

中国矿业大学新世纪教材建设工程资助教材

微机原理与应用

邓世建 编著

Weiji Yuanli Yu Yingyong

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

中国矿业大学新世纪教材建设工程资助教材

微机原理与应用

邓世建 编著



中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书依托作者多年教学和科研实践,在力求全面介绍微机工作原理的基础上,以典型的 MCS-51 单片机为具体对象,用大量实用示例和一个完整的科研项目作为例证,从基本概念出发,强调微机工作过程与时序,从而使读者从原理和应用全面掌握微机原理与应用技术。

全书共分 11 章,第一至第六章为微机工作原理,包括计算机基础、中央处理器与单片机、半导体存储器、MCS-51 单片机指令系统、汇编语言程序设计和中断系统及应用;第七至第十章是微机接口技术,论述了并行通信接口、串行通信接口、计数器/定时器和模拟接口及它们的应用;第十一章介绍了微机应用系统设计过程与方法,奉献一个科研项目作为应用示例。

本书可作为高等院校电子电气与自动化类专业的教材,也可供广大师生和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

微机原理与应用 / 邓世建编著. —徐州:中国矿业大学出版社,2012.8

ISBN 978-7-5646-1613-7

I. ①微… II. ①邓… III. ①微型计算机—高等学校—教材 IV. ①TP36

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 198182 号

书 名 微机原理与应用

编 著 邓世建

责任编辑 姜 华

出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司

(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)

营销热线 (0516)83885307 83884995

出版服务 (0516)83885767 83884920

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司

开 本 787×1092 1/16 印张 21.25 字数 530 千字

版次印次 2012 年 8 月第 1 版 2012 年 8 月第 1 次印刷

定 价 36.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

随着微型计算机在各个领域的日益普遍应用,各类高等院校都开设了“微机原理与应用”课程。在教学过程中,有的以 80×86 微处理器为主线,有的以单片机为蓝本,当然二者没有本质上的区别,只是在应用上有不同的偏重。实际上,80×86 微处理器的应用倾向于计算机系统,适合于计算机专业的教学;而单片机是针对控制系统应用优化设计的,用于电子电气类专业的教学更为恰当。

对于电子电气类专业来说,使用单片机进行“微机原理与应用”课程的教学,似乎缺少了点什么。经过思考可以发现,单片机似乎并没有完全涵盖微机的知识面。但单片机又是设计控制系统优选的微机类型,无法舍弃。针对这一难题,本书在力求全面介绍微机工作原理的基础上,以典型的 MCS-51 单片机为具体实例,阐述微机原理与应用的知识。

为了使繁杂的内容尽可能地安排得条理清晰有序,并体现出各部分内容的内在关系,本书将内容分为 11 章,第 1~6 章为微机工作原理,内容包括微型计算机的组成与工作原理、计算机中的数与字符、二进制数运算、中央处理器与单片机、半导体存储器、MCS-51 单片机指令系统、汇编语言程序设计和中断系统;第 7~10 章是微机接口技术,论述了并行通信接口、串行通信接口、计数器/定时器和模拟接口以及它们的应用;第 11 章奉献一个科研项目作为应用示例,在介绍了微机应用系统的设计过程与方法后,详细给出了示例的有关设计方法和软硬件设计。

在多年教学和科研实践的基础上,本书从基本概念出发,以大量实用示例作为例证,力求达到从原理和应用上理解并掌握微机原理与应用技术。但作者水平有限,难免出现不妥、甚至错误之处,恳请大家批评指正。

在编写和出版过程中,贾存良教授审阅了全书,中国矿业大学教务处给予了大力支持,信息与电气工程学院同仁提供了热情帮助。在此,谨向他们表示诚挚的感谢。

编 者
2012 年 6 月

目 录

第一章 计算机基础	1
第一节 概述	1
第二节 计算机中的数	8
第三节 二进制数运算	14
第四节 计算机中数与字符的编码	17
第二章 中央处理器与单片机	24
第一节 中央处理器(CPU)	24
第二节 单片机概述	26
第三节 MCS-51 单片机	30
第三章 半导体存储器	41
第一节 半导体存储器基础	41
第二节 只读存储器(ROM)	44
第三节 随机存储器(RAM)	47
第四节 MCS-51 单片机外部存储器的扩展	50
第四章 MCS-51 单片机指令系统	60
第一节 概述	60
第二节 数据传送指令	67
第三节 算术运算指令	74
第四节 逻辑运算和移位指令	78
第五节 位操作指令	82
第六节 控制转移指令	84
第五章 汇编语言程序设计	96
第一节 程序设计概述	96
第二节 顺序结构程序设计	99
第三节 分支结构程序设计	101
第四节 循环结构程序设计	105
第五节 常用程序设计	111
第六章 中断系统及应用	127
第一节 中断及中断系统	127

