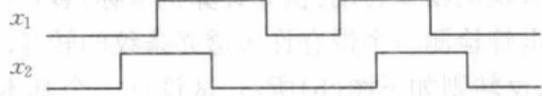
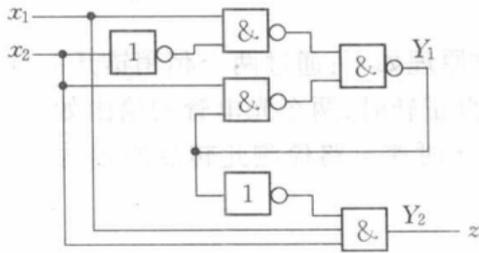


第五章 异步时序电路

1. 分析下图所示电路。

(1) 写出状态流程表，画出状态转换图。

(2) 假定系统初始状态为 $Y_1 = 0$ ，画出下图所示输入波形对应的输出波形，并据此分析电路功能。



先写出激励方程和输出方程：

$$Y_1 = \overline{x_1 \overline{x_2} \overline{x_2} y_1} = x_1 \overline{x_2} + x_2 y_1$$

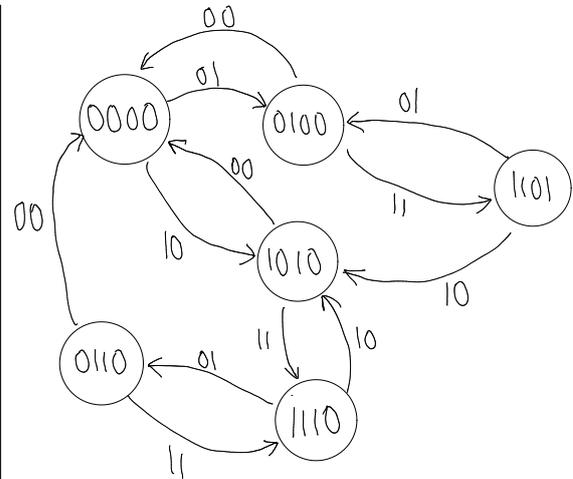
$$Y_2 = \overline{y_1} x_1 x_2$$

$$z = Y_2$$

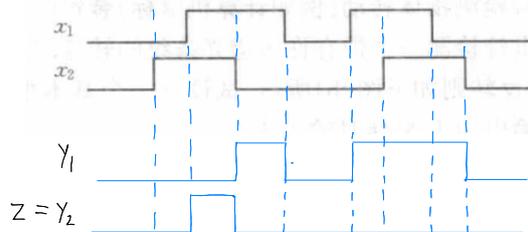
再写出状态流程表：

$Y_1 Y_2$	$Y_1 Y_2$			
	$x_1 x_2 = 00$	$x_1 x_2 = 01$	$x_1 x_2 = 11$	$x_1 x_2 = 10$
00	00	00	01	10
01	00	00	01	10
10	00	10	10	10
11	00	10	10	10

