



## Circuitos Digitais (116351) - 2º Experimento

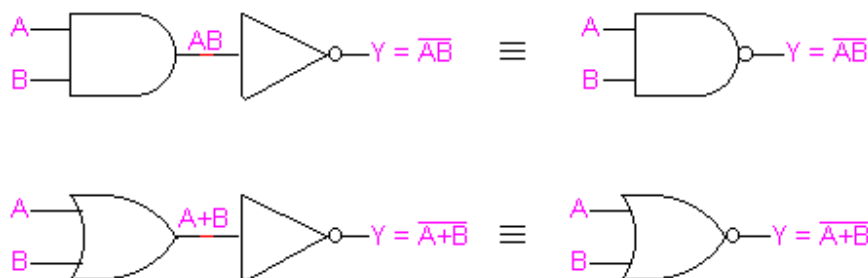
### PORTAS LÓGICAS: NAND, NOR E XOR

**OBJETIVO:** Apresentar os conceitos, símbolos e tabelas da verdade das portas **NAND**, **NOR** e **XOR**. Mostrar o caráter universal das portas NAND e NOR. Discutir ainda os conceitos de *fan-in*, *fan-out* e teorema de De Morgan.

#### 1. INTRODUÇÃO TEÓRICA

##### 1.1. PORTAS NAND, NOR E XOR

Uma porta NAND é equivalente a uma porta AND seguida de uma porta NOT, como mostra a **Figura 1**. Logo, a tabela da verdade de uma porta NAND é a tabela da verdade de uma porta AND com a saída invertida. De maneira análoga, uma porta NOR é equivalente a uma porta OR seguida de uma porta NOT.



**Figura 1 – Portas NAND e NOR**

Porta NAND		
Entradas		Saída
A	B	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Porta NOR		
Entradas		Saída
A	B	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

**Tabela I – Tabela da verdade das portas NAND e NOR**

As portas NAND e NOR são universais pois podemos implementar qualquer função booleana usando apenas um desses dois tipos de portas, não havendo necessidade de qualquer outro tipo.

Em aplicações digitais, um nível lógico 1 ou 0 na saída de uma porta é considerado um *bit* e um grupo ordenado de *bits* é chamado de **palavra**.

A porta XOR de duas entradas compara dois *bits* e a saída será 1 se e somente se eles forem diferentes. Uma porta XOR de várias entradas terá a saída igual a 1 se tiver um número ímpar de 1's nas entradas.

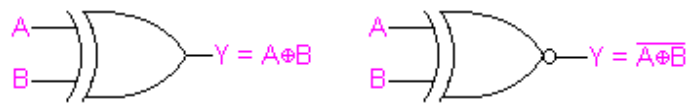
A porta XNOR compara dois *bits* e a saída será 1 se e somente se eles forem iguais. No caso de várias entradas a saída só será 1 se houver um número par de 1's nas entradas. Esta porta é também conhecida como porta **comparadora**.

As portas XOR e XNOR são muito utilizadas para comparar palavras em tomada de decisões. O emprego do *bit* de paridade para detecção de erros é um exemplo típico de sua aplicação.

A expressão booleana da saída de uma porta XOR de entradas A e B é  $\overline{A}B + A\overline{B}$ . O símbolo utilizado para representar esta função é  $A \oplus B$ . Esta porta é também chamada de **comparador de desigualdade**. Analogamente, a expressão booleana para a saída de uma porta XNOR de entradas A e B é:

$$\overline{\overline{A}B + A\overline{B}} = \overline{AB + \overline{A}\overline{B}} = \overline{A \oplus B}$$

e esta porta é também chamada de **comparador de igualdade**.



**Figura 2 – Portas XOR e XNOR**

Porta XOR		
Entradas		Saída
A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Porta XNOR		
Entradas		Saída
A	B	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

**Tabela II – Tabela da verdade das portas XOR e XNOR**

## 1.2. FATORES DE CARGA

Com a finalidade de facilitar os projetos usando dispositivos TTL, os parâmetros de carga para a entrada e saída de todas as famílias lógicas foram normalizados para os valores abaixo descritos. Esses valores refletem as condições de pior caso a temperatura ambiente e no intervalo de variação de  $V_{CC}$  tolerado. Assim, para a série TTL 74XX, tem-se:

$$\begin{aligned} 1 \text{ unidade de carga TTL} &= 40 \mu\text{A, no nível lógico 1.} \\ &= 1,6 \text{ mA, no nível lógico 0.} \end{aligned}$$

