

INF01058

Circuitos Digitais

Síntese de FSM com FF JK

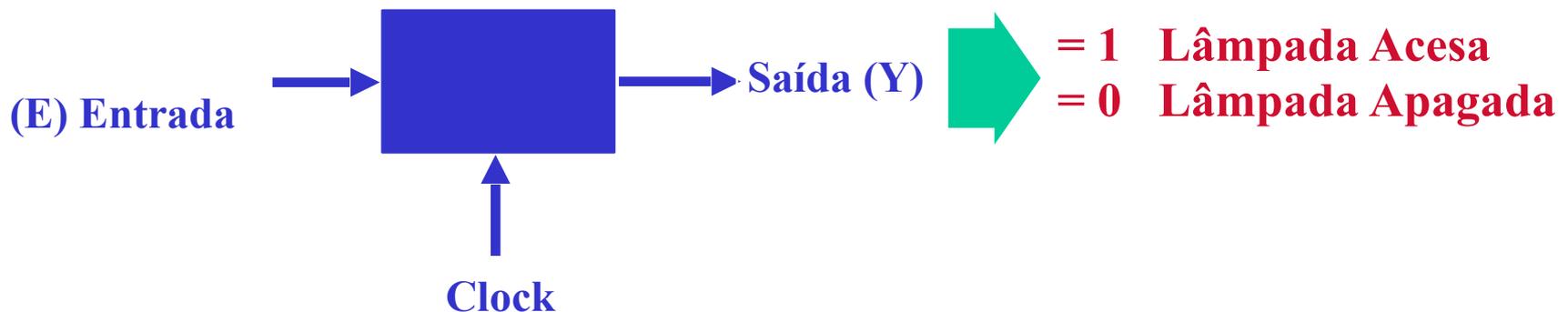
Exemplo de projeto completo

- incluindo especificação inicial
- usando flip-flops JK

1. Especificação inicial

Problema: construir um circuito que, tendo uma entrada,

- pisque uma lâmpada a cada 2 pulsos positivos de entrada
- deixe a lâmpada permanentemente acesa após 10 pulsos positivos da entrada



Circuito será síncrono

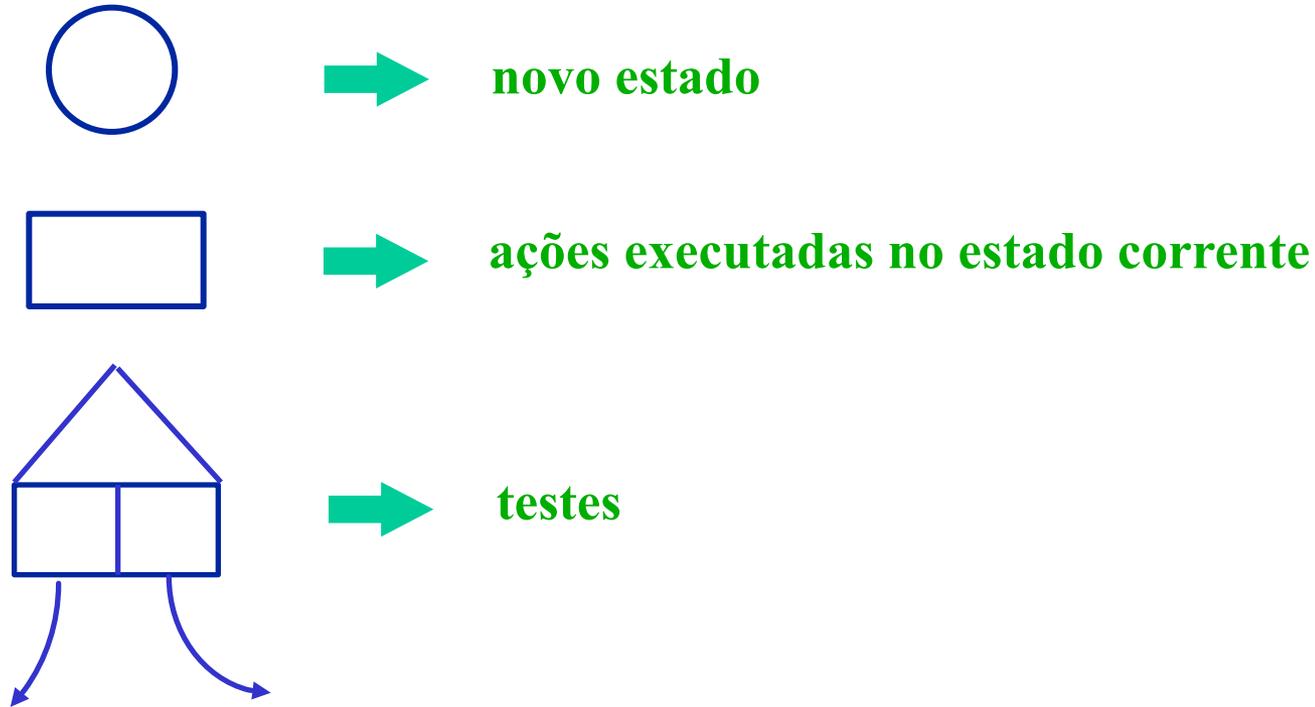
- A cada transição positiva do clock, verifica-se a entrada **E**

