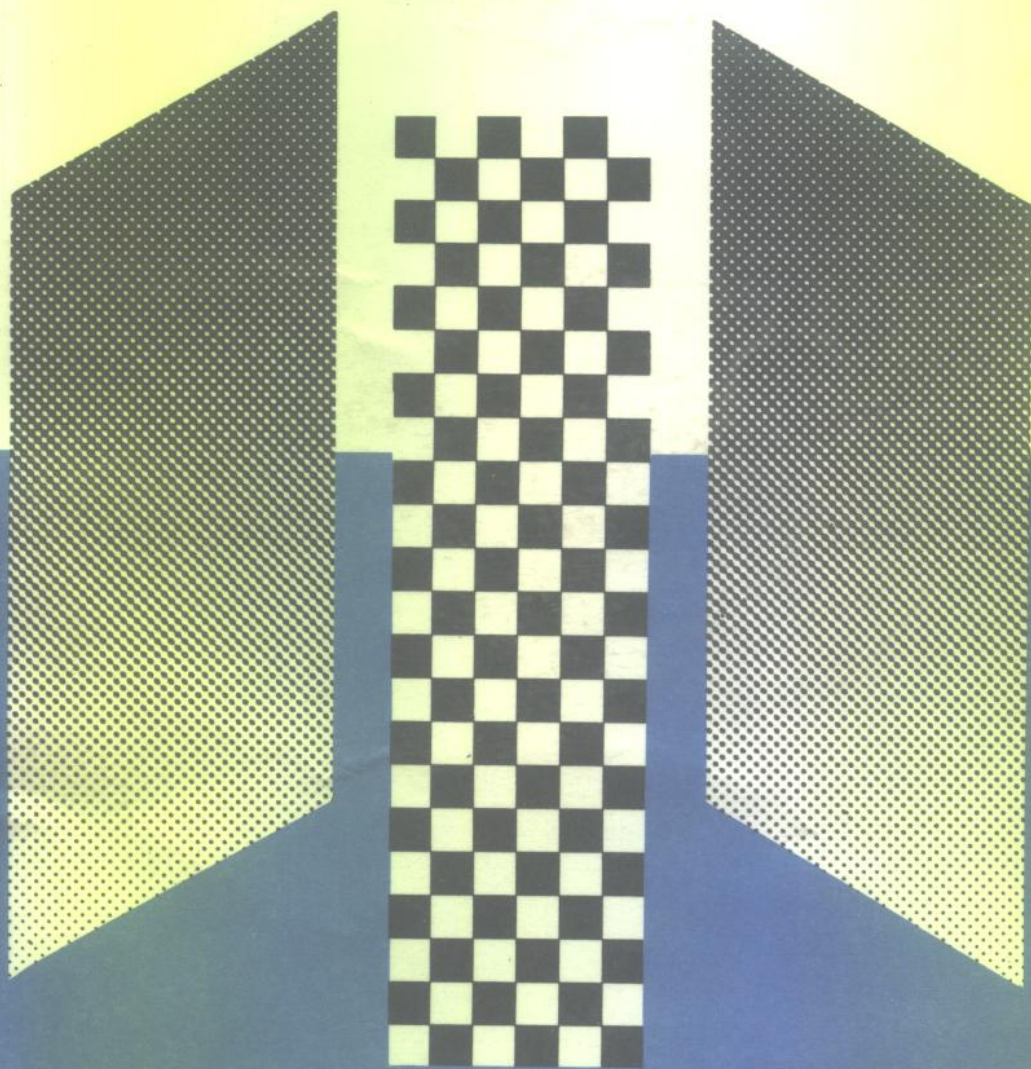


高等学校教材

# 计算机操作系统教程

周长林 左万历



高等教育出版社

TP316

Z80

445746

高等学校教材

# 计算机操作系统教程

周长林 左万历



00445746



10

高等教育出版社

(京) 112号

## 内 容 提 要

本书根据国家教育委员会1992年颁发的计算机专业教学基本要求编写而成。全书注重讲述计算机操作系统的基本概念、基本原理、设计方法、实现技术、以及最新发展等。既有—般理论又有具体实例，深入浅出，便于自学。书中还有一个较易于接受的理论模型，供教学时选用，以使读者更深刻地理解和掌握操作系统各部分的内容。

本书可作为高等学校计算机专业教材，也可供有关科技人员阅读参考。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

计算机操作系统教程/周长林, 左万历编著. —2版. —  
北京: 高等教育出版社, 1999重印  
ISBN 7-04-004907-4

I. 计… II. ①周… ②左… 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 (97) 第 29101 号

---

出版发行	高等教育出版社		
社 址	北京市东城区沙滩后街 55 号	邮政编码	100009
电 话	010—64054588	传 真	010—64014048
网 址	http://www.hep.edu.cn		
经 销	新华书店北京发行所		
排 版	高等教育出版社照排中心		
印 刷	北京印刷一厂		
开 本	787×1092 1/16	版 次	1994年9月第1版
印 张	17.5	印 次	1999年5月第7次印刷
字 数	470 000	定 价	16.90元

---

凡购买高等教育出版社图书，如有缺页、倒页、脱页等质量问题，请在所购图书销售部门联系调换。

**版权所有 侵权必究**

## 前 言

本书是根据国家教育委员会 1992 年颁发的计算机软件专业操作系统课程教学基本要求, 结合作者多年教学经验和科研成果, 参考国内外操作系统最新发展, 联系目前我国操作系统教学实际编写而成的. 在编写过程中, 我们力求做到体系完整、结构合理、内容丰富、取舍得当、概念准确、叙述清晰、观点明确、深入浅出、适用面广、便于自学, 适应 90 年代高等学校计算机专业操作系统教学的需要.

