第二章 数据的机器层次表示

目录

目录

2.1.1 计算机中的数值数据

- 在计算机中常用后缀字母来表示不同的数制。

  十进制数（D）

  二进制数（B）

  八进制数（Q）

  十六进制数（H）

- 在C语言中，八进制常数以前缀0开始，十六进制常数以前缀0x开始。

2.1.2 无符号数和带符号数

- 所谓无符号数，就是整个机器字长的全部二进制位均表示数值位（没有符号位），相当于数的绝对值。

  N_1 =01001

  表示无符号数9

  N_2 =11001

  表示无符号数25

2.1 数值数据的表示

- 对于字长为n+1位的无符号数的表示范围是

00000000

2^{n}

11111111

- 例如：字长为8位，无符号数的表示范围是

0～255。

2.1 数值数据的表示

- 所谓带符号数，即正、负数。在日常生活中，我们用“+”、“-”号加绝对值来表示数值的大小，用这种形式表示的数值在计算机技术中称为“真值”。
- 所谓机器数，就是将真值的符号数码化，约定二进制数的最高位为符号位，“0”表示正号，“1”表示负号，计算机能够识别和使用的表示形式。

2.1 数值数据的表示

- 对于带符号数，最高位用来表示符号位，而不再表示数值位了，前例中的N_1、N_2在这里变为：
- N_1 =01001
  表示带符号数+9
- N_2 =11001
  - 根据不同的机器数表示不同的值，如:
    - ¤ 原码时表示带符号数-9，
    - ¤ 补码则表示-7，
    - ¤ 反码则表示-6。

2.1.3 原码表示法

- 最简单的机器数表示法
- 用最高位表示符号位
  - 符号位为“0”表示该数为正
  - 符号位为“1”表示该数为负
- 数值部分与真值相同

2.1.3 原码表示法

- 若真值为纯小数，原码形式为$X_s.X_1X_2\ldots X_n$（X_s表示符号位）

  例1：$X_1=0.0110$,　　$X_2=-0.0110$

  $[X_1]_{原}=0.0110$，$[X_2]_{原}=1.0110$

- 若真值为纯整数，原码形式为$X_sX_1X_2\ldots X_n$（X_s表示符号位）

  例2：$X_1=1101$,　　$X_2=-1101$

  $[X_1]_{原}=0, 1101$，$[X_2]_{原}=1, 1101$

- 在原码表示中，真值0有两种不同的表示形式：

  $[+0]_{原}=00000$;　　$[-0]_{原}=10000$

2.1.3 原码表示法

- 原码表示法优点
  - 直观易懂
  - 机器数和真值相互转换很容易
  - 用原码实现乘、除运算的规则很简单
- 原码表示法缺点
  - 实现加、减运算的规则较复杂

2.1.4 补码表示法

- 使符号位参加运算，从而简化加减法的规则；使减法运算转化成加法运算，从而简化机器的运算器电路。
- 补码表示
  - 符号位表示方法与原码相同
  - 数值部分的表示与数的符号有关
    - ¤ 对于正数，数值部分与真值形式相同。
    - ¤ 对于负数，其数值部分为真值形式按位取反，且在最低位加1。

2.1.4 补码表示法

- 若真值为纯小数，补码形式为$X_s.X_1X_2...X_n$（X_s表示符号位）

  例1：$X_1=0.0110$，　$X_2=-0.0110$

  $[X_1]_{补}=0.0110$，$[X_2]_{补}=1.1010$

- 若真值为纯整数，补码形式为$X_sX_1X_2...X_n$（X_s表示符号位）

  例2：$X_1=1101$，　$X_2=-1101$

  $[X_1]_{补}=0,1101$，$[X_2]_{补}=1,0011$

- 在补码表示中，真值0的表示形式是唯一的

  $[+0]_{补}=[-0]_{补}=00000$

2.1.4 补码表示法

- 由真值、原码转换为补码
- 当X为正数时，$[X]_{补}=[X]_{原}=X$。
- 当X为负数时，由$[X]_{原}$转换为$[X]_{补}$的方法：
  - ①$[X]_{原}$除掉符号位外的各位取反加“1”。
  - ②自低位向高位，尾数的第一个“1”及其右部的“0”保持不变，左部的各位取反，符号位保持不变。
- 例如：$[X]_{原}$ =1.1110011000

