第三章 时序电路的分析与设计

学习要求：

3.1 时序逻辑电路

- 熟悉时序电路的一般形式、分类和描述方法
- 掌握时序电路双稳态元件的内部结构、逻辑符号、次态真值表和次态方程

3.2 熟练掌握同步时序逻辑电路的分析和设计方法

3.3 掌握脉冲异步时序逻辑电路的分析和设计方法*

3.4 熟练掌握常用时序中规模集成电路MSI和555定时电路的应用

3.2 同步时序电路的分析与设计

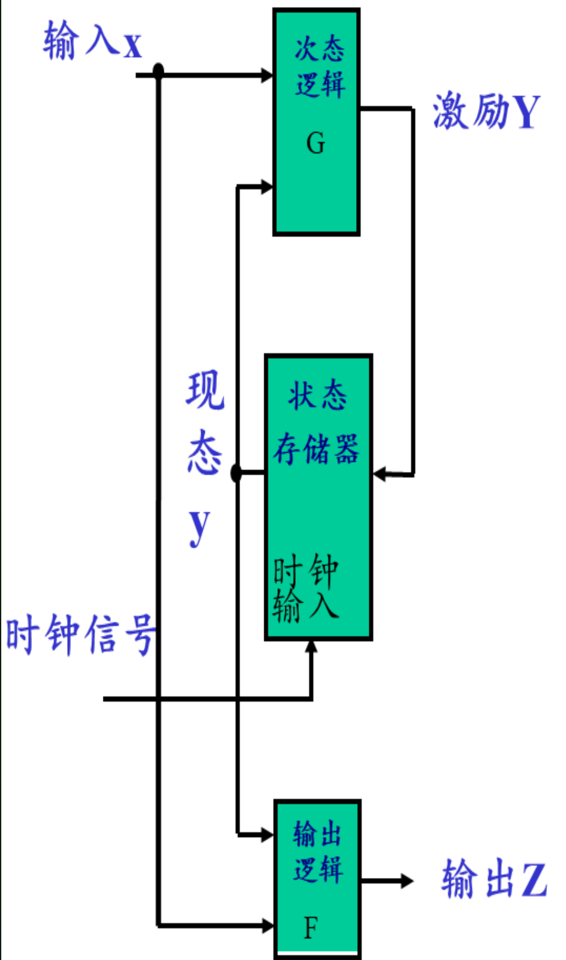
1. 同步时序电路的分析

- 同步时序电路分析的一般步骤
- 同步时序电路分析举例

2. 同步时序电路的设计

- 同步时序电路设计步骤
- 建立原始状态图和原始状态表——构图法
- 状态化简：完全给定与不完全给定同步时序电路状态表的化简
- 状态分配：相邻状态分配法
- 激励函数和输出函数的确定
- 电路分析与说明、设计举例

3.2.1 同步时序电路的分析方法



时序电路的分析是根据逻辑电路图得到反映时序电路工作特性的状态表、状态图及电路的描述。通常，工作从组合逻辑的分析着手，一般步骤如下：

（1）列出激励函数及输出函数表达式：

激励函数 = G（输入，现态）

Mealy型输出 = F（输入，现态），

Moore型输出 = F（现态）

（2）根据触发器的次态方程得到各个状态的次态方程：

次态 = Q（输入，现态）

（3）根据状态变量的次态方程填写二进制状态表。

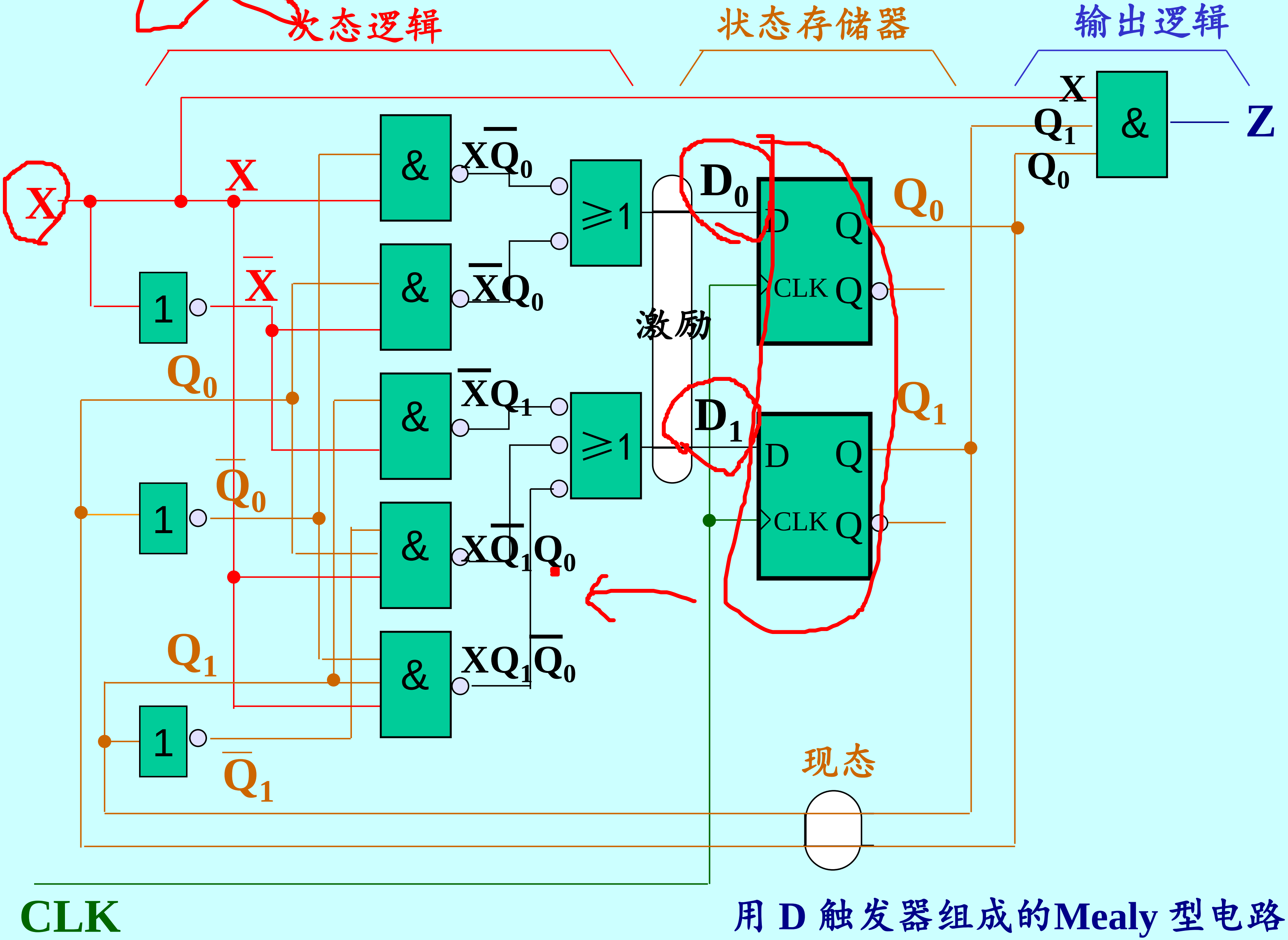
（4）根据输出表达式填写输出值，得到二进制状态输出表。

（5）每一个状态分配一个字母状态名，从而得到状态输出表。

（6）根据状态输出表，画出状态图。

（7）电路特性描述，确定电路的逻辑功能。

例1 分析如图所示电路的特性。（书例3-1）



用 D 触发器组成的Mealy 型电路

分析步骤如下：

（1）列出激励函数及输出函数表达式：

$$D_0 = X\overline{Q}_0 + \overline{X}Q_0$$

$$D_1 = \overline{X}Q_1 + X\overline{Q}_1Q_0 + XQ_1\overline{Q}_0$$

$$Z = XQ_1Q_0$$

（2）写出各状态变量的次态方程。

由D触发器的次态方程：$Q^{n+1}=D$，可得：

$$Q_0^{n+1} = D_0 \qquad Q_1^{n+1} = D_1$$

代入D_0，D_1，则表达式为：

$$Q_0^{n+1} = X\overline{Q}_0 + \overline{X}Q_0$$

$$Q_1^{n+1} = \overline{X}Q_1 + X\overline{Q}_1Q_0 + XQ_1\overline{Q}_0$$

（3）填写二进制状态表，见表(a)。

（4）填写二进制状态输出表，见表(b)。

用激励/转换表导出状态表：

X Q_1 Q_0	D_1 D_0	Q_1^{n+1} Q_0^{n+1}	Z
0 0 0	0 0	0 0	0
0 0 1	0 1	0 1	0
0 1 0	1 0	1 0	0
0 1 1	1 1	1 1	0
1 0 0	0 1	0 1	0
1 0 1	1 0	1 0	0
1 1 0	1 1	1 1	0
1 1 1	0 0	0 0	1

① 先填 D ② 再填 Q^{n+1} ③ 最后填 Z

④ 分析输入 x 、现态Q 与次态Q^{n+1}、输出 Z 的关系

(a) 二进制状态表

Q_1Q_0 \ X	0	1
00	00	01
01	01	10
10	10	11
11	11	00

Q_1^{n+1} Q_0^{n+1}

(b) 二进制状态/输出表

Q_1Q_0 \ X	0	1
00	00/0	01/0
01	01/0	10/0
10	10/0	11/0
11	11/0	00/1

Q_1^{n+1} Q_0^{n+1} /Z

(a) 二进制状态表

Q_1Q_0 \ X	0	1
00	00	01
01	01	10
10	10	11
11	11	00

$Q_1^{n+1}\ Q_0^{n+1}$

(b) 二进制状态/输出表

Q_1Q_0 \ X	0	1
00	00/0	01/0
01	01/0	10/0
10	10/0	11/0
11	11/0	00/1

$Q_1^{n+1}\ Q_0^{n+1}$ /Z

(c) 状态/输出表

S \ X	0	1
A	A/0	B/0
B	B/0	C/0
C	C/0	D/0
D	D/0	A/1

S^{n+1} /Z

（5）写出状态/输出表

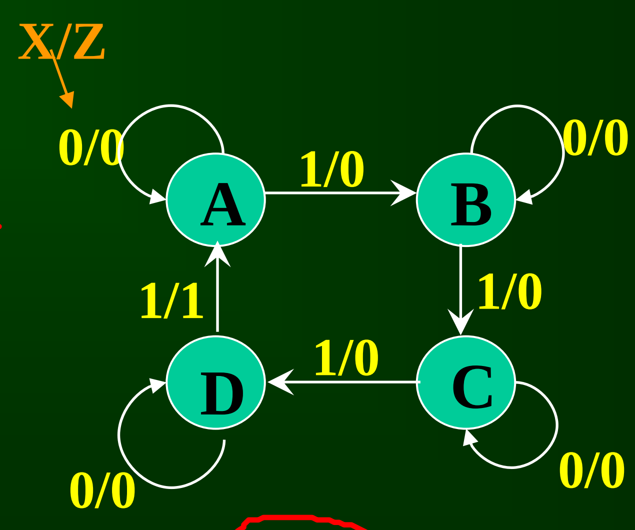
设定 00 = A， 01 = B， 10 = C， 11 = D

则可得到状态输出表(c)，

其中：S—现态 S^{n+1}—次态。

（6）根据状态输出表画出状态图，

见图(d)。



(d)状态图

（7）电路特性描述

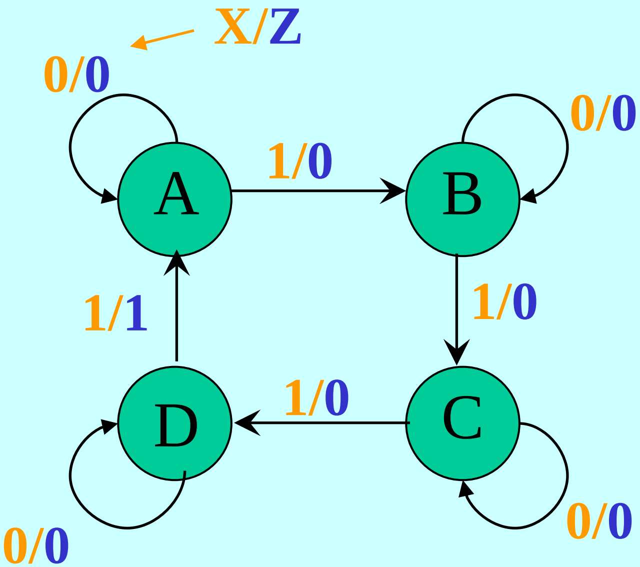
由状态图可看出，此电路功能为：当输入 4 个“1”时，输出为1。

假设从初态A开始，输入X为：10110010

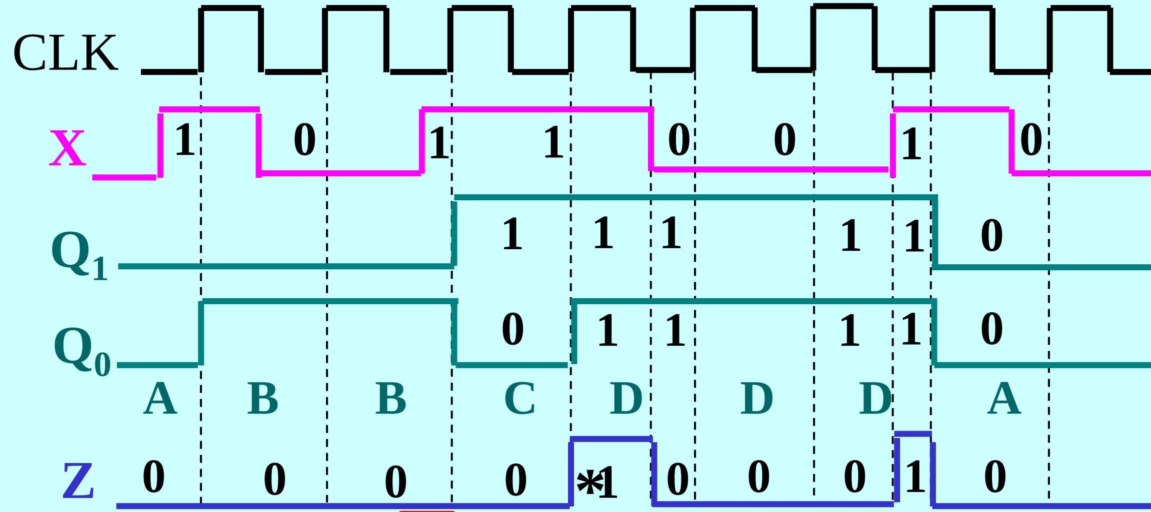
按照状态图列出状态响应序列如下：

时钟节拍	1	2	3	4	5	6	7	8
X	1	0	1	1	0	0	1	0
S	A	B	B	C	D	D	D	A
S^{n+1}	B	B	C	D	D	D	A	A
Z	0	0	0	0	0	0	1	0

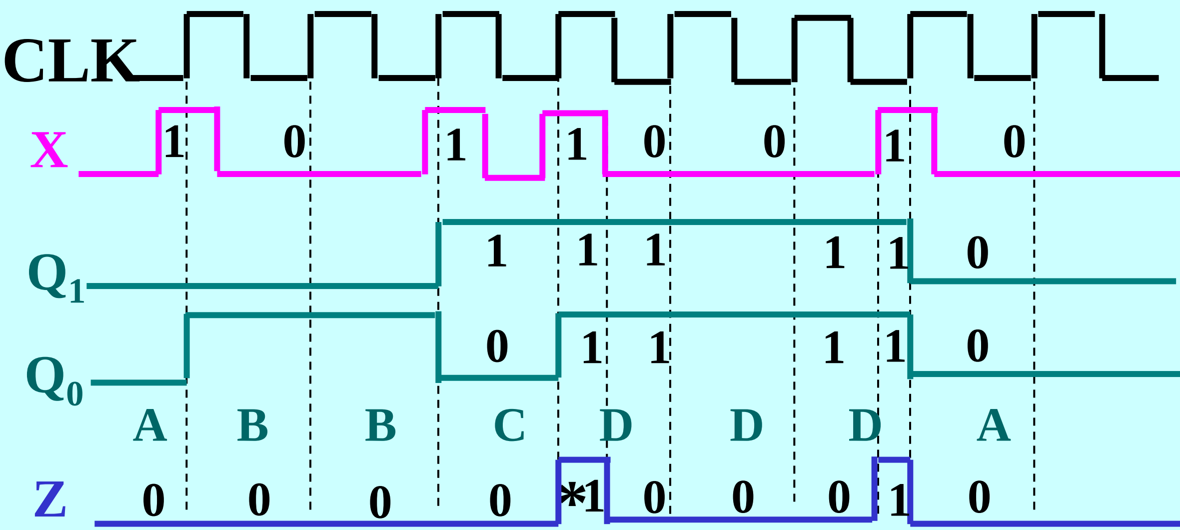
在上述分析中，没有考虑触发是前沿触发还是后沿触发，也没有考虑输入是脉冲还是电平。可根据逻辑电路中所用的触发器类型及输入信号说明，按照上述状态响应序列画出时序波形图。



(a) 状态图 $Z = X \cdot Q_1 \cdot Q_0$



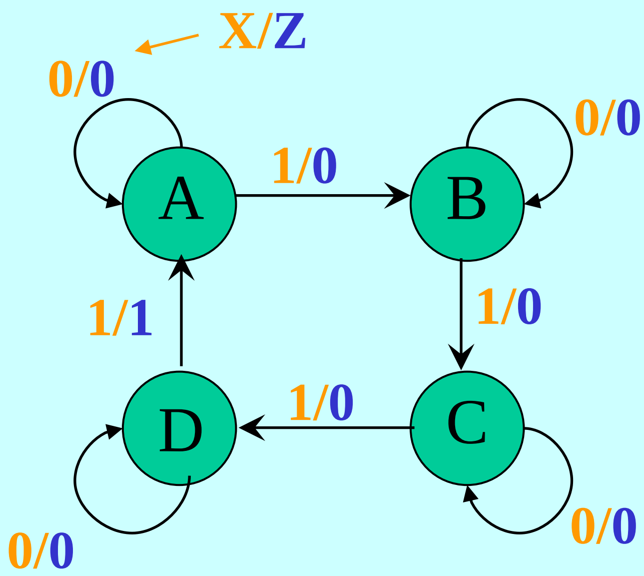
(b) 电平输入的典型时间图



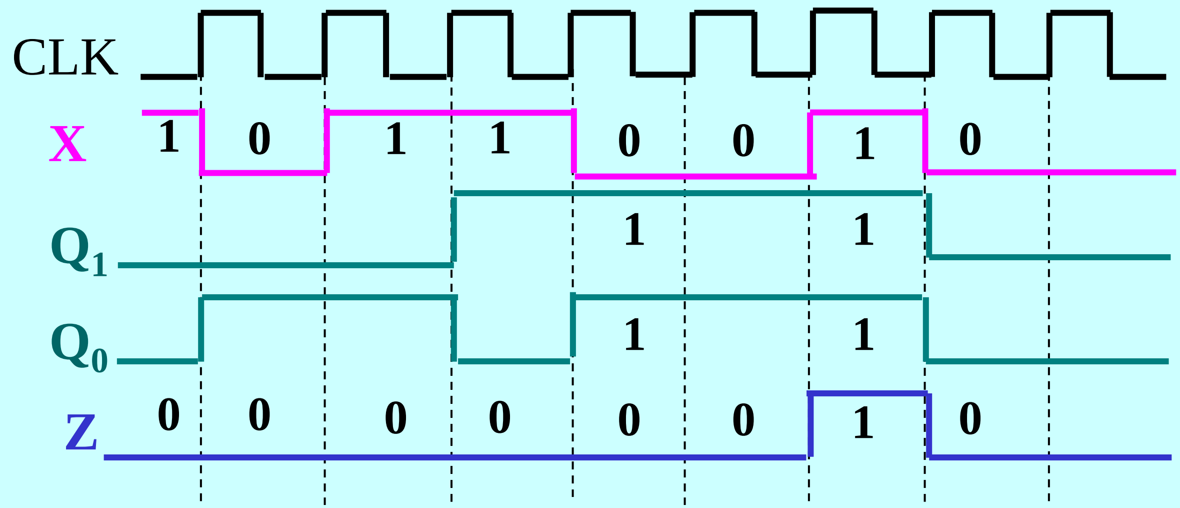
(c) 脉冲输入的典型时间图

时钟节拍	1	2	3	4	5	6	7	8
X	1	0	1	1	0	0	1	0
S	A	B	B	C	D	D	D	A
S^{n+1}	B	B	C	D	D	D	A	A
Z	0	0	0	0	0	0	1	0

