



普通高等教育规划教材

# 操作系统教程

柯丽芳 编

CAOZUO XITONG JIAOCHENG



 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

TP316  
371

普通高等教育规划教材

# 操作系统教程

柯丽芳 编

机械工业出版社

本教材全面系统地介绍了计算机操作系统的基本概念、工作原理、实现方法和技术。主要包括：操作系统概论、操作系统的运行环境、操作系统提供给用户的接口、处理机管理、进程的同步和通信、死锁问题、存储管理、文件系统、设备管理等。为了加深对操作系统原理的理解，结合了流行的操作系统（如 Windows、UNIX 等）的案例分析，并有典型的例题解析，还附上上机实验指导和类型丰富的大量练习题。

本书吸收了国内外近几年出版的同类教材的优点，体现了作者多年从事操作系统课程教学的经验，内容丰富、图文并茂、通俗易懂，特别方便教师的授课和学生的学习。

本书既可作为计算机相关专业本科生操作系统课程的教材，也可作为从事计算机工作人员的参考书。

## 图书在版编目（CIP）数据

操作系统教程/柯丽芳编. —北京：机械工业出版社，2006.4

普通高等教育规划教材

ISBN 7-111-18833-0

I. 操... II. 柯... 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（2006）第 030463 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

责任编辑：王小东

封面设计：张 静            责任印制：杨 曦

北京市朝阳展望印刷厂印刷

2006 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16·17.5 印张·431 千字

定价：25.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

本社购书热线电话（010）68326294

编辑热线：（010）88379727

封面无防伪标均为盗版

## 前 言

操作系统是计算机系统所有硬件资源和软件资源的总管家,它的作用是管理系统资源并使资源最充分有效的利用;操作系统是计算机内部工作流程的总指挥,它的作用是合理组织计算机内部的工作流程并提高系统工作效率;操作系统是为计算机用户提供接口的服务者,它的作用是为用户提供方便、快捷的使用环境。所以,操作系统的功能和性能的强弱,决定着整个计算机系统功能和性能的强弱,操作系统本身的安全可靠程度,决定整个计算机系统的安全性和可靠性。

操作系统课程是计算机类专业最重要的专业基础课,在计算机软硬件课程的设置上,它起着承上启下的作用。通过操作系统课程的学习,不但对学生以前所学的有关计算机方面的基础知识具有总结和提高的作用,而且为学生今后进一步学习和掌握有关计算机方面的知识起到奠基石的作用。

本书是作者根据“操作系统课程教学大纲”的要求,结合多年从事操作系统课程教学实践所积累的经验,并参考了国内外出版的多种操作系统教材和文献编写而成的。本书围绕操作系统的目标、作用和模型,从资源管理的角度讲述操作系统的基本概念、原理、功能和实现过程。全书共分8章,主要含盖的内容如下:

第1章主要介绍操作系统的定义和作用,操作系统的形成和发展历史,操作系统的分类,操作系统的性能评价,研究操作系统的观点,操作系统的结构以及常用的操作系统简介。使读者对操作系统的基本概念有个初步的理解。

第2章简单介绍了计算机系统的硬件结构,如CPU的组成和工作模式、特权指令与非特权指令、多级存储体系、I/O结构等,介绍了中断机制,重点讲述了多道程序设计技术。使读者对操作系统的运行环境有个大概的了解。

第3章主要介绍操作系统为用户提供的作业控制级接口和程序级接口。使读者深入理解系统功能调用的含义和操作系统的服务功能。

第4章重点讲述进程的基本概念,包括进程的引入、进程的组成、进程状态的演变、操作系统对进程的管理等,主要介绍处理机的管理与调度模型,重点讲述作业调度和进程调度的原则和算法,简单介绍了线程的概念。使读者理解操作系统中进程管理的重要性。

第5章主要讲述进程同步、互斥的概念和实现进程同步、互斥的方法,介绍了常用的进程通信方式,重点讨论了死锁问题。使读者进一步理解并发进程的协调、控制和管理等。

第6章主要讲述主存储器的各种管理方法。使读者理解地址重定位的问题,掌握常用的存储分配及存储保护方案,理解虚拟存储器的实现原理。

第7章主要讲述文件的组织,包括文件的逻辑结构和物理结构,文件目录管理,文件存储空间的管理以及实现文件存取控制的方法等。使读者理解操作系统中文件系统的作用。

第 8 章主要讲述 I/O 设备管理的基本方法, 磁盘设备的驱动调度, 并介绍了缓冲技术和虚拟设备的实现思想 (即 SPOOLing 系统)。

附录是上机实验指导, 是由西安理工大学计算机学院的马维纲老师编写的。

此外, 每章都配有类型丰富的大量习题。马维纲老师也参加了部分习题的编写工作。

本书吸收了国内外近几年出版的同类教材的优点, 体现了作者多年从事操作系统课程教学的经验, 内容丰富、图文并茂、通俗易懂, 特别方便教师的授课和学生的学习。本书既可作为计算机相关专业本科生操作系统课程的教材, 也可作为从事计算机工作人员自学的参考书。

