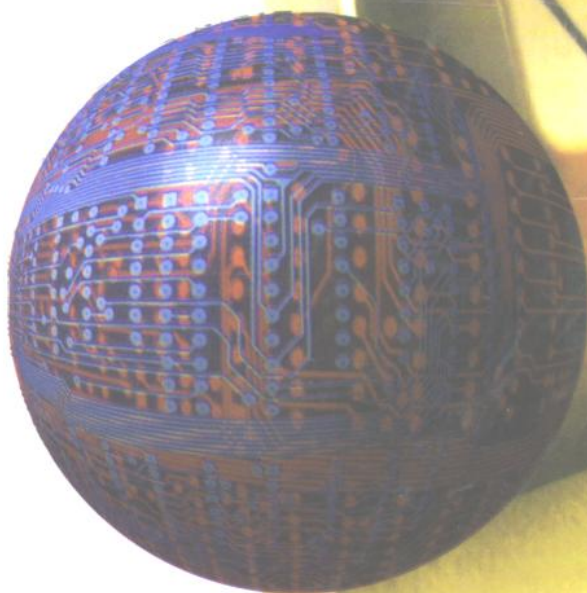


汇编语言程序设计

杜法则 主编



Enter

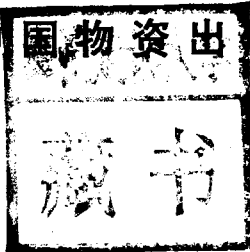
中国物资出版社

TP313
DFZ/1

汇编语言程序设计

杜法则 主编

中国物资出版社



0047672

图书在版编目(CIP)数据

汇编语言程序设计/杜法则主编. —北京:中国物资出版社,1997.12

ISBN 7-5047-1347-3

I. 汇… I. 杜… III. 汇编语言-程序设计 N. TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 25170 号

责任编辑:谢 韬

特约编辑:沙 金

装帧设计:木 贞

王 磊

责任校对:曹银萍

中国物资出版社出版发行

(北京市西城区月坛北街 25 号 邮编:1000834)

全国新华书店经销

北京科发文化交流有限公司激光照排

安徽省蚌埠市红旗印刷厂印刷

787×1092 毫米 1/16 印张:17.5 字数:437 千字

1998 年 1 月第 1 版 1998 年 1 月第 1 次印刷

印数:00001—10000 册

ISBN 7-5047-1347-3/TP·0020

定价:19.80 元

总 序

从1946年第一台计算机诞生至今已历经半个多世纪。计算机的出现和广泛应用,标志着人类社会的一次大飞跃,信息时代的一次大转折,生存方式的一次大变革,现代文化的一次大融汇。随着计算机技术的飞速发展和广泛普及,其应用已遍及社会生活的各个领域。由于计算机技术已进入到我们生活中的方方面面,人类社会的生活方式、思维方式以及时空观念等各个方面都已经发生了深刻的历史性的巨变。

随着信息化社会的发展,人们对信息交流的要求越来越高。世人已普遍公认:哪个国家的信息化程度高,其经济竞争力就越强,科技发展就越快,办事效率就越高,对下一代的教育条件就越好。信息化的进一步深入需要我们培养一大批高素质人才。当今社会,熟练掌握计算机应用技术已成为高素质人才的必备条件。因此,一个十分艰巨的任务,就是要使受教育者具有使用计算机的能力和与之相适应的计算机文化素质。如果我们的知识结构和文化修养准备不足,就不能适应时代和社会发展的需要。

一本好书,是人生旅途的一掬甘泉;一套好教材,是教学成功的必要条件。广大学子和读者殷殷所望,无非是博得一艺,学有所用。本着对读者负责的精神,我们组织北京电子科技学院、集美大学、合肥工业大学、安徽大学、安徽财贸学院、江苏广播电视大学等高等院校和部分大中专学校教学经验丰富的教师,以及一些具有较高理论基础和软件开发经验的计算机技术人员共同合作编写了这套计算机及应用专业教材。为保证教材的质量,我们还聘请了一批学术造诣较深的专家、教授作为本套教材的主审和顾问。本套教材具有以下几个方面的特点:

首先,作为一套计算机专业教材,必须保证整个计算机知识体系的完整性。本套教材包括必修课17种,选修课和配套教材3种,基本上涵盖了目前大中专院校计算机及应用专业所必修或选修的课程内容。各种教材在编排上,既注意到内容上的连贯性,又保证了教学上的相对独立性。

其次,在教材内容的组织上,注重介绍和汲取当今计算机领域的一些新技术和新知识,摒弃了传统教材中一些过时的内容,这些变化在各本教材中都得到程度不同的体现。本套教材编写时既参照了有关部委计算机及应用专业教学大纲,又参考了“程序员考试大纲”和“全国计算机水平等级考试大纲”的内容。因此本套教材既适合作为各级各类院校计算机及应用专业教材,亦可作为计算机水平等级考试学习用书。个别教材之间内容上的重复,是为了照顾部分读者单独选用单本教材的需要,敬请广大读者予以谅解。

再次,考虑到各校教学的特点,本着学以致用原则,在本套教材编写中我们始终贯彻“由浅入深,理论与实践相结合”的原则,以阐明要义为主,辅之以必要的例题、习题和上机实习,以便使读者尽快领悟和掌握。

在本套教材编写过程中,各位作者付出了艰辛的劳动,教材编委会的各位专家和教授对各本教材的内容进行了认真的审定和悉心的指导。在本套教材出版过程中我们自始至终得到中国物资出版社领导和编辑以及印制单位的大力支持和帮助。本套教材承蒙中国科学院计算技

术研究所、国家智能计算机研究开发中心王川宝、高文、中国机械科学研究院江波等同志进行了较为细致的终审终校工作。正是由于各方面的通力配合,才使得本套教材得以顺利出版和发行。书中参考、借鉴了国内外同类教材和专著,在此一并表示感谢。

近年来,计算机技术发展日新月异,异彩纷呈,许多新的概念和内容都在不断扩展之中,囿于编者学识和水平,书中疏漏、错误之处还望广大读者不吝批评指正,以便对本套教材不断修订完善。

计算机及应用专业教材编委会

1998年1月

附:计算机及应用专业教材编委会名单

顾 问

(以姓氏笔划为序)

王仲文	北京电子科技学院院长、教授
韦 穗	安徽大学副校长、教授
张全寿	铁道部电子计算中心主任、北方交通大学教授
李文忠	全国计算机基础教育学会副理事长、东南大学教授
杨善林	合肥工业大学副校长、教授、博士生导师
辜建德	集美大学校长、教授
魏余芳	西南交通大学教授

编 委

鄂大伟	集美大学副教授
李树德	北京电子科技学院教授
刘 锋	安徽大学副教授
王川宝	中国科学院计算技术研究所、国家智能计算机研究开发中心 硕士研究生
高 文	中国科学院计算技术研究所、国家智能计算机研究开发中心 博士研究生
江 波	中国机械科学研究院硕士研究生
屈道良	上海铁路局蚌埠分局高级工程师
蒋翠清	上海铁路局蚌埠分局高级工程师

前 言

近年来,随着 CPU 的不断发展,作为计算机核心课程之一的汇编语言程序设计已经越来越受到人们的重视。用汇编语言编制程序有一个较大的优点,那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较高,执行速度较快,占用机器内存也较少。

本书以最早期的 8086/8088 汇编语言为基础。考虑到近几年 CPU 的不断发展和汇编语言指令系统的不断扩充,在此基础上我们又介绍了 80286 的一些新扩充的指令,对于 80386、80486 以及 Pentium(奔腾)微处理器的结构和指令也作了适当介绍,以使读者对计算机的发展过程及汇编语言的使用有一个比较全面、系统的了解。

本书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向读者详细介绍了汇编语言程序设计的基本方法、基本思想及技巧。为便于读者阅读,在每章的开头均附有本章的主要内容,各章后也编入一定数量的复习思考题,以便于读者练习。

