

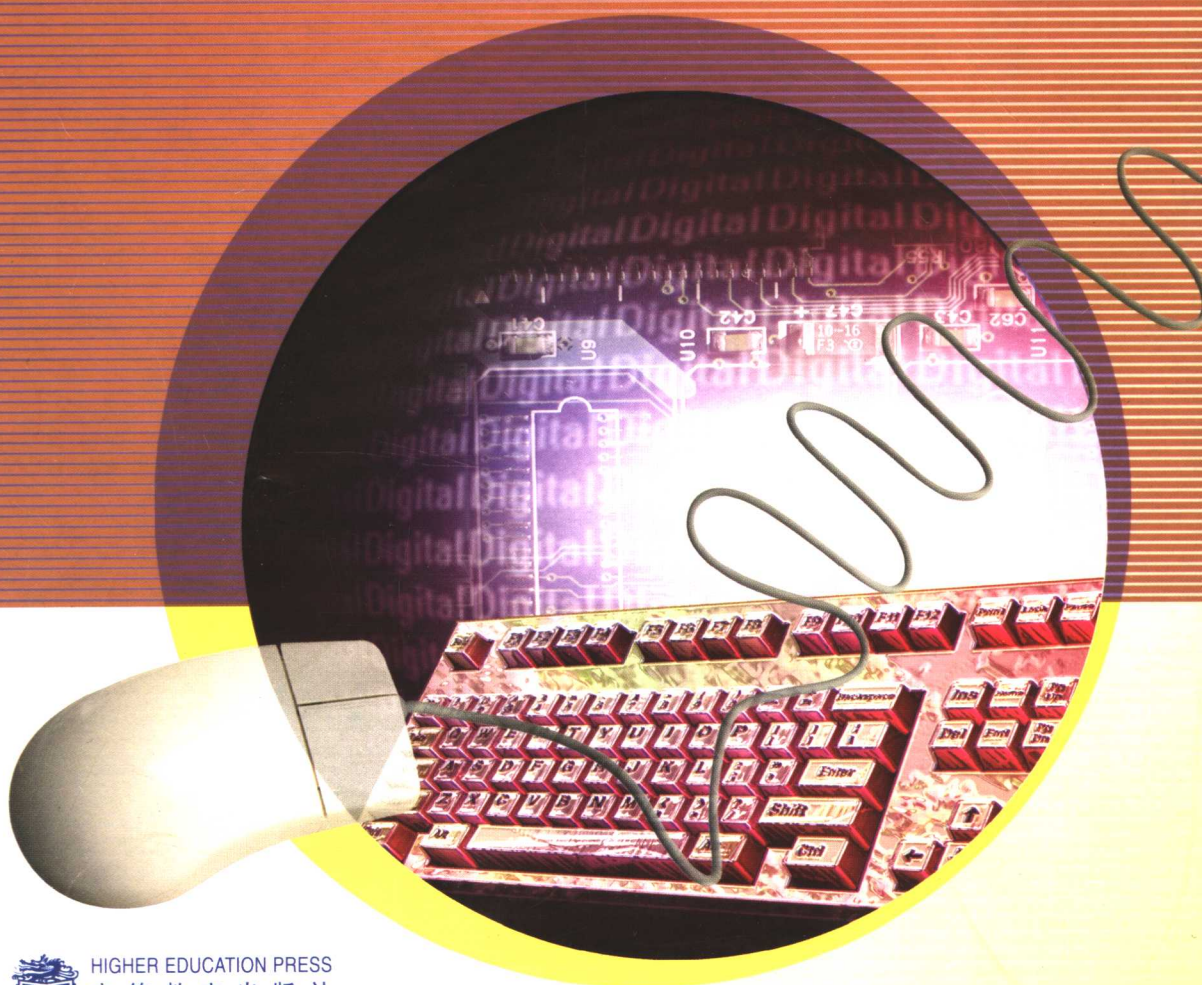
中等职业教育国家规划教材配套教学用书

计算机原理 学习指导

(第2版)

主编 武马群

(计算机及应用专业)



HIGHER EDUCATION PRESS
高等教育出版社

中等职业教育国家规划教材配套教学用书

计算机原理学习指导

(第2版)

(计算机及应用专业)

主 编 武马群



高等教育出版社

内容提要

本书是《计算机原理学习指导》的第2版,是中等职业教育计算机及应用专业国家规划教材《计算机原理》(第2版)(以下简称主教材)的配套教学用书。本书依据教育部中等职业学校计算机及应用专业计算机原理课程教学基本要求编写,同时根据中等职业教育和计算机技术的发展对内容进行了适当的调整。本书对主教材的知识点进行恰当的归纳、整理,对难点、要点进行重点讲解,配有大量的习题,书后所附光盘的内容包括多媒体课件。本书的编写以利于学生更好地掌握本课程为目标,增强学生的理论知识和操作技能。

