

## § 2.10 数电实验一 自动售货机

### 一、实验原理

#### 1. 自动售货机的设计

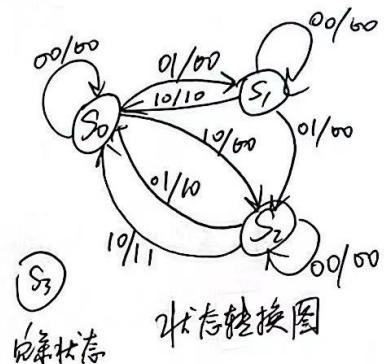
① 投入硬币的情况为输入信号：  $BA = 00$  表示未投入  $BA = 01$  表示投入35毛  
 $BA = 10$  表示投入1元  $BA = 11$  不允许出现

② 售货机的找零与发货的情况为输出信号：  $YZ = 00$  不出不找零  $YZ = 01$  找零  
 $YZ = 10$  发货但不找零  $YZ = 11$  发货找零

③ 状态确定 — 使用判决模型

利用2个D触发器  $Q_1 Q_0$

$S_0$  00 为初始状态  
 $S_1$  01 为已累加投入5角 (判决结果)  
 $S_2$  10 为已累加投入1元  
 $S_3$  (冗余) 11



④ 状态转换表

状态	$Q_1 Q_0$	次态 $Q_1^{n+1} Q_0^{n+1}$ / 输出 $YZ$			
		$BA = 00$	$BA = 01$	$BA = 11$	$BA = 10$
$S_0$	00	00/00	01/00	dd/dd	10/00
$S_1$	01	01/00	10/00	dd/dd	00/10
$S_2$	10	10/00	00/10	dd/dd	00/11
$S_3$	11	dd/dd	dd/dd	dd/dd	dd/dd

⑤ 由LNU得出：  $Y = Q_1 Q_0 \overline{BA}$

输出表达式

$Q_1 Q_0$	00	01	11	10
00	0	0	d	0
01	0	0	d	1
11	d	d	d	d
10	0	1	d	1

$$Y = Q_0^n B + Q_1^n B + Q_1^n A$$

$$Z := Q_1 Q_0$$

		BA			
		00	01	11	10
00		0	0	d	0
01		0	0	d	0
11		d	d	d	d
10		0	0	d	1

$$Z = Q_1^n B$$

次态激励方程：

$$Q_1^{n+1} := Q_1^n Q_0$$

		BA			
		00	01	11	10
00		0	0	(d)	1
01		0	1	d	0
11		(d)	d	d	d
10		1	0	d	0

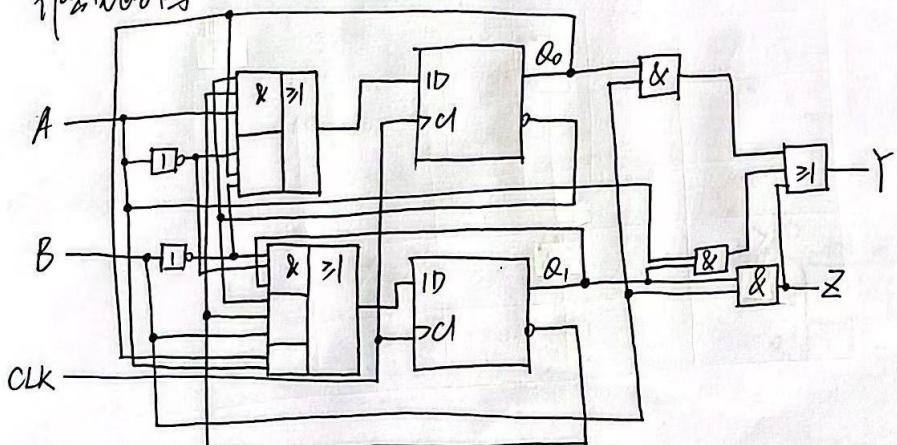
$$Q_1^{n+1} = Q_0^n A + \bar{Q}_0^n \bar{Q}_1^n B + Q_1^n \bar{B} \bar{A} = D$$

