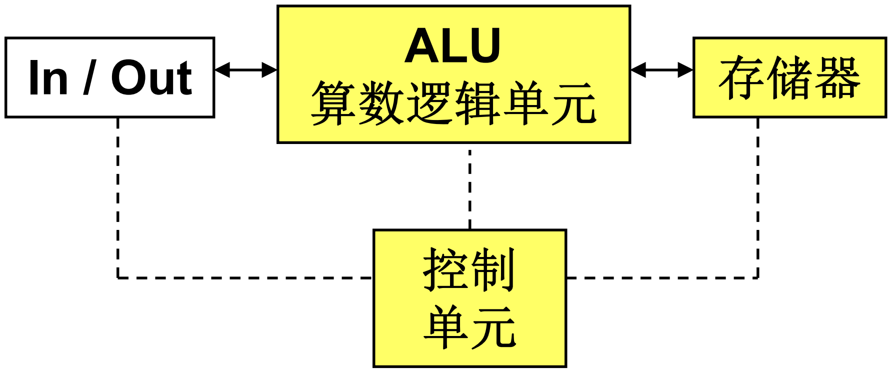
教材：

《数字电子技术基础》第六版高等教育出版社

王玲：   wangling@cuc.edu.cn
办公室：   主楼 905

概述

计算机
- 软件系统　指令集
- 硬件系统　CPU ↑ 数字电路



取指令，译码，取数，算数逻辑运算，存储

课程内容

1.数制与码制
2.逻辑代数基础
4.组合逻辑电路
5.半导体存储电路
3. 集成门电路
6.时序逻辑电路
7.脉冲波形的产生和整形电路
8.A/D, D/A转换

课程内容

1.数制与码制

十进制：0，1，2，3，4，5，6，7，8，9，10,...

二进制：0，1，10，11，100，101，110，111，1000，1001，1010

$(10)_2 = (2)_{10}$

$(1001)_2 = (\ 9\ )_{10}$

$(10101.101)_2 = (\ ?\ )_{10}$

3进制、4进制、5进制、…16进制…

r进制，$(\quad)_r = (\ ?\ )_{10}$

课程内容

1.数制与码制

十进制：0，1，2，3，4，5，6，7，8，9，10,…

二进制：0，1，10，….

生活中丰富的信息如何用0,1二进制数表示？**编码**

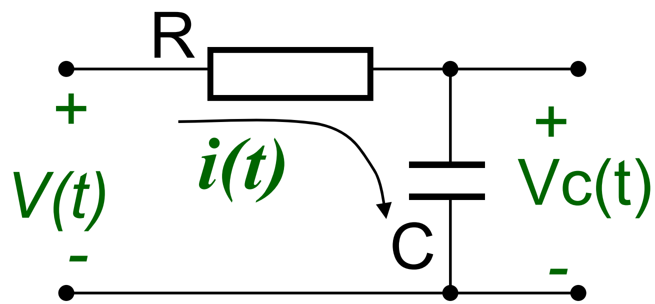
0110001 0110010

课程内容

1.数制与码制

2.逻辑代数基础

模拟电路数学工具
微分方程



$$v(t) = R \cdot i(t) + v_c(t) = R \cdot C \cdot \frac{dv_c(t)}{dt} + v_c(t)$$

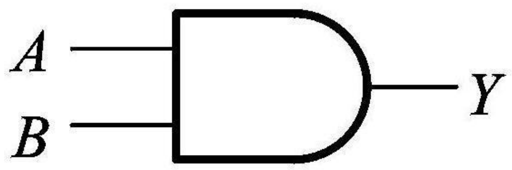
课程内容

1.数制与码制

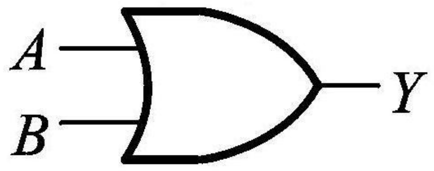
2.逻辑代数基础

数字电路数学工具：逻辑代数

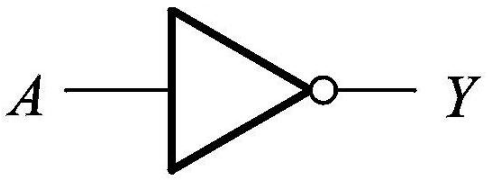
逻辑运算规律
逻辑函数化简



与逻辑 Y = A·B, 当A=B=1时， Y=1



或逻辑 Y = A+B, 当A或B任一个为1时， Y=1



非逻辑 **Y = A’**， **1’=0； 0’=1**

课程内容

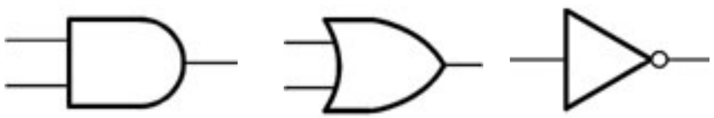
1.数制与码制

2.逻辑代数基础

4.组合逻辑电路

组合逻辑电路
分析与设计

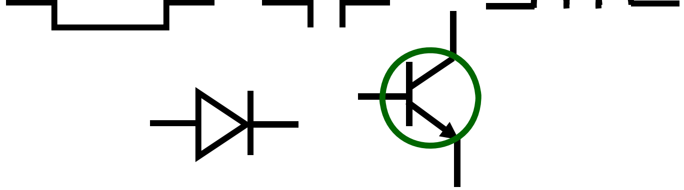
编码器，译码器，
比较器，选通器



与门， 或门， 非门

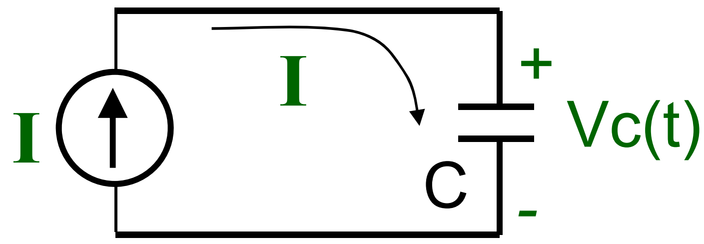
模拟电路
分析与设计

放大器，滤波器，振荡器



课程内容

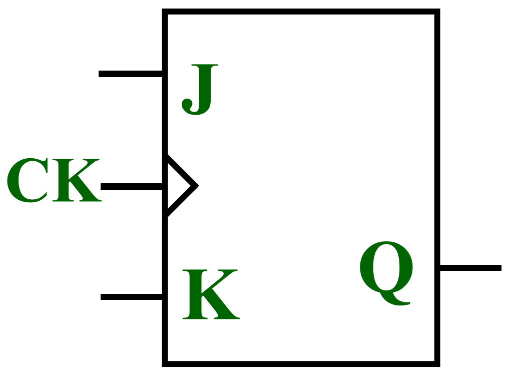
1.数制与码制
2.逻辑代数基础
4.组合逻辑电路
5.半导体存储电路



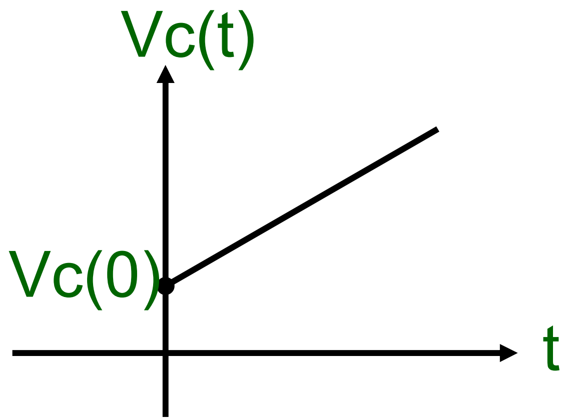
$$v_c(t) = v_c(0) + \frac{1}{C}\int_0^t I \cdot dt$$

