

高等财经院校试用教材

J I S U A N J I C A O Z U O X I T O N G

计算机操作系统

杨开汉 主编

东北财经大学出版社

计 算 机 操 作 系 统

杨开汉 主编

东北财经大学出版社

(辽)新登字10号

计 算 机 操 作 系 统

杨开汉 主编

东北财经大学出版社出版 (大连黑石礁)
辽宁省新华书店发行 朝阳新华印刷厂印刷

开本: $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ 印张: $27 \frac{1}{8}$ 字数: 625 000
1992年12月第1版 1992年12月第1次印刷

责任编辑: 高晓明 责任校对: 晓 鸣

印数: 1—1 000

ISBN 7-81005-544-5/T·3 定价: 6.20元

编写说明

本书纳入《1988—1990年财政部统编教材补充规划》，是按高等财经院校经济管理信息系统专业本科四年制教学计划《计算机操作系统教学大纲》要求编写的，也适合其它管理专业和计算机应用专业，还可以作为计算机科学工作者及有关人员的参考书。

操作系统是计算机系统中最重要的、也是最基本的软件系统。了解操作系统的基本原理、接口手段、使用方法以及计算机系统的解题过程，不仅是对计算机工作者的基本要求，对于以计算机为主要工具的经济信息管理人员也是如此，只不过侧重点不同而已。经济信息管理人员了解计算机系统是为了应用，了解操作系统是为了了解经济信息系统的开发环境，以便充分利用和改造这个环境。从这一点出发，我们在编写此书时，除一般性地介绍操作系统的基本原理外，还着重讨论了操作系统与用户的界面。例如，我们将操作系统与用户的接口作为单独一章，用大量的篇幅进行详细介绍，这是与一般操作系统教材和书籍的不同之处。而对于只与操作系统设计有关的一些算法和技巧不作过多的探讨也是出于本书的读者只是计算机的使用者的原因。

本教材共分十章，除绪论外还分别介绍了中断系统、处理机与进程管理、存贮管理、设备管理、文件管理、作业的组织与调度、操作系统与用户接口、Unix系统工作原理以及分布式系统等方面的知识，在每章之后还附有习题。全书力求内容丰富、叙述简炼、条理清楚、逻辑性强。本书内容按教学大纲规定72学时安排，打“*”号的内容供教师选讲或参考。应使学生通过本书的教学，掌握操作系统的一般概念和工作原理，并能对操作系统与用户的接口及其使用方法有一个全面的了解。结合上机实践提高使用计算机的能力，为今后的工作打下一个良好的基础。

本书由杨开汉副教授主编，刘日昇、刘腾红和张不同等同志参加编写。具体分工是：第一、二、三、四、五章由杨开汉编写，第八、九章由刘日昇编写，第六、十章由刘腾红编写，第七章和附录由张不同编写，最后由杨开汉总纂定稿。

本书在编写过程中得到财政部教育司和中南财经大学各级领导的大力支持与鼓励，在此表示衷心地感谢。

由于水平有限，疏漏之处在所难免，望读者悉心指正。

编 者

1989年12月

目 录

第一章 绪论	1
§ 1.1 计算机系统概述	1
§ 1.2 操作系统的概念与分类	6
§ 1.3 操作系统的发展过程	12
习题一	14
第二章 中断系统	15
§ 2.1 概述	15
§ 2.2 中断系统	17
§ 2.3 中断处理	23
习题二	29
第三章 进程与处理机管理	30
§ 3.1 进程的概念	30
§ 3.2 进程控制	38
§ 3.3 进程通信	42
§ 3.4 进程调度	56
§ 3.5 死锁	58
习题三	63
第四章 存贮管理	65
§ 4.1 存贮管理概述	65
§ 4.2 简单的存贮管理	71
§ 4.3 分页式存贮管理	83
§ 4.4 请求分页存贮管理	91
§ 4.5 分段存贮管理	95
§ 4.6 段页式存贮管理	104
习题四	108
第五章 设备管理	110
§ 5.1 概述	110
§ 5.2 硬件 I/O 子系统	115
§ 5.3 缓冲技术	124
§ 5.4 设备的分配与回收	126