  $[X]_{补}$ =1.0001101000

  不变　变反　不变

2.1.5 反码表示法

- 符号位表示方法与原码相同
- 数值部分的表示与数的符号有关
  - 对于正数，数值部分与真值形式相同。
  - 对于负数，数值部分为真值形式按位取反。

2.1.5 反码表示法

- 若真值为纯小数，反码形式为$X_s.X_1X_2...X_n$（X_s表示符号位）

  例1：$X_1=0.0110$，　　$X_2=-0.0110$

  $[X_1]_反=0.0110$，$[X_2]_反=1.1001$

- 若真值为纯整数，反码形式为$X_sX_1X_2...X_n$（X_s表示符号位）

  例2：$X_1=1101$,　　$X_2=-1101$

  $[X_1]_反=0, 1101$,　$[X_2]_反=1, 0010$

- 在反码表示中，真值0也有两种不同的表示形式：

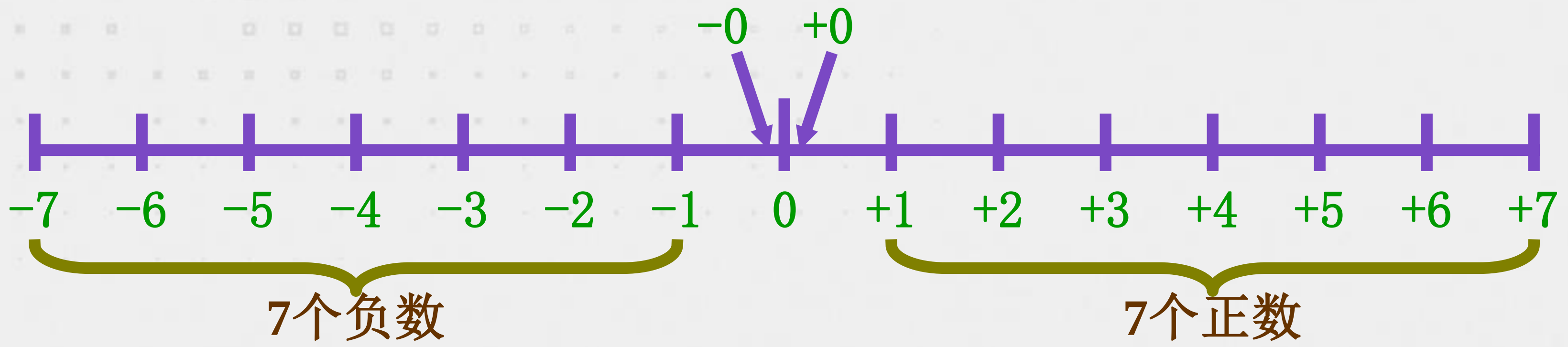
  $[+0]_反=00000$　　$[-0]_反=11111$

2.1.6 3种机器数的比较

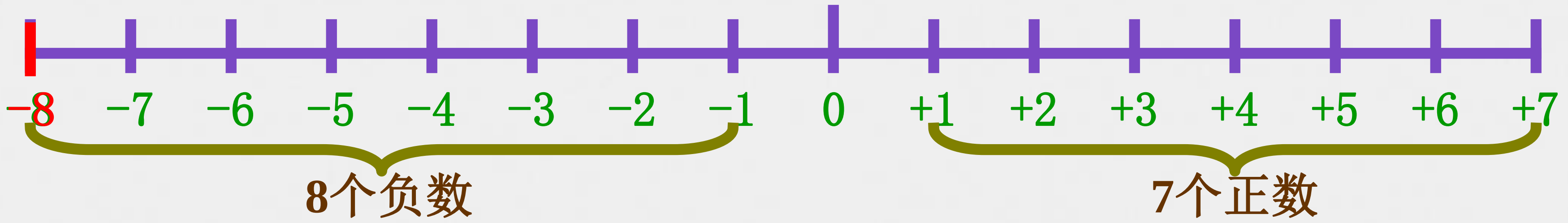
- (1) 正数都等于真值本身，负数表示方法不同。
- (2) 最高位都表示符号位，补码和反码的符号位可和数值位一起参加运算；但原码的符号位必须分开进行处理。
- (3) 对于真值0，原码和反码各有两种不同的表示形式，而补码只有唯一的一种表示形式。
- (4) 原码、反码表示的正、负数范围是对称的；但补码负数能多表示一个最负的数（绝对值最大的负数），其值等于-2^n（纯整数）或-1（纯小数）。

2.1 数值数据的表示

- 设机器字长4位（含1位符号位），以纯整数为例：
- 原码或反码可表示的数



- 补码可表示的数（多表示一个负数）



2.1 数值数据的表示

- 真值与3种机器数间的对照

真值X		$[X]_原[X]_补[X]_反$	真值X		$[X]_原$	$[X]_补$	$[X]_反$
十进制	二进制		十进制	二进制			
+0	+000	0000	−0	−000	1000	0000	1111
+1	+001	0001	−1	−001	1001	1111	1110
+2	+010	0010	−2	−010	1010	1110	1101
+3	+011	0011	−3	−011	1011	1101	1100
+4	+100	0100	−4	−100	1100	1100	1011
+5	+101	0101	−5	−101	1101	1011	1010
+6	+110	0110	−6	−110	1110	1010	1001
+7	+111	0111	−7	−111	1111	1001	1000
+8	−	−	−8	−1000	−	1000	−

习题

- 1. 四位机器内的数值代码1001，它所表示的十进制真值为（ D ）。
  - A. 9　　B. -1　　C. -7　　D. 以上三者均有可能
- 2. 在机器数（ B ）中，零的表示形式是唯一的。
  - A. 原码　　B. 补码　　C.反码　　D. 原码和反码
- 3. 设寄存器内容为11111111，若它等于+127，则为（ D ）。
  - A. 原码　　B. 反码　　C. 补码　　D. 移码

目录

2.2.1 定点表示法

- 在定点表示法中约定：所有数据的小数点位置固定不变。通常，把小数点固定在有效数位的最前面或末尾，这就形成了两类定点数。
- 1.定点小数
  - 小数点的位置固定在最高有效数位之前，符号位之后，记作$X_s.X_1X_2 \ldots X_n$
  - 这个数是一个纯小数。定点小数的小数点位置是隐含约定的，小数点并不需要真正地占据一个二进制位。

