

21

世纪 高职高专规划教材

操作系统教程

彭德林 李德有 主 编 明丽宏 迟国栋 黎凤英 副主编

21SHJIGAOZHIGAOZHUANGUIHUAJIAOCAI



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

21 世纪高职高专规划教材

操作系统教程

彭德林 李德有 主 编

明丽宏 迟国栋 黎凤英 副主编

中国水利水电出版社

内 容 提 要

操作系统是配置在计算机上的最基本的系统软件,是对计算机硬件功能的首次扩充,是现代计算机系统中必备的系统软件。本教材在强调本学科的基本理论对高职高专学生够用的基础上,更加注重了知识的应用性和系统性的统一。本书主要包括:操作系统概述、进程管理、作业管理、存储管理、设备管理、文件管理,最后对典型的操作系统进行了剖析,以加深对前面知识的理解;以“任务驱动式”教学模式组织教材内容,每章均有若干个任务提出,然后围绕这些任务进行阐述、剖析;以章为单位,理论内容叙述完毕后,都以 Windows Server 2003 为例进行应用性剖析;相关章节配有实训内容和精炼的习题,供读者实训和自测使用。

本书内容通俗易懂,应用性强,符合高职高专教学特点;理论知识透彻到位,应用环节突出前沿,既是高职高专计算机类专业的首选教材,也是大多数计算机爱好者的重要学习材料。

本书电子教案可以从中国水利水电出版社网站上免费下载,网址: <http://www.waterpub.com.cn/softdown/>。

图书在版编目(CIP)数据

操作系统教程 / 彭德林, 李德有主编. —北京: 中国水利水电出版社, 2008

21 世纪高职高专规划教材

ISBN 978-7-5084-5084-1

I. 操… II. ①彭…②李… III. 操作系统—高等学校: 技术学校—教材 IV. TP316

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 168672 号

书 名	操作系统教程
作 者	彭德林 李德有 主 编 明丽宏 迟国栋 黎凤英 副主编
出版 发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)、82562819 (万水)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	北京蓝空印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16 开本 16.75 印张 404 千字
版 次	2008 年 1 月第 1 版 2008 年 1 月第 1 次印刷
印 数	0001—4000 册
定 价	26.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

高等职业教育是我国高等教育的重要组成部分,更是我国职业教育的重要组成部分。高职高专的教育目标是培养技能型、应用型人才,注重学生的动手操作能力与综合实践能力的培养。高职高专教材要围绕职业教育的目标,在保证知识体系完整性的前提下,突出实用性、针对性,引导学生积极思考和实践,培养学生分析问题和解决问题的能力,把提高学生动手能力和培养学生综合素质放在首位。

本书正是以此为出发点编写的,参编人员均为主讲操作系统课程的骨干教师,具有多年的教学经验和丰富的教学实践经历。

本教材在创作思想、体例设计、结构内容等方面都体现了高职教育以能力为本位,以够用为尺度,以实用为目的的特色。且以“任务驱动式”教学模式组织教材内容,每章均有若干个任务提出,然后围绕这些任务进行阐述、剖析;以章为单位,理论内容叙述完毕后,都以 Windows Server 2003 为例进行应用性剖析;相关章节都配有实训内容和精炼的习题,供读者实训和自测使用。在编写过程中,编者认真研究了大量的教学案例,及时将新知识、新内容融入各章,保证了教材的前瞻性。

全书共分 9 章,主要内容包括:操作系统概述、进程管理、存储管理、设备管理、文件管理、作业管理、UNIX 操作系统简介、Linux 操作系统分析;每章后面都有实训用以提高锻炼学生的动手能力,配有练习与提高用以检验学生对知识的掌握程度,并在最后提供了全书练习与提高的参考答案。

本书内容安排合理,逻辑性强,讲解循序渐进,通俗易懂,既适合高职高专计算机及相关专业学生使用,也适合各种培训班学生使用。

本书由彭德林、李德有任主编,明丽宏、迟国栋、黎凤英任副主编,由彭德林、李德有审阅定稿。

第 1 章由彭德林、张继承编写,第 2 章由明丽宏、陆璐编写,第 3 章由李胜滨、赵锋编写,第 4 章由迟国栋编写,第 5 章由杨扬编写,第 6 章由李德有编写,第 7 章由张昊编写,第 8 章由刘明刚编写,第 9 章由张丽静编写。黎凤英对相关章节进行了审校工作。

