



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



Lógica Programável

INE 5348

Aula 5

Máquinas Seqüenciais Síncronas: Sincronismo com sinal de relógio, Análise de circuitos seqüenciais síncronos. Modelos de Moore e de Mealy. Síntese de Circuitos Seqüencias Síncronos

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

www.inf.ufsc.br/~guntzel/ine5348/ine5348.html

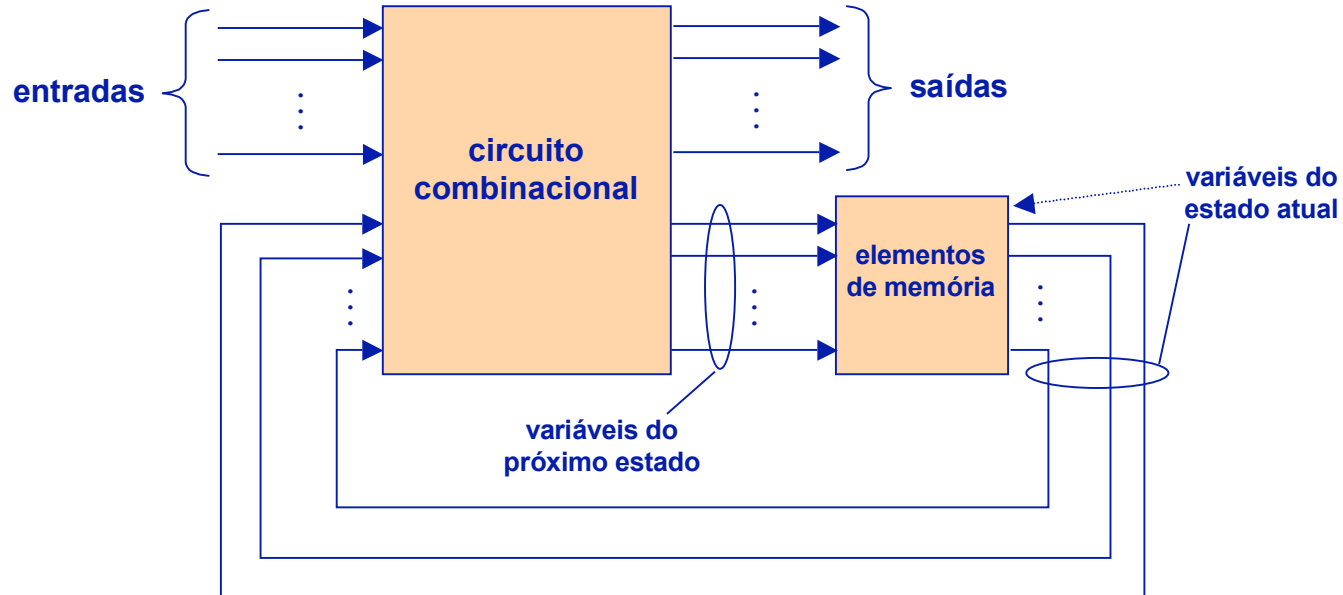
Máquinas Seqüenciais Síncronas

Observação Importante

O Conteúdo destas transparências está detalhado na introdução do capítulo 4 e nas seções 4.3 e 4.4 da apostila “**Introdução aos Sistemas Digitais**”, de José Luís Güntzel e Francisco Assis do Nascimento, a qual encontra-se disponível gratuitamente em formato PDF no endereço www.ufpel.edu.br/~guntzel/isd/isd.html

Máquinas Seqüenciais Síncronas

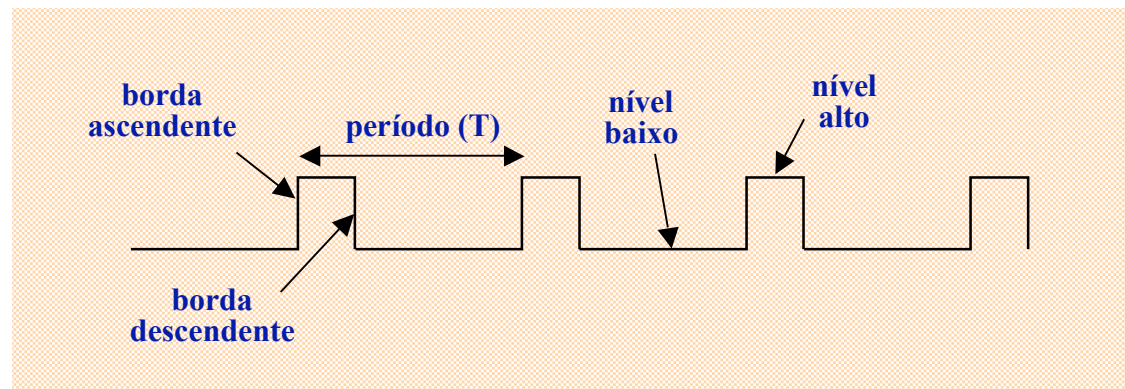
► Circuitos Seqüenciais Diagrama de Blocos Genérico



