

■ 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 WITH JAVA

(Seventh Edition)

## 操作系统概念

第七版

——Java 实现

翻译版

Abraham Silberschatz

■ [美] Peter Baer Galvin

著

Greg Gagne

■ 郑扣根 译



WILEY



高等教育出版社  
Higher Education Press

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

# 操作系统概念

Caozuo Xitong Gainian

——Java 实现

——Java Shixian

(第七版 翻译版)

**OPERATING SYSTEM  
CONCEPTS WITH JAVA**



高等教育出版社·北京  
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

图字：01-2006-7472 号

**Operating System Concepts with Java, Seventh 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 ©2007 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.

**For sale and distribution in the People's Republic of China exclusively(except Taiwan, Hong Kong SAR and Macao SAR).**

仅限于中华人民共和国境内 (但不允许在中国香港、澳门特别行政区和中国台湾地区) 销售发行。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

操作系统概念: Java 实现: 第 7 版: 翻译版 / (美) 西尔伯查茨 (Silberschatz, A.), (美) 高尔文 (Galvin, P.B.), (美) 加根 (Gagne, G.) 著; 郑扣根译. —北京: 高等教育出版社, 2010.1

书名原文: OPERATING SYSTEM CONCEPTS WITH JAVA, Seventh Edition

ISBN 978-7-04-028340-2

I. 操… II. ①西…②高…③加…④郑… III. ①操作系统 - 高等学校 - 教材②Java 语言 - 程序设计 - 高等学校 - 教材  
IV. TP316 TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 224821 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 100120  
总 机 010-58581000

经 销 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 55  
字 数 1 140 000

购书热线 010-58581118  
咨询电话 400-810-0598  
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>  
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2010 年 1 月第 1 版  
印 次 2010 年 1 月第 1 次印刷  
定 价 65.00 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 28340-00

## 序

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等教育出版社的共同组织下，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、内容先进而备受欢迎。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。

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 and 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

操作系统对学习计算机的人来说早已不是什么陌生的字眼，作为计算机系统的基本组成部分，它正在以惊人的速度发生着变化，而同样作为计算机专业教学的基本组成部分的“操作系统”课程，也随之发生了许多改变。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，能被人誉为经典，当然是一本好书。由 John Wiley 公司出版的耶鲁大学计算机科学系主任 Silberschatz 教授等编写的《操作系统概念——Java 版》(第七版)就是这样一本经典之作，自第一版问世以来，经历了 20 余年的锤炼，已经成为操作系统教材的一本“圣经”。相信本系列书的每一位读者都和我一样，从接触到它的某一版本开始，便将之作为学习操作系统的不二之选，不断地收藏和学习它的每个更新版本，仔细阅读，并从中获益匪浅。

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信息科学和技术优秀教材之一。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，除了传承本书之前版本的优点之外，本版本主要有以下几个特点：

1. 内容全面。全书共分八部分，内容涉及操作系统的主要部件以及基本的计算机组成结构、进程管理、内存管理、存储管理、保护与安全、分布式系统、特殊用途系统，以及对 Linux、Windows XP 等实例进行分析与讨论的案例研究，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，提供了大量与特定操作系统相关的例子，如 Sun 公司的 Solaris, Linux, Mach, Microsoft 公司的 MS-DOS、Windows NT、Windows 2000 和 Windows XP, DEC VMS 和 TOPS-20, IBM OS/2 以及 Apple Mac OS X, 为读者深入浅出地学习和理解操作系统提供了坚实的理论基础，用风趣而智慧的语言讲解许多抽象的概念。

3. 内容新颖。由于该书已连续出版七次，每次更新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。较之以前的版本，本版本使用 Java 阐述很多操作系统概念，如多线程、CPU 调度、进程同步、死锁、内存与文件管理、安全和分布式

系统。与第六版相比，此版本不但采纳了读者对以前版本的许多评论和建议，而且还加入一些快速发展的操作系统和网络领域的新概念，对绝大多数章节的内容进行了改写以反映最新的变化，对不再适用的内容作了删除。

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。

本书的翻译力求忠实于原著。我们在许多操作系统的专业术语后面注明了英文原文。这一方面是为了方便读者能对照理解，为其以后的学习打下基础；另一方面也为了避免因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、姜富强、杨蕾婧、孙莹莹等同志的许多帮助，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  
2009年10月

