



高等学校计算机类“十三五”规划教材

计算机操作系统

◎主 编 于 红 冯艳红
◎副主编 黄 璐 林远山

BIANYIYUANYIJIAOCHENG DISIBAY
XITIJIEXIYU SHANGJIZHIDAO



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高等学校计算机类“十



计算机操作系统

主 编 于 红 冯艳红

副主编 黄 璐 林远山

参 编 王 芳 滕



西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书主要介绍计算机操作系统的基本原理。全书共分8章,主要介绍了以下内容:操作系统的定义、功能、分类、特征、发展历程等基本知识,操作系统的运行环境和用户接口,进程管理的基本概念、进程的同步与互斥、进程通信的基本方法等,处理机调度的基本概念和基本方法以及死锁的概念与解决方法,存储器管理的基本概念和基本方法,设备管理的概念和方法,文件管理的概念及方法,多核系统的基本概念及多核系统下的内存管理、进程同步及进程调度。

本书可以作为本科院校学生操作系统课程的教材,也可以作为计算机及相关专业的工作人员学习操作系统原理的参考用书。此外,本书内容涵盖了全国计算机科学与技术专业硕士研究生入学考试全国统考科目操作系统考试大纲的全部内容,因此还可作为硕士研究生入学考试专业课的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

计算机操作系统 / 于红, 冯艳红主编. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2017.5

高等学校计算机类“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5606-4476-9

I. ①计… II. ①于… ②冯… III. ①操作系统—基本知识

IV. ①TP316

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 065633 号

策 划 高 樱

责任编辑 马 静 阎 彬

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

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西大江印务有限公司

版 次 2017年5月第1版 2017年5月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印 张 15.5

字 数 365千字

印 数 1~3000册

定 价 36.00元

ISBN 978-7-5606-4476-9 / TP

XDUP 4768001-1

如有印装问题可调换

前 言

操作系统是计算机系统中重要的系统软件，每一个用户在使用计算机时都需要与操作系统打交道。那么，操作系统是如何让程序按照人们的意愿完成特定功能的呢？计算机系统这门课程可以帮助大家回答这一问题。

本书编写团队拥有二类本科院校操作系统课程二十多年的教学经验，在教学中通过与学生沟通，了解到学生认为操作系统课程内容抽象、枯燥、难以理解。通过分析学生的特点，发现二类本科院校学生存在分析问题、理解问题能力的不足，缺乏对复杂问题理解的耐心。针对上述情况，本书尽可能多地运用生活中的实例，深入浅出地讲解操作系统的原理与算法思想，让学生通过对生活实例的感性认识来理解操作系统的理性知识，完成从感性到理性的认识过程；本书尽可能降低知识点的复杂度，将复杂知识点分解成多个简单的知识点以提高学生的学习兴趣；同时，在操作系统的发展历程、多核系统等章节中增加了学生自我学习和讨论学习的内容，以增强学生利用网络资源进行学习的意识和能力。

本书总体上采用“总一分”的结构，先从计算机系统体系结构入手总体介绍操作系统的相关概念及基本结构；然后详细介绍每一个模块的具体技术，让学生从系统的角度全面理解操作系统的结构、原理和方法。而对每一个模块的介绍也是先阐述总体概念和结构，再详细介绍具体细节，最后总结概括，符合学生的学习习惯。

本书强调计算机技术发展的螺旋式上升过程，启发学生注重在螺旋式上升过程中的创新，从而培养学生的创新思维能力。

全书共分8章，第1章介绍了操作系统的定义、功能、分类、特征、发展历程等基本知识，第2章介绍了操作系统的运行环境和用户接口，第3章介绍了进程管理的基本概念、进程的同步与互斥、进程通信的基本方法等，第4章介绍了处理机调度的基本概念和基本方法以及死锁的概念与解决方法，第5章介绍了存储器管理的基本概念和基本方法，第6章介绍了设备管理的概念和方法，第7章介绍了文件管理的概念和方法，第8章介绍了多核系统的基本概念及多核系统下的内存管理、进程同步及进程调度。

本书由于红、冯艳红任主编，黄璐、林远山任副主编，参加编写的还有王芳、滕琳、孙京恩等。于红负责编写第1章、第7章、第3章的3.1~3.5节，并负责全书写作思路的确定，最后对全书进行了统稿；冯艳红负责编写第3章的3.6~3.9节、第4章的4.4~4.6节，并负责全书编写提纲的起草和修改工作；黄璐负责编写第5章，并参与了编写提纲的讨论和修改；林远山负责编写第2章及第4章的4.1~4.3节，并参与了编写提纲的讨论和修改；王芳负责编写第8章，并对全书内容进行了校对和修改；滕琳负责编写第6章的6.1节、6.4~6.7节，并对全书内容进行了校对；孙京恩负责编写第6章的6.2节和6.3节。

