

■ 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 (Seventh Edition)

# 操作系统概念

第七版

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



3 高等教育司推荐  
信息科学与技术系列教学用书

194

# 操作系统概念

Caozuo Xitong Gainian

(第七版 翻译版)

## OPERATING SYSTEM CONCEPTS

(Seventh Edition)

Abraham Silberschatz

[美] Peter Baer Galvin 著

Greg Gagne

郑扣根 译



TP316  
X060



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

图字：01-2006-5425 号

**Operating System Concepts, 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 ©2005 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:第七版: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, Seventh Edition  
ISBN 978-7-04-028341-9

I. 操… II. ①西… ②高… ③加… ④郑… 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(2009)第 224835 号

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	咨询电话	400-810-0598
邮政编码	100120	网 址	<a href="http://www.hep.edu.cn">http://www.hep.edu.cn</a>
总 机	010-58581000		<a href="http://www.hep.com.cn">http://www.hep.com.cn</a>
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	<a href="http://www.landaco.com">http://www.landaco.com</a>
印 刷	北京民族印务有限责任公司		<a href="http://www.landaco.com.cn">http://www.landaco.com.cn</a>
		畅想教育	<a href="http://www.widedu.com">http://www.widedu.com</a>
开 本	787×1092 1/16	版 次	2010 年 1 月第 1 版
印 张	52	印 次	2010 年 1 月第 1 次印刷
字 数	1 096 000	定 价	60.00 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 28341-00



## 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，也在随之发生许多改变。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 公司出版的美国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》（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，仔细品读，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。为了让国内读者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、专用系统，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 Microsystems 的 Solaris，Linux，Mach，Microsoft 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。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。本书的

大多数示例程序是用 C 语言写的，如果您对 Java 编程环境更为熟悉，建议您阅读本书的 Java 版本（《操作系统概念——Java 实现》（第七版））。

整体上看，本书具有内容新颖、全面，实用性、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，得到了姜富强、杨蕾婧、孙莹莹、田稷等同志的许多帮助，在此表示深深的谢意。同时也非常感谢高等教育出版社的编辑们给予我们耐心的等待和支持。

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12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”课程也是计算机教学的基本组成部分。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。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，适用于大学三、四年级和研究生一年级学生。我们也希望它对相关工程技术人员也有所帮助。本书清晰地描述了操作系统的基本概念。作为阅读本书的前提，我们假设读者熟悉基本的数据结构、计算机组成和一种高级语言，例如 C。本书第 1 章介绍了学习操作系统所需的硬件知识。示例代码主要采用 C 语言编写，有时也使用 Java 语言编写。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。

本书不仅直观地描述了概念，同时还给出了重要理论的结论，但省略了形式化的证明。推荐读物指出了相关研究论文，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材料。本书还通过图和例子来代替证明，以说明我们所关注的结论的正确性。

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特定操作系统来描述这些概念和算法。本书还提供了大量最通用和最有创造性的操作系统的例子，如 Sun Microsystems 的 Solaris，Linux，Mach，Microsoft 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 没有，那么我们将明确说明；反之亦然。

## 本书结构

本书的结构是根据笔者多年来讲授“操作系统”课程的经验来安排的，同时也参考了本书评审专家提供的反馈，以及以前版本的读者提交的意见。此外，本书内容还符合 IEEE 计算机学会和计算机协会（ACM）联合工作组发布的《计算机学科教程 2001（Computing Curricula 2001）》为讲授“操作系统”课程提出的建议。

在本书的支持网页上，提供了几个教学大纲样本，可在讲授“操作系统导论”和“高

级操作系统”课程中使用。一般情况下，建议读者按章节顺序阅读本书，因为这样可以最全面地研究操作系统。不过，读者也可以依据教学大纲样本选择不同的顺序阅读各章（或各章的每个小节）。

