

Aula 18

Máquina de Estados Parte 2

SEL 0414 - Sistemas Digitais

Prof. Dr. Marcelo Andrade da Costa Vieira

Exemplo de Projetos

Síntese de Circuitos Sequenciais

Exemplo de Projeto:

- Contador binário síncrono Up / Down
- Módulo 4;
- Entradas = 1 (0 = UP e 1 = DOWN)
- Saídas = 2
- Sequência Up: (00 – 01 – 10 – 11 – 00 – 01 ...)
- Sequência Down: (00 – 11 – 10 – 01 – 00 – 11..)

Número de Estados?

4

Modelo?

Moore

Exemplo: Contador Up/Down

Tabela de Transição de Estados

Entrada	Estado Atual	Próximo Estado
X_0	$Q_1 Q_0$	$Y_1 Y_0$
0	A	B
0	B	C
0	C	D
0	D	A
1	A	D
1	B	A
1	C	B
1	D	C

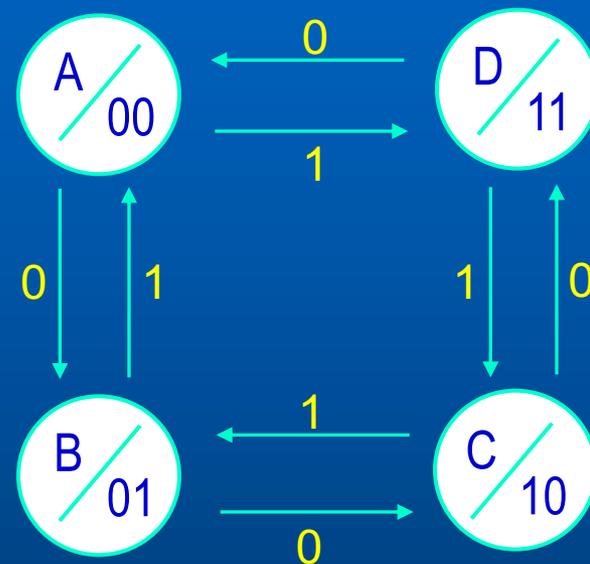
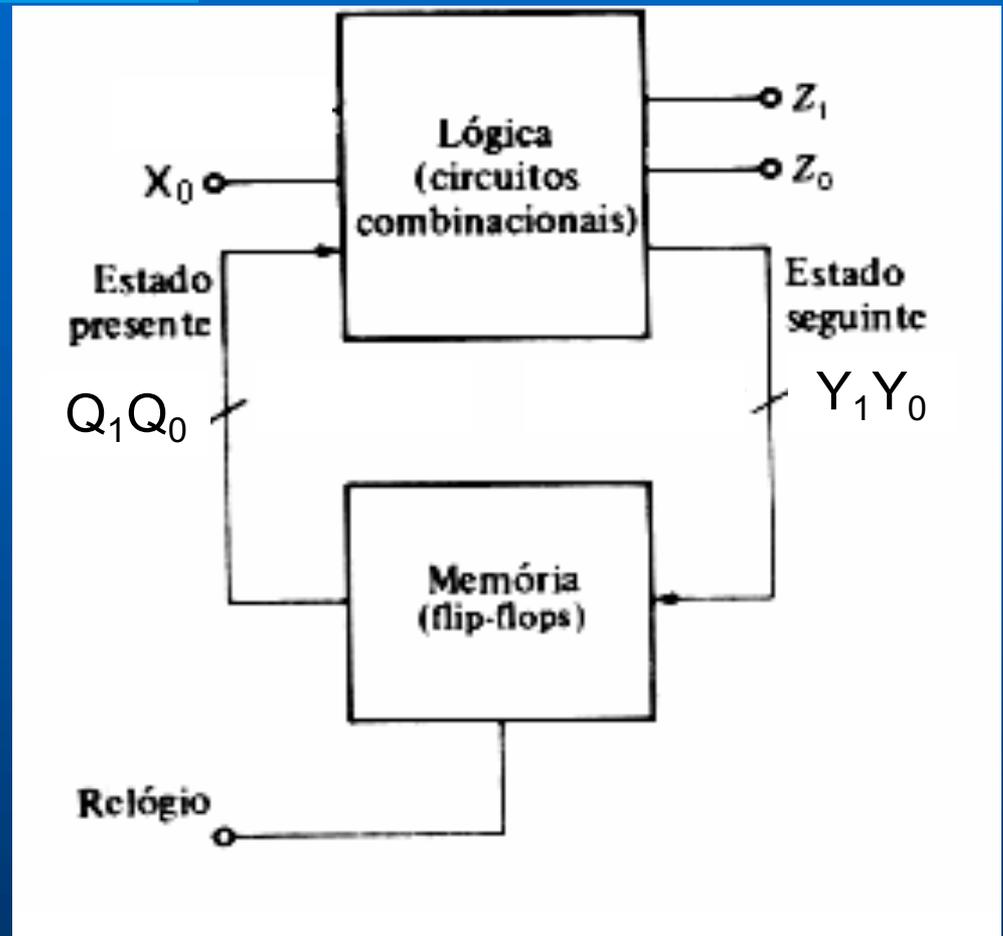


Diagrama de Estados

Formas de Representação

Tabela de Atribuição de Estados

Estado	Flip-Flop Q_1Q_0
A	0 0
B	0 1
C	1 0
D	1 1



Formas de Representação

Tabela de Transição de Estados

Entrada X_0	Estado Presente Q_1Q_0	Próximo Estado Y_1Y_0
0	0 0	0 1
0	0 1	1 0
0	1 0	1 1
0	1 1	0 0
1	0 0	1 1
1	0 1	0 0
1	1 0	0 1
1	1 1	1 0

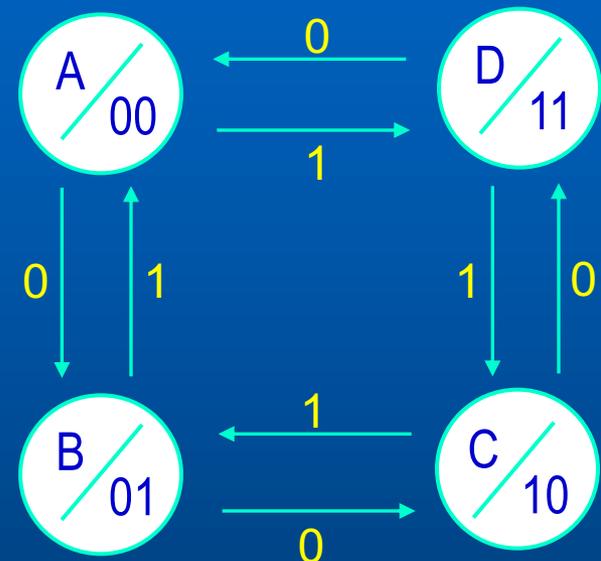
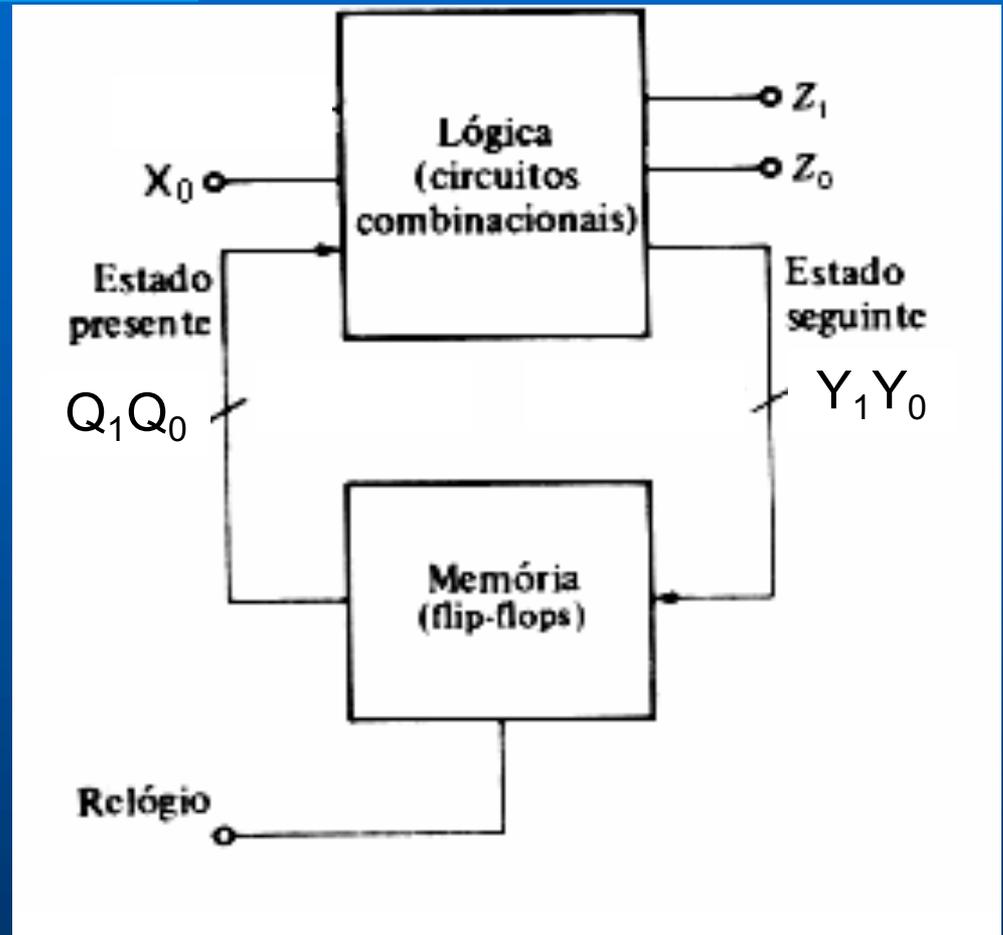