有记忆

JK 触发器



J	K	Q^{n+1}
1	0	1
0	1	0
0	0	Q^n
1	1	$(Q^n)'$



有记忆

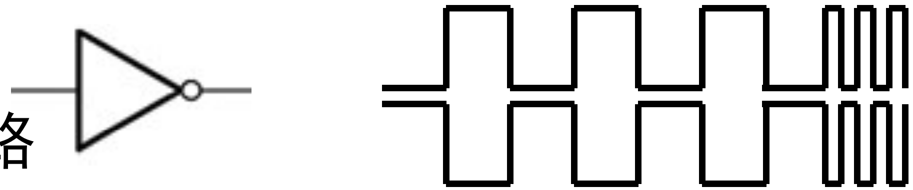
RS触发器， D 触发器， T 触发器

课程内容

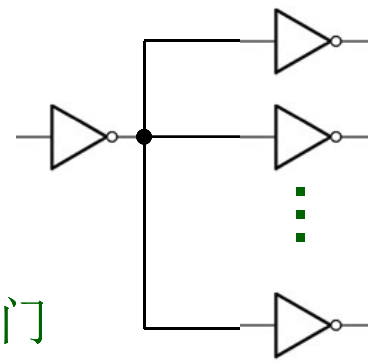
1.数制与码制
2.逻辑代数基础
4.组合逻辑电路
5.半导体存储电路
3. 集成门电路
6.时序逻辑电路
7.脉冲波形的产生及整形电路
8.A/D, D/A转换

问题1：低电平---0；高电平---1
几伏为高电平？几伏为低电平？

问题2：输出跟着输入变化，能变多快？
1MHz？500MHz?1GHz?