E = 1 → veio pulso

E = 0 → não veio pulso

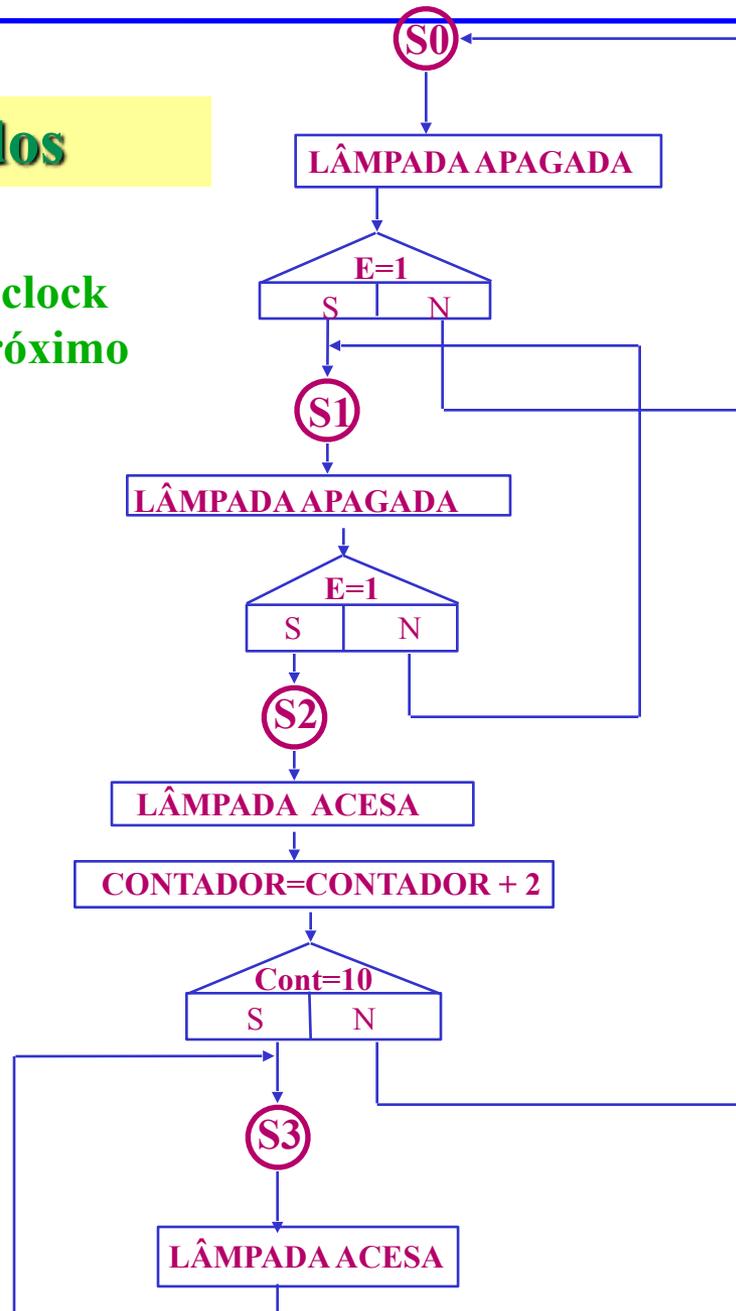
- cada pulso de E deve ser contado exatamente uma vez
não pode ser perdido
não pode ser contado em dobro
- pulsos de E devem ter duração superior ao período do clock
- deve haver mecanismo que desabilite contagem enquanto E não volta ao valor 0
- lâmpada piscará pela duração do período do clock

