



Universidade Federal de Santa Catarina
Centro Tecnológico
Departamento de Informática e Estatística
Curso de Graduação em Ciências da Computação



Sistemas Digitais

INE 5406

Aula 5-T

**2. Máquinas Sequencias Síncronas: Codificação de estados.
Síntese de circuitos sequenciais segundo o Modelo de Mealy
(comparação com o Modelo de Moore). Exemplos.**

Prof. José Luís Güntzel
guntzel@inf.ufsc.br

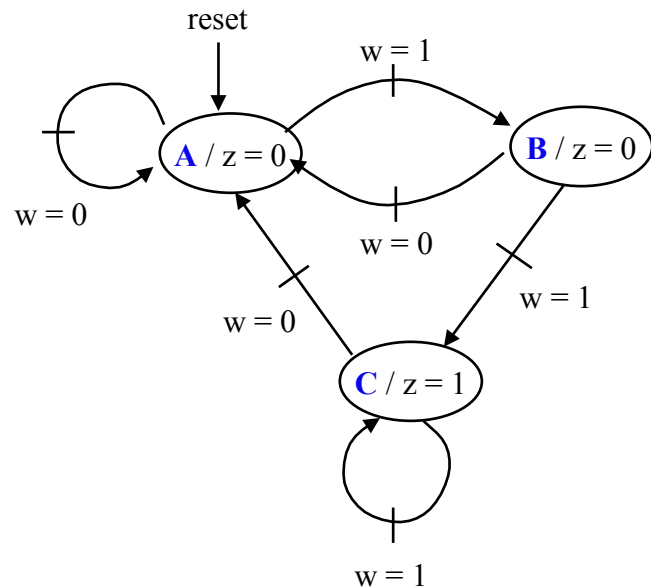
www.inf.ufsc.br/~guntzel/ine5406/ine5406.html

2. Máquinas Sequenciais Síncronas

▶ Síntese de Circuitos Sequenciais

Exemplo 3: Tabelas de (Transição de) Estados e de Saída

Tabela de (transição de) estados



Estado atual	w	Próximo estado
A	0	A
A	1	B
B	0	A
B	1	C
C	0	A
C	1	C

Tabela de saída

Estado	z
A	0
B	0
C	1

2. Máquinas Sequenciais Síncronas

▶ Síntese de Circuitos Sequenciais

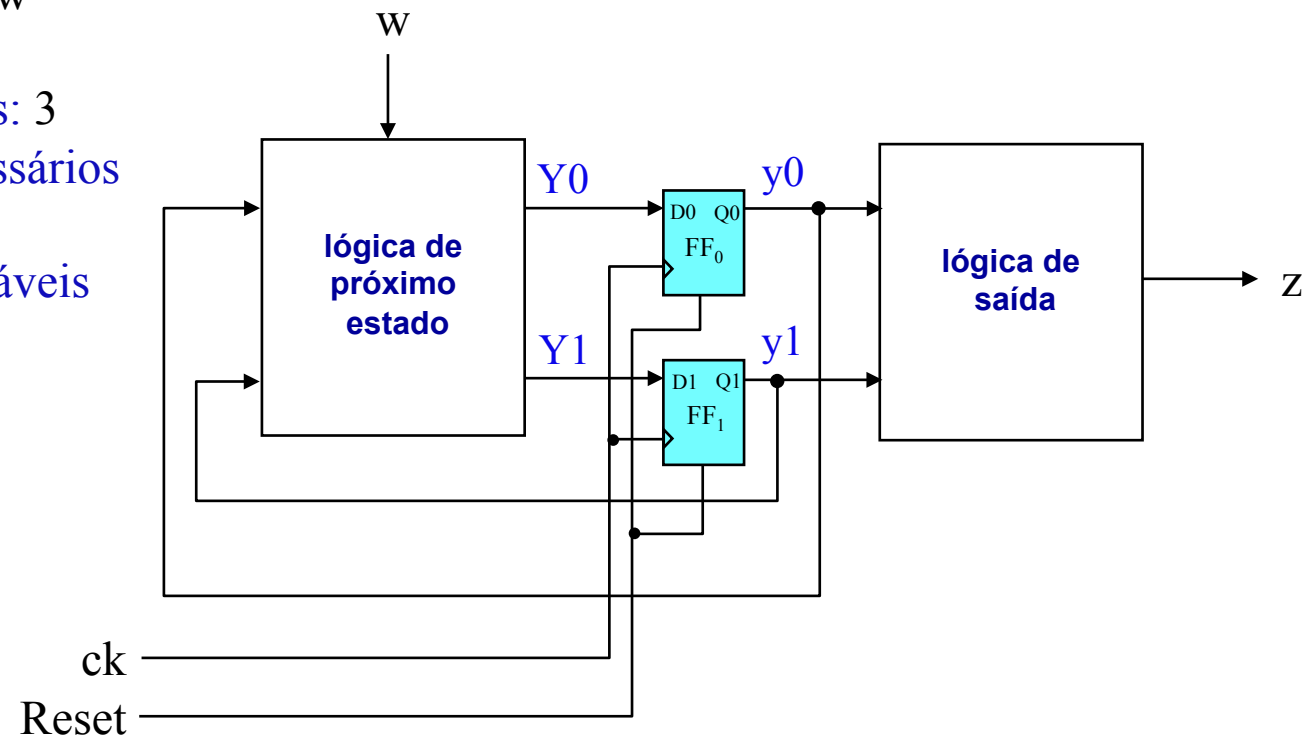
Exemplo 3: Diagrama de Blocos

Sinais de entrada: w

Sinais de saída: z

Número de estados: 3

⇒ Logo, são necessários
2 flip-flops para
armazenar as variáveis
de estado



2. Máquinas Sequenciais Síncronas

▶ Síntese de Circuitos Sequenciais

Exemplo 3: Codificação de Estados

Supondo a seguinte codificação: A=00, B=01, C=10

Estado atual	w	Próximo estado
A	0	A
A	1	B
B	0	A
B	1	C
C	0	A
C	1	C

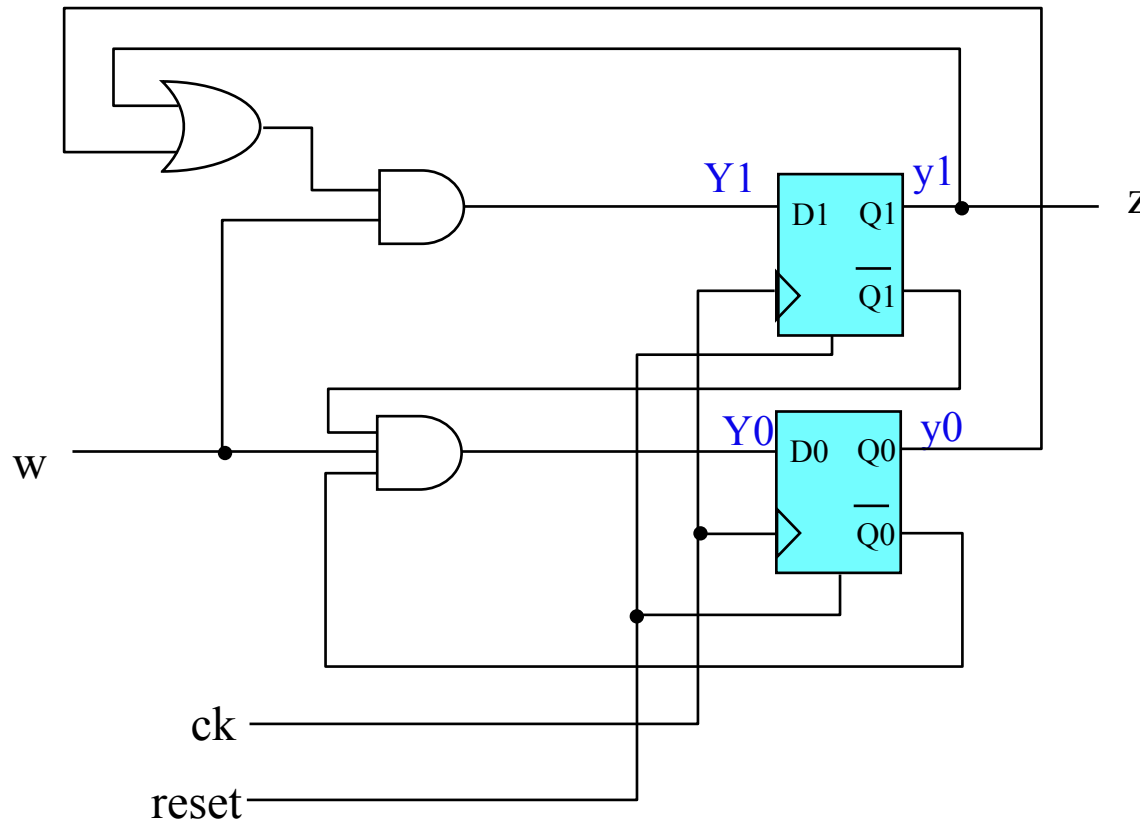


	Estado atual y ₁ y ₀	w	Próximo estado Y ₁ Y ₀	
A	00	0	00	A
A	00	1	01	B
B	01	0	00	A
B	01	1	10	C
C	10	0	00	A
C	10	1	10	C
-	11	0	XX	-
-	11	1	XX	-

2. Máquinas Sequenciais Síncronas

▶ Síntese de Circuitos Sequenciais

Exemplo 3: circuito final



$$\begin{aligned} Y1 &= w \cdot y1 + w \cdot y0 \\ &= w (y1 + y0) \\ Y0 &= w \cdot \overline{y1} \cdot \overline{y0} \\ z &= y1 \end{aligned}$$

2. Máquinas Sequenciais Síncronas

▶ Codificação de Estados

Exemplo 3, Porém Codificando os Estados com o **Código Gray**:
A=00, B=01, C=11

	Estado atual y1y0	w	Próximo estado Y1Y0	
A	00	0	00	A
A	00	1	01	B
B	01	0	00	A
B	01	1	11	C
-	10	0	XX	-
-	10	1	XX	-
C	11	0	00	A
C	11	1	11	C

	Estado y1y0	z
A	00	0
B	01	0
-	10	X
C	11	1

2. Máquinas Sequenciais Síncronas

► Codificação de Estados

Exemplo 3, Porém Codificando os Estados com o Código Gray:
A=00, B=01, C=11

	Estado atual y_1y_0	w	Próximo estado Y_1Y_0	
A	00	0	00	A
A	00	1	01	B
B	01	0	00	A
B	01	1	11	C
-	10	0	XX	-
-	10	1	XX	-
C	11	0	00	A
C	11	1	11	C

Y_1	$\bar{y}_1\bar{y}_0$	\bar{y}_1y_0	$y_1\bar{y}_0$	y_1y_0
\bar{w}	0	0	0	X
w	0	1	1	X

$$Y_1 = w \cdot y_0$$

$$w \cdot y_0$$

Y_0	$\bar{y}_1\bar{y}_0$	\bar{y}_1y_0	$y_1\bar{y}_0$	y_1y_0
\bar{w}	0	0	0	X
w	1	1	1	X

$$Y_0 = w$$

w

2. Máquinas Sequenciais Síncronas

► Codificação de Estados

Exemplo 3, Porém Codificando os Estados com o **Código Gray**:
A=00, B=01, C=11

y_1y_0	z
00	0
01	0
10	X
11	1

z	\bar{y}_0	y_0
\bar{y}_1	0	0
y_1	X	1

y_1

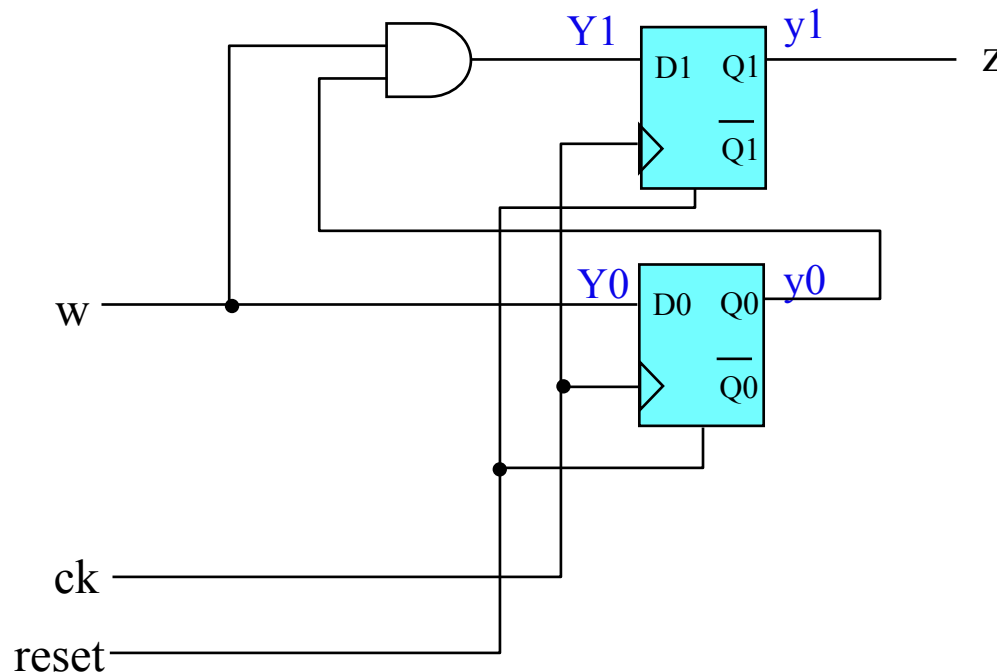
$$z = y_1$$

Coincidentemente, a equação de saída não mudou.

