

# 数字电路与逻辑设计

Digital circuit and logic design

## 第五章 同步时序逻辑电路

主讲教师 | 赵贻竹

05

# 同步时序逻辑电路设计

## 确定激励函数和输出函数并画出逻辑电路图



# 同步时序逻辑电路设计

## 触发器的激励表

激励表反应了触发器从现态转移到某种次态时，对输入条件的要求

把触发器的现态和次态作为自变量，而把触发器的输入(或激励)作为因变量



## 同步时序逻辑电路设计

## 四种时钟控制触发器的激励表

钟控R-S触发器激励表		
现态Q	次态 $Q^{n+1}$	R S
0	0	d 0
0	1	0 1
1	0	1 0
1	1	0 d

钟控J-K触发器激励表		
现态Q	次态 $Q^{n+1}$	J K
0	0	0 d
0	1	1 d
1	0	d 1
1	1	d 0

钟控D触发器激励表		
现态Q	次态 $Q^{n+1}$	D
0	0	0
0	1	1
1	0	0
1	1	1

钟控T触发器激励表		
现态Q	次态 $Q^{n+1}$	T
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

# 同步时序逻辑电路设计

## 步骤



列出激励函数和输出函数真值表



用卡诺图化简后写出最简表达式



熟练时可直接根据激励函数和输出函数真值表，作出  
激励函数和输出函数卡诺图化简

# 同步时序逻辑电路设计

例

用J-K触发器和适当的逻辑门实现如下二进制状态表的功能。

现态 $y_2 y_1$	次态 $y_2^{n+1}y_1^{n+1}$ /输出Z	
	x=0	x=1
00	11/0	01/0
01	00/0	00/1
10	01/0	11/0
11	00/1	10/1



## 确定激励函数和输出函数

输入 x	现态 $y_2 y_1$	次态 $y_2^{n+1} y_1^{n+1}$	激励函数 $J_2 K_2 J_1 K_1$	输出 Z
0	0 0	1 1		0
0	0 1	0 0		0
0	1 0	0 1		0
0	1 1	0 0		1
1	0 0	0 1		0
1	0 1	0 0		1
1	1 0	1 1		0
1	1 1	1 0		1

现态 $y_2 y_1$	次态 $y_2^{n+1} y_1^{n+1}$ / 输出 Z			
	x=0		x=1	
00	11	/0	01	/0
01	00	/0	00	/1
10	01	/0	11	/0
11	00	/1	10	/1

钟控J-K触发器激励表		
现态Q	次态 $Q^{n+1}$	J K
0	0	0 d
0	1	1 d
1	0	d 1
1	1	d 0

## 确定激励函数和输出函数

输入 x	现态 $y_2 y_1$	次态 $y_2^{n+1} y_1^{n+1}$	激励函数 $J_2 K_2 J_1 K_1$	输出 Z
0	<b>0</b> 0	<b>1</b> 1	1 d	0
0	0 1	0 0		0
0	1 0	0 1		0
0	1 1	0 0		1
1	0 0	0 1		0
1	0 1	0 0		1
1	1 0	1 1		0
1	1 1	1 0		1

现态 $y_2 y_1$	次态 $y_2^{n+1} y_1^{n+1}$ / 输出 Z	
	x=0	x=1
00	11/0	01/0
01	00/0	00/1
10	01/0	11/0
11	00/1	10/1

钟控J-K触发器激励表		
现态Q	次态 $Q^{n+1}$	J K
0	0	0 d
0	1	1 d
1	0	d 1
1	1	d 0



## 确定激励函数和输出函数

输入 x	现态 $y_2 y_1$	次态 $y_2^{n+1} y_1^{n+1}$	激励函数 $J_2 K_2 J_1 K_1$	输出 Z
0	0 <b>0</b>	1 <b>1</b>	1 d 1 d	0
0	0 1	0 0		0
0	1 0	0 1		0
0	1 1	0 0		1
1	0 0	0 1		0
1	0 1	0 0		1
1	1 0	1 1		0
1	1 1	1 0		1