# 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。随着计算机在众多领域（从儿童游戏到极为尖端的、政府和跨国公司使用的规划工具等）得到广泛应用，操作系统也正在以惊人的速度发展着。不过，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的入门教材，适用于本科三、四年级或研究生一年级学生。我们也希望它适合相关工程技术人员。本书清晰地描述了操作系统的基本概念。作为前提，我们假设读者熟悉数据结构基础、计算机组成和一种高级语言，最好是 Java。本书第 1 章介绍学习操作系统所需的硬件知识。对于示例代码，我们主要采用了 Java，有时也使用 C。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。

本书直观地描述了概念，也阐述了重要理论结论，但省略了形式化的证明。参考文献中给出了有关研究论文，其中有的论文首次提出并证明了这些结论，有的资料是可供进一步阅读的参考材料。本书还通过使用图表和例子来代替证明，以说明结论的正确性。

本书所描述的基本概念和算法通常是基于既有的商用操作系统，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和最新的操作系统相关的例子，如 Sun 公司的 Solaris，Linux，Mach，Microsoft 公司的 MS-DOS、Windows NT、Windows 2000 和 Windows XP，DEC VMS 和 TOPS-20，IBM OS/2 以及 Apple Mac OS X 操作系统。

在本书中，当以 Windows XP 作为示例操作系统时，表示同时适用于 Windows XP 和 Windows 2000 两个系统。如果某项特性只存在于 Windows XP 中而 Windows 2000 中没有，那么我们会直接说明；反之亦然。

## 本书结构

本书的结构是根据笔者多年“操作系统”课程的讲授经验来安排的，同时参考了本书评审专家的反馈信息，也考虑了本书以前版本读者所提交的意见。另外，本书内容还体现了由 IEEE 计算机学会与 ACM 联合工作组所出版的《Computing Curricula 2001》对于讲授操作系统的建议。

在本书的支持网页上，我们提供了采用本书讲授入门操作系统与高级操作系统课程的若干教学大纲范本。我们建议读者循序渐进地学习各章，因为这种策略能够更全面地学习



操作系统。不过，通过使用教学大纲范本，读者则可以按不同的顺序学习各章（或各章中的部分内容）。

## 本书内容

本书共有八大部分：

- **概述。**第 1 章与第 2 章解释操作系统是什么、能做什么以及它们是如何设计与构造的。这一部分讨论了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和解释性的内容。在这两章节中，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。

- **进程管理。**第 3 章到第 7 章描述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，其中一些是操作系统进程（执行系统代码），另一些是用户进程（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等内容。另外还讨论了有关线程的知识。

- **内存管理。**第 8 章和第 9 章主要讨论进程执行过程中的内存管理问题。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。内存管理方法有很多，某种特定算法的有效性与应用情形有关。

- **存储管理。**第 10 章到第 13 章描述现代计算机系统如何处理文件系统、大容量存储器与 I/O 设备。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的讨论，包括其特性、优点和缺点。由于与计算机相连的 I/O 设备的多样性，操作系统需要为应用程序提供足够的功能来控制这些设备。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。在许多方面，I/O 设备都是计算机系统中最慢的部分。由于 I/O 设备是性能瓶颈，所以也讨论了性能问题。另外，还讨论了与二级和三级存储有关的问题。

- **保护与安全。**第 14 章和第 15 章讨论为使操作系统中的进程活动彼此之间不会互相影响，如何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操纵相应的文件、内存、CPU 和其他资源。保护是一种用来控制访问程序、进程或用户访问计算机系统资源的机制。这种机制必须提供表明控制和实施控制的方法。安全是指保护系统所存储的信息（数据和代码）和计算机系统的其他物理资源以避免未经授权的访问、恶意破坏或修改以及意外出现的不一致。

- **分布式系统。**第 16 章到第 18 章讨论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。分布式系统能提高计算速度，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：这是一种文件服务系统，且其用户、服务器和存储设备位于分布式系统的各个站点。分布式系统必须为进程同步和通信提供各种机制，并处理死锁问题和集中式系统所未曾遇到的各种故障。

