

## IC – Introdução a Computação

# Circuitos Aritméticos

- Os circuitos Aritméticos são aqueles que realizam operações aritméticas sobre números binários.
- O circuito mais simples e trivial é o que soma números de apenas 1 bit.
- Sem os circuitos aritméticos não teríamos os computadores como temos hoje. Eles são fundamentais na construção de computadores.

# Circuitos Aritméticos

Podemos representar binários com sinal?

Sim!!!

Para representarmos números binários com sinal, é necessário acrescentarmos mais um bit a frente da magnitude do número (módulo do número);

O número será positivo quando o bit de sinal for 0

O número será negativo quando o bit de sinal for 1

Exemplo:

01100 – Número 12 em decimal ( Positivo )

110011 – Número 13 decimal (negativo)

O Número 12 (negativo) em binário seria: 10100

**Quando o número é negativo, será necessário realizar uma operação chamada complemento de 2. Para descobrir a magnitude do número.**



# Circuitos Aritméticos

## Complemento de 2

O complemento de 2 é o sistema mais utilizado para representação de números inteiros com sinal nos computadores modernos.

Vamos lembra que o sistema binário só existem 2 Algarismos para representar tudo., que só podem ser o 0 ou o 1.

O conceito de Bit mais significativo (MSB - Most Significant Bit), é um conceito fundamental em ciência da computação (e na matemática também heim!!). Ele se refere ao bit de maior valor em uma representação binária.

O (MSB) é o bit que representa a maior potência de dois em um número binário. Chamamos isso de Hierarquia Binária. Isso confere um grande peso a esse bit em relação aos outros.

Por Exemplo:

O binário 101100

# Circuitos Aritméticos

Vamos o nosso Exemplo:

$$(101100)_2 = \underbrace{1 \times 2^5}_{\boxed{32}} + \underbrace{0 \times 2^4}_{\boxed{0}} + \underbrace{1 \times 2^3}_{\boxed{8}} + \underbrace{1 \times 2^2}_{\boxed{4}} + \underbrace{0 \times 2^1}_{\boxed{0}} + \underbrace{0 \times 2^0}_{\boxed{0}}$$

O nosso MSB será o  $2^5 = 32$

O MSB determina se o número é positivo ou negativo, se houver um bit de sinal. Se o bit de sinal for 0, o número é positivo; se for 1, o número é negativo.

O MSB carrega uma grande importância pois desempenha um papel fundamental na interpretação correta dos valores numéricos em sistemas digitais.

# Circuitos Aritméticos

## Interpretação e significado do valor de MSB

- O MSB tem um papel fundamental e é determinante na interpretação de valores numéricos.
- Se um número é interpretado como um número inteiro positivo, o MSB estabelece se esse número é positivo ou negativo.
- Se o MSB for 0, o número é positivo; se for 1, o número é negativo (**Isso só vale para os sistemas de complemento de 2**).
- Em números de ponto flutuante, o MSB é muitas vezes o bit de sinal, indicando se o número é positivo ou negativo.

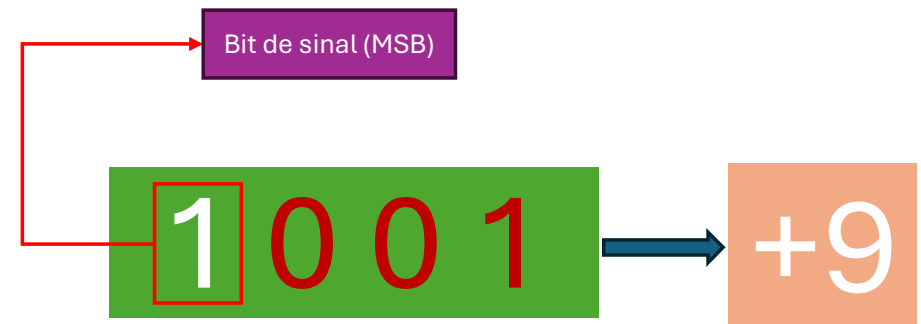
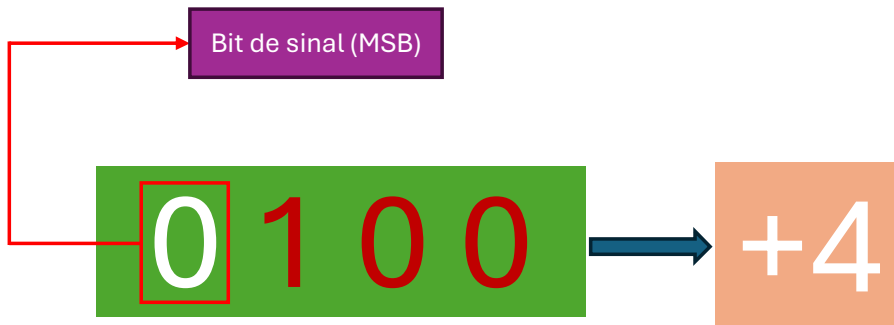
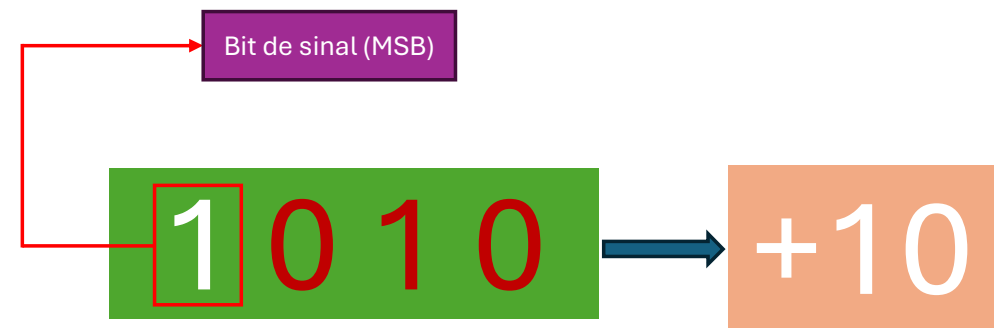
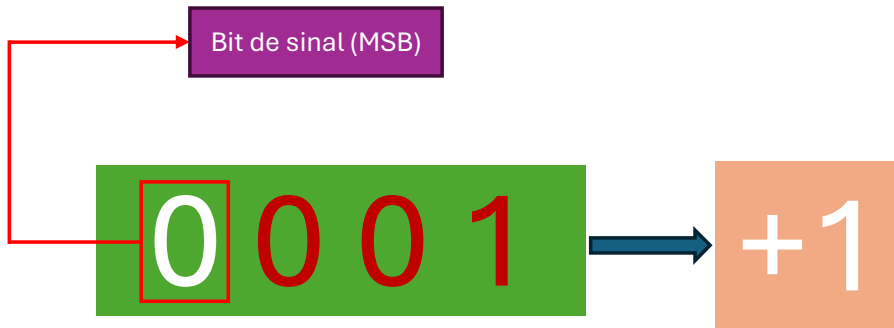
# Circuitos Aritméticos

