

“课课通”普通高校对口升学系列学习指导丛书

# 课课通

## 计算机原理（计算机类）

主 编 江新顺

副主编 徐 育

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书依据教育部《中等职业学校计算机应用类专业计算机原理课程教学》基本要求进行编写,同时,根据《江苏省普通高校对口单招计算机类专业综合理论考试大纲》进行了适当调整。本书对计算机原理的知识点、历年考点、学习目标、学习内容等进行恰当的归纳、整理。对精选典型例题进行分析解答,还对部分内容进行拓展与变换,本书有大量的巩固练习。本书的编写以利于学生更好地掌握本课程的出发点和归结点,增强学生的理论知识和操作技能。

本书内容深入浅出,适合全国中等职业学校计算机应用专业及其他相关专业的学生使用,尤其适合参加普通高校对口升学的考生使用。

本书除了江苏省参加普通高校对口升学的考生使用外,也可为其他省市参加对口升学的中职学生提供有力的指导和帮助,有助于提升对知识的理解,提高考试成绩。本书还可供计算机工作者及爱好者参考使用。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

### 图书在版编目(CIP)数据

课课通计算机原理:计算机类/江新顺主编. —北京:电子工业出版社,2013.10

(“课课通”普通高校对口升学系列学习指导丛书)

ISBN 978-7-121-21392-2

I. ①课… II. ①江… III. ①电子计算机—中等专业学校—升学参考资料 IV. ①TP3

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第209316号

策划编辑:张凌陶亮

责任编辑:郝黎明

印 刷:

装 订:

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编:100036

开 本:787×1092 1/16 印张:12.75 字数:326.4千字

印 次:2013年10月第1次印刷

定 价:35.00元(附试卷)

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。



# 前 言

计算机原理是全国中等职业学校计算机应用专业的一门主干专业课程。其主要任务是使学生掌握必要的计算机硬件和软件知识,掌握微型计算机组成结构和各部件的工作原理,了解指令系统和汇编语言知识及程序设计的基本概念,了解计算机系统常见外围设备的功能和使用方法。

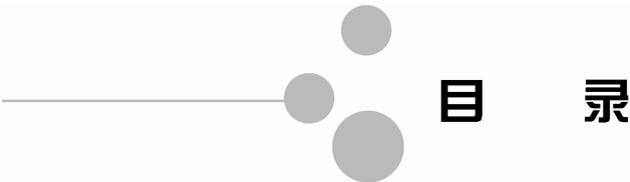
全书的各个部分按照考纲要求、历年考点、学习目标、内容提要、例题解析、巩固练习、阶段测试卷、综合测试卷等组织材料。内容提要对主要的知识点进行简明扼要的概括与阐述,以加深学生的理解,更好地吃透主教材的内容,对重点的内容等进行必要的强调;例题解析围绕各个知识点,收集大量的经典例题,并对这些例题进行详细的分析和解答,力求使学生加深对各个知识点的掌握,对部分知识点进行拓展与变换;巩固练习能够有效地帮助学生及时复习与巩固已学习的知识,并对内容提要的内容进行强调或互补。可以通过阶段测试卷、综合测试卷能够及时对学生学习情况进行测试。

通过本书的学习,使学生能够更好地掌握计算机硬件和软件的基本知识,初步学会运用时序概念分析问题和解决问题的方法,理解计算机系统的工作过程,培养学生分析解决问题的能力。

本书由江新顺担任主编、徐育担任副主编。参加本书编写的还有王祖凤、张彩霞、徐洁、陆政伟、陆永新。

由于编者水平有限,本书不妥与错误之处,恳请广大读者批评指正。

编 者  
2013年8月



# 目 录

第 1 章 计算机中数据的表示方法	1
1.1 计算机中数据的分类和表示方法	2
1.2 各种数制及其转换方法	8
1.3 原码、反码、补码	13
第 2 章 计算机系统的组成	20
2.1 计算机的发展与应用领域	21
2.2 计算机系统中各大部件的结构、作用及其相互关系	24
2.3 计算机主机的基本工作原理	29
第 3 章 中央处理器	34
3.1 CPU 的功能及组成	35
3.2 指令周期	40
3.3 典型的 CPU 技术	44
第 4 章 指令系统	49
4.1 指令的基本格式及寻址方式	50
4.2 指令格式	52
4.3 寻址方式	55
4.4 指令的功能和类型	59
4.5 汇编语言	63
第 5 章 存储系统	66
5.1 存储器概述	67
5.2 内存储器	73
5.3 高速缓冲存储器和虚拟存储器	79
第 6 章 总线系统	86
6.1 总线概念	87
6.2 总线结构与接口	93
第 7 章 输入/输出系统	102
7.1 I/O 设备的信息交换方式	103

7.2 程序查询方式 .....	106
7.2.1 程序查询方式的定义 .....	106
7.2.2 程序查询方式的优缺点 .....	106
7.3 程序中断方式 .....	109
7.4 DMA 方式、通道方式及外围处理机方式 .....	120
<b>第 8 章 外围设备 .....</b>	<b>128</b>
8.1 外围设备 .....	129
8.2 常见外围设备的工作特点和使用方法 .....	133

电子工业出版社版权所有  
盗版必究

# 第 1 章 计算机中数据的表示方法

## 考 纲 要 求

- 2 了解计算机中数据的分类和表示方法。
- 2 理解 ASCII 编码、汉字编码。
- 2 掌握各种数制及其转换方法。
- 2 掌握原码、反码、补码的概念。

## 历 年 考 点

	选择题	判断题	填空题
2008 年	进制转换 ASCII 码	二进制	ASCII 码 原码、反码、补码
2009 年	进制转换	补码运算 ASCII 码	进制转换 补码运算 汉字编码
2010 年	原码、反码、补码		进制转换
2011 年	进制转换	原码、反码、补码	补码运算 原码表示
2012 年	补码 进制转换		信息分类 原码、反码、补码 ASCII 码
2013 年	8421BCD	ASCII 码 定点数	补码运算

## 1.1 计算机中数据的分类和表示方法

## 学习目标

1. 了解计算机中信息的分类及表示方法。
2. 理解 ASCII 编码、汉字编码。

## 内容提要

## 1. 计算机内部信息的分类

## 1) 信息分类

计算机内部存储、传送的信息分为两大类：控制类信息、数据类信息。计算机内部的信息类型如图 1-1-1 所示。

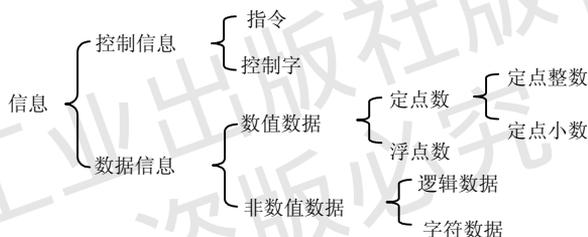


图 1-1-1 计算机中信息的分类

控制信息用于对计算机内部各个组成部件的控制，完成对数据信息的加工处理。

数据信息是计算机加工处理的对象，数据类信息简称数据。

## 2) 数据的分类

数据的分类方法比较多。通常，根据数据是否具有可度量性将数据分为两种：数值数据、非数值数据。

(1) **数值数据** 数值数据是可以测量的、可以计数出来的数据，通常称为数字。如 11000011B、195、195D、303Q、C3H 等。数值数据按小数点的处理可分为定点数、浮点数。定点数又可细分为定点整数、定点小数。

(2) **非数值数据** 数值数据以外的数据为非数值数据。主要有字符数据和逻辑数据。字母 a、汉字、中英标点符号等是字符数据；“真”、“假”等是逻辑数据。

## 2. 计算机中数据的表示

## 1) 数据的表示方法

## (1) 数值数据的表示方法

数值型数据用机器数表示，机器数主要有原码、反码和补码三种形式。

## (2) 非数值数据的表示方法

字符数据主要有 ASCII 编码、汉字编码；逻辑数据常用“0”表示假，用“1”或非“0”表示真。

**注意** 数值数据、非数值数据在计算机内部是以二进制代码表示的。

### 2) 数据的单位

(1) **位** 位 (bit) 是二进制数据位，是计算机中最小的数据单位，通常用小写字母 **b** 表示。每个位 (1b) 有 0 或 1 共 2 种状态；连续的 2 个位 (2b) 有 00、01、10 和 11 共 4 种状态；连续的  $n$  个位 ( $nb$ ) 有  $2^n$  种状态。

(2) **字节** 字节 (Byte) 是计算机中基本的数据单位。1 个字节由连续的 8 个二进制位组成，通常用大写字母 **B** 表示， $1\text{ B}=8\text{ b}$ 。

(3) **字** 字 (Word) 是计算机处理事务时一次能够处理的一个固定长度的位组。这一个字的位数即字长，字长是计算机系统结构的重要特性。不同型号的 CPU 字长不相同，用 8 b、16 b、32 b 等区分，字长通常是字节的整数倍。

**注意** 在计算机内部进行数据传送时，或 CPU 进行数据处理时常用字长作为基本单位。

(4) **扇区** 扇区 (Sector) 是计算机从磁盘读取数据或向磁盘写入数据时最小读/写单位。磁盘的每一面被划分为很多同心圆，即磁道，磁道又按 512 个字节 (512 B) 为单位划分为等分，称为扇区。

存储单位之间的换算关系见表 1-1-1。

表 1-1-1 常用存储单位的换算关系表

太字节	吉字节	兆字节	千字节	字节
TB	GB	MB	KB	B
1TB=1024 GB = $2^{40}$ B	1 GB=1024 MB = $2^{30}$ B	1 MB=1024 KB = $2^{20}$ B	1 KB=1024 B = $2^{10}$ B	1 B=8 b

## 3. ASCII 编码与汉字编码

### 1) ASCII 编码

ASCII 编码是美国信息交换标准码，1967 年被国际标准化组织 (ISO) 认定为国际标准，又称为西文字符编码。ASCII 编码是 7 位二进制编码，所以可以表示 128 个字符 ( $2^7=128$ )。如字符 A 的二进制编码为 100 0001 B。

西文字符机内码为单字节编码，在 7 位 ASCII 编码前加 0 而得，即最高位为 0。则字符 A 的机内码为 0100 0001 B，即 41 H。

**注意** 西文字符大小关系是如下：

空格 < 0 < 1 < …… < 9 < A < B < …… < X < Y < Z < a < b < …… < x < y < z

其中，0、A 和 a 三个字符编码的值依次是 48D、65D 和 97D，同一字母大小写的值相差 32D。

### 2) 汉字编码

汉字作为字符，由于其自身的特点，其编码比西文字符复杂，需要采取特殊的方式描述汉

字。计算机中汉字编码涉及汉字的输入码、国标码、机内码和输出码四个方面。

#### (1) 汉字输入码

汉字与计算机键盘没有直接的对应关系, 为了通过键盘直接输入汉字, 就需要为汉字设计相应的输入编码, 即汉字输入码。常用的汉字输入码有字音编码、字形编码、数字编码。

① **字音编码** 字音编码是根据汉字的读音进行编码, 字音编码方案很多, 最常见的有汉语拼音编码, 如“汉”、“字”两字的全拼拼音编码为“han”、“zi”。字音编码的优点是“听音知码”, 缺点是由于汉字同音字很多、多音字也多而造成重码多, 影响录入速度。

② **字形编码** 字形编码是根据汉字字型进行编码, 典型的有五笔字型编码。如“汉”、“字”两字的五笔字型编码为 IC、PB。字型编码的优点是“见字知码”, 缺点是五笔字型学习时需要记忆字根和掌握拆字技巧, 有一定的难度。

③ **数字编码** 数字编码是用数字为每个汉字字符进行编码, 常见的有区位码、电报码等。如“汉”“字”两字的区位码为 2626、5554; 它们的电报码为 3352、1316。数字码的优点是没有重码, 缺点是编码与汉字的字音、字形、字意之间联系很少, 难以记忆。

④ **区位码** 汉字区位码是很重要的数字编码, 每个汉字的区位码由区码和位码两部分组成, 前两位为区码、后两位为位码。如“字”的区位码是 5554 (读成五五、五四), 其中前面两位 55 为区码, 后两位 54 为位码。

**注意** 汉字的输入码编码的特点和优缺点。

#### (2) 汉字国标码

国标码是汉字在计算机信息交换中通用标准, 我国 1981 年公布的国家标准 GB2312-80《信息交换用汉字编码字符集·基本集》, 简称国标码, 有时简称为 GB2312-80。国标码是在区位码的基础上获得的。区位码的区码+20H、位码+20H 得到了国标码。如已知“字”的区位码是 5554, 则

$$55+20H=31H+20H=51H$$

$$54+20H=30H+20H=50H$$

可得, “字”的国标码是 5150H。

#### 4. 汉字机内码

汉字机内码是汉字在计算机内部存储、交换、检索等操作的信息代码。由于汉字总数超过 128 个, 所以每个汉字编码使用两个字节。为了解决与西文字符兼容问题, 表示汉字的每个字节最高位置为“1”, 得到汉字机内码。双字节编码技术最多可以对 16384 个汉字 ( $2^{2 \times 7} = 16384$ ) 进行编码。

目前, 应用最广的汉字机内码是以国标码为基础, 国标码+8080H 得到了机内码。如已知“字”的国标码是 5150H, 则

$$5150H+8080H=D1D0H$$

可得, “字”的机内码是 D1D0H, 即 11010001 11010000B。

**注意** 汉字的区位码、国标码与机内码等汉字的编码形式, 相互之间有高度的联系, 需要掌握三者间相互换算的方法。

#### 5. 汉字输出码

汉字输出码是计算机中用于输出汉字的一种编码, 是用点阵表示汉字的字型代码。汉字输

出码又称为汉字字模码、汉字字形码。

由于汉字的字体不同、字形不同、字号不同，其点阵的多少也不同。汉字输出码是用二进制数对字形进行信息化处理的结果。汉字输出码有 16\*16 点阵、24\*24 点阵、32\*32 点阵、64\*64 点阵、96\*96 点阵、128\*128 点阵等。如某汉字的输出码是 24\*24 点阵的编码，则该汉字编码共使用 576 个二进制位 ( $24 \times 24 = 576 \text{ b}$ )，即需要用 72 B (即  $576/8 = 72 \text{ B}$ ) 的存储空间。

