EEL7020 – Sistemas Digitais
Aula 2: Álgebra Booleana

Prof. Djones Vinicius Lettnin

lettnin@eel.ufsc.br

http://lettnin.paginas.ufsc.br/

Disclaimer: slides adapted for EEL7020 by D. Lettnin from the original slides made available by the authors E. Batista, J. Güntzel and J. Fraga.

Revisão

- Analógico x Digital
- Bases
  - Binário, Decimal, Octal, Hexadecimal
- Convertendo para decimal:

$$100110_2 = 1\times2^5 + 0\times2^4 + 0\times2^3 + 1\times2^2 + 1\times2^1 + 0\times2^0 = \boxed{38}$$

- Convertendo de binário para octal: $\underbrace{1}_{1_8}\,\underbrace{011}_{3_8}\,\underbrace{001}_{1_8}\,\underbrace{100}_{4_8}\,\underbrace{111}_{7_8}{}_2$
- Convertendo de binário para hexa: $\underbrace{1111}_{F_{16}}\,\underbrace{0011}_{3_{16}}{}_2$

Revisão

- Dividir sucessivamente o número por **B** e agrupar os restos das divisões de trás para frente.
- Exemplo: 87_{10} para binário

base alvo

87 | 2
1 43 | 2
1 21 | 2
1 10 | 2
0 5 | 2
1 2 | 2
0 1 | 2
1 0

$87 = 1010111_2$

Plano de Aula

- Álgebra Booleana
- Circuitos Lógicos
- Propriedades e Teoremas da Álgebra Booleana e Minimização Algébrica
- Portas lógicas e portas universais

Álgebra Booleana e Circuitos Lógicos

Álgebra Booleana

- Proposta pelo matemático inglês **George Boole**, em 1854
- Assume um número finito de valores possíveis para as variáveis
- Definida por operações básicas sobre os valores possíveis e por teoremas
- Em 1934, **Claude Shannon** propôs o uso de um subconjunto da Álgebra Booleana para modelar o funcionamento de circuitos a relés

Álgebra Booleana e Circuitos Lógicos

Álgebra Booleana

- Associação da Álgebra Booleana com Eletrônica Digital:

Valor lógico	Nível lógico	Nível de tensão (tec. 2.0 µm)	Nível de tensão (tec. 0.5 µm)	Nível de tensão (tec. 0.13 µm)
F	0	0 V	0 V	0 V
V	1	5 V	3.3 V	1.5 V

Álgebra Booleana e Circuitos Lógicos

Universidade Federal de Santa Catarina

Operações Básicas da Álgebra Booleana

- **Complemento ("NOT")**
  - (Também denominada de "negação" ou "inversão")
- É uma operação unária (i.e., só pode ser aplicada sobre uma variável por vez)
- Tem como resultado, o valor oposto ao valor original da variável de entrada

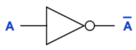
Símbolos:

{ $\overline{A}$, ~A, ¬A , A', NOT(A) }
(lê-se "A negado")

Tabela-verdade:

A	$\overline{A}$
0	**1**
1	**0**

Porta Lógica (representação gráfica):



 7

Álgebra Booleana e Circuitos Lógicos

Universidade Federal de Santa Catarina

Operações Básicas da Álgebra Booleana

- **Operação "E" ("AND")**
  - (Também denominada de "multiplicação lógica")
- Definição 1: a operação binária "E" resulta 1 se e somente se **todas** as variáveis de entrada valerem 1.
- Definição 2: a operação binária "E" resulta 0 se ao menos **uma** das variáveis de entrada valer 0.

Símbolos:

{ • , ∧ }

Tabela-verdade:

A	B	A • B
0	0	**0**
0	1	**0**
1	0	**0**
1	1	**1**

Porta Lógica (representação gráfica):

 8

Álgebra Booleana e Circuitos Lógicos

Universidade Federal de Santa Catarina

Operações Básicas da Álgebra Booleana

- **Operação "OU" ("OR")**
  - (Também denominada de "adição lógica")
- Definição 1: a operação binária "OU" resulta 1 se ao menos **uma** das variáveis de entrada valer 1.
- Definição 2: a operação binária "OU" resulta 0 se e somente se **todas** variáveis de entrada valerem 0.

