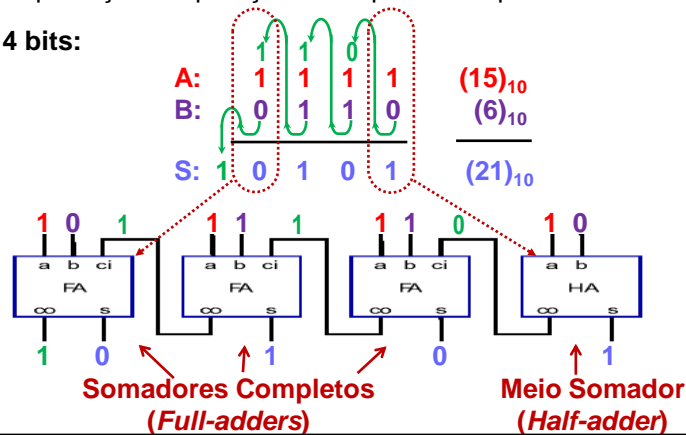


## Circuitos Aritméticos

Uma função essencial da maioria dos computadores é a realização de operações aritméticas, em especial a soma binária (a partir da qual pode-se executar todas as outras operações aritméticas com o ajuste dos operandos).

Uma forma eficiente de implementar a soma de múltiplos bits é associar circuitos simples que façam a operação soma para cada par de bits.

**Somador de 4 bits:**

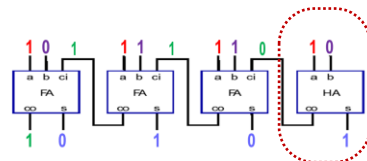


1

## Circuitos Somadores

### Meio-Somador Binário

Um meio-somador é um componente de um bloco operacional que adiciona dois bits (A e B) e gera uma soma (S) e um bit de transporte de "vai um" (Co - Carry Out).



#### Adição de dois números binários (sem vem um)

$A + B = S \Rightarrow$  resulta em apenas quatro casos:

$$0 + 0 = 0$$

$$1 + 0 = 1$$

$$0 + 1 = 1$$

$$1 + 1 = 10 \quad (0 + \text{carry de } 1 \text{ para a próxima posição})$$

2

## Circuitos Somadores

### Meio-Somador Binário – Projeto Lógico

#### Processo de Projeto:

1. Capture a função lógica desejada descrevendo sua tabela verdade:

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

2. Converta a função para equações binárias, utilizando Mapas de Karnaugh para a simplificação:

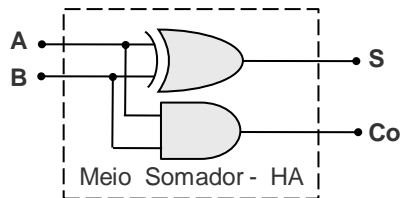
A/B	0	1
0	0	1
1	1	0

$$S = A \oplus B$$

A/B	0	1
0	0	0
1	0	1

$$Co = AB$$

3. Descreva o circuito a partir das equações:

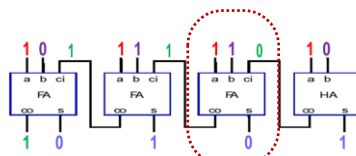


3

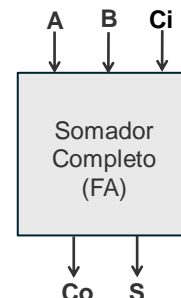
## Circuitos Somadores

### Somador Completo

Um somador completo considera a entrada de “vem um” (**Ci – Carry In**) além dos bits de entrada (**A** e **B**) e gera uma soma (**S**) e um bit de transporte de “vai um” (**Co**).



Entradas de bits da primeira parcela	Entradas de bits da segunda parcela	Entradas de bits do carry	Saída de bits da soma	Saída de bits do carry
A	B	Ci	S	Co
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



4

## Circuitos Somadores

### Projeto do Somador Completo

Projeto da lógica da saída soma (**S**) e “vai-um” (**Co**) de um Somador Completo:

Entradas de bits da primeira parcela	Entradas de bits da segunda parcela	Entradas de bits do carry	Saída de bits da soma	Saída de bits do carry
A	B	Ci	S	Co
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