由于编者水平有限,书中难免有错误和不足之处,敬请广大读者批评指正。

编者

2007 年 8 月

目 录

前言

第 1 章 操作系统概述	1
1.1 初识操作系统的概念及发展	1
1.1.1 操作系统的基本概念	1
1.1.2 操作系统的发展	2
1.2 操作系统的分类	4
1.2.1 批处理操作系统	4
1.2.2 分时操作系统	8
1.2.3 实时操作系统	10
1.2.4 网络操作系统	11
1.3 操作系统的特性和功能	13
1.3.1 操作系统的特性	13
1.3.2 操作系统的功能	14
1.4 典型操作系统简介	18
1.4.1 Windows 操作系统简介	18
1.4.2 UNIX 操作系统简介	20
1.4.3 Linux 操作系统	21
本章小结	24
实训一	24
练习与提高一	24
第 2 章 进程管理	27
2.1 进程的基本概念	27
2.1.1 程序的执行与特征	27
2.1.2 进程的概念与特性	29
2.1.3 进程的状态及状态转换	29
2.1.4 进程控制块 PCB	30
2.2 进程控制	32
2.2.1 操作系统内核简介	32
2.2.2 建立进程	32
2.2.3 进程的撤消	34
2.2.4 进程的阻塞	34
2.2.5 进程的唤醒	35
2.2.6 进程的挂起和激活	35

2.3	进程同步、互斥和通信	36
2.3.1	进程同步	36
2.3.2	进程互斥	38
2.3.3	信号量和 P、V 操作	41
2.3.4	进程通信	46
2.4	进程调度	53
2.4.1	进程调度的基本概念	53
2.4.2	进程调度的类型	53
2.4.3	进程调度算法	55
2.5	死锁	58
2.5.1	死锁的概述	58
2.5.2	死锁的处理	59
2.6	线程	61
2.6.1	线程的概念	61
2.6.2	线程与进程的比较	61
2.7	Windows Server 2003 进程管理	65
2.7.1	Windows Server 2003 的结构	65
2.7.2	Windows Server 2003 的进程与线程	65
2.7.3	Windows Server 2003 的线程调度	66
	本章小结	67
	实训二	67
	练习与提高二	68
第 3 章	存储管理	69
3.1	存储管理概述	69
3.1.1	存储管理的任务和功能	69
3.1.2	存储管理的方式	69
3.1.3	地址重定位	70
3.1.4	虚拟存储器	72
3.1.5	覆盖与交换	73
3.1.6	分区的存储保护	73
3.2	连续分配存储管理	74
3.2.1	单一连续分配存储管理	74
3.2.2	固定分区(静态分区)存储管理	75
3.2.3	可变分区(动态分区)存储管理	76
3.2.4	碎片与拼接技术	78
3.3	离散分配存储管理	79
3.3.1	页式存储管理	79

7.1.2	文本编辑器	177
7.1.3	Shell 程序设计	179
7.1.4	UNIX 系统管理	189
7.2	UNIX 系统内核结构	193
7.2.1	UNIX 系统概述	193
7.2.2	进程的描述和控制	194
7.2.3	进程的同步和通信	198
7.2.4	存储器管理	199
7.2.5	设备管理	201
7.2.6	文件管理	204
	本章小结	208
	实训七	208
	练习与提高七	208
第 8 章	Linux 操作系统分析	210
8.1	Linux 的进程管理	210
8.1.1	Linux 的进程	210
8.1.2	Linux 的进程调度	212
8.1.3	Linux 进程间的通信——消息队列	213
8.2	Linux 的存储管理	218
8.2.1	Linux 虚拟内存的抽象模型	218
8.2.2	Linux 的高速缓冲	221
8.2.3	管理内存空间的数据结构	222
8.2.4	内存区的分配和页面淘汰策略	223
8.3	Linux 的文件管理	226
8.3.1	Linux 文件系统的构成	226
8.3.2	EXT2 对磁盘的组织	227
8.3.3	EXT2 文件的物理结构	228
8.3.4	虚拟文件系统 VFS 的数据结构	230
8.4	Linux 的设备管理	235
8.4.1	Linux 设备管理概述	235
8.4.2	Linux 中的设备驱动	237
8.5	Linux 的 Shell	238
	本章小结	240
	实训八	240
	练习与提高八	241
第 9 章	练习与提高参考答案	243
9.1	练习与提高一	243

9.2 练习与提高二	243
9.3 练习与提高三	244
9.4 练习与提高四	245
9.5 练习与提高五	246
9.6 练习与提高六	250
9.7 练习与提高七	251
9.8 练习与提高八	253
参考文献	255

