CIRCUITOS DIGITAIS
CIRCUITOS COMBINACIONAIS

Marco A. Zanata Alves

Slides baseados nos slides de Rodrigo Hausen - CMCC – UFABC (2013)
http://compscinet.org/hausen/courses/circuitos/

AULA PASSADA: FUNÇÕES LÓGICAS

Tabela verdade conjunção (e)

X	Y	$X \cdot Y$
V	V	**V**
V	F	**F**
F	V	**F**
F	F	**F**

Tabela verdade disjunção (ou)

X	Y	$X + Y$
V	V	**V**
V	F	**V**
F	V	**V**
F	F	**F**

Tabela verdade disjunção exclusiva (ou-ex)

X	Y	$X + Y$
V	V	**F**
V	F	**V**
F	V	**V**
F	F	**F**

Tabela verdade negação (não)

X	$\overline{X}$
V	**F**
F	**V**

Conjunção (e): resultado verdadeiro apenas se X e Y forem verdadeiros.

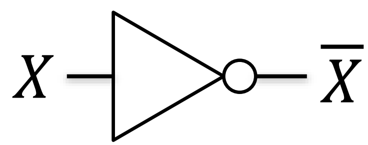
Disjunção (ou): resultado verdadeiro apenas se X ou Y forem verdadeiros.

Disjunção Exclusiva (ou-ex): resultado verdadeiro apenas se um for verdadeiro.

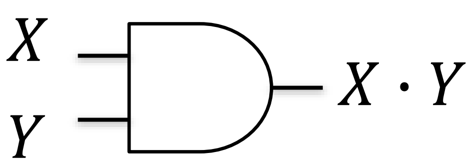
Negação (não): resultado só será verdadeiro se X não for verdadeiro.

PORTAS LÓGICAS

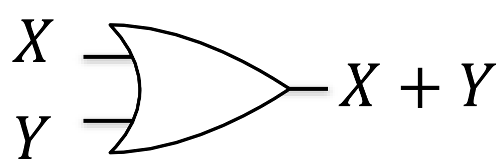
Trata-se de circuitos que efetuam operações básicas da álgebra booleana



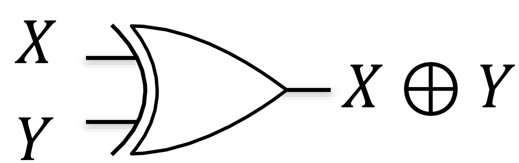
Porta **not**



Porta **and**



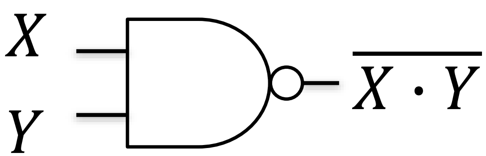
Porta **or**



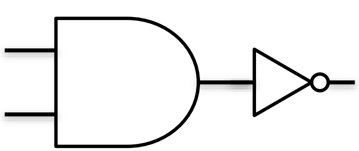
Porta **xor**

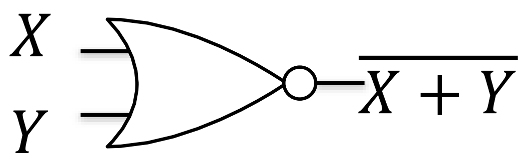
PORTAS LÓGICAS COM SAÍDAS INVERTIDAS

Também existem as seguintes portas com saída invertida (negada)

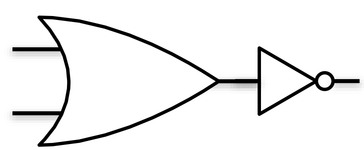


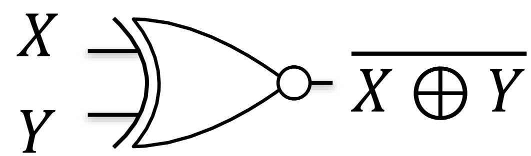
Porta **nand**



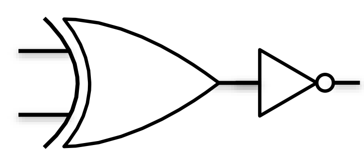


Porta **nor**





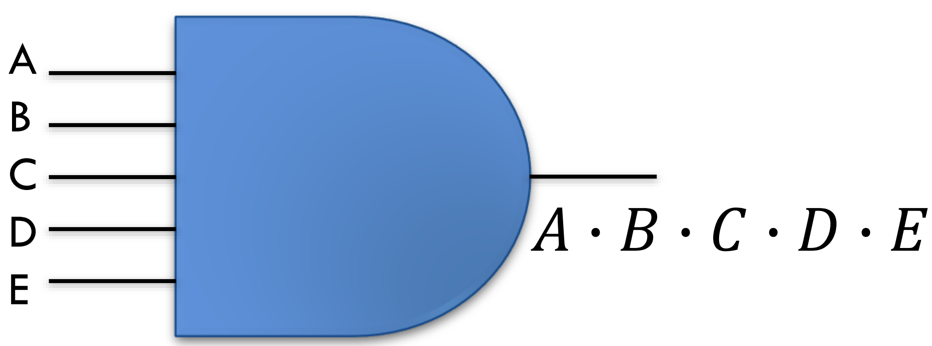
Porta **xnor**



OBSERVAÇÕES SOBRE PORTAS LÓGICAS

Quaisquer portas lógicas podem ser construídas usando-se apenas as portas básicas $\boldsymbol{not}$ (entrada única), $\boldsymbol{and}$ e $\boldsymbol{or}$ (com duas entradas).

