



高等教育系列教材(计算机与信息管理类)

汇编语言程序设计

总主编 彭波

本书主编 刘群

总策划 张玲



南海出版公司

高等教育系列教材(计算机与信息管理类)

汇编语言程序设计

总 主 编 彭 波
本书主编 刘 群
主 审 王荣良
总 策 划 张 玲

南海出版公司

2003·海口

图书在版编目(CIP)数据

汇编语言程序设计/刘群主编. —海口:南海出版公司,

2003.3

高等教育系列教材(计算机与信息管理类)

ISBN 7-5442-2378-7

I. 汇… II. 刘… III. 汇编语言—程序设计—高等学校—教材 IV. TP313

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 101415 号

HUIBIAN YUYAN CHENGXU SHEJI

汇编语言程序设计

主 编 刘 群

责任编辑 张 辉

装帧设计 时 代

出版发行 南海出版公司 电话 (0898)65350227

社 址 海口市蓝天路友利园大厦 B 座 3 楼 邮编 570203

经 销 新华书店

印 刷 北京昌平前进印刷厂

开 本 787×960 1/16

印 张 15.75

版 次 2003 年 3 月第 1 版 2003 年 3 月第 1 次印刷

印 数 1—10000 册

书 号 ISBN 7-5442-2378-7

定 价 22.00 元

南海版图书 版权所有 盗版必究

编审说明

随着中央处理器 CPU 的不断更新换代,作为计算机科学与技术专业核心课程之一的汇编语言程序设计已越来越受到人们的重视。用汇编语言编制程序的最大优点就是可以充分利用计算机的许多硬件特性,比如寄存器、标志位等,而且用汇编语言编制的程序一般质量高,执行速度快,占用机器内存也少。

本书以早期的 8086/8088 汇编语言为基础。在编写过程中力求做到体系完整,结构合理,内容丰富,通俗易懂,深入浅出。通过一系列程序设计实例详细介绍汇编语言程序设计的基本方法、基本思想以及程序设计技巧。为便于学生学习,本书在每章开头均附有本章要点,各章均编入一定数量的练习题,以便于练习巩固。

全书共分八章内容。第 1 章是计算机基础知识,介绍了汇编语言程序设计要用到的基础知识;第 2、3 章则介绍了汇编语言的主要寻址方式、8086/8088 的指令系统,并给出了一些指令的简单使用实例;第 4、5 章介绍了汇编语言的指令格式、源程序的基本结构、各种伪操作、宏汇编程序设计、汇编语言程序设计的基本方法以及三种基本结构的程序设计和汇编语言的上机过程;第 6 章介绍了输入/输出和中断技术;第 7 章介绍了 BIOS 和 DOS 系统中断调用方面的内容;第 8 章则简要介绍了 80286、80386、80486 以及 Pentium 微处理器等方面的内容。

本套计算机类系列教材由中国农业大学计算机系主任彭波教授担任总主编,由北京时代科发教材研究中心计算机事业部主任张玲担任总策划。本书由刘群主编。参加编写工作的还有陶宏伟、张欣、曾文琪等。全书由华东师范大学计算机系王荣良教授主审。

由于编者水平有限,书中难免存在错误、疏漏之处,敬请广大读者和有关专家教授不吝批评指正,以便不断修订完善。主编 E-mail: sunyilin@elec. bnu. edu. cn。

高等教育系列教材编审指导委员会

2003 年 3 月

目 录

第 1 章 计算机基础知识	(1)
§ 1.1 微型计算机系统组成	(1)
§ 1.2 计算机程序设计语言	(5)
§ 1.3 计算机运算基础知识	(8)
§ 1.4 计算机程序算法的表述	(19)
习题 1	(26)
第 2 章 CPU 结构及其寻址方式	(28)
§ 2.1 8086/8088CPU 内部结构	(28)
§ 2.2 8086/8088 内部寄存器组	(29)
§ 2.3 8086/8088 指令和指令周期	(33)
§ 2.4 8086/8088 外部存储器组织结构	(35)
§ 2.5 8086/8088CPU 寻址方式	(37)
习题 2	(41)
第 3 章 8086/8088 指令系统	(43)
§ 3.1 数据传送指令	(43)
§ 3.2 算术运算指令	(49)
§ 3.3 逻辑运算指令	(59)
§ 3.4 数据串操作类指令	(63)
§ 3.5 处理器控制类指令	(68)
§ 3.6 程序控制转移指令	(70)
习题 3	(78)
第 4 章 汇编语言伪指令系统	(84)
§ 4.1 汇编语言指令和语句	(84)
§ 4.2 汇编语言伪指令	(88)
§ 4.3 汇编语言运算符	(97)
§ 4.4 汇编语言宏指令	(104)
§ 4.5 汇编语言条件汇编伪指令	(112)
习题 4	(114)

