

Eletrônica Digital

Operações Aritméticas

Prof. Rômulo Calado Pantaleão Camara

Carga Horária: 2h/60h

Operações Aritméticas no Sistema Binário

Adição no Sistema Binário:

- ✓ É desenvolvida de forma idêntica ao sistema decimal;
- ✓ Apenas quatro casos podem ocorrer:

$$0+0=0$$

$$0+1=1$$

$$1+1=10=0 + \text{vai } 1 \text{ para a próxima posição}$$

$$1+1+1=11=1+\text{vai } 1 \text{ para próxima posição}$$

Operações Aritméticas no Sistema Binário

Adição no Sistema Binário:

✓ Exemplos:

$$\begin{array}{r} 1 \\ 11 \\ +10 \\ \hline 101 \end{array} \quad \text{Transporte}$$
$$\begin{array}{r} 11 \\ 110 \\ +111 \\ \hline 1101 \end{array} \quad \text{Transporte}$$

✓ A adição é realizada coluna a coluna, considerando o transporte proveniente da coluna anterior.

Operações Aritméticas no Sistema Binário

Subtração no Sistema Binário:

- ✓ É análogo a subtração no sistema decimal;

$$\begin{array}{r} 0 \\ -0 \\ \hline 0 \end{array} \quad \begin{array}{r} 0 \\ -1 \\ \hline 1 \end{array} \quad \begin{array}{r} 1 \\ -0 \\ \hline 1 \end{array} \quad \begin{array}{r} 1 \\ -1 \\ \hline 0 \end{array}$$

- ✓ Para o caso 0 -1 o resultado será igual a 1, porém haverá um transporte para a coluna seguinte;
- ✓ Esse transporte deve ser acumulado no subtraendo e subtraído do minuendo;

Operações Aritméticas no Sistema Binário

Subtração no Sistema Binário:

✓ Exemplos:

$$\begin{array}{r} 111 \\ - 100 \\ \hline 011 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1011 \\ - 101 \\ \hline 0110 \end{array}$$

Transporte

✓ Façam:

- A) 101010 - 000011	$\begin{array}{r} 101010 \\ - 000011 \\ \hline \end{array}$	$\begin{array}{r} 100000 \\ - 000111 \\ \hline \end{array}$
- B) 000111 - 100000	$\begin{array}{r} 101010 \\ - 000011 \\ \hline 100111 \end{array}$	$\begin{array}{r} 100000 \\ - 000111 \\ \hline 011001 \end{array}$

Operações Aritméticas no Sistema Binário

Multiplicação no Sistema Binário:

✓ Semelhante ao sistema decimal:

$$0 \times 0 = 0$$

$$0 \times 1 = 0$$

$$1 \times 0 = 0$$

$$1 \times 1 = 1$$

Operações Aritméticas no Sistema Binário

Multiplicação no Sistema Binário:

✓ Exemplo: Multiplique 11010_2 por 101_2 .

$$\begin{array}{r} 11010 \\ \times 101 \\ \hline 11010 \\ 00000+ \\ 11010++ \\ \hline 10000010 \end{array}$$

Operações Aritméticas no Sistema Binário

Divisão no Sistema Binário:

- ✓ Semelhante ao sistema decimal;
- ✓ Exemplo: $55 / 5 = 11$

$$\begin{array}{r} 110111 \overline{) 101} = 1011 \rightarrow 55/5 = 11 \\ \underline{101} \\ 00111 \\ \underline{101} \\ 0101 \\ \underline{101} \\ 0000 \end{array}$$

- ✓ Verifique multiplicando o divisor pelo quociente!