全书共分十四章: 第一章是对操作系统的概括性描述; 第二章给出操作系统的理论模型; 第三章至第六章讲述资源管理, 包括处理机管理、存储管理、文件管理、设备管理等; 第七章和第八章讲述任务管理, 包括作业管理和进程管理; 第九章讨论操作系统的体系结构; 第十章介绍网络与分布式操作系统; 第十一章讲述并发程序设计; 第十二章讲述操作系统管理; 第十三章介绍 UNIX 操作系统; 第十四章简述几个常见的操作系统.

考虑近年来操作系统在网络、分布式等方面有了较大的发展, 为提高学生的适应能力, 除基本内容外, 本书还增加了一些新的内容, 具体包括: (1) 网络与分布式操作系统, 介绍网络和分布式操作系统的基本原理以及与传统操作系统之间的联系和差别; (2) 并发程序设计, 在着重阐明操作系统对并发程序设计所应提供的支持的基础上, 概述几种并发程序设计语言并给出若干并发程序设计的例子; (3) 操作系统管理, 讲述系统管理员和操作员所应掌握的知识; (4) UNIX 操作系统, 描述 UNIX 操作系统所采用的主要技术和特点, 既使理论联系实际, 又使读者对这一著名的系统有一定程度的了解. 这样一来, 全书篇幅较长, 如因学时限制不能全部讲授, 对于增加的内容可以根据具体情况选择其中部分章节.

教材的第二章处于比较特殊的地位, 它给出了操作系统的理论模型. 考虑到易于讲解和接受, 此模型不是严格形式化的. 本章的目的是使学生在学操作系统具体内容之前, 先对操作系统的基本知识——资源、进程、资源共享、进程并发执行等有一个理性的认识, 以指导其后各章具体内容的学习. 由于本章具有较强的独立性, 可以安排在第九章之后讲授, 作为对前面具体内容的理论总结. 本章也可以不讲, 这不会影响其它章节的学习.

对于具体教学安排提出如下建议, 谨供参考:

(1) 用 48~54 个学时讲授基本内容, 包括第一章及第三章至第九章. 其中某些节(标记※号的)可以选讲. 有些内容可以由学生自学.

(2) 如有更多的学时, 可以根据教学目标选讲其余各章, 其中第十三章应当优先介绍.

(3) 各章的参考讲学时见附表.

本书由周长林负责总体策划以及第二章的编写, 其余各章均由左万历执笔.

限于作者水平, 错误与不妥之处在所难免, 恳请读者给予批评指正.

南京大学计算机科学系谭耀铭副教授在百忙之中审阅了本书, 并提出许多宝贵意见和有益的建议, 在此深表谢意.

作者

1993 年 8 月于吉林大学

附表：各章参考学时

章目	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二	十三	十四
学时	2	5	6	10	8	7	7	12	2	6	4	4	6	2
选讲		※								※	※	※	※	※

# 目 录

<b>第一章 操作系统概述</b> .....	1	习题 .....	13
1.1 操作系统的概念 .....	1	※ <b>第二章 操作系统理论</b> .....	15
1.1.1 操作系统的地位 .....	1	2.1 前言 .....	15
1.1.2 操作系统的作用 .....	1	2.1.1 操作系统理论所处的地位 .....	15
1.1.3 操作系统的定义 .....	2	2.1.2 操作系统理论的描述形式 .....	15
1.2 操作系统的历史 .....	2	2.1.3 操作系统理论的主要内容 .....	15
1.2.1 操作系统的产生 .....	2	2.2 并发程序 .....	16
1.2.2 操作系统的完善 .....	4	2.2.1 并发程序的概念 .....	16
1.2.3 操作系统的发展 .....	4	2.2.2 并发程序的不确定性 .....	16
1.3 操作系统的特性 .....	5	2.2.3 不确定性带来的问题 .....	16
1.3.1 程序并发性 .....	5	2.3 资源 .....	17
1.3.2 资源共享性 .....	6	2.3.1 资源的概念 .....	17
1.4 操作系统的分类 .....	6	2.3.2 资源的分类 .....	18
1.4.1 多道批处理操作系统 .....	6	2.4 进程 .....	19
1.4.2 分时操作系统 .....	7	2.4.1 进程的定义 .....	19
1.4.3 实时操作系统 .....	8	2.4.2 进程的执行 .....	19
1.4.4 通用操作系统 .....	8	2.4.3 进程与资源的关系 .....	19
1.4.5 单用户操作系统 .....	9	2.4.4 进程的互斥 .....	19
1.4.6 网络操作系统 .....	9	2.5 资源管理 .....	20
1.4.7 分布式操作系统 .....	9	2.5.1 主要资源管理思想概述 .....	21
1.5 操作系统的运行环境 .....	10	2.5.2 同步机制与资源管理 .....	21
1.5.1 定时装置 .....	10	2.6 进程管理 .....	26
1.5.2 系统堆栈 .....	10	2.6.1 进程同步 .....	26
1.5.3 特权指令与非特权指令 .....	11	2.6.2 进程通信 .....	28
1.5.4 处理机状态及状态转换 .....	11	2.6.3 进程死锁 .....	28
1.5.5 地址映射机构 .....	12	2.7 虚拟资源 .....	28
1.5.6 存储保护设施 .....	12	2.8 操作系统理论的形式化 .....	29
1.5.7 中断装置 .....	12	2.8.1 资源 .....	29
1.5.8 输入输出通道 .....	12	2.8.2 进程 .....	29
1.6 操作系统的界面形式 .....	12	2.8.3 指针选择 .....	29
1.6.1 交互终端命令 .....	13	2.8.4 有关理论问题 .....	30
1.6.2 作业控制语言 .....	13	2.9 本章小结 .....	30
1.6.3 系统调用命令 .....	13	习题 .....	30

