

第六章 同步时序逻辑电路(三)

秦磊华 计算机学院

6.8 时序电路设计举例



6.8 同步时序电路设计举例

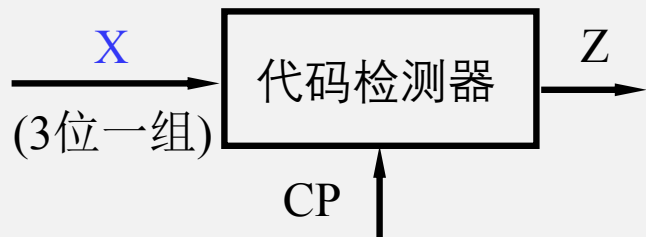
同步时序逻辑电路设计步骤

- 1) 逻辑抽象，得出电路的状态转换图或状态转换表
- 2) 状态化简
- 3) 状态分配与编码
- 4) 选定触发器的类型设计电路

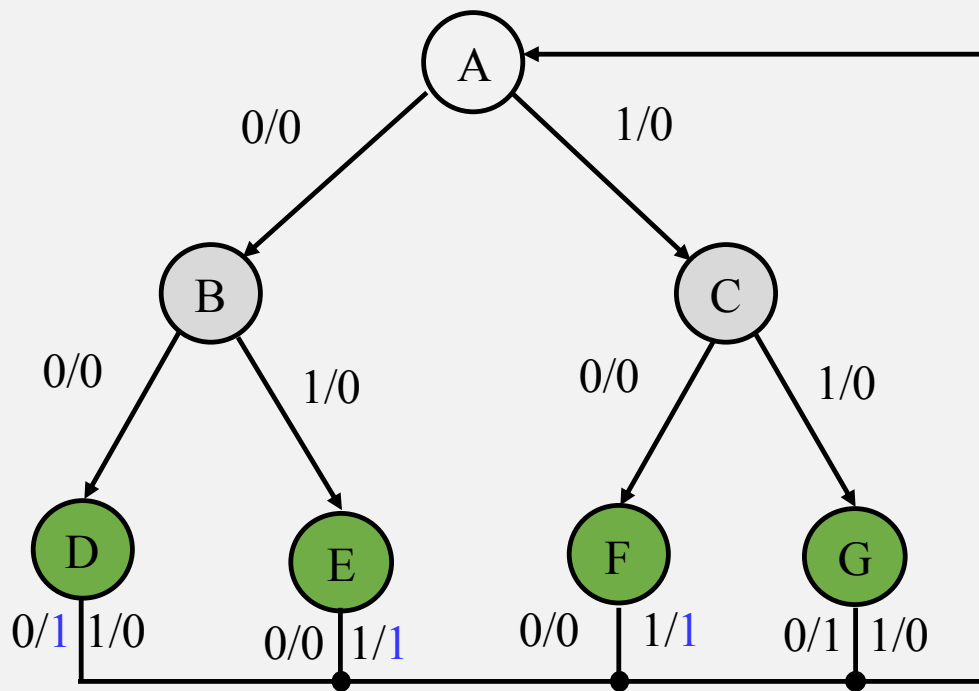
6.8 同步时序电路设计举例

例1 设计一个3位二进制串行奇偶检测器。该电路从输入端x串行输入二进制代码，每三位为一组，当三位代码中1的个数为偶数时，输出Z产生一个1输出，平时Z输出为0。

1)建立原始状态图和原始状态表



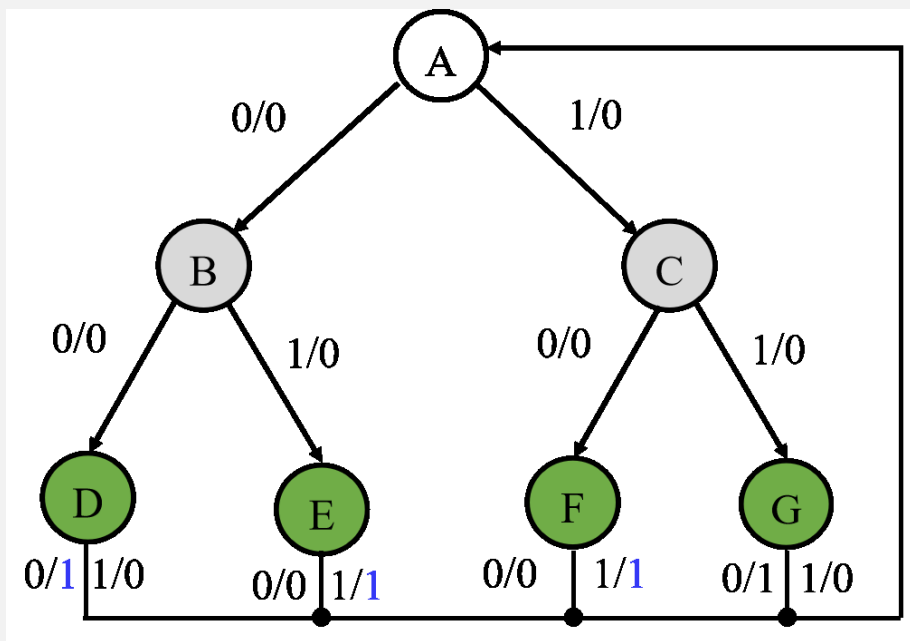
Moore 型还是 Mealy ?



