

PCS 3225
Sistemas Digitais II

Módulo 04a – Análise de Circuitos
Sequenciais

Andrade, Marco Túlio Carvalho de
Professor Responsável

versão: Agosto de 2.018

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

1

Conteúdo

- **Análise de Circuitos Sequenciais**
 1. Modelo Geral de Um Circuito Sequencial
 2. Análise de Circuitos Sequenciais: Premissas Adotadas
 3. Modelo de Mealy/Moore
 - 3.1. Modelo de Mealy
 - 3.2. Modelo de Moore
 - 3.3. Passos do Processo de Análise
 4. Exemplo: Modelo de Mealy
 5. Exemplo: Modelo de Moore
- Bibliografia

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

2

1. Modelo Geral de Um Circuito Seqüencial

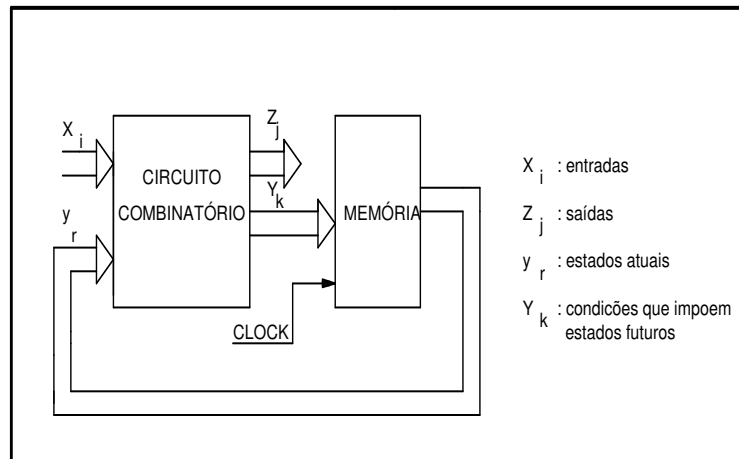


FIGURA 8.1 - MODELO GERAL DE CIRCUITO SÍNCRONO

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

3

2. Análise de Circuitos Seqüenciais: Premissas Adotadas

- Premissas adotadas:
 - A memória é constituída por flip-flop's 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.

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

4

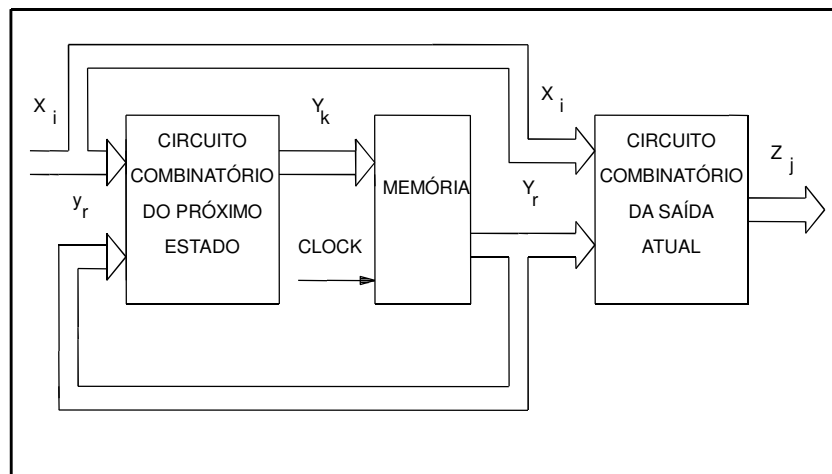
3. Modelo de Mealy/Moore

- Existem dois modelos para 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 .
$$z_i(t) = f_i(y_1(t), \dots, y_m(t))$$

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

5

3.1. Modelo de Mealy



© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

6

3.2. Modelo de Moore

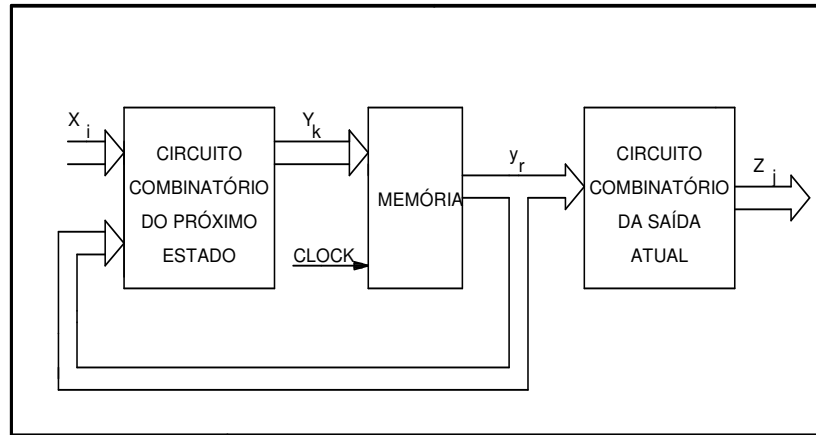
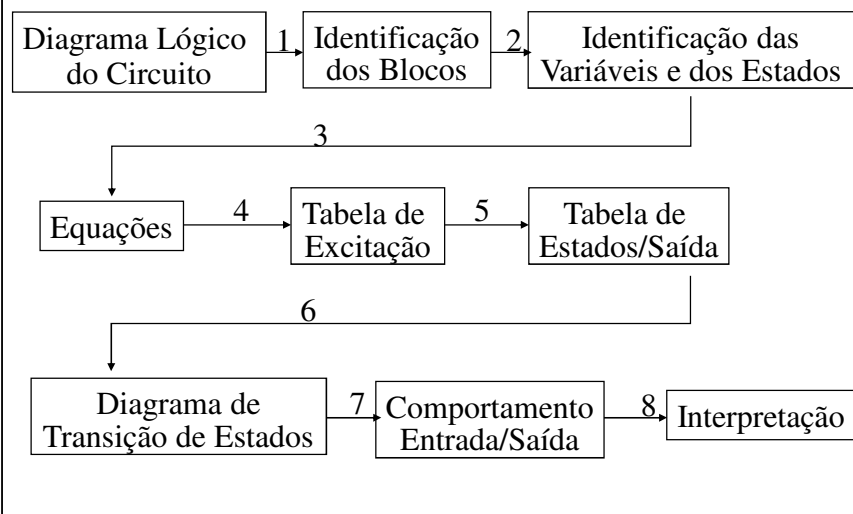


FIGURA 8.3 - CIRCUITO SÍNCRONO TIPO MOORE

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

7

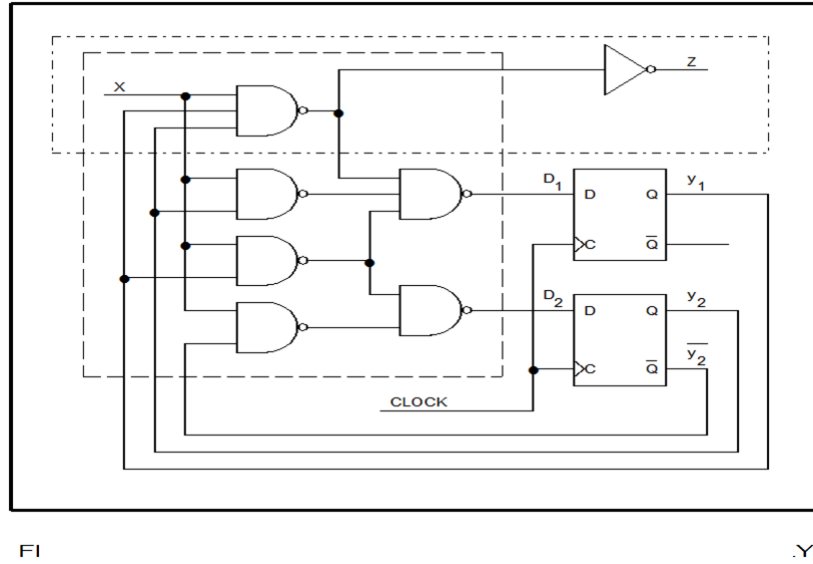
3.3. Passos do Processo de Análise



© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

8

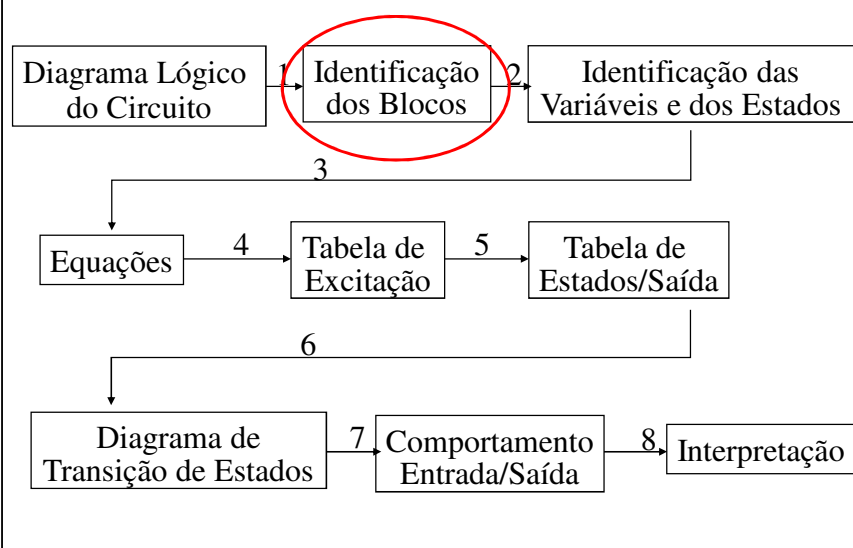
4. Exemplo – Modelo de Mealy



© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

9

3.3. Passos do Processo de Análise



© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

10

4. Exemplo – Modelo de Mealy

1) Identificação dos blocos

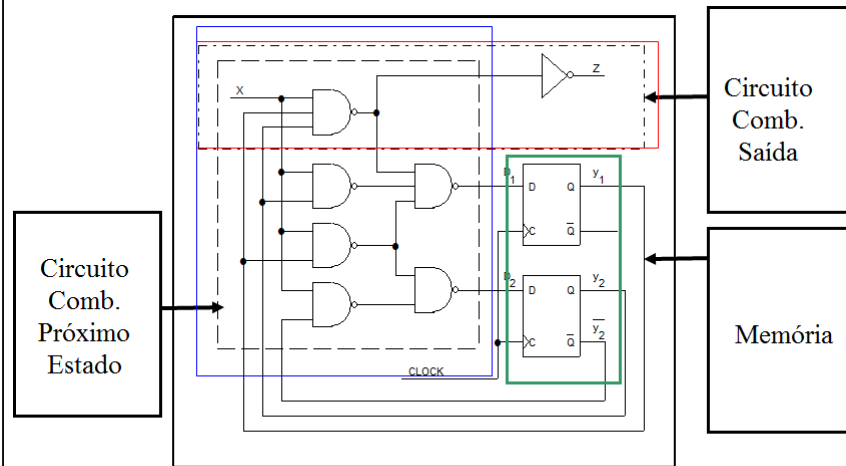
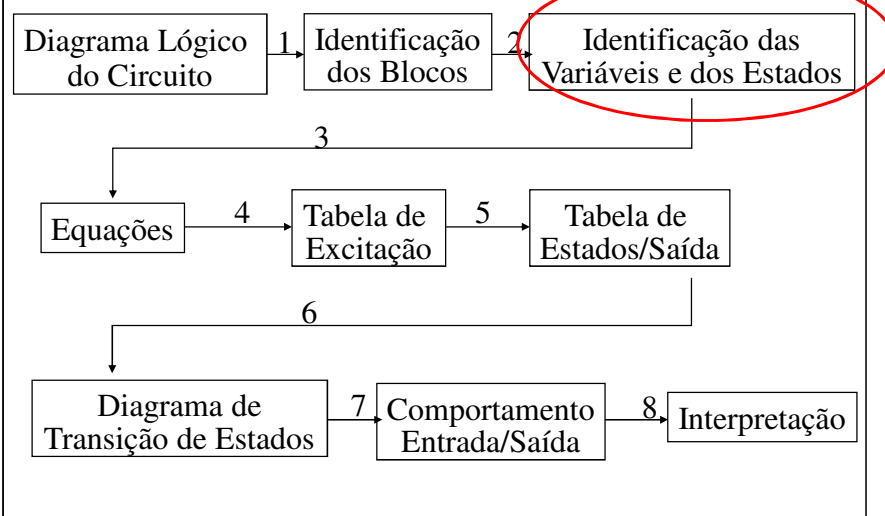


FIGURA 8.11 - CIRCUITO DO 2º EXEMPLO DE ANÁLISE (MEALY)

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

11

3.3. Passos do Processo de Análise



© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

12

4. Exemplo – Modelo de Mealy

2) Identificação das Variáveis e Estados

Entradas : x
Saídas : z
Variáveis de excitação : D_1, D_2
Variáveis de estado : y_1, y_2

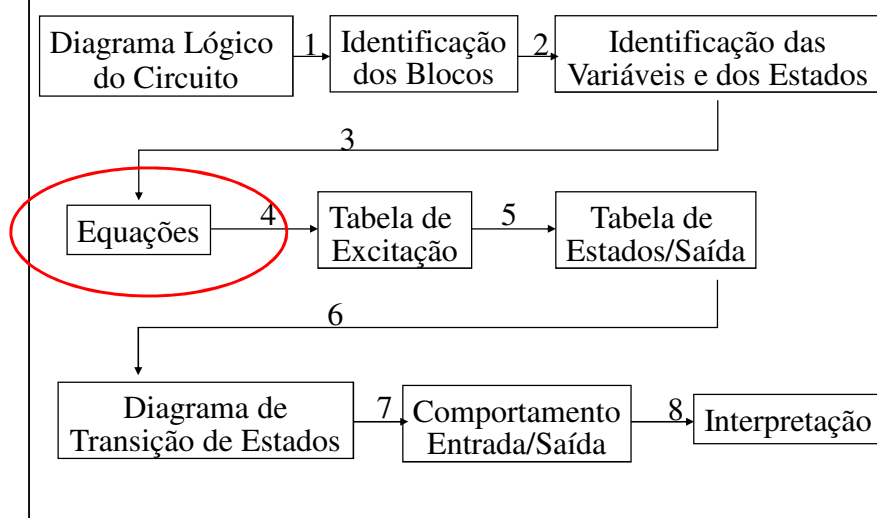
Com duas variáveis de estado, obtemos 4 estados, designados por A, B, C, D:

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

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

13

3.3. Passos do Processo de Análise



© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

14

4. Exemplo – Modelo de Mealy

3) Equações

- variáveis de excitação

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

$$D_2 = x.y_1 + x.y_2'$$

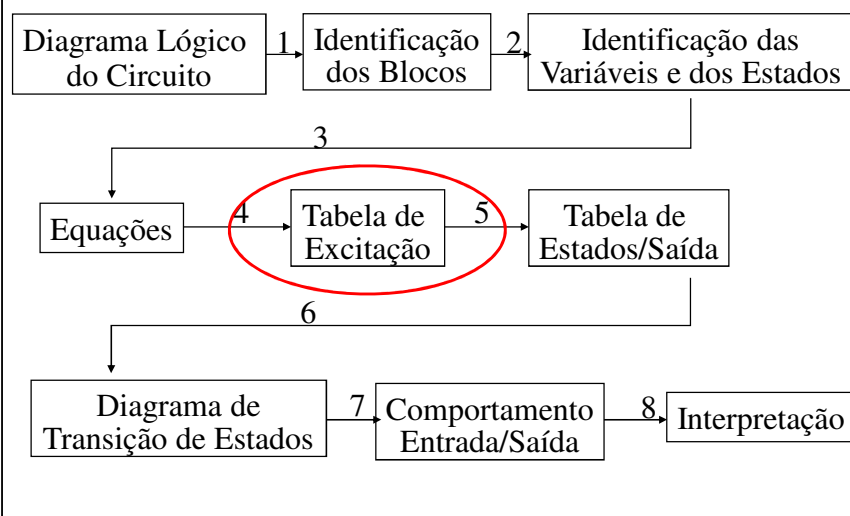
- saída

$$Z = x.y_1.y_2$$

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

15

3.3. Passos do Processo de Análise



© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

16

4. Exemplo – Modelo de Mealy

4) Tabela de Excitação

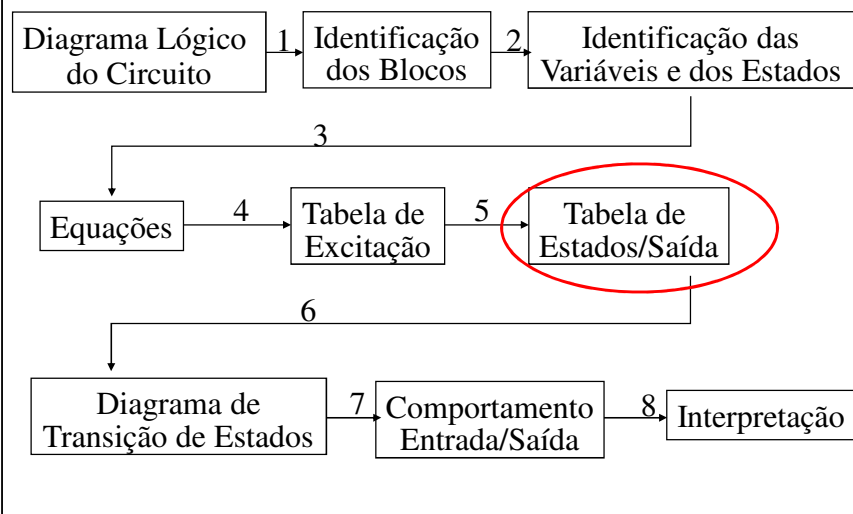
$y_1^t y_2^t \backslash x^t$	0	1
00	00	01
01	00	10
11	00	11
10	00	11