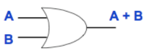
Símbolos:

{ + , ∨ }

Tabela-verdade:

A	B	A + B
0	0	**0**
0	1	**1**
1	0	**1**
1	1	**1**

Porta Lógica (representação gráfica):



 9

Álgebra Booleana e Circuitos Lógicos

Universidade Federal de Santa Catarina

Operações Básicas da Álgebra Booleana

- Comparando as Definições…

Operação "E"	Operação "OU"
Definição 1: a operação "E" resulta 1 se e somente se todas as variáveis de entrada valerem 1.	**Definição 1: a operação "OU" resulta 1 se ao menos uma das variáveis de entrada valer 1.**
Definição 2: a operação "E" resulta 0 se ao menos uma das variáveis de entrada valer 0.	**Definição 2: a operação "OU" resulta 0 se e somente se todas variáveis de entrada valerem 0.**

 10

Álgebra Booleana e Circuitos Lógicos

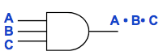
Universidade Federal de Santa Catarina

Operações Básicas da Álgebra Booleana

- Operação "E" ("AND") com 3 variáveis de entrada

Definição 1: a operação "E" resulta 1 se e somente se todas as variáveis de entrada valerem 1.

Porta Lógica



A	B	C	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	

 11

Álgebra Booleana e Circuitos Lógicos

Universidade Federal de Santa Catarina

Operações Básicas da Álgebra Booleana

- Operação "E" ("AND"): **Propriedade Comutativa**
  - As variáveis de entrada podem ser operadas em qualquer ordem

A	B	C	A • B • C
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	**1**

≡

A	B	C	B • A • C
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	**1**

≡

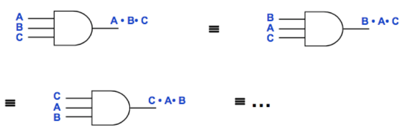
A	B	C	C • A • B
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	**1**

 12

Álgebra Booleana e Circuitos Lógicos

Operações Básicas da Álgebra Booleana

- Operação "E" ("AND"): **Propriedade Comutativa**
  - Em termos de portas lógicas, isto equivale a …



Conclusão: as entradas da porta "E" são funcionalmente equivalentes.

Álgebra Booleana e Circuitos Lógicos

Operações Básicas da Álgebra Booleana

- Operação "E" ("AND"): **Propriedade Associativa**
  - As variáveis de entrada podem ser operadas de duas em duas (ou de três em três, ou de quatro em quatro…)

A	B	C	A • B• C	(A • B)• C	A • (B• C)	(A •C)• B
0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0
1	0	1	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1

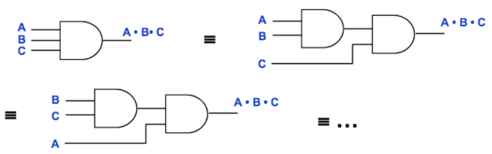
…

Os parêntesis indicam ordem de precedência

Álgebra Booleana e Circuitos Lógicos

Operações Básicas da Álgebra Booleana

- Operação "E" ("AND"): **Propriedade Comutativa**
  - Em termos de portas lógicas, isto equivale a …



Conclusão: é possível decompor-se uma operação "E" de mais de duas entradas em uma associação de operações "E" de duas entradas.

Álgebra Booleana e Circuitos Lógicos

Operações Básicas da Álgebra Booleana

- Operação "OU" ("OR") com 3 variáveis de entrada

Definição 1: a operação "OU" resulta 1 se ao menos uma das variáveis de entrada valer 1.

Porta Lógica

A	B	C	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	

Álgebra Booleana e Circuitos Lógicos

Operações Básicas da Álgebra Booleana

- Operação "OU" ("OR"): **Propriedade Comutativa**
  - As variáveis de entrada podem ser operadas em qualquer ordem

A	B	C	A+B+C
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

≡

A	B	C	B+A+C
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

≡

A	B	C	C+A+B
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

Álgebra Booleana e Circuitos Lógicos

Operações Básicas da Álgebra Booleana

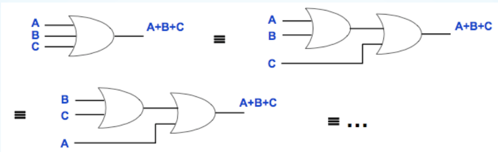
- Operação "OU" ("OR"): **Propriedade Comutativa**
  - Em termos de portas lógicas, isto equivale a …

Conclusão: as entradas da porta "OU" são funcionalmente equivalentes.

