



高等学校
电子信息类

规划教材

·『九五』电子工业部教材·本科适用

操作系统原理

(第三版)

庞丽萍 编著

华中科技大学出版社

操作系统原理

第 1 章 操作系统概论

1.1 操作系统的概念

• “九五”电子工业部教材 •

操作系统原理

(第三版)

庞丽萍 编著

华中科技大学出版社

• 武汉 •

图书在版编目(CIP)数据

操作系统原理(第三版)/庞丽萍 编著
武汉:华中科技大学出版社,2000年12月
ISBN 7-5609-2351-8

I. 操…
II. 庞…
III. 操作系统-高等学校-教材
IV. TP316

操作系统原理(第三版)

庞丽萍 编著

责任编辑:焦 微

封面设计:刘 卉

责任校对:蔡晓璐

责任监印:熊庆玉

出版发行:华中科技大学出版社

武昌喻家山

邮编:430074

电话:(027)87557437

录 排:华中科技大学出版社照排室

印 刷:华中科技大学印刷厂

开本:787×1092 1/16

印张:20.25

字数:443 000

版次:2000年12月第3版

印次:2004年8月第24次印刷

定价:22.80元

ISBN 7-5609-2351-8/TP·413

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 简 介

本书第一版于1988年问世。10余年间,作者始终紧跟计算机技术的发展,始终坚守教学的一线,不断将计算机的新技术与教学改革的新成果融入本书,使之日臻完善,广受欢迎,读者多达10余万之众。

本次修订,全面、系统地阐述了计算机操作系统的基本原理、主要功能,重点讨论了操作系统资源管理策略和方法、并发活动的处理、操作系统的逻辑结构,以及用户界面等内容,并以UNIX系统和Windows系统为例,从基础理论讲述与实际操作结合的角度介绍了操作系统的实现原理和技术。

本书既可作为高等院校计算机类本科、专科各专业和其他相关专业的教材,亦可供从事计算机科学、工程和应用等方面工作的科技人员参考。

再 版 前 言

《操作系统原理》自 1988 年出版以来已有十多年了。在这期间,我一直在教学第一线,从事操作系统的教学实践,对操作系统课程的教学改革进行了深入地研究,同时也收集了同行们的许多宝贵意见和建议,得到了同行们的支持。

操作系统因它在计算机系统中所处的地位而决定了它的重要性。学好操作系统不仅能掌握操作系统的基本理论,而且能具备开发系统软件的技能,建立并行程序设计思想方法,且为以后学习数据库系统、计算机网络、分布式系统等课程打下基础。这里强调的是真正学懂操作系统,真正理解操作系统的概念,深切体会操作系统的实现技术和方法。学习操作系统,不能只读一本有关操作系统原理方面的教材,而应将操作系统的理论与操作系统的实际有机地结合起来。

操作系统有如下特点:

(1) 内容庞杂,涉及面广。操作系统所承担的任务决定了它的内容十分丰富。它要管理系统中所有的软、硬件资源,控制计算机的工作流程。它在计算机系统中处于裸机与应用层之间,对下直接与硬件接口,对上要提供简单、方便的用户界面。针对这一特点,我在本书的内容选择和组织上作了一些探索,力图把操作系统原理的内容组织成一个逻辑清晰的整体。

(2) 实践性强。操作系统来自客观需要,现正运行在各种不同类型的机器上。操作系统原理中的概念在实际操作系统中体现,操作系统的实现技术在实际操作系统中实施。操作系统并不是空洞、抽象的理论。问题的关键是,如何将操作系统原理与操作系统实际有机地结合起来。这种结合有两个层次。首先是,操作系统的基本概念、原理、实现技术与操作系统实例相结合,通过剖析实例操作系统中某一概念的定义、某一算法的实现,加深对原理的理解。其次是,通过实验手段实现操作系统某一功能,进一步还可以通过设计型的课程设计掌握多任务(进程)操作系统的实现技术。通过操作系统原理的讲授和实践环节的实施使学生真正掌握操作系统的理论,培养其实际动手能力和系统软件开发能力。