- **特殊用途系统。**第 19 章和第 20 章讨论特殊用途系统，包括实时系统与多媒体系统。这些系统与本书主要讨论的通用系统不同，有特殊需求。实时系统不但需要计算结果正确，还需要在规定时间内产生结果。多媒体系统要求确保服务质量，以保证多媒体数据在规定时间内帧内提供给用户。

- **案例研究。**本书的第 21 章到第 23 章和网站上的附录 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 XP、FreeBSD、Mach 和 Windows 2000。我们选择 Linux 和 FreeBSD，是因为 Linux 虽小但足以用于理解操作系统的内涵，而且不是“玩具”操作系统。其多数内部算法的选择主要是基于其简单的特性而不是速度或复杂度。在计算机科学系，通常可以很容易得到 Linux 和 FreeBSD 系统，因此许多学生都可以接触到这些系统。我们选择 Windows XP 和 Windows 2000，是因为它们提供了一个研究现代操作系统的机会，其设计和实现与 UNIX 操作系统的有很大不同。第 23 章简要地介绍其他一些有影响的操作系统。网站上还包括附录 D，它较本书更为详细地介绍了分布式通信的内容。

## 采用 Java 实现的第七版

本书采用 Java 语言来阐述操作系统的许多概念，如多线程、CPU 调度、进程同步、死锁、内存及文件管理、安全和分布式系统等。Java 不仅是一种程序设计语言，更是一种技术，因此，它是一种很优秀的验证工具。

本书所采用的许多与 Java 相关的材料均在本科生的“操作系统”课程中得到改进和课堂测试。根据笔者的经验，具有 C++ 和面向对象理论基础知识的学生，即便没有 Java 方面的知识，在学习本书时一般对 Java 也没有太大的问题。相反地，问题主要存在于对多线程、多重数据共享、并发运行线程等概念的理解上。这些概念是系统中的，而不是专门针对 Java 的；即便具有丰富 Java 知识的学生也可能存在这些困难。因此，我们强调操作系统的概念，而非专注于 Java 语法。

Java 是一项发展很快的技术；但是，我们所使用的 Java 例子对语言而言是很基本的，而且近期不大可能改变。本书的所有 Java 程序符合 Java SDK 1.5（或 Java 5）规范。Java 5 是写此书时的最新版本，具有一些新的特点——无论是在语言级，还是 API 级——加强了研究操作系统的语言有效性。本书增加了一些关于 Java 5 API 的新内容；但是，我们并没有选择 Java 语言的新特性（如 Generics、Autoboxing、增强型“for”循环），这是出于现实的考虑，因为许多学生可能不熟悉这些新的语法。尽管你不需要用全面的 Java 知识来理

解本书的例子，但如果你不了解 Java，应该读一下《Java Primer》，可以从后面的内容中找到此书的网站信息。

当我们编写《操作系统概念——Java 实现》第七版时，不但采纳了读者对以前版本的许多评述和建议，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，删除了不再适用或无关的内容。

笔者对许多章节都作了大量改写和重新组织。最为重要的是，我们重新组织了第 1 章与第 2 章的概述部分，并增加了两章关于专用系统（实时嵌入式系统与多媒体系统）的内容。由于保护与安全在操作系统中已越来越普及，所以将它们提前了。而且，我们对安全部分的内容作了大量修改与扩充。

