3. Arquitetura de Computadores
(capítulo 2 do livro texto)

3.1 Introdução

Tópicos a serem abordados neste capítulo:

- Registradores e operações
- Controlador
- Organização de Computadores
- Um computador simples

3.2 Registradores e operações

Registradores são formados por **flip-flops** ligados entre si e sincronizados por um mesmo relógio. São elementos de armazenamento de informação.

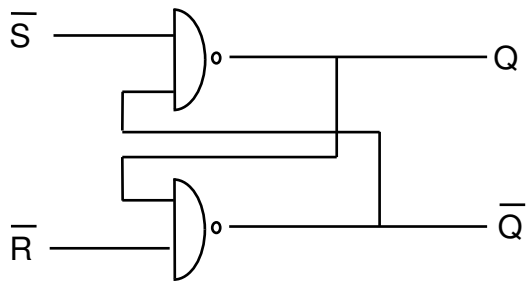
Assim um registrador de tamanho **n** é formado por **n** flip-flops, cada um armazenando 1 bit de informação e a este conjunto de informação denominamos uma **palavra** de informação (1 palavra com n bits).

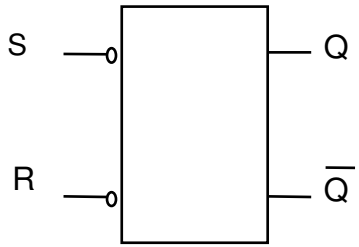
Flip-flops:

- têm apenas 2 estados estáveis os quais são retidos (memória)
- estes estados são complementares (0 e 1, on e off, etc.)

Flip-flops: exemplos

1. Flip-flop RS (Latch)

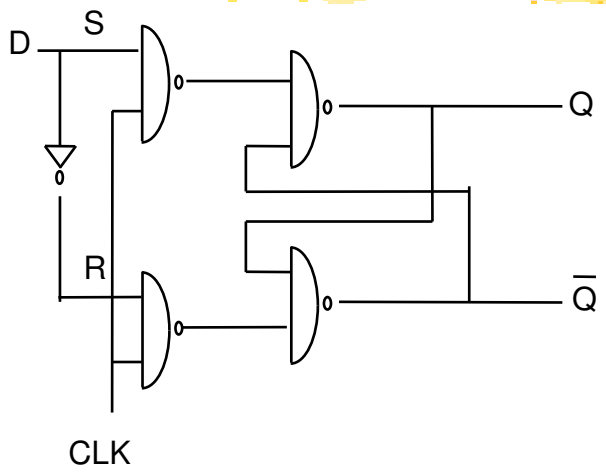


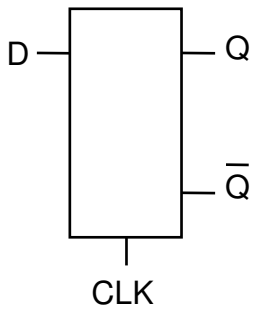


R	S	Q_{t+1}	obs.
0	0	Q_t	mantém estado anterior
0	1	1	estado 1
1	0	0	estado 0
1	1	x x x x	estado indeterminado (inválido)

Flip-flops: exemplos

2. Flip-flop D

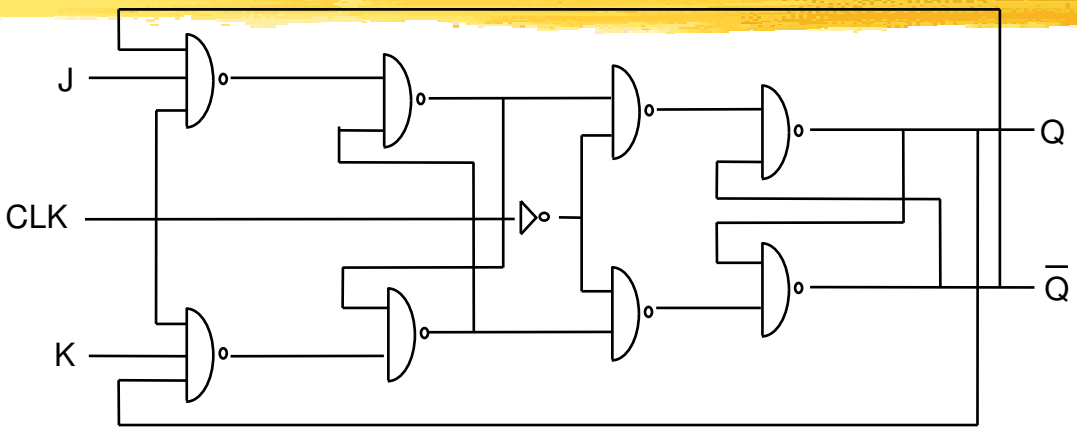




D	Q_{t+1}	obs.
0	0	segue valor de D
1	1	

Flip-flops: exemplos

3. Flip-flop JK



J	K	Q_{t+1}	$\overline{Q}_{t+1}$
0	0	Q_t	$\overline{Q}_t$
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	$\overline{Q}_t$	Q_t

