



普通高等教育“十三五”规划教材



操作系统 原理与实践

◎ 曾宪权 冯战申 章慧云 主编

普通高等教育“十三五”规划教材

操作系统原理与实践

主 编 曾宪权 冯战申 章慧云

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

操作系统是计算机系统的核心和灵魂,是其他软件运行的支撑环境,其性能的优劣直接影响整个计算机系统的性能。本书采用理论与实践相结合的方式,系统地介绍了现代操作系统的经典理论和最新应用技术,选择具有代表性的主流操作系统 Linux 和 Windows 作为案例贯穿全书。

全书共分 8 章,基本覆盖了操作系统的基本概念、设计原理和实现技术,尽可能系统、全面地介绍了现代操作系统的基本原理和实现技术。其中,第 1 章介绍操作系统的概念、发展历史、操作系统结构和设计的相关问题;第 2 章讨论操作系统的工作环境和用户界面;第 3 章和第 4 章详细阐述处理器管理、进程同步、通信机制及死锁;第 5 章~第 7 章分别介绍操作系统的存储管理、文件管理和设备管理功能;第 8 章分析操作系统的安全和保护问题。

本书可作为高等学校计算机科学与技术、软件工程及其相关专业本科、专科学生的教材,也可作为考研、考证参考书,还可以作为从事计算机工作的科技人员学习和开发用书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

操作系统原理与实践 / 曾宪权, 冯战申, 章慧云主编. —北京: 电子工业出版社, 2016.2
普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-121-27846-4

I. ①操… II. ①曾… ②冯… ③章… 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(2015)第 300423 号

策划编辑: 袁 玺

责任编辑: 郝黎明

印 刷: 三河市华成印务有限公司

装 订: 三河市华成印务有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 20 字数: 512 千字

版 次: 2016 年 2 月第 1 版

印 次: 2016 年 2 月第 1 次印刷

定 价: 42.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前言

操作系统课程是高等学校计算机科学与技术、软件工程专业的核心课程，也是网络工程、信息安全和自动化等专业学生必须学习和掌握的基础课程。该课程在计算机软硬件课程的设置上起着承上启下的作用，也是打好软件基础的课程，其内容涉及理论、算法、技术和实现等，集成了程序设计知识、数据结构、计算机组成和体系等多种不同门类的计算机专业知识，在整个计算机专业课程体系中扮演着核心角色。因此，操作系统知识的学习对于从事计算机技术的人员来说是非常重要的。但是，在教学实践中，可以发现学生学习和理解这门课程有一定的难度，其原因主要有以下几点。

(1) 操作系统是计算机硬件上的第一层软件，负责管理计算机资源，为其他软件提供运行环境，其涉及计算机软、硬件的诸多知识。

(2) 课程内容较抽象。尽管大家使用计算机时都要与操作系统交互，但是对什么是操作系统、操作系统能够做什么及怎样做等问题并不是很清楚，因而对操作系统倍感抽象、费解。

(3) 发展变化快。计算机操作系统在用户需求的推动下，随着计算机体系的发展而不断发展，是计算机软件中变异、更新最快的软件，因而加重了学生的学习难度。

为了解决这些问题，提高操作系统课程的教学质量，在广泛汲取国内外优秀教材和研究成果的基础上，借鉴、参照 ACM/IEEE-CS2002 和 CCC2002 中操作系统课程教学的相关内容，结合多年操作系统课程的教学经验，编者编写了本书。本书采用“理论—技术—实践”的体系来安排教学内容，以降低问题难度，提高学生学习兴趣，培养学生实践能力和创新意识。与国内相关书籍相比，本书具有以下特点。

(1) 理论联系实际。本书将操作系统原理讲解和实际操作系统结合起来，在介绍原理之后，给出了该原理在实际商用操作系统中的应用，从而把理论与实践有机地结合起来，使抽象的理论更利于理解和消化，提高了学生的学习兴趣。

(2) 实践性强。本书结合教学内容提供了相关编程实例和技术，给出了部分程序的完整 C 语言代码，精选了部分与课程内容相关的实验。每个实验都给出了相关背景知识。读者通过阅读这些背景知识，基本上可以完成这些实验。通过完成这些实验，一方面可以加深读者对操作系统原理的理解，另一方面可以提高学生系统程序设计和分析的能力。