## A importância e suas aplicações

- **Processadores e Aritmética:** Em processadores, o MSB é usado para realizar operações aritméticas, comparações e deslocamentos de bits.
- **Armazenamento de Dados:** Ao lidar com armazenamento de dados, o MSB pode indicar formatos de dados, como tipos de caracteres ou codificação.
- **Protocolos de Comunicação:** Em protocolos de comunicação, o MSB pode conter informações sobre o tipo de mensagem ou dados.

# Circuitos Aritméticos

## Números Positivos





# Circuitos Aritméticos

## Números Negativos

Para termos os negativos precisamos representa-los em sua forma de complemento de 2. Depois adicionamos um bit de MSB no valor de 1

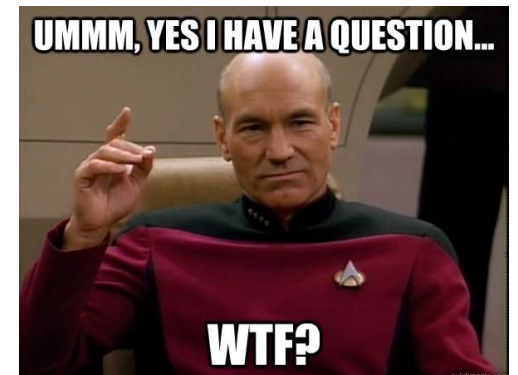
Vamos realizar o complemento de 2 fazendo assim:

**Primeiro:** Invertemos todos os bits do número binário, em resumo, tudo que é 0 vira 1 e tudo que é 1 vira zero.

**Segundo:** Somamos um 0001 ao valor invertido.

### Importante:

- Quando utilizamos o complemento de 2 se o número binário tem dígito 1 no MSB significa que ele é negativo.
- Para descobrir qual número ele representa, precisamos realizar a operação de inverter e depois somar 1.



# Circuitos Aritméticos

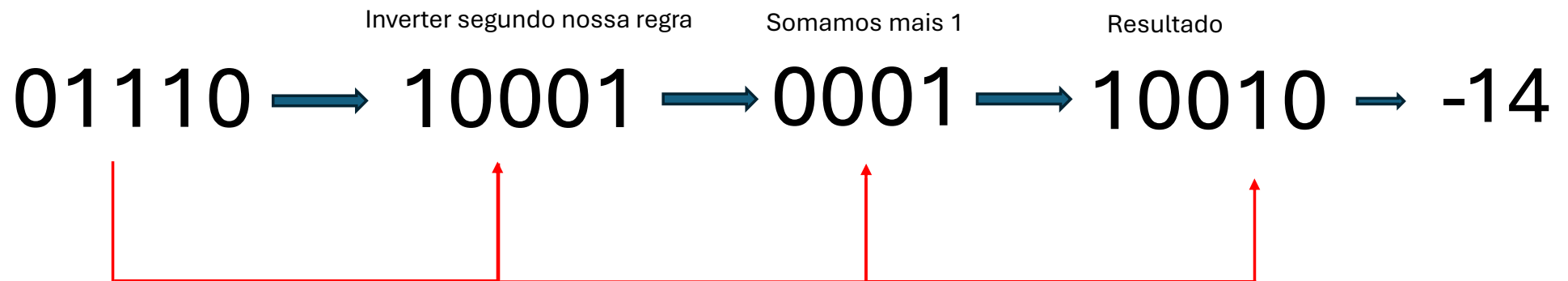
## Números Negativos

Um exemplo:

-14 em um numero com sinal?

Vamos encontra o 14 em binário e adicionar o bit de sinal ou MSB

14 em binário é 1110 ➡ Acrescentando o nosso bit de sinal 01110



# Circuitos Aritméticos

## Números Negativos

Vamos praticar:

Utilize a técnica do complemento de 2 e represente os números binários abaixo com seus sinais.