将 $x_1 x_2 y_1 y_2$ 作为系统总态，画出状态转换图：



再画出波形图：

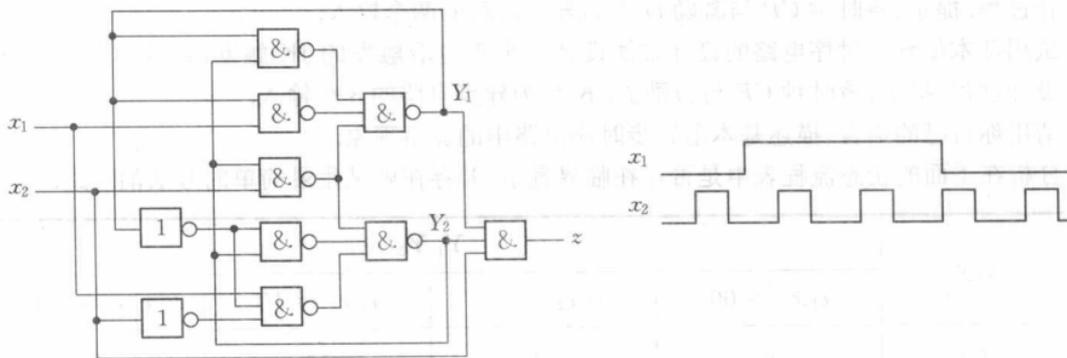


于是可以分析出功能为：当 x_2 在 x_1 之前先变为 1 时，输出 $x_1 x_2$ ，否则输出 0。

2. 分析下图所示电路。

(1) 写出状态流程表，画出状态转换图。

(2) 假定系统初始状态为 $Y_1Y_2 = 00$ ，画出在下图所示输入波形下的输出波形，并据此分析电路功能。

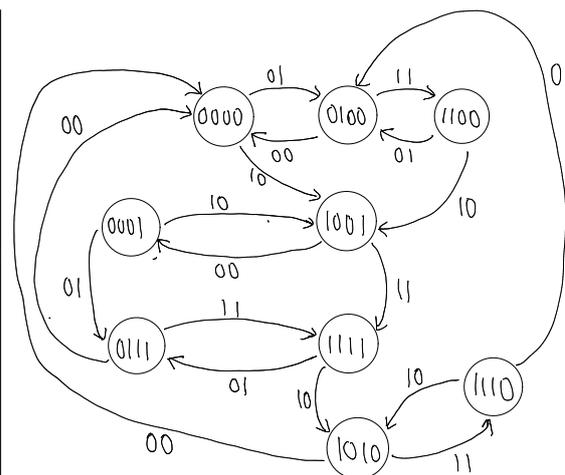


先写出激励方程和输出方程：

$$Y_1 = \overline{y_1 y_2 y_1 x_1 y_2 x_2} = y_1 y_2 + y_1 x_1 + y_2 x_2$$

$$Y_2 = \overline{y_2 x_2 y_1 y_2 y_1 x_2} = y_2 x_2 + \overline{y_1} y_2 + \overline{y_1} x_1 \overline{x_2}$$

$$z = y_1 y_2 x_2$$

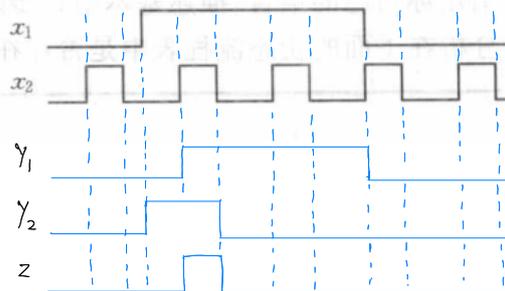


再写出状态流程表：

$Y_1 Y_2$	$Y_1 Y_2$			
	$x_1 x_2 = 00$	$x_1 x_2 = 01$	$x_1 x_2 = 11$	$x_1 x_2 = 10$
00	00	00	00	01
01	01	11	11	01
11	10	11	11	10
10	00	00	10	10

将 $x_1 x_2 y_1 y_2$ 作为系统总态，画出状态转换图：

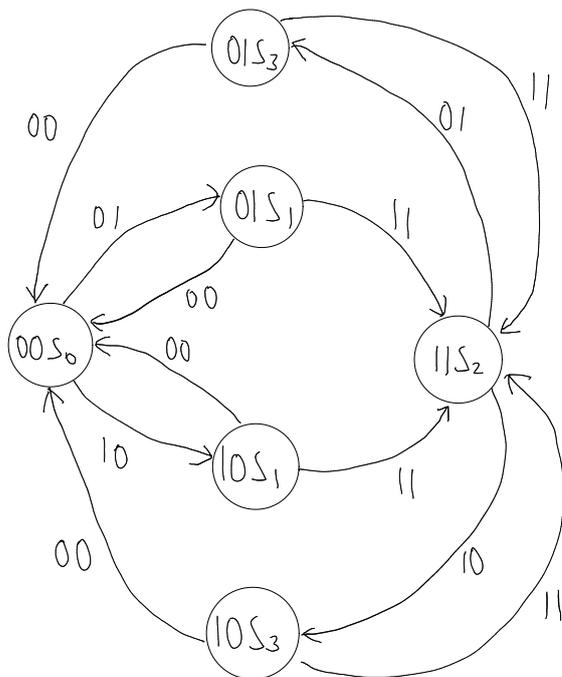
再画出波形图：



于是可以分析出功能为：当 x_1 为 0 时，输出为 0；当 x_1 出现上升沿后，输出 x_2 的第一个脉冲（如果 x_1 在 x_2 的脉冲期间上升，则输出当前脉冲）。

3. 设计一个基本型异步时序电路，输入 x_1, x_2 ，输出 z 。如果输入变量个数按二进制增加，则输出为 1，反之输出为 0。所谓按二进制增加是指 $x_1x_2 = 00 \rightarrow 10 \rightarrow 11$ 或 $00 \rightarrow 10 \rightarrow 11$ 。

用 S_0, S_1, S_2, S_3 表示系统状态，画出状态转换图：



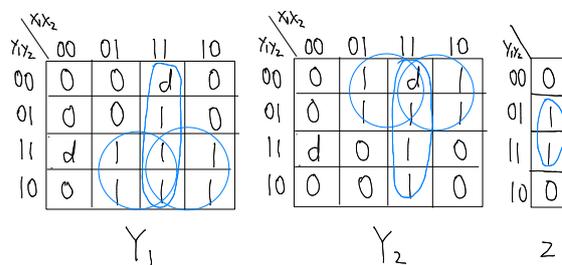
图中的 S_1 和 S_2 状态的输出为 1， S_0 和 S_3 状态的输出为 0。再写出状态流程表：