(3) 内容新颖。本书在选材过程中，根据现代操作系统的发展要求，选择最近几年出现的新思想、新概念、新技术，在一定程度上反映了操作系统的发展方向，以提高学生适应迅速变化的操作系统发展的能力，了解操作系统的发展趋势，培养学生的创新能力。

(4) 适用面广。本书做到了理论与实践的有机结合，既讲述了操作系统的基本原理，又介绍了相关的编程知识和技术，既可以作为教材使用，又可以作为计算机工程人员的参考用书。

(5) 便于教学和自学。本书每章都给出了学习要求和建议，课后精选大量习题来巩固课程

内容，给出了一些扩展阅读材料，利于教师教学和读者自学。

全书共分8章，基本上涵盖了现代操作系统的基本概念、设计原理和实现技术。第1章介绍操作系统的概念、功能、特征、发展历史和结构；第2章分析操作系统的工作环境和操作系统提供的服务和接口；第3章~第7章分别介绍了处理器管理与调度、进程同步和死锁、存储管理、文件管理和I/O管理；第8章叙述了操作系统与计算机系统的安全和保护问题。

本书以普通高校计算机科学与技术及其相关专业本、专科学生为主要对象，也可以作为自学和考研参考书。由于各高校的不同专业教学安排要求和教学时间有一定的差别，因此在本书教学内容上可酌情进行取舍。如果课时较充分，则可以讲授全部内容，并安排上机实践来完成实验。如果课时较少，则可讲授每章的基本内容，实验可作为学生的作业。为检查学习效果，每章后留有习题和相应的实验，读者可根据实际需要选择使用。

本书是许昌学院精品课程建设教材，由曾宪权、冯战申、章慧云担任主编，邱颖豫、鄢靖丰参编。具体分工如下：第1章由邱颖豫编写，第2章~第5章由曾宪权编写，第6章和第7章由冯战申编写，第8章由鄢靖丰编写。本书部分章节引用了一些中、英操作系统教材、著作及网络资源，在此向各位作者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，加之时间仓促，书中疏漏和错误之处在所难免，真诚希望各位读者批评指正。编者联系信箱：xianquanzeng@126.com。

编 者

目 录

第 1 章 操作系统概论	1
1.1 概述	1
1.1.1 操作系统的地位	1
1.1.2 操作系统的目标	3
1.1.3 操作系统的作用	3
1.1.4 操作系统的特征	4
1.1.5 操作系统的功能	6
1.2 操作系统的形成和发展	8
1.2.1 人工操作阶段	8
1.2.2 管理程序阶段	9
1.2.3 多道批处理	10
1.2.4 分时系统与实时系统的出现	12
1.2.5 操作系统的进一步发展	14
1.3 操作系统结构	18
1.3.1 操作系统的设计	18
1.3.2 操作系统结构的类型	19
1.4 总结与提高	25
习题 1	25
第 2 章 操作系统用户工作环境和界面	26
2.1 操作系统用户工作环境	26
2.1.1 操作系统的工作模式	27
2.1.2 系统的生成	28
2.1.3 系统的启动	28
2.2 操作系统用户界面	31
2.2.1 操作系统提供的服务	31
2.2.2 命令接口	32
2.2.3 图形用户接口	34
2.2.4 程序接口	35
2.3 总结与提高	40
习题 2	41

第3章 处理器管理	45
3.1 进程概述	45
3.1.1 程序的执行方式	45
3.1.2 进程的概念	46
3.1.3 进程的状态	48
3.1.4 进程描述	50
3.2 进程的控制	55
3.2.1 进程控制机构	55
3.2.2 进程操作	56
3.3 线程	60
3.3.1 线程的概念	60
3.3.2 线程的实现	62
3.3.3 多线程模型	64
3.3.4 线程池	65
3.4 处理器调度	69
3.4.1 处理器调度的层次	69
3.4.2 进程调度	70
3.4.3 选择调度算法的准则	71
3.5 调度算法	72
3.5.1 先来先服务调度算法	72
3.5.2 最短作业优先调度算法	73
3.5.3 优先级调度算法	73
3.5.4 轮转法	74
3.5.5 多级队列调度	75
3.5.6 多级反馈队列调度	76
3.5.7 高响应比优先调度	77
3.6 多处理器调度和实时调度	77
3.6.1 多处理器调度	77
3.6.2 实时调度	78
3.7 总结与提高	82
习题3	83
第4章 进程同步与死锁	91
4.1 进程同步和互斥	91
4.1.1 进程的同步	92
4.1.2 进程的互斥	92
4.1.3 信号量机制	94
4.2 经典同步问题	100
4.2.1 生产者—消费者问题	100

