

组合逻辑 习题课



xgsun@fudan.edu.cn

孙晓光

2022-10-30



二进制 基本题型

- ① 各数制转化成十进制数
- ② 十进制数转化成二进制数
- ③ 八进制、十六进制转化为二进制
- ④ 二进制转化为八进制、十六进制
- ⑤ 求二进制的原码、反码、补码(及其加法运算)
- ⑥ 8421码、余三码、BCD码、格雷码
- ⑦ 常用逻辑门及电器特征

组合逻辑电路 基本题型

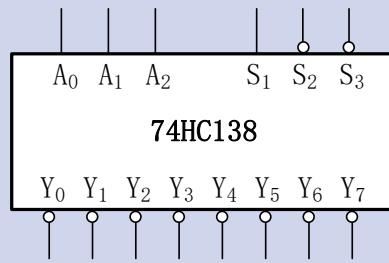
(布尔代数、真值表、逻辑图、卡诺图、波形图、HDL)

- ① 6种逻辑表示方法间的转换
- ② 标准式、最小项、最大项
- ③ 逻辑函数的公式化简
- ④ 逻辑函数的卡诺图化简
- ⑤ 具有无关项逻辑函数的化简
- ⑥ 多输出函数共享乘积项的化简
- ① **分析**组合电路的逻辑功能
- ② 用**门电路**实现(**设计**)组合逻辑电路
- ③ 用**复用器**实现(**设计**)组合逻辑电路
- ④ 用**译码器**实现(**设计**)组合逻辑电路
- ⑤ 用**加法器**实现(**设计**)组合逻辑电路

常用74系列组合逻辑电路

74HC138

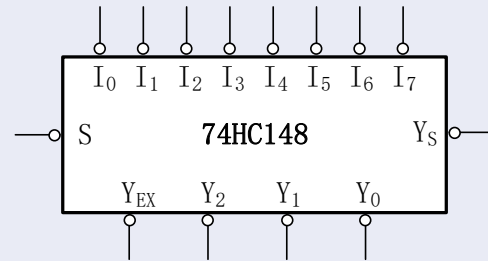
3-8译码器



- S_1 、 \bar{S}_2 、 \bar{S}_3 ：选通输入端，当 $S_1 = 1$ ， $\bar{S}_2 + \bar{S}_3 = 0$ 时，译码器正常工作。
- A_2 、 A_1 、 A_0 ：地址输入端
- $\bar{Y}_0 \sim \bar{Y}_7$ ：数据输出端

74HC148

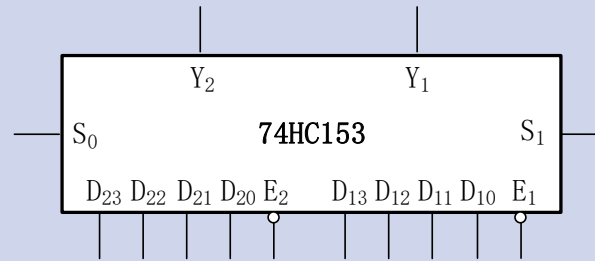
8-3编码器



- \bar{S} ：选通输入端， $\bar{S} = 0$ 时编码器正常工作。
- $\bar{I}_0 \sim \bar{I}_7$ ：数据输入端
- \bar{Y}_2 、 \bar{Y}_1 、 \bar{Y}_0 ：数据输出端
- 选通输出端 \bar{Y}_S 、扩展端 \bar{Y}_{EX} 用于扩展编码功能。

74HC153

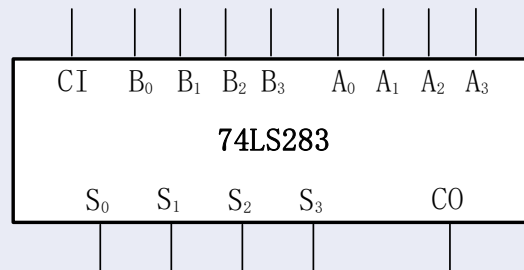
双4选1复用器



- \bar{E}_1 、 \bar{E}_2 分别为2个MUX控制端， $\bar{E} = 0$ 时MUX正常工作。
- $\bar{D}_{23} \sim \bar{D}_{20}$ 、 $\bar{D}_{13} \sim \bar{D}_{10}$ 分别为2个MUX数据输入端
- Y_1 、 Y_2 为相应的数据输出端
- S_0 、 S_1 为2个MUX地址码输入公共端。