$\bar{A}\bar{B}$	$\bar{C}_i$	$C_i$
0	0	1
1	0	0
0	1	1
1	1	0

Mapa K para S

$\bar{A}\bar{B}$	$\bar{C}_i$	$C_i$
0	0	0
0	1	1
1	1	1
0	1	0

Mapa K para Co

$$S = \bar{A}\bar{B}C_i + \bar{A}B\bar{C}_i + A\bar{B}C_i + AB\bar{C}_i$$

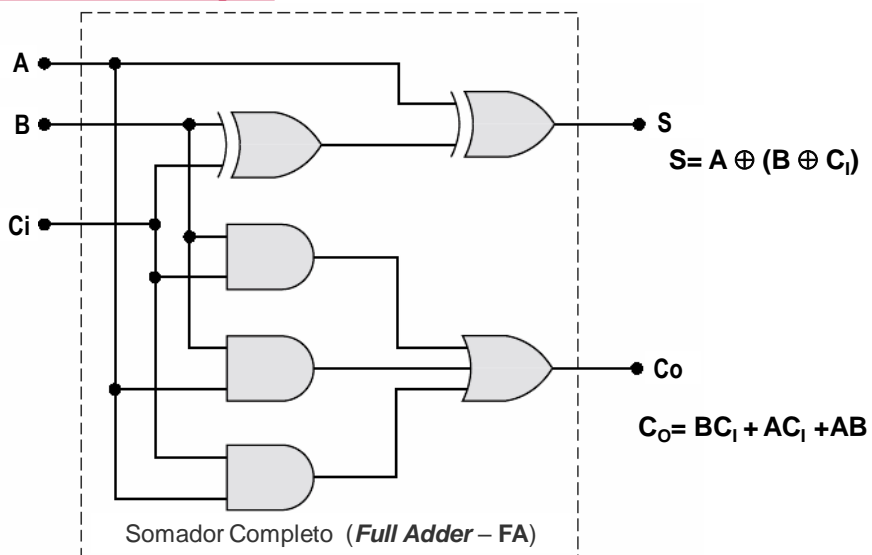
$$S = A \oplus (B \oplus C_i)$$
  

$$C_o = BC_i + AC_i + AB$$

5

## Circuitos Somadores

### Projeto do Somador Completo



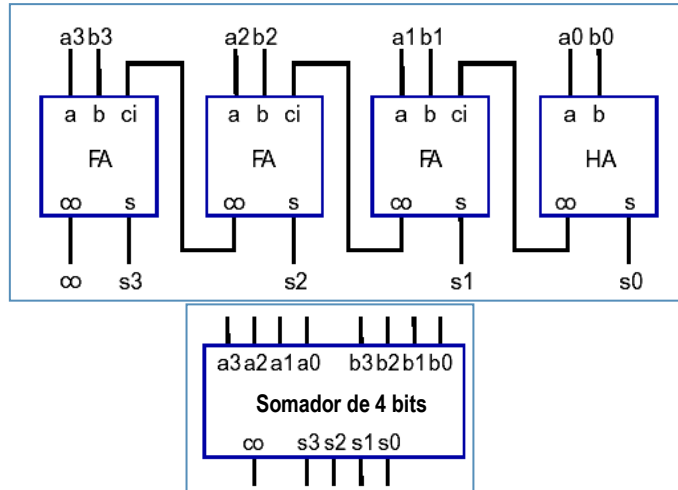
6

As notas de aula servem como roteiro de aula para o professor, contendo os principais tópicos que serão explorados durante as aulas. Podem também servir como roteiro de estudo, mas não substituem o livro texto da disciplina: TOCCI, R.J., WIDMER, N.S., MOSS, G. L. – Sistemas Digitais – princípios e aplicações (11ª Ed.)

## Circuitos Somadores

### Somador de 4 Bits com Propagação de Bit de Transporte

Utilizando três somadores completos e um meio somador em cascata pode-se fazer um somador de 4 bits com propagação do bit de transporte (*carry-ripple adder*).

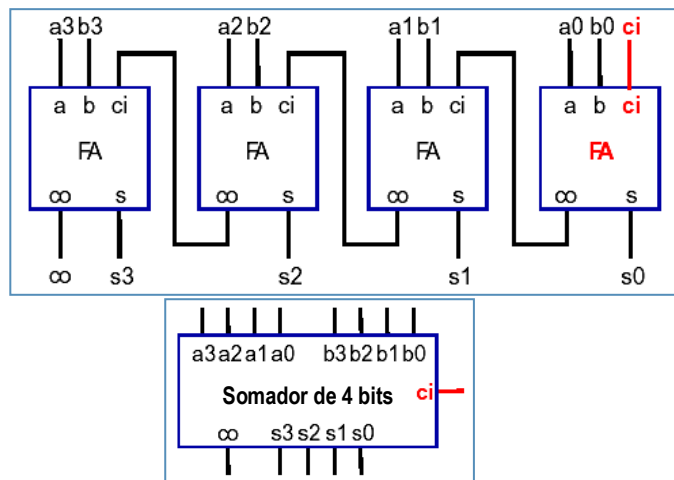


7

## Circuitos Somadores

### Somador de 4 Bits com Propagação de Bit de Transporte

Utilizando quatro somadores completos em cascata pode-se adicionar a possibilidade de receber o bit de transporte(**Ci**) de outro circuito somador.