第 5 章 汇编语言程序设计方法	(118)
§ 5.1 程序设计方法概述	(118)
§ 5.2 循环程序设计	(122)
§ 5.3 分支程序设计	(126)
§ 5.4 子程序设计	(128)
§ 5.5 汇编程序调试工具	(133)
习题 5	(139)
第 6 章 输入输出与中断技术	(145)
§ 6.1 计算机的输入与输出	(145)
§ 6.2 输入输出控制方式	(149)
§ 6.3 中断技术和中断程序设计	(156)
习题 6	(173)
第 7 章 BIOS 和 DOS 中断调用	(176)
§ 7.1 BIOS 中断调用	(176)
§ 7.2 DOS 中断调用	(186)
习题 7	(211)
第 8 章 80X86CPU 和指令简介	(218)
§ 8.1 80286CPU 和指令简介	(218)
§ 8.2 80386 CPU 简介	(219)
§ 8.3 80486 及其他高性能 CPU 和指令简介	(221)
习题 8	(223)
附录一 标准 ASCII 字符表	(224)
附录二 BIOS 中断调用	(227)
附录三 DOS INT21 功能调用表	(232)
附录四 MASM 汇编错误表	(238)
附录五 8086/8088 指令表	(239)

计算机基础知识

§1.1 微型计算机系统组成

计算机系统由硬件系统和软件系统组成。硬件系统包括主机、存储器、输入设备（键盘、鼠标等）和输出设备（显示器、打印机），主机主要由 CPU 即中央处理器（包括运算器、控制器）和主存（内存存储器）组成，此外还包括时钟电路、中断控制电路、外存储器、DMA（直接存储器访问）电路、总线、附属电路等。CPU 用于执行运算和控制整个计算机的工作。图 1-1 是微机计算机硬件结构示意图。软件系统包括系统软件和应用软件。系统软件有操作系统、程序设计语言、编译系统、通用数据库管理系统等，应用软件有文字处理软件、表处理软件、应用数据库管理系统等。

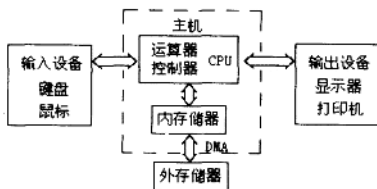


图 1-1 微型计算机硬件结构示意图

1.1.1 硬件系统

1. 中央处理器

中央处理器是计算机系统的核心部件，主要包括运算器和控制器两个部件。

(1) 运算器

运算器的英文简称为 ALU，它是按照特定的 CPU 指令来进行算术运算和逻辑运算的处理部件，通常由各种寄存器和累加器所组成，这些寄存器和累加器用来暂时保存一些数据和完成各种最基本的运算，其中包括算术运算和逻辑运算。运算器也可以在控制器的控制下，根据 CPU 指令的要求将处理结果送到存储器保存起来或通过特定的输出设备把结果显示出来。

(2) 控制器

控制器通常是由指令寄存器、指令计数器、译码器以及各种控制线路所组成。主要是用来完成对输入和输出的操作，以及对运算器起到控制作用。控制器可以从存储器中读取指令，经过译码器译码之后向计算机的各部件发出执行操作的控制信号，完成对该指令的执行。因此，控制器可以实现对输入和输出设备、存储器和运算器的控制和管理功能，可以将原始数据从输入、输出设备或存储器中取出并送到运算器，也可将运算器加工处理的结果送到存储器或输入、输出设备中。

在微型计算机系统中广泛使用的 CPU 同时也称为微处理器 (MPU)，其性能的高低将决定一个微型计算机系统的档次。MPU 更新换代的速度很快，大概每一、二年就有一个新品种问世。例如：由 INTEL8088MPU 构成 IBM PC/XT 和 PC/AT 以及 INTEL80286 都是 16 位机器，它们可以同时处理 16 位的二进制数，其运算速度为 10 万次/秒；INTEL80386 和 INTEL80486 它们则是 32 位机器，能同时处理 32 位的二进制数，运算速度为百万次/秒以上；INTEL80586 和奔腾机 (PII、PIII 等) 以及奔腾 4MPU，它们可以同时处理高达 64 位的二进制数据，运算速度高达 12 亿次/秒。

