



Departamento de
Engenharia Elétrica e
de Computação

SEL 414 - Sistemas Digitais

ANÁLISE DE SISTEMAS SEQUENCIAIS SÍNCRONOS

Prof. Homero Schiabel



MODELOS DE SISTEMAS SEQUENCIAIS

INTRODUÇÃO

Sequência de cintilação de um conjunto de lâmpadas:



Soar um alarme sempre que a sequência de cintilação for
1-2-3-4-5

Possibilidades:

INTRODUÇÃO

Sequência de cintilação de um conjunto de lâmpadas:



Soar um alarme sempre que a sequência de cintilação for
1-2-3-4-5

Possibilidades:

- nenhuma lâmpada piscou;

INTRODUÇÃO

Sequência de cintilação de um conjunto de lâmpadas:



Soar um alarme sempre que a sequência de cintilação for
1-2-3-4-5

Possibilidades:

- nenhuma lâmpada piscou;
- só 1 lâmpada piscou;

INTRODUÇÃO

Sequência de cintilação de um conjunto de lâmpadas:



Soar um alarme sempre que a sequência de cintilação for
1-2-3-4-5

Possibilidades:

- nenhuma lâmpada piscou;
- só 1 lâmpada piscou;
- houve uma sequência 1-2 só...

INTRODUÇÃO

Sequência de cintilação de um conjunto de lâmpadas:



Soar um alarme sempre que a sequência de cintilação for
1-2-3-4-5

Possibilidades:

- nenhuma lâmpada piscou;
- só 1 lâmpada piscou;
- houve uma sequência 1-2 só...
- ...
- houve a sequência 1-2-3-4-5 \Rightarrow vai ser acionado o alarme

INTRODUÇÃO

Sequência de cintilação de um conjunto de lâmpadas:



Soar um alarme sempre que a sequência de cintilação for
1-2-3-4-5

- Inúmeras possibilidades, porém nem todas relevantes

- Ex.:

Sequência observada: 3-2-4-5-1-2-5-3-1-4-2-1-2

- ➔ Só é necessário memorizar que as duas últimas foram 1 e 2

Sequência observada: 1-2-3-4-2-4-3-2-1-3

- ➔ Idêntico a se nenhuma tivesse piscado

INTRODUÇÃO

Sequência de cintilação de um conjunto de lâmpadas:



Soar um alarme sempre que a sequência de cintilação for
1-2-3-4-5

Cada memorização necessária = ESTADO

INTRODUÇÃO

SISTEMA SEQUENCIAL

- ➔ Saídas não dependem apenas das entradas presentes, mas também da história das entradas no passado
- ➔ Saídas dependem da **SEQUÊNCIA** de valores lógicos na entrada que **conduzem** até o presente (e não somente dos valores de entrada presentes)