Características de flip-flops

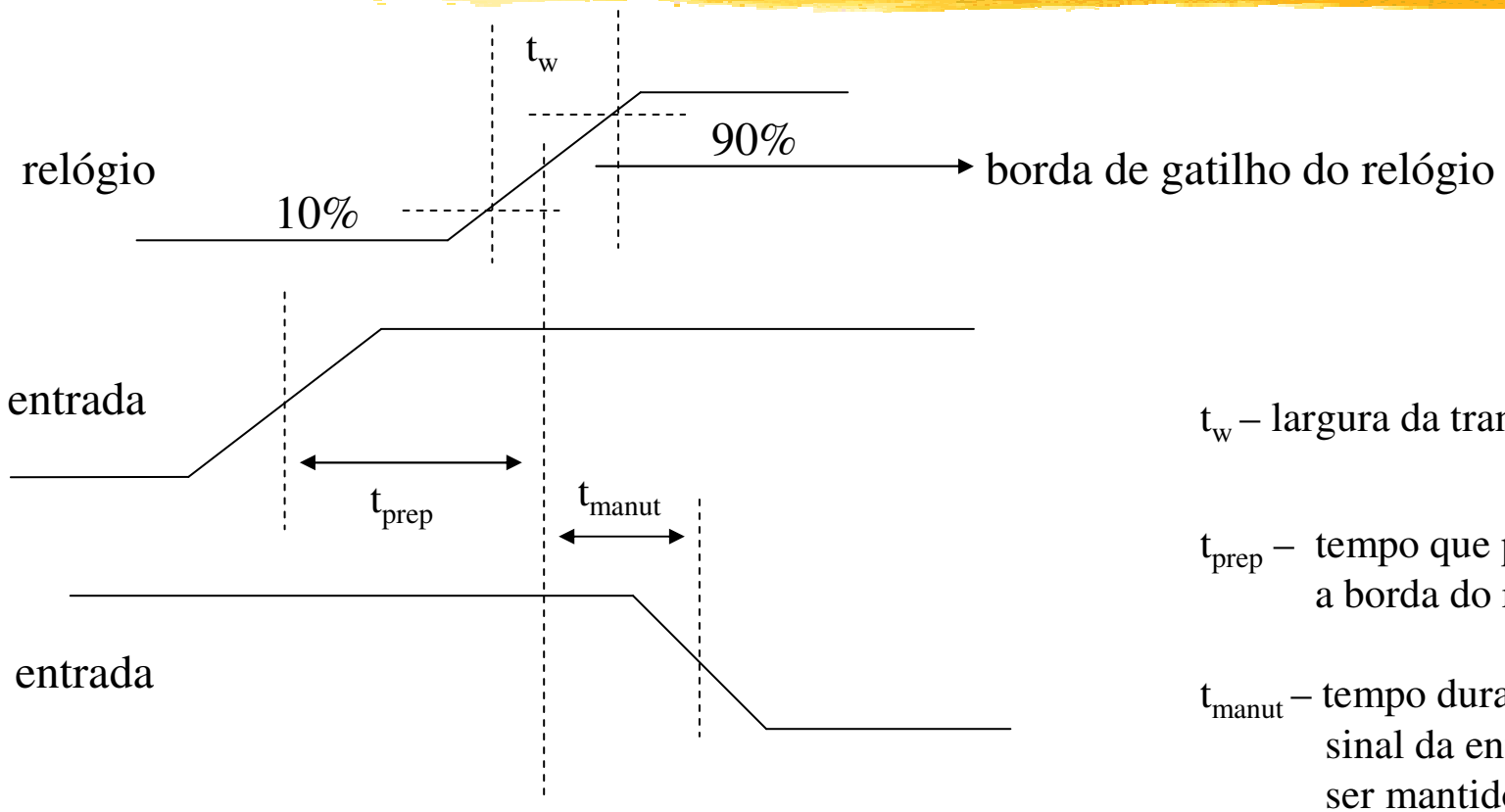
Flip-flops podem ter os seguintes modos de operação:

- sensíveis ao nível: a alteração da saída do flip-flop ao sinal do relógio é determinada pelo nível lógico da(s) entrada(s);
- sensíveis à borda de subida: a alteração da saída do flip-flop dá-se junto à borda de subida do relógio e determinada pelo nível lógico da entrada conforme a próxima transparência.
- sensíveis à borda de descida: idem ao anterior.

Flip-flops ainda tem a si associados constantes que caracterizam o seu comportamento:

- tempo de subida e de descida – tempo para transitar entre níveis
- tempo de preparação (setup) – tempo para início de operação
- tempo de manutenção (hold) – tempo para uma entrada ter efeito
- etc.

Características de flip-flops (cont.)