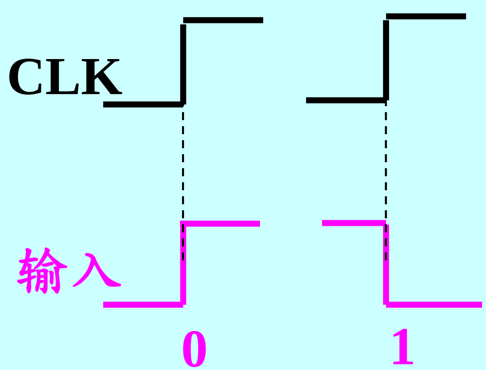
Mealy型电路会出现这种情况，在Moore型电路不会出现。



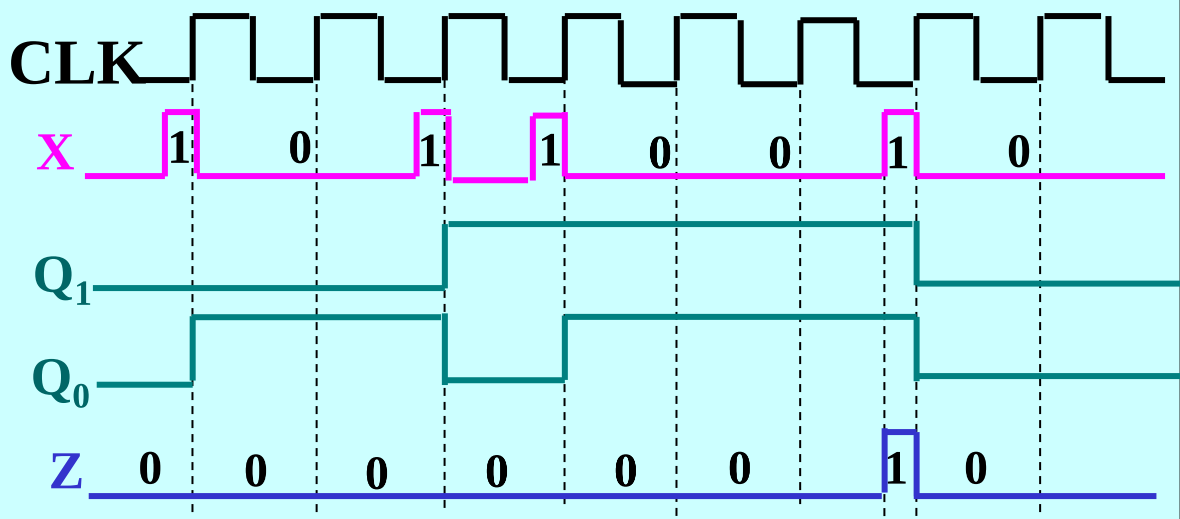
(a) 状态图



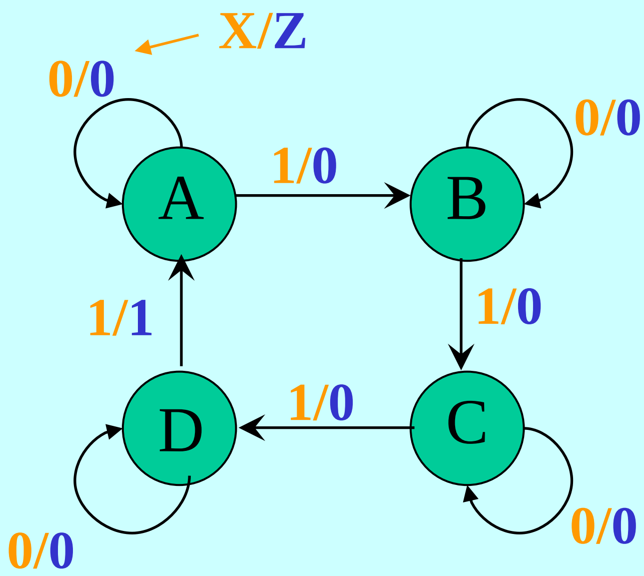
(e) 通常的电平输入时间图



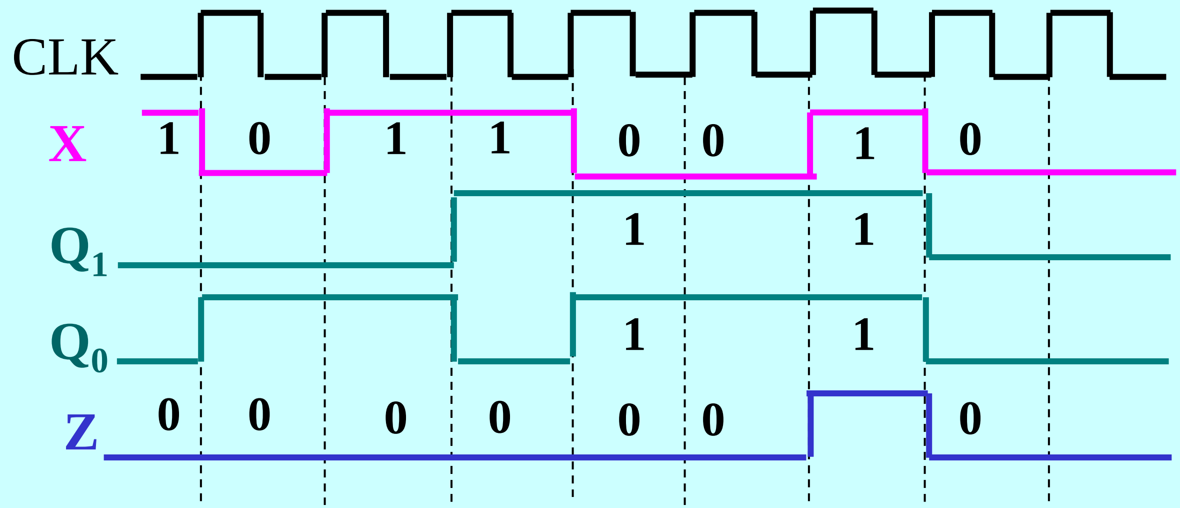
(d) 触发边沿与读值



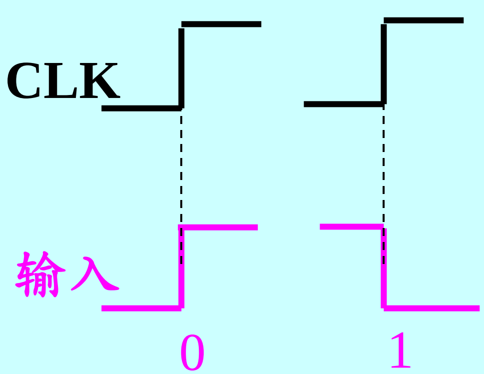
(f) 通常的脉冲输入时间图



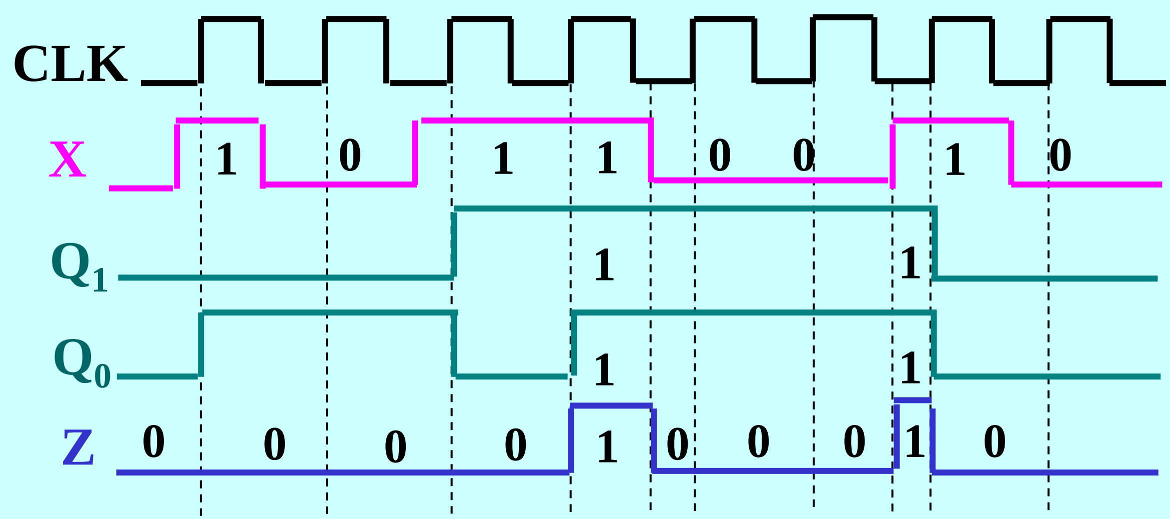
(a) 状态图



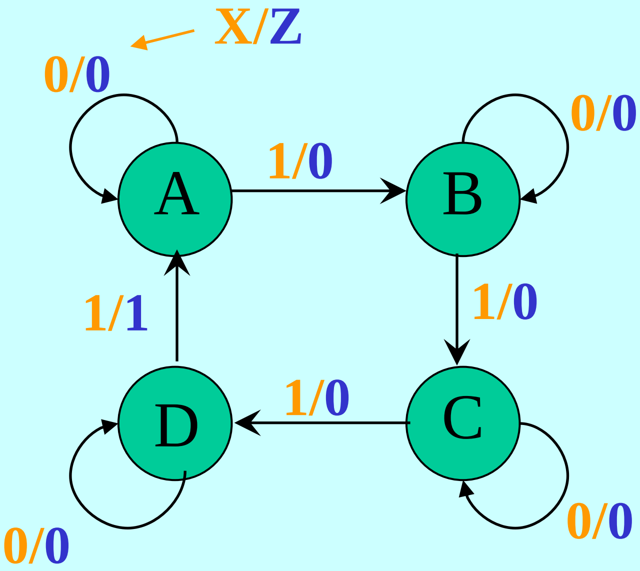
(e) 通常的电平输入时间图



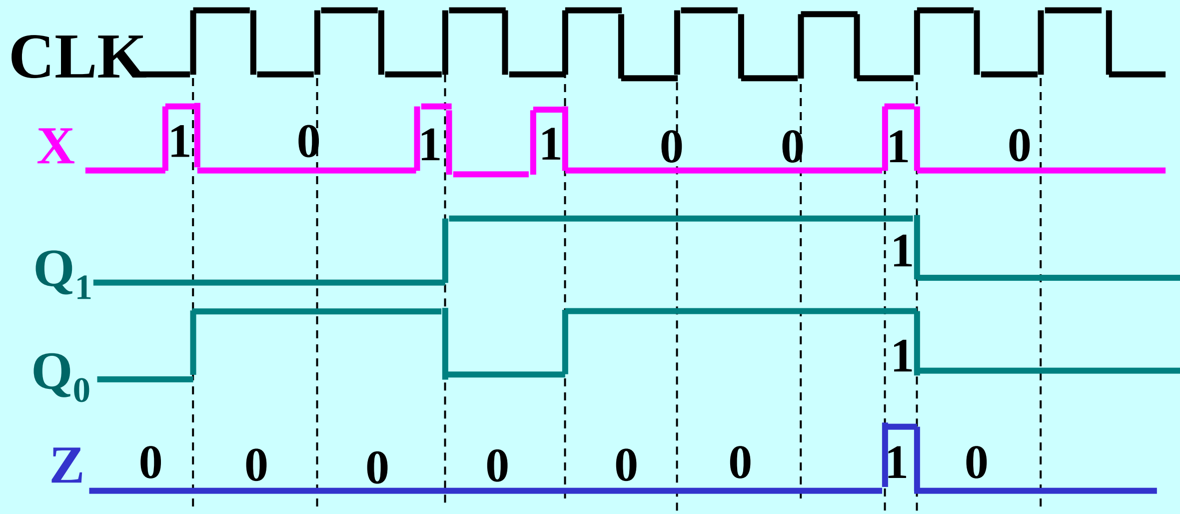
(d) 触发边沿与读值



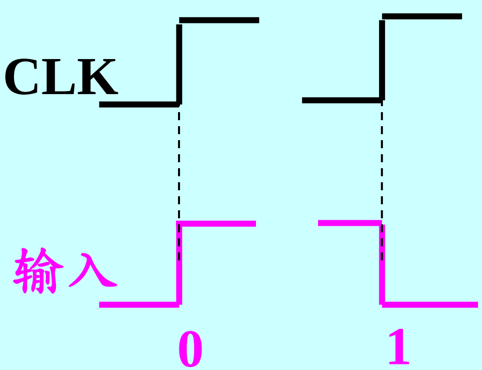
(b) 电平输入的典型时间图



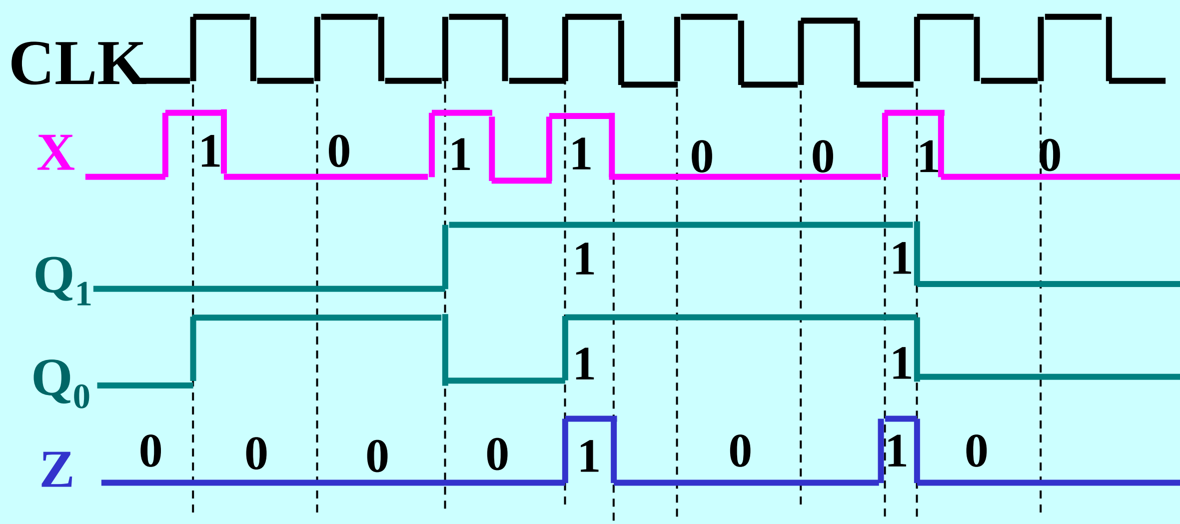
(a) 状态图



(f) 通常的脉冲输入时间图

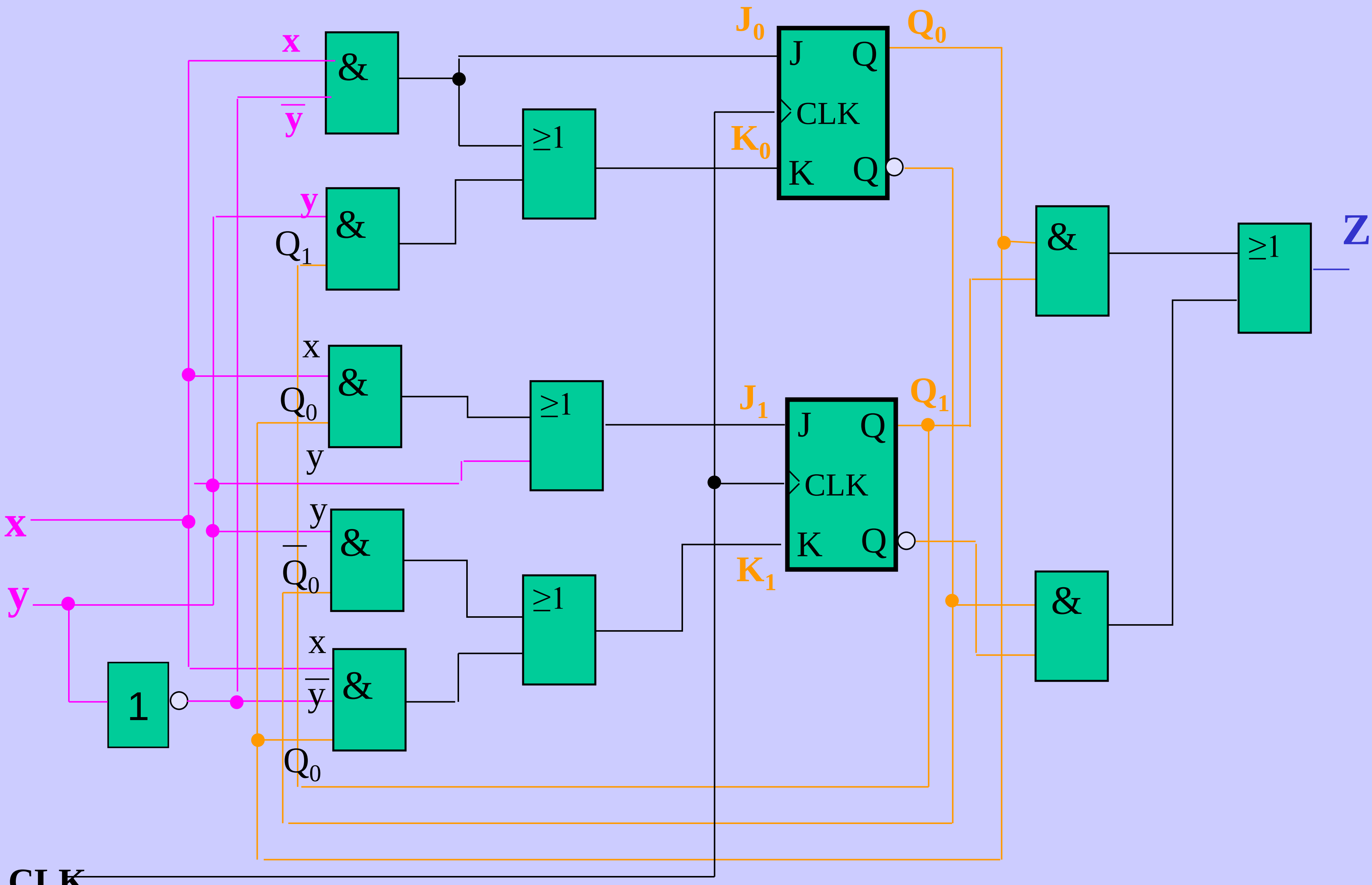


(d) 触发边沿与读值



(c) 脉冲输入的典型时间图

例2　分析如图所示电路。



用 JK 触发器组成的Moore型电路

分析步骤如下：

（1） 列出激励函数及输出函数表达式：

$$J_0 = x \cdot \overline{y} \qquad K_0 = x \cdot \overline{y} + y \cdot Q_1$$

$$J_1 = x \cdot Q_0 + y \qquad K_1 = y \cdot \overline{Q}_0 + x \cdot \overline{y} \cdot Q_0$$

$$Z = Q_1 \cdot Q_0 + \overline{Q}_1 \cdot \overline{Q}_0$$

（2） 列出状态变量的次态方程：

由 JK触发器的次态方程：$Q^{n+1} = J\overline{Q} + \overline{K}Q$，可得：

$$Q_0^{n+1} = J_0 \cdot \overline{Q}_0 + \overline{K}_0 \cdot Q_0$$

$$= x \cdot \overline{y} \cdot \overline{Q}_0 + \overline{x} \cdot \overline{y} \cdot Q_0 + \overline{x} \cdot \overline{Q}_1 \cdot Q_0 + y \cdot \overline{Q}_1 \cdot Q_0$$

$$Q_1^{n+1} = J_1 \cdot \overline{Q}_1 + \overline{K}_1 \cdot Q_1$$

$$= x \cdot \overline{Q}_1 \cdot Q_0 + y \cdot \overline{Q}_1 + \overline{x} \cdot \overline{y} \cdot Q_1 + \overline{y} \cdot Q_1 \cdot \overline{Q}_0$$

$$+ y \cdot Q_1 \cdot Q_0 + \overline{x} \cdot Q_1 \cdot Q_0$$

（3）用激励/转换表导出状态表：

x y Q_1 Q_0	J_1 K_1 J_0 K_0
0 0 0 0	0
0 0 0 1	0
0 0 1 0	0
0 0 1 1	0
0 1 0 0	1
0 1 0 1	1
0 1 1 0	1
0 1 1 1	1
1 0 0 0	0
1 0 0 1	1
1 0 1 0	0
1 0 1 1	1
1 1 0 0	1
1 1 0 1	1
1 1 1 0	1
1 1 1 1	1

$$J_0 = x \cdot \overline{y}$$

$$K_0 = x \cdot \overline{y} + y \cdot Q_1$$

$$J_1 = x \cdot Q_0 + y$$

$$K_1 = y \cdot \overline{Q_0} + x \cdot \overline{y} \cdot Q_0$$

$$Z = Q_1 \cdot Q_0 + \overline{Q_1} \cdot \overline{Q_0}$$

（3）用激励/转换表导出状态表：

x y Q_1 Q_0	J_1 K_1 J_0 K_0
0 0 0 0	0 0
0 0 0 1	0 0
0 0 1 0	0 0
0 0 1 1	0 0
0 1 0 0	1 1
0 1 0 1	1 0
0 1 1 0	1 1
0 1 1 1	1 0
1 0 0 0	0 0
1 0 0 1	1 1
1 0 1 0	0 0
1 0 1 1	1 1
1 1 0 0	1 1
1 1 0 1	1 0
1 1 1 0	1 1
1 1 1 1	1 0

$$J_0 = x \bullet \overline{y}$$

$$K_0 = x \bullet \overline{y} + y \bullet Q_1$$

$$J_1 = x \bullet Q_0 + y$$

$$K_1 = y \bullet \overline{Q}_0 + x \bullet \overline{y} \bullet Q_0$$

$$Z = Q_1 \bullet Q_0 + \overline{Q}_1 \bullet \overline{Q}_0$$

（3）用激励/转换表导出状态表：

x y Q_1 Q_0	J_1 K_1 J_0 K_0
0 0 0 0	0 0 0
0 0 0 1	0 0 0
0 0 1 0	0 0 0
0 0 1 1	0 0 0
0 1 0 0	1 1 0
0 1 0 1	1 0 0
0 1 1 0	1 1 0
0 1 1 1	1 0 0
1 0 0 0	0 0 1
1 0 0 1	1 1 1
1 0 1 0	0 0 1
1 0 1 1	1 1 1
1 1 0 0	1 1 0
1 1 0 1	1 0 0
1 1 1 0	1 1 0
1 1 1 1	1 0 0

$$J_0 = x \cdot \overline{y}$$

$$K_0 = x \cdot \overline{y} + y \cdot Q_1$$

$$J_1 = x \cdot Q_0 + y$$

$$K_1 = y \cdot \overline{Q}_0 + x \cdot \overline{y} \cdot Q_0$$

$$Z = Q_1 \cdot Q_0 + \overline{Q}_1 \cdot \overline{Q}_0$$

（3）用激励/转换表导出状态表：

x y Q_1 Q_0	J_1 K_1 J_0 K_0
0 0 0 0	0 0 0 0
0 0 0 1	0 0 0 0
0 0 1 0	0 0 0 0
0 0 1 1	0 0 0 0
0 1 0 0	1 1 0 0
0 1 0 1	1 0 0 0
0 1 1 0	1 1 0 1
0 1 1 1	1 0 0 1
1 0 0 0	0 0 1 1
1 0 0 1	1 1 1 1
1 0 1 0	0 0 1 1
1 0 1 1	1 1 1 1
1 1 0 0	1 1 0 0
1 1 0 1	1 0 0 0
1 1 1 0	1 1 0 1
1 1 1 1	1 0 0 1

$$J_0 = x \cdot \overline{y}$$

$$K_0 = x \cdot \overline{y} + y \cdot Q_1$$

$$J_1 = x \cdot Q_0 + y$$

$$K_1 = y \cdot \overline{Q}_0 + x \cdot \overline{y} \cdot Q_0$$

$$Z = Q_1 \cdot Q_0 + \overline{Q}_1 \cdot \overline{Q}_0$$

（3）用激励/转换表导出状态表：

x y Q_1Q_0	J_1K_1 J_0K_0	Z
0 0 0 0	0 0 0 0	1
0 0 0 1	0 0 0 0	0
0 0 1 0	0 0 0 0	0
0 0 1 1	0 0 0 0	1
0 1 0 0	1 1 0 0	1
0 1 0 1	1 0 0 0	0
0 1 1 0	1 1 0 1	0
0 1 1 1	1 0 0 1	1
1 0 0 0	0 0 1 1	1
1 0 0 1	1 1 1 1	0
1 0 1 0	0 0 1 1	0
1 0 1 1	1 1 1 1	1
1 1 0 0	1 1 0 0	1
1 1 0 1	1 0 0 0	0
1 1 1 0	1 1 0 1	0
1 1 1 1	1 0 0 1	1

$$J_0 = x \bullet \overline{y}$$

$$K_0 = x \bullet \overline{y} + y \bullet Q_1$$

$$J_1 = x \bullet Q_0 + y$$

$$K_1 = y \bullet \overline{Q}_0 + x \bullet \overline{y} \bullet Q_0$$

$$Z = Q_1 \bullet Q_0 + \overline{Q}_1 \bullet \overline{Q}_0$$

（3）用激励/转换表导出状态表：

x y Q_1 Q_0	J_1 K_1 J_0 K_0	Z
0 0 0 0	0 0 0 0	1
0 0 0 1	0 0 0 0	0
0 0 1 0	0 0 0 0	0
0 0 1 1	0 0 0 0	1
0 1 0 0	1 1 0 0	1
0 1 0 1	1 0 0 0	0
0 1 1 0	1 1 0 1	0
0 1 1 1	1 0 0 1	1
1 0 0 0	0 0 1 1	1
1 0 0 1	1 1 1 1	0
1 0 1 0	0 0 1 1	0
1 0 1 1	1 1 1 1	1
1 1 0 0	1 1 0 0	1
1 1 0 1	1 0 0 0	0
1 1 1 0	1 1 0 1	0
1 1 1 1	1 0 0 1	1

$$J_0 = x \bullet \overline{y}$$

$$K_0 = x \bullet \overline{y} + y \bullet Q_1$$

$$J_1 = x \bullet Q_0 + y$$

$$K_1 = y \bullet \overline{Q}_0 + x \bullet \overline{y} \bullet Q_0$$

$$Z = Q_1 \bullet Q_0 + \overline{Q}_1 \bullet \overline{Q}_0$$

（3）用激励/转换表导出状态表：

x y	Q_1	Q_0	J_1 K_1	J_0 K_0	Z	Q_1^{n+1}	Q_0^{n+1}
0 0	0	0	0 0	0 0	1	0	
0 0	0	1	0 0	0 0	0	0	
0 0	1	0	0 0	0 0	0	1	
0 0	1	1	0 0	0 0	1	1	
0 1	0	0	1 1	0 0	1	1	
0 1	0	1	1 0	0 0	0	1	
0 1	1	0	1 1	0 1	0	0	
0 1	1	1	1 0	0 1	1	1	
1 0	0	0	0 0	1 1	1	0	
1 0	0	1	1 1	1 1	0	1	
1 0	1	0	0 0	1 1	0	1	
1 0	1	1	1 1	1 1	1	0	
1 1	0	0	1 1	0 0	1	1	
1 1	0	1	1 0	0 0	0	1	
1 1	1	0	1 1	0 1	0	0	
1 1	1	1	1 0	0 1	1	1	

次态真值表

J	K	Q^{n+1}
0	0	Q
0	1	0
1	0	1
1	1	$\overline{Q}$

（3）用激励/转换表导出状态表：

x y	Q_1	Q_0	J_1 K_1	J_0 K_0	Z	Q_1^{n+1}	Q_0^{n+1}
0 0	0	0	0 0	0 0	1	0	0
0 0	0	1	0 0	0 0	0	0	1
0 0	1	0	0 0	0 0	0	1	0
0 0	1	1	0 0	0 0	1	1	1
0 1	0	0	1 1	0 0	1	1	0
0 1	0	1	1 0	0 0	0	1	1
0 1	1	0	1 1	0 1	0	0	0
0 1	1	1	1 0	0 1	1	1	0
1 0	0	0	0 0	1 1	1	0	1
1 0	0	1	1 1	1 1	0	1	0
1 0	1	0	0 0	1 1	0	1	1
1 0	1	1	1 1	1 1	1	0	0
1 1	0	0	1 1	0 0	1	1	0
1 1	0	1	1 0	0 0	0	1	1
1 1	1	0	1 1	0 1	0	0	0
1 1	1	1	1 0	0 1	1	1	0

次态真值表

J	K	Q^{n+1}
0	0	Q
0	1	0
1	0	1
1	1	$\overline{Q}$

（3）用激励/转换表导出状态表：

x	y	Q_1	Q_0	J_1	K_1	J_0	K_0	Z	Q_1^{n+1}	Q_0^{n+1}
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1
0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0
0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0
1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1
1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0
1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1
1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0
1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0
1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0

(a) 二进制状态表

Q_1Q_0 \ xy	00	01	10	11
00	00	10	01	10
01	01	11	10	11
10	10	00	11	00
11	11	10	00	10

$Q_1^{n+1}\ Q_0^{n+1}$

(b) 二进制状态/输出表

Q_1Q_0 \ xy	00	01	10	11	Z
00	00	10	01	10	1
01	01	11	10	11	0
10	10	00	11	00	0
11	11	10	00	10	1

$Q_1^{n+1}\ Q_0^{n+1}$ /Z

用激励/转换表还可得到(2)中的次态方程

Q_1Q_0 \ xy	00	01	11	10
00	0	1	1	0
01	0	1	1	1
11	1	1	1	0
10	1	0	0	1

Q_1^{n+1}

Q_1Q_0 \ xy	00	01	11	10
00	0	0	0	1
01	1	1	1	0
11	1	0	0	0
10	0	0	0	1

Q_0^{n+1}

$$Q_0^{n+1} = J_0 \cdot \overline{Q}_0 + \overline{K}_0 \cdot Q_0$$

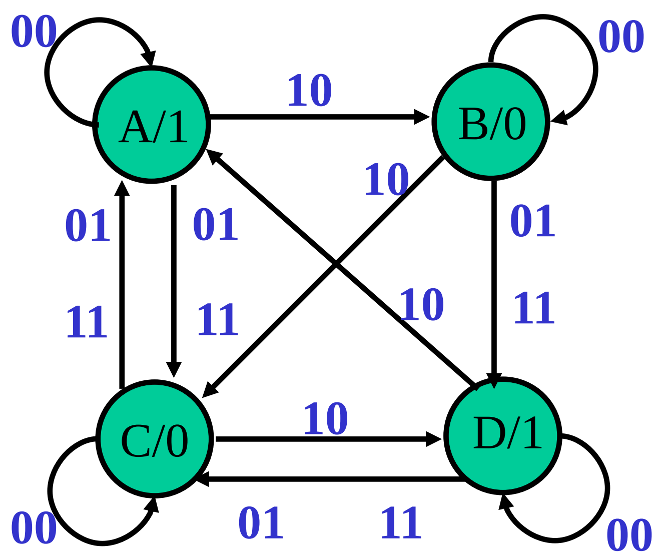
$$= x \cdot \overline{y} \cdot \overline{Q}_0 + \overline{x} \cdot \overline{y} \cdot Q_0 + \overline{x} \cdot \overline{Q}_1 \cdot Q_0 + y \cdot \overline{Q}_1 \cdot Q_0$$

