



中国高等职业技术教育研究会推荐
高职高专计算机专业规划教材

计算机操作系统

■ 主编 姜 柳
主审 吴献文



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

□ 中国高等职业技术教育研究会推荐

高职高专计算机专业规划教材

计算机操作系统

主编 姜 柳

西安电子科技大学出版社

2008

内 容 简 介

本教材介绍计算机系统中的一个重要系统软件——操作系统。

全书共分 10 章。第 1 章概述了操作系统的形成、类型和功能等；第 2 章介绍了操作系统的硬件环境和逻辑结构；第 3~6 章分别阐述了进程的描述与控制、进程同步与通信、处理机调度和死锁；第 7 章介绍存储管理的功能和实现方法；第 8 章介绍设备管理；第 9 章介绍文件管理；第 10 章是综合实例。

本教材可作为高职高专计算机专业的教材，也可作为从事计算机工作的工程技术人员的参考书。

★本书配有电子教案，有需要者可登录出版社网站，免费下载。

图书在版编目(CIP)数据

计算机操作系统 / 姜柳主编. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2008.5

中国高等职业技术教育研究会推荐. 高职高专计算机专业规划教材

ISBN 978-7-5606-2011-4

I. 计... II. 姜... 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(2008)第 032383 号

策 划 杨 璠

责任编辑 吕 辉 杨 璠

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

http://www.xduph.com E-mail: xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西光大印务有限责任公司

版 次 2008 年 5 月第 1 版 2008 年 5 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 14

字 数 325 千字

印 数 1~4000 册

定 价 20.00 元

ISBN 978-7-5606-2011-4/TP·1043

XDUP 2303001-1

如有印装问题可调换

本社图书封面为激光防伪覆膜，谨防盗版。

序

进入 21 世纪以来,高等职业教育呈现出快速发展的形势。高等职业教育的发展,丰富了高等教育的体系结构,突出了高等职业教育的类型特色,顺应了人民群众接受高等教育的强烈需求,为现代化建设培养了大量高素质技能型专门人才,对高等教育大众化作出了重要贡献。目前,高等职业教育在我国社会主义现代化建设事业中发挥着越来越重要的作用。

教育部 2006 年下发了《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》,其中提出了深化教育教学改革,重视内涵建设,促进“工学结合”人才培养模式改革,推进整体办学水平提升,形成结构合理、功能完善、质量优良、特色鲜明的高等职业教育体系的任务要求。

根据新的发展要求,高等职业院校积极与行业企业合作开发课程,根据技术领域和职业岗位群任职要求,参照相关职业资格标准,改革课程体系和教学内容,建立突出职业能力培养的课程标准,规范课程教学的基本要求,提高课程教学质量,不断更新教学内容,而实施具有工学结合特色的教材建设是推进高等职业教育改革发展的重要任务。

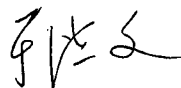
为配合教育部实施质量工程,解决当前高职高专精品教材不足的问题,西安电子科技大学出版社与中国高等职业技术教育研究会在前三轮联合策划、组织编写“计算机、通信电子、机电及汽车类专业”系列高职高专教材共 160 余种的基础上,又联合策划、组织编写了新一轮“计算机、通信、电子类”专业系列高职高专教材共 120 余种。这些教材的选题是在全国范围内近 30 所高职高专院校中,对教学计划和课程设置进行充分调研的基础上策划产生的。教材的编写采取在教育部精品专业或示范性专业的高职高专院校中公开招标的形式,以吸收尽可能多的优秀作者参与投标和编写。在此基础上,召开系列教材专家编委会,评审教材编写大纲,并对中标大纲提出修改、完善意见,确定主编、主审人选。该系列教材以满足职业岗位需求为目标,以培养学生的应用技能为着力点,在教材的编写中结合任务驱动、项目导向的教学方式,力求在新颖性、实用性、可读性三个方面有所突破,体现高职高专教材的特点。已出版的第一轮教材共 36 种,2001 年全部出齐,从使用情况看,比较适合高等职业院校的需要,普遍受到各学校的欢迎,一再重印,其中《互联网实用技术与网页制作》在短短两年多的时间里先后重印 6 次,并获教育部 2002 年普通高校优秀教材奖。第二轮教材共 60 余种,在 2004 年已全部出齐,有的教材出版一年多的时间里就重印 4 次,反映了市场对优秀专业教材的需求。前两轮教材中有十几种入选国家“十一五”规划教材。第三轮教材 2007 年 8 月之前全部出齐。本轮教材预计 2008 年全部出齐,相信也会成为系列精品教材。

