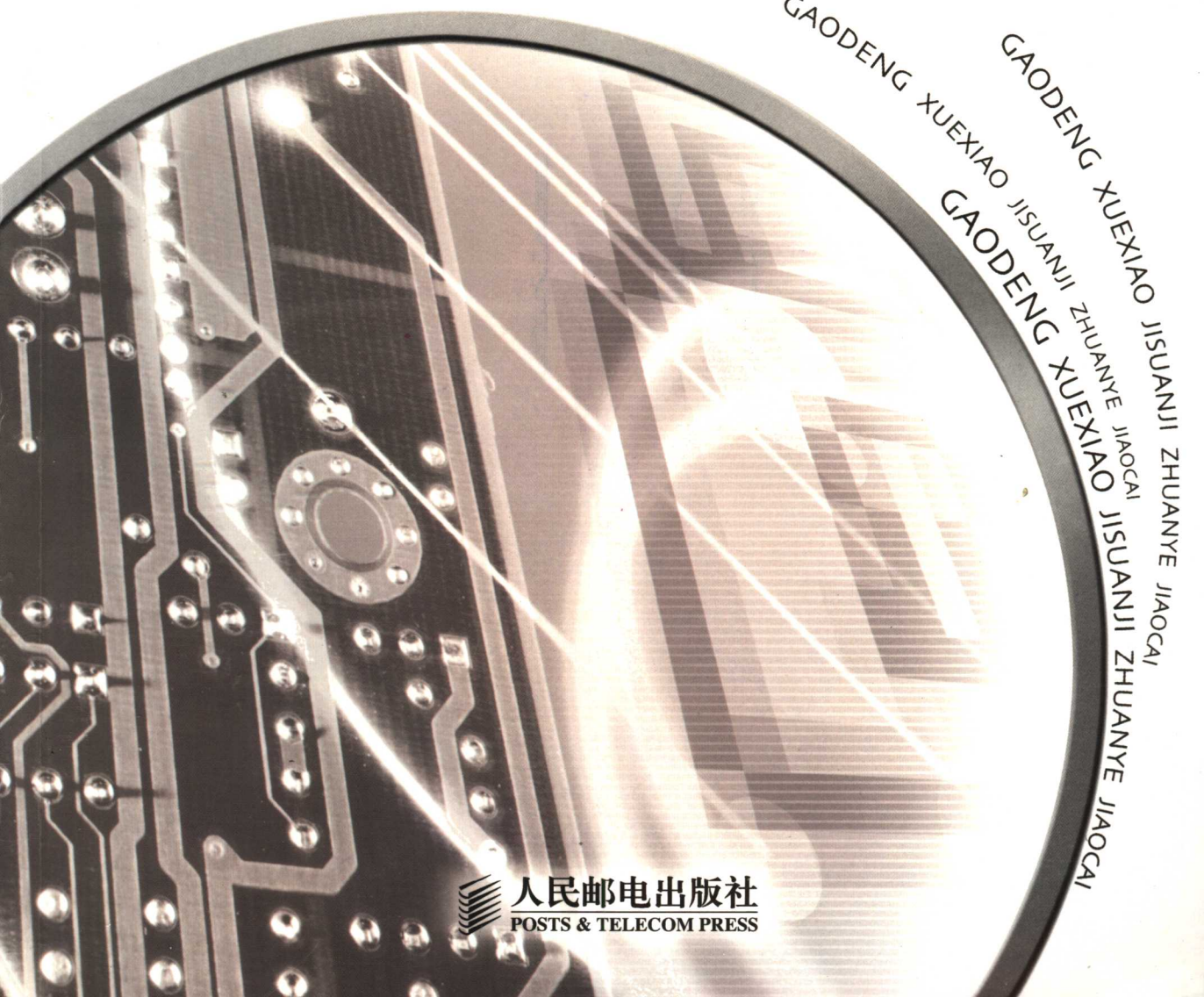


高等学校计算机专业教材

GAODENG XUEXIAO JISUANJI ZHUANYE JIAOCAI

操作系统原理

◎ 谢青松 编著 ◎ 范辉 主审



GAODENG XUEXIAO JISUANJI ZHUANYE JIAOCAI
GAODENG XUEXIAO JISUANJI ZHUANYE JIAOCAI
GAODENG XUEXIAO JISUANJI ZHUANYE JIAOCAI
GAODENG XUEXIAO JISUANJI ZHUANYE JIAOCAI