2. 存储器

存储器是计算机的记忆部件，用来存储计算机要进行信息处理的原始数据以及指示计算机如何工作的程序，并将运算的中间结果以及处理后的结果保存起来。

在微型计算机系统中，存储器能储存信息的能力称为存储容量。存储器中有大量的存储单元，每个存储单元都可以存储 8 位 (BIT) 二进制信息，计算机系统中把能存储 8 位二进制信息的一个存储单元称为一个字节 (BYTE)，字节是其存储容量的基本单位。我们可以把存储器中的每一个存储单元按顺序从 0 开始依次编号，这个编号称为地址。CPU 按照地址从存储器中存取数据。存储容量的单位除了字节外，还有千字节 (KB)、兆字节 (MB)、吉字节 (GB)、

太字节 (TB) 等, 它们之间是以 1024 为进位关系的。例如: 1KB 等于 1024 字节; 1MB 等于 1024KB; 1GB 等于 1024MB; 1TB 等于 1024GB。

从计算机使用者的观点来看, 存储器的容量越大越好, 存取信息的时间越短越好。INTEL8088CPU 能够提供 20 位的地址空间, 它可以配置 1 兆字节的存储器; INTEL80286CPU 能够提供 24 位的地址空间, 所以可以配置 16 兆字节的存储器; INTEL80386CPU 能够提供 32 位的地址空间, 它可以配置 4 吉字节的存储器; 而 INTEL80486 和奔腾 CPU 能够提供 64 位的地址空间, 所以它可以配置多达 4 千太字节的存储器。

计算机存储器分为内存储器和外存储器。内存储器又简称为内存或主存, 它与计算机的 CPU 合在一起称为主机。

(1) 内存储器

计算机内存储器用于暂时存储运行中的程序和数据。内存储器分为随机存储器 RAM 和只读存储器 ROM 两种。

RAM 存储器既可以从中读出数据, 又可以写入数据, 但断电后 RAM 中不再保留原信息。因此, RAM 主要用来存放正在使用计算机的使用者的数据和程序。在计算机中还有一种 RAM 被称为高速缓冲存储器 (CACHE), 它是同 CPU 一起工作, 提高 CPU 与存储器或外部设备交换数据的速度的。

ROM 存储器中每个单元的信息是固化了的, 它是计算机制造厂家在机器出厂前用特殊方法写入的, 使用者只能从中读取数据, 不能改变其信息。这种存储器中的信息断电后不会丢失, 只要通电后又可以从中读出原来的信息。ROM 主要用来存放一些重要的且经常要使用的程序或数据, 如计算机自身管理的系统程序等。ROM 可以分为两类: 一类是 PROM 可编程只读存储器, 它用于计算机制造厂家一次性写入数据和程序, 一旦写入数据和程序后, 其内容是永远不能修改的; 另一类是 EPROM 和 EEPROM 可擦除的可编程只读存储器, 但是这种擦除必须使用特殊的工具或配有专门的擦除电路, 在特定的情况下才能将原信息内容更改和擦除。在奔腾或笔记本计算机中都采用这类只读存储器存储计算机自身系统管理程序, 同时在机器中配有擦除电路, 这样就使得系统管理程序很容易地得到升级, 但同时也为计算机病毒提供了经常攻击的对象, 有些计算机病毒专门攻击 EEPROM 可擦除的可编程只读存储器, 使计算机彻底瘫痪。

(2) 外存储器

外存储器又称外存或辅存 (辅助存储器), 位于主机的外部, 存储容量一般都比较大, 用来保存较大的程序或数据。常用的外存储器有软盘存储器、硬盘

存储器、磁带存储器和光盘存储器等。

3. 输入、输出设备

输入和输出设备是实现人与计算机之间信息交换所必需的部件。

输入设备是外界向计算机传送数据或信息的装置，它负责将使用者要处理的数据及程序等信息输入到计算机存储器中。常用的输入设备有键盘、扫描仪、鼠标器等。

输出设备是将计算机中的数据信息传送到机器外部，并转换成使人能够接受的表示形式。这些设备负责将处理后的结果或其他信息进行输出显示。常用的输出设备有显示器、打印机、绘图仪等。