问题3：理想情况，一个门能驱动无数个负载，实际上不能，为什么？

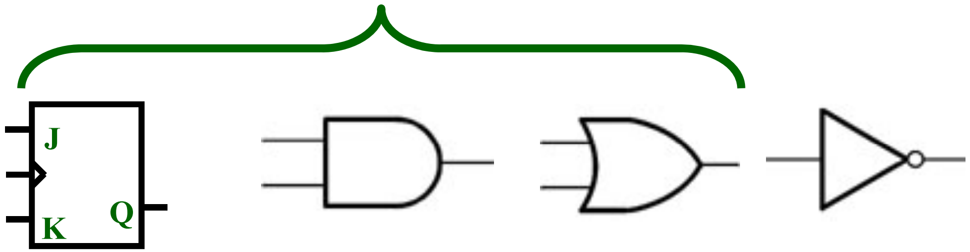


TTL门，CMOS门

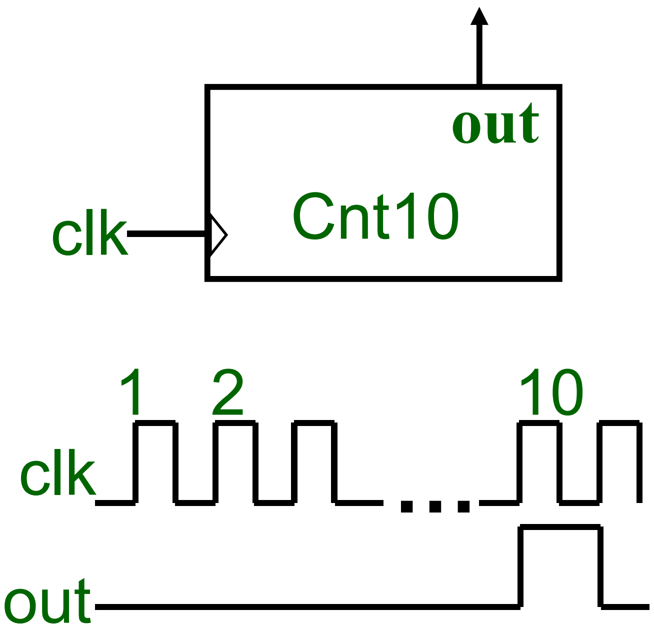
课程内容

1.数制与码制
2.逻辑代数基础
4.组合逻辑电路
5.半导体存储电路
3.集成门电路
6.时序逻辑电路

时序逻辑电路 { 计数器 / 寄存器 / 状态控制



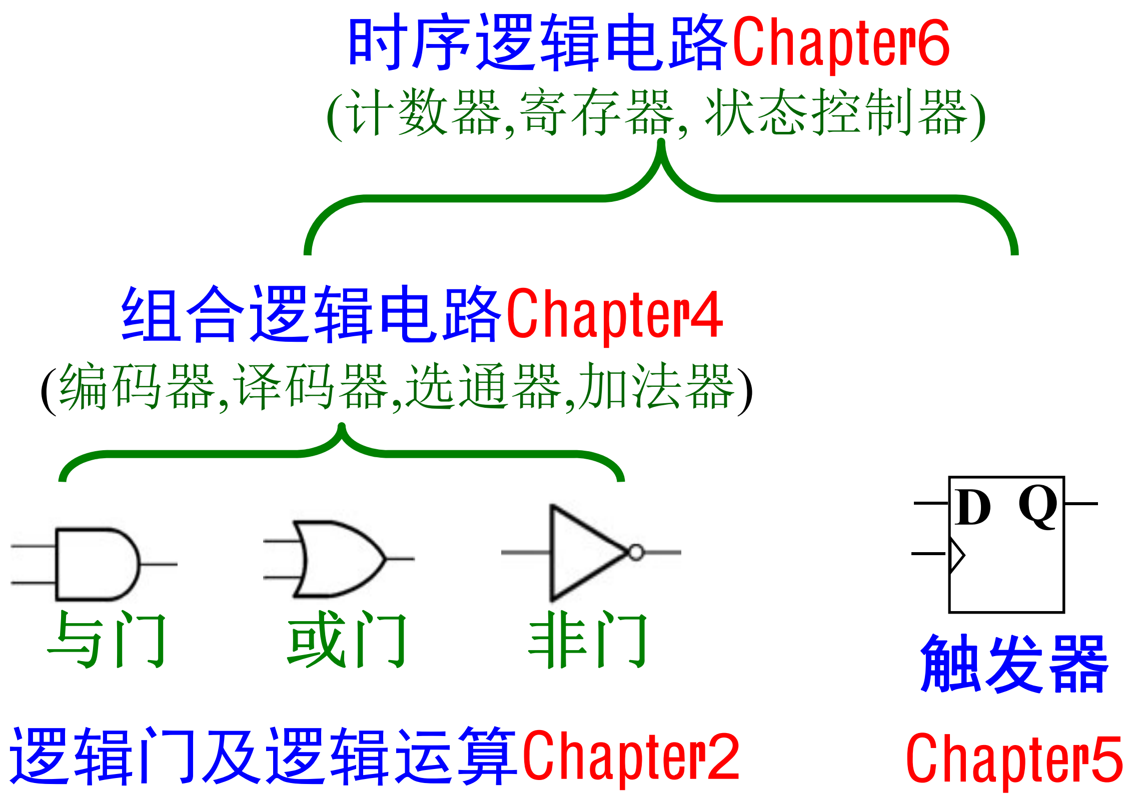
触发器， 与门， 或门， 非门
有记忆



计数器必须使用有记忆能力的触发器，纯组合电路是无法计数的

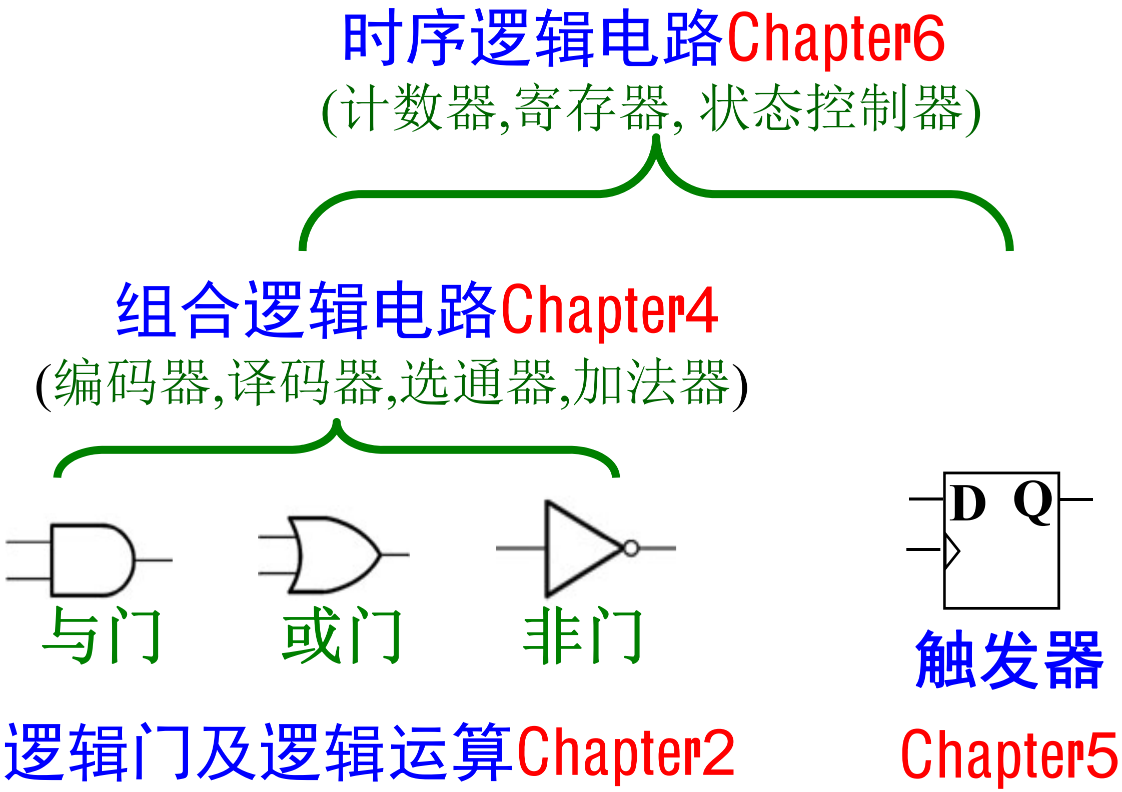
课程内容

1.数制与码制
2.逻辑代数基础
4.组合逻辑电路
5.半导体存储电路
3.集成门电路
6.时序逻辑电路



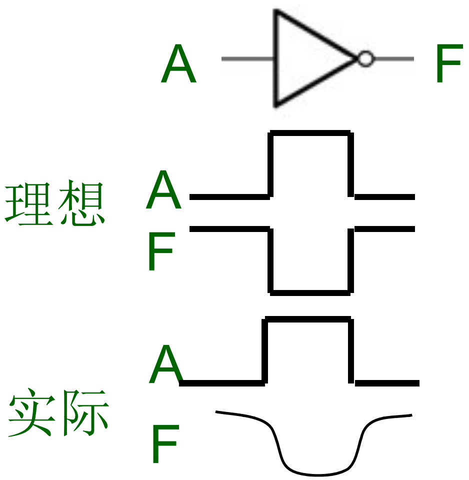
课程内容

1.数制与码制
2.逻辑代数基础
4.组合逻辑电路
5.半导体存储电路
3.集成门电路
6.时序逻辑电路
7.脉冲波形的产生和整形电路
8.A/D, D/A转换

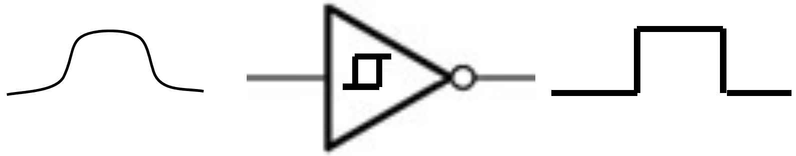


课程内容

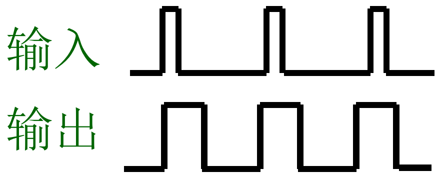
1.数制与码制
2.逻辑代数基础
4.组合逻辑电路
5.半导体存储电路
6.时序逻辑电路
3. 集成门电路
7.脉冲波形的产生和整形电路



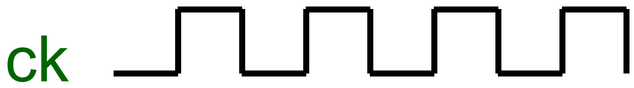
问题1：如何使波形较为理想？



问题2：如何改变脉冲宽度?



