

本节内容

带符号整数

表示和运算

(原/反/补)

王道考研/CSKAOYAN.COM

1

带符号整数在计算机中的应用

带符号整数，即“整数”，-2、-1、0、1、2、3、4...

C 语言中的带符号整数：

```
short a=1;    //带符号整数（短整型，2B）  
int b=-2;     //带符号整数（整型，4B）
```

位数不同，可表示数值范围不同



- 带符号整数，在计算机硬件内，如何表示？
- 带符号整数的加法、减法运算是怎么用硬件实现的？

王道考研/CSKAOYAN.COM

2

本节总览

带符号整数的表示

{

原码

补码

反码

同一个含义，用不同的编码方式表示

我爱你

我是普通人



520

请问520打算怎么过?



别爱我，没结果




王道考研/CSKAOYAN.COM

3

带符号整数的表示

该计算机硬件能支持的带符号整数位数有上限



机器字长8位

通用寄存器只能存8位

Tips: 现在的个人计算机机器字长通常是64位，或至少32位

最多只能同时进行8位运算

王道考研/CSKAOYAN.COM

4

原码表示



常见书面写法: $x = -19$ $[x]_{\text{原}} = 1, 0010011$

若未指明机器字长, 也可写为: $[x]_{\text{原}} = 1, 10011$

- 原码:**
- ① 符号位“0/1”对应“正/负”, 剩余的数值位表示真值的绝对值
 - ② 若机器字长 $n+1$ 位, 带符号整数的原码表示范围: $-(2^n-1) \leq x \leq 2^n-1$
 - ③ 真值0有两种形式: +0 和 -0, $[+0]_{\text{原}} = 0, 0000000$; $[-0]_{\text{原}} = 1, 0000000$

王道考研/CSKAOYAN.COM

5

原码的缺点



原码的缺点: 符号位不能参与运算, 需要设计复杂的硬件电路才能处理, 费钱! 贵!

