



Universidade Federal de Pelotas
Instituto de Física e Matemática
Departamento de Informática
Bacharelado em Ciência da Computação

Técnicas Digitais

Aula 11

**4. Circuitos Combinacionais: Características,
Tipos e Passos do Projeto de Circuitos
Combinacionais, Circuitos de Interconexão (seletores
ou multiplexadores), Implementações CMOS.**

Prof. José Luís Güntzel

guntzel@ufpel.edu.br

www.ufpel.edu.br/~guntzel/TD/TD.html

4. Circuitos Combinacionais

► Características

- São circuitos nos quais as saídas dependem somente das entradas



- Podem conter diversas saídas, cada uma regida por uma equação lógica distinta
- Porém, tais equações podem, eventualmente, **compartilhar termos**. Neste caso, o compartilhamento de partes do circuito conduz a um circuito de menor custo.

4. Circuitos Combinacionais

▶ Passos para o Projeto

1. Estudo minucioso do problema e identificação de uma solução, em termos de circuito digital (até aqui, apenas combinacional)
2. Construção da tabela-verdade e do(s) Mapa(s) de Karnaugh
3. Minimização da(s) saída(s) usando o Mapa de Karnaugh. No caso de mais de uma saída, **tentar compartilhar termos**
4. Realizar o mapeamento tecnológico, considerando a biblioteca de portas disponível

OBS: nos casos há muitas variáveis envolvidas (mais de 5 vars. de entrada) e/ou muitas saídas, utilizar ferramentas de CAD que realizem os passos 2, 3 e 4

4. Circuitos Combinacionais

▶ Tipos de Circuitos Combinacionais

Um circuito combinacional pode ser classificados segundo sua aplicação:

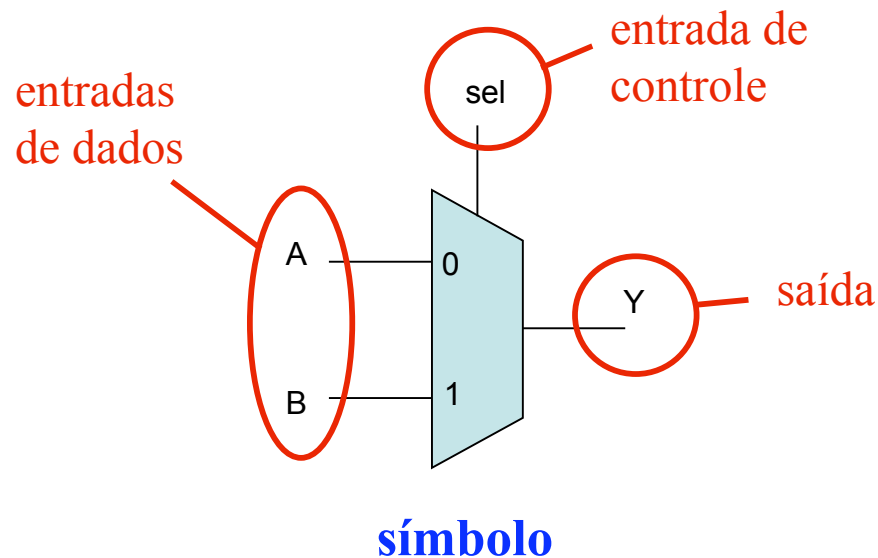
- **Circuitos de interconexão:** seletores (também chamados de multiplexadores), decodificadores e codificadores
- **Circuitos lógico-aritméticos:** somadores, subtratores, somadores/subtratores, multiplicadores, deslocadores, comparadores e ULAS (circuitos que combinam mais de duas operações aritméticas e/ou lógicas).

4. Circuitos Combinacionais

► Multiplexadores (ou seletores)

Multiplexador 2:1 (ou seletor 2:1)

“Sua função é selecionar uma dentre as duas entradas de dados, fazendo a entrada selecionada aparecer na saída”



sel	A	B	Y
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	1

4. Circuitos Combinacionais

► Multiplexadores (ou seletores)

