高职高专电气系列教材

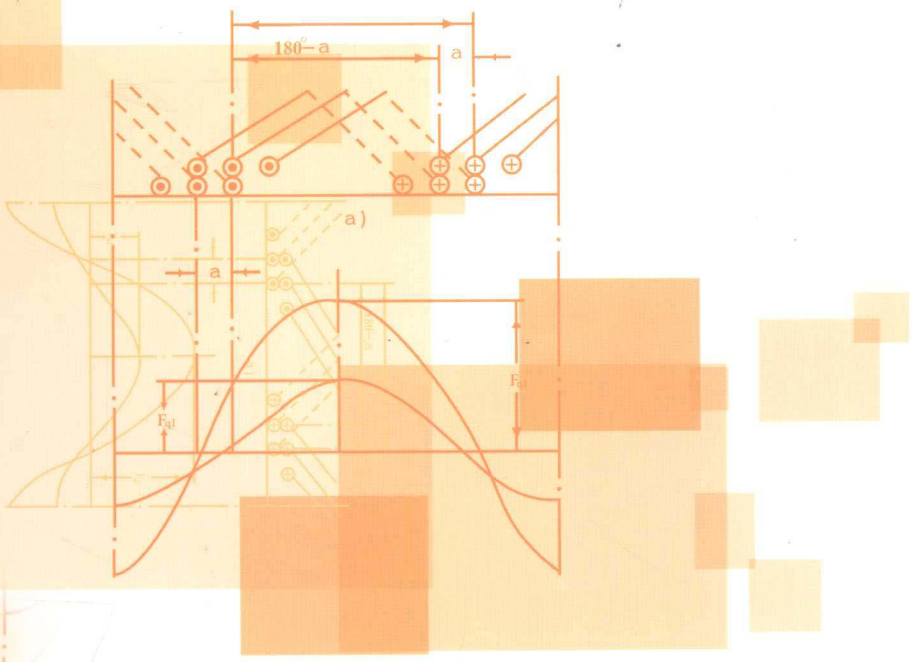
GAOZHI GAOZHUAN DIANQI XILIE JIAOCAI

单片机原理及其应用

DanPianJi YuanLi JiQi YingYong

■主　编　佟云峰

■副主编　胡文金　冯维杰



重庆大学出版社

单片机原理及其应用

主　编　佟云峰
副主编　胡文金　冯维杰

重庆大学出版社

内 容 简 介

本书以 MCS—51 系列单片机为主，较为详尽地介绍了单片机的组成、工作原理和应用技术。全书共分 7 章，内容包括：单片机的基本概念和发展、单片机的内部结构和外部端口功能、单片机指令系统及汇编程序设计、单片机的 C51 程序设计、系统扩展与接口技术、单片机的应用实例。本教材主要以高职高专院校电类专业学生为讲授对象，力求语言精练、准确，概念清晰，原理与应用紧密结合，例题与实例典型而实用，便于讲授或自学。本书也可作为各类工程技术人员学习单片机技术的参考书使用。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理及其应用/佟云峰主编. —重庆：重庆大学出版社，2004.6
(高职高专电气类系列教材)
ISBN 7-5624-3070-5

Ⅰ.单… Ⅱ.佟… Ⅲ.单片微型计算机—高等学校：技术学校—教材 Ⅳ.TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 012314 号

单片机原理及其应用

主　编　佟云峰
副主编　胡文金　冯维杰
责任编辑：谭　敏　　版式设计：谭　敏
责任校对：何建云　　责任印制：张立全

*

重庆大学出版社出版发行
出版人：张鸽盛
社址：重庆市沙坪坝正街 174 号重庆大学(A 区)内
邮编：400030
电话：(023) 65102378　65105781
传真：(023) 65103686　65105565
网址：http://www.cqup.com.cn
邮箱：fxk@cqup.com.cn (市场营销部)
全国新华书店经销
重庆华林天美彩色报刊印务有限公司印刷

*

开本：787×1092　1/16　印张：17.5　字数：437 千　插页：8 开 1 页
2004 年 6 月第 1 版　　2004 年 6 月第 1 次印刷
印数：1—5 000
ISBN 7-5624-3070-5/TP·460　　定价：24.00 元

