高等院校教材

操作系统原理

邹鹏 罗宇 王广芳 杨松琪 等编著

（第二版）

国防科技大学出版社

高等院校教材

操作系统原理

（第二版）

邹鹏 罗宇 王广芳
杨松琪 张育平 王德娟 编著

国防科技大学出版社
·长沙·

内 容 提 要

操作系统是计算机系统中的重要组成部分，它作为核心的系统软件，负责控制和管理整个系统的协调工作。本书阐述操作系统的基本工作原理以及设计方法。书中内容并不局限于某一型号的系统，而是以多道程序技术为基础，介绍各类操作系统带有共性的内容，书中的结构采用传统的分类方法，依次介绍操作系统中的进程与线程管理、存储管理、文件管理和设备管理，并对各种并发控制问题展开讨论。全书共分九章，在第一版的基础上，既论述了操作系统的经典内容，又注意介绍其发展趋势。

本书可作为大学计算机专业或与计算机应用相关的专业的本科生及高等教育自学考试学生的教材和参考书，也可供从事计算机设计、开发、维护和应用的专业技术人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

操作系统原理/邹鹏等编著. —2版. —长沙：国防科技大学出版社，2000.6
ISBN 7-81024-632-1

Ⅰ.操… Ⅱ.邹… Ⅲ.操作系统(软件) Ⅳ.TP316

中国版本图书馆CIP数据核字(2000)第25545号

国防科技大学出版社出版发行
电话：(073)1455568　邮政编码：410073
E-mail：gfkdcbs@public.cs.hn.cn
责任编辑：徐　飞　责任校对：黄　煌
新华书店总店北京发行所经销
国防科技大学印刷厂　印刷

开本：787×1092　1/16　印张：15.5　字数：358千
1995年3月第1版　2000年6月第2版第1次印刷　印数：48001-58000册

定价：21.00元

前　言

操作系统是计算机系统的重要组成部分，它作为重要的系统软件，负责控制整个计算机各类资源，使其高效地工作。对于从事计算机研究与应用的各类专业技术人员，操作系统是一门重要的必修课程。

操作系统出现在20世纪50年代后期，近30年来，在观念和技术上经历了重大的变革，早期出现了第一代操作系统教科书，如70年代P. Brinch Hansen所著的"*Operating System Principles*"；Madnick和Donovan所著的"*Operating Systems*"；Shaw所著的"*The Logical Design of Operating System*"以及国内先后出版的几本操作系统教科书……这类教材的特点是大多以某个具体系统作为背景来介绍操作系统的基本原理和技术。近期，由于操作系统的基本理论和技术趋于成熟和稳定，基本概念已有了好的定义，有可能形成一本观点比较一致、较标准、易理解的操作系统教程。基于此出现了第二代操作系统教科书，如1983年James L. Peterson, Abraham Silberschatz所著"*Operating System Concepts*"等。笔者根据几年的教学和研究实践，采纳James L. Peterson, Abraham Silberschatz的观点，1994年首次编写了《操作系统原理》第一版，教学实践表明效果良好。在第一版的基础上，我们进一步调整增加了内容，编写了第二版。

在此书的编写过程中，参考了国内外近几年出版的教材和文献，结合我们的科研实践，注意到当前我国软件和使用计算机的现实情况，使本书的内容具有先进性和适用性，并且本着循序渐进的原则，采用通俗的语言和较先进的实例，全面阐述操作系统的基本概念、原理和方法。既注重对操作系统经典内容的讲述，又注意介绍操作系统的发展趋势及部分重要的研究成果。全书共分九章，每章之后均配有习题，以加深和巩固对概念的理解。第一章概略地回顾了操作系统的四个发展时代；第二章介绍了驱动操作系统程序执行的中断系统；第三章和第七章分别介绍进程与线程管理、处理进程、存储管理、设备管理、文件管理；第六章讨论死锁问题。以上八章是操作系统的基本内容，适于40～60学时的课程教学。第九章介绍了并发程序设计的有关概念，特别引入了Hoare, Hansen等人提出的临界区、条件临界区、管程等概念。

