第2章 基本数据及其运算

●要求：

1）掌握C语言的常用数据类型；
2）掌握C语言的常用运算符；
3）熟练掌握输入/输出函数的使用。

2.1 基本类型数据

基本数据有三种：

- 整数
- 实型
  - (单精度实型、双精度实型)
- 字符型
  - ASCII码

有无穷多的不同整数、浮点数、字符，但计算机只能用有限的二进位表示不同的数据。所以，计算机只能表示有限的整数、有限的浮点数和有限的字符 .

C语言还提供了几种聚合类型（aggregate types），包括数组、指针、结构、共用体（联合）、位域和枚举。这些复杂类型(数组、指针、结构)在以后的章节中讨论。

2.1.1 整型数据

整型数据：

是不带小数点和指数符号的数据，
按值内部的最高位不同理解又分两类：

➢ 有符号数(存储单元最高位作为符号位)

整型　　[signed] int,简写为int
短整型　[signed] short [int], 简写为short
长整型　[signed] long [int], 简写为long

注:它的最高为是整数位.

➢无符号数(存储单元最高位作为数据)

- 整型　unsigned [int],简写为unsigned
- 短整型 unsigned short [int]
  简写为unsigned short
- 长整型 unsigned long [int],
  简写为unsigned long

例如：int i, j; unsigned short k;
long m, n;

注意:凡方括号中的内容均可省略.

整数字长

- 字长：指数在内存中占用的字节数。
  1字节(byte)＝8个二进制位（bit)。
- long为short的2倍字长，int要么和short相同，要么和long相同。

不同的系统字长可能不同。比如，在我们用的系统中，字长为：

- char　1字节 | 11111111 |
- short　2字节 | 11111111 | 11111111 |
- int　4字节 | 11111111 | 11111111 | 11111111 | 11111111 |
- long　4字节 | 11111111 | 11111111 | 11111111 | 11111111 |

小结：

➢有符号数＝1位符号位＋n-1位数据位

0/1	n-1

$-2^{n-1} \sim 2^{n-1}-1$

设整数用16位二进位表示
0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
↑最高位是符号位：0表示正，其余各位是数据位
带符号整数，值为32767（即$2^{15}-1$）
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
↑最高位是符号位：1表示负 其余各位是数据位
带符号整数，值为-1（负数用补码表示）

➢有符号数表示负数，无符号数只能表示正数

➢无符号数

n

$0 \sim 2^n - 1$

1111111111111111

16位二进位都是数据位

无符号整数，值为65535（即2^{16}-1）

- 无符号数表示的正数比有符号数大一倍

整型常量默认为int类型，而加上后缀(l或L)后，就是long int类型。在本系统中都占据4个字节

整型范围

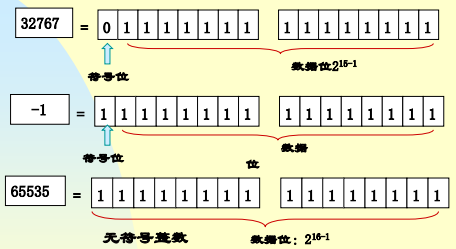
	位数	字节数	数的范围
short	16	2	-32768~32767
int	32	4	-2147483648~2147483647
long	32	4	-2147483648~2147483647
Unsigned short	16	2	0~65535
unsigned int	32	4	0~4294967295
unsigned long	32	4	0~4294967295

- 采用short来表示较小的整数，以节省内存；采用int，long来表示较大的整数，以防止溢出（Overflow）；
- 在常数后面加上l/L表示长整型，加上u/U表示无符号数。

例如：1321(L),122U(u)

整型在内存中的存储方式

二进制形式



整型变量

C规定在程序中所有用到的变量都必须在使用前指定其类型，即“定义”。例如：

```
void   main( )
{
      int a,b,c,d;/ *指定a , b , c , d 为整型变量* /
      unsigned u; / *指定u为无符号整型变量* /
      a=12; b=-24; u=10;
      c=a+u; d=b+u;
      printf("a+u=%d, b+u=%d\n",c,d);
}
```

运行结果为：

a+u=22, b+u=-14

可以看到不同类型的整型数据可以进行算术运算。在本例中是int型数据与unsingned int型数据进行相加减运算。

溢出概念（Overflow）

各种数据编码都有其数据表示范围，如果在运算过程中出现的数据超出这个表示的范围，称为溢出。

如8位二进制数原码表示的范围是

-127到+127；

如8位二进制数补码表示的范围是

-128到+127。

如16位二进制数原码表示的范围是

-32767到+32767

如16位二进制数补码表示的范围是

-32768到+32767

例1：

```
#include <stdio.h>
void main()
{  short a,b;
   a = 32767;  /* 32767为16位数的最大数 */
   b = a + 1; /* 加1后发生溢出  */
   printf("%d, %d\n", a, b);// ?
}
```

验证：　　//a=-32768;b=a-1;?