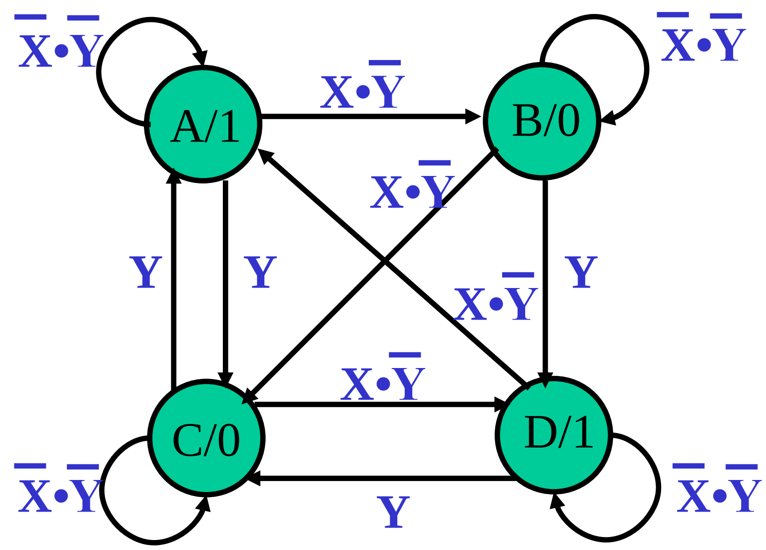
$$Q_1^{n+1} = J_1 \cdot \overline{Q}_1 + \overline{K}_1 \cdot Q_1$$

$$= x \cdot \overline{Q}_1 \cdot Q_0 + y \cdot \overline{Q}_1 + \overline{x} \cdot \overline{y} \cdot Q_1 + \overline{y} \cdot Q_1 \cdot \overline{Q}_0$$

$$+ y \cdot Q_1 \cdot Q_0 + \overline{x} \cdot Q_1 \cdot Q_0$$

(4) 画状态图





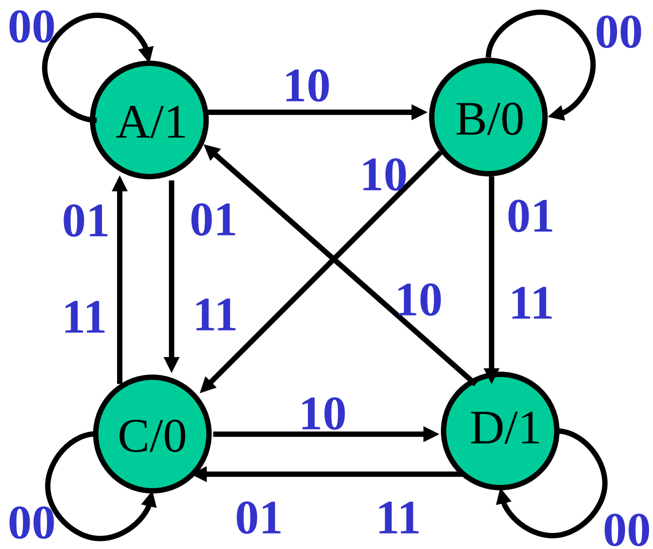
(5) 电路特性说明：

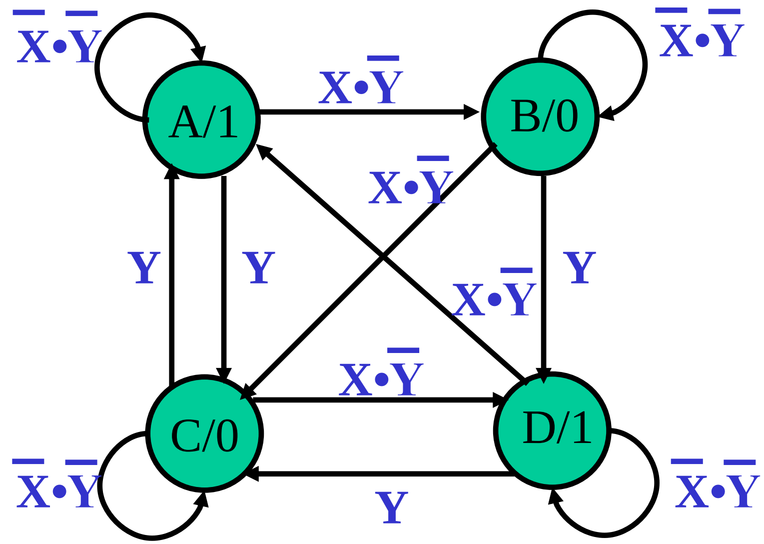
此时序电路有 4 个状态，状态之间的转换由x、y 控制：

① 当 xy = 00 时，原状态保持不变；

② 当 xy = 10 时，~~状态在A→B →C →D →A循环~~，并在A、D状态时输出1。

(4) 画状态图





(5) 电路特性说明：

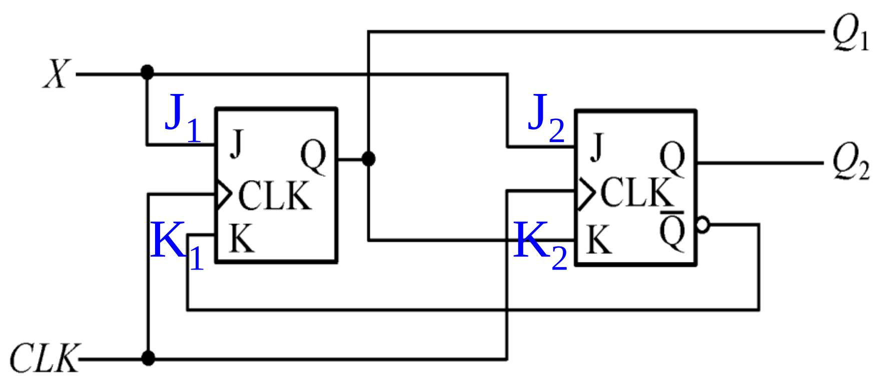
③ 当 xy 为 01，11 时，~~状态转换顺序与起始状态有关~~：

若起始状态为 A 或 C，则状态在A、C之间循环；

若起始状态为 B，则状态将是 B → D → C → A，然后在 A、C 之间循环。

练习

例3 分析下图所示同步时序电路，写出激励方程、激励转换表及状态输出表，并画出状态图。（书例3-2）



由该电路图可以知道，该电路属于没有外部输出的同步时序电路。

分析如下：

（1） 在图上标注各触发器的现态和激励信号，列出激励函数及输出函数表达式：

$$J_2=X,\ K_2=Q_1$$

$$J_1=X,\ K_1=\bar{Q}_2$$

练习

（2）列出状态变量的次态方程：

$$Q_2^{n+1}=J_2\cdot\bar{Q}_2+\bar{K}_2\cdot Q_2=X\cdot\bar{Q}_2+Q_2\cdot\bar{Q}_1$$

$$Q_1^{n+1}=J_1\cdot\bar{Q}_1+\bar{K}_1\cdot Q_1=X\cdot\bar{Q}_1+Q_2\cdot Q_1$$

（3） 列出二进制状态表，见表（a）。上述步骤（2）、（3），也可用激励转换表一次完成，见表（b）。

表 3.5 （a）二进制状态表

Q_2Q_1 \ X	0	1
00	00	11
01	00	10
11	01	01
10	10	11

表（a）

表 3.5 （b）激励转换表

XQ_2Q_1	$J_2K_2J_1K_1$	$Q_2^{n+1}Q_1^{n+1}$
000	0001	00
001	0101	00
010	0000	10
011	0100	01
100	1011	11
101	1111	10
110	1010	11
111	1110	01

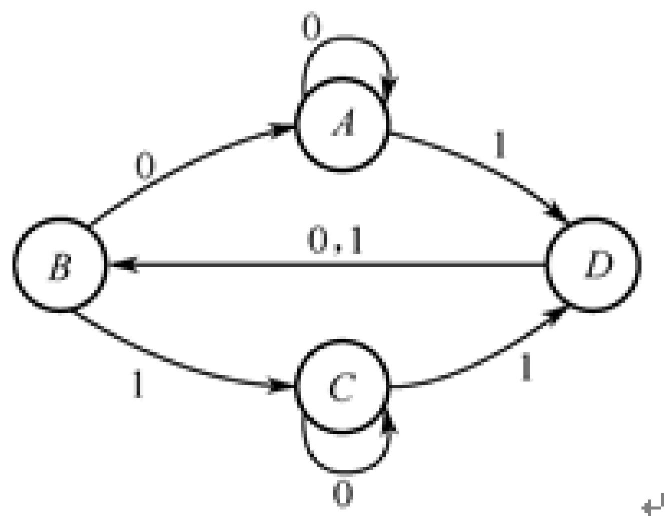
表（b）

练习

（4）列出状态输出表，画出状态图。设定：00=A，01=B，10=C，11=D，根据二进制状态表填写状态输出表，见表（c）；画出状态图，如图（d）所示。

Q_2Q_1 \ X	0	1
A	A	D
B	A	C
D	B	B
C	C	D

表（c）



图（d）

练习

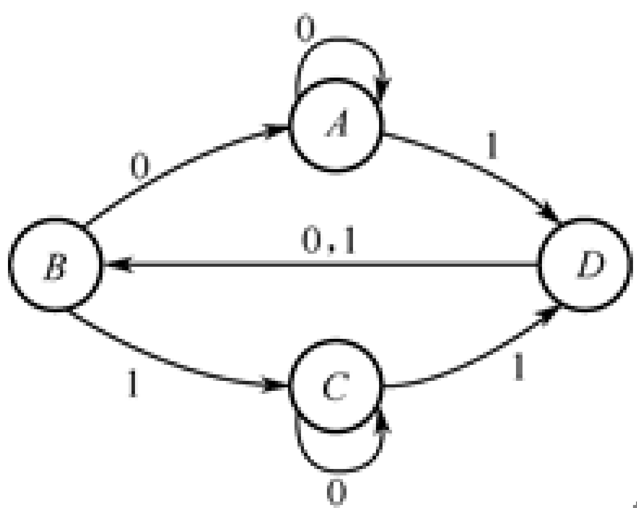
（5）电路特性说明。

由状态图可知，此时序电路有4个状态，状态之间的转换顺序由输入X 控制：

当X为 0 时，在时钟脉冲作用下，原状态为A、C保持不变，原状态为B其次态为A，原状态为D其次态为B；

当X为 1 时，在时钟脉冲上升沿触发下，状态在$A \to D \to B \to C \to D$，接着在$D \to B \to C \to D$中循环。

读者可自行绘制电平或脉冲序列的状态及输出波形时序图。



状态图

3.2.2 同步时序电路的设计

同步时序电路分析与设计的比较：

分析过程

- 逻辑电路图
- 逻辑表达式
- 二进制状态表
- 状态表
- 状态图
- 功能特性描述

设计过程

5、画出逻辑电路图

4、选择触发器，确定激励函数和输出函数

3、状态分配求得二进制状态表

2、状态化简求得最简状态表

1、建立原始状态图和状态表

1. 建立原始状态图(表)

- 建立原始状态表的关键是确定以下三个问题：

  1、所描述的电路应包括多少状态？

  2、状态之间的转换关系如何？

  3、输出情况如何？

- 设计要求：确保逻辑功能的正确性

- 设计方法：直接构图（表）法

直接构图法的基本思想：

根据文字描述的设计要求，先假设一个初态，然后从这个初态出发，每加入一个输入就确定其次态。该次态可能是现态本身、或另一个已有的状态、或者新增加的状态。不断重复这个过程，直至每一个现态向次态的转换都已被确定且不再产生新的状态。

- 设计方法：

由于状态图比状态表更直观，因此一般先导出状态图。对于比较明确的问题，也可直接写出状态表。

1. 先确定是哪种类型的电路（Mealy、Moore）；
2. 假设一个初始状态；
3. 考虑接收到一个新的输入组合时，确定它的次态。是不是现态？是不是另一个已经存在的状态？还是应该建立一个新的状态？

   即当输入信号为n位时，则每个状态发出 2^n 条带箭头线；
4. 检查满足要求：重复上述过程，直至每一个现态向次态的转换都已被确定且不再产生新的状态。

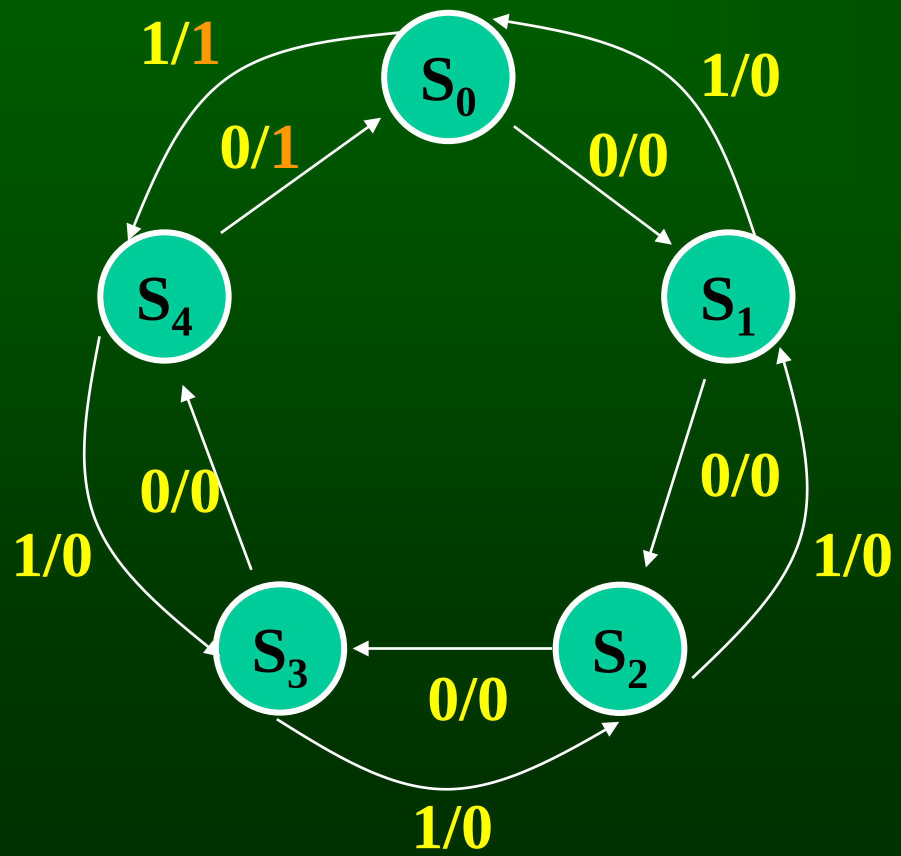
例1.1 设计一个六进制可逆计数器，当输入~~x~~为0时，加1计数；当输入x为1时，减1计数。（书例3-3）

由题意可知，该电路是一个没有输出的同步时序电路，状态数是6个，假设状态名为 S_i (i=0, 1, …, 5) 分别表示0～5共6个计数值，则可直接写出原始状态表，见表3. 6。

x	0	1
S_0	S_1	S_5
S_1	S_2	S_0
S_2	S_3	S_1
S_3	S_4	S_2
S_4	S_5	S_3
S_5	S_0	S_4

例1.2 设计一个五进制可逆计数器。当输入 x 为 0 时，加 1 计数；x 为 1 时，减 1 计数。

1、画出原始状态图

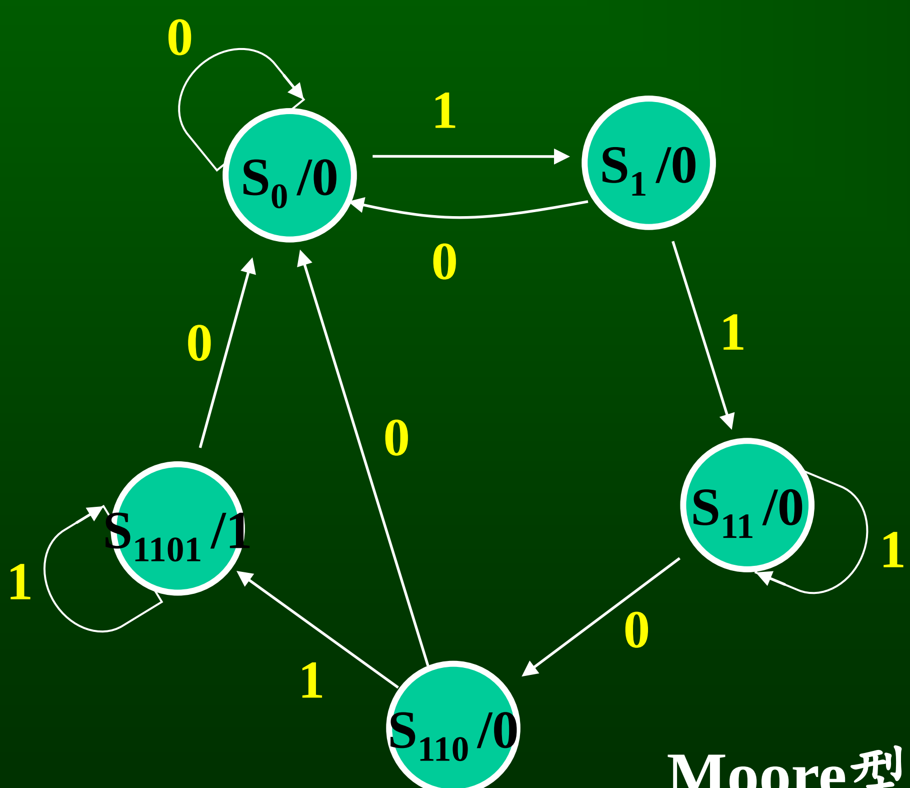


2、写出原始状态表

y \ x	0	1
S_0	$S_1/0$	$S_4/1$
S_1	$S_2/0$	$S_0/0$
S_2	$S_3/0$	$S_1/0$
S_3	$S_4/0$	$S_2/0$
S_4	$S_0/1$	$S_3/0$

例 2 设计一个"1101"序列检测器。当输入 x 连续出现"1101" (或在出现"1101"后，x 一直保持为1)时，输出 Z = 1；否则 Z = 0 。

1、画出原始状态图



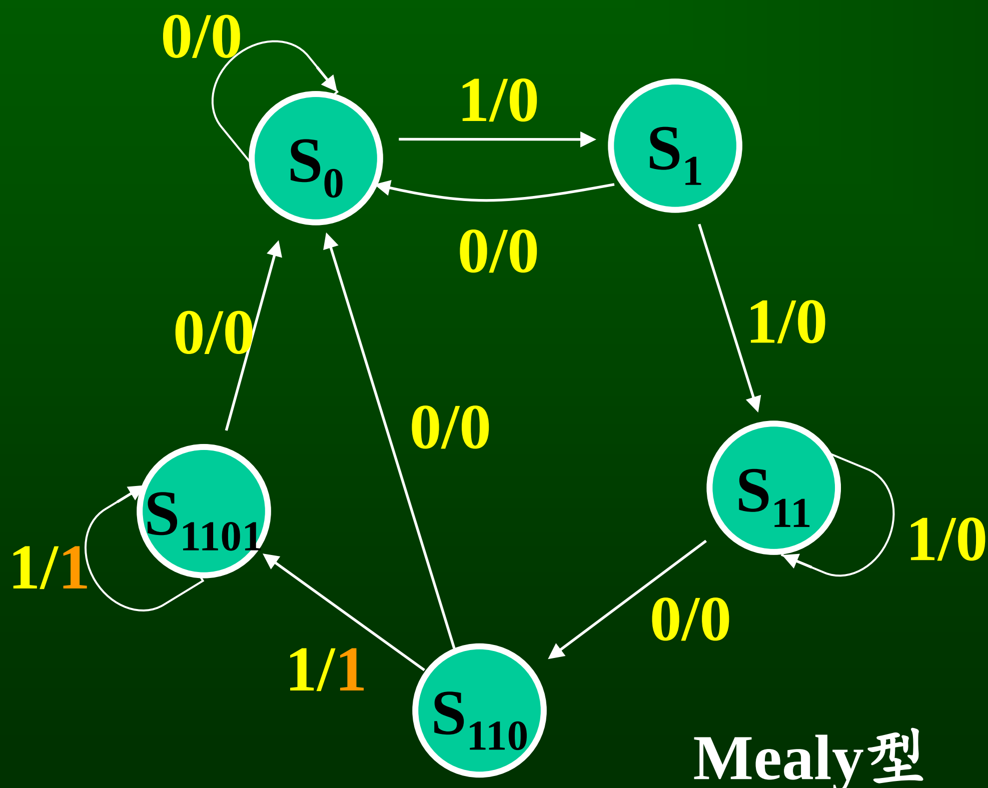
Moore型

2、写出原始状态表

y \ x	0	1	z
S_0	S_0	S_1	0
S_1	S_0	S_{11}	0
S_{11}	S_{110}	S_{11}	0
S_{110}	S_0	S_{1101}	0
S_{1101}	S_0	S_{1101}	1

例 2 设计一个“1101”序列检测器。当输入 x 连续出现“1101”(或在出现“1101”后，x 一直保持为1)时，输出 Z = 1；否则 Z = 0 。

1、画出原始状态图



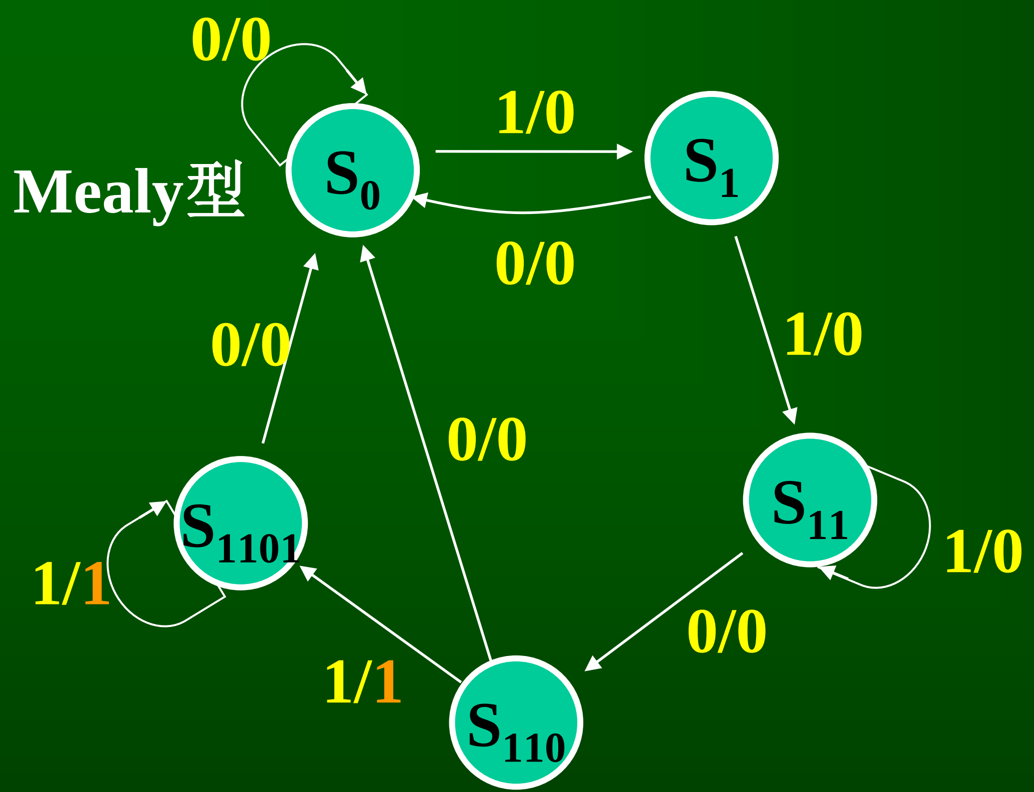
2、写出原始状态表

y \ x	0	1
S_0	S_0 /0	S_1 /0
S_1	S_0 /0	S_{11} /0
S_{11}	S_{110} /0	S_{11} /0
S_{110}	S_0 /0	S_{1101} /1
S_{1101}	S_0 /0	S_{1101} /1