74LS238

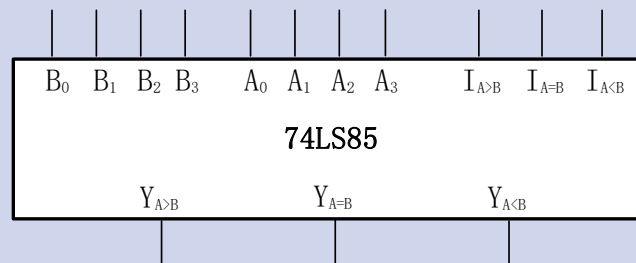
4位加法器



- $A_3 \sim A_0$ 、 $B_3 \sim B_0$ ：2个4位二进制数据输入端
- $S_3 \sim S_0$ ：两数之和输出端
- CI ：进位输入端
- CO ：进位输出端

74LS85

4位数值比较器



- $A_3 \sim A_0$ 、 $B_3 \sim B_0$ ：2个4位二进制数据输入端
- $I_{A>B}$ 、 $I_{A=B}$ 、 $I_{A<B}$ ：来自低位的比较结果
- $Y_{A>B}$ 、 $Y_{A=B}$ 、 $Y_{A<B}$ ：比较结果输出端

【1】 将下面函数化为与非-与非式，画出电路图

【解】

$$Y = (\bar{A} + B)(A + \bar{B})C + \bar{B}\bar{C}$$

$$= ABC + \bar{A}\bar{B}C + \bar{B} + \bar{C}$$

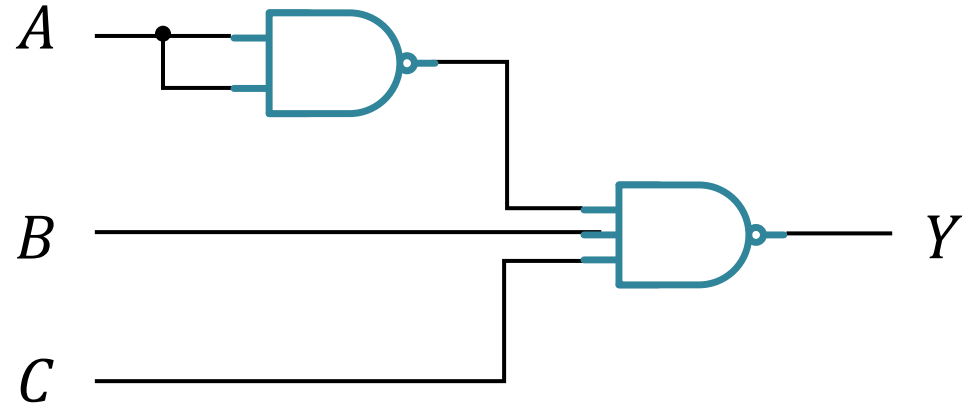
$$= ABC + \bar{B}\bar{C}$$

$$= A + \bar{B} + \bar{C}$$

$$= \overline{\overline{A + \bar{B} + \bar{C}}}$$

$$= \overline{\bar{A}BC}$$

$$= \overline{\bar{A} \cdot A \cdot B \cdot C}$$



【2】 将下面函数化为最大项之积的形式

【解】

$$Y = (A + B)(\bar{A} + \bar{B} + \bar{C})$$

$$= A\bar{A} + A\bar{B} + A\bar{C} + \bar{A}B + \bar{B}B + B\bar{C}$$

$$= A\bar{B} + A\bar{C} + \bar{A}B + B\bar{C}$$

$$= A\bar{B}(C + \bar{C}) + A(B + \bar{B})\bar{C} + \bar{A}B(C + \bar{C}) + (A + \bar{A})B\bar{C}$$

$$= A\bar{B}C + A\bar{B}\bar{C} + AB\bar{C} + A\bar{B}\bar{C} + \bar{A}BC + \bar{A}B\bar{C} + AB\bar{C} + \bar{A}B\bar{C}$$

$$= A\bar{B}C + A\bar{B}\bar{C} + AB\bar{C} + \bar{A}BC + \bar{A}B\bar{C} = \Sigma m(2, 3, 4, 5, 6)$$

$$= \Pi M(0, 1, 7) = (A + B + C)(A + B + \bar{C})(\bar{A} + \bar{B} + \bar{C})$$

$$M_i = \overline{m_i}$$

【3】 一个电路有三个输入端A, B, C, 当其中两个输入端为高电平时, 输出端X为高电平, 写出逻辑表达式.