2.2.1 定点表示法

定点小数格式

2^0	2^{-1}	2^{-2}	…	$2^{-(n-1)}$	2^{-n}
X_s	X_1	X_2	…	X_{n-1}	X_n

小数点位置

最大正数

2^0	2^{-1}	2^{-2}	…	$2^{-(n-1)}$	2^{-n}
0	1	1	…	1	1

当$X_s=0$，$X_1 \sim X_n=1$时，X为最大正数，

即：$X_{最大正数} = (1-2^{-n})$

2.2.1 定点表示法

定点小数格式

2^0	2^{-1}	2^{-2}	…	$2^{-(n-1)}$	2^{-n}
X_s	X_1	X_2	…	X_{n-1}	X_n

小数点位置

最小正数

2^0	2^{-1}	2^{-2}	…	$2^{-(n-1)}$	2^{-n}
0	0	0	…	0	1

当$X_n=1$，$X_s \sim X_{n-1}=0$时，X为最小正数，即：

$$X_{最小正数} = 2^{-n}$$

2.2.1 定点表示法

- 当X_s=1，表示X为负数，原码与补码所能表示的绝对值最大的负数不同，所以原码和补码的表示范围有一些差别。

2.2.1 定点表示法

原码表示的绝对值最大负数

2^0	2^{-1}	2^{-2}	…	$2^{-(n-1)}$	2^{-n}
1	1	1	…	1	1

$$X_{\text{绝对值最大负数(原码表示时)}} = -(1-2^{-n})$$

补码表示的绝对值最大负数

2^0	2^{-1}	2^{-2}	…	$2^{-(n-1)}$	2^{-n}
1	0	0	…	0	0

$$X_{\text{绝对值最大负数（补码表示时）}} = -1$$

2.2.1 定点表示法

- 综上所述：
- 若机器字长有n+1位，则：
  - 原码定点小数表示范围为：$-(1-2^{-n}) \sim (1-2^{-n})$
  - 补码定点小数表示范围为：$-1 \sim (1-2^{-n})$
- 若机器字长有8位，则：
  - 原码定点小数表示范围为：$-(1-2^{-7}) \sim (1-2^{-7})$
  - 补码定点小数表示范围为：$-1 \sim (1-2^{-7})$

2.2.1 定点表示法

- 2.定点整数
  - 小数点位置隐含固定在最低有效数位之后，记作$X_sX_1X_2...X_n$，这个数是一个纯整数。

定点整数格式

2^n	2^{n-1}	2^{n-2}	…	2^0
X_s	X_1	X_2	…	X_n

小数点位置

最大正数

2^n	2^{n-1}	2^{n-2}	…	2^1	2^0
0	1	1	…	1	1

$$X_{最大正数}=(2^n-1)$$

2.2.1 定点表示法

最小正数

2^n	2^{n-1}	2^{n-2}	…	2^1	2^0
0	0	0	…	0	1

$X_{最小正数}=1$

原码表示的绝对值最大负数

2^n	2^{n-1}	2^{n-2}	…	2^1	2^0
1	1	1	…	1	1

$X_{绝对值最大负数（原码表示时）}=-(2^n-1)$

补码表示的绝对值最大负数

2^n	2^{n-1}	2^{n-2}	…	2^1	2^0
1	0	0	…	0	0

$X_{绝对值最大负数（补码表示时）}=-2^n$

2.2.1 定点表示法

- 综上所述：
- 若机器字长有n+1位，则：
  - 原码定点整数的表示范围为：$-(2^n-1) \sim (2^n-1)$
  - 补码定点整数的表示范围为：$-2^n \sim (2^n-1)$
- 若机器字长有8位，则：
  - 原码定点整数表示范围为：-127～127
  - 补码定点整数表示范围为：-128～127

习题

- 1. 某机器字长为32位，其中1位表示符号位。若用定点整数原码表示，则最小负整数为（ A ）。

  A. $-(2^{31}-1)$　　B. $-(2^{30}-1)$

  C. $-(2^{31}+1)$　　D. $-(2^{30}+1)$

2.2.2 浮点表示法

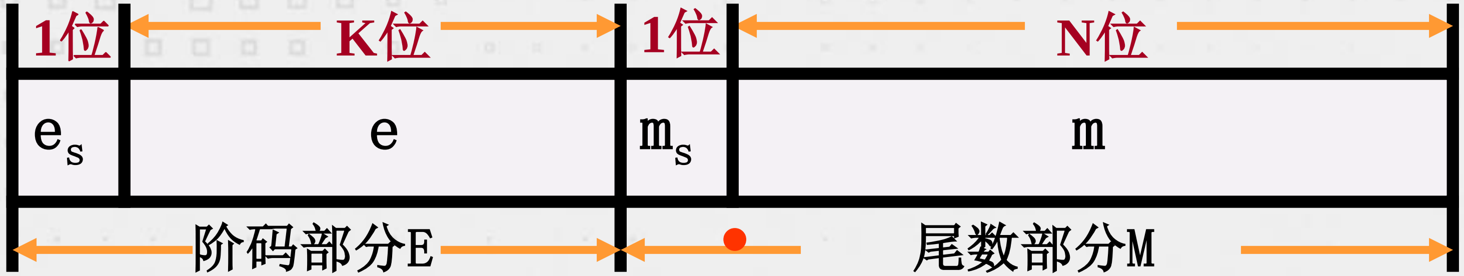
- 小数点的位置根据需要而浮动，这就是浮点数。 例如：

$$N=M\times r^E \quad =M\times 2^E$$

  - 式中：r为浮点数阶码的底，与尾数的基数相同，通常r=2。E和M都是带符号数，E叫做阶码，M叫做尾数。
  - 在大多数计算机中，尾数为纯小数，常用原码或补码表示；阶码为纯整数，常用移码或补码表示。

2.2.2 浮点表示法

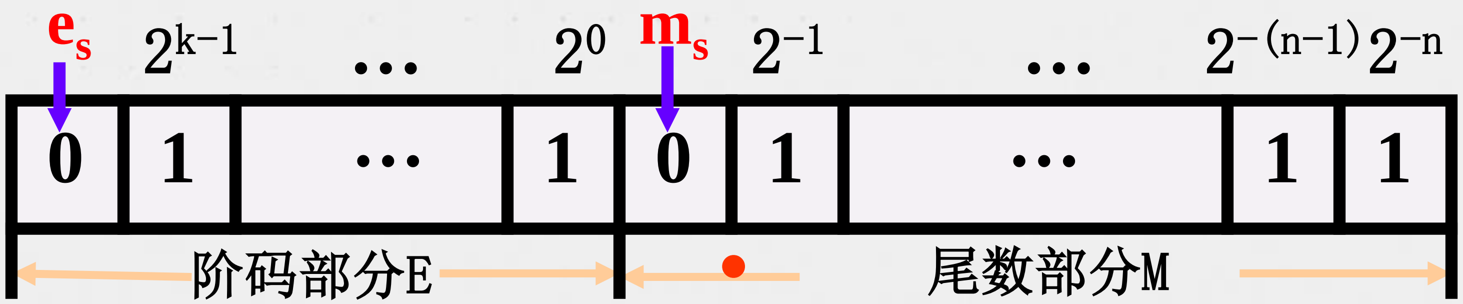
- 浮点数的一般格式：



- 浮点数的底是隐含的，在整个机器数中不出现。阶码的符号位为e_s，阶码的大小反映了在数N中小数点的实际位置；尾数的符号位为m_s，它是整个浮点数的符号位，反映了该浮点数的正负。
- 假设阶码和尾数部分均用补码表示。

