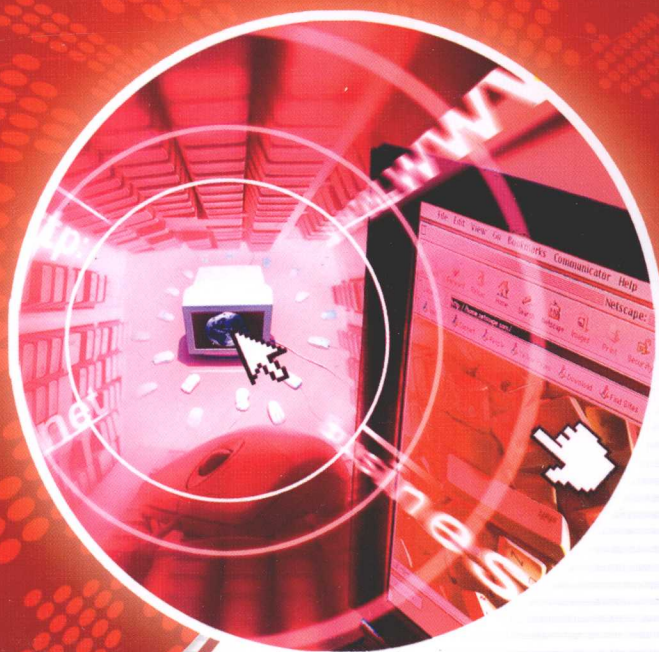




高等院校规划教材

主 编 柯敏毅 李 浩  
副主编 安志远 沈 华 许 卫

# 操作系统原理与实践



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

21 世纪高等院校规划教材

# 操作系统原理与实践

主 编 柯敏毅 李 浩

副主编 安志远 沈 华 许 卫



中国水利水电出版社  
[www.waterpub.com.cn](http://www.waterpub.com.cn)

## 内 容 提 要

作者集十多年教学实践,并结合最新的《全国硕士研究生入学统一考试计算机专业基础综合考试大纲》和操作系统的最新发展编写而成本书。全书共10章,主要内容包括操作系统概述、作业管理、进程管理、存储管理、设备管理、文件管理和常见操作系统对上述功能的实现的举例、操作系统安全与保密机制、网络操作系统、实践指导——典型操作系统实验范例。特别增加了4个操作系统的实训和大量的习题,对帮助学生认识操作系统核心内容有重要作用。

本书涵盖操作系统原理的基本内容,并将操作系统的基本原理与实际相结合。在内容取舍、文字描述、习题选择方面力求以面向实践、重在应用、便于教学组织为原则,在章节安排、形式体例、行文风格方面力求做到概念讲解透彻、内容难度适中。本书适合作为高等院校计算机及相关专业的教材,也可供各类大专院校师生参考,同时也可作为报考计算机及相关专业硕士研究生的复习用书。

本书配有 PowerPoint 制作的电子教案,任课教师可根据教学实际任意修改。读者可以到中国水利水电出版社或万水书苑网站免费下载,网址: <http://www.waterpub.com.cn/softdown/>或 <http://www.wsbookshow.com>。

## 图书在版编目(CIP)数据

操作系统原理与实践 / 柯敏毅, 李浩主编. — 北京:  
中国水利水电出版社, 2009.10

21世纪高等院校规划教材  
ISBN 978-7-5084-6892-1

I. ①操… II. ①柯… ②李… III. ①操作系统—高等学校—教材 IV. ①TP316

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第190419号

策划编辑: 雷顺加 责任编辑: 李 炎 封面设计: 李 佳

书 名	21世纪高等院校规划教材 操作系统原理与实践
作 者	主 编 柯敏毅 李 浩 副主编 安志远 沈 华 许 卫
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: <a href="http://www.waterpub.com.cn">www.waterpub.com.cn</a> E-mail: <a href="mailto:mchannel@263.net">mchannel@263.net</a> (万水) <a href="mailto:sales@waterpub.com.cn">sales@waterpub.com.cn</a>
经 售	电话: (010) 68367658 (营销中心)、82562819 (万水) 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	北京蓝空印刷厂
规 格	184mm×260mm 16开本 17印张 418千字
版 次	2009年10月第1版 2009年10月第1次印刷
印 数	0001—4000册
定 价	28.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

# 序

随着计算机科学与技术的飞速发展,计算机的应用已经渗透到国民经济与人们生活的各个角落,正在日益改变着传统的人类工作方式和生活方式。在我国高等教育逐步实现大众化后,越来越多的高等院校会面向国民经济发展的第一线,为行业、企业培养各级各类高级应用型专门人才。为了大力推广计算机应用技术,更好地适应当前我国高等教育的跨跃式发展,满足我国高等院校从精英教育向大众化教育的转变,符合社会对高等院校应用型人才培养的各类要求,我们成立了“21世纪高等院校规划教材编委会”,在明确了高等院校应用型人才培养模式、培养目标、教学内容和课程体系的框架下,组织编写了本套“21世纪高等院校规划教材”。