本书内容深入浅出,适合中等职业学校计算机及应用专业及其他相关专业使用,也可作为各类计算机培训的教学用书及计算机等级考试的辅导用书,还可供计算机工作者及爱好者参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

计算机原理学习指导/武马群主编. —2版. —北京:
高等教育出版社, 2006.5
计算机及应用专业
ISBN 7-04-019703-0

I. 计… II. 武… III. 电子计算机—基础理论—
专业学校—教学参考资料 IV. TP301

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第043027号

策划编辑 李 刚 责任编辑 焦建虹 封面设计 王 唯
版式设计 王艳红 责任校对 王效珍 责任印制 毛斯璐

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京宏伟双华印刷有限公司

开 本 787×1092 1/16
印 张 8.5
字 数 200 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2004年7月第1版
2006年5月第2版
印 次 2006年5月第1次印刷
定 价 19.20元(含光盘)

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 19703-00

第 1 版前言

随着我国教育总方针由应试教育向素质教育的转变,同时为了贯彻素质教育思想,从社会发展需要高素质劳动者和中、初级专门人才的实际出发,职业教育也要逐渐注重对学生的创新精神和实践能力的培养。

计算机原理是计算机及应用专业中一门很重要的专业课程。计算机原理教材主要叙述的是计算机的组织与结构。计算机组织是指计算机主要部件的类型、数量、组成方式、控制方式和信息流动方式及其相互连接所构成的系统,它主要研究数据和指令的组织、基本运算的算法、数据流和指令流的控制方式等。计算机结构是指从计算机硬件系统和软件系统的交界面所看到的计算机系统的概念性结构和功能特性,它主要研究计算机系统软件和硬件的功能分配以及如何最好、最合理地实现分配。简而言之,我们将计算机系统的概念性构造及其功能特性称为计算机结构,而把这种构造和功能的实现称为计算机组织。《计算机原理》以现代计算机系统为背景,将组织和结构融合在一起,对计算机原理进行讲述。

本学习指导书是中等职业教育计算机及应用专业国家规划教材《计算机原理》的配套教学用书。全书的各个部分按照内容概要、典型例题精解、主教材习题分析与解答、综合练习题等来组织材料。内容概要对计算机主要的知识点进行简明扼要的阐述,以加深学生的理解,更好地吃透主教材的内容;典型例题精解围绕各个知识点,收集大量的典型例题,并对这些例题进行详细的分析与解答,力求加强学生对各个知识点的掌握;主教材习题分析与解答对主教材中的习题给出了参考答案,学生在独立做完课后习题之后,可以通过参考答案来检查自己掌握的情况;综合练习题的题型有填空题、选择题、名词解释题、简答题、计算题、分析设计题。

本书由武马群任主编,赵丽艳任副主编。第6章由武马群编写,第5、7、10章由赵丽艳编写,第1、2、3、4章由陆文艺编写,第9章由韦立蓉编写,第8章由赵菁编写。本书由苏家洪审稿。

由于编者水平有限,错误之处在所难免,望广大师生提出宝贵意见。

编 者

2004年2月

第2版前言

本书是中等职业教育计算机及应用专业国家规划教材《计算机原理》(第2版)(以下简称主教材)的配套教学用书。全书的各个部分按照内容概要、典型例题精解、随堂练习题答案、主教材习题分析与解答、综合练习题组织材料。内容概要对主要的知识点进行简明扼要的阐述,以加深学生的理解,更好地吃透主教材的内容;典型例题精解围绕各个知识点,收集大量的典型例题,并对这些例题进行详细的分析与解答,力求使学生加深对各个知识点的掌握;随堂练习题答案能够帮助学生及时有效地复习与巩固已学的知识,并承前启后地引入后续知识;主教材习题分析与解答部分给出了主教材中习题的参考答案,学生在独立做完课后习题之后,可以通过参考答案来检查自己掌握的情况;综合练习题的题型有填空题、选择题、是非题、名词解释题、简答题、分析与计算题。

通过本书的学习,使学生能够掌握计算机原理的知识,并通过大量的课堂练习,提高学生对计算机各个组成部分的认识,培养学生分析问题和解决问题的能力,以适应各职业岗位的就业要求。

本书由武马群任主编,赵丽艳任副主编。其中,第6章由武马群编写,第5、7、10章由赵丽艳编写,第1、2、3、4章由陆文艺编写,第9章由韦立蓉编写,第8章由赵菁编写。本书在编写的过程中得到了北京信息职业技术学院、安徽省安庆市第二高级职业中学的有关领导和同仁的大力支持,在此一并表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,本书难免存在许多缺点和不足,恳请广大读者特别是专家批评指正。

