

§ 1.1 数字电路的基础知识

模拟量

时间上、数量变化上都是连续的物理量；
表示模拟量的信号叫做**模拟信号**；
工作在模拟信号下的电子电路称为**模拟电路**。

数字量

时间上、数量变化上都是离散的物理量；
表示数字量的信号叫做**数字信号**；
工作在数字信号下的电子电路称为**数字电路**。

模拟电路与数字电路的区别

模拟电路研究的是输出与输入信号之间的大小、相位、失真等方面的关系；数字电路主要研究的是输出与输入间的**逻辑关系**。

模拟电路中的三极管工作在线性放大区,是一个放大元件；数字电路中的三极管工作在**饱和或截止状态**,起开关作用。

数字电路的特点：

1. 工作信号——不连续变化的**离散**（数字）信号
2. 主要研究对象——**电路输入/输出**之间的逻辑关系
3. 主要分析工具——逻辑代数
4. 主要描述工具——逻辑表达式、真值表、卡诺图、逻辑图、时序波形图、状态转换图等。

1.2 常用数制

对于一个 n 位整数， m 位小数的任意进制数 $(N)_R$ 可以表示为

$$(N)_R = c_{n-1}c_{n-2} \cdots c_0.c_{-1} \cdots c_{-m}$$

整数部分

	余数	
2 26	0	最低位
2 13	1	
2 6	0	
2 3	1	
2 1	1	最高位
0		

小数部分

0.45	
$\times 2$	0
0.90	$b_{-1}=0$ 最高位
$\times 2$	1
1.80	$b_{-2}=1$
$\times 2$	1
1.60	$b_{-3}=1$
$\times 2$	1
1.20	$b_{-4}=1$
$\times 2$	0
0.40	$b_{-5}=0$ 最低位

则： $(26.45)_{10} = (11010.01110)_2$

• 例1.4 求10010001与1011之商。

解：

$$\begin{array}{r} 1101 \dots \text{商} \\ 1011 \overline{) 10010001} \\ \underline{1011} \\ 1110 \\ \underline{1011} \\ 1101 \\ \underline{1011} \\ 10 \dots \dots \dots \text{余数} \end{array}$$

二进制数的乘法和除法运算与十进制数的运算类似，只是要采用二进制数的运算规则。

原码、反码与补码

- 二进制数的最高位表示符号
 - 0 表示正数，1 表示负数
- 原码：符号位与数值位的组合
- 反码
 - 正数的反码与原码相同
 - 负数的反码：保持符号位不变，数值位求反
- 补码
 - 正数的补码与原码相同
 - 负数的补码：保持符号位不变，反码加 1

1.5 几种常见的编码

二—十进制(BCD)码

4 位二进制数来表示十进制数码 0~9 中的任意一个

格雷码

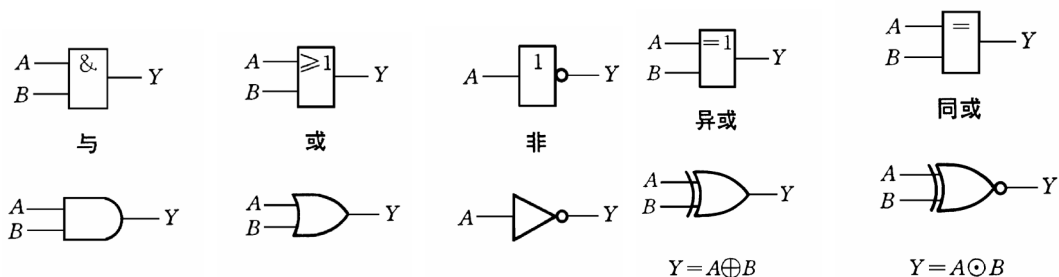
1. 每一位的状态变化都按一定的顺序循环。
2. 编码顺序依次变化，按表中顺序变化时，相邻代码只有一位改变状态。