6.8 同步时序电路设计举例

例1 设计一个3位二进制串行奇偶检测器。该电路从输入端x串行输入二进制代码，每三位为一组，当三位代码中1的个数为偶数时，输出Z产生一个1输出，平时Z输出为0。

1)建立原始状态图和原始状态表



现态	次态/输出	
	x=0	x=1
A	B/0	C/0
B	D/0	E/0
C	F/0	G/0
D	A/1	A/0
E	A/0	A/1
F	A/0	A/1
G	A/1	A/0

6.8 同步时序电路设计举例

例1 设计一个3位二进制串行奇偶检测器。该电路从输入端x串行输入二进制代码，每三位为一组，当三位代码中1的个数为偶数时，输出Z产生一个1输出，平时Z输出为0。

2)状态化简

现态	次态/输出	
	x=0	x=1
A	B/0	C/0
B	D/0	E/0
C	F/0	G/0
D	A/1	A/0
E	A/0	A/1
F	A/0	A/1
G	A/1	A/0

根据等效对判断规则观察可知(D,G), (E,F)

↓ ↓
D E

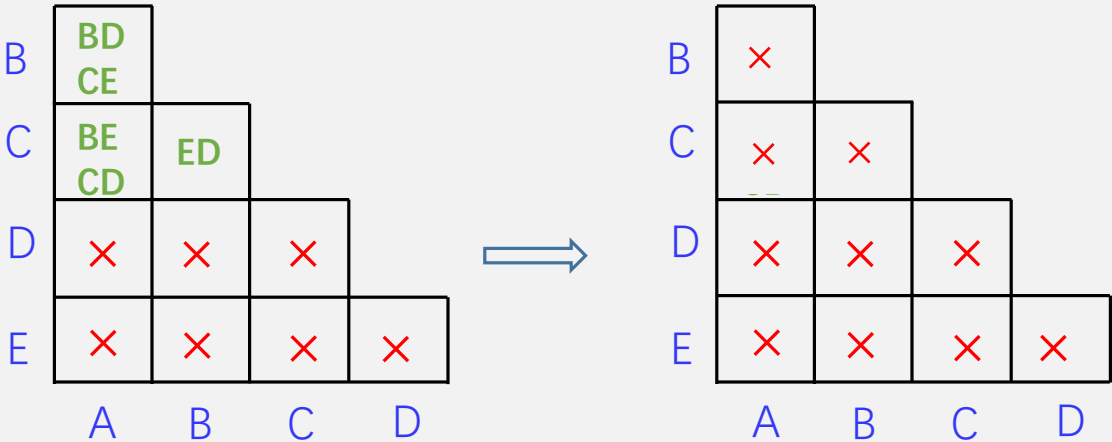
现态	次态/输出	
	x=0	x=1
A	B/0	C/0
B	D/0	E/0
C	E/0	D/0
D	A/1	A/0
E	A/0	A/1

6.8 同步时序电路设计举例

例1 设计一个3位二进制串行奇偶检测器。该电路从输入端x串行输入二进制代码，每三位为一组，当三位代码中1的个数为偶数时，输出Z产生一个1输出，平时Z输出为0。

2)状态化简

现态	次态/输出	
	x=0	x=1
A	B/0	C/0
B	D/0	E/0
C	E/0	D/0
D	A/1	A/0
E	A/0	A/1



6.8 同步时序电路设计举例

例1 设计一个3位二进制串行奇偶检测器。该电路从输入端x串行输入二进制代码，每三位为一组，当三位代码中1的个数为偶数时，输出Z产生一个1输出，平时Z输出为0。

3)状态分配与编码

- (1)次态相同，现态相邻
- (2)同一现态，次态相邻
- (3)输出相同，现态相邻

现态	次态/输出	
	x=0	x=1
A	B/0	C/0
B	D/0	E/0
C	E/0	D/0
D	A/1	A/0
E	A/0	A/1

原则①：DE相邻；
原则②：BC、DE相邻；
原则③：ABC相邻。

		y ₃ y ₂			
		00	01	11	10
y ₁	0	A	B	C	D
	1				E

A: 000 B: 010 C: 110
D: 100 E: 101

6.8 同步时序电路设计举例

例1 设计一个3位二进制串行奇偶检测器。该电路从输入端x串行输入二进制代码，每三位为一组，当三位代码中1的个数为偶数时，输出Z产生一个1输出，平时Z输出为0。

3)状态分配与编码

现态	次态/输出	
	x=0	x=1
A	B/0	C/0
B	D/0	E/0
C	E/0	D/0
D	A/1	A/0
E	A/0	A/1

A: 000 B: 010 C: 110
D: 100 E: 101

$y_3y_2y_1$	$y_3^{n+1}y_2^{n+1}y_1^{n+1}/Z$	
	x=0	x=1
000	010/0	110/0
010	100/0	101/0
110	101/0	100/0
100	000/1	000/0
101	000/0	000/1

6.8 同步时序电路设计举例

例1 设计一个3位二进制串行奇偶检测器。该电路从输入端x串行输入二进制代码，每三位为一组，当三位代码中1的个数为偶数时，输出Z产生一个1输出，平时Z输出为0。

4)确定激励函数和输出函数

$y_3y_2y_1$	$y_3^{n+1}y_2^{n+1}y_1^{n+1}/Z$	
	$x=0$	$x=1$
000	010/0	110/0
010	100/0	101/0
110	101/0	100/0
100	000/1	000/0
101	000/0	000/1

(假定用D触发器实现)

