

21世纪高等学校规划教材 | 计算机科学与技术



汇编语言程序设计



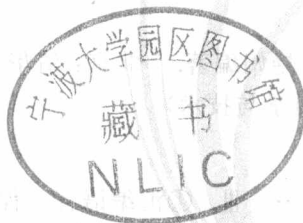
NLIC 2970680116

肖刚强 张婉艳 王艳娟 编著



清华大学出版社

21世纪高等学校规划教材 | 计算机科学与技术



汇编语言程序设计

肖刚强 张晓艳 王艳娟 编著



NLIC 2970680116

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书以 IBM PC 微型计算机为基础,全面、系统地介绍汇编语言程序设计的基本理论和方法。

全书分为 10 章,第 1~3 章主要讲述计算机基本概念、寻址方式、8086/8088 指令系统;第 4~6 章介绍伪指令、程序和子程序设计;第 7 章讨论高级宏汇编技术;第 8 章和第 9 章围绕数据输入输出展开,重点讲述 DOS 和 BIOS 中断的应用;最后简单介绍高级语言嵌入汇编语言的方法。每一章都附有大量的应用实例以及习题。

本书在编写中力求结构清晰、语言简练、循序渐进、通俗易懂。

本书可以作为大专院校计算机专业、软件工程专业、自动化专业的教材,也是广大工程技术人员自学不可缺少的参考书之一。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

汇编语言程序设计/肖刚强,张晓艳,王艳娟编著. —北京:清华大学出版社,2011.4
(21 世纪高等学校规划教材·计算机科学与技术)

ISBN 978-7-302-24386-1

I. ①汇… II. ①肖… ②张… ③王… III. ①汇编语言—程序设计 IV. ①TP313

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 259023 号

责任编辑:魏江江 王冰飞

责任校对:时翠兰

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62795954,jsjic@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015,zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:三河市君旺印装厂

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:18.25 字 数:443 千字

版 次:2011 年 4 月第 1 版 印 次:2011 年 4 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:29.50 元

出版说明

随着我国改革开放的进一步深化,高等教育也得到了快速发展,各地高校紧密结合地方经济建设发展需要,科学运用市场调节机制,加大了使用信息科学等现代科学技术提升、改造传统学科专业的投入力度,通过教育改革合理调整和配置了教育资源,优化了传统学科专业,积极为地方经济建设输送人才,为我国经济社会的快速、健康和可持续发展以及高等教育自身的改革发展做出了巨大贡献。但是,高等教育质量还需要进一步提高以适应经济社会发展的需要,不少高校的专业设置和结构不尽合理,教师队伍整体素质亟待提高,人才培养模式、教学内容和教学方法需要进一步转变,学生的实践能力和创新精神亟待加强。

教育部一直十分重视高等教育质量工作。2007年1月,教育部下发了《关于实施高等学校本科教学质量与教学改革工程的意见》,计划实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程(简称‘质量工程’)”,通过专业结构调整、课程教材建设、实践教学改革、教学团队建设等多项内容,进一步深化高等学校教学改革,提高人才培养的能力和水平,更好地满足经济社会发展对高素质人才的需要。在贯彻和落实教育部“质量工程”的过程中,各地高校发挥师资力量强、办学经验丰富、教学资源充裕等优势,对其特色专业及特色课程(群)加以规划、整理和总结,更新教学内容、改革课程体系,建设了一大批内容新、体系新、方法新、手段新的特色课程。在此基础上,经教育部相关教学指导委员会专家的指导和建议,清华大学出版社在多个领域精选各高校的特色课程,分别规划出版系列教材,以配合“质量工程”的实施,满足各高校教学质量和教学改革的需要。

为了深入贯彻落实教育部《关于加强高等学校本科教学工作,提高教学质量的若干意见》精神,紧密配合教育部已经启动的“高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作”,在有关专家、教授的倡议和有关部门的大力支持下,我们组织并成立了“清华大学出版社教材编审委员会”(以下简称“编委会”),旨在配合教育部制定精品课程教材的出版规划,讨论并实施精品课程教材的编写与出版工作。“编委会”成员皆来自全国各类高等学校教学与科研第一线的骨干教师,其中许多教师为各校相关院、系主管教学的院长或系主任。

