東北大學
Northeastern University

汇编语言程序设计

主讲： 刘松冉

单位： 东北大学计算机学院
智慧系统国际联合实验室

联系方式： liusongran@cse.neu.edu.cn

个人主页： http://faculty.neu.edu.cn/liusongran
https://liusongran.github.io/

第二章 计算机运算基础

一. 进位计数制

二. 数制之间的转换

三. 二进制编码

四. 带符号数的机内表示

五. 二进制运算

一. 进位计数制

进位计数制：按进位的方法进行计数

- **二进制编码**
  - 组成符号：0、1
  - 运算规则：逢二进一
  - 例：1010＋1011＝？

```
  1 0 1 0
+ 1 0 1 1
-------
1 0 1 0 1
```

注意：不当做10进制运算！

一. 进位计数制

进位计数制：按进位的方法进行计数

- **生活中常见的进制有哪些？**

常见的：

- 十进制
- 七进制
- 十二进制
- 六十进制

不常见的：

- 二进制
- 八进制
- 十六进制

一. 进位计数制

进位计数制的两个相关概念

$$(321)_{10} = 3\times10^2 + 2\times10^1 + 1\times10^0$$

$$(101)_2 = 1\times2^2 + 0\times2^1 + 1\times2^0$$

- **基数**：所使用的不同基本符号的个数,如：2、10
- **位权**：处于该位的数字所代表的值的大小

当代计算机中采用二进制编码的原因

- **容易表示**
  - 在物理上最容易实现， 可以使用任何具有两个不同稳定状态的元件来表示。
    - 如:晶体管的导通与截止、电流的有无、电平的高低

- **运算简单**
  - 编码及运算规则都比较简单。
  - “1”和“0”与“真”和“假”对应，易于逻辑判断。
  - 传输和处理时不容易出错，可保障计算机的高可靠性。

一. 进位计数制

计算机中常用进制数的表示

- **十进制**（Decimal）数： 数据尾部加一后缀D，如2355D
- **二进制**（Binary）数：数据尾部加一后缀B，如1011B
- **八进制**（Octal）数：数据尾部加一后缀O，如62O
- **十六进制**（Hexadecimal）数：数据尾部加一后缀H，如13ABH

进位制	二进制	八进制	十进制	十六进制
规则	逢二进一	逢八进一	逢十进一	逢十六进一
基数	r = 2	r = 8	r = 10	r = 16
数符	0，1	0,1,…,7	0,1,…,9	0,1,…,9,A,B,C,D,E,F
位权	2^i	8^i	10^i	16^i
下标	B	O	D	H

