



“十三五”普通高等教育规划教材

操作系统原理简明基础教程

CAOZUOXITONGYUANLI JIANMING
JICHUJIAOCHENG

蹇云 编著



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

林德假教育培等高职普 “五三十”



内 容 简 介

“操作系统原理”课程是计算机、软件及信息化相关专业的核心课程和必修课程，是计算机专业基础理论的重要组成部分。本书共分6章，从计算机资源管理的角度出发，全面、系统、准确、通俗地阐述了操作系统的重要概念、基本原理、思想方法和主要技术，涵盖了操作系统最经典、最核心、最基本的五大基础功能。本书主要内容包括：操作系统概论、用户接口与作业管理、进程与处理机管理、存储管理、设备管理、文件管理。

本书结构简洁、内容完整、逻辑清晰、通俗易懂，可作为高等院校计算机技术类专业的操作系统原理课程教材，也可供相关人员自学使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

操作系统原理简明基础教程 / 蹇云编著. — 北京: 北京邮电大学出版社, 2018. 8
ISBN 978-7-5635-5550-5

I. ①操… II. ①蹇… 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 (2018) 第 172985 号

书 名 操作系统原理简明基础教程
编 著 者 蹇 云
责任编辑 刘国辉
出版发行 北京邮电大学出版社
社 址 北京市海淀区西土城路 10 号 (100876)
电话传真 010-82333010 62282185 (发行部) 010-82333009 62283578 (传真)
网 址 www.buptpress3.com
电子信箱 ctrd@buptpress.com
经 销 各地新华书店
印 刷 北京七彩京通数码快印有限公司
开 本 787 mm×1092 mm 1/16
印 张 13
字 数 322 千字
版 次 2018 年 8 月第 1 版 2018 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-5550-5

定价: 37.00 元

如有质量问题请与发行部联系
版权所有 侵权必究

北京邮电大学出版社
· 京 北 ·

| 前 言 |

操作系统是最重要、最核心的计算机系统软件，也是计算机学科领域最活跃的分支之一，其发展极为迅速。同时，操作系统也是计算机专业教学的重要内容。

操作系统主要用来管理和控制计算机系统的软、硬件资源，并组织用户协调使用这些资源，提高资源利用率，且为用户提供一个方便灵活、安全可靠的使用计算机的工作环境。

随着计算机科学的不断发展，计算机的应用范围越来越广泛，人们对操作系统的要求也越来越高，对这门学科的研究也不断深入，新的产品不断问世，新的概念也不断引入。“操作系统原理”课程作为一门重要的软件理论和方法基础课程，是程序设计、软件工程等需要以操作系统作为工作支持环境及涉及操作系统内核要素的相关课程的基础，也是软件工程思想和方法应用的典范，并为软件工程提供普遍的、可借鉴的、实用的实践方案和思想方法模板。因此，“操作系统原理”课程被普遍作为计算机技术类专业的专业基础理论核心课程而开设，是所有从事计算机技术工作的专业人员所必须掌握的重要基础理论知识。

计算机操作系统具有内容丰富、涉及面广、概念抽象、实践性强等特点。它涉及计算机科学中硬、软件各方面的知识。这就决定了“操作系统原理”这门课程的特点是概念多、内容抽象、灵活性和综合性较强、学习难度大。因此，要求读者在学习本书之前，一定要有计算机原理、数据结构及至少一门程序设计语言等方面的知识。

本书共分6章，分别讲述了操作系统的基本概念、用户接口与用户界面、作业管理、进程与处理机管理、进程的同步和通信问题、处理机调度的策略和算法、死锁问题、内存管理技术、虚拟存储管理技术、设备管理、文件管理等基本的操作系统经典功能和内容，着重介绍了操作系统的基本概念、基本原理、基本思想、基本方法和基本技术，并把培养读者分析问题、解决问题的能力作为出发点。