问题3：时钟信号从哪里来？



课程内容

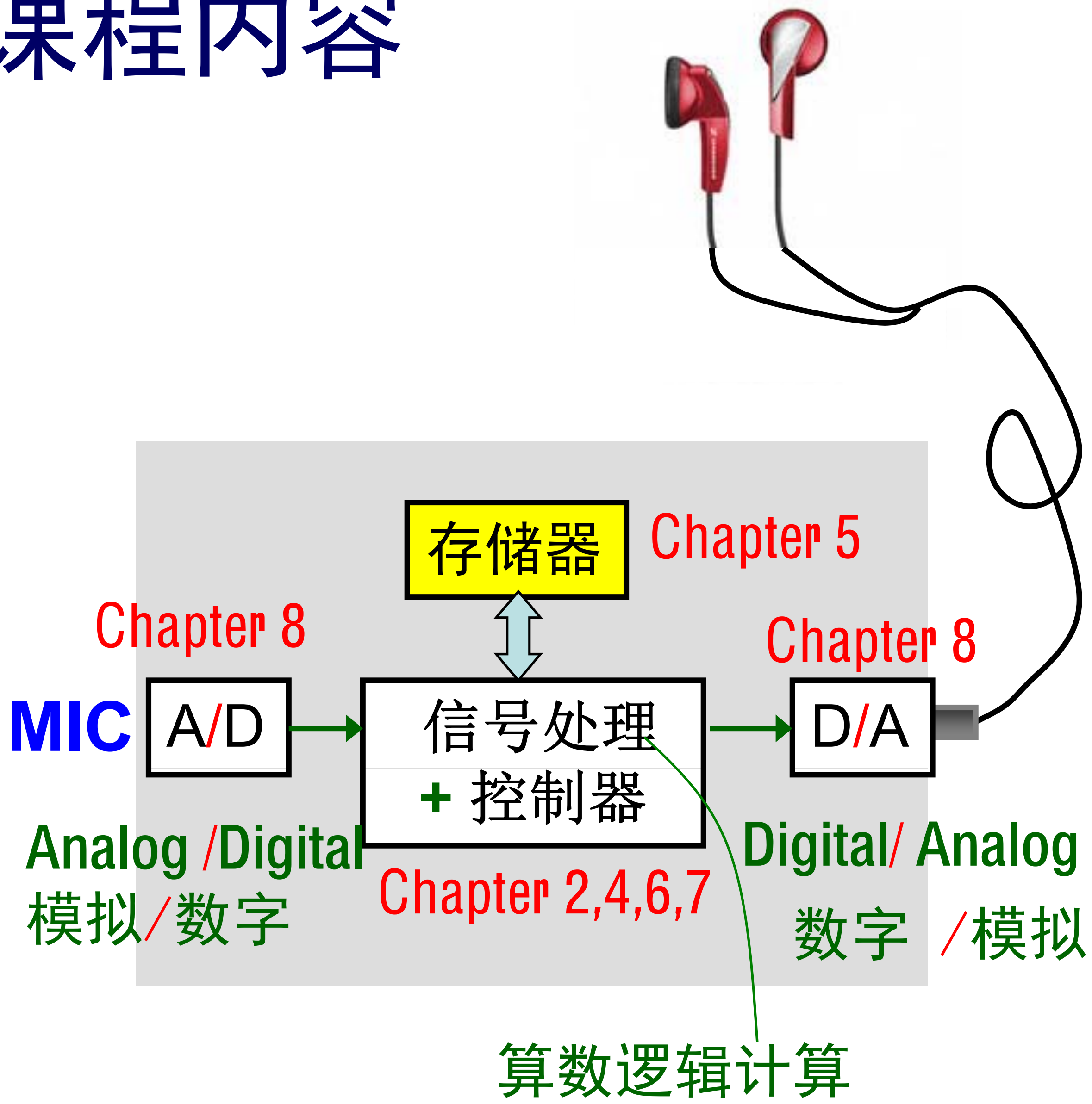
1.数制与码制
2.逻辑代数基础
4.组合逻辑电路
5.半导体存储电路
6.时序逻辑电路
3.集成门电路
7.脉冲波形的产生和整形电路
8.A/D, D/A转换

MIC

Mp3 player

课程内容

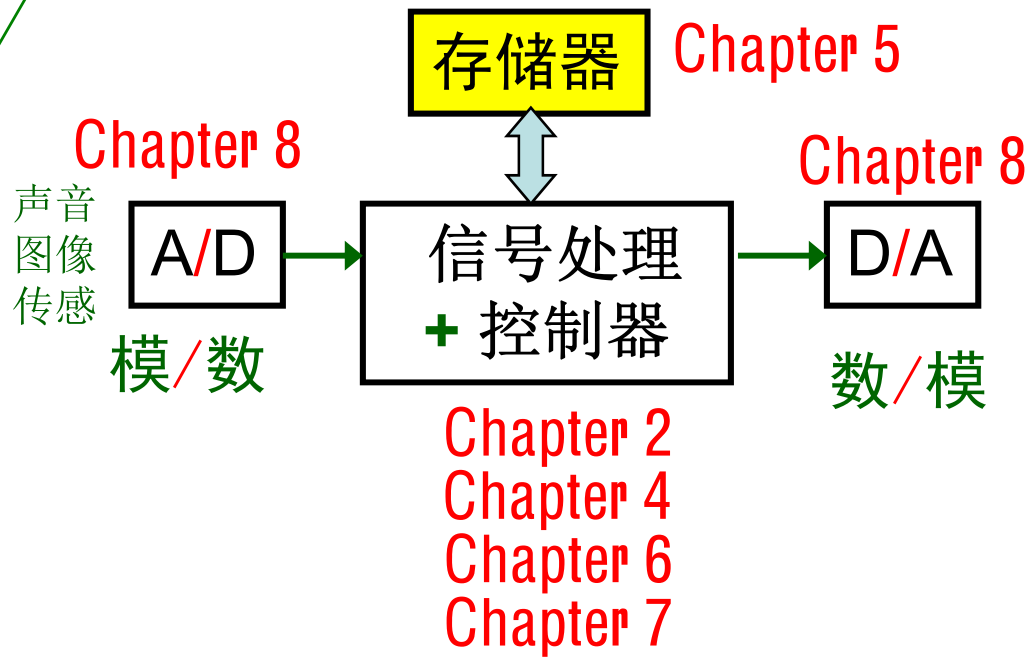
1.数制与码制
2.逻辑代数基础
4.组合逻辑电路
5.半导体存储电路
3. 集成门电路
6.时序逻辑电路
7.脉冲波形的产生和
整形电路
8.A/D, D/A转换



课程内容

1.数制与码制
2.逻辑代数基础
4.组合逻辑电路
5.半导体存储电路
3.集成门电路
6.时序逻辑电路
7.脉冲波形的产生和
整形电路
8.A/D, D/A转换

