

 高等教育规划教材

计算机操作系统

王之仓 俞惠芳 编著



免费提供电子教案

下载网址 <http://www.cmpedu.com>



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

青海省省级精品课程教材
高等教育规划教材

计算机操作系统

王之仓 俞惠芳 编著



机械工业出版社

本书全面详细地介绍操作系统原理和相关算法。全书共分8章,内容包括操作系统的基本概念、进程管理、处理机调度、死锁、存储管理、设备管理、文件系统和经典算法模拟,覆盖了全国研究生考试操作系统课程考试大纲的主要内容。

本书从适用教学和学习角度,在详细阐述每章内容的同时,给出操作系统原理知识的思维导图总图和每章的思维导图,力求使读者能够直观地认识到每部分知识在整个体系中的位置,同时通过大量实例、考题解析和独立成章的经典算法模拟等手段,让读者深入理解和掌握操作系统的理论和算法。

本书既可作为高等学校计算机类专业的本科生教材或考研复习和辅导用书,同时可作为计算机专业和从事相关工作技术人员的参考书。

本书配套授课电子课件,需要的教师可登录 www.cmpedu.com 免费注册,审核通过后下载,或联系编辑索取(QQ: 2850823885, 电话: 010-88379739)。

图书在版编目(CIP)数据

计算机操作系统/王之仓,俞惠芳编著. —北京:机械工业出版社,2015.8
高等教育规划教材

ISBN 978-7-111-50238-8

I. ①计… II. ①王… ②俞… 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172046号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码 100037)

策划编辑:郝建伟 责任编辑:郝建伟

责任校对:张艳霞

责任印制:李洋

三河市国英印务有限公司印刷

2015年8月第1版·第1次印刷

184mm×260mm·17印张·1插页·426千字

0001-3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-50238-8

定价:39.90元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:(010)88379833

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:(010)88379649

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

金书网:www.golden-book.com

出版说明

当前,我国正处在加快转变经济发展方式、推动产业转型升级的关键时期。为经济转型升级提供高层次人才,是高等院校最重要的历史使命和战略任务之一。高等教育要培养基础性、学术型人才,但更重要的是加大力度培养多规格、多样化的应用型、复合型人才。

为顺应高等教育迅猛发展的趋势,配合高等院校的教学改革,满足高质量高校教材的迫切需求,机械工业出版社邀请了全国多所高等院校的专家、一线教师及教务部门,通过充分的调研和讨论,针对相关课程的特点,总结教学中的实践经验,组织出版了这套“高等教育规划教材”。

本套教材具有以下特点:

1) 符合高等院校各专业人才的培养目标及课程体系的设置,注重培养学生的应用能力,加大案例篇幅或实训内容,强调知识、能力与素质的综合训练。

2) 针对多数学生的学习特点,采用通俗易懂的方法讲解知识,逻辑性强、层次分明、叙述准确而精炼、图文并茂,使学生可以快速掌握,学以致用。

3) 凝结一线骨干教师的课程改革和教学研究成果,融合先进的教学理念,在教学内容和方法上做出创新。

4) 为了体现建设“立体化”精品教材的宗旨,本套教材为主干课程配备了电子教案、学习与上机指导、习题解答、源代码或源程序、教学大纲、课程设计和毕业设计指导等资源。

5) 注重教材的实用性、通用性,适合各类高等院校、高等职业学校及相关院校的教学,也可作为各类培训班教材和自学用书。

欢迎教育界的专家和老师提出宝贵的意见和建议。衷心感谢广大教育工作者和读者的支持与帮助!

机械工业出版社

前 言

操作系统是最重要、最核心的系统软件，在计算机系统中起到管理和控制计算机的所有软硬件资源的作用，同时又是用户使用计算机的平台。操作系统课程在计算机科学与技术一级学科课程体系中具有突出的、不可替代的地位，该地位是由操作系统软件在计算机系统中所占的地位决定的。计算机操作系统课程是计算机科学与技术等计算机相关学科中最基础、最核心的专业主干课程之一，在计算机科学与技术一级学科的课程体系中起到提纲挈领、统筹全局的作用，是建立各门课程之间联系的纽带。学好操作系统课程，是宏观理解和把握整个学科的重点、学科中各课程之间关系的保障。整个课程体系中的一门门软硬件课程是点亮学科殿堂的一颗颗珍珠，操作系统则是将这些珍珠串成项链的线。通过掌握操作系统知识，理解计算机的工作原理，可以培养学生的计算思维能力，以计算思维的角度来看待和学习操作系统的内容。这是编者努力完成本书的目的之一。

同时，操作系统课程是全国计算机相关专业硕士研究生入学考试的专业课程之一。以本教材为教学用书，以配套教学资源为辅助，能够为学习操作系统原理课程的学习者活学活用操作系统知识提供帮助。

