,在此表示深深的谢意。

由于种种原因,书中难免存在错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

译 者

2003年10月

# 原版前言

操作系统是计算机系统的基本组成部分。同样,操作系统课程也是计算机科学教育的基本组成部分。随着计算机在包括从儿童游戏到极为尖端的政府和多国企业的规划工具等领域中的广泛应用,操作系统也正在以惊人的速度发生着变化。然而,操作系统的基本概念仍然是比较清晰的,这些概念是本书所讨论的基础。

本书是一本操作系统导论的教科书,清晰地描述了操作系统的基本概念,适用于本科三、四年级和研究生一年级学生。前提假设读者熟悉数据结构基础、计算机组成和一种高级语言如 C。本书第二章包括了学习操作系统所需的硬件知识。对举例代码,我们主要采用了流行的 C,有时也使用 Java。不过,即使读者没有这些语言的全面知识,也能理解这些算法。

本书所描述的基本概念和算法通常基于用于现代商用操作系统的概念与算法。我们的目的是根据通用操作系统而不是根据特定操作系统来描述这些概念和算法。本书还提供了大量与最通用的操作系统相关的例子,如 Sun Microsystems 的 Solaris 2、Linux; Microsoft 的 MS-DOS、Windows NT、Windows 2000 和 Windows XP; DEC VMS 和 TOPS-20、IBM OS/2 以及 Apple Macintosh 操作系统。

本书不仅直观地描述概念,也包括了重要理论的结论,但省略了正式证明。推荐读物指出了有关研究论文,其中有的首次提出或证明了这些结论,有的是可供进一步阅读的参考材料。有时也使用图和例子来代替证明,以提示我们期望这些问题结果正确的理由。

## 本书内容

本书共有七大部分:

- **概述:**第一章到第三章解释了操作系统是什么、能做什么以及它们是如何设计与构造的。这一部分也解释了操作系统概念是如何发展起来的,操作系统的公共特性是什么,操作系统能为用户做什么,操作系统能为计算机系统操作员做什么。这些描述主要是激励性的、历史性的和解释性的内容。在这些章节中,避免讨论这些问题的内部细节。因此,这部分适合于那些需要学习操作系统是什么而不需要知道其内部算法细节的低年级学生或有关人员。第二章包括一些对学习操作系统来说很重要的硬件知识,对诸如 I/O、DMA 和硬盘操作等硬件知识非常熟悉的读者,可以浏览或跳过这一章。

- **进程管理:**第四章到第八章描述了作为现代操作系统核心的进程以及并发的概念。

进程是系统的工作单元。一个系统由一些并发执行的进程组成,其中有的是操作系统进程(执行系统代码),有的是用户进程(执行用户代码)。这一部分包括进程调度方法、进程间通信、进程同步及死锁处理。这部分还讨论了有关线程的知识。

• **存储管理:**第九章到第十二章主要关于执行期间内存的进程。为了改善 CPU 的利用率及其对用户的响应速度,计算机必须将多个进程同时保存在内存中。存储管理方法有很多,各种算法的有效性与应用情形有关。因为通常情况下内存太小,不能保存所有数据和程序,而且它也不能永久保存数据,所以计算机系统必须提供外存来支持内存。绝大多数现代计算机系统采用磁盘作为主要在线信息(程序和数据)存储媒介。文件系统为在线存储和访问驻留在磁盘上的数据和程序提供了必要的机制。这些章节介绍了存储管理内部所使用的经典算法和结构,并对这些算法进行了深入而实际的描述,包括其特性、优点和缺点。

• **I/O 系统:**第十三章到第十四章描述了与计算机相连的设备和这些设备的多样性。在许多方面,设备是计算机中最慢的部分。由于设备种类如此之多,操作系统需要为应用程序提供大量的功能,以允许它们控制这些设备的各个方面。这部分深入讨论了系统 I/O,包括 I/O 系统设计、接口及系统内部的结构和功能。因为设备是性能瓶颈,所以也讨论了性能问题。另外,还讨论了与外存和第三存储器有关的问题。