前言

单片机(single chip microcontroller)以其集成度高、运算速度快、体积小、运行可靠、价格低廉等优势,在过程控制、数据采集、机电一体化、智能化仪器仪表、家用电器以及网络技术等方面得到广泛应用。特别是单片机嵌入式系统的开发与应用,标志着计算机发展史上又一个新的里程碑。作为计算机两大发展方向之一的单片机,以面向对象的实时控制为己任,嵌入到如家用电器、汽车、机器人、仪器仪表等设备中使其智能化。目前国内外各大电气公司,大的半导体厂商正不断地开发、使用单片机,使其无论在控制能力,减小体积,降低成本,还是开发环境的改善等方面,都得到了空前迅速的发展。各高校的许多专业纷纷开设单片机课程,单片机世界呈现出了一片繁荣景象。

目前以及今后相当长的一段时间内,在单片机应用领域中,8 位单片机将仍然占据主流地位。因此,本教材以 MCS—51 单片机为主线讲述单片机的原理及应用技术,既符合教学特点的典型性,又不失内容的先进性。现阶段流行的各公司开发的品种繁杂的单片机,大多以 51 单片机为内核。因此,只要以一种机型学好单片机的基本原理和应用方法,就可达到"一通则百通"的效果。

本书由佟云峰主编,并编写了第 3 章、第 7 章的 7.3.2 和附录 4;胡文金编写第 4 章的 4.4、第 6 章、第 7 章的 7.1、7.2、7.3.3 和附录 2;冯维杰编写第 5 章、第 7 章的 7.3.1;吴政江编写第 1 章、附录 1、附录 3;秦培林编写第 4 章除 4.4 外其余部分;张帆编写第 2 章;昆明微控公司的邓鲁提供了有价值的资料,在此表示感谢。

限于水平,错误难免,敬请读者批评指正。

编　者

2004 年 1 月 21 日

目录

第 1 章
单片机概述

本章基本要求：

单片机是现代电子智能仪器仪表及嵌入式系统的主要组成部分，应用非常广泛，是现代工程技术人员必须掌握的知识之一。本章要求掌握数的进制及其相互转换、带符号数的表示方法、溢出的判别方法、ASCII 码和 BCD 码等单片机的数学基础知识；掌握单片机的概念、特点、应用范围、发展历程等基础知识；了解常用单片机系列，为后续章节的学习打下基础。

1.1 单片机的数学基础

1.1.1 数的进制及其相互转换

(1)数的几种常用进制

数制是人们利用符号来计数的方法，数制有很多种，人们熟悉的是十进制。但由于数在机器中是以器件的物理状态来表示的，因此一个具有两种稳定状态且能相互转换的器件，就可以用来表示一位二进制数。二进制数的表示是最简单而且是最可靠的，另外，二进制的运算规则也是最简单的。因此，迄今为止，所有计算机都是以二进制进行算术运算和逻辑运算的。但是在使用二进制编写程序时既繁锁又容易出错，所以人们在编写程序时又经常用到十进制、十六进制或八进制。下面分别予以介绍。

任何一种数制都有两个要素，即基数和权。基数为数制中所使用的数码的个数。当基数为 R 时，该数制可使用的数码为 $0 \sim (R-1)$。例如在二进制中基数为 2，可使用 0 和 1 两个数码。在进行运算时按逢 R 进一，借 1 当 R 的规则进行。权是数制中某一数位上单位数的大小，它是一个指数，底是基数 R，幂是数码的位置号，数码的位置号从 0 开始。将一个数中某一位的数码与该位的权相乘，即为该位数码的数值。

1)十进制(Decimal)

十进制是以 10 为基数，逢十进一、借一当十的计数体制。计数符号共有十个，分别为：0、1、2、3、4、5、6、7、8、9。计数规则是逢十进一，借一当十。十进制数常用下标 D 或 10 表示。

加权系数表示：

$$[M]_D = \sum_{i=-\infty}^{\infty} K_i \times 10^i$$

K_i 为第 i 位的系数可取 0～9 十个数字符号中的任一个；10^i 为第 i 位的权。显然各位的权是 10 的幂。

例 1.1 $(42.51)_{10} = 4 \times 10^1 + 2 \times 10^0 + 5 \times 10^{-1} + 1 \times 10^{-2}$

