

操作系统基础

CAOZUOXITONGJICHU

屠立德

清华大学出版社

操作系统基础

屠立德

清华大学出版社

内 容 提 要

本书共分六部分(十三章),第一部分介绍了有关操作系统的基本概念,以及操作系统运行的基本的软硬件环境。第二部分探讨了多道操作系统极为重要的基础——并行程序设计。第三部分讨论了作业和进程的调度以及死锁问题。第四部分中分别讲述各种实用的实存储器和虚拟存储技术及其最新发展。第五部分介绍了设备和文件管理中有关问题。第六部分探讨了操作系统的层次结构,并介绍了 UNIX, CP/M, MP/M 等操作系统。本书作为电视大学计算机专业教材,内容丰富,通俗易懂,便于自学。也可作为大、专院校计算机专业的教科书和参考书使用。

操 作 系 统 基 础

屠 立 德

☆

清华大学出版社出版

北京 清华园

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

☆

开本: 787×1092 ¹/₁₆ 印张: 14.5 字数: 271 千字

1987年11月第1版 1987年11月第1次印刷

印数: 00001—10000

统一书号: 15235·332 定价: 2.95元

ISBN 7-302-00088-3/TP·23(课)

前 言

随着我国计算机的广泛应用和普及，全国各地掀起了学习计算机技术的热潮。各大专院校、科研单位、工厂和其它企事业单位的许多与计算机有关的技术人员，对计算机知识的需求已从初级向高级发展，迫切要求了解更多的计算机系统软件方面的知识，以便管理和使用好计算机，从而能更好地完成各种计算机应用任务。而在这些系统软件中，操作系统是大家首先关心的、感兴趣的一个领域。应北京电视大学的要求，编写了这本“操作系统基础”，作为电视大学操作系统教材。

本书是作者根据自己在北京工业大学等多所院校的本科生和研究生中讲授操作系统课程以及科研和生产中的经验，参考了国内、外操作系统方面的教材和操作系统技术的新发展，并考虑电视大学学生的学习特点而编写的。在教材中力求使内容由浅入深，文字通俗易懂，便于讲授和自学。

在内容上考虑到电视大学不同层次学生的要求，基本上按理工科院校计算机专业的教学大纲要求进行编写。对于一般的电大计算机专业的教学来说，目录中记有星号的部分可以删去不讲。其次考虑到电视大学的学生将来所使用的机器可能主要是微型计算机，所以本书的一大特点是：主要面向微型计算机来讲授操作系统的原理和技术以及其发展趋势，适当兼顾大型机。所举出的两个操作系统范例也完全是适用于微型计算机的 UNIX 和 CP/M(包括 MP/M)操作系统。所以本书可以说是微型计算机的操作系统教材。由于当前微型计算机操作系统发展的一个明显趋势是向着多用户、多任务方向发展，所以本操作系统教材也是围绕着多道环境下的操作系统特性来讨论的。从操作系统的基本原理上来说，微型计算机和大型计算机的操作系统并无太大区别，因此本书也可作为理工科大专院校计算机专业的教科书和参考书。

全书结构上符合目前国内一般讲授的体系。同时更能适应当前普遍要求减少课内讲授时数，培养和提高学生自学能力的发展趋势和要求。本书中各算法所采用的描述语言是类 PASCAL 语言。在学习本课程前，读者应具备计算机原理，程序设计和数据结构等方面的知识。

目 录

第一部分 概 论

第一章 引论	1
1.1 系统概述	1
1.1.1 计算机的硬件组织	1
1.1.1.1 微型计算机的典型组织	1
1.1.1.2 大一小型计算机的硬件组织	2
1.1.2 软件的层次与虚拟机的概念	3
1.2 操作系统的形成和发展	4
1.2.1 什么是操作系统	4
1.2.2 操作系统的形成和发展	4
1.3 多道程序设计的概念	5
1.3.1 多道程序设计的引入	5
1.3.2 多道程序设计的概念	5
1.4 操作系统的功能和特性	6
1.4.1 操作系统的功能	6
1.4.2 操作系统的特性	7
1.5 操作系统的类型	8
1.5.1 多道批处理操作系统	8
1.5.2 分时系统	9
1.5.3 实时系统	10
1.6 微型计算机及其操作系统的发展趋势	10
第二章 操作系统的运行环境	13
2.1 硬件环境	13
2.1.1 中央处理机(CPU)	13
2.1.1.1 特权指令	13
2.1.1.2 处理机的状态	14
2.1.1.3 程序状态字 PSW	14
2.1.2 主存储器	15
2.1.2.1 存储器的类型	15
2.1.2.2 存储分块	15
2.1.2.3 存储保护	16
2.1.3 缓冲技术	17
2.1.4 中断技术	17
2.1.4.1 中断的概念	17