Multiplexador 2:1

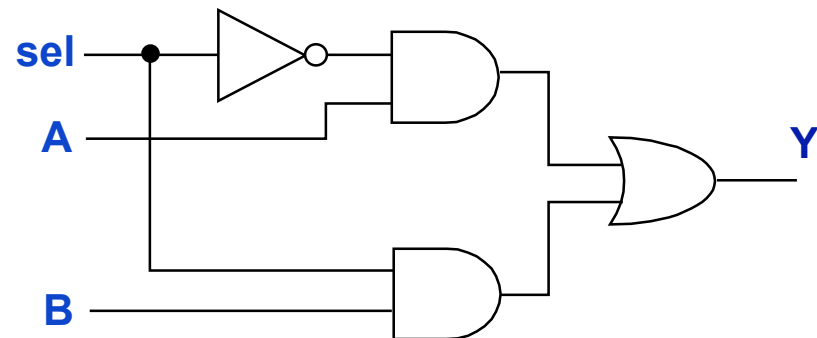
Implementação com portas lógicas básicas

Y	$\bar{A}\bar{B}$	$\bar{A}B$	AB	$A\bar{B}$
$\bar{\text{sel}}$	0	0	1	1
sel	0	1	1	0

$\bar{\text{sel}} \cdot A$ (points to the top row of 1s)

$\text{sel} \cdot B$ (points to the bottom row of 1s)

$$Y = \bar{\text{sel}} \cdot A + \text{sel} \cdot B$$



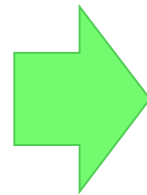
4. Circuitos Combinacionais

▶ Multiplexadores (ou seletores)

Multiplexador 2:1 (também chamado de seletor 2:1)

Outra maneira de enxergar a tabela-verdade do mux 2:1

sel	A	B	Y
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	1



sel	Y
0	A
1	B

$$Y = \overline{\text{sel}} \cdot A + \text{sel} \cdot B$$

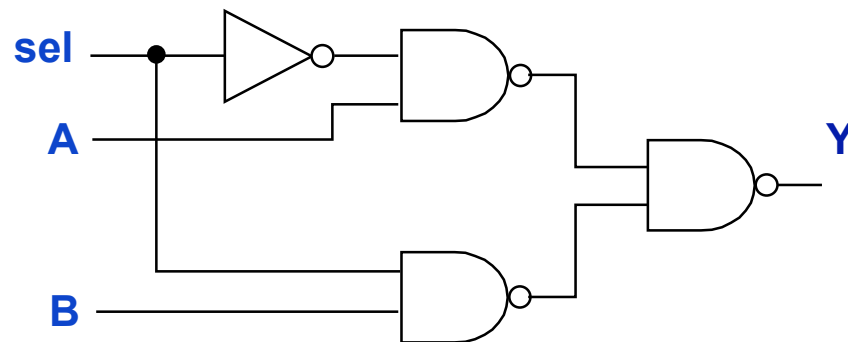
4. Circuitos Combinacionais

► Multiplexadores (ou seletores)

Multiplexador 2:1

Implementação em tecnologia CMOS - versão 1

- Com portas CMOS estáticas (simples)



Custo: 14 transistores

4. Circuitos Combinacionais

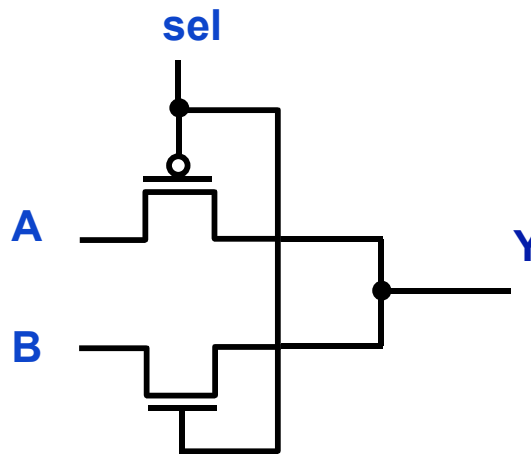
► Multiplexadores (ou seletores)

Multiplexador 2:1

Implementação em tecnologia CMOS - versão 2

- Usando “transistores de passagem”

sel	Y
0	A
1	B



Custo: 2 transistores!