Álgebra Booleana e Circuitos Lógicos

Operações Básicas da Álgebra Booleana

- Operação “OU” (“OR”): **Propriedade Comutativa**
  - Em termos de portas lógicas, isto equivale a …



Conclusão: é possível decompor-se uma operação “OU” de mais de duas entradas em uma associação de operações “OU” de duas entradas.

Álgebra Booleana e Circuitos Lógicos

Avaliação de Expressões Booleanas

- Montando a tabela-verdade de uma equação
  - Identificar as variáveis de entrada
  - Para cada variável de entrada, destinar uma coluna mais à esquerda, na tabela-verdade
  - Criar colunas à direita, conforme a ordem de precedência das operações contidas na equação que se está avaliando montando a tabela-verdade de uma equação

Álgebra Booleana e Circuitos Lógicos

Avaliação de Expressões Booleanas

- Exemplo: monte a tabela-verdade para a equação
  - $F = X \bullet (Y + \overline{Z})$
  - Há três variáveis de entrada: X, Y e Z.
  - Então, a tabela-verdade para esta equação conterá três colunas à esquerda
  - De modo geral, a tabela-verdade para uma equação com n variáveis de entrada conterá 2^n linhas à esquerda

X	Y	Z

Álgebra Booleana e Circuitos Lógicos

Avaliação de Expressões Booleanas

- Nestas colunas deve-se enumerar todas as combinações das variáveis de entrada (normalmente, em ordem crescente do número binário que elas podem representar)

X	Y	Z
0	0	0
0	0	1
0	1	0
0	1	1
1	0	0
1	0	1
1	1	0
1	1	1

Álgebra Booleana e Circuitos Lógicos

Avaliação de Expressões Booleanas

- Do nível de parêntesis mais interno para o nível mais externo
  - 1. Complemento de variável individual
  - 2. Operação “E”
  - 3. Operação “OU”

OBS: complemento de expressão deve ser analisado assim que a expressão a ser complementada for avaliada. Ordem de Avaliação de Expressões Booleanas (Ordem Precedência dos Operadores)

Álgebra Booleana e Circuitos Lógicos

Avaliação de Expressões Booleanas

- $F = X \bullet (Y + \overline{Z})$

X	Y	Z
0	0	0
0	0	1
0	1	0
0	1	1
1	0	0
1	0	1
1	1	0
1	1	1

Álgebra Booleana e Circuitos Lógicos

Avaliação de Expressões Booleanas

- F = X • (Y + $\overline{Z}$)
  - Criar uma coluna para avaliar $\overline{Z}$

X	Y	Z	$\overline{Z}$
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	0

 25

Álgebra Booleana e Circuitos Lógicos

Avaliação de Expressões Booleanas

- F = X • (Y + $\overline{Z}$)
  - Criar uma coluna para avaliar (Y+$\overline{Z}$)

X	Y	Z	$\overline{Z}$	(Y + $\overline{Z}$)
0	0	0	1	1
0	0	1	0	0
0	1	0	1	1
0	1	1	0	1
1	0	0	1	1
1	0	1	0	0
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1

 26

Álgebra Booleana e Circuitos Lógicos

Avaliação de Expressões Booleanas

- F = X • (Y + $\overline{Z}$)
  - Criar uma coluna para avaliar X * (Y+$\overline{Z}$)

X	Y	Z	$\overline{Z}$	(Y + $\overline{Z}$)	X • (Y + $\overline{Z}$) = F
0	0	0	1	1	0
0	0	1	0	0	0
0	1	0	1	1	0
0	1	1	0	1	0
1	0	0	1	1	1
1	0	1	0	0	0
1	1	0	1	1	1
1	1	1	0	1	1