编者

2006年5月

目 录

第 1 章 绪论	1	第 6 章 中央处理器	66
1.1 内容概要	1	6.1 内容概要	66
1.2 典型例题精解	3	6.2 典型例题精解	68
1.3 随堂练习题答案	4	6.3 随堂练习题答案	70
1.4 主教材习题分析与解答	4	6.4 主教材习题分析与解答	73
1.5 综合练习题	5	6.5 综合练习题	76
第 2 章 数据在计算机中的表示	8	第 7 章 系统总线	79
2.1 内容概要	8	7.1 内容概要	79
2.2 典型例题精解	12	7.2 典型例题精解	81
2.3 随堂练习题答案	15	7.3 随堂练习题答案	83
2.4 主教材习题分析与解答	16	7.4 主教材习题分析与解答	85
2.5 综合练习题	18	7.5 综合练习题	88
第 3 章 运算方法和运算器	24	第 8 章 输入/输出系统	91
3.1 内容概要	24	8.1 内容概要	91
3.2 典型例题精解	29	8.2 典型例题精解	94
3.3 随堂练习题答案	32	8.3 随堂练习题答案	95
3.4 主教材习题分析与解答	32	8.4 主教材习题分析与解答	97
3.5 综合练习题	35	8.5 综合练习题	100
第 4 章 指令系统	38	第 9 章 外围设备	104
4.1 内容概要	38	9.1 内容概要	104
4.2 典型例题精解	41	9.2 典型例题精解	110
4.3 随堂练习题答案	42	9.3 随堂练习题答案	110
4.4 主教材习题分析与解答	44	9.4 主教材习题分析与解答	112
4.5 综合练习题	46	9.5 综合练习题	114
第 5 章 存储系统	49	第 10 章 微型计算机基本 工作原理	116
5.1 内容概要	49	10.1 内容概要	116
5.2 典型例题精解	56	10.2 典型例题精解	120
5.3 随堂练习题答案	58	10.3 主教材习题分析与解答	122
5.4 主教材习题分析与解答	59		
5.5 综合练习题	63		

第1章 绪论

学习目标

通过学习本章内容,应了解有关计算机的一些常识性知识。了解整个计算机系统由硬件和软件两大部分组成,硬件部分包括运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备5个基本部分,通过总线相互连成一个完整的硬件系统;软件部分包括系统软件、应用软件。通过本章的学习,应掌握计算机系统中一些基本的概念,为后续章节的学习打下基础。具体要求:

1. 了解计算机的常识性知识。
2. 掌握计算机的5个基本部分的基本功能及相互连接方式。
3. 掌握软件的基本概念及其与硬件之间的关系。
4. 理解系统软件和应用软件的概念。
5. 理解计算机系统的层次结构。

1.1 内容概要

一、计算机的特点

- ① 运算速度快。
- ② 计算精度高。
- ③ 具有记忆功能。
- ④ 具有逻辑判断功能。
- ⑤ 高度自动化。

二、计算机的发展概况

第一代(1946—1958年)是电子管计算机时代。

第二代(1959—1964年)是晶体管计算机时代。

第三代(1965—1970年)是集成电路计算机时代。

第四代(1971年至今)是超大规模集成电路计算机时代。

第五代(20世纪80年代以后)又称为智能计算机时代。

三、计算机的应用领域

- ① 科学计算。
- ② 信息处理。
- ③ 过程控制。

- ④ 计算机辅助设计/辅助教学。
- ⑤ 人工智能。

四、计算机的分类

- ① 按功能和用途, 可将计算机分为通用计算机和专用计算机两大类。
- ② 按工作原理, 可将计算机分为数字计算机、模拟计算机和混合计算机三大类。
- ③ 按性能和规模, 可将计算机分为巨型计算机、大型计算机、中型计算机、小型计算机、微型计算机和单片机六大类。

五、计算机的发展趋势

计算机有 4 个发展趋向: 巨型化、微型化、网络化和智能化。

- ① 巨型化是指为满足尖端科学领域的需要, 发展高运算速度、大存储容量和功能更强大的巨型计算机。
- ② 微型化是指采用更高集成度的超大规模集成电路技术, 将微型计算机的体积做得更小, 使其应用领域更加广泛。
- ③ 网络化是对传统独立式计算机概念的挑战, 网络技术将分布在不同地点的计算机互连起来, 在计算机上工作的人们可以共享资源。
- ④ 智能化是指发展能够模拟人类智能的计算机, 这种计算机应该具有类似人的感觉、思维和自学能力。