输入 x	现态 $y_3y_2y_1$	次态 $y_3^{n+1}y_2^{n+1}y_1^{n+1}$	激励函数 $D_3D_2D_1$	输出 Z
0	000	010	010	0
0	010	100	100	0
0	100	000	000	1
0	101	000	000	0
0	110	101	101	0
1	000	110	110	0
1	010	101	101	0
1	100	000	000	0
1	101	000	000	1
1	110	100	100	0

6.8 同步时序电路设计举例

例1 设计一个3位二进制串行奇偶检测器。该电路从输入端x串行输入二进制代码，每三位为一组，当三位代码中1的个数为偶数时，输出Z产生一个1输出，平时Z输出为0。

输入 x	现态 $y_3y_2y_1$	次态 $y_3^{n+1}y_2^{n+1}y_1^{n+1}$	激励函数 $D_3D_2D_1$	输出 Z
0	000	010	010	0
0	010	100	100	0
0	100	000	000	1
0	101	000	000	0
0	110	101	101	0
1	000	110	110	0
1	010	101	101	0
1	100	000	000	0
1	101	000	000	1
1	110	100	100	0

$y_2y_1 \backslash xy_3$		00	01	11	10
D_3	00	0	0	0	1
	01	d	0	0	d
	11	d	d	d	d
	10	1	1	1	1

$$D_3 = x\bar{y}_3 + y_2$$

$$D_2 = \bar{y}_3\bar{y}_2$$

$y_2y_1 \backslash xy_3$		00	01	11	10
D_2	00	1	0	0	1
	01	d	0	0	d
	11	d	d	d	d
	10	0	0	0	0

6.8 同步时序电路设计举

$$D_1 = xy_3y_2 + x\bar{y}_3y_2 = (x \oplus y_3)y_2;$$

例1 设计一个3位二进制串行奇偶检测器。该电路从输入端x串行输入二进制代码，每三位为一组，当三位代码中1的个数为偶数时，输出Z产生一个1输出，平时Z输出为0。

输入 x	现态 $y_3y_2y_1$	次态 $y_3^{n+1}y_2^{n+1}y_1^{n+1}$	激励函数 $D_3D_2D_1$	输出 Z
0	000	010	010	0
0	010	100	100	0
0	100	000	000	1
0	101	000	000	0
0	110	101	101	0
1	000	110	110	0
1	010	101	101	0
1	100	000	000	0
1	101	000	000	1
1	110	100	100	0

		xy_3			
		00	01	11	10
D_1	00	0	0	0	0
	01	d	0	0	d
	11	d	d	d	d
	10	0	1	0	1

$$D_1 = \bar{x}y_3y_2 + x\bar{y}_3y_2 = (x \oplus y_3)y_2$$

$$Z = \bar{x}y_3\bar{y}_2\bar{y}_1 + xy_1$$

		xy_3			
		00	01	11	10
Z	00	0	1	0	0
	01	d	0	1	d
	11	d	d	d	d
	10	0	0	0	0

6.8 同步时序电路设计举例

例1 设计一个3位二进制串行奇偶检测器。该电路从输入端x串行输入二进制代码，每三位为一组，当三位代码中1的个数为偶数时，输出Z产生一个1输出，平时Z输出为0。

y_2y_1 \ xy_3		00	01	11	10
		00	01	11	10
D_3	00	0	0	0	1
	01	d	0	0	d
	11	d	d	d	d
	10	1	1	1	1

y_2y_1 \ xy_3		00	01	11	10
		00	01	11	10
D_2	00	1	0	0	1
	01	d	0	0	d
	11	d	d	d	d
	10	0	0	0	0

y_2y_1 \ xy_3		00	01	11	10
		00	01	11	10
D_1	00	0	0	0	0
	01	d	0	0	d
	11	d	d	d	d
	10	0	1	0	1

y_2y_1 \ xy_3		00	01	11	10
		00	01	11	10
z	00	0	1	0	0
	01	d	0	1	d
	11	d	d	d	d
	10	0	0	0	0