教材建设是高职高专院校教学基本建设的一项重要工作。多年来,高职高专院校十分重视教材建设,组织教师参加教材编写,为高职高专教材从无到有,从有到优、到特而辛勤工作。但高职高专教材的建设起步时间不长,还需要与行业企业合作,通过共同努力,出版一大批符合培养高素质技能型专门人才要求的特色教材。

我们殷切希望广大从事高职高专教育的教师,面向市场,服务需求,为形成具有中国特色和高职教育特点的高职高专教材体系作出积极的贡献。

中国高等职业技术教育研究会会长

2007 年 6 月



高职高专计算机专业规划教材

编审专家委员会

- 主任:** 温希东 (深圳职业技术学院副校长, 教授)
- 副主任:** 徐人凤 (深圳职业技术学院电子与通信工程学院副院长, 高工)
刘中原 (上海第二工业大学计算机与信息学院副院长, 副教授)
李卓玲 (沈阳工程学院信息工程系主任, 教授)
- 委员:** (按姓氏笔画排列)
- 丁桂芝 (天津职业大学电子信息工程学院院长, 教授)
- 马宏锋 (兰州工业高等专科学校计算机工程系副主任, 副教授)
- 王 军 (武汉交通职业学院信息系副主任, 副教授)
- 王 雷 (浙江机电职业技术学院计算机应用工程系主任, 高工)
- 王养森 (南京信息职业技术学院计算机科学与技术系主任, 高工)
- 王趾成 (石家庄职业技术学院计算机系主任, 高工)
- 汤 勇 (成都职业技术学院国际软件学院副院长, 副教授)
- 朱小平 (广东科学技术职业学院计算机学院副院长, 副教授)
- 齐志儒 (东北大学东软信息学院计算机系主任, 教授)
- 孙街亭 (安徽职业技术学院教务处处长, 副教授)
- 张 军 (石家庄职业技术学院计算机系, 高工)
- 李成大 (成都电子机械高等专科学校计算机工程系副主任, 副教授)
- 苏传芳 (安徽电子信息职业技术学院计算机科学系主任, 副教授)
- 苏国辉 (黎明职业大学计算机系副主任, 讲师)
- 汪临伟 (九江职业技术学院电气工程系主任, 副教授)
- 汪清明 (广东轻工职业技术学院计算机系副主任, 副教授)
- 杨文元 (漳州职业技术学院计算机工程系副主任, 副教授)
- 杨志茹 (株洲职业技术学院信息工程系副主任, 副教授)
- 胡昌杰 (湖北职业技术学院计算机科学与技术系副主任, 副教授)
- 聂 明 (南京信息职业技术学院软件学院院长, 副教授)
- 章忠宪 (漳州职业技术学院计算机工程系主任, 副教授)
- 睦碧霞 (常州信息职业技术学院软件学院院长, 副教授)
- 董 武 (安徽职业技术学院电气工程系副主任, 副教授)
- 蒋方纯 (深圳信息职业技术学院软件工程系主任, 副教授)
- 鲍有文 (北京联合大学信息学院副院长, 教授)

前 言

操作系统是现代计算机系统中不可缺少的基本系统软件。如果让用户去使用一台没有配置操作系统的计算机，那是难以想象的。操作系统的宗旨是提高系统资源的利用率，为用户使用计算机提供方便灵活、安全可靠的工作环境。

“计算机操作系统”是计算机专业的主干课程，由于操作系统课程所介绍的原理和算法比较抽象，因此很多学生难以理解和掌握。编者根据多年讲授计算机操作系统课程的经验编写了本教材。在本教材中，以操作系统的基本理论为依托，针对需要重点掌握的理论和算法，都给出了模拟实例。通过对这些实例的理解和编程实现，可以使学生充分掌握操作系统的原理和算法思想，深化对基本概念的理解，提高分析问题和解决问题的能力。

全书内容共分为 10 章：第 1 章是引论，通过讨论操作系统的形成，介绍操作系统的基本概念和功能；第 2 章是操作系统的逻辑结构和硬件环境，通过介绍硬件环境，为后期的学习打下基础；第 3 章是进程的描述与控制，讨论进程的基本概念和相关内容，并说明进程控制的实现；第 4 章是进程同步与通信，讨论进程同步和通信的概念及实现方法，并详细说明一些经典的进程同步问题；第 5 章是处理机调度，介绍作业调度和进程调度的调度策略和实现；第 6 章是死锁，介绍死锁产生的原因和必要条件以及处理死锁的方法，并详细说明银行家算法；第 7 章是存储管理，介绍存储管理的功能和实现方法，其中包括分区、分页、分段、段页式管理和虚拟存储管理；第 8 章是设备管理，介绍设备管理技术，包括缓冲技术、I/O 控制方式、磁盘调度算法等；第 9 章是文件管理，讨论文件的组织结构、存取结构、文件的共享与保护等。第 10 章是综合实例，以操作系统功能为框架，将本书提供的一些实例联系起来，并给出一个思路，来实现功能的扩展。

