

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\_状态编码

## 利用触发器设计时序逻辑的方法

- (1) 根据需求  $\rightarrow$  获得原始状态图、状态表
- (2) 最小化状态图、状态表
- (3) **状态编码（分配）**  $\rightarrow$  获得状态转移表
- (4) 状态转移表  
触发器特征 }  $\rightarrow$  触发器激励表
- (5) 卡诺图化简  $\rightarrow$   $\left\{ \begin{array}{l} \text{激励（输入）函数表达式} \\ \text{输出函数表达式} \end{array} \right.$
- (6) 电路实现      (7) 检查无关状态

# 利用触发器设计时序逻辑\_状态编码

## 化简110 序列检测器的原始状态表

| 现态<br>$Q^n$ | $Q^{n+1}/Z$ |         |
|-------------|-------------|---------|
|             | $X=0$       | $X=1$   |
| $S_0$       | $S_0/0$     | $S_1/0$ |
| $S_1$       | $S_0/0$     | $S_2/0$ |
| $S_2$       | $S_3/1$     | $S_2/0$ |
| $S_3$       | $S_0/0$     | $S_1/0$ |



| 现态<br>$Q^n$ | $Q^{n+1}/Z$ |         |
|-------------|-------------|---------|
|             | $X=0$       | $X=1$   |
| $S_0$       | $S_0/0$     | $S_1/0$ |
| $S_1$       | $S_0/0$     | $S_2/0$ |
| $S_2$       | $S_0/1$     | $S_2/0$ |
|             |             |         |

状态分配:

$S_0$  — 00

$S_1$  — 10

$S_2$  — 11



| $X \backslash Y_2^n Y_1^n$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|----------------------------|----|----|----|----|
| 0                          | 0  | X  | X  | 0  |
| 1                          | 0  | X  | X  | 1  |

$$J_1 = XY_2^n$$

| $X \backslash Y_2^n Y_1^n$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|----------------------------|----|----|----|----|
| 0                          | X  | X  | 1  | X  |
| 1                          | X  | X  | 0  | X  |

$$K_1 = \bar{X}$$

| $X \backslash Y_2^n Y_1^n$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|----------------------------|----|----|----|----|
| 0                          | 0  | X  | 1  | 0  |
| 1                          | 0  | X  | 0  | 0  |

$$Z = \bar{X}Y_1^n$$

| $X \backslash Y_2^n Y_1^n$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|----------------------------|----|----|----|----|
| 0                          | 0  | X  | X  | X  |
| 1                          | 1  | X  | X  | X  |

$$J_2 = X$$

| $X \backslash Y_2^n Y_1^n$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|----------------------------|----|----|----|----|
| 0                          | X  | X  | 1  | 1  |
| 1                          | X  | X  | 0  | 0  |

$$K_2 = \bar{X}$$

| 输入<br>X | 现态<br>$Y_2^n Y_1^n$ |         | 次态<br>$Y_2^{n+1} Y_1^{n+1}$ |             | 触发器<br>$J_2 K_2 J_1 k_1$ |       |       |       | 输出<br>Z |
|---------|---------------------|---------|-----------------------------|-------------|--------------------------|-------|-------|-------|---------|
|         | $Y_2^n$             | $Y_1^n$ | $Y_2^{n+1}$                 | $Y_1^{n+1}$ | $J_2$                    | $K_2$ | $J_1$ | $k_1$ |         |
| 0       | 0                   | 0       | 0                           | 0           | 0                        | X     | 0     | X     | 0       |
| 0       | 1                   | 0       | 0                           | 0           | X                        | 1     | X     | 1     | 1       |
| 0       | 1                   | 0       | 0                           | 1           | X                        | 1     | 0     | X     | 0       |
| 1       | 0                   | 1       | 0                           | 1           | 1                        | X     | 0     | X     | 0       |
| 1       | 1                   | 1       | 1                           | 0           | X                        | 0     | X     | 0     | 0       |
| 1       | 1                   | 1       | 1                           | 0           | X                        | 0     | 1     | X     | 0       |
| 0       | 0                   | X       | X                           | X           | X                        | X     | X     | X     | X       |
| 1       | 0                   | X       | X                           | X           | X                        | X     | X     | X     | X       |

# 利用触发器设计时序逻辑\_状态编码

分配方案(1)

$S_0$  — 00  
 $S_1$  — 10  
 $S_2$  — 11



简单

$$\begin{cases} J_1 = XY_2^n \\ K_1 = \bar{X} \\ J_2 = X \\ K_2 = \bar{X} \\ Z = \bar{X}Y_1^n \end{cases}$$

分配方案(2)

$S_0$  — 00  
 $S_1$  — 11  
 $S_2$  — 10



复杂

$$\begin{cases} J_1 = X\bar{Y}_2^n \\ K_1 = 1 \\ J_2 = X \\ K_2 = \bar{X} + \bar{Y}_1^n \\ Z = \bar{X}Y_2^n\bar{Y}_1^n \end{cases}$$

## 状态分配

需要解决两个问题:

① 确定需要的触发器数量K

$$2^{K-1} \leq N \leq 2^K$$

K — 触发器数量

N — 最简状态数量

② 为状态表中的每一个状态分配二进制编码



力图获得一个最小代价的实现方案



电路实现代价与状态分配密切相关

# 利用触发器设计时序逻辑\_状态编码

## 状态分配

### 规则

一种  
经验法

- 1.同一输入下，相同的次态所对应的**现态**应该给予相邻编码
- 2.同一现态在不同输入下所对应的**次态**应给予相邻编码
- 3.给定输入下，输出完全相同，**现态**编码应相邻

目的：尽量使卡诺图中更多的“1”（或“0”）相邻

注意：

- 初始状态一般可以放在卡诺图的 0号单元格里
- 优先满足规则1和规则2
- 状态编码尽量按照相邻原则给予
- 对于多输出函数, 规则3可以适当调高优先级



# 利用触发器设计时序逻辑\_状态编码

## ➤ 规则1：次态相同，现态编码应相邻

$x=0$ 时，次态  $(c,c) \rightarrow$  现态  $a,b$  }  $ab,ac$  应相邻  
 $x=1$ 时，次态  $(d,d) \rightarrow$  现态  $a,c$

| 现态<br>$Q^n$ | $Q^{n+1}/Z$ |       |
|-------------|-------------|-------|
|             | $X=0$       | $X=1$ |
| a           | c / 0       | d / 0 |
| b           | c / 0       | a / 0 |
| c           | b / 0       | d / 0 |
| d           | a / 1       | b / 1 |

## ➤ 规则2：同一现态对应的次态应给予相邻编码

现态      次态  
 a  $\rightarrow$  (c,d)  
 b  $\rightarrow$  (c,a)  
 c  $\rightarrow$  (b,d)  
 d  $\rightarrow$  (a,b)

}  $cd,ca,bd,ab$  应相邻

## ➤ 规则3：输出相同，现态编码应相邻

现态      输出  
 a , b , c      0  
 $ab,ac,bc$  应相邻

### 规则

1. 同一输入下，相同的次态所对应的**现态**应该给予相邻编码
2. 同一现态在不同输入下所对应的**次态**应给予相邻编码
3. 给定输入下，输出完全相同，**现态**编码应相邻

很难找到一个最佳的状态分配方案

$(a,b), (a,c)$  应相邻, 满足规则1,2,3

$a$  — 00,     $b$  — 01  
 $c$  — 10,     $d$  — 11

|   | 0 | 1 |
|---|---|---|
| 0 | a | b |
| 1 | c | d |