



INSTITUTO FEDERAL
Goiano

Campus
Morrinhos

OC - Organização de Computadores

OC05 - Circuitos Sequenciais

Tecnologia em Sistemas para Internet

Antônio Neco de Oliveira, Dr.

TSI, 2023/1

Objetivos:

- Revisar:
 - Identidades da álgebra booleana.
 - Conceitos relacionados aos circuitos combinacionais.
- Analisar os circuitos sequenciais:
 - Distinguir os diferentes tipos de *flip-flops*.
 - Entender o funcionamento dos registradores.
 - Diferenciar contadores síncronos e assíncronos.

REVISÃO: Identidades básicas da álgebra booleana

POSTULADOS BÁSICOS







$A \cdot B = B \cdot A$	$A + B = B + A$	Propriedade comutativa.
$A \cdot (B + C) = (A \cdot B) + (A \cdot C)$	$A + (B \cdot C) = (A + B) \cdot (A + C)$	Propriedade distributiva.
$1 \cdot A = A$	$0 + A = A$	Elementos de identidade.
$A \cdot \bar{A} = 0$	$A + \bar{A} = 1$	Elementos de inversão.

OUTRAS IDENTIDADES

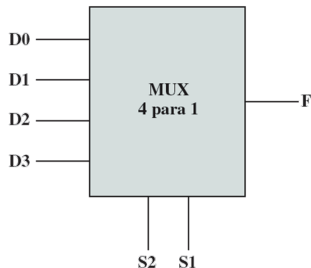
$0 \cdot A = 0$	$1 + A = 1$	-
$A \cdot A = A$	$A + A = A$	-
$A \cdot (B \cdot C) = (A \cdot B) \cdot C$	$A + (B + C) = (A + B) + C$	Propriedade associativa
$\overline{A \cdot B} = \bar{A} + \bar{B}$	$\overline{A + B} = \bar{A} \cdot \bar{B}$	Teorema de DeMorgan

REVISÃO: Portas Lógicas (símbolos gráficos)

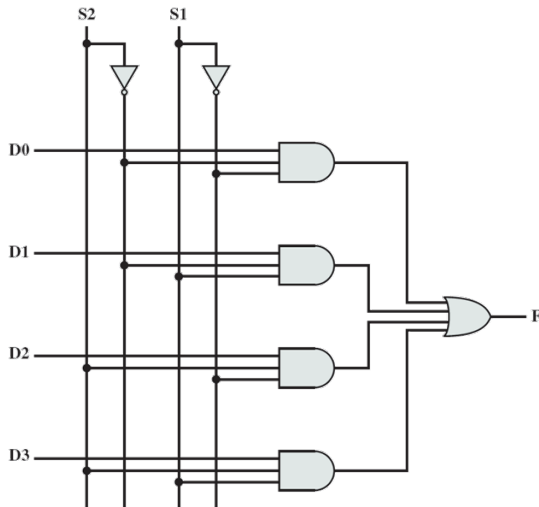
- O bloco fundamental de construção de todos os circuitos lógicos é a **porta lógica**.
- Uma porta lógica é um circuito eletrônico que produz um sinal de saída que é uma operação booleana simples em seus sinais de entrada.

Nome	Símbolo gráfico	Função algébrica	Tabela verdade															
AND		$F = A \cdot B$ ou $F = AB$	<table><tr><th>A</th><th>B</th><th>F</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>	A	B	F	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1
A	B	F																
0	0	0																
0	1	0																
1	0	0																
1	1	1																
OR		$F = A + B$	<table><tr><th>A</th><th>B</th><th>F</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>	A	B	F	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1
A	B	F																
0	0	0																
0	1	1																
1	0	1																
1	1	1																
NOT		$F = \overline{A}$ ou $F = A'$	<table><tr><th>A</th><th>F</th></tr><tr><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td></tr></table>	A	F	0	1	1	0									
A	F																	
0	1																	
1	0																	
NAND		$F = \overline{AB}$	<table><tr><th>A</th><th>B</th><th>F</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	A	B	F	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0
A	B	F																
0	0	1																
0	1	1																
1	0	1																
1	1	0																
NOR		$F = \overline{A + B}$	<table><tr><th>A</th><th>B</th><th>F</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	A	B	F	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0
A	B	F																
0	0	1																
0	1	0																
1	0	0																
1	1	0																
XOR		$F = A \oplus B$	<table><tr><th>A</th><th>B</th><th>F</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	A	B	F	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0
A	B	F																
0	0	0																
0	1	1																
1	0	1																
1	1	0																