t_w – largura da transição

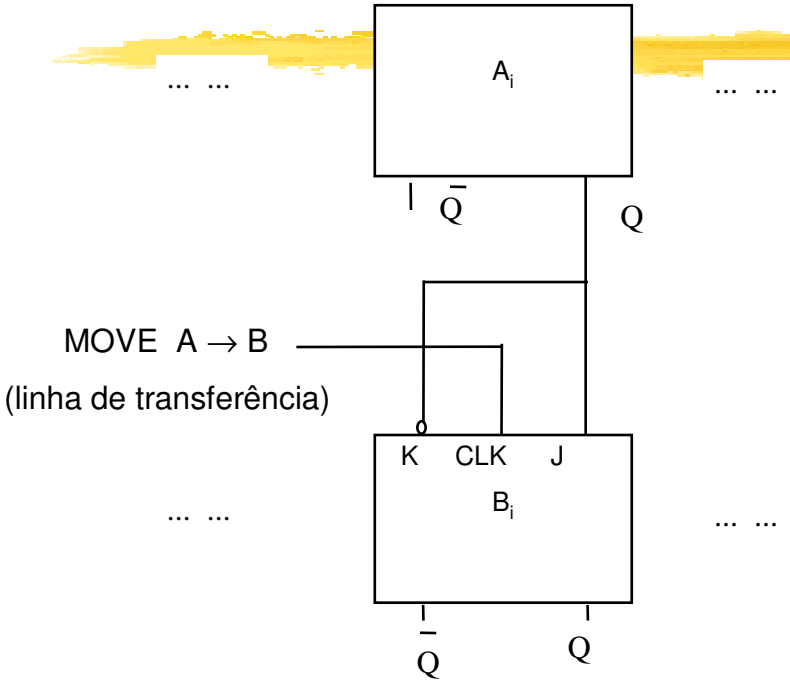
t_{prep} – tempo que precede a borda do relógio

t_{manut} – tempo durante o qual o sinal da entrada deve ser mantido

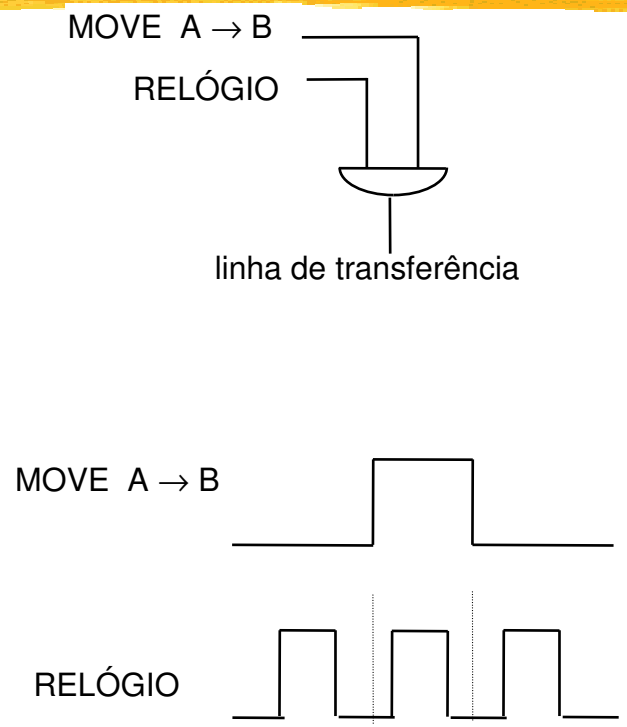
Operações básicas entre registradores

- Transferência: move $A \rightarrow B$
- Complementação: $A \rightarrow \bar{A}$; $\bar{A} \rightarrow B$
- Deslocamento: $Q_0 \rightarrow Q_1 \rightarrow Q_2$
- Incremento/Decremento: $(Q_2\, Q_1\, Q_0) \rightarrow (Q_2\, Q_1\, Q_0) + 1 \;/\; -1$
- Set/Reset: $Q \leftarrow 1$
  $\leftarrow 0$

