

高等专科学校教材

操作系统

(第二版)

冯耀霖 杜舜国



西安电子科技大学出版社

366375

TP316

F54

(2)

高等专科学校教材

操作系统

(第二版)

冯耀霖 杜舜国

西安电子科技大学出版社

1993

(陕)新登字 010 号

内 容 简 介

本书介绍计算机系统中的—个关键组成部分及重要系统软件——操作系统。全书主要分为两篇。操作系统原理篇由前八章组成，第一章是操作系统概论；第二章讲述了重要的进程概念，而后介绍了作业管理；第三至第八章分别讲述了处理机调度、存贮器管理、设备管理、文件管理、死锁问题、操作系统结构设计方法以及分布式系统。操作系统实例篇共三章，分别介绍了较新版本的 UNIX、PC-DOS 以及其它一些有影响的操作系统。另外，附录 A 编入了操作系统的基本实习内容。

本书是高等专科学校计算机专业的教科书，亦可作为有关科技人员的参考书。

JS166/15

高等专科学校教材

操 作 系 统

(第二版)

冯耀霖 杜舜国

责任编辑 殷咸安

西安电子科技大学出版社出版

陕西省军区西安长城印刷分厂印刷

陕西省新华书店发行 各地新华书店经售

开本 787×1092 1/16 印张 18 8/16 字数 438 千字

1992 年 12 月第 2 版 1993 年 3 月第 5 次印刷 印数 25 001—35 000

ISBN 7—5606—0210—X/TP·0073(课)

定价 4.85 元

出版说明

根据国务院关于高等学校教材工作分工的规定，我部承担了全国高等学校、中等专业学校工科电子类专业教材的编审、出版的组织工作。由于各有关院校及参与编审工作的广大教师共同努力，有关出版社的紧密配合，从1978年至1985年，已编审、出版了两轮教材，正在陆续供给高等学校和中等专业学校教学使用。

为了使工科电子类专业教材能更好地适应“三个面向”的需要，贯彻“努力提高教材质量，逐步实现教材多样化，增加不同品种、不同层次、不同学术观点、不同风格、不同改革试验的教材”的精神，我部所属的七个高等学校教材编审委员会和两个中等专业学校教材编审委员会，在总结前两轮教材工作的基础上，结合教育形势的发展和教学改革的需要，制订了1986~1990年的“七五”（第三轮）教材编审出版规划。列入规划的教材、实验教材、教学参考书等近400种选题。这批教材的评选推荐和编写工作由各编委会直接组织进行。

这批教材的书稿，是从通过教学实践、师生反映较好的讲义中经院校推荐，由编审委员会（小组）评选择优产生出来的。广大编审者、各编审委员会和有关出版社为保证教材的出版和提高教材的质量，作出了不懈的努力。

限于水平和经验，这批教材的编审、出版工作还会有缺点和不足之处，希望使用教材的单位，广大教师和同学积极提出批评建议，共同为不断提高工科电子类专业教材的质量而努力。

电子工业部教材办公室

第二版 前 言

本书由南京机械专科学校冯耀霖, 上海冶金专科学校杜舜国编著, 冯耀霖担任主编。

本教材是 1989 年出版的《操作系统》一书的修编版。原书系由全国大专计算机专业教材编审委员会软件教材编审小组评选审定, 并推荐出版, 杭州电子工业学院汤子瀛担任主审。

原书是 1987 年着手编写的, 在这几年的教学中, 作者积累了一些教学经验, 也发现了教材中存在的一些问题。此外, 五年来在操作系统领域中又不断有所进步, 一些思想和技术已趋于成熟。鉴于上述原因, 我们借此次修编机会, 对原书作了较大修改, 许多内容是重写的或新增加的。

本教材共十一章。前八章是操作系统原理篇, 该篇集中论述了计算机操作系统的基本概念、基本功能以及设计和实现中的基本算法、数据结构和实现技巧, 这是本书的主体。第一章概述了操作系统的作用、功能、组成、特性、类型以及工作环境等问题, 给出了操作系统的整体面貌; 第二章主要介绍了现代操作系统中最重要的概念之一——进程, 还讲述了作业管理的基本问题; 第三至第六章分别论述了操作系统资源管理的各个组成部分, 包括: 处理机调度、存储器管理、设备管理以及文件系统; 第七章专门讨论了死锁问题; 第八章介绍了操作系统的结构设计方法以及操作系统最新发展方向之一的分布式系统。第二篇是操作系统实例。第九章介绍的 UNIX 操作系统是以较新版本的 4.3BSD 为主; 第十章介绍 PC-DOS (即 MS-DOS); 第十一章简要介绍了其它一些较有影响的操作系统。上述各章除第十一章外, 各章均附有小结, 原理篇中各章后面都附有一定数量的习题。附录 A 编入了操作系统课程的基本实习内容, 供参考选用。