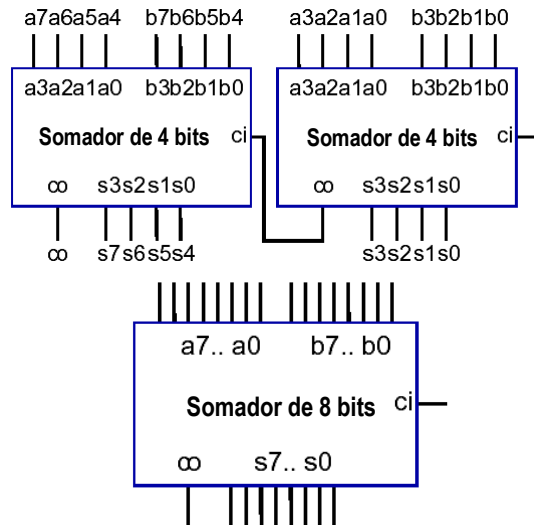


8

## Circuitos Somadores

### □ Associação de Somadores

Somador de 8 bits com associação de dois somadores de 4 bits:

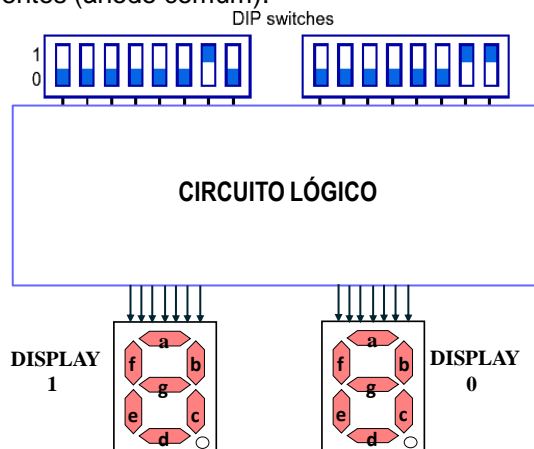


9

## Circuitos Somadores

### □ Exercício 1:

Projetar uma calculadora simples para somar dois número de 8 bits fornecidos em dois conjuntos de chaves deslizantes (DIP Switches) de oito bits. O resultado deve ser apresentado em dois displays hexadecimais de sete segmentos (ânodo comum).



10

centro universitário

**FEI**

CE3512 - Sistemas Digitais - Prof. Dr. Valter F. Avelino

(2021)

Aula 11

11

## Circuitos Somadores

Exercício 1:

CIRCUITO LÓGICO

11

centro universitário

**FEI**

CE3512 - Sistemas Digitais - Prof. Dr. Valter F. Avelino

(2021)

Aula 11

12

## Circuitos Somadores

Exercício 2:

Projetar um conversor de temperatura Celsius para Fahrenheit, considerando a seguinte aproximação:  $T_F \sim 2 \cdot T_C + 32$  (a expressão precisa é  $T_F = 1,8 \cdot T_C + 32$ ). A temperatura em Celsius é fornecida no formato de um vetor binário de 8 bits.

12

As notas de aula servem como roteiro de aula para o professor, contendo os principais tópicos que serão explorados durante as aulas. Podem também servir como roteiro de estudo, mas não substituem o livro texto da disciplina: TOCCI, R.J., WIDMER, N.S., MOSS, G. L. – Sistemas Digitais – princípios e aplicações (11ª Ed.)

## Circuitos Somadores

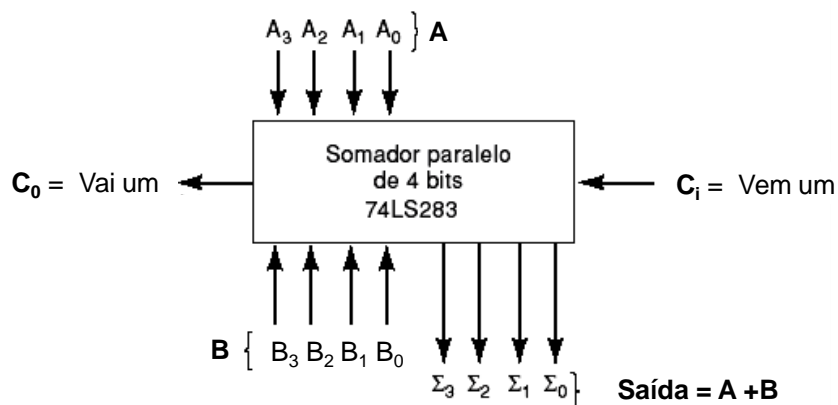
### Exercício 2:

13

## Circuitos Subtratores

### Subtrator Binário – Usando Somador Binário

Pergunta: É possível fazer subtração utilizando somadores binários?



