

全国高等教育自学考试指定教材
计 算 机 及 应 用 专 业 (专 科)

计 算 机 组 成 原 理

(附：计算机组成原理自学考试大纲)
(2005 年版)

全国高等教育自学考试指导委员会组编
胡越明 主编

经济科学出版社

内 容 简 介

本教材介绍了计算机系统及各组成部分的工作原理、有关基本概念以及运用数字电路技术设计实现计算机各组成部分的基本方法。本书根据全国高等教育自学考试指导委员会 2005 年制定的新的大纲编写，作为计算机应用专业大专层次的自学考试用书，配有大量例题和习题，也可作为大专院校相关专业的教材或参考用书。

组 编 前 言

21 世纪是一个变幻莫测的世纪，是一个催人奋进的时代，科学技术飞速发展，知识更替日新月异。希望、困惑、机遇、挑战、随时随地都有可能出现在每一个社会成员的生活之中。抓住机遇，寻求发展，迎接挑战，适应变化的制胜法宝就是学习——依靠自己学习，终生学习。

作为我国高等教育组成部分的自学考试，其职责就是在高等教育这个水平上倡导自学、鼓励自学、帮助自学、推动自学，为每一个自学者铺就成才之路。组织编写供读者学习的教材就是履行这个职责的重要环节。毫无疑问，这种教材应当适应自学，应当有利于学习者掌握、了解新知识、新信息，有利于学习者增强创新意识，培养实践能力，形成自学能力，也有利于学习者学以致用，解决实际工作中所遇到的问题。具有如此特点的书，我们虽然沿用了“教材”这个概念，但它与那种仅供教师讲、学生听，教师不讲、学生不懂，以“教”为中心的教科书相比，已经在内容安排、编写体例、行文风格等方面都大不相同了。希望读者对此有所了解，以便从一开始就树立起依靠自己学习的坚定信念，不断探索适合自己的学习方法，充分利用已有的知识基础和实际工作经验，最大限度地发挥自己的潜能，以达到学习的目标。

欢迎读者提出意见和建议。

祝每一位读者自学成功！

全国高等教育自学考试指导委员会

2005 年 3 月

编者的话

本教材根据全国高等教育自学考试指导委员会 2005 年组织制定的考试大纲编写，既可作为计算机专业自学考生的“计算机组成原理”课程的教材，也可作为有关专业的专科生以及工程技术人员的参考书。

本教材是在上一版教材的基础上修订而成，增加了一些新的内容，以反映计算机技术的新发展。本版教材删除了上一版教材中较为陈旧的内容，并对基础的内容和重要的知识点进行了更加详细的介绍和说明。本教材以基本原理的阐述为主，分为 8 章。第 1 章作为概论，介绍一些基础知识。第 2 章介绍计算机中的数据编码和数据的运算方法，其中包括 IEEE 754 浮点标准。在第 3 章中介绍存储系统的构成原理以及存储器芯片的原理，对 cache 和虚拟存储器的原理也做了较为细致的介绍。在第 4 章指令系统的内容中，介绍了指令操作码的设计原理，包括寻址方式、数据的字节存储顺序和字节对齐的存储方式。在第 5 章控制器的内容中，既介绍了传统的计算机结构和设计原理，也介绍了典型 RISC 处理器的组成结构和指令执行过程及控制器设计原理。第 6 章介绍了系统总线的概念和原理。第 7 章介绍输入输出系统的原理，包括中断方式、DMA 方式和通道方式的输入输出系统原理。第 8 章对外围设备进行了介绍，包括各种显示器、打印机、光盘存储设备等。

本教材的编写根据自学考生的特点，力图通俗易懂，使学生能够通过自学阅读理解和掌握教材的内容。同时注重对考生基础知识的掌握，而且例题丰富，增加了习题的数量，通过这些例题和习题，使学生可以比较完整地学习课程的内容。

本书的审稿工作由中国科技大学的刘振安教授、上海交通大学的孙德文副教授和安徽大学的宋杰副教授完成，他们对本书的编写提出了十分宝贵的意见和建议，在此向他们表示衷心感谢。