本教材是按 80 学时编写的, 若少于 80 学时, 可有选择地免讲部分内容。

本书第一至第八章以及附录 A 和附录 B 由冯耀霖修编, 第九至第十一章由杜舜国修改。在编写过程中, 得到了汤幼龙的支持和帮助, 在此表示谢意。

原《操作系统》一书出版后, 得到了广大教师、学生以及许多同行的支持, 提供了不少宝贵意见, 对此深表谢意。我们还要特别向台湾儒林图书有限公司和西安电子科技大学出版社表示诚挚的谢意, 感谢他们对本书的修编和再版所给予的热情支持和帮助。

作者以本教材为基础, 开发了“操作系统试题库”软件, 需要者请与作者联系, 联系地址: 南京机械专科学校电子工程系计算机教研室, 邮政编码 210013。

编 者

1992.8

第一版 前 言

本书系由全国大专计算机专业教材编审委员会软件教材编审小组评选审定,并推荐出版,作为大专学校计算机专业的统编教材。

操作系统是现代计算机系统最重要的系统软件,起着“中枢神经”的作用,它也是计算机应用者首先关心和感兴趣的一个领域。所以操作系统课程已成为计算机专业的一门专业主干课。我们参考了国内外操作系统方面的有关教材和论著,依据自己的教学和科研生产实践,并考虑了大专教学的特点而编写了本教材。教材内容力求由浅入深、通俗易懂、便于讲授和自学,并力图反映操作系统技术的新发展和新成果。

本教材以介绍操作系统原理为主,依据资源管理观点论述了操作系统的基本原理和实现技术。为了加深对基本原理的理解和应用,专门列举了目前比较有代表性的 PC-DOS 和 UNIX 两个操作系统。目前国内的同类教材大多结合大型、小型计算机来讲述操作系统,鉴于微型计算机应用日益广泛,且大专学校配置的多为微型机系统,故本教材结合了大型、小型、微型计算机来讲述操作系统。从操作系统的基本原理上来说,大型、小型、微型计算机的操作系统并无本质区别,但由于它们的硬件组织和配置的差异以及服务对象有所不同,因此它们有着各自的特点。当前微型计算机操作系统发展的一个明显趋势是向着多任务和多用户方向发展,故本教材主要是围绕着多道程序环境下的操作系统特性来讨论的。

本教材分为两篇。第一篇是操作系统原理,包括前七章:第一章概括地介绍了操作系统的基本概念和内容以及硬件基础;第二章首先引入了进程概念,进而阐述了进程管理的各个环节,包括进程控制、进程同步与通信、进程调度以及死锁问题;第三章主要讨论了作业调度和作业控制两大问题;第四章介绍了存贮器管理的基本概念,引入了虚拟存贮器概念,由简到繁地讲述了存贮器管理的各种方案及其特点;第五章讨论了设备分配和设备处理,并通过一个 I/O 系统模型说明了 I/O 系统的基本结构及大致工作过程;第六章比较详细地阐述了文件目录、文件结构、文件寻址、文件的保护以及文件的使用等问题;第七章首先介绍了软件系统结构设计的一般概念,而后对操作系统结构设计中常用的模块接口法、进程调度法、有序分层法作了简略的介绍。第二篇是操作系统实例,包括后三章:第八章介绍了微型计算机操作系统的发展与现状;第九章和第十章分别介绍了 PC-DOS 和 UNIX 操作系统,重点介绍了它们的主要实现技术,这既是一般原理之后的实例,又是了解这两个系统的入门向导。上述各章都附有小结。实习是操作系统实践性教学环节的重要内容,附录编入了操作系统的基本实习内容,供参考选用。

本教材是按 80 学时编写的,其中课堂学时约为 60,实习可安排 20 学时左右。

本书由南京机械专科学校冯耀霖担任主编,并编写了第一至第七章,上海冶金专科学校杜舜国编写了第八至第十章,附录由冯耀霖、杜舜国和南京机械专科学校汤幼龙共同编写,冯耀霖对全书进行了统稿。杭州电子工业学院汤子瀛副教授担任主审,并提出了宝贵意见。参加本书审稿的还有北京有线电厂阎天民副教授,上海机械专科学校李浩副教授等。