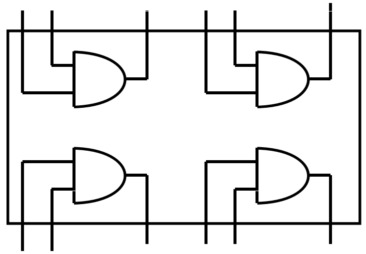
ROM, PROM,EPROM,EEPROM
RAM,SRAM,DRAM



课程内容

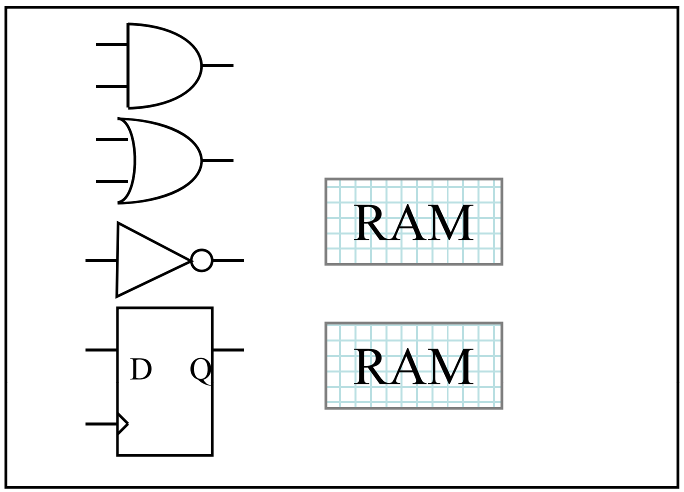
1.数制与码制
2.逻辑代数基础
4.组合逻辑电路
5.半导体存储电路
3.集成门电路
6.时序逻辑电路
7.脉冲波形的产生和整形电路
8.A/D, D/A转换

解决方法1：用多个门电路组合而成



7400：AND2

解决方法2：用PLD



PLD

成绩计算

总成绩 ＝

平时成绩 (30%) + 期末成绩 (70%)

- 考勤 (0.5 X 24 = 12)
- 作业(0.5 X 16 = 8)
- 期中考试 (10)

交作业

周次	周 二	周四
1	2学时	2 学时
2	2学时	2学时
3	2学时	2学时
4	2学时	2学时
5	2学时	2学时
6	2学时	2学时
7	2学时	2学时
8	2学时	2学时
9	2学时	
10	2学时	
11	2学时	
12	2学时	
13	2学时	
14	2学时	
15	2学时	
16	2学时	

第一章 数制与码制

- 1. 几种常用的数制及转换
- 2. 二进制算数运算
- 3. 几种二进制编码

第一章 数制与码制

1. 数制及转换

10进制：0，1，2，3，4，5，6，7，8， 9，10,…

7 进制：0，1，2，3，4，5，6, 10, 11，12，13…

2 进制：0，1，10，11，100, 101, 110, 111, 1000, 1001, 1010…

16进制：

0，1，2，3，4，5，6，7，8，9，A，B，C，D，,E，F

2 进制:B（Binary）

10进制：D（Decimal）

8进制：O（Octal）

16进制：H（Hexadecimal）

第一章 数制与码制

- 1. 数制及转换

二进制	十进制
0	0
01	1
10	2
11	3
100	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13
	14
	15

第一章 数制与码制

- 1. 数制及转换

$$(\textbf{Number})_r = (\ ? \ )_{10}$$

$$(110110)_2 = (\ ? \ )_{10}$$

$$(236)_7 = (\ ? \ )_{10}$$

二进制	十进制
0	0
01	1
10	2
11	3
100	4
101	5
110	6
111	7
1000	8
1001	9
1010	10
1011	11
1100	12
1101	13
1110	14
1111	15

1.数制及转换

十进制 (Decimal)

$$(123.456)_{10}$$

$$\left(1\times10^2+2\times10^1+3\times10^0+\frac{4}{10^1}+\frac{5}{10^2}+\frac{6}{10^3}\right)_{10}$$

基数　位置

系数

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

权　权　权　权　权　权

$$(D)_{10}=(k_{n-1}\ldots k_1 k_0 . k_{-1}\ldots k_{-m})_{10}$$

$$=(k_{n-1}10^{n-1}+\ldots+k_1 10^1+k_0 10^0+k_{-1}10^{-1}+\ldots+k_{-m}10^{-m})_{10}$$

$$=(\sum k_i\times10^i)_{10}$$

1.数制及转换

$$(123.456)_{10}=(1\times10^2+2\times10^1+3\times10^0+\frac{4}{10^1}+\frac{5}{10^2}+\frac{6}{10^3})_{10}=(123.456)_{10}$$

$$(123.456)_7=(1\times7^2+2\times7^1+3\times7^0+\frac{4}{7^1}+\frac{5}{7^2}+\frac{6}{7^3})_{10}=(66.691)_{10}$$

$$(111.111)_2=(1\times2^2+1\times2^1+1\times2^0+\frac{1}{2^1}+\frac{1}{2^2}+\frac{1}{2^3})_{10}=(7.875)_{10}$$

$$(\text{ Number })_r \Rightarrow (\quad ? \quad)_{10}$$

1. 数制及转换

$$(123.456)_{10}=(1\times10^2+2\times10^1+3\times10^0+\frac{4}{10^1}+\frac{5}{10^2}+\frac{6}{10^3})_{10}=(123.456)_{10}$$

$$(123.456)_7=(1\times7^2+2\times7^1+3\times7^0+\frac{4}{7^1}+\frac{5}{7^2}+\frac{6}{7^3})_{10}=(66.691)_{10}$$

$$(111.111)_2=(1\times2^2+1\times2^1+1\times2^0+\frac{1}{2^1}+\frac{1}{2^2}+\frac{1}{2^3})_{10}=(7.875)_{10}$$

$(11010.011)_2 = (\quad ? \quad)_{10}$

$(437.25)_8 = (\quad ? \quad)_{10}$

$(3BE.C)_{16} = (\quad ? \quad)_{10}$

1. 数制及转换

$$(123.456)_{10} = (1\times10^2 + 2\times10^1 + 3\times10^0 + \frac{4}{10^1} + \frac{5}{10^2} + \frac{6}{10^3})_{10} = (123.456)_{10}$$

$$(123.456)_7 = (1\times7^2 + 2\times7^1 + 3\times7^0 + \frac{4}{7^1} + \frac{5}{7^2} + \frac{6}{7^3})_{10} = (66.691)_{10}$$

$$(111.111)_2 = (1\times2^2 + 1\times2^1 + 1\times2^0 + \frac{1}{2^1} + \frac{1}{2^2} + \frac{1}{2^3})_{10} = (7.875)_{10}$$

$$(11010.011)_2 = (1x2^4 + 1x2^3 + 0x2^2 + 1x2^1 + 0x2^0 + 0x2^{-1} + 1x2^{-2} + 1x2^{-3})_{10}$$
$$= (16 + 8 + 0 + 2 + 0 + 0 + 0.25 + 0.125)_{10} = (26.375)_{10}$$

$$(437.25)_8 = (4\times8^2 + 3\times8^1 + 7\times8^0 + 2\times8^{-1} + 5\times8^{-2})_{10}$$
$$= (256 + 24 + 7 + 0.25 + 0.078125)_{10} = (287.328125)_{10}$$

$$(3BE.C)_{16} = (3\times16^2 + 11\times16^1 + 14\times16^0 + 12\times16^{-1})_{10}$$
$$= (768 + 176 + 14 + 0.75)_{10} = (958.75)_{10}$$