2.1.4.2	中断逻辑与中断寄存器	18
2.1.4.3	中断类型	19
2.1.4.4	中断响应与中断屏蔽	20
2.1.4.5	中断处理	20
2.1.5	时钟、时钟队列	22
2.2	操作系统与其它系统软件的关系	23
2.2.1	作业、作业步和进程的关系	23
2.2.2	重定位的概念	23
2.2.2.1	绝对地址、相对地址和逻辑地址空间	23
2.2.2.2	静态重定位	24
2.2.3	绝对装入程序和相对装入程序	25
2.2.3.1	绝对装入程序	26
2.2.3.2	相对装入程序——连接装入程序	26
2.3	操作系统与人的接口	27
2.3.1	作业控制语言	28
2.3.2	联机作业控制——终端命令和会话语言	29
2.3.2.1	终端命令	29
2.3.2.2	会话语言	30
*2.4	固件——微程序设计概念	30
2.4.1	微程序设计的概念	30
2.4.2	微程序设计和操作系统	31
2.4.3	微程序设计范例	32

第二部分 多道程序设计基础——并行程序设计

第三章	进程管理	35
3.1	进程的概念	35
3.1.1	进程的引入	35
3.1.2	进程的定义	36
3.2	进程的状态和进程控制块	37
3.2.1	进程的状态及其变化	37
3.2.2	进程控制块	37
3.3	进程队列	38
3.4	进程的管理	40
3.4.1	进程的挂起和解除挂起	40
3.4.2	进程的控制原语	41
3.4.2.1	建立进程原语	41
3.4.2.2	挂起进程原语	42
3.4.2.3	解除挂起原语	43
3.4.2.4	撤消进程原语	43

3.4.2.5 改变进程优先数原语	44
第四章 多道程序设计基础——并行程序设计	46
4.1 顺序程序设计和并行程序设计概念	46
4.1.1 顺序程序设计的特点	46
4.1.2 并行程序设计	47
4.1.2.1 并行程序设计的概念	47
4.1.2.2 程序并行性的表示	48
4.1.2.3 并行程序设计的特点	49
4.2 进程间的同步与互斥	53
4.2.1 临界段问题	53
4.2.1.2 问题的提出	53
*4.2.1.2 软件解决办法	54
4.2.2 同步与互斥的执行工具	58
4.2.2.1 硬件指令	58
4.2.2.2 信号量	60
4.2.2.3 P、V操作	60
4.3 同步机构应用	62
4.3.1 用信号量实现进程间的互斥	62
4.3.2 信号量作为进程的阻塞和唤醒机构	63
4.3.3 生产者和消费者问题	64
4.3.4 读者/写入者问题	65
4.4 进程间的通讯	66
*4.5 管程的概念	67
4.5.1 管程的定义	68
4.5.2 五位就餐的哲学家问题	68

第三部分 处理机管理

第五章 作业和进程的调度	71
5.1 调度的层次和作业状态转换	71
5.1.1 调度的层次	71
5.1.2 作业状态及其转换图	71
5.2 作业的调度	72
5.2.1 后备作业队列及作业控制块 JCB	72
5.2.2 作业调度及其功能	73
5.3 进程调度	74
5.4 选择调度算法时应考虑的问题	74
5.5 调度算法	75
5.5.1 先来先服务调度算法 FIFO	75
5.5.2 优先级调度算法	76