Transferência

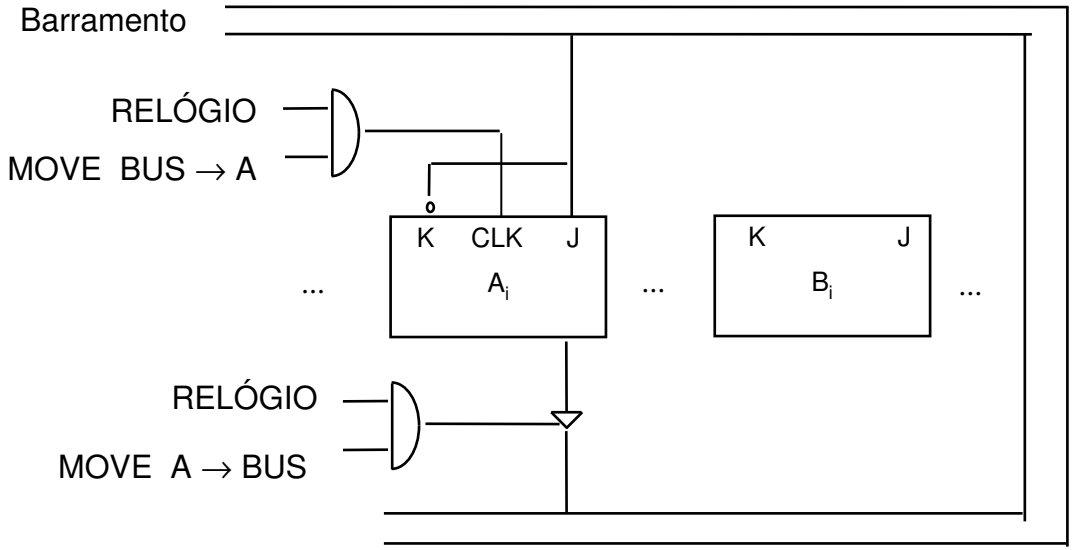


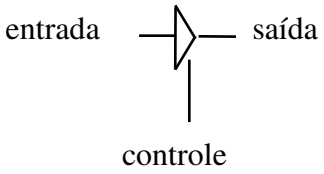
Transferência entre registradores



Controle sincronizado pelo relógio do sistema

Transferência

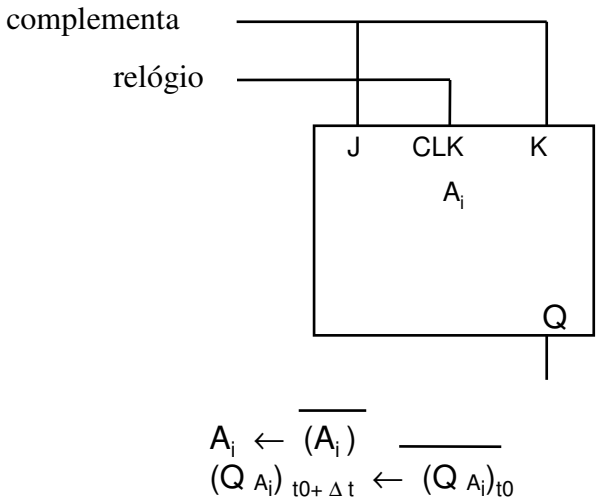




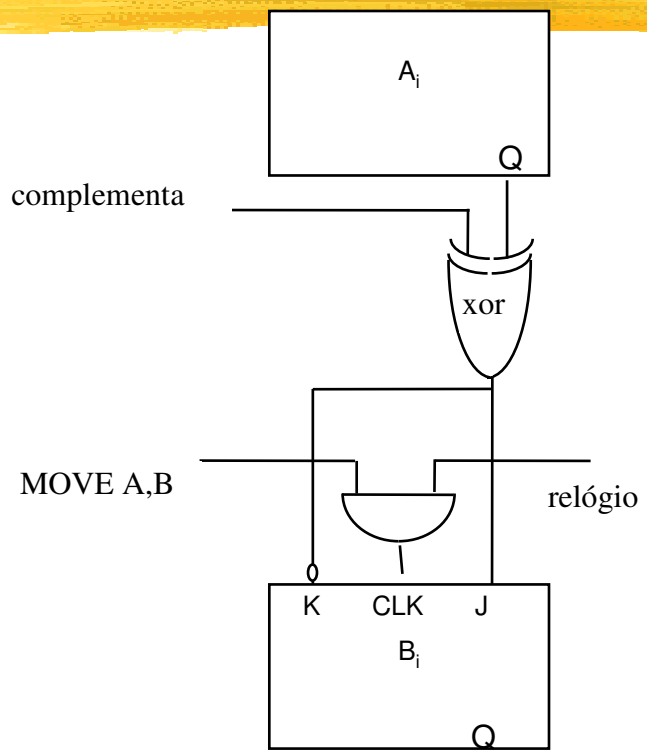
Controle de acesso ao barramento via Tri-state

Transferência entre registradores via barramento

Complementação



(a)

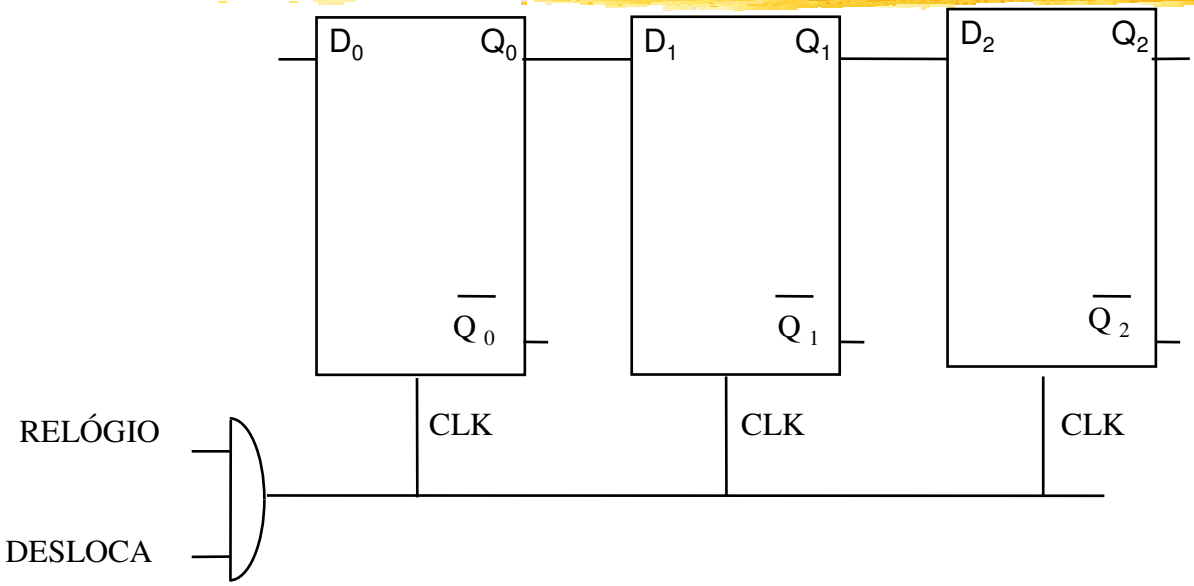


(b)