y_3y_2 \ y_1		00	01	11	10
		00	01	11	10
y_1	0	A	B	C	D
	1				E

A: 000 B: 010 C: 110
D: 100 E: 101

本例存在001、011和111共3个无效状态，要检查是否存在挂起状态或错误输出。

6.8 同步时序电路设计举例

例1 设计一个3位二进制串行奇偶检测器。该电路从输入端x串行输入二进制代码，每三位为一组，当三位代码中1的个数为偶数时，输出Z产生一个1输出，平时Z输出为0。

5) 特殊情况检查

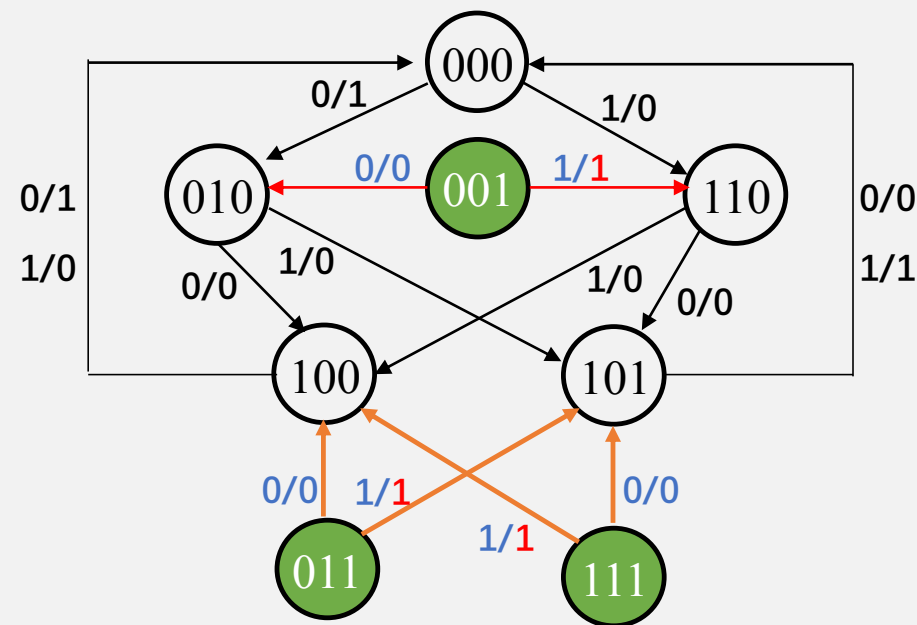
输入 x	现态 $y_3y_2y_1$	激励函数 $D_3D_2D_1$	次态 $y_3^{n+1}y_2^{n+1}y_1^{n+1}$	输出 Z
0	0 0 1	0 1 0	0 1 0	0
0	0 1 1	1 0 0	1 0 0	0
0	1 1 1	1 0 1	1 0 1	0
1	0 0 1	1 1 0	1 1 0	1
1	0 1 1	1 0 1	1 0 1	1
1	1 1 1	1 0 0	1 0 0	1

$$D_3 = x\bar{y}_3 + y_2 \quad D_2 = \bar{y}_3\bar{y}_2$$

$$D_1 = (x \oplus y_3)y_2 \quad Z = \bar{x}y_3\bar{y}_2y_1 + xy_1$$

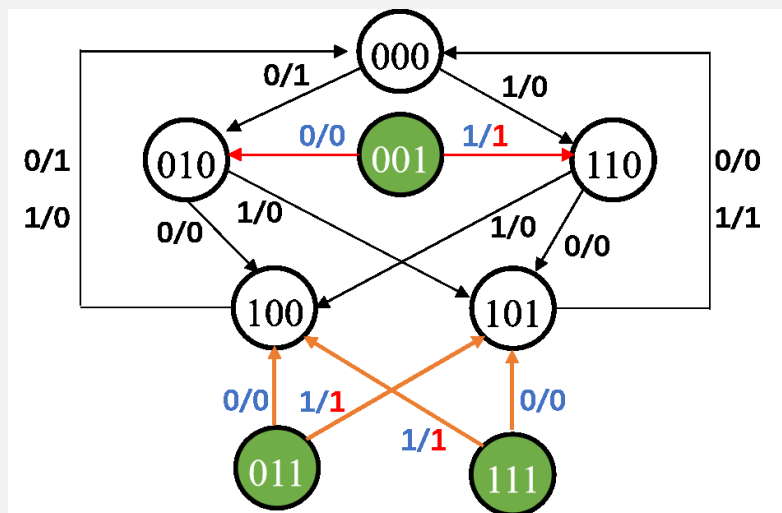
$y_3y_2y_1$	$y_3^{n+1}y_2^{n+1}y_1^{n+1}/Z$	
	x=0	x=1
000	010/0	110/0
010	100/0	101/0
110	101/0	100/0
100	000/1	000/0
101	000/0	000/1

y_3y_2 y_1	00	01	11	10
0	A	B	C	D
1				E



6.8 同步时序电路设计举例

例1 设计一个3位二进制串行奇偶检测器。该电路从输入端x串行输入二进制代码，每三位为一组，当三位代码中1的个数为偶数时，输出Z产生一个1输出，平时Z输出为0。



		xy ₃				
		y ₂ y ₁	00	01	11	10
z	00	0	1	0	0	
	01	d	0	1	d	
	11	d	d	d	d	
	10	0	0	0	0	

		xy_3				
		y_2y_1	00	01	11	10
z	00	0	1	0	0	
	01	d	0	1	d	
	11	d	d	d	d	
	10	0	0	0	0	

