

Capítulo 3–Circuitos Sequenciais

Análise de Máquinas de Estado
Profa. Eliete Caldeira

Análise de Máquinas de Estado

- ▶ Converter um circuito sequencial em uma FSM representada por um diagrama de estados
- ▶ Circuito, tabela de estados e diagrama de estados são maneiras de se representar a mesma função sequencial
- ▶ Converter circuito em diagrama de estados:
 - Aplicar o processo ao contrário da síntese
 - Ou seja, “Fazer a engenharia reversa”

Análise de Máquinas de Estado

- Qual a função realizada pelo circuito sequencial da figura?

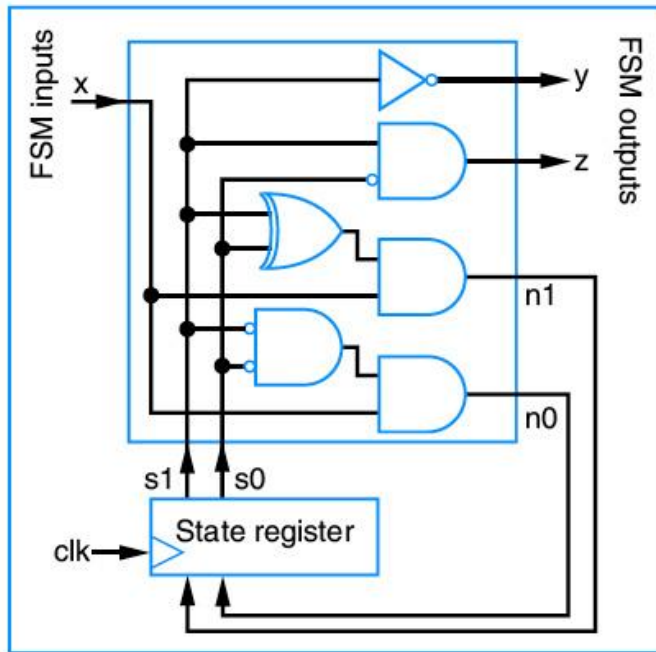


Figure 3.59 A sequential circuit with unknown behavior.

Análise de Máquinas de Estado

- Qual a função realizada pelo circuito sequencial da figura?
- Passo 1: escrever expressões para as saídas e os próximos estados com base no circuito

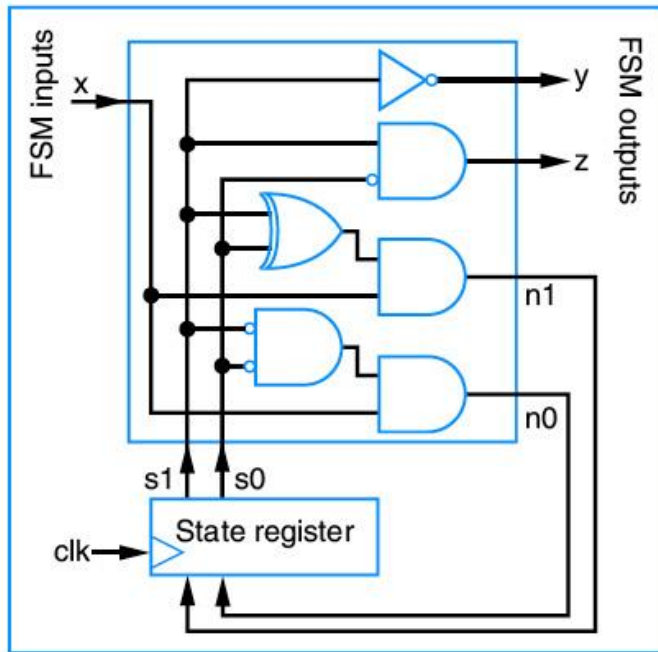


Figure 3.59 A sequential circuit with unknown behavior.

$$\begin{aligned}y &= s1' \\z &= s1.s0' \\n1 &= (s1 \oplus s0).x \\n0 &= s1'.s0'.x\end{aligned}$$

Análise de Máquinas de Estado

- ▶ Qual a função realizada pelo circuito sequencial da figura?
- ▶ Passo 1: escrever expressões para as saídas e os próximos estados com base no circuito

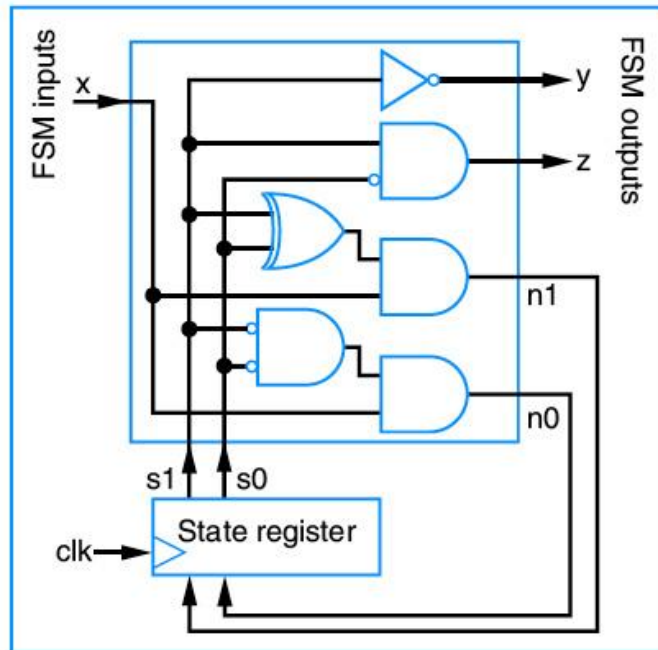


Figure 3.59 A sequential circuit with unknown behavior.

$$\begin{aligned}y &= s1' \\z &= s1.s0' \\n1 &= (s1 \oplus s0).x \\n0 &= s1'.s0'.x\end{aligned}$$

- ▶ A máquina de estados é Mealy ou Moore?

Análise de Máquinas de Estado

- Qual a função realizada pelo circuito sequencial da figura?
- Passo 2: montar tabela de estados

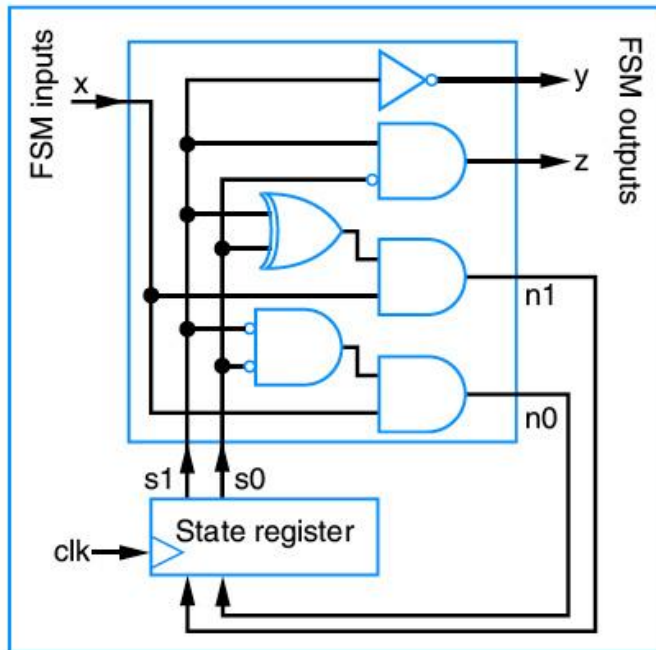


Figure 3.59 A sequential circuit with unknown behavior.