六、计算机系统的组成

1. 计算机硬件系统

计算机的硬件系统至少包含 5 个基本部分, 即运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备。

① 运算器。运算器又称为算术逻辑部件 (ALU), 用来进行加、减、乘、除等算术运算和“与”、“或”、“非”等逻辑运算。

② 控制器。控制器是计算机的指挥中心, 计算机的各部件在它的指挥下协调工作。控制器通过执行程序使计算机完成规定的处理任务。

③ 存储器。存储器是计算机的记忆部件, 用来存放数据、程序和计算结果。存储器分为内存储器和外存储器两类。

内存储器包括只读存储器 (ROM) 和随机存储器 (RAM) 两部分。ROM 中存放计算机运行必要的程序, 关机后不会丢失。RAM 提供系统程序 and 用户程序的运行空间, 关机后内容消失。

外存储器容量大, 价格低, 存取速度慢, 用于存放暂时不用的程序和数据, 作为主存储器的后援存储器。常用的有软盘、硬盘和光盘等。

④ 输入设备。输入设备用于向计算机输入程序和数据, 它将数据从人类习惯的形式转换成计算机的内部二进制代码存放在内存中。常见的输入设备有键盘、鼠标、扫描仪等。

⑤ 输出设备。输出设备是将计算机处理结果从内存中输出, 将计算机内的二进制代码形

式的数据转换成人类习惯的文字、图形和声音等形式。常见的输出设备有显示器、打印机、绘图仪等。

2. 计算机软件系统

计算机软件系统由系统软件和应用软件两个部分构成。

① 系统软件是指构成操作系统的程序及相关程序的集合。系统软件在计算机运行过程中的作用有：控制和管理各种硬件设备，对运行在计算机上的其他软件及数据资料进行调度管理，为用户提供良好的界面和各种服务，为用户提供与计算机交换信息的手段和方式，等等。

② 应用软件是指为解决计算机用户的特定问题而编制的软件。它运行在系统软件之上，运用系统软件提供的手段和方法，完成用户实际要做的工作，例如财务管理、文字处理、绘图等。

1.2 典型例题精解

【例 1】 电子计算机是什么时候诞生的？为什么说它是人类长期研究的结果？

参考答案：

电子计算机诞生于 1946 年 2 月。

在电子计算机出现之前，人们已经研制出各种计算工具，包括机械式计算机系统和机电式计算机系统，可以说电子计算机的出现是人类长期研究的结果。

【例 2】 控制器的功能是什么？

参考答案：

控制器的功能是对各个部件的操作进行控制，使得各个部件协作完成某一件事情。在计算机中，把要完成的复杂功能分解成一系列微小的操作，这些微小的操作用指令来表示。每条指令完成一个最基本的操作，许多条指令汇集在一起可以实现计算机的复杂功能，所以要完成某些功能，就要确保每条指令的正确执行。控制器就是控制指令执行的部件，它负责从存储器中读取每一条指令，再对每一条指令进行译码分析，最后根据指令控制计算机各个部件的操作。

【例 3】 计算机的存储器为什么要有内存和外存之分？

参考答案：

计算机的内存即主存，由半导体器件组成，其速度快、成本高。为了用合理的成本实现大容量的存储，需要采用辅助存储器，用磁性或光性材料等制成的成本较低但容量较大的存储器作为内存的补充，即外存储器。这样，计算机的存储器就有了内存和外存之分。

【例 4】 为什么说系统软件是整个计算机系统的一部分？

参考答案：

计算机的系统软件是计算机系统不可缺少的一部分。因为计算机硬件的工作需要由系统软件来控制，所以计算机如果没有系统软件就无法工作。因为应用软件的输入、存储、运行、输出都需要系统软件的支持，人们向计算机发出的任何操作命令也需要系统软件来执行；所以说系统软件是整个计算机系统的一部分，而且是重要的一部分。

