



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.

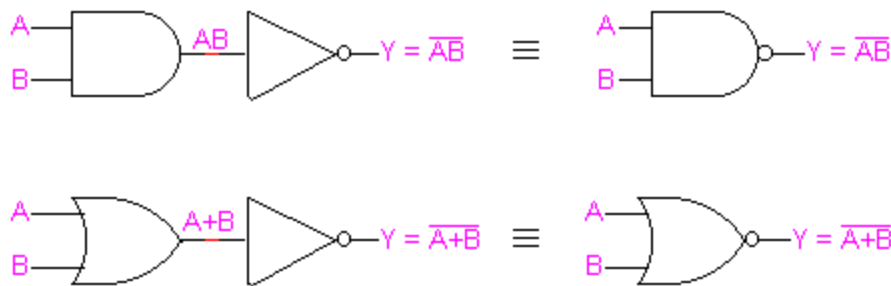


Figura 1 – Portas NAND e NOR

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 $\bar{A}B + A\bar{B}$. 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:

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

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

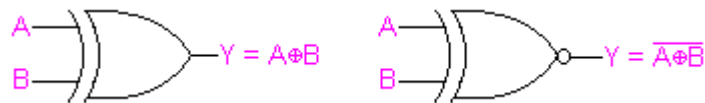


Figura 2 – Portas XOR e XNOR

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 μA , 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 $I_{IL} = 1,6 \text{ mA}$ para o nível lógico 0 e uma corrente de entrada máxima $I_{IH} = 40 \mu A$ 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 μA 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 $800 \mu A / 40 \mu A = 20$. 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**.

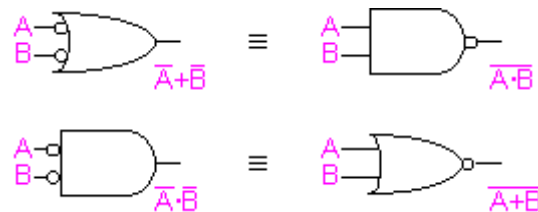


Figura 3 – Teorema de De Morgan

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.

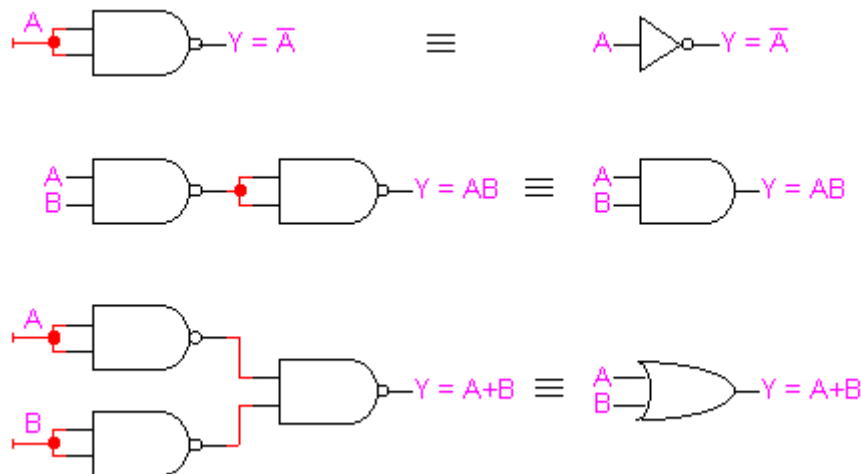


Figura 4 – Realização das operações NOT, AND e OR usando portas NAND

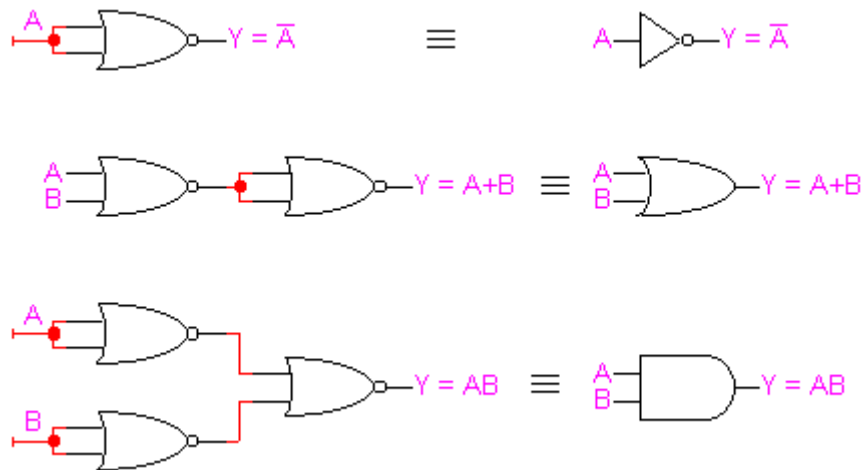


Figura 5 – Realização das operações NOT, OR e AND usando portas NOR

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. **(Pós-Experimento 1):** Implementação de uma porta NAND de 3 entradas.

a) Construa o circuito da **Figura 6** e fotografe o circuito montado.

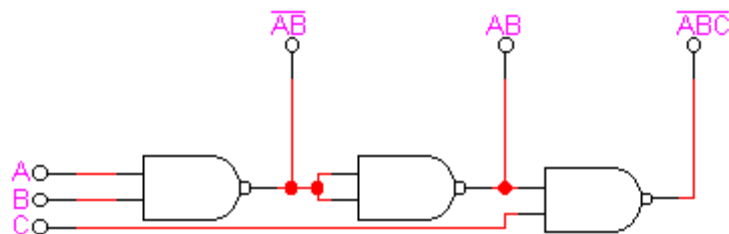


Figura 6 – Porta NAND de 3 entradas

b) Complete a tabela da verdade abaixo.

Entradas			Saídas		
A	B	C	$\overline{A.B}$	$A.B$	$\overline{A.B.C}$
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. (Pós-Experimento 2) Implementação da função XOR usando portas NAND.

- a) Monte o circuito da **Figura 7** e registre a montagem com fotos.

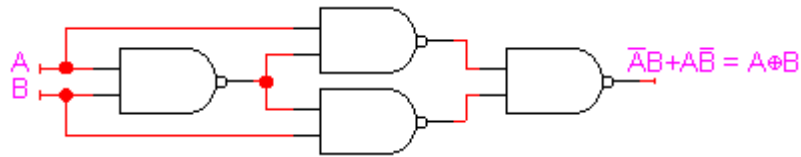


Figura 7 – Função XOR

- 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. (Pós-Experimento 3) Implementação de uma porta XOR de 4 entradas usando portas XOR de 2 entradas (CI 74LS86) .

- a) Projete (**Pré-Projeto**) e monte o circuito adequado, fotografe o circuito montado.
b) Desenhe a Tabela Verdade do circuito obtido e filme seu funcionamento.
c) Explique em que casos a saída é 1 para uma porta XOR com número qualquer 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

- Painel digital;
- *Protoboard*;
- Fios conectores;
- Portas NAND(7400) e XOR (7486).

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