(a): registrador destino e fonte são os mesmos

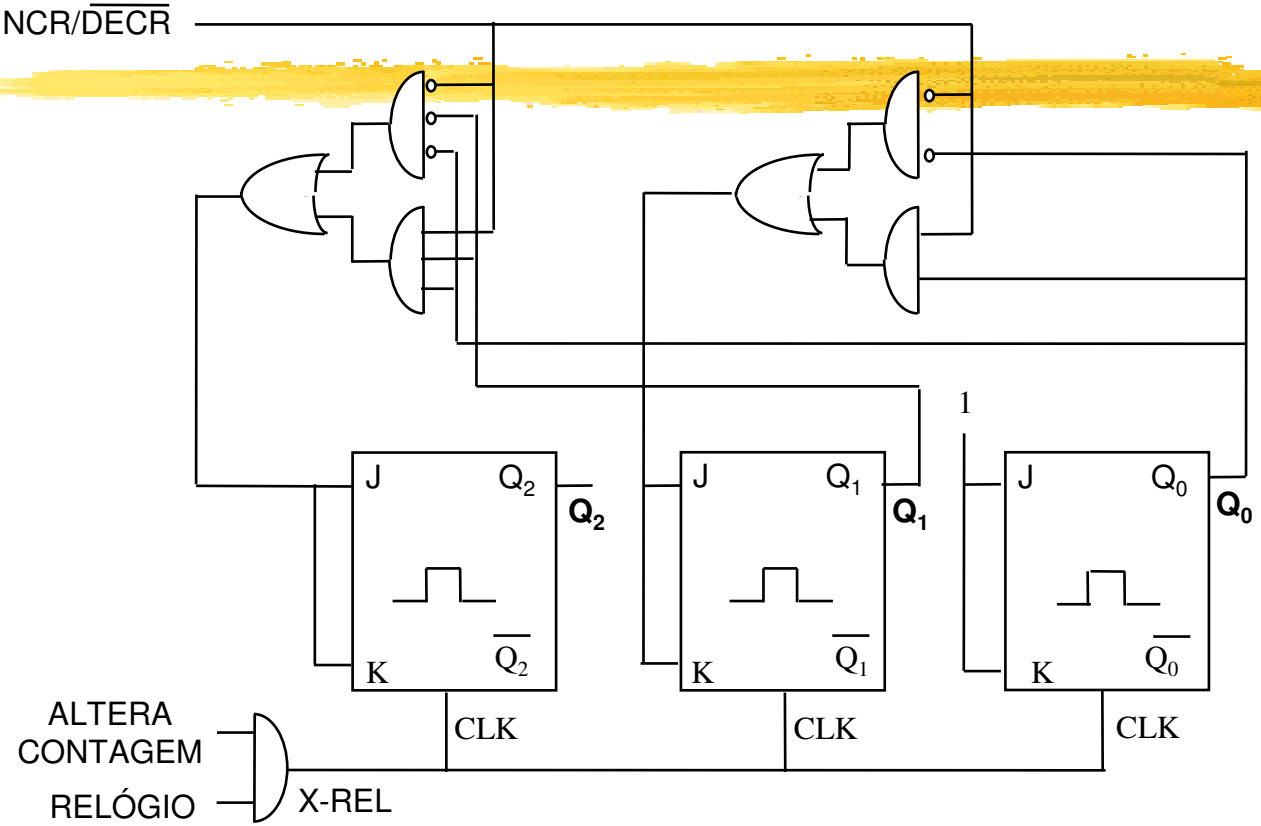
(b): utilizamos uma porta XOR, que tem saída 1 para entradas complementares.

Deslocamento



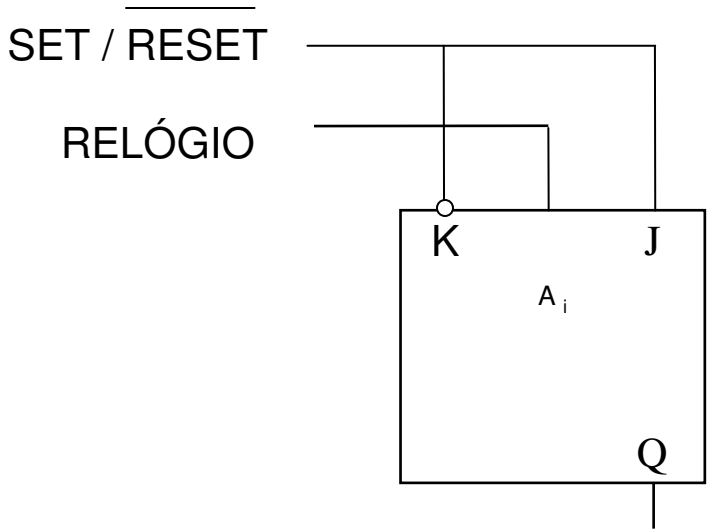
Registrador de Deslocamento implementado com Flip-flops tipo D