4.2.2	读者—写者问题	102
4.2.3	哲学家进餐问题	103
4.2.4	理发师问题	104
4.3	管程	105
4.3.1	管程的基本概念	105
4.3.2	条件变量	106
4.3.3	利用管程解决生产者—消费者问题	107
4.4	操作系统同步实例分析	108
4.4.1	Windows Server 2003 中的进程同步	109
4.4.2	Linux 中的进程同步	110
4.5	进程通信	111
4.5.1	进程通信的方式	111
4.5.2	消息传递系统	112
4.5.3	消息缓冲队列通信机制	115
4.5.4	客户机/服务器系统通信	116
4.6	死锁	127
4.6.1	死锁的概念	127
4.6.2	死锁产生的原因和必要条件	128
4.6.3	死锁的描述	129
4.6.4	处理死锁的方法	131
4.7	死锁的预防和避免	131
4.7.1	死锁的预防	131
4.7.2	死锁的避免	133
4.8	死锁的检测和解除	137
4.8.1	死锁的检测	137
4.8.2	死锁的解除	140
4.9	总结与提高	141
	习题 4	142
第 5 章	存储管理	149
5.1	存储管理的功能	149
5.1.1	用户程序的处理过程	150
5.1.2	存储管理的功能	151
5.2	连续内存分配技术	155
5.2.1	分区管理基本原理	155
5.2.2	分区的分配与回收	157
5.2.3	碎片问题	159
5.3	内存不足时的管理	160
5.3.1	覆盖	160

5.3.2	交换	161
5.4	基本分页存储管理技术	162
5.4.1	分页存储管理的基本原理	163
5.4.2	地址映射	164
5.4.3	页表的结构	166
5.4.4	页面的共享	167
5.5	分段存储管理技术	168
5.5.1	分段存储管理的基本原理	168
5.5.2	地址转换	169
5.5.3	段的共享和保护	169
5.5.4	段页式存储管理	171
5.6	虚拟存储器	174
5.6.1	虚拟内存	175
5.6.2	虚拟内存的特征	176
5.7	请求分页存储管理技术	176
5.7.1	请求分页存储管理基本原理	176
5.7.2	页面置换算法	178
5.7.3	页面分配和置换	184
5.7.4	工作集模型	186
5.8	存储管理实例	187
5.8.1	Windows Server 2003 内存管理	187
5.8.2	Linux 操作系统的存储管理	191
5.9	总结与提高	198
	习题 5	198
第 6 章	文件管理	201
6.1	文件的概念	201
6.1.1	文件及其分类	201
6.1.2	文件属性	203
6.1.3	文件组织	203
6.1.4	文件访问方法	205
6.2	目录结构	206
6.2.1	文件控制块和文件目录	206
6.2.2	单级目录	208
6.2.3	二级目录	208
6.2.4	树形目录	209
6.2.5	目录的实现	212
6.3	文件和目录操作	213
6.3.1	文件操作	213

6.3.2	目录操作	218
6.4	文件系统实现	218
6.4.1	文件系统结构	219
6.4.2	文件系统的实现	220
6.4.3	文件存储空间的分配	221
6.4.4	空闲空间的管理	226
6.5	文件共享和保护	228
6.5.1	文件的共享	229
6.5.2	文件的保护	231
6.5.3	文件系统的可靠性	232
6.6	Windows 和 Linux 的文件系统	233
6.6.1	Windows Server 2003 文件管理	233
6.6.2	Linux 文件管理	239
6.7	总结与提高	244
	习题 6	245
第 7 章	设备管理	250
7.1	设备管理的概念	250
7.1.1	设备的分类	250
7.1.2	设备管理的功能和任务	251
7.1.3	I/O 系统结构	252
7.1.4	设备控制器	252
7.2	I/O 控制方式	254
7.2.1	轮询方式	254
7.2.2	中断方式	255
7.2.3	DMA 方式	256
7.2.4	通道控制方式	258
7.3	中断技术	260
7.3.1	中断的基本概念	260
7.3.2	中断的分类与优先级	261
7.3.3	软中断	261
7.3.4	中断处理过程	262
7.4	缓冲技术	263
7.4.1	缓冲的引入	263
7.4.2	缓冲的种类	263
7.4.3	缓冲池的管理	264
7.5	设备分配	266
7.5.1	设备分配的数据结构	266
7.5.2	设备分配的原则和策略	267
7.5.3	设备分配技术	269

