

普通高等院校计算机专业（本科）实用教程系列

操作系统

实用教程（第二版）

任爱华 王 雷 编著

23456789123123

23456789123123



清华大学出版社

普通高等院校计算机、用教程系列

操作系统实用教程

(第二版)

任爱华 王 雷 编著

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书着重讲述操作系统的原理和概念,并且以此来指导操作系统的设计和实现。

全书共分8章。第1章概论,介绍操作系统的定义、发展、现状和它在计算机系统中的作用。第2章介绍操作系统用户接口,Linux的安装与使用。第3~7章主要讨论操作系统的基本原理和概念,包括进程管理、并发程序设计、存储管理、设备管理、文件管理以及磁盘管理等内容。在阐述基本原理和概念的基础上,为了使读者对操作系统有一个整体概念,将所学知识能融会贯通,每章都从问题的提出开始,进入到对具体操作系统原理的介绍,然后利用Linux相关部分有针对性地进行实例介绍。第8章介绍操作系统的较深入的内容。各章均附有一定数量的习题,并为教师免费提供习题答案和教学用讲稿PPT文件。

本书可作为普通高等院校计算机专业的教材或教学参考书,也可作为计算机软件人员的参考书。

版权所有,翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

操作系统实用教程/任爱华等编著.第二版.—北京:清华大学出版社,2004.1

(普通高等院校计算机专业(本科)实用教程系列)

ISBN 7-302-07748-7

I. 操… II. 任… III. 操作系统—高等学校—教材 IV. TP316

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第112304号

出 版 者: 清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社 总 机: 010-62770175

地 址: 北京清华大学学研大厦

邮 编: 100084

客户服务: 010-62776969

组稿编辑: 徐培忠

文稿编辑: 陶萃渊

封面设计: 龚正伟

印 装 者: 北京市清华园胶印厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 185×260 印张: 24.5 字数: 604千字

版 次: 2004年1月第1版 2004年1月第1次印刷

书 号: ISBN 7-302-07748-7/TP·5662

印 数: 1~3000

定 价: 36.00元

前言(第二版)

在计算机网络迅速发展的今天,计算机技术不断地更新和完善,无论是硬件还是软件的变革都会在计算机操作系统的设计技术与使用风格上得到体现。因此,计算机操作系统的教材应该体现出这些变化,才能使教师教得方便,学生学有所得。

操作系统是计算机系统配置的所有软件中使用最广泛的基础软件,它在整个计算机系统软件中处于中心地位,也是计算机专业教学中最重要的环节之一。从操作系统自身角度讲,它不仅很好地体现了计算机日益发展中的软件研究成果,而且也较好地体现了计算机的硬件技术发展及计算机系统结构的发展成果。从计算机用户角度讲,学习使用计算机实际上就是熟悉使用操作系统所提供的用户界面环境。每台计算机都必须安装操作系统,有的甚至不止安装一套。普通用户只需了解操作系统的外部功能,而无须了解其内部实现细节,因此,操作系统如何实现的这些功能对用户来说无关紧要。此时,操作系统被看做是一只只“黑盒子”,因为用户读不到,或读不懂操作系统的源代码,仅需要了解它的外部接口。但是,对于计算机专业的学生,掌握计算机不仅要求会操作它,还要利用计算机去开发各种软件,解决复杂的应用问题。学习操作系统的设计与实现原理,是计算机软件专业的学生全面地了解和掌握系统软件、一般软件设计方法和技术的必不可少的综合课程,也是了解计算机硬件和软件如何衔接的必经之路。然而,操作系统毕竟是所有软件中最复杂的,编制这样的系统涉及的知识面很广,程序员既要有扎实的软件基础知识,又要非常了解系统的硬件接口,难度相当大;而且目前在常用的计算机上都已经有了主流操作系统,所以大多数软件工程师参与编制实际操作系统的机会和经历并不多。为此学习该课程会有两大难处,即原理的抽象性和实验易与实际系统的开发脱节。本书针对这两大难点,从应用出发,适度地介绍操作系统的基本原理和概念,并提供了相应的实践环节。