现态 $y_2 y_1$	次态 $y_2^{n+1} y_1^{n+1}$ / 输出 Z	
	x=0	x=1
00	11/0	01/0
01	00/0	00/1
10	01/0	11/0
11	00/1	10/1

钟控J-K触发器激励表		
现态Q	次态 $Q^{n+1}$	J K
0	0	0 d
0	1	1 d
1	0	d 1
1	1	d 0

## 确定激励函数和输出函数

输入 x	现态 $y_2 y_1$	次态 $y_2^{n+1} y_1^{n+1}$	激励函数 $J_2 K_2 J_1 K_1$	输出 Z
0	0 0	1 1	1 d 1 d	0
0	0 1	0 0	0 d d 1	0
0	1 0	0 1	d 1 1 d	0
0	1 1	0 0	d 1 d 1	1
1	0 0	0 1	0 d 1 d	0
1	0 1	0 0	0 d d 1	1
1	1 0	1 1	d 0 1 d	0
1	1 1	1 0	d 0 d 1	1

现态 $y_2 y_1$	次态 $y_2^{n+1} y_1^{n+1}$ / 输出 Z	
	x=0	x=1
00	11/0	01/0
01	00/0	00/1
10	01/0	11/0
11	00/1	10/1

钟控J-K触发器激励表		
现态Q	次态 $Q^{n+1}$	J K
0	0	0 d
0	1	1 d
1	0	d 1
1	1	d 0

## 确定激励函数和输出函数

输入 x	现态 $y_2 y_1$	次态 $y_2^{n+1} y_1^{n+1}$	激励函数 $J_2 K_2 J_1 K_1$	输出 Z
0	0 0	1 1	1 d 1 d	0
0	0 1	0 0	0 d d 1	0
0	1 0	0 1	d 1 1 d	0
0	1 1	0 0	d 1 d 1	1
1	0 0	0 1	0 d 1 d	0
1	0 1	0 0	0 d d 1	1
1	1 0	1 1	d 0 1 d	0
1	1 1	1 0	d 0 d 1	1

	$y_2 y_1$	00	01	11	10
$x$	0	1	0	d	d
	1	0	0	d	d

$$\begin{aligned}
 J_2 &= \bar{x} \bar{y}_1 \\
 &= \overline{x + y_1}
 \end{aligned}$$



## 确定激励函数和输出函数

输入 $x$	现态 $y_2 y_1$	次态 $y_2^{n+1} y_1^{n+1}$	激励函数 $J_2 K_2 J_1 K_1$	输出 $Z$
0	0 0	1 1	1 d 1 d	0
0	0 1	0 0	0 d d 1	0
0	1 0	0 1	d 1 1 d	0
0	1 1	0 0	d 1 d 1	1
1	0 0	0 1	0 d 1 d	0
1	0 1	0 0	0 d d 1	1
1	1 0	1 1	d 0 1 d	0
1	1 1	1 0	d 0 d 1	1

		$K_2$			
$x$	$y_2 y_1$	00	01	11	10
	0	d	d	1	1
	1	d	d	0	0

$$K_2 = \bar{x}$$

# 确定激励函数和输出函数

输入 $x$	现态 $y_2 y_1$	次态 $y_2^{n+1} y_1^{n+1}$	激励函数 $J_2 K_2 J_1 K_1$	输出 $Z$
0	0 0	1 1	1 d 1 d	0
0	0 1	0 0	0 d d 1	0
0	1 0	0 1	d 1 1 d	0
0	1 1	0 0	d 1 d 1	1
1	0 0	0 1	0 d 1 d	0
1	0 1	0 0	0 d d 1	1
1	1 0	1 1	d 0 1 d	0
1	1 1	1 0	d 0 d 1	1

卡诺图 (Karnaugh Map) 用于确定激励函数  $J_1$ 。

	$y_2 y_1$	00	01	11	10
$x$	0	1	d	d	1
	1	1	d	d	1

图中红色方框圈出了  $J_1 = 1$  的项。

$$J_1 = 1$$

## 确定激励函数和输出函数

输入 $x$	现态 $y_2 y_1$	次态 $y_2^{n+1} y_1^{n+1}$	激励函数 $J_2 K_2 J_1 K_1$	输出 $Z$
0	0 0	1 1	1 d 1 d	0
0	0 1	0 0	0 d d 1	0
0	1 0	0 1	d 1 1 d	0
0	1 1	0 0	d 1 d 1	1
1	0 0	0 1	0 d 1 d	0
1	0 1	0 0	0 d d 1	1
1	1 0	1 1	d 0 1 d	0
1	1 1	1 0	d 0 d 1	1