$Y_1 Y_2$	$Y_1 Y_2$				z
	$x_1 x_2 = 00$	$x_1 x_2 = 01$	$x_1 x_2 = 11$	$x_1 x_2 = 10$	
S_0	S_0	S_1	dd	S_1	0
S_1	S_0	S_1	S_2	S_1	1
S_2	dd	S_3	S_2	S_3	1
S_3	S_0	S_3	S_2	S_3	0

显然状态已经最简了，无法合并了。之后分配状态，根据输出， S_1, S_2 应该相邻， S_0, S_3 应该相邻。为了避免竞争， S_0, S_1 应该相邻， S_2, S_3 应该相邻。因此可以分配 $S_0 = 00, S_1 = 01, S_2 = 11, S_3 = 10$ 。重新写出状态流程表：

$Y_1 Y_2$	$Y_1 Y_2$				z
	$x_1 x_2 = 00$	$x_1 x_2 = 01$	$x_1 x_2 = 11$	$x_1 x_2 = 10$	
00	00	01	dd	01	0
01	00	01	11	01	1
11	dd	10	11	10	1
10	00	10	11	10	0

据此分别画出 Y_1, Y_2, z 的卡诺图：



检查任意项，不会发生临界竞争。

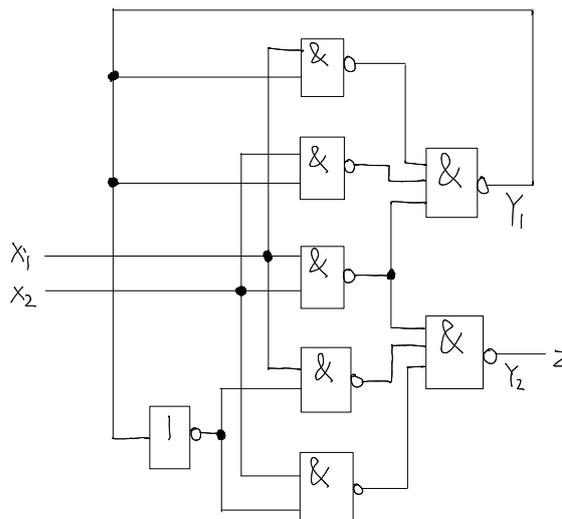
于是可以得到激励方程和输出方程：

$$Y_1 = y_1 x_1 + y_1 x_2 + x_1 x_2 = \overline{x_1 y_1} \overline{x_2 y_1} \overline{x_1 x_2}$$

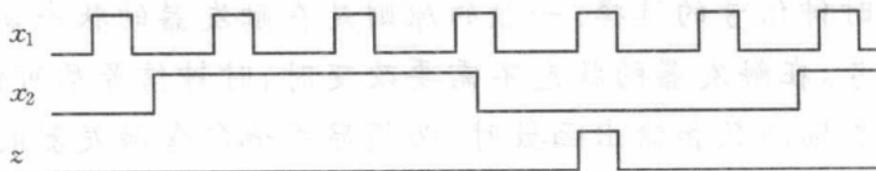
$$Y_2 = \overline{y_1} x_1 + \overline{y_1} x_2 + x_1 x_2 = \overline{\overline{y_1} x_1} \overline{\overline{y_1} x_2} \overline{x_1 x_2}$$

$$z = y_2$$

则可以画出逻辑电路图：



4. 设计一个单脉冲发生器，两个输入为 x_1 、 x_2 ，输出 z ，其中 x_1 为连续的脉冲信号， x_2 为一个开关信号，要求当 x_2 从高跳变到低后， z 输出一个完整的 x_1 脉冲，并只有在输出 z 变低以后， x_2 才能再次由低到高，其波形如下图所示。



“并只有在输出 z 变低以后， x_2 才能再次由低到高”这句话是根据输出限制输入？那也就是说只是限制输入的变化情况的，用来简化题目的。

根据波形图可以划分出 5 个状态：

- S_0 : 初始状态， x_2 为 0， z 保持 0；
- S_1 : x_2 变为 1， z 仍然为 0；
- S_2 : x_2 在 x_1 为 1 时从 1 变 0，当前脉冲不能算，等待下一个 x_1 的脉冲；
- S_3 : x_2 和 x_1 都是 0，下一个 x_1 上升沿即可将 z 置为 1；
- S_4 : x_2 从 1 变 0 后 x_1 的首个脉冲期间， z 为 1。

直接画出状态流程表：

$Y_1 Y_2$	$Y_1 Y_2$				z
	$x_1 x_2 = 00$	$x_1 x_2 = 01$	$x_1 x_2 = 11$	$x_1 x_2 = 10$	
S_0	S_0	S_1	S_1	S_0	0
S_1	S_3	S_1	S_1	S_2	0
S_2	S_3	S_1	S_1	S_2	0
S_3	S_3	S_1	S_1	S_4	0
S_4	S_0	dd	dd	S_4	1