第 1 章 操作系统概述

主要内容:

明确计算机操作系统的基本概念、操作系统在计算机系统中的地位 and 特点, 叙述操作系统的功能和分类, 简要介绍几种典型的操作系统。

学习任务:

- 初识操作系统的概念及发展。
- 了解操作系统的分类。
- 掌握操作系统的特性和功能。
- 认知几种典型的操作系统。

1.1 初识操作系统的概念及发展

计算机系统是由硬件和软件两部分组成的。一般把没有配置任何软件的计算机叫做裸机, 直接使用裸机不但不方便, 而且严重降低了工作效率和机器的使用率。操作系统是为了建立用户与计算机间的接口而为裸机配置的一种软件, 它是裸机上的第一层软件, 是对计算机硬件的首次扩充。

1.1.1 操作系统的基本概念

1. 计算机系统的组成

完整的计算机系统是由计算机硬件系统和软件系统组成的 (如图 1.1 所示), 二者缺一不可、相辅相成。硬件是系统的物质基础, 软件是计算机系统发挥功能的灵魂, 有着非常重要的作用。

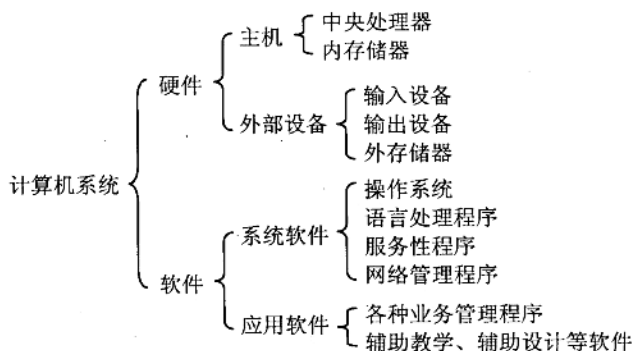


图 1.1 计算机系统组成

(1) 硬件系统的组成。计算机硬件系统由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备组成。

(2) 软件系统的组成。计算机软件系统主要由系统软件和应用软件组成。系统软件主要用来管理计算机本身的操作,例如操作系统、语言处理程序等;应用软件是计算机提供给用户用来解决具体问题的工具,比如飞机订票系统、银行管理系统等。

相关知识链接: 计算机系统的层次结构

计算机系统是由硬件系统与软件系统构成的一个有机整体,在这个有机体中,操作系统是硬件基础上的第一层软件,也是其他计算机软件与硬件的接口和桥梁。计算机系统层次结构模型如图 1.2 所示。

用户	用户	用户	用户
银行管理系统、飞机订票系统等		测试工具、编程工具、项目管理工具等	
语言编译程序、数据库管理系统、网络软件等			
操作系统			
计算机硬件（裸机）			

图 1.2 计算机系统层次结构模型

2. 操作系统的定义

可见,操作系统是计算机系统中的一个系统软件,是一些程序和模块的集合,它们以最有效、最合理的方式组织和管理计算机的软硬件资源,合理地组织计算机的工作流程,控制程序的执行,并向用户提供各种服务功能,使用户能够灵活、方便、有效地使用计算机,使整个计算机系统能高效地运行,从而在计算机与用户之间起到接口的作用。

1.1.2 操作系统的发展

操作系统是在计算机硬件的快速发展和计算机体系结构的不断发展过程中,逐步形成和发展起来的。不同的硬件结构,不同的应用环境,不同的用户需求,就应该有不同类型的操作系统,以实现不同的追求目标。在操作系统的形成和发展过程中,目前大多数专家认为主要经历了下面的几个阶段。

1. 无操作系统阶段

自 1946 年第一台数字电子计算机诞生到 20 世纪 50 年代中期,计算机都是电子管计算机,此时还没有操作系统,属于操作系统发展的第一阶段。这一时期操作计算机的主要方式有以下两种:

(1) 人工操作方式。早期的计算机采用人工操作的工作方式(如图 1.3 所示),就是由程序员将程序和数据输入计算机,程序完成后人工取走,然后下一个用户依然这样人工操作。

这种人工操作的特点是:

1) 程序设计直接编制二进制目标程序。

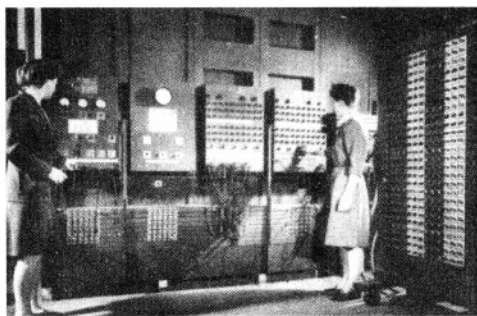


图 1.3 最早人工操作方式的计算机

2) 输入输出设备主要是纸带和卡片, 如图 1.4 所示。

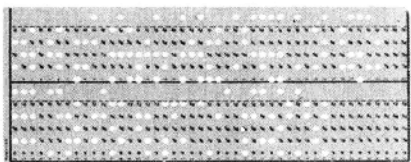


图 1.4 穿孔卡片

3) CPU 要等待人工操作, 程序员亲手上机操作, 程序运行和结果输出都是以手工方式进行。

4) 单用户方式, 用户独占 CPU 和系统资源。

可见人工操作方式严重地降低了资源利用率, 随着 CPU 速度的提高, CPU 与输入输出的矛盾日趋严重, 人们研究了很多技术来试图解决这一矛盾, 但都不理想, 直至后来引入了脱机输入输出技术, 才解决了这一问题。

(2) 脱机输入输出方式。脱机输入输出方式就是采用脱机输入输出技术的操作方式, 为了解决手工操作中输入输出速度与 CPU 不匹配的问题, 可将用户程序和数据在一台外围计算机的控制下预先输入到磁盘或磁带上, 当 CPU 需要这些程序和数据时, 可以直接将所需内容从磁盘或磁带上调入, 这样就大大加速了数据的输入。同理, 当 CPU 需要输出数据时, 可将数据送到磁盘或磁带上, 然后在一台外围计算机的控制下将磁盘或磁带上的数据通过输出设备输出, 这对于程序的运行, 明显加速了运行结果的输出过程。正因为程序和数据的输入和输出都是在外围计算机控制之下完成的, 也就是脱离主机进行的, 所以称为脱机输入输出。

采用脱机输入输出的方式与人工操作方式相比, 有如下优点:

1) 减少了 CPU 空闲时间。

2) 提高了输入输出速度。

2. 单道批处理系统阶段

从 20 世纪 50 年代中期至 60 年代中期, 这一阶段是计算机硬件发展的晶体管时代, 此时出现了单道批处理系统。

(1) 单道批处理系统。在脱机输入输出方式中, 事先已把一批作业放在磁带上, 这些作业在系统监督程序的控制下, 先把磁带中的第一个作业调入内存, 并把控制权交给该作业, 该作业处理完成后, 监督程序再把第二个作业调入内存, 按照这种方式磁带上的作业一个一个自动地处理, 直到把磁带上的作业全部处理完毕, 这就是早期的批处理系统。由于系统对作业的

处理是成批进行的,并且在内存中只保持一道作业,所以也称为单道批处理系统。

批处理技术是指计算机系统对一批作业进行自动处理的一种技术。

(2) 单道批处理系统的特征。单道批处理系统是最早出现的一种操作系统,严格地说,它只能算是操作系统的前身而并非是目前人们所理解的操作系统。尽管如此,该系统比起人工操作方式的系统已有了很大的进步。本系统的主要特征如下:

- 自动性:作业是被自动处理的。
- 顺序性:作业是一个一个被处理的。
- 单道性:内存中始终是保持一道作业。

3. 多道程序设计阶段

20 世纪 60 年代中期至 80 年代初,是计算机硬件体系结构发展的集成电路时代,而此时计算机操作系统的发展进入了以多道程序设计技术为主的阶段。

(1) 多道程序设计技术。指允许多个程序同时进入一个计算机系统的主存储器,并启动进行交替计算的方法。

(2) 多道程序设计的基本思想。在计算机内存中同时存放若干道已开始运行且尚未结束的程序,它们交替运行,共享系统中的各种硬、软件资源,从而使处理机得到充分利用。

4. 现代操作系统的形成

操作系统经过了 20 世纪 60 年代、70 年代的发展,到 20 世纪 80 年代已趋于成熟。批处理操作系统、分时操作系统、实时操作系统是操作系统的三个基本类型。随着计算机硬件技术和软件技术的发展,又出现了多处理机操作系统、微机操作系统、网络操作系统、分布式操作系统以及嵌入式操作系统等多种类型的现代操作系统。