【解】

先列出真值表, 然后写出X的逻辑表达式

A	B	C	X
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

$$X = \overline{A}BC + A\overline{B}C + AB\overline{C}$$

【4】 用代数法简化下列逻辑函数

【解】

$$\begin{aligned}\textcircled{1} \quad F &= A + ABC + \overline{A}\overline{B}\overline{C} + CB + \overline{C}\overline{B} \\ &= (A + ABC + \overline{A}\overline{B}\overline{C}) + CB + \overline{C}\overline{B} = A + CB + \overline{C}\overline{B} = A + \overline{B \oplus C}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\textcircled{2} \quad F &= \overline{A}\overline{B}CD + AB\overline{C}\overline{D} + \overline{A}\overline{B} + \overline{A}\overline{D} + \overline{A}\overline{B}\overline{C} \\ &= (\overline{A}\overline{B}CD + \overline{A}\overline{B} + \overline{A}\overline{B}\overline{C}) + (AB\overline{C}\overline{D} + \overline{A}\overline{D}) = \overline{A}\overline{B} + \overline{A}\overline{D}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\textcircled{3} \quad F &= ABC\overline{D} + ABD + BC\overline{D} + ABCD + \overline{B}\overline{C} \\ &= ABC + ABD + BC\overline{D} + \overline{B}\overline{C} = ABC + ABD + \overline{B}\overline{D} + \overline{B}\overline{C} \\ &= B(AC + AD + \overline{D} + \overline{C}) = B(A + \overline{C} + A + \overline{D}) = AB + \overline{B}\overline{C} + \overline{B}\overline{D}\end{aligned}$$

【5】用卡诺图化简

【解】

$$\textcircled{1} F = AC + \overline{A}BC + \overline{B}C + ABC\overline{C}$$

		BC			
		00	01	11	10
A	0	1	0	0	1
	1	1	0	0	1

$$F = \overline{C}$$

$$\textcircled{2} F = \overline{A}\overline{B}CD + A\overline{B}\overline{C}\overline{D} + \overline{A}\overline{B} + \overline{A}\overline{D} + \overline{A}\overline{B}C$$

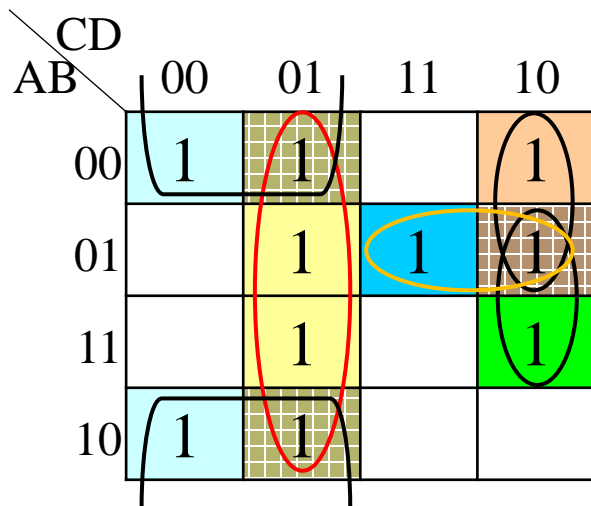
CD					
AB \		00	01	11	10
00					
01					
11	1				1
10	1	1	1	1	1

$$F = \overline{A}\overline{B} + \overline{A}\overline{D}$$

【5】用卡诺图化简

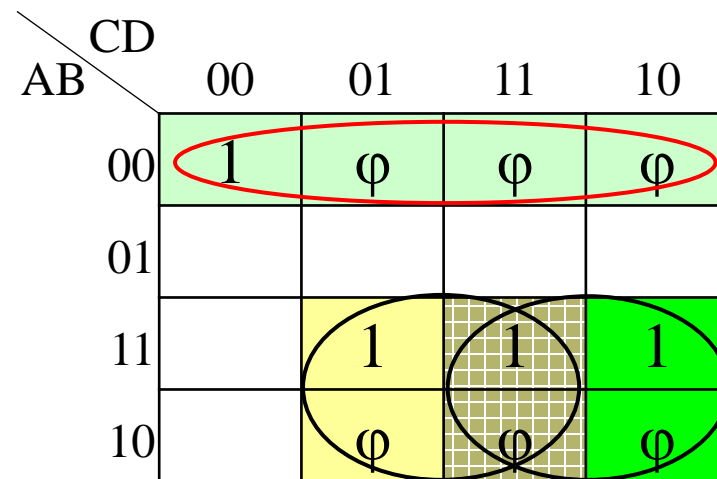
【解】

③ $F(A,B,C,D) = \sum m(0,1,2,5,6,7,8,9,13,14)$



$$F = \overline{B}\overline{C} + \overline{C}D + \overline{A}BC + \overline{A}C\overline{D} + BC\overline{D}$$

