

信息管理与信息系统专业系列教材

计算机操作系统

刘腾红 主编



科学出版社

内 容 简 介

本书从计算机资源管理的角度,系统地、全面地、准确地、通俗地阐述操作系统的概念、原理和方法。全书由9章组成,包括引论、进程及处理机管理、存储管理、设备管理、文件管理、作业管理、微机操作系统MS-DOS、UNIX分析和Windows NT介绍。每章后面都附有习题。

本书是计算机信息管理和信息系统专业系列教材之一,可作为高等院校计算机应用专业的教材,也可作为从事计算机工作的科技人员的参考书。

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号
邮政编码:100717

北京双青印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2000年10月第一版 开本:787×1092 1/16

2000年10月第一次印刷 印张:18

印数:1—4 000 字数:407 000

ISBN 7-03-006943-9/TP·999

定价:25.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换<环伟>)

《信息管理与信息系统专业系列教材》

编委会名单

主 任

邱家武

副 主 任

刘康泽 胡乾顺

委 员

(按姓氏笔划排序)

冯发石	刘康泽	刘腾红	杨开汉
杨怡光	邱家武	余尚智	周 岩
金银秋	胡乾顺	贾启禹	贾希辉
钱 渝	彭勇行	童涌泉	

总 序

中南财经大学是财政部直属的一所以经济学科、管理学科为主，兼有法学、文学、哲学、理学等 6 个一级学科的，具有 50 年历史的高等学校。中南财经大学经济信息管理系始建于 1978 年，1980 年开始招收本科生，是继中国人民大学之后在全国高校第二个建立信息管理专业的系，并于 1990 年，经国务院学位委员会批准建立信息经济硕士点，是全国首批设立的该专业 4 个硕士点之一。

改革开放 20 年，正是信息管理与信息系统专业不断建设成长的 20 年。中南财经大学信息系经过不断的探索和建设，在教学研究、师资队伍建设、教材建设、实验室建设及教学管理等方面均打下了良好的基础。

在专业发展和教材建设中，我们遵循教育必须为社会主义建设服务和必须面向现代化、面向世界、面向未来的要求，20 年来，无论是专业目录调整前的管理信息系统专业，还是专业目录调整后的信息管理与信息系统专业，我们都努力在专业建设的深度以及市场经济建设的应用力度上下功夫，力求学生所学的专业知识在实际工作中能派上用场，在教学体系建设及教材建设中力求体现本专业的特色。经过 20 年艰苦奋斗与教学科研实践，中南财经大学信息管理与信息系统专业已经建立起规模适当，多层次多形式的办学体系；初步形成多学科有机结合，互相渗透的专业特色；建立了结构合理的教师队伍；具备了比较完善的办学条件；取得了一批先进水平的科研成果，为国家培养了大批受社会欢迎的信息管理专门人才。

为了建设一套有信息管理与信息系统专业特色的教材，我们长期以来在加强基础、拓宽知识面、增强适应性、建立主动适应社会主义建设需要和适应现代科学技术、文化发展趋势的教学内容以及课程结构等方面搜集了大量的素材和案例，特别是在理论联系实际，面向经济建设主战场，强化学生的动手能力，结合最新的科技发展以及在教材中融进各位教师的研究成果上花了不少的精力。1998 年我们按照教育部公布调整后的新专业目录，组织了两个小组到兄弟学校调查研究，进行了多次座谈和研讨，进一步明确了信息管理与信息系统专业的性质是以系统的方法、现代信息处理技术来研究人类管理活动规律及其应用的学科。它融合了管理学、经济学、计算机科学与技术等学科的知识，以系统观点为指导，运用定性与定量结合的方法及相关学科的研究手段，深入研究并有效地解决社会中各类信息管理问题。本专业的目标是：培养具备现代管理学理论基础、计算机科学技术知识及应用能力，掌握系统思想和信息系统分析与设计方法以及信息管理等方面的知识与能力，能在国家各级管理部门、工商企业、金融机构、科研单位等部门从事信息管理以及信息系统分析、设计、实施管理和评价等方面的高级专门人才。本专业的培养要求是：学生主要学习经济、管理、数量分析方法、信息资源管理、计算机及信息系统方面的基本理论和基本知识，接受系统和设计方法以及信息管理方法的基本训练，具备综合运用所学知识去分析和解决问题的能力。本专业的毕业生应具备以下的知识和能力：（1）掌握信息管理和信息系统的基本理论、基本知识；（2）掌