## 本书内容

本书共有八个部分：

● **概述。**第 1 章和第 2 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。这一部分讨论了操作系统的公共特性，操作系统为用户提供的服务，操作系统为计算机系统操作员提供的功能。这些描述主要是激励性和解释性的内容。在这两章中，我们避免讨论这些问题的内部实现细节。因此，这部分适合于那些需要了解操作系统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 章描述了进程和并发的概念，这是现代操作系统的核心。进程是系统的工作单元。一个系统由一组并发执行的进程组成，其中部分是系统进程（执行系统代码），其余是用户进程（执行用户代码）。这一部分包括进程调度、进程间通信、进程同步及死锁处理的方法。这部分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。内存管理的方案有很多，这反映了有多种途径可进行内存管理，特定算法的有效性与具体应用情形有关。

● **存储管理。**第 10 章到第 13 章描述了现代计算机系统如何处理文件系统、大容量存储和 I/O。文件系统为磁盘上的数据和程序提供了在线存储和访问机制。这些章节描述了存储管理内部的经典算法和结构。这部分内容有助于深入理解这些算法，例如算法的特性、优点和缺点。由于连接到计算机的 I/O 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全面控制这些设备工作。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。在很多方面，I/O 设备也是计算机中速度最慢的主要组成部件。因为设备是性能瓶颈，所以这部分也讨论了性能问题。另外，这部分还讨论了与二级存储和三级存储有关的问题。

● **保护与安全。**第 14 章和第 15 章讨论了为使系统中的进程彼此之间不会相互影响，如何对系统中的进程加以保护。出于保护和安全的目的，我们采用了这样一种机制：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、CPU 和其他资源。保护是一种用来控制程序、进程和用户计算机系统资源访问的机制，这种机制必须提供指定控制和实施控制的方法。安全机制保护系统所存储的信息（数据和代码）和计算机的物理资源，从而避免未经授权的访问、恶意破坏和修改，以及意外地引入不一致。

• **分布式系统。**第 16 章到第 18 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，从而提高计算速度，改善数据的可用性和可靠性。这类系统也为用户提供了分布式文件系统，分布式文件系统是一种用户、服务器和存储设备分散于分布式系统不同位置的文件服务系统。分布式系统必须提供各种机制来处理进程同步和通信问题，以及处理死锁问题和各种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 章论述了用于特殊用途的系统，包括实时系统和多媒体系统。这些系统有不同于本书其余部分所关注的那些通用系统的特殊需求。实时系统可能不仅要求计算结果“正确”，而且要求结果要在特定期限内产生。多媒体系统要求服务质量保证，确保多媒体数据在特定时间段内传送到客户端。

• **案例研究。**本书的第 21 章到第 23 章通过描述实际操作系统，将本书描述的概念融合起来。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。它们内部算法的选择主要是基于其简单的特性而不是速度和复杂性。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，是因为它为研究在设计 and 实现上与 UNIX 有很大不同的现代操作系统提供了机会。第 23 章也简要地描述了其他一些有影响的操作系统。

## 操作系统环境

本书使用了许多实际的操作系统的来解释操作系统的基本概念。并且，我们特别关注了微软的操作系统家族（包括 Windows NT、Windows 2000 和 Windows XP）和 UNIX 的各种版本（包括 Solaris、BSD 和 Mac OS X）。我们还用了大量的篇幅来描述 Linux 2.6 版内核，这是写作本书时该系统的最新内核。

本书还提供了几个用 C 和 Java 语言编写的示例程序。这些程序需要运行在以下编程环境中：

• **Windows 系统。**Windows 系统的主要编程环境是 Win32 API（应用程序接口）。Win32 API 为管理进程、线程、内存和外部设备提供了完整的函数集合。我们提供了几个 C 程序来演示 Win32 API 的使用。示例程序均在 Windows 2000 和 Windows XP 系统上测试过。

