

高等学校“十一五”规划教材·计算机系列

计算机操作系统

主编 滕艳平 主审 伦立军



哈尔滨工业大学出版社
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

高等学校“十一五”规划教材·计算机系列

计 算 机 操 作 系 统

主 编 滕艳平
副主编 王艳春 张 枢
主 审 伦立军

哈尔滨工业大学出版社

内 容 简 介

操作系统是计算机系统中最核心的系统软件,它负责管理和控制整个系统的软、硬件资源,并向用户提供良好的用机环境。全书共分10章,采用理论与实践相结合的方式介绍了操作系统的概念和工作原理。前7章内容包括操作系统引论、进程管理、中断与处理机调度、死锁、存储器管理、设备管理和文件管理;第8章介绍操作系统的安全与保护;第9章和第10章分别针对Linux和Windows 2000/XP操作系统进行了案例分析。

本书内容丰富,结构清晰,突出基础,注重应用,既可作为普通高等学校计算机专业及其相关专业操作系统课程的教材,也可作为计算机科技人员学习操作系统的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

计算机操作系统/滕艳平主编. —哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2008.8

高等学校“十一五”规划教材·计算机系列

ISBN 978-7-5603-2768-6

I. 计… II. 滕… 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(2008)第 128616 号

责任编辑 贾学斌 王桂芝

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街10号 邮编 150006

传 真 0451-86414749

网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>

印 刷 黑龙江省地质测绘印制中心印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 14.5 字数 370 千字

版 次 2008年9月第1版 2008年9月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-5603-2768-6

定 价 28.00 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

高等学校“十一五”规划教材·计算机系列

编 委 会

主 任 王义和

编 委 (按姓氏笔画排序)

王建华 王国娟 孙惠杰 衣志安

许善祥 宋广军 李长荣 周 波

尚福华 胡 文 姜成志 郝维来

秦湘林 戚长林 梁颖红

序

当今社会已进入前所未有的信息时代,以计算机为基础的信息技术对科学的发展、社会的进步,乃至一个国家的现代化建设起着巨大的推进作用。可以说,计算机科学与技术已不以人的意志为转移地对其他学科的发展产生了深刻影响。需要指出的是,学科专业的发展都离不开人才的培养,而高校正是培养既有专业知识、又掌握高层次计算机科学与技术的研究型人才和应用型人才最直接、最重要的阵地。

随着计算机新技术的普及和高等教育质量工程的实施,如何提高教学质量,尤其是培养学生的计算机实际动手操作能力和应用创新能力是一个需要值得深入研究的课题。

虽然提高教学质量是一个系统工程,需要进行学科建设、专业建设、课程建设、师资队伍建设、教材建设和教学方法研究,但其中教材建设是基础,因为教材是教学的重要依据。在计算机科学与技术的教材建设方面,国内许多高校都做了卓有成效的工作,但由于我国高等教育多模式和多层次的特点,计算机科学与技术日新月异的发展,以及社会需求的多变性,教材建设已不再是一蹴而就的事情,而是一个长期的任务。正是基于这样的认识和考虑,哈尔滨工业大学出版社组织哈尔滨工业大学、东北林业大学、大庆石油学院、哈尔滨师范大学、哈尔滨商业大学等多所高校编写了这套“高等学校计算机类系列教材”。此系列教材依据教育部计算机教学指导委员会对相关课程教学的基本要求,在基本体现系统性和完整性的前提下,以必须和够用为度,避免贪大求全、包罗万象,重在突出特色,体现实用性和可操作性。

(1)在体现科学性、系统性的同时,突出实用性,以适应当前 IT 技术的发展,满足 IT 业的需求。

(2)教材内容简明扼要、通俗易懂,融入大量具有启发性的综合性应用实例,加强了实践部分。

本系列教材的编者大多是长期工作在教学第一线的优秀教师。他们具有丰富的教学经验,了解学生的基础和需要,指导过学生的实验和毕业设计,参加过计算机应用项目的开发,所编教材适应性好、实用性强。

这是一套能够反映我国计算机发展水平,并可与世界计算机发展接轨,且适合我国高等学校计算机教学需要的系列教材。因此,我们相信,这套教材会以适用于提高广大学生的计算机应用水平为特色而获得成功!

A handwritten signature in black ink, appearing to read '王亚利' (Wang Yaoli).