众所周知,教材建设作为保证和提高教学质量的重要支柱及基础,作为体现教学内容和教学方法的知识载体,在当前培养应用型人才中的作用是显而易见的。探索和建设适应新世纪我国高等院校应用型人才培养体系需要的配套教材已经成为当前我国高等院校教学改革和教材建设工作面临的紧迫任务。因此,编委会经过大量的前期调研和策划,在广泛了解各高等院校的教学现状、市场需求,探讨课程设置、研究课程体系的基础上,组织一批具备较高的学术水平、丰富的教学经验、较强的工程实践能力的学术带头人、科研人员和主要从事该课程教学的骨干教师编写出一批有特色、适用性强的计算机类公共基础课、技术基础课、专业及应用技术课的教材以及相应的教学辅导书,以满足目前高等院校应用型人才培养的需要。本套教材消化和吸收了多年来已有的应用型人才培养的探索与实践成果,紧密结合经济全球化时代高等院校应用型人才培养工作的实际需要,努力实践,大胆创新。教材编写采用整体规划、分步实施、滚动立项的方式,分期分批地启动编写计划,编写大纲的确定以及教材风格的定位均经过编委会多次认真讨论,以确保该套教材的高质量和实用性。

教材编委会分析研究了应用型人才与研究型人才在培养目标、课程体系和内容编排上的区别,分别提出了3个层面上的要求:在专业基础类课程层面上,既要保持学科体系的完整性,使学生打下较为扎实的专业基础,为后续课程的学习做好铺垫,更要突出应用特色,理论联系实际,并与工程实践相结合,适当压缩过多过深的公式推导与原理性分析,兼顾考研学生的需要,以原理和公式结论的应用为突破口,注重它们的应用环境和方法;在程序设计类课程层面上,把握程序设计方法和思路,注重程序设计实践训练,引入典型的程序设计案例,将程序设计类课程的学习融入案例的研究和解决过程中,以学生实际编程解决问题的能力为突破口,注重程序设计的实现;在专业技术应用层面上,积极引入工程案例,以培养学生解决工程实际问题的能力为突破口,加大实践教学内容的比重,增加新技术、新知识、新工艺的内容。

本套规划教材的编写原则是:

在编写中重视基础,循序渐进,内容精炼,重点突出,融入学科方法论内容和科学理念,反映计算机技术发展要求,倡导理论联系实际和科学的思想方法,体现一级学科知识组织的层次结构。主要表现在:以计算机学科的科学体系为依托,明确目标定位,分类组织实施,兼容互补;理论与实践并重,强调理论与实践相结合,突出学科发展特点,体现学科发展的内在规律;教材内容循序渐进,保证学术深度,减少知识重复,前后相互呼应,内容编排合理,整体

结构完整；采取自顶向下设计方法，内涵发展优先，突出学科方法论，强调知识体系可扩展的原则。

本套规划教材的主要特点是：

(1) 面向应用型高等院校，在保证学科体系完整的基础上不过度强调理论的深度和难度，注重应用型人才的专业技能和工程实用技术的培养。在课程体系方面打破传统的研究型人才培养体系，根据社会经济发展对行业、企业的工程技术需要，建立新的课程体系，并在教材中反映出来。

(2) 教材的理论知识包括了高等院校学生必须具备的科学、工程、技术等方面的要求，知识点不要求大而全，但一定要讲透，使学生真正掌握。同时注重理论知识与实践相结合，使学生通过实践深化对理论的理解，学会并掌握理论方法的实际运用。

(3) 在教材中加大能力训练部分的比重，使学生比较熟练地应用计算机知识和技术解决实际问题，既注重培养学生分析问题的能力，也注重培养学生思考问题、解决问题的能力。

(4) 教材采用“任务驱动”的编写方式，以实际问题引出相关原理和概念，在讲述实例的过程中将本章的知识点融入，通过分析归纳，介绍解决工程实际问题的思想和方法，然后进行概括总结，使教材内容层次清晰，脉络分明，可读性、可操作性强。同时，引入案例教学和启发式教学方法，便于激发学习兴趣。

(5) 教材在内容编排上，力求由浅入深，循序渐进，举一反三，突出重点，通俗易懂。采用模块化结构，兼顾不同层次的需求，在具体授课时可根据各校的教学计划在内容上适当加以取舍。此外还注重了配套教材的编写，如课程学习辅导、实验指导、综合实训、课程设计指导等，注重多媒体的教学方式以及配套课件的制作。

(6) 大部分教材配有电子教案，以使教材向多元化、多媒体化发展，满足广大教师进行多媒体教学的需要。电子教案用 PowerPoint 制作，教师可根据授课情况任意修改。相关教案的具体情况请到中国水利水电出版社网站 [www.waterpub.com.cn](http://www.waterpub.com.cn) 下载。此外还提供相关教材中所有程序的源代码，方便教师直接切换到系统环境中教学，提高教学效果。

总之，本套规划教材凝聚了众多长期在教学、科研一线工作的教师及科研人员的教学科研经验和智慧，内容新颖，结构完整，概念清晰，深入浅出，通俗易懂，可读性、可操作性和实用性强。本套规划教材适用于应用型高等院校各专业，也可作为本科院校举办的应用技术专业的课程教材，此外还可作为职业技术学院和民办高校、成人教育的教材以及从事工程应用的技术人员的自学参考资料。

我们感谢该套规划教材的各位作者为教材的出版所做出的贡献，也感谢中国水利水电出版社为选题、立项、编审所做出的努力。我们相信，随着我国高等教育的不断发展和高校教学改革的不断深入，具有示范性并适应应用型人才培养的精品课程教材必将进一步促进我国高等院校教学质量的提高。

我们期待广大读者对本套规划教材提出宝贵意见，以便进一步修订，使该套规划教材不断完善。

21 世纪高等院校规划教材编委会

2004 年 8 月

# 前 言

计算机操作系统是计算机系统配置的最重要的软件，在整个计算机系统软件中处于核心地位。操作系统设计的好坏直接决定计算机系统的性能和计算机用户使用计算机的方便程度。所以计算机操作系统是计算机科学技术类专业的重要基础课，也是考研课程。