第二节 MCS-51 单片机中断系统	129
第三节 中断编程与应用	132
第七章 并行通信接口及应用	138
第一节 并行通信及接口基础	138
第二节 并行接口芯片	140
第三节 键盘及并行接口	160
第四节 显示器及并行接口	166
第五节 打印机及并行接口	187
第六节 并行通信总线	191
第八章 计数器/定时器及应用	203
第一节 计数和定时概念	203
第二节 可编程计数器/定时器	204
第三节 计数器/定时器应用	216
第九章 串行通信接口及应用	223
第一节 串行通信基础	223
第二节 MCS-51 单片机的串行口	230
第三节 点对点串行通信	236
第四节 串行通信总线	244
第十章 模拟量接口及应用	264
第一节 模拟量接口应用系统	264
第二节 DAC 工作原理	265
第三节 DAC 芯片及应用	267
第四节 ADC 工作原理	277
第五节 ADC 芯片及应用	280
第十一章 微机应用系统设计	288
第一节 概述	288
第二节 绝缘子闪络及监测技术	291
第三节 闪络监测仪设计	295
第四节 闪络监测站设计	313
第五节 环境监测站硬件设计	327
附录 MCS-51 单片机指令列表	330
参考文献	334

第一章 计算机基础

本章重点：

计算机、微机和单片机组成与工作原理,数制及转换,二进制数运算,数与字符编码。

第一节 概 述

一、计算机及发展

(一) 计算机的定义与特点

计算机是电子数字计算机的简称,它是一种高度自动化、能够高速进行算术运算、逻辑判断、信息加工处理和记忆的机器,能模仿人类的思维活动、代替人的部分脑力劳动、对生产过程实施某种控制等。

与人工计算或其他计算工具相比,计算机的特点主要有:

(1) 运算速度快。现代计算机的主频已经到达 GHz 数量级,进行一次加法运算的时间仅需几个 ns,远远高于人类和其他任何运算工具的运算速度。

(2) 运算精度高。运算精度取决于运算的数据位数。尽管计算机一次处理的数据位数有限,但通过一定的算法可方便地增加运算数据的位数。理论上,计算机可以完成任意位数的运算。

(3) 具有“记忆”能力。计算机中的一些存储器掉电后仍然能保持数据不丢失,而具有记忆能力。

(4) 具有逻辑判断能力。借助于数理逻辑和布尔代数,计算机可以进行逻辑判断和推理,而具有“智能”。

(5) 自动化程度高。人们一旦为计算机配备了必备的硬件和软件,它就可以根据程序自动完成规定的工作。

(6) 通用性强。计算机能够被应用于各种场合,如科学计算、数据处理、仪器仪表、自动控制、通信、家用电器和游戏娱乐等。可以说,当今世界已进入计算机时代,没有了计算机,人类社会将寸步难行。

(二) 计算机的发展过程

自 1946 年第一台 ENIAC(电子数字积分计算机)诞生开始,计算机的发展大致经历了四代。

1. 电子管时代

电子管时代计算机是第一代,时间约在 1946~1957 年间,主要特征是:逻辑器件采用电子管,存储器采用延迟线、磁鼓和磁带机等;软件使用机器语言,主要用于数据处理;代表机型是 ENIAC。

第一代计算机的特点是:体积庞大、运算速度很慢、存储器容量很小。例如 ENIAC,它

使用了 18 000 个电子管,重 30 t、占地 150 m²、耗电 150 kW;存储器容量 17 kbite,字长 12 bite,加法运算速度为 5 000 次/s。

尽管第一代计算机的性能有限,但它奠定了计算机技术的基础。

2. 半导体晶体管时代

半导体晶体管时代计算机约出现在 1957~1964 年间,主要特征是:逻辑器件采用半导体晶体管,存储器采用磁芯和磁盘;软件广泛使用 FORTRAN、COBOL 和 PL/1 等高级语言,还出现了操作系统;在数据处理领域获得了广泛应用,并开始用于过程控制;代表机型有美国的 TX-10,国产的 108-乙机和 X-2。

半导体晶体管时代计算机是第二代,与第一代相比,体积小、耗电少,运算速度达到几十万次/s,可靠性也有所提高。

3. 半导体集成电路时代

半导体集成电路时代计算机进入了第三代,它起始于 IBM 360 系列机,时间约在 1964~1970 年间,主要特征是:逻辑器件采用集成电路,存储器仍然采用磁芯和磁盘;操作系统得到进一步完善,软件仍然是高级语言;广泛应用于科学计算、数据处理和工业控制;国产代表机型有 709 机、130 机和 150 机等。