由于我们对教材的编写模式还处于探索阶段，本书在结构设计、内容组织及知识表达方式上难免有不足之处，恳请广大读者批评指正。我们也将不断探索，以便修订时完善。

编 者
2017 年 3 月

目 录

第 1 章 操作系统引论	1	1.5.2 共享性	34
1.1 操作系统的概念	1	1.5.3 虚拟性	35
1.1.1 计算机系统简介	2	1.5.4 异步性	35
1.1.2 计算机系统的层次结构	3	1.6 学习操作系统的目的	36
1.1.3 程序的执行	4	1.7 本章小结	37
1.1.4 计算机的使用	4	1.8 习题	38
1.1.5 操作系统的定义	5		
1.1.6 操作系统的设计目标	6	第 2 章 操作系统的运行环境与	
1.2 操作系统的发展	7	用户接口	39
1.2.1 推动操作系统发展的因素	7	2.1 操作系统运行的硬件环境	39
1.2.2 手工操作阶段	8	2.1.1 与操作系统相关的硬件结构	39
1.2.3 单道批处理系统	10	2.1.2 存储介质	41
1.2.4 多道批处理系统	13	2.1.3 指令的执行过程	42
1.2.5 分时系统	15	2.2 硬件为操作系统提供的支持	42
1.2.6 实时系统	18	2.3 操作系统与其他软件之间的关系	43
1.2.7 通用操作系统	21	2.4 操作系统的用户接口	44
1.2.8 PC 操作系统	21	2.4.1 用户接口简介	44
1.2.9 网络操作系统	23	2.4.2 作业的基本概念	47
1.2.10 分布式操作系统	24	2.4.3 一般用户作业的输入/输出方式	51
1.3 操作系统的功能	25	2.5 本章小结	53
1.3.1 处理机管理	26	2.6 习题	54
1.3.2 存储器管理	26		
1.3.3 设备管理	27	第 3 章 进程管理	55
1.3.4 文件管理	28	3.1 进程的概念	55
1.3.5 用户接口	28	3.1.1 进程的引入	55
1.4 操作系统的类型	29	3.1.2 进程的定义	60
1.4.1 按任务数分类	30	3.2 进程的状态及转换	61
1.4.2 按用户数分类	30	3.2.1 进程的基本状态	61
1.4.3 按使用环境及对作业的处理方式		3.2.2 进程的状态转换	62
分类	30	3.3 进程的描述与组织	62
1.4.4 按应用领域分类	31	3.3.1 进程的描述	63
1.4.5 按源码开放程度分类	32	3.3.2 进程的组织	64
1.5 操作系统的特征	32	3.4 进程控制	65
1.5.1 并发性	32	3.4.1 进程控制的概念	65

3.4.2	创建原语	66
3.4.3	撤销进程	67
3.4.4	阻塞原语	69
3.4.5	进程的唤醒	70
3.5	进程的同步与互斥	70
3.5.1	并发进程之间的基本关系	70
3.5.2	临界区	72
3.5.3	两个进程互斥的解决方案	77
3.5.4	锁机制	79
3.5.5	信号量机制	81
3.5.6	用信号量实现进程互斥	82
3.5.7	用信号量实现进程同步	83
3.5.8	经典的进程同步互斥问题	84
3.5.9	进程同步互斥问题实例	89
3.6	线程	93
3.6.1	线程概述	93
3.6.2	多线程的实现	96
3.6.3	多线程模型	99
3.7	进程通信	101
3.7.1	进程通信的基本概念	101
3.7.2	消息传递通信方式	103
3.7.3	无名管道通信方式	104
3.8	本章小结	105
3.9	习题	105

第4章 处理机调度与死锁 107

4.1	处理机调度的层次	107
4.2	作业调度	109
4.2.1	作业调度的任务和功能	110
4.2.2	作业调度的目标和性能衡量标准	110
4.2.3	作业调度算法	112
4.3	进程调度	116
4.3.1	进程调度的任务和功能	116
4.3.2	进程调度方式	116
4.3.3	进程调度的时机	117
4.3.4	进程调度算法	117
4.4	死锁	119
4.4.1	问题的提出	119
4.4.2	死锁的概念	121

4.4.3	死锁的预防	123
4.4.4	死锁的避免	124
4.4.5	死锁的检测与恢复	130
4.5	本章小结	133
4.6	习题	133

第5章 存储器管理 135

5.1	存储器管理引言	135
5.1.1	基本概念	136
5.1.2	存储器管理的功能	137
5.2	单一连续区存储管理	142
5.3	固定式分区存储管理	143
5.3.1	基本原理	143
5.3.2	内存分配方法	144
5.4	动态分区存储管理	145
5.4.1	基本思想	146
5.4.2	数据结构	146
5.4.3	动态分区分配算法	147
5.4.4	内存的回收	149
5.4.5	动态分区分配的其他问题	151
5.5	页式存储管理	151
5.5.1	基本原理	152
5.5.2	存储空间的分配与回收	153
5.5.3	地址变换	155
5.5.4	信息共享与保护	157
5.5.5	二级页表及多级页表	158
5.6	请求页式存储管理	159
5.6.1	请求页式要解决的问题	159
5.6.2	请求页式的地址变换机构	160
5.6.3	请求页式的缺页中断机构	161
5.6.4	页面置换算法	162
5.6.5	Belady 现象	165
5.6.6	请求页式存储管理的性能分析	166
5.7	段式存储管理	167
5.7.1	基本原理	167
5.7.2	存储空间的分配与回收	168
5.7.3	段式地址变换	168
5.7.4	页式存储和段式存储管理的区别	169
5.8	段页式存储管理	169