十进制数	BCD 8421码	十进制数	2421码(A)	十进制数	2421码(B)	十进制数	5421码	十进制数	余3码	十进制数	格雷码
0	0000	0	0000	0	0000	0	0000	不出现	0000	0	0000
1	0001	1	0001	1	0001	1	0001		0001	1	0001
2	0010	2	0010	2	0010	2	0010		0010	2	0011
3	0011	3	0011	3	0011	3	0011		0011	3	0010
4	0100	4	0100	4	0100	4	0100	1	0100	4	0110
5	0101	5	0101	不出现状态	0101	不出现	0101	2	0101	5	0111
6	0110	6	0110		0110		0110	3	0110	6	0101
7	0111	7	0111		0111		0111	4	0111	7	0100
8	1000	不出现状态	1000		1000	5	1000	5	1000	8	1100
9	1001		1001		1001	6	1001	6	1001	9	1101
不出现状态	1010		1010		1010	7	1010	7	1010	10	1111
	1011		1011		1011	8	1011	8	1011	11	1110
	1100		1100		1100	9	1100	9	1100	12	1010
	1101		1101		1101	不出现	1101	不出现	1101	13	1011
	1110	8	1110	8	1110		1110		1110	14	1001
	1111	9	1111	9	1111		1111		1111	15	1000
权	8421		2421		2421		5421		无权		无权

第二章 逻辑代数基础

在数字电路中，我们要研究的是电路的输入输出之间的逻辑关系，所以数字电路又称逻辑电路，相应的研究工具是逻辑代数（布尔代数）。

在逻辑代数中，逻辑函数的变量只能取两个值（二值变量），即 0 和 1，中间值没有意义，这里的 0 和 1 只表示两个对立的逻辑状态，如电位的低高（0 表示低电位，1 表示高电位）、开关的开合等。



2.3.1 基本公式

序号	公 式	序号	公 式
		10	$1' = 0; 0' = 1$
1	$0 \cdot A = 0$	11	$1 + A = 1$
2	$1 \cdot A = A$	12	$0 + A = A$
3	$A \cdot A = A$	13	$A + A = A$
4	$A \cdot A' = 0$	14	$A + A' = 1$
5	$A \cdot B = B \cdot A$	15	$A + B = B + A$
6	$A \cdot (B \cdot C) = (A \cdot B) \cdot C$	16	$A + (B + C) = (A + B) + C$
7	$A \cdot (B + C) = A \cdot B + A \cdot C$	17	$A + B \cdot C = (A + B)(A + C)$
8	$(A \cdot B)' = A' + B'$	18	$(A + B)' = A'B'$
9	$(A')' = A$		

公式推演法

吸收规律

- 1 原变量的吸收: $A + AB = A$
- 2 反变量的吸收: $A + A'B = A + B$
- 3 混合变量的吸收: $AB + A'C + BC = AB + A'C$

反演定理

$\bullet \Rightarrow +, + \Rightarrow \bullet, 0 \Rightarrow 1, 1 \Rightarrow 0,$

原变量 \Rightarrow 反变量

反变量 \Rightarrow 原变量

eg.

$$Y = A(B + C) + CD$$

$$Y' = (A' + B'C')(C' + D')$$

$$= A'C' + B'C' + A'D' + B'C'D'$$

对偶定理

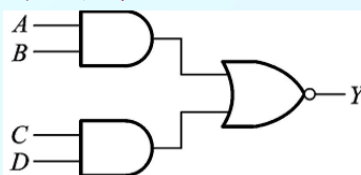
$\bullet \Rightarrow +, + \Rightarrow \bullet, 0 \Rightarrow 1, 1 \Rightarrow 0,$

真值表法

一、逻辑功能的表示方法

表示方法

逻辑电路图:



逻辑函数式(逻辑表示式,逻辑代数式)

$$Y = (AB + CD)'$$

真值表 将逻辑函数输入变量取值的不同组合与所对应的输出变量值用列表的方式一一对应列出的表格。

卡诺图

硬件描述语言: Verilog HDL

波形图...