2008年1月

前 言

操作系统是计算机科学与技术专业的一门专业基础课,是计算机相关专业学生的必修课程。在知识经济高速发展的今天,软件产业占据核心地位,而操作系统又是计算机系统中的核心系统软件,用于控制和管理计算机系统中的各种软、硬件资源,提供用户与计算机之间的接口。操作系统在计算机系统中处于特殊的地位,其重要性体现在以下三个方面:

- (1)本课程在计算机学科知识中处于硬件知识和软件知识的结合点;
- (2)本课程中关于进程和线程的概念是多任务应用程序设计的理论基础;
- (3)本课程提供的系统调用界面是应用程序设计所必需的支撑环境。

为此,在本教材编写中,更注重理论联系实际,即把操作系统原理和实际操作系统实现有机结合起来,在每章理论讲解之后给出实例分析,加深读者对抽象概念的理解和消化。另外,本教材增加实践环节,对 Linux 和 Windows 2000/XP 进行案例分析,提供了相关的编程实例和技术,使读者能够掌握多任务并发的程序设计思想,具有一定的实用性。

全书内容共分 10 章。第 1 章介绍操作系统的形成和发展、操作系统的特征、功能和类型、操作系统的结构设计;第 2 章阐述进程的基本概念、进程的描述、进程状态、进程控制和进程同步;第 3 章介绍中断和处理机调度;第 4 章介绍死锁概念、死锁原因和必要条件及解决死锁的方法;第 5 章介绍存储器管理的思想,包括连续区分配、分区分配和虚拟存储器;第 6、7 章分别介绍设备管理和文件管理;第 8 章介绍操作系统的安全和保护;第 9、10 章介绍 Linux 操作系统、Windows 2000 / XP 操作系统的案例,包括进程创建、进程通信、内存分配和文件系统调用等。另外,本书又安排了 7 个典型的实验题目,进一步强化读者的实际应用能力。

本书第 1~5 章、第 8 章、第 9 章及实验部分由滕艳平编写,第 6 章、第 7 章由王艳春编写,第 10 章由张枢编写,全书由滕艳平统稿。王海珍、廉佐政在本书的校对、绘图等过程中做了大量的工作,在此表示衷心感谢。

限于编者水平,本书难免存在一些疏漏和不当之处,敬请读者批评指正。

编 者
2008 年 6 月

目 录

第 1 章 操作系统引论	1
1.1 操作系统的概念	1
1.1.1 操作系统的地位和作用	1
1.1.2 操作系统定义	2
1.2 操作系统发展过程	2
1.2.1 手工操作方式	2
1.2.2 脱机输入/输出技术	2
1.2.3 批处理系统	3
1.2.4 分时系统	4
1.2.5 实时系统	5
1.2.6 网络操作系统	6
1.2.7 嵌入式操作系统	6
1.3 操作系统的基本特征	7
1.4 操作系统的主要功能	8
1.5 操作系统的结构设计	9
1.5.1 操作系统的设计目标	9
1.5.2 操作系统的结构	9
1.6 实例分析	11
小结	13
习题	14
第 2 章 进程管理	15
2.1 进程的概念	15
2.1.1 程序的顺序执行及其特征	15
2.1.2 程序的并发执行及其特征	16
2.1.3 进程的定义及其特征	17
2.1.4 进程与程序的区别	18
2.2 进程描述	19
2.2.1 进程控制块	19
2.2.2 进程控制块的组织方式	19
2.3 进程的状态与转换	20
2.3.1 进程的基本状态及其转换	20

2.3.2 具有挂起状态的进程转换图	21
2.4 进程控制	22
2.4.1 进程的创建和撤消	22
2.4.2 进程的阻塞与唤醒	23
2.4.3 进程的挂起与激活	24
2.4.4 线程的概念及实现	24
2.5 进程同步	25
2.5.1 同步概念	25
2.5.2 信号量机制	26
2.5.3 经典的进程同步问题	29
2.5.4 管程	31
2.6 进程通信	31
2.7 实例分析	33
小结	35
习题	36
第3章 中断与处理机调度	38
3.1 中断技术	38
3.1.1 中断及其相关概念	38
3.1.2 中断处理过程	39
3.1.3 核心态和用户态	39
3.2 处理机调度	40
3.2.1 三级调度及其模型	40
3.2.2 常用调度算法	41
3.2.3 实时调度	45
3.3 实例分析	47
小结	48
习题	49
第4章 死锁	50
4.1 死锁的概念	50
4.2 死锁产生的原因和必要条件	51
4.2.1 死锁产生的原因	51
4.2.2 具体实例分析	51
4.2.3 死锁产生的必要条件	51
4.3 死锁问题的解决方法	52
4.3.1 死锁的预防	52
4.3.2 死锁的避免	53
4.3.3 死锁的检测	56