4. 其他硬件电路

计算机时钟电路：用于产生计算机工作时所必须的时间控制信号。

中断控制电路：用于计算机中断过程的硬件控制。

DMA 电路：提供 DMA 过程的硬件控制。

计算机总线：用于计算机中各个部件之间和计算机与外部设备之间的信息传递。

1.1.2 软件系统

软件和硬件一样都是计算机系统中的一个重要组成部分。软件系统是指能够指挥计算机工作的程序以及程序在运行时所需要的各种数据的集合。微型计算机的软件系统可以分为系统软件和应用软件两大类。

1. 系统软件

系统软件是指计算机系统所必备的软件。它主要用来管理、监控以及维护计算机的各种软件和硬件资源。常用的系统软件有操作系统、语言处理程序、数据库管理系统以及各种工具软件等。在计算机系统软件中最重要的要属操作系统软件。操作系统软件包括 BIOS 基础输入、输出操作系统、DOS 磁盘操作系统、WINDOWS 窗口操作系统、UNIX 操作系统等。对于没有系统软件支撑的计算机，直接使用它不仅不方便，而且还会大大降低机器的使用效率。操作系统就是位于计算机硬件之上的最低层的系统软件，是对计算机硬件系统功能的首次扩充。所有其他系统软件和应用软件都是建立在操作系统基础之上的，它提供了使用者与计算机之间的一个接口。

在计算机出厂前，生产厂家已经将 BIOS 基础输入、输出操作系统写入到计算机主板中的 ROM 内，计算机使用者在使用之前首先要做的就是安装操

作系统，目前使用最广泛的操作系统有 DOS 操作系统和 WINDOWS 操作系统以及 UNIX 操作系统。DOS 操作系统是单用户单任务的磁盘操作系统，是当前最为流行的标准微型计算机操作系统之一；而 WINDOWS 操作系统和 UNIX 操作系统是应用最为广泛的多用户、多任务操作系统，它已成为 32 位高档微机及各种工作站的标准操作系统。尤其是多窗口、多用户、多任务的 WINDOWS 操作系统，它给使用者提供了良好的界面形式，便于初学者进行操作，对于推动计算机的普及与应用起到了一定的促进作用。

2. 应用软件

应用软件是根据使用计算机人员自己的需要，专门用于解决某个特定问题而编写的软件。它具有很强的针对性和实用性。随着计算机的不断推广和发展，各种应用软件也在各自的应用领域发挥了越来越重要的作用。例如：信息管理软件、办公自动化系统、文字处理软件、计算机辅助设计及辅助教学软件、网络浏览、通讯软件、多媒体视、音频处理软件等等，它们都显示出应用软件强大的生命力和广阔的发展前景。

§1.2 计算机程序设计语言

语言可以分成两大类，即自然语言和人工语言。人类所使用的语言一般被称为**自然语言**，它是人类在自身发展过程中为了表达思想、交流经验、互通信息而自然形成的语言。人工语言是人们为了达到某种目的而专门设计的语言。

计算机是人类科学技术发展历史上的一个伟大进步，可以看成是人脑的延伸，但是目前它还不能理解人类的自然语言，只能接受特定的机器代码。要想使计算机按照人的意愿去处理某件事情，就必须有人通过某种途径来生成计算机所能够操作的代码。计算机语言就是用来生成这些可以为计算机直接识别的代码的人工语言之一。

计算机程序设计语言是用来编写程序的语言，它是软件系统的重要组成部分，与程序设计语言相对应的各种语言处理程序则为该语言提供支持和辅助作用。程序设计语言一般分为机器语言、汇编语言和高级语言三大类。

1.2.1 机器语言

计算机基本的物理构成是复杂的电子线路。这些线路可以在不同的电信号作用下，通过各种装置产生不同的动作。计算机的核心部分（CPU、存储器等）只能识别高、低电平两种状态，也就是二进制的“0”和“1”。由“0”和

“1”的不同组合所形成的可以为计算机直接识别的二进制指令代码的集合就称为机器语言，而在指令代码中一般包括两部分：操作码和地址码，操作码指出操作的性质，即告诉机器作何种操作；地址码则指出被操作的对象所在的位置。机器语言是一种能被计算机的硬件直接识别和执行的语言。计算机在接收到这些二进制代码后，由译码器产生各种控制信号送往有关的单元，从而产生相应的操作。