二、各种方法间的相互转换

1. 从真值表到逻辑函数式

例: 根据一个奇偶判别函数的真值表写出其逻辑函数

A	B	C	Y
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

$$Y = A'BC + AB'C + ABC'$$

2. 从逻辑式列出真值表

例：已知逻辑函数 $Y = A + B'C + A'BC'$

解：

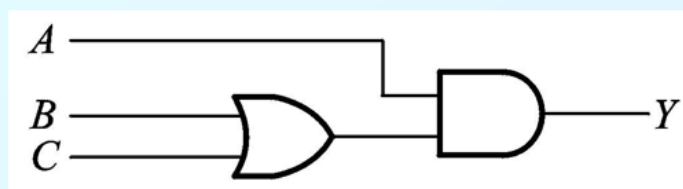
A	B	C	Y
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

3. 从逻辑式画出逻辑图：

用图形符号代替逻辑式中的逻辑运算符

例：已知逻辑函数 $Y = A \cdot (B + C)$

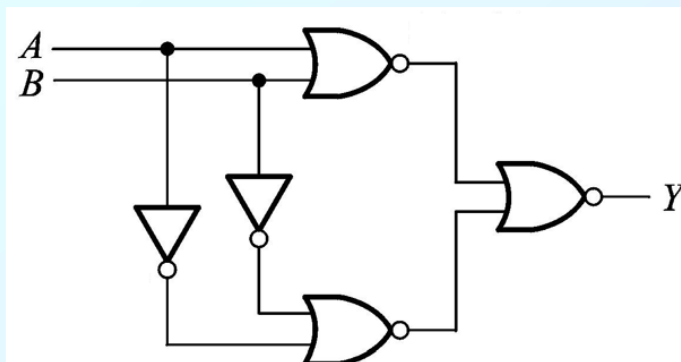
画出对应的逻辑图。



4. 从逻辑图求逻辑函数式：

从输入到输出逐级写出每个图形符号对应的逻辑函数式

例：已知函数的逻辑图如下所示，试求它的逻辑函数式。



$$\begin{aligned}\text{解： } Y &= ((A+B)' + (A'+B')')' = (A+B)(A'+B') \\ &= A'B + AB' = A \oplus B\end{aligned}$$

0

• 五种常用表达式

$Y(A, B, C) = AB + A'C$	“与—或”式	} 基
$= (A+C)(A'+B)$	“或—与”式	
$= ((AB)' \cdot (A'C)')$	“与非—与非”式	
$= ((A+C)' + (A'+B)')$	“或非—或非”式	
$= (A'C' + AB)'$	“与—或—非”式	

逻辑函数的标准形式有：最小项之和与最大项之积两种形式

最小项的性质

- 在输入变量任一取值下，有且仅有一个最小项的值为 1。
- 全体最小项之和为 1。
- 任何两个最小项之积为 0。
- 两个相邻的最小项之和可以合并，消去一对因子，只留下公共因子。

-----相邻：仅一个变量不同的最小项

最大项的性质

- 在输入变量任一取值下，有且仅有一个最大项的值为 0；
- 全体最大项之积为 0；
- 任何两个最大项之和为 1；
- 只有一个变量不同的最大项的乘积等于各相同变量之和。

逻辑函数的化简

逻辑函数的化简就是要将从实际问题中得到的复杂逻辑函数式变换成与之等效的最简单的逻辑式,使之更趋于合理.常用的方法有代数化简法和卡诺图法。

公式化简法

并项：利用 $AB + AB' = A$ 将两项并为一项，
且消去一个变量 **B**。

消项：利用 $A + AB = A$ 消去多余的项 **AB**。

消元：利用 $A + A'B = A + B$ 消去多余变量 **A'**。

配项：利用 $AB + A'C + BC = AB + A'C$ 和互补律、
重叠律先增添项，再消去多余项 **BC**。

卡诺图化简法

逻辑函数 -> 真值表 -> 卡诺图