

2.10 数电实验 — 自动售货机

一、实验原理

1. 自动售货机的设计.

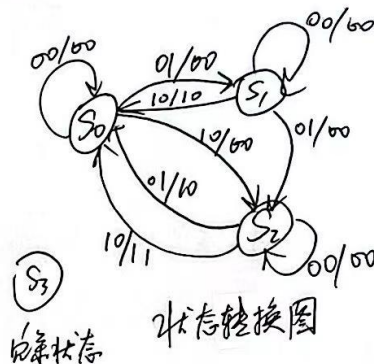
① 投入硬币的情况为输入信号: $BA=00$ 表示未投入 $BA=01$ 表示投入35元
 $BA=10$ 表示投入31元 $BA=11$ 不允许出现

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

③ 状态确定 — 使用树模型

利用2个D触发器 Q_1, Q_0

S_0 00 为初始状态
 S_1 01 为已累计投入5角 (状态记忆)
 S_2 10 为已累计投入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 由卡诺图得出:

输出方程

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

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

$Z = Q_1^n B$

$Q_1^n Q_0^n \backslash BA$	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} :

$Q_1^n Q_0^n \backslash BA$	00	01	11	10
00	0	0	d	1
01	0	1	d	0
11	d	d	d	d
10	1	0	d	0

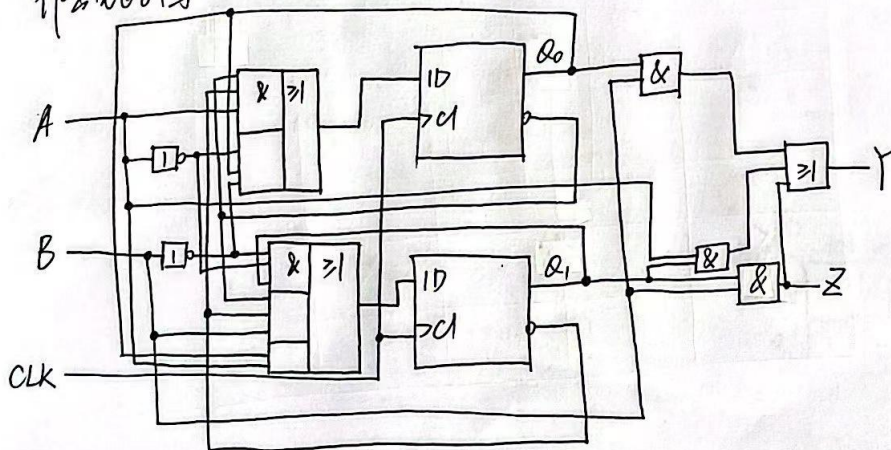
$$Q_1^{n+1} = Q_0^n A + \overline{Q_0^n} \overline{Q_1^n} B + Q_1^n \overline{B} \overline{A} = D_1$$

Q_0^{n+1} :

$Q_1^n Q_0^n \backslash BA$	00	01	11	10
00	0	1	d	0
01	1	0	d	0
11	d	d	d	d
10	0	0	d	0

$$Q_0^{n+1} = \overline{Q_1^n} \overline{Q_0^n} A + Q_0^n \overline{B} \overline{A} = D_0$$

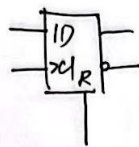
作电路图



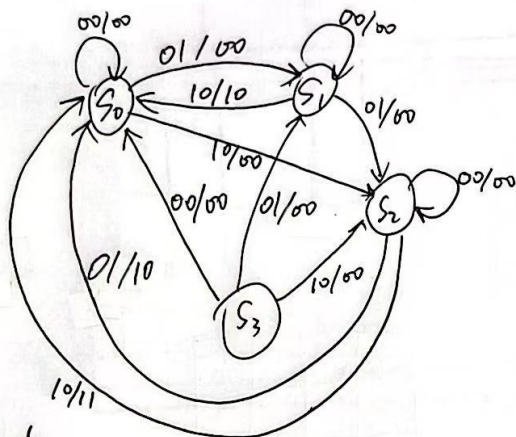
2. 自动售货机的改进

由于上述设计存在冗余状态 S_3 ,有无法自启动的问题,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、Q触发器均置于0, 让系统进入S₀的初始状态后再开始输入, 进行正常工作。