在性能上,第三代计算机比第二代提高了一个数量级,运算速度达到几百万次/s;系统结构和可靠性也有了许多改进和提高。

第三代计算机进入了实用时代,机型系列化、多样化,外部设备不断增加;与通信技术结合起来,出现了本地和远程终端;在发展大型机的同时,开始研制小型机。

4. 大规模集成电路时代

大规模集成电路时代计算机是第四代,起始于 1971 年,主要特征是:硬件(包括存储器)使用大规模集成电路,软件更加完备,性能日益提高;代表机型有 470V/6、M-190 等。

第四代计算机又可分为巨型机、大型机、中型机、小型机和微型计算机(微型机)等五类。

从系统结构和基本工作原理来讲,这几类计算机并无本质区别,只是在体积性能和应用范围等方面有所不同,微型机是我们将要学习的主要内容。

(三) 计算机的发展趋势

自 20 世纪 70 年代,特别是 80 年代以来,计算机技术与应用得到了飞速发展,计算机不仅用于科学计算和工业控制,也已进入了人们的日常生活中;不仅用于数据处理,而且进行智能计算。目前计算机的发展走向两个极端,一是大型及巨型化,二是小型及微型化,网络化更是在突飞猛进。与此同时,人们已经开始研究生物计算机。

1. 大型及巨型化

为了满足天气预报、复杂的数学运算等问题,需要计算机具有极高的运算速度和极大的内存容量,于是出现了大型和巨型计算机。例如我国 1997 年研制成功的银河-Ⅲ巨型计算机,其运算速度达 130 亿次/s。

2. 小型及微型化

尽管大型和巨型计算机功能强大,但体积大、价格高,给普及应用带来了极大的困难。一是体积大无法用于航空航天等要求体积小的场合,二是价格高难以在一般企业、农业、家庭和个人等广大领域推广应用。小型和微型计算机的出现恰好解决了这些问题。

3. 网络化

随着电子科学技术的发展与应用,微型计算机的功能已非常强大,而且价格低,目前得到了普及应用。同时,人们对信息共享与交换的需求也越来越高,于是出现了计算机网络。计算机网络是许多台微型计算机通过数据通信网络连接起来的计算机系统,它除了能够进行信息处理、共享和交换外,还可以进行分布式计算,将来有取代大型和巨型计算机的趋势。

二、计算机的组成与工作原理

(一) 计算机的组成

计算机由输入设备、输出设备、存储器、运算器和控制器等组成,如图 1-1-1 所示。

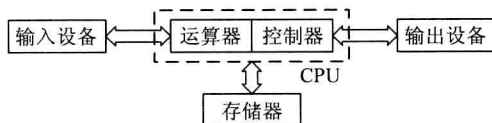


图 1-1-1 计算机的组成

图 1-1-1 中计算机各部分的作用是:

- (1) 输入设备:用于把程序和数据等送入存储器中;
- (2) 输出设备:用于输出计算机处理数据的结果;
- (3) 存储器:用于存放程序和数据;
- (4) 运算器:用于进行算术和逻辑等运算;
- (5) 控制器:是计算机硬件系统的指挥中心,它从存储器中取出指令和数据送给运算器进行执行和处理,指挥计算机有条不紊地工作。

现在,运算器和控制器通常被集成在一块或几块集成电路中,称之为中央处理器 CPU (Central Processing Unit),是计算机的核心部件。CPU 也被称为微处理器 MP(Micro Processor),MP 有时书写为 μP ,或微处理器单元 MPU(Micro Processing Unit)。

✪ 这就是“冯·诺依曼”型计算机的组成,即计算机是通过执行存储器中的程序进行工作的。迄今为止,所有的计算机组成都是“冯·诺依曼”型的。

(二) 计算机的工作原理

下面通过一个小游戏来了解计算机的具体工作原理。

有一个像人类一样的“小精灵”,能够根据人们写在一张卡片上的指令进行运动,如图 1-1-2 所示。

“小精灵”的工作过程如下:

- (1) 使用眼睛(输入设备)将指令语句逐条读入脑袋中,并翻译成指令代码;
- (2) 把指令代码按照序号记忆在脑细胞中(存储器),即按照存储地址有序地存储在存储器中:(1000)=12、(1001)=63……;这样有序排列的指令代码被称为程序;
- (3) 启动大脑(控制器),从存储器 1000 处取出第 1 条指令代码,并送给运算器;
- (4) 运算器将代码翻译成对应的功能(指令译码),如举左手一次,和具体动作指挥有关机构(微操作)将左手(输出设备)举起一次;
- (5) 取出第 2 条指令代码,译码、微操作、设备输出;



