

操作系统实用教程

螺旋方法

拉米兹·埃尔玛斯瑞 A. 吉尔·卡里克 戴维·莱文
(Ramez Elmasri) (A. Gil Carrick) (David Levine) 著
[美] 得克萨斯大学阿灵顿分校
翟高寿 译

Operating Systems
A Spiral Approach

Operating Systems
A Spiral Approach

Ramez Elmasri

A. Gil Carrick

David Levine



机械工业出版社
China Machine Press

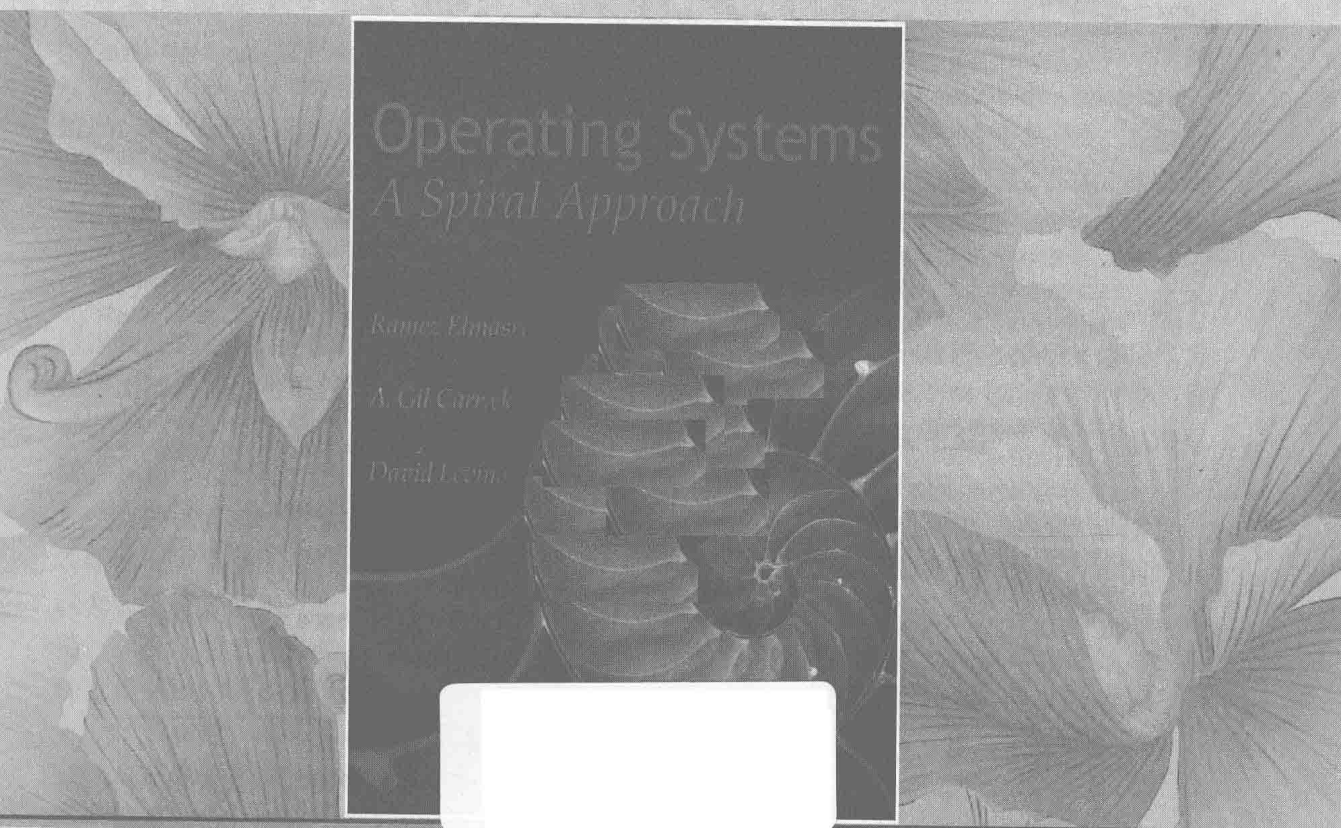
计 算 机 科 学 丛 书

操作系统实用教程

螺旋方法

拉米兹·埃尔玛斯瑞 A. 吉尔·卡里克 戴维·莱文
(Ramez Elmasri) (A. Gil Carrick) (David Levine) 著
[美] 得克萨斯大学阿灵顿分校
翟高寿 译

Operating Systems
A Spiral Approach



机械工业出版社
China Machine Press

图书在版编目(CIP)数据

操作系统实用教程：螺旋方法 / (美) 拉米兹·埃尔玛斯瑞 (Ramez Elmasri) 等著；翟高寿译. —北京：机械工业出版社，2018.1

(计算机科学丛书)

书名原文：Operating Systems: A Spiral Approach

ISBN 978-7-111-58819-1

I. 操… II. ①拉… ②翟… III. 操作系统—教材 IV. TP316

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 316911 号

本书版权登记号：图字 01-2009-6672

Ramez Elmasri, A. Gil Carrick, David Levine: Operating Systems: A Spiral Approach (978-0-07-244981-5)

Copyright © 2010 by McGraw-Hill Education.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including without limitation photocopying, recording, taping, or any database, information or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

This authorized Chinese translation edition is jointly published by McGraw-Hill Education and China Machine Press. This edition is authorized for sale in the People's Republic of China only, excluding Hong Kong, Macao SAR and Taiwan.