方法2: 自启动改进 (输入BA/输出YZ)



状态转换表

现态	$Q_1^n Q_0^n$	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	10/10
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	00/00	01/00	dd/dd	10/00

修改后:

Y

BA	00	01	11	10
$Q_1^n Q_0^n$				
00	0	0	d	0
01	0	0	d	1
11	0	0	d	0
10	0	1	d	1

Z

BA	00	01	11	10
$Q_1^n Q_0^n$				
00	0	0	d	0
01	0	0	d	0
11	0	0	d	0
10	0	0	d	1

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

Q_1^{n+1}

BA	00	01	11	10
$Q_1^n Q_0^n$				
00	0	0	d	1
01	0	1	d	0
11	0	0	d	1
10	1	0	d	0

Q_0^{n+1}

BA	00	01	11	10
$Q_1^n Q_0^n$				
00	0	1	d	0
01	1	0	d	0
11	0	1	d	0
10	0	0	d	0

修改后输出逻辑表达式:

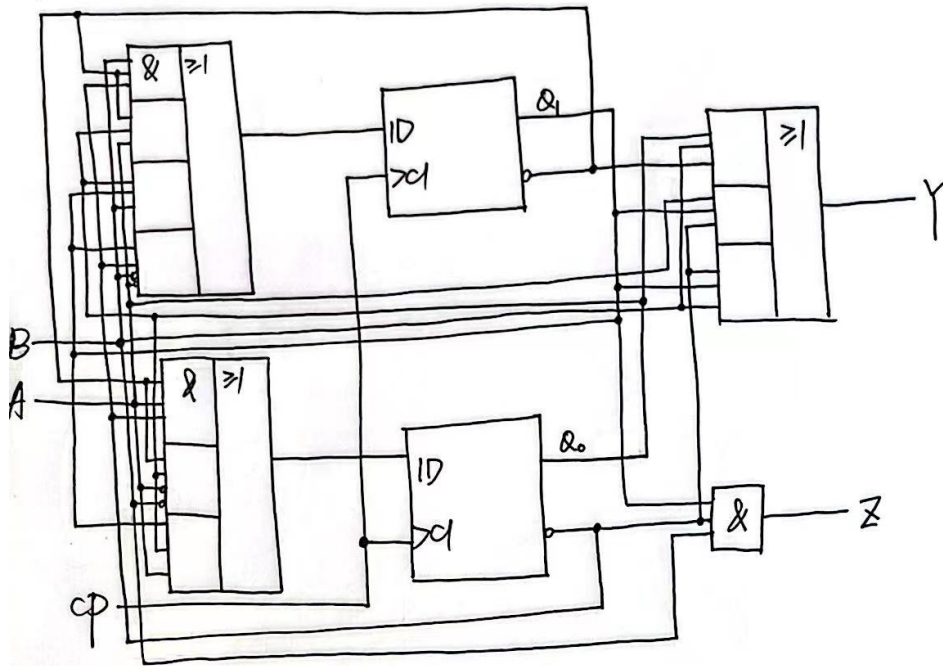
$$Y = \overline{Q_1^n} \overline{Q_0^n} B + Q_1^n \overline{Q_0^n} A + Q_1^n \overline{Q_0^n} B$$

