浙江大学2014 －2015 学年 春夏 学期

《 数字系统设计Ⅰ 》课程期中考试试卷

课程号： 111C0120 ，开课学院： 信息与电子工程学系

考试试卷： √A 卷、B 卷（请在选定项上打√）

考试形式： √）闭、开卷（请在选定项上打√），允许带 计算器 入场

考试日期： 2015 年 5 月 6 日，考试时间： 120 分钟

诚信考试，沉着应考，杜绝违纪。

考生姓名：__________ 学号：__________ 所属院系（专业）：__________

题序	一	二	三	四	五	六	七	八	总 分
得分									
评卷人									

一、*逻辑基础（共 15 分，得分______）*

1、(1)用卡诺图化简法将下列函数化为最简与或形式

$$Y(A,B,C,D)=\sum m(1,3,4,5,9,11,12,13)$$

(2)请问化简出的最简与或形式是否会存在竞争冒险？如果存在竞争冒险，那么发生在其他变量为何种取值的情况下，并试用增加冗余项的方法消除竞争冒险？

解：(1)

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

$Y=B\bar{C}+\bar{B}D$

(2) 当 $C=0, D=1$ 时，$Y=B+\bar{B}$，存在竞争冒险。

$Y=B\bar{C}+\bar{B}D+\bar{C}D$，

则在 $C=0, D=1$ 时，$Y=B+\bar{B}+1=1$，

不受 B、$\bar{B}$ 的变化影响。

2、(1)化简下式，最后的结果化为最简与或形式。

$$f(A,B,C,D)=\prod M_i(0,2,5,6,7,8,10,13,14,15)$$

(2)将上式化简结果化为或非-或非形式。

(3)试着添加一些无关项，令题 2-(1)的化简结果用一个异或门实现。

解：(1) $\bar{f}(A,B,C,D)=\sum m_i(0,2,5,6,7,8,10,13,14,15)$

$f(A,B,C,D)=\sum m_i(1,3,4,9,11,12)$

f: AB \ CD	00	01	11	10
00	0	1	1	0
01	1	0	0	0
11	1	0	0	0
10	0	1	1	0

$f=B\bar{C}\bar{D}+\bar{B}D.$

(2)

$\bar{f}=(\bar{B}+C+D)(B+\bar{D})$
$=BC+BD+\bar{B}\bar{D}+C\bar{D}$
$=BD+\bar{B}\bar{D}+BC$

$f=\overline{BD+\bar{B}\bar{D}+BC}$

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

或 $\bar{f}=BD+\bar{B}\bar{D}+C\bar{D}$

则 $f=\overline{\overline{\bar{B}+\bar{D}}+\overline{B+D}+\overline{\bar{C}+D}}$

(3) 如果无关项为 $\bar{A}BC\bar{D}$ 和 $ABC\bar{D}$ $\}=B$

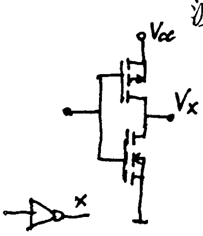
则 $f=\bar{B}D+B\bar{D}$
$=B\oplus D.$

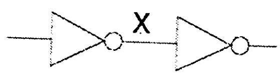
f: AB \ CD	00	01	11	10
00	0	1	1	0
01	1	0	0	x
11	1	0	0	x
10	0	1	1	0

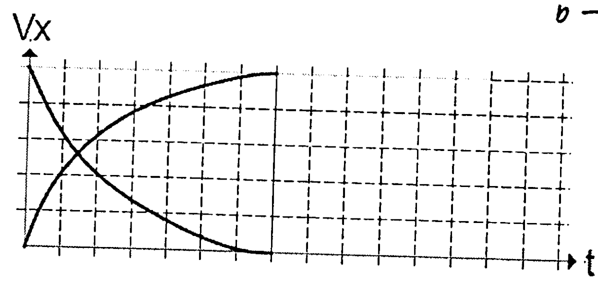
二、*门电路（12 分，得分________）*

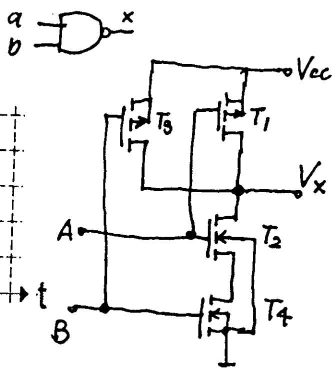
下图为反相器电平由低到高和由高到低的波形图。试画出下列相似情况的 x 处波形转换图。假设所有门电路都为 CMOS 类型且 MOS 管参数相同。

(并说明理由.)