【例 5】 C 语言是不是软件？Visual C++ 是不是软件？

参考答案：

计算机语言是用于编写软件的，它本身并不是软件；C 语言是一种高级语言，但不是软件；

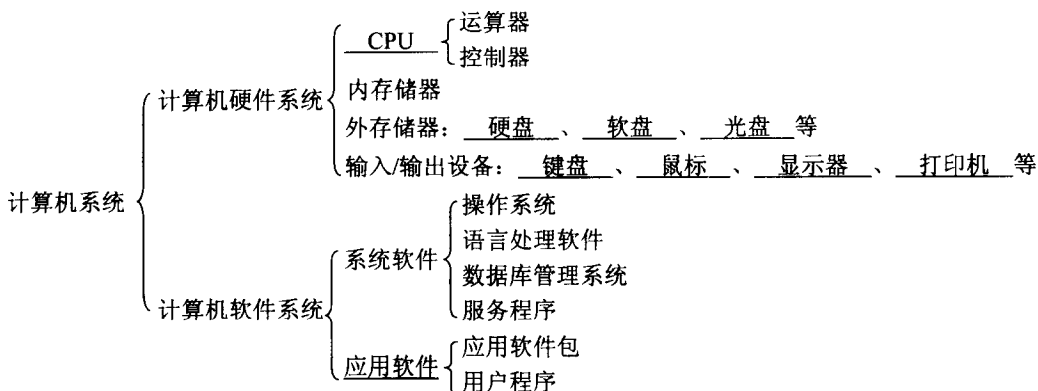
用C语言编写的程序需要用编译程序转换成机器指令代码，这里的编译程序是一种软件，它是与语言对应的。