§ 5 · 5 设备驱动与I/O中断处理·····	134
习题五·····	137
第六章 文件管理·····	138
§ 6 · 1 文件系统的概念·····	138
§ 6 · 2 文件结构与存取方法·····	141
§ 6 · 3 文件存贮空间管理·····	155
§ 6 · 4 文件目录·····	160
§ 6 · 5 文件的保护·····	170
§ 6 · 6 文件的使用·····	174
习题六·····	177
第七章 作业的组织与调度·····	178
§ 7 · 1 引言·····	178
§ 7 · 2 作业调度·····	188
习题七·····	204
第八章 操作系统与用户的接口·····	206
§ 8 · 1 引言·····	207
§ 8 · 2 脱机控制接口·····	210
§ 8 · 3 联机控制接口·····	214
§ 8 · 4 命令程序设计语言·····	228
§ 8 · 5 系统生成与系统初启·····	242
§ 8 · 6 系统调用·····	246
§ 8 · 7 程序库接口·····	253
习题八·····	260
第九章 UNIX操作系统的工作原理·····	261
§ 9 · 1 引言·····	261
§ 9 · 2 进程管理·····	265
§ 9 · 3 存贮管理·····	281
§ 9 · 4 文件管理·····	289
§ 9 · 5 设备管理·····	321
§ 9 · 6 系统初启·····	343
习题九·····	352
第十章 分布式系统·····	354
§ 10 · 1 概述·····	354
§ 10 · 2 通信软件·····	363
§ 10 · 3 文件系统·····	369
§ 10 · 4 并发控制·····	371
习题十·····	380

附录	MS-DOS4.0磁盘操作系统介绍.....	381
§ 1	概述.....	381
§ 2	MS-DOS4.0的命令系统	381
§ 3	MS-DOS4.0的命令	385
§ 4	MS-DOS4.0的批处理介绍	415

第一章 绪 论

在本章中我们将从计算机系统的基本组成开始,介绍操作系统的概念和它在计算机系统中所起的作用。还要介绍操作系统的发展过程,以使读者对操作系统的概貌有个初步了解。

§ 1.1 计算机系统概述

根据所处理的信息的特征不同,电子计算机被分为两大类型。一种是模拟机,它处理的信息是连续的物理量。例如,用电信号幅值的变化去模拟某种物理量大小的变化情况,这时计算机的输入/输出信息都是连续的物理电信号量,因为它是模拟量,所以处理这类信息的计算机称为模拟机。它们广泛地应用工业、军事及其它自动控制系统中。另一种类型是电子数字计算机,它处理的信息是间断的信息量,这些信息量是数字化信息,其输入/输出是数据符号表示的间断的信息。数字机具有信息容易表示、易于存贮、计算速度快和精度高等优点,从而比模拟机有着更为广泛和重要的用途。通常,如不作特别说明而谈到的计算机是指数字机而言。本书中讨论的也是指电子数字计算机系统。

一个完整的计算机系统由硬件系统和软件系统两部分构成,不配置软件的(硬件)计算机称为裸机,它是无法工作的,而没有硬件作为基础,软件无法依存,也是无法发挥它的作用的。必须认识到硬件和软件是计算机系统发挥它的作用的不可分割的整体,它们相互支持,在一起相互配合才能发挥作用。下面我们分别对计算机系统的硬软件系统作简单介绍。

一、计算机的硬件与软件

硬件与软件是涉及计算机领域的人们常听到的术语。到底什么是硬件?什么是软件?它们之间有什么区别和联系呢?

大家知道,用机器语言(指令)所编制的程序,能由计算机的电路直接执行,不需要借助于解释程序或编译程序的帮助。这些电路以及输入/输出设备构成了计算机的硬件,它们是有形的实体。例如,集成电路块、印刷电路板、电源、存贮器、电缆、打印机、终端等等,都是硬件部件。如何构造这些部件以及它们是如何工作的都属于电子工程领域中的问题,也就是硬件系统中的问题。

相反,软件是由一些算法(说明如何解决某一问题的详细过程)和它们在计算中的表示(即程序)所构成,也可以说软件是程序及其所处理的数据的总称。程序可以记录在穿孔卡片、磁带、磁盘及其它介质上,但软件的实质是构成程序的一组指令,是信

息，而不是记录它的介质，它是无形的东西。

但是，从某种意义上说，我们可以说硬件和软件是等效的。一般说来，控制完成某种操作的软件（程序），可以直接制成硬件形式，即可以由硬件来完成，而硬件的指令也可以由软件来模拟。在今天，借助于软件由一台计算机来模拟类型完全不同的另一台计算机的功能已不是什么困难的事情，同样也可以借助于硬件用一台机器去仿真另一台类型完全不同的计算机的功能。在计算机系统设计时，根据价格、速度、内存容量、可靠性以及对今后更改结构的估计来决定哪些功能交给硬件完成，哪些功能交给软件完成并没有一条硬性的规定。带着不同目的的系统设计人员常常作出不同的决定。