Copyright © 2018 by McGraw-Hill Education and China Machine Press.

版权所有。未经出版人事先书面许可，对本出版物的任何部分不得以任何方式或途径复制或传播，包括但不限于复印、录制、录音，或通过任何数据库、信息或可检索的系统。

本授权中文简体字翻译版由麦格劳-希尔(亚洲)教育出版公司和机械工业出版社合作出版。此版本经授权仅限在中华人民共和国境内(不包括香港、澳门特别行政区及台湾地区)销售。

版权 © 2018 由麦格劳-希尔(亚洲)教育出版公司与机械工业出版社所有。

本书封面贴有 McGraw-Hill Education 公司防伪标签，无标签者不得销售。

本书是一本特色鲜明的操作系统教材，采用螺旋式方法由浅入深、循序渐进地阐述操作系统的相关概念和设计机理。全书共分六部分：第一部分阐释操作系统的概念、视图、起源、分类、构建方法及实现基础；第二部分则渐进地介绍单进程操作系统、单用户多任务操作系统、单用户多任务/多线程操作系统、多用户操作系统、分布式和集群及网络相关的操作系统；第三部分和第四部分则按照传统方式集中讨论进程管理、内存管理、文件系统、输入/输出管理；第五部分介绍计算机网络、保护和安全以及分布式操作系统；第六部分则分别就 Windows NT 操作系统、Linux 操作系统、Palm 操作系统进行实例研究。另外，附录部分还简要介绍了比较现代的硬件体系结构的相关知识。每一章结尾部分均配备有习题，可以帮助读者有针对性地加强相应知识的理解。

本书适合作为高等院校计算机及相关理工科专业的操作系统课程教材，同时也可作为业界人士设计和开发操作系统及相关系统软件的重要参考书。

出版发行：机械工业出版社(北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码：100037)

责任编辑：朱秀英

责任校对：殷虹

印刷：北京诚信伟业印刷有限公司

版次：2018 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

开本：185mm×260mm 1/16

印张：30

书号：ISBN 978-7-111-58819-1

定价：99.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

客服热线：(010) 88378991 88361066

投稿热线：(010) 88379604

购书热线：(010) 68326294 88379649 68995259

读者信箱：hzjsj@hzbook.com

版权所有·侵权必究

封底无防伪标均为盗版

本书法律顾问：北京大成律师事务所 韩光/邹晓东

文艺复兴以来，源远流长的科学精神和逐步形成的学术规范，使西方国家在自然科学的各个领域取得了垄断性的优势；也正是这样的优势，使美国在信息技术发展的六十多年间名家辈出、独领风骚。在商业化的进程中，美国的产业界与教育界越来越紧密地结合，计算机学科中的许多泰山北斗同时身处科研和教学的最前线，由此而产生的经典科学著作，不仅筹划了研究的范畴，还揭示了学术的源变，既遵循学术规范，又自有学者个性，其价值并不会因年月的流逝而减退。

近年，在全球信息化大潮的推动下，我国的计算机产业发展迅猛，对专业人才的需求日益迫切。这对计算机教育界和出版界都既是机遇，也是挑战；而专业教材的建设在教育战略上显得举足轻重。在我国信息技术发展时间较短的现状下，美国等发达国家在其计算机科学发展的几十年间积淀和发展的经典教材仍有许多值得借鉴之处。因此，引进一批国外优秀计算机教材将对我国计算机教育事业的发展起到积极的推动作用，也是与世界接轨、建设真正的世界一流大学的必由之路。

机械工业出版社华章公司较早意识到“出版要为教育服务”。自1998年开始，我们就将工作重点放在了遴选、移译国外优秀教材上。经过多年的不懈努力，我们与 Pearson, McGraw-Hill, Elsevier, MIT, John Wiley & Sons, Cengage 等世界著名出版公司建立了良好的合作关系，从他们现有的数百种教材中甄选出 Andrew S. Tanenbaum, Bjarne Stroustrup, Brian W. Kernighan, Dennis Ritchie, Jim Gray, Alfred V. Aho, John E. Hopcroft, Jeffrey D. Ullman, Abraham Silberschatz, William Stallings, Donald E. Knuth, John L. Hennessy, Larry L. Peterson 等大师名家的一批经典作品，以“计算机科学丛书”为总称出版，供读者学习、研究及珍藏。大理石纹理的封面，也正体现了这套丛书的品位和格调。

“计算机科学丛书”的出版工作得到了国内外学者的鼎力相助，国内的专家不仅提供了中肯的选题指导，还不辞劳苦地担任了翻译和审校的工作；而原书的作者也相当关注其作品在中国的传播，有的还专门为其书的中译本作序。迄今，“计算机科学丛书”已经出版了近百个品种，这些书籍在读者中树立了良好的口碑，并被许多高校采用为正式教材和参考书籍。其影印版“经典原版书库”作为姊妹篇也被越来越多实施双语教学的学校所采用。

权威的作者、经典的教材、一流的译者、严格的审校、精细的编辑，这些因素使我们的图书有了质量的保证。随着计算机科学与技术专业学科建设的不断完善和教材改革的逐渐深化，教育界对国外计算机教材的需求和应用都将步入一个新的阶段，我们的目标是尽善尽美，而反馈的意见正是我们达到这一终极目标的重要帮助。华章公司欢迎老师和读者对我们的工作提出建议或给予指正，我们的联系方式如下：