Em outras palavras, uma porta 7400 que requeira uma corrente de entrada máxima de  $I_{IL} = 1,6 \text{ mA}$  para o nível lógico 0 e uma corrente de entrada máxima  $I_{IH} = 40 \mu\text{A}$  para o nível lógico 1 é especificada como tendo um **fator de carga** unitário. Isto é, possui um *fan-in* de 1. Por outro lado, a saída de uma porta 7400 absorverá 16 mA no nível lógico 0 e fornecerá 800  $\mu\text{A}$  no nível lógico 1. Portanto, ela tem capacidade de acionar 10 portas no nível lógico 0 (pois  $16 \text{ mA} / 1,6 \text{ mA} = 10$ ). Isto é, possui um *fan-out* de 10 para o nível lógico 0. Da mesma forma, o *fan-out* para o nível lógico 1 é  $800 \mu\text{A} / 40 \mu\text{A} = 20$ . Considera-se o pior caso e diz-se que o *fan-out* da porta 7400 é 10. Se em um determinado circuito houver necessidade de acionar mais que 10 entradas, podemos usar portas especiais como *buffer* para aumentar esta capacidade.

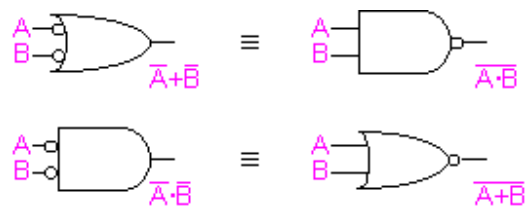
### 1.3. TEOREMA DE DE MORGAN

Dois teoremas muito úteis na implementação de circuitos lógicos são os teoremas de De Morgan.

a)  $\overline{A + B} = \overline{A} \cdot \overline{B}$

b)  $\overline{A \cdot B} = \overline{A} + \overline{B}$

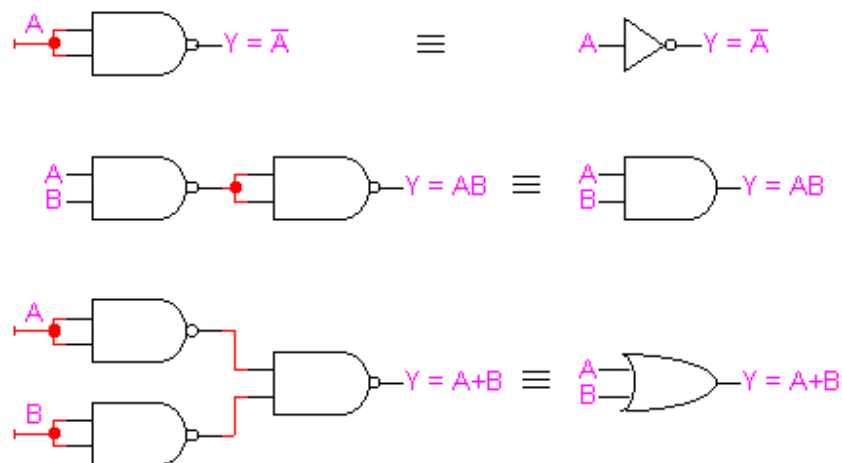
Eles são demonstrados utilizando-se axiomas e outros teoremas da álgebra de Boole. Uma regra prática para memorizar estas relações diz: **se a barra de inversão entre duas variáveis for quebrada, a operação ( $\cdot$  ou  $+$ ) entre elas deve ser intercambiada**. Eles mostram ainda a equivalência das portas indicadas na **Figura 3**.



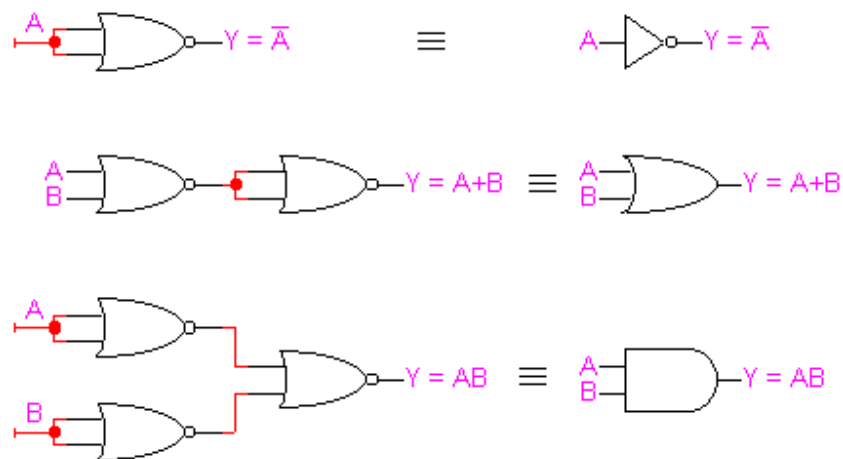
**Figura 3 – Teorema de De Morgan**

Um corolário muito importante destes teoremas permite concluir que qualquer função lógica pode ser implementada utilizando-se somente portas NAND (ou somente portas NOR). Como uma função lógica é um conjunto de variáveis inter-relacionadas por soma lógica, produto lógico e negação, basta mostrar que é possível realizar estas relações usando, por exemplo, somente portas NAND.