Incremento / Decremento



Cadeia de Flip-flops JK conectados como um Contador Crescente/Decrescente

Set / Reset

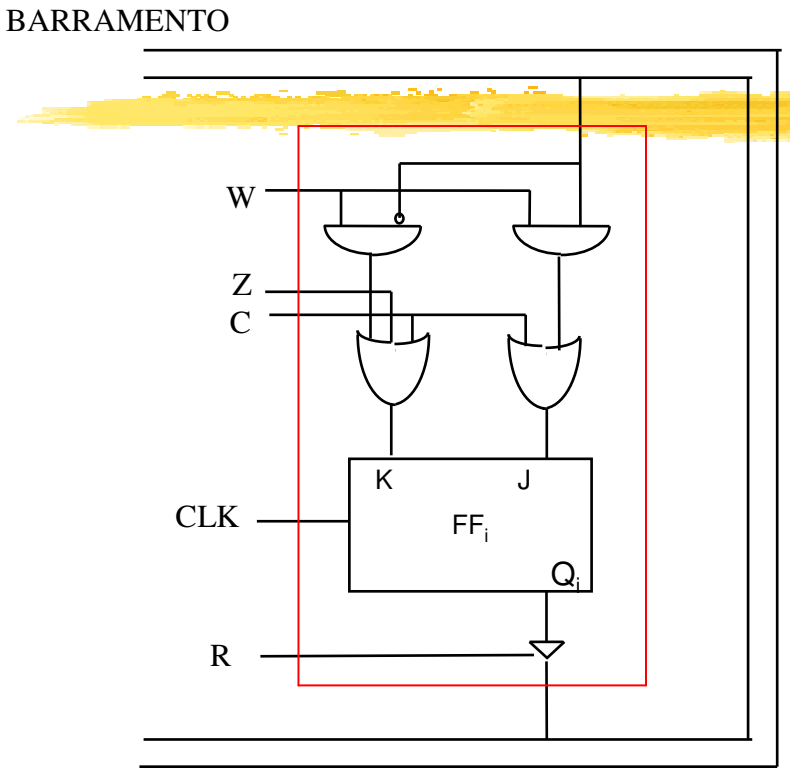


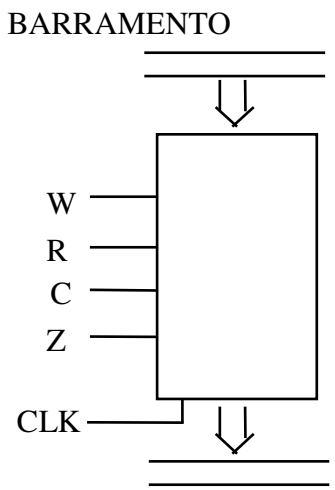
$SET/\overline{RESET} = 1 \rightarrow Q_{A\,i} = 1$

$SET/\overline{RESET} = 0 \rightarrow Q_{A\,i} = 0$

Operação Set/Reset implementada em Flip-flop JK

Operações múltiplas entre regs.





Registrador Sensível a Múltiplos Comandos (Sinais de Controle)

W - Transferir do barramento para o registrador (Write)

R - Transferir do registrador para o barramento (Read)