Diagrama de Estados

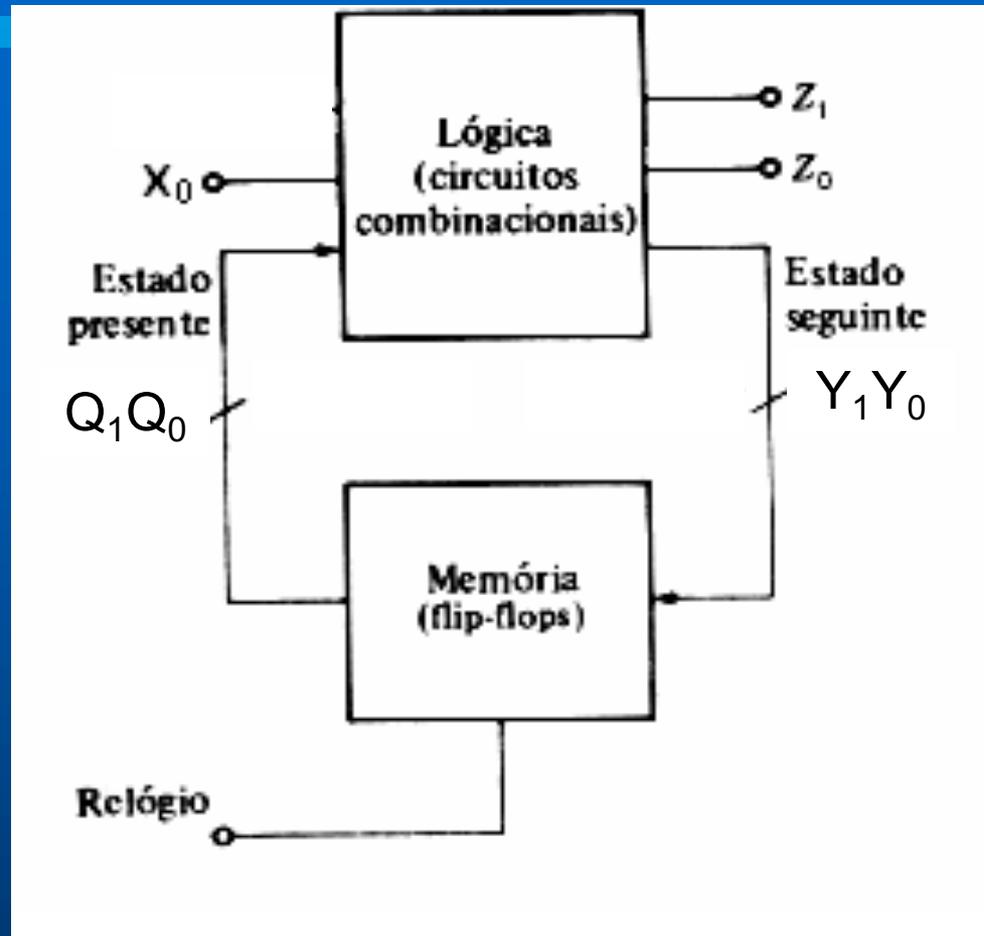
Formas de Representação

Tabela de Saída

Estado Presente	Saída $Z_1 Z_0$
0 0	0 0
0 1	0 1
1 0	1 0
1 1	1 1



Circuito Sequencial - Contador



Síntese do circuito sequencial

Síntese do Circuito Sequencial

Tabela de Transição de Estados

Entrada X_0	Estado Presente $Q_1 Q_0$	Próximo Estado $Y_1 Y_0$	Memória (Entrada dos Flip-Flops) $D_1 D_0$
0	0 0	0 1	0 1
0	0 1	1 0	1 0
0	1 0	1 1	1 1
0	1 1	0 0	0 0
1	0 0	1 1	1 1
1	0 1	0 0	0 0
1	1 0	0 1	0 1
1	1 1	1 0	1 0

Flip-Flop D_1

$Q_1Q_0 \backslash X_0$	0	1
00	0	1
01	1	0
11	0	1
10	1	0

$$D_1 = X_0 \bar{Q}_1 \bar{Q}_0 + \bar{X}_0 \bar{Q}_1 Q_0 + X_0 Q_1 Q_0 + \bar{X}_0 Q_1 \bar{Q}_0$$

Flip-Flop D_0

Q_1Q_0 \ X_0	0	1
00	1	1
01	0	0
11	0	0
10	1	1

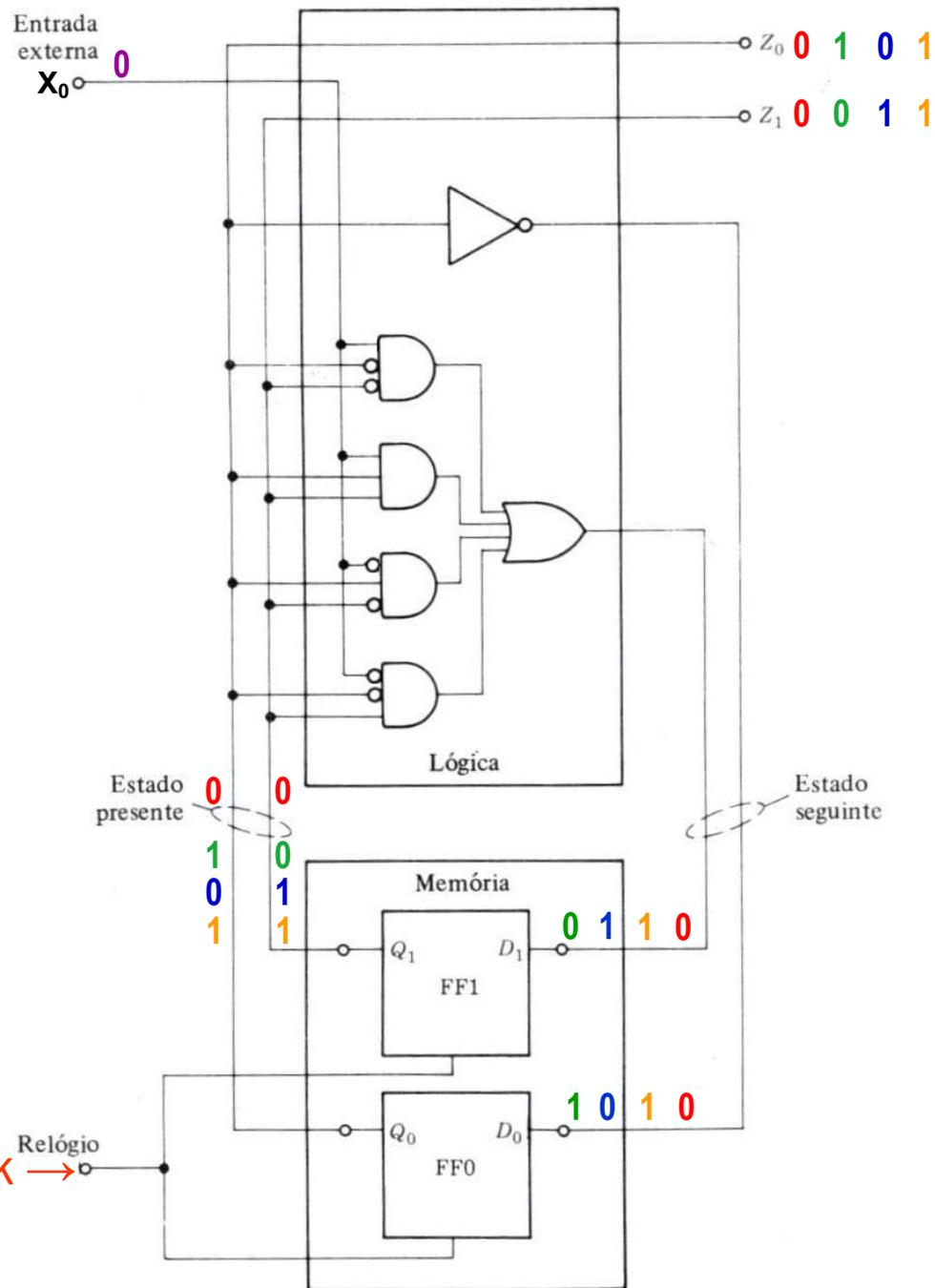
$$D_0 = \overline{Q_0}$$

Circuito Sequencial:

Contador Módulo 4 Up/Down

Máquina de Moore

Pulso de Clock →

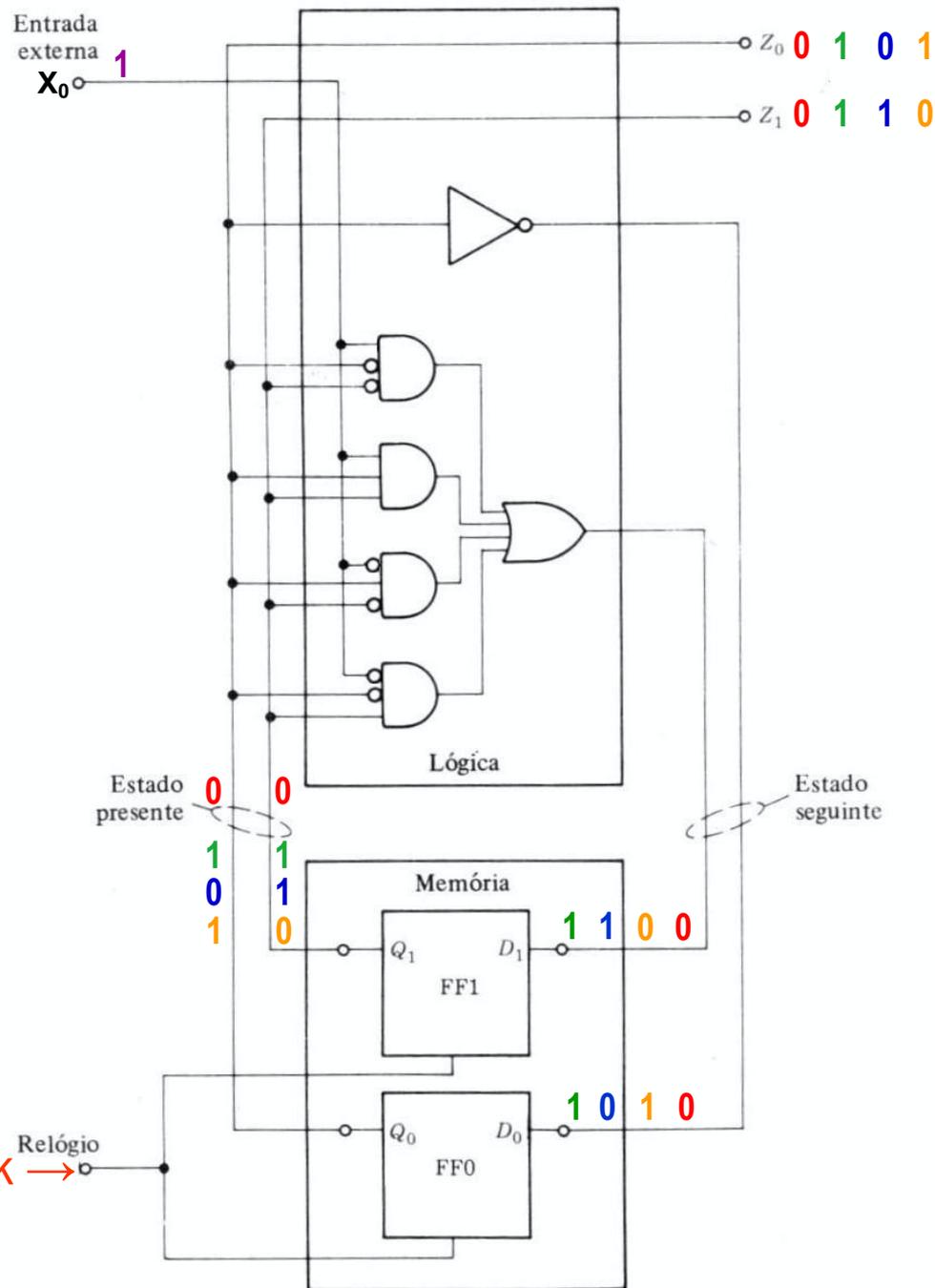


Circuito Sequencial:

Contador Módulo 4 Up/Down

Máquina de Moore

Pulso de Clock →



Outro

Exemplo

Projeto

- Um alarme soa quando houver 3 ou mais peças consecutivas na esteira;
- A esteira não é desligada;
- 1 Entrada (X) (X = 0 – não há peça)
(X = 1 – há peça)
- 1 Saída (Z) (Z = 0 – não soa alarme)
(Z = 1 – soa alarme)

Detector de Sequências

- Um alarme soa quando houver a sequência 111;

Entrada →	X	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1
Saída →	Z								1						1	1	1			

Detector de Sequências

- Um alarme soa quando houver a sequência 111;

Entrada →	X	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1
Saída →	Z	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0

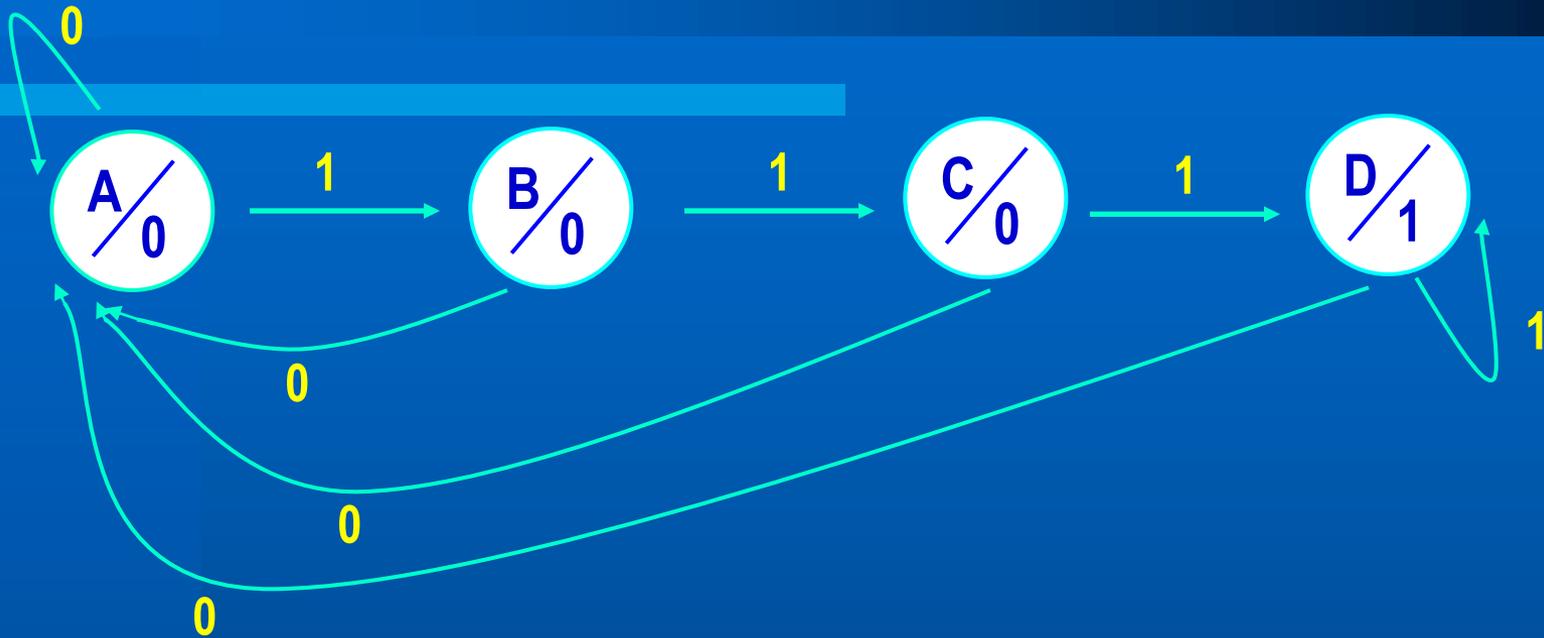
Síntese do Circuito Sequencial

- Máquina de Moore
- Detector da Sequência: 111;
- Síncrono: os FFs são ligados no mesmo “clock”;
- A entrada X não é ligada na saída Z .

Máquina de Moore

- A saída Z depende apenas do estado presente;
- A entrada X está conectada apenas às entradas dos Flip-Flops;
- Não há ligação direta entre X e Z ;
- Durante o ciclo de “clock”, as variações em X **não** afetarão diretamente a saída do sistema;
- Mas podem afetar os estados futuros.

Diagrama de Estados



- MOORE:

- a saída depende exclusivamente do estado;
- a entrada só interfere no próximo estado.