5.5.3 时间片轮转算法	76
5.5.4 短作业优先调度算法	77
5.5.5 最短剩余时间优先调度算法	77
5.5.6 最高响应比优先调度算法	77
5.5.7 多级反馈队列调度算法	78
第六章 死锁	80
6.1 死锁问题的提出	80
6.2 死锁的必要条件	82
6.2.1 资源的概念	82
6.2.2 死锁的必要条件	83
6.3 死锁的预防	83
6.3.1 预先静态分配法	83
6.3.2 有序资源使用法	84
*6.4 死锁的避免和银行家算法	84
6.4.1 银行家算法问题	85
6.4.2 银行家算法	86
6.4.3 银行家算法的优缺点	88
*6.5 死锁检测	89
6.5.1 资源分配图	89
6.5.2 资源分配图的化简	89
6.5.3 资源分配图化简的实现	91
6.5.3.1 矩阵表示法	91
6.5.3.2 链表表示法	92
6.5.3.3 检测算法的执行速度	92
6.6 死锁的恢复	93

第四部分 主存储器管理

第七章 实存储器管理技术	95
7.1 引言	95
7.1.1 主存储器的物理组织、多级存储器	95
7.1.2 主存储器管理中的研究课题	96
7.2 固定分区	96
7.2.1 数据基	97
7.2.2 存储分配算法	98
7.2.3 存储保护与重定位	99
7.2.4 优缺点	99
7.3 可变分区的多道管理技术	99
7.3.1 数据基	100
7.3.2 分配和释放算法	101

7.3.3	存储器的紧缩和程序的浮动	103
7.3.3.1	碎片问题和存储器的紧缩	103
7.3.3.2	程序浮动	104
7.3.4	动态重定位的可变分区多道管理	104
7.3.4.1	动态重定位	104
7.3.4.2	动态重定位的硬件支持、软件算法	105
7.3.4.3	IBM-PC 等微型计算机的存储管理与地址变换机构	105
7.3.5	优缺点	107
7.4	多重分区(多对界地址)管理	107
7.5	覆盖技术	107
7.5.1	覆盖的概念	107
7.5.2	覆盖处理	109
7.6	交换技术	109
第八章	虚拟存储管理	111
8.1	虚拟存储系统的基本概念	111
8.2	分页存储管理	113
8.2.1	分页存储管理的基本概念	113
8.2.2	分页系统中的地址转换	115
8.2.2.1	直接映象的页地址转换	115
8.2.2.2	相关映象页地址转换	115
8.2.2.3	相关映象和直接映象结合的页地址转换	116
8.2.3	分页存储管理策略	117
8.2.4	分页存储管理的软件算法	118
8.2.4.1	数据基	118
8.2.4.2	软件算法框图(缺页中断处理)	118
8.2.4.3	页表表目的扩充	118
8.2.5	页的共享	120
8.3	分段存储管理	120
8.3.1	分段存储管理的基本概念	121
8.3.2	分段管理中的地址转换	122
8.3.3	段的动态连接	122
8.3.3.1	连接间接字和连接中断	123
8.3.3.2	编译程序的连接准备工作	123
8.3.3.3	连接中断处理	124
8.3.3.4	纯段和杂段(连接段)	125
8.3.4	虚拟存储管理中的存储保护问题	125
8.3.5	分段存储管理的优缺点	126
8.4	段页式存储管理	127
8.4.1	段页式存储管理的基本概念	127

8.4.2	段页式存储管理中的地址转换	127
8.4.3	段页式存储管理算法	128
8.4.4	段页式存储管理的优缺点	130
8.5	页(和段)的更换算法和系统行为	131
8.5.1	最佳更换算法 OPT	131
8.5.2	先进先出更换算法 FIFO	131
8.5.3	最近最少使用更换算法 LRU	132
8.5.4	最近未使用更换算法 NUR	133
8.5.5	分页环境中程序的行为特性	133
8.5.5.1	局部性的概念	133
8.5.5.2	分页环境中程序的行为特性	134
8.5.5.3	减少访问离散性的程序结构	134
8.5.6	工作集	135
8.6	页架的分配算法	137
8.6.1	提前分配	137
8.6.2	最少页架数	137
8.6.3	局部和全局分配	137
8.6.4	分配算法	138
8.6.5	页的大小	138
*8.7	高速缓冲存储器	138
8.7.1	高速缓冲存储器的组织	139
8.7.2	缓存块的编址形式	140
8.7.3	缓存的工作过程	141