作为计算机专业大学本科生教材,本书根据国内使用计算机的情况,在内容上力图具有一定的先进性和较大的适应性。遵循这一原则,在编写中着重讲述原理、概念和实例。

本书的特点之一是简明实用,以操作系统整体构架为指南,采用自顶向下方式的操作系统教学法,使学生尽早熟悉操作系统整体构架并建立起整体概念。这样能够使学生首先在概念上了解本课程的需求是什么,应该提供什么样的技术支持,从而带动学习原理的积极性。

本书的特点之二是提供操作系统实验用的全部 C 语言源程序,并以 Linux 为例,教练操作系统实验。

Linux 的出现既是计算机网络发展的产物,也是用户对编写自己的操作系统愿望的体现。本书采用 Linux 作为实例,主要因为 Linux 是自由软件,运行在 PC 机上,硬件条件要求低,且无偿地提供全部的 C 语言源程序。

全书共分 8 章。第 1 章阐述什么是操作系统,操作系统的发展和形成过程,以及操作系统的现状和它在计算机系统中的作用。第 2 章介绍操作系统用户接口,主要介绍

Linux 的系统调用和 shell 命令解释程序的开发, 并且介绍 Linux 的安装与使用。第 3~7 章主要讨论操作系统的基本原理和概念, 包括进程管理、并发程序设计、存储管理、设备管理、文件管理以及磁盘管理等内容。在阐述基本原理和概念的基础上, 为了使读者对操作系统建立一个整体概念, 对所学知识能融会贯通, 每章都有问题的提出以及对 Linux 相应部分的介绍。第 8 章介绍操作系统的较深入的内容, 包括多处理机系统、计算机网络、分布式系统、嵌入式系统以及计算机机群计算。本书各章均附有一定数量的习题, 帮助读者进一步理解各章内容, 并为教师免费提供习题答案和教学用讲稿 PPT 文件。联系地址为: ljt@tup.tsinghua.edu.cn; 电话号码为: (010)62795954。

本课程的参考教学时数为 56 学时, 实验为 30 学时, 在阅读本书之前, 读者应具有程序设计、计算机组织和系统结构方面的知识。如果读者已熟悉 Linux 的使用, 则可跳过第 2 章 Linux 命令部分。

本书的第 1 章、第 2 章、第 3 章、第 4 章由任爱华执笔, 林仕鼎参与了第 3 章的编写。第 5 章由焦晖执笔, 第 6 章由张茂林执笔, 第 7 章由王雷执笔、第 8 章由杜悦冬执笔, 附录 B 由王博编写, 李鹏、石宏义、孙云峰参加了附录 C 的撰写工作, 全书由任爱华进行统一修改、审校并统稿。限于编者水平, 错误和不妥之处在所难免, 恳请读者批评指正。

编者

2003 年 12 月

目 录

第 1 章 概论	1
1.1 计算机与操作系统	1
1.1.1 计算机发展简介	1
1.1.2 操作系统的发展	4
1.1.3 存储程序式计算机的结构和特点	19
1.2 操作系统的基本概念	21
1.2.1 操作系统的定义及其在计算机系统中的地位	21
1.2.2 操作系统的功能	23
1.2.3 操作系统的特性及其应解决的基本问题	25
1.3 操作系统的整体框架	27
1.3.1 计算机系统的层次划分	28
1.3.2 操作系统提供抽象的计算环境	30
1.3.3 操作系统的总体结构	31
1.3.4 支撑操作系统的知识框架	41
1.4 从不同角度刻画操作系统	42
1.4.1 用户观点	42
1.4.2 资源管理观点	42
1.4.3 进程观点	44
1.4.4 模块分层观点	45
1.5 安全操作系统	46
1.5.1 主要的安全评价准则	46
1.5.2 可信计算机系统安全评价准则 TCSEC	48
1.5.3 安全标准应用分析	50
1.6 小结	51
1.7 习题	52
第 2 章 操作系统接口	53
2.1 概述	53
2.1.1 系统调用	53
2.1.2 shell 命令及其解释程序	58
2.2 Linux 的安装	67
2.2.1 安装前的准备	67
2.2.2 建立硬盘分区	68