在早期的计算机中，由于硬件成本很高，为了降低机器成本，硬件往往只能完成少量简单的指令，如加、减、移位、转移等四五十条指令。其它较复杂的指令则由这些简单指令所编成的程序来实现。例如，乘、除、浮点指令均由加、减、移位等简单指令所编成的子程序来完成，当用户用到这些复杂指令时，就到子程序库中调用相应的子程序来完成。随着硬件制造技术的发展，系统设计者认为用硬件直接去完成这些复杂的指令，甚至将一些常用软件固化起来是合适的，它可以大大提高计算机的速度，也就出现了现在常听说的浮点部件，只读存储器（ROM）等等软件固化的例子。在微机中，常常把监控程序（Monitor）、汇编和BASIC解释程序固化在只读存储器中，过去由软件完成的任务，今天由硬件（ROM）来完成，而且速度快得多。

综上所述，可知硬件与软件的定义虽然绝然不同，但是从功能上来看，它们的界限又是模糊的、任意的和变化的。今天的软件可能是明天的硬件。对于用户来说，他们感兴趣的并不是计算机的功能（指令）是如何实现的，而是计算机有哪些功能（指令）以及如何使用这些功能（指令）。从这一点出发，我们就可以把计算机的概念推广开来，用户从不同角度看计算机，可以将计算机分成如图1—1的多级计算机系统。计算机系统设计师根据用户的不同使用目的与要求，为每一级计算机决定该级上应完成的功能，处在不同级上的用户可以使用本级功能来完成各自的任务。当然，每一级的功能是由硬件与该级上所配置的软件共同完成的，只不过下一级是在上一级的功能上的扩充。这也就是不同级别的虚拟机的概念。

二、计算机的硬件组成

计算机系统的功能由硬件系统和软件系统协同完成，它们之间的分工是计算机系统设计师根据其设计目的所决定。但是，无论如何，其硬件系统的基本部件还是必需具备的。图1—2（a）表示的是一台计算机的典型结构，称为诺依曼计算机模型。它清晰地展示了一台计算机的基本构成和信息传输路径。由图可见，输入设备、存储器、运算器、控制器以及输出设备是计算机的5个基本组成部分。这5个部分的名称也反映了它们各自的基本功能。它们是：

1. 输入设备

它负责完成信息的输入工作。这类设备有键盘、光笔输入终端等等。早期的计算机输入设备还有光电机、电容式输入机、读卡机等，由于性能不好，现在已很少使用了。软盘是一种较好的高速的输入设备，录入员在数据站将待处理的数据录入软盘，然后通过软盘驱动器将数据信息高速送入计算机中。

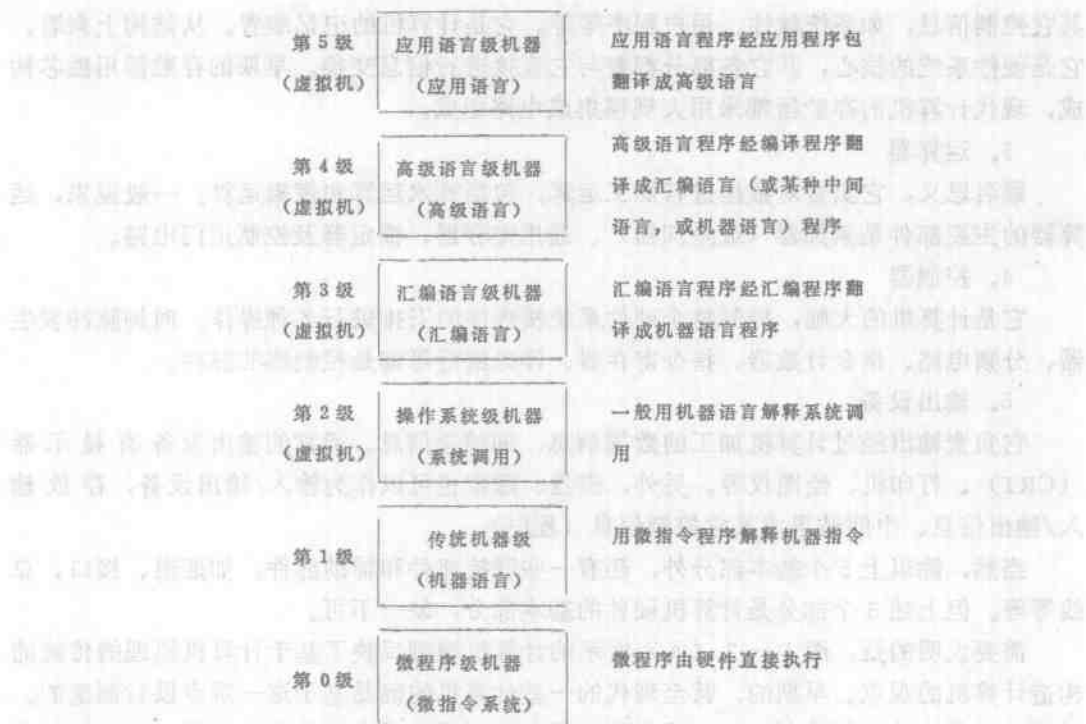
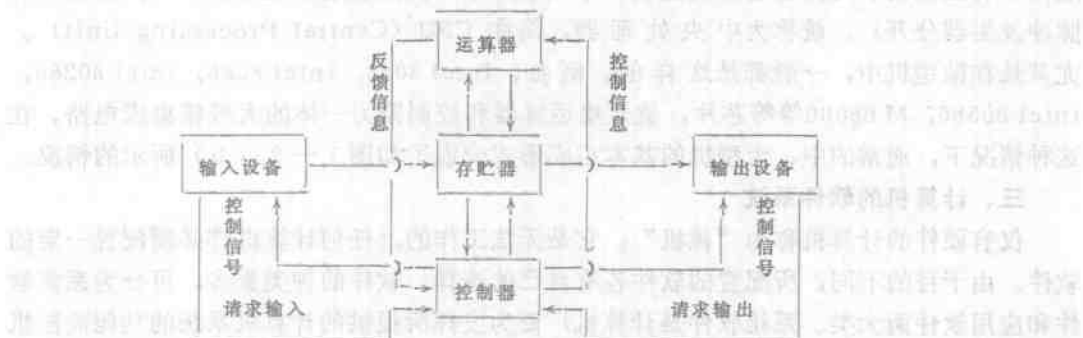