本书可作为理工科院校计算机科学与软件工程各专业的教材，也可作为计算机及应用专业自学考试的教材，对于具有高级程序设计语言初步知识和对计算机有一定了解的科技工作者及计算机使用者，亦是较全面的参考书。在此，向为本书编写给予指导、关心和提出宝贵意见的老师和同行们表示衷心的感谢。书中疏漏甚至错误之处恳请专家、读者指正。

编著者

2000年4月于长沙

目　　录

第一章 绪 论

操作系统是计算机系统中最重要的系统软件，是系统的控制中心。一方面，操作系统为用户提供一个良好的使用计算机系统的环境，将裸机改造成一台功能强、服务质量高、使用方便灵活、安全可靠的虚机器；另一方面，它采用合理有效的方法组织多个用户共享计算机的各种资源，最大限度地提高资源的利用率。

自世界上第一台计算机 ENIAC 于 1946 年问世以来，计算机在运算速度、存储容量、元件工艺及系统结构等方面都有了惊人的发展。通常，人们按照计算机元件工艺的演变过程将计算机的发展划分为四个时代，也了管时代、晶体管时代、集成电路时代和大规模集成电路时代。与硬件发展相类似，人们也将操作系统的演变和发展过程划分为四个时代：单道批处理时代，多道批处理、分时、实时系统时代，同时具有多方面功能的多方式系统时代和分布式系统时代。

本章将通过概述操作系统历史的演变过程，使读者对诸如什么是操作系统、它在计算机系统中的地位、作用以及操作系统中基本概念的产生之类的问题有一个直观形象的认识；并使读者对下列类型操作系统的基本特征、操作系统主要研究的问题、今后的发展动向有初步了解。

§1.1 第零代操作系统(40 年代)

计算机发展初期，计算机系统基本上仅由硬件组成。由于当时还没有出现操作系统，因此将其称为第零代。在这一时期，整个计算机系统是由用户直接控制使用的，所以又称为"手工操作"阶段。

当时的计算机不仅速度慢、存储容量小、而且外部设备简单，输入主要借助磁带(图 1-1)。整个计算机系统由单个用户独占使用，用户使用计算机的大致方法是：将程序和数据以穿孔方式记录在卡片或纸带上，把卡片或纸带装在输入设备上；然后在控制台上发送输入命令，启动设备将信息输入到指定的工作单元；接着在控制台上再启动机器，从启动程序运行；操作者输出设备上获得程序运行的结果。

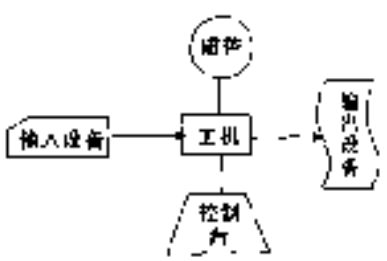

图 1-1 早期计算机系统

显然，在这种使用计算机的方式下，用户上机

时一人独占全机资源，使用机器语言编写程序，且对计算机各部分的工作或者直接实施人工干预，或者由自己所写的程序控制。在硬件各部分速度较低并且程序量较小的情况下，这种方式还能为人们所接受。但是，随着计算机速度的提高和 FORTRAN、COBOL 这类高级程序设计语言的问世，这种方式势必使人无法忍受。例如，用户如要想运行一道用 FORTRAN 语言编写的程序，必须首先把存有 FORTRAN 编译程序的磁带安装在磁带机上，将 FORTRAN 编译程序调入主存对 FORTRAN 源程序进行编译；然后再安装"连接程序"所在的磁带，对编译好的程序进行连接；最后启动运行目标程序。由此可见，由于一批包括语言在内的系统软件的问世，使用户上机过程变得更繁杂，并增加了程序运行前的准备时间。由于计算机速度的提高，上述人工干预势必造成巨大的资源浪费。

