

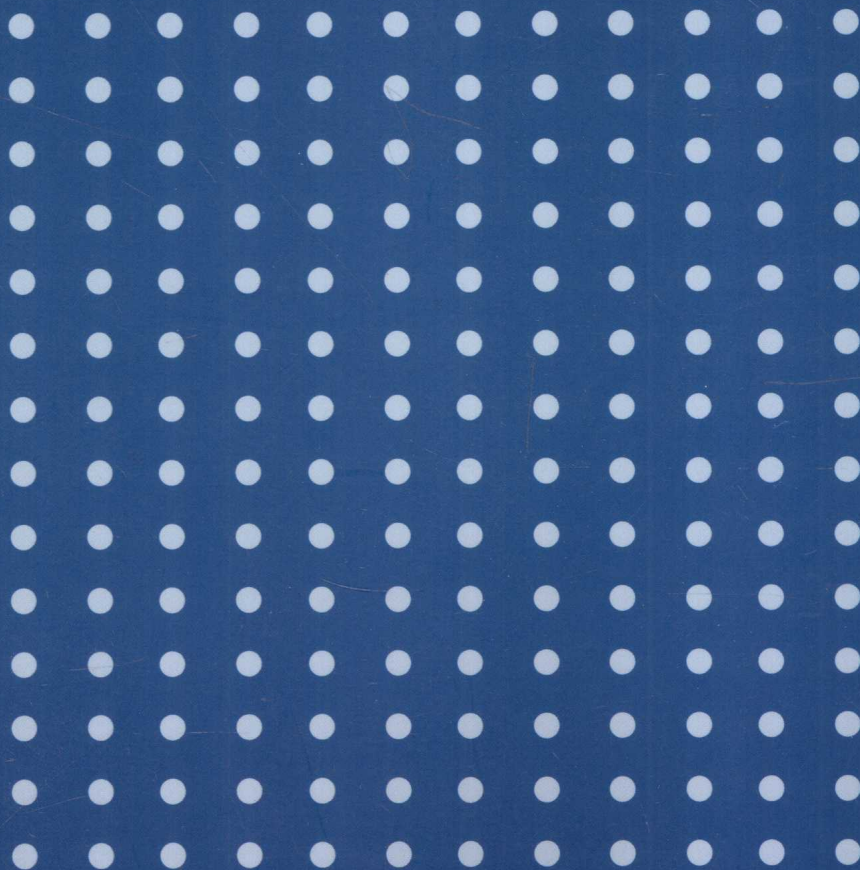


北京市高等教育精品教材立项项目

重点大学计算机专业系列教材

操作系统

湛卫军 王浩娟 编著



清华大学出版社



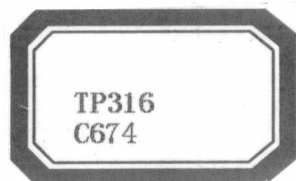


郑州大学 *04010748316Y*



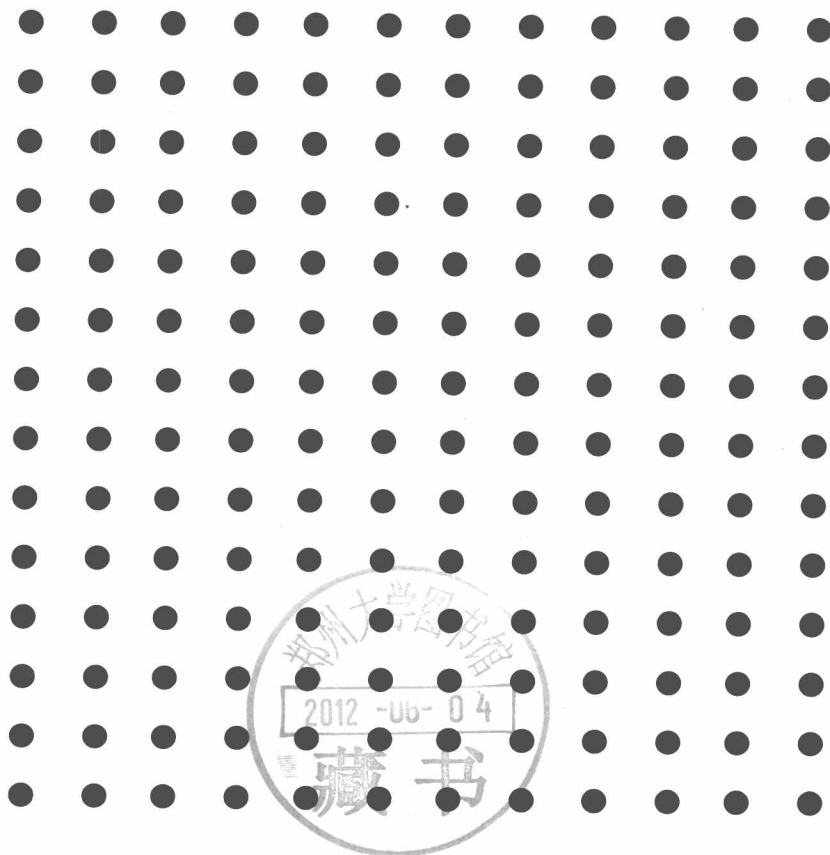
北京市高等教育精品教材立项项目

重点大学计算机专业系列教材



操作系统

湛卫军 王浩娟 编著



清华大学出版社

北京

TP316
C674

内 容 简 介

本书是清华大学本科生专业课程“操作系统”的教材,主要介绍操作系统的基本概念和基本原理,包括进程管理、死锁、存储管理、I/O设备管理和文件系统等,内容涵盖了现代操作系统所应具备的各个功能模块。

操作系统是一门比较难的专业课程,内容较为单调枯燥、晦涩难懂,学生不易掌握。本书作者具有丰富的教学经验,曾荣获霍英东教育基金会高等院校青年教师奖、北京市高校青年教师教学基本功比赛一等奖等奖项,对教学规律、课程内容和学生特点有深入的理解。因此,在写作本书时,能够生动活泼、通俗易懂地讲述复杂的原理概念,这一点已经在教学实践中得到了充分的验证。另外,为了配合课程的内容,在每一章的末尾,附有大量的习题,以便读者及时地复习相关的内容。

本书适合作为高等院校计算机、软件、自动化和电子等专业本科生的操作系统课程教材,也适合正在学习操作系统的广大科技人员、软件工程师和青少年学生参考。尤其是对于即将参加研究生入学考试的学生来说,本书是一本不可多得的参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

操作系统/谌卫军,王浩娟编著. —北京:清华大学出版社,2012.5

(重点大学计算机专业系列教材)

ISBN 978-7-302-26631-0

I. ①操… II. ①谌… ②王… III. ①操作系统—高等学校—教材 IV. ①TP316

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 178471 号

责任编辑:魏江江 李玮琪