本书虽经反复推敲，突出操作系统的基本概念、基本原理和基本方法，但由于作者水平有限，书中的不妥之处在所难免，恳请广大读者和同行批评指正。

作者

2018年3月

1.4 操作系统的类型 / 12

1.4.1 手工处理系统(无操作系统) / 13

1.4.2 多道批处理系统 / 14

1.4.3 分时系统 / 20

1.4.4 实时系统 / 21

1.5 操作系统的特性及性能指标 / 23

1.5.1 操作系统的特性 / 23

目 录

2.5.2	交互式作业的控制	52
2.6	本章练习题	56
第三章 进程与处理机管理 / 63		
3.1	在 Linux 中运行多个作业	63
3.1.1	并发执行的概念	63
3.1.2	Linux 键盘命令界面下的并发执行	63
3.1.3	Linux 图形界面下的并发执行	64
3.2	进程	64
3.2.1	进程概念的引入	64
第一章 操作系统概论 / 1		
1.1	导 言	1
1.1.1	为什么要学习“操作系统原理”	1
1.1.2	如何学习“操作系统原理”这门课程	2
1.1.3	如何理解和区分原理(思想、思路)、系统设计、编程实现三者之间的不同	3
1.2	操作系统概述	3
1.2.1	计算机系统	4
1.2.2	操作系统在计算机系统中的地位	8
1.2.3	操作系统的定义	8
1.3	操作系统的功能和目标	9
1.3.1	操作系统的五大基本功能	9
1.3.2	操作系统的资源管理技术	11
1.3.3	操作系统的目标	12
1.4	操作系统的类型	12
1.4.1	手工处理系统(无操作系统)	13
1.4.2	多道批处理系统	14
1.4.3	分时系统	20
1.4.4	实时系统	21
1.5	操作系统的特性及性能指标	23
1.5.1	操作系统的特性	23

1.5.2 操作系统的性能指标 / 25

1.6 中断系统 / 26

1.6.1 中断的概念 / 26

1.6.2 中断设备 / 27

1.6.3 管态和目态 / 28

1.6.4 中断屏蔽与禁止中断 / 29

1.6.5 中断分类 / 29

1.6.6 中断优先级 / 30

1.6.7 中断处理 / 31

1.7 本章练习题 / 35

第二章 用户接口与作业管理 / 37

2.1 用户与操作系统间的接口 / 37

2.1.1 程序级接口(系统调用接口) / 38

2.1.2 作业控制级接口(命令接口) / 40

2.2 作业管理的基本概念 / 42

2.2.1 作业、作业步和作业流 / 42

2.2.2 作业的分类 / 43

2.2.3 作业管理的功能 / 43

2.3 作业的输出与输入 / 43

2.3.1 早期联机输入输出 / 43

2.3.2 脱机输入输出 / 44

2.3.3 假脱机系统 Spooling / 45

2.4 作业调度 / 46

2.4.1 作业的状态 / 46

2.4.2 批处理作业的组成结构 / 47

2.4.3 作业的创建与作业控制块 JCB / 47

2.4.4 作业调度的功能及调度性能的衡量 / 48

2.4.5 作业调度算法 / 50

2.5 作业控制 / 53

2.5.1 批处理作业的控制(脱机作业控制) / 53

- 2.5.2 交互式作业的控制(联机作业控制) 57
- 2.6 本章练习题 / 60

第三章 进程与处理机管理 / 63

- 3.1 在 Linux 中运行多个作业 / 63
 - 3.1.1 并发执行的概念 / 63
 - 3.1.2 Linux 键盘命令界面下的并发执行 / 63
 - 3.1.3 Linux 图形界面下的并发执行 / 64
- 3.2 进程 / 64
 - 3.2.1 进程概念的引入 / 64
 - 3.2.2 进程的定义及其特征 / 67
 - 3.2.3 进程的状态及其转换 / 69
 - 3.2.4 进程控制块 / 71
- 3.3 进程调度 / 72
 - 3.3.1 进程调度的主要功能 / 72
 - 3.3.2 衡量进程调度性能的准则 / 73
 - 3.3.3 进程调度方式 / 73
 - 3.3.4 进程调度算法 / 74
- 3.4 进程控制 / 76
 - 3.4.1 原语的定义 / 76
 - 3.4.2 进程控制原语 / 77
 - 3.4.3 进程控制原语与进程状态的关系 / 79
- 3.5 进程互斥与进程同步 / 80
 - 3.5.1 临界资源与临界区 / 80
 - 3.5.2 信号量与 P、V 操作原语 / 82
 - 3.5.3 用 P、V 操作实现进程互斥 / 83
 - 3.5.4 用 P、V 操作实现进程同步 / 86
 - 3.5.5 “生产者—消费者”问题 / 88
- 3.6 进程通信 / 89
 - 3.6.1 消息缓冲 / 90
 - 3.6.2 信箱通信 / 91