REVISÃO: Circuitos Combinacionais - Multiplexadores

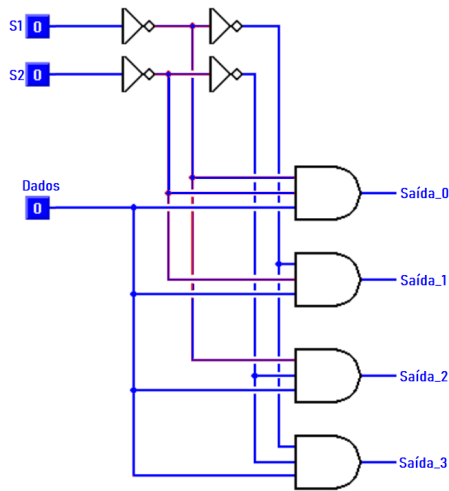


S2	S1	F
0	0	D0
0	1	D1
1	0	D2
1	1	D3



REVISÃO: Circuitos Combinacionais - Decodificadores

- Um **decodificador** é um circuito combinacional com um número de linhas de saída, em que somente uma delas é acionada por vez.
- Qual linha de saída será acionada vai depender do padrão das linhas de entrada.
- Em geral, um decodificador tem n entradas e 2^n saídas.
- Figura: Decodificador com três entradas e oito saídas.

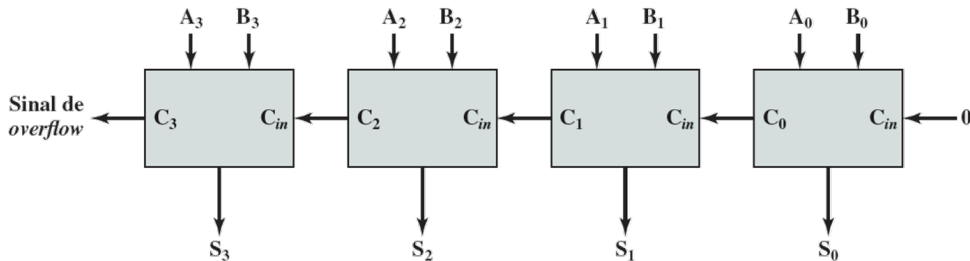


REVISÃO: Circuitos Combinacionais - Somadores

- A adição binária **difere** da álgebra booleana porque o resultado inclui um termo de **carry** (C).
- Para um somador de múltiplos bits funcionar, cada um dos **somadores de um bit** deve ter três entradas, inclusive o **carry** a partir do próximo somador de menor ordem.

C_{in}	A	B	Soma	C_{out}
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1

Figura: Circuito somador de 4 bits.



Circuitos sequenciais

- Uma forma mais complexa de circuito lógico digital é o **circuito sequencial**.
- A saída atual de um circuito sequencial depende não somente da entrada atual, mas também do histórico das entradas.
- Outra forma, geralmente mais útil, de visualizar isso é que **a saída atual do circuito sequencial depende da entrada e do estado atual desse circuito**.
- A forma mais simples de circuito sequencial é o **flip-flop**.
- Existe uma ampla gama de **flip-flops**, e todos eles compartilham duas propriedades:
 - 1 O flip-flop é um dispositivo biestável.
 - 2 O flip-flop tem duas saídas, que são sempre complementos uma da outra.