Visual C++是一个编译程序的产品名称，它是一个软件。

1.3 随堂练习题答案

• 1.6 节随堂练习

填空完成下面的计算机系统组成。



1.4 主教材习题分析与解答

1. 计算机又称为____，它是____的简称。

参考答案：电脑，电子计算机。

2. 简述什么是电子计算机。

参考答案：电子计算机是一种能够按照指令对各种数据和信息进行自动加工和处理的电子设备。电子计算机简称为计算机或电脑。

3. 计算机具有____、____、____、____、____的特点。

参考答案：速度快，精度高，能记忆，会判断，自动化。

4. 计算机的应用领域有____、____、____、____和____。

参考答案：科学计算，信息处理，过程控制，计算机辅助设计/辅助教学，人工智能。

5. 对计算机进行分类的标准有____、____、____。

参考答案：功能和用途，工作原理，性能和规模。

6. 按____，可以将计算机分为____和____两大类。

参考答案：功能和用途，通用计算机，专用计算机。

7. 按____，可将计算机分为____、____和____三大类。

参考答案：工作原理，数字计算机，模拟计算机，数字模拟混合计算机。

8. 按____，可将计算机分为____、____、____、____、____和____六大类。

参考答案：性能和规模，巨型计算机，大型计算机，中型计算机，小型计算机，微型计算机，单片机。

9. 第一台电子计算机_____于_____年诞生于_____（国家）。

参考答案：ENIAC，1946，美国。

10. 半个世纪以来，电子计算机经历了_____个发展阶段。微型计算机从_____年问世以来经历了_____个发展阶段。

参考答案：4，1971，7。

11. 第一代电子计算机从_____年到_____年，称为_____计算机，采用的主要逻辑部件为_____。

参考答案：1946，1958，电子管，电子管。

12. 第二代电子计算机从_____年到_____年，称为_____计算机，采用的主要逻辑部件为_____。

参考答案：1959，1964，晶体管，晶体管。

13. 第三代电子计算机从_____年到_____年，称为_____计算机，采用的主要逻辑部件为_____。

参考答案：1965，1970，集成电路，中小规模集成电路。

14. 第四代电子计算机从_____年到_____，称为_____计算机，采用的主要逻辑部件为_____。

参考答案：1971，现在，超大规模集成电路，微处理器和其他芯片。

15. 计算机的发展趋势有4个方面，它们是_____、_____、_____和_____。

参考答案：巨型化，微型化，网络化，智能化。

16. 世界上最大的计算机网络是_____。

参考答案：Internet。

17. 智能计算机属于第_____代计算机。

参考答案：五。

1.5 综合练习题

一、填空题

1. 第一代计算机语言是_____，第二代计算机语言是_____，第三代计算机语言是_____，计算机惟一能执行的是_____语言。

2. 主机是由_____、_____和_____合在一起构成的处理系统。

3. _____和_____一起构成中央处理器（CPU），这是计算机的核心部件。

4. 计算机硬件系统通常由5个基本部分组成：_____、_____、_____、_____和_____，前三者合称为主机。

5. 计算机存储器分为主存储器和_____（如磁盘存储器）。

6. 计算机软件通常分为_____和_____。

二、单项选择题

1. 完整的计算机系统应包括 ()。
A. 运算器、存储器和控制器 B. 外围设备和主机
C. 主机和实用程序 D. 配套的硬件设备和软件系统
2. 计算机系统存储系统是指 ()。
A. RAM B. ROM C. 主存储器 D. 主存储器和外存储器
3. 数控机床是计算机在 () 领域的应用。
A. 实时控制 B. 数据处理 C. 辅助设计 D. 数值计算
4. 计算机科技文献中, 英文缩写 CAD 代表 ()。
A. 计算机辅助制造 B. 计算机辅助教学
C. 计算机辅助设计 D. 计算机辅助管理
5. 对于没有外存储器的计算机来说, 它的监控程序可以放在 () 中。
A. RAM B. ROM
C. RAM 和 ROM D. CPU
6. 目前被广泛使用的计算机是 ()。
A. 数字计算机 B. 模拟计算机
C. 数字模拟混合计算机 D. 特殊用途的计算机
7. 个人计算机 (PC) 属于 ()。
A. 大型计算机 B. 小型计算机 C. 微型计算机 D. 单片机
8. 下列说法中, 正确的是 ()。
A. 控制器能理解、解释并执行所有的指令及存储结果
B. 一台计算机包括输入、输出、控制、存储及算术逻辑运算 5 个单元
C. 所有的数据运算都在 CPU 的控制器中完成
D. 以上答案均正确
9. 计算机主存的 ROM 的特点是 ()。
A. 不能改变其中的数据
B. 只能读出数据不能写入数据
C. 通常用来存储计算机系统中一些固定不变的程序
D. 以上都是
10. () 属于应用软件。
A. 操作系统 B. 编译程序 C. 连接程序 D. 文本处理程序
11. 输入、输出装置以及外接的辅助存储器称为 ()。
A. 操作系统 B. 存储器 C. 主机 D. 外围设备
12. 计算机中有关 ALU 的说法, 正确的是 ()。
A. 只能做算术运算, 不能做逻辑运算 B. 只做加法运算
C. 存放运算的中间结果 D. 以上都不正确
13. 将有关数据加以分类、统计、分析以取得有价值的信息, 计算机的这种应用称

为 ()。

- A. 数值计算 B. 辅助设计 C. 数据处理 D. 实时控制

14. () 是计算机辅助教学的英文缩写。

- A. CAD B. CAM C. CAE D. CAI

15. 下列各设备中, () 具有输入的功能。

- A. 键盘 B. 显示器 C. 磁盘驱动器 D. 打印机

16. () 不属于系统软件。

- A. 数据库管理系统 B. 操作系统
C. 编译程序 D. 文字编辑程序

三、名词解释题

解释下列各个计算机术语的含义:

- ① 硬件;
- ② 运算器;
- ③ 存储器;
- ④ 主机;
- ⑤ 系统软件;
- ⑥ 操作系统;
- ⑦ CPU;
- ⑧ ALU。

四、简答题

- 1. 试举例说明计算机的应用领域有哪些。
- 2. 操作系统的主要功能有哪些?
- 3. 试说明现代以存储器为中心的计算机系统的简单工作过程。
- 4. 简述计算机的组装过程。

五、分析与计算题

- 1. 若某计算机的内存为 128 MB, 则该计算机的内存有多少个字节?
- 2. 若某计算机的地址线是 32 位的, 则该计算机最多能访问多大容量的内存?

第2章 数据在计算机中的表示

学习目标

通过本章的学习,应熟练掌握数值数据的表示方法,了解非数值数据的表示方法和常用编码;理解定点数、浮点数的概念;掌握定点数和浮点数的表示范围,浮点数规格化的概念和方法以及求补的概念和方法。具体要求:

1. 掌握各种进位计数制例如十进制数、二进制数、八进制数、十六进制数的相互转换。
2. 掌握二进制数的四则运算的规则。
3. 掌握定点整数和定点小数的编码。
4. 掌握浮点数的编码原理、表示范围和规格化方法。
5. 了解定点数与浮点数的优缺点。
6. 掌握原码、反码和补码的概念、编码方法和定义范围。
7. 了解非数值数据常用的编码方法。

2.1 内容概要

计算机存储和处理的数据可以划分为两大类:一类是数值型数据,另一类是非数值型数据。不管是什么类型的数据,在计算机内部都表示为二进制代码。计算机所表示的信息类型如图2-1所示。

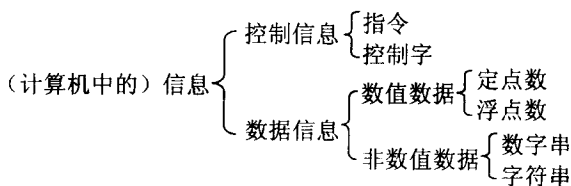


图 2-1 计算机中的信息类型

数值型数据的编码要解决3个问题:

- ① 恰当地选用数字符号及组合规则。
- ② 正确地给出小数点的位置。
- ③ 正确地表示出数的正、负号。

非数值型数据先要确定编码的规则,然后按此规则编写出所需的代码。

一、数制及其相互转换

数制就是计数的方法。计算机中常见的数制有十进制、二进制、八进制和十六进制。

在十进制数中,数码由“0”~“9”这10个数字符号组成,计数的方法是“逢十进一”,

大于 9 的数用多个数字符号排列表示, 每个数字符号称为 1 位, 每一位上的数值是数字符号乘以 10 的指数 (个位乘以 10^0 , 十位乘以 10^1 , 百位乘以 10^2 , 依此类推) 的结果, 多位数的值是各位实际值的总和。