4.3.4 死锁的解除	57
4.4 实例分析	58
小结	60
习题	61
第5章 存储器管理	62
5.1 基本概念	62
5.2 连续分配方式	64
5.2.1 单一连续分配方式	64
5.2.2 固定分区分配方式	64
5.2.3 动态分区分配方式	65
5.2.4 可重定位分区分配方式	66
5.2.5 分区分配和回收算法	66
5.3 分页存储系统	70
5.3.1 分页基本原理	70
5.3.2 地址变换机构	71
5.3.3 快表与多级页表	72
5.4 分段存储管理方式	73
5.4.1 分段管理机制的引入	73
5.4.2 分段基本原理	73
5.4.3 分段的共享和保护	74
5.4.4 分段与分页的区别	75
5.5 段页式存储管理方式	76
5.6 虚拟存储器	76
5.6.1 虚拟存储器的概念	76
5.6.2 请求分页管理方式	77
5.6.3 请求分段存储管理方式	81
5.7 实例分析	83
小结	85
习题	85
第6章 设备管理	87
6.1 I/O系统的组成	87
6.1.1 微小型机采用的总线型结构	87
6.1.2 大型机采用的主机和通道的结构	88
6.2 I/O控制方式	89
6.2.1 程序控制 I/O 方式	90
6.2.2 中断方式	91
6.2.3 DMA 方式	93

6.2.4 通道方式	94
6.3 I/O 设备的类型	96
6.4 缓冲管理	97
6.4.1 单缓冲 Single Buffer	98
6.4.2 双缓冲 Double Buffer	98
6.4.3 循环缓冲 Circle Buffer	98
6.4.4 缓冲池 Buffer Pool	98
6.5 设备的分配	101
6.5.1 设备分配需要的数据结构	101
6.5.2 设备分配原则	102
6.5.3 设备分配通用算法	102
6.5.4 SPOOLing 系统	103
6.6 设备处理	104
6.6.1 设备驱动程序的功能	104
6.6.2 设备驱动程序的特点	105
6.6.3 设备处理过程	105
6.6.4 设备处理方式	106
6.6.5 磁盘调度算法	106
6.7 实例分析	107
小结	110
习题	111
第 7 章 文件系统	112
7.1 文件和文件系统	112
7.1.1 文件的概念	112
7.1.2 文件的分类	113
7.1.3 文件系统的概念	114
7.1.4 文件系统的层次模型	114
7.1.5 文件系统的功能	115
7.2 文件的组织结构与存取方式	115
7.2.1 文件的逻辑结构和存取方式	116
7.2.2 文件的物理结构及存储介质	117
7.2.3 文件记录的成组与分解	121
7.3 文件目录管理	122
7.3.1 一级文件目录	122
7.3.2 二级文件目录	123
7.3.3 多级文件目录	124
7.4 文件存储空间的管理	125
7.4.1 空闲块表法	125

7.4.2 空闲块链法	126
7.4.3 位示图法	127
7.5 文件的共享	128
7.5.1 早期文件系统实现共享的方法	129
7.5.2 现代文件系统实现共享的方法	130
7.6 文件的保护和保密	132
7.6.1 文件的保护	132
7.6.2 文件的保密	134
7.7 文件操作	134
7.8 实例分析	136
小结	137
习题	137
第 8 章 操作系统安全概述	138
8.1 安全性目标和威胁	138
8.1.1 安全性目标	138
8.1.2 威胁的类型	139
8.2 安全机制	139
8.2.1 数据加密机制	139
8.2.2 数字证书	142
8.2.3 身份认证机制	142
8.2.4 审计机制	143
8.3 硬件保护机制	144
8.3.1 存储保护机制	144
8.3.2 运行保护机制	144
8.4 访问控制机制	145
8.5 安全评价标准	148
8.6 实例分析	148
小结	149
习题	150
第 9 章 Linux 操作系统案例分析	151
9.1 Linux 操作系统概述	151
9.1.1 Linux 发展简史	151
9.1.2 Linux 特点	151
9.1.3 Linux 基本结构	152
9.2 Linux 用户接口	153
9.3 Linux 文本编辑器与编译器	154
9.3.1 Linux 文本编辑器(vi)	154