7.5.4	SPOOLing 系统	269
7.6	I/O 软件原理	270
7.6.1	I/O 软件的设计目标和原则	271
7.6.2	I/O 中断处理程序	271
7.6.3	设备驱动程序	271
7.6.4	与硬件无关的 I/O 软件	273
7.6.5	用户空间的 I/O 软件	274
7.7	磁盘调度和管理	275
7.7.1	磁盘的结构	275
7.7.2	磁盘调度	276
7.7.3	磁盘管理	280
7.8	Windows I/O 系统和 Linux 的设备管理	281
7.8.1	Windows Server 2003 的 I/O 系统	281
7.8.2	Linux 的设备管理	285
7.9	总结与提高	287
	习题 7	288
第 8 章	操作系统安全和保护	295
8.1	操作系统和计算机系统安全	295
8.1.1	计算机系统安全	295
8.1.2	操作系统安全	296
8.1.3	安全威胁及其分类	297
8.2	操作系统安全策略	299
8.2.1	安全策略和机制	299
8.2.2	身份认证机制	299
8.2.3	授权机制	301
8.2.4	加密机制	302
8.2.5	审计	302
8.3	操作系统的内部保护机制	302
8.3.1	操作系统保护层次	302
8.3.2	内存储器的保护	303
8.3.3	面向用户的访问控制	303
8.3.4	面向数据的访问控制	304
8.4	访问控制机制	304
8.4.1	保护域	304
8.4.2	访问矩阵	306
8.4.3	访问矩阵的实现	307
8.5	总结与提高	308
	习题 8	308
	参考文献	309

第 1 章

操作系统概论

目标和要求

- ◆ 了解操作系统在整个计算机系统中的地位。
- ◆ 理解和掌握操作系统的概念和作用。
- ◆ 理解现代操作系统的特征和功能。
- ◆ 了解操作系统的发展历程及发展趋势，从而理解计算机技术发展的推力及发展趋势。
- ◆ 掌握批处理系统、分时系统和实时系统的特点，能够区分不同类型的操作系统。
- ◆ 了解操作系统的设计目标，熟悉操作系统的设计结构。

学习建议

本章是操作系统课程的总论，涉及内容比较多，也比较抽象和枯燥，因此，学习中应加强对基本概念的理解，结合 Windows 和 UNIX/Linux 等商用操作系统的发展历程来理解整个操作系统的发展，进而理解操作系统的概念、作用和特点，明白“什么是操作系统”、“操作系统能做什么”等。

操作系统是计算机系统中最重要系统软件，它管理整个计算机系统的软、硬件资源，是其他软件和程序的运行基础，是用户与计算机硬件的桥梁。由于应用领域的不同，各种操作系统有着不同的设计目标和要求，但这些操作系统仍然有一些共性。

本章分析了操作系统在计算机系统中的地位和作用，回顾了操作系统的发展历史，介绍了现代操作系统的特征和功能，并对支持操作系统的硬件环境及操作系统设计等相关问题做了综合性讨论，为进一步学习操作系统理论奠定了良好的基础。

1.1

概 述

1.1.1 操作系统的地位

现代的大多数计算机系统是以数学家约翰·冯·诺依曼等在 20 世纪 40 年代末期提出的“存储程序控制”的原理为基础的。它能够按人的要求接收和存储信息，自动进行数据处理和计算，并输出结果。因此，计算机系统要提供基本的组件，以组成计算机系统赖以工作的实体。这些组件包括

