

中国科学技术大学

# 2020 - 2021 学年第 一 学期考试试卷

考试科目： 数字逻辑电路

得分:\_\_\_\_\_

学生所在院系: \_\_\_\_\_ 姓名: \_\_\_\_\_ 学号: \_\_\_\_\_

1、(6分) 试用公式法将逻辑函数式  $Y = AC + B'C + BD' + CD' + AB + A'BCD' + AC'$  化

简成最简与或式，并将最简与或式转换为“或非-或非”形式。

①化简:  $Y = AC + AC' + AB + A'BCD' + B'C + BD' + CD'$   
 $= A + BCD' + BD' + B'C + CD'$   
 $= A + BD' + B'C$

②或非-或非:  $Y' = (A+B)' + B'C'$   
 $= A'(B'+D) \cdot (B+C')$   
 $= A'BD + A'B'C'$

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

**tips:**

或非-或非:  $Y = ((+)' \cdots (+)')'$   
 $= (+) \cdots (+)$

$$Y' = (t_1)' + \dots + (t_n)'$$

与非-与非:  $Y = ((\cdot)' \cdots (\cdot)')'$   
 $= (\cdot) + \cdots + (\cdot)$

$$Y' = \begin{pmatrix} \cdot \\ \cdot \end{pmatrix}' \cdot \dots \cdot \begin{pmatrix} \cdot \\ \cdot \end{pmatrix}'$$

$$= \begin{pmatrix} + \\ + \end{pmatrix} \cdot \dots \cdot \begin{pmatrix} + \\ + \end{pmatrix}$$

2、(6分) 试用卡诺图化简法对一组多输出逻辑函数进行化简, 函数式如下:

$$ABCD \quad \begin{cases} Y_1(A, B, C, D) = \sum (3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 14, 15) \\ Y_2(A, B, C, D) = \sum (2, 3, 4, 6, 7, 12, 14) \\ Y_3(A, B, C, D) = \sum (2, 6, 8, 9) \end{cases}$$

		$Y_1$			
$CD$		00	01	11	10
$AB$	00	0	0	1	0
	01	1	1	1	1
	11	1	1	1	1
	10	1	1	0	0

$$Y_1 = B + AC' + A'CD$$

$Y_2$

$AB \backslash C$	00	01	11	10
00	0	0	1	1
01	1	0	1	1
11	1	0	0	1
10	0	0	0	0

$$Y_2 = A'C + BD'$$

$Y_3$

$AB \backslash CD$	00	01	11	10
00	0	0	0	1
01	0	0	0	1
11	0	0	0	0
10	1	1	0	0

$$Y_3 = AB'C' + A'CD$$

3、(6分) 试给出下图所示电路的真值表与标准与或式。注：图中门电路均为 CMOS 器件。

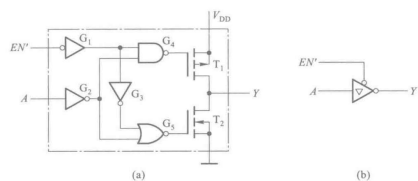
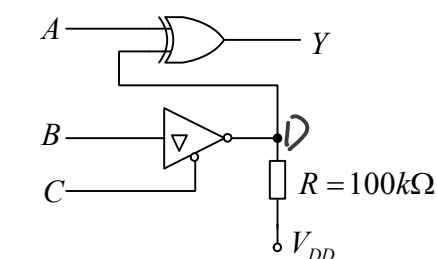


图 3.3.41 三态输出的 CMOS 反相器  
(a) 电路结构 (b) 逻辑符号

从这个电路图中可以看到,为了实现三态控制,除了原有的输入端 A 以外,又增加了一个三态控制端  $EN'$ 。当  $EN'=0$  时,若  $A=1$ ,则  $G_4, G_5$  的输出同为高电平,  $T_1$  截止,  $T_2$  导通,  $Y=0$ ; 若  $A=0$ ,则  $G_4, G_5$  的输出同为低电平,  $T_1$  导通,  $T_2$  截止,  $Y=1$ 。因此,  $Y=A'$ , 反相器处于正常工作状态。而当  $EN'=1$  时,不管 A 的状态如何,  $G_4$  输出高电平而  $G_5$  输出低电平,  $T_1$  和  $T_2$  同时截止,输出呈现高阻态。

