数 字 电 子 技 术

任课教师：袁海英

bjut_cn@126.com
Password: beijing

1. 绪 论

1.1　数字信号与数字电路

1.2　课程内容与学习方法

1.3　数制与码制

1.1　数字信号与数字电路

一、模拟量和数字量

1. 模拟量

1. 数字量

2. 模拟信号

ADC/DAC

2. 数字信号

- 时间和幅度均连续

- 时间和幅度均不连续

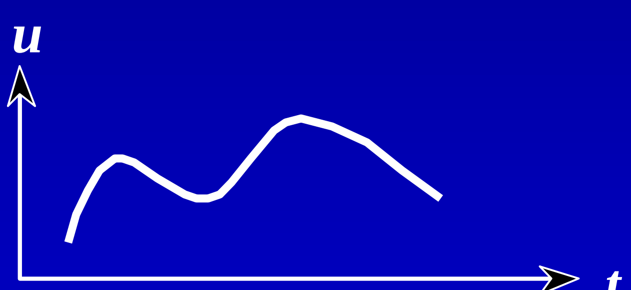


图1. 模拟信号波形

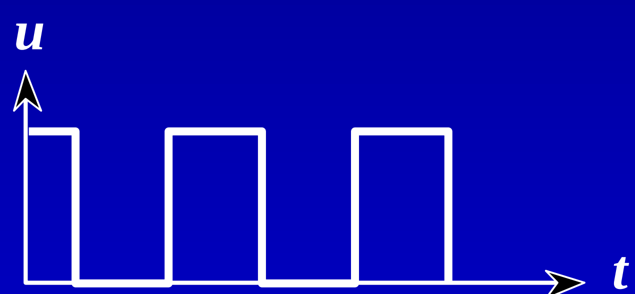


图2. 数字信号波形

3. 模拟电路

- 传输、处理模拟信号的电路

3. 数字电路

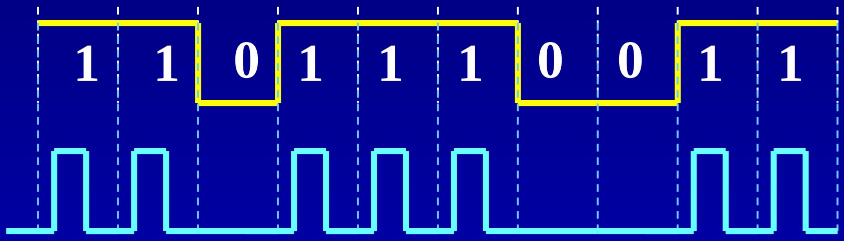
- 传输、处理数字信号的电路

1.1　数字信号与数字电路

例1、如何表示数字信号 1101110011？

A、电位型数字信号

B、脉冲型数字信号



1.1 数字信号与数字电路

二、数字电路及其特点

1、数字电路

只有0、1两种逻辑对立信号，半导体器件多工作在开关状态。

2、数字电路的特点

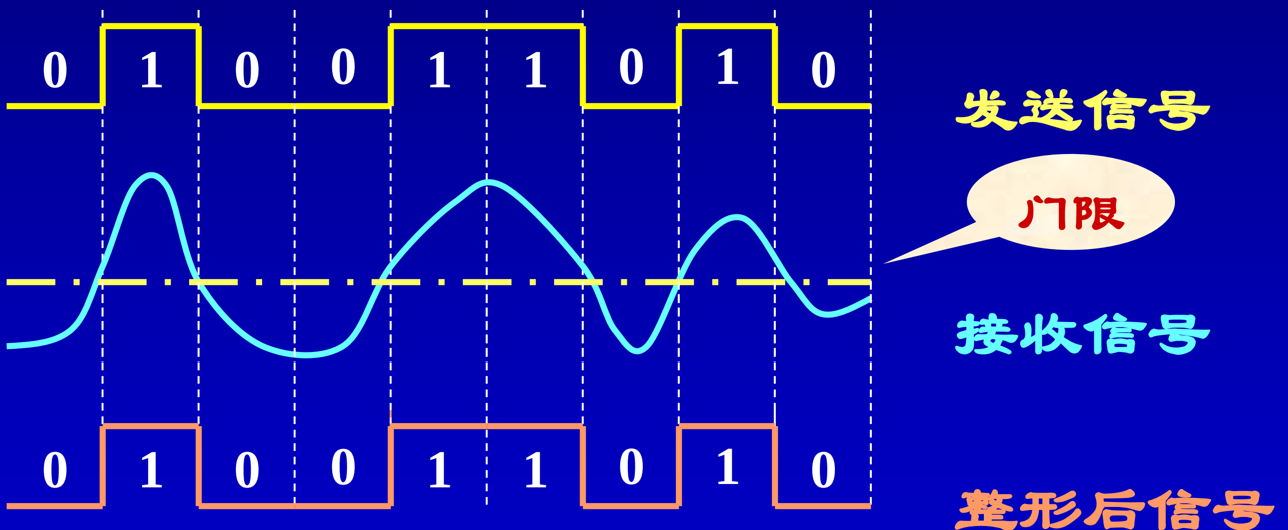
（1）结构简单，便于集成化

（2）逻辑运算功能

（3）抗干扰能力强，可靠性高

1.1　数字信号与数字电路

例、通过整形去除传输信号上的噪声干扰



1.1 数字信号与数字电路

三、数字集成电路的发展趋势

1、大规模

2、低功耗

3、高速度

IBM 1000 万亿次/秒，超级计算机

4、可编程 提高可靠性、保密性

PLD —— Programmable Logic Device

（可编程逻辑器件）

ASIC —— Application Specific Integrated Circuits

（专用集成电路）

5、多值化

四、数字电路的主要应用

数字通讯、计算机、多媒体、自控系统、数字化仪表与测试等航空航天、军事、科研、生产和生活领域。

1.2 课程内容与学习方法

第一章 绪论 ★

第二章 逻辑代数基础 ★★