用补码表示真值——符号位可以参与运算

王道考研/CSKAOYAN.COM

6

原码→反码→补码的转换（机算）

更便于人类理解

中间状态

更便于计算机运算

正数



$x = +19$ $[x]_{\text{原}} = 0,0010011$

$[x]_{\text{反}} = 0,0010011$

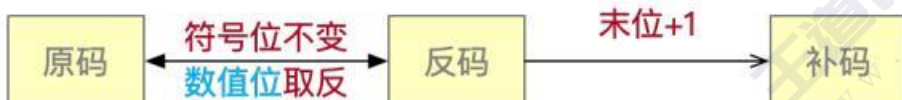
$[x]_{\text{补}} = 0,0010011$

$x = +50$ $[x]_{\text{原}} = 0,0110010$

$[x]_{\text{反}} = 0,0110010$

$[x]_{\text{补}} = 0,0110010$

负数



$x = -19$ $[x]_{\text{原}} = 1,0010011$

$[x]_{\text{反}} = 1,1101100$

$[x]_{\text{补}} = 1,1101101$

$x = -100$ $[x]_{\text{原}} = 1,1100100$

$[x]_{\text{反}} = 1,0011011$

$[x]_{\text{补}} = 1,0011100$

王道考研/CSKAOYAN.COM

7

敲黑板



原码、补码快速转换技巧（手算）

更便于人类理解

更便于计算机运算

正数



$x = +19$ $[x]_{\text{原}} = 0,0010011$

$[x]_{\text{反}} = 0,0010011$

$[x]_{\text{补}} = 0,0010011$

$x = 50$ $[x]_{\text{原}} = 0,0110010$

$[x]_{\text{反}} = 0,0110010$

$[x]_{\text{补}} = 0,0110010$

负数



$x = -19$ $[x]_{\text{原}} = 1,0010011$

$[x]_{\text{反}} = 1,1101100$

$[x]_{\text{补}} = 1,1101101$

$x = -100$ $[x]_{\text{原}} = 1,1100100$

$[x]_{\text{反}} = 1,0011011$

$[x]_{\text{补}} = 1,0011100$

逆向转换方法一样

王道考研/CSKAOYAN.COM

8

补码的加法运算（例1）



A: +19 → 补码

0	0	0	1	0	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

 8bit寄存器

B: -19 → 补码

1	1	1	0	1	1	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---

 8bit寄存器

按位
相加

A+B=0 → 补码

0	0	0	0	0	0	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---

 8bit寄存器

计算机硬件如何做补码的加法：从最低位开始，按位相加（符号位参与运算），并往更高位进位

王道考研/CSKAOYAN.COM

9

补码的加法运算（例2）

A: -19 → 补码

1	1	1	0	1	1	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---

 8bit寄存器

B: -19 → 补码

1	1	1	0	1	1	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---

 8bit寄存器

按位
相加

A+B=-38 → 补码

1	1	0	1	1	0	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---

 8bit寄存器

负数补码转原码

$[A+B]_{\text{原}} = 1, 0100110 \rightarrow \text{真值} = -38$

计算机硬件如何做补码的加法：从最低位开始，按位相加（符号位参与运算），并往更高位进位

王道考研/CSKAOYAN.COM

10

补码的减法运算

$$[A]_{\text{补}} - [B]_{\text{补}} = ?$$

能不能减法变加法？

$$A - B = A + (-B)$$

$$[A]_{\text{补}} - [B]_{\text{补}} = [A]_{\text{补}} + [-B]_{\text{补}}$$

接下来要解决的问题：已知“减数”的补码，如何求其负值的补码表示？

Tips: 加法电路
造价便宜，减法
电路造价昂贵。
若可将减法转变
为加法，省钱！



贫穷是理智消费的基础



是什么蒙蔽了我的双眼

王道考研/CSKAOYAN.COM

11

对比：无符号整数的减法运算

A : 99 → 二进制: 1100011

B : 9 → 二进制: 1001

A : 99 → 二进制: 1100011

A-B=90 → 二进制: 1011010

0 1 1 0 0 0 1 1

8bit寄存器

0 0 0 0 1 0 0 1

8bit寄存器

0 1 1 0 0 0 1 1

8bit寄存器

1 1 1 1 0 1 1 1

“减数”B的变形

减法变加法

1 0 1 0 1 1 0 1 0

8bit寄存器

计算机硬件如何做无符号整数的减法：

- ① “被减数”不变，“减数”全部位按位取反、末位+1，减法变加法
- ② 从最低位开始，按位相加，并往更高位进位



王道考研/CSKAOYAN.COM

12

补码的减法运算（例3）

A: +19 → 补码

B: -19 → 补码

A: +19 → 补码

-B: +19 → 补码

A-B=38 → 补码

0	0	0	1	0	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

1	1	1	0	1	1	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---

0	0	0	1	0	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

0	0	0	1	0	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

按位
相加

0	0	1	0	0	1	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---

8bit寄存器

8bit寄存器

8bit寄存器

[-B]的补码

8bit寄存器

优点：用同一套电路即可处理所有的加减法，省钱！

“减数”全部
位按位取
反、末位+1

$[A]_{补} - [B]_{补} = [A]_{补} + [-B]_{补}$

计算机硬件如何做带符号数补码的减法：

- ① “被减数”不变，“减数”全部位按位取反、末位+1，减法变加法
- ② 从最低位开始，按位相加，并往更高位进位

王道考研/CSKAOYAN.COM

13

知识回顾与重要考点

Tips: 计算机内部，所有带符号整数的加、减法都要先转化为补码

```

      graph TD
        X真值 -- "0正1负" --> X原
        X原 -- "正数相同; 负数'数值位'按位取反" --> X反
        X反 -- "正数相同; 负数末位+1" --> X补
        X补 -- "全部位按位取反、末位+1" --> X负补
        X负补 -- "快速转换技巧: 从右往左找到第一个1, 这个1左边的全部位按位取反" --> X补
        X补 -- "正数相同; 负数从右往左找到第一个1, 这个1左边的所有'数值位'按位取反" --> X原
      
```

计算机硬件如何做带符号数补码的加法：从最低位开始，按位相加（符号位参与运算），并往更高位进位

计算机硬件如何做带符号数补码的减法：

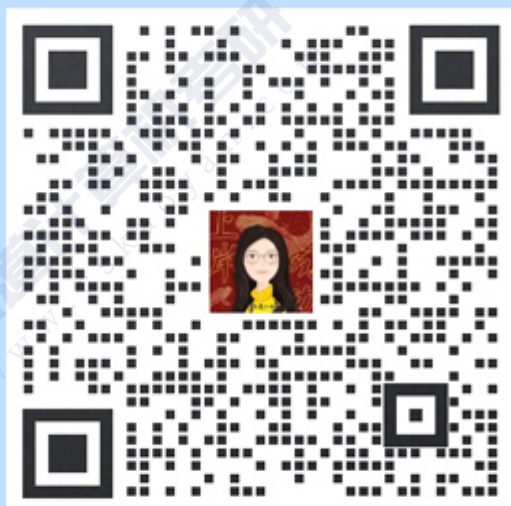
- ① “被减数”不变，“减数”全部位按位取反、末位+1，减法变加法
- ② 从最低位开始，按位相加，并往更高位进位

王道考研/CSKAOYAN.COM

14

你还可以在这里找到我们

快速获取第一手计算机考研信息&资料



购买2024考研全程班/领学班/定向班
可扫码加微信咨询



微博：@王道计算机考研教育



B站：@王道计算机教育



小红书：@王道计算机考研



知乎：@王道计算机考研



抖音：@王道计算机考研



淘宝：@王道论坛书店