## 例题解析

【例 1-1-1】下列数据中，计算机能够直接识别的是 ( )。

- A. 10010110B      B. 10010110H      C. 10010110      D. 10010110Q

**分析** 本题要点有两个：一是计算机中处理、存储的数据都是二进制，二进制数据是计算机唯一能够直接识别的数据；二是 B 为二进制、Q 为八进制、D (或默认) 为十进制、H 为十六进制。答案 A 是二进制、答案 B 是十六进制、答案 C 是十进制、答案 D 是八进制。

**答案** A

【例 1-1-2】计算机内部，处理数据的基本单位是 ( )。

- A. 位      B. 字节      C. 字      D. 扇区

**分析** 答案 A 是位，位是组成数据的最小单位；答案 B 是字节，即 8 个连续的二进制位，表示存储容量、文件大小的基本单位，也是最小的存储单位；答案 C 是字，字是计算机内部数据处理、传送的重要参数，字的长度一般是字节的整数倍；答案 D 是扇区，是计算机对磁盘进行读/写时的最小单位。

**答案** C

【例 1-1-3】以下输入码中没有重码的是 ( )。

- A. 智能 ABC      B. 区位码      C. 五笔字型      D. 搜狗拼音

**分析** 重点是考查各种输入码的理解。答案 A、D 属于字音编码，重码比较多；答案 B 属于数字编码，每个编码对应的字符是唯一的，没有重码；答案 C 为字形编码也有重码。

**答案** B

【例 1-1-4】计算机中使用最广泛的字符编码是 ( )。

- A. 拼音码      B. 区位码      C. 五笔字型      D. ASCII 码

**分析** ASCII 编码是国际标准化组织 (ISO) 于 1967 年认定的国际标准，几乎应用于每一台计算机上，而拼音码、区位码、五笔字型等属于汉字编码，虽然使用人数众多，但远没有 ASCII 编码广泛。

**答案** D

【例 1-1-5】( ) (江苏省单招考题 2010 年 B) 计算机内部使用的数据有二进制、八进制和十六进制。

**分析** 二进制编码是计算机唯一能够直接识别、处理、存储的编码，计算机内部使用的只有二进制。在计算机中应用八进制、十六进制等，是为了人们读、写、记忆与交流的方便。

**答案** 错

**【例 1-1-6】** ( ) 西文字符的输入码、机内码和输出码三者是相同的。

**分析** 由于计算机键盘一般是美式键盘, 西文字符在键盘上均有相应的键, 在 ASCII 码表列出的二进制编码前加一个 0 为西文字符的机内码。输入时只需按相应的键, 由系统转换成机内码, 输入码就是其键面字符本身。计算机将结果输出时, 将机内码送往显示器或打印机, 再通过其中的字符发生器转换为 ASCII 字符图形, 即输出码。西文字符的输入码、机内码和输出码三者虽然是统一的, 却并不是相同的。

**答案** 错

**【例 1-1-7】** ( ) 区位码转换为机内码时, 只要将区码、位码分别加 A0H。

**分析** 汉字区位码的区码、位码分别加 20H 得到该汉字的国标码, 国标码加 8080H 得到机内码。而区位码的区码、位码分别加 A0H 是直接得到机内码。

**答案** 对

**【例 1-1-8】** (江苏省单招考题 2012 年) 计算机内部传送的信息分为控制信息和\_\_\_\_\_信息两大类。

**分析** 计算机内部的信息分为两类: 控制信息、数据信息。控制信息用于对计算机内部各个组成部件的控制, 完成对数据信息的加工处理。数据信息是计算机加工处理的对象。

**答案** 数据

**【例 1-1-9】** (江苏省单招考题 2012 年) 1024 个汉字, 用内码存储, 需要 1 K×8 bit 的存储芯片\_\_\_\_\_片。

**分析** 本题重点是考查汉字编码所需要空间大小。每个汉字编码使用 2 个字节,

$$1024 \text{ 个} * 2\text{B/个} = 2048\text{B} = 2\text{KB}$$

$$\frac{2\text{KB}}{1\text{k} \times 8\text{b}} = \frac{2\text{KB}}{1\text{KB}} = 2$$

**答案** 2

**拓展与变换** 本题如果将 1024 个汉字改为 600 个汉字, 答案是多少?

**【例 1-1-10】** 存储楷体 GB2312-80 中所有字符的 16\*16 点阵的字型码, 需要\_\_\_\_\_个扇区。

**分析** 每个汉字 16\*16 点阵的字型码大小为 16\*16/8=32 B, GB2312-80 中所有字符总数为 7445 个, 所以总的字节数为 7445\*32=238240 B; 而每个扇区大小为 512 B, 则所需扇区数为 238240/512=465.3 ≈ 466。

**答案** 466

**【例 1-1-11】** 西文字符与汉字字符机内编码的特征是什么?

**分析** 西文字符机内码为单字节编码, 字长为 8 位, 但它的最高位均为 0。汉字的机内码为双字节编码, 字长为 2\*8 位, 每个字节的最高位均为 1, 以示与西文字符机内码区别开来。

西文字符编码: 0\*\*\* \*\*

汉字字符编码: 1\*\*\* \*\* 1\*\*\* \*\*

其中, “\*” 为二进制数 “0” 或 “1”。当计算机进行字符编码处理时, 最高位为 0 的字节,

每个字节均作为 1 个西文字符处理；而最高位为 1 的字节，每连续两个字节作为 1 个汉字字符处理。计算机在处理字符时，根据每个字节的最高位是“0”或“1”，能够识别其是西文字符编码还是汉字编码，很好地解决了汉字与西文字符的并存。

**答案** 每个西文字符机内码用 1 个字节编码，它的最高位为 0，而每个汉字字符机内码用 2 个字节，每个字节的最高位全部为 1。

**拓展与变换** 根据西文字符机内码二进制编码最高位为 0，则其十六进制编码<80H；汉字字符机内码二进制编码最高位为 1，则其十六进制编码每个字节>A0H，可以判断出以下机内码串中哪个是汉字字符，哪个是二个西方字符（ ）。

- A. 4319H                      B. E39BH                      C. 4B33H                      D. CBB3H

## 巩固练习

### 一、单项选择题

- 在 16\*16 点阵的汉字库中，存储一个汉字的字形码需要的字节数是（ ）。  
A. 256                      B. 32                      C. 16                      D. 2
- 用 24\*24 点阵表示汉字“江”和用 16\*16 点阵表示汉字“苏”，它们的机内码在内存中占用的字节数相比较，正确的是（ ）。  
A. “江”字比“苏”字占用得多                      B. “苏”字比“江”字占用得多  
C. 两个字相同                      D. 无法确定
- （江苏省单招考题 2008 年）计算机中的字符，一般采用 ASCII 编码方案。若已知“T”的 ASCII 码值为 55H，则可推出“P”的 ASCII 码值是（ ）。  
A. 54H                      B. 53H                      C. 52H                      D. 51H
- 下列字符中，ASCII 码值最大的是（ ）。  
A. 空格                      B. B                      C. 1                      D. a
- 显示或打印汉字时，系统使用的汉字的编码是（ ）。  
A. 机内码                      B. 国标码                      C. 输入码                      D. 字形码
- 某汉字的区位码是“4319”，则它的机内码十六进制表示为（ ）。  
A. 4319H                      B. E3B9H                      C. 4B33H                      D. CBB3H

### 二、判断题

- （ ）（江苏省单招考题 2013 年）微型计算机中常用 16 位二进制数代码来表示一个字符的 ASCII 码。
- （ ）1000 个 24\*24 点阵的汉字，需要占 31.25 KB 的存储容量。
- （ ）在 ASCII 表中字符编码值由小到大的排列是数字<大写字母<小写字母。
- （ ）计算机中最小的数据单位是字节。
- （ ）使用不同的方法输入一个汉字，其机内码是相同的。
- （ ）由于声音、图像包含的信息量很大，在计算机内部使用十六进制存储。
- （ ）在微型计算机中 ASCII 码用 7 位表示，所以在 ASCII 也用 7 位存储。
- （ ）ASCII 字符编码的值均小于 128。
- （ ）汉字字符机内码，每个字节都大于 128。
- （ ）汉字“单”、“招”的区位码分别为 2105、5348，那么，它们的机内码依次为

10110101 10100101B、11010101 11010000B。

17. ( ) 计算机存储一个全角的英文字母与存储二个半角的英文字母的内码占用的字节数相同。

18. ( ) 计算机内部对数据的传输、处理使用二进制数,对数据的存储使用十进制数。

### 三、填空题

19. (江苏省单招考题 2008 年) 目前,微型计算机中通用的编码是美国标准信息交换码,简称\_\_\_\_\_码。

20. (江苏省单招考题 2009 年) 汉字“啊”的机内码是 B0A1H,对应的区位码是\_\_\_\_\_。

21. 如果数字字符“1”的 ASCII 码的十进制表示为 49,那么,数字字符“6”的 ASCII 码的十进制表示为\_\_\_\_\_。

22. 已知某汉字的区位码是 4353,则它的国标码是\_\_\_\_\_H、机内码是\_\_\_\_\_H。

23. 如果某汉字的机内码是 B1AEH,则它的国标码是\_\_\_\_\_、区位码是\_\_\_\_\_。

24. 计算机中一串机内码为 9023B3C567D4CC895EE5643297H,其中,可能包含\_\_\_\_\_个汉字。

25. 要实现 35 种字符编码,至少需要\_\_\_\_\_位二进制数。

## 1.2 各种数制及其转换方法

### 学习目标

1. 掌握各种数制。
2. 掌握十、二、八、十六进制数相互换算的方法。

### 内容提要

#### 1. 数制的基本概念

数制就是计数的规则。人们在日常工作、生活中广泛采用十进制,计算机内部采用二进制。计算机中采用数字信号表示数字,二进制的运算规则简单、物理元件的实现最容易。在二进制的基础上,计算机中也可采用八进制和十六进制。任何一种数制都有三个要素:基数、数码和位权。

(1) **基数** 基数是某数制所使用数码的个数。例如,二进制的基数为 2;十进制的基数为 10。

(2) **数码** 数码是数制中表示基本数值大小的不同数字符号。如十六进制有 16 个数码:0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F。

(3) **位权** 位权是数制中某一位上的 1 所表示数值的大小,即该位的“权”。如十进制数 423.15:4 的位权是  $10^2=100$ ,2 的位权是  $10^1=10$ ,3 的位权是  $10^0=1$ ,1 的位权是  $10^{-1}=0.1$ ,5 的位权是  $10^{-2}=0.01$ 。二进制数 1101.01:自左起第一个 1 的位权是  $2^3=8$ ,第二个 1 的位权是  $2^2=4$ ,第一个 0 的位权是  $2^1=2$ ,第三个 1 的位权是  $2^0=1$ ,第二个 0 的位权是  $2^{-1}=0.5$ ,第四个 1 的位权是  $2^{-2}=0.25$ 。

## 2. 常用的数制

(1) **十进制** 十进制数是人们在日常使用最广泛的数据，基数为 10，有 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9 共 10 个数码，计数的方法是“逢十进一”。十进制数通常用 10 或 D 进行标示，也可以默认。如  $(123.95)_{10}$ 、123.95D 或 123.95。

(2) **二进制** 二进制数的基数为 2，数码只有 2 个：0、1，计数的方法是“逢二进一”。二进制数需要用 2 或 B 进行标示。如  $(1101.01)_2$  或 1101.01B。

(3) **八进制** 八进制数的基数为 8，数码有 8 个：0、1、2、3、4、5、6、7，计数的方法是“逢八进一”。八进制数需要用 8 或 Q 进行标示。如  $(175.32)_8$  或 175.32Q。

(4) **十六进制** 十六进制数的基数为 16，数码有 16 个：0~F，计数的方法是“逢十六进一”。十六进制数用 16 或 H 进行标示。如  $(3E7.6B)_{16}$  或 3E7.6BH。

**注意** R 进制数的基数有 0、1……(r-1) 共 R 个，其第 n 位的位权为  $R^{n-1}$ 。

(5) **8421BCD 码** 8421BCD 严格地说并不是一种数制，它是二进制编码的十进制数，是最常用的 BCD 码。这种方法是用 4 位二进制码的组合代表十进制数的 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9 十个数符。如  $123.95=0001\ 0010\ 0011.1001\ 0101BCD$ 、 $(1001\ 0111\ 0101.0110)_{BCD}=975.6$ 、 $(1001\ 0111\ 0101.0110)_{8421BCD}=975.6$ 。

**注意** BCD 码有多种编码规则，8421BCD 码只是其中最常用的一种，通常也将其简称为 BCD 码。BCD 进行标示，有“BCD”尾标、“BCD”下标和“8421BCD”下标三种。

## 3. 不同进制数的换算

### 1) 非十进制数换算成十进制数的方法

任意进制 (R) 数 M 用序列的形式表示，则通式可写成  $X_nX_{n-1}\cdots X_1X_0X_{-1}\cdots X_{-m}$ ，那么，其十进制的值为

$$X_n \times R^n + X_{n-1} \times R^{n-1} + \cdots + X_1 \times R^1 + X_0 \times R^0 + X_{-1} \times R^{-1} + \cdots + X_{-m} \times R^{-m}$$

$$\text{如 } 1101.01B = 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} = 13.25。$$