图 1-1 不同级别的虚拟机



(a) 诺依曼计算机模型



(b) 另一种形式的计算机结构

图 1-2

2. 存储器

存储器不但用来存放待处理的数据信息、中间结果和处理好的结果信息,还用来存放

其它控制信息，如系统软件、用户程序等等。它是计算机的记忆装置。从结构上来看，它是硬件系统的核心，其它各部分都要与它直接进行信息交换。早期的存储器用磁芯构成，现代计算机的存储器都采用大规模集成电路组成。

3. 运算器

顾名思义，它负责对数据进行加工运算，包括算术运算和逻辑运算。一般说来，运算器的主要部件是累加器（或全加器）、通用寄存器、锁存器及控制用门电路。

4. 控制器

它是计算机的大脑，控制整个硬件系统按程序的安排进行各种操作。时钟脉冲发生器、分频电路、指令计数器、指令寄存器、译码器等等都是控制器的部件。

5. 输出设备

它负责输出经过计算机加工的数据信息，即结果信息。通常的输出设备有显示器（CRT）、打印机、绘图仪等。另外，磁盘、磁带也可以作为输入/输出设备，存放输入/输出信息、中间结果或其它控制信息（程序）。

当然，除以上5个基本部分外，还有一些联接部件和辅助部件，如通道、接口、总线等等。但上述5个部分是计算机硬件的基本部分，缺一不可。

需要说明的是，图1—2（a）所示的计算机模型反映了基于计算机原理的传统的构造计算机的观点。早期的、甚至现代的一些计算机的确是基于这一观点设计制造的。但是，随着计算机硬件制造技术的高速发展，大规模集成电路的普遍应用，计算机厂商趋向于将控制器和运算器合并制造在一个（或几个）大规模集成电路块中（只是将时钟脉冲发生器分开），统称为中央处理器，简称CPU（Central Processing Unit）。尤其是在微型机中，一般都是这样的。例如，intel 8088, intel 8086, intel 80286, intel 80386, M 68000等等芯片，就是集运算器和控制器为一体的大规模集成电路。在这种情况下，通常的中、大型机的基本组成形式变成了如图1—2（b）所示的情况。

三、计算机的软件系统

仅有硬件的计算机称为“裸机”，它是无法工作的，任何计算机都必须配置一定的软件。由于目的不同，所配置的软件各有自己的选择。软件的种类繁多，可分为系统软件和应用软件两大类。系统软件是计算机厂商为发挥所提供的计算机系统的功能而随机提供的软件，如操作系统、编译程序以及各种工具软件等等。应用软件一般是指用户为自己的需要而开发的软件，用来解决自己工作中的问题，当然也包括厂商和其它科研机构提供的一些应用软件包。系统软件和应用软件一起统称计算机的软件系统。图1—3表示出它的构成。下面将各种软件的功能予以简单的介绍。

1. 操作系统

它是总管计算机系统的软硬件资源的程序模块，它以协调各种资源为提高系统效率和方便用户为目的，支持用户程序运行。它也是最基本、最主要又是最复杂的软件，几乎所有其它的软件都需要它的支持才能运行。关于操作系统以后还要详细讨论。

2. 编译程序

它是高级语言与机器语言之间的桥梁。大家知道，为了推广计算机的应用，计算机科学工作者推出与自然语言近似的高级语言，如，PASCAL, COBOL, BASIC 等等。

