

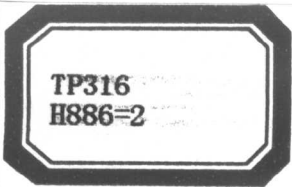
计算机科学与技术系列教材

计算机操作系统

黄水松 黄干平 曾平 李蓉蓉 编著



全国优秀出版社
武汉大学出版社



郑州大学

04010139490V

-93

计算机科学与技术系列教材

计算机操作系统

黄水松 黄干平 曾平 李蓉蓉 编著

TP316

H886=2



武汉大学出版社

QJ5239/04

图书在版编目(CIP)数据

计算机操作系统/黄水松,黄干平,曾平,李蓉蓉编著. —武汉:武汉大学出版社,2003.8

(计算机科学与技术系列教材)

ISBN 7-307-04007-7

I. 计… II. ①黄… ②黄… ③曾… ④李… III. 操作系统—高等学校—教材 N. TP316

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 064232 号

责任编辑:黄金文 责任校对:黄添生 版式设计:支 笛

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:wdp4@whu.edu.cn 网址:www.wdp.whu.edu.cn)

印刷:湖北省通山县印刷厂

开本:787×980 1/16 印张:22.25 字数:456千字

版次:2003年8月第1版 2003年8月第1次印刷

ISBN 7-307-04007-7/TP·142 定价:35.00元

版权所有,不得翻印;凡购我社的图书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

计算机科学与技术系列教材

编 委 会

- 顾 问：陈火旺（中国工程院院士，国防科技大学教授）
刘经南（中国工程院院士，武汉大学校长）
- 主 任：何炎祥（中国计算机学会常务理事，武汉大学教授）
- 副 主 任：张焕国（中国密码学会理事，武汉大学教授）
江建勤（武汉大学出版社社长，教授）
- 委 员：王振宇（中船七〇九研究所教授）
卢正鼎（华中科技大学教授）
肖德宝（华中师范大学教授）
熊前兴（武汉理工大学教授）
陈芊萌（武汉大学教授）
周洞汝（武汉大学教授）
贾小华（香港城市大学教授，“长江学者计划”特聘教授）
孟 波（武汉大学教授）
李元香（软件工程国家重点实验室教授）
胡瑞敏（武汉大学教授）
黄竞伟（武汉大学教授）
苏光奎（武汉大学教授）
毋国庆（武汉大学教授）
陈世鸿（国家多媒体软件工程技术研究中心教授）
郭学理（武汉大学教授）
吴产乐（国家多媒体软件工程技术研究中心教授）
曹加恒（武汉大学教授）
黄传河（武汉大学教授）
梁意文（武汉大学教授）
章登义（武汉大学教授）
彭智勇（软件工程国家重点实验室教授）
- 秘 书：黄金文

内 容 简 介

本教材全面系统地介绍了现代计算机操作系统的基本概念、原理和实现方法。全书共分十二章，第一章讲述了现代操作系统的发展概况；第二章至第十章分别阐述了操作系统的基本原理、概念和实现方法，包括中断技术，进程和线程的管理、进程的同步和通信，存储器管理，虚拟存储器，处理机调度，死锁问题，设备管理和文件系统；第十一章介绍了 UNIX 操作系统，第十二章介绍了 Windows 2000/XP 操作系统，并较详细地分析了这两个系统的基本结构、主要的功能模块及其相互之间的关系。

本书吸收了国内外近几年出版的同类教材的优点，内容丰富，既可以作为计算机和相关专业的教材，也可作为从事计算机工作人员的参考书。



前 言

操作系统是计算机系统配置的最基本的软件之一，它在计算机系统中具有中心地位，也是计算机教学中最重要的环节之一。操作系统被认为是信息系统的生命线，信息的处理和安全只能依靠技术手段来解决，而信息技术的核心是操作系统。操作系统的质量直接影响整个计算机系统的性能和用户对计算机的使用。