下面简要介绍对《操作系统概念——Java 实现》第六版各章的主要修改：

- **第 1 章，导论**，已完全修改。以前版本的第 1 章描述了操作系统发展的历史。新的第 1 章概述了操作系统的主要组成部分，并简要介绍计算机系统的组成。
- **第 2 章，操作系统结构**，是前版的第 3 章的修订，主要加强了对系统调用与操作系统结构的讨论，也大大更新了虚拟机系统和 Java 操作系统部分的内容。
- **第 3 章，进程**，为原第 4 章。本章增加了有关进程在 Linux 中是如何表示的内容，并采用 POSIX 与 Win32 API 及 Java 来说明进程的创建。
- **第 4 章，线程**，为原第 5 章。本章强化了对线程库的讨论，包括 POSIX、Win32 API 与 Java 线程库。另外，新增 Java API 线程池的内容，并更新了对 Linux 的多线程的描述。
- **第 5 章，CPU 调度**，为原第 6 章。本章更新了许多有关多处理器系统调度问题的讨论，包括处理器亲和力和与负荷平衡算法。另增加了线程调度，包括 Pthread 与 Solaris 的基于表格的调度。同时也修改了 Linux 调度的内容，以反映 Linux 2.6 版内核的调度。此外，还新增了 Solaris 系统中 Java 线程调度的内容。
- **第 6 章，进程同步**，为原第 7 章。本章删除了双进程解决方案的内容，仅讨论 Peterson 解决方案，这是因为双进程算法并不保证能在现代处理器上正确执行。此外，还增加 Linux 内核同步的内容，该章包括目前 Java 5 API 中的信号量、条件变量、可重入锁的内容。
- **第 7 章，死锁**，为原第 8 章。本章增加了一个程序例子，以说明在多线程 Java 程序中采用可重入锁的死锁。
- **第 8 章，内存管理**，为原第 9 章。本章不再讨论覆盖。另外，对于分段部分也作了很大修改，包括加强对 Pentium 系统中的分段的讨论，此外还描述了如何为这样的分段系统设计 Linux。
- **第 9 章，虚拟内存**，为原第 10 章。本章涵盖了 Java 中的内存映射文件以引入虚拟内存。更新了内存管理硬件的具体内容。另外还增加了有关内核内存分配的内容，并描述了伙伴算法与分片算法。
- **第 10 章，文件系统接口**，为原第 11 章。除了内容更新外，本章还增加了一个 Windows XP ACL 的例子。

- **第 11 章，文件系统实现**，为原第 12 章。新增了 WAFL 文件系统与 Sun ZFS 文件系统的讨论。
  - **第 12 章，大容量存储器的结构**，为原第 14 章。新增了现代存储阵列的内容，包括新 RAID 技术与特性，如精简自动配置。
  - **第 13 章，I/O 输入系统**，在原第 13 章的基础上，增加了新内容。
  - **第 14 章，保护**，为原第 18 章，更新了有关最少特权原则的内容。
  - **第 15 章，安全**，为原第 19 章。本章各节作了大量修改。举例说明了如何利用缓冲区溢出，并扩充了威胁、加密与安全工具的内容。
  - **第 16 章到第 18 章，分布式系统结构、分布式文件系统、分布式协调**，分别为原第 15 章到第 17 章，并增加了新内容。
  - **第 19 章，实时系统**，为新增章，着重描述实时与嵌入式计算系统，这些系统与许多传统系统相比具有不同的需求。本章概述了实时计算机系统，并描述如何构造操作系统以满足这些系统的严格定时要求。
  - **第 20 章，多媒体系统**，为新增章，详细描述了多媒体系统这一新兴领域的发展。多媒体数据与传统数据不同，多媒体数据，如视频帧，必须按照一定的时间限制（流式）传输。本章讨论了这些要求如何影响操作系统的设计。
  - **第 21 章，Linux 系统**，为原第 20 章。已经更新，以反映最新的 Linux 2.6 内核（本书写作时的最新版本）的变化。
  - **第 22 章，Windows XP**，也作了更新。
  - **第 23 章，有影响的操作系统**，也作了更新。
- 原第 21 章（Windows 2000）现为附录 C。与前版一样，这些附录可从在线网站获取。

## 编程练习与项目

为了巩固本书介绍的概念，我们增加了几个新的 Java 编程练习与项目。本书新增了 15 个编程练习，以强化进程、线程、共享内存、进程同步、死锁、内存管理、文件系统与网络等概念。另外，本书增加了比一般编程练习更为复杂的几个编程项目。这些项目包括：向 Linux 内核增加新的系统调用（仅有的需用 C 语言的项目），生成一个 UNIX 外壳，生成多线程矩阵应用程序，使用银行家算法避免发生死锁，设计一个基本的文件系统，以及设计一个 Web 服务器。

