

# 数字逻辑设计

高翠芸

School of Computer Science

gaocuiyun@hit.edu.cn

# Unit 10 时序逻辑电路分析

---

- 同步时序电路

- 异步时序电路

# Unit 10 时序逻辑电路分析

---

## 时序逻辑电路的分析方法

确定系统变量（输入变量、输出变量、状态变量）

① 列驱动方程（控制函数/输入方程）

② 列输出方程（输出函数）

③ 列状态方程（次态方程）

④ 列写状态转换表

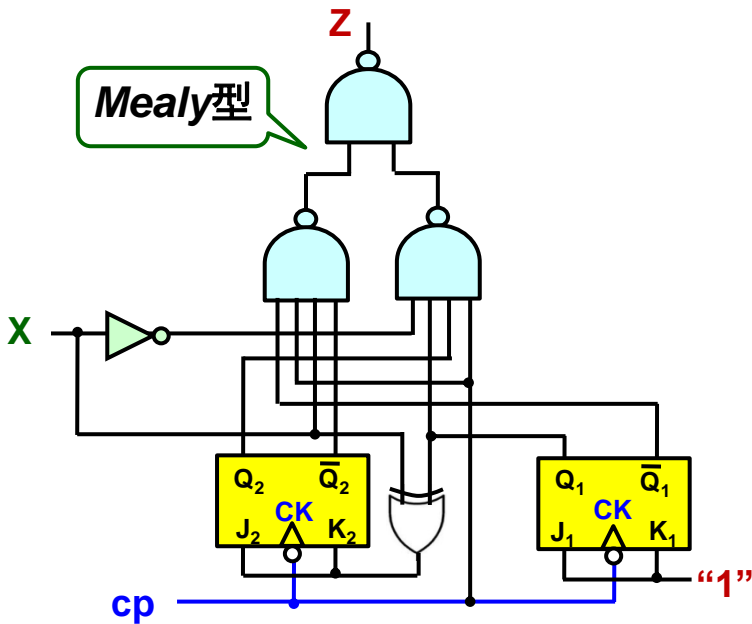
⑤ 画出状态图

⑥ 画出波形图（如必要）



- 同步时序电路
- 异步时序电路

# 时序逻辑电路分析



## ① 输入方程

$$J_1 = K_1 = 1$$

$$J_2 = K_2 = X \oplus Q_1^n$$

## ② 次态方程

$$Q_2^{n+1} = X \oplus Q_1^n \oplus Q_2^n$$

$$Q_1^{n+1} = \overline{Q_1^n}$$

## ③ 输出方程

$$Z = \overline{XCPQ_2^nQ_1^n} \cdot \overline{XCPQ_2^nQ_1^n}$$

$$= XCPQ_2^nQ_1^n + \overline{XCPQ_2^nQ_1^n}$$

## 次态方程:

$$JK: Q^{n+1} = J\overline{Q}^n + \overline{K}Q^n$$

$$Q_2^{n+1} = J_2\overline{Q_2}^n + \overline{K_2}Q_2^n$$

$$= (X \oplus Q_1^n)\overline{Q_2}^n + (\overline{X \oplus Q_1^n})Q_2^n$$

$$= X \oplus Q_1^n \oplus Q_2^n$$

$$Q_1^{n+1} = J_1\overline{Q_1}^n + \overline{K_1}Q_1^n$$

$$= \overline{Q_1^n}$$

## ④ 状态转换表

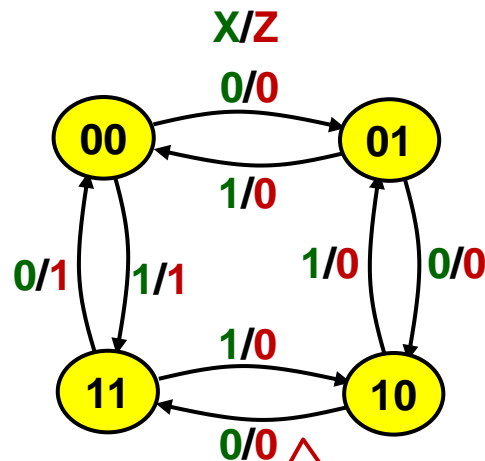
输入	现态		次态		输出
X	Q <sub>2</sub> <sup>n</sup>	Q <sub>1</sub> <sup>n</sup>	Q <sub>2</sub> <sup>n+1</sup>	Q <sub>1</sub> <sup>n+1</sup>	Z
0	0	0	0	1	0
0	0	1	1	0	0
0	1	0	1	1	0
0	1	1	0	0	1
1	0	0	1	1	1
1	0	1	0	0	0
1	1	0	0	1	0
1	1	1	1	0	0