为了缩短运行前的准备时间，提高计算机资源的利用率，人们提出了简单的改进措施，引入了"系统操作员"的概念。各用户将自己的程序以及程序的运行步骤（控制意图）交给系统操作员，系统操作员将这种形式的一批用户作业按类进行划分，每次处理一类作业。例如，将需要作 FORTRAN 编译程序的作业组织成一类一起编译，并由系统操作员控制计算机运行用户程序。当然，这种使用计算机的方法仍旧停留在手工操作阶段，人的操作速度与机器运行速度相比仍存在着极不匹配的矛盾。

§1.2 第一代操作系统（50 年代）

为了缓和早期使用计算机时存在着的人、机速度严重不匹配的矛盾，提高资源利用率，人们开始利用计算机系统中的软件来代替系统操作员的部分工作，从而产生了最早的操作系统——早期批处理系统。它的基本思想是：设计一个常驻内存的程序（监督程序 monitor），操作员有选择地把各个作业合成一批，安装在输入设备上，并启动监督程序。然后由监督程序自动控制这批作业运行。监督程序首先把第一道作业调入主存，并启动该作业。一道作业运行结束后，再把下一道作业调入主存启动运行。待一批作业全部处理结束后，系统操作员则把作业运行的结果一起交给用户。按照这种方式处理作业，各作业间的转换以及各作业的运行完全由监督程序自动控制，从而减少了部分人工干预，有效地缩短了作业运行前的准备时间。

监督程序取代系统操作员的部分工作后，用户也应以某种方式告知监督程序其作业的处理步骤。因此，在早期批处理系统中引进了作业控制语言和作业控制说明书的概念。作业控制说明书是利用作业控制语言编写的用以控制作业运行的一段程序。在组织一道作业时，通常将作业控制说明书放在被处理的作业前面（或后面），监督程序则通过解释、执行作业控制说明书中的语句来控制作业运行。

例如，假设用户作业中包括 A、B 两个源程序段，其中 A 段是用 FORTRAN 语言编写的，B 段是用汇编语言编写的。用户要求把这两段程序分别经过编译、汇编之后连接在一起形成一个程序运行。下是该用户的作业说明书如下：

```
$FTN   A          编译程序段 A
$ASM   B          汇编程序段 B
$
```

```
$LINK   A,B,C          连接A B为C
$RUN    C              运行名为C的程序
```

监督程序通过逐条解释，执行该说明书中的作业控制语句自动控制作业运行。解释$FTN的结果是把FORTRAN编译程序调入主存，并启动编译程序编译源程序A。编译结束后，控制返回到监督程序。监督程序解释$ASM的结果是对程序B进行汇编，解释$LINK A,B,C的结果是通过连接程序把经过编译、汇编的程序A,B连接起来，命名为C。最后解释$RUN,从而启动名为C的程序。

由于用户可以使用全部的机器指令，可以直接控制和使用系统资源(如主存、外部设备等)，因此用户编程中的错误往往可能导致各种预想不到的后果。为了避免这类错误发生，人们将机器指令分为普通指令和特权指令，并且引入了方式(mode)的概念。把有关输入输出的指令、停机指令等列为特权指令，并且规定只有监督程序才有权执行特权指令，用户程序则只能执行普通指令。

将输入输出指令列为特权指令后，用户便不能直接控制设备进行传输了。如果用户希望进行输入输出，则必须向监督程序提出请求；监督程序通过调用系统内部的程序段来完成用户的输入输出请求。由此又引出了系统调用(system call)或称广义指令的概念。

监督程序为用户提供了一系列分别完成各种不同功能的系统调用程序段。用户程序中可以用类似安排一条硬件指令的方法请求一次特定的系统调用。当处理机执行到用户程序的系统调用指令时，硬件通过产生"小陷"并借助中断转换机构将当前的用户方式转变为监督方式，控制也随之转入监督程序。监督程序便根据用户提供的调用参数进行相应的处理。处理结束后，监督程序则根据中断前所保存的现场将方式改变为用户方式，返回用户程序继续执行。