Máquinas Seqüenciais Síncronas

► Circuitos Seqüenciais Síncronos

O Sinal de Relógio (*clock*)



Exemplo:

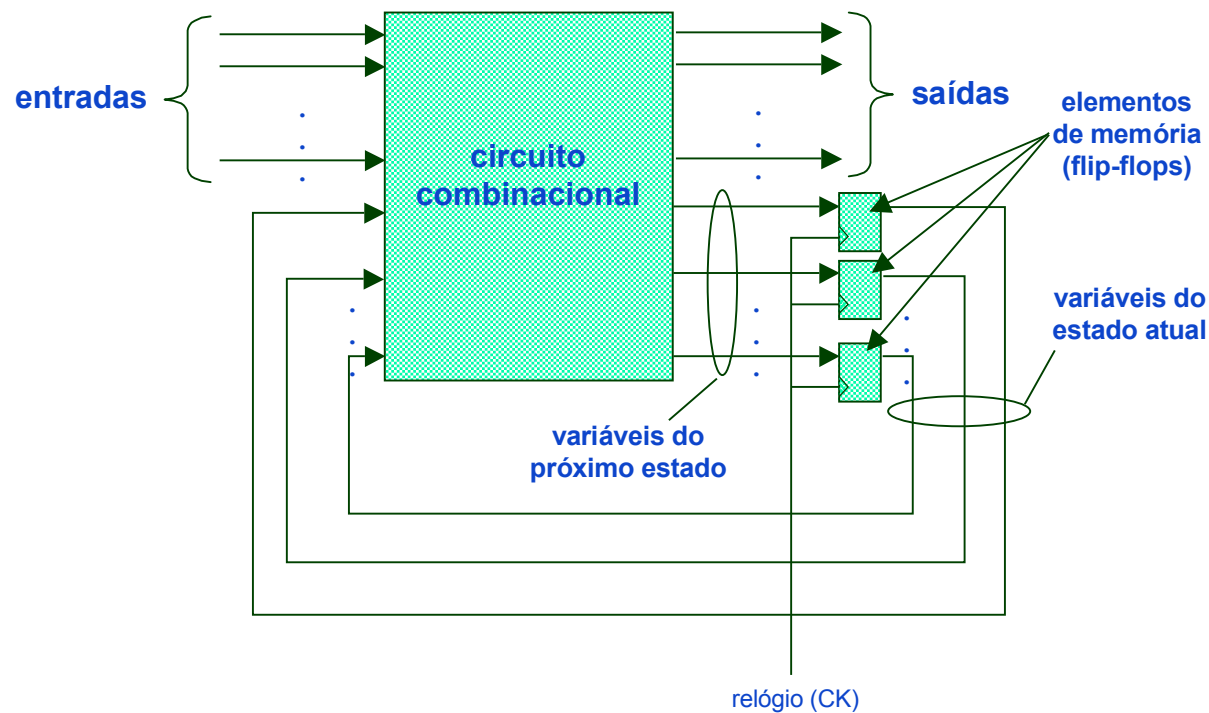
Um circuito síncrono é cadenciado por um relógio de 200 MHz.
Qual é o maior atraso para qualquer bloco que o compõem?

$$T = \frac{1}{200 \times 10^6 \text{ Hz}} = 0,005 \times 10^{-6} \text{ s} = 5 \times 10^{-9} \text{ s} = 5 \text{ ns}$$

Máquinas Seqüenciais Síncronas

► Circuitos Seqüenciais Síncronos

Diagrama de blocos



Máquinas Seqüenciais Síncronas

► **Análise de Circuitos Seqüenciais**

Elementos para a análise (por ordem):