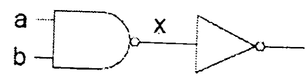


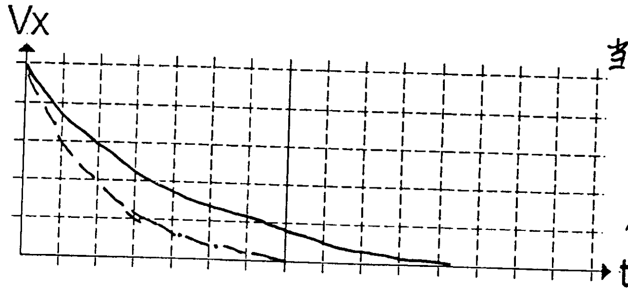






1).Vx 最初为 1，令 a=b=1。





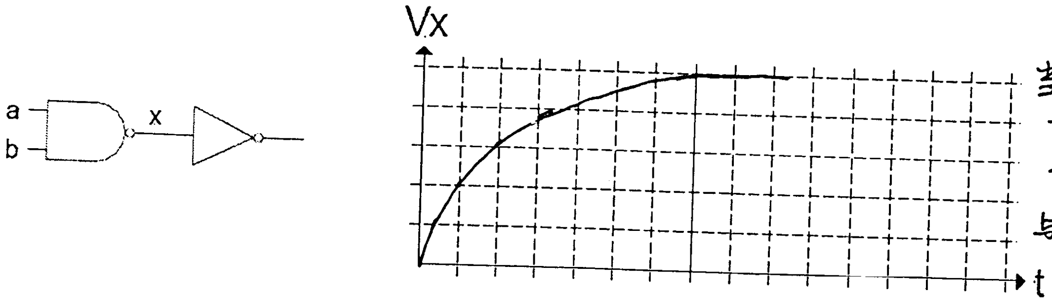
当 a=b=1 时

$V_x\to L$

而 T_1、T_3 截止 } T_2、T_4 导通

但 T_2、T_4 串联，阻抗变大，下降变慢；

2).Vx 最初为 0，令 a= 1，b=0。



当 a=1，b=0 时

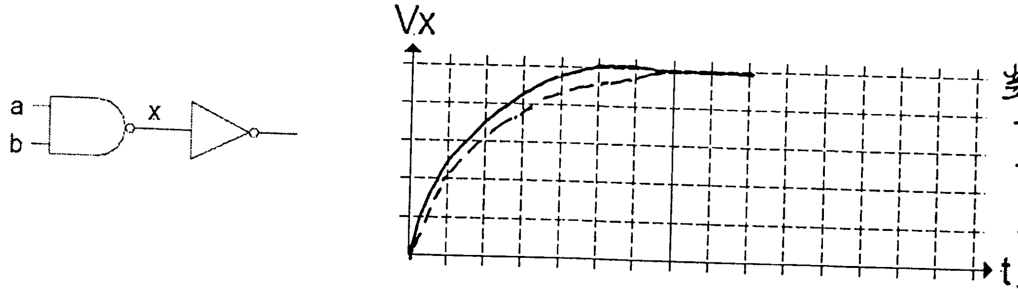
T_1 截止，T_2 导通，

T_3 导通，T_4 截止。

与非门与反相器速度一致

$V_x\to H$

3).Vx 最初为 0，令 a=b=0。



当 a=b=0，

T_2，T_4 截止

T_1、T_3 同时导通

并联阻抗变小，

速度变快。

$V_x\to H$

三、组合电路（33 分，得分________）

二进制

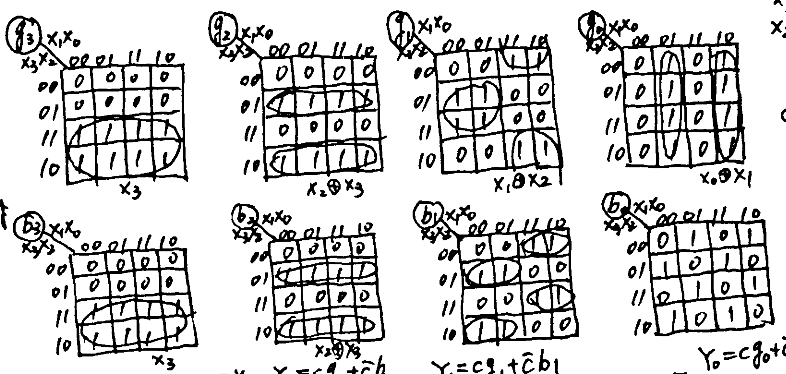