序号	指令语句	指令代码	存储地址
1	举左手一次	12	1000
2	脑袋向右摆动一次	63	1001
3	说 Hello	18	1002
4	举右手一次	71	1003
5	脑袋向左摆动一次	82	1004
6	说你好	59	1005
7	转到第一步重新开始	02	1006

图 1-1-2 “小精灵”游戏

(6) 取出第 3 条指令代码……;如此不断地进行下去,连续不断、没完没了。

可见,计算机就像人的大脑一样,所以人们把计算机俗称为“电脑”。

(三) 计算机的主要技术指标

一台计算机的性能是由它的系统结构、硬件组成、指令系统和软件配置及外部设备等诸多因素决定的,而不能仅凭一两项技术指标来衡量。下面介绍几项主要的计算机技术指标。

1. 字长

字长是计算机中作为整体处理和运算的若干位二进制数,即 CPU 一次能够处理二进制数的位数。目前常用的字长有 8、16、32 和 64 位等,当然位数越多、性能越高。人们通常将字长称为计算机的位数。

2. 存储容量

存储容量表示计算机存储程序和数据的能力,容量越大,存储能力越强。存储容量通常以字节(byte)为单位,1024(2^{10})字节为 1KB。一台计算机存储容量的大小根据其规模确定,如单片机通常为几百字节到几十 KB,PC 机(个人计算机)通常为几十 MB 到几 GB。

3. 存取周期

存取周期表示计算机从存储器中读写一次数据所需的全部时间,时间越短,计算机性能越高。目前,半导体存储器的存取时间在 ns 数量级。

4. 运算速度

运算速度是指计算机每秒所能执行的指令条数。由于指令执行的时间长短不一,就出现了平均速度、每秒执行加法指令的数量和 CPU 主频及机器周期等不同的表示方法。

三、微型机的结构、分类与发展

(一) 微型机的结构

考虑到能够以最高速度和最简单的结构工作,微型机一般采用图 1-1-3 所示的结构。

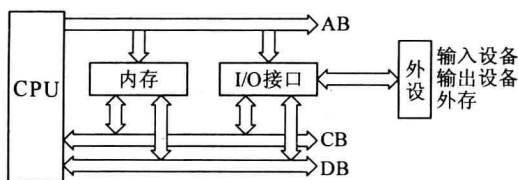


图 1-1-3 微型计算机结构

1. 存储器

存储器分为内部存储器(简称为内存)和外部存储器(简称为外存)。

内存工作速度快,但容量有限,用于存储 CPU 将要执行的程序和处理的数据。外存工作速度慢,但容量大,用于库存程序和数据;当 CPU 需要处理或使用外存中的程序和数据时,由其执行程序装入内存。

2. 外设与 I/O 接口

外设是外部设备的简称,它包括输入设备、输出设备和外存。

接口(interface)是连接 CPU 与外设的“桥梁”,为它们提供数据交换服务,具体作用包括:对数据进行一些预处理,以减轻 CPU 的负担和提高 CPU 工作效率;对 CPU 与外设间的数据传送速度进行协调和控制;对信号类型、逻辑电平进行变换;转换数据传送方式;通过标准化的接口,连接品种繁多的 CPU 和外设。

虽然图 1-1-3 中仅用极其简单的“I/O 接口”就概括了该部分,但由于外设的多样性,I/O 接口种类繁多。从系统构成的角度,接口可分为系统和应用接口;从使用范围的角度,接口可分为通用和专用接口;从一次传送数据量的角度,接口可分为并行和串行接口;从传送信息类型的角度,接口可以分为数字和模拟接口。

系统接口是微型机必不可少的组成部分,如显示器与键盘接口等;应用接口是相对系统接口而言的,但不是必需的。通用接口可供不同的外设使用,如 RS-232C 等;专用接口专门用于某一特定外设,如磁盘控制器等。并行接口一次数据传送过程能够传送多个 bit 数据,如打印机并行接口;串行接口一次只能传送一个 bit 数据。数字接口仅能够处理数字量,模拟接口能够进行模拟和数字信号间的转换。

3. 总线

总线(bus)是一种公用的标准通信信道,它将计算机各个组成部分连接在一起,并为它们提供数据传送服务。在微型机中有 AB、DB 和 CB 三种总线,它们将 CPU、内存和 I/O 接口连接在一起。

AB(Address Bus)是地址总线,单向,是 N 条信号线的集合,用于选择内存中的某个单元和 I/O 接口的端口;它的数量(宽度 N)决定了寻址范围: $0 \sim 2^N - 1$ 。