④ $F(A,B,C,D) = \sum m(0, 13, 14, 15) + \sum d(1,2,3,9,10,11)$



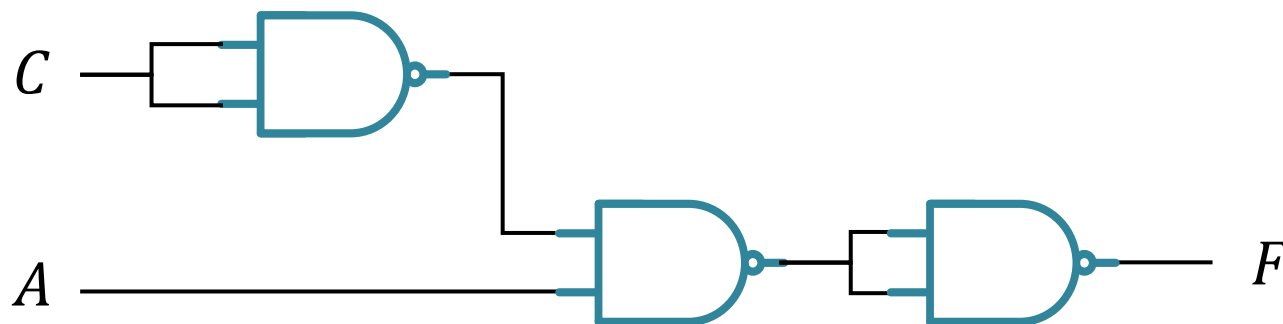
$$F = \overline{A}\overline{B} + AD + AC$$

【6】利用与非门实现函数，并画出逻辑图

【解】

$$F = ABC\bar{C} + A\bar{B}\bar{C}$$

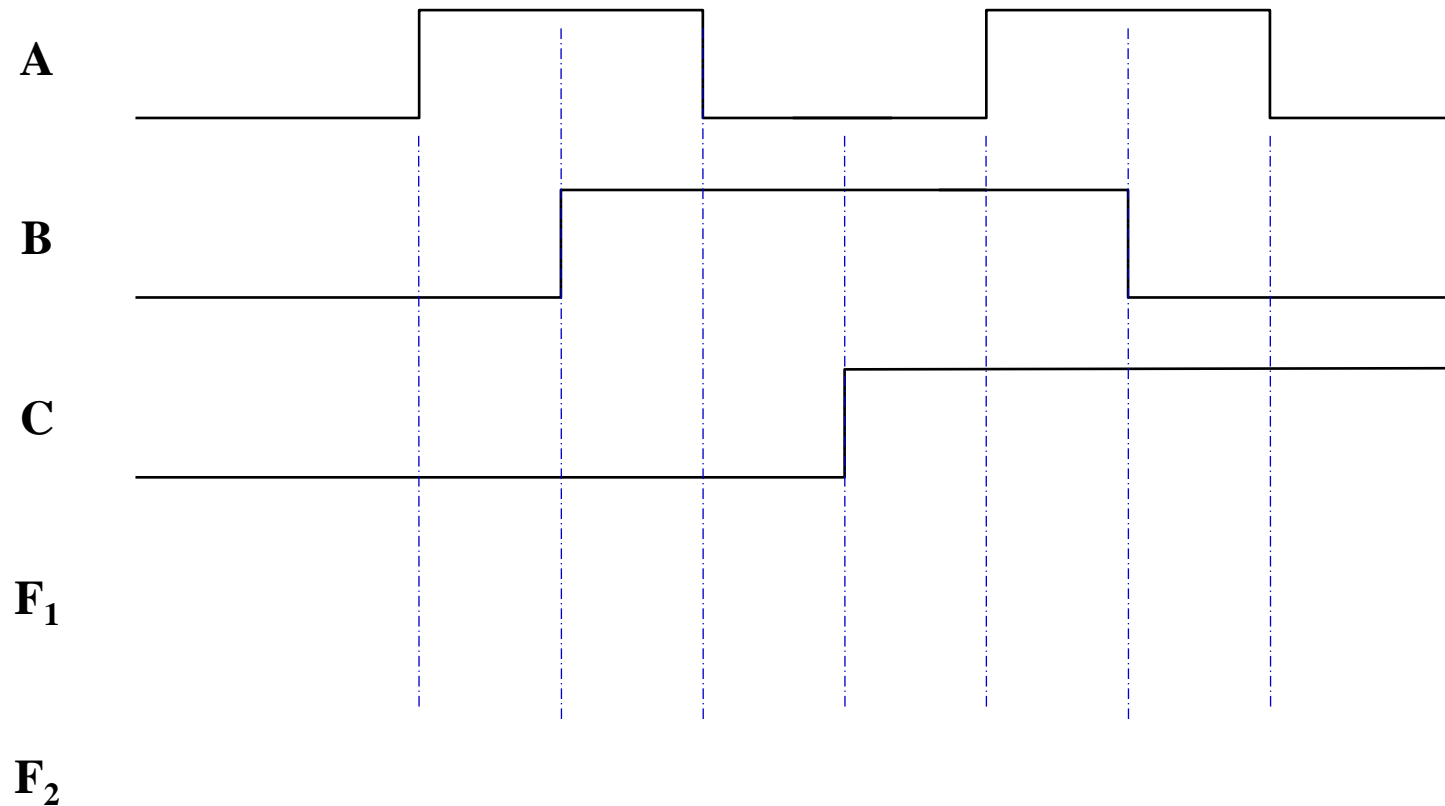
$$= A\bar{C}(B + \bar{B}) = A\bar{C} = \overline{\overline{A\bar{C}}} = \overline{\overline{A} \cdot \overline{\bar{C}} \cdot \overline{\bar{C}}} = \overline{\overline{A} \cdot \overline{C} \cdot \overline{C}}$$