基于此，本书内容组织如下：第1章操作系统引论，讲述操作系统的概念、发展阶段、特性、功能和有关操作系统的研究。第2章进程管理，讲述进程的基本概念、进程控制、进程互斥、进程同步、经典进程的同步问题、管程机制、进程通信和线程。第3章处理机调度，讲述处理机调度概念、调度方式和7种调度算法。第4章死锁，讲述死锁的概念、处理死锁的基本方法、鸵鸟算法和银行家算法、死锁检测和解除。第5章存储管理，讲述内存的连续分配方式和离散分配方式，以及对应于两类分配方式的经典算法，第6章设备管理，讲述I/O系统、I/O控制方式、缓冲管理、设备分配、设备处理、磁盘存储器管理和廉价磁盘冗余阵列。第7章文件系统，讲述文件系统的概念、逻辑结构、物理结构、目录、空闲存储空间的管理等。第8章经典算法模拟，讲述操作系统中涉及的生产者—消费者问题、银行家算法模拟、内存分配和回收算法、最近最久未使用（LRU）算法、磁盘调度算法等经典算法。

为了能够使学习者更加清晰地把握本教材和每章的知识脉络，在章尾给出了本章的思维导图。期望学习者在学习的过程中能够借助于思维导图更好地学习每一章的知识。在每章结尾的考题解析部分对全国计算机专业硕士研究生入学考试和计算机等级考试四级考试的部分题目进行了解析，可以作为练习和作业完成，希望能帮助学习者对本部分知识有深入的认识和深层次的掌握。

本书第1~4章，第8章8.1节和8.2节由王之仓编写，第5~7章，第8章8.3~8.5节由俞惠芳编写。机械工业出版社为本书的编辑出版做了大量工作，表示衷心感谢。宫海燕、谢瑞丽、刘月、王丽娟等同学在编写过程中进行了大量而细致的校对工作，一并表示感谢。

在本教材的编写过程中，阅读并借鉴了大量的文献资料，在参考文献中做了说明。如果不慎遗漏，我们表示万分歉意，并请来电说明。我们会在后续的改进工作中一并写入。

本书受到青海师范大学计算机科学与技术学科和重点实验室建设项目资助。

本书受到国家自然科学基金项目（61363080）和中央财政支持地方高校专项资金项目（06103）的资助。

由于编者学识有限，对于书中出现的错漏不足之处，敬请本书使用者批评、指正。同时，真诚欢迎本书使用者提出对本书结构和内容上的建设性意见。联系邮箱是 zhawang@qq.com。教学网站网址是 <http://jsj.qhnu.edu.cn:86>，教学论坛网址是 <http://jsj.qhnu.edu.cn:86/bbs>。欢迎本书使用者访问并交流。我们会继续完善和提升本书及配套资料的建设，您的建议将是我们前进的方向和动力，我们会及时做出答复和改进。

编 者

目 录

出版说明

前言

第1章 操作系统引论	1	2.2 进程控制	25
1.1 操作系统概念	1	2.2.1 进程的创建	25
1.2 操作系统的发展阶段	2	2.2.2 进程的终止	26
1.2.1 手工操作阶段	3	2.2.3 进程的阻塞与唤醒	27
1.2.2 单道批处理系统	4	2.2.4 进程的挂起和激活	27
1.2.3 多道批处理系统	5	2.3 进程互斥	28
1.2.4 分时操作系统	6	2.3.1 与时间有关的错误	28
1.2.5 实时操作系统	6	2.3.2 互斥的概念	29
1.2.6 通用系统	7	2.3.3 互斥的加锁实现	29
1.2.7 操作系统的基本类型	7	2.4 进程同步	30
1.3 操作系统的特性	8	2.4.1 同步	30
1.3.1 并发性	8	2.4.2 同步的例子：流水作业	30
1.3.2 共享性	8	2.4.3 信号量机制	30
1.3.3 虚拟性	8	2.5 经典进程的同步问题	36
1.3.4 异步性	8	2.5.1 生产者—消费者问题	36
1.4 操作系统功能	8	2.5.2 读者—写者问题	38
1.4.1 操作系统功能概念	8	2.5.3 哲学家进餐问题	40
1.4.2 操作系统的设计过程	9	2.6 管程机制	41
1.4.3 操作系统的设计目标	9	2.6.1 管程的引入	41
1.5 有关操作系统的研究	10	2.6.2 管程的基本概念	41
1.6 本章小结	11	2.6.3 利用管程解决 PC 问题	42
1.6.1 思维导图	11	2.7 进程通信	44
1.6.2 名词解释	11	2.7.1 进程的通信类型	45
1.6.3 概念辨析	12	2.7.2 消息传递系统的实现方法	46
1.6.4 考题解析	12	2.7.3 消息传递系统实现中的若干问题	47
第2章 进程管理	16	2.7.4 消息缓冲队列的通信机制	47
2.1 进程的基本概念	16	2.8 线程	48
2.1.1 程序的顺序执行及特征	16	2.8.1 线程的概念	48
2.1.2 前趋图	17	2.8.2 线程的执行特性	49
2.1.3 程序的并发执行及其特征	17	2.8.3 线程的分类	49
2.1.4 进程的特征与状态	18	2.8.4 不同平台的线程	49
2.1.5 进程控制块	20		