"系统调用"概念的引入大大提高了监督程序在整个系统中的地位，丰富了监督程序的功能。监督程序不仅要对作业的处理流程进行自动控制，而且还要负责为用户程序的运行提供各种功能的服务。"系统调用"的引入也为用户提供了使用计算机系统的新界面，可以使用户从直接使用物理处理机的繁杂束缚中解脱出来。呈现在用户面前的是一台功能强、使用方便的虚拟处理机。引入"系统调用"后，用户对系统内部各种资源的使用均由监督程序代为完成，因而也使得系统更加安全，可以避免用户在使用资源时可能出现的某些错误，也有利于提高资源利用率。

在手工操作阶段，存储器全部由用户支配使用。引出监督程序后，存储器不再让用户独占，常驻内存的监督程序必须占据部分内存，通常，监督程序占用主存的0～k单元，k+1～n单元供用户程序占用。监督程序所在的存储空间称为系统空间，用户程序所在的存储空间称为用户空间。为了避免用户程序执行时有意或无意地对系统空间进行存取访问，硬件提供一个界地址寄存器，用以存放系统空间与用户空间的分界地址k。当系统处于用户方式时，每访问一次主存，硬件自动进行地址越界检查，从而保证了监督程序不被破坏。这种保护称为存储保护。

在早期批处理系统中，系统动态运行时，一段时期处于监督方式，一段时期又处于用户方式。从用户方式进入监督方式主要是由于用户程序中的系统调用而引起的。比如，用户请求输入输出，或者请求结束运行。但是，若用户程序执行过程中永不出现系统调

用，或者永不出现请求结束运行的系统调用（例如用户程序进入了"死循环"），系统便失去了作用。为了防止这种情况发生，人们设置了定时器中断。定时器（timer）是一个硬件计数器，计时长度可以根据需要由调整，计数器根据硬件的计时周期自动计时，计数器满后便发出定时器中断。用户程序执行时若碰到定时器中断，则无条件进入监督方式。监督程序根据当前程序说明（或规定）的"最大运行时间"值来判断该程序是否进入了"死循环"，从而有效地防止了某个用户程序长期垄断系统的现象。

引出上述概念后，单道批处理系统中的监督程序工作流程是：

1. 判断输入设备上是否有待输入的作业，如果没有，则停止；

2. 从设备上输入一道作业；

3. 控制作业运行：

(1)取作业说明书中的一条语句，解释执行。如果是一条"作业终止"语句，则撤除该作业，转第1步；

(2)如果当前是一条"执行性语句"（如请求编译、请求运行用户程序等），则在主存中建立相应程序的运行环境，为分配CPU开始在用户态执行该程序；

(3)在用户态的程序执行过程中，如果发生中断事件（如I/O中断、系统调用中断、错误性中断等），硬件将控制转入监督程序。中断事件处理结束后，用户程序继续执行；

(4)用户程序执行结束后，控制转(1)步，取下一条作业说明书语句执行。

监督程序如同一个系统操作员，它负责批作业的输入输出，并自动根据作业控制说明书以单道串行的方式控制作业运行，同时在程序运行过程中通过提供各种系统调用，控制使用计算机资源。虽然监督程序并不能被称为操作系统（它与操作系统的本质差别在于监督程序不具有并发控制机制），但它与操作系统有许多相似的特征。监督程序在系统中的地位和作用、追求实现的基本目标以及管理资源的基本方法与操作系统是类似的。真正的操作系统就是在此基础上进一步发展和完善的。

与手工操作阶段相比，监督程序的引入能有效地减少人工干预时间，减少作业运行前的准备时间，相对提高了CPU的利用率。但是在计算机速度大幅度提高的形势下，用这种方法管理计算机远不能适应需要。首先，在进行输入输出操作时，CPU被迫处于空闲状态或忙等待（busy-wait）状态，所以高速的CPU将不断地受到慢速设备的牵制，使CPU无法充分利用，而且CPU与I/O设备以串行方式工作，也限制了设备的利用。其次，从方便用户的角度，采用这种批量处理的控制方法，用户不能以交互的方式使用计算机，从而限制了对计算机的使用。随着对这些问题不断深入的研究和解决，逐步形成了第二代操作系统。

§1.3 第二代操作系统(60年代初)

