

INF01058

# Circuitos Digitais

Síntese de FSM com FF JK

Aula 27



Circuitos Digitais

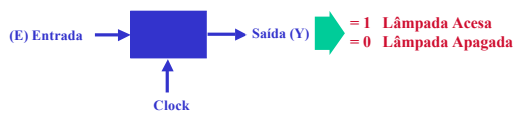
## Exemplo de projeto completo

- 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



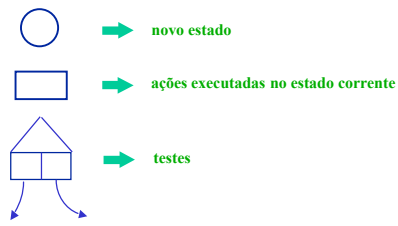
Circuitos Digitais

### 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

Circuitos Digitais


### Construção de um Fluxograma de Estados



Circuitos Digitais

### Fluxograma de Estados

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



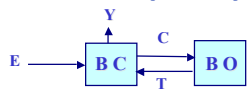
Circuitos Digitais

### Como tratar o contador ?

- Acrescentar uma saída C → = 0 nenhuma ação, = 1 Contador = Contador + 2
- Acrescentar uma entrada T (teste) → = 0 Contador ≠ 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



UFRGS .inf **Circuitos Digitais**

## 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

UFRGS .inf **Circuitos Digitais**

## 3. Diagrama de Estados (FSM) - Moore

X = don't care

UFRGS .inf **Circuitos Digitais**

## 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	S3

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

UFRGS .inf **Circuitos Digitais**

## 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

Entradas E T

Estado Atual AB	Entradas E T			
	00	01	11	10
00	00	00	01	01
01	01	01	10	10
11	11	11	11	11
10	00	11	11	00

UFRGS .inf **Circuitos Digitais**

## 6. Tabela de Transição de Estados

- lembrando tabela de excitação do FF JK

Qn	Qn+1	J	K	
0	0	0	X	(00 e 01 servem)
α	1	1	X	(10 e 11 servem)
β	0	X	1	(01 e 11 servem)
1	1	X	0	(00 e 10 servem)

- quatro transições possíveis serão representadas pelos seguintes símbolos

0	→	0	0
0	→	1	α
1	→	0	β
1	→	1	1

UFRGS .inf **Circuitos Digitais**

## 6. Tabela de Transição de Estados para o exemplo

- obtida a partir da Matriz de Referência

exemplo

AB	E T	00	01	11	10
00	00	00	0α	0α	
01	01	01	αβ	αβ	
11	11	11	11	11	
10	β0	1α	1α	β0	

$A_t B_t = 0 0 \quad 1 0$

$A_{t+1} B_{t+1} = 0 1 \quad 0 0$

“0” “α” “β” “0”

UFRGS . INF INSTITUTO DE INFORMÁTICA Circuitos Digitais

### 7. Equações de entrada dos FFs

- transições 0 e  $\alpha$  **importam** para J e são **indiferentes** para K
- transições  $\beta$  e 1 **importam** para K e são **indiferentes** para J

00	00	0 $\alpha$	0 $\alpha$
01	01	$\alpha$ $\beta$	$\alpha$ $\beta$
11	11	11	11
$\beta$ 0	1 $\alpha$	1 $\alpha$	$\beta$ 0

Tab. Trans. Estados | Eq. Entrada

"0" (0  $\rightarrow$  0) | J = 0  
 " $\alpha$ " (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<sub>A</sub>**

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

**J<sub>A</sub> = B . E**

UFRGS . INF INSTITUTO DE INFORMÁTICA Circuitos Digitais

00	00	0 $\alpha$	0 $\alpha$
01	01	$\alpha$ $\beta$	$\alpha$ $\beta$
11	11	11	11
$\beta$ 0	1 $\alpha$	1 $\alpha$	$\beta$ 0

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

**Equação K<sub>A</sub>**

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

**K<sub>A</sub> =  $\overline{B} . T$**

Tab. Trans. Estados | Eq. Entrada

"1" (1  $\rightarrow$  1) | K = 0  
 " $\beta$ " (1  $\rightarrow$  0) | K = 1

UFRGS . INF INSTITUTO DE INFORMÁTICA Circuitos Digitais

00	00	0 $\alpha$	0 $\alpha$
01	01	$\alpha$ $\beta$	$\alpha$ $\beta$
11	11	11	11
$\beta$ 0	1 $\alpha$	1 $\alpha$	$\beta$ 0

Tab. Trans. Estados | Eq. Entrada

"0" (0  $\rightarrow$  0) | J = 0  
 " $\alpha$ " (0  $\rightarrow$  1) | J = 1

**Equação J<sub>B</sub>**

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

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

**J<sub>B</sub> =  $\overline{A} . E + A . T$**

UFRGS . INF INSTITUTO DE INFORMÁTICA Circuitos Digitais

00	00	0 $\alpha$	0 $\alpha$
01	01	$\alpha$ $\beta$	$\alpha$ $\beta$
11	11	11	11
$\beta$ 0	1 $\alpha$	1 $\alpha$	$\beta$ 0

Tab. Trans. Estados | Eq. Entrada

"1" (1  $\rightarrow$  1) | K = 0  
 " $\beta$ " (1  $\rightarrow$  0) | K = 1

**Equação K<sub>B</sub>**

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

**K<sub>B</sub> =  $\overline{A} . E$**

UFRGS . INF INSTITUTO DE INFORMÁTICA Circuitos Digitais

### 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**

A	B	0	1
0	0	0	0
1	0	1	X

**C = A .  $\overline{B}$  + A . B = A**

**Equação para Y**

**Y = A**