2.9 本章小结	53	4.2.1 预防死锁的方法	84
2.9.1 思维导图	53	4.2.2 死锁的避免	85
2.9.2 名词解释	54	4.2.3 死锁的检测和恢复	85
2.9.3 概念辨析	54	4.3 鸵鸟算法	85
2.9.4 考题解析	55	4.4 银行家算法	86
第3章 处理机调度	64	4.4.1 系统安全状态	86
3.1 处理机调度概述	64	4.4.2 银行家算法原型	87
3.2 选择调度方式和调度算法的 准则	65	4.4.3 银行家算法原理	87
3.2.1 面向用户的准则	65	4.4.4 银行家算法中的数据结构	87
3.2.2 面向系统的准则	65	4.4.5 银行家算法描述	88
3.2.3 最优准则	65	4.4.6 安全性算法	88
3.3 调度的层次	66	4.5 死锁检测与解除	89
3.3.1 高级调度	67	4.5.1 死锁的检测	89
3.3.2 低级调度	68	4.5.2 进程—资源有向图	89
3.3.3 中级调度	69	4.5.3 死锁的解除	91
3.4 调度算法	70	4.6 本章小结	91
3.4.1 基本概念	70	4.6.1 思维导图	91
3.4.2 先来先服务算法	70	4.6.2 名词解释	92
3.4.3 短进程/作业优先算法	71	4.6.3 概念辨析	92
3.4.4 最高响应比优先算法	72	4.6.4 考题解析	92
3.4.5 最高优先数算法	73	第5章 存储管理	96
3.4.6 基于时间片的轮转调度算法	75	5.1 程序的装入和链接	97
3.4.7 最短剩余时间优先算法	77	5.1.1 程序的装入	97
3.4.8 多级反馈排队算法	77	5.1.2 程序的链接	98
3.5 实时调度	79	5.2 连续分配方式	99
3.5.1 实时调度策略	79	5.2.1 单一连续分配方式	99
3.5.2 实时调度算法	79	5.2.2 固定分区方式	99
3.6 本章小结	80	5.2.3 动态分区	101
3.6.1 思维导图	80	5.2.4 可重定位分区分配	105
3.6.2 名词解释	80	5.3 基本分页存储管理	106
3.6.3 概念辨析	80	5.3.1 离散存储概述	107
3.6.4 考题解析	81	5.3.2 页面和页表	107
第4章 死锁	83	5.3.3 地址变换机构	108
4.1 基本概念	83	5.3.4 两级和多级页表	110
4.1.1 死锁的概念	83	5.3.5 相关技术发展	111
4.1.2 死锁的起因	83	5.4 基本分段存储管理	112
4.1.3 产生死锁的必要条件	84	5.4.1 分段存储概述	112
4.2 处理死锁的基本方法	84	5.4.2 分段系统的基本原理	112
		5.5 段页式存储管理	113