$D=B'$

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

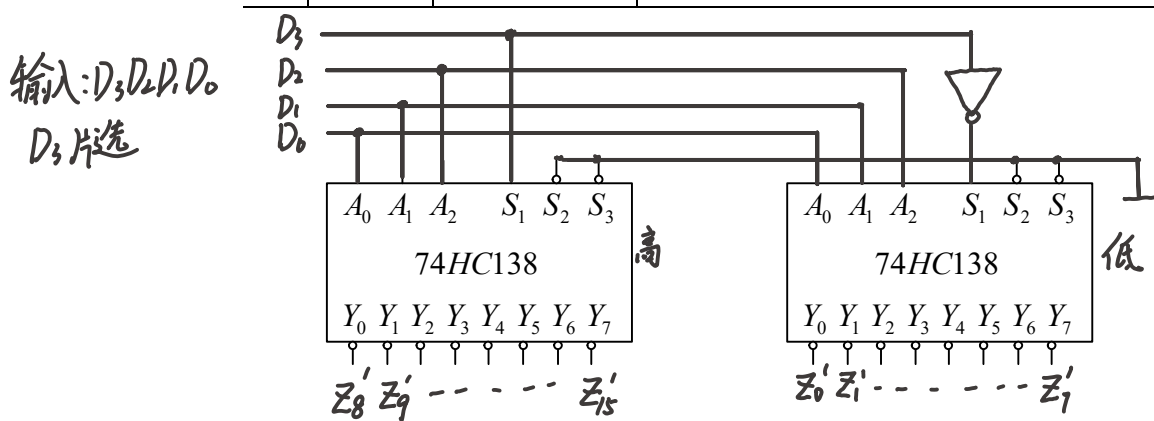
高阻态,  $D=1$

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

4、(6分) 试用 2 片 3 线-8 线译码器 (74HC138) 扩展成 4 线-16 线译码器, 将输入的 4 位

二进制代码  $D_3D_2D_1D_0$  译成低电平信号  $Z'_0 \sim Z'_{15}$ , 74HC138 功能表与框图如下。

输 入					输 出							
$S_1$	$S'_2 + S'_3$	$A_2$	$A_1$	$A_0$	$Y'_0$	$Y'_1$	$Y'_2$	$Y'_3$	$Y'_4$	$Y'_5$	$Y'_6$	$Y'_7$
0	x	x	x	x	1	1	1	1	1	1	1	1
x	1	x	x	x	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1
1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1
1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1
1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1
1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1
1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0



5、(6分)试用双4选1的器件74HC153实现逻辑函数 $Y = AC'D + A'B'CD + BC + A'B'C$ ，在下图器件上画出完整的电路图。4选1数据选择器功能表及双4选1器件框图如下。

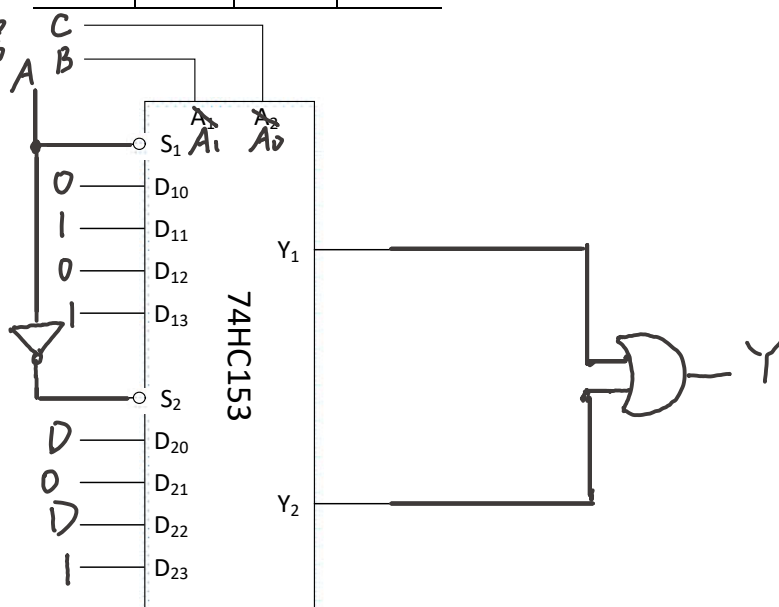
$S'$	$A_1$	$A_0$	$Y$
1	$\times$	$\times$	0
0	0	0	$D_0$
0	0	1	$D_1$
0	1	0	$D_2$
0	1	1	$D_3$