2.2.2 浮点表示法

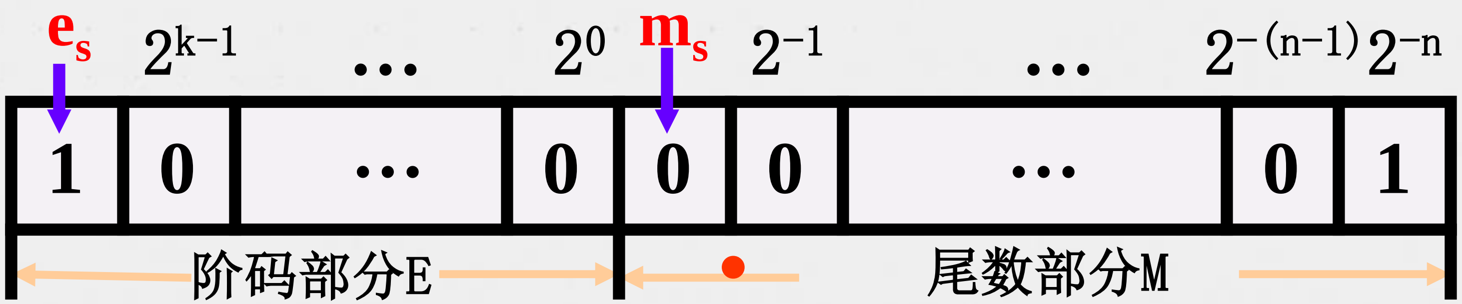
- 1.浮点数的表示范围
  - 当$e_s=0$，$m_s=0$，阶码和尾数的数值位各位全为1（即阶码和尾数都为最大正数）时，该浮点数为最大正数。



$$X_{最大正数}=(1-2^{-n})\times 2^{2^k-1}$$

2.2.2 浮点表示法

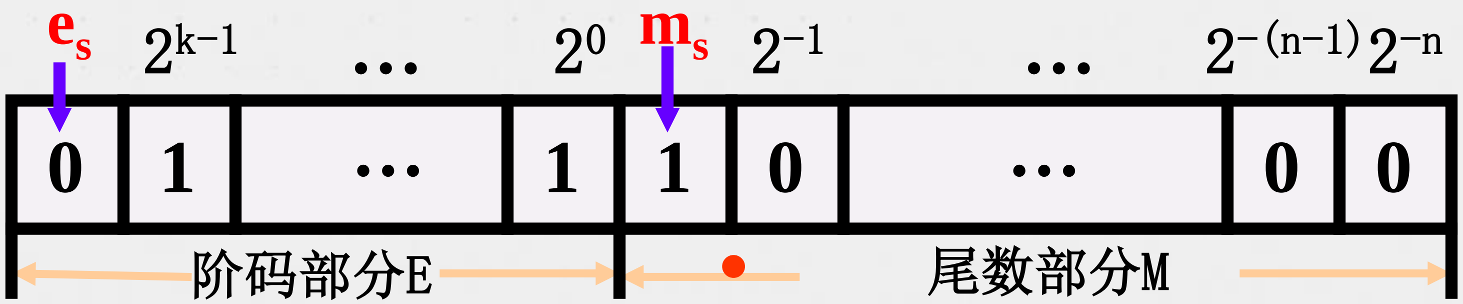
- 1.浮点数的表示范围
  - 当e_s=1，m_s=0，尾数的最低位m_n=1，其余各位为0（即阶码为绝对值最大负数，尾数为最小正数）时，该浮点数为最小正数。



$$X_{最小正数}=2^{-n}\times 2^{-2^k}$$

2.2.2 浮点表示法

- 1.浮点数的表示范围
  - 当e_s=0，阶码的数值位为全1；m_s=1，尾数的数值位为全0（即阶码为最大正数，尾数为绝对值最大的负数）时，该浮点数为绝对值最大负数。



$$X_{\text{绝对值最大负数}}=-1\times 2^{2^k-1}$$

2.2.2 浮点表示法

- 2.规格化的浮点数
  - 为了提高运算的精度，需要充分地利用尾数的有效数位，通常采取规格化的浮点数形式，即规定尾数的最高数位必须是一个有效值。

$$1/r \le |M| < 1$$

如果r=2，则有$1/2 \le |M| < 1$。

2.2.2 浮点表示法

- 在尾数用原码表示时，规格化浮点数的尾数的最高数位总等于1。在尾数用补码表示时，规格化浮点数应满足尾数最高数位与符号位不同（$m_s \oplus m_1 = 1$），即当$1/2 \le M < 1$时，应有0.1xx…x形式，当$-1 \le M < -1/2$时，应有1.0xx…x形式。
- 需要注意的是当M=-1/2，对于原码来说，是规格化数，而对于补码来说，不是规格化数；当M= -1时，对于原码来说，这将无法表示，而对于补码来说，这是一个规格化数。

2.2.2 浮点表示法

e_s	2^{k-1}	…	2^0	m_s	2^{-1}		…	$2^{-(n-1)}$	2^{-n}
1	0	…	0	0	1	0	…	0	0
阶码部分E				尾数部分M					

$$X_{规格化的最小正数} = 2^{-1} \times 2^{-2^k}$$

e_s	2^{k-1}	…	2^0	m_s	2^{-1}		…	$2^{-(n-1)}$	2^{-n}
1	0	…	0	1	0	1	…	1	1
阶码部分E				尾数部分M					

$$X_{规格化的绝对值最小负数} = -(2^{-1}+2^{-n}) \times 2^{-2^k}$$

2.2.2 浮点表示法

	浮点数代码		真值
	阶码	尾数	
最大正数	01…1	0.11…11	$(1-2^{-n})\times 2^{2^{k}-1}$
绝对值最大负数	01…1	1.00…00	$-1\times 2^{2^{k}-1}$
最小正数	10…0	0.00…01	$2^{-n}\times 2^{-2^{k}}$
规格化的最小正数	10…0	0.10…00	$2^{-1}\times 2^{-2^{k}}$
绝对值最小负数	10…0	1.11…11	$-2^{-n}\times 2^{-2^{k}}$
规格化的绝对值最小负数	10…0	1.01…11	$(-2^{-1}-2^{-n})\times 2^{-2^{k}}$

