

# Sistemas Digitais

## Aula 10 GRECO-CIN-UFPE

1

## Circuitos Sequenciais

- Muitos sistemas digitais são pulsados ou clocked. Isto é, eles operam em sincronismo com um trem de pulsos de período T chamado relógio (clock).

- A cada transição de clock dizemos que a máquina passa para um próximo estado.
- Se considerarmos um certo  $Q_n$  a saída em um dado ponto do sistema no intervalo precedendo o  $n^{\text{th}}$  pulso de clock, então  $Q_{n+1}$  é a saída correspondente no intervalo imediatamente depois no  $n^{\text{th}}$  pulso.
- Tal sistema onde os valores  $Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_n$  são obtidos em seqüência no tempo em intervalos T é chamado um sistema lógico seqüencial.

2

## Registradores

- São dispositivos que armazenam vetores de diferentes dimensões. Estas informações são armazenadas no registrador mediante um sinal de carga externo de carga ( $\tau$ ), e podem ser usadas por outras partes do circuito.
- Os elementos ou células básicas que compõem os registradores são Latches ou Flip-Flops.
- Os registradores podem armazenar dados e também deslocá-los para a direita ou para a esquerda. Registradores que permitem deslocamento de seus dados são denominados Registradores de Deslocamento (Shift-Register).
  - Desloca para a direita
  - Desloca para a esquerda

3

## Registradores - (transferência paralela)

Quando o pulso  $\tau$  é aplicado a entrada Clk (clock) a entrada é carregada no registrador. O sinal de entrada D0-D3 deve permanecer inalterado durante a transação.

Componente comercial

TTL 74171

4

## Transferência de informação

### Transferência em paralelo

### Transferência serial

5

## Transferência de informação

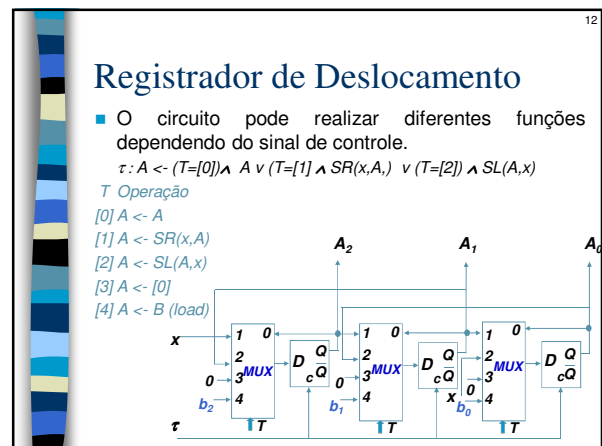
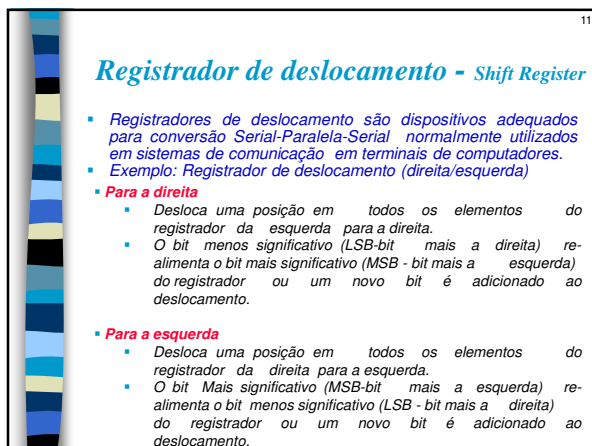
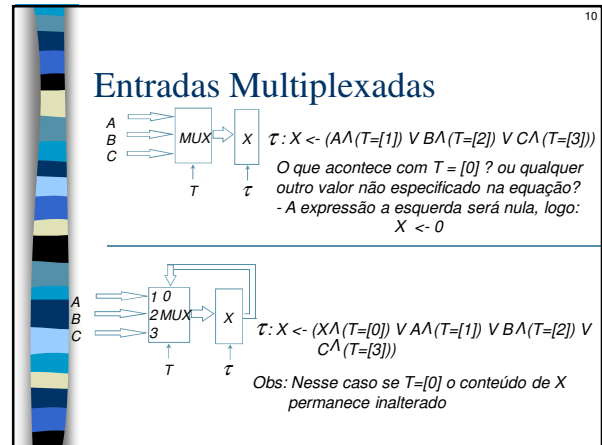
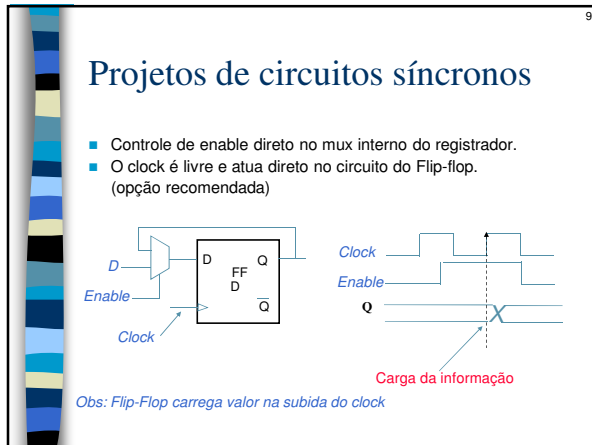
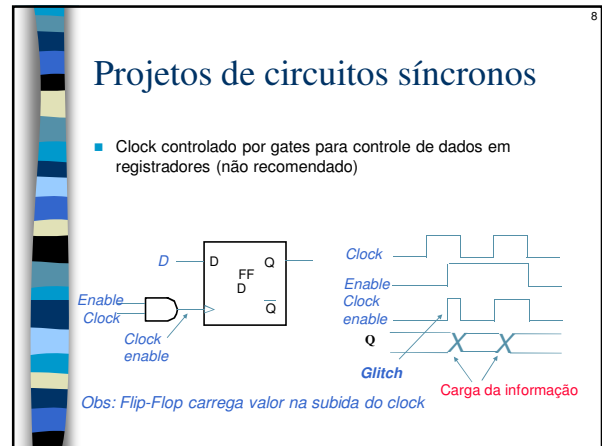
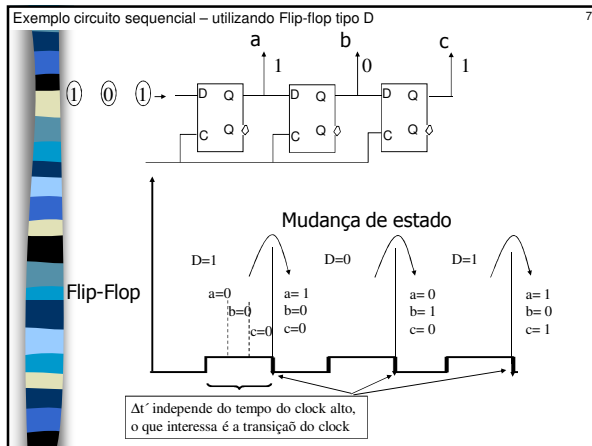
### Transferência serial