2）二进制（Binary）

二进制是以 2 为基数，逢二进一、借一当二的计数体制。计数符号共有两个，分别为：0、1。计数规则是逢二进一、借一当二。二进制数常用下标 B 或 2 表示。

运算规则：$0+0=0$　$0+1=1+0=1$　$1+1=10$（读“壹零”）　$0 \times 0=0$

$1 \times 0=0 \times 1=0$　$1 \times 1=1$

加权系数表示：

$$[M]_B = \sum_{i=-\infty}^{\infty} K_i \times 2^i$$

K_i 为第 i 位的系数可取 0 或 1；2^i 为第 i 位的权，即各位的权是 2 的幂。

例 1.2 $[1101.01]_B = 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2}$

下面再介绍有关二进制的几个概念：

位：一位二进制信息，只能是 0 或 1，也叫比特（bit）。

字节：计算机中将 8 位二进制数称为一个字节，也叫拜特（Byte）。为了表示大容量存储器的需要，人们还定义了千字节（KB）、兆字节（MB）、吉字节（GB）三个单位。它们的关系为：

1 KB = 2^{10} Byte = 1 024 Byte

1 MB = 2^{10} KB = 1 024 KB = 2^{20} Byte

1 GB = 2^{10} MB = 1 024 MB = 2^{30} Byte

字：计算机一次能处理的二进制数称为一个字，也叫沃德（Word），字是计算机中参加运算的基本单位。由于目前微型计算机通常是 16 位的，因此通常认为一个字为 16 位二进制数，即 1 Word = 2 Byte。

3）八进制

八进制是以 8 为基数，逢八进一、借一当八的计数体制。计数符号共有 8 个，分别为：0、1、2、3、4、5、6、7。计数规则是逢八进一，借一当八。八进制数常用下标 O 或 8 表示。

加权系数表示：

$$[M]_O = \sum_{i=-\infty}^{\infty} K_i \times 8^i$$

K_i 为第 i 位的系数可取 0～7 八个数字符号中的任一个；8^i 为第 i 位的权。显然各位的权是 8 的幂。

例 1.3 $[236]_O = 2 \times 8^2 + 3 \times 8^1 + 6 \times 8^0$

对八进制数有一个重要特点，那就是每位八进制数可用三位二进制数表示。例如：$(6)_8 = (110)_2$。

4）十六进制（Hexadecimal）

十六进制是以 16 为基数，逢十六进一、借一当十六的计数体制。计数符号共有 16 个，分别为：0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F。计数规则是逢十六进一，借一当十六。十六进

制数常用下标 H 或 16 表示。

加权系数表示：

$$[M]_{\mathrm{H}} = \sum_{i=-\infty}^{\infty} K_i \times 16^i$$

K_i 为第 i 位的系数可取 0 ~ F 十六个数字符号中的任一个；16^i 为第 i 位的权。显然各位的权是 16 的幂。

例 1.4　$[4E6]_{\mathrm{H}} = 4 \times 16^2 + 14 \times 16^1 + 6 \times 16^0$

对十六进制数有一个重要特点，那就是每位十六进制数可用四位二进制数表示。例如：$(E)_{16} = (1110)_2$。

(2)不同进制数之间的相互转换

1)任意进制数转为十进制数

方法：按权展开求和。

例 1.5　$[1101.01]_{\mathrm{B}} = 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2}$

$= 8 + 4 + 0 + 1 + 0 + 0.25 = (13.25)_{\mathrm{D}}$

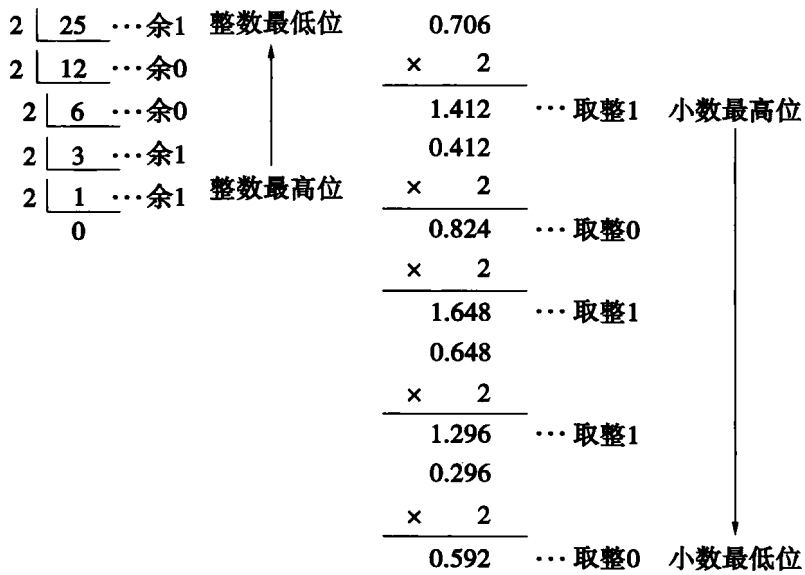
$[236]_8 = 2 \times 8^2 + 3 \times 8^1 + 6 \times 8^0 = 128 + 24 + 6 = (158)_{10}$