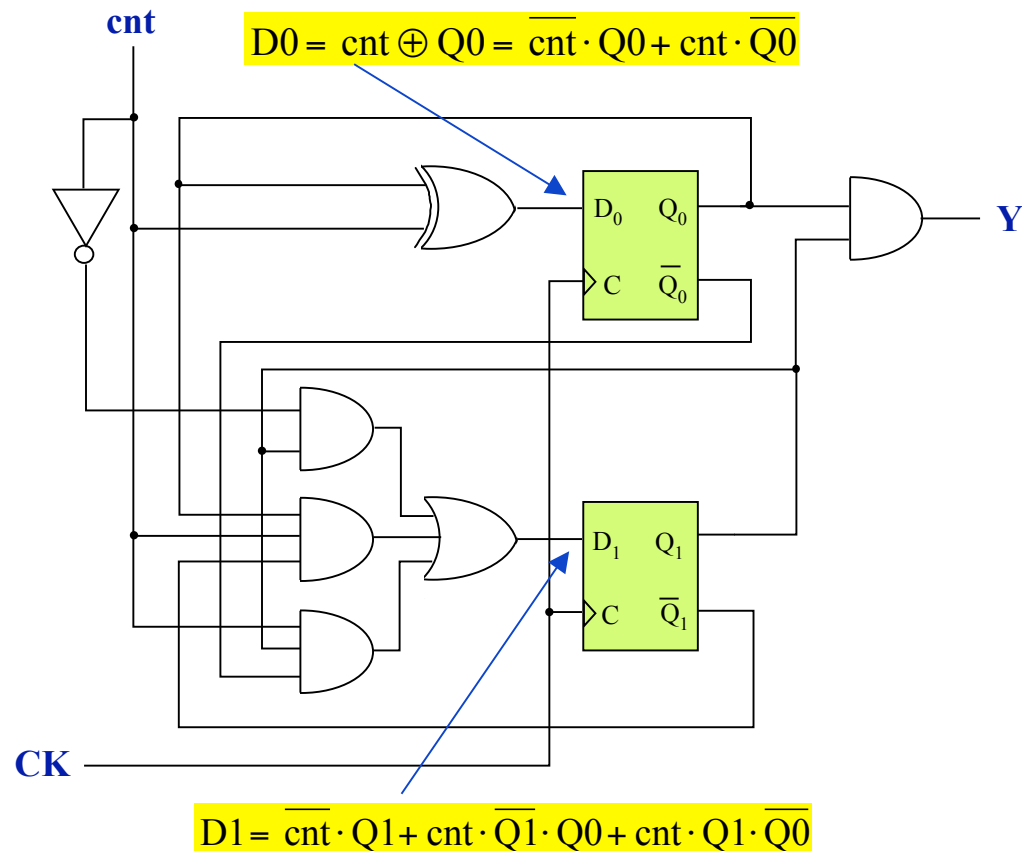
- 1. Equações de excitação**
- 2. Equações de estado e equações de saída**
- 3. Tabela de próximo estado**
- 4. Tabela de saída**
- 5. Diagrama de transição de estados**

Vejamos um exemplo...

Máquinas Seqüenciais Síncronas

Análise de Circuitos Seqüenciais

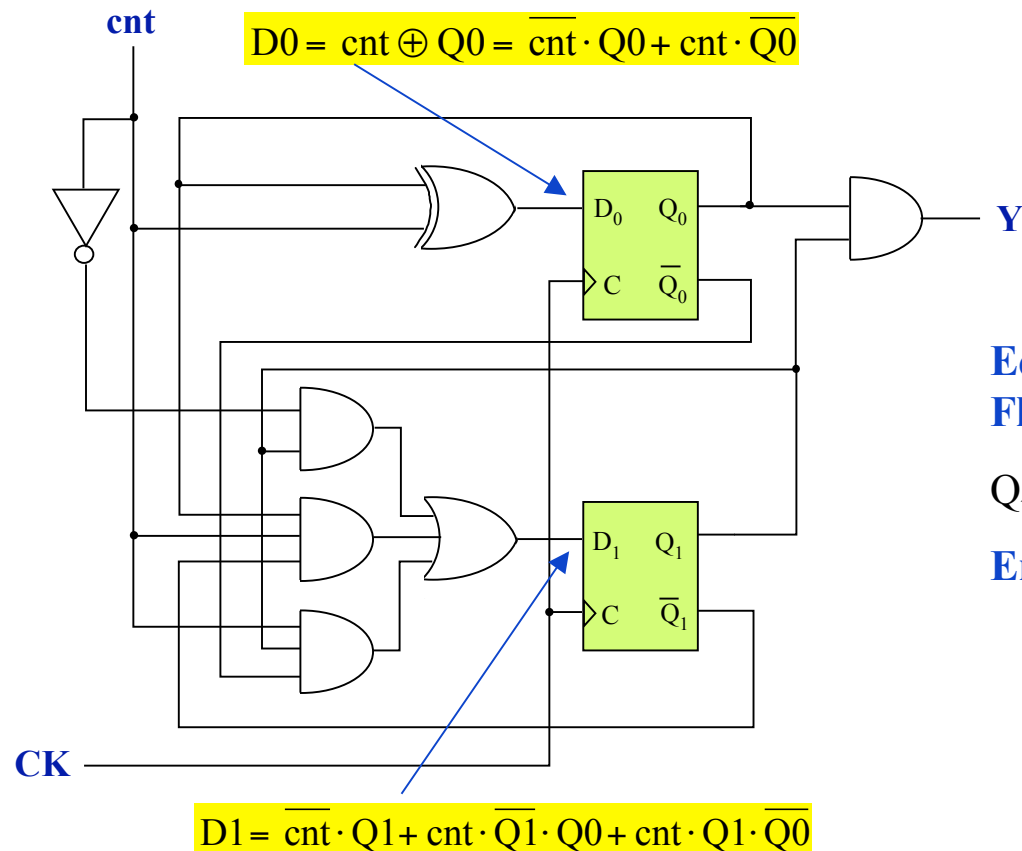
1. Determinando as equações de excitação (entradas dos flip-flops)