1.2 操作系统的分类

随着计算机硬件技术的不断更新,计算机操作系统的性能也日益广泛,从操作系统的不同方面可以得到不同的分类。按照计算机体系结构特点可分为大型机操作系统、中型机操作系统、小型机操作系统、微型机操作系统、网络操作系统、嵌入式操作系统、个人操作系统和分布式操作系统等。按照计算机系统同一时刻所能响应的用户与任务个数可以分为单用户单任务操作系统、单用户多任务操作系统和多用户多任务操作系统等。按照操作系统在用户界面的使用环境和功能特征的不同,操作系统又可分为批处理系统、分时系统和实时系统。本节主要针对批处理操作系统、分时操作系统、实时操作系统、网络操作系统在用户界面的使用环境和功能特征方面进行简单介绍。

1.2.1 批处理操作系统

批处理操作系统是随着计算机硬件的发展而出现的,是为了提高计算机的工作效率,除去人对计算机系统运行的干预,解决人机矛盾而提出的一种计算机成批处理的操作过程。相对于早期阶段,人工操作情况下,用于管理硬件系统的系统软件还没有产生,因此所有的程序运行管理和具体的操作都是由用户自己来进行,整个系统让用户独占使用,即在用户使用期间,用户可以完成建立、运行、运行结果处理等操作,所有用户一个接着一个轮流使用计算机。这种操作方法远远跟不上机器处理的速度,影响了计算机的使用效率,没有达到其正

常运算效果。批处理操作系统的基本工作方式是：系统一次对多个作业进行处理，在处理阶段用户不能直接干预作业的运行过程，而是将其对作业的控制意图在作业提交之前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请求或是对可能产生的运行错误的相应处理等。用户将作业说明书或作业控制卡在提交作业时与程序和数据一起提交给系统操作员，系统操作员在收到作业后，并不立即将作业输入计算机，而是在收到一定数量的用户作业之后，组成一批作业，再把这批作业输入到计算机中。启动操作系统，系统自动、依次执行每个作业，由作业控制程序或命令解释程序解释执行，并且提供相应的服务。系统中形成一个自动转接的连续的作业流，这样大大缩短了各作业间的转接时间，提高系统效率。最后由操作员将作业结果交给各个用户，并进行下一批作业接收。脱机批处理的工作原理如图 1.5 所示。

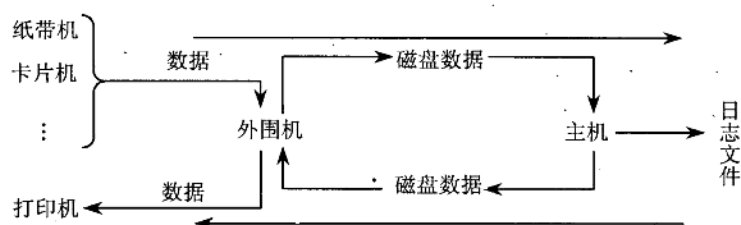


图 1.5 脱机批处理的工作原理图

批处理采用尽量避免人机交互的方式来提高处理器（CPU）的运行效率。依据系统的复杂程度和出现时间的先后，可以把批处理操作系统分类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

（1）单道批处理系统的处理过程。

早期的计算机系统非常昂贵，人机交换方式的早期计算机系统的工作速度已经远不能满足人们对其使用效率的要求，充分利用计算机系统资源成为不可忽视的环节，为了能充分地利用它，应尽量让系统处于连续运行状态，去除人—机转接的空闲时间，从而提高计算机系统的利用率。为了改善上述情况，产生了批处理操作系统。单道批处理系统的主要内容是通过把一些作业以脱机的方式输入到载体（卡片机、纸带机或者磁带）上，并在系统中配上监督程序（一种能够决定作业执行先后顺序并能控制处理器使用权限的软件），这样用户不再直接接触机器，而是通过载体向计算机监督程序提交作业，在监督程序控制下使这些作业组织在一起构成一批作业，其在监督程序的控制下进入输入设备上，并能够一个接一个地连续执行，即当一个作业执行完毕返回结果后，监督程序自动装入下一个作业，这样在一批作业执行过程中节省了人机交换的时间，由计算机自动完成一批作业的执行过程。其自动处理步骤是：首先由监督程序按组装顺序将载体上的第一个作业装入主存，并把处理器的控制权交给该作业，当该作业处理完成或者遇到错误时，监督程序收回处理器的控制权并显示第一个作业的运行结果，再由监督程序把载体上的下一个作业调入主存重复上述的操作，自动地一个作业一个作业地进行处理，直至载体上的一批作业全部完成执行。由于系统对作业的处理都是成批进行的，而且在内存中始终只保持一道作业，故称为单道批处理系统。单道批处理系统的处理流程如图 1.6 所示。

