

## 数字电路练习题(3)

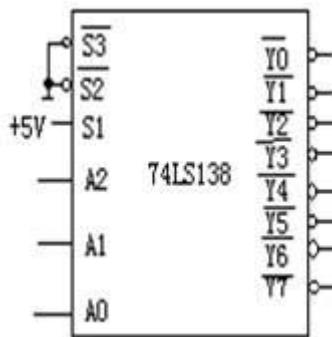
### 六、设计题

1. 用 3 线-8 线译码器 74ls138 和门电路设计 1 位二进制全减器电路。输入为被减数、减数和来自低位的借位；输出为两数之差和向高位的借位信号。

(1) 进行逻辑抽象(6 分)；

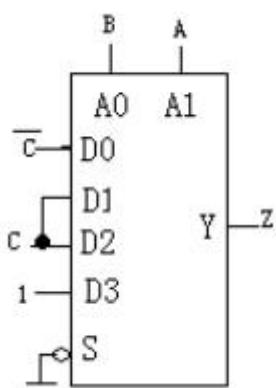
(2) 写出逻辑函数表达式并转换成适合的形式(3 分)；

(3) 画出逻辑电路图(3 分)



(1) 逻辑抽象：设输入加数为 A，减数为 B，低位的借位为 C，差为 D，向高位的借位为 S。(3 分)

根据减法规则画出真值表。(3 分)



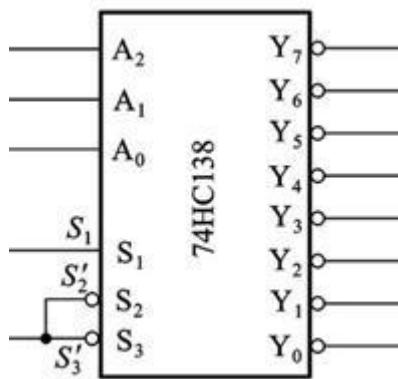
A	B	C	D	S
0	0	0	0	0
0	0	1	1	1
0	1	0	1	1
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	1	0	0	0
1	1	1	1	1

逻辑函数式： $D = m_1 + m_2 + m_4 + m_7 \quad S = m_1 + m_2 + m_3 + m_7$

电路图略

2. 试利用 3 线-8 线译码器 74HC138 和与非门电路设计一个监视交通信号灯工作状态的逻辑电路。每一组信号均由红、黄、绿三盏灯组成，正常工作情况下，任一时刻必有一盏灯亮，而且只允许一盏灯亮，而当出现其他情况是电路出现故障，需要发出故障报警信号，请设计故障报警输出的组合逻辑电路，并画出相应的逻辑电路图。

- (1) 逻辑抽象 (6 分) ;
- (2) 将逻辑函数写成合理的形式 (3 分) ;
- (3) 画出电路 (3 分)



解：(1)逻辑抽象

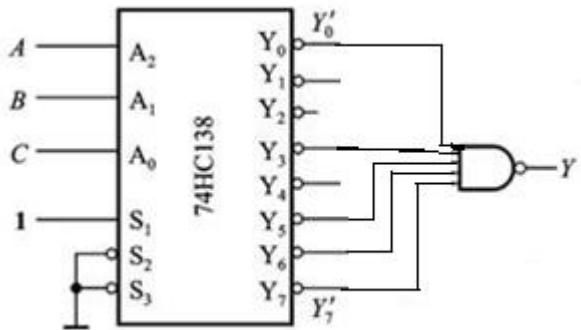
取红、黄、绿三盏灯的状态为输入变量，分别设为 R、A、G，并规定灯亮时为 1，不亮时为 0，取故障信号为输出，以 Z 表示，并规定正常工作为 0，有故障为 1。根据题意有如下真值表：(3 分)

输入			输出
R	A	G	Z
0	0	0	1
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

$$(2) Z = m_0 + m_3 + m_6 + m_7 + m_5 = (m_0 + m_3 + m_6 + m_7 + m_5)'$$

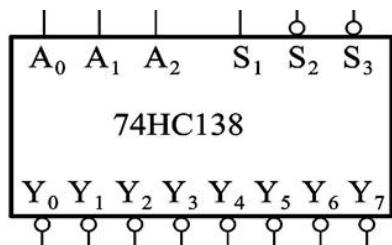
$$= (Y_0' Y_3' Y_5' Y_6' Y_7')' \quad (3 \text{ 分})$$

电路图如下：(3 分)



3. 利用 74HC138 设计一个监视交通信号灯工作状态的逻辑电路。每一组信号灯均由红、黄和绿三盏灯组成，正常工作状态下，任何时刻必有一盏灯点亮，而且只允许有一盏灯亮，如果出现其他五种情况时，电路发生故障，这时要求发出故障信号，以提醒维护人员前去修理。要求：