2. Máquinas Sequenciais Síncronas

▶ Codificação de Estados

Exemplo 3, Porém Codificando os Estados com o **Código Gray**:
A=00, B=01, C=11

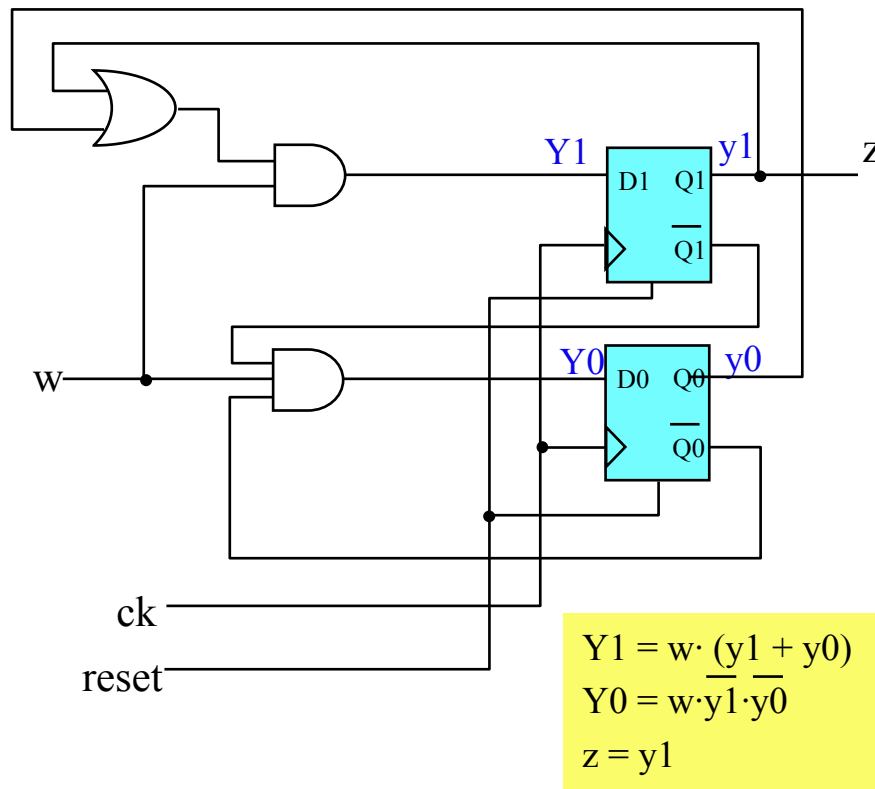


$$\begin{aligned} Y1 &= w \cdot y0 \\ Y0 &= w \\ z &= y1 \end{aligned}$$

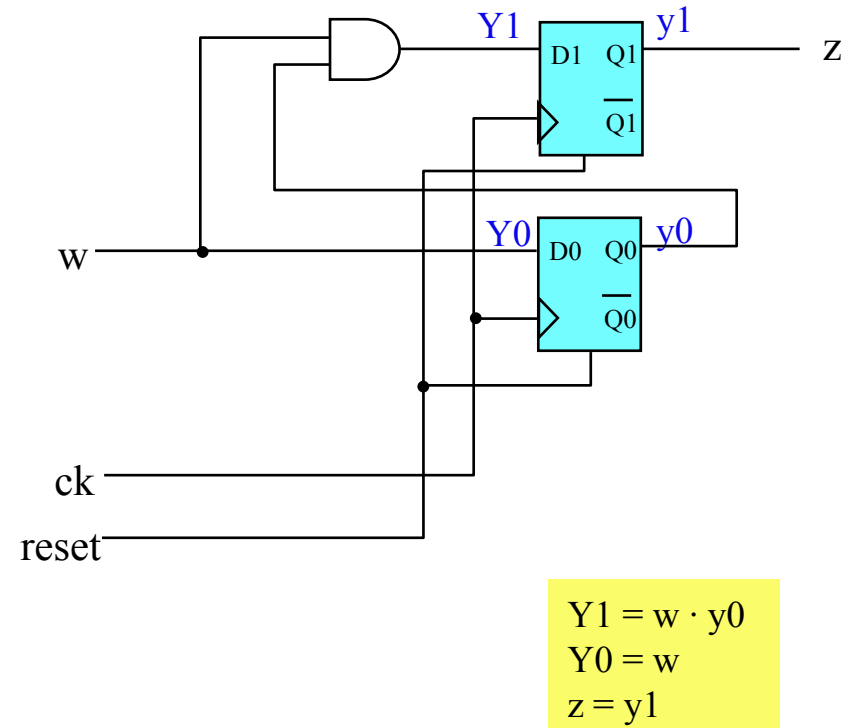
2. Máquinas Sequenciais Síncronas

▶ Codificação de Estados

Assinalamento A=00, B=01, C=10



Assinalamento A=00, B=01, C=11



2. Máquinas Sequenciais Síncronas

▶ Codificação de Estados

Exemplo 4, Porém Codificando os Estados com o Código Gray:
A=00, B=01, C=11, D=10

Estado atual	w	Próximo estado
A	0	A
A	1	B
B	X	C
C	X	D
D	X	A



	Estado atual y ₁ y ₀	w	Próximo estado Y ₁ Y ₀	
A	00	0	00	A
A	00	1	01	B
B	01	X	11	C
D	10	X	00	A
C	11	X	10	D

2. Máquinas Sequenciais Síncronas

► Codificação de Estados

Exemplo 4, Porém Codificando os Estados com o Código Gray:
 A=00, B=01, C=11, D=10

	Estado atual y_1y_0	w	Próximo estado Y_1Y_0	
A	00	0	00	A
A	00	1	01	B
B	01	X	11	C
D	10	X	00	A
C	11	X	10	D

Y_1	$\bar{y}_1\bar{y}_0$	\bar{y}_1y_0	$y_1\bar{y}_0$	y_1y_0
\bar{w}	0	1	1	0
w	0	1	1	0

$$Y_1 = y_0$$

Y_0	$\bar{y}_1\bar{y}_0$	\bar{y}_1y_0	$y_1\bar{y}_0$	y_1y_0
\bar{w}	0	1	0	0
w	1	1	0	0

$$w \cdot \bar{y}_1$$

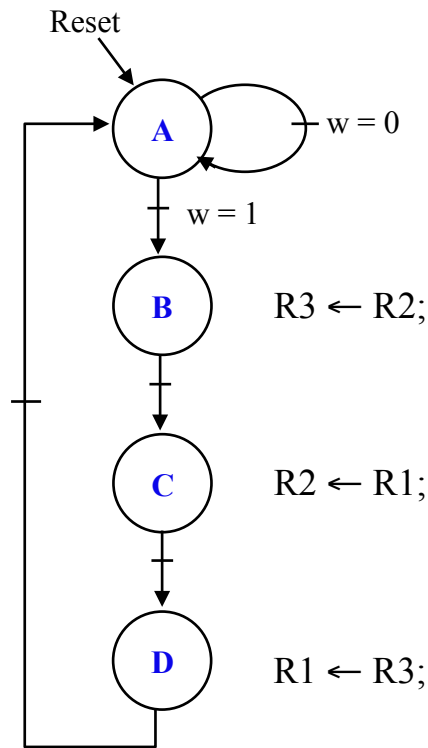
$$\bar{y}_1 \cdot y_0$$

$$Y_0 = w \cdot \bar{y}_1 + \bar{y}_1 \cdot y_0$$

2. Máquinas Sequenciais Síncronas

▶ Codificação de Estados

Exemplo 4, Porém Codificando os Estados com o Código Gray:
 A=00, B=01, C=11, D=10



Estado:	Operação:	Sinais de saída que devem valer "1"
A	-----	
B	$R3 \leftarrow R2;$	$C3 = 1; H2 = 1;$
C	$R2 \leftarrow R1;$	$C2 = 1; H1 = 1;$
D	$R1 \leftarrow R3;$	$C1 = 1; H3 = 1; Done = 1;$



	H1	C1	H2	C2	H3	C3	Done
A	0	0	0	0	0	0	0
B	0	0	1	0	0	1	0
D	0	1	0	0	1	0	1
C	1	0	0	1	0	0	0

2. Máquinas Sequenciais Síncronas

► Codificação de Estados

Exemplo 4, Porém Codificando os Estados com o **Código Gray**:
A=00, B=01, C=11, D=10

	Estado y ₁ y ₀	H1	C1	H2	C2	H3	C3	Done
A	00	0	0	0	0	0	0	0
B	01	0	0	1	0	0	1	0
D	10	0	1	0	0	1	0	1
C	11	1	0	0	1	0	0	0

$$H1 = C2 = y_1 \cdot y_0$$

$$C1 = H3 = \text{Done} = y_1 \cdot \overline{y_0}$$

$$H2 = C3 = \overline{y_1} \cdot y_0$$

2. Máquinas Sequenciais Síncronas

► Codificação de Estados

Assinalamento A=00, B=01, C=10, D=11

$$Y1 = \bar{y}1 \cdot y0 + y1 \cdot \bar{y}0$$

$$Y0 = w \cdot \bar{y}0 + y1 \cdot \bar{y}0$$

$$H1 = C2 = y1 \cdot \bar{y}0$$

$$C1 = H3 = \text{Done} = y1 \cdot y0$$

$$H2 = C3 = \bar{y}1 \cdot y0$$

Assinalamento A=00, B=01, C=11, D=10
(Código Gray)

$$Y1 = y0$$

$$Y0 = w \cdot \bar{y}1 + \bar{y}1 \cdot y0$$

$$H1 = C2 = y1 \cdot y0$$

$$C1 = H3 = \text{Done} = y1 \cdot y0$$

$$H2 = C3 = y1 \cdot y0$$

2. Máquinas Sequenciais Síncronas

▶ **Codificação de Estados**

Codificação “One-Hot”

- **Consiste em usar tantas variáveis de estado quantos forem os estados**
- **Cada estado é codificado de modo que somente uma das variáveis de estado vale “1” e todas as demais valem “0”**

2. Máquinas Sequenciais Síncronas

▶ Codificação de Estados

Aplicando a Codificação “One-Hot” ao Exemplo 3:

A=001, B=010, C=100

Estado atual	w	Próximo estado
A	0	A
A	1	B
B	0	A
B	1	C
C	0	A
C	1	C



	Estado atual y2 y1 y0	w	Próximo estado Y2 Y1 Y0	
A	001	0	001	A
A	001	1	010	B
B	010	0	001	A
B	010	1	100	C
C	100	0	001	A
C	100	1	100	C