本书在编写过程中,得到了南京机械专科学校的李平、高秦生,上海冶金专科学校郇

晴强，北京有线电厂薛桂芳等同志的支持和帮助，在此对他们表示谢意。

由于编者水平有限，书中错误和不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

1988.12

目 录

第一篇 操作系统原理

第一章 概论	1	§ 7 段页式管理	90
§ 1 计算机系统的层次结构	1	§ 8 虚拟存贮器管理基本概念	92
§ 2 操作系统的资源管理观点	2	§ 9 请求分页管理	93
§ 3 操作系统的服务观点	4	§ 10 动态分段管理	100
§ 4 操作系统的特性	12	§ 11 小结	102
§ 5 操作系统的硬件基础	13	习题	104
§ 6 操作系统的装入与初启	17	第五章 设备管理	106
§ 7 小结	17	§ 1 I/O 系统硬件原理	106
习题	18	§ 2 I/O 系统的任务与功能	109
第二章 进程及作业管理	20	§ 3 基本数据结构	112
§ 1 进程概念	20	§ 4 I/O 缓冲区及其管理	114
§ 2 系统内核	28	§ 5 设备分配	117
§ 3 进程控制	29	§ 6 SPOOLing 系统	118
§ 4 进程同步	34	§ 7 设备驱动	119
§ 5 进程通讯	44	§ 8 磁盘的调度与驱动	120
§ 6 作业概念	48	§ 9 小结	124
§ 7 作业控制	48	习题	125
§ 8 小结	52	第六章 文件管理	127
习题	53	§ 1 概述	127
第三章 处理机调度	55	§ 2 文件目录管理	129
§ 1 调度级别	55	§ 3 文件存贮空间的管理	135
§ 2 调度的功能、时机		§ 4 文件的保护与保密	139
及方式	56	§ 5 文件系统的使用与执行	140
§ 3 调度原则与评估标准	58	§ 6 小结	143
§ 4 调度算法	59	习题	143
§ 5 调度的实现	65	第七章 死锁	145
§ 6 小结	66	§ 1 死锁的产生	145
习题	67	§ 2 资源分配图及死锁定理	146
第四章 存贮器管理	70	§ 3 预防死锁	149
§ 1 引言	70	§ 4 避免死锁	149
§ 2 基本概念	70	§ 5 检测与解除死锁	153
§ 3 分区管理	72	§ 6 小结	155
§ 4 覆盖与交换	79	习题	156
§ 5 分页管理	82	第八章 操作系统结构与分布式	
§ 6 分段管理	87	系统	158
		§ 1 操作系统的结构	158
		§ 2 分布式系统概念	161

§ 3 分布式操作系统	167
§ 4 小结	171
习题	172

第二篇 操作系统实例

第九章 UNIX 操作系统	174
§ 1 UNIX 操作系统的历史和 基本结构	174
§ 2 系统活动与系统调用	176
§ 3 进程管理	177
§ 4 存贮管理	184
§ 5 I/O 系统	188
§ 6 文件管理	192
§ 7 系统初启	197
§ 8 (Shell) 外壳	200
§ 9 XENIX	202
§ 10 小结	202
第十章 PC-DOS 操作系统	204
§ 1 DOS 的历史与发展	204
§ 2 PC-DOS 的基本结构	205
§ 3 PC-DOS 的启动 引导过程	213
§ 4 文件管理	217
§ 5 设备管理	222
§ 6 内存管理	222
§ 7 进程管理	223
§ 8 系统调用与软中断	223
§ 9 DOS 命令	224
§ 10 命令处理程序 CCP	227
§ 11 CC-DOS 与 PC-DOS	229
§ 12 小结	230
第十一章 其他操作系统简介	232
§ 1 MVS	232
§ 2 VM	233
§ 3 VAX/VMS	233
§ 4 CP/M 和 MP/M	234
§ 5 OS/2	235
附录 A 操作系统实习	237
附录 B 专业词汇英汉对照简表	282
参考文献	288

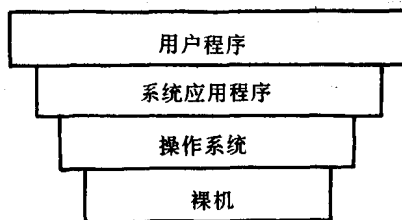
第一篇 操作系统原理

第一章 概 论

操作系统是现代计算机系统的重要组成部分，无论是巨型机、大型机、小型机、微型机以及计算机网络都配置有操作系统。那么，什么是操作系统呢？本章将从不同的角度介绍操作系统的基本概念，包括操作系统的地位与作用，操作系统的组成及其功能，操作系统的类型与服务接口，操作系统的特性，操作系统的硬件基础以及操作系统的启动等，这些内容构成了操作系统的宏观面貌，是学习以后各章内容的基础。

§ 1 计算机系统的层次结构

一个完整的计算机系统是由硬件和软件两大部分组成的。硬件（即物理计算机）是系统的基本资源，其主要部件包括：中央处理机（CPU）、主存贮器（简称主存或内存）、外部存贮器（简称外存或辅存，包括磁盘和磁带）、终端（通常由键盘和显示器组成）、控制台以及字符打印机等。CPU 和内存构成系统的主机，其它部件统称为外部设备（简称外设），或称为输入输出（I/O）设备。在硬件基础上配置的系统软件是对硬件功能的扩充和完善，一个实用的计算机系统必定配置有多种系统软件，它们可以分成控制管理类和应用服务类。应用服务类系统软件是各种系统应用程序，每一个都完成某种特定的功能以向用户提供某种例行服务或支持某种专门的应用需要，例如编译程序、汇编程序、编辑程序、诊断排错程序、数据库管理系统，计算机辅助设计系统等等。不同的计算机系统可能配置或支持不同的系统应用程序，从系统资源的观点看，系统应用程序是计算机系统的软资源，它们以文件形式存贮在外存中，当用户需要某种服务时，再把相应的系统应用程序调入主机执行。在所有的系统软件中，操作系统是唯一的控制和管理整个计算机系统的软件，它不仅管理所有的硬资源，也管理所有的软资源，软资源不仅是指系统应用程序，也还包括以文件形式存放在外存的用户程序和数据。