1、试设计一可逆的 4 位码转换电路。当控制信号 C=1 时，它将 8421 码转换为格雷码；C=0 时，它将格雷码转换为 8421 码。可以采用任何门电路实现。

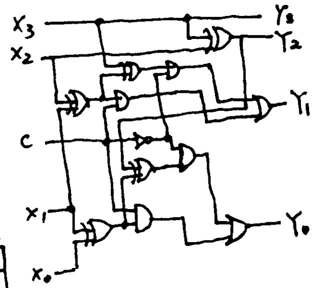
解：

$b_3b_2b_1b_0$	$g_3g_2g_1g_0$
0000	0000
0001	0001
0010	0011
0011	0010
0100	0110
0101	0111
0110	0101
0111	0100
1000	1100
1001	1101
1010	1111
1011	1110
1100	1010
1101	1011
1110	1001
1111	1000

C=1时，

C=0时





所以 $Y_3 = Cg_3+\bar{C}b_3 = X_3$，$Y_2 = Cg_2+\bar{C}b_2 = X_2\oplus X_3$，

$Y_1 = Cg_1+\bar{C}b_1 = (X_1\oplus X_2)C + (X_1\oplus X_2\oplus X_3)\bar{C}$，

$Y_0 = Cg_0+\bar{C}b_0 = (X_0\oplus X_1)\cdot C + (X_0\oplus X_1\oplus X_2\oplus X_3)\bar{C}$