对于本教材中的缺点和错误，欢迎广大读者提出意见。

胡越明

2005 年 5 月

目 录

计算机组成原理

第1章 概论	(1)
1.1 计算机硬件的基本构成	(1)
1.1.1 运算器	(2)
1.1.2 存储器	(2)
1.1.3 控制器	(4)
1.1.4 输入输出设备	(5)
1.2 计算机软件概述	(5)
1.3 程序设计语言及其编译	(7)
习题1	(8)
第2章 数据编码和数据运算	(10)
2.1 数据与文字的编码	(10)
2.1.1 数制的转换	(10)
2.1.2 定点数的编码	(13)
2.1.3 浮点数的编码	(19)
2.1.4 文字的编码	(23)
2.1.5 检错码和纠错码	(26)
2.2 定点数加减法运算	(31)
2.2.1 补码的加减法运算	(31)
2.2.2 溢出的检测方法	(32)
2.2.3 基本的二进制加法/减法器	(35)
2.3 定点数乘除法运算	(38)

2.3.1 原码一位乘法	(39)
2.3.2 补码一位乘法	(41)
2.3.3 定点数除法运算	(43)
2.4 逻辑运算	(47)
2.5 定点运算器的组成和结构	(50)
2.6 浮点数运算和浮点运算器	(52)
2.6.1 浮点数加法和减法	(52)
2.6.2 浮点数乘法和除法	(56)
习题 2	(58)
第 3 章 存储系统	(62)
3.1 存储器的构成	(62)
3.1.1 存储器芯片	(62)
3.1.2 存储器的基本组织	(69)
3.2 存储系统的构成	(72)
3.2.1 提高存储器工作速度的技术	(72)
3.2.2 层次化存储系统	(76)
3.3 高速缓冲存储器	(77)
3.3.1 cache 的功能与基本原理	(77)
3.3.2 地址映象与变换	(78)
3.3.3 替换策略及更新策略	(85)
3.4 虚拟存储器	(86)
3.4.1 页式虚拟存储器	(87)
3.4.2 段式虚拟存储器	(88)
3.4.3 段页式虚拟存储器	(89)
习题 3	(90)
第 4 章 指令系统	(94)
4.1 指令格式和指令编码	(94)
4.1.1 操作码	(95)
4.1.2 地址码	(97)
4.1.3 指令字长度	(98)
4.1.4 指令助记符	(99)
4.2 操作数的存储及其寻址方式	(100)
4.2.1 操作数的类型和存储方式	(100)

4.2.2 数据的寻址方式	(103)
4.3 指令系统	(106)
4.3.1 指令类型	(107)
4.3.2 CISC 和 RISC	(109)
4.3.3 指令系统实例	(110)
习题4	(112)
第5章 控制器	(115)
5.1 基本概念	(115)
5.2 指令周期	(119)
5.2.1 运算指令周期	(120)
5.2.2 访存指令周期	(123)
5.2.3 控制指令周期	(125)
5.3 硬连线控制器	(127)
5.3.1 指令周期流程图	(127)
5.3.2 硬连线控制器	(129)
5.4 微程序控制器	(132)
5.4.1 微程序和微指令	(132)
5.4.2 微程序控制器原理	(133)
5.4.3 微程序设计技术	(134)
习题5	(139)
第6章 系统总线	(141)
6.1 总线的基本概念	(141)
6.1.1 总线的分类	(141)
6.1.2 总线的信息传输方式	(143)
6.1.3 总线的通信定时方式	(145)
6.2 总线控制	(149)
6.2.1 链式查询方式	(150)
6.2.2 计数器定时查询方式	(150)
6.2.3 独立请求方式	(151)
6.3 总线接口	(152)
6.3.1 串行总线接口	(153)
6.3.2 并行总线接口	(157)
习题6	(159)

第7章 输入输出系统	(161)
7.1 基本的输入输出方式	(161)
7.1.1 外围设备的寻址	(161)
7.1.2 外围设备的定时	(162)
7.1.3 程序查询输入输出方式	(163)
7.2 中断	(166)
7.2.1 中断的基本概念	(167)
7.2.2 中断响应的过程	(167)
7.2.3 中断请求与裁决	(169)
7.2.4 多重中断与中断屏蔽	(170)
7.2.5 中断输入输出接口	(172)
7.2.6 中断的类型与应用	(173)
7.3 DMA 方式	(173)
7.3.1 DMA 方式的基本概念	(174)
7.3.2 DMA 传输方式	(175)
7.3.3 基本的 DMA 控制器	(176)
7.4 通道方式	(177)
7.4.1 通道的类型	(178)
7.4.2 通道的功能	(179)
7.4.3 通道工作过程	(180)
习题7	(181)
第8章 外围设备	(183)
8.1 输出设备	(183)
8.1.1 显示设备	(183)
8.1.2 打印设备	(186)
8.2 输入设备	(189)
8.2.1 文字输入设备	(189)
8.2.2 图形输入设备	(190)
8.2.3 图像输入设备	(191)
8.3 磁盘存储设备	(192)
8.3.1 磁记录原理与记录方式	(192)
8.3.2 硬磁盘存储设备	(195)
8.4 光盘存储设备	(199)