5.9 本章小结.....	170	7.2 文件的逻辑结构及存取方式.....	203
5.10 习题.....	171	7.2.1 文件的逻辑结构.....	203
第6章 设备管理	173	7.2.2 文件的存取方式.....	205
6.1 设备管理的基本概念.....	173	7.3 文件的物理结构.....	207
6.1.1 I/O 设备简介.....	173	7.4 文件存储空间的管理.....	212
6.1.2 I/O 设备的分类.....	174	7.5 文件的目录结构.....	216
6.1.3 I/O 系统的构成.....	175	7.5.1 文件目录项.....	216
6.1.4 I/O 设备管理的目标.....	176	7.5.2 文件目录结构.....	217
6.1.5 设备管理的任务和功能.....	177	7.6 文件的共享与保护.....	219
6.2 设备工作的 I/O 控制方式.....	178	7.6.1 文件共享.....	220
6.2.1 程序直接控制方式.....	178	7.6.2 文件保护.....	221
6.2.2 中断方式.....	179	7.7 磁盘的组织与管理.....	223
6.2.3 DMA 方式.....	181	7.7.1 磁盘的结构.....	223
6.2.4 通道方式.....	183	7.7.2 磁盘访问时间.....	223
6.3 I/O 请求处理.....	186	7.7.3 磁盘调度算法.....	224
6.3.1 I/O 请求处理步骤.....	186	7.8 本章小结.....	226
6.3.2 中断技术.....	187	7.9 习题.....	226
6.3.3 设备驱动程序.....	189	第8章 多核系统	229
6.4 设备分配.....	189	8.1 预备知识.....	229
6.4.1 设备分配所用的数据结构.....	189	8.2 多核系统结构.....	230
6.4.2 设备分配原则和方式.....	192	8.2.1 多核系统的基本概念及分类.....	230
6.4.3 设备分配程序.....	193	8.2.2 CMP 多核系统的结构.....	231
6.4.4 设备分配策略.....	194	8.2.3 多核系统的特点.....	233
6.5 缓冲技术.....	194	8.3 多核的内存管理.....	233
6.5.1 缓冲技术概述.....	194	8.3.1 均匀内存访问.....	233
6.5.2 单缓冲.....	195	8.3.2 非均匀内存访问.....	234
6.5.3 双缓冲.....	196	8.3.3 全缓存内存访问.....	234
6.5.4 多缓冲.....	196	8.4 多核系统的进程同步.....	234
6.5.5 缓冲池.....	197	8.4.1 多核环境下进程管理的变化.....	234
6.6 本章小结.....	197	8.4.2 多核环境下的进程同步机制.....	235
6.7 习题.....	197	8.5 多核系统的进程调度.....	236
第7章 文件管理	199	8.5.1 多核环境的进程模型.....	237
7.1 文件系统的基本概念.....	199	8.5.2 多核环境的内核模型.....	237
7.1.1 文件的定义.....	199	8.5.3 多核环境的进程调度策略.....	238
7.1.2 文件的分类.....	201	8.6 本章小结.....	238
7.1.3 文件系统的定义.....	202	8.7 习题.....	239
7.1.4 文件系统的功能和任务.....	202	参考文献	240

第1章 操作系统引论

◇ 本章导读

计算机操作系统想必大家都用过，那么你是否做过如下思考：

(1) 什么是操作系统？

(2) 最开始的操作系统是什么样的？今天你所使用的操作系统经过怎样的变更？未来会变成什么样？

(3) 是不是所有的操作系统都与你所使用的操作系统一样？操作系统有哪些类型？你使用过几类操作系统？这几类操作系统的差别是什么？

(4) 操作系统有哪些功能？

(5) 操作系统有哪些特征？

(6) 我们为什么要学习操作系统？

如果你可以很清晰地回答上述问题，请快速浏览本章内容，了解本书观点与你的观点之不同，并深入思考二者的优劣；如果不能回答上述问题，请认真阅读本章内容，并在其中找到答案，若有表述得不清楚的地方，请参阅其他操作系统教材或者到互联网上寻求答案。

1.1 操作系统的概念

本节导读：对于初学者来说，操作系统(Operating System, OS)是一个看不见摸不着的抽象概念，本节主要通过生动的小故事和读者生活中熟悉的实例让读者先对操作系统有一个直观的认识，再通过分析计算机系统的结构，让读者进一步了解计算机操作系统的概念，最终的目的是让读者在学习操作系统的基本原理、方法之前对操作系统有一个初步的认识。

😊 小故事 第一季(1)：家门口开了个小饭店

因为小程所在公司的一个项目快要验收了，小程在公司加班，错过了吃饭时间，和往常一样，小程在回家的路上就盘算如何解决晚餐问题，可加班太累，实在不想自己做饭。正在一筹莫展之际，发现家门口新开了一家 OS 饭店，小程心里暗喜，真是老天有眼！小程向 OS 饭店走去，刚走到门口，就见到一位服务员主动跟小程打招呼，了解小程的用餐诉求之后，把小程带入就餐区。小程发现就餐区很小，只有一个座位，但是环境很好。服