60年代初期，计算机硬件有了很大的发展，主要元件由电子管变成了晶体管，并且出现了磁盘、通道、终端等部件。硬件的发展为操作系统提出了新的研究课题，也为操作系统的形成提供了重要的物质基础。这个时期是操作系统形成的重要时期，随着计算机的

用发展的巨大牵引，下仅批处理系统得到充分的发展，而且出现了交互式(interactive)、实时(real-time)、分时(sharing-time)等不同类型的系统。

§1.3.1 多级批处理系统

在早期批处理系统(也称简单批处理系统)中，CPU与I/O设备以串行方式工作，故者的利用率较低。为了提高资源利用率，人们开始使用输入输出缓冲、脱机输入输出、SPOOLing等技术，尤其是引入了"多道程序设计"(multiprogramming)的思想，使简单批处理系统发展为多级批处理系统。

一、输入输出缓冲

在简单批处理系统中作业的处理过程是单道串行的，所以在监督程序的控制下CPU与外设也按串行方式工作，如图1-2所示。

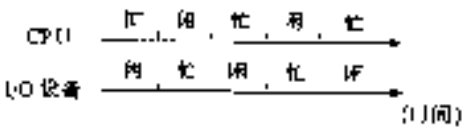

图1-2 CPU与外设串行工作

为了改变这种串行工作方式，人们首先采用了缓冲(buffering)技术使两者在一定程度上并行操作。例如，在主存中建立起一个长度相同的缓冲区B_0、B_1，对一批待输入的信息，首先将其中的一个记录从设备上读入B_0，读入后就将下一个记录从设备上读入B_1；与此同时CPU开始处理B_0中的记录。待CPU处理工作与输入工作均结束后，则将下一个记录读入B_0，CPU可processing B_1中的记录。如此重复直至将信息全部输入。这种利用双缓冲区实现的I/O并行操作在一定程度上实现了CPU与外设并行工作。这类并行的实现要求I/O设备有较强的自主性。

二、脱机输入输出

在早期的计算机系统中由于作业的输入/输出与作业的运行是串行的，所以受卡片机、光电机、打印机这类慢速设备的影响，CPU的利用率难以提高。为了进一步提高系统的工作效率，必须解决低速输入、输出的问题。

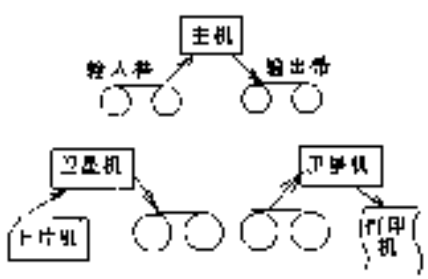

图1-3 脱机输入输出系统模型

磁带机的传输速度比卡机、光电机和打印机的速度快，若用磁带机来代替这些低速设备使可进一步缓和CPU与外设间速度上的差异。历史上人们曾采用脱机输入输出技术实现作业输入输出，如图1-3所示。

在采用脱机输入输出技术的系统中，主机的所有输入输出操作都是通过磁带机进行的。用户的作业由另外的一台能力较弱、价格较低的卫星机处理从卡片机待输到磁带上(称为输入带)，然后操作员将输入带安装到与主机相连的磁带机上。主机在处理输入带上的作业时，将产生的输出结果直接送入到输出带上。以后操作员再将输出带安装到卫星机上，由卫星机负责将带上的信息从打印机上输出。由于磁带机比慢速输入输出设备(如卡片机、打印机)的速度快，因而使用这种脱机方式控制作业的输入输出，可以有效地提高

CPU 的利用率。如果将一台主机与多台卫星机有机地组合，使速度得到最好的匹配，则可以大幅度地提高系统的处理能力。在 50 年代末到 60 年代初，这种脱机处理方式被广泛地应用于批处理系统中。

三、SPOOLing 技术

脱机输入输出技术虽然减少了输入、输出对整个系统工作的影响，但是并没有从根本上解决问题。因为主机的运算和磁带机的输入、输出操作仍是串行。为了使 CPU 与外设并行操作，人们借助硬件提供的通道和缓冲成功地实现了著名的 SPOOLing 系统。