本书的讲授学时建议为 64 学时，并增加了一周的课程设计。具体安排如下：第 1 章为 2 学时，第 2 章为 4 学时，第 3 章为 6 学时，第 4 章为 10 学时，第 5 章为 10 学时，第 6 章为 8 学时，第 7 章为 14 学时，第 8 章为 6 学时，第 9 章为 4 学时，第 10 章为一周的课程设计。

本书的第 1、3、4、5 章由姜柳编写，第 2、6、7、8、9 章由吕海华编写，其中 1~9 章中的实例和第 10 章由杨胜编写，沈阳铁路机械学校吴晓辉和东软集团杨希来帮助收集并整理了资料。

在本书的编写过程中，沈阳工程学院信息工程系主任李卓玲教授提出了许多宝贵意见和修改建议，并得到了沈阳工程学院信息工程系许多同事的大力支持，在此表示衷心的感谢。由于编者水平有限，书中难免有不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

2008 年 1 月

目 录

第 1 章 引论	1	2.2 操作系统的逻辑结构	15
1.1 计算机系统与操作系统.....	1	2.2.1 结构设计目标.....	15
1.1.1 计算机系统.....	1	2.2.2 层次结构.....	16
1.1.2 操作系统的概念.....	2	2.3 用户与操作系统的接口	17
1.1.3 操作系统的宗旨.....	2	2.3.1 命令接口.....	17
1.2 操作系统的形成.....	3	2.3.2 程序接口.....	19
1.2.1 手工操作阶段.....	3	习题.....	22
1.2.2 早期批处理.....	4	第 3 章 进程的描述与控制	23
1.2.3 执行系统.....	5	3.1 进程的引入.....	23
1.2.4 多道程序系统.....	5	3.1.1 程序的顺序执行.....	23
1.2.5 分时系统.....	6	3.1.2 程序的并发执行.....	24
1.2.6 实时系统.....	7	3.2 进程的描述.....	26
1.2.7 操作系统的进一步发展.....	7	3.2.1 进程的定义.....	26
1.3 操作系统的类型.....	7	3.2.2 进程的基本状态.....	26
1.3.1 批处理操作系统.....	8	3.2.3 进程的描述.....	27
1.3.2 分时操作系统.....	8	3.2.4 进程 PCB 的组织方式.....	29
1.3.3 实时操作系统.....	8	3.3 进程控制.....	30
1.3.4 个人计算机操作系统.....	9	3.3.1 进程创建.....	30
1.3.5 网络操作系统.....	9	3.3.2 进程撤销.....	31
1.3.6 分布式操作系统.....	9	3.3.3 进程的阻塞与唤醒.....	31
1.4 操作系统的功能.....	10	3.4 进程控制的实现举例.....	32
1.4.1 处理机管理.....	10	习题.....	33
1.4.2 存储管理.....	10	第 4 章 进程同步与通信	35
1.4.3 设备管理.....	10	4.1 与时间有关的错误.....	35
1.4.4 文件管理.....	11	4.2 进程的互斥.....	36
习题.....	11	4.2.1 临界资源.....	36
第 2 章 操作系统的硬件环境和		4.2.2 临界区.....	37
逻辑结构	12	4.2.3 互斥的概念.....	38
2.1 硬件环境.....	12	4.2.4 上锁和解锁操作.....	38
2.1.1 存储器.....	12	4.2.5 利用上锁和解锁操作实现	
2.1.2 处理机的态.....	13	进程互斥.....	38
2.1.3 中断技术.....	14	4.3 信号量和 PV 操作.....	38