$[C2]_{\mathrm{H}} = 12 \times 16^1 + 2 \times 16^0 = 192 + 2 = (194)_{10}$

2)十进制数转为二进制数

方法：对整数部分，连续除 2 取余反排列，直到商为 0；对小数部分，连续乘 2 取整正排列，直到乘积的小数部分为 0 或满足误差要求。

例 1.6　$[338.38]_{\mathrm{D}} = [101010010.01100]_{\mathrm{B}}$　$[25.706]_{\mathrm{D}} = [11001.10111]_{\mathrm{B}}$(保留 5 位小数)。



由于最后舍弃的数 0.592 大于 0.5，因此按“四舍五入”原则，小数最低位 0 加 1。

推广：十进制数转为任意进制数。整数部分，连续除基数取余反排列，直到商为 0；小数部分，连续乘基数取整正排列，直到乘积的小数部分为 0 或满足误差要求。

3)八进制数与二进制数之间的相互转换

二进制转为八进制:对整数部分,从最低位开始三位三位地分组,不足三位的前面补零;对小数部分,则从最高位开始三位三位地分组,不足三位的后面补0。然后每组以其对应的八进制数代替,排列顺序不变。

八进制转为二进制:将每位八进制数写成对应的三位二进制数,再按原来的顺序排列起来即可。

例 1.7 $[11110100010]_2=[3642]_8$ $[6403]_8=[110100000011]_2$

4)十六进制数与二进制数之间的相互转换

方法:跟八进制数与二进制数之间的相互转换相似,只是按四位分组即可。

例 1.8 $[11110100010]_2=[7A2]_{16}$ $[B59]_{16}=[101101011001]_2$

5)八进制数与十六进制数之间的相互转换

方法:通过二进制数作中间变量进行变换。

例 1.9 $[B59]_{16}=[101101011001]_2=[5531]_8$

$[6403]_8=[110100000011]_2=[D03]_{16}$

1.1.2 带符号数的表示方法

(1)机器数与真值

前面提到的二进制数,没有涉及符号问题,是一种无符号数。但在实际应用中,一个数显然还有正、负之分,那么符号在计算机中是怎么表示的呢?计算机中采用二进制数码,对于数的符号"+"或"-"也用二进制数码表示。规定用二进制数码的最高位表示符号。并规定:用数码"0"表示正数的符号"+";用数码"1"表示负数的符号"-"。

例 1.10 $X_1=+010001B$;$X_2=-010001B$,在8位机分别表示为 $X_1=00010001B$;$X_2=10010001B$。

一个数在机器中的表示形式称为机器数,而原来的实际数本身称为机器数的真值。在计算机中常用的机器数有原码、反码、补码三种形式。当真值为 X 时,其原码、反码、补码分别用 $[X]_{原}$、$[X]_{反}$、$[X]_{补}$表示。

(2)原码(true form)

符号位用"0"表示正数,"1"表示负数,其余各位表示真值除符号外的尾数本身,这种表示方法称为原码表示法。即用0、1分别代替真值中的"+"、"-"即得原码。以八位机为例(下同)。

1)对于正数:$[X]_{原}=X$

例 1.11 若 $X_1=+1101001B$,$X_2=+101101B$,则 $[X_1]_{原}=01101001B$,$[X_2]_{原}=00101101B$(不足8位应在符号位后补"0")。