$$Q_0^{n+1} := Q_1^n Q_0$$

		BA			
		00	01	11	10
00		0	(1)	d	0
01		1	0	d	0
11		d	d	d	d
10		0	0	d	0

$$Q_0^{n+1} = \bar{Q}_1^n \bar{Q}_0^n A + Q_0^n \bar{B} \bar{A} = D_0$$

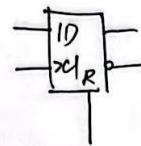
输出电路图



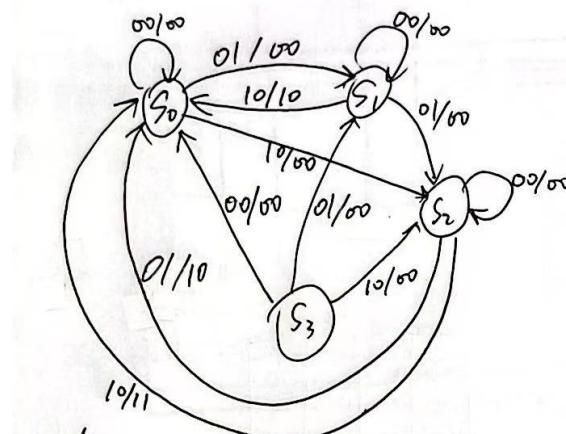
2. 自动售货机的改进

由于上述设计存在冗余状态 $S_3$ , 有无激励启动的问题, 故需要进行改进

方法1：加入复位控制信号，此时采用带有置位复位端的D触发器来实现，在每次开机时，强制通过外加的脉冲信号使D、D<sub>0</sub>触发器均置于0，让系统进入S<sub>0</sub>的初始状态后再开始输入，进行正常工作。



方法2：自动初始化 (输入BA/输出Y)



状态转换表

BA/Y	Q <sub>1</sub> Q <sub>0</sub>	状态 Q <sup>n+1</sup> Q <sup>n</sup> / 输出 Y <sup>n</sup>			
		BA=00	BA=01	BA=11	BA=10
S <sub>0</sub>	00	00/00	01/00	dd/d0d	10/10
S <sub>1</sub>	01	01/00	10/00	dd/d0d	00/10
S <sub>2</sub>	10	10/00	00/10	dd/d0d	00/11
S <sub>3</sub>	11	00/00	01/00	dd/d0d	10/00

修正后：

Y	BA	Q <sub>1</sub> Q <sub>0</sub>			
		00	01	11	10
00	00	0	0	d	0
01	01	0	0	d	1
11	11	0	0	d	0
10	10	0	1	d	1

Z	Q <sub>1</sub> Q <sub>0</sub>	BA			
		00	01	11	10
00	00	0	0	d	0
01	01	0	0	d	0
11	11	0	0	d	0
10	10	0	0	d	1

$$\begin{cases} Q_1^{n+1} = D_1 \\ Q_0^{n+1} = D_0 \end{cases}$$

Q <sub>1</sub> BA	Q <sub>0</sub>			
	00	01	11	10
00	0	0	d	1
01	0	1	d	0
11	0	0	d	1
10	1	0	d	0

修改后的输出逻辑方程 Y = 11

程： 10

$$Y = \overline{Q_1} \overline{Q_0} B + Q_1 \overline{Q_0} A + \overline{Q_1} Q_0 B$$