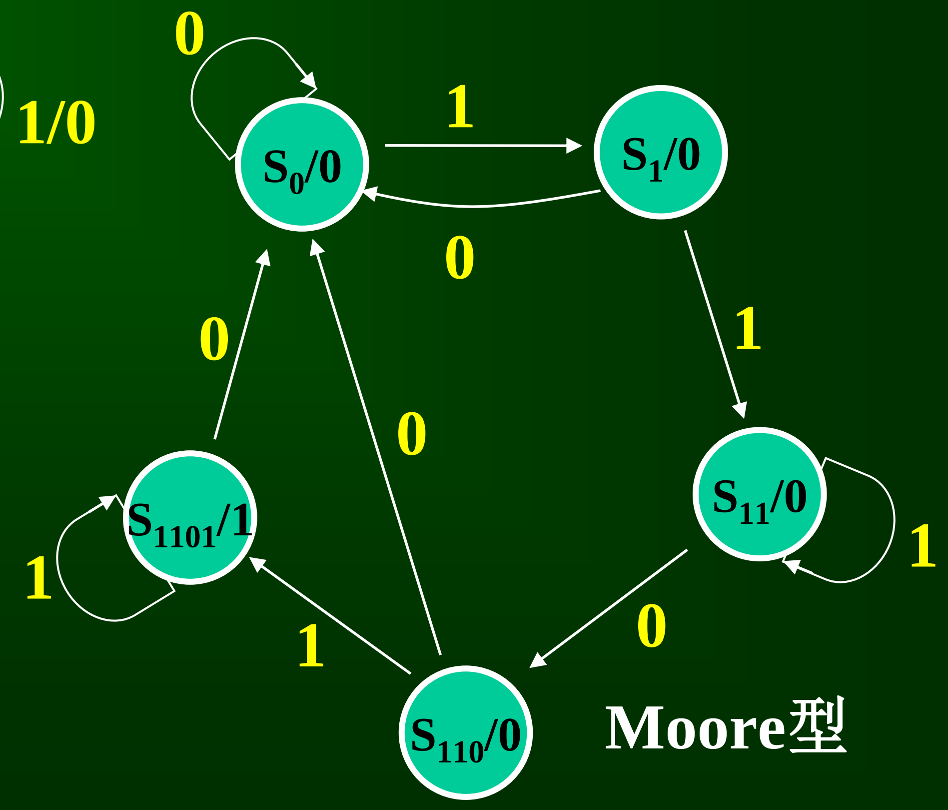
3、化简原始状态表

由于S_{110}和S_{1101}的次态和输出完全一样，则可以合并。

y \ x	0	1
S_0	$S_0/0$	$S_1/0$
S_1	$S_0/0$	$S_{11}/0$
S_{11}	$S_{110}/0$	$S_{11}/0$
S_{110}	$S_0/0$	$S_{110}/1$



Mealy型
0/0
1/0
0/0
1/0
1/0
0/0
0/0
1/1
0/0
1/1
S_0
S_1
S_{11}
S_{110}
S_{1101}



0
1
0
1
1
0
0
1
0
1
$S_0/0$
$S_1/0$
$S_{11}/0$
$S_{110}/0$
$S_{1101}/1$
Moore型

Mealy型电路设计　　比较　　Moore型电路设计

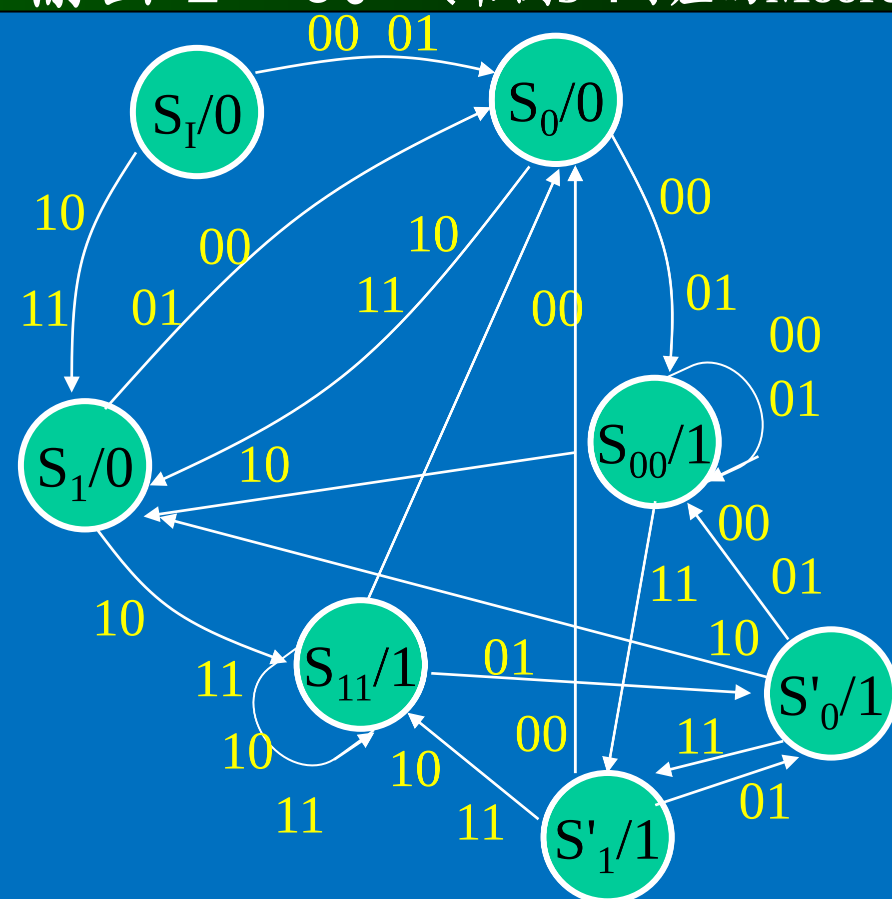
y \ x	0	1
S_0	$S_0/0$	$S_1/0$
S_1	$S_0/0$	$S_{11}/0$
S_{11}	$S_{110}/0$	$S_{11}/0$
S_{110}	$S_0/0$	$S_{1101}/1$
S_{1101}	$S_0/0$	$S_{1101}/1$

y \ x	0	1	z
S_0	S_0	S_1	0
S_1	S_0	S_{11}	0
S_{11}	S_{110}	S_{11}	0
S_{110}	S_0	S_{1101}	0
S_{1101}	S_0	S_{1101}	1

例 3 设计一个同步时序电路，此电路有两个输入 x 和 y 及一个输出 z 。如果 x 连续两次输入同样的值时，输出 z = 1 ，并且在此之后如果 y 输入一直保持为 1，则输出 z 保持为 1；否则，输出 z = 0。（书例3-4对应的Moore型）

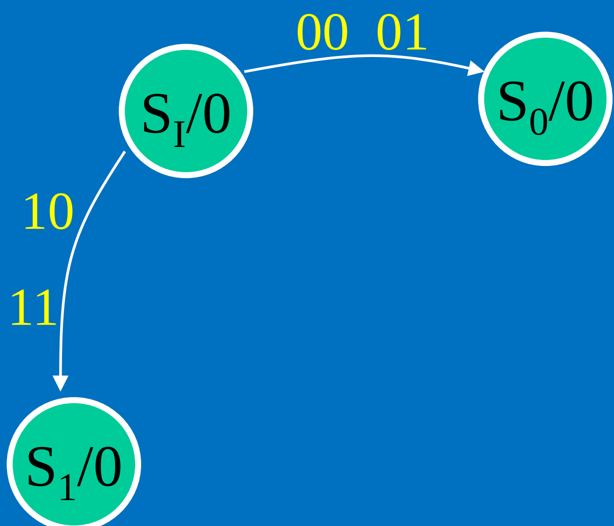
1、画出原始状态图

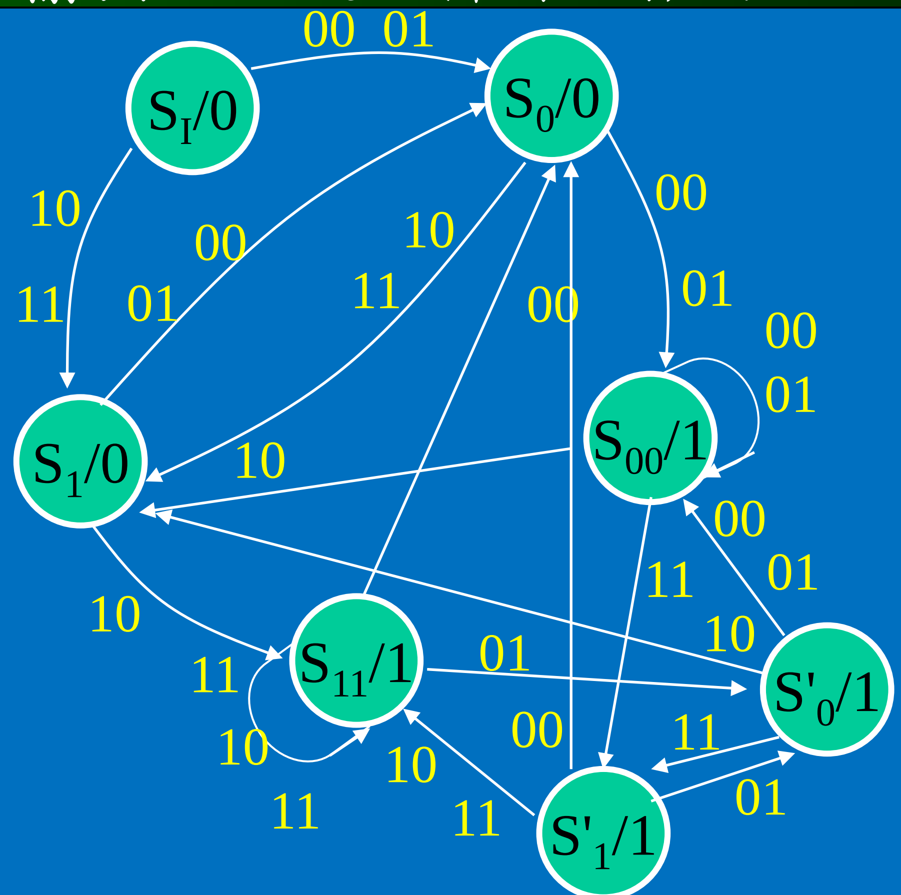
$S_I/0$



例 3 设计一个同步时序电路，此电路有两个输入 x 和 y 及一个输出 z 。如果 x 连续两次输入同样的值时，输出 z = 1 ，并且在此之后如果 y 输入一直保持为 1，则输出 z 保持为 1；否则，输出 z = 0。（书例3-4对应的Moore型

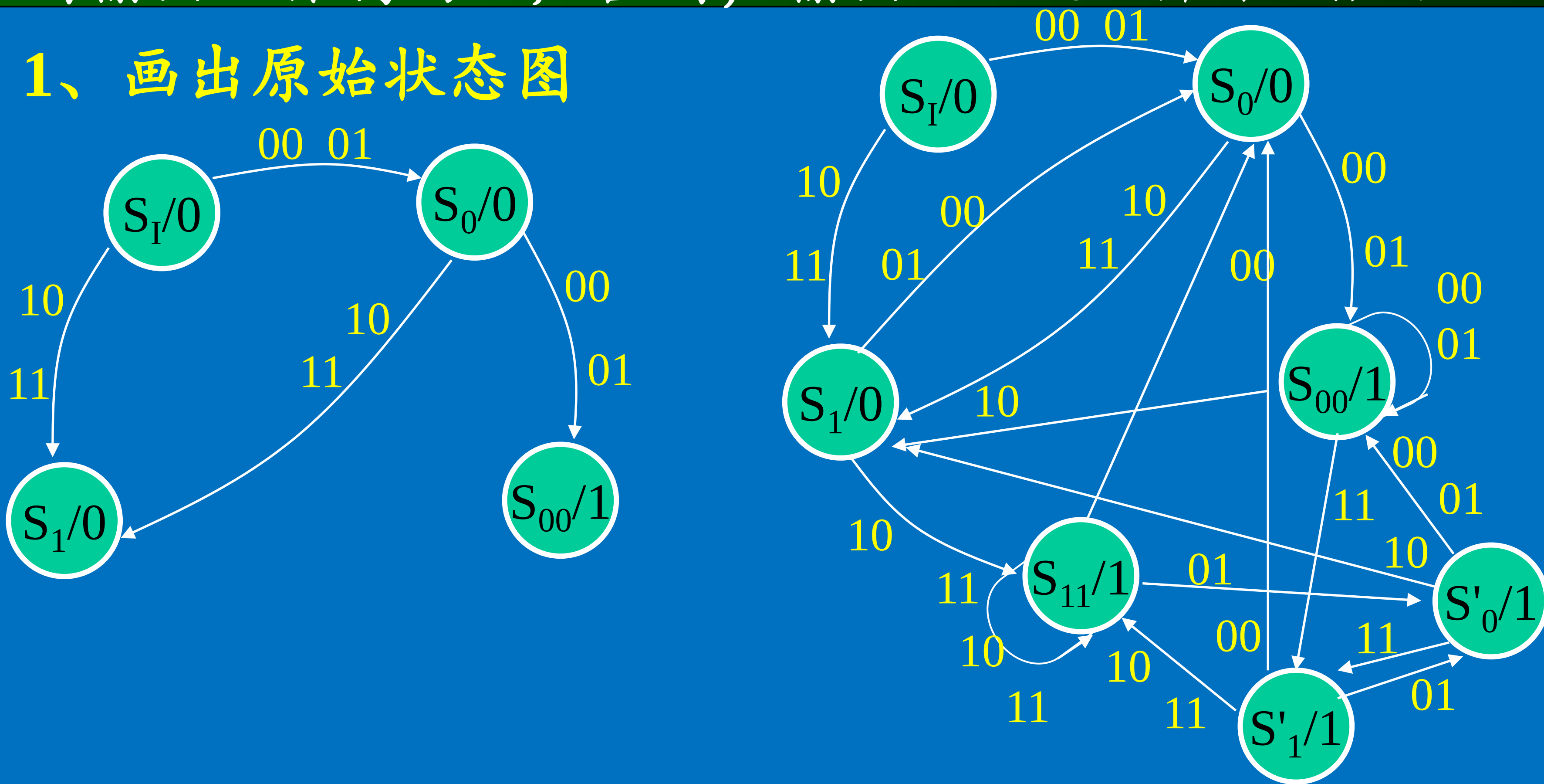
1、画出原始状态图





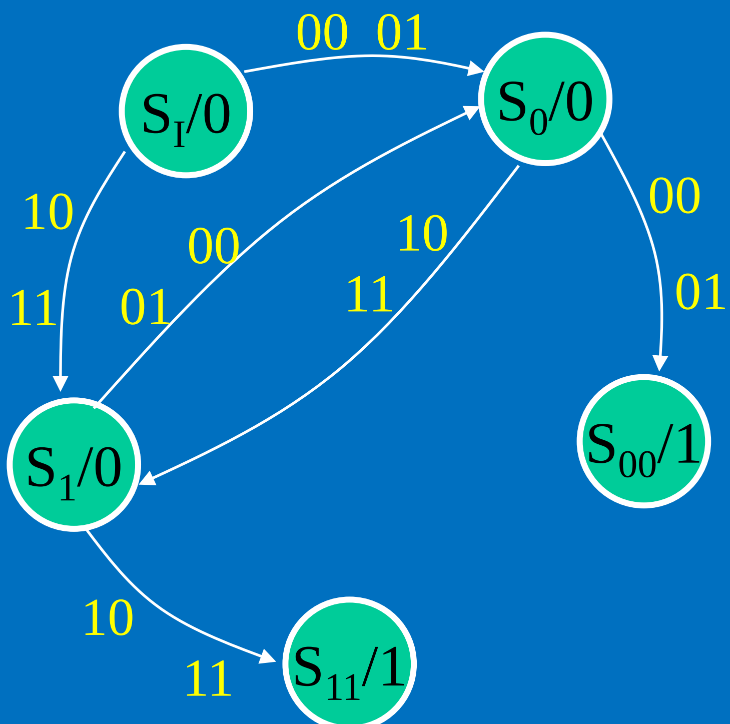
例 3 设计一个同步时序电路，此电路有两个输入 x 和 y 及一个输出 z 。如果 x 连续两次输入同样的值时，输出 z = 1 ，并且在此之后如果 y 输入一直保持为 1，则输出 z 保持为 1；否则，输出 z = 0。（书例3-4对应的Moore型）

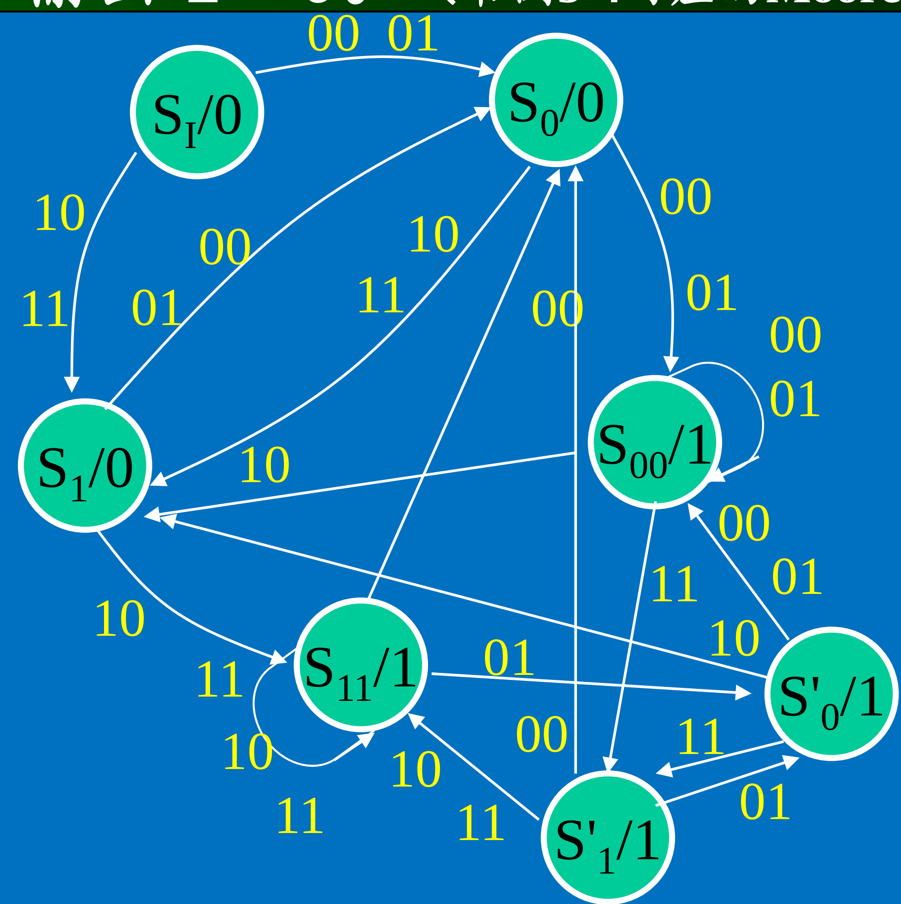
1、画出原始状态图



例 3 设计一个同步时序电路，此电路有两个输入 x 和 y 及一个输出 z 。如果 x 连续两次输入同样的值时，输出 z = 1 ，并且在此之后如果 y 输入一直保持为 1，则输出 z 保持为 1；否则，输出 z = 0。（书例3-4对应的Moore型）

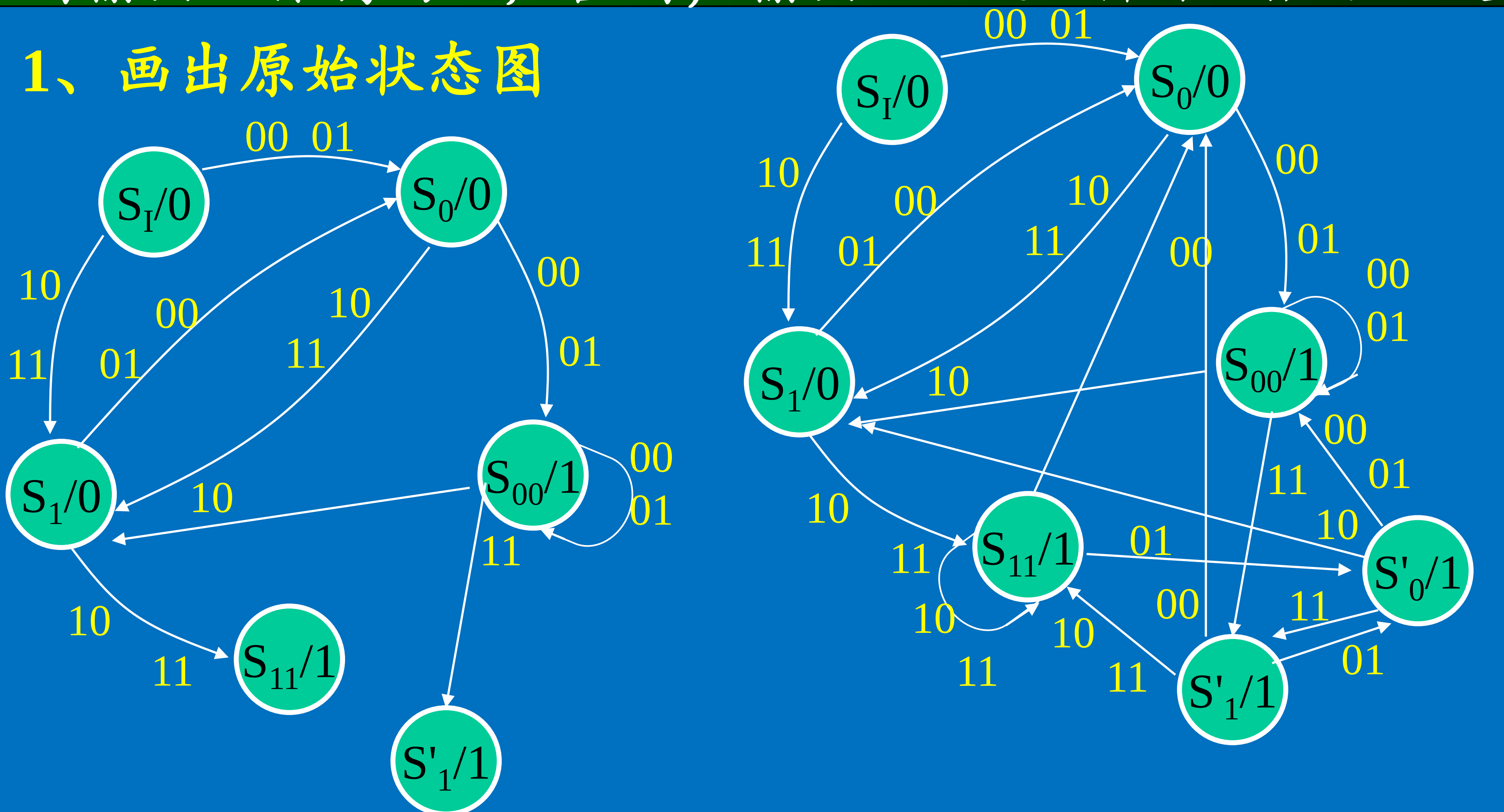
1、画出原始状态图





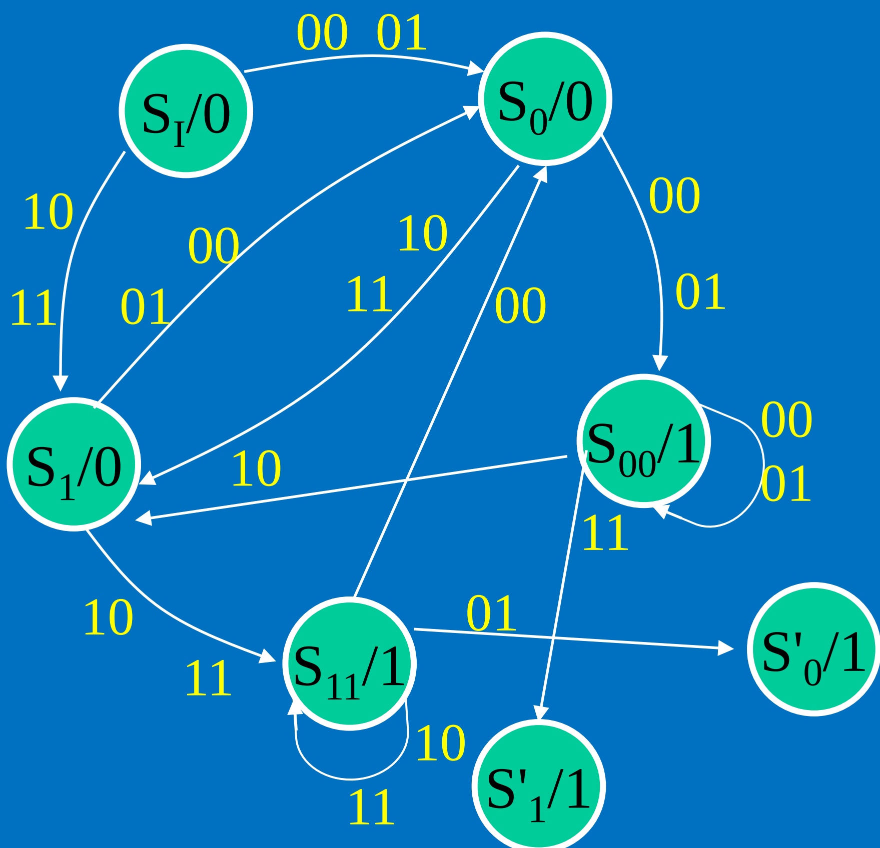
例 3 设计一个同步时序电路，此电路有两个输入 x 和 y 及一个输出 z 。如果 x 连续两次输入同样的值时，输出 z = 1 ，并且在此之后如果 y 输入一直保持为 1，则输出 z 保持为 1；否则，输出 z = 0。（书例3-4对应的Moore型）