不存在挂起，但存在3个错误输出

$$Z = \overline{X}Y_3\overline{Y_2}\overline{Y_1} + XY_3\overline{Y_2}Y_1$$

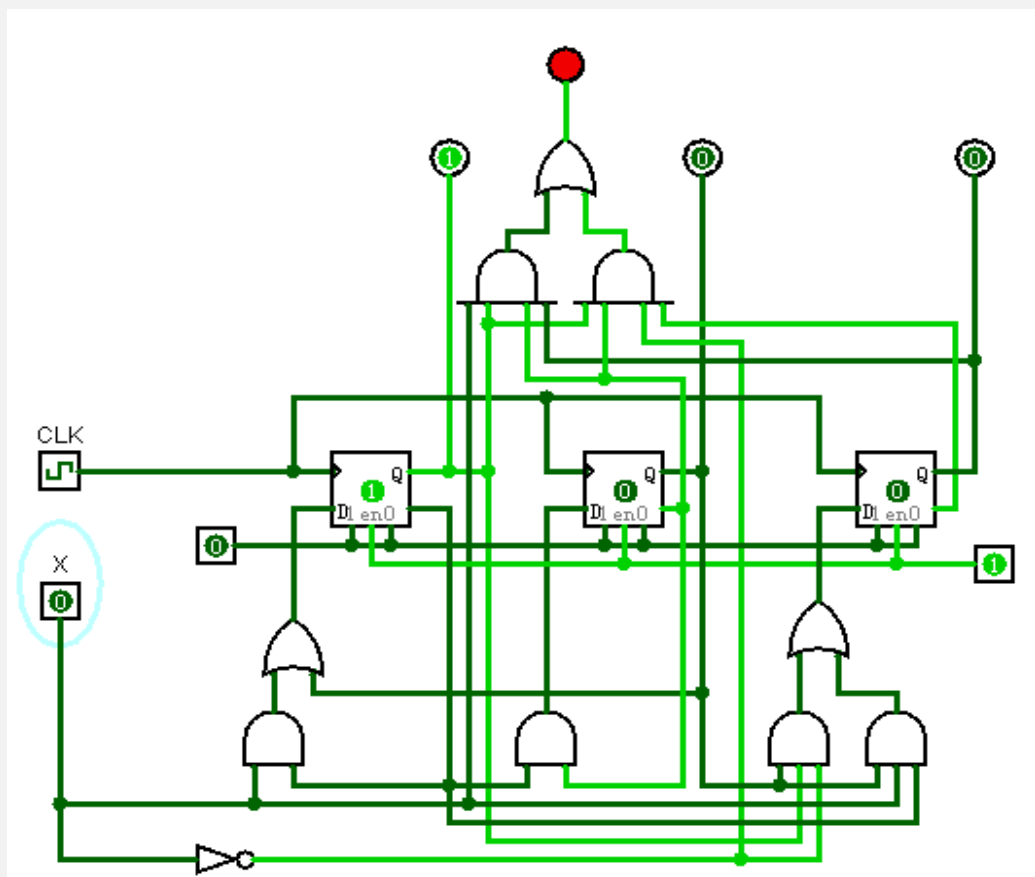
6.8 同步时序电路设计举例

例1 设计一个3位二进制串行奇偶检测器。该电路从输入端x串行输入二进制代码，每三位为一组，当三位代码中1的个数为偶数时，输出Z产生一个1输出，平时Z输出为0。

$$D_3 = x \bar{y}_3 + y_2 \quad D_2 = \bar{y}_3 \bar{y}_2$$

$$D_1 = \bar{x} y_3 y_2 + x \bar{y}_3 y_2$$

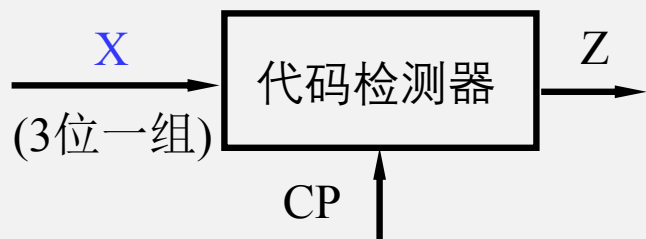
$$Z = \bar{X} Y_3 \bar{Y}_2 \bar{Y}_1 + X Y_3 \bar{Y}_2 Y_1$$