2)对于负数:$[X]_{原}=2^{8-1}-X$

例 1.12 若 $X_1=-1101001B$,$X_2=-101101B$,则

$[X_1]_{原}=11101001B=10000000B+1101001B=2^{8-1}-(-1101001B)=2^{8-1}-X_1$

$[X_2]_{原}=10101101B=10000000B+101101B=2^{8-1}-(-101101B)=2^{8-1}-X_2$

3)对于0

在计算机中,0可认为它是+0,也可认为它是-0,故0在原码中有两种表示法。对八位

机：$[+0]_{原}=00000000B$，$[-0]_{原}=10000000B$。

字长为 n 位的原码表示法的一般规律：

$$[X]_{原}=\begin{cases}X & (0\leqslant X<2^{n-1})\\ 2^{n-1}-X & (-2^{n-1}<X\leqslant 0)\end{cases}$$

(3)反码(one's complement)

1)对于正数，其反码表示法与原码相同，即$[X]_{反}=[X]_{原}=X$。

例 1.13　若 $X_1=+1101001B$，$X_2=+101101B$，则$[X_1]_{反}=[X_1]_{原}=01101001B$，$[X_2]_{反}=[X_2]_{原}=00101101B$(不足 8 位应在符号位后补“0”)。

2)对于负数，反码等于其原码符号位不变，其余各位按位取反(即“1”换成“0”，“0”换成“1”)。也可按以下公式计算：$[X]_{反}=2^8-1+X$。

例 1.14　若 $X=-1101001B$，则$[X]_{原}=11101001B$，$[X]_{反}=10010110B=2^8-1+(-1101001B)=2^8-1-1101001B$。

3)对于 0，反码有$[+0]_{反}$和$[-0]_{反}$两种表示法。对于 8 位机：$[+0]_{反}=00000000B$、$[-0]_{反}=11111111B$。

字长为 n 位的反码表示法的一般规律：

$$[X]_{反}=\begin{cases}X & (0\leqslant X<2^{n-1})\\ 2^{n}-1+X & (-2^{n-1}<X\leqslant 0)\end{cases}$$

(4)补码(two's complement)

补码表示法可以把负数转换为正数，使减法转换为加法，从而使正负数的加减运算转换为单纯的正数相加的运算。因此，计算机中一般采用补码表示法。

1)对于正数，其补码就是该正数本身，即$[X]_{补}=X$

例 1.15　若 $X=+1101001B$，则$[X]_{补}=01101001B$

2)对于负数，其补码等于其反码加 1。即$[X]_{补}=[X]_{反}+1=2^n-1+X+1=2^n+X$(对八位机 $n=8$)。

例 1.16　若 $X=-1101001B$，则$[X]_{原}=11101001B$，$[X]_{反}=10010110B$，$[X]_{补}=10010110B+1=10010111B=2^8+X=2^8+(-1101001B)=2^8-1101001B$。

3)对于 0，$[+0]_{补}=[-0]_{补}=00000000B$，即 0 的补码只有一种表示法。

字长为 n 位的补码表示法的一般规律：

$$[X]_{补}=\begin{cases}X & (0\leqslant X<2^{n-1})\\ 2^{n}+X & (-2^{n-1}<X\leqslant 0)\end{cases}$$

综上所述，对正数有$[X]_{原}=[X]_{反}=[X]_{补}=X$；对负数，用“1”代替负号“-”就得原码，再对原码除符号位(最高位)外其余各位按位取反即得反码，最后对反码加 1 就得补码。

(5)已知机器数求真值

1)先求原码。对正数(符号位为 0)，原码、反码、补码相同，无须转换；对负数(符号位为 1)，反码的数值位按位取反，可转换为原码，补码的数值位按位取反后末位加 1，可转换为原码。

2)由原码求真值。用“+”、“-”代替原码的符号位(“0”换为“+”，“1”换为“-”)即可。

例 1.17 若$[X]_{补}=10011010B$,求 X?