封面设计:傅瑞学

责任校对:时翠兰

责任印制:王静怡

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:14.25

字 数:346千字

版 次:2012年5月第1版

印 次:2012年5月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:25.00元

产品编号:036727-01

出版说明

随着国家信息化步伐的加快和高等教育规模的扩大,社会对计算机专业人才的需求不仅体现在数量的增加上,而且体现在质量要求的提高上,培养具有研究和实践能力的高层次的计算机专业人才已成为许多重点大学计算机专业教育的主要目标。目前,我国共有16个国家重点学科、20个博士点一级学科、28个博士点二级学科集中在教育部部属重点大学,这些高校在计算机教学和科研方面具有一定优势,并且大多以国际著名大学计算机教育为参照系,具有系统完善的教学课程体系、教学实验体系、教学质量保证体系和人才培养评估体系等综合体系,形成了培养一流人才的教学和科研环境。

重点大学计算机学科的教学与科研氛围是培养一流计算机人才的基础,其中专业教材的使用和建设则是这种氛围的重要组成部分,一批具有学科方向特色优势的计算机专业教材作为各重点大学的重点建设项目成果得到肯定。为了展示和发扬各重点大学在计算机专业教育上的优势,特别是专业教材建设上的优势,同时配合各重点大学的计算机学科建设和专业课程教学需要,在教育部相关教学指导委员会专家的建议和各重点大学的大力支持下,清华大学出版社规划并出版本系列教材。本系列教材的建设旨在“汇聚学科精英、引领学科建设、培育专业英才”,同时以教材示范各重点大学的优秀教学理念、教学方法、教学手段和教学内容等。

本系列教材在规划过程中体现了如下一些基本组织原则和特点。

(1) 面向学科发展的前沿,适应当前社会对计算机专业高级人才的培养需求。教材内容以基本理论为基础,反映基本理论和原理的综合应用,重视实践和应用环节。

(2) 反映教学需要,促进教学发展。教材要能适应多样化的教学需要,正确把握教学内容和课程体系的改革方向。在选择教材内容和编写体系时注意体现素质教育、创新能力与实践能力的培养,为学生知识、能力、素质协调发展创造条件。