务员拿来餐牌，小程点了自己最爱吃的粉蒸肉。10 分钟的等待之后，小程吃上了可口的粉蒸肉，结账之后美滋滋地哼着歌曲回家了。

小程对这家小饭店很满意，他无需关心粉蒸肉是怎么做出来的，只需在优雅的环境中等待片刻即可吃上可口的饭菜。小程之所以感到满意是因为饭店有服务员负责接待、厨师负责做菜、调度员负责座位调配，也就是说饭店有一个专门的团队来对饭店进行管理，这个团队就是饭店的操作系统。

在现实生活中存在各种各样的组织机构，每一个组织机构中都有一个掌管全局的角色，这个角色就可以看成是机构的操作系统，当然这里的角色可以是一个人，也可以是一个团队。以下是几个生活中的实例。

□ 实例 1.1

班级是为了方便同学们学习而建立起来的一种组织机构，如果班级没有一个以班长为核心的班委掌管班级总体情况，为班级同学做好服务，则很难形成良好的班风，建立和谐的学习氛围，为班级同学提供一个温馨的成长环境。虽然个别学生不管是否有班委都会很好地规划自己的学习和生活，但是从班级同学的总体情况来看有班委和没有班委会有较大差异，班委的效率会直接影响班级同学的发展水平，班级的班委就是班级的操作系统。请仔细观察你身边各个班级班委的工作作风，结合班级同学的总体情况，分析不同的班委对班级发展的影响。

□ 实例 1.2

学校是为学生提供学习机会的场所，如果学校没有一个掌管总体情况的校长和为全校师生服务的部门，那么学生的学习、生活都需要学生自己去做，势必会降低学生的学习效率，部分自理能力较差的学生可能无法完成学习任务。学校的管理机构可以看成学校的操作系统。学校的管理机构的管理策略、管理方法和工作效率，对学校的发展产生至关重要的影响。

从上述实例可以看出，操作系统在我们的日常生活中非常常见，班级、学校、饭店、公司都有操作系统，不同的操作系统具有不同的特点。计算机也一样，计算机系统的管理团队是计算机系统的操作系统。不同的操作系统既有共性，也有差异。由于不同操作系统的管理对象不同，因此每种操作系统都有自己的特色。本课程讨论的是计算机操作系统，自然要从分析计算机系统入手来理解计算机操作系统的概念。

1.1.1 计算机系统简介

计算机系统是可以按用户的要求接收和存储信息、自动进行数据处理并输出结果的系统，其结构示意图如图 1-1 所示，它包括硬件系统和软件系统两部分，其中硬件系统又包括中央处理器(CPU)、内存储器 and I/O(输入/输出)设备。I/O 设备主要有硬盘、光盘、优盘等外存储器，键盘、鼠标、扫描仪、数字化仪等输入设备以及打印机、绘图仪等输出设备。软件系统包含系统软件和应用软件，系统软件有操作系统、数据库管理系统等，应用软件有教务管理系统、航空订票系统等。

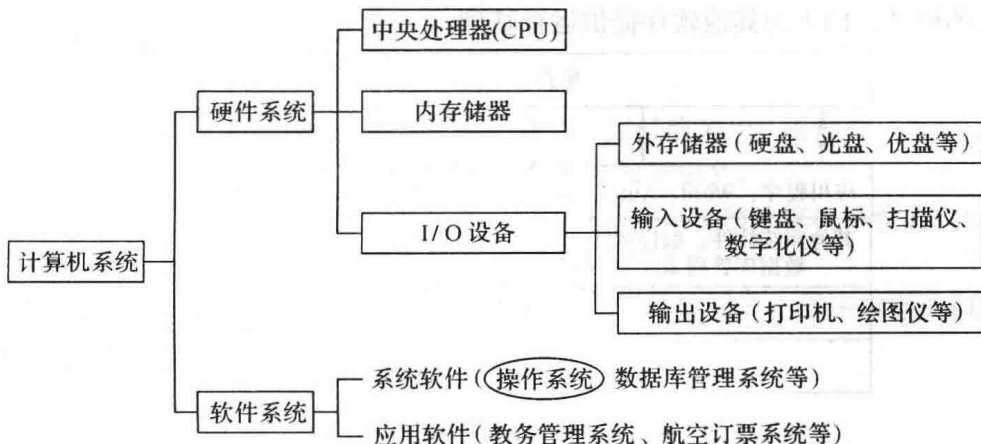


图 1-1 计算机系统结构示意图

从图 1-1 中可以得出结论：计算机操作系统是计算机系统上的系统软件。

1.1.2 计算机系统的层次结构

从 1.1.1 节中可以看到，计算机系统是由硬件系统和软件系统构成的，其中硬件是软件运行的基础，软件是硬件功能的扩充。没有硬件，计算机系统就失去了物理基础，软件也就无法存在了。反过来，若只有硬件而没有软件，就像最初的计算机那样，将会很难使用，效率也很低，没有太多的应用价值。可以看到，硬件与软件是有机结合在一起的，那么硬件和各种软件是如何组织在一起的呢？