### 2) 十进制数换算成二进制数的方法

十进制数换算成二进制时，一般将整数部分与小数部分分别进行换算。整数部分采用“除以二逆向取余”，小数部分则采用“乘以二正向取整”，然后将结果组合起来。

十进制数 (尤其比较大时) 可以借助 DB 转换表快速换算成二进制。DB 转换表可以自行制作，见表 1-2-1。

表 1-2-1 DB 转换对照表

十进制	……	4096	2048	1024	512	256	128	64	32	16	8	4	2	1	0.5	0.25	0.125	0.625	……
二进制																			

如求  $1678.9D = \underline{\hspace{2cm}}B$ ，令  $M=1678.9$ ，由于  $M < 4096$ 、 $M < 2048$ ，所以相应的二进制位取 0，但  $M > 1024$ ，相应的二进制位取 1，然后取  $M=1678.9-1024=654.9$ ；又因  $M > 512$ ，相

应的二进制位取 1, 然后取  $M=654.9-512=142.9$ , 以此类推。如果没有特别要求, 小数点后保持 4 位。则  $1678.9D=11010001110.1110$  B

### 3) 多种非十进制数间互相换算的方法

#### (1) 二进制数换算成八进制数

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。整数在最高位前补 0, 小数在最低位后补 0。然后将每组的 3 位二进制数值转换成八进制数即可。如求  $11010001110.1110B=$ \_\_\_\_\_Q。换算如下:

$$11010001110.1110B=011,010,001,110.111,000B=3216.70Q$$

#### (2) 八进制数换算成二进制数

按原数的顺序, 将每位八进制数等值换算为 3 位二进制数即可。

#### (3) 二进制数换算成十六进制数

与二进制数换算成八进制数方法相似。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。整数在最高位前补 0, 小数在最低位后补 0。然后将每组 4 位二进制数值转换成十六进制数即可。如求  $11010001110.1110B=$ \_\_\_\_\_H。换算如下:

$$11010001110.1110B=0110,1000,1110.1110B=68E.EH$$

#### (4) 十六进制数换算成二进制数

与八进制数换算成二进制数方法相似。按原数的顺序, 将每位十六进制数等值换算为 4 位二进制数即可。

**注意** 对于十进制数换算成八进制数、十六进制数, 采用间接换算方法往往事半功倍。即先将十进制数换算成二进制数, 然后由二进制数再换算成八进制数或十六进制数。以二进制数作为中间体, 可以很方便地实现八进制数与十六进制数相互间换算。

## 例题解析

【例 1-2-1】(江苏省单招考题 2013 年) 8421BCD 码 10010110 的真值是 ( )。

- A. +96D                      B. +226Q                      C. +96H                      D. -16D

**分析** 本题考查重点是 8421BCD 码、不同数制相互转换。BCD 码是二进制编码的十进制数, 即十进制数中的每一位用 4 位二进制数表示。8421BCD 码:  $10010110=1001,0110B=96D$ , 所以其真值为 +96D。

**答案** A

【例 1-2-2】(江苏省单招考题 2012 年) 下列不同进制数中, 最大的数是 ( )。

- A. 10111001B                      B. 257Q                      C. 97D                      D. BFH

**分析** 本题重点是考查不同进制数的换算。基本方法是将答案 A、B、D 换算成十进制数, 然后比较大小。  $10111001B=185D$ 、 $257Q=175D$ 、 $BFH=191D$ 。

由于答案 B、D 分别是八进制、十六进制, 比较容易换算成二进制。因此, 可将答案 B、C、D 换算成二进制后比较大小。

**答案** D

**拓展与变换** 由于  $97D < 128D$ ，估算出答案 C 对应的二进制数最多是 7 位，而不可能比答案 A 大可以先排除。这样只需要在答案 A、B 和 D 三者中找出最大的数。

**【例 1-2-3】** 下列表示法是错误的是 ( )。

A.  $(131.6)_{10}$     B.  $(532.6)_5$     C.  $(100.101)_2$     D.  $(267.6)_8$

**分析** 本题考查重点是数制、基数、数码等基本概念。答案 B 是五进制，共有 5 个数码 0、1、2、3、4，却出现数码 5、6，这是错误的。答案 A、B 和 C 分别是十、二、八进制，数码没有出现错误。

**答案** B

**【例 1-2-4】** ( ) (江苏省单招考题 2008 年) 一个四位的二进制数的最大值是“1111”，其值为 15，因而，四位的二进制数最多可表示 15 种状态。

**分析** 四位二进制编码：0000、0001、0010、...、1110、1111，共有 16 种状态，即  $2^4=16$ 。

**答案** 错

**【例 1-2-5】** ( ) 若要表示 0~99999 的十进制数，使用二进制最少需用 17 位。

**分析** 本题重点是考查二进制编码，即多少位二进制可以表示 0~99999 共 100000 种状态。可以假设需要 X 位，则  $2^X \geq 100000$ ，解此不等式，得  $X \geq 17$ ，则 X 的最小值为 17。

**答案** 对

**拓展与变换** 本题可以采用估算的办法： $100000=100 \times 1000$ ，即

$$64 \times 1024 < 100 \times 1000 < 128 \times 1024$$

$$2^{16} < 100 \times 1000 < 2^{17}$$

就是说， $2^{16}$  种编码少于 100000 种，而  $2^{17}$  种编码大于 100000 种。因此，至少需要 17 位二进制才能满足 0~99999 的表示。

**【例 1-2-6】** (江苏省单招考题 2009 年) 某 R 进制数  $(627)_R=407$ ，则  $R=$ \_\_\_\_\_。

A. 8    B. 9    C. 12    D. 16

**分析** 本题的考查重点是对数制的理解与掌握。根据  $6 \times R^2 + 2 \times R + 7 = 407$ ，解一元二次方程得  $R_1=8$ 、 $R_2=-25$  (舍去)。

**答案** A

**拓展与变换** 以上解析也是最基本的思路。在解答本题时，如果  $R \geq 10$ ，则  $6 \times R^2 \geq 600$ ，完全可以快速地排除答案 C 和 D。同样，如果  $R=9$ ，则  $6 \times R^2 \geq 480$ ，又可以快速排除答案 B。

**【例 1-2-7】** ( ) 某进制数 152，它与十六进制数 6AH 相等，该数是八进制。

**分析** 本题考查不同数制间相互转换方法的灵活应用。方法是将 6AH 换算成八进制进行观察： $6AH=0110,1010B=001,101,010B=152Q$ 。

另一种方法是假设该数是 R 进制，则  $1 \times R^2 + 5 \times R + 2 = 6 \times 16 + 10$ ，求出  $R=8$ ， $R=-13$  (舍去)。

**答案** 对

【例 1-2-8】(江苏省单招考题 2012 年)已知字符 A 的 ASCII 码值为 65, 则字符 a 的 ASCII 码值的八进制表示为\_\_\_\_\_。

**分析** 本题考查知识点有两个: 一是对 ASCII 码表的理解与掌握; 二是十进制数换算成八进制数。在 ASCII 码表中小写字母的值比相应大写字母的值大 32, A 的 ASCII 码值为 65, 则字符 a 的 ASCII 码值为  $65+32=97$ 。

**答案** 141Q

【例 1-2-9】(江苏省单招考题 2010 年 B)十进制数 19 用 8421BCD 码表示为\_\_\_\_\_。

**分析** 本题重点是用 8421BCD 码。而 1 的 4 位二进制编码是 0001, 9 的 4 位二进制编码是 1001, 则 19 对应的 BCD 码为 00011001。

**答案** 00011001BCD、(00011001)<sub>BCD</sub>、(00011001)<sub>8421BCD</sub>

【例 1-2-10】比 2 的 10 次方小 1 的十六进制数是\_\_\_\_\_H。

**分析** 本题是考查二进制数的表示。由于  $2^{10}=10000000000B$  (即 1 的后面有 10 个 0), 则  $2^{10}-1=1111111111B$  (即 10 个 1)。而  $1111111111B=11,1111,1111B=0011,1111,1111B=3FFH$ 。

**答案** 3FF

【例 1-2-11】无符号 8 位二进制所能表示的最大十进制数是\_\_\_\_\_。

**分析** 因为是无符号数, 其 8 位二进制全部为 0 时最小, 全部为 1 时最大。最小的编码为 00000000, 其值为 0; 最大的编码是 11111111, 其值为 255。8 位二进制, 共有  $2^8=256$  种状态。

**答案** 255

## 巩固练习

### 一、单项选择题

- (江苏省单招考题 2011 年)下列四个不同进制的数中, 最大的数是 ( )。
 

A.  $(11011001)_2$       B.  $(237)_8$       C.  $(203)_{10}$       D.  $(C7)_{16}$
- 下列数四个数中, 最小的数为 ( )。
 

A.  $(101001)_2$       B.  $(52)_8$       C.  $(101001)_{BCD}$       D.  $(233)_{16}$
- 在下列四个数中, 真值与其他三个数不相等的数是 ( )。
 

A.  $11011001B$       B.  $2AH$       C.  $331Q$       D.  $001000010111BCD$
- 以下 4 个数未标明属于哪一种数制, 但是可以断定不是八进制数的是 ( )。
 

A. 1101      B. 2325      C. 7286      D. 4357
- 十六进制数 1000 转换成十进制数是 ( )。
 

A. 1024      B. 2048      C. 4096      D. 8192
- 二进制数 1011.101 对应的十进制数是 ( )。
 

A. 9.3      B. 11.5      C. 11.625      D. 11.10
- 某进制数 152, 它与十六进制数 6AH 相等, 该数是 ( )。
 

A. 二进制      B. 八进制      C. 二进制      D. 不能确定
- 下列语句错误的是 ( )。

- A. 任何二进制整数都可以用十进制来表示  
 B. 任何二进制小数都可以用十进制来表示  
 C. 任何十进制整数都可以用二进制来表示  
 D. 任何十进制小数都可以用二进制来表示
9. 在十六进制数的某一位上,表示“十二”的数码符号是( )。  
 A. F                      B. E                      C. B                      D. C

## 二、判断题

10. ( ) 按字符的 ASCII 码值比较,“X”比“c”大。  
 11. ( ) 十六进制中共有 16 个数码,最小的是 0,最大数码是 15。  
 12. ( ) 某十六进制数用 4 个字节表示,可表示 4 位十六进制数。  
 13. ( ) 现有 XB、XH、XQ 和 XD 共 4 个数,则最大的数是 XH。  
 14. ( ) 1358 不可能属于八进制数。

## 三、填空题

15. (江苏省单招考题 2010 年) 已知数字 0 的 ASCII 码是 48,则数字 9 的 ASCII 码是\_\_\_\_\_。
16. 8 位二进制数  $d_3$  位的权是\_\_\_\_\_。
17. 如果  $7*7$  的结果值在某种进制下可以表示为 61,则  $6*7$  的结果值相应为\_\_\_\_\_。
18. (江苏省单招考题 2010 年) 数 A3.1H 转换成二进制是\_\_\_\_\_。
19. (江苏省单招考题 2009 年) 十进制数 25.1875 对应的二进制数是\_\_\_\_\_。
20. 二进制数 1011110.0001100111 转换成十六进制数是\_\_\_\_\_,八进制数是\_\_\_\_\_,十进制数是\_\_\_\_\_。
21. 十六进制数 11.4 转换成二进制数是\_\_\_\_\_。
22. 八进制数 1000 转换成二进制数是\_\_\_\_\_。
23. 将十进制数 77 转换为二进制数是\_\_\_\_\_。
24. 十六进制数 1CB.8H 转换成十进制数是\_\_\_\_\_。
25. 将 18.7 转换成二进制数(保留 6 位小数)是\_\_\_\_\_。
26. 将 66.6 转换成二进制数是\_\_\_\_\_。

## 1.3 原码、反码、补码

### 学习目标

1. 了解数的定点法和浮点法表示。
2. 掌握原码、反码、补码的概念。
3. 掌握补码运算的规则。

## 内容提要

### 1. 定点数和浮点数

计算机中处理的数值型数据,按小数点的处理方法可分为定点数、浮点数。相应的表示方法称为定点法和浮点法。

#### 1) 定点数

定点数是指小数点的位置固定不变的数,又称为用定点法表示的数。定点数分为以下两种。

(1) **定点整数** 规定小数点在最低数值位之后,机器中所能表示的所有数值都是整数。 $n$ 位二进制所能表示的定点整数的范围是 $-2^{n-1} \sim 2^{n-1}$ 。

(2) **定点小数** 规定小数点在最高数值位和符号位之间,机器中所能表示的所有数值都是小数。 $n$ 位二进制所能表示的定点小数的范围是 $-(1-2^{n-1}) \sim (1-2^{n-1})$ 。

**注意** 定点数中小数点的位置是隐含的,不需要写出。定点法表示的缺点是只能表示纯整数或纯小数。

#### 2) 浮点数

浮点数是指小数点的位置不是固定的,是可变化的。一般来说,任何一个二进制数  $N$  可以表示为:  $N=2^P \times S$ 。其中,  $P$  为阶码、 $S$  为尾数。 $P$  或  $S$  均有正负,  $P$  的正负称为阶码的符号,简称为阶符,  $S$  的正负就是  $N$  的正负,称为数符;  $P$  或  $S$  均有大小,即阶码数值、尾数数值。

在字长为  $M$  位的计算机中,浮点数如表 1-3-1 所示。

表 1-3-1 浮点数

阶符 1 位	阶码数值 L 位	数符 1 位	尾数数值 (M-2-L) 位
-----------	-------------	-----------	-------------------

#### 注意

(1) 阶码用定点整数的补码表示,尾数用定点小数的补码表示。

(2) 对于某计算机来说,字长  $M$  是固定的,那么,  $L$  位的多少决定了浮点数的表示范围,  $(M-2-L)$  位的多少决定了浮点数的精度;  $L$  位数越多可表示的浮点数的范围大,而精度越低,反之则相反。