第五部分 设备和文件管理

第九章	设备管理	143
9.1	输入输出组织和输入输出处理机	143
9.1.1	输入输出接口(IO接口)	144
9.1.2	输入输出处理机(通道)	144
9.2	辅助存储器	145
9.2.1	磁带的硬件特性及信息的组织	145
9.2.2	磁鼓的硬件特性及信息的组织	147
9.2.3	磁盘的硬件特性及信息的组织	147
9.3	设备管理概述	149
9.3.1	设备绝对号、相对号、类型号与符号名	149
9.3.2	设备管理的任务	149
9.4	设备分配策略	151
9.4.1	设备控制块和设备等待队列	151
9.4.2	独享设备的分配	152

9.4.3	虚拟设备和 Spooling 系统	152
9.4.4	共享设备的分配和磁盘调度策略	153
9.4.4.1	移动头磁盘存储器的操作	153
9.4.4.2	查找优化的各种策略	154
9.4.4.3	旋转优化	155
9.5	输入输出管理程序	156
9.5.1	输入输出进程	156
9.5.2	设备管理程序	157
9.5.3	输入输出调度程序	157
第十章	文件系统	159
10.1	文件系统概述	159
10.1.1	引言	159
10.1.2	文件的分类	160
10.1.3	文件系统的功能和基本操作	161
10.2	文件的逻辑组织和物理组织	161
10.2.1	文件的逻辑组织	162
10.2.2	文件的物理组织	162
10.3	文件目录	165
10.3.1	文件目录和文件描述符	165
10.3.2	一级目录结构	166
10.3.3	二级目录结构	166
10.3.4	多级目录结构	167
10.3.5	目录组织的改进——符号文件目录和基本文件目录	169
10.4	辅存空间的分配和释放	171
10.4.1	辅存空闲块的管理	171
10.4.2	辅存空间的分配和释放	172
10.5	文件的共享与文件系统的安全性	173
10.5.1	文件的连接	174
10.5.2	文件的存取控制	174
10.5.3	文件的转储和恢复	176
10.6	文件的使用与控制	177
10.6.1	活动文件表和活动符号名表	177
10.6.2	建立文件命令	178
10.6.3	打开文件命令	178
10.6.4	读文件命令	179
10.6.5	写文件命令	179
10.6.6	关闭文件命令	179
10.6.7	撤消文件命令	179
10.7	文件系统的层次模型	180

第六部分 操作系统结构与范例

第十一章 操作系统的结构和设计	183
11.1 操作系统的设计	183
11.1.1 引言	183
11.1.2 总体功能设计	184
11.1.3 系统功能分配与结构设计	184
11.1.4 二次整体功能设计	185
11.2 操作系统的层次结构	185
11.2.1 模块接口法	186
11.2.2 层次结构设计法	186
11.2.3 分层的原则	188
第十二章 UNIX操作系统	189
12.1 UNIX 操作系统概述	189
12.2 系统结构	190
12.3 进程管理	191
12.3.1 程序状态字和通用寄存器	191
12.3.2 进程和进程控制块 PCB	192
12.3.3 进程的控制	196
12.4 文件系统	198
12.4.1 UNIX 文件系统概述	198
12.4.2 文件目录结构和文件(路径)名	199
12.4.3 文件卷的动态装卸和安装	200
12.4.4 文件的共享和联接	200
12.5 设备管理和输入输出系统	200
12.6 管道线 pipe 机构	201
12.7 系统调用	202
12.8 shell 语言简介	203
12.8.1 shell 的一般用法	203
12.8.2 shell 过程的使用法	205
第十三章 CP/M 操作系统	207
13.1 CP/M 操作系统概述	207
13.1.1 概述	207
13.1.2 CP/M 操作系统的功能和特性	207
13.2 CP/M 的结构	208
13.3 主存分配	208
13.4 控制台命令处理程序 CCP	209
13.5 基本输入输出系统 BIOS	210
13.6 CP/M 文件系统	211

13.6.1	CP/M 的文件组织和文件操作	211
13.6.2	盘空间管理	213
13.6.3	目录管理	214
13.6.4	表块管理	214
13.7	MP/M 操作系统	214
13.7.1	MP/M 的结构	214
13.7.2	主存管理	215
13.7.3	进程的管理	215
13.7.4	进程调度	216
13.7.5	进程的同步与通讯	216
13.7.6	Spooling 系统	217
参考文献		218