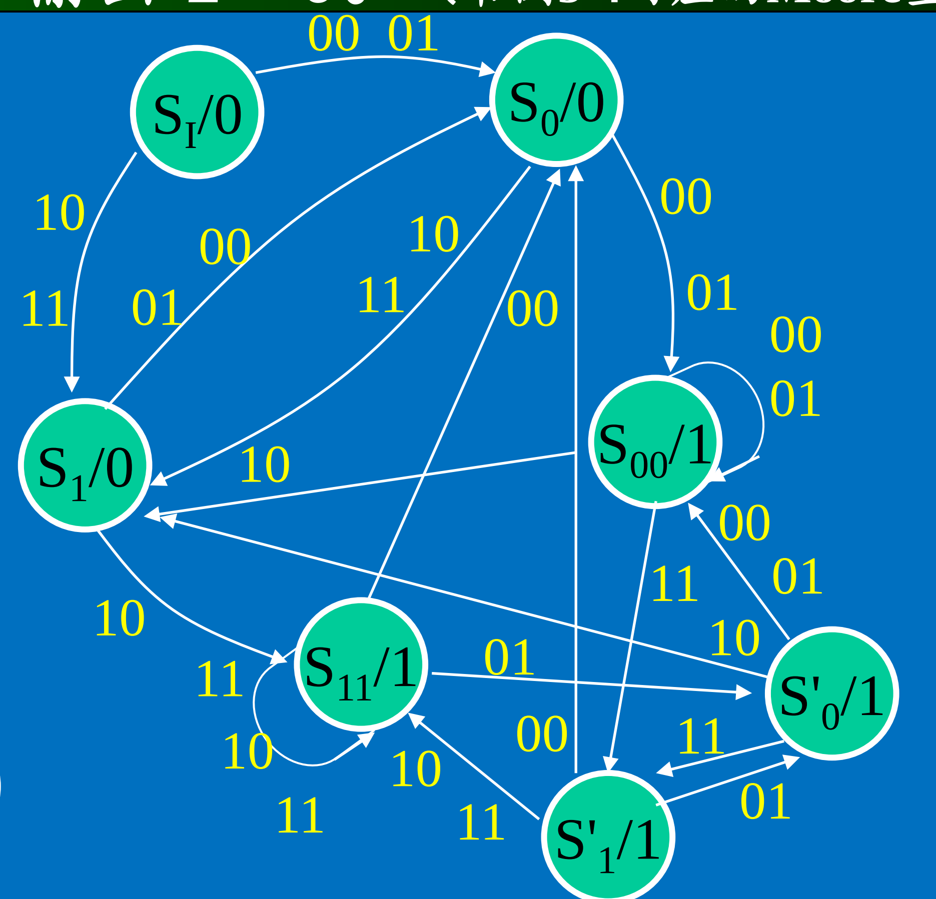
1、画出原始状态图



例 3 设计一个同步时序电路，此电路有两个输入 x 和 y 及一个输出 z 。如果 x 连续两次输入同样的值时，输出 z = 1 ，并且在此之后如果 y 输入一直保持为 1，则输出 z 保持为 1；否则，输出 z = 0。（书例3-4对应的Moore型）

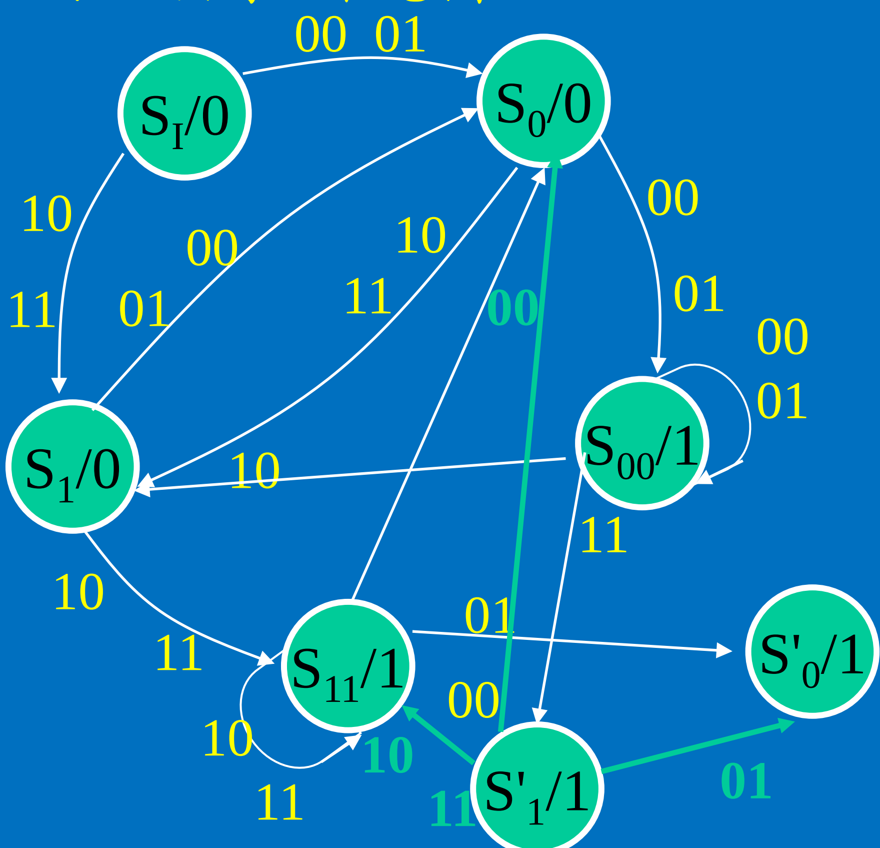
1、画出原始状态图

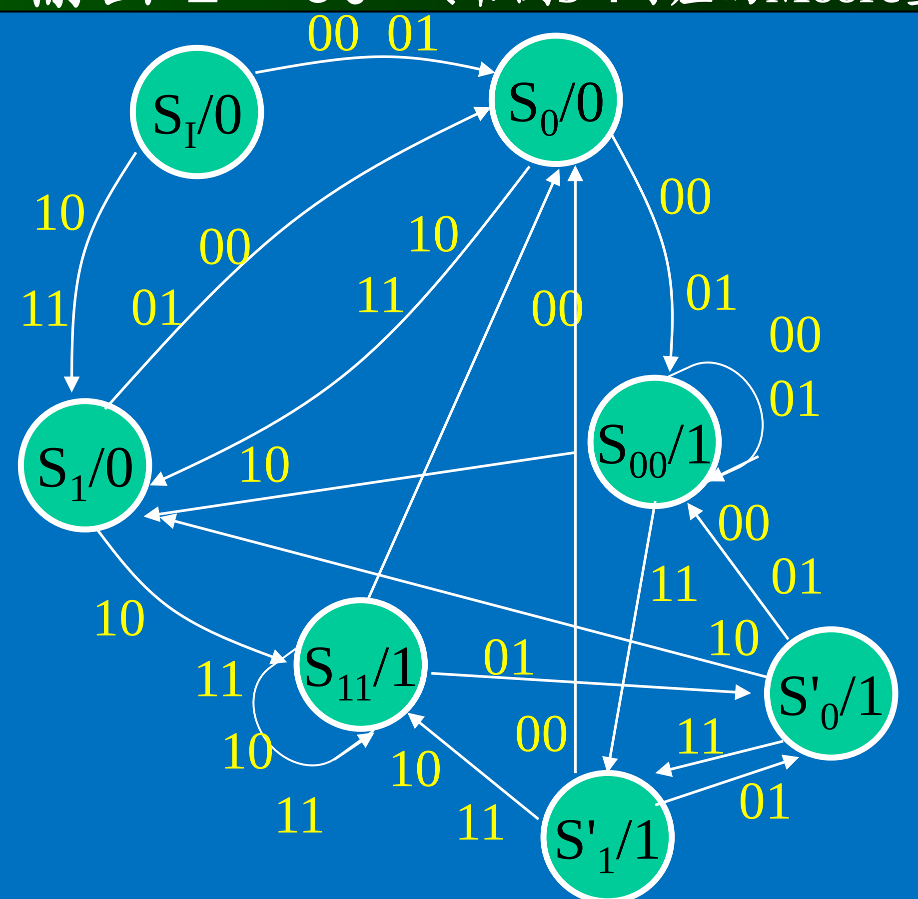




例 3 设计一个同步时序电路，此电路有两个输入 x 和 y 及一个输出 z 。如果 x 连续两次输入同样的值时，输出 z = 1 ，并且在此之后如果 y 输入一直保持为 1，则输出 z 保持为 1；否则，输出 z = 0。（书例3-4对应的Moore型）

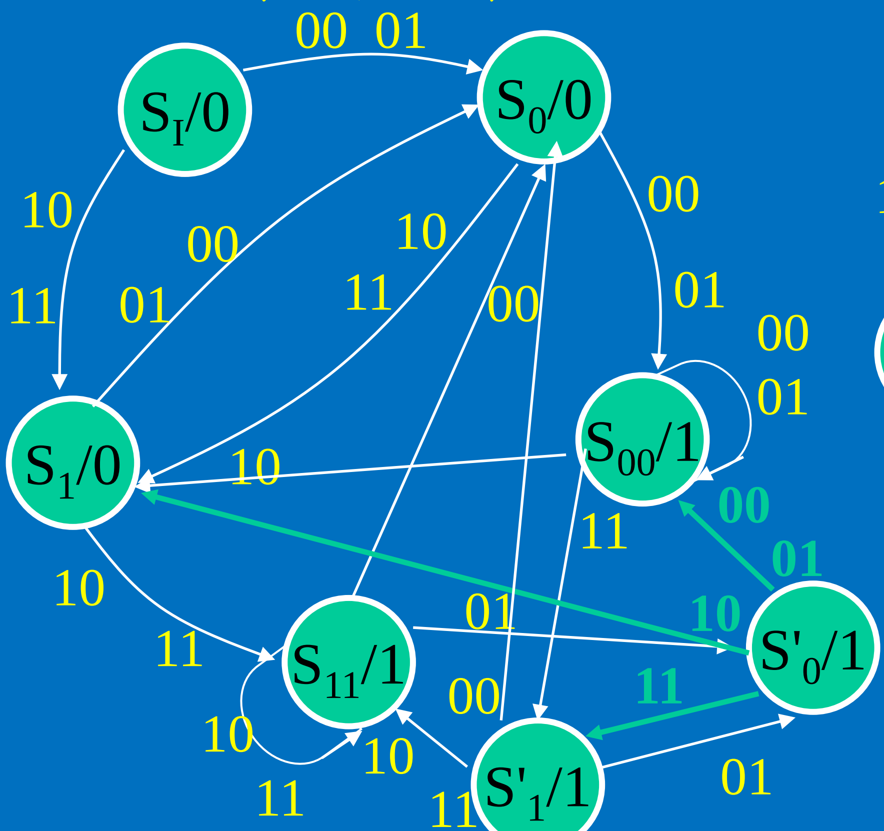
1、画出原始状态图

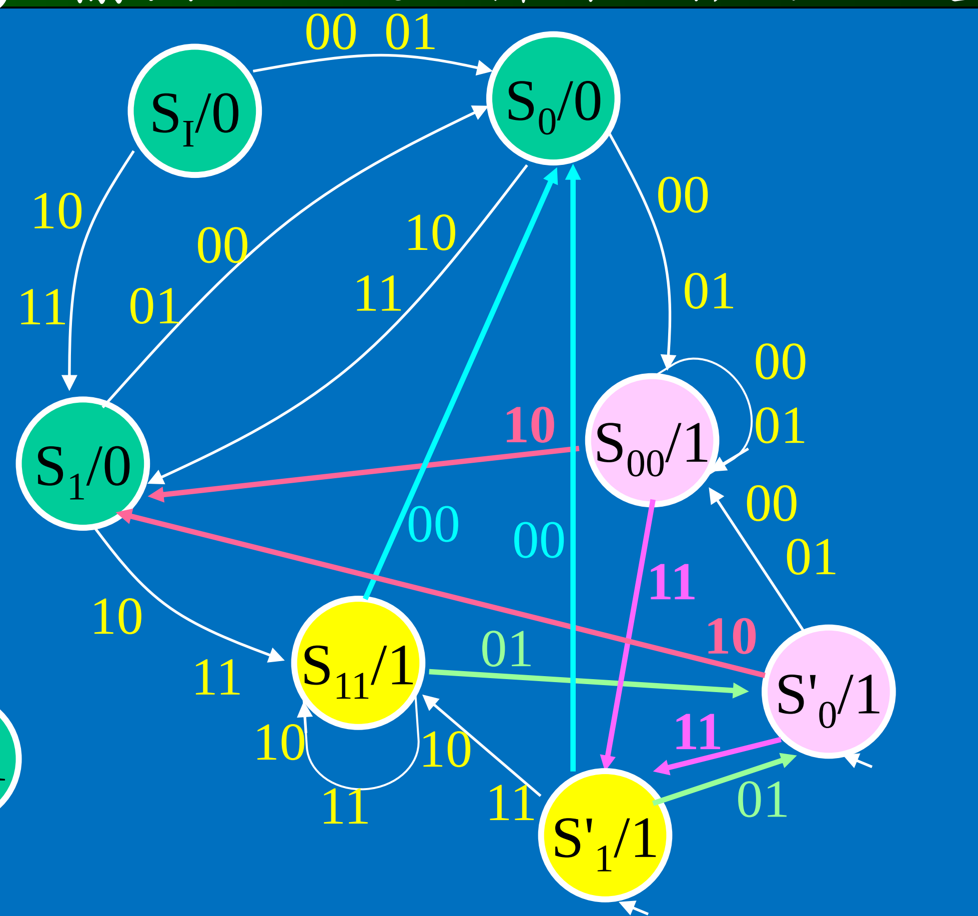




例 3 设计一个同步时序电路，此电路有两个输入 x 和 y 及一个输出 z 。如果 x 连续两次输入同样的值时，输出 z＝1 ，并且在此之后如果 y 输入一直保持为 1，则输出 z 保持为 1；否则，输出 z＝0。（书例3-4对应的Moore型）

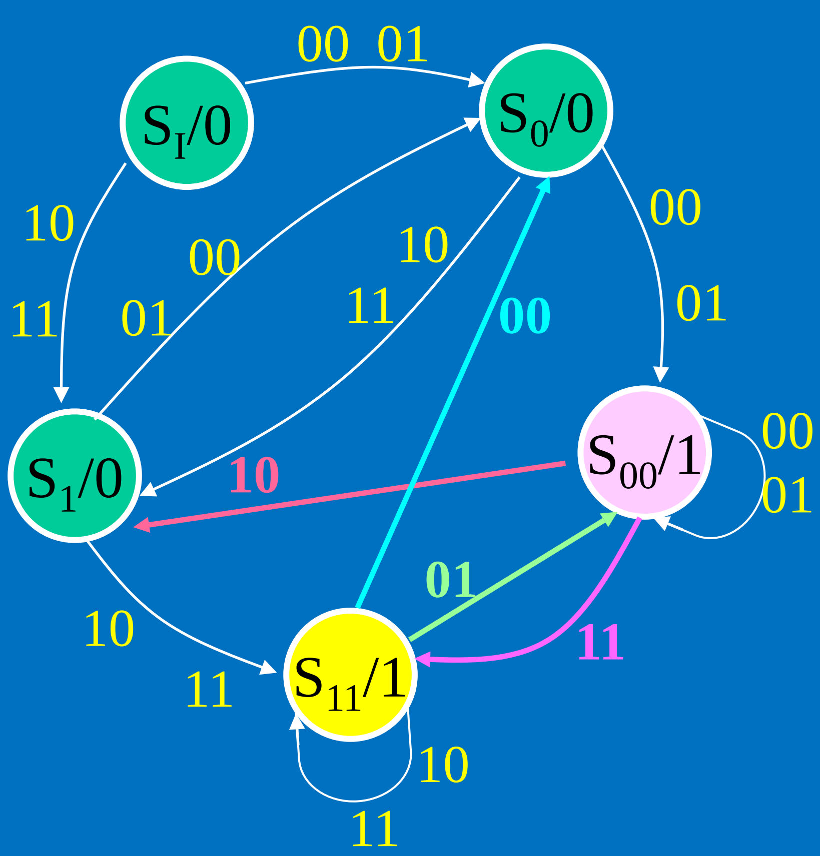
1、画出原始状态图

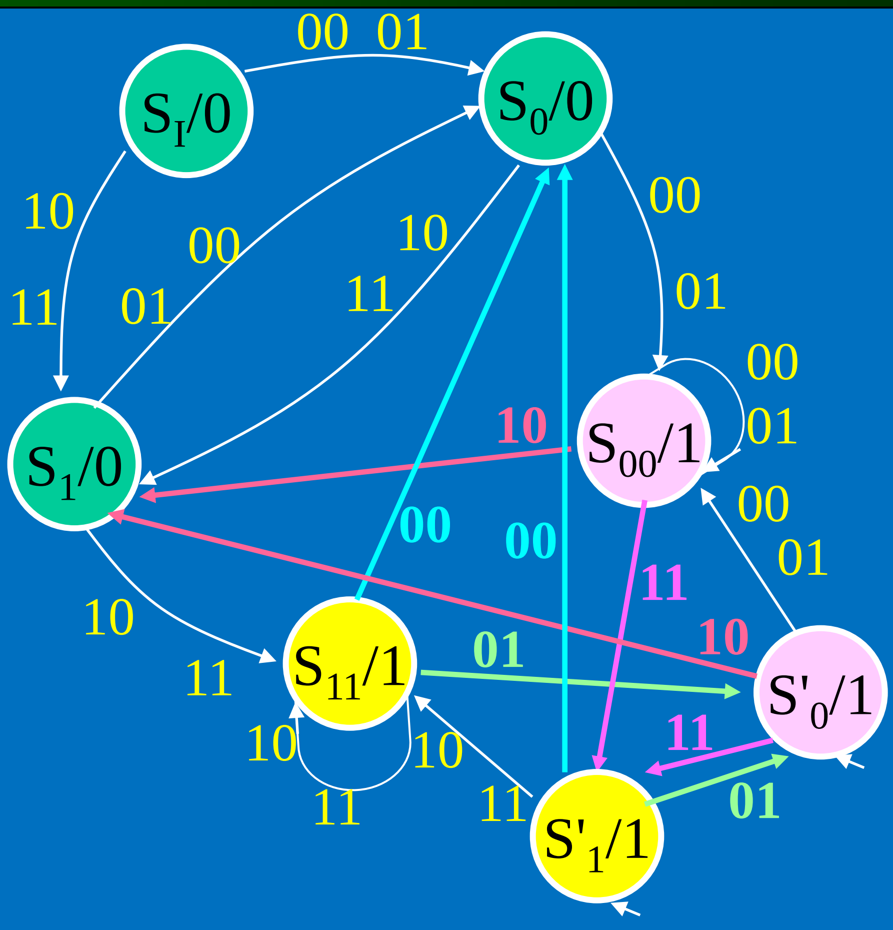




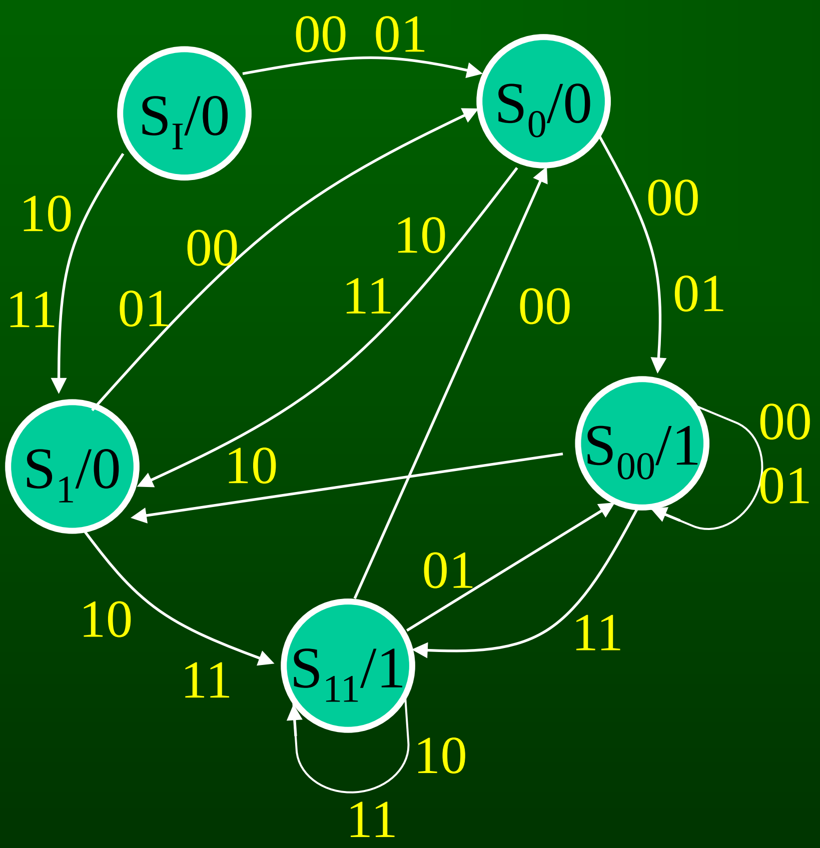
S_{00}和S'_0、S_{11}和S'_1的所有输出有向线是一样的，即次态相同。

将S_{00}和S'_0、S_{11}和S'_1分别合并成为一个状态，即状态化简。





2、原始状态表



S \ xy	00	01	10	11	z
S_I	S_0	S_0	S_1	S_1	0
S_0	S_{00}	S_{00}	S_1	S_1	0
S_1	S_0	S_0	S_{11}	S_{11}	0
S_{00}	S_{00}	S_{00}	S_1	S_{11}	1
S_{11}	S_0	S_{00}	S_{11}	S_{11}	1

2. 状态化简

不同的状态表对应不同内部结构的逻辑电路，而同一个逻辑功能也可对应多个状态表（或逻辑电路）。状态数越少，则对应的逻辑电路越简单。

这就需要在不改变电路的外部特性的情况下，利用状态化简技术，将原始状态表中的多余状态消去，求得最小化状态表，这个过程称为状态化简。

最小化状态表虽然与原始状态表代表着不同内部结构的电路，但却具有相同的功能特性，即对于所有输入序列，它们都具有相同的输出序列。

完全给定时序电路是指其状态表中的所有次态及输出都是确定的。

不完全给定时序电路的原始状态表中次态和输出中有无关项，即不确定项。

例如，两位触发器构成的四进制计数器，和三位触发器构成的五进制计数器：

完全给定时序电路原始状态表

	0	1
S_0	S_1 / 0	S_3 / 0
S_1	S_2 / 0	S_0 / 1
S_2	S_3 / 0	S_1 / 0
S_3	S_0 / 1	S_2 / 0

不完全给定时序电路原始状态表

	0	1
S_0	S_1 / 0	S_4 / 0
S_1	S_2 / 0	S_0 / 1
S_2	S_3 / 0	S_1 / 0
S_3	S_4 / 1	S_2 / 0
S_4	S_0 / 0	S_3 / 0
S_5	d/d	d/d
S_6	d/d	d/d
S_7	d/d	d/d

1) 完全给定同步时序电路状态表的化简

- 等效的相关概念

① 状态等效

设：S_1 和 S_2 是完全给定时序电路 M_1 和 M_2 (M_1 和 M_2 可以是同一个电路)的两个状态，作为初态同时加入任意输入序列，所产生的输出序列完全一致，则状态 S_1 和 S_2 是等效(或等价)的，称 S_1 和 S_2 是等效对，记为 (S_1, S_2)。等效状态可以合并为一个状态。

即：$(S_1, S_2) \rightarrow S$

例如，某电路具有A、B、C、和D四个状态，状态表如图所示。对状态C和D，在输入为1011时状态转移及输出如下：

$$C \xrightarrow{1/1} D \xrightarrow{0/0} A \xrightarrow{1/0} B \xrightarrow{1/0} C$$

$$D \xrightarrow{1/1} D \xrightarrow{0/0} A \xrightarrow{1/0} B \xrightarrow{1/0} C$$