如果把计算机系统结构按层次划分的话，如图 1-1 所示，硬件处于最底层，它只是“裸机”的形象，即不附加任何软件的物理计算机；操作系统是加在裸机

图 1-1 计算机系统的抽象层次结构

上的第一层软件，它是对裸机功能的首次扩充，从而构成了一个比裸机功能更强、使用更方便的“虚拟计算机”，所谓虚拟是指逻辑的而非物理的；所有系统应用程序以及更上层的用户程序都在操作系统虚拟机上运行，它们受操作系统的统一管理和控制，通过操作系统

使用各种系统资源来完成特定的任务。从结构上看,操作系统是用户程序及系统应用程序与物理计算机之间的接口。用户程序是用户为解决某个特定应用问题而开发的程序系统。

可见,操作系统是计算机系统中的一个必不可少的关键组成部分,任何一个计算机系统可以不配置某些系统应用程序,硬件的配置也各不相同,但决不可以没有操作系统。可以说,操作系统现在是计算机系统核心,将来也必然如此。

§ 2 操作系统的资源管理观点

我们说操作系统是计算机系统中的核心,是唯一的控制和管理整个计算机系统的软件,这主要是说明操作系统在计算机系统中的地位和作用,仅仅是对操作系统的粗略解释。那么,设置操作系统的实际目的以及操作系统的功能又是什么呢?本节我们将利用资源管理观点来认识这个问题。

所谓资源管理观点是说操作系统是管理计算机系统资源的软件,它从系统的角度刻画了整个操作系统的组成及其功能。通常把计算机系统资源按性质归纳为四大类:CPU、内存、外部设备以及信息文件。这四类资源构成了操作系统本身和用户作业赖以活动的物质基础和工作环境,它们的使用方法和策略决定了操作系统的规模、类型、功能及实现。

2.1 支持资源共享的多道程序系统

按照程序在系统中的运行方式,计算机系统分为单道程序系统和多道程序系统。

所谓单道程序系统是指系统只能顺序地执行用户程序,即仅当一个用户程序执行完后,才启动另一个用户程序工作,在一个用户程序运行期间,它独占全机资源。这样的系统经常出现资源使用不充分和不均衡的现象,当CPU工作时,外设往往处于闲置状态;同样,当外设工作时,CPU也往往空闲着;外设之间亦同样如此。由于CPU的速度远远高于外设,CPU的浪费就显得尤为严重。

现代计算机系统多为多道程序系统,即资源共享系统。这样的系统支持在内存中同时驻留多个独立的程序,并使它们同时处于运行之中,即在某一个时刻不同的程序可分别在CPU上执行和在不同的外设上进行数据的传输(例如,正在访问磁盘或正在显示和打印运行结果等等)。宏观上,这些程序都在运行之中;微观上,某一个时刻只有一个程序在CPU上执行(对于单CPU系统),不同的程序是轮流交替地在CPU上执行。换言之,多道程序共享CPU时间和其它系统资源。

多道程序系统的实现需要硬件和软件的支持。在硬件技术中主要引入了中断和通道。所谓中断,从概念上说是指意外事件或异步事件对CPU的打断。意外事件如电源掉电或硬件故障,异步事件则是无一定时序关系的随机事件,例如外部设备完成I/O传输,用户通过终端发出命令请求等。一旦意外事件或异步事件发生,中断部件便向CPU发出中断请求,暂停CPU的当前工作。通道则是一种专门用于控制外部设备的简单处理机,亦称I/O处理机,它联接着主机和外设,具有向内存直接存取数据的能力。作为处理机,它执行专门的通道指令,并可独立于CPU,与CPU同时工作。当现行程序需要I/O传输时,CPU只要命令通道去完成就行了,同时CPU可以继续执行现行程序的后续工作或执行其它程序。只有当通道控制相应的外部设备完成了指定的数据传输任务后,才通过中断部件向CPU发

出中断请求，CPU 立即暂停现行程序的执行，转去执行中断处理程序。可见，中断和通道技术的引入，实现了多部件并行工作，即 CPU 与外设以及外设与外设之间同时工作。利用多部件并行工作的特性，就可使多道程序同时运行，实现系统资源的共享。支持多道程序系统的软件系统需要在多道程序之间合理地分配和回收系统资源，使资源得到合理有效的利用，使得各个程序能够有条不紊地运行，这个软件就是操作系统。