INTRODUÇÃO

SISTEMA SEQUENCIAL

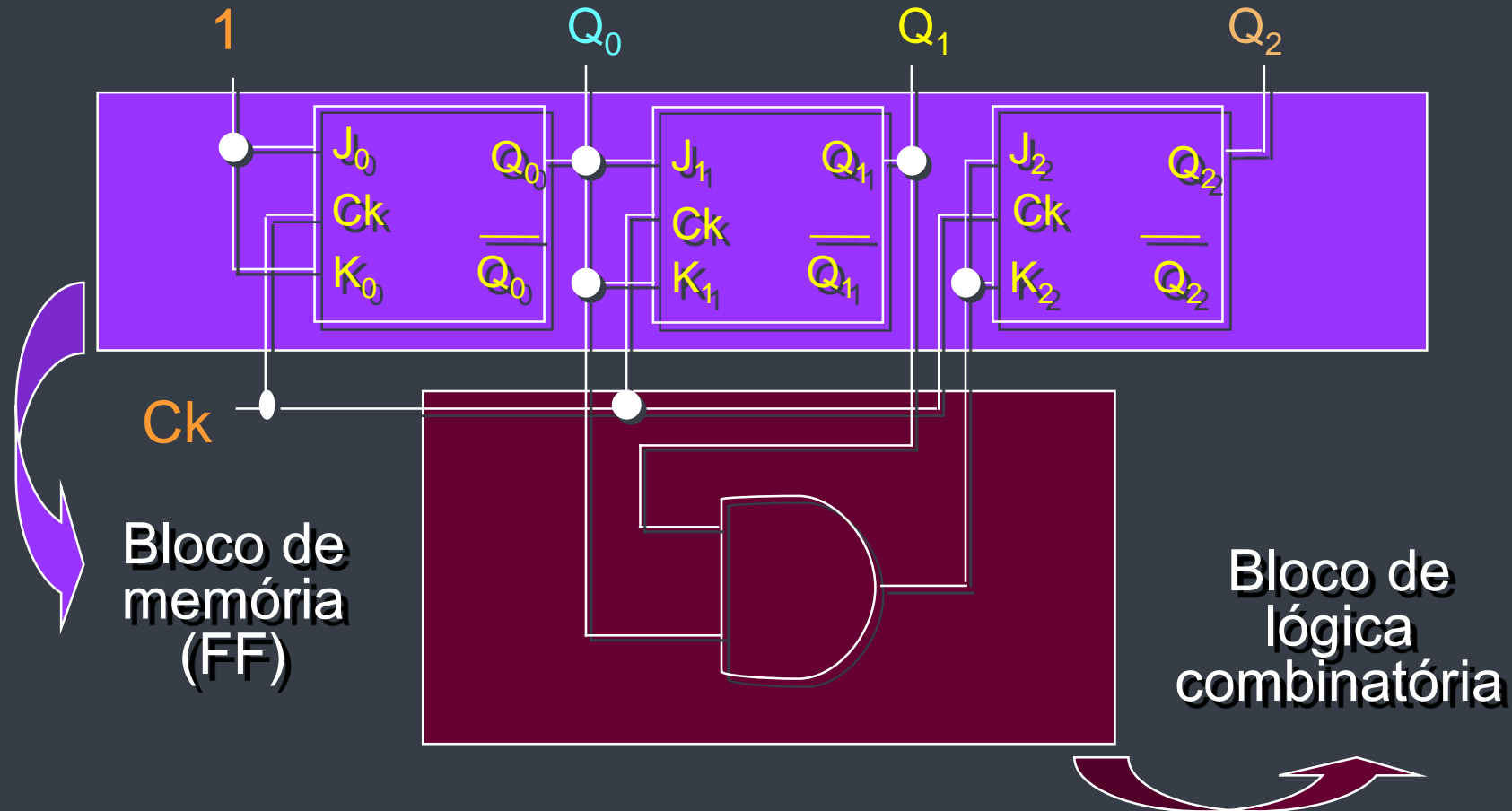
➔ Apresenta MEMÓRIA INTERNA



ESTADO

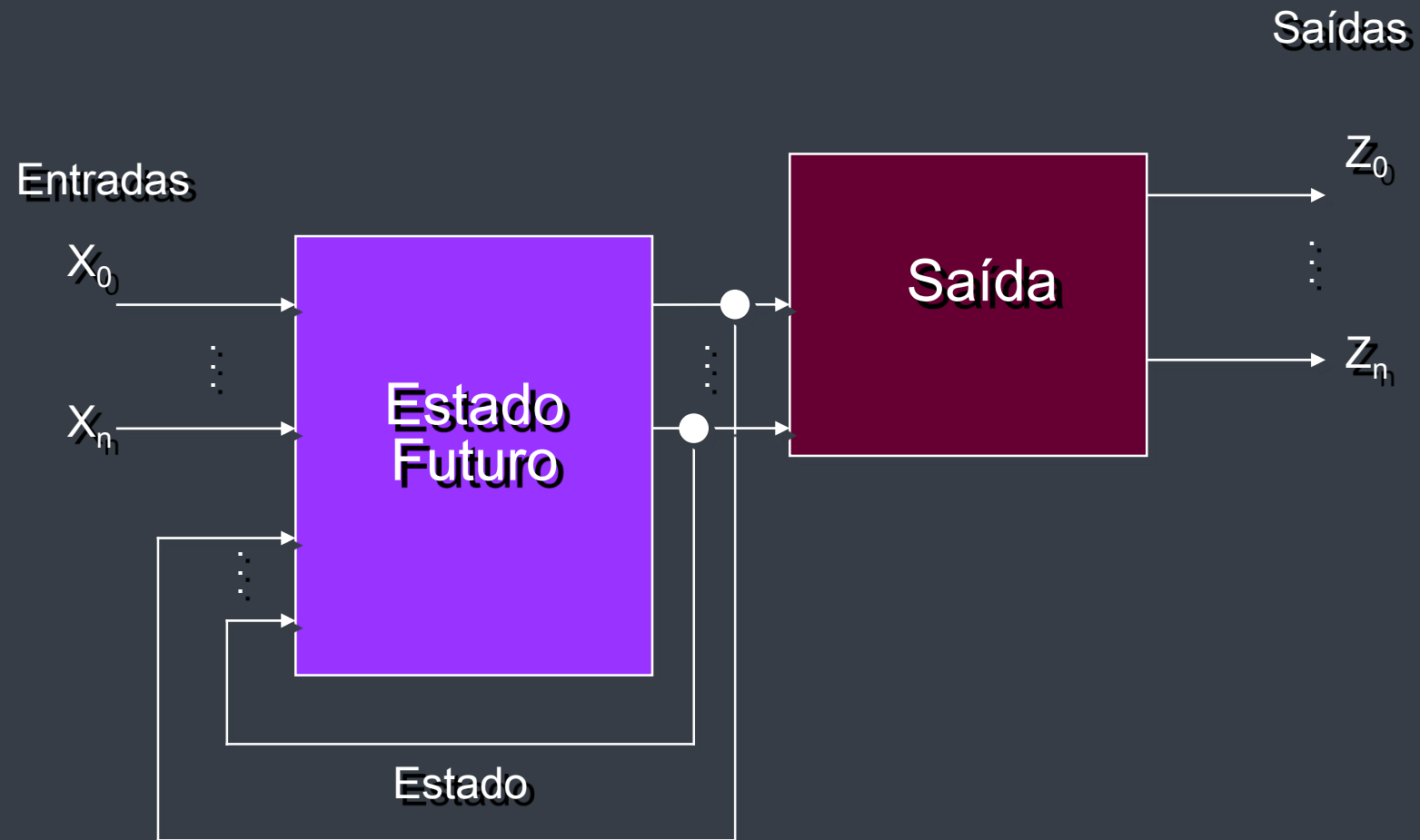
FUNÇÃO **ESTADO FUTURO** ➔ a partir do valor das entradas e do estado presente, indica o valor do ESTADO num instante seguinte.