❓ 思考题 1.1：计算机系统是有层次的吗？

✱ 小问题 1.1：你有没有自己安装过操作系统？

如果你安装过操作系统，你就知道计算机是有层次的。

计算机在出厂的时候只有硬件，没有安装任何软件，这样的机器被称为“裸机”(Bare Machine)，只有对计算机系统的硬件结构和工作原理非常熟悉的人才会使用裸机，要想让计算机有效工作就需要安装软件。

由此可以看出，先有裸机、后有软件，软件是安装在裸机上的，裸机是软件运行的基础。因此，裸机在计算机系统中处于最底层。

❓ 思考题 1.2：是不是什么软件都可以直接安装在裸机上呢？

安装过操作系统的人一定知道，必须先安装操作系统，然后才能安装其他软件，因此操作系统处于裸机之上的第一个层次。由此可见计算机系统是有层次的。计算机系统的层次结构如图 1-2 所示。操作系统直接安装在裸机上，安装了操作系统之后才可以安装编译程序、数据库管理系统等其他系统软件，进而才能安装需要用到数据库的教务管理系统、航空订票系统等应用软件。没有操作系统，其他软件就不能运行；没有其他软件，计算机的作用就不能有效发挥。

因此我们可以得出结论：操作系统是计算机系统软硬件之间沟通的桥梁和纽带，向下

管理所有的硬件，向上为其他软件提供运行基础。

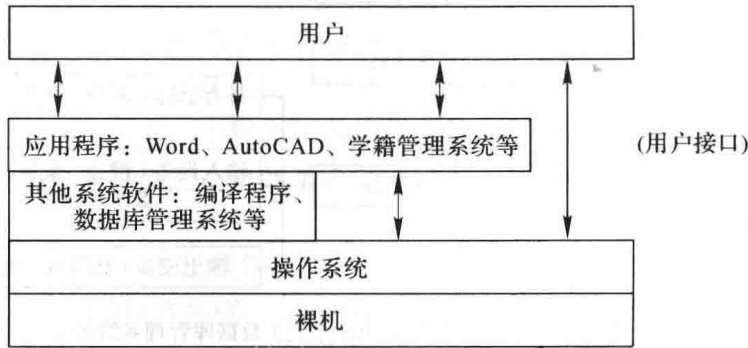


图 1-2 计算机系统的层次结构

1.1.3 程序的执行

程序是程序设计人员根据用户需求开发的、用程序设计语言编写的、可以在计算机上执行的指令集合。程序只有在计算机上执行才能完成用户期望的功能，例如选课、买飞机票等。程序在计算机上的执行与学生在学校的学习过程类似，要想知道程序在计算机内是如何运行的，首先让我们看一下学生在学校是如何完成学业的。

▣ 实例 1.3

学生是学习的主体，学生具有学习能力，但是学生要完成学业需要使用学校提供的实验室、教师、宿舍、食堂等各种学习资源，如何利用这些资源完成学业不由学生自己掌控，需要学校统一安排。例如：后勤管理处统一安排学生在校学习期间的的生活起居，学生处统一安排学生的日常活动，教务处统一安排学生的选课。而上述各个职能部门就是学校的操作系统，因此，学生的学习过程由学校这一操作系统统一指挥、调度。

由实例 1.3 可以看出，学生的学习过程是在学校的职能部门调配下完成的，而程序的执行则需要使用内存、CPU、外设等各种资源，对这些资源的使用同样也不能由程序自身完成，需要在操作系统的各个功能模块的控制下进行。操作系统中有专门负责内存管理的模块、专门负责 CPU 管理的模块、专门负责设备管理的模块，不同的模块有不同的分工，就像学校的后勤管理处、教务处、学生处一样，如果没有操作系统的统一调配和控制，程序的执行就会非常混乱、低效。

由此可以得出结论：操作系统控制程序的流程。

1.1.4 计算机的使用

用户如何使用计算机呢？每一个使用过计算机的人都会觉得这个问题很简单，可以通过键盘命令或者点击鼠标来使用计算机。事实上，计算机的硬件并没有给用户点击鼠标界面或者键盘命令，计算机硬件只为用户提供了一个基本的指令系统，而这个基本的指令系统的使用非常繁琐，普通用户根本无法使用。为了方便用户使用计算机，操作系统为用户提供了字符界面和图形界面，用户可以通过输入一些简单的命令或者点击鼠标完成对计算机的使用。