4.3.1 信号量的概念	38	6.4 避免死锁实现举例	97
4.3.2 PV 操作	39	习题	105
4.3.3 利用信号量实现进程互斥	39	第 7 章 存储管理	107
4.3.4 哲学家进餐问题	41	7.1 存储管理的功能	107
4.3.5 读者—写者问题	42	7.1.1 地址映射	107
4.4 进程同步	44	7.1.2 内存的分配与回收	109
4.4.1 同步的概念	44	7.1.3 存储信息的保护	110
4.4.2 利用信号量和 PV 操作实现 进程同步	45	7.1.4 虚拟存储器	111
4.4.3 生产者—消费者问题	46	7.2 程序的装入与链接	111
4.5 进程通信	51	7.2.1 程序的装入	112
4.5.1 进程通信的类型	51	7.2.2 程序的链接	113
4.5.2 直接通信和间接通信方式	52	7.3 连续分配存储管理方式	115
4.5.3 消息传递系统中的几个问题	53	7.3.1 单一连续分配	115
4.6 进程同步实现举例	55	7.3.2 固定分区分配	116
4.7 进程通信的实现举例	58	7.3.3 动态分区分配	118
习题	60	7.4 分页存储管理方式	128
第 5 章 处理机调度	61	7.4.1 基本原理	129
5.1 调度的层次	61	7.4.2 地址转换过程	131
5.2 作业状态和作业调度	61	7.5 分段存储管理	132
5.2.1 作业状态	61	7.5.1 基本原理	132
5.2.2 作业调度的功能	62	7.5.2 地址转换过程	133
5.2.3 调度性能的衡量	63	7.5.3 段页式存储管理	135
5.2.4 作业调度算法	64	7.6 虚拟存储器	135
5.3 进程调度	67	7.6.1 虚拟存储器的基本概念	136
5.3.1 进程调度的功能	67	7.6.2 请求分页存储管理方式	136
5.3.2 进程调度的算法	68	7.6.3 页面置换算法	138
5.4 进程调度实现举例	71	7.6.4 请求分页系统的性能分析	141
习题	82	7.6.5 请求分段存储管理方式	142
第 6 章 死锁	84	7.7 存储管理实现举例	144
6.1 死锁的概念	84	7.7.1 动态分区存储管理实例	144
6.1.1 死锁的形成原因	85	7.7.2 请求分页存储管理实例	154
6.1.2 产生死锁的必要条件	87	习题	161
6.1.3 处理死锁的基本方法	89	第 8 章 设备管理	163
6.2 死锁的预防和避免	89	8.1 设备管理概述	163
6.2.1 死锁的预防	89	8.1.1 设备分类	163
6.2.2 系统的安全状态	91	8.1.2 设备控制器	164
6.2.3 银行家算法	92	8.1.3 I/O 通道	166
6.3 死锁的检测与解除	96	8.2 I/O 控制方式	169
		8.2.1 程序 I/O 方式	169

8.2.2 中断控制方式	170	9.2.1 文件的逻辑结构	189
8.2.3 DMA 方式	171	9.2.2 文件的物理结构	190
8.2.4 通道控制方式	172	9.3 文件存储空间的管理	192
8.3 缓冲技术	173	9.3.1 空白文件目录	192
8.4 设备分配	175	9.3.2 空闲块的管理	193
8.4.1 设备分配的原则	175	9.3.3 位示图	193
8.4.2 设备独立性	175	9.4 文件目录管理	194
8.4.3 Spooling 技术	176	9.4.1 一级目录结构	195
8.5 磁盘的驱动调度	177	9.4.2 二级目录结构	196
8.5.1 磁盘的结构	177	9.4.3 多级目录结构	197
8.5.2 磁盘的驱动调度算法	179	9.5 文件的共享和保护	198
8.6 Spooling 技术的实现举例	181	9.5.1 文件共享	199
习题	186	9.5.2 文件保护	203
第 9 章 文件管理	187	9.6 文件操作和使用	204
9.1 文件和文件系统	187	9.7 文件管理实现举例	206
9.1.1 文件	187	习题	208
9.1.2 文件类型	188	第 10 章 综合实例	209
9.1.3 文件系统	188	参考文献	214
9.2 文件结构	189		

第1章 引 论

目前,在人们生活和工作的各个领域,计算机都得到了广泛的应用。当人们使用计算机时,可以看到键盘、显示器、主机等,这些都是计算机的硬件组成部分。那么,作为一个计算机系统,它能做些什么?这可以由配置在其上的一个重要系统软件——操作系统来描述。什么是操作系统?操作系统在计算机系统中处于什么地位?能起到什么作用?有什么特点?这些问题是本章讨论的主要内容。