华章网站：www.hzbook.com

电子邮件：hzsj@hzbook.com

联系电话：(010) 88379604

联系地址：北京市西城区百万庄南街1号

邮政编码：100037



华章教育

华章科技图书出版中心

由拉米兹·埃尔玛斯瑞 (Ramez Elmasri)、A. 吉尔·卡里克 (A. Gil Carrick)、戴维·莱文 (David Levine) 编写的这本书是一本以学生为中心的具有鲜明特色的操作系统教材, 采用螺旋式方法由浅入深、循序渐进地阐述操作系统的相关概念和设计机理。相比于传统教材所采用的深度导向的阐释方法, 本书的螺旋式方法更符合人们的学习规律, 也更有利于读者在学习过程中不断积聚信心, 并顺理成章地理解和掌握越来越复杂的操作系统概念及相关方法与技术, 从而保证学习效果和质量。与此同时, 作者写作经验丰富, 任教阅历和操作系统相关领域的工作经验丰富, 并乐于与学生们畅谈操作系统当前研究状况和研习操作系统最新进展, 这为教材的高质量编写创造了条件和基础。我们翻译这本教材, 目的是期望对国内大学的操作系统课程教学方法的改革和实践注入新鲜血液及提供适合的物质基础, 改善学生对操作系统设计原理的理解和掌握力度, 进而为计算机操作系统这一核心、基础系统软件的设计和开发培养高质量的人才贡献绵薄之力。

具体而言, 这本教材具有如下几方面的特色和优势:

1) 注重教材编写与学习规律的一致性, 在介绍操作系统概念和设计机理的过程中, 始终贯彻由浅入深、由易到难的编排次序, 从而使复杂概念和问题的理解和掌握建立在相关基础性概念和问题均已理解和掌握的前提下, 于是所谓的“复杂”已不再那么复杂, 学习者自我学习信心和学习兴趣逐渐增强, 学习效果和质量得到了保证。

2) 教材编写图文并茂, 大量的图示可以帮助那些更擅长形象思维的学习者更好地理解、掌握相关知识点和内容, 同时文字编写常常采用设问、讨论等会话式写作风格, 从而避免了过度学术式说教风格让学生产生厌学情绪和影响课程学习效果, 而且通过多种学习模式的支持还可保证学习质量和提高学习效果。

3) 把相关操作系统重新还原到当时具有实际时代意义的历史环境中, 有助于学生更好地理解操作系统的相关知识。因此, 对于单独分析讨论的各种操作系统, 无论在螺旋式教学章节还是在实例研究部分, 教材也会介绍当时工业发展的一些史实, 有时甚至会提到主要的公司或个人, 这对于学生全面理解操作系统概念和技术的起源及需求, 甚至对于学生创新思维的培养将具有非常重要的推动作用。

4) 教材资源丰富, 为教学的顺利开展奠定了坚实的基础。每一章结尾部分均配有习题, 可以帮助读者有针对性地加强对相应知识的理解和掌握。全书最后附有索引, 可方便读者快速查阅相关概念和关键术语。服务于本教材的配套网站提供了课件, 方便学生预习使用, 也方便教师开展课堂教学时在此基础上加以裁剪和修正使用, 同时提供给教师的习题答案还可方便教师批阅作业时参考。另外, 配套网站为许多章节还配备有实验课题, 可方便教师布置实验设计作业并使学生在实践中强理解。

本书适合作为学时安排为一个学期且为大学二年级以上的学生开设的操作系统本科课程的教材。

本书的出版得到了机械工业出版社华章公司和北京交通大学的大力支持, 在此表示最真诚的感谢! 特别要感谢曲熠老师为本书的出版所做的辛苦工作和努力! 同时非常感谢朱秀英

编辑对译稿文字的精心校对和中肯建议！特别感谢唐晓琳编辑对译稿排版组织的精美设计和对译文质量的精雕细琢！

翟高寿对全书所有内容进行了翻译、审阅和校正。以下人员提供了部分章节的译文草稿：刘晨（第15章和第19章），任艳艳（第17章和第18章），孙浩林（第16章和第20章），贾靖仪（第8章和附录），朱雪燕（第6章和第11章），翟瑞霞（第7章、第10章和第13章），王佳（第5章和第9章），韩梦梦（第12章和第14章）。在此对他们的贡献表示诚挚的感谢。

尽管译者已经反复阅读和审校译文，并竭尽全力地以“信、达、雅”为标准来再现原作者的论述本意和写作水平，但鉴于译者水平有限，难免仍有疏漏或不当之处，欢迎各位专家和广大读者批评指正。

翟高寿

2017年10月于北京交通大学

著书起因

长期以来,我们深刻领会到传统的操作系统课程教学方法并非最好的方法。本书将采用非传统教学方法来支持达成相关教学任务。当学习任何一门学问时,关于原理、规则、思想和概念的层级体系的学习次序,可能会让学习过程变得更加容易或者更为困难。最通用的做法是把课程划分为若干个主题,然后逐个具体展开和分别进行学习。就操作系统而言,传统做法就是首先概括介绍操作系统和简要解释一些术语,然后让学生就进程和进程管理、存储管理、文件系统等孤立主题分别进一步深入学习。我们称之为深度导向的教学方法或纵向型教学方法。学生在学习这些孤立主题领域大量不相关细节知识的基础上,针对具体实例和实际操作系统例子进行分析研究,最终实现不同主题的融会贯通,搞清楚如何把不同的功能模块整合到一起形成一个实用的操作系统。