As combinações de entrada não citadas têm como próximo estado XXX

2. Máquinas Sequenciais Síncronas

► Codificação de Estados

Aplicando a Codificação “One-Hot” ao Exemplo 3:

A=001, B=010, C=100

	Estado atual y ₂ y ₁ y ₀	w	Próximo estado Y ₂ Y ₁ Y ₀	
A	001	0	001	A
A	001	1	010	B
B	010	0	001	A
B	010	1	100	C
C	100	0	001	A
C	100	1	100	C

Y ₂	$\bar{y}_2\bar{y}_1$	\bar{y}_2y_1	y_2y_1	$y_2\bar{y}_1$
$\bar{y}_0\bar{w}$	X	0	X	0
\bar{y}_0w	X	1	X	1
y_0w	0	X	X	X
$y_0\bar{w}$	0	X	X	X

$\bar{y}_0 \cdot w$

2. Máquinas Sequenciais Síncronas

► Codificação de Estados

Aplicando a Codificação “One-Hot” ao Exemplo 3:

A=001, B=010, C=100

	Estado atual y ₂ y ₁ y ₀	w	Próximo estado Y ₂ Y ₁ Y ₀	
A	001	0	001	A
A	001	1	010	B
B	010	0	001	A
B	010	1	100	C
C	100	0	001	A
C	100	1	100	C

Y ₁	$\bar{y}_2\bar{y}_1$	\bar{y}_2y_1	y_2y_1	$y_2\bar{y}_1$
$\bar{y}_0\bar{w}$	X	0	X	0
\bar{y}_0w	X	0	X	0
y_0w	1	X	X	X
$y_0\bar{w}$	0	X	X	X

y₀·w

2. Máquinas Sequenciais Síncronas

► Codificação de Estados

Aplicando a Codificação “One-Hot” ao Exemplo 3:

A=001, B=010, C=100

	Estado atual y ₂ y ₁ y ₀	w	Próximo estado Y ₂ Y ₁ Y ₀	
A	001	0	001	A
A	001	1	010	B
B	010	0	001	A
B	010	1	100	C
C	100	0	001	A
C	100	1	100	C

y ₀	$\bar{y}_2\bar{y}_1$	\bar{y}_2y_1	y ₂ \bar{y}_1	y ₂ y ₁
$\bar{y}_0\bar{w}$	X	1	X	1
\bar{y}_0w	X	0	X	0
y ₀ w	0	X	X	X
y ₀ \bar{w}	1	X	X	X

Note: Red boxes highlight the first and last rows of the truth table. A red arrow points from the \bar{w} label to the first row.

2. Máquinas Sequenciais Síncronas

▶ Codificação de Estados

Aplicando a Codificação “One-Hot” ao Exemplo 3:

A=001, B=010, C=100

	Estado $y_2 y_1 y_0$	z
A	001	0
B	010	0
C	100	1



As combinações de entrada
não citadas têm como saída
X

z	$\bar{y}_2 \bar{y}_1$	$\bar{y}_2 y_1$	$y_2 y_1$	$y_2 \bar{y}_1$
\bar{y}_0	X	0	X	1
y_0	0	X	X	X

y_2

$$z = y_2$$

2. Máquinas Sequenciais Síncronas

▶ Codificação de Estados

Assinalamento A=00, B=01, C=10

$$\begin{aligned} Y1 &= w \cdot (y1 + y0) \\ Y0 &= w \cdot \overline{y1} \cdot \overline{y0} \\ z &= y1 \end{aligned}$$

Assinalamento A=00, B=01, C=11 (Código Gray)

$$\begin{aligned} Y1 &= w \cdot y0 \\ Y0 &= w \\ z &= y1 \end{aligned}$$

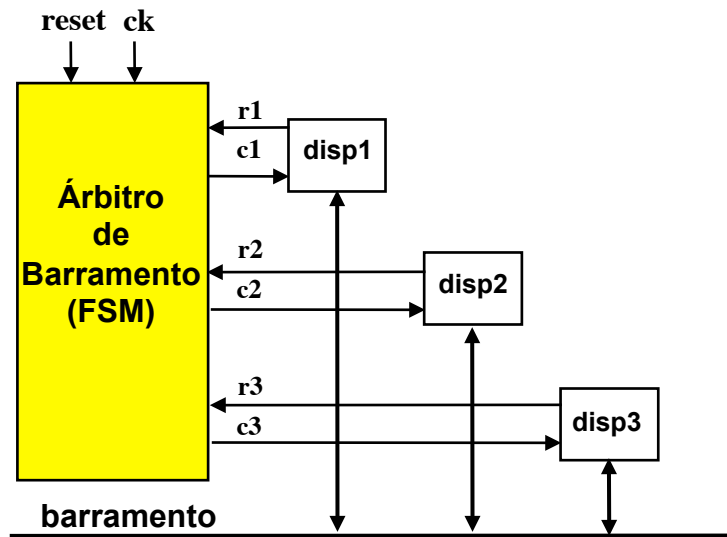
Codificação “One Hot”

$$\begin{aligned} Y2 &= \overline{y0} \cdot w \\ Y1 &= y0 \cdot w \\ Y0 &= w \\ z &= y2 \end{aligned}$$

2. Máquinas Sequenciais Síncronas

► Síntese de Circuitos Sequenciais

Exemplo 5: Árbitro de Barramento (Especificação)

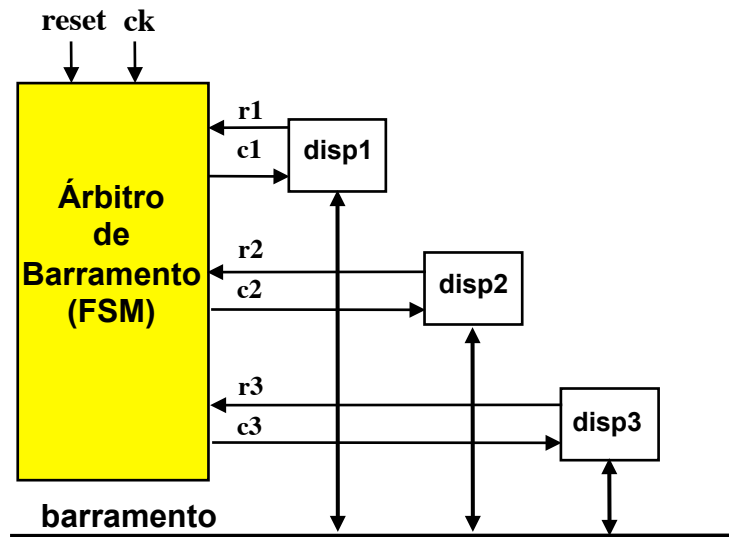


- O árbitro recebe requisições para uso do barramento (r_1, r_2, r_3) provenientes de três dispositivos de entrada/saída ($disp_1, disp_2, disp_3$, respectivamente)
- $disp_1$ possui a maior prioridade no uso do barramento (e $disp_3$ possui a menor prioridade).
- Somente um dispositivo por vez pode receber a concessão do barramento.
- Para sinalizar qual dispositivo pode usar o barramento, o árbitro faz o respectivo sinal de concessão valer "1" (por exemplo, $c_1=1$ sinaliza que $disp_1$ pode usar o barramento).

2. Máquinas Sequenciais Síncronas

▶ Síntese de Circuitos Sequenciais

Exemplo 5: Árbitro de Barramento (Especificação)

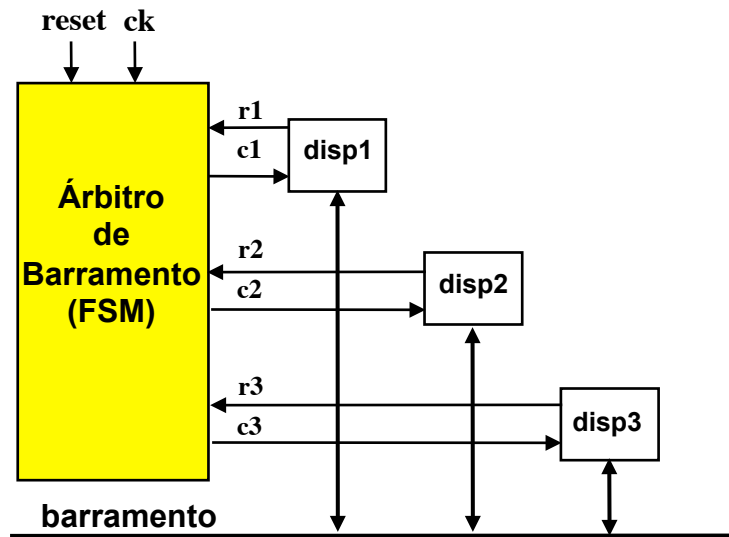


- Uma vez que um dispositivo recebe a concessão para usar o barramento, ele permanece com esta concessão durante todo o tempo que ele necessitar usar o barramento. Para tanto, o dispositivo mantém seu sinal de requisição no valor "1".
- O estado "BD" significa barramento disponível. D1 significa barramento concedido ao dispositivo 1 (e assim por diante).

2. Máquinas Sequenciais Síncronas

▶ Síntese de Circuitos Sequenciais

Exemplo 5: Árbitro de Barramento (Especificação)

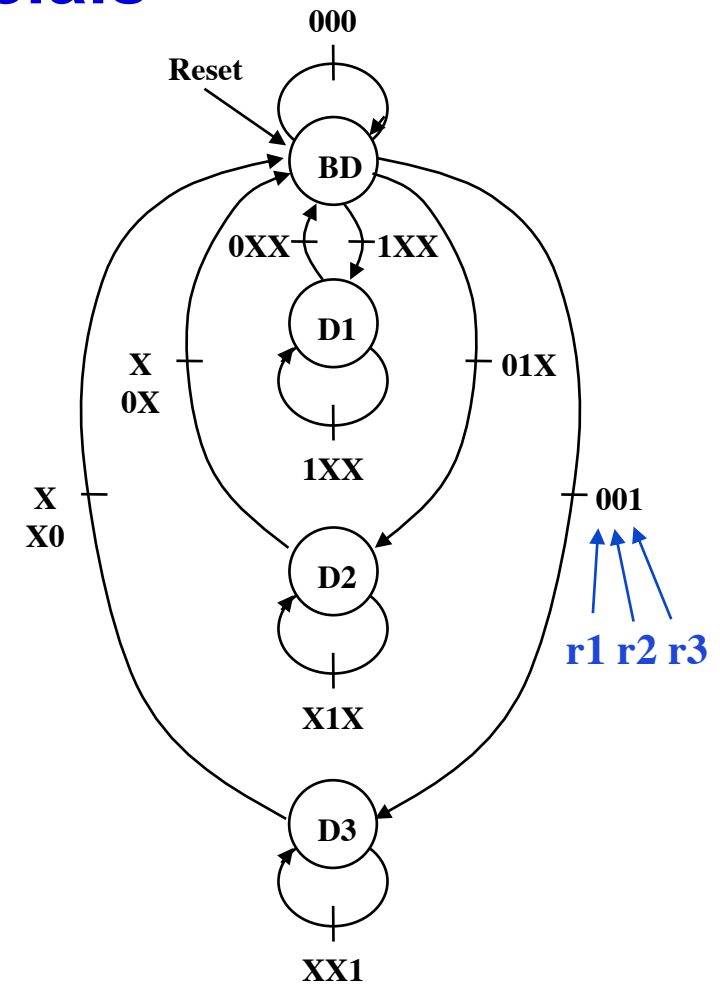
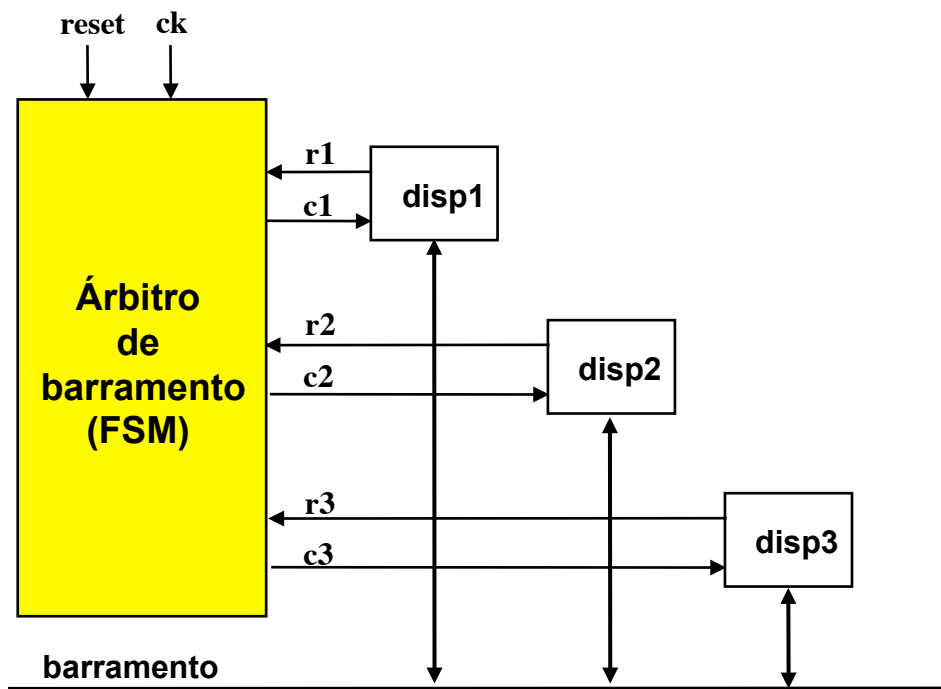