第一部分 概 论

第一章 引 论

1.1 系 统 概 述

现在的一个完整的计算机系统，不论是大型机、小型机、甚至微型机和微处理机，都由两大部分组成：即计算机的硬件部分和计算机的软件部分。通常计算机的硬件部分是指计算机物理装置本身，它可以是电子的、电的、磁的、机械的、光的元件或装置，或者是由它们组成的计算机部件和计算机本体。总而言之，是指计算机系统中所有那些“硬的”物理设施。也就是指计算机的各种处理机（如中央处理机，输入输出处理机和包含在该计算机系统内的其他处理机）、存储器、输入输出设备和通讯装置。而软件部分是指计算机系统内的所有软件。术语“软件”是相对于硬件而言的，它是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。计算机的软件部分通常指各种语言的编译程序和解释程序、汇编程序、装入程序、连接编辑程序、连接装入程序、用户应用程序、数据库管理系统、数据通讯系统和操作系统。那么计算机系统的各硬件部分是怎样连接和构成一个完整的计算机，各软件部分又是怎样的关系，硬件和软件之间又是怎样的关系呢？

1.1.1 计算机的硬件组织

1.1.1.1 微型计算机的典型组织

微型计算机也同一般计算机系统一样，由三个主要部分组成：处理机，存储器和输入输出（又称 I/O）设备，其组织结构关系如图 1.1 所示，由图可以看出微型计算机是以总线为纽带来构成计算机系统。微处理机和存储器，存储器和输入输出设备，以及微处理机和输入输出设备之间都要经过总线来交换信息，无论哪个设备，如果需要使用总线

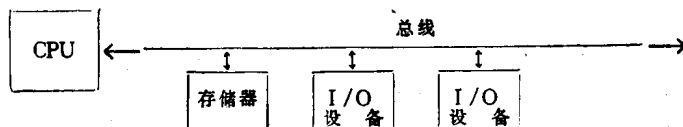


图 1.1 微型计算机的典型组织

与另一设备交换信息时，就必须先请求总线使用权，在获得总线使用权后才能进行通信。在通信双方使用总线期间，其它设备不能插入总线操作，这是其特点之一。其次，

数据流的路线也有其特点，这主要表现在微处理机与输入输出设备交换数据时的两种不同的路线：当微处理机与慢速的输入输出设备（如打印机或终端等设备）交换数据时是不经过存储器的，而是直接从（或向）输入输出设备接口（控制器）中的数据寄存器中读（或写）。当微处理机与高速的输入输出设备（如磁盘）交换数据时，这些输入输出设备在控制器控制下首先将数据（通常是一组数据）送往存储区（或从存储区取数据），也就是说微处理机与高速输入输出设备交换数据时，必须经由存储器。这样两种不同的数据交换路线当然是由微型计算机的组织结构所决定的。

图 1.1 所示的单处理机的系统通常使用在比较简单的环境。目前许多微型计算机系统已具有很多复杂的、功能很强的处理能力，在这种情况下的微型计算机系统是多处理机的操作方式。在 IBM-PC 系统中，把单处理机的系统称为最小组成方式，或简称为最小方式系统，而把多处理机系统称为最大组成方式，或简称为最大方式系统。图 1.2 为最大