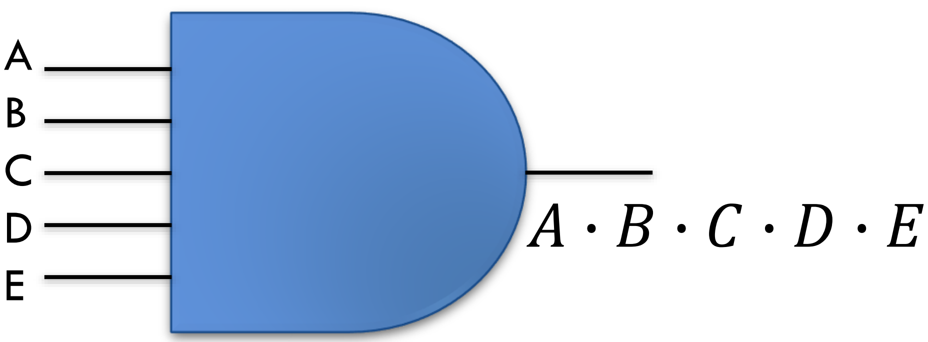
Ex: and com 5 entradas

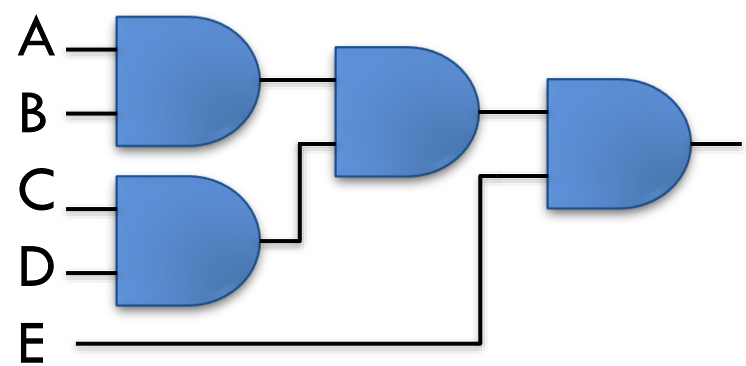


OBSERVAÇÕES SOBRE PORTAS LÓGICAS

Quaisquer portas lógicas podem ser construídas usando-se apenas as portas básicas $\boldsymbol{not}$ (entrada única), $\boldsymbol{and}$ e $\boldsymbol{or}$ (com duas entradas).

Ex: and com 5 entradas

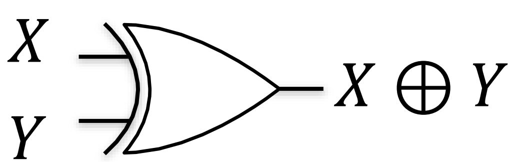




OBSERVAÇÕES SOBRE PORTAS LÓGICAS

Quaisquer portas lógicas podem ser construídas usando-se apenas as portas básicas $\boldsymbol{not}$ (entrada única), $\boldsymbol{and}$ e $\boldsymbol{or}$ (com duas entradas).

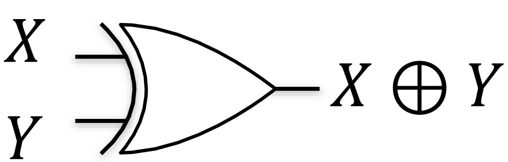
Ex: xor com 2 entradas



OBSERVAÇÕES SOBRE PORTAS LÓGICAS

Quaisquer portas lógicas podem ser construídas usando-se apenas as portas básicas $\boldsymbol{not}$ (entrada única), $\boldsymbol{and}$ e $\boldsymbol{or}$ (com duas entradas).

Ex: xor com 2 entradas



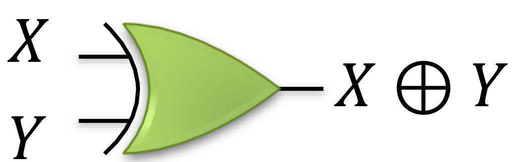
Lembrando que:

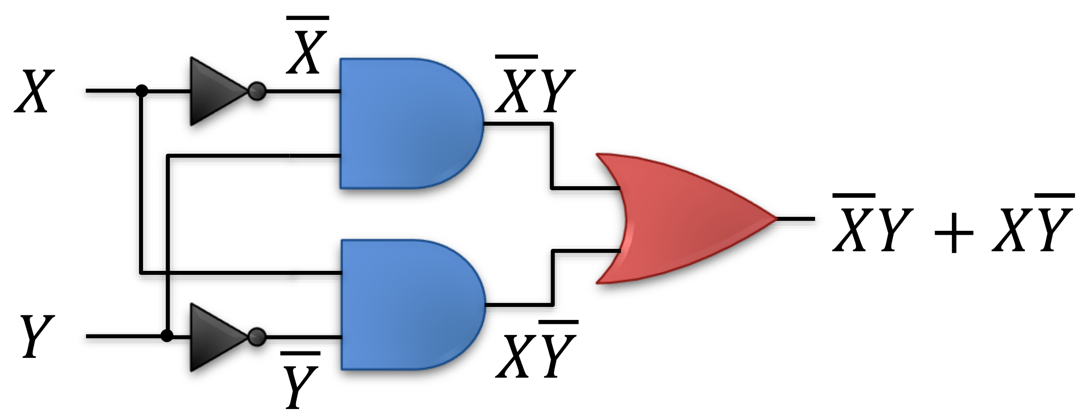
$$X \oplus Y = \overline{X}Y + X\overline{Y}$$

OBSERVAÇÕES SOBRE PORTAS LÓGICAS

Quaisquer portas lógicas podem ser construídas usando-se apenas as portas básicas $\boldsymbol{not}$ (entrada única), $\boldsymbol{and}$ e $\boldsymbol{or}$ (com duas entradas).

Ex: xor com 2 entradas

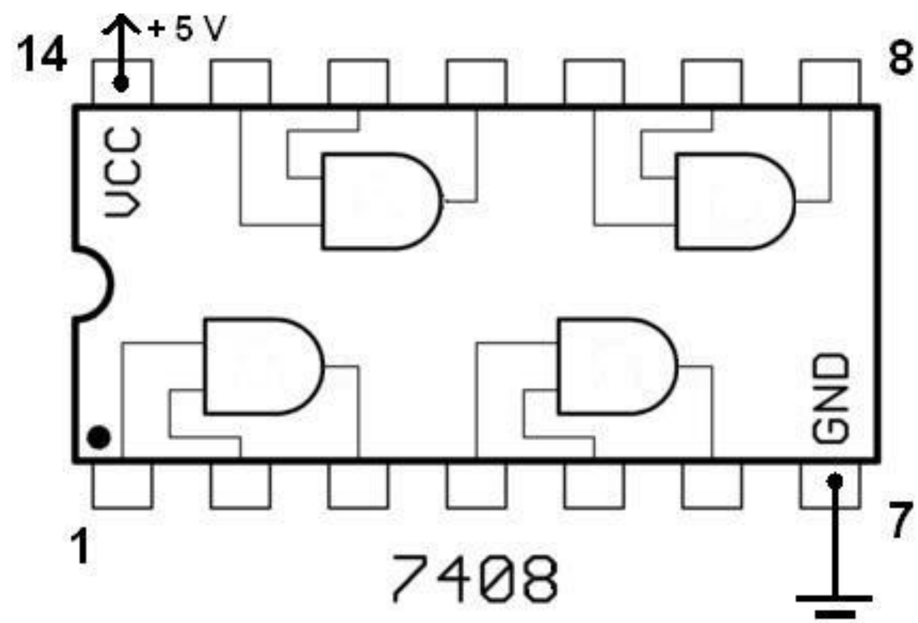




OBSERVAÇÕES SOBRE PORTAS LÓGICAS

Geralmente, usamos portas lógicas encontradas em circuitos integrados.

Por exemplo: 7408 (4 portas and com 2 entradas)



OBSERVAÇÕES SOBRE PORTAS LÓGICAS

Geralmente, usamos portas lógicas encontradas em circuitos integrados.