## 教学辅助材料和网页

本书的网页包括许多材料，如与本书配套的一套幻灯片、多种教学大纲范本、所有 Java

源代码以及最新勘误表。本网页还包括了三个案例研究附录及分布式通信的附录。本网站 URL 为

<http://www.os-book.com>

本版网页新增了实践练习 (Practice Exercise) 补充, 其中包括书中所没有的练习。实践练习及相应的答案在本书的网页上公开。笔者鼓励学生自己求解实践练习, 并通过网页上的答案来检查自己的解答。

为了获得受限资源, 如本书习题的解答, 可与当地 John Wiley & Sons 公司销售代理联系。注意: 这些受限资源只有使用本书的教师才可获得。可以通过“Find a Rep?”网页 (<http://www.jsw-edcv.wiley.com/college/findarep>) 来找到当地的代理。

## 邮件列表

为了方便本书读者之间的交流, 我们采用了邮件系统。如果你希望获此便利, 请访问如下 URL 并按要求订阅:

<http://mailman.cs.yale.edu/mailman/listinfo/osj-book-list>

本邮件列表系统提供了许多便利, 如帖子存档、订阅选项 (如只订文摘或网页)。如要向该列表发送消息, 请将电子邮件发送至:

[osj-book-list@cs.yale.edu](mailto:osj-book-list@cs.yale.edu)

根据邮件内容, 我们可能会单个回复, 也可能将信息转至邮件列表上的所有用户。本列表是受控的, 所以你不会收到不适当的邮件。

使用本书上课的学生, 不应通过本邮件列表来询问习题的答案。答案是不会提供给学生的。

## 建 议

我们已设法消除本书中的所有错误, 但是与操作系统一样, 一些隐蔽的错误可能仍然存在。我们非常希望听到你所发现的任何关于本书的文字错误或缺失。

如果你希望提供建议或提供习题, 那么我们也非常高兴收到你的来信。请发邮件至 [osj-book@cs.yale.edu](mailto:osj-book@cs.yale.edu)。

## 致 谢

本书根据以前版本修改而来, 前三版是与 James Peterson 一起合作完成的。在以前版本中帮助我们的人还有: Hamid Arabnia、Rida Bazzi、Randy Bentson、David Black、Joseph

Boykin、Jeff Brumfield、Gael Buckley、Roy Campbell、P. C. Capon、John Carpenter、Gil Carrick、Thomas Casavant、Ajoy Kumar Datta、Joe Deck、Sudarshan K. Dhall、Thomas Doeppner、Caleb Drake、M. Racsit Eskicioğlu、Hans Flack、Robert Fowler、G. Scott Graham、Richard Guy、Max Hailperin、Rebecca Hartman、Wayne Hathaway、Christopher Haynes、Bruce Hillyer、Mark Holliday、Ahmed Kamel、Richard Kieburz、Carol Kroll、Morty Kwestel、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、Mike Reiter、Gustavo Rodriguez-Rivera、Carolyn J. C. Schauble、Thomas P. Skinner、Yannis Smaragdakis、Jesse St. Laurent、John Stankovic、Adam Stauffer、Steven Stepanek、Hal Stern、Louis Stevens、Pete Thomas、David Umbaugh、Steve Vinoski、Tommy Wagner、Larry L. Wear、John Werth、James M. Westall、J. S. Weston 与 Yang Xiang。

第 12 章的部分内容取自 Hillyer 和 Silberschatz 的一篇论文[1996]。第 17 章的部分内容取自 Levy 和 Silberschatz 的一篇论文[1990]。第 21 章取自 Stephen Tweedie 未发表的手稿。第 22 章取自 Dave Probert、Cliff Martin 与 Avi Silberschatz 未发表的手稿。附录 C 取自 Cliff Martin 未发表的手稿。Cliff Martin 还帮助更新了 UNIX 附录，以描述 FreeBSD。Mike Shapiro、Bryan Cantrill 与 Jim Mauro 回答了多个 Solaris 相关问题。Josh Dees 与 Rob Reynolds 介绍了微软公司的 .NET。第 3 章中设计与增强 UNIX 外壳接口项目是由 John Trono 提供的。第 11 章中关于文件系统项目的最初想法则源自 Marvin Solomon。

本版新增了许多习题及相应解答，这是由 Arvind Krishnamurthy 提供的。

我们感谢审阅了本版的以下各位：Bart Childs、Don Heller、Dean Hougen、Michael Huangs、Morty Kewstel、Euripides Montagne 与 John Sterling。