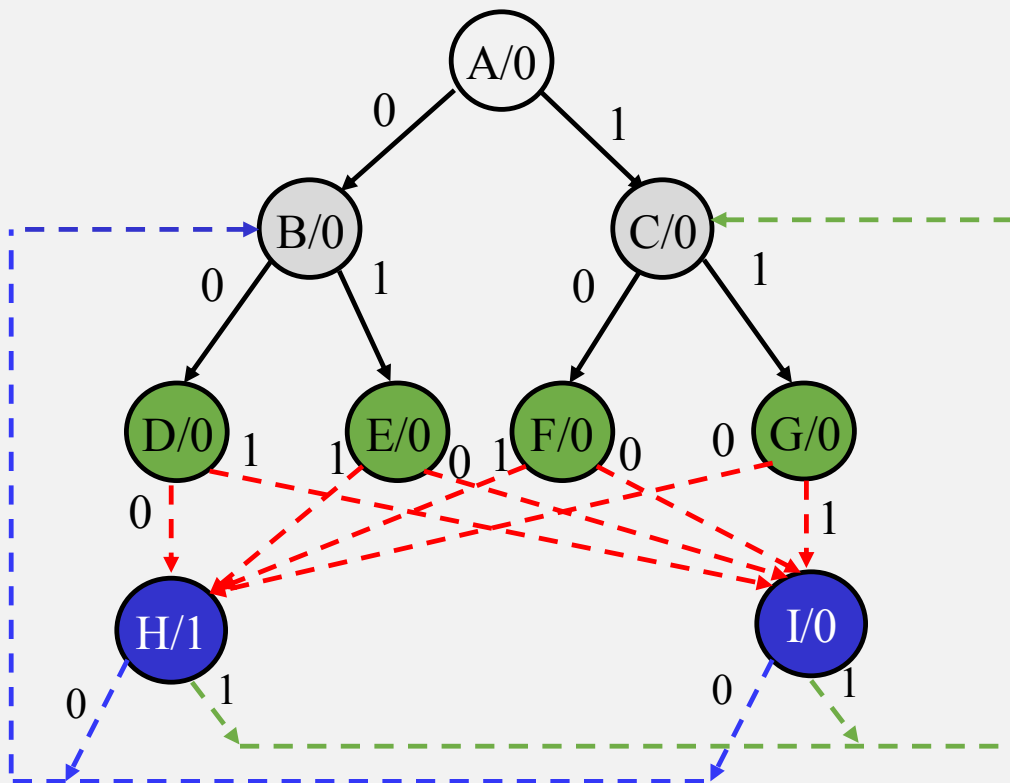
6.8 同步时序电路设计举例

例1 设计一个3位二进制串行奇偶检测器。该电路从输入端x串行输入二进制代码，每三位为一组，当三位代码中1的个数为偶数时，输出Z产生一个1输出，平时Z输出为0。

1)建立原始状态图和原始状态表

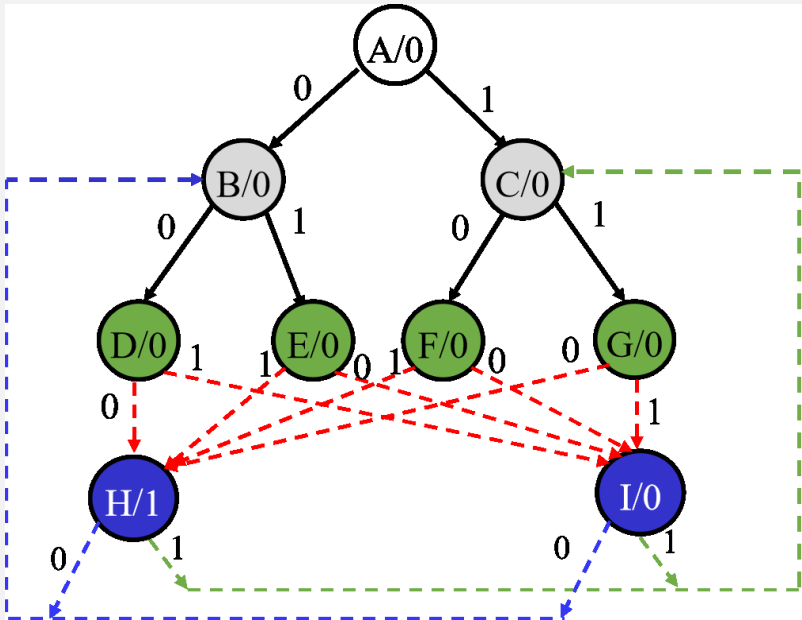


Moore 型还是 Mealy ?



6.8 同步时序电路设计举例

例1 设计一个3位二进制串行奇偶检测器。该电路从输入端x串行输入二进制代码，每三位为一组，当三位代码中1的个数为偶数时，输出Z产生一个1输出，平时Z输出为0。



现态	次态		输出
	x=0	x=1	
A	B	C	0
B	D	E	0
C	F	G	0
D	H	I	0
E	I	H	0
F	I	H	0
G	H	I	0
H	B	C	1
I	B	C	0

6.8 同步时序电路设计举例

例1 设计一个3位二进制串行奇偶检测器。该电路从输入端x串行输入二进制代码，每三位为一组，当三位代码中1的个数为偶数时，输出Z产生一个1输出，平时Z输出为0。

2)状态化简

观察可知: (A,I)--- A, (D,G)--- D, (E, F) --- E

现态	次态		输出
	x=0	x=1	
A	B	C	0
B	D	E	0
C	F	G	0
D	H	I	0
E	I	H	0
F	I	H	0
G	H	I	0
H	B	C	1
I	B	C	0