握管理信息的分析方法、设计方法和实现技术；(3) 具有信息组织、分析研究、传播与开发利用的基本能力；(4) 具有综合运用所学知识分析和解决问题的能力；(5) 了解本专业相关领域的发展动态；(6) 掌握文献检索、资料查询、收集的基本方法，具有一定的科研和实际工作能力。

基于上述思想，我们修订了信息管理与信息系统专业教学计划，相应地修订了相关课程的教学大纲，组织人员编写出有信息管理与信息系统专业特色的教材，供教学之需。经反复讨论，确定出版 18 种图书作为信息管理与信息系统专业系列教材，即：该套丛书包括以下 18 种教材：

- 《计算机实用技术基础》
- 《离散数学》
- 《数据结构》
- 《数据库原理与设计》
- 《计算机网络》
- 《计算机操作系统》
- 《管理信息系统分析与设计》
- 《计算机组成原理》
- 《多媒体与信息管理》
- 《管理决策分析》
- 《信息管理学》
- 《应用数理统计》
- 《运筹学（一）》
- 《运筹学（二）》
- 《经济预测方法》
- 《高等数学》
- 《线性代数》
- 《语言程序设计》

本套教材得以顺利出版，得到了科学出版社的大力支持，我代表本套教材的各位编写人员向科学出版社表示由衷的感谢！

由于水平所限，在陆续出版的系列教材中错误难免。望读者不吝赐教，以资改进，在此一并致谢！

邱家武

1999 年元旦于中南财经大学

前 言

操作系统是计算机系统中十分重要的系统软件，它有效地统管计算机的所有资源，合理地组织计算机的工作流程，以提高资源的利用率，并为用户提供强有力的使用功能和灵活方便的使用环境。

本书是计算机信息管理和信息系统专业系列教材之一。计算机信息管理和信息系统专业的学生，学习操作系统不是为了去设计操作系统，而是了解操作系统的概念、原理、实现技术和具体操作系统的使用，为今后从事应用系统的开发打下坚实的理论基础。本书基于这点，取舍讲述有关计算机操作系统的内容。

计算机操作系统具有内容庞杂、涉及面广、概念抽象、实践性强等特点。它涉及到计算机科学中硬、软件等多方面知识。因此，要求读者在学习本书之前，一定要有计算机原理、数据结构及至少一门程序设计语言等方面的知识。考虑到计算机应用专业的特点，我们在组织材料上，力争做到系统性、准确性、通俗性、实用性，注重理论与实践的结合。并把培养读者分析问题、解决问题、实际动手和软件开发能力作为出发点。基于此，本书主要从计算机资源管理的角度来阐述操作系统的概念、原理和方法，重点介绍进程和处理机管理、存储管理、设备管理、文件管理和作业管理，并对现今两个具有实用性、代表性的操作系统 MS-DOS 和 UNIX 系统的结构、功能和实现技术进行剖析，最后用一章的篇幅介绍网络操作系统 Windows NT。全书由 9 章组成，每章后面都附有习题。

本书由中南财经大学信息管理系刘腾红主编，主要章节由刘腾红主笔，屈振新编写了第九章。

本书的编写得到了中南财经大学信息管理系的领导和教师们的大力支持和帮助。信息管理和信息系统专业系列教材编审委员会指定同志审阅了初稿，并提出了许多宝贵的意见。在此一并表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，本书中错误在所难免，恳请各位同行和读者们赐教。

作 者

2000 年元月于武昌

目 录

总序

前言

第一章 引论	(1)
第一节 什么是操作系统	(1)
第二节 操作系统的功能	(4)
第三节 操作系统的类型	(5)
第四节 操作系统的特性及性能指标	(11)
第五节 中断系统	(13)
习题一	(20)
第二章 进程及处理机管理	(22)
第一节 进程及有关概念	(22)
第二节 进程管理	(27)
第三节 进程的同步与互斥	(38)
第四节 进程通讯	(50)
第五节 死锁	(55)
习题二	(62)
第三章 存储管理	(65)
第一节 概述	(65)
第二节 简单的存储管理	(70)
第三节 分页存储管理	(81)
第四节 请求分页存储管理	(88)
第五节 分段存储管理	(96)
第六节 段页式存储管理	(104)
习题三	(108)
第四章 设备管理	(110)
第一节 引言	(110)
第二节 通道技术	(112)
第三节 缓冲技术	(118)
第四节 设备的基本知识	(121)
第五节 设备的分配与去配	(126)
第六节 设备驱动程序	(133)
第七节 I/O 进程	(136)
习题四	(138)
第五章 文件系统	(139)