# 同步时序逻辑电路分析——示例1

## ④ 状态转换表

现态 $Q_2^n Q_1^n$	$Q_2^{n+1} Q_1^{n+1} / Z$	
	$X=0$	$X=1$
0 0	0 1 / 0	1 1 / 1
0 1	1 0 / 0	0 0 / 0
1 0	1 1 / 0	0 1 / 0
1 1	0 0 / 1	1 0 / 0

## ⑤ 状态图



**Mealy型:** 输出值画在状态图转换线的旁边

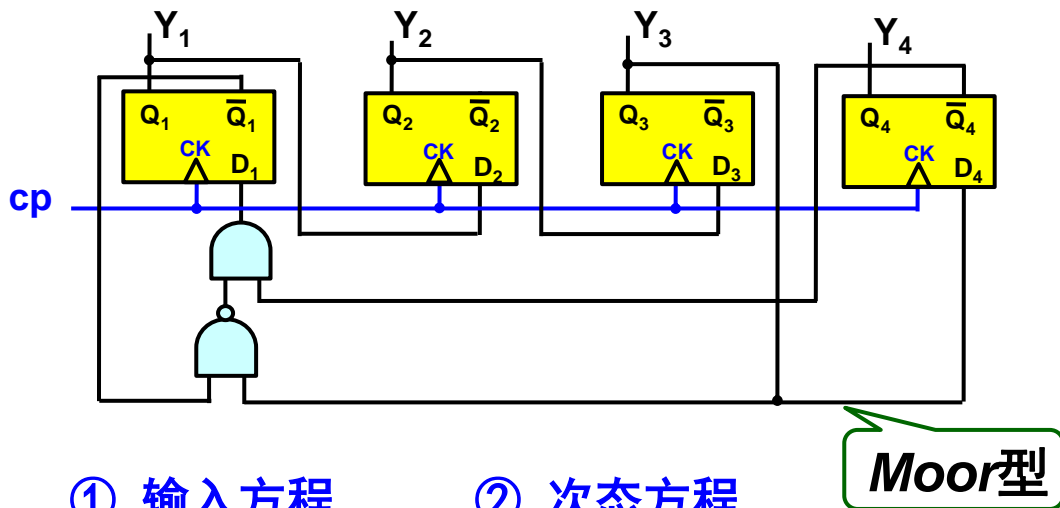
结论: 模4可逆计数器

▪  $X=0$ : 加计数

▪  $X=1$ : 减计数

$Z$ : 进位和借位输出标志

# 同步时序逻辑电路分析——示例2



$$D_4 = Y_3^n$$

$$D_3 = Y_2^n$$

$$D_2 = Y_1^n$$

$$D_1 = \overline{Y_3^n} \overline{Y_1^n} \overline{Y_4^n}$$

$$= Y_1^n \overline{Y_4^n} + \overline{Y_3^n} \overline{Y_4^n}$$

$$Y_4^{n+1} = Y_3^n$$

$$Y_3^{n+1} = Y_2^n$$

$$Y_2^{n+1} = Y_1^n$$

$$Y_1^{n+1} = Y_1^n \overline{Y_4^n} + \overline{Y_3^n} \overline{Y_4^n}$$

③ 状态转换表

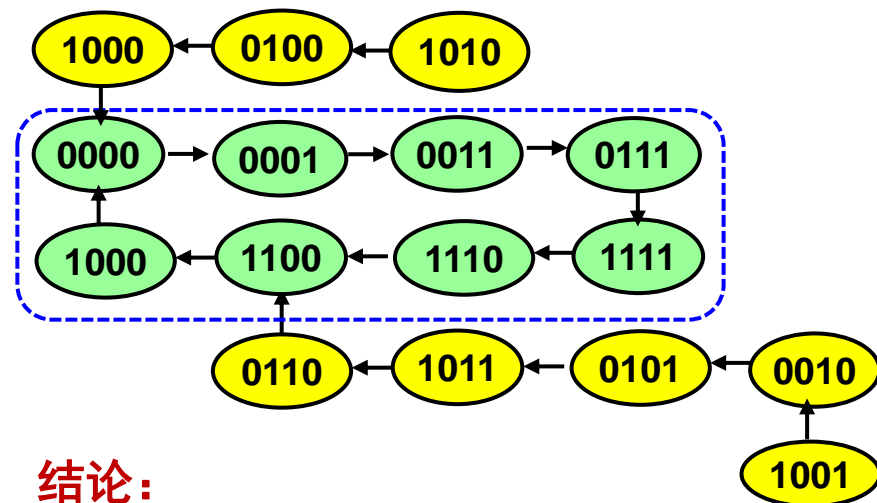
现态				次态				序号
$Y_4^n$	$Y_3^n$	$Y_2^n$	$Y_1^n$	$Y_4^{n+1}$	$Y_3^{n+1}$	$Y_2^{n+1}$	$Y_1^{n+1}$	
0	0	0	0	0	0	0	1	①
0	0	0	1	0	0	1	1	②
0	0	1	0	0	1	0	1	③
0	0	1	1	0	1	1	1	
0	1	0	0	1	0	0	0	
0	1	0	1	1	0	1	1	④
0	1	1	0	1	1	0	0	
0	1	1	1	1	1	1	1	
1	0	0	0	0	0	0	0	⑧
1	0	0	1	0	0	1	0	⑦
1	0	1	0	0	1	0	0	
1	0	1	1	0	1	1	0	
1	1	0	0	1	0	0	0	⑦
1	1	0	1	1	0	1	0	⑥
1	1	1	0	1	1	0	0	
1	1	1	1	1	1	1	0	