Máquinas Seqüenciais Síncronas

Análise de Circuitos Seqüenciais

1. Determinando as equações de excitação (entradas dos flip-flops)



Equação de um
Flip-flop D:

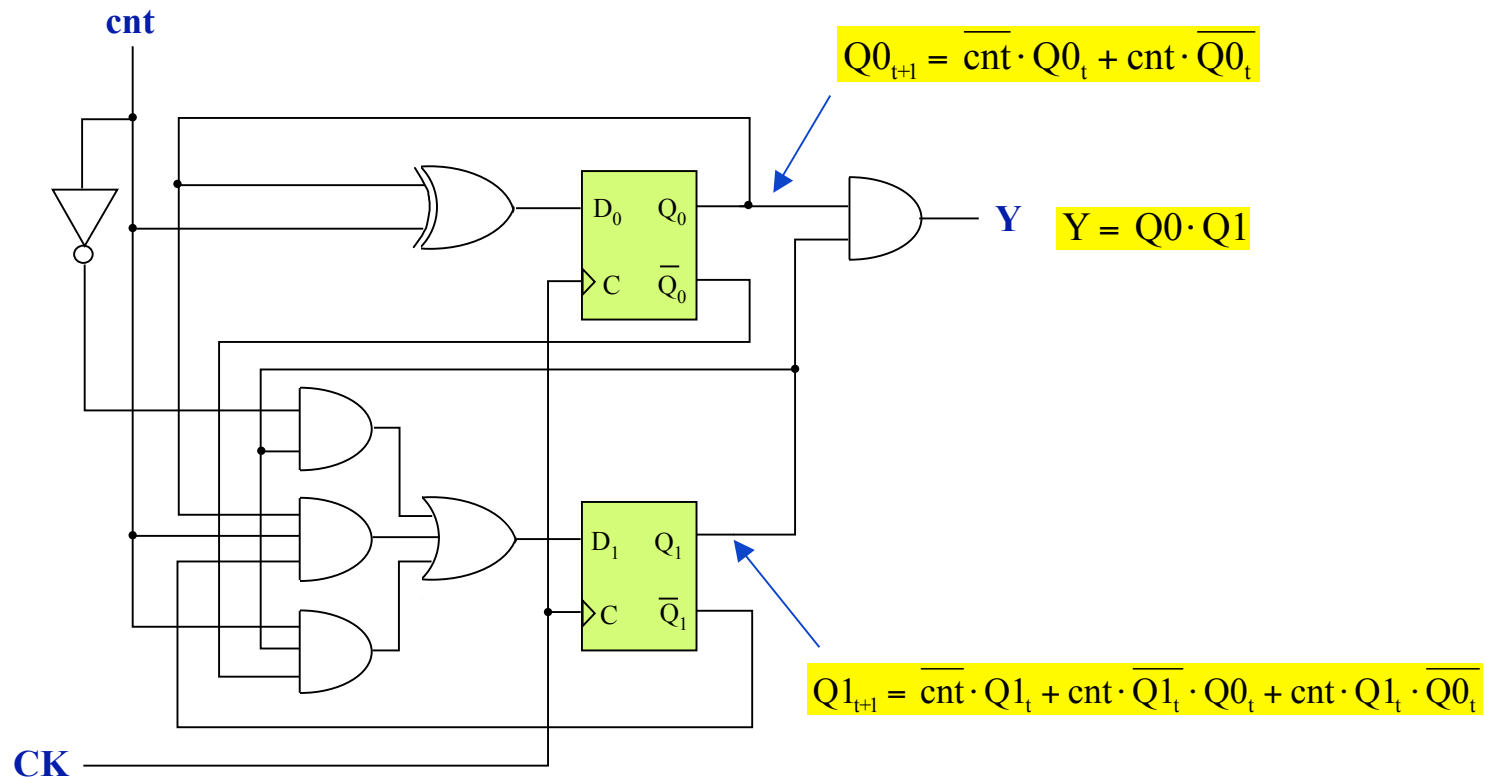
$$Q_{t+1} = D_t$$

Então...