	0	1
A	A / 0	B / 0
B	A / 0	C / 0
C	A / 0	D / 1
D	A / 0	D / 1

两种情况下输出都是1000，新状态都是D、A、B、C。如果对“任意”输入序列，产生的输出序列都相同，则这两个状态可以合并为一个，即两者是“等效”的。

② 等效的传递性

如果有状态S_1和S_2等效，状态S_2和S_3等效，则状态S_1和S_3也等效，记为：

$$(S_1，S_2)，(S_2，S_3) \rightarrow (S_1，S_3)$$

③ 等效类

所含状态都可以相互构成等效对的等效状态的集合，称为等效类。

即：$(S_1，S_2，S_3) \rightarrow (S_1，S_2)(S_2，S_3)(S_1，S_3)$

$(S_1，S_2)(S_2，S_3)(S_1，S_3) \rightarrow (S_1，S_2，S_3)$

④ 最大等效类

在一个原始状态表中，不能被其他等效类所包含的等效类称为最大等效类。

➢等效对的判断标准

如果两个状态，对每一组可能的输入都满足如下两个条件，则这两个状态等效。

条件1：它们的输出完全相同*identical outputs* 。

条件2：它们的次态满足下列条件之一：

① 次态相同

② 次态交错

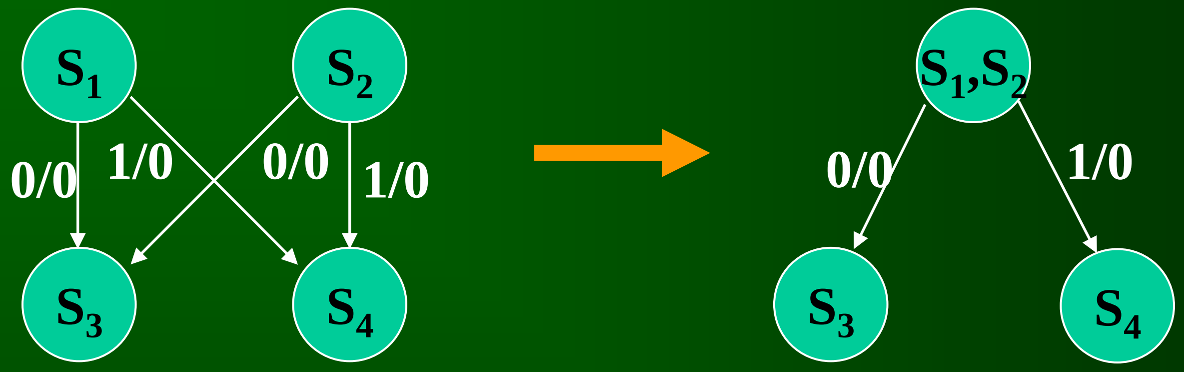
③ 次态维持

④ 后续状态等效

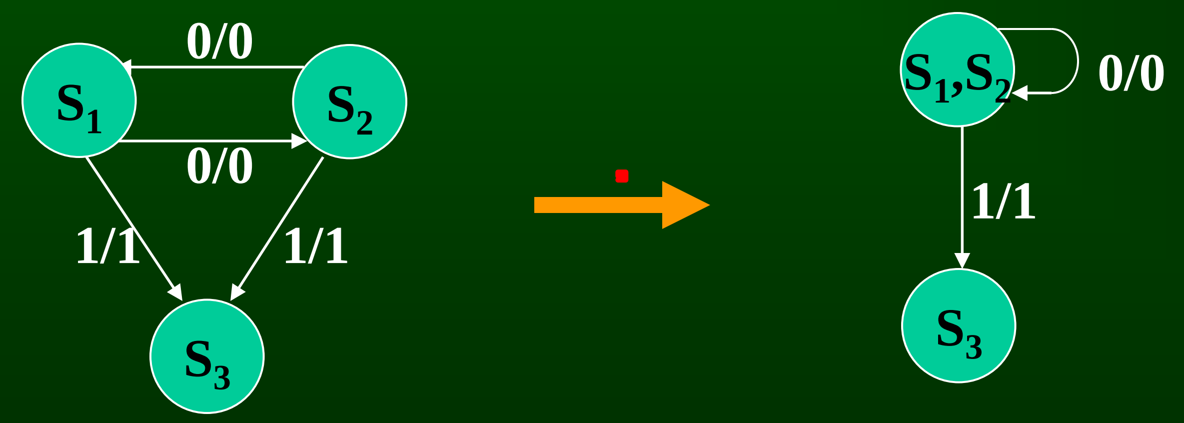
⑤ 次态循环

等效关系判断条件的说明

① 次态相同

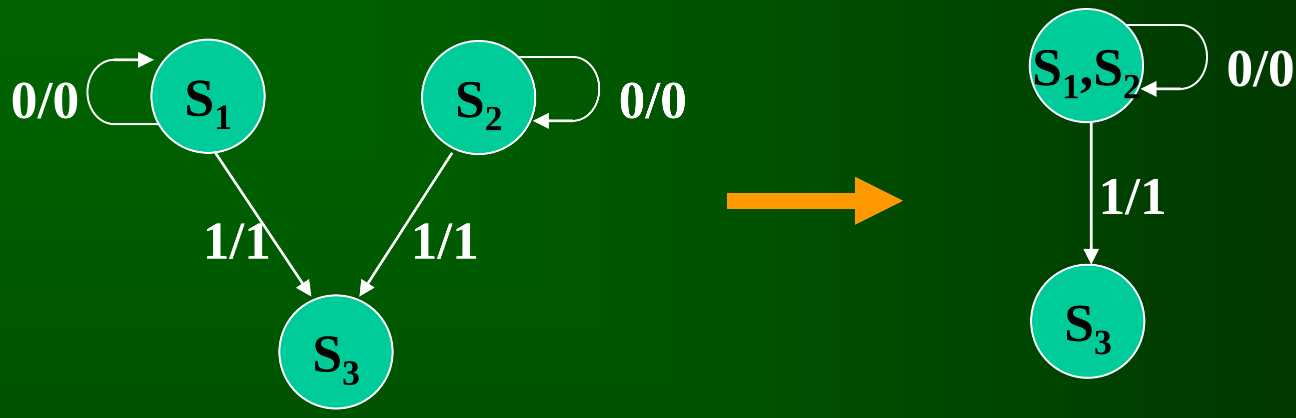


② 次态交错

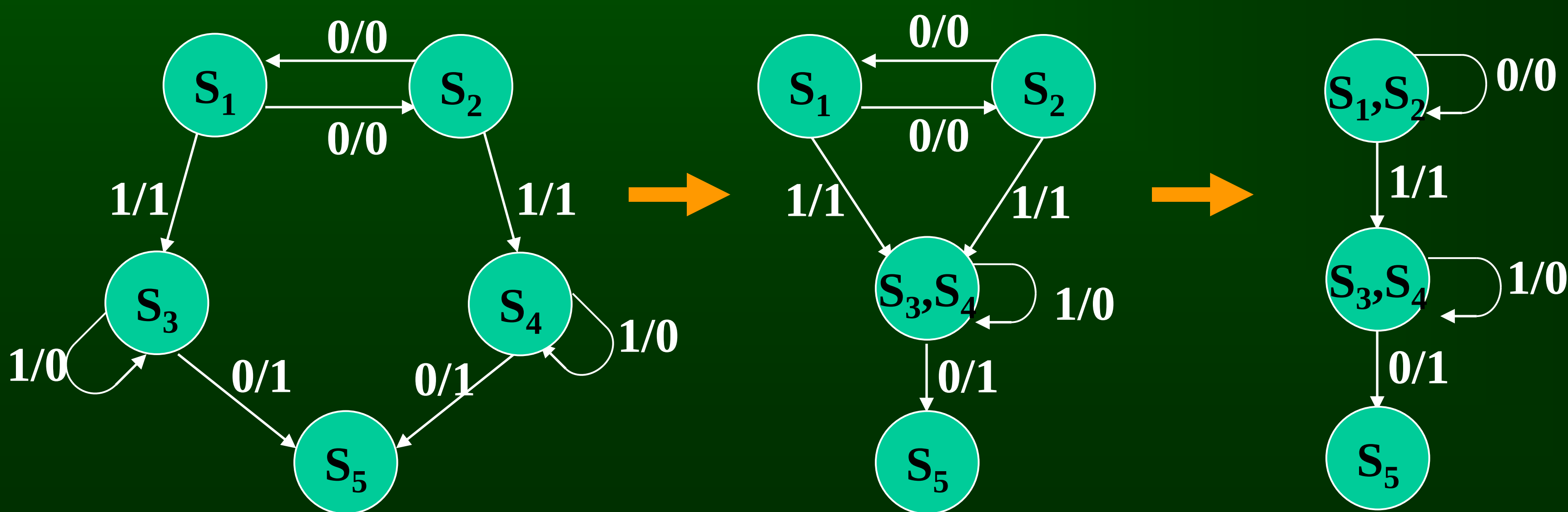


等效关系判断条件的说明

③ 次态维持

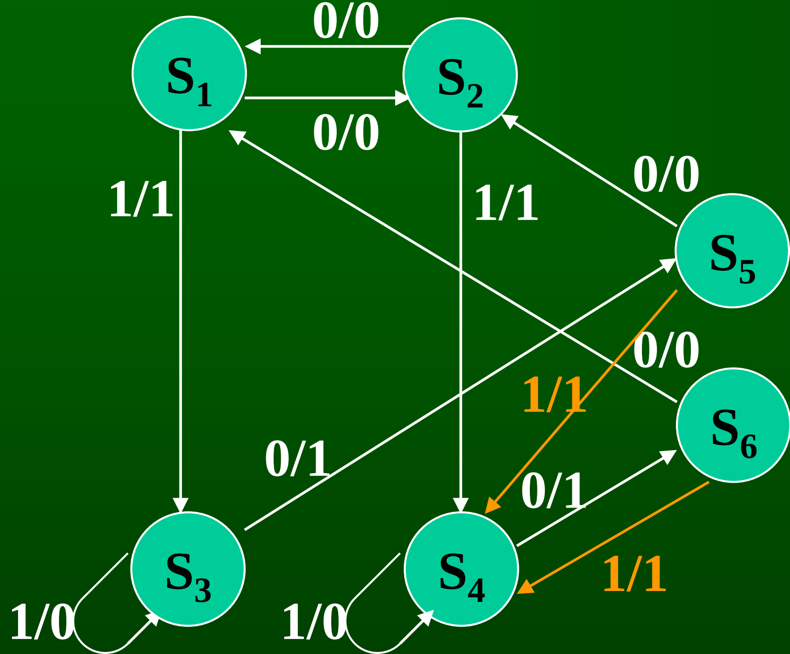


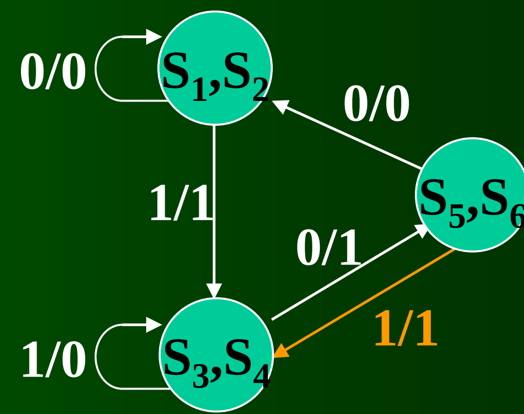
④ 后继状态等效



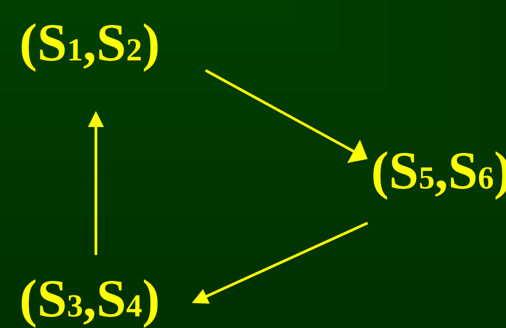
等效关系判断条件的说明

⑤ 次态循环





如果分别以某个状态对中的两个状态作为初态，加入任意输入序列，虽然产生何种状态可能不同，但产生的状态却是属于同一状态对，因此产生的输出序列必然相同，故状态对为等效对。



图中次态的等效依赖关系

状态化简的原则：

在原始状态表中找出所有的最大等效类，并将每个最大等效类合并为一个状态。这样就可以得到简化的状态表。

y \ x	00	01	10	11
A'	C'/0	C'/0	A'/0	A'/0
B'	B'/1	C'/0	D'/1	A'/0
C'	C'/0	B'/0	A'/0	A'/0
D'	B'/1	A'/0	D'/1	A'/0
E'	E'/0	E'/0	A'/0	A'/0

y \ x	00	01	10	11
A	D/0	D/0	F/0	A/0
B	C/1	D/0	E/1	F/0
C	C/1	D/0	E/1	A/0
D	D/0	B/0	A/0	F/0
E	C/1	F/0	E/1	A/0
F	D/0	D/0	A/0	F/0
G	G/0	G/0	A/0	A/0
H	B/1	D/0	E/1	A/0

y^{n+1}/z

(A,F) ↓ A'　　(B,C,H) ↓ B'　　(D) ↓ C'　　(E) ↓ D'　　(G) ↓ E'

➢ 利用隐含表进行状态化简

例　化简下图所示的原始状态表

y \ x	00	01	10	11
A	D/0	D/0	F/0	A/0
B	C/1	D/0	E/1	F/0
C	C/1	D/0	E/1	A/0
D	D/0	B/0	A/0	F/0
E	C/1	F/0	E/1	A/0
F	D/0	D/0	A/0	F/0
G	G/0	G/0	A/0	A/0
H	B/1	D/0	E/1	A/0

状态化简需要找出原始状态表中所有的最大等效类，这就需要确定表中全部等效状态对。通常利用隐含表来确定等效类。

y^{n+1}/z

① 画隐含表(缺头少尾表)

	A	B	C	D	E	F	G
B							
C							
D							
E							
F							
G							
H							

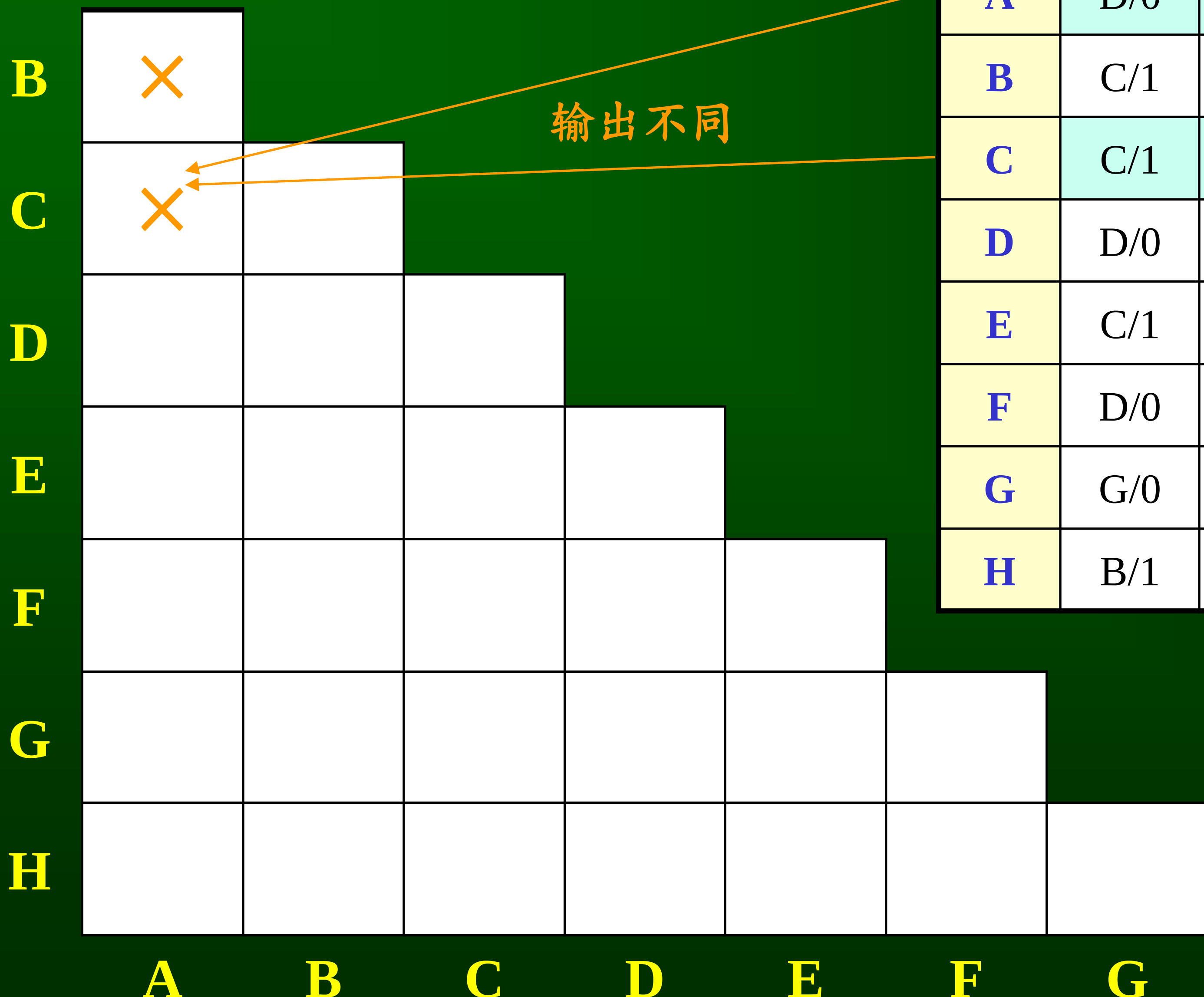
② 进行顺序比较 AB

输出不同

	A	B	C	D	E	F	G
B	×						
C							
D							
E							
F							
G							
H							

y \ x	00	01	10	11
A	D/0	D/0	F/0	A/0
B	C/1	D/0	E/1	F/0
C	C/1	D/0	E/1	A/0
D	D/0	B/0	A/0	F/0
E	C/1	F/0	E/1	A/0
F	D/0	D/0	A/0	F/0
G	G/0	G/0	A/0	A/0
H	B/1	D/0	E/1	A/0

② 进行顺序比较 AC



y \ x	00	01	10	11
A	D/0	D/0	F/0	A/0
B	C/1	D/0	E/1	F/0
C	C/1	D/0	E/1	A/0
D	D/0	B/0	A/0	F/0
E	C/1	F/0	E/1	A/0
F	D/0	D/0	A/0	F/0
G	G/0	G/0	A/0	A/0
H	B/1	D/0	E/1	A/0

② 进行顺序比较 AD

y \ x	00	01	10	11
A	D/0	D/0	F/0	A/0
B	C/1	D/0	E/1	F/0
C	C/1	D/0	E/1	A/0
D	D/0	B/0	A/0	F/0
E	C/1	F/0	E/1	A/0
F	D/0	D/0	A/0	F/0
G	G/0	G/0	A/0	A/0
H	B/1	D/0	E/1	A/0

输出相同
比较次态

B	×						
C	×						
D	AF BD						
E							
F							
G							
H							
	A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**

② 进行顺序比较 AE

	A	B	C	D	E	F	G
B	×						
C	×						
D	AF BD						
E	×						
F							
G							
H							

输出不同

y \ x	00	01	10	11
A	D/0	D/0	F/0	A/0
B	C/1	D/0	E/1	F/0
C	C/1	D/0	E/1	A/0
D	D/0	B/0	A/0	F/0
E	C/1	F/0	E/1	A/0
F	D/0	D/0	A/0	F/0
G	G/0	G/0	A/0	A/0
H	B/1	D/0	E/1	A/0

② 进行顺序比较 AF

	A	B	C	D	E	F	G
B	×						
C	×						
D	AF BD						
E	×						
F	√						
G							
H							

输出相同
次态满足

y \ x	00	01	10	11
A	D/0	D/0	F/0	A/0
B	C/1	D/0	E/1	F/0
C	C/1	D/0	E/1	A/0
D	D/0	B/0	A/0	F/0
E	C/1	F/0	E/1	A/0
F	D/0	D/0	A/0	F/0
G	G/0	G/0	A/0	A/0
H	B/1	D/0	E/1	A/0

② 进行顺序比较 AG

	A	B	C	D	E	F	G
B	×						
C	×						
D	AF BD						
E	×						
F	√						
G	AF DG						
H							

输出相同
比较次态

y \ x	00	01	10	11
A	D/0	D/0	F/0	A/0
B	C/1	D/0	E/1	F/0
C	C/1	D/0	E/1	A/0
D	D/0	B/0	A/0	F/0
E	C/1	F/0	E/1	A/0
F	D/0	D/0	A/0	F/0
G	G/0	G/0	A/0	A/0
H	B/1	D/0	E/1	A/0

② 进行顺序比较 AH

	A	B	C	D	E	F	G
B	×						
C	×						
D	AF BD						
E	×						
F	√						
G	AF DG						
H	×						

输出不同

y \ x	00	01	10	11
A	D/0	D/0	F/0	A/0
B	C/1	D/0	E/1	F/0
C	C/1	D/0	E/1	A/0
D	D/0	B/0	A/0	F/0
E	C/1	F/0	E/1	A/0
F	D/0	D/0	A/0	F/0
G	G/0	G/0	A/0	A/0
H	B/1	D/0	E/1	A/0

② 进行顺序比较 BC

B	×						
C	×	AF					
D	AF BD						
E	×						
F	√						
G	AF DG						
H	×						
	A	B	C	D	E	F	G

输出相同

比较次态

y \ x	00	01	10	11
A	D/0	D/0	F/0	A/0
B	C/1	D/0	E/1	F/0
C	C/1	D/0	E/1	A/0
D	D/0	B/0	A/0	F/0
E	C/1	F/0	E/1	A/0
F	D/0	D/0	A/0	F/0
G	G/0	G/0	A/0	A/0
H	B/1	D/0	E/1	A/0

② 进行顺序比较 BD

	A	B	C	D	E	F	G
B	×						
C	×	AF					
D	AF BD	×					
E	×						
F	√						
G	AF DG						
H	×						

输出不同

y \ x	00	01	10	11
A	D/0	D/0	F/0	A/0
B	C/1	D/0	E/1	F/0
C	C/1	D/0	E/1	A/0
D	D/0	B/0	A/0	F/0
E	C/1	F/0	E/1	A/0
F	D/0	D/0	A/0	F/0
G	G/0	G/0	A/0	A/0
H	B/1	D/0	E/1	A/0

② 进行顺序比较 BE

	A	B	C	D	E	F	G
B	×						
C	×	AF					
D	AF BD	×					
E	×	AF DF					
F	√						
G	AF DG						
H	×						

输出相同
比较次态

y \ x	00	01	10	11
A	D/0	D/0	F/0	A/0
B	C/1	D/0	E/1	F/0
C	C/1	D/0	E/1	A/0
D	D/0	B/0	A/0	F/0
E	C/1	F/0	E/1	A/0
F	D/0	D/0	A/0	F/0
G	G/0	G/0	A/0	A/0
H	B/1	D/0	E/1	A/0

② 进行顺序比较 BF

	A	B	C	D	E	F	G
B	×						
C	×	AF					
D	AF BD	×					
E	×	AF DF					
F	√	×					
G	AF DG						
H	×						

输出不同

y \ x	00	01	10	11
A	D/0	D/0	F/0	A/0
B	C/1	D/0	E/1	F/0
C	C/1	D/0	E/1	A/0
D	D/0	B/0	A/0	F/0
E	C/1	F/0	E/1	A/0
F	D/0	D/0	A/0	F/0
G	G/0	G/0	A/0	A/0
H	B/1	D/0	E/1	A/0

② 进行顺序比较 BG

	A	B	C	D	E	F	G
B	×						
C	×	AF					
D	AF BD	×					
E	×	AF DF					
F	√	×					
G	AF DG	×					
H	×						

输出不同

y \ x	00	01	10	11
A	D/0	D/0	F/0	A/0
B	C/1	D/0	E/1	F/0
C	C/1	D/0	E/1	A/0
D	D/0	B/0	A/0	F/0
E	C/1	F/0	E/1	A/0
F	D/0	D/0	A/0	F/0
G	G/0	G/0	A/0	A/0
H	B/1	D/0	E/1	A/0

② 进行顺序比较 BH

	A	B	C	D	E	F	G
B	×						
C	×	AF					
D	AF BD	×					
E	×	AF DF					
F	√	×					
G	AF DG	×					
H	×	AF BC					

输出不同

y \ x	00	01	10	11
A	D/0	D/0	F/0	A/0
B	C/1	D/0	E/1	F/0
C	C/1	D/0	E/1	A/0
D	D/0	B/0	A/0	F/0
E	C/1	F/0	E/1	A/0
F	D/0	D/0	A/0	F/0
G	G/0	G/0	A/0	A/0
H	B/1	D/0	E/1	A/0

② 进行顺序比较 CD

B	×						
C	×	AF					
D	AF BD	×	×				
E	×	AF DF					
F	√	×					
G	AF DG	×					
H	×	AF BC					
	A	B	C	D	E	F	G

输出不同

y \ x	00	01	10	11
A	D/0	D/0	F/0	A/0
B	C/1	D/0	E/1	F/0
C	C/1	D/0	E/1	A/0
D	D/0	B/0	A/0	F/0
E	C/1	F/0	E/1	A/0
F	D/0	D/0	A/0	F/0
G	G/0	G/0	A/0	A/0
H	B/1	D/0	E/1	A/0

② 进行顺序比较 CE

	A	B	C	D	E	F	G
B	×						
C	×	AF					
D	AF BD	×	×				
E	×	AF DF	DF				
F	√	×					
G	AF DG	×					
H	×	AF BC					

输出相同
比较次态

y \ x	00	01	10	11
A	D/0	D/0	E/0	A/0
B	C/1	D/0	E/1	F/0
C	C/1	D/0	E/1	A/0
D	D/0	B/0	A/0	F/0
E	C/1	F/0	E/1	A/0
F	D/0	D/0	A/0	F/0
G	G/0	G/0	A/0	A/0
H	B/1	D/0	E/1	A/0

② 进行顺序比较 CF

	A	B	C	D	E	F	G
B	×						
C	×	AF					
D	AF BD	×	×				
E	×	AF DF	DF				
F	√	×	×				
G	AF DG	×					
H	×	AF BC					

输出不同

y \ x	00	01	10	11
A	D/0	D/0	F/0	A/0
B	C/1	D/0	E/1	F/0
C	C/1	D/0	E/1	A/0
D	D/0	B/0	A/0	F/0
E	C/1	F/0	E/1	A/0
F	D/0	D/0	A/0	F/0
G	G/0	G/0	A/0	A/0
H	B/1	D/0	E/1	A/0

② 进行顺序比较 CG

	A	B	C	D	E	F	G
B	×						
C	×	AF					
D	AF BD	×	×				
E	×	AF DF	DF				
F	√	×	×				
G	AF DG	×	×				
H	×	AF BC					

输出不同

y \ x	00	01	10	11
A	D/0	D/0	F/0	A/0
B	C/1	D/0	E/1	F/0
C	C/1	D/0	E/1	A/0
D	D/0	B/0	A/0	F/0
E	C/1	F/0	E/1	A/0
F	D/0	D/0	A/0	F/0
G	G/0	G/0	A/0	A/0
H	B/1	D/0	E/1	A/0

② 进行顺序比较 CH

	A	B	C	D	E	F	G
B	×						
C	×	AF					
D	AF BD	×	×				
E	×	AF DF	DF				
F	√	×	×				
G	AF DG	×	×				
H	×	AF BC	BC				

输出相同

比较次态

y \ x	00	01	10	11
A	D/0	D/0	F/0	A/0
B	C/1	D/0	E/1	F/0
C	C/1	D/0	E/1	A/0
D	D/0	B/0	A/0	F/0
E	C/1	F/0	E/1	A/0
F	D/0	D/0	A/0	F/0
G	G/0	G/0	A/0	A/0
H	B/1	D/0	E/1	A/0

② 进行顺序比较 DE

	A	B	C	D	E	F	G
B	×						
C	×	AF					
D	AF BD	×	×				
E	×	AF DF	DF	×			
F	√	×	×				
G	AF DG	×	×				
H	×	AF BC	BC				

输出不同

y \ x	00	01	10	11
A	D/0	D/0	F/0	A/0
B	C/1	D/0	E/1	F/0
C	C/1	D/0	E/1	A/0
D	D/0	B/0	A/0	F/0
E	C/1	F/0	E/1	A/0
F	D/0	D/0	A/0	F/0
G	G/0	G/0	A/0	A/0
H	B/1	D/0	E/1	A/0