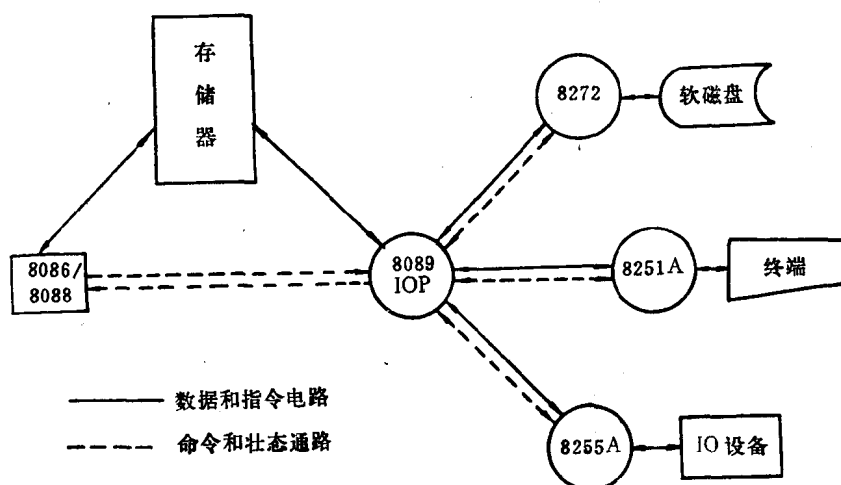


图 1.2 最大方式系统的组织

方式系统的组织。图示系统中有一个 Intel 8088 芯片的 CPU 和一个（或两个）Intel 8089 芯片的输入输出处理机专门负责对输入输出的控制和管理。这两类处理机（CPU 和输入输出处理机）都同样地连在系统总线和输入输出总线（IO 总线）上，共同享用总线（但不准许同时使用总线）。

1.1.1.2 大一小型计算机的硬件组织

小型到大型的计算机系统多由中央处理机、输入输出处理机（又称通道）、存储器和输入输出设备组成，图 1.3 中是一个典型的中型计算机（IBM 370）的硬件组织。通常这类计算机都是非总线结构。由图中可以看出，存储器成为这类计算机组成中的中心部分。无论中央处理机，还是诸多的输入输出处理机都与存储器相连，这些处理机执行的程序和数据都存放在存储器中（除 ROM 片中的微程序外），并从存储器中取来指令执行。中央处理机需要从或向输入输出设备（不管是高速设备还是慢速设备）交换数据时，它命令输入输出处理机来负责进行管理和控制。数据传输的路线都需经过存储器、输入输出处理机，也就是说中央处理机不能直接从输入输出设备中取（或存）数据，因为它们之间没有直接的数据线相连。

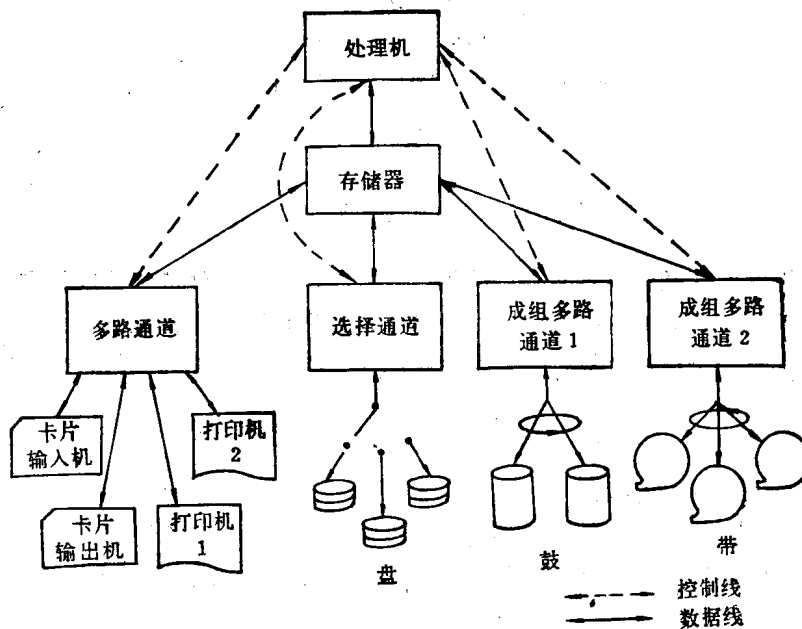


图 1.3 IBM370的系统结构

1.1.2 软件的层次与虚拟机的概念

一个计算机系统除了硬件部分以外还有许多的软件，这些软件通常可分为两大类，即系统软件和应用软件。系统软件用于计算机的管理、维护、控制和运行，以及对运行的程序进行翻译、装入等服务工作。系统软件本身又可分成三部分，即操作系统、语言处理系统和常用的例行服务程序。语言处理系统包括各种语言的编译程序，解释程序和汇编程序。服务程序的种类很多，通常包括库管理程序、连接编辑程序、连接装配程序、诊断排错程序、合并/排序程序以及不同的外部存储介质间的复制程序等。应用软件是指那些为了某一类的应用需要而设计的程序、或用户为解决某个特定问题而编制的程序或程序系统，如航空订票系统就是一个例子。