Flip-flop S-R ou latch S-R (Set-Reset)

Set 1
Reset 0

Latch S-R implementado com portas NOR

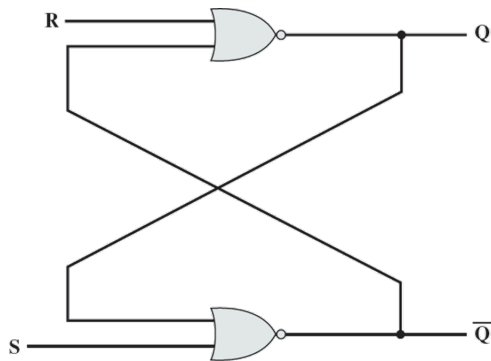
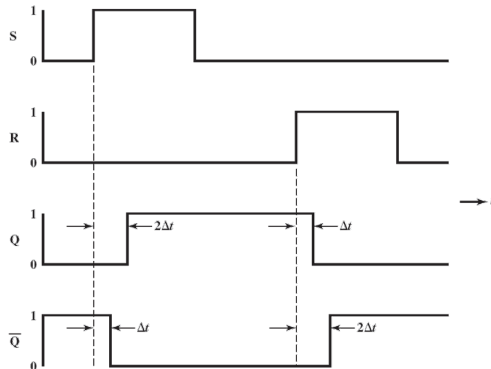


Diagrama de temporização

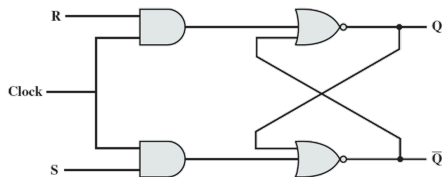


- O circuito tem duas entradas e duas saídas, e consiste em duas portas NOR conectadas com realimentação.

Flip-flop S-R com clock

Set 1
Reset 0

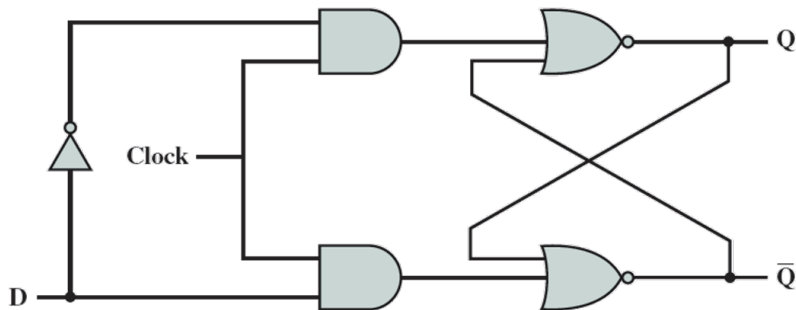
- A saída do *latch* S-R muda, depois de um breve atraso de tempo, em resposta à alteração na entrada.
- Os eventos no computador digital são sincronizados por um pulso de *clock*, de modo que as mudanças ocorrem somente quando um pulso de *clock* acontece.
- Observe que as entradas R e S são passadas para as portas NOR somente durante o pulso de *clock*.
- Um problema com o **flip-flop S-R** é que a condição **R = 1, S = 1** deve ser evitada.



S	R	Q
0	0	$Q_{Anterior}$
0	1	0 = Reset
1	0	1 = Set
1	1	?

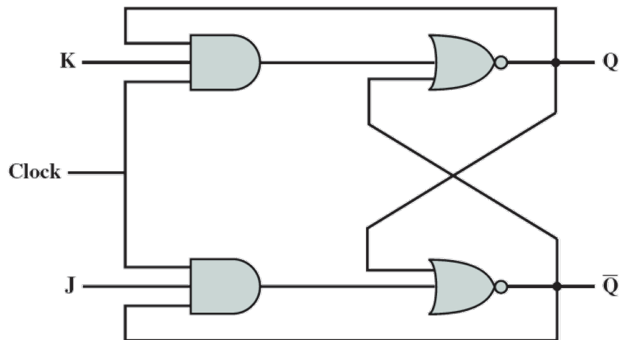
Flip-flop D

- Uma forma de fazer isso é permitir apenas uma única entrada. O **flip-flop D** realiza isso.