1.1 计算机系统与操作系统

1.1.1 计算机系统

计算机系统是一个整体概念,不论是大型机、小型机还是微型机,都是由两大部分组成的:计算机硬件部分和软件部分。

硬件部分指的是组成计算机的任何机械的、磁性的、电子的装置或部件。它是由中央处理器、存储器、输入/输出设备等组成的。这些部件一般采用总线结构组织在一起。由这些硬件部件构成的机器称为裸机,它是计算机系统最基本的硬件环境,是计算机系统的物质基础。

然而,用户不喜欢裸机这种工作环境,因为裸机上没有任何一种可以协助他们解决问题的手段,只提供最低级的机器语言。为了对硬件的性能加以扩充和完善,为了方便用户上机,在裸机外添加了能实现各种功能的软件程序。例如,为了方便用户描述自己的算题任务,提供了程序设计语言以及相应的翻译程序。为了方便、有效地解决各类问题,提供了各种服务性程序和实用程序,如系统程序库、编辑程序、连接装配程序等。为了维护系统正常工作,提供有查错程序、诊断程序和引导程序。此外,还有用户应用程序、数据库管理系统等。这些系统程序或应用程序以及有关的数据形成了软件。

在这些软件中有一个很重要的软件系统,即操作系统,它管理系统中所有的软、硬件设备,并组织整个计算机的工作流程。软件一般可以分为以下几类:

系统软件,如操作系统、编译系统、连接装配程序等。

工具软件,如各种诊断程序、检查程序等。

应用软件,如应用程序、软件包等。

裸机是计算机系统的物质基础,没有硬件就不能执行指令和实施最原始、最简单的操作,软件也就失去了效用;而若只有硬件,没有配置相应的软件,计算机就不能发挥它潜

在的能力，这样硬件也就没有活力。因此，硬件和软件这二者是相互依赖、相互促进的。只有软件和硬件有机地结合在一起的系统，才能称得上是一个计算机系统。操作系统将系统中的各种软、硬件资源有机地组合成一个整体，使计算机真正体现了系统的完整性和可利用性。

计算机系统是由硬件和软件两大部分组成的一个完整的系统。其中，裸机处于系统的最底层，裸机的外面是软件部分。软件部分按照它们的功能和使用特性分为系统软件和应用软件。应用软件是在系统软件的支持下完成各项工作的，它在系统软件的外层。系统软件中的操作系统处于核心地位，负责整个系统的管理和控制，与计算机硬件关系最为密切。计算机系统的组成如图 1-1 所示。

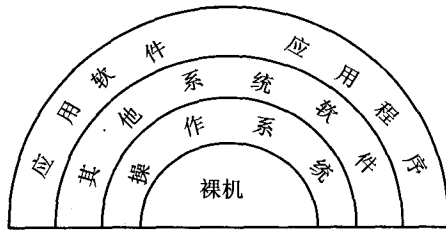


图 1-1 计算机系统的组成以及操作系统的地位

1.1.2 操作系统的概念

在计算机系统中引入操作系统的目的可以从三个方面来考察。

1) 从用户的观点来看

计算机是为用户提供服务的，计算机所完成的任何工作，都是为了满足用户的计算或处理需求。因此，引入操作系统是让计算机为用户提供最好的服务，构建一个用户和计算机之间的和谐交互环境。

2) 从系统管理人员的观点来看

引入操作系统是为了合理地组织计算机工作流程，管理和分配计算机系统硬件及软件资源，使之能为多个用户高效率地共享。

3) 从发展的观点来看

引入操作系统是为了给计算机系统的功能扩展提供支撑平台，使之在追加新的服务和功能时更加容易和不影响原有的服务和功能。

综上所述，我们可以把操作系统定义为：操作系统是计算机系统中的一个系统软件，它是这样一些程序模块的集合——它们管理和控制计算机系统硬件及软件资源，合理地组织计算机工作流程，以便有效地利用这些资源为用户提供一个具有足够的功能、使用方便、可扩展、安全和可管理的工作环境，从而在计算机与用户之间起到接口的作用。

1.1.3 操作系统的宗旨

操作系统是重要的核心软件，它管理着计算机系统的各种资源，控制计算机的工作流程，为用户和上层软件提供各种服务功能。所以操作系统的宗旨可概括如下。

1. 有效地管理系统资源，提高资源的利用率

现代的计算机系统一般都为用户或多个计算任务共同使用，它们共享计算机系统资源。系统所拥有的资源与使用它们的用户和算题任务的需求相比总是要少些，应用程序在执行过程中都要申请系统资源。所以系统资源如何分配，怎样在用户程序之间协调他们的需求，就是操作系统提供的资源管理功能。因此，对操作系统而言，它的宗旨就是充分地利用系统资源，提高资源的利用率。