卡诺图 (Karnaugh Map) 用于确定激励函数  $K_1$ 。

		$K_1$			
	$y_2 y_1$	00	01	11	10
$x$	0	d	1	1	d
	1	d	1	1	d

图中红色圈出的区域表示  $K_1 = 1$  的项。

$$K_1 = 1$$

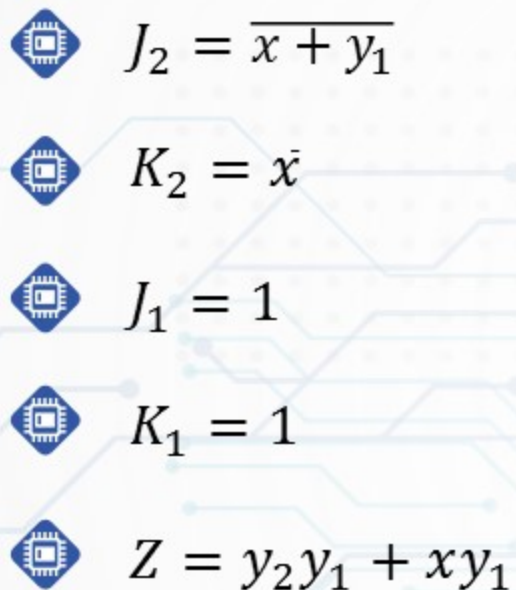


## 确定激励函数和输出函数

输入 $x$	现态 $y_2 y_1$	次态 $y_2^{n+1} y_1^{n+1}$	激励函数 $J_2 K_2 J_1 K_1$	输出 $Z$
0	0 0	1 1	1 d 1 d	0
0	0 1	0 0	0 d d 1	0
0	1 0	0 1	d 1 1 d	0
0	1 1	0 0	d 1 d 1	1
1	0 0	0 1	0 d 1 d	0
1	0 1	0 0	0 d d 1	1
1	1 0	1 1	d 0 1 d	0
1	1 1	1 0	d 0 d 1	1

		$Z$			
		$y_2 y_1$			
$x$	0	00	01	11	10
	0	0	0	1	0
1	0	0	1	1	0

$$Z = y_2 y_1 + x y_1$$



若选D触发器作为存储元件是否更简呢？

## 同步时序逻辑电路设计

## D触发器作为存储元件

输入 $x$	现态 $y_2 y_1$	次态 $y_2^{n+1} y_1^{n+1}$	激励函数 $D_2 D_1$	输出 $Z$
0	0 0	1 1	1 1	0
0	0 1	0 0	0 0	0
0	1 0	0 1	0 1	0
0	1 1	0 0	0 0	1
1	0 0	0 1	0 1	0
1	0 1	0 0	0 0	1
1	1 0	1 1	1 1	0
1	1 1	1 0	1 0	1



## 同步时序逻辑电路设计

## D触发器作为存储元件

输入 $x$	现态 $y_2 y_1$	次态 $y_2^{n+1} y_1^{n+1}$	激励函数 $D_2 D_1$	输出 $Z$
0	0 0	1 1	1 1	0
0	0 1	0 0	0 0	0
0	1 0	0 1	0 1	0
0	1 1	0 0	0 0	1
1	0 0	0 1	0 1	0
1	0 1	0 0	0 0	1
1	1 0	1 1	1 1	0
1	1 1	1 0	1 0	1

		$D_2$			
		$y_2y_1$	00	01	11
$x$	0	1	0	0	0
	1	0	0	1	1

$$\begin{aligned}
 D_2 &= \bar{x} \bar{y}_2 \bar{y}_1 + x y_2 \\
 &= \overline{x + y_2 + y_1} + x y_2
 \end{aligned}$$

