

数字逻辑设计

王鸿鹏

计算机科学与技术学院

wanghp@hit.edu.cn

时序逻辑电路的分析方法

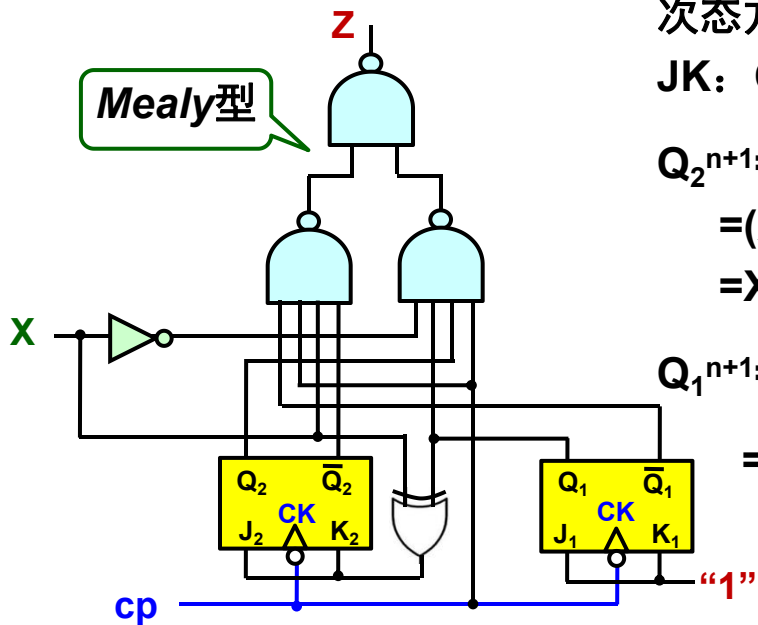
确定系统变量(输入变量、输出变量、状态变量)

- 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

例1 同步时序逻辑电路分析



① 输入方程

$$J_1 = K_1 = 1$$

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

② 次态方程

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

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

次态方程:
JK: $Q^{n+1} = JQ^n + K\overline{Q^n}$

$$\begin{aligned} Q_2^{n+1} &= J_2 \overline{Q_2^n} + \overline{K_2} Q_2^n \\ &= (X \oplus Q_1^n) \overline{Q_2^n} + \overline{(X \oplus Q_1^n)} Q_2^n \\ &= X \oplus Q_1^n \oplus Q_2^n \end{aligned}$$

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

现态 $Q_2^n \quad Q_1^n$		次态 $Q_2^{n+1} \quad Q_1^{n+1} / Z$	
		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

$$\begin{aligned} Z &= X \cdot CP \cdot \overline{Q_2^n} \cdot \overline{Q_1^n} + \overline{X} \cdot CP \cdot Q_2^n \cdot Q_1^n \\ &= X \cdot CP \cdot \overline{Q_2^n} \cdot \overline{Q_1^n} + \overline{X} \cdot CP \cdot Q_2^n \cdot Q_1^n \end{aligned}$$

④ 状态转换表

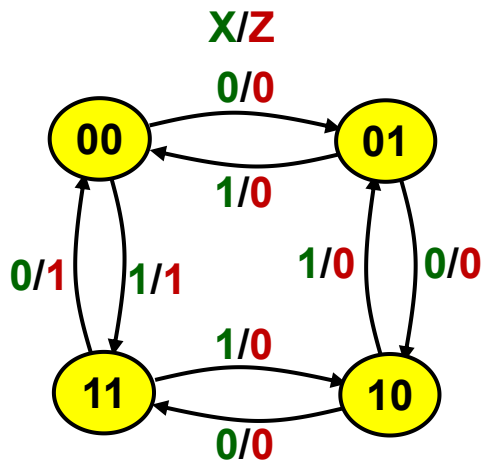
输入	现态		次态		输出
X	Q_2^n	Q_1^n	Q_2^{n+1}	Q_1^{n+1}	Z
0	0	0	0	1	0
0	0	1	1	0	0
0	1	0	1	1	0
0	1	1	0	0	1
1	0	0	1	1	1
1	0	1	0	0	0
1	1	0	0	1	0
1	1	1	1	0	0

例1 同步时序逻辑电路分析

④ 状态转换表

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



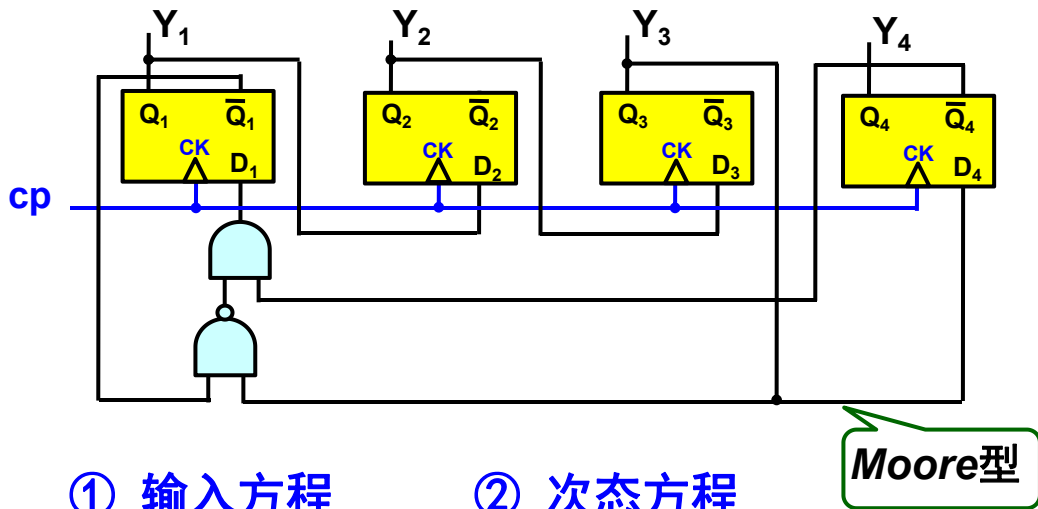
Mealy型: 输出
值画在状态图
转换线的旁边

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

例2 同步时序逻辑电路分析



③ 状态转换表

[illegible]