【7】 画出 F_1 和 F_2 的波形图

$$F_1 = \overline{\overline{AB} + \overline{A\overline{B}}} = \overline{A \oplus B}$$

$$F_2 = F_1 \oplus C$$

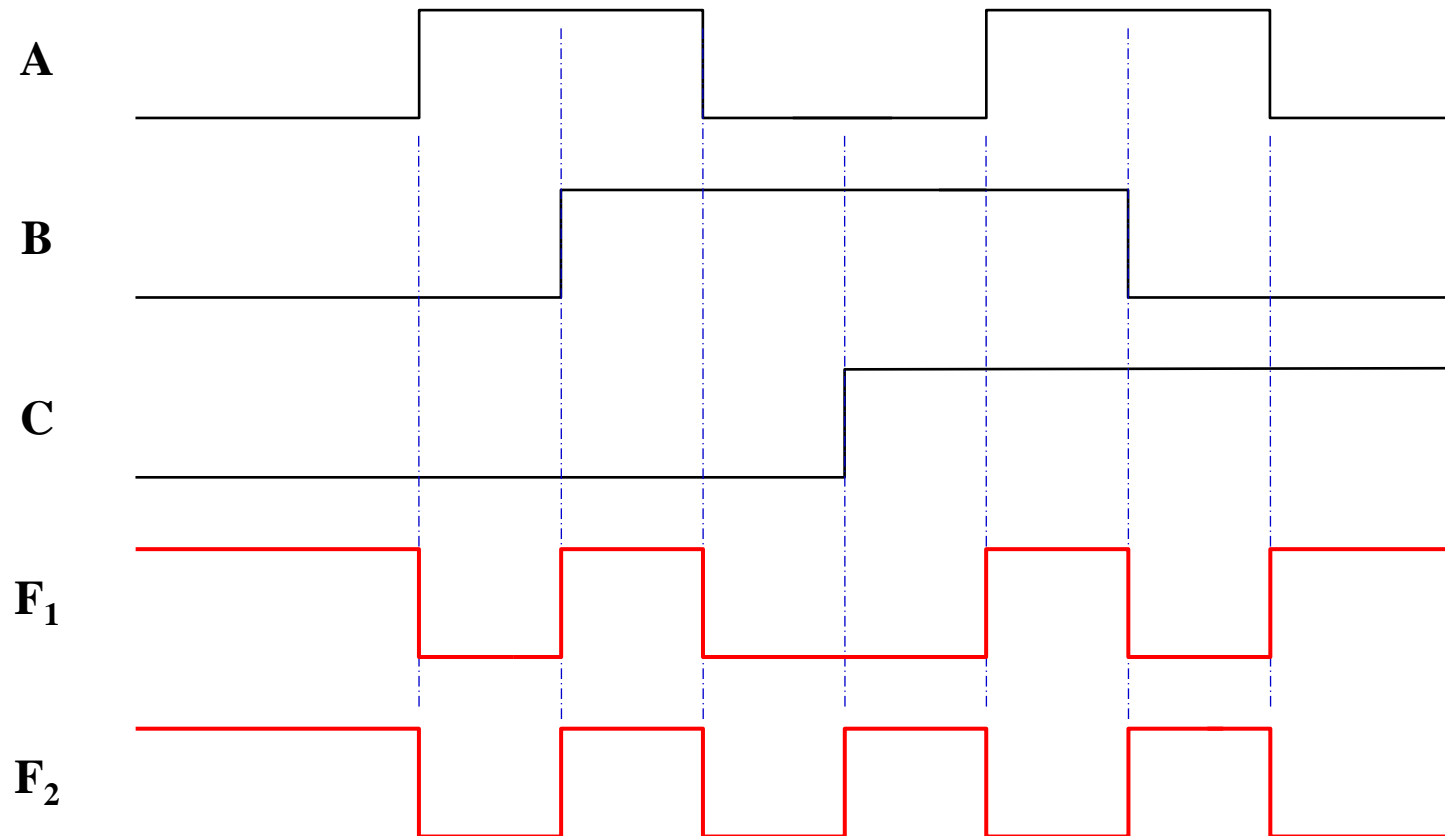


【7】 画出 F_1 和 F_2 的波形图

【解】

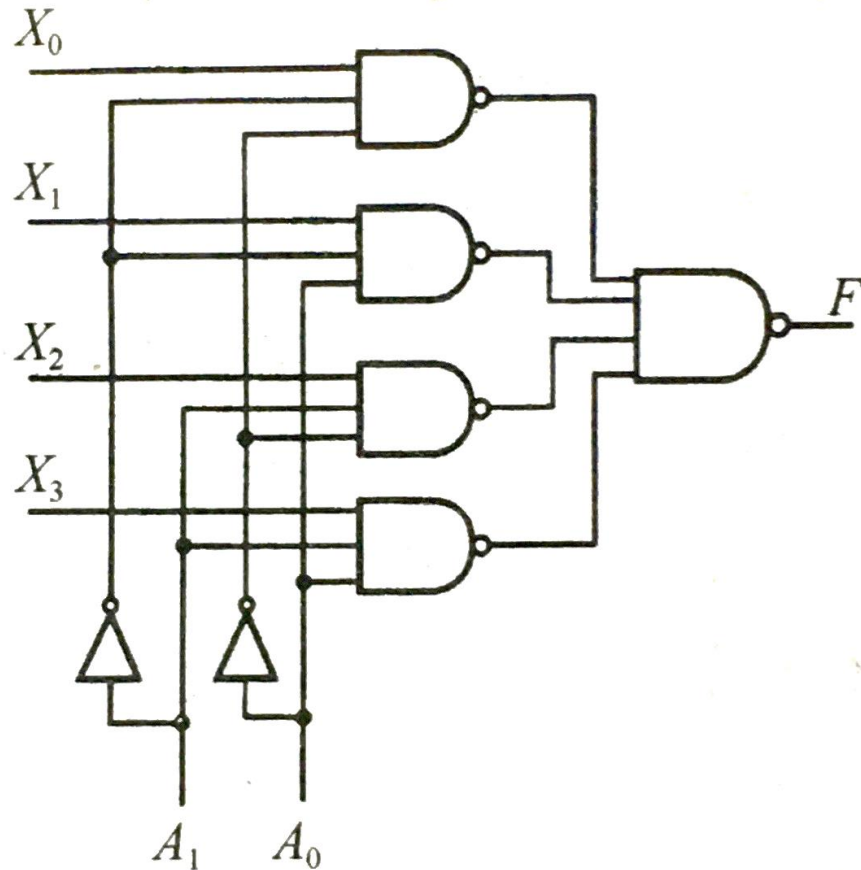
$$F_1 = \overline{\overline{AB} + \overline{A\overline{B}}} = \overline{A \oplus B}$$

$$F_2 = F_1 \oplus C$$



【8】 分析下图的逻辑电路，说明其功能

【解】



$$F = \bar{A}_1 \bar{A}_0 X_0 + \bar{A}_1 A_0 X_1 + A_1 \bar{A}_0 X_2 + A_1 A_0 X_3$$

