《数字电子技术基础》（第五版）教学课件

清华大学
阎石　王红

联系地址：清华大学　自动化系
邮政编码：100084

电子信箱：wang_hong@tsinghua.edu.cn
联系电话：(010)62792973

第一章　数制和码制

1.1 概述

数字量和模拟量

- 数字量：变化在时间上和数量上都是不连续的。（存在一个最小数量单位△）
- 模拟量：数字量以外的物理量。

- 数字电路和模拟电路：工作信号，研究的对象，分析/设计方法以及所用的数学工具都有显著的不同

数字量和模拟量

- 电子电路的作用：处理信息
- 模拟电路：用连续的模拟电压/电流值来表示信息

数字量和模拟量

- 电子电路的作用：处理信息
- 数字电路：用一个离散的电压序列来表示信息

1. 2 几种常用的数制

- 数制:
  ①每一位的构成
  ②从低位向高位的进位规则

常用到的:

十进制，二进制，八进制，十六进制

十进制，二进制，八进制，十六进制

- A binary digit has only 2 possibilities

逢二进一

0	1

- An octal digit has 8 possibilities

逢八进一

0	1	2	3	4	5	6	7

- A decimal digit has 10 possibilities

逢十进一

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

- A hexadecimal (hex) digital has 16 possibilities

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F

逢十六进一

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

1.3不同数制间的转换

一、二－十转换

$$D = \sum K_i 2^i \qquad K \in (0,1)$$

例：

$$(1011.01)_2 = 1\times 2^3 + 0\times 2^2 + 1\times 2^1 + 1\times 2^0 + 0\times 2^{-1} + 1\times 2^{-2}$$

$$= (11.25)_{10}$$

二、十－二转换

整数部分：$(S)_{10} = k_n 2^n + k_{n-1} 2^{n-1} + k_{n-2} 2^{n-2} \cdots + k_1 2^1 + k_0 2^0$

$$= 2(k_n 2^{n-1} + k_{n-1} 2^{n-2} + \cdots + k_1) + k_0$$

同理

$$k_n 2^{n-1} + k_{n-1} 2^{n-2} + \cdots + k_1 = 2(k_n 2^{n-2} + k_{n-1} 2^{n-3} + \cdots + k_2) + k_1$$

例：

2 | 173……余数 = 1 = k_0

2 | 86……余数 = 0 = k_1

2 | 43……余数 = 1 = k_2

2 | 21……余数 = 1 = k_3

2 | 10……余数 = 0 = k_4

2 | 5………余数 = 1 = k_5

2 | 2………余数 = 0 = k_6

| 1……余数 = 1 = k_7

0

故 $(173)_{10} = (10101101)_2$

二、十－二转换

小数部分：$(S)_{10} = k_{-1}2^{-1} + k_{-2}2^{-2} + \cdots + k_{-m}2^{-m}$

左右同乘以2

$$2(S)_{10} = k_{-1} + (k_{-2}2^{-1} + k_{-3}2^{-2} + \cdots + k_{-m}2^{-m+1})$$

同理

$$2(k_{-2}2^{-1} + k_{-3}2^{-2} + \cdots + k_{-m}2^{-m+1}) = k_{-2} + (k_{-3}2^{-1} + \cdots + k_{-m}2^{-m+2})$$

例：

$$\begin{array}{r l}
0.8125 & \\
\times \quad 2 & \cdots\cdots\cdots\text{整数部分} = 1 \ = k_{-1} \\
\hline
1.6250 & \\
0.6250 & \\
\times \quad 2 & \cdots\cdots\cdots\text{整数部分} = 1 \ = k_{-2} \\
\hline
1.2500 & \\
0.2500 & \\
\times \quad 2 & \cdots\cdots\cdots\text{整数部分} = 0 \ = k_{-3} \\
\hline
0.5000 & \\
0.5000 & \\
\times \quad 2 & \cdots\cdots\cdots\text{整数部分} = 1 \ = k_{-4} \\
\hline
1.000 &
\end{array}$$