MODELOS

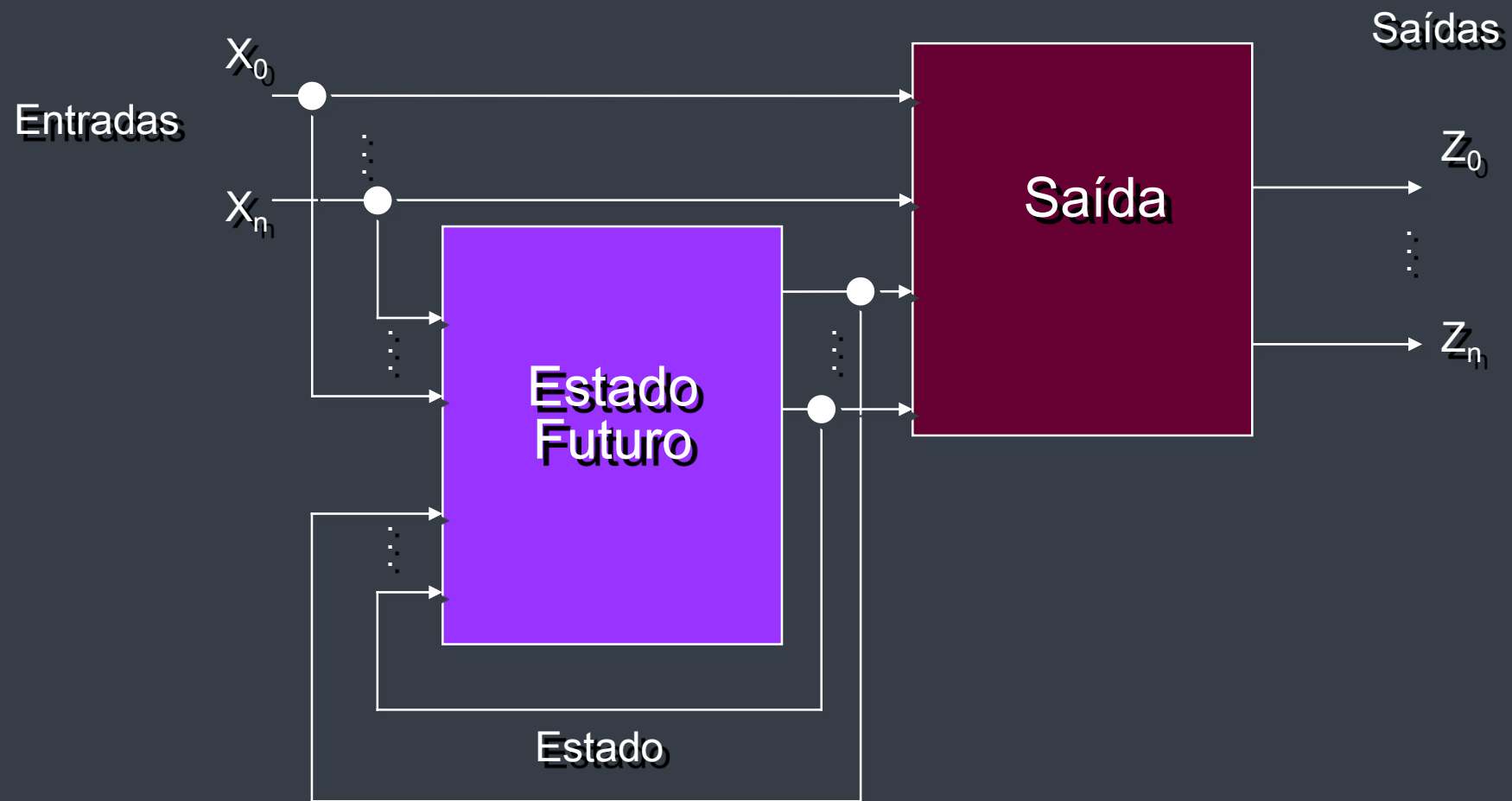


Contador binário síncrono de 3 bits

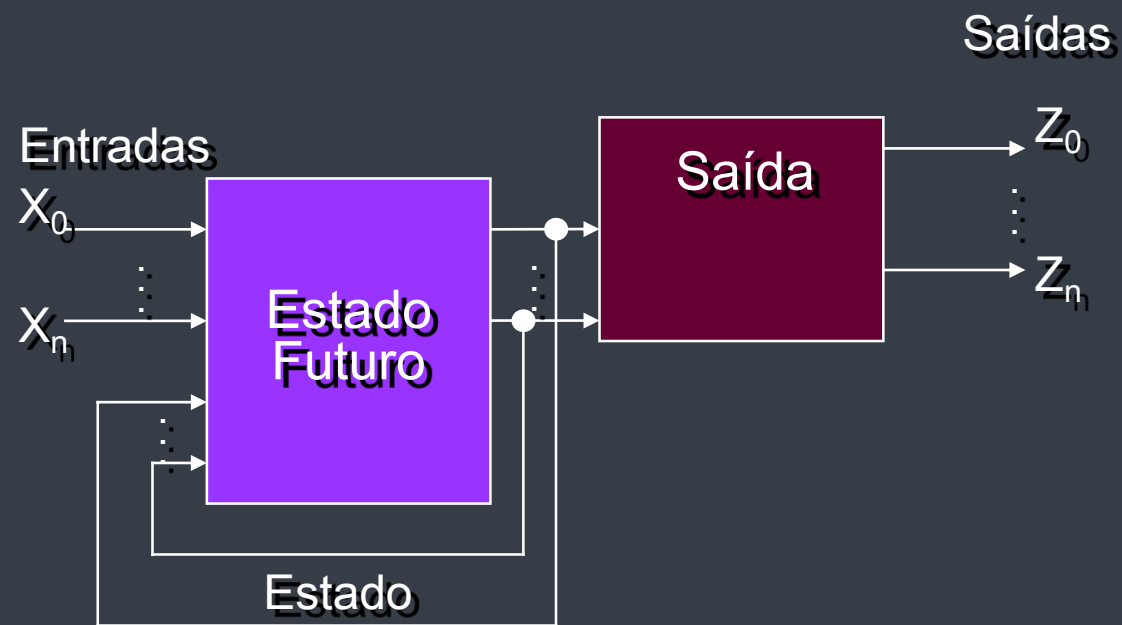
MODELO MOORE



MODELO MEALY



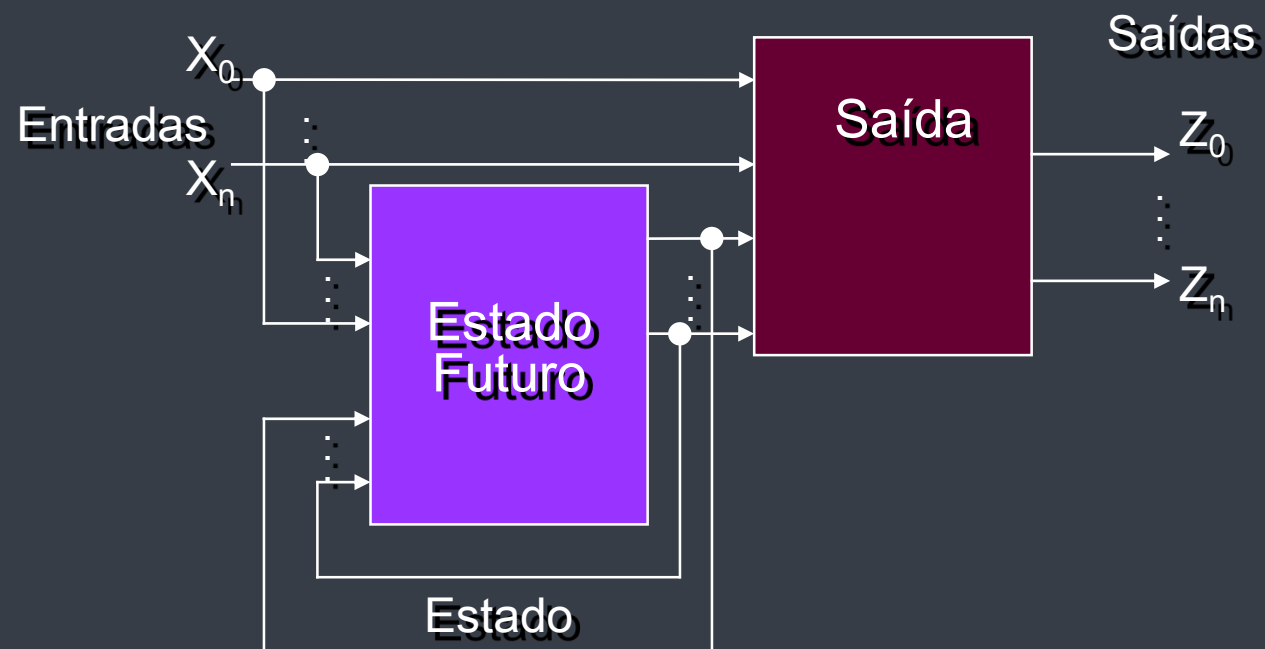
MODELOS



Se saídas = $f(\text{estado})$ \Rightarrow MODELO MOORE

Estado futuro = $f(\text{estado}, \text{entradas})$

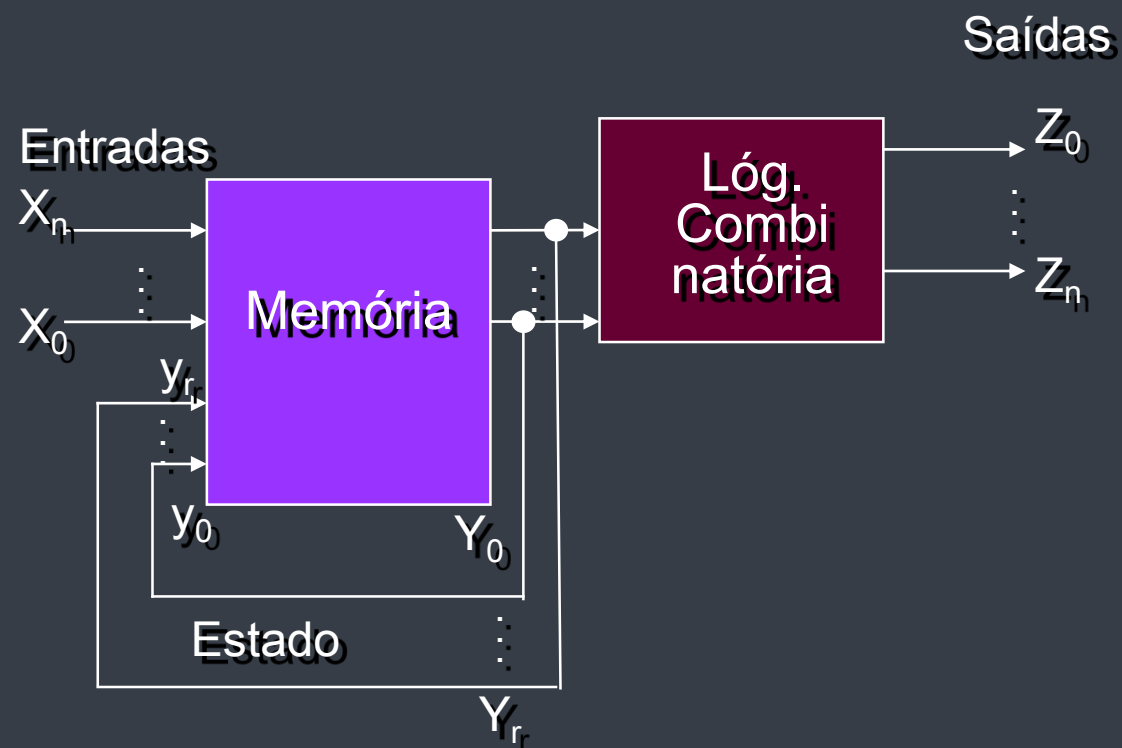
MODELOS



Se saídas = $f(\text{estado}, \text{entradas})$ \Rightarrow MODELO MEALY

Estado futuro = $f(\text{estado}, \text{entradas})$

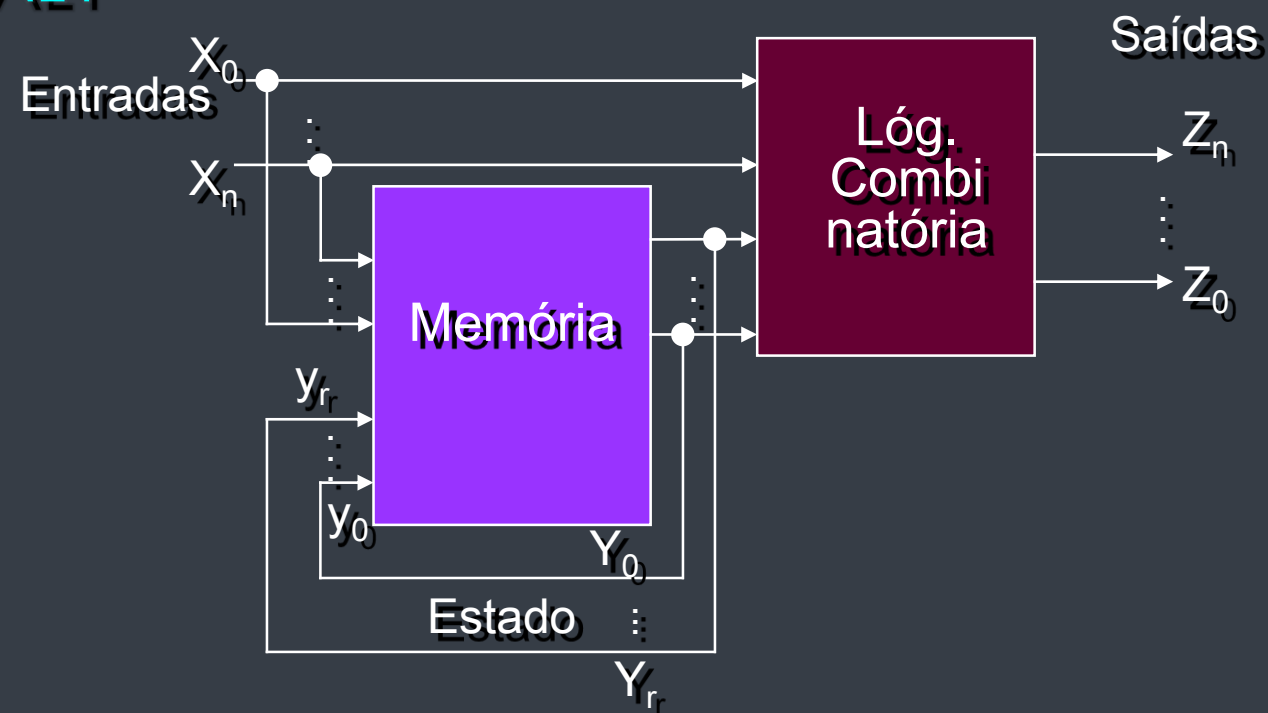
MODELO MOORE



$$Z_i = g(y_1, \dots, y_r) \quad i = 1, \dots, m$$

$$Y_i = h(X_1, \dots, X_n, y_1, \dots, y_r) \quad i = 1, \dots, r$$

MODELO MEALY



$$Z_i = g(X_1, \dots, X_n, y_1, \dots, y_r) \quad i = 1, \dots, m$$

$$Y_i = h(X_1, \dots, X_n, y_1, \dots, y_r) \quad i = 1, \dots, r$$

DIAGRAMA DE ESTADO

- Um Estado é a combinação de Variáveis de Estado.
- Cada Variável de Estado é uma realimentação de sinais.
- O **Diagrama de Estado** ou **Diagrama de Fluxo de Estado** é um grafo no qual cada nó e cada arco tem um significado específico em cada um dos modelos (Mealy e Moore).
- **Tabela de Estado** \Rightarrow representação do Diagrama de Estado na forma de tabela.

DIAGRAMA DE ESTADO

- **Nós** ➔ estados do circuito e valor da saída
- **Arcos** ➔ entrada aplicada, que leva o circuito para o estado seguinte (Y) com saída Z



Modelo MOORE

DIAGRAMA DE ESTADO

- **Estado** ➔ nós
- **Arcos** ➔ entrada aplicada e saída obtida

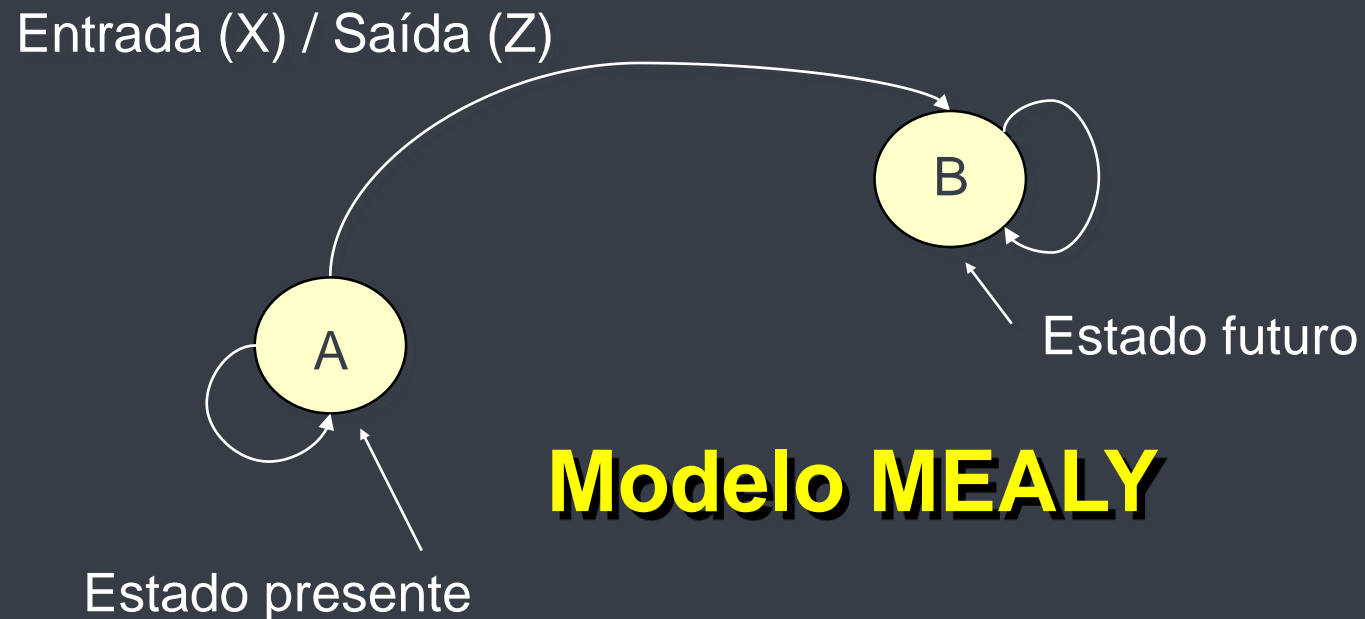
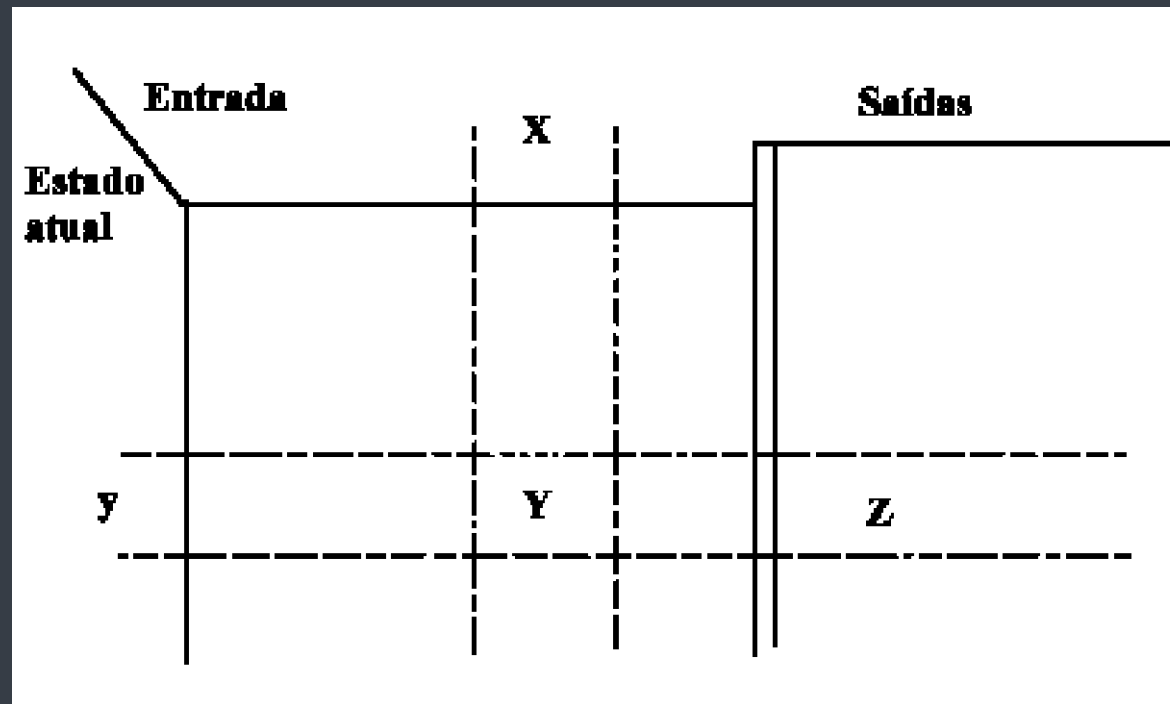