第一节	文件系统的概念	(139)
第二节	文件结构和存取方法	(142)
第三节	文件存储空间管理	(153)
第四节	文件目录	(157)
第五节	文件的保护	(164)
第六节	文件的使用	(172)
	习题五	(179)
第六章	作业管理	(180)
第一节	作业管理的基本概念	(180)
第二节	作业的输入输出	(181)
第三节	作业调度	(186)
第四节	作业控制	(192)
第五节	作业和进程的关系	(203)
	习题六	(206)
第七章	微机操作系统 MS - DOS	(208)
第一节	概述	(208)
第二节	MS-DOS 中断调用	(209)
第三节	MS-DOS 的内存分配	(217)
第四节	MS-DOS 的文件系统	(220)
	习题七	(225)
第八章	UNIX 系统分析	(226)
第一节	概述	(226)
第二节	UNIX 进程管理	(227)
第三节	UNIX 存储管理	(233)
第四节	UNIX 设备管理	(238)
第五节	UNIX 文件系统	(244)
	习题八	(253)
第九章	Windows NT 介绍	(254)
第一节	简介	(254)
第二节	系统结构	(255)
第三节	多任务管理	(262)
第四节	存储系统	(267)
第五节	文件系统	(272)
第六节	输入/输出系统	(275)
	习题九	(276)

第一章 引 论

操作系统 (Operating System-OS) 是计算机系统核心系统软件, 它在用户和计算机之间起接口作用。用户使用计算机系统, 首先就要与操作系统打交道。本章先阐述什么是操作系统、操作系统的功能、操作系统的类型及主要性能指标, 并讨论中断系统的有关概念, 使读者对操作系统有一个初步的了解。

第一节 什么是操作系统

一、计算机系统

计算机系统是一个复杂的系统。一个完整的计算机系统由硬件系统和软件系统两部分组成。硬件系统是组成计算机的各种元件、部件和设备的总称; 软件系统是指机器运行所需的各种程序及有关的文档资料。硬件是整个计算机的物质基础, 没有硬件系统就谈不上计算机; 但是只有硬件系统, 而没有配套的软件系统, 计算机系统就无法工作。通常, 我们把不配置软件的计算机称为裸机。计算机的软件系统是建立在硬件系统基础之上的, 只有将硬件系统和软件系统有机地结合起来, 才能充分发挥计算机的作用, 完成计算机所应承担的任务。我们把配置了软件的计算机称为虚拟计算机。

从功能上讲, 可以把整个计算机系统划分为四个层次: 机器层、操作系统层、系统层和应用层, 如图 1-1 所示。这四个层次表现为一种单向服务关系, 即外层软件必须以事先约定好的方式使用内层软件或硬件提供的服务, 这种约定称为界面。下面简要介绍各层的特点。

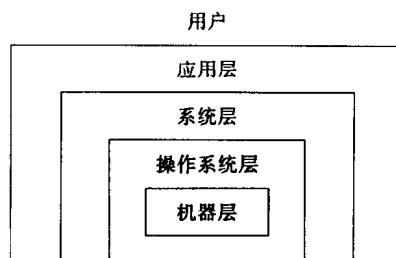


图 1-1 计算机系统的四个层次

1. 机器层

机器层是指裸机 (硬件), 即无任何软件的机器设备本身。它对外界面由机器指令系统组成, 机器指令系统与硬件的组织结构密切相关。操作系统及其外层软件通过执行各种机器指令访问和控制各种硬件资源。

迄今为止, 计算机硬件的组织结构仍采用冯·诺依曼 (Von Neumann) 的基本原理, 即“存储程序控制”原理。它一般归纳为由五类部件组成: 控制器、运算器、存储器、输入设备和输出设备。人们通常把控制器和运算器做在一起, 称为中央处理机 (简称 CPU—Central Processing Unit), 把输入设备和输出设备统称为输入/输出设备 (即 I/O 设备)。

传统的计算机硬件系统是以 CPU 为中心的组织结构。这种组织结构的主要缺点是浪费大量的 CPU 时间。这是由于 CPU 的速度快，而相对来说 I/O 设备速度慢，两者速度不匹配。现代无论大、中、小型计算机，还是微机系统的硬件都是以主存为中心的组织结构。这种组织结构的优点是能使 CPU 与 I/O 设备并行地工作，以便大大提高各种硬件资源的利用率。

2. 操作系统层

计算机软件通常分为系统软件和应用软件两部分。操作系统是基本的系统软件，它密切地依赖于计算机硬件，直接管理计算机系统中的各种硬件资源和软件资源，其主要部分驻留在主存中，称为操作系统的核心或内核（Kernel）。