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

高等学校计算机专业教材

操作系统原理

谢青松 编著

范 辉 主审

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

操作系统原理 / 谢青松编著. —北京: 人民邮电出版社, 2005.7
高等学校计算机专业教材

ISBN 7-115-13397-2

I. 操... II. 谢... 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 (2005) 第 033118 号

内 容 提 要

操作系统是计算机系统中最重要系统软件,也是计算机专业的核心课程。本书用通俗的语言、生动的图片、丰富的例题介绍了操作系统经典的设计原理和最新的发展成果,还结合主流操作系统平台,组织了多个丰富而有趣的实验内容,安排了大量各种难度的练习题,并附有参考答案,以便于自学、选讲或考研复习。

本书通俗易懂,前后贯通,概念清晰,内容丰富,实践性与实用性都很强,是集经典理论、最新发展、习题集与实验指导于一身的一本新教材。

本书可作为高等院校计算机专业本科教材,也可作为专科或非计算机专业教学参考用书,或者作为广大考生自学或考研复习的参考书。

高等学校计算机专业教材

操作系统原理

-
- ◆ 编 著 谢青松
主 审 范 辉
责任编辑 邹文波
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
内蒙古人民邮电出版社印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 19.25
字数: 462 千字
印数: 1—3 000 册

2005 年 7 月第 1 版

2005 年 7 月内蒙古第 1 次印刷

ISBN 7-115-13397-2/TP·4659

定价: 26.00 元

读者服务热线: (010) 67170985 印装质量热线: (010) 67129223

前 言

操作系统是现代计算机系统中必不可少的系统软件，是计算机的“管家”，是人与计算机之间的纽带。同时，操作系统又是计算机专业的一门主干课程，主要研究操作系统的基本原理和实现方法。在长期的教学研究实践中，我们发现这门课程普遍反映难讲、难学、难实验。面对目前这门课偏理论的教材多、习题集杂、实验教材少的现状，考虑到计算机专业本科生的需求，按照 CCC2002（中国计算机科学与技术学科教程 2002）的要求，结合作者近 20 年从事操作系统课程教学与研究工作的经验，并汲取现有操作系统研究的理论成果和相关教材的营养，我们编写了这本集理论、习题、实验内容于一身的《操作系统原理》。

本书除了用通俗的语言对操作系统的设计原理作了简明扼要的介绍外，还结合主流操作系统平台——Linux Red Hat 9.0 和 Windows 2000/XP，组织了比较丰富的实验内容，而且，还参考了近年来多家名牌大学的研究生入学考试试题，增加了大量例题和练习题，并在书后附上了参考答案，以便于自学或选讲。本书具有通俗易懂，概念清晰，内容丰富，图文并茂，实践性强以及便于自学等特点。特别是书中多处引用了源于生活的和系统理论研究中的生动有趣的例子，对于读者理解操作系统原理中的一些重要而抽象的概念以及掌握像进程同步互斥问题等学习难点将大有裨益。书中各章有关的内容前后呼应，内容上的对比和关联可以帮助读者融会贯通，从整体上深入理解操作系统原理。另外，本书每一章开头部分都给出了该章内容的引入和重点，对读者学习和理解该章内容起到一定的承上启下和指导作用；每章后都安排了大量的侧重于考研的练习题，以使读者能通过做练习巩固所学的理论知识并提高自己的理解和应试能力。书中原理部分简单介绍了操作系统的产生、发展、类型和结构，扼要介绍了操作系统对处理机、存储器、I/O 设备和文件等资源的管理功能以及系统安全性的实现原理，还对两个流行的操作系统 Linux 和 Windows 作了简明介绍，中间穿插了大量例题，以帮助读者理解；实验部分则从使用级、观察级、系统管理级、源码阅读级和实现级等不同深度，结合 Linux /UNIX 和 Windows 操作系统平台，安排了 13 个有趣的实验题目，使学生通过实验对操作系统有个从抽象到具体的认识，并增加学习的兴趣，提高动手能力。