2.2.3 浮点数阶码的移码表示法

- 移码就是在真值X上加一个常数（偏置值），相当于X在数轴上向正方向平移了一段距离。
- 移码也可称为增码或偏码。

$[X]_{移}$=偏置值+X

字长n+1位定点整数的移码形式为$X_0X_1X_2…X_n$。

2.2.3 浮点数阶码的移码表示法

- 最常见的移码的偏置值为2^n。当字长8位时，偏置值为2^7。

例1：X=1011101

$[X]_{移}=2^7+X=10000000+1011101=11011101$

$[X]_{补}=01011101$

例2：X=-1011101

$[X]_{移}= 2^7 +X=10000000-1011101=00100011$

$[X]_{补}=10100011$

2.2.3 浮点数阶码的移码表示法

真值X（十进制）	真值X（二进制）	$[X]_{补}$	$[X]_{移}$
-128	-10000000	10000000	00000000
-127	-1111111	10000001	00000001
⋮	⋮	⋮	⋮
-1	-0000001	11111111	01111111
0	0000000	00000000	10000000
1	0000001	00000001	10000001
127	1111111	01111111	11111111

2.2.3 浮点数阶码的移码表示法

- 偏置值为2^n的移码具有以下特点：
  - (1) 在移码中，最高位为“0”表示负数，最高位为“1”表示正数。
  - (2) 移码为全0时，它所对应的真值最小，为全1时，它所对应的真值最大。
  - (3) 真值0在移码中的表示形式是唯一的，即$[+0]_{移}=[-0]_{移}=100...0$。
  - (4) 移码把真值映射到一个正数域，所以可将移码视为无符号数，直接按无符号数规则比较大小。
  - (5) 同一数值的移码和补码除最高位相反外，其他各位相同。

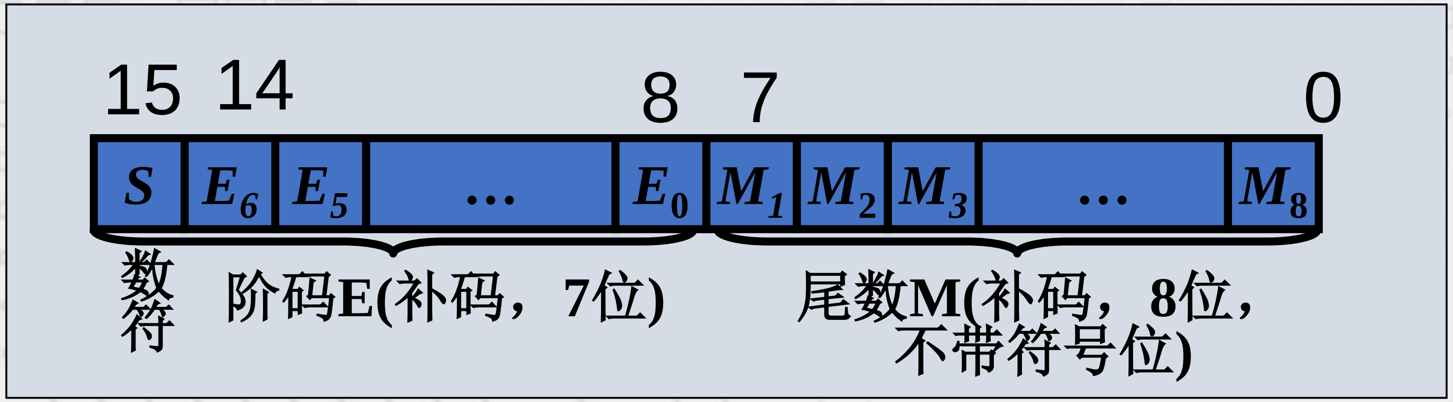
2.2.3 浮点数阶码的移码表示法

- 浮点数的阶码常采用移码表示最主要的原因有：
  - 便于比较浮点数的大小。阶码大的，其对应的真值就大，阶码小的，对应的真值就小。
  - 简化机器中的判零电路。当阶码全为0，尾数也全为0时，表示机器零。

习题

- 1.设浮点数的格式为：
  - 第15位：符号位；
  - 第14位到第8位：阶码，采用补码表示；
  - 第7位到第0位：尾数，与符号位一起采用规格化的补码表示，基数为2。
- 问：
  - 它能表示的数值范围是什么
  - 它能表示的最接近于0的正数和负数分别是什么？
  - 它共能表示多少个数值？

习题



(1) 范围：实际上是求绝对值最大的正数和负数(规格化)

最大：0, 0111111, 11111111　　$(1-2^{-8})*2^{2^6-1}$（阶码和尾数都最大）

最小：1, 0111111, 00000000　　$-1*2^{2^6-1}$（阶码最大，尾数最小）

(2) 本质是求绝对值最小的正数和负数(规格化)

最小的正数(最接近于0的正数)：0, 1000000, 10000000　　$2^{-1}*2^{-2^6}$

最大的负数(最接近于0的负数)：

1, 1000000, 01111111　　$-(2^{-1}+2^{-8})*2^{-2^6}$

(3) 可以表示 2^{16} 个数值

2.2.4 实用浮点数举例

- 大多数计算机的浮点数采用IEEE 754标准，其格式如下，IEEE 754标准中有三种形式的浮点数。

m_s	E	m

类型	数符 m_s	阶码 E	尾数 m	总位数	偏置值	
短浮点数	1	8	23	32	7FH	127
长浮点数	1	11	52	64	3FFH	1023
临时浮点数	1	15	64	80	3FFFH	16383