本书将作为高等院校计算机类专业本科教材使用，内容涵盖了《全国硕士研究生入学统一考试计算机专业基础综合考试》大纲操作系统部分的全部内容，并将操作系统的基本原理与实际相结合。在内容取舍、文字描述、习题选择方面力求以面向实践、重在应用、便于教学组织为原则，在章节安排、形式体例、行文风格方面与传统的理科原理式的课程不同，努力做到概念引出自然、内涵与外延适中、深入浅出。比较适合作为高等院校计算机类专业本科教材，同时也可作为高职高专计算机相关专业的参考书。

本课程参考教学学时为 50 学时，实验 10 学时。各章主要内容及课时分配参考建议如下：

第 1 章概述操作系统的作用、发展历程、功能、特征、硬件环境和模型，建议 6 学时。

第 2 章主要介绍作业的基本概念、系统调用和作业调度算法及算法衡量标准，建议 4 学时。

第 3 章主要介绍进程的基本概念、进程的调度、进程的同步与互斥、进程通信、死锁概念与处理机制以及线程的概念，建议 10 学时。

第 4 章主要介绍存储管理的功能，讲述实存储器和虚拟存储器的各种方式和原理，建议 8 学时。

第 5 章设备管理主要介绍输入输出设备的基本概念、功能和控制方式，还介绍了设备的分配技术、缓冲技术和 I/O 的应用接口概念等，建议 6 学时。

第 6 章主要介绍文件、目录和文件系统的基本概念，文件系统的实现，文件共享和保护，以及磁盘的管理，建议 8 学时。

第 7 章列举了常见操作系统中的进程管理、内存管理、文件系统和设备管理的具体实现方法，建议 4 学时。

第 8 章主要介绍操作系统安全的定义、访问控制技术、数据加密技术和认证系统，建议 2 学时。

第 9 章主要介绍网络操作系统的相关概念、网络通信技术、网络资源共享技术和网络文件系统实现方式，建议 2 学时。

第 10 章是实践指导，提供了作业调度、进程调度、存储管理和文件管理这 4 个操作系统常用功能的实验指导。

本课程的前期课程为高级程序设计语言、数据结构、计算机组成和结构，后继课程为数据库理论、分布式操作系统等。

为方便教师使用多媒体教学，本书配有 PowerPoint 制作的电子教案，可根据教学实际任意修改。需要的教师或学生请到中国水利水电出版社或万水书苑网站免费下载，网址：<http://www.waterpub.com.cn/softdown/>或 <http://www.wsbookshow.com>。也可与作者（kmy0095@

sina.com) 联系, 获取更多相关教学资源。

本书由柯敏毅、李浩任主编, 安志远、沈华、许卫任副主编。主要编写人员分工如下: 柯敏毅编写第 1、2、3、10 章, 李浩编写第 4、5 章, 安志远编写第 6 章, 沈华编写第 7 章, 长江科学院长澳大地自控工程有限公司的许卫编写第 8、9 章。参加本书编写工作的还有梅清、谢芳、马洪娟、徐小平、宋士银、黄逵中等。

由于作者水平有限, 错误与不妥之处在所难免, 恳请读者与专家批评指正。

编者

2009 年 8 月

# 目 录

序

前言

第1章 操作系统概述.....1	2.1.2 批处理系统作业运行前的准备 ——作业控制语言..... 25
1.1 存储程序式计算机.....1	2.1.3 分时系统作业控制方法—— 键盘命令..... 27
1.1.1 存储程序式计算机的系统结构.....1	2.2 操作系统向作业提供的程序级接口 ——系统调用..... 28
1.1.2 作为扩展计算机功能的操作系统.....2	2.2.1 系统功能调用的分类..... 29
1.1.3 作为资源管理的操作系统.....2	2.2.2 系统功能调用的实现过程描述..... 29
1.1.4 操作系统的工作框架.....2	2.3 单道批处理系统的作业调度..... 30
1.2 操作系统的发展.....3	2.3.1 作业调度性能的衡量指标..... 31
1.2.1 手工操作阶段.....3	2.3.2 先来先服务作业调度算法..... 31
1.2.2 单道与多道批处理系统.....3	2.3.3 短作业优先调度算法..... 32
1.2.3 分时系统.....6	2.3.4 高响应比优先作业调度算法..... 32
1.2.4 实时系统.....7	2.4 多道批处理系统作业调度应考虑的因素.. 33
1.2.5 网络操作系统与分布式操作系统.....8	本章小结..... 34
1.2.6 嵌入式操作系统.....9	习题 2..... 34
1.3 操作系统的基本概念..... 10	第3章 进程管理..... 36
1.3.1 操作系统的定义..... 10	3.1 进程的概述..... 36
1.3.2 操作系统的基本功能..... 10	3.2 进程的引入和定义..... 37
1.3.3 操作系统的特征..... 14	3.2.1 进程的引入..... 37
1.4 操作系统的硬件介绍..... 15	3.2.2 进程的定义..... 40
1.4.1 中央处理器（CPU）..... 15	3.3 进程的状态和进程控制块..... 41
1.4.2 存储系统..... 16	3.3.1 进程的状态及状态变化图..... 41
1.4.3 中断机制..... 17	3.3.2 进程的结构、进程控制块及组织 方式..... 43
1.4.4 I/O 设备..... 19	3.4 进程控制..... 45
1.4.5 时钟..... 19	3.4.1 原语..... 46
1.5 操作系统的逻辑模型..... 20	3.4.2 进程控制原语..... 46
1.6 操作系统简介..... 20	3.5 线程的基本概念..... 47
1.6.1 DOS 操作系统..... 20	3.5.1 线程的引入..... 47
1.6.2 MS-Windows 操作系统..... 21	3.5.2 线程与进程的关系..... 48
1.6.3 UNIX 操作系统..... 21	3.5.3 线程的类型..... 49
本章小结..... 21	3.5.4 线程的特点..... 50
习题 1..... 22	
第2章 作业管理..... 24	
2.1 作业的基本概念..... 24	
2.1.1 作业的形成过程..... 24	