- (1) 进行逻辑抽象(5 分)；
- (2) 写出适合于 74HC138 形式的逻辑函数表达式 (3 分)；
- (3) 画出逻辑电路图(2 分)。



解：(1) 进行逻辑抽象(5 分)：

三个灯的状态为输入，分别设为  $A$ 、 $B$ 、 $C$ ，其值为 1 表示灯亮，其值为 0 表示灯灭，信号灯是否正常工作作为输出，设为  $Y=0$  表示正常工作， $Y=1$  表示出现故障，根据题意有如下真值表：

输入			输出
A	B	C	Y
0	0	0	1
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

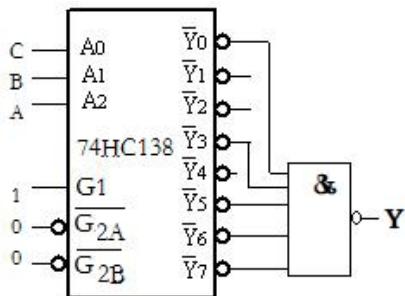
(2) 写出适合于 74HC138 形式的逻辑函数表达式 (3 分);

$$Y = m_0 + m_3 + m_5 + m_6 + m_7$$

$$= ((m_0 + m_3 + m_5 + m_6 + m_7)')' = (m_0' m_3' m_5' m_6' m_7')'$$

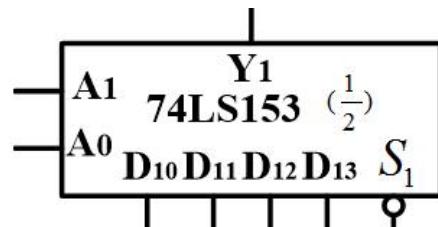
$$= (Y_0' Y_3' Y_5' Y_6' Y_7')$$

(3) 画出逻辑电路图(2 分)。



4. 试用 4 选 1 选择器 74LS153 (1/2) 和非门设计一个多数表决电路。举重比赛中  
有三个裁判：主裁判 A、副裁判 B 和 C。各人面前有一个键钮，当三个裁判同时  
按下键钮，或者主裁判和一个副裁判同时按下键钮时，显示“试举成功”的灯就  
会亮。要求：

- (1) 进行逻辑抽象；
- (2) 写出逻辑函数表达式并转换成适合于 74LS153 进行设计的形式，确定 A1、  
A0、D10、D11、D12、D13 的值；
- (3) 画出逻辑电路图



解: 设定裁判按下键钮用 1 表示，没有按下键钮用 0 表示；“试举成功”灯亮用 1 表示，灯不亮用 0 表示。主裁判和两副裁判分别用逻辑变量 A、B、C 表示，电路输出用 Y 表示。(3 分)

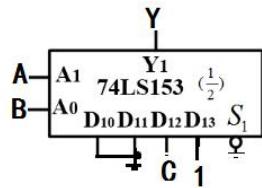
根据设计要求可列出如下真值表：(2 分)

A	B	C	Y
000			0
001			0
010			0
011			0
100			0
101			1
110			1
111			1

$$Y = ABC + ABC' + AB'C = AB + AB'C \quad (1 \text{ 分})$$

让 A1=A, A0=B, 有: D10=0 D11=0 D12=C D13=1 (3 分)

得如下电路: (1 分)



5. 请严格按照时序逻辑电路的设计步骤用边沿触发的 JK 触发器、门电路设计一个 6 进制的加法计数器（有进位输出）。

(1) 逻辑抽象(4 分)；

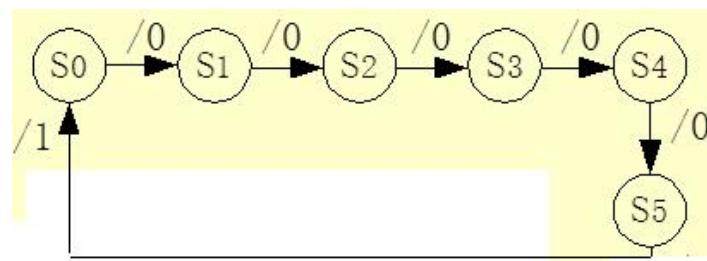
(2) 状态分配、状态分配后的状态转换表(3 分)；

(3) 列方程(4 分)；

(4) 画电路图(2 分)

解: (1)逻辑抽象

因为计数器的工作特点是在时钟操作下自动依次从一个状态转为下一个状态，所以它没有输入，只有输出信号，设为 C 有进位为 1，无进位时输出 0，6 进制计数器有 6 个状态，设为 S0\ S1\ S2\ S3\ S4\ S5;按题意有如下状态转换图:



## (2) 状态分配

因为是 6 个状态，所以选择 3 个触发器，设为  $Q_2Q_1Q_0$ ,  $S_0=000$ ;  $S_1=001$ ;  $S_2=010$ ;  $S_3=011$ ;  $S_4=100$ ;  $S_5=101$ ; 并有状态转换表：

状态 变化顺序	状态编码			进位 输出 等效十 进制数
	$Q_2$	$Q_1$	$Q_0$	
$\rightarrow S_0$	0	0	0	0
$S_1$	0	0	1	1
$S_2$	0	1	0	2
$S_3$	0	1	1	3
$S_4$	1	0	0	4
$S_5$	1	0	1	5

Q1Q0		00	01	11	10
Q2		001/0	010/0	100/0	011/0
0	1	101/0	000/1	XXX/X	XXX/X

## (3) 列方程：

$$Q_2^*=Q_2Q_0'+Q_1Q_0$$

$$Q_1^*=Q_2'Q_1'Q_0+Q_1Q_0'$$

$$Q_0^*=Q_0'$$

$$C=Q_2Q_0$$

$$J_0=1 \quad K_0=1$$

$$J_1=Q_2'Q_0' \quad K_2=Q_0$$

$$J_2=Q_1Q_0 \quad K_2=Q_0' \quad (K_2=(Q_0+Q_1Q_0)') \text{ 也可}$$

## (4) 电路略

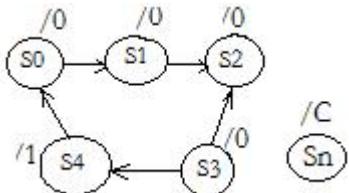
6. 请严格按照时序逻辑电路的设计步骤用边沿触发的 JK 触发器、门电路设计一个 5 进制计数器。

(1) 逻辑抽象 (4 分)；

- (2) 状态分配、状态分配后的状态转换表 (2 分) ;  
 (3) 列方程 (3 分) ;  
 (4) 画电路图 (1 分)

解:一、逻辑抽象 (4 分): 本设计没有输入信号, 输出为进位信号 C, 当计数值为 4 时 C=1, 其它情况下 C=0,

共有 5 个状态, 计数值为 0 到 4 时的状态设为 S0、S1、S2、S3、S4, 有如下状态转换图:



二、状态分配 (2 分): 选择 3 个 JK 触发器, 从高到低分别设为 Q2、Q1、Q0, S0 到 S4 对应的值 (Q2Q1Q0) 分别为:000、001、010、011、100, 根据状态转换图有如下状态转换表

		Q2Q1	00	01	11	10
		Q0	001/0	011/0	x	000/0
Q0	0	0	010/0	100/1	x	x
	1	1				

三、列方程: (3 分)

$$(1) \text{ 状态方程: } Q0^* = Q2'Q0' \quad Q1^* = Q0Q1' + Q0'Q1 \quad Q2^* = Q1Q0$$

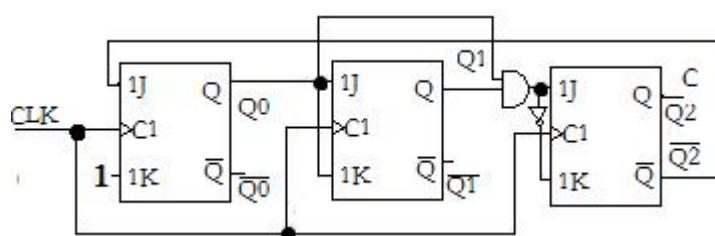
$$(2) \text{ 驱动方程: } J0 = Q2' \quad K0 = 1$$

$$J1 = Q0 \quad K1 = Q0$$

$$J2 = Q1Q0 \quad K2 = (Q1Q0)'$$

$$(3) \text{ 输入方程: } C = Q2$$

四、画电路图 (1 分)



7. 用 D 触发器完成实现一个自动售邮票机的逻辑电路。每次只允许投入一枚五角或一元的硬币，累计投入两元硬币给出一张邮票。如果投入一元五角硬币以后再投入一枚一元硬币，则给出邮票的同时还应找回五角钱。

(1) 逻辑抽象 (6 分)

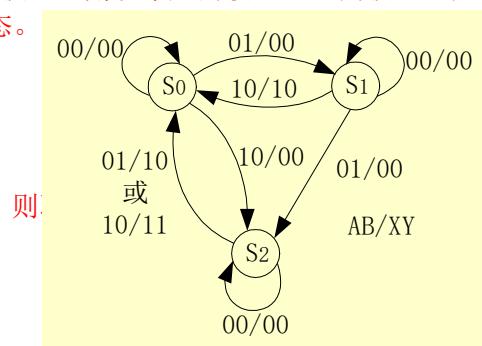
(2) 列方程 (5 分)