2.2.4 实用浮点数举例

- 以短浮点数为例讨论浮点代码与其真值之间的关系
  - 最高位为数符位；其后是8位阶码，以2为底，阶码的偏置值为127；其余23位是尾数。
  - 为了使尾数部分能表示更多一位的有效值，IEEE754采用隐含尾数最高数位1的方法，因此尾数实际上是24位。
    - ¤ 注意，隐含的1是一位整数（即位权为2^0），在浮点格式中表示出来的23位尾数是纯小数，并用原码表示。

2.2.4 实用浮点数举例

- 例1：将$(100.25)_{10}$转换成短浮点数格式。
  - (1) 十进制数→二进制数　　$(100.25)_{10}=(1100100.01)_2$
  - (2) 非规格化数→规格化数　$1100100.01=1.10010001\times 2^6$
  - (3) 计算移码表示的阶码（偏置值＋阶码真值）

    1111111+110=10000101
  - (4) 以短浮点数格式存储该数

    0;100 0010 1;100 1000 1000 0000 0000 0000　即:42C88000H

2.2.4 实用浮点数举例

- 例2：把短浮点数C1C90000H转换成为十进制数。
  - (1) 十六进制→二进制形式，并分离出符号位、阶码和尾数

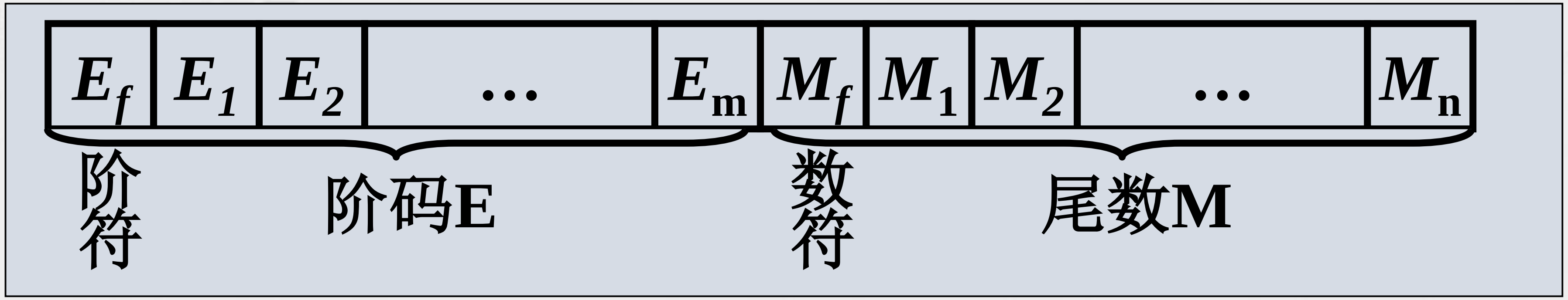
    C1C90000H=1;10000011;10010010000000000000000

  - (2) 计算出阶码真值（移码 - 偏置值）

    10000011-1111111=100

  - (3) 以规格化二进制数形式写出此数 1.1001001×2^4
  - (4) 写成非规格化二进制数形式 11001.001
  - (5) 转换成十进制数，并加上符号位 该浮点数=-25.125

练习



例1　某浮点数格式如图示，字长32其中阶码8位，含一位阶符，补码表示，以2为底；尾数24位，含一位数符，补码表示，规格化。若浮点数代码为（A3680000）$_{16}$，求其真值。

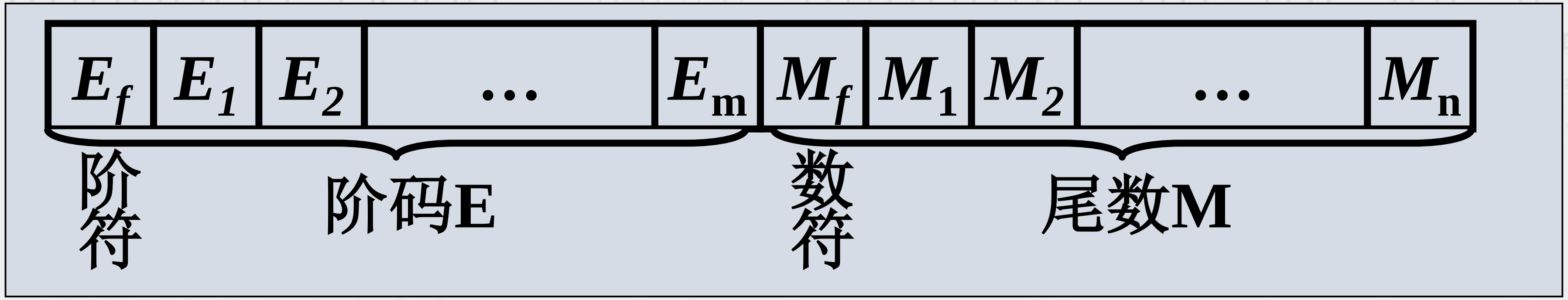
$(A3680000)_{16} = (10100011，01101000000…0)_2$

$E = -(1011101)_2 = -(93)_{10}$

$M = (0.11010…0)_2 = (0.8125)_{10}$

$N = 2^{-93} \times 0.8125$

练习



例2 按上述浮点格式将－（1011.11010…0）$_2$写成浮点数代码。

$N=-(1011.11010\ldots0)_2=-(0.101111010\ldots0)_2\times2^4$

$E=(4)_{10}=(0000100)_2$

$E_{补}=00000100$

$M_{补}=(1.010000110\ldots0)_2$

浮点数代码为（00000100，1010000110…0）$_2$＝（04A18000）$_{16}$

练习

E_f	E_1	E_2	…	E_m	M_f	M_1	M_2	…	M_n
阶符	阶码E (4位移码)				数符	尾数M (12位补码)			