Operações Aritméticas no Sistema Binário

Adição no Sistema de Complemento 2:

✓ Dois números positivos: +9 com +4

$$\begin{array}{r} +9 \rightarrow [0] 1\ 0\ 0\ 1 \\ +4 \rightarrow [0] 0\ 1\ 0\ 0 \\ \hline [0] 1\ 1\ 0\ 1 \end{array} \quad (\text{Soma} = 01101 = +13)$$

↓
bits de sinal

Operações Aritméticas no Sistema Binário

Adição no Sistema de Complemento 2:

✓ Um positivo e um negativo menor

$$\begin{array}{r} +9 \rightarrow \overline{0}1001 \\ -4 \rightarrow 11100 \\ \hline \cancel{1}00101 \end{array} \quad (\text{Soma} = 00101 = +5)$$

bits de sinal

esse vai um é desconsiderado

Operações Aritméticas no Sistema Binário

Adição no Sistema de Complemento 2:

✓ Um positivo e um negativo maior

$$\begin{array}{r} -9 \rightarrow \boxed{1} \boxed{0} \boxed{1} \boxed{1} \boxed{1} \\ +4 \rightarrow \boxed{0} \boxed{0} \boxed{1} \boxed{0} \boxed{0} \\ \hline \boxed{1} \boxed{1} \boxed{0} \boxed{1} \boxed{1} \end{array} \quad (\text{Soma} = 11011 = -5)$$

↓
bits de sinal

Operações Aritméticas no Sistema Binário

Adição no Sistema de Complemento 2:

✓ Dois negativos

$$\begin{array}{r} -9 \rightarrow \boxed{1} \boxed{0} \boxed{1} \boxed{1} \boxed{1} \\ -4 \rightarrow \boxed{1} \boxed{1} \boxed{1} \boxed{0} \boxed{0} \\ \hline \cancel{1} \boxed{1} \boxed{0} \boxed{0} \boxed{1} \boxed{1} \end{array} \quad (\text{Soma} = 10011 = -13)$$

bits de sinal
esse vai um é desconsiderado

Operações Aritméticas no Sistema Binário

Adição no Sistema de Complemento 2:

✓ Dois números iguais com sinais opostos

$$\begin{array}{r} -9 \rightarrow \boxed{1} \boxed{0} \boxed{1} \boxed{1} \boxed{1} \\ +9 \rightarrow \boxed{0} \boxed{1} \boxed{0} \boxed{0} \boxed{1} \\ \hline \boxed{1} \boxed{0} \boxed{0} \boxed{0} \boxed{0} \quad (\text{Soma} = 0000) \end{array}$$

esse vai um é desconsiderado

Operações Aritméticas no Sistema Binário

Subtração no Sistema de Complemento 2:

✓ Envolve a adição:

1. Desenvolva a operação de negação do subtraendo através do complemento de 1;
2. Adicione esse número obtido ao minuendo;
3. Some mais 1;

Operações Aritméticas no Sistema Binário

Subtração no Sistema de Complemento 2:

✓ Primeiro + (complemento de 1 + 1 do segundo)

✓ $10_{10} - 5_{10} = 0101$

$5_{10} - 10_{10} = -5$

✓ $1010 - 0101 = 1010 + 1011 = 0101 - 1010 =$

10101

$0101 + 0110 =$

1011

Obs: No segundo exemplo observem que o resultado é -5 descrito em complemento de 2.

Operações Aritméticas no Sistema Binário

Subtração no Sistema de Complemento 2:

✓ Primeiro + (complemento de 1 + 1 do segundo)