中央处理器（Central Processing Unit, CPU）、存储器、输入和输出设备等，它们给用户提供了基本的计算资源，用户可以借助这些资源来完成自己的计算任务。由于计算机系统每类硬件资源都有不同的物理特性，需要采用不同的操作方式，使用起来非常不方便。为了正确使用计算机系统，屏蔽硬件的差异，需要编写程序来管理计算机的所有部件。计算机系统中使用的各种程序称为计算机软件。有了软件，计算机才可以对信息进行存储、处理和检索，检查文档拼写错误，玩儿探险游戏，处理许多有意义的事情。因此，现代计算机系统是硬件和软件的有机统一体，硬件是计算机的“躯体”，软件是计算机的“灵魂”，软件能充分发挥硬件潜能和扩充硬件功能，完成各种系统及应用任务。

根据软件在计算机系统中所起的作用不同，计算机软件大致可分为系统软件和应用软件。通常，一个完整的计算机系统可以粗略分成计算机硬件、操作系统、系统软件和应用程序四个层次。

图 1-1 给出了计算机系统的软硬件层次结构。其中，每一层具有一组功能并提供相应的接口，接口对内层掩盖了实现细节，对外层提供了使用约定。

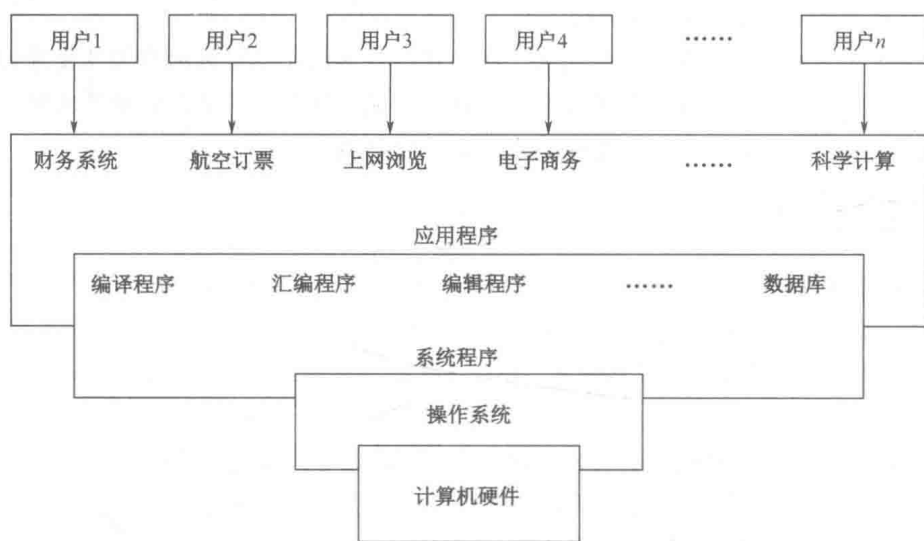


图 1-1 计算机系统的层次结构

计算机硬件层提供基本的可计算性资源，包括具有一组指令的处理器、可被访问的寄存器和存储器，可被使用的各种 I/O 设施和设备。这些设施和设备是操作系统和上层软件赖以工作的基础，也是操作系统设计者可以使用的资源。

操作系统层是硬件层上的第一层软件，是对硬件所做的首次扩充和改造，主要完成资源的调度和分配、信息的存取和保护、并发活动的协调和控制等。操作系统是上层软件运行的基础，为编译程序、编辑程序、数据库系统等的设计者提供了有力支撑。在计算机系统的操作过程中，操作系统提供了正确使用计算机资源的方法。

系统程序层建立在操作系统改造和扩充过的机器上，提供了扩展指令集，实现各种语言处理程序、数据库管理系统和其他系统程序的作用。此外，它还提供了种类繁多的实用程序，如链接装程序、库管理程序、诊断排错程序、分类/合并程序等供用户使用。

应用程序层用来解决用户的不同应用要求，如娱乐、办公等。通过使用操作系统提供的支撑环境，应用程序开发者可以借助各种程序设计语言来快捷、方便地开发各种应用程序，满足用户的应用要求，而不需要考虑计算机系统硬件的差异。