操作系统课程的教学包括三个环节:操作系统原理的讲授,操作系统原理实验和操作系统课程设计。经过了几年的努力,我们研制了与操作系统原理讲授相

配套的一组实验,开发了操作系统课程设计——设计并实现一个多任务(多进程)的操作系统,并提出了一套卓有成效的实施方案。这些实验和课程设计内容已用于近十届学生的教学实践,取得了明显的效果。《操作系统原理实验与课程设计》一书及其与之配套的软件已由华中科技大学出版社出版。

《操作系统原理》此次再版,在第二版的基础上作了如下修改:

① 操作系统实例选用 UNIX 系统和 Windows 系统(分别为第 10 章和第 11 章内容)。在这两章中,剖析了这两个系统的实现原理和技术。

② 增加了一些新内容,如线程、动态链接、现代操作系统的用户界面等。

③ 因篇幅所限,原第十章“分布式系统”删去。

所有算法仍用类 C 的伪码来描述。这种语言与 PDL 语言十分相似,它含有更多的自然语言,这样使读者容易掌握算法的功能。

本书主要是为满足目前高校计算机类各专业教学工作的实际需要而修订再版的,同时也应广大教师的要求,较好地顾及了计算机专科和其他相关专业教学工作的实际需要。本书用于高校计算机本科教学时,原则上应讲授其全部内容,其授课时数建议按 70 学时~80 学时安排;本书用于高校计算机专科教学时,书中带“*”号内容可以不讲授,实例可根据需要选用,其授课时数建议按 50 学时~60 学时安排;本书用于高校其他相关专业本科或研究生教学时,其讲授内容和学时数,由任课教师根据具体情况确定。

这几年又出版了不少有关操作系统方面的好书,不断地学习使我加深了对操作系统的理解。本书参考了莫里斯·贝奇著(陈葆珏等译)的《UNIX 操作系统设计》,尤晋元主编的《UNIX 操作系统教程》,Adrian King 著(熊桂喜等译)的《Windows 95 技术内幕》等书,这些书都给了我很大的帮助。

在此书再版之际,我要感谢南京大学的谢立教授,作为主审,他十分认真地审阅了这本书稿,提出了许多宝贵、中肯的意见,使我获益匪浅。还要感谢全国高校计算机专业教学指导委员会的专家对我的鼓励。另外,对华中理工大学出版社的领导及有关同志深表谢意,因为他们对此书的再版和发行做了大量的工作。

此书再版后,恳切地希望能继续得到同行和读者们的批评和帮助,以便使此书的质量能不断地提高。

庞丽萍

2000 年 8 月于华中科技大学

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 存储程序式计算机	(1)
1.1.1 存储程序式计算机的结构和特点	(1)
1.1.2 计算机系统结构与操作系统的关系	(3)
1.2 操作系统的形成和发展	(4)
1.2.1 手工操作阶段	(4)
1.2.2 批处理	(5)
1.2.3 多道程序设计技术与批量操作系统	(7)
1.2.4 分时技术与分时操作系统	(9)
1.2.5 实时处理和实时操作系统	(10)
1.2.6 个人计算机操作系统	(12)
1.2.7 计算机网络与网络操作系统	(12)
1.2.8 分布式系统、C/S 模式与 CORBA 规范	(15)
1.3 操作系统的基本概念	(18)
1.3.1 操作系统的定义及其在计算机系统中的地位	(18)
1.3.2 操作系统的功能	(21)
1.4 操作系统的特性及其应解决的基本问题	(23)
1.4.1 操作系统的特性	(23)
1.4.2 操作系统的性能指标	(23)
1.4.3 操作系统应解决的基本问题	(24)
习题 1	(26)
第 2 章 操作系统的逻辑结构	(27)
2.1 概 述	(27)
2.1.1 操作系统虚拟机	(28)
2.1.2 操作系统逻辑结构	(29)

2.2	基本硬件结构	(29)
2.2.1	处理机的状态及特权指令	(29)
2.2.2	存储器	(31)
2.2.3	实时时钟	(32)
2.2.4	中断与俘获	(33)
2.3	系统核	(41)
2.4	核外各层	(42)
习题 2		(43)