全书共分十二章。第一章是本书的入门,介绍了汇编语言要用到的基础知识;第二、三章则介绍了汇编语言的主要寻址方式、8086/8088 的指令系统,以及 80286 的一些新扩充的指令,并给出了一些指令的使用实例;第四章介绍了汇编语言的指令格式、源程序的基本结构、各种伪操作以及汇编语言的上机过程;第五章介绍了汇编语言程序设计的基本方法,包括模块化和三种基本结构的程序设计;第六章介绍了宏汇编程序设计的使用方法;第七、八章则分别介绍了输入/输出(I/O)与中断技术以及 DOS、BIOS 系统功能调用等方面的内容;第九、十章则介绍了汇编语言程序设计的基本应用和高级应用方面的内容,并提供了对有关查找、排序以及声音、图形、磁盘文件的程序设计实例;第十一章介绍了汇编语言与其它高级语言之间的连接问题;第十二章主要介绍了 80386、80486 以及 Pentium 微处理器等方面的内容。

在具体教学安排上编者建议如下:用 48~54 学时讲授基本内容,包括第一章至第五章以及第九章。其它各章节,如有更多的学时,可根据需要选讲或由学生自学。

本书由安徽财贸学院杜法则同志主编。陈涛同志参加编写了其中第六章至第九章,其余各章节则由杜法则编写。

本书由厦门集美大学鄂大伟副教授主审并定稿。书中引用了部分专家、学者的著作,在此一并表示感谢!

由于编者水平有限,错误与不妥之处在所难免,恳请广大读者不吝批评指正。

编 者

1998 年 1 月

目 录

第一章 基础知识概述	(1)
§ 1.1 微型计算机系统概论	(1)
§ 1.2 数据信息在计算机中的表示	(5)
§ 1.3 汇编语言和汇编程序概述.....	(12)
复习思考题	(14)
第二章 汇编语言寻址方式	(15)
§ 2.1 微处理器概述.....	(15)
§ 2.2 汇编语言寻址方式.....	(22)
复习思考题	(27)
第三章 汇编语言的指令系统	(29)
§ 3.1 8086/8088 指令系统	(29)
§ 3.2 80286 的指令系统	(64)
复习思考题	(66)
第四章 汇编语言程序及其伪指令	(71)
§ 4.1 汇编语言指令格式.....	(71)
§ 4.2 汇编语言伪指令.....	(72)
§ 4.3 汇编语言操作符.....	(80)
§ 4.4 汇编语言源程序基本结构.....	(85)
§ 4.5 汇编语言程序的上机过程.....	(87)
复习思考题	(92)
第五章 汇编语言程序设计基本方法	(95)
§ 5.1 程序设计方法概述.....	(95)
§ 5.2 顺序结构程序设计.....	(96)
§ 5.3 选择结构程序设计.....	(98)
§ 5.4 循环结构程序设计	(102)
§ 5.5 子程序结构程序设计	(107)
复习思考题.....	(117)
第六章 宏汇编语言技术	(120)
§ 6.1 宏汇编	(120)
§ 6.2 条件汇编	(128)
复习思考题.....	(132)
第七章 输入输出与中断技术	(134)
§ 7.1 输入输出技术	(134)
§ 7.2 输入输出方式	(137)

§ 7.3 微机的中断系统	(143)
§ 7.4 中断过程及其编程举例	(155)
复习思考题	(161)
第八章 DOS 与 BIOS 中断调用	(162)
§ 8.1 DOS 的使用	(162)
§ 8.2 BIOS 的使用	(169)
复习思考题	(174)
第九章 基本应用程序设计	(175)
§ 9.1 代码转换	(175)
§ 9.2 字符处理	(183)
§ 9.3 表的处理与应用	(189)
复习思考题	(195)
第十章 高级应用程序设计	(197)
§ 10.1 声音系统	(197)
§ 10.2 图形显示系统	(205)
§ 10.3 磁盘文件控制系统	(224)
复习思考题	(236)
第十一章 汇编语言与高级语言的连接	(238)
§ 11.1 概 述	(238)
§ 11.2 TURBO PASCAL 语言与汇编语言程序的连接	(240)
§ 11.3 BASIC 程序与汇编语言之间的连接	(242)
复习思考题	(244)
第十二章 80386/80486/Pentium 微处理系统简介	(245)
§ 12.1 80386 微处理器和指令系统	(245)
§ 12.2 80486 系统介绍	(247)
§ 12.3 Pentium 芯片介绍	(247)
复习思考题	(248)
附 录	(249)
附录一 DOS 功能调用	(249)
附录二 BIOS 中断调用	(254)
附录三 DEBUG 的使用	(257)
附录四 IBM PC 键盘扫描/ASCII	(267)
附录五 常用 ASCII 字符表	(268)
主要参考文献	(270)

