

# 数字逻辑设计

高翠芸

School of Computer Science

gaocuiyun@hit.edu.cn

# 时序逻辑电路分析

## 时序逻辑电路的分析方法

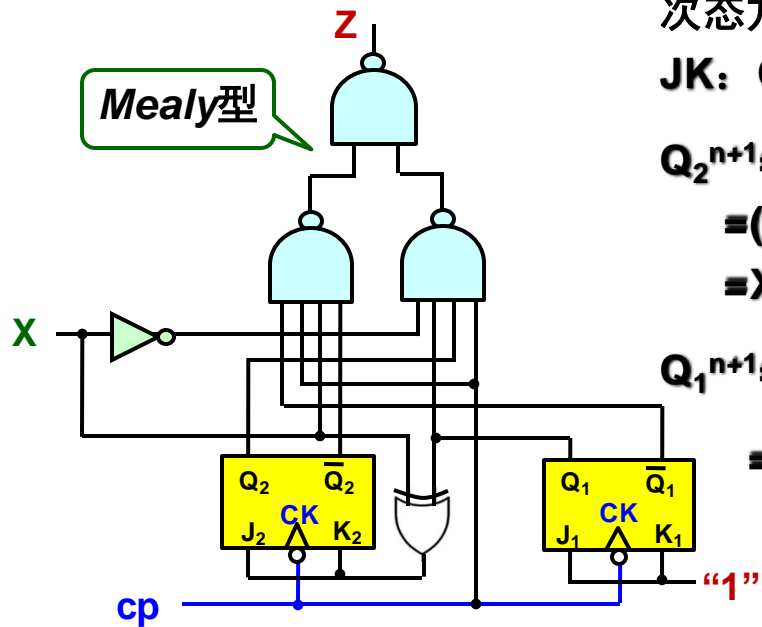
确定系统变量（输入变量、输出变量、状态变量）

- ① 列驱动方程（控制函数）
- 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——示例1:同步时序



次态方程:

JK:  $Q^{n+1} = JQ^n + K\bar{Q}^n$  ③ 输出方程

$$\begin{aligned} Q_2^{n+1} &= J_2\bar{Q}_2 + \bar{K}_2Q_2 \\ &= (X \oplus Q_1)\bar{Q}_2 + \overline{(X \oplus Q_1)}Q_2 \\ &= X \oplus Q_1 \oplus Q_2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_1^{n+1} &= J_1\bar{Q}_1 + K_1\bar{Q}_1 \\ &= \bar{Q}_1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z &= \overline{XCPQ_2^nQ_1^n} \cdot \overline{XCPQ_2^nQ_1^n} \\ &= XCP\bar{Q}_2^n\bar{Q}_1^n + \bar{X}CPQ_2^nQ_1^n \end{aligned}$$

④ 状态转换表

输入	现态	次态	输出
X	$Q_2^n Q_1^n$	$Q_2^{n+1} Q_1^{n+1}$	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

① 输入方程

$$J_1 = K_1 = 1$$

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

② 次态方程

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

$$Q_1^{n+1} = \bar{Q}_1^n$$

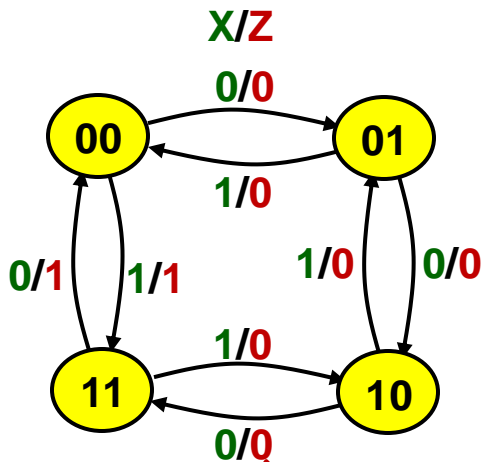
现态 $Q_2^n Q_1^n$	次态 $Q_2^{n+1} Q_1^{n+1} / Z$	
	X=0	X=1
0 0	0 1 / 0	1 1 / 1
0 1	1 0 / 0	0 0 / 0
1 0	1 1 / 0	0 1 / 0
1 1	0 0 / 1	1 0 / 0

# 时序逻辑电路分析——示例1:同步时序

## 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



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

**Mealy型: 输出值画在状态图转换线的旁边**

1. **Identify the problem.** The first step in the problem-solving process is to identify the problem. This involves recognizing the issue, understanding its scope, and determining its impact.