• **POSIX。**POSIX（可移植操作系统接口）代表了一组基于 UNIX 操作系统的标准接口。虽然 Windows XP 和 Windows 2000 也可以运行部分 POSIX 程序，但我们主要针对 UNIX 和 Linux 操作系统来描述 POSIX。POSIX 兼容的系统必须实现 POSIX 核心标准（POSIX.1），Linux、Solaris 和 Mac OS X 都是 POSIX 兼容系统。POSIX 还定义了核心标准的一些扩展，



包括实时扩展 (POSIX1.b) 和线程库扩展 (POSIX1.c, 又称为 Pthread)。我们提供了 POSIX 基本 API、Pthread 和实时扩展的演示程序, 这些程序用 C 语言编写。这些演示程序在 Debian Linux 2.4 和 2.6、Mac OS X 以及 Solaris 9 系统上测试过, 测试用的编译器是 gcc 3.3。

• **Java**。Java 是一种广泛使用的编程语言, 它有丰富的 API, 并对线程创建和管理有内建语言支持。Java 程序可以运行在支持 Java 虚拟机的任何操作系统上。我们用 Java 程序展示了许多操作系统和网络概念, 这些程序在 Java 1.4 虚拟机上测试过。

选择这三种编程环境的原因是, 我们认为它们代表了最流行的两个操作系统模型 Windows 和 UNIX/Linux, 以及广泛使用的 Java 环境。大多数示例程序是用 C 语言写的, 期望读者习惯这种编程语言; 对 C 语言和 Java 语言都熟悉的读者可以很容易地理解本书提供的大多数示例程序。

有时我们会使用三种编程环境来分别解释一个概念, 例如线程创建。这让读者在解决相同任务的时候可以比较这三个不同的库。在其他情况下, 可能仅用其中一种来解释某个概念。例如使用 POSIX API 来解释共享内存, 使用 Java API 来解释 TCP/IP 下的 Socket 编程。

## 第七版

在编写本书时, 我们不但采纳了读者对以前版本的许多评论和建议, 而且还加入了一些快速发展的操作系统和网络领域的新概念。我们对绝大多数章节的内容进行了改写以反映最新的变化, 对不再适用的内容做了删除。

我们对许多章节都做了大量改写和重新组织。最为重要的是, 我们完全重新组织了第 1 章和第 2 章的内容, 并增加了两章来描述特殊用途系统(实时嵌入式系统和多媒体系统)。因为保护和安全在操作系统中越来越流行, 所以把这部分内容提前了, 并且大量地更新和扩展了对安全的讨论。

下面简要介绍本书各章的主要变化。

• **第 1 章 导论**, 已经全部修改。之前的版本中, 本章给出了操作系统发展历史的概述。新的第 1 章概述了操作系统的主要部件, 以及基本的计算机组成结构。

• **第 2 章 操作系统结构**, 是以前第 3 章的修订版, 它有很多新增内容, 包括对系统调用和操作系统结构的更深入的论述, 另外还包括对虚拟机的重要更新。

• **第 3 章 进程**, 是以前的第 4 章。它新增了如何在 Linux 中表示进程和使用 POSIX 和 Win32 API 来说明进程创建。通过一个 POSIX 系统中共享内存 API 的示例程序, 增强了对共享内存的描述。

• **第 4 章 线程**, 是以前的第 5 章。本章增强了对线程库的论述, 包括 POSIX、Win32 API 和 Java 线程库, 并更新了 Linux 线程的内容。

• **第 5 章 CPU 调度**，是以以前的第 6 章。本章对多处理器系统的调度问题有很多新的讨论，包括处理器亲和性和负载平衡算法。新增“线程调度”一节，包括 Pthread 和 Solaris 中表驱动调度的更新内容。Linux 调度的小节已修订，反映了 Linux 2.6 内核中的调度器。

• **第 6 章 进程同步**，是以以前的第 7 章。由于现代处理器不能保证双进程算法的正确执行，因此删除了双进程算法的内容，现在只讨论 Peterson 解法。本章还新增了对 Linux 内核和 Pthread API 中的同步的描述。