现态	次态		输出
	x=0	x=1	
A	B	C	0
B	D	E	0
C	E	D	0
D	H	A	0
E	A	H	0
H	B	C	1

Moore

现态	次态/输出	
	x=0	x=1
A	B/0	C/0
B	D/0	E/0
C	E/0	D/0
D	A/1	A/0
E	A/0	A/1

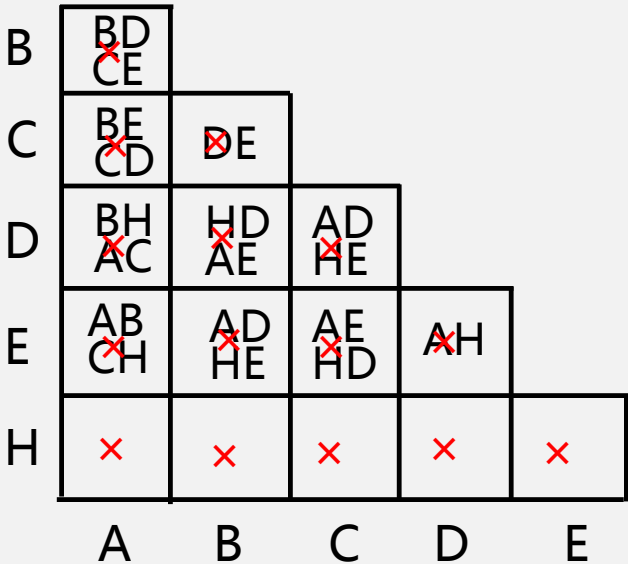
Mealy

6.8 同步时序电路设计举例

例1 设计一个3位二进制串行奇偶检测器。该电路从输入端x串行输入二进制代码，每三位为一组，当三位代码中1的个数为偶数时，输出Z产生一个1输出，平时Z输出为0。

2)状态化简

现态	次态		输出
	x=0	x=1	
A	B	C	0
B	D	E	0
C	E	D	0
D	H	A	0
E	A	H	0
H	B	C	1



6.8 同步时序电路设计举例

例1 设计一个3位二进制串行奇偶检测器。该电路从输入端x串行输入二进制代码，每三位为一组，当三位代码中1的个数为偶数时，输出Z产生一个1输出，平时Z输出为0。

3)状态分配与编码

- (1)次态相同，现态相邻
- (2)同一现态，次态相邻
- (3)输出相同，现态相邻

现态	次态		输出
	x=0	x=1	
A	B	C	0
B	D	E	0
C	E	D	0
D	H	A	0
E	A	H	0
H	B	C	1

- 原则①：AH相邻；
⇒ 原则②：BC、DE、AH相邻； ⇒
原则③：ABCDE相邻。

		y ₃ y ₂			
		00	01	11	10
y ₁	0	A	B	C	D
	1	H			E

A: 000 B: 010 C: 110
D: 100 E: 110 H: 001

6.8 同步时序电路设计举例

例1 设计一个3位二进制串行奇偶检测器。该电路从输入端x串行输入二进制代码，每三位为一组，当三位代码中1的个数为偶数时，输出Z产生一个1输出，平时Z输出为0。

3)状态分配与编码

A: 000 B: 010 C: 110
D: 100 E: 110 H: 001

现态	次态		输出
	x=0	x=1	
A	B	C	0
B	D	E	0
C	E	D	0
D	H	A	0
E	A	H	0
H	B	C	1



现态	次态		输出
	x=0	x=1	
000	010	110	0
010	100	101	0
110	101	100	0
100	001	000	0
101	000	001	0
001	010	110	1

6.8 同步时序电路设计举例

例1 设计一个3位二进制串行奇偶检测器。该电路从输入端x串行输入二进制代码，每三位为一组，当三位代码中1的个数为偶数时，输出Z产生一个1输出，平时Z输出为0。

4)确定激励函数和输出函数

现态	次态		输出
	x=0	x=1	
000	010	110	0
010	100	101	0
110	101	100	0
100	001	000	0
101	000	001	0
001	010	110	1

(假定用D触发器实现)

输入 x	现态 $y_3y_2y_1$	次 态	激励函数 $D_3D_2D_1$	输出 Z
		$y_3^{n+1}y_2^{n+1}y_1^{n+1}$		
0	000	010	010	0
0	001	010	010	1
0	010	100	100	0
0	100	001	001	0
0	101	000	000	0
0	110	101	101	0
1	000	110	110	0
1	001	110	110	1
1	010	101	101	0
1	100	000	000	0
1	101	001	001	0
1	110	100	100	0

6.8 同步时序电路设计举例

例1 设计一个3位二进制串行奇偶检测器。该电路从输入端x串行输入二进制代码，每三位为一组，当三位代码中1的个数为偶数时，输出Z产生一个1输出，平时Z输出为0。

4)确定激励函数和输出函数

输入 x	现态 $y_3y_2y_1$	次态 $y_3^{n+1}y_2^{n+1}y_1^{n+1}$	激励函数 $D_3D_2D_1$	输出 Z
0	000	010	010	0
0	001	010	010	1
0	010	100	100	0
0	100	001	001	0
0	101	000	000	0
0	110	101	101	0
1	000	110	110	0
1	001	110	110	1
1	010	101	101	0
1	100	000	000	0
1	101	001	001	0
1	110	100	100	0

$y_2y_1 \backslash xy_3$		00	01	11	10
00	0	0	0	0	1
01	0	0	0	0	1
11	d	d	d	d	d
10	1	1	1	1	1

$$D_3 = y_2 + x \overline{y_3}$$

$$D_2 = \overline{y_3} \overline{y_2}$$

$y_2y_1 \backslash xy_3$		00	01	11	10
00	1	0	0	1	1
01	1	0	0	1	1
11	d	d	d	d	d
10	0	0	0	0	0

6.8 同步时序电路设计举例

例1 设计一个3位二进制串行奇偶检测器。该电路从输入端x串行输入二进制代码，每三位为一组，当三位代码中1的个数为偶数时，输出Z产生一个1输出，平时Z输出为0。

4)确定激励函数和输出函数

输入 x	现态 $y_3y_2y_1$	次态 $y_3^{n+1}y_2^{n+1}y_1^{n+1}$	激励函数 $D_3D_2D_1$	输出 Z
0	000	010	010	0
0	001	010	010	1
0	010	100	100	0
0	100	001	001	0
0	101	000	000	0
0	110	101	101	0
1	000	110	110	0
1	001	110	110	1
1	010	101	101	0
1	100	000	000	0
1	101	001	001	0
1	110	100	100	0

		xy_3				
		y_2y_1	00	01	11	10
D_1	00	0	1	0	0	
	01	0	0	1	0	
	11	d	d	d	d	
	10	0	1	0	1	

$$D_1 = \bar{x}y_3\bar{y}_1 + x\bar{y}_3y_2\bar{y}_1 + xy_3\bar{y}_2y_1$$

		xy_3				
		y_2y_1	00	01	11	10
Z	00	0	0	0	0	0
	01	1	0	0	1	
	11	d	d	d	d	d
	10	0	0	0	0	0