3.6 进程调度.....	50	4.3.3 页面置换算法.....	105
3.6.1 进程调度的职能.....	50	4.3.4 请求式分页存储管理性能分析举例.....	108
3.6.2 进程调度所用的主要数据结构.....	51	4.3.5 请求式分段存储管理与动态地址 重定位.....	111
3.6.3 进程调度的方式.....	51	4.3.6 段页式存储管理与动态地址重定位.....	114
3.6.4 进程调度算法.....	51	4.4 碎片与抖动问题.....	115
3.6.5 综合的调度策略——调度用的 进程状态切换图.....	55	本章小结.....	116
3.7 进程同步与互斥.....	56	习题 4.....	118
3.7.1 进程互斥.....	56	<b>第 5 章 设备管理</b> .....	121
3.7.2 互斥用的硬件机制.....	56	5.1 设备管理概述.....	121
3.7.3 进程同步.....	57	5.1.1 设备类型.....	121
3.7.4 用信号量实现进程同步.....	57	5.1.2 设备管理的任务和功能.....	122
3.7.5 三个经典的同步/互斥问题.....	59	5.1.3 设备控制块 (DCB).....	123
3.7.6 结构化的同步/互斥机制——管程.....	64	5.2 数据传送控制方式.....	123
3.8 进程通信.....	66	5.2.1 程序直接控制方式.....	124
3.8.1 共享存储区通信机制.....	66	5.2.2 中断控制方式.....	124
3.8.2 消息系统.....	67	5.2.3 DMA 方式.....	125
3.8.3 管道通信.....	69	5.2.4 通道控制方式.....	126
3.9 死锁问题.....	70	5.3 I/O 应用接口.....	128
3.9.1 死锁产生的原因和必要条件.....	70	5.4 缓冲技术与高速缓存.....	130
3.9.2 预防死锁.....	72	5.4.1 缓冲的引入.....	130
3.9.3 避免死锁.....	73	5.4.2 单缓冲.....	130
3.9.4 检测与解除死锁.....	75	5.4.3 双缓冲.....	131
本章小结.....	77	5.4.4 环形缓冲.....	131
习题 3.....	78	5.4.5 缓冲池.....	132
<b>第 4 章 存储管理</b> .....	82	5.4.6 高速缓存.....	133
4.1 存储管理的功能.....	83	5.5 设备分配技术.....	134
4.1.1 内存的分配与回收.....	83	5.5.1 独享设备的分配.....	134
4.1.2 地址重定位.....	84	5.5.2 共享设备的分配.....	134
4.1.3 存储保护.....	86	5.5.3 虚拟设备的分配与 Spooling 技术.....	135
4.1.4 虚拟存储器.....	87	5.6 I/O 进程控制.....	136
4.2 实存管理.....	87	5.6.1 用户进程的输入输出请求.....	136
4.2.1 固定分区存储管理.....	87	5.6.2 设备驱动程序.....	136
4.2.2 可变式分区存储管理.....	88	5.6.3 中断处理程序的处理过程.....	137
4.2.3 纯分页存储管理.....	94	5.6.4 I/O 调度.....	137
4.2.4 纯分段存储管理.....	98	本章小结.....	138
4.3 虚拟存储器管理.....	100	习题 5.....	139
4.3.1 虚拟存储器的概念.....	100	<b>第 6 章 文件管理</b> .....	141
4.3.2 请求式分页存储管理.....	101	6.1 文件与文件系统.....	141