2、已知 A 和 B 分别为 4 位二进制变量，试使用一片 74HC85 四位比较器、一片 74HC283 四位加法器以及若干门电路实现如下功能：

$$S = |A-B|$$

74HC85 功能表

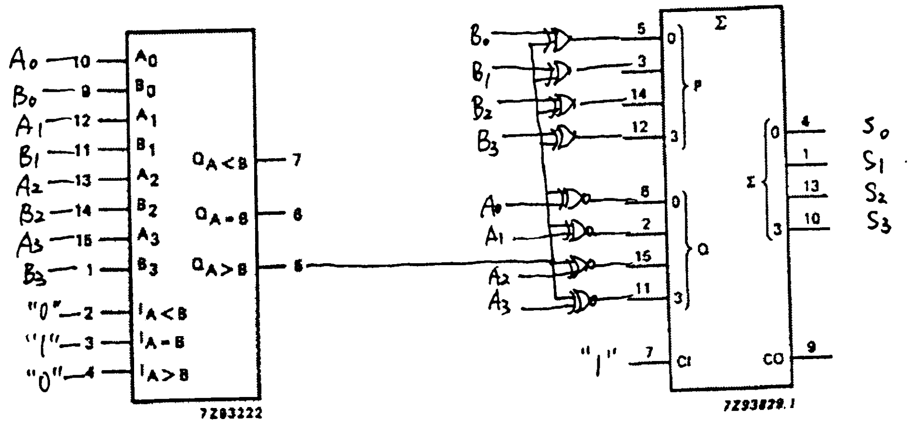
COMPARING INPUTS				CASCADING INPUTS			OUTPUTS		
A_3, B_3	A_2, B_2	A_1, B_1	A_0, B_0	$I_{A>B}$	$I_{A<B}$	$I_{A=B}$	$Q_{A>B}$	$Q_{A<B}$	$Q_{A=B}$
$A_3>B_3$	X	X	X	X	X	X	H	L	L
$A_3<B_3$	X	X	X	X	X	X	L	H	L
$A_3=B_3$	$A_2>B_2$	X	X	X	X	X	H	L	L
$A_3=B_3$	$A_2<B_2$	X	X	X	X	X	L	H	L
$A_3=B_3$	$A_2=B_2$	$A_1>B_1$	X	X	X	X	H	L	L
$A_3=B_3$	$A_2=B_2$	$A_1<B_1$	X	X	X	X	L	H	L
$A_3=B_3$	$A_2=B_2$	$A_1=B_1$	$A_0>B_0$	X	X	X	H	L	L
$A_3=B_3$	$A_2=B_2$	$A_1=B_1$	$A_0<B_0$	X	X	X	L	H	L
$A_3=B_3$	$A_2=B_2$	$A_1=B_1$	$A_0=B_0$	H	L	L	H	L	L
$A_3=B_3$	$A_2=B_2$	$A_1=B_1$	$A_0=B_0$	L	H	L	L	H	L
$A_3=B_3$	$A_2=B_2$	$A_1=B_1$	$A_0=B_0$	L	L	H	L	L	H
$A_3=B_3$	$A_2=B_2$	$A_1=B_1$	$A_0=B_0$	X	X	H	L	L	H
$A_3=B_3$	$A_2=B_2$	$A_1=B_1$	$A_0=B_0$	H	H	L	L	L	L
$A_3=B_3$	$A_2=B_2$	$A_1=B_1$	$A_0=B_0$	L	L	L	H	H	L

74HC283 功能表

PINS	C_{IN}	A_1	A_2	A_3	A_4	B_1	B_2	B_3	B_4	Σ_1	Σ_2	Σ_3	Σ_4	C_{OUT}
logic levels	L	L	H	L	H	H	L	L	H	H	H	L	L	H
active HIGH	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1
active LOW	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0

解：当 $A>B$ 时，$S = A+\bar{B}+1 = A-B$

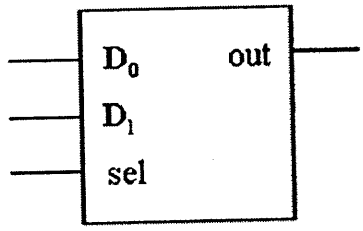
当 $A<B$ 时，$S = B-A = \bar{A}+B+1$



3、1950 年 Richard Hamming 发明了应用于计算机系统的汉明码。人们主要用汉明码来错误检验及修正。对于每四个数据位 A、B、C、D，有三个奇偶校验位 P_1、P_2、P_3。定义如下：

$$P_1 = A \oplus B \oplus D$$
$$P_2 = A \oplus C \oplus D$$
$$P_3 = B \oplus C \oplus D$$

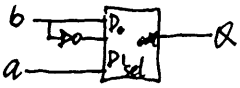
试用最少的 2 选 1 数据选择器来表示 P_1、P_2、P_3，并画出电路图。