按照教育部的要求,“编委会”一致认为,精品课程的建设工作从开始就要坚持高标准、严要求,处于一个比较高的起点上;精品课程教材应该能够反映各高校教学改革与课程建设的需要,要有特色风格、有创新性(新体系、新内容、新手段、新思路,教材的内容体系有较高的科学创新、技术创新和理念创新的含量)、先进性(对原有的学科体系有实质性的改革和发展,顺应并符合21世纪教学发展的规律,代表并引领课程发展的趋势和方向)、示范性(教材所体现的课程体系具有较广泛的辐射性和示范性)和一定的前瞻性。教材由个人申报或各校推荐(通过所在高校的“编委会”成员推荐),经“编委会”认真评审,最后由清华大学出版

社审定出版。

目前,针对计算机类和电子信息类相关专业成立了两个“编委会”,即“清华大学出版社计算机教材编审委员会”和“清华大学出版社电子信息教材编审委员会”。推出的特色精品教材包括:

(1) 21 世纪高等学校规划教材·计算机应用——高等学校各类专业,特别是非计算机专业的计算机应用类教材。

(2) 21 世纪高等学校规划教材·计算机科学与技术——高等学校计算机相关专业的教材。

(3) 21 世纪高等学校规划教材·电子信息——高等学校电子信息相关专业的教材。

(4) 21 世纪高等学校规划教材·软件工程——高等学校软件工程相关专业的教材。

(5) 21 世纪高等学校规划教材·信息管理与信息系统。

(6) 21 世纪高等学校规划教材·财经管理与计算机应用。

(7) 21 世纪高等学校规划教材·电子商务。

清华大学出版社经过二十多年的努力,在教材尤其是计算机和电子信息类专业教材出版方面树立了权威品牌,为我国的高等教育事业做出了重要贡献。清华版教材形成了技术准确、内容严谨的独特风格,这种风格将延续并反映在特色精品教材的建设中。

清华大学出版社教材编审委员会

联系人:魏江江

E-mail: weijj@tup.tsinghua.edu.cn

前言

汇编语言是一种功能强大的编程语言,它最接近于机器硬件。如果说机器语言是计算机操作的本质,那么汇编语言就是最接近本质的东西。汇编语言是为计算机提供的最快捷、最有效的语言,也是能够充分利用计算机硬件的唯一语言,在对运行速度要求较高的场合,汇编语言是绝对能够胜任的。近年来,计算机技术得到了迅猛的发展,尤其在实时控制、人工智能、网络通信以及开发和测试各种系统软件等方面,汇编语言都得到了广泛的应用。可以毫不夸张地说,掌握汇编语言技术是计算机专业技术人员不可缺少的技能。

“汇编语言程序设计”是大连交通大学计算机、软件工程、自动化专业学生的必修课程之一。它不仅是微机原理、操作系统、单片机、接口技术等课程的必要先修课,而且对于训练学生掌握程序设计技术精髓有着举足轻重的作用。

本书以 8086/8088 系列微机为背景,由浅入深地介绍汇编语言的相关知识。充分考虑应用型本科学生的培养目标和教学特点,在注重基本概念的同时,重点介绍实用性较强的内容。

本书共分 10 章,全面、系统、深入地讲解汇编语言的基本原理、硬件结构、寻址方式、指令系统、程序设计以及中断等知识;介绍键盘、打印机、通信程序设计方法以及高级语言和汇编语言混合编程技术,并附有一定数量的习题。第 1~3 章主要讲述计算机基本概念、寻址方式、8086/8088 指令系统,由张晓艳编写;第 4~6 章介绍伪指令、程序和子程序设计,由王艳娟编写;第 7 章讨论高级宏汇编技术,由肖刚强编写;第 8 章和第 9 章围绕数据输入输出展开,重点讲述 DOS 和 BIOS 的中断调用,由肖刚强编写;最后简单介绍高级语言嵌入汇编语言的方法,由肖刚强编写。

