

Capítulo 3–Circuitos Sequenciais

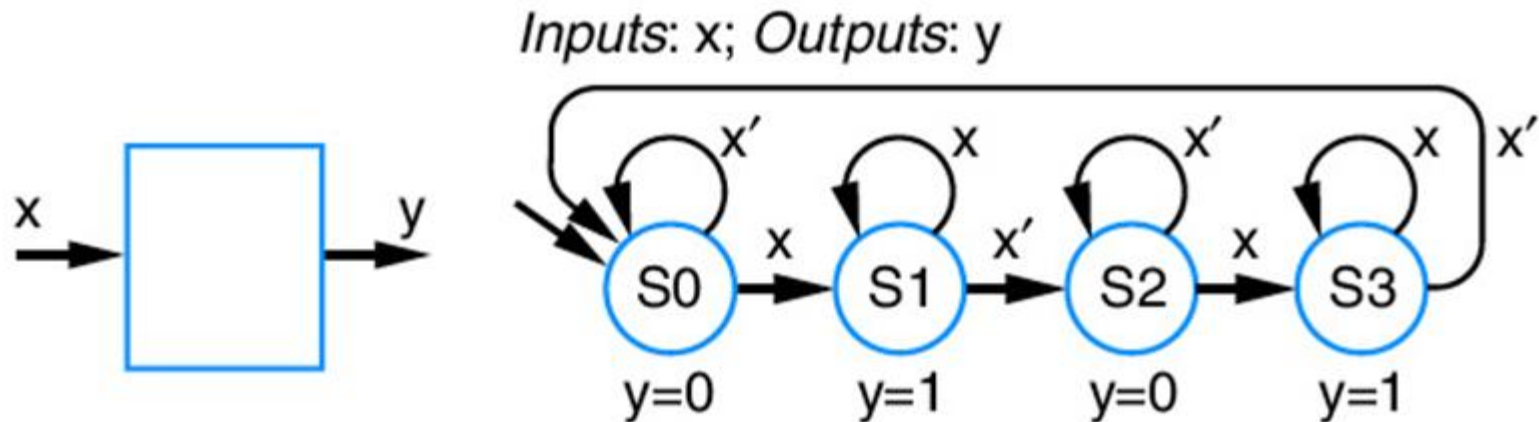
Otimização e tradeoffs
Profa. Eliete Caldeira

Redução (ou minimização) de estados

- ▶ Reduz o número de estados sem alterar o comportamento:
 - Reduzir o tamanho do registrador de estados necessário para a implementação da FSM
 - Reduzir o tamanho do circuito.
- ▶ É possível quando a FSM contém estados que são equivalentes entre si ou redundantes.

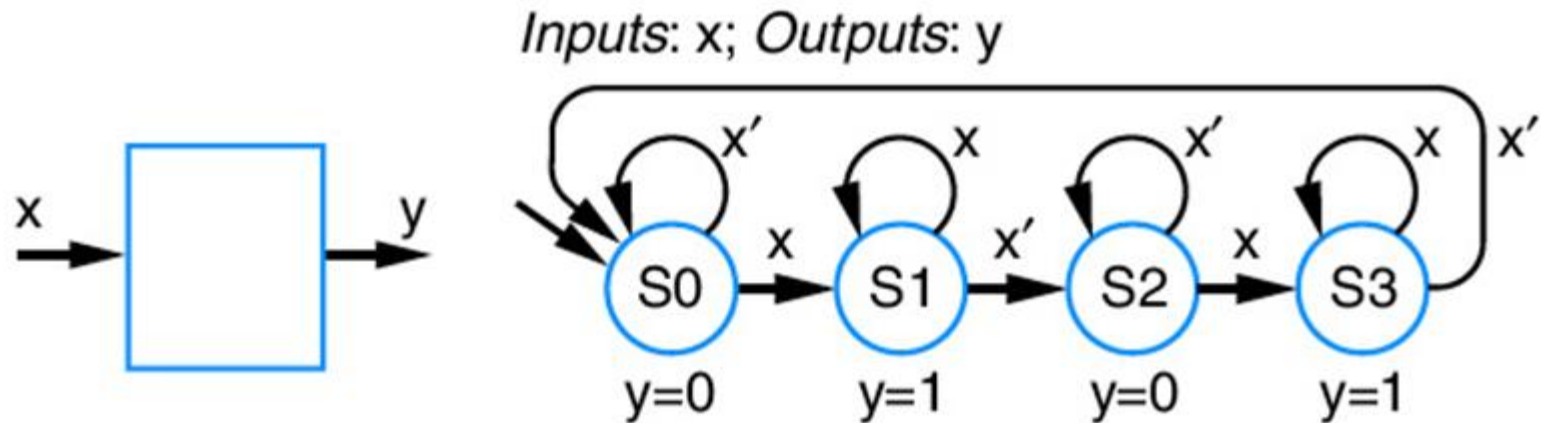
Redução (ou minimização) de estados

- Exemplo: O circuito da figura tem uma entrada x e uma saída y . O diagrama tem os estados s_0 , s_1 , s_2 e s_3 .



- Análise a saída gerada se $x = 1100$ se o estado inicial é: a) s_0 e b) s_2

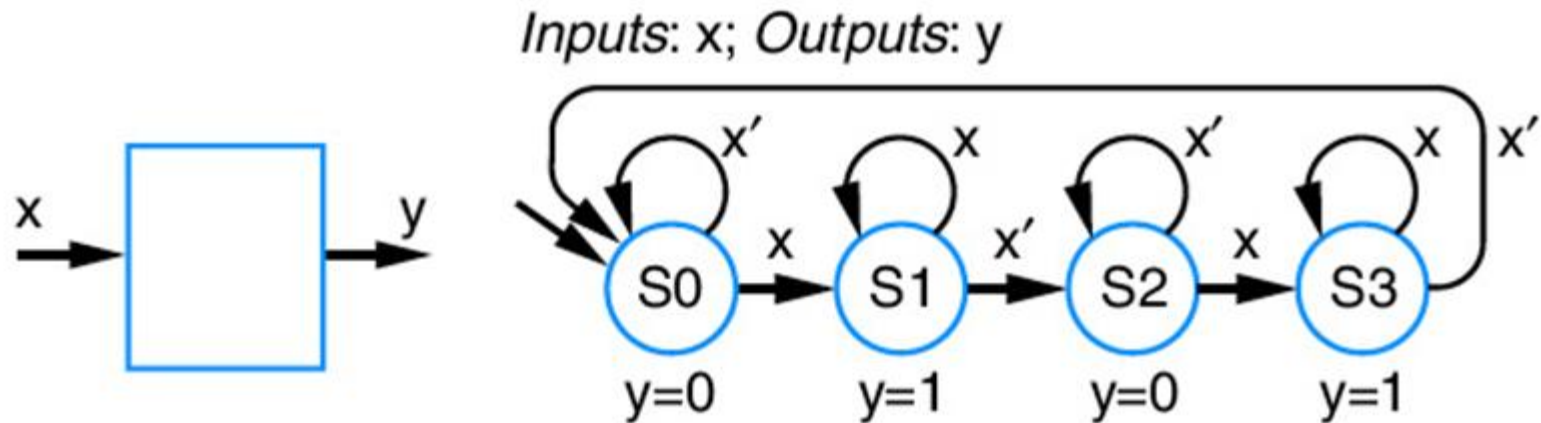
Redução (ou minimização) de estados



- Se $x = 1100$ e o estado inicial é s_0

Estado atual	s_0	s_1	s_1	s_2
x	1	1	0	0
y	0	1	1	0
Próximo estado	s_1	s_1	s_2	S_2

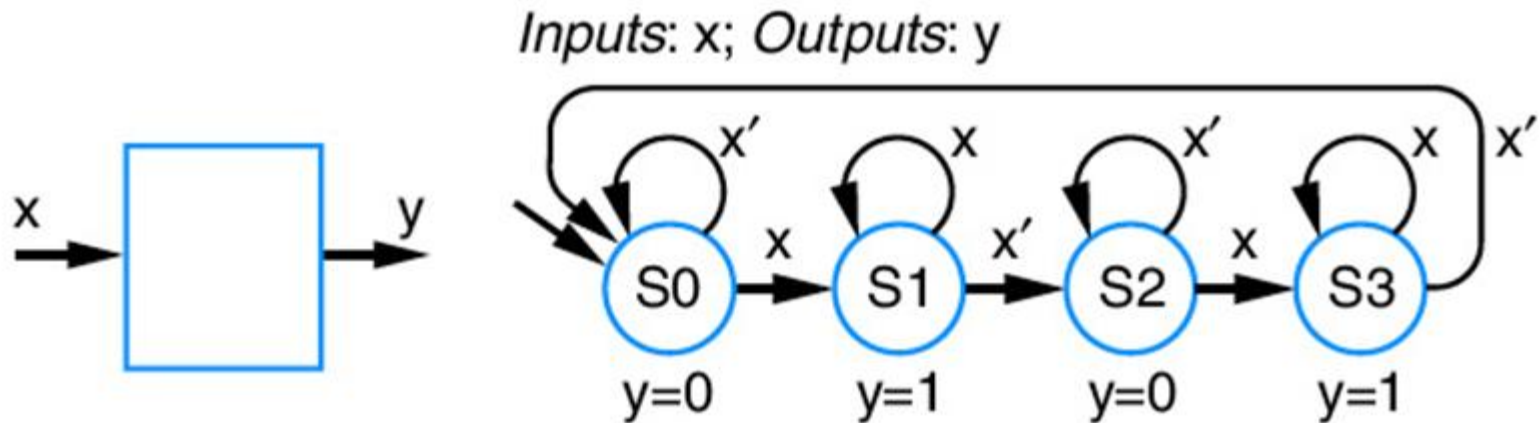
Redução (ou minimização) de estados



- Se $x = 1100$ e o estado inicial é $s2$

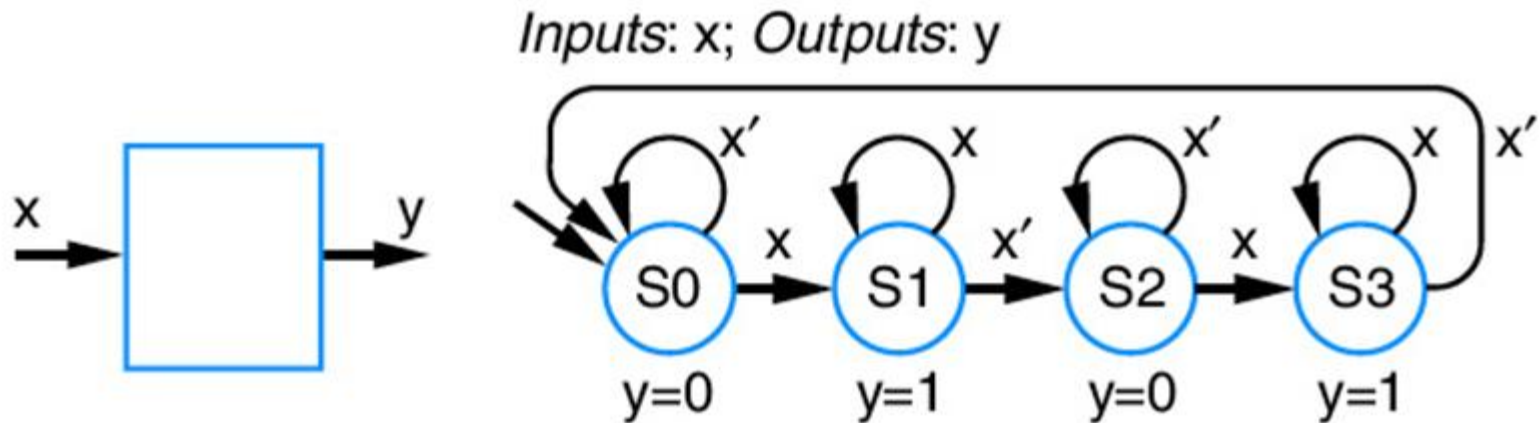
Estado atual	$s2$	$s3$	$s3$	$s0$
x	1	1	0	0
y	0	1	1	0
Próximo estado	$s3$	$s3$	$s0$	$s0$

Redução (ou minimização) de estados

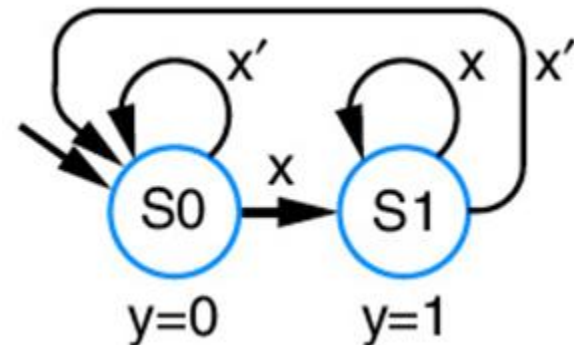


- ▶ Se $x = 1100$ a saída é $Y = 0110$ se o estado inicial for s_0 ou s_2
- ▶ De fato qualquer sequência de x gera a mesma saída y se a máquina começa em s_0 ou s_2 . Assim, s_0 e s_2 são equivalentes.
- ▶ O mesmo acontece com s_1 e s_3 , que também são equivalentes

Redução (ou minimização) de estados



- ▶ Reduzindo os estados redundantes da máquina obtém-se

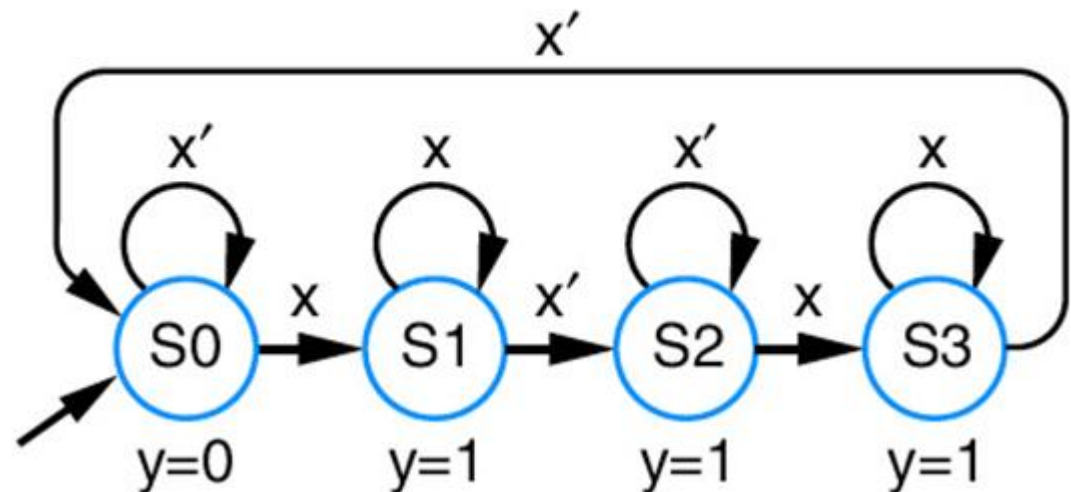


Redução (ou minimização) de estados

- ▶ Inspeção visual pode indicar algumas equivalências, mas é incapaz de garantir que removemos todos os estados redundantes
- ▶ Uma pequena modificação na máquina anterior (saída de s_2) e a máquina não tem mais estados redundantes

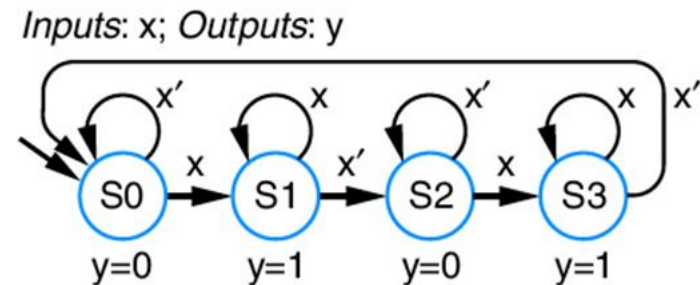
É preciso uma abordagem sistemática!

Inputs: x ; Outputs: y

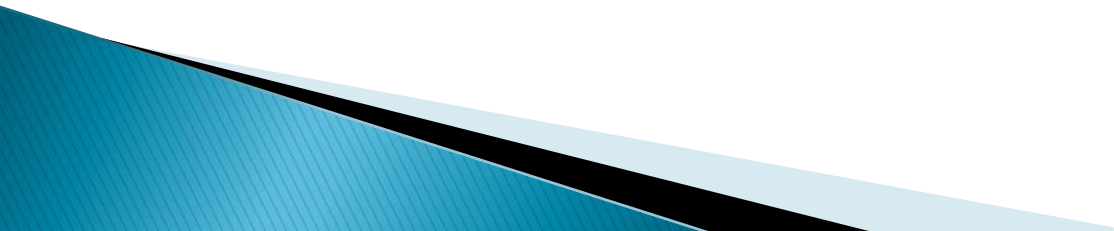


Redução (ou minimização) de estados

- ▶ Dois estados são equivalentes se:
 - Eles atribuírem os mesmos valores às saídas
 - s0 e s2 atribuem 0 à saída
 - s1 e s3 atribuem 1 à saída
 - E, para todas as sequências possíveis de entradas, as saídas da FSM serão as mesmas quando se inicia em qualquer um desses dois estados
- Para $x = 1, 1, 0, 0, \dots$
 - começando de S1, $y = 1, 1, 1, 0, \dots$
 - começando de S3, $y = 1, 1, 1, 0, \dots$



Redução (ou minimização) de estados

- ▶ Assim, dois estados não poderão ser equivalentes se eles produzirem saídas diferentes para a mesma sequência de entradas
 - ▶ Para um dado valor de entrada, se os próximos estados dos dois estados não forem equivalentes, então os dois estados também não serão equivalentes
- 

Redução (ou minimização) de estados

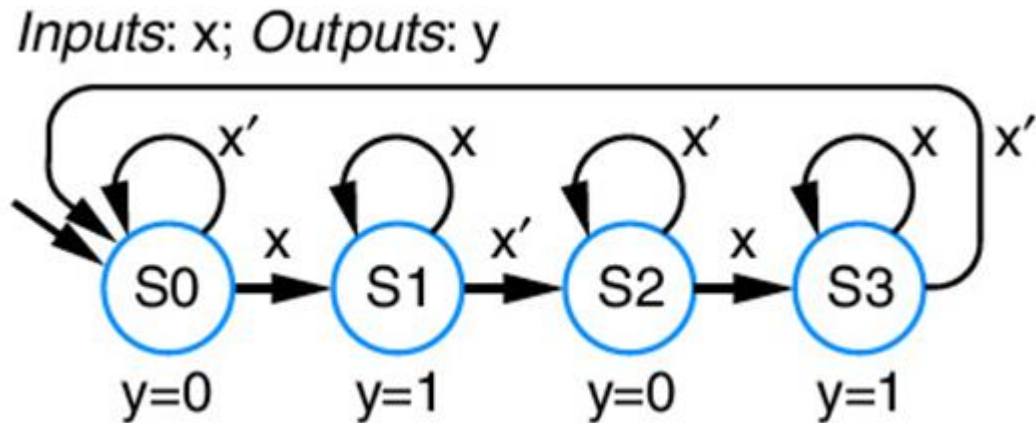
► Tabelas de implicação – Algoritmo para redução de estados

Passos	Comentário
1. Marque como sendo não equivalentes os pares de estados que têm saídas diferentes.	Estados com saídas diferentes não podem ser equivalentes
2. Para cada par de estados não marcado, escreva os pares de próximos estados que correspondem aos mesmos valores de entrada	
3. Para cada par de estados não marcado, assinale como sendo não equivalentes os pares de estados cujos pares de próximos estados não são equivalentes. Repita esse passo até que não ocorram mais alterações, ou até que todos os estados estejam marcados.	Para os mesmos valores de entrada, os estados cujos próximos estados não são equivalentes não podem ser equivalentes. Cada execução desse passo é chamada de uma passada.
4. Combine os pares restantes de estados	Os pares de estados restantes devem ser equivalentes

Redução (ou minimização) de estados

- ▶ Exemplo: Reduzir estados redundantes para o sistema da figura
- ▶ Montando uma tabela com os pares de estados

Não é preciso comparar um estado com ele mesmo (diagonal) nem comparar duas vezes os mesmos estados (redundante)



S0				
S1				
S2				
S3				
	S0	S1	S2	S3

Redundant

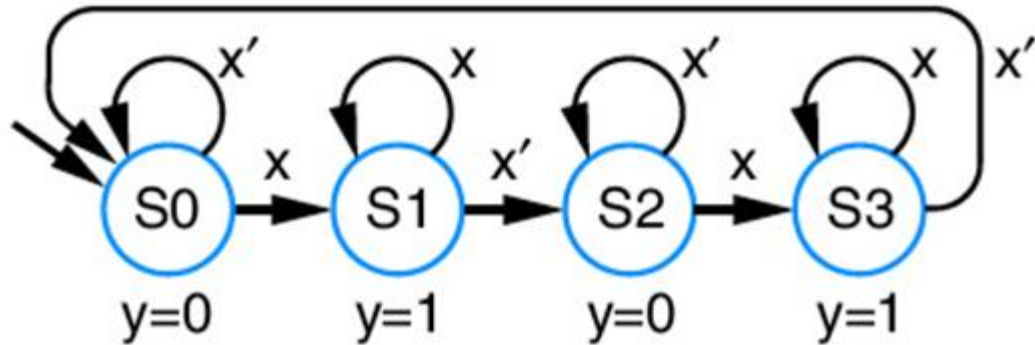
Diagonal

S1	
S2	
S3	
	S0
	S1
	S2

Redução (ou minimização) de estados

- Passo 1: Marque como sendo não equivalentes os pares de estados que tem saídas diferentes

Inputs: x ; Outputs: y



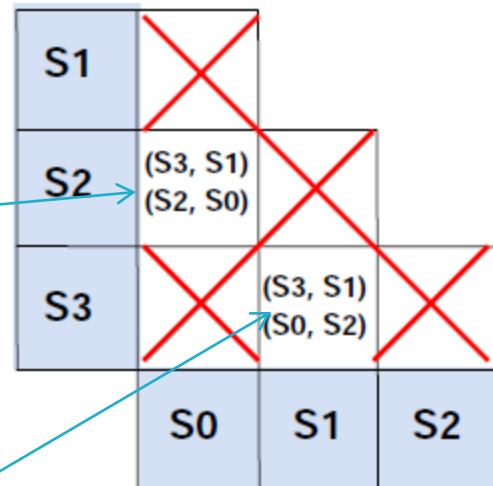
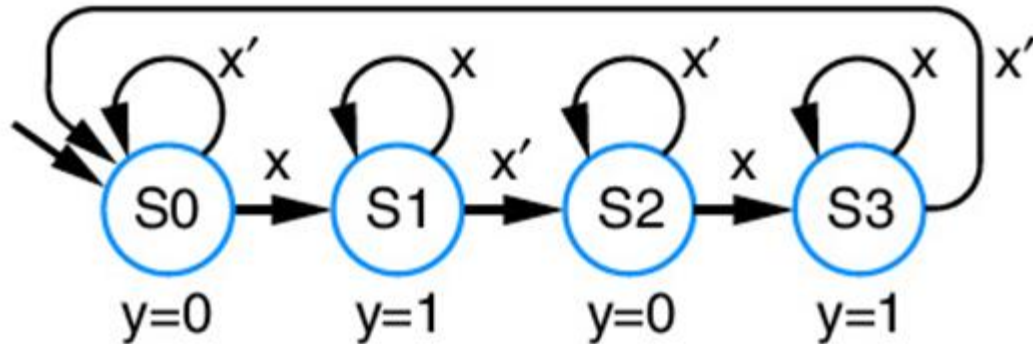
S1			
S2			
S3			
	S0	S1	S2

Redução (ou minimização) de estados

- Passo 2: Para cada célula não marcada restante, são escritos os pares de próximos estados.

$x=1$, próximo estado de $S2$ é $S3$, ao passo que o próximo estado de $S0$ é $S1$
 $x=0$, os próximos estados são $S2$ e $S0$

Inputs: x ; Outputs: y

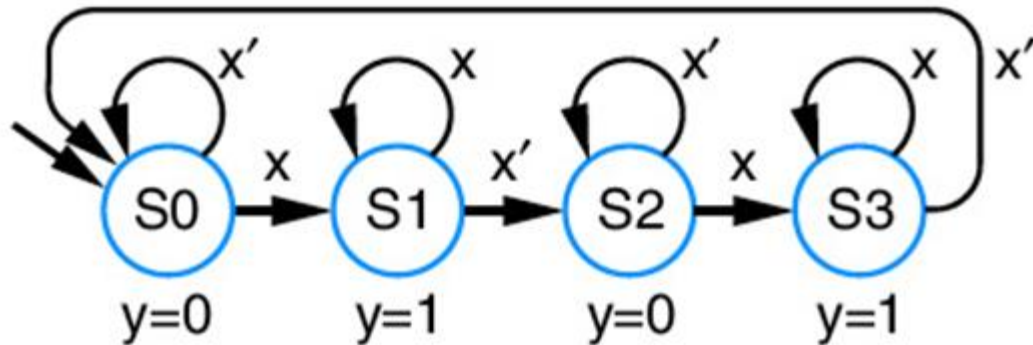


$x=1$, “(S3,S1)”
 $x=0$, “(S0,S2)”

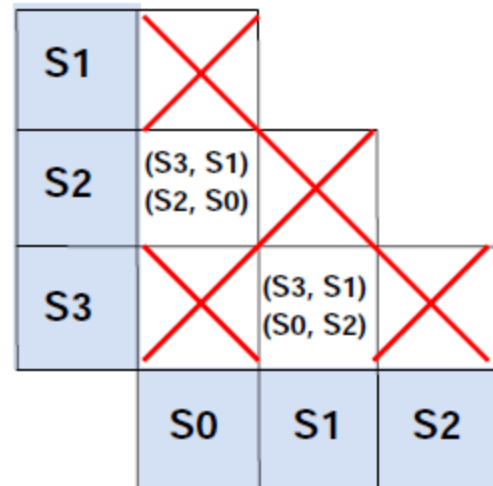
Redução (ou minimização) de estados

- ▶ Passo 3: São marcadas como não equivalentes todas as células não marcadas cujos pares de próximos estados já tinham sido marcados como sendo não equivalentes

Inputs: x ; Outputs: y



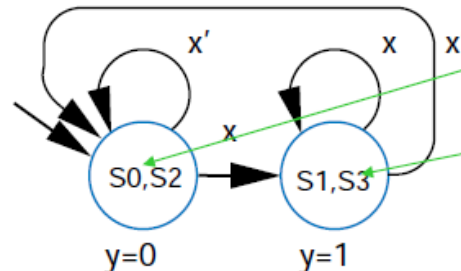
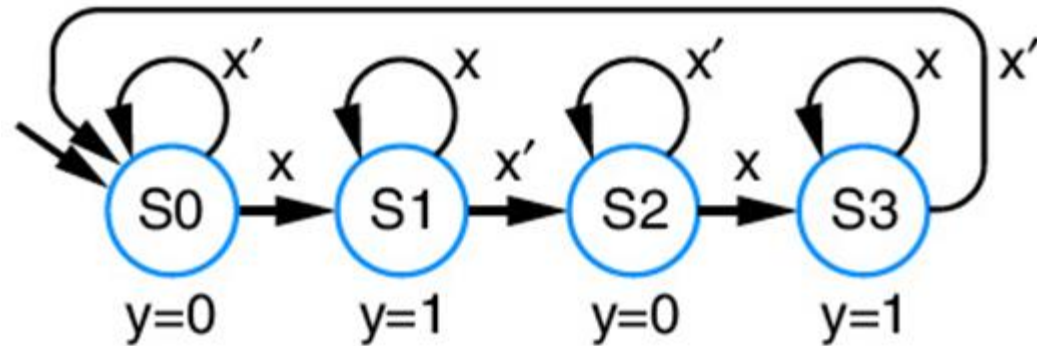
- ▶ Examinando a célula (S2,S0):
 - (S3,S1) e (S2,S0) não estão marcados
- ▶ Examinando a célula (S3,S1):
 - (S2,S0) e (S3,S1) não estão marcados



Redução (ou minimização) de estados

- ▶ Passo 4: São declarados equivalentes os pares não marcados de estados:
 - S2 e S0
 - S3 e S1
- ▶ Para finalizar esse passo, combinamos os estados equivalentes da FSM

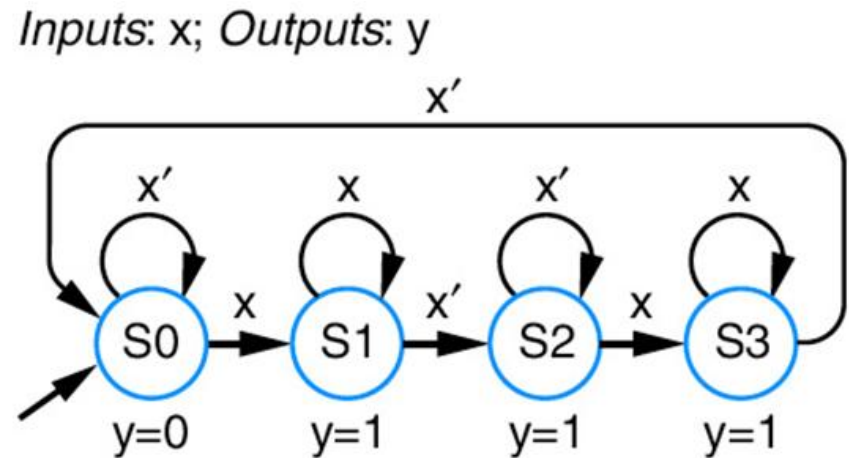
Inputs: x ; Outputs: y



S1	X		
S2	(S3, S1) (S2, S0)	X	
S3	X	(S3, S1) (S0, S2)	X
	S0	S1	S2

Redução (ou minimização) de estados

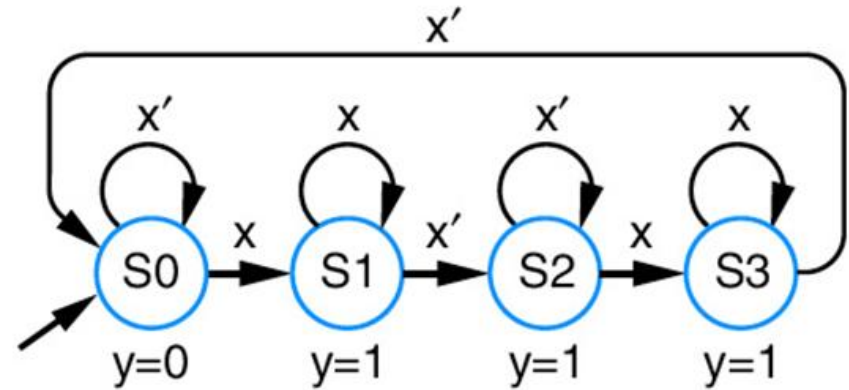
- Exemplo 2: Reduzir estados redundantes para o sistema da figura



Redução (ou minimização) de estados

- Passo 1: Marque como sendo não equivalentes os pares de estados que tem saídas diferentes

Inputs: x ; Outputs: y

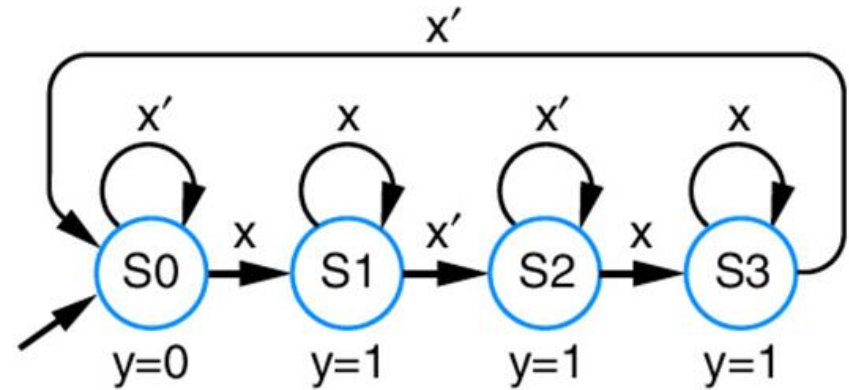


S1			
S2			
S3			
	S0	S1	S2

Redução (ou minimização) de estados

- ▶ Passo 2: Para cada célula não marcada restante, são escritos os pares de próximos estados.

Inputs: x ; Outputs: y

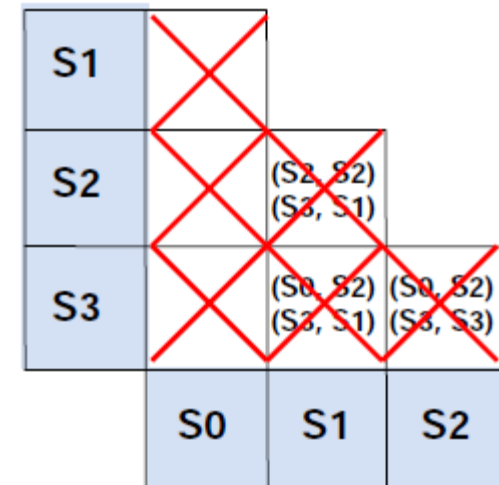
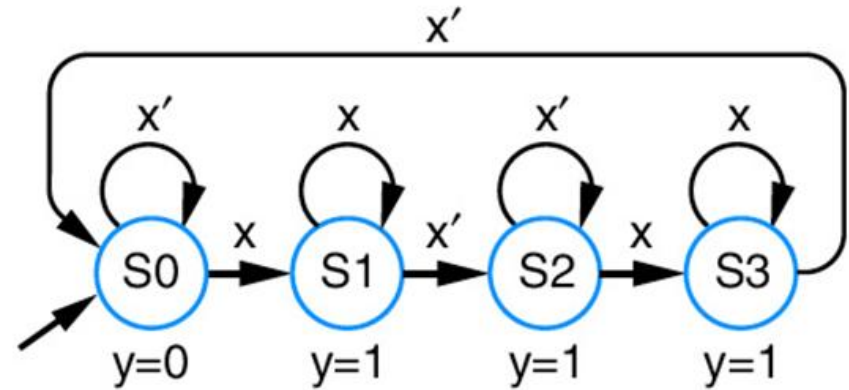


S1			
S2		(S2, S2) (S3, S1)	
S3		(S0, S2) (S3, S1)	(S0, S2) (S3, S3)
	S0	S1	S2

Redução (ou minimização) de estados

- ▶ Passo 3: São marcadas como não equivalentes todas as células não marcadas cujos pares de próximos estados já tinham sido marcados como sendo não equivalentes

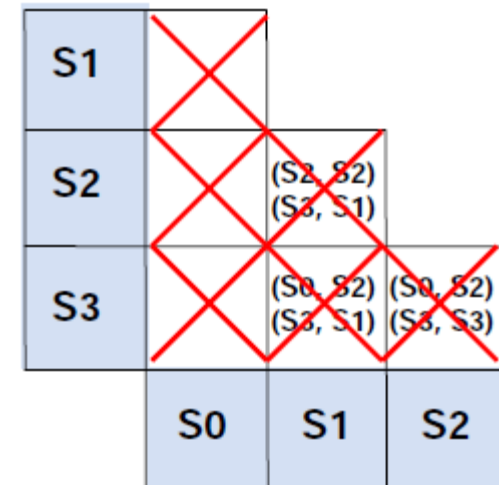
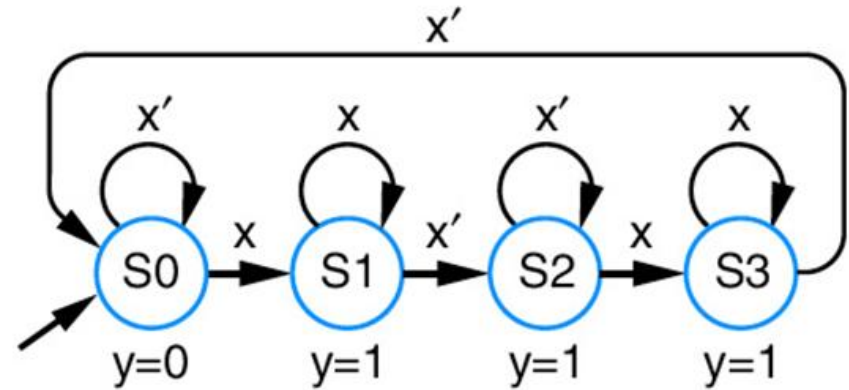
Inputs: x ; Outputs: y



Redução (ou minimização) de estados

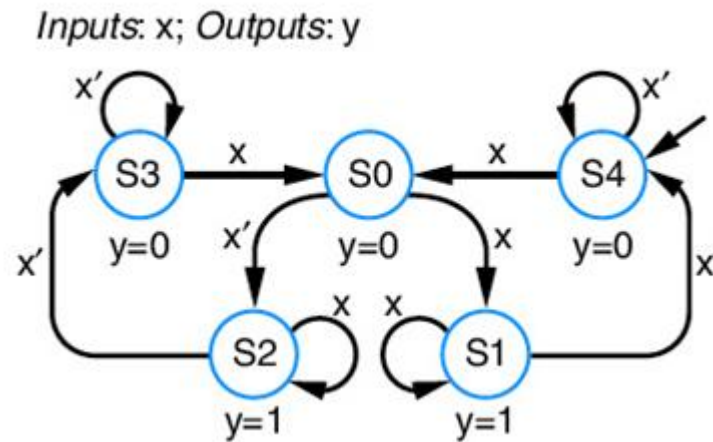
- ▶ **Passo 4:** Não é possível combinar estados, pois não há estados equivalentes

Inputs: x ; Outputs: y



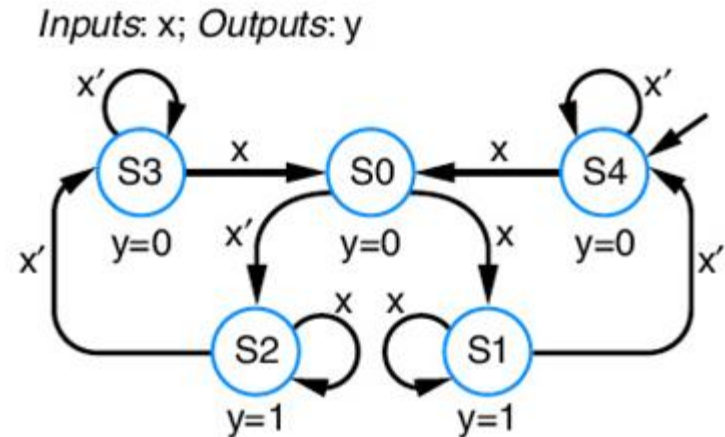
Redução (ou minimização) de estados

- ▶ Exemplo 3: Reduzir estados redundantes para o sistema da figura



Redução (ou minimização) de estados

- ▶ Passo 1: Marque como sendo não equivalentes os pares de estados que tem saídas diferentes
- ▶ Passo 2: Para cada célula não marcada restante, são escritos os pares de próximos estados.

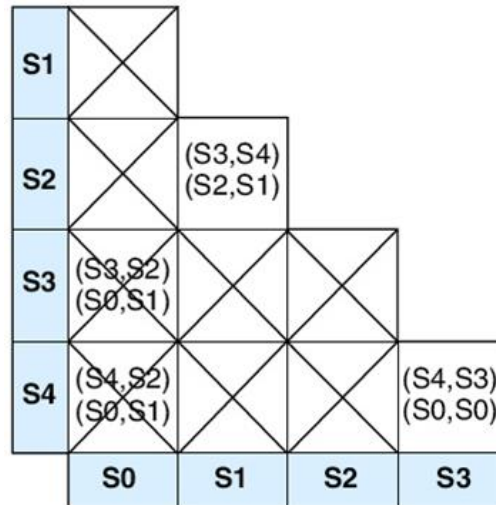
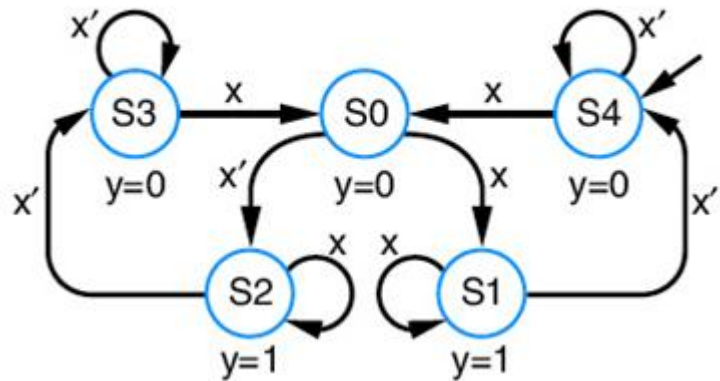


S1				
S2		(S3,S4) (S2,S1)		
S3	(S3,S2) (S0,S1)			
S4	(S4,S2) (S0,S1)			(S4,S3) (S0,S0)
	S0	S1	S2	S3

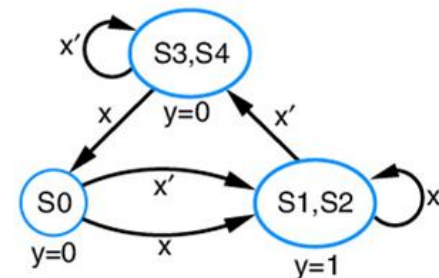
Redução (ou minimização) de estados

- ▶ Passo 3: São marcadas como não equivalentes todas as células não marcadas cujos pares de próximos estados já tinham sido marcados como sendo não equivalentes
- ▶ Passo 4: combinar estados equivalentes

Inputs: x ; Outputs: y



Inputs: x ; Outputs: y



Redução (ou minimização) de estados

- ▶ Tabela de Implicação – Observações:
- ▶ Se mais de dois estados forem equivalentes, eles podem ser unidos em um só.
 - Exemplo: Em uma FSM com estados $\{T0, T1, T2, T3, T4\}$, assuma:
 - Os pares de estados $(T0, T1)$, $(T1, T2)$ e $(T2, T0)$ são equivalentes.
 - $T0$, $T1$ e $T2$ podem ser combinados em um único estado
- ▶ Tabela de Implicação funciona manualmente para redução de máquinas pequenas!
- ▶ Para máquinas grandes → método automatizado

Redução (ou minimização) de estados

- ▶ Classes de Equivalência
- ▶ Dois estados S_v e S_w são **distinguíveis** se houver uma pelo menos uma sequência finita de entrada que gere diferentes sequências de saída, dependendo se a sequência de entrada é aplicada ao sistema no estado S_v ou S_w .
- ▶ Se houver uma sequência de tamanho k que distinga entre dois estados, então estes estados são **k -distinguíveis**.
- ▶ Diz-se que dois estados são **k -equivalentes** se não existir uma sequência de tamanho k que distinga entre eles. A partição de estados nas classes k -equivalentes é chamada P_k .
- ▶ Diz-se que dois estados que não são distinguíveis para qualquer k são **equivalentes**. A partição em estados equivalentes é chamada P .

Redução (ou minimização) de estados

- ▶ Classes de equivalência
 - Classe P_1 : dois estados são 1-equivalentes se gerarem a mesma saída para a mesma entrada
 - Classe P_{k+1} : dois estados são $k+1$ -equivalentes se eles são k -equivalentes e seus estados sucessores para cada valor da entrada são k -equivalentes.
 - Sucessor do estado S para a entrada x é o próximo estado quando o sistema esta no estado S e a entrada x é aplicada

Redução (ou minimização) de estados

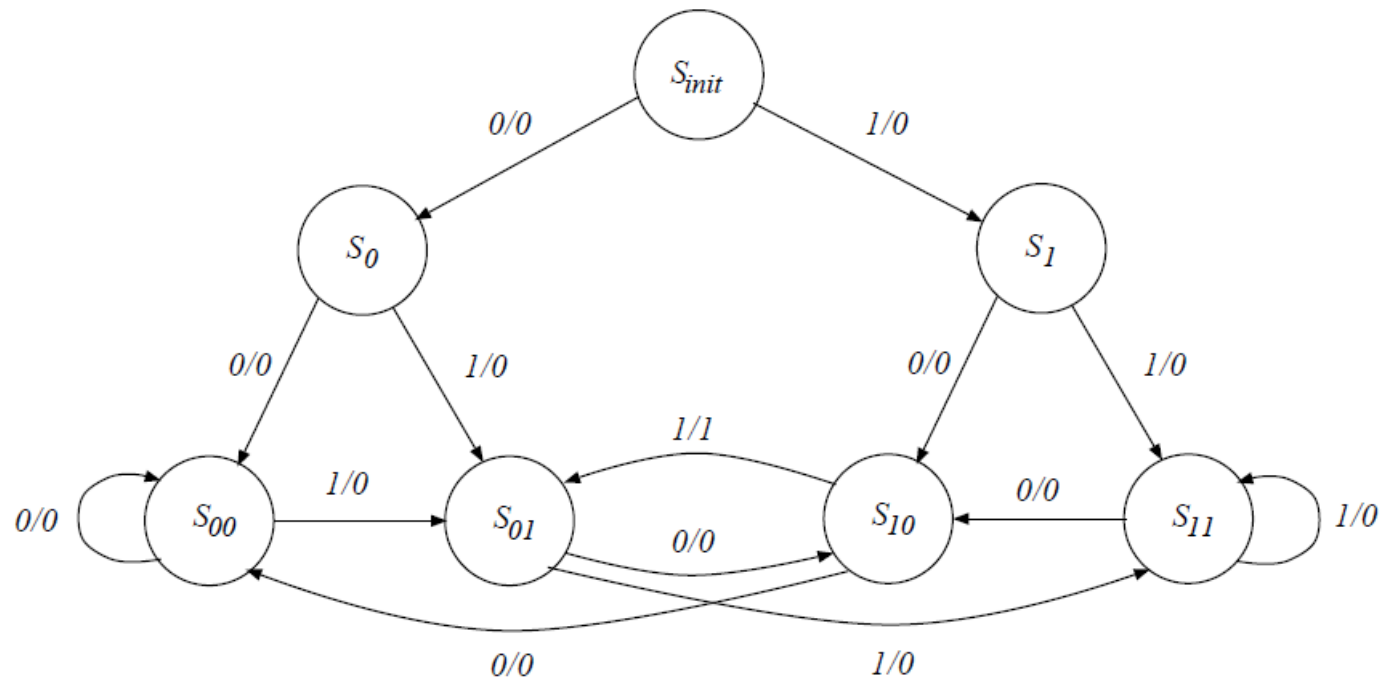
- ▶ Classes de equivalência
 - Classe P_1 : dois estados são 1-equivalentes se gerarem a mesma saída para a mesma entrada
 - Classe P_{k+1} : dois estados são $k+1$ -equivalentes se eles são k -equivalentes e seus estados sucessores para cada valor da entrada são k -equivalentes.
 - Sucessor do estado S para a entrada x é o próximo estado quando o sistema esta no estado S e a entrada x é aplicada
 - Um sistema com n estados pode ter no máximo $n-1$ partições diferentes, onde P_{n-1} teria n classes com um estado em cada classe.
 - Uma vez que se encontra $P_{k+1} = P_k$ o processo para porque $P_i = P_k$ para todo $i > k$.

Redução (ou minimização) de estados

- ▶ Procedimento de minimização
 - Passo 1: Obtenha P_1 agrupando os estados que têm a mesma saída
 - Passo 2: Obtenha P_{k+1} de P_k agrupando os estados que são k -equivalentes e cujos sucessores correspondentes também são k -equivalentes.
 - Passo 3: Finalize quando $P_{i+1} = P_i$.
 - Passo 4: Escreva a tabela reduzida.

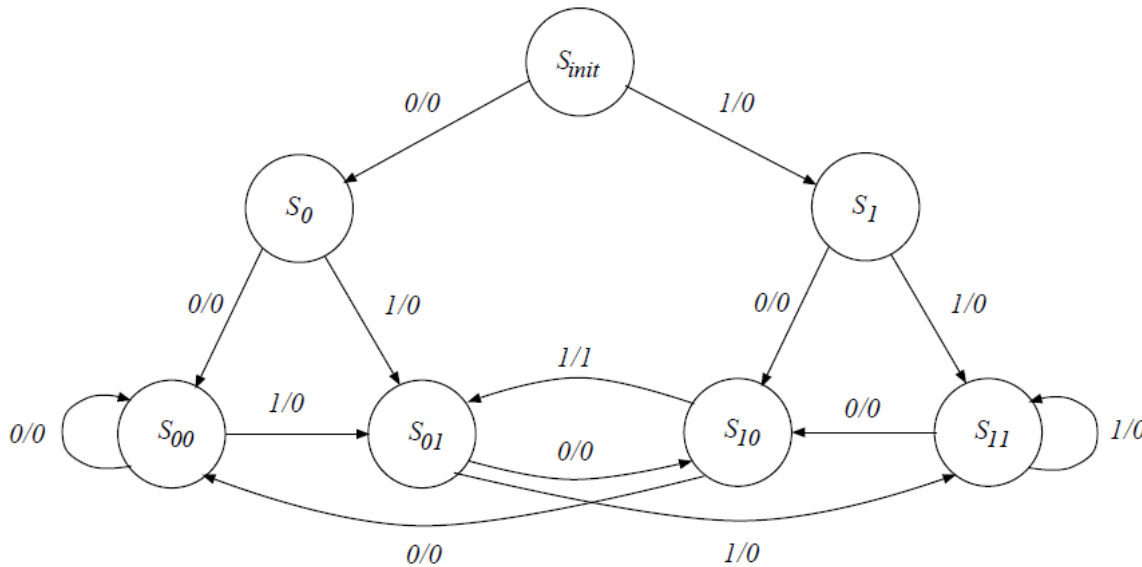
Redução (ou minimização) de estados

- Exemplo: Minimize a rede da figura que tem uma saída z que identifica o padrão 101 na entrada x .



Redução (ou minimização) de estados

- ▶ Passo 0: Montar a tabela de transição de estados e saída



Estado atual	X=0	X=1
S_{init}	$S_0, 0$	$S_1, 0$
S_0	$S_{00}, 0$	$S_{01}, 0$
S_1	$S_{10}, 0$	$S_{11}, 0$
S_{00}	$S_{00}, 0$	$S_{01}, 0$
S_{01}	$S_{10}, 0$	$S_{11}, 0$
S_{10}	$S_{00}, 0$	$S_{01}, 1$
S_{11}	$S_{10}, 0$	$S_{11}, 0$
	Próximo estado, saída	

Redução (ou minimização) de estados

- ▶ Passo 1: Obtenha P_1 agrupando os estados que têm a mesma saída
- ▶ Na tabela, apenas a linha destacada produz saídas diferentes, assim

$$P_1 = (S_{init}, S_0, S_1, S_{00}, S_{01}, S_{11})(S_{10})$$

Estado atual	X=0	X=1
S_{init}	$S_0, 0$	$S_1, 0$
S_0	$S_{00}, 0$	$S_{01}, 0$
S_1	$S_{10}, 0$	$S_{11}, 0$
S_{00}	$S_{00}, 0$	$S_{01}, 0$
S_{01}	$S_{10}, 0$	$S_{11}, 0$
S_{10}	$S_{00}, 0$	$S_{01}, 1$
S_{11}	$S_{10}, 0$	$S_{11}, 0$
	Próximo estado, saída	

Redução (ou minimização) de estados

- ▶ Passo 2a: Obtenha P_2 de P_1 agrupando os estados que são 1-equivalentes e cujos sucessores correspondentes também são 1-equivalentes

$$P_1 = (S_{init}, S_0, S_1, S_{00}, S_{01}, S_{11})(S_{10})$$

$$\text{Classe 1} = (S_{init}, S_0, S_1, S_{00}, S_{01}, S_{11})$$

$$\text{Classe 2} = (S_{10})$$

Assim,

$$P_2 = (S_{init}, S_0, S_{00})(S_1, S_{01}, S_{11})(S_{10})$$

Estado atual	X=0	X=1
S_{init}	$S_0, 1$	$S_1, 1$
S_0	$S_{00}, 1$	$S_{01}, 1$
S_1	$S_{10}, 2$	$S_{11}, 1$
S_{00}	$S_{00}, 1$	$S_{01}, 1$
S_{01}	$S_{10}, 2$	$S_{11}, 1$
S_{11}	$S_{10}, 2$	$S_{11}, 1$
	Próximo estado, classe	

Redução (ou minimização) de estados

- ▶ Passo 2b: Obtenha P_3 de P_2 agrupando os estados que são

2-equivalentes e cujos
sucessores correspondentes
também são 2-equivalentes

$$P_2 = (S_{init}, S_0, S_{00})(S_1, S_{01}, S_{11})(S_{10})$$

$$\text{Classe1} = (S_{init}, S_0, S_{00})$$

$$\text{Classe2} = (S_1, S_{01}, S_{11})$$

$$\text{Classe3} = (S_{10})$$

Assim,

$$P_3 = (S_{init}, S_0, S_{00})(S_1, S_{01}, S_{11})(S_{10})$$

Estado atual	X=0	X=1
S_{init}	$S_0,1$	$S_1,2$
S_0	$S_{00},1$	$S_{01},2$
S_{00}	$S_{00},1$	$S_{01},2$
	Próximo estado, classe	

Estado atual	X=0	X=1
S_1	$S_{10},3$	$S_{11},2$
S_{01}	$S_{10},3$	$S_{11},2$
S_{11}	$S_{10},3$	$S_{11},2$
	Próximo estado, classe	

Redução (ou minimização) de estados

- ▶ Passo 3: Como

$$P_3 = P_2 = (S_{\text{init}}, S_0, S_{00})(S_1, S_{01}, S_{11})(S_{10})$$

o processo termina e os estados $(S_{\text{init}}, S_0, S_{00})$
são equivalentes, bem como (S_1, S_{01}, S_{11})

Redução (ou minimização) de estados

► Passo 4: Escrever a tabela reduzida sendo

(S_{init}, S_0, S_{00}) são equivalentes

(S_1, S_{01}, S_{11}) são equivalentes

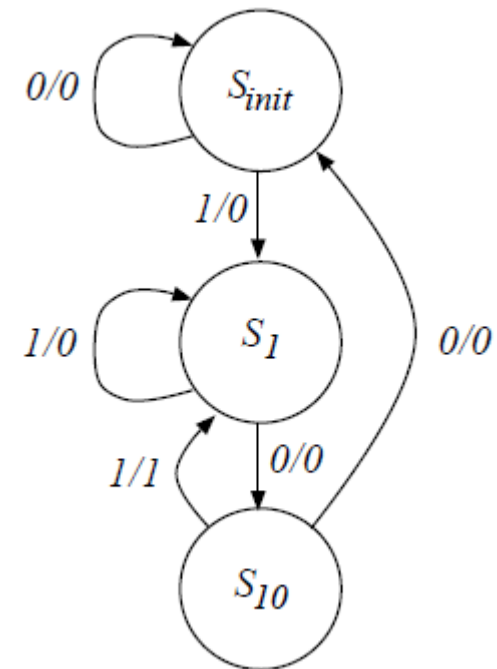
Estado atual	X=0	X=1
S_{init}	$S_0 = S_{init}, 0$	$S_1, 0$
$S_0 = S_{init}$	$S_{00} = S_{init}, 0$	$S_{01} = S_1, 0$
S_1	$S_{10}, 0$	$S_{11} = S_1, 0$
$S_{00} = S_{init}$	$S_{00} = S_{init}, 0$	$S_{01} = S_1, 0$
$S_{01} = S_1$	$S_{10}, 0$	$S_{11} = S_1, 0$
S_{10}	$S_{00} = S_{init}, 0$	$S_{01} = S_1, 1$
$S_{11} = S_1$	$S_{10}, 0$	$S_{11} = S_1, 0$
Próximo estado, saída		

Estado atual	X=0	X=1
S_{init}	$S_{init}, 0$	$S_1, 0$
S_{init}	$S_{init}, 0$	$S_1, 0$
S_1	$S_{10}, 0$	$S_1, 0$
S_{init}	$S_{init}, 0$	$S_1, 0$
S_1	$S_{10}, 0$	$S_1, 0$
S_{10}	$S_{init}, 0$	$S_1, 1$
S_1	$S_{10}, 0$	$S_1, 0$
Próximo estado, saída		

Redução (ou minimização) de estados

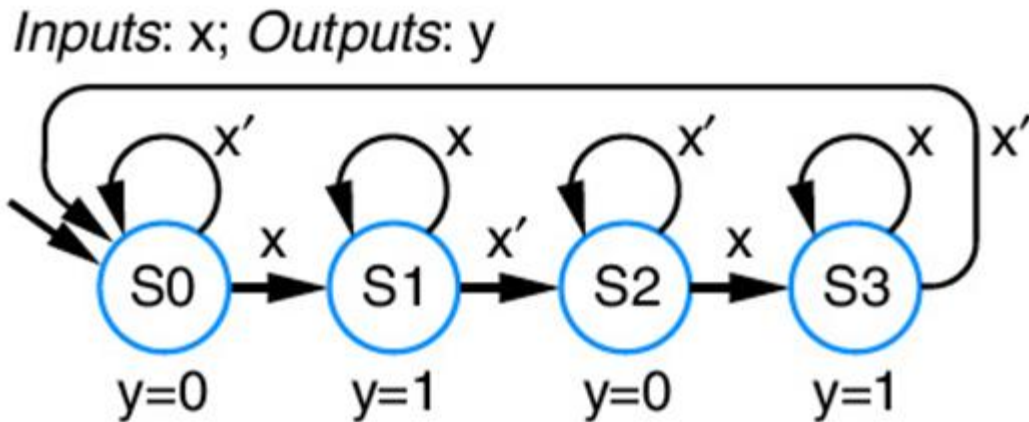
- ▶ Passo 4a: Desenhar o diagrama de estados reduzido

Estado atual	X=0	X=1
S_{init}	$S_{init}, 0$	$S_1, 0$
S_1	$S_{10}, 0$	$S_1, 0$
S_{10}	$S_{init}, 0$	$S_1, 1$
Próximo estado, saída		



Redução (ou minimização) de estados

- ▶ Exemplo 2: Minimizar a rede sequencial da figura



Estado atual	X=0	X=1	Saída
S_0	S_0	S_1	0
S_1	S_2	S_1	1
S_2	S_2	S_3	0
S_3	S_0	S_3	1
Próximo estado			

Redução (ou minimização) de estados

- ▶ Passo 1: Obtenha P_1 agrupando os estados que têm a mesma saída

- ▶ Assim

$$P_1 = (S_0, S_2)(S_1, S_3)$$

Estado atual	X=0	X=1	Saída
S_0	S_0	S_1	0
S_1	S_2	S_1	1
S_2	S_2	S_3	0
S_3	S_0	S_3	1
Próximo estado			

Redução (ou minimização) de estados

- ▶ Passo 2: Obtenha P_2 de P_1 agrupando os estados que são 1-equivalentes e cujos sucessores correspondentes

também são 1-equivalentes

$$P_1 = (S_0, S_2)(S_1, S_3)$$

$$\text{Classe 1} = (S_0, S_2)$$

$$\text{Classe 2} = (S_1, S_3)$$

Assim,

$$P_2 = (S_0, S_2)(S_1, S_3)$$

- ▶ Passo 3: Como $P_2 = P_1$, o processo termina. Os estados (S_0, S_2) são equivalentes, bem como (S_1, S_3) .

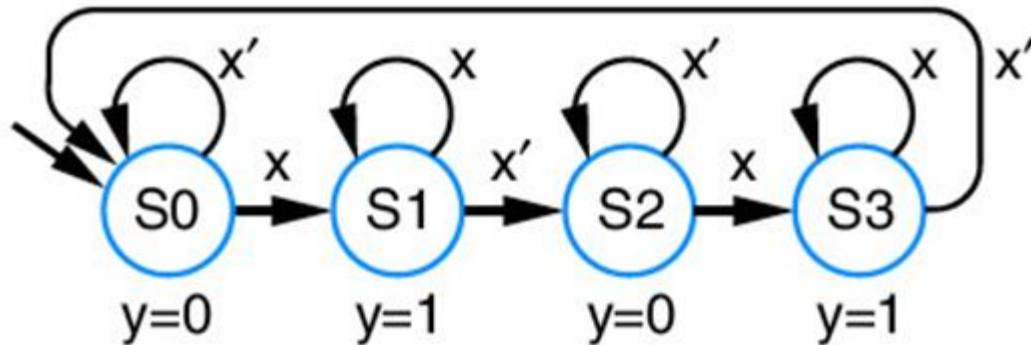
Estado atual	X=0	X=1
S_0	$S_{0,1}$	$S_{1,2}$
S_2	$S_{2,1}$	$S_{3,2}$
	Próximo estado, classe	

Estado atual	X=0	X=1
S_1	$S_{2,1}$	$S_{1,2}$
S_3	$S_{0,1}$	$S_{3,2}$
	Próximo estado, classe	

Redução (ou minimização) de estados

Passo 4: Escrever a tabela reduzida sendo (S_0, S_2) são equivalentes, bem como (S_1, S_3) .

Inputs: x ; Outputs: y



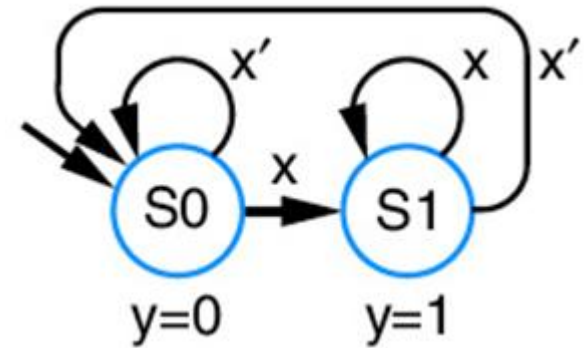
Estado atual	X=0	X=1	Saída
S_0	S_0	S_1	0
S_1	$S_2=S_0$	S_1	1
$S_2=S_0$	$S_2=S_0$	$S_3=S_1$	0
$S_3=S_1$	S_0	$S_3=S_1$	1
Próximo estado			

Estado atual	X=0	X=1	Saída
S_0	S_0	S_1	0
S_1	S_0	S_1	1
Próximo estado			

Redução (ou minimização) de estados

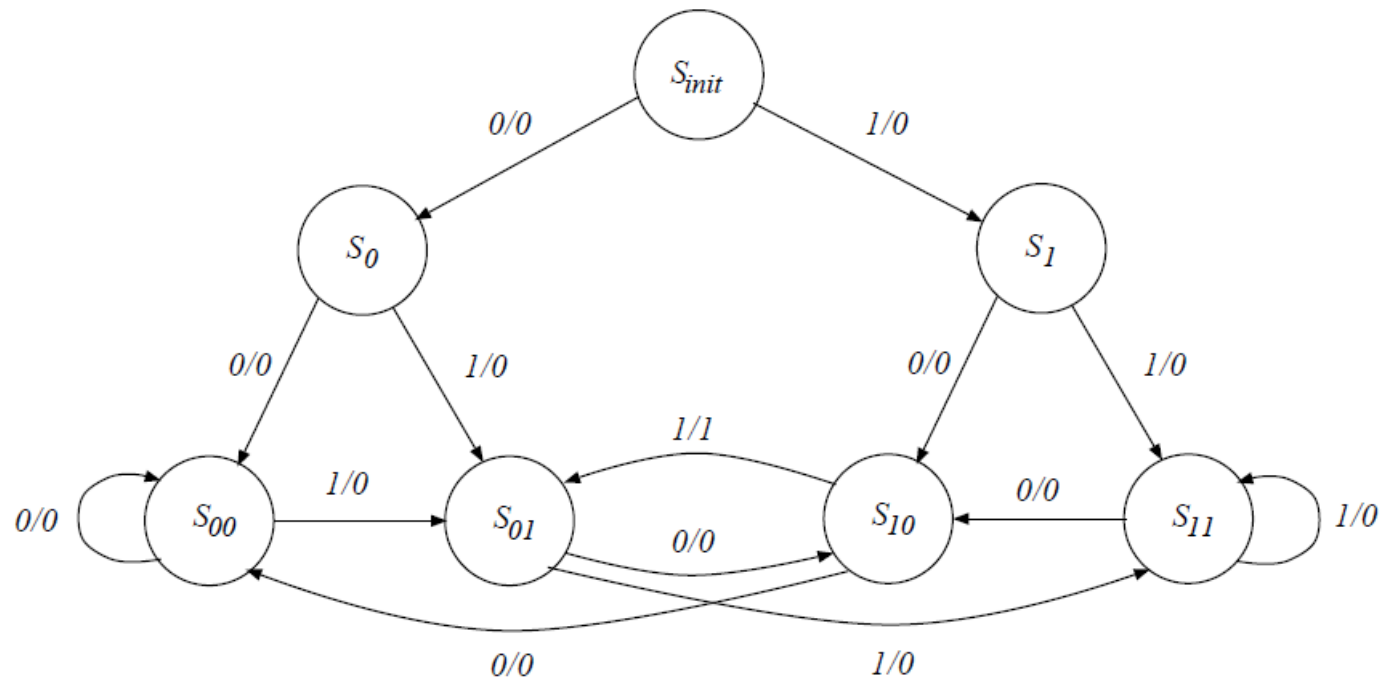
Passo 4a: Desenhar o diagrama de estados reduzido

Estado atual	X=0	X=1	Saída
S_0	S_0	S_1	0
S_1	S_0	S_1	1
	Próximo estado		



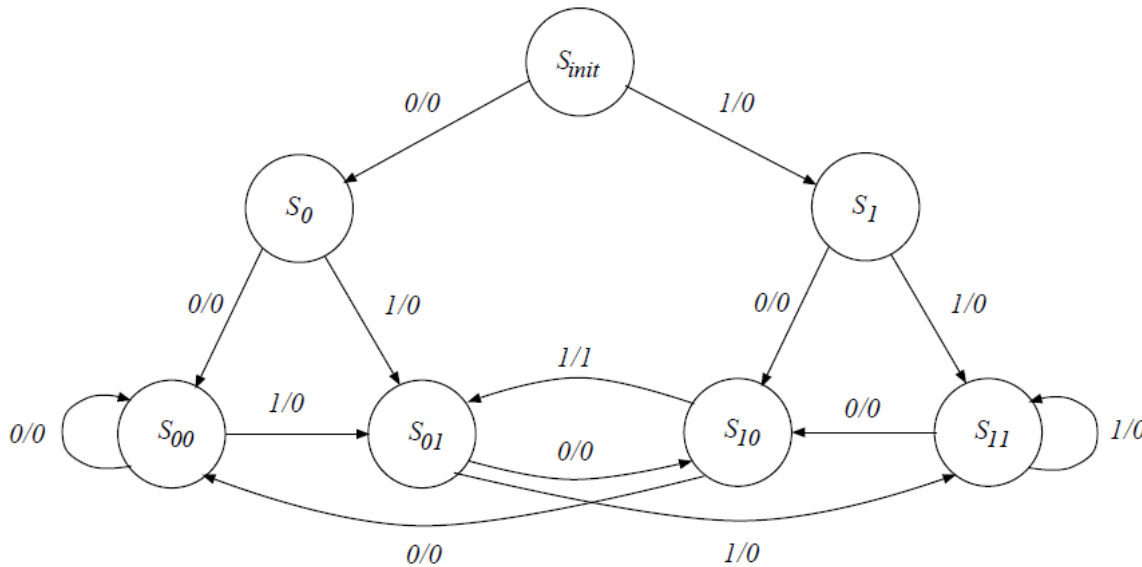
Redução (ou minimização) de estados

- Exemplo: Minimize a rede da figura que tem uma saída z que identifica o padrão 101 na entrada x usando tabela de implicação.



Redução (ou minimização) de estados

- ▶ Passo 0: Montar a tabela de transição de estados e saída



Estado atual	X=0	X=1
S_{init}	$S_0, 0$	$S_1, 0$
S_0	$S_{00}, 0$	$S_{01}, 0$
S_1	$S_{10}, 0$	$S_{11}, 0$
S_{00}	$S_{00}, 0$	$S_{01}, 0$
S_{01}	$S_{10}, 0$	$S_{11}, 0$
S_{10}	$S_{00}, 0$	$S_{01}, 1$
S_{11}	$S_{10}, 0$	$S_{11}, 0$
	Próximo estado, saída	

Redução (ou minimização) de estados

- ▶ Passo 1: Montar a tabela de implicação transição de estados e saída
- ▶ Passo 2: Para cada célula não marcada restante, são escritos os pares de próximos estados.

	S_0	(S_{00}, S_0) (S_{01}, S_1)					
	S_1	(S_{10}, S_0) (S_{11}, S_1)	(S_{10}, S_{00}) (S_{11}, S_{01})				
	S_{00}	(S_{00}, S_0) (S_{01}, S_1)	(S_{00}, S_{00}) (S_{01}, S_{01})	(S_{00}, S_{10}) (S_{01}, S_{11})			
	S_{01}	(S_{10}, S_0) (S_{11}, S_1)	(S_{10}, S_{00}) (S_{11}, S_{01})	(S_{10}, S_{10}) (S_{11}, S_{11})	(S_{10}, S_{00}) (S_{11}, S_{01})		
	S_{10}						
	S_{11}	(S_{10}, S_0) (S_{11}, S_1)	(S_{10}, S_{00}) (S_{11}, S_{01})	(S_{10}, S_{10}) (S_{11}, S_{11})	(S_{10}, S_{00}) (S_{11}, S_{01})	(S_{10}, S_{10}) (S_{11}, S_{11})	
		S_{init}	S_0	S_1	S_{00}	S_{01}	S_{10}

Redução (ou minimização) de estados

- ▶ Passo 3a: São marcadas como não equivalentes todas as células não marcadas cujos pares de próximos estados já tinham sido marcados como sendo não equivalentes
- ▶ Passo 3b: Repetir até que nenhuma nova célula seja marcada

S_0	(S_{00}, S_0) (S_{01}, S_1)						
S_1	(S_{10}, S_0) (S_{11}, S_1)	(S_{10}, S_{00}) (S_{11}, S_{01})					
S_{00}	(S_{00}, S_0) (S_{01}, S_1)	(S_{00}, S_{00}) (S_{01}, S_{01})	(S_{00}, S_{10}) (S_{01}, S_{11})				
S_{01}	(S_{10}, S_0) (S_{11}, S_1)	(S_{10}, S_{00}) (S_{11}, S_{01})	(S_{10}, S_{10}) (S_{11}, S_{11})	(S_{10}, S_{00}) (S_{11}, S_{01})			
S_{10}							
S_{11}	(S_{10}, S_0) (S_{11}, S_1)	(S_{10}, S_{00}) (S_{11}, S_{01})	(S_{10}, S_{10}) (S_{11}, S_{11})	(S_{10}, S_{00}) (S_{11}, S_{01})	(S_{10}, S_{10}) (S_{11}, S_{11})		
	S_{init}	S_0	S_1	S_{00}	S_{01}	S_{10}	

Redução (ou minimização) de estados

▶ Passo 4: combinar estados equivalentes

- S_{init} é equivalente a S_0
- S_{init} é equivalente a S_{00}
- S_0 é equivalente a S_{00}

E também

- S_1 é equivalente a S_{01}
- S_1 é equivalente a S_{11}
- S_{11} é equivalente a S_{01}

S_0	(S_{00}, S_0) (S_{01}, S_1)						
S_1	(S_{10}, S_0) (S_{11}, S_1)	(S_{10}, S_{00}) (S_{11}, S_{01})					
S_{00}	(S_{00}, S_0) (S_{01}, S_1)	(S_{00}, S_{00}) (S_{01}, S_{01})	(S_{00}, S_{10}) (S_{01}, S_{11})				
S_{01}	(S_{10}, S_0) (S_{11}, S_1)	(S_{10}, S_{00}) (S_{11}, S_{01})	(S_{10}, S_{10}) (S_{11}, S_{11})	(S_{10}, S_{00}) (S_{11}, S_{01})			
S_{10}							
S_{11}	(S_{10}, S_0) (S_{11}, S_1)	(S_{10}, S_{00}) (S_{11}, S_{01})	(S_{10}, S_{10}) (S_{11}, S_{11})	(S_{10}, S_{00}) (S_{11}, S_{01})	(S_{10}, S_{10}) (S_{11}, S_{11})		
	S_{init}	S_0	S_1	S_{00}	S_{01}	S_{10}	

Redução (ou minimização) de estados

► Passo 4: combinar estados equivalentes

- S_{init} é equivalente a S_0
- S_{init} é equivalente a S_{00}
- S_0 é equivalente a S_{00}

E também

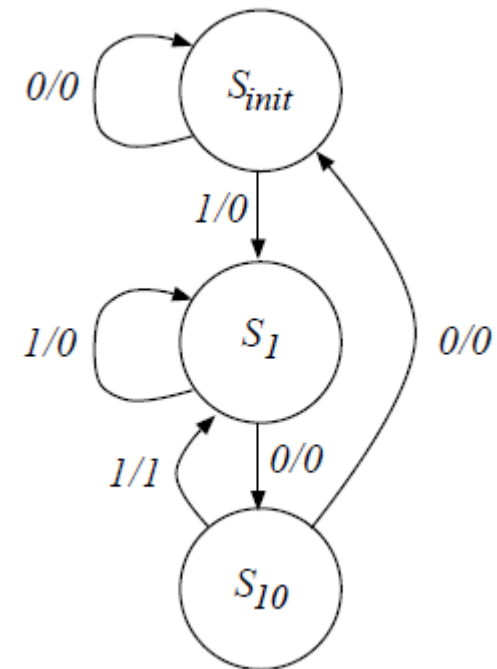
- S_1 é equivalente a S_{01}
- S_1 é equivalente a S_{11}
- S_{11} é equivalente a S_{01}

Estado atual	X=0	X=1
S_{init}	$S_0 = S_{init}, 0$	$S_1, 0$
$S_0 = S_{init}$	$S_{00} = S_{init}, 0$	$S_{01} = S_1, 0$
S_1	$S_{10}, 0$	$S_{11} = S_1, 0$
$S_{00} = S_{init}$	$S_{00} = S_{init}, 0$	$S_{01} = S_1, 0$
$S_{01} = S_1$	$S_{10}, 0$	$S_{11} = S_1, 0$
S_{10}	$S_{00} = S_{init}, 0$	$S_{01} = S_1, 1$
$S_{11} = S_1$	$S_{10}, 0$	$S_{11} = S_1, 0$
Próximo estado, saída		

Redução (ou minimização) de estados

- ▶ Passo 4a: Desenhar o diagrama de estados reduzido

Estado atual	X=0	X=1
S_{init}	$S_{init}, 0$	$S_1, 0$
S_1	$S_{10}, 0$	$S_1, 0$
S_{10}	$S_{init}, 0$	$S_1, 1$
Próximo estado, saída		



Para ser continuado...