(3) 实施精品战略,突出重点,保证质量。规划教材建设的重点依然是专业基础课和专业主干课;特别注意选择并安排了一部分原来基础比较好的优秀教材或讲义修订再版,逐步形成精品教材;提倡并鼓励编写体现重点大学

计算机专业教学内容和课程体系改革成果的教材。

(4) 主张一纲多本,合理配套。专业基础课和专业主干课教材要配套,同一门课程可以有多本具有不同内容特点的教材。处理好教材统一性与多样化的关系;基本教材与辅助教材以及教学参考书的关系;文字教材与软件教材的关系,实现教材系列资源配套。

(5) 依靠专家,择优落实。在制订教材规划时要依靠各课程专家在调查研究本课程教材建设现状的基础上提出规划选题。在落实主编人选时,要引入竞争机制,通过申报、评审确定主编。书稿完成后要认真实行审稿程序,确保出书质量。

繁荣教材出版事业,提高教材质量的关键是教师。建立一支高水平的以老带新的教材编写队伍才能保证教材的编写质量,希望有志于教材建设的教师能够加入到我们的编写队伍中来。

教材编委会

前言

操作系统是计算机系统中必不可少的系统软件。一方面,它能有效地管理计算机的各个功能部件,使之正常运转;另一方面,它给用户提供了一个方便灵活、安全可靠的工作环境。对于普通的计算机用户,操作系统是一个操作环境,是执行各种应用程序的一个平台,用户可以在它上面编辑文档、上网聊天、播放视频等。而对于程序员,操作系统则是一组抽象的应用程序编程接口,程序员可以利用这些接口函数来编写丰富多彩的应用程序。因此,了解操作系统的基本原理,能够帮助人们更好地使用计算机,更好地编写应用程序。

操作系统是计算机专业的一门核心课程,包含了许多重要的专业基础知识。然而,由于它的内容较为单调枯燥、晦涩难懂,使得不少学生对它望而生畏、敬而远之。如何解决这个问题呢?我们认为,关键还是在于教师的正确引导,在于有一本好的教材,能够以生动活泼、通俗易懂的方式来阐述复杂的原理概念,把晦涩难懂的知识点真正讲清楚、讲明白。事实上,难懂只是一个结果,其原因还是没有讲清楚。本书的作者具有丰富的教学经验,曾经荣获霍英东教育基金会高等院校青年教师奖、北京市高校青年教师教学基本功比赛一等奖、清华大学青年教师教学优秀奖、清华大学清韵烛光第一届“我最喜爱的教师”评选活动“十佳教师”等奖项和荣誉,对教学规律、课程内容和学生的特点有深入的理解,这对于教材的编写毫无疑问是大有裨益的。

本书遵循操作系统课程的教学大纲要求,内容共分6章。第1章是概述,主要介绍操作系统的基本概念、发展历史和运行环境;第2章是进程管理,主要介绍进程和线程的基本概念、进程间通信、经典的进程间通信问题以及进程调度;第3章是死锁,主要介绍死锁的基本概念、死锁的检测和解除、死锁的避免及预防;第4章是存储管理,主要介绍单道程序存储管理、分区存储管理、页式和段式存储管理以及虚拟存储技术;第5章是I/O设备管理,主要介绍I/O硬件、I/O控制方式、I/O软件以及磁盘;第6章是文件系统,主要介绍文件的基本概念、目录的基本概念以及文件系统的实现。另外,为了配合课程的内容,在每一章的末尾都附有大量的习题,以便读者及时地复习相关内容。

本书是清华大学本科生课程“操作系统”的教材,该课程已经实施了八年多的时间。在教学实践过程中,我们根据各方面的反馈情况,不断地进行更新和完善,目前已进入了较为成熟和稳定的阶段。同时,这门课程也得到了学生的认可,取得了较好的成绩。在最近五年的教学评估中,该课程有两次进入了全校的前十名,另有两次进入了全校的前 5%。本书就是对这八年来我们工作的一个总结,希望与各位读者分享。

在本书的写作过程中,得到了许多人的关心和帮助,在此一并表示感谢。其中,Tanenbaum 的 *Modern Operating Systems* 和 Silberschatz 的 *Operating System Concepts* 不愧为操作系统书籍的经典代表,使我受益匪浅。