结论

对任何一种进位计数制表示的数都可以写出按其权展开的多项式之和：

$(101)_D = 1\times10^2 + 0\times10^1 + 1\times10^0$

$(101)_B = 1\times2^2 + 0\times2^1 + 1\times2^0 = 4+0+1= (5)_D$

$(101)_O = 1\times8^2 + 0\times8^1 + 1\times8^0 = 64+0+1= (65)_D$

$(101)_H = 1\times16^2 + 0\times16^1 + 1\times16^0 = 256+0+1= (257)_D$

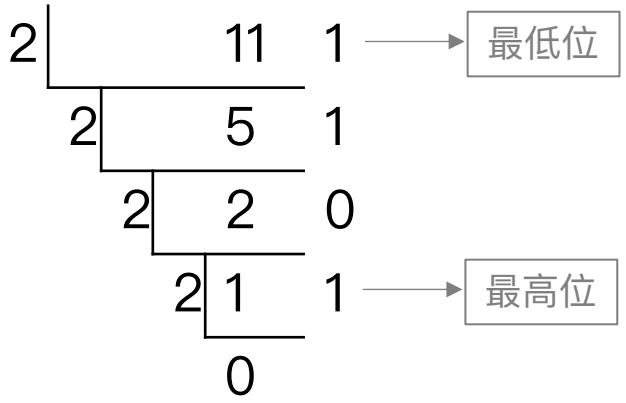
第二章 计算机运算基础

二. 数制之间的转换

1. 二进制与十进制之间的转换
2. 二进制与十六进制之间的转换
3. 十六进制与十进制之间的转换

1. 二进制与十进制之间的转换

- 十进制 → 二进制 （除2取余法）
  - 例：11D = 1011B



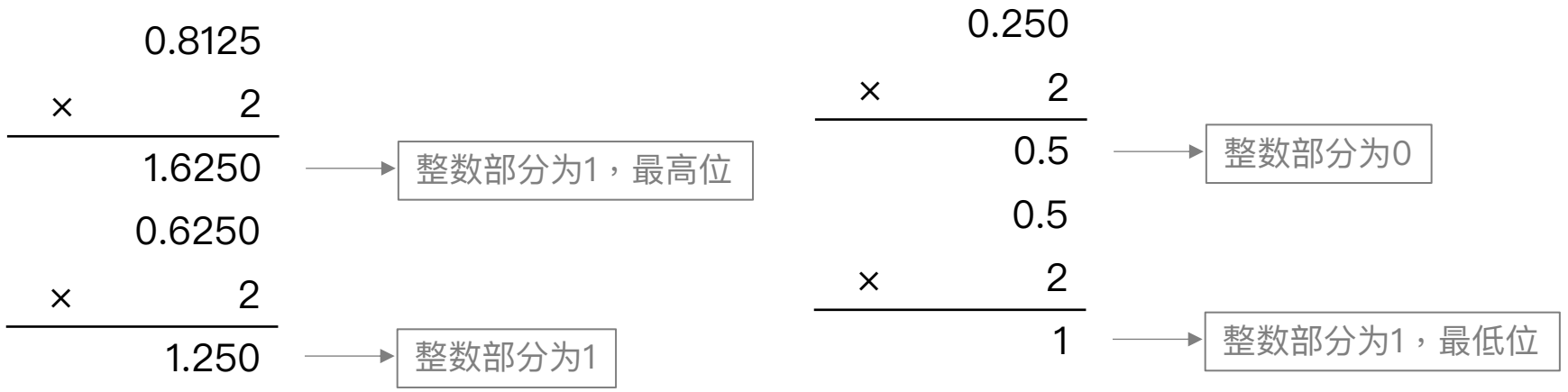
- 二进制 → 十进制 （将二进制数按“权”展开相加即可）
  - 例：10110.101B

$$= 1\times2^4 + 0\times2^3 + 1\times2^2 + 1\times2^2 + 0\times2^0 + 1\times2^{-1} + 0\times2^{-2} + 1\times2^{-3}$$

$$= 22.625D$$

1. 二进制与十进制之间的转换

- 十进制小数 → 二进制小数 （乘2取整法）
  - 例：0.8125D = 0.1101B



  - 解释

对于任意十进制数的小数部分F转换为二进制都可以写为:

$F = a_1 * 2^{-1} + a_2 * 2^{-2} + a_3 * 2^{-3} + \ldots a_n * 2^{-n}$

比如 $0.8 = a_1 * 2^{-1} + a_2 * 2^{-2} + a_3 * 2^{-3} + \ldots a_n * 2^{-n}$ ，可以理解为0.8 包含了a_1个2^{-1}以及a_2个2^{-2} ...。 求$a_1\ a_2 \ldots\ a_n$

2. 二进制与十六进制之间的转换

- 二进制 → 十六进制
  - 方法：将二进制数从小数点开始，分别向左向右4位分成一组，不足4位补0，然后写出对应的十六进制数即可。
  - 例： 10110.11B → 16.CH

- 十六进制 → 二进制
  - 方法：将每位十六进制数写出对应的4位 二进制数，然后去掉前导0和尾数0即可。
  - 例：3A.6H → 0011 1010.0110 = 111010.011B