• **分布式系统:**第十五章到第十七章讨论了一组不共享内存或时钟的处理器:分布式系统。这类系统允许用户访问系统所维护的各种资源。对共享资源的访问能加快计算,改善数据的可用性和可靠性。这类系统也能为用户提供分布式文件系统:这种系统就是文件服务系统,且其用户、服务器和存储设备位于分布式系统的各个场所。分布式系统必须为进程同步和通信提供各种机制,以处理死锁问题和各种集中式系统未碰到的问题。

• **保护和安全:**第十八章到第十九章解释了为使操作系统中的进程彼此之间不会互相影响,而需要对系统中的进程加以保护。出于保护和安全的目的,采用了这样一种机制:确保只有获得操作系统授权的进程才可以使用相应的文件、内存段、CPU 和其他资源。保护是一种用来控制访问程序、进程或计算机系统资源用户的机制。这种机制必须提供表达控制和实施控制的方法。安全是保护系统所存储的信息(数据和代码)和其他计算机系统的物理资源避免未经授权的访问、恶意破坏和修改以及在意料之外出现的不一致。

• **案例研究:**本书的第二十章到第二十三章和网络上的附录 A 到附录 C 通过描述实际操作系统,融合了本书的概念。这些系统包括 Linux、Windows 2000、Windows XP、FreeBSD、Mach 和 Nachos。之所以选择 Linux 和 FreeBSD 是因为 UNIX 曾经很小,以便于理解,而且不是“玩具”操作系统。它们大多数内部算法的选择主要是基于简单而不是速度和复杂度。可以很容易得到 Linux 和 FreeBSD,因此许多学生都可以访问这些系统。之所以选择 Windows 2000 和 Windows XP 是因为它提供了一个研究现代操作系统的机会,其设计和实现与 UNIX 操作系统有很大不同。本书还选择了 Nachos 系统,该系统允许学生可仔细分析一个操作系统,看看底层如何工作,自己构建部分操作系统,并观察其工作效果。第



二十三章也简要地描述了一些其他有影响的操作系统。

## 第 六 版

在写第六版时,不但采纳了读者对以前版本的许多改进和建议,而且还加入一些现代操作系统和网络发展的新概念。笔者对绝大多数章节中的内容进行了改写,以反映最新变化,对不再适用的内容做了删除。将以前版本的表达算法的 Pascal 代码改写成现在的 C 代码,还使用了少量的 Java 代码。

笔者对许多章节都做了大量改写和重新组织。最为重要的是,增加了两章,并重新组织了分布式系统的内容。由于网络和分布式系统已渗透到绝大多数操作系统中,因此本书将一些分布式系统的内容如客户机—服务器移出分布式系统,并归并到前面的章节中。

- **第三章,操作系统结构**,现在包括一节专门讨论 Java 虚拟机(Java Virtual Machine, JVM)。

- **第四章,进程**,包括一些小节,以描述套接字和远程程序调用(Remote Procedure Call, RPC)。

- **第五章,线程**,是新增的一章,描述多线程计算机系统。许多现代操作系统现在都允许一个进程包含多个控制线程。

- **第六章到第十章**分别是过去的第五章到第九章。

- **第十一章,文件系统接口**,是以前的第十章。笔者对此做了大量修改,包括了分布式文件系统章节(第十六章)的 NFS(Network File System)内容。

- **第十二章和第十三章**分别是以前的第十一章和第十二章。在第十三章 I/O 系统中,增加了一节,以描述 STREAM。

- **第十四章,大容量存储器结构**,合并了第十三章和第十四章。

- **第十五章,分布式系统结构**,合并了以前的第十五章和第十六章。

- **第十九章,安全**,是以前的第二十章。

- **第二十章, Linux 系统**,是以前的第二十二章,并经更新,以包括最新发展。

- **第二十一章, Windows 2000**,是新增的一章。

- **第二十二章, Windows XP**,是新增的一章。

- **第二十三章,历史纵览**,是以前的第二十四章。

- **附录 A** 是以前的关于 UNIX 的第二十一章,并经更新,以包括 FreeBSD。

- **附录 B** 涉及 Mach 操作系统。

- **附录 C** 涉及 Nachos 系统。

三个附录通过在线网站提供。

## 教学辅助材料和网页

本书的网页包括了三个附录、伴随本书的幻灯片(PDF 和 PPF 两种格式)、三个案例研究、最新勘误表以及到作者主页的链接。John Wiley & Sons 公司维护本网页：