$$Y = AC'D + BC + A'C$$

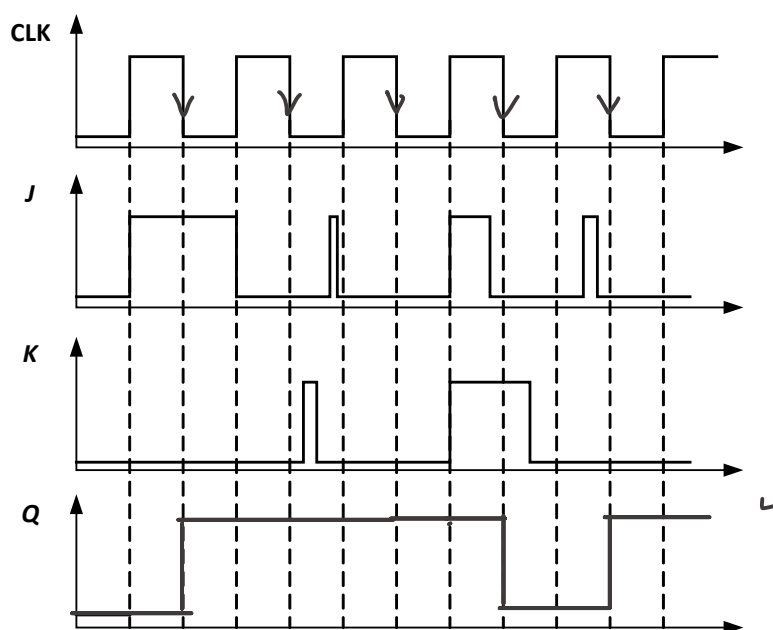
$S_1, A_1, A_2$  控制数据  
选择  
取A作为片选信号:

$$A=0, Y=C$$

$$A=1, Y=C'D + BC$$

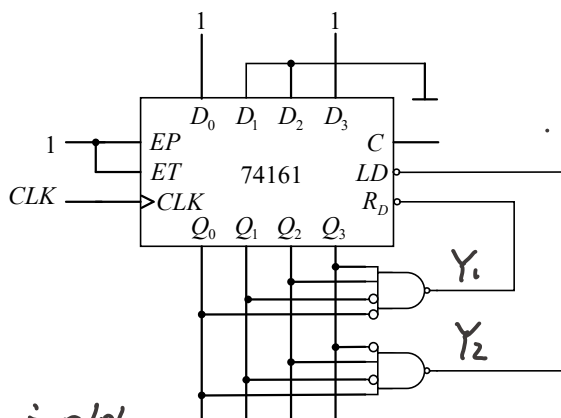


6、(6分)主从电路结构、正脉冲触发的JK触发器的J、K端输入波形如下图所示，试画出Q端对应的波形，设Q的初始状态为0。注意CLK=1期间电路动作。

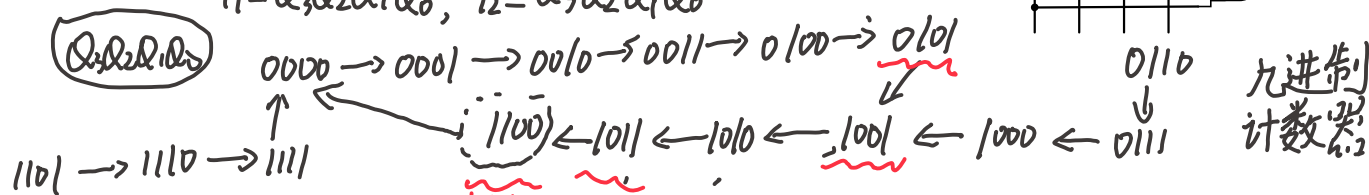


7、(6分) 二进制计数器 74161 的功能表如下所示，试给出下图电路的状态转换图，并说明该电路实现的具体功能。

CLK	$R_D'$	$LD'$	EP	ET	工作状态
×	0	×	×	×	置零
↑	1	0	×	×	预置数
×	1	1	0	1	保持
×	1	1	×	0	保持, $C=0$
↑	1	1	1	1	计数



$$Y_1 = Q_3 Q_2 Q_1 Q_0', Y_2 = Q_3 Q_2 Q_1 Q_0$$



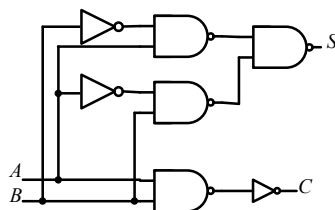
8、(6分) 试分析下图电路，写出逻辑函数式并给出该电路的逻辑功能。

$$C = A \oplus B$$

$$S = ((A \cdot B)')' \cdot ((A \cdot B)')'$$

$$= AB' + A'B$$

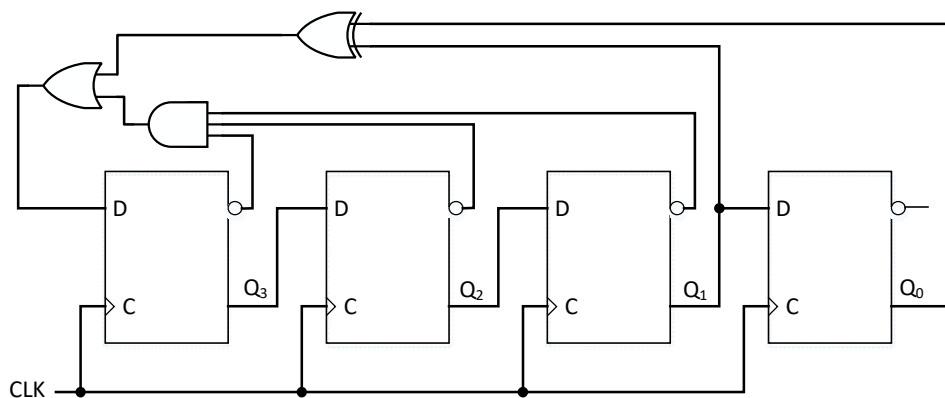
$$= A \oplus B$$



A	B	S	C
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

半加器

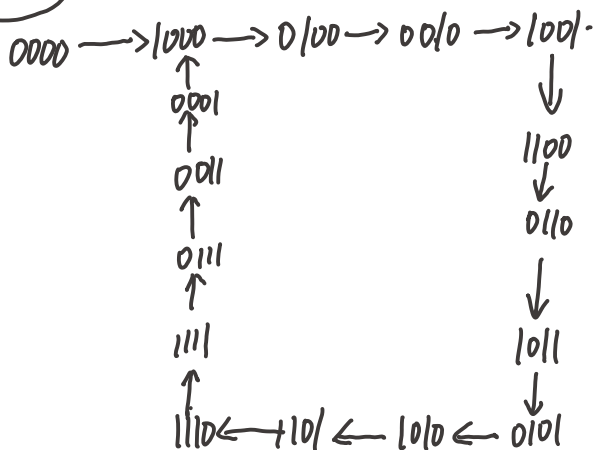
9、(6分) 下图为一移位反馈寄存器型的计数器电路，试写出该电路的驱动方程和状态方程，画出状态转换图，分析该电路的循环长度是多少，并说明电路能否自启动。



