PCS 2215

Fundamentos de Engenharia de Computação II

Aula 24

Análise de Circuitos Sequenciais

Jaime Simão Sichman

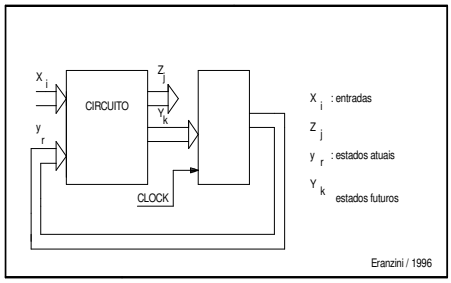
Professor Responsável

versão: 1.1 (agosto 2002)

Análise de Circuitos Seqüenciais

- Hipóteses Adotadas:
  - a memória constituída por flip-flops sensíveis à borda.
  - as entradas podem mudar simultaneamente, mas ficam estáveis durante a borda de atuação do clock.
  - a freqüência do clock é tal que os sinais internos já estão estabilizados na borda de interesse.

Modelo Geral de Um Circuito Seqüencial



Modelo de Mealy/Moore

- Existem duas abordagens para o projeto de circuitos seqüenciais síncronos:
  - *Modelo de Mealy*: as saídas dependem do estado corrente y_r e das entradas x_i
    - $z_i(t) = f_i(x_1(t), \ldots, x_n(t), y_1(t), \ldots, y_m(t))$
  - *Modelo de Moore*: as saídas dependem apenas do estado corrente y_r.
    - $z_i(t) = f_i(y_1(t), \ldots, y_m(t))$

Modelo de Mealy

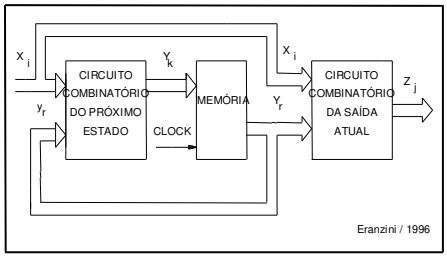
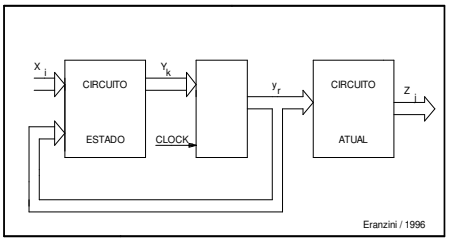
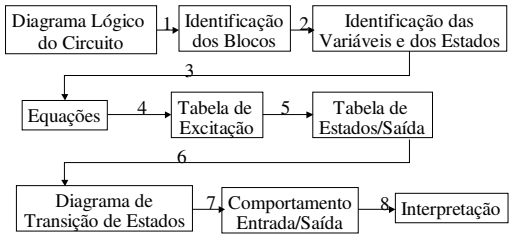


FIGURA 8.2 - Circuito Síncrono Tipo Mealy

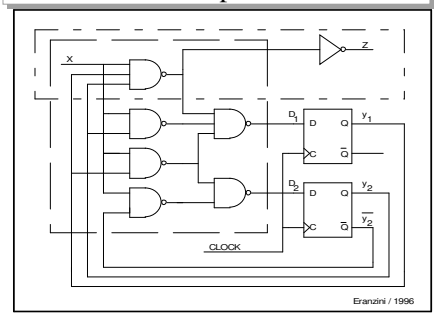
Modelo de Moore



Passos do Processo de Análise

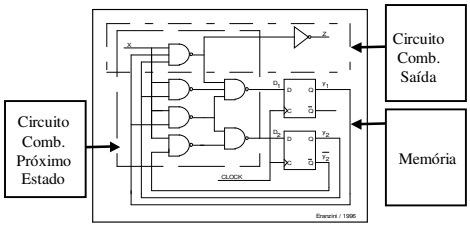


Primeiro Exemplo de Análise



Primeiro Exemplo de Análise

1) Identificação dos blocos



Primeiro Exemplo de Análise

2) Identificação das Variáveis e Estados

entradas	:	x
saídas	:	z
variáveis de excitação	:	D_1, D_2
variáveis de estado	:	y_1, y_2

Primeiro Exemplo de Análise

Com duas variáveis de estado, obtemos 4 estados, designados por A, B, C, D:

s	y_1	y_2
A	0	0
B	0	1
C	1	1
D	1	0

Primeiro Exemplo de Análise

3) Equações

- variáveis de excitação

  $D_1 = x.y_1.y_2 + x.y_2 + x.y_1 = x.y_1 + x.y_2$

  $D_2 = x.y_1 + x.y_2$'
- saída

  $Z = x.y_1.y_2$

Primeiro Exemplo de Análise

4) Tabela de Excitação

$y_1^t y_2^t$ \ x^t	0	1
00	00	01
01	00	10
11	00	11
10	00	11

$D_1^t D_2^t$

Primeiro Exemplo de Análise

5) Tabela de Estados/Saída

$y_1^t y_2^t$ \ x^t	0	1
00	00/0	01/0
01	00/0	10/0
11	00/0	11/1
10	00/0	11/0

$y_1^{t+1}\ y_2^{t+1}/z^t$

Primeiro Exemplo de Análise

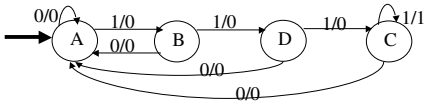
5) Tabela de Estados/Saída

s^t \ x^t	0	1
A	A/0	B/0
B	A/0	D/0
C	A/0	C/1
D	A/0	C/0

s^{t+1}/z^t Modelo de Mealy

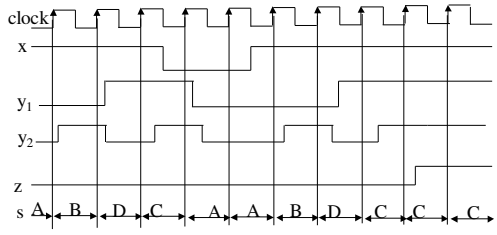
Primeiro Exemplo de Análise

6) Diagrama de Transição de Estados



Primeiro Exemplo de Análise

7) Comportamento Entrada/Saída

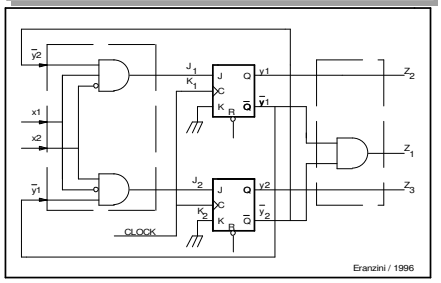


Primeiro Exemplo de Análise

8) Interpretação

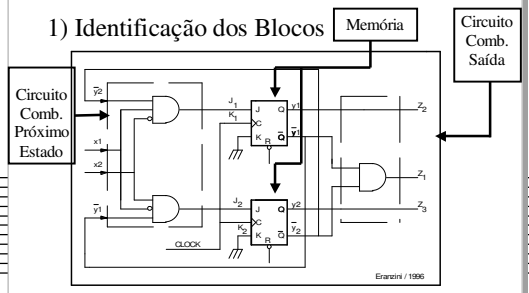
Adotando-se o estado A como sendo o estado inicial, o circuito realiza a detecção (aceitação) de seqüências de bits contendo quatro ou mais 1s consecutivos.

Segundo Exemplo de Análise



Segundo Exemplo de Análise

1) Identificação dos Blocos



Segundo Exemplo de Análise

2) Identificação das Variáveis e Estados

- entradas: x_1, x_2
- saídas: z_1, z_2, z_3
- variáveis de excitação: J_1, K_1, J_2, K_2
- variáveis de estado: y_1, y_2

Segundo Exemplo de Análise

Com duas variáveis de estado, obtemos 4 estados, designados por A, B, C, D:

s	y_1	y_2
A	0	0
B	0	1
C	1	1
D	1	0

Segundo Exemplo de Análise

3) Equações

- variáveis de excitação

  $J_1 = x_1 . x_2' . y_2'$, $K_1 = 0$

  $J_2 = x_1' . x_2 . y_1'$, $K_2 = 0$

- saída

  $z_1 = y_1' . y_2'$, $z_2 = y_1$, $z_3 = y_2$

Segundo Exemplo de Análise

4) Tabela de Excitação

$y_1^t y_2^t$ \ $x_1^t x_2^t$	**00**	**01**	**11**	**10**
00	00/00	00/10	00/00	10/00
01	00/00	00/10	00/00	00/00
11	00/00	00/00	00/00	00/00
10	00/00	00/00	00/00	10/00

$J_1^t K_1^t / J_2^t K_2^t$

Segundo Exemplo de Análise

5) Tabela de Estados/Saída

$y_1^t y_2^t$ \ $x_1^t x_2^t$	00	01	11	10
00	00/100	01/100	00/100	10/100
01	01/001	01/001	01/001	01/001
11	11/011	11/011	11/011	11/011
10	10/010	10/010	10/010	10/010

⇒

$y_1^{t+1}\ y_2^{t+1}/z_1^t z_2^t z_3^t$

Segundo Exemplo de Análise

5) Tabela de Estados/Saída

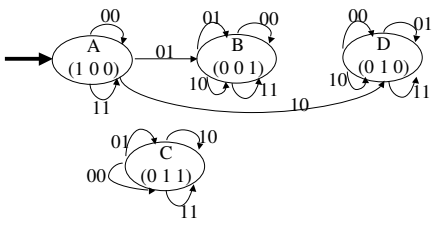
S^t \ $x_1^t x_2^t$	00	01	11	10	$Z_1 Z_2 Z_3$
A	A	B	A	D	1 0 0
B	B	B	B	B	0 0 1
C	C	C	C	C	0 1 1
D	D	D	D	D	0 1 0

s^{t+1} $z_1^t z_2^t z_3^t$

Modelo de Moore

Segundo Exemplo de Análise

6) Diagrama de Transição de Estados



Segundo Exemplo de Análise

7) Comportamento Entrada/Saída

fica como exercício para casa

Segundo Exemplo de Análise

8) Interpretação

- Supondo o circuito no estado inicial A, o circuito fica neste estado enquanto $x_1 = x_2$ (nos instantes de borda ativa do clock). Se $x_1 > x_2$, passa para o estado D e lá permanece. Se $x_1 < x_2$, passa para o estado B e lá permanece.

Segundo Exemplo de Análise

8) Interpretação

- Se chamarmos z_1 de ($x_1 = x_2$), z_2 de ($x_1 > x_2$) e z_3 de ($x_1 < x_2$), o circuito compara duas grandezas binárias seriais x_1 e x_2, supondo que a entrada se inicie com o bit mais significativo.

Bibliografia

[1] Edith Ranzini e Edson Fregni, *Notas de Aula de PCS-214*, Parte 2, Capítulo 8, Outubro de 1999.