2. 提供良好的界面，方便用户使用

操作系统为方便用户使用计算机，不但提供了许多丰富的服务功能，同时还提供了方便的接口供用户使用，这样，用户无须了解系统中各种资源的使用细节，只用操作系统提供的用户界面，就可方便、直观地使用计算机。随着计算机技术、多媒体技术的发展，提供友好方便的用户界面变得越来越重要了。

1.2 操作系统的形成

为了更好地理解操作系统的基本概念、功能和特点，让我们首先回顾一下操作系统形成和发展的历史过程。

操作系统伴随着计算机技术本身及其应用的日益发展而逐渐发展并不断完善，它的功能由弱到强，在计算机系统中的地位不断提高。另外，操作系统作为裸机上的第一层软件，与计算机组成和体系结构是密切相关的。我们通常把计算机硬件的发展分为四个阶段：电子管时代、晶体管时代、集成电路时代、大规模和超大规模集成电路时代。为适应上述计算机发展过程，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→执行系统→多道程序系统→分时操作系统→实时操作系统→通用操作系统→网络操作系统→分布式操作系统→嵌入式操作系统等。

1.2.1 手工操作阶段

在第一代计算机时期，构成计算机的主要元器件是电子管，计算机运算速度较慢(几千次/秒)，没有操作系统，甚至没有任何软件。用户直接用机器语言编制程序，并在上机时独占全部计算机资源。用户既是程序员，又是操作员。上机完全是手工操作：先把程序纸带(或卡片)装到输入机上，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，打印机输出计算结果，用户卸下并取走纸带(或卡片)。整个过程都是人工操作。这种由一道程序独占机器及人工操作的情况，在计算机速度较慢时是允许的，由于此时计算机所需时间相对较长，手工操作所占比例还不是很大。

20世纪50年代后期，计算机的运行速度有了很大提高，从每秒几千次、几万次发展到每秒几十万次、上百万次。这时，手工操作的慢速度和计算机的高速度之间形成了矛盾，即所谓的人—机矛盾。为了解决这一矛盾，只有摆脱人工干预，实现作业的自动过渡。这样就出现了批处理。

1.2.2 早期批处理

在计算机发展的早期阶段，用户上机时需要自己建立和运行作业，并做结束处理。由于没有任何用于管理的软件，所有的运行管理和具体操作都是由用户自己承担的。

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很小的核心代码，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进行处理。

1. 联机批处理

用户上机前，要提交程序、数据和作业说明书给操作员，再将这些资料穿成纸带或卡片的形式。操作员把提交的一批作业装到输入设备上，然后由监督程序控制送到磁带上。监督程序自动输入第一个作业的说明记录，若系统资源能够满足用户要求，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取下一个作业处理。重复上述过程，直到该批作业全部处理完毕。

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。但在这种系统中，作业的输出是联机的，也就是说，作业从输入到打印出结果都是由 CPU 直接控制的。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矛盾。在作业的输出和执行结果的输出过程中，CPU 仍处在等待状态，因此 CPU 的时间仍有很大的浪费。如果把输入输出工作直接交给一个专用机去做，就可以充分发挥 CPU 的效率，为此产生了脱机批处理。

2. 脱机批处理

脱机批处理系统是由主机和卫星机组成的，如图 1-2 所示。

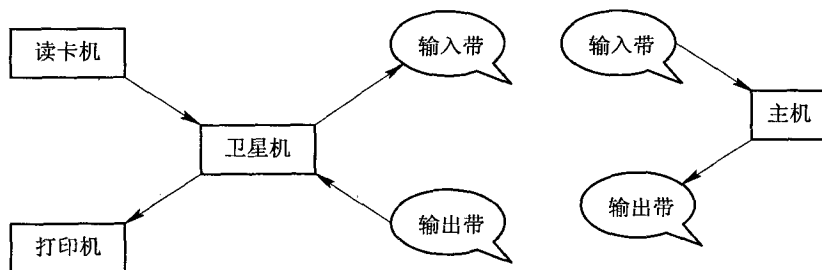


图 1-2 脱机批处理系统

卫星机只与外部设备打交道，它负责把输入机上的作业输入到输入带上，主机从输入带上调入作业并运行，计算完成后，将结果输出到输出带上，再由卫星机负责把信息打印输出。在这样的系统中，主机和卫星机可以并行操作，充分发挥主机的高速计算能力。因此脱机批处理系统和联机批处理系统相比大大提高了系统的处理能力。

批处理系统出现于 20 世纪 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具有管理作用的监督程序，使上机操作初步实现自动化。

