

操作系统

课程设计教程

杭诚方 谈宏 编

CAOZUOXITONG KECHENG SHEJI

上海交通大学出版社

操作系统课程设计教程

杭诚方 谈宏 编

上海交通大学出版社

内 容 简 介

本书旨在介绍与高等工科院校计算机专业《操作系统》课程相配合的课程设计内容、方法和要求,并给出了已实现的示例及有关源程序。书中全面深入地介绍了如何设计、编制及调试一个操作系统的方法及技巧。本书既可以用于指导学生实现操作系统,也可以用于分析操作系统,修改操作系统的实习。

本书系高等工科院校计算机专业的重要教学用书,也可供大学有关专业高年级本科生、低年级研究生及从事操作系统教学的教师的教学用书或参考用书。

本书配有 MOS 演示程序所存的软盘片(一张)。

操作系统课程设计教程

出版:上海交通大学出版社

(淮海中路 1984 弄 19 号)

发行:新华书店上海发行所

印刷:江苏太仓印刷厂

开本:787×1092(毫米)1/32

印张:3.875

字数:84000

版次:1990年10月 第一版

印次:1990年11月 第一次

印数:1—1820

科目:231—249

ISBN 7-313-00729-9/TP·39

定价: 0.80 元

代 序

计算机操作系统是一门实践性很强的课程,如果脱离实践,一般地阐述其工作原理,那末本来非常生动活泼而且具体的东西会变得十分抽象、枯燥而难以理解。多年来的教学经验,使我和我的同事们都深感到,解决好理论与实践相结合的问题,是提高操作系统课程教学质量的重要关键。为此,我们决定在编写教材、改进教学方法及加强实验环节这三方面进行探索。从1982年起,我们着手编写以UNIX操作系统为线索的教材,力图将理论与前人在操作系统设计和实践方面的成功经验紧密结合起来。后来,这本教材的初稿由电子工业部《计算机与自动控制》教材编审委员会列入编审出版计划,经反复修改后定名为《UNIX操作系统教程》,经过我校及一些兄弟院校的反复使用取得了较好的教学效果。在教学法方面,我们分别在1982年和1988年进行了两次较为系统的研讨,进一步明确了理论与实践紧密结合的基本观点以及在教学中具体贯彻的各种途径,这两次研讨的结果除了贯彻在我们日常教学工作中之外,还有两篇论文刊载于我校《高等教育研究》。至于第三方面的工作则更为艰巨,影响也更直接。首先在徐良贤老师主持下编写了一套操作系统基础实验指导教程。在进程管理、存贮管理、文件管理、设备管理和界面应用方面都设计了一些实验,供教学中选用。这套实验包括在《计算机软件实践教程》一书中。这套实验的优点是可以结合教学,学完了一、二章做一个实验,达到巩固

课堂教学的目的。但是由于这套实验基本上是验证各种管理算法的,所以相互之间缺乏有机联系,学生不能从中获得操作系统作为一个整体的设计和实践的初步经验。而操作系统教学中理论与实践结合的一个非常重要目标就是要使学生将操作系统各组成部分有机地联系综合起来,在整体上提高对操作系统的认识。为了进一步提高操作系统实践环节的质量,解决上述问题,我校杭诚方老师参照了一些国外的经验,编写了设计操作系统课程设计的指导书,其主要内容是让学生在在一个软件模拟的计算机系统上自行设计一个小型的但功能又比较齐全的多道程序操作系统 MOS。经过近三年的教学实践,证明这一课程设计对提高操作系统课程的教学质量已经起到了重大作用,受到了同学们的普遍欢迎,认为它解决了在课堂教学中很难解决的关键问题。在全国操作系统教学研讨会上,该课程设计也得到了国内同行们的普遍好评,认为这是我们在提高操作系统教学质量上取得的又一成果,对兄弟院校的有关课程教学有重要参考价值。很多兄弟院校的同行人表示要采用这一课程设计,力促出版有关的教材。为此,杭诚方老师对其又作了进一步补充修改,以便兄弟院校的师生能更方便地使用它进行教学工作。