最后,我要特别感谢我的父母和家人,谢谢你们关心、理解和支持。尤其是我的女儿谌玥颖,你总是能给我带来开心和快乐。

谌卫军

2012 年 3 月 1 日于清华园

目录

第 1 章 操作系统概述	1
1.1 操作系统的概念	1
1.2 操作系统的发展历史	2
1.3 操作系统的类型	6
1.4 操作系统的硬件环境	8
1.4.1 受保护的指令	8
1.4.2 系统调用	9
1.4.3 内存保护	10
1.4.4 中断机制	10
习题	11
第 2 章 进程管理	13
2.1 进程	13
2.1.1 为何引入进程	13
2.1.2 什么是进程	14
2.1.3 进程的特性	15
2.1.4 进程的创建与终止	16
2.1.5 进程的状态	17
2.1.6 状态队列	21
2.2 线程	22
2.2.1 线程的概念	22
2.2.2 线程的实现	24
2.2.3 一个例子	25
2.3 进程间通信与同步	27
2.3.1 进程间通信方式	28
2.3.2 进程的互斥	29
2.3.3 基于关闭中断的互斥实现	31

2.3.4	基于繁忙等待的互斥实现	32
2.3.5	信号量	35
2.3.6	进程的同步	37
2.4	经典的 IPC 问题	41
2.4.1	生产者-消费者问题	41
2.4.2	哲学家就餐问题	42
2.4.3	读者-写者问题	46
2.5	进程调度	47
2.5.1	关于调度的若干问题	48
2.5.2	批处理系统中的调度算法	51
2.5.3	交互式系统中的调度算法	55
2.5.4	实时系统中的调度算法	60
	习题	60
第 3 章	死锁	67
3.1	死锁概述	67
3.1.1	什么是死锁	67
3.1.2	资源	68
3.1.3	死锁的模型	69
3.2	死锁的检测和解除	71
3.2.1	死锁检测算法	71
3.2.2	死锁的解除	72
3.3	死锁的避免	73
3.3.1	资源轨迹图	74
3.3.2	安全状态与不安全状态	75
3.3.3	银行家算法	77
3.4	死锁的预防	80
	习题	81
第 4 章	存储管理	84
4.1	单道程序存储管理	85
4.2	分区存储管理	87
4.2.1	固定分区存储管理	87
4.2.2	可变分区存储管理	89
4.2.3	可变分区的实现	90
4.2.4	内存中的程序执行	94
4.2.5	重定位和存储保护	96
4.3	页式和段式存储管理	99
4.3.1	页式存储管理	99

4.3.2	段式存储管理	106
4.3.3	页式管理与段式管理的比较	111
4.3.4	段页式存储管理	112
4.4	覆盖技术与交换技术	113
4.4.1	覆盖技术	114
4.4.2	交换技术	115
4.5	虚拟存储技术	116
4.5.1	程序的局部性原理	117
4.5.2	虚拟存储技术的原理	117
4.5.3	虚拟页式存储管理	118
4.5.4	页面置换算法	122
4.5.5	工作集模型	129
4.5.6	虚拟页式的设计问题	131
4.5.7	虚拟段式存储管理	137
	习题	138
第5章	I/O 设备管理	147
5.1	I/O 硬件	147
5.1.1	I/O 设备的类型	148
5.1.2	设备控制器	148
5.1.3	I/O 地址	149
5.2	I/O 控制方式	153
5.2.1	程序循环检测方式	153
5.2.2	中断驱动方式	155
5.2.3	直接内存访问方式	158
5.3	I/O 软件	161
5.3.1	I/O 软件的接口	161
5.3.2	I/O 软件的层次结构	166
5.4	磁盘	173
5.4.1	磁盘的硬件	173
5.4.2	磁盘格式化	176
5.4.3	磁盘调度算法	177
5.4.4	出错处理	180
	习题	181
第6章	文件系统	185
6.1	文件	186
6.1.1	文件的基本概念	186
6.1.2	文件的使用	189

6.2	目录	189
6.2.1	目录的基本概念	189
6.2.2	目录的结构	190
6.3	文件系统的实现	193
6.3.1	文件系统的布局	194
6.3.2	文件的实现	195
6.3.3	目录的实现	201
6.3.4	系统调用的实现	203
6.3.5	空闲空间管理	207
	习题	209
	参考文献	213

操作系统概述

第 1 章

1.1 操作系统的概念

请读者思考一个问题：在一个计算机系统当中为什么要有操作系统？没有操作系统行不行呢？

图 1.1 所示为一个计算机系统的体系结构。从图 1.1 中可以看出，在一个计算机系统中，通常会包括以下一些部件：中央处理器(Central Processing Unit, CPU)、内存、磁盘(如软盘和硬盘)、输入设备(如键盘和鼠标)、输出设备(如显示器和打印机)。这些部件之间是通过总线 Bus 连接在一起的。