### ③ 状态转换表

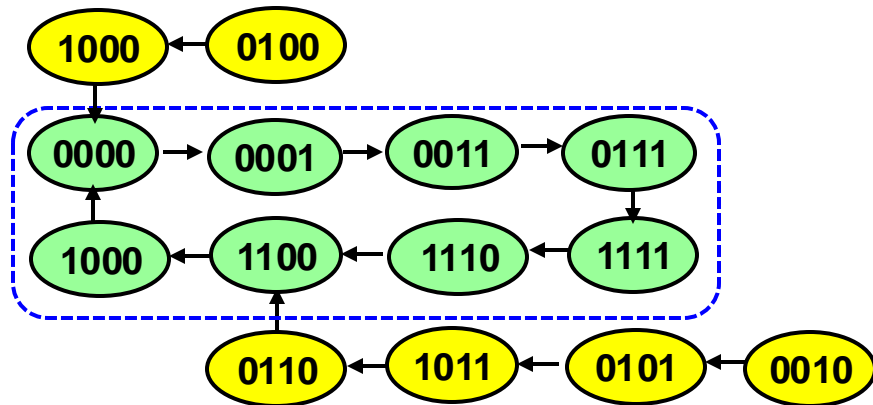
现态				次态				序号
$Y_4^n$	$Y_3^n$	$Y_2^n$	$Y_1^n$	$Y_4^{n+1}$	$Y_3^{n+1}$	$Y_2^{n+1}$	$Y_1^{n+1}$	
0	0	0	0	0	0	0	1	①
0	0	0	1	0	0	1	1	②
0	0	1	0	0	1	0	1	③
0	0	1	1	0	1	1	1	
0	1	0	0	1	0	0	0	
0	1	0	1	1	0	1	1	④
0	1	1	0	1	1	0	0	
0	1	1	1	1	1	1	1	
1	0	0	0	0	0	0	0	⑧
1	0	0	1	0	0	1	0	⑦
1	0	1	0	0	1	0	0	
1	0	1	1	0	1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

# 时序逻辑电路分析——示例2:同步时序

## 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	⑥
1	1	0	1	1	0	1	0	
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

# 时序逻辑电路分析——同步时序总结

## 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）

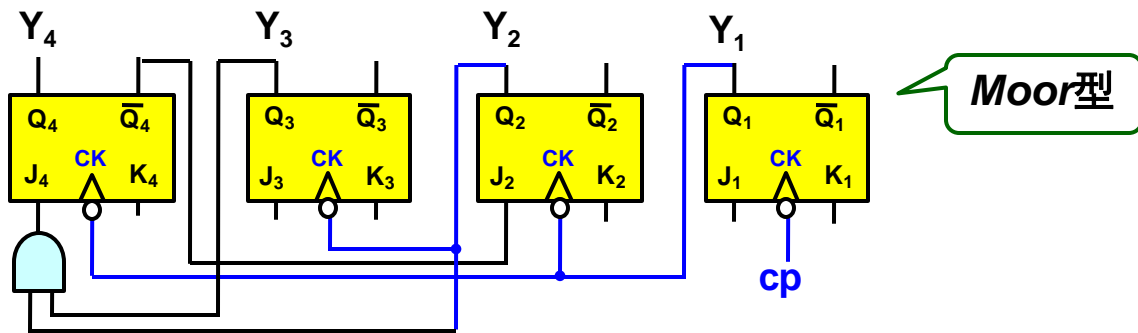
② 列写状态转换表：

- 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

# 时序逻辑电路分析——示例3: 异步时序



## 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

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



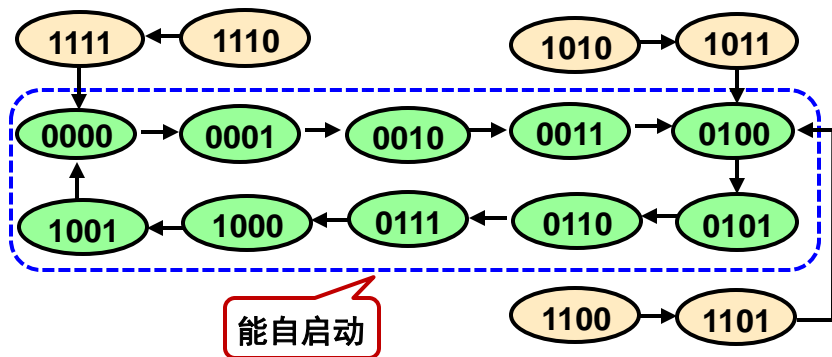
# 时序逻辑电路分析——异步时序示例3

## 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	↓	↓	↓	↓

# 时序逻辑电路分析——异步时序总结

## 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；

③ 画出完整的状态图；

④ 得出电路功能，并说明能否自启动