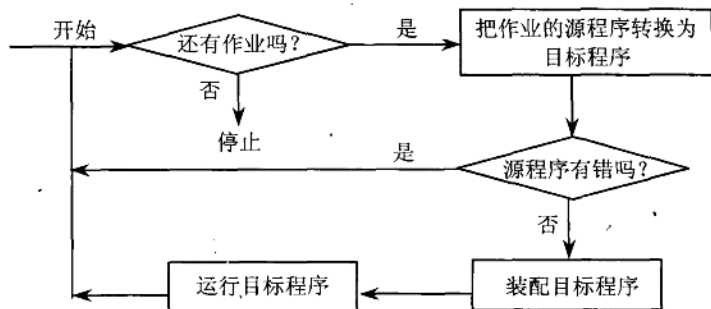


图 1.6 单道批处理系统的处理流程

可以用一个简单的例子来理解单道批处理系统的执行过程：设想有三个人一起完成一个作业，作业分成几个部分来完成，在单道批处理系统产生以前三个人这样来完成这个作业，首先三个人一起商定第一部分的完成计划，商定后由第一个人去执行，当第一个人执行完毕之后三个人再在一起商定第二部分的完成计划，然后再由第一个人去完成……，这样依次下去直至整个作业完成为止。当采用单道批处理系统后整个作业的完成过程变为：三个人先制定完成这个作业各个部分的计划，当所有计划完成后由第一个人按商定计划顺序地完成整个作业过程，这样节省了在每个部分完成后制定下一部分计划的时间，缩短了整个作业完成的时间，提高了完成作业的效率。

由上述不难看出，单道批处理系统是在解决人机矛盾和 CPU 与 I/O 设备速度不匹配的矛盾的过程中形成的。换言之，单道批处理系统旨在提高系统资源的利用率和系统吞吐量。但这种单道批处理系统仍然不能很好地利用系统资源，故现在已经很少使用。

(2) 单道批处理系统的特征。

单道批处理系统是最早出现的一种计算机操作系统，因此它有时被称为早期批处理系统，也称为监控程序，是现代操作系统的雏形，而并非现在人们所使用的操作系统。它以追求系统资源利用率与应用水平为目标。尽管如此，该系统比起人工操作方式已经有了很大的进步。该系统的主要特征如下：

- 1) 自动性。在正常情况下，系统无需人工干预，载体上的一批作业能自动地依次执行。
- 2) 顺序性。载体上的各作业按顺序进入主存；各作业的完成顺序与它们进入主存的顺序在正常情况下完全相同。
- 3) 单道性。主存中每次仅有一个程序运行，即监督程序一次从载体上只调入一个作业进入主存运行，当该作业完成或是发生错误时，才换为其后一个作业进入主存。
- 4) 存储器保护。当用户提交作业后，他不能修改任何提交的作业信息和监控器信息，所有操作都由处理器自行完成。

单道批处理系统的缺点是一次仅能运行一个作业，这对于价格昂贵的计算机系统来说，只有一个部件工作，其余部件均处于闲置状态，资源利用率很低。如图 1.7 所示为单道程序的运行情况。

2. 多道批处理系统

(1) 多道程序设计技术。多道批处理系统 (Multiprogrammed Batch Processing System) 的设计是相对单道批处理系统而言的。在单道批处理系统提供的自动作业队列执行过程中，处

理器经常处于空闲状态,问题在于 I/O (输入输出) 设备的速度远不及处理器的运行速度。例如,正常情况下 I/O 设备读取、输出一个记录需要的时间为 1 秒,而处理器执行一个记录所用的时间为 0.1 秒,这样处理器的使用率为 $0.1/(1+0.1+1)=0.048=4.8\%$,可以看出处理器必须花费大量的时间等待 I/O 设备的信息传送。怎样避免处理器这样低的使用效率呢?多道程序批处理系统就是针对这一问题而提出的。