操作系统的对内界面是：管理和控制各种硬件资源（包括 CPU、内存和外设）；对外界面是：为用户提供方便服务的一组软件程序集合。这里讲的“用户”，是指除操作系统以外的所有系统软件、应用软件及计算机使用者等，它是一个广义的概念。因此，人们说操作系统是用户与计算机间的界面（或接口）。

3. 系统层

系统层是指除操作系统以外的所有系统软件。它们在操作系统的控制下为应用层软件及最终用户加工自己的程序和数据提供各种服务。它们通常驻留在外存上，仅当需要运行这些程序时，才把它们装入内存。这些软件通常由计算机系统的销售者提供，并随机器和操作系统一同出售。

这些系统软件主要有：汇编程序（Assembler）、编译程序（Compiler）、编辑程序（Editor）、调试程序（Debugging）、系统维护程序（Maintenance Program）、数据库管理系统（Data Base Management System-DBMS）和数据通讯程序（Data Communication Program）等。

汇编程序是将用某种汇编语言编写的源程序翻译成机器能够直接识别和执行的机器语言目标程序的程序。汇编语言是一种面向机器的低级程序设计语言，它执行效率高，但可移植性差。

编译程序是将某种计算机高级程序设计语言编写的源程序翻译成机器能够直接识别和执行的程序。对于高级程序设计语言的翻译现有两种方式：一种是解释方式；一种是编译方式。前者不产生目标程序，它是边解释边执行；后者需生成目标程序，再运行目标程序，产生最后结果。目前，高级程序设计语言有几百种，流行或广泛使用的有几十种，如 BASIC, ALGOL, FORTRAN, COBOL, PASCAL, PL/1, PROLOG, LISP, C, Java 等。

编辑程序是用户编制源程序或某种文本文件的方便工具。它一般有行编辑、全屏幕编辑、窗口编辑等几种形式。用户可利用编辑程序建立各种文件，并可随时进行修改，如插入、删除、更新等，还可进行查找、显示或打印等操作。例如：CCED, WORD-STAR, WPS, WORD 等都是现今流行的编辑程序。

调试程序又称排错程序，它可以帮助用户调试自己编制的程序，找出程序中的逻辑错误，大大缩短用户调试程序的周期。

系统维护程序是指计算机系统在运行过程中需要不断维护的有关程序。例如，当系统管理员要改变系统的硬件配置时，就必须为新的环境而改变操作系统的核心程序。当系统出现某种故障时，必须提供的一些恢复手段等。

数据库管理系统是对数据库进行管理和控制的一组软件。数据库已成为管理信息系统（MIS）的核心。数据库管理系统一般包括数据库定义、数据库管理、数据库建立与维护、数据通信等功能。它通常由数据描述语言（Data Description Language-DDL）、数据操纵语言（Data Manipulation Language-DML）和数据库管理例行程序（Routine）三部分组成。

数据通讯程序是为管理和控制计算机间进行通讯而设计的程序。它主要用于计算机网络中，用于计算机间的数据传输，处理数据传输过程中的编码、发送、接收、解码等一系列工作。

4. 应用层

应用层是指一些直接为用户服务和使用的应用程序、用户程序和服务程序等，它可由用户或专门的软件公司编制，例如办公自动化系统、事务处理系统及各种应用软件包和程序库等。由此，它是为了解决某些具体的、实际的问题而开发和研制的各种程序。

二、操作系统在计算机系统中的地位

从图 1-1 中可以看出，操作系统在计算机系统的地位是十分重要的。操作系统虽属于系统软件，但它是基本的、最核心的系统软件。操作系统有效地统管计算机的所有资源（包括硬件资源和软件资源），合理地组织计算机的整个工作流程，以提高资源的利用率，并为用户提供强有力的使用功能和灵活方便的使用环境。

所以我们说，操作系统是现代计算机系统中不可缺少的关键部分。正如人不能没有大脑一样，具有一定规模的计算机系统也绝不能缺少操作系统。目前，几乎每台较完善的计算机都配有操作系统，如微机上通用的操作系统 MS-DOS、OS/2 等、中小型机广泛使用的 UNIX 操作系统、IBM 系统机上使用的 CMS 和 MVS 系统等。计算机系统愈复杂，操作系统就愈显得重要。特别是在软硬件结合日趋紧密的今天，操作系统扮演着极为重要的角色。可以这样说，对于使用计算机的所有用户来说，几乎一刻也离不开操作系统，没有操作系统，计算机几乎无法工作。当今你如果不了解操作系统，你就不可能使用计算机系统来完成你所需要的工作。