机器语言是最基本的、出现最早的计算机编程语言，是唯一可以为计算机直接执行的语言。用机器语言编写的程序冗余小，执行效率高，节省内存，运行速度快，可以直接控制计算机的硬件。但是不同类型计算机的硬件结构可能有所不同，它们各自具有不同的指令系统，因此用机器语言编程对程序设计者的水平要求很高，他们必须对所使用计算机的硬件工作原理以及线路连接关系十分清楚，而且一般在某种机器上编写的程序不能在另一种机器上运行，因此人们称机器语言为“面向机器”的程序设计语言。此外，用机器语言编写的程序可读性差、可移植性差、容易出错，出错后很难查找，因此，人们往往不直接使用机器语言进行编程，而是借助于其他更为简单、编程效率更高的计算机语言，通过间接的方法来产生可以为计算机直接接受的代码。

1.2.2 汇编语言

为了克服机器语言的缺点，便于一般人员进行编程，在20世纪50年代初出现了汇编语言。其特点是引入了一些助记符来表示操作，用一些特定的符号来表示计算机中的某些单元，例如：用“ADD”表示加运算，用“AL”、“AH”表示某一寄存器等等。这些助记符比较接近英文，其他助记符号也比较简单，便于记忆、理解，从而简化了编程过程。由于汇编语言比机器语言更直观，所以使用汇编语言编写的程序也比用机器语言编写的程序更易读和易修改。

使用助记符和有关符号编写的程序称为汇编语言程序。由于计算机只能识别二进制代码，不能识别这些符号，因此，还必须通过某种方法将汇编语言程序“翻译”成相应的二进制代码，由这些二进制代码组成的程序称为目标程序，“翻译”的过程称为汇编。汇编的方法有人工汇编和机器汇编两种，人工汇编是由人根据机器的指令系统通过查表进行转换，机器汇编则是借助于专门的汇编程序由计算机来完成转换。

汇编语言同机器语言一样，它们都是面向某一种CPU的语言，使用汇编语言编写出来的应用程序对于计算机的CPU和CPU外围硬件设备具有很大的依赖性。这就要求编程人员具有相关的计算机硬件知识，因为汇编语言仍然属于一种“面向机器”的程序设计语言，编程过程离不开机器的硬件结构，助记符、

符号及汇编过程都要依赖于机器的特定指令系统。所以，汇编语言程序的通用性仍然较差，应用范围受到一定的限制。但是汇编语言程序仍然具有运行速度快、能够直接控制硬件等特点，在实时性要求较高的计算机自动控制系统中，或者对计算机硬件设备要求特殊管理、编写系统软件的场合下，仍然得到了广泛的应用。

1.2.3 高级语言

机器语言和汇编语言都是“面向机器”的程序设计语言，人们习惯上称它们为“低级语言”。由于它们难学、难记、程序难调试、可移植性差，所以在非计算机专业人员中不易推广，随着计算机的迅速普及和人们解决日益增加的实际问题的需要，出现了各种形式的高级语言。高级语言又称为算法语言，它是一种面向问题的程序设计语言。

高级语言是普及型的计算机程序设计语言，其各种命令的形式接近于自然语言（英语）和数学算式的格式表示。它们有着各自的特点，有着各自严格的语法规义规则，便于记忆、书写、阅读和修改。使用高级语言编写出的程序的每一条命令，从字面上就能看出其含义。高级语言基本上摆脱了机器类型的影响，程序设计者在进行程序设计时可以不考虑机器的硬件结构，只需要掌握应用问题的解决方法和有关的算法，按照语言的语法规则书写命令，就可以编出程序。

使用某种高级语言编写出来的程序称为该语言的源程序。计算机不能直接辨认用高级语言编写的程序中的指令，必须将高级语言程序“翻译”成计算机可以直接辨认的机器语言程序。然而，用人工进行这样的“翻译”，在实际上是不可能的。因此，人们在创造高级语言的时候，同时要编写出用计算机将高级语言程序“翻译”成机器语言程序的软件。这样的“翻译”软件就叫做高级语言的编译软件（程序）。在编辑和执行高级语言程序的时候都需要有该种语言的编译软件的参与。

使用高级语言编程的方法和思路很接近我们人与人之间的自然语言交流和数学描述，因此编程效率高，编程的时候基本上不涉及计算机的硬件知识，便于普及，程序的通用性好。但是高级语言程序不如机器语言简练，翻译转换后生成的目标程序冗余大，运行时占用内存多，速度较慢。