我们认为,儿童学习一门语言时可遵循的较好模型应当是:首先学习一些单词、一些语法、一些句型,然后(螺旋式)重复这一过程,即不断学习更多的单词、更多的语法、更多的句型。通过螺旋式重复相同的学习过程,最终精通语言和征服语言的复杂性。我们称之为广度导向的教学方法或螺旋式教学方法。

本教材把螺旋式教学方法运用到操作系统课程教学中。前面几章给出一些基本的背景知识和概念定义。在此基础上,开始描述面向一个简单系统(早期的个人计算机)的非常简单的操作系统,然后逐渐向拥有更多功能的复杂系统演化:从有限的后台任务(譬如并发打印)到多任务,等等。对于任何一个阶段和相应的系统,我们始终坚持建立逐渐增加的需求与系统设计之间的关联关系,并阐明二者间的关联效应。当然,此间论述并不一定完全对应操作系统发展的确切的历史次序。特别是,为了能够讲清楚不同的操作系统模块之间如何相互衔接和彼此影响,我们在每个复杂层级上还选择了一个代表性的系统展开详细说明。我们确信,这种方法将有利于学生更好地理解和掌握操作系统每一层级的诸多功能是如何被整合到一起的。

之所以采用这种方法,在一定程度上也和所有计算科学专业学生均无一例外地要求必修操作系统课程存在一定关系。诚然,这些学生中的大部分将来从事操作系统开发工作的可能性微乎其微,然而,除极个别学生的工作可能与没有操作系统的嵌入式系统打交道外,大多数学生所从事的工作依赖的系统将运行在操作系统平台之上。对于他们而言,操作系统位于应用程序和硬件之间,若不能清晰理解操作系统基本知识,将意味着相关应用程序最好不过是低效运行,最坏情况下甚至危险运行。我们相信,相对于传统方法来讲,我们的方法将有助于引导学生更好地理解和掌握现代操作系统的整体结构。

内容组织

在本书的第一部分,我们给出了一些通常的背景知识。它们涵盖操作系统的基本原理,并从不同角度诠释了操作系统。同时,还概括说明了操作系统所控制的典型计算机硬件。另外一章则阐述了进程、多道程序设计、分时、资源管理等概念及不同的操作系统体系结构和

构建方法。

在本书的第二部分，我们采用螺旋式方法，按照复杂性逐渐递增的次序，依次介绍和说明了如下 5 种类型的操作系统：

- 1) 简单的单进程操作系统 (CP/M)。
- 2) 允许简单系统多任务化的较为复杂的操作系统 (Palm 操作系统)。
- 3) 针对单用户的完全多任务化的操作系统 (苹果电脑 Mac 操作系统, OS X 前身)。
- 4) 多用户操作系统 (Linux)。
- 5) 分布式操作系统 (主要是 Globus 集群)。

针对每一种操作系统，我们分别选择典型的操作系统展开讨论，使相关知识更加具体明了。典型操作系统的选择兼顾了实用性。我们首先从进程、内存、文件和输入/输出管理等方面讨论了简单的系统，然后通过逐渐引入多任务、分时、网络连接、安全和其他问题来(循序渐进地)讨论更为复杂的系统。有时候我们也会提到其他一些众所周知的操作系统作为特定类型的例子，譬如第 3 章的微软 DOS 操作系统 (MS-DOS) 和第 4 章的 Symbian 操作系统。

在本书的第三~五部分，我们转向深度导向的教学方法，针对各种操作系统主题(从进程到内存管理，再到文件系统)展开详细说明。我们还讨论了许多在操作系统领域最近才出现的热点问题，如线程化、面向对象、安全以及并行和分布式系统的相关方法。在相应章节中，我们将重温第二部分曾讨论过的实例系统，并进一步详细解释(尤其是现代操作系统的)相关机制。

在第六部分，我们将以所谓实例研究的方式，就一些操作系统进一步展开深入探讨。鉴于我们已经在前面章节介绍了许多细节内容，所以在此我们将立足于从更深层次审视相关系统，从而探析某些功能的内部实现机制。其中的两个实例研究将围绕第二部分涵盖的操作系统进行分析讨论。

附录部分罗列了基本的计算机硬件体系结构，以方便那些不要求把此类课程作为操作系统课程先修课程的教育机构在选用本教材时使用。它们也可为那些需要复习特定主题的学习者提供参考。

写作风格

- 我们倡导会话式写作风格，以避免过度的学术式说教风格让学生产生厌学情绪和影响课程学习效果。
- 我们避免使用过多的形式化描述，较为规范描述仅用于必需的特定场合。这样做的理由在于，大多数学生将来并不会从事开发操作系统的工作，而往往是基于操作系统来支持应用程序的开发、运营或维护。
- 一般情况下，我们使用规范的、公认的术语。但是，当不存在公认的标准术语或者着眼于说明特定历史时期采用的其他术语时，我们也会讨论其他说辞或用语。
- 通常，我们讨论算法解决方案而不列出实际代码，因为不同学校的学生往往接触和掌握的是不同的编程语言。
- 我们认为，如果把相关操作系统重新还原到当时具有实际时代意义的历史背景环境中，将有助于学生更好地理解操作系统的相关知识。因此，对于单独分析讨论的各操作系统，无论在螺旋式教学章节还是在实例研究部分，我们也会介绍当时工业发