TABLE 3.6 State table for sequential circuit.

	Inputs			Outputs			
	s1	s0	x	n1	n0	y	z
A	0	0	0	0	0	1	0
	0	0	1	0	1	1	0
B	0	1	0	0	0	1	0
	0	1	1	1	0	1	0
C	1	0	0	0	0	0	1
	1	0	1	1	0	0	1
D	1	1	0	0	0	0	0
	1	1	1	0	0	0	0

Análise de Máquinas de Estado

- Qual a função realizada pelo circuito sequencial da figura?
- Passo 3: codificar os estados (A,B,C,D)

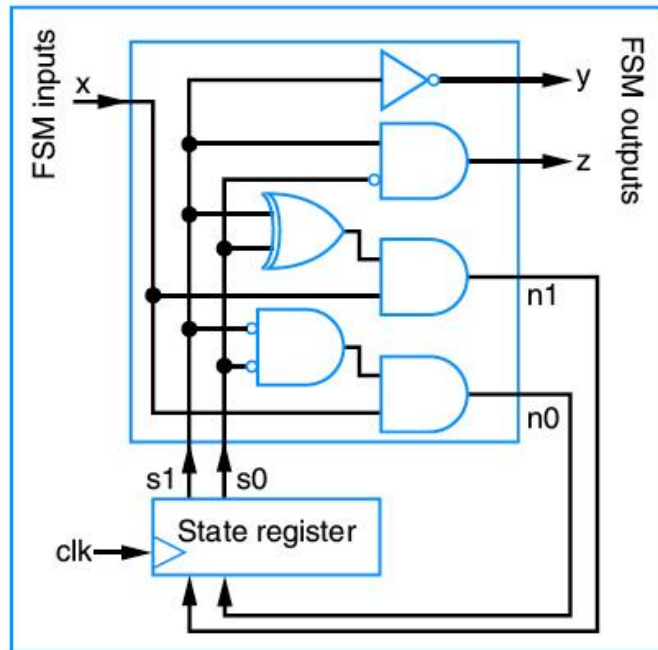


Figure 3.59 A sequential circuit with unknown behavior.

TABLE 3.6 State table for sequential circuit.

Inputs			Outputs			
$s1$	$s0$	x	$n1$	$n0$	y	z
A	0	0	0	0	1	0
	0	1	0	1	1	0
B	0	1	0	0	1	0
	0	1	1	0	1	0
C	1	0	0	0	0	1
	1	0	1	0	0	1
D	1	1	0	0	0	0
	1	1	0	0	0	0

Análise de Máquinas de Estado

- Qual a função realizada pelo circuito sequencial da figura?
- Passo 4: montar o diagrama de estados

TABLE 3.6 State table for sequential circuit.

	Inputs			Outputs			
	s1	s0	x	n1	n0	y	z
A	0	0	0	0	0	1	0
	0	0	1	0	1	1	0
B	0	1	0	0	0	1	0
	0	1	1	1	0	1	0
C	1	0	0	0	0	0	1
	1	0	1	1	0	0	1
D	1	1	0	0	0	0	0
	1	1	1	0	0	0	0

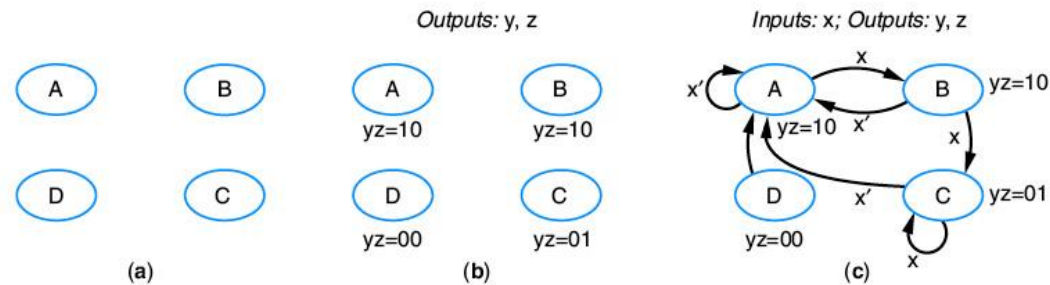


Figure 3.60 Converting a state table to an FSM diagram: (a) initial FSM, (b) FSM with outputs specified, and (c) FSM with outputs and transitions specified.

