



Laboratório de Circuitos Lógicos - 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.

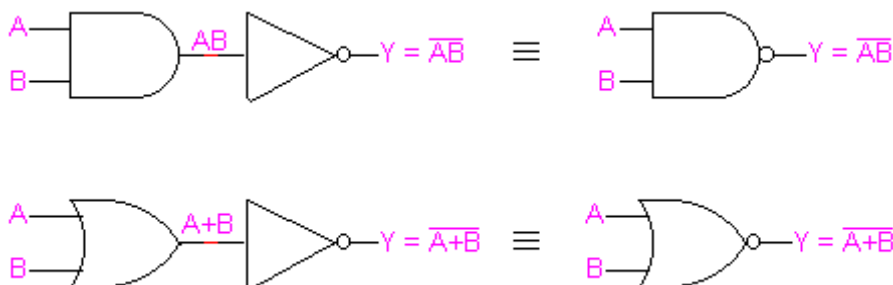


Figura 1 – Portas NAND e NOR

Porta NAND		
Entradas		Saída
A	B	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	0
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 $\bar{A}B + A\bar{B}$. 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:

$$\bar{A}.B + A.\bar{B} = A.B + \bar{A}.\bar{B} = \overline{A \oplus B}$$

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

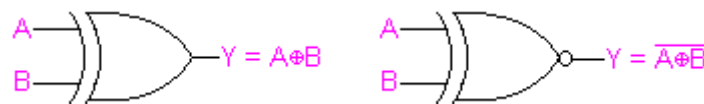


Figura 2 – Portas XOR e XNOR

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:

1 unidade de carga TTL = 40 μ A, no nível lógico 1.
 = 1,6 mA, no nível lógico 0.

Em outras palavras, uma porta 7400 que requeira uma corrente de entrada máxima de $I_{IL} = 1,6$ mA para o nível lógico 0 e uma corrente de entrada máxima $I_{IH} = 40$ μ 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 μ A no nível lógico 1. Portanto, ela tem capacidade de acionar 10 portas no nível lógico 0 (pois 16 mA / 1,6 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 μ A / 40 μ 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) $\bar{A} + \bar{B} = \overline{A \cdot B}$

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

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 entre elas deve ser intercambiada**. Eles mostram ainda a equivalência das portas indicadas na **Figura 3**.

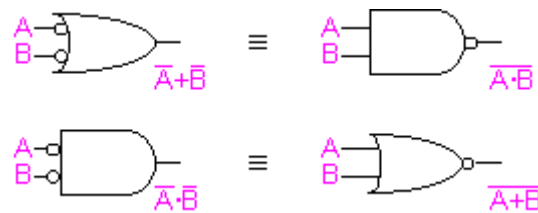


Figura 3 – Teorema de De Morgan

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.