<http://www.wiley.com/college/silberschatz>

为了得到限定的辅助材料,请与本地的 John Wiley & Sons 公司销售代理联系。你可以通过“Find a Rep?”网页(<http://www.jsw-edcv.wiley.com/college/findarep>)来找到你的代理。

## 邮件列表

我们提供了一个便于用户进行通信的环境。我们创建了一个邮件列表,包括本书用户及下列地址:os-book@research.bell-labs.com。如果你希望加入该邮件列表,请向 avi@bell-labs.com 发送一个消息,并注明你的姓名、所属机构和电子邮件地址。

## 建 议

笔者已设法清除本版中所有错误,但是与操作系统一样,一些隐蔽的错误可能仍然存在。我们非常希望你那里听到有所发现的本书中的任何文字错误或疏漏。如果你希望提供建议或提供习题,那么我们也非常高兴。来信请寄 Avi Silberschatz, Vice President, Information Sciences Research Center, MH 2T-310, Bell Laboratories, 600 Mountain Ave., Murray Hill, NJ 07974 (avi@bell-labs.com)。

## 感 谢

本书是根据以前版本修改而来的,前三版是与 James Peterson 一起合著的。其他帮助以前版本的包括:Hamid Arabnia, Randy Bentson, David Black, Joseph Boykin, Jeff Brumfield, Gael Buckley, P. C. Capon, John Carpenter, Thomas Casavant, Ajoy Kumar Datta, Joe Deck, Sudarshan K. Dhall, Thomas Doepfner, Caleb Drake, M. Rasit Eskicioglu, Hans Flack, Robert Fowler, G. Scott Graham, Rebecca Hartman, Wayne Hathaway, Christopher Haynes, Mark Holliday, Richard Kiebertz, Carol Kroll, Thomas LeBlanc, John Leggett, Jerrold Leichter, Ted Leung, Gary Lippman, Carolyn Miller, Michael Molloy, Yoichi Muraoka, Jim M. Ng, Banu Özden, Ed Posnak, Boris Putanec,

Charles Qualline, John Quarterman, Jesse St. Laurent, John Stankovic, Adam Stauffer, Steven Stepanek, Hal Stern, Louis Stevens, Pete Thomas, David Umbaugh, Steve Vinoski, Tommy Wagner, John Werth 和 J. S. Weston.

我们感谢对本书的改版做出了贡献的以下各位: Bruce Hillyer 审阅和帮助修改了第二章、第十二章、第十三章和第十四章。Mike Reiter 审阅和帮助修改了第十八章。第十四章的部分内容取自 Hillyer 和 Silberschatz 的一篇论文<sup>[1996]</sup>。第十七章的部分内容取自 Levy 和 Silberschatz 的一篇论文<sup>[1990]</sup>。第二十章取自 Stephen Tweedie 的未发表的手稿。第二十一章取自 Cliff Martin 的未发表的手稿。第二十二章取自 Dave Probert、Cliff Martin 和 Avi Silberschatz 的未发表的手稿。Cliff Martin 帮助更新了 UNIX 附录, 以包括 FreeBSD。Mike Shapiro 审阅了 Solaris 内容, Jim Mauro 回答了多个有关 Solaris 的问题。

我们感谢审阅了本书此版的以下各位: Rida Bazzi (Arizona State University); Roy Campbell (University of Illinois-Chicago); Gil Carrick (University of Texas at Arlington); Richard Guy (UCLA); Max Hailperin (Gustavus Adolphus College); Ahmed Kamel (North Dakota State University); Morty Kwestel (New Jersey Institute of Technology); Gustavo Rodriguez-Rivera (Purdue University); Carolyn J. C. Schauble (Colorado State University); Thomas P. Skinner (Boston University); Yannis Smaragdakis (Georgia Tech); Larry L. Wear (California State University, Chico); James M. Westall (Clemson University); Yang Xiang (University of Massachusetts)。