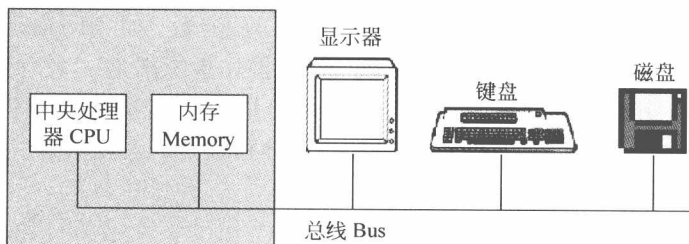


图 1.1 计算机体系结构图

那么计算机系统的目标是什么呢？对于普通的终端用户来说，可能希望计算机系统能够为我们提供几个基本的功能：高性能的计算、数据的存储和管理以及数据的处理和呈现。以媒体播放为例，假设要在计算机上播放一部电影，由于电影文件的格式一般都是压缩的，如 MPEG，因此在制作电影时，需要对原始数据进行压缩；而在播放电影时，需要对压缩后的数据进行解压缩，而这种压缩和解压缩的操作就需要大量的计算。另外，一部电影以什么样的形式存放在计算机当中，怎样对它进行管理，在播放电影时，如何在屏幕上显示一幅幅的图像，这些都是需要计算机系统帮我们解决的问题。那么计算机系统如何实现这些目标呢？

计算机系统是通过各种应用软件来实现上述目标的，以电影播放为例，

通常使用的播放软件是 Windows 媒体播放器、RealPlayer 播放器等。一般来说,这些应用软件必须具备如下一些特点:一是功能正确、性能稳定;二是易于开发、易于维护;三是可重用性好。如果应用软件的开发是直接面向机器硬件的,需要直接对声卡、显卡、键盘等硬件进行编程,那么在这种情形下,这些目标容易实现吗?

如果直接面对硬件来开发应用软件,那么不仅需要知道应用软件本身的实现逻辑,包括该软件有多少个功能模块、每个模块的功能如何、相互关系如何等,除此之外,还要考虑许多与硬件相关的问题,例如,如何把键盘缓冲区中的数据复制到内存中?如何在屏幕上的某个位置显示一个字符?如何读取磁盘的第 51 个扇区?如果有多个程序同时需要使用 CPU,怎么协调?总之,如果每个程序员在编写每一个应用程序的时候,都要去考虑这样一些琐碎的细节问题,那么编程的效率将会极其低下。

如何解决这个问题呢?通常的做法就是在硬件和应用软件之间引入一层专门的软件。其功能主要有两个:一是管理系统的各个部件,使它们能正常运转;二是给上层的应用软件提供一个易于理解和编程的接口。这一层软件就是本书的主题:操作系统。

操作系统是计算机系统中的一个系统软件,它是一些程序模块的集合,这些程序模块能够以尽量有效、合理的方式来管理和分配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够高效地运行。

实际上,对于不同的人来说,他们眼中的操作系统是不一样的。对于操作系统的设计者来说,操作系统是系统资源的管理者,即如何管理 CPU、内存和 I/O 设备等系统部件,使它们能正常运转。对于应用程序开发人员来说,操作系统是一组抽象的 API(Application Programming Interface,应用程序编程接口)。例如,我们在 Windows 操作系统上编写应用软件时,使用的都是 Windows 的各种 API 函数,如 MessageBox、CreateWindow 和 DrawText 等。而对于普通的终端用户来说,操作系统则是一个操作环境,是执行各种操作的一个平台,用户可以在上面编写程序,也可以在上面执行各种各样的应用程序,如使用 Word 编写文档,使用 QQ 上网聊天,使用媒体播放器观看视频等。

1.2 操作系统的发展历史

操作系统的发展,大致可以分为五个阶段。

第一个阶段是 20 世纪 50 年代,那时,计算机刚刚诞生不久,价格非常昂贵,主要是作为一种实验装备存在于各个学校、政府机构的实验室当中。在这个阶段,程序设计全部采用机器语言,没有汇编语言,也没有高级程序设计语言,更谈不上什么操作系统了。程序的输入与输出,主要通过纸带或卡片来完成。程序员的编程,如图 1.2 所示,就是在纸带或卡片上编写机器语言指令,即二进制 0、1 形式的指令,然后把这样写好的程序交给计算机,计算机在计算出结果后,同样以这种纸带的



