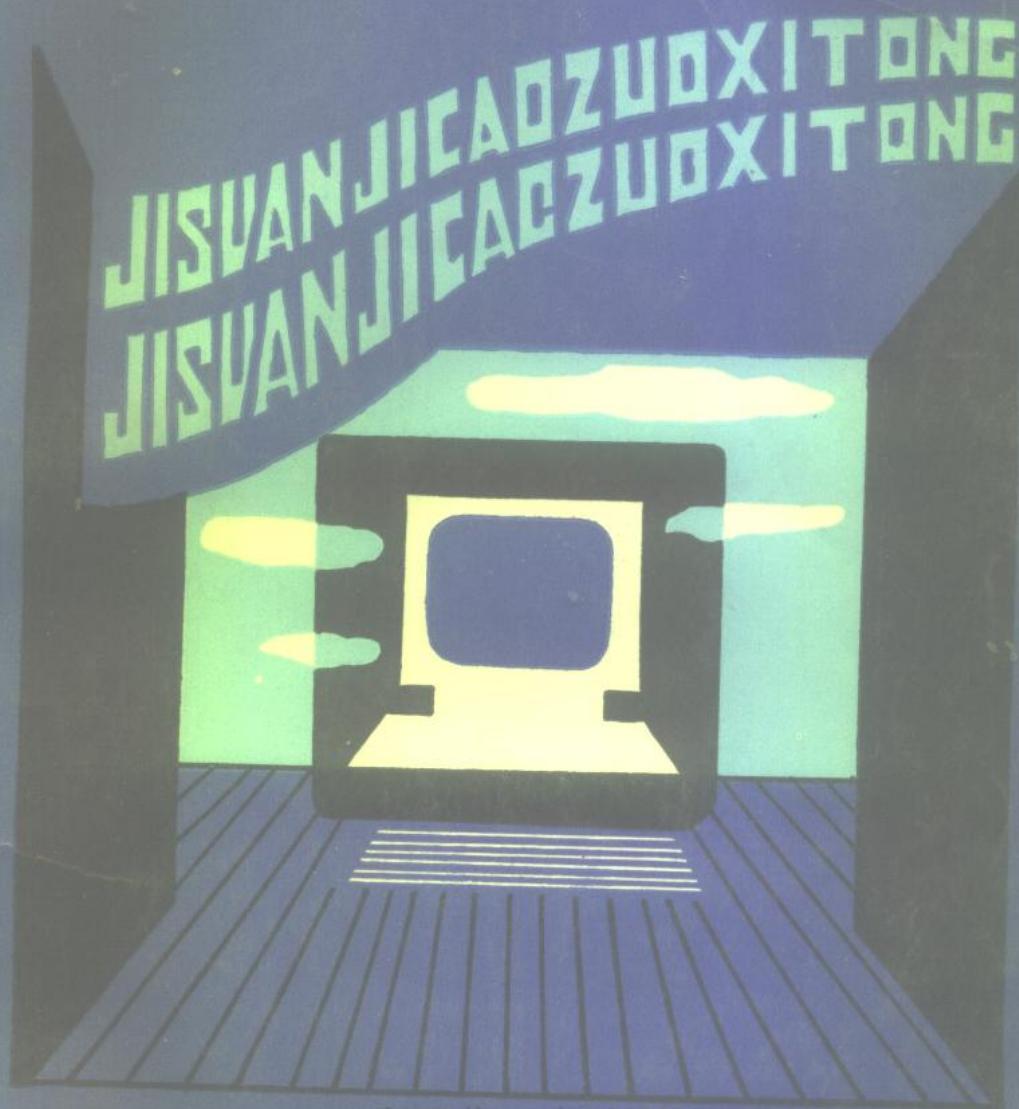




庞丽萍 李胜利

计算机 操作系统

华中理工大学出版社

7P-16
PLP/1

计算机系列教材

计 算 机 操 作 系 统

庞丽萍 李胜利

华中理工大学出版社

计 算 机 操 作 系 统

庞丽萍 李胜利

责任编辑 吴凤祥

*

华中理工大学出版社出版发行

(武昌喻家山)

新华书店湖北发行所经销

武汉市新华印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 1/16 印张: 18.75 字数: 410 000