3. 十进制与十六进制之间的转换

- 十进制 → 十六进制
  - 方法：采用“除16取余法”。
  - 例： 43D = 2BH

  - 十进制小数 → 十六进制小数 （采用“乘16取整法”）
  - 例：0.75D = 0.CH

- 十六进制 → 十进制
  - 方法：将十六进制数按“权”展开相加即可。
  - 例：2B.CH → 43.75D

二. 数制之间的转换

进制转换练习题

1. $(25)_D$ = ( )$_B$
2. $(25)_D$ = ( )$_O$
3. $(19)_H$ = ( )$_D$
4. $(11001)_B$ = ( )$_H$

第二章 计算机运算基础

三. 二进制编码（encode）

1. 二进制编码的十进制数（BCD，Binary Coded Decimal）
2. 字符编码

三. 二进制编码

1. 二进制编码的十进制数（BCD，Binary Coded Decimal）

- 例子：35.8的BCD码为：00110101.1000

BCD码表

BCD码	十进制数	BCD码	十进制数
0000	0	1000	8
0001	1	1001	9
0010	2	1010	这6种情况在BCD码中不允许出现
0011	3	1011	
0100	4	1100	
0101	5	1101	
0110	6	1110	
0111	7	1111	

2. 字符编码

- ASCII码（American Standard Code for Information Interchange）
- 国标码(区位码、异形国标码)
- Unicode 编码（UCS2）

2. 字符编码

- ASCII码（American Standard Code for Information Interchange）
  - 例子：“F”的ASCII码为46H。

十进制	➡	0	16	32	48	64	80	96	112	128	144	160	176	192	208	224	240
⬇	十六进制	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	0	空	►	空格	0	@	P	‘	p	Ç	É	á	▒	└	╨	α	≡
1	1	☺	◄	!	1	A	Q	a	q	ü	æ	í	▒	┴	╤	β	±
2	2	☻	↕	“	2	B	R	b	r	é	Æ	ó	▓	┬	╥	Γ	≥
3	3	♥	‼	#	3	C	S	c	s	â	ô	ú	│	├	╙	π	≤
4	4	♦	¶	$	4	D	T	d	t	ä	ö	ñ	┤	─	╘	Σ	⌠
5	5	♣	§	%	5	E	U	e	u	à	ò	Ñ	╡	┼	╒	σ	⌡
6	6	♠	▬	&	6	F	V	f	v	å	û	ª	╢	╞	╓	μ	÷
7	7	•	↨	’	7	G	W	g	w	ç	ù	º	╖	╟	╫	τ	≈
8	8	◘	↑	(	8	H	X	h	x	ê	ÿ	¿	╕	╚	╪	Φ	°
9	9	○	↓	)	9	I	Y	i	y	ë	Ö	⌐	╣	╔	┘	θ	∙
10	A	◙	→	*	:	J	Z	j	z	è	Ü	¬	║	╩	┌	Ω	·
11	B	♂	←	+	;	K	[	k	{	Ï	¢	1/2	╗	╦	■	δ	√
12	C	♀	∟	,	<	L	\	l	|	Î	£	1/4	╝	╠	∞	n
13	D	♪	↔	—	=	M	]	m	}	Ì	¥	i	╜	═	▌	φ	2
14	E	♫	▲	.	>	N	^	n	~	Ä	₧	<<	╛	╬	▐	∈	■
15	F	☼	▼	/	?	O	_	o	⌂	Å	ƒ	>>	┐	╧	▀	∩	BLANK

2. 字符编码

- **国标码（中华人民共和国国家标准信息交换用汉字编码字符集（基本集）GB 2312–80）**
  - 双字节表示，分为区码和位码
  - 包括202个一般符号：60个序号，22个数字，52个拉丁字母，169个日文假名，48个希腊字母，56个俄文字母，26个汉语拼音符号；37个汉语注音字母，6763个汉字
  - 6763个汉字分为两级。第一级汉字3755个按汉语拼音顺序排列；第二级汉字3008个按笔画顺序排列