32767（补码）　0 1111111 11111111 最大数

+　1（补码）　0 0000000 00000001

=）　　1 0000000 00000000 => -32768 最小数

例2：

```
#include <stdio.h>
void main()
{  short a,b;
   a = 32767;  /* 32767为16位数的最大数 */
   a = a + a;
   printf("%d\n", a);          //?
}
```

验证：

32767 (补码)　0 1111111 11111111 最大数

\+ 32767 (补码)　0 1111111 11111111

=)　1 1111111 11111110 => -2

13

例3：

用补码计算：－18－11 ＝(－18＋(－11)

－18:　1 1111111 11101110 (补)

＋)－11:　1 1111111 11110101 (补)

=) X:　1 1 1111111 11100011 (补)

舍溢出1,　1 1111111 11100011 (补) -29

由例1可知：当带符号的数采用补码形式进行相加时，可把符号位也当作普通数字一样与数值部分一起进行加法运算，若符号位上产生进位时，则自动丢掉，所得的结果为两数之和的补码形式。如果想得到运算后原码的结果，可对运算结果再求一次补码即可。

1 0000000 00011101 (原码)　-29

14

实型数据（又称浮点数）

- 实型常量
  - 小数形式：　0.123、.123，　-123.0、0.0
  - 指数形式：(科学计数形式)

$\pm Ne\pm A$　或者　$\pm NE\pm A$　A为10的幂指数

N和A的数值和符号位，均采用补码表示

N不可省，＋可省，A必须为整数

正确：2e3, 3.45e3　　错误：e3，-2e3.5

15

实型常量的类型

- 默认double型
- 在实型常量后加字母f或F，认为它是float型

实型变量

单精度型	float
双精度型	double
长双精度型	long double

16

例如：

```
float x,y;  / *指定x ,y为单精度实数* /
double z;  / *指定z为双精度实数* /
```

在一般系统中，一个float型数据在内存中占4个字节（32位），一个double型数据占8个字节（64位）。单精度实数提供7位有效数字，双精度提供15～16位有效数字，数值的范围随机器系统而异。

17

	位宽	字节数	实数的绝对值范围	有效数字
单精度float	32	4	$-1.17\times10^{-38}\sim3.4\times10^{38}$	7
双精度double	64	8	$-2.2\times10^{-308}\sim1.79\times10^{308}$	15～16

18

- 说明：

1. 程序实际接受的浮点数和接受书写的浮点数有一定的误差.

```
#include <stdio.h>
void main()
{
    float a; //7位有效数字
    a=111111.111;
    printf("%f",a);
}
```

111111.109375

由于float型变量只能接收7位有效数字，因此最后两位小数不起作用。如果将a改为double型，则能全部接收上述9位数字并存储在变量a中。

2. 浮点数运算有一定的计算误差

```
#include <stdio.h>
void main()
{   float a, b;    //double a, b;
    a=100000.0;
    b=99999.999;
    if((a-b)==0.0)printf("a=b: %f\n", a-b);
    else   printf("a > b: %f\n", a-b);
}
```

运行结果：a=b: 0.000000

误差的来源

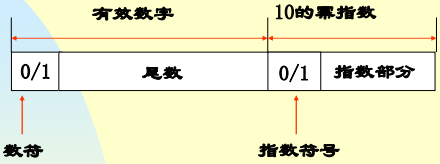
- 字长有限
- 比较两个实数是否相等的方法：

绝对误差　fabs(x-y) < 1e-6

相对精度　fabs(x-y) <= fabs(x*1e-6)


```
/* Func: 解决实数计算精度舍入误差的办法示例 */
#include <stdio.h>
void main( )
    {
        double a, b;
        a=10000.0;
        b=9999.999;
        if ( (a-b) < 1E-5)
            printf("a = b: %f\n", a-b);
        else
        printf("a > b: %f\n", a-b);
    }
```


实型数据的存储方式



字符型数据

字符常量

在C语言中，字符是按其所对应的ASCII码值来存储的，一个字符占一个字节。例如：字符ASCII码值（十进制）.