• **第 7 章 死锁**，是以以前的第 8 章。新增内容包括一个多线程 Pthread 程序的死锁例子。

• **第 8 章 内存管理**，是以以前的第 9 章。本章不再涉及覆盖 (overlay)。此外，分段部分做了很大修改，包括加强了对 Pentium 系统中分段的论述和 Linux 中如何设计分段系统的论述。

• **第 9 章 虚拟内存**，是以以前的第 10 章。本章扩展了对虚拟内存和内存映射文件的论述，提供了一个通过内存映射文件实现共享内存的示例程序，该示例程序使用 Win32 API 编写。更新了对内存管理硬件细节的描述。新增的小节描述了在内核中使用 Buddy 算法和 slab 分配器来分配内存。

• **第 10 章 文件系统接口**，是以以前的第 11 章。本章增加了 Windows XP ACL 的例子。

• **第 11 章 文件系统实现**，是以以前的第 12 章。新增 WAFL 文件系统的全面描述和对 Sun 的 ZFS 文件系统的讨论。

• **第 12 章 大容量存储器的结构**，是以以前的第 14 章。新增现代存储阵列的内容，包括新的 RAID 技术和特性，如精简配置。

• **第 13 章 I/O 输入系统**，是对以前第 13 章的更新，增加了新内容。

• **第 14 章 保护**，是对以前第 18 章的更新，新增最小权限原则。

• **第 15 章 安全**，是以以前的第 19 章。本章进行了很大的修改，更新了所有小节。新增一个缓冲区溢出的完整例子，扩展了威胁、加密和安全工具的内容。

• **第 16 章到第 18 章**，是以以前的第 15 章到第 17 章，增加了新内容。

• **第 19 章 实时系统**，是全新的一章，集中研究实时和嵌入式计算机系统，它们的要求不同于传统系统。本章概述了实时计算机系统，并描述了如何构建操作系统以满足这些系统的严格的时间期限。

• **第 20 章 多媒体系统**，是全新的一章，详述了相对较新的多媒体系统领域的发展。多媒体数据不同于常规数据，因为多媒体数据（如视频中的帧）必须按照特定时间限制完成传输（流化）。本章探索这些要求如何影响操作系统的设计。

• **第 21 章 Linux 系统**，是以以前的第 20 章，更新反映了 Linux 2.6 内核的改变，Linux 2.6 内核是本书编写时最新的 Linux 内核。

• **第 22 章 Windows XP**，已更新。

• 第 23 章 有影响的操作系统，已更新。以前的第 21 章 (Windows 2000) 已改成现在的附录 C。与本书之前的版本一样，附录在线提供。

## 编程练习和项目

为了巩固本书所介绍的概念，我们提供几个新的编程练习和项目，它们使用 POSIX、Win32 API 或 Java。我们新增加了 15 个以上的编程练习，强化了进程、线程、共享内存、进程同步和网络。此外，还增加了几个编程项目，它们比标准编程练习更复杂。这些项目包括给 Linux 内核增加一个系统调用、使用 fork() 系统调用创建一个 UNIX Shell、创建一个多线程矩阵应用程序以及使用共享内存的生产者-消费者问题。

## 教学辅助材料和网页

本书的网页包括很多资料，如与本书配套的一套幻灯片、课程教学大纲样本、所有的 C 和 Java 的源代码和最新勘误表。网页也包括本书的三个案例研究附录和分布式通信附录。网址是：

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

本版新增一个称为“学生解答手册”(Student Solutions Manual)的书面补充材料，它包括一些问题和练习的答案(本书没有这些答案)，应该有助于学生理解本书的概念。读者可以在 John Wiley 的网站上购买该书面材料，在 <http://www.wiley.com/college/silberschatz> 上选择学生解答手册的链接。

为了得到受限制的资源，如本书习题的解答指导，请与本地的 John Wiley & Sons 销售代理联系。注意，这些资源只对使用本书的教师可用。读者可以通过“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