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

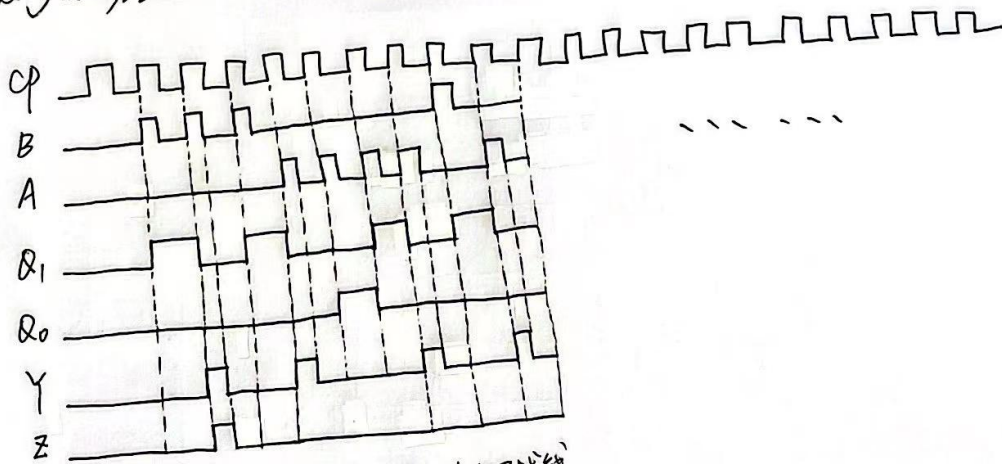
$$D_1 = \overline{Q_1^n} \overline{Q_0^n} B + \overline{Q_1^n} \overline{Q_0^n} A + Q_1^n \overline{Q_0^n} B + Q_1^n \overline{Q_0^n} \overline{B} \overline{A}$$

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

然后作电路图



波形功能验证:

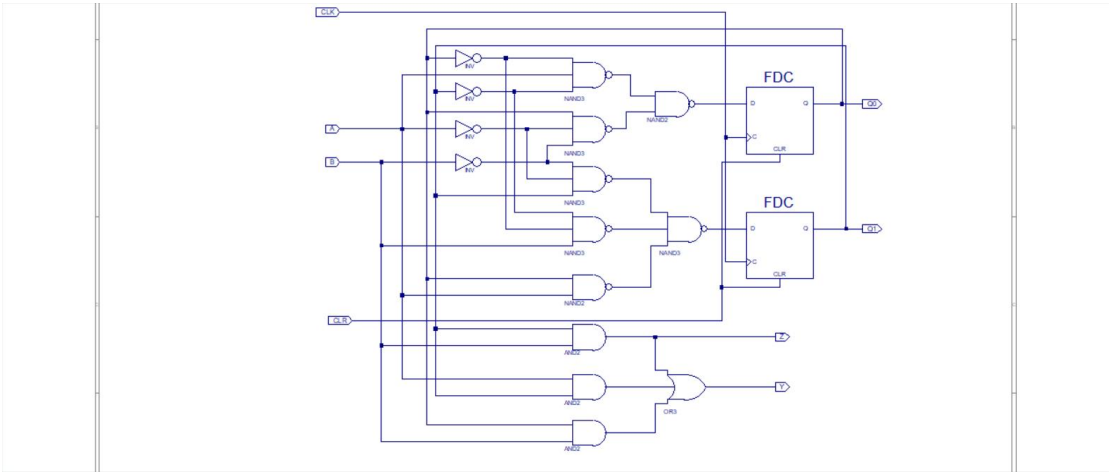


先投5元再投1元 → 出货不找钱
 先投1元再投5元 → 出货不找钱
 先投1元再投1元 → 出货找钱
 先投5元再投5元再投5元 → 出货不找钱

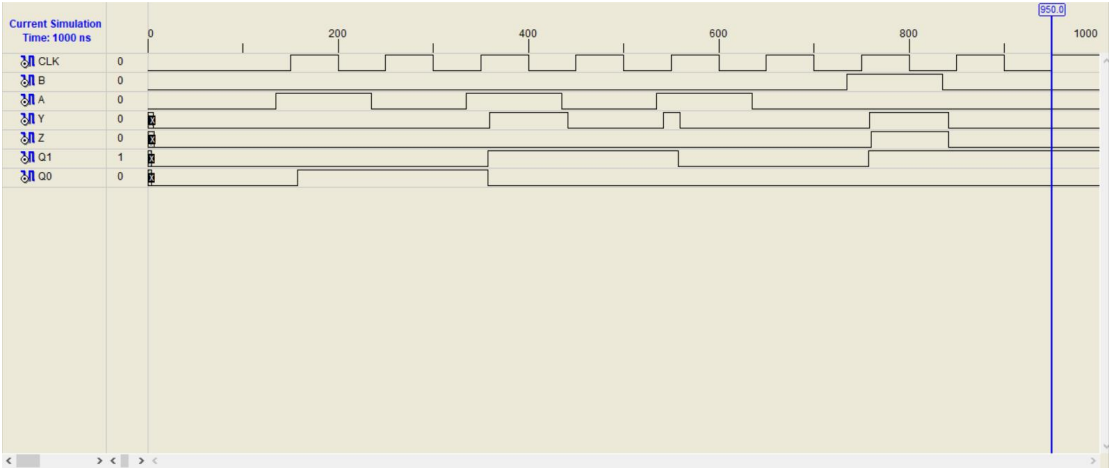
注：后附实验截图

功能波形验证（改进前与改进后波形图一致）