图 1.2 纸带编程

形式输出结果。

在这种方式下,在一个程序员上机期间,他总是在控制台前调试程序,需要占用整台机器的所有资源,包括主机和外设等。而且用户既是程序员又是操作员,主要靠手工来操作。另外,在上机过程中,一次只能完成一个功能,各个功能之间没有重叠。例如,当用户正在手工装入或取走纸带时,CPU就停在那里等待,这样CPU的时间就浪费了。而当用户在思考问题或编写程序时,那些输入输出设备也停在那里等待。显然,与计算机相比,用户操作的速度是非常慢的。因此,这个阶段的主要问题是由于手工操作的效率低下,造成了CPU等待的时间过长,从而导致了资源的浪费。

在操作系统发展的第二个阶段,硬件仍然比较昂贵,而人力则比较便宜。为了克服第一个阶段中的问题,提高计算机的使用效率,就必须把人从计算机旁边移开,尽可能地减少手工操作。因此,在20世纪50年代末到60年代中,人们设计了批处理管理程序,来实现作业的自动转换处理,这就是操作系统的雏形。

批处理的基本思路是把程序员和操作员这两个角色分开,程序员负责编写程序,操作员负责操作计算机。具体来说,程序员在其他地方编写程序,然后把程序以卡片或磁带的形式提交给负责调度的操作员。然后,操作员把很多作业“成批”地输入到计算机当中。最后,由常驻内存的批处理管理程序自动地去识别、装入一个作业,并运行它,运行结束之后,再去取下一个作业。由于这种简单的批处理方式是串行地执行作业,每次只执行一个作业,因此被称为“单道批处理”。例如,如果读者使用过DOS操作系统,就会知道,DOS是一种基于命令行的操作系统,每次只能执行一条命令。但用户可以编写一个.bat文件,即批处理文件,把很多条命令都放在其中。这样,只要输入该批处理文件的名字,系统就会把它里面的每一条命令按照顺序依次执行。

这种简单的单道批处理方式提高了硬件的使用效率,但是它存在两个主要的问题。首先,程序的调试比较困难,因为程序员没有办法在现场实时地调试他的程序。其次,由于慢速的输入输出处理仍然直接由CPU来控制,这就使CPU和输入输出设备的使用忙闲不均。具体来说,由于输入输出设备的访问速度比较慢,而CPU的计算速度非常快,因此在单道批处理的方式下,对于那些以计算为主的作业,在大部分时间内,外设都是空闲的;而对于那些以输入输出为主的作业,虽然它们也要用到CPU,但CPU的工作量小,且速度又快,因此在大部分时间内,CPU都是空闲的。这样一来,就又造成了资源的浪费。

为了解决输入输出设备与CPU之间速度不匹配的问题,在20世纪60年代初,发展了通道技术和中断技术,这些技术的出现使得输入输出访问与CPU计算可以重叠地进行。通道用于控制输入输出设备与内存之间的数据传输,它有专用的输入输出处理器,在启动后可以独立于CPU运行,从而实现了CPU与输入输出之间的并行工作。为了实现通道技术,又必须用中断技术来支持。中断是指CPU在收到外部中断信号后,停止原来的工作,转去处理该中断事件,在完成后重新回到原来的断点继续工作。

软件和硬件的发展总是相辅相成的,随着硬件技术的发展,如内存容量的不断增大、大容量辅助存储器的出现,以及通道和中断技术的出现等,计算机体系结构发生了很大的变化。相应地,为了充分利用这些硬件资源,提高它们的使用效率,软件系统也要随之发生变化。因此,在20世纪60年代中期到70年代中期,出现了多道批处理系统,这也标志着现代意义上的操作系统的出现。

所谓多道,即允许在内存中同时存放多个作业,由 CPU 以切换的方式为它们服务。如图 1.3 所示,假设开始时作业 A 在 CPU 上运行,后来它需要进行输入输出操作,因此 CPU 转而执行另一个作业 B,这样就使得多个作业可以同时执行。当然,所谓同时执行只是从宏观上来看,它们都处于运行状态,但是都没有运行完。但从微观上来看,各个作业实际上是在串行地运行,它们交替地使用 CPU 和输入输出设备(I/O 设备)。

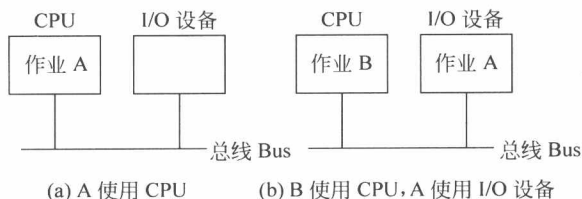


图 1.3 多道程序技术

图 1.4 所示为单道和多道批处理的一个例子。有两个作业甲和乙,它们在运行过程中都要用到 CPU 和输入输出设备,这里用实心横线段表示甲对输入输出设备的使用,用横线点线段表示甲对 CPU 的使用;用带有阴影的方框表示乙对输入输出设备的使用,用双横线表示乙对 CPU 的使用。线段的长短表示使用时间的长短。