第一章

基础知识概述

本章主要介绍微型计算机的系统组成与结构(包括硬件结构和软件结构),计算机数据信息的表示,汇编语言和汇编程序的基本概念以及用汇编语言来编写程序的目的等内容。

§ 1.1 微型计算机系统概论

1.1.1 硬件系统

一个微型计算机的硬件结构如图 1-1 所示,它有以下几个基本部分组成:

- 中央处理器 CPU(运算器和控制器);
- 存储器(内存储器和外存储器);
- 输入设备;
- 输出设备。

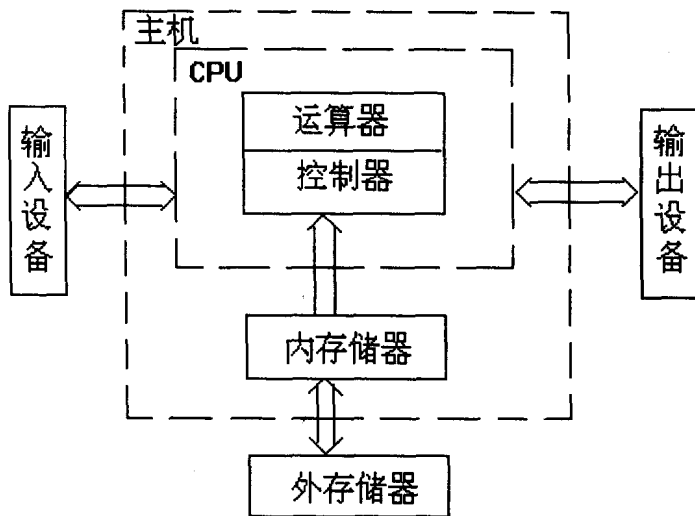


图 1-1 微机硬件结构示意图

各部分的功能如下:

(一)中央处理器 CPU

它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

运算器简称为 ALU,是按指令进行算术运算和逻辑运算的处理部件。它通常由各种寄存

器和累加器所组成,用来暂时保存一些数据和完成各种最基本的运算,包括算术运算和逻辑运算。它也可以在控制器的控制下,根据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

通常由指令寄存器、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与输出操作,以及对运算器的控制作用。它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与输出设备、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 ALU,也可将 ALU 加工处理的结果送到存储器或输入输出设备中。

在微机上广泛使用的 CPU 也称为微处理器(MPU),其性能的高低将决定一个微型机系统的档次。MPU 更新换代的速度很快,大概每两、三年就有一个新的品种问世。如 IBM 的 PC/AT 和 PC/XT 与 286 是 16 位机器,它可以同时处理 16 位的二进制数;386 和 486 是 32 位机器,它能同时处理 32 位的二进制数;586 又称奔腾机,它可以同时处理高达 64 位的二进制数据。

(二) 存储器

存贮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 位二进制信息,我们把能存储 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 KB、MB、GB 等,它们之间的关系为:

$$1\text{KB}=1024\text{ 字节}, 1\text{MB}=1024\text{KB}, 1\text{GB}=1024\text{MB}$$

从用户的观点来看,存储器的容量越大越好,存取信息的时间越短越好。286 CPU 能提供 24 位的地址,它可以配置多达 16 兆字节的存储器;386 CPU 能提供 32 位的地址,它可以配置多达 4 千兆字节的存储器。

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

内存储器分为随机存储器 RAM 和只读存储器 ROM 两种。RAM 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 主要用来存放用户数据和程序。ROM 中每个单元的信息是固化了的,是厂家在制造时用特殊方法写入的,用户只能从中读取数据,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,它可以分为两种: PROM 和 EPROM。前者是可以编程的只读存储器,后者是可以擦除的可编程只读存储器,但这种擦除必须使用特殊工具,在特殊情况下才能将原信息内容更改和擦除。