8.4.1 光盘存储设备的分类	(199)
8.4.2 光盘的结构	(199)
8.4.3 信息存储方式	(199)
8.4.4 光盘驱动器	(201)
8.4.5 可擦写光盘	(202)
习题8	(203)
参考文献	(204)

计算机组成原理自学考试大纲

出版前言	(207)
一、课程性质与设置目的	(209)
二、课程内容与考核目标	(210)
第1章 概论	(210)
第2章 数据编码和数据运算	(211)
第3章 存储系统	(212)
第4章 指令系统	(213)
第5章 控制器	(214)
第6章 系统总线	(216)
第7章 输入输出系统	(217)
第8章 外围设备	(218)
三、有关说明与实施要求	(220)
附录 题型举例	(222)
后记	(224)

第1章 概 论

电子数字计算机是一种能够自动、高速、精确地进行信息处理的现代化的数字电子设备，能够实现高速数据运算和大容量的数据存储。电子计算机最初作为一种计算工具而问世，是人类长期努力奋斗的结果，现已应用于人类生产和生活的各个方面。计算机科学日益成为一门与人们的生活密切相关的重要学科。

在人类历史上，曾有过算盘、机械式计算器等计算工具。它们的一个共同特点是在人的直接操作下进行计算，电子计算机的一个重要特点是能够自动进行计算。它预先将计算的程序存储在内部存储器中，并根据程序对输入的数据进行计算。

电子计算机是20世纪出现的信息处理设备。在40年代，美国、英国和德国的科学家分别设计并制造成功了电子计算机。此后，计算机经历了迅速的发展，性能不断提高，价格不断下降，应用领域不断扩展。计算机的应用领域包括科学计算、数据处理、实时控制、辅助设计、通信和娱乐等领域。

一个计算机系统分为硬件和软件两大部分。硬件由物理元器件构成；软件由程序构成。计算机的硬件曾经经历了由电子管、晶体管、集成电路到大规模集成电路等发展阶段。现在的数字计算机系统的硬件都是由超大规模集成电路以及机电一体的外围设备构成的，实现了最基本的逻辑功能。计算机软件扩展硬件的功能，与硬件和应用密切相关。

1.1 计算机硬件的基本构成

计算机的基本功能是存储和处理外部世界的信息，并将处理的结果向外界输出。为了完成这些基本功能，要求计算机能够自动地输入信息、输出信息、存储信息以及处理信息。计算机的基本部件就是根据这些要求设置的，分别用一个部件完成上述一个功能，再加上用一个控制器来控制各种功能部件，实现基本功能的自动化。

在传统的概念中，数字计算机的硬件由运算器、存储器、控制器、输入单元和输出单元这五个基本部分组成，通过输入单元输入的数据和程序经过运算器存放在存储器中，在运算时将存储器中的程序传给控制器，并将数据传到运算器，控制器根据程序对运算进行控制，运算的结果通过输出单元输出。计算机的五个基本组成部件之间可以有不同的连接方法。计

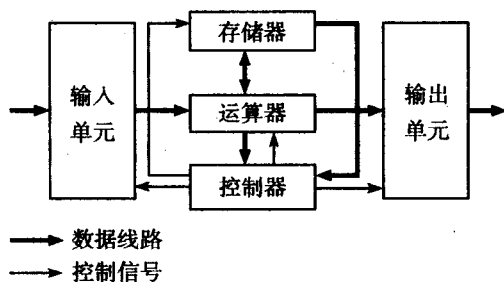


图 1-1 计算机的基本机构

计算机的五个基本组成部件之间的信息流向如图 1-1 所示。

计算机硬件与软件一起构成完整的计算机系统。计算机硬件是一个能够执行操作指令 (instruction) 的设备, 指令是构成计算机软件的基本元素。

1.1.1 运算器

计算机具有很强的数学运算能力, 运算器是完成运算功能的部件。运算器中有一个算术逻辑运算单元, 简称算逻单元 (ALU)。算逻单元是一个实现数学运算的数字电路, 执行各种数据运算操作。算逻单元有两个数据信号输入端和一个数据信号输出端, 可同时输入两个参加运算的操作数, 运算完成后输出一个结果数据。算逻单元的运算操作包括算术运算和逻辑运算。算术运算对数值型数据进行算术计算, 如加减乘除四则运算和数据编码格式的转换。逻辑运算按位对数据进行与、或、求反、移位等运算。