9.3.2 Linux 编译器(gcc)	156
9.4 Linux 实例分析	156
9.4.1 用户子进程的创建	156
9.4.2 进程同步	158
9.4.3 进程通信机制	159
9.4.4 Linux 内存分配策略	163
9.4.5 文件系统的调用	163
小结	165
习题	166
第 10 章 Windows 2000/XP 操作系统案例分析	167
10.1 Windows 2000/XP 操作系统简介	167
10.2 Windows 2000/XP 体系结构	167
10.3 Windows 2000/XP 线程调度	168
10.4 Windows 2000/XP 虚拟存储管理	170
10.5 Windows 2000/XP 文件系统	171
10.6 Windows 2000/XP I/O 设备管理	173
10.7 Windows 2000/XP 实例分析	176
10.7.1 GUI 应用程序	176
10.7.2 进程对象	177
10.7.3 进程创建	178
10.7.4 虚拟内存机制	180
10.7.5 文件输入/输出	181
小结	183
习题	184
附录 操作系统实验指导	185
实验 1 进程管理	185
实验 2 单处理机系统进程调度	187
实验 3 避免死锁的银行家算法	192
实验 4 存储器分配与回收	200
实验 5 页面置换算法	205
实验 6 设备管理	209
实验 7 简单文件系统的设计	210
参考文献	215

第1章

操作系统引论

本章重点:操作系统的定义、作用和功能;操作系统的类型和基本特征。

本章难点:多道程序设计;并发与并行;并发与共享;分时系统。

当今信息时代,计算机已成为各行各业不可缺少的工具,它之所以能够快速普及,除了硬件价格便宜外,很重要的原因是其功能强大,操作简便。这因为在每台计算机上都配置了操作系统(OS, Operating System),操作系统能够有效管理计算机资源,方便用户的操作。

1.1 操作系统的概念

1.1.1 操作系统的地位和作用

1. 操作系统的地位

一个完整的计算机系统由两大部分组成:计算机硬件和计算机软件。

硬件部分是指计算机物理装置本身,主要包括中央处理机(运算器和控制器)、存储器、输入/输出设备等。由硬件组成的计算机称为裸机(Bare Machine),裸机只能执行机器代码语言,一般人无法使用。

软件部分是指由计算机硬件执行以完成一定任务的所有程序及数据,主要包括系统软件和应用软件两大类。操作系统是一个最基本也是最重要的系统软件,它是对硬件功能的首次扩充,所有其他的软件,如汇编程序、编译程序等系统软件及大量的应用软件都建立在操作系统的基础之上,并得到它的支持和服务,如图 1.1 所示。

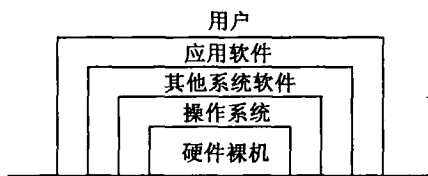


图 1.1 操作系统在计算机系统中的地位

2. 操作系统的作用

(1)作为计算机资源的管理者。在一个计算机系统中,通常含有各种硬件和软件资源,相应的操作系统的主要功能也正是针对这些资源进行有效的管理,即:处理机管理,用于分配和控制处理机;存储器管理,主要负责内存的分配与回收;I/O 设备的管理,负责 I/O 设备的分配与操纵;文件管理,负责文件的存取、共享和保护。

(2)作为用户与计算机硬件系统之间的接口。用户通过操作系统来使用计算机系统,可通过以下三种方式使用计算机。

①命令方式。由操作系统提供一组联机命令,通过键盘输入有关命令,直接操纵计算机。

例如,Linux 环境下的 ls、cp 等命令。

②程序方式。操作系统提供一组系统调用,供用户程序或其他系统程序调用。每条系统调用都是操作系统中的一段程序,每当用户的应用程序要求操作系统提供某种服务时,便调用具有相应功能的系统调用。因有编程接口,故程序员可以直接引用。例如,汇编语言的中断调用 int 21H 或 C 语言的函数调用 int 86(参数),UNIX 称之为系统调用,MS-DOS 称 int 21H 为功能调用,在 Windows 中则称之为 API 函数。

③图形方式。用户通过屏幕上的窗口或图标来操纵计算机系统,并运行自己的程序。

(3)作为扩充机器(Extended Machine)。通常把覆盖了软件的机器称为虚拟机(Virtual Machine)或扩充机器,它是对裸机的抽象和功能的扩充。

1.1.2 操作系统定义

根据前面关于操作系统的地位和作用的描述,可以给操作系统一个非常形式化的定义如下:

操作系统是计算机系统中的一个系统软件(位于硬件层之上,所有其他软件层之下),能够有效控制和管理计算机硬件和软件资源,合理组织计算机工作流程及方便用户的程序集合。

1.2 操作系统发展过程

操作系统的形成迄今已近 50 年的历史,经历了从无到有、功能从简单到完善的演变过程,并且还处于进一步发展之中。下面分别予以叙述。

1.2.1 手工操作方式

早期计算机上没有配置操作系统,人们采用手工操作方式使用计算机硬件系统,即由操作员将纸带(卡片)装入纸带输入机(或卡片输入机),然后启动输入机将程序和数据送入计算机,接着通过控制台开关启动程序运行,当程序运行完毕,用户取走计算结果,让下一个用户上机。这种操作方式具有用户独占计算机资源和 CPU 等待人工操作的特点。

随着 CPU 速度的提高,手工操作的低速与 CPU 运算的高速之间产生了矛盾,即所谓的人机矛盾。例如,CPU 运行 1 万次/s,某程序运行时间为 60 min,手工操作需 3 min,则手工操作时间与程序运行时间的比为 $3:60 = 1:20$;若 CPU 速度提高 60 万次/s,则该程序运行时间为 1 min,手工操作方式仍为 3 min,则手工操作时间与程序运行时间的比为 $3:1$,所以人机矛盾日趋严重。此外,CPU 与 I/O 设备之间速度不匹配的矛盾也日益突出。

1.2.2 脱机输入/输出技术

为了解决手工操作所产生的人机矛盾以及 CPU 与 I/O 设备之间速度不匹配的矛盾,20 世纪 50 年代末出现了脱机输入/输出技术。

该技术是预先将用户程序和数据置于一台外围机的控制下,从低速输入设备输入到磁带上,当 CPU 需要这些程序和数据时,再从磁带上高速输入内存(此即脱机输入技术);当 CPU 需要输出时,可由 CPU 直接高速把数据送至磁带上,然后在外围机的控制下,把磁带上的数据由相应的低速输出设备输出(此即脱机输出技术)。

若在主机的直接控制下进行输入/输出的方式,则称为联机输入/输出。

脱机 I/O 的优点:在脱机 I/O 方式下,由外围机而不是主机的 CPU 等待手工操作,从而减少主机 CPU 的空闲时间,缓和人机矛盾;另外,CPU 直接通过高速磁带进行输入/输出,这极大地提高了 I/O 速度,从而较好地缓和了 CPU 与 I/O 设备之间速度不匹配的矛盾。

1.2.3 批处理系统

1. 单道批处理系统(Simple Batch Processing System)

批处理技术是指在系统中配置一个监督程序(Monitor),并在该监督程序的控制下,能够对一批作业自动进行处理的一种技术。

早期批处理技术系统中,由于内存中只能存放一道作业,因而称为单道批处理系统,而其中的监督程序就是操作系统的雏形。单道批处理系统的处理流程如图 1.2 所示。

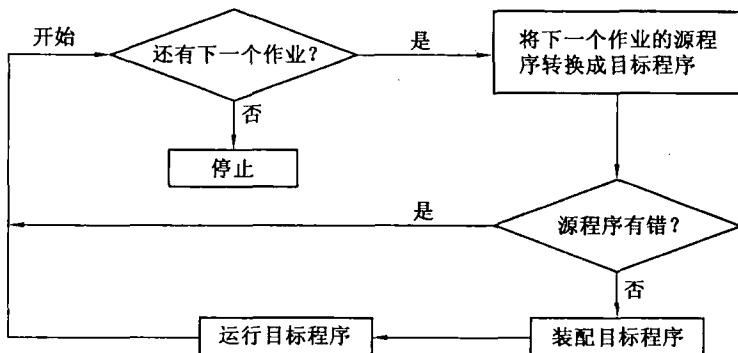


图 1.2 单道批处理系统的处理流程

单道批处理系统的主要特征如下:

- (1) 自动性。磁带上的一批作业能自动地、逐个地依次运行,无需人工干预。
- (2) 顺序性。作业完成的顺序与它们进入内存的顺序及作业在磁带上的顺序一致。
- (3) 单道性。内存中仅能存放一道作业。

2. 多道批处理系统(Multiprogrammed Batch Processing System)