- |        |           |
|--------|-----------|
| a) -15 | a) 10001  |
| b) -25 | b) 100111 |
| c) -10 | c) 10110  |
| d) 10  | d) 01010  |
| e) 16  | e) 010000 |
| f) -1  | f) 1111   |
| g) -2  | g) 1110   |

Cola

0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001
10	1010
11	1011
12	1100
13	1101
14	1110
15	1111

# Circuitos Aritméticos

## Adição no Sistema Complemento de 2

Importante saber que existem 5 casos de adição no sistema de complemento de 2 que precisam ser considerados.

- I. Dois números positivos: O resultado é um número positivo;
- II. Um número positivo e outro número menor e negativo: O resultado é um número positivo;
- III. Um número positivo e outro número maior e negativo: O resultado é um número negativo;
- IV. Dois números negativos: O resultado é um número negativo;
- V. Números iguais e sinais opostos: O resultado é zero.

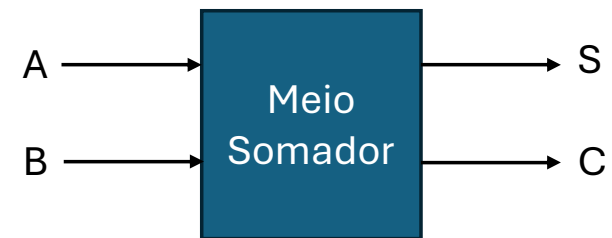
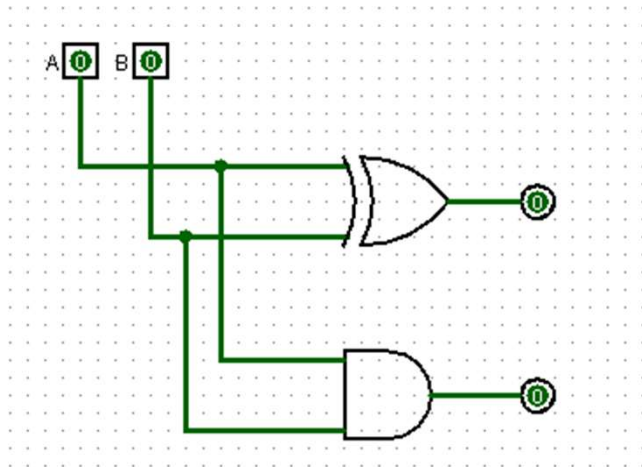
Em todas essas operações, o nosso bit de sinal participa do processo de soma.

O carry gerado pelos bits de sinal são ignorados e desconsiderados.

# Circuitos Aritméticos

## Meio Somador – Half Adder

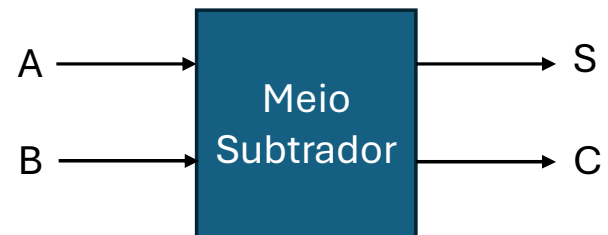
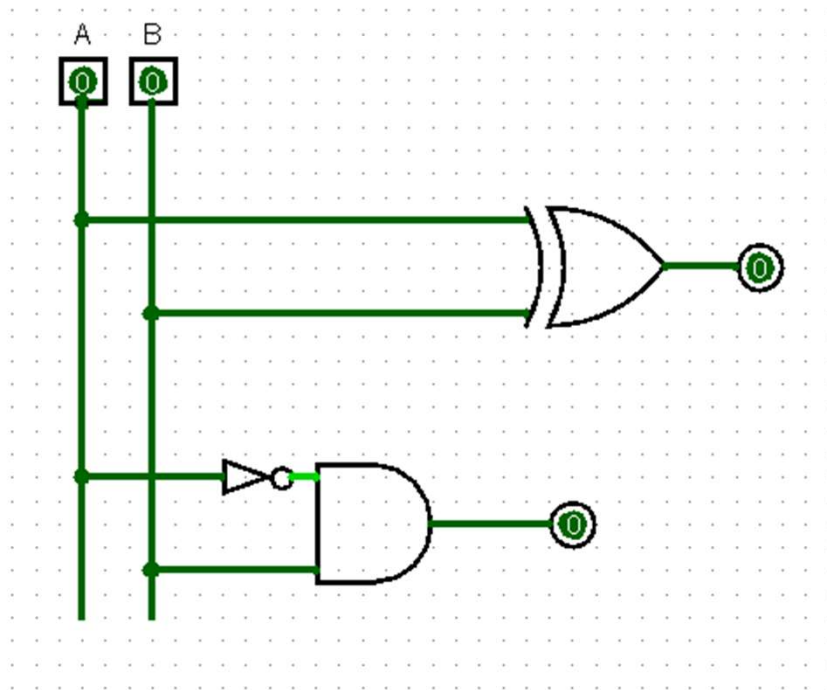
Já sabemos que o circuito do meio somador é esse



Para fins didáticos, é comum fazer a representação do meio-somador como um bloco contendo apenas entrada e saídas

# Circuitos Aritméticos

## Meio Subtrator – Half Subtractor



Para fins didáticos, é comum fazer a representação do meio subtrator como um bloco contendo apenas entrada e saídas