- 3.6.3 管道通信 / 92
- 3.7 死锁 / 92
 - 3.7.1 死锁的定义 / 93
 - 3.7.2 产生死锁的必要条件 / 93
 - 3.7.3 死锁的解决方案 / 94
- 3.8 本章练习题 / 97

第四章 存储管理 / 105

- 4.1 存储管理的基本概念 / 105
 - 4.1.1 存储管理的目的与功能 / 106
 - 4.1.2 地址空间 / 108
 - 4.1.3 地址重定位 / 109
 - 4.1.4 虚拟存储器 / 111
 - 4.1.5 存储保护 / 112
 - 4.1.6 存储共享 / 114
- 4.2 分区存储管理 / 115
 - 4.2.1 单一连续分区 / 115
 - 4.2.2 固定式分区和可变式分区 / 116
 - 4.2.3 分区分配算法 / 119
 - 4.2.4 覆盖和交换技术 / 120
- 4.3 分页存储管理 / 122
 - 4.3.1 分页存储管理的实现原理 / 122
 - 4.3.2 分页存储管理的内存分配与回收 / 125
 - 4.3.3 分页存储管理的优缺点 / 129
- 4.4 分段存储管理 / 130
 - 4.4.1 分段存储管理的实现原理 / 130
 - 4.4.2 分段存储管理的内存分配与回收 / 132
 - 4.4.3 段的共享和保护 / 133
 - 4.4.4 分段存储管理的优缺点 / 134
- 4.5 段页式存储管理 / 134
 - 4.5.1 段页式存储管理的实现原理 / 134

4.5.2 段页式存储管理的特点 / 135

4.6 本章练习题 / 137

第五章 设备管理 / 139

5.1 设备管理概述 / 139

5.1.1 设备的分类 / 139

5.1.2 设备管理的任务和功能 / 140

5.2 输入/输出控制方式 / 141

5.2.1 设备控制器 / 141

5.2.2 程序直接控制方式 / 143

5.2.3 中断控制方式 / 145

5.2.4 直接存储器访问(DMA)控制方式 / 147

5.2.5 通道控制方式 / 148

5.3 设备驱动 / 152

5.3.1 物理设备与逻辑设备 / 152

5.3.2 与设备无关的 I/O 软件 / 153

5.3.3 设备控制器与设备驱动程序 / 154

5.4 设备的分配 / 156

5.4.1 设备分配中使用的数据结构 / 156

5.4.2 设备分配流程 / 157

5.4.3 设备分配算法 / 158

5.4.4 不同属性设备的分配原则 / 158

5.4.5 设备分配中的安全性问题 / 159

5.5 设备管理常用的技术 / 161

5.5.1 缓冲技术 / 161

5.5.2 中断技术 / 163

5.5.3 虚拟设备技术(Spooling 技术) / 164

5.6 磁盘存储器的管理 / 166

5.6.1 磁盘结构 / 166

5.6.2 磁盘读写 / 167

5.6.3 磁盘驱动调度算法 / 168

5.7 本章练习题 / 171

第六章 文件管理 / 173

6.1 文件系统概述 / 173

6.1.1 文件系统 / 173

6.1.2 文件与文件的分类 / 174

6.1.3 文件系统的管理功能 / 175

6.2 文件的组织结构和存取方式 / 176

6.2.1 文件的逻辑结构 / 177

6.2.2 文件的存取方式 / 178

6.2.3 文件的物理结构 / 178

6.2.4 文件物理结构与存取方式的关系 / 184

6.3 文件的管理 / 185

6.3.1 文件控制块 / 185

6.3.2 文件的目录结构 / 185

6.3.3 外存空闲存储块的管理 / 189

6.4 文件的共享与安全 / 192

6.4.1 文件的共享 / 192

6.4.2 文件的安全 / 192

6.5 文件的使用 / 195

6.5.1 建立文件命令 / 195

6.5.2 打开文件命令 / 195

6.5.3 读写文件命令 / 196

6.5.4 关闭文件命令 / 196

6.5.5 删除文件命令 / 196

6.6 本章练习题 / 197

第一章

操作系统概论

本章要点

本章主要阐述什么是操作系统、操作系统的功能、操作系统的类型及主要性能指标,同时讨论中断系统的有关概念,让读者对操作系统有一个初步的了解。

1.1 导言

1.1.1 为什么要学习“操作系统原理”