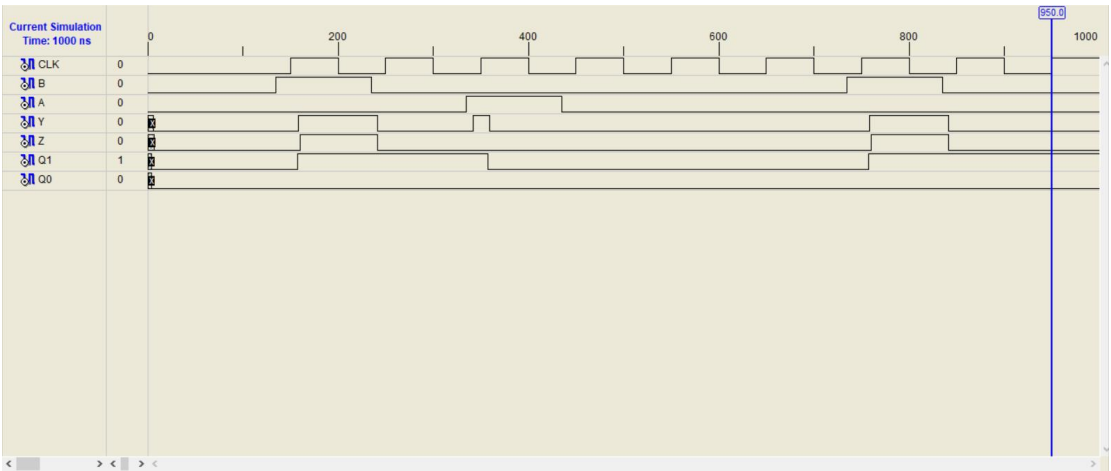
一、改进前



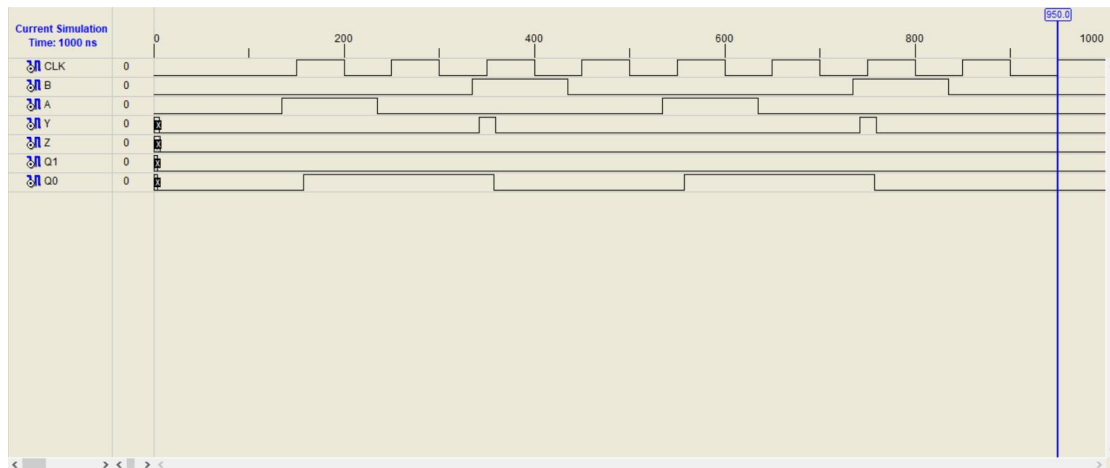
1、连续投三个个五毛，输出出饮料但不找零



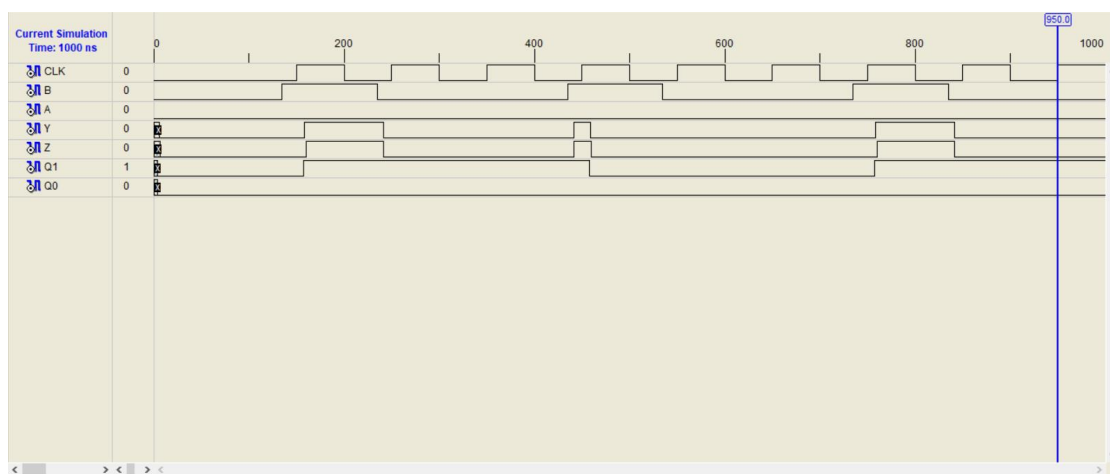
2、先投一块再投 5 毛，输出出饮料但不找零



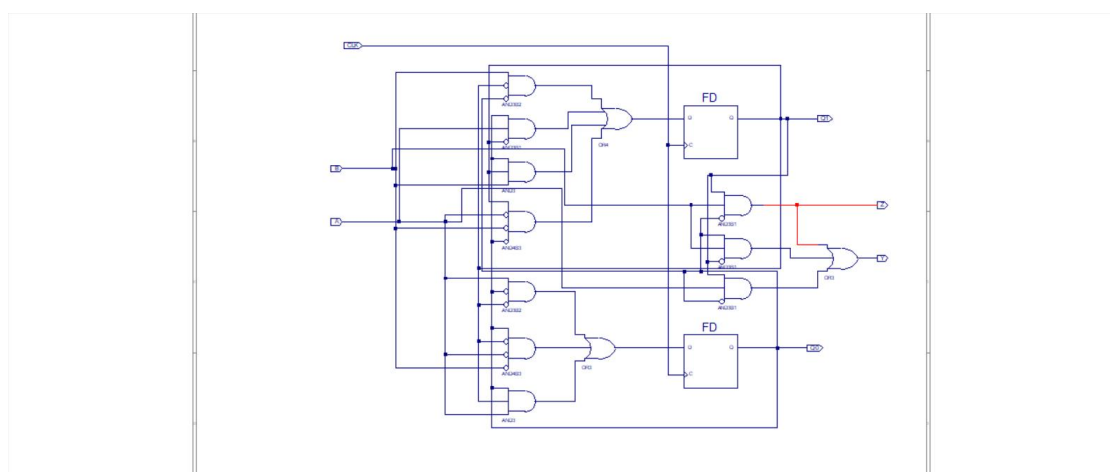