书中详细介绍了操作系统的基本原理和概念，吸收了国内外近几年出版的同类教材的优点，内容丰富，为读者学习、使用和分析操作系统提供了一些基本的原理和方法。这些知识对于计算机在各个领域中的应用是必不可少的。

全书共分十二章。第一章阐述了现代操作系统的发展概况。第二章至第十章分别阐述了操作系统的基本原理、概念和实现方法，包括中断技术，进程和线程的管理、进程的同步和通信，存储器管理，虚拟存储器，处理机调度，死锁问题，设备管理和文件系统。

在阐述基本原理和概念的基础上，比较充分地反应了当代操作系统的新概念、新技术和新方法。为了使读者对操作系统建立一个整体概念，对所学的知识能融会贯通，第十一章介绍了 Unix 操作系统，第十二章介绍了当今流行的 Windows 2000/XP 操作系统，并较详细地分析了这两个系统的基本结构、主要的功能模块及其相互之间的关系。这些内容既是一般原理之后的实例，又是深入了解和使用这些系统的重要知识。

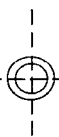
黄水松编写了第五章、第七章、第八章和第三章的前3节；黄干平编写了第一章、第四章、第六章和第三章的3.4节；曾平编写了第九章、第十章和第十一章；李蓉蓉编写了第二章和第十二章；全书由黄水松整理和审阅。

本书虽几经易稿，仍可能会有不妥之处，乃至缺点和错误，恳切希望读者赐教。

在本教材的编写过程中，得到了武汉大学教务部和武汉大学出版社的大力帮助，在此表示衷心地感谢。

作 者

2003年8月



目 录

第一章 绪 论	1
1.1 什么是操作系统	1
1.2 操作系统的分类	4
1.3 操作系统的结构	5
1.3.1 系统结构	5
1.3.2 两种机器状态	7
1.3.3 两种系统界面	7
1.4 操作系统的特征	10
1.4.1 操作系统的基本特征	10
1.4.2 现代操作系统的某些新特征	11
1.5 中断在操作系统中的地位	14
1.6 网络操作系统	14
1.7 分布式操作系统	16
1.8 操作系统的启动和工作过程	18
习 题	19
第二章 中断技术	20
2.1 中断的概念、作用和类型	20
2.2 中断响应过程	24
2.3 中断处理过程	25
2.4 向量中断	28
习 题	29
第三章 进程和线程的描述与控制	30
3.1 进程的引入	30
3.1.1 程序的顺序执行	30
3.1.2 程序的并发执行及特点	31
3.2 进程的概念	35
3.2.1 进程的定义和特点	36



3.3.2 进程的基本状态	37
3.2.3 进程控制块	39
3.3 进程控制	40
3.3.1 进程控制的有关概念	40
3.3.2 进程创建	41
3.3.3 进程终止	43
3.3.4 进程等待	44
3.3.5 进程唤醒	45
3.3.6 进程挂起	45
3.4 线程	48
3.4.1 线程的引入	48
3.4.2 线程的控制	50
3.4.3 线程与进程的比较	51
3.4.4 用户级线程和内核级线程	52
习 题	54
 第四章 进程的同步与通信	 55
4.1 互斥与同步的基本概念	55
4.2 解互斥问题的算法	57
4.3 同步与互斥的基本工具——信号量和 P, V 操作	61
4.4 经典的互斥、同步问题	63
4.4.1 生产者—消费者问题	63
4.4.2 读者—写者问题	65
4.4.3 哲学家进餐问题	67
4.5 管程机制	69
4.5.1 管程的引入	69
4.5.2 管程概念	70
4.5.3 利用管程解生产者—消费者问题	72
4.5.4 利用管程解哲学家进餐问题	73
4.6 进程通信	75
4.6.1 消息缓冲通信	76
4.6.2 信箱通信	77
4.6.3 共享文件通信	78
习 题	79
 第五章 处理机调度	 82