6.1.1 文件与文件系统的概念 .....	141	之间的关系 .....	174
6.1.2 文件的分类、属性及文件系统的功能 .....	142	7.1.2 进程管理程序 .....	175
6.2 文件的逻辑结构 .....	143	7.1.3 线程调度 .....	176
6.2.1 逻辑结构 .....	143	7.2 UNIX 进程管理 .....	178
6.2.2 存取方法 .....	143	7.2.1 UNIX 进程状态 .....	178
6.3 文件的物理结构 .....	144	7.2.2 UNIX 进程描述 .....	179
6.3.1 顺序结构 .....	144	7.2.3 UNIX 进程控制 .....	180
6.3.2 链接结构 .....	144	7.2.4 UNIX 进程调度 .....	180
6.3.3 索引结构 .....	145	7.3 UNIX 进程通信与同步机制 .....	181
6.4 文件目录 .....	146	7.4 Windows NT 文件系统 .....	182
6.4.1 文件控制块和索引节点 .....	146	7.4.1 FAT 文件分配表 .....	182
6.4.2 单级目录结构 .....	148	7.4.2 NTFS 文件系统 .....	182
6.4.3 二级目录结构 .....	148	7.5 UNIX 文件系统索引结构介绍 .....	183
6.4.4 多级目录结构 .....	149	7.6 Linux 文件系统 .....	187
6.4.5 非循环图形目录结构 .....	150	7.6.1 EXT2 文件系统 .....	187
6.5 文件和目录的操作 .....	151	7.6.2 EXT2 索引节点 .....	188
6.6 文件系统的实现 .....	152	7.6.3 EXT2 超级块 .....	189
6.6.1 文件系统层次结构 .....	152	7.6.4 EXT2 中的目录 .....	190
6.6.2 文件实现 .....	153	7.7 UNIX NFS 文件系统 .....	190
6.6.3 目录实现 .....	156	7.8 Windows NT 存储管理的二级页表结构 .....	191
6.7 文件的共享与保护 .....	158	7.9 Linux 系统的内存管理技术 .....	193
6.7.1 文件的共享 .....	158	7.10 UNIX 内存管理技术 .....	195
6.7.2 文件保护 .....	161	7.11 UNIX I/O 设备管理 .....	199
6.8 文件的完整性 .....	163	7.12 Linux I/O 设备管理 .....	199
6.9 外存空间的管理 .....	163	本章小结 .....	200
6.9.1 外存的主要技术参数 .....	164	习题 7 .....	201
6.9.2 空闲块的管理 .....	164	<b>第 8 章 操作系统安全与保密机制</b> .....	203
6.9.3 分配策略 .....	166	8.1 概述 .....	203
6.10 磁盘组织与管理 .....	166	8.2 访问控制技术 .....	206
6.10.1 磁盘结构 .....	166	8.3 数据加密技术 .....	210
6.10.2 磁盘的驱动调度 .....	167	8.4 认证技术 .....	212
6.10.3 磁盘管理 .....	168	8.5 防火墙技术 .....	215
本章小结 .....	170	本章小结 .....	215
习题 6 .....	171	习题 8 .....	216
<b>第 7 章 常见操作系统典型功能和实现方法的举例</b> .....	174	<b>第 9 章 网络操作系统</b> .....	217
7.1 Windows NT 进程、线程的特点 .....	174	9.1 网络操作系统概述 .....	217
7.1.1 Windows NT 进程、线程及对象		9.1.1 网络拓扑结构 .....	217

9.1.4 网络操作系统实现策略.....	221	9.3.3 数据和软件资源共享.....	230
9.2 网络通信技术.....	222	9.4 网络文件系统.....	231
9.2.1 原语通信.....	222	本章小结.....	231
9.2.2 远程过程调用.....	225	习题 9.....	232
9.3 网络资源共享技术.....	228	<b>第 10 章 实践指导——典型操作系统实验范例</b> ...	<b>233</b>
9.3.1 硬盘共享.....	228	<b>参考文献</b> .....	<b>262</b>
9.3.2 打印机共享.....	229		

# 第 1 章 操作系统概述

## 本章导读

操作系统是计算机科学的一个重要研究领域，也是发展最为活跃的领域之一。一个新的操作系统中往往汇集计算机发展历史中传统的研究成果和技术以及当代计算机的最新科研成果，也体现计算机硬件技术和计算机系统结构发展的方向。通过操作系统的学习，可以使读者对计算机的了解上升到一个新的层次，更深入、系统地理解整个计算机系统的软件和硬件体系。

## 本章要点

- 操作系统的作用
- 操作系统的发展
- 操作系统的特征与功能
- 操作系统的硬件环境
- 多道程序设计的概念
- 操作系统的模型

## 1.1 存储程序式计算机

### 1.1.1 存储程序式计算机的系统结构

存储程序概念最早是由匈牙利籍数学家冯·诺依曼（Von Neumann）于 1946 年提出的，同时也提出了一个完整的现代计算机模型，从而使计算初步实现了自动化。

存储程序式计算机模型的基本方案是，要使计算机能够自动地计算，必须有一个存储器来存储程序和数据；同时要有个运算器，用以执行指定的操作；还要有一个控制器，以便实现自动操作；另外，辅以输入/输出部件，以便输入原始数据和输出计算结果。于是形成了现代计算机的基本组成形式，如图 1.1 所示。

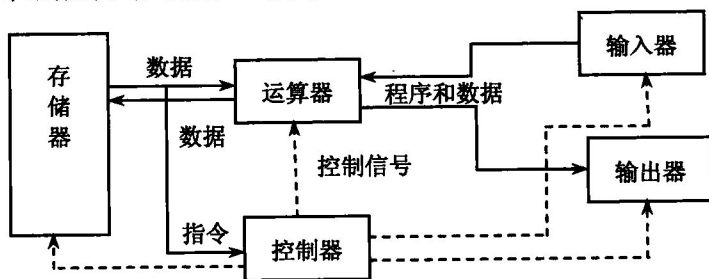


图 1.1 存储程序式计算机的组成

60 多年来, 虽然计算机结构经历了重大的变化, 性能也有了惊人的提高, 但就其结构原理来说, 存储程序式计算机至今仍占主流地位。

冯·诺依曼计算机是人类历史上第一次实现自动计算的计算机, 也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。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。由于计算是过程性的, 所以, 存储程序计算机是模拟人的手工计算的产物。它首先取原始数据, 执行一个操作, 将中间结果保存起来, 再取一个数, 与中间结果一起又执行一个操作, 如此继续下去。在有多个可能同时执行的分支时, 也是先执行完一个分支, 再执行第二个分支, 直到计算完成。由于冯·诺依曼计算机的计算模型是顺序过程计算模型, 所以它具备集中过程控制的根本特点。