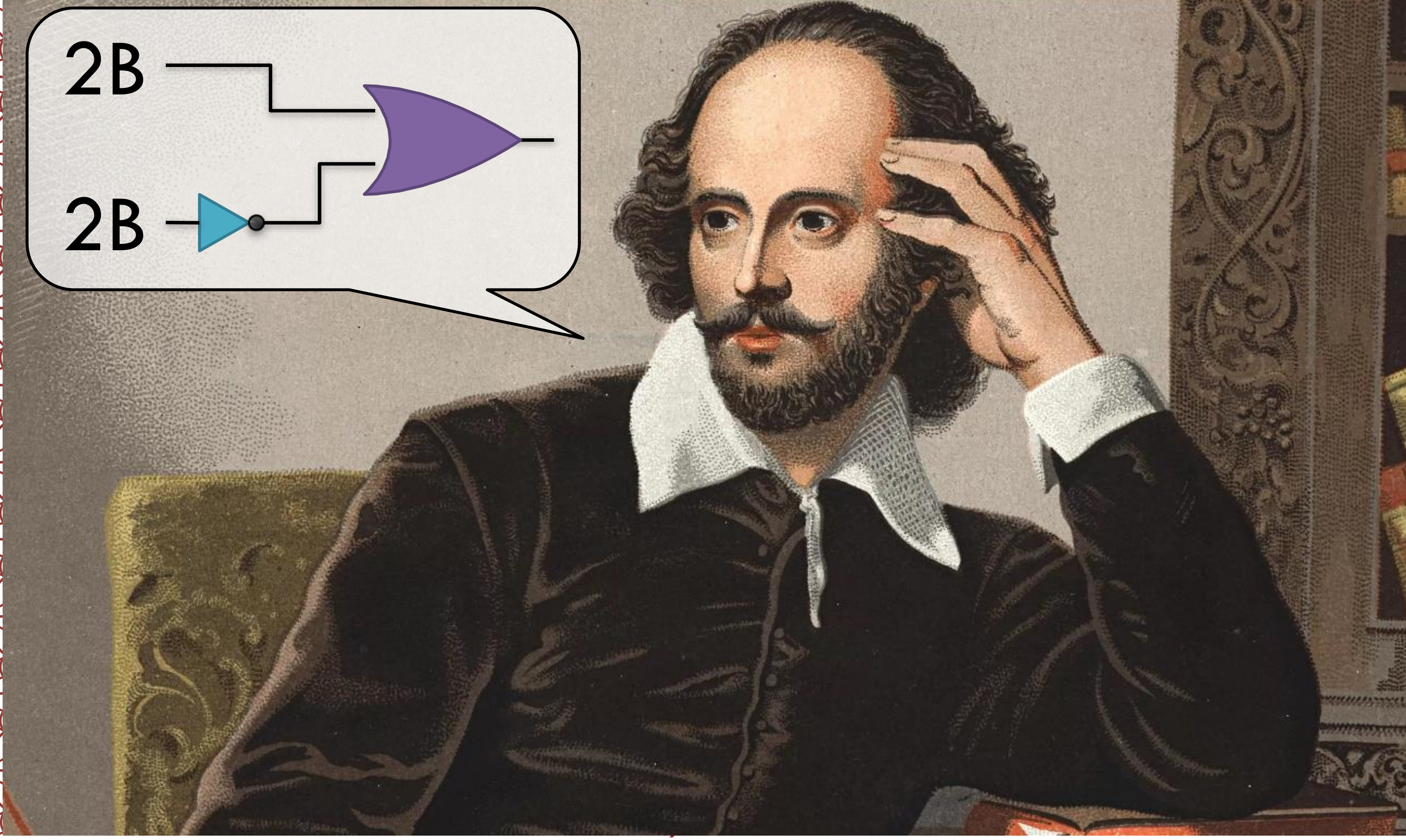
Encontram-se circuitos integrados para:

- inversor (7404 / CD4049)
- and (7408 / CD4081)
- or (7432 / CD4071)
- xor (7486)
- nand (7400 / CD4012)
- nor (7402 / CD4001)
- xnor (CD4077)

74xx – Tecnologia **TTL** (74LSxx)
\+ Robustez

CD40xx – Tecnologia **CMOS**
\+ Integração/densidade (menor)
– Consumo

Circuitos com portas lógicas com até 8 entradas também estão disponíveis



PORTAS UNIVERSAIS

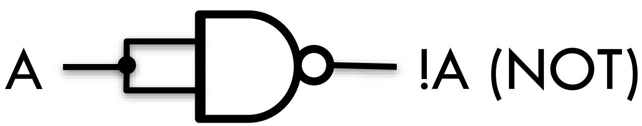
PORTAS UNIVERSAIS

As portas lógicas NAND e NOR são ditas portas lógicas universais

Com apenas uma dessas portas (NAND ou NOR), podemos representar qualquer outra porta lógica!!!

Vamos demonstrar isso!

PORTAS NAND E NOR

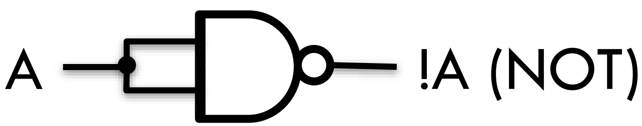


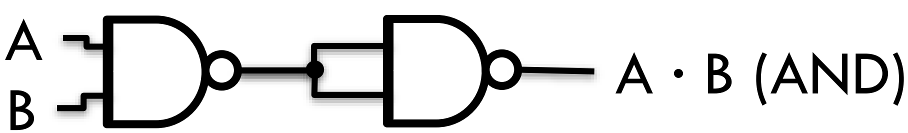
De Morgan's Theorem

$$\overline{x \cdot y} = \bar{x} + \bar{y} \Rightarrow x \cdot y = \overline{\bar{x} + \bar{y}}$$

$$\overline{x + y} = \bar{x} \cdot \bar{y} \Rightarrow x + y = \overline{\bar{x} \cdot \bar{y}}$$