1991年9月第1版 1996年2月第8次印刷

印数: 36 001—44 000

ISBN7-5609-0613-3/TP·60

定价: 15.00元

(鄂) 新登字第10号

(本书若有印装质量问题, 请向承印厂调换)

内 容 简 介

本书是计算机系列教材之一。全书共分十一章并附有“学习指导与实验”，主要内容包括：介绍操作系统的基本概念、运行环境、主要功能；给出操作系统的用户界面；描述并发活动的重要概念——进程、进程控制及进程的同步与互斥；给出计算机各类资源的分配、调度策略及资源管理功能的实现方法。此外还简述了操作系统的结构设计方法，并对PC-DOS进行了实例分析且介绍了该系统的层次结构、系统调用方法及文件系统的功能。

本书可供各类高等专科学校计算机有关专业作为教材，亦可供高等院校本科有关专业师生、工程技术人员和其他读者学习、参考。

《计算机大专系列教材》序

计算机是20世纪最伟大的发明之一。在迎接世界新技术革命的挑战和加快我国四个现代化建设的进程中,大力推广应用计算机具有很现实的和深远的意义。目前,计算机特别是微型计算机的应用已广泛渗透到我国社会和国民经济的各个领域。要使我国计算机的开发和应用进一步向深度和广度发展,以便为我国的社会主义建设带来更大的经济效益和社会效益,其中一个很重要、很迫切的任务就是,要迅速培养一大批主要从事计算机应用工作的专科层次的计算机专业人才。为此,我校已设置了“计算机及应用”专业(专科)。

为满足计算机专科教学工作的需要,我们特邀请和组织华中理工大学计算机系具有丰富教学经验的有关课程的一批骨干教师编写了这套计算机大专系列教材。该系列教材包括《逻辑设计》、《PASCAL语言程序设计》、《IBM-PC宏汇编语言程序设计》、《计算机组成原理》、《数据结构》、《计算机操作系统》、《微型计算机及其应用》和《数据库系统概论》等8种,并均由华中理工大学出版社出版。

该系列教材是参照计算机专业(专科)教学大纲,按照面向应用、重视实践、便于自学的原则和以广泛使用的IBM-PC微机作为教学机进行编写的。为了使该系列教材成为符合上述原则的统一整体,在教材的编写过程中,对于各书的内容、取材、界面、衔接及格式等问题,都反复地进行了研讨和协商。同时,为了便于读者自学,各书中均编写了“学习指导”方面的内容。因此,该系列教材不仅可供普通高校(专科)计算机类有关专业使用,而且也可供成人高等教育自学考试、函授大学、夜大学、广播电视大学、职工大学等计算机类有关专业使用。同时,该系列教材也是广大工程技术人员和其他在职人员较系统地自学计算机知识与技术颇为适宜的读物。

华中理工大学成人教育学院胡润清副研究员、郑青林助理研究员等领导同志具体担负了该系列教材的规划、组织工作。

该系列教材在编、审和出版过程中,华中理工大学计算机系李崇阁副研究员、冯著明副教授等领导同志以及有关课程的教师做了大量的工作,华中理工大学出版社给予了大力的支持与帮助,在此一并表示感谢。

限于水平与经验,该系列教材肯定会有许多缺点和不足,诚望有关专家和广大读者积极提出批评与建议,共同为不断提高该系列教材的质量而努力。

华中理工大学成人教育学院

1990年4月

前 言

本书是参照计算机专业（专科）教学大纲编写的。

操作系统是计算机类专业的重要技术基础课。该课程主要介绍操作系统的基本概念、运行环境、主要功能及实现技术，给出了操作系统提供的用户界面，简述了操作系统的结构设计方法，并对PC-DOS实例进行了剖析。该课程首先给出操作系统的概貌、环境和界面，接着提出操作系统的重要概念——进程，描述了进程的特点及进程的交互作用。然后介绍操作系统对系统资源的管理和控制，即先概括地描述资源的数据结构、分配策略，再具体地介绍处理机调度、存贮管理、设备管理和文件系统的功能。最后以PC-DOS为例剖析操作系统的结构、DOS的键盘命令及系统调用命令、文件目录结构及文件系统的应用。