操作系统是计算机系统的重要组成部分,是保证计算机功能正常、完整、可用的最基本的软件系统。操作系统几乎是每一个计算机用户驾驭计算机的唯一系统工具。因此,每个用户理所当然地需要熟悉操作系统。然而,操作系统又是一种异常复杂的软件系统,不仅代码规模庞大,而且组成结构和运行机制复杂,学习、理解操作系统内部奥秘极富挑战性。计算机系统硬件,品种众多,工作流程复杂,操作系统直接建立在硬件基础上,对硬件进行管理,向用户屏蔽复杂的硬件细节。而操作系统需要处理大量的并发任务及并行操作,良好地协调这些任务及操作间的同步关系,防止错误的发生。总之,操作系统是计算机系统一切工作的指挥者、协调者、监控者。一方面,理解操作系统乃至进行新的设计及实现,均离不开对操作系统概念和理论的熟悉与掌握;另一方面,操作系统课程的内容,又是程序设计、软件工程等需要以操作系统作为工作支持环境及涉及操作系统内核要素的课程的基础。作为一种复杂的大规模的软件系统,操作系统的成功研制也是软件工程思想和方法应用的典范,并且为软件工程提供普遍的、可借鉴的、实用的实践方案和模板。例如,操作系统所包含的方便软件维护的模块化、层次化、分布式软件体系结构思想,复杂系统分治策略,以及各种资源管理中的数据结构,在许多应用软件构造中都有着类似的应用。因此,操作系统是一门重要的软件理论和方法基础课程。

操作系统是现代信息社会正常运转的基础软件,几乎需要部署在每台计算机上,从而与每个用户都相关。了解操作系统无疑是计算机文化的重要组成部分。操作系统位于硬件之上、应用软件之下,既涉及丰富的硬件知识,又涉及软件构造的典型原则和方法,是综合硬件和软件技术的复杂工程产品。学习操作系统意味着综合学习、融会贯通,包括硬件、数据

结构与算法、软件工程方法及原则在内的描述和构造复杂系统的多门课程知识。了解操作系统的结构和工作原理不仅有利于更好地应用操作系统，还有利于将其中包含的算法策略和软件工程思想应用到更一般的应用软件开发活动中。

所以，操作系统原理是计算机相关专业的必修课程。学习操作系统原理的目的是掌握操作系统的基本概念、基本思想、基本原理和实现技术，为今后从事应用系统软件或操作系统软件的开发打下坚实的思想理论和方法论基础。

1.1.2 如何学习“操作系统原理”这门课程

操作系统原理具有内容丰富、涉及面广、概念抽象、理论性强等特点，并牵涉计算机科学中硬、软件方面的诸多知识基础。由于其理论性较强、概念抽象，无论对于讲授该课程的教者，还是对于学习该课程的学者，都可以用一个字表达他们的共同感受：“难”。

操作系统是计算机系统中最基本、最重要的基础系统软件，是联系计算机硬件和其他软件的纽带。随着计算机技术的飞速发展，操作系统也经历了不断发展演变的过程。在当前时代，Internet 技术，尤其是分布式技术的应用越来越广泛深入，其中涉及的主要技术——并发控制和多程序设计技术——是现代操作系统的主要工作原理。因此，对于计算机专业人员以及 IT 从业人员来说，学习了解操作系统原理是非常必要的。