我们的出版者 Dan Sayre 在准备本书期间给予了专家级指导。高级制作编辑是 Ken Santor。设计由 Madelyn Lesure 监督，封面插图师是 Susan Cyr，封面设计者是 Howard Grossman。Beverly Peavler 审阅了手稿，自由职业校对是 Katrina Avery，自由职业索引是 WordCo。Mark Wogahn 对本书的排版有所帮助。Marilyn Turnamian 帮助生成了图和幻灯片。

最后，我们还希望感谢一些人。Avi 回到了学术界并与 Valerie 一起开始了新生活。这给了他安宁，以专注于写作。Pete 感谢家人、朋友及同事在项目期间的支持与理解。Greg 感谢家人、朋友和同事的支持与关心。

Abraham Silberschatz, New Haven, CT, 2006

Peter Baer Galvin, Burlington, MA, 2006

Greg Gagne, Salt Lake City, UT, 2006

# 目 录

## 第一部分 概 述

第 1 章 导论	3	1.12.2 客户机-服务器计算	29
1.1 操作系统做什么	3	1.12.3 对等计算	29
1.1.1 用户视角	4	1.12.4 基于 Web 的计算	30
1.1.2 系统视角	5	1.13 小结	30
1.1.3 定义操作系统	5	习题	32
1.2 计算机系统组织	6	文献注记	33
1.2.1 计算机系统操作	6	第 2 章 操作系统结构	35
1.2.2 存储结构	7	2.1 操作系统服务	35
1.2.3 I/O 结构	9	2.2 操作系统的用户界面	37
1.3 计算机系统体系结构	11	2.2.1 命令解释程序	37
1.3.1 单处理器系统	11	2.2.2 图形用户界面	37
1.3.2 多处理器系统	11	2.2.3 界面选择	38
1.3.3 集群系统	13	2.3 系统调用	38
1.4 操作系统结构	14	2.4 系统调用类型	42
1.5 操作系统操作	16	2.4.1 进程控制	42
1.5.1 双重模式操作	16	2.4.2 文件管理	46
1.5.2 定时器	18	2.4.3 设备管理	47
1.6 进程管理	18	2.4.4 信息维护	47
1.7 内存管理	19	2.4.5 通信	48
1.8 存储管理	20	2.5 系统程序	48
1.8.1 文件系统管理	20	2.6 操作系统设计和实现	49
1.8.2 大容量存储器管理	21	2.6.1 设计目标	49
1.8.3 高速缓存	21	2.6.2 机制与策略	50
1.8.4 I/O 系统	23	2.6.3 实现	50
1.9 保护和安全	24	2.7 操作系统结构	51
1.10 分布式系统	25	2.7.1 简单结构	51
1.11 专用系统	26	2.7.2 分层法	52
1.11.1 实时嵌入式系统	26	2.7.3 微内核	54
1.11.2 多媒体系统	27	2.7.4 模块	55
1.11.3 手持系统	27	2.8 虚拟机	56
1.12 计算环境	28	2.8.1 实现	58
1.12.1 传统计算	28	2.8.2 优点	58

2.8.3 实例: VMware	59	2.10 操作系统生成	64
2.9 Java	60	2.11 系统启动	65
2.9.1 Java 编程语言	60	2.12 小结	66
2.9.2 Java API	60	习题	67
2.9.3 Java 虚拟机	60	项目: 向 Linux 内核增加一个系统调用	68
2.9.4 Java 开发环境	61	文献注记	71
2.9.5 Java 操作系统	62		