1. 数制及转换

$$(\text{ Number })_r \Longrightarrow (\quad ?\quad)_{10}$$

$$(\quad ?\quad)_r \Longleftarrow (\text{ Number })_{10}$$

$$(\quad ?\quad)_7 = (\ 125\ )_{10}$$

1. 数制及转换

$$(\ 125\ )_{10} = (\quad ?\quad)_7$$

$$(\ 125\ )_{10} = (\ k_n \ldots k_2 k_1 k_0)_7$$

$$(\ 125\ )_{10} = (\ k_n \times 7^n + \ldots + k_2 \times 7^2 + k_1 \times 7^1 + k_0\ )_{10}$$

$$125 = k_n \times 7^n + \ldots + k_2 \times 7^2 + k_1 \times 7^1 + k_0$$

	余数	余数
7 | 125		
7 | 17	……6	k_0
7 | 2	……3	k_1
0	……2	k_2

等式两边除7
依次求出
$k_0, k_1, k_2, \ldots k_n$

$$(\ 236\ )_7 = (\ 125\ )_{10}$$

1. 数制及转换

$(0.1)_{10} = (\quad ? \quad)_7$

$(0.1)_{10} = (0.k_{-1}k_{-2}k_{-3}\ldots k_{-m})_7$

$$(0.1)_{10} = \frac{k_{-1}}{7} + \frac{k_{-2}}{7^2} + \frac{k_{-3}}{7^3} + \ldots + \frac{k_{-m}}{7^m}$$

计算	整数	整数
$0.1 \times 7 = 0.7$	……0	k_{-1}
$0.7 \times 7 = 4.9$	……4	k_{-2}
$0.9 \times 7 = 6.3$	……6	k_{-3}
$0.3 \times 7 = 2.1$	……2	k_{-4}

等式两边乘7，依次求出 $k_{-1}, k_{-2}, k_{-3}, \ldots k_{-m}$

$(0.0462)_7 = (0.1)_{10}$

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

$$(26.375)_{10} = (k_n x 2^n + \ldots + k_2 x 2^2 + k_1 x 2^1 + k_0 + \frac{k_{-1}}{2^1} + \frac{k_{-2}}{2^2} + \frac{k_{-3}}{2^3} + \ldots)_{10}$$

		余数	
2	26		
2	13	0	k_0
2	6	1	k_1
2	3	0	k_2
2	1	1	k_3
	0	1	k_4

一直除到商为 0 为止

	整数	
0.375		
×2		
0.750	0	k_{-1}
×2		
1.500	1	k_{-2}
0.500		
×2		
1.000	1	k_{-3}

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

小数点后面
保留4位
有效数字

练习：（188.475）$_{10}$ = （ ）$_2$

1. 数制及转换

$$(\quad\quad)_r \Longleftrightarrow (\quad\quad)_{10}$$

所有的转换都要以十进制为媒介吗？

$$(\quad)_4,\ (\quad)_8,\ (\quad)_{16}$$

$$(\quad)_2$$

2位二进制	四进制
00	0
01	1
10	2
11	3

3位二进制数	八进制(O)
000	0
001	1
010	2
011	3
100	4
101	5
110	6
111	7

4位二进制数	十六进制(H)
0 0 0 0	0
0 0 0 1	1
0 0 1 0	2
0 0 1 1	3
0 1 0 0	4
0 1 0 1	5
0 1 1 0	6
0 1 1 1	7
1 0 0 0	8
1 0 0 1	9
1 0 1 0	A
1 0 1 1	B
1 1 0 0	C
1 1 0 1	D
1 1 1 0	E
1 1 1 1	F

$(\quad)_4$, $(\quad)_8$, $(\quad)_{16}$

$(\quad)_2$

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，分别向左、向右 三位一组，最后不足三位的加 **0** 补足三位，按顺序写出各组对应的八进制数 。

$$(11100101.11101011)_2 = (\qquad)_8$$

0 11100101.11101011 0

3　4　5　7　2　6

补0　　补0

- 八进制→二进制

每位八进制数用三位二进制数代替

$$(745.361)_8 = (111100101.011110001)_2$$

练习： $(1001.1101)_2 = (\qquad)_8 = (\qquad)_{16}$

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，分别向左、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 。

$(100111111011.111011)_2 = (\qquad)_{16}$

0 1001 1111 1011 . 1110 11 0 0

补 0　4　F　B　E　C　补 0

- 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。

$(3BE5.97D)_{16} = (11101111100101.100101111101)_2$

练习： $(3D.BE)_{16} = (\qquad)_2$

第一章 数制与码制

- 1. 几种常用的数制及转换
- 2. 二进制算数运算
- 3. 几种二进制编码

第一章 数制与码制

- 1. 几种常用的数制及转换
- 2. 二进制算数运算
- 3. 几种二进制编码

$$\begin{array}{r} 7 \\ -\ 4 \\ \hline 3 \end{array} \quad \Longleftrightarrow \quad \begin{array}{r} 111 \\ -\ 100 \\ \hline 011 \end{array}$$