✓ $101000 - 101000 = 000000$ $-5_{10} - 10_{10} = -15$

✓ $101000 + 011000 =$ $1011 - 1010 =$

1000000

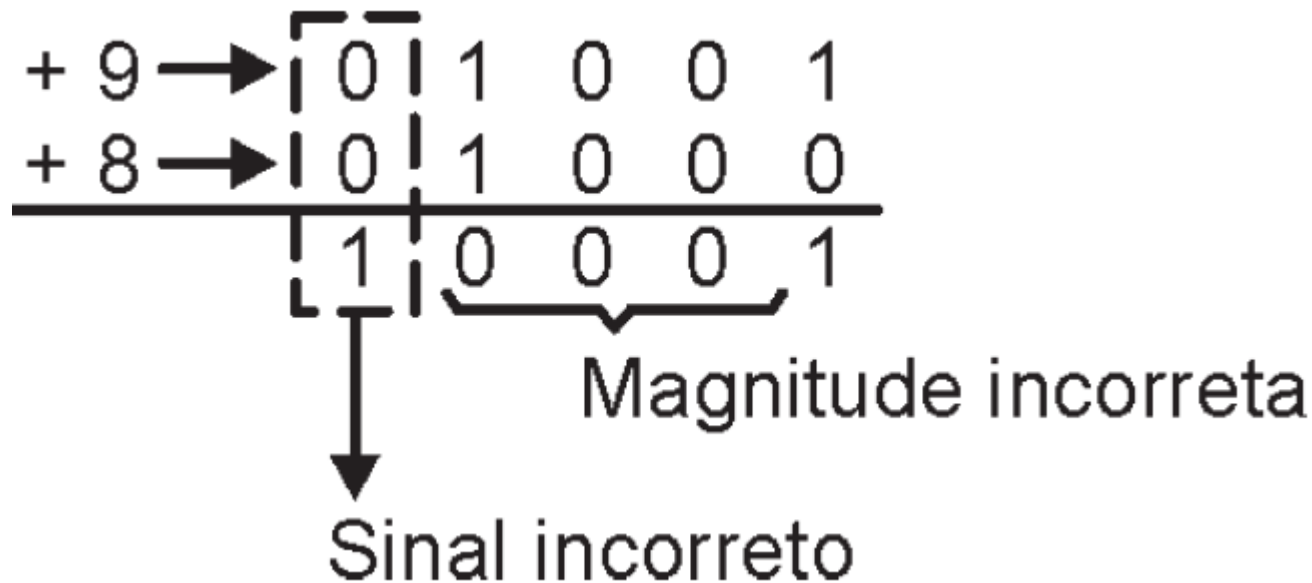
$1011 + 0110 =$

10001

Obs: No segundo exemplo observem que o resultado é -15 descrito em complemento de 2.

Operações Aritméticas no Sistema Binário

Overflow Aritmético



Operações Aritméticas no Sistema Binário

Multiplicação no sistema Complemento de 2

- ✓ Quando 2 números são positivos eles podem ser multiplicados de forma direta e o resultado será um número positivo;
- ✓ Quando 2 números são negativos eles deverão estar na forma de complemento de 2.
- ✓ Aplica-se o complemento de 2 para torná-los positivos e efetuar a multiplicação. O resultado é um número positivo e o bit de sinal é 0.

Operações Aritméticas no Sistema Binário

Multiplicação no sistema Complemento de 2

- ✓ Quando um número é negativo e o outro é positivo, o número negativo é convertido para a forma positiva;
- ✓ Faz a multiplicação e aplica-se complemento de 2 ao resultado para torná-lo negativo;

Operações Aritméticas no Sistema Binário

Multiplicação no sistema Complemento de 2

- ✓ Quando um número é negativo e o outro é positivo, o número negativo é convertido para a forma positiva;
- ✓ Faz a multiplicação e aplica-se complemento de 2 ao resultado para torná-lo negativo;

Circuitos

Meio Somador

- ✓ Possibilita efetuar a soma de números binários com somente 1 algarismo;