在二进制数中, 数码由“0”和“1”这两个数字符号组成, 计数的方法是“逢二进一”, 大于 1 的数用多个数字符号排列表示, 每个数字符号称为 1 位, 每一位上的数值是数字符号乘以 2 的指数的结果, 多位数的值是各位的实际值总和。

在八进制数中, 数码由“0”~“7”这 8 个数字符号组成, 计数的方法是“逢八进一”, 大于 7 的数用多个数字符号排列表示, 每个数字符号称为 1 位, 每一位上的数值是数字符号乘以 8 的指数的结果, 多位数的值是各位的实际值总和。

在十六进制数中, 数码由“0”~“9”以及“A”~“F”这 16 个数字符号组成, 计数的方法是“逢 16 进一”, 大于 15 的数用多个数字符号排列表示, 每个数字符号称为 1 位, 每一位上的数值是数字符号乘以 16 的指数的结果, 多位数的值是各位的实际值总和。

为了区别不同的进位计数制的数, 十进制数在数值后加 D (或用下标 10 来表示, 有时省略), 二进制数加 B (或用下标 2 来表示), 八进制数加 Q (或用下标 8 来表示), 十六进制数加 H (或用下标 16 来表示)。

不同数制之间的转换是根据“如果两个有理数相等, 则两数的整数部分和小数部分一定分别相等”的原则进行的。所以, 数制之间相互转换, 可以对整数部分和小数部分分别进行。

(1) 非十进制数转换成十进制数的方法

将非十进制数按位权进行多项式展开, 然后在十进制数中进行运算。

(2) 十进制数转换成非十进制数的方法

① 将整数部分和小数部分分别转换, 然后将结果组合起来。

② 整数部分的转换采用“除以基数倒取余数”法, 即将十进制整数连续除以非十进制数制的基数, 并将每次相除后的余数取下来, 直到商为 0 为止, 然后用“倒取”的方式将各次相除所得余数组合起来即为所要求的结果。所谓“倒取”是指将第一次相除所得余数作为最低位, 将最后一次相除所得余数作为最高位。

③ 小数部分的转换采用“乘以基数取整”法, 即将十进制小数连续乘以非十进制数制的基数, 并将每次相乘后的整数部分取下来, 直到小数部分为 0 或已满足精确度的要求为止, 然后将各次相乘所获得的整数部分按先后顺序组合起来即为所要求的结果。所谓“按先后顺序”是指将第一次相乘所得的整数部分作为最高位, 将最后一次相乘所得的整数部分作为最低位。

(3) 二进制数转换成八进制数的方法

将二进制数以小数点为界, 分别向左、向右每 3 位分为一组, 不足 3 位时用 0 补足 (整数在最高位补 0, 小数在最低位补 0), 然后将每组的 3 位二进制数等值转换成对应的八进制数即可。

(4) 八进制数转换成二进制数的方法

按原数的顺序, 将每位八进制数等值转换为 3 位二进制数即可。

(5) 二进制数转换成十六进制数的方法

将二进制数以小数点为界, 分别向左、向右每 4 位分为一组, 不足 4 位时用 0 补足 (整数在最高位补 0, 小数在最低位补 0), 然后将每组的 4 位二进制数等值转换成对应的十六进制

数即可。

(6) 十六进制数转换成二进制数的方法

按原数的顺序, 将每位十六进制数等值转换为 4 位二进制数即可。

二、二进制数的运算规则

计算机中采用二进制数的原因: ①数的状态简单, 容易表示; ②运算规则简单; ③可以节省设备; ④便于机器结构的简化。

二进制数加法规则: $0+0=0$, $1+0=1$, $0+1=1$, $1+1=10$ 。

二进制数减法规则: $0-0=0$, $0-1=1$, $1-0=1$, $1-1=0$ 。

二进制数乘法规则: $0\times 0=0$, $0\times 1=0$, $1\times 0=0$, $1\times 1=1$ 。

二进制数除法规则: 与十进制数的除法类似。

三、数的定点与浮点表示

在计算机中, 1 和 0 是用触发器的两个状态表示的。一个触发器可以表示一位二进制数, 如果一台计算机的字长为 16 位, 那么运算器中的寄存器就由 16 个触发器组成, 如图 2-2 所示。