### 1.1.2 作为扩展计算机功能的操作系统

一台完全无软件的计算机系统称为裸机, 即便其性能再强, 相对于用户来讲, 如果要面对计算机的指令集、存储组织、I/O 总线结构的编程仍是十分困难的。一般程序员也并不想涉足硬件编程的种种具体细节, 而希望针对数据结构抽象地使用硬件。如果在裸机上覆盖一层 I/O 设备管理软件, 用户便可以利用这层 I/O 设备管理软件提供给用户的接口来进行数据的输入和输出, 那么用户此时看到的计算机是一台功能强大、使用方便的计算机, 但实际上, 计算机的硬件丝毫没有变化, 这样的计算机称为软件扩充的机器, 或称软件虚拟机。同样, 如果在第一层软件上再覆盖一层文件管理软件, 用户利用该软件提供的文件存取指令来进行文件的存取, 那么, 用户看到的是一台功能更强的虚拟机; 如果在文件管理软件上再覆盖一层面向用户的窗口软件, 用户则可在视窗环境下方便地使用计算机, 形成一台功能极强的计算机。

由此可知, 每当人们在计算机系统上覆盖一层软件之后, 系统功能便会增强一个级别。如果我们把覆盖的软件理解成操作系统, 则经过多次软件扩充后的计算机就称为操作系统虚拟机。

操作系统属于系统软件, 是计算机系统中与硬件结合最密切的软件, 也是计算机系统中必不可少的软件。用户利用操作系统来操作整个计算机系统, 实际上, 操作系统的功能就是实现资源的管理和控制程序的执行。

### 1.1.3 作为资源管理的操作系统

从作为机器功能扩充的观点看, 操作系统是为用户提供基本的方便的接口, 这是一种自顶向下的观点或是自内向外的观点。但是从用户向机器的观点或自底向上的观点来看, 操作系统则用来管理一个复杂计算机系统的各个部分。现代计算机包含处理器、存储器、时钟、磁盘、终端、网络接口、打印机以及许多其他设备。从这个角度来看, 操作系统的任务是在相互竞争的程序之间有序地控制对处理器、存储器以及其他 I/O 接口设备的分配。

### 1.1.4 操作系统的工作框架

操作系统属于系统软件, 当打开计算机时通过“引导程序”首先进行系统初始化工作, 然后把操作系统中的核心程序装入主存储器, 并让操作系统的核心程序占用处理器开始执行。

操作系统的核心程序初始化工作完成后, 就等待用户从输入设备输入指令, 每接收一条

指令就对该指令进行处理。一条指令执行完毕后，等待下一条指令。

操作系统对每次接收的指令进行分析和处理，并按指令的要求调用编译程序、数据库程序或各种应用程序来执行指令。当这些程序执行时，操作系统处于等待状态，直到有某个事件发生。程序执行中发生的事件可能是程序发生错误，也可能是硬件故障，或者是因为需求外设而中断等。

对出现的各种事件都是由操作系统的各种服务程序去处理。在计算机系统中，对所有发生的事件均由硬件识别然后触发一个“中断”，然后，暂停原来程序的执行而转向操作系统的某个服务程序。操作系统的服务程序对出现的“中断”进行处理后，让出处理器，让暂停的程序继续执行，或者让其他的程序执行。

## 1.2 操作系统的发展

操作系统在现代计算机中起着十分重要的作用。它由客观需要而产生，随着计算机技术的发展和计算应用的日益广泛而逐渐发展和完善。其功能由弱到强，在计算机中的地位不断提高，已成为计算机系统的核心。我们研究操作系统的形成和发展可以用历史的观点去分析，以便从中体会到操作系统产生的必然性和促使它发展的根本原因。

### 1.2.1 手工操作阶段

从第一代计算机诞生到 20 世纪 50 年代中期还未出现操作系统，这时的计算机采用手工操作方式。其过程是：由程序员将对应于程序和数据的已穿孔的纸带或卡片装入输入机或卡片输入机，再启动它们将程序和数据输入计算机，然后启动计算机运行，当程序运行完毕取走计算结果后，才让下一个用户上机，如图 1.2 所示。

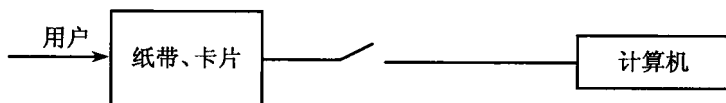


图 1.2 手工操作计算机

这种手工操作方式有以下两个缺点：

- (1) 用户独占全部计算机系统资源。
- (2) CPU 等待人工操作。用户进行装带（卡）、卸带（卡）等人工操作时，CPU 这个系统最重要的资源空闲。

可见，手工操作方式严重地损害了系统资源的利用率，即形成了所谓的高速的计算机设备与慢速的手工操作之间的矛盾。对早期的计算机来说，由于计算机本身拥有的资源并不多，只是计算速度慢，人机矛盾尚不突出。但随着 CPU 速度的提高，系统规模的扩大，人机矛盾日趋严重。为了克服人机矛盾，人们引入具有操作系统含义的批处理操作系统。