“操作系统原理”这门课程主要介绍计算机操作系统的基本概念、基本原理、设计方法和实现技术，以及众多操作系统的设计精髓。

但是，很多人在学习“操作系统原理”这门课程时，都感到非常难学，学不懂，搞不明白。其实，这主要是因为对这门课程的学习目的模糊不清所造成的。这里有必要澄清一个问题，即很多第一次学习“操作系统原理”的人，不明白其学习的目的和意义。事实上，真正能够设计和开发操作系统的专家毕竟有限，而绝大多数学习“操作系统原理”的人，其学习目的并不是要学完之后能够去设计和开发操作系统。一般可以将与计算机系统打交道的人分为三大类：一般计算机用户、应用程序员、操作系统设计员。由于计算机操作系统是计算机中最基础的系统软件，它为计算机用户提供了使用计算机的一个工作环境，在专业术语称之为“接口”。对于一般的计算机用户，必须至少熟悉一种计算机操作系统的使用方法，即必须至少要了解一种操作系统的用户接口，比如 Windows 2000、Windows XP、Linux、UNIX 等，才能对计算机进行操作使用，这是对一个与计算机系统打交道的人学习和了解计算机操作系统的最低要求。有了这些基础以后，用户就可以更深入一步学习和使用操作系统，学习了解计算机操作系统的基本原理和概念，利用操作系统提供的程序接口编写应用程序，成为应用程序员。而对于操作系统设计员，则要求必须要全面、系统、深入地学习计算机操作系统的实现原理和技术，了解操作系统的设计思想、算法、理论和编程实现技术，具备设计和开发操作系统程序的能力。

那么现在我们学习“操作系统原理”这门课，应该被定位在上述三类人中的哪一类呢？答案应该是第二类。为什么呢？因为我们已经掌握了一种以上的计算机操作系统的使用方法，达到了第一类人的要求，但对于操作系统的基本原理和概念却一无所知，还没有达到第二类人的要求，还需要学习第二类人应该学习的知识。所以，我们现在的学习目的，应该首先按照对第二类人的要求来把握，主要就是学习和了解计算机操作系统的基本原理、方法和概念。而对于操作系统的系统设计、编程实现等技术，我们现在不必去理睬它。我们只要学

习掌握操作系统的一些基本的原理、方法和概念，并对之进行消化，那么我们的学习目标就已经达到了。也就是说，对于我们如何学习“操作系统原理”这样一个问题，其答案就是：我们现在只需要学习和掌握操作系统的一些基本原理、方法和概念，学习和掌握它的基本思想，并加以消化、理解就可以了，而无须学习它的具体的系统设计和编程实现等技术细节，这就是我们在现阶段学习这门课程的总体要求。当然，对于有兴趣且基础扎实的学生来说，在此基础上，还可以继续深入钻研下去，进一步深入、全面、系统地学习计算机操作系统的实现原理，学习了解操作系统的设计思想、算法、理论和编程实现技术，最终达到第三类人的要求，使自己具备设计和开发操作系统程序的知识 and 能力。

下面，我们使用如图 1.1 所示的一个图示，来形象地表达在上面所述的主要内容和基本意思。

其中，我们在现阶段首要的学习任务，就是应该首先学习和掌握下图中的中间部分——基本原理（思想、思路）——的内容，即要求我们在现阶段首先要学习和掌握的，是操作系统的一些基本原理和基本概念，至于操作系统的系统设计和编程实现，则应在认真学好现阶段基本原理和基本概念的基础上，作为今后进一步深入学习所要求掌握的内容。

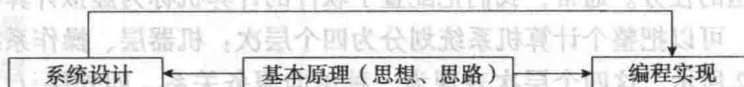


图 1.1 原理、设计与编程实现之间的关系

1.1.3 如何理解和区分原理（思想、思路）、系统设计、编程实现三者之间的不同

所谓原理，就是一些基本的思想、方法、思路和道理。我们解决任何一个问题，都要以它为基础，以它作为解决具体问题的基本指导思想和基本方法原则。

在这样一种基本指导思想和基本方法原则的指导下，我们可以根据不同问题的不同情况和具体要求，设计出一整套系统地、完整地、合理地解决各种不同复杂程度问题的整体解决方案，这就是系统设计。

