第一章 数制和码制

主要要求：

- 掌握几种常用的数制及其转换。
- 了解二进制算数运算。
- 掌握几种常用的编码。

一、数字电路与数字信号

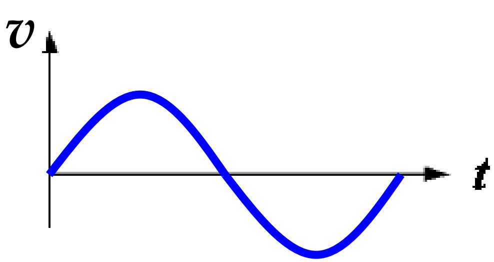
电子电路分类 $\begin{cases} \text{模拟电路} \\ \text{数字电路} \end{cases}$

传递、处理模拟信号的电子电路

传递、处理数字信号的电子电路

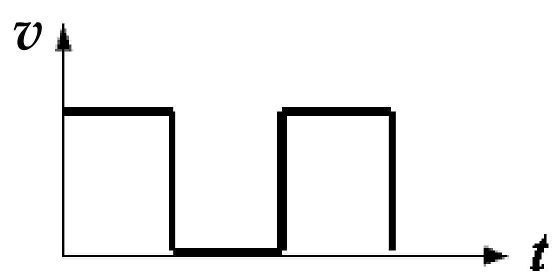
模拟信号

时间上和幅度上都连续变化的信号



数字信号

时间上和幅度上都断续变化的信号



数字电路中典型信号波形

二、数字电路的特点

研究对象	输出信号与输入信号之间的逻辑关系
分析工具	逻辑代数
信　　号	只有高电平和低电平两个取值
电子器件工作状态	导通(开)、截止(关)
主要优点	便于高度集成化、工作可靠性高、抗干扰能力强和保密性好等

1.1 数制和码制

主要要求：

- 掌握十进制数和二进制数的表示及其相互转换。
- 了解八进制和十六进制。
- 理解 BCD 码的含义，掌握 **8421BCD 码**，

  了解其他常用 BCD 码。

一、数制

计数的方法

（一）十进制（Decimal）

$(xxx)_{10}$ 或 $(xxx)_D$ ⇦ 例如 $(3176.54)_{10}$ 或 $(3176.54)_D$

数码：0、1、2、3、4、5、6、7、8、9

进位规律：逢十进一，借一当十

$$(11.51)_{10}$$

1×10^{1} 1×10^{0} 5×10^{-1} 1×10^{-2}

⇩ ⇩ ⇩ ⇩

权 权 权 权

10^i 称十进制的权

10 称为基数

0 ~ 9 十个数码称系数

十进制数可表示为各位加权系数之和，称为按权展开式

$$(3176.54)_{10} = 3\times10^{3} + 1\times10^{2} + 7\times10^{1} + 6\times10^{0} + 5\times10^{-1} + 4\times10^{-2}$$

（二）二进制（Binary）

$(xxx)_2$ 或 $(xxx)_B$ ⟵ 例如 $(1011.11)_2$ 或 $(1011.11)_B$

数码：0、1

进位规律：逢二进一，借一当二

例如 $0 + 1 = 1$　　$1 + 1 = 10$

$11 + 1 = 100$　　$10 - 1 = 1$

按权展开式表示

$$(1011.11)_2 = 1\times 2^3 + 0\times 2^2 + 1\times 2^1 + 1\times 2^0 + 1\times 2^{-1} + 1\times 2^{-2}$$

权：2^i　　基数：2　　系数：0、1

将按权展开式按照十进制规律相加，即得对应十进制数。

$$(1011.11)_2 = 1\times 2^3 + 0\times 2^2 + 1\times 2^1 + 1\times 2^0 + 1\times 2^{-1} + 1\times 2^{-2}$$

$$= 8 + 0 + 2 + 1 + 0.5 + 0.25 = 11.75$$

$$(1011.11)_2 = (11.75)_{10}$$

（三）八进制和十六进制

进制	八进制（Octal）	十六进制（Hexadecimal）
数的表示	$(xxx)_8$ 或 $(xxx)_O$	$(xxx)_{16}$ 或 $(xxx)_H$
计数规律	逢八进一，借一当八	逢十六进一，借一当十六
基数	8	16
权	8^i	16^i
数码	0 ~ 7	0 ~ 9、A、B、C、D、E、F