<b>第三章 处理机管理</b> .....	32	4.3.1 界地址存储管理 .....	62
3.1 多道程序设计 .....	32	4.3.2 分页式存储管理 .....	63
3.1.1 单道程序设计的缺点 .....	32	4.3.3 分段式存储管理 .....	67
3.1.2 多道程序设计的提出 .....	33	4.3.4 段页式存储管理 .....	71
3.1.3 多道程序设计的问题 .....	34	4.4 外存管理技术 .....	74
3.2 进程的引入 .....	35	4.4.1 外存空间划分 .....	75
3.2.1 进程的概念 .....	35	4.4.2 外存空间分配 .....	75
3.2.2 进程状态及状态转换 .....	36	4.5 虚拟存储系统 .....	76
3.2.3 进程控制块 .....	37	4.5.1 虚拟页式存储系统 .....	76
3.2.4 进程的组成 .....	37	4.5.2 虚拟段式存储系统 .....	82
3.2.5 进程的表记 .....	38	※4.5.3 虚拟段页式存储系统 .....	85
3.2.6 进程的队列 .....	38	习题 .....	88
3.2.7 进程的类型 .....	38		
3.2.8 进程的特性 .....	39	<b>第五章 文件管理</b> .....	89
3.2.9 进程间的相互联系 .....	39	5.1 文件与文件系统 .....	89
3.2.10 进程间的相互作用 .....	39	5.1.1 文件 .....	89
3.2.11 进程的创建与撤消 .....	40	5.1.2 文件系统 .....	90
3.2.12 进程与程序的联系和差别 .....	40	5.2 文件的访问方式 .....	90
3.3 中断与中断系统 .....	41	5.2.1 顺序访问方式 .....	90
3.3.1 中断概念 .....	41	5.2.2 随机访问方式 .....	90
3.3.2 中断装置 .....	41	5.3 文件的组织 .....	91
3.3.3 中断处理程序 .....	44	5.3.1 文件的逻辑组织 .....	91
3.4 处理机调度 .....	50	5.3.2 文件的物理组织 .....	92
3.4.1 处理机调度算法 .....	50	5.4 文件目录 .....	96
3.4.2 处理机调度时机 .....	53	5.4.1 文件控制块与目录项 .....	96
3.4.3 处理机调度过程 .....	54	5.4.2 文件目录与目录文件 .....	97
习题 .....	55	5.4.3 单级目录与多级目录 .....	97
		5.4.4 文件目录的改进 .....	98
		5.4.5 根目录与当前目录 .....	99
		5.4.6 文件目录的查找 .....	99
<b>第四章 存储管理</b> .....	57	5.5 文件的共享 .....	100
4.1 存储管理的功能 .....	57	5.5.1 文件共享的目的 .....	100
4.1.1 存储分配 .....	57	5.5.2 文件共享的模式 .....	100
4.1.2 存储共享 .....	57	5.5.3 文件共享的实现 .....	100
4.1.3 存储保护 .....	58	5.6 文件的保护、保密与安全 .....	101
4.1.4 存储扩充 .....	58	5.6.1 文件的保护 .....	101
4.1.5 地址映射 .....	58	5.6.2 文件的保密 .....	102
4.2 内存资源管理 .....	59	5.6.3 文件的安全 .....	103
4.2.1 内存分区 .....	59	5.7 文件系统的实现 .....	104
4.2.2 内存分配 .....	59	5.7.1 内存所需的表目 .....	104
4.2.3 碎片处理 .....	61		
4.3 存储管理方式 .....	62		