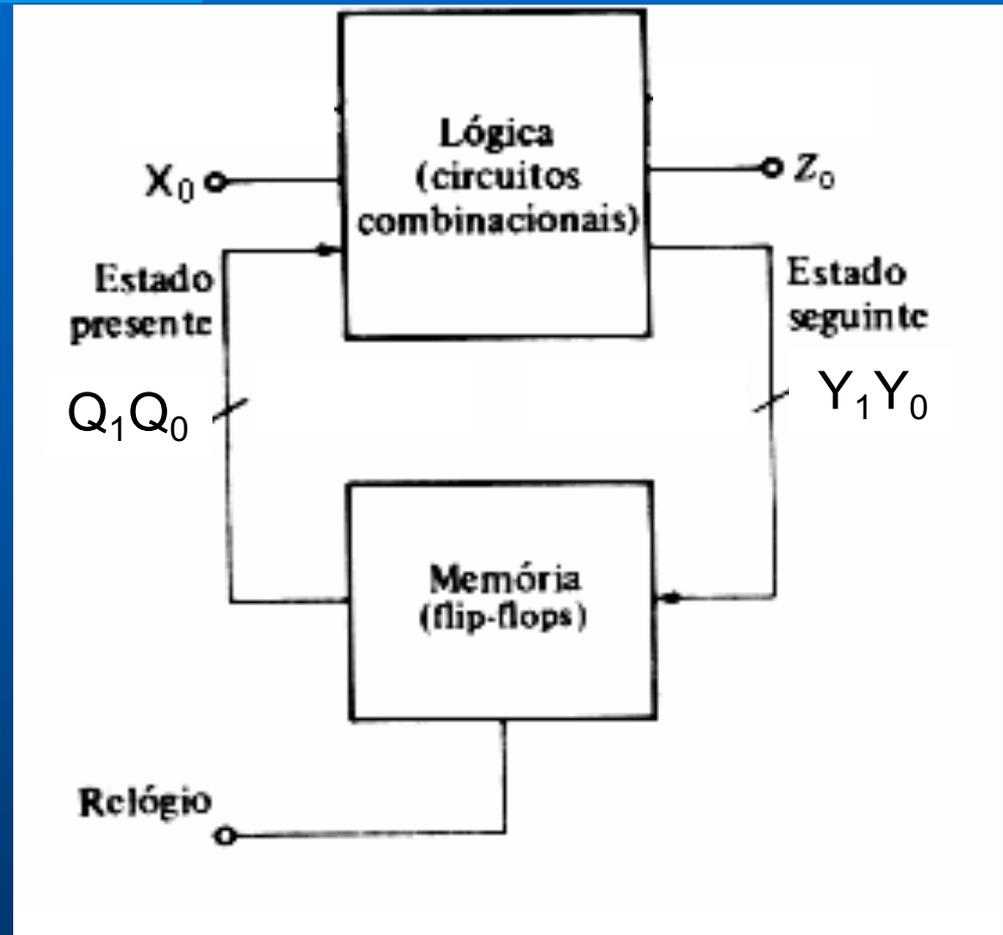
Máquina de Moore

- Quantos estados? 4
 - A – nenhuma peça
 - B – uma peça
 - C – duas peças na sequência
 - D – três peças na sequência
- (tocar o alarme!)

Formas de Representação

Tabela de Atribuição de Estados

Estado	Flip-Flop Q_1Q_0
A	0 0
B	0 1
C	1 0
D	1 1



Atribuição de Estados

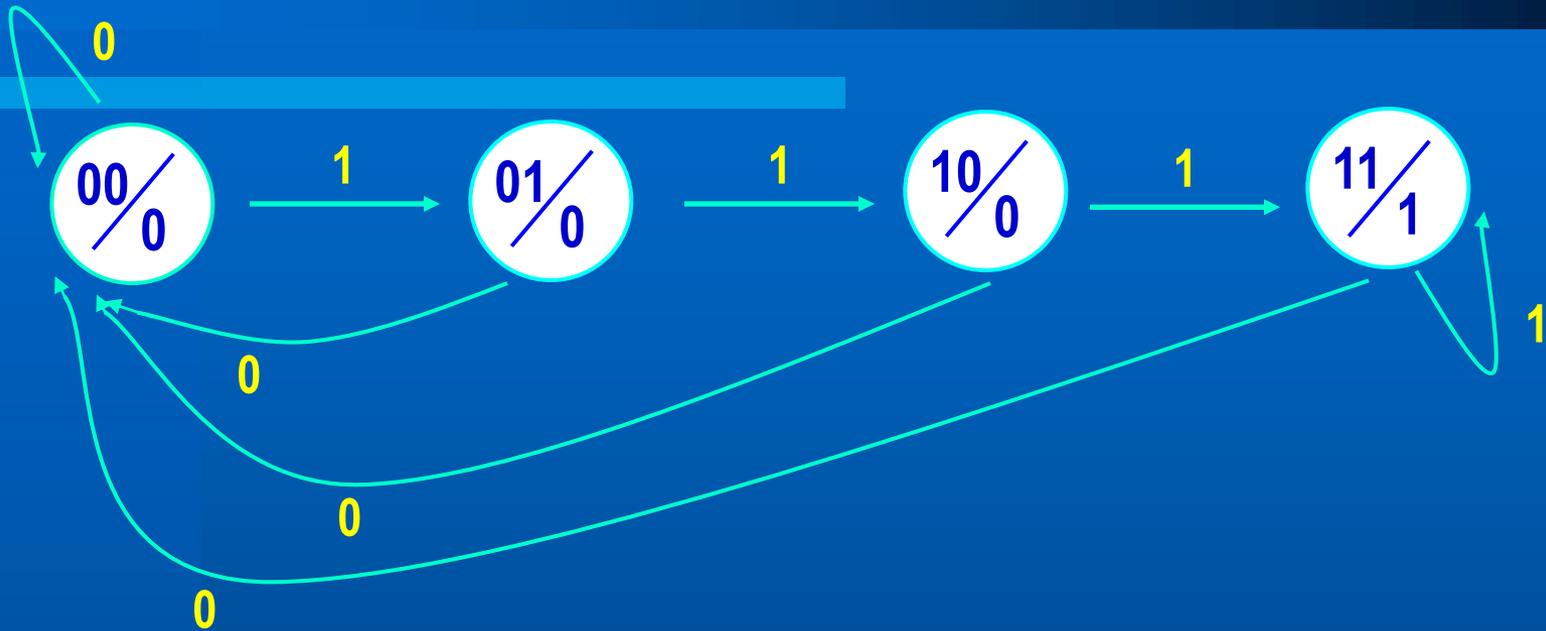


Tabela de Transição de Estados

Atribuição de estados

Entrada X_0	Estado Atual Q_1Q_0	Próximo Estado Y_1Y_0
0	0 0	0 0
0	0 1	0 0
0	1 0	0 0
0	1 1	0 0
1	0 0	0 1
1	0 1	1 0
1	1 0	1 1
1	1 1	1 1

Escolha do Flip-Flop

Tabela de Transição de Estados

Síntese do Circuito Sequencial

Entrada X_0	Estado Atual Q_1Q_0	Próximo Estado Y_1Y_0	Flip-Flop 1	Flip-Flop 0
			$J_1 K_1$	$J_0 K_0$
0	0 0	0 0	0 X	0 X
0	0 1	0 0	0 X	X 1
0	1 0	0 0	X 1	0 X
0	1 1	0 0	X 1	X 1
1	0 0	0 1	0 X	1 X
1	0 1	1 0	1 X	X 1
1	1 0	1 1	X 0	1 X
1	1 1	1 1	X 0	X 0