# 同步时序逻辑电路分析

## ③ 状态转换表

现态				次态				序号
$Y_4^n$	$Y_3^n$	$Y_2^n$	$Y_1^n$	$Y_4^{n+1}$	$Y_3^{n+1}$	$Y_2^{n+1}$	$Y_1^{n+1}$	
0	0	0	0	0	0	0	1	①
0	0	0	1	0	0	1	1	②
0	0	1	0	0	1	0	1	③
0	0	1	1	0	1	1	1	
0	1	0	0	1	0	0	0	
0	1	0	1	1	0	1	1	④
0	1	1	0	1	1	0	0	
0	1	1	1	1	1	1	1	
1	0	0	0	0	0	0	0	⑧
1	0	0	1	0	0	1	0	⑦
1	0	1	0	0	1	0	0	
1	0	1	1	0	1	1	0	
1	1	0	0	1	0	0	0	⑦
1	1	0	1	1	0	1	0	⑥
1	1	1	0	1	1	0	0	
1	1	1	1	1	1	1	0	⑤

## ④ 状态图



结论：

模8计数器(格雷码输出)，能够自启动

# 同步时序逻辑电路分析方法总结

---

确定系统变量（输入变量、输出变量、状态变量）

① 列写三组方程：

- 驱动方程（控制函数）
- 状态方程（次态方程）
- 输出方程（输出函数）

② 列写状态转换表：

- 写出所有输入及现态的取值组合；
- 将每一种取值组合带入次态方程和输出方程，计算后的得出次态值和输出值；
- 从表中第一行开始，寻找状态转换规律；

③ 画出完整的状态图；

④ 得出电路功能，并说明能否自启动



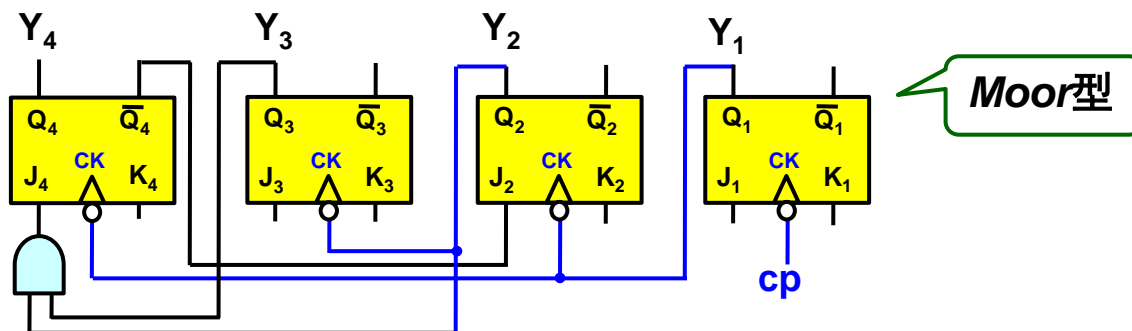
# Unit 10 时序逻辑电路分析

---

- 同步时序电路

- 异步时序电路

# 异步时序逻辑电路分析——示例



## ① 输入方程

$$\left\{ \begin{array}{l} J_4 = Y_3^n Y_2^n \\ K_4 = 1 \\ J_3 = K_3 = 1 \\ J_2 = \overline{Y_4^n}, K_2 = 1 \\ J_1 = K_1 = 1 \end{array} \right.$$

## ② 次态方程

$$\left\{ \begin{array}{l} Y_4^{n+1} = J_4 \overline{Y_4^n} + \overline{K_4} Y_4^n = \overline{Y_4^n} Y_3^n Y_2^n \\ Y_3^{n+1} = J_3 \overline{Y_3^n} + \overline{K_3} Y_3^n = \overline{Y_3^n} \\ Y_2^{n+1} = J_2 \overline{Y_2^n} + \overline{K_2} Y_2^n = \overline{Y_4^n} \overline{Y_2^n} \\ Y_1^{n+1} = J_1 \overline{Y_1^n} + \overline{K_1} Y_1^n = \overline{Y_1^n} \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} CP_4 = Y_1 \downarrow \\ CP_3 = Y_2 \downarrow \\ CP_2 = Y_1 \downarrow \\ CP_1 \downarrow \end{array}$$