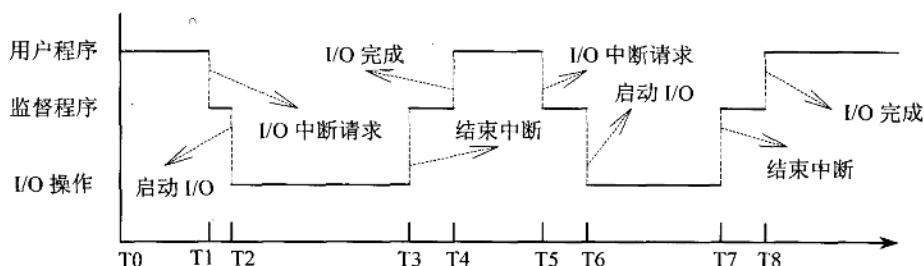


图 1.7 单道程序的运行情况

多道批处理系统的引入,可以使处理器、存储器、各种外部设备资源得到充分的利用,其显著的特点是利用处理器等待时间来运行其他作业;当然在多道程序的运行中,必须对主存中的作业予以充分的信息保护,以防其他作业有意无意的破坏,同时也要防止作业对系统程序的破坏,这就是多道程序系统中的存储器保护机构。多道程序系统的地址转换机构也为作业中的地址与主存中的实际地址提供了可以转换的机制,能够实现主存地址因作业运行情况而变动,实现了主存地址重新定位,进行地址转换。另外,处理器用大部分时间来高速运行作业,而外设的工作情况也需要必要的控制,外设的这种控制是在得知外设工作完毕或暂停时进行的,中断机构就是这一消息的来源。外设将工作结束的信息通过中断请求来告知处理器,处理器则对此中断请求进行处理,从而使处理器仅花很少时间就可以得知并控制外设的工作。

中断和通道技术的出现使 I/O 设备和处理器并行操作成为可能,初步解决了高速处理器和低速外部设备间的矛盾。多道批处理设计思想就是在计算机上的主存中同时存放几道相互独立的程序,使它们在监控程序的控制下相互穿插地运行。处理器可以为一个作业发出 I/O 请求,而且在设备控制器执行这个 I/O 请求的同时,处理器可以继续执行另一个作业,当 I/O 操作完成后,处理器被中断,控制权传给操作系统中的中断控制程序,接下来由监控程序将控制权传给下一个作业。即当某道程序因某种原因不能继续运行下去时(如等待外部设备传输数据),管理程序便将另一道程序投入运行,这样可以使处理器以及各外部设备尽量处于忙碌状态。从微观上看,一个时刻只有一个程序在处理器上运行;从宏观上看,几道程序都处于执行状态,有的正在处理器上运行,有的正在打印结果,有的在输入数据,他们的工作都在向前推进。多道程序设计在单处理器上逻辑上的同时执行称为并发执行,它和多道程序同时在多个处理器上执行是有区别的。前者是逻辑上的并行,后者是物理上的并行。并行操作的实现大大提高了计算机的使用效率。

我们可以沿用单道批处理系统中的例子:设想有三个人一起完成一个作业,作业分成几个部分来完成,在多道批处理系统中,首先三人一同制定出完成这一作业每一部分的计划,然后三人分别去做自己熟悉的部分,并由第一个人来协调三个人之间的执行顺序,这样我们看到

三个人都在为完成作业而工作，而不是由三人一同来制定计划而由其中的某一个人来单独完成，这样在单道批处理的基础上又节约了一部分时间，提高了工作效率。

(2) 多道批处理系统的特征。在批处理系统中引入多道程序设计后，会使系统具有以下特征：

1) 多道性。在内存中可以同时驻留多道程序，并允许它们并发执行，因为主存中存有多道作业，各种资源均处于忙状态，作业一个接一个地自动切换执行，使得中间切换时间少，从而提高了系统的处理能力，增大了系统吞吐量。

2) 并行性。从宏观上看，系统中同时有多道程序处于运行状态，即他们先后开始了各自的运行，但都未运行完毕。

3) 串行性。从微观上看，内存中的多道程序轮流地或分时占有处理器，交替执行（单处理系统）。

4) 无序性。多个作业完成的先后顺序与他们进入内存的顺序之间并无严格的对应关系，即先进入内存的作业可能较后完成甚至最后完成，而后进入内存的作业有可能先完成。

5) 调度性。作业从提交给系统开始直至完成需要经过以下两次调度：首先是作业调度，这是按一定的作业调度算法从外存的后备作业队列中选择若干个作业调入内存；其次是进程调度，指按一定的进程调度算法从已在内存的作业中选择一个作业将处理机分配给他，使之执行。

6) 系统开销小。仅当作业完成或无法运行时才进行切换，系统的时空开销小。

多道批处理系统的缺点如下：

1) 用户没有交互能力，用户一旦把作业提交给系统后就失去了对自己作业的控制，系统将根据作业说明书来控制作业的执行，这对程序的修改和调试是非常不便的。

2) 作业的平均周转时间（指一批作业中所有作业周转时间的平均值）长。由于作业要排队，依次进行处理，因而周转时间较长。特别对于排在队尾的作业其运行请求会被长期推迟响应。