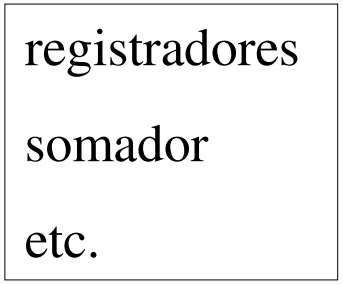
C - Complementar o registrador

Z - Zerar o registrador

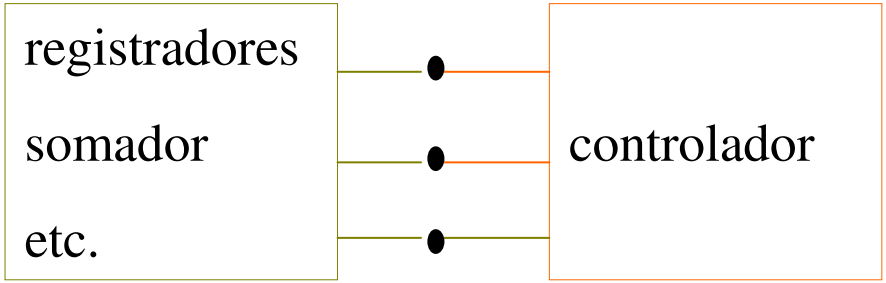
3.3 Um controlador simples

- Objetivo de controladores

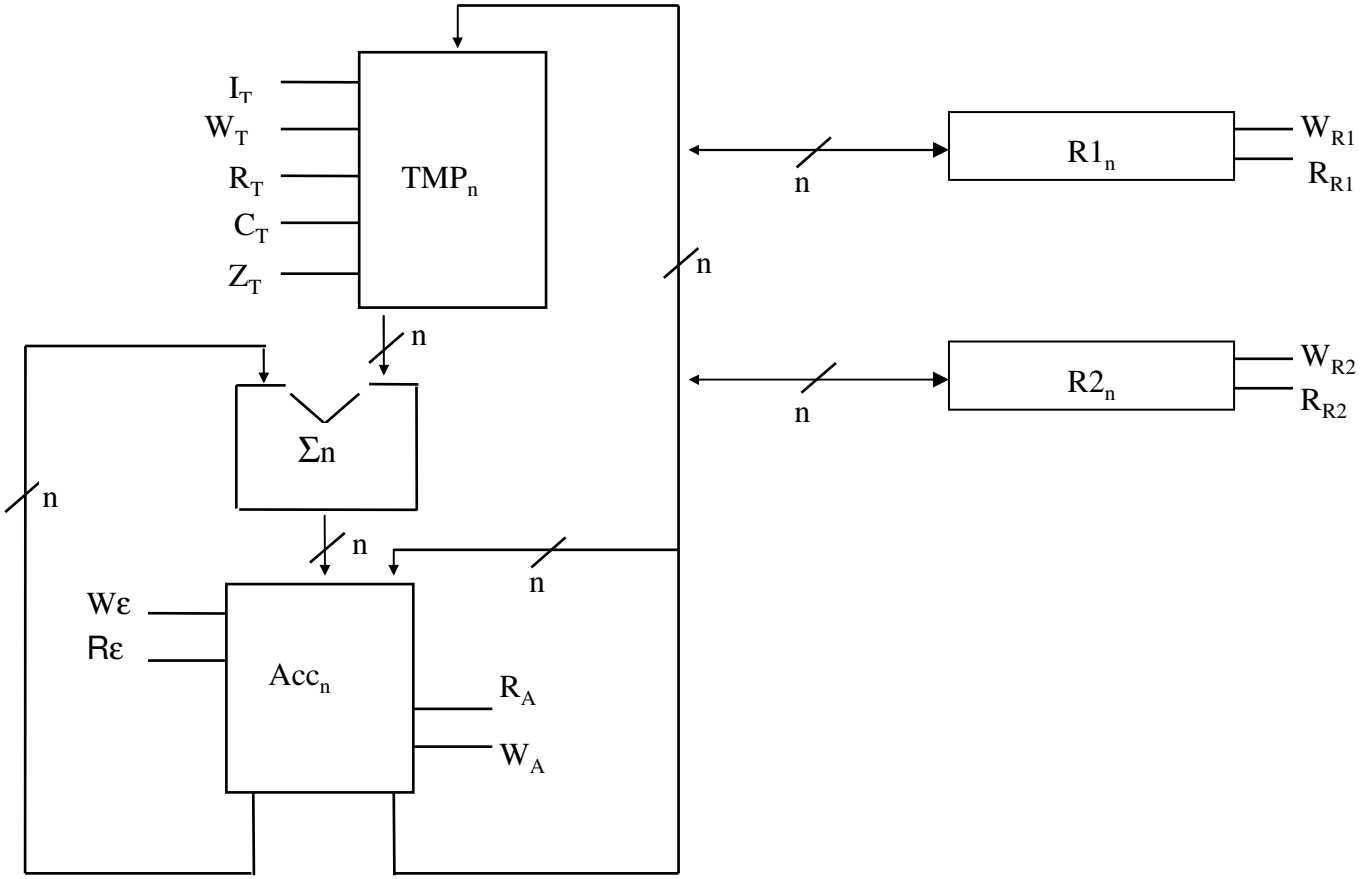
Dado um circuito que armazena dados e opera sobre eles:



um controlador permite ordenar
as operações deste circuito



Exemplo: circuito e sinais de controle



Os seguintes sinais de controle (microcomandos) são mostrados na figura :

W - transferir do barramento para o registrador

Exemplo: W_{R1} comanda R1 ← (bus)

R - transferir do registrador para o barramento

Exemplo: R_A comanda bus ← (Acc)

Wε- transferir a saída do somador para o Acc

Rε- transferir o conteúdo do registrador Acc para a entrada do Σn

$\mathbf{I_T}$ - incrementar o conteúdo do registrador TMP

Isto é, I_T comanda TMP ← (TMP) + 1

$\mathbf{C_T}$ - complementar o conteúdo do registrador TMP

Isto é, C_T comanda TMP ← $(\overline{TMP})$

$\mathbf{Z_T}$ - zerar (reset) o registrador TMP

Isto é, Z_T comanda TMP ← "0"