内存储器一般由半导体材料所组成,存取速度较快,但其价格较昂贵,因此,内存存储器的容量一般不太大。

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大,常用来保存较大的程序或数据。常用的外存储器有磁盘、磁带和光盘等。

(三)输入设备

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

(四)输出设备

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。它负责将处理后的结果或其它信息进行输出显示。常用的输出设备有屏幕终端、打印机、绘图仪等。

输入或输出设备是实现人与计算机之间信息交换所必需的部件。

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。软件是指能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。微型机的软件系统可以分为系统软件和应用软件两大类。

(一)系统软件

系统软件是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。

1. 操作系统

我们把没有系统软件支撑的计算机称为“裸机”,直接使用裸机不仅不方便,而且还会大大降低机器的使用效率。操作系统就是位于裸机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。所有其它系统软件和应用软件都是建立在操作系统的基础之上的,它提供了用户与计算机之间的一个接口。

目前使用最广泛的操作系统有 DOS 操作系统和 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机操作系统之一;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。目前在微机上还有一种广泛使用的多窗口操作系统 WINDOWS,它给用户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促进作用。

2. 程序设计语言与语言处理程序

程序设计语言是用户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)机器语言

机器语言是一种用二进制代码“0”和“1”来表示的,能被计算机的硬件直接识别和执行的语言。对应于每一个用机器语言编写的程序,都有若干个机器指令代码所组成。指令代码一般包括两部分: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。对于不同类型不同种类的机器,由于 CPU 有所不同,其对应指令代码不一样,

因此,机器语言也有可能不同。这就是说,针对某一种类型机器所编写的机器语言程序不能在另外一种机器上运行通过。我们说其可移植性差。但由于机器语言程序是直接针对计算机的硬件,故其执行效率高,能充分发挥机器的速度性能。

直接用机器语言编写程序直观性差,易出错,且难度较大,它大大限制了计算机的推广和使用。

(2) 汇编语言

为了便于理解与记忆,人们采用指令助记符来代替机器语言指令代码中的操作码,用地址符号来代替地址码。用指令助记符和地址符号来书写的指令称之为汇编指令,用汇编指令编写的程序称为汇编语言源程序。

由于汇编语言采用了助记符,因此它比机器语言更直观;而且用汇编语言编写的程序也比机器语言易读、易修改。但计算机不能直接识别汇编语言源程序,它必须经过翻译程序将汇编语言的源程序翻译成机器语言程序以后,计算机才能执行。

机器语言和汇编语言都是面向 CPU 的语言,属于低级语言的一种,它们对于机器的依赖性很大。

(3) 高级语言

高级语言又称算法语言,是一种面向问题的程序设计语言。用高级语言编写程序时与具体的计算机硬件无关,因此可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。我们常提到的 PASCAL、C 语言等高级程序设计语言是典型的代表。但用高级语言编写的程序(称为源程序)不能直接在机器上执行,它必须经过编译程序将其转化为目标程序之后,计算机才能运行。有的高级语言也可以通过解释程序来执行,如 BASIC 等。

3. 工具软件

工具软件是为开发、研制、跟踪或调试其它程序或软件提供服务的一类软件。这类软件为用户编制程序、开发软件以及灵活使用计算机提供了一种界面和窗口,极大地方便了用户。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) 诊断程序

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。

(3) 调试程序

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。在汇编语言中常用 DEBUG 来跟踪或调试一个程序。关于 DEBUG 的详细使用情况,参见附录 3。

(二) 应用软件

应用软件是用户根据自己的需要,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中发挥了越来越重要的作用。比如用数据库系统编写的信息管理软件、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等,显示出应用软件强大的生命力和广阔的发展前景。

§ 1.2 数据信息在计算机中的表示

在日常生活和学习中,人们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,故在计算机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。

无论对于哪种进制形式,它都包含两个基本要素:基数和位权。基数是指该进位制中允许使用的数码个数。比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:

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

1.2.1 数制及其转换

(一) 二进制数计数

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

把二进制数 1010 按位权展开:

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

可以看出,把二进制数转化成十进制数非常简单,只要按权展开相加即可。为了与十进制数相区别,我们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(也可以省略)。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。