例3 按上述浮点格式将 $-2^6 \times 0.4375$ 写成浮点数代码。

$$N = (-2^6 \times 0.4375)_{10} = -(0.01110000000)_2 \times 2^6$$

$$= -(0.11100000000)_2 \times 2^5$$

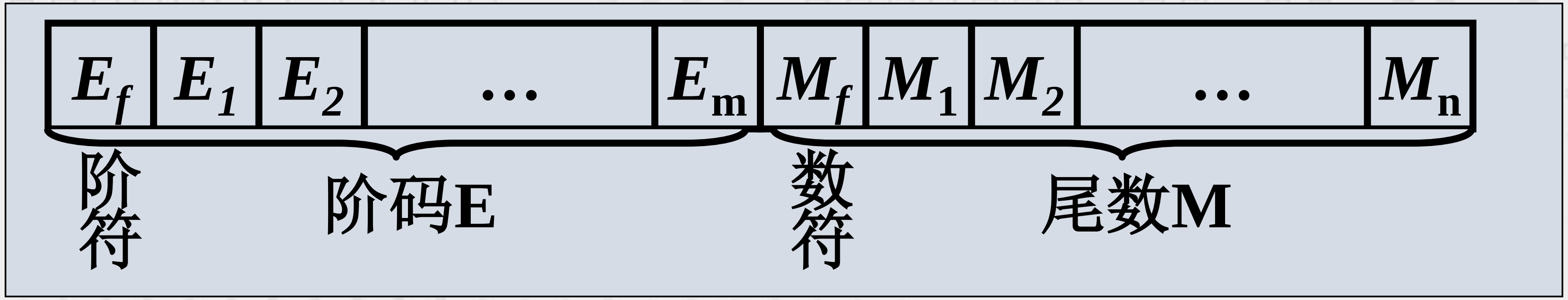
$$E = (5)_{10} = (0101)_2$$

$$E_{移} = 1000 + E = (1101)_2$$

$$M_{补} = (1.00100000000)_2$$

浮点数代码为 $(1101，100100000000)_2 = (D900)_{16}$

练习



例4　某浮点数格式如图示，字长32，其中阶码8位，含一位阶符，移码表示，以2为底；尾数24位，含一位数符，补码表示，规格化。若浮点数代码为（BDB40000）$_{16}$求其真值。