算逻单元是一个组合数字电路, 不具有记忆功能, 不能保存数据, 电路的输出端的数据取决于当时的输入端的数据。输入端的数据消失后, 输出端的运算结果也就随之消失。为了保存运算中所需要的数据, 在运算器中有若干个临时存放数据的部件, 称为寄存器 (register)。寄存器由触发器构成, 用于存储最频繁使用的数据, 如一些中间运算结果等。除了存放运算结果, 寄存器中还可保存运算的状态, 如数据运算时是否有进位、运算结果是否为零、运算的数据以及结果是否超越了规定的范围、是否发生了其他错误等, 以便于对运算中出现的各种情况进行处理。在运算器中可以有多种不同的寄存器, 在指定一个寄存器时必须给每个寄存器指定一个编号, 称为寄存器号。寄存器号用二进制代码表示。算逻单元运算所需的操作数可以是寄存器的输出, 也可以来自存储器。

1.1.2 存储器

存储器的作用是存储程序和数据。计算机在存储程序的控制下进行工作, 程序在运行之前存放在存储器中, 运行中需要使用的数据也存放在存储器中。存储器中采用某种存储介质存放信息, 主要的信息存储介质有半导体电路、磁性存储介质、光存储介质等。存储器中可容纳的信息数量称为存储器的容量。单位面积的存储介质中可存储的信息量称为存储密度。在各种信息存储介质中, 半导体介质的存储密度高, 信息存入和取出的速度快, 但存储成本较高, 在电源断开时存储的内容会丢失; 而光、磁等介质则容量大, 成本较低, 但存取时间长。用于存储器的元器件有半导体存储器芯片、磁盘、磁带、光盘等。为了用最合理的成本实现最大的存储容量, 存储器都分成主存储器 (primary storage 或 main memory) 和辅助存储器 (secondary storage) 两部分。主存储器又称主存或内存, 一般采用半导体存储器件实现, 速度较高。存储器芯片存储数据的原理类似于寄存器, 计算机可以直接将数据放在主存储器中, 也可以随时从主存储器将数据读出。程序和数据在运行时主要放在主存中。由于主存储器的成本较高, 在计算机中就难以实现很大的容量。为此需要附加一个成本较低、容量更大的辅助存储器。辅助存储器用于存放一些在计算过程中不频繁使用的数据和程序。辅助存储器又称外存, 因为它们一般是通过输入输出单元连接的设备。

计算机处理的信息必须具有某种适当的表示形式。在数字计算机中, 信息以二进制数据

的代码形式表示。二进制代码的运算是构成数字系统的基础。在数字计算机中，任何数字、文字或者指令都表示成二进制数的编码。其中每个二进制数据代码称为“位”（bit），它是数据的最小表示单位。

主存储器由大量的数据存储单元构成，每个存储单元可存储一个信息。数据的存储一般是以“字”（word）为单位进行。对不同的计算机，一个字包含的位数可以是不同的。一个数据中包含的位数称为该计算机的字长。计算机的字长一般分为 8 位、16 位、32 位和 64 位等。有的计算机中把 16 位的二进制数据称为一个字，也有的计算机中把 32 位的二进制数据称为一个字。在运算器中进行的数据运算一般也是以字为单位，一个字的数据运算操作同时完成，大于一个字的数据必须分步完成，因此计算机的字长反映了计算机中并行计算的能力。通常，一个 32 位字长的计算机中具有 32 位的运算器，能够一次完成 32 位数据的运算。存储器容量的单位为字节数（byte 或 B）、千字节数（KB）、兆字节数（MB）以及千兆字节（GB）等。其中 1 个字节等于 8 位，若干个字节构成一个字（不同的计算机中有不同的规定）。在表示存储器容量的单位中，我们用小写 b 表示位，用大写 B 表示字节，用 W 表示字。例如，8b 表示 8 位，8B 表示 8 字节，8W 表示 8 个字。为了表示更大的容量，常用 KB，MB，GB，TB 等单位。存储器容量单位的换算关系都是 1024，因为 $2^{10} = 1024$ ，它便于二进制的表示。这样，1KB = 1024B，1MB = 1024KB，1GB = 1024MB，1TB = 1024GB。

在主存储器中可以存储大量的数据。在存储数据时要确定数据的存储位置，以便于找回存储的数据。为了寻找主存储器中的某一个字节的位置，需要给不同的存储位置指定一个编号。这个编号就是存储器的地址（address）。主存储器的地址是一个依次编排的数字，也就是一串编号。存储位置的指定一般是以字节为单位，每个字节的存储位置都有一个地址，称为字节地址。地址是识别存储器中不同数据字节的惟一的标志，不同的数据字节有不同的地址。对于一个存储容量为 M 字节的存储器，其地址编制为从 0 到 M-1 的数，表示存储器中连续的存储位置（见图 1-2）。