② 进行顺序比较 DF

	A	B	C	D	E	F	G
B	×						
C	×	AF					
D	AF BD	×	×				
E	×	AF DF	DF	×			
F	√	×	×	BD			
G	AF DG	×	×				
H	×	AF BC	BC				

输出相同
比较次态

y \ x	00	01	10	11
A	D/0	D/0	F/0	A/0
B	C/1	D/0	E/1	F/0
C	C/1	D/0	E/1	A/0
D	D/0	B/0	A/0	F/0
E	C/1	F/0	E/1	A/0
F	D/0	D/0	A/0	F/0
G	G/0	G/0	A/0	A/0
H	B/1	D/0	E/1	A/0

② 进行顺序比较 DG

	A	B	C	D	E	F	G
B	×						
C	×	AF					
D	AF BD	×	×				
E	×	AF DF	DF	×			
F	√	×	×	BD			
G	AF DG	×	×	AF BG			
H	×	AF BC	BC				

输出相同
比较次态

y \ x	00	01	10	11
A	D/0	D/0	F/0	A/0
B	C/1	D/0	E/1	F/0
C	C/1	D/0	E/1	A/0
D	D/0	B/0	A/0	F/0
E	C/1	F/0	E/1	A/0
F	D/0	D/0	A/0	F/0
G	G/0	G/0	A/0	A/0
H	B/1	D/0	E/1	A/0

② 进行顺序比较 DH

	A	B	C	D	E	F	G
B	×						
C	×	AF					
D	AF BD	×	×				
E	×	AF DF	DF	×			
F	√	×	×	BD			
G	AF DG	×	×	AF BG			
H	×	AF BC	BC	×			

输出不同

y \ x	00	01	10	11
A	D/0	D/0	F/0	A/0
B	C/1	D/0	E/1	F/0
C	C/1	D/0	E/1	A/0
D	D/0	B/0	A/0	F/0
E	C/1	F/0	E/1	A/0
F	D/0	D/0	A/0	F/0
G	G/0	G/0	A/0	A/0
H	B/1	D/0	E/1	A/0

② 进行顺序比较 EF

	A	B	C	D	E	F	G
B	×						
C	×	AF					
D	AF BD	×	×				
E	×	AF DF	DF	×			
F	√	×	×	BD	×		
G	AF DG	×	×	AF BG			
H	×	AF BC	BC	×			

y \ x	00	01	10	11
A	D/0	D/0	F/0	A/0
B	C/1	D/0	E/1	F/0
C	C/1	D/0	E/1	A/0
D	D/0	B/0	A/0	F/0
E	C/1	F/0	E/1	A/0
F	D/0	D/0	A/0	F/0
G	G/0	G/0	A/0	A/0
H	B/1	D/0	E/1	A/0

② 进行顺序比较 EG

	A	B	C	D	E	F	G
B	×						
C	×	AF					
D	AF BD	×	×				
E	×	AF DF	DF	×			
F	√	×	×	BD	×		
G	AF DG	×	×	AF BG	×		
H	×	AF BC	BC	×			

y \ x	00	01	10	11
A	D/0	D/0	F/0	A/0
B	C/1	D/0	E/1	F/0
C	C/1	D/0	E/1	A/0
D	D/0	B/0	A/0	F/0
E	C/1	F/0	E/1	A/0
F	D/0	D/0	A/0	F/0
G	G/0	G/0	A/0	A/0
H	B/1	D/0	E/1	A/0

② 进行顺序比较 EH

	A	B	C	D	E	F	G
B	×						
C	×	AF					
D	AF BD	×	×				
E	×	AF DF	DF	×			
F	√	×	×	BD	×		
G	AF DG	×	×	AF BG	×		
H	×	AF BC	BC	×	BC DF		

y \ x	00	01	10	11
A	D/0	D/0	F/0	A/0
B	C/1	D/0	E/1	F/0
C	C/1	D/0	E/1	A/0
D	D/0	B/0	A/0	F/0
E	C/1	F/0	E/1	A/0
F	D/0	D/0	A/0	F/0
G	G/0	G/0	A/0	A/0
H	B/1	D/0	E/1	A/0

② 进行顺序比较 FG

	A	B	C	D	E	F	G
B	×						
C	×	AF					
D	AF BD	×	×				
E	×	AF DF	DF	×			
F	√	×	×	BD	×		
G	AF DG	×	×	AF BG	×	AF DG	
H	×	AF BC	BC	×	BC DF	×	

y \ x	00	01	10	11
A	D/0	D/0	F/0	A/0
B	C/1	D/0	E/1	F/0
C	C/1	D/0	E/1	A/0
D	D/0	B/0	A/0	F/0
E	C/1	F/0	E/1	A/0
F	D/0	D/0	A/0	F/0
G	G/0	G/0	A/0	A/0
H	B/1	D/0	E/1	A/0

② 进行顺序比较 FH

	A	B	C	D	E	F	G
B	×						
C	×	AF					
D	AF BD	×	×				
E	×	AF DF	DF	×			
F	√	×	×	BD	×		
G	AF DG	×	×	AF BG	×	AF DG	
H	×	AF BC	BC	×	BC DF	×	

y \ x	00	01	10	11
A	D/0	D/0	F/0	A/0
B	C/1	D/0	E/1	F/0
C	C/1	D/0	E/1	A/0
D	D/0	B/0	A/0	F/0
E	C/1	F/0	E/1	A/0
F	D/0	D/0	A/0	F/0
G	G/0	G/0	A/0	A/0
H	B/1	D/0	E/1	A/0

② 进行顺序比较 GH

B	×						
C	×	AF					
D	AF BD	×	×				
E	×	AF DF	DF	×			
F	√	×	×	BD	×		
G	AF DG	×	×	AF BG	×	AF DG	
H	×	AF BC	BC	×	BC DF	×	×
	A	B	C	D	E	F	G

y \ x	00	01	10	11
A	D/0	D/0	F/0	A/0
B	C/1	D/0	E/1	F/0
C	C/1	D/0	E/1	A/0
D	D/0	B/0	A/0	F/0
E	C/1	F/0	E/1	A/0
F	D/0	D/0	A/0	F/0
G	G/0	G/0	A/0	A/0
H	B/1	D/0	E/1	A/0

③关联比较

隐含表中有三种状态结果：

① “×”表示状态不等效；

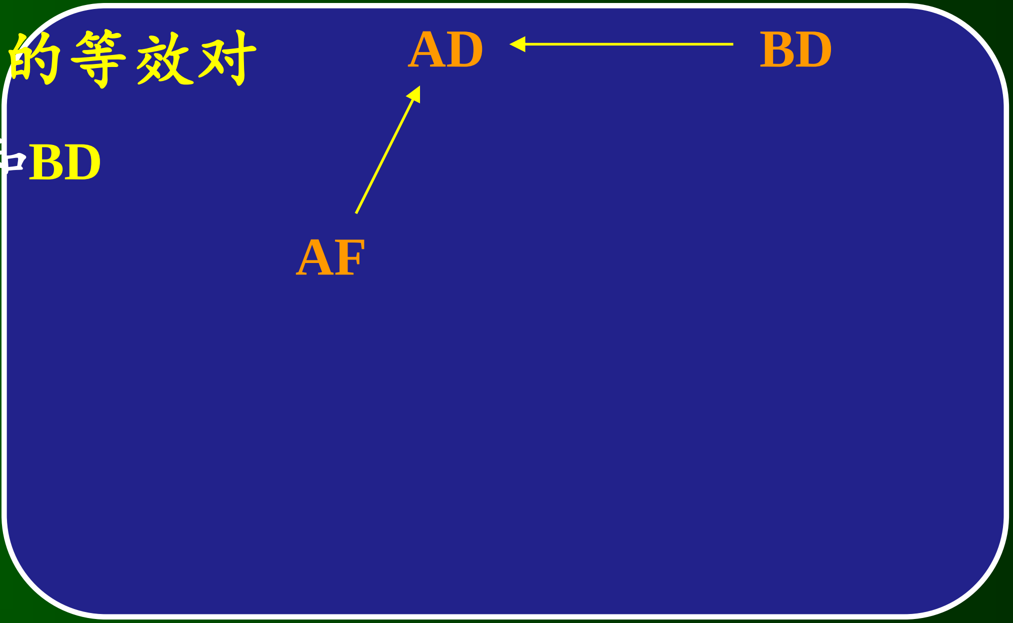
② “√”表示状态等效；

③ 其他情况是需要进一步确定状态对是否等效。

B	×						
C	×	AF					
D	AF BD	×	×				
E	×	AF DF	DF	×			
F	√	×	×	BD	×		
G	AF DG	×	×	AF BG	×	AF DG	
H	×	AF BC	BC	×	BC DF	×	×
	A	B	C	D	E	F	G

③关联比较 a. 找出待定的等效对

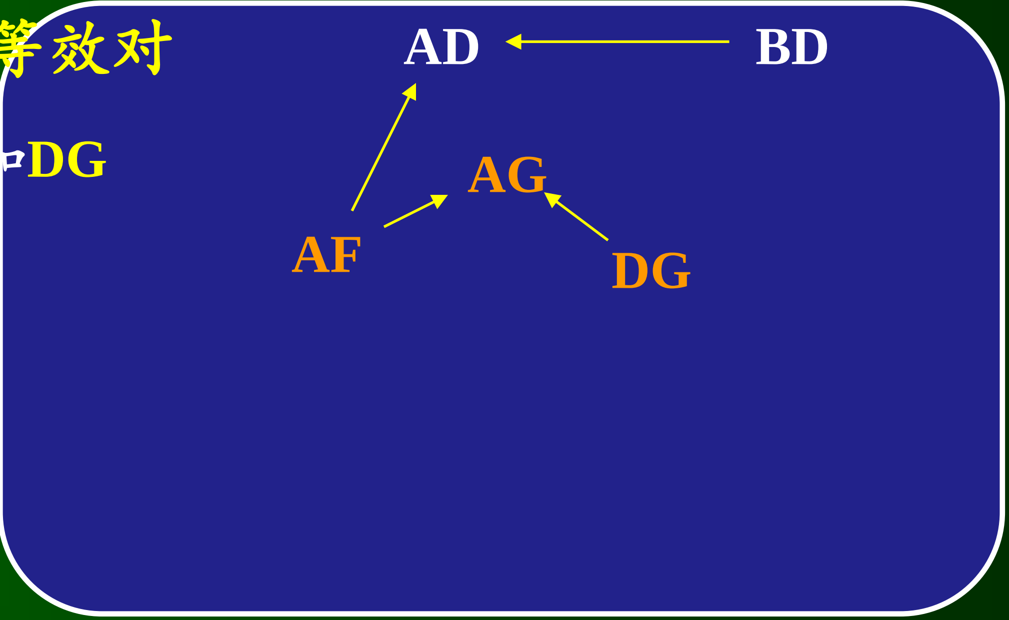
AD 等效取决于AF和BD



	A	B	C	D	E	F	G
B	×						
C	×	AF					
D	AF BD	×	×				
E	×	AF DF	DF	×			
F	√	×	×	BD	×		
G	AF DG	×	×	AF BG	×	AF DG	
H	×	AF BC	BC	×	BC DF	×	×

③关联比较 a. 找出待定的等效对

AG 等效取决于AF和DG

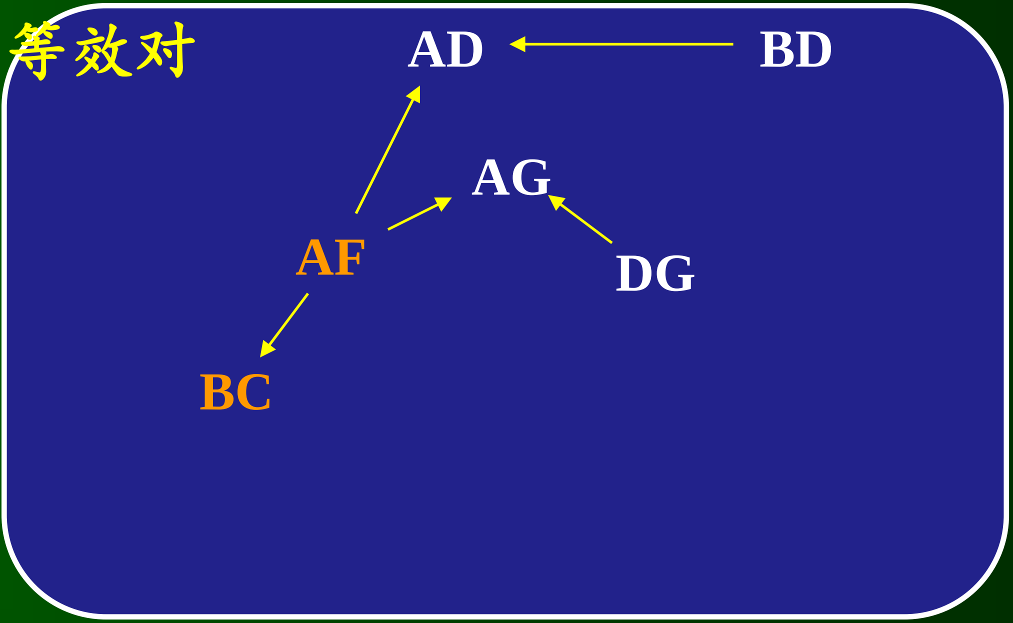


	A	B	C	D	E	F	G
B	×						
C	×	AF					
D	AF BD	×	×				
E	×	AF DF	DF	×			
F	√	×	×	BD	×		
G	AF DG	×	×	AF BG	×	AF DG	
H	×	AF BC	BC	×	BC DF	×	×

③关联比较 a. 找出待定的等效对

BC 等效取决于AF

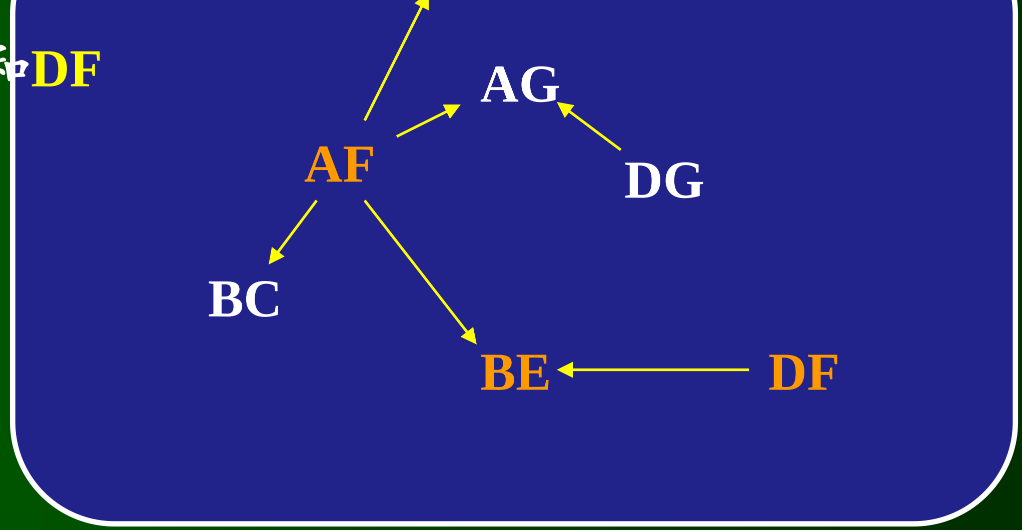
	A	B	C	D	E	F	G
B	×						
C	×	AF					
D	AF BD	×	×				
E	×	AF DF	DF	×			
F	√	×	×	BD	×		
G	AF DG	×	×	AF BG	×	AF DG	
H	×	AF BC	BC	×	BC DF	×	×



③关联比较 a. 找出待定的等效对

BE 等效取决于AF和DF

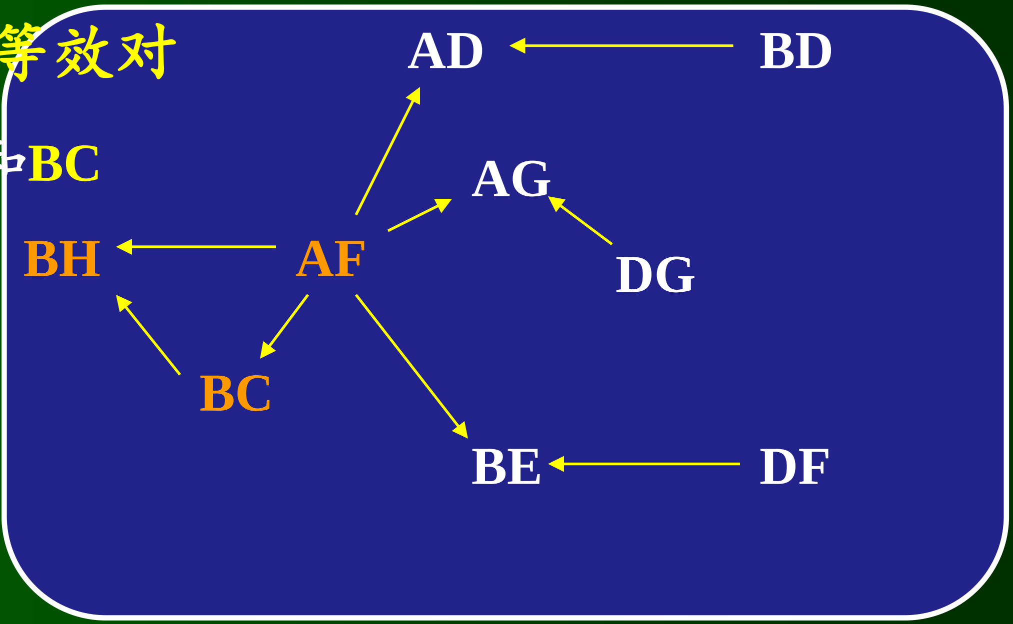
	A	B	C	D	E	F	G
B	×						
C	×	AF					
D	AF BD	×	×				
E	×	AF DF	DF	×			
F	√	×	×	BD	×		
G	AF DG	×	×	AF BG	×	AF DG	
H	×	AF BC	BC	×	BC DF	×	×



③关联比较 a. 找出待定的等效对

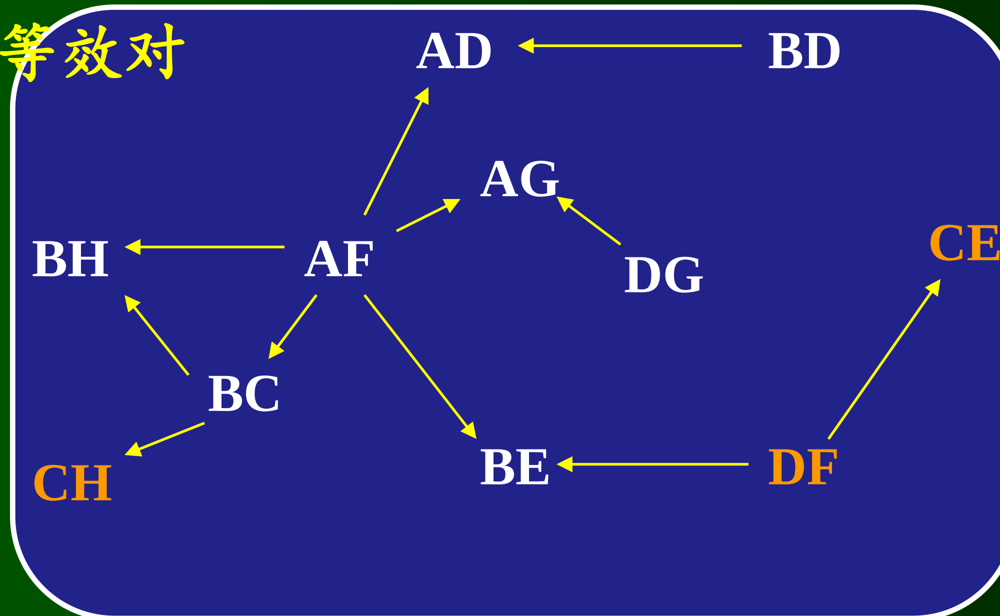
BH 等效取决于AF和BC

	A	B	C	D	E	F	G
B	×						
C	×	AF					
D	AF BD	×	×				
E	×	AF DF	DF	×			
F	√	×	×	BD	×		
G	AF DG	×	×	AF BG	×	AF DG	
H	×	AF BC	BC	×	BC DF	×	×

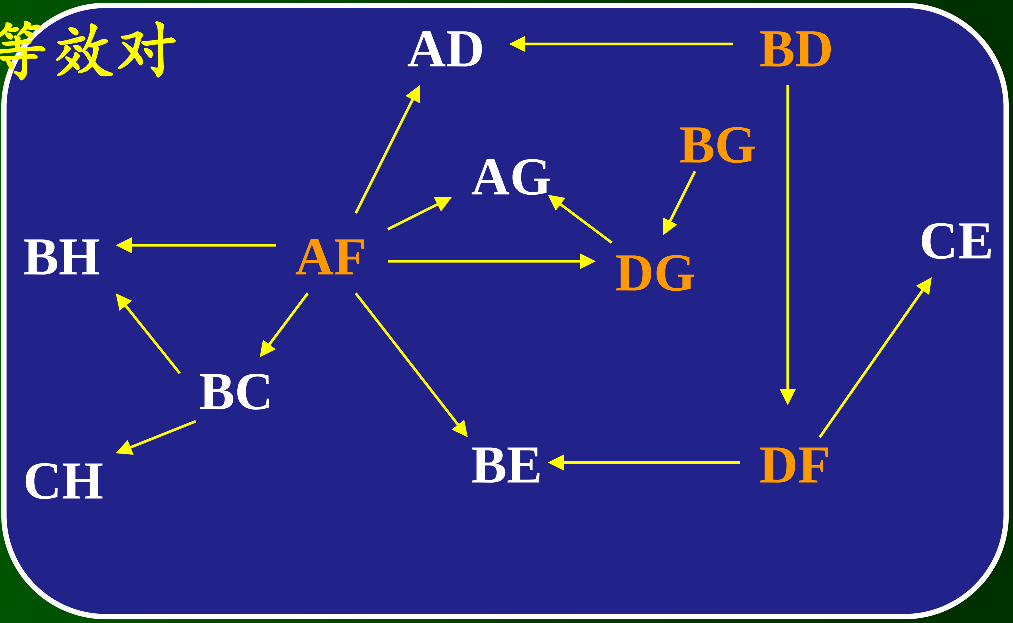


③关联比较 a. 找出待定的等效对

	A	B	C	D	E	F	G
B	×						
C	×	AF					
D	AF BD	×	×				
E	×	AF DF	DF	×			
F	√	×	×	BD	×		
G	AF DG	×	×	AF BG	×	AF DG	
H	×	AF BC	BC	×	BC DF	×	×



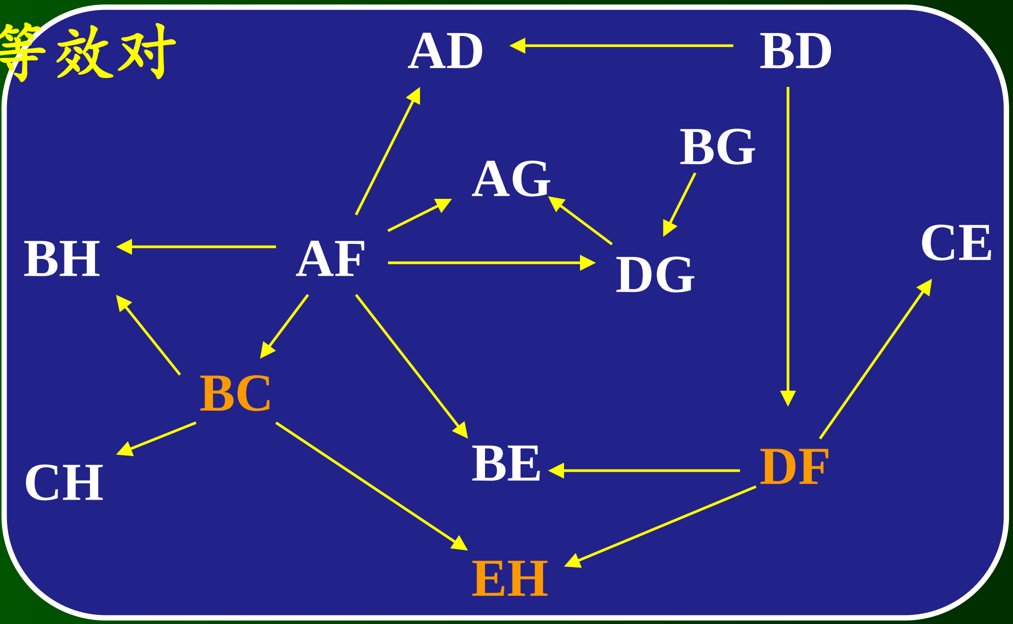
③关联比较 a. 找出待定的等效对



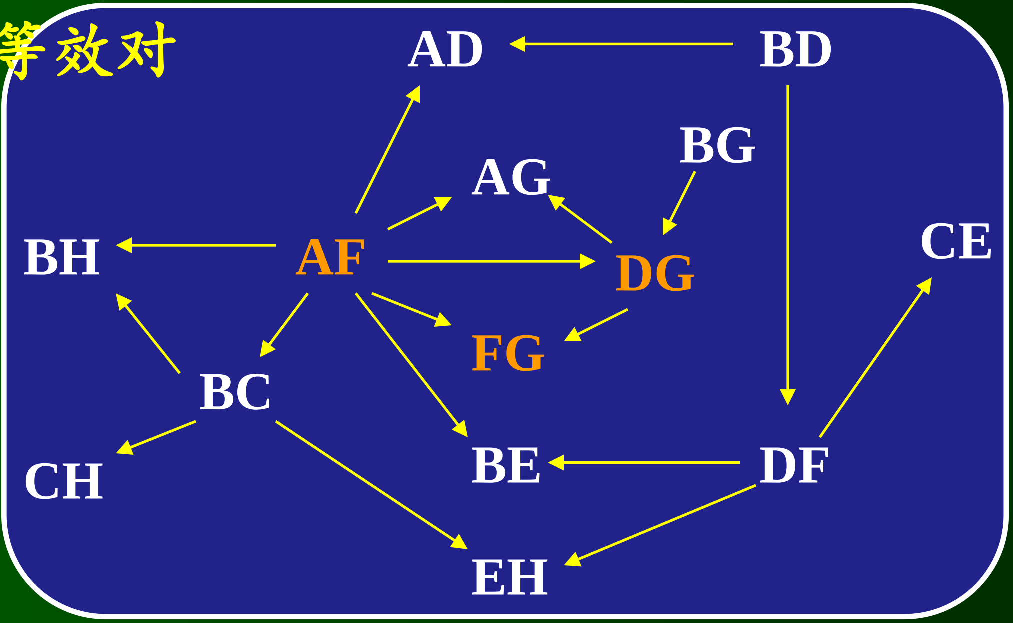
	A	B	C	D	E	F	G
B	×						
C	×	AF					
D	AF BD	×	×				
E	×	AF DF	DF	×			
F	√	×	×	BD	×		
G	AF DG	×	×	AF BG	×	AF DG	
H	×	AF BC	BC	×	BC DF	×	×