显然，这是一个四选一数据选择器，

其中 A_1 、 A_0 为选择控制输入：

$$A_1 A_0 = 00 \text{ 时, } F = X_0$$

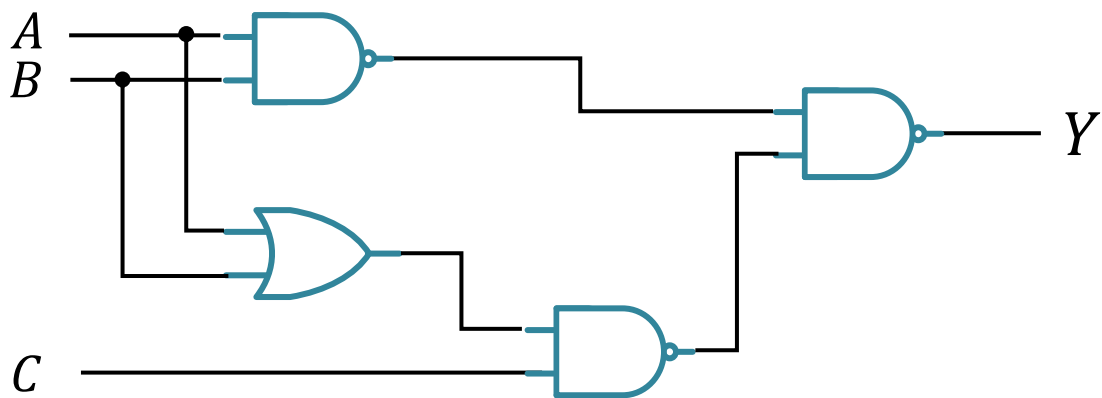
$$A_1 A_0 = 01 \text{ 时, } F = X_1$$

$$A_1 A_0 = 10 \text{ 时, } F = X_2$$

$$A_1 A_0 = 11 \text{ 时, } F = X_3$$

【9】 写出电路逻辑表达式，并说明其逻辑功能

【解】



$$Y = \overline{\overline{AB} \cdot \overline{(A+B)C}} = AB + AC + BC$$

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	1

由真值表可知，该电路具有多路表决功能

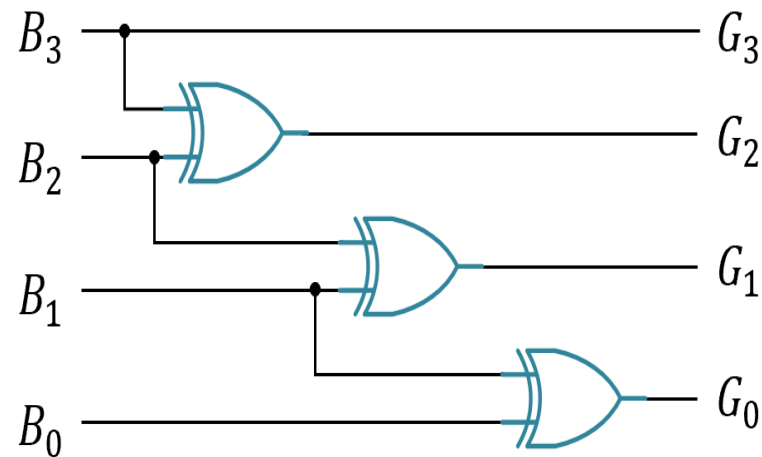
【10】设计8421码→格雷码转换电路

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

【解】

复合卡诺图

$B_3B_2 \backslash B_1B_0$		$G_3G_2G_1G_0$			
		00	01	11	10
00	00	0000	0001	0010	0011
01	01	0110	0111	0100	0101