Flip-Flop 1

J_1

$Q_1Q_0 \backslash X_0$	0	1
00	0	0
01	0	1
11	x	x
10	x	x

$$J_1 = X_0 Q_0$$

K_1

$Q_1Q_0 \backslash X_0$	0	1
00	x	x
01	x	x
11	1	0
10	1	0

$$K_1 = \bar{X}_0$$

Flip-Flop 0

J_0

$Q_1Q_0 \backslash X_0$	0	1
00	0	1
01	x	x
11	x	x
10	0	1

$$J_0 = X_0$$

K_0

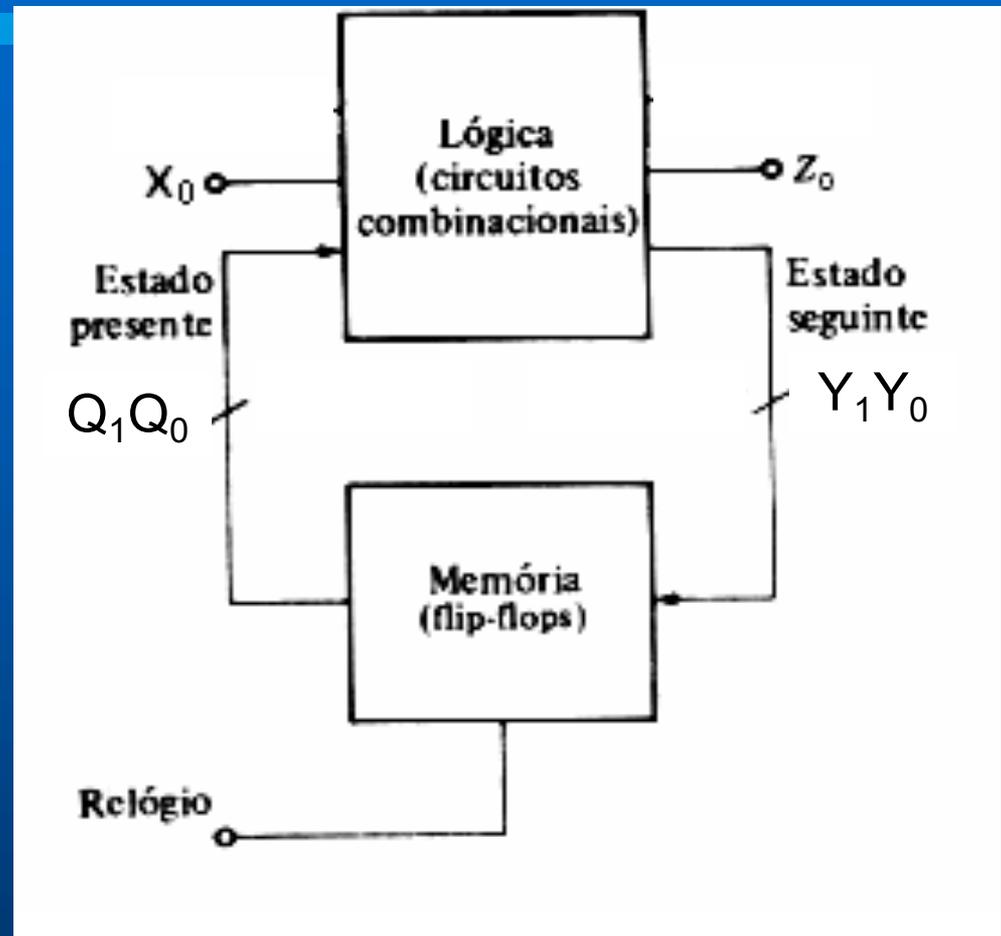
$Q_1Q_0 \backslash X_0$	0	1
00	x	x
01	1	1
11	1	0
10	x	x

$$K_0 = \overline{X_0} + \overline{Q_1}$$

Formas de Representação

Tabela de Saída

Estado Presente	Saída Z_0
A	0
B	0
C	0
D	1



Saída Z_0

		Z_0	
		0	1
Q_1	0	0	0
	1	0	1

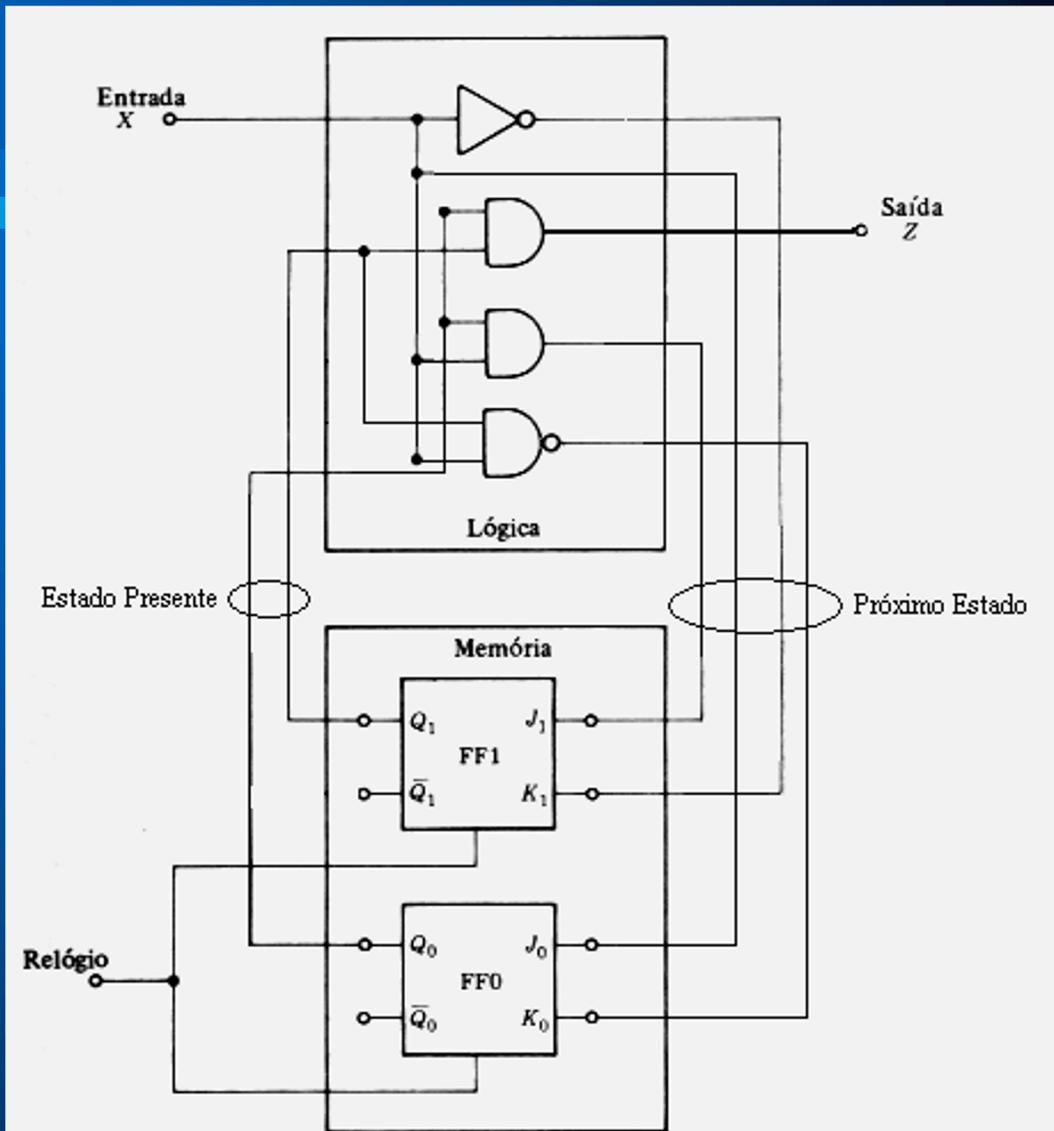
$$Z_0 = Q_0 Q_1$$

- Máquina de MOORE:

- a saída depende exclusivamente do estado presente;
- a entrada não interfere na saída;

Síntese do Circuito - Moore

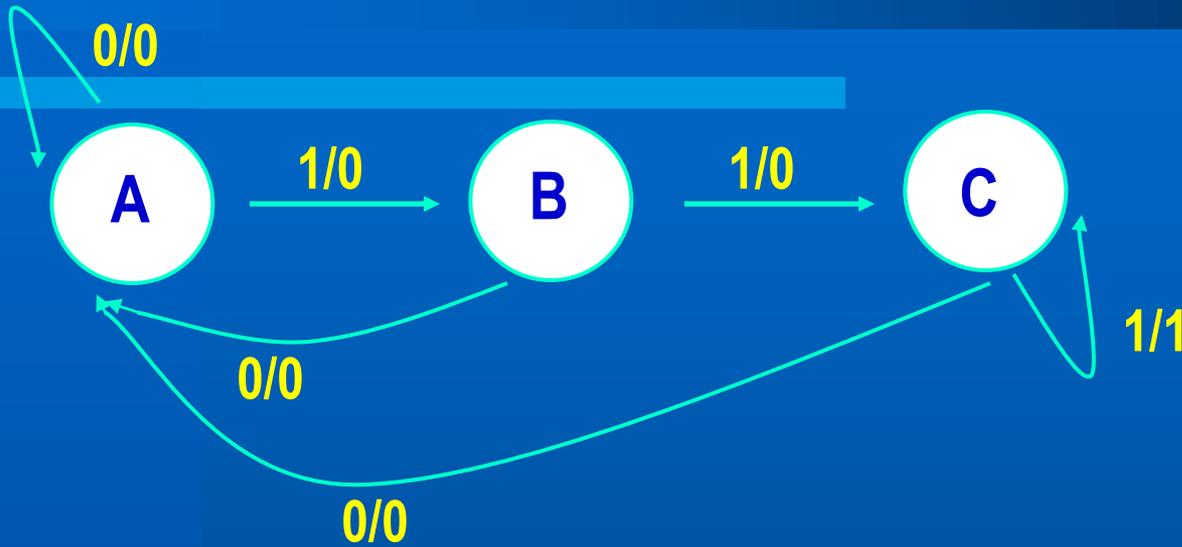
- Detector da Sequência: 111;
- Síncrono: os FFs são ligados no mesmo “clock”;
- A entrada X não interfere diretamente na saída Z .



Máquina de Mealy

- Z depende do estado da máquina e da entrada;
- A entrada (X) está conectada às entradas dos Flip-Flops e também à saída externa Z;
- Há ligação direta entre X e Z;
- Durante o ciclo de “clock”, as variações em X afetarão assincronamente a saída do circuito.