(二) 八进制数计数

1. 八进制数中共有 0~7 共 8 个数码。
2. 其计数特点及进位原则是“逢八进一”。
3. 二进制的基数为 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。

把八进制数 1234 按位权展开:

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

可以看出,八进制数转化成十进制数也很简单。

(三)十六进制数计数

1. 十六进制数中共有 0~9 以及 A、B、C、D、E、F 共 16 个数码。

2. 其计数特点及进位原则是“逢十六进一”。

3. 二进制的基数为 16, 位权为 16^K (K 为整数)

把十六进制数 1234 按位权展开:

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

可以看出, 十六进制数转化成十进制数也很简单。

由于二进制书写起来很长, 念起来不易懂, 不方便, 因此, 我们常用十六进制来表示。十六进制后面用字母“H”作标记。十六进制以 16 为基数, 每一位都有十六位状态, 即用数码 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, 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 表示十进制的 10~15。

表 1-1

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

有一点需要注意: 在汇编语言中, 凡是以字母 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 B0H 应写成 0B0H。

(四)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, 需要用到一些其它进制的数据。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

二进制转换为十进制非常简单, 只要把二进制的各位按权展开后相加即可得到相应的十进制数。

2. 十进制数转换成二进制数

在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采用“除 2 取余法”, 其思想是: 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) 按逆序排列就可以得到相应的二进制数。

【例 1】将十进制数 97 转换为二进制数。

其过程如下:

$$97 \xrightarrow{\div 2} 48 \xrightarrow{\div 2} 24 \xrightarrow{\div 2} 12 \xrightarrow{\div 2} 6 \xrightarrow{\div 2} 3 \xrightarrow{\div 2} 1 \xrightarrow{\div 2} 0$$

余数:1 0 0 0 0 1 1

最后结果为:十进制数 97 与二进制数 1100001 相等。

十进制小数转换成二进制数采用“乘 2 取整法”。其方法为: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 2】 将十进制小数 0.625 转换为二进制小数的过程如下:

```

0.625
× 2
-----
1.250  整数部分为 1;
0.250  余下的小数部分
× 2
-----
0.500  整数部分为 0;
0.500  余下小数部分
× 2
-----
1.000  整数部分为 1;
0.000  余下的小数部分为 0, 结束。

```

最后得到结果为二进制小数 0.101。

3. 十进制数转换成十六进制数

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。十进制整数转换成十六进制整数采用“除 16 取余法”,十进制小数转换成十六进制小数采用“乘 16 取整法”。

【例 3】 将十进制数 93.75 转换成十六进制数,其过程如下:

转换整数部分

```

÷16    ÷16
93 → 5 → 0 (商为 0, 结束。)
余数: 13(D)    5

```

转换小数部分

```

0.75
× 16
-----
12.00  整数部分为 12(C),
0.00  余下的小数部分为 0, 结束。

```

最后的结果为:十进制数 93.75 相当于十六进制数 5D.C0。

4. 二进制、八进制与十六进制之间的转换

由于 2 的 3 次方等于 8, 2 的 4 次方等于 16, 所以三位二进制数相当于一位八进制数, 而一位 16 进制数相当于四位二进制数。从十六进制转换成二进制时, 只要将每位 16 进制数用四位二进制数表示即可。

八进制转换成二进制的方法是:每位八进制数用相应的三位二进制数代替。二进制转换成八进制的方法为:从小数点开始, 向前每三位一组构成一位八进制数; 向后每三位一组构成一位八进制数, 当最后一组不够 3 位时, 在后面添 0 补足 3 位。十六进制转换成二进制的方法

为:每位十六进制数用相应的四位二进制数代替;二进制转换成十六进制的方法为:从小数点开始,向前每四位一组构成一位十六进制数;向后每四位一组构成一位十六进制数,当最后一组不够四位时,在后面添0补足四位。

【例4】 八进制数 123.45 转换成二进制数为:

```

      1  2  3  .  4  5
      ↓  ↓  ↓    ↓  ↓
    001 010 011 . 100 101
  