1.2.3 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 与外部设备的使用情况，使计算机系统的处理能力得以提高。但也存在一些缺点，如磁带需人工拆装，既麻烦又容易出错。而另一个更重要的问题则是系统的安全性问题。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相互调用关系，任何一个环节出问题，整个系统都会停顿。另外也无法防止用户程序破坏监督程序和系统程序。

20 世纪 60 年代初，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部设备工作，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 和输入输出设备也能并行操作。所谓中断，是指主机接到外部信号时马上停止原来的工作，转去处理这一事件，处理完毕后，主机再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，原来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功能。这个扩展了的监督程序常驻内存，被称为执行系统。

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，主机与通道、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。

1.2.4 多道程序系统

上述的批处理系统和执行系统有一个共同之处，就是每次调用一个用户程序进入内存，称为单道运行。单道程序的运行情况如图 1-3 所示。

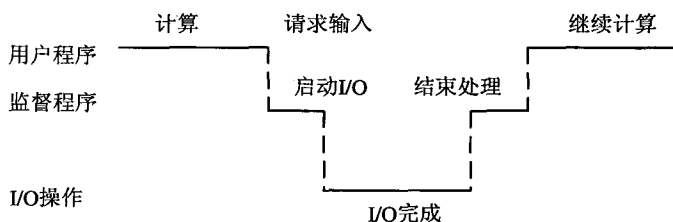


图 1-3 单道程序工作示例

从图 1-3 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。我们知道，操作系统的宗旨是要提高资源的利用率，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技术。

多道程序运行情况如图 1-4 所示。图中，用户程序 A 首先在处理机上运行，当它需要从输入设备输入新的数据时，系统帮助它启动输入设备进行输入，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，系统接收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，也无其他用户程序需要计算，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。

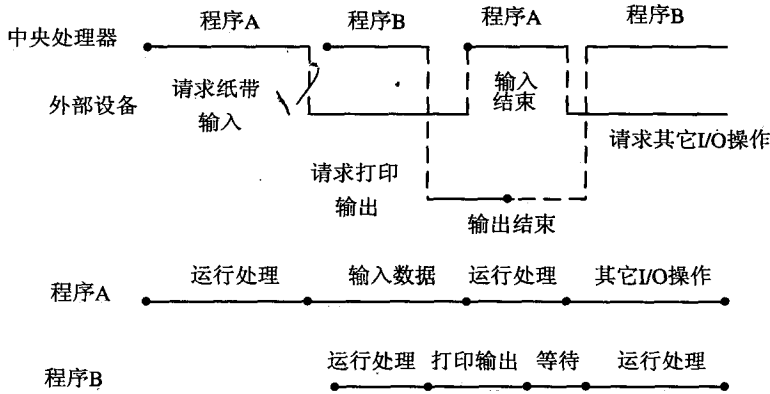


图 1-4 多道程序工作示例

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，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，管理程序便将另一道程序投入运行。这样可以使中央处理器及各外部设备尽量处于忙碌状态，从而大大地提高计算机的使用效率。

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，即同时进入系统的几道程序都处于运行过程中，在一段时间内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，因为系统中只有一个 CPU，所以各道程序轮流使用 CPU，交替执行。

在批处理系统中采用多道程序设计技术，就形成了多道批处理系统。在该系统中，要处理的许多作业放在外部存储器中，形成作业队列，等待运行。当需要调入作业时，由操作系统中的作业调度程序根据一定的调度原则，将满足资源条件且符合调度原则的几个作业调入内存，让它们交替运行。采取这种方式，在内存中总是同时存有几道程序，系统资源的利用率是比较高的。

1.2.5 分时系统

在批处理方式下，用户以脱机操作方式使用计算机，用户在提交作业以后就完全脱离了自己的作业，不管出现什么情况都不能加以干预，只有等该批作业处理结束后，用户才能拿到计算结果。根据结果再作下一步处理，若有错，还得重复上述过程。尽管计算机效率高，但是却给用户使用计算机带来麻烦。

人们十分留恋手工操作阶段的联机工作方式。那时，用户独占机器，并且直接控制程序的运行，可以随时了解程序运行情况。但是，这种工作方式的机器效率极低。那么，是否可以找到一个既能保证机器效率，又能方便用户使用的方法呢？20 世纪 60 年代中期，计

计算机技术和软件技术的发展实现了这种可能。由于主机速度的不断提高和采用了分时技术，一台计算机可同时为多个终端用户服务，而每个用户可在自己的终端设备上联机使用计算机，就好像自己独占机器一样。