2. 字符编码

- 国标码（中华人民共和国国家标准信息交换用汉字编码字符集（基本集）GB 2312–80）

GB 2312–80（一般符号）

1 区	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
00		(SP)	、	。	•	ˉ	ˇ	¨	〃	々
10	—	～	‖	…	‘	’	“	”	〔	〕
20	〈	〉	《	》	「	」	『	』	〖	〗
30	【	】	±	×	÷	∶	∧	∨	∑	∏
40	∪	∩	∈	∷	√	⊥	//	∠	⌒	⊙
50	∫	∮	≡	≌	≈	∽	∝	≠	≮	≯
60	≤	≥	∞	∵	∴	♂	♀	°	′	″
70	℃	$	¤	¢	£	‰	§	№	☆	★
80	○	●	◎	◇	◆	□	■	△	▲	※
90	→	←	↑	↓	=					

2 区	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
00	i	ii	iii	iv	v	vi	vii	viii	ix	x
10								1.	2.	3.
20	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.
30	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	(1)	(2)	(3)
40	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
50	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	①	②	③
60	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	€		(一)
70	(二)	(三)	(四)	(五)	(六)	(七)	(八)	(九)	(十)	
80		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵ	Ⅶ	Ⅷ	Ⅸ
90	Ⅹ	Ⅺ	Ⅻ							

2. 字符编码

- **国标码（中华人民共和国国家标准信息交换用汉字编码字符集（基本集）GB 2312–80）**
  - 例子：汉字“爱”
    - 区位码：1614
    - 国标码：100EH+2020H
    - 异形国标码：B0AE=国标码+8080H

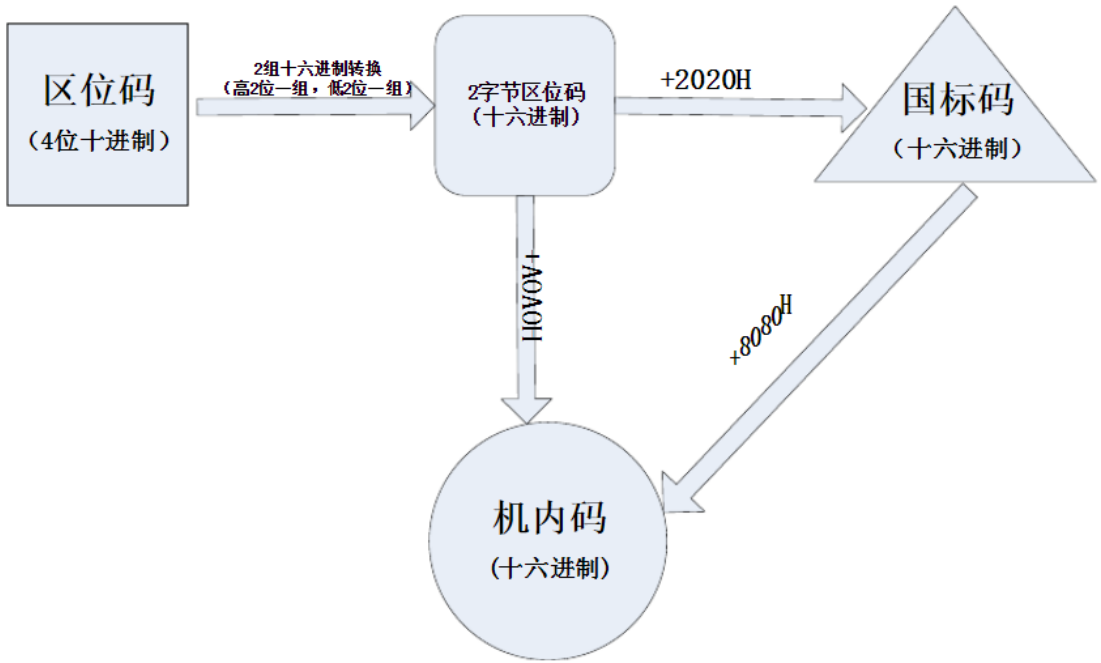
GB 2312–80（汉字）

16区	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
00		啊	阿	埃	挨	哎	唉	哀	皑	癌
10	蔼	矮	艾	碍	爱	隘	鞍	氨	安	俺
20	按	暗	岸	胺	案	肮	昂	盎	凹	敖
30	熬	翱	袄	傲	奥	懊	澳	芭	捌	扒
40	叭	吧	笆	八	疤	巴	拔	跋	靶	把
50	耙	坝	霸	罢	爸	白	柏	百	摆	佰
60	败	拜	稗	斑	班	搬	扳	般	颁	板
70	版	扮	拌	伴	瓣	半	办	绊	邦	帮
80	梆	榜	膀	绑	棒	磅	蚌	镑	傍	谤
90	苞	胞	包	褒	剥					