 27

Plano de Aula

- Álgebra Booleana
- **Circuitos Lógicos**
- Propriedades e Teoremos da Álgebra Booleana e Minimização Algébrica
- Portas lógicas e portas universais

28

Álgebra Booleana e Circuitos Lógicos

Circuitos Lógicos

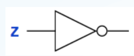
- Dada uma equação que representa uma função Booleana, é possível representá-la graficamente, por meio de uma associação apropriada de portas lógicas, recebendo o nome de circuito lógico.
- Com o desenho do circuito lógico, é possível implementar fisicamente uma função Booleana.
- O desenho de um circuito lógico deve obedecer à ordem de precedência das operações mostradas na equação lógica que se deseja implementar.

 29

Álgebra Booleana e Circuitos Lógicos

Circuitos Lógicos

- Exemplo: desenhe o circuito lógico para a equação
  - F = X • (Y + $\overline{Z}$)
  - 1. Desenhar a porta inversora que implementa $\overline{Z}$.

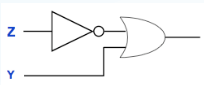


 30

Álgebra Booleana e Circuitos Lógicos

Circuitos Lógicos

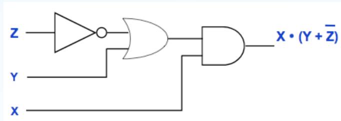
- Exemplo: desenhe o circuito lógico para a equação
  - $F = X \bullet (Y + \overline{Z})$
  - 2. Desenhar a porta “OU” que implementa $(Y + \overline{Z})$.



Álgebra Booleana e Circuitos Lógicos

Circuitos Lógicos

- Exemplo: desenhe o circuito lógico para a equação
  - $F = X \bullet (Y + \overline{Z})$
  - 3. Desenhar a porta “E” que implementa $X \bullet (Y + \overline{Z})$.



Álgebra Booleana e Circuitos Lógicos

Exercícios

- Exercício 1: avalie a expressão que segue e desenhe seu circuito lógico.

$$S = \overline{A} \bullet C + (B \bullet C + A \bullet \overline{B})$$

Plano de Aula

- Álgebra Booleana
- Circuitos Lógicos
- **Propriedades e Teoremas da Álgebra Booleana e Minimização Algébrica**
- Portas lógicas e portas universais

Propriedades e Teoremas da Álgebra Booleana

- Propriedades da Adição Lógica

A	B	A+B
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

(1) $A+0= A$
(2) $A+1= 1$
(3) $A+A= A$
(4) $A+\overline{A}= 1$

Propriedades e Teoremas da Álgebra Booleana

- Propriedades da Multiplição Lógica

A	B	A·B
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

(5) $A \cdot 0 = 0$
(6) $A \cdot 1 = A$
(7) $A \cdot A = A$
(8) $A \cdot \overline{A} = 0$

Propriedades e Teoremas da Álgebra Booleana

Universidade Federal de Santa Catarina

- Propriedade da Complementação

$$(9)\ \overline{\overline{A}} = A$$

- Propriedade da Comutatividade

$$(10)\ A + B = B + A$$
$$(11)\ A \cdot B = B \cdot A$$

 37

Propriedades e Teoremas da Álgebra Booleana

Universidade Federal de Santa Catarina

- Propriedade da Associatividade

$$(12)\ A + (B + C) = (A + B) + C = (A + C) + B$$
$$(13)\ A \cdot (B \cdot C) = (A \cdot B) \cdot C = (A \cdot C) \cdot B$$

- Propriedade Distributiva (da multiplicação em relação à adição)

$$(14)\ A \cdot (B + C) \xrightarrow{\text{expansão}} A \cdot B + A \cdot C$$
$$A \cdot B + A \cdot C \xrightarrow{\text{fatoração}} A \cdot (B + C)$$

 38

Propriedades e Teoremas da Álgebra Booleana

Universidade Federal de Santa Catarina

- Teoremas de De Morgan
  - Forma Geral

$$(1)\quad \overline{A \cdot B \cdot C \cdot \ldots} = \overline{A} + \overline{B} + \overline{C} + \ldots$$
$$(2)\quad \overline{A + B + C + \ldots} = \overline{A} \cdot \overline{B} \cdot \overline{C} \cdot \ldots$$