3、先投 5 毛再投一块，输出饮料但不找零



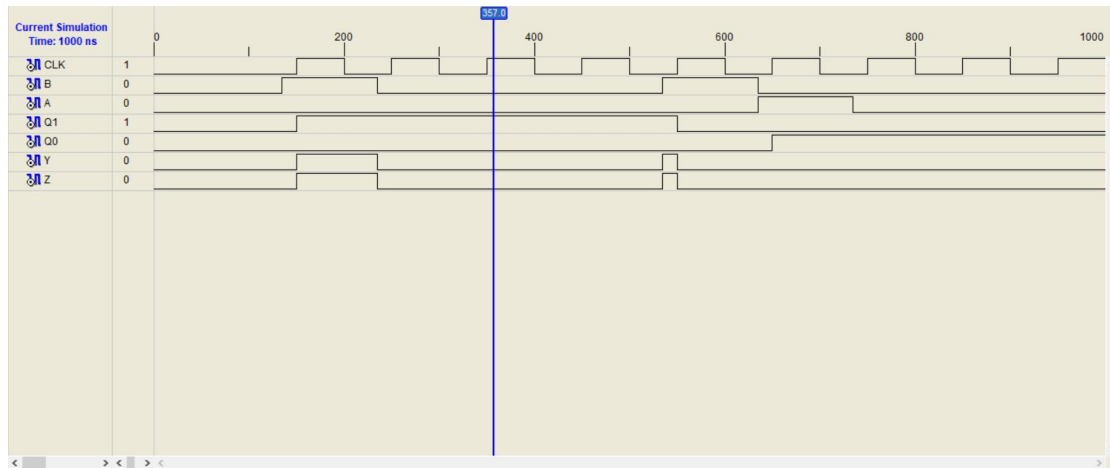
4、连续投两个一块，输出饮料且找零 5 毛



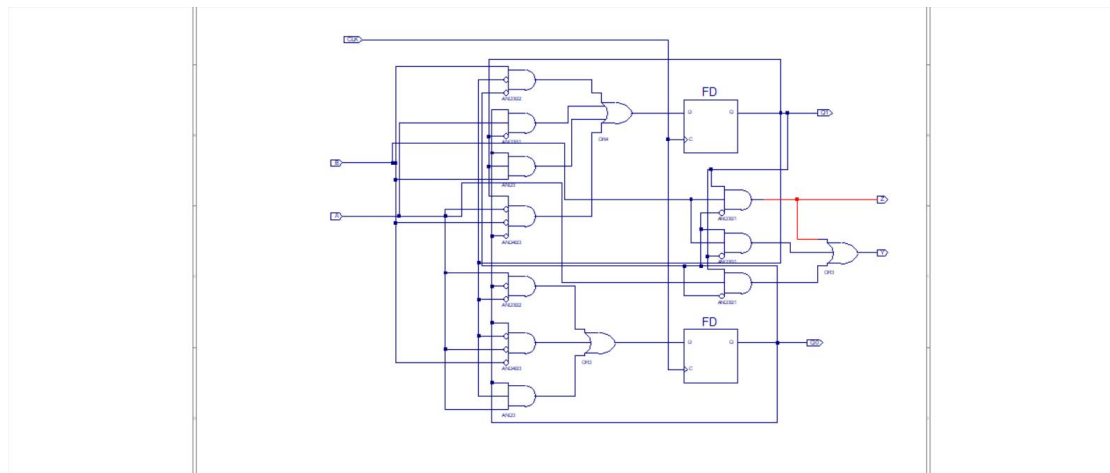
二、改进后（加入复位清零端 CLR）



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）