本书将以多道程序操作系统作为今后讨论的主要出发点，以后若不作说明，术语“操作系统”一般指多道程序操作系统。

2.2 操作系统的管理功能

从资源管理的角度，操作系统是一组资源管理程序的有机集合。相应于四类资源，可把整个操作系统划分成 CPU 管理、存贮器管理、设备管理以及文件管理四个基本部分，此外，操作系统必定要对程序任务使用资源的整个过程进行管理，即进程及作业管理，它们构成了操作系统的五大管理功能：

1. CPU 管理

所有程序都要在 CPU 上执行。在多道程序系统中，CPU 是个关键性资源，由于在宏观上允许多个程序同时在主机上运行，而在微观上 CPU 在一个时刻只能执行一个程序，即便在多处理机系统中，运行程序的数目也往往多于 CPU 数目，由此带来的问题是，对请求 CPU 服务的多个程序任务如何排队？在某个时刻选择哪个程序使用 CPU？让它占用多少 CPU 时间？何时回收？因此，CPU 管理的基本任务是：在一定的系统环境下（如批处理、分时），根据一定的资源利用原则（如公平服务、及时响应、大吞吐量、平衡利用），采用合理的调度策略（如先进先出、分时轮转、最高优先权优先），进行 CPU 的分配与回收工作，使 CPU 充分发挥效率并能合理地满足各种程序任务的需求。可见 CPU 管理的实质就是 CPU 调度。我们将在第三章具体讨论 CPU 调度问题。

2. 存贮器管理

计算机系统的存贮器组织一般分为内存和外存两级。内存具有较高的数据存取速度，但存贮容量有限，而外存则相反。内存是系统的工作存贮器，CPU 可直接访问，程序必须进驻内存，才能被 CPU 执行。大容量的外存是内存的后备（辅助）存贮器，所有的程序和数据都可以按文件形式存贮在外存中并可长期保存。CPU 不能直接访问外存，外存中的信息仅当需要时才装入内存。存贮器管理主要涉及的是内存的管理，故亦称内存管理。在多道程序系统中，除操作系统的核心部分常驻内存外，还允许多个用户程序同时进驻内存运行。为此，存贮器管理机构必须随时记录内存空间的分配使用情况，根据用户程序的存贮需求以及内存的当前使用情况，进行内存空间的划分、分配及回收；为了使系统及用户程序能够正常运行，还必须提供存贮保护，保证各运行程序之间互不侵犯，特别是用户程序不能侵入操作系统存贮区；此外，为了提高计算机系统的处理能力，良好的系统还应实现内存扩充，虚拟存贮器是当今普遍采用的内存扩充技术。第四章将详细讨论存贮管理。

3. 设备管理

在操作系统中，设备管理是最庞杂、琐碎的部分，原因是：它要涉及各种实际物理设备，其品种繁多、用法各异；各类外设之间以及主机和外设之间的速度极不匹配，级差很大；各个外设可和主机并行工作，且可被多个运行程序共享。为此，设备管理的基本任务

是：提供统一简单的使用接口，使用户无需了解具体的设备接口逻辑；随机记录每个设备的使用和分配情况，根据各类设备的特点采用不同的分配策略进行设备的分配和回收，对某些设备（如磁盘）还要考虑优化调度问题；负责外设与主机之间实际的数据传输。设备管理将在第五章具体讨论。

4. 文件管理

文件管理即对软资源的管理，亦称信息管理。所谓文件，就是具有符号名的一组相关信息。操作系统中实施文件管理的机构称为文件管理系统，简称文件系统。文件管理是操作系统的的功能，各种操作系统（包括最简单的单道程序系统和单用户系统）都提供良好的文件系统。文件管理的任务是：负责文件物理存贮空间的组织分配及回收；实现文件符号名到物理存贮空间的映射；负责文件的建立、删除、读和写等操作；提供文件的保护和保密设施，防止对文件的某种非法访问或未经授权的用户使用某个文件。第六章我们将详细讨论文件系统。

5. 进程及作业管理

作业和进程是系统中资源的分配对象，它们都是按照“分配-使用-释放”这种步骤去和资源发生联系的。所谓作业，是指用户在一次上机活动中要求计算机系统完成的一个独立的程序任务，是系统的最大服务单位。从静态观点看，一个作业是由一个或多个程序和有关数据以及控制命令序列所组成，程序是作业的执行文本，数据是程序的操作对象，控制命令则反映了用户对系统的服务请求以及对其作业运行过程的控制意图。进程可粗略地定义为“执行中的程序”，这是一种动态概念。每个独立的系统或用户程序任务都可构成一个进程，一个运行作业是一个进程，作业的某个作业步（如编辑、编译）也可构成一个进程。进程是系统中的独立运行单位，每个进程都可以以独立速度与其它进程并发运行，它们共享并竞争系统资源，由于并发与共享，进程之间又存在着相互制约关系。因此，操作系统必须能够合理地协调各进程之间以及各作业之间的运行活动，使得每个作业和进程都能有效地运行。进程及作业管理将在第二章中详细讨论。