第三章 逻辑门电路 ★★

第四章 组合逻辑电路的分析与设计 ★★★

第五章 触发器 ★★

第六章 时序逻辑电路的分析与设计 ★★★

第七章 脉冲电路 ★★

第八章 半导体存储器RAM ★

第九章 模/数(A/D)与数/模(D/A)转换 ★★

二、学习要求

1、基本概念、基本理论

2、基本方法、基本技能

3、联系实际

三、课程考核

期末考试：80%，平时成绩：20%

学分：3.5，学时：56

1.3 数制与码制

一、数制

1、定义：多位数码中每一位的**构成方法**以及从低位到高位的**进位规则**

2、表示方法：**按位权展开**

$$D = \sum k_i * N^i$$

式中：

D：任意进制数

k_i：第i位的系数

i：取值范围

N：计数基数

N^i：第i位的位权

1.3 数制与码制

数码：0~N；基数为N

规律：逢N进一，N＋1＝10

（1）十进制数

$$103.75 = 1*10^{2} + 0*10^{1} + 3*10^{0} + 7*10^{-1} + 5*10^{-2}$$

（2）二进制数

$$(1101.01)_{2} = 1*2^{3} + 1*2^{2} + 0*2^{1} + 1*2^{0} + 0*2^{-1} + 1*2^{-2}$$

（3）八进制数

$$(273.5)_{8} = 2*8^{2} + 7*8^{1} + 3*8^{0} + 5*8^{-1}$$

（3）十六进制数

$$(3E8.A)_{16} = 3*16^{2} + E*16^{1} + 8*16^{0} + A*16^{-1}$$

几种进制数之间的对应关系

十进制数	二进制数	八进制数	十六进制数
0	00000	0	0
1	00001	1	1
2	00010	2	2
3	00011	3	3
4	00100	4	4
5	00101	5	5
6	00110	6	6
7	00111	7	7
8	01000	10	8
9	01001	11	9
10	01010	12	A
11	01011	13	B
12	01100	14	C
13	01101	15	D
14	01110	16	E
15	01111	17	F