而所谓编程实现，是指根据系统设计所设计出的整体解决方案，通过使用编程技术等手段将我们的系统设计加以实现，也就是将我们的系统设计变成一个货真价实的产品。

1.2 操作系统概述

操作系统是计算机系统中的核心系统软件，它在用户和计算机之间起接口作用。用户使用计算机系统，首先就要与操作系统打交道。

计算机技术的发展始终伴随着操作系统的发展。操作系统发展至今已经建立了比较完整的体系结构，有统一的概念和原理。操作系统是现代计算机系统的核心系统软件，也是其他

系统软件和应用软件的支撑平台，是最靠近硬件的软件，管理着计算机系统的所有软、硬件资源。一方面，从用户的角度看，它是用户与计算机硬件系统之间的接口，为用户使用计算机提供尽可能的方便；另一方面，从计算机资源管理的角度看，它是计算机系统资源的管理者。用户不断增长的需求又促使操作系统不断地发展。

1.2.1 计算机系统

计算机系统是一个复杂的系统。一个完整的计算机系统由硬件系统和软件系统两部分组成。硬件系统是组成计算机的各种电子元件、部件和设备的总称；软件系统是指机器（硬件系统）正常运行所需的各种程序及其有关的文档资料。

硬件系统是整个计算机系统的物质基础，没有硬件系统就谈不上计算机；但是只有硬件系统，而没有配套的软件系统，计算机系统就无法工作。通常，我们把没有配置软件的计算机称为裸机。计算机的软件系统是建立在硬件系统基础之上，控制硬件系统正常运行的程序和相关资料。只有将硬件系统和软件系统有机地结合起来，才能充分发挥计算机的作用，完成计算机所应承担的任务。通常，我们把配置了软件的计算机称为虚拟计算机。

从功能上讲，可以把整个计算机系统划分为四个层次：机器层、操作系统层、系统层和应用层，如图 1.2 所示。这四个层次表现为一种单向服务关系，即外层（上层）软件必须以事先约定好的方式使用内层（下层）软件或硬件提供的服务，通常把这种约定称为界面或接口（Interface）。下面简要地看一看各层次的特点。

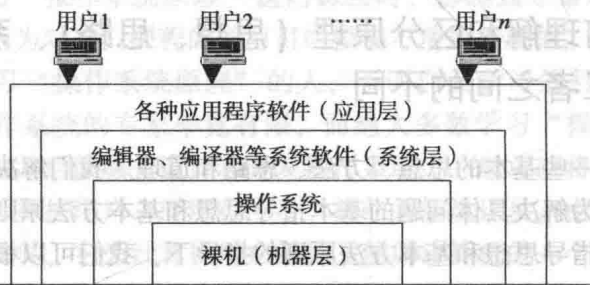


图 1.2 计算机系统的 4 个层次关系

1. 机器层

机器层是指裸机（硬件），即无任何软件的机器设备本身。它的对外界面由机器指令系统组成，机器指令系统与硬件的组织结构密切相关，操作系统及其外层软件通过执行各种机器指令来访问和控制各种硬件资源。

迄今为止，计算机硬件的组织结构仍采用冯·诺依曼（V. Neumann）的基本原理，即“存储程序控制”原理。“存储程序控制”原理的基本方案是：如果要使计算机能够自动地计算，必须有一个存储器，用来存储程序和数据，程序和数据存储和交换是以存储器为中心进行；同时要有一个运算器，用以执行指定的操作；还要有一个控制器，以便实现自动操作；另外，辅以 I/O 部件，以便输入原始数据和输出计算结果。于是形成了现代计算机的基本组成结构，即计算机硬件系统一般由 5 类部件组成：控制器、运算器、存储器、输入设备和输出设备，如图 1.3 所示。

其中我们把控制器和运算器两类部件合在一起（通常把控制器和运算器制作在一起），称为中央处理机（Central Processing Unit, CPU），把输入设备和输出设备统称为输入/输出设备（I/O 设备）。