Máquinas Seqüenciais Síncronas

Análise de Circuitos Seqüenciais

2. Determinando as equações de estado (saída dos flip-flops)



Máquinas Seqüenciais Síncronas

Análise de Circuitos Seqüenciais

3. Montando a Tabela de Transição de Estados

$$Q0_{t+1} = \overline{\text{cnt}} \cdot Q0_t + \text{cnt} \cdot \overline{Q0_t}$$

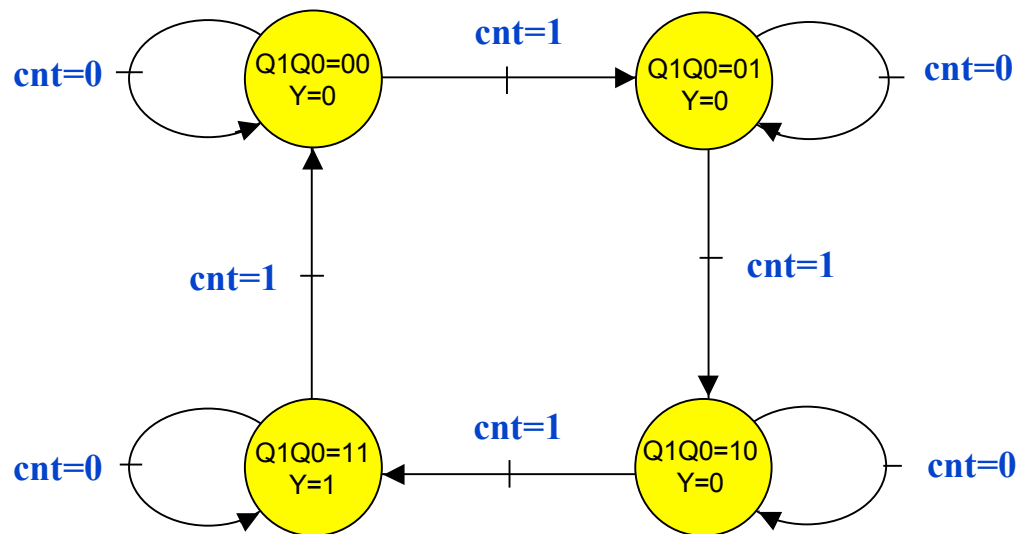
$$Q1_{t+1} = \overline{\text{cnt}} \cdot Q1_t + \text{cnt} \cdot \overline{Q1_t} \cdot Q0_t + \text{cnt} \cdot Q1_t \cdot \overline{Q0_t}$$

Entrada	Estado atual		Próximo estado	
	Q1 _t	Q0 _t	Q1 _{t+1}	Q0 _{t+1}
cnt	Q1 _t	Q0 _t	Q1 _{t+1}	Q0 _{t+1}
0	0	0	0	0
0	0	1	0	1
0	1	0	1	0
0	1	1	1	1
1	0	0	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	1	1
1	1	1	0	0

Máquinas Seqüenciais Síncronas

Análise de Circuitos Seqüenciais

5. Desenhando o Diagrama de Estados

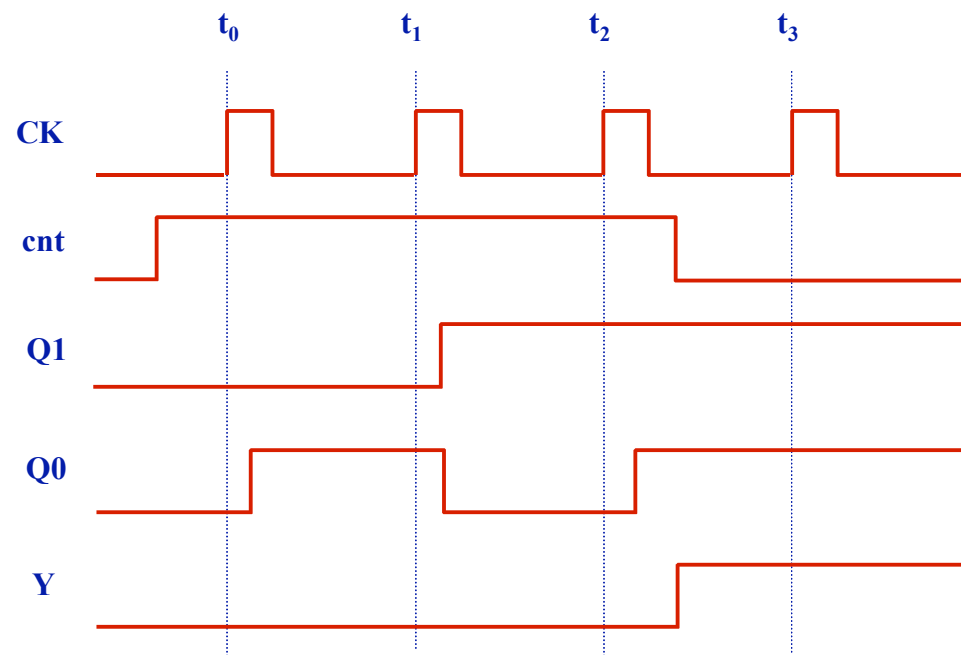


Este circuito é um “contador módulo-4”