Análise de Máquinas de Estado

- Qual a função realizada pelo circuito sequencial da figura?
- Resultado final

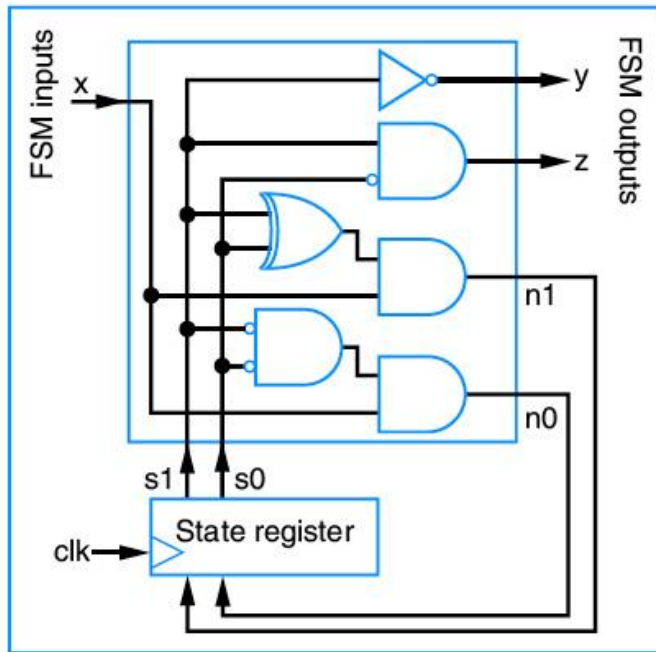
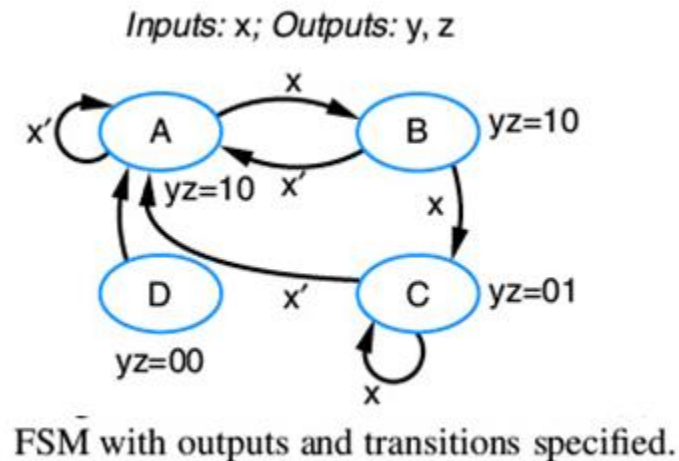
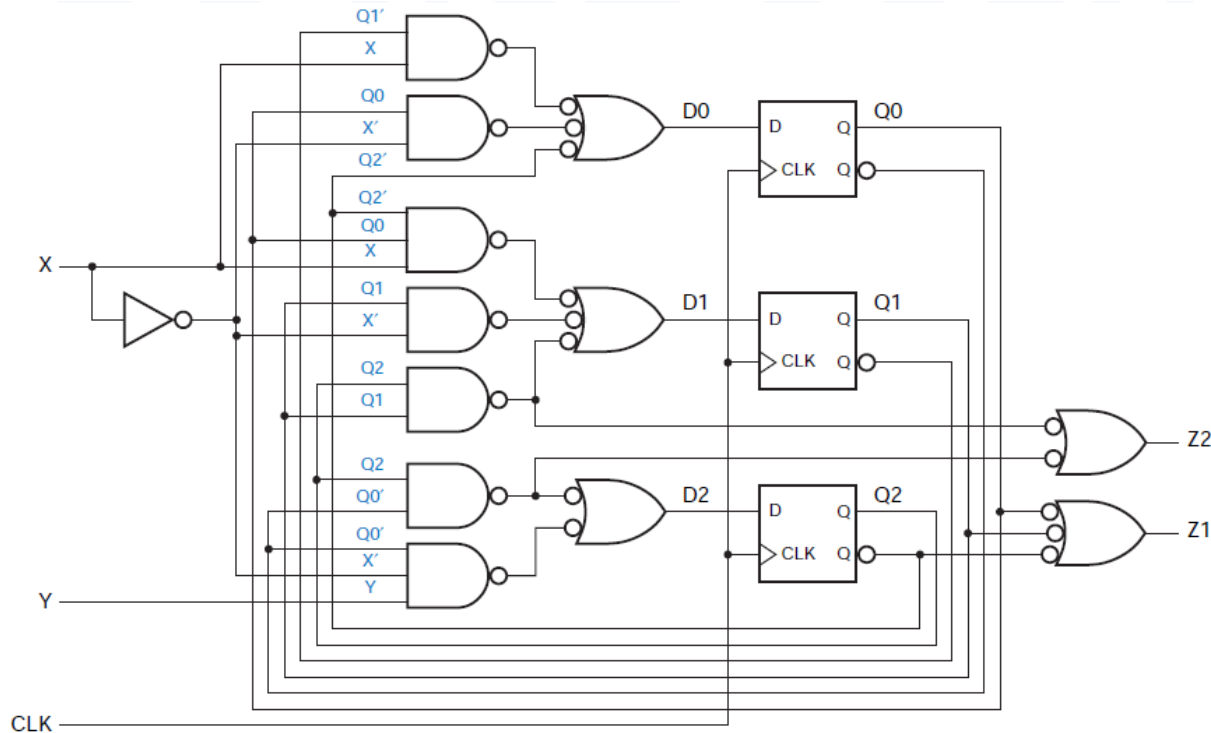


Figure 3.59 A sequential circuit with unknown behavior.