Porém:

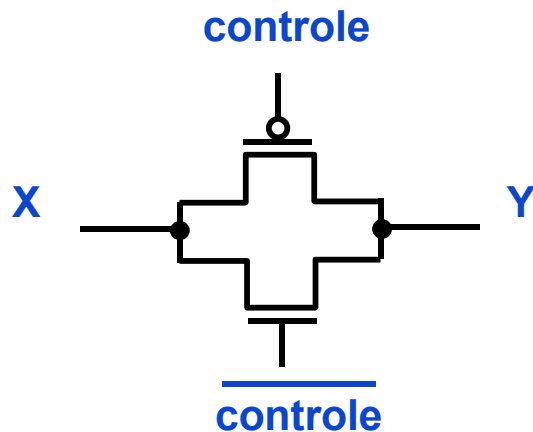
- O transistor PMOS conduz mal o “0”
- E o transistor NMOS conduz mal o “1”

4. Circuitos Combinacionais

► Multiplexadores (ou seletores)

A *Transmission Gate* (Porta de Transmissão) - **TG**

Usa um par de transistores N-P em paralelo



Funcionamento:

- Se controle = 0 \Rightarrow X = Y
- Se controle = 1 \Rightarrow X \neq Y

- **Inconveniente:** necessita de um sinal de controle direto e negado (inversor)
- **Número de transistores:** 2+2=4

4. Circuitos Combinacionais

► Multiplexadores (ou seletores)

Multiplexador 2:1

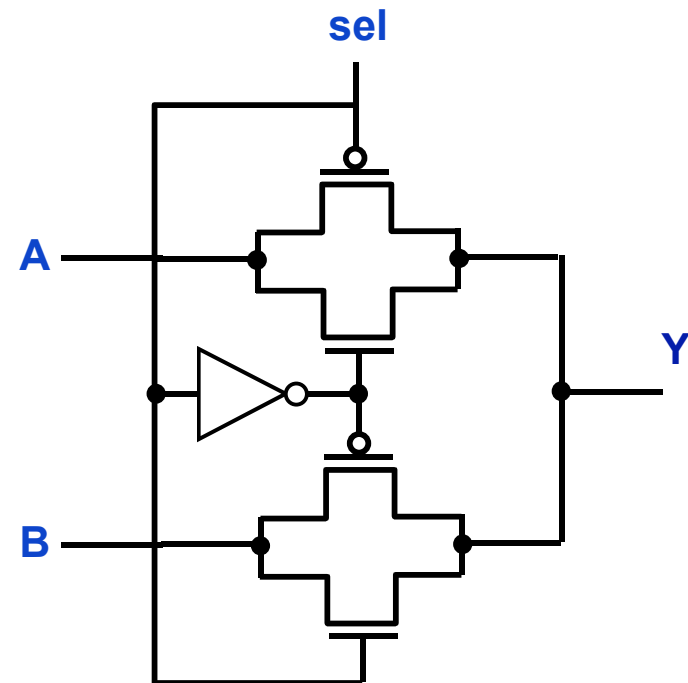
Implementação em tecnologia CMOS - versão 3

- Usando *transmission gates*

Controle	Saída
0	A
1	B

Custo: 6 transistores!

- Inconveniente: se A e/ou B estiverem fracos, não serão restaurados!
- Logo, em associações série de TGs, é necessário se incluir um ou dois inversores na saída

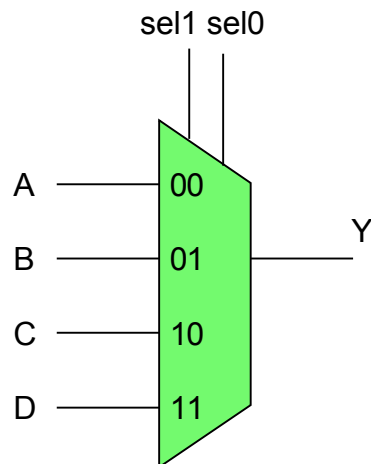


4. Circuitos Combinacionais

► Multiplexadores (ou seletores)

Multiplexador 4:1 (ou seletor 4:1)