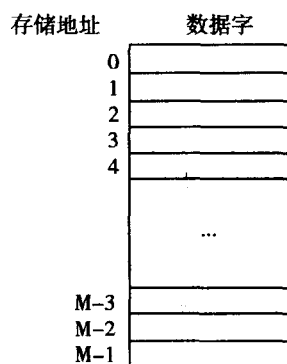


图 1-2 存储器及其地址

对于存储器的操作有两种，一种是将数据放入某个存储单元中，称为写操作；另一种是将存储单元中的数据取出，称为读操作。对存储器中存储位置进行数据写入和读出通过指定一个地址进行。存储器的读操作是将存储器中的内容传送到运算器中，而存储器中的内容不受影响。在进行读操作时，运算器必须向存储器传送一个数据地址以及读操作信号。存储器的写操作是将运算器中的数据传送到存储器中的某个存储位置存储起来，该存储位置中原来的数据被擦除。在进行写操作时，运算器必须向存储器传送数据地址、数据以及写操作信号。存储在存储器中的数据可以是指令或者操作数据。存储器的数据读操作和写操作统称为存储器的访问（access）。在计算机的工作过程中反复进行存储器的访问，存储器访问从地址的传送开始，以数据的传送结束，完成的各个步骤形成一个周期。一个读数据的存储器访问周期称为读周期，写数据的访问周期则称为写周期。一次访问存储器中的数据所需的时间称为存储器周期时间。

除了随机访问存储器之外，还有按顺序访问的存储器或者部分顺序访问的存储器，如磁

盘和磁带等。对这些存储器的访问时间与数据在存储器中的位置有关。顺序存取存储器是完全串行访问的存储器，如磁带，信息以串行的方式从存储介质的始端开始写入。部分顺序存储器是部分串行访问的存储器，如磁盘和光盘，它介于顺序存取和随机存取之间。对信息的存取包括两个操作：将访问的起始位置移动到任意一个指定的区域，接着对这个区域中的数据进行顺序的存取，前一个操作是随机式的，后一个操作是顺序的。

1.1.3 控制器

控制器对计算机的各个部件的操作进行控制，控制和协调其他单元的工作，使得各个部件协作完成某一件事情。例如，控制运算器完成一个加法操作、控制某一个寄存器把数据送到运算器、控制某一个寄存器把数据送到存储器、控制加法器接收从寄存器送来的数据等。它根据计算机指令产生控制信号。计算机指令（instruction）是一种经过二进制编码的操作命令。它指定需要进行的操作，如数据的加减法运算、数据的访存。控制器对指令进行译码，并根据指令生成一系列时序的控制信号，控制其他单元的工作，支配计算机中信息的传递以及在计算机与输入输出单元之间的信息传递。

一条计算机指令的功能是有限的，完成复杂的运算功能需要将多条指令组合起来构成一个指令序列，这样的一个完成某种功能的指令序列称为程序。一个程序能够完成较复杂的功能，在计算机中，需要把完成的复杂功能分解成一条条指令。每条指令表示一个简单的功能，许多条指令的功能组合起来构成了计算机实现的复杂功能。所以要完成计算机实现的功能，就要完成每个指令的功能。指令的功能由计算机的硬件来完成，怎样将许多条指令组合起来完成一件复杂的工作则是程序设计人员的任务。

计算机指令在运行之前先存储在主存储器中。控制器负责从存储器中读取每一条指令，对指令进行译码分析，并根据指令要求的功能生成一系列时序控制信号，控制其他单元的工作。在完成一条指令之后，控制器又从存储器中读取下一条指令，周而复始。控制器通常按指令存储的顺序自动地从存储器中取出指令并依次执行，或者根据指令决定执行的顺序。计算机就是一种在“存储程序”的控制下运行的数字电子系统。数据是编码形式的各种信息，它在计算机中通常作为程序的操作对象。

在计算机中，数据和指令都以二进制的形式存储。从存储的数据本身看不出它是那一类数据，也不能分辨它是数据还是指令。控制器在读取指令时，把从存储器中读出的信息作为指令处理；在读取数据时把从存储器中读出的信息作为数据处理。在程序设计中需要注意区别指令与数据，不能把数据当作指令读取，或者把指令当作数据读取。

