

数字世界精彩无限

Unit 12

——Design Sequential Circuits with Flip Flops

张彦航

School of Computer Science
Zhangyanhang@hit.edu.cn

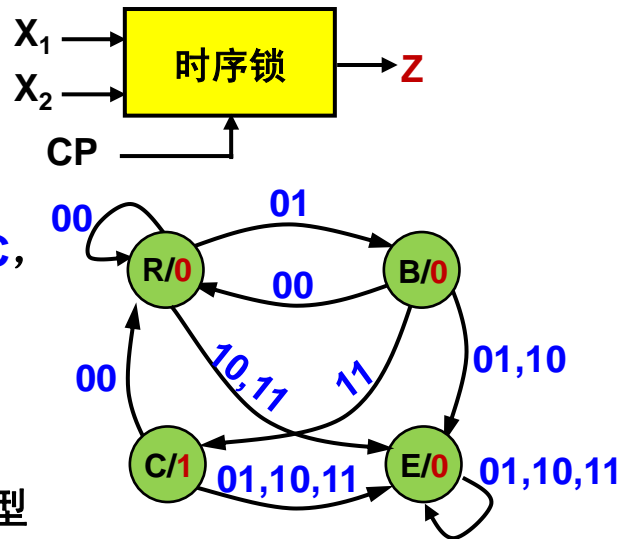
利用触发器设计时序逻辑

- 模8可逆计数器
- 自动售卖机
- 时序锁
- 二进制串行加法器
- 串行输入的8421BCD码检测器
- 奇偶校验器
- 码制转换器
- 序列信号发生器

利用触发器设计同步时序逻辑_例3

例3：利用JK触发器设计一个时序锁

- 输入: X_1X_2 , 输出: Z
- 该锁内部有四个状态 R 、 B 、 C 、 E
- 依次输入00、01、11, 时序锁从状态 $R \rightarrow B \rightarrow C$, 并开锁 ($Z=1$)
- 不是上述序列, 进入状态 E (error)
- 任何时候只要输入00, 都将返回状态 R



摩尔型

1. 原始状态图及状态表

① 状态设定

R —初始状态, 输入00

B —输入00后, 再输入01

C —输入00、01后, 再输入11, 且 $Z=1$

E —错误状态

现态 S_n	次态 S_{n+1}				输出 Z
	$X_1X_2 = 00$	$X_1X_2 = 01$	$X_1X_2 = 11$	$X_1X_2 = 10$	
R	R	B	E	E	0
B	R	E	C	E	0
C	R	E	E	E	1
E	R	E	E	E	0

利用触发器设计同步时序逻辑_例3

现态 S_n	次态 S_{n+1}				输出 Z
	$X_1X_2 = 00$	$X_1X_2 = 01$	$X_1X_2 = 11$	$X_1X_2 = 10$	
R	R	B	E	E	0
B	R	E	C	E	0
C	R	E	E	E	1
E	R	E	E	E	0

2. 状态化简

3. 状态分配

需要2个JK触发器

R: 00, B: 01

E: 10, C: 11

	0	1
0	R	B
1	E	C

4. 状态转换真值表

$J_2 K_2$: 看 $Q_2^n \rightarrow Q_2^{n+1}$

$J_1 K_1$: 看 $Q_1^n \rightarrow Q_1^{n+1}$

输入		现态		次态		输入				输出
X_1	X_2	Q_2^n	Q_1^n	Q_2^{n+1}	Q_1^{n+1}	J_2	K_2	J_1	K_1	Z
0	0	0	0	0	0	0	X	0	X	0
0	0	0	1	0	0	0	X	X	1	0
0	0	1	0	0	0	X	1	0	X	0
0	0	1	1	0	0	X	1	X	1	1
0	1	0	0	0	1	0	X	1	X	0
0	1	0	1	1	0	1	X	X	1	0
0	1	1	0	1	0	X	0	0	X	0
0	1	1	1	1	0	X	0	X	1	1
1	0	0	0	1	0	1	X	0	X	0
1	0	0	1	1	0	1	X	X	1	0
1	0	1	0	1	0	X	0	0	X	0
1	0	1	1	1	0	X	0	X	1	1
1	1	0	0	1	0	1	X	0	X	0
1	1	0	1	1	1	1	X	X	0	0
1	1	1	0	1	0	X	0	0	X	0
1	1	1	1	1	0	X	0	X	1	1

利用触发器设计同步时序逻辑_例3

5. 卡诺图化简

X_1X_2		$Q_2^nQ_1^n$			
		00	01	11	10
00		0	0	X	X
01		0	1	X	X
11		1	1	X	X
10		1	1	X	X

$$J_2 = X_2Q_1^n + X_1$$

X_1X_2		$Q_2^nQ_1^n$			
		00	01	11	10
00		X	X	1	1
01		X	X	0	0
11		X	X	0	0
10		X	X	0	0

$$K_2 = \bar{X}_2\bar{X}_1$$

X_1X_2		$Q_2^nQ_1^n$			
		00	01	11	10
00		0	X	X	0
01		1	X	X	0
11		0	X	X	0
10		0	X	X	0

$$J_1 = \bar{X}_1X_2\bar{Q}_2^n$$

X_1X_2		$Q_2^nQ_1^n$			
		00	01	11	10
00		X	1	1	X
01		X	1	1	X
11		X	0	1	X
10		X	1	1	X

$$K_1 = Q_2^n + \bar{X}_2 + \bar{X}_1$$

X_1Q_2		$Q_2^nQ_1^n$			
		00	01	11	10
00		0	0	1	0
01		0	0	1	0
11		0	0	1	0
10		0	0	1	0