DB(Date Bus)是数据总线,双向,是 N 条数据信号线的集合;它的数量(宽度 N)决定了一次传送或处理数据的位数。

CB(Control Bus)是控制总线,用于控制 CPU、内存和 I/O 接口的信息交换,一般由多条单向信号线组成。

(二) 微型机的分类

按照组装形式和系统规模,微型机可以分为单片机、单板机和个人计算机。

1. 单片机

单片机是一种把 CPU、存储器和 I/O 接口集成在一片 IC 中的微型机。例如,Intel 的 MCS-48 系列的 8041,Intel 的 MCS-51 系列的 8051。

单片机的特点是:体积小、功耗低,在智能仪器仪表及自控领域内应用极广;除了指令系统外,没有配备任何软件。

★ 单片机是我们学习的主要内容。

2. 单板机

单板机是一种把 CPU、存储器、I/O 接口和简单的人机交互设备(例如 LED 及数码管显示器、简单键盘和磁带机式外部存储器等)安装在一块 PCB 上的微型机,并配备有监控程序用于操作单板机。例如,我国的 TP801。

单板机的特点是:体积小,减少了硬件设计工作量,一般仅用于实验,偶尔用于工业自动化领域。其外延产品是嵌入式计算机。

3. 个人计算机

个人计算机(PC)是一种将 CPU、存储器、I/O 接口和较完备的人机接口等装配在一个主机箱内供个人使用的微型机。例如,美国 APPLE 公司 1977 年生产的 APPLE 微机,IBM 公司 1981 年推出的 IBM-PC、XT 等。

个人计算机的特点是:在硬件上,有更完美的存储器系统(内存大、外存丰富),有更完美的人机接口及外设(如键盘、CRT 显示器和打印机等);在软件上,配备系统软件,也可以选配各种应用软件。其外延产品是工业控制微型计算机,简称工控机。

(三) 微型机的发展过程及趋势

随着电子科学和计算机技术的发展与应用,自 Intel 公司于 1971 年研制成功 4 位微型计算机以来,短短几十年来,微型计算机得到了突飞猛进的发展。特别是近些年,其发展更是日新月异。纵观其发展,至今大致历经了五代的演变。

第一代大约在 1971~1972 年,标志是 Intel 公司首先研制的 4 位微处理器及 MCS-4 微型机;1973~1977 年,Intel 公司研制的 8 位微处理器 8080 及 MCS-80 微型机, Motorola 公司研制的 8 位微处理器 6800, Zilog 公司研制的 8 位微处理器 Z80, Zilog 和 Intel 公司研制的 8 位微处理器 8085,标志着微型机进入第二代;微型机的第三代微处理器已升级为 16 位,代表产品为 Intel 公司的 8086、Zilog 公司的 Z8000 和 Motorola 公司的 M68000,典型的微型机为 IBM 公司的 PC-AT;进入 20 世纪 80 年代,先后出现了 80286、80386、80486 和 80586 等微处理器,微处理器由 16 位升级到 32 位,这是第四代;到了 1995 年,微型机进入了第五代,标志是 Intel 公司的 32 位奔腾(Pentium)微处理器,操作系统也由字符型的 DOS 变成了可视化的 Windows。

第三代和第四代微型机的功能已经非常强大,它们淘汰了小型计算机;第五代微型机的功能更加强大,已经替代了中型计算机。当前,微处理器和微型机正朝着以下几个方向发展:

- (1) 发展高性能 32 位和 64 位微处理器;
- (2) 发展专业化、高性能的单片机;
- (3) 发展多微处理器微型机,进行并行计算;
- (4) 发展微型机网络,实现分布式计算;
- (5) 完善、优化和发展 I/O 接口及外设。

四、计算机系统

(一) 计算机系统的组成

计算机是人们的通常称呼,一个完整、实用的计算机严格地应叫做计算机系统。

计算机系统是指由包含 CPU、存储器、I/O 接口和各种外设(显示器、键盘、打印机)等

的硬件和系统以及各种应用软件构成的系统,具体组成如表 1-1-1 所示。

表 1-1-1

计算机系统组成

计算机系统	硬件	主机	CPU,内存,I/O 接口,总线接口
		外设	外部存储器,输入设备,输出设备
	软件	系统软件	指令系统,监控程序,操作系统,汇编、解释和编译程序,诊断程序,子程序库
		应用软件	字和表格处理软件,工业监控软件
		程序设计语言	机器语言,汇编语言,C 语言,高级语言

(二) 程序设计语言

如同人们撰写文章一样,设计或编写程序也要使用某种语言,这种语言就是计算机语言。计算机语言一般分为机器语言、汇编语言和高级语言三类。

1. 机器语言

机器语言是 CPU 唯一能认识的语言,任何其他类型语言的程序必须转换为机器语言程序 CPU 才能执行。机器语言与计算机硬件直接相关,不同的 CPU 一般认识不同的机器语言。机器语言有二进制和十六进制两种形式,由于不易被人们编写与识别,通常不用于程序设计,而只用于程序调试。