我们现在改用邮件系统来方便使用本书的用户联系。如果你希望使用这项功能，请访问下面的网址，按步骤订阅：

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

邮件列表系统提供了很多便利，如存档信息以及几个订阅选项，包括只订阅摘要和网页。要发送消息到该列表，可以发 E-mail 到：

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



基于邮件内容，我们将个人单独回复或转发邮件到邮件列表的每个人。列表是受控的，因此读者不会收到垃圾邮件。

使用本书作为教材的学生，不应使用列表询问习题的答案，我们也不会提供答案。

## 建 议

我们已尽量消除本版中的所有错误，但是与操作系统一样，可能仍然存在一些隐藏的误差。我们非常希望收到您所发现的任何本书的文字错误或遗漏。

如果您希望提供改进建议或提供习题，那么我们也非常高兴。请发送邮件至 `os-book@cs.yale.edu`。

## 致 谢

本书是根据以前版本修改而来的，前三版是与 James Peterson 合著的。帮助完成以前版本的人还有：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 Doepfner、Caleb Drake、M.Racsit Eskicioglu、Hans Flack、Robert Fowler、G.Scott Graham、Richard Guy、Max Hailperin、Rebecca Hartman、Wayne Hathaway、Christopher Haynes、Bruce Hillyer、Mark Holliday、Ahmed Kamel、Richard Kiebertz、Carol Kroll、Morty Kwestel、Thomas LeBlanc、John Leggett、Jerrold Leichter、Ted Leung、Gary Lippman、Carolyn Miller、Michael Molloy、Yoichi Muraoka、Jim M.Ng、Banu Ozden、Ed Posnak、Boris Putanec、Charles Qualline、John Quarterman、Mike Reiter、Gustavo RodriguezRivera、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、TommyWagner、Larry L.Wear、John Werth、James M.Westall、J.S.Weston 和 Yang Xiang。

第 12 章的部分内容取自 Hillyer 和 Silberschatz<sup>[1996]</sup> 的一篇论文。第 17 章的部分内容取自 Levy 和 Silberschatz<sup>[1990]</sup> 的一篇论文。第 21 章取自 Stephen Tweedie 未发表的手稿。第 22 章取自 Dave Probert、Cliff Martin 和 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 和 Jim Mauro 回答了多个有关 Solaris 的问题。Josh Dees 和 Rob Reynolds 对微软的 .NET 的讨论做出了贡献。美国佛蒙特州 Winooski 市 St. Michael's College 的 John Trono 提供了设计和增强 UNIX Shell 接口的项目。

本版有很多新的习题和相应的解答是由 Arvind Krishnamurthy 提供的。

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

顾问编辑 Bill Zobrist 和 Paul Crockett 在我们写作本书期间给予了专家级指导。他们的助理 Simon Durkin 管理了许多细节以保证本书顺利完成。高级制作编辑是 Ken Santor。封面制作是 Susan Cyr, 封面设计是 Madelyn Lesure。Beverly Peavler 负责了编辑审稿。校对是 Katrina Avery (自由职业), 索引制作是 Rosemary Simpson (自由职业)。Marilyn Turnamin 帮助生成了图和演示幻灯片。

最后, 我们还希望感谢一些人。Avi 开始了他人生的新篇章, 重新回到学术界, 并和 Valerie 开始了新生活, 这使他可以全心地写作本书。Pete 感谢他的家人、朋友和同事在项目期间的支持和理解。Greg 感谢家人一直以来的关心和支持。他还要特别感谢 Peter Ormsby, 他不管多忙总是首先询问“写作进行得怎么样了?”。