本书作为计算机大专系列教材之一，在内容的选取、概念的引入、文字的叙述以及例题习题的选择等方面，都力求遵循面向应用、重视实践、便于自学的原则。全书共分十一章并附有“学习指导与实验”。其中：第一章引论，第二章操作系统的环境和功能，第三章操作系统的用户界面，第四章进程及进程管理，第五章资源分配与调度，第六章处理机调度，第七章存贮管理，第八章设备管理，第九章文件系统，第十章操作系统的结构设计，第十一章实例分析——PC-DOS系统。“学习指导与实验”的内容包括课程大纲、学习辅导、习题解答与五个实验方案等，编写这些内容的目的是为了便于读者自学和加强实践环节。

本书由庞丽萍副教授担任主编。其中，第一～第六章由庞丽萍编写，第七～第十一章由李胜利编写，“学习指导与实践”由庞丽萍和李胜利编写，庞丽萍统编全稿。在编写本书的过程中，华中理工大学成人教育学院、计算机系以及软件教研室和实验室的有关领导和老师们给予了大力支持与帮助，在此，一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限，书中不妥或错误之处在所难免，殷切希望广大读者批评指正。

编 者

1990年10月于华中理工大学（武汉）

目 录

第一章 引 论

1.1 操作系统的形成和发展	(1)
1.1.1 手工操作阶段	(1)
1.1.2 早期批处理	(2)
1.1.3 操作系统的初步形成	(4)
1.1.4 操作系统的进一步发展	(7)
1.2 操作系统的概念	(11)
1.2.1 操作系统定义	(11)
1.2.2 操作系统的功能	(13)
1.2.3 操作系统的特性	(15)
1.3 操作系统的基本类型	(15)
1.3.1 批量操作系统	(16)
1.3.2 分时操作系统	(18)
1.3.3 实时操作系统	(18)
习题一	(19)

第二章 操作系统的环境和功能

2.1 硬件环境	(20)
2.1.1 中央处理机	(20)
2.1.2 存储器	(21)
2.1.3 实时时钟	(22)
2.1.4 中断技术	(23)
2.2 监控程序运行环境及功能	(30)
2.2.1 监控程序运行的环境	(30)
2.2.2 监控程序的功能	(31)
2.2.3 监控程序的内部组织	(32)
2.3 磁盘操作系统的运行环境及功能	(32)
2.3.1 磁盘操作系统的运行环境	(32)
2.3.2 磁盘操作系统的结构及功能	(33)
2.4 多用户和多道程序系统	(35)
2.4.1 几个定义	(35)
2.4.2 多道程序系统必须解决的问题	(36)
2.5 操作系统功能的硬化——固件	(37)
2.5.1 微程序设计的概念	(37)
2.5.2 微程序设计与操作系统	(38)
习题二	(38)

第三章 操作系统的用户界面

3.1 运行一个用户程序的过程	(39)
3.2 操作系统的用户界面	(40)
3.2.1 操作系统提供的两个接口	(40)
3.2.2 作业控制语言和键盘命令	(41)
3.3 系统调用	(42)
3.3.1 系统调用命令	(42)
3.3.2 系统调用的实现	(44)
3.4 操作系统与其它系统软件的关系	(44)
习题三	(46)

第四章 进程及进程管理

4.1 进程的概念	(47)
4.1.1 为什么要引入进程的概念	(47)
4.1.2 进程的定义	(50)
4.1.3 进程的状态及变迁	(51)
4.1.4 进程的描述	(52)
4.2 进程控制	(54)
4.2.1 进程控制的概念	(54)
4.2.2 进程创建	(55)
4.2.3 进程撤消	(55)
4.2.4 进程的阻塞与唤醒	(56)
4.3 进程互斥	(57)
4.3.1 互斥的概念	(57)
4.3.2 锁和 LOCK, UNLOCK 操作	(59)
4.3.3 用上锁原语和开锁原语实现进程互斥	(60)
4.4 信号灯和 P, V 操作	(60)
4.4.1 信号灯的概念	(60)
4.4.2 P, V 操作	(60)
4.4.3 用信号灯实现进程互斥	(61)
4.5 进程同步	(62)
4.5.1 同步的概念	(62)
4.5.2 用信号灯实现进程同步	(63)
4.5.3 生产者—消费者问题	(65)
4.6 进程间的直接通信	(67)
4.6.1 消息缓冲通信	(67)
4.6.2 信箱通信	(69)
习题四	(70)