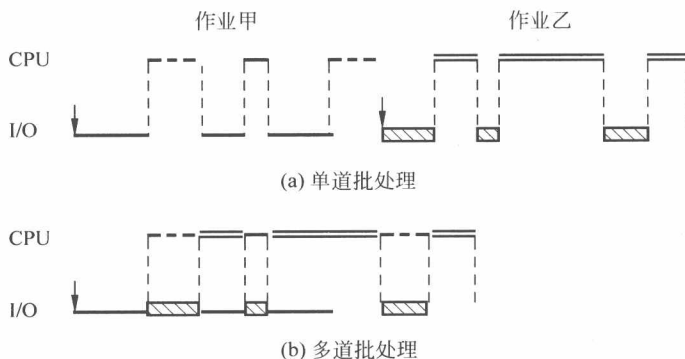


图 1.4 单道与多道批处理的比较

在单道批处理的环境下,作业的执行是一个接一个,先执行甲,然后再执行乙。而在多道批处理系统中,这两个作业的运行方式发生了变化,大家轮流去使用 CPU 和输入输出设备,而且可以并发地进行。当一个作业在使用 CPU 时,另一个作业可以去使用输入输出设备,这样就充分提高了设备的利用效率。从图 1.4 中可以看出,在多道批处理系统中,这两个作业完成的总时间要远远少于单道批处理。

那么如何去构造一个多道批处理系统呢? 这需要解决以下一些技术问题:

- 内存管理,由于在内存中同时存在多个作业,因此需要给每个作业都分配内存;
- 内存保护,系统要进行内存保护,以避免一个程序中的错误造成整个系统的崩溃,或是破坏其他程序的执行;
- CPU 调度,由于 CPU 只有一个,而作业有多个,因此需要在多个作业之间不断切换,每次选择其中的某一个去执行;

- 作业间交互,系统还要去管理各个并发运行的作业之间的交互关系。

在当时的历史条件下,编写这样的—个系统是非常困难的。首先,这个系统非常复杂,而在当时,人们缺乏编写复杂软件系统的经验;其次,这个系统完全是用汇编语言来编写的,而汇编语言本身是一种低级语言,用它编写的程序,可读性和可移植性都比较差,这就增大了系统编写的难度。IBM 曾经推出了一个操作系统 OS/360,这是第一个为—系列计算机而设计的操作系统,它的目标是使所有的计算机(从最小的机器到最大的机器)都能运行这个操作系统。这个计划是 1963 年提出的,但是直到 1968 年它才正式开始启动。而且在它发布的时候,就已经带着已知的 1000 多个 bug。由此可见,在当时要想编写一个操作系统有多么困难。但正是这些困难,引发了学者们研究的兴趣,越来越多的科研人员参与了进来,最终使操作系统成为—门重要的学科。

在多道批处理系统中,能够实现 CPU 与输入输出设备之间的并发运行,这样就提高了系统资源的使用效率。但它也有一个缺点,即它没有从用户的角度出发,解决用户对响应时间的要求。例如,假设在一个多道批处理系统中,用户提交了一个很短的作业,如果它真正运行的话,那么很快就能得到结果。但由于系统中有很多其他的作业,而这个短作业不巧被卡在—些比较长的大作业后面,那它就需要等其他任务都执行完了之后才能轮到它,这样,对它来说就很不公平。实际上,在生活当中也有这样的例子,比如我们去银行存钱或取钱,这是一项非常简单的业务,由于金额很小,真正办理起来可能只要—两分钟的时间。但是在排队的时候,如果排在我们前面的正好是一个大客户,需要存—大笔钱,那就麻烦了,这就会使我们的等待时间变得极其漫长。显然,这对我们来说是很不公平的。大客户的等待时间长,那是应该的,因为他的处理时间也长。而我们的处理时间那么短,可是等待时间却比他还要长,这自然不太公平。

在操作系统发展的第三个阶段,硬件比以前要便宜了一些,但人力资源开始昂贵起来。在 20 世纪 70 年代中期,出现了分时操作系统。所谓分时,指的是多个用户分享地使用同一台计算机,如图 1.5 所示,由于计算机还是比较昂贵,因此只有—台;而终端比较便宜,它只包括显示器、键盘和通信等基本模块,因此可以做到人手—台。然后把这些终端与计算机主机相连。在使用的时候,所有的用户都共享主机的所有资源,都可以与系统立即交互,这样在调试程序的时候就比较方便,能实时地返回运行结果。分时系统的基本思路是把 CPU