本书与我们写的另一本畅销教材《操作系统原理与实训教程》（高等教育出版社，2003）形成姊妹篇，后者面向应用型，本书面向计算机专业本科生。同时，本书也是我们学校操作系统精品课程建设成果之一，是我们多年来不断探索操作系统教学改革经验的结晶。

本书第 1 章为操作系统概述，概括介绍操作系统涉及的各个方面的内容，以使读者先对操作系统从整体上有一个基本认识。第 2 章为处理器管理，主要介绍进程管理和处理器调度，其中进程的互斥与同步是本章乃至全书的学习难点。第 3 章为存储器管理，介绍实模式和虚模式的内存管理策略，主要以实用的分页方式为主。第 4 章为文件管理，主要介绍文件的结构、基本操作、共享与保护、目录检索和外存空间的管理。第 5 章为操作系统安全性，主要介绍实现系统安全性的机制和一些新的问题。第 6 章为设备管理，主要介绍设备的分类、驱动、调度和缓冲的管理。第 7 章为 Windows 2000/XP 操作系统，主要介绍这个主流操作系统的主要功能模块的实现原理。第 8 章为 Linux 系统内核结构，对另一个流行的开放源代码的

操作系统的内核部分作了比较具体的介绍。本书还在附录里安排了两套模拟试题和 13 个有趣的实验。本书提供电子教案、习题的参考答案或提示，下载地址：www.ptpress.com.cn。

本书作为高等院校计算机类专业的本科教材，参考学时数为 60~80，老师可根据具体情况对内容进行选讲。要求先修课程为汇编语言、数据结构、计算机组成原理和 C 语言等。

本书的编写工作得到了山东大学计算机学院朱大铭教授的热情支持和帮助，本书的出版承蒙范辉教授的极力推荐，范教授还在百忙之中对全书进行了认真的审阅，并从大纲到实验内容的安排上都提出了不少中肯的修改意见；作者的同事冯烟利、孙述和也参与了写作过程的讨论，并提出了许多宝贵的建议；李晋江为本书图片和习题的整理等做了很多工作，在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中疏漏与错误在所难免，恳请各位专家和读者批评指正。

编者

2004 年 7 月

目 录

第 1 章 操作系统概述	1
1.1 操作系统的概念	1
1.1.1 操作系统的地位	1
1.1.2 操作系统的管理目标和主要功能	2
1.1.3 操作系统的定义	2
1.2 操作系统的历史回顾	2
1.2.1 操作系统的产生	3
1.2.2 操作系统的完善	3
1.2.3 操作系统的发展	4
1.3 操作系统的类型	4
1.3.1 多道批处理操作系统	4
1.3.2 分时操作系统	5
1.3.3 实时操作系统	6
1.3.4 单用户操作系统	7
1.3.5 网络操作系统	7
1.3.6 分布式操作系统	7
1.4 操作系统的特征	8
1.4.1 并发性	8
1.4.2 共享性	9
1.4.3 虚拟性	9
1.4.4 异步性	9
1.5 操作系统与用户接口	10
1.5.1 命令接口	10
1.5.2 程序接口	10
1.5.3 图形用户接口	10
1.6 操作系统的结构	11
1.6.1 整体式系统	11
1.6.2 层次式系统	11
1.6.3 虚拟机系统	11
1.6.4 客户—服务器系统	12
1.7 操作系统的硬件环境	12
1.7.1 CPU 与外设并行工作	12
1.7.2 I/O 中断的作用	13
1.7.3 管态与目态	13

1.7.4 存储结构	13
1.7.5 存储保护	14
综合练习题一	14
第 2 章 处理器管理	17
2.1 多道程序设计	17
2.1.1 程序的顺序执行	17
2.1.2 程序的并发执行	18
2.1.3 并发程序执行的条件	19
2.2 进程的描述	20
2.2.1 进程的定义	20
2.2.2 进程的特性及与程序的区别	21
2.2.3 进程的基本状态及其转换	22
2.2.4 进程控制块——PCB	23
2.2.5 进程队列	24
2.3 进程控制	25
2.3.1 进程控制机构	25
2.3.2 进程控制原语	25
2.4 进程互斥	26
2.4.1 互斥的定义	26
2.4.2 上锁和开锁原语	27
2.4.3 用上锁和开锁原语实现进程的互斥	27
2.5 信号量机制	28
2.5.1 信号量的概念	28
2.5.2 P、V 操作原语	29
2.5.3 用 P、V 操作原语实现进程的互斥	29
2.6 进程同步	31
2.6.1 同步的定义	31
2.6.2 用 P、V 操作原语实现进程的同步	32
2.7 进程通信	39
2.7.1 进程通信的定义	39
2.7.2 发送和接收原语	39
2.7.3 消息缓冲通信方式	40
2.7.4 信箱通信方式	41
2.8 死锁问题	43
2.8.1 死锁的定义	43
2.8.2 产生死锁的原因	45
2.8.3 产生死锁的必要条件	45
2.8.4 死锁的预防	45