```

即相当于二进制的 1010011.100101B。

【例5】 将十六进制数 3A.2BH 转换成二进制数为:

```

      3    A  .  2    B
      ↓    ↓    ↓    ↓
    0011 1010 . 0010 1011
  
```

即相当于二进制数的 111010.00101011B。

【例6】 将二进制数 11111.11B 分别转换成八进制数和十六进制数。

转换成八进制为:

```

    011  111 . 110
      ↓   ↓   ↓
      1   7  .  6
  
```

即相当于八进制的 17.6。

转换成十六进制:

```

    0001 1111 . 1100
      ↓   ↓   ↓
      1   F  .  C
  
```

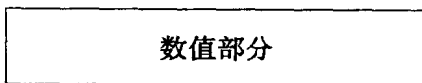
即相当于十六进制的 1FC。

1.2.2 数和字符在计算机中的表示

(一)有符号的二进制数的表示

前面我们所提到的二进制数均为不带有正(+)、负(-)符号的数,不管这个数含有多少个二进制数位,这些数都是该数的一个组成部分。例如,16位无符号数的形式为:

D15D0



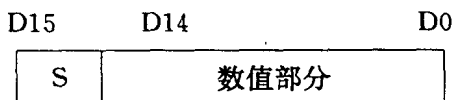
它能表示数的最小值为:各位全为0即0,最大值为:各位全为1,即0FFFFH,也就是说,它能表示数的范围为0H~0FFFFH,即0~65535。

在计算机中,数的符号也是用二进制来表示的,把一个数连同其符号一起在机器中的表示称为机器数。在这里最高位为“0”表示正数,最高位为“1”表示为负数,把最高位(S位)作为其符号位。

也就是说,带符号数在机器中的表示,通常是利用该数的最高有效二进制位来作为其符号位。由于符号位占据了一个二进制位,所以,这样的二进制数与相应位数的无符号二进制数相

比,其数值范围减少了一半。

如:16 位有符号数表示形式为:



它能表示数的最小值为:8000H,最大值为:7FFFH。即数值范围为:8000H~7FFFH,即-32768~32767。

对于一个带有符号的二进制数,特别是负数,在机器内部是以何种方式来表示的呢?我们不访先看看下面两个数的表示:

(1)+7 的 16 位二进制形式:0000000000000111

(2)-7 的 16 位二进制形式:1000000000000111

在这两种表示形式中,(1)式是正确的;(2)式是错误的。其原因是在机器的内部,对任意一个带有符号的二进制数来说,都是按其补码的形式来进行存储和处理的。

(二)数的补码表示

求一个带有符号数的补码可按如下方法:正数的补码与其原二进制数相同;而负数数值的补码形式可以先写出该负数所对应正数的二进制形式,然后使该正数的每一个二进制位变反(即 0 变 1,1 变 0),最后再将变反后的结果末位加 1,从而得到该负数所对应的补码表示形式。

【例 7】求-7 的补码表示形式。

对于-7 来说,其所对应正数的二进制形式为:00000111。

每一位变反后为: 11111000

末位加 1: +00000001

相加后的结果为: 11111001

因此,在机器内部,-7 是以 11111001B(或 0F9H)的形式来参加运算或存储的。负数以其补码形式参加运算形式如下:

$$8-7=8+(-7)=00001000B+11111001B=00000001B=1$$

又如,若用十六进制数表示+1,则其在机器内部的补码表示形式为 0001H,而-1 在机器内部的补码表示形式为 0FFFFH。

(三)数的存储

数在计算机中的存储主要以下面几种形式存在:位、字节、字、双字、四字、十字节和字符串。下面我们分别加以介绍。

1. 位(BIT)

位是由单一的一个二进制所构成。在计算机中,位是数的最小表示形式,每一位代表一种状态,而这种状态只能是 0 或 1。

2. 字节(BYTE)

由 8 位连续的二进制位组成一个字节。在机器内部,由许多存储单元构成一个存储块,而一个存储单元可以是一个字节,即 8 个连续二进制位,也可以是多个字节。字节是存储单元的最基本单位。每个存储单元中存放的数据称为该存储单元的内容,这些内容可以是字符、数字、机器指令或另一个存储单元的地址等信息。如图 1-2 所示:(1000H)=45H,(1001H)=23H。