(3) 规格化浮点数要求尾数满足:  $0.5 \leq S < 1$ 。判断计算机内部一个浮点数是规格化的依据:尾数的最高数值位与符号位相反。

#### 3) 定点数与浮点数的比较

(1) 在字长  $M$  相同的情况下,浮点数表示的范围比定点数大,但精度低;定点数表示的范围比浮点数表示的范围小,但精度高。

(2) 浮点数运算规则比定点数复杂,对计算机硬件的要求高,需要的设备多。

(3) 在微型计算机内部一般采用定点法表示。

### 2. 原码、反码、补码

#### 1) 真值与机器数

(1) **真值** 真值是带有“+”、“-”号的数,真值可以是各种进制。如+10、+1010B、-1101B、

-13Q、-DH。

(2) **机器数** 机器数是将符号数字化后的二进制数，机器数的最高位为符号位，其他各位为数值位。符号位是 0 表示正数，1 表示负数。机器数分为原码、反码与补码。如真值 +1010B、-1101B 对应的 01010B、11101B 为机器数。

2) 原码、反码、补码

(1) **原码** 符号位为 0 表示正数，符号位为 1 表示负数。真值中符号位数字化后得到的机器数就是原码。

(2) **反码** 正数的反码与原码相同。负数的反码是在原码基础上，符号位不变，数值位在原码基础上全部按位取反。

(3) **补码** 正数的补码与反码相同。负数的补码是在反码基础上，符号位不变，数值位在反码基础上 +1。

例如，假设字长为 8 位，写出 58、127 和 -127 的原码、反码和补码。

令  $X=58$ ，则

$$\begin{aligned} [X]_{\text{真}} &= +58\text{D} \\ &= +0111010\text{B} \\ [X]_{\text{原}} &= 00111010 \\ [X]_{\text{反}} &= 00111010 \\ [X]_{\text{补}} &= 00111010 \end{aligned}$$

令  $Y=127$ ，则

$$\begin{aligned} [Y]_{\text{真}} &= +127\text{D} \\ &= +1111111\text{B} \\ [Y]_{\text{原}} &= 01111111 \\ [Y]_{\text{反}} &= 01111111 \\ [Y]_{\text{补}} &= 01111111 \end{aligned}$$

令  $Z=-127$ ，则

$$\begin{aligned} [Z]_{\text{真}} &= -127\text{D} \\ &= -1111111\text{B} \\ [Z]_{\text{原}} &= 11111111 \\ [Z]_{\text{反}} &= 10000000 \\ [Z]_{\text{补}} &= 10000001 \end{aligned}$$

### 3. 补码运算的规则

计算机中的算术运算一般采用补码进行运算，补码的符号位可直接参加运算，运算结果仍为补码。运算规则主要如下。

1) 两数之和/差的补码

两数之和差的补码如下所示：

$$\begin{aligned} [X+Y]_{\text{补}} &= [X]_{\text{补}} + [Y]_{\text{补}} \\ [X-Y]_{\text{补}} &= [X]_{\text{补}} + [-Y]_{\text{补}} \end{aligned}$$

2) 求补

求补就是求相反数的补码。已知  $[X]_{\text{补}}$ ，求  $[-X]_{\text{补}}$  的方法：将  $[X]_{\text{补}}$  连同符号位全部取反，然后 +1 就得到  $[-X]_{\text{补}}$ 。如已知 -127 的补码是 10000001，求 127 的补码是多少？

令  $X=-127$ ，则  $[X]_{\text{补}}=10000001$ ，所以  $[-X]_{\text{补}}=01111110+1=01111111$ 。

3) 溢出

溢出就是计算机运算的结果超出了计算机所能表示的范围。溢出分为上溢和下溢，上溢是指运算结果超出了所能表示的最大数，下溢是指超出所能表示的最小数。

**注意** 溢出的判断方法主要有两种。方法一：用定义进行判断。方法二：用双符号位进行判断， $C_{S+1}$  和  $C_S$  分别为进位标志位的最高位与次高位。当  $C_{S+1}C_S$  相异表示溢出，01 为上溢，10 为下溢；当  $C_{S+1}C_S$  相同，即 00 或 11 表示没有溢出。

例题解析

【例 1-3-1】(江苏省单招考题 2008 年) 下列数中最小的数是 ( )。

- A.  $[10010101]_{\text{原}}$       B.  $[10010101]_{\text{反}}$       C.  $[10010101]_{\text{补}}$       D.  $[10010101]_2$

**分析** 本题考查的知识点是原码、反码和补码, 比较大小。答案 A 对应的真值是 $-21\text{D}$ , 答案 B 对应的真值是 $-106\text{D}$ , 答案 C 对应的真值是 $-107\text{D}$ 。答案 D 从形式上看,  $[10010101]_2$  可能是有符号数, 也可能是无符号数, 如果是有符号数则其真值是 $-21\text{D}$ , 如果是无符号数则真值是 $149\text{D}$ 。

**答案 C**

**拓展与变换** 当备选答案中有正数也有负数时, 若找出最小数时, 可以先排除正数; 反之, 找出最大数时可以先排除负数。与本题类似的题目: 下列数中最大的数是 ( ); 下列数中真值与其他数不相等的是 ( )。

【例 1-3-2】(江苏省单招考题 2010 年) 十进制数 $-48$  用补码表示为 ( )。

- A. 10110000      B. 11010000      C. 11110000      D. 11001111

**分析** 本题考查的知识点是真值转换为补码。令  $X=-48$ , 则

$$[X]_{\text{真}}=-48\text{D}=-0110000\text{B}$$

$$[X]_{\text{原}}=1011000$$

$$[X]_{\text{反}}=11001111$$

$$[X]_{\text{补}}=11010000$$

**答案 B**

**拓展与变换** 十进制数 $-48$  对应的机器数是 10110000, 则为 ( )。

- A. 原码      B. 反码      C. 补码      D. 8421BCD 码

【例 1-3-3】 无符号二进制数后加上一个 0, 形成的数是原来的 ( ) 倍。

- A. 1      B. 2      C. 10      D. 不确定

**分析** 在无符号二进制数后加上一个 0, 相当于左移一位, 形成的数是原来的 2 倍。如  $X=1110\text{B}$ , 在后面加上一个 0 时  $Y=11100\text{B}$ 。

**答案 B**

**拓展与变换** 在十进制数、八进制数、十六进制数后加上一个 0, 形成的数是原来的多少倍? 二进制、十进制数、八进制数或十六进制数最后一位是 0, 将这个 0 删除, 形成的数是原来的多少倍?

【例 1-3-4】 若浮点数的阶码采用 3 位补码表示, 尾数采用 5 位补码表示, 则浮点数 10110011 的阶码、尾数对应的二进制分别是 ( )。

- A. -1、-5      B. -3、-0.8125      C. -2、1.1875      D. 5、38

**分析** 本题是考查浮点数表示法: 阶码采用定点整数表示, 尾数采用定点小数表示。本题中阶码是最左边 3 位: 101, 尾数是右边 5 位: 100111。阶码 101 是定点整数的补码, 真值是 $-3\text{D}$ ; 尾数 10011 是定点小数, 小数点隐含在数符 1 的后面, 相当于 1.0011, 则真值是 $-0.8125\text{D}$ 。

**答案** B

【例 1-3-5】( ) 字长为 16 位的补码, 其所能表示的定点小数最小值为 -1。

**分析** 定点小数的最小值的补码形式为  $1.00\dots 0$  (小数点是隐含的, 可以不写出)。无论字长多长, 其值的大小都是 -1。

**答案** 对

【例 1-3-6】( ) (江苏省单招考题 2009 年) 在计算机内部为简化电路设计, 一般采用补码形式进行数值运算。

**分析** 计算机中对二进制位取反、+1、移位等运算比较容易实现, 补码运算时加法、减法都是通过加法实现的, 乘法、除法运算是通过移位实现的, 补码的符号位可直接参加运算, 运算结果仍为补码。补码运算相比原码运算、反码运算来说, 对硬件要求低, 可以简化电路设计, 容易实现。因此, 计算机内部运算一般采用补码进行运算,

**答案** 对

【例 1-3-7】( ) 负数的原码的补码的补码是原码本身。

**分析** 本题考查的是补码的一个重要特点: 负数由原码换算为补码时, 符号位不变, 数值位“按位取反后再+1”; 而负数由补码换算为原码时, 同样是符号位不变, 数值位“按位取反后再+1”。也就是说, 负数的原码与补码互为逆运算, 其算法完全相同。这样实现互为逆运算使用同一电路, 简化了计算机的硬件设计。

**答案** 对

【例 1-3-8】(江苏省单招考题 2013 年) 已知 X 和 Y 均为 8 位定点整数, 且 X 的真值是 -157D, Y 的真值为 +72H, 则  $[X+Y]_{\text{补}} = \underline{\hspace{2cm}}$  B。

**分析** 令  $X = -157D$ ,  $Y = +72H = 114D$ , 补码表示 8 位定点整数的范围是 -128~127, 则  $[X]_{\text{补}} =$  溢出,  $[Y]_{\text{补}} = 01110010$ 。

**答案** 溢出

【例 1-3-9】(江苏省单招考题 2009 年) 已知  $[X]_{\text{补}} = 01110111B$ ,  $[Y]_{\text{补}} = 01100010B$ , 则  $[X-Y]_{\text{补}} = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

**分析** 本题考查重点是补码运算。根据  $[Y]_{\text{补}} = 01100010$ , 可得  $[-Y]_{\text{补}} = 10011110$ , 则

$$\begin{array}{r}
 11111110 \quad C \\
 01110111 \quad [X]_{\text{补}} \\
 + \quad 10011110 \quad [-Y]_{\text{补}} \\
 \hline
 [1]00010101 \quad [X]_{\text{补}} + [-Y]_{\text{补}}
 \end{array}$$

$C_{S+1}C_S = 11$ , 没有溢出; [1] 丢失。

**答案** 00010101B

【例 1-3-10】已知-1 的补码是 11111111, -127 的补码是 10000001, 则-128 的补码是\_\_\_\_\_。

**分析** 本题考查的重点是补码运算。根据:  $[-128]_{\text{补}} = [-1 + (-127)]_{\text{补}} = [-1]_{\text{补}} + [-127]_{\text{补}}$ , 而  $[-1]_{\text{补}} = 11111111$ ,  $[-127]_{\text{补}} = 10000001$ , 则

$$\begin{array}{r}
 11111111 \quad C \\
 11111111 \quad [-1]_{\text{补}} \\
 + \quad 10000001 \quad [-127]_{\text{补}} \\
 \hline
 [1]10000000 \quad [-1]_{\text{补}} + [-127]_{\text{补}}
 \end{array}$$

$C_{S+1}C_S=11$ , 没有溢出; 将[1]丢失。得到 $[-128]_{\text{补}}=10000000$ 。

**答案** 10000000

【例 1-3-11】7A7685BH 的 16 倍是\_\_\_\_\_H。

**分析** 本题的重点是考查对数制的理解。二进制数左移 1 位后所得的数是原来的 2 倍, 同样, 八进制数左移 1 位后所得的数是原来的 8 倍, 而十六进制数左移 1 位后所得的数是原来的 16 倍。

**答案** 7A7685B0

**拓展与变换** 7A7685BH 除以 16 倍, 其余数是\_\_\_\_\_B。

## 巩固练习

### 一、单项选择题

- (江苏省单招考题 2012 年) 8 位补码表示的定点整数范围是 ( )。
  - 128~+128
  - 128~+127
  - 127~+128
  - 127~+127
- 下列四个无符号十进制数中, 能用八位二进制数表示的是 ( )。
  - 296
  - 333
  - 256
  - 199
- 定点数作补码加减运算时, 其符号位是 ( )。
  - 与数位分开进行运算
  - 与数位一起参与运算
  - 符号位单独作加减运算
  - 两数符号位作异或运算
- 对于二进制码 10000000, 若其值为-128, 则它的表示是用 ( )。
  - 原码
  - 反码
  - 补码
  - 阶码
- 已知两数  $X=-1101001B$ ,  $Y=-1011011B$ , 用补码进行加法运算后结果是下列情况 ( )。
  - 有进位
  - 有溢出
  - 无溢出
  - 以上都不对
- 在机器数中, 零的表示形式是唯一的是 ( )。
  - 原码
  - 补码
  - 反码
  - 反码和原码
- 已知 $[X]_{\text{补}}=11101011$ ,  $[Y]_{\text{补}}=01001010$ ,  $[X-Y]_{\text{补}}= ( )$ 。
  - 10100001
  - 11011111
  - 10100000
  - 溢出

## 二、判断题

8. ( ) (江苏省单招考题 2013 年) 设  $X$  是字长为  $n$  的定点整数, 则  $X$  的模为  $2^{n-1}$ 。
9. ( ) (江苏省单招考题 2011 年) 在计算机字长范围内, 正数的原码、反码和补码相同。
10. ( ) 计算机内部只能使用二进制、八进制或十六进制。
11. ( ) 十进制数  $-113$  的 8 位二进制补码是  $10001110$ 。
12. ( ) 不论正数还是负数, 原码补码的补码还是原码。

## 三、填空题

13. 如果字长为 8 位, 则  $+1$ 、 $-1$ 、 $+0$  和  $-0$  四个数的补码依次是\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、和\_\_\_\_\_。
14. (江苏省单招考题 2011 年) 已知  $X$ 、 $Y$  为两个带符号的定点整数, 它们的补码为  $[X]_{\text{补}}=00010011\text{B}$ ,  $[Y]_{\text{补}}=11111001\text{B}$ , 则  $[X+Y]_{\text{补}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{B}$ 。
15. (江苏省单招考题 2010 年 B) 已知  $[X]_{\text{补}}=11111111$ ,  $X$  对应的真值是\_\_\_\_\_。
16. (江苏省单招考题 2012 年) 已知  $[X]_{\text{补}}=10000000$ , 则  $X = \underline{\hspace{2cm}} \text{B}$ 。
17. 已知  $[X]_{\text{补}}=010011\text{B}$ , 则  $[-2X]_{\text{补}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{B}$ 。
18. 用两个字节表示一个非负整数, 则可以表示的数的范围, 最小的一个是 0, 最大的一个是\_\_\_\_\_H。
19. 码值  $80\text{H}$ : 若表示真值 0, 则为\_\_\_\_\_; 若表示  $-128$ , 则为\_\_\_\_\_码。
20. 十进制数  $-75$  用二进制数  $10110101$  表示, 其表示方式是\_\_\_\_\_。
21. 8 位二进制补码  $00011001$  的十进制数是\_\_\_\_\_, 而 8 位二进制补码  $10011001$  的十进制数是\_\_\_\_\_。
22. 一个含有 6 个“1”、2 个“0”的八位二进制整数原码, 可表示的最大数为\_\_\_\_\_。(用十六进制表示)