PORTAS NAND E NOR



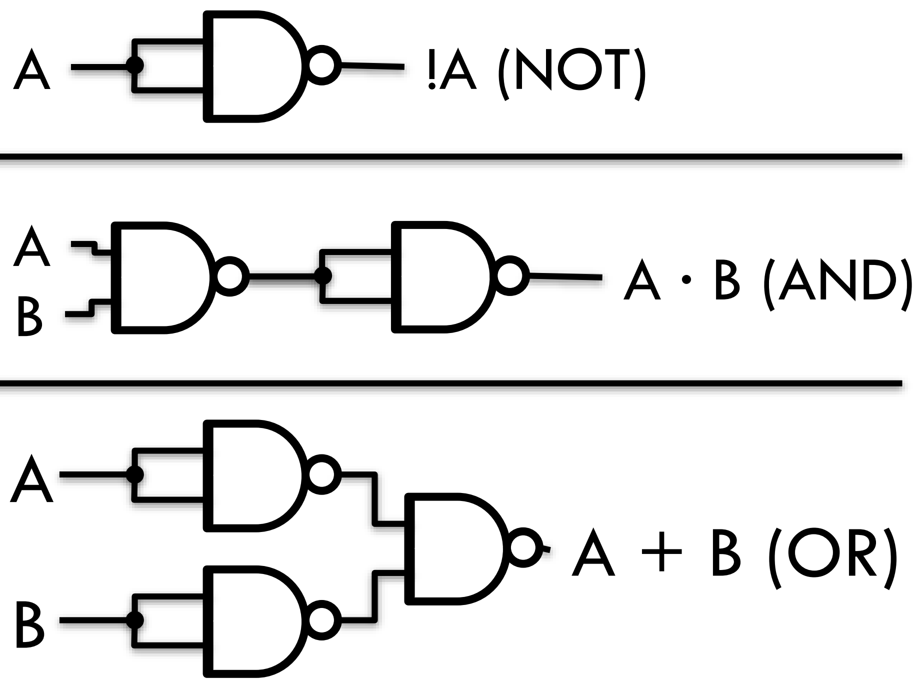


De Morgan's Theorem

$$\overline{x \cdot y} = \bar{x} + \bar{y} \quad \Rightarrow \quad x \cdot y = \overline{\bar{x} + \bar{y}}$$

$$\overline{x + y} = \bar{x} \cdot \bar{y} \quad \Rightarrow \quad x + y = \overline{\bar{x} \cdot \bar{y}}$$

PORTAS NAND E NOR



De Morgan's Theorem

$$\overline{x \cdot y} = \bar{x} + \bar{y} \quad \Rightarrow \quad x \cdot y = \overline{\bar{x} + \bar{y}}$$

$$\overline{x + y} = \bar{x} \cdot \bar{y} \quad \Rightarrow \quad \boxed{x + y = \overline{\bar{x} \cdot \bar{y}}}$$

UNIVERSALIDADE DA PORTA NOR

Mostre que podemos construir qualquer circuito digital usando apenas portas NOR.

EXEMPLO 1

SÍNTESE DE CIRCUITOS DIGITAIS

Exemplo 1: Elabore um circuito com portas lógicas not, and e or cuja saída corresponda à expressão $A \oplus B$ (A xor B).

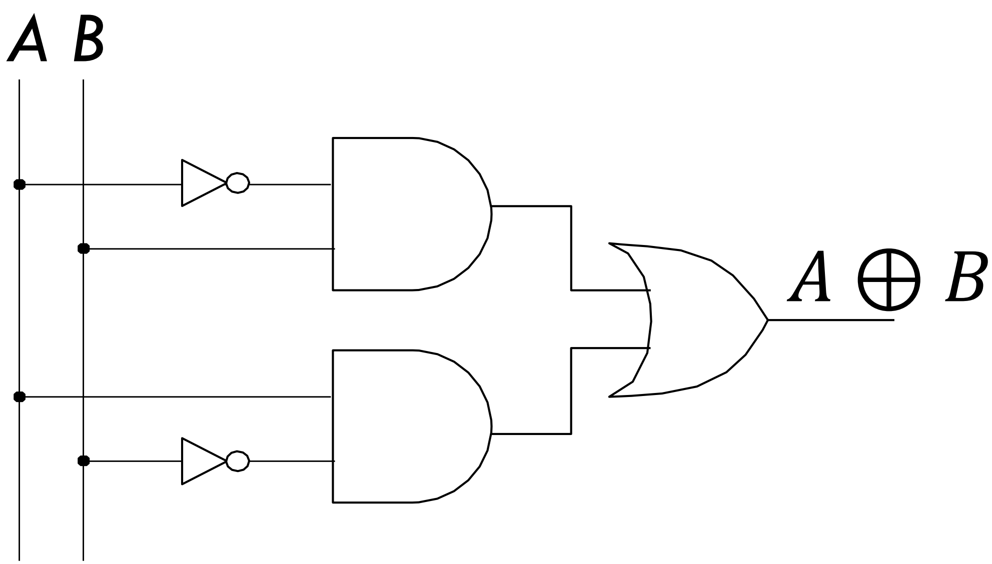
Sabemos que $A \oplus B = \overline{A} \cdot B + A \cdot \overline{B}$

Recomenda-se colocar as entradas "na vertical" e desenvolver as saídas "na horizontal, para a direita"

SÍNTESE DE CIRCUITOS DIGITAIS

Exemplo 1: Elabore um circuito com portas lógicas not, and e or cuja saída corresponda à expressão $A \oplus B$ (A xor B).