③关联比较 a. 找出待定的等效对

	A	B	C	D	E	F	G
B	×						
C	×	AF					
D	AF BD	×	×				
E	×	AF DF	DF	×			
F	√	×	×	BD	×		
G	AF DG	×	×	AF BG	×	AF DG	
H	×	AF BC	BC	×	BC DF	×	×



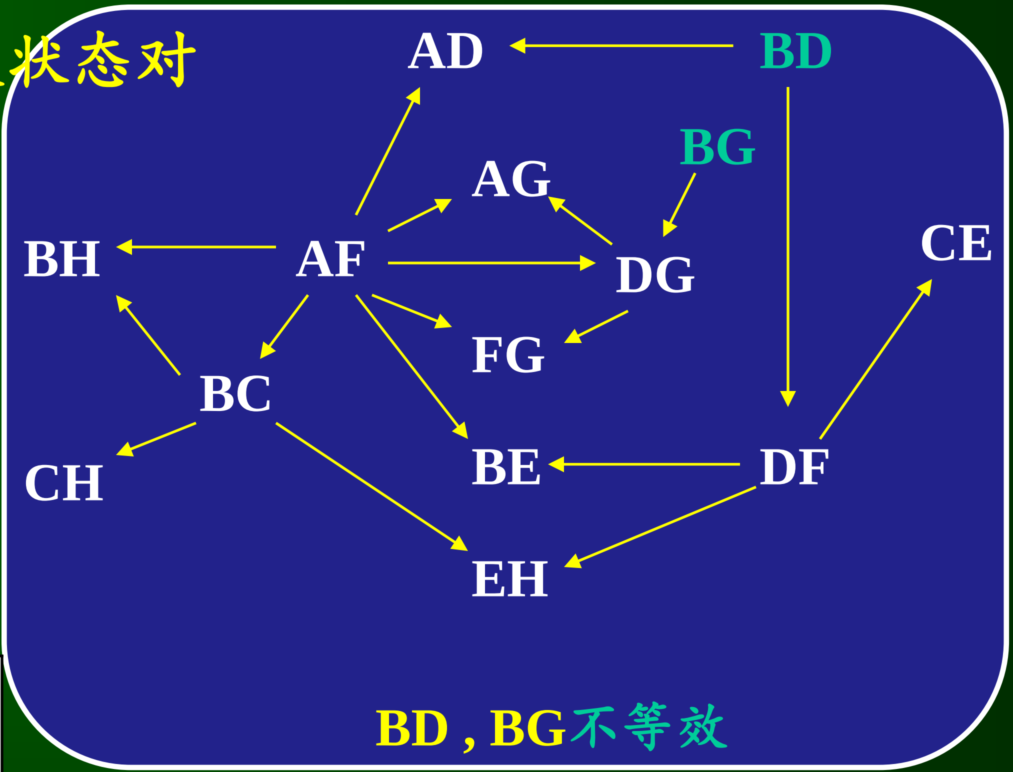
③关联比较 a. 找出待定的等效对



	A	B	C	D	E	F	G
B	×						
C	×	AF					
D	AF BD	×	×				
E	×	AF DF	DF	×			
F	√	×	×	BD	×		
G	AF DG	×	×	AF BG	×	AF DG	
H	×	AF BC	BC	×	BC DF	×	×

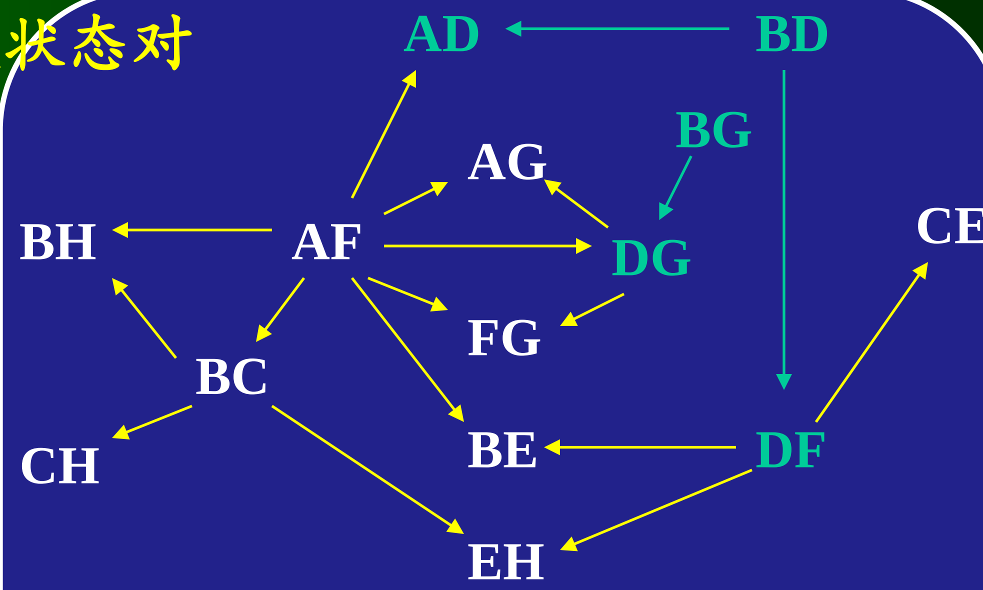
③关联比较 b. 确定不等效状态对

	A	B	C	D	E	F	G
B	×						
C	×	AF					
D	AF BD	×	×				
E	×	AF DF	DF	×			
F	√	×	×	BD	×		
G	AF DG	×	×	AF BG	×	AF DG	
H	×	AF BC	BC	×	BC DF	×	×



③关联比较 b. 确定不等效状态对

B	×						
C	×	AF					
D	AF BD	×	×				
E	×	AF DF	DF	×			
F	√	×	×	BD	×		
G	AF DG	×	×	AF BG	×	AF DG	
H	×	AF BC	BC	×	BC DF	×	×
	A	B	C	D	E	F	G

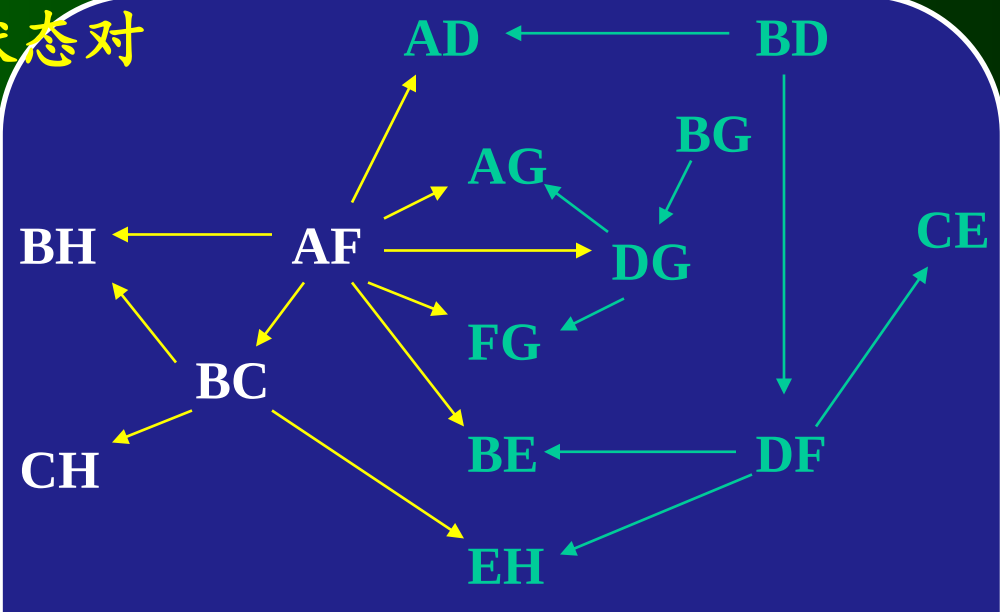


BD 不等效→AD,DF 不等效

BG 不等效→DG不等效

③关联比较 b. 确定不等效状态对

	A	B	C	D	E	F	G
B	×						
C	×	AF					
D	AF BD	×	×				
E	×	AF DF	DF	×			
F	√	×	×	BD	×		
G	AF DG	×	×	AF BG	×	AF DG	
H	×	AF BC	BC	×	BC DF	×	×

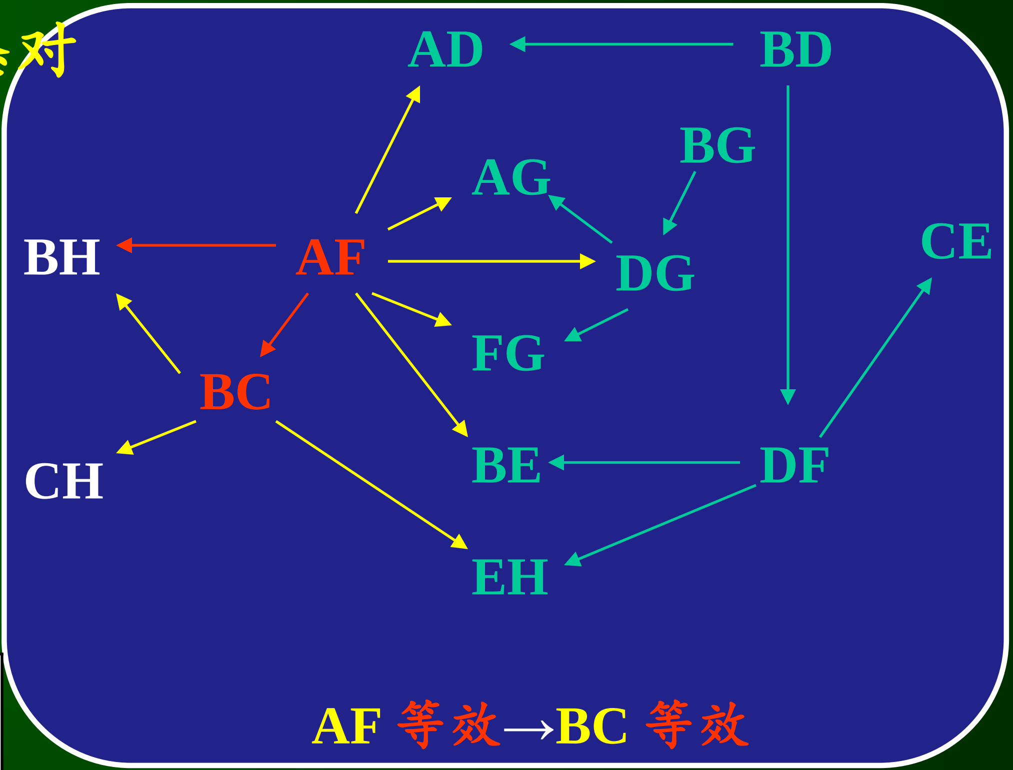


DG 不等效→AG,FG 不等效

DF 不等效→BE,EH,CE不等效

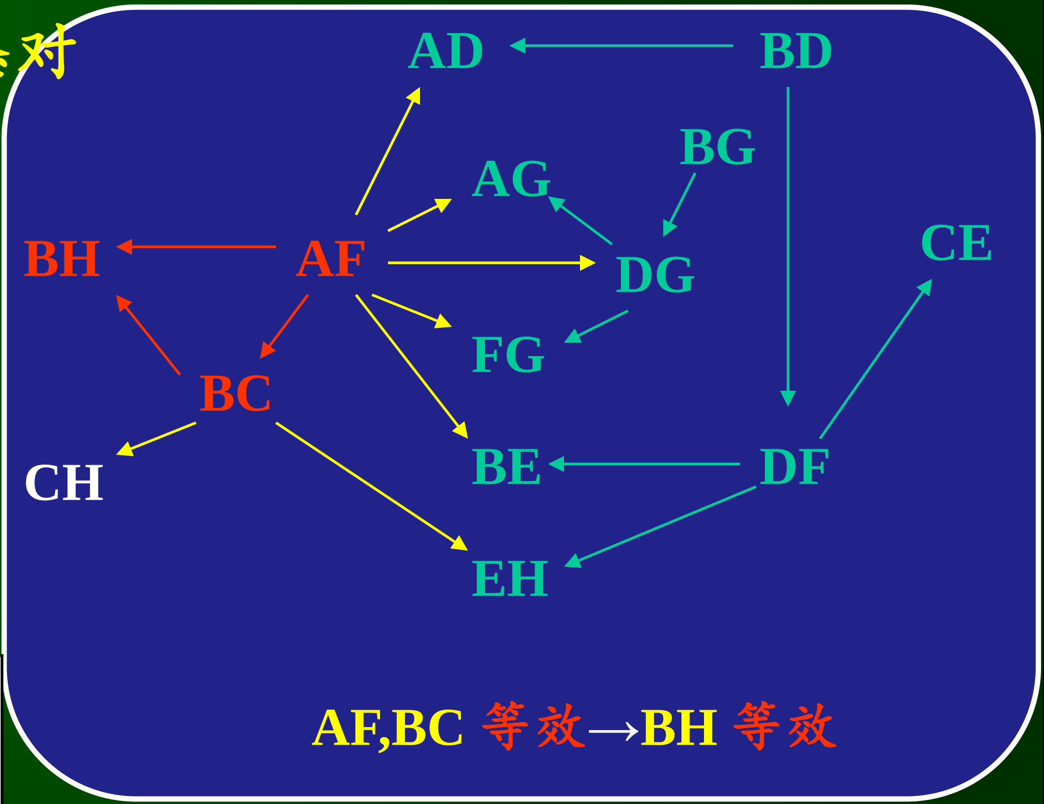
③关联比较 c.确定等效状态对

	A	B	C	D	E	F	G
B	×						
C	×	AF					
D	AF BD	×	×				
E	×	AF DF	DF	×			
F	√	×	×	BD	×		
G	AF DG	×	×	AF BG	×	AF DG	
H	×	AF BC	BC	×	BC DF	×	×



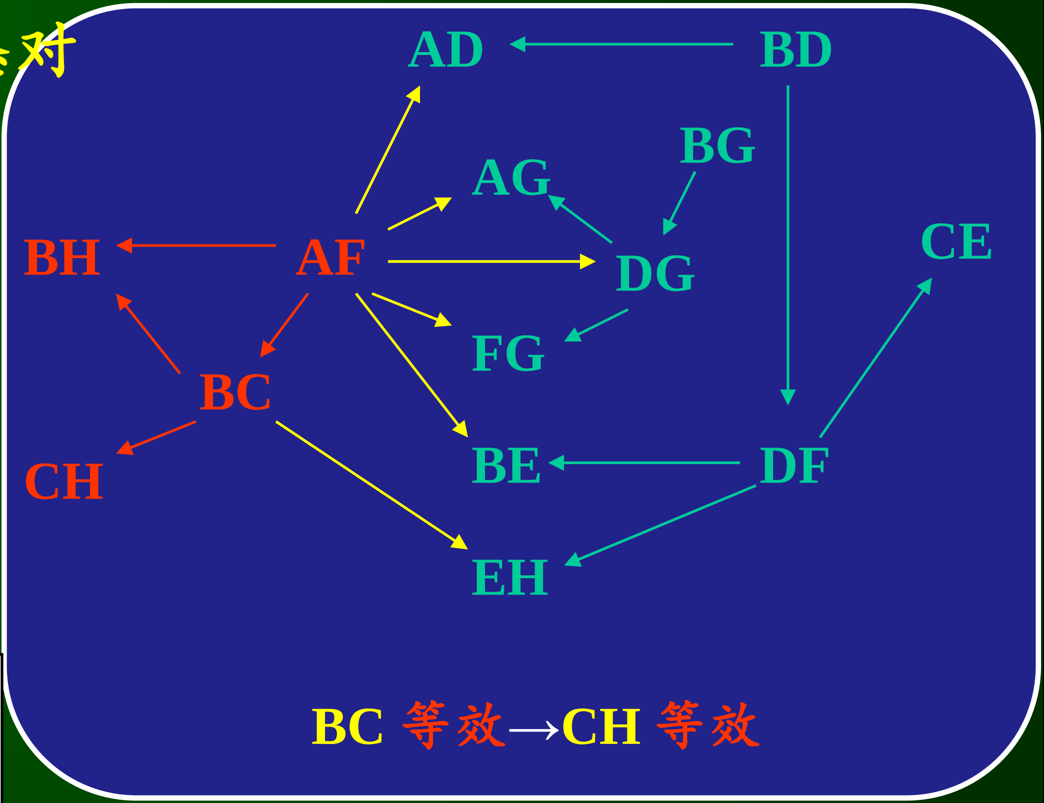
③关联比较 c. 确定等效状态对

	A	B	C	D	E	F	G
B	×						
C	×	AF					
D	AF BD	×	×				
E	×	AF DF	DF	×			
F	√	×	×	BD	×		
G	AF DG	×	×	AF BG	×	AF DG	
H	×	AF BC	BC	×	BC DF	×	×



③关联比较 c. 确定等效状态对

	A	B	C	D	E	F	G
B	×						
C	×	AF					
D	AF BD	×	×				
E	×	AF DF	DF	×			
F	√	×	×	BD	×		
G	AF DG	×	×	AF BG	×	AF DG	
H	×	AF BC	BC	×	BC DF	×	×



	A	B	C	D	E	F	G
B	×						
C	×	AF					
D	AF BD	×	×				
E	×	AF DF	DF	×			
F	√	×	×	BD	×		
G	AF DG	×	×	AF BG	×	AF DG	
H	×	AF BC	BC	×	BC DF	×	×

由关联比较得到如下等效对：

(A,F)，(B,C)

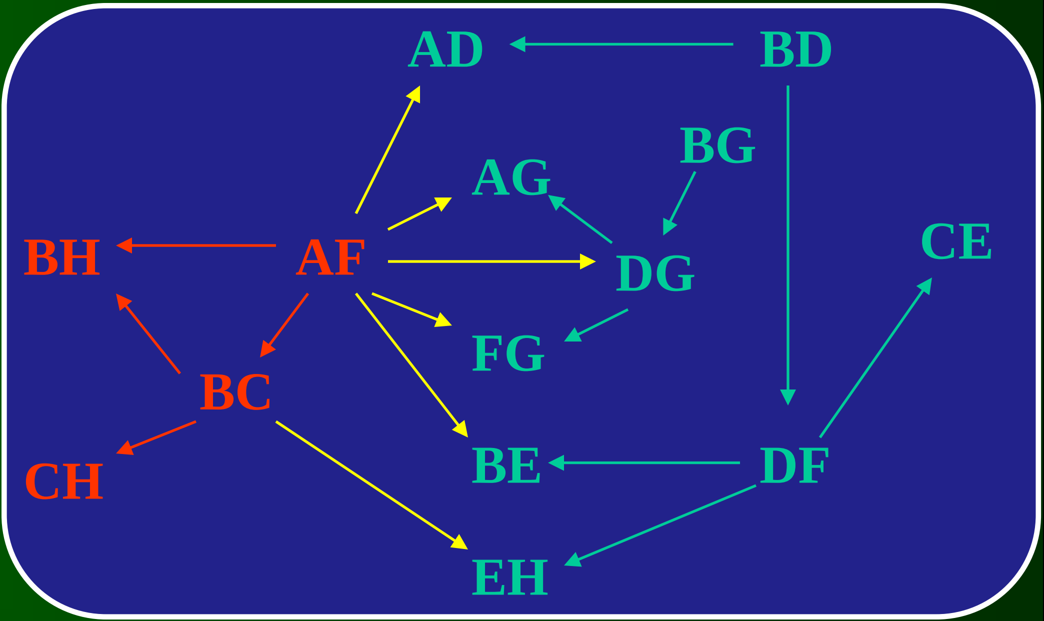
(B,H)，(C,H)

④列出最大等效类

由关联比较得到如下等效对：

(A,F)，(B,C)

(B,H)，(C,H)



又 (B,C)，(B,H)，(C,H) → (B,C,H)

因而得到两个最大等效类：(A,F) 和 (B,C,H)

重新命名状态名

(A,F)　(B,C,H)　(D)　(E)　(G)

↓　↓　↓　↓　↓

A'　B'　C'　D'　E'

⑤ 最小化状态表

y \ x	00	01	10	11
A'	C'/0	C'/0	A'/0	A'/0
B'				
C'				
D'				
E'				

y \ x	00	01	10	11
A	D/0	D/0	F/0	A/0
B	C/1	D/0	E/1	F/0
C	C/1	D/0	E/1	A/0
D	D/0	B/0	A/0	F/0
E	C/1	F/0	E/1	A/0
F	D/0	D/0	A/0	F/0
G	G/0	G/0	A/0	A/0
H	B/1	D/0	E/1	A/0

y^{n+1}/z

(A,F) ↓ A'

(B,C,H) ↓ B'

(D) ↓ C'

(E) ↓ D'

(G) ↓ E'

⑤ 最小化状态表

y \ x	00	01	10	11
A'	C'/0	C'/0	A'/0	A'/0
B'	B'/1	C'/0	D'/1	A'/0
C'				
D'				
E'				

y \ x	00	01	10	11
A	D/0	D/0	F/0	A/0
B	C/1	D/0	E/1	F/0
C	C/1	D/0	E/1	A/0
D	D/0	B/0	A/0	F/0
E	C/1	F/0	E/1	A/0
F	D/0	D/0	A/0	F/0
G	G/0	G/0	A/0	A/0
H	B/1	D/0	E/1	A/0

y^{n+1}/z

(A,F) → A'

(B,C,H) → B'

(D) → C'

(E) → D'

() → E'G

④ 最小化状态表

y \ x	00	01	10	11
A'	C'/0	C'/0	A'/0	A'/0
B'	B'/1	C'/0	D'/1	A'/0
C'	C'/0	B'/0	A'/0	A'/0
D'				
E'				

y \ x	00	01	10	11
A	D/0	D/0	F/0	A/0
B	C/1	D/0	E/1	F/0
C	C/1	D/0	E/1	A/0
D	D/0	B/0	A/0	F/0
E	C/1	F/0	E/1	A/0
F	D/0	D/0	A/0	F/0
G	G/0	G/0	A/0	A/0
H	B/1	D/0	E/1	A/0

y^{n+1}/z

(A,F) ↓ A'   (B,C,H) ↓ B'   (D) ↓ C'   (E) ↓ D'   (G) ↓ E'

⑤ 最小化状态表

y \ x	00	01	10	11
A'	C'/0	C'/0	A'/0	A'/0
B'	B'/1	C'/0	D'/1	A'/0
C'	C'/0	B'/0	A'/0	A'/0
D'	B'/1	A'/0	D'/1	A'/0
E'				

y \ x	00	01	10	11
A	D/0	D/0	F/0	A/0
B	C/1	D/0	E/1	F/0
C	C/1	D/0	E/1	A/0
D	D/0	B/0	A/0	F/0
E	C/1	F/0	E/1	A/0
F	D/0	D/0	A/0	F/0
G	G/0	G/0	A/0	A/0
H	B/1	D/0	E/1	A/0

y^{n+1}/z

(A,F) ↓ A'

(B,C,H) ↓ B'

(D) ↓ C'

(E) ↓ D'

(G) ↓ E'

⑤ 最小化状态表

y \ x	00	01	10	11
A'	C'/0	C'/0	A'/0	A'/0
B'	B'/1	C'/0	D'/1	A'/0
C'	C'/0	B'/0	A'/0	A'/0
D'	B'/1	A'/0	D'/1	A'/0
E'	E'/0	E'/0	A'/0	A'/0

y \ x	00	01	10	11
A	D/0	D/0	F/0	A/0
B	C/1	D/0	E/1	F/0
C	C/1	D/0	E/1	A/0
D	D/0	B/0	A/0	F/0
E	C/1	F/0	E/1	A/0
F	D/0	D/0	A/0	F/0
G	G/0	G/0	A/0	A/0
H	B/1	D/0	E/1	A/0

y^{n+1}/z

(A,F) ↓ A'   (B,C,H) ↓ B'   (D) ↓ C'   (E) ↓ D'   (G) ↓ E'

⑤最小化状态表

y \ x	00	01	10	11
A'	C'/0	C'/0	A'/0	A'/0
B'	B'/1	C'/0	D'/1	A'/0
C'	C'/0	B'/0	A'/0	A'/0
D'	B'/1	A'/0	D'/1	A'/0
E'	E'/0	E'/0	A'/0	A'/0

y \ x	00	01	10	11
A	D/0	D/0	F/0	A/0
B	C/1	D/0	E/1	F/0
C	C/1	D/0	E/1	A/0
D	D/0	B/0	A/0	F/0
E	C/1	F/0	E/1	A/0
F	D/0	D/0	A/0	F/0
G	G/0	G/0	A/0	A/0
H	B/1	D/0	E/1	A/0

y^{n+1}/z

(A,F) → A' (B,C,H) → B' (D) → C' (E) → D' (G) → E'