展的一些史实，有时甚至会提到主要的公司或个人。

- 考虑到学生天天都在使用按照惯例并不被视作计算机的各种装置，而且对它们的操作非常熟悉，所以本教材内容涵盖这些便携式装置上的现代操作系统。
- 我们在教材中使用了大量的图示，以帮助那些不喜欢啃读词句而更擅长形象思维的学习者更好地理解和掌握相关知识点和内容。
- 各章结束部分分别配备一套习题，方便学习者用于评估自己关于对应章节内容的理解和掌握情况。
- 许多章节还配备有实验课题，可方便教师布置实验设计作业并使学生在实践中强化理解。

如何使用本教材：对教师的建议

这本教科书可用于学时安排为一个学期且为大学三年级或者四年级的学生开设的操作系统本科课程。本书的第一部分着眼于为后续各章节奠定必需的基本背景知识。第1章主要采用设问和讨论的叙述方式，并提供基于历史视角的若干观点。任课教师可以略读这一章并决定包含哪些教学内容。附录部分则是对比较现代的硬件体系结构的简要介绍。如果硬件课程没有作为本课程的先修课程，那么建议把附录内容包含在教学过程中。第2章定义了操作系统用到的一些简单术语，并提供了关于操作系统设计这一更大主题的更多观点。同样，任课教师可以对这一章的内容进行复习，并选择在教学中包含或者排除某部分内容。

第二部分采用了螺旋式方法。我们认为，这是本书最具特色的部分。在这一部分，学生可以渐进式地领略到一系列设计目标越来越复杂的操作系统。其中只有两章内容在操作系统教科书中属于不同寻常的主题，即关于单用户多任务操作系统的第4章和关于分布式系统的第7章。这两章可由教师自行决定是否跳过，不过必须指出，越来越多的学生将会以用户身份或者程序员角色工作在那样的系统环境中。

第三~六部分则着眼于对操作系统的深度剖析。在这些部分，除了第12章和第13章彼此之间密切相关以外，其余各章均相对独立。另外，对于从第14章开始的各章来说，如果对应标题是要求学生选修的另一课程的主题，那么相应章节可以跳过。

请注意有关的参考文献：各章所引用的文献往往被广泛认为是比较重要的资料或者是很好的总结，而且有可能涵盖本教材所没有提到的内容。如果教师或学生想要查阅材料以便能够更好地理解特定主题，那么建议研读相应的文献。

如何使用本教材：对学生的建议

对于学生来说，使用这本教科书最重要的事情就是要搞清楚如何才能学得最好。让大脑牢记信息的途径可以有好多种。本教科书自身就直接提供了两种这样的途径。显而易见，本书图文并茂，既适用于那些擅长咬文嚼字式读书的人，又适用于那些倾向于视觉型学习风格的人。当参加课堂听讲时，你将聆听到教师对教材内容的讲解，这适用于那些擅长通过听讲来获取知识的人。与此同时，任课教师也可以使用配合本教科书提供的课件等直观教具。同样，这对于那些擅长通过读书和看图来学习知识的人来说也是非常有益的。有些学生擅长机械地学习，故而对于那些学生来说，概括教材内容或者做好学习笔记往往可以获得不错的学习效果。

与其他教材相同，本书在各章的结尾部分同样也提供了针对相关内容的习题。这些习题是这样设计的：对于那些已经掌握了有关教学内容的学生来说应当能够正确回答相应的问题。

在新的知识进入大脑的过程中，往往需要花费一定的时间才能够和原有的其他信息有机地关联起来。然而，如果一天内大脑接受了很多信息，那么那些不太重要的信息大脑常常不会保留，只有在相同或相似信息间隔不长时间就再次呈献给大脑时，大脑才会记住相应信息。采用的不同机制越多、有关信息的重复次数越多，对应教学内容的保持才会越持久和

越牢固。因此，最好的学习方法就是综合运用各种方法，并重点采用适合你和你所擅长的方法。我们发现，对于大多数学生来说，采用如下的学习方式或次序往往会取得很好的学习效果：

- 提前打印涵盖下一节教学内容的课件（每页若干张幻灯片）。
- 阅读教科书中的指定内容，并特别注意所打印课件中给定的问题。
- 进入课堂聆听教师讲解，认真做笔记，特别是教师提到的不在教科书上的内容。（相关知识点往往是教师喜欢的问题，而且常常会出现在考题中。）
- 对于任何不清楚的地方要及时提问和请教。
- 在准备考试和复习教学内容的时候，重新过一遍课件。如果还有某些知识点不太清楚，要找到教科书上对应章节彻底搞清楚和确保真正掌握。如果还有疑问，那么请联系教师和助教加以解决。
- 在学生认为方便的任何时候对相关习题进行研究。

为教师提供的资源^①

本教科书通过一个网站为教师和学生分别提供了彼此分离和独立的支持：

- 只要发现有需要，就会不时地为本教科书提供补充材料。
- 为教师提供了一组建议性的实验项目课题，其中大多数的实验项目作者将会在教学过程中加以使用。这些项目足够丰富且与特定操作系统平台是无关的，故而能够方便地加以调整和适用于任何教学场景。它们不依赖于任何特定的软件包，因此不要要求教师、学生或助教开展相关实验前加以掌握。
- 正如前面所提到的，为学生提供了可用的课件。对于教师而言，则鼓励对这些课件进行修改以满足特定的需求，同时要求给出相应课件的出处并给以致谢。
- 为教师提供了习题答案，以便于他们不会因为不太清楚某些晦涩难懂的但作者认为重要的知识点而不好意思或陷入尴尬境地。
- 在有关网站上维护一个当前最新的勘误表。
- 许多章节提供了所参考的网上资源，但考虑到相关网站极易发生改变，所以本教科书的支持网站将会保持一份最新版的网上资源信息。