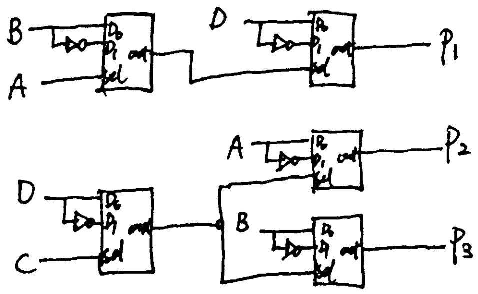
2 选 1 数据选择器

解：① 数据选择器实现异或

$Q = a \oplus b = a\bar{b} + \bar{a}b$



② 所以



4、设计一个无符号乘法器组合电路，用来将 4 位变量 $X_3X_2X_1X_0$ 乘上无符号常数 $199 = 0xC7$。器件选用加法器和逻辑门。

(1)最少要用多少个的 1 位半加器，写出设计流程。

(2)最少要用多少个的 1 位全加器，说明理由。

(1) 需要半加器 18个，

(2) 全加器 11个，最后一位不需要加法器，而第12位需要加法器，而第1，2位只需半加器。

解. (1) $Y = (X_3X_2X_1X_0)\cdot(0X11000111)$

$= (X_3X_2X_1X_0)\cdot(0X11001000 - 1)$

$= (X_3X_2X_1X_0)\cdot(1\ll7 + 1\ll6 + 1\ll3 - 1\ll0)$.

所以 $Y = X[3:0]\cdot(1\ll7 + 1\ll6 + 1\ll3 - 1\ll0)$

$= (X[3:0]\ll1 + X[3:0])\ll6 + (X[3:0]\ll3 - X[3:0])$

$= A\ll6 + B$

$= A[5:0]\ll6 + B[6:0]$

或 $Y = (X[3:0]\ll2 - X[3:0])\ll6 + (X[3:0]\ll3 - X[3:0])$

$= A[5:0]\ll6 + B[6:0]$.

$B = X[3:0]\ll3 - X[3:0]$

根据 $-X = \sim X + 1$

$$A = \begin{array}{r} X_3X_2X_1X_0 \\ +\ X_3X_2X_1X_0 \\ \hline X_0 \end{array} = \begin{array}{r} X_3X_2X_1X_0 \\ 1\ 1\ \bar{X}_3\bar{X}_2\bar{X}_1\bar{X}_0 \\ +1 \\ \hline \end{array}$$

有 $$B = \begin{array}{r} X_3X_2X_1X_0\,000 \\ 1\ 1\ 1\ \bar{X}_3\bar{X}_2\bar{X}_1\bar{X}_0 \\ +0001 \\ \hline \end{array}$$

所以 $$Y = \begin{array}{r} X_3X_2X_1X_0\,00\,0000 \\ X_3X_2X_1X_0\,00\,X_2X_1X_0\,000 \\ X_3\ \ \bar{X}_3\bar{X}_2\bar{X}_1\bar{X}_0 \\ 1\ 1\ 1 \\ +0001 \\ \hline X_0 \end{array}$$

因为 $1+\bar{X}_0 = \{\bar{X}_0, X_0\}$，$1+X_0 = \{X_0, \bar{X}_0\}$

$$\Longrightarrow \begin{array}{r} X_3X_2X_1X_0\ \ \bar{X}_0\,000\,000 \\ 1\,1\,X_3X_2\bar{X}_1\ \ X_3X_2X_1X_0\,000 \\ 1\ \ 1\,1\,\bar{X}_3\,\bar{X}_2\,\bar{X}_1\,X_0 \\ \bar{X}_0\,0 \\ + \\ \hline X_0 \end{array}$$

$\Downarrow$

$X_3 \mid \bar{X}_3\bar{X}_2X_1X_0$

$X_2 \mid \bar{X}_3\bar{X}_2\bar{X}_1\bar{X}_0$

$X_3X_2X_1X_0$

$1\ 1\ \bar{X}_3\ \bar{X}_2\bar{X}_1\ X_0$

~~本位~~ 共有加法8个，进位加10个

(1) 直接加有

$$Y = \begin{array}{r} X_3X_2X_1X_0\,0000000 \\ X_3X_2X_1X_0\,0\,00000 \\ X_3X_2X_1X_0\,000 \\ X_3X_2X_1X_0\,0 \\ X_3X_2X_1X_0 \\ + \\ \hline X_0 \end{array}$$