5.6 虚拟存储器	114	6.4 设备分配	151
5.6.1 虚拟内存的引入	114	6.4.1 设备分配中的数据结构	152
5.6.2 虚拟存储器的实现方法	115	6.4.2 设备分配时应考虑的若干 因素	153
5.6.3 虚拟存储器的特征	116	6.4.3 设备独立性	154
5.7 请求分页存储管理	116	6.4.4 独占设备的分配程序	155
5.7.1 页表机制	116	6.4.5 SPOOLing 技术	156
5.7.2 缺页中断机构	116	6.5 设备处理	157
5.7.3 地址变换机构	117	6.5.1 设备驱动程序的概念	157
5.7.4 内存分配策略和分配算法	119	6.5.2 设备驱动程序的功能	157
5.7.5 调页策略	121	6.5.3 设备驱动程序的处理过程	157
5.7.6 对换技术	121	6.5.4 中断处理程序的处理过程	158
5.8 页面置换算法	122	6.6 磁盘存储器管理	158
5.8.1 最优置换算法和先进先出置换 算法	122	6.6.1 数据的组织和格式	158
5.8.2 最近最久未使用 (LRU) 算法	123	6.6.2 磁盘 I/O 访问时间的组成	158
5.9 本章小结	125	6.6.3 磁盘 I/O 调度策略	160
5.9.1 思维导图	125	6.6.4 磁盘高速缓存	163
5.9.2 名词解释	126	6.6.5 固态硬盘	165
5.9.3 概念辨析	126	6.7 廉价磁盘冗余阵列	166
5.9.4 考题解析	126	6.8 本章小结	167
第6章 设备管理	136	6.8.1 思维导图	167
6.1 I/O 系统	136	6.8.2 名词解释	168
6.1.1 I/O 设备	137	6.8.3 概念辨析	168
6.1.2 设备控制器	138	6.8.4 考题解析	168
6.1.3 I/O 通道	140	第7章 文件系统	173
6.1.4 总线结构	142	7.1 文件管理和文件系统	173
6.2 I/O 控制方式	144	7.1.1 引入文件管理的原因	173
6.2.1 程序 I/O 方式	144	7.1.2 文件管理的目的	173
6.2.2 中断驱动 I/O 控制方式	145	7.1.3 文件系统的基本概念	174
6.2.3 直接存储器访问 DMA 控制 方式	145	7.2 文件的逻辑结构	174
6.2.4 I/O 通道控制方式	146	7.2.1 文件逻辑结构的类型	175
6.3 缓冲管理	146	7.2.2 顺序文件	175
6.3.1 缓冲解决的问题	147	7.2.3 索引文件	176
6.3.2 单缓冲	147	7.2.4 索引顺序文件	176
6.3.3 双缓冲	147	7.2.5 直接文件和哈希文件	177
6.3.4 循环缓冲	148	7.3 外存分配方式	177
6.3.5 缓冲池	149	7.3.1 连续分配	177
		7.3.2 链接分配	178
		7.3.3 索引文件	180

7.3.4 有结构文件的比较	181	8.1 生产者—消费者算法模拟	200
7.4 目录管理	182	8.1.1 实验环境	200
7.4.1 文件控制块和索引结点	182	8.1.2 实验目的	200
7.4.2 目录结构	183	8.1.3 实验内容	200
7.4.3 目录查询技术	186	8.2 银行家算法模拟	216
7.5 空闲存储空间的管理	186	8.2.1 实验环境	216
7.5.1 空闲表法和空闲链表法	186	8.2.2 实验目的	216
7.5.2 位示图法	187	8.2.3 实验内容	216
7.5.3 成组链接法	187	8.3 内存分配和回收算法	233
7.6 文件共享与保护	189	8.3.1 实验环境	233
7.6.1 基于索引结点的共享方式	189	8.3.2 实验目的	233
7.6.2 利用符号链实现文件共享	189	8.3.3 实验内容	233
7.6.3 磁盘容错技术	189	8.4 最近最久未使用 (LRU)	
7.7 数据一致性控制	191	算法	241
7.7.1 事务	191	8.4.1 实验环境	241
7.7.2 检查点	191	8.4.2 实验目的	241
7.7.3 并发控制	191	8.4.3 实验内容	241
7.8 本章小结	192	8.5 磁盘调度算法	246
7.8.1 思维导图	192	8.5.1 实验环境	246
7.8.2 名词解释	193	8.5.2 实验目的	246
7.8.3 概念辨析	193	8.5.3 实验内容	246
7.8.4 考题解析	193	参考文献	261
第8章 经典算法模拟实验	199	后记	262

第1章 操作系统引论

【知识点】

操作系统的概念、操作系统的发展过程及类型、操作系统的特性、操作系统的功能和操作系统研究。

【学习要求】

1. 理解操作系统的概念。
2. 了解单道批处理系统、多道批处理系统的特点。
3. 了解分时系统和实时系统的特点。
4. 掌握操作系统的并发、共享、虚拟和异步性等特征。
5. 了解操作系统的功能。
6. 了解微内核操作系统结构的基本特点。

计算机系统包括软件和硬件部分。如果用户是计算机的“东家”，那么操作系统就是替用户打理计算机系统中所有的软、硬件资源的“大掌柜”。用户对计算机的控制与操作，是通过操作系统来完成的。正是操作系统提供的良好界面，使得用户能够方便自然地使用计算机资源。本章学习的重点是操作系统的概念、操作系统的发展过程、操作系统的基本特征、操作系统的功能。通过以上知识的学习，学习者对操作系统应有整体上的把握。

1.1 操作系统概念

计算机发展到今天，从个人计算机到巨型计算机系统，毫无例外都配置一种或多种操作系统。操作系统管理和控制计算机系统中的所有软、硬件资源，是计算机系统的灵魂和核心。除此之外，它还为用户提供计算机提供一个方便灵活、安全可靠的工作环境。