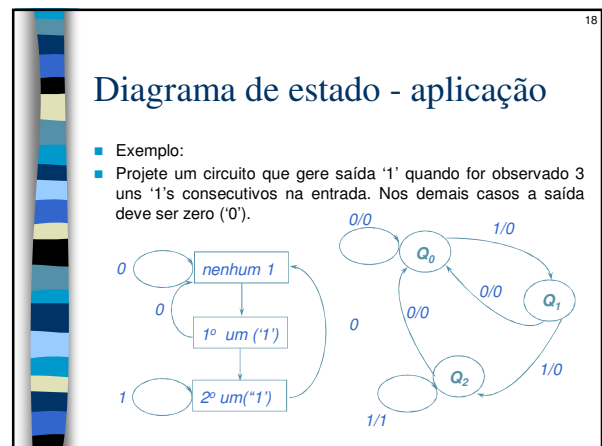
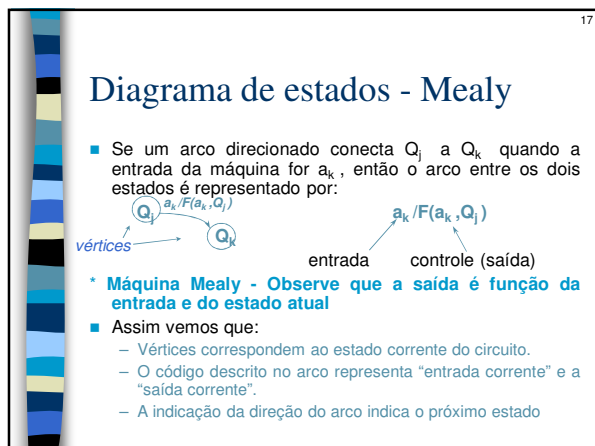
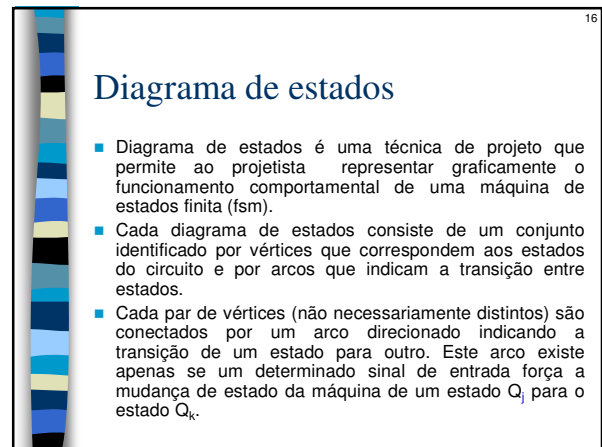
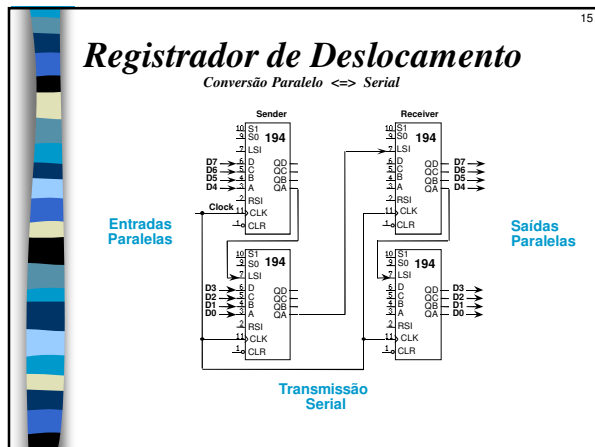
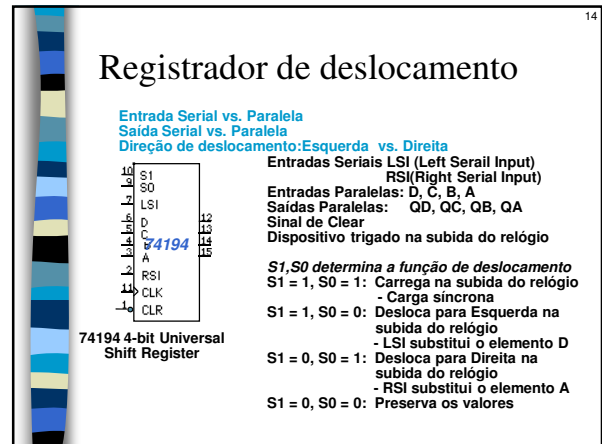
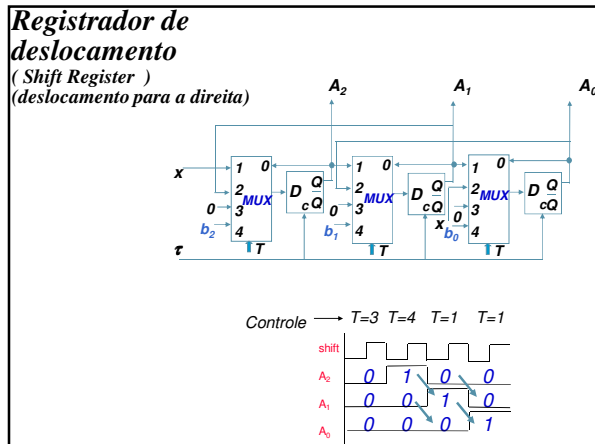
evento	transferência	A e X após da transferência	
		A	X
$\tau_0$	$A \leftarrow [1,0,1]$ $X \leftarrow [0,0,0]$	[1,0,1]	[0,0,0]
$\tau_1$	$A \leftarrow SR([1,0,1])$ $X \leftarrow SR([1],[0,0,0])$	[0,1,0]	[1,0,0]
$\tau_2$	$A \leftarrow SR([0,1,0])$ $X \leftarrow SR([0],[1,0,0])$	[0,0,1]	[0,1,0]
$\tau_3$	$A \leftarrow SR([0,0,1])$ $X \leftarrow SR([1],[0,1,0])$	[0,0,0]	[1,0,1]