用高级语言编写程序时与具体的计算机硬件无关，因此可以大大简化程序的编制和调试工作，而且用高级语言编写的程序通用性强，可移植性好。例如：PASCAL、C语言等高级程序设计语言就是典型的代表。

1.2.4 编程工具软件

编程工具软件是为开发、研制、跟踪或调试其他程序或软件提供服务的—类软件。这类软件为使用者编制程序、开发软件以及灵活使用计算机提供了一种界面和窗口，极大地方便了编程人员。这类软件主要有：

1. 编辑程序 主要用于源程序的录入或修改。它是计算机系统中必不可少的工具软件之一。
2. 编译程序 主要用于将源程序编译为指定计算机 CPU 的机器代码。
3. 调试程序 主要用于对新编制的程序进行调试，用以发现或寻找错误。
4. 诊断程序 主要用来诊断机器故障，用于计算机的维修和维护等方面。

§1.3 计算机运算基础知识

在日常生活和学习中，人们常常习惯于用十进制进行计数。十进制计数的特点是“逢十进一”，且需用到 0~9 共 10 个数码。但对于计算机来说，它采用的是二进制计数法，计算机中的数之所以采用二进制计数法，是因为数在计算机中是以电子器件的物理状态来描述的，比如可以用两种不同的状态低电平和高电平来表示二进制的两个数字符号 0 和 1，这样的运算电路也较容易实现。在计算机中所有运算和判断都是通过二进制来体现的，从数据到指令、从地址到内容都是用二进制来实现的。但二进制书写起来太长、不方便，在计算机数值体系中也常用八进制或十六进制数来表示。八进制或十六进制与二进制之间有着很方便的换算关系。

无论哪种进制形式，它都包含两个基本要素：基数和位权。基数是指该进制中允许使用的数码个数。例如十进制中允许使用 0~9 共 10 个数码，故十进制的基数为 10；位权是指以该进制的基数为底，数码所在位置的序号为指数的整数次幂。比如十进制的位权为 10^K (K 为整数)，把十进制数 123.45 按位权展开后为（下标表示数制）：

$$(123.45)_{10} = 1 \times 10^2 + 2 \times 10^1 + 3 \times 10^0 + 4 \times 10^{-1} + 5 \times 10^{-2}$$

表 1-1 显示了数制、基数、数制的规则、数字的个数。

表 1-1 数制、基数、数制的规则、数字的个数

数制	基数	数制的规则	数字
二进制	2	逢二进一	0,1
八进制	8	逢八进一	0,1,2,3,4,5,6,7
十进制	10	逢十进一	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9
十六进制	16	逢十六进一	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,A,B,C,D,E,F

1.3.1 计算机系统使用的数制及其转换

1. 二进制数

二进制数中只有两个数码 0 和 1，其计数特点及进位原则是“逢二进一”。二进制的基数为 2，位权为 2^K （K 为整数）。例如：二进制数 1010 按位权展开为：

$$(1010)_2 = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0$$

将二进制数转化成十进制数时，只要按权展开相加即可。为了与十进制数相区别，常在二进制数后面写一个字母 B，在十进制数后写上字母 D。例如：1010B；2345D。

由于二进制数只取两个数码 0 和 1，因此，二进制数的每一位都可以用任何两个不同稳定状态的元件来表示，比如电灯的亮和灭、晶体管的截止和导通、脉冲的有无、电位的高低等。只要规定其中的一种状态表示“1”，另一种状态表示为“0”，就可以用它们来表示二进制了。

2. 八进制数

八进制数中共有 0~7 共 8 个数码，其计数特点及进位原则是“逢八进一”。八进制的基数为 8，位权为 8^K （K 为整数）。

八进制以 8 为基数，每一位都有 8 个状态，即用数码 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 来表示，恰好 3 位二进制数可以对应一位八进制数。八进制数后面用字母“Q”作标记。例如：八进制数 1234 按位权展开为：

$$(1234)_8 = 1 \times 8^3 + 2 \times 8^2 + 3 \times 8^1 + 4 \times 8^0$$

将八进制数转化成十进制数时，也是只要按权展开相加即可。

3. 十六进制数

十六进制数中共有 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 以及 A, B, C, D, E, F 共 16 个数码，其计数特点及进位原则是“逢十六进一”。十六进制的基数为