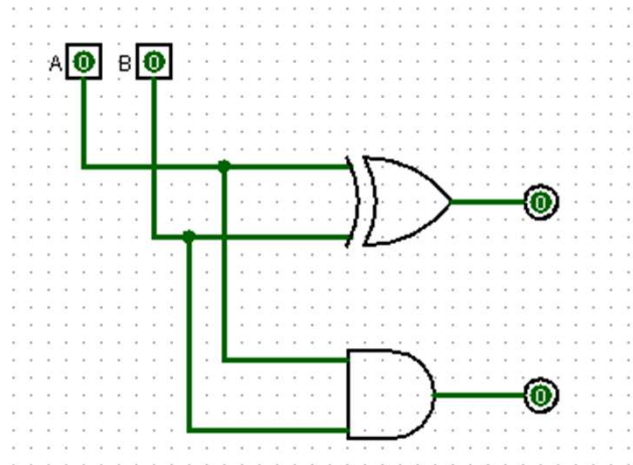
# Circuitos Aritméticos

## Somador Completo – Full Adder

A	B	C <sub>in</sub>	Soma	C <sub>out</sub>
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

$$\text{Soma} = (A'.B'.C) + (A'.B.C') + (A.B'.C') + (A.B.C)$$

$$\text{Vai um} = (A'.B.C) + (A.B'.C) + (A.B.C') + (A.B.C)$$



Voltando ao nosso meio somador!

Nesse circuito aqui só posso somar bit a bit

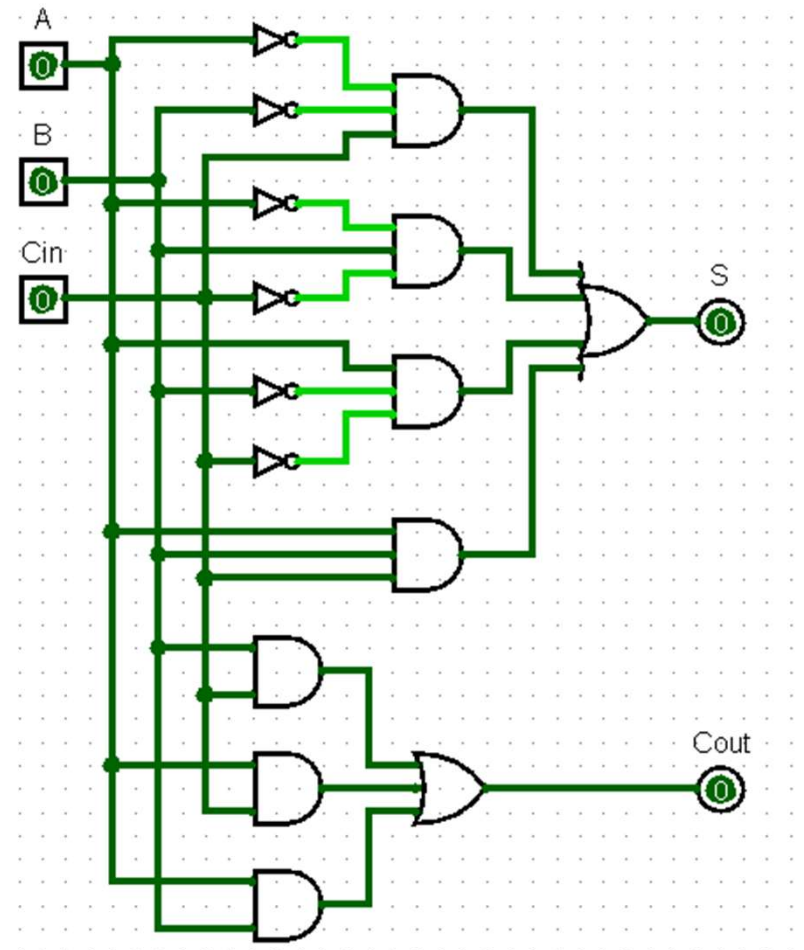
Como somar 4 bits ou mais??

# Circuitos Aritméticos

## Somador Completo – Full Adder

Antes de somar 4 bits vamos ao circuito somador completo manual.

A	B	C <sub>in</sub>	Soma	C <sub>out</sub>
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 Aritméticos