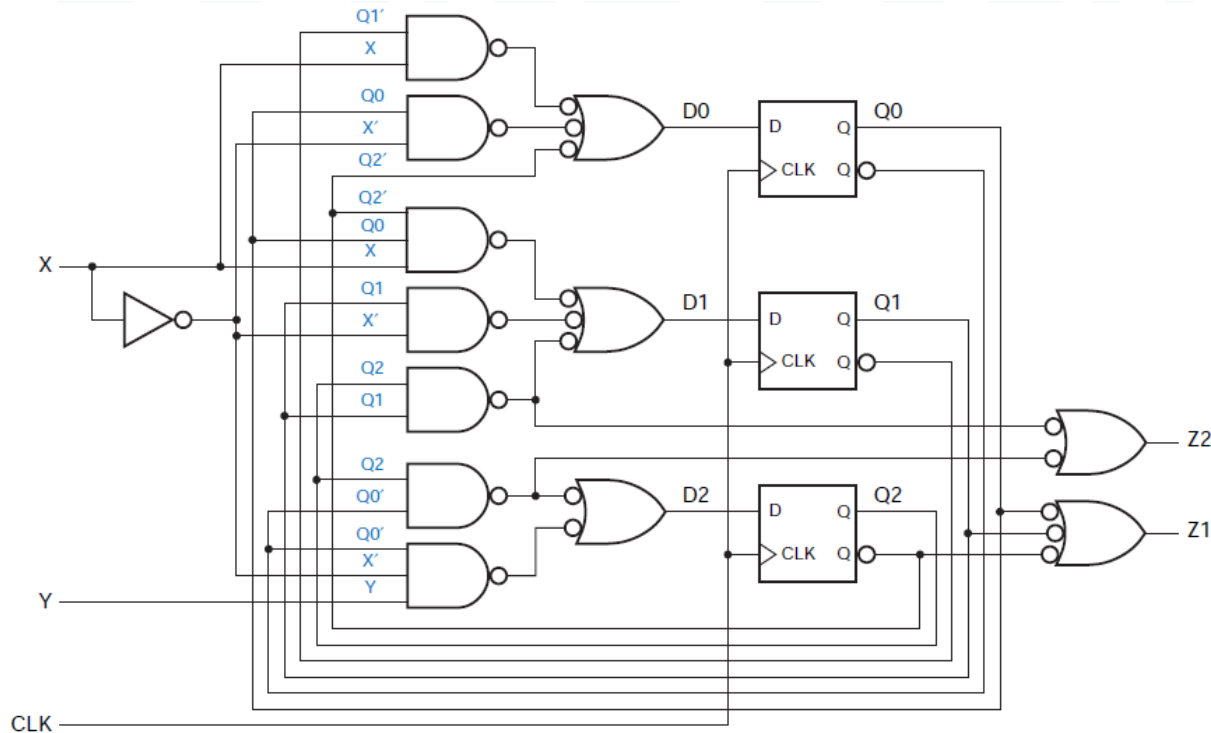


Análise de FSM com flip-flop D



- Obter o diagrama de estados para o circuito da figura

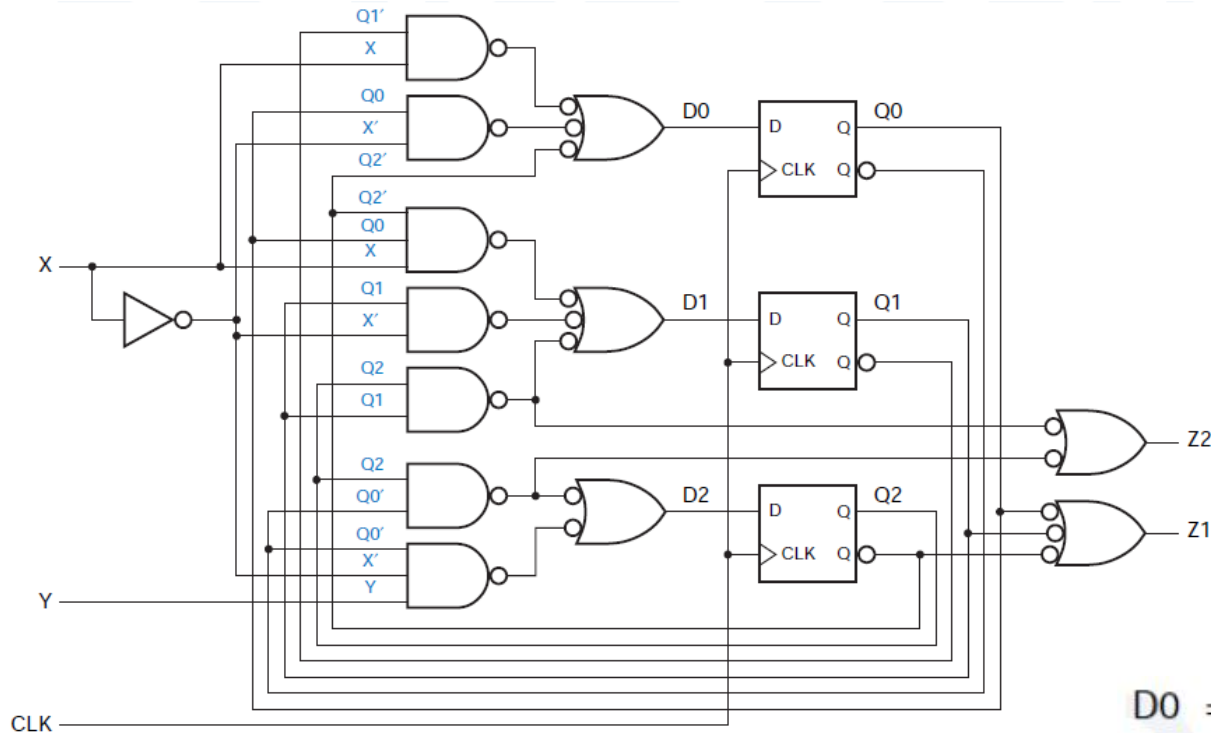
Análise de FSM com flip-flop D



► Obter o diagrama de estados para o circuito da figura

► A máquina de estados é Mealy ou Moore?

Análise de FSM com flip-flop D



Passo1: escrever expressões para as saídas e para os próximos estados

$$D0 = Q1' \cdot X + Q0 \cdot X' + Q2$$

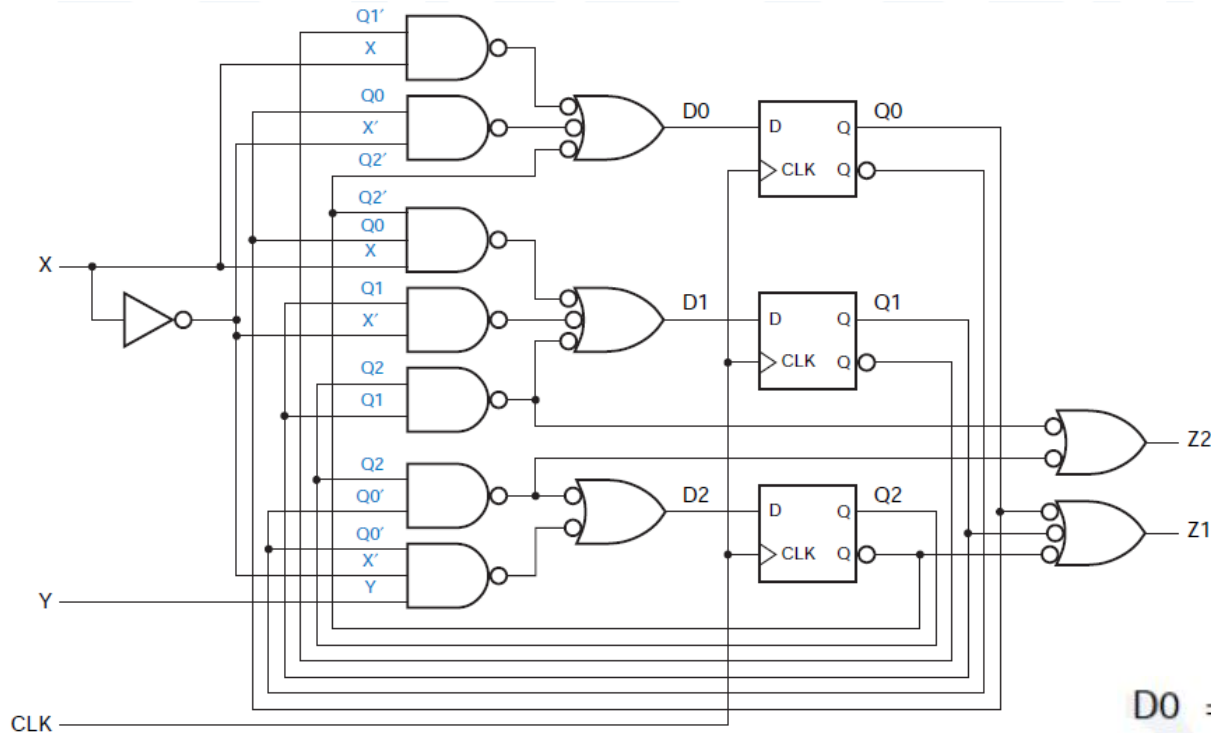
$$D1 = Q2' \cdot Q0 \cdot X + Q1 \cdot X' + Q2 \cdot Q1$$