解 因符号位为 1,所以 X 为负数。则$[X]_{原}=11100101B+1=11100110B$,$X=-1100110B$

1.1.3 溢出的判别方法

(1)计算机中带符号数的加减法运算

在微型计算机中,原码表示的数易于识别,但做加减法运算时比较复杂,符号位和数值位需要分别处理。首先做两个数绝对值的减法,用绝对值大的数减去绝对值小的数,然后用绝对值大的数的符号作为结果的符号。采用补码做加减法运算时,符号位与数值位同时参与运算,减法也转换为加法运算,符号位无须单独处理。

1)补码加法运算

补码加法运算的规则是:$[X+Y]_{补}=[X]_{补}+[Y]_{补}$

例 1.18 已知 $X=1100011B$,$Y=-0011B$,求 $X+Y=?$

解 $[X]_{补}=01100011B$,$[Y]_{补}=11111001B$

$$\begin{array}{r} [X]_{补}=01100011B \\ +)\ [Y]_{补}=11111001B \\ \hline \text{模溢出}\rightarrow\boxed{1}\ 01011100B \end{array}$$

所以$[X+Y]_{补}=[X]_{补}+[Y]_{补}=01011100B$,$X+Y=+1011100B$,最高位的进位自动丢失(称为溢出)。

2)补码减法运算

在微型计算机中减法运算也通过补码转换为加法运算,减法运算的规则是:

$[X-Y]_{补}=[X+(-Y)]_{补}=[X]_{补}+[-Y]_{补}$,其中$[-Y]_{补}$可由 $-Y$ 求出,也可以由$[Y]_{补}$求出。把$[Y]_{补}$的符号位与数值位一起取反,末位加 1,结果就等于$[-Y]_{补}$。

例 1.19 已知 $X=1000111B$,$Y=1001B$,求 $X-Y=?$

解 $[X]_{补}=01000111B$,$[Y]_{补}=00001001B$,$[-Y]_{补}=11110111B$

$$\begin{array}{r} [X]_{补}=01000111B \\ +)\ [-Y]_{补}=11110111B \\ \hline \text{模溢出}\rightarrow\boxed{1}\ 00111110B \end{array}$$

$[X-Y]_{补}=00111110B$,$X-Y=+0111110B$

(2)溢出的判别方法

1)溢出的概念

在计算机内部表示数据与人工表示数据的情况不同,人工表示数据时,数据的值可以为任意大小,而在计算机内只能用有限位数来表示数据。所以计算机中所能表示的数有一定的范围,对于绝对值太大而超过一定值的数,计算机无法表示,这时会造成数据的最高位丢失,数据产生错误,这种情况称为上溢出。出现上溢出时,应停止运算,进行错误处理。对于绝对值太小的数,在计算机中同样也表示不出来,此时计算机将这个数作为 0 处理,数据产生误差,这种情况称为下溢出。由于下溢出所带来的误差很小,在允许范围之内,不做错误处理。因此在以

后提到的溢出指的是上溢出。

2）溢出的判断

当两个数作加减法运算时，如何判断运算结果是否有溢出呢？常用的方法有补码和变形补码两种方法。

①补码判断法

两个用补码表示的数作加减法运算时，如果是同号相减或异号相加，只能使数据的绝对值越来越小，运算结果不可能产生溢出；如果是同号相加或异号相减，则运算结果可能会出现溢出。此时，可以把运算结果的符号与参与运算的数据符号相比较，如果出现正数加正数得负数或负数加负数得正数的情况，则可以断定运算结果出现了溢出。

例 1.20　已知 $X=1110010\text{B}$，$Y=1001101\text{B}$，求 $X+Y=?$

解　$[X]_{补}=01110010\text{B}$，$[Y]_{补}=01001101\text{B}$

$$\begin{array}{r} [X]_{补}=01110010\text{B} \\ +)\ [Y]_{补}=01001101\text{B} \\ \hline 10111111\text{B} \end{array}$$

由运算结果可以看出，两个正数相加，结果为负数，可以断定是溢出造成的。出现溢出时运算结果是错误的，不再使用。

例 1.21　已知 $X=-1100111\text{B}$，$Y=1001100\text{B}$，求 $X-Y=?$

解　$[X]_{补}=10011001\text{B}$，$[Y]_{补}=01001100\text{B}$，$[-Y]_{补}=10110100\text{B}$

$$\begin{array}{r} [X]_{补}=10011001\text{B} \\ +)\ [-Y]_{补}=10110100\text{B} \\ \hline \text{模溢出}\rightarrow\boxed{1}\,01001101\text{B} \end{array}$$