2.2.3	安装类型	69
2.2.4	安装过程	70
2.2.5	操作系统的安装概念	70
2.3	Linux 的使用	71
2.3.1	使用常识	71
2.3.2	文件操作命令	72
2.3.3	文本编辑命令	80
2.3.4	shell 的特殊字符	82
2.3.5	进程控制命令	86
2.3.6	网络配置和网络应用工具	88
2.3.7	联机帮助	92
2.4	系统管理	92
2.4.1	超级用户	93
2.4.2	用户和用户组管理	93
2.4.3	文件系统管理	95
2.4.4	Linux 源代码文件安置的目录结构	99
2.5	小结	100
2.6	习题	100
第3章	进程机制与并发程序设计	101
3.1	概述	101
3.2	进程的基本概念	102
3.2.1	计算机执行程序的最基本的方式——单道程序的执行	102
3.2.2	多个程序驻留内存——多个程序依次顺序执行	102
3.2.3	进程的概念和结构——多个程序并发执行	102
3.2.4	进程的定义	105
3.3	进程的状态和进程控制块	107
3.3.1	进程的状态及状态变化图	107
3.3.2	进程控制块	109
3.4	进程控制	110
3.4.1	原语	110
3.4.2	进程控制原语	111
3.5	线程的基本概念	112
3.5.1	线程的引入	112
3.5.2	线程与进程的比较	113
3.6	进程调度	114
3.6.1	进程调度的职能	114
3.6.2	进程调度算法	115
3.6.3	调度时的进程状态图	117

3.7	进程通信	118
3.7.1	临界资源和临界区	118
3.7.2	进程的通信方式之一——同步与互斥	119
3.7.3	两上经典的同步/互斥问题	122
3.7.4	结构化的同步/互斥机制——管程	124
3.7.5	进程的通信方式之二——消息缓冲	126
3.8	死锁	128
3.8.1	死锁原因和必要条件	128
3.8.2	预防死锁	130
3.8.3	发现死锁	132
3.8.4	解除死锁	133
3.9	Linux 中的进程	134
3.9.1	Linux 进程控制块 PCB 简介	134
3.9.2	进程的创建	140
3.9.3	进程调度	142
3.9.4	进程的退出与消亡	144
3.9.5	相关的系统调用	145
3.9.6	信号	147
3.9.7	信号量与 PV 操作	148
3.9.8	等待队列	149
3.9.9	管道	150
3.9.10	Linux 内核体系结构	151
3.10	并发程序设计实例	152
3.11	小结	154
3.12	习题	154
第4章	存储管理	156
4.1	概述	156
4.2	分区式存储管理	157
4.2.1	地址重定位	157
4.2.2	固定式分区和可变式分区	159
4.2.3	覆盖与交换技术	164
4.3	分页式存储管理	165
4.3.1	虚拟存储器	166
4.3.2	分页式存储管理的实现方法	166
4.3.3	页表和快表	170
4.3.4	页面交换	172
4.3.5	页式存储管理的保护措施	174
4.3.6	工作集模型	175

4.4	分段存储管理	177
4.4.1	分段存储管理的特点	177
4.4.2	段式地址变换	177
4.4.3	扩充段表功能	178
4.5	段页式存储管理	179
4.6	用户编程中的内存管理实例分析	181
4.7	Linux 内存管理概述	183
4.7.1	基本思想	183
4.7.2	Linux 中的页表	183
4.7.3	内存页的分配和释放	184
4.7.4	内存映射和需求分页	186
4.7.5	内存交换	187
4.7.6	页目录和页表的数据结构表示	187
4.8	小结	189
4.9	习题	189
第5章	输入/输出系统	190
5.1	概述	191
5.2	输入/输出硬件	193
5.2.1	输入/输出设备	193
5.2.2	设备控制器	196
5.2.3	通道	197
5.2.4	存储器直接存取(DMA)设备	198
5.3	输入/输出软件	199
5.3.1	输入/输出软件的作用	199
5.3.2	数据传送控制方式	200
5.3.3	中断处理技术	206
5.3.4	设备驱动程序	209
5.3.5	与设备无关的 I/O 软件	210
5.3.6	用户层的输入/输出软件	210
5.3.7	设备分配	211
5.3.8	I/O 进程控制	213
5.3.9	缓冲技术	216
5.4	Linux 输入/输出系统概述	219
5.4.1	Linux 输入/输出的过程概述	219
5.4.2	Linux 设备管理基础	220
5.4.3	Linux 的中断处理	224
5.4.4	设备驱动程序的框架	225
5.4.5	并口打印设备驱动程序	227