3、数制转换

1. 二进制数与八进制数的相互转换

① 二进制数转换为八进制数：

将二进制数由小数点为界，整数部分向左，小数部分向右，每3位分成一组，不够3位补零，则每组二进制数便是一位八进制数。(三位聚一位)

$$0\ 0\ 1\ |\ 1\ 0\ 1\ |\ 0\ 1\ 0\ |.\ 0\ 1\ 0 = (152.2)_8$$

② 八进制数转换为二进制数：

将每位八进制数用3位二进制数表示。(一位变三位)

$$(374.26)_8 = 011\ \ 111\ \ 100\ .\ 010\ \ 110$$

2. 二进制数与十六进制数的相互转换

① 二进制数转换为十六进制数：按照每4位二进制数对应于一位十六进制数进行转换。(四位聚一位)

$$0\ 0\ 0\ 1 \mid 1\ 1\ 0\ 1 \mid 0\ 1\ 0\ 0 \mid .\ 0\ 1\ 1\ 0 = (1D4.6)_{16}$$

② 十六进制数转换为二进制数：按照每一位十六进制数对应于4位二进制数进行转换。(一位变四位)

$$(AF4.76)_{16} = 1010\ \ 1111\ \ 0100\ .\ 0111\ \ 0110$$

3. 十进制数转换为二进制数

- 若十进制数过大可考虑连除16后，再转换成二进制数
- 基数连除、连乘转换方法，可将十进制数转换为任意N进制数。

整数部分采用基数连除法：先得到的余数为低位，后得到的余数为高位。

2	44		余数	低位
2	22	………	$0=K_0$	
2	11	………	$0=K_1$	
2	5	………	$1=K_2$	
2	2	………	$1=K_3$	
2	1	………	$0=K_4$	
	0	………	$1=K_5$	高位

小数部分采用基数连乘法：先得到的整数为高位，后得到的整数为低位。

0.375			
× 2		整数	高位
0.750	………	$0=K_{-1}$	
0.750			
× 2			
1.500	………	$1=K_{-2}$	
0.500			
× 2			
1.000	………	$1=K_{-3}$	低位

所以：$(44.375)_{10}=(101100.011)_2$

1.3 数制与码制

二、码制

1、什么叫码？

表示不同事物的代号，没有数量大小的含义。

如学号、门牌号、ASCII码等

2、BCD 码（Binary Coded Decimal）

是二－十进制码的简称，是用二进制代码表示十进制的10 个数。

1.3 数制与码制

常用的BCD代码

	8421码	余3码	2421码	5421码	格雷码
0	0 0 0 0	0 0 1 1	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0
1	0 0 0 1	0 1 0 0	0 0 0 1	0 0 0 1	0 0 0 1
2	0 0 1 0	0 1 0 1	0 0 1 0	0 0 1 0	0 0 1 1
3	0 0 1 1	0 1 1 0	0 0 1 1	0 0 1 1	0 0 1 0
4	0 1 0 0	0 1 1 1	0 1 0 0	0 1 0 0	0 1 1 0
5	0 1 0 1	1 0 0 0	1 0 1 1	1 0 0 0	0 1 1 1
6	0 1 1 0	1 0 0 1	1 1 0 0	1 0 0 1	0 1 0 1
7	0 1 1 1	1 0 1 0	1 1 0 1	1 0 1 0	0 1 0 0
8	1 0 0 0	1 0 1 1	1 1 1 0	1 0 1 1	1 1 0 0
9	1 0 0 1	1 1 0 0	1 1 1 1	1 1 0 0	1 0 0 0
权	8421 ⇦	无权码 ⇦	2421 ⇦	5421 ⇦	无权码 ⇦