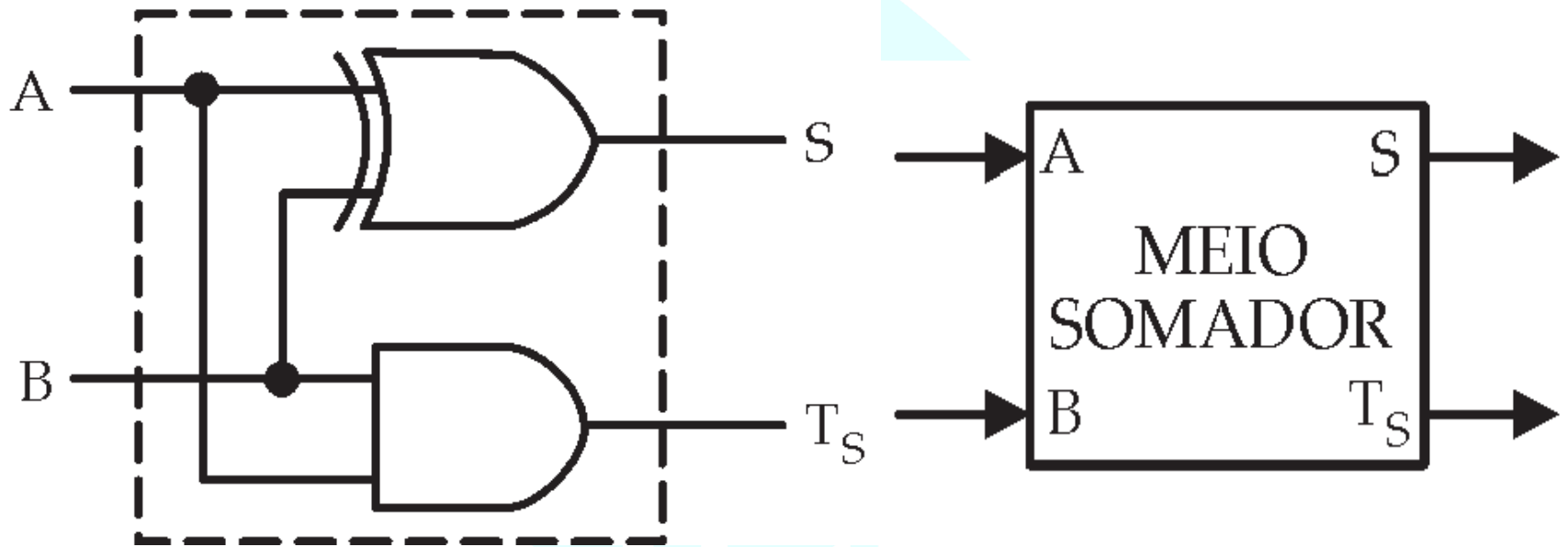
A	B	S	T_S
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

- ✓ Montem a expressão lógica para S e T_S , onde S é a soma e T_S é o transporte;

Circuitos

Meio Somador

$$S = A \oplus B \quad \text{e} \quad T_S = AB$$



✓ Conhecido como *Half adder* e T_S como *Carry out*

Circuitos

Somador Completo

- ✓ Utilizado para fazer a soma de dois números binários com mais de um algarismo;
- ✓ Isso acontece devido à introdução do transporte na entrada C_{in}
- ✓ Expressão e circuito?