## 第二部分 进程管理

<b>第 3 章 进程</b>	75	4.2 多线程模型	119
3.1 进程概念	75	4.2.1 多对一模型	119
3.1.1 进程	75	4.2.2 一对一模型	120
3.1.2 进程状态	76	4.2.3 多对多模型	120
3.1.3 进程控制块	77	4.3 线程库	121
3.1.4 线程	77	4.3.1 Pthread	122
3.2 进程调度	78	4.3.2 Win32 线程	123
3.2.1 调度队列	78	4.4 Java 线程	125
3.2.2 调度程序	81	4.4.1 Java 线程状态	127
3.2.3 上下文切换	82	4.4.2 JVM 和宿主操作系统	128
3.3 进程操作	83	4.4.3 生产者-消费者问题的多线程 解决方案	128
3.3.1 进程创建	83	4.5 多线程问题	130
3.3.2 进程终止	87	4.5.1 系统调用 fork()和 exec()	130
3.4 进程间通信	89	4.5.2 取消	131
3.4.1 共享内存系统	90	4.5.3 信号处理	132
3.4.2 消息传递系统	93	4.5.4 线程池	134
3.5 IPC 系统的实例	97	4.5.5 线程特定数据	136
3.5.1 Mach	97	4.5.6 调度程序激活	137
3.5.2 Windows XP	99	4.6 操作系统实例	138
3.6 客户机-服务器通信	100	4.6.1 Windows XP 线程	138
3.6.1 套接字	100	4.6.2 Linux 线程	140
3.6.2 远程过程调用	103	4.7 小结	140
3.6.3 远程方法调用	106	习题	141
3.7 小结	110	项目: 矩阵乘法	143
习题	111	文献注记	146
项目: 创建一个 shell 接口	113	<b>第 5 章 CPU 调度</b>	147
文献注记	115	5.1 基本概念	147
<b>第 4 章 线程</b>	117	5.1.1 CPU-I/O 区间周期	147
4.1 概述	117	5.1.2 CPU 调度程序	148
4.1.1 动机	117	5.1.3 抢占调度	148
4.1.2 优点	118		



5.1.4 分派程序	149	6.5.3 死锁与饥饿	194
5.2 调度准则	150	6.6 经典同步问题	194
5.3 调度算法	151	6.6.1 有限缓冲问题	194
5.3.1 先到先服务调度	151	6.6.2 读者-写者问题	197
5.3.2 最短作业优先调度	152	6.6.3 哲学家进餐问题	202
5.3.3 优先级调度	154	6.7 管程	203
5.3.4 轮转调度	155	6.7.1 使用	204
5.3.5 多级队列调度	158	6.7.2 哲学家就餐问题的管程解决 方案	206
5.3.6 多级反馈队列调度	159	6.8 Java 同步	208
5.4 多处理器调度	161	6.8.1 有限缓冲区	208
5.4.1 多处理器调度的方法	161	6.8.2 多重通知	213
5.4.2 处理器亲和性	161	6.8.3 读者-写者问题	214
5.4.3 负载平衡	162	6.8.4 块同步	216
5.4.4 对称多线程	162	6.8.5 同步规则	217
5.5 线程调度	163	6.8.6 处理 InterruptedException	218
5.5.1 竞争范围	163	6.8.7 Java 并发特性	218
5.5.2 Pthread 调度	164	6.9 同步实例	221
5.6 操作系统实例	166	6.9.1 Solaris 同步	222
5.6.1 Solaris 调度	166	6.9.2 Windows XP 同步	223
5.6.2 Windows XP 调度	168	6.9.3 Linux 同步	224
5.6.3 Linux 调度	170	6.9.4 Pthread 同步	224
5.7 Java 调度	171	6.10 原子事务	225
5.7.1 线程优先级	172	6.10.1 系统模型	225
5.7.2 Solaris 上的 Java 线程调度	174	6.10.2 基于日志的恢复	226
5.8 算法评估	175	6.10.3 检查点	227
5.8.1 确定性建模	175	6.10.4 并发原子操作	227
5.8.2 排队模型	177	6.11 小结	231
5.8.3 模拟	177	习题	232
5.8.4 实现	178	文献注记	238
5.9 小结	179	<b>第 7 章 死锁</b>	240
习题	180	7.1 系统模型	240
文献注记	182	7.2 死锁特征	242
<b>第 6 章 进程同步</b>	183	7.2.1 必要条件	242
6.1 背景	183	7.2.2 资源分配图	242
6.2 临界区问题	185	7.3 死锁处理方法	246
6.3 Peterson 算法	186	7.3.1 三种主要方法	246
6.4 硬件同步	187	7.3.2 Java 中的死锁处理	247
6.5 信号量	190	7.4 死锁预防	250
6.5.1 用法	190	7.4.1 互斥	250
6.5.2 实现	192		