没有任何软件支持的计算机称为裸机（Bare Machine），它仅仅构成了计算机系统的物质基础，而实际呈现在用户面前的计算机系统是经过若干层软件改造的计算机。裸机在最里层，它的外面是操作系统，通过操作系统提供的资源管理功能和方便用户的各种服务功能，将裸机改造成功能更强且使用更方便的机器，通常称之为虚拟机（Virtual Machine）。

因此，引入操作系统的目的有三个方面。

观点一，从系统管理人员的观点来看，操作系统是计算机资源的管理者。

观点二，从用户的观点来看，引入操作系统是为了给用户使用计算机提供一个良好的界面，从而使用户无须了解许多有关硬件和系统软件的细节，就能方便灵活地使用计算机。

观点三，从发展的观点看，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，且不影响原有的服务与功能。

综上所述，可以形式地把操作系统定义为：

操作系统（Operating System，OS）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功能强大、使用方便和可扩展的工作环境，从而在计算机与其用户之间起到接口的作用。

简言之，操作系统是掌控计算机上所有事情的系统软件。

1.2 操作系统的发展阶段

综观计算机发展历史，操作系统与计算机硬件的发展息息相关。操作系统之本意原为提供简单的工作排序能力，后为辅助更新更复杂的硬件设施而渐渐演化。从最早的批次模式开始，分时机制也随之出现，在多处理器时代来临时，操作系统也随之添加多处理器协调功能，甚至是分布式系统的协调功能。其他方面的演变也类似于此。另外，PC 的操作系统因沿袭大型计算机的成长之路，在硬件越来越复杂、强大的同时，也逐步实现以往只有大型计算机才有的功能。

总而言之，操作系统的历史就是一部解决计算机系统需求与问题的历史。操作系统经历的四个发展阶段，可以和计算机硬件的发展阶段一一对应，如表 1-1 所示。

表 1-1 操作系统发展阶段和计算机硬件发展阶段的对应

操作系统发展阶段	硬件发展阶段
无操作系统（手工操作）	电子管时代
单道批处理系统	晶体管时代
多道程序设计	集成电路时代
分时系统	大规模和超大规模集成电路时代

目前，现代计算机正向着巨型、微型、并行、分布、网络化和智能化等几个方面发展。国防科技大学研制的天河系列正是巨型计算机中的佼佼者，如图 1-1 所示。

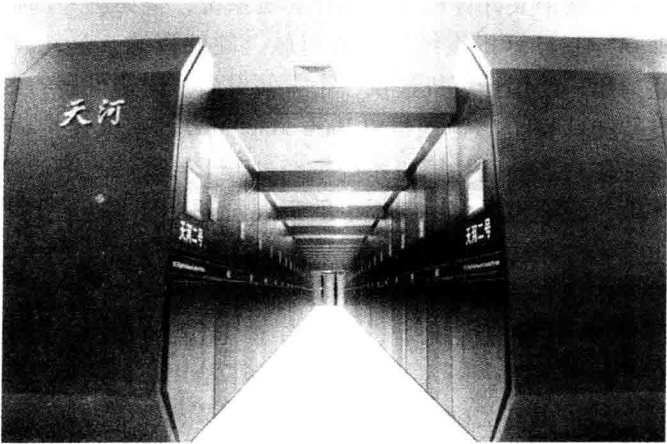


图 1-1 天河Ⅱ号

1.2.1 手工操作阶段

从 1946 年第一台计算机诞生至 20 世纪 50 年代中期，一直未出现操作系统，计算机工作采用手工操作方式，如图 1-2 和图 1-3 所示。程序员将对应于程序和数据的已穿孔的纸带（或卡片）装入输入机，然后启动输入机把程序和数据输入计算机内存；通过控制台开关启动程序针对数据运行；计算完毕，打印机输出计算结果；用户取走结果并卸下纸带（或卡片）后，才让下一个用户上机。

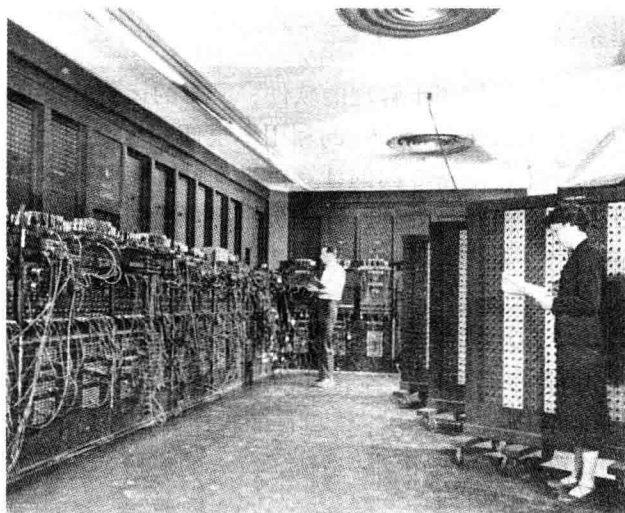


图 1-2 格伦·贝克（远）和贝蒂·斯奈德（近）在位于弹道研究实验室（BRL）Building 328 的 ENIAC 上编程
（注：图 1-2 和图 1-3 取自参考文献 [3]）

