

INF01058

Circuitos Digitais

Síntese de FSM com FF JK

Aula 27



Circuitos Digitais

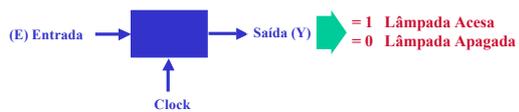
Exemplo de projeto completo

- 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



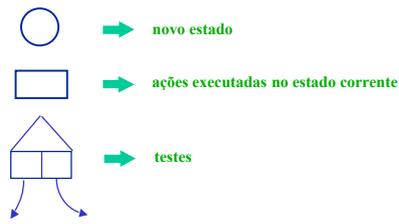
Circuitos Digitais

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



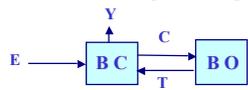
Circuitos Digitais

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

Estado
Lâmpada
Contador + 2

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

Estado Atual \ 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

↓ ↓
A B

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

7. Tabela de Transição de Estados para o exemplo

- obtida a partir da Matriz de Referência

exemplo

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

A_t B_t = 0 0 1 0
A_{t+1} B_{t+1} = 0 1 0 0

↓ ↓ ↓ ↓
"0" "α" "β" "0"

UFRGS . INF INSTITUTO DE INFORMÁTICA Circuitos Digitais

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	0 0
01	0 0	0 1	1 1	X
11	X	X	X	X
10	X	X	X	X

$J_A = B \cdot E$

UFRGS . INF INSTITUTO DE INFORMÁTICA Circuitos Digitais

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
01	X	X	X	X
11	0	0	0	0
10	1	0	0	1

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

Tab. Trans. Estados	Eq. Entrada
"1" (1 \rightarrow 1)	K = 0
" β " (1 \rightarrow 0)	K = 1

UFRGS . INF INSTITUTO DE INFORMÁTICA Circuitos Digitais

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

Equação J_B

ET	00	01	11	10
AB	00	0 0	0 1	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

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

UFRGS . INF INSTITUTO DE INFORMÁTICA Circuitos Digitais

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
"1" (1 \rightarrow 1)	K = 0
" β " (1 \rightarrow 0)	K = 1

Equação K_B

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

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

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

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

Equação para Y

$Y = A$