2.8.5	死锁的避免	46
2.8.6	死锁的检测与解除	50
2.8.7	鸵鸟算法	51
2.9	处理器调度	51
2.9.1	调度算法	51
2.9.2	调度时机	53
2.9.3	调度过程	53
2.10	线程的概念	54
2.10.1	线程的定义	54
2.10.2	线程与进程的比较	54
	综合练习题二	55
第 3 章	存储器管理	59
3.1	存储管理的概念	59
3.1.1	存储系统的分类	59
3.1.2	物理地址和逻辑地址	59
3.1.3	静态重定位和动态重定位	60
3.1.4	存储管理的功能	60
3.1.5	内存扩充技术	61
3.1.6	存储管理的分类	63
3.2	分区存储管理	64
3.2.1	固定分区存储管理	64
3.2.2	可变分区存储管理	66
3.2.3	伙伴系统	70
3.3	页式存储管理	71
3.3.1	实分页式存储管理	71
3.3.2	虚拟页式存储管理	76
3.4	段式存储管理	82
3.4.1	实分段式存储管理	82
3.4.2	虚拟段式存储管理	85
3.5	段页式存储管理	88
	综合练习题三	88
第 4 章	文件管理	92
4.1	文件系统概述	92
4.1.1	基本概念	93
4.1.2	文件分类	94
4.1.3	文件的逻辑结构及文件的存取方式	95
4.1.4	文件操作	98

4.2	文件目录	99
4.2.1	目录内容	100
4.2.2	目录结构	100
4.2.3	目录检索技术	104
4.2.4	目录操作	105
4.3	文件系统的实现	106
4.3.1	文件的实现	106
4.3.2	目录的实现	110
4.3.3	文件共享的实现	111
4.3.4	磁盘空间管理	113
4.3.5	文件系统的一致性	117
	综合练习题四	120
第 5 章	操作系统安全性	124
5.1	安全性概述	124
5.2	影响系统安全性的因素	125
5.3	实现系统安全性的基本技术	126
5.3.1	认证机制	126
5.3.2	授权机制	131
5.3.3	备份、转储与恢复机制	134
5.3.4	加密机制	136
5.3.5	审计机制	141
5.3.6	防火墙机制	141
5.3.7	反病毒机制	145
5.4	安全性的设计原则	146
5.5	职业道德教育与法制建设	147
	综合练习题五	148
第 6 章	设备管理	150
6.1	设备管理概述	150
6.1.1	设备的分类	150
6.1.2	设备管理的目标	151
6.1.3	设备管理的功能	151
6.1.4	设备管理结构	152
6.1.5	设备控制器和 I/O 通道	152
6.2	I/O 控制方式	152
6.2.1	程序直接控制方式	153
6.2.2	中断控制方式	153
6.2.3	DMA 控制方式	153