2. 汇编语言

汇编语言是机器语言的助记符形式,比较直观、易于记忆和识别。汇编语言面向具体的计算机,在空间和时间上能够充分利用计算机的资源,编程灵活、简捷精练、效率高,适用于实时程序设计,得到广泛应用、经久不衰,但对于编写大型程序,开发工作量非常大。使用汇编语言编写的程序必须转换为机器语言程序,计算机才能执行。与高级语言相比,汇编语言属于低级或初级语言。

3. 高级语言

高级语言是面向过程和问题的,表达形式接近于人们的自然语言和数学表达式,使人们把注意力集中在过程和问题上,如 Basic、Pascal 等。高级语言独立于具体的计算机,即与具体的 CPU 无关,运行时必须将高级语言程序变成不同 CPU 的机器语言程序。

现在还流行一种 C 语言,它是一种介于初级语言和高级语言之间的计算机语言,暂且称之为中级语言。C 语言融合了汇编语言和高级语言的优点,在应用软件和工控软件开发领域中获得了广泛应用。

总而言之,各种计算机语言各有所长,也各有所短,不能说哪一种绝对好或不好。在设计程序时,要根据具体情况,扬长避短,选择恰当的计算机语言。

(三) 系统软件

系统软件是指为了方便用户操作与开发应用计算机而提供的系列软件。

监控程序是为单板机配备的系统软件,用于操作与开发应用,程序小、功能简单,仅适用于专业用户。操作系统是面向大众用户为 PC 等微机配备的系统软件,功能比监控程序强大得多,更易于使用。汇编程序就是把汇编语言程序转换为机器语言的程序。解释程序则是将高级语言(如 Basic)程序转换为机器语言的程序,且转换一句执行一句。编译程序也是把高级语言程序转换为机器语言的程序,但不执行。诊断程序用于辅助检查计算机故障。

子程序库是许多子程序的集合,供开发程序使用。

指令系统是 CPU 能够执行指令的集合,是一种与硬件关联的“定义”,任何 CPU 必须有这样一种“软部件”,否则什么都不是。但指令系统不是系统软件,将其列入系统软件主要是强调与硬件的区别。

(四) 应用软件

应用软件是为解决某个具体问题而编写的程序,如字处理软件、表格处理软件和工业监控软件等。随着计算机的普及应用,许多软件技术人员在从事应用软件开发工作,研发了大量的应用程序。

第二节 计算机中的数

一、数制

计算机是处理信息的工具,在计算机中信息是各种形式的数据,而说到数据必然涉及数制。数制是人们利用符号表示数据的一种科学方法。

数制有多种,计算机中常用的有十进制、二进制和十六进制。

(一) 十进制

十进制(decimal)是人们日常使用的一种数制,例如 123456,其特点是:

- (1) 自 0 到 9 共有 10 个不同的数码,即表示数据的基本符号;
- (2) 在数据的运算过程中,逢十进位,即它的某位满十时就要向邻近位进一;
- (3) 任何一个数码的大小不仅与数码本身的值有关,而且与数码在数据中的位置有关,例如数据 333 中哪一个 3 大? 数据 123.45 中,3 大还是 2 大?

(4) 任意一个十进制数 N 均可表示为幂级数形式:

$$\begin{aligned} N &= \pm (a_{n-1} \times 10^{n-1} + a_{n-2} \times 10^{n-2} + \cdots + a_0 \times 10^0 + a_{-1} \times 10^{-1} + \\ &\quad a_{-2} \times 10^{-2} + \cdots + a_{-m} \times 10^{-m}) \\ &= \pm \sum_{i=n-1}^{-m} a_i \times 10^i \end{aligned} \quad (1-2-1)$$

式中, i 表示数码在数据中的位置, a_i 表示第 i 位数码, n 为整数部分的位数, m 为小数部分的位数;10 为基数,也就是所说的十进制, 10^i 称为权,即权与基数和位置有关。

例如: $123.45 = 1 \times 10^2 + 2 \times 10^1 + 3 \times 10^0 + 4 \times 10^{-1} + 5 \times 10^{-2}$

(二) 二进制

二进制(binary)是计算机中常采用的数制,由于二进制数易于电路表示、存储和运算,迄今为止所有计算机都是采用二进制数据。其特点是:只有 0 和 1 两个数码;基数为 2,加法计算时逢 2 进 1。