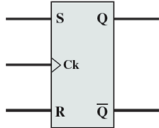
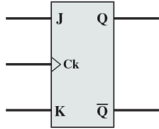
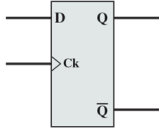


Flip-flops

- O **flip-flop J-K** tem duas entradas.
- Todavia, nesse caso todas as combinações possíveis nos valores de entrada são válidas.

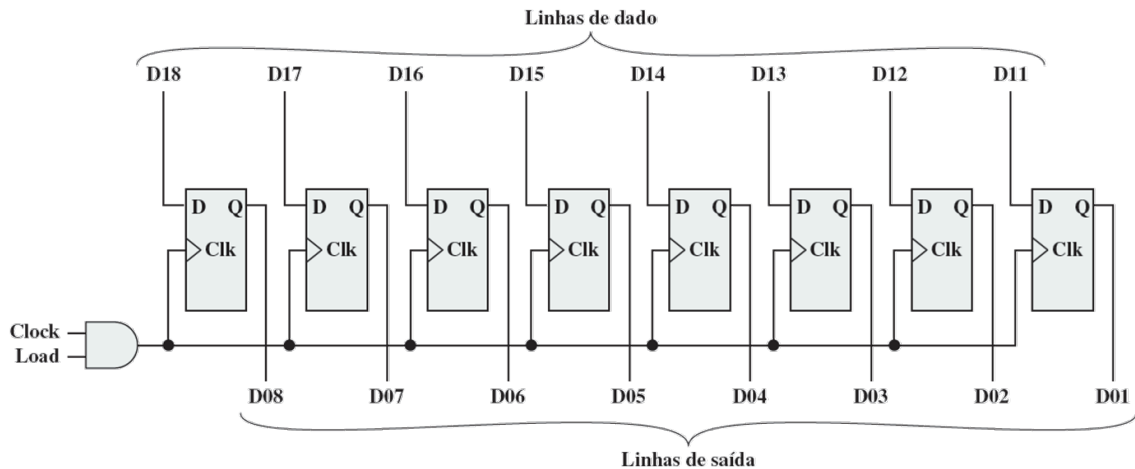


Flip-flops básicos

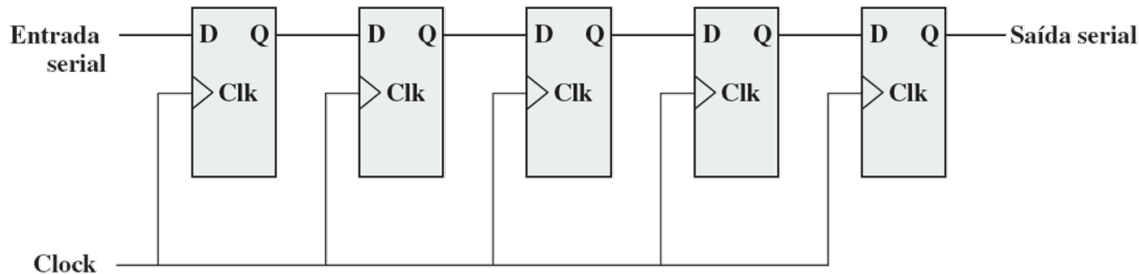
Nome	Símbolo gráfico	Tabela verdade															
S-R		<table><tr><th>S</th><th>R</th><th>Q_{n+1}</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>Q_n</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>-</td></tr></table>	S	R	Q_{n+1}	0	0	Q_n	0	1	0	1	0	1	1	1	-
S	R	Q_{n+1}															
0	0	Q_n															
0	1	0															
1	0	1															
1	1	-															
J-K		<table><tr><th>J</th><th>K</th><th>Q_{n+1}</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>Q_n</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>$\overline{Q_n}$</td></tr></table>	J	K	Q_{n+1}	0	0	Q_n	0	1	0	1	0	1	1	1	$\overline{Q_n}$
J	K	Q_{n+1}															
0	0	Q_n															
0	1	0															
1	0	1															
1	1	$\overline{Q_n}$															
D		<table><tr><th>D</th><th>Q_{n+1}</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td></tr></table>	D	Q_{n+1}	0	0	1	1									
D	Q_{n+1}																
0	0																
1	1																

- Um registrador é um circuito digital usado dentro da CPU para armazenar um ou mais bits de dados.
- Dois tipos básicos de registradores costumam ser usados:
 - 1 Um registrador paralelo consiste em um conjunto de memória de 1 bit que pode ser lido ou escrito de modo **simultâneo**.
 - 2 Um registrador de deslocamento aceita e/ou transfere informação **serialmente**.