5.7.2 外存空间的管理 .....	105	7.2.1 批处理作业控制语言 与作业说明书 .....	130
5.8 文件系统的界面 .....	106	7.2.2 批处理作业的状态及状态转换 .....	134
习题 .....	108	7.2.3 作业控制块与作业表 .....	135
<b>第六章 设备管理</b> .....	<b>110</b>	7.2.4 批处理作业的调度 .....	136
6.1 设备的分类 .....	110	7.2.5 批处理作业的控制 .....	139
6.1.1 输入输出型设备与存储型设备 .....	110	<b>7.3 交互式作业的管理</b> .....	<b>140</b>
6.1.2 块型设备与字符型设备 .....	110	7.3.1 终端命令语言与命令解释程序 .....	140
6.1.3 独占型设备与共享型设备 .....	110	7.3.2 终端用户的创建与清除 .....	141
6.2 设备的物理特性 .....	111	7.3.3 终端用户的注册与注销 .....	142
6.2.1 输入输出型设备的物理特性 .....	111	习题 .....	143
6.2.2 存储型设备的物理特性 .....	111	<b>第八章 进程管理</b> .....	<b>145</b>
6.3 通道技术 .....	114	8.1 并发进程 .....	145
6.3.1 设备、控制器、通道 .....	114	8.1.1 顺序性与并发性 .....	145
6.3.2 设备与内存间的连接 .....	116	8.1.2 与时间有关的错误 .....	145
6.4 设备的分配与去配 .....	117	8.2 进程互斥 .....	146
6.4.1 相关的数据结构 .....	117	8.2.1 共享变量与临界区域 .....	147
6.4.2 独占型设备的分配与去配 .....	118	8.2.2 临界区域与进程互斥 .....	148
6.4.3 共享型设备的分配与去配 .....	119	8.2.3 进程互斥的实现 .....	148
6.5 设备驱动 .....	119	8.3 进程同步 .....	154
6.5.1 通道程序 .....	119	8.3.1 进程同步的概念 .....	154
6.5.2 设备启动 .....	120	8.3.2 进程同步机制 .....	155
6.5.3 中断处理 .....	120	8.3.3 信号灯与PV操作 .....	155
6.5.4 设备调度 .....	120	※8.3.4 管程 .....	162
6.6 缓冲技术 .....	121	※8.3.5 会合 .....	172
6.6.1 缓冲技术的引入 .....	121	8.4 进程通信 .....	178
6.6.2 硬缓冲与软缓冲 .....	121	8.4.1 进程通信的概念 .....	178
6.6.3 缓冲池及其管理 .....	121	8.4.2 进程通信的模式 .....	179
6.6.4 缓冲技术的实现 .....	122	8.4.3 直接方式 .....	179
6.7 虚拟设备 .....	123	8.4.4 间接方式 .....	183
6.7.1 虚拟设备的引入 .....	123	8.5 进程死锁 .....	185
6.7.2 虚拟设备的实现 .....	124	8.5.1 死锁的概念 .....	185
6.7.3 虚拟设备的实例 .....	125	8.5.2 死锁的类型 .....	186
习题 .....	128	8.5.3 死锁的条件 .....	186
<b>第七章 作业管理</b> .....	<b>129</b>	8.5.4 死锁的处理 .....	187
7.1 作业及其分类 .....	129	8.5.5 资源分配图 .....	187
7.1.1 作业与作业步 .....	129	8.5.6 死锁的预防 .....	189
7.1.2 批处理作业与交互式作业 .....	129	8.5.7 死锁的避免 .....	190
7.2 批处理作业的管理 .....	130	8.5.8 死锁的发现 .....	193



8.5.9 死锁的解除 .....	195	10.6.2 远程过程调用 .....	220
8.5.10 有关问题的讨论 .....	195	10.7 死锁处理 .....	221
8.5.11 死锁的例子 .....	196	10.7.1 死锁预防 .....	221
习题 .....	198	10.7.2 死锁检测 .....	222
<b>第九章 操作系统设计</b> .....	201	10.8 资源管理 .....	222
9.1 操作系统的设计目标 .....	201	10.8.1 集中方式 .....	223
9.2 操作系统的基本内核 .....	202	10.8.2 分布方式 .....	223
9.2.1 内核的基本组成 .....	202	10.8.3 层次方式 .....	224
9.2.2 内核各部分之间的关系 .....	202	习题 .....	224
9.3 操作系统的体系结构 .....	203	<b>※第十一章 并发程序设计</b> .....	225
9.3.1 基于共享变量的结构 .....	204	11.1 并发程序设计的概念 .....	225
9.3.2 基于信件传递的结构 .....	204	11.1.1 顺序程序设计 .....	225
9.4 操作系统的设计方法 .....	205	11.1.2 并发程序设计 .....	225
9.4.1 模块接口法 .....	205	11.1.3 顺序性与并发性 .....	227
9.4.2 核扩充法 .....	205	11.2 并发程序设计的环境 .....	228
9.4.3 层次结构法 .....	205	11.2.1 创建子进程机制 .....	228
习题 .....	209	11.2.2 进程间同步机制 .....	230
<b>※第十章 网络与分布式操作系统</b> .....	210	11.3 并发程序设计语言 .....	231
10.1 计算机网络 .....	210	11.3.1 并发 PASCAL .....	231
10.1.1 网络的概念 .....	210	11.3.2 通信顺序进程 CSP .....	232
10.1.2 网络的组成 .....	210	11.3.3 Ada .....	234
10.1.3 网络的分类 .....	211	11.3.4 并发 C .....	234
10.1.4 网络的拓扑 .....	211	11.4 并发程序设计举例 .....	234
10.2 通信与协议 .....	213	习题 .....	239
10.3 计算模型 .....	214	<b>※第十二章 操作系统管理</b> .....	240
10.3.1 数据迁移 .....	215	12.1 操作系统生成 .....	240
10.3.2 计算迁移 .....	215	12.2 操作系统装入 .....	241
10.3.3 作业迁移 .....	215	12.3 操作系统初启 .....	241
10.3.4 进程迁移 .....	215	12.4 操作系统运行 .....	241
10.4 事件定序 .....	216	12.5 操作系统维护 .....	242
10.4.1 前发生关系 .....	216	12.5.1 改正性维护 .....	243
10.4.2 全序关系 .....	216	12.5.2 适应性维护 .....	243
10.5 进程互斥 .....	217	12.5.3 完善性维护 .....	244
10.5.1 集中方式 .....	217	12.6 操作系统安全 .....	244
10.5.2 分布方式 .....	217	12.6.1 口令管理 .....	244
10.5.3 标志传递方式 .....	218	12.6.2 闯入检测 .....	245
10.6 进程同步与进程通信 .....	218	习题 .....	245
10.6.1 消息传递 .....	219		