A **Figura 4** mostra como realizar as operações AND, OR e NOT usando portas NAND.



**Figura 4 – Realização das operações NOT, AND e OR usando portas NAND**



**Figura 5 – Realização das operações NOT, OR e AND usando portas NOR**

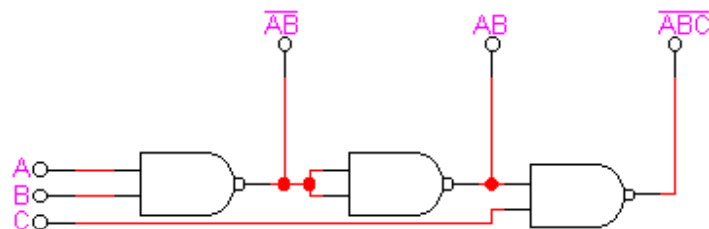
De forma análoga pode-se realizar as operações AND, OR e NOT utilizando somente portas NOR; isto é mostrado na **Figura 5**.

Assim, fica mostrado o caráter universal das portas NAND e NOR.

## 2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1. Implementação de uma porta NAND de 3 entradas com 3 níveis de portas.

a) Construa o circuito da **Figura 6**.



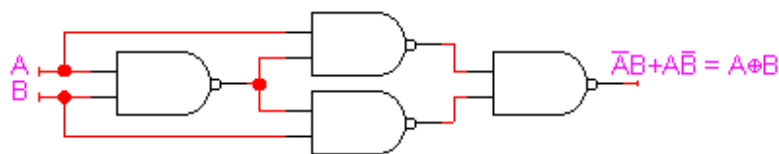
**Figura 6 – Porta NAND de 3 entradas**

- b) Ligue o painel.  
c) Preencha a tabela da verdade abaixo.

Entradas			Saídas		
A	B	C	$\overline{A \cdot B}$	$A \cdot B$	$\overline{A \cdot B \cdot C}$
0	0	0			
0	0	1			
0	1	0			
0	1	1			
1	0	0			
1	0	1			
1	1	0			
1	1	1			

## 2.2. Implementação da função XOR usando portas NAND.

- a) Monte o circuito da **Figura 7**.



**Figura 7 – Função XOR**

- b) Complete a tabela da verdade da abaixo.

Entradas		Saída
A	B	$A \oplus B$
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

## 2.3. Verificação da função XOR usando a porta XOR (CI 7486).

- a) Complete a tabela da verdade abaixo.  
b) Compare as tabelas da verdade obtidas neste item e no anterior.

Entradas		Saída
A	B	$A \oplus B$
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

## 2.4. Implementação da porta XOR de 4 entradas usando portas XOR de 2 entradas.

- a) Projete e monte o circuito adequado.  
b) Verifique em que casos a saída é um.

## 3. SUMÁRIO

As portas NAND, NOR e XOR são apresentadas, assim como seus símbolos e tabelas da verdade. O caráter universal das portas NAND e NOR é mostrado como corolário dos teoremas de De Morgan. São dados ainda os conceitos de fatores de carga *fan-in* e *fan-out*.

#### 4. EQUIPAMENTOS E MATERIAL

- Pannel digital;
- *Protoboard*;
- Ponta lógica;
- Fios conectores;
- Portas NAND e XOR.

#### 5. TESTE DE AUTO-AVALIAÇÃO

1. Se uma porta NAND de 3 entradas tiver duas de suas entradas ligadas a 5 V e a terceira entrada for A, então a saída será:
  - a)  $A$
  - b)  $\overline{A}$
  - c) 1
  - d) 0
2. Se uma entrada de uma porta NOR de 3 entradas for 1 e as outras entradas não forem conhecidas, então a saída será:
  - a) 0
  - b) 1
  - c) Indeterminada
  - d) NDA
3. Pelo teorema de De Morgan a função  $f = \overline{[(A \cdot B) + C]}$  é igual a:
  - a)  $[(A + B) \cdot C]$
  - b)  $[(\overline{A} + B) \cdot \overline{C}]$
  - c)  $[(\overline{A} + \overline{B}) \cdot C]$
  - d)  $[(\overline{A} + \overline{B}) \cdot \overline{C}]$
4. Para usar uma porta XOR como NOT:
  - a) ambas as entradas devem ser 1
  - b) ambas as entradas devem ser 0
  - c) uma das entradas deve ser aterrada
  - d) uma das entradas deve ser ligada a 5V
5. Se as entradas de uma porta XOR forem iguais, a saída será 1?
  - a) Certo.
  - b) Errado.
  - c) Depende do valor das entradas