尽管批处理系统提高了系统的效率,但它是单道顺序地处理作业,效率仍不很高,如图 1.3 所示。在图 1.3 中给出了单道程序运行时的 CPU 空闲情况, $t_2 \sim t_3$ 这段时间因用户程序在进行 I/O 操作,CPU 是空闲的,所以为了改善 CPU 和设备的利用率而引入多道程序。

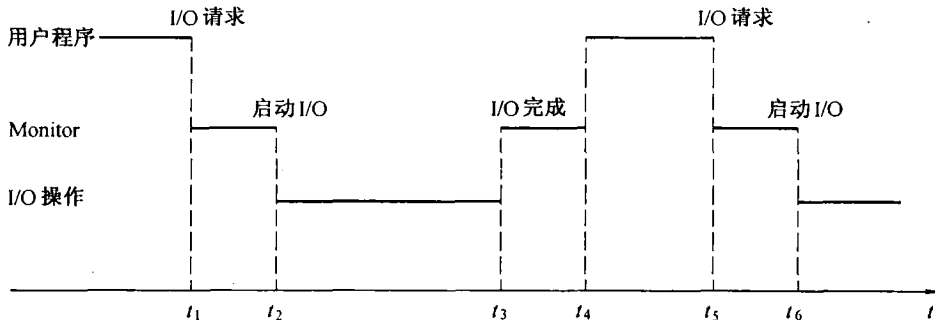


图 1.3 单道程序的运行情况

图 1.4 所示为多道程序的运行情况。

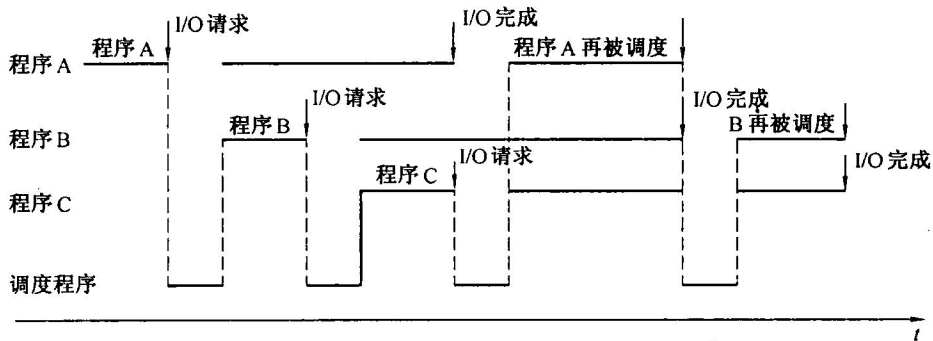


图 1.4 多道程序的运行情况

多道批处理系统的主要特征如下:

- (2)调度性。通过作业调度,从外存选取若干作业装入内存;进程调度在内存的多个作业中为某作业分配 CPU。

(3)无序性。作业调度次序与作业在外存中的次序无关,作业完成的次序与作业进入内存的次序也无关。

1.2.4 分时系统

1. 分时系统的工作原理

分时系统(Time Sharing System)模型为一台高性能的主机(快速 CPU 与大容量的 RAM)连接多个带有显示器和键盘的终端,同时允许多个用户通过自己的终端,以交互方式使用计算机,共享主机中的资源。系统设置一个运行时间片,轮流让每个用户程序运行一个时间片,当时间片用完立即切换到下一个程序。如果在不长的时间(如 3 s)内,能使所有的用户程序都执行一次(一个时间片的时间),便可使每个用户都能及时与自己的作业交互,从而可使用户的请求得到及时响应。分时系统的结构如图 1.5 所示。

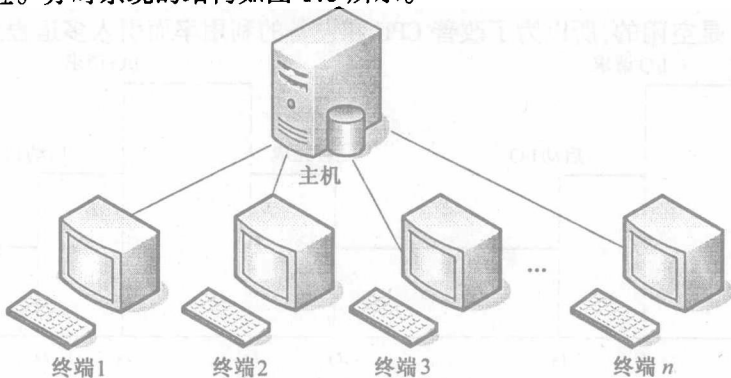


图 1.5 分时系统的示意图