  - Em particular, para duas variáveis:

$$(1)\quad \overline{A \cdot B} = \overline{A} + \overline{B}$$
$$(2)\quad \overline{A + B} = \overline{A} \cdot \overline{B}$$

 39

Propriedades e Teoremas da Álgebra Booleana

Universidade Federal de Santa Catarina

- Simplificação Algébrica
  - Redução do número de literais ou de operações na equação Booleana, através da aplicação das propriedades da Álgebra Booleana

$$F = \overline{A}B\overline{C} + \overline{A}BC + A\overline{B}C + AB\overline{C}$$

Pela prop. (14), $A \cdot (B + C) = A \cdot B + A \cdot C$

$$F = \overline{A}B(\overline{C} + C) + A\overline{B}C + AB\overline{C}$$

Pela prop. (4), $\overline{C} + C = 1$

$$F = \overline{A}B \cdot 1 + A\overline{B}C + AB\overline{C}$$

Pela prop. (6), $\overline{A}B \cdot 1 = \overline{A}B$

$$F = \overline{A}B + A\overline{B}C + AB\overline{C}$$

Soma de Produtos simplificada

 40

Propriedades e Teoremas da Álgebra Booleana

Universidade Federal de Santa Catarina

- Simplificação Algébrica

Entretanto, o termo $\overline{A}B\overline{C}$ poderia ter sido simplificado com o termo $AB\overline{C}$

$$F = \overline{A}B\overline{C} + \overline{A}BC + A\overline{B}C + AB\overline{C}$$

Como fazer isso?

Utilizando a propriedade (3), que permite a seguinte manipulação:

$$\overline{A}B\overline{C} = \overline{A}B\overline{C} + \overline{A}B\overline{C}$$

 41

Propriedades e Teoremas da Álgebra Booleana

Universidade Federal de Santa Catarina

- Simplificação Algébrica

$$F = \overline{A}B\overline{C} + \overline{A}BC + A\overline{B}C + AB\overline{C} + \overline{A}B\overline{C}$$

Pela prop. (3), $\overline{A}B\overline{C} = \overline{A}B\overline{C} + \overline{A}B\overline{C}$

Pela prop. (14)

$$F = \overline{A}B(\overline{C} + C) + A\overline{B}C + (A + \overline{A})B\overline{C}$$

Pela prop. (4)

$$F = \overline{A}B \cdot 1 + A\overline{B}C + 1 \cdot B\overline{C}$$

Pela prop. (6)

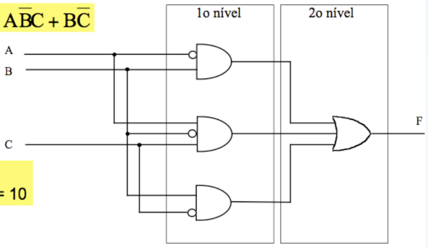
$$F = \overline{A}B + A\overline{B}C + B\overline{C}$$

 42

Propriedades e Teoremas da Álgebra Booleana

- Circuito Lógico

$F = \overline{A}B + A\overline{B}C + B\overline{C}$



custo:
2x2 + 2x3 = 10

Circuito com (lógica de) 2 níveis

43

Propriedades e Teoremas da Álgebra Booleana

- Simplificação Algébrica

As vezes, a **fatoração** pode reduzir o número de operações, resultando num circuito mais simples

$F = \overline{A}B + A\overline{B}C + B\overline{C}$

Pela prop. (14), $A \cdot (B + C) = A \cdot B + A \cdot C$

$F = B(\overline{A} + \overline{C}) + A\overline{B}C$

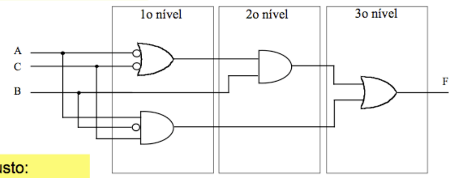
Forma Fatorada (Não-padrão)