致谢

事实上，本教科书已经构思相当长的时间了，比我们可以记起的时间还要长。麦格劳－希尔（McGraw-Hill）出版社对我们给予了格外的耐心。特别是，我们愿意把最诚挚的谢意献给麦格劳－希尔出版社的如下同仁：梅林达·毕莱基（Melinda Bilecki）、凯·布莱迈耶（Kay Brimeyer）、布伦达·罗尔维斯（Brenda Rolwes）、卡拉·库卓恩维茨（Kara Kudronowicz）、费伊·仙凌（Faye Schilling）以及拉古·斯里尼瓦桑（Raghu Srinivasan）。同时，我们也要感谢曾在我们启动本书写作时担任编辑的艾伦·阿普特（Alan Apt）和艾米丽·陆帕什（Emily Lupash）。最后，我们还要感谢埃里卡·乔丹（Erika Jordan）和劳拉·潘池考夫斯基（Laura Patchkofsky）对松树构图的创意。

① 关于本书教辅资源，用书教师可向麦格劳－希尔教育出版公司北京代表处申请，电话：8008101936/010-62790299-108，电子邮件：instructorchina@mcgraw-hill.com。——编辑注

第 18 章关于“Windows Vista”的内容由微软公司的戴夫·普罗伯特 (Dave Probert) 进行了审阅。针对我们只能进行推测的一些事项以及由此引起我们关注的若干问题, 他为我们提供了非常有价值的反馈建议和意见。他的参与是由阿尔卡季·瑞蒂克 (Arkady Retik) 与微软公司协同安排的。另有两章是由我们在得克萨斯大学阿灵顿分校的同事审阅的。具体而言, 刘永和 (Yonghe Liu) 审阅了第 15 章, 而马修·赖特 (Matthew Wright) 则审阅了第 16 章。另一位教师巴赫拉姆·哈利利 (Bahram Khalili) 在他的操作系统课上使用了本教科书的草稿。当然, 若有任何遗留问题, 责任在于我们, 而与他们没有关系。

还有, 我们已经利用这些素材的草稿好多年了。在此, 我们希望表达对我们的所有学生以及他们所反馈的意见和建议的感谢。特别是, 我们要感谢如下学生: 扎希尔·纳莱恩 (Zaher Naarane)、菲尔·伦纳 (Phil Renner)、威廉·皮科克 (William Peacock)、韦斯·帕里什 (Wes Parish)、凯尔 D. 威特 (Kyle D. Witt)、戴维 M. 康奈利 (David M. Connelly) 以及斯科特·珀迪 (Scott Purdy)。

关于遗留错误的声明

多名作者协作完成一项计划的困难之一在于, 某位作者本来是好心, 然而却可能修改了并非他自己所写的一些文字, 尽管他自己认为是在澄清一些小的问题, 但是却以某种不易察觉而非常重要的方式修改了相应的含义。因此, 你可能会发觉教材中还存留某些小问题。当然, 这些错误并非是原先作者的错误。毋庸置疑, 原先的作者准确无误地完成了最初的文稿, 相关错误可能是另一满怀善意但却对相关材料不很熟悉的作者引入的。

无论如何, 总可能会存在这样一些错误, 所以我们必须要认真地加以处理。因此, 如果你发现了错误, 我们非常高兴和希望知道它们是什么错误。我们将会发布勘误表, 在下一版中予以修正, 确定责任人员, 并适当处理出错的作者。

作者介绍

Operating Systems: A Spiral Approach

我们使用其他教材讲授操作系统课程已经好多年了。由于希望采用另一种不同的教学方法，我们编写了这本教材。我们全都是得克萨斯大学阿灵顿分校（University of Texas at Arlington, UTA）计算机科学与工程系的教师。

拉米兹·埃尔马斯瑞（Ramez Elmasri） 得克萨斯大学阿灵顿分校教授。1972年在埃及亚历山大大学电气工程专业获学士学位，1980年在斯坦福大学计算机专业获硕士学位和博士学位。他当前的研究兴趣包括传感器网络、射频识别、生物信息学数据介质、查询个性化以及系统集成。他是教材《Fundamentals of Database Systems》（数据库系统基础）的第一作者，该教材已发行至第5版。他以往的研究涵盖数据库、概念建模和分布式系统的各个方面。

A. 吉尔·卡里克（A. Gil Carrick） 以前是得克萨斯大学阿灵顿分校讲师，现已从教师岗位退休。1970年在休斯敦大学电子技术专业获学士学位，2000年在得克萨斯大学阿灵顿分校计算机专业获硕士学位。他是计算机科学荣誉学会的成员。他的职业跨越整个信息技术产业，包括终端用户组织、硬件制造商、软件出版商、第三方维护机构、大学以及研发公司。他为专业期刊撰稿，并编辑信息技术书籍，相关选题主要集中在网络领域。在他的职业生涯中，这本教材中所讨论的所有操作系统他都使用过，他甚至还使用过许多其他的操作系统。