※第十三章 UNIX 操作系统介绍 .....	246	13.5.6 文件卷的装卸 .....	253
13.1 历史回顾 .....	246	13.5.7 磁盘空间管理 .....	255
13.2 系统结构 .....	247	13.6 设备管理 .....	255
13.2.1 内核部分 .....	247	13.6.1 设备分配 .....	255
13.2.2 外壳部分 .....	248	13.6.2 设备驱动 .....	255
13.3 进程管理 .....	248	13.7 系统调用 .....	257
13.3.1 进程组成 .....	248	13.7.1 有关进程的系统调用命令 .....	257
13.3.2 进程控制块 .....	249	13.7.2 有关文件的系统调用命令 .....	260
13.3.3 进程调度算法 .....	249	13.8 外壳语言 .....	261
13.3.4 进程互斥 .....	249	习题 .....	262
13.3.5 进程同步 .....	249	※第十四章 其它操作系统简介 .....	263
13.3.6 进程通信 .....	250	14.1 Atlas .....	263
13.4 存储管理 .....	250	14.2 CTSS .....	263
13.4.1 存储管理方式 .....	250	14.3 XDS—940 .....	263
13.4.2 存储分配算法 .....	250	14.4 THE .....	264
13.4.3 进程空间扩充 .....	250	14.5 RC 4000 .....	264
13.4.4 交换技术 .....	251	14.6 Multics .....	265
13.4.5 虚拟页式存储管理 .....	251	14.7 VMS .....	265
13.5 文件系统 .....	251	14.8 MVS .....	265
13.5.1 文件类型 .....	251	14.9 OS/360 .....	266
13.5.2 文件体系 .....	252	14.10 GCOS—8 .....	266
13.5.3 文件结构 .....	252	参考文献 .....	267
13.5.4 文件目录 .....	253		
13.5.5 文件系统映射 .....	253		

# 第一章 操作系统概述

## 1.1 操作系统的概念

关于什么是操作系统，目前尚无统一的定义。我们这里只能从操作系统在整个计算机系统中所处的地位以及所起的作用来给出关于操作系统的非形式化的描述。

### 1.1.1 操作系统的地位

我们知道，计算机系统是由硬件和软件两部分构成的。软件又分成系统软件与应用软件两类，操作系统是一个最基本也是最重要的系统软件。从虚拟机的观点来看，软件是划分为层次的。系统软件位于低层，应用软件位于高层。当然，系统软件和应用软件都可以进一步分层。如果将系统软件进一步分层的话，我们将发现操作系统位于最底层，如图 1-1 所示。

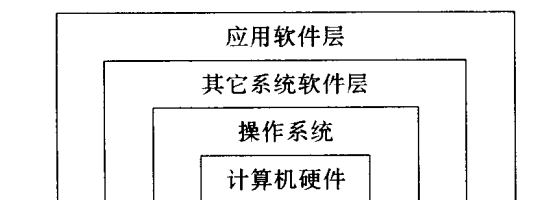


图 1-1 操作系统的地位

据此可以看出，操作系统是与计算机硬件关系最为密切的一个基本软件。

### 1.1.2 操作系统的作用

操作系统有两个重要的作用：

#### 1. 管理系统中的各种资源

一个多道计算机系统同时可为多个用户服务，也就是说在系统中同时有多个程序在执行。这些程序在执行的过程中可能会要求使用系统中的各种资源，例如当程序运行时需要处理机资源，输出时需要打印机资源。多个程序的资源需求经常会发生冲突，如程序 P1 和程序 P2 可能会同时想要使用打印机输出。如果对这些程序的资源需求不加以管理的话，则会造成混乱甚至可能损坏设备。也就是说在系统中需要有一个资源仲裁者，由它负责资源在各个程序之间的调度，保证系统中的各种资源得以有效的利用。这个资源仲裁者就是操作系统。

#### 2. 为用户提供良好的界面

早期的计算机是没有操作系统的，那时使用计算机需要大量的手工操作，既繁琐又费时。读者可以想象，如果没有操作系统，要运行一个用 PASCAL 语言编写的源程序将是多么困难。有了操作系统之后，原来需要由人来做的许多繁琐而又费时的操作由操作系统代替完成了，这使得用户能够非常方便地使用计算机系统。例如，要运行一个用 PASCAL 语言编写的源程序，用户只需在终端上键入几个命令便可完成。可以说，操作系统的产生是计算机发展过程中历史性的一步。

### 1.1.3 操作系统的定义

根据前面关于操作系统地位和操作系统作用的描述，我们现在可以给出关于操作系统的—个描述性定义：

粗略地说，操作系统是位于硬件层之上，所有其它软件层之下的一个系统软件，是管理系统中各种软件和硬件资源使其得以充分利用，方便用户使用计算机系统的程序集合。

应当指出，关于操作系统的概念是难于用几句话来概括的，读者需要在下面的学习过程中认真地加以体会。

## 1.2 操作系统的历史

为使读者了解操作系统的形成、完善和发展，我们简略地回顾一下操作系统的历史。

应当指出，由于操作系统是直接建造于硬件之上的，它的演变必然与计算机系统结构的演变有着密切的联系。可以说，操作系统的发展与硬件系统结构的发展相互促进、相互影响。一方面，为了方便而有效地使用硬件，导致了操作系统的产生；另一方面，为了利于操作系统的构造，硬件也经历了不断改进的过程。此外，由于操作系统为上层软件及用户提供界面，它的演变必然反映出上层软件及用户对于操作系统的使用要求。

简言之，操作系统经历了从无到有、由功能单纯到功能完整的演变过程，并且还处于进一步的发展之中，下面分别加以叙述。

### 1.2.1 操作系统的产生

计算机操作系统在从无到有的产生过程中经历了如下几个主要阶段。

#### 1. 手工操作阶段(40年代)

计算机诞生的初期并没有操作系统，人们采用手工操作方式使用计算机，典型作业的处理步骤如下：首先将程序和数据通过手工操作记录在穿孔纸带上；然后将程序纸带放到光电输入机上并通过控制台开关启动光电机将程序输入内存；继而再通过控制台开关启动程序由第一条指令开始执行；程序在运行的过程中通常需要人工干预，如将数据纸带放到光电输入机上，出错时显示错误地址并修改指令等；最后运行结果在电传打印机上输出。显然，这种操作方式有如下两个缺点：