5.1 处理机调度类型	82
5.1.1 作业调度	82
5.1.2 中程调度	84
5.1.3 进程调度	85
5.1.4 选择调度算法的准则	86
5.2 调度算法	87
5.2.1 先来先服务调度算法	88
5.2.2 最短作业(进程)优先调度算法	88
5.2.3 时间片轮转调度算法	90
5.2.4 优先数调度算法	93
5.2.5 最高响应比优先调度算法	94
5.2.6 多级队列调度算法	95
5.2.7 多级反馈队列调度算法	95
5.2.8 公平分享调度算法	97
5.2.9 几种常见调度算法的比较	99
5.3 多处理机调度	100
5.3.1 负载分配调度	101
5.3.2 成组调度	102
5.3.3 专用处理机分配	103
习 题	103
 第六章 死锁	 106
6.1 死锁的基本概念	106
6.1.1 什么是死锁	106
6.1.2 死锁的表示	108
6.1.3 死锁判定法则	109
6.1.4 解决死锁问题的基本方法	111
6.2 死锁的预防	111
6.3 死锁的避免	113
6.3.1 若干概念	113
6.3.2 死锁避免算法	114
6.4 死锁的检测和消除	117
6.4.1 死锁检测算法	117
6.4.2 死锁的解除	117
6.5 处理死锁的综合措施	119
习 题	119



第七章 存储器管理	122
7.1 存储器管理的基本概念	122
7.2 分区存储管理	125
7.2.1 固定式分区存储管理	125
7.2.2 动态分区存储管理	125
7.2.3 碎片问题及拼接技术	130
7.3 伙伴系统	132
7.4 分页存储管理	135
7.4.1 分页存储管理的基本原理	136
7.4.2 存储空间的分配和回收	138
7.4.3 地址变换机构	138
7.4.4 多级页表和反向页表	141
7.4.5 存储保护	144
7.5 分段管理	145
7.5.1 分段管理的原理	145
7.5.2 分段存储管理的实现	146
7.5.3 段的共享和保护	148
7.6 段页式管理	149
7.6.1 段页式的基本思想	149
7.6.2 实现方法	149
习 题	153
第八章 虚拟存储器	155
8.1 虚拟存储器概述	155
8.1.1 虚拟存储器的基本原理	155
8.1.2 虚拟存储器的理论基础	156
8.2 请求分页存储管理	157
8.3 页面置换算法	161
8.3.1 最佳 (Optimal) 置换算法	161
8.3.2 先进先出 (FIFO) 置换算法	162
8.3.3 最近最少使用 (LRU) 置换算法	163
8.3.4 时钟 (clock) 置换算法	167
8.3.5 页面缓冲 (page buffering) 置换算法	168
8.4 页面分配算法和页面置换范围	169
8.4.1 进程正常运行所需的最少块数	169
8.4.2 页面分配算法	169



8.4.3 页面的分配和置换范围	170
8.5 请求分页系统性能分析	172
8.5.1 缺页率对有效访问时间的影响	172
8.5.2 工作集问题	172
8.5.3 抖动现象	174
8.5.4 页面大小的选择	178
8.6 请求分段存储管理	181
8.6.1 请求分段存储管理的实现原理	182
8.6.2 段的共享和保护	184
习 题	187
第九章 设备管理	190
9.1 设备管理概述	190
9.1.1 设备分类	190
9.1.2 设备管理的任务和功能	191
9.1.3 设备控制器与 I/O 通道	192
9.1.4 I/O 系统结构	193
9.2 输入/输出控制方式	195
9.2.1 程序直接控制方式	195
9.2.2 中断控制方式	196
9.2.3 DMA 控制方式	196
9.2.4 通道控制方式	198
9.3 缓冲技术	199
9.3.1 缓冲的引入	199
9.3.2 单缓冲	200
9.3.3 双缓冲	200
9.3.4 循环缓冲	201
9.3.5 缓冲池	202
9.4 设备分配	202
9.4.1 设备分配中的数据结构	202
9.4.2 设备分配策略	203
9.4.3 设备分配程序	205
9.4.4 Spooling 系统	206
9.5 I/O 软件的层次结构	207
9.5.1 中断处理程序	207
9.5.2 设备驱动程序	208



9.5.3 与设备无关的 I/O 软件	209
9.5.4 用户空间的软件	210
习 题	212

第十章 文件管理 213

10.1 文件系统的概念	213
10.1.1 文件和文件系统	213
10.1.2 文件分类	214
10.2 文件结构与存储设备	216
10.2.1 文件的逻辑结构	216
10.2.2 文件的物理结构	216
10.2.3 文件的存取方法	217
10.2.4 文件的存储设备	218
10.3 文件存储空间的分配与管理	222
10.3.1 文件存储空间的分配	222
10.3.2 空闲存储空间的管理	225
10.4 文件目录管理	227
10.4.1 文件目录	227
10.4.2 单级目录结构	229
10.4.3 二级目录结构	229
10.4.4 多级目录结构	230
10.5 文件共享及文件管理的安全性	232
10.5.1 文件共享	232
10.5.2 文件保护	236
10.5.3 文件的转储和恢复	239
10.6 文件的使用	239
习 题	240

第十一章 UNIX 操作系统 242

11.1 UNIX 操作系统概述	242
11.1.1 UNIX 的历史	242
11.1.2 UNIX 系统的特点	243
11.1.3 UNIX 系统核心体系结构	244
11.2 UNIX 的进程描述	245
11.2.1 进程描述的数据结构	245
11.2.2 进程状态及其转换	247

11.2.3 进程上下文	249
11.3 进程控制与调度	250
11.3.1 进程控制	250
11.3.2 进程调度	255
11.3.3 进程切换	257
11.4 进程的同步与通信	258
11.4.1 软中断信号	258
11.4.2 管道	260
11.4.3 消息	262
11.4.4 共享存储区	265
11.4.5 信号量	267
11.5 存储器管理	269
11.5.1 请求调页管理的数据结构	269
11.5.2 偷页进程	271
11.5.3 请求调页	273
11.6 设备管理	275
11.6.1 设备缓冲管理	275
11.6.2 核心与驱动程序的接口	279
11.6.3 磁盘驱动程序	281
11.7 文件管理	283
11.7.1 文件存储空间的管理	283
11.7.2 文件的物理结构	284
11.7.3 用户文件描述符表和文件表	286
11.8 目录管理	287
11.8.1 索引节点的管理	287
11.8.2 构造目录和删除目录	289
11.8.3 检索目录	290
11.9 文件系统的系统调用	291
11.9.1 系统调用 open	291
11.9.2 系统调用 creat	292
11.9.3 系统调用 close	293
11.9.4 系统调用 link 和 unlink	293
11.9.5 系统调用 read 和 write	294
习 题	295



第十二章 Windows 2000/XP 简介	297
12.1 Windows 2K/XP 的模型	297
12.2 进程互斥和同步	301
12.3 进程间通信	302
12.4 线程调度	305
12.5 内存管理	316
12.5.1 地址空间的布局	317
12.5.2 地址转换机制	319
12.5.3 用户空间内存分配方式	322
12.5.4 系统内存管理	323
12.6 I/O 系统结构和模型	324
12.6.1 I/O 管理器	326
12.6.2 即插即用管理器	327
12.6.3 电源管理器	329
12.7 外存管理	330
12.7.1 磁盘存储类型	330
12.7.2 驱动程序 Ntldr	331
12.7.3 多重分区管理	332
12.7.4 高速缓存	333
12.8 Win 2K 网络功能	334
12.8.1 Win 2K 网络体系结构	334
12.8.2 Win 2K 的层次化网络服务	337
12.8.3 Win 2K 中的重要网络功能	337
习 题	340
参 考 文 献	341