当然，对于一些计算机用户来讲，只需掌握有关操作系统的部分使用命令即可。而对计算机应用专业的学生和从事计算机科学研究的专业人员，熟悉操作系统的概念，了解操作系统的原理和方法是至关重要的。

三、操作系统的定义

对于操作系统，至今尚无严格的定义，大都是用描述来定义。下面我们先从不同角度来定义操作系统。

(1) 从功能角度，即从操作系统所具有的功能来看，操作系统是一个计算机资源管理系统，负责对计算机的全部硬、软件资源进行分配、控制、调度和回收。

(2) 从用户角度, 即从用户使用来看, 操作系统是一台比裸机功能更强, 服务质量更高, 用户使用更方便、更灵活的虚拟机, 即操作系统是用户和计算机之间的界面 (或接口)。

(3) 从管理者角度, 即从机器管理者控制来看, 操作系统是计算机工作流程的自动而高效的组织者, 计算机硬、软资源合理而协调的管理者。利用操作系统, 可减少管理者的干预, 从而提高计算机的利用率。

(4) 从软件角度, 即从软件范围静态地看, 操作系统是一种系统软件, 由控制和管理系统运转的程序和数据结构等内容构成。

由此, 我们给出操作系统的定义如下:

操作系统是管理和控制计算机硬软资源, 合理地组织计算机的工作流程, 方便用户使用计算机系统的软件。

操作系统追求的主要目标有两点: 一是方便用户使用计算机, 一个好的操作系统应提供给用户一个清晰、简洁、易于使用的用户界面; 二是提高系统资源的利用率, 尽可能使计算机系统中的各种资源得到最充分的利用。

第二节 操作系统的功能

操作系统的主要任务是控制、管理计算机系统的整个资源, 这些资源包括 CPU、存储器、外部设备和信息。由此, 操作系统具有处理机管理、存储管理、设备管理和文件管理等功能, 同时, 为了合理地组织计算机的工作流程和方便用户使用计算机, 还提供了作业管理的功能。

一、处理机管理

处理机管理主要组织和协调用户对处理机的争夺使用, 管理和控制用户任务, 以最大限度提高处理机的利用率。当多个用户程序请求处理服务时, 如果一个运行程序因等待某一条件 (如等待输入输出完成) 而不能运行下去时, 就要把处理机转交给另一个可运行的程序, 以便充分利用处理机的能力, 或者出现了一个可运行的程序比当前正占有处理机的程序更重要时, 则要从运行程序那里把处理机抢过来, 以便合理地为所有用户服务。

CPU 是计算机中最重要的资源, 没有它, 任何处理工作都不可能进行。在处理机管理中, 我们最关心的是它的运行时间。现代的计算机, CPU 的速度越来越快, 每一秒钟可运行几百万、几千万、甚至几亿、几十亿条指令, 因此它的时间相当宝贵。处理机管理就是指提出调度策略和给出调度算法, 使每个用户都能满意, 同时又能充分地利用 CPU。

二、存储管理

存储管理主要是内存管理, 也包括内外存交换信息的管理, 配合硬件做地址转换和存储保护的工作, 进行存储空间的分配和去配。

内存对于计算机系统来说, 是一种价格昂贵而数量不足的资源。只有当程序在内存

时，它才有可能到处理机上执行。而且，用户的程序和数据都保存在外存，只有当运行或处理时，才能部分调入内存，不需要时则调出去。

当多个用户程序共用一个计算机系统时，它们往往要共用计算机的内存储器，如何把各个用户的程序和数据隔离而互不干扰，又能共享一些程序和数据，这就需要进行存储空间分配和存储保护。

存储管理是用户与内存的接口。

三、设备管理

设备管理主要是管理各类外部设备，包括分配、启动和故障处理等，合理地控制 I/O 的操作过程，实现虚拟设备，最大程度地实现 CPU 与设备，设备与设备之间的并行工作。

这里的设备是指除 CPU 和内存以外的各种设备，如磁盘、磁带、打印机、终端等等。它们的种类繁多，物理性能各不相同，并且经常发展变化，一般用户很难直接使用。操作系统的设备管理是用户与外设的接口，用户只需通过一定的命令来使用某个设备，并在多道程序环境下提高设备的利用率。