本书在编写过程中, 得到学校领导及同行、同事和学生的大力支持, 在此向他们表示诚挚的谢意。

由于作者水平有限, 书中难免有疏漏和不足, 敬请读者批评指正。

# 目 录

## 前言

<b>第 1 章 操作系统的基本概念</b> .....	1
1.1 什么是操作系统 .....	1
1.2 操作系统的形成和发展 .....	3
1.3 操作系统的分类 .....	5
1.4 操作系统的特征 .....	10
1.5 操作系统的基本功能、性能 评价和设计目标 .....	11
1.6 研究操作系统的几种观点 .....	14
1.7 操作系统的结构设计 .....	16
1.8 常用操作系统简介 .....	19
习题 1 .....	23
<b>第 2 章 操作系统的运行环境</b> .....	27
2.1 计算机系统的结构 .....	27
2.2 中央处理机 .....	27
2.3 计算机的存储结构 .....	30
2.4 计算机系统的 I/O 系统结构 .....	31
2.5 中断技术 .....	35
2.6 多道程序设计技术 .....	40
习题 2 .....	44
<b>第 3 章 操作系统提供的用户接口</b> .....	49
3.1 问题的引入 .....	49
3.2 操作员接口 .....	49
3.3 程序员接口 .....	56
习题 3 .....	62
<b>第 4 章 进程管理与处理机调度</b> .....	63
4.1 进程的基本概念 .....	63
4.2 处理机的调度策略和 调度模型 .....	76
4.3 批处理系统中的作业调度 .....	79
4.4 进程调度 .....	86

4.5 线程的概念 .....	93
习题 4 .....	98
<b>第 5 章 并发进程及死锁问题</b> .....	104
5.1 并发进程之间的制约关系 .....	104
5.2 用信号量机制实现进程的 同步与互斥 .....	107
5.3 进程通信 .....	121
5.4 死锁 .....	129
习题 5 .....	138
<b>第 6 章 存储管理</b> .....	145
6.1 存储管理的基本概念 .....	145
6.2 单道程序环境下的存储管理 .....	149
6.3 分区存储管理 .....	151
6.4 分页存储管理 .....	160
6.5 分段存储管理 .....	169
6.6 段页式存储管理 .....	172
6.7 虚拟存储器的实现 .....	174
习题 6 .....	187
<b>第 7 章 文件系统</b> .....	193
7.1 文件系统的基本概念 .....	193
7.2 文件的存储介质及存取方法 .....	195
7.3 文件的组织结构 .....	196
7.4 文件目录 .....	201
7.5 文件存储空间的管理 .....	205
7.6 文件的共享、保护与保密 .....	209
7.7 文件的操作和使用 .....	212
习题 7 .....	213
<b>第 8 章 设备管理</b> .....	216
8.1 设备管理概述 .....	216

8.2 输入/输出控制方式 .....	220
8.3 设备的分配 .....	228
8.4 设备处理程序 .....	234
8.5 磁盘设备的驱动调度 .....	236
8.6 缓冲技术 .....	241
8.7 SPOOLing 技术 .....	243
习题 8 .....	247

<b>附录 操作系统上机实验指导 .....</b>	<b>254</b>
实验 1 操作系统信息 .....	254
实验 2 进程管理 .....	258
实验 3 存储器管理 .....	261
实验 4 文件管理 .....	264
实验 5 设备管理 .....	267
<b>参考文献 .....</b>	<b>272</b>

# 第 1 章 操作系统的基本概念

操作系统（Operating System，缩写成 OS）是计算机系统最重要、最基本、必不可少的一种系统软件。一方面，它在用户和计算机之间起着“桥梁”的作用，另一方面，它控制和管理整个计算机系统的所有资源，并且，计算机内部的工作流程也是由它统一组织的。本章主要介绍有关操作系统的基本知识，使读者对操作系统的定义、作用、分类和功能等基本概念有个初步的了解。

## 1.1 什么是操作系统

### 1.1.1 计算机系统

计算机系统是按用户的要求接收和存储信息、自动进行数据处理并输出结果信息的人机系统。计算机系统按层次结构可粗略地分成 5 个部分：硬件、操作系统、系统软件、应用软件和用户，如图 1.1 所示。