第五章 资源分配与调度

5.1 资源管理的目标和任务	(72)
----------------------	--------

5.2 资源分配机构	(74)
5.2.1 资源描述器	(74)
5.2.2 资源信息块	(74)
5.2.3 中央处理机和主存资源描述	(75)
5.3 资源分配策略	(77)
5.3.1 先请求先服务	(78)
5.3.2 优先调度	(79)
5.4 死锁	(79)
5.4.1 死锁的概念	(79)
5.4.2 死锁的起因和产生死锁的必要条件	(81)
5.4.3 死锁的预防	(83)
5.4.4 死锁的避免	(83)
习题五	(84)

第六章 处理机调度

6.1 调度的层次	(85)
6.2 作业调度	(85)
6.2.1 作业调度的功能	(85)
6.2.2 调度性能的衡量	(87)
6.2.3 作业调度算法	(88)
6.3 进程调度	(89)
6.3.1 进程调度的功能	(89)
6.3.2 调度用的进程状态变迁图	(90)
6.3.3 进程调度算法	(91)
6.4 UNIX操作系统的进程管理	(92)
6.4.1 UNIX操作系统中的进程	(93)
6.4.2 进程调度状态	(93)
6.4.3 进程状态转换	(95)
6.4.4 进程调度	(95)
习题六	(98)

第七章 存贮管理

7.1 存贮管理的功能	(100)
7.1.1 地址映射	(100)
7.1.2 内存的分配与回收	(102)
7.1.3 存贮信息保护	(103)
7.1.4 虚拟存贮器	(104)
7.2 分区存贮管理	(105)
7.2.1 固定分区	(105)
7.2.2 动态分区分配机构	(106)
7.2.3 动态分区的分配与回收	(106)
7.2.4 三种放置策略	(108)

7.2.5 碎片问题.....	(110)
7.3 分页存贮管理	(110)
7.3.1 概述.....	(110)
7.3.2 页地址映射.....	(110)
7.3.3 请求分页.....	(113)
7.4 段式系 统	(115)
7.4.1 程序的二维地址结构.....	(116)
7.4.2 段地址映射.....	(116)
习题七.....	(117)

第八章 设备管理

8.1 概 述	(119)
8.1.1 设备的分类.....	(119)
8.1.2 设备管理的目标.....	(119)
8.1.3 设备管理的功能.....	(120)
8.1.4 设备管理数据结构.....	(121)
8.2 通 道	(123)
8.2.1 I/O系统结构	(123)
8.2.2 通道.....	(124)
8.3 缓冲技术	(125)
8.3.1 引言.....	(125)
8.3.2 常用的缓冲技术.....	(126)
8.3.3 U N I X系统的缓冲池管理.....	(127)
8.4 设备分配	(128)
8.4.1 设备分配的原则.....	(128)
8.4.2 独享分配.....	(129)
8.4.3 共享分配.....	(129)
8.4.4 虚拟分配.....	(130)
8.5 I/O控制.....	(130)
8.5.1 用户进程的输入输出请求.....	(130)
8.5.2 设备驱动.....	(131)
8.5.3 中断处理.....	(131)
习题八.....	(132)

第九章 文件系统

9.1 文件和文件系统	(133)
9.1.1 引言.....	(133)
9.1.2 文件.....	(133)
9.1.3 文件系统.....	(134)
9.2 文件结构	(134)
9.2.1 概述.....	(134)

9.2.2 文件的逻辑结构及存取方法	(134)
9.2.3 文件的物理结构	(135)
9.3 外存空间的管理	(138)
9.3.1 文件存储设备的主要技术参数	(138)
9.3.2 空闲块的管理	(139)
9.3.3 分配策略	(142)
9.4 文件目录	(143)
9.4.1 一级目录结构	(143)
9.4.2 二级目录结构	(144)
9.4.3 多级目录结构	(144)
9.5 文件操作	(145)
9.5.1 文件控制块 (FCB)	(145)
9.5.2 文件操作	(145)
9.6 文件的共享和安全	(147)
9.7 文件的完整性	(148)
习题九	(149)