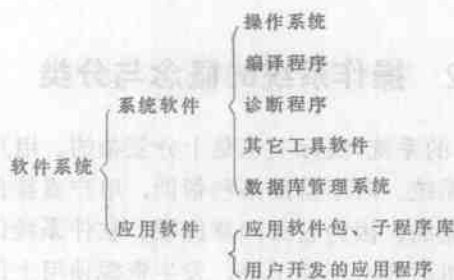


图1—3 软件系统构成

但是机器并不能识别和执行由高级语言编制的程序，需要将高级语言程序翻译或解释为机器语言程序，计算机才能识别并执行，编译程序就是能将高级语言程序转换为机器语言程序的软件。

3. 诊断程序

它是一种硬件维护程序。现代计算机都由大规模集成电路组成，机器结构极为复杂，测试不易，给硬件维护带来很大的困难，为了便于用户维护机器，厂商在提供机器时往往同时提供一些故障诊断程序，以方便用户维修。这些诊断程序往往能将硬件故障定位到一个（或几个）集成电路块或机器的某个部位，给维护带来极大的方便。当然，诊断程序并不是万能的，而且要求机器能运行它，当机器根本不能运行时，诊断程序就无能为力了，这时只能依靠人工用仪表来测试故障的位置了。

4. 其它工具软件

包括各种编辑程序、连接程序、调试程序等软件开发工具。用户的源程序需要编辑成文件形式才能输入到计算机中，当源程序出错时还需要修改。用户需要用编辑程序来建立和修改自己的源文件。编辑程序的种类很多，功能不一，但大致上可分为行编辑和全屏幕编辑两类，后者能在全屏幕（多行）范围内编辑，十分方便。

5. 数据库管理系统

它为用户提供建立、使用、维护数据库的数据库操作语言和命令。使用户能用它来建立、使用和维护数据库。数据库系统的出现，使用户可以利用计算机外存贮器的巨大容量来存放大量的数据，并能进行迅速的查询与修改。对统一数据、共享数据和减少数据的冗余度有着巨大的意义。

6. 应用软件

它是用户为实现自己的目的而编制的程序的总称。为了方便用户，厂商或一些科研机构往往把一些有共性的工程问题编制出程序以软件包或子程序库的形式提供给用户使用。应用软件可以由系统所能接受的任何语言编制。不管采用什么语言编制的程序最终都将被翻译为机器语言程序，才能在机器上执行。

在研究计算机系统时，人们将硬、软件系统所属的全部“构件”统称为系统资源，从而认为计算机系统的使用问题就是这些资源的使用问题。

§ 1.2 操作系统的概念与分类

计算机系统,即使是最简单的系统,实际上也是十分复杂的。用户使用计算机算题不但要使用硬件,还要涉及软件系统。若不借助某些帮助,用户直接使用系统的硬、软件资源来为自己服务几乎是不可能的,因为它必须掌握硬、软件系统的每个细节。即使这样,在多个用户共用一台计算机时还会互相干扰,发生资源使用上的冲突,至于有效地利用系统资源,充分发挥它的效率就更谈不上。为此,计算机科学工作者为了使用户能从复杂的资源使用方法中解脱出来,专心致力于自己的解题方法本身的研究,并且提高资源的使用效率和安全性而设计了这样一组程序模块:它们统一管理和控制系统资源,合理组织工作流程,有效地利用系统资源,为用户提供一个功能强而且使用方便的工作环境,在用户与计算机系统间起着接口的作用,这些程序模块统称操作系统。它是计算机系统中必不可少的重要组成部分。

由于计算机硬件构成和使用目的不同,操作系统的种类也很多。尽管如此,不同种类的操作系统的基本组成大致上还是相同的。一般说来,操作系统可以分为5个部分,即处理机管理、存贮管理、设备管理、文件管理和用户接口程序,前面3个部分对应硬件的3个组成部分,文件管理是指计算机中信息的存贮管理,用户接口是使用操作系统级虚拟机的途径。下面就介绍这5个部分的基本功能。

通常,用户解题需要有解题程序、数据以及控制程序运行的一些命令。我们统称它们为一个作业或一道作业(Job)。而整个解题程序又可以分解成若干小的程序段,每一段完成一定的任务,所有的小程序段都执行完后则该道作业也完成了。我们称这些运行在自己的数据集上的小程序段为进程(这个概念以后还要详细讨论)。处理机是硬件部分的核心,有着很高的运算速度。但是,在某一时刻,它只能为一个进程所占用,也就是说在某一时刻它只能执行一个程序。为了提高处理机的效率,处理机管理需要合理地把处理机分配给希望占用它的进程,并在该进程因缺少其它资源或运行时间片到后使它让出处理机去等待所需要的资源,然后再将处理机分配给其它进程使用。由于处理机管理与进程管理,即进程调度、进程通信、进程控制密切相关,所以我们将处理机管理与进程管理放在一起讨论。