① 输入方程

$$\mathbf{D}_4 = \mathbf{Y}_3^n$$

$$\mathbf{D}_3 = \mathbf{Y}_2^n$$

$$\mathbf{D}_2 = \mathbf{Y}_1^n$$

$$\begin{aligned} D_1 &= \overline{Y_3^n} \overline{Y_1^n} \overline{Y_4^n} \\ &= Y_1^n \overline{Y_4^n} + \overline{Y_3^n} \overline{Y_4^n} \end{aligned}$$

② 次态方程

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

$$\mathbf{Y}_3^{n+1} = \mathbf{Y}_2^n$$

$$\mathbf{Y}_2^{n+1} = \mathbf{Y}_1^n$$

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

Moore型

③ 状态转换表

④ 状态图



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

激励方程(控制函数)、状态方程(次态方程)、输出方程

② 列写状态转换表

写出所有输入及现态的取值组合；

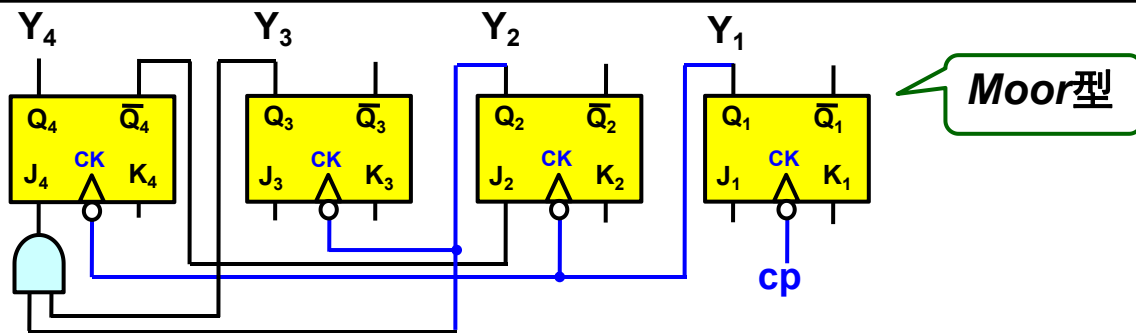
将各取值组合带入次态方程和输出方程，计算次态和输出

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

例3 异步时序逻辑电路分析



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

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

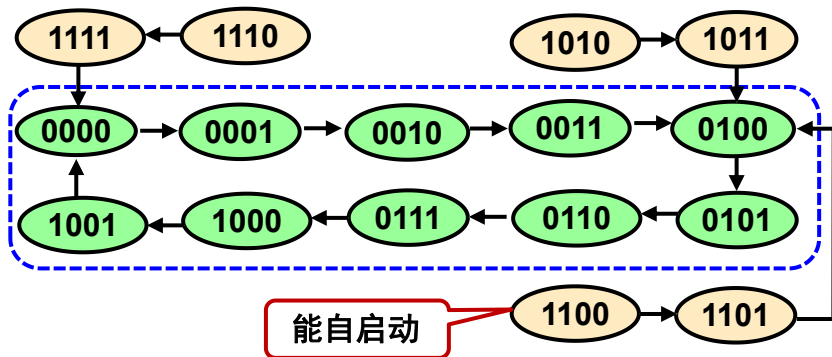
例3 异步时序逻辑电路分析

② 次态方程

$$\begin{cases} Y_4^{n+1} = J_4 \overline{Y_4^n} + \overline{K_4} Y_4^n = \overline{Y_4^n} Y_3^n Y_2^n & CP_4 = Y_1 \downarrow \\ Y_3^{n+1} = J_3 \overline{Y_3^n} + \overline{K_3} Y_3^n = \overline{Y_3^n} & CP_3 = Y_2 \downarrow \\ Y_2^{n+1} = J_2 \overline{Y_2^n} + \overline{K_2} Y_2^n = \overline{Y_4^n} \overline{Y_2^n} & CP_2 = Y_1 \downarrow \\ Y_1^{n+1} = J_1 \overline{Y_1^n} + \overline{K_1} Y_1^n = \overline{Y_1^n} & CP_1 \downarrow \end{cases}$$

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、状态方程（次态方程）、输出方程
- ③ 列写状态转换表：
 - a. 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；
 - b. 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。
 - c. 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。

课程目标

- 掌握布尔代数基础，具有利用布尔代数原理及基本逻辑门构造典型逻辑组合部件的能力
- 掌握组合逻辑电路的分析方法及设计方法，具有利用基本逻辑部件及中规模芯片构造组合逻辑电路的能力；
- 掌握时序逻辑电路的分析方法及设计方法，具有利用触发器、逻辑门、基本逻辑部件构造时序逻辑电路的能力；
- 了解可编程逻辑器件的基本工作原理，具有利用可编程逻辑器件设计逻辑电路的能力；
- 培养自主学习的能力，通过查阅器件资料及参考文献，能利用各种基本逻辑部件、中规模芯片及可编程逻辑器件设计一个较为复杂的完整的数字系统。