因此,可以认为,在整个计算机系统中,操作系统和硬件组成了一个运行平台,其他软件都运行在这个平台上。

1.1.2 操作系统的目标

计算机发展到今天,从个人机到巨型机,无一例外地都配置了一种或多种操作系统,操作系统已经成为现代计算机系统不可分割的重要组成部分。配置操作系统的主要目标如下。

- (1) 方便用户使用。操作系统提供良好的、一致的用户接口,弥补硬件系统的类型和数量差别,使计算机系统使用起来十分方便。
- (2) 扩大机器功能。操作系统是计算机硬件上的第一层软件,应该能够改造硬件设施,扩充机器功能。
- (3) 管理系统资源。操作系统管理和分配硬件、软件资源,合理地组织计算机的工作流程。
- (4) 提高系统效率。操作系统应该充分利用计算机系统的资源,保持 CPU 和 I/O 设备的繁忙,提高计算机系统的效率和吞吐量。
- (5) 构筑开放环境。操作系统应该构筑一个开放环境,主要指:遵循有关国际标准;支持体系结构的可伸缩性和可扩展性;支持应用程序在不同平台上的可移植性和可互操作性。开放性已成为计算机技术的核心问题,也是一个新的系统或软件能否被应用的重要依据。

1.1.3 操作系统的作用

大多数计算机用户有过一些使用操作系统的体验,但要准确地给出操作系统的定义却很困难,部分原因在于用户可以从不同的角度来观察操作系统。一般来说,操作系统在计算机系统中的作用可以从以下几个方面来理解。

1. 操作系统是用户与计算机硬件之间的接口

为了使用计算机来完成自己的任务(如娱乐、游戏、科学计算等),用户需要通过操作系统来使用这些计算机系统的资源。因此,从用户的角度来看,操作系统是其与计算机硬件之间的一个接口。通过这个接口,用户能够使用不同的界面(如 Windows 的图形用户界面和控制台方式)方便、快捷、安全、可靠地操作计算机硬件来完成自己的计算任务。图 1-2 给出了操作系统作为用户接口时的示意图。

2. 操作系统为用户提供了扩展计算机

在机器语言上,计算机的体系结构是原始的且编程是很困难的,尤其是输入和输出操作。例如,当用户使用磁盘来进行 I/O 操作时,用户必须了解磁盘的各种参数(如磁盘的扇区数、物理介质的记录格式等)。显然,这对程序员的编程造成了相当的困难,而对一般的程序员来说,他们并不想涉足磁盘编程的细节,需要的是一种简单的、高度抽象的、可以与之交互的设备。这就需要采用软件技术使硬件的复杂性和用户隔离开来,给用户提供一个更好的使用计算机设备的接口,这种软件就是操作系统。操作系统隐藏了计算机硬件的底层特性,给用户提供了一个扩展的计算机系统,使用户能够实现处理器的管理、存储空间的分配和管理、输入和输出设备的控制和管理等。

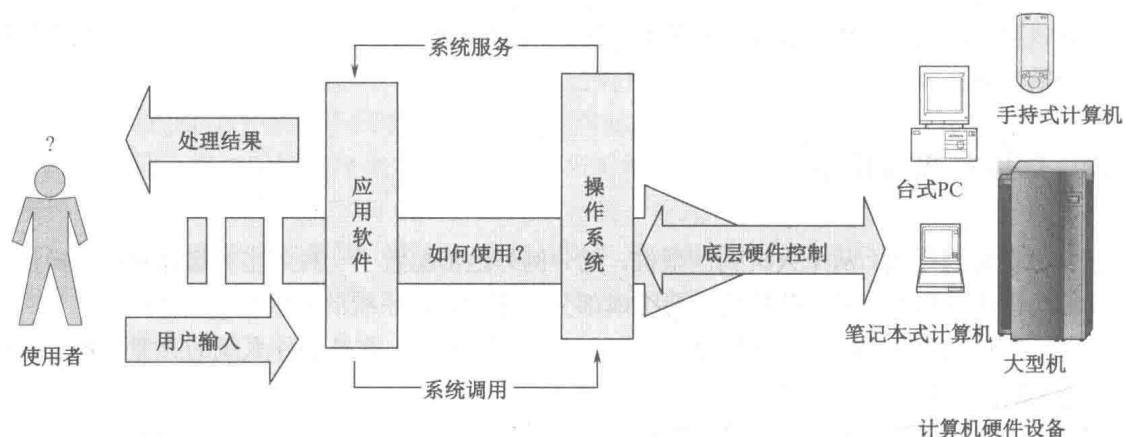


图 1-2 操作系统接口示意图

每当在计算机上安装一层软件时，提供了一种抽象，系统的功能就会增加一些，使用就更加方便，用户可用的运行环境就更好。所以，当计算机上安装了操作系统后，便为用户提供了一台功能显著增强、使用更加方便、效率明显提高的扩展机器。它比底层硬件的功能更强，更易于编程和使用。