戴维·莱文（David Levine） 讲授操作系统、软件工程、网络和计算机体系结构课程。他的研究兴趣包括移动计算、移动对象和分布式计算，整理的相关研究成果发表在近几年的出版物和若干国际会议上。他喜欢讨论操作系统，与学生畅谈操作系统的当前研究，并研习操作系统的最新进展。

出版者的话
译者序
前言
教材使用说明
作者介绍

第一部分 操作系统概述

第 1 章 入门 2

1.1 引言 2

1.2 什么是操作系统 3

1.3 操作系统的用户视图和系统视图 4

1.3.1 用户视图及用户分类 4

1.3.2 系统视图 5

1.3.3 一个例子：移动鼠标
(和鼠标指针) 6

1.3.4 另一个比较大的例子：
文件 7

1.4 操作系统的一些术语、基本概念和
图解 7

1.4.1 基本术语 7

1.4.2 这些图片说明了什么 8

1.4.3 走近真实：个人计算机操作
系统 9

1.4.4 为什么设立抽象层 10

1.5 操作系统发展导论 11

1.5.1 操作系统的起源 11

1.5.2 操作系统应当做什么 12

1.6 小结 13

习题 13

**第 2 章 操作系统概念、模块和
体系结构** 14

2.1 操作系统做什么工作 14

2.2 操作系统管理的资源及主要的
操作系统模块 16

2.2.1 操作系统管理的资源类型 16

2.2.2 操作系统的主要模块 18

2.3 进程概念和操作系统进程信息 19

2.3.1 进程定义和进程状态 19

2.3.2 操作系统维护的进程信息 21

2.3.3 进程分类和执行模式 21

2.4 面向功能的操作系统分类 22

2.4.1 单用户单任务操作系统 22

2.4.2 多任务操作系统 22

2.4.3 分时操作系统和服务程序 23

2.4.4 网络和分布式操作系统 24

2.4.5 实时操作系统 25

2.5 操作系统构建方法 25

2.5.1 整体式单内核操作系统方法 25

2.5.2 分层式操作系统方法 25

2.5.3 微内核操作系统方法 26

2.6 操作系统实现中的一些问题和
技术 27

2.6.1 基于中断向量的中断处理 27

2.6.2 系统调用 28

2.6.3 队列和表 28

2.6.4 面向对象的方法 29

2.6.5 虚拟机 29

2.7 操作系统功能及向后兼容的
最小化方法和最大化方法 31

2.7.1 向后兼容 31

2.7.2 用户最优化与硬件最优化 32

2.8 小结 32

参考文献 32

网上资源 33

习题 33

第二部分 渐进式构建操作系统： 面向广度的螺旋式方法

第3章 简单的单进程操作系统..... 37

3.1 监控程序和 CP/M.....	37
3.1.1 监控程序：简单操作系统的前身.....	37
3.1.2 为什么创建 CP/M？什么是软件危机.....	38
3.1.3 CP/M 的构成.....	39
3.2 简单的个人计算机系统的特征.....	39
3.3 输入 / 输出管理.....	40
3.3.1 键盘输入——可移植性与灵活性.....	41
3.3.2 视频监视器输出——可移植性及功能与性能.....	41
3.4 磁盘管理和文件系统.....	42
3.4.1 磁盘系统.....	42
3.4.2 文件系统.....	43
3.5 进程和内存管理.....	46
3.5.1 应用程序的创建与执行.....	46
3.5.2 基于 CCP 的命令处理.....	47
3.5.3 内存管理.....	48
3.5.4 覆盖.....	49
3.5.5 进程及基本的多任务.....	49
3.6 小结.....	50
参考文献.....	50
网上资源.....	51
习题.....	51

第4章 单用户多任务操作系统..... 52

4.1 简单的多任务系统.....	53
4.2 Palm 操作系统运行环境及系统布局.....	54
4.2.1 基本内存为易失性随机访问存储器.....	55
4.2.2 没有辅助存储器.....	55
4.2.3 小屏幕尺寸.....	55
4.2.4 没有键盘.....	56
4.3 进程调度.....	56

4.3.1 处理涂鸦式输入——实时操作系统任务.....	56
4.3.2 应用程序进程——任何时候只能有一道进程持有焦点.....	57
4.3.3 典型的用户应用程序.....	57
4.3.4 真正的调度程序开始成形.....	58
4.4 内存管理.....	58
4.4.1 内存基础知识.....	58
4.4.2 内存分配.....	59
4.4.3 不可移动的内存块.....	61
4.4.4 空闲空间监测.....	61
4.5 文件支持.....	62
4.5.1 数据库和记录.....	62
4.5.2 资源对象.....	62
4.5.3 辅助存储器.....	63
4.6 基本输入 / 输出.....	63
4.7 显示管理.....	64
4.7.1 相应硬件.....	64
4.7.2 高级图形化用户界面元素.....	64
4.7.3 特殊的窗体类型.....	64
4.7.4 低级图形化用户界面控件.....	65
4.8 事件驱动的程序.....	66
4.9 小结.....	67
参考文献.....	67
网上资源.....	67
习题.....	68

第5章 单用户多任务 / 多线程操作系统..... 69

5.1 引言.....	69
5.2 Mac 计算机的起源.....	69
5.3 Mac 操作系统——第 1 版系统.....	70
5.3.1 图形化用户界面.....	70
5.3.2 单任务.....	71
5.3.3 辅助存储器.....	72
5.3.4 内存管理.....	72
5.3.5 只读存储器.....	74
5.3.6 增量版本.....	74
5.4 第 2 版系统.....	74
5.4.1 图形化用户界面.....	75