## 第2章 计算机系统的组成

### 考 纲 要 求

- 2 了解计算机的发展与应用领域。
- 2 了解计算机主机的基本工作原理。
- 2 掌握计算机系统中各大部件的结构、作用及其相互关系。

### 历 年 考 点

	选择题	判断题	填空题
2008年	计算机应用领域 计算机的产生和发展 计算机编程语言		计算机辅助教学
2009年	计算机应用领域	计算机性能指标	计算机的产生及发展 系统软件中语言处理程序
2010年	计算机的产生和发展 计算机工作原理	计算机性能指标	计算机各部件的联系 计算机的软件系统
2011年	计算机辅助教学	计算机的工作原理	计算机的发展趋势 计算机性能指标
2012年	计算机的产生和发展		系统软件中语言处理程序
2013年	计算机各部件的联系		计算机应用领域 计算机的产生和发展

## 2.1 计算机的发展与应用领域

### 学习目标

1. 了解计算机的发展。
2. 了解计算机的应用领域。

### 内容提要

#### 1. 计算机的产生及发展

##### 1) 计算机的产生

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与处理的电子设备。

第一台电子计算机 ENIAC 于 1946 年在美国诞生。

##### 2) 计算机的发展

随着电子器件和软件水平的提高，计算机经历了 4 个发展阶段：

(1) 第一代（1946—1958 年）是电子管计算机时代。逻辑元件是电子管，用定点数，编程语言是机器语言、汇编语言。

(2) 第二代（1959—1964 年）是晶体管计算机时代。逻辑元件是晶体管，编程语言为高级语言，使用磁盘等外存。

(3) 第三代（1965—1970 年）是集成电路（LSI）计算机时代。逻辑元件是中小规模集成电路，使用操作系统、具有网络雏形、编程语言出现更多的高级语言。

(4) 第四代（1971 年至今）是大规模、超大规模集成电路（VLSI）计算机时代。逻辑元件是微处理器和其他芯片，出现数据库、网络软件，出现图形化的操作系统。

计算机的发展趋势：巨型化、微型化、网络化、智能化、多媒体化。

#### 2. 计算机特点、应用领域及分类

##### 1) 计算机特点

运算速度快、计算精度高、有记忆功能、会逻辑判断、高度自动化。

##### 2) 应用领域

(1) 科学计算（最早的应用，又称为数值计算）。例如，气象预报、火箭发射等。

(2) 信息处理（最广泛的应用，又称为信息管理）。例如，人口普查、股市行情、办公自动化、情报检索、企业管理等。

(3) 过程控制（又称为实时控制）。例如，无人工厂，数控机床等。

(4) 计算机辅助系统。例如，CAD（计算机辅助设计），CAM（计算机辅助制造）、CAT（计算机辅助测试）、CAI（计算机辅助教学）、CAE（计算机辅助教育）、CAP（计算机辅助出版）。

**说明** CAE 又称为计算机辅助工程。

(5) 人工智能。例如, 专家系统、机器翻译、定理证明、计算机国际象棋竞赛程序。

3) 分类

(1) 按功能和用途: 通用计算机和专用计算机。

(2) 按工作原理: 数字计算机、模拟计算机和混合计算机。

(3) 按性能规模: 巨型机、大型机、中型机、小型机、微型机和单片机。

(4) 按电子元件: 电子管、晶体管、集成电路、大规模或超大规模集成电路计算机。

## 例题解析

**【例 2-1-1】**(江苏省单招考题 2009 年) 天气预报属于 ( ) 方面的应用。

- A. 科学计算      B. 人工智能      C. 过程控制      D. 辅助设计

**分析** 天气预报、火箭发射等都属于科学计算方面的应用。

**答案** A

**【例 2-1-2】**(江苏省单招考题 2010 年) 目前, 广泛使用的笔记本电脑属于 ( )。

- A. 大型机      B. 中型机      C. 小型机      D. 微型机

**分析** 计算机按性能规模分为巨型机、大型机、中型机、小型机、微型机、单片机等。它们的区别在于体积、复杂性、运算速度、数据存储容量、指令系统规模和机器价格的不同。

**答案** D

**【例 2-1-3】**(江苏省单招考题 2011 年) 计算机辅助教学的英文缩写是 ( )。

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

**分析** CAD (计算机辅助设计)、CAM (计算机辅助制造)、CAI (计算机辅助教学)、CAT (计算机辅助测试)、CAE (计算机辅助工程或计算机辅助教育)。

**答案** C

**【例 2-1-4】**(江苏省单招考题 2012 年) 采用大规模、超大规模集成电路制造的计算机属于 ( ) 计算机。

- A. 第一代      B. 第二代      C. 第三代      D. 第四代

**分析** 计算机按逻辑元件划分经历了 4 个发展阶段: 第一代: 电子管计算机; 第二代: 晶体管计算机; 第三代: 集成电路 (LSI) 计算机; 第四代: 大规模、超大规模集成电路 (VLSI) 计算机。

**答案** D

**【例 2-1-5】**( ) 世界上公认的第一台计算机是 ENIAC, 1946 年在美国诞生。

**分析** 世界上公认的第一台电子计算机“埃尼阿克”(英文缩写为 ENIAC), 1946 年 2 月在美国诞生。在电子计算机出现之前, 人们已经研制出各种计算工具, 包括算盘、机械式计算机系统、机电式计算机系统, 可以肯定的是很早就有计算机了。

**答案** 错

**【例 2-1-6】**（江苏省单招考题 2011 年）计算机的发展趋势：巨型化、微型化、\_\_\_\_\_和智能化。

**分析** 计算机的发展趋势：巨型化、微型化、网络化、智能化。

**答案** 网络化

**【例 2-1-7】**（江苏省单招考题 2013 年）在全国第五次人口普查工作中，利用计算机对人口普查资料进行分类，这属于计算机的\_\_\_\_\_应用领域。

**分析** 信息处理是最广泛的应用，又称为信息管理，应用领域有人口普查、股市行情、办公自动化、情报检索、企业管理等。

**答案** 信息处理

## 巩固练习

### 一、单项选择题

- （江苏省单招考题 2010 年 B）手写笔录入是计算机在（ ）方面的应用。
  - 科学计算
  - 信息处理
  - 过程控制
  - 人工智能
- 第一台电子计算机 ENIAC 所用的主要元件是（ ）。
  - 晶体管
  - 电子管
  - 集成电路
  - 大规模、超大规模集成电路
- 计算机的发展趋势之一是（ ）。
  - 标准化
  - 巨型化
  - 自动化
  - 结构化
- 许多企事业单位现在都使用计算机计算、管理职工工资，属于计算机在（ ）方面的应用。
  - 科学计算
  - 信息处理
  - 过程控制
  - 辅助工程
- 机器人技术属于计算机在（ ）方面的应用。
  - 过程控制
  - 信息处理
  - 科学计算
  - 人工智能
- 计算机应用最广泛的领域是（ ）。
  - 过程控制
  - 信息处理
  - 科学计算
  - 人工智能
- 计算机和计算器最根本的区别在于前者（ ）。
  - 具有记忆功能
  - 存储容量大
  - 速度快
  - 具有逻辑判断能力
- 人们能通过自己的电脑登录到其他计算机访问资源，这体现了（ ）。
  - 网络化
  - 智能化
  - 巨型化
  - 微型化
- 世界上第一台电子计算机诞生于（ ）。
  - 19 世纪
  - 1946 年
  - 1971 年
  - 20 世纪 70 年代
- CAT 是计算机应用的一个重要领域，它的含义是（ ）。
  - 计算机辅助设计
  - 计算机辅助测试
  - 计算机辅助教学
  - 计算机辅助制造

## 二、判断题

11. ( ) 计算机的发展方向是巨型化、微型化、网络化、智能化, 其中, “巨型化”是指计算机体积大、重量重。
12. ( ) 计算机在财务管理中的应用属于科学计算。
13. ( ) 计算机最早的应用领域是信息处理。
14. ( ) 计算机网络出现于计算机发展的第四代。
15. ( ) ENIAC 诞生于英国。
16. ( ) 第二代计算机使用的电子元件是晶体管。
17. ( ) 计算机飞速发展的根本动力是计算机的广泛应用。
18. ( ) 目前的计算机采用超大规模集成电路。
19. ( ) 计算机发展经历了四代, 划分的主要根据是计算机的运算速度。
20. ( ) 在计算机的应用领域中, 会计电算化属于科学计算应用方面。

## 三、填空题

21. 计算机辅助制造的英文简写是\_\_\_\_\_。
22. 在计算机的用途中, 在\_\_\_\_\_领域上的应用比例最大。
23. 按\_\_\_\_\_分, 可将计算机分为通用计算机和专用计算机。
24. 专家系统属于计算机在\_\_\_\_\_方面的应用。
25. 第三代计算机采用的主要逻辑元件是\_\_\_\_\_。
26. 超市的收银系统属于计算机在\_\_\_\_\_方面的应用。
27. 微型计算机的发展以\_\_\_\_\_技术为指标。
28. 我们常见的计算机是\_\_\_\_\_计算机。(填数字、混合或模拟)
29. 将有关数据加以分类、统计、分析, 以取得有利用价值的操作称为\_\_\_\_\_。

## 2.2 计算机系统中各大部件的结构、作用及其相互关系

## 学习目标

1. 掌握计算机系统中各大部件的结构及作用。
2. 掌握计算机系统中各大部件的相互关系。

## 内容提要

## 1. 计算机系统的组成

计算机系统=硬件系统+软件系统。

## 1) 计算机硬件系统的基本组成

计算机的硬件系统由五大部分组成, 即运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备。存储器主要指内存储器, 其他四大部分都与存储器直接相连接。因此, 内存储器是计算机硬件