目前和读者见面的这本教材从简到繁,步步深入地说明了用软件模拟的硬件环境及 MOS 的各组成部分的功能和 design 方法,介绍了课程设计的难点和解决方法,以及课程设计的具体过程和指导要点,还包括了一个 MOS 设计示例范本。随书附带的一张软盘使得该设计范例可以立即在 PC 机上进行,这对使用本书的读者带来了很大的方便。

根据我校实践的经验,我想本书对国内同类院校操作系统课程的教学是会有所助益的,对希望进一步学习操作系统原理

的读者也有重要参考价值。为此向读者郑重推荐杭诚方老师设计编写的《操作系统课程设计教程》一书，期望该书在操作系统教学中起到重要作用，也期待广大读者对其提出进一步改进的建议和批评意见。

尤 晋 元
上海交通大学
1990.9

前 言

操作系统是一门工程性学科，涉及整个计算机系统性能的好坏，成本大小等问题。操作系统本身的发展过程是一个实践的过程。至今在理论上还没有严格地加以形式化，主要还是一些经验的积累和总结。同时，操作系统涉及了计算机系统中软件、硬件资源，又和人密切相关。所以它内容烦琐，相互关系复杂。操作系统还是一个软件工程的问题和程序设计方法论的问题，这一切使得学习操作系统比较困难，突出的矛盾是学完操作系统之后，对操作系统如何运转缺乏“整体感”。在当前的教学过程中，通常是用实例来弥补，但效果还不够理想。而且，一些反映操作系统概念、算法的实验，如存贮管理，进程调度，中断处理等，均不能解决“整体感”的问题。为了解决操作系统课程中这个根本难点，我们用统一的结构观点与统一的功能观点，在阐述操作系统的基本原理、概念和方法的同时，剖析UNIX系统。在此基础上设计了课程设计，在学完操作系统课程之后，让学生在一个软件模拟的计算机系统上设计一个多道程序的操作系统 MOS (Multiprogramming Operating System)。

MOS是一个批处理系统，它经由键盘接纳由软件模拟的计算机的指令及可使用MOS某些功能的系统调用书写的用户作业，在打印机上输出作业运行结果。该系统提供多个作业并行处理的功能，作业的输入/输出采用SPOOLING技术，所要管理

的外设是键盘、磁盘和打印机。为此 MOS 的设计者和实现者要处理输入/输出、中断、进程调度、作业调度、内外存管理和设备管理，并且要解释执行由规定的作业控制语言书写的作业说明书。

通过课程设计的实践，学生能够深入理解操作系统课程的内容，并能真正理解和体会操作系统运行的“整体感”。从而解决了操作系统教学上的根本难点。同时，课程设计也进一步培养了正规的系统程序设计能力，是计算机软件实践的重要环节。

在本书编写过程中，得到了尤晋元老师的热情指导。上海交通大学的邱木齐同志参加了部分工作，同时得到许多同志的支持和帮助。在此一并致谢。

由于我们的水平有限，难免出现不妥之处，恳请读者不吝指教。

编 者

目 录

0	总 论	1
1	课程设计概况	3
1.1	MOS 概貌	3
1.2	用户所见的 MOS	4
1.3	MOS 系统的宿主硬件环境 VCS	14
1.4	课程设计的要求	23
2	MOS 的系统分析	25
2.1	作业管理及 SPOOLING 系统	25
2.2	进程高级管理	34
2.3	存贮管理	36
2.4	进程调度	38
2.5	start IO 指令与 superwait 指令	40
2.6	系统总控程序的设计	42
3	课程设计的难点	44
3.1	VCS 环境与高级语言执行环境的关系	44
3.2	MOS 系统的终止	45
3.3	MOS 系统的并发性的实现	46
4	课程设计的过程与教师指导要点	47
4.1	设计过程	47
4.2	进度安排	48
4.3	组织分工	49

4.4	指导要点	51
4.5	课程设计报告的要求	51
附录 A	MOS 设计示例范本	54
B	MOS 演示程序说明及使用方法	110
C	MOS 演示程序所存贮的软盘片一张	