第一章 绪 论

本章主要介绍操作系统的基本概念,包括什么是操作系统,为什么要设置操作系统,操作系统的分类、结构、特征及其工作过程等。

1.1 什么是操作系统

操作系统,简称 OS (Operating System),是计算机系统中最基本和最重要的系统软件,是其他软件的支撑软件。它管理计算机系统资源,并通过这种管理为用户提供计算机提供公共的和基本的服务,从而成为用户与计算机之间的接口。这一描述讲了操作系统是什么,也讲了操作系统干什么,比较全面但不够具体,需要作进一步的说明。

首先要肯定的是,操作系统是软件而不是硬件。特别是其内核,是一个确定的可执行程序,由几百个程序模块组成。不过,第一,操作系统的某些功能(如地址变换、内存保护等)是直接由硬件实现的;第二,操作系统的某些程序,如基本输入输出系统(BIOS)里的许多程序,是固化在 ROM 内的,已经成了固件。所以,从这两点来说,操作系统又不是纯粹的软件,而是一个以软为主、软硬结合的整体。

其次,操作系统是系统软件而不是应用软件,它是由系统程序员研制和编写的,并把它“灌制”在外存(光盘或磁盘)上,随计算机硬件一起销售和运行。对于任何一个实用计算机系统来说,可以没有其他软件,但绝不可以没有操作系统。

操作系统不仅与应用程序不同,也与其他系统程序不同。我们知道,一个完善的机器系统通常都配有众多的系统软件,如编辑程序,编译、汇编程序,子程序库,各种命令的解释、执行程序,数据库管理系统等。所有这些程序,虽然与操作系统一样都属于系统软件,但它们都受操作系统的管理和控制,并得到操作系统的支持和服务,它们之间的关系如图 1.1 所示。

上述对操作系统的解释,说明了如何看待操作系统的观点和设置操作系统的目的。看待操作系统有两个观点,即资源管理观点和服务用户观点;设置操作系统的两个主要目的是,高效地利用计算机系统资源和为用户使用计算机创造良好的工作环境。资源管理观点认为操作系统是管理计算机系统资源的程序。计算机有哪些系

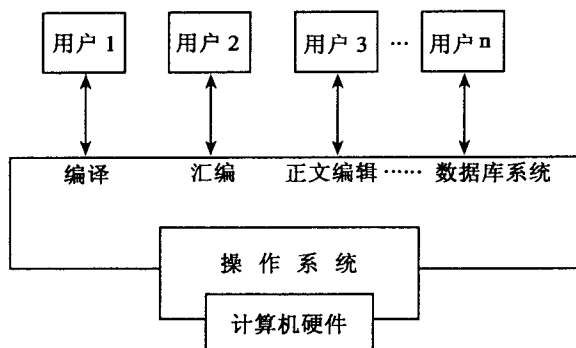


图 1.1 OS 与其他系统软件的关系

统资源？它有硬件资源和软件资源。硬件资源包括 CPU、内存储器、外存储器、各种外部设备；软件资源主要指的是各种文件。所有系统程序以及用户要求长期保存的程序和数据都是以文件的形式存放在系统内的。

现代计算机系统通常都是多道程序系统，即同时有多个程序在主机内运行的系统。因此，所谓资源管理，主要指的是在多道程序之间合理地分配和回收各种资源，使资源得到充分有效地使用，使程序得以有条不紊地运行。

从资源管理观点出发，可以把整个操作系统分成以下几部分：存储管理、CPU 调度（即处理机管理）、设备管理和文件系统。存储管理主要是指在多道程序之间分配和回收内存空间，其中包括作为内存的扩展和延伸的辅助空间；CPU 调度负责在多道程序之间分配 CPU，使每道程序都能得以运行；设备管理统一管理各种已登入系统的外部设备并负责外设和主机之间的信息交换；文件系统统一管理各种以文件形式保存在外存上的信息，负责文件的建立、读、写和删除等。