本书在编写过程中力求符号统一、图表准确、语言通俗、结构清晰。

由于编者水平有限,本书肯定有不少缺点和不足,热切期望得到专家和读者的批评指正。

编 者

2010 年 10 月

目 录

第 1 章 计算机基础知识	1
1.1 计算机中数制基本概念	1
1.1.1 常用进位记数制	1
1.1.2 二进制数和十六进制数的算术运算	2
1.2 不同数制之间的相互转换	3
1.2.1 二进制数与十进制数之间的转换	3
1.2.2 十六进制数与十进制数之间的转换	4
1.2.3 二进制数与十六进制数之间的转换	4
1.3 计算机中数值数据的表示方法	5
1.3.1 机器数和真值	5
1.3.2 无符号数的表示方法	5
1.3.3 定点数和浮点数	6
1.3.4 BCD 编码	6
1.4 计算机中带符号数的表示	7
1.4.1 原码	7
1.4.2 反码	7
1.4.3 补码	8
1.5 计算机非数值数据的编码	9
1.5.1 字符的编码	9
1.5.2 汉字的编码	10
1.6 几种基本逻辑运算	11
1.6.1 “与”运算	11
1.6.2 “或”运算	11
1.6.3 “非”运算	12
1.6.4 “异或”运算	12
习题	13
第 2 章 80x86 微处理器及其体系结构	14
2.1 计算机系统概述	14
2.1.1 硬件	14
2.1.2 软件	15
2.2 80x86 微处理器	17

2.2.1	微处理器的产生和发展	17
2.2.2	8086 微处理器的一般性能特点	18
2.3	中央处理器	18
2.3.1	中央处理器的组成	18
2.3.2	80x86 寄存器组	20
2.4	存储器组织	24
2.4.1	存储单元的地址和内容	24
2.4.2	存储器寻址	25
2.4.3	Intel 的 32 位 CPU 在不同模式下寻址	27
2.5	外部设备	28
2.5.1	基本概念	28
2.5.2	I/O 端口的组织	28
2.5.3	80x86 的例行程序	29
习题		30
第 3 章	80x86 的指令系统和寻址方式	31
3.1	指令的基本概念和基本格式	31
3.2	指令的寻址方式	32
3.2.1	寻址方式的基本概念	32
3.2.2	与数据有关的 7 种寻址方式	32
3.2.3	I/O 端口寻址方式	41
3.3	8086 指令系统	42
3.3.1	数据传送指令	42
3.3.2	算术运算指令	52
3.3.3	逻辑运算和移位指令	66
3.3.4	串操作指令	73
3.3.5	控制转移指令	79
3.3.6	处理器控制指令	93
3.3.7	指令的执行时间	94
3.4	80x86 的指令系统	95
习题		96
第 4 章	汇编语言的基本表达及运行	101
4.1	汇编语言的语句格式	101
4.1.1	标识符	101
4.1.2	汇编语句格式	101
4.2	运算符	103
4.2.1	算术运算符	103
4.2.2	逻辑与移位运算符	103

4.2.3	关系运算符	104
4.2.4	数值回送运算符	104
4.2.5	属性运算符	105
4.2.6	字节分离运算符 LOW 或 HIGH	107
4.2.7	记录专用运算符	107
4.3	伪指令	108
4.3.1	符号定义伪指令	108
4.3.2	符号名定义伪指令 LABEL	109
4.3.3	数据定义伪指令	110
4.3.4	段定义伪指令	113
4.3.5	过程定义伪指令	115
4.3.6	调整偏移量伪指令	116
4.3.7	复合内存变量定义伪指令	120
4.4	汇编语言的上机过程	120
4.4.1	汇编语言的工作环境	121
4.4.2	程序的编写和运行过程	121
4.4.3	汇编语言的上机过程	121
4.4.4	编辑、编译、连接和调试程序举例	126
习题		130
第 5 章	汇编语言程序设计基础	133
5.1	源程序的基本结构	133
5.1.1	段的定义	133
5.1.2	段寄存器的说明语句	134
5.1.3	堆栈段的说明	135
5.1.4	段的基本属性	136
5.2	汇编语言程序设计的基本方法和步骤	140
5.2.1	汇编语言程序设计基本步骤	140
5.2.2	结构化程序的概念	141
5.2.3	流程图画法规定	141
5.3	顺序程序设计	145
5.3.1	顺序程序设计举例	146
5.3.2	简单查表法代码转换	149
5.3.3	查表法求函数值	150
5.4	分支程序设计	151
5.4.1	分支程序举例	151
5.4.2	利用地址表实现多向分支	154
5.5	循环程序设计	158
5.5.1	单重循环程序设计	159