0 总 论

什么是操作系统？为什么要学习它和与其有关的程序设计技术？

操作系统是控制多个用户，合理使用计算机资源的程序集合，其中资源包括内存、处理机、外存、I/O 设备、时钟和许多软件包。所以学习操作系统极为重要：

- 要使操作系统发挥最大的效能，必须了解和使用有关的环境——操作系统。即必须彻底了解内存和处理机之间的分配策略；用于磁盘、终端存取的策略等等。

- 为了使操作系统提供的许多服务，在应用中真正发挥效能，必须了解操作系统中所有有用的功能和使用中所包含的内容。

- 必须对已有配置提供评价和修改，或对操作系统进行扩展。

- 许多操作系统程序设计技术可以直接应用于普通的应用。

但是，操作系统涉及计算机系统软件、硬件资源管理，内容烦琐，相互关系复杂。所采用的技术均和系统程序设计能力有关，实践性很强。因此，学习操作系统必须通过实践来巩固课堂上讲授的操作系统概念和方法。根据多年来的教学经验，参照 A.C.Shaw 在《The Logical Design of Operating System》中所给出的实习题，吸取了高等学校中有关同行的意见，设计了这个课程设计。希望通过此课程设计的实践，使学生

对操作系统所涉及的概念、方法与技术加深理解，并进一步培养正规的系统程序设计的能力。为此要求学生在一台由软件模拟的虚拟计算机系统上给出“多道程序设计操作系统 MOS 的设计与实现。具体说，MOS 的设计者和实现者必须直接处理输入/输出、中断处理、进程调度、作业调度、内外存管理、时钟管理等一系列操作系统的概念和设计方法。

1 课程设计概况

1.1 MOS 概 貌

MOS 是典型的多道程序设计系统，也就是说在任何时刻，有一组相互几乎独立的用户程序在运行，同时通过 MOS 的协调操作，竞争各种 VCS 资源。虽然 MOS 相当简单，但有充分理由认为，它是当代小型或微型计算机系统的操作系统的代表。因为在 MOS 的范围内要处理：

- 通用多道程序设计
- 存贮管理
- 系统调用处理
- 输入、输出设备管理
- 中断处理
- 并行处理
- SPOOLING 技术
- 进程之间通讯与协调
- 陷入处理
- 时钟管理
- 处理机管理

进程是现代操作系统的核心概念，是操作系统可辨认和控制的程序的一次执行。对 MOS 而言，进程是 MOS 管理的基

本单位。所以 MOS 能够创建和终止进程，提供多个进程间并行运行的通讯和同步。由于 MOS 要管理虚拟计算机系统 (VCS) 的 I/O 设备 (包括终端、磁盘、打印机), CPU 时钟、内存等等资源。这些资源中没有一个能在命令级, 让用户直接使用, 所以每个进程必须通过 MOS 所提供的系统调用去使用这些资源。

VCS 提供的间隔时钟是一个精确的倒数计时器。当要求的间隔时间到时后, 向 CPU 发出中断信号。由于这个设备的支持, MOS 得以管理系统中所有与时间有关的活动。同时, VCS 还提供实时时钟以供 MOS 系统计时。

VCS 的内存中存放程序和数据。由于多道用户程序共享, 所以要处理程序对内存的动态申请与释放。因此, 内存是 MOS 要管理的重要资源。

系统调用是 MOS 中请求系统服务的机构。接收系统调用命令后, 系统产生陷入, 陷入子系统立即调用服务子系统去完成所要求的功能, 为用户服务。

1.2 用户所见的 MOS

1.2.1 用户计算机及其指令系统

要向 MOS 提交作业的用户, 它所见的计算机 (见图 1 所示) 由四部分组成: 处理机 CPU, 内存 MM, 键盘 KB 和打印机 PRT。

CPU 是整个计算机的核心控制部分, 其中包括: R, 四个

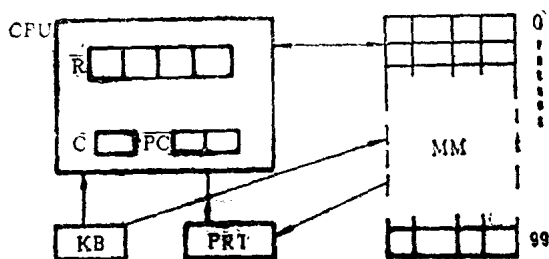
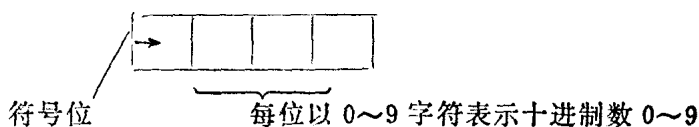