故 $(0.8125)_{10} = (0.1101)_2$

三、二－十六转换

例：将$(01011110.10110010)_2$化为十六进制

$$(0101\ 1110.1011\ 0010)_2$$

$$\downarrow\qquad\downarrow\qquad\downarrow\qquad\downarrow$$

$$=(5\quad E\quad B\quad 2)_{16}$$

四、十六－二转换

例：将$(8FAC6)_{16}$化为二进制

$$(8\quad F\quad A\quad C\quad 6)_{16}$$

$$\downarrow\qquad\downarrow\qquad\downarrow\qquad\downarrow\qquad\downarrow$$

$$(1000\ 1111\ 1010\ 1100\ 0110)_2$$

五、八进制数与二进制数的转换

例：将$(011110.010111)_2$化为八进制

$$(011\ 110.\ 010\ 111)_2$$

$$\downarrow\quad\downarrow\quad\downarrow\quad\downarrow$$

$$=(3\quad 6\ .\ 2\quad 7)_8$$

例：将$(52.43)_8$化为二进制

$$(5\quad 2\ .\ 4\quad 3)_8$$

$$\downarrow\quad\downarrow\quad\downarrow\quad\downarrow$$

$$(101\ 010.\ 100\ 011)_2$$

六、十六进制数与十进制数的转换

十六进制转换为十进制

$$D = \sum K_i 16^i \qquad K \in (0,1\cdots15)$$

十进制转换为十六进制：通过二进制转化

1.4二进制运算

1.4.1 二进制算术运算的特点

算术运算：1：和十进制算数运算的规则相同

2：逢二进一

特　　点：加、减、乘、除 全部可以用移位和相加这两种操作实现。简化了电路结构

所以数字电路中普遍采用二进制算数运算

1.4二进制数运算

1.4.2 反码、补码和补码运算

二进制数的正、负号也是用0/1表示的。

在定点运算中，最高位为符号位（0为正，1为负）

如　+89 =（0　1011001）

　　−89 =（1　1011001）

二进制数的补码:

- 最高位为符号位（0为正，1为负）
- 正数的补码和它的原码相同
- 负数的补码 = 数值位逐位求反(反码) + 1

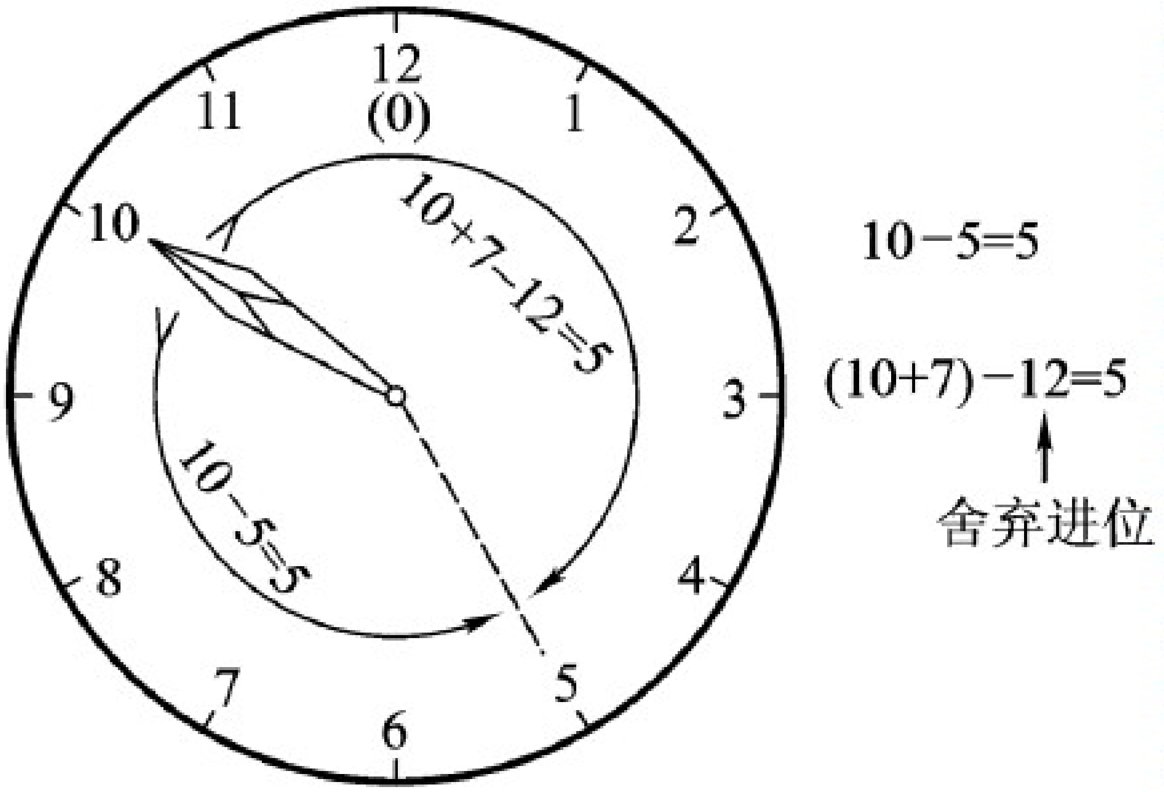
如　+5 =（0　0101）

　　−5 =（1　1011）

- 通过补码，将减一个数用加上该数的补码来实现

10 – 5 = 5

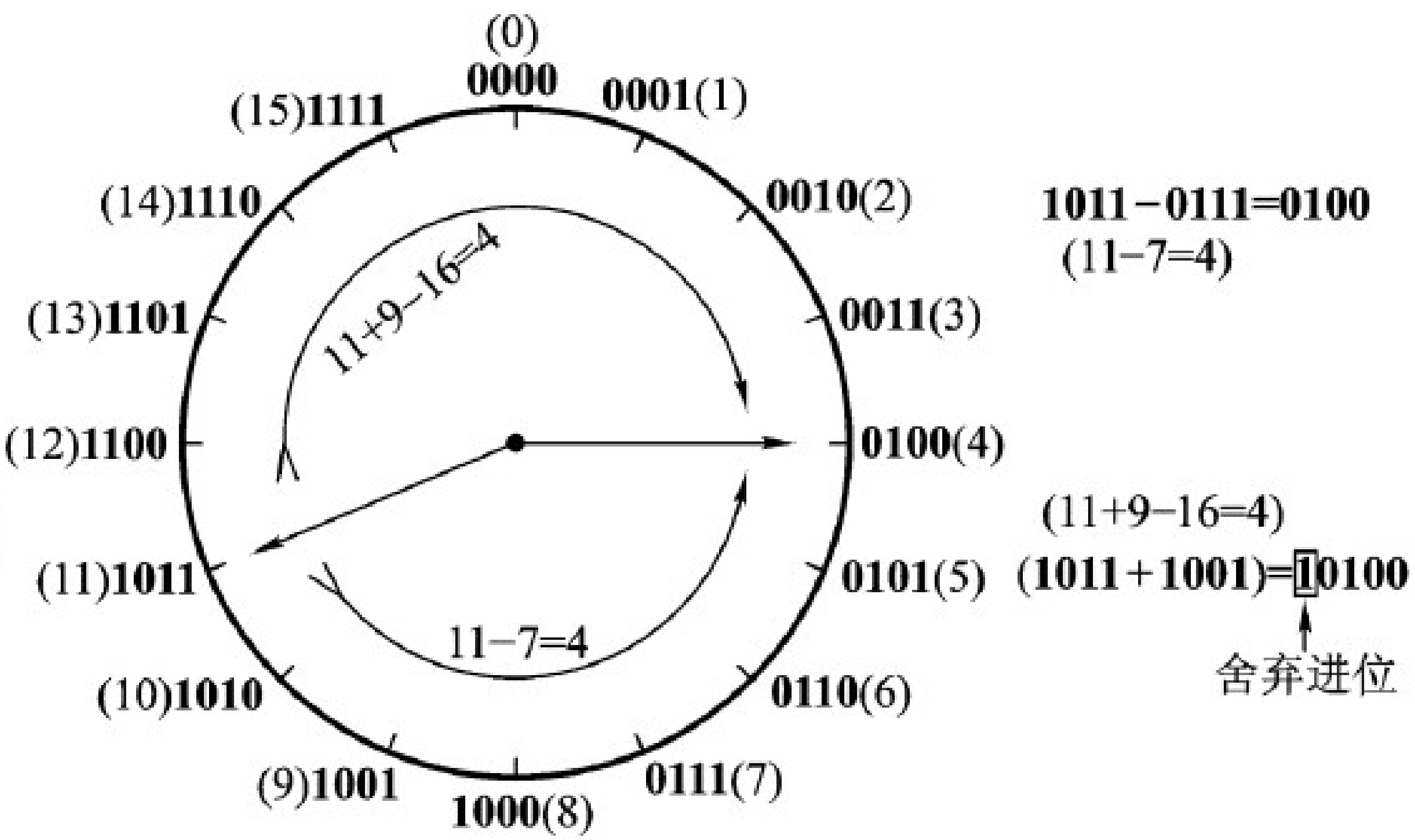
10 + 7 – 12= 5（舍弃进位）



7+5=12　产生进位的模

7是-5对模数12的补码

- 1011 – 0111 = 0100
  （11 - 7 = 4）
- 1011 + 1001 = 10100
  =0100（舍弃进位）
  （11 + 9 − 16 = 4）



- 0111 + 1001 =2^4
- 0111是- 1001对模2^4（16）的补码

两个补码表示的二进制数相加时的符号位讨论

例：用二进制补码运算求出

13 + 10 、13 − 10 、 − 13 + 10 、 − 13 − 10

解：

$$\begin{array}{rl} +13 & 0\ 01101 \\ +10 & 0\ 01010 \\ \hline +23 & 0\ 10111 \end{array} \qquad \begin{array}{rl} +13 & 0\ 01101 \\ -10 & 1\ 10110 \\ \hline +3 & 0\ 00011 \end{array}$$

$$\begin{array}{rl} -13 & 1\ 10011 \\ +10 & 0\ 01010 \\ \hline -3 & 1\ 11101 \end{array} \qquad \begin{array}{rl} -13 & 1\ 10011 \\ -10 & 1\ 10110 \\ \hline -23 & 1\ 01001 \end{array}$$