5.4.2 多任务	75
5.5 第3版系统	75
5.5.1 多级文件系统	75
5.5.2 网络	76
5.6 第4版系统	76
5.6.1 多重查找器	76
5.6.2 多重查找器与图形化用户界面	77
5.6.3 内存管理与多重查找器	77
5.7 第5版系统	78
5.8 第6版系统	78
5.9 第7版系统	79
5.9.1 图形化用户界面	79
5.9.2 虚拟内存	79
5.9.3 新型处理器	80
5.9.4 输入/输出增强	81
5.10 第8版系统	82
5.10.1 多级文件系统升级版	82
5.10.2 其他的硬件变化	83
5.10.3 统一字符编码标准支持	83
5.11 第9版系统	84
5.11.1 多用户	84
5.11.2 网络	85
5.11.3 应用程序接口	85
5.11.4 视频	86
5.12 X版Mac操作系统	86
5.12.1 新功能	87
5.12.2 又一款新处理器	87
5.13 小结	87
参考文献	87
网上资源	88
习题	88

第6章 多用户操作系统 90

6.1 引言	90
6.1.1 多用户操作系统的历史	90
6.1.2 Linux操作系统的基本结构	93
6.1.3 动态可加载模块	94
6.1.4 中断处理	95
6.1.5 文件系统目录树	96
6.2 多用户操作系统环境	96

6.2.1 文件访问权限	97
6.2.2 文件控制块	98
6.3 进程和线程	98
6.3.1 Linux任务	98
6.3.2 抢占式多任务	99
6.3.3 对称多处理	99
6.4 小结	101
参考文献	101
网上资源	101
习题	101

第7章 并行分布式计算、集群和网格 102

7.1 引言	102
7.2 关键概念	102
7.3 并行处理和分布式处理	103
7.4 分布式系统体系结构	105
7.4.1 执行环境概述	105
7.4.2 对称多处理系统	106
7.4.3 集群	107
7.4.4 计算网格	108
7.4.5 志愿计算	109
7.5 操作系统相关概念在对称多处理、集群和网格中的解读	111
7.5.1 进程同步和通信	111
7.5.2 一个例子	111
7.5.3 例子复杂化的一面	112
7.5.4 对称多处理的解决方案	112
7.5.5 集群的解决方案	112
7.5.6 网格的解决方案	112
7.5.7 文件共享技术	113
7.5.8 远程服务的运用	114
7.5.9 故障处理	114
7.6 举例说明	115
7.6.1 在集群和网格上的科学计算	115
7.6.2 人类基因组脱氧核糖核酸 组装	115
7.6.3 IBM计算生物学中心和 集群计算	116
7.6.4 志愿计算集群	116

7.6.5 一个典型的计算机集群	117
7.6.6 Globus 集群的使用	117
7.6.7 门户和万维网界面	118
7.7 小结	119
参考文献	119
网上资源	119
习题	119

第三部分 处理器管理及内存管理

第8章 进程管理：概念、线程和调度

8.1 引言	122
8.2 进程描述符——进程控制块	123
8.3 进程状态和转换	123
8.4 进程调度	126
8.4.1 先来先服务调度	126
8.4.2 优先级调度	126
8.4.3 保证型调度	127
8.4.4 最短运行时间优先调度	127
8.4.5 高响应比优先调度	128
8.4.6 抢占式调度	128
8.4.7 多级队列调度	129
8.4.8 最佳算法的选择	130
8.4.9 长程调度器	132
8.4.10 处理器亲和性	133
8.5 进程创建	133
8.6 线程	135
8.6.1 什么是线程	135
8.6.2 用户级线程与内核级线程	136
8.6.3 线程支持模型	137
8.6.4 同时多线程	139
8.6.5 进程与线程	139
8.7 实例研究	139
8.7.1 POSIX 线程	140
8.7.2 Windows NT	140
8.7.3 Solaris	142
8.7.4 Linux	142
8.7.5 Java	143
8.8 小结	144

参考文献	144
网上资源	144
习题	144

第9章 进程管理进阶：进程间通信、同步和死锁

9.1 为什么会有协作式进程	146
9.2 进程间通信	148
9.2.1 通信机制的特性	149
9.2.2 进程间通信系统的例子	152
9.2.3 共享内存系统的例子	154
9.3 同步	154
9.3.1 相关问题	154
9.3.2 原子操作	155
9.3.3 锁与临界区	155
9.3.4 硬件锁指令	156
9.3.5 信号量与等待	157
9.3.6 计数型信号量	157
9.3.7 同步与流水线体系结构	158
9.3.8 对称多处理系统中的同步	158
9.3.9 优先级倒置	158
9.3.10 经典问题	159
9.3.11 管程	160
9.4 死锁	161
9.4.1 什么是死锁	161
9.4.2 可以对死锁采取哪些措施	163
9.4.3 死锁预防	163
9.4.4 死锁避免	165
9.4.5 死锁检测	167
9.4.6 抢占和其他实用的解决方案	167
9.5 小结	168
参考文献	168
网上资源	169
习题	169

第10章 基本的内存管理

10.1 为什么要管理主内存	171
10.2 开发周期步骤与绑定模型	171
10.3 单一进程	172
10.3.1 编码时绑定	172