- (1) 用户在其作业处理的整个过程中独享系统中的全部资源；
- (2) 手工操作所需的时间很长。

这种操作方式在计算机速度较慢的情况下是可以容忍的，但是当计算机速度大幅度提高之

后,就暴露出了严重的缺点.例如,假设一个作业在速度为每秒 1000 次的机器上运行需要 1 小时,手工操作所需要的时间为 4 分钟,则手工操作时间与程序运行时间之比为 1:15.若计算机的速度提高到每秒 600000 次,同样程序运行时间只需 6 秒钟,而手工操作时间不变,仍为 4 分钟,则手工操作时间与程序运行时间之比为 40:1,就是说,手工操作时间远远大于程序运行时间.因而,缩短手工操作时间在以晶体管为代表的第二代计算机出现后便成了亟待解决的问题.

其它软件在此阶段所取得的成就主要是汇编语言和汇编系统的出现,它在一定程度上减轻了用户使用计算机的负担.

## 2. 成批处理阶段(50 年代)

为了缩短手工操作的时间,人们自然想到的是使作业到作业之间的过渡摆脱人的干预,实现自动化,如此便出现了成批处理.成批处理经历了两个阶段:即联机批处理阶段和脱机批处理阶段.

(1) 联机批处理:早期的批处理是联机的.其工作原理如下:操作员将若干个作业合成一批,并将其卡片依次放到读卡机上,监督程序通过内存将这一批作业传送到磁带上,输入完毕监督程序开始处理这一批作业.它自动地将第一个作业读入内存,并对该作业的程序进行汇编或编译,然后将产生的目标程序与所需要的例行子程序连接装配在一起,继而执行该程序,计算完成之后输出其结果.第一个作业处理完毕立即开始处理第二个作业,如此重复直到所有作业处理完毕.此时,监督程序将第二批作业由读卡机传送到磁带上,并按上述步骤处理.这样,监督程序不间断地处理各个作业,实现了作业之间转换的自动化,大大地缩短了手工操作时间.不过,联机批处理也有一个缺点,即作业由读卡机到磁带的传输需要处理机完成,由于设备的传输速度远远低于处理机的速度,在此传输过程中处理机仍会浪费较多的时间.

(2) 脱机批处理:为了克服联机批处理的缺点,引入了脱机批处理.它的思想是把输入输出操作交给一个功能较为单纯的卫星机去做,使主机从繁琐耗时的输入输出操作中解脱出来.其基本原理如图 1-2 所示.待处理的作业由卫星机负责经读卡机传送到输入磁带上,主机由输入磁带读入作业并加以处理,其结果送到输出磁带上,最后由卫星机负责将输出磁带上的结果信息在打印机上输出出来.

批处理系统是操作系统的雏形.在此阶段,其它软件也有了相应的发展.如输入输出标准程序、高级语言编译程序、连接装配程序等.

## 3. 执行系统阶段(60 年代初期)

批处理较手工操作前进了一大步,但它仍有一些缺点:如需要额外的卫星机,磁带的装卸需要手工操作等.

在 60 年代初期,硬件在两方面取得了重要的进展,一是通道的引入,二是通道中断主机功能的出现.这是操作系统发展史上的重要事件,它推动操作系统进入执行系统阶段.

通道也称 I/O 处理机,它具有自己的指令系统和运控部件,与处理机共享内存资源.通道可以受处理机的委托执行通道程序完成输入输出操作,通道的 I/O 操作可以同处理机的计算工作完全并行,并在 I/O 操作完成时向处理机发出中断请求.这样,作业由读卡机到磁带的传输以及结果由磁带机到打印机的传输可由通道完成,这既非联机,也非脱机,称作“假脱机”或“伪脱机”.通道取代了卫星机,也免去了手工装卸磁带的麻烦.

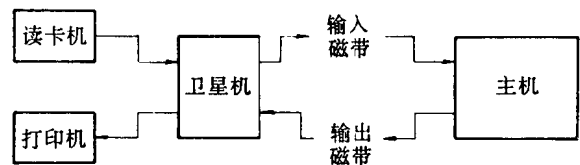


图 1-2 脱机批处理

执行系统是操作系统的初级阶段，它为操作系统的最终形成奠定了基础。

## 1.2.2 操作系统的完善

操作系统由形成到完善经历了如下几个主要的发展过程。

### 1. 多道成批处理系统(60年代初期)

执行系统出现不久，人们就发现在内存中同时存放多道作业是有利的，当一道作业因等待 I/O 传输完成等原因暂时不能运行时，系统可将处理机资源分配给另外一个可以运行的程序。如此便产生了多道批处理操作系统。

多道批处理的出现是操作系统发展史上一个革命性的变革，它将多道程序设计的概念引入操作系统中。我们后面将会讲到，多道程序设计与传统的单道程序设计相比具有本质的差别。它的引入给操作系统在理论及实践等各个方面都带来了许多新的研究课题。

