

电子计算机应用系列教材

操作系统

黄水松 林子禹 编著
陈莘萌 粟福章

科学出版社

1993

内 容 简 介

本书是“电子计算机应用系列教材”之一，详细讲述了操作系统的基本原理和概念。书中深入讨论了操作系统的形成和发展、进程管理、作业管理和控制、存储管理、设备管理、文件管理、分时和实时系统、操作系统的结构设计，并较详细地介绍了当前流行的 CC-DOS, VMS 和 Unix 操作系统。各章均附有习题，书后还给出了上机实习题。

本书可作为计算机应用人员、工程技术人员及高等院校有关专业的教材或参考书。

电子计算机应用系列教材

操 作 系 统

黄水松 林子禹 编著
陈萃萌 栗福章

责任编辑 戴莉莉

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码：100707

北京市华星计算机公司激光照排

国防科工委印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1993年1月第 一 版 开本：787×1092 1/16

1993年1月第一次印刷 印张：15½

印数：0001—4500 字数：353000

ISBN7-03-001611-4/TP·116

定价：11.60元

“电子计算机应用系列教材”主持、组织编著单位

主持编著单位:

国务院电子信息系统推广应用办公室

组织编著单位:

广东、广西、上海、山东、山西、天津、云南、内蒙古、
四川、辽宁、北京、江苏、甘肃、宁夏、江西、安徽、
河北、河南、贵州、浙江、湖北、湖南、黑龙江、福建、
新疆、广州、大连、宁波、西安、沈阳、武汉、青岛、
重庆、哈尔滨、南京等35省、市、自治区、计划单列市

电子振兴

计算机领导小组办公室

科技工作

“电子计算机应用系列教材”联合编审委员会名单

(以姓氏笔划为序)

主 编 审 委 员:

王长胤* 苏世生 何守才 陈有祺 陈莘萌* 邹海明* 郑天健
殷志鹤 童 颖 赖翔飞 (有“*”者为常务主编)

常务编审委员:

于占涛 王一良 冯锡祺 刘大昕 朱维华 陈火旺 陈洪陶 余 俊
李 祥 苏锦祥 佟震亚 张广华 张少润 张吉生 张志浩 张建荣
钟伯刚 胡秉光 高树森 徐洁盘 曹大铸 谢玉光 谢育先 韩兆轩
韩培尧 董继润 程慧霞

编审委员:

王升亮 王伦津 王树人 王振宇 王继青 王翰虎 毛培法 叶以丰
冯鉴生 刘开瑛 刘尚威 刘国靖 刘晓融 刘德镇 孙令举 孙其梅
孙耕田 朱泳岭 许震宇 何文兴 陈凤枝 陈兴业 陈启泉 陈时锦
邱玉辉 吴宇尧 吴意生 李克洪 李迪义 李忠民 迟忠先 沈林兴
肖金声 苏松基 杨润生 吕福德 张志弘 张银明 张 勤 张福源
张翼鹏 郑玉林 郑 重 郑桂林 孟昭光 林俊伯 林钧海 周俊林
赵振玉 赵惠溥 姚卿达 段银田 钟维明 袁玉馨 唐肖光 唐楷全
徐国平 徐拾义 康继昌 高登芳 黄友谦 黄 侃 程锦松 楼朝城
潘正运 潘庆荣

秘 书 组:

秘 书 长:胡茂生
副秘书长:何兴能 林茂荃 易 勤 黄雄才

序

当代新技术革命的蓬勃发展,带来社会生产力新的飞跃,引起整个社会的巨大变革.电子计算机技术是新技术革命中最活跃的核心技术,在工农业生产、流通领域、国防建设和科学研究方面得到越来越广泛的应用.

党的十一届三中全会以来,我国计算机应用事业的发展是相当迅速的.到目前为止,全国装机量已突破三十万台,十六位以下微型计算机开始形成产业和市场规模,全国从事计算机科研、开发、生产、应用、经营、服务和教学的科技人员已达十多万人,与1980年相比,增长了近八倍.他们在工业、农业、商业、城建、金融、科技、文教、卫生、公安等广阔的领域中积极开发应用计算机技术,取得了优异的成绩,创造了显著的经济效益和社会效益,为开拓计算机应用的新局面作出了重要贡献.实践证明,人才是计算机开发应用的中心环节.我们必须把计算机应用人才的开发与培养放在计算机应用事业的首位,要坚持不懈地抓住人才培养这个关键.