第 3 章	用户界面	(44)
3.1	用户工作环境	(44)
3.1.1	用户环境	(44)
3.1.2	系统生成和系统启动	(45)
3.1.3	运行一个用户程序的过程	(47)
3.2	操作系统的用户界面	(48)
3.2.1	什么是用户界面	(48)
3.2.2	操作系统提供的用户界面	(49)
3.3	系统功能调用	(51)
3.3.1	系统功能调用	(51)
3.3.2	系统调用的实现	(52)
3.4	图形化的用户界面	(53)
习题 3		(54)

第 4 章	并发处理	(55)
4.1	并发活动——进程的引入	(55)
4.1.1	程序的顺序执行	(55)
4.1.2	程序的并发执行	(57)
4.1.3	并发执行实例——誊抄	(59)
4.1.4	与时间有关的错误	(62)
4.1.5	并发程序的特点	(64)
4.2	进程概念	(66)
4.2.1	进程的定义	(66)
4.2.2	进程的类型	(67)
4.2.3	进程的状态	(68)
4.2.4	进程的描述——进程控制块	(69)
4.3	进程控制	(71)
4.3.1	进程控制的概念	(71)

4.3.2	进程创建	(71)
4.3.3	进程撤消	(72)
4.3.4	进程等待	(73)
* 4.3.5	进程唤醒	(73)
* 4.3.6	进程延迟	(74)
4.4	进程的相互制约关系	(76)
4.4.1	资源共享	(76)
4.4.2	进程合作	(77)
4.5	进程互斥	(77)
4.5.1	互斥的概念	(77)
4.5.2	锁和上锁、开锁操作	(79)
4.5.3	用上锁原语和开锁原语实现进程互斥	(81)
4.6	信号灯和 p、v 操作	(82)
4.6.1	信号灯的概念	(82)
4.6.2	p、v 操作	(82)
4.6.3	用信号灯实现进程互斥	(83)
4.7	进程同步	(85)
4.7.1	同步的概念	(85)
4.7.2	同步的例子	(85)
4.7.3	用信号灯实现进程同步	(85)
4.7.4	生产者—消费者问题	(90)
4.8	进程通信	(92)
4.8.1	进程通信的概念	(92)
* 4.8.2	消息缓冲通信	(92)
4.9	线程	(94)
4.9.1	什么是线程	(94)
4.9.2	线程的特点与状态	(95)
习题 4		(97)

第 5 章	资源分配与调度	(100)
5.1	资源管理概述	(100)
5.1.1	资源管理的目的和任务	(100)
5.1.2	资源的分类方法	(102)
5.1.3	资源管理的机构和策略	(103)
5.2	资源分配机制	(103)
5.2.1	资源描述器	(103)
5.2.2	资源信息块	(104)
5.3	资源分配策略	(104)

5.3.1 概 述	(104)
5.3.2 先请求先服务	(105)
5.3.3 优先调度	(106)
* 5.3.4 针对设备特性的调度	(107)
5.4 死锁	(108)
5.4.1 死锁的概念	(108)
5.4.2 死锁的起因	(110)
5.4.3 解决死锁问题的策略	(112)
5.4.4 死锁的预防	(114)
5.4.5 死锁的避免	(114)
* 5.4.6 死锁的检测与恢复	(116)
习题 5	(117)
第 6 章 处理机调度	(119)
6.1 处理机的多级调度	(119)
6.2 作业调度	(120)
6.2.1 作业的状态	(120)
6.2.2 作业调度的功能	(121)
6.2.3 作业控制块	(121)
6.2.4 调度性能的衡量	(122)
6.2.5 作业调度算法	(123)
6.3 进程调度	(125)
6.3.1 调度/分派结构	(125)
6.3.2 进程调度的功能	(126)
6.3.3 调度方式	(127)
6.3.4 调度用的进程状态变迁图	(128)
6.3.5 进程优先数调度算法	(129)
6.3.6 循环轮转调度	(130)
* 6.3.7 多重时间片循环调度	(131)
6.4 线程调度	(132)
习题 6	(132)
第 7 章 主存管理	(134)
7.1 主存共享特征——空间分片	(134)
7.2 主存管理的功能	(134)
7.2.1 虚拟存储器	(135)
7.2.2 主存映射	(136)