计算机系统硬件和软件以及软件的各部分之间是怎样一种关系呢，或者说是怎样组织的呢？如果用一句话来回答，它们的关系是层次结构的关系。计算机的硬件通常称为裸机，一个裸机的功能即使很强，但它往往是不方便于用户使用的，功能上相对来说也是有局限性的。而软件是在硬件基础之上对硬件的性能加以扩充和完善。举例来说，用户想要在裸机上运行他的程序时，他就必须用机器语言来编写程序。用户要在裸机上输入一个数据，他就要自己编写上千条的输入输出程序，这显然都使用户感到十分不便。再者如果我们给一个只有定点运算功能的裸机配上浮点运算的软件，则计算机就具有了浮点运算的功能，这就是用软件来扩充和完善硬件功能。至于软件之间的关系也是这样，一部分软件的运行要以另一部分软件的存在并为其提供一定的运行条件作为基础，而新添加的软件可以看作是在原来那部分软件基础上的扩充与完善。因此一个裸机在每加上了一层软件后，就变成了一个功能更强的机器，我们通常把这“新的更强功能的机器”称之为“虚拟机”。图 1.4 中表示了计算机的硬件(裸机)和各类软件之间的层次关系，由图

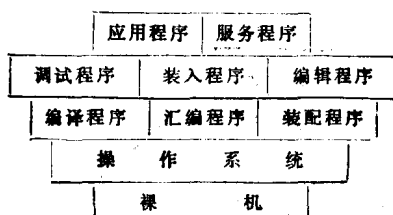


图 1.4 软件的层次

可以看出，操作系统是紧挨着硬件层的第一层软件，它对硬件进行首次扩充。如果是多用户的操作系统，那么经它扩充后，一个实际的处理机就可以扩充成多个虚拟机器，使得每个用户都有一个虚拟计算机。操作系统同时又是其他软件的运行基础。

1.2 操作系统的形成和发展

1.2.1 什么是操作系统

由上可知，操作系统是系统软件中最基本的部分。其主要作用是：

- (1) 管理系统资源，这些资源包括中央处理机，主存储器，输入输出设备和数据文件等。
- (2) 使用户能共享系统资源，并对资源的使用进行合理调度。
- (3) 提供输入输出的便利，简化用户的输入输出工作。
- (4) 规定用户的接口，以及发现并处理各种错误的发生。

虽然操作系统存在已几十年了，但至今世界上并没有一个被普遍接受的对操作系统的定义。通常把操作系统定义为“用以控制和管理系统资源，方便用户使用计算机的程序的集合”。

当前，世界上广为流行的观点是把操作系统看成为计算机系统的资源管理者，也就是说操作系统的主要任务是管理并调度计算机系统资源的使用。

1.2.2 操作系统的形成和发展

在 1946 年第一台计算机问世时，并没有操作系统，甚至没有任何软件。当时在使用方式上是单用户独占，即每次只能一个用户使用计算机，一切资源全部由该用户所占有。并且在一个作业运行过程中，以及在作业完成后转换到另一个作业都需要很多人工的干预。到了五十年代，随着处理机速度的提高，这种手工操作所浪费的机时变得尖锐起来（例如一个作业在每秒一千次的机器上运行，需要三十分钟才能完成。而用手工来装入和卸下作业等人工干预需要三分钟。若机器速度提高十倍，则作业所需的运行时间缩短为三分钟，而手工操作时间仍然需要三分钟，这使得一半的机时被浪费了）。人们就想在作业转换过程中排除人工干预，使之自动转换。于是出现了早期的“批处理系统”。基本作法是把若干个作业合成一批，用一台或多台小型的卫星机把这批作业输入到磁带上，然后再把这盘磁带装到主机的磁带机上，由主机的监督程序——最早的操作系统雏型——把磁带上第一个作业调入主存中执行，该作业终止后（正常完成或非正常终止），再依次调入下一个作业……。

到了六十年代，硬件技术取得了两个方面的重大进展：一是通道技术的引进，二是