$\mathbf{R2_n}$ **,**$\mathbf{R1_n}$ - registradores de dados com n bits

$\mathbf{TMP_n}$ - registrador de complemento/incremento com n bits

$\mathbf{Acc_n}$ - registrador acumulador com n bits

$\mathbf{\Sigma_n}$ - somador combinacional de n bits

n -/- - barramento de n bits

Exemplo:
microoperações e microcomandos para uma adição no circuito exemplo

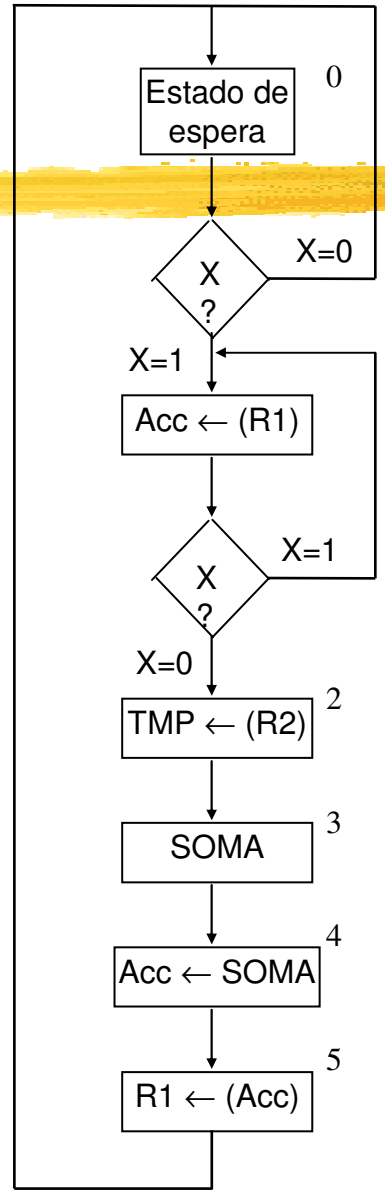
$R1 \leftarrow (R1) + (R2)$

Passos para Adição	Sinais de Controle (microcomandos)	Pulso do Relógio	Notação Simbólica de Microoperações
1. Transferir o conteúdo de R1 para Acc	R_{R1} , W_A	1	bus ← (R1) Acc ← (bus)
2. Transferir o conteúdo de R2 para TMP	R_{R2} , W_T	2	bus ← (R2) TMP ← (bus)
3. Somar saída Σn ← (TMP) + (Acc)	R_T , Rε	3	saída Σn ← soma
4. Armazenar a soma Acc ← saída Σn	Wε	4	Acc ← soma
5. Armazenar resultado R1 ← (Acc)	R_A , W_{R1}	5	bus ← (Acc) R1 ← (bus)

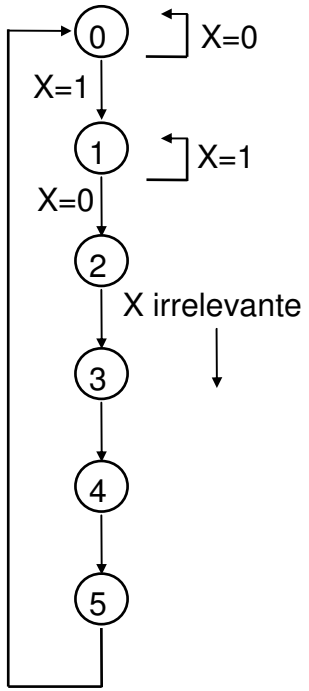
Diagramas do controlador (para adição)

(a) Fluxograma

(b) Diagrama de estados

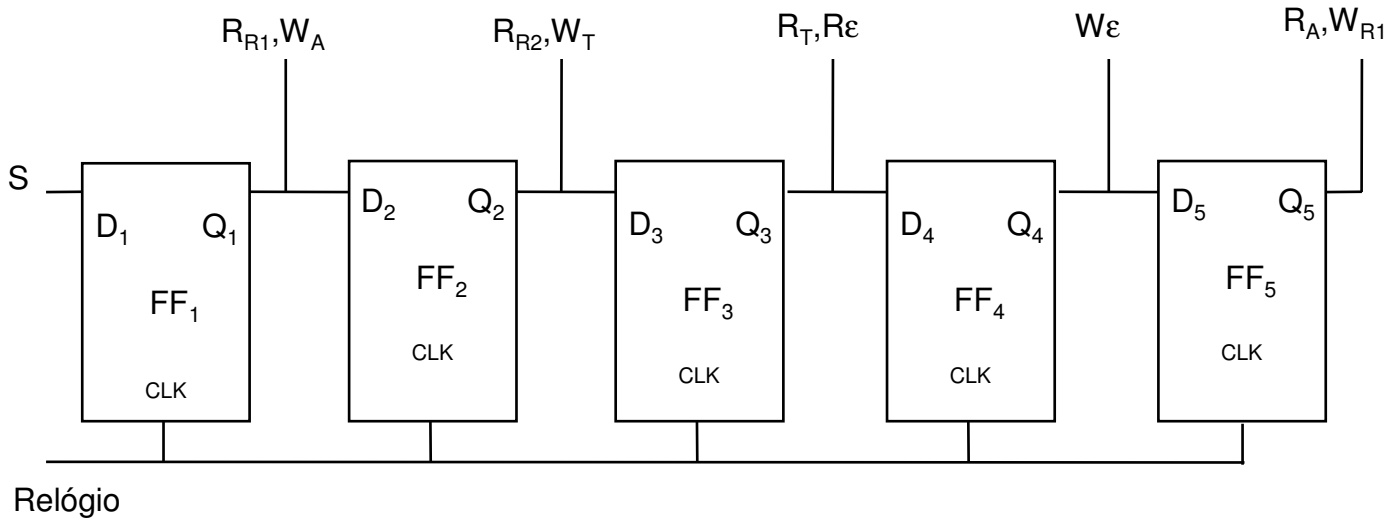


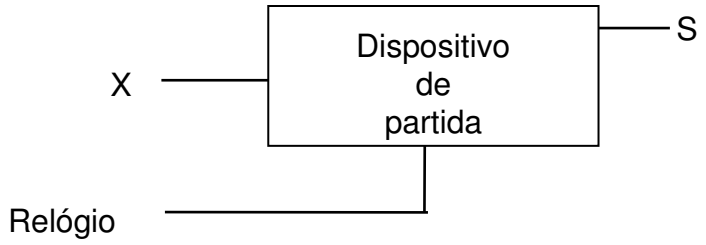
(a)



(b)

Implementação do controlador usando registrador deslocamento





X: é um pulso de saída (0-1-0) de duração variável

Relógio: trem de pulsos

S: 1 pulso de entrada para o controlador com duração limitada pelo Relógio

3.4 Exercícios – registradores e controladores

1. Procure e desenhe o esquema de um flip-flop sensível à borda (subida ou descida).
2. O que são "latches" ?
3. Para o controlador simples (transp. 169/170), modifique-o para que execute Acc ← (R2) – (R1).
4. Implemente um dispositivo de partida (que forneça S) para o circuito da transparência 170.