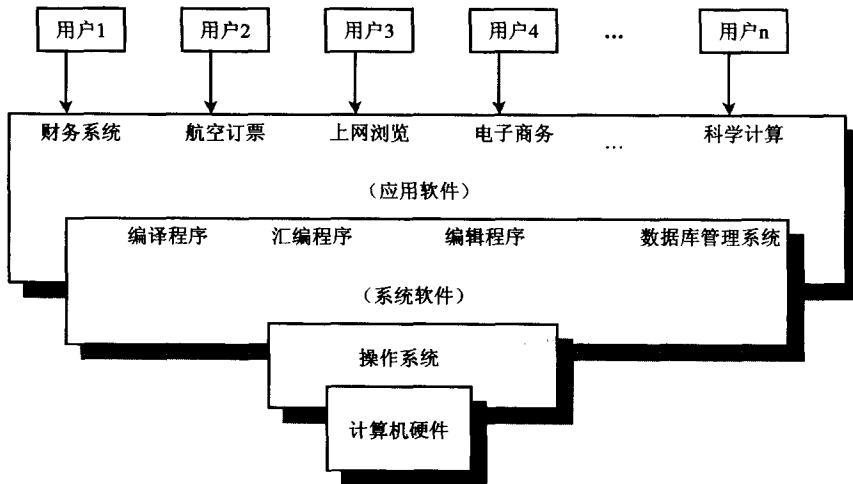


图 1.1 计算机系统

#### 1. 计算机硬件

计算机硬件是计算机系统赖以工作的物质基础，硬件层提供基本的可计算性资源，包括：中央处理器（CPU）、主存储器、辅助存储器（磁盘、磁带和光盘等）以及各种输入输出设备（键盘、显示器、打印机等）。这些也是操作系统设计者可以使用的功能和资源。

#### 2. 操作系统

操作系统是计算机硬件外的第一层软件，它对硬件作扩充和改造，提供了操作计算机的接口，为编译程序、编辑程序、数据库系统等的设计者提供有力支撑。操作系统还要做



资源的调度和分配、信息的存取和保护、并发活动的协调和控制等许多工作。

操作系统和硬件组成了一个运行平台，其他软件都运行在这个平台上。

### 3. 系统软件

系统软件是在操作系统支持下实现的各种语言处理程序、数据库管理系统和其他系统程序和种类繁多的实用程序，如编译程序、连接装配程序、库管理程序、诊断排错程序、分类/合并程序等。系统软件具有通用性和共享性，为用户使用计算机进一步提供了方便。

### 4. 应用软件

应用软件解决用户不同的应用问题（如航空订票系统、财务管理系统、银行系统等）。应用程序开发者借助程序设计语言和数据库系统来表达应用问题，开发各种应用程序，使用户应用计算机解决实际问题既快捷又方便。

### 5. 用户

计算机的用户可分为：一般用户、操作员和管理员等几种不同身份的人。

## 1.1.2 操作系统的定义和作用

### 1. 操作系统的定义

操作系统是管理计算机系统资源、控制程序执行、改善人机界面、提供各种服务、合理组织计算机工作流程和为用户有效使用计算机提供良好运行环境的一种系统软件。它可被看作是用户和计算机硬件之间的一种接口，是现代计算机系统不可分割的重要组成部分。

### 2. 操作系统的作用

从不同的观点来观察操作系统的作用是不同的：从一般用户的观点，认为操作系统是用户与计算机硬件的接口；从系统设计的观点，认为操作系统是为其他软件提供支持平台的虚拟机；从资源管理观点，认为操作系统是计算机系统资源的管理者。

(1) 操作系统是用户与计算机硬件的接口 只有硬件而完全没有配置软件的计算机称为“裸机”。裸机即便其性能再强，相对于用户来讲，如果要面对计算机的指令集、存储组织、I/O 系统结构等进行编程是十分困难的。如何把硬件复杂性与用户隔离开？基本方法是在计算机裸机上加上一层软件来组成整个计算机系统。操作系统是紧靠硬件的第一层软件，经过操作系统改造和扩充过的计算机不但功能更强，使用也更为方便，用户可直接调用系统提供的各种功能，并不需要了解硬件本身的细节。操作系统的主要目的是方便用户，操作系统之所以存在，是因为它们使得用户使用计算机变得更加容易，微机操作系统的发展趋势就是方便性。所以，对于普通用户而言，操作系统便成为用户与计算机硬件之间的一个接口。

(2) 操作系统是虚拟机 计算机配上操作系统后，可扩展基本功能，为用户提供一台功能显著增强，使用更加方便，安全可靠性好，效率明显提高的机器，称为虚拟计算机，或操作系统虚拟机（Virtual Machine）。实际上，虚拟机是层次结构，每当在计算机上增加一层软件，计算机系统的功能便增加一点，使用就更加方便一点，用户可用的运行环境就更加好一点。