根据隐含表查看状态是否可以化简：

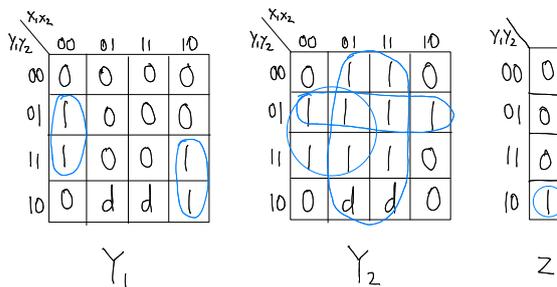
S_0					
S_1	X				
S_2	X	✓			
S_3	X	X	X		
S_4	X	X	X	X	
	S_0	S_1	S_2	S_3	S_4

可以发现 S_1 和 S_2 等价（对啊，之前怎么没想到呢， S_1 和 S_2 都是等待转换到 S_3 的状态，也就是说要转换到 S_3 必须要输入为 00），因此状态可以合并。

接下来分配状态，根据输出， $S_0, \{S_1, S_2\}, S_3$ 应该相邻；为了避免竞争， $\{S_1, S_2\}, S_3$ 应该相邻， S_4, S_0 应该相邻， S_3, S_4 应该相邻。因此可以分配 $S_0 = 00, \{S_1, S_2\} = 01, S_3 = 11, S_4 = 10$ 。重新写出状态流程表：

$Y_1 Y_2$	$Y_1 Y_2$				z
	$x_1 x_2 = 00$	$x_1 x_2 = 01$	$x_1 x_2 = 11$	$x_1 x_2 = 10$	
00	00	01	01	00	0
01	11	01	01	01	0
11	11	01	01	10	0
10	00	dd	dd	10	1

据此分别画出 Y_1, Y_2, z 的卡诺图：



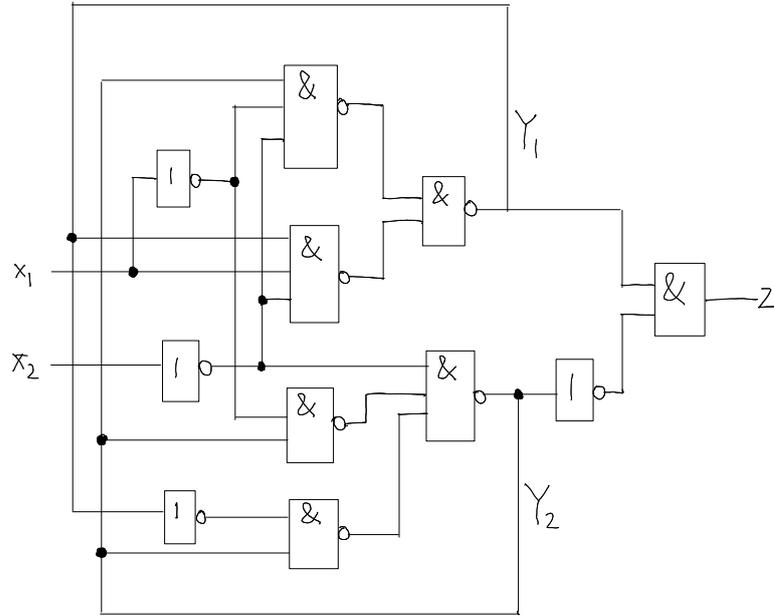
检查任意项，不会发生临界竞争。于是可以得到激励方程和输出方程：

$$Y_1 = y_2 \bar{x}_1 \bar{x}_2 + y_1 x_1 \bar{x}_2 = \overline{\overline{y_2 \bar{x}_1 \bar{x}_2} \overline{y_1 x_1 \bar{x}_2}}$$

$$Y_2 = x_2 + y_2 \bar{x}_1 + \bar{y}_1 y_2 = \overline{\overline{x_2} \overline{y_2 \bar{x}_1} \overline{\bar{y}_1 y_2}}$$

$$z = y_1 \bar{y}_2$$

则可以画出逻辑电路图：



7. 试用基本型异步时序电路的设计方法设计一个负边沿触发的 D 触发器，要求写出详细的设计过程。提示：将时钟 CP 与激励 D 作为异步电路的两个输入。

首先考虑状态如何设计，输出为 1 和输出为 0 肯定是两个不同的状态，那么先假设就这两个状态。之后考虑状态如何转换，输出为 0 到输出为 1 的条件是 D 为 1 并且 CP 下降沿。如果将输入状态用 D 和 CP 表示，那么就是从 11 变化到 10 的时候。那么在状态流程表上就是这样的。