$$D2 = Q2 \cdot Q0' + Q0' \cdot X' \cdot Y$$

$$Z1 = Q2 + Q1' + Q0'$$

$$Z2 = Q2 \cdot Q1 + Q2 \cdot Q0'$$

Análise de FSM com flip-flop D



Passo1: escrever expressões para as saídas e para os próximos estados

$$D0 = Q1' \cdot X + Q0 \cdot X' + Q2$$

$$D1 = Q2' \cdot Q0 \cdot X + Q1 \cdot X' + Q2 \cdot Q1$$

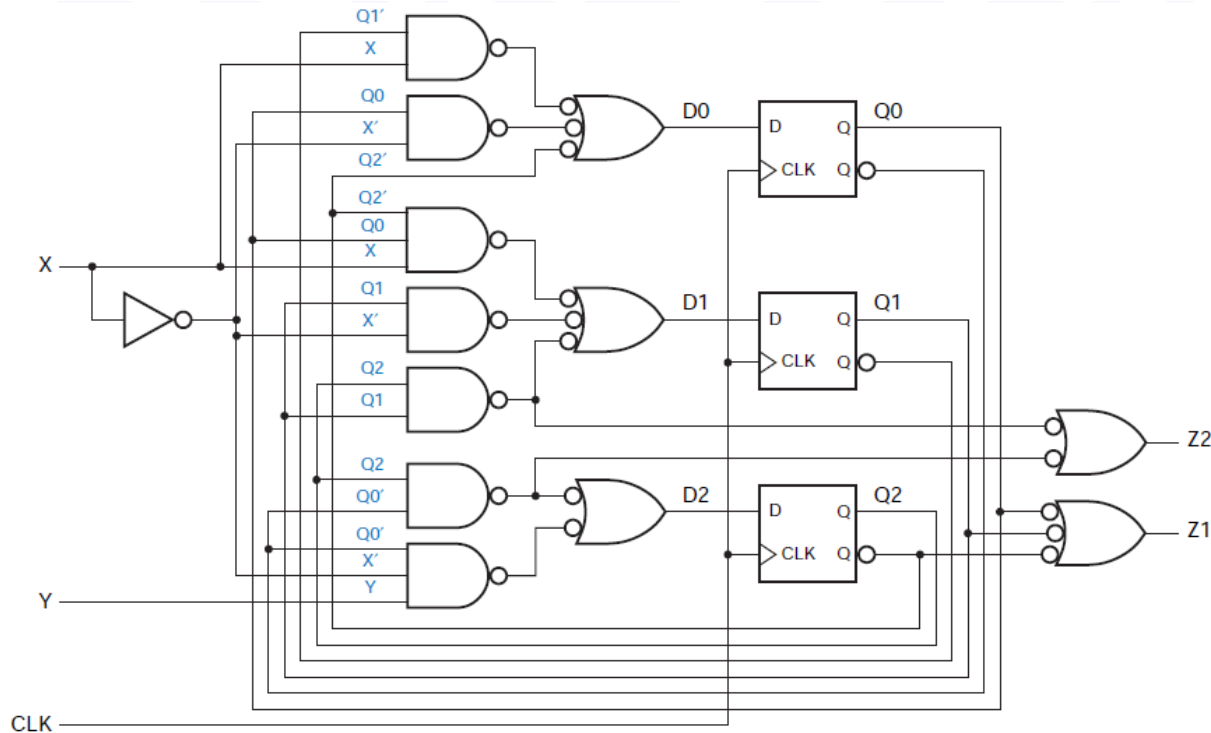
$$D2 = Q2 \cdot Q0' + Q0' \cdot X' \cdot Y$$

$$Z1 = Q2 + Q1' + Q0'$$

$$Z2 = Q2 \cdot Q1 + Q2 \cdot Q0'$$

Moore!

Análise de FSM com flip-flop D



$$D0 = Q1' \cdot X + Q0 \cdot X' + Q2$$

$$D1 = Q2' \cdot Q0 \cdot X + Q1 \cdot X' + Q2 \cdot Q1$$

$$D2 = Q2 \cdot Q0' + Q0' \cdot X' \cdot Y$$

$$Z1 = Q2 + Q1' + Q0'$$

$$Z2 = Q2 \cdot Q1 + Q2 \cdot Q0'$$

Passo2: montar a tabela de estados

Q2Q1Q0	XY				Z1Z2
	00	01	10	11	
000	000	100	001	001	10
001	001	001	011	011	10
010	010	110	000	000	10
011	011	011	010	010	00
100	101	101	101	101	11
101	001	001	001	001	10
110	111	111	111	111	11
111	011	011	011	011	11
Q2* Q1* Q0*					

Análise de FSM com flip-flop D

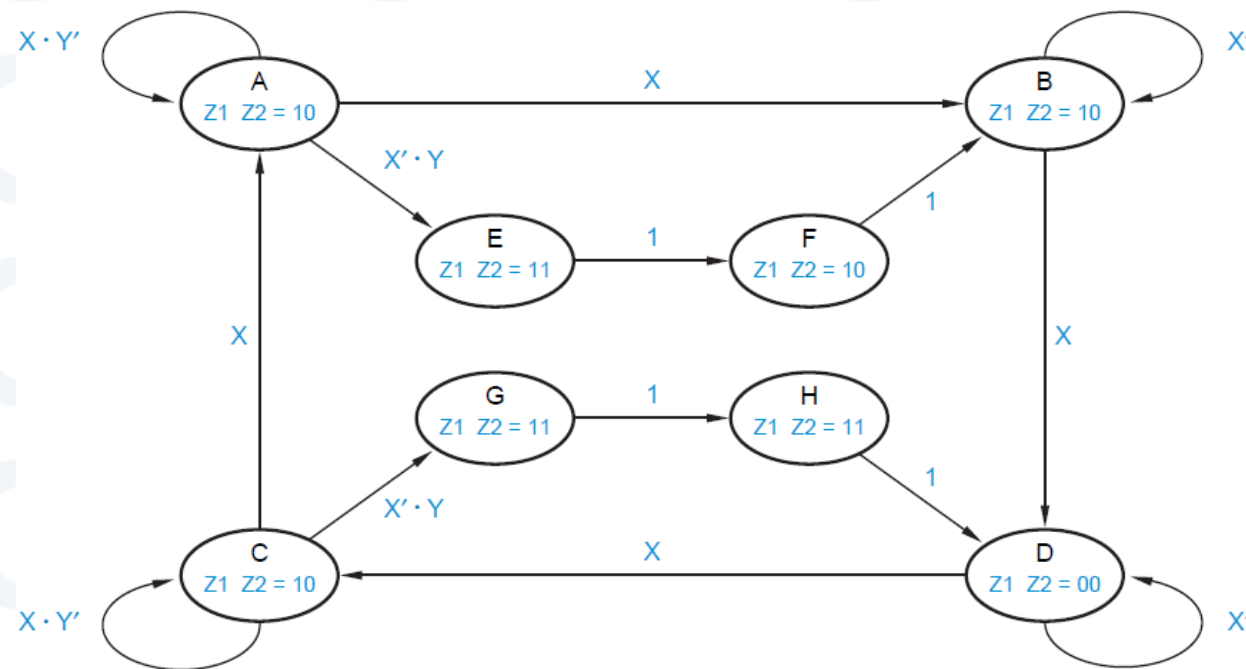
- ▶ Passo3:
codificar os
estados

S	Q2Q1Q0	XY				Z1Z2
		00	01	10	11	
A	000	000	100	001	001	10
B	001	001	001	011	011	10
C	010	010	110	000	000	10
D	011	011	011	010	010	00
E	100	101	101	101	101	11
F	101	001	001	001	001	10
G	110	111	111	111	111	11
H	111	011	011	011	011	11
		Q2* Q1* Q0*				

S	XY				Z1Z2
	00	01	10	11	
A	A	E	B	B	10
B	B	B	D	D	10
C	C	G	A	A	10
D	D	D	C	C	00
E	F	F	F	F	11
F	B	B	B	B	10
G	H	H	H	H	11
H	D	D	D	D	11
S*					