例如：在裸机上加上虚拟存储管理软件，用户编程空间就不受主存实际容量的限制，不必涉及物理存储空间的容量、地址转换、程序重定位等物理细节。虚拟存储器是现代操作系统对计算机系统中多级物理存储体系进行高度抽象的结果。同理，在裸机上覆盖一层 I/O 设备管理软件，用户便可以利用这层 I/O 设备管理软件提供的接口来进行数据的输入和输出而无须与具体的硬件设备直接打交道。再例如，加上一层窗口管理软件，把一台物理屏幕改造

成多窗口，每个应用可以在各自的窗口中操作，用户可以在窗口环境中方便地与计算机交互。采用同样办法，一些软件的运行以另一些软件的存在并为其提供运行支撑作为基础，新添加的这些软件是在原来那些软件基础上的扩充和完善，计算机配置的软件越丰富，计算机的功能越强。由此可见，虚拟机是层次结构，裸机配置操作系统软件后形成的是第一层虚拟机。

(3) 操作系统是计算机系统资源的管理者 在操作系统中，能分配给用户使用的硬件和软件设施总称为资源。即计算机的资源包括两大类：硬件资源和软件资源。操作系统设计的重要任务之一就是资源进行抽象研究，找出各种资源的共性和个性，有序地管理计算机中的硬件、软件资源，跟踪资源使用情况，监视资源的状态，满足用户对资源的需求，协调各程序对资源的使用冲突并研究使用资源的统一方法，让用户简单、有效地使用资源，最大限度地实现各类资源的共享，确保所有的 CPU 时间、内存和 I/O 设备都能充分有效地使用，使资源利用率最大化，因此，操作系统是计算机系统资源的管理者。

### 3. 操作系统在计算机系统中的地位

如前所述，只有硬件组成的计算机称为“裸机”，操作系统是配置在“裸机”上的第一层软件，是对硬件系统的第一次扩充和延伸，其他所有的软件都将依赖于操作系统的支持。它一方面为用户提供一个良好的使用计算机系统的环境，另一方面它采用合理有效的方法组织计算机内部的工作流程，使多个用户共享计算机系统的各种资源，最大程度地提高计算机资源的利用率和系统的使用效率；同时提供一个虚拟机，把一个物理实体变为若干个逻辑上的实体，大大扩充计算机硬件的功能。所以，操作系统是计算机系统中最重要、最基本的、必不可少的系统软件。

## 1.2 操作系统的形成和发展

操作系统是随着计算机硬件和软件技术的不断发展以及计算机应用的需要而慢慢形成的。早期的计算机没有操作系统，随着读卡机、打印机和磁带机等硬件的出现，产生了“设备驱动程序”，这些设备驱动程序可以看成是原始的操作系统。计算机发展到第二代时，出现了高级语言及相应的编译程序，于是，迫切需要一种能对计算机硬件和软件进行管理和调度的软件，“管理程序”因此而产生。管理程序不仅协助操作员操纵计算机，而且还管理计算机的资源。这种管理程序可以看成是初级的操作系统。计算机进入第三代后，一方面硬件有了很大发展，特别是主存容量的增加和大容量磁盘的出现，给发展更先进的管理程序奠定了物质基础；另一方面计算机应用日益广泛，各种软件的产生，也要求进一步发展和扩大管理程序的功能。这样，管理程序就迅速发展成为一个重要的软件分支——操作系统。最早投入使用的操作系统是配置在大型机上的批处理系统。

### 1.2.1 人工操作阶段

从第一代计算机诞生到 20 世纪 50 年代中期还未出现操作系统，这时的计算机采用人工操作方式。

#### 1. 人工操作阶段算题过程

第 1 步：人工把源程序用穿孔机穿制在卡片或纸带上；

第 2 步：将准备好的汇编解释程序或编译系统装入计算机；

- 第3步：汇编程序或编译系统读入人工装在输入机上的穿孔卡或穿孔带；  
 第4步：执行汇编过程或编译过程，产生目标程序，并输出目标卡片或纸带；  
 第5步：通过引导程序把装在输入机上的目标程序读入计算机；  
 第6步：启动目标程序执行，从输入机上读入人工装好的数据卡或数据带；  
 第7步：产生计算结果，执行结果从打印机上或卡片机上输出。

## 2. 人工操作阶段的缺点

- 1) 用户上机独占全机资源，造成资源利用率不高，系统效率低下。
- 2) 手工操作多，浪费处理机时间，也极易发生差错。
- 3) 数据的输入、程序的执行、结果的输出均联机进行。

### 1.2.2 批量处理阶段

批量处理阶段在计算机上加载了一个系统软件，称为“管理程序”，管理程序就是初级的操作系统，在它的控制下，计算机能够自动地成批地处理一个或多个用户的作业。

#### 1. 批量处理阶段作业的处理过程

操作员集中一批用户提交的作业，由管理程序将作业从纸带或卡片机输入到磁带上，每当一批作业输入完成后，管理程序自动把磁带上的第一个作业装入内存，并把控制权交给作业。当该作业执行完成后，作业又把控制权交回管理程序，管理程序再调入磁带上的第二个作业到内存执行，…。批量处理阶段作业的处理过程如图 1.2 所示。

