

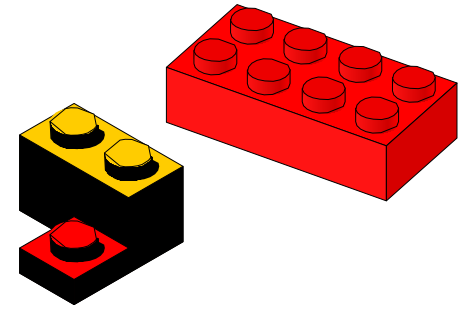
CIRCUITOS LÓGICOS

CIRCUITOS COMBINACIONAIS BÁSICOS

(SOMADORES & SUBTRATORES)

Marco A. Zanata Alves

BLOCOS DIGITAIS BÁSICOS

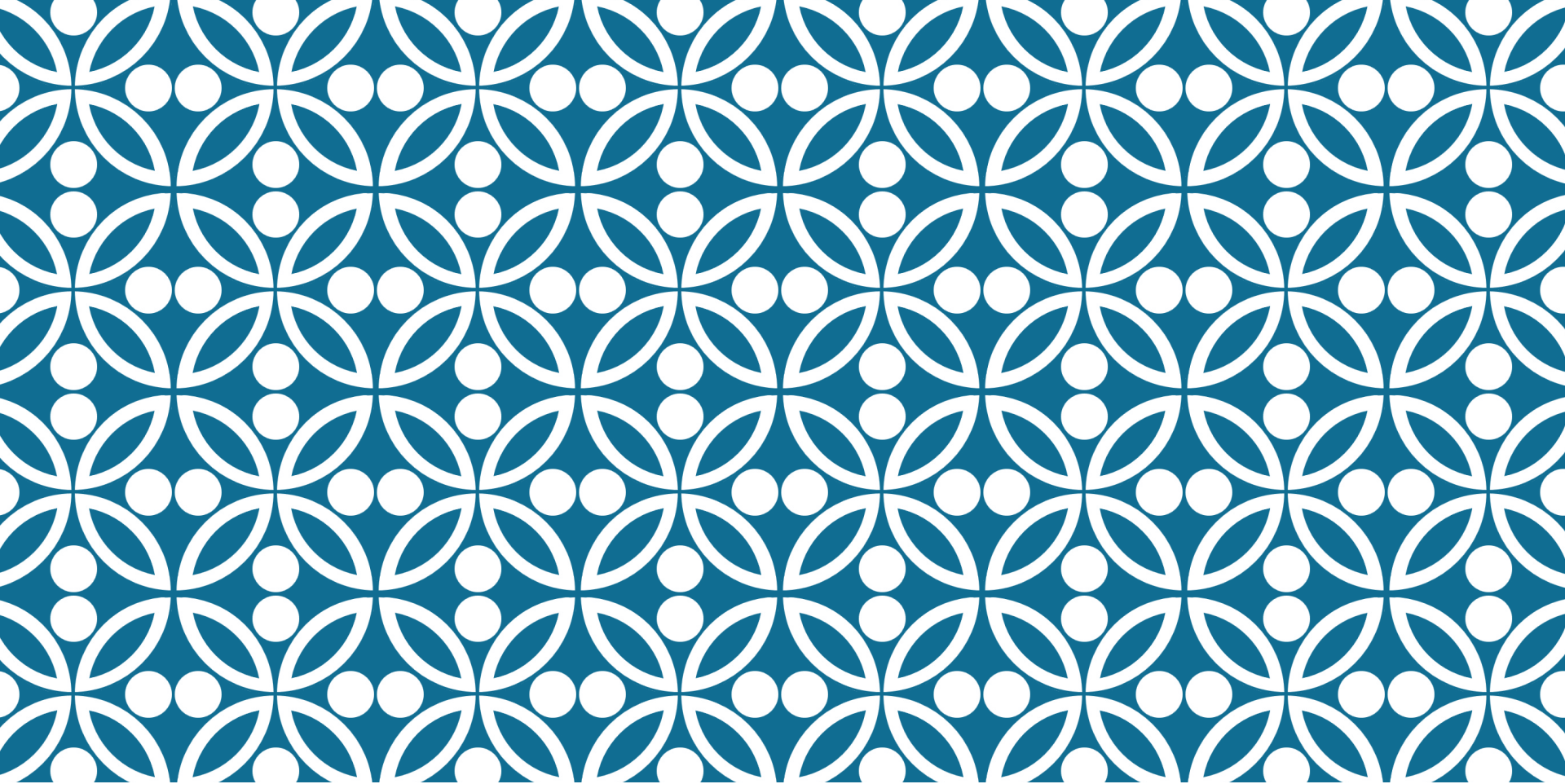


Os blocos mais elementares da eletrônica digital são as portas lógicas.

Daqui em diante, vamos aplicar o nosso conhecimento de **análise e síntese de circuitos** digitais para construir alguns blocos um pouco menos elementares:

- somadores e subtratores
- codificadores e decodificadores
- multiplexadores e demultiplexadores
- unidades lógico-aritméticas
- latches e flip-flops
- registradores e memórias

É extremamente útil saber a função de cada um desses blocos e as suas **interfaces** (ou seja, como conectar cada um deles em nossos circuitos).



HALF ADDER MEIO SOMADOR

BLOCOS SOMADORES BINÁRIOS

Exemplo 1: Elabore um circuito digital com 2 entradas, a_0 e b_0 , e 2 saídas, s_1 e s_0 de tal forma que $(s_1s_0)_2$ represente a soma aritmética $a_0 + b_0$.

$$\begin{array}{r} a_0 \\ + b_0 \\ \hline s_1s_0 \end{array}$$

BLOCOS SOMADORES BINÁRIOS

Exemplo 1: Elabore um circuito digital com 2 entradas, a_0 e b_0 , e 2 saídas, s_1 e s_0 de tal forma que $(s_1s_0)_2$ represente a soma aritmética $a_0 + b_0$.

$$\begin{array}{r} a_0 \\ + b_0 \\ \hline s_1s_0 \end{array}$$

Primeiro passo: obtenha e simplifique a expressão lógica para cada saída.

BLOCOS SOMADORES BINÁRIOS

Exemplo 1: Elabore um circuito digital com 2 entradas, a_0 e b_0 , e 2 saídas, s_1 e s_0 de tal forma que $(s_1s_0)_2$ represente a soma aritmética $a_0 + b_0$.

$$\begin{array}{r} a_0 \\ + b_0 \\ \hline s_1s_0 \end{array}$$

Primeiro passo: obtenha e simplifique a expressão lógica para cada saída.

a_0	b_0	s_0	a_0	b_0	s_1
0	0	0	0	0	0
0	1	1	0	1	0
1	0	1	1	0	0
1	1	0	1	1	1

Neste caso, é elementar obter expressões simples para as saídas:

$$s_0 = a_0 \oplus b_0$$

$$s_1 = a_0 b_0$$

BLOCOS SOMADORES BINÁRIOS