$(\text{BDB40000})_{16} = (1011\ 1101，1011\ 0100\ 0000\ldots00)_2$

$(E)_{移} = (1011\ 1101)_2 = 2^7 + E$

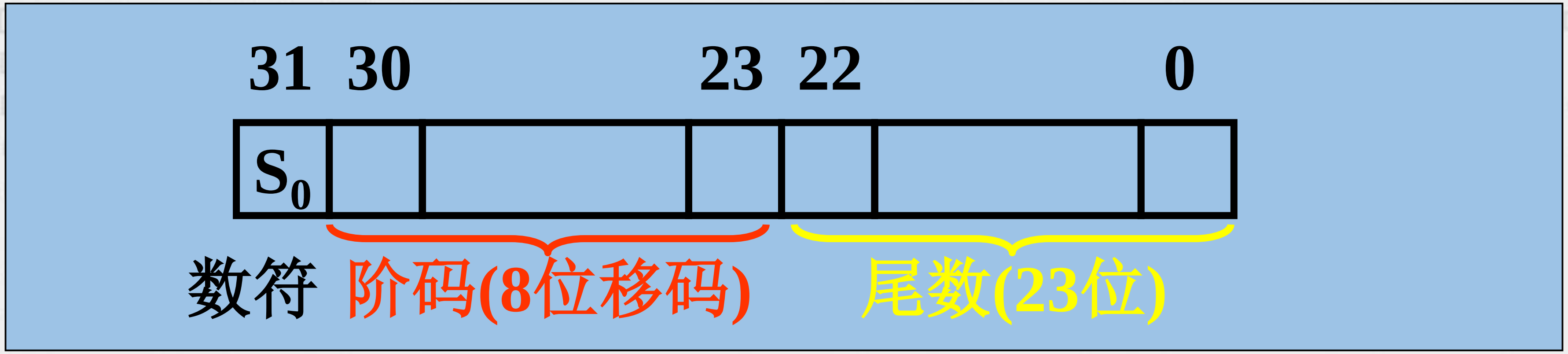
$E = (111101)_2 = (61)_{10}$

$(M)_{补} = 1.011010\ldots0$

$M = -(0.100110\ldots0)_2 = -(0.59375)_{10}$

$N = -(0.59375) \times 2^{61}$

练习



例5：写出下列十进制数的IEEE754短浮点数编码。

(1)0.15625;　　(2)-5

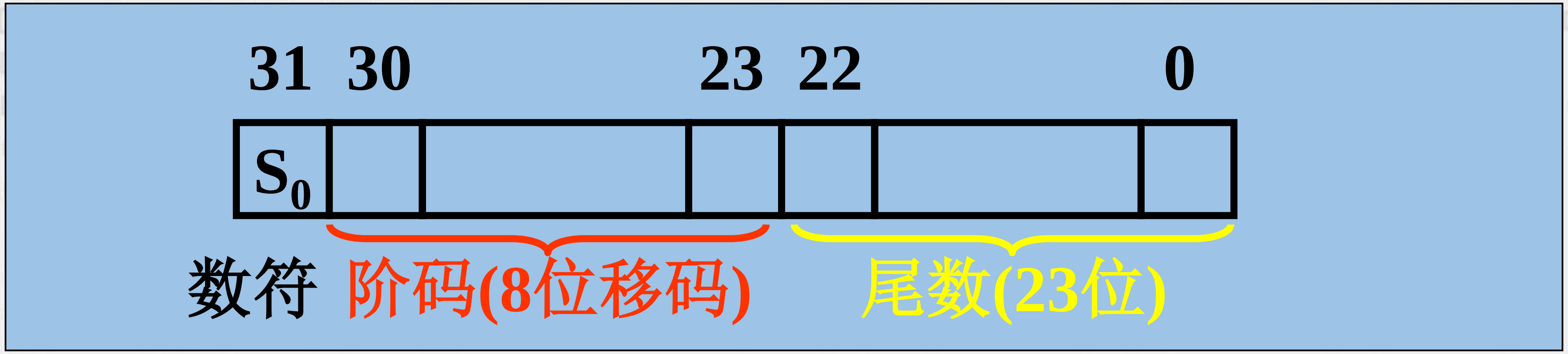
解：(1)$(0.15625)_{10}=(0.00101)_2$，

1.01×2^{-3}，

$E_{移}=127-3=(124)_{10}=(01111100)_2$

0 01111100 010000…00

练习



例5：写出下列十进制数的IEEE754短浮点数编码。

(1)0.15625;　　(2)-5

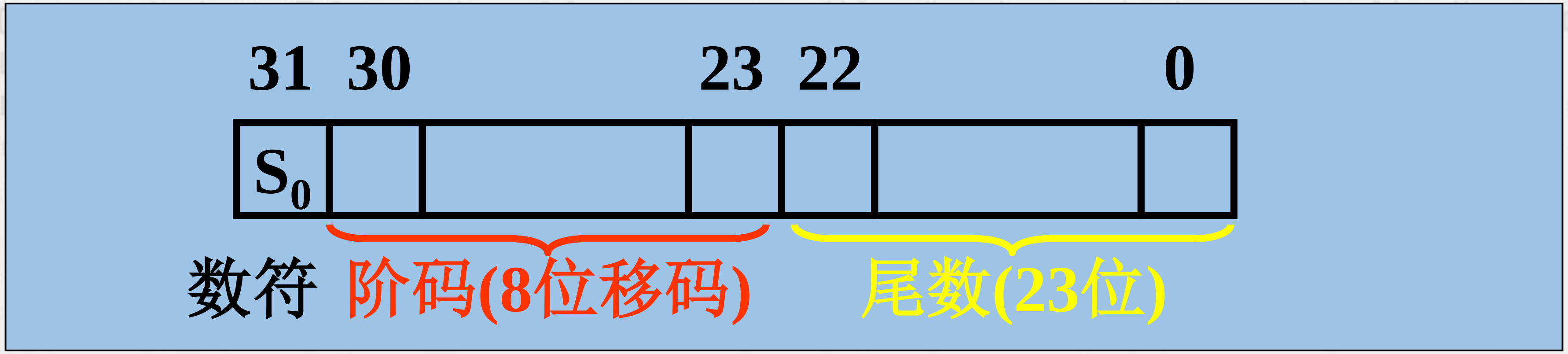
解：(2)　$-(5)_{10}=-(101)_2$，

$-(1.01\times 2^2)$，

$E_{移}=127+2=(129)_{10}=(10000001)_2$

1 10000001 01000…00

练习



例6：若短浮点数IEEE754编码为

1011 1111 0100 0000 0000 0000 0000 0000，则其代表的十进制数为？

解：1 01111110 10000000000000000000000

阶码的真值 = E - 127 = 01111110 - 01111111 = - 1

尾数(包含隐含位) = (1.10000000…0) $_2$

其代表的十进制数为 $-(1.1)\times 2^{-1} = -(0.11)_2 = -(0.75)_{10}$

练习

1. (2011)float型数据通常用IEEE754单精度浮点数格式表示。若编译器将float型变量x分配在一个32位浮点寄存器FR1中，且x= -8.25，则FR1的内容是(A)

(A)C104 0000H　　(B) C242 0000H

(C) C184 0000H　　(D) C1C2 0000H

2. (2013)某数采用IEEE 754单精度浮点数格式表示为C640 0000H，则该数的值是(A)

(A)-1.5×2^{13}　　(B) -1.5×2^{12}

(C) $-0.5x\times2^{13}$　　(D) -0.5×2^{12}

目 录

2.3.1 字符和字符串的表示方法

- 1.ASCII字符编码
  - 常见的ASCII码用七位二进制表示一个字符，它包括10个十进制数字（0～9）、52个英文大写和小写字母（A～Z，a～z）、34个专用符号和32个控制符号，共计128个字符。

2.3 非数值数据的表示

$b_6b_5b_4$ / $b_3b_2b_1b_0$	000	001	010	011	100	101	110	111
0000	NUL	DLE	SP	0	@	P	`	p
0001	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
0010	STX	DC2	"	2	B	R	b	r
0011	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
0100	EOT	DC4	$	4	D	T	d	t
0101	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
0110	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
0111	BEL	ETB	'	7	G	W	g	w
1000	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
1001	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
1010	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
1011	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
1100	FF	FS	,	<	L	\	l	|
1101	CR	GS	-	=	M	]	m	}
1110	RO	RS	.	>	N	↑	n	~
1111	SI	US	/	?	O	_	o	DEL

2.3 非数值数据的表示

- 2.字符串的存放
- 2.3.2 汉字的表示
  - 1.汉字国标码
  - 2.汉字区位码
  - 3.汉字机内码
  - 4.汉字字形码

2.3.3 统一代码（Unicode）

- 随着国际间的交流与合作的扩大，信息处理应用对字符集提出了多文种、大字量、多用途的要求，解决问题的最佳方案是设计一种全新的编码方法，这种方法必须有足够的能力来表示任意一种语言里使用的所有符号，这就是统一代码（Unicode）。

目录

2.4.1 十进制数的编码

- 十进制数的编码（二 - 十进制编码）
  - 用四位二进制数来表示一位十进制数，称为二进制编码的十进制数，简称BCD码。
- 常见的BCD码

十进制数	8421码	2421码	余3码	Gray码
0	0000	0000	0011	0000
1	0001	0001	0100	0001
2	0010	0010	0101	0011
3	0011	0011	0110	0010
4	0100	0100	0111	0110
5	0101	1011	1000	1110
6	0110	1100	1001	1010
7	0111	1101	1010	1011
8	1000	1110	1011	1001
9	1001	1111	1100	1000