### 1.2.2 单道与多道批处理系统

所谓批处理系统是指加载在计算机上的一个系统软件，在它的控制下，计算机能够自动地成批地处理一个或多个用户的作业。

首先出现的是联机批处理系统，如图 1.3 所示。

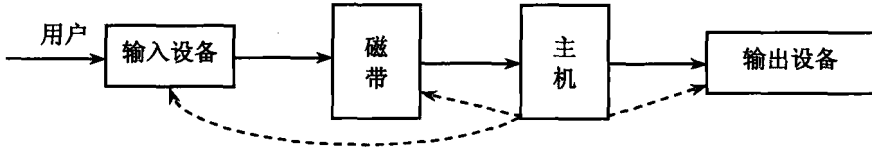


图 1.3 联机批处理系统

在主机与输入设备之间增加一个存储设备，在存于主机的操作系统的自动控制下，计算机可自动完成把输入设备的用户程序读入磁带，再自动把磁带上的用户作业读入主机内存并执行，在主机控制下完成计算结果向输出设备的输出。

如此看来，在主机操作系统的控制之下，用户作业的执行是自动成批进行的，这样的操作系统称为联机批处理系统。联机批处理系统有效地克服了人机矛盾，提高了计算机的利用率。

但是，主机与外设在处理速度上是不匹配的，即相对于外设而言，主机的计算速度远远高于外设输入输出数据的速度，在联机批处理方式下，对外设的控制都处于主机的控制之下，如图 1.3 虚线所示。在外设处理数据时，主机处于“忙等”状态，这样高速的主机与慢速的外设之间的矛盾就显现出来。为了克服与缓解主机与外设的矛盾，引入了脱机批处理系统，即脱离主机控制的输入/输出批处理系统，如图 1.4 所示。

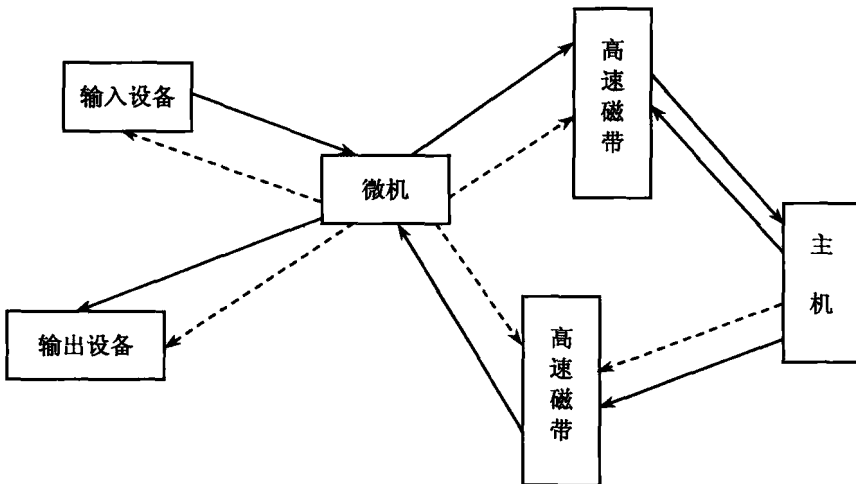


图 1.4 脱机批处理系统

脱机批处理系统控制作业的输入/输出过程是：利用一台或几台微机或主机的卫星机，让它们从输入设备上读取用户程序，并输出到磁带上；主机空闲时从输入磁带上取作业运行，并把结果输出到高速输出磁带上；当微机或卫星机空闲时，再控制向慢速外设上输出。

这样，主机只需对高速的外设实施控制，而不必直接控制慢速的输入/输出设备，从而有效地缓解了主机与设备之间的矛盾。

脱机批处理系统在 20 世纪 60 年代应用十分广泛，极大地缓解了人机矛盾及主机与外设的矛盾。IBM-7090/7094 配备的监督程序是现代操作系统的原型。

以上我们以单道批处理系统为例讲述了批处理系统的发展。如果主机内存中可以同时存放多道用户作业并发执行，操作系统从外存调入用户作业时可以考虑同时调入多道用户作业，则这样的操作系统称为多道批处理系统。

批处理系统虽然实现了作业的自动选择、作业的缓输入与缓输出，但也有很多缺点。例如，为了实现主机与外设的并行操作，引入了卫星机或微机专门负责 I/O 操作；当主机与高速外存通信时，其过程仍由主机控制。

20 世纪 60 年代，硬件获得了两方面的进展，引入了通道与中断技术。通道是一种专用处理机，它能控制一台或多台外设工作，负责外设与主存之间的信息传递，使 CPU 从繁重的 I/O 控制中解放出来，专心进行用户程序的计算。所谓中断是指当主机接到外界硬件发来的中断信号时，停止原来的工作，转去处理中断的事件。在处理中断完成以后，主机又回到原来的工作点继续工作。这样可以使用户程序的 I/O 申请完成后，主机能自动在原中断点之后继续运行，同时为多道程序并发执行打下了基础。

在通道和中断技术的支持下，输入/输出工作可以在主机控制下完成。批处理系统原有的监控程序不仅负责调度用户作业的自动运行，而且提供了输入/输出控制功能，从而系统功能更加强大。这个监控程序常驻内存，称为执行系统。

在单道批处理系统中，内存中仅有一道作业，中断和通道技术出现以后，虽然可以实现输入/输出设备与中央处理机并行操作，但由于属于同一道作业的可并发执行的进程不多，大多数进程是有同步关系的，这样系统中仍有较多的空闲资源，致使系统的性能较差。为了进一步提高资源的利用率和系统对作业的吞吐量，在 20 世纪 60 年代中期，引入了多道程序设计技术，由此形成了多道批处理系统。单道程序与多道程序的执行过程如图 1.5 和图 1.6 所示。