1. Desenhe o diagrama de estados que modela o comportamento deste árbitro de barramento
2. Escreva a tabela de sinais de saída

2. Máquinas Sequenciais Síncronas

▶ Síntese de Circuitos Sequenciais

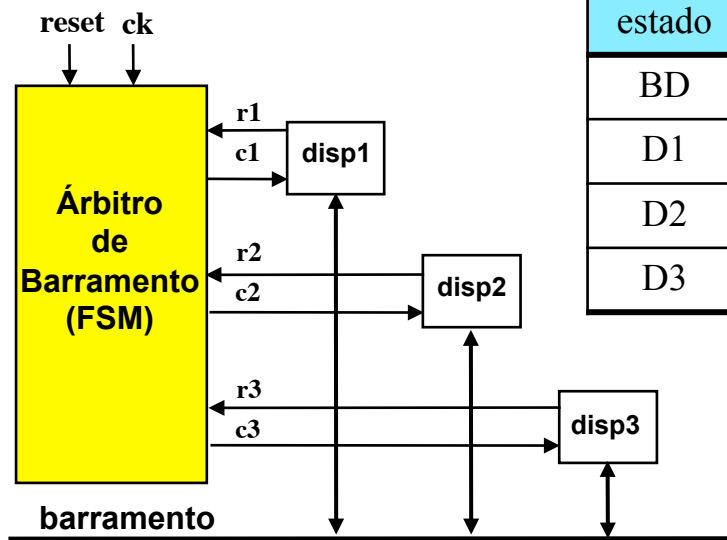
Exemplo 5: Árbitro de Barramento



2. Máquinas Sequenciais Síncronas

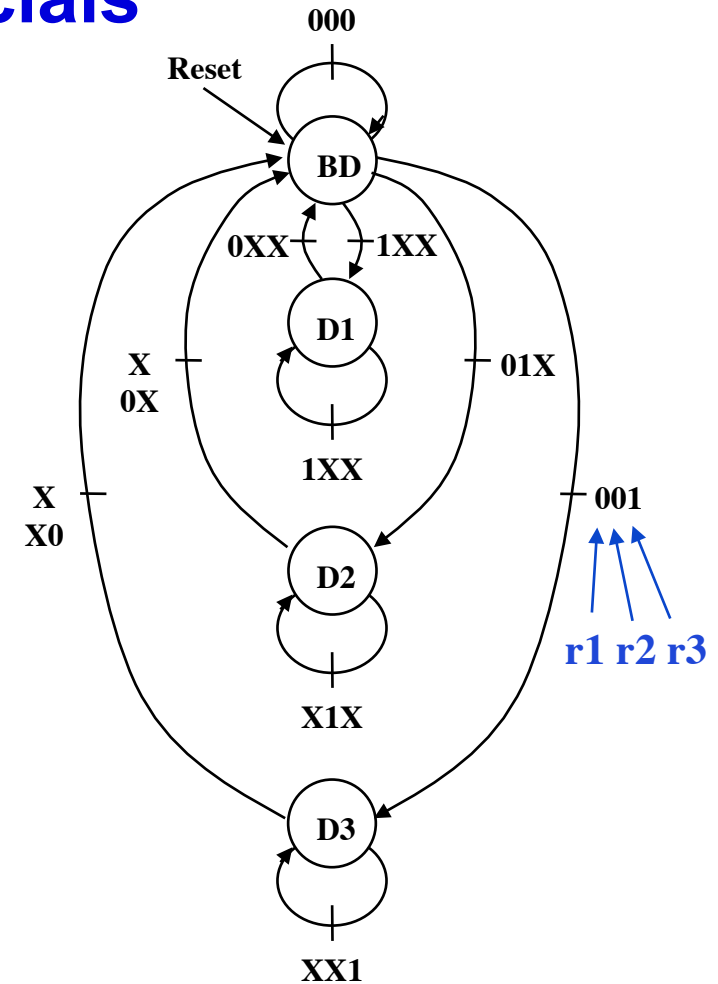
▶ Síntese de Circuitos Sequenciais

Exemplo 5: Árbitro de Barramento



saídas

estado	c1	c2	c3
BD	0	0	0
D1	1	0	0
D2	0	1	0
D3	0	0	1



2. Máquinas Sequenciais Síncronas

▶ Síntese de Circuitos Sequenciais

Exemplo 5: Árbitro de Barramento (Tarefa de casa...)

3. Assumindo uma codificação de estados trivial ($BD=00$, $D1=01$, $D2=10$, $D3=11$):
4. Encontre as equações de estado simplificadas. Nomeie as variáveis de estado $y1$, $y0$, $Y1$ e $Y0$.
5. Encontre as equações de saída simplificadas.
6. Usando 3 variáveis de estado, adote uma codificação de estados que minimize a lógica de saída.
7. Considerando a codificação de estados adotada no item anterior, encontre as equações de estado simplificadas. Nomeie as variáveis de estado $y2$, $y1$, $y0$, $Y2$, $Y1$ e $Y0$.
8. Comente o custo das duas implementações.

2. Máquinas Sequenciais Síncronas

▶ Síntese de Circuitos Sequenciais

Exemplo 6: Controle de Porta de Garagem

Necessita-se de um circuito sequencial síncrono capaz de controlar uma porta de garagem.

1. Quando a porta atinge o ponto de máxima abertura, um sensor de posição avisa fazendo o sinal $SA=1$.
2. Quando a porta atinge o ponto de máximo fechamento, outro sensor de posição avisa fazendo o sinal $SF=1$.
3. Para as situações intermediárias, $SF=SA=0$. ($SF=SA=1$ nunca ocorre.)

2. Máquinas Sequenciais Síncronas

▶ Síntese de Circuitos Sequenciais

Exemplo 6: Controle de Porta de Garagem

Possíveis estados para a porta de garagem e respectivos valores para os sinais SA e SF.

nome do estado	situação da porta	SA	SF
aberta	porta parada no ponto de máxima abertura	1	0
fechada	porta parada no ponto de máximo fechamento	0	1
abrindo	porta em movimento, abrindo	0	0
fechando	porta em movimento, fechando	0	0

A porta em questão é movimentada por um motor elétrico, o qual é controlado por dois sinais, A e F.

situação do motor	A	F
motor abrindo a porta	1	0
motor fechando a porta	0	1
motor parado	0	0
	1	1

2. Máquinas Sequenciais Síncronas

▶ Síntese de Circuitos Sequenciais

Exemplo 6: Controle de Porta de Garagem

A porta é acionada por um controle remoto que possui apenas um botão:

1. Quando este botão é acionado, o receptor instalado junto ao controle da porta faz o sinal $\mathbf{B=1}$ durante um ciclo de relógio. Estando a porta no estado "aberta" ou no estado "fechada", se $\mathbf{B=1}$, a porta muda de estado na próxima borda ativa do relógio.
2. Nos outros dois estados, o acionamento do controle remoto não tem ação sobre a porta.

2. Máquinas Sequenciais Síncronas

▶ Síntese de Circuitos Sequenciais

Exemplo 6: Controle de Porta de Garagem

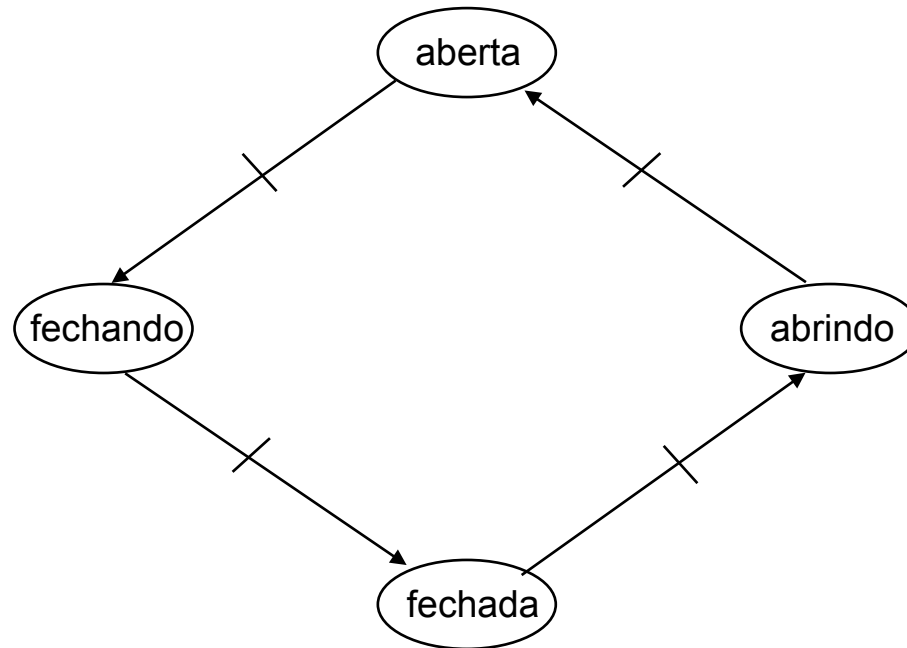
1. Desenhe o diagrama de estados (modelo Moore) que modela o comportamento do circuito sequencial síncrono que controla a porta de garagem descrita.
2. Faça o esboço do diagrama de blocos deste circuito sequencial síncrono.
3. Assumindo uma implementação que utiliza o número mínimo de variáveis de estados, mostre a codificação de estados que minimiza a lógica de saída deste circuito sequencial síncrono.