56区	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
00		亍	丌	兀	丐	廿	卅	丕	亘	丞
10	鬲	孬	噩	丨	禺	丿	匕	乜	夭	爻

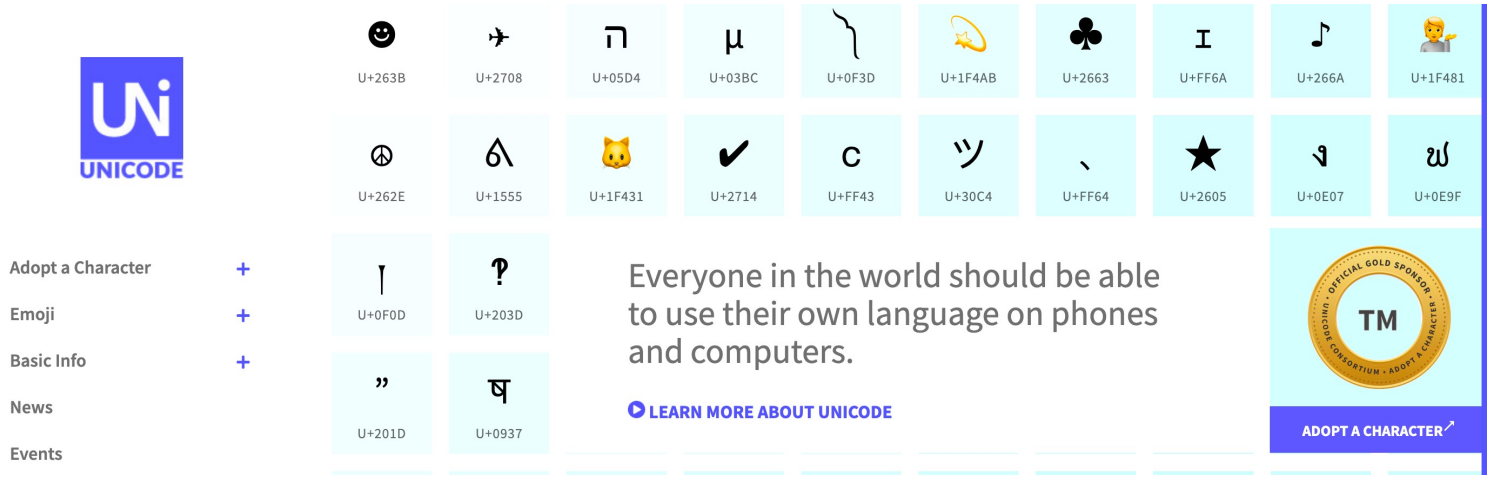
2. 字符编码

- 国标码（中华人民共和国国家标准信息交换用汉字编码字符集（基本集）GB 2312–80）
  - 例子：汉字“爱”
  - 汉字区位码、国标码（交换码）及机内码转换关系图



2. 字符编码

- Unicode 编码(UCS2)
  - Unicode 是一个16位的字符集，它包括了几乎所有常见的信息交换用的字符（英、法、德、中（简、繁）、朝鲜、日等），其64K的编码空间有大约1/3尚未分配。
  - 例：“A” 的 Unicode 是4100
  - 例：“爱”的 Unicode 是3172
  - 例：“愛”的 Unicode 是1B6