6.2.4	通道控制方式	154
6.3	中断技术	156
6.3.1	中断的基本概念	156
6.3.2	中断分类与优先级	157
6.3.3	中断处理过程	157
6.4	缓冲技术	158
6.4.1	缓冲技术的基本思想	158
6.4.2	缓冲分类	159
6.5	设备分配及设备的处理程序	161
6.5.1	设备分配的数据结构	161
6.5.2	设备分配策略	161
6.5.3	设备处理程序	163
6.6	SPOOLing 系统	164
6.7	磁盘设备管理	166
6.7.1	磁盘结构	166
6.7.2	磁盘的访问时间	168
6.7.3	磁盘调度算法	169
6.7.4	磁盘缓存置换算法	172
6.7.5	提高磁盘输入/输出速度的方法	173
	综合练习题六	173
第 7 章	Windows 2000/XP 操作系统	176
7.1	Windows 2000/XP 的体系结构	176
7.1.1	核心态操作系统组件	177
7.1.2	用户进程	179
7.1.3	Windows 2000/XP 的对象模型	181
7.2	Windows 2000/XP 的处理器管理	182
7.2.1	Windows 2000/XP 中进程的实现	183
7.2.2	Windows 2000/XP 中线程的实现	184
7.2.3	Windows 2000/XP 中线程调度	186
7.2.4	Windows 2000/XP 的同步与互斥机制	189
7.3	Windows 2000/XP 的内存管理	190
7.3.1	地址转换机制	190
7.3.2	Windows 2000/XP 的内存分配	192
7.3.3	页面调度策略	195
7.3.4	物理内存管理	196
7.4	Windows 2000/XP 的文件系统	197
7.4.1	Windows 2000/XP 文件系统概述	197
7.4.2	NTFS 的卷和簇	197

7.4.3	主控文件表	198
7.4.4	NTFS 的文件实现机制	199
7.4.5	NTFS 的目录实现机制	200
7.4.6	NTFS 可恢复性支持	201
7.4.7	NTFS 安全性支持	202
7.5	Windows 2000/XP 的 I/O 系统	203
7.5.1	Windows 2000/XP I/O 系统结构和组件	203
7.5.2	Windows 2000/XP I/O 系统的数据结构	204
7.5.3	Windows 2000/XP 的设备驱动程序	206
	综合练习题七	208
第 8 章	Linux 系统内核结构	209
8.1	Linux 操作系统概述	209
8.1.1	Linux 的起源和历史	209
8.1.2	Linux 的特点	209
8.1.3	Linux 的基本结构	211
8.1.4	Linux 的源代码分布	212
8.2	Linux 用户接口及使用	212
8.2.1	Linux 用户接口	212
8.2.2	Linux 使用操作简介	214
8.3	Linux 进程管理	217
8.3.1	Linux 的进程	217
8.3.2	Linux 的进程控制块	218
8.3.3	Linux 的进程状态	220
8.3.4	Linux 的进程调度	222
8.3.5	Linux 的进程间通信与同步	223
8.4	Linux 虚拟内存管理	232
8.4.1	Linux 虚拟内存管理概述	232
8.4.2	Linux 进程的虚拟地址空间	233
8.4.3	Linux 物理内存空间的管理	235
8.4.4	用户态内存的申请与释放	236
8.4.5	内存的共享和保护	237
8.4.6	交换空间、页面换入和换出	237
8.4.7	缓冲机制	239
8.5	Linux 文件管理	240
8.5.1	Linux 文件系统概述	240
8.5.2	Linux 文件系统安装	240
8.5.3	Linux 虚拟文件系统	242
8.5.4	Linux 文件系统的缓冲机制	246

8.5.5 Linux 的主要文件操作.....	248
8.5.6 Linux 的 EXT2 及 EXT3 文件系统.....	251
8.6 Linux 设备管理.....	254
8.6.1 Linux 设备管理概述.....	254
8.6.2 Linux 硬盘管理.....	255
8.6.3 Linux 网络设备.....	256
8.6.4 Linux 设备驱动程序.....	257
综合练习题八.....	257
附录 1 模拟试题	259
模拟试题 1.....	259
模拟试题 2.....	262
附录 2 操作系统实验	265
附 2.1 使用级实验.....	265
实验 1 安装 Linux 操作系统.....	265
实验 2 安装 Windows 2000 操作系统.....	266
实验 3 Linux 系统的用户接口和编程界面实验.....	266
附 2.2 系统行为观察级实验.....	267
实验 4 观察 Linux 进程的异步并发执行.....	267
实验 5 Linux 进程间的通信.....	267
实验 6 观察内存分配结果.....	267
实验 7 观察内存使用情况.....	268
附 2.3 系统管理级实验.....	268
实验 8 在 Linux 中使用优盘.....	268
实验 9 使用 Windows 2000 的注册表屏蔽桌面上的“回收站”.....	268
附 2.4 源代码阅读级实验.....	269
实验 10 分析 Linux 进程调度程序.....	269
实验 11 跟踪系统查找文件过程.....	269
附 2.5 实现级实验.....	270
实验 12 进程调度模拟程序设计.....	270
实验 13 页面置换模拟程序设计.....	270
实验 14 文件系统模拟设计.....	271
附录 3 习题参考答案与提示	273
综合练习题一.....	273
综合练习题二.....	274
综合练习题三.....	278
综合练习题四.....	281