任意一个二进制数 N 均可表示为幂级数形式:

$$\begin{aligned} N &= \pm (a_{n-1} \times 2^{n-1} + a_{n-2} \times 2^{n-2} + \cdots + a_0 \times 2^0 + a_{-1} \times 2^{-1} + \\ &\quad a_{-2} \times 2^{-2} + \cdots + a_{-m} \times 2^{-m}) \\ &= \pm \sum_{i=n-1}^{-m} a_i \times 2^i \end{aligned} \quad (1-2-2)$$

例如： $10110.11 = 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} = 22.75$

(三) 十六进制

十六进制(hexadecimal)是人们研究和使用二进制数的一种常用形式,可大大减轻阅读和书写二进制数的负担。其特点有:自 0~9、A~F 共有 16 个不同的数码为表示数据的基本符号;基数为 16,逢 16 进位。例如: $1101\ 1011\text{B}=\text{DBH}$, $1001\ 0011\ 1111\ 0010\text{B}=93\text{F2H}$ 。

任意一个十六进制数 N 均可表示为幂级数形式:

$$\begin{aligned} N &= \pm (a_{n-1} \times 16^{n-1} + a_{n-2} \times 16^{n-2} + \cdots + a_0 \times 16^0 + a_{-1} \times 16^{-1} + \\ &\quad a_{-2} \times 16^{-2} + \cdots + a_{-m} \times 16^{-m}) \\ &= \pm \sum_{i=n-1}^{-m} a_i \times 16^i \end{aligned} \tag{1-2-3}$$

例如: $70\text{F.B1} = 7 \times 16^2 + 0 \times 16^1 + \text{F} \times 16^0 + \text{B} \times 16^{-1} + 1 \times 16^{-2} = 1807.6914$

推而广之,任意进制的任一个数 N 可表示为:

$$\begin{aligned} N &= \pm (a_{n-1} \times B^{n-1} + a_{n-2} \times B^{n-2} + \cdots + a_0 \times B^0 + a_{-1} \times B^{-1} + \\ &\quad a_{-2} \times B^{-2} + \cdots + a_{-m} \times B^{-m}) \\ &= \pm \sum_{i=n-1}^{-m} a_i \times B^i \end{aligned} \tag{1-2-4}$$

式中, B 为进制数,即幂级数中的基数。可以看出:基数越大,同一位的权就越大;位置越高,同一基数的权就越大。

为便于学习,表 1-2-1 列出了部分十进制、二进制和十六进制数的对应关系。

表 1-2-1 部分十进制、二进制和十六进制数的对应关系

整 数			小 数		
十进制	二进制	十六进制	十进制	二进制	十六进制
15	1111	F	0	0	0
14	1110	E	0.5	0.1	0.8
13	1101	D	0.25	0.01	0.4
12	1100	C	0.125	0.001	0.2
11	1011	B	0.0625	0.0001	0.1
10	1010	A	0.03125	0.00001	0.08
9	1001	9	0.015625	0.000001	0.04
8	1000	8			
7	0111	7			
6	0110	6			
5	0101	5			
4	0100	4			
3	0011	3			
2	0010	2			
1	0001	1			

为了便于人们阅读和计算机区分,必须给不同进制的数加上标记,有两种标记方法:

(1) 给数据添加下标,下标为进制数。例如: $[101]_{16}$, $[101]_{10}$, $[101]_2$ 。

(2) 给数据添加英文字母后缀,例如:101H,101D,101B。其中,B表示二进制,D表示十进制,H表示十六进制,一般情况下常省略D。

二、数制的转换

以上三种不同数制在使用上各有特点,但CPU只能处理二进制数据,这就要求对不同数制的数据进行转换,转换方式如图1-2-1所示。

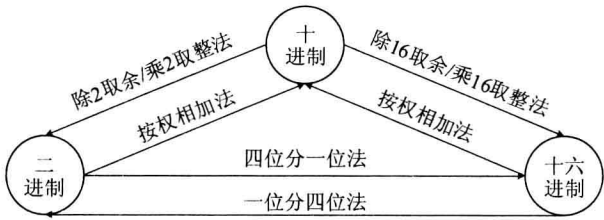


图 1-2-1 十进制、二进制与十六进制数据转换方式

(一) 二进制与十进制数之间的转换

二进制数→十进制数,按式(1-2-2)幂级数展开求和即可,即按权相加法。

例如: $11010.01B = 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} = 26.25D$