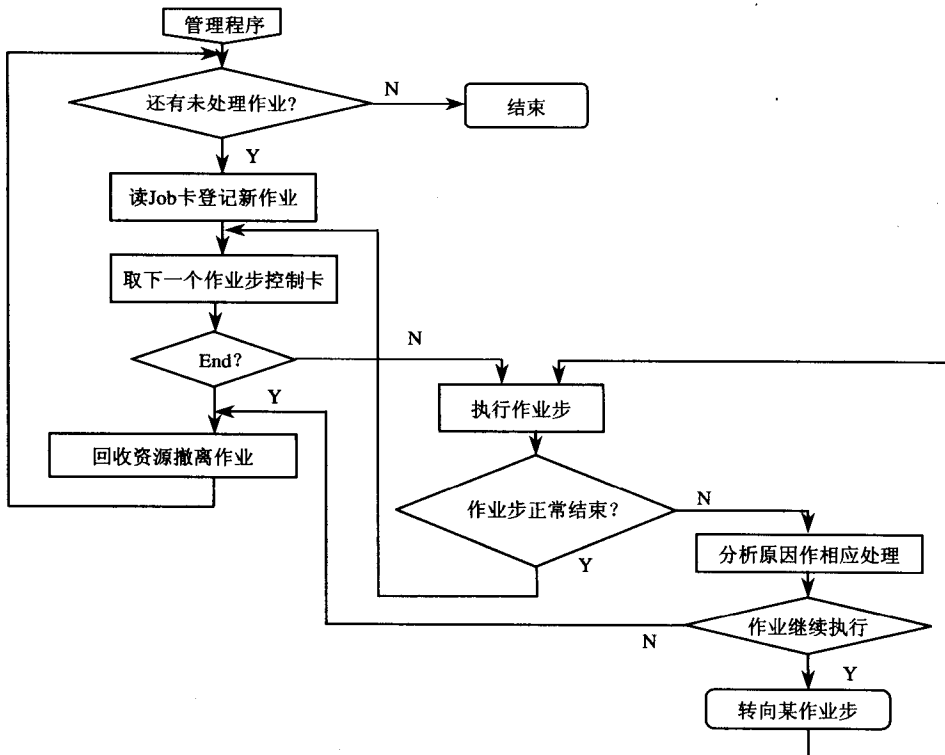


图 1.2 批处理阶段作业的处理过程

## 2. 管理程序 (Monitor) 的主要功能

- 自动控制和处理作业流。
- 提供一套操作命令。
- 提供设备驱动和 I/O 控制功能。
- 提供库程序和程序装配功能。
- 提供简单的文件管理功能。

### 1.2.3 操作系统的形成阶段

多道程序设计技术和分时系统的出现是操作系统正式形成的两个重要标志。

#### 1. 多道程序设计

在早期的批处理系统中, 内存中仅有一道作业, 这使系统中仍有较多的空闲资源, 系统的效率不高。中断和通道技术出现以后, 可以实现输入/输出设备与中央处理机并行操作, 为了进一步提高资源的利用率和系统对作业的吞吐量, 在 20 世纪 60 年代中期, 引入了多道程序设计技术。

所谓多道程序设计是指允许一个计算机系统的主存储器同时容纳多个用户程序, 这些程序在计算机系统中可以并发执行。

#### 2. 分时系统

分时技术是把处理机的时间分成很短的时间片, 这些时间片轮流地分配给各个联机的用户作业使用。如果某作业在分配给它的时间片用完时仍未完成, 则该作业就暂时中断, 等待下一轮运行, 并把处理机的控制权让给另一个作业使用。这样在一个相对较短的时间间隔内, 每个用户作业都能得到快速响应, 以实现人机交互。把这种支持多个联机用户同时使用同一台计算机系统进行计算的操作系统称为分时操作系统。

### 1.2.4 操作系统的成熟和发展阶段

随着微型计算机以及计算机网络的出现和发展, 计算机的应用迅速普及, 操作系统的研究、开发、生产与销售也获得了飞速发展。20 世纪 80 年代以来, 操作系统作为一个重要的软件产品朝着标准化方向发展, 最典型的操作系统 Windows、UNIX 几乎垄断了微机操作系统市场。

操作系统发展的主要动力有下列几个方面:

- 1) 器件快速更新换代。
- 2) 计算机体系结构不断发展。
- 3) 提高计算机系统资源利用率的需要。
- 4) 让用户使用计算机越来越方便的需要。
- 5) 满足用户新要求, 提供给用户新服务的需要。