综合练习题五.....	284
综合练习题六.....	285
综合练习题七.....	287
综合练习题八.....	288
模拟试题 1.....	289
模拟试题 2.....	290
参考文献.....	293

第 1 章 操作系统概述

操作系统 (Operating System, OS) 是计算机中必不可少的、最重要的系统软件, 它负责有效而安全地管理计算机系统的一切软、硬件资源, 为用户使用计算机提供方便, 是其他软件运行的基础。近 50 年来, 操作系统不断地发展完善, 被形象地喻为计算机的“管家婆”、人与计算机之间的“桥梁”等。

本章主要介绍了操作系统的概念、基本类型、主要功能特征、体系结构、发展简史及其基本的运行环境等, 以使读者对操作系统的实现所涉及的主要内容先有一个总体认识, 从一章开始具体介绍操作系统的主要功能的实现原理。

1.1 操作系统的概念

每个计算机用户都用过操作系统, 都得到过它的服务和帮助, 但是要给操作系统下一个精确定义却并非易事。几十年来, 人们从不同角度对操作系统作过多种解释, 但至今尚无统一的定义。以下通过分析操作系统的地位和配置它的目的给出操作系统的非形式化的描述。

1.1.1 操作系统的地位

一个完整的计算机系统由两大部分组成: 计算机硬件和计算机软件。硬件部分指计算机物理装置本身, 主要包括处理器 (如中央处理器、输入/输出处理器)、存储器、输入/输出控制器和各种外部设备等。中央处理器是对信息进行高速运算和控制处理的部件; 存储器用来存放程序和数据; 输入/输出处理器和控制器用来控制和管理各种外部设备 (以下简称外设) 与主存储器 (也称内存, 以下简称内存) 间的信息传送。软件部分指由计算机硬件执行以完成一定任务的所有程序及其数据, 主要包括系统软件和应用软件两大类。操作系统、编译器、编辑器和数据库管理系统等是常见的系统软件; 其中操作系统是当今计算机必不可少的, 只有装上它, 别的软件才能运行, 我们才能使用计算机; 而财务管理程序、电脑摇奖程序、火车订票系统和浏览器等都属于应用软件。

没有配置软件的计算机称为裸机, 它仅仅构成了计算机系统的物质基础, 而实际呈现在用户面前的计算机系统是安装了若干软件后的计算机, 如图 1-1 所示。

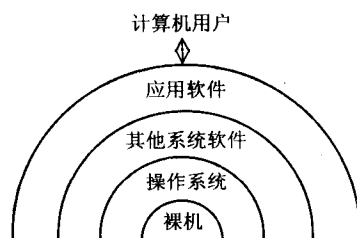


图 1-1 操作系统是用户与裸机之间的接口

由图 1-1 可见，操作系统是计算机系统中最基本最重要的系统软件，是裸机上的第一层软件，是对硬件功能的首次扩充，是其他软件的“基石”。

1.1.2 操作系统的管理目标和主要功能

操作系统作为计算机系统的“管家”，必须明确管理目标，或者说必须明白计算机配置操作系统的目的。为了充分理解这些管理目标，我们不妨借鉴对人类社会中成功管理的经验。例如，一个公司的管理部门，要提高经济效益，至少需要实现 3 个管理目标：开拓市场，搞好生产，用好资源。即：

- (1) 为客户提供种种方便，以争取接到尽量多的订单；
- (2) 制定生产计划，组织加工流程，提高生产效率，保证产品质量；
- (3) 及时获取并管理好所需各种资源，充分发挥资源作用，尽量消除浪费资源现象。

与此相类似，操作系统的 3 大目标是：为用户使用计算机提供方便，合理地组织计算机的工作流程，有效控制和管理计算机系统的各类资源。

再例如，一个公司为了实现自己的管理目标，主管人员至少要设置几个主要部门协同做好以下主要管理工作：处理订单、管理仓库、组织生产、保管物资和运输调度等。与此相似，作为计算机系统的“管家”，操作系统是由几部分模块协作完成如下 5 大管理功能：处理器管理、存储器管理、设备管理、文件管理和作业管理。