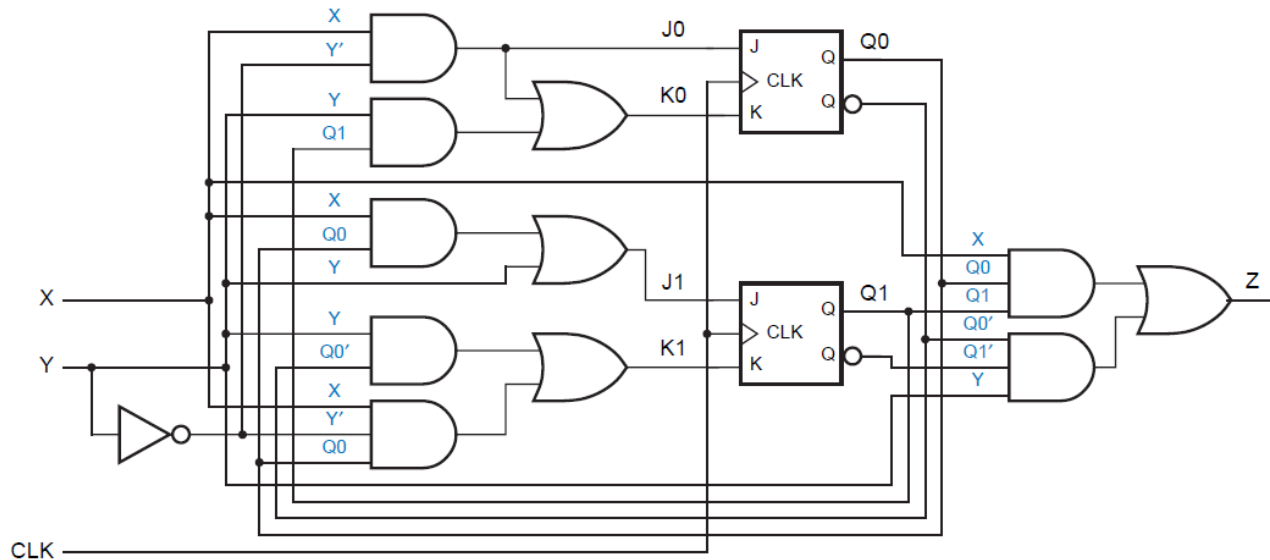
Análise de FSM com flip-flop D

► Passo4:
desenhar
diagrama



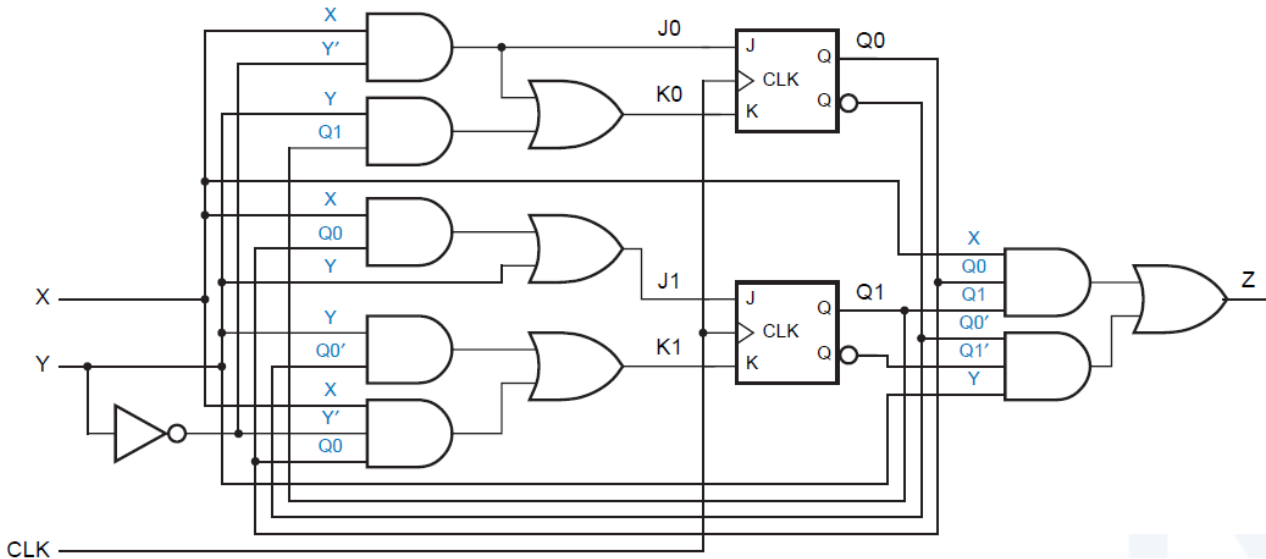
S	XY				Z1Z2
	00	01	10	11	
A	A	E	B	B	10
B	B	B	D	D	10
C	C	G	A	A	10
D	D	D	C	C	00
E	F	F	F	F	11
F	B	B	B	B	10
G	H	H	H	H	11
H	D	D	D	D	11
S*					

Análise de FSM com flip-flop JK



Obter o diagrama de estados para o circuito da figura

Análise de FSM com flip-flop JK



Passo 1: escrever expressões para a saída e para as entradas dos flip-flops

$$J0 = X \cdot Y'$$

$$K0 = X \cdot Y' + Y \cdot Q1$$

$$J1 = X \cdot Q0 + Y$$

$$K1 = Y \cdot Q0' + X \cdot Y' \cdot Q0$$

$$Z = X \cdot Q1 \cdot Q0 + Y \cdot Q1' \cdot Q0'$$

- ▶ Como a saída z depende das entradas x e y, esta é uma máquina Mealy!

Análise de FSM com flip-flop JK

- Passo 2: Montar a tabela de estados

$$J_0 = X \cdot Y'$$

$$K_0 = X \cdot Y' + Y \cdot Q_1$$

$$J_1 = X \cdot Q_0 + Y$$

$$K_1 = Y \cdot Q_0' + X \cdot Y' \cdot Q_0$$

$$Z = X \cdot Q_1 \cdot Q_0 + Y \cdot Q_1' \cdot Q_0'$$

JK	Q^* OU Q_f
00	Q_a
01	0
10	1
11	Q_a'

$Q_1 Q_0 X Y$	$J_1 K_1$	$J_0 K_0$	$Q_1^* Q_0^*$	Z
0000	00-Q1	00-Q0	00	0
0001	11-Q1'	00-Q0	10	1
0010	00-Q1	11-Q0'	01	0
0011	11-Q1'	00-Q0	10	1
0100	00-Q1	00-Q0	01	0
0101	10-1	00-Q0	11	0
0110	11-Q1'	11-Q0'	10	0
0111	10-1	00-Q0	11	0
1000	00-Q1	00-Q0	10	0
1001	11-Q1'	01-0	00	0
1010	00-Q1	11-Q0'	11	0
1011	11-Q1'	01-0	00	0
1100	00-Q1	00-Q0	11	0
1101	10-1	01-0	10	0
1110	11-Q1'	11-Q0'	00	1
1111	10-1	01-0	10	1