Máquinas Seqüenciais Síncronas

Contador Módulo-4: diagrama de tempos

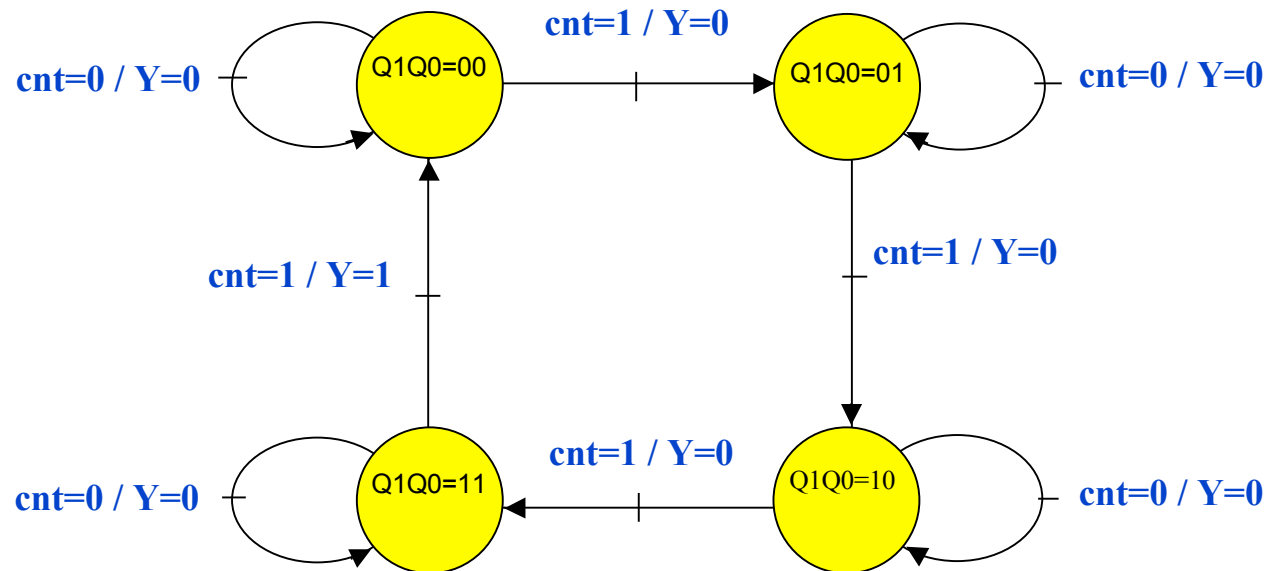
Exemplo 4.13 da apostila



Máquinas Seqüenciais Síncronas

Contador Módulo-4, versão 2: diagrama de estados

Exemplo 4.14 da apostila

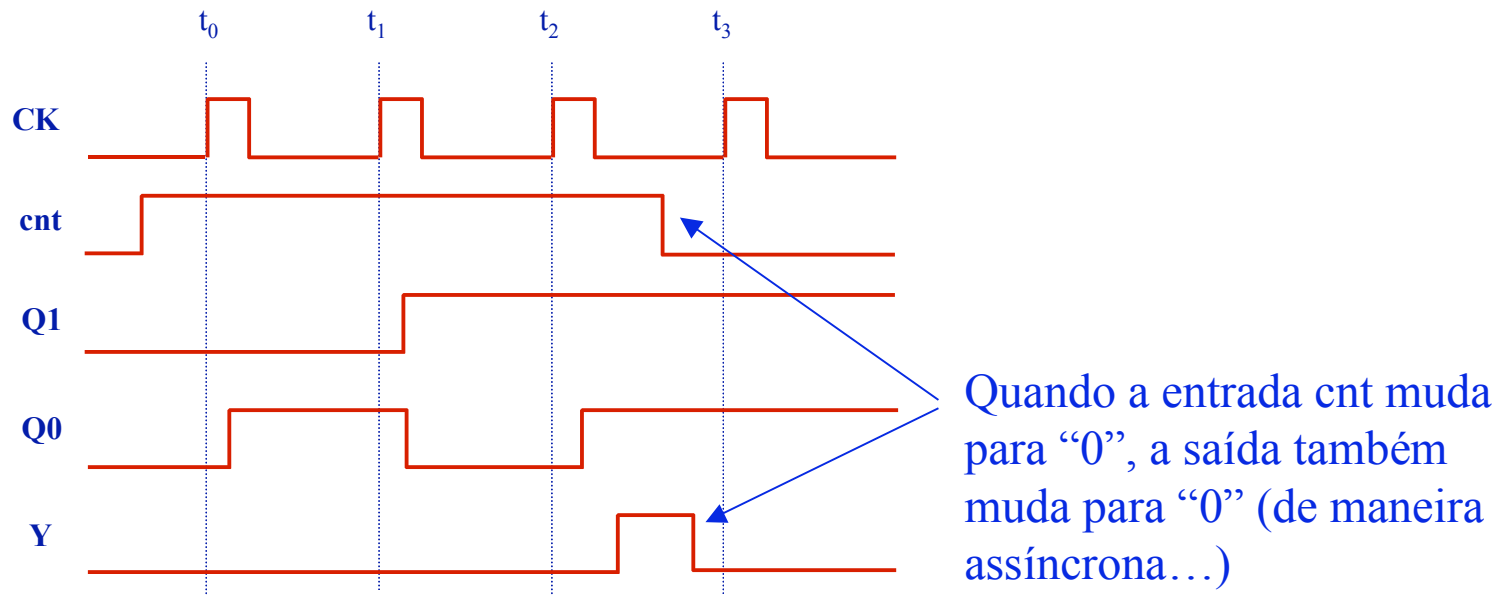


Como agora a saída Y depende também da entrada cnt , o valor de Y precisa ser associado às arestas do diagrama...