44

Propriedades e Teoremas da Álgebra Booleana

- Circuito Lógico

$F = B(\overline{A} + \overline{C}) + A\overline{B}C$



custo:
3x2 + 1x3 = 9

Forma fatorada → **Circuito (lógica) multinível**

45

- **Exercícios – Simplificar as seguintes expressões:**

(i) $y = A\overline{B}D + A\overline{B}\overline{D}$

(v) $y = \overline{A}\overline{B}C\overline{D} + \overline{A}\overline{B}\overline{C}\overline{D}$

(ii) $y = (\overline{A} + B)(A + B)$

(vi) $y = \overline{(\overline{A} + C)(B + \overline{D})}$

46

Plano de Aula

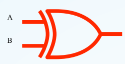
- Álgebra Booleana
- Circuitos Lógicos
- Propriedades e Teoremas da Álgebra Booleana e Minimização Algébrica
- **Portas lógicas e portas universais**

47

Álgebra Booleana

Outras Portas

- *XOR* (OU-EXCLUSIVO):



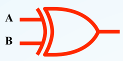
$S = A \oplus B$
$= \overline{A}B + A\overline{B}$

A	B	S
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

48

Álgebra Booleana
Outras Portas

- *XOR* (OU-EXCLUSIVO):



$S = A \oplus B$
$= \bar{A}B + A\bar{B}$

A	B	S
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

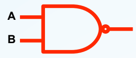
- *XNOR* (NÃO-OU-EXCLUSIVO):

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

A	B	S
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Álgebra Booleana
Outras Portas

- *NAND* (NÃO-E):

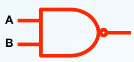


$S = \overline{A \cdot B}$

A	B	S
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Álgebra Booleana
Outras Portas

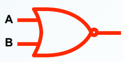
- *NAND* (NÃO-E):



$S = \overline{A \cdot B}$

A	B	S
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

- *NOR* (NÃO-OU):



$S = \overline{A + B}$

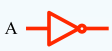
A	B	S
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Álgebra Booleana
Universalidade das Portas NAND e NOR

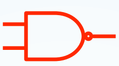
- Somente com portas NAND ou somente com portas NOR, é possível implementar qualquer função lógica.

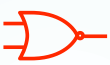
Álgebra Booleana
Universalidade das Portas NAND e NOR

- Somente com portas NAND ou somente com portas NOR, é possível implementar qualquer função lógica.
- **Inversor**:



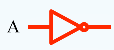
$S = \bar{A}$



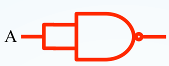


Álgebra Booleana
Universalidade das Portas NAND e NOR

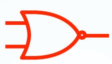
- Somente com portas NAND ou somente com portas NOR, é possível implementar qualquer função lógica.
- **Inversor**:



$S = \bar{A}$



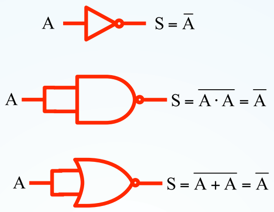
$S = \overline{A \cdot A} = \bar{A}$



Álgebra Booleana
Universalidade das Portas NAND e NOR

Universidade Federal de Santa Catarina

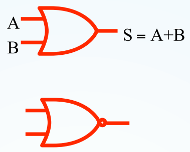
- Somente com portas NAND ou somente com portas NOR, é possível implementar qualquer função lógica.
- **Inversor**:



Álgebra Booleana
Universalidade das Portas NAND e NOR

Universidade Federal de Santa Catarina

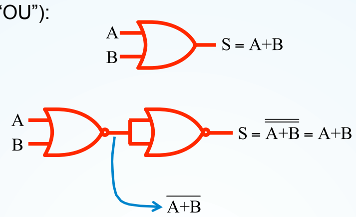
- Somente com portas NAND ou somente com portas NOR, é possível implementar qualquer função lógica.
- **OR** ("OU"):



Álgebra Booleana
Universalidade das Portas NAND e NOR

Universidade Federal de Santa Catarina

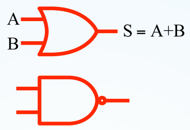
- Somente com portas NAND ou somente com portas NOR, é possível implementar qualquer função lógica.
- **OR** ("OU"):