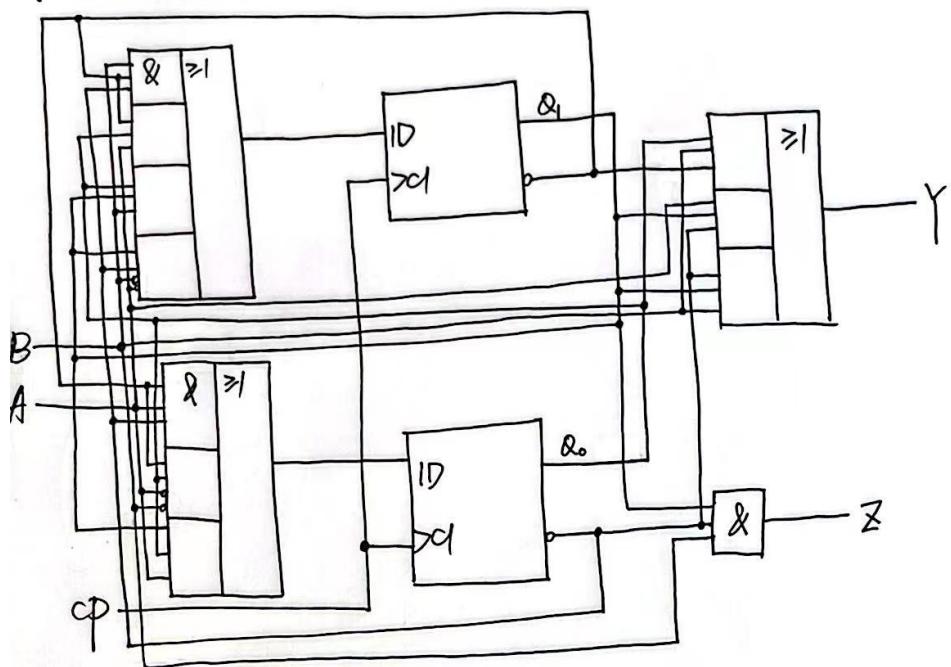
$$Z = Q_1 \overline{Q_0} B$$

Q <sub>0</sub> BA	Q <sub>1</sub> Q <sub>0</sub>			
	00	01	11	10
00	0	1	d	0
01	1	0	d	0
11	0	1	d	0
10	0	0	d	0

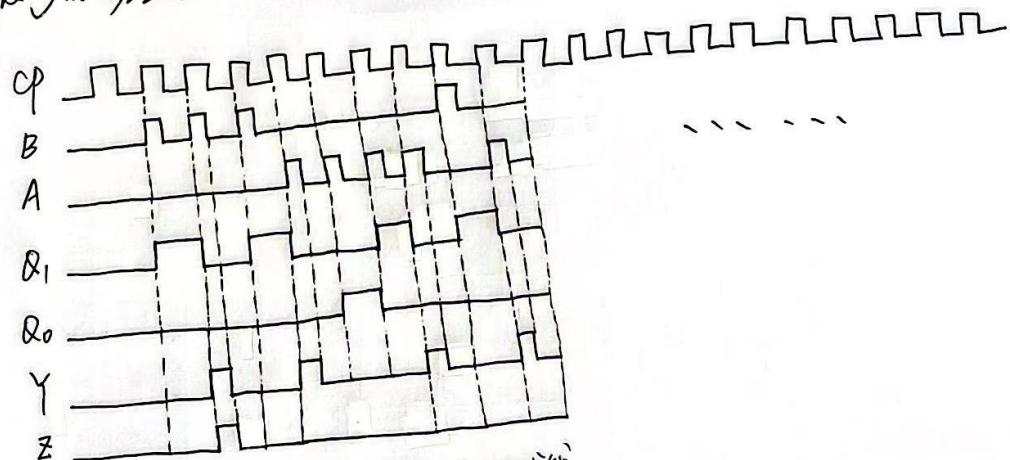
$$D_1 = \overline{Q_1} \overline{Q_0} B + \overline{Q_1} Q_0 A + Q_1 \overline{Q_0} B + Q_1 \overline{Q_0} B \bar{A}$$

$$D_0 = \overline{Q_1} \overline{Q_0} A + \overline{Q_1} Q_0 \bar{A} B + Q_1 \overline{Q_0} A$$

然后作电路图



波形功能验证:

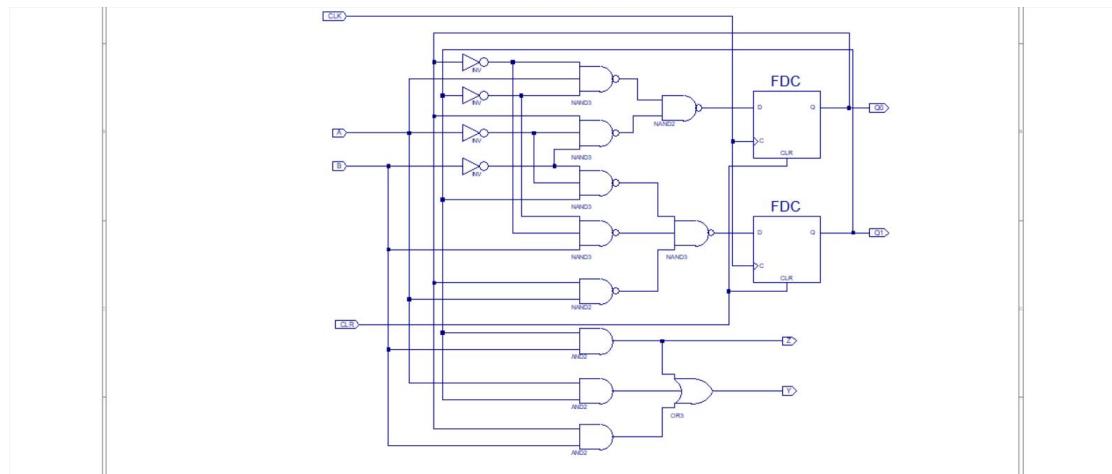


先投5元再投1元  $\rightarrow$  先货不找钱  
先投1元再投5元  $\rightarrow$  先货不找钱  
先投1元再投1元  $\rightarrow$  先货找钱  
先投5元再投5元再投1元  $\rightarrow$  先货不找钱