3. 操作系统是计算机系统的资源管理者

在计算机系统中，能分配给用户使用的各种硬件和软件设施总称为资源。资源包括两大类：硬件资源和信息资源。其中，硬件资源分为处理器、存储器、I/O 设备等，I/O 设备又分为输入型设备、输出型设备和存储型设备；信息资源则分为程序和数据等。操作系统的重要任务之一是有序地管理计算机中的硬件、软件资源，跟踪资源使用状况，满足用户对资源的需求，协调各程序对资源的使用冲突，为用户提供简单、有效的资源使用方法，最大限度地实现各类资源的共享，提高资源利用率，使得计算机系统的效率有了很大提高。

资源管理是操作系统的一项主要任务，而控制程序执行、扩充其功能、屏蔽使用细节、方便用户使用、组织合理工作流程、改善人机界面等都可以从资源管理的角度理解。

通过上面的介绍，大家知道操作系统是计算机系统中最重要系统软件，是其他程序运行的基础。到底什么是操作系统，它应该具有哪些功能，现在还没有一个完整的定义，结合上面的介绍，可把操作系统定义如下：操作系统是控制和管理计算机硬件和软件资源，合理地对各种资源进行分配和调度，规范计算机工作流程，方便用户使用的程序的集合。

操作系统是计算机系统的基础软件，它常驻内存，给用户程序提供了支撑环境，所以，操作系统有哪些成分变得非常重要。一个比较公认的定义是，操作系统是一直运行在计算机上的系统程序（通常称为内核），其他程序则为应用程序，运行在操作系统提供的良好环境中，因此，操作系统类似于政府，它本身并不能实现任何有用的功能，只是提供了一个其他程序进行工作的环境。

1.1.4 操作系统的特征

尽管现在的操作系统种类繁多，功能差别很大，但它们仍然具有一些共同的特征，如操作系统具有并发性、共享性、虚拟性和异步性。

1. 并发性

并发性是指两个或多个事件或活动在同一时间间隔内发生。操作系统是一个并发的系统，并发性是它最重要的特性。操作系统的并发性是指计算机系统中同时存在若干个运行的程序，这些程序在执行时间上重叠。并发性能够消除计算机系统中各个部件之间的相互等待，有效地改善了系统资源的利用率，提高了系统的吞吐量和系统效率。例如，一个程序等待 I/O 时，它会让出 CPU，操作系统调度另一个程序占有 CPU 运行，即在程序等待 I/O 时，CPU 不会空闲，使得多个 I/O 设备可同时进行输入和输出，也使得设备 I/O 和 CPU 计算同时进行，这就是并发技术。

尽管并发能有效改善资源的利用率，但会引发一系列的问题，使操作系统的设计和实现变得复杂，如程序之间如何切换、协调等问题，操作系统必须具有控制和管理各种并发活动的的能力，保证各程序的正确执行。在计算机系统中，并发实际上是一个物理 CPU 在若干个程序之间的多路复用，它与并行性不同。并行性是指两个或两个以上事件或活动在同一时刻发生。可见，并行的事件或活动一定是并发的，但并发的活动未必是并行的，并行性是并发性的特例，而并发性是并行性的扩展。实现并发性的关键技术之一是如何对系统内的多个程序进行切换，这涉及进程调度问题。

2. 共享性

共享性是现代操作系统的另一个重要特征。共享是指系统中的硬件和软件资源不再为某个程序独占，而是供多个用户共同使用。资源共享的方式有如下两种。

(1) 互斥访问。系统中的某些资源，如打印机、磁带机等，它们虽然可以提供给多个程序使用，但在同一时间段内只允许一个程序访问这些资源，即要求互相排斥地使用这些资源。

(2) 同时访问。计算机系统中有些资源允许同一时间内多个程序对它们进行访问。典型的可同时访问的设备是磁盘，各种可重入程序也可被同时访问。

并发性和共享性是现代操作系统最基本的两个特征，两者是互为存在条件的。资源共享是以程序的并发为条件的，若系统不允许程序并发执行，则自然不存在资源共享问题。若系统不能对资源共享实施有效的管理，则必将影响到程序的并发执行，甚至无法并发执行。