TABELA DE ESTADO (OU TABELA DE FLUXO)

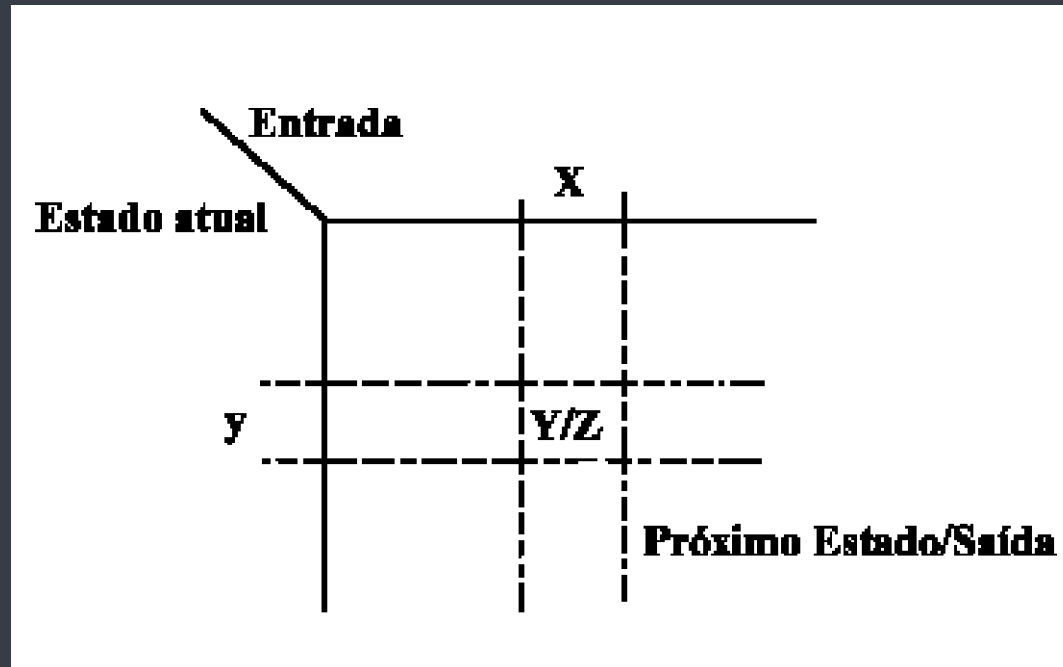
- Estado atual **y** possui saída **Z**
- Aplicando-se a entrada **X**, o circuito irá para o estado **Y**, com saída **Z**



Modelo MOORE

TABELA DE ESTADO (OU TABELA DE FLUXO)

- Para entrada X , com circuito no estado atual y , o circuito irá para o próximo estado Y com saída Z