$$\begin{cases} Q_3^* = D_3 = Q_0 \oplus Q_1 + Q_3' Q_2' Q_1' \\ Q_2^* = D_2 = Q_3 \\ Q_1^* = D_1 = Q_2 \\ Q_0^* = D_0 = Q_1 \end{cases}$$

$$(Q_3 Q_2 Q_1 Q_0)$$

循环长度15可以自启动

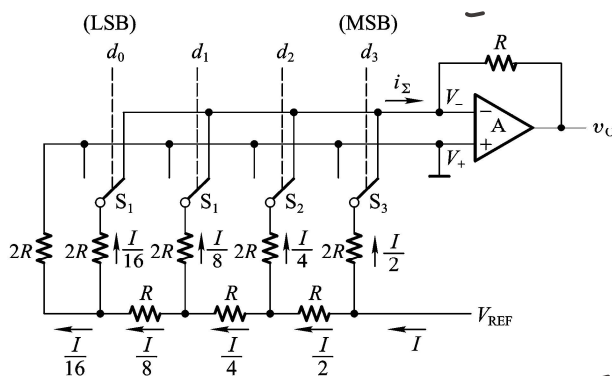


10、(6 分) 倒 T 型电阻网络 DAC 如下图所示，试回答：

(1) 为保证  $V_{REF}$  偏离标准值引起的误差小于  $\frac{1}{2}LSB$ ，计算  $V_{REF}$  的相对稳定度  $\frac{\Delta V_{REF}}{V_{REF}}$ ；

(2) 说明  $v_o$  端出现以下两种误差的原因：

- ① 误差值与输入二进制数无关，在一定温度下为一常数；
- ② 随着输入二进制数的变化，误差无规律变化。



$$<1> v_o = \frac{V_{REF}}{2^4} (2^3 d_3 + 2^2 d_2 + 2^1 d_1 + d_0)$$

$$\Delta v_{o\max} = \frac{\Delta V_{REF}}{2^4} (2^3 + 2^2 + 2 + 1) = \frac{2^4 - 1}{2^4} \Delta V_{REF}$$

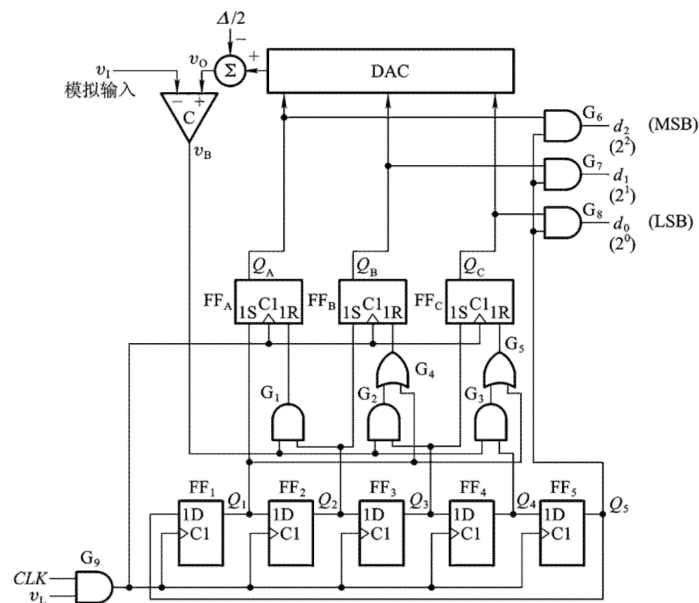
$$\Delta v_{o\max} = \frac{2^4 - 1}{2^4} \Delta V_{REF} < \frac{1}{2} LSB \cdot V_{REF} = \frac{V_{REF}}{2 \times 2^4}$$

$$\left| \frac{\Delta V_{REF}}{V_{REF}} \right| < \frac{1}{30} = 3.33\%$$

<2> ① 漂移误差；  
② 非线性误差。

11、(6 分) 试分析下图所示的逐次逼近 ADC 在开始工作后第 2 个时钟上升沿到达后的  $Q_A Q_B Q_C$  的值，并给出完成一次模数转换需要多少时钟周期。设  $V_I = 3.7V$ ，DAC 的参考电压