从目前来看,我国计算机应用人才队伍虽然有了很大的发展,但是这支队伍的数量和质量还远不适应计算机应用事业发展的客观需要,复合型人才的培养与教育还没有走上规范化、制度化轨道,教材建设仍显薄弱,培训质量不高.因此,在国务院电子信息系统推广应用办公室领导、支持下,全国35个省、市、自治区、计划单列市计算机应用主管部门共同组织118所大学和科研单位的400多位专家、教授编写了全国第一部《电子计算机应用人才培养大纲》以及与之配套使用的电子计算机应用系列教材,在人才培养和开发方面做了一件很有意义的工作,对实现培训工作规范化、制度化将起到很好的推动作用.

《电子计算机应用人才培养大纲》和“电子计算机应用系列教材”贯穿了从应用出发、为应用服务,大力培养高质量、多层次、复合型应用人才这样一条主线.培训大纲总结了近几年各地计算机技术培训正反两方面的经验,提出了计算机应用人才的层次结构、不同层次人才的素质要求和培训途径,制定了一套必须遵循的层次化培训办学规范,编制了适应办学规范的“课程教学大纲”.这部培训大纲为各地方、各部门、各单位制定人才培养规划和工作计划提供了原则依据,为科技人员、管理人员以及其他人员学习计算机技术指出了努力方向和步履,为社会提供了考核计算机应用人才的客观尺度.“电子计算机应用系列教材”是培训大纲在教学内容上的展开与体现,是我国目前规模最大的一套计算机应用教材.教材的体系为树型结构,模块化与系统性、连贯性、完整性相兼容,教学内容注重实用性、工程性、科学性,并具有简明清晰、通俗易懂、方便教学、易于自学等特点,是一套很好的系列教材.

这部培训大纲和系列教材的诞生是各方面团结合作、群策群力的结果,它的公开出版和发行,对计算机应用人才的培训工作将起到积极的推动作用.希望全国各地区、各部门、各单位广泛运用这套系列教材,发挥它应有的作用,并在实践中检验、修改、补

充和完善它。

通过培训教材的建设，把培训工作与贯彻国家既定的成人教育、函授教育、电视教育和科技人员继续工程教育等制度相结合，逐步把计算机应用人才的培训工作引向规范化、制度化轨道，为培训和造就大批高素质、多层次、复合型计算机应用人才而努力奋斗，更好地推动计算机应用事业向深度和广度发展。

李祥林

1988年10月17日

前 言

操作系统是计算机系统配置的基本软件之一，它在整个计算机系统软件中占有中心地位，也是计算机教学中最重要的环节之一。操作系统的质量直接影响整个计算机系统的性能和用户对计算机的使用。本书详细介绍了操作系统的基本原理和概念，为读者学习、使用和分析操作系统提供了一些基本的原理和方法。这些知识对于计算机在各个领域中的应用是必不可少的。

本书将作为计算机应用人员的培训教材，因此根据国内使用计算机的情况，在内容上力图具有一定的先进性和较大的适应性。正是遵循这一原则，我们在编写中着重讲述原理、概念和实例。

全书共分十一章。第一章阐述了什么是操作系统，操作系统的发展和形成过程，操作系统的现状和它在计算机系统中的作用。第二至六章主要讨论了操作系统的基本原理和概念，包括进程管理、作业管理和控制、存储管理、设备管理和文件管理等内容。第七章介绍了实时和分时系统。第八章讲述了分析和研制操作系统的一些基本原则和方法。

在阐述基本原理和概念的基础上，为了使读者对操作系统建立一个整体概念，对所学知识能融汇贯通，第九至十一章讨论了当前流行的 CC-DOS, VMS 和 Unix 操作系统，较详细地分析了它们的基本结构、主要的功能模块及其之间的相互关系。这些内容既是一般原理之后的实例，又是深入了解和使用这些系统的入门知识。

本书各章均附有一定数量的习题，供读者进一步理解各章内容。在学完全部内容之后，书末的上机实习题供教师组织教学活动之用。

本课程的参考教学时数为60学时，实习和实验时数为20学时。在阅读本书之前，读者应具有程序设计基础、计算机组织和系统结构方面的知识。

本教材由国防科技大学胡守仁教授主审，辽宁大学赖翔飞教授对本书提出了许多宝贵意见。在此，编者谨向他们表示诚挚的谢意。本书虽几经易稿，但由于水平所限，难免有不妥之处，乃至缺点和错误，恳切希望读者赐教。