$D_1^t D_2^t$

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

17

3.3. Passos do Processo de Análise



© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

18

4. Exemplo – Modelo de Mealy

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

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

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

19

4. Exemplo – Modelo de Mealy

5) Tabela de Estados/Saída

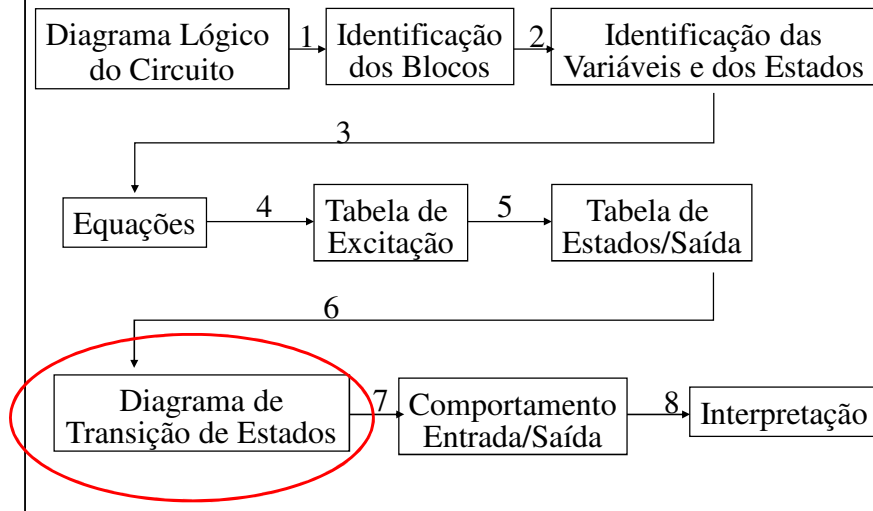
x^t		0	1
s^t	A	A/0	B/0
	B	A/0	D/0
	C	A/0	C/1
	D	A/0	C/0

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

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

20

3.3. Passos do Processo de Análise

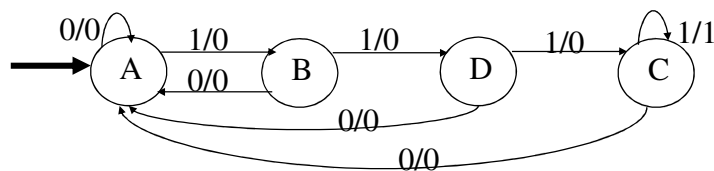


© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

21

4. Exemplo – Modelo de Mealy

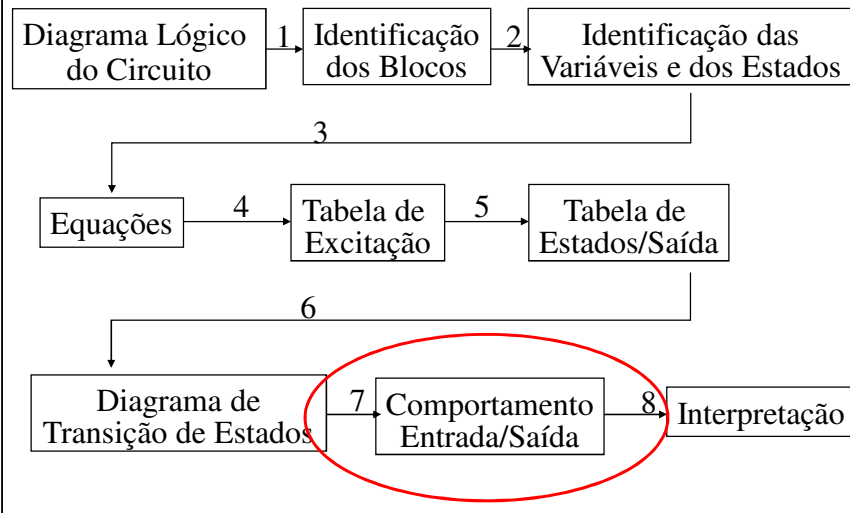
6) Diagrama de Transição de Estados



© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

22

3.3. Passos do Processo de Análise

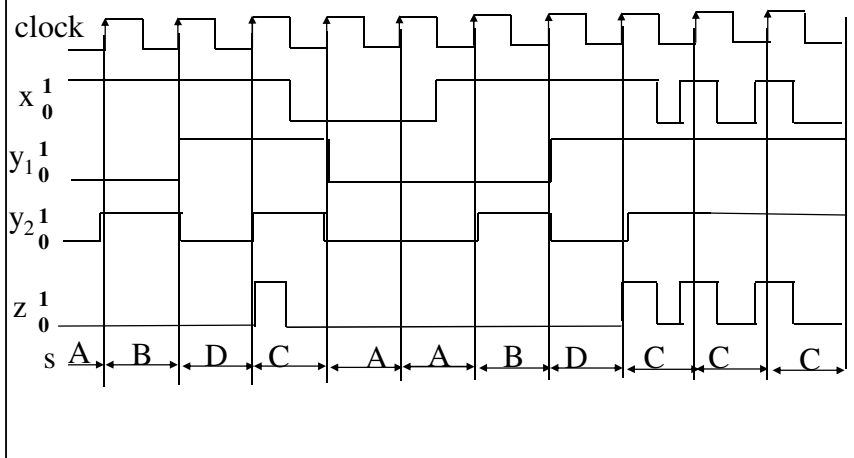


© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

23

4. Exemplo – Modelo de Mealy

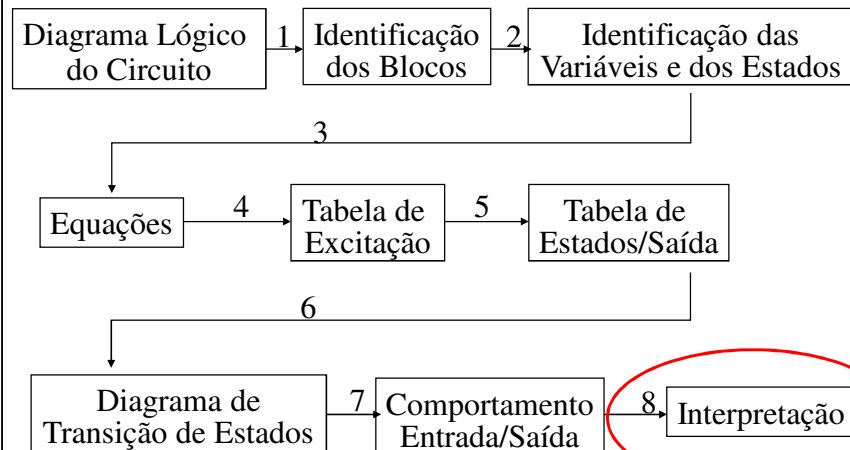
7) Comportamento Entrada/Saída



© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

24

3.3. Passos do Processo de Análise



© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

25

4. Exemplo – Modelo de Mealy

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.

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

26

5. Exemplo – Modelo de Moore

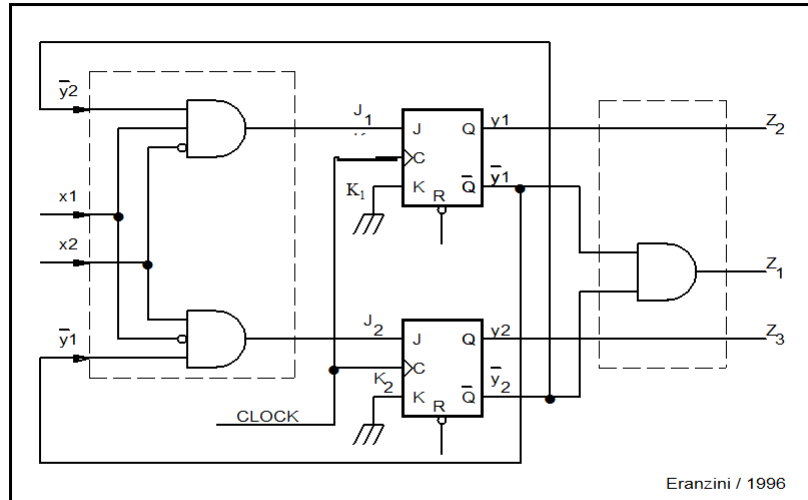
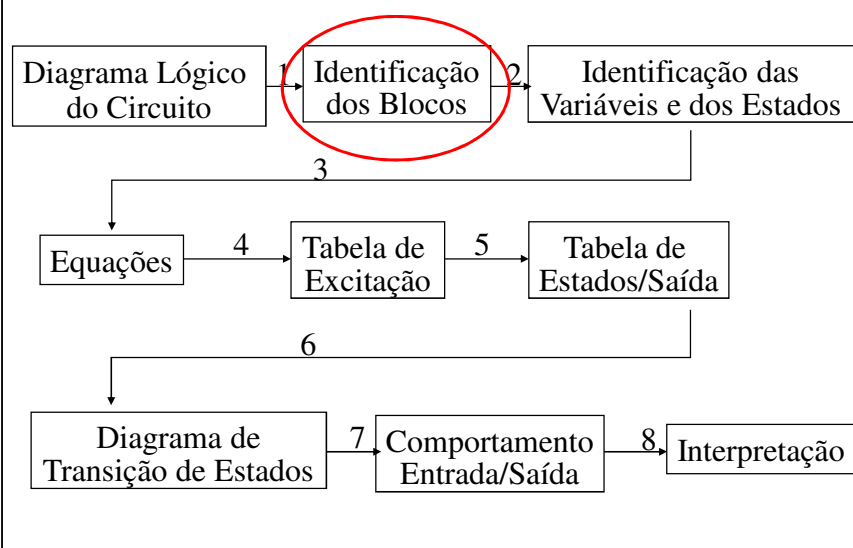


FIGURA 8.12 - CIRCUITO DO 3º EXEMPLO DE ANÁLISE (MOORE)

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

27

3.3. Passos do Processo de Análise



© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

28

5. Exemplo – Modelo de Moore

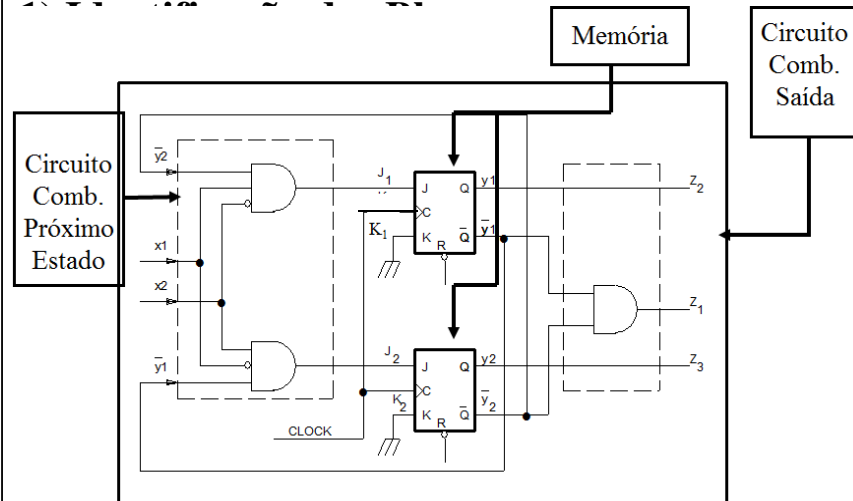
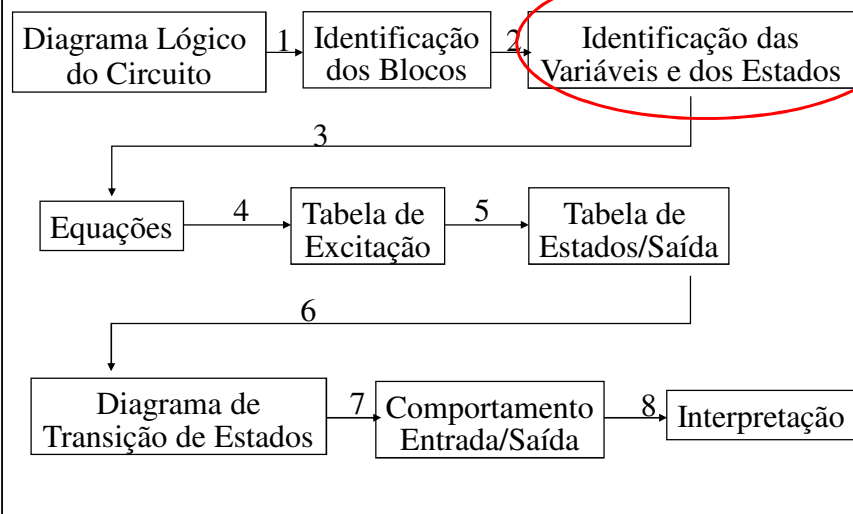


FIGURA 8.12 - CIRCUITO DO 3º EXEMPLO DE ANÁLISE (MOORE)

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

29

3.3. Passos do Processo de Análise



© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

30

5. Exemplo – Modelo de Moore

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

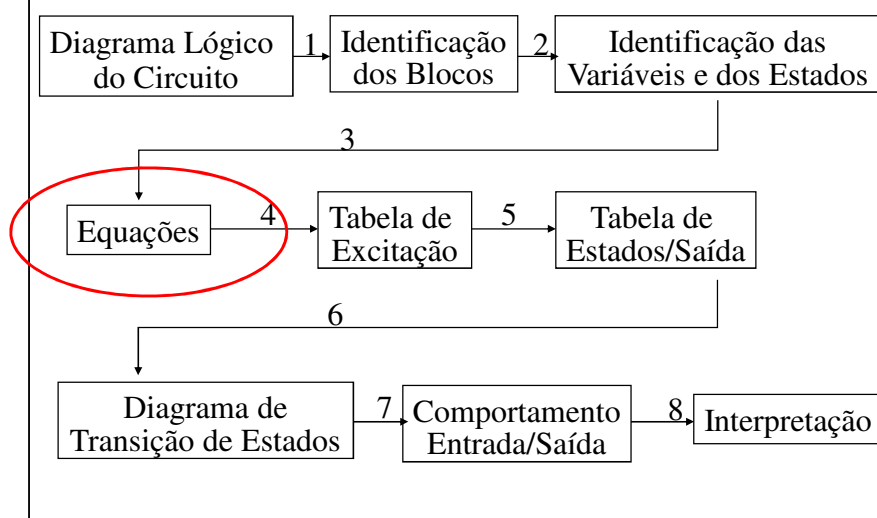
Com duas variáveis de estado, obtemos 4 estados, designados por A, B, C, D:

s	y1	y2
A	0	0
B	0	1
C	1	1
D	1	0

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

31

3.3. Passos do Processo de Análise



© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

32

5. Exemplo – Modelo de Moore

3) Equações

- Variáveis de excitação

$$J_1 = x_1 \cdot x_2' \cdot y_2'$$

$$K_1 = 0$$

$$J_2 = x_1' \cdot x_2 \cdot y_1'$$

$$K_2 = 0$$

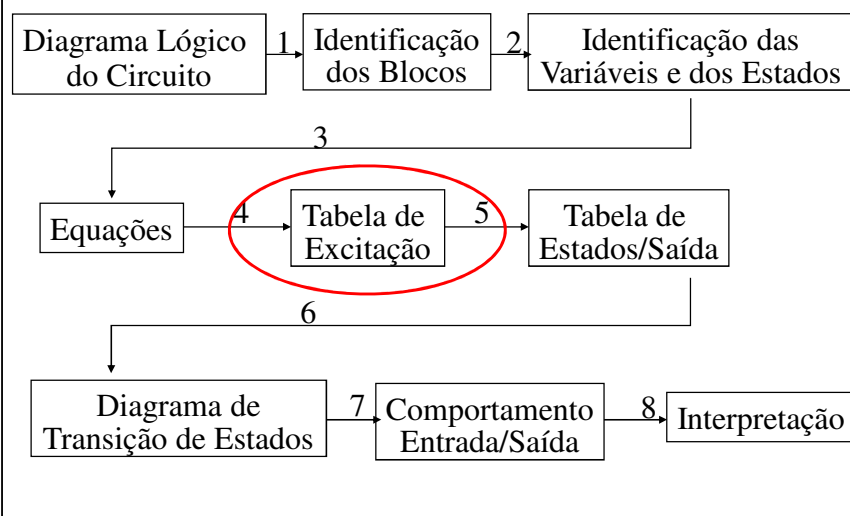
- Saída

$$z_1 = y_1' \cdot y_2', \quad z_2 = y_1, \quad z_3 = y_2$$

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

33

3.3. Passos do Processo de Análise



© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

34

5. Exemplo – Modelo de Moore

4) Tabela de Excitação

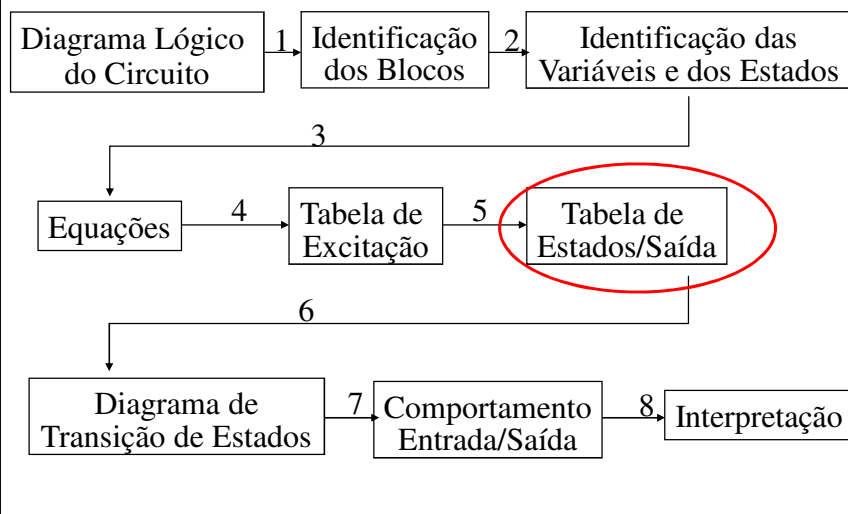
$\begin{matrix} x_1^t x_2^t \\ y_1^t y_2^t \end{matrix}$	00	01	11	10
00	00/00	00/10	00/00	10/00
01	00/00	00/10	00/00	00/00
11	00/00	00/00	00/00	00/00
10	00/00	00/00	00/00	10/00