例如 $(3BE.C4)_{16} = 3 \times 16^2 + 11 \times 16^1 + 14 \times 16^0 + 12 \times 16^{-1} + 4 \times 16^{-2}$

$= 768 + 176 + 14 + 0.75 + 0.015625$

$= (958.765625)_{10}$

二、数 制 转 换

- 十进制与非十进制间的转换

十进制 → 非十进制

非十进制 → 十进制

- 非十进制间的转换

二进制 → 八、十六进制

八、十六进制 → 二进制

不同进制数的对照表

十进制数	二进制	八进制	十六进制
00	**0000**	**00**	**0**
01	**0001**	**01**	**1**
02	**0010**	**02**	**2**
03	**0011**	**03**	**3**
04	**0100**	**04**	**4**
05	**0101**	**05**	**5**
06	**0110**	**06**	**6**
07	**0111**	**07**	**7**
08	**1000**	**10**	**8**
09	**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**

1. 各种数制转换成十进制　　按权展开求和

2. 十进制转换为二进制

整数和小数分别转换　　整数部分：除 2 取余法
小数部分：乘 2 取整法

✸［例］ 将十进制数 $(26.375)_{10}$ 转换成二进制数

		余数
2	26	
2	13	0
2	6	1
2	3	0
2	1	1
	0	1

读数顺序

一直除到商为 0 为止

	整数
0.375	
×2	
0.750	0
×2	
1.500	1
×2	
1.000	1

读数顺序

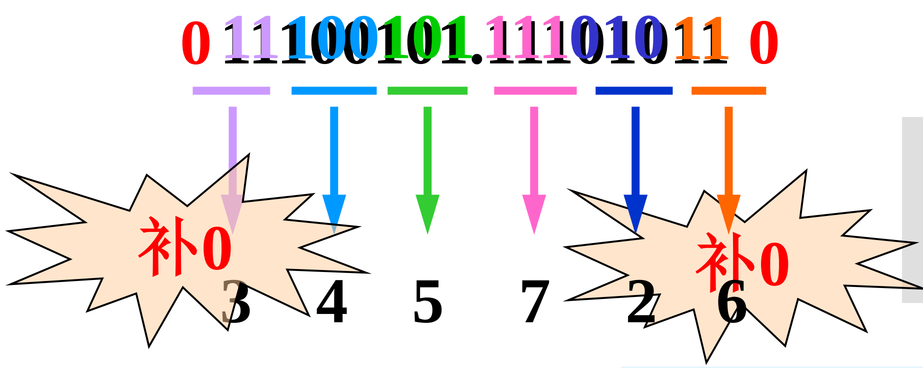
$(26.375)_{10} = (11010.011)_2$

3. 二进制与八进制间的相互转换

- 二进制→八进制

　　从小数点开始，整数部分向左（小数部分向右）三位一组，最后不足三位的加 0 补足三位，再按顺序写出各组对应的八进制数 。

✷ $(11100101.11101011)_2 = (\ ?\ )_8$



$(11100101.11101011)_2$
$= (345.726)_8$

- 八进制→二进制

　　每位八进制数用三位二进制数代替，再按原顺序排列。

$(745.361)_8 = (111100101.011110001)_2$

4. 二进制和十六进制间的相互转换

- 二进制→十六进制：

从小数点开始，整数部分向左（小数部分向右）**四位一组，最后不足四位的加 0 补足四位，**再按顺序写出各组对应的十六进制数 。

✹ $(10011111011.111011)_2 = (\ ?\ )_{16}$

0 10011111011.111011 0 0

补 0

4　F　B　E　C

补 0

$(10011111011.111011)_2 =$
$(4FB.EC)_{16}$

- 十六进制→二进制：

每位十六进制数用四位二进制数代替，再按原顺序排列。

$(3BE5.97D)_{16} = (1110111110 0101.100101111101)_2$

三数值数

符号（+/-）数码化

最高位：“0”表示“+”
“1”表示“-”