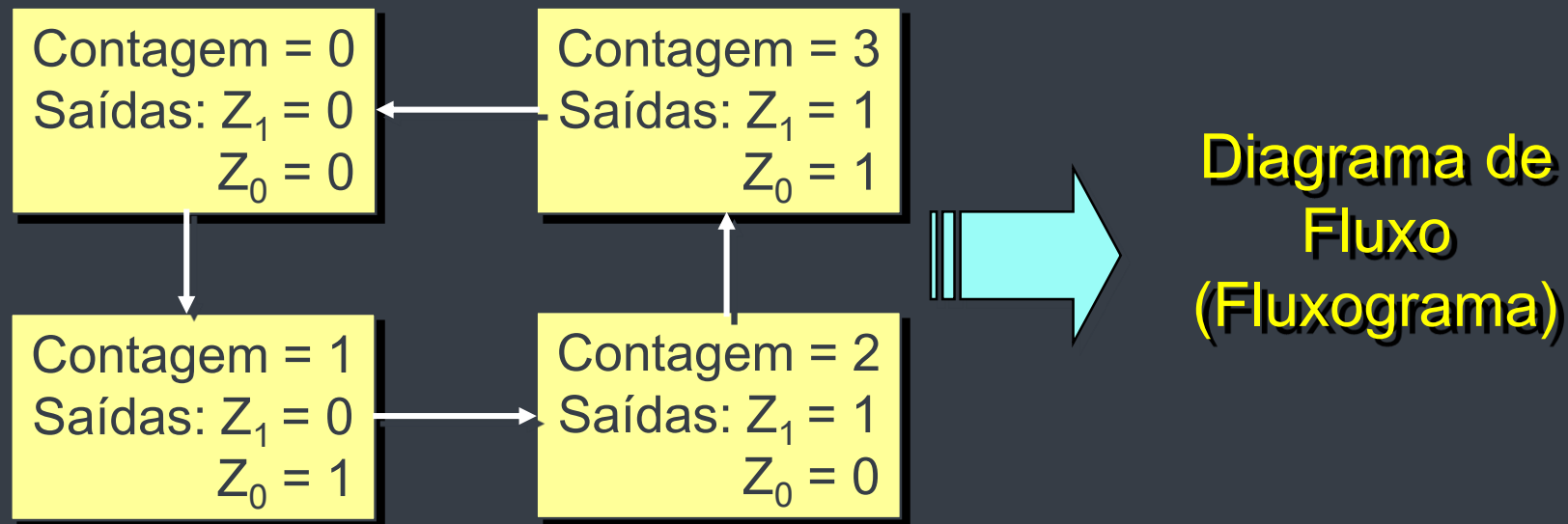


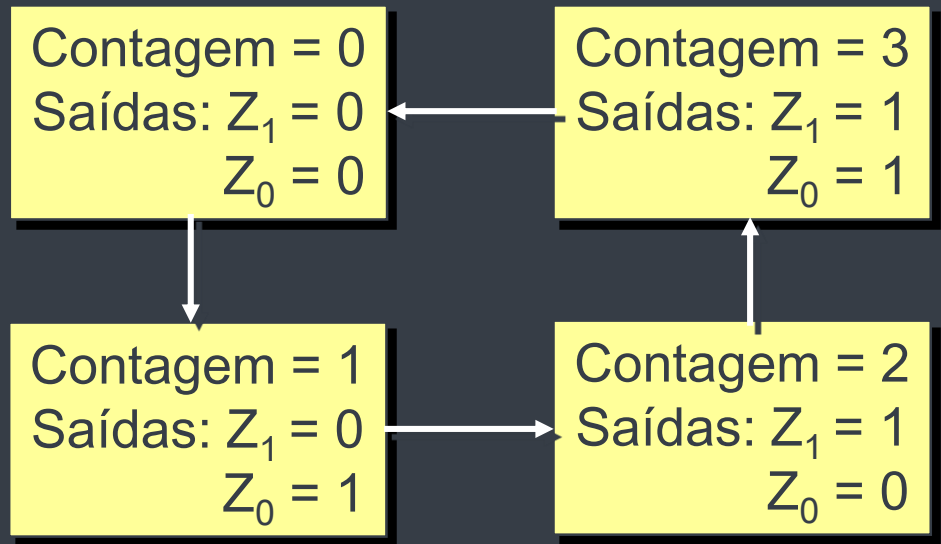
Modelo MEALY

Exemplo 1:

Vamos supor o contador síncrono módulo 4:

- 4 saídas \Rightarrow 00 – 01 – 10 – 11
- Não tem entradas externas
- Única forma de onda \Rightarrow CK (sincronismo)





Estado /
Saída

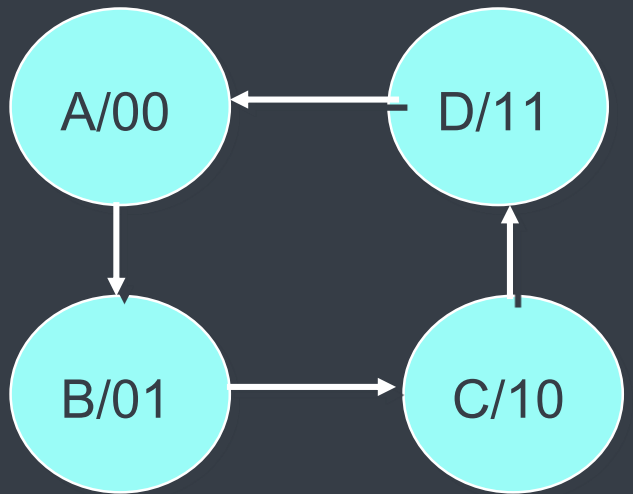
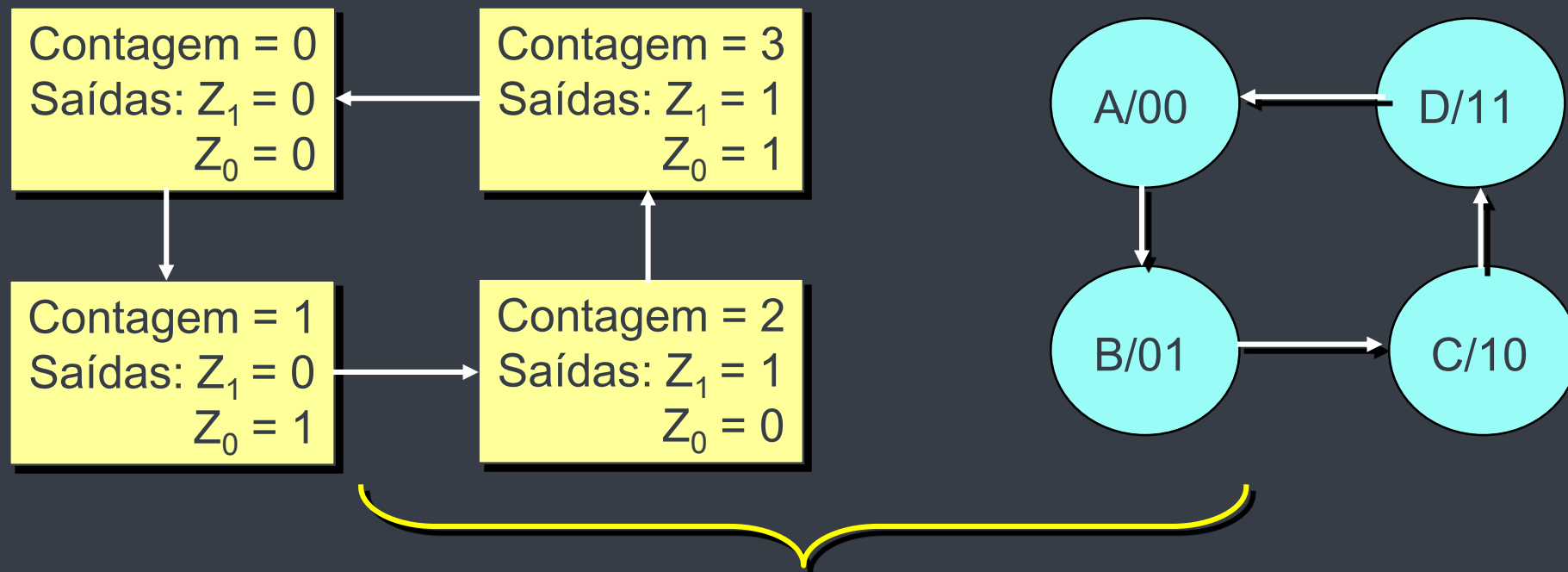