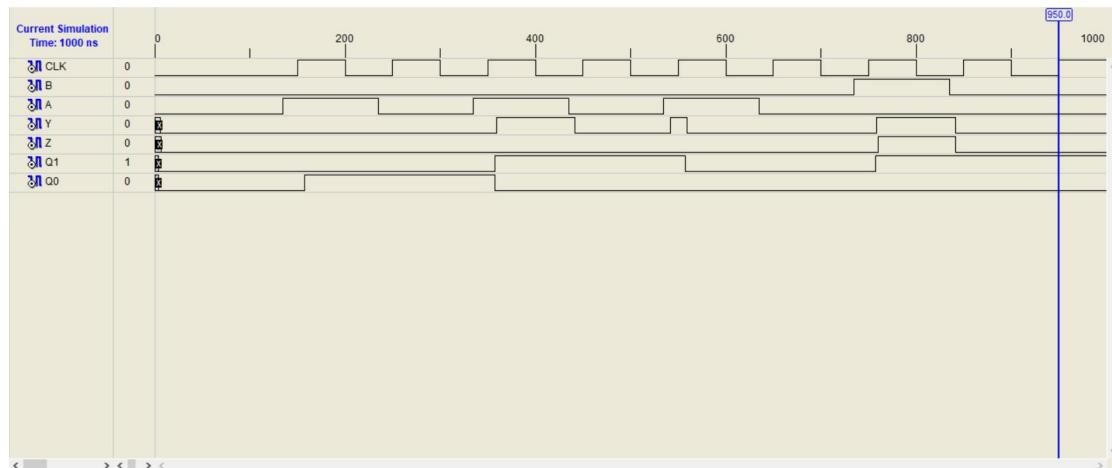
注: 后附实验截图

## 功能波形验证（改进前与改进后波形图一致）

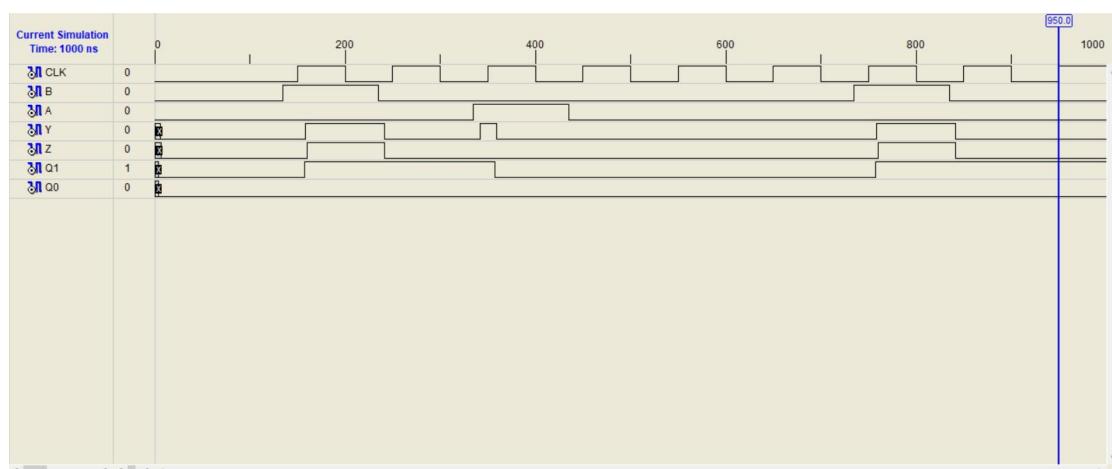
### 一、改进前



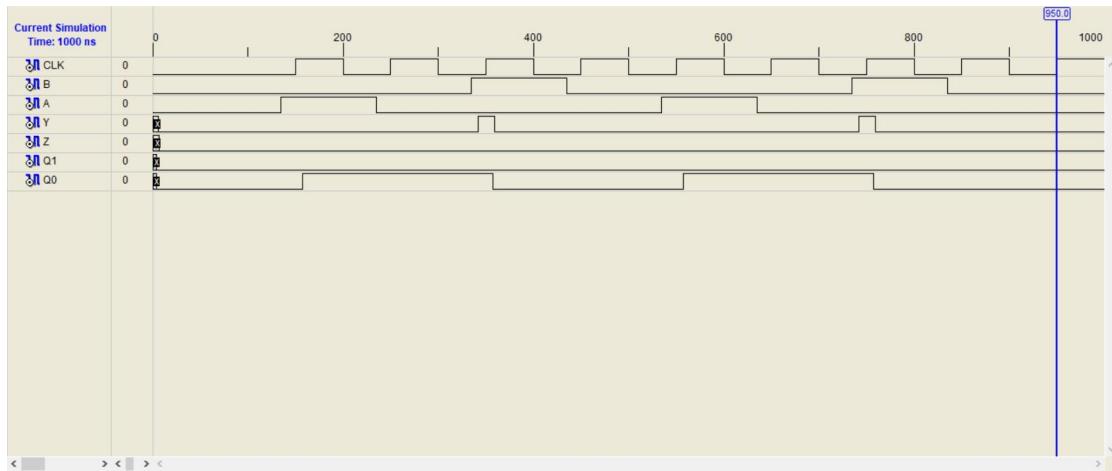
1、连续投三个个五毛，输出出饮料但不找零