Construção de um Fluxograma de Estados



Fluxograma de Estados

A cada transição positiva do clock o sistema avança para um próximo estado



Como tratar o contador ?

- Acrescentar uma saída C



= 0 nenhuma ação
= 1 Contador = Contador + 2

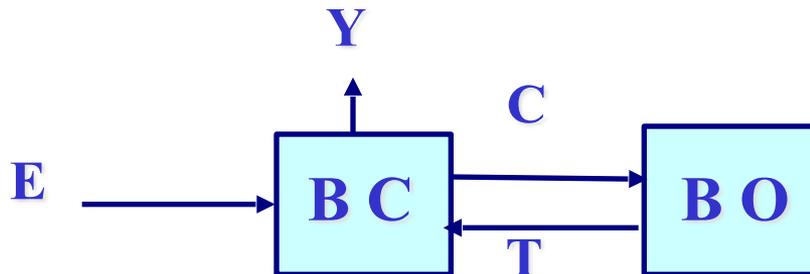
- Acrescentar uma entrada T (teste)



= 0 Contador \neq 10
= 1 Contador = 10

Separação entre Bloco Operacional e Bloco de Controle

- Bloco Operacional : onde estão o contador e o comparador
- Bloco de Controle : é o que estamos projetando



2. Máquinas de Mealy e Moore

- **exemplos das aulas anteriores**

- saídas = f (estado atual, entradas)  Máquina de **Mealy**

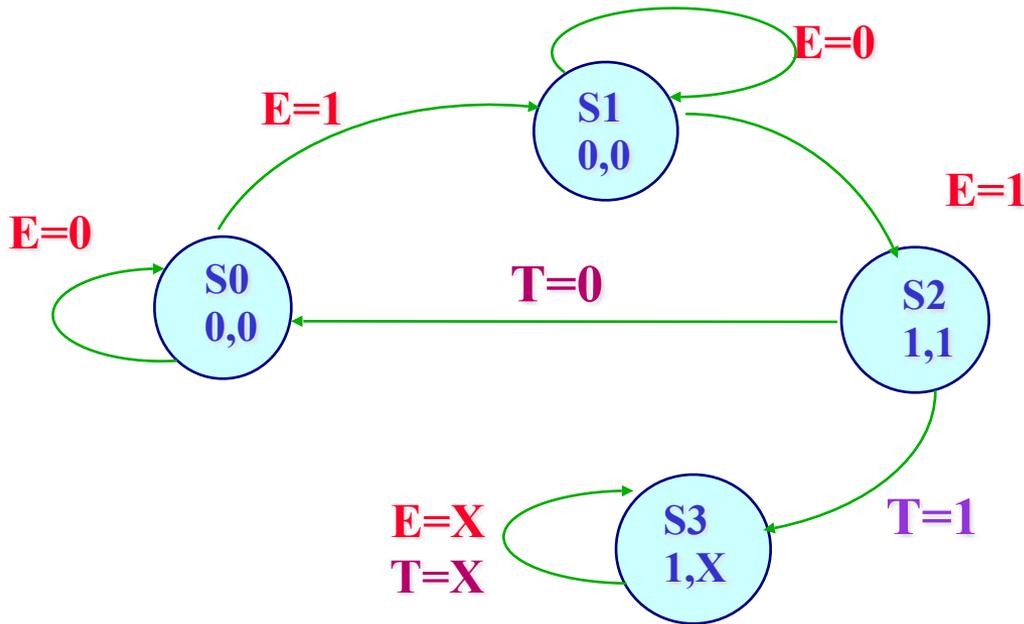
- **exemplo da lâmpada**

- valor da saída (lâmpada acesa / apagada) depende apenas do estado atual

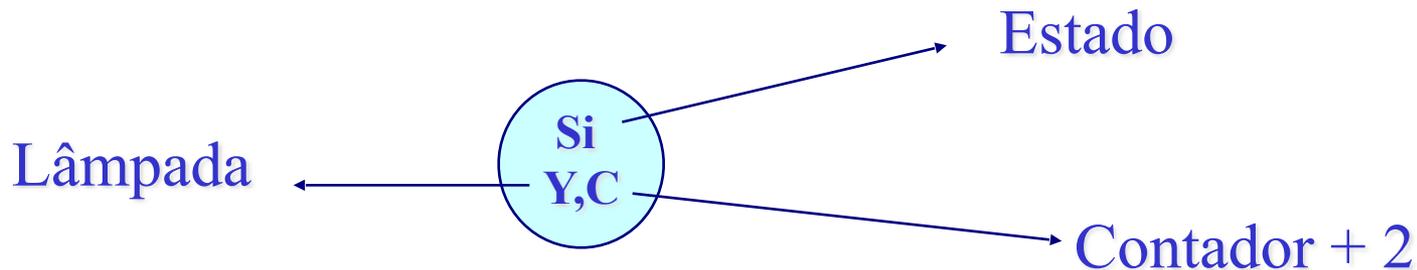
- saídas = f (estado atual)  Máquina de **Moore**

- isto ficará evidente no diagrama e na tabela de estados

3. Diagrama de Estados (FSM) - Moore



X = don't care



4. Tabela de Estados

Estado Atual	Saídas	Entradas	Próx. Estado
S0	Y=0	E=0	S0
	C=0	E=1	S1
S1	Y=0	E=0	S1
	C=0	E=1	S2
S2	Y=1	T=0	S0
	C=1	T=1	S3
S3	Y=1	E=X	S3
	C=X	T=X	

Implementação da função de próximo estado: Usará uma “matriz de referência”, notação mais conveniente para implementação com flip-flops JK

Implementação das funções de saída : Será vista posteriormente

5. Matriz de Referência (ou mapa de próximo estado)

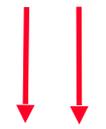
Supondo a seguinte codificação de estados

S0 = 0 0

S1 = 0 1

S2 = 1 0

S3 = 1 1


 A B

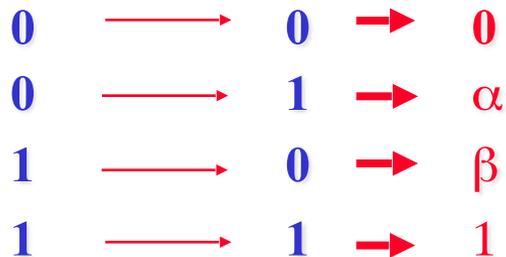
Estado Atual	Entradas					
	AB	ET	00	01	11	10
00	00	00	01	01		
01	01	01	10	10		
11	11	11	11	11		
10	00	11	11	00		

6. Tabela de Transição de Estados

- lembrando tabela de excitação do FF JK

	Q_n	Q_{n+1}	J	K	
0	0	0	0	X	(00 e 01 servem)
α	0	1	1	X	(10 e 11 servem)
β	1	0	X	1	(01 e 11 servem)
1	1	1	X	0	(00 e 10 servem)

- quatro transições possíveis serão representadas pelos seguintes símbolos



AB \ ET	00	01	11	10
00	00	00	01	01
01	01	01	10	10
11	11	11	11	11
10	00	11	11	00

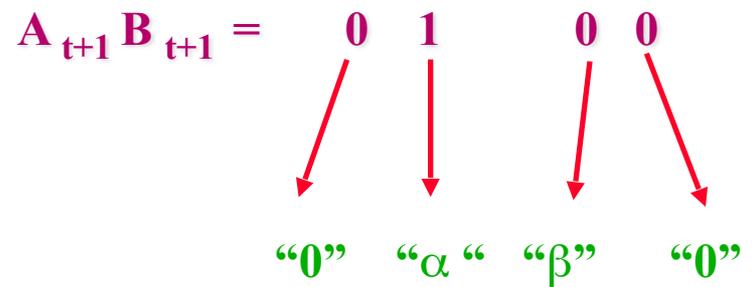
• Tabela de Transição de Estados para o exemplo

- obtida a partir da Matriz de Referência

AB \ ET	00	01	11	10
00	00	00	0 α	0 α
01	01	01	α β	α β
11	11	11	11	11
10	β 0	1 α	1 α	β 0

exemplo

$$A_t B_t = \begin{matrix} 0 & 0 & 1 & 0 \end{matrix}$$



7. Equações de entrada dos FFs

- transições 0 e α **importam** para J e são **indiferentes** para K
- transições β e 1 **importam** para K e são **indiferentes** para J

00	00	0 α	0 α
01	01	α β	α β
11	11	11	11
β 0	1 α	1 α	β 0

Tab. Trans. Estados	Eq. Entrada
“0” (0 \rightarrow 0)	J = 0
“ α ” (0 \rightarrow 1)	J = 1

Para o FF A só interessa o 1º valor de cada par na tabela de transição de estados

Equação J_A

		ET			
		00	01	11	10
AB	00	0	0	0	0
	01	0	0	1	1
	11	X	X	X	X
	10	X	X	X	X

$$J_A = B \cdot E$$

00	00	0 α	0 α
01	01	α β	α β
11	11	11	11
β 0	1 α	1 α	β 0

Para o FF A só interessa o 1º valor de cada par na tabela de transição de estados

Equação K_A

ET		00	01	11	10
AB	00	X	X	X	X
	01	X	X	X	X
	11	0	0	0	0
	10	1	0	0	1

$$K_A = \overline{B} \cdot \overline{T}$$

Tab. Trans. Estados	Eq. Entrada
“1” (1 → 1)	$K = 0$
“β” (1 → 0)	$K = 1$

00	00	0 α	0 α
01	01	α β	α β
11	11	11	11
β 0	1 α	1 α	β 0

Tab. Trans. Estados	Eq. Entrada
“0” (0 → 0)	J = 0
“α” (0 → 1)	J = 1

Equação J_B

		ET			
		00	01	11	10
AB	00	0	0	1	1
	01	X	X	X	X
	11	X	X	X	X
	10	0	1	1	0

Para o FF B só interessa o segundo valor na tabela de transição de estados

$$J_B = \overline{A} \cdot E + A \cdot T$$

00	00	0 α	0 α
01	01	α β	α β
11	11	11	11
β 0	1 α	1 α	β 0

Equação K_B

ET		00	01	11	10
AB	00	X	X	X	X
	01	0	0	1	1
	11	0	0	0	0
	10	X	X	X	X

Tab. Trans. Estados	Eq. Entrada
“1” (1 → 1)	$K = 0$
“β” (1 → 0)	$K = 1$

$$K_B = \bar{A} \cdot E$$

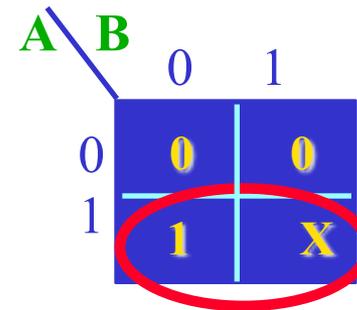
8. Equações de saída

- Lembrar que esta é uma máquina de **Moore**

Tabela Verdade

Estado Atual		Saídas	
A	B	Y	C
0	0	0	0
0	1	0	0
1	0	1	1
1	1	1	X

Equação para C



$$C = A \cdot \bar{B} + A \cdot B = A$$

Equação para Y

$$Y = A$$