5.5.2 多重循环程序设计·····	164
习题·····	167
第 6 章 子程序设计 ·····	169
6.1 子程序的结构·····	169
6.2 子程序使用中的问题·····	172
6.3 子程序调用时参数的传递方法·····	172
6.4 子程序的嵌套和递归调用·····	178
6.5 常用子程序举例·····	178
6.6 子程序库·····	182
6.6.1 建立库文件命令·····	182
6.6.2 建立库文件举例·····	183
6.6.3 库文件的应用·····	184
习题·····	185
第 7 章 高级汇编语言技术 ·····	187
7.1 宏的概念·····	187
7.1.1 宏定义·····	187
7.1.2 宏调用·····	188
7.1.3 宏展开·····	188
7.1.4 宏嵌套·····	189
7.1.5 宏与子程序的区别·····	192
7.2 重复汇编·····	192
7.2.1 确定次数重复伪操作·····	193
7.2.2 不确定次数重复伪操作·····	193
7.3 条件汇编·····	194
习题·····	197
第 8 章 输入输出与中断控制 ·····	201
8.1 I/O 设备与数据传送方式·····	201
8.1.1 主机与外设之间数据的传送方式·····	201
8.1.2 外设与主机传送的接口与信息·····	201
8.2 程序直接控制 I/O 方式·····	202
8.3 中断传送方式·····	205
8.3.1 中断的概念·····	205
8.3.2 中断向量表·····	207
8.3.3 中断处理过程·····	209
8.3.4 中断程序举例·····	211
习题·····	215

第 9 章 DOS 和 BIOS 中断调用	216
9.1 键盘输入中断调用	217
9.1.1 ASCII 与扫描码	217
9.1.2 BIOS 键盘中断	217
9.1.3 DOS 键盘功能调用(INT 21H)	219
9.2 显示器 I/O	221
9.2.1 字符属性	223
9.2.2 BIOS 显示中断调用	225
9.2.3 DOS 显示功能	229
9.3 串行通信口 I/O	230
9.3.1 DOS 串行通信口功能调用	230
9.3.2 串行通信口 BIOS 功能调用(INT 14H)	231
9.4 磁盘文件管理	232
9.4.1 DOS 功能调用中断(INT 21H)	232
9.4.2 BIOS 磁盘存取功能	237
9.5 打印服务	239
9.5.1 DOS 打印功能(INT 21H)	239
9.5.2 打印机控制符	239
9.5.3 BIOS 打印功能	240
习题	242
第 10 章 C/C++ 与汇编语言的连接	244
10.1 存储模式的约定	244
10.2 函数名的约定	244
10.3 汇编语言和 C 语言之间的参数传递	245
10.3.1 获取调用者的入口参数	245
10.3.2 返回值	245
10.3.3 保护寄存器	245
10.4 编译、汇编和连接的方法	246
10.4.1 C 语言中嵌入汇编语言代码	246
10.4.2 调用规则	247
10.4.3 把参数返回 C 程序	248
10.4.4 汇编语言程序与 C 语言程序连接	248
10.5 GCC 格式中使用汇编语言	248
10.5.1 基本语法	249
10.5.2 基本的内嵌汇编	249
10.6 Visual C++ 代码中内嵌汇编	250
10.6.1 内嵌汇编的优点	250

10.6.2 关键字	250
10.6.3 汇编语言	251
10.6.4 使用 C/C++ 元素	252
10.6.5 Visual C++ 工程中使用独立汇编	258
附录	259
附录 A 8086/8088 汇编语言主要指令一览表	259
附录 B 中断向量地址一览表	264
附录 C DOS 功能调用	265
附录 D BIOS 中断	270
参考文献	274

第1章

计算机基础知识

通常,计算机中的数据分为两类。

- (1) 数: 用来直接表示量的多少,有大小之分,能够进行加减等运算。
- (2) 码: 通常指代码或编码,在计算机中用来描述某种信息。

1.1 计算机中数制基本概念

数制是人们利用符号来记数的科学方法。数制可以有很多种,但在计算机的设计与使用上常使用的是十进制、二进制、八进制和十六进制。

数制所使用的数码的个数称为基;数制每一位所具有的值称为权。

任何一种数制表示的数都可以写成按基权展开的多项式之和。

$$N = d_{n-1}b^{n-1} + d_{n-2}b^{n-2} + d_{n-3}b^{n-3} + \dots + d_{-m}b^{-m}$$

式中: n ——整数的总位数;

m ——小数的总位数;

d 下标——表示该位的数码;

b ——表示进位制的基数;

b 上标——表示该位的位权。

1.1.1 常用进位记数制

记数制	基数	数码	进位关系
二进制	2	0,1	逢二进一
八进制	8	0,1,2,3,4,5,6,7	逢八进一
十进制	10	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9	逢十进一
十六进制	16	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9, A,B,C,D,E,F	逢十六进一