操作系统的处理器管理与公司组织生产相似，它主要负责协调系统中的多个程序，使它们正确、有效地占用处理器；存储器管理与公司管理仓库相似，它主要负责内存的分配与回收，程序的逻辑地址到物理地址的转换，内存的共享与保护以及内存的逻辑扩充等。设备管理与公司运输调度相似，它主要负责输入/输出设备的分配、共享、驱动调度和方便使用等。文件管理与公司保管物资相似，它主要负责文件存储介质的管理（主要是外存空间的分配与释放）、文件的按名存取（即文件目录的组织与查询等）、文件的保护与共享、文件的基本操作和文件系统的安全性等。作业管理与公司处理订单相似，它主要负责命令处理和作业调度。另外，操作系统还有用户接口、中断处理、时钟管理、诊断、出错处理，甚至网络管理等功能。

本书主要介绍单处理器多道程序环境下操作系统的前 4 个主要管理功能的实现原理，这也是目前多数操作系统内核（指操作系统中运行在核心态的部分）的主要功能。

1.1.3 操作系统的定义

根据前面关于操作系统的地位以及操作系统的目标的描述，可以给出关于操作系统的描述性定义。

操作系统是有效管理和控制计算机系统的各类资源，合理组织计算机的工作流程，并方便用户使用计算机的一组程序的集合。它是一个最基本的系统软件。

用通俗的话说，操作系统是计算机系统的“管家”，是硬件最亲密的“伙伴”，是“人机接口”。

1.2 操作系统的历史回顾

操作系统的发展与计算机用户的需求和计算机制造技术的进步以及计算机科学的发展

是密切相关的，它是从无到有，由简单到复杂，逐步发展起来的，至今已有近 50 年的历史。

1.2.1 操作系统的产生

在 1946~1955 年的第一代电子管计算机中是没有配置操作系统的。早期的每台机器都有一个小组专门来设计、制造、编程、操作和维护。编程全部采用机器语言，通过在一些插板上的硬连线来控制其基本功能。机器的使用方式是程序员到机房按照要运行的程序的指令要求将插板上的线缆插好，再开始长达几个小时的计算。要改变程序的运行，就要重新插拔这些导线，变更电路的连接，这都要靠手工来完成。这时的计算机很不可靠，只要一个真空管发生故障，计算机就无法运行。这个阶段所有的应用基本上都是数值计算问题。运行程序所需的过多的人工干预，包括运行前的手工准备，运行中的手工控制，运行后的手工整理，以及随时需要的人工维修，使得计算机难以发挥高速运算的能力。到 20 世纪 50 年代早期，出现了穿孔卡片，就不用插板了，而是将程序写在卡片上然后读入计算机，但其他过程则依然如故。随着计算机速度的迅速提高，人工干预与计算机计算所花时间之比也迅速增大，这种人机矛盾日益尖锐化。

解决人机矛盾的努力与计算机硬件的发展有着密切的关系。1955~1965 年的第二代晶体管计算机已经很可靠了，其运算和存储能力有了很大提高，外部设备中也出现了相对高速的磁带机。为了解决人机矛盾，人们首先想到的是如何摆脱从一个用户程序过渡到另一个用户程序时的人工干预，使其转换能自动进行。这就产生了由计算机对一批用户程序进行自动处理的所谓（单道）批量处理技术。相应的操作系统就产生了，典型的有后来被称作现代操作系统雏形的 FMS（FORTRAN Monitor System, FORTRAN 监控系统）和 IBSYS（IBM 为其 7094 机配备的操作系统）。这时的系统属于脱机 I/O 系统，机器的使用方式是操作员使用廉价的外围计算机从读卡机上依次把一批作业读到磁带上，再把这个输入磁带卸下，搬到较昂贵的主机上，然后启动主机上特殊的监控程序（现代操作系统的前身），由它从磁带上将第一个作业读入内存并运行，然后将其输出写到第一盘输出磁带上。每个作业结束后，监控程序（操作系统）自动地读入下一个作业运行。当这一批作业结束后，操作员更换输入磁带和输出磁带，将输入磁带换成下一批作业，然后把输出磁带拿到外围计算机上进行脱机打印。不难看出，这时的人机矛盾仍然存在。