2. Máquinas Sequenciais Síncronas

▶ Síntese de Circuitos Sequenciais

Exemplo 6: Controle de Porta de Garagem

Diagrama de Estados

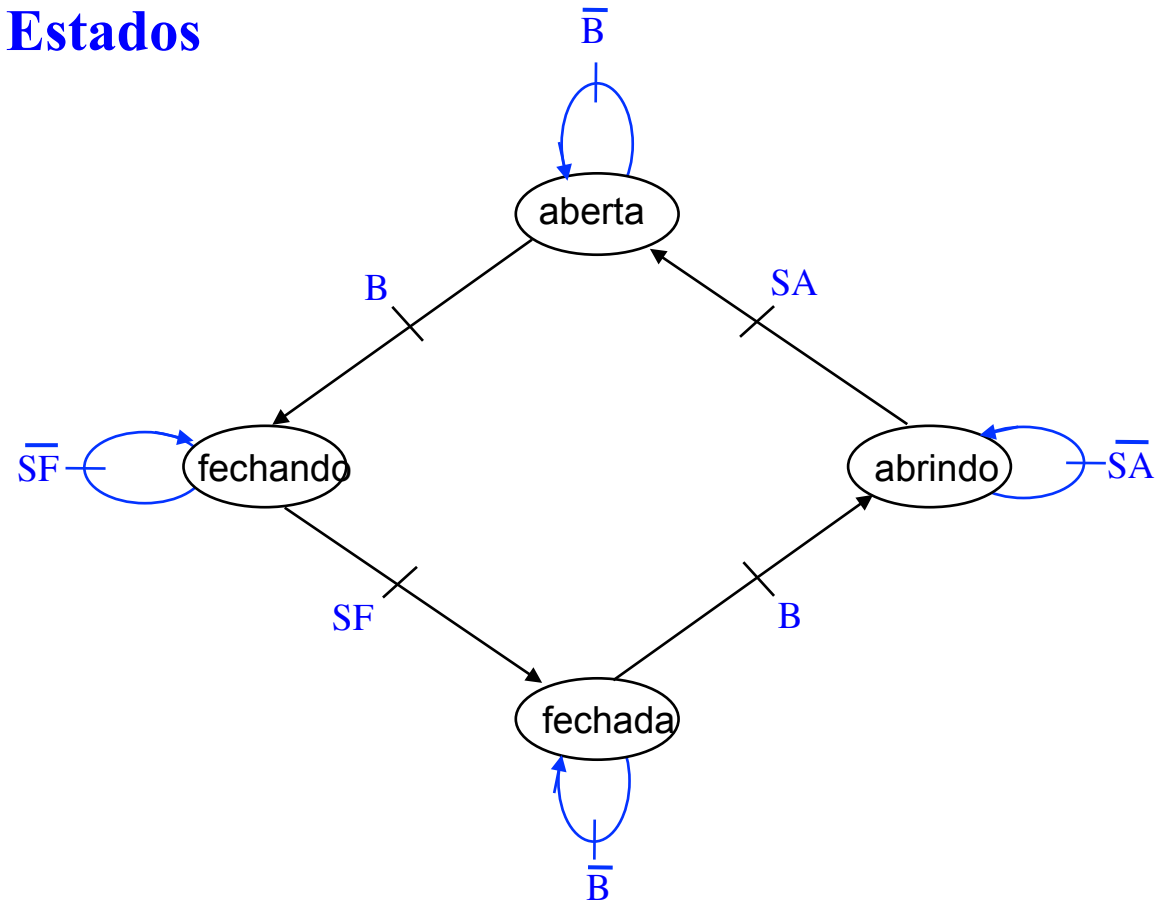


2. Máquinas Sequenciais Síncronas

▶ Síntese de Circuitos Sequenciais

Exemplo 6: Controle de Porta de Garagem

Diagrama de Estados

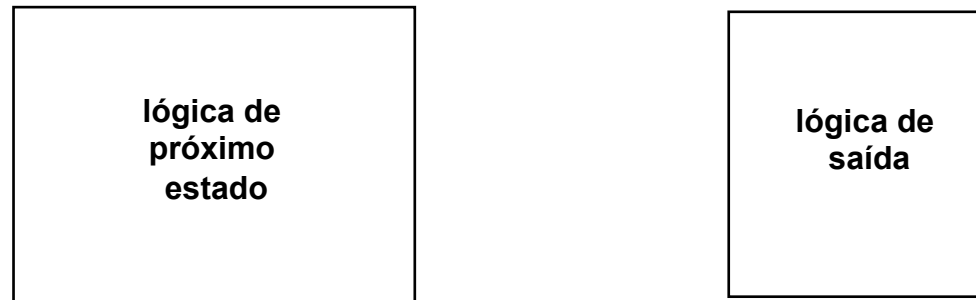


2. Máquinas Sequenciais Síncronas

▶ Síntese de Circuitos Sequenciais

Exemplo 6: Controle de Porta de Garagem

Diagrama de Blocos



A completar...

2. Máquinas Sequenciais Síncronas

▶ Síntese de Circuitos Sequenciais

Exemplo 6: Controle de Porta de Garagem

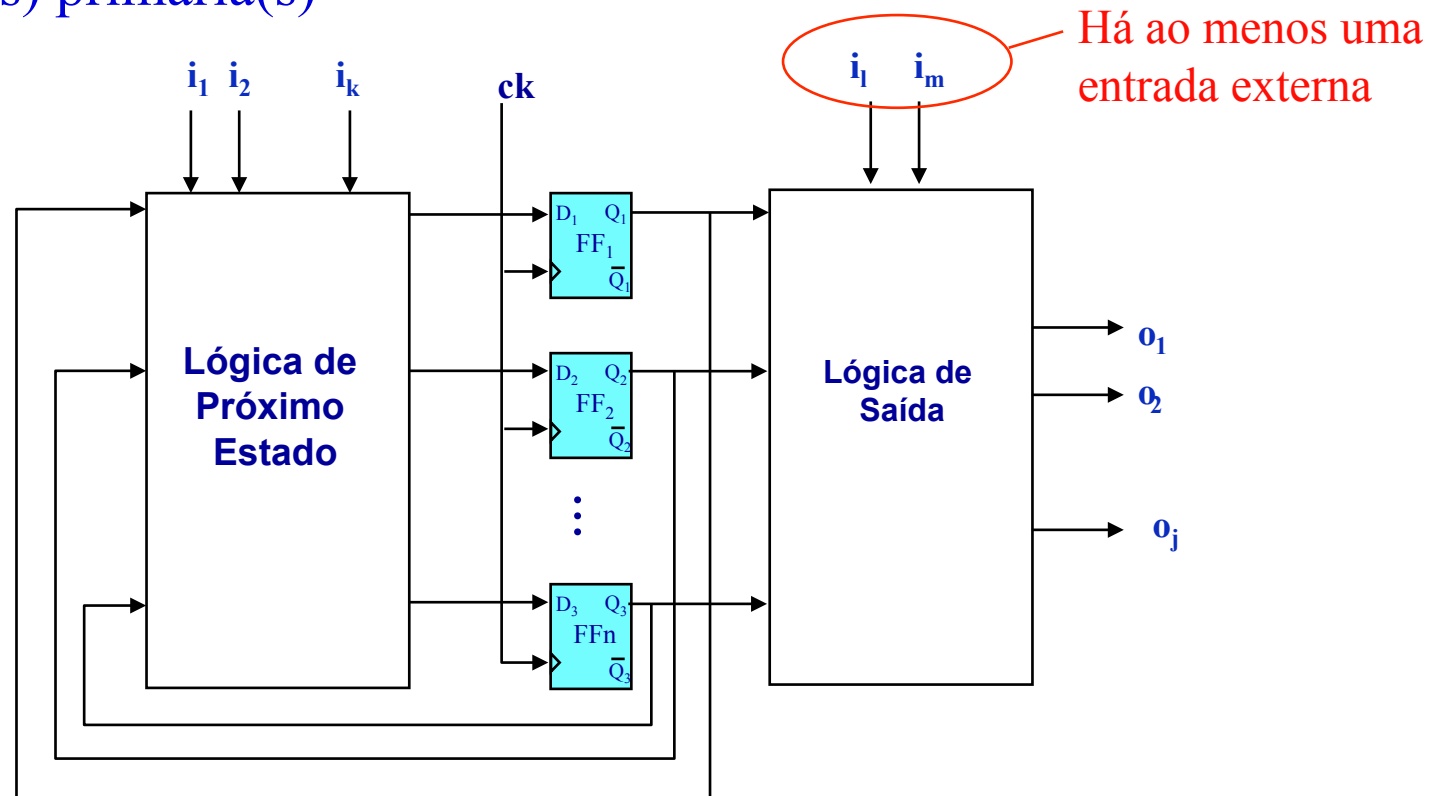
Codificação de estados que Minimiza a Lógica de Saída

nome do estado	y1	y0
aberta	0	0
fechando	0	1
fechada	1	1
abrindo	1	0

2. Máquinas Sequenciais Síncronas

► Modelo de Mealy

Característica principal: as saídas dependem do estado atual e de entrada(s) primária(s)

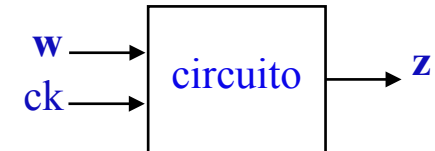


2. Máquinas Sequenciais Síncronas

▶ Síntese de Circuitos Sequenciais: Modelo de Mealy

Exemplo 3:

Projete um circuito que satisfaça às seguintes especificações:



1. O circuito possui uma entrada, **w**, e uma saída, **z**.
2. Todas as mudanças de valores no circuito ocorrem na borda de subida do sinal de relógio.
3. Quando o circuito detectar que a entrada **w** vale “0”, a saída **z** deve valer “0” no ciclo de relógio seguinte. Porém, quando o circuito detectar que a entrada **w** vale “1” durante duas bordas de relógio consecutivas, a saída **z** deve passar a valer “1” no ciclo de relógio seguinte à segunda ocorrência do valor “1”. As mudanças de **z** estão sincronizadas com a borda de relógio ativa.

Considere a seguinte modificação da especificação acima:

- O sinal de saída **z** não precisa esperar que um segundo valor igual a “1” seja amostrado da entrada **w**.
- Porém, se **z** = 1 e **w** muda de “1” para “0”, **z** deve também mudar para “0”, **independentemente** da borda ativa do relógio

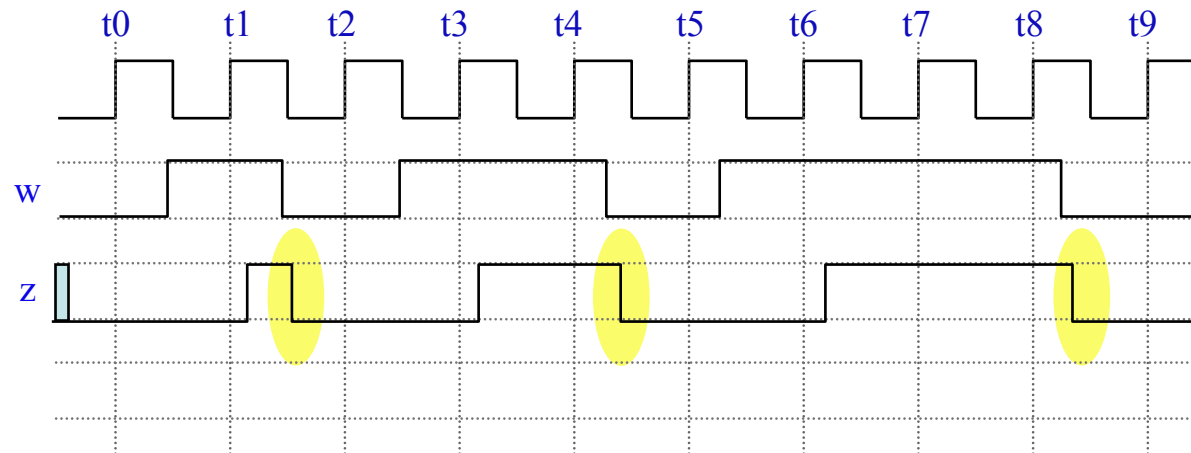
2. Máquinas Sequenciais Síncronas

▶ Síntese de Circuitos Sequenciais: Modelo de Mealy

Exemplo 3.1: exemplo de funcionamento dinâmico

Especificação modificada:

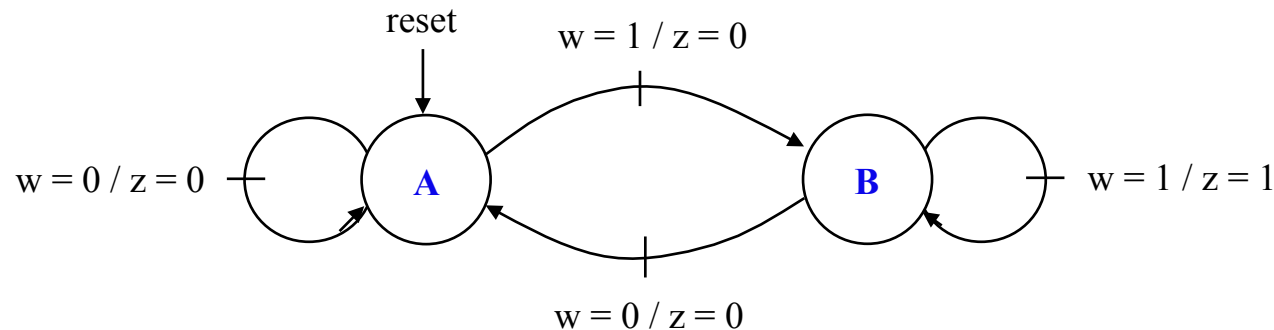
- O sinal de saída z não precisa esperar que um segundo valor igual a “1” seja amostrado da entrada w .
- Porém, se $z = 1$ e w muda de “1” para “0”, z deve também mudar para “0”, **independentemente** da borda ativa do relógio



2. Máquinas Sequenciais Síncronas

▶ Síntese de Circuitos Sequenciais: Modelo de Mealy

Exemplo 3.1: Diagrama de Estados



Interpretação do Diagrama de Estados:

- Durante o **ciclo de relógio atual**, o valor da saída z corresponde ao rótulo assinalado em alguma das arestas que **partem do estado atual**.
- No caso do estado B, por exemplo, z pode valer “0” ou valer “1”, conforme for o valor de w . Isto implica que z pode **mudar de valor antes que a máquina de estados mude de estado**.

2. Máquinas Sequenciais Síncronas

▶ Síntese de Circuitos Sequenciais: Modelo de Mealy

Exemplo 3.1: Tabelas de (Transição de) Estados e de Saída

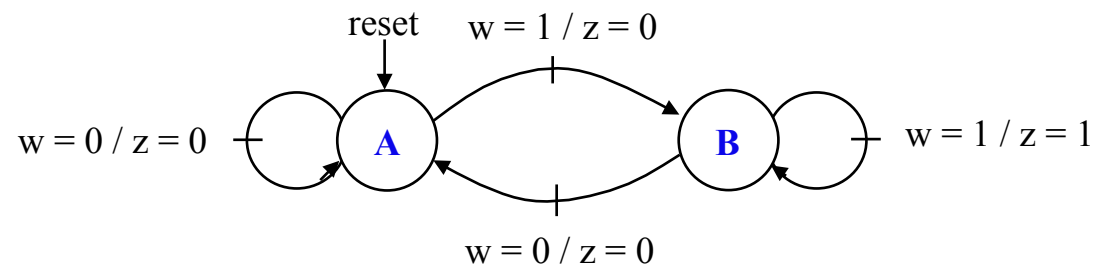


Tabela de (transição de) estados

Estado atual	w	Próximo estado
A	0	A
A	1	B
B	0	A
B	1	B

Tabela de saída

Estado	w	z
A	0	0
A	1	0
B	0	0
B	1	1

2. Máquinas Sequenciais Síncronas

▶ Síntese de Circuitos Sequenciais: Modelo de Mealy

Exemplo 3.1: Projetando a lógica de próximo estado e a lógica de saída

- Como há somente dois estados, iremos utilizar somente uma variável de estado.
- Assumindo o seguinte assinalamento de estados: A=0, B=1

Lógica de Próximo Estado

	y	w	Y	
A	0	0	0	A
A	0	1	1	B
B	1	0	0	A
B	1	1	1	B

$$Y = \bar{y} \cdot w + y \cdot w = w$$

Lógica de Saída

y	w	z
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

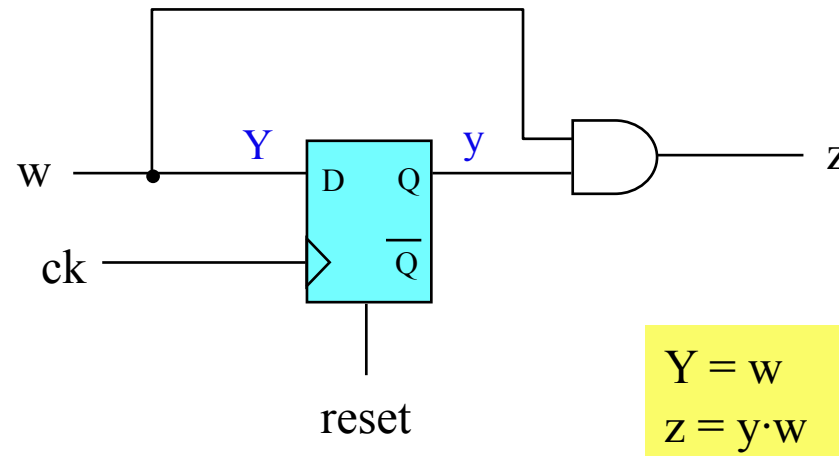


$$z = y \cdot w$$

2. Máquinas Sequenciais Síncronas

▶ Síntese de Circuitos Sequenciais: Modelo de Mealy

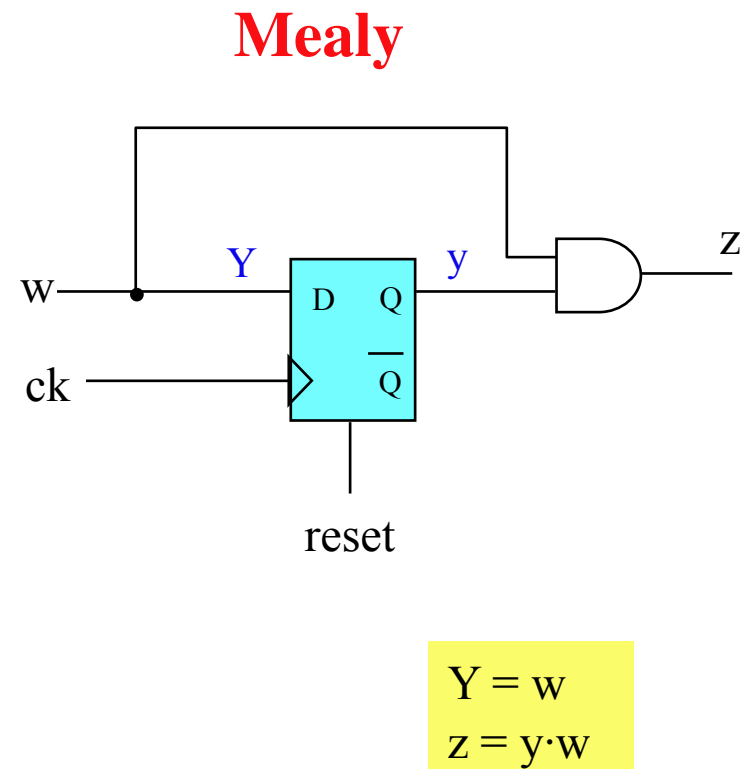
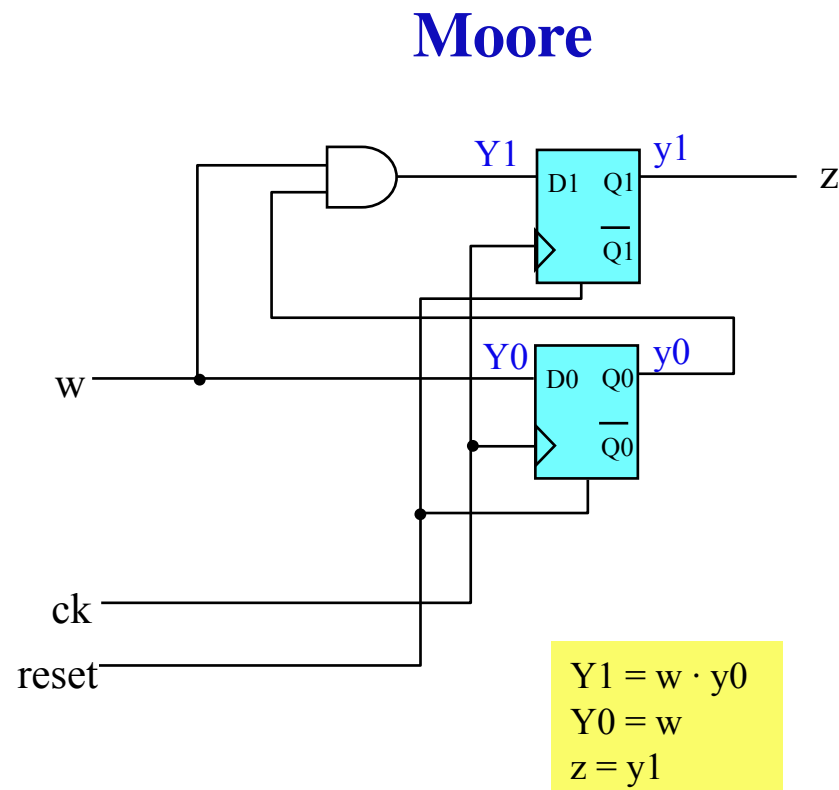
Exemplo 3.1: circuito final



2. Máquinas Sequenciais Síncronas

▶ Síntese de Circuitos Sequenciais

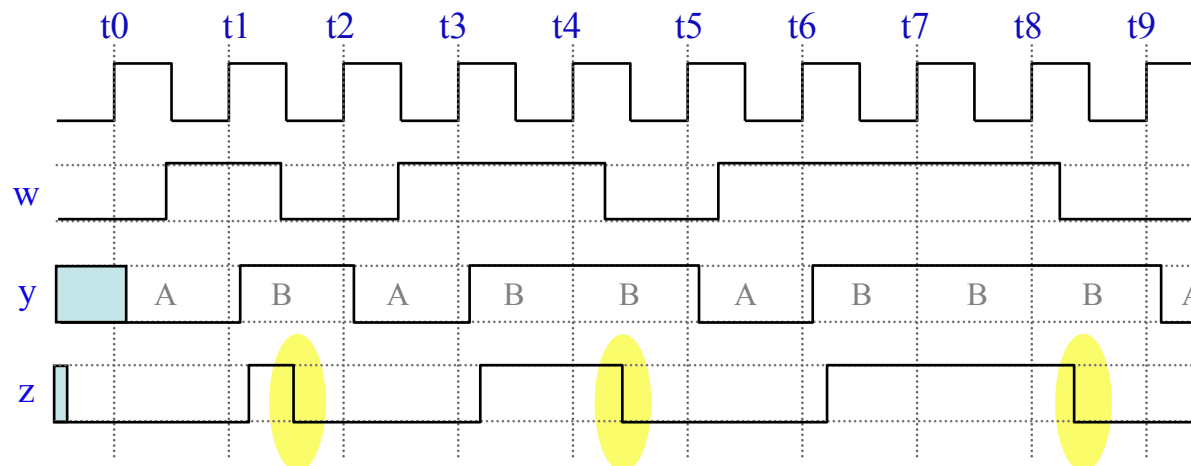
Exemplos 3 e 3.1: Comparando Moore e Mealy