## 1.3 操作系统的分类

根据操作系统的运行环境、系统功能和提供的服务不同, 操作系统可以分为批处理系统、分时系统、实时系统、微机操作系统、并行操作系统、网络操作系统、分布式操作系

统和嵌入式操作系统等几大类。其中，批处理系统、分时系统和实时系统是三类基本操作系统；并行操作系统、网络操作系统和分布式操作系统称为高级操作系统。实际系统中有些属于某一类操作系统，有些是某几类操作系统的组合。

### 1.3.1 批处理系统 (Batch Operating System)

批处理操作系统 (简称批处理系统) 是最早出现的一种配置在大型机上的基本操作系统。在批处理系统中，用户的作业 (包括程序、数据及作业控制说明书) 被成批地输入到计算机中，然后在操作系统的控制下自动执行。

#### 1. 单道批处理系统和多道批处理系统

多道程序设计技术引入到批处理系统后，批处理系统又分为单道批处理系统和多道批处理系统两种。

(1) 单道批处理系统 早期的批处理系统是单道的，在主存中只有一道作业在运行，该作业运行完或出现异常时，才允许下一个作业调入内存运行。所以在这样的系统中，无作业调度和进程调度之分，它的主要功能就是按其作业进入系统的顺序，依次进入主存控制运行。因此，单道批处理系统中，每一时刻只有一道作业在处理机上运行，当进行 I/O 操作时，CPU 空闲等待，系统资源没有充分有效地利用，系统效率不高。

(2) 多道批处理系统 多道批处理系统是在主存中可以同时存放多道作业，它们分时共享一台计算机，即作业从进入系统在外存上形成后备队列，到作业处理完成需要经过两级调度——作业调度和进程调度。作业调度称为高级调度，也称宏调度，它只是使作业有获得 CPU 的资格，而进程调度称为低级调度，也称微调度，它使某个作业真正获得 CPU。在多道批处理中，为保证系统有条不紊地工作，需要进一步增强管理程序功能。

现代计算机上的批处理系统，大多是多道批处理系统。

#### 2. 批处理系统的主要设计目标

批处理系统的基本特征是“用户脱机工作”、“作业批量处理”。批处理操作系统把作业的吞吐量 (单位时间里处理作业的个数) 作为主要设计目标，同时也兼顾作业的周转时间。

#### 3. 多道批处理系统的主要优点

多道批处理系统的主要优点是：

- 1) 资源利用率高。
- 2) 系统吞吐量大。

#### 4. 多道批处理系统的主要缺点

多道批处理系统的主要缺点是：

- 1) 无交互能力。用户无法以“交互”方式控制作业的运行，对作业执行过程中出现的意外情况无法进行干预。
- 2) 平均周转时间长。作业的周转时间通常是几个小时或几天。

### 1.3.2 分时系统 (Time Sharing Operating System)

#### 1. 分时、时间片和分时系统的基本概念

- 1) 所谓分时是指两个以上的事件按时间划分轮流使用某一个资源。
- 2) 时间片是指分时的时间单位。
- 3) 所谓分时系统是指支持多个用户通过联机终端设备分时使用同一台计算机的操作系统

统（简称分时系统）。

## 2. 分时系统的主要设计目标

在分时系统中，用户通过各自的终端设备和系统提供的终端命令把作业送入计算机，计算机又通过终端向各用户报告其作业的执行情况，这种系统要求能分时轮流地为各终端用户服务并能及时对用户服务请求予以响应。所以，分时操作系统设计的主要目标是使用户能与系统交互作用，对用户的请求及时响应，并在可能条件下尽量提高系统资源的利用率。

## 3. 分时系统的主要特征

分时系统的主要特征是：

(1) 同时性 若干个终端用户按照系统提供的各种服务，在各自终端进行操作，同时使用一台计算机资源。宏观上看是各用户在并行工作，微观上看是各用户轮流使用计算机。

(2) 独立性 用户间可以相互独立操作，互不干涉，系统保证各用户程序运行的完整性，不会发生相互混淆或破坏现象。

(3) 及时性 系统可对用户的输入及时做出响应。

(4) 交互性 用户可根据系统对请求的响应结果，进一步向系统提出新的请求，即能使用户和系统进行人机对话的工作方式，所以分时系统也称之为交互式系统。

## 4. 分时系统的响应时间

衡量分时系统性能的主要指标之一是“响应时间”。所谓响应时间是指从终端用户发出一条命令到系统处理完成并予以应答所需的时间。影响响应时间的因素有：用户数目、时间片、主存与辅存的信息交换速度以及交换信息量。

假设响应时间用  $T$  表示，时间片用  $q$  表示，终端用户数用  $n$  表示，最理想情况下的响应时间为： $T=nq$ 。在设计分时系统时，要根据终端用户数考虑时间片  $q$  的取值（ $q=T/n$ ）以便满足响应时间的要求。在分时系统中，时间片通常是几十毫秒。