由运算结果可以看出，两个负数相加，结果为正数，可以断定是溢出造成的。出现溢出时运算结果是错误的，不再使用。

例 1.22　已知 $X=1100111\text{B}$，$Y=1110011\text{B}$，求 $X-Y=?$

解　$[X]_{补}=01100111\text{B}$，$[Y]_{补}=01110011\text{B}$，$[-Y]_{补}=10001101\text{B}$

$$\begin{array}{r} [X]_{补}=01100111\text{B} \\ +)\ [-Y]_{补}=10001101\text{B} \\ \hline 11110100\text{B} \end{array}$$

由于是同号相减，运算结果不可能产生溢出。因此 $[X+Y]_{补}=11110100\text{B}$，$X+Y=-0001100\text{B}$

②变形补码判断法

变形补码是采用双符号位表示的补码，用 00 表示正数，用 11 表示负数。用变形补码判断运算结果是否有溢出时，只需要判断结果的双符号位是否相同即可，如果双符号位相同，运算结果没有溢出，否则运算结果有溢出。

例 1.23　已知 $X=-1100111\text{B}$，$Y=1001100\text{B}$，求 $X+Y=?$ 和 $X-Y=?$

解　$[X]_{变形补}=110011001\text{B}$，$[Y]_{变形补}=001001100\text{B}$，$[-Y]_{变形补}=110110100\text{B}$

$$[X]_{变形补} = 110011001B$$
$$+)\ [Y]_{变形补} = 001001100B$$
$$111100101B$$

双符号位相同，结果无溢出，$X+Y=-0011011B$。

$$[X]_{变形补} = 110011001B$$
$$+)\ [-Y]_{变形补} = 110110100B$$
$$101001101B$$

双符号位不同，结果溢出。出现溢出时运算结果是错误的，不再使用。

1.1.4 ASCII 码和 BCD 码

(1)二进制代码

数码符号不仅可以用于计数表示数值的大小，而且可以用于表示特定的对象。如电话号码、邮政编码、手机号码等就是用 0～9 这十个十进制数码符号的组合来表示特定的对象，可以称为十进制代码。同样，由 0 和 1 组成的二进制数码不仅可以表示数值的大小，而且可以用来表示特定的信息。这种具有特定含义的二进制数码称为二进制代码。建立这种代码与它表示的对象(如十进制数、字母、特定符号、逻辑值等)的一一对应关系过程称为编码；将代码所表示的特定信息翻译出来称为译码，分别由编码器、译码器来实现。

(2)二—十进制码(BCD 码)

二—十进制码就是用四位二进制数来表示 0～9 这十个十进制符号，简称为 BCD 码。由于四位二进制数从 0000～1111 共有 16 种组合，而十进制只有十个数码符号，因此有很多种 BCD 码。如 8421 码、2421 码、5211 码、余 3 码等等。常用的是 8421BCD 码。

1)8421 码

8421 码是用四位二进制数的前十种组合来表示 0～9 这十个十进制数。这种代码每一位的权都是固定不变的，属于恒权代码。它和四位二进制数一样，从高位到低位各位的权分别是 8、4、2、1，故称为 8421 码。其特点是每个代码的各位数值之和就是它所表示的十进制数。所以，它便于记忆，应用也比较普遍。

例 1.24 若 $X=(01001010)_2$，$Y=(00110111)_2$，求 $X+Y$ 的 BCD 码?

解 $X+Y=(01001010)_2+(00110111)_2=(10000001)_2=(129)_{10}$
$=(000100101001)_{BCD}$

2)2421 码和 5211 码

它们也属于恒权代码，从高位到低位各位的权分别是 2、4、2、1 和 5、2、1、1，故而得名。其中，2421 码又分为(A)和(B)两种代码，它们的编码状态不完全相同。在 2421(B)码中，0 和 9、1 和 8、2 和 7、3 和 6、4 和 5 互为反码，即两码对应位的值相反。

3)余 3 码

这种代码所组成的四位二进制数，正好比它代表的十进制数多 3，故称为余 3 码。两个余 3 码相加时，其和要比对应表示的十进制数之和多 6。因而两个十进制数之和等于 10 时，两个对应余 3 码之和相当于四位二进制的 16，刚好产生进位信号，不必进行修正。另外，余 3 码的 0 和 9、1 和 8、2 和 7、3 和 6、4 和 5 也互为反码。余 3 码不能由各位二进制数的权来决定其代