第一章 数制与码制

- 1. 几种常用的数制及转换
- 2. 二进制算数运算

位数

$M = 2^n$

```
Char  a;  //
Short  b;  //16bit
```

00
01
10
11

$n=2, M=2^2=4$

$n=3, M=2^3=8$

$n=4, M=2^4=16$

$n=8, M=2^8=256$

第一章 数制与码制

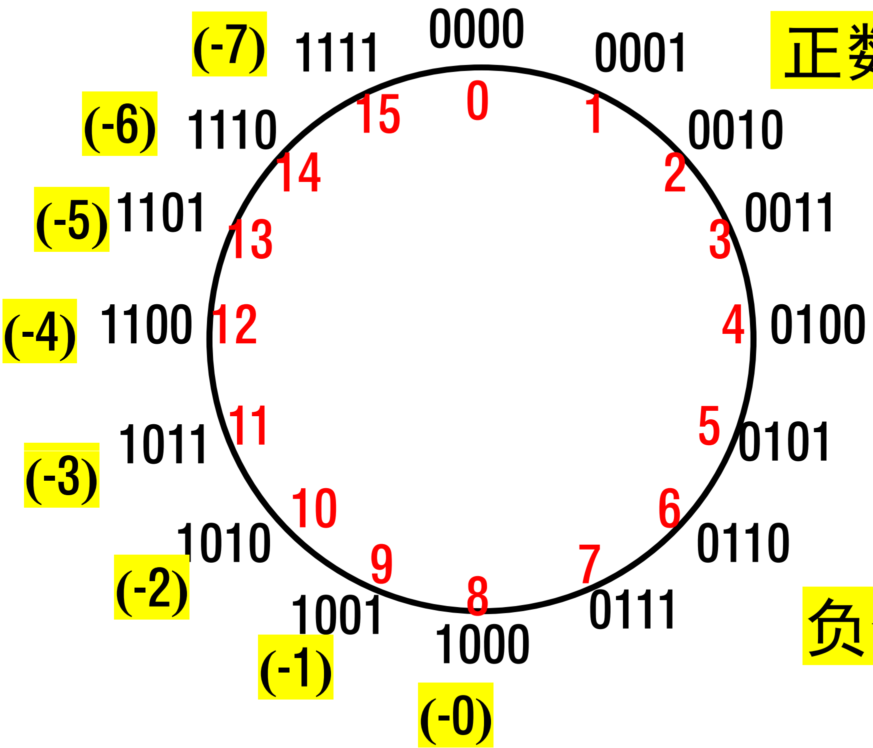
$(n)_{补} = 2^n - n$

4 bit

2. 二进制算数运算

二进制数最高位来表示正负号，用0表示正，1表示负，其余位表示数的绝对值，两部分合起来构成带符号的二进制数。

例如：模 $=2^4 = 16$



正数：$X_{原}=X_{反}=X_{补}$

负数：$X_{补}=X_{反}+1$

十进制	补码
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
-0	1000
-7	1001
-6	1010
-5	1011
-4	1100
-3	1101
-2	1110
-1	1111

2. 二进制算数运算

$X_{补} + Y_{补} = (X+Y)_{补}$

$(X_{补})_{补} = X_{原}$

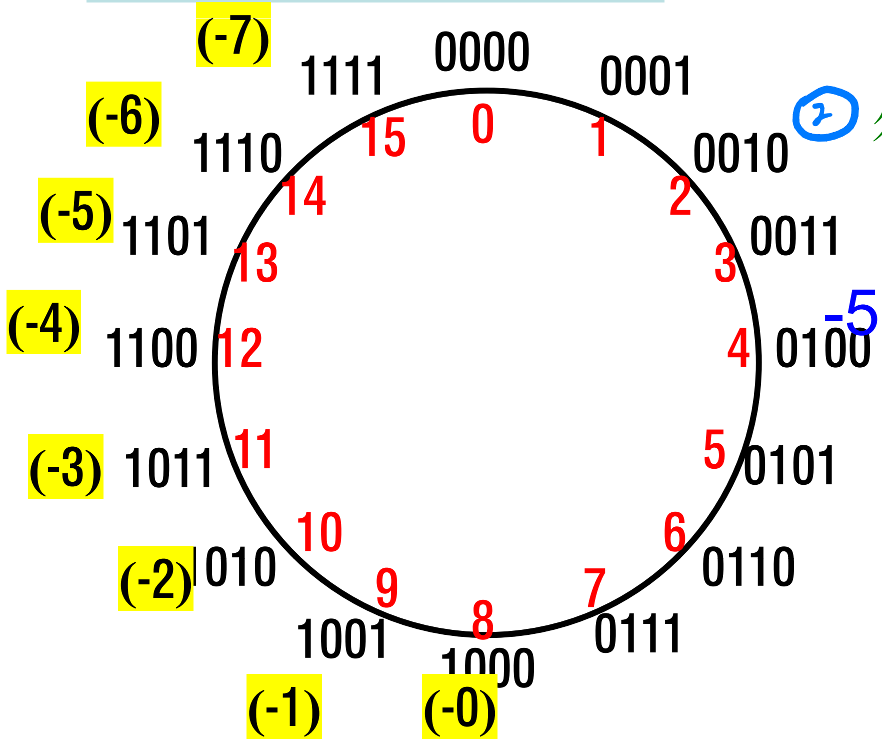
试计算:

(1)7-5=?　(2)5-7=?

(3)-5-2=?　(4)-5-7=?

(5)5+7=?