系统 状态	激励状态				Z	
	D,CP=00	D,CP=01	D,CP=11	D,CP=10		
A	A	A	A	B	A	0
B	B	A	B	B	B	1

可以看到，对于状态 A，从 11 变成 00 的时候 (CP 下降沿的时候 D 为 1) 要改变状态到 B，但是从 00 到 10 的时候 (CP 不是下降沿) 不改变状态；同理对于状态 B，从 01 变成 00 的时候 (CP 下降沿的时候 D 为 0) 要改变状态到 A，但是从 10 到 00 的时候 (CP 不是下降沿) 不改变状态。

但是一个系统总态只能对应一个激励状态，也就是状态流程表中一个格子只能填一个状态，因此这就需要拆分状态。将 A 拆分为 A_1, A_2 ，其中 A_1 表示不改变状态的情况， A_2 表示要改变到 B 的情况；同理，将 B 拆分为 B_1, B_2 ，其中 B_1 表示不改变状态的情况， B_2 表示要改变到 A 的情况。即可得到状态流程表如下：

系统状态	激励状态				Z
	D,CP=00	D,CP=01	D,CP=11	D,CP=10	
A ₁	A ₁	A	A ₂	A ₁ ← A	0
A ₂	A ₁	A	A ₂ → B	B	0
B ₁	B → B ₁	B	B ₂	B ₁	1
B ₂	A ← A	B	B ₂	B ₁	1

图中的稳定状态已经圈出。可以注意到：系统总态为 11A₁ 的格子的激励状态为 A₂，不是稳定状态，因此这也就避免了系统总态从 11A₁ 到 10A₁ 的情况，所以 10A₁ 的激励状态就可以填入 A₁ 了，同理系统总态为 00A₂ 的格子的激励状态为 A₁，这也不是稳定状态，这也就避免了系统总态从 00A₂ 到 10A₂ 的情况，所以 10A₂ 的激励状态就可以填入 B 了 (B₁ 或 B₂ 均可)。因此这样就解决了拆分前无法填入的问题。

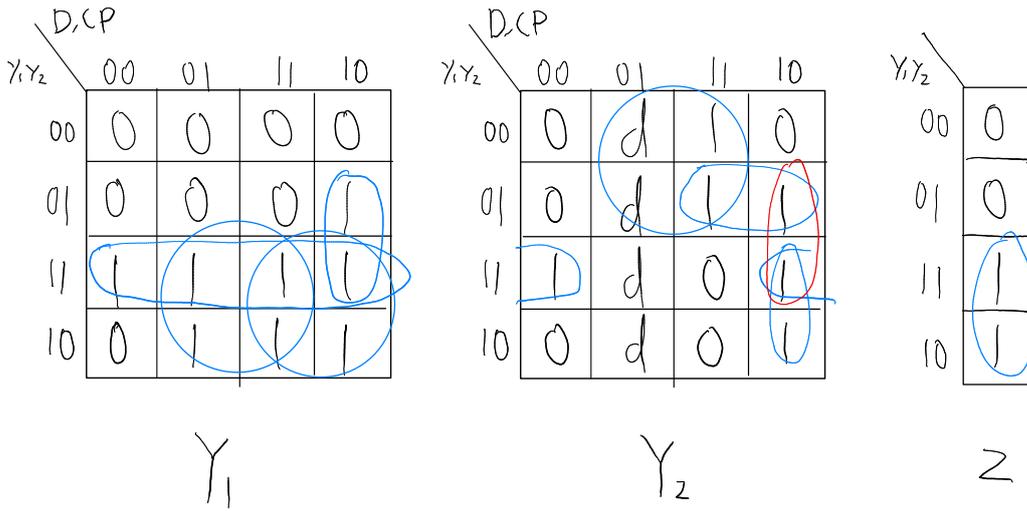
另外还可以注意到系统总态为 01A₁ 和 01A₂ 的这两个格子只填了 A，代表着填入 A₁ 或 A₂ 均可，因为这里填 A₁ 还是 A₂ 不会影响输出也不会影响接下来的状态转换。

之后根据状态相邻的关系分配状态避免竞争。观察从不稳定状态转化到稳定状态的过程，可以看到 A₁A₂ 应该相邻，B₁B₂ 应该相邻。因此可以分配状态如下：A₁ : 00, A₂ : 01, B₁ : 11, B₂ : 00。之后可以得到新的状态流程表：

Y ₁ Y ₂	Y ₁ Y ₂				Z
	D,CP=00	D,CP=01	D,CP=11	D,CP=10	
00	00	0d	01	00	0
01	00	0d	01	11	0
11	11	1d	10	11	1
10	00	1d	10	11	1

其中，系统总态 (D, CP, y₁, y₂) 为 1001 的格子虽然只要填入 B 对应的状态就可以了，也就是 1d，但是为了防止竞争的产生，这是填入了 11；同理系统总态为 0010 的格子也填入了 00 而不是 0d。