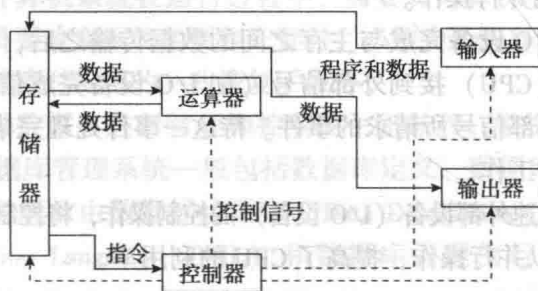


图 1.3 计算机的 5 大组成部分

CPU 是计算机进行信息处理（计算）和运行控制的核心部件。

(1) CPU 中包含某些寄存器：

- 通用寄存器；
- 专用寄存器；
- 程序计数器；
- 栈指针；
- PSW（程序状态字），等等。

(2) CPU 工作的基本周期：

- 从内存中提取指令；
- 对指令译码，产生控制信号；
- 最后执行指令。

CPU 的每个基本工作周期的时间长短，是由计算机的时钟脉冲频率决定的。

(3) CPU 与 I/O 设备并行。

在计算机发展史上，最初的计算机硬件系统，是以 CPU 为中心的组织结构。这种组织结构的主要缺点是浪费大量的 CPU 时间。这是由于 CPU 的速度快，而相对来说 I/O 设备速度慢，使得速度不匹配。

现在，无论是大、中、小型计算机，还是微型计算机，其硬件系统，都是以存储器（主存、内存）为中心的组织结构（冯·诺依曼结构）。这种组织结构的优点是能使 CPU 与 I/O 设备充分地并行工作，从而大大提高了各种硬件资源的利用率。

硬件通道技术和中断技术的出现，使得计算机在组织结构上发生了重大变革，使原先以 CPU 为中心的体系结构，转变为以主存为中心，从而可以实现 I/O 设备与中央处理机并行操作，如图 1.4 所示。

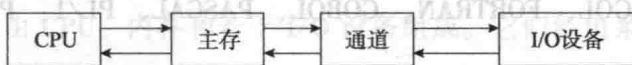


图 1.4 以主存为中心的体系结构示意图

通道：专用处理机，是独立于 CPU，专门用来控制输入、输出设备的 I/O 处理机，联接着主存和 I/O 设备，负责 I/O 设备与主存之间的信息传输。它能控制一台或多台 I/O 设备进行工作。它一旦被驱动就能独立于 CPU 运行，这样可使 CPU 和通道并行操作，从而使 CPU 和多种 I/O 设备也能并行操作。

中断：当通道控制 I/O 设备完成与主存之间的数据传输之后，会通过中断机构向 CPU 报告完成情况。当主机（CPU）接到外部信号（如 I/O 设备完成信号）时，马上停止原来的工作，转去处理这一外部信号所请求的事件。待这一事件处理完毕后，主机再返回到原来的断点处继续进行原来的工作。

- 使 CPU 摆脱了对慢速外部设备（I/O 设备）的控制操作，将控制权交给通道去完成。
- 使 CPU 与外设可以并行操作，提高了 CPU 的利用率。

2. 操作系统层

计算机软件通常分为系统软件和应用软件两部分。操作系统是基本的系统软件，它密切地依赖于计算机硬件，直接管理计算机系统中的各种硬件资源和软件资源，计算机运行时，其主要部分（操作系统内核）驻留在主存中，称为操作系统的核心或内核（Kernel）。

操作系统的对内界面是：管理和控制各种硬件资源（包括 CPU、内存和外设）；对外界面是：为用户提供方便服务的一组软件程序集合。这里讲的“用户”，是指除操作系统以外的所有系统软件、应用软件及计算机使用者，它是一个广义的概念。因此，人们说操作系统是用户与计算机间的界面（或接口）。

3. 系统层

系统层是指除操作系统以外的所有系统软件。它们在操作系统的控制下为应用层软件及最终用户加工自己的程序和数据提供各种服务。它们通常驻留在外存上，仅当运行这些程序时，才把它们装入内存。这些软件通常由计算机系统的销售者提供，并随机器和操作系统一同出售。

这些系统软件主要有：汇编程序（Assembler）、各种语言编译程序（Compiler）、文本编辑程序（Editor）、系统维护程序（Maintenance Program）、调试程序（Debugging）、连接装配程序、数据库管理系统（Data Base Management System, DBMS）和数据通信程序（Data Communication Program），等等。