7.2.3	程序的逻辑组织	(139)
7.2.4	主存分配	(139)
7.2.5	存储保护	(140)
7.3	分区存储管理	(141)
7.3.1	概述	(141)
7.3.2	用基址寄存器实现动态地址映射	(142)
7.3.3	分区分配机构	(142)
7.3.4	分区的分配与回收	(143)
7.3.5	几种基本的放置策略	(146)
7.3.6	碎片问题及拼接技术	(149)
7.4	页式存储管理	(150)
7.4.1	页式系统应解决的问题	(150)
7.4.2	页式地址变换	(151)
7.4.3	请调策略	(154)
7.4.4	淘汰策略	(157)
7.4.5	几种置换算法	(157)
*7.4.6	页式系统的存储分配	(161)
*7.4.7	工作集模型	(162)
7.5	段式系统	(164)
7.5.1	段式系统的特点	(164)
7.5.2	段式地址变换	(164)
7.5.3	扩充段表功能	(165)
7.6	段页式存储管理	(166)
习题7		(167)

第8章 输入/输出管理 (169)

8.1	输入/输出管理概念	(169)
8.1.1	引言	(169)
8.1.2	设计目标	(170)
8.1.3	输入/输出管理功能	(171)
8.1.4	设备独立性	(172)
8.1.5	设备控制块	(174)
8.2	缓冲技术	(175)
8.2.1	缓冲概述	(175)
8.2.2	双缓冲	(175)
*8.2.3	环形缓冲	(176)
*8.2.4	缓冲池	(177)
8.3	设备分配	(179)

8.3.1 设备分配原则	(180)
8.3.2 独享分配	(181)
8.3.3 共享分配	(181)
8.3.4 虚拟设备技术	(182)
8.3.5 慢速字符设备的分配	(183)
8.4 输入/输出控制	(185)
8.4.1 输入/输出控制方式	(185)
8.4.2 输入/输出控制功能	(188)
8.4.3 输入/输出控制接口程序	(189)
8.4.4 设备处理进程	(190)
习题 8	(192)

第 9 章 文件系统	(193)
9.1 文件系统的概念	(193)
9.1.1 引言	(193)
9.1.2 文件	(194)
9.1.3 文件系统	(196)
9.2 文件的逻辑组织与存取方法	(197)
9.2.1 文件的组织	(197)
9.2.2 文件的逻辑结构和存取方法	(198)
9.3 文件的物理结构	(199)
9.3.1 连续文件	(200)
9.3.2 串联文件	(200)
9.3.3 文件映照	(203)
9.3.4 随机文件	(204)
9.3.5 文件物理结构比较	(206)
9.4 文件存储空间的管理	(206)
9.4.1 空闲文件目录	(207)
9.4.2 空闲块链	(207)
9.4.3 位示图	(207)
9.4.4 分配策略	(208)
9.5 文件目录	(209)
9.5.1 文件目录及内容	(209)
9.5.2 一级文件目录	(210)
9.5.3 二级文件目录	(210)
9.5.4 多级文件目录	(211)
9.6 共享与安全	(212)
9.6.1 文件共享与安全性的关系	(212)

9.6.2	建立“当前目录”实现文件共享	(213)
9.6.3	采用“链接技术”实现文件共享	(213)
9.6.4	存取权限的类型及其验证方法	(214)
9.7	文件的完整性	(217)
9.8	文件操作	(218)
习题 9		(219)