Diagrama de Estados



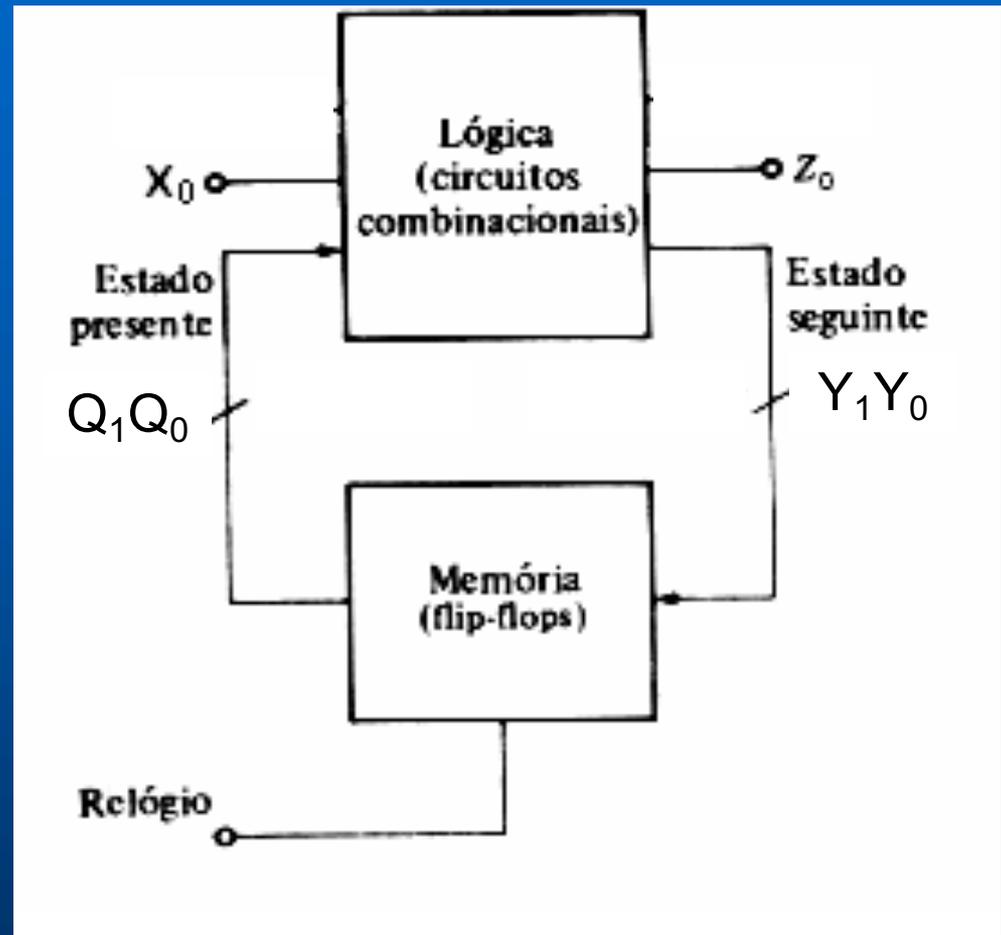
- Máquina de Mealy

- Um Estado a menos!

Atribuição de Estados

Máquina de Mealy

Estado	Flip-Flop Q_1Q_0
A	0 0
B	0 1
C	1 0



Atribuição de Estados



- MEALY:

- A saída depende do estado anterior e da entrada;
- A entrada interfere no próximo estado e na saída.

Tabela de Transição de Estados

Entrada X_0	Estado Atual Q_1Q_0	Próximo Estado Y_1Y_0
0	0 0	0 0
0	0 1	0 0
0	1 0	0 0
1	0 0	0 1
1	0 1	1 0
1	1 0	1 0

Escolha do Flip-Flop

Tabela de Transição de Estados

Síntese do Circuito Sequencial

Entrada X_0	Estado Atual Q_1Q_0	Próximo Estado Y_1Y_0	Flip-Flop 1		Flip-Flop 0	
			J_1	K_1	J_0	K_0
0	0 0	0 0	0	X	0	X
0	0 1	0 0	0	X	X	1
0	1 0	0 0	X	1	0	X
1	0 0	0 1	0	X	1	X
1	0 1	1 0	1	X	X	1
1	1 0	1 0	X	0	0	X

Flip-Flop 1

J_1

$Q_1Q_0 \backslash X_0$	0	1
00	0	0
01	0	1
11	x	x
10	x	x

$$J_1 = X_0 Q_0$$

K_1

$Q_1Q_0 \backslash X_0$	0	1
00	x	x
01	x	x
11	x	x
10	1	0

$$K_1 = \bar{X}_0$$

Flip-Flop 0

J_0

$Q_1Q_0 \backslash X_0$	0	1
00	0	1
01	x	x
11	x	x
10	0	0

$$J_0 = X_0 \bar{Q}_1$$

K_0

$Q_1Q_0 \backslash X_0$	0	1
00	x	x
01	1	1
11	x	x
10	x	x

$$K_0 = 1$$

Tabela de Saída

Tabela de Saída

Entrada X_0	Estado Atual $Q_1 Q_0$	Saída Z_0
0	0 0	0
0	0 1	0
0	1 0	0
1	0 0	0
1	0 1	0
1	1 0	1

Saída Z_0

Q_1Q_0		Z_0	
		$X_0 = 0$	$X_0 = 1$
00	0	0	
01	0	0	
11	x	x	
10	0	1	

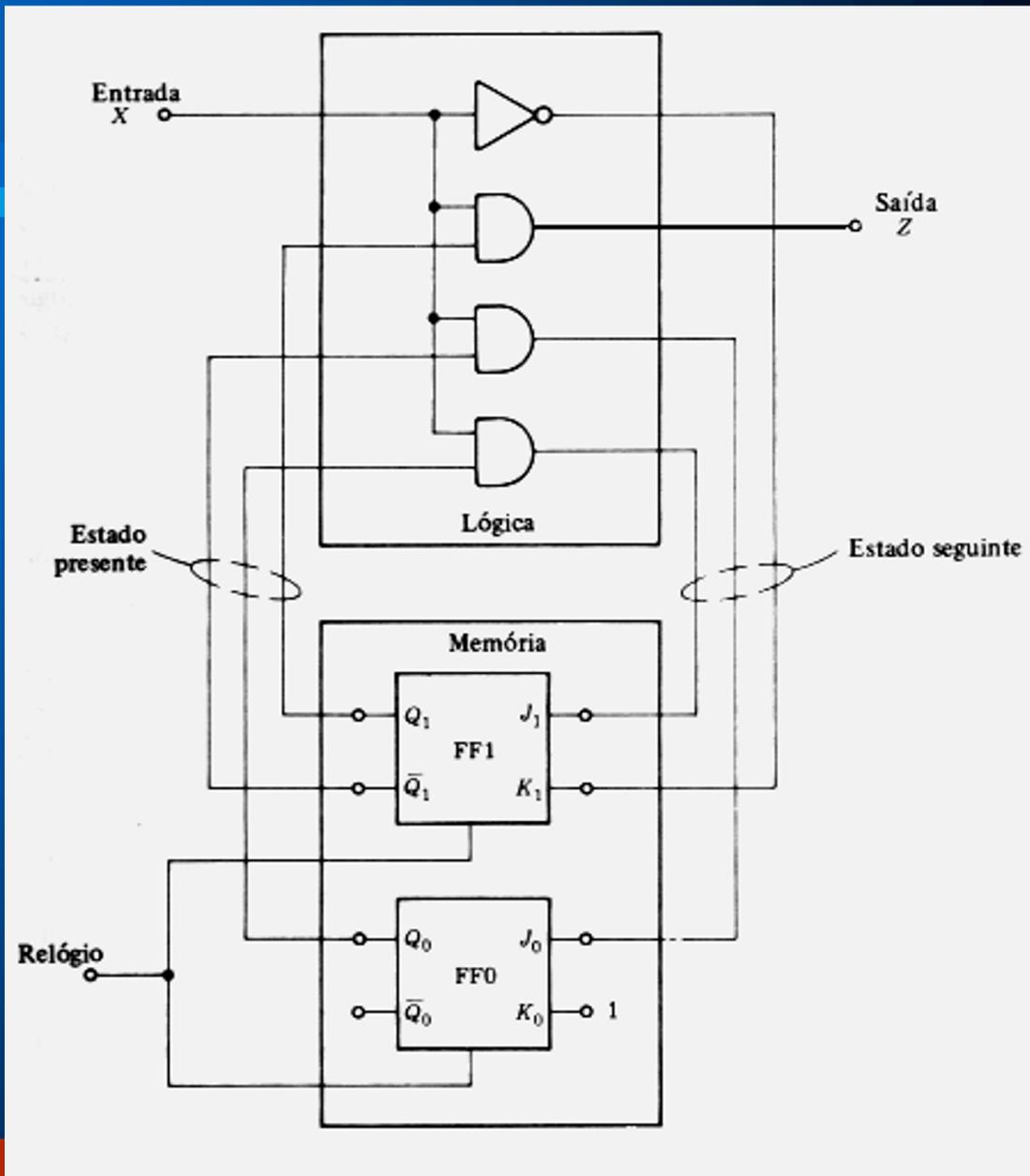
$$Z_0 = X_0 Q_1$$

- Máquina de MEALY:

- a saída depende do estado presente e da entrada;
- a entrada interfere assincronamente na saída;

Síntese do Circuito - Mealy

- Detector da Sequência: 111;
- Síncrono: os FFs são ligados no mesmo "clock";
- A entrada X interfere diretamente na saída Z .