由此可以得出结论：操作系统为用户使用计算机提供了方便的接口。

1.1.5 操作系统的定义

对于操作系统的定义，不同学者有不同的观点，到目前为止，还没有一个统一的定义。本书从操作系统的功能和角色等视角给出操作系统的如下定义。

定义 1.1 操作系统：计算机系统中的一种系统软件，管理计算机系统的软硬件资源，控制程序的流程，并为用户使用计算机提供方便的接口。

从上面这个定义可以看出，操作系统主要扮演着资源管理员、程序指挥员和用户接待员三个重要角色。

1. 资源管理员

在现代计算机系统中，一切软硬件都是系统资源，硬件资源主要包括 CPU、内存和 I/O 设备等，而软件资源主要有各种程序、数据结构及各种数据等。所谓资源管理，就是为正在运行的、相互竞争的多个程序之间合理而有效地分配资源，使每个程序都能正确而有效地运行，并最大化发挥所有资源应有的功能。资源管理的总体目标就是为用户提供一种简单而有效的使用资源的方法，充分发挥各种资源的作用。我们知道，一般来说计算机系统资源都是稀缺的，通常多个程序共享使用。比如说，某一台计算机连着一台打印机，假设现在有三个程序试图同时用这台打印机来打印文档。如果不对打印机加以控制，就有可能出现这样的情况：同一页纸上头几行是程序 1 的输出，接下来几行是程序 3 的输出，然后是程序 2 的输出等等，这样的打印显然是很糟糕的。而我们在现实中没有遇到这种问题，是因为操作系统帮我们管理了这台打印机。与之类似的还有 CPU 的调度、内存的管理、鼠标的控制等，而所有这些复杂的工作都是由操作系统来完成的。因此，从这个角度来看，操作系统扮演着资源管理员的角色。

2. 程序指挥员

一个应用程序的执行自始至终都在操作系统控制下进行。我们知道，想用计算机来解决一个实际问题，首先得用某种程序设计语言编写一个程序，然后把这个程序连同相应的数据一起输入计算机内，最后操作系统根据要求控制这个应用程序的执行直到结束，从而解决该实际问题。操作系统控制应用程序的执行主要按以下步骤进行：调入相应的编译程序，将用某种程序设计语言编写的源程序编译成计算机可执行的目标程序，分配内存等资源，将程序调入内存并启动，根据某种策略对该程序进行调度，为其分配 CPU 并执行相应的语句，包括进行各种运算、处理各种 I/O 请求等，直至所有语句全部执行完。从这个角度看，操作系统又扮演着程序指挥员的角色。

3. 用户接待员——软硬件界面，人机界面

众所周知，计算机是由 CPU、内存、磁盘、显卡、声卡等许多设备组成的，而且这些设备的厂商众多，品种繁杂，不同厂商生产的同种设备虽然可以完成同种功能，但是具体细节却千差万别。如果没有操作系统，为了正确管理和使用这些设备，用户或程序员就需要了解和掌握各种设备的工作原理。即使对于同种设备，不同的硬件厂商在实现细节上的差异也会使得用户或程序员陷入了复杂的硬件控制的深渊！为了让用户或程序员从这个“苦海”中脱离出来，操作系统承担了这个复杂的工作，它通过设备驱动程序来与计算机硬件打交道，通过一系列的功能模块将整个计算机硬件系统抽象成为一个公共、统一、开放的

接口, 再将这些接口提供给用户使用, 这些接口主要有命令方式、图形化(窗口)方式和应用程序接口方式。操作系统就是通过也只能通过这些接口来响应用户的请求。从这个角度来看, 操作系统扮演着用户接待员的角色, 当从相应的接口接收到用户的请求后, 操作系统便调动相关的“人马”为用户提供相应的服务。

1.1.6 操作系统的设计目标

目前存在着多种类型的操作系统, 不同类型的操作系统各有侧重, 但一般来说操作系统的设计目标有以下几点:

1. 有效管理系统资源

计算机系统包含着许多软硬件资源, 如何有效地管理好这些系统资源, 使系统资源得到充分的利用, 是操作系统首要解决的问题, 也是配置操作系统所要达到的一个重要目标, 具体包含着以下两方面的含义。

1) 提高系统资源利用率

一般来说计算机系统资源是稀缺的, 并且有运行速度的差别, 如果各种资源不加以协调, 很多诸如 CPU、I/O 设备等资源就会经常处于空闲状态, 不能被充分利用, 从而造成计算机系统资源的浪费。在配置操作系统后, 操作系统会对计算机系统资源进行管理, 使计算机系统资源能够有序、充分地使用, 从而提高了系统资源的利用率。

2) 提高系统吞吐量

操作系统通过合理地组织计算机的工作流程(如多任务并发)来进一步提高计算机系统资源的利用率。提高系统吞吐量意味着计算机系统在单位时间内处理的用户或系统请求越多, 系统资源越能得以充分利用。

2. 方便用户使用计算机系统

在使用未配置操作系统的计算机时, 你面对的是一个只认 0 和 1(机器码)的硬件, 用户在使用计算机时必须给计算机发出(输入)由 0 和 1 组成的机器码指令, 然后计算机才能明白你的想法, 这就使得用户使用计算机很不方便。在配置操作系统后, 用户可以直接调用易懂的命令或点击鼠标来使用计算机, 这就让使用计算机变得更加方便。

3. 适应硬件的更新换代

随着超大规模集成电路(VLSI)技术和计算机技术的迅速发展, 计算机的硬件和体系结构也随之更新换代, 那么操作系统的设计就必须考虑到将来可能存在的硬件扩充功能或更新的问题, 即充分考虑兼容性的问题, 提供统一的接口, 为可能的功能预留接口。

4. 实现开放环境

由于计算机网络的迅速发展, 特别是互联网应用的日益普及, 计算机操作系统的应用环境已由单机封闭环境转向开放的网络环境。为使不同厂家的计算机和设备能通过网络加以集成, 能正确、有效地协同工作, 实现应用的可移植性和互操作性, 要求计算机系统必须提供统一的开放环境, 进而要求操作系统具有开放性。开放性是指系统能遵循世界标准规范, 特别是遵循开放系统互连(OSI)国际标准。凡遵循国际标准开发的硬件和软件, 均能彼此兼容, 可方便地实现互连。