用字母符号来表示这些数制如下。

B——二进制,H——十六进制,D——十进制,O(或 Q)——八进制。

1. 十进制数

十进制数共有 10 个数字符号,为 0~9,逢十进一。

【例 1.1】十进制数 623.79 可以按基权展开表示如下。

$$623.79 = 6 \times 10^2 + 2 \times 10^1 + 3 \times 10^0 + 7 \times 10^{-1} + 9 \times 10^{-2}$$

2. 二进制数

二进制数只有两个不同的数字符号 0 和 1,逢二进一。

【例 1.2】二进制数 10110.011 可以按基权展开表示如下。

$$10110.011\text{B} = 1 \times 2^4 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} = 22.375\text{D}$$

3. 十六进制数

十六进制数共有 16 个数字符号,用 0~9 和 A~F 来表示,逢十六进一。

【例 1.3】十六进制数 5A 可以按基权展开表示如下。

$$5\text{AH} = 5 \times 16^1 + 10 \times 16^0 = 90\text{D}$$

十进制、二进制、十六进制的对照关系如表 1.1 所示。

表 1.1 常用进制对照表

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

4. 记数制的书写规则

(1) 在数字后面加写相应的英文字母作为标识。十进制数可以省略 D。

如：二进制数的 100 可写成 100B；十六进制数 100 可写成 100H。

(2) 在括号外面加数字下标。

如：(1011)₂ 表示二进制数的 1011；(2DF2)₁₆ 表示十六进制数的 2DF2。

1.1.2 二进制数和十六进制数的算术运算

1. 二进制数的运算

加法规则：

$$0+0=0$$

$$0+1=1$$

$$1+0=1$$

$$1+1=0(\text{进位 } 1)$$

减法规则：

$$0-0=0$$

$$0-1=1(\text{借位 } 1)$$

$$1-0=1$$

$$1-1=0$$

乘法规则：

$$0 \times 0 = 0$$

$$0 \times 1 = 0$$

$$1 \times 0 = 0$$

$$1 \times 1 = 1$$

2. 十六进制数的运算

加法规则：当两个一位数之和 S 小于 16 时,与十进制数同样处理；当两个一位数之和

$S \geq 16$ 时, 则用 $S-16$ 及进位 1 来取代 S 。

【例 1.4】

$$\begin{array}{r} 05C3H \\ + \quad 3D25H \\ \hline 42E8H \end{array}$$

减法规则: 与十进制相似, 够减时可直接相减, 不够减时服从向高位借 1 为 16。

【例 1.5】

$$\begin{array}{r} 3D25H \\ - \quad 05C3H \\ \hline 3762H \end{array}$$

乘法、除法规则读者可自学处理, 这里不再赘述。

1.2 不同数制之间的相互转换

1.2.1 二进制数与十进制数之间的转换

1. 二进制数转换为十进制数

二进制数按基权展开的多项式之和, 即各位二进制数码乘以与其对应的权之和就是该二进制数对应的十进制数。

【例 1.6】

$$11010.101B = 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-3} = 26.625$$

2. 十进制数转换为二进制数

十进制数转换为二进制数的方法有很多, 这里介绍常用的一种。

整数: 采用基数 2 连续去除该十进制整数, 直至商等于“0”为止, 然后逆序排列余数, 简称“除 2 倒取余”法。

【例 1.7】 将十进制整数 105 转换为二进制整数, 采用“除 2 倒取余”的方法, 过程如下。

$2 \overline{) 105}$	
$2 \overline{) 52}$	余数为 1
$2 \overline{) 26}$	余数为 0
$2 \overline{) 13}$	余数为 0
$2 \overline{) 6}$	余数为 1
$2 \overline{) 3}$	余数为 0
$2 \overline{) 1}$	余数为 1
0	余数为 1