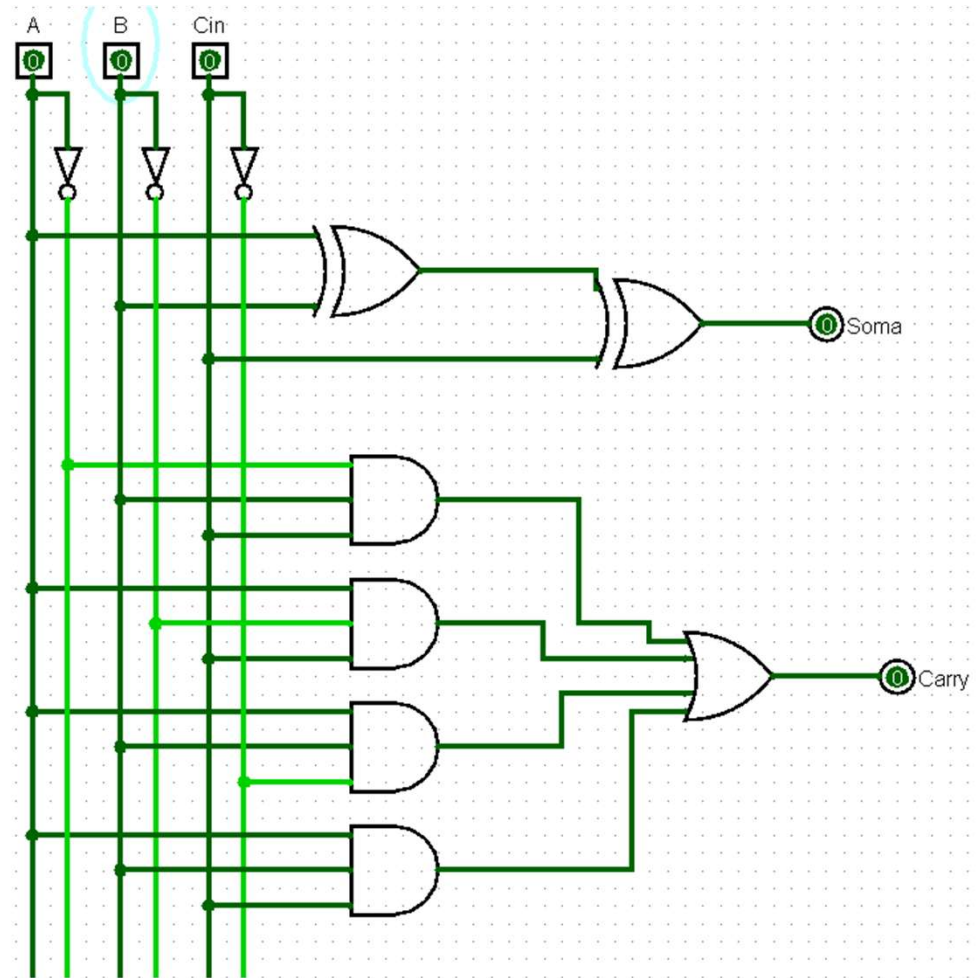
## Somador Completo – Full Adder

O Somador completo reduzido.

A	B	C <sub>in</sub>	Soma	C <sub>out</sub>
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

$$\text{Soma} = (A \oplus B) \oplus C$$

$$\text{Vai um} = (A' \cdot B \cdot C) + (A \cdot B' \cdot C) + (A \cdot B \cdot C') + (A \cdot B \cdot C)$$



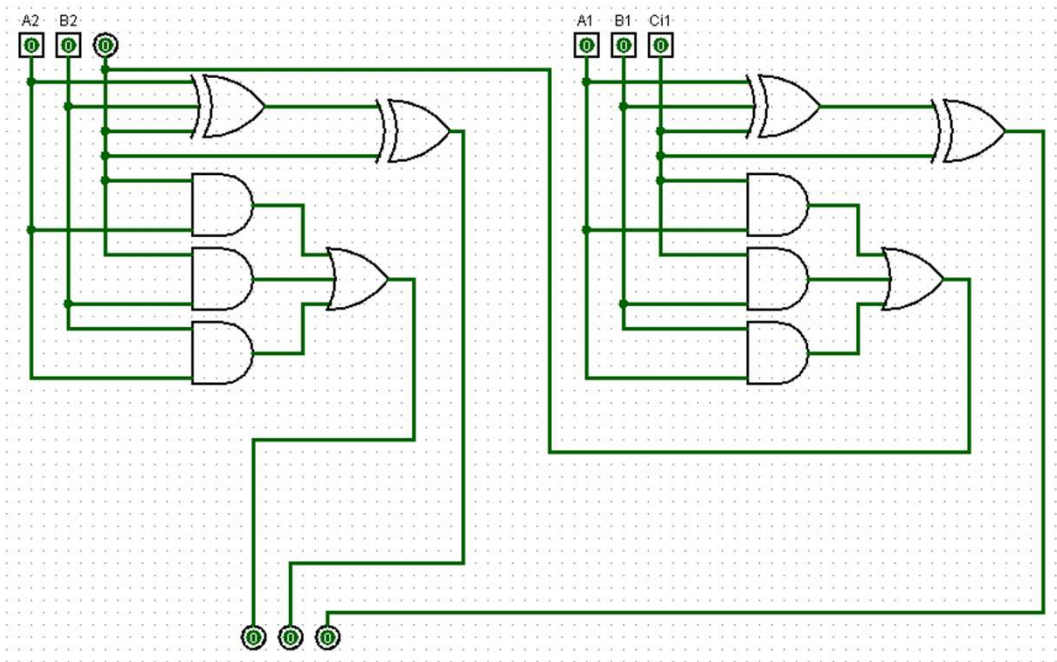
# Circuitos Aritméticos

## Somador Completo – Full Adder

Até agora somamos sempre em grupos de 2 bits, ou seja 1bit + 1bit. Mas podemos somar em grupos de bits.

Para somarmos N bits, vamos dispor N somadores completos em paralelo.

Para somarmos 2 bits, vamos colocar dois somadores completos em paralelo.



Formato de escrita dos binários para entendimento dos circuitos, também conhecida como regra geral. Aqui no exemplo para 2 bits.

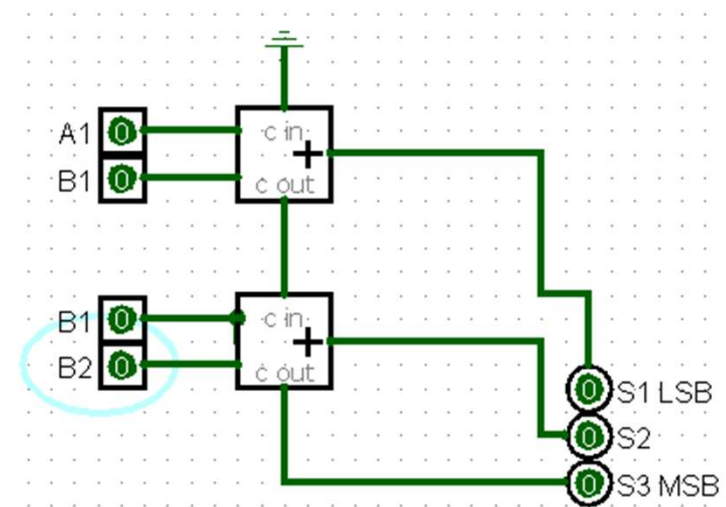
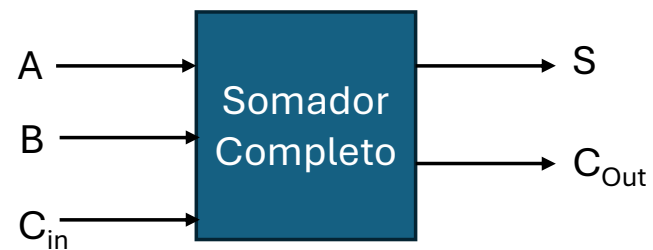
$$\begin{array}{r} A_2 A_1 \\ + B_2 B_1 \\ \hline \Sigma_3 \Sigma_2 \Sigma_1 \end{array}$$