Análise de FSM com flip-flop JK

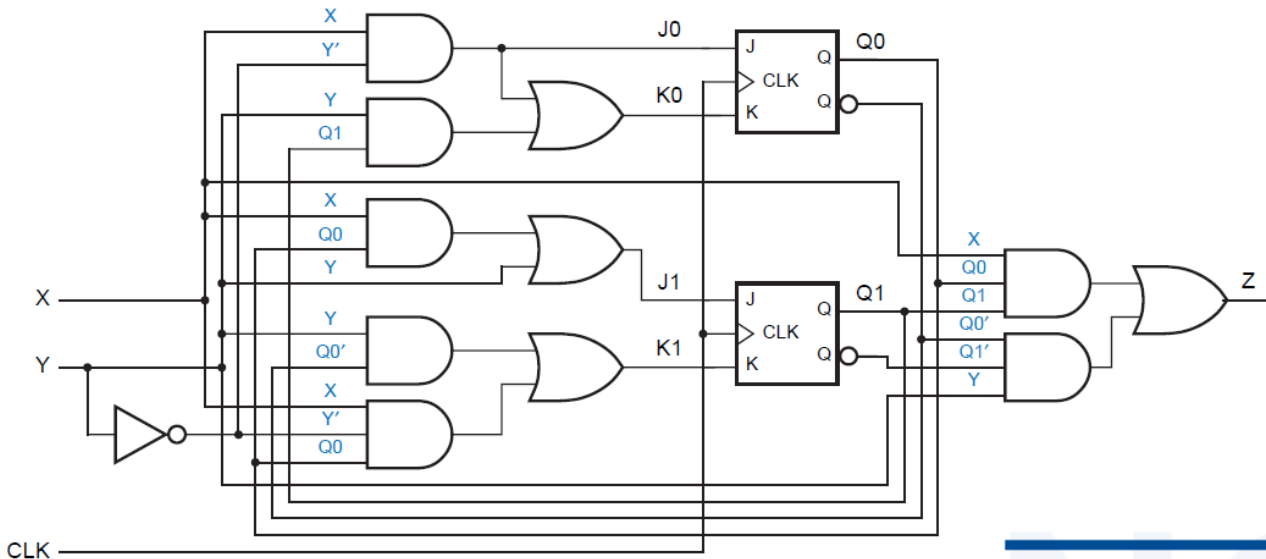
- Passo 2: Montar a tabela de estados

$Q_1 Q_0$	XY			
	00	01	10	11
00	00, 0	10, 1	01, 0	10, 1
01	01, 0	11, 0	10, 0	11, 0
10	10, 0	00, 0	11, 0	00, 0
11	11, 0	10, 0	00, 1	10, 1

$Q_1 * Q_0, Z$

$Q_1 Q_0 XY$	$J_1 K_1$	$J_0 K_0$	$Q_1 * Q_0$	Z
0000	00-Q1	00-Q0	00	0
0001	11-Q1'	00-Q0	10	1
0010	00-Q1	11-Q0'	01	0
0011	11-Q1'	00-Q0	10	1
0100	00-Q1	00-Q0	01	0
0101	10-1	00-Q0	11	0
0110	11-Q1'	11-Q0'	10	0
0111	10-1	00-Q0	11	0
1000	00-Q1	00-Q0	10	0
1001	11-Q1'	01-0	00	0
1010	00-Q1	11-Q0'	11	0
1011	11-Q1'	01-0	00	0
1100	00-Q1	00-Q0	11	0
1101	10-1	01-0	10	0
1110	11-Q1'	11-Q0'	00	1
1111	10-1	01-0	10	1

Análise de FSM com flip-flop JK



Passo 2: Montar a tabela de estados

$$J0 = X \cdot Y'$$

$$K0 = X \cdot Y' + Y \cdot Q1$$

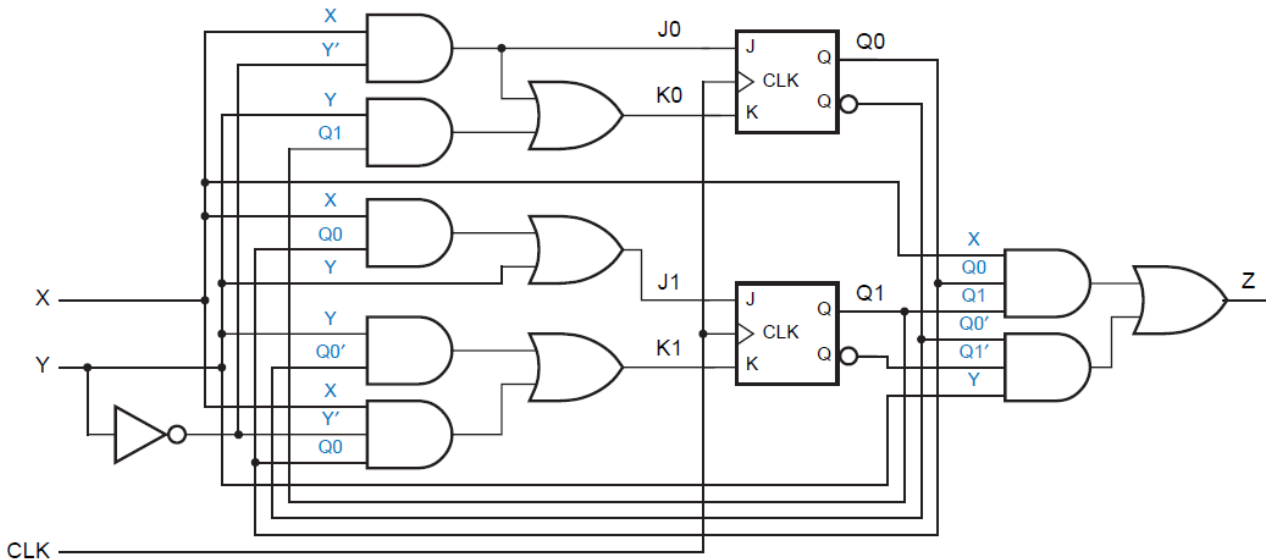
$$J1 = X \cdot Q0 + Y$$

$$K1 = Y \cdot Q0' + X \cdot Y' \cdot Q0$$

$$Z = X \cdot Q1 \cdot Q0 + Y \cdot Q1' \cdot Q0'$$

$Q1Q0$	XY			
	00	01	10	11
00	00, 0	10, 1	01, 0	10, 1
01	01, 0	11, 0	10, 0	11, 0
10	10, 0	00, 0	11, 0	00, 0
11	11, 0	10, 0	00, 1	10, 1
$Q1^* Q0^*, Z$				