Moore ou Mealy?

- Em geral, a versão Mealy de um circuito sequencial será mais econômica de componentes físicos (*hardware*) do que a versão Moore;
- Como a saída depende da entrada, mudanças na entrada durante o ciclo de “clock” podem afetar a saída imediatamente (perda de sincronismo);
- Isso não ocorre na versão Moore, pois alterações na saída e no estado só ocorrem na transição do “clock” (melhor sincronismo)

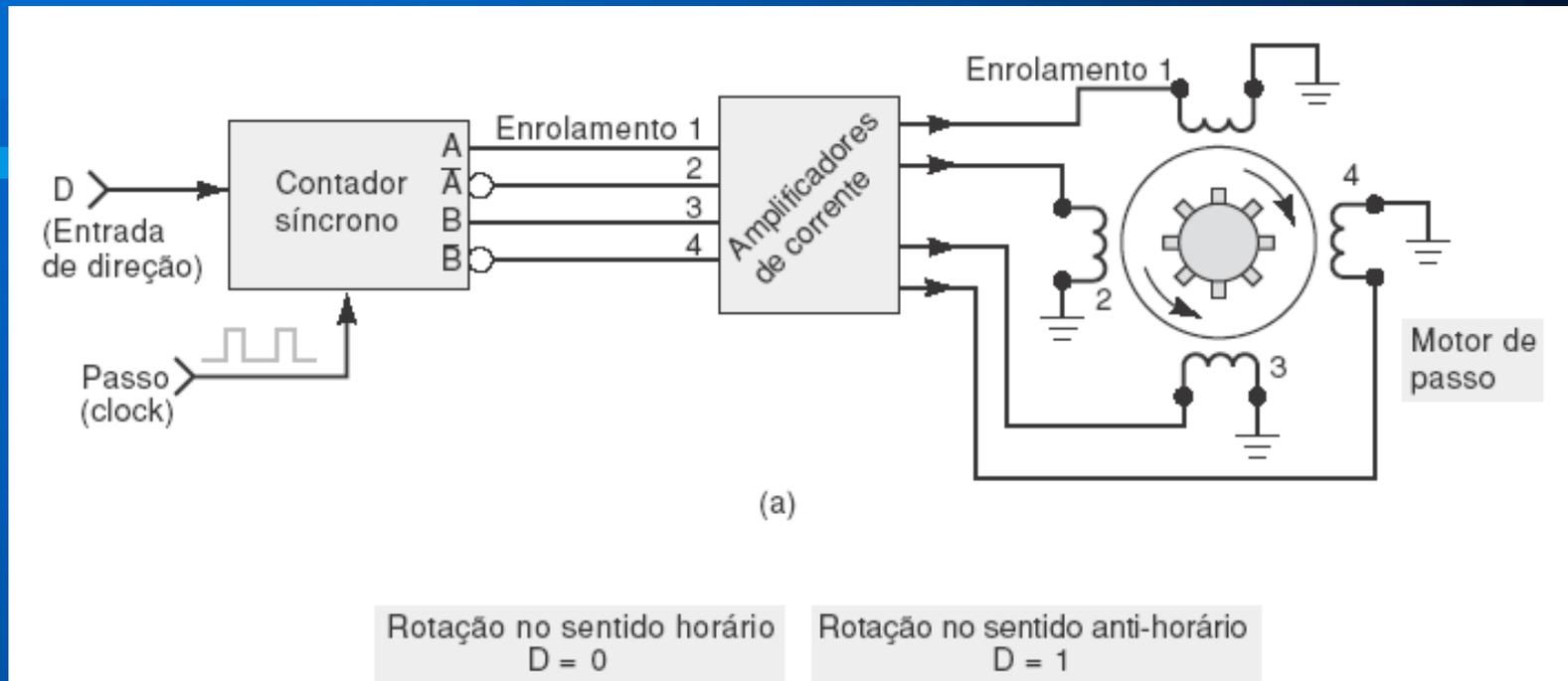
Exercícios

Projeto 1: Detector de Bordas

- Fazer um circuito sequencial síncrono para detectar uma borda de subida seguida de uma borda de descida.
- O circuito tem uma entrada e uma saída, que deve ir para nível lógico 1 quando a sequência desejada for detectada
- Pode haver superposição de sequências
- Usar máquina de Mealy e FF tipo D

Projeto 1: Detector de Bordas

Projeto 2: Controle de motor de passo



Sequência das bobinas no sentido horário: (1 e 3) – (2 e 3) – (2 e 4) – (1 e 4);

Sequência das bobinas no sentido anti-horário: (1 e 3) – (1 e 4) – (2 e 4) – (2 e 3);

Fazer diagrama de estados, tabela de transição de estados e projetar o circuito – Usar FF tipo JK e Máquina de Moore

Projeto 2: Controle de motor de passo

Projeto 3: Contador síncrono módulo 5

- Montar um contador síncrono crescente de módulo 5
 - Fazer diagrama de estados, tabela de transição de estados e projetar o circuito
 - Usar FF tipo D
 - Máquina de Moore

Projeto 3: Contador síncrono módulo 5

Projeto 3: Resposta

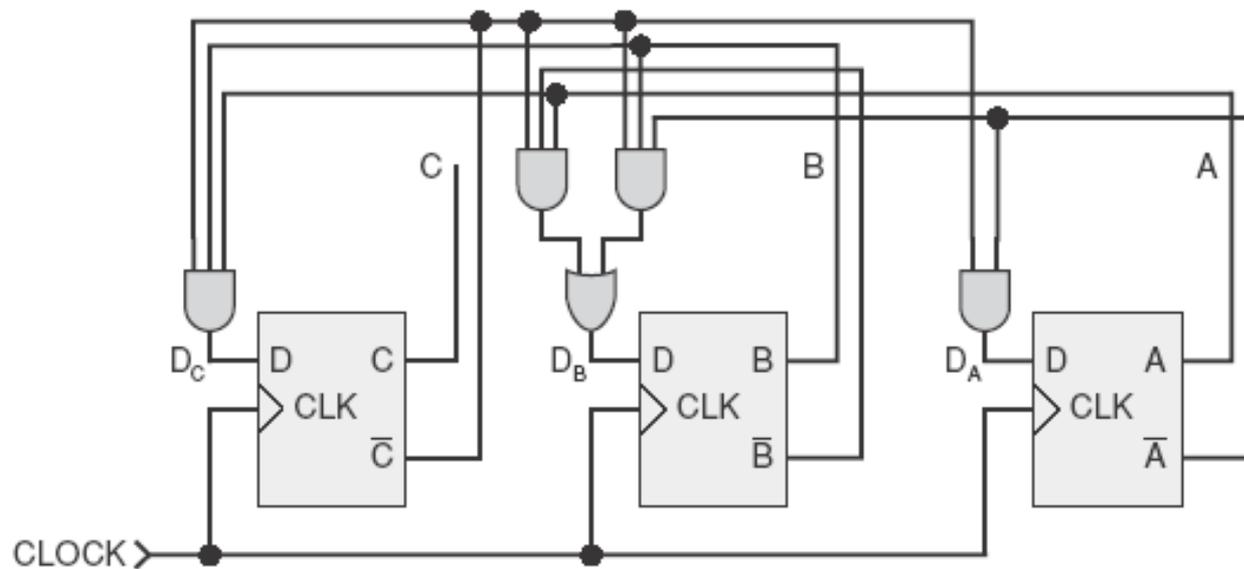
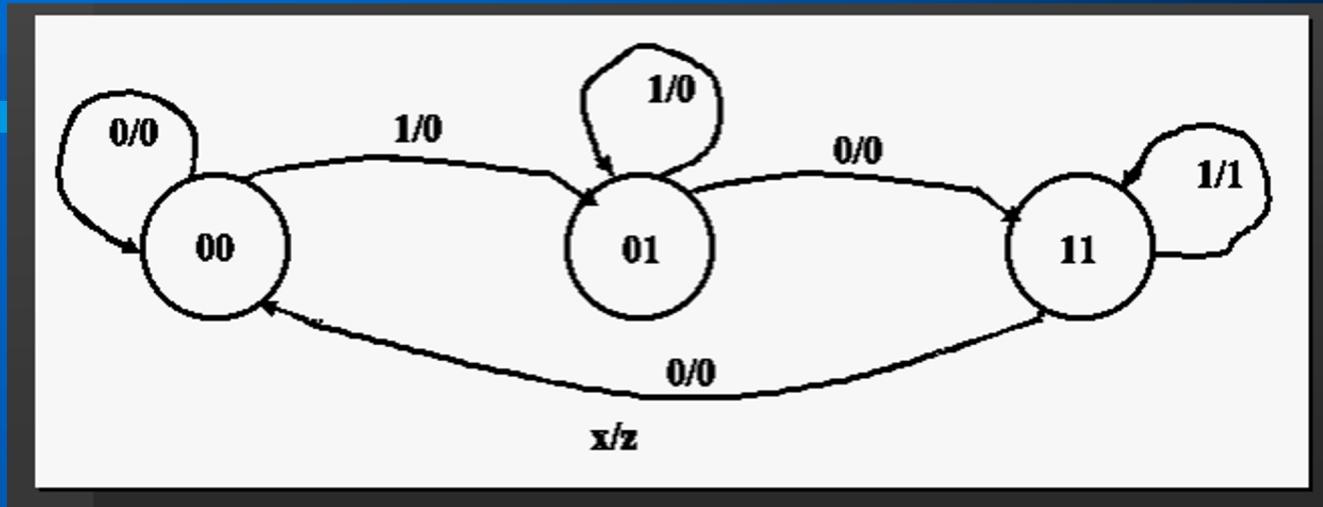


FIGURA 7.34
Implementação do
circuito do projeto de
um contador flip-flop
de módulo 5.

Projeto 4: Análise do diagrama de estados



Máquina de Moore ou Mealy?

Fazer a tabela de transição de estados

Projetar o circuito – Usar FF tipo JK

Projeto 4: Análise do diagrama de estados

Projeto 4: Resposta

Tabela de Transição de Estados

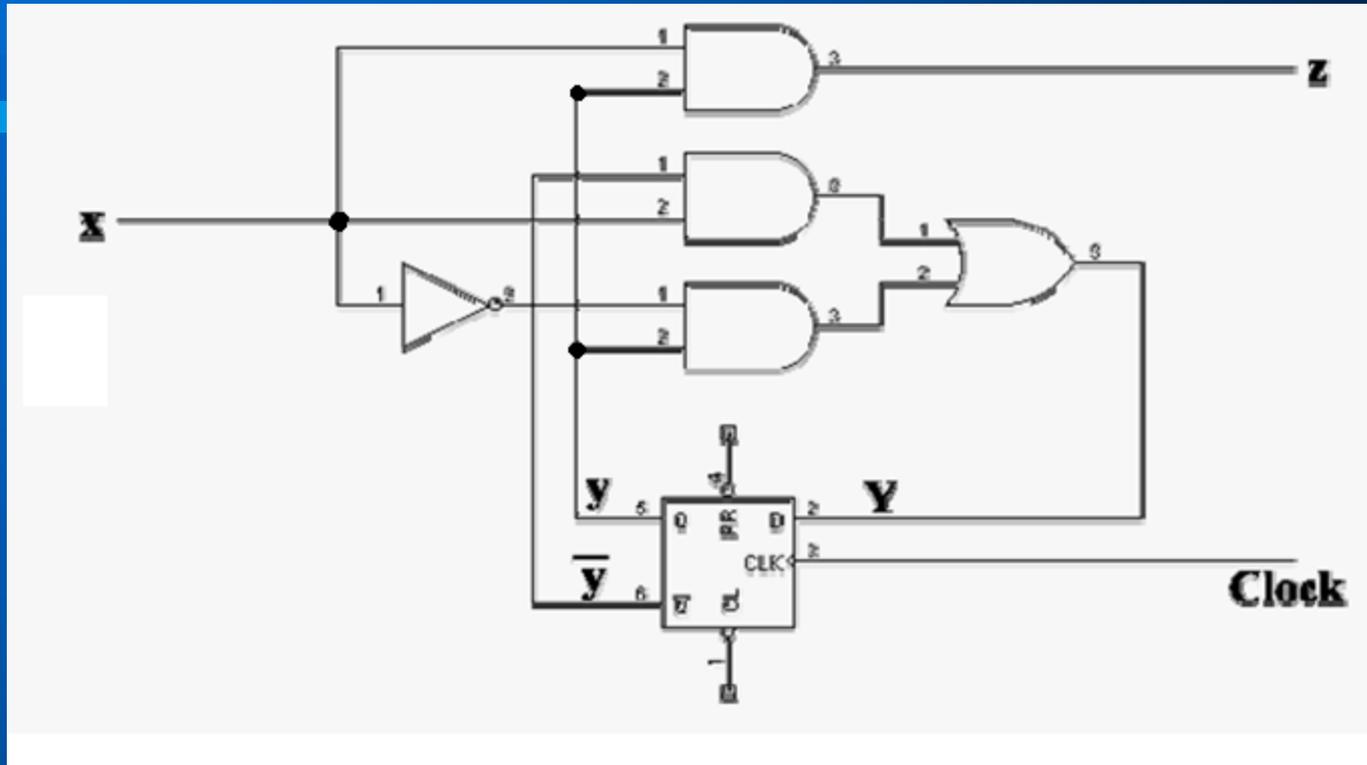
Entrada X_0	Estado Atual Q_1Q_0	Próximo Estado Y_1Y_0	Flip-Flop 1	Flip-Flop 0
			$J_1 K_1$	$J_0 K_0$
0	0 0	0 0	0 X	0 X
0	0 1	1 1	1 X	X 0
0	1 1	0 0	X 1	X 1
1	0 0	0 1	0 X	1 X
1	0 1	0 1	0 X	X 0
1	1 1	1 1	X 0	X 0

Projeto 4: Resposta

Tabela de Saída

Entrada X_0	Estado Atual Q_1Q_0	Saída Z_0
0	0 0	0
0	0 1	0
0	1 1	0
1	0 0	0
1	0 1	0
1	1 1	1

Projeto 5: Análise do Circuito Sequencial Síncrono



Máquina de Moore ou Mealy?

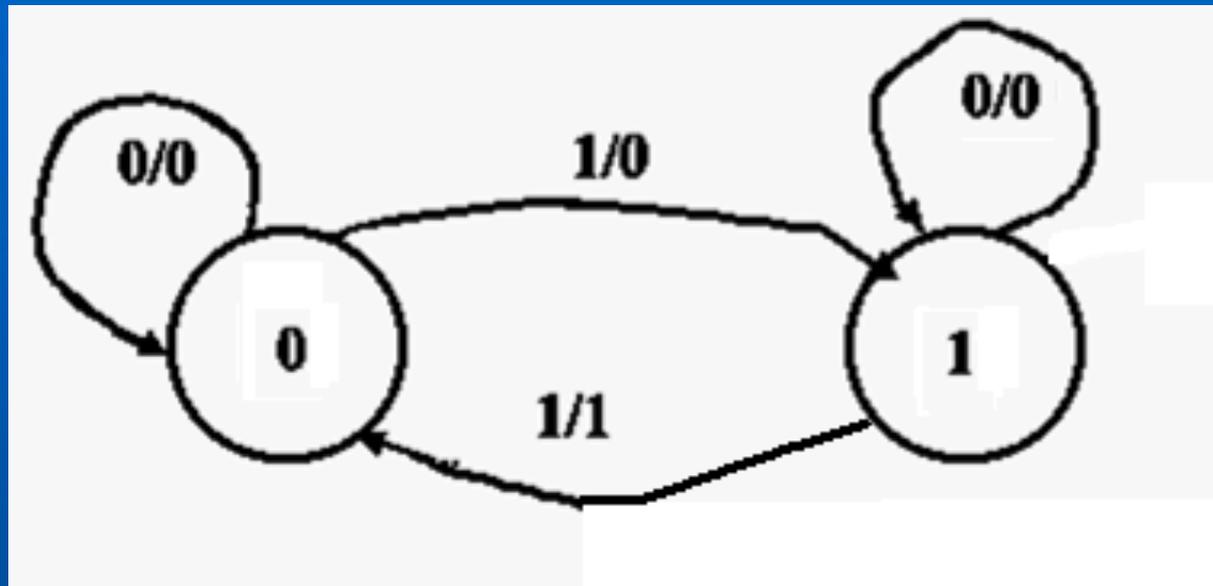
Fazer o diagrama de estados e a tabela de transição de estados

Projetar outro circuito – Substituir o FF tipo D por FF JK

Projeto 5: Análise do Circuito Sequencial Síncrono

Projeto 5: Resposta

Diagrama de estados



Projeto 5: Resposta

Tabela de Transição de Estados

Entrada X_0	Estado Presente Q_0	Próximo Estado Y_0	Flip-Flop $J_0 K_0$
0	0	0	0 X
0	1	1	X 0
1	0	1	1 X
1	1	0	X 1

Projeto 5: Resposta

Tabela de Saída

Entrada X_0	Estado Presente Q_0	Saída Z_0
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

FIM