四、文件管理

文件管理也称信息管理，主要负责文件信息的存取和管理，包括文件的建立、撤销、组织、读写、修改、移动、复制及控制访问等。

在计算机系统中，存储的信息是大量的，而且是各种各样的。系统本身有许多程序，用户又有很多程序和数据，它们都是用文件的形式来组织的。大部分文件平常都存放在外存上。因此，文件管理是用户与外存的接口。对于任何文件，都要方便用户使用，便于存取，而且还要保证文件的安全，还要有利于提高系统的效率和资源的利用率等。

五、作业管理

作业管理是用户与操作系统的接口。它负责对作业的执行情况进行系统管理，包括作业的组织、作业的输入输出、作业调度和作业控制等。

在操作系统中，把用户在一次算题过程中要求计算机系统所做的一系列工作的集合称为作业。作业管理中提供一个作业控制语言供用户书写作业说明书，同时还为操作员和终端用户提供与系统对话的命令语言，并根据不同系统要求，制定各种相应的作业调度策略，使用户能够方便地运行自己的作业，以便提高整个系统的运行效率。

第三节 操作系统的类型

对操作系统的分类可以从不同的角度出发。例如，我们可以按照计算机硬件的规模将操作系统分为大型机操作系统、小型机操作系统和微型机操作系统。大型计算机性能较强，资源丰富，但价格昂贵，所配置的操作系统以充分发挥资源利用率和系统的吞吐量为其设计的基本出发点，并且追求系统的通用性。微型或小型计算机的资源种类少，

管理也相对简单，对资源利用的有效性要求不那么突出，这样其操作系统的功能主要是文件管理和设备管理以及有限的数据库查询。

从操作系统的功能出发进行分类是被广泛采用的操作系统分类法。通常把操作系统分成三大类：多道批处理操作系统（简称多道批处理系统）、分时操作系统（简称分时系统）和实时操作系统（简称实时系统）。下面分别予以介绍。

一、多道批处理系统

多道批处理系统是多道程序系统与批处理系统的结合。为了弄清多道批处理系统的含义，我们先看一下批处理系统和多道程序系统的概念。

1. 批处理系统

顾名思义，批处理系统就是成批处理一些程序的系统。批处理分为联机批处理和脱机批处理两种。

(1) 联机批处理

在联机批处理中，编制了一个常驻内存的监督程序，用来控制用户作业的运行。其处理过程为：用户将所需解决的问题组成作业，交给操作员，操作员有选择地把若干作业合成一批，并把一批作业装到输入设备上，然后由监督程序控制送到辅存，再从辅存中将一个一个作业调入内存运行，直到全部作业处理完毕。

在此阶段，用户需用作业控制语言（JCL-Job Control Language）写出其算题要求，JCL是系统提供给用户书写其程序的“上机说明书”的语言，它由一条条作业控制语句组成，作业控制语句是一种类似汇编指令的语句，用户通过它标识作业并告诉操作系统，如何进行作业的操作，何时调用编译程序以及如何控制作业运行等。

【例 1-1】 某用户要求编译一段 FORTRAN 程序 A，然后汇编一段程序 B，再把这两个程序连接起来投入运行。用户的作业说明书形式可如下：

```
$ FTN A
$ ASM B
$ LINK A, B, C
$ RUN C
```

监督程序读进 \$ FTN 并解释，调出 FORTRAN 编译程序编译名为 A 的源程序，编译结束后，监督程序解释 \$ ASM，从而汇编名为 B 的源程序，再通过解释 \$ LINK，将 A、B 连接起来形成 C。最后解释 \$ RUN，便开始运行用户程序 C。当这个用户的作业处理完后，监督程序便开始处理下一个用户的作业。待这一批作业都处理完后，系统操作员便将结果交给用户，然后开始处理下一批作业。

联机批处理实现了作业的自动定序，自动过渡。同早期手工操作相比，计算机的使用效率提高了，但是，作业的 I/O 是联机的，即输入时从外存调入内存，输出时又由内存送到有关的输出设备，这都由 CPU 直接控制。随着 CPU 速度的不断提高，高速的 CPU 与慢速的 I/O 设备的矛盾就更加突出，为此，引入了脱机批处理。

(2) 脱机批处理

脱机批处理系统由主机和卫星机组成，如图 1-2 所示。卫星机又称外围计算机，它

不与主机直接连接，只与外部设备打交道。作业通过卫星机输入到磁带上，当主机需要输入作业时，就把输入带从卫星机的磁带机上取下，并装入到主机的磁带机上。于是，主机可以连续地处理由输入带输入的许多用户作业，并把这些作业的运行结果不断地输出到输出带上。最后，多个用户作业的输出结果再通过卫星机连接的打印机打印出来。