（一）机器数

（二）带符号二进制数的代码表示

$X_1 = +\ 1101101$

$X_2 = -\ 1101101$

0				1		0	1

原码[X]原:

符号位

尾数部分（真值）

原码
反码
补码

最高位：“0”表示“+”
“1”表示“-”

1. 负数：尾数为真值数值部分按位取反
正数：尾数部分与真值形式相同

2.

$X_1 = +4$ $[X_1]_{\text{反}} = 00000100$

$X_2 = -4$ $[X_2]_{\text{反}} = 11111011$

3. 补码$[X]_{\text{补}}$： 符号位 + 尾数部分

正数：尾数部分与真值同即$[X]_{\text{补}} = [X]_{\text{正}}$

负数：尾数为真值数值部分按位取反加1

即$[X]_{\text{补}} = [X]_{\text{反}} + 1$

	二进制数	原码	反码	补码
X=+5	+101	0101	0101	0101
X= −5	−101	1101	1010	1011

补码的性质：

用补码进行运算时，两数补码之和等于两数和之补码，即

$$[X_1]_{补}+[X_2]_{补} = \{X_1+X_2\}_{补}$$

（三）、带符号数的运算

正数：原码＝反码＝补码

负数：原码 $\xleftrightarrow{\text{按位取反}}$ 反码　　原码 $\xleftrightarrow{\text{按位取反加1}}$ 补码

例：利用二进制补码运算求（107）$_{10}$－（79）$_{10}$的值。

解：

$(107)_{10} = (1101011)_2$　　$[107]_{补} = (0\ 1101011)_2$

$(-79)_{10} = (-1001111)_2$　　$[-79]_{补} = (1\ 0110001)_2$

$[107-79]_{补} = [107]_{补} + [-79]_{补} = (01101011)_2 + (10110001)_2$

$$
\begin{array}{r}
0\ 1\ 1\ 0\ 1\ 0\ 1\ 1 \\
+\quad 1\ 0\ 1\ 1\ 0\ 0\ 0\ 1 \\
\hline
1\ 0\ 0\ 0\ 1\ 1\ 1\ 0\ 0
\end{array}
$$

$= (0\ 0011100)_2$

自动丢弃

$107-79 = (00011100)_{补} = (00011100)_{原}$

$= (+28)_{10}$

四、二进制代码

将若干个二进制数码 **0** 和 **1** 按一定规则排列起来表示某种特定含义的代码称为二进制代码，简称二进制码。

用数码的特定组合表示特定信息的过程称编码

常用二进制代码
- 自然二进制码
- 二－十进制码
- 格雷码
- 奇偶检验码
- **ASCII** 码（美国信息交换标准代码）

（一）自然二进制码

按自然数顺序排列的二进制码

（二）二-十进制代码

表示十进制数 0 ~ 9 十个数码的二进制代码

（又称 **BCD** 码　即 **B**inary **C**oded **D**ecimal）

4 位二进制码有 **16** 种组合，表示 **0 ~ 9**十个数可有多种方案，所以 **BCD** 码有多种。

常用二－十进制代码表

比 8421BCD 码多余 3

十进制数	有权码				无权码
	8421 码	5421 码	2421(A)	2421(B)	余 3 码
0	0000	0000	0000	0000	0011
1	0001	0001	0001	0001	0100
2	0010	0010	0010	0010	0101
3	0011	0011	0011	0011	0110
4	0100	0100	0100	0100	0111
5	0101	1000	0101	1011	1000
6	0110	1001	0110	1100	1001
7	0111	1010	0111	1101	1010
8	1000	1011	1110	1110	1011
9	1001	1100	1111	1111	1100