所以, $105D = 1101001B$ 。

小数：连续用基数 2 去乘以该十进制小数，直至乘积的小数部分等于“0”，然后顺序排列每次乘积的整数部分，简称“乘 2 顺取整”法。

如果出现乘积的小数部分一直不为“0”，则根据精度的要求截取一定的位数即可。

【例 1.8】 将十进制小数 0.8125 转换为二进制小数，采用“乘 2 顺取整”的方法，过程如下。

$$0.8125 \times 2 = 1.625$$

取整数位 1

$$0.625 \times 2 = 1.25$$

取整数位 1

$$0.25 \times 2 = 0.5$$

取整数位 0

$$0.5 \times 2 = 1.0$$

取整数位 1

所以， $0.8125 = 0.1101\text{B}$ 。

1.2.2 十六进制数与十进制数之间的转换

1. 十六进制数转换为十进制数

十六进制数按基权展开的多项式之和，即各位十六进制数码乘以与其对应的权之和就是该数对应的十进制数。

【例 1.9】

$$3\text{AF}5\text{H} = 3 \times 16^3 + 10 \times 16^2 + 15 \times 16^1 + 5 \times 16^0 = 15\,093$$

2. 十进制数转换为十六进制数

其方法与十进制数转二进制数相同，只是除以或乘以的数为 16，简称“除 16 倒取余”法。

【例 1.10】 将十进制整数 2347 转换为十六进制整数，采用“除 16 倒取余”的方法，过程如下。

$$16 \overline{) 2347}$$

$$16 \overline{) 146}$$

余数为 11(十六进制数为 B)

$$16 \overline{) 9}$$

余数为 2

$$0$$

余数为 9

所以， $2347 = 92\text{BH}$ 。

1.2.3 二进制数与十六进制数之间的转换

1. 二进制数转换为十六进制数

从小数点开始分别向左或向右，将每 4 位二进制数分成 1 组，不足 4 位的补 0，然后将每组用一位十六进制数表示即可。

【例 1.11】

$$0011 \quad 0101 \quad 1011 \quad 1111 . 1010$$

↓

↓

↓

↓

↓

3

5

B

F

A

所以， $0011 \ 0101 \ 1011 \ 1111 . 101 \text{B} = 35\text{BF} . \text{AH}$ 。

2. 十六进制数转换为二进制数

将每位十六进制数用 4 位二进制数表示即可。

【例 1.12】

C	5	9	E
↓	↓	↓	↓
1100	0101	1001	1110

所以, $C59EH = 1100\ 0101\ 1001\ 1110B$ 。

1.3 计算机中数值数据的表示方法

1.3.1 机器数和真值

1. 机器数

数值数据在计算机中的二进制表示形式称为机器数,也就是一个数值数据的机器编码。

机器数有两个基本特点,其一是数的符号数值化。实用的数据有正数和负数,因为计算机只能表示 0、1 两种状态,数据的正号“+”或负号“-”在机器里就用一位二进制的 0 或 1 来区别。通常这个符号放在二进制数的最高位,称符号位,以 0 代表符号“+”,以 1 代表符号“-”,这样正负符号就被数值化了。

机器数的另一个特点是二进制的位数受机器设备的限制。机器内部设备一次能表示的二进制位数叫机器的字长,一台机器的字长是固定的。字长 8 位叫一个字节(B),现在机器字长一般都是字节的整数倍,如字长 8 位、16 位、32 位、64 位。

【例 1.13】 设 $N_1 = +101010$, $N_2 = -1001010$, 机器字长为 8 位,其机器数可表示为: $N_1 = 00101010$, $N_2 = 11001010$ 。

2. 真值

因为有符号占据一位,数的形式值就不等于真正的数值,带符号位的机器数对应的数值称为机器数的真值。

【例 1.14】 按上述编码,机器数 N_2 的真值为: $-1001010 = -74$ 。

1.3.2 无符号数的表示方法

当计算机字长的所有位都用来表示数值而不设置符号位时,数值称为无符号数。一个无符号二进制数表示整数时,称为无符号整数;表示纯小数时称为无符号小数。无符号整数的小数点默认在最低位之后,无符号小数的小数点默认在最高位之前。

8 位无符号整数的表数范围是: $0 \leq N \leq 255$;

16 位无符号整数的表数范围是: $0 \leq N \leq 65\ 535$ 。

【例 1.15】 二进制数 $10010000B$ 代表无符号整数和无符号小数时,其十进制值分别是多少?