假设,每个数用4比特存储



手算

$$\begin{array}{r} 7 \\ -\ 5 \\ \hline 2 \end{array}$$

求补码 →

机器算

4 bit

$$\begin{array}{r} 0111 \\ 1011 \\ \hline 1\,0010 \end{array}$$

溢出

机器算

$$\begin{array}{r} 7 \\ +11 \\ \hline 18 \\ -16 \\ \hline 2 \end{array}$$

减掉模

② 符号位 1:负　数值

-5 原码	1101	逐位取反
反码	1010	反码+1
补码	1011	

负数：$X_{补}=X_{反}+1$

① 符号位 0:正　数值

+7 原码	0111
反码	0111
补码	0111

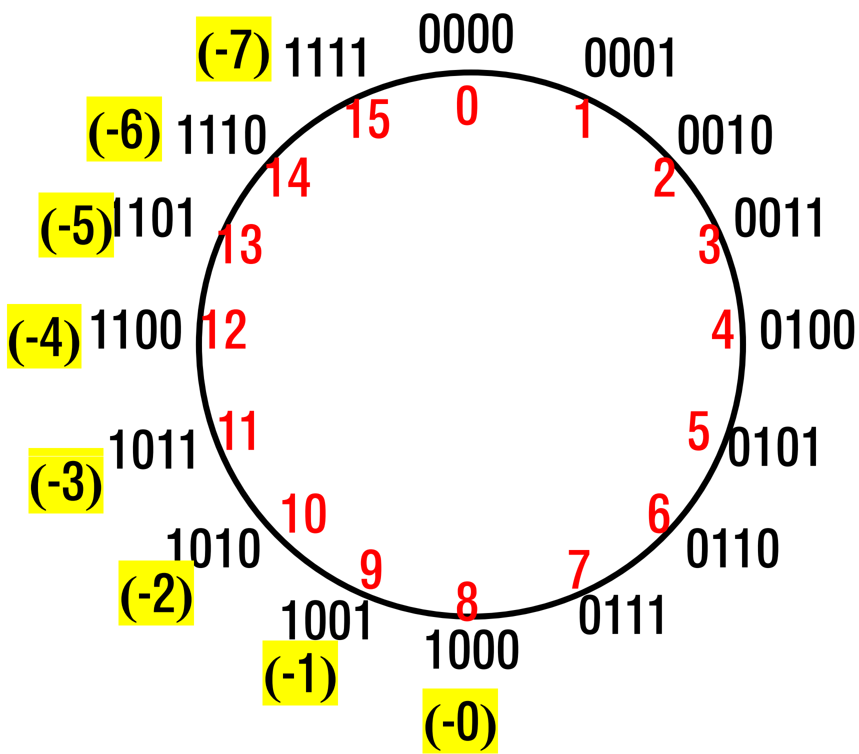
正数：$X_{原}=X_{反}=X_{补}$

第一章 数制与码制

取反时符号位不变

2. 二进制算数运算

例如： 模 $=2^4 = 16$



4 bit

5	—补码→	0101
- 7	—补码→	1001
- 2	—补码→	1110

1110 ↓ 取反

1001 加1

1010 原码

- 010

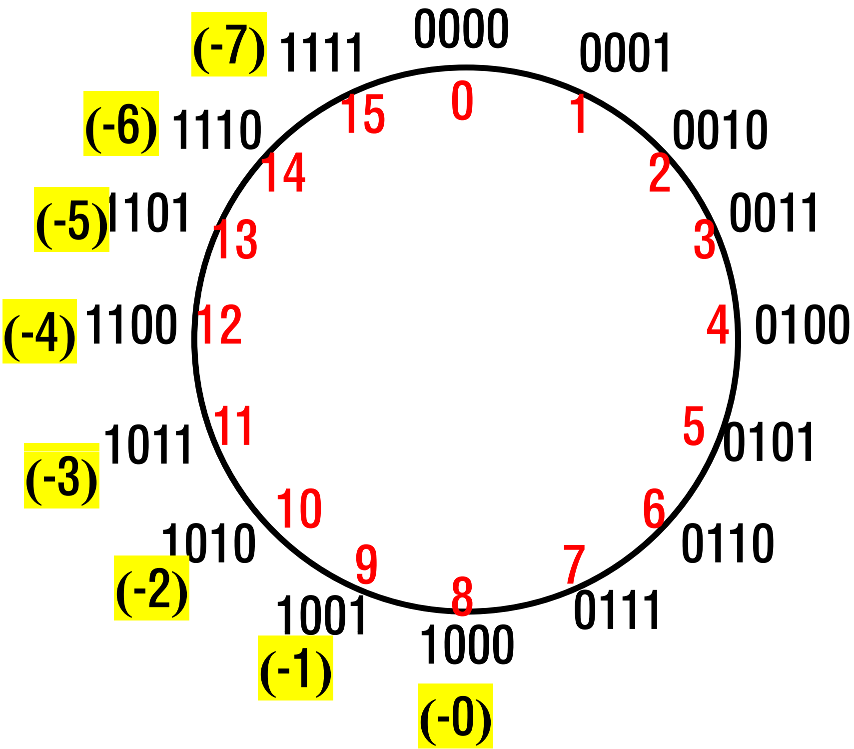
- 2

$[\,[X]_{补}]_{补} = X_{原}$

第一章 数制与码制

2. 二进制算数运算

例如： 模 $=2^4 = 16$



4 bit

- 5 —补码→ 1011

- 2 —补码→ 1110

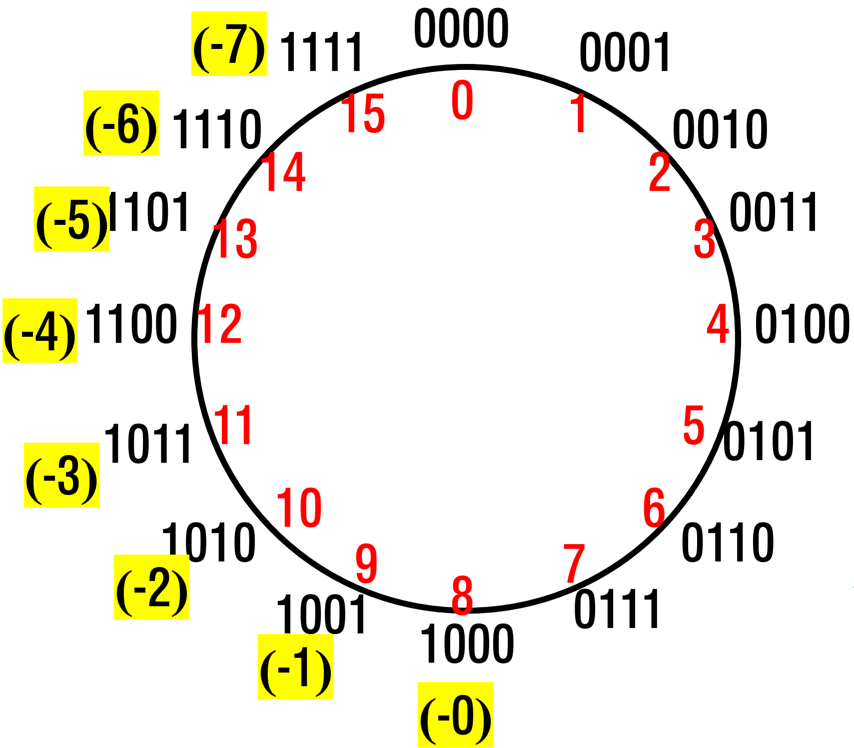
- 7 —补码→ 11001

溢出

第一章 数制与码制

2. 二进制算数运算

例如：模 $=2^4 = 16$



4 bit

- 5	—补码→	1011
- 7	—补码→	1001
-12	←~~补码~~—	10100

溢出

5	—补码→	0101
7	—补码→	0111
12	←~~补码~~—	1100

补码运算，位数究竟应该取几位？

每个二进制数及它们的绝对值之和

不可以超过有效位所能表示的最大值

防止过程中溢出

2. 二进制算数运算

例如,每个数用8比特存储

1表示负
符号位
数值

-5 原码	10000101
反码	11111010
补码	11111011

逐位取反

反码+1

负数：$X_{补}=X_{反}+1$

0表示正
符号位
数值

+7 原码	00000111
反码	00000111
补码	00000111

正数：$X_{原}=X_{反}=X_{补}$

两个补码表示的二进制数相加时的符号位

例：用二进制补码运算求出

13＋10 、13－10 、－13＋10 、－13－10

解：

+13	0	01101	+13	0	01101
+10	0	01010	−10	1	10110
+23	0	10111	+3	0	00011

−13	1	10011	−13	1	10011
+10	0	01010	−10	1	10110
−3	1	11101	−23	1	01001

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

第一章 数制与码制

二进制	十进制
000	0
001	1
010	2
011	3
100	4
101	5
110	6
111	7

8421 BCD码 0…9

- 1. 几种常用的数制及转换
- 2. 二进制算数运算
- 3. 几种二进制编码
  - 自然二进制码 可直接转换成10进制
  - 二 - 十进制码(BCD) (即 Binary Coded Decimal) 余3码
  - 格雷码
  - 奇偶检验码
  - ASCII 码(美国信息交换标准代码)

常用BCD码

位数的权值

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

比 8421BCD 码多余 3

8421BCD码：二进制表示的十进制码

Binary **C**oded **D**ecimal

自然二进制

$$(\quad 21 \quad)_{10} = (\ 10101\ )_2$$

$$(\quad 21 \quad)_{10} = (\ 0010 \quad 0001 \quad)_{8421BCD}$$

2 1

4比特

✸ **练习：用 BCD 码表示十进制数举例：**

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

$(4.79)_{10} = (0100.\ 0111\ 1001)_{8421BCD}$

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

ASCII 码 (美国信息交换标准代码)

page15

$b_7b_6b_5b_4b_3b_2b_1b_0$

0110001　　0110010　　ASCII

作业 1.4 、1.5 、1.6、1.9

1.12 (2) (4) (6)

1.15 (2) (4) (6) (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 $(10010111)_B = (\cancel{15})_D$ 7+9×16 144

$(10010111)_{8421BCD} = (97)_D$

② $(100010010011)_B = (2195)_D$

$(100010010011)_{8421BCD} = (893)_D$