A	B	T_E	S	T_S
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1

Circuitos

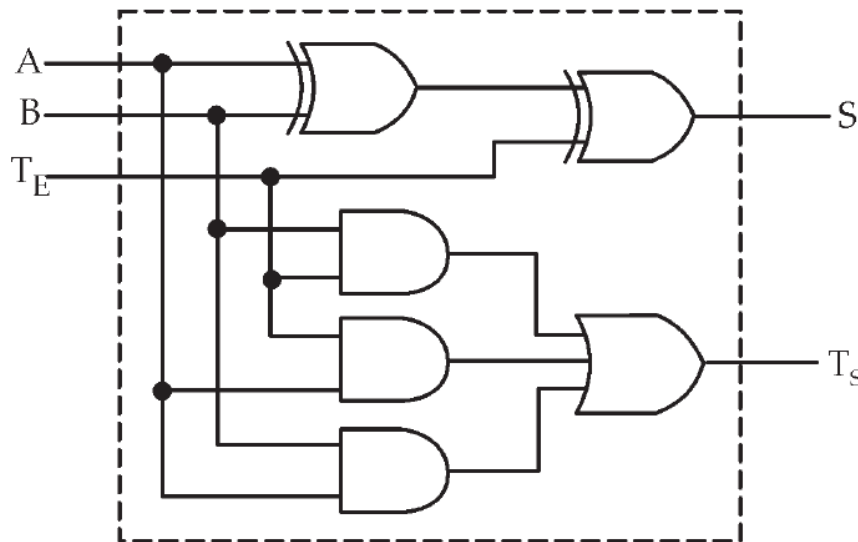
Somador Completo

$$S = \bar{A}\bar{B}T_E + \bar{A}B\bar{T}_E + A\bar{B}\bar{T}_E + ABT_E$$

$$S = A \oplus B \oplus T_E$$

$$T_S = \bar{A}BT_E + A\bar{B}T_E + AB\bar{T}_E + ABT_E$$

$$T_S = AT_E + BT_E + AB$$



Circuito para o Somador Completo



Diagrama em bloco

Circuitos

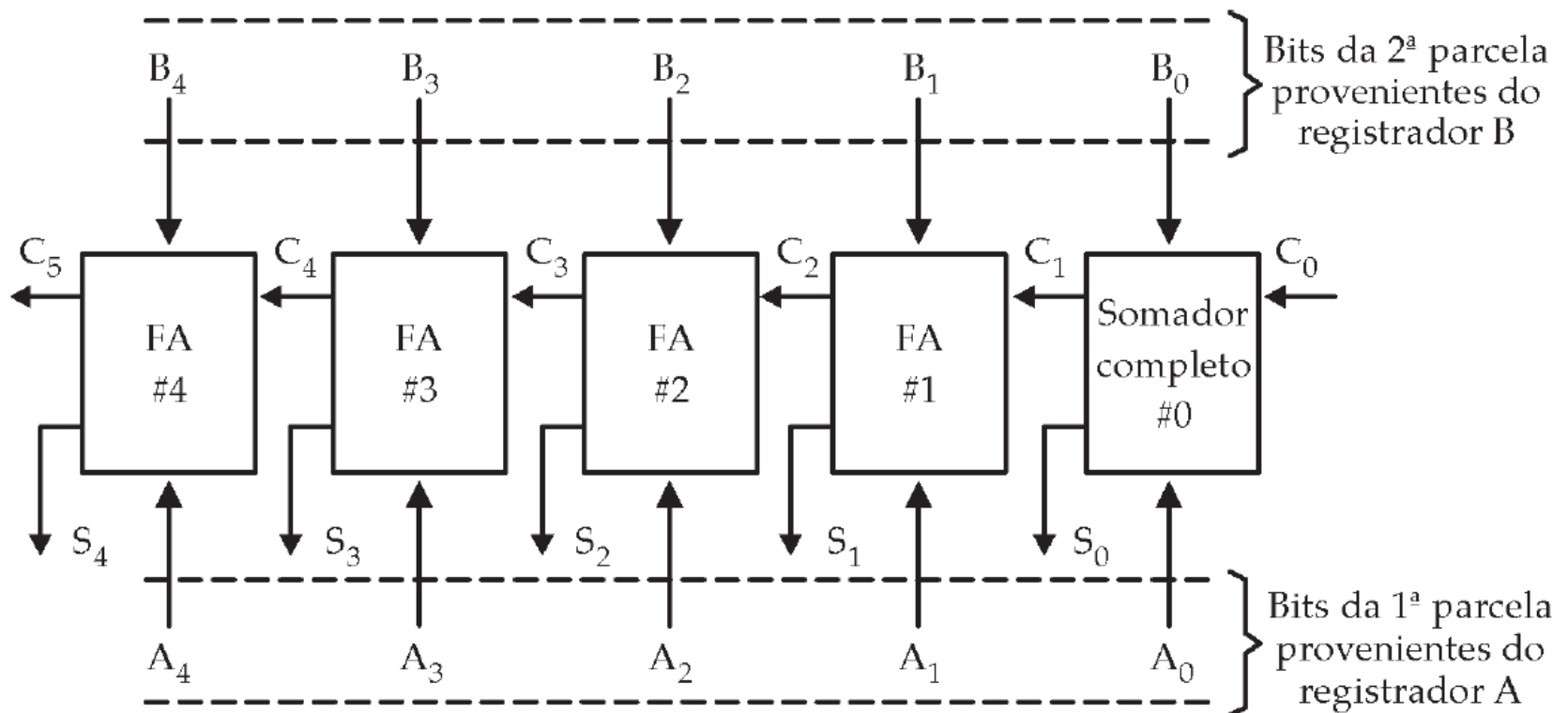
Somador Completo

- ✓ Conhecido como *Full adder* e T_E é denominado de carry in.
- ✓ Exemplo: Somador de dois números com 5 bits.

Circuitos

Somador Completo

Seja: $A = A_4A_3A_2A_1A_0$ e $B = B_4B_3B_2B_1B_0$



A soma aparece nas saídas S_4, S_3, S_2, S_1, S_0 .