Resposta: É possível se um dos operandos for representado como um número negativo em **complemento de 2**

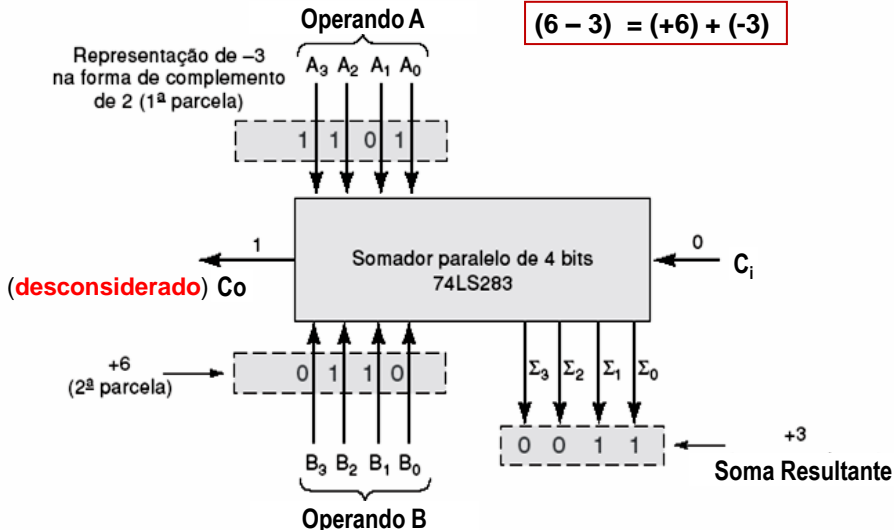
14

## Circuitos Subtratores

### Subtrator Binário – Usando Somador Binário

Exemplo: Realizar a operação  $(6)_{10} - (3)_{10}$  em complemento de 2:

$$(6 - 3) = (+6) + (-3)$$



15

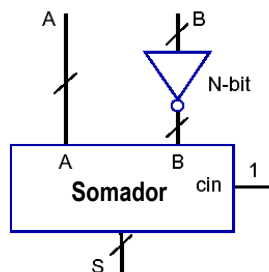
## Circuitos Subtratores

### Subtrator Binário – Usando Somador Binário

Estratégia de implementação: Para converter um dos operandos em negativo com complemento de 2 basta inverter todos os seus bits e somar 1:

$$(A - B) = A + (-B)$$

- ⇒ Converter o operando em negativo com complemento de 2
- ⇒ Inverter todos os bits de **B** e somar 1.



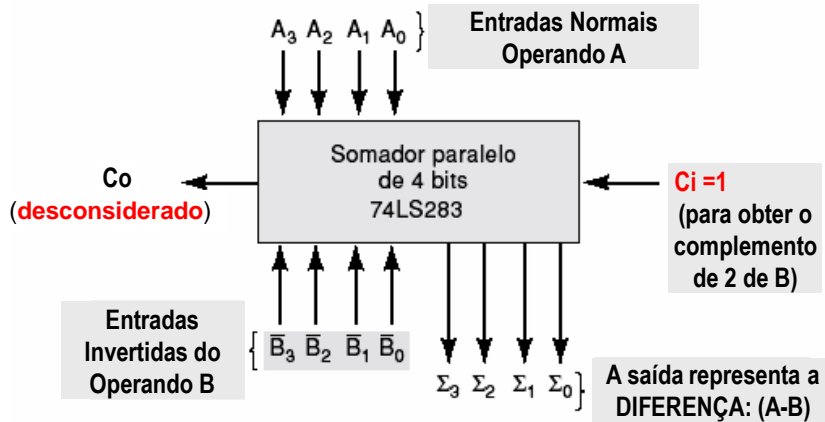
16



## Circuitos Subtratores

### Subtrator Binário – Usando Somador Binário

Aplicação para vários bits: Inverter um dos operandos e considera um bit de transporte (vai\_um).

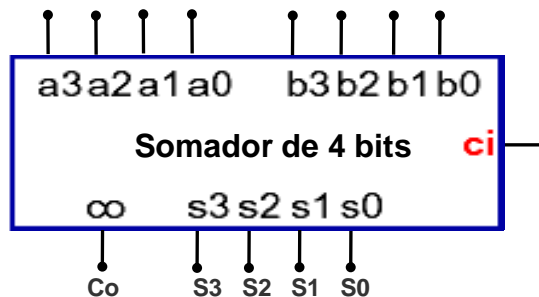


17

## Circuitos Subtratores

### Exercício 3:

Implementar de um Somador/Subtrator para dois números binários **A** e **B** de 4 bits (**S = A - B**) utilizando apenas um circuito somador.



18