第 10 章	UNIX 系统	(221)
10.1	UNIX 操作系统概述	(221)
10.1.1	UNIX 操作系统的发展	(221)
10.1.2	UNIX 操作系统的主要特点	(222)
10.1.3	UNIX 系统结构	(224)
10.2	UNIX 系统调用	(225)
10.2.1	UNIX 系统调用的分类	(225)
10.2.2	UNIX 系统调用的实现	(227)
10.3	UNIX 系统的进程管理	(229)
10.3.1	UNIX 系统的进程及映像	(229)
10.3.2	UNIX 系统的进程状态及变迁	(233)
10.3.3	进程的创建	(236)
10.3.4	进程终止与等待	(239)
10.3.5	进程的睡眠与唤醒	(240)
10.4	UNIX 系统的进程调度	(242)
10.4.1	UNIX 系统的进程调度算法	(242)
10.4.2	进程切换调度程序 switch	(243)
10.5	UNIX 系统存储管理策略	(244)
10.5.1	概述	(244)
10.5.2	对换空间的管理	(245)
10.5.3	对换进程	(247)
10.5.4	请求调页的数据结构	(248)
10.5.5	UNIX 系统的地址映射	(250)
10.5.6	页面错	(251)
10.6	UNIX 系统的设备管理	(252)
10.6.1	UNIX 系统设备管理的特点	(252)
10.6.2	UNIX 系统设备驱动程序的接口	(253)
10.6.3	UNIX 系统缓冲区的管理	(255)
10.6.4	UNIX 系统的设备 I/O 控制	(263)
10.7	UNIX 文件系统的主要结构及实现	(266)
10.7.1	UNIX 文件系统的特点	(266)

10.7.2	索引节点	(267)
10.7.3	文件索引结构	(268)
10.7.4	文件目录结构	(270)
10.7.5	打开文件管理机构	(271)
10.7.6	文件存储器空闲块的管理	(276)
10.7.7	UNIX 文件系统调用	(278)
习题 10		(284)
第 11 章 Windows 系统 (285)		
11.1	Windows 概述	(285)
11.1.1	Windows 系统及其特色	(285)
11.1.2	Windows 系统结构	(288)
11.2	Windows 系统界面	(290)
11.2.1	Windows 系统的界面特点	(290)
11.2.2	Windows 系统的窗口	(291)
11.2.3	Windows 桌面系统	(293)
11.2.4	文件夹和快捷操作	(294)
11.3	保护模式与虚拟主存管理	(295)
11.3.1	保护模式	(295)
11.3.2	虚拟存储管理	(297)
11.4	Windows 系统的多任务运行机制	(299)
11.4.1	多任务模型和 Windows 系统中的进程	(299)
11.4.2	多线程技术	(300)
11.4.3	可剥夺式调度	(301)
11.5	应用程序接口和动态链接	(303)
11.5.1	API 支持	(303)
11.5.2	动态链接	(303)
11.6	消息驱动机制	(304)
11.6.1	事件	(304)
11.6.2	消息驱动	(305)
11.6.3	消息处理	(306)
习题 11		(307)
参考文献		(308)

1.1 存储程序式计算机

1.1.1 存储程序式计算机的结构和特点

人们在科学实验、生产斗争和社会实践中有大量问题需要求解,如科学计算、数据处理及各种管理问题等。要解决这些问题,首先需要分析所研究的对象,提出对问题的形式化定义和给出求解方法的形式描述。对问题的形式化定义叫做数学模型,而对问题求解方法的形式描述称为算法。其次是必须具备实现算法的工具或设施。我们将一个算法的实现叫做一次计算。显然,一次计算既与算法有关,也与实现该算法的工具有关。算法和实现算法的工具是密切联系在一起的,二者互相影响、互相促进。

人们在生产活动和商业交易中最早需要解决的问题是算术四则运算问题。最初人们用大脑和手来进行计算,随后使用算盘,再后用计算器,这些计算工具可以进行加、减、乘、除运算。人们要解决某一问题,只有将问题的求解方法归结为四则运算问题后,才能使用算盘之类的工具进行计算。由此可见,算法和计算工具是相互影响的。因为算法是四则运算,所以计算工具必须具备加、减、乘、除功能。当遇到一个复杂的算法时,如求解一个微分方程,若计算工具仍然只能进行四则运算,则必须把微分方程的解法转化为数值解法。

上面所谈的计算是一种手工计算方式,而算盘或计算器是手工计算的一种工具。在这种计算方式中,人们按照预先确定的一种计算方案,先输入原始数据,然后按操作步骤做第一步计算,记下中间结果,再做第二步计算,直到算出最终结果,并把结果记录在纸上。这里,一切都是依靠人的操作,即无论是输入原始数据,执行运算操作,还是中间结果的存储和最终结果的抄录都是依靠人的操作,所以这一计算过程是手工操作过程。