计算机运行时,系统程序、用户程序、数据和中间结果等等信息都要放在主存贮器中。多道程序运行时,多道作业同时使用主存。合理地安排每道作业的程序与数据在内存中的位置,使它们不至于互相干扰与破坏,更不能让用户程序和数据破坏系统程序,造成系统瘫痪;为了节省存贮空间和减少信息的传送时间需要实现信息共享;当主存空间不足时需要调动外存贮器辅助主存工作;还要确保系统信息和用户信息的安全与完整;在用户作业完成而撤离系统时,负责回收它占用的主存空间,这些都是存贮管理部分的工作。

计算机的外部设备,需要为用户提供作业的输入、输出和信息保存等服务,根据用户的要求,按某种优先次序为用户分配设备、驱动设备实现I/O操作,协助处理设备的中断请求,作业完后撤离时回收它占用的设备,都是设备管理的任务。

在计算机中，无论是系统程序还是用户程序或数据信息，都是以文件的形式存放在内外存贮器中的。实现这些文件的按名存取、安全保护，使用户能方便、可靠、安全地使用这些文件是文件管理的基本任务。文件系统是直接面向用户的程序模块，它将提供存贮、检索、共享和保护文件的手段，以达到方便用户，提高资源利用效率的目的。

以上4个部分已将系统的软硬件资源管理起来了。然而，作为计算机系统的用户作业，又如何进入系统并被调度执行的呢？这还有一个与用户接口的问题。也就是说，操作系统还必须解决作业的输入与运行控制问题。用户按规定组织作业，通过接口手段实行输入后，接收用户作业、合理地调度它们投入运行，并输出计算结果，实行对作业的宏观管理，就是接口程序所要做的工作。

虽然各种操作系统基本上都由上述5个部分组成，但具体的程序设计结构安排上则并不完全一样。具体地说就是各个功能模块的层次安排上有所差异。比较典型的是一些操作系统的设计者认为：操作系统的结构设计不但要考虑程序阅读、调试方便，还要考虑商业性因素，也就是设计出来的操作系统要便于移植和推广。因为操作系统本身已经走出实验室并成为一种重要的软件产品。一种产品要占领市场就必须符合用户的思维方式和需要。用户购买计算机往往以“基本配置+增强部分”的观点来看待问题。他们关心的是为了满足基本功能需要配置一些什么东西，为了增强功能又需要配置一些什么东西，对于操作系统这种软件产品也不例外。这种商业性观点自然要影响到操作系统设计思想。另一方面，从操作系统设计者本身来说，他们希望自己经过艰巨劳动所创造的软件产品有更多的用户和更广泛的市场。这就必须使自己的产品便于移植、便于推广，而操作系统本身又与硬件系统密切相关，难以独立于具体的机器而存在。必须改变传统的操作系统的设计结构才有可能易于移植、便于推广，增强它本身的商业价值。基于上述用户和设计者本身的商业性因素的影响，从实现的观点来看，认为操作系统的组成是层次型的。最内层部分与硬件密切相关，实现硬件资源管理、中断处理和信息（文件）管理，而外层是在内层的基础上的功能的扩充。内层程序运行在核心态而外层程序运行在用户态。所以又有人认为操作系统是由内层核心态程序和外层用户态程序两部分组成。例如，Unix系统可分为两层：外层是用户程序，内层是系统内核。这里的用户程序不但包括用户态运行下的所有系统程序还包括终端用户编制的程序，因为从操作系统的观点来看这两者并没有区别。

这种分层构造操作系统的设计方法虽然在对操作系统程序的理解上会增加一些困难，然而它是符合用户的需要，是很实际的。因为这种组成方式便于移植，便于扩充功能。例如，在内层核心程序信息管理基础上可以进一步开发出功能很强的用户程序来加强文件系统的功能，这种程序可以具有类似数据库的功能。从功能上来看，这种增强文件系统功能的用户程序已经超过了操作系统的文件管理的功能，不应当把它视为操作系统的一个组成部分，而从程序结构上来看，它还是属于外层用户态系统程序，没有理由不把它看作操作系统的一个组成部分。换句话说，这种分层的观点认为：除内层核心程序的全部模块是必不可少的之外，外层用户态程序模块的多少是可以变化的，可多可少，随之而来的是系统的功能也相应变化，可强可弱，无法硬性规定。外层到底应该有哪些程序模块，伸缩性很大。这就给计算机的厂商和用户提供了商业性的方便。有条件就功