### 1.3.3 实时系统（Real Time Operating System）

实时系统是为了能对特定输入做出及时响应，并在规定的时间内完成对该事件的处理而引入的。实时含有立即、及时的意思。实时操作系统是指能接收外界事件或数据并以足够快的速度予以响应和处理，而且处理的结果又能在规定时间内来控制监控的生产过程或对处理系统做出快速响应，并控制所有实时任务协调一致运行的操作系统。

#### 1. 实时系统的分类

实时系统分为两大类：实时过程控制系统和实时信息处理系统。两者的主要区别一是服务对象，二是对响应时间的要求。

(1) 实时过程控制系统 在这类应用中要求计算机系统实时采集测量系统数据，对被测量的数据及时进行加工处理及输出。它主要是用于军事、交通和工业生产过程自动控制等领域。

(2) 实时信息处理 在这类应用中要求计算机系统能对用户的服务请求及时做出回答，并能及时修改、处理系统中的数据。它主要用于像飞机票的预定、银行储蓄的财务管理以及股票交易系统大量数据处理的实时系统。

## 2. 实时系统的主要设计目标

实时系统也具有分时系统的特征，但一般来说，它的交互能力较弱，但及时性较强。实时系统除了具有处理机管理、存储器管理和 I/O 设备管理功能外，在设计时最主要的目标有两点：

(1) 及时响应和处理 实时系统有明确和固定的时间约束，对实时任务的处理必须在规定的时间内完成，否则，系统会失败。所以，时钟管理非常重要。

(2) 高可靠性 实时系统控制和处理的问题直接涉及国防、工业、交通、金融等重要领域，必须安全可靠。所以，很多实时系统采用“主系统”和“备用系统”这种“双工”机制来保障系统的可靠性。

## 3. 实时系统与批处理系统和分时系统的主要区别

实时系统与批处理系统和分时系统的主要区别是：

(1) 系统的设计目标不同 实时系统一般是为特殊用途而专门设计的专用系统；批处理系统和分时系统一般是通用性很强的系统。

(2) 响应时间的长短要求不同 实时系统对响应时间的要求更快、更严格，因为它是以外部事件允许延迟的时间为标准，所以，实时系统的响应时间通常是毫秒甚至微秒的数量级。分时系统的响应时间是以终端用户能容忍的延迟时间为标准，所以，分时系统的响应时间通常是秒的数量级。而在批量处理系统中，由于用户是脱机工作，所以，一般是用“周转时间”衡量系统的效率。

(3) 交互性的强弱不同 批量处理系统没有交互性，实时系统的交互性要弱一些，分时系统的交互性要强一些。

(4) 资源的利用率不同 资源利用率高是批量处理系统设计的主要目标之一，分时系统也追求资源的利用率，但实时系统为了保证系统“安全可靠”和“快速处理”，一般不追求资源的利用率。

### 1.3.4 微机操作系统

到 20 世纪 80 年代，随着超大规模集成电路的发展产生了微型计算机。微机具有体积小、重量轻、价格低，操作简便等特点，微机的出现，使得计算机的应用迅速普及。配置在微机上的操作系统称为微机操作系统。早期微机操作系统基本上是单用户系统，所有资源采用独占方式。微机操作系统通常提供较强的文件管理功能，通过命令解释器支持用户以交互方式使用计算机。最早出现的微机操作系统是 8 位微机上的 CPM，它是一个单用户单任务操作系统，即只允许一个用户上机，且只允许用户程序作为一个任务运行。微软公司的产品 PC-DOS 操作系统和 Windows 操作系统是最流行的微机操作系统。

#### 1. 新一代微机操作系统具有的功能

微机操作系统随着微机复杂系统——工作站的发展而向多用户多任务系统及多媒体方向发展。为计算机走向千家万户，遍及各行各业，深入各个领域铺平了道路。新一代微机操作系统具有以下功能：GUI、多用户和多任务、虚拟存储管理、网络通信支持、数据库支持、多媒体支持、应用编程支持 API 等。

#### 2. 新一代微机操作系统具有的特点

新一代微机操作系统具有以下特点：

- 开放性。
- 通用性。
- 高性能。
- 采用微内核结构。

### 1.3.5 并行操作系统

计算机的应用每前进一步都要求增加计算机的处理能力，为达到极高性能，除提高元器件速度外，必须改进计算机系统结构。并行处理（Parallel Processing）技术因此而出现，多处理机系统就是典型的并行计算机系统。为并行计算机而专门研制和配置的操作系统称为“并行操作系统”。