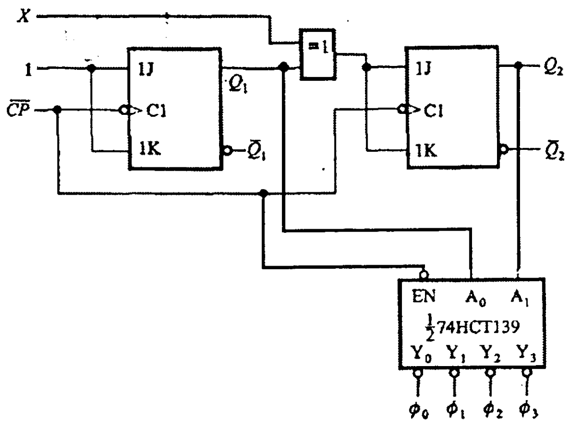
共需本位加法9个

进位加9个；

四、触发器和时序分析（20 分，得分______）

1、逻辑电路图如下图所示，试画出在 CP、X 作用下，ϕ_0、ϕ_1、ϕ_2、ϕ_3的波形。

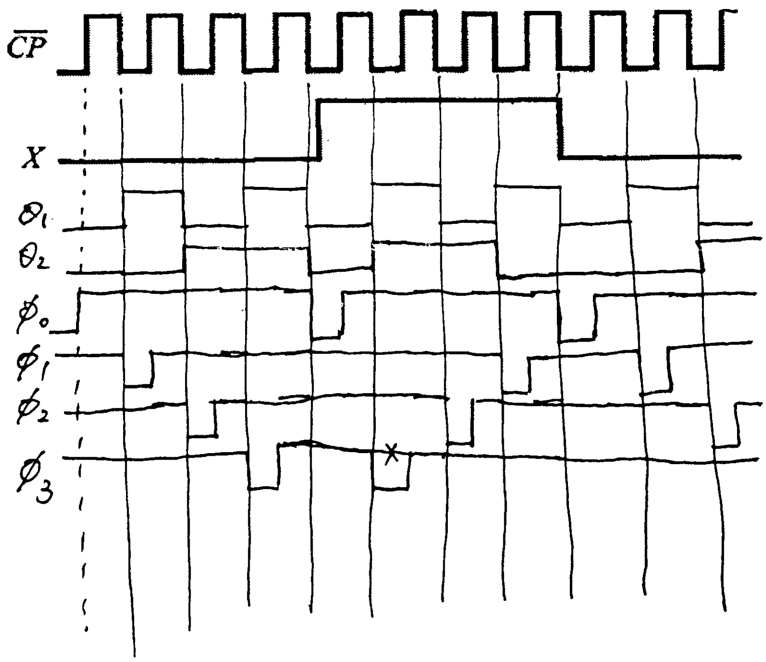
（初始 Q_1 Q_2 均为 0）.



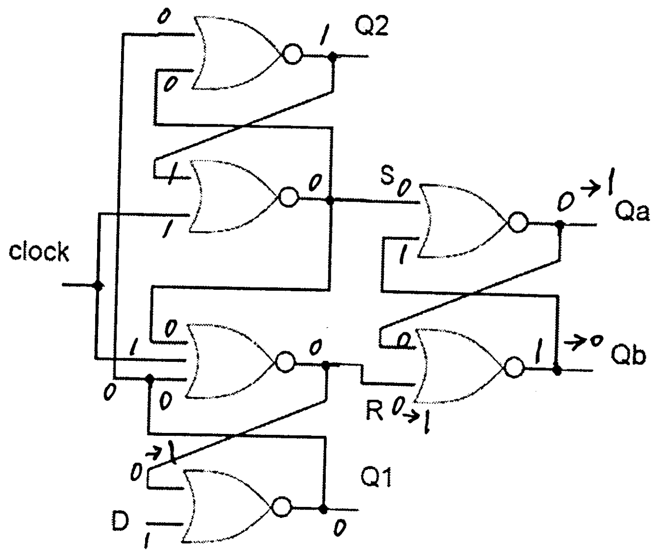
74HCT139 功能表(2-4 线译码器)

INPUTS			OUTPUTS			
$n\overline{E}$	nA_0	nA_1	$n\overline{Y}_0$	$n\overline{Y}_1$	$n\overline{Y}_2$	$n\overline{Y}_3$
H	X	X	H	H	H	H
L	L	L	L	H	H	H
L	H	L	H	L	H	H
L	L	H	H	H	L	H
L	H	H	H	H	H	L