第十章 操作系统的结构设计

10.1 概述	(150)
10.2 模块接口法	(151)
10.3 层次结构法	(151)
10.4 操作系统的逻辑结构	(153)
习题十	(154)

第十一章 实例分析——PC-DOS系统

11.1 概述	(155)
11.2 硬件环境	(156)
11.2.1 8088微处理器简介	(156)
11.2.2 中断系统	(158)
11.2.3 I/O结构	(162)
11.3 DOS操作系统结构	(163)
11.3.1 ROM BIOS	(164)
11.3.2 IBMBIO.COM	(164)
11.3.3 IBMDOS.COM	(164)
11.3.4 COMMAND.COM	(164)
11.4 DOS用户接口	(165)
11.4.1 DOS 键盘命令	(165)
11.4.2 命令处理过程	(165)
11.4.3 DOS系统功能调用	(167)
11.5 内存管理	(170)
11.5.1 内存组织	(170)

11.5.2	系统内存映象.....	(171)
11.5.3	内存控制块链.....	(172)
11.5.4	内存块的申请及分配策略.....	(173)
11.5.5	内存块的修改和释放.....	(176)
11.6	DOS文件系统	(179)
11.6.1	文件管理机构.....	(179)
11.6.2	DOS文件系统的应用.....	(185)
11.6.3	树型目录结构.....	(188)
11.7	DOS系统的汉化.....	(189)
11.7.1	CC-DOS概述.....	(189)
11.7.2	CC-BIOS.....	(190)
11.7.3	CC-DOS的初启.....	(190)

学习指导与实验

第一章 引 论

在科学实验、生产活动以及人类生活的各个领域电子计算机得到了广泛的应用，从办公室自动化到数据、图像处理，从工业控制到科学计算，计算机真是无处不在，无处不有！当人们使用计算机时，可以看到键盘、显示器、主机、打印机等硬部件，这些是计算机系统的硬件组成部分。那么，这样的计算机能做什么？这只能由配置在其上的一个重要系统软件——操作系统来描述，即操作系统能清晰地勾画出计算机系统的功能视图。现代的计算机几乎没有不配置操作系统的。那么，操作系统是什么？能干什么？怎样干？它有什么特点？这些问题是本章讨论的主要内容。

1.1 操作系统的形成和发展

为了更好地理解和体会操作系统的基本概念、功能及特性，需要了解它的历史，了解产生操作系统的客观环境及它应完成的历史使命，这是分析操作系统的历史观点。

操作系统是由于客观的需要而产生，随着计算机技术的发展和计算机应用的日益广泛而逐渐发展和完善的。它的功能由弱到强，在计算机系统中的地位不断提高，最后成为系统的核心。

第一台电子计算机于1946年问世，此后，电子计算机在其运算速度、存贮容量方面急剧上升，而价格、体积、热辐射和功耗却不断下降。人们通常按照元件工艺的演变把计算机的发展过程分为以下四个阶段：

1946年—50年代末：第一代（电子管时代）；

50年代末—60年代中期：第二代（晶体管时代）；

60年代中期—70年代中期：第三代（集成电路时代）；

70年代中期至今：第四代（大规模集成电路时代）。

现在电子计算机正向着巨型、微型、网络化、智能化几个方向发展。在此基础上为适应客观需要，操作系统经历了如下的发展过程：

手工操作阶段（无操作系统）、批处理（早期）、执行系统、多道程序系统、分时系统、通用操作系统、网络操作系统、分布式操作系统。

1.1.1 手工操作阶段

在第一代计算机时期，构成计算机的主要元件是电子管，其运算速度慢（只有几千次/秒）。计算机由主机（运控部件、内存）、输入设备（如纸带输入机、卡片阅读机）、输出设备（如打印机）和控制台组成。当时没有操作系统，甚至没有任何软件。

人们利用这样的计算机解题只能采用手工操作方式。而且用户只能轮流地使用计算机。每个用户的使用过程大致如下：先把程序纸带（或卡片）装上输入机，然后启动输入机把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。计算完毕，用户拿走打印结果，并卸下纸带（或卡片）。在这个过程中需要人工装纸带、人工控制程序运行、人工卸纸带，

这些都是人工操作，即所谓“人工干预”。这种由一程序独占机器且有人工操作的情况，在计算机速度较慢时是允许的，因为此时计算所需时间相对较长，手工操作所占比例还不很大。