# Circuitos Aritméticos

## Somador Completo – Full Adder

Circuito reduzido.

Representação em caixa.



# Circuitos Aritméticos

## Somador Completo – Full Adder

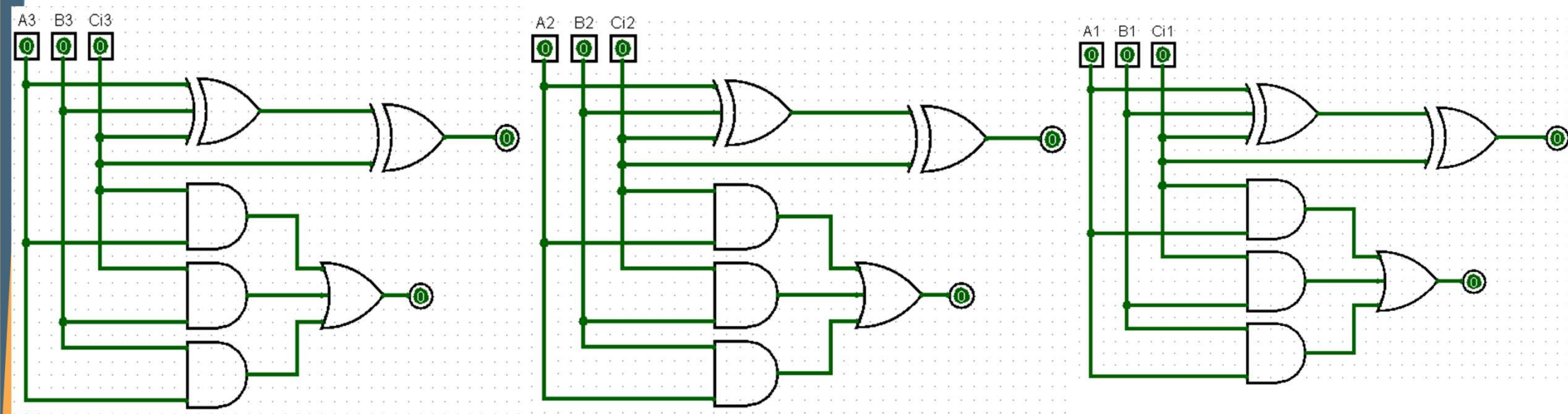
Como somaríamos  $110 + 111$ ?

Nesse caso precisamos de 3 circuitos somadores completo.