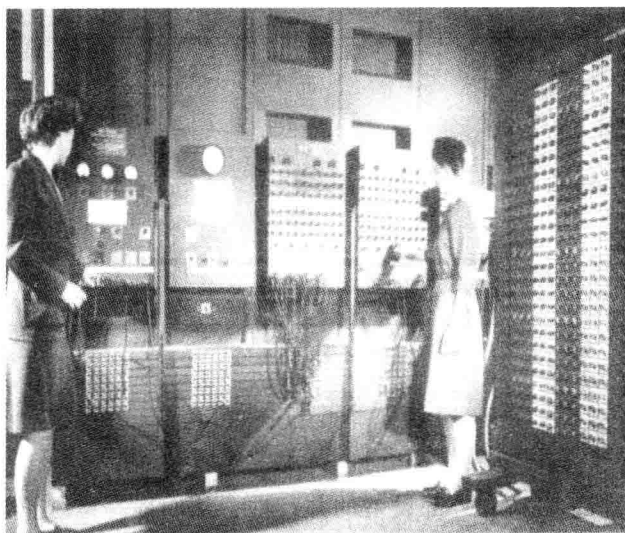


图 1-3 程序员贝蒂·让·詹宁斯（左）和弗兰·Bilas（右）操作位于穆尔电气工程学院的 ENIAC 主控制面板

手工操作方式有以下两个特点：

1) 用户独占全机。不会出现因资源已被其他用户占用而等待的现象，但资源的利用率低。

2) CPU 等待手工操作，CPU 的利用不充分。

20 世纪 50 年代后期，随着计算机运算速度的加快，人机矛盾越来越大，直至无法容忍。在这种情况下，必须寻求新的办法，于是设计并实现操作系统以自动完成程序的装入和运行成为迫切需要。这样就出现了成批处理。

1.2.2 单道批处理系统

计算机发展的早期，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，任何操作出错都要重做作业，CPU 的利用率很低。

解决的方法有两个：一个是配备专门的计算机操作员，程序员不再直接操作机器，以减少操作机器的错误；另一个是进行批处理，操作员把用户提交的作业分类，把一批中的作业编成一个作业执行序列。每一批作业将有专门编制的监督程序（Monitor）自动依次处理。图 1-4 所示为单道程序顺序运行情况。

此时，运行单道程序，每次只调用一个用户作业程序进入内存并运行。于是，对于以计算为主的作业，输入/输出量少，外围设备空闲，如图 1-4a 所示；对于以输入/输出为主的作业，主机空闲，如图 1-4b 所示。进入系统运行的程序占用了所有的资源，但是系统中大部分资源在程序运行期间可能不会被用到，造成了巨大的浪费。

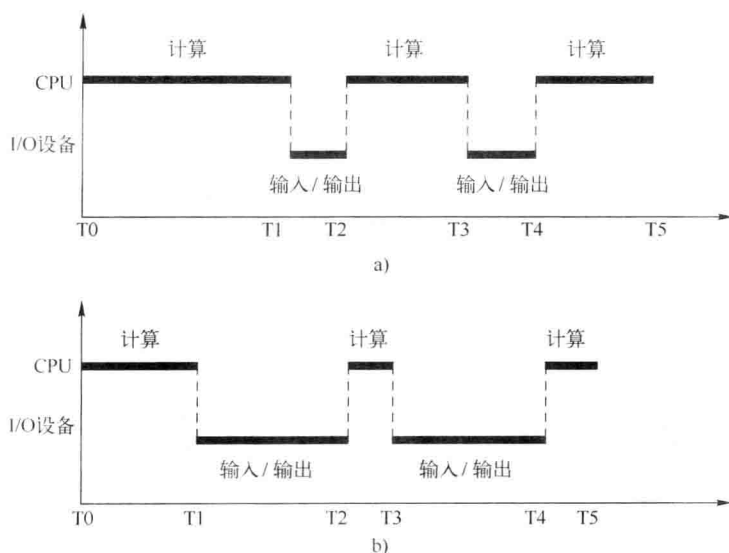


图 1-4 单道程序顺序运行

a) 计算为主的作业 b) 输入/输出为主的作业

在这种情况下，提高 CPU 和外部设备的并行性，从而提高系统资源的利用率是很有意义的。于是，20 世纪 60 年代中期，多道程序设计技术和基于多道程序设计技术的多道批处理系统出现了。单道批处理系统中 CPU 资源、内存资源和外设资源的利用率低，但是它的意义是非凡的，它实现了对计算机系统资源的管理由手工管理转变为自动管理。