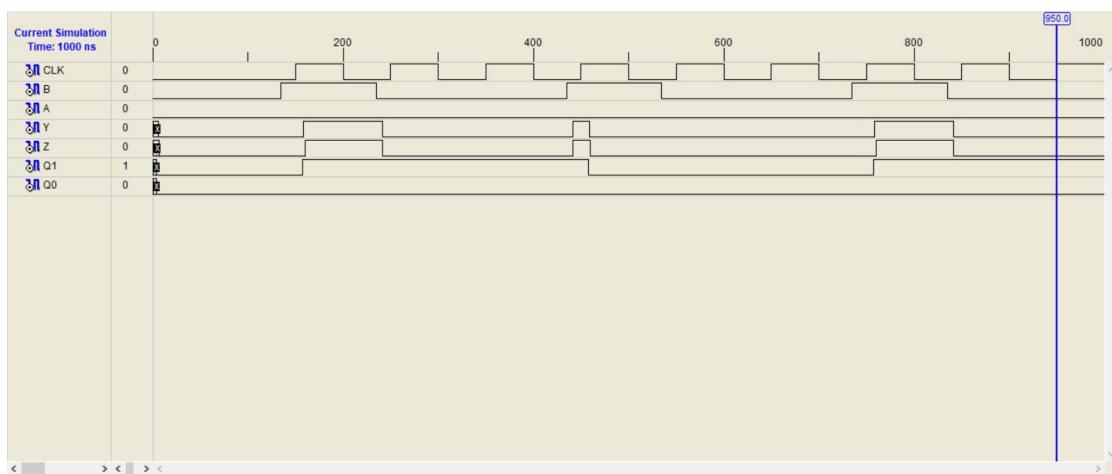
2、先投一块再投 5 毛，输出出饮料但不找零



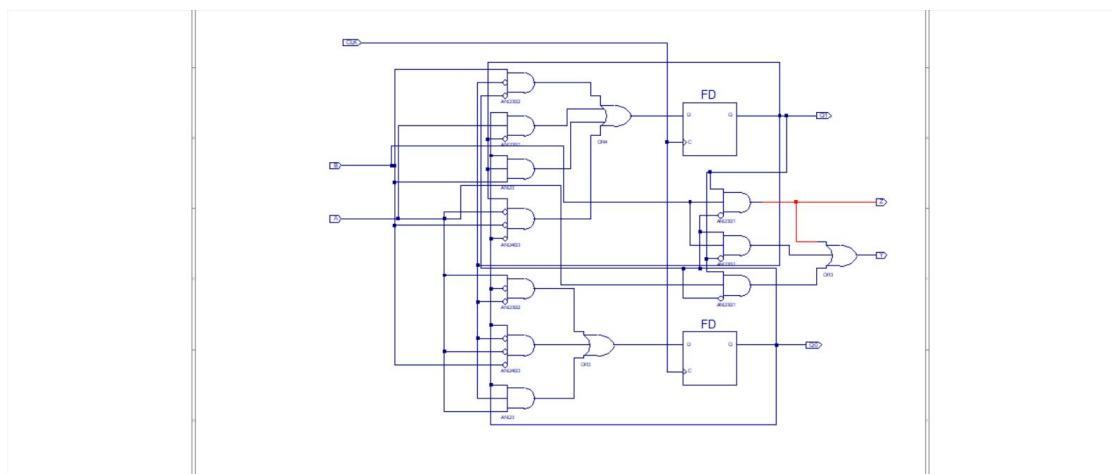
3、先投 5 毛再投一块，输出饮料但不找零



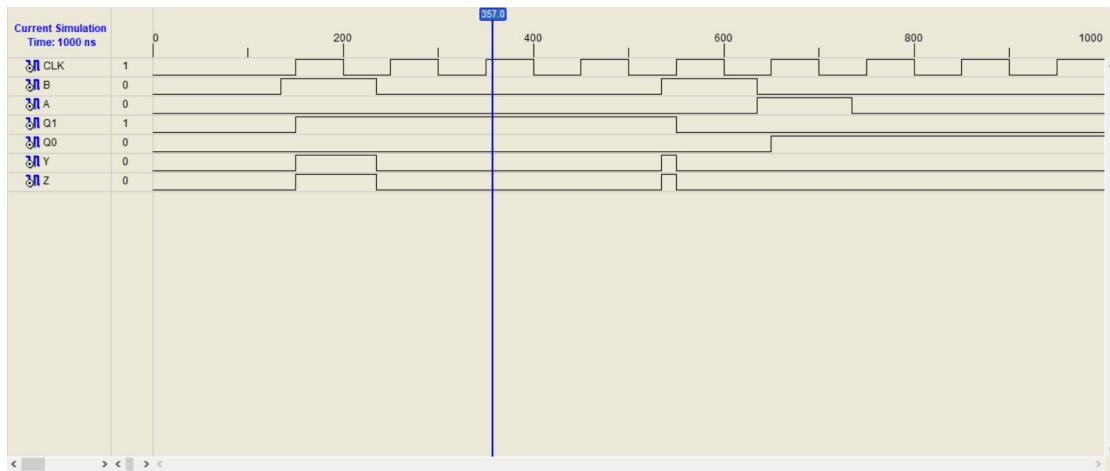