我们的编辑, Bill Zobrist 和 Paul Crockett 在准备本书期间给予了专家级指导。他们都得到了 Susannah Barr 的帮助, Susannah Barr 负责本项目的许多具体细节。我们的市场经理是 Katherine Hepburn。高级制作编辑是 Ken Santor。封面制作是 Susan Cyr, 封面设计是 Madelyn Lesure。Barbara Heaney 负责管理而 Katie Habib 复印了手稿。校对员是 Katrina Avery(自由职业); 索引员是 Rosemary Simpson(自由职业)。高级制图协调员是 Anna Melhorn。Marilyn Turnamian 帮助生成了图、更新了文字、教师指导书和幻灯片。

最后, 我们还希望感谢一些人。Avi 要格外感谢 Krystyna Kwiecien 帮助照顾其母亲, 以便他全神贯注地编写本书; Pete 感谢 Harry Kasparian 和其他同事允许他能参加本书的编写而不是其本身的“真正工作”; Greg 感谢在写作本书期间他的孩子所取得的重要成就: Tom, 5 岁, 学会了阅读; 而 Jay, 2 岁, 学会了讲话。

Abraham Silberschatz, Murray Hill, NJ, 2002

Peter Baer Galvin, Norton, MA, 2002

Greg Gagne, Salt Lake City, UT, 2002

# 目 录

## 第一部分 概 述

<b>第一章 导论</b> .....	(3)	2.3 存储结构 .....	(26)
1.1 操作系统是什么 .....	(3)	2.3.1 内存 .....	(27)
1.1.1 用户观点 .....	(4)	2.3.2 磁盘 .....	(28)
1.1.2 系统观点 .....	(4)	2.3.3 磁带 .....	(29)
1.1.3 系统目标 .....	(5)	2.4 存储层次 .....	(30)
1.2 大型机系统 .....	(6)	2.4.1 高速缓存技术 .....	(31)
1.2.1 批处理系统 .....	(6)	2.4.2 一致性与连贯性 .....	(32)
1.2.2 多道程序系统 .....	(7)	2.5 硬件保护 .....	(32)
1.2.3 分时系统 .....	(7)	2.5.1 双重模式操作 .....	(33)
1.3 桌面系统 .....	(8)	2.5.2 I/O 保护 .....	(34)
1.4 多处理器系统 .....	(9)	2.5.3 内存保护 .....	(35)
1.5 分布式系统 .....	(11)	2.5.4 CPU 保护 .....	(36)
1.5.1 客户机—服务器系统 .....	(11)	2.6 网络结构 .....	(37)
1.5.2 对等系统 .....	(12)	2.6.1 局域网 .....	(38)
1.6 集群系统 .....	(13)	2.6.2 广域网 .....	(39)
1.7 实时系统 .....	(14)	2.7 小结 .....	(40)
1.8 手持系统 .....	(15)	习题二 .....	(41)
1.9 功能迁移 .....	(15)	推荐读物 .....	(42)
1.10 计算环境 .....	(16)	<b>第三章 操作系统结构</b> .....	(43)
1.10.1 传统计算 .....	(17)	3.1 系统组成 .....	(43)
1.10.2 基于 Web 的计算 .....	(17)	3.1.1 进程管理 .....	(43)
1.10.3 嵌入式计算 .....	(17)	3.1.2 内存管理 .....	(44)
1.11 小结 .....	(18)	3.1.3 文件管理 .....	(45)
习题一 .....	(19)	3.1.4 输入/输出系统管理 .....	(45)
推荐读物 .....	(20)	3.1.5 二级存储管理 .....	(46)
<b>第二章 计算机系统结构</b> .....	(21)	3.1.6 联网 .....	(46)
2.1 计算机系统操作 .....	(21)	3.1.7 保护系统 .....	(47)
2.2 I/O 结构 .....	(23)	3.1.8 命令解释系统 .....	(47)
2.2.1 I/O 中断 .....	(23)	3.2 操作系统服务 .....	(48)
2.2.2 DMA 结构 .....	(25)	3.3 系统调用 .....	(49)

3.3.1 进程控制 .....	(51)	3.6.1 实现 .....	(62)
3.3.2 文件管理 .....	(53)	3.6.2 优点 .....	(63)
3.3.3 设备管理 .....	(54)	3.6.3 Java .....	(64)
3.3.4 信息维护 .....	(54)	3.7 系统设计与实现 .....	(65)
3.3.5 通信 .....	(54)	3.7.1 设计目标 .....	(65)
3.4 系统程序 .....	(55)	3.7.2 机制与策略 .....	(65)
3.5 系统结构 .....	(57)	3.7.3 实现 .....	(66)
3.5.1 简单结构 .....	(57)	3.8 系统生成 .....	(67)
3.5.2 分层方法 .....	(58)	3.9 小结 .....	(68)
3.5.3 微内核 .....	(60)	习题三 .....	(69)
3.6 虚拟机 .....	(61)	推荐读物 .....	(69)

## 第二部分 进程管理

<b>第四章 进程</b> .....	(73)	4.7 小结 .....	(96)
4.1 进程概念 .....	(73)	习题四 .....	(96)
4.1.1 进程 .....	(73)	推荐读物 .....	(97)
4.1.2 进程状态 .....	(74)	<b>第五章 线程</b> .....	(98)
4.1.3 进程控制块 .....	(74)	5.1 概述 .....	(98)
4.1.4 线程 .....	(75)	5.1.1 动机 .....	(98)
4.2 进程调度 .....	(76)	5.1.2 优点 .....	(99)
4.2.1 调度队列 .....	(76)	5.1.3 用户线程与内核线程 .....	(100)
4.2.2 调度程序 .....	(77)	5.2 多线程模型 .....	(100)
4.2.3 关联切换 .....	(78)	5.2.1 多对一模型 .....	(100)
4.3 进程操作 .....	(79)	5.2.2 一对一模型 .....	(101)
4.3.1 进程创建 .....	(79)	5.2.3 多对多模型 .....	(101)
4.3.2 进程终止 .....	(81)	5.3 若干多线程问题 .....	(102)
4.4 进程协作 .....	(82)	5.3.1 系统调用 fork 和 exec .....	(102)
4.5 进程间通信 .....	(84)	5.3.2 取消 .....	(102)
4.5.1 消息传递系统 .....	(84)	5.3.3 信号处理 .....	(103)
4.5.2 命名 .....	(84)	5.3.4 线程池 .....	(104)
4.5.3 同步 .....	(86)	5.3.5 线程特定数据 .....	(105)
4.5.4 缓冲 .....	(86)	5.4 Pthread 线程 .....	(105)
4.5.5 例子: Mach .....	(87)	5.5 Solaris 2 线程 .....	(107)
4.5.6 例子: Windows 2000 .....	(88)	5.6 Windows 2000 线程 .....	(109)
4.6 客户机-服务器系统通信 .....	(89)	5.7 Linux 线程 .....	(109)
4.6.1 套接字 .....	(89)	5.8 Java 线程 .....	(110)
4.6.2 远程过程调用 .....	(92)	5.8.1 线程创建 .....	(110)
4.6.3 远程方法调用 .....	(94)	5.8.2 JVM 与主机操作系统 .....	(111)

5.9 小结 .....	(112)	7.4.1 用法 .....	(150)
习题五 .....	(112)	7.4.2 实现 .....	(151)
推荐读物 .....	(113)	7.4.3 死锁与饥饿 .....	(153)
<b>第六章 CPU 调度</b> .....	(114)	7.4.4 二进制信号量 .....	(153)
6.1 基本概念 .....	(114)	7.5 经典同步问题 .....	(154)
6.1.1 CPU-I/O 区间周期 .....	(114)	7.5.1 有限缓冲问题 .....	(154)
6.1.2 CPU 调度程序 .....	(115)	7.5.2 读者-作者问题 .....	(155)
6.1.3 可抢占式调度 .....	(115)	7.5.3 哲学家进餐问题 .....	(156)
6.1.4 分派程序 .....	(116)	7.6 临界区域 .....	(157)
6.2 调度准则 .....	(117)	7.7 管程 .....	(160)
6.3 调度算法 .....	(117)	7.8 操作系统同步 .....	(165)
6.3.1 先到先服务调度 .....	(118)	7.8.1 Solaris 2 中的同步 .....	(166)
6.3.2 最短作业优先调度 .....	(119)	7.8.2 Windows 2000 中的同步 .....	(167)
6.3.3 优先权调度 .....	(121)	7.9 原子事务 .....	(167)
6.3.4 轮转法调度 .....	(122)	7.9.1 系统模型 .....	(168)
6.3.5 多级队列调度 .....	(125)	7.9.2 基于日志的恢复 .....	(169)
6.3.6 多级反馈队列调度 .....	(126)	7.9.3 检查点 .....	(170)
6.4 多处理器调度 .....	(127)	7.9.4 并发原子事务 .....	(170)
6.5 实时调度 .....	(128)	7.10 小结 .....	(174)
6.6 算法评估 .....	(130)	习题七 .....	(175)
6.6.1 确定性建模 .....	(130)	推荐读物 .....	(177)
6.6.2 排队模型 .....	(131)	<b>第八章 死锁</b> .....	(179)
6.6.3 模拟 .....	(132)	8.1 系统模型 .....	(179)
6.6.4 实现 .....	(133)	8.2 死锁特点 .....	(180)
6.7 进程调度模型 .....	(134)	8.2.1 必要条件 .....	(180)
6.7.1 例子:Solaris 2 .....	(134)	8.2.2 资源分配图 .....	(181)
6.7.2 例子:Windows 2000 .....	(135)	8.3 死锁处理方法 .....	(183)
6.7.3 例子:Linux .....	(137)	8.4 死锁预防 .....	(183)
6.8 小结 .....	(139)	8.4.1 互斥 .....	(184)
习题六 .....	(139)	8.4.2 占有并等待 .....	(184)
推荐读物 .....	(141)	8.4.3 非抢占 .....	(184)
<b>第七章 进程同步</b> .....	(142)	8.4.4 循环等待 .....	(185)
7.1 背景 .....	(142)	8.5 死锁避免 .....	(186)
7.2 临界区域问题 .....	(144)	8.5.1 安全状态 .....	(186)
7.2.1 两进程解法 .....	(144)	8.5.2 资源分配图算法 .....	(187)
7.2.2 多进程解法 .....	(146)	8.5.3 银行家算法 .....	(188)
7.3 同步硬件 .....	(148)	8.6 死锁检测 .....	(191)
7.4 信号量 .....	(150)	8.6.1 每种资源类型只有单个	

实例 ..... (191)

8.6.2 每种资源类型的多个实例 ..... (192)

8.6.3 应用检测算法 ..... (193)

8.7 死锁恢复 ..... (194)

8.7.1 进程终止 ..... (194)

8.7.2 资源抢占 ..... (194)

8.8 小结 ..... (195)

习题八 ..... (196)

推荐读物 ..... (198)

### 第三部分 存储管理

**第九章 内存管理** ..... (201)

9.1 背景 ..... (201)

9.1.1 地址捆绑 ..... (201)

9.1.2 逻辑地址空间与  
物理地址空间 ..... (202)

9.1.3 动态加载 ..... (203)

9.1.4 动态链接与共享库 ..... (204)

9.1.5 覆盖 ..... (205)

9.2 交换 ..... (206)

9.3 连续内存分配 ..... (208)

9.3.1 内存保护 ..... (208)

9.3.2 内存分配 ..... (209)

9.3.3 碎片 ..... (210)

9.4 分页 ..... (211)

9.4.1 基本方法 ..... (211)

9.4.2 硬件支持 ..... (215)

9.4.3 保护 ..... (217)

9.4.4 页表结构 ..... (218)

9.4.5 共享页表 ..... (222)

9.5 分段 ..... (223)

9.5.1 基本方法 ..... (223)

9.5.2 硬件 ..... (224)

9.5.3 保护与共享 ..... (225)

9.5.4 碎片 ..... (227)

9.6 带有分页的分段 ..... (228)

9.7 小结 ..... (229)

习题九 ..... (230)

推荐读物 ..... (232)

**第十章 虚拟内存** ..... (233)

10.1 背景 ..... (233)

10.2 请求页面调度 ..... (235)

10.2.1 基本概念 ..... (235)

10.2.2 请求页面调度的性能 ..... (239)

10.3 进程创建 ..... (241)

10.3.1 写时拷贝 ..... (241)

10.3.2 内存映射文件 ..... (242)

10.4 页面置换 ..... (243)

10.4.1 基本方法 ..... (244)

10.4.2 FIFO 页置换 ..... (247)

10.4.3 最优页置换 ..... (248)

10.4.4 LRU 页置换 ..... (249)

10.4.5 LRU 近似页置换 ..... (250)

10.4.6 基于计数的页置换 ..... (252)

10.4.7 页缓冲算法 ..... (253)

10.5 帧分配 ..... (253)

10.5.1 帧的最小数量 ..... (254)

10.5.2 分配算法 ..... (255)

10.5.3 全局分配与局部分配 ..... (255)

10.6 系统颠簸 ..... (256)

10.6.1 系统颠簸的原因 ..... (256)

10.6.2 工作集合模型 ..... (258)

10.6.3 页错误频率 ..... (259)

10.7 操作系统样例 ..... (260)

10.7.1 Windows NT ..... (260)

10.7.2 Solaris 2 ..... (261)

10.8 其他考虑 ..... (262)

10.8.1 预约式页面调度 ..... (262)

10.8.2 页大小 ..... (262)

10.8.3 TLB 范围 ..... (264)

10.8.4 反向页表 ..... (264)

10.8.5 程序结构 ..... (265)

10.8.6 I/O 互锁 ..... (266)

10.8.7 实时处理 .....	(267)	推荐读物 .....	(301)
10.9 小结 .....	(267)	<b>第十二章 文件系统实现</b> .....	(302)
习题十 .....	(268)	12.1 文件系统结构 .....	(302)
推荐读物 .....	(271)	12.2 文件系统实现 .....	(303)
<b>第十一章 文件系统接口</b> .....	(273)	12.2.1 概述 .....	(303)
11.1 文件概念 .....	(273)	12.2.2 分区与安装 .....	(305)
11.1.1 文件属性 .....	(273)	12.2.3 虚拟文件系统 .....	(307)
11.1.2 文件操作 .....	(274)	12.3 目录实现 .....	(308)
11.1.3 文件类型 .....	(276)	12.3.1 线性列表 .....	(308)
11.1.4 文件结构 .....	(277)	12.3.2 哈希表 .....	(308)
11.1.5 内部文件结构 .....	(278)	12.4 分配方法 .....	(309)
11.2 访问方法 .....	(279)	12.4.1 连续分配 .....	(309)
11.2.1 顺序访问 .....	(279)	12.4.2 链接分配 .....	(311)
11.2.2 直接访问 .....	(279)	12.4.3 索引分配 .....	(313)
11.2.3 其他访问方法 .....	(280)	12.4.4 性能 .....	(314)
11.3 目录结构 .....	(281)	12.5 空闲空间管理 .....	(315)
11.3.1 单层目录 .....	(282)	12.5.1 位向量 .....	(316)
11.3.2 双层目录 .....	(283)	12.5.2 链表 .....	(316)
11.3.3 树形结构目录 .....	(284)	12.5.3 组 .....	(317)
11.3.4 无环图目录 .....	(286)	12.5.4 计数 .....	(317)
11.3.5 通用图目录 .....	(288)	12.6 效率与性能 .....	(317)
11.4 文件系统安装 .....	(289)	12.6.1 效率 .....	(317)
11.5 文件共享 .....	(291)	12.6.2 性能 .....	(319)
11.5.1 多用户 .....	(291)	12.7 恢复 .....	(321)
11.5.2 远程文件系统 .....	(292)	12.7.1 一致性检查 .....	(321)
11.5.3 一致性语义 .....	(294)	12.7.2 备份与恢复 .....	(321)
11.5.4 UNIX 语义 .....	(295)	12.8 基于日志结构的文件系统 .....	(322)
11.5.5 会话语义 .....	(295)	12.9 NFS .....	(323)
11.5.6 永久共享文件语义 .....	(295)	12.9.1 概述 .....	(324)
11.6 保护 .....	(296)	12.9.2 安装协议 .....	(325)
11.6.1 访问类型 .....	(296)	12.9.3 NFS 协议 .....	(325)
11.6.2 访问控制 .....	(296)	12.9.4 路径名转换 .....	(327)
11.6.3 其他保护方法 .....	(298)	12.9.5 远程操作 .....	(327)
11.6.4 例子:UNIX .....	(299)	12.10 小结 .....	(328)
11.7 小结 .....	(299)	习题十二 .....	(329)
习题十一 .....	(300)	推荐读物 .....	(330)



## 第四部分 I/O 系统

<b>第十三章 I/O 系统</b> .....	(333)	14.2.4 C-SCAN 调度	.....	(361)	
13.1 概述	.....	(333)	14.2.5 LOOK 调度	.....	(362)
13.2 I/O 硬件	.....	(333)	14.2.6 磁盘调度算法的选择	.....	(362)
13.2.1 轮询(polling)	.....	(336)	14.3 磁盘管理	.....	(363)
13.2.2 中断	.....	(337)	14.3.1 磁盘格式化	.....	(363)
13.2.3 直接内存访问	.....	(339)	14.3.2 引导块	.....	(364)
13.3 I/O 应用接口	.....	(341)	14.3.3 坏块	.....	(365)
13.3.1 块与字符设备	.....	(343)	14.4 交换空间管理	.....	(365)
13.3.2 网络设备	.....	(344)	14.4.1 交换空间的使用	.....	(366)
13.3.3 时钟与定时器	.....	(344)	14.4.2 交换空间位置	.....	(366)
13.3.4 阻塞与非阻塞 I/O	.....	(345)	14.4.3 交换空间管理:例子	.....	(367)
13.4 I/O 内核子系统	.....	(345)	14.5 RAID 结构	.....	(368)
13.4.1 I/O 调度	.....	(346)	14.5.1 通过冗余改善可靠性	.....	(368)
13.4.2 缓冲	.....	(346)	14.5.2 通过并行处理改善性能	.....	(369)
13.4.3 高速缓存	.....	(347)	14.5.3 RAID 级别	.....	(369)
13.4.4 假脱机与设备预留	.....	(348)	14.5.4 RAID 级别的选择	.....	(373)
13.4.5 错误处理	.....	(348)	14.5.5 扩展	.....	(373)
13.4.6 内核数据结构	.....	(349)	14.6 磁盘附属	.....	(373)
13.5 把 I/O 操作转换成硬件操作	.....	(350)	14.6.1 主机附属存储	.....	(373)
13.6 流	.....	(352)	14.6.2 网络附属存储	.....	(374)
13.7 性能	.....	(353)	14.6.3 存储区域网络	.....	(375)
13.8 小结	.....	(356)	14.7 稳定存储实现	.....	(375)
习题十三	.....	(356)	14.8 第三级存储结构	.....	(376)
推荐读物	.....	(357)	14.8.1 第三级存储设备	.....	(376)
<b>第十四章 大容量存储器结构</b>	.....	(358)	14.8.2 操作系统作业	.....	(378)
14.1 磁盘结构	.....	(358)	14.8.3 性能	.....	(381)
14.2 磁盘调度	.....	(359)	14.9 小结	.....	(384)
14.2.1 FCFS 调度	.....	(359)	习题十四	.....	(385)
14.2.2 SSTF 调度	.....	(360)	推荐读物	.....	(389)
14.2.3 SCAN 调度	.....	(360)			

## 第五部分 分布式系统

<b>第十五章 分布式系统结构</b>	.....	(393)	15.1.3 阶段性小结	.....	(399)
15.1 背景	.....	(393)	15.2 拓扑结构	.....	(399)
15.1.1 分布式系统的优点	.....	(393)	15.3 网络类型	.....	(400)
15.1.2 分布式操作系统的类型	.....	(395)	15.3.1 局域网	.....	(400)