1.3.3 带符号数的代码表示

一、符号数

1. 真值：在数值前加＋、－符号表示正、负数。
2. 机器数：把符号数值化的表示方法。0 正 1负。

例：	真值		机器数
	＋9	＋1001	01001
	－9	－1001	11001

常用的机器数：原码、反码、补码

其符号位规则相同，数值部分的表示形式有差异。

原码、反码、补码

以带符号位的3位二进制数为例（参见P11）

十进制数	二进制数		
	原码	反码	补码
＋6	0110	0110	0110
－6	1110	1001	1010

二、原码

1. 组成： 符号位＋数值位

正→0　　不变

负→1　　不变

2. 特点：

- 直观；
- 0有两种表示形式；
- 符号不参与运算；

$$[\pm 0]_{原}=\begin{cases}00000\\10000\end{cases}$$

X1＝＋1101　$[X1]_{原}$=01101

X2＝－1101　$[X2]_{原}$=11101

$$[\pm 0]_{反} = \begin{cases} 00000 \\ 11111 \end{cases}$$

三、反码

1. 组成：符号位＋数值位

正→**0**　　不变

负→**1**　　取反

2. 特点

➢正数的反码同原码，
　负数的反码数值按位取反；
➢反码的反码为原码；

X1＝＋1101　$[X1]_{反}$=01101

X2＝－1101　$[X2]_{反}$=10010

X1＝－1101　$[X1]_{反}$=10010

$[[X1]_{反}]_{反}$= 11101= $[X1]_{原}$

- 两数和的反码等于两数反码之和，
- 符号位参与运算，有进位时循环相加。

循环相加

```
  0 1 1 0 0
+ 1 0 1 0 1
-----------
1 0 0 0 0 1
+         1
-----------
  0 0 0 1 0
```

例：已知 X1＝1100，X2＝1010

求 Y1＝ X1－ X2 ；Y2＝ X2－ X1

```
  0 1 0 1 0
+ 1 0 0 1 1
-----------
  1 1 1 0 1
```

解：$[X1]_{反}=01100$， $[-X1]_{反}=10011$；

$[X2]_{反}=01010$， $[-X2]_{反}=10101$；

$[Y1]_{反}= [X1]_{反}+ [-X2]_{反}= 00010$ → Y1＝＋0010

$[Y2]_{反}= [X2]_{反}+ [-X1]_{反}= 11101$ → **Y2＝－0010**

四、补码

$$[\pm 0]_{补} = \begin{cases} 00000 \\ 11111+1=00000 \end{cases}$$

1. 组成：符号位＋数值位

正→0　　不变

负→1　　取反＋1

X1＝＋1101　[X1]$_{补}$=01101

X2＝－1101　[X2]$_{补}$=10011

2. 特点

- 正数的补码同原码，
  负数的补码数值按位取反加1；
- 补码的补码为原码；

X1＝－1101　[X1]$_{补}$=10011

[[X1]$_{补}$]$_{补}$= 11101= [X1]$_{原}$

- 两数和的补码等于两数补码之和；
- 符号位参与运算，有进位时丢弃。

例：已知 X1＝1100，X2＝1010

求 Y1＝ X1－ X2 ；Y2＝ X2－ X1

解：$[X1]_{补}$=01100， $[－X1]_{补}$=10100；

$[X2]_{补}$=01010， $[－X2]_{补}$=10110；

$[Y1]_{补}$＝ $[X1]_{补}$＋ $[－X2]_{补}$= 00010 → Y1＝＋0010

$[Y2]_{补}$＝ $[X2]_{补}$＋ $[－X1]_{补}$= 11110 → Y2＝－0010

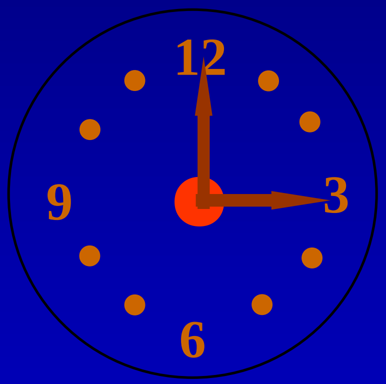
丢弃！

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

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

模N系统中，若a、b的余数相同，则a、b模N同余， a、b互补

补码的应用：减法变加法



例：钟表为模12的系统。

由12点拨到3点：顺时针：+；逆时针：—

$[12-9]_{(mod12)}=[12+3]_{(mod12)}=3$

结 论：

- **在模N的系统中，数L与N - L是一对互补的数。**
- **加减运算中，补码易，反码次之，原码难**

本 节 小 结

1、各进位计数制之间的相互转换；
2、原码、反码、补码的相关概念；
3、8421BCD码、2421BCD码、余3码和格雷码。

课 后 作 业

P14

1.3；1.7； 1.10

1.12（奇数题号）； 1.14（偶数题号）