

**PCS 2215**  
**Fundamentos de Engenharia de Computação II**

**Aula 24**

**Análise de Circuitos Sequenciais**

**Jaime Simão Sichman**  
*Professor Responsável*

versão: 1.1 (agosto 2002)

© Gomi, Reali, Sato e Sichman 25 August 2002 Aula 24 PCS 2215 - Fund. Eng. Comp. II 1

**Análise de Circuitos Sequenciais**

– 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 frequência do clock é tal que os sinais internos já estão estabilizados na borda de interesse.

© Gomi, Reali, Sato e Sichman 25 August 2002 Aula 24 PCS 2215 - Fund. Eng. Comp. II 2

**Modelo Geral de Um Circuito Sequencial**

$x_i$  : entradas  
 $z_j$  : estados atuais  
 $y_r$  : estados atuais  
 $y_k$  : estados futuros

Eranzini / 1996

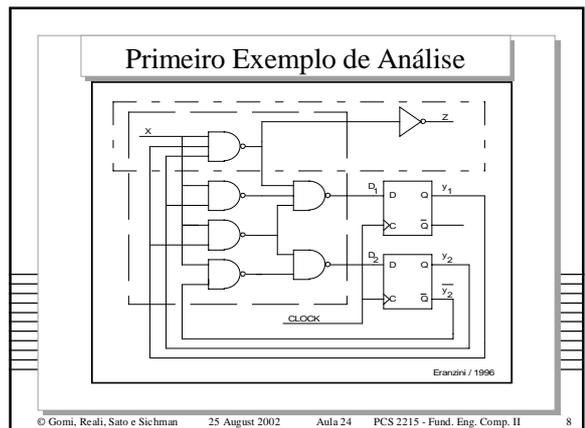
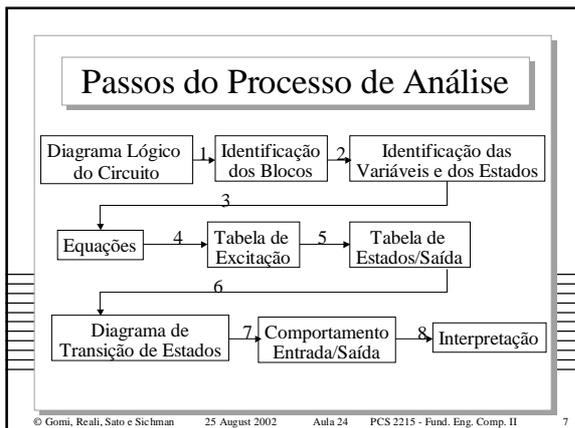
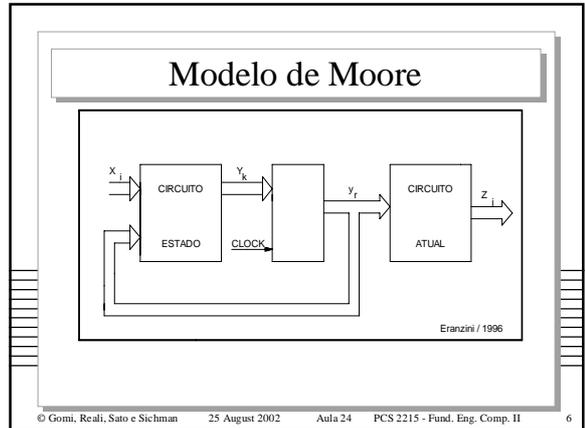
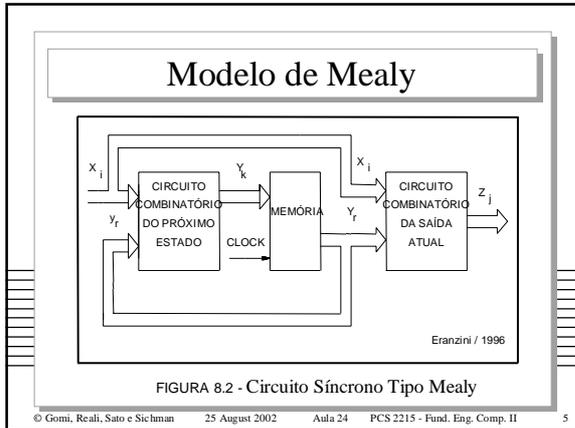
© Gomi, Reali, Sato e Sichman 25 August 2002 Aula 24 PCS 2215 - Fund. Eng. Comp. II 3

**Modelo de Mealy/Moore**

– Existem duas abordagens para o projeto de circuitos sequenciais síncronos:

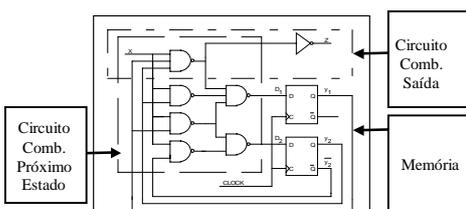
- **Modelo de Mealy**: as saídas dependem do estado corrente  $y_r$  e das entradas  $x_i$ 
  - $z_i(t) = f_i(x_1(t), \dots, x_n(t), y_1(t), \dots, y_m(t))$
- **Modelo de Moore**: as saídas dependem apenas do estado corrente  $y_r$ .
  - $z_i(t) = f_i(y_1(t), \dots, y_m(t))$

© Gomi, Reali, Sato e Sichman 25 August 2002 Aula 24 PCS 2215 - Fund. Eng. Comp. II 4



## Primeiro Exemplo de Análise

### 1) Identificação dos blocos



© Gomi, Reali, Sato e Sichman 25 August 2002 Aula 24 PCS 2215 - Fund. Eng. Comp. II 9

## Primeiro Exemplo de Análise

### 2) Identificação das Variáveis e Estados

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

© Gomi, Reali, Sato e Sichman 25 August 2002 Aula 24 PCS 2215 - Fund. Eng. Comp. II 10

## 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

© Gomi, Reali, Sato e Sichman 25 August 2002 Aula 24 PCS 2215 - Fund. Eng. Comp. II 11

## Primeiro Exemplo de Análise

### 3) Equações

- variáveis de excitação

$$D_1 = x \cdot y_1 \cdot y_2 + x \cdot y_2 + x \cdot y_1 = x \cdot y_1 + x \cdot y_2$$

$$D_2 = x \cdot y_1 + x \cdot y_2'$$

- saída

$$Z = x \cdot y_1 \cdot y_2$$

© Gomi, Reali, Sato e Sichman 25 August 2002 Aula 24 PCS 2215 - Fund. Eng. Comp. II 12

## Primeiro Exemplo de Análise

4) Tabela de Excitação

	$x^t$	0	1
$y_1^t y_2^t$			
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

	$x^t$	0	1
$y_1^t y_2^t$			
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

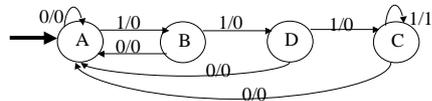
5) Tabela de Estados/Saída

	$x^t$	0	1
$s^t$			
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

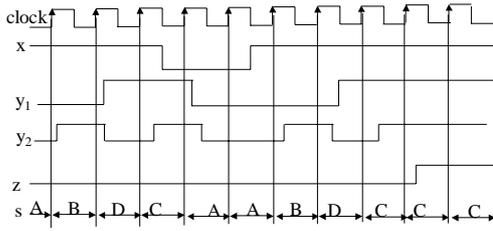
## Primeiro Exemplo de Análise

6) Diagrama de Transição de Estados



## Primeiro Exemplo de Análise

### 7) Comportamento Entrada/Saída



© Gomi, Reali, Sato e Sichman 25 August 2002 Aula 24 PCS 2215 - Fund. Eng. Comp. II 17

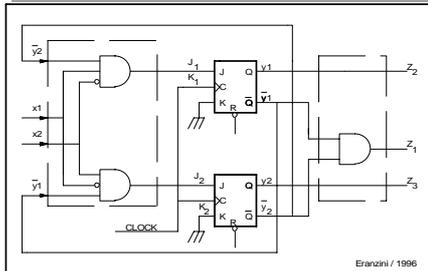
## Primeiro Exemplo de Análise

### 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.

© Gomi, Reali, Sato e Sichman 25 August 2002 Aula 24 PCS 2215 - Fund. Eng. Comp. II 18

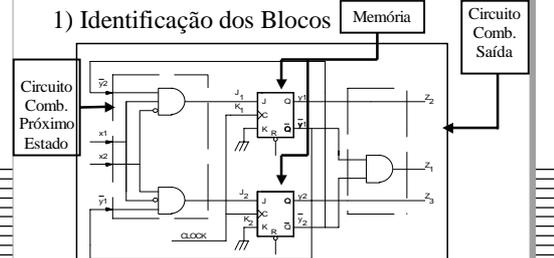
## Segundo Exemplo de Análise



© Gomi, Reali, Sato e Sichman 25 August 2002 Aula 24 PCS 2215 - Fund. Eng. Comp. II 19

## Segundo Exemplo de Análise

### 1) Identificação dos Blocos



© Gomi, Reali, Sato e Sichman 25 August 2002 Aula 24 PCS 2215 - Fund. Eng. Comp. II 20

## 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
  - $J_1 = x_1 \cdot x_2' \cdot y_2'$ ,  $K_1 = 0$
  - $J_2 = x_1' \cdot x_2 \cdot y_1'$ ,  $K_2 = 0$
- saída
  - $z_1 = y_1' \cdot y_2'$ ,  $z_2 = y_1$ ,  $z_3 = y_2$

## Segundo Exemplo de Análise

### 4) Tabela de Excitação

$x_1'x_2'$ $y_1'y_2'$	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

$$J_1' K_1' J_2' K_2'$$

## Segundo Exemplo de Análise

### 5) Tabela de Estados/Saída

$x_1^t x_2^t$ \ $y_1^t y_2^t$	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

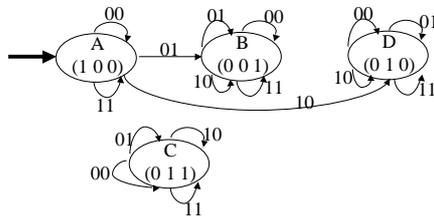
$s^{t+1}$

$z_1^t z_2^t z_3^t$

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.