$$Z = \bar{y}_3\bar{y}_2y_1$$

6.8 同步时序电路设计举例

例1 设计一个3位二进制串行奇偶检测器。该电路从输入端x串行输入二进制代码，每三位为一组，当三位代码中1的个数为偶数时，输出Z产生一个1输出，平时Z输出为0。

5) 特殊情况检查

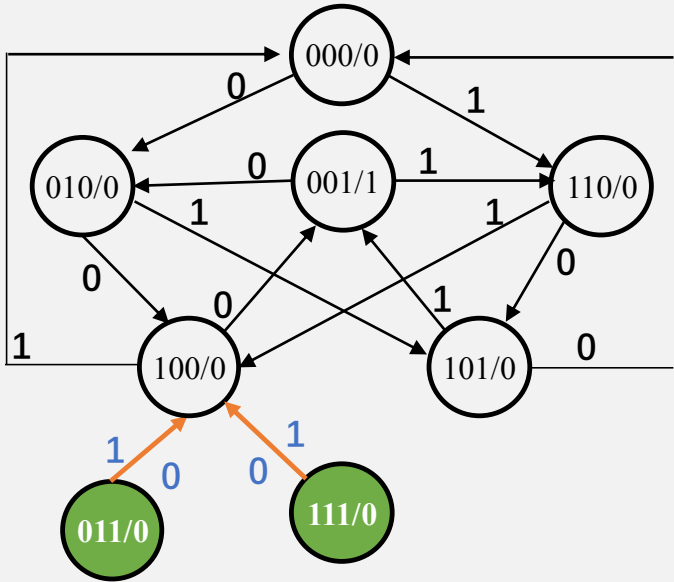
输入 x	现态 $y_3y_2y_1$	激励函数 $D_3D_2D_1$	次态 $y_3^{n+1}y_2^{n+1}y_1^{n+1}$	输出 Z
0	011	100	100	0
0	111	100	100	0
1	011	100	100	0
1	111	100	100	0

$$D_3 = y_2 + x \overline{y_3} \quad D_2 = \overline{y_3} \overline{y_2}$$

$$D_1 = \overline{x} \overline{y_3} \overline{y_1} + x \overline{y_3} y_2 \overline{y_1} + x y_3 \overline{y_2} y_1$$

$$Z = \overline{y_3} \overline{y_2} y_1$$

输入 x	现态 $y_3y_2y_1$	次态 $y_3^{n+1}y_2^{n+1}y_1^{n+1}$	激励函数 $D_3D_2D_1$	输出 Z
0	000	010	010	0
0	001	010	010	1
0	010	100	100	0
0	100	001	001	0
0	101	000	000	0
0	110	101	101	0
1	000	110	110	0
1	001	110	110	1
1	010	101	101	0
1	100	000	000	0
1	101	001	001	0
1	110	100	100	0



不存在挂起，无错误输出

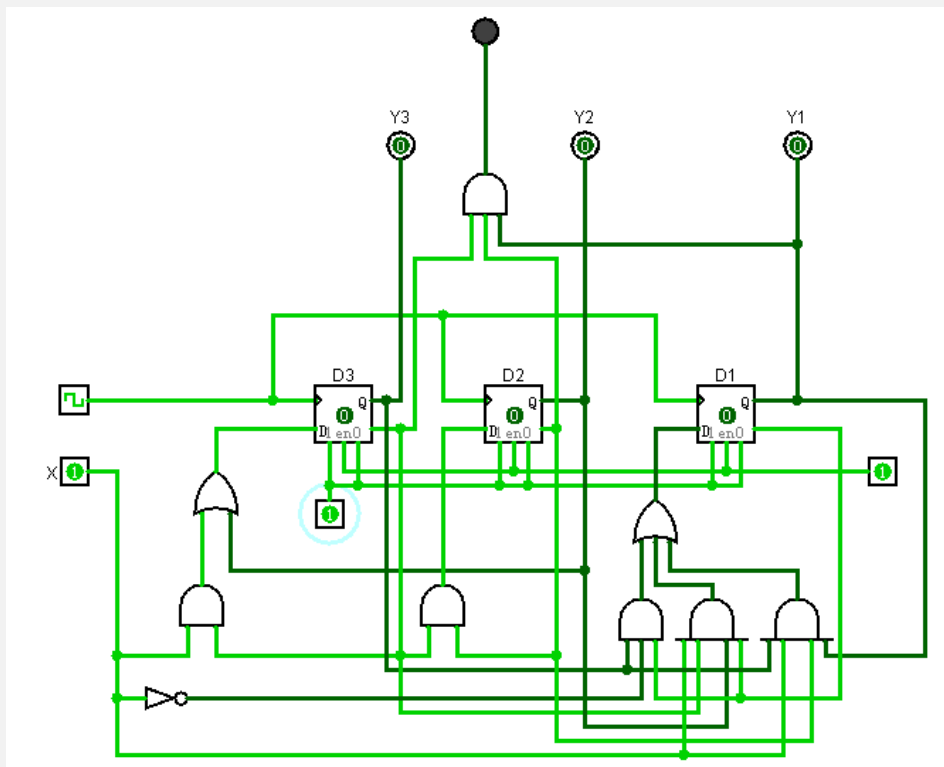
6.8 同步时序电路设计举例

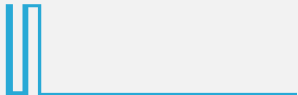
例1 设计一个3位二进制串行奇偶检测器。该电路从输入端x串行输入二进制代码，每三位为一组，当三位代码中1的个数为偶数时，输出Z产生一个1输出，平时Z输出为0。

$$D_3 = y_2 + x \overline{y_3} \quad D_2 = \overline{y_3} \overline{y_2}$$

$$D_1 = \overline{x} y_3 \overline{y_1} + x \overline{y_3} y_2 \overline{y_1} + x y_3 \overline{y_2} y_1$$

$$Z = \overline{y_3} \overline{y_2} y_1$$





第三部分完