结论：将两个加数的符号位和来自最高位数字位的进位相加，结果就是和的符号

1.5几种常用的编码

一、十进制代码

几种常用的十进制代码

十进制数	8421码	余3码	2421码	5211码	余3循环码
0	0000	0011	0000	0000	0010
1	0001	0100	0001	0001	0110
2	0010	0101	0010	0100	0111
3	0011	0110	0011	0101	0101
4	0100	0111	0100	0111	0100
5	0101	1000	1011	1000	1100
6	0110	1001	1100	1001	1101
7	0111	1010	1101	1100	1111
8	1000	1011	1110	1101	1110
9	1001	1100	1111	1111	1010

二、格雷码

特点：1.每一位的状态变化都按一定的顺序循环。

2.编码顺序依次变化，按表中顺序变化时，相邻代码只有一位改变状态。

应用：减少过渡噪声

编码顺序	二进制	格雷码	编码顺序	二进制码	格雷码
0	0000	0000	8	1000	1100
1	0001	0001	9	1001	1101
2	0010	0011	10	1010	1111
3	0011	0010	11	1011	1110
4	0100	0110	12	1100	1010
5	0101	0111	13	1101	1011
6	0110	0101	14	1110	1001
7	0111	0100	15	1111	1000

三、美国信息交换标准代码（ASCⅡ）

ASCⅡ是一组七位二进制代码，共128个

应用：计算机和通讯领域