5.4.6	Linux 输入/输出实现层次及数据结构	230
5.5	小结	231
5.6	习题	232
第6章	文件系统	234
6.1	概述	234
6.2	文件	235
6.2.1	文件的概念	235
6.2.2	文件的分类	235
6.2.3	文件的操作	236
6.2.4	文件的转储和恢复	236
6.3	目录	237
6.3.1	目录的概念	237
6.3.2	目录的层次结构	238
6.3.3	目录的操作	239
6.4	文件系统	239
6.4.1	文件系统的概念	239
6.4.2	文件系统的功能	240
6.4.3	文件系统的组成	240
6.5	文件系统的实现	241
6.5.1	实现文件	241
6.5.2	实现目录	251
6.5.3	磁盘空间管理	254
6.5.4	文件系统的结构和工作流程	255
6.6	文件系统的安全性和保护机制	258
6.6.1	文件存取控制矩阵	259
6.6.2	文件存取控制表	259
6.6.3	用户权限表	260
6.6.4	文件口令	260
6.6.5	文件加密	261
6.7	Linux 文件系统	261
6.7.1	虚拟文件系统	261
6.7.2	ext2 文件系统	267
6.7.3	Linux 文件系统管理	271
6.7.4	Linux 系统调用	273
6.7.5	Linux 文件系统的数据结构	280
6.8	小结	282
6.9	习题	283

第7章 磁盘存储管理	284
7.1 概述	284
7.2 磁盘结构	284
7.2.1 磁盘设备	284
7.2.2 磁盘种类	285
7.2.3 磁盘访问时间	285
7.3 磁盘调度	286
7.3.1 先来先服务 FCFS 算法	287
7.3.2 最短寻道时间优先 SSTF	287
7.3.3 各种扫描算法	287
7.3.4 磁盘调度算法的选择	289
7.4 磁盘格式化	289
7.5 廉价冗余磁盘阵列	290
7.5.1 利用冗余技术提高可靠性	290
7.5.2 利用并行提高性能	291
7.5.3 RAID 层次	292
7.6 高速缓存管理	293
7.6.1 磁盘高速缓存的形式	293
7.6.2 数据交付	293
7.6.3 置换算法	293
7.6.4 周期性写回磁盘	294
7.6.5 提高磁盘 I/O 速度的其他方法	295
7.7 存储可靠性的实现	296
7.8 小结	296
7.9 习题	297
第8章 多机系统与实时系统	298
8.1 多处理机系统	298
8.1.1 硬件结构	298
8.1.2 多处理机操作系统	300
8.2 网络与网络操作系统	305
8.2.1 网络硬件概念	305
8.2.2 网络软件概念	308
8.2.3 网络操作系统	311
8.3 分布式操作系统	313
8.3.1 分布式操作系统的通信机制	314
8.3.2 分布式系统中的互斥	315
8.3.3 分布式系统中的死锁	316
8.3.4 分布式系统中的进程管理	317

8.4 集群系统(Cluster)	317
8.4.1 集群系统的分类	318
8.4.2 集群作业管理技术	319
8.4.3 集群作业管理软件例——LSF	319
8.5 实时操作系统	324
8.5.1 什么是实时操作系统	324
8.5.2 实时操作系统	325
8.5.3 RTLinux 的实现原理	328
8.6 小结	329
8.7 习题	329
 附录 A 实验	 330
 附录 B Linux 常用命令	 336
 附录 C 实时系统、集群、网格和 Agent 工具简介	 349
 参考文献	 373

第1章 概 论

现代电子计算机技术的飞速发展，离不开人类科技知识的积累，离不开许许多多热衷于此并呕心沥血的科学家们的探索，正是这一代代人的知识积累才构筑了今天的“信息大厦”。本章将介绍计算机发展以及与之密切相关的操作系统的发展简史，虽然不可能很详细地描述这一辉煌历程，但我们同样可以从中感受到科技发展的艰辛及科学技术的巨大推动力。

操作系统是配置在计算机硬件平台上的第一层软件，是一组系统软件。一个新的操作系统往往汇集了计算机发展中一些传统的研究成果和技术，以及当代计算机的科研成果。操作系统课是计算机专业高年级学生的必修课程，是学生在学习了计算机的基础知识及计算机语言之后需要跨越的一个新的重要台阶。通过对操作系统的学习，学生可以从对计算机的基本了解上升到对整体系统的软件和硬件体系的了解。操作系统始终是计算机科学与工程的一个重要研究领域。