$V_{REF} = -8V$ ,  $\Delta$  是 1 LSB 对应的电压值, 初始时  $Q_1Q_2Q_3Q_4Q_5 = 10000$ 。



$$\Delta = \frac{1}{2^5} V_{REF} = 1V$$

CLK	$v_o$	$Q_5 Q_4 Q_3 Q_2 Q_1$
1	3.5V	1 0 0
2	5.5V	1 1 0
3	4.5V	1 0 1
4	3.5V	1 0 0
5	-	-

时钟周期:  $nT = 5$   
(理解12由来)

$\rightarrow d_2 d_1 d_0 = 100$   
 $\rightarrow d_2 d_1 d_0 = 000$

12、(10分) 已知 555 定时器的电路结构如图 12-1 所示, 555 定时器组成的脉冲电路如图 12-

2 所示, 图中  $R_1 = 51k\Omega$ ,  $R_2 = 47k\Omega$ ,  $C = 0.01\mu F$ 。

(1) 第一片 555 接成了什么电路, 求出该电路的关键参数;

施密特触发电路,  $V_{T+} = \frac{2}{3} V_{CC} = \frac{10}{3} V$   
 $V_{T-} = \frac{1}{3} V_{CC} = \frac{5}{3} V$   
 $\Delta V_T = V_{T+} - V_{T-} = \frac{5}{3} V$

(2) 第二片 555 接成了什么电路, 求出该电路的关键参数;

(3) 已知输入  $v_I$  的波形如图 12-3 所示, 画出图中输出电压  $v_{O1}$  和  $v_{O2}$  的波形。

多谐振荡电路  
 $f = \frac{1}{(R_1 + 2R_2)C \ln 2}$   
输出脉冲占空比  
 $q = \frac{R_1 + R_2}{R_1 + 2R_2}$

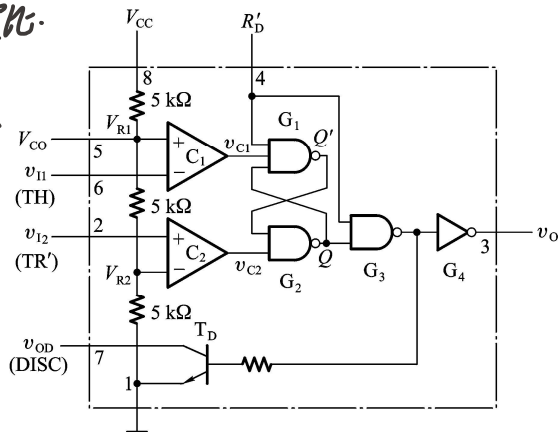


图 12-1

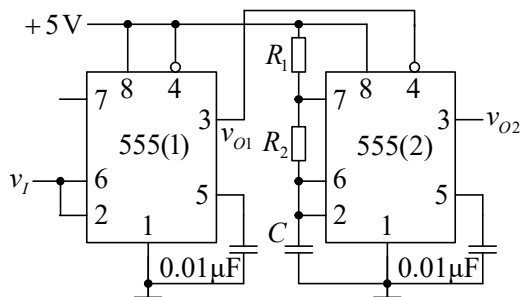
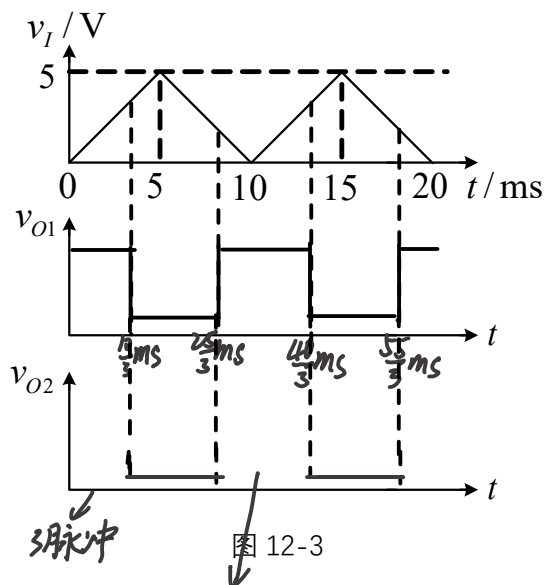