Álgebra Booleana
Universalidade das Portas NAND e NOR

Universidade Federal de Santa Catarina

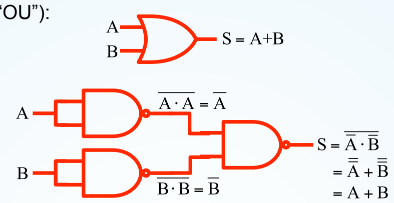
- Somente com portas NAND ou somente com portas NOR, é possível implementar qualquer função lógica.
- **OR** ("OU"):



Álgebra Booleana
Universalidade das Portas NAND e NOR

Universidade Federal de Santa Catarina

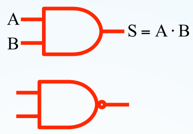
- Somente com portas NAND ou somente com portas NOR, é possível implementar qualquer função lógica.
- **OR** ("OU"):



Álgebra Booleana
Universalidade das Portas NAND e NOR

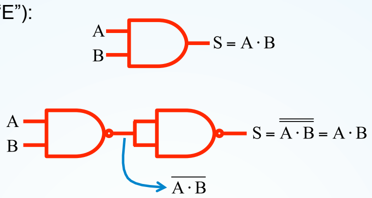
Universidade Federal de Santa Catarina

- Somente com portas NAND ou somente com portas NOR, é possível implementar qualquer função lógica.
- **AND** ("E"):



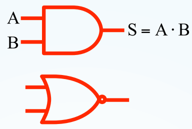
Álgebra Booleana
Universalidade das Portas NAND e NOR

- Somente com portas NAND ou somente com portas NOR, é possível implementar qualquer função lógica.
- **AND** (“E”):



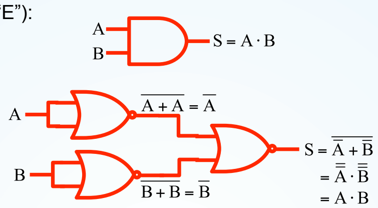
Álgebra Booleana
Universalidade das Portas NAND e NOR

- Somente com portas NAND ou somente com portas NOR, é possível implementar qualquer função lógica.
- **AND** (“E”):



Álgebra Booleana
Universalidade das Portas NAND e NOR

- Somente com portas NAND ou somente com portas NOR, é possível implementar qualquer função lógica.
- **AND** (“E”):



Álgebra Booleana
Universalidade das Portas NAND e NOR

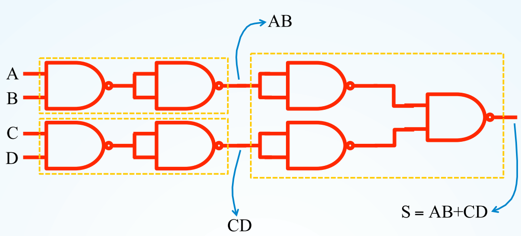
S = AB+CD

- Exemplo: Implementar usando somente NAND

Álgebra Booleana
Universalidade das Portas NAND e NOR

S = AB+CD

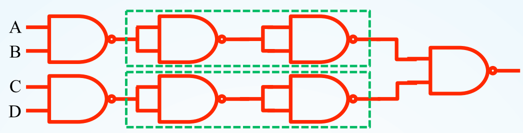
- Exemplo: Implementar usando somente NAND



Álgebra Booleana
Universalidade das Portas NAND e NOR

S = AB+CD

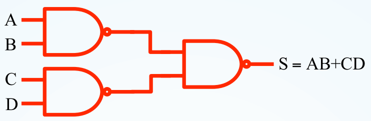
- Exemplo: Implementar usando somente NAND



Álgebra Booleana
Universalidade das Portas NAND e NOR

S = AB+CD

- Exemplo: Implementar usando somente NAND



Circuitos Lógicos

Exemplo: desenhe o circuito lógico para a equação usando somente NAND

$S = A \oplus B$
$= \bar{A}B + A\bar{B}$

EEL7020 – Sistemas Digitais
Aula 2: Álgebra Booleana

Prof. Djones Vinicius Lettnin
lettnin@eel.ufsc.br
http://lettnin.paginas.ufsc.br/

Disclaimer: slides adapted for EEL7020 by D. Lettnin from the original slides made available by the author E. Batista and J. Güntzel.