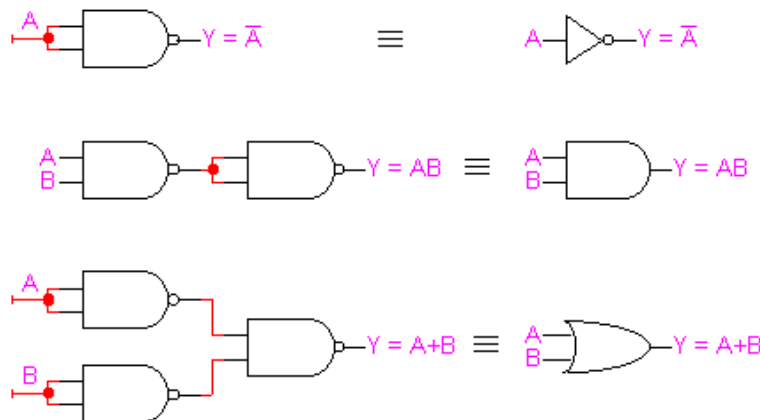


Figura 4 – Realização das operações NOT, AND e OR usando portas NAND

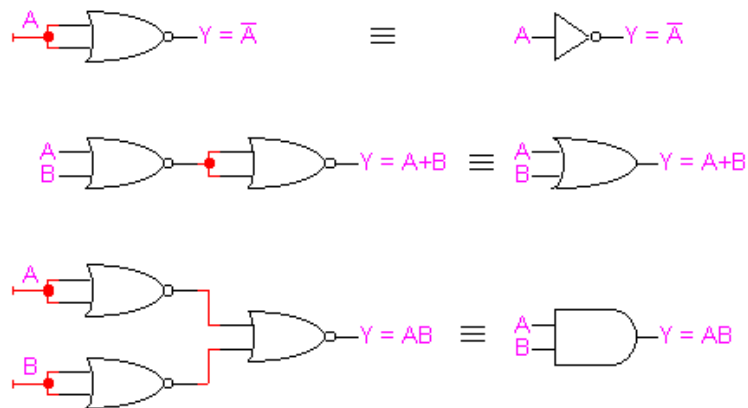


Figura 5 – Realização das operações NOT, OR e AND usando portas NOR

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.

- a) Construa (no Tinkercad) o circuito da **Figura 6** usando as chaves A, B e C, coloque as saídas nos LEDs

$L2 = \overline{AB}$ $L1 = AB$ $L0 = \overline{ABC}$ e fotografe (como celular) o circuito montado.

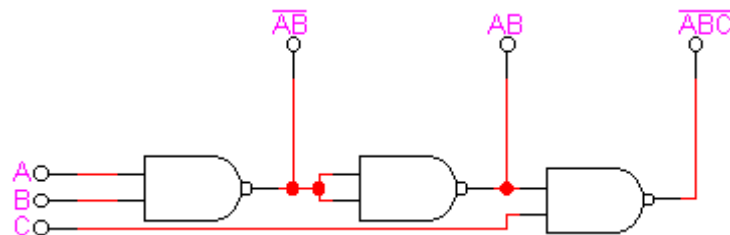


Figura 6 – Porta NAND de 3 entradas

- b) Complete a tabela da verdade abaixo. Filme com celular todo o procedimento.

Entradas			Saídas		
C	B	A	$L2 = \overline{A.B}$	$L1 = A.B$	$L0 = \overline{A.B.C}$
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**, usando as chaves A e B na entrada e o LED L0 na saída. Registre a montagem com fotos.

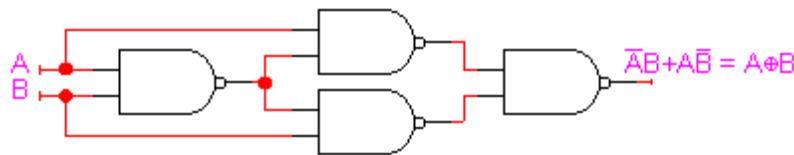


Figura 7 – Função XOR

- b) Complete a tabela da verdade da abaixo. Filme o procedimento com o celular.

Entradas		Saída
B	A	$L0 = A \oplus B$
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

2.3. Implementação de uma porta XOR de 4 entradas usando portas XOR de 2 entradas (CI 74HC86).

- a) Projete e monte o circuito adequado, utilizando as 4 chaves A, B, C e D como entradas e o LED L0 como saída, fotografe o circuito montado.
- b) Desenhe a Tabela Verdade do circuito obtido, filme seu funcionamento e coloque o link do vídeo no relatório.
- c) Explique em que casos a saída é 1 para uma porta XOR com número um número N de entradas.

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

- ~~Kit Digital;~~
- ~~Fios conectores;~~
- ~~Portas NAND(74HC00) e XOR (74HC86).~~
- Tinkercad



5. TESTE DE AUTOAVALIAÇÃO

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 todas as entradas de uma porta XOR forem iguais, a saída será 1?
 - a) Certo.
 - b) Errado.