### 2. 分时系统(60年代初中期)

手工操作是一种联机操作方式，其效率很低。成批处理系统否定并代替了手工操作，是一种脱机操作方式。执行系统及多道成批处理系统是成批处理系统的进一步发展，属于更高级的脱机处理方式。但是，多道成批处理系统出现不久，人们便发现仍有联机操作的必要，其原因是这样的：对于脱机操作来说，程序员无法了解其作业的执行情况并对其进行动态控制，如果作业在处理过程中出现错误，程序员不能对其进行及时的修改，必须等待批处理结果输出后才能从输出报告中得知错误所在，并对其进行修改，然后再次提交批作业，如此可能需要重复多次，使得作业的处理周期比较长。也就是说，脱机方式非常不利于程序的动态调试。

为达到联机操作的目标，出现了分时系统。分时系统由一个主机和若干个与其相联的终端所构成，用户可在终端上输入和运行他(她)的程序，系统采用对话的方式为各个终端上的用户服务，便于程序的动态修改和调试，缩短了程序的处理周期。由于多个终端用户可以同时使用同一个系统，因而分时系统也是以多道程序设计为基础的。

多道成批处理系统与分时系统各有千秋，前者适用于大型科技计算任务，后者适合于交互式任务。它们是现代操作系统的两大主要类别。多道批处理系统和分时系统的出现标志着操作系统已进入完善阶段。

### 3. 实时处理系统(60年代中期)

在60年代中期，集成电路取代了分立元件，计算机进入了第三代。由于性能的提高，计算机的应用范围迅速扩大，从传统的科技计算扩展到商业数据处理，进而深入到各行各业，例如工业自动控制、医疗诊断、航班订票等。这样就出现了实时操作系统。

多道批处理操作系统、分时操作系统和实时操作系统是传统操作系统的三大类别，它们为通用操作系统的最终形成做好了必要的准备。

### 4. 通用操作系统(60年代后期)

为了进一步提高计算机系统的适应能力和使用效率，人们将多道批处理、分时和实时等功能结合在一起，构造出多功能的通用操作系统。通用操作系统可以同时处理实时任务、接受终端请求、运行成批作业。当然，通用操作系统更加庞大、更加复杂、造价也更高。

## 1.2.3 操作系统的发展

70年代至今，人们已经成功地设计出许多可运行的优秀操作系统，例如：Atlas[英国曼彻斯

特大学]、XDS-940[美国加州大学伯克利分校]、THE[E. W. Dijkstra, 荷兰]、RC-4000[P. B. Hansen, 丹麦]、CTSS[美国 MIT]、Multics[美国 MIT]、OS/360[美国 IBM 公司]、VMS[美国 DEC 公司]、GCOS-8[美国 Honeywell 公司]、B7000 MCP[德国 Brouchs 公司]、UNIX[美国 Bell Labs]等。

近二十年来,操作系统的发展主要受两方面的影响,一是硬件体系结构的变化,二是上层软件及用户的要求。

#### 1. 硬件体系结构的影响

计算机硬件体系结构的变革面向两个方向:(1)由集中向分散发展,出现了计算机网络;(2)由专用向多用发展,出现了微型计算机。

计算机网络是计算机技术与现代通信技术相结合的产物,它突破了空间上的限制,使得地理上分散、功能各异的计算机连接在一起,形成一个相对完整、功能更加强大的计算机系统。它在商业、文化、教育、通信、管理、军事等各个领域为计算机的应用开辟了更加广阔的前景,成为现代信息化社会最重要的工具。计算机网络的出现也为操作系统的研究提出了新的课题:即如何有效地管理网络中的资源。为此出现了网络操作系统和分布式操作系统。在可以预期的未来,网络操作系统及分布式操作系统仍将是操作系统发展的主导方向,由此而带来的计算机安全问题将引起操作系统研究者的普遍关注。

随着微处理机技术的迅猛发展,家庭和商用的微型计算机得到了广泛普及。这些微型计算机具有性能较好、价格低廉等特点。这使得硬件资源共享失去了原有的重要性。在这种微型计算机上,单用户单任务的操作系统占主导地位,这种操作系统的主要任务不是管理资源,而是为用户提供良好的使用环境。

#### 2. 上层软件及用户的要求

上层软件及用户的要求也为操作系统的研究提出了新课题:为了方便数据库的建造,产生了支持数据库的操作系统;知识工程与知识系统的兴起,要求提供支持知识库的操作系统;人工智能技术与操作系统技术的结合产生了智能化操作系统;与面向对象程序设计方法相适应,开展了面向对象操作系统的研究。

## 1.3 操作系统的特性

操作系统也是一个程序,不过与其它程序相比,它有两个非常重要的特性:即程序的并发性与资源的共享性。把握操作系统的这两个特性对于深刻理解操作系统会有很大帮助。

### 1.3.1 程序并发性

所谓程序并发是指在计算机系统中同时存在有多个程序,宏观上看来,这些程序是同时向前推进的。程序的并发性具体体现在如下两个方面:(1)用户程序与用户程序之间并发执行;(2)用户程序与操作系统程序之间并发执行。

这里我们需要区别两个相关但不完全相同的概念:即程序并发与程序并行。程序并行要求微观上的同时,即在绝对的同时时刻有多个程序同时向前推进;而程序并发并不要求微观上的同时,只需要在宏观上看来多个程序都在向前推进。显然,要实现程序并行必须要有多个处理机;但在单处理机环境中也可实现程序并发,此时这些并发执行的程序是按照某种次序交替地获得处