1.1 计算机与操作系统

1.1.1 计算机发展简介

1. 机械计算机时代

在西欧，从中世纪开始，人们就开始探索能否制造一台帮助人进行计算的机器。从那时起，一个又一个科学家为把这一思想火花变成引导人类进入自由王国的火炬而不懈努力。但限于当时的科技总体水平，大多失败了，这就是拓荒者的共同命运：往往见不到丰硕的果实。后人在享用这甜美硕果的时候，应该能从中品出一些汗水与泪水的滋味……

早在1614年苏格兰人 John Napier (1550—1617) 发表了一篇论文，其中提到他发明了一种可以计算四则运算和方根运算的装置，自从那时起，经历了三百多年的岁月，人们一直在机械计算机的研制上进行着探索。世界上第一台对现代计算机产生重要影响的机器出现在1840年前后，英国人 Charles Babbage (1792—1871) 设计了差分机和分析机，其中设计的理论非常超前，类似于百年后的电子计算机，特别是利用卡片输入程序和数据的设计被后人所采用。1848年英国数学家 George Boole 创立的二进制代数学，差不多在一个世纪前就为现代二进制计算机铺平了道路。

2. 电子计算机的发展过程

在1946年以前的计算机，都是基于机械运行方式，尽管有个别产品开始引入一些电

学应用内容,却都是从属于机械的,还没有进入逻辑运算领域。随着电子技术的飞速发展,计算机开始由机械向电子时代的过渡,电子部件越来越成为计算机的主体,而机械装置越来越成为从属部分,两者的地位发生了变化,计算机也开始了质的转变。

1906年,美国的 Lee De Forest 发明了电子管,为电子计算机的发展奠定了基础。

1924年2月,一个具有划时代意义的公司 IBM (International Business Machines Corporation, 国际商业机器公司) 成立。

1937年,英国剑桥大学的 Alan M. Turing (1912—1954) 在他的论文中提出了被后人称之为“图灵机”的数学模型。为了纪念这位伟大的科学家,人们将计算机界的最高奖命名为“图灵奖”。

第一代电子计算机(如图 1-1 所示)产生于 1946—1958 年,由电子管(Vacuum Tube)制作开关逻辑部件,使用插件板(Plugboard)操作。第一代计算机的典型代表是 ENIAC 和 EDVC。



图 1-1 第一代计算机

1946年诞生的 ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Calculator) 计算机是第一台真正意义上的数字电子计算机。它于 1943 年开始研制,负责人是 John W. Mauchly 和 J. Presper Eckert。这个庞然大物重 30 吨,有 18000 个电子管,每秒钟只有 10 个脉冲,功率 25 千瓦,运算速度为 5000 次加法/秒,主要用于计算弹道轨迹和氢弹的研制。

现代电子计算机的体系结构及实际计算模型来自冯·诺依曼 (John von Neumann) 的思想。1946 年他和他的同事们发现了 ENIAC 的缺陷,发表了一份报告,提出了将程序放入内存、顺序执行的思想,这样,当计算一道新题时只需采取改变计算机中的程序这种“软”的方法。

1949 年冯·诺依曼提议建造 EDVC (Electronic Discrete Variable Computer) 计算机,它是第一台使用磁带的计算机。这是一次突破,可以多次在这台计算机上存储程序。它的结构与现代计算机的结构一致,由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备五个部分

组成,实现了内部存储和自动执行两大功能。因此,现在的计算机通常被称为冯·诺依曼计算机,软件开发的历史也从此正式开始。1953年IBM公司推出的IBM-701计算机,程序设计就使用机器语言或汇编语言。

第二代计算机形成于1959—1964年,使用晶体管制作开关逻辑部件,以批处理系统方式操作,运算速度达到每秒几十到几百万次,程序设计方面开始使用FORTRAN、COBOL、ALGOL等高级语言,简化了编程,并建立了批处理管理程序。这个时期有代表性的、并提供实际使用的计算机有IBM-7094。

第三代计算机形成于1965—1970年,使用IC(Integrated Circuit,集成电路)制作开关逻辑部件,运算速度达到每秒几百万到几千万次;在软件方面,操作系统日趋成熟,其功能日益完善,这些是第三代计算机的显著特点。为了充分利用已有的软件资源,解决软件兼容问题而发展了系列机。典型的机型是IBM360系列机,DEC公司(Digital Equipment Corporation,美国数据设备公司)的PDP-11、VAX系列机等。