Máquinas Seqüenciais Síncronas

Contador Módulo-4, versão 2: diagrama de tempos

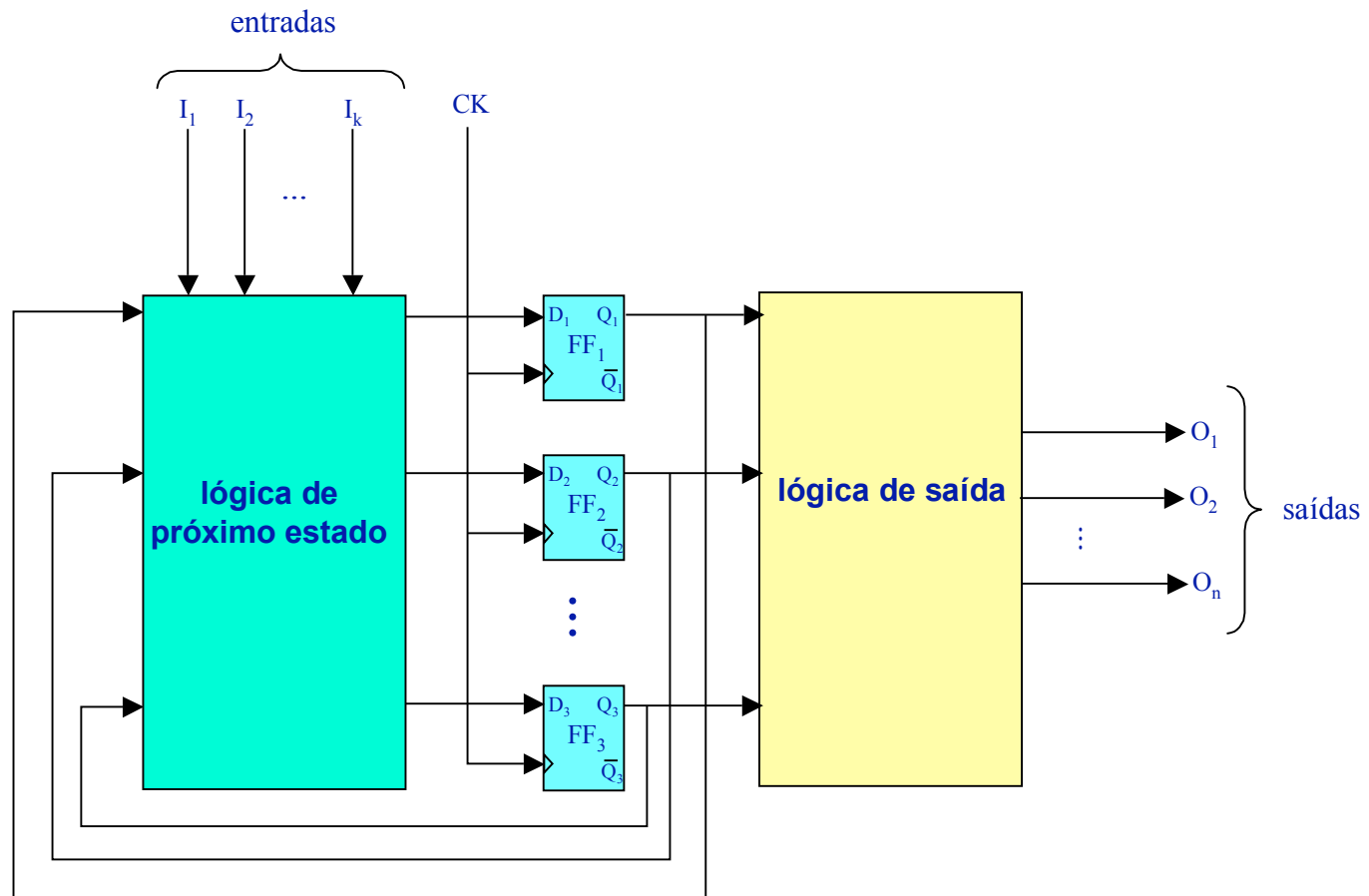
Exemplo 4.14 da apostila



Máquinas Seqüenciais Síncronas

► Modelo de Moore

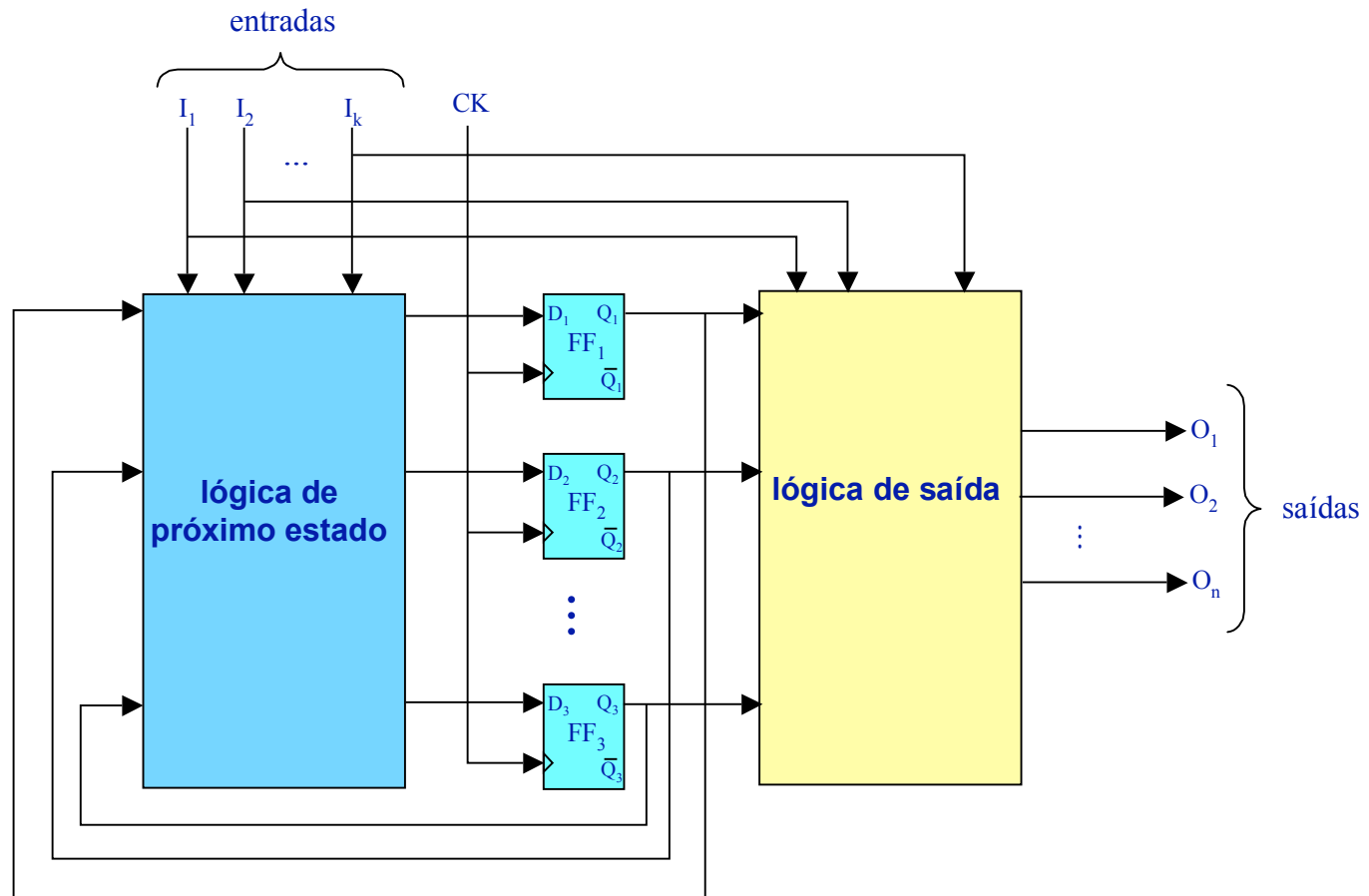
As saídas dependem apenas do estado atual



Máquinas Seqüenciais Síncronas

► Modelo de Mealy

As saídas dependem do estado e de uma ou mais entradas



Máquinas Seqüenciais Síncronas

► Síntese de Circuitos Seqüenciais

Exemplo 1:

Projete um circuito contador binário módulo 4 capaz de contar no sentido crescente ($00 \rightarrow 01 \rightarrow 10 \rightarrow 11 \rightarrow 00 \rightarrow 01 \dots$) e no sentido decrescente ($00 \rightarrow 11 \rightarrow 10 \rightarrow 01 \rightarrow 00 \rightarrow 11 \dots$).

A direção da contagem é determinada por uma variável de entrada denominada “UP”:

- Se $UP = 1$ a contagem é no sentido crescente
- Se $UP = 0$ a contagem é no sentido decrescente

Além disso, este circuito possui uma entrada de habilitação denominada H:

- Enquanto $H = 0$ a contagem pára
- Enquanto $H = 1$, a cada borda ativa do sinal de relógio a contagem avança no sentido selecionado (crescente ou decrescente, conforme o valor de “UP”)