能加强一些,没有条件就牺牲一点功能。当然,为了系统能正常运行,基本的外层用户实用程序模块还是必须有的。

上面谈的是操作系统程序的结构。从整个计算机系统来看,操作系统又是硬件和它的外层软件之间的系统程序模块。操作系统在整个计算机系统中所处的层次由图1—4

可以看出来。操作系统外层用户面对的是操作系统级的虚拟机,它的外层用户如编译系统、数据库系统、编辑程序等等,无一不是通过操作系统来使用系统资源(包括硬、软件资源),而操作系统的内层硬件发出的中断请求,也将由操作系统分析处理或由操作系统协助转入用户自行定义的中断续元去处理。从实质上讲,处于硬件与外层软件之间的操作系统,与内外层之间的接口都是通过中断实现的。外层软件通过自己程序中安排的“自愿”中断向操作系统提出使用系统资源的要求,而内层硬件则随机性地“强迫”中断正在执行的程序,向操作系统



图1—4 操作系统所处的层次

系统汇报自己的状态与发现的问题(例如,机器故障、程序性出错和I/O执行情况等等),请求系统处理。

虽然从总的方面说来,操作系统的职能是统管系统资源,为用户提供一个高效而方便的工作环境。但是,由于系统设计目标的不同,不同的操作系统的功能也有所不同。根据功能(主要是人一机关系)的差异,可以将操作系统分成不同的类型,下面我们介绍不同类型操作系统的有关概念与特征。

1. 多道批处理系统

所谓多道批处理系统,顾名思义,有两个特点:一是“多道”,二是“成批”。“道”,实际上就是“个”,多道就是指在内存中同时存放多个作业,它们在操作系统的控制下并发执行,而且在外存贮器的输入井中还存放有大量的后备作业,随时等待调入内存运行。

多道批处理系统根据一定的调度原则从后备作业中挑选搭配合理的一批作业调入内存运行。合理搭配作业是指根据作业的资源要求,为了充分发挥系统资源的使用效率来选择并发执行的作业。例如,频繁使用外部设备的作业应与计算时间长的作业搭配,以缓和作业之间对I/O设备的争夺。挑选作业时当然也要兼顾用户的响应时间,但这不是主要的,多道批处理系统的主要目的是为了提高系统资源的使用效率。也正由于此,用户的响应时间较长,一般说来需要作业全部执行完才通知用户,这往往要几分钟、几小时甚至几天。而且,用户一旦将作业交给系统(操作人员)就不能再与之打交道,也就是与系统不能发生交互作用,直到作业完成。因此,用户必须对作业中可能出现的各种情况在作业说明书中(或用系统规定的其它方式)预先规定好相应的处理措施。

多道批处理系统便于使计算机的工作流程自动化,提高系统使用效率。但是,这种系统对用户的响应时间长,往往一个很小的作业,哪怕只运行几秒钟,也要等待很长的时间,而且用户对一些意想不到的情况又不能直接干预,十分不方便。为此,人们引入了分时系统。

2. 分时系统

多道批处理系统虽然能大大提高系统的处理能力。使系统资源的使用效率得以充分的发挥,但是用户却感到很不方便,这是因为下面两方面的原因:

(1) 用户一旦将作业交给系统,就失去了对该作业的控制能力,虽然可以通过作业说明书等手段将作业运行中可能出现的问题以及相应的处理措施告诉系统,但是很多情况是难以预料的,特别是调试程序就更为困难。用户希望能直接干预作业的运行,减少程序的调试时间。

(2) 用户的响应时间太长,使用户感到十分不便,有时甚至无法接受。

基于上述原因,引出了分时系统。它使用户能通过连接在计算机上的终端设备联机地使用计算机。在分时系统的控制下,用户通过终端进行直接的人机对话,大大地方便了用户,加快了程序的调试和解题过程,深受用户的欢迎。分时系统的资源使用效率虽然比多道批处理系统有所降低,但是在计算机制造技术高度发达的今天,机器成本大大降低,资源的效率问题早已降到第二位了。方便用户,加快程序的调试和解题过程才是第一位需要考虑的问题。

分时,即分享占用处理机的时间。在计算机的硬件系统中,分时早已实现,同时存在处理机与通道之间的分时,通道与通道之间的分时,同一通道上的各控制器之间的分时,以及同一控制器上的不同设备之间的分时。这些分时是通过硬件电路实现的。在分时操作系统中,分时的概念从微观上解释是指若干并发执行的程序以相同的时间片(例如100ms)分分享用CPU,从宏观上看,是指多个用户通过各自占用的终端共同使用同一台计算机,系统分时处理用户的要求。由此可见,分时系统是一个多用户、多任务(多个并发执行的作业)系统。对比多道批处理系统,它们之间有着明显的区别。多道批处理系统虽然也允许多道作业并发执行,共享CPU,但各个作业分享CPU的时间是不相等的。各个作业占用CPU的时间的长短取决于作业本身对I/O设备和系统其它资源的需求情况以及作业本身的优先数等等。另一方面,多道批处理系统从逻辑上来说它只有一个用户(终端),那就是输入井。输入井中的作业是用户采用预输入手段(而不是从终端上现行输入)送入的。多道批处理系统作业的用户名只不过是区别作业的归属标志的组成部分。它与分时系统的终端用户名的作用有着很大的差别。实际上,多道批处理系统可以认为是一个单用户多任务系统。