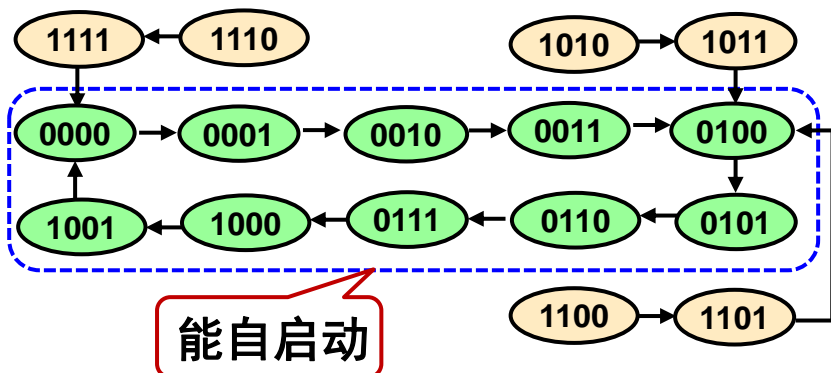
# 异步时序逻辑电路分析——示例

## ② 次态方程

$$\begin{cases} Y_4^{n+1} = J_4 \bar{Y}_4^n + \bar{K}_4 Y_4^n = \bar{Y}_4^n Y_3^n Y_2^n & CP_4 = Y_1 \downarrow \\ Y_3^{n+1} = J_3 \bar{Y}_3^n + \bar{K}_3 Y_3^n = \bar{Y}_3^n & CP_3 = Y_2 \downarrow \\ Y_2^{n+1} = J_2 \bar{Y}_2^n + \bar{K}_2 Y_2^n = \bar{Y}_4^n \bar{Y}_2^n & CP_2 = Y_1 \downarrow \\ Y_1^{n+1} = J_1 \bar{Y}_1^n + \bar{K}_1 Y_1^n = \bar{Y}_1^n & CP_1 \downarrow \end{cases}$$

## ④ 状态图

8421 BCD 码异步加法计数器



## ③ 状态转换表

现态				次态				时钟			
$Y_4^n$	$Y_3^n$	$Y_2^n$	$Y_1^n$	$Y_4^{n+1}$	$Y_3^{n+1}$	$Y_2^{n+1}$	$Y_1^{n+1}$	$cp_4$	$cp_3$	$cp_2$	$cp_1$
0	0	0	0	0	0	0	1	无	无	无	↓
0	0	0	1	0	0	1	0	↓	无	↓	↓
0	0	1	0	0	0	1	1	无	无	无	↓
0	0	1	1	0	1	0	0	↓	↓	↓	↓
0	1	0	0	0	1	0	1	无	无	无	↓
0	1	0	1	0	1	1	0	↓	无	↓	↓
0	1	1	0	0	1	1	1	无	无	无	↓
0	1	1	1	1	0	0	0	↓	↓	↓	↓
1	0	0	0	1	0	0	1	无	无	无	↓
1	0	0	1	0	0	0	0	↓	无	↓	↓
1	0	1	0	1	0	1	1	无	无	无	↓
1	0	1	1	0	1	0	0	↓	↓	↓	↓
1	1	0	0	1	1	0	1	无	无	无	↓
1	1	0	1	0	1	0	0	↓	无	↓	↓
1	1	1	0	1	1	1	1	无	无	无	↓
1	1	1	1	0	0	0	0	↓	↓	↓	↓

# 异步时序逻辑电路分析方法总结

---

确定系统变量（输入变量、输出变量、状态变量）

1 确定每个触发器的时钟由谁供给？

2 列写三组方程：

- 驱动方程（控制函数）、状态方程（次态方程）、输出方程（输出函数）

3 列写状态转换表：

- 首先，从假定（或给定）的某一个初始状态开始，每来一个外输入及外接时钟脉冲，确定与之对应的触发器次态及输出；
- 其次，确定该触发器的状态改变能否给其它触发器提供需要的时钟边沿。若能，则与之相应的其它触发器动作。否则，与之相应的其它触发器保持；重复该步骤，直到所有触发器的次态都确定为止。
- 接着，该次态成为新的现态，来一个外输入及外接时钟脉冲，重复上述操作，直到所有的 $2^n$ 个现态到次态的转换都已计算完毕；从表中第一行开始，寻找状态转换规律；

4 画出完整的状态图；

5 得出电路功能，并说明能否自启动