## 同步时序逻辑电路设计

## D触发器作为存储元件

输入 $x$	现态 $y_2 y_1$	次态 $y_2^{n+1} y_1^{n+1}$	激励函数 $D_2 D_1$	输出 $Z$
0	0 0	1 1	1 1	0
0	0 1	0 0	0 0	0
0	1 0	0 1	0 1	0
0	1 1	0 0	0 0	1
1	0 0	0 1	0 1	0
1	0 1	0 0	0 0	1
1	1 0	1 1	1 1	0
1	1 1	1 0	1 0	1

	$y_2 y_1$	00	01	11	10
$x$	0	1	0	0	1
	1	1	0	1	1

$$D_1 = \overline{y_1}$$

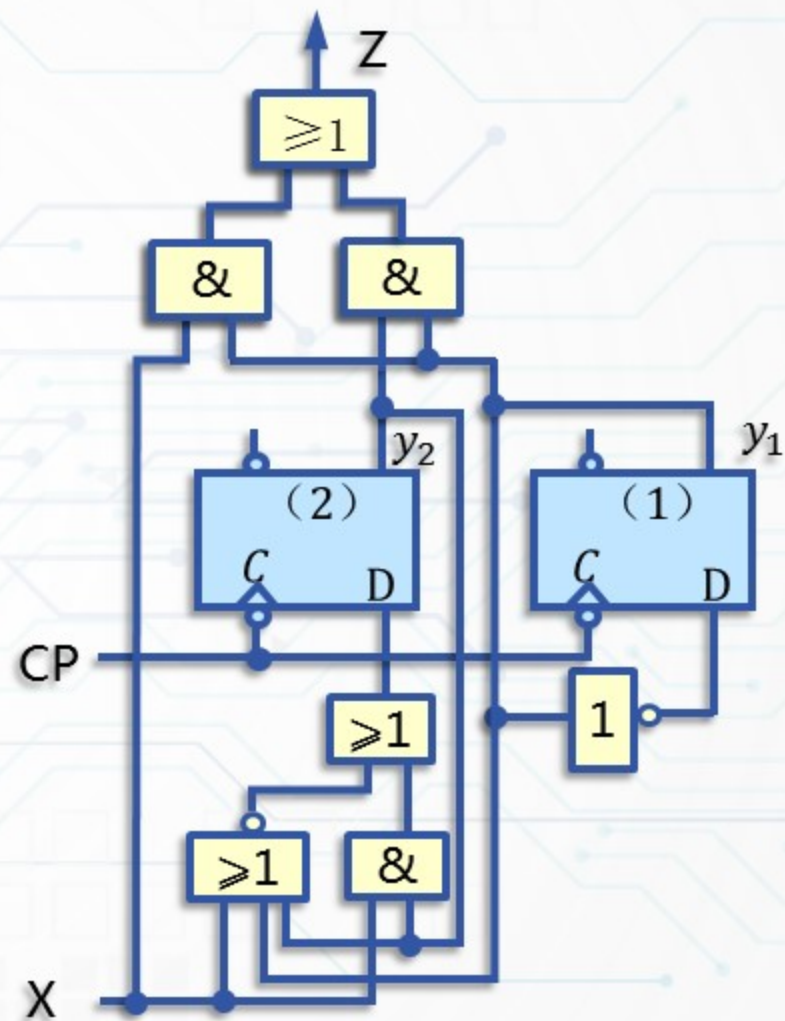
# 同步时序逻辑电路设计

## 逻辑电路图

$$D_2 = \overline{x + y_2 + y_1} + xy_2$$

$$D_1 = \overline{y_1}$$

$$Z = y_2y_1 + xy_1$$





## 同步时序逻辑电路设计

### 注意

在同步时序逻辑电路的设计中，采用不同的触发器，会导致激励函数不同，使得设计出来的电路的组合电路部分的复杂程度会不同。因此，在具体的设计中，要进行分析、对比，选择合适的存储元件，从而使得最终设计的电路最简单。

# 数字电路与逻辑设计

Digital circuit and logic design

谢谢，祝学习快乐！

主讲教师 | 赵贻竹

05