运算器以及控制器一起构成了计算机的中央处理器（CPU），简称处理器。它是计算机的核心部件。通常还把 CPU、内存和输入输出接口合在一起构成的子系统称为主机。主机中包含了除输入输出设备以外的所有电路部件，是一个能够独立工作的系统。

计算机各个组成部件之间的信息流主要有两种，数据信息和控制信息，图 1-1 中用带三角箭头的粗线表示数据信息的走向，用带箭头的细线表示控制信息的走向。在计算机的工作过程中，控制器不断地从存储器读取指令，在指令的执行过程中又不断地从存储器读取数据以及将数据写入存储器。这样在计算机的存储器与 CPU 之间形成不断传递的指令序列和数据序列。这些指令序列称为指令流，数据序列称为数据流。指令流从存储器流向控制器；

数据流存在于运算器与存储器以及输入输出设备之间。

1.1.4 输入输出设备

计算机从输入设备获得外部的信息。输入设备将外部信息以一定的数据格式传入系统。输入设备如键盘和鼠标器等，键盘采集操作员的按键操作信息并将这种信息转换成数据编码。鼠标器将位置变化信息以数字形式输入到计算机中。其他输入设备还有图像扫描仪等。

输出设备与输入设备相对应，其功能是将计算机的处理结果提供给外部世界。输出设备如显示器、打印机、绘图机等。某些设备同时兼有输入和输出的功能。如电传打字机、数据终端和带触摸屏的显示器等。

计算机的输入输出设备通常又称为外围设备。因为它们一般包含一些机械部件等难以与主机集成的部件，所以通常与主机分离。外围设备是计算机的不可缺少的组成部分。它是人类与计算机交换信息的界面。人类需要通过输入设备将运算的数据以及操作要求告诉计算机；计算机需要通过输出设备将运算的结果提供给人类。计算机的输入输出设备与计算机的应用密切相关。随着计算机应用领域的不断拓展，计算机输入输出设备的类型也不断丰富和发展。近年来计算机的输入输出设备向着多媒体的方向发展，使得计算机的应用领域开辟了一个新的天地。而随着计算机应用领域的不断扩展，对输入输出设备的类型也不断提出新的要求，使得新型输入输出设备不断涌现。

外存储器通常也称为外围设备。外围设备通常通过输入输出接口与主机连接。输入输出接口是主机与外围设备之间传递数据与控制信息的电路。一台计算机可以与多种不同的外围设备连接，因而需要有多种不同的输入输出接口。

在连接五个基本功能部件时，我们可以根据计算机中信息的流向来安排各功能部件之间的信息传输的线路，例如给每一个信息流向安排一条信号线路，形成与信息流向一致的计算机连接结构。或者安排一条公共的信息传递线路（即总线），使得所有的信息都通过这条线路进行传输。简单的总线是一束不同功能信号线的集合，在一条总线中包括了传输数据的信号线、传输地址的信号线和传输控制信号的信号线等。不同结构的计算机采用不同的总线连接方式，不同的连接方式导致不同的功能特征和实现成本。

计算机组成（Computer Organization）课程从逻辑角度研究计算机系统中各个组成部分的构成方法，包括 CPU 中的运算器的设计、存储系统的设计、控制器的控制方式和电路结构、输入输出接口的设计等。它建立在数字逻辑和数字电路课程的基础之上。本课程后面的各个章节中将详细介绍计算机中各个功能单元的工作原理和构成方法。

1.2 计算机软件概述

软件将各种计算机的指令组合起来，使计算机硬件按预定方式工作并扩展其功能，完成复杂的计算任务。计算机软件一般可分为系统软件和应用软件两类。系统软件是整个计算机系统的一部分，使得计算机系统的功能完整。系统软件为用户操作计算机以及应用软件的运行提供了一个方便的界面，也为计算机系统的维护和程序的开发提供了便利。系统软件为各

种应用领域提供一个公共的基础平台，主要进行命令解释、操作管理、系统维护、网络通信、软件开发和输入输出管理，如操作系统、诊断程序、编译程序、解释程序、汇编程序、网络通信程序等。

应用软件是面向用户应用的功能软件，专门为解决某个应用领域中的具体任务而编写。如音像处理等多媒体软件、印刷排版软件、计算机辅助设计（CAD）软件、数据处理软件、控制软件、模拟软件、事务处理软件、Web 服务等网络应用软件。随着计算机应用的不断发展，应用软件也不断地丰富和完善。