1969年ARPAnet(Advanced Research Projects Agency network)计划开始启动,这是现代Internet的雏形。

1969年4月7日第一个网络协议标准RFC推出。

1970年Internet的雏形ARPAnet基本完成。

从1971年至今的计算机都属于第四代计算机,使用VLSI(Very Large Scale Integration大规模集成电路)和ULSI(Ultra Large Scale Integration,超大规模集成电路)制作开关逻辑部件,常用的微处理器的型号经过了8088、8086、80286、80386、80486、80586、Pentium、Pentium Pro、P II、P III、P IV等发展过程,其速度习惯上按CPU主频计算,例如:P III CPU主频800MHz。这一阶段,软件行业一日千里,成为全球信息化革命最活跃的领域之一。

这一阶段的计算机按规模分为巨型机(超级计算机)、大型机、小型机、微型机和便携机,并正向着巨型化、微型化、多媒体和网络化的方向发展。

2000年6月29日IBM公司推出“更深的蓝”巨型机的最新机型ASCI White(Advanced Strategic Computing Initiative White,高级战略计算创意的白),运算能力高达每秒12万亿次,重达106吨。据悉,这台计算机主要用于模拟核武器测试实验。

采用大规模集成电路以及超大规模集成电路的计算机功能更强,体积更小。但人们开始怀疑计算机能否继续缩小,特别是散热问题能否解决。于是人们开始探讨第五代计算机的开发。

3. 计算机技术未来发展趋势

超大规模集成电路和微处理器技术的进步和发展推动了计算机的更新换代,计算机进入寻常百姓家的技术的障碍已被层层突破。自Intel公司发布面向个人计算机的微处理器8080之后,这一浪潮更加汹涌澎湃,同时也涌现了一大批信息时代的先锋,如Apple公司的乔布斯(Steve Jobs)、Microsoft公司的比尔·盖茨(Bill Gates)等,至今他们对计算机产业的发展还起着举足轻重的作用。在此阶段,互联网技术、多媒体技术也得到了空前的发展,计算机真正开始改变人们的生活。

未来的计算机将与各种新技术相结合,从而开创出更多、更新的科学领域:与光电子

学相结合,人们正在研究光子计算机;与生物科学相结合,人们正在研究用生物材料进行运算的生物计算机,以及用意识驱动计算机等技术。

1.1.2 操作系统的发展

由于冯·诺伊曼计算机的产生,软件开发也从此正式开始。但在第一代计算机时期,计算机存储容量小,运算速度慢(只有几千次/秒),输入/输出设备只有纸带输入机、卡片阅读机、打印机和控制台。利用这样的计算机做题只能采用人工操作方式,操作系统更是闻所未闻。在人工操作情况下,用户一个挨一个地轮流使用计算机。每个用户的使用过程大致如下:先把手编程序(机器语言编写的程序)穿成纸带(或卡片),装上输入机,然后经人工操作把程序和数据输入计算机,接着通过控制台开关启动程序运行。待计算完毕,用户拿走打印结果,并卸下纸带(或卡片)。在这个过程中需要人工装纸带、人工控制程序运行、人工卸纸带,进行一系列的“人工干预”。这种由一道程序独占机器的情况,在计算机运算速度较慢的时候是可以容忍的,因为此时计算所需的时间相对而言较长,人工操作时间所占比例还不算很大。当计算机进入第二代——晶体管时代后,计算机的速度、容量、外设的功能和种类及数据等方面和第一代计算机相比都有了很大的发展。比如,计算机速度就有了几十倍、上百倍的提高,故使得手工操作的慢速度和计算机运算的高速度之间形成了一对矛盾,即所谓人-机矛盾。表1-1说明了人-机矛盾的严重性。

表 1-1 操作时间与运行时间的关系

机器速度	作业在机器上计算所需时间	人工操作时间	操作时间与机器有效运行时间之比
1 万次/秒	1 小时	3 分钟	1:20
60 万次/秒	1 分钟	3 分钟	3:1