11	11	1010	1011	1000	1001
10	10	1100	1101	1110	1111



$G_3 = B_3$

$B_3B_2 \backslash B_1B_0$	00	01	11	10
00				
01				
11	1	1	1	1
10	1	1	1	1

$G_2 = B_2 \oplus B_3$

$B_3B_2 \backslash B_1B_0$	00	01	11	10
00				
01	1	1	1	1
11				
10	1	1	1	1

$G_1 = B_1 \oplus B_2$

$B_3B_2 \backslash B_1B_0$	00	01	11	10
00			1	1
01	1	1		
11	1	1		
10			1	1

$G_0 = B_0 \oplus B_1$

$B_3B_2 \backslash B_1B_0$	00	01	11	10
00		1		1
01		1		1
11		1		1
10		1		1

【11】 用一片4:16线译码器将8421BCD码转换成余三码

【解】

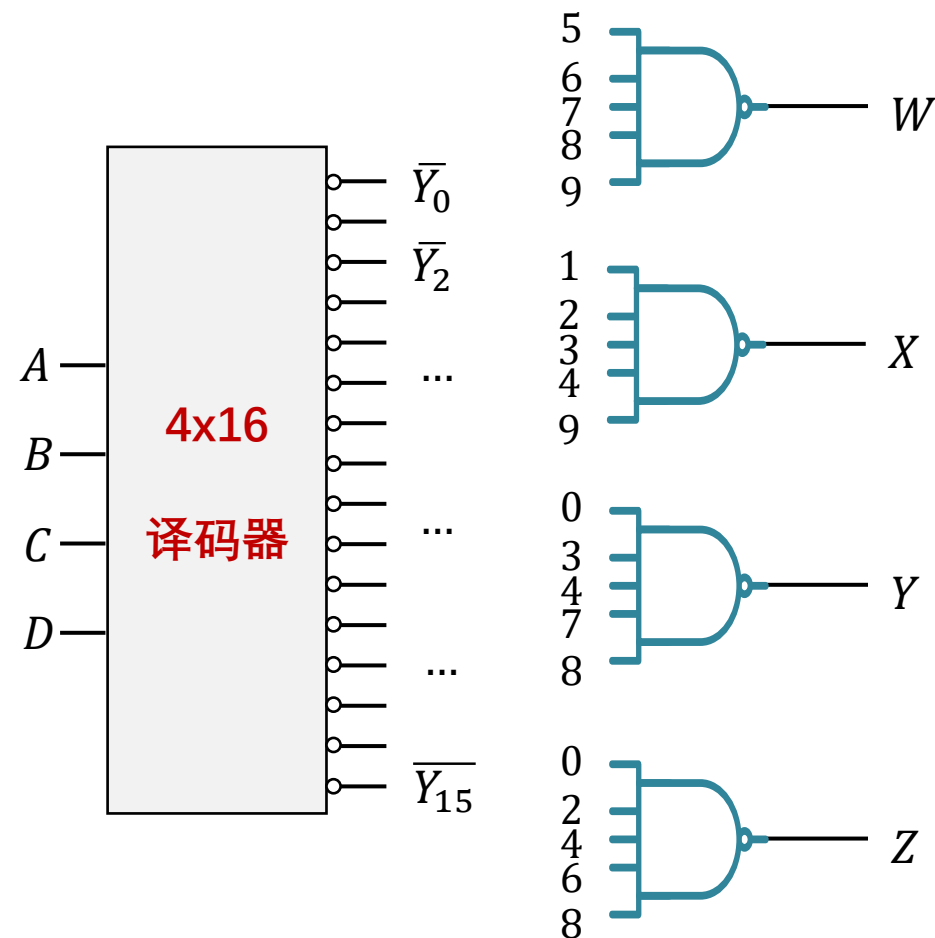
十进制	DCBA	WXYZ
0	0000	0011
1	0001	0100
2	0010	0101
3	0011	0110
4	0100	0111
5	0101	1000
6	0110	1001
7	0111	1010
8	1000	1011
9	1001	1100