50年代后期，计算机的运行速度有了很大的提高，从每秒几千次、几万次发展到每秒几十万次、上百万次。由于计算机运行速度几十倍、上百倍地提高，手工操作的慢速度和计算机的高速度之间形成矛盾，即所谓人一机矛盾。表1.1说明了人一机矛盾的严重性。

表1.1 操作时间与运行时间的关系

机器速度	作业在机器上 计算所需时间	人工操作时间	操作时间与机器 有效运行时间之比
1 万次/秒	1 小时	3 分钟	1 : 20
60 万次/秒	1 分钟	3 分钟	3 : 1

说明：作业是指为完成用户的算题任务，计算机所需进行的各项工作。

随着计算机速度的提高，人一机矛盾已到了不能容忍的地步。为了解决这一矛盾，只有摆脱人的手工干预，实现作业的自动过渡，这样就出现了成批处理。

1.1.2 早期批处理

在计算机发展的早期阶段，用户上机时需自己建立、运行作业，并最后作结尾处理。当时，并没有任何用于管理的软件，所有的运行管理和具体操作都由用户自己承担。

为了缩短作业的建立时间，人们研制了监督程序。它是一个常驻内存的小的核心代码。若干用户作业合成一批形成一个作业执行序列，由监督程序自动地依次地处理。

一、联机批处理

用户上机前，需向机房的操作员提交程序、数据和一个作业说明书，后者提供了用户标识、用户想使用的编译程序以及所需的系统资源等基本信息。这些资料必须变成穿孔信息，如穿成纸带或穿成卡片的形式。操作员把提交的一批作业装到输入设备上（如果输入设备是纸带输入机，则这一批作业在一盘纸带上。若输入设备是读卡机，则该批作业在一叠卡片上），然后由监督程序控制送到磁带上。之后，监督程序自动输入第一个作业的说明记录，若系统资源能满足其要求，则将该作业的程序、数据调入内存，并从磁带上输入所需要的编译程序。编译程序将用户源程序翻译成目标代码，然后由连接装配程序把编译后的目标代码及所需的子程序装配成一个可执行的程序，接着启动执行。计算完成后输出该作业的计算结果。一个作业处理完毕后，监督程序又可以自动地调下一个作业处理。重复上述过程，直到该批作业全部处理完毕。

早期的联机批处理系统实现了作业自动过渡，同手工操作相比，计算机的使用效率提高了。但这种批处理系统中，作业的输入输出是联机的，也就是说作业从输入机到磁带，由磁带调入内存，以至结果的输出打印都是由中央处理机直接控制的。在这种联机操作方式下，随着处理机速度的不断提高，处理机和输入输出设备之间的速度差距形成了一对矛盾。如一台速度为1200行/分的打印机打印一行约需50ms，而百万次的计算机在此期间大致可执行数万条指令。如果由CPU直接控制打印机，那么在打印一行字符期间，CPU就不能做其它工作，将耽误数万条指令的执行。如果把输入输出工作直接交给一个价格较便宜的专用

机去做，就能充分发挥主机的效率，为此产生了脱机批处理系统。

二、脱机批处理系统

脱机批处理系统由主机和卫星机组成，如图1.1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。卫星机负责把输入机上的作业逐个转输到输入磁带上，当主机需要输入作业时，就把输入带与主机连上。主机从输入带上调入作业并运行。计算完成后，输出结果到输出磁带上，再由卫星机负责把输出带上的信息打印输出。在这样的系统中，主机和卫星机可以并行操作，二者分工明确，可以充分发挥主机的高速计算能力，因此脱机批处理系统和早期联机批处理系统相比大大提高了系统的处理能力。