$$Z = Q_2^nQ_1^n$$

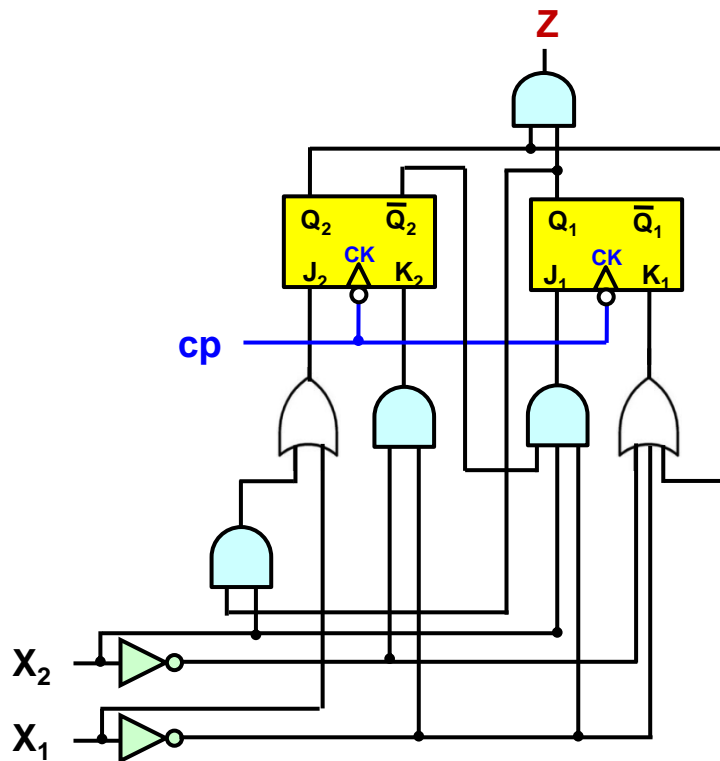
利用触发器设计同步时序逻辑_例3

6. 电路实现

$$\begin{cases} J_2 = X_2 Q_1^n + X_1 \\ K_2 = \overline{X_2} \overline{X_1} \\ J_1 = \overline{X_1} X_2 \overline{Q_2}^n \\ K_1 = Q_2^n + \overline{X_2} + \overline{X_1} \\ Z = Q_2^n Q_1^n \end{cases}$$

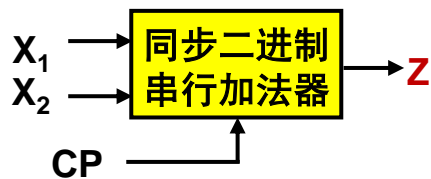
密码锁

- 一维开锁：密码正确
- 二维开锁：有限时间+密码正确
- 三维开锁：
有限时间+有限按键次数+密码正确



利用触发器设计同步时序逻辑_例3

例4：利用JK触发器设计一个同步二进制串行加法器



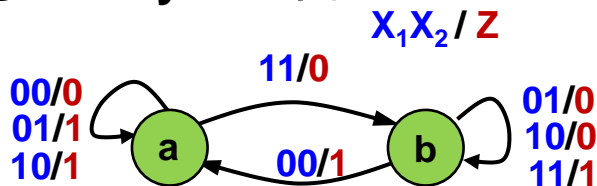
1. 原始状态图及状态表

① 设加法器内部状态

a—— 无进位

b—— 有进位

② Mealy 状态图



③ Mealy 状态表

现态 Q^n	Q^{n+1} / Z			
	$X_1X_2=00$	$X_1X_2=01$	$X_1X_2=10$	$X_1X_2=11$
a	a / 0	a / 1	a / 1	b / 0
b	a / 1	b / 0	b / 0	b / 1

2. 状态化简 3. 状态分配 a=0, b=1

4. 状态转换真值表

输入 现态		次态	输入 输出		
X_1	X_2	Q^{n+1}	J	K	Z
0	0	0	0	X	0
0	0	1	X	1	1
0	1	0	0	X	1
0	1	1	X	0	0
1	0	0	0	X	1
1	0	1	X	0	0
1	1	0	1	X	0
1	1	1	X	0	1

利用触发器设计同步时序逻辑_例3

5. 卡诺图化简

X_1	$X_2 Q^n$			
	00	01	11	10
0	0	X	X	0
1	0	X	X	1

$$J = X_1 X_2$$

X_1	$X_2 Q^n$			
	00	01	11	10
0	X	1	0	X
1	X	0	0	X

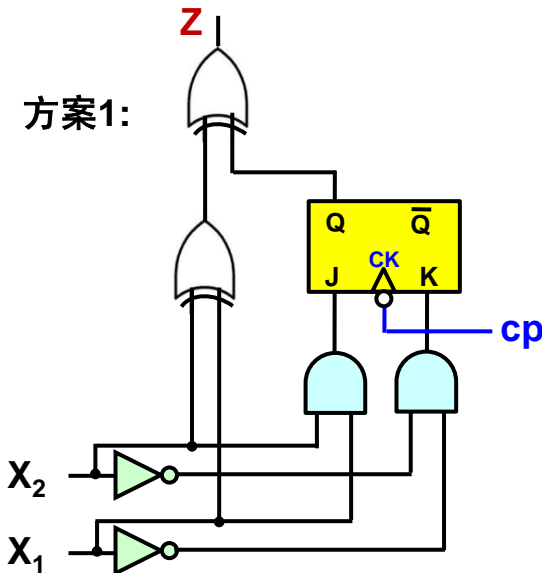
$$K = \bar{X}_1 \bar{X}_2$$

X_1	$X_2 Q^n$			
	00	01	11	10
0	0	1	0	1
1	1	0	1	0

$$Z = X_1 \oplus X_2 \oplus Q^n$$

6. 电路实现

方案1:



方案2: 如何用一位全加器实现?