权为 8、4、2、1

取四位自然二进制数的前 10 种组合，去掉后 6 种组合 1010 ~ 1111。

✷ 用 BCD 码表示十进制数举例：

$$(36)_{10} = (00110110)_{8421BCD}$$

$$(4.79)_{10} = (0100.\ 01111001)_{8421BCD}$$

$$(01010000)_{8421BCD} = (50)_{10}$$

✷ 注意区别 BCD 码与数制：

$$(150)_{10} = (\qquad\qquad\qquad\qquad)_{8421BCD}$$

$$= (\qquad\qquad\qquad)_{2} = (\qquad)_{8} = (\qquad)_{16}$$

$$(150)_{10} = (000101010000)_{8421BCD}$$

$$= (10010110)_{2} = (226)_{8} = (96)_{16}$$

（三）可靠性代码

- 格雷码(Gray 码，又称循环码)

典型格雷码构成规则：

最低位以 0110 为循环节

次低位以 00111100 为循环节

第三位以 0000111111110000 为循环节

……..

特点:

相邻项或对称项只有一位不同。

0	0	0	0
0	0	0	1
0	0	1	1
0	0	1	0
0	1	1	0
0	1	1	1
0	1	0	1
0	1	0	0
1	1	0	0
1	1	0	1
1	1	1	1
1	1	1	0
1	0	1	0
1	0	1	1
1	0	0	1
1	0	0	0

十进制数	自然二进制码				格雷码			
	B_3	B_2	B_1	B_0	G_3	G_2	G_1	G_0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	0	0	0	1
2	0	0	1	0	0	0	1	1
3	0	0	1	1	0	0	1	0
4	0	1	0	0	0	1	1	0
5	0	1	0	1	0	1	1	1
6	0	1	1	0	0	1	0	1
7	0	1	1	1	0	1	0	0
8	1	0	0	0	1	1	0	0
9	1	0	0	1	1	1	0	1
10	1	0	1	0	1	1	1	1
11	1	0	1	1	1	1	1	0
12	1	1	0	0	1	0	1	0
13	1	1	0	1	1	0	1	1
14	1	1	1	0	1	0	0	1
15	1	1	1	1	1	0	0	0

格雷码与自然二进制码之间的转换

①自然二进制码 ——→ 格雷码

先将二进制码最左端补0，然后将二进制码由左向右连续将两位相邻位异或，所得结果即为格雷码。

②格雷码 ——→ 自然二进制码

先将格雷码的最高位直接抄下，做为二进制数的最高位，然后将二进制数的最高位与格雷码的次高位异或，得到二进制数的次高位，再将二进制数的次高位与格雷码的下一位异或，得二进制数的下一位，如此一直进行下去，直到最后。

奇偶校验码

组成
- 信　息　码：需要传送的信息本身。
- 1 位校验位：取值为 0 或 1，以使整个代码中“1”的个数为奇数或偶数。

使“1”的个数为奇数的称奇校验，为偶数的称偶校验。

8421 奇偶校验码

十进制数	8421 奇 校 验 码		8421 偶 校 验 码	
	信 息 码	校 验 码	信 息 码	校 验 码
0	0 0 0 0	1	0 0 0 0	0
1	0 0 0 1	0	0 0 0 1	1
2	0 0 1 0	0	0 0 1 0	1
3	0 0 1 1	1	0 0 1 1	0
4	0 1 0 0	0	0 1 0 0	1
5	0 1 0 1	1	0 1 0 1	0
6	0 1 1 0	1	0 1 1 0	0
7	0 1 1 1	0	0 1 1 1	1
8	1 0 0 0	0	1 0 0 0	1
9	1 0 0 1	1	1 0 0 1	0

作 业

题 **1.2** (2) (4) 、**1.4** (2) (4) 、**1.5** (2) (4)、

1.6 (2) (4)、 **1.7** (2) (4)、 **1.9** (2) (4)、

1.15 (4) (8)

补充题：

将下列数码作为自然二进制码和8421BCD码时，分别求出相应的十进制数。

① **10010111** ② **100010010011**