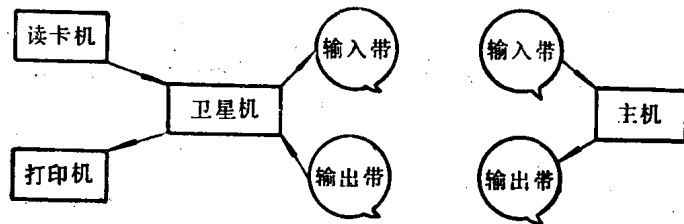


图1.1 脱机批处理系统

批处理系统出现于50年代末，它是在解决人一机矛盾、中央处理机高速度和I/O设备的慢速度这一对矛盾的过程中发展起来的。它的出现促使了软件的发展，最重要的是它产生了起管理作用的监督程序，该程序完成作业的自动过渡并且负责装入和运行各种语言翻译程序（如汇编程序、编译程序）以及实用程序（如连接装配程序）。在此期间也出现了程序库和程序覆盖等新的程序设计技术。解题操作过程变成了装入→汇编（或编译）→连接装配→执行四个步骤。从而使上机操作初步自动化。

三、执行系统

批处理系统实现了作业的自动过渡，它的出现改善了CPU和外设的使用情况，从而使整个计算机系统的处理能力得以提高。但也存在着一些缺点，如磁带需人工拆卸，这样既麻烦又容易出错，另一重要的问题是系统的保护问题。在进行批处理的过程中，所涉及的监督程序、系统程序和用户程序之间是一种互相调用的关系。对于用户程序没有任何检查，若目标程序执行了一条非法停机指令时，机器就会错误地停止运行。此时，只有当操作员进行干预，在控制台上按启动按钮后程序才会重新启动运行。另一种情况是，如果一个程序进入死循环，系统就会踏步不前，更严重的是无法防止用户程序破坏监督程序和系统程序。

60年代初期，硬件获得了两方面的进展，一是通道的引入，二是中断技术的出现，这两项重大成果导致了操作系统进入执行系统阶段。

通道是一种专用处理部件，它能控制一台或多台外设工作，负责外部设备和主存之间的信息传输。它一旦被启动就能独立于CPU运行，这样可使CPU和通道并行操作，而且CPU和各种外部设备也能并行操作。所谓中断是指当主机接到外部信号（如设备完成信号）时，马上停止原来的工作，转去处理这一事件，处理完毕之后，主机又回到原来的断点继续工作。

借助于通道、中断技术，输入输出工作可在主机控制下完成。这时，原有的监督程序的功能扩大了，它不仅负责调度作业自动地运行，而且还要提供输入输出控制功能（用户不能直接使用启动外设的指令，他的输入输出请求必须通过系统去执行）。这个发展了的监督

程序常驻内存，称为执行系统。

执行系统实现的是联机操作，和早期批处理系统不同的是：输入输出工作是由在主机控制下的通道完成的，主机和通道、主机和外设之间都可以并行操作。在执行系统中，用户程序的输入输出工作是委托给系统实现的，由系统检查其命令的合法性，以避免由于不合法的输入输出命令造成对系统的威胁，因此提高了系统的安全性。另外，由于引入了一些新的中断，如算术溢出和非法操作码中断等，克服了错误停机的弊病，而时钟中断可以解决用户程序中出现的死循环现象。

批处理系统和执行系统的普及，发展了标准文件管理系统和外部设备自动调节控制功能。这一时期，程序库变得更加复杂和庞大，随机访问设备（如磁盘）已开始代替磁带作为外存和程序库。高级语言也比较成熟和多样。许多成功的批处理系统在50年代末和60年代初期出现，其中IBM 7090/7094计算机上配置的IBM OS是最有影响的。

1.1.3 操作系统的初步形成

一、多道程序设计与多道成批处理

1. 多道程序设计

上面所讲述的批处理系统和执行系统有一个共同之处，就是每次调一个用户程序进入内存，让它运行，这称为单道运行。图1.2说明单道程序运行时的情况。图中说明用户程序首先在CPU上进行计算，当它需要进行I/O传输时，向监督程序提出请求，由监督程序提供服务，并帮助启动相应的外部设备进行传输工作，这时CPU空闲等待。当外部设备传输结束时发出中断信号，由监督程序中负责中断处理的程序作处理，然后把控制权交给用户程序，让其继续计算。

