

INF01058

Circuitos Digitais

UFRGS .inf INSTITUTO DE INFORMÁTICA

Análise de Circuitos Sequenciais Máquinas de Mealy e Moore

Aula 24a

Circuitos Digitais

1. Introdução

- circuito sequencial síncrono
 - reconhecido se contém flip-flops (ou latches)
 - circuito pode conter parte combinacional ou não
- comportamento do circuito sequencial é determinado pela sequência de valores das entradas, saídas e estados (valores dos FF's)
 - saídas = f (entradas, estado atual) ou máquina de Mealy / f (estado atual) máquina de Moore
 - próximo estado = f (entradas, estado atual)
- equações de entrada = equações booleanas para as entradas de dados dos FF's
 - correspondem a uma lógica combinacional
 - para cada entrada de dados de um FF deve haver uma equação

Circuitos Digitais

Exemplo de equações de entrada

OBS: não há necessidade de uma equação para a entrada de controle ligada ao clock

$J_A = XB + \bar{Y}C$
 $K_A = YB + C$

Circuitos Digitais

Exemplo completo usando flip-flops de tipo D

reconhecer neste diagrama um circuito sequencial

- flip-flops
- lógica combinacional
- realimentações
- entradas
- saídas

Equações de entrada
 $D_A = AX + BX$ e $D_B = \bar{A}X$

Equação de saída
 $Y = (A+B) \cdot \bar{X}$

Circuitos Digitais

2. Tabela de Estados

Tabela de estados permite enumerar sequência no tempo das entradas, saídas e estados dos flip-flops

Tabela para o circuito anterior:

Estado Atual	Entrada		Próx. Estado			Saída
	A	B	A	B	Y	
0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	0	0
0	1	0	0	0	1	1
0	1	1	1	1	0	0
1	0	0	0	0	1	1
1	0	1	1	0	0	0
1	1	0	0	0	1	1
1	1	1	1	0	0	0

Obtida pela equação de saída

O próximo estado é obtido pelas equações de entrada dos FF's

Tabela não mostra clock (fica implícito)
 $A(t+1) = D_A(t)$ e $B(t+1) = D_B(t)$
 ↓
 pulso do clock

Circuitos Digitais

- saída do circuito sequencial pode estar ligada diretamente às saídas dos FF's
- não há equação de saída neste caso
- não há necessidade de coluna adicional na tabela

entradas → saídas

FF's

exemplo

$D_A = X \oplus Y \oplus A$ A é a saída do circuito

UFRGS .inf
CENTRO DE INFORMÁTICA

Circuitos Digitais

Tabela de estados

Estado Atual	Entradas		Próximo Estado
	A	X	
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

$D_A = X \oplus Y \oplus A$

UFRGS .inf
CENTRO DE INFORMÁTICA

Circuitos Digitais

3. Circuito com flip-flops JK

exemplo

$J_A = B$ $K_A = B\bar{X}$
 $J_B = \bar{X}$ $K_B = A\bar{X} + \bar{A}X$

tabela de estados

Estado Atual		Entrada	Entradas dos FF's				Próximo Estado	
A	B	X	J _A	K _A	J _B	K _B	A	B
0	0	0	0	0	1	0	0	1
0	0	1	0	0	0	0	1	0
0	1	0	1	1	1	0	1	1
0	1	1	1	0	0	1	1	0
1	0	0	0	0	1	1	1	1
1	0	1	0	0	0	0	1	0
1	1	0	1	1	1	1	0	0
1	1	1	1	0	0	0	1	1

UFRGS .inf
CENTRO DE INFORMÁTICA

Circuitos Digitais

$J_A = B$ $K_A = B\bar{X}$
 $J_B = \bar{X}$ $K_B = A\bar{X} + \bar{A}X$

UFRGS .inf
CENTRO DE INFORMÁTICA

Circuitos Digitais

4. Máquinas de Estados Finitos - FSM

Diagramas de estados

FSM para o exemplo da Tabela 1

a/b indica entrada/saída

Estado Atual		Entrada	Próx. Estado		Saída
A	B	X	A	B	Y
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	0
0	1	0	0	0	1
0	1	1	1	1	0
1	0	0	0	0	1
1	0	1	1	0	0
1	1	0	0	0	1
1	1	1	1	0	0

Máquina de Mealy
saída = f(entradas, estado)

UFRGS .inf
CENTRO DE INFORMÁTICA

Circuitos Digitais

FSM para o exemplo da Tabela 2

Estado Atual		Entradas		Próximo Estado
A	X	Y	A	
0	0	0	0	0
0	0	1	1	1
0	1	0	1	0
0	1	1	0	0
1	0	0	1	1
1	0	1	0	0
1	1	0	0	0
1	1	1	1	1

Máquina de Moore
saída = f(estado)

UFRGS .inf
CENTRO DE INFORMÁTICA

Circuitos Digitais

FSM para o exemplo da Tabela 3

Estado Atual		Entrada	Entradas dos FF's				Próximo Estado	
A	B	X	J _A	K _A	J _B	K _B	A	B
0	0	0	0	0	1	0	0	1
0	0	1	0	0	0	0	1	0
0	1	0	1	1	1	0	1	1
0	1	1	1	0	0	1	1	0
1	0	0	0	0	1	1	1	1
1	0	1	0	0	0	0	1	0
1	1	0	1	1	1	1	0	0
1	1	1	1	0	0	0	1	1