§ 3 操作系统的服务观点

操作系统的资源管理观点解释了操作系统是个资源管理软件，设置操作系统的目的是使系统资源得到高效利用，以增强计算机的处理能力。但这只是说明了操作系统的目的与功能的一个方面。对用户而言，用户所关心的只是操作系统的外部功能及服务质量。因此，设置操作系统的另一个主要目的是为用户创造良好的工作环境，换言之，操作系统自身只是个系统服务软件，是用户与计算机系统之间的接口，用户通过操作系统使用计算机，操作系统为用户提供各类服务和支持，使得所有程序都能在系统内有效地运行，从而使用户方便、灵活、安全地完成各种应用任务（例如科学工程计算、文本处理、实时控制、数据库应用、办公室自动化、计算机辅助设计等等），这就是操作系统的服务观点。本节依据操作系统的服务观点，介绍操作系统的公共服务功能，操作系统的服务方式（即操作系统的类型）以及操作系统的服务接口，它们构成了操作系统的用户面貌。

3.1 公共服务功能

任何一个用户在使用计算机的过程中都需要如下一些公共服务：

(1) 程序装入与执行 任何一个用户程序都必须被装入内存，然后在 CPU 上执行。

(2) I/O 操作 任一用户程序都要通过输入设备输入主机，运行中的程序可能要求输入其加工数据，而程序运行结果要通过输出设备输出。系统应提供广泛的数据 I/O 服务，使得用户能够通过统一简便的接口方便地使用各类外设，而无需去了解用法各异的各类外设的硬件特性。

(3) 文件使用 用户希望保存的信息能以文件形式存放在外存，不仅能够长期保存，还能方便地使用。系统应为用户提供各种文件操作服务，如建立、删除、查询、读、写、复制等等，此外还应提供文件的保护与保密措施，防止文件被破坏或丢失以及泄密或被盗用。

(4) 作业运行控制 用户希望对其作业的运行过程特别是调试过程实施某些控制。系统应提供有效的通讯手段，使用户能够按照自己的控制意图控制其作业的运行过程。

(5) 错误检测与处理 用户程序在运行过程中可能会出现各种错误，例如算术运算溢出、使用了非法指令、访存地址越界等等。系统应有能力处理这些错误。此外，系统本身也有可能出现各种软、硬件故障，系统应能及时检测并修复，以保证用户程序的顺利运行。

所有这些服务功能都由操作系统提供和支持，尽管各类操作系统的规模，功能以及服务方式不尽相同，但上述服务功能是最基本和公共的。

3.2 操作系统的分类

依据操作系统的服务观点，可把操作系统大致分成批处理操作系统（简称批处理系统）、分时操作系统（简称分时系统）、实时操作系统（简称实时系统）、单用户交互式系统以及网络操作系统。下面分别予以介绍。

1. 批处理系统 (Batch Processing System)

批处理系统也称批量系统或作业流处理系统。所谓批处理意指用户作业的成批输入并处理，即系统将作业一批一批地输入系统并暂存在外存中，组成一个后备作业列队，每次按一定的调度原则从后备作业中挑选一个或多个装入主机处理，作业完成后退出主机和后备作业装入主机运行均由系统自动实现，从而大大压缩了两个作业之间的转接时间，在系统中形成了一个自动转接的连续作业流，当一批作业运行完后，输出它们的运行结果，再接受下一批作业进入系统处理。然而，在现代批处理系统中，上述“批”的概念已不十分明显，用户作业可被随时接受进入系统处理，运行结果也可以随机输出，而不必集中成批输入和输出，所以批处理的真实含义是指系统对源源不断的作业流的连续处理。

批处理系统的特点是它采用的是脱机服务方式，即用户在其作业运行期间不能在控制台或终端上请求系统的服务以直接干预其作业的运行过程，而必须将其对作业的控制意图事先用作业控制语言编制成作业说明书或作业控制卡，这些控制意图可以是作业运行时的资源要求、作业步的执行次序、对可能的运行错误的处理措施等等。作业控制卡或作业说明书连同程序和数据一起提交给系统，由系统的作业控制程序或命令解释程序解释执行，提供相应的各种服务。

批处理系统主要配置在较大的计算机系统上，由于这样的机器的硬件设备配置较全，

价格较贵，故现代批处理系统多建立在多道程序设计基础上，追求的是作业的大吞吐量和系统资源的充分利用。

2. 分时系统 (Time-sharing System)

所谓“分时”，就是多个用户对系统资源进行时间上的分享。在分时环境下，一个计算机系统联有若干台本地或远程终端，每个用户可以在所占用的终端上以人-机会话的交互方式使用计算机。故分时系统又称为多用户交互式共享系统。分时系统具有以下三个特点：

(1) 多路性 分时系统支持多个终端用户同时工作，系统同时为这些用户提供服务。这是通过分配“时间片”来实现的，即系统将 CPU 时间分割成相继的一个个时间间隔，每个时间间隔称为一个时间片（一般以毫秒计），并以循环方式依次分配给每个用户作业，一个作业一次只在 CPU 上执行一个时间片，每经过一个时间片，系统就将 CPU 转交给另一个作业，在一轮循环之后，每个作业又可再次获得一个时间片。由于时间片规定的时限很短，故从宏观上系统是在同时响应每个用户作业的服务请求。

(2) 交互性 系统采用联机服务方式，用户可以在终端上通过与系统交互会话请求系统的各种服务，直接控制其作业的运行。所谓交互会话，就是用户输入终端命令，系统接受处理并在终端上及时输出响应结果，同时准备接受下一个命令，用户根据系统的应答及作业的需要，可继续提出新的服务请求。交互性为用户提供了比较理想的程序开发环境，在开发程序时，用户可以在交互环境下，边设计、边调试、边修改，从而显著地缩短了程序开发周期。交互性可以说是分时系统的主要特点。

(3) 独占性 用户在各自的终端上工作互不干扰，由于时间片规定的时限很短，尽管系统是轮流服务于多个用户，但每个用户都可以在可容忍的时间内得到响应，没有明显等待的感觉。设系统支持 n 个终端用户同时工作，规定时间片的时限为 t ，那么在时间周期 $T = nt$ 内，每个用户都可获得系统的一次响应，因此每个用户似乎都认为自己独占着计算机系统，顺便指出，分时系统的响应时间是指用户发出终端命令到系统进行响应作出应答所需的时间，它是衡量分时系统性能的主要指标。

在60年代初期，美国麻省理工学院(M. I. T)研制出了第一个分时系统CTSS(The Compatible Time-sharing System)。60年代末，M. I. T 和 IBM 公司及 Bell 实验室合作开发的 MULTICS (Multiplexed Information & Computing Service) 是功能更强更具代表性的分时系统。当今，优秀的分时系统当首推 UNIX，UNIX 的设计吸取了 MULTICS 等分时系统的成功经验，形成了一个功能很强、使用方便的系统开发环境。在第十章将对 UNIX 作进一步的介绍。分时系统具有的使用方便性和批处理系统对资源的高利用率往往被结合起来而构成一个具有批处理兼分时功能的通用系统，例如，IBM370 机的 MVS 和 DEC VAX 机的 VAX/VMS。

3. 实时系统 (Real-time System)

所谓“实时”就是“立即”或“及时”，具体含义是指系统能够及时响应随机发生的外部事件，并以足够快的速度完成对事件的处理。外部事件是指传感器或其它信号测量装置所采集的现场数据或终端用户提出的服务请求。

在机械加工、钢铁冶炼、发电、炼油等工业过程控制应用系统中，要求计算机及时采集和处理现场信息，进而控制有关的执行机构，使得某些参数，如温度、压力、流量、液位等按一定规律变化或保持不变，从而达到提高质量、增加产量、节约能源以及实现生产过程自动化之目的。在飞行物体的发射、飞行或火炮发射等自动控制应用系统中，要求计

算机能迅速处理测量系统测得的数据,及时地对飞行物体或火炮进行控制,或将有关信息提供给操作控制人员,以便迅速作出相应决策。在资料查询、银行业务、机票预订等信息处理应用系统中,要求计算机及时响应终端的服务请求,进行信息的检索、存贮、修改、更新、加工、删除、传送等功能,并在很短的时间内对用户作出应答。

实时系统是为支持上述这些具有实时要求的应用系统而设计的,它主要配备在微型和小型计算机以及工业控制计算机上,例如 PDP—11 系列机的 RT—11 和 RSX—11、Intel 86 系列机的 RMX/86。实时系统具有如下三个特点:

(1) 简单的交互能力 实时系统支持用户使用终端,提供联机服务,但较之分时系统实时系统提供的交互能力较弱,它的终端装置仅仅是一种询问装置,仅提供一些简短的键盘命令,用户可以通过终端请求系统处理实时信息,系统及时响应并作出应答,但用户不能在应用系统运行期间在终端上输入、编制和调试程序。

(2) 及时响应 实时系统对响应时间的要求较之分时系统更为严格。分时系统的响应时间是以人们通常能够接受的等待时间来确定的,例如 2~3 s。而实时系统接受的是现场事件,对这种事件的响应时间将直接影响到现场的过程控制质量或服务 quality,特别是对于过程控制,若不能及时响应则可能会导致严重的恶果。因此,实时系统的响应时间是以被控制过程或信息处理服务请求所能接受的延迟来确定的,它可能是秒级或毫秒级,甚至是微秒级。实时系统除配备标准外部设备之外,一般还根据具体应用及系统规模配备各种各样的非标准设备,它们多以中断方式与 CPU 联系,而且工作特性各异,为了保证对各种事件的及时响应,实时系统具有较强的中断处理功能以及分析和任务开关机构。

(3) 高可靠性 追求可靠性是实时系统的主要目标之一。由于实时系统的控制处理对象往往是重要的经济或军事目标,同时又是在现场直接控制和处理,一旦发生错误或丢失信息往往会造成重大经济损失甚至导致灾难性后果。因此,实时系统一般都具有容错管理功能,例如,过载保护、故障检测、系统重构等等,另外,在硬件上还常采用冗余措施,如多处理机,从而保证系统的可靠运行。

通常把批处理系统、分时系统和实时系统称为操作系统的三种基本类型。一些计算机系统兼有它们三者或其中二者的功能。

4. 单用户交互式系统 (Single User Interactive System)

进入 70 年代,集成电路的发展使微处理机和微型计算机系统开始问世并迅速发展。微型计算机的规模小,价格便宜,对工作环境要求不高,适宜于个人使用,故也称为个人计算机 (Personal Computer)。为这类计算机设计的操作系统多为单用户系统,它不追求系统资源的充分利用,也不讲究共享资源,而是强调个人的特点,注重使用方便。因此,这类操作系统的功能比较简单,管理功能主要是磁盘文件管理和设备驱动,服务方式采用联机交互方式,除了提供键盘命令服务外,一些优良的系统还提供更为方便灵活的交互手段,例如“菜单”命令、“窗口”显示,“鼠标”驱动。

5. 网络操作系统 (Network OS)

计算机网络就是对若干远地的或本地的独立计算机配以通信接口,以某种拓扑结构互连构成的多机系统,网中的各节点计算机可以通过通信线路(如高速总线、电话线、微波线路等)相互通信以及共享网络资源。

网络操作系统除了具有基本类型操作系统中所应具备的管理功能和服务功能外,还具

有网络管理和网络服务功能，这主要包括：①网络资源共享，系统提供资源共享操作供节点计算机用户或作业方便地使用本地的或远地的其它节点计算机上的可共享资源。②网络通信，不同节点计算机的用户或作业可以相互交换信息，系统提供文件传输和电子邮件服务，一个文件可以被传输到其它节点计算机上，以方便文件共享，用户也可以发送一份电子邮件给其它节点计算机用户或接受其他节点计算机用户发来的电子邮件，就像打电话一样方便。③作业迁移，一个作业可以从一个节点计算机上迁移到其他工作负荷较轻或适宜于处理该作业的节点计算机上运行。

分布式计算机网络及分布式操作系统是当今发展的一个重要方向，我们将在第八章单独介绍分布式系统。

3.3 操作系统的服务接口

操作系统是一个系统服务软件，那么用户及所有非操作系统程序是怎样使用操作系统，请求操作系统的服务的呢？操作系统提供两级服务接口：面向程序级的内层接口和面向作业控制级的外层接口。

1. 程序级接口

任何一个计算机系统都将 CPU 执行状态划分成管态（也称核心态或系统态）和目态（也称用户态）。CPU 在管态下可执行指令系统的全集并具有改变 CPU 状态的能力，而在目态下只能执行非特权指令集。所谓特权指令，是指那些不允许一般用户和程序所使用的指令，例如，清内存、设置中断屏蔽、改变状态寄存器及地址映射寄存器的内容等等，这些指令如果允许用户随便使用，就有可能使系统陷入混乱。操作系统程序在管态下执行，即操作系统被赋予执行指令系统全集的特权。用户程序和其他系统应用程序都在目态下执行，因此，也把它们统称为目态程序。

所谓操作系统的程序级接口，就是操作系统与目态程序之间的接口。当执行中的目态程序请求操作系统服务，转而执行操作系统程序时，将引起 CPU 执行状态从目态变为管态，因此，也称这类接口为状态接口。程序级接口由一组系统调用命令所组成，系统调用命令就是具有系统调用编号和其它有关参数的“访管”指令（SVC）或“陷入”指令（trap）。当机器执行 SVC 或 trap 指令时将引起访管中断，CPU 状态变为管态，保留调用现场，然后去执行相应的某个操作系统程序，当该操作系统程序执行完毕，经中断机构返回，CPU 由管态又复变为目态。目态程序请求操作系统服务的唯一途径就是使用系统调用命令。通常，操作系统在程序级提供以下几类功能服务：

（1）进程控制 例如：建立进程、终止进程、等待事件，设置或获取进程属性、分配或释放内存等。

（2）文件操作 例如：建立文件、删除文件、打开文件、关闭文件、读文件、写文件、设置或获取文件属性等。

（3）设备管理 例如：请求设备、释放设备、输入操作、输出操作、设置或获取设备属性等。

（4）信息维护 例如：设置或获取时钟和日期、设置或获取系统数据等。

（5）通信 例如：建立或撤消通信通路、发送消息、接受消息、传送状态信息等。

系统调用命令一般是面向汇编语言的，有些也面向高级语言（如 C 语言、PL/360）。