无论是单道批处理系统，还是多道批处理系统，都不具备用户与计算机系统的交互性。这对于那些已调试成功的对不同数据进行不同处理的系统来说，例如气象站的气象云图分析、工资报表的处理等是适合的，但对于大多数正在编写程序的程序员和初学者来说，太不方便了。

1.2.2 分时操作系统

1. 分时系统的提出

分时操作系统是在批处理系统的基础上，采用分时技术提出的一种新型的操作系统。尽管多道批处理系统很适于大型科学数据计算，具有高效的数据处理能力，但实际上许多程序员很怀念第一代计算机的手工操作阶段——联机工作方式，那时他们可以独占一台计算机，可以即时地调试他们的程序，但是这种独占计算机方式会造成资源效率低的问题。而对第二代计算机，用户以脱机操作方式使用计算机，用户在提交程序以后就完全脱离了自己的程序，在程序运行的过程中，不管出现什么样的情况都不能加以干预，只有等该批程序处理结束，一个程序从提交到取得运算结果往往需要等待很长时间，用户才能得到计算结果。根据结果再做下一步处理，有时一个微小的错误就会导致编译失败，要重复上述过程，从而浪费程序员大量的等待时间。它的好处是计算机效率高，但程序员们希望既能保证计算机效率又能在提交程序后很快得到响应，这种需求就导致了分时系统的产生，分时操作系统既能实现用户的联机操作又能保证其使用效率，它采纳了第一代与第二代计算机操作系统的优点（人机交互和机器的利用率高）。分

分时系统实际上是多道程序的一个变种,不同之处只是每个用户都有一个联机终端,让用户在终端上直接操作、控制自己程序的运行,这种操作方式称为联机工作方式。用户十分欢迎这种工作方式,因为在这种方式下,操作员(用户)可以通过控制台(终端)及时与机器交互。如图1.8所示为分时操作系统结构图。



图 1.8 分时操作系统结构图

2. 分时的实现

分时计算机系统可以理解为:两个或多个事件按时间划分,轮流使用计算机系统中的某一资源。配置了分时操作系统的计算机采用主从式多终端的计算机体系结构,一台主机连接着多个带有显示器、键盘及控制器的本地或远程终端,每个用户可以通过终端以交互方式向系统发出命令,共享系统资源,请求完成某项工作,系统则分析从终端设备发来的命令,完成用户提出的需求,之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,就这样重复上述交互会话过程,直到用户完成预计的全部工作为止。

在分时系统中,计算机能同时为许多终端用户服务,而且能在很短的时间内响应用户的需求。系统采用了分时技术,即把处理机运行时间划分成很短的时间片(由系统规定进程一次使用处理机的最长时间),时间片不能太大,也不能太小,可以因不同系统而不同(通常为几百毫秒,是一个实验统计值)。另外,在硬件方面设置一个中断时钟,它每过一个时间片后便向系统发送一个中断请求。于是,处理机在一个用户程序执行完一个时间片后便被中断,然后转向操作系统程序。操作系统保护被中断程序的运行现场后,转去执行另一个用户程序。由于系统中用户程序的数目是有限的,系统按时间片轮流把处理机分配给各个联机用户使用;如果某个作业在分配给它的时间片用完之前计算还未完成,该作业就暂时中断,等待下一轮继续计算,此时处理机让给另一个作业使用。因此只要时间片大小选取合适,每个用户的每次要求都能得到快速响应,给每个用户的印象就好像它独占一台计算机一样。使每个用户能及时与自己的作业交互,使用户的请求得到及时响应。其实,为了实现人机交互,分时操作系统对早期批处理系统的运行方式进行了两大改进:一方面是作业直接装入内存,另一方面是作业不能长期占用处理机,而是以时间片为单位交替使用处理机,这样的系统现在仍然很普遍,特别在金融、电信等行业营业网点。如果用工作站代替终端,那么今天的网络也可看成是这种系统进化的结果。分时操作系统的典型代表是 UNIX,多用户分时操作系统是当今计算机操作系统中使用最普遍的一类操作系统。例如,处理机和通道同时使用内存、多台设备同时使用通道等。而分时操作系统中的分时概念则侧重于多任务/程序对处理机的分时使用。

3. 分时系统的特征

(1) 交互性。用户能通过终端与系统进行广泛的对话。用户从终端输入命令,提出系统服务或控制作业的运行,系统收到命令后分析用户的要求并及时响应命令,然后通过显示终端把