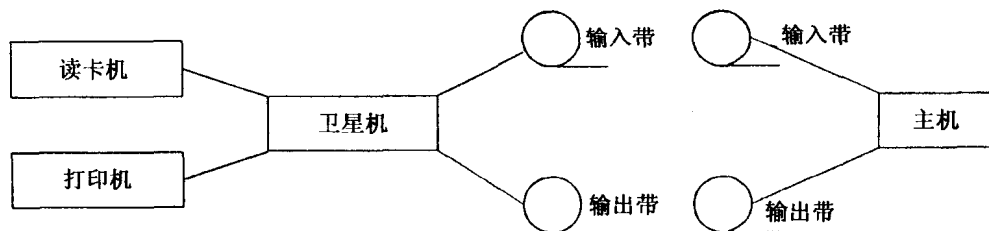


图 1-2 脱机批处理

由于这种脱机的批处理方式摆脱了不同用户作业之间的大量手工操作，并使主机与慢速的 I/O 设备并行工作，从而提高了主机的效率。而卫星机只完成输入、输出的简单工作，因而可以采用价格便宜的小型计算机。

脱机批处理又带来了一个问题，在实际中，许多用户程序不是一次就完全通过的（这中间可能有语法、词法、语义等错误，有时需多次反复），而用户不能及时进行修改，这就需要较长的周期。由此，就出现了多道程序系统。

2. 多道程序系统

在批处理系统中，无论是联机批处理，还是脱机批处理，作业运行总是要占用一段时间的 CPU，然后做一段时间的 I/O，再占用 CPU，再 I/O 等，这样交替地进行。这是一种单道顺序地处理作业（即串行）的方法，系统效率是不会得到充分提高的。一般会出现以下两种情况：

- ① 以计算为主的作业（I/O 量少）会使外围设备出现空闲；
- ② 以 I/O 为主的作业（计算量少）又会造成 CPU 的空闲。

多道程序系统的引入就解决了以上的问题。

多道程序系统是控制多道程序同时运行的程序系统，由它决定在某一时刻运行哪一个作业，或者说，是在计算机内存中同时存放几道相互独立的程序，使它们在管理程序控制之下，相互穿插地运行，即使多道程序在系统内并行工作。

实际上，对于单 CPU 的情形，在某一给定时刻内，真正在 CPU 上执行的也只有一个作业，而其他作业，有的处于等待状态，有的处于挂起状态。多道程序系统的主要特征如下：

- ① 多道，即计算机内存中同时存放几道相互独立的程序；
- ② 宏观上并行，同时进入系统的几道程序都处于运行过程中，即它们先后开始了各自的运行，但都未运行完毕；
- ③ 微观上串行，内存中的多道程序轮流地或分时地占有 CPU，交替执行。

引入多道程序系统的根本目的是提高 CPU 的利用率，充分发挥系统的并行性，这

包括程序之间、设备之间、设备与 CPU 之间等的并行工作。

【例 1-2】 现有一台 CPU，多台 I/O 设备，有两道程序 A、B，各自的执行情况如图 1-3 所示。在 60ms 内分别看一看按单道程序方式运行和多道程序方式运行的轨迹及 CPU 的利用率。这里忽略监督程序的切换时间，并假设起始时首先运行程序 A。