应用软件、系统软件和硬件构成了计算机系统的三个层次。如图 1-3 所示。应用软件为用户提供一个应用系统的界面，使用户能够方便地使用计算机解决具体问题。系统软件则向用户提供一个基本的操作界面，并向应用软件提供功能上的支持。硬件系统是整个计算机系统的基础和核心。所有的功能最终由硬件完成，所以硬件是最内层的（或者说是最低层的）。系统软件扩展了硬件的功能，是中间层次的。应用软件建立在系统软件的基础上，是最外层的（或者说是最高层的）。在计算机系统的分层结构中，硬件系统是硬件机器级的系统，在实际硬件机器级外面的所有机器层次都称为虚拟机（virtual machine），它们都是由软件构成的计算机外部特性。由于计算机系统是一个非常复杂的数字系统，在计算机设计中我们一般将整个系统分成几个层次，从而使得从某一较高层次上观察计算机时看不到较低层次的细节，这样才能使我们能比较简洁地了解计算机某一方面的特点。这种分层就形成了计算机系统的不同虚拟机。

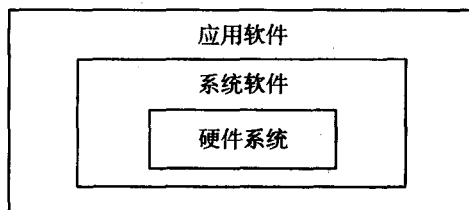


图 1-3 计算机系统的层次结构

在计算机的主机中，硬件和软件在逻辑功能上是等价的。计算机系统的大部分功能既可以用硬件实现，也可以用软件实现。如 64 位数据运算、浮点数据运算、图形数据处理等功能在某些计算机中用硬件实现，在另一些计算机中则用软件实现。用硬件实现的功能可以用一条指令表示，用软件实现的功能需要由若干条指令构成的子程序表示。计算机功能的这两种实现在逻辑上是等价的，其区别在于速度、成本、可靠性、存储容量、变更周期等因素。一般而言，用硬件实现的功能可以具有较高的执行速度，同时成本也相对较高，而且硬件不易改变，它的灵活性较差；用软件实现的功能则执行速度较慢，成本较低，便于更新。对于具有相同功能的计算机系统，它们的软、硬件间的功能分配，可在很宽的范围内变化，没有固定界线。影响软硬件功能划分的主要因素有性能、成本、对存储器容量的需求量、可扩展性和可更改性等。随着 VLSI 技术的不断发展，硬件的成本越来越低，硬件实现的功能在不断增加。

计算机部件的兼容指该部件的通用性，计算机软件的兼容指计算机指令的通用性。如果一个计算机系统上的软件能在另一个计算机系统上运行，并且得到相同的结果，则称这两个计算机系统是软件兼容的。对于硬件部件也是这样。软件的兼容有利于软件的利用。通常计算机产品为了软件兼容设计成一个系列，在系列中能够向下兼容，即新的计算机产品能够运

行旧产品上的软件。这样，在更新计算机硬件时不一定要同时更新软件。

操作系统是一个最主要的系统软件。它控制其他程序的运行，管理系统资源并且为用户提供操作界面。操作系统可提供程序的调度、诊断、输入输出控制、记账、存储分配、数据管理和其他相关的服务。简单的操作系统如 DOS，较复杂的操作系统有 UNIX、Linux 和 Windows XP 等。一般而言，操作系统的主要功能有存储管理、命令处理、设备管理等。存储管理主要是管理内存和外存的使用。操作系统的命令处理功能是接收和处理用户的操作命令，为用户使用计算机提供方便。设备管理主要是管理磁盘、鼠标器、打印机、光盘驱动器等输入输出设备，为各种型号的外围设备提供统一的程序设计界面。

此外，操作系统还提供一个公共子程序库，完成基本的操作，特别是控制硬件的操作，如控制外围设备的输入输出的操作，应用软件可以调用这个程序库。应用软件对于操作系统库函数的调用称为系统调用。计算机中把 CPU、主存储器和辅助存储器、外围设备等部件统称为资源。操作系统的各种管理功能统称为资源管理。

操作系统控制和管理硬件，它在硬件的基础上构成了一个虚拟机。这个虚拟机能够接受用户的操作命令，控制硬件的操作。操作系统为系统的操作和应用程序设计提供了一个软件界面，这种界面通常被称为平台。应用软件建立在操作系统平台的基础上，应用软件对于硬件的控制通过操作系统进行。

操作系统曾经经历了批处理系统、多道程序系统和实时系统等发展阶段。现在的通用计算机操作系统一般是交互式的系统软件，并且具有图形用户界面，使得用户的操作更加方便快捷。