“Sua função é selecionar uma dentre quatro entradas”



símbolo

sel1	sel0	Y
0	0	A
0	1	B
1	0	C
1	1	D

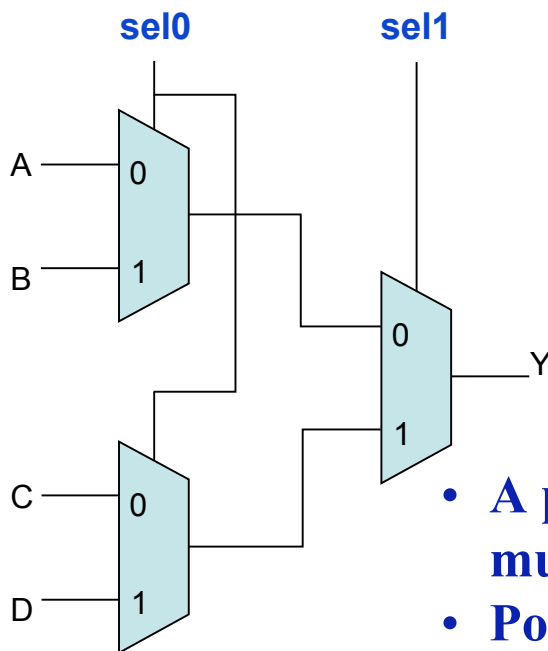
$$Y = \text{sel1} \cdot \text{sel0} \cdot A + \text{sel1} \cdot \text{sel0} \cdot B + \text{sel1} \cdot \text{sel0} \cdot C + \text{sel1} \cdot \text{sel0} \cdot D$$

4. Circuitos Combinacionais

► Multiplexadores (ou seletores)

Multiplexador 4:1 (ou seletor 4:1)

Implementação como associação de muxes 2:1



sel1	sel0	Y
0	0	A
0	1	B
1	0	C
1	1	D

- A princípio, qualquer estrutura vista para mux 2:1 pode ser usada
- Porém, se considerarmos a estrutura interna, é possível reduzir o número de inversores

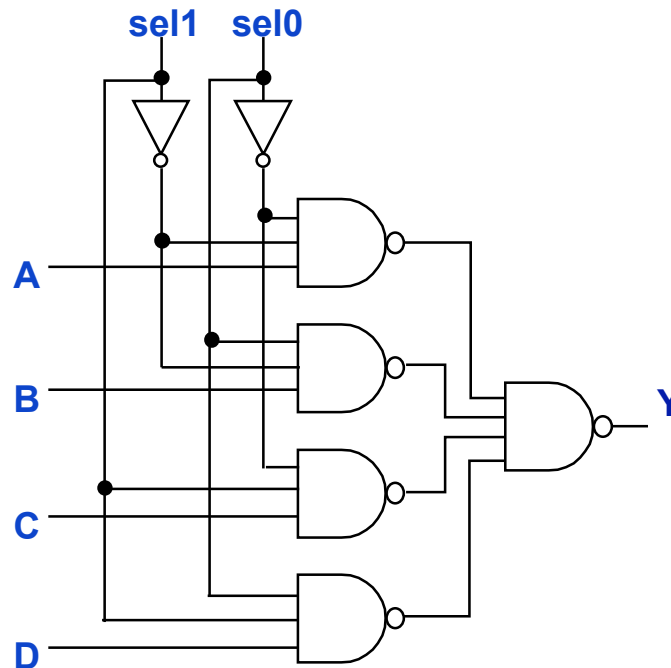
4. Circuitos Combinacionais

► Multiplexadores (ou seletores)

Multiplexador 4:1 (ou seletor 4:1)

Implementação em tecnologia CMOS: portas lógicas

$$Y = \text{sel1} \cdot \text{sel0} \cdot A + \text{sel1} \cdot \text{sel0} \cdot B + \text{sel1} \cdot \text{sel0} \cdot C + \text{sel1} \cdot \text{sel0} \cdot D$$



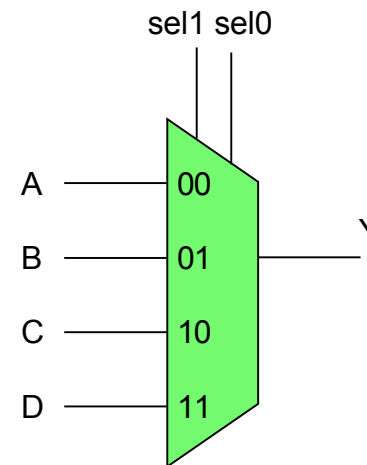
4. Circuitos Combinacionais

► Multiplexadores (ou seletores)

Multiplexador 4:1 (ou seletor 4:1)

Implementação em tecnologia CMOS: com TGs

sel1	sel0	Y
0	0	A
0	1	B
1	0	C
1	1	D



símbolo

Tarefa de casa