在分时系统中,分时是借助硬件中断机构和时钟的支持,通过软件来实现的。分时的时间片往往只有几十毫秒。通常采用的办法是由硬件电路将内存的两个固定单元设置为时钟,一个是绝对时钟,另一个是间隔时钟。绝对时钟定时(如20ms)加1,间隔时钟定时(也是20ms)减1。绝对时钟用来计算绝对时间(即可由软件换算为年月日),而间隔时钟则通过置以适当的初值来控制在一个时间片完后发生一次间隔时钟中断。因为硬件电路设计成间隔时钟定时减1,减到为0时,发生中断,控制转向操作系统,操作系统接到中断信号后将CPU交给另一个终端用户使用。然后又给间隔时钟置初值,等待下一次中断的到来。如此交替,使各个终端用户轮流使用CPU,达到分时的目的。由于时间片很短,在终端不太多的情况下,只要二三秒钟就可以对用户产生响应,从而使每个用户都感到计算机系统在为自己服务。例如,假定时间片的长度为100ms,有30个用户终

端,那么系统对每一个终端用户的响应时间为 $30 \times 100\text{ms} = 3\text{秒}$,在一般情况下,用户对这种响应速度是满意的。同时也可以看出一个分时系统所允许终端的多少也是有限制的。如上例,若系统有60个终端,响应时间变为6秒,用户可能就不太满意了,因为每键入一条命令,系统反应的时间有点太长了。虽然减少时间片的长度可能会缩短响应时间,但时间片太短,间隔时钟中断过于频繁,使系统大多数时间用来运行中断处理程序,系统的使用效率将会大大降低,最终还是影响用户作业的完成。当然,高速的计算机,指令执行速度很快,缩短时间片,以加接更多的终端是可行的。

比较分时系统与批处理系统,不难看出分时系统具有以下几个特点:

(1) 同时性。即若干用户同时上机,使用同一个CPU。

(2) 独立性。系统中各终端用户独立工作,互不干扰和影响。

(3) 及时性。用户在终端上及时得到系统的响应。

(4) 交互性。用户可以在终端上直接与系统进行人机对话。

分时系统有下述3个优点:

(1) 用户能在终端上方便、及时地编辑、调试和运行自己的程序,加快了解题周期。

(2) 通过终端设备,用户可以随时在本地或远距离使用计算机,十分方便。

(3) 分时用户之间可以共享系统资源,彼此交流程序、数据和计算结果,便于用户之间合作完成同一计算任务。

今天,计算机的硬件成本大大降低,发挥系统资源的使用效率已成为次要的问题,而把方便用户作为主要的问题来关心,分时系统就成为比较理想的工作环境,所以分时系统日益受到欢迎,也大大地促进了计算机应用的推广。早期的分时系统有MIT的CTSS系统(1963年)、MULTICS系统(1968年)和IBM-360的TSS/360系统(1968年),目前影响较大的Unix系统也是分时系统。

3. 实时系统

实时操作系统是伴随计算机应用领域的推广而产生的。随着计算机技术的发展,人们注意到计算机不但可以用来进行计算,而且可以用来实现工业和军事武器上的实时自动控制,也可以用于办公自动化系统中的实时事务处理。

所谓实时,指的是立即、现在的意思。与其它操作系统的明显不同在于实时系统有着极强的时间性,往往过了规定的时间,其响应是没有意义的,甚至是灾难性的。无论是在工业和军事武器自动控制系统中,还是在飞机订票和旅店订房间之类的实时处理系统中,响应时间的延误将造成什么样的后果并不难设想。因此,实时系统中,计算机要能及时响应外部事件的请求并能在规定的时间内完成对所响应的事件的处理。

实时系统包括实时(自动)控制和实时(事务)处理两种类型。虽然这两种类型的实时系统都有很强的时间性,但是一般说来,这两种类型的实时系统的响应时间长短却有很大的差别。实时控制系统的响应时间通常要求很短,尤其是在军事武器实时控制系统中,响应时间要求可达微秒,甚至毫微秒级。在工业自动控制系统中,实时控制响应时间也很苛刻。而实时事务处理系统中,有时响应时间长达几小时,甚至几天,也是可以的,只要不误事就可以。例如,旅店预定客房的系统,能保证正确地完成订房任务,并