系统的中心。

按照功能组合，计算机硬件系统的组成如图 2-1 所示。

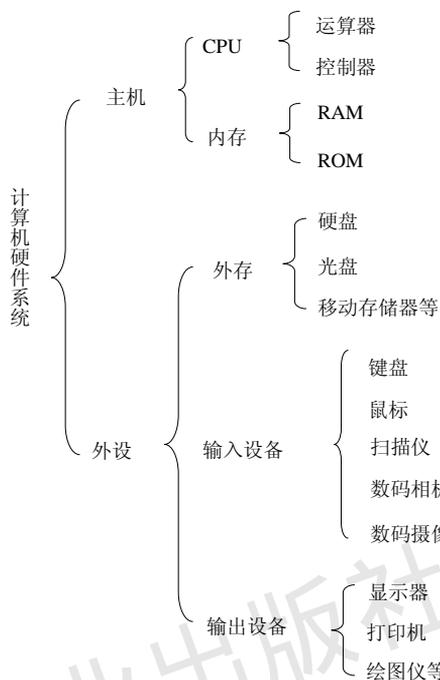


图 2-1 计算机硬件系统组成图

(1) 运算器：又称为算术逻辑部件（ALU），由算术运算部件、逻辑运算部件组成，用来进行算术运算、逻辑运算和移位操作等。

(2) 控制器：是计算机的指挥中心，协调其他部件之间的有序运行。

**说明** 在微型计算机中，运算器、控制器等称为中央处理器（CPU）。

(3) 存储器：分为内存存储器（简称内存）和外存存储器（简称外存）。

① 内存：存放正在执行的程序和正在处理的数据。

② 外存：保存暂时不用的程序和数据。

**说明** 内存与外存相比有如下几项。

① 内存的特点是存取速度快、价格高、容量比较小；外存的特点是存取速度慢、价格低、容量可以很大。

② 内存是主机的组成部件，外存是计算机的外围设备。硬盘、光盘等外存既是输入设备，又是输出设备。

(4) 输入设备：将程序、数据等输入计算机内存中，输入时信息转换成计算机可识别、处理和存储的信息。

(5) 输出设备：将计算机的处理结果从内存中输出，输出时转换成外界可识别的信息。

## 2) 计算机软件系统的基本组成

计算机软件系统由系统软件和应用软件组成,如图 2-2 所示。

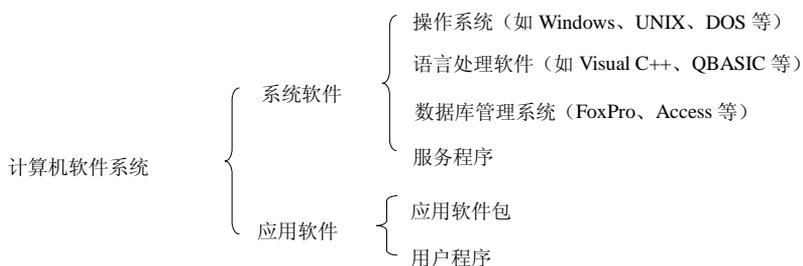


图 2-2 计算机软件系统组成图

## (1) 软件的定义

软件是指计算机运行所需的程序、数据及其有关的文档资料。

## (2) 系统软件的定义

系统软件是由计算机生产商提供的,为高效使用和管理计算机而编制的软件,包括操作系统、程序设计语言、数据库管理系统、诊断服务程序等。

## (3) 应用软件的定义

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。

## 2. 计算机系统中各大部件之间的相互关系

## 1) 计算机硬件、软件间的关系

硬件是计算机工作的物质基础,所有软件工作在硬件之上。硬件和软件相互支持、协同工作。若没有硬件,软件将无所依附;若没有软件,硬件将无法发挥其功能。

硬件和软件在逻辑功能上是等价的。

## 2) 计算机系统的层次结构

(1) 第四层为应用软件。

(2) 第三层为其他系统软件。

(3) 第二层为操作系统。

(4) 第一层为计算机硬件系统。

## 例题解析

【例 2-2-1】下列既是输入设备又是输出设备的是 ( )。

A. 鼠标

B. 键盘

C. 绘图仪

D. 触摸屏

**分析** 触摸屏既可以显示信息也可以手写输入。硬盘等外存储设备是典型的输入设备又是输出设备。

**答案** D

【例 2-2-2】(镇江一模试题 2009 年)摄像头属于 ( )。

A. 输入设备

B. 输出设备

C. 存储设备

D. 通信设备

**分析** 摄像头、数码相机、数码摄像机都是目前计算机常用的输入设备。

**答案** A

**【例 2-2-3】**（江苏省单招考题 2010 年 B）一台完整的计算机系统包括（ ）。

- A. 运算器、控制器和存储器  
B. 主机和外部设备  
C. CPU、存储器和输入/输出设备  
D. 硬件系统和软件系统

**分析** 一台完整的计算机系统包括硬件系统和软件系统两部分。

**答案** D

**拓展与变换** 计算机中“裸机”是什么样的计算机？

**【例 2-2-4】**（江苏省单招考题 2013 年）计算机的硬件系统至少应包含存储器、输入设备、输出设备和（ ）。

- A. 运算器  
B. 控制器  
C. 中央处理器  
D. 主机

**分析** 计算机的硬件系统包含 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。其中，运算器和控制器构成计算机的中央处理器（CPU）。

**答案** C

**【例 2-2-5】**（ ）C 语言是系统软件。

**分析** 计算机语言用于编写软件，它本身不是软件。C 语言是一种计算机高级语言，同样不是软件，当然更不会系统是软件。当然，C 语言编写的程序需要使用编译程序翻译成机器指令代码，这里的编译程序是一种语言处理软件。如 Visual C++ 是一个编译程序的产品，它是软件。

**答案** 错

**【例 2-2-6】**（江苏省单招考题 2010 年）计算机软件一般可分为系统软件和应用软件两类，C 语言编译程序属于\_\_\_\_\_软件

**分析** 计算机软件一般可分为系统软件和应用软件两类。其中，系统软件包括操作系统（DOS、UNIX、Windows 等）、语言处理软件（QBASIC、C、C++、Java 语言等）、数据库管理系统（FoxPro、Access 等）、服务程序。C 语言编译程序是语言处理软件，所以它属于系统软件。

**答案** 系统

**【例 2-2-7】**（常州一模试题 2013 年）计算机的 CPU 是由运算器和\_\_\_\_\_组成的。

**分析** 中央处理器（CPU）由运算器和控制器组成。

**答案** 控制器

## 巩固练习

### 一、单项选择题

1. 最基本的输入设备是（ ）。

- A. 鼠标  
B. 键盘  
C. 扫描仪  
D. 显示器

2. 在下列软件中, 不属于系统软件的是 ( )。
- A. 编辑软件    B. 诊断程序    C. 编译程序    D. 操作系统
3. 下列属于计算机非输入设备的是 ( )。
- A. 键盘    B. 鼠标  
C. 绘图仪    D. 条形码阅读器
4. ( ) 是用于将计算机信息处理的结果转换成外界能够接受和识别信息的设备。
- A. 输出设备    B. 输入设备    C. 数据通信设备    D. 打印机
5. 对计算机系统的软、硬件资源进行管理, 方便用户操作的是 ( )。
- A. 用户程序    B. 语言处理程序  
C. 数据库管理系统    D. 操作系统
6. 下列说法中正确的是 ( )。
- A. 只有软件的计算机称为“裸机”  
B. 所有软件中最基础最重要的软件是操作系统  
C. 软件是硬件工作的基础, 硬件必须在软件的基础上进行工作  
D. 计算机硬件结构包括控制器、运算器、内存、输入设备和输出设备
7. 下列说法正确的是 ( )。
- A. 内存可与 CPU 直接交换信息, 与外存相比, 存取速度慢、单位价格便宜  
B. 内存可与 CPU 直接交换信息, 与外存相比, 存取速度快、单位价格贵  
C. RAM 和 ROM 在断电后都不能保存信息  
D. 硬盘可永久保存信息, 它是计算机的主存
8. 运算器可以作 ( ) 运算。
- A. 加、减、乘、除    B. 算术和逻辑运算  
C. 或运算、与运算    D. 数值运算
9. 下列关于软件和硬件的说法中, 正确的是 ( ) 运算。
- A. 软件和硬件相互独立    B. 硬件和软件相互依存  
C. 没有盖子的计算机称为裸机    D. 软件的发展和硬件无关
10. 下列不属于计算机系统软件的是 ( )。
- A. DOS    B. Windows XP    C. Vista    D. Photoshop

## 二、判断题

11. ( ) 操作系统是计算机系统最低层的软件, 它常放在内存中。
12. ( ) 主机是由中央处理器和存储器组成的。
13. ( ) 一个计算机系统可以没有软件系统的支持。
14. ( ) 操作系统的主要功能是控制和管理计算机系统资源。
15. ( ) 计算机常用的输入设备有扫描仪、键盘、鼠标、数码相机等。
16. ( ) 硬盘是计算机的外部设备。
17. ( ) 没有系统软件的支持, 应用软件无法工作。
18. ( ) 软件是用户与计算机硬件之间的桥梁。
19. ( ) 算术运算由运算器完成, 逻辑运算由控制器完成。
20. ( ) CAI 软件属于系统软件。

## 三、填空题

21. 计算机硬件包含 CPU、\_\_\_\_\_、输入设备和输出设备。
22. 程序、数据及其相关文档称为\_\_\_\_\_。
23. 计算机系统的层次结构中，位于硬件之外的所有层次统称为\_\_\_\_\_。
24. 专门为解决某个应用领域中的具体任务而编写的软件称为\_\_\_\_\_。
25. 计算机硬件系统中各部件之间传输的信息流是数据流和\_\_\_\_\_。
26. 主机包括 CPU 和\_\_\_\_\_。
27. 直接运行在裸机上的最基本的系统软件是\_\_\_\_\_。
28. 最基本的输出设备是\_\_\_\_\_。

## 2.3 计算机主机的基本工作原理

## 学习目标

1. 了解计算机主机的基本工作原理。
2. 了解计算机的主要性能指标。

## 内容提要

## 1. 计算机的工作原理

## 1) 冯·诺依曼原理

存储程序控制原理是 1946 年由美籍匈牙利数学家冯·诺依曼提出的，所以又称为“冯·诺依曼原理”。该原理确立了现代计算机的基本组成的工作方式，直到现在，计算机的设计与制造依然沿着“冯·诺依曼”体系结构。计算机的工作原理如图 2-3 所示。

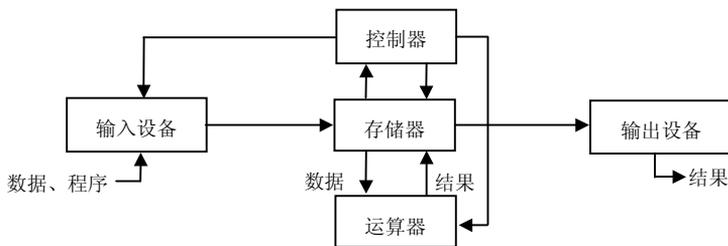


图 2-3 计算机工作原理图

## 2) 存储程序控制原理的基本内容

- (1) 采用二进制形式表示数据和指令。
- (2) 将程序（数据和指令序列）预先存放在主存储器中（程序存储），使计算机在工作时能够自动高速地从存储器中取出指令，并加以执行（程序控制）。
- (3) 由运算器、控制器、存储器、输入设备、输出设备五大基本部件组成计算机硬件体系结构。

### 3) 计算机工作过程

第一步：将程序和数据通过输入设备送入存储器。

第二步：启动运行后，计算机从存储器中取出程序指令送到控制器去识别，分析该指令要做什么事。

第三步：控制器根据指令的含义发出相应的命令（如加法、减法），将存储单元中存放的操作数据取出送往运算器进行运算，再把运算结果送回存储器指定的单元中。

第四步：当运算任务完成后，就可以根据指令将结果通过输出设备输出。

## 2. 计算机的主要性能指标

### 1) 主频

主频是指计算机 CPU 的时钟频率。主频单位常用的是 MHz（兆赫兹）。主频的大小在很大程度上决定了计算机运算速度的快慢，主频越高，计算机的运算速度就越快。

### 2) 字长

字长直接关系到计算机的计算精度和速度。字长越长，能够表示的有效位数越多，计算机处理数据的速度越快，处理能力越强。

### 3) 内存容量

内存容量通常是指随机存储器 (RAM) 的容量，其大小反映了计算机即时存储信息的能力。内存容量越大，系统功能就越强大，能处理的数据量就越大。

### 4) 运算速度

运算速度是指计算机每秒钟能执行多少条指令。运算速度的单位用 MIPS (百万条指令/秒)。由于执行不同的指令所需的时间不同，因此，运算速度有不同的计算方法。现在多用各种指令的平均执行时间及相应指令的运行比例来综合计算运算速度，即用加权平均法求出等效速度，作为衡量计算机运算速度的标准。

### 5) 存取周期

存取周期是指对存储器进行一次完整的存取（即读/写）操作所需的时间，即存储器进行连续存取操作所允许的最短时间间隔。存取周期越短，则存取速度越快。存取周期的大小影响计算机运算速度的快慢。

除了上述 5 个主要技术指标外，还有其他一些因素，对计算机的性能也起重要作用，如下所示：

(1) 可靠性：是指计算机系统平均无故障工作时间 (MTBF)。无故障工作时间越长，系统就越可靠。

(2) 可维护性：是指计算机的维修效率，通常用平均故障修复时间 (MTTR) 来表示。

(3) 可用性：是指计算机系统的使用效率，可以用系统在执行任务的任意时刻所能正常工作的概率来表示。

(4) 外存容量：通常是指硬盘容量（包括内置硬盘和移动硬盘）。外存储器容量越大，可存储的信息就越多，可安装的应用软件就越丰富。

(5) 兼容性：兼容性强的计算机，有利于推广应用。

(6) 性能价格比：这是一项综合性评估计算机系统的性能指标。性能包括硬件和软件的综合性能，价格是整个计算机系统的价格，与系统的配置有关。



## 巩固练习

## 一、单项选择题

- 目前, 电子计算机的工作原理一般基于 ( )。
  - 算术运算
  - 复杂指令集
  - 精简指令集
  - 存储程序和程序控制
- 冯·诺依曼计算机系统的基本特点是 ( )。
  - 堆栈操作
  - 多指令流单数据流运行
  - 存储器按地址存放
  - 指令按地址访问并且顺序执行
- 下列不属于计算机中采用二进制数的原因的是 ( )。
  - 二进制数的, 运算规则简单
  - 二进制数的位数较多, 难以表示
  - 使用二进制数可以节省设备
  - 使用二进制数可以利用机器结构的简化
- 计算机开机时最初执行的程序位于 ( )。
  - 硬盘
  - 软盘
  - ROM
  - RAM
- 主机中 ( ) 负责对指令进行译码。
  - 指令寄存器
  - 运算器
  - 控制器
  - 存储器
- 提出现代计算机工作原理的是 ( )。
  - 乔治·布尔
  - 艾伦·图灵
  - 冯·诺依曼
  - 莫奇莱
- 计算机之所以能自动进行工作, 主要是因为采用了 ( )。
  - 二进制数
  - 高速电子元器件
  - 程序设计语言
  - 存储程序控制
- 有关对计算机字长的描述, 错误的是 ( )。
  - 字长是固定的, 字长数就是字节数
  - 字长越长, 计算机所能达到的精度越高
  - 计算机的字长指的是一次处理的二进制数位数
  - 计算机的字长就是其 CPU 的数据总线宽度
- 用 MIPS 来衡量的计算机的性能指标是 ( )。
  - 处理能力
  - 存储容量
  - 可靠性
  - 运算速度

## 二、判断题

- ( ) 计算机的安全性和可靠性是两个不同的概念。
- ( ) 在计算机中, 为了区别指令和数据, 前者用二进制表示, 后者用十进制表示。
- ( ) 某计算机的主频是 100 MHz, 说明该计算机的运算速度是 100 MIPS。
- ( ) 计算机的运算速度指 CPU 的运算速度, 与内存无关。
- ( ) 计算机中的所有信息仍以二进制方式表示是物理器件性能决定。
- ( ) 现代计算机的工作原理一般都基于“冯·诺依曼”的存储程序控制思想。
- ( ) 现代计算机是以存储器为中心的结构性。

## 三、填空题

17. 现代计算机的工作原理是 \_\_\_\_\_ 和程序控制。
18. 用平均故障修复时间 (MTTR) 来表示计算机的 \_\_\_\_\_ 性能指标。
19. 程序的运行过程由取指令、分析指令和 \_\_\_\_\_ 指令组成。
20. 每秒执行百万条指令的英文缩写是 \_\_\_\_\_。
21. 现在的计算机大都是按 \_\_\_\_\_ 体系结构来设计的。
22. 在计算机内部, 一切信息均采用 \_\_\_\_\_ 表示。

电子工业出版社版权所有  
盗版必究

## 第 3 章 中央处理器

### 考 纲 要 求

- 2 了解 CPU 各组成部分的功能。
- 2 了解指令周期的概念。
- 2 了解一些典型的 CPU 技术。

### 历 年 考 点

	选择题	判断题	填空题
2008 年		程序计数器 机器周期	指令寄存器 CPU 时钟周期
2009 年	指令寄存器	RISC 和 CISC	MIPS 的含义
2010 年	指令周期 程序计数器 PC	MIPS、ALU 指令寄存器 节拍脉冲	
2011 年	控制器的组成 运算器的功能	累加器	指令周期的概念
2012 年	程序计数器	ALU 的功能	状态标志寄存器
2013 年	程序计数器 时序控制方式	流水线技术	