1.2.2 操作系统的完善

从 20 世纪 50 年代末到 20 世纪 60 年代初，通道（指专用的 I/O 处理器）、中断和缓冲技术的出现和使用，使得多道程序并发执行成为可能。1965~1980 年的第三代集成电路计算机非常可靠，其运算和存储能力有了更大提高，外部设备中也出现了带键盘的终端和硬盘等更高速的设备。于是，内存中同时存放多道程序，使它们同时（在单机系统中只能交替）运行，共享系统资源的多道程序系统出现了，相应地旨在提高系统资源利用率和方便用户使用计算机的 3 种基本的操作系统也相继产生，它们是多道批处理系统、分时系统和实时系统。这时在作业运行过程中几乎没有人工干预，系统资源利用率和吞吐量（指系统在单位时间内所完成的总工作量）很高，用户作业周转时间（指作业从进入系统开始，直到其完成并退出系统为止所经历的时间）也比较令人满意。操作系统终于代替人工成了计算机系统的“管家”，其发展进入了成熟期，UNIX 是这个时期的典型代表。

1.2.3 操作系统的发展

从 1980 年至今，建立在大规模集成电路基础上的第四代计算机得到蓬勃发展。从个人计算机到并行机，再到网络，计算机体系结构也不断地发展变化。相应的微型机操作系统、并行操作系统、分布式操作系统、网络操作系统和嵌入式操作系统等也相继产生。操作系统的使用界面也从多年一贯的字符界面变成了图形界面。操作系统的结构除了有序分层的模块化结构外，还出现了虚拟机结构和客户/服务器加微内核结构等。DOS、OS/2、Windows 和 Linux 等是这一时期的典型代表。操作系统进入了一个新的发展时期。

1.3 操作系统的类型

对操作系统进行分类的方法很多，从不同的角度可以得到不同的划分。例如，按照计算机硬件的结构与规模可分为大型机操作系统、中型机操作系统、小型机操作系统、微型机操作系统、网络操作系统和嵌入式操作系统等。按照系统所能同时响应的用户与任务个数可分为单用户单任务操作系统、单用户多任务操作系统和多用户多任务操作系统等。而过去使用更广泛的一种分法是，按照系统处理任务的方式分为 3 种基本类型：多道批处理操作系统、分时操作系统和实时操作系统。今天如果再从这个角度划分，就应该包括分布式操作系统了。下面简单介绍几种主要的操作系统。

1.3.1 多道批处理操作系统

早期的单道批处理系统是一种独占式的批处理系统，系统在处理成批的作业时，内存中始终只保持一道作业，且该作业独占系统资源直至结束，故效率低下。多道批处理操作系统 (Multiprogrammed Batch Processing Operating System) 实际上是把批处理技术和多道程序技术相组合的产物，是高效的共享式的批处理系统，允许系统以高速、非人工干预的方式进行成批的用户作业的处理。它出现于 20 世纪 60 年代初期，目前仍在使用。

1. 多道批处理操作系统的运行方式

这样的系统属于假脱机 I/O 系统，机器的使用方式是操作员把用户提交的作业卡片放到读卡机上，系统通过 SPOOLing (Simultaneous Peripheral Operating On Line, 联机的同时外设操作，详见 6.6 节) 输入程序及时把这些作业送入外存的磁盘输入井，形成后备作业队列。然后系统的作业调度程序根据系统的当前情况和后备作业的特点，按照一定的调度原则选择一个或几个搭配合理的作业，将其装入内存并为之创建进程准备运行。接着系统的进程调度程序再按照一定策略调度各个进程依次占有处理器运行用户作业程序。当某个作业完成时，系统把它的计算结果交给 SPOOLing 输出程序准备输出，并回收该作业的全部资源。重复上述过程，使得所有作业一个接一个地流入系统，经过处理后又一个接一个地退出系统，形成一个源源不断的作业流。可见，这时的操作员再也不必搬运磁带了，系统资源得到极大地利用，但用户提交作业的同时必须提交采用系统提供的作业控制语言写的作业说明书，以提前向系统说明各个作业步 (指作业要求计算机系统做的一项相对独立的工作，即一个作业加工步骤) 的脱机控制需求，而且在作业运行整个过程中，用户不能与它进行交互，这对程序员