Circuitos

Meio Subtrator

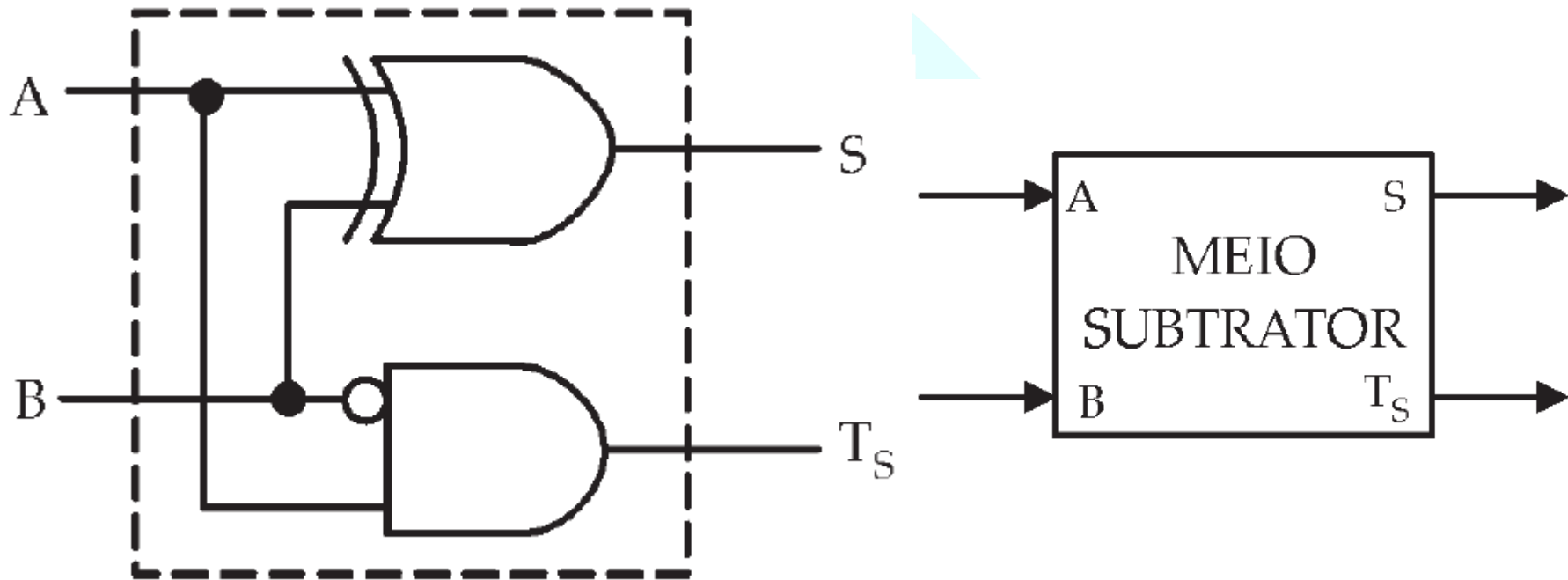
- ✓ Faz a subtração de dois números com somente 1 bit.

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

Circuitos

Meio Subtrator

$$S = A \oplus B \text{ e } T_S = \bar{A}B$$



Circuitos

Subtrator Completo

A	B	T_E	S	T_S
0	0	0	0	0
0	0	1	1	1
0	1	0	1	1
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	1	0	0	0
1	1	1	1	1