所谓通道是指专门用来控制输入输出的硬件装置。它基本上可以自主地控制外设与 CPU 并行地操作，所以也将通道看作是专门的 I/O 处理机。磁盘则是一种比磁带更快并且能随机存取的外部存储设备。

所谓 SPOOLing(Simultaneous Peripheral Operation On-Line)的含义是：并发的外部设备联机操作。用 SPOOLing 技术控制批处理系统中作业输入/输出(图 1-4)的基本思想是，用磁带(或一组磁盘)设备作为主机的直接输入/输出设备，即主机直接从磁盘上选取作业运行，作业的运行结果也直接存入磁盘；相应的通道则负责与卫星机并行地将卡片机上的用户作业动态地输入磁盘，负责将磁盘中作业的运行结果从打印机上输出，通道自接受主机控制。即主机与通道之间借助中断机构相互通讯。只要卡片机上有用户作业，主机便启动设备通道，通道被启动后便独立地将作业依次地输入至磁盘。在作业输入期间主机可以并行地从事其它工作。类似地，只要磁盘中存在等待输出的信息且打印机空闲，则主机通过启动通道将信息从打印机上输出。所以，SPOOLing 技术又被称为伪脱机输入输出技术，被广泛地用于后来的批处理系统中。采用 SPOOLing 技术实现输入输出的系统通常又简称为 SPOOLing 系统。SPOOLing 技术为实现高级批处理系统中的多道程序设计思想提供了重要的基础。

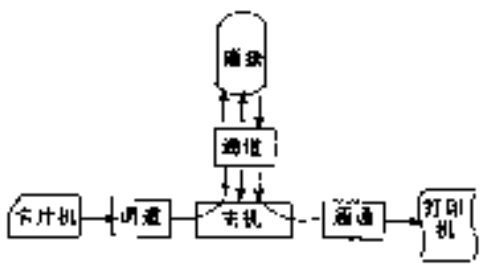

图 1-4　SPOOLing 系统

四　多道程序设计技术

下如上面所已经勾那样，人们采用 SPOOLing 技术(或脱机输入输出技术)利用主机和通道间的并行性，可以使作业的输入、输出与主机运算并行，提高了系统效率。当在主机上运行的某一道作业需要传输大量数据时，人们可以采用缓冲技术在一定程度上获得并行。尽管如此，由于系统中作业之间仍以串行方式被处理，即主机任何时刻至多保持一道作业，处理完一道作业后再从外部选取另一道作业，所以仍无法继续提高资源(如 CPU、内存等)的利用率。为了从根本上解决这一问题，人们提出了多道程序设计技术。

多道程序设计技术的基本思想是在内存同时保持多道程序(作业)，主机(对于单 CPU 系统)以交替的方式同时处理多道程序。从宏观上看，所谓多道程序是指主机内同时保持和处理几个道已开始运行但尚未结束的程序。采用这种多道程序设计技术的系统被称为多道程序设计系统。

由于任何一道作业的运行总是交替地串行使用 CPU、外设等资源，即使用一段时间的

CPU，然后使用一段时间的I/O设备（图1-5所示），所以如果采用多道程序设计技术，加之对多道程序实施合理的运行调度，可以大大提高CPU与外设的利用率，使两者高度并行工作。图1-6表示了二道作业同时运行时CPU与外设的利用情况。当作业A因请求I/O而放弃CPU时，操作系统为作业A启动相应通道（由通道独立地控制I/O），使把CPU重新分配给作业B，此时CPU与外设并行。类似地，当作业B也请求I/O时，CPU则重新分配给作业C，依此类推。只要系统能保有足够道数的作业，再加上合理的调度，使可使使CPU与I/O设备获得高使用率并行。采用多道程序设计技术无疑也可以大大提高内存及其它资源的利用率。