Abraham Silberschatz, New Haven, CT, 2004

Peter Baer Galvin, Burlington, MA, 2004

Greg Gagne, Salt Lake City, UT, 2004

# 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	34
1.2.2 存储结构	7	2.1 操作系统服务	34
1.2.3 I/O 结构	9	2.2 操作系统的用户界面	36
1.3 计算机系统体系结构	10	2.2.1 命令解释程序	36
1.3.1 单处理器系统	11	2.2.2 图形用户界面	36
1.3.2 多处理器系统	11	2.3 系统调用	37
1.3.3 集群系统	13	2.4 系统调用类型	41
1.4 操作系统结构	14	2.4.1 进程控制	41
1.5 操作系统操作	16	2.4.2 文件管理	45
1.5.1 双重模式操作	16	2.4.3 设备管理	46
1.5.2 定时器	18	2.4.4 信息维护	46
1.6 进程管理	18	2.4.5 通信	46
1.7 内存管理	19	2.5 系统程序	47
1.8 存储管理	20	2.6 操作系统设计和实现	48
1.8.1 文件系统管理	20	2.6.1 设计目标	48
1.8.2 大容量存储器管理	21	2.6.2 机制与策略	49
1.8.3 高速缓存	21	2.6.3 实现	49
1.8.4 I/O 系统	23	2.7 操作系统结构	50
1.9 保护和安全	23	2.7.1 简单结构	50
1.10 分布式系统	25	2.7.2 分层方法	52
1.11 专用系统	26	2.7.3 微内核	53
1.11.1 实时嵌入式系统	26	2.7.4 模块	54
1.11.2 多媒体系统	27	2.8 虚拟机	55
1.11.3 手持系统	27	2.8.1 实现	56
1.12 计算环境	28	2.8.2 优点	57
1.12.1 传统计算	28	2.8.3 实例	57



2.9 系统生成	60	习题	63
2.10 系统启动	61	项目: 向 Linux 内核增加一个系统调用	64
2.11 小结	62	文献注记	67
<b>第二部分 进程管理</b>			
<b>第 3 章 进程</b>	71	4.2.2 一对一模型	114
3.1 进程概念	71	4.2.3 多对多模型	114
3.1.1 进程	71	4.3 线程库	115
3.1.2 进程状态	72	4.3.1 Pthread	116
3.1.3 进程控制块	73	4.3.2 Win32 线程	117
3.1.4 线程	74	4.3.3 Java 线程	119
3.2 进程调度	75	4.4 多线程问题	121
3.2.1 调度队列	75	4.4.1 系统调用 fork()和 exec()	121
3.2.2 调度程序	77	4.4.2 取消	122
3.2.3 上下文切换	78	4.4.3 信号处理	122
3.3 进程操作	79	4.4.4 线程池	123
3.3.1 进程创建	79	4.4.5 线程特定数据	125
3.3.2 进程终止	84	4.4.6 调度程序激活	125
3.4 进程间通信	84	4.5 操作系统实例	126
3.4.1 共享内存系统	86	4.5.1 Windows XP 线程	126
3.4.2 消息传递系统	87	4.5.2 Linux 线程	127
3.5 IPC 系统的实例	90	4.6 小结	128
3.5.1 实例: POSIX 共享内存	90	习题	129
3.5.2 实例: Mach	91	项目: 矩阵乘法	130
3.5.3 实例: Windows XP	94	文献注记	133
3.6 客户机-服务器系统通信	95	<b>第 5 章 CPU 调度</b>	134
3.6.1 Socket	95	5.1 基本概念	134
3.6.2 远程过程调用	98	5.1.1 CPU-I/O 区间周期	134
3.6.3 远程方法调用	101	5.1.2 CPU 调度程序	135
3.7 小结	102	5.1.3 抢占调度	135
习题	103	5.1.4 分派程序	136
项目: UNIX Shell 和历史特点	106	5.2 调度准则	137
文献注记	110	5.3 调度算法	138
<b>第 4 章 线程</b>	111	5.3.1 先到先服务调度	138
4.1 概述	111	5.3.2 最短作业优先调度	139
4.1.1 动机	112	5.3.3 优先级调度	141
4.1.2 优点	112	5.3.4 轮转法调度	142
4.2 多线程模型	113	5.3.5 多级队列调度	145
4.2.1 多对一模型	113	5.3.6 多级反馈队列调度	146