于是可以画出 Y₁, Y₂, z 的卡诺图：



要注意防止卡诺圈相切造成冒险。

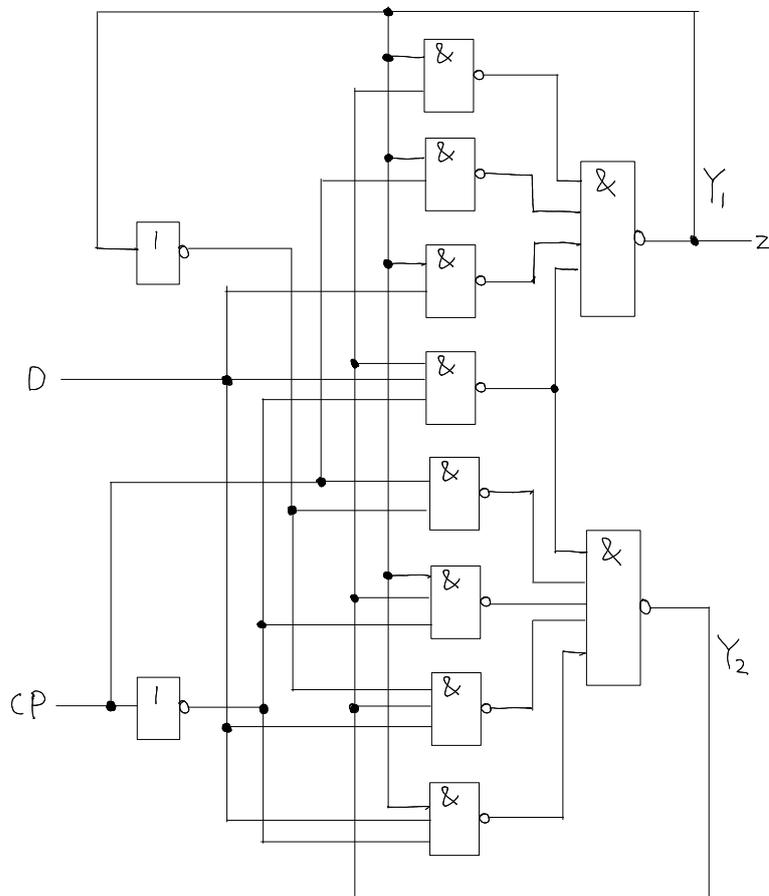
于是可以得到激励方程和输出方程（这里就不化成与非的形式了，电路图中直接使用与非门即可）：

$$Y_1 = y_1y_2 + y_1CP + y_1D + y_2D\overline{CP}$$

$$Y_2 = \overline{y_1}CP + y_1y_2\overline{CP} + \overline{y_1}y_2D + y_1D\overline{CP} + y_2D\overline{CP}$$

$$z = y_1$$

则可以画出逻辑电路图：



8. 试用基本型异步时序电路的设计方法设计一个正边沿触发的 JK 触发器，要求写出详细的设计过程。提示：将时钟 CP 与激励 J、K 作为异步电路的 3 个输入。

同样用上题的做法，先画出未拆分状态的状态流程表：

系统状态	激励状态								z	
	J, K, CP	000	001	011	010	110	111	101		100
A	A	A	A	A	A	\xrightarrow{B}		\xleftarrow{B}	A	0
B	B	B	\xleftarrow{A}	B	B	\xrightarrow{A}		B	B	1

拆分状态后的状态流程表：

系统状态	激励状态								z	
	J, K, CP	000	001	011	010	110	111	101		100
A ₁	A	A ₂	A ₂	A	A ₁	\xrightarrow{B}	B	\xleftarrow{B}	A ₁	0
A ₂	A	A ₂	A ₂	A	A ₁	A ₂	A ₂	A ₂	A ₁	0
B ₁	B	B ₂	A	\xleftarrow{A}	B ₁	B ₁	\xrightarrow{A}	B ₂	B	1
B ₂	B	B ₂	B ₂	B ₁	B ₁	B ₂	B ₂	B	B	1

分配状态后：

Y ₁ Y ₂	Y ₁ Y ₂								z		
	J, K, CP	000	001	011	010	110	111	101		100	
00	0d	01	01	0d	00	\xrightarrow{B}	10	10	\xleftarrow{B}	00	0
01	0d	01	01	0d	00	01	01	01	00	0	
11	1d	10	01	\xleftarrow{A}	11	11	\xrightarrow{A}	01	10	1d	1
10	1d	10	10	11	11	10	10	10	1d	1	