(3) 电路图 (2 分)

解：设投币信号为输入变量 A 和 B，投入一枚一元硬币时为  $A=1$ ，否则为  $A=0$ ；投入一枚五角硬币时为  $B=1$ ，否则为  $B=0$ ；输出为 Y 和 Z，给出饮料为  $Y=1$ ，否则为  $Y=0$ ；找回一枚五角硬币时为  $Z=1$ ，否则为  $Z=0$ 。

设  $S_0$  为未投币电路的初始状态， $S_1$  为投入五角硬币后的状态， $S_2$  为投入一元硬币（包括一枚一元硬币和两枚五角硬币）后的状态。  
则其状态转换表为

$S_i$	AB	00	01	11	10
$S_0$	S0/00	S0/00	$\times/\times\times$	S0/00	
$S_1$	S1/00	S2/00	$\times/\times\times$	S0/10	
$S_2$	S2/00	S0/10	$\times/\times\times$	S0/11	



$Q_1^n Q_0^n$	AB	00	01	11	10
00	00/00	01/00	$\times\times/\times\times$	10/00	
01	01/00	10/00	$\times\times/\times\times$	00/00	
11	$\times\times/\times\times$	$\times\times/\times\times$	$\times\times/\times\times$	$\times\times/\times\times$	
10	10/00	00/10	$\times\times/\times\times$	00/11	

$Q_1^{n+1} Q_0^{n+1} / YZ$

$$\begin{cases} Q_1^{n+1} = Q_1 \bar{A} \bar{B} + Q_0 B + \bar{Q}_1 \bar{Q}_0 A \\ Q_0^{n+1} = Q_0 \bar{A} \bar{B} + \bar{Q}_1 \bar{Q}_0 B \end{cases}$$

选用 D 触发器，则电路的状态方程为：

$$Q1^* = Q1A'B' + Q0B + Q1'Q0'A$$

$$Q0^* = Q0A'B' + Q1'Q0'B$$

驱动方程为：D1=Q1\*=Q1A'B'+Q0B+Q1'Q0'A

$$D_0 = Q_0^* = Q_0 A' B' + Q_1' Q_0' B$$

$$\begin{cases} D_1 = Q_1^{n+1} = Q_1 \bar{A} \bar{B} + Q_0 B + \bar{Q}_1 \bar{Q}_0 A \\ D_0 = Q_0^{n+1} = Q_0 \bar{A} \bar{B} + \bar{Q}_1 \bar{Q}_0 B \end{cases}$$

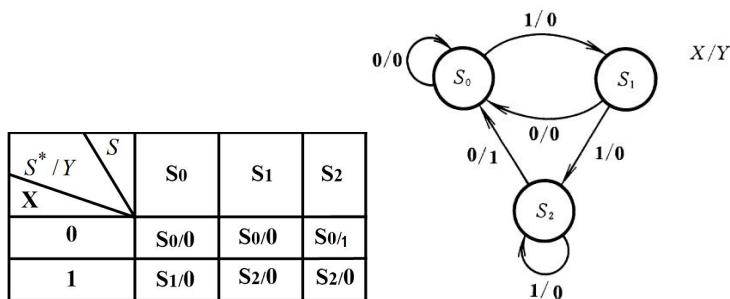
输出方程为:

$$\begin{cases} Y = Q_1 B + Q_1 A + Q_0 A \\ Z = Q_1 A \end{cases}$$

电路图略

8. 用 D 触发器设计一个串行数据检测器。对它的要求是：检测到输入“110”时输出为 1，其它情况下输出为 0。

解：1)、逻辑抽象 (5 分): 设输入数据为输入变量, 用 X 表示; 检测结果为输出变量, 用 Y 表示, 设 S0 为没有 1 输入的以前状态, S1 为输入一个 1 以后的状态, S2 为输入两个 1 以后的状态。其状态转换图和转换表为



2) 由于电路的状态为 3 个, 故 M=3, 应取触发器的数目为 n=2。取 00、01 和 10 分别对应 S0、S1 和 S2, 若选定的触发器为 JK 触发器, 则其输出端的卡诺图为

		$Q_1^* Q_0^* / Y$				
		00	01	11	10	
X		0	00/0	00/0	$\times \times / \times$	00/1
1		0	01/0	10/0	$\times \times / \times$	10/0

(2 分)

列方程(3 分): 状态方程:  $Q_1^* = XQ_0 + XQ_1$

$$Q_0^* = XQ_1'Q_0'$$

驱动方程:  $D_1 = XQ_0 + XQ_1$

$$D_0 = XQ_1'Q_0'$$

输出方程:  $Y = X'Q_1$

4) 电路图(略)(2 分)