2. Máquinas Sequenciais Síncronas

▶ Síntese de Circuitos Sequenciais: Modelo de Mealy

Exemplo 3.1: exemplo de funcionamento dinâmico

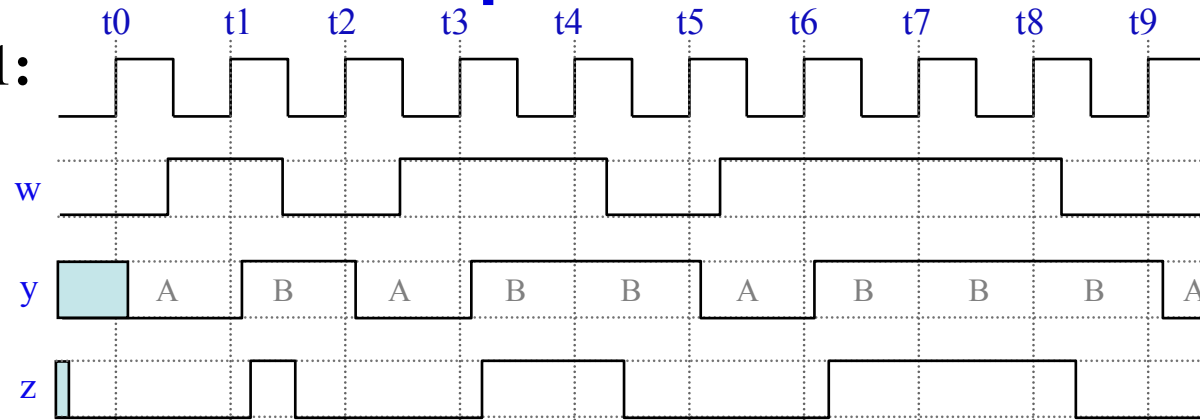


2. Máquinas Sequenciais Síncronas

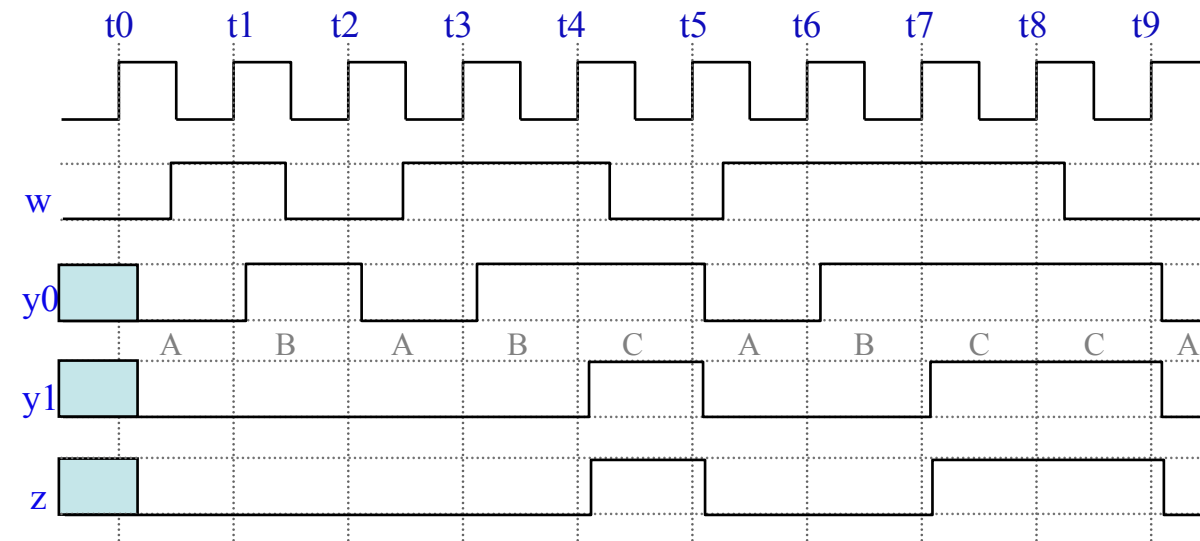
▶ Síntese de Circuitos Sequenciais

Exemplos 3 e 3.1:

Mealy



Moore

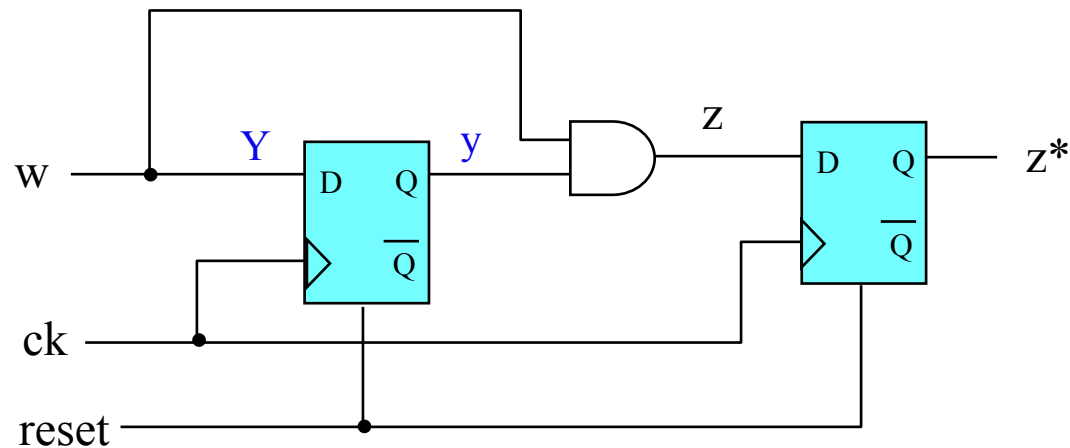


2. Máquinas Sequenciais Síncronas

▶ Síntese de Circuitos Sequenciais

Exemplo 3.1:

Porém, se passarmos a saída z por um segundo flip-flop, filtraremos o comportamento assíncrono. De fato, estaremos transformando o circuito para o Modelo de Moore...

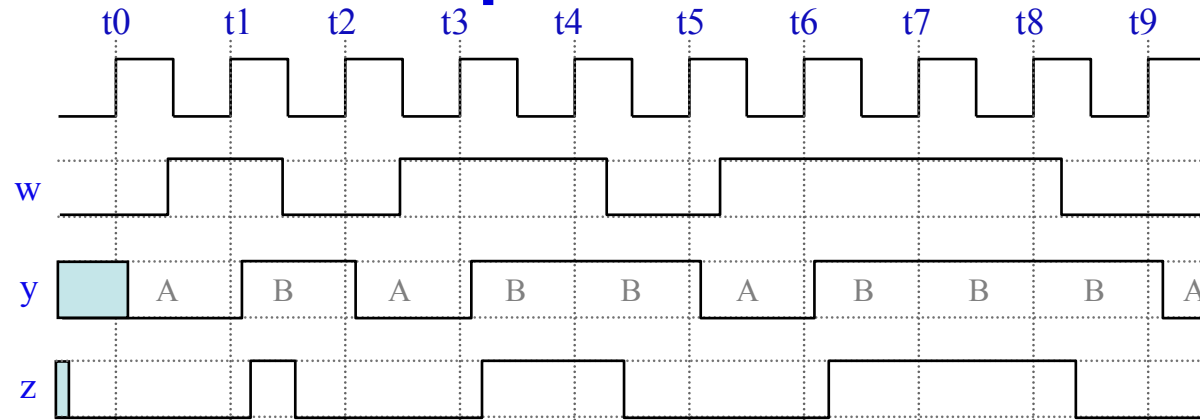


2. Máquinas Sequenciais Síncronas

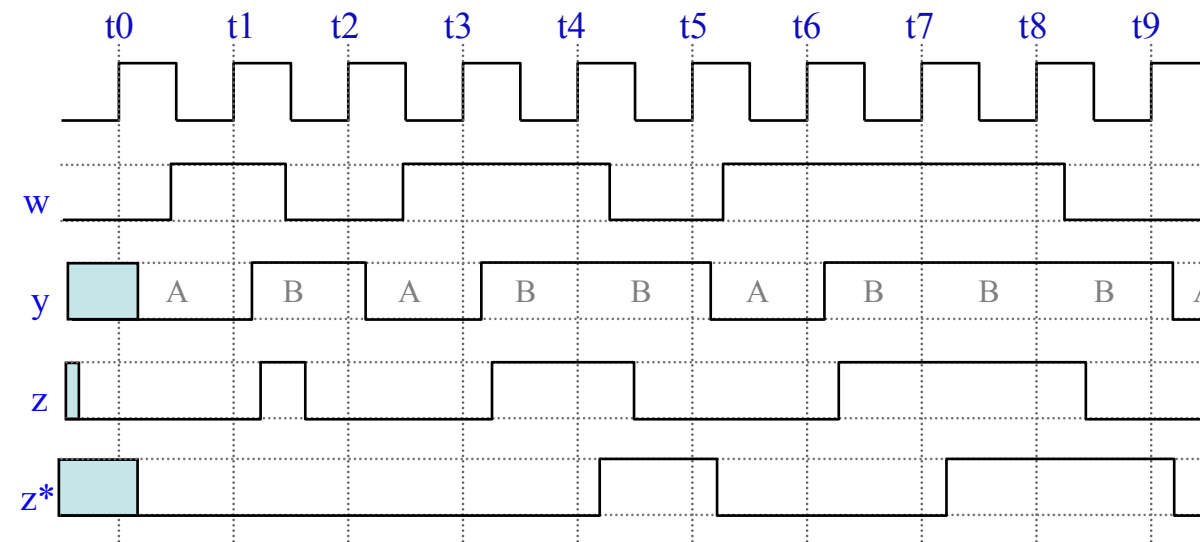
▶ Síntese de Circuitos Sequenciais

Exemplo 3.1:

Mealy

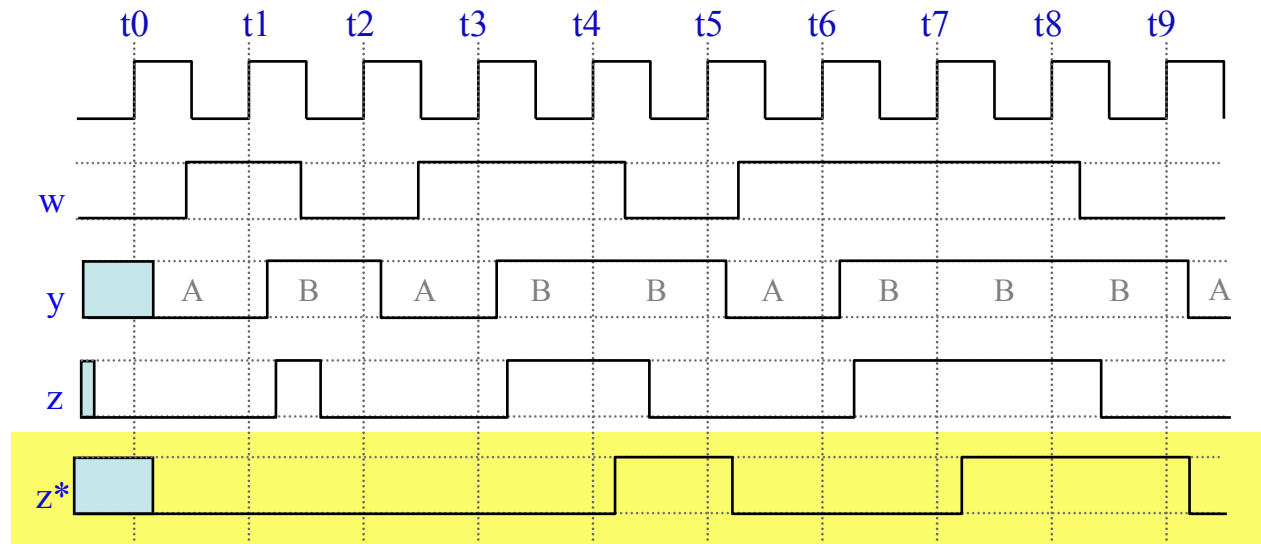


Mealy
transform.
em Moore

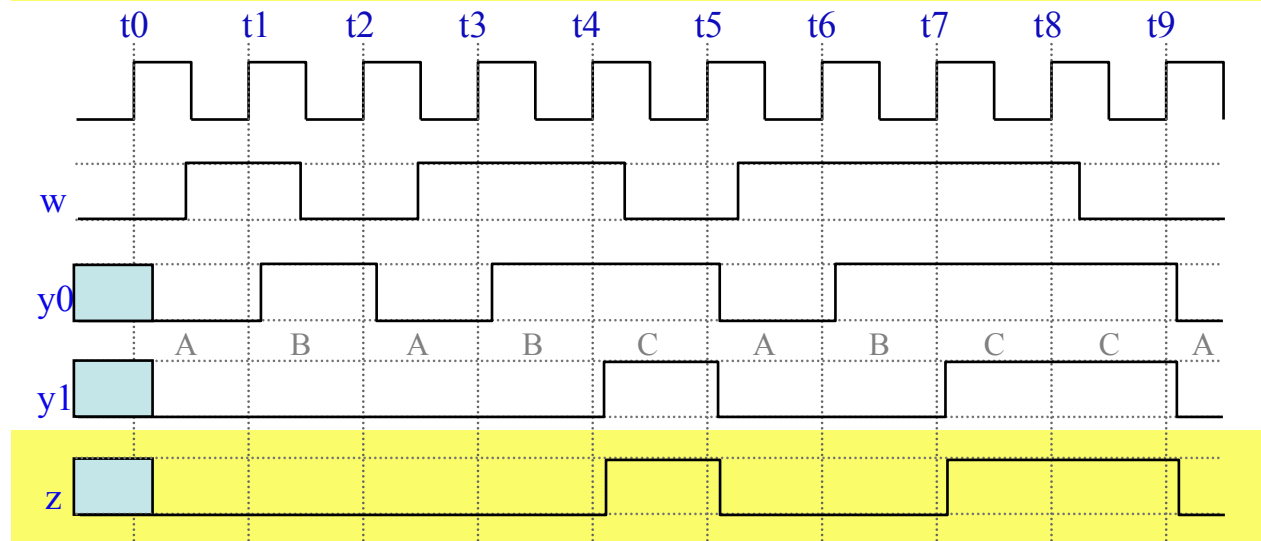


2. Máquinas Sequenciais Síncronas

**Mealy
transform.
em Moore**



Moore

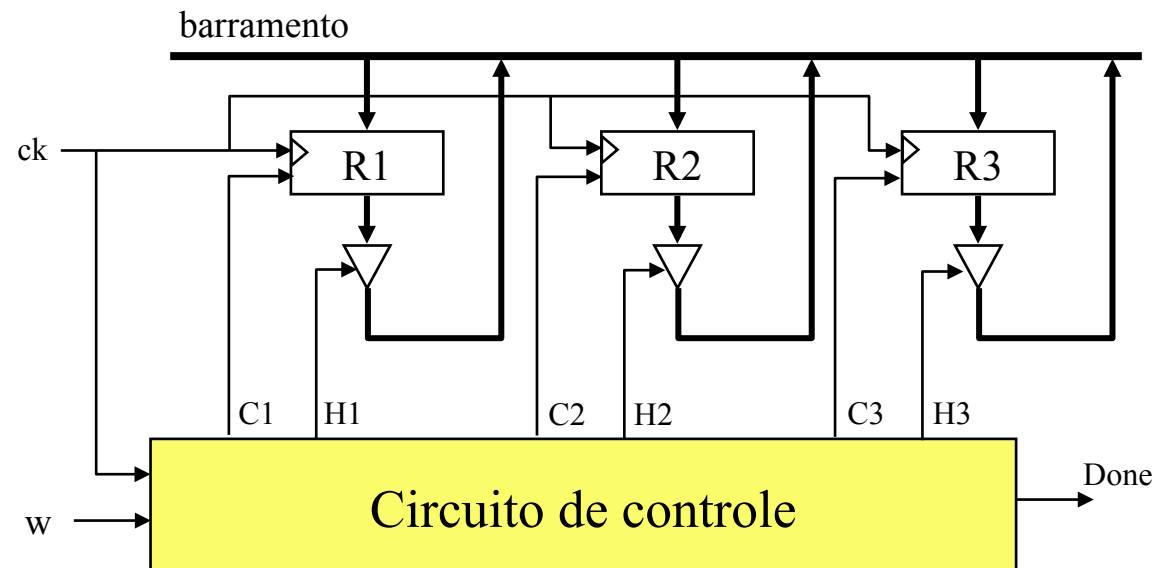


2. Máquinas Sequenciais Síncronas

▶ Síntese de Circuitos Sequenciais: Modelo de Mealy

Exemplo 4.1:

Utilizando o modelo de Mealy para FSM, projetar o “circuito de controle” que permita realizar um *swap* entre R1 e R2, utilizando R3 como temporário. (Desconsiderar outras possíveis operações.)



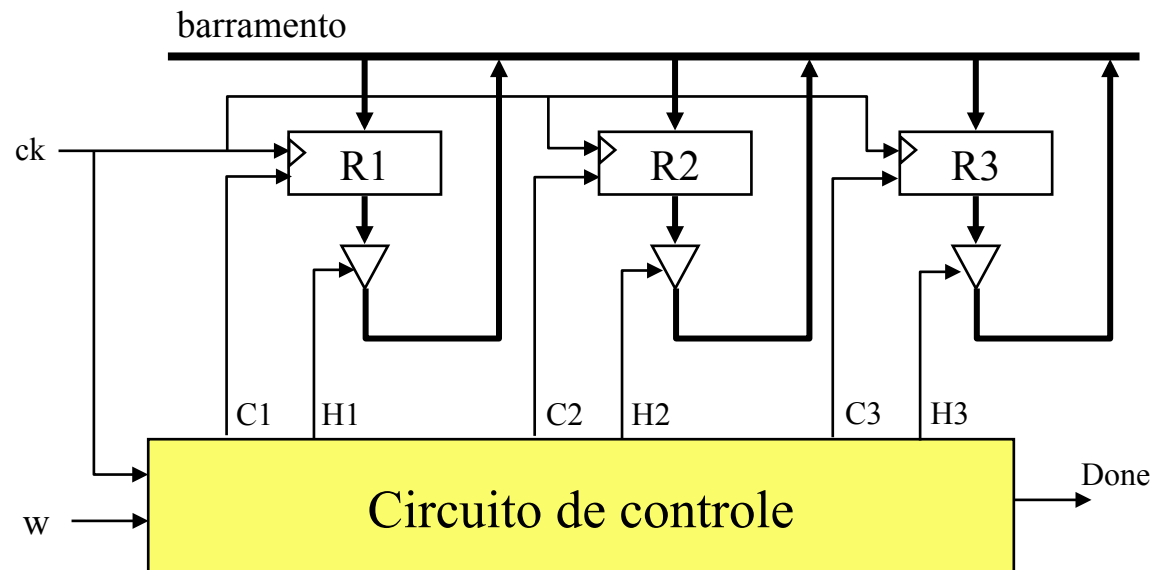
2. Máquinas Sequenciais Síncronas

▶ Síntese de Circuitos Sequenciais: Modelo de Mealy

Exemplo 4.1:

Para realizar o *swap* entre R1 e R2 no circuito abaixo, é necessário realizar a seguinte seqüência de “transferências entre registradores”:

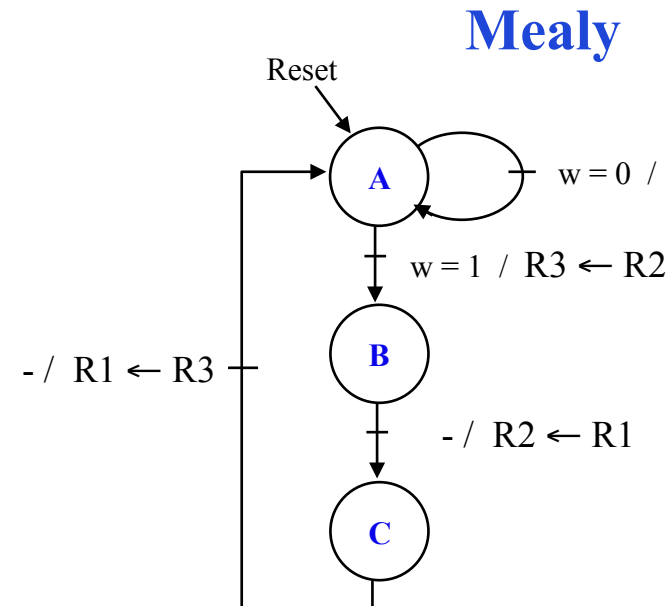
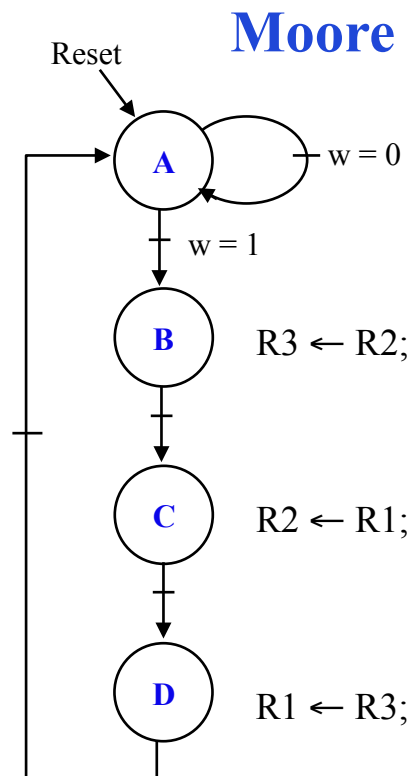
1. R3 \leftarrow R2;
2. R2 \leftarrow R1;
3. R1 \leftarrow R3;



2. Máquinas Sequenciais Síncronas

▶ Síntese de Circuitos Sequenciais: Modelo de Mealy

Exemplo 4.1: Diagramas de estados

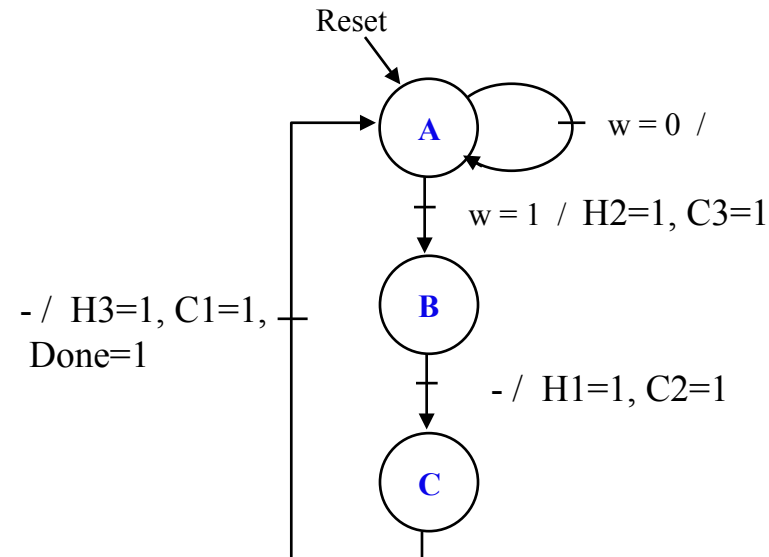


Lembrando que na versão **Mealy**, as mudanças dos sinais de saída estão associadas às arestas

2. Máquinas Sequenciais Síncronas

▶ Síntese de Circuitos Sequenciais: Modelo de Mealy

Exemplo 4.1:



Estado atual	w	Operação:	C1	H1	C2	H2	C3	H3	Done
A	0	Nenhuma ação	0	0	0	0	0	0	0
A	1	$R3 \leftarrow R2;$	0	0	0	1	1	0	0
B	-	$R2 \leftarrow R1;$	0	1	1	0	0	0	0
C	-	$R1 \leftarrow R3;$	1	0	0	0	0	1	1

Obs interessante:
 n° de linhas = n°
 de arestas do
 diagrama
 (excluída a aresta
 do reset).

2. Máquinas Sequenciais Síncronas

▶ Síntese de Circuitos Sequenciais

Exemplos 4 e 4.1: Comparando Mealy com Moore

- A versão **Mealy** requer três estados (ao invés de quatro da versão **Moore**)
- Porém, isto não significa necessariamente que o circuito será menor, pois ainda são necessários dois flip-flops...
- A versão **Mealy** para o exemplo 3 gera os sinais de controle um ciclo de relógio mais cedo que a versão **Moore**
- Logo, para realizar o *swap* entre dois registradores a versão **Mealy** necessita de 3 ciclos de relógio, enquanto a versão **Moore** necessita de 4 ciclos .