注:作业是为完成用户的算题任务,计算机所需进行的工作,包括用户程序的录入、编译、运行以及结束全过程。

随着计算机速度的提高,人-机矛盾已到了不可容忍的地步。为了解决这一矛盾,只有设法去掉人工干预,实现作业的自动过渡,这样就出现了成批处理。

由于当时软件发展处于初级阶段,用于管理的软件还没有产生,因此所有的运行管理和具体操作都由用户自己承担。引入批量监督程序(常驻内存的核心代码)是为了实现作业建立和作业过渡的自动化。每一种语言翻译程序(汇编语言或某种高级语言的编译程序),或实用程序(如链接程序)都作为监督程序的子例程。

1. 联机批处理

监督程序的工作负荷是以作业流形式提供的。每个用户需要计算机解决的计算任务均组织成一个作业。每个作业有一个和程序分开的说明文件,即作业说明书,它提供了用户标识、用户想使用的编译程序名称以及所需要的系统资源名称等基本信息。每个作业还包含一个程序和一些原始数据,最后是一个作业的终止信息。终止信息给监督程序一个信号,表示此作业已经结束,应为下一个用户作业做好服务准备。

各用户把作业交给机房,由操作员把一批作业装到输入设备上(如果输入设备是纸带

输入机,则这一批作业在一盘纸带上。若输入设备是读卡机,则该批作业在一叠卡片上,然后在监督程序控制下送到外部存储器,如磁带、磁鼓或磁盘上)。为了执行一个作业,批处理监督程序将解释这个作业的说明书。若系统资源能满足其要求,则将该作业调入内存,并从外部存储器(如磁带)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,然后由链接装配程序把编译后的目标代码及其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,监督程序才可以自动地调入下一个作业进行处理。依次重复上述过程,直到该批作业全部处理完毕。在这种批处理系统中,作业的输入输出是联机的,也就是说作业从输入设备到磁带,由磁带调入内存,以及结果的输出打印都是由中央处理机 CPU 直接控制的。在这种联机操作方式下,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就形成了尖锐的矛盾。因为在进行输入或输出时, CPU 是空闲的,使得高速的 CPU 要等待慢速的输入输出设备的工作,从而不能发挥 CPU 应有的效率。

2. 脱机批处理

为了克服联机批处理存在的缺点,在批处理系统中引入了脱机输入输出技术,从而形成了脱机批处理系统。

脱机批处理系统由主机和卫星机组成,如图 1-2 所示。卫星机又称外围计算机,它不与主机直接连接,只与外部设备打交道。作业通过卫星机输入到磁带上,当主机需要输入作业时,就把输入带同主机连上。主机把作业从输入带调入内存,并执行运算。作业完成后,主机负责把结果记录到输出带上,再由卫星机负责把输出带上的信息打印输出。这样,主机摆脱了慢速的输入输出工作,可以较充分地发挥它的高速计算能力。同时,由于主机和卫星机可以并行操作,因此脱机批处理系统与早期联机批处理系统相比,系统的处理能力大幅度提高。

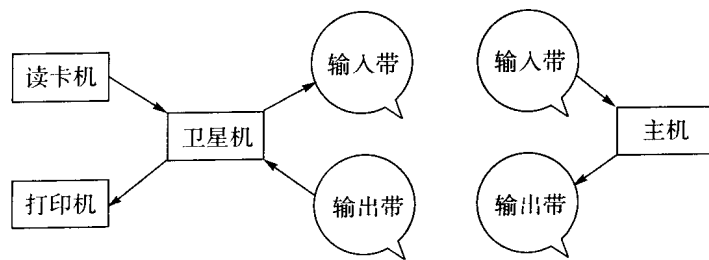


图 1-2 脱机成批处理

批处理系统是在解决人-机矛盾以及高速度的中央处理机和低速度的 I/O 设备间的矛盾的过程中发展起来的。它的出现改善了 CPU 和外设的使用情况,实现了作业的自动定序、自动过渡,从而使整个计算机系统的处理能力得以提高。但仍存在着许多缺陷,如卫星机与主机之间的磁带装卸仍需人工完成,操作员需要监督机器的状态信息。由于系统没有任何保护自身的措施,因此当目标程序执行一条引起停机的非法指令时,机器就会错误地停止运行。此时,只有当操作员进行干预,即在控制台上按启动按钮后,程序才会重新启动运行。另一种情况是,如果一个程序进入死循环,系统就会踏步不前,只有当操作