汇编程序是将用某种汇编语言编写的源程序翻译成机器能够直接识别和执行的机器语言目标程序的程序。汇编语言是一种面向机器的低级程序设计语言，它的执行效率高，但可移植性差。

编译程序是将某种计算机高级程序设计语言编写的源程序翻译成机器能够直接识别和运行的目标程序的程序。对于高级程序设计语言的翻译现在有两种方式：一种是解释方式；另一种是编译方式。前者不产生目标程序，它是边解释边执行；后者需生成目标程序，再运行目标程序，产生最后结果。目前，高级程序设计语言有几百种，流行或广泛使用的有几十种，如 BASIC、ALGOL、FORTRAN、COBOL、PASCAL、PL/1、PROLOG、LISP、C、JAVA 等。

文本编辑程序是用户编制源程序或某种文本文件的方便工具。它一般有行编辑、全屏幕编辑、窗口编辑等几种形式。用户可利用编辑程序建立各种非格式纯文本文件，并可随时进行修改，如插入、删除、更新等，还可进行查找、显示或打印等操作，例如，Windows 中的

“记事本”程序、Editplus 等都是流行的文本编辑程序。

调试程序又称排错程序，它可以帮助用户调试自己编制的程序，找出程序中的逻辑错误，大大缩短用户调试程序的周期。

系统维护程序是指计算机系统在运行过程中，需要对计算机不断地进行维护的有关程序。例如，当系统管理员要改变系统的硬件配置时，必须为新的环境而改变操作系统的核心程序；当系统出现某种故障时提供的一些恢复手段等。

数据库管理系统是对数据库进行管理和控制的一组软件。数据库已成为管理信息系统（MIS）软件的核心。数据库管理系统一般包括数据库定义、数据库管理、数据库建立与维护、数据通信等功能。它通常由数据描述语言（Data Description Language, DDL）、数据操纵语言（Data Manipulation Language, DML）和数据库管理例程序（Routine）三部分组成。

数据通信程序是为管理和控制计算机间进行通信而设计的程序，它主要用于计算机网络中。数据通信程序用于计算机间的数据传输、处理数据传输过程中的编码、发送、接收、解码等一系列工作。

4. 应用层

应用层是指一些直接为用户服务和为用户所使用的应用程序、用户程序和服务程序等，它可由用户或专门的软件公司编制，例如，办公自动化系统、事务处理系统、各种应用软件和程序库等。因此，它是为了解决某些具体的、实际的问题而开发和研制的各种业务应用程序。

总结：

计算机系统的组成为：硬件资源、软件资源。硬件是软件建立与活动的基础，而软件是对硬件功能的扩充。计算机系统可划分为四个层次：硬件、操作系统、实用程序（系统软件）和应用程序，如图 1.5 所示。操作系统设计者是在硬件基础上，设计开发操作系统软件和实用程序软件；程序员是在操作系统基础上，设计开发应用程序软件；终端用户则是在应用程序软件基础上，通过使用应用程序软件来完成各自的业务工作任务。

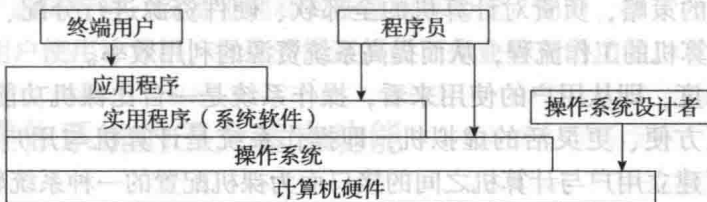


图 1.5 计算机系统的层次和视图

单向调用关系：这四层的关系表现为一种单向调用关系，即上层的软件必须以事先约定的方式调用下层软件或硬件提供的服务。通常把这种约定称为界面或接口（Interface）。

- 计算机硬件：由 CPU、内存和若干 I/O 设备组成。它们经由系统总线连接在一起，实现彼此通信。

- 操作系统：是用户与计算机硬件系统之间的接口，管理计算机系统中的各种硬件资源和软件资源，组织、协调和控制计算机工作流程。