1. 单引号括起来的单个字符。
   - 'a'、'D'、'$'、'1' ……

数字编码从48到57，(0～9)
大写字母编码从65到90，(A～Z)
小写字母编码从97到122，(a～z)
感叹号！　33

注意字符'9'和数字9的区别，前者是字符常量，后者是整型常量，它们的含义和在计算机中的存储方式都截然不同。

2. 转义字符（P21，表2-1）：

C语言还允许使用一种特殊形式的字符常量，就是以反斜杠“\ ”开头的转义字符。

转义字符及其含义

转义字符	含义	转义字符	含义
\n	换行	\t	水平制表
\v	垂直制表	\b	退格
\‘	单引号	\f	换页
\“	双引号	\\	反斜线
\ddd	3位8进制数代表的字符	\xhh	2位16进制数代表的字符

说明：

(1) 字符的ASCII码可以用八进制或十六进制表示，不能省略前缀x。如一个换行符可用下面任一形式表示：’\n’、’\012’、’\12’ 、’\xa’

(2) 制表符‘\t’的作用是，使当前位置横向移到下一个输出区的开始列位置。如，当前位置是1~8列的某个位置，则用‘\t’后，将当前位置移动到第9列。

(3) 如反斜杠之后不是表2-1所列出的字符，则不进行转义。如’\w’就不是转义字符，系统把’\w’当作字符’w’看待。

(4)打印机与显示屏输出的组织方法稍有不同

打印机：

仅当一行字符填满或遇换行符时才输出，即整行一次性输出。当输出空格符或制表符时，作跳格处理，不用空格符填充。

显示器

逐个字符输出，空格符及制表符经过位置都用空格符输出。以上区别，仅当输出字符列中有回车符时才会发生差异

ASCII Code（附录B）

- American Standard for Coded Information Interchange，美国标准信息交换代码
- 采用8位二进制数（1字节）来表示256个字符
- 采用16位二进制数（2字节）来表示65536个字符（汉字）

从ASCII代码表中可以看到每一个小写字母比大写字母的ASCII码大3 2。即’a’的字母是’A’+32。

字符变量

字符变量用字符类型标识符 char 来定义，字符变量占一个字节的存储单元，只能存放一个字符。

如：char c1, c2; // c1, c2各占1字节

定义了两个字符型变量c1、c2，各可以存放一个字符可以用下面语句对c1、c2赋值：

c1 = ’A’ ; c2 = ’B’;

值得注意的是，将一个字符常量赋值给一个字符变量，并不是将字符本身放到内存单元中，而是将该字符的ASCII码存储到内存单元中。比如，’A’的ASCII码为65，’B’的ASCII码为66.

字符型在内存中的存储方式

如：

’A’	0	1	0	0	0	0	0	1
’B’	0	1	0	0	0	0	1	0

在char前面可以加上unsigned或signed，

unsigned char a ; //变量a为无符号字符类型

[signed] char b; //变量b为有符号字符类型

signed char和unsigned char 的含义与signed int和unsigned int 相仿，但它只有一个字节。

有些系统将字符变量中的最高位作为符号位，也就是将字符处理成带符号的整数，即signed char型，它的取值范围是－128 ～ 127。如果使用ASCII码为0 ～ 127间的字符，由于字节中最高位为0，因此用%d格式符输出时，输出一个正整数。如果使用ASCII码为128 ～ 255间的字符，由于字节中最高位为1，因此用%d格式符输出时，就会得到一个负整数。例如

```
char c=130;
printf("%d\n",c);
```

1	0	0	0	0	0	1	0

-126

31

字符型数据可与整型数据混合运算

字符型数据以ASCII代码的二进制形式存储，与整数的存储形式相类似。因此，在C程序中，字符型数据和整型数据之间可以通用，字符型数据与整型数据可混合运算。

32

【例2.1】字符型数据与整型数据通用。

```
#include <stdio.h>
void main()
{  char c1, c2; /* 定义两个字符型变量      */
   c1 = 97;     /* 'a'的 ASCII 码值为 97    */
   c2 = c1+1; /* 字符型与整型数据混合运算 */
   printf("c1 = %c, c2 = %c\n", c1, c2);
   printf("%c's ASCII code = %d\n", c2, c2);
 }
```

程序输出：

```
c1 = a, c2 = b
b's ASCII code = 98
```

33

字符串常量

- 用双引号括起来的字符序列，如：
  - “Hello\n”

H	e	l	l	o	\n	\0

  - "a"　　占2个字节
  - "$123.45"　　占8个字节
  - ""　:称为空字符串常量，占1个字节
- 由若干个字符组成，字节数＝字符数＋1，即每个字符串尾自动加一个 '\0' 作为字符串结束标志。

"abc"

a	b	c	\0

字符串变量

- 没有专门的形式，要用数组或指针来表示。

34

2.2 数据输入和输出

C语言本身不提供输入/输出语句。数据的输入和输出功能由C语言的标准I/O库函数提供。

输入：

将要输入数据从输入设备读入到存储器中

输出：

将存储器中的数据写到输出设备中

详见课本p22 和附录E.

35

输入输出函数

- 库函数
- 头文件
  - stdio.h
  - 文件中有标准I/O的变量定义和宏定义。
- 文件包含
  - #include <stdio.h>
  - #include "stdio.h"
  - "包含"的含义就是copy一份。

36

字符输出函数

格式： int putchar(int);

功能：向终端输出一个字符。

参数：char c = '\n'; (ASCII码)

头文件：#include <stdio.h>

例如：putchar(c);

说明：

1. c 是实参，可以是字符型常量、整型常量(包括控制字符和转义字符)、字符型变量、整型变量等。
2. 使用字符输入输出函数，在程序首必须书写 #include <stdio.h>

37

【例2.2】使用putchar( )示例

```
#include <stdio.h>
int main()
{ char ch= 'h';  int i = 'i';
  putchar(67);     /* 输出字符 C */
  putchar(ch);     /* 输出字符 h */
  putchar(i);      /* 输出字符 i */
  putchar('n');    /* 输出字符 n */
  putchar('\141'); /* 输出字符 a  (141为八进制) */
  putchar('\n');   /* 输出一个回车符 */
  reurn 0;
}
```

运行该程序将输出 China

38

字符输入函数

格式：

int getchar(void);

功能：

从标准输入设备（一般为键盘）读入一个字符，返回该字符的ASCII码值。

说明：

1. 该函数没有参数，它只能接受一个输入字符。
2. getchar()得到的字符可以赋给一个字符变量或整型变量，也可以不赋给任何变量。

例如： putchar(getchar())

39

【例2.3】使用getchar( )示例

```
#include <stdio.h>
int main()
{ char c ;
  c = getchar();  /* 调用getchar(), 无参数 */
  putchar(c);     /* 输出读入的字符 */
  putchar('\n');  /* 输出一个回车符 */
  return 0;
}
```

若：程序运行时从键盘键入字符 z 和回车

则：程序输出

z （其中变量 c 的值为 'z' ）

40

格式输出函数printf()

形式：printf("格式控制字符串",输出项表);

功能：按照一定的格式向终端输出任意个任意类型的数据。

格式控制字符串－用双引号括起来的字符串。

它包含三类字符：

1. 普通字符：要求按原样输出的字符。

例： int a=3, b=5;
printf("a=%d, b=%d, a+b=%d\n", a, b, a+b);

结果：a=3, b=5, a+b=8

41

2. 转义字符：要求按转义字符的意义输出。如'\n' 表示输出 时回车换行， '\b'表示退格等。

3. 格式转换说明：由“%”和格式字符组成，如%d、%f、%c、%s等。

输出项表－由若干个常量，变量或表达式组成的表列，每个格式对应一个输出项。

42

格式字符

格式字符(%)	说　　明
d,i	十进制整数
o	八进制整数（补码）
x,X	十六进制整数（补码）
u	无符号十进制整数
c	字符
s	字符串
f	单、双精度小数，缺省6位小数
e,E	单、双精度指数形式
%	字符%

43

附加格式字符

字符	说　　明
l	用于长整型，加于d、o、x、u之前
h	用于短整型
w	代表一个整数，表示数据最小宽度
.p	代表一个整数，表示小数位数或字符串字符个数
-	左对齐
+	输出带符号（包括+）
#	输出带0、0x、小数点

44

几点说明：

1. 域宽说明，w

- ♦数据长度>w，则输出实际字符数；
- ♦数据长度<w，左补空格（若-w，则在右边补空格）
- ♦若w有前导0，左边空位用0填补。

示例：

```
void main( )
{     int  a=888;
      printf("a=%6d\n",a);
      printf("a=%06d\n",a);
}
```

程序运行结果为：

```
a=   888
a=000888
```

45

```
#include <stdio.h>
void main( )
{
      printf("%8d\n",12345);
      printf("%8d\n",12);
      printf("%-8d\n",12345);
      printf("%-8d\n",12);
}
```

程序运行结果为：

```
 12345
    12
12345
12
```

46

```
void main( )
{
      printf("%+08d\n",12345);
      printf("%+8d\n",12);
      printf("%-8d\n",12345);
      printf("%-8d\n",12);
}
```

程序运行结果为：

```
+0012345
   +12
12345
12
```

47

♦w为*，则域由下一个输出项的整数值指出。

即域是可变的。

例如：printf("%*c",10, 'A');

则等同与%10c，printf("%10c", 'A');

先输出9个空格，再输出一个A。

48

2. 精度说明：.p

♦用于浮点数%f,%e,%E:表示"小数点后最多显示的位数"，默认值为6

♦用于字符串%s:　指定输出的字符数

♦用于整数："必须显示的最小位数"，不足时补前导0。

```
void main()
{
    printf("%.4f\n",123.1234567);
    printf("%3.8d\n",1234);
    printf("%10.15s\n","This is a simple test");
}
```

程序运行结果为

```
123.1235
00001234
This is a simpl
```


【例2.4】

(1)printf("%d,%+6d,%-6d,%ld\n", 1234, 1234, 1234, 1234567L)

1234, +1234,1234 ,1234567

(2)printf("%#o,%4o,%6lo\n", 045, 045, -1);

045, 45,37777777777

(3)printf("%#x,%4x,%6lX\n", 045, 045, -1);

0x25, 25,FFFFFFFF

(4)printf("%d,%4u,%lu\n", 4294967295u, 4294967295u, -1);

-1, 4294967295,4294967295

(5)printf("%c,%-3c,%2c\n", 045, 'a', 'a');
// 八进制045对应的字符是%

%,a ,a

(6)printf("%f,%8.3f,%-7.2f,%.7f\n",
123.4567f,123.4567f,123.4567f, 123.456789);

123.456703,123.457,123.46 ,123.4567890

格式输入函数

格式：

scanf ("格式控制字符串",地址表列,…)

功能：

从标准设备读入数据，并按格式存储到对应的数据存储地址中。

其中：

格式控制字符串：

是用双引号括起来的字符串

地址表列：

变量的地址(变量前加取地址运算符&),或指针.

例如：scanf("%d%d%d",&a,&b,&c);

格式字符

格式字符	说　明
d,i	十进制整数
u	无符号十进制整数
o	八进制整数
x	十六进制整数
c	字符
s	字符串，以'\0'为结束字符
f、e	单精度小数或指数形式

附加格式字符

字符	说　明
l	长整型（%ld、%lo、%lx），以及双精度型（%lf、%le）
h	短整型（%hd、%ho、%hx）
w	输入数据宽度
*	本输入项读入后不赋给相应的变量

scanf()：要点

1. 格式控制字符串之后给出的是变量地址，而不是变量名(除非是指针)。

例如：为基型变量 n 输入数据

写成： scanf("%d", n)；是不正确的

应写成：scanf("%d", &n)；

2. 在格式控制字符串中，如果有普通字符或转义序列，则照原样输入。

例如： scanf("%d,%d", &i, &j)

正确输入： 1,2

错误输入： 1 2

3. 在用"%c"格式入字符时，空白类字符和转义字符都作为有效字符输入。若要取输入的一串空白类字符之后的第一个非空白类字符，可采用格式" %s"。

4. 在输入数值数据和字符串时，遇以下情况，就认为该数据结束：

(1) 遇空白类字符：空白符、 TAB（制表符）、换行符。

(2) 遇宽度结束：如 "%4d"多至4个数字符。

(3) 遇非法输入：对输入数值数据，下一个字符不能构成正确的数据格式。

【例2.5】

对应下列输入代码，要让变量i和j值分别为12和234，试指出合理的输入。

(1) scanf("%d,%d",&i,&j);

scanf("%d,%d",i,j) ; // 不对

(2) scanf("%d%d",&i,&j);

对于(1)，"%d,%d"中间的逗号是普通字符，必须按原样输入。所以，输入是：12,234

对于(2)，两个输入格式之间没有其它字符，输入时，数据以一个或多个空格符分隔，也可以用Tab键、Enter键分隔。所以，可以输入：12 234

或： 12

234

(3) scanf(" " %2d%3d",&i,&j);// 指定数据输入的数字符个数，分别是2个和3个，输入数据可以用空白符分隔，也可以有前2个数字符为变量i输入，后3个数字符为变量j输入。例如，输入12234也能满足要求，将12赋值给变量i，将234赋值给变量j。

(4) scanf("%d%*d%d",&i,&j);

格式中的第2个输入格式有赋值抑制符，所以要输入3个基数，其中第二个基数用于输入不赋值的要求。只要3个基数有空白符分隔即可，

例如，输入：12 0 234

进一步的例子：

```
int i; char c; float x;
scanf("%d%c%f", &i, &c, &x)
```

若输入字符为：123a123x.26

则：变量i为123，变量c为字符a，变量x为123.0。

```
int i, j;
scanf("%3d%*4d%d", &i, &j)
```

若输入字符为：123456 78

则： 变量i为123，j为78。其中数据 456 因赋值抑制符*的作用被跳过。

输入输出小结

- 掌握以下输入输出函数：
  - ◆putchar()
  - ◆getchar()
  - ◆printf()
  - ◆scanf()
- 掌握基本的输入输出格式字符（以大纲为准）

1.7 数制

■整型常量（整常数）

◆三种形式：

- 十进制整数：由数字0~9和正负号表示，但第一位不能是0。
- 八进制整数：由数字0开头，后跟数字0~7表示.
  如0123, 011
- 十六进制整数：由0x开头，后跟0~9, a~f, A~F表示. 如0x123, 0Xff

注意，空白字符不可出现在整数数字之间。

整常数在不加特别说明时总是正值。如果需要的是负值，则负号“-”必须放置于常数表达式的前面。

示例：

0571 = $(377)_{10}$

0x179 = $(377)_{10}$

0X179 = $(377)_{10}$

下面将介绍数制间的转换。

数制转换

常用数制

- 二进制 Binary 0 ～ 1, 2个数码
- 八进制 Octal 0 ～ 7 ,8个数码
- 十进制 Decimal 0 ～ 9 ,10个数码
- 十六进制 Hexdecimal 0 ～ 9，A ～ F(a ～ f)
  16个数码

其中a ～ f,A ～ F分别对应数值10 ～ 15。

常用计数制的对应数值

Dec	Bin	Oct	Hex
0	0	0	0
1	1	1	1
2	10	2	2
3	11	3	3
4	100	4	4
5	101	5	5
6	110	6	6
7	111	7	7

8	1000	10	8
9	1001	11	9
10	1010	12	A
11	1011	13	B
12	1100	14	C
13	1101	15	D
14	1110	16	E
15	1111	17	F
16	10000	20	10

数的表示方法

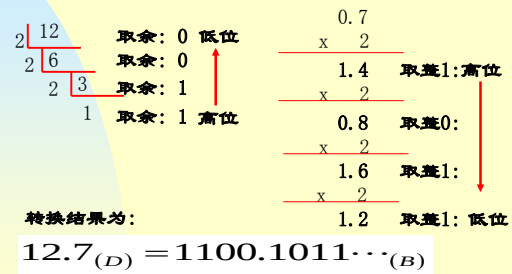
$$S = k_{n-1}k_{n-2}\cdots k_1k_0.k_{-1}k_{-2}\cdots k_{-m}$$
$$= \sum_{i=-m}^{n-1} k_i \cdot B^i$$
$$= k_{n-1}\times B^{n-1} + k_{n-2}\times B^{n-2} + \cdots + k_1\times B^1 + k_0\times B^0 + k_{-1}\times B^{-1} + \cdots + k_{-m}\times B^{-m}$$

k_i 第i位的值

B 某种进制的基数

十进制－二进制

- 整数部分：除2取余；
- 小数部分：乘2取整。（精度？）



转换结果为：

$12.7_{(D)} = 1100.1011\cdots_{(B)}$

二进制－八进制

- 正向：以小数点为中心，左右每三位一段，不足补0。
- 反向：按位展开。

$$\underline{0}10\ \underline{011}\ \underline{101}.\underline{111}\ \underline{010}_{(B)}$$
$$= 235.72_{(O)}$$

68

二进制－十六进制

- 正向：以小数点为中心，左右每四位一段，不足补0。
- 反向：按位展开。

$$\underline{1001}\ \underline{1101}.\underline{1110}\ \underline{1000}_{(B)}$$
$$= 9D.E8_{(X)}$$

69

八进制－十六进制

- 先转换到二进制；
- 再从二进制出发进行转换。

70

八、十六进制－十进制

- 正向：按数的表示方法展开。

$$0123 = 1*8^2+2*8^1+3*8^0=83_{(D)}$$

$$1A7_{(X)} = 1*16^2 + A*16^1 + 7*16^0$$
$$= 256 + 160 + 7$$
$$= 423_{(D)}$$

注意，空白字符不可出现在数字之间。

71

十进制－八进制、十六进制

- 先转换到二进制；
- 再从二进制转换到八、十六进制。

72

数的补码表示

准备

- 以下讨论均假设数据为2字节长度（16位），则可知有符号数范围：

$$-2^{15}(-32768) \sim 2^{15}-1(32767)$$

73

原码

以最高位(1位)表示数值的正负，0表示正数，1表示负数。其他位表示为数字的二进制码。

- 正数：符号位为0，数据位不变；
- 负数：符号位为1，数据位不变。

10（原码）＝0 0000000 0000**1010**
-10（原码）＝1 0000000 0000**1010**

74

反码

- 正数：符号位为0，数据位不变；
- 负数：符号位为1，数据位取反。

10（反码）＝0 0000000 0000**1010**
-10（反码）＝1 1111111 1111**0101**

75

补码

- 正数：符号位为0，数据位不变；
- 负数：反码＋1。

10（补码）＝ 0 0000000 0000**1010**
-10（反码）＝ 1 1111111 1111 **0101**
-10（补码）＝ 1 1111111 1111 **0110**

76

原码的缺陷 (1)

- 0有两个不同的码字：＋0和－0。

+0（原码）＝0 0000000 00000000
-0（原码）＝1 0000000 00000000

77

原码的缺陷 (2)

- 最小的负数（-32768）没有码字。

-32767（原码）＝1 1111111 11111111
-32768（原码）＝？

78

原码的缺陷 (3)

- 数据的编码不连续，运算不方便。

+1（原码）＝0 0000000 00000001
+0（原码）＝0 0000000 00000000
-0（原码）＝1 0000000 00000000
-1（原码）＝1 0000000 00000001

显然，+0和-0不相等，使得从-1到+1不连续。

79

补码解决了解决了原码的3个缺陷

♦0有唯一的表示：+0和-0相同

+0(补码) = 00000000 00000000
-0(反码) = 11111111 11111111
-0(补码) = 00000000 00000000

80

♦ 可以表示最小的负数(-32768)

-32767(原码) = 11111111 11111111
-32767(反码) = 10000000 00000000
-32767(补码) = 10000000 00000001
-32768(补码) = 10000000 00000000
(= -32767-1)

81

♦数据的编码连续，运算方便

+0(补码) = 00000000 00000000
+1(补码) = 00000000 00000001
+32767(补码) = 01111111 11111111
(最大数)

-0(补码) = 00000000 00000000 (= -1+1)
-1(补码) = 11111111 11111111 (= -0-1)
-32768(补码) = 10000000 00000000
(最小数)

82

十六进制

+32767 (补码) =7FFF
...
+1 (补码) =0001
+0 (补码) =0000
-0 (补码) =0000(= +1-1)
-1 (补码) =FFFF(=±0-1)
...
-32767 (补码) =8001
-32768 (补码) =8000

83