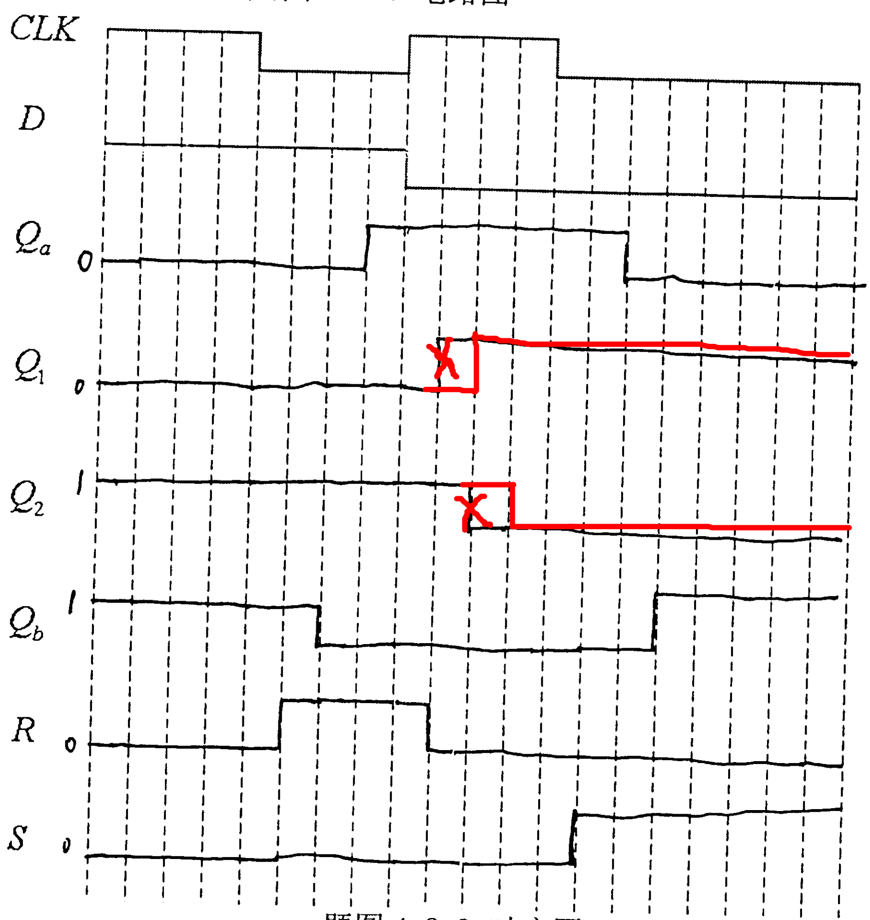
题图 4.1 逻辑电路图



2、根据下列电路图画出时序图，假设门电路有一个单位的延时，Q_a 初始值为 0， 根据输入信号 D，画出 Q_1, Q_2, Q_a, Q_b, S, R。



题图 4.2-1 电路图



题图 4.2-2 时序图

五、综合设计（20分，得分________）

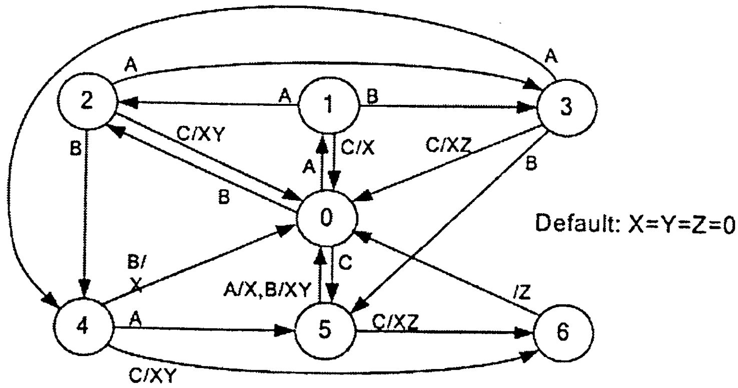
一台自动贩卖机由一个状态机控制，它有三个输入信号 A、B、C。每当投入 10 便士、20 便士或 50 便士之后，A、B 或 C(每次只有一个)在时钟上升沿后立刻变为 1，并会在一个时钟周期内保持 1。状态机有三个输出 X、Y、Z，各自代表给出一条巧克力棒、找回 10 便士和找回 20 便士。图 5.1 为该自动贩卖机的状态转换图，图中除了在状态转换箭头上已标注的外，其余输出信号均为 0。