3. 虚拟性

虚拟性是指操作系统采用的一种管理技术，它把一个物理上的实体变为若干个逻辑上的对应物，或者把物理上的多个实体变成逻辑上的一个对应物。显然，物理实体（前者）是实际的，而后者是虚拟的。采用虚拟技术的目的是给用户提供一个易于使用、高效的操作系统环境。在现代计算机系统中，操作系统通过共享计算机的硬件资源来实现虚拟设备，如图 1-3 所示。

4. 异步性

在多道程序环境下，允许多个进程并发执行，但由于竞争资源等因素的限制，使进程的执行不是“一气呵成”，而是以“走走停停”的方式运行的。也就是说，在多道程序环境下，程序的执行是以异步方式进行的。每个程序在何时执行，多个程序间的执行顺序及完成每道程序所需的时间都是不确定和不可预知的。在操作系统中，不确定性有如下两种含义。

(1) 程序执行结果是不确定的，即程序是不可再现的。

(2) 程序在何时执行，多个程序的执行顺序及每个程序的完成时间都是不确定的，因而也是不

可预知的。

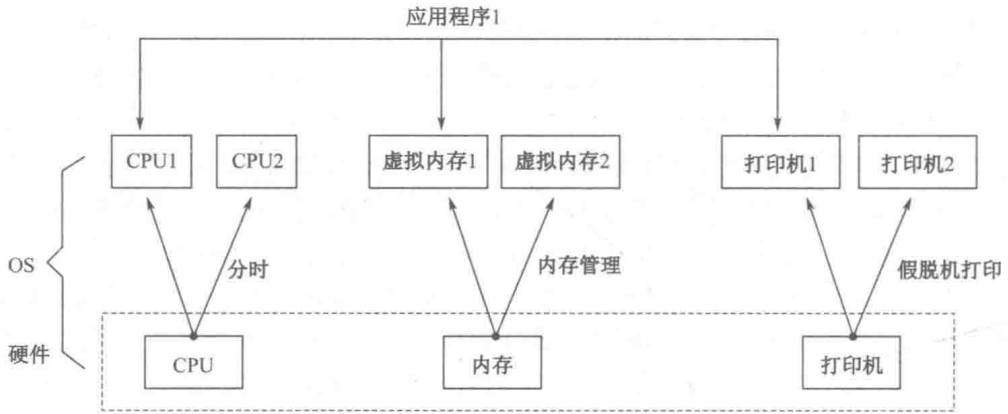


图 1-3 操作系统虚拟技术的工作原理

异步性是现代操作系统的重要特征。操作系统运行在一个随机的环境中，但这并不能说明，操作系统不能很好地控制资源的使用和程序的运行，而只是强调操作系统的设计和实现要考虑各种可能性，以便稳定、高效、可靠、安全地达到程序并发和资源共亨的目的。

1.1.5 操作系统的功能

操作系统的主要任务是为多道程序的运行提供良好的运行环境，保证多道程序的高效运行，提高资源的利用率和方便用户的使用。为实现上述目标，现代操作系统应具有以下几项功能。

1. 处理器管理

处理器是计算系统中最重要的资源，各种程序最终都要在处理器上执行，因此，必须尽可能地提高处理器的利用率。为了提高处理器的利用率，现代操作系统采用了多道程序设计技术。当一个程序因等待某一条件而不能运行时，就把处理权交给另一个可以运行的程序。或者，当一个比当前运行程序更重要的程序到达时，它应该抢占当前程序占用的 CPU。为了描述多道程序的并发执行，操作系统引入进程或线程的概念来描述程序的动态执行过程。处理器的分配和调度都是以进程或线程为基本单位的，因而，处理器的管理可归结为对进程或线程的管理。操作系统负责下列进程管理的活动。

- (1) 创建或删除用户进程和系统进程。
- (2) 暂停或重启进程。
- (3) 提供进程同步机制。
- (4) 提供进程通信机制。
- (5) 提供死锁处理器制。

2. 存储管理

内存是现代计算机系统的中心，是可以被 CPU 和 I/O 设备共同访问的数据仓库。内存通常是 CPU 直接寻址和访问的、唯一的大容量存储器。例如，如果 CPU 要处理磁盘中的数据，那么这些数据必须通过 CPU 产生的 I/O 调用并传送到内存中。同样，如果 CPU 需要执行指令，则这些指令