所谓分时技术，是把处理机的时间分成很短的时间片，这些时间片轮流分给各联机作业使用。如果某个作业在分配给它的时间片用完之前还未完成计算，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。这样，每个用户的各次要求都能得到快速响应，就好像独占计算机一样。

采用分时技术可以使一台计算机同时为多个联机终端用户使用，提供联机操作和较快的响应时间，这种处理方式称为分时处理。采用分时技术的系统称为分时系统。在这样的系统中，一台计算机和许多终端设备连接。每个用户可以通过系统发出各种控制命令，请求完成某项工作，而系统则分析从终端发来的命令，完成用户提出的要求，输出一些必要的信息，如给出提示符，报告运行情况和操作结果。用户根据系统给出的信息，向系统提出下一步请求。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。

1.2.6 实时系统

20世纪60年代中期计算机进入第三代，计算机的性能和可靠性有了很大的提高，造价亦大幅下降，计算机应用越来越广泛。计算机用于工业过程控制、军事实时控制等，形成了各种实时系统。

实时处理是以快速响应和可预测为特征的。“实时”的含义是指计算机在规定的时间内做出最快的反应。根据被控对象的要求，其响应时间要求在秒级、毫秒级甚至微秒级或更小。

20世纪60年代中期至70年代中期，出现了一些通用系统，这样的系统可同时支持批量处理、分时处理、实时处理三者或其中的二者，这就形成了通用操作系统。

1.2.7 操作系统的进一步发展

随着大规模集成电路工艺技术的飞速发展，以及微处理器的出现和发展，计算机有了更大的发展和普及，操作系统也有了进一步的发展，例如，个人计算机上的操作系统、嵌入式操作系统、网络操作系统、分布式操作系统等。

1.3 操作系统的类型

通过上一节的讨论，我们已经知道，随着计算机技术和软件技术的发展，已形成了各种类型的操作系统，以满足不同的应用要求。根据使用环境和对计算任务的处理方式不同，操作系统可分为以下几种类型：

- (1) 批处理操作系统；
- (2) 分时操作系统；
- (3) 实时操作系统；
- (4) 个人计算机操作系统；

- (5) 网络操作系统;
- (6) 分布式操作系统。

下面分别对它们作一概要的说明。

1.3.1 批处理操作系统

批处理操作系统把用户提交的作业成批送入计算机, 然后由作业调度程序自动选择作业运行。这样能缩短作业之间的交接时间, 减少处理机的空闲等待时间, 从而提高系统的效率。

批处理系统的主要特征是:

(1) 多道性。在内存中可同时驻留多道程序, 并允许它们并发执行, 从而有效地提高了资源的利用率和系统吞吐量。

(2) 无序性。多个作业完成的先后顺序与它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甚至最后完成, 而后进入内存的作业又可能先完成。

(3) 调度性。作业从提交给系统开始直至完成, 需要经过作业调度和进程调度。

多道批处理系统的优点是, 由于在内存中装入了多道程序, 使它们共享资源, 保持资源处于忙碌状态, 因此不但提高了系统吞吐量, 而且使各种资源得以充分利用。其缺点是无交互性, 用户一旦把作业提交给系统后直至作业完成, 用户都不能与自己的作业进行交互, 而且作业周转时间长, 用户使用不方便。

1.3.2 分时操作系统

分时系统一般采用时间片轮转的方式使一台计算机为多个终端用户服务, 对每个用户能保证足够快的响应时间, 并提供交互会话的能力。

分时系统的主要特征是:

(1) 多路性。允许在一台主机上同时连接多台终端, 系统按分时原则为每一个用户服务。宏观上是多个用户同时工作, 共享系统资源; 而微观上则是每个用户作业轮流运行一个时间片。

(2) 独立性。每个用户各占一个终端, 彼此独立操作, 互不干扰, 让用户感觉好像独占主机一样。

(3) 及时性。用户的请求能在很短时间内获得响应, 此时间间隔是以人们所能接受的等待时间来确定的。

(4) 交互性。用户与计算机之间进行“会话”, 用户从终端输入命令, 提出计算要求, 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屏幕或打印机告诉用户, 用户可以根据运算结果提出下一步要求, 直到全部工作完成。

1.3.3 实时操作系统

实时系统主要是随着计算机应用于实时控制和实时信息处理而发展起来的。实时系统是指系统能及时响应外部事件的请求, 在规定的时间内完成对该事件的处理, 并控制所有实时任务协调一致地运行。