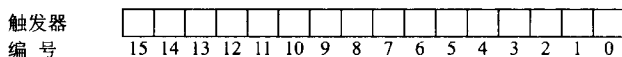


图 2-2 寄存器组成示意图

通常, 最高位 (第 15 位) 触发器用于表示数的正负号, 其他各位 (第 0~14 位) 用于表示数值。

(1) 定点表示法

所谓定点表示法就是计算机中数的小数点位置是固定的, 一般固定在数的最高位之前或数的最低位之后, 如图 2-3 所示。

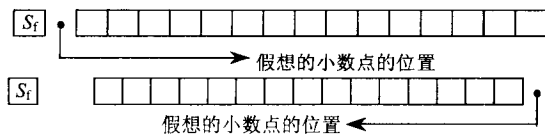


图 2-3 定点表示法示意图

当小数点约定在数的最高位之前, 即符号位之后, 计算机只能表示绝对值小于 1 的小数, 这种定点数称为定点小数; 当小数点约定在数的最低位之后, 计算机只能表示绝对值大于 1 的整数, 这种定点数称为定点整数。

(2) 浮点表示法

所谓浮点表示法是指计算机中数的小数点位置不是固定的, 或者说是浮动的。

浮点数的编码主要包括两个部分: ①带符号定点小数编码, 称为尾数; ②表示小数位置的编码, 称为阶码。浮点数的编码只表示了科学记数法中的纯小数部分和指数部分, 对于基数的值则是约定的, 二进制浮点数的基数约定为 2。

一个浮点数如果它的尾数的最高数值位与符号位不同, 则称它是规格化的。例如, 8 位的

尾数 0.0001101 不是规格化的, 因为它的最高 3 位与符号位全是 0。这个数可以通过左移的方法变成规格化的数, 即移位成 0.1101000, 这里把数左移 3 位相当于把数值乘以 8, 此时, 为了保持数据数值不变, 需要对阶码进行相应的调整。规格化的浮点数能够表示最多的有效数据位, 因此在计算机中要求浮点数是被规格化的。

(3) 定点表示法和浮点表示法的比较

- ① 用相同的字长表示的二进制数, 浮点数表示的范围比定点数表示的范围大。
- ② 定点数所能表示的有效数字的位数比浮点数多。
- ③ 浮点数运算规则比定点数复杂。
- ④ 浮点数表示所需的设备量比定点数表示的多。

四、原码、反码和补码

1. 机器数与真值

计算机中约定 0 表示正号, 1 表示负号。计算机所表示的数中增加了一位含义为“+”、“-”号的数位, 称为符号位。符号位为 0, 表示其后的数值为正; 符号位为 1, 表示其后的数值为负。为了区分“+”、“-”号数值化前后的两个对应数, 需要引入真值和机器数两个术语。所谓真值就是适合计算机表示的带有“+”、“-”号的二进制数; 所谓机器数就是真值的“+”、“-”号数值化 (0、1) 后得到的计算机实际能表示的数。

计算机是对机器数进行运算的, 而人们最终需要的是真值, 这就要求机器数与真值之间能方便地进行转换。根据变换公式的不同, 可以得到 3 种不同的机器数——原码、反码和补码。

设真值 X 为定点整数 ($-2^n < X < +2^n$), 原码、反码和补码的定义见主教材。下面稍做补充。 $[X]_{\text{原}}$ 、 $[X]_{\text{反}}$ 、 $[X]_{\text{补}}$ 的几个典型值如表 2-1 所示。

表 2-1 $[X]_{\text{原}}$ 、 $[X]_{\text{反}}$ 、 $[X]_{\text{补}}$ 的典型值

真 值	机器数 (十进制)	$[X]_{\text{原}}$	$[X]_{\text{反}}$	$[X]_{\text{补}}$
$+ \overbrace{11 \cdots 11}^n$	$+(2^n - 1)$	$\overbrace{011 \cdots 11}^n$	$\overbrace{011 \cdots 11}^n$	$\overbrace{011 \cdots 11}^n$
$+ 10 \cdots 00$	$+ 2^{n-1}$	010...00	010...00	010...00
$+ 00 \cdots 00$	$+ 0$	000...00	000...00	000...00
$- 00 \cdots 00$	$- 0$	100...00	111...11	000...00
$- 10 \cdots 00$	$- 2^{n-1}$	110...00	101...11	110...00
$- \overbrace{11 \cdots 11}^n$	$-(2^n - 1)$	111...11	100...00	100...01
$- 100 \cdots 00$	$- 2^n$	—	—	100...00

2. 机器数的几个特点

① 当真值为 n 位整数时, 3 个机器数均为 $n+1$ 位的正数, 可被字长为 $n+1$ 的计算机所表示。

② 当真值为正数时, 3 个机器数的最高位均为 0; 当真值为负数时, 该位为 1。机器数的最高位称为符号位, 除符号位之外的其他各位称为数值位。

③ 当真值为正数时, 原码、反码和补码的数值位均与真值完全相同; 当真值为负数时,