16, 位权为 16^K (K 为整数)。例如: 十六进制数 1234 按位权展开为:

$$(1234)_{16} = 1 \times 16^3 + 2 \times 16^2 + 3 \times 16^1 + 4 \times 16^0$$

将十六进制数转化成十进制数时, 同样是只要按权展开相加即可。

由于二进制书写起来很长, 读起来不易懂、不方便, 因此, 在编写程序过程中常用十六进制数来表示。十六进制后面用字母“H”作标记。十六进制数的每一位都有十六个状态, 即用数码 0~9 和 A~F 来表示, 恰好 4 位二进制数对应一位十六进制数, 其中 A~F 表示十进制数的 10~15。

在汇编语言中, 使用十六进制数时, 有一点需要注意: 凡是字母 A~F 打头的十六进制数, 都要以数字“0”作为开头, 以避免与标识符相混淆。例如: 十六进制数 BOH 应写成 OBOH。

4. 常用数制对照表

表 1-2 列出了十进制、二进制、十六进制之间的对应关系。

表 1-2 十进制、二进制、十六进制之间对应关系

十进制	二进制	十六进制	十进制	二进制	十六进制
0	0000	0	8	1000	8
1	0001	1	9	1001	9
2	0010	2	10	1010	A
3	0011	3	11	1011	B
4	0100	4	12	1100	C
5	0101	5	13	1101	D
6	0110	6	14	1110	E
7	0111	7	15	1111	F

5. 各进位数制间的转换

在计算机内部处理的数据都是二进制数, 但编程时往往为了使用上的方便, 需要用到一些其他进制的数据。因此, 需要掌握各进制数之间的转换方法。

(1) 二进制转换成十进制

将二进制的各位按位权展开后相加, 即可得到相应的十进制数。

$$\begin{aligned} \text{【例 1-1】} \quad (1010)_2 &= 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 \\ &= 8 + 0 + 2 + 0 \\ &= (10)_{10} \end{aligned}$$

(2) 十进制数转换成二进制数

将一个十进制数转换成二进制数时，需将整数部分和小数部分分开分别进行转换。十进制整数转换为二进制整数时采用“除2取余法”，即将十进制数除以2，得到一个商数和一个余数；再将商数除以2，又得到一个商数和一个余数；继续这个过程，直到商数为0时为止。然后将每次所得到的余数（0或1）按逆序排列得到相应的二进制数。

【例 1-2】 将十进制数 53 转换为二进制数。

转换过程为： $53 \div 2 = 26$ （余 1）——（二进制数最低位）

$$26 \div 2 = 13 \text{（余 0）}$$

$$13 \div 2 = 6 \text{（余 1）}$$

$$6 \div 2 = 3 \text{（余 0）}$$

$$3 \div 2 = 1 \text{（余 1）}$$

$$1 \div 2 = 0 \text{（余 1）} \text{——（二进制数最高位）}$$

最后结果为： $(53)_{10} = (110101)_2$

十进制小数转换成二进制数采用“乘2取整法”。即用2乘十进制小数，得到一个整数部分和一个小数部分；再用2乘小数部分，又得到一个小数部分和一个整数部分；继续这个过程，直到余下的小数部分为0或者满足精度要求为止。最后将每次得到的整数部分（0或1）从左到右排列即可得到所对应的二进制小数。

【例 1-3】 将十进制小数 0.65 转换为二进制小数

转换过程为： $0.65 \times 2 = 1.3$ （整数部分为 1，小数部分 3）

$$0.3 \times 2 = 0.6 \text{（整数部分为 0，小数部分 6）}$$

$$0.6 \times 2 = 1.2 \text{（整数部分为 1，小数部分 2）}$$

$$0.2 \times 2 = 0.4 \text{（整数部分为 0，小数部分 4）}$$

……（根据小数精度要求终止过程）

最后结果为： $(0.65)_{10} = (0.101\cdots)_2$

(3) 十进制数转换成十六进制数

同十进制数转换成二进制数一样，在将一个十进制数转换成十六进制数时，需要将整数部分和小数部分分开单独进行转换。整数转换采用“除16取余法”，小数转换采用“乘16取整法”。

【例 1-4】 将十进制数 53.75 转换成十六进制数。

转换过程为：

整数部分： $53 \div 16 = 3$ （余 5）——（十六进制数最低位）