Após a transferência ao valores nos registradores A e X são:

$A := [0,0,0]$   
 $X := [1,0,1]$

6





19

### Conversão do diagrama de estados

Variáveis de entrada

$Q \setminus x$	0	1
$Q_0$	$Q_2/0$	$Q_1/0$
$Q_1$	$Q_0/0$	$Q_2/0$
$Q_2$	$Q_0/0$	$Q_2/1$

estado presente → próximo estado

Codificação de estados:  
 $Q_0 \rightarrow 00$   
 $Q_1 \rightarrow 01$   
 $Q_2 \rightarrow 10$

$Q \setminus x$	0	1
00	00/0	01/0
01	00/0	10/0
10	00/0	10/1

20

### Implementação do circuito

■ Tabela verdade

entrada	estado presente	próximo estado	Flip-Flop	saída
$x$	$Y_1$	$Y_2$	$Y_{1,t+1}$	$Y_{2,t+1}$
0	0	0	0	0
0	0	1	0	0
0	1	0	0	0
0	1	1	X	X
1	0	0	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	1	0
1	1	1	X	X

\* Implementação da máquina de estados usando Flip-Flop tipo JK

21

### Implementação do circuito

■ Equações booleanas

$$y_1(t+1) = x y_1 + x y_2$$

$$y_2(t+1) = x y_1 + \bar{x} y_2$$

$$Z = x y_1$$

$x$	$y_1 y_2$	00	01	11	10
0	0	0	X	X	0
0	1	0	0	X	0
1	0	0	X	X	0
1	1	0	0	X	1

$$J_1 = x y_2$$

$x$	$y_1 y_2$	00	01	11	10
0	0	0	0	X	X
0	1	0	1	X	X

$$J_2 = \bar{y}_1 x$$

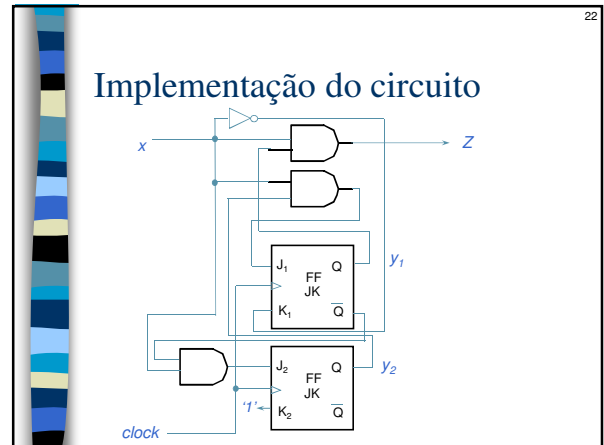
$x$	$y_1 y_2$	00	01	11	10
0	0	X	X	X	0
1	1	X	X	X	0

$$K_1 = \bar{x}$$

$x$	$y_1 y_2$	00	01	11	10
0	0	X	X	X	1
1	0	X	X	X	0

$$K_2 = 1$$

$x$	$y_1 y_2$	00	01	11	10
0	0	X	1	X	X
1	0	X	1	X	X



23

### Contadores

- São máquinas seqüenciais (FSMs) que possuem uma seqüência de estados bem definida em resposta a sinal de contagem.
- Os contadores podem contar para frente ou para trás (up/down) e podem ser construídos por diferentes tipos de Flip-Flops.
- A saída de um contador expõe o estado atual da máquina de estados.
- Exemplo:
  - Contador de 2 bits: 00, 01, 10, 11 (contador módulo 4)
  - Contador de 4 bits: 0000, ..., 1111 (Contador binário de 4 bits - módulo 16)

24

### Contadores - implementação

■ Implementar um contador síncrono octal

Exemplo Contador binário de 3 bits

Estado Presente	Próximo Estado	Flip-flops tipo T
$CBA$	$C+B+A$	$TC\ TB\ TA$
000	001	0 0 1
001	010	0 0 1
010	011	0 0 1
011	100	1 1 1
100	101	0 0 1
101	110	0 0 1
110	111	0 0 1
111	000	1 1 1

Diagrama de transição de estados

Tabela de Transição de Estados

Tabela de entrada dos Flip-Flops

Implementação com Flip-Flops tipo T (Toggle)

25

## Contadores - implementação

☑ Mapa K para Flip-Flops tipo T

Diagrama de tempo

26

## Contadores

☑ **Contador Síncrono - 74163**

- Sinais de entrada Load and Clear síncronos (sincronizados com o relógio)
- Flip-Flop trigados na subida do relógio
- Load Paralelo a partir dos sinais de entrada D, C, B, A
- P, T Enable Inputs: Ambos os sinais devem ser habilitados para permitir contagem
- RCO ("Ripple Carry Output") acionado quando o contador atinge o último estado "1111". Este sinal é normalmente usado quando queremos cascatear contadores.

Contador UP síncrono de 4-Bits (74163)

27

## Diagrama de tempo do 74163

Na subida do relógio

28

## Projeto - Síntese Lógica

Implementar uma máquina de vender bombom

**Características:**

- Recebe moedas de 5 e 10 centavos
- Não dá troco
- Libera bombom quando valor recebido é igual ou superior a 15 centavos

Diagrama de estados

Obs: Implementar projeto com Flip-Flop tipo JK

29

## Projeto - Síntese Lógica

Present State	INPUT D	INPUT C	Next State	Output Open
0c	0	0	0c	0
	0	1	5c	0
	1	0	10c	0
	1	1	X	X
5c	0	0	5c	0
	0	1	10c	0
	1	0	15c	0
	1	1	X	X
10c	0	0	10c	0
	0	1	15c	0
	1	0	15c	0
	1	1	X	X
15c	X	X	15c	1