$$W(A, B, C, D) = \Sigma(5, 6, 7, 8, 9)$$

$$X(A, B, C, D) = \Sigma(1, 2, 3, 4, 9)$$

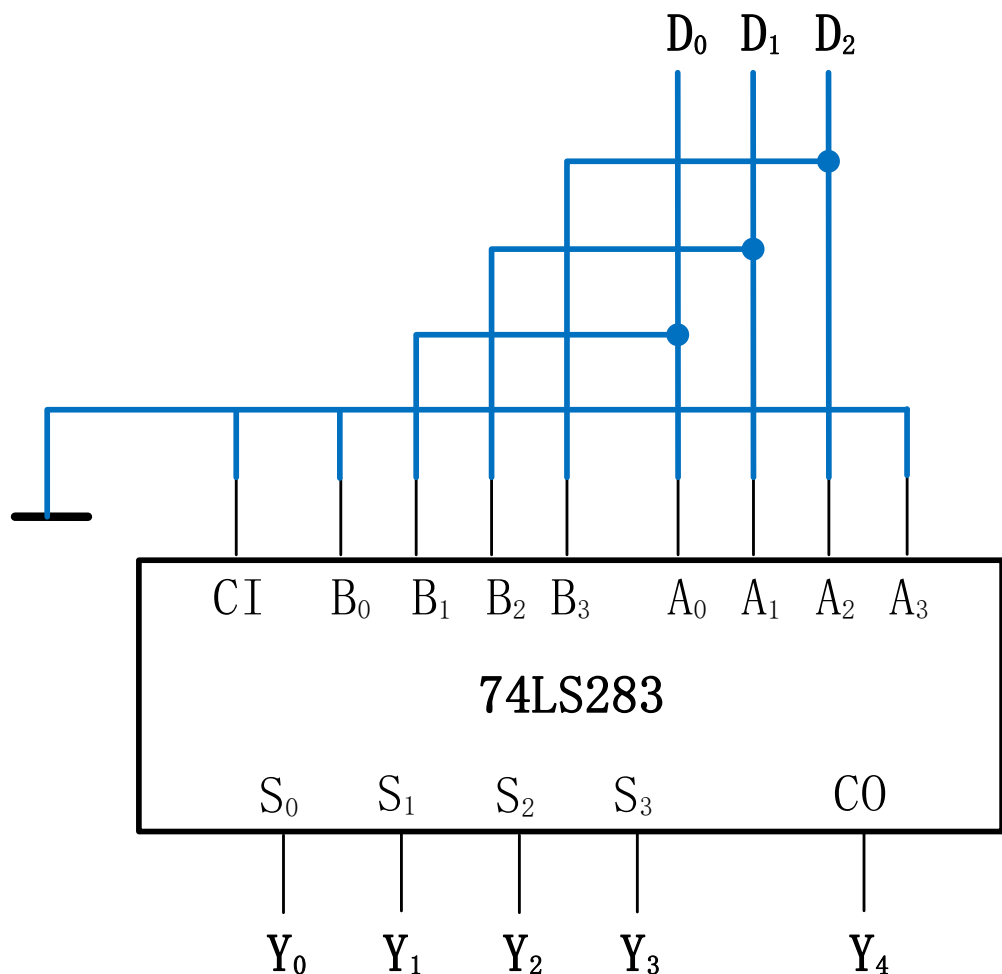
$$Y(A, B, C, D) = \Sigma(0, 3, 4, 7, 8)$$

$$Z(A, B, C, D) = \Sigma(0, 2, 4, 6, 8)$$



【12】 用74LS283加法器设计一个3位二进制数的3倍乘法电路

【解】



设 $D(D_2 D_1 D_0)$ 为3位二进制数,

则输出 $Y = 3D = \mathbf{D(A)} + \mathbf{2D(B)}$

$$A_3 = \mathbf{0}, A_2 = D_2, A_1 = D_1, A_0 = D_0$$

$$B_3 = D_2, B_2 = D_1, B_1 = D_0, B_0 = \mathbf{0}$$

$\mathbf{2D}$ 只需将D每位向高移位一位即可。

3位二进制数最大为 $7(111)_2$,

3倍后为 $21(10101)_2$, 即Y需要5位二进制