Circuitos

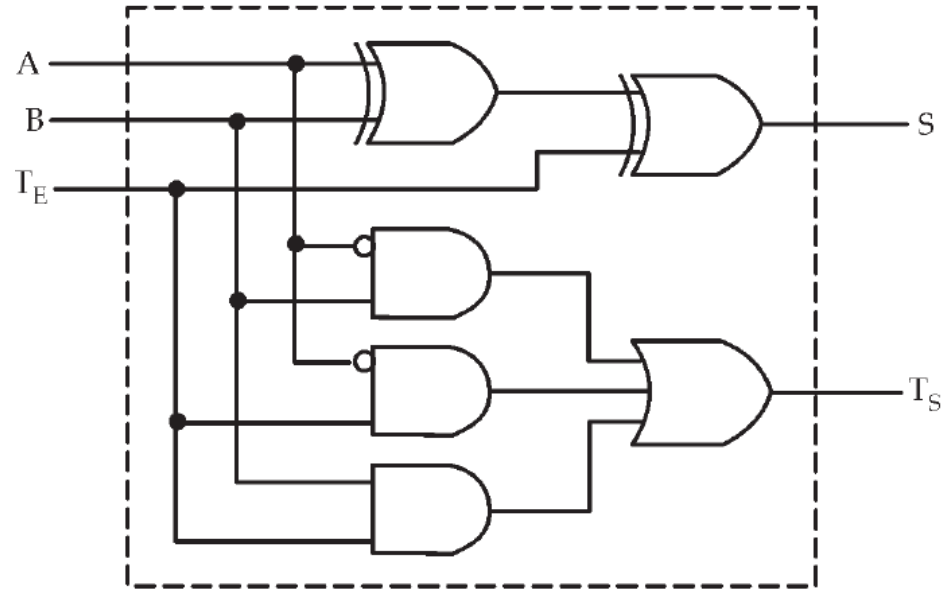
Subtrator Completo

	$\overline{T_E}$	T_E
$\overline{A}\overline{B}$	0	1
$\overline{A}B$	1	0
AB	0	1
$A\overline{B}$	1	0

$$S = A \oplus B \oplus T_E$$

	$\overline{T_E}$	T_E
$\overline{A}\overline{B}$	0	1
$\overline{A}B$	1	1
AB	0	1
$A\overline{B}$	0	0

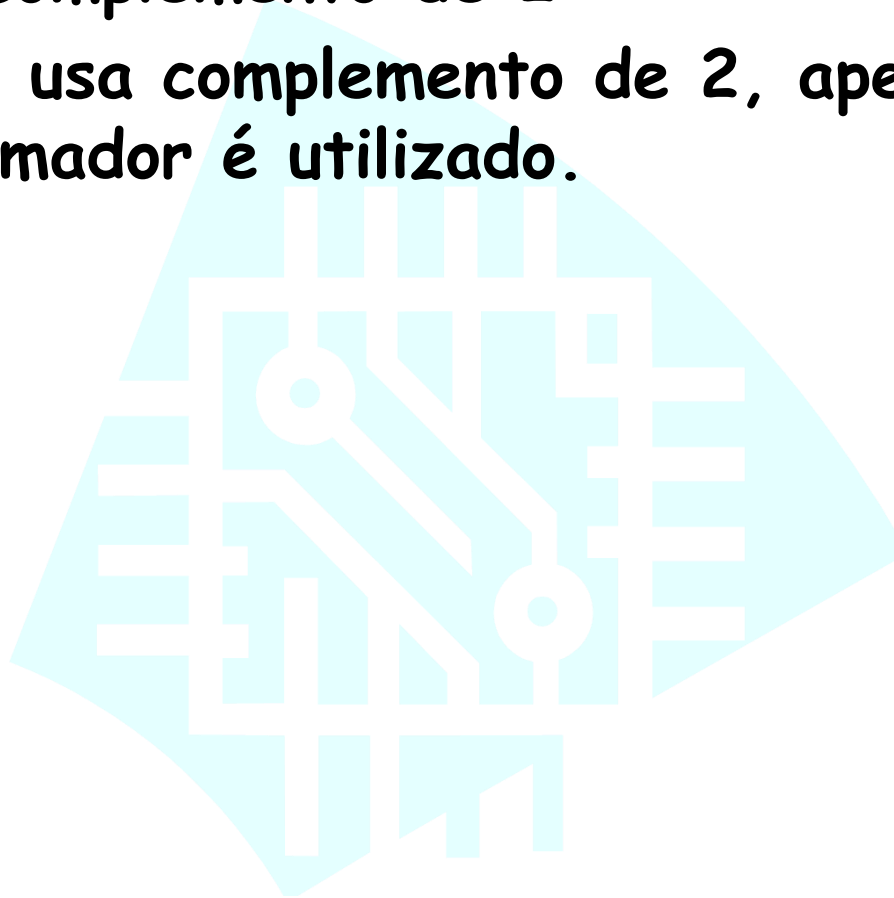
$$T_S = \overline{A}T_E + \overline{A}B + BT_E$$



Circuitos

Sistema de complemento de 2

- ✓ Quando se usa complemento de 2, apenas um circuito somador é utilizado.



Circuitos

Sistema de complemento de 2

✓ Exemplo:

