

Universidade Presbiteriana Mackenzie



Máquina de Estado

Prof. Fabio Kawaoka Takase

Faculdade de Computação e Informática

Objetivos

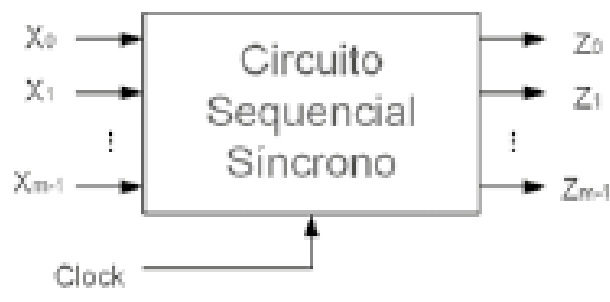
- Compreender conceitos relacionados à circuitos digitais sequenciais síncronos.
- Conhecer aplicações de uma máquina de estado.
- Entender como utilizar uma máquina de estado no controle de operações e processos digitais.

Referência Bibliográfica

- Referência para esta aula:
- **Capítulo 10** de PIMENTA, T.C. **Circuitos Digitais**. São Paulo: Elsevier, 2017.

Máquina de Estado

- Circuitos digitais sequenciais síncronos – possui uma linha de sincronização (Clock).
- N entradas e pelo menos uma saída.



PIMENTA, T.C. **Circuitos Digitais**. São Paulo: Elsevier, 2017

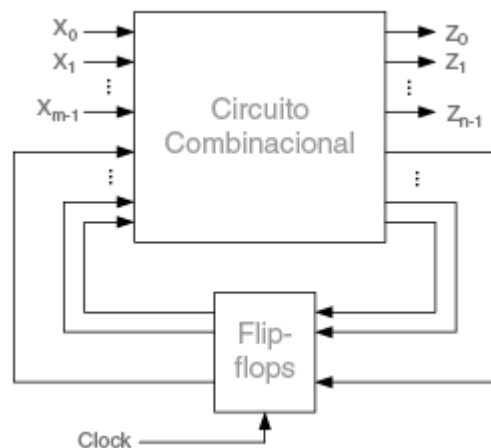
- Aplicação
 - Controle de operações e processos digitais
 - Contadores
 - Execução de operações de microprocessadores
 - Comunicação.

Circuitos Sequenciais Síncronos

- Circuitos sequencias síncronos são formados por portas lógicas e Flip-Flops.
- O conjunto de portas lógicas pode ser agrupado e montado em um circuito combinacional separado dos Flip-Flops.

Máquina de Mealy

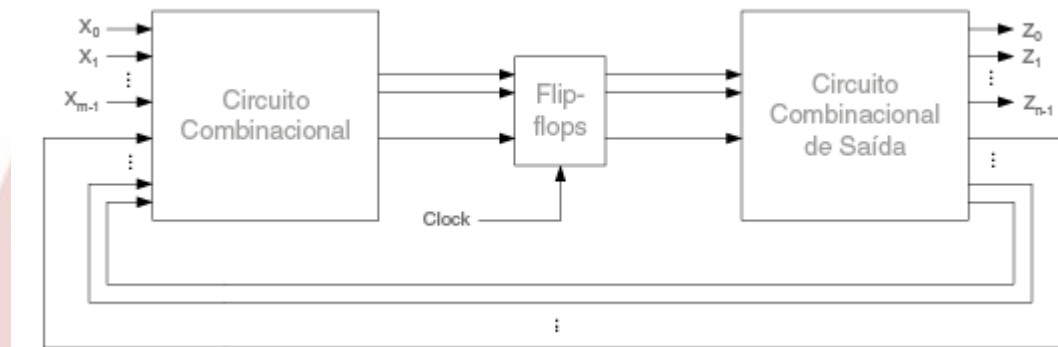
- Saídas Z_i dependem das entradas X_i e do estado dos Flip-Flops.
- Quando as entradas X_i mudarem, as saídas Z_i podem mudar.
- As saídas Z_i podem mudar também com a ocorrência do pulso de *Clock* que provoque mudança de estado.



PIMENTA, T.C. **Circuitos Digitais**. São Paulo: Elsevier, 2017

Máquina de Moore

- Saídas Z_i dependem somente do estado dos Flip-flops.



PIMENTA, T.C. **Circuitos Digitais**. São Paulo: Elsevier, 2017

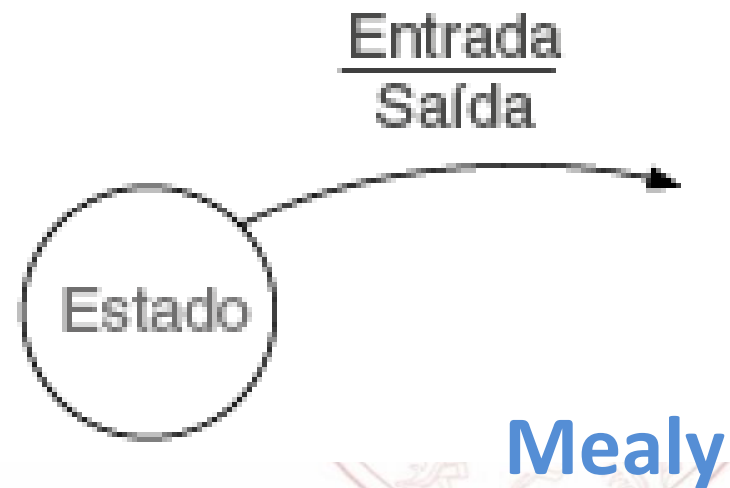
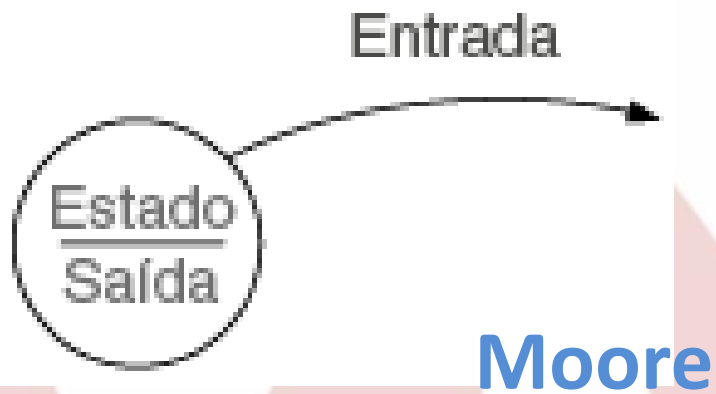
Projeto de máquina de estado

1. Obtenção do diagrama de estados
2. Obtenção da tabela de estados
3. Eliminação de estados equivalentes
4. Designação de estados auxiliares
5. Mapas de transição
6. Mapas de excitação de Flip-flops
7. Mapas de saída

Diagrama de estados

- Descrição gráfica do comportamento desejado da máquina de estados.
- Elementos:
 - Estado: representam as condições de repouso do circuito.
 - Transições: representam as mudanças entre os estados, na ocorrência de um sinal de clock, dependente dos valores de entrada.
 - Saídas: indicadas nos estados (Moore) e nas transições (Mealy).

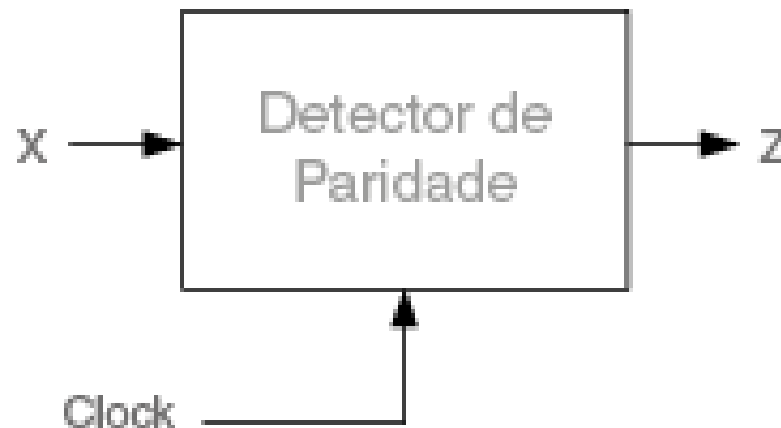
Diagrama de estados



PIMENTA, T.C. **Circuitos Digitais**. São Paulo: Elsevier, 2017

Aplicação 1 – Detecção de paridade

- Construir o diagrama de estados de uma máquina de estados de Moore capaz de detectar a paridade ímpar de um sinal serial.



Solução– Detecção de paridade

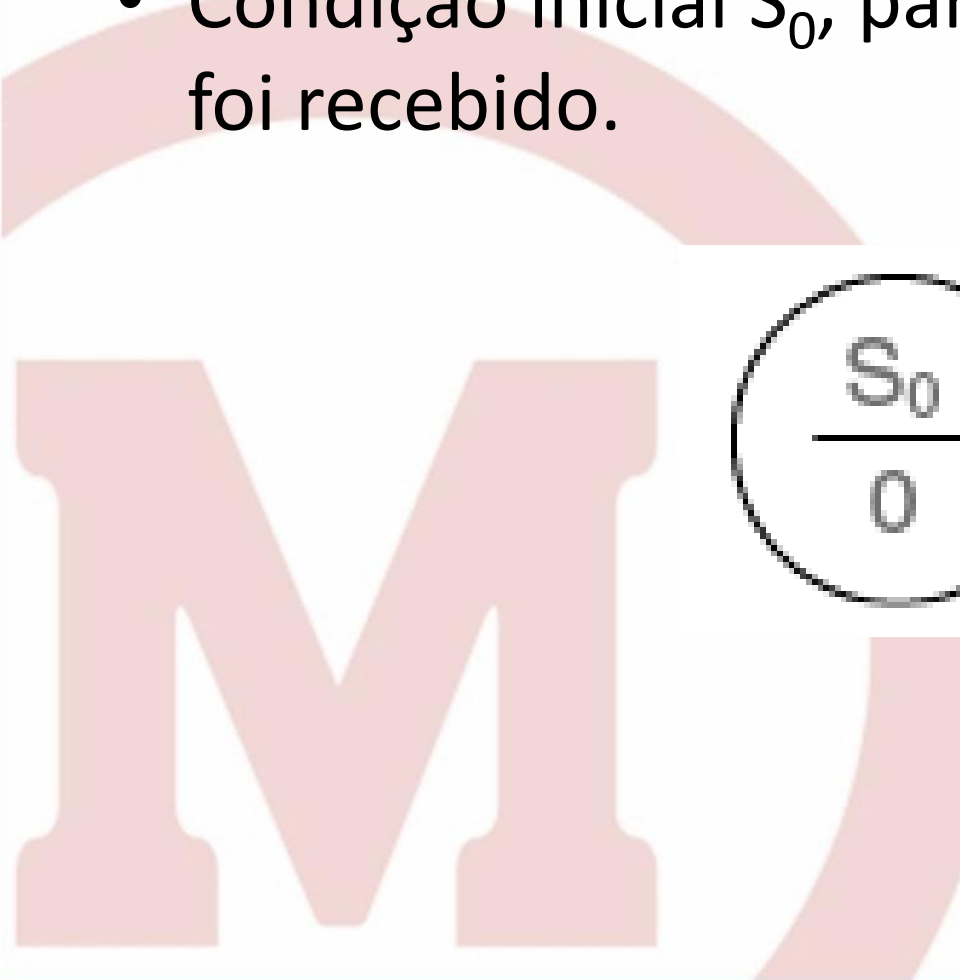
- Sinal serial → há somente uma entrada.
- Indicação de paridade requer apenas uma saída.
- Devemos ter um sinal de Clock.
- Devemos contar o número de 1's recebidos, caso este número seja ímpar, a saída que indica paridade deve ser 1, e 0 caso o número seja par.

Solução– Detecção de paridade

X		0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1
Z	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0
Instante	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
1 recebidos	0	0	1	1	1	2	2	3	3	4	5	6
Obs	Par	Par	Ímpar	Ímpar	Ímpar	Par	Par	Ímpar	Ímpar	Par	Ímpar	Par

Solução– Detecção de paridade

- Condição inicial S_0 , paridade par, pois nenhum 1 foi recebido.


$$\frac{S_0}{0}$$



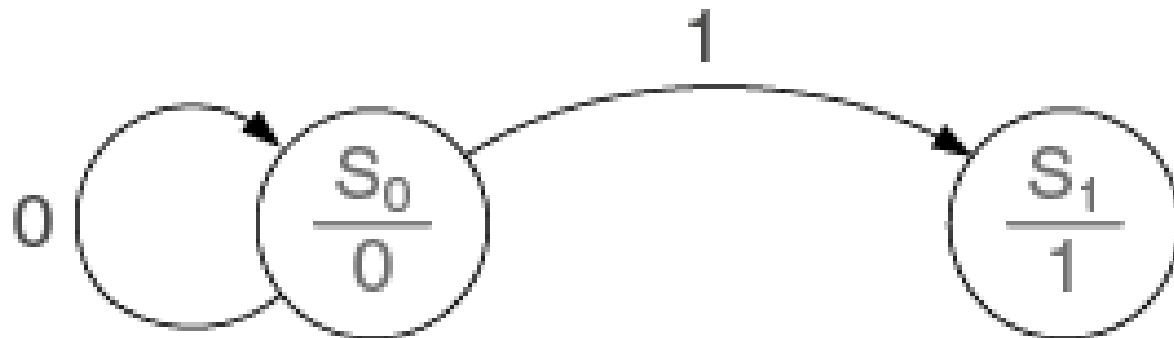
Solução– Detecção de paridade

- Se no estado inicial o circuito receber entradas 0's, a contagem de 1's permanece inalterada e a paridade continua par.



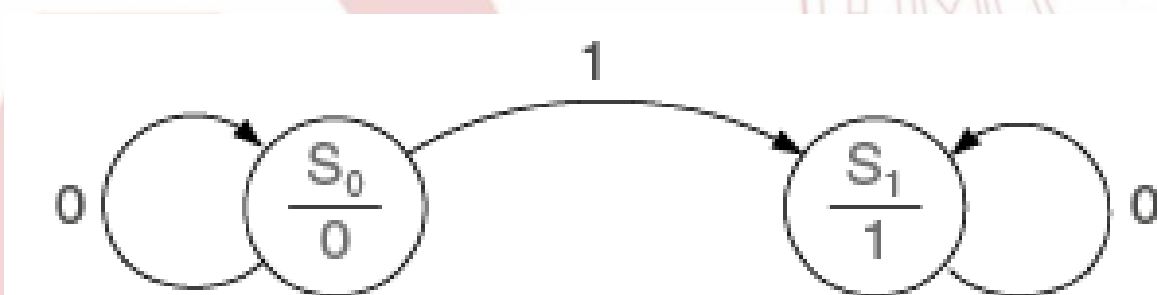
Solução– Detecção de paridade

- Se no estado inicial S_0 o circuito receber a entrada de um 1 a contagem de 1's passará a ser impar e a saída deve ser 1.



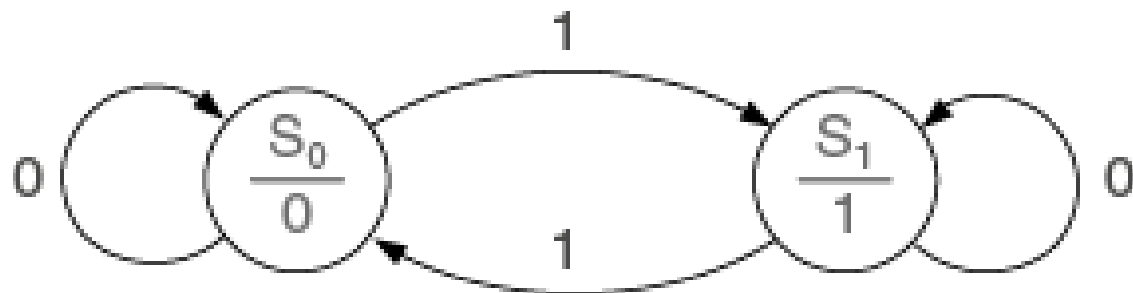
Solução– Detecção de paridade

- Neste novo estado S_1 , se o circuito receber 0's, o número de 1's recebidos continua impar e a saída permanece em 1.



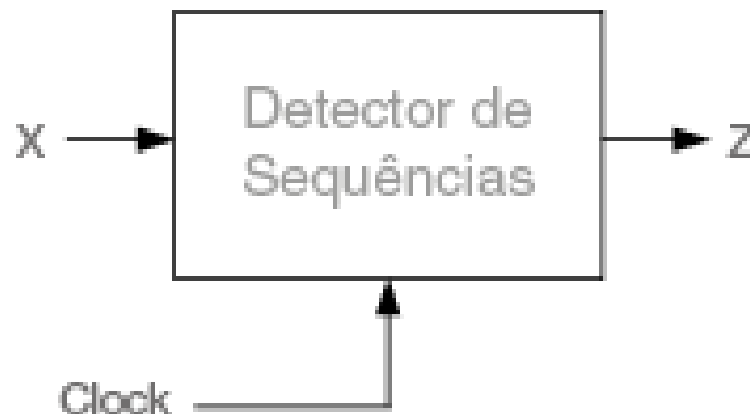
Solução– Detecção de paridade

- Neste novo estado S_1 , se o circuito receber um 1, o número de 1's recebidos passa a ser par e a saída deve ser 0.



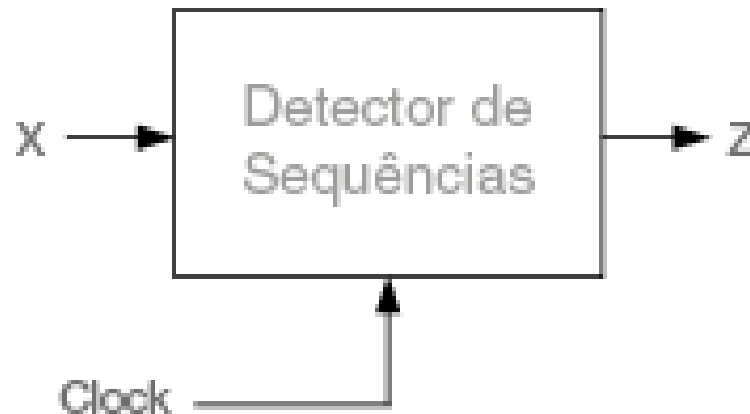
Aplicação 2 – Detecção de sequencia

- Construir o diagrama de estados de uma máquina de estados de Moore capaz de detectar todas as ocorrências da sequência 101 em um sinal serial.



Aplicação 2 – Detecção de sequencia

- Construir o diagrama de estados de uma máquina de estados de Moore capaz de detectar todas as ocorrências da sequência 101 em um sinal serial.

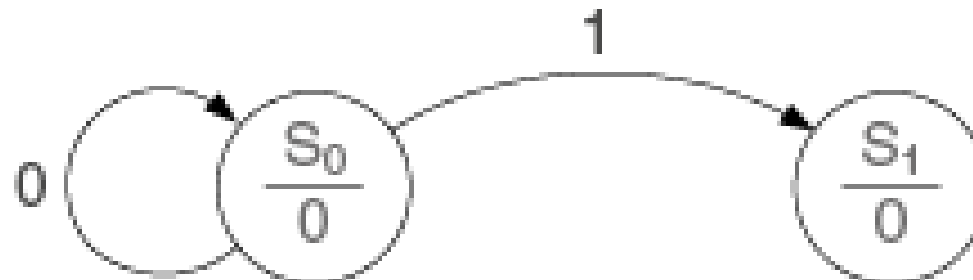


Solução– Detecção de sequencia

X		0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1
Z	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
Instante	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l

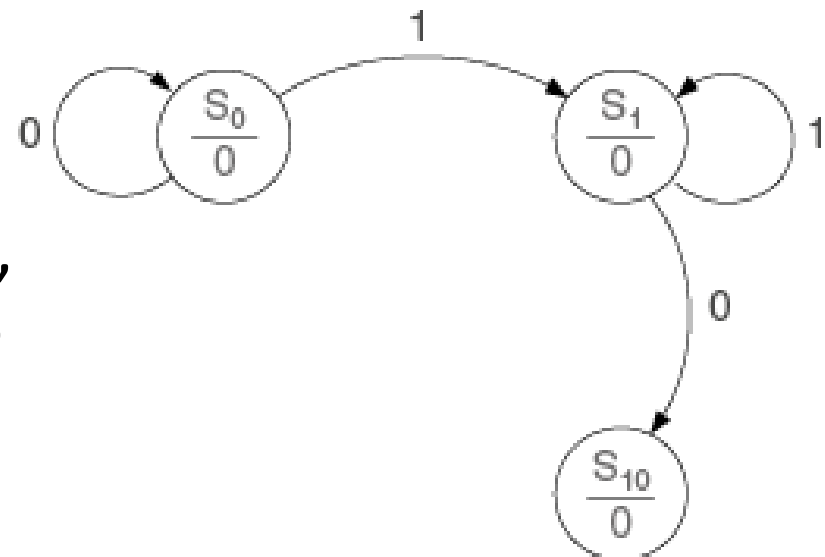
Solução– Detecção de sequencia

- Estado inicial S_0 :
 - Se receber um 0, permanece com saída 0, não há alteração.
 - Se receber um 1, possível início de uma sequência, vai para estado S_1 , mas saída ainda é 0.



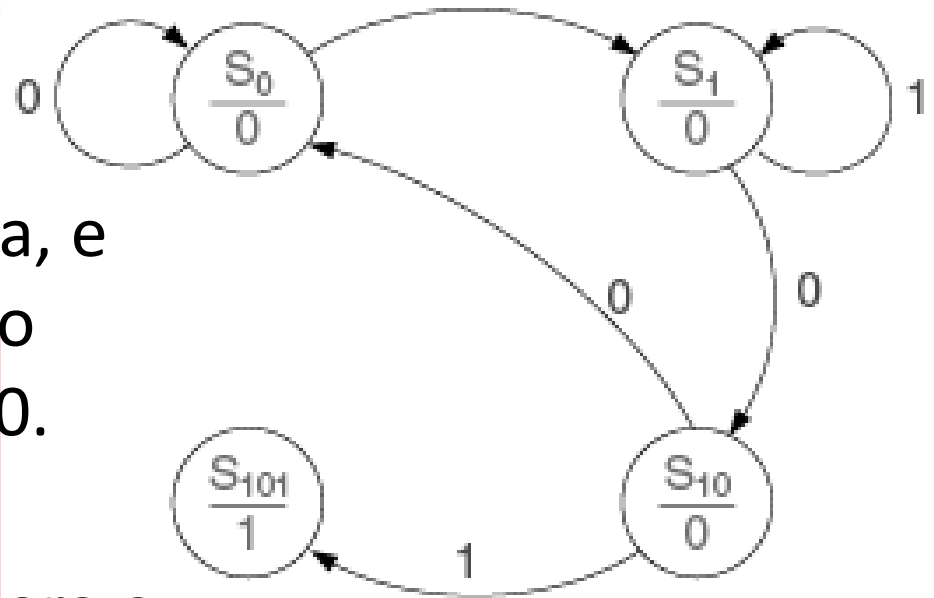
Solução– Detecção de sequencia

- No estado S_1 :
 - Se receber um 1, a sequência é quebrada, mas pode indicar o início de outra sequência, isto é, permanecemos no estado S_1 , com saída 0.
 - Se receber um 0, a sequência progride para o próximo estado S_{10} , mas saída ainda é 0.



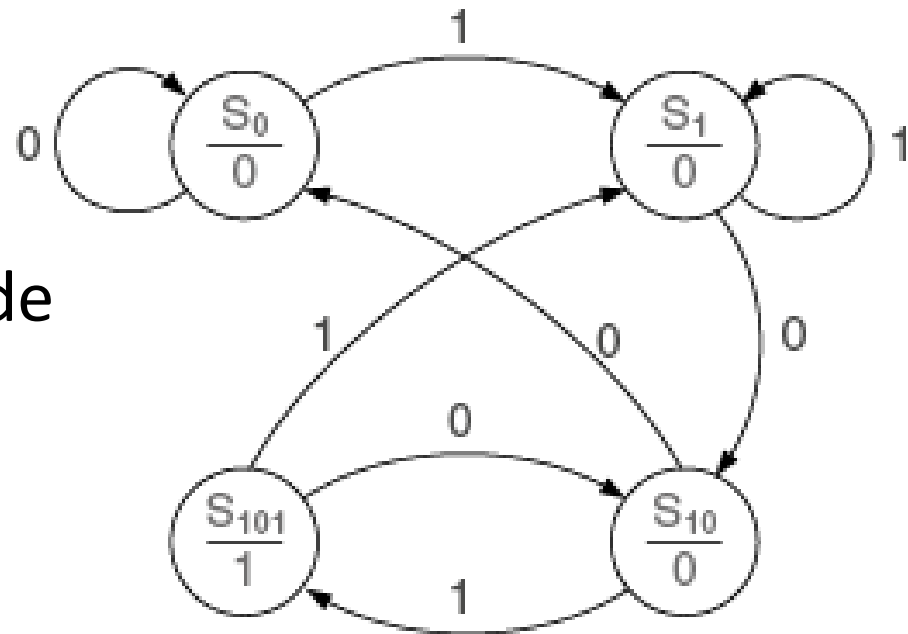
Solução– Detecção de sequencia

- No estado S_{10} :
 - Se receber um 0, a sequência é quebrada, e retornamos ao estado inicial S_0 , com saída 0.
 - Se receber um 1, a sequência progride para o próximo estado S_{101} , com saída 1.



Solução– Detecção de sequencia

- No estado S_{101} :
 - Se receber um 0, a sequência que já tem início no 1 atual progride para o estado S_{10} com saída 0.
 - Se receber um 1, a sequência progride para o estado S_1 , com saída 0.



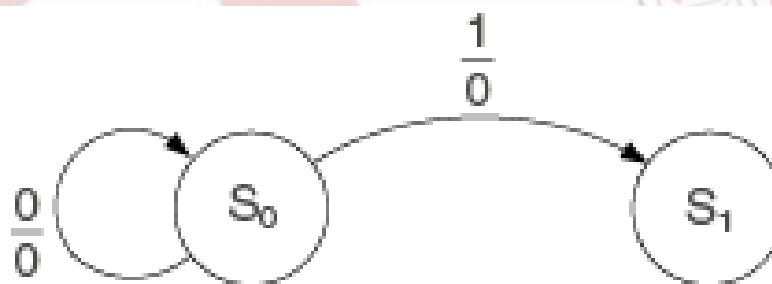
Aplicação 3

- Construir o diagrama de estados de uma máquina de estados de Mealy capaz de detectar se o número de 1s é maior do que zero e se é divisível por 3 em um sinal serial.

X		0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1
Z	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1
Instante	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
1 recebidos	0	0	1	1	1	2	2	3	3	4	5	6

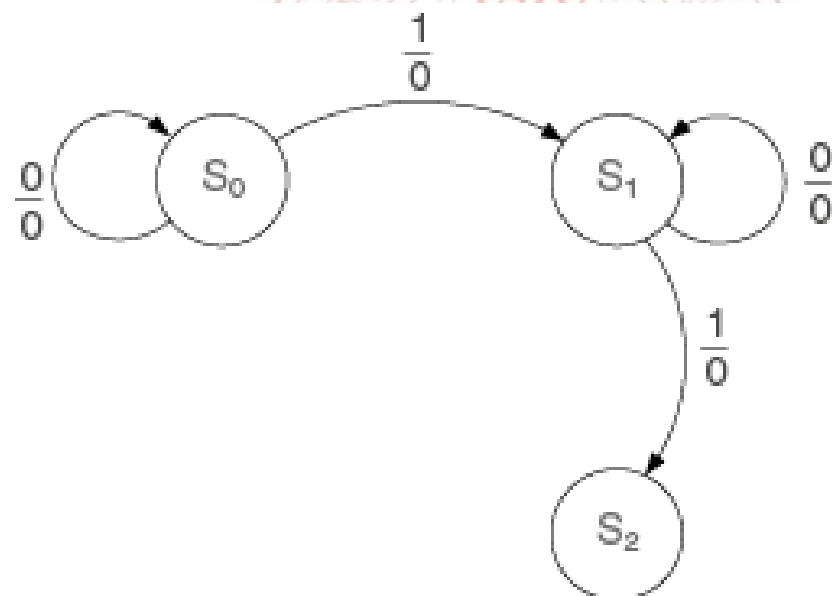
Solução 3

- Estado inicial S_0 :
 - Recebendo 0, saída 0, mesmo estado.
 - Recebendo 1, vai para estado S_1 , com saída 0.



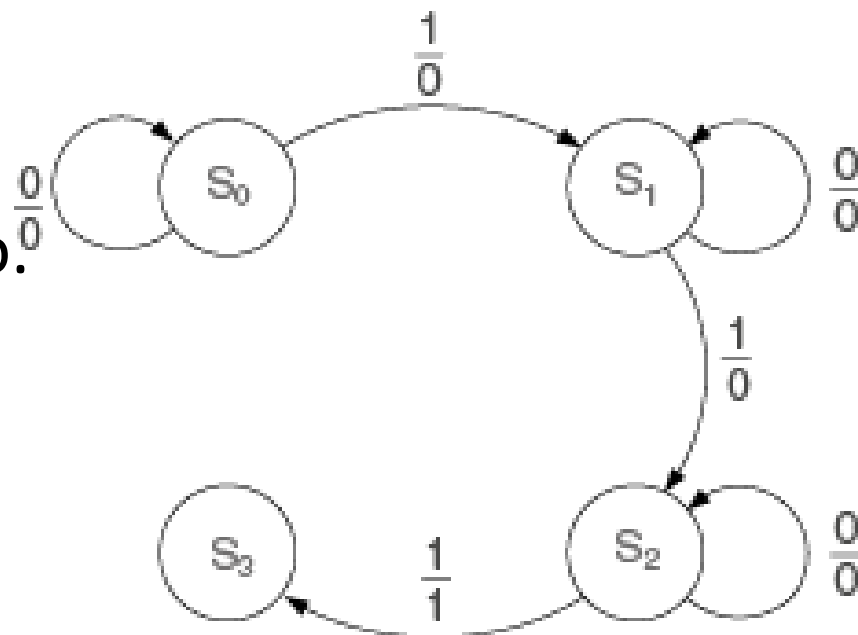
Solução 3

- Estado inicial S_1 :
 - Recebendo 0, saída 0, sem mudança de estado.
 - Recebendo 1, vai para estado S_2 , com saída 0.



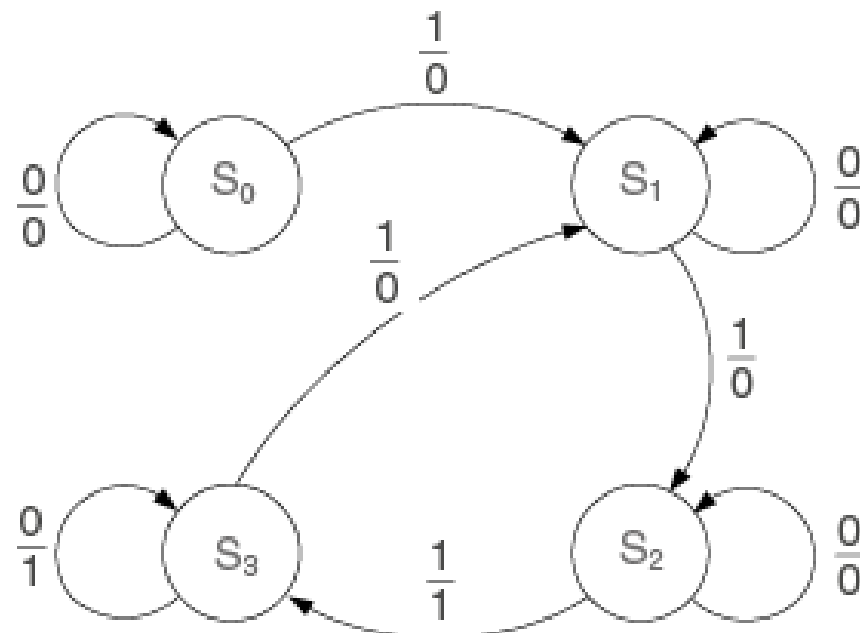
Solução 3

- Estado inicial S_2 :
 - Recebendo 0, saída 0, sem mudança de estado.
 - Recebendo 1, vai para estado S_3 , com saída 1.



Solução 3

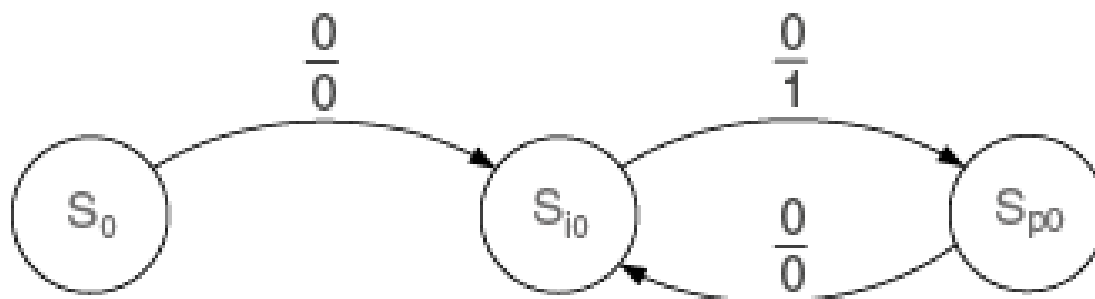
- Estado inicial S_3 :
 - Recebendo 0, saída 1, sem mudança de estado.
 - Recebendo 1, vai para estado S_1 , com saída 0.



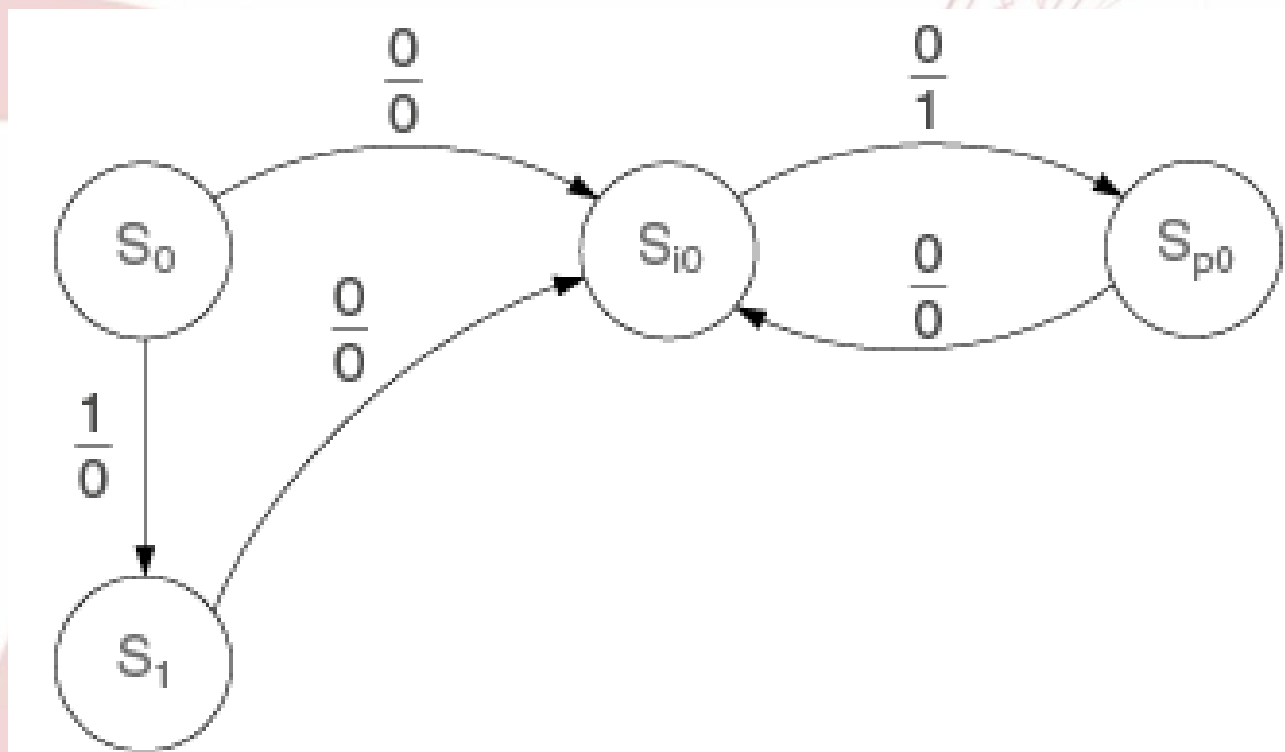
Aplicação 4

- Construir o diagrama de estados de uma máquina de estados de Mealy capaz de detectar se o número de 0's recebidos é par e maior que zero. Se ocorrer mais do que dois 1's consecutivos, a máquina deve ir para um estado de travamento com saída em 0 em um sinal serial.

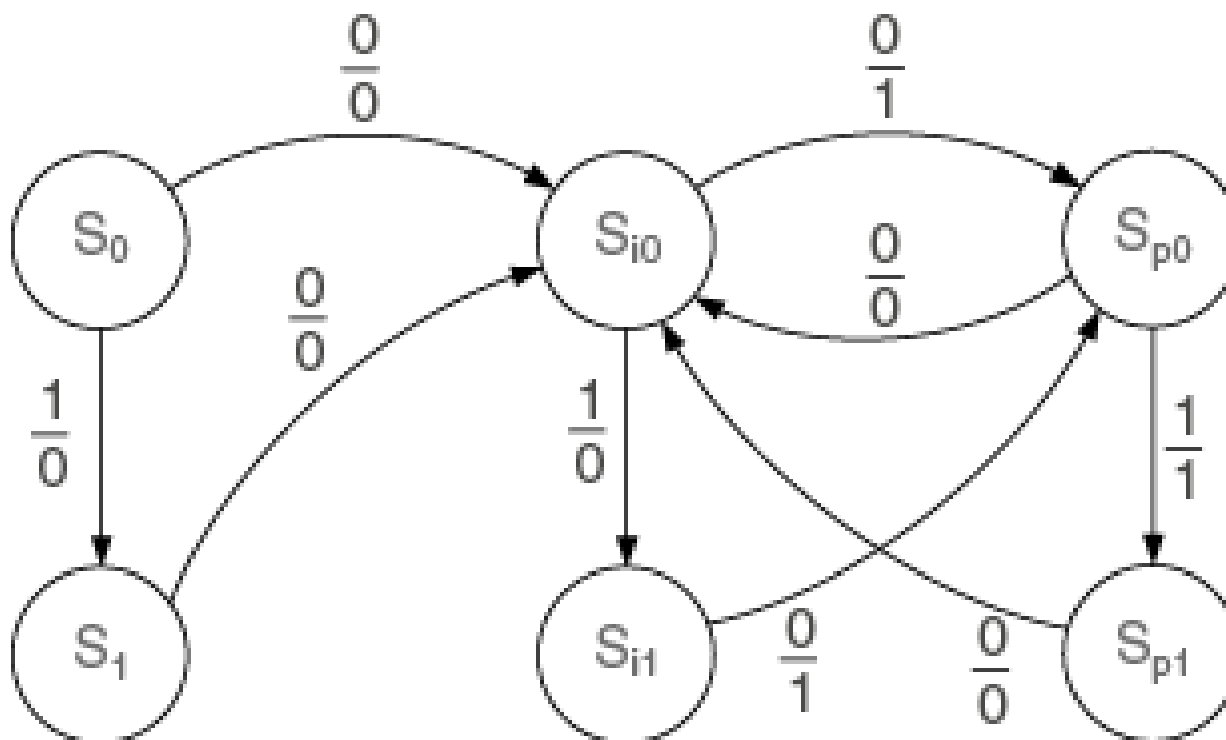
Solução 4



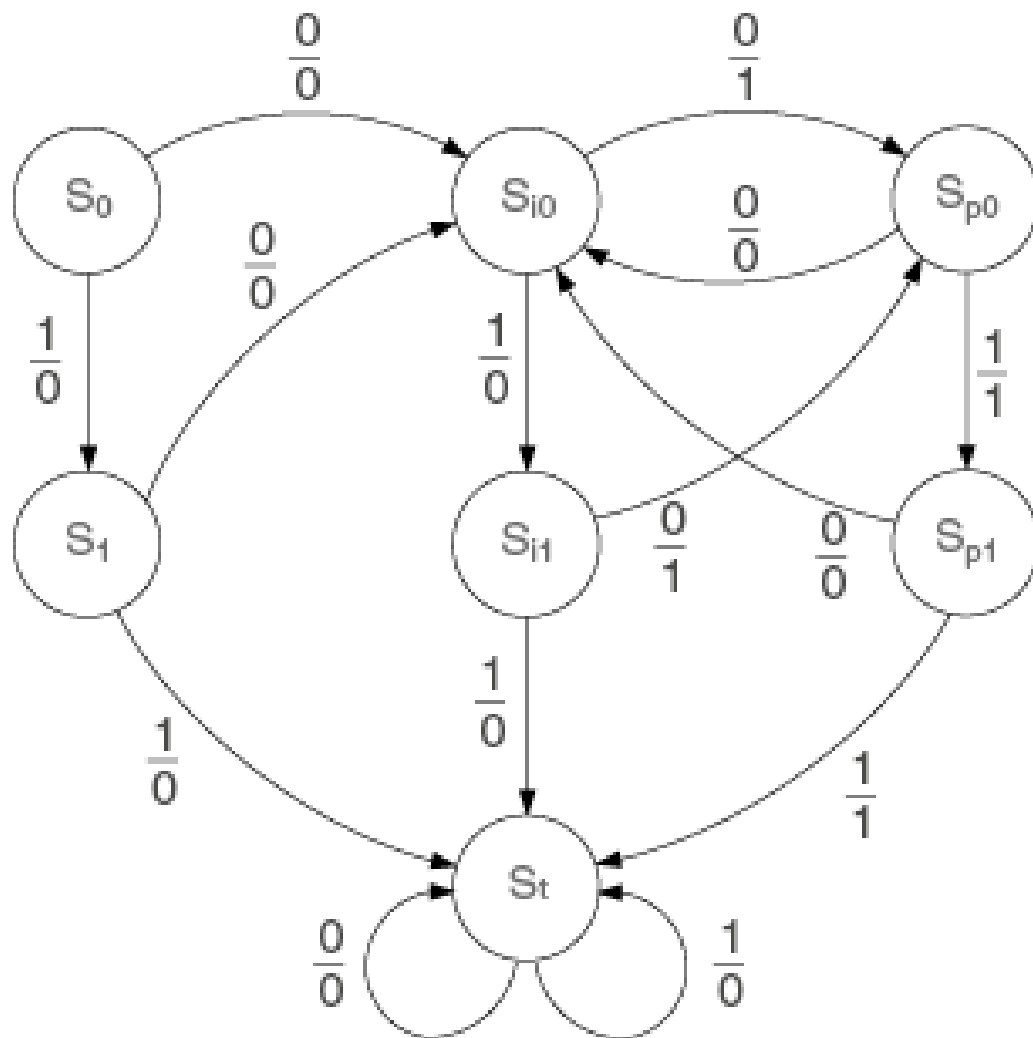
Solução 4



Solução 4



Solução 4

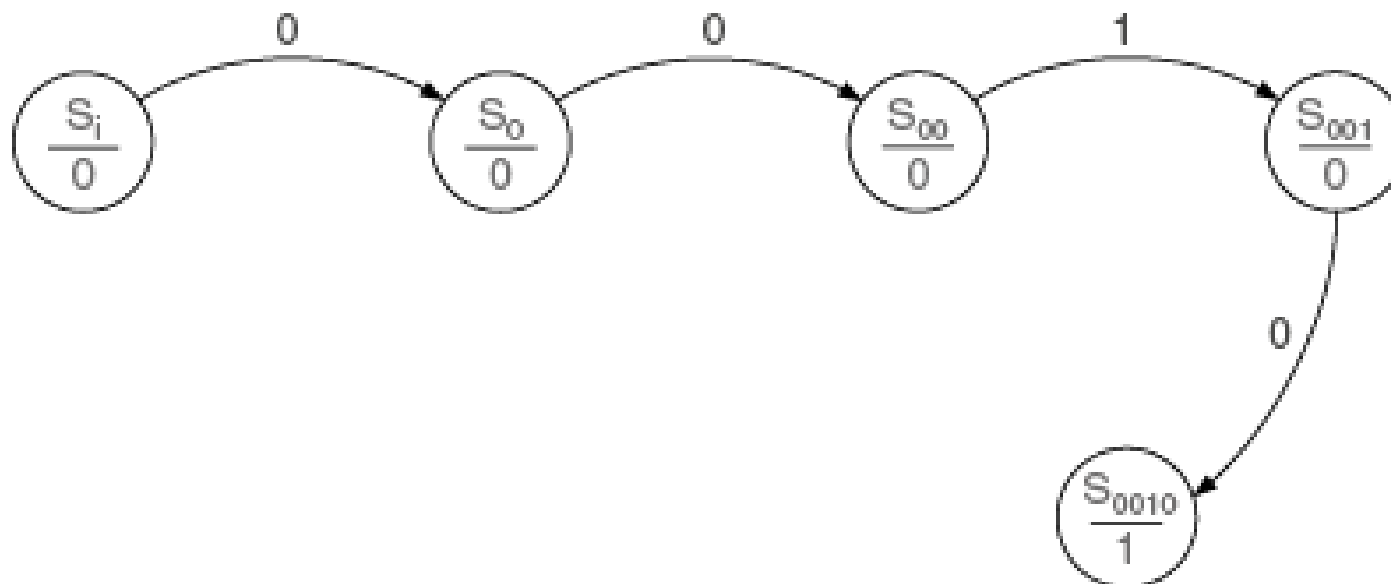


Aplicação 5

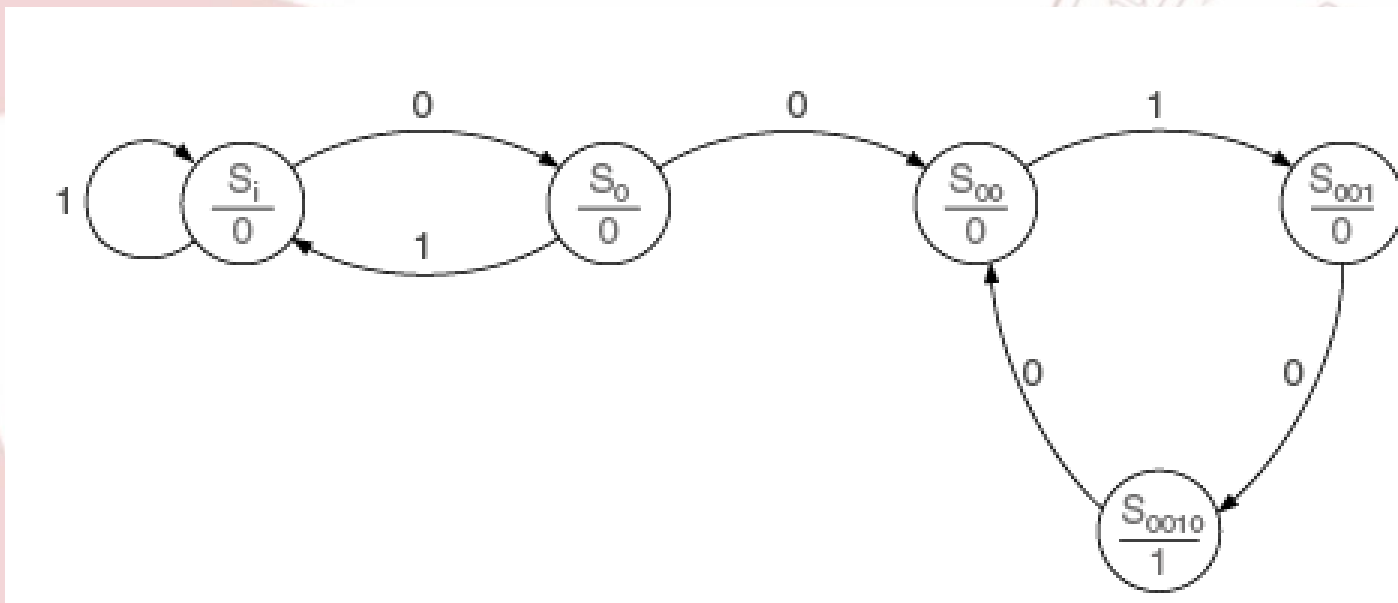
- Construir o diagrama de estados de uma máquina de estados de Moore capaz de detectar todas as ocorrências da sequência 0010. Quando ocorrer mais do que dois 0's consecutivos, a máquina deve ser reiniciada após o próximo 1. Considere um sinal serial.

X		0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0
Z	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
Instante	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l

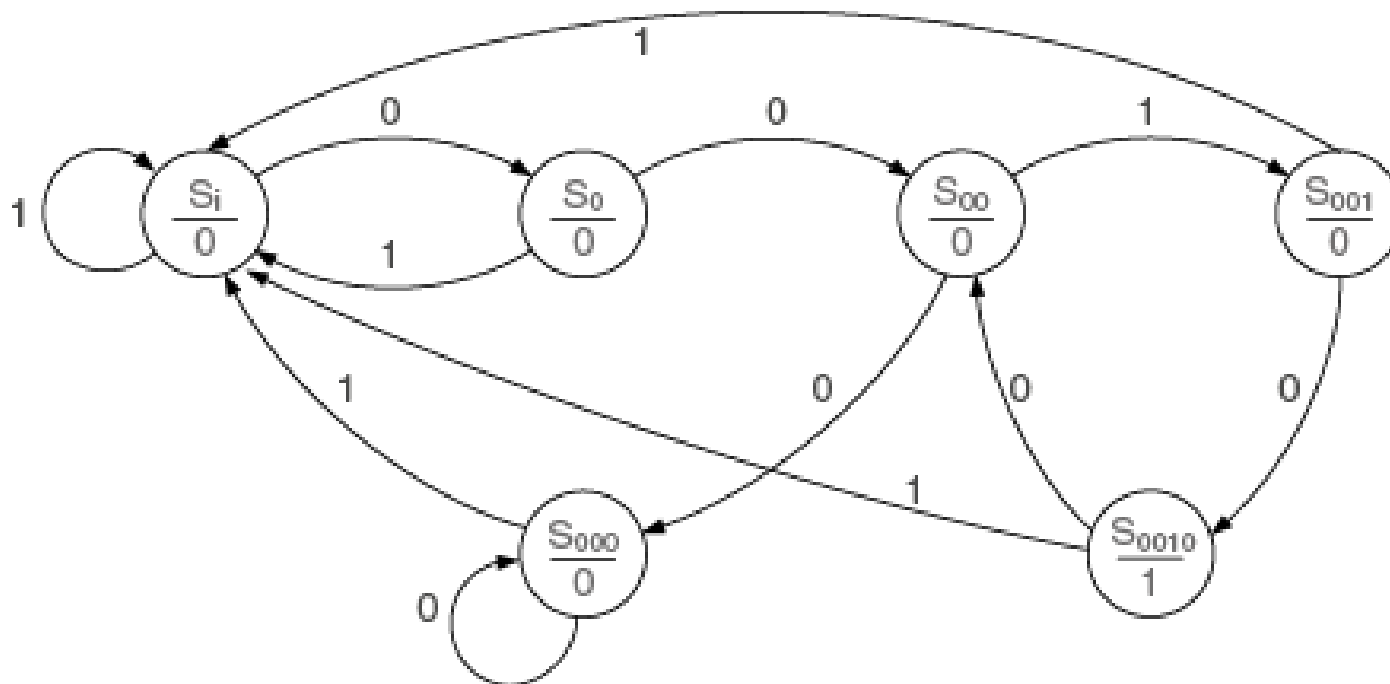
Solução 5



Solução 5



Solução 5



Aplicação 6

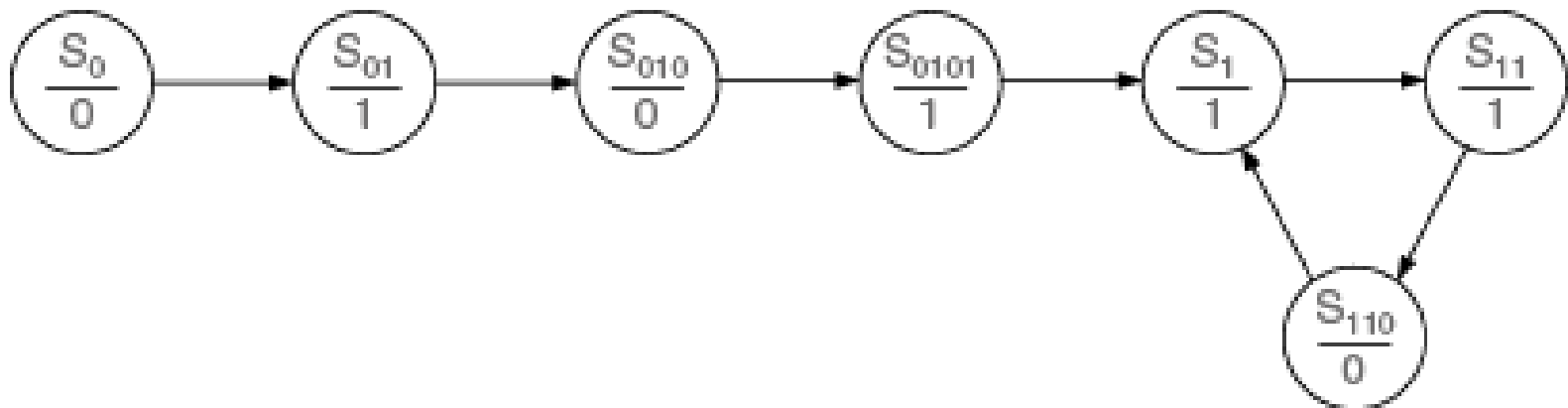
- Construir o diagrama de estados de uma máquina de estados de Moore capaz de gerar a sequência 0101 110 110 110 110...

Solução 6

- Esta máquina não depende de entradas, apenas do clock.
- É um contador.



Solução 6



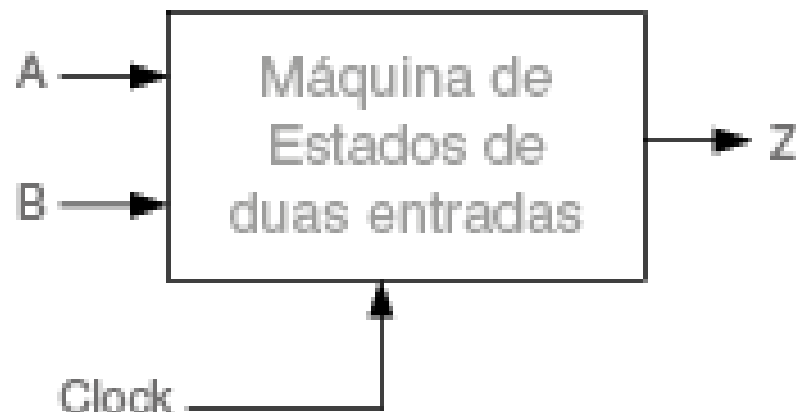
Aplicação 7

- Construir o diagrama de estados de uma máquina de estados de Moore com duas entradas (A e B) e uma saída que apresenta a seguinte operação:

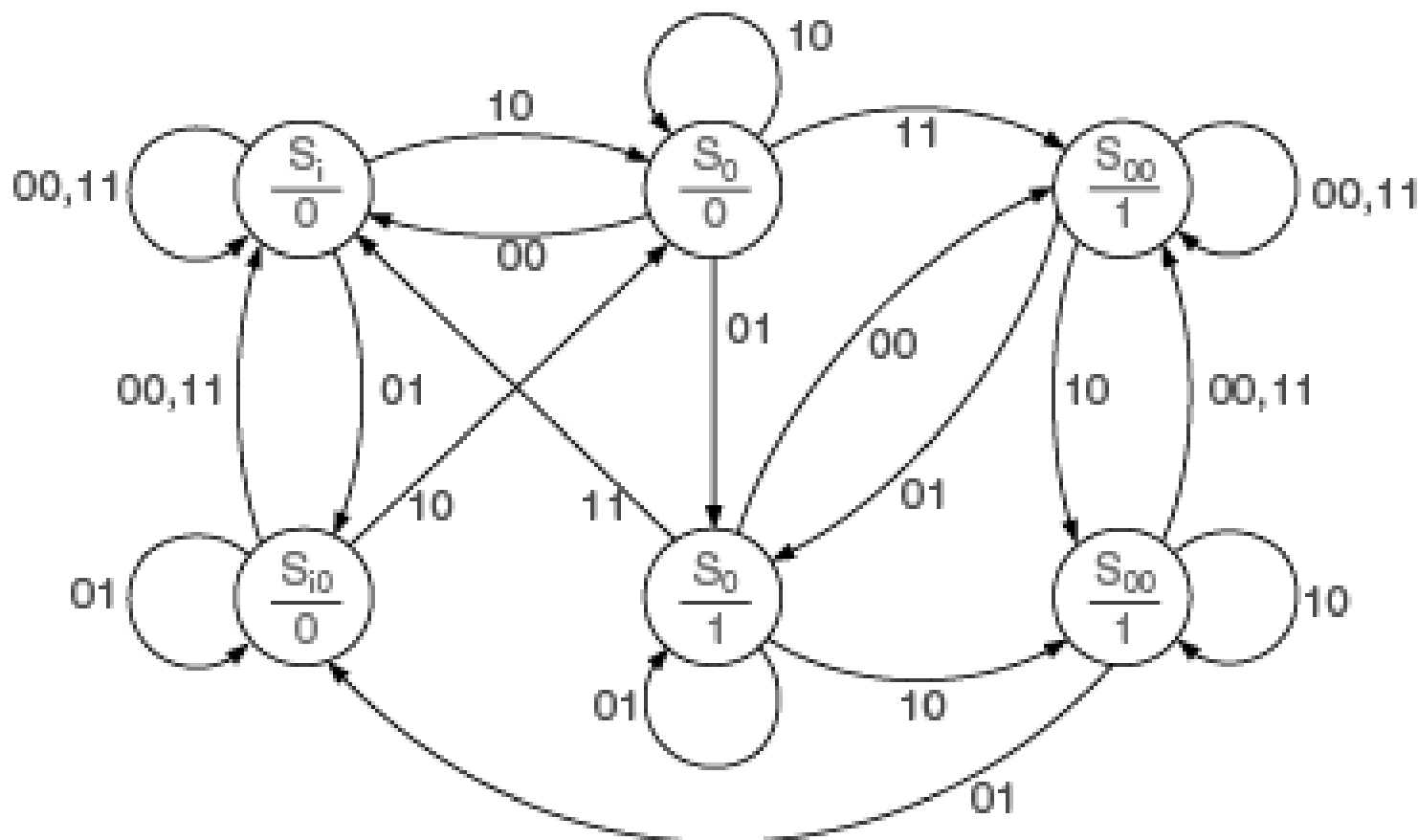
$AB = 01, 11 \rightarrow$ saída 0

$AB = 10, 11 \rightarrow$ saída 1.

$AB = 10, 01 \rightarrow$ saída troca de estado.



Solução 7



Obrigado

Prof. Fabio Kawaoka Takase
fabio.takase@mackenzie.br