1.2.3 多道批处理系统

1. 多道程序设计

所谓多道程序设计技术，就是指允许多个程序同时进入内存并运行。即同时把多个程序装入内存，并允许它们交替在 CPU 中运行，它们共享系统中的各种硬、软件资源。当一道程序因 I/O 请求而暂停运行时，CPU 便立即转去运行另一道程序。

多道程序合理搭配以输入/输出为主和以计算为主的程序，使得它们交替运行，从而充分利用资源，提高系统效率。

多道程序的运行特点是计算机内存中同时存放多道相互独立的程序。它们宏观上并行运行，即同时进入系统的几道程序都处于运行状态，但都未运行完成；而在微观上串行运行，即各作业轮流使用 CPU，交替执行。

2. 多道批处理系统

(1) 多道批处理系统的出现

20 世纪 60 年代中期，在单道批处理系统中，引入多道程序设计技术后形成了多道批处理系统（简称批处理系统）。图 1-5 所示为三道程序并发运行的情况。

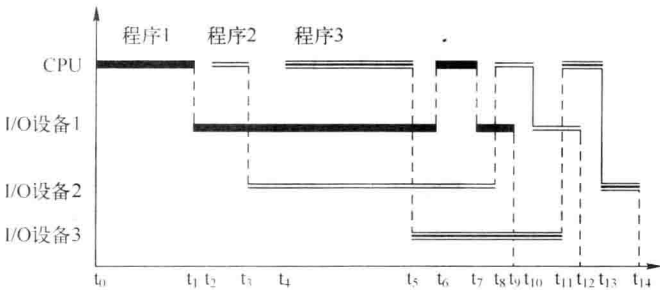


图 1-5 三道程序并发运行

程序 1、程序 2 和程序 3 先后接受调度进入系统，从而实现了计算型程序和 I/O 型程序平衡利用系统资源。在当前运行的作业需做 I/O 处理时，CPU 转而执行另一个作业，从而保证了系统中最核心资源的 CPU 利用率。

(2) 多道批处理系统的特点

1) 多道：系统内可同时容纳多个作业。这些作业放在外存中，组成一个后备队列，系统按一定的调度原则每次从后备作业队列中选取一个或多个作业进入内存运行，运行作业结束、退出运行和后备作业进入运行均由系统自动实现，从而在系统中形成一个自动转接的、连续的作业流。

2) 成批：在系统运行过程中，不允许用户与其作业发生交互作用，即作业一旦进入系统，用户就不能直接干预其作业的运行。

(3) 多道批处理系统的主要特征

1) 用户脱机使用计算机：作业提交后直到获得结果之前，用户无法与作业交互。

2) 作业成批处理：采用成批处理作业。

3) 多道程序并行：充分利用系统资源。

(4) 多道批处理系统的优缺点

多道批处理系统的优点是由于系统资源为多个作业所共享，其工作方式是作业之间自动调度执行。并在运行过程中用户不干预自己的作业，从而大大提高了系统资源的利用率和作业吞吐量。

多道批处理系统的缺点是无交互性，用户一旦提交作业就失去了对其运行的控制能力；同时，由于是批处理，所以作业周转时间长，用户使用不方便。

1.2.4 分时操作系统

分时（Time Sharing）是把计算机的系统资源（尤其是 CPU 时间）进行时间上的分割，每个时间段称为一个时间片（Time Slice），每个用户依次轮流使用时间片。

分时技术即把处理机的运行时间分为很短的时间片，按时间片轮流把处理机分配给各联机作业使用，如图 1-6 所示。图中每个终端是代表一个任务在运行，各终端以时间片大小的时间为单位轮流使用主机。

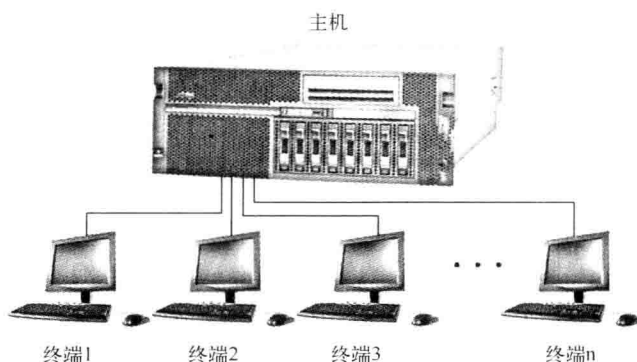


图 1-6 分时系统示意图

分时操作系统是一种联机的多用户交互式操作系统。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，并提供交互会话能力。