Sabemos que $A \oplus B = \overline{A} \cdot B + A \cdot \overline{B}$

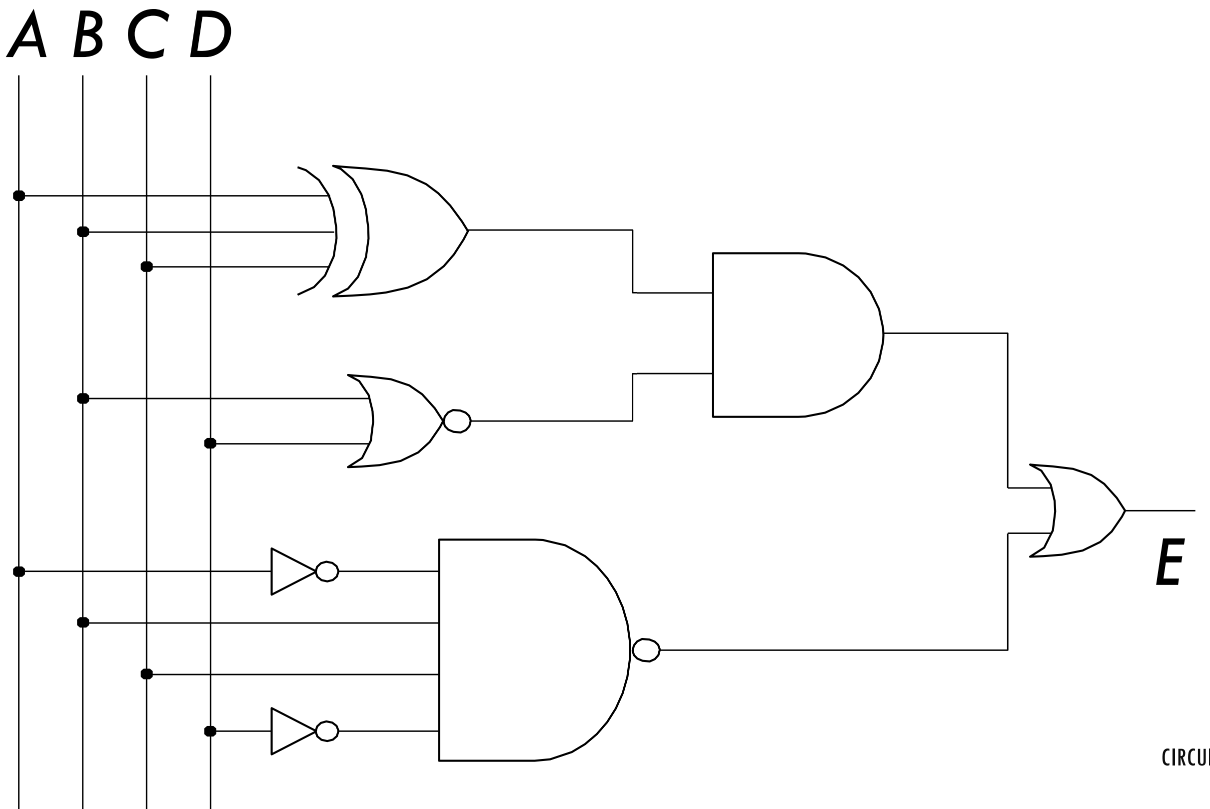


Note que geralmente não representamos, em um circuito digital, onde está a fonte de tensão/bateria