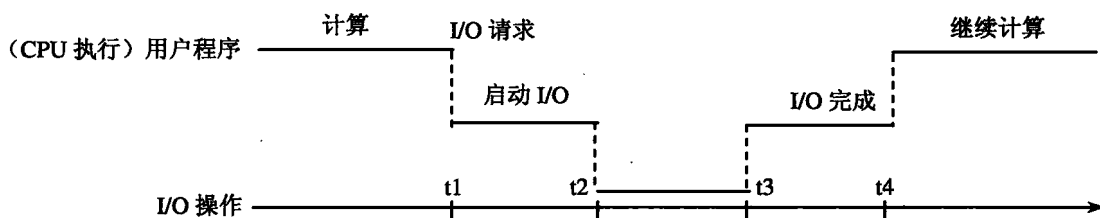


图 1.5 单道程序工作过程示意

从图 1.5 可以看出， $t_2 \sim t_3$  时间间隔内，只存在 I/O 操作，而 CPU 是空闲的。

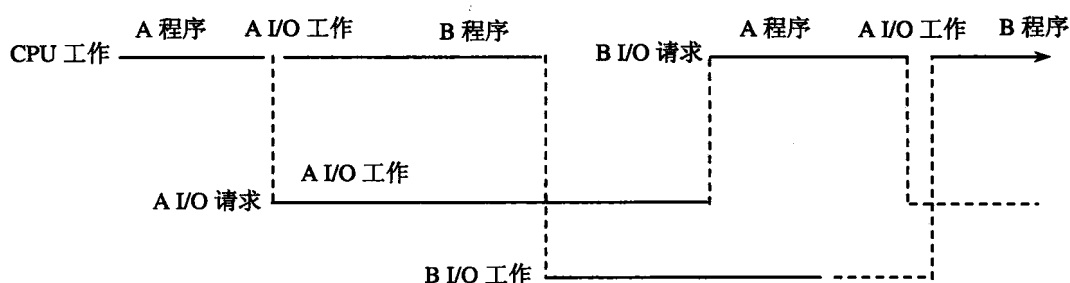


图 1.6 多道程序执行过程示意



从图 1.6 可以看出,在引入多道程序设计技术之后,计算机内存中同时存放几道相互独立的程序,使它们在操作系统的控制之下,相互穿插、交替地运行。当某道程序因某种原因不能继续运行下去时(如进行 I/O 操作),操作系统便将另一道程序投入运行,这样可以使 CPU 及外部设备处于“忙”状态,从而大大提高了计算机系统的效率。

在操作系统中引入多道程序设计技术以后,会使系统具有以下特征。

(1) 多道性。在内存中可同时驻留多道程序,并允许它们并发执行,从而有效提高了资源的利用率和系统的吞吐量。

(2) 无序性。多个作业完成的先后顺序与它们进入内存的顺序之间无严格的对应关系。即先进入内存的作业可能较后或最后完成,而后进入内存的作业可能先完成。

(3) 宏观上并行、微观上串行。同时存在于内存中的多道作业都处于运行状态,它们先后开始了各自的运行,但又都未运行完毕,好像多道作业在并行运行。但从微观上看,由于我们讨论的是单 CPU 系统,内存中的多道作业轮流、交替地使用 CPU,各作业仍是串行的。

(4) 调度性。作业从提交给系统开始直至完成,经历了操作系统的两次调度。第一,作业调度。这是指按一定的作业调度算法从外存的后备作业队列中选择若干个作业调入内存。第二,进程调度,即微观调度。指在可运行的、由作业运行时产生的多个进程中,选择一个,把 CPU 分配给它,使之执行。

### 1.2.3 分时系统

推动多道批处理系统形式和发展的主要动力是提高资源利用率和系统吞吐量。但是,多道批处理系统的一个重要缺点是不提供人机交互能力,即不方便用户调度。

在批处理系统中,用户以脱机操作方式使用计算机。用户上机前必须提交程序、数据和操作说明书,之后,他就完全脱离了自己的作业,由系统对包含了该任务的一批作业进行自动处理,等该批作业处理结束后,用户才能拿到计算结果,根据结果分析下一步处理方案。这种工作方式给用户使用计算机带来了不便,但好处是系统的吞吐量大。

手工操作阶段的联机工作方式是用户所欢迎的。那时,用户独占机器,并且直接控制程序的运行,可以随时了解程序运行情况。但这种工作方式因独占机器造成机器效率极低。

那么,能否既保证机器的效率,又方便用户使用计算机呢?由于硬件技术与计算机软件技术的发展产生了这种可能,随着主机速度的不断提高和采用了分时技术,一台计算机可同时为多个终端用户服务,而每个用户可在自己终端设备上联机使用计算机,好像自己独占机器一样。

分时技术是把处理机的时间分成很短的时间片,这些时间片轮流地分配给各个联机的作业使用。如果某作业在分配给它的时间片用完时仍未完成,则该作业就暂时中断,等待下一轮运行,并把处理机的控制权让给另一个作业使用。这样在一个相对较短的时间间隔内,每个用户作业都能得到快速响应,以实现人机交互。

分时系统与多道批处理系统相比,具有完全不同的特征,由上所述可以归纳成以下几点:

(1) 多路性。允许在一台主机上同时连接多台联机终端,系统按分时原则为每个用户服务。宏观上,是多个用户同时工作,共享系统资源;微观上,则是每个用户作业在分配的时间片上轮流运行。多路性意味着资源利用率得到提高。

(2) 独立性。每个用户各占一个终端,彼此独立操作,互不干扰。因此,用户逻辑上感觉他一人独占主机。