Registrador paralelo de 8 bits



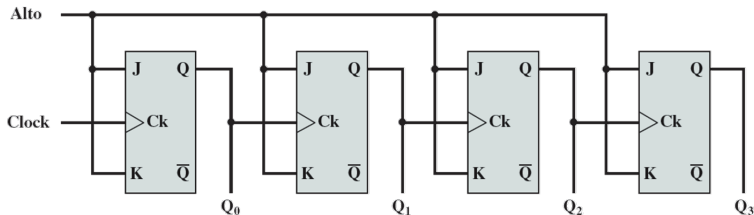
Registrador de deslocamento de 5 bits



- O contador é um registrador cujo valor é facilmente incrementado por 1 até atingir seu **módulo**, que é a capacidade do registrador.
- Um registrador composto por n *flip-flops* pode contar até $2^n - 1$.
- Os **contadores** podem ser designados como **assíncronos** ou **síncronos**, dependendo do modo como operam.
- Os **contadores assíncronos** são relativamente lentos porque a saída de um *flip-flop* dispara uma mudança no estado do *flip-flop* seguinte.
- Em um **contador síncrono**, todos os *flip-flops* mudam de estado ao mesmo tempo.

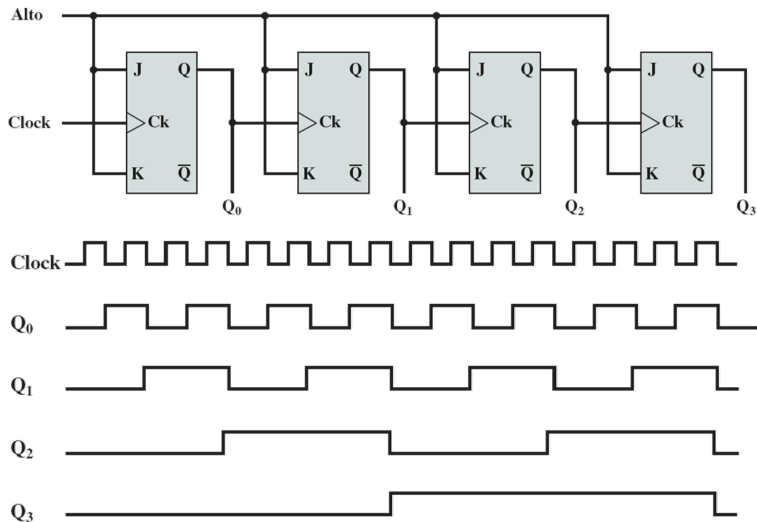
Contador de propagação - assíncrono

- Um **contador assíncrono** é também chamado de **contador de propagação**, pois a alteração que ocorre para incrementar o contador começa em uma extremidade e se propaga até a outra.
- O contador é **incrementado a cada pulso de *clock*** e as entradas J e K, de cada *flip-flop*, são mantidas constantes em 1; Isso significa que, quando existe um pulso de *clock*, a saída em Q será invertida (1 a 0; 0 a 1).
- A alteração no estado é mostrada como ocorrendo na **descida** do pulso de *clock*; isso é conhecido como *flip-flop* sensível à borda.



Contador de propagação e o diagrama de temporização

- A alteração no estado é mostrada como ocorrendo na **descida** do pulso de *clock*.
- Isso é conhecido como *flip-flop* sensível à borda.
- O contador assíncrono tem a desvantagem do atraso envolvido na mudança do valor, que é proporcional ao tamanho do contador.



Isso é tudo, pessoal!



STALLINGS William.

Arquitetura e Organização de Computadores. (10ª Edição),
Pearson Education do Brasil, 2017.