Y₁, Y₂ 的卡诺图 (z = y₁, 不用画了)：

J, K, CP	Y ₁ Y ₂							
Y ₁ Y ₂	000	001	011	010	110	111	101	100
00	0	0	0	0	0	1	1	0
01	0	0	0	0	0	0	0	0
11	1	1	0	1	1	0	1	1
10	1	1	1	1	1	1	1	1

Y₁

J, K, CP	Y ₁ Y ₂							
Y ₁ Y ₂	000	001	011	010	110	111	101	100
00	d	1	1	d	0	0	0	0
01	d	1	1	d	0	1	1	0
11	d	0	1	1	1	1	0	d
10	d	0	0	1	1	0	0	d

Y₂

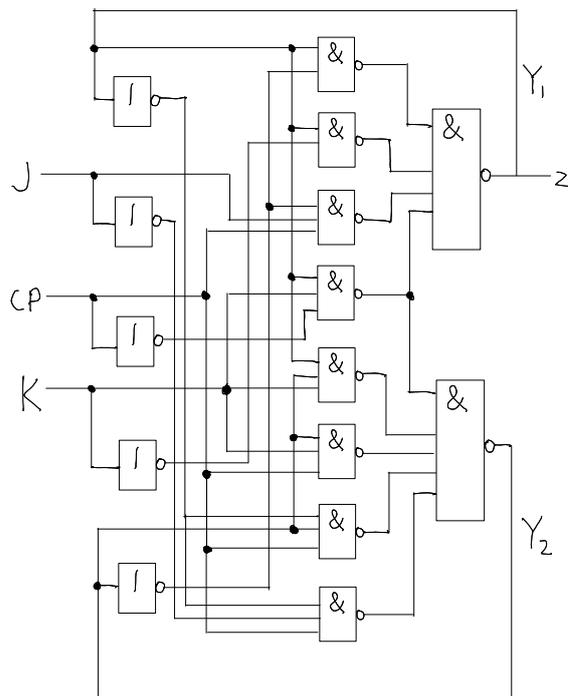
激励方程与输出方程：

$$Y_1 = y_1 \bar{y}_2 + y_1 \bar{K} + \bar{y}_2 J CP + y_1 K \bar{C}P$$

$$Y_2 = y_1 K \bar{C}P + y_1 y_2 K + y_2 K CP + \bar{y}_1 y_2 CP + \bar{y}_1 \bar{J} CP$$

$$z = y_1$$

逻辑电路图：



10. 分析在下面的状态流程表中是否存在临界竞争。若存在则试用最简单的方法消除之。

$y_1 y_2$	$Y_1 Y_2$			
	$x_1 x_2 = 00$	$x_1 x_2 = 01$	$x_1 x_2 = 10$	$x_1 x_2 = 11$
00	00	01	10	11
01	00	01	01	01
11	01	00	11	10
10	10	11	11	10

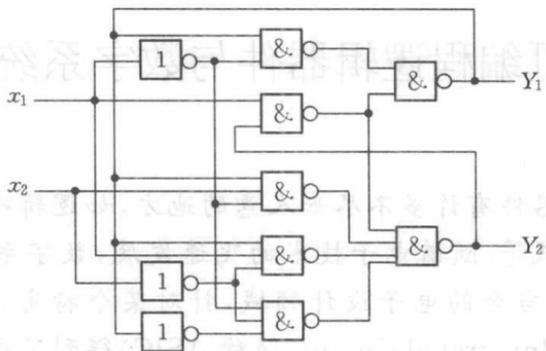
$y_1 y_2$	$Y_1 Y_2$			
	$x_1 x_2 = 00$	$x_1 x_2 = 01$	$x_1 x_2 = 10$	$x_1 x_2 = 11$
00	00	01	10	11
01	00	01	01	01
11	01	00	11	10
10	10	11	11	10

可以看到存在临界竞争。当系统总态（用 $x_1 x_2 y_1 y_2$ 表示）为 0111 时和 1100 时会发生临界竞争。可以直接改变对应位置的激励状态

来消除临界竞争：

$y_1 y_2$	$Y_1 Y_2$			
	$x_1 x_2 = 00$	$x_1 x_2 = 01$	$x_1 x_2 = 10$	$x_1 x_2 = 11$
00	00	01	10	10
01	00	01	01	01
11	01	01	11	10
10	10	11	11	10

11. 试分析下图电路的可靠性，并在不改变电路逻辑功能的前提下修改电路，以确保工作稳定。



首先写出激励方程和输出方程（好像输出就是激励）。

$$Y_1 = \overline{y_1} \overline{x_1} \overline{x_2} y_2 = y_1 \overline{x_1} + x_1 y_2$$

$$Y_2 = \overline{x_1} y_2 + y_1 x_2 \overline{x_1} + y_1 x_1 \overline{x_2} + \overline{x_1} \overline{x_2} y_1$$

$$= x_1 y_2 + y_1 x_2 \overline{x_1} + y_1 x_1 \overline{x_2} + \overline{x_1} \overline{x_2} y_1$$