理机并运行的，由于处理机的速度很快，因而宏观上看来，这些程序都在向前推进，仿佛每个程序都拥有一台属于自己的处理机，即所谓的虚处理机。

显然，程序并行是程序并发的一个特例。

### 1.3.2 资源共享性

所谓资源共享是指操作系统程序与多个用户程序共用系统中的各种资源。这种共享是在操作系统的控制下实现的。当然，为实现这种控制操作系统也需消耗资源。这些资源包括处理机、内存、存储器、外存储器、设备、信息等。对于一个给定的计算机系统来说，它的资源配置情况是相对固定的。而程序对于资源的需求则是变化的，且通常是不可以预知的。操作系统要掌握系统中当前资源的使用情况，并据此决定各程序进入系统的次序以及使用资源的次序。

## 1.4 操作系统的分类

按照操作系统的功能可将其分为如下几类：多道批处理操作系统、分时操作系统、实时操作系统、通用操作系统、单用户操作系统、网络操作系统、分布式操作系统等，下面分别作简略介绍。

### 1.4.1 多道批处理操作系统

多道批处理操作系统(Batch Processing Operating System)是以脱机操作为标志的操作系统，特别适合于处理运行时间比较长的程序，其工作原理如图 1-3 所示。

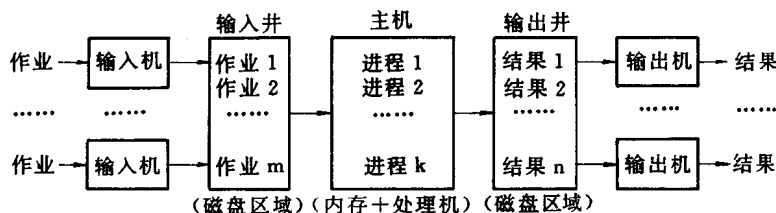


图 1-3 批处理系统工作原理

由于使用这种系统时，用户无法对其程序的运行状况施行交互性控制，当他(她)将一个计算任务交给系统处理时，必须将其控制意图“告诉”操作系统，如第一步做什么，第二步做什么，……，出错时如何处理等。为此，他(她)需要用操作系统所提供的作业控制语言书写一个说明书，该说明书称为作业说明书，并将其与程序和数据一并交给系统，操作系统按照作业说明书所规定的步骤完成相应的计算任务。用户程序、数据、以及作业说明书合在一起称为作业。

批作业的处理步骤如下：

用户将作业(程序、数据、说明书)交给机房，操作员在适当的时刻将其放到某台输入机上并启动其工作，通道负责将作业传输到磁盘输入井中，以后适当时刻经通道传输进入内存处理，此时作业以“进程”为单位在内存中运行，运行结束后，其结果经通道传输进入磁盘输出井中，最后再



由通道负责将其在输出机上以用户可见的形式显示出来。

输入井和输出井分别为磁盘或磁鼓上的两个区域，输入井用于保存已经输入，尚未处理的作业；输出井用于保存处理完毕，尚未输出的结果。设置输入井和输出井的目的主要有两个：(1) 协调输入输出设备速度与处理机速度之间的差异；(2) 为作业调度提供条件。如果没有输入井，系统只能按照自然次序处理作业。设置输入井后，系统可以根据调度需要在输入井中选择进入内存的作业，使得内存中运行的作业搭配合理。

批处理系统具有如下两个特性：

(1) 多道：内存中同时存在有多个正在处理的作业，而且外存输入井中还有多个尚待处理的作业；

(2) 成批：作业逐批地进入系统，逐批地处理，逐批地离开系统。作业与作业之间的过渡由操作系统控制，不需用户的干预。

## 1.4.2 分时操作系统

分时操作系统(Time Sharing Operating System)是以联机操作为标志的操作系统，特别适合于程序的动态调试和修改。

在一个分时系统中，一个主机同多个交互终端相连，这些终端可能是近距离的，也可能是远程的，每个终端上可以有一个用户，系统以对话的方式与终端用户交往。如图 1-4 所示。

分时系统为终端用户提供一组交互终端命令，它是用户与操作系统之间的界面。用户进入系统后，可以在终端上键入终端命令，该命令被操作系统接收，后者执行一段系统程序，完成用户交给的任务，然后给出一个回答，用户根据回答确定下一个将要键入的命令，如此直至用户完成其计算任务后退出系统。

这类系统是采取分时的方法为多个终端用户提供服务的，它将时间划分为若干个片段，称作时间片，并以时间片为基本单位轮流地为各个交互终端用户服务。由于时间片通常很小，如十几毫秒

或几十毫秒，系统为所有用户服务一次仅需较少的时间。例如对于一个拥有 50 个终端的系统来说，假设时间片长度为 40 毫秒，一个终端每隔两秒钟左右便能得到一次系统响应。

分时系统具有如下三个重要的特性：

(1) 多路性：也称多路调制性，即一个主机可以同时与多个终端相连。根据硬件配置情况不同，同一主机可与几个、十几个、以至数十个，甚至上百个终端连在一起；

(2) 交互性：也称交往性，即系统以对话的方式为各终端用户服务。用户在终端上可以方便地录入、调试、修改、运行其程序；

(3) 独占性：由于计算机的速度很快，相比之下人的手工操作速度较慢，因而每个用户感觉仿佛独占整个计算机系统，而不知道其他用户的存在，即每个终端用户实际上都拥有一台完全属于自己的虚拟机。

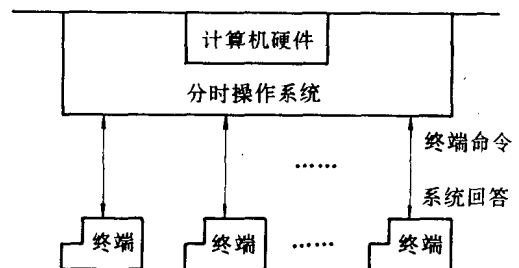


图 1-4 分时系统示意图