Diagrama de
Estado
(MODELO
MOORE)



Estado Presente	Saída Presente (Z_1Z_0)	Estado Futuro
A	00	B (01)
B	01	C (10)
C	10	D (11)
D	11	A (00)

Tabela de Estado*

* Não há coluna da entrada X, já que, para esse contador, não há entradas externas

Exemplo 2:

Vamos supor um sistema sequencial com:

- Uma variável de entrada X
- Duas variáveis de estado y_1 e y_0
- Uma variável de saída Z

(MODELO MEALY)

$$X = \begin{cases} 0 \\ 1 \end{cases}$$

$$Z = \begin{cases} 0 \\ 1 \end{cases}$$

Estados:

$(y_1, y_0) = (00) \rightarrow A$

$(y_1, y_0) = (01) \rightarrow B$

$(y_1, y_0) = (10) \rightarrow C$

$(y_1, y_0) = (11) \rightarrow D$

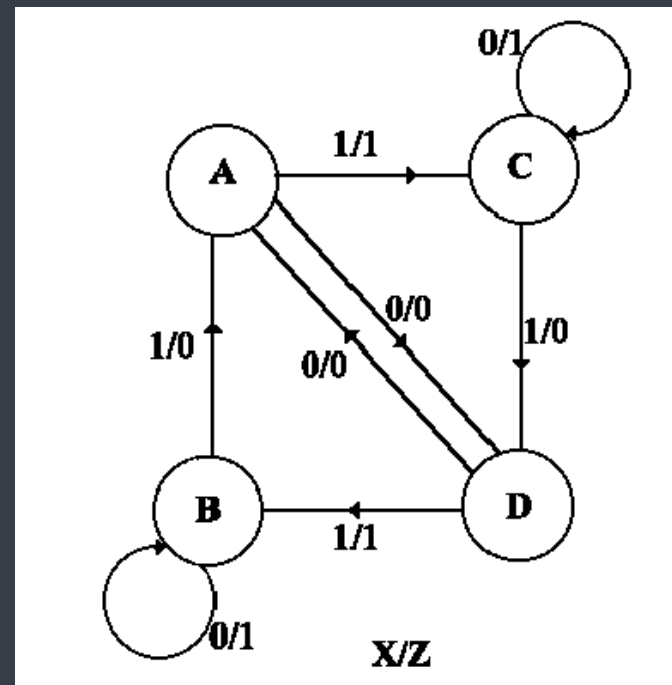
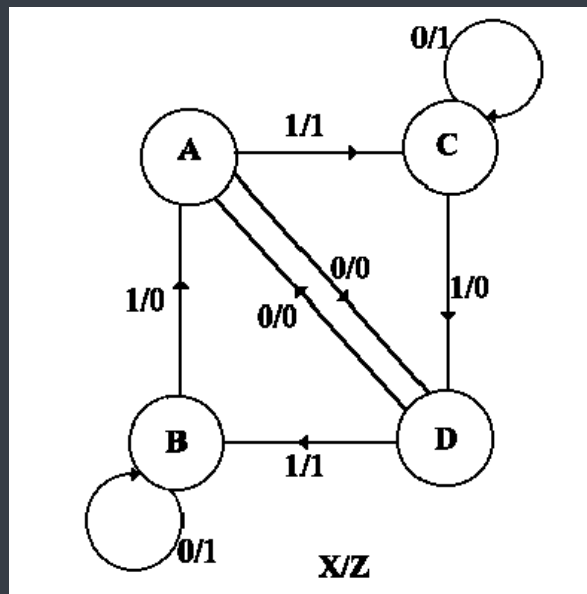


Diagrama de Estado

X \ Z	0	1
A	D/0	C/1
B	B/1	A/0
C	C/1	D/0
D	A/0	B/1

Tabela de Estado

Exemplo 2:



Suponhamos que esse sistema esteja inicialmente no estado A ($t=0$) e receba a seguinte sequência de entrada:

$X = 0110101100$

Tempo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Estado presente	A	D	B	A	D	B	B	A	C	C	C
Entrada	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	
Estado futuro	D	B	A	D	B	B	A	C	C	C	
Saída	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	

➔ Saída será a sequência **$Z = 0100110111$**

Estado final = C