(1) 完成图 5.2 的时序图：状态 $S2:0$ 序列用十进制数表示，并画出 X、Y、Z 的波形。

(2) 推导出巧克力棒的价格。

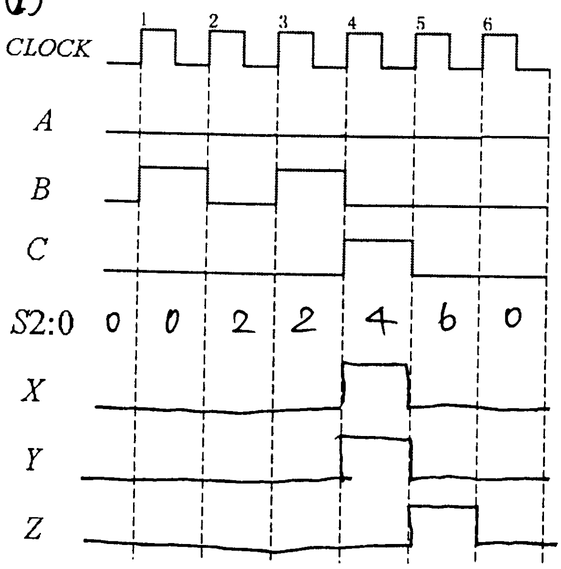
(3) 给出 X、Y、Z 的最简逻辑表达式。

(4) 画出修改设计后的新状态转换图：与前面有相同的输入和输出信号，但巧克力棒的价格为 40 便士，且输出 Y 和 Z 不能同时为 1。



题图 5.1 状态转换图

解：(1)



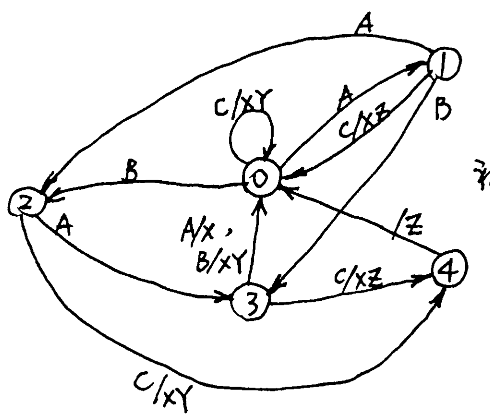
题图 5.2 时序图

注意：B/X是表示在当前状态下的输入B并输出X，在这个输入B再下一周期跳转到下一状态。

(2) 由状态 S_0 出发投入 20便士到达状态 S_2，再投入20便士到达状态 S_4，再投入 20便士给出一条巧克力棒，并回到状态 S_0，所以巧克力棒为 60便士。

(3)
$$X = C\cdot(S_1+S_2+S_3+S_4+S_5) + B(S_4+S_5) + A\,S_5$$
$$= C(S_2\oplus S_1 + \overline{S_2}S_0) + B(S_2\overline{S_1}) + A S_2\overline{S_1}S_0$$
$$= C\overline{S_2}(S_1+S_0) + S_2\overline{S_1}(C+B+A\cdot S_0)$$
$$Y = C(S_2+S_4) + B\,S_5$$
$$= C\overline{S_0}(S_2\oplus S_1) + B S_2\overline{S_1}S_0$$
$$Z = C\cdot(S_3+S_5) + S_6$$
$$= C\cdot S_0(S_2\oplus S_1) + S_2 S_1\overline{S_0}$$

(4)



ABC/XYZ

S[2:0]

初始值 X=Y=Z=0.