著名数学家 Von Neumann 总结了手工操作的规律以及前人研究计算机的经验教训后,提出了“存储程序式计算机”方案,从而使计算初步实现了自动化。要使计算机能够自动地计算,

必须使机器可以“看到”计算方案即计算机程序,能够“理解”程序语言的含义并顺序执行指定的操作,可以及时取得初始数据和中间数据,能够自动地输出结果。于是,机器必须:有一个存储器,用来存储程序和数据;有一个运算器,用以执行指定的操作;有一个控制部件以便实现自动操作。此外,还要有输入/输出(或简称 I/O)部件,以便输入原始数据和输出计算结果。它们就构成了“存储程序式计算机”或称“Von Neumann 计算机”。

综上所述,存储程序式计算机由以下五类部件组成:控制器、运算器、存储器、输入装置、输出装置。人们通常把控制器和运算器做在一起,称为中央处理机或中央处理部件(CPU)。输入装置和输出装置统称为 I/O 设备,如图 1.1 所示。时至今日,大多数计算机还是采用该结构。

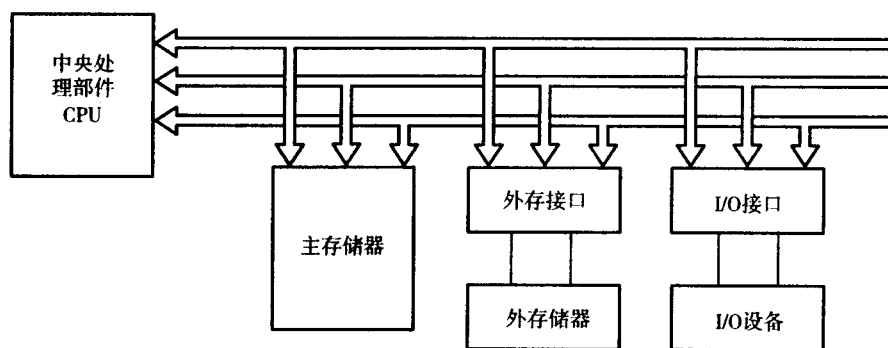


图 1.1 典型的单处理机系统结构

CPU 是计算机的“大脑”,能控制、指挥各个部件的工作。它是一种能够解释指令、执行指令并控制操作顺序的硬设备。在 CPU 中,控制器负责从主存储器提取指令、并分析其类型。运算器则完成为实现该指令所需进行的操作。CPU 还包含一个小的快速存储器,用来存储一些暂时的结果和其他控制信息。这个存储器由若干个寄存器组成,每一个都具有某种功能,其中很重要的一个寄存器是程序计数器(PC),它指示下一步应该执行的指令。

存储器是计算机存储程序和数据部件。如果没有一个使中央处理机能直接读、写信息的存储器,那就不存在我们所熟悉的可存储程序的数字计算机了。早期的主存储器是由磁芯做成的,价格比较昂贵。现在,主存大多数由半导体芯片组成,其容量可达到 32MB、64MB、128MB,甚至更大。大部分计算机还有一个与主存相比,其存取速度较慢、价格较便宜、容量大得多的辅助存储器,用于保存大量的数据信息。现在,辅存的容量可达 10GB、20GB,甚至更大。

I/O 设备则是完成信息传输任务的。当某一个问题需要计算机处理时,必须给定程序和初始数据,这些信息是通过输入设备进入计算机的。得出解答后,计算机必须把计算结果通知用户,这是通过输出设备实现的。另外,还有一个让操作员用来实施控制和发布命令的控制台。

Von Neumann 计算机是人类历史上第一次实现自动计算的计算机,可以真正称得上是一架自动机。该机是人类历史上第一次出现的作为人脑延伸的智能工具,它的影响是十分深远的。它具有逻辑判断能力和自动连续运算能力。它的计算模型是顺序过程计算模型,其主要特点是:集中顺序过程控制,即控制部件根据程序对整个计算机的活动实行集中过程控制,并根据程序规定的顺序依次执行每一个操作。计算是过程性的,故这种计算机是模拟人们的手