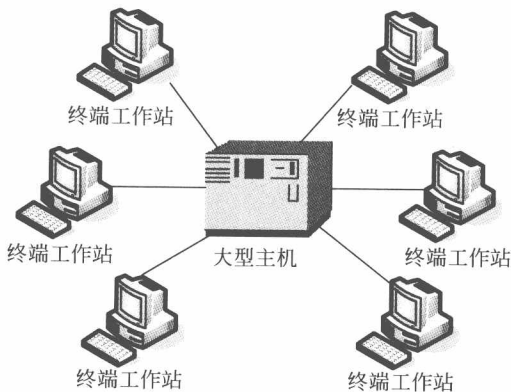


图 1.5 分时系统

的时间划分为一个个的时间片,然后让每个作业轮流运行,由于 CPU 的运算速度非常快,因此每个作业都感觉不到是在轮流运行,以为它是在独享主机。

下面来看一些分时操作系统的例子。CTSS 是由 MIT 开发的,它是最早的分时操作系统之一,在调度方面进行了一些开拓性的工作。Multics(MULTiplexed Information and Computing Service)是 1963 年由 MIT、贝尔实验室和通用电气公司联合开始研制的,其设计目标是“公用计算服务系统”,也就是说,用户在自己的家里,使用终端并通过电话线来接入计算机主机,然后像使用水、电、煤气等生活资源一样来使用这台计算机的计算资源,并且缴纳相应的费用。但是人们低估了这个系统的研制难度,长期的研制工作却达不到预期的目标,因此贝尔实验室和通用电气公司相继退出了这个项目。不过,经过多年的努力,这个项目还是在 1969 年投入了使用。而且在 Multics 的研制过程中,引入了许多现代操作系统领域内的概念雏形,对随后的操作系统的发展,尤其是 UNIX 操作系统的成功,有着巨大的影响。

1969 年,在贝尔实验室退出 Multics 操作系统的研究项目之后,它的两个研究员——Ken Thompson 和 Dennis Ritchie 在一台无人使用的 PDP-7 计算机上,开发了一款名为“空间旅行”的游戏。为了使这款游戏能够在 PDP-7 上顺利地运行,他们陆续开发了浮点运算软件包、显示驱动软件,并设计了文件系统、实用程序、命令解释器(shell)和汇编程序。到了 1970 年,在一切完成后,他们给新系统起了一个名字,叫 UNIX。最初,UNIX 是用汇编语言编写的,后来 Ritchie 发明了 C 语言,因此,他就和 Thompson 把整个系统用 C 语言重新改写了。由于 UNIX 是用高级语言编写的,因此它能够在不同的硬件平台之间移植,具有良好的可移植性,是一种能够在笔记本电脑、PC、工作站甚至是巨型机上运行的操作系统。可以说,UNIX 是现代操作系统的代表,从它问世以来一直到现在,都显示着强大的生命力。UNIX 运行时的安全性、可靠性以及强大的计算能力赢得了广大用户的信赖,已经成为一种不断发展的、商业化的操作系统。

在操作系统发展的第四个阶段,硬件已经很便宜,可以做到人手一台,如苹果机、IBM PC 等。有了硬件之后,就必须有相应的软件与之相配套。1974 年,Intel 公司推出了 8080 芯片,这是第一款通用的 8 位 CPU 芯片,Intel 还聘请公司的顾问 Gary Kildall 为该芯片设计了 CP/M 操作系统,这是世界上第一个个人计算机操作系统。Gary 由此成立了 Digital Research 公司,来进一步开发和销售 CP/M 系统,后来名声越来越大,在大约 5 年的时间内,完全统治了个人计算机的市场。20 世纪 80 年代初期,IBM 设计了著名的 IBM PC,需要寻找一些能在上面运行的软件。微软公司抓住这个机会,先是推销了自己早期的拳头产品 Basic 语言,随后又研发了一个操作系统,即磁盘操作系统(Disk Operating System, DOS),由此搭上 IBM 这趟蓝色列车。

操作系统发展的第五个阶段就是现代操作系统,现代操作系统的主要特点是:规模越来越庞大,功能越来越复杂,而且早已进入了互联网时代,网络连接你、我、他。

1.3 操作系统的类型

操作系统大致可以分为以下几种类型:批处理操作系统、分时操作系统、实时操作系统、嵌入式操作系统、个人计算机操作系统和分布式操作系统。其中,批处理操作系统和分