1.2 操作系统的发展

本节导读：任何事物的发展都是有原因的，也是有规律的，不同事物发展的原因和规律既有差异性，又有相似性。本节主要分析推动操作系统发展的因素，并详细阐述操作系统的发展历程，主要目的是希望读者能够了解操作系统发展的内在及外在原因并找到操作系统的发展规律。本节内容的学习不仅可以指导后面章节中操作系统理论的学习，还可以将操作系统的发展规律应用于其他领域。

😊 小故事 第一季(2)：OS 饭店扩大了

因为项目交付，小程去外地工作了一段时间，这段时间，他一直非常想吃 OS 饭店的饭菜，回来后就直接来到 OS 饭店，他惊喜地发现，OS 饭店有了很大变化：饭店的门面扩大了，座位由原来的 1 个增加到 16 个；环境更好了，安装了空调等设备；菜品的种类增多了，除了肉类，还增加了海鲜类菜肴；服务员的分工更明确了，有专门负责接待的、专门负责领位的、专门负责点菜的；相应地，服务比以前更贴心了。小程点了一份清蒸黄鱼，在短暂的等待时间之后，小程吃上了味道鲜美的清蒸黄鱼，这一餐让小程吃得心满意足，更加喜欢 OS 饭店了。

由此我们可以看出，OS 饭店在开店初期规模不大，但是随着时间的推移，OS 饭店不断发展成一个有一定规模的大店，当然饭店的发展是受客户需求、市场竞争等因素推动的。与 OS 饭店一样，计算机操作系统也并不是一开始就有，它经历了从无到有、从小到大、从简单到复杂的发展历程，而且现在还在不断发展，下面我们首先看看推动操作系统发展的因素有哪些，然后详细阐述操作系统的发展历程。

1.2.1 推动操作系统发展的因素

操作系统发展至今，在性能、规模等方面都有了很大的提高，操作系统的功能已非常强大，用户使用更加方便。推动操作系统不断向前发展的动力有很多，但归结起来，操作系统发展的主要推动力是计算机硬件的更新换代、用户需求的扩大、计算机体系结构的不断发展和市场的激烈竞争。

1. 计算机硬件的更新换代

计算机系统硬件是所有软件运行的基础，操作系统是裹在硬件之上的第一层软件，与硬件的关系尤为密切，它对硬件资源直接实施控制、管理。如果一台计算机增加了一种新硬件，操作系统就要增加对这种新硬件进行管理的功能，否则就不能胜任系统资源管理者的角色，因此硬件的升级换代促使操作系统进行相应的改变以适应硬件的发展。例如：早期的计算机没有鼠标，只有键盘，当然，操作系统就不需要具备管理鼠标的能力；20 世纪 90 年代鼠标技术逐渐成熟，促使操作系统升级，增加了管理鼠标的功能，同时由于鼠标的广泛应用使得操作系统的界面由字符界面升级到图形界面，大大方便了用户的使用。由此可见，硬件更新换代是推动操作系统发展的因素之一。计算机硬件从电子管到晶体管、

集成电路、大规模集成电路，发展至当今的超大规模集成电路，计算机系统的性能得到快速提高，这也促使操作系统不断发展，其功能不断完善。

2. 用户需求的扩大

OS 饭店的发展很大程度上是由于客户需求的增加，当初只有一个座位的小饭店不断扩大规模，增加菜品和服务，是因为 OS 饭店的客户反馈机制做得好，同时他们能认真研究客户反馈信息，并根据客户反馈进行改进。计算机操作系统的发展也要归于用户需求的不断扩大。在 20 世纪 60 年代，计算机主要用于科学计算，后来用户不仅希望计算机能进行科学计算，还希望计算机能进行工业控制和实时信息检索，为此操作系统进一步发展，增加了实时控制及实时信息检索的功能。用户应用需求的不断扩大促进了计算机技术的发展，也促进了操作系统的不断更新升级。另一方面，用户对操作系统现有功能的不满，也会不断敦促操作系统厂商完善操作系统的功能，使操作系统朝着更加完美的方向发展。

◆ 小启示：对我们个人也一样，我们周围的人发现并指出我们的缺点或者对我们提出较高要求对我们是一件好事，我们只要能够认真反思，改正缺点，就会变得越来越完美。

3. 计算机体系结构的不断发展

计算机体系结构的发展，也不断推动着操作系统的发展甚至产生新的操作系统类型。例如，当计算机由 32 位处理机系统发展为 64 位处理机系统时，相应地，操作系统也就由 32 位操作系统发展为 64 位操作系统。又如，当出现了计算机网络后，配置在计算机网络上的网络操作系统也就应运而生，它不仅能有效地管理好网络中的共享资源，而且还向用户提供了许多网络服务。