1

	3	2	1
Ci	1	0	0
Co	1	0	0
A	1	1	0
B	1	1	1
S	1	0	1

Resultado - 1101



# Circuitos Aritméticos

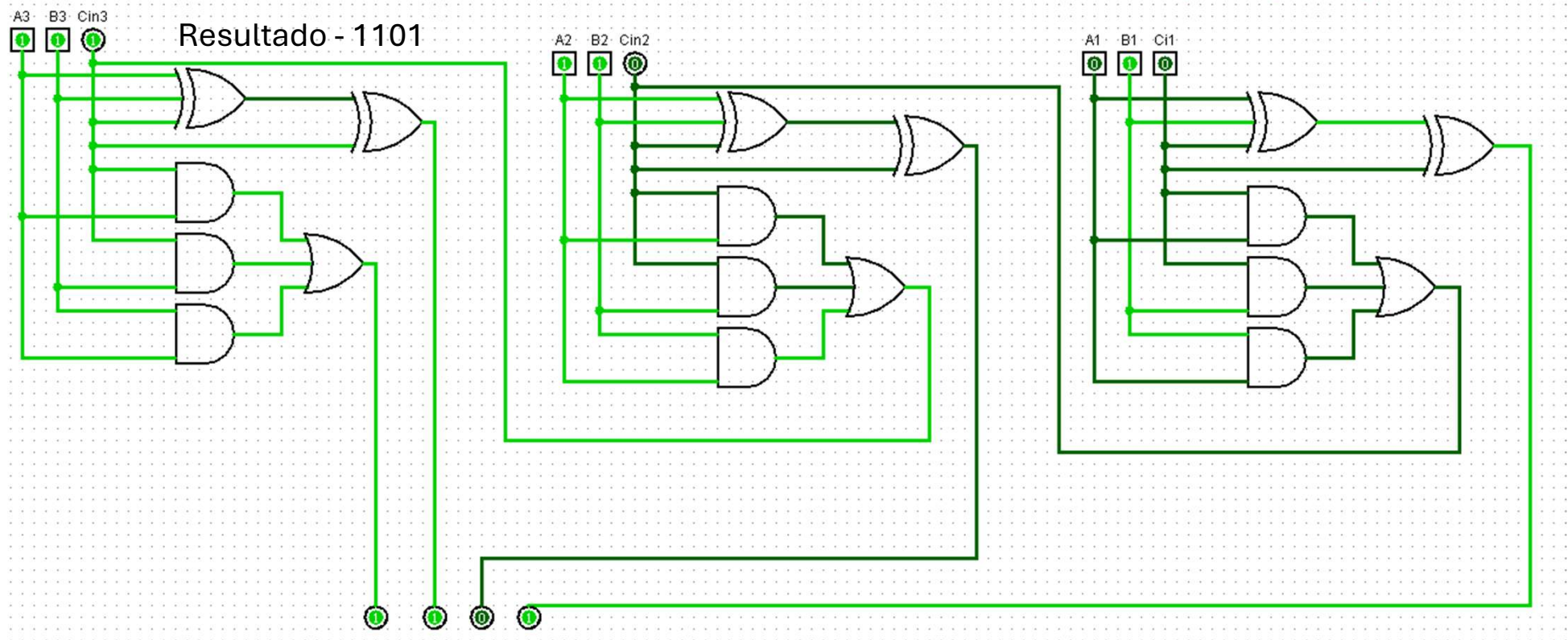
## Somador Completo – Full Adder

Como somaríamos  $110 + 111$ ?

Nesse caso precisamos de 3 circuitos somadores completo.

	3	2	1
Ci	1	0	0
Co	1	0	0
A	1	1	0
B	1	1	1
S	1	0	1

1 ←

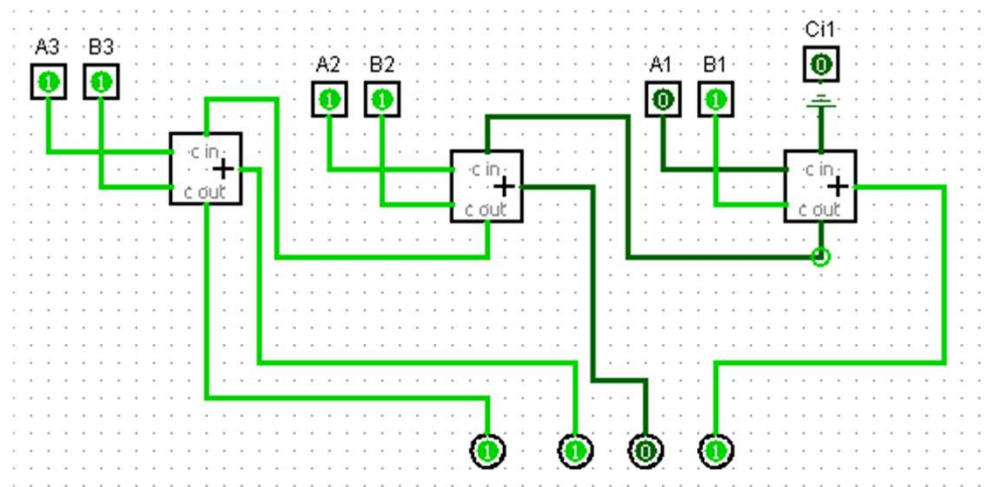


# Circuitos Aritméticos

## Somador Completo – Full Adder

Como somaríamos  $110 + 111$ ?

Circuito reduzido. Pois o LogSim já tem um somador completo a disposição.





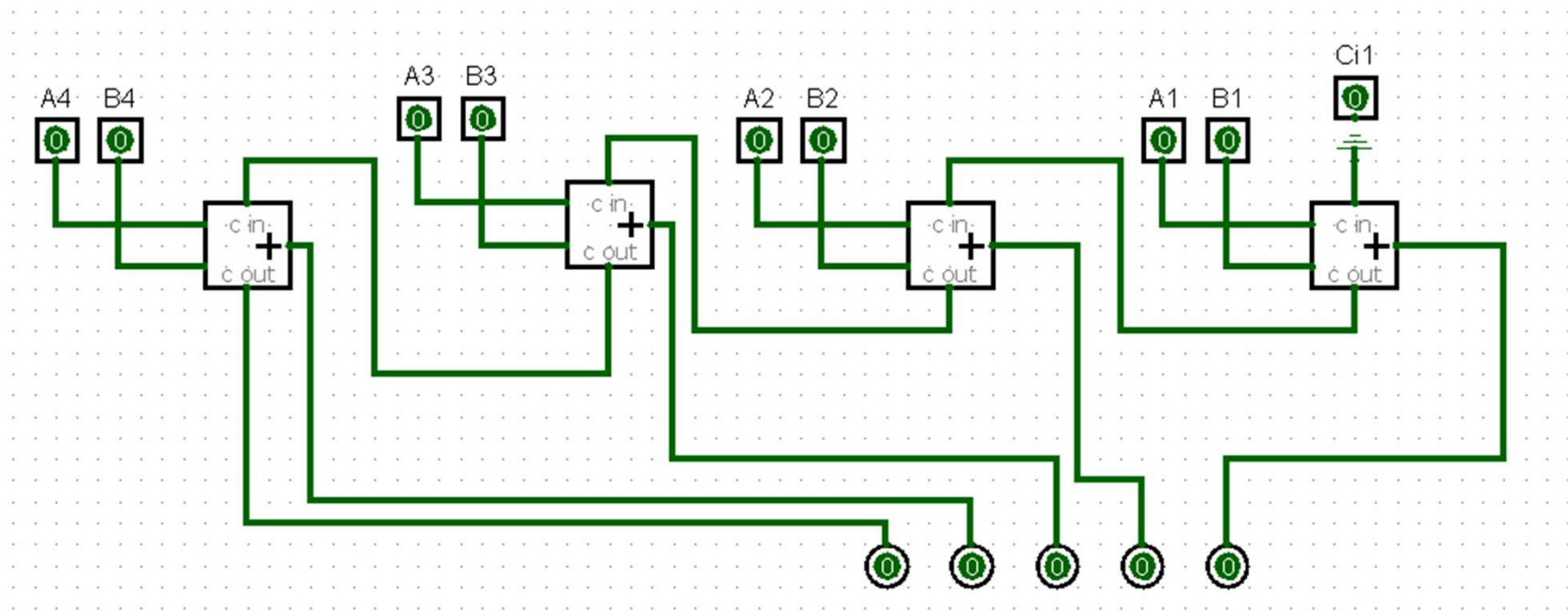
# Circuitos Aritméticos

## Somador Completo – Full Adder

Como somaríamos 4 bits?

Nesse caso precisamos de 4 circuitos somadores completo.

Mas podemos usar a sua redução !!



# Circuitos Aritméticos

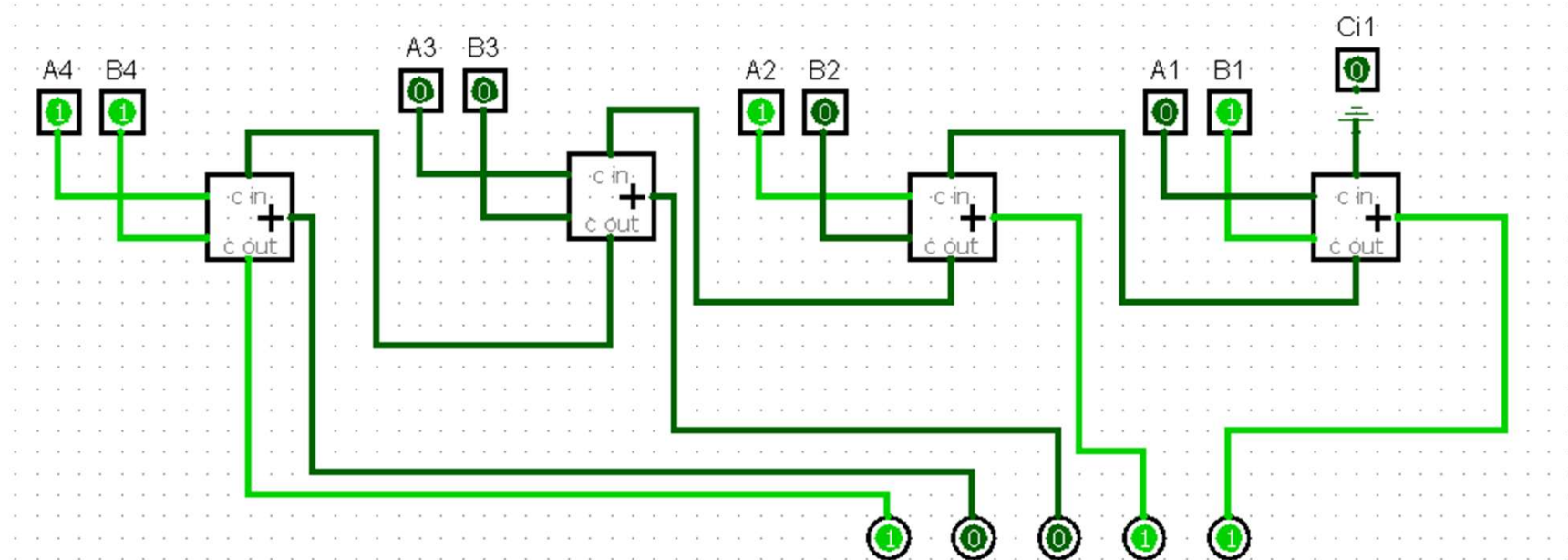
Somador Completo – Full Adder

Vamos somar  $1010 + 1001$

A 1010

B 1001

S 10011

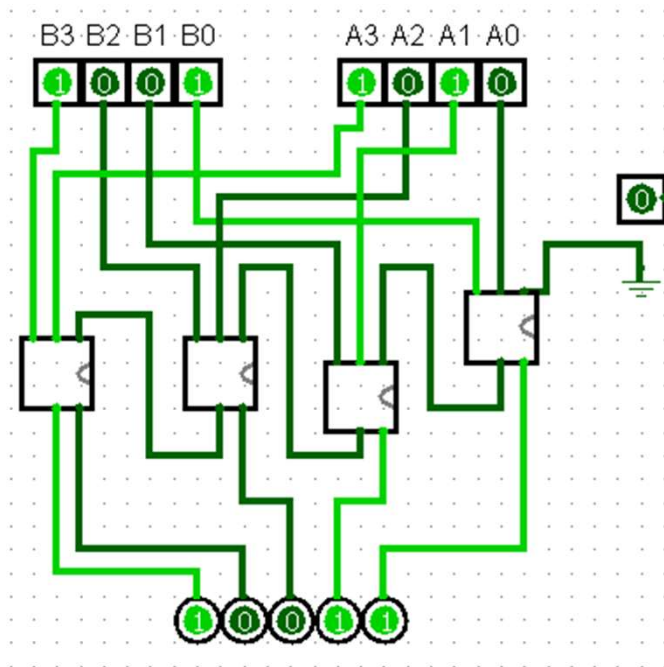




# Circuitos Aritméticos

## Somador Completo – Full Adder

Vamos somar 1010 + 1001



A 1010

B 1001

S 10011

Esse circuito está escrito em forma de abstração.

# Dúvidas?



**ATÉ A  
PRÓXIMA  
AULA!**