图 12-2

(理解电路熟悉接法)

$T \approx 1ms$   
 $q \approx \frac{2}{3}$



13. (8分) 某体育学校男生体能测试规定, 3000米跑必须达标(10分钟以内), 同时以下三项至少两项达标: 引体向上20个、立定跳远2.5米、100米短跑12秒。针对该规则试对问题进行逻辑抽象并设计体测合格判定电路, 给出:

(1) 真值表;

(2) 逻辑函数式(最简与或式);

(3) 以与非门画出该逻辑电路图。

输入: 3000米 A  
引体向上 B  
立定跳远 C  
100米短跑 D

输出: Y

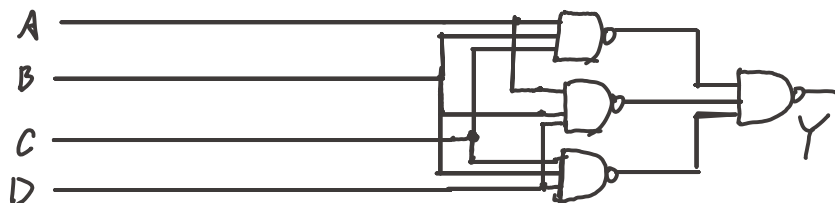
记达标为1

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

$$Y = AB'CD + ABC'D + ABCD' + ABCD$$

$$= ACD + ABD + ABC$$

$$Y = (ACD)' \cdot (ABD)' \cdot (ABC)'$$



14、(16分) 试使用上升沿触发的 T 触发器设计一同步时序逻辑电路，要求：该电路可实现带进位输出的 10 进制计数器功能，状态编码采用 4 位格雷码（限定选取从 0000 起始的连续的 10 个代码），4 位码统一用  $Q_3Q_2Q_1Q_0$  表示，其中  $Q_3$  为最高位。

- (1) 列出状态转换表；
- (2) 写出满足自启动要求的驱动方程、状态方程和输出方程；
- (3) 画出完整电路图。

(1)

	$Q_3Q_2Q_1Q_0$	$C$
0	0000	0
1	0001	0
2	0011	0
3	0010	0
4	0110	0
5	0111	0
6	0101	0
7	0100	0
8	1100	0
9	1101	0
10	0000	1

(2)

$Q_3Q_2 \backslash Q_1Q_0$	00	01	11	10
00	0001	0011	0010	0110
01	1100	0100	0101	0111
11	1101	(C=1) 0000	X	X
10	X	X	X	X

$$\begin{cases} Q_3^* = Q_2Q_1Q_0' \\ Q_2^* = Q_3'Q_2 + Q_1Q_0' + Q_2Q_0' \\ Q_1^* = Q_2'Q_0 + Q_1Q_0' \\ Q_0^* = Q_3Q_0' + Q_2'Q_1' + Q_2Q_1 \\ C = Q_3Q_0 \end{cases}$$

对于 T 触发器:  $Q^* = T \oplus Q$

$$\begin{cases} T_3 = Q_3^* \oplus Q_3 = Q_3'Q_2Q_1Q_0' + Q_3Q_2' + Q_3Q_1 + Q_3Q_0 \\ T_2 = Q_2^* \oplus Q_2 = \text{---} \text{---} \text{---} \\ T_1 = Q_1^* \oplus Q_1 = \text{---} \text{---} \text{---} \text{ (开摆!)} \\ T_0 = Q_0^* \oplus Q_0 = \text{---} \text{---} \text{---} \end{cases}$$

tips:

$$\begin{aligned} Q^* &= Q \oplus T \\ Q^* \oplus Q &= T \oplus Q \oplus Q \\ &= T \oplus (Q \oplus Q) \\ &= T \oplus 0 \\ &= T \end{aligned}$$

(3) 注意 CLK, T, Q