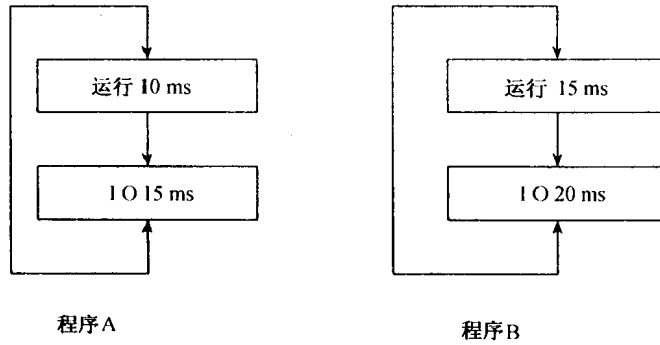


图 1-3 两道程序运行要求

(1) 若按单道程序方式运行，其运行轨迹如图 1-4 所示。

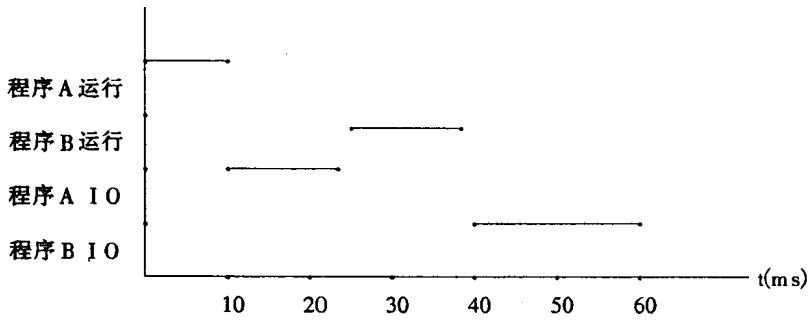


图 1-4 单道程序方式运行轨迹

由此可以得到，在 60ms 内，CPU 的利用率为： $25/60 = 41.7\%$ 。

(2) 若按多道程序方式运行，其运行轨迹如图 1-5 所示。

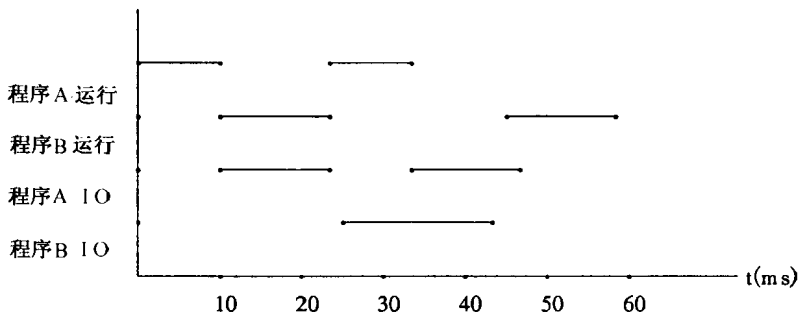


图 1-5 多道程序方式运行轨迹

由此可以得到，在 60ms 内，CPU 的利用率为： $50/60 = 83.3\%$ 。

3. 多道批处理系统

多道批处理系统有两个含义：一是多道，二是批处理。多道是指在计算机内存中同时存放多个作业，它们在操作系统的控制下并发执行，而且在外存中还存放有大量的作业，并组成一个后备作业队列，系统按一定的调度原则每次从后备作业队列中选取一个或多个作业调入内存运行，作业运行结束并退出，整个过程均由系统自动实现，从而在系统中形成了一个自动转接的连续的作业流。批处理是指系统向用户提供一种脱机操作方式，即用户与作业之间没有交互作用，作业一旦进入系统，用户就不能直接干预或控制作业的运行。

在多道批处理系统中，机器的利用率是很高的。因为作业的输出，作业调度等完全由系统控制，并允许几道程序同时投入运行，只要合理搭配作业，譬如把计算大的作业和输入输出量的作业合理搭配，就可以充分利用系统的资源。

但是，不能忽视多道批处理系统不提供交互作用的工作方式，这给用户带来了很大的不便，人们往往希望自己能够直接观察并控制程序的运行，及时获得运行结果，进行随机调试和纠错，即希望系统提供一种联机操作方式。这不仅能够缩短程序的开发周期，而且能够充分发挥程序设计人员的主观能动性。由此，促使了分时系统的出现及发展。

二、分时系统

为了方便用户进行交互处理，出现了分时系统。

分时系统是允许多个联机用户同时使用一台计算机进行处理的系统。系统将 CPU 在时间上分割成很小的时间段，每个时间段称为一个时间片。每个联机用户通过终端以交互方式控制程序的运行，系统把 CPU 时间轮流地分配给各联机作业，每个作业只运行极短的一个时间片，而每个用户都有一种“独占计算机”的感觉。

分时系统的主要目标是为了方便用户使用计算机系统，并在尽可能的情况下，提高系统资源的利用率。

【例 1-3】 若选择时间片为 100ms，系统中有 20 个用户分享 CPU，并忽略用户程序间的切换时间开销，则每个用户的平均响应时间为： $100\text{ms} \times 20 = 2$ 秒。再假设 CPU 运行速度为 200 万次/秒，则对每一个用户程序来说，等价的 CPU 速度为： $200/20 = 10$ 万次/秒。

分时系统的主要特点表现在：

① 协调性。就整个系统而言，要协调多个终端用户同时与计算机交互，并完成他们所请求的工作。

② 独占性。对用户而言，各个终端用户彼此之间都感觉不到别人也在使用这台计算机，好象只有自己独占计算机一样。

③ 交互性。对系统和用户而言，人与计算机是以对话方式工作的。用户从终端上打入命令，提出处理要求，系统收到命令后分析用户的要求并完成之，然后把运算结果通过输出设备告诉用户，用户可根据处理结果提出下一步的要求，这样一问一答，直到