4、连续投两个一块，输出饮料且找零 5 毛



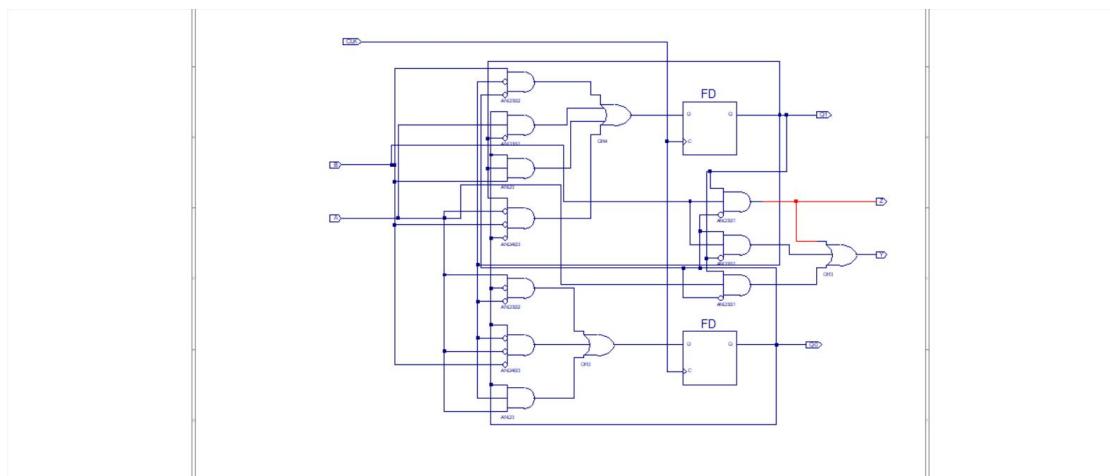
二、改进后（加入复位清零端 CLR）



验证复位控制端 CLR 得正常功能



### 三、改进后（改进成为考虑冗余状态壳子启动的状态机电路）



（由于 ISE 无法修改启动时触发器得初态（始终未 00），于是无法体现改进后的自启动功能，功能验证波形与改进前一致）