目前已经研究出来的并行操作系统有：

- V-Kernel，美国 Stanford 大学研制。
- Meglos，美国 Bell 实验室研制。
- MACH，美国卡内基梅隆大学研制。

### 1.3.6 网络操作系统

把地理上分散的计算机通过通信线路连接在一起构成了计算机网络。按地理位置的不同网络可分两种：局域网（LAN）和广域网（WAN）。局域网中各计算机之间的距离为几米或几公里，传输速度较高，目前多用于微机或小型机上。广域网中各计算机间的距离为几百公里以上，一般可以把若干城市、国家乃至各大洲间的计算机通过通信部门提供的通信设施连在一起形成网络（如国际互联网 Internet）。计算机连网的主要目的是实现资源共享和信息交流。

网络操作系统是以资源共享为目的的网络用户和计算机网络之间的接口，网络用户通过本地的计算机请求网络为它提供各种服务，因此，网络操作系统应有如下几个功能：

- 1) 提供高效可靠的网络通信能力，实现主机和目标机之间的通信。
- 2) 提供多种网络服务，实现文件传递、存取和管理服务，电子邮件服务等。
- 3) 对网络资源实现有效管理。
- 4) 向网络用户提供使用方便、灵活、统一的接口。

### 1.3.7 分布式操作系统

分布式计算机系统是一种特殊的计算机网络系统，它虽然也是由多台分散的计算机经互连网络连接而成，但与一般的计算机网络不同，分布式系统满足下列条件：

- 系统中任意两台计算机可以通过系统的安全通信机制来交换信息。
- 系统中的资源为所有用户共享，用户只要考虑系统中是否有所需资源，而无需考虑资源在哪台计算机上。系统中的若干台机器可互相协作完成同一个任务，即一个程序可以分布于几台计算机上并行运行。
- 系统中的一个节点出错不影响其他节点运行，即具有较好的容错性和健壮性。

所以分布式操作系统是以实现并行任务分配、并行进程通信和分布控制的机构以及实现分散资源管理等功能为目的的系统程序。分布式操作系统使得多台物理上的计算机变成一台功能更强的逻辑计算机。



分布式操作系统具备四项基本功能：

- 进程通信。
- 资源共享。
- 并行计算。
- 网络管理。

### 1.3.8 嵌入式操作系统

计算机微型化和专业化趋势把计算机技术渗透到各行各业、应用到各个领域、嵌入到各种设备、开发出各种产品等方面奠定了坚实的物质基础。嵌入式（计算机）系统硬件不再以物理上独立的装置或设备形式出现，而是大部分甚至全部都隐藏和嵌入到各种应用系统中。嵌入式（计算机）系统的应用环境带来了对嵌入式（计算机）系统的软件（Embedded Software）的要求，形成了现代操作系统的一个新类别——嵌入式操作系统。

嵌入式操作系统是嵌入式软件的基本支撑，是指运行在嵌入式（计算机）环境中，对整个系统及所有操作的各种部件、装置等资源进行统一协调、处理、指挥和控制的系统软件。

嵌入式操作系统具有通常操作系统的功能，包括：与硬件相关的底层软件、操作系统核心功能（文件系统、存储管理、设备管理、进程管理、处理器管理和中断处理），功能强大的还提供图形界面、通信协议、小型浏览器等设施。但由于硬件平台的局限性、应用环境的多样性以及开发手段的特殊性，使嵌入式操作系统与一般操作系统有很大不同。

嵌入式操作系统的特点是：微型化、可定制、实时性、可靠性、易移植、开发环境。

## 1.4 操作系统的特征

以多道程序设计为基础的现代操作系统主要具以下特征：

### 1. 并发性（Concurrence）

并发性是指两个或两个以上的事件或活动在同一时间间隔内发生。发挥并发性能够消除系统中部件和部件之间的相互等待，有效地改善了系统资源利用率和提高系统的吞吐量，但并发性也使得系统更加复杂。例如，在多道程序设计的环境下，各道程序在处理机上交替、穿插地进行，由此而产生的一些问题是：如何从一个活动转到另一个活动，如何保护一个活动不受另一个活动的影响，怎样协调多个活动对资源的竞争，以及如何实现相互制约活动之间的同步，多个活动共享文件数据时如何保证数据的一致性，等。

采用并发技术的系统称为多任务系统（Multitasking），并发的实质是一个物理 CPU（也可以多个物理 CPU）在若干道程序之间多路复用，并发性是对有限物理资源强制行使多用户共享以提高效率。注意，并行性（Parallelism）指两个或两个以上事件或活动在同一时刻发生。并行的事件或活动一定是并发的，但并发的的事件或活动未必是并行的。并行性是并发性的特例，而并发性是并行性的扩展。

### 2. 共享性（Sharing）

多道程序的引入使得系统中的软、硬件资源不再由某个进程所独占，而是由多个进程共同使用的。在计算机系统中对资源共享有两种方式：一种是互斥使用方式。系统的资源可供多个用户使用，但在一段时间内只允许一个用户使用，等它使用完了才交给其他用户使用，