[1] https://home.unicode.org/

第二章 计算机运算基础

四. 带符号数的机内表示

1. 机器数与真值
2. 原码表示法
3. 反码表示法
4. 补码表示法
5. 过余码表示法

四. 带符号数的机内表示

1. 机器数与真值

- 计算机在处理实际问题时遇到的带符号数，数据的“+”号和“–”号在计算机内也是用二进制位表示，“0”表示正，“1”表示负。
- 例：数字N_1 = +1011011；数字N_2 = –1011011

  机内表示（机器数）：N_1 = 01011011；N_2 = 11011011
- 定义：将已经数值化了的带符号数称为**机器数**，而把原来的数称为机器数的**真值**。

2. 原码表示法

- 有符号数，数据的最高位用来表示符号,称为**符号位**，符号位为0表示正数，符号位为1表示负数，其余位为**数值位**，用数据的绝对值表示。
- 例：　　$X = +85$，$X_{原} = 01010101$

  　　$X = -85$，$X_{原} = 11010101$
- 对于0，有两种表示形式：$+0_{原} = 00000000$，$-0_{原} = 10000000$
- 8位二进制原码，能表示的有符号数的数据范围： $-127 \sim 127$

3. 反码表示法

- 在反码表示中，仍用0表示正数，1表示负数。对于正数，其反码表示与其原码表示完全相同；**对于负数**，符号位为1，**其余用数值的反码表示**。
- 例：　　$X = +85$，$X_{反} = 01010101$

  　　$X = -85$，$X_{反} = 10101010$
- 对于0，有两种表示形式：$+0_{反} = 00000000$，$-0_{反} = 11111111$
- 8位二进制反码，能表示的有符号数的数据范围： $-127 \sim 127$

4. 补码表示法

- 在补码表示中，仍用0表示正数，1表示负数。对于正数，其补码表示与其原码表示完全相同；**对于负数**，符号位为1，**其余各位按位取反加1**。
- 例：　　$X = +85$，$X_{补} = 01010101$

  　　$X = -85$，$X_{补} = 10101011$
- 对于0，只有一种表示形式：$0_{补} = 00000000$
- 8位二进制反码，能表示的有符号数的数据范围： –128~127
  - 在8位二进制补码表示法中，把符号位为1，数值位为0的编码10000000规定为–128的补码。

5. 过余码表示法

- 在过余码表示中，是将数据的真值直接与一个过余量相加，结果就是其过余码表示。过余量通常为64、128、1024等。
- 例：$X = +85$，$X_{过余128} = 128+85 = 10000000+01010101 = 11010101$

  $X = -85$，$X_{过余128} = 128-85 = 10000000-01010101 = 00101011$
- 对于0，只有一种表示形式。上例中，$0_{过余128} = 10000000$

6. 小节（原码、反码、补码间的相互关系）

- 对于正数X：$X_{原} = X_{反} = X_{补}$
- 对于负数X：三种编码规则各不相同

第二章 计算机运算基础

五. 二进制运算

1. 补码加减运算
2. 逻辑运算

1. 补码加减运算

- 补码的**加法运算**有如下的公式：$[X]_{补} + [Y]_{补} = [X+Y]_{补}$
  - **例1：两个正数相加**

		补码	原码
	45	00101101	00101101
+	22	00010110	00010110
	67	01000011	

1. 补码加减运算

- 补码的**加法运算**有如下的公式：$[X]_{补} + [Y]_{补} = [X+Y]_{补}$
  - 例1：两个正数相加
  - **例2：正数 + 负数**

	补码	原码
45	0010 1101	00101101
+ (−22)	1110 1010	10010110
23	00010111	

1. 补码加减运算

- 补码的**加法运算**有如下的公式：$[X]_{补} + [Y]_{补} = [X+Y]_{补}$
  - 例1：两个正数相加
  - 例2：正数 + 负数
  - **例3：负数 + 正数**

		补码	原码
	(–45)	1101 0011	1010 1101
+	22	0001 0110	0001 0110
	–23	1110 1001	

1. 补码加减运算

- 补码的**加法运算**有如下的公式：$[X]_{补} + [Y]_{补} = [X+Y]_{补}$
  - 例1：两个正数相加
  - 例2：正数 + 负数
  - 例3：负数 + 正数
  - **例4：负数 + 负数**

	补码	原码
(–45)	1101 0011	1010 1101
+ (–22)	1110 1010	1001 0110
–67	1011 1101	

1. 补码加减运算

- 补码的**加法运算**有如下的公式：$[X]_{补} + [Y]_{补} = [X+Y]_{补}$
  - 例1：两个正数相加
  - 例2：正数 + 负数
  - 例3：负数 + 正数
  - 例4：负数 + 负数
  - **结论**：用补码表示的数据进行加法运算时可以不考虑符号位，直接运算， 即与不带符号的数据的运算完全相同。

1. 补码加减运算

- 补码的**加法运算**有如下的公式：$[X]_{补} + [Y]_{补} = [X+Y]_{补}$
  - 例1：两个正数相加
  - 例2：正数 + 负数
  - 例3：负数 + 正数
  - 例4：负数 + 负数
  - **结论**：用补码表示的数据进行加法运算时可以不考虑符号位，直接运算， 即与不带符号的数据的运算完全相同。
    - **示例**

		补码	原码
	126	0111 1110	0111 1110
+	4	0000 0100	0000 0100
	130	1000 0010	

1000 0010 → –126的补码 ?

1. 补码加减运算

- 补码的**加法运算**有如下的公式：$[X]_{补} + [Y]_{补} = [X+Y]_{补}$
  - 例1：两个正数相加
  - 例2：正数 + 负数
  - 例3：负数 + 正数
  - 例4：负数 + 负数
  - **结论**：用补码表示的数据进行加法运算时可以不考虑符号位，直接运算， 即与不带符号的数据的运算完全相同。
    - **示例 – 加法溢出**
      - 运算结果超出了目标所能容纳的范围，称发生了溢出。
      - 例如：8位所能表示的补码数据的范围是: –128~+127。
      - 同号相加，异号相减时才可能发生溢出。即：两个同号数相加，结果的符号位和运算数的符号位不同，则发生了溢出。

		补码	原码
	126	0111 1110	0111 1110
+	4	0000 0100	0000 0100
	130	1000 0010	→ –126的补码

1. 补码加减运算

- 补码的**减法运算**有如下的公式：$[X]_{补} - [Y]_{补} = [X-Y]_{补} = [X]_{补} + [-Y]_{补}$
  - **例：**

		补码	原码
	56	0011 1000	0011 1000
−	34	0010 0010	0010 0010
	22	0001 0110	

		补码	原码
	56	0011 1000	0011 1000
+	(−34)	1101 1110	1010 0010
	22	0001 0110	

1. 补码加减运算

- 补码的**减法运算**有如下的公式：$[X]_{补} - [Y]_{补} = [X-Y]_{补} = [X]_{补} + [-Y]_{补}$
  - **减法溢出**
    - 运算结果超出了目标所能容纳的范围，称为溢出。
    - 只有两个异号数相减时，才有可能发生溢出。即：两个异号数相减，结果的符号位和被减数的符号位不同，则发生了溢出。
    - 对–128取补，会发生溢出。

2. 逻辑运算（按位运算）

- 与(∧)：对应位同时为“1”
- 或(∨)：对应位，至少有一个为“1”
- 非(¬)：取反
- 异或(⊕)：对应位相同为“0”，不同则为“1”

运算规则表

第一操作数	第二操作数	与运算	或运算	异或运算
0	0	0	0	0
0	1	0	1	1
1	0	0	1	1
1	1	1	1	0

2. 逻辑运算（按位运算）

- 例1：56H ∧ 3FH
- 例2：56H ∨ 3FH
- 例3：56H ⊕ 3FH
- 例4： ¬ 90H

2. 逻辑运算（按位运算）

- 例1：56H ∧ 3FH = 16H
- 例2：56H ∨ 3FH = 7FH
- 例3：56H ⊕ 3FH = 69H
- 例4：¬ 90H = 6FH