## 3.1 CPU 的功能及组成

### 学习目标

1. 理解 CPU 的功能和组成。
2. 了解 Cache 及其作用。
3. 理解 ALU 和主要寄存器的功能。

### 内容提要

#### 1. CPU 的功能

中央处理器 (CPU) 又称为微处理器, 是计算机的核心部件。CPU 的功能就是控制各部件协调工作。功能主要有 4 个方面:

(1) 指令控制: 程序的顺序控制, 它控制指令严格地按程序设定的顺序进行。保证机器按顺序执行程序是 CPU 的首要任务。

(2) 操作控制: 控制计算机中若干个部件协同工作, CPU 产生操作信号传给被控制部件, 并能检测其他部件发送来的信号, 是协调各个工作部件按指令要求完成规定任务的基础。

(3) 时间控制: 对各种操作实施时间上的定时。只有严格执行时间控制, 才能保证各功能部件组合构成有机的计算机系统。

(4) 数据加工: 对数据进行算术运算或逻辑运算, 以及其他非数值数据 (如字符、字符串) 的处理。完成数据的加工处理是 CPU 的根本任务。

**注意** 要能正确理解、区分 CPU 的“三控制一加工”。

#### 2. CPU 的组成

传统的 CPU 由集成在一片集成电路上的运算器和控制器两部分组成。随着集成技术的发展, CPU 由运算器、控制器、Cache 三大部分组成。

##### 1) 运算器

运算器主要包括算术逻辑运算单元 ALU、累加器 ACC、状态寄存器 PSW、通用寄存器组。

(1) 算术逻辑运算单元 ALU: 是运算器的核心, 作用是算术运算、逻辑运算、移位操作等。

**注意** ALU 能够处理数据的位数与机器的字长, 一般是相等的。

(2) 累加器 ACC: 向 CPU 提供一个操作数, 存放运算结果或暂存中间结果。

**注意** 一个 ALU 中至少有一个累加器。

(3) 状态寄存器 PSW: 保存各类指令的状态结果, 为后继指令的提供判断条件, 有时也

称为标志寄存器。一般设置零标志位 Z、符号标志位 N、溢出标志位 V、进位或借位标志位 C。运算结果为 0 时, Z 位置 1, 结果非 0, Z 清 0。

(4) 通用寄存器组: 作用是保存参加运算的操作数和运算结果, 包括 8 个 16 位的通用寄存器: AX、BX、CX、DX、SP、BP、SI、DI。寄存器是计算机中存取速度最快的存储器件。

## 2) 控制器

控制器是协调和指挥整个计算机系统工作的决策机构。控制器主要由程序计数器 PC、指令寄存器 IR、指令译码器 ID、时序发生器、操作控制器等组成。

(1) 程序计数器 PC: 用来保存下一条要执行指令的地址。

(2) 指令寄存器 IR: 用来保存正在执行的指令。

(3) 指令译码器 ID: 分析指令的操作码来决定操作的性质和方法。

(4) 时序发生器: 计算机系统中产生周期节拍、脉冲等时序信号的部件。

(5) 操作控制器: 产生各种操作控制信号, 以便在各寄存器间建立数据通路。

## 3) 高速缓冲存储器

高速缓冲存储器 (Cache) 是用于解决内存与 CPU 速度不匹配问题。

## 4) 其他

(1) 协处理器 FPU: 提高 CPU 的浮点运算能力, 包含协处理器 FPU。

(2) 数据缓冲寄存器 DR: 暂存由内存中读出或写入的指令或数据。

(3) 地址寄存器 MAR: 存放当前 CPU 访问的内存单元或 I/O 端口的地址, 是 CPU 与内存或外设间的地址缓冲寄存器。

## 例题解析

【例 3-1-1】(镇江一模 2009 年) 微型计算机的发展主要以 ( ) 技术为标志。

- A. 操作系统                      B. 微处理器                      C. 软件                      D. 磁盘

**分析** 计算机的核心部件是中央处理器或微处理器, 微型计算机的发展是根据 CPU 划分的。

**答案** B

【例 3-1-2】(江苏省单招考题 2009 年) 正在执行的指令存储在 ( ) 中。

- A. 算术逻辑单元                      B. 累加器                      C. 指令寄存器                      D. 程序计数器

**分析** 指令寄存器存放当前指令, 程序计数器存放下一条指令的地址, 累加器是为算术逻辑单元提供一个操作数。

**答案** C

【例 3-1-3】(江苏省单招考题 2011 年) 下列不属于控制器组成部件的是 ( )。

- A. 状态寄存器                      B. 指令译码器  
C. 指令寄存器                      D. 程序计数器

**分析** 四个答案中只有状态寄存器是属于运算器的, 状态寄存器又称标志寄存器, 是存放运算结果状态的寄存器。

**答案** A

**拓展与变换** 下列 ( ) 不是控制器的组成部分?

- A. 程序计数器      B. 指令寄存器      C. 指令译码器      D. 寄存器组

【例 3-1-4】(江苏省单招考题 2011 年、2013 年) 在 CPU 中, 用于存放运算结果溢出标志的是 ( )。

- A. 程序计数器      B. 地址寄存器  
C. 指令寄存器      D. 状态寄存器

**分析** 状态寄存器中, 一般设置零标志位 Z、符号标志位 N、溢出标志位 V、进位或借位标志位 C。

**答案** D

**拓展与变换** \_\_\_\_\_ 寄存器用于保存算术指令、逻辑运算指令及各类测试指令的状态。CPU 中有一个标志寄存器是专门用于存放运算结果的特征位。

【例 3-1-5】PC 的主机包括 ( )。

- A. CPU 和总线      B. CPU 和主存  
C. CPU、主存和总线      D. CPU、主存和外设

**分析** 计算机的硬件系统分为五部分: 运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备。其中, 运算器和控制器合称为 CPU (中央处理器), 存储器又分为主存 (内存) 和辅存 (外存), PC 的主机是 CPU 和主存 (内存) 的合称。

**答案** B

【例 3-1-6】当前指令在内存中占 2 个字节, PC 的值为 2004, 则指令执行结束后 PC 的值为 ( )。

- A. 2004      B. 2006      C. 2008      D. 2010

**分析** PC 程序计数器的作用是指向下一条指令的地址。因为当前指令地址是 2004, 当前指令占 2 个字节, 所以  $2004+2=2006$ , 下面图示可帮助更好地理解。

.....	XXXX XXXX
2007	XXXX XXXX
PC→ 2006	XXXX XXXX
2005	XXXX XXXX
→ 2004	XXXX XXXX
.....	XXXX XXXX

**答案** B

**拓展与变换** 当前指令在内存中占 4B, PC 值为 2004, 则指令执行结束后 PC 的值为多少?

【例 3-1-7】( ) 累加器仅具有累加的功能。

**分析** 累加器是运算器中的一个寄存器, 它不仅用于存放参加运算的数据, 也经常用于存放运算的结果。而累加功能属于算术运算, 是运算器的功能。

**答案** 错

**拓展与变换** 在计算机中设置寄存器的目的是提高 CPU 的运行速度。这个说法是否正确?

**【例 3-1-8】** 算术逻辑单元简称\_\_\_\_\_。

**分析** 算术逻辑单元简称 ALU, 是运算器的核心, 其主要功能是对二进制数据进行定点算术运算、逻辑运算和各种移位操作。

**答案** ALU

**拓展与变换** 以下说法是否正确?

- (1) ALU 的功能是算术运算和逻辑运算。( )  
 (2) CPU 的数据加工仅指算术运算。( )

## 巩固练习

### 一、单项选择题

- (江苏省单招考题 2011 年) 运算器的主要功能是 ( )。  
 A. 算术运算      B. 逻辑运算      C. 算术和逻辑运算      D. 移位运算
- 下列不是 CPU 的功能的是 ( )。  
 A. 指令控制      B. 时间控制      C. 数据加工      D. 输入数据
- 下列是运算器的组成部分的是 ( )。  
 A. 程序计数器      B. 指令寄存器      C. 指令译码器      D. 寄存器组
- 加法运算的进位位存放在 ( ) 中。  
 A. 状态标志寄存器      B. 程序计数器      C. 数据缓冲器      D. 累加器
- 高速缓冲存储器简称为 ( )。  
 A. ROM      B. RAM      C. Cache      D. CAM
- 能够区分某寄存器中存放的是数值还是地址的, 只有计算机的 ( )。  
 A. 译码器      B. 指令      C. 时序信号      D. 判断程序
- 计算机中用于保存正在运行的程序和数据的是 ( )。  
 A. 指令寄存器      B. 程序计数器      C. 数据缓冲寄存器      D. 内存
- 计算机中的算术逻辑运算单元是 ( )。  
 A. 运算器      B. 控制器      C. 存储器      D. 寄存器
- 下列不属于 CPU 的型号的是 ( )。  
 A. 186      B. 286      C. 386      D. 586
- CPU 数字协处理器的作用是 ( )。  
 A. 提高 CPU 的运算速度      B. 降低 CPU 工作电压  
 C. 提高 CPU 定点运算能力      D. 提高 CPU 的浮点运算能力
- 内存中的指令, 一般先到数据缓冲寄存器, 再送到 ( )。  
 A. 指令计数器      B. 指令寄存器      C. 指令译码器      D. 微程序控制器
- (江苏省单招考题 2010 年 B) 程序计数器 (PC) 的功能是 ( )。  
 A. 存放下一条指令的地址      B. 存放正在执行的指令地址  
 C. 统计每秒钟执行指令的数目      D. 对指令进行译码

13. 衡量运算器的运算速度的重要指标是 ( )。
- A. MBPS                      B. MHz                      C. GB                      D. MIPS
14. 保证计算机内各功能组合构成有机的计算机系统体现了 CPU 的 ( ) 功能。
- A. 指令控制                  B. 操作控制                  C. 时间控制                  D. 数据加工
15. 计算机中不能直接与 CPU 交换数据的是 ( )。
- A. Cache                      B. 外存                      C. 寄存器                      D. 主存
16. CPU 内部有一组寄存器, 增加内部寄存器的目的不包括 ( )。
- A. 缩短指令的长度和指令执行时间                  B. 减少 CPU 的取指次数
- C. 提高机器的运算速度                                  D. 可避免频繁地访问存储器
17. 下列不是 CPU 的组成部分是 ( )。
- A. ALU    B. RAM
- C. 指令寄存器    D. 指令指针寄存器
18. 下列叙述中正确的是 ( )。
- A. PC 的值可以明确告诉 CPU 执行的顺序
- B. PC 的值始终加 1 指向下一条要执行的指令
- C. PC 中可以存放指令地址, 也可以存放指令
- D. PC 的值可以确定操作数的地址
19. ( ) 是计算机硬件的核心部件。
- A. 键盘                      B. RAM                      C. CPU                      D. 显示器

## 二、判断题

20. ( ) (江苏省单招考题 2010 年) 计算机的运算速度 MIPS 是指每秒钟能执行几百万条高级语言的语句。
21. ( ) (江苏省单招考题 2010 年 B) ALU 的主要功能是进行算术运算和各种移位操作。
22. ( ) (江苏省单招考题 2011 年) 累加器是一个具有累加功能的通用寄存器。
23. ( ) (江苏省单招考题 2012 年) 算术逻辑部件 ALU 的功能是对二进制数进行算术运算。
24. ( ) 地址寄存器用来保存 CPU 当前所要访问的主存单元或 I/O 端口的地址。
25. ( ) 累加器是一个具有加法运算功能的寄存器。
26. ( ) CPU 有了内部的通用寄存器组, 可以提高机器的运行速度。
27. ( ) 一个算术逻辑运算单元中至少包含一个累加器。
28. ( ) CPU 能直接读取各类存储器中的数据。
29. ( ) 计算机的运算速度指 CPU 的运算速度, 与内存无关。
30. ( ) 计算机的主频是 100 MHz, 说明该计算机的运算速度是 100 MIPS。
31. ( ) 关系运算属于逻辑运算。
32. ( ) 保证机器按顺序执行程序是 CPU 的首要任务。
33. ( ) 程序计数器具有自动加 1、减 1 的功能。
34. ( ) 累加器主要完成累加操作但不可以存放运算结果或中间结果。
35. ( ) 程序计数器又称为指令指针寄存器, 用于存放当前执行的指令。
36. ( ) Pentium4 处理器中集成了一级缓存 L1 和二级缓存 L2。

## 三、填空题

37. (江苏省单招考题 2012 年) 当运算结果为 0 时, 状态寄存器的 Z 标志位被置为\_\_\_\_\_ (填 0 或 1)。
38. CPU 控制指令严格按程序设定的先后顺序执行称为 CPU 功能中的\_\_\_\_\_。
39. \_\_\_\_\_为算术逻辑单元提供一个操作数, 并用来保存操作的结果。
40. 如果某 CPU 的指令为 4 个字节指令, 则顺序执行一条指令后, PC 的值将增加\_\_\_\_\_。
41. \_\_\_\_\_用来暂时存放 CPU 从主存读取的一条指令字或一个数据字。
42. 在中央处理器中存在的少量存储单元称为\_\_\_\_\_。
43. CPU 中用来提高浮点运算能力的部件是\_\_\_\_\_。
44. (江苏省单招考题 2009 年) 英文符号 MIPS 表示的中文含义是\_\_\_\_\_。
45. Cache 主要用于解决内存与\_\_\_\_\_速度不匹配的问题。
46. 控制器主要由\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、时序产生器和操作控制器等部件组成。
47. 当前所要访问的主存单元地址的部件是\_\_\_\_\_。
48. 微处理器是组成计算机的核心部件, 即将\_\_\_\_\_和控制器及有关辅助电路采用大规模集成电路工艺做在单个硅片上。
49. \_\_\_\_\_用来对指令的操作码进行分析、解释, 并将产生的相应控制信号送入时序控制信号形成部件。
50. CPU 的根本任务是\_\_\_\_\_。
51. 指令寄存器的英文缩写为\_\_\_\_\_。