EXEMPLO 2

ANÁLISE DE CIRCUITOS DIGITAIS

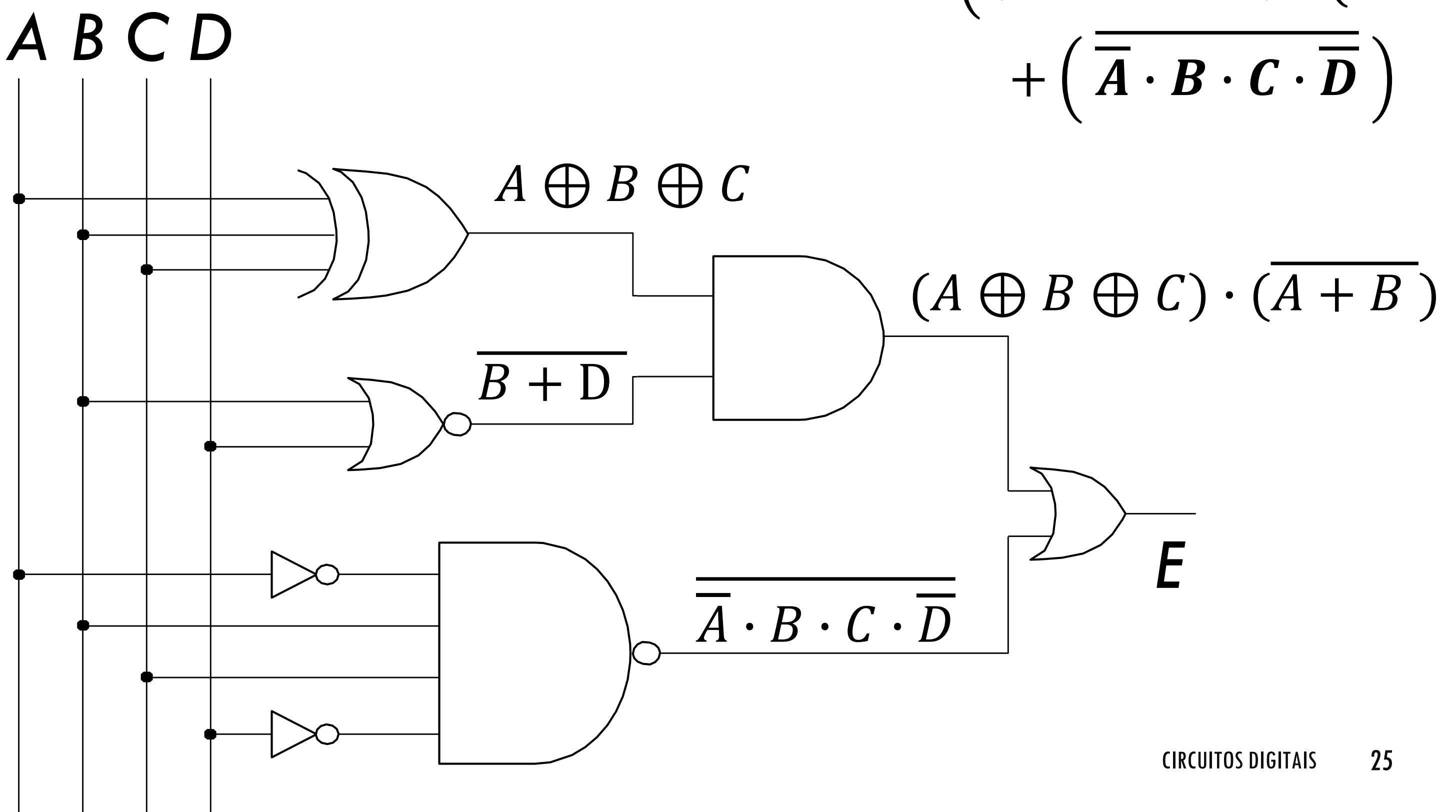
Exemplo 2: Dado o circuito abaixo, encontre uma expressão lógica para E em função de A, B, C e D.



ANÁLISE DE CIRCUITOS DIGITAIS

Exemplo 2: Dado o circuito abaixo, encontre uma expressão lógica para E em função de A, B, C e D.

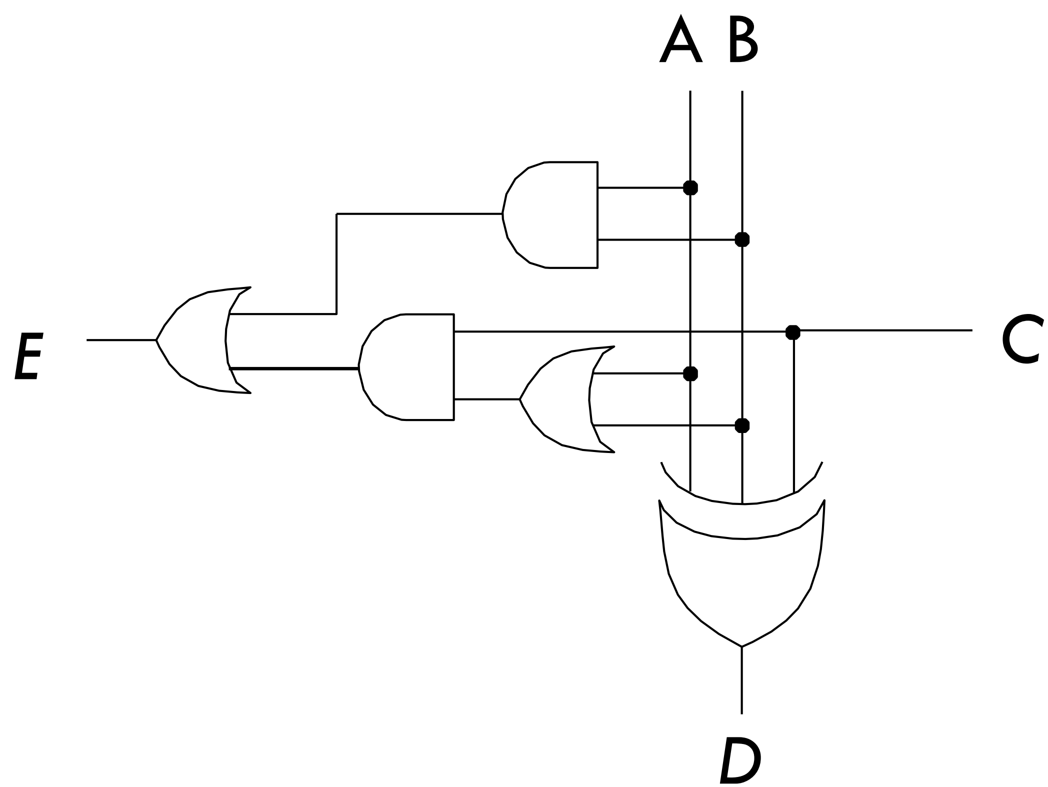
$$\mathbf{E} = \left((\boldsymbol{A} \oplus \boldsymbol{B} \oplus \boldsymbol{C}) \cdot \left(\overline{\boldsymbol{B} + \mathbf{D}} \right) \right) + \left(\overline{\overline{\boldsymbol{A}} \cdot \boldsymbol{B} \cdot \boldsymbol{C} \cdot \overline{\boldsymbol{D}}} \right)$$