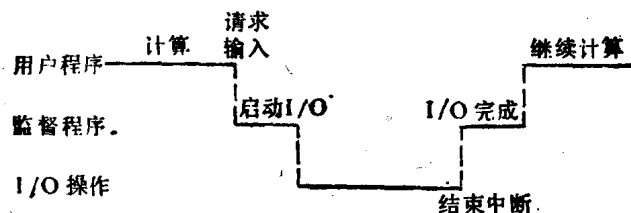


图1.2 单道程序工作示例

从图中可以看出，当外部设备进行传输工作时，CPU处于空闲等待状态，反之，当CPU工作时，I/O设备又无事可做。这说明，计算机系统各部件的效能没有得到充分的发挥，其原因在于内存中只有一道程序。在计算机价格十分昂贵的60年代，提高设备的利用率是首要目标。为此，人们设想能否在系统中同时存放几道程序，这就引入了多道程序设计的概念。

多道程序运行情况由图1.3来说明。图中，用户程序A首先在处理机上运行，当它需要从纸带输入机输入新的数据而转入等待时，系统帮助它启动输入机进行传输工作，并让用户程序B开始计算。程序B经过一段计算后需要从打印机输出一批数据，系统接受请求并帮助启动打印机工作。如果此时程序A的输入尚未结束，也无其它用户程序需要计算，处理机就处于空闲状态，直到程序A在输入结束后重新运行。若当程序B的打印工作结束时，程序A仍在运行，则程序B继续等待，直到程序A计算结束再次请求I/O传输时，程序B才能占用处理机。

多道程序设计是一种软件技术，该技术使同时进入计算机内存的几个相互独立的程序，

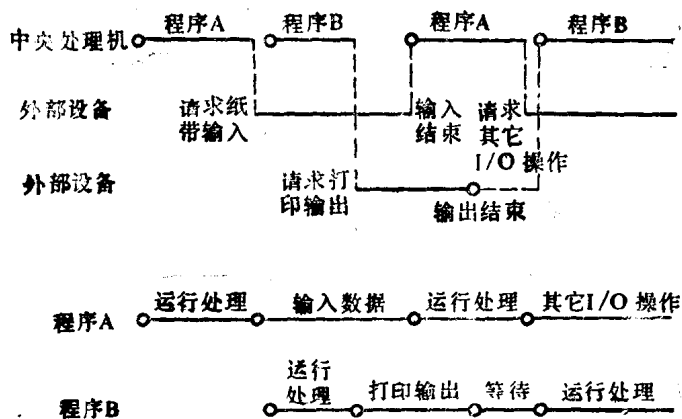


图1.3 多道程序工作示例

在管理程序控制之下相互穿插地运行。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。这样可以使中央处理机及各外部设备尽量处于忙碌状态，从而大大提高计算机的使用效率。

多道程序设计技术使得几道程序在系统内同时工作。这一软件技术的实施环境是称为存贮程序式的计算机（又称Von Neumann计算机）。这种计算机的结构是由运算器、控制器、输入部件、输出部件、控制台组成的。现在正广泛使用着的各种计算机的结构正是如此。存贮程序式计算机的特点是：集中控制，整个计算机的活动是由控制部件实行集中控制的。人们通常把运算器和控制器做在一起，称为中央处理机（简称CPU）。CPU严格地按照指令计数器的内容顺序地执行每一个操作。那么，几道程序怎么能在系统内同时执行呢？应该看到：计算机系统中除了中央处理机外，还有各种不同的输入设备、输出设备，虽然对中央处理机而言，一个时刻只能有一道程序在上面运行，但从整个计算机系统来看，CPU、输入设备、输出设备是有可能同时操作的。例如，正在处理机上运行的程序A因为要进行输入操作而让出CPU给程序B运行，当程序B运行一段时间后又要求做输出操作，这时，CPU让程序C运行。若程序A的输入操作、程序B的输出操作没有结束，从整个计算机系统来看，程序A正在做输入工作，程序B正在作输出工作，程序C的计算工作正在进行。从宏观上说，这几道程序都处于执行状态，称这几道程序在并发执行。当然，就CPU而言，这几道程序实际上是在轮流使用它，当一道程序运行不下去时，CPU才让另一道程序运行。

综上所述，多道运行的特征是：

- (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：从微观上看，内存中的多道程序轮流地或分时地占用处理机，交替执行。

2. 多道成批处理

在批处理系统中采用多道程序设计技术，就形成了多道成批处理系统。在多道成批处理方式下，交到机房的许多作业由操作员负责将其由输入机转贮到辅存设备（如磁盘、磁鼓）上，形成一个作业队列，等待运行。当需要调入作业时，管理程序中有一个名为作业调度的