分时系统具有交互性、多用户同时性和独立性的特征。交互性指系统能及时对用户的操作进行响应，显著提高调试和修改程序的效率，即缩短了周转时间。多用户同时性指多个用户同时工作，共享系统资源，从而提高了资源利用率，节省维护开支。可靠性高的终端，至今仍在使使用，促进了计算机的普遍应用，提高资源利用率，远地用户通过终端（较便宜）联机使用。独立性指各用户独立操作，互不干扰。

UNIX 是当今最流行的一种多用户分时操作系统。

1.2.5 实时操作系统

实时操作系统是一种联机的用于实时控制和实时信息处理领域的操作系统，主要用于过程控制、事务处理等有实时要求的领域，其主要特征是实时性和可靠性。

实时操作系统要求：①响应时间短，在一定范围之内；②系统可靠性高。

实时系统的特征包括实时时钟管理、过载保护、高度可靠性和安全性。

实时系统、批处理系统和分时系统的比较如下。

- 1) 专用系统：许多实时系统是专用系统，而批处理与分时系统通常是通用系统。
- 2) 实时控制：实时系统用于控制实时过程，要求对外部事件能迅速响应，具有较强的中断处理机构。
- 3) 高可靠性：实时系统用于控制重要过程，要求高度可靠，具有较高冗余，如双机系统。
- 4) 事件驱动和队列驱动：实时系统的工作方式，即接收外部消息、分析消息及调用相应处理程序进行处理。
- 5) 可与通用系统结合成通用实时系统：实时处理前台作业，批处理为后台作业。

常用实时操作系统包括 QNX、VxWorks、RTLinux 等，而 Linux、多数 UNIX 以及多数 Windows 家族成员等都属于非实时操作系统。操作系统整体的实时性通常依靠内核的实时能力，但有时也可在非实时内核上创建实时操作系统，很多在 Windows 上创建的实时操作系统就属于此类。

在 POSIX 标准中专有一系列用于规范实时操作系统的 API，其中包括 POSIX.4、POSIX.4a、POSIX.4b（合称 POSIX.4）以及 POSIX.13 等。符合 POSIX.4 标准的操作系统通常被认可为实时操作系统（但实时操作系统并不需要符合 POSIX.4 标准）。

1.2.6 通用系统

批处理系统、分时系统和实时系统是操作系统的三种基本类型。

通常具有分时、实时和批处理两种以上功能的操作系统，又称作通用操作系统。通常把实时任务称为前台作业，批作业称为后台作业。将批处理和分时处理相结合可构成分时批处理系统。

通用操作系统是面向一般没有特定应用需求的操作系统。由于没有特定的应用需求，通用操作系统为了适应更广泛的应用，需要支持更多的硬件与软件，需要针对所有的用户体验，对系统进行更新。通用操作系统是一个工程量繁重的操作系统。

常用操作系统有 UNIX 操作系统系列，包括 SUN 公司的 Solaris 和 IBM 公司的 AIX；Microsoft 公司的 Windows 系列；Linux 操作系统系列包括 RedHat Linux、Ubuntu、Cent OS 等。

1.2.7 操作系统的基本类型

操作系统的分类没有一个单一的标准，可以根据工作方式分为批处理操作系统、分时操作系统、实时操作系统、网络操作系统和分布式操作系统等；根据架构可以分为单内核操作系统、微内核操作系统等；根据运行的环境，可以分为桌面操作系统、嵌入式操作系统等；根据指令的长度分为 8 bit、16 bit、32 bit 和 64 bit 的操作系统，如图 1-7 所示。

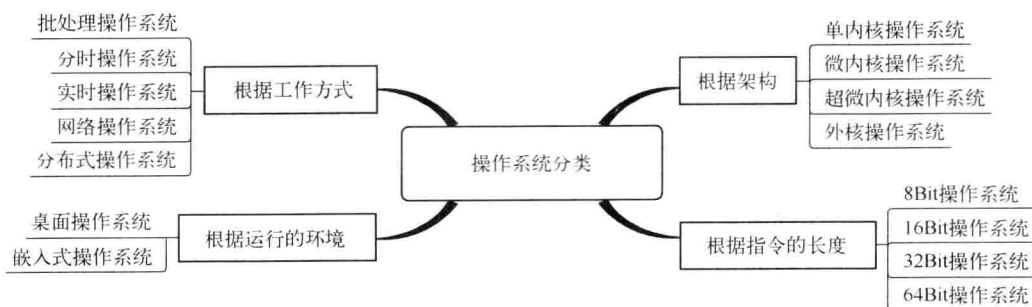


图 1-7 操作系统的分类