十进制整数→二进制整数,常用除2取余法。

例如: $215D = 11010111B$,转换过程中图1-2-2(a)所示。

十进制小数→二进制小数,通常采用乘2取整法。

例如: $0.6879D \approx 0.1011B$,转换过程如图1-2-2(b)所示。

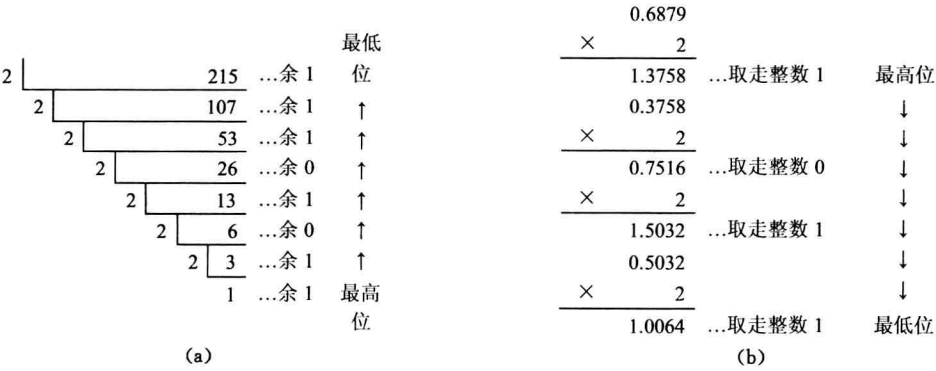


图 1-2-2 十进制数到二进制的转换过程

✪ 二进制转换成十进制可以精确转换,十进制转换成二进制不一定能进行精确转换!

✪ 对于既有整数又有小数的数据,先把整数和小数部分分别转换,再合并起来即可。

例如: $215.6879D \approx 11010111.1011B$

(二) 十六制与十进制数之间的转换

转换方法与二进制与十进制数之间的相同,仅是进制的差别。

十六进制数→十进制数,按式(1-2-3)幂级数展开求和即可,即按权相加法。

例如:3FEAH= $3 \times 16^3 + 15 \times 16^2 + 14 \times 16^1 + 10 \times 16^0 = 16362D$

十进制整数→十六进制整数,常用除 16 取余法。

例如:3882D=F2AH,转换过程如图 1-2-3(a)所示。

十进制小数→十六进制小数,通常采用乘 16 取整法。

例如:0.76171876D $\approx$ 0.C3H,余 0.00000256,转换过程图如 1-2-3(b)所示。

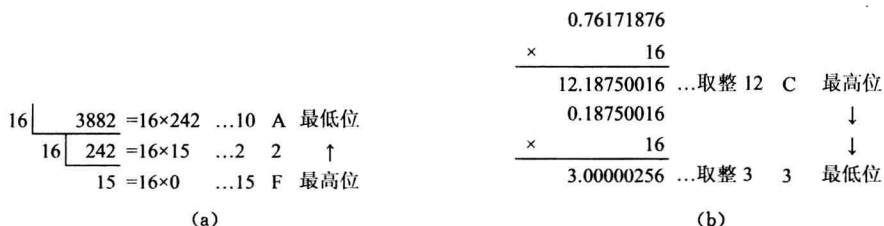


图 1-2-3 十进制数到十六进制数的转换过程

✪ 与十进制小数到二进制小数转换一样,十进制小数→十六进制小数不一定能进行精确转换;对于既有整数又有小数的数据,先把整数和小数部分分别转换,再合并起来即可。

(三) 二进制与十六进制数之间的转换

二进制数→十六进制数,采用四位合一位法,即把四位二进制数合成一位十六进制数。合成时,对于整数从最右端开始,每四位合一,不足四位的在最左端补 0;对于小数从最左端开始,每四位合一,不足四位的在最右端补 0。

十六进制数→二进制数,采用一位分四位法,即把一位十六进制数分成四位二进制数。

例如:1101100111110.101001B $\leftrightarrow$ 1B3E.A4H 之间的相互转换,转换过程如图 1-2-4 所示。

1	1011	0011	1110	.	1010	01
0001	1011	0011	1100	.	1010	0100
1	B	3	E	.	A	4

图 1-2-4 二进制数与十六进制数的相互转换过程

三、数的表示方法

众所周知,数据有整数与小数、有正数与负数。在计算机中如何通过二进制数来表示?对于正数与负数,采用二进制数表示;对于小数点有定点和浮点两种表示方法。

采用定点表示方法的计算机称为定点机,采用浮点表示方法的计算机称为浮点机。

(一) 定点表示方法

定点表示法就是小数点位置是固定不变的,可以固定在数值位之前,也可约定在数值位之后,由设计者决定并按照约定进行运算程序设计。

定点表示法中,整数与小数的表示法是不同的,如图 1-2-5 所示。图中,“+/-”部分叫做数符,“数值”部分叫做尾数,整数表示法时小数点固定在最右边,小数表示法时小数点固定在最左边。数符表示尾数的正负,通常 0 表示正,1 表示负;尾数表示数值的大小,其位数