## 3.2 指令周期

## 学习目标

1. 了解时序的概念。
2. 理解和区分两种时序控制方式。
3. 理解和区分指令周期、CPU 工作周期、时钟周期。

## 内容提要

## 1. 时序

## 1) 时序的概念

时序是指计算机的时间控制。

计算机的工作过程是执行指令的过程, 指令的执行过程是按时间顺序进行的, 即计算机的工作过程都是按时间顺序进行的。

## 2) 时序控制方式

时序控制方式分为同步控制方式与异步控制方式两大类。

### (1) 同步控制方式

各项操作与统一的时序信号同步。优点：时序关系比较简单，控制部件在结构上易于集中，设计方便；缺点：在时间安排上不经济。这种方式常用于 CPU 内部。

### (2) 异步控制方式

各项操作按其需要选择不同长度的时间，不受统一的时钟周期约束，各项操作之间的衔接与各部件之间的信息交换采取应答方式。优点：时间紧凑，能按不同部件、设备的实际需要分配时间；缺点：实现异步控制比较复杂。

**说明** 应答方式是指当控制器发出进行某一微操作控制信号后，等待执行部件完成此操作后发回的“回答”信号或“结束”信号，再开始新的微操作，称为异步控制方式。

## 2. 指令周期

### 1) 时钟周期

时钟周期是指时钟脉冲的重复周期，是计算机主频的倒数，又称为节拍。每个时钟周期完成一步操作，如一次传送、加等。这是时序系统中最基本的时间分段。时钟周期的单位是时间单位：秒 (s)。

例如，某计算机的主频是 100 MHz，则该计算机的时钟周期是 10 ns。

换算思路：(1) 时钟周期是主频的倒数。

$$(2) 1 / (100 \text{ MHz}) = 1 / (100 \text{ M/s}) = 1 / (100 * 10^6) \text{ s} = 1 / 10^8 \text{ s} = 10^{-8} \text{ s} = 10 * 10^{-9} \text{ s} = 10 \text{ ns}$$

**说明** 这里的 1 MHz=10<sup>6</sup>，而 1 MB=2<sup>20</sup>B，换算因子不同。

### 2) CPU 工作周期

**CPU 工作周期**：是计算机完成一个基本操作所需要的时间，简称工作周期，又称为机器周期。一个工作周期一般由若干个时钟周期组成。按 CPU 的基本操作，可以分为取指周期、执行周期。

### 3) 指令周期

**指令周期**：是从一条指令的读取开始时刻，到指令执行结束时刻，这一段时间间隔称为指令周期。

**注意** 按照周期时间由长到短排列为指令周期>机器周期>时钟周期。

### 4) 四类典型的指令

- (1) 非访内指令 (需要 2 个 CPU 工作周期，取指 1 个，执行 1 个)。
- (2) 直接访内指令 (需要 3 个 CPU 工作周期，取指 1 个，执行 2 个)。
- (3) 间接访内指令 (需要 4 个 CPU 工作周期，取指 1 个，执行 3 个)。
- (4) 程序控制指令 (需要 2 个 CPU 工作周期，取指 1 个，执行 1 个)。

**注意** 不同类型的指令，其指令周期的长短可以不同。一条指令的执行至少需要两个 CPU 工作周期，第 1 个 CPU 工作周期为取指周期，其他为执行周期。

## 例题解析

【例 3-2-1】(江苏省单招考题 2010 年) CPU 每进行一次操作, 都要有时间开销。下列几种周期按由短到长排列的是 ( )。

- A. 时钟周期、CPU 周期、指令周期      B. CPU 周期、指令周期、时钟周期  
C. 指令周期、CPU 周期、时钟周期      D. CPU 周期、时钟周期、指令周期

**分析** 指令周期至少由 2 个 CPU 工作周期组成, CPU 工作周期由若干个时钟周期组成, 时钟周期是最短的周期。因此, 时钟周期 < CPU 周期 < 指令周期。

**答案** A

**拓展与变换** 一个指令周期可划分为若干个 \_\_\_\_\_, 若干个时钟周期组成一个 \_\_\_\_\_。

【例 3-2-2】(盐城二模 2009 年) 一条指令的指令周期至少需要 ( ) CPU 工作周期。

- A. 1 个      B. 2 个      C. 3 个      D. 4 个

**分析** 因指令执行过程包括取指令和执行指令, 至少各需要一个 CPU 周期, 所以一条指令周期至少需要 2 个 CPU 工作周期。

**答案** B

**拓展与变换** 如果某指令周期为 4 个 CPU 工作周期, 则 2 个 CPU 工作周期用于取指令, 另外, 2 个 CPU 工作周期用于执行指令。这个说法正确么? 为什么。

【例 3-2-3】同步控制是一种 ( )。

- A. 只适用于 CPU 控制的方式      B. 只适用于外围设备控制的方式  
C. 由统一时序信号控制的方式      D. 所有指令执行时间都相同的方式

**分析** 同步控制方式采用统一时钟信号, 而异步控制方式主要采用应答方式。相比之下, 同步控制简单, 时间安排上不经济, 而异步控制时间紧凑, 但控制复杂。

**答案** C

【例 3-2-4】某 CPU 的主频是 800 MHz, 该 CPU 的每个指令周期平均包括 2.5 个机器周期, 一个机器周期由两个时钟周期组成, 则该 CPU 的运算速度为 ( ) MIPS。

- A. 120      B. 0.875      C. 160      D. 以上都不对

**分析** 每个指令周期平均包括 2.5 个机器周期, 一个机器周期由两个时钟周期组成, 也就是每个指令包括  $2.5 \times 2 = 5$  个时钟周期, 一个时钟周期能执行  $1/5$  个指令, 即  $1/5I$ 。因为 CPU 主频是 800 MHz, Hz 是频率的单位 (1/秒), 所以用  $800 \text{ MHz} \times (1/5) = 160 \text{ MHz} = 160 \text{ MI/s}$ , 也就是 160 MIPS。

**答案** C

【例 3-2-5】采用不定长的 CPU 工作周期, 可以缩短指令的执行时间。

**分析** 各种指令的操作复杂性不相同, 执行时所需要的时间也不相同。如果所有指令采用相同的 CPU 工作周期, 即定长的 CPU 工作周期, 那么, 许多指令执行时会出现有的时间片段 CPU 空闲, 而推迟了下一条指令的执行, 降低计算机运行效率。

**答案** 对

**【例 3-2-6】**非访内指令的指令周期为 ( ) 个 CPU 工作周期。

- A. 1                      B. 2                      C. 3                      D. 4

**分析** 非访内指令需要 2 个 CPU 工作周期，取指 1 个，执行 1 个。

**答案** B

**拓展与变换** 直接访内指令的指令周期为 \_\_\_\_\_ 个 CPU 工作周期。

## 巩固练习

### 一、单项选择题

- (江苏省单招考题 2013 年) 在同步控制方式的多级时序中, 最基本的时间分段是 ( )。
  - 指令周期
  - 机器周期
  - 取指周期
  - 时钟周期
- 一节拍脉冲维持的时间长短是一个 ( )。
  - 机器周期
  - 节拍
  - 时钟周期
  - 指令周期
- 下列各种说法中, 不正确的是 ( )。
  - 在时序的同步控制方式中, 各项操作与统一的时序信号同步
  - 在异步控制方式中, 由于各项操作不受统一的时钟周期约束, 故系统中可以没有时钟系统
  - 在实际应用中, 可以将同步控制操作方式与异步控制方式结合使用
  - 同步方式控制简单但不经济; 异步方式采用应答方式, 时间安排紧凑
- 指令周期是指 ( )。
  - CPU 从主存取出一条指令的时间
  - CPU 执行一条指令的时间
  - CPU 从主存取出一条指令加上执行这条指令的时间
  - 时钟周期时间
- 计算机的各类周期中, 最长的是 ( )。
  - 指令周期
  - 机器周期
  - CPU 周期
  - 时钟周期
- 异步控制方式常用于 ( )。
  - 微程序控制
  - I/O 设备控制
  - 内部总线控制
  - 系统总线控制
- 一个指令周期可以划分为若干个 ( ) 周期。
  - 时钟
  - 机器
  - 译码
  - 取指
- 间接访内指令的指令周期需要 ( ) CPU 工作周期。
  - 1 个
  - 2 个
  - 3 个
  - 4 个
- 假设某微处理器的主频为 20 MHz, 两个时钟周期组成一个机器周期, 平均 3 个机器周期可完成一条指令, 则其平均运算速度为 ( ) MIPS。
  - 1.66
  - 13.33
  - 6.66
  - 3.33
- 计算机中有多种周期, 其中, ( ) 又称为 CPU 周期。

- A. 存取周期      B. 存储周期      C. 指令周期      D. 机器周期

11. 已知微处理器的主振频率为 50 MHz, 两个时钟周期组成一个机器周期, 平均三个机器周期完成一条指令, 它的指令周期是 ( )。

- A. 40 ns      B. 80 ns      C. 120 ns      D. 160 ns

## 二、判断题

12. ( ) 不同的指令, 其指令周期不同。  
 13. ( ) 指令周期的第一个 CPU 周期用于取指令。  
 14. ( ) 在同步控制方式中, 周期的长度是固定的。  
 15. ( ) 指令周期必是时钟周期的整数倍。  
 16. ( ) 执行一条最快的指令需要一个 CPU 周期。  
 17. ( ) 异步控制方式比同步控制方式控制复杂。  
 18. ( ) 计算机采用何种时序控制方式直接决定时序信号的产生, 但不会影响指令的执行速度。  
 19. ( ) (江苏省单招考题 2010 年 B) CPU 周期是处理操作的最基本单位, 通常被称为节拍脉冲。

20. ( ) 采用不定长的 CPU 周期, 可缩短指令的执行时间。

21. ( ) 一个时钟周期可以划分为若干个 CPU 工作周期。

## 三、填空题

22. (江苏省单招考题 2008 年) 已知 PIII CPU 主频为 1GHz, 则该 CPU 时钟周期为\_\_\_\_\_ns。

23. 时序控制方式可分为\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_, 其中, \_\_\_\_\_控制方式用于 CPU 内部。

24. \_\_\_\_\_是指计算机完成一个操作所需的时间, 又称为 CPU 周期。

25. 指令周期主要包括\_\_\_\_\_和执行周期。

26. CPU 采用同步控制方式时, 在组合逻辑控制器中常使用三级时钟系统来提供定时信号, 即机器周期、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。

27. CPU 周期中, 如果执行指令的时间 T 周期数与取指的 T 周期数相同, 称为\_\_\_\_\_。

28. 时序关系比较简单, 设计方便, 时间安排上不太经济的时序控制方式是\_\_\_\_\_。

29. 计算机完成一个基本操作所需的时间称为\_\_\_\_\_。

30. 在计算机系统中产生周期节拍、脉冲等时序信号的部件称为\_\_\_\_\_。

31. 异步控制方式是指各项操作按其需要选择不同的时间, 不受统一的时钟周期的约束, 各操作之间的衔接与各部件之间的信息交换采取\_\_\_\_\_方式。

## 3.3 典型的 CPU 技术

### 学习目标

1. 了解 CPU 典型技术。

2. 理解 RISC 和流水线技术。
3. 了解微程序控制器。

## 内容提要

### 1. 典型的 CPU 技术

#### 1) 精简指令集计算机 (RISC) 技术

RISC 区别于已淘汰的复杂指令集计算机 (CISC) 技术, 设计目标设法降低执行每条指令所需的时钟周期数, 其主要特点如下所示:

- (1) 指令数目较少, 以使用频率高的简单指令为主。
- (2) 指令长度固定, 指令格式种类少, 寻址方式种类少。
- (3) 大多数指令可在一个机器周期内完成。

#### 2) 倍频技术

为提高 CPU 的执行速度, 采用倍频技术。CPU 的工作频率为  

$$\text{内频 (主频)} = \text{外频 (总线频率)} \times \text{倍频}$$

#### 3) 流水线技术

为提高 CPU 的运算速度, 在 CPU 中由 5~6 个不同功能的电路单元组成一条指令处理流水线, 再将一条指令分成 5~6 步, 就可以实现在一个时钟周期完成一条指令。该流水线技术首次在 486 芯片中使用。流水线技术从实现方法上看, 可分成超流水线技术和超标量技术。

#### 4) 超流水线技术

超流水线技术是指 CPU 内部的流水线超过通常的 5~6 步以上, 设计的步数越多, 完成一条指令的速度越快, 实质是以时间换空间。

#### 5) 超标量技术

超标量技术是指在 CPU 中, 有一条以上的流水线并且每个时钟周期内通过并行操作完成一条以上的指令。其实质是以空间换时间。

#### 6) MMX 技术

MMX 是多媒体扩展指令集, 它多用于处理多媒体信息的计算机中。MMX 只有整数运算指令, 应用有图像处理、音频视频等。

### 2. 微程序控制器

微程序控制的提出, 其主要目的是希望能实现灵活可变的计算机指令系统。

#### (1) 微程序控制

微程序控制和组合逻辑控制是微命令产生的两种方式。组合逻辑控制方式采用许多门电路, 设计复杂, 设计效率低, 检查调试困难, 而微程序控制器改进了其缺点。微程序控制器的核心部件是微地址转移逻辑。

微程序控制器的基本思想包括以下两点:

- ① 将控制器所需的微命令以代码形式编成微指令, 存入一个由 ROM 构成的控制存储器 (CM) 中。
- ② 将各种机器指令的操作分解成若干微操作序列。每条微指令包含的微命令控制实现一步操作。若干条微指令组成一小段微程序, 解释执行一条机器指令。