Análise de FSM com flip-flop JK



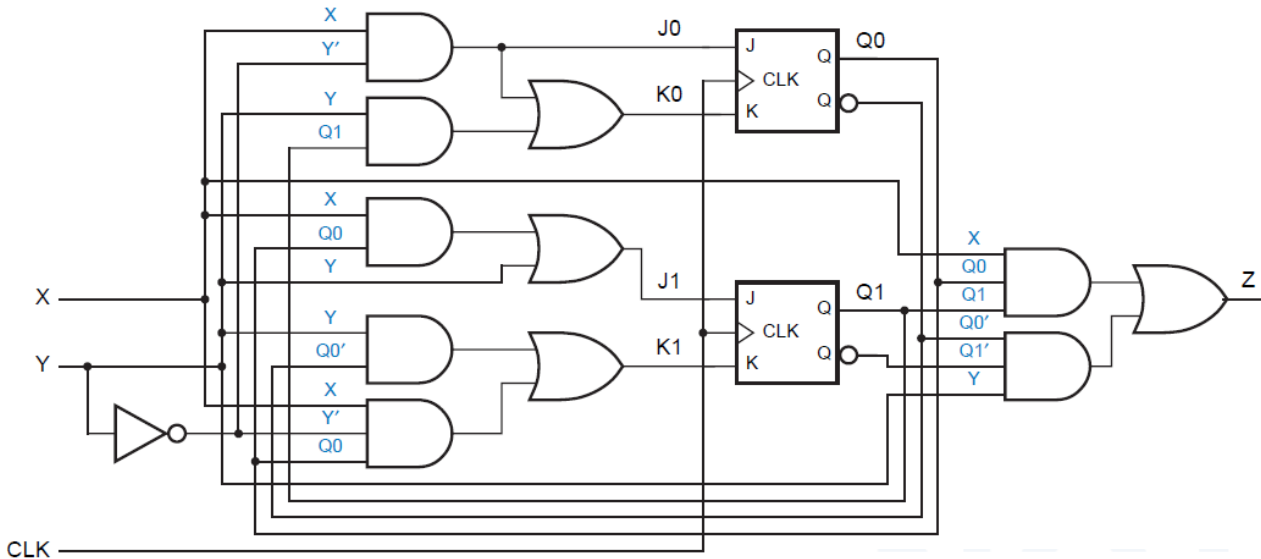
Passo 3:
codificar os
estados

$Q_1 Q_0$	XY			
	00	01	10	11
00	00, 0	10, 1	01, 0	10, 1
01	01, 0	11, 0	10, 0	11, 0
10	10, 0	00, 0	11, 0	00, 0
11	11, 0	10, 0	00, 1	10, 1
$Q_1 * Q_0 *, Z$				

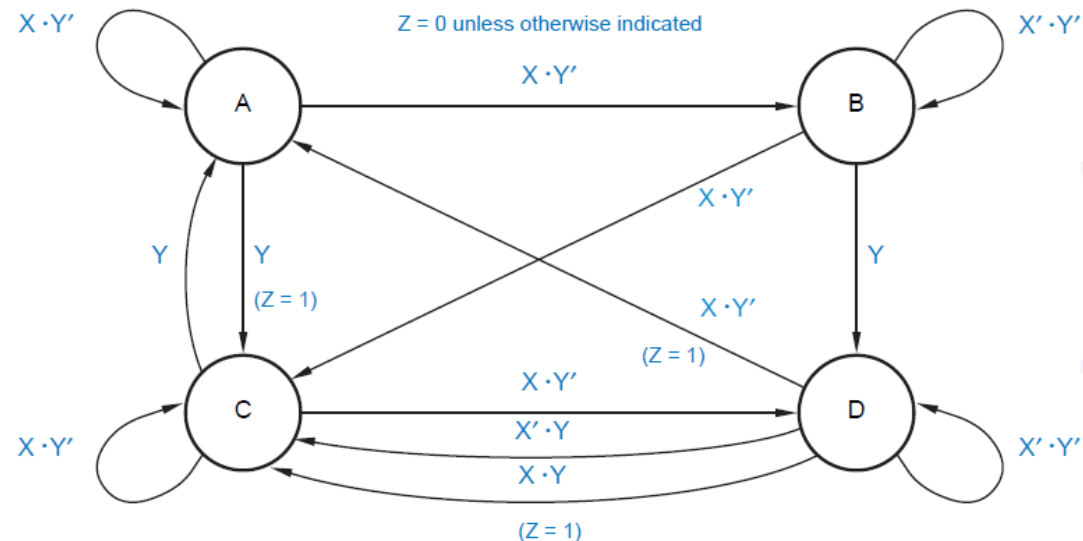
S	XY			
	00	01	10	11
A	A, 0	C, 1	B, 0	C, 1
B	B, 0	D, 0	C, 0	D, 0
C	C, 0	A, 0	D, 0	A, 0
D	D, 0	C, 0	A, 1	C, 1
$S *, Z$				

Análise de FSM com flip-flop JK

Passo 4:
desenhar
diagrama de
estados

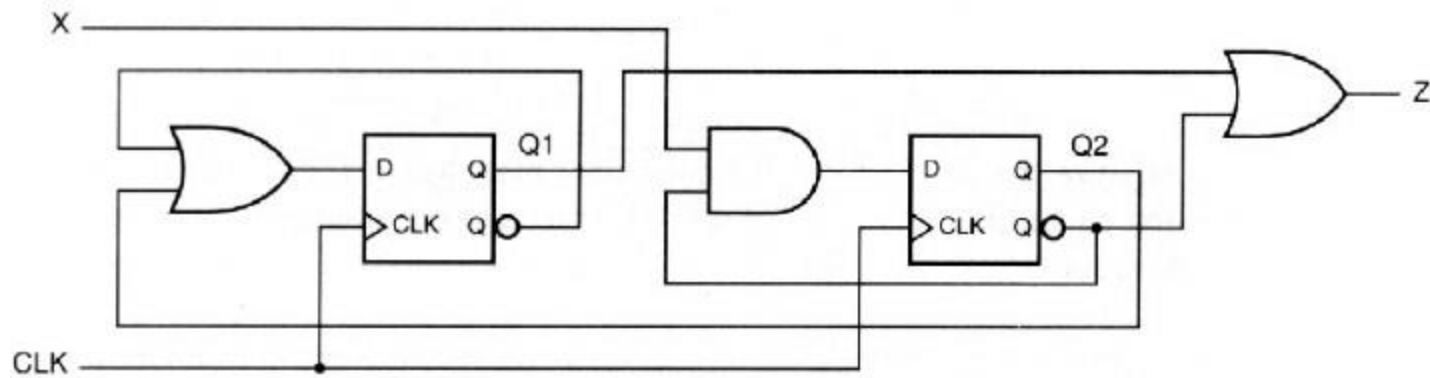


	XY			
S	00	01	10	11
A	A, 0	C, 1	B, 0	C, 1
B	B, 0	D, 0	C, 0	D, 0
C	C, 0	A, 0	D, 0	A, 0
D	D, 0	C, 0	A, 1	C, 1
	S*, Z			



Exercício

- Analise o circuito sequencial abaixo



Para ser continuado...