1.3 程序设计语言及其编译

计算机语言是人与计算机交流信息用的语言。通过计算机语言，人们可以将要求计算机完成的工作表示出来。计算机语言可以有各种不同的用途，其中用于编写计算机软件的语言又称为程序设计语言。计算机程序设计语言是用于编写各种计算机软件的工具。通常可将计算机中的程序设计语言分为机器语言、汇编语言和高级语言。

硬件机器级的机器语言是一种用二进制代码表示的能够被计算机硬件直接识别和执行的语言。计算机指令的代码有一定的编码格式，有一定的构成规则。这些规则以及二进制的表达方式构成了机器语言。机器语言规定了计算机指令的编码格式，与计算机的硬件结构有关。在不同种类的计算机中，机器语言一般是不同的。因此机器语言不便于程序员掌握和使用。

汇编语言是采用文字方式（助记符）表示的程序设计语言，便于程序员记忆。汇编语言用一些容易记忆的字符串来表示计算机指令的各个组成部分。汇编语言的大部分指令是和机器语言中的指令一一对应的，但不能被计算机的硬件直接识别。用户用汇编语言编写的程序，可由计算机软件将它翻译成二进制代码的机器语言，然后在计算机上运行。这个翻译的过程由软件完成，完成这个翻译过程的软件是汇编程序。汇编语言的语句功能比较简单，语法、语义结构和机器语言基本一样，因此汇编语言尽管在一定程度上方便了程序设计，但它仍然与计算机的硬件结构特征相关，而且不同计算机的汇编语言各不相同。所以汇编语言程序的编写仍然比较复杂，而且软件难以移植，也就是难以将一台计算机上的软件转移到另一

台计算机上运行。

高级语言是与计算机硬件结构无关的程序设计语言。它具有更强的表达能力,可方便地表示数据的运算和程序的控制结构,能更好地描述各种算法,而且容易学习掌握。常用的高级语言如 BASIC 和 C 等。目前的高级语言正向着面向对象、跨平台的方向发展,使得程序的设计效率更高,并且能够在各种计算机和操作系统平台上运行,出现了如 C++ 和 Java 等新型高级程序设计语言。

在计算机中,我们将从某个角度看不到的特性称为该特性在某种角度是透明的。由于计算机系统是一个非常复杂的数字系统,用户不需要了解计算机所有细节,所以在计算机系统的设计开发中我们一般将整个系统分成几个层次,从而使得从某一较高层次上观察计算机时看不到较低层次的细节,这样才能使我们能比较简洁地了解计算机某一方面的特点。计算机硬件的特征对操作系统用户和应用软件用户是透明的,就是说这些用户看不到计算机的硬件特征,这些用户可以不关心计算机系统硬件的特征。例如在同样安装了某个操作系统(如 Windows XP)之后,用户不必关心 CPU 是什么厂家的,有什么特点等,因为它的操作都是一样的。操作系统虚拟机对应用软件用户是透明的,应用软件使得用户可以不关心操作系统虚拟机的特征。例如在安装了某种应用软件(如 Web 浏览器以及数据库软件)之后,运行这个软件时用户的操作都是一样的,不管运行在什么操作系统上,所以他可以不关心操作系统的特征。

用程序设计语言编写的程序称为源程序。用高级语言编写的源程序一般可以通过两种方法在计算机硬件中执行。一种是通过编译程序在运行之前将源程序转换成机器语言。另一种方法是通过解释程序进行解释执行,即逐个解释并立即执行源程序的语句。编译程序在对高级语言进行编译时要经过优化调整,以改进程序运行效率、节省程序运行空间等。编译的方法可以使程序的执行速度提高,但它在执行前需要有一个编译过程。解释的方法不需要在执行前对程序作任何处理,但它在执行的过程中对高级语言的语句进行分析和解释,对于循环体中的程序语句需要重复地分析和解释,所以它的执行速度较低。大多数程序设计语言采用编译的方法。

习 题 1

1. 解释下列术语。

主机	CPU	运算器	ALU	外围设备	数据	指令	透明
位	字	字节	字长	地址	存储器	存储器的访问	
总线	硬件	软件	兼容	操作系统	汇编程序	汇编语言	
编译程序	解释程序	系统软件	应用软件	指令流	数据流	接口	

2. 电子计算机一般分成哪些组成部分?为什么要分成这些组成部分?
3. 计算机中采用什么计数制?为什么?
4. 运算器中可以有哪一些寄存器?为什么?
5. 当计算机中有多个寄存器时,如何识别不同的寄存器?
6. 什么是存储器的容量?衡量存储器容量的单位是什么?
7. 存储器为什么要分为内存和外存?
8. 什么是存储单元的地址?