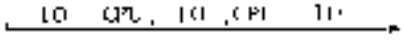

图1-5 作业运行情况

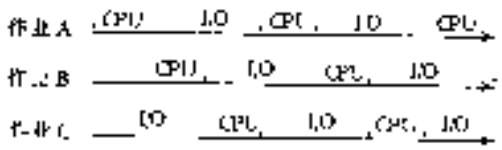

图1-6 多道作业的执行情况

引入多道程序设计技术无论是对于实现高级批处理系统还是实现交互式、分时乃至实时系统均提供了重要的技术手段。多道程序设计系统的出现标志着操作系统的形成。操作系统的最基本特征是：并发（concurrent）机制，用以控制系统内部各种同时或并行的活动；共享（sharing）机制，控制各种并发活动共享系统资源（硬件、软件）。正是由于这两个特征使得操作系统变得极其复杂。

利用上述论及的各种技术，特别是多道程序设计技术，使从早期的简单批处理系统发展成了高级批处理系统，即称多道批处理系统。多道批处理系统的基本特征是：系统按照成批（或称作业）的形式输入用户作业，并采用SPOOLing技术和多道程序设计技术控制多道作业运行。

§1.3.2 分时系统

多道批处理系统的出现有效地提高了系统资源的利用率，但是丢失了早年下操作阶段的"交互性"优点。也就是说使用高级批处理系统的用户必须将其作业能控制意图完全地描述在作业控制说明书中，用户一旦把作业交给了系统便不能再以"会话"方式控制作业运行了，所以使用户在一定程度上感觉不方便。首先是用户的算题周期拉长了，用户向机房提交的作业往往需要几经反复才能获得所需结果（对一个新程序尤其如此）。其次是程序运行过程中失去了人的主观能动作用。按照手工操作方式算题，程序员可以观察程序的运行情况，一旦发现错误可以随时设法改正。特别是对一个给定的数学模型需要观察不同参数对其产生的影响时，尤其需要交互式环境。"方便用户"也是操作系统追求实现的重要目标之一，所以在这一阶段很快出现了大机以多道程序设计技术为基础的交互式系统，即分时系统。

由于控制台和电传打印机这类外设作为交互作用的人—机接口设备极不方便，因此可以作为理想的人—机接口设备的终端设备便应运而生。在此基础上系统为用户提供了由一组终端命令构成的终端命令语言。操作系统中增设了一个命令解释程序。用户可以

在终端上通过命令与系统交互作用，从而产生了交互式系统，将交互式系统与多道程序设计系统相结合便形成了分时系统。

在分时系统中，一台计算机与多台终端相连接，用户通过各自的终端和终端命令以交互的方式使用计算机系统。系统使每个用户都能感觉到如像是自己在独占整个计算机系统，而在系统内部操作系统则按时间片轮转的原则分配 CPU（即 CPU 调度原则），系统规定一个被称为"时间片"的时间单位，所有终端用户轮流享用一个时间片的 CPU 时间。例如，若有 n 个用户，时间片大小为 Q，则每个用户在 n×Q 的时间内至少能使用 Q 个时间单位的 CPU。由于 CPU 的速度比人在终端上键入命令的速度快很多，因此用户似乎独占到 CPU 为自己所独占。

分时系统具有以下几个基本的特点：

1. 并行性：系统能协调多个终端用户同时使用计算机系统，即系统内部具有并发机制，能控制多道程序同时运行。

2. 共享性：对资源而言，系统在宏观上使各终端用户共享计算机系统中的各种资源，而在微观上他们则分时使用所需资源。

3. 交互性：对系统和用户双方而言，人与计算机系统以对话方式进行工作。

4. 独占性：对用户而言，系统能使用户有一种机独他自己在使用计算机的感觉。

显然，前两个特点（即并发和共享）是各类操作系统所共有的基本特征，而后两个特点是分时系统所独有的特点。

§1.3.3 实时系统

随着计算机的不断普及发展，计算机的应用领域日益扩大，60 年代后期计算机已广泛地应用于工业控制、军事控制以及商业事务处理等领域。这类所出现的应用领域对计算机系统提出了新的要求，希望系统对来自外部的信息能在规定的时间内做出处理。这类"实时"应用可分为两类。

第一类应用是把计算机用于诸如飞行器的飞行自动控制。在这种应用中，计算机要对测量系统所得的数据及时地处理，并及时地输出，以便对被控目标进行及时控制或向控制人员显示结果。类似地，把计算机用于工业控制，例如用计算机控制炼钢，这时计算机要将传感器定时送来的"炉温"数据及时处理，然后控制相应的机构使得炉温按照一定的规律变化或恒定不变。这类应用被称为"实时控制"。

第二类应用是把计算机用于诸如飞机订票系统、银行管理系统等。在这种应用中计算机应能对用户的服务请求及时作出回答，并能及时修改、处理系统中的数据。这类应用被称为"实时事务处理"。

所谓"实时"（real-time），可以理解为立即、及时的意思，是指计算机的运算和处理时间与要控过程或事务处理所需的等待时间相适应。我们称面向这类实时应用的计算机系统为实时系统。

由于实时系统大都具有专用性、其种类、规模以及对实时性的要求程度各不相同，但是对于大、中型实时系统，绝大部分都以多道程序设计技术为基础，由而在微观上并发

控制等方面与其它类型的系统具有相同的基本特征。实时系统与其它类型系统的本质差别在于实时系统的及时性，即实时系统应能及时地响应外部事件的请求，在严格规定的时间内完成对该事件的处理，控制实时设备和实时任务协调一致地运行。实时系统除具有多道程序设计系统的基本功能外，还具有以下三个方面的基本功能和特征。

1. 实时时钟管理　实时系统的主要设计目标是对实时任务能进行实时处理。通常，实时任务可分为两类：一类是定时任务，它是根据用户规定的时间被启动的，并按照严格的间隔时间重复运行的；另一类是延迟任务，该任务非周期性地运行，允许被推迟一段确定时间后再执行。按照实时任务的功能又可将其分为：主动式任务，即按照一定规律的间隔时间主动运行，进行实时控制；从动式任务，它每一次被启动运行的间隔时间依赖于外部事件的发生，当外部出现实时事件时立即进行实时处理。大多数实时任务均与时间相关，所以实时系统必须提供与时间有关的服务，通常通过设置实时时钟和相应的时钟管理程序来实现这类服务。

2. 过载防护　在支持多任务的实时系统中，实时任务启动的时间及数目有很大的随机性，因而可能某些时刻超出系统的处理能力，这就是所谓过载(overload)问题。当系统出现过载时，通常的处理方法是通过推迟或延迟某些不重要的任务而保证实时性强的重要任务及时处理。

3. 高可靠性　这是实时系统的主要设计目标之一。为了提高实时系统的可靠性，软、硬件都必须采用相应的措施加以保证。

60年代是操作系统不断成熟、蓬勃发展的重要时期，不仅先后出现了多道批处理系统，分时系统和实时系统，而且操作系统的基本理论、原理、基本技术和设计方法也已日趋成熟。本书后面的介绍中读者不难看出，各种不同类型的系统均基于多道程序设计系统，故本书并未专门章节具体介绍各类系统，而是以多道程序设计系统为核心介绍操作系统的基本理论、原理和设计方法，同时在具体讨论各种资源管理的策略和方法时，对其所适应的环境亦加以研究和分析。

§1.4　第三代操作系统(60年代中期至70年代中期)

随着计算机硬件和操作系统的飞速发展，用户对计算机和操作系统的要求不断提高，一旦一个新型号具有更高性能的机器问世，大量投资都集中在新机器的周围。新机种的不断出现一方面满足了用户的需要，另一方面也给用户带来了某些不便，因为用户使用新机器将必须将在老机器上已通过的程序，而随着应用的广泛与深入的不断扩展，原有软件已成为一笔巨大的财富。对此，IBM公司首先推出了IBM/360系列机。所谓系列机就是同一系列的机器中不同型号的机器能与老型号的机器兼容。这样用户既可以立即使用更高级的机器，原有的程序又能在新机器上继续使用，达到两全其美。为了满足用户的需要，计算机也被设计成多种大、功能全，几乎提供用户需要的所有功能的通用计算机。

与各种形势的适应，第三代操作系统被设计成多种方式操作系统，即一个操作系统既能处理批处理作业，也能处理分时、实时等作业。这类系统的典型代表是UNIX、VAX/VMS