4. 市场的激烈竞争

市场的激烈竞争也在不断推动着操作系统的发展。当操作系统适应硬件的发展并满足用户的功能需求后，用户对操作系统又提出了更高的要求，用户希望操作更方便、界面更美观、用户体验更好等等。于是，为了抢占市场份额，各大操作系统厂商纷纷想方设法实现用户的期望，这成为继续推动操作系统发展的又一个动力。近年来，Linux 操作系统的市场份额不断增加，是因为 Linux 操作系统看好了 PC 操作系统的市场，并在操作系统的功能、性能、易用性等方面不断迎合用户的需求而进行改进，促使 Linux 操作系统不断发展。而微软也不会轻易放弃已有的市场，微软的 Windows 操作系统就是一个典型的例子，由开始的 Windows 3.2、Windows 95、Windows 98、Windows 2000、Windows XP、Windows 7、Windows 8、Windows 10 等不断进行升级换代，功能越来越强大，推动 Windows 操作系统不断完善。

综上所述，计算机硬件的更新换代、用户需求的扩大、计算机体系结构的发展以及市场竞争等因素不断推动计算机操作系统向前发展。计算机操作系统到底经历了怎样的发展历程呢？下面详细阐述。

1.2.2 手工操作阶段

众所周知，世界上的第一台计算机是 1946 年诞生的，从第一台计算机至 20 世纪

50 年代中期的计算机属于第一代计算机,因为这时计算机逻辑电路的主要部件是电子管,所以这个时期又被称为电子管时代。这时的计算机体积庞大,耗能高,价格十分昂贵,且没有配备操作系统,使用起来不仅非常繁琐,而且只有具有深厚计算机专业知识的人才能使用,普通用户无法使用计算机。由用户(也是程序员)采用手工方式直接控制和使用计算机硬件,大体的操作过程是:首先程序员使用由 0 和 1 构成的二进制代码表示程序,例如,假设 A 用 01000001 表示, B 用 01000010 表示,加运算用 00010101 表示,则表示 A+B 就需要用下面的二进制串表示:

00010101

01000001

01000010

一段具有一定功能的程序需要用很长的二进制代码表示,用户需要将事先准备好的程序和数据穿孔在纸带或卡片上(穿孔表示“1”,无孔表示“0”)(图 1-3 就是存储某个程序或数据的纸带),程序准备好之后,在约定的时间去使用计算机,使用计算机时需要先手工将纸带或卡片装入纸带机或卡片读入机,由纸带或卡片输入机将程序和数据输入计算机;然后手动扳动开关启动计算机运行,程序运行过程中出现意外或者程序运行结束,程序员需要通过控制台上的按钮、开关等来操纵和控制程序,程序运行结束后,用户取走计算结果,这时下一个用户才能上机。当时的计算机没有显示设备实时显示程序运行结果,因此中间的运行过程中出现的任何错误都必须在程序运行结束时才能知道,程序员也不能在机器上实时调试程序,程序中出现的错误需要程序员回去之后自己修改程序,将修改后的程序重新穿孔到纸带或卡片上,重复上述过程,直到程序能正确运行。

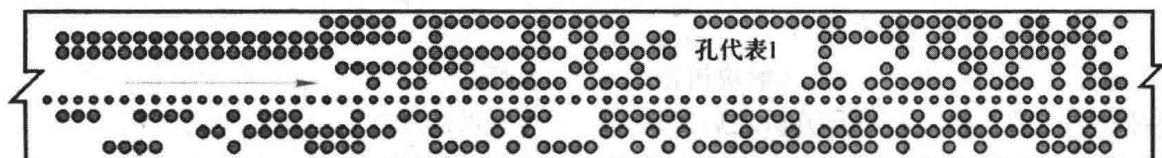


图 1-3 存储某个程序或数据的纸带的示意图

从上面操作过程的描述可以看出,这种人工操作方式对用户的要求很高,用户往往既是程序员又是操作员,但更重要的是,随着计算机的运算速度的提升,人工干预时间占据很高的比例,人工速度跟不上计算机的速度,从而出现“人—机矛盾”,造成计算资源浪费。早期的计算机计算速度较慢,为几千次每秒,这种人工干预对计算资源的浪费还不是很明显,但是后来计算机的运算速度大大提高,达到了几十万甚至上百万次每秒,这时人工速度对整体性能的影响就变得显著了。例如:假设早期的计算机计算速度为 2000 次/秒,一个程序的运行需要进行 3 600 000 次运算,而人工进行输入/输出、启动按钮等动作的时间是 3 分钟,一个程序运行需要花费的时间为程序运行时间 + 人工干预时间 = $3\,600\,000 \text{ 次} / 2000 \text{ 次/秒} + 3 \text{ 分钟} = 1800 \text{ 秒} + 3 \text{ 分钟} = 33 \text{ 分钟}$ 。在 33 分钟的时间内有 3 分钟的时间是人工干预时间,用户干预时间占程序运行时间的比例不超过 10%,对一般用户而言是可以接受的。随着计算机运算速度的加快,假设机器的运算速度为 20 000 次/秒,手工干预时间不会因机器运行时间的改变而改变,因此,手工干预时间还是 3 分钟,则运行程序所需要的总时间为 $3\,600\,000 \text{ 次} / 20\,000 \text{ 次/秒} + 3 \text{ 分钟} = 180 \text{ 秒} + 3 \text{ 分钟} = 6 \text{ 分钟}$ 。在