操作系统的服务用户观点是指，操作系统作为软件，它是一个为用户服务的大型复杂程序。用户在使用计算机的过程中需要的公共和基本服务主要有以下几个方面：

(1) 程序执行。任何一个用户程序都要在 CPU 上运行，而在此之前必须被先装入内存。

(2) 输入/输出操作。任何一个在计算机上运行的程序都必须首先通过外部设备输入主机，程序在运行前和运行中都有可能输入其所加工的数据，任何程序都有运行结果，这些结果都要通过外部设备以适当的形式输出。

(3) 信息保存。用户如果认为他的程序或数据是重要的，需要长期保存以便将来再次运行或进一步完善，则要以文件的形式将它们存储在外存上。系统要为用户提供支持和服务，既要使用户能方便存取和使用自己的文件，又要防止文件的泄密、被盗用或丢失。



(4) 错误检测和处理。用户程序在运行过程中有可能出现各种错误,如算术运算溢出、程序中出现非法指令、地址越界等,操作系统应有能力对这些错误作出处理。此外,机器本身也有可能出现各种软、硬件故障,操作系统应及时地检测并修复它们,以保证用户程序的顺利运行。

上述服务功能是任何一个用户都需要的,是公共的和基本的。如果实现这些功能的程序都由每个用户去编写,这不仅增加了用户的工作量,而且这种重复性劳动往往容易产生各种各样的错误,使计算机系统的可靠性和有效性大大下降,甚至整个机器无法使用。因此,将这些功能集中起来,由系统程序员编写实现他们的程序是明智的、有效的、可靠的和易于实现的。实现这些功能的程序的集合就是操作系统。除此之外,如果这些程序的运行需要这些服务的话,操作系统还为其他系统程序运行提供同样的服务。

操作系统的服务观点,不仅使我们从一个侧面对操作系统的功能有了进一步的了解,而且也给出了其工作流程的一个大致的轮廓,因为操作系统的工作流程也就是沿着用户程序的执行提供各种服务的过程。此流程可粗略表示如下:程序和数据输入→作业收容→作业调度→作业运行→结果输出,如图 1.2 所示。

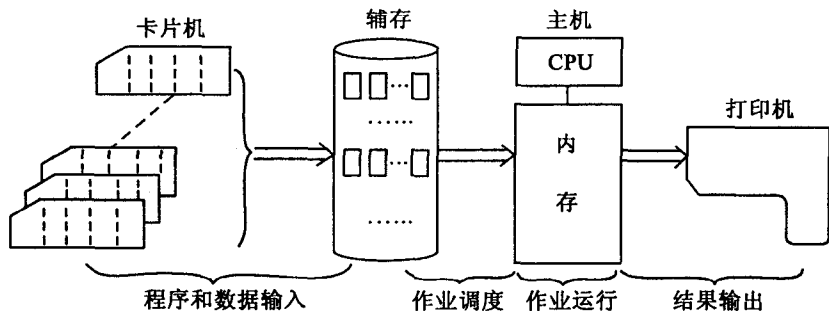


图 1.2

在程序和数据的输入阶段,操作系统提供输入服务,把它们从输入设备上输入到辅存,这时程序变成了计算机收容的作业(jobs);然后,操作系统按一定的调度算法,把这些作业调到主机(CPU+内存)运行,这里涉及到为作业分配外设和内存等资源;作业调入主机后,在多道环境下运行,于是操作系统要在它们之间合理地分配CPU,使它们都能得以运行;当一作业运行终止之后,总有一些结果需要输出,这时操作系统提供输出服务,把用户所需要的结果在不同的设备(如显示终端、打印机、绘图仪等)上输出。操作系统就是按照这样的流程周而复始地为用户服务的。

操作系统的管理观点和服务观点是一致的:通过管理而达到服务的目的,通过管理为用户提供良好的工作环境。良好的标准有两条:方便和安全。一个系统是否