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

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

35

3.3. Passos do Processo de Análise



© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

36

5. Exemplo – Modelo de Moore

5) Tabela de Estados/Saída

$\begin{matrix} x_1^t x_2^t \\ y_1^t y_2^t \end{matrix}$	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

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

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

37

5. Exemplo – Modelo de Moore

5) Tabela de Estados/Saída

$\begin{matrix} x_1^t x_2^t \\ s^t \end{matrix}$	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}

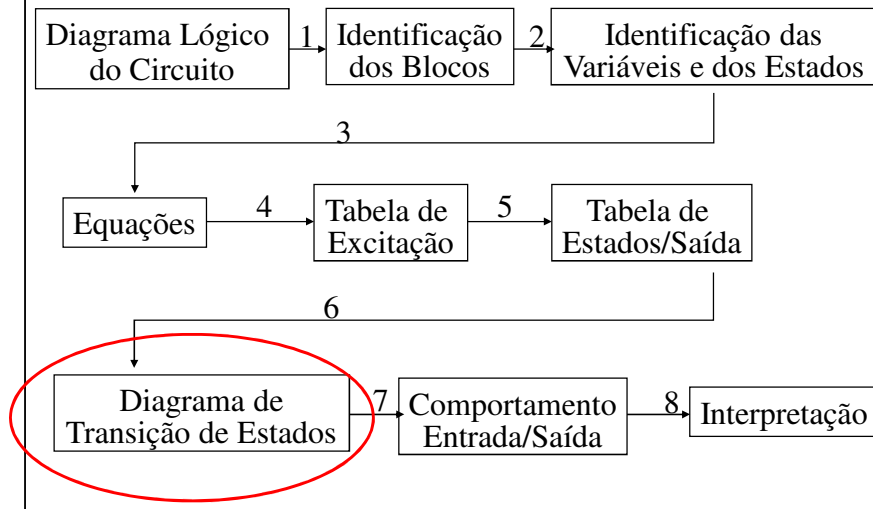
$z_1^t z_2^t z_3^t$

Modelo de Moore

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

38

3.3. Passos do Processo de Análise

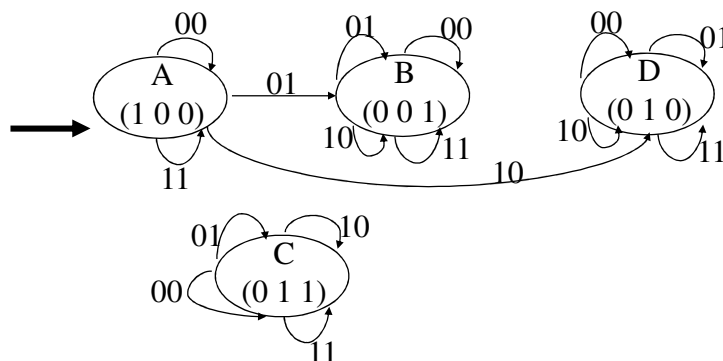


© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

39

5. Exemplo – Modelo de Moore

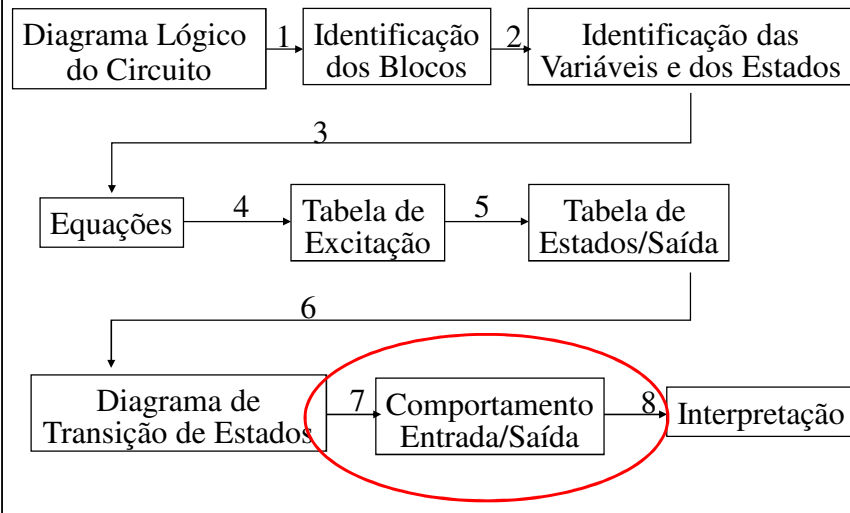
6) Diagrama de Transição de Estados



© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

40

3.3. Passos do Processo de Análise

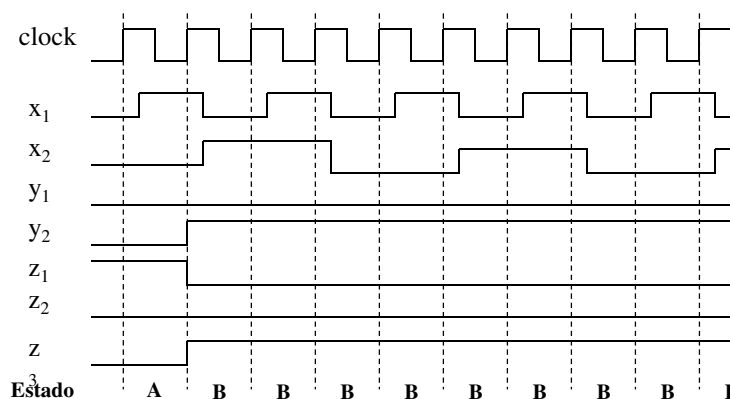


© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

41

5. Exemplo – Modelo de Moore

7) Comportamento Entrada/Saída (de A para B)

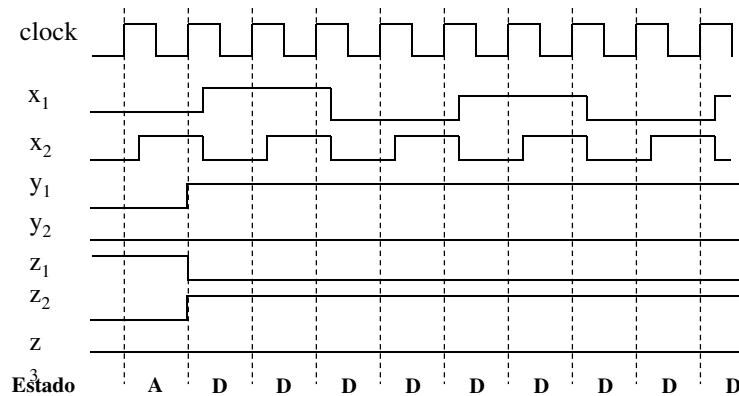


© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

42

5. Exemplo – Modelo de Moore

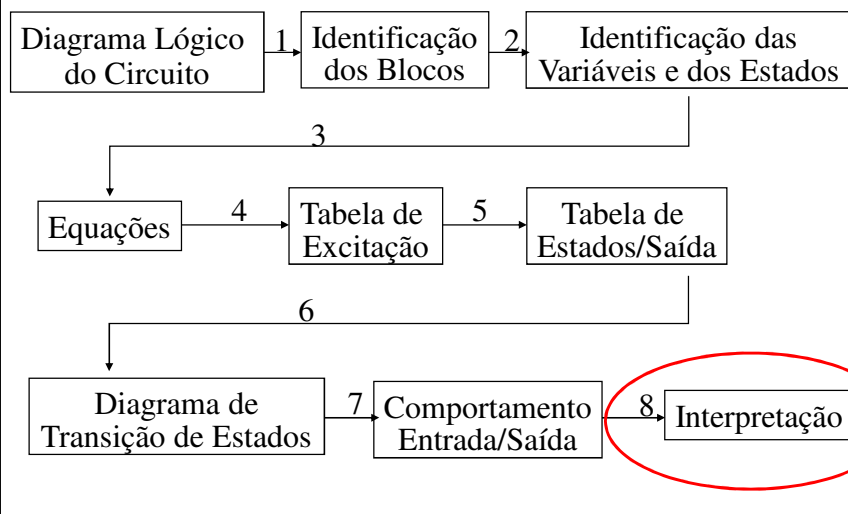
7) Comportamento Entrada/Saída (de A para D)



© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

43

3.3. Passos do Processo de Análise



© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

44

5. Exemplo – Modelo de Moore

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.
- Se chamarmos $z1$ de $(x1 = x2)$, $z2$ de $(x1 > x2)$ e $z3$ de $(x1 < x2)$, o circuito compara duas grandezas binárias seriais $x1$ e $x2$, supondo que a entrada se inicie com o bit mais significativo.

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

45

Lição de Casa

■ Leitura Obrigatória:

- Capítulo 7.0, ítem 7.3 do Livro Texto.

■ Exercícios Obrigatórios:

- Capítulo 7.0 do Livro Texto.

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

46

Livro Texto

- Wakerly, J.F.; *Digital Design – Principles & Practices*; Fourth Edition, ISBN: 0-13-186389-4, Pearson & Prentice-Hall, Upper Saddle, River, New Jersey, 07458, 2006.

Bibliografia Adicional Deste Assunto

- Dias, Francisco José de Oliveira; *Introdução aos Circuitos de Chaveamento*; Apostila, PEL/EPUSP, 1.980;
- Fregni, Edson; Ranzini, Edith; *Teoria da Comutação: Introdução aos Circuitos Digitais (Partes 1 e 2)*; Apostila PCS/EPUSP, Outubro de 1.999;

Bibliografia Adicional Deste Assunto

- Hill, Frederic and Peterson, Gerald;
Introduction to Switching Theory and Logical Design; Ed. John Wiley and Sons, 1.974;
- Ranzini, Edith; *Circuitos de Chaveamento*
(notas de aula); Apostila, EPUSP, 1.983.

PCS 3225
Sistemas Digitais II

Módulo 04a – Análise de Circuitos
Sequenciais

Andrade, Marco Túlio Carvalho de
Professor Responsável

versão: Agosto de 2.018

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

1

Conteúdo

- **Análise de Circuitos Sequenciais**
 1. Modelo Geral de Um Circuito Sequencial
 2. Análise de Circuitos Sequenciais: Premissas Adotadas
 3. Modelo de Mealy/Moore
 - 3.1. Modelo de Mealy
 - 3.2. Modelo de Moore
 - 3.3. Passos do Processo de Análise
 4. Exemplo: Modelo de Mealy
 5. Exemplo: Modelo de Moore
- Bibliografia

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

2

1. Modelo Geral de Um Circuito Seqüencial

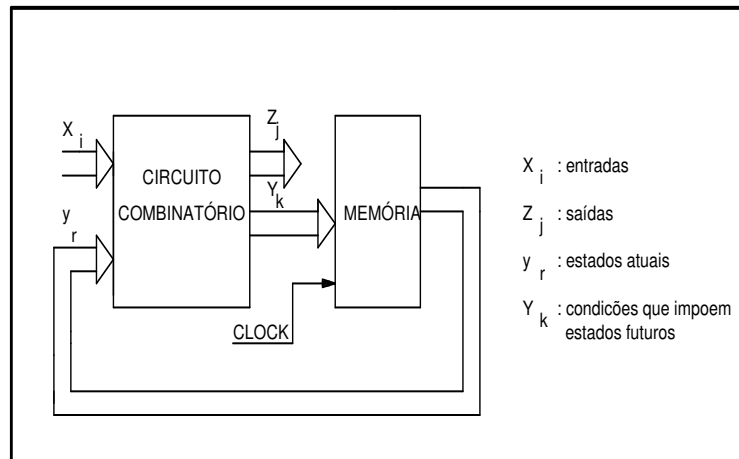


FIGURA 8.1 - MODELO GERAL DE CIRCUITO SÍNCRONO

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

3

2. Análise de Circuitos Seqüenciais: Premissas Adotadas

- Premissas adotadas:
 - A memória é constituída por flip-flop's 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.

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

4

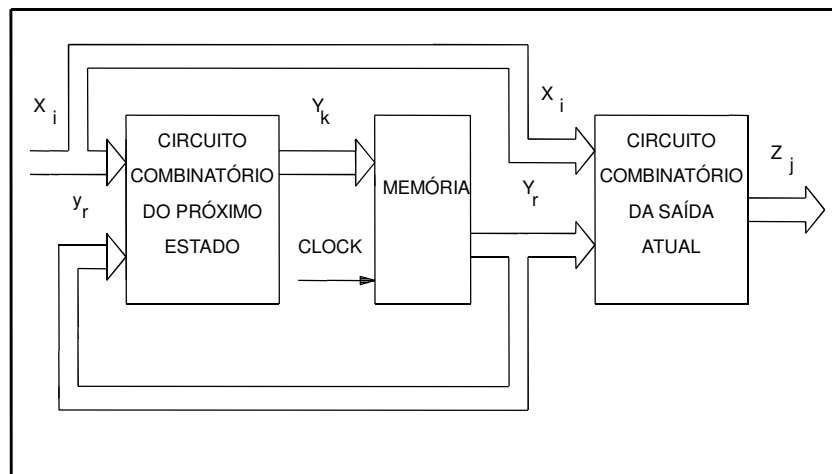
3. Modelo de Mealy/Moore

- Existem dois modelos para 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 .
$$z_i(t) = f_i(y_1(t), \dots, y_m(t))$$

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

5

3.1. Modelo de Mealy



© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

6

3.2. Modelo de Moore

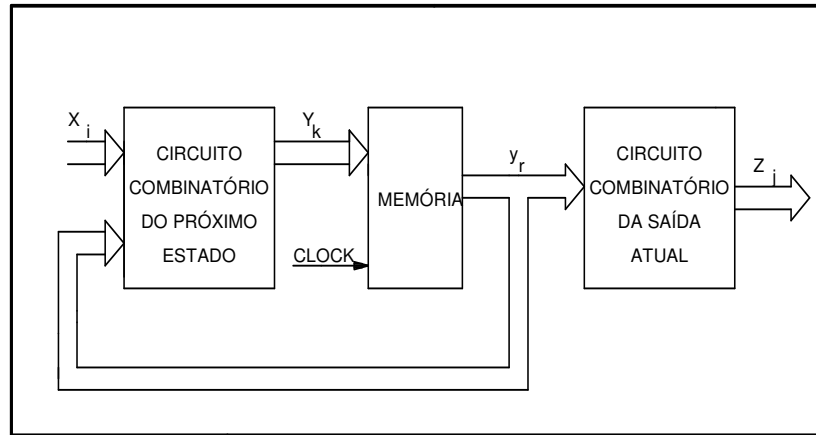
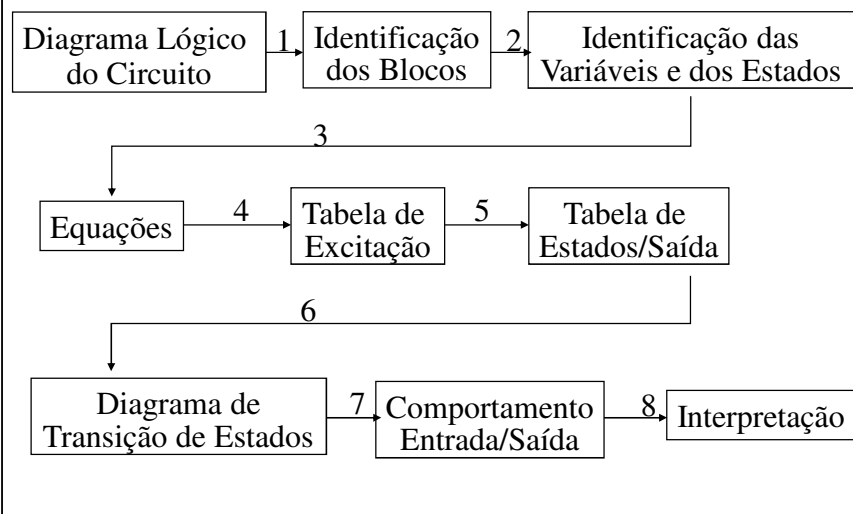


FIGURA 8.3 - CIRCUITO SÍNCRONO TIPO MOORE

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

7

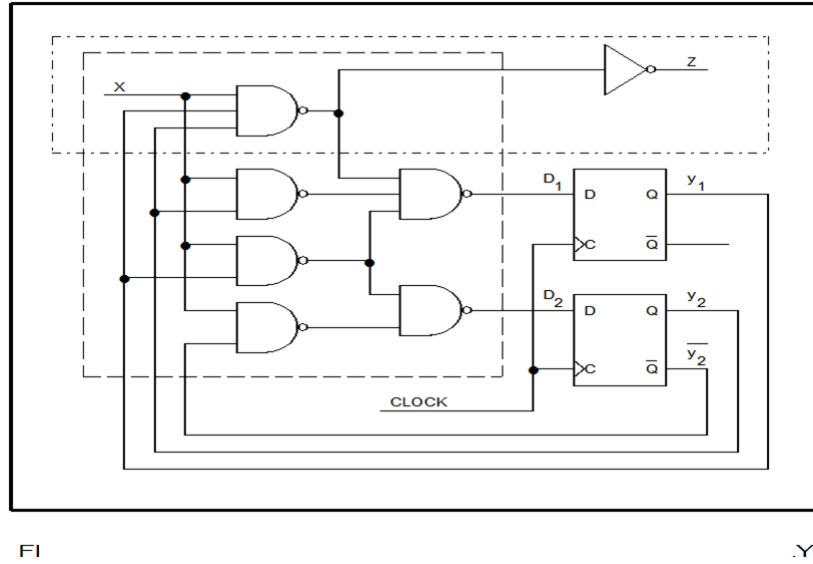
3.3. Passos do Processo de Análise



© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

8

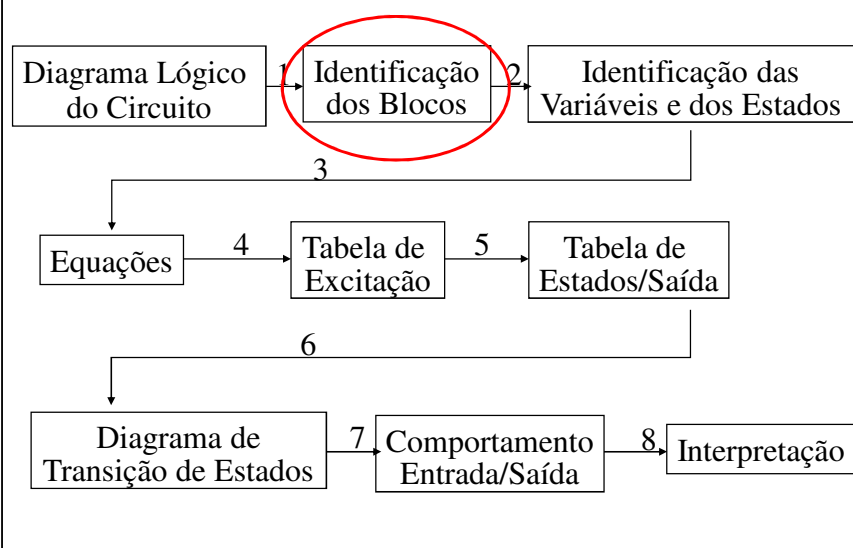
4. Exemplo – Modelo de Mealy



© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

9

3.3. Passos do Processo de Análise



© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

10

4. Exemplo – Modelo de Mealy

1) Identificação dos blocos

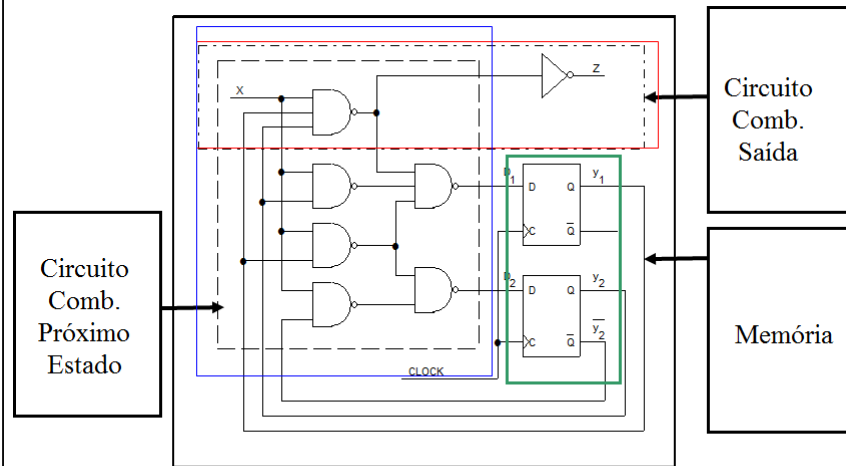
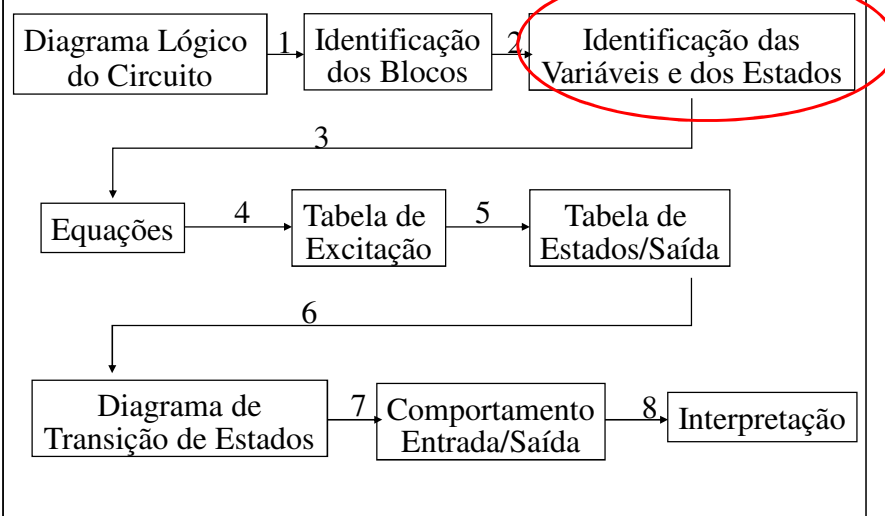


FIGURA 8.11 - CIRCUITO DO 2º EXEMPLO DE ANÁLISE (MEALY)

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

11

3.3. Passos do Processo de Análise



© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

12

4. Exemplo – Modelo de Mealy

2) Identificação das Variáveis e Estados

Entradas : x
Saídas : z
Variáveis de excitação : D_1, D_2
Variáveis de estado : y_1, y_2

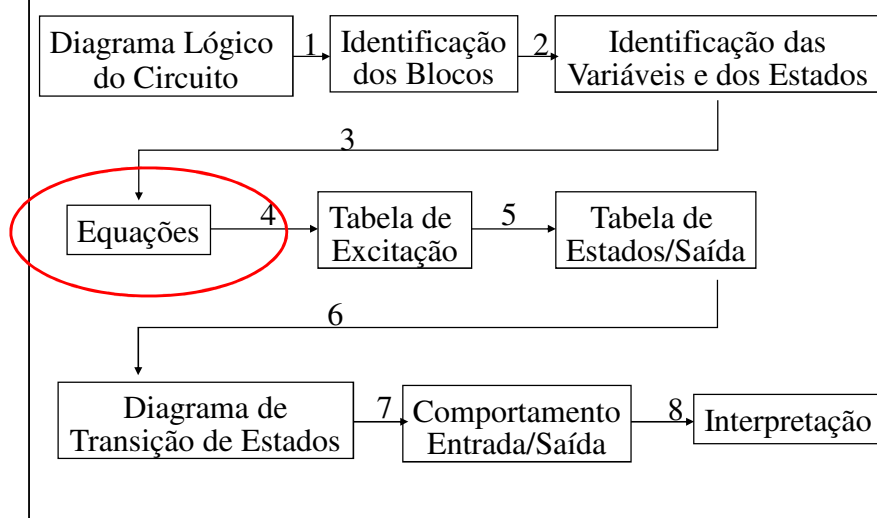
Com duas variáveis de estado, obtemos 4 estados, designados por A, B, C, D:

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

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

13

3.3. Passos do Processo de Análise



© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

14

4. Exemplo – Modelo de Mealy

3) Equações

- variáveis de excitação

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

$$D_2 = x.y_1 + x.y_2'$$

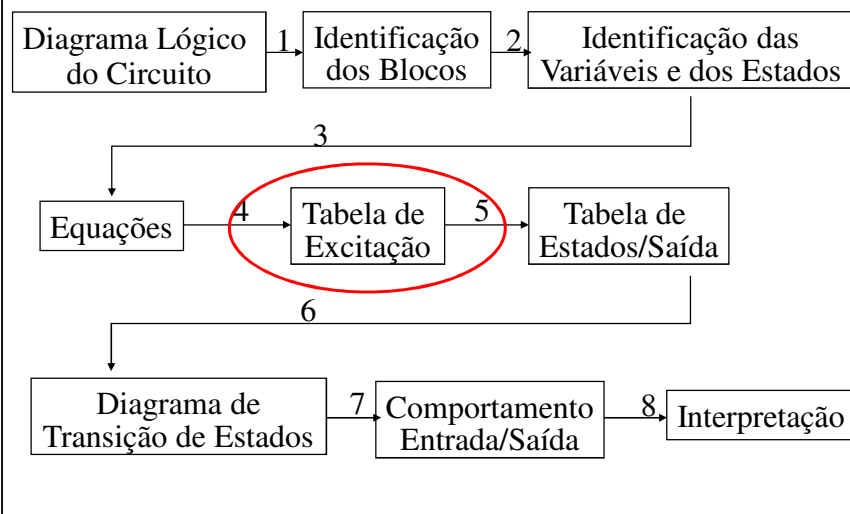
- saída

$$Z = x.y_1.y_2$$

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

15

3.3. Passos do Processo de Análise



© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

16

4. Exemplo – Modelo de Mealy

4) Tabela de Excitação

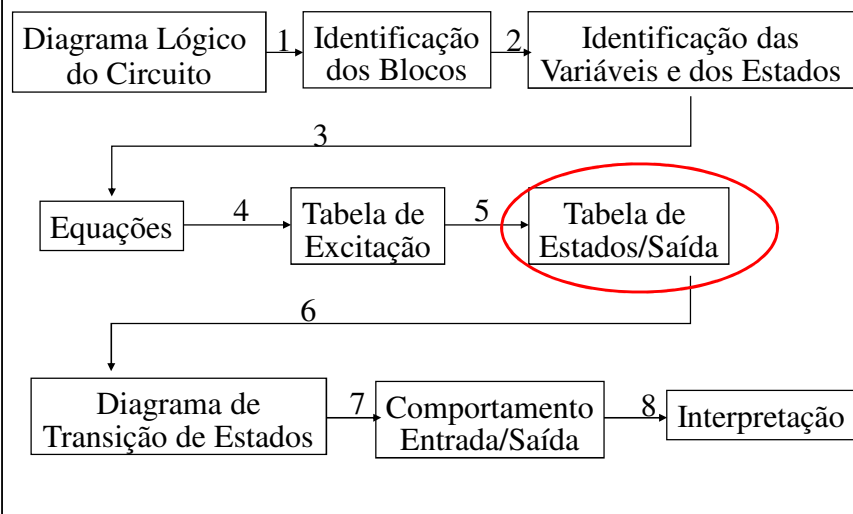
$y_1^t y_2^t \backslash x^t$	0	1
00	00	01
01	00	10
11	00	11
10	00	11

$D_1^t D_2^t$

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

17

3.3. Passos do Processo de Análise



© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

18

4. Exemplo – Modelo de Mealy

5) Tabela de Estados/Saída

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

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

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

19

4. Exemplo – Modelo de Mealy

5) Tabela de Estados/Saída

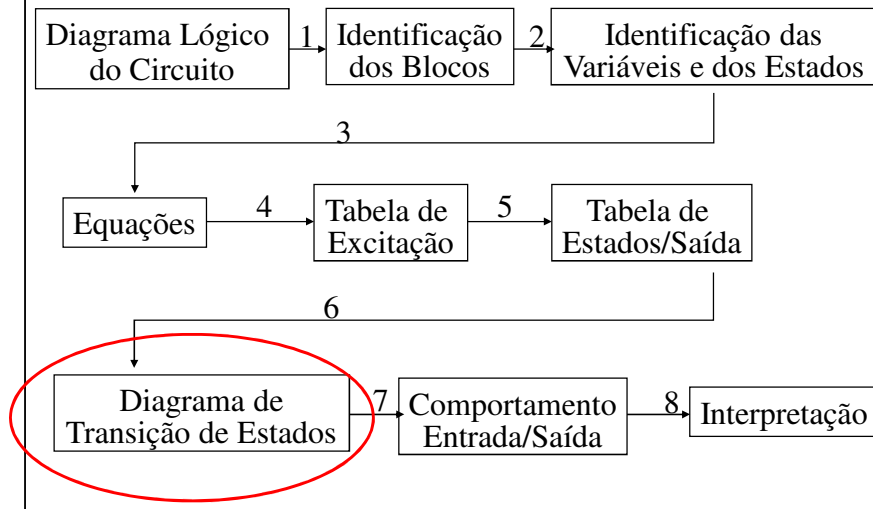
x^t s^t		0	1
A		A/0	B/0
B		A/0	D/0
C		A/0	C/1
D		A/0	C/0

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

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

20

3.3. Passos do Processo de Análise

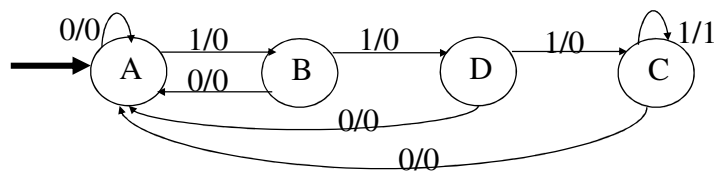


© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

21

4. Exemplo – Modelo de Mealy

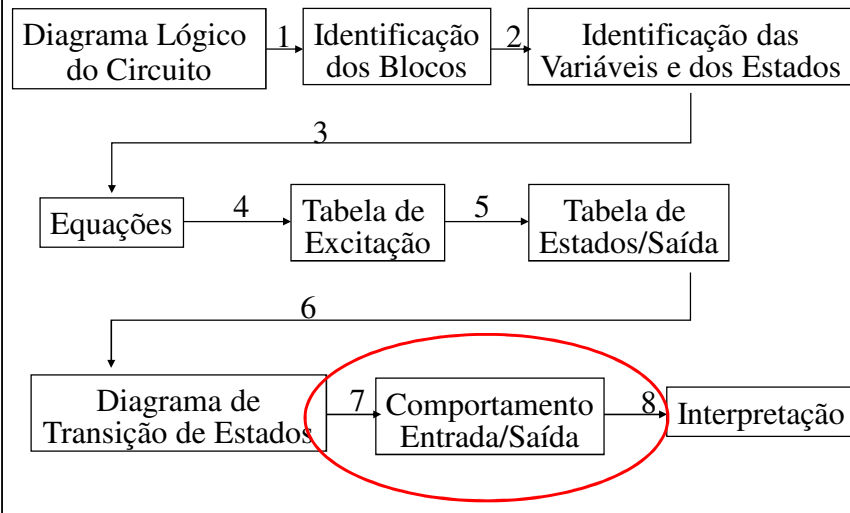
6) Diagrama de Transição de Estados



© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

22

3.3. Passos do Processo de Análise

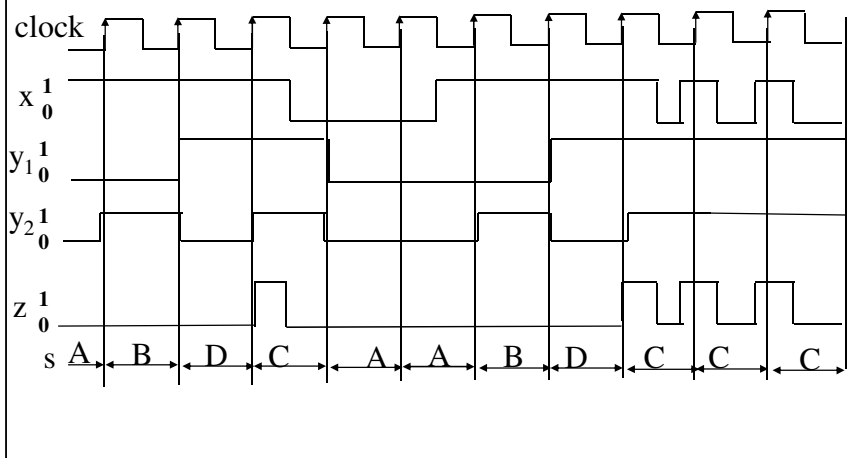


© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

23

4. Exemplo – Modelo de Mealy

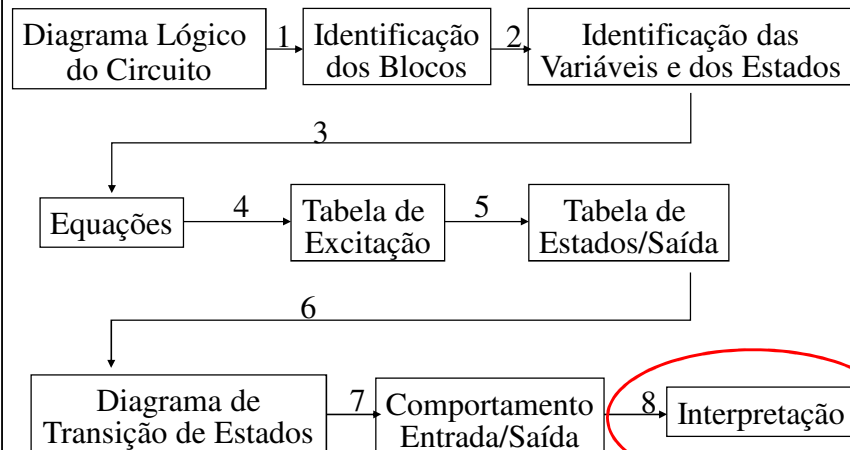
7) Comportamento Entrada/Saída



© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

24

3.3. Passos do Processo de Análise



© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

25

4. Exemplo – Modelo de Mealy

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.

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

26

5. Exemplo – Modelo de Moore

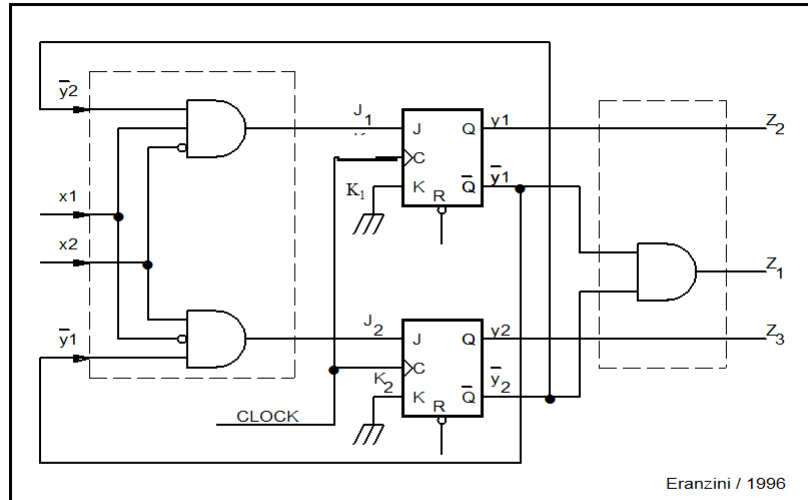
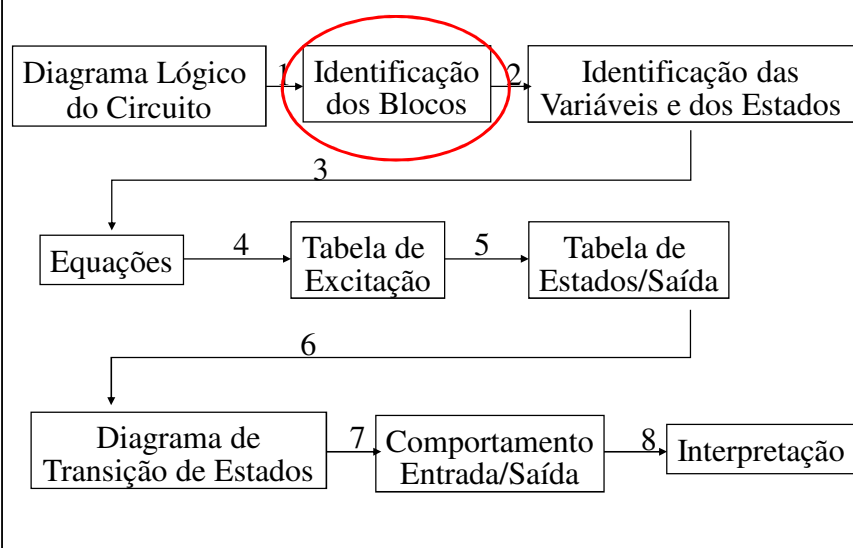


FIGURA 8.12 - CIRCUITO DO 3º EXEMPLO DE ANÁLISE (MOORE)

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

27

3.3. Passos do Processo de Análise



© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

28

5. Exemplo – Modelo de Moore

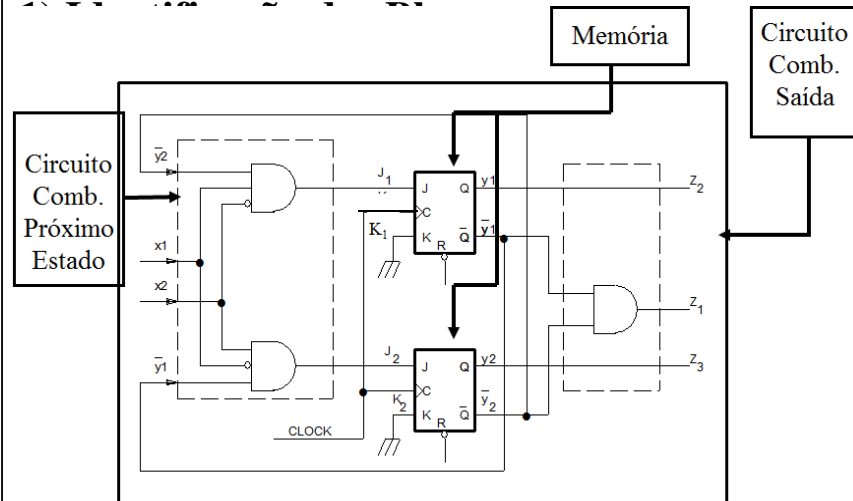
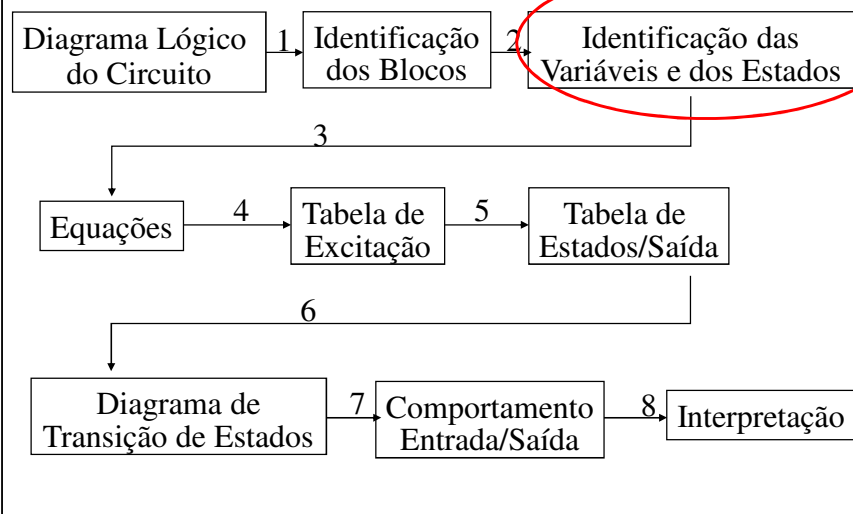


FIGURA 8.12 - CIRCUITO DO 3º EXEMPLO DE ANÁLISE (MOORE)

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

29

3.3. Passos do Processo de Análise



© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

30

5. Exemplo – Modelo de Moore

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

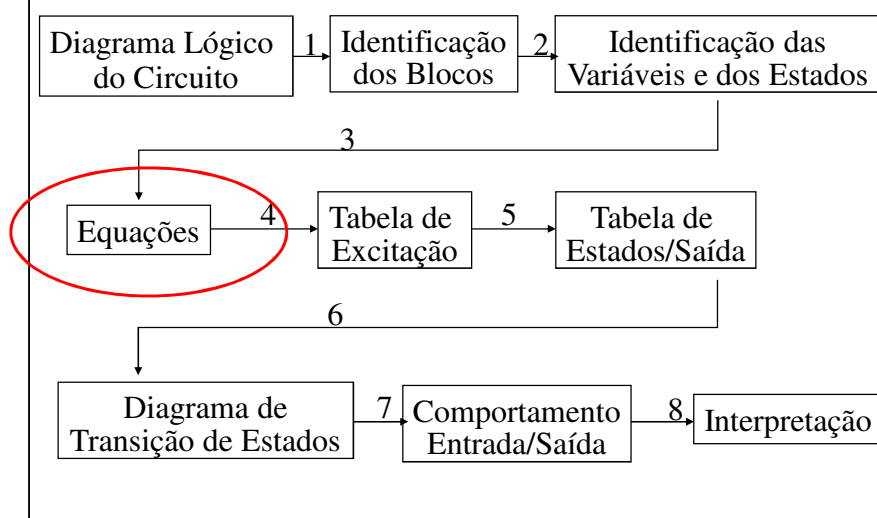
Com duas variáveis de estado, obtemos 4 estados, designados por A, B, C, D:

s	y1	y2
A	0	0
B	0	1
C	1	1
D	1	0

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

31

3.3. Passos do Processo de Análise



© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

32

5. Exemplo – Modelo de Moore

3) Equações

- Variáveis de excitação

$$J_1 = x_1 \cdot x_2' \cdot y_2'$$

$$K_1 = 0$$

$$J_2 = x_1' \cdot x_2 \cdot y_1'$$

$$K_2 = 0$$

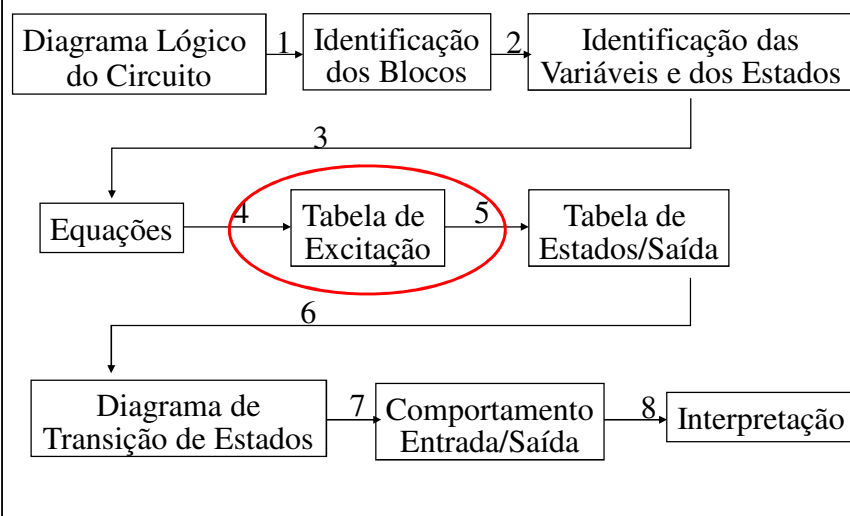
- Saída

$$z_1 = y_1' \cdot y_2', \quad z_2 = y_1, \quad z_3 = y_2$$

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

33

3.3. Passos do Processo de Análise



© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

34

5. Exemplo – Modelo de Moore

4) Tabela de Excitação

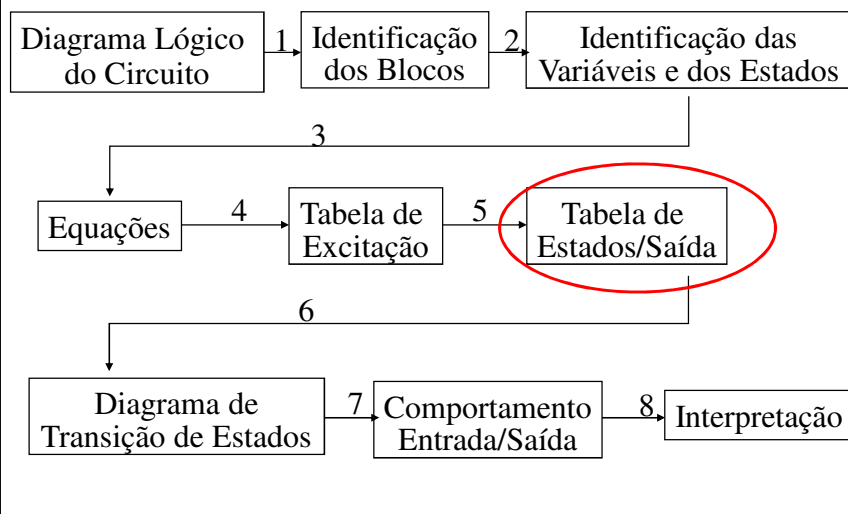
$\begin{matrix} x_1^t x_2^t \\ y_1^t y_2^t \end{matrix}$	00	01	11	10
00	00/00	00/10	00/00	10/00
01	00/00	00/10	00/00	00/00
11	00/00	00/00	00/00	00/00
10	00/00	00/00	00/00	10/00

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

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

35

3.3. Passos do Processo de Análise



© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

36

5. Exemplo – Modelo de Moore

5) Tabela de Estados/Saída

$\begin{matrix} x_1^t x_2^t \\ y_1^t y_2^t \end{matrix}$	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

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

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

37

5. Exemplo – Modelo de Moore

5) Tabela de Estados/Saída

$\begin{matrix} x_1^t x_2^t \\ s^t \end{matrix}$	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}

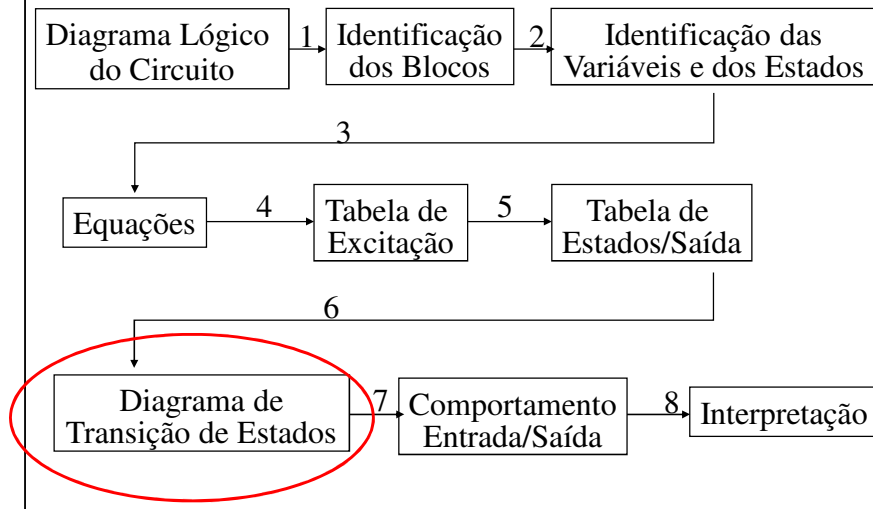
$z_1^t z_2^t z_3^t$

Modelo de Moore

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

38

3.3. Passos do Processo de Análise

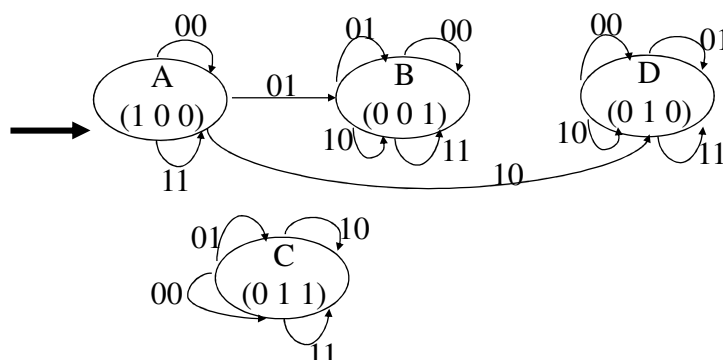


© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

39

5. Exemplo – Modelo de Moore

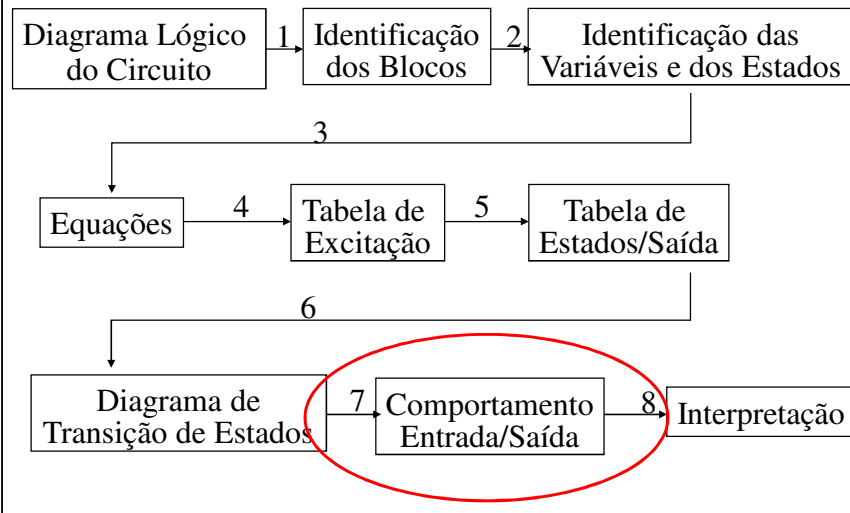
6) Diagrama de Transição de Estados



© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

40

3.3. Passos do Processo de Análise

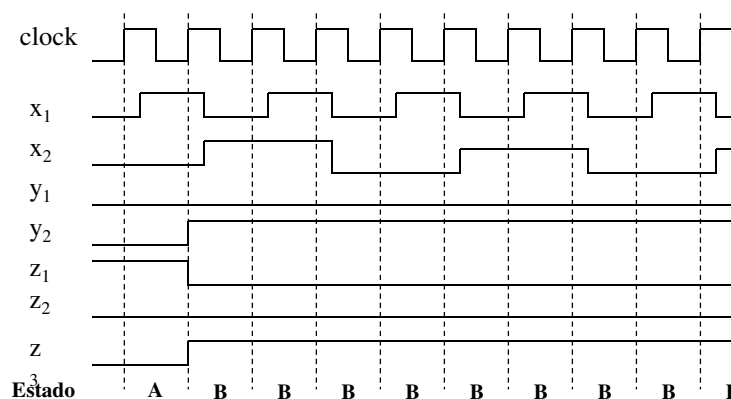


© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

41

5. Exemplo – Modelo de Moore

7) Comportamento Entrada/Saída (de A para B)

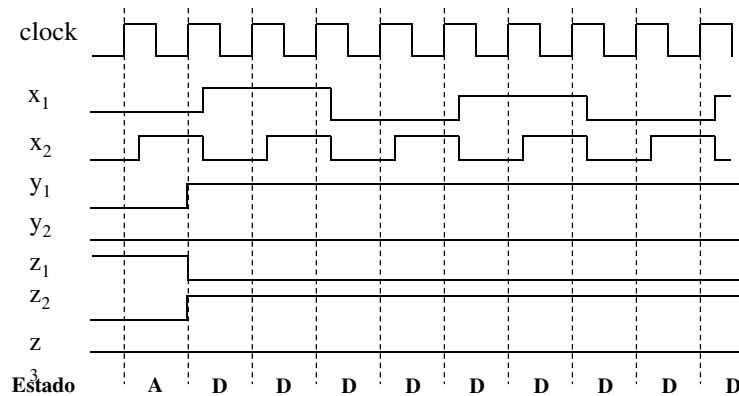


© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

42

5. Exemplo – Modelo de Moore

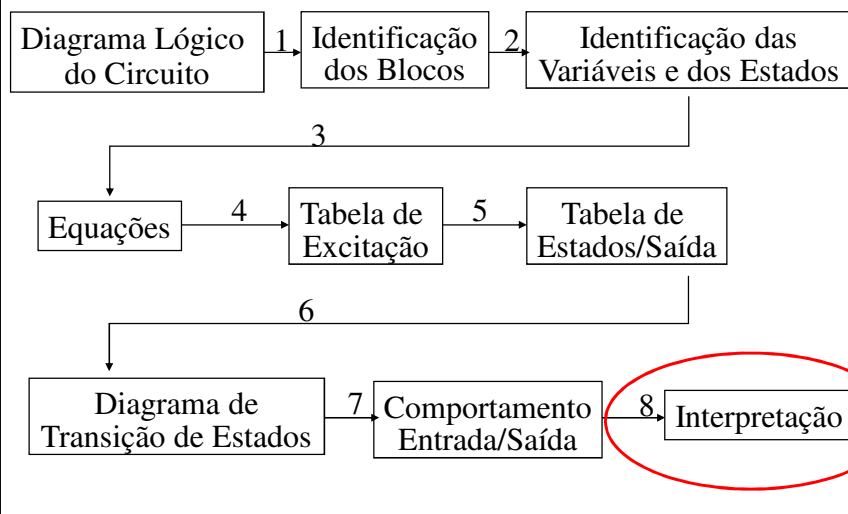
7) Comportamento Entrada/Saída (de A para D)



© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

43

3.3. Passos do Processo de Análise



© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

44

5. Exemplo – Modelo de Moore

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.
- 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.

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

45

Lição de Casa

■ Leitura Obrigatória:

- Capítulo 7.0, ítem 7.3 do Livro Texto.

■ Exercícios Obrigatórios:

- Capítulo 7.0 do Livro Texto.

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

46

Livro Texto

- Wakerly, J.F.; *Digital Design – Principles & Practices*; Fourth Edition, ISBN: 0-13-186389-4, Pearson & Prentice-Hall, Upper Saddle, River, New Jersey, 07458, 2006.

Bibliografia Adicional Deste Assunto

- Dias, Francisco José de Oliveira; *Introdução aos Circuitos de Chaveamento*; Apostila, PEL/EPUSP, 1.980;
- Fregni, Edson; Ranzini, Edith; *Teoria da Comutação: Introdução aos Circuitos Digitais (Partes 1 e 2)*; Apostila PCS/EPUSP, Outubro de 1.999;

Bibliografia Adicional Deste Assunto

- Hill, Frederic and Peterson, Gerald;
Introduction to Switching Theory and Logical Design; Ed. John Wiley and Sons, 1.974;
- Ranzini, Edith; *Circuitos de Chaveamento*
(notas de aula); Apostila, EPUSP, 1.983.

PCS 3225
Sistemas Digitais II

Módulo 04a – Análise de Circuitos
Sequenciais

Andrade, Marco Túlio Carvalho de
Professor Responsável

versão: Agosto de 2.018

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

1

Conteúdo

- **Análise de Circuitos Sequenciais**
 1. Modelo Geral de Um Circuito Sequencial
 2. Análise de Circuitos Sequenciais: Premissas Adotadas
 3. Modelo de Mealy/Moore
 - 3.1. Modelo de Mealy
 - 3.2. Modelo de Moore
 - 3.3. Passos do Processo de Análise
 4. Exemplo: Modelo de Mealy
 5. Exemplo: Modelo de Moore
- Bibliografia

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

2

1. Modelo Geral de Um Circuito Seqüencial

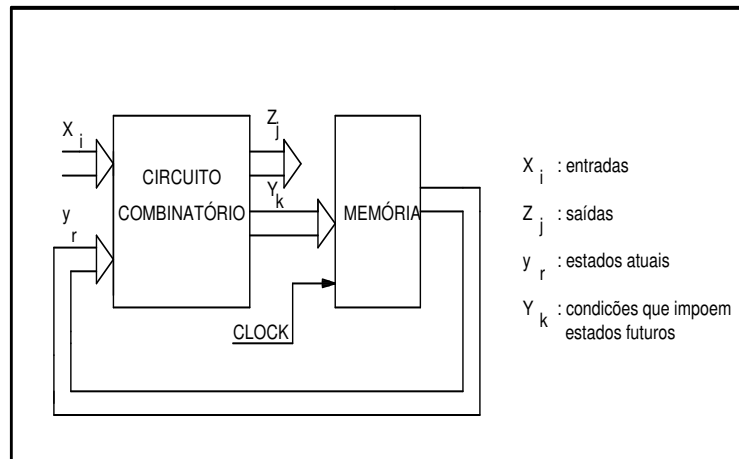


FIGURA 8.1 - MODELO GERAL DE CIRCUITO SÍNCRONO

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

3

2. Análise de Circuitos Seqüenciais: Premissas Adotadas

- Premissas adotadas:
 - A memória é constituída por flip-flop's 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.

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

4

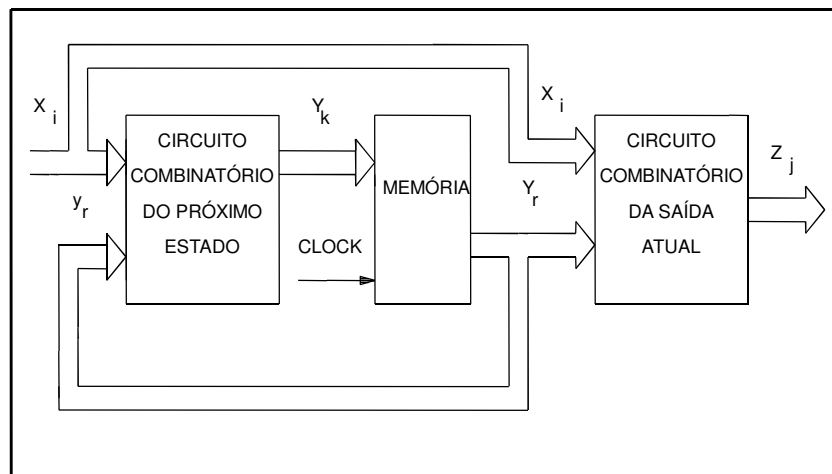
3. Modelo de Mealy/Moore

- Existem dois modelos para 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 .
$$z_i(t) = f_i(y_1(t), \dots, y_m(t))$$

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

5

3.1. Modelo de Mealy



© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

6

3.2. Modelo de Moore

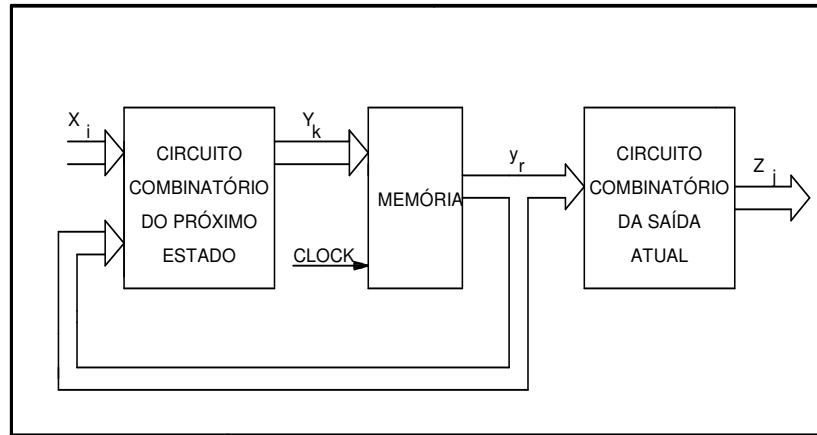
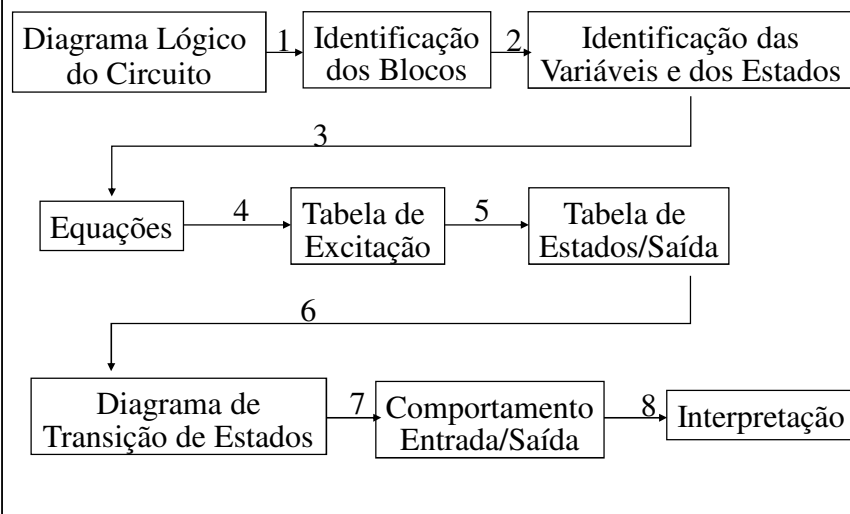


FIGURA 8.3 - CIRCUITO SÍNCRONO TIPO MOORE

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

7

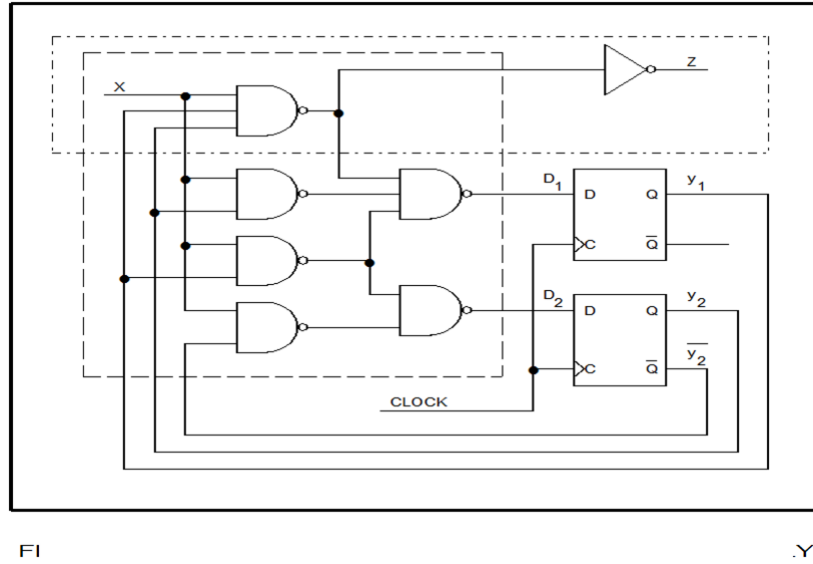
3.3. Passos do Processo de Análise



© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

8

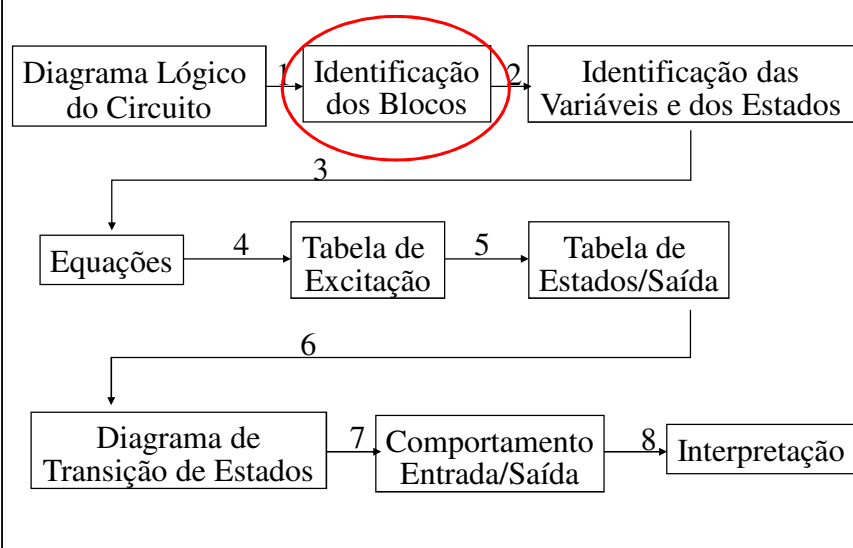
4. Exemplo – Modelo de Mealy



© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

9

3.3. Passos do Processo de Análise



© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

10

4. Exemplo – Modelo de Mealy

1) Identificação dos blocos

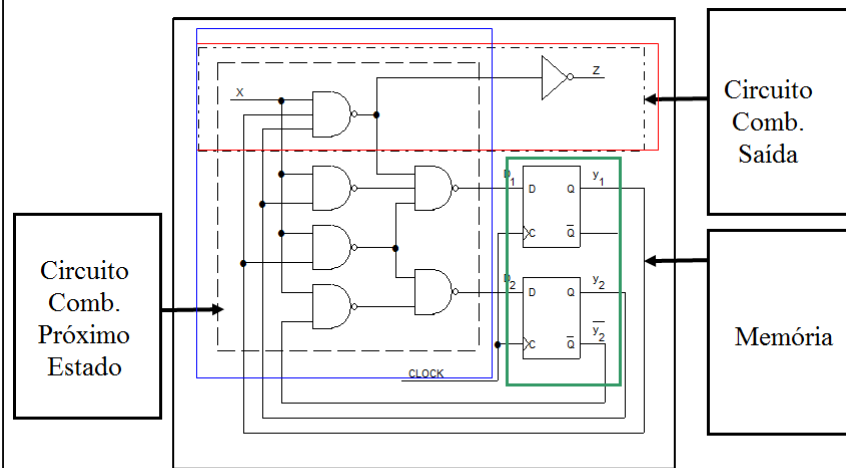
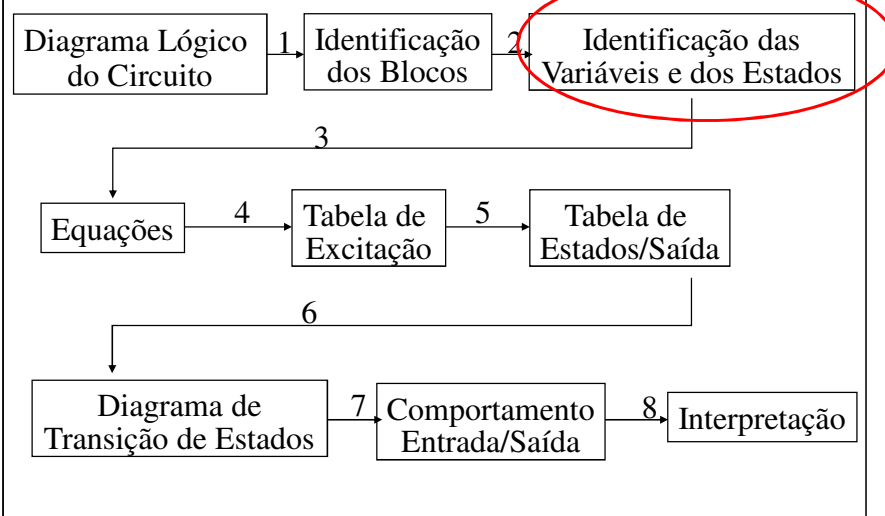


FIGURA 8.11 - CIRCUITO DO 2º EXEMPLO DE ANÁLISE (MEALY)

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

11

3.3. Passos do Processo de Análise



© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

12

4. Exemplo – Modelo de Mealy

2) Identificação das Variáveis e Estados

Entradas : x
Saídas : z
Variáveis de excitação : D_1, D_2
Variáveis de estado : y_1, y_2

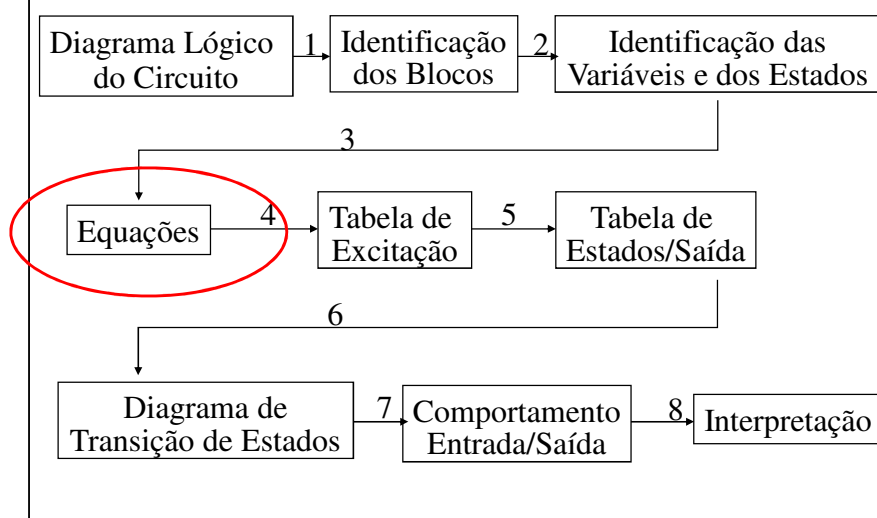
Com duas variáveis de estado, obtemos 4 estados, designados por A, B, C, D:

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

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

13

3.3. Passos do Processo de Análise



© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

14

4. Exemplo – Modelo de Mealy

3) Equações

- variáveis de excitação

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

$$D_2 = x.y_1 + x.y_2'$$

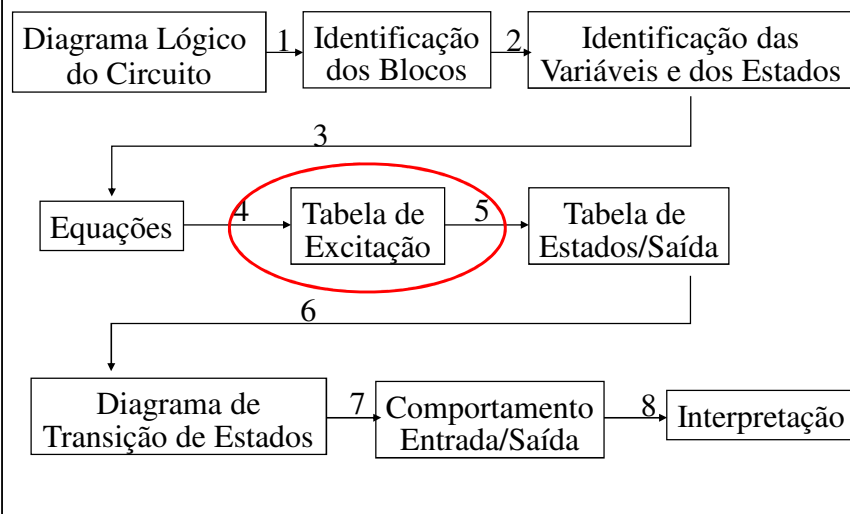
- saída

$$Z = x.y_1.y_2$$

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

15

3.3. Passos do Processo de Análise



© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

16

4. Exemplo – Modelo de Mealy

4) Tabela de Excitação

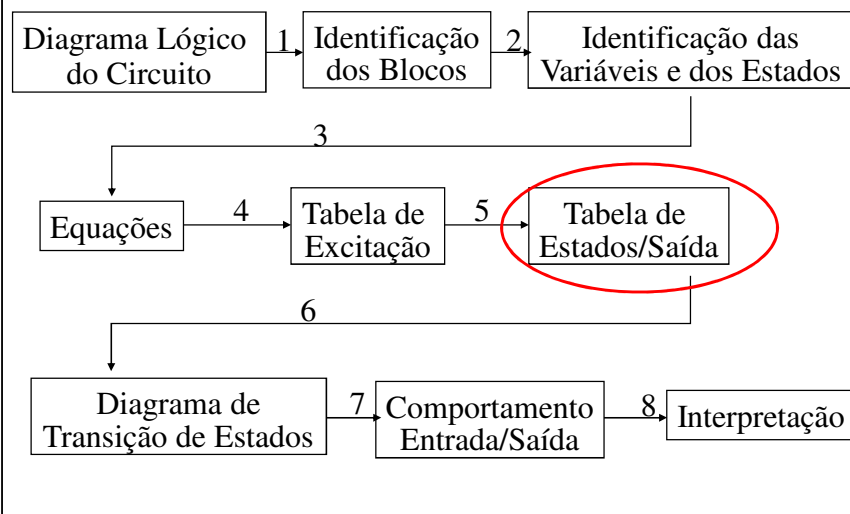
$y_1^t y_2^t \backslash x^t$	0	1
00	00	01
01	00	10
11	00	11
10	00	11

$D_1^t D_2^t$

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

17

3.3. Passos do Processo de Análise



© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

18

4. Exemplo – Modelo de Mealy

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

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

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

19

4. Exemplo – Modelo de Mealy

5) Tabela de Estados/Saída

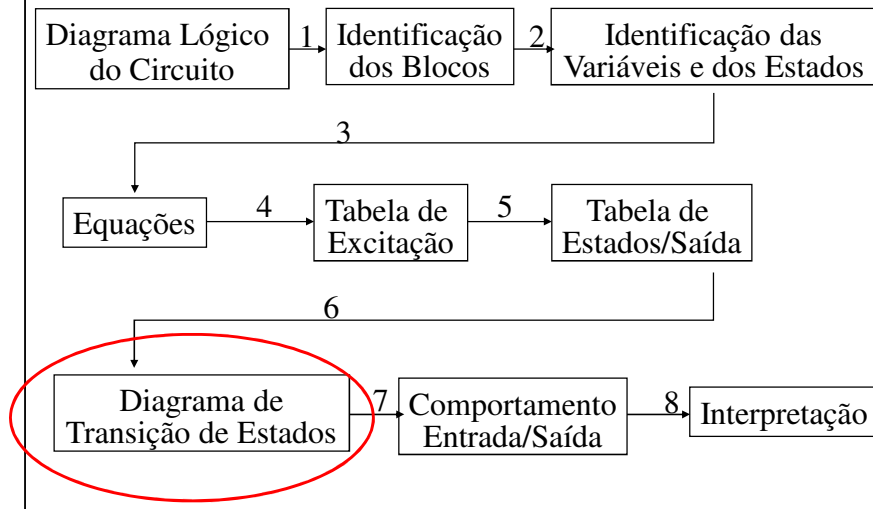
x^t		0	1
s^t	A	A/0	B/0
	B	A/0	D/0
	C	A/0	C/1
	D	A/0	C/0

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

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

20

3.3. Passos do Processo de Análise

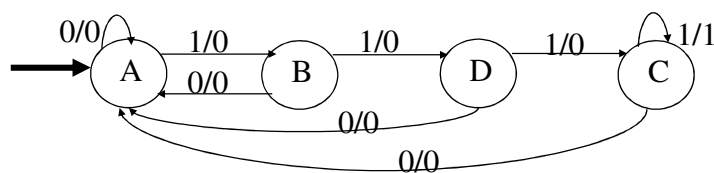


© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

21

4. Exemplo – Modelo de Mealy

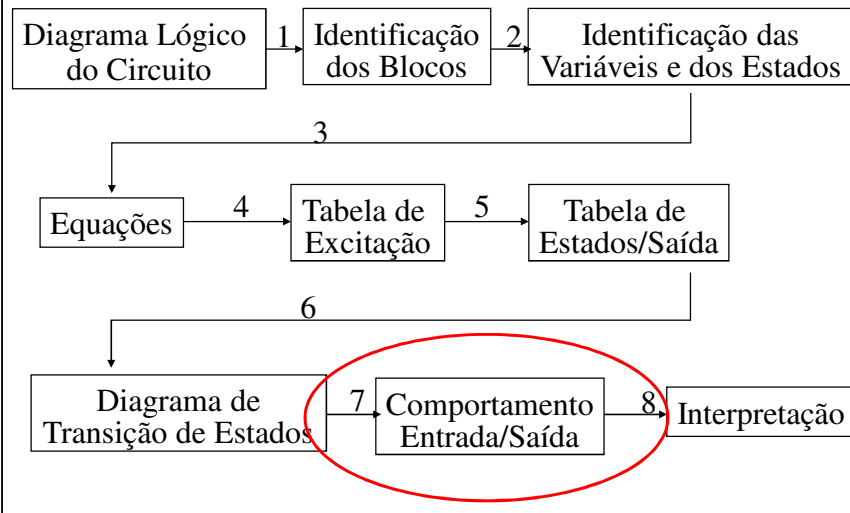
6) Diagrama de Transição de Estados



© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

22

3.3. Passos do Processo de Análise

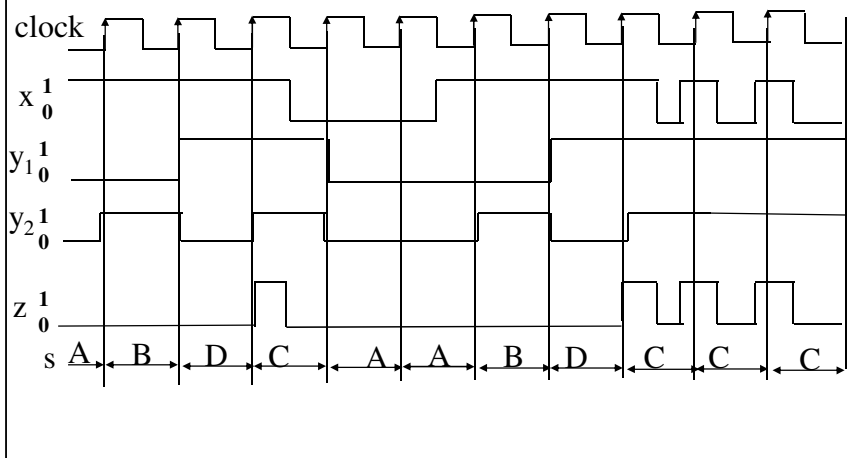


© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

23

4. Exemplo – Modelo de Mealy

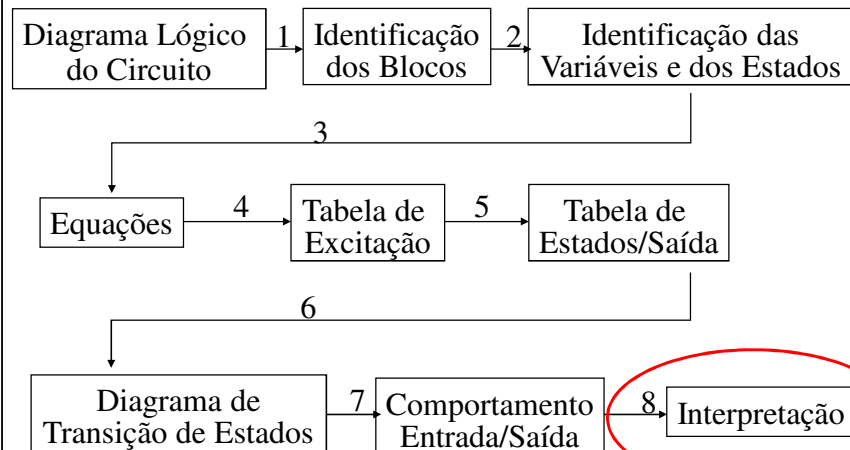
7) Comportamento Entrada/Saída



© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

24

3.3. Passos do Processo de Análise



© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

25

4. Exemplo – Modelo de Mealy

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.

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

26

5. Exemplo – Modelo de Moore

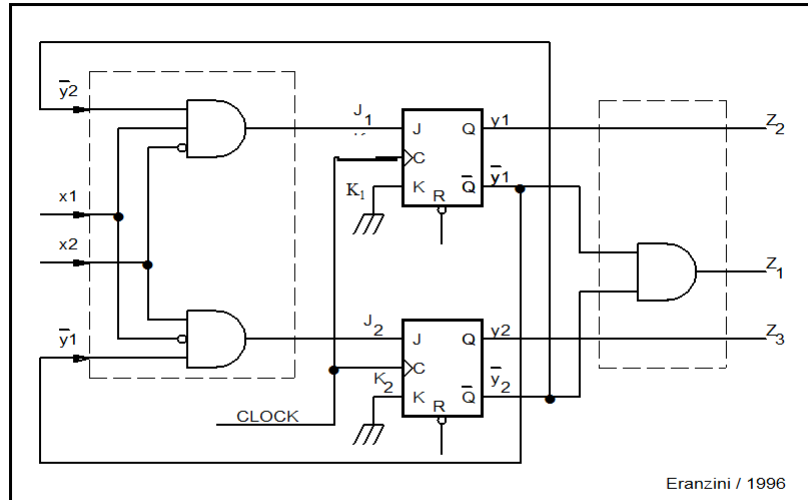
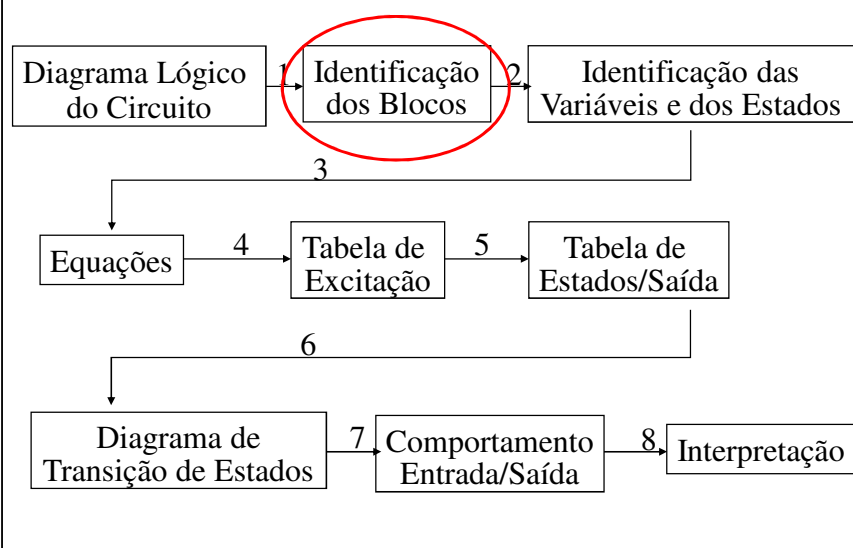


FIGURA 8.12 - CIRCUITO DO 3º EXEMPLO DE ANÁLISE (MOORE)

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

27

3.3. Passos do Processo de Análise



© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

28

5. Exemplo – Modelo de Moore

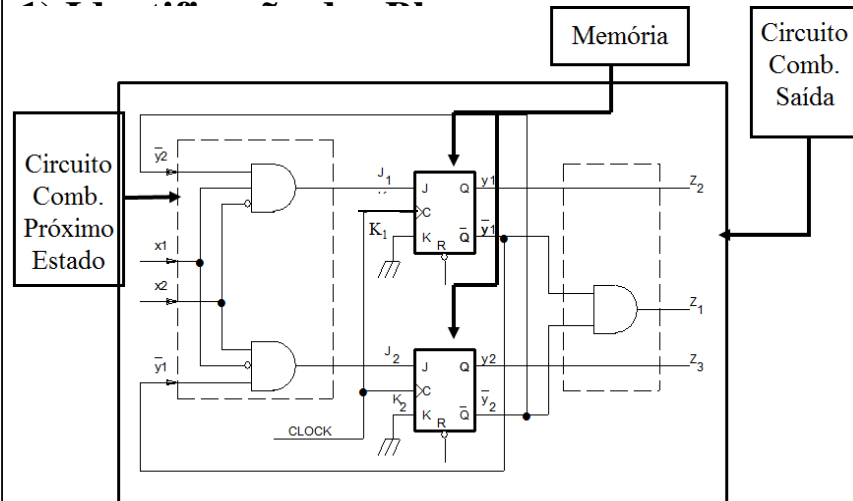
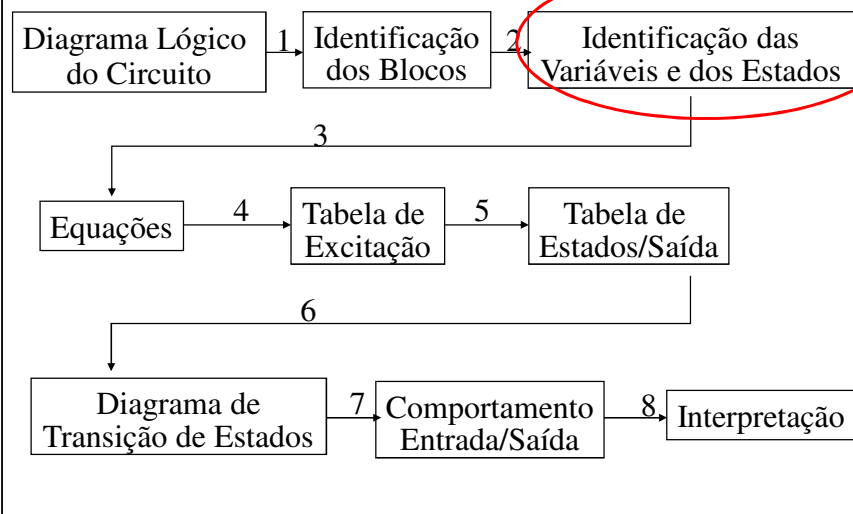


FIGURA 8.12 - CIRCUITO DO 3º EXEMPLO DE ANÁLISE (MOORE)

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

29

3.3. Passos do Processo de Análise



© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

30

5. Exemplo – Modelo de Moore

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

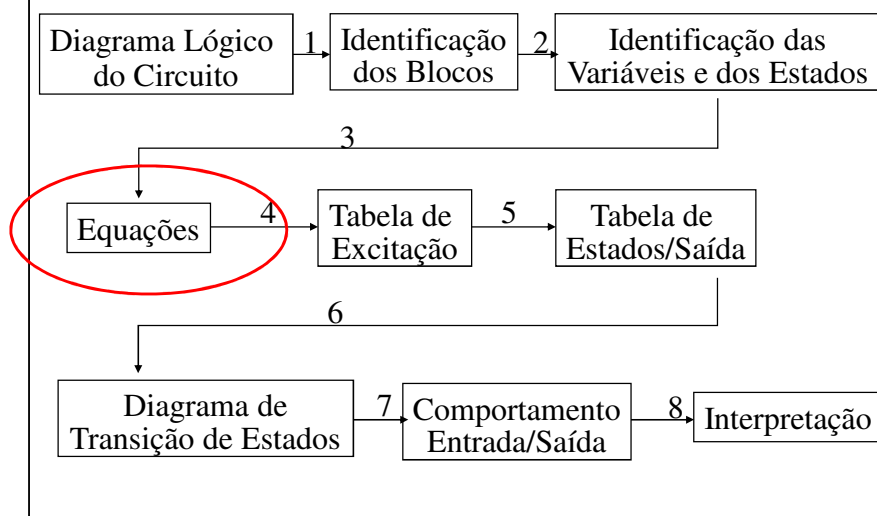
Com duas variáveis de estado, obtemos 4 estados, designados por A, B, C, D:

s	y1	y2
A	0	0
B	0	1
C	1	1
D	1	0

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

31

3.3. Passos do Processo de Análise



© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

32

5. Exemplo – Modelo de Moore

3) Equações

- Variáveis de excitação

$$J_1 = x_1 \cdot x_2' \cdot y_2'$$

$$K_1 = 0$$

$$J_2 = x_1' \cdot x_2 \cdot y_1'$$

$$K_2 = 0$$

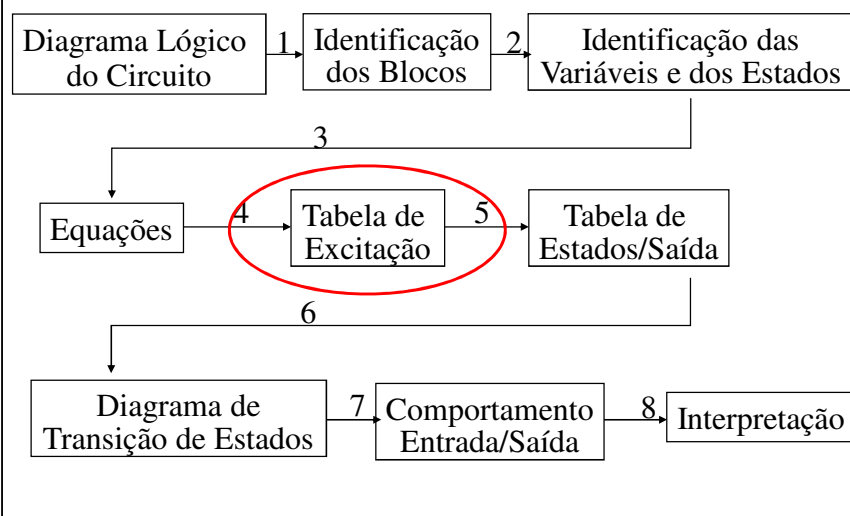
- Saída

$$z_1 = y_1' \cdot y_2', \quad z_2 = y_1, \quad z_3 = y_2$$

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

33

3.3. Passos do Processo de Análise



© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

34

5. Exemplo – Modelo de Moore

4) Tabela de Excitação

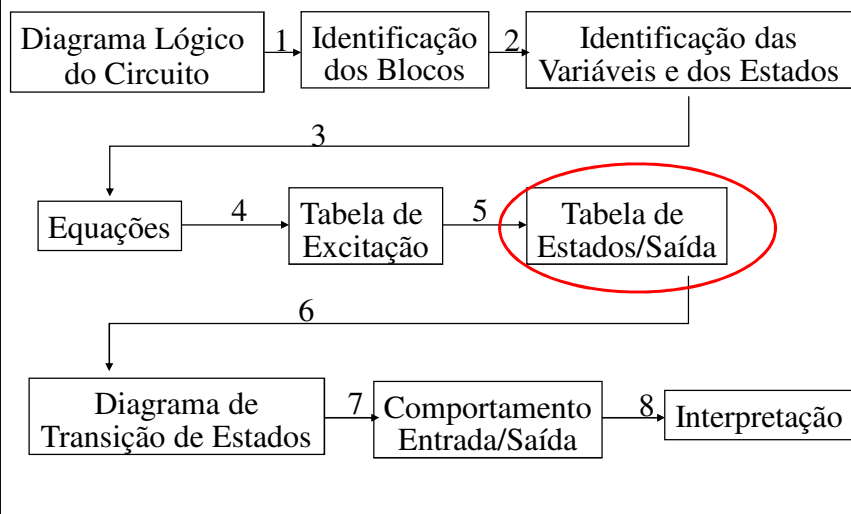
$\begin{matrix} x_1^t x_2^t \\ y_1^t y_2^t \end{matrix}$	00	01	11	10
00	00/00	00/10	00/00	10/00
01	00/00	00/10	00/00	00/00
11	00/00	00/00	00/00	00/00
10	00/00	00/00	00/00	10/00

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

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

35

3.3. Passos do Processo de Análise



© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

36

5. Exemplo – Modelo de Moore

5) Tabela de Estados/Saída

$\begin{matrix} x_1^t x_2^t \\ y_1^t y_2^t \end{matrix}$	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

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

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

37

5. Exemplo – Modelo de Moore

5) Tabela de Estados/Saída

$\begin{matrix} x_1^t x_2^t \\ s^t \end{matrix}$	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}

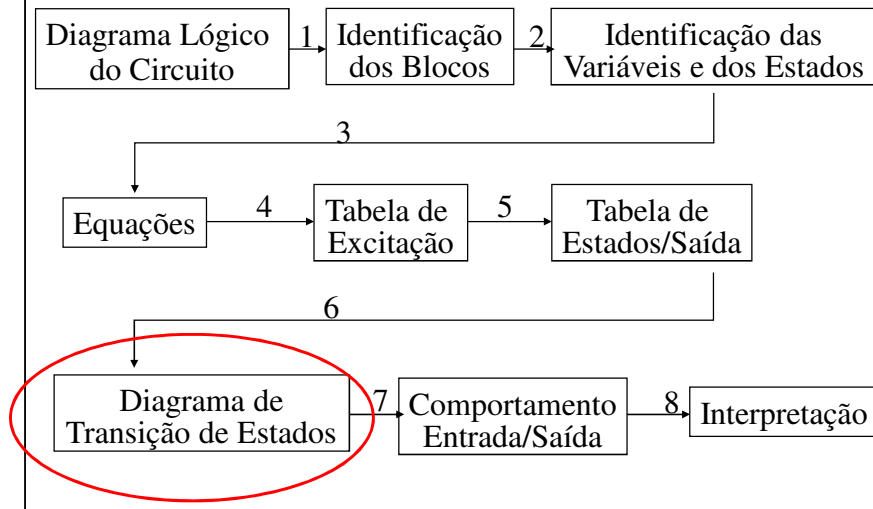
$z_1^t z_2^t z_3^t$

Modelo de Moore

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

38

3.3. Passos do Processo de Análise

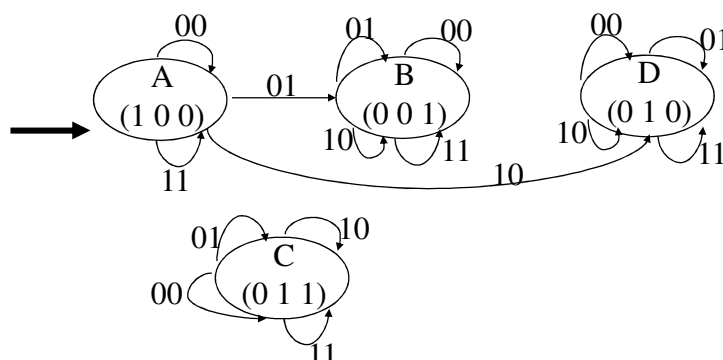


© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

39

5. Exemplo – Modelo de Moore

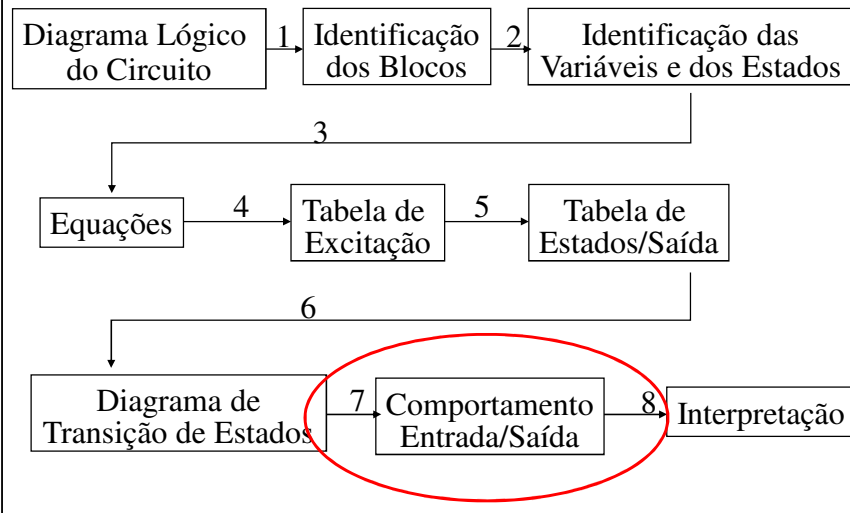
6) Diagrama de Transição de Estados



© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

40

3.3. Passos do Processo de Análise

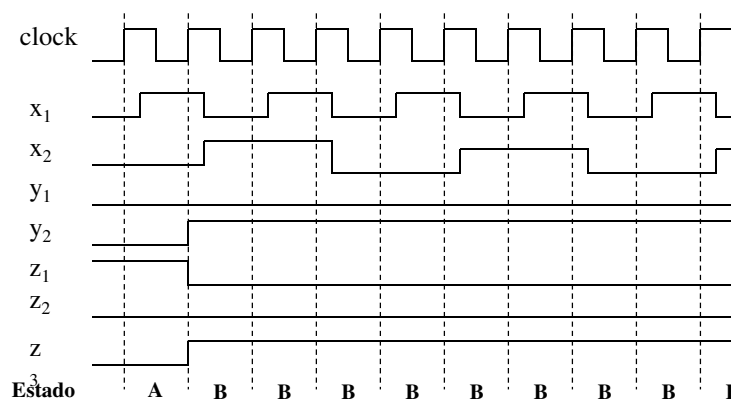


© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

41

5. Exemplo – Modelo de Moore

7) Comportamento Entrada/Saída (de A para B)

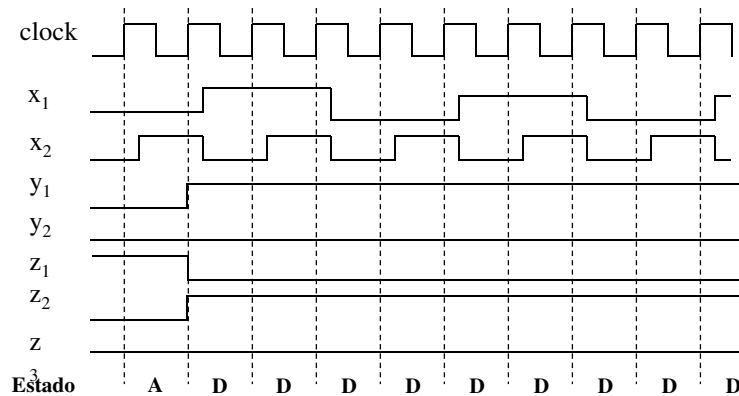


© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

42

5. Exemplo – Modelo de Moore

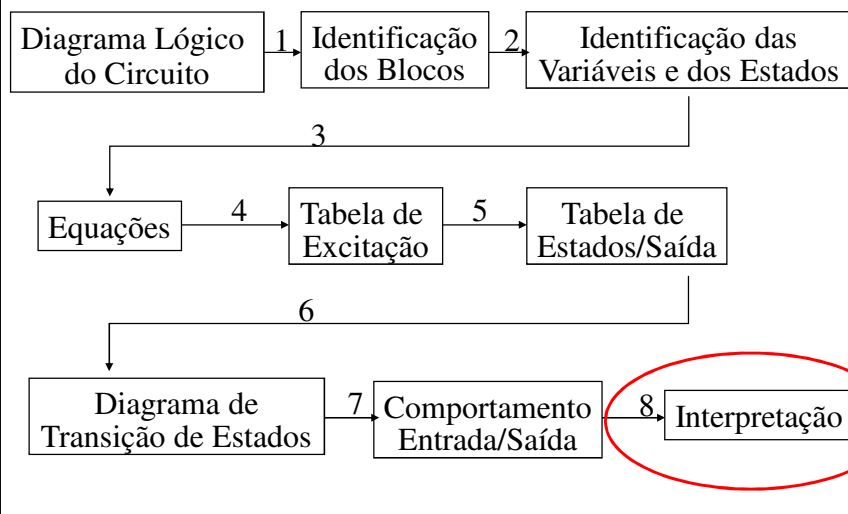
7) Comportamento Entrada/Saída (de A para D)



© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

43

3.3. Passos do Processo de Análise



© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

44

5. Exemplo – Modelo de Moore

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.
- 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.

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

45

Lição de Casa

■ Leitura Obrigatória:

- Capítulo 7.0, ítem 7.3 do Livro Texto.

■ Exercícios Obrigatórios:

- Capítulo 7.0 do Livro Texto.

© Andrade, Glauber, Midorikawa, Bruno, 2.018 <Análise Circ. Sequenc.> PCS 3225 Sistemas Digitais II

46

Livro Texto

- Wakerly, J.F.; *Digital Design – Principles & Practices*; Fourth Edition, ISBN: 0-13-186389-4, Pearson & Prentice-Hall, Upper Saddle, River, New Jersey, 07458, 2006.

Bibliografia Adicional Deste Assunto

- Dias, Francisco José de Oliveira; *Introdução aos Circuitos de Chaveamento*; Apostila, PEL/EPUSP, 1.980;
- Fregni, Edson; Ranzini, Edith; *Teoria da Comutação: Introdução aos Circuitos Digitais (Partes 1 e 2)*; Apostila PCS/EPUSP, Outubro de 1.999;

Bibliografia Adicional Deste Assunto

- Hill, Frederic and Peterson, Gerald;
Introduction to Switching Theory and Logical Design; Ed. John Wiley and Sons, 1.974;
- Ranzini, Edith; *Circuitos de Chaveamento*
(notas de aula); Apostila, EPUSP, 1.983.