图1 用户所见的计算机

字节长的通用寄存器,用户用作暂存程序的指令和数据; C: 一个字节长的条件码寄存器,用作条件转移的标志; PC: 二个字节长的指令计数器,存放用户程序的虚地址。

内存 MM 是由 100 个字组成的随机存贮器, 其中一个字由四个字节组成。内存用作存放用户程序的指令和数据。内存以字编址,地址值的范围为: 00~99。

CPU 采用三位十进制算术运算,数据分为整数和字符。整数用 BCD 码表示,格式为



所以整数的范围为 $-999 \sim +999$ 。由于一个字由四个字节组成,故一字中可存放四个字符。字符为可打印的全部 ASCII 字符。

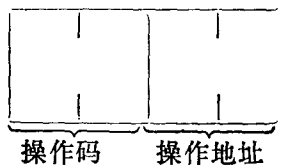
用户在使用中自己区分整数和字符, MOS 及计算机系统不

作处理。

键盘 KB 是输入用户作业的外部设备。

打印机 PRT 用作输出用户作业运行结果,同时还要输出出错信息(如果有的话)、源程序、资源使用情况等有关信息。

用户可用的机器指令为一个字长,指令格式为



具体意义如下:

假定: $[\alpha]$ 表示 α 单元的内容; $[R]$ 表示 R 寄存器中的内容; $[PC]$ 表示 PC 中的内容。

$$X_1, X_2 \in \{0, 1, 2, \dots, 9\}, \alpha = 10 X_1 + X_2$$

指令

说明

操作码	操作数	
LR	$X_1 X_2$	$R \leftarrow [\alpha]$
SR	$X_1 X_2$	$\alpha \leftarrow [R]$
CR	$X_1 X_2$	若 $[R] = [\alpha]$, 则 $C \leftarrow 'T'$, 否则 $C \leftarrow 'F'$
BT	$X_1 X_2$	若 $[C] = 'T'$, 则 $PC \leftarrow \alpha$, 否则为空操作
AD	$X_1 X_2$	$R \leftarrow [R] + [\alpha]$
SU	$X_1 X_2$	$R \leftarrow [R] - [\alpha]$
DN	$X_1 X_2$	若 $[R] < 0$, 则 $PC \leftarrow \alpha$, 否则为空操作

BU

 $X_1 X_2$ $PC \leftarrow \alpha$

1.2.2 系统调用及其调用格式

MOS 的用户通过系统调用请求操作系统 (这里就是指 MOS) 为其服务, 即在用户态下 CPU 执行到系统调用指令后, 发出访管中断, CPU 改成核心态, 转入系统存贮区中相应的系统调用处理程序, 实现相应的系统调用的功能。MOS 要求实现的系统调用包括以下几种, 其中格式同 VCS 的机器指令, 具体功能如下:

- | | | |
|----|-----------|---|
| RL | $X_1 X_2$ | 把一行数据读到内存 $[10 X_1 + i], i = 0, 1, \dots, X_2$ 的各个单元, 数据地址由作业说明书中数据区的数据依次读入来确定。 |
| WL | $X_1 X_2$ | 把内存 $[10 X_1 + i], i = 0, 1, \dots, X_2$ 的各个单元内容依次输出到打印机上, 每次输出新的一行。 |
| GT | | 取当前时间 (VCS 中的实时时钟) 送入通用寄存器 R 之中。 |
| H | | 用户程序执行结束。也可以看作用户程序结束。 |

系统调用的处理程序由 MOS 设计者和实现者利用用户计算机的访管中断实现。

1.2.3 作业说明书及作业控制语言

为了使作业正常运行, 要以作业说明书的形式将用户作业提交给 MOS 系统。提交给 MOS 系统的一批作业由一个或数个乃至数十个用户作业组成的一个文件构成, 其内容就是用作业控制语言将这些用户作业构成的作业说明书, 然后通过键盘, 以字符流