目 录

第一章 操作系统概论	(1)
1.1 操作系统的形成过程和作用	(1)
1.2 操作系统的类型	(5)
1.3 分析和设计操作系统的几种观点	(9)
习题	(12)
第二章 进程管理	(13)
2.1 引言	(13)
2.2 进程的导入和定义	(13)
2.3 进程的状态和控制块	(17)
2.4 进程控制	(20)
2.5 进程调度	(22)
2.6 进程通讯	(26)
2.7 死锁	(31)
习题	(37)
第三章 作业管理和控制	(39)
3.1 多道程序设计	(39)
3.2 系统和用户的接口	(41)
3.3 作业管理的功能	(42)
3.4 作业控制	(46)
3.5 作业调度	(48)
习题	(53)
第四章 存储管理	(54)
4.1 存储管理的功能	(54)
4.2 基本概念	(55)
4.3 单一连续分配	(57)
4.4 分区式分配	(58)
4.5 虚拟存储器	(64)
4.6 页式管理	(65)
4.7 段式管理	(73)
4.8 段页式管理	(82)
4.9 覆盖管理技术	(85)
习题	(86)
第五章 设备管理	(88)
5.1 设备类型	(88)

5.2 通道技术	(92)
5.3 缓冲技术	(95)
5.4 SPOOLing 技术	(99)
5.5 设备管理程序	(103)
习题	(114)
第六章 文件管理	(115)
6.1 引言	(115)
6.2 文件和文件系统	(116)
6.3 文件结构	(121)
6.4 文件的组成和文件控制块	(125)
6.5 文件目录	(127)
6.6 外存储器空间的管理	(131)
6.7 文件共享和文件保护	(133)
6.8 文件系统的结构和工作流程	(136)
6.9 文件的使用	(140)
6.10 系统故障的恢复	(142)
习题	(144)
第七章 分时和实时系统	(145)
7.1 分时系统	(145)
7.2 实时系统	(152)
习题	(161)
第八章 操作系统的结构设计	(162)
8.1 研制操作系统的过程	(162)
8.2 模块接口法	(164)
8.3 层次结构	(166)
8.4 管程结构	(170)
习题	(172)
第九章 CC-DOS 中文操作系统	(173)
9.1 PC-DOS 概貌	(173)
9.2 CC-DOS 中文操作系统介绍	(187)
习题	(198)
第十章 VMS 操作系统	(199)
10.1 VMS 操作系统概况	(199)
10.2 VMS 的进程管理	(201)
10.3 VMS 的存储管理系统	(211)
10.4 VAX/VMS 的输入输出系统	(218)
10.5 VMS 的记录管理和文件管理系统	(222)
习题	(224)
第十一章 Unix 操作系统	(225)
11.1 Unix 系统简介	(225)

11.2 Unix 的系统程序员界面和用户界面.....	(226)
11.3 Unix 的存储管理和进程管理.....	(229)
11.4 文件系统和设备管理	(231)
习题	(236)
上机实习题.....	(237)
主要参考文献.....	(238)

第一章 操作系统概论

操作系统是一门新技术，它是随计算机及其使用方式的发展而逐步发展起来的。操作系统是给计算机配置的大型、复杂的资源管理程序系统，它负责组织和管理各种软硬件资源，协调系统各部分之间、系统与用户以及用户之间的关系，使整个计算机系统能高效地运行，并为相互竞争可共享资源的诸用户研制和开发软件提供一个良好的工作环境。因此，它是现代计算机中极为关键的组成部分。

在研制操作系统和开发软件的实践中，人们逐渐加深了对它的本质和原理的认识。为了对操作系统有一个全面的了解，以及为学好后面各章打下坚实的基础，本章将阐述操作系统的发展过程、作用和特性，操作系统的类型，分析和设计操作系统的几种观点。

1.1 操作系统的形成过程和作用

1.1.1 操作系统的形成和发展

操作系统在发展的历史中经历了发生、发展和成熟的过程。由于客观需求，操作系统从无到有，从小到大，从简单到复杂，从单一到多种，迅速地发展成为一门技术。操作系统的形成和发展，不仅拓宽了计算机的应用领域，而且也促进了自身的完善和发展。为了叙述方便，我们把操作系统的形成过程与发展归纳成几个阶段，并指出每一阶段的主要特征。

(1) 手工操作阶段

计算机发展的第一代，其运算速度非常慢，存储器的容量也很小，外部设备少且比较落后，不仅如此，计算机上配备的软件也寥寥无几。用户把自己编写的程序穿成纸带或卡片后，拿到输入机上，按动输入键，这样就将程序输入到机器内部，经过运算得出其结果，在打印机上输出。当一个用户完成了自己的全部工作之后，下一个用户才能把纸带或卡片上的程序输入到计算机，再进行运算和打印输出工作。这种手工操作方式是一种联机操作方式。这些外部设备自动化程度很低，往往需要人工干预机器才能工作。计算机的全部资源（处理机、内存、外部设备及一些简单的软件）都由一人使用，输入、运算和输出这三个动作只能串行进行。这就是说，在整个过程中，只有一小部分机器部件在工作，而大部分部件处于空闲状态，白白地浪费了许多宝贵的机器时间，未能充分发挥机器的效率。

(2) 早期批处理阶段

以晶体管为特征的第二代计算机，大大提高了运算速度，迫使人们必须研究缩短建立作业和人工操作的时间这一问题。为此人们首先想到的是作业的转换如何摆脱人的干预，实现转换的自动化。这就出现了早期批处理方式，这种方式又分为联机批处理和脱机批处理两种类型。

早期联机批处理的基本思想是：操作员有选择地把若干作业合成一批，监督程序先把这批作业从输入设备上逐个地转输到磁带上，输入完成后，再按照某种原则自动地从磁带上逐个把它们装入内存运行。其过程如下：首先对该作业的用户程序进行汇编（或编译），然后由装配程序把编译后的结果程序和子程序装配成目标程序，并启动运行，最后由善后处理程序输出计算结果。监督程序按照上述步骤逐个完成一批作业后，再从输入设备上把下一批作业转输到磁带上，并继续重复上述步骤，完成一批新作业。在这种处理方式中，作业的输入输出都是联机的，全部工作都由中央处理机直接控制才能完成。

早期脱机批处理方式的显著特征是，增设了一台不与主机直接连接的专与外部设备交换信息的小型计算机（或称卫星机），如图 1.1 所示。卫星机把卡片输入机上的作业逐个转输到输入磁带上，而主机只负责从磁带上把作业调入内存运行，作业运行完成后，主机只负责把结果转输到输出带上，而卫星机把输出带上的信息提供给打印机进行输出。这样一来，卫星机起到了使主机与慢速外部设备并行工作的作用，主机摆脱了慢速的输入输出工作，从而提高了主机的效率。

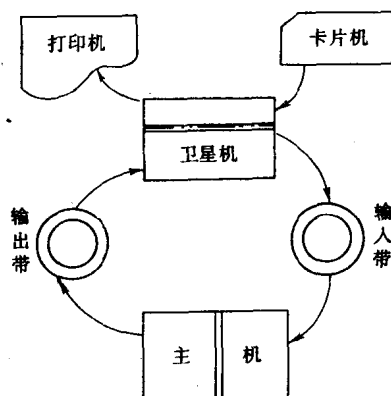


图 1.1 利用卫星机专门进行输入和输出

(3) 管理程序阶段

批处理阶段解决了作业之间的自动转换问题，并且可以进一步用卫星机去管理输入输出设备，促进了软件的发展。但是这种工作方式还是很很不方便的：一是无法防止用户程序破坏监督程序和系统处理程序；二是由于处理机和输入输出设备之间速度相差悬殊而造成的矛盾仍然未得到根本解决。管理程序就是为解决程序的保护问题和实现主机与外部设备并行工作而产生的。

60 年代初出现了通道和中断技术。所谓通道是指处理机的一个部件，它如同一台专用小型卫星机，专门用于控制一台或几台外部设备与主机并行工作。通道有一个解释执行通道命令的运算控制部件和一套通道指令，它和中央处理机使用同一内存，用来存放输入输出信息和通道程序。处理机向通道发出启动信号之后，它就能独立完成输入输出工作，而中央处理机仍可继续进行运算，这样就实现了输入、输出和运算重叠进行的崭

新局面。一个通道完成一项工作之后，向处理机发出信号，请它暂停下来，报告自己的工作情况，这时处理机就可以放下其他正在进行的工作，响应那个通道发出的信号，并马上分析与本次信息传输有关的事宜，作出相应的处理。处理完毕后，再回到原来暂停的位置继续进行原来的工作。此种方式称为中断通信方式。借助中断通信这一技术，可以很好地解决主机与通道同步的问题。一台计算机可以配置若干个通道，同时控制全部的外部设备，这样既可以解决外部设备和中央处理机在运行速度上相差悬殊的问题，又可以实现外部设备之间的重叠工作，如图 1.2 所示。

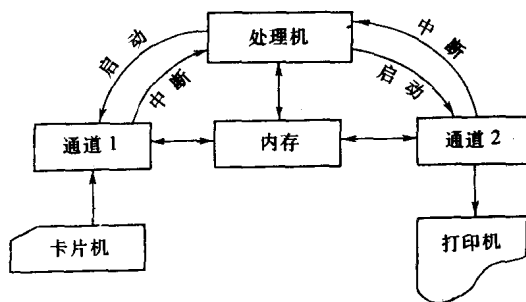


图 1.2 通道工作原理

管理程序就是管理计算机的内部资源，利用管理程序的功能，操作员可以通过控制台打字机输入控制命令操纵计算机。在管理程序的控制之下，通过中断和通道使外部设备和处理机尽可能重叠地工作，减少相互等待的时间，从而提高了计算机及资源的使用效率。用户程序可以方便地使用各种外部设备。当用户需要进行 I/O 操作时，不必了解控制外部设备的许多细节，启动外部设备的许多具体工作都由管理程序来完成。特别是当外部设备发生故障时，管理程序将负责进行及时处理而全然不要用户担心。管理程序的进一步发展就成为今天的操作系统。

(4) 多道程序系统阶段

虽然在一个用户程序独占系统的情况下，管理程序也可以使通道和处理机并行工作，达到提高机器效率的目的，但由于处理机与外部设备在速度上相差太大，输入输出时间和处理机所用的执行时间不一定相同，所以还是不能消除处理机对外部传输的等待。因此，首先需要程序员精心设计程序，才能发挥计算机的并行性。但是，有些作业的计算量很小，而输出量很大，难以设计出很协调的并行加工的程序。执行这种程序时，处理机总是等着输出完成，而输出设备却忙个不停。对于上述问题，管理程序只能束手无策，毫无办法。为了充分发挥计算机各部分并行工作的能力，采用了并发程序设计技术，设计出了多道程序系统。

多道程序系统是指在计算机内存中，同时存放几道相互独立的程序，处理机在某一时刻只能执行其中一道，当某道程序因某种原因不能继续在处理机上执行时（例如需要输入输出完成，或等待某一信息到来），就从内存中选取另一道程序到处理机上执行。当一道程序不再使用通道时，可把通道安排给另一道需要输入输出的程序使用。经这样安排之后，处理机中能够同时运行多道程序，可使处理机、通道、外部设备都充分忙碌，从

而提高了整个计算机系统的效率和设备的利用率。多道程序系统的出现, 象征着操作系统的形成。由此可以看出, 管理程序的主要特点是在单道作业的工作环境下充分发挥处理机与外部设备的并行性, 而操作系统的主要特点则是利用多道程序设计技术来发挥系统中所有资源的并行性, 使得作业操作过程更加自动化, 从而进入了更高级的脱机操作阶段。

1.1.2 操作系统的作用和特性

设计操作系统主要有两个目的。一是将裸机转变成一台用户使用方便的计算机, 这一点也可被看成是向用户提供一台经过扩充功能的虚拟机, 也就是在用户和系统之间建立一个接口。其性能远远优于物理机器。配有操作系统的机器, 用户或操作员不必熟悉许多有关硬件的细节, 使用起来就会得心应手。例如, 裸机的输入输出可能相当复杂, 为了使用它们需要进行繁琐的程序设计, 而操作系统则向用户提供了一台具有相同输入输出能力, 且易于使用的虚拟机, 解除了用户的沉重负担。特别是可以自动处理许多硬件故障和软件错误, 还可以预防用户程序设计中所产生的错误, 大大加快了软件开发进程。二是管好计算机的全部资源, 使计算机的所有资源都能充分地得到利用, 有效地发挥各种软硬件资源的作用, 提高整个系统的效益。这是通过对资源的集中管理和合理调配来实现的。

操作系统的特性主要表现在如下几方面。

(1) 并发性

并发性是操作系统的主要特性, 其意义是存在许多同时的或并行的活动。在操作系统中它包括硬件与硬件并行、作业的计算与传输并行、作业与作业并行和系统程序与系统程序并行。要实现并行工作需解决从一个活动切换到另一个、保护一个活动使其不受另一活动的影响以及在相互依赖的活动之间实施同步的问题。

(2) 共享性

指相互竞争的诸用户共享计算机资源, 这种共享是并行共享, 其目的是为了提高计算机资源的利用率。与共享有关的问题是资源分配、对数据的同时存取、程序的同时执行以及保护程序免遭破坏等。

(3) 长期存储

需要共享的程序和数据意味着需要长期存储信息, 以便于用户将其程序和数据存放在计算机中。这就需要提供简单的存取方法, 防止有意或无意地对信息进行未经许可的操作, 在系统失效时提供保护以免存储信息遭受破坏。

(4) 随机性

所谓操作系统的随机性是指它必须随时对以不可预测的次序发生的事件进行响应。这些事件包括对资源的请求、程序运行时产生的错误以及响应来自外部设备的中断等。从这个意义上讲, 可把操作系统看作是一个具有随机性的系统程序, 但其他系统程序(如编译程序)和用户程序就不具有此种特性。请注意, 虽然操作系统具有这种特性, 但当一个程序在它管理之下运行时, 不会因为运行环境的不同而产生不同的结果, 这就是它的确定性。

操作系统的并行性、共享性、长期存储、确定性和随机性一起为用户提供了一个良

好的软件开发环境，这也是它得以生存和发展的重要原因。

1.2 操作系统的类型

按操作系统所提供的工作环境，我们可以把操作系统分成三大类：多道批处理系统、分时系统和实时系统。

1.2.1 多道批处理系统

我们知道，最初的手工操作是一种联机操作方式，作业运行的每一步都依赖于人工控制，为此发展并形成了批处理系统，在这个基础上又发展了批处理和管理程序的特点，产生了多道批处理系统。这种系统的基本思想，就是每次把一批经过合理搭配的作业通过输入机提交给操作系统，并由系统把它们暂时存入辅助存储器中等待运行；以后，当系统需要调入新的作业时，系统再根据当时的运行情况和用户要求，按照某种调度原则，从后备作业队列中挑选一个或几个合适的作业到内存中参加运行；当某个作业运行完毕或因故执行不下去时，系统转去执行另一作业，重复上述步骤，直至这一批作业全部执行结束为止。多道批处理系统是批处理与多道程序设计技术相结合的产物，它提高了批处理的效率。在多道程序管理下，处理机轮流给每个作业使用，用户对此毫无感觉，完全由操作系统协调处理。系统运行过程中不允许用户和机器之间发生交互作用，也就是说，用户一旦把作业提交给操作系统之后，他就完全独立于他的作业，直到作业运行完毕，打印出运算结果后，他才能够根据输出的结果去分析作业的运行情况，确定下一次上机的任务。这样，就迫使用户改变了他们原来的工作方式，使他们必须针对作业运行中可能出现的各种情况，规定好应该采取的措施，并把控制作业运行的意图写成说明书的形式，与作业一起交给系统，以便能取得预期的效果。但是，由于系统工作时不允许用户插手干预它的作业，所以这种系统大大压缩了两次作业之间的交换时间，减少了手工操作的次数，从而使系统有相对灵活的调度原则，便于实现整个计算机的工作流程自动化，充分发挥各种资源的利用率。

1.2.2 分时系统

多道批处理系统虽然具有省时、高效的优点，但美中不足之处，就是一旦用户的作业进入机器之后，用户就无法对其作业进行加工处理。然而，作业中的错误是无法彻底消灭的，当用户需要迅速处理这些错误时，只能袖手旁观。为了适应客观的需要，于是新的联机操作方式——分时系统应运而生。

实现分时系统的基本思想是基于人的操作和思考速度远比计算机处理速度慢这一事实，只要用户给出的每个命令要求的工作量不太大，那么计算机就可以在很短的时间内（几秒钟）响应用户的请求。因此，可以把计算机和很多终端设备连接起来，并令每台终端设备对应一个用户，系统把处理机的时间轮流地分配给各个用户。于是，每个用户就可以通过终端设备向系统发出命令，请求完成某项工作。系统在接到该命令之前，此时的处理机时间由其他用户使用。然后，系统分析从终端设备发来的信息，或者完成用户提出的要求，或者查出用户的错误，并把运行结果再通过终端设备告诉相应的用户。以

后, 用户又根据系统提供的运行结果, 向系统提出下一步请求, 如修改程序, 重新计算或执行其他工作等等。重复上述交互式会话过程, 直至用户完成预计的工作为止。由于终端设备上的用户工作很慢, 所以系统能够在较短的时间内同时响应所有用户的要求, 因而每个用户都感觉好像是独自使用计算机一样。

分时系统有多路调制性、交互性和独占性三个特点。所谓多路调制性是指系统可带多个终端, 同时可允许多个分时用户工作; 交互性是指用户在终端上与计算机交互会话来联机控制自己的作业运行; 独占性指操作系统实现了向每个用户提供了一台虚拟机, 并且每个用户的虚拟机彼此互不干扰。分时系统之所以具有这三个特点, 是因为分时系统所要达到的目标, 是使很多用户(多路调制性)能够同时与一台计算机进行“对话”(交互性), 但用户彼此之间却感觉不到他人也在使用计算机(独占性)。换言之, 这种系统为每个用户提供的工作环境是一台可交互会话的通用虚拟计算机。

分时系统是在多道批处理基础上发展起来的, 在分时系统中, 用户通过计算机交互会话来联机控制自己的作业运行, 这对初学者和新软件的调试开发是非常有益的。其优点是: 首先是在充分发挥机器效率的基础上, 允许每个用户联机使用计算机, 按照用户颇感自然的工作方式(交互会话式)去编写、调试、修改和运行自己的程序, 从而能使用户在较短的时间内, 实验、修改、完善设计思想, 选出理想的设计方案, 加快软件开发周期; 其次, 无论是本地用户还是远程用户, 只要同计算机联一台终端设备, 就可以简便地使用计算机, 这将有利于计算机的普及推广以及扩大使用范围; 第三, 分时用户之间可以通过计算机的文件系统, 彼此交流程序信息和计算结果, 便于多个用户协作完成共同关心的任务。

分时系统中也采用多道程序技术, 通常把正在处理和即将处理的几个作业存放在内存中。分时系统与多道程序系统的差异在于, 分时系统的目标是提供对各个终端用户的及时响应, 而不像多道程序那样追求系统效率。此外, 分时系统对同质作业可以获得较好性能, 而多道程序系统对异质作业(即 I/O 多的作业与计算多的作业搭配)才能真正发挥效益。

1.2.3 实时系统

实时操作系统是对实时系统进行管理和协调的操作系统, 大部分是为特殊的实时控制过程和实时处理系统而设计的, 实时系统分为实时控制系统和实时处理系统。实时系统用于对快速过程进行实时过程控制和实时数据处理, 其主要特征就是实时性和可靠性, 它要求计算机对输入的信息在严格的时间范围内作出准确的响应。与分时系统不同之处是, 同系统打交道的不是动作缓慢的人, 而是瞬息万变的动作过程。另外对响应时间的要求也比分时系统更高, 一旦向实时系统提出服务要求, 系统就应该在毫秒级响应, 才能起到控制作用, 稍稍迟疑, 就会面目全非。

(1) 生产过程控制

生产过程控制一般指的是用计算机对一个工业生产过程进行控制、监测、调整, 以保证产品的质量和生产的高效率。这种系统用于石油、化工、钢铁、电子、纺织等行业的工厂的生产过程。这种系统能处理生产过程中的有关数据, 将这些数据整理和显示出来提供给调度管理者; 另外也能对生产过程进行控制、监视、自动调整。过程控制中的

操作系统的主要功能是提供最大的可靠性，并且很少需要操作人员的干预，在任何硬件发生故障的情况下，系统仍旧是安全的。

(2) 实时数据处理

实时数据处理指的是计算机对输入信息或数据要以足够快的速度进行处理，并在一定的时间内作出响应，往往与数据库系统相联系。以航空订票系统为例来说明这个问题。一个订票系统，首先要把各航班的飞行日期、起飞时间、到达终点机场的时间等数据存入计算机，还应把每架班机所容纳的旅客座位数也存入计算机，作为随机文件保存起来。在这个售票处的终端上可以随时访问数据库中的数据，而这种询问是在几秒钟之内进行的，询问者通过电话要求立即答复，此时计算机应迅速查找文件中的记录，如某航班的座位数、已售出的座位数、中途停靠机场是否有改乘的旅客等，并立即作出是否还有多余的座位可以出售的答复，否则就不能满足询问者的要求。因而实时数据处理系统中，产生的数据不经积压就能及时予以处理，并将处理的结果及时送回终端。

实时系统的特点如下：

(a) 系统要对外部输入系统的实时信号作出及时响应，响应的时间间隔要足以能够控制发出实时信号的那个环境。

(b) 系统的整体性强，实时系统所管理的联机设备和资源，通常要按一定的时间关系和逻辑关系协调工作。

(c) 实时系统没有分时系统那样强的交互式会话功能，通常不允许用户通过实时终端设备去编写新的程序或修改已有的程序。实时终端设备通常只是作为执行设备或询问设备使用。

(d) 实时系统具有很高的可靠性和安全性。所以，系统的所有部分通常都是采用双工方式工作的。

前面，我们将操作系统大致分为三类，并讨论了各类系统的特点及其实现思想，基本上都是根据其用途和设计目标进行分类的。但是，对一个具体的操作系统来说，它可能不属于其中任何一类，而同时具备这三类或其中两类的特点，也可能以某类为主，兼有其他类的特点。不同类型的操作系统之间的差异，主要是由于系统所侧重的目标不同造成的。在多道批处理系统中，重点是放在机器的利用率和吞吐作业的能力上；在分时系统中，重点是放在交互作用和响应时间上；在实时系统中，重点是放在系统的完整性、响应时间和基本数据的保护上。

除了上述几类之外，近年来还出现了分布式操作系统。

1.2.4 分布式操作系统

当前设计的绝大多数操作系统都是在单计算机（单处理器或多处理器）上运行的，并为用户提供一个多道程序设计环境。随着程序设计环境、人-机接口和软件工程方面的最新发展，以及由高速局域网互连的若干台计算机（小型或微型计算机）组成的新一类计算机系统的诞生，当代操作系统已不能适应其发展需要，这是因为它有以下几个重大缺陷：首先，操作系统往往提供质量特别差的服务，给用户的接口常常很低级，用起来不方便，并未减轻程序员多少负担；其次，绝大多数操作系统是在分布式计算出现之前设计的，因此，它们很少或不能支持局域网。

所谓分布式操作系统是为分布式计算机系统配置的操作系统。它是在多处理机（它们可能是小型机、微型机，工作站或大型通用计算机）环境下，把各部分功能分布在不同处理机上，每个处理机有它自己的局部存储器和时钟，通过通讯线路（如高速总线或电话线）进行相互通讯。各处理机在容量、功能上不尽相同，但彼此之间没有主从关系。除了最低级的输入输出设备支援之外，所有的系统任务均可以在任何别的处理机上运行，分布式操作系统就是负责管理以协作方式共同工作的处理机、存储器、输入输出设备等一系列系统资源，以及负责执行进程与处理机之间同步通讯、调度等控制工作的软件系统。

分布式操作系统与单处理机上的操作系统相比，它也是一种资源管理程序。但由于分布式系统中有多台处理机，使得进程的并行性不仅有并发性，而且有同时性。这样一来，分布式操作系统的结构就出现了许多新的特点：

(a) 分布式操作系统配有负责管理各处理机之间通讯的软件模块，并引入了网络操作系统中使用的通讯协议技术。

(b) 操作系统的控制结构是分布式的，各处理机都有操作系统或其中一部分，操作系统的各模块可以在各台处理机上同时运行。

(c) 操作系统可有高层和局部之分，通常把属于本机独立运行所需的基本管理功能和本机与它机同步通讯、消息发送等事务管理划分为各处理机上的局部操作系统，而把在各处理机之间协调与分配任务，以及公共事务、特殊事务管理功能划归为高层操作系统。

(d) 文件系统具有透明性和局部性。所谓透明性是指用户可按相同的方式存取系统中所有文件而不管它们存放在何处；所谓局部性是指用户知道文件存放在系统中哪个地方，用户每次存取文件时必须给出文件的位置。

(e) 分布式操作系统中的基本调度单位不再是一般系统中的进程，而是一种任务队列，即多个处理机上的并发进程的集合。

分布式操作系统具有如下优点：

(a) 系统处理能力增强。处理机上的一个用户可以使用其他处理机上的资源，有效地实现了资源共享。分布式操作系统为用户提供了存取系统中各软硬件资源的能力，资源共享更为方便。通常设有远程处理机中的文件共享、分布式数据库中的信息处理、远程处理机文件打印、使用远程规定的硬件设备（如高速阵列处理机）和其他操作。

(b) 处理速度大为提高。当一个作业（如一个计算任务）到达系统中某一特定处理机时，可以将该作业分解成若干能并行运行的子作业。于是，分布式操作系统可将它们分布到若干处理机上并发执行，解题速度显著提高。除此之外，如果某台处理机上可并发执行的作业过载，则可将其中的某些作业分散到其他负载较轻的处理机上，使得系统能够均衡运行。

(c) 可靠性高。当系统中某台处理机由于软硬件故障而不能正常工作时，其他的处理机能兼顾这台处理机的工作，而使整个系统继续正常运行。如果该系统由若干大型自治的装置（如通用计算机）组成，那么其中之一的故障不会影响到其他的装置。当然，如果该系统由若干小机器组成，由于它们都担负某些至关重要的系统功能（如像终端字符 I/O 或文件系统），其中之一的失败便可能导致整个系统的故障。设计者在设计时充分考虑了足够的冗余（硬件或软件），尽管系统中某些处理机已经故障，系统仍可照常进行运