EXEMPLO 3

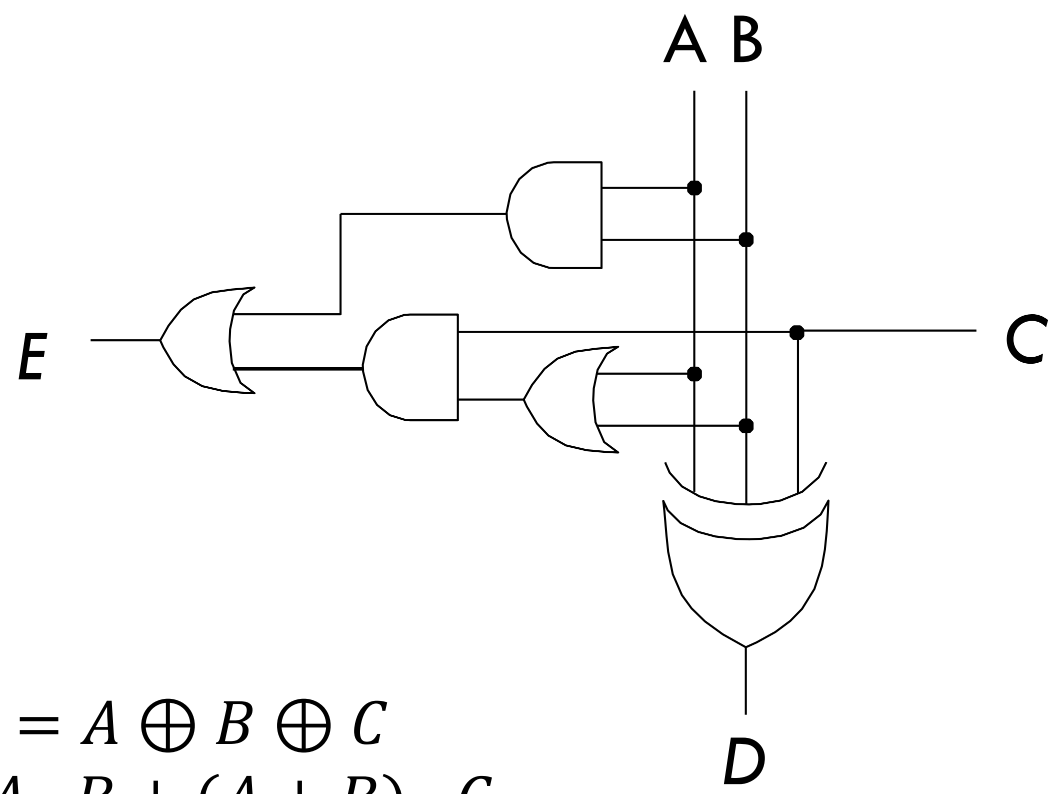
ANÁLISE DE CIRCUITOS DIGITAIS

Exemplo 3: Encontre uma expressão lógica para cada saída.



ANÁLISE DE CIRCUITOS DIGITAIS

Exemplo 3: Encontre uma expressão lógica para cada saída.



Resposta:

$$D = A \oplus B \oplus C$$
$$E = A \cdot B + (A + B) \cdot C$$

ANÁLISE DE CIRCUITOS DIGITAIS

Tenha sempre em mente:

Para obter a expressão lógica nas saídas de um circuito digital, vá "caminhando" das entradas em direção às saídas, escrevendo no saída de cada porta lógica a expressão equivalente.

EXERCÍCIO(S)

SÍNTESE DE CIRCUITOS DIGITAIS

Elabore um circuito com portas lógicas not, and e or cuja saída corresponda à função lógica C (V, F, U, N), onde

V	F	U	N	C
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	1
0	1	0	0	0
0	1	0	1	1
0	1	1	0	1
0	1	1	1	1

V	F	U	N	C
1	0	0	0	0
1	0	0	1	1
1	0	1	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	1
1	1	1	1	1

Primeiro passo: obtenha e simplifique a expressão lógica para as saídas.