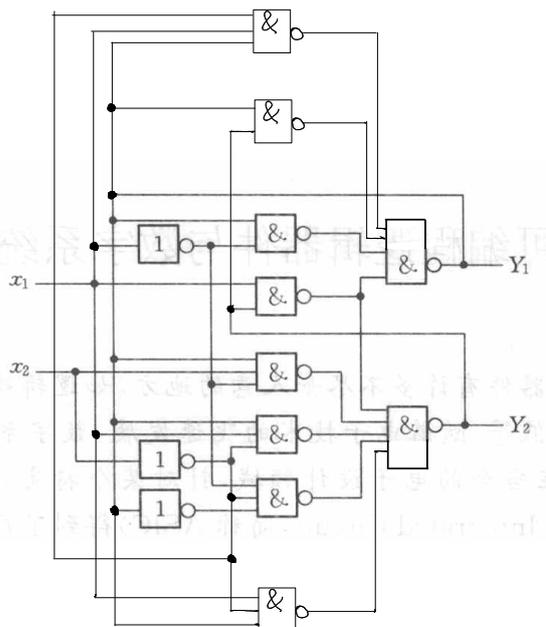
之后写出状态流程表：

$Y_1 Y_2$	$Y_1 Y_2$			
	$x_1 x_2$	00	01	11
00	01	00	00	00
01	01	00	11	11
11	10	11	11	11
10	10	11	00	01

卡诺圈相切，存在冒险
需要增加冗余项

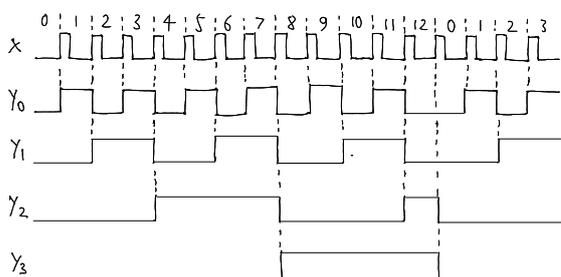
临界竞争，应更改为11

Y_1 应增加冗余项 y_1y_2 , Y_2 应增加冗余项 $y_1y_2x_2$ 。
 消除临界竞争, Y_1 需要再增加一项 $y_1x_1\bar{x}_2$ 。
 $Y_1 = y_1\bar{x}_1 + x_1y_2 + y_1y_2 + y_1x_1\bar{x}_2$
 $Y_2 = x_1y_2 + y_1x_2\bar{x}_1 + y_1x_1\bar{x}_2 + \bar{x}_1\bar{x}_2y_1 + y_1y_2x_2$
 逻辑电路图修改为:

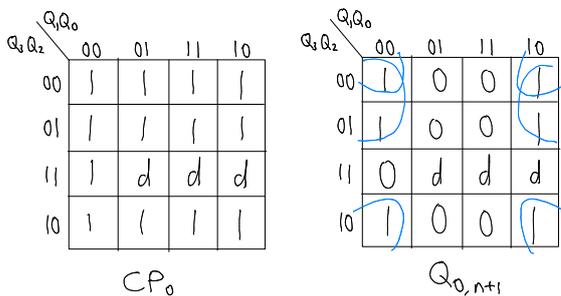


13. 试用 D 触发器设计一个 13 进制异步计数器。

以 x 作为输入, y_0, y_1, y_2, y_3 作为从低位到高位输出, 画出时序波形图:



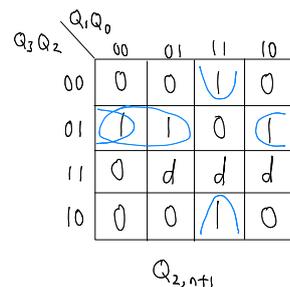
假设 D 触发器为上升沿有效。根据时钟选择的原则, $CP_0 = x$, 画出 y_0 的卡诺图如下:



$$D_0 = Q_{0,n+1} = \bar{Q}_3\bar{Q}_0 + \bar{Q}_2\bar{Q}_0$$

$CP_1 = \bar{y}_0$, 观察可以发现每次 y_0 的下降沿都会触发 y_1 翻转, 所以 Q_1 可以接成 T 触发器。

$CP_2 = x$, 其实 CP_2 的卡诺图不需要画了, 反正当作全 1 了。画出 y_2 的卡诺图如下:



$$D_2 = Q_{2,n+1} = \bar{Q}_3Q_2\bar{Q}_1 + \bar{Q}_3Q_2\bar{Q}_0 + \bar{Q}_2Q_1Q_0$$

$CP_3 = \bar{y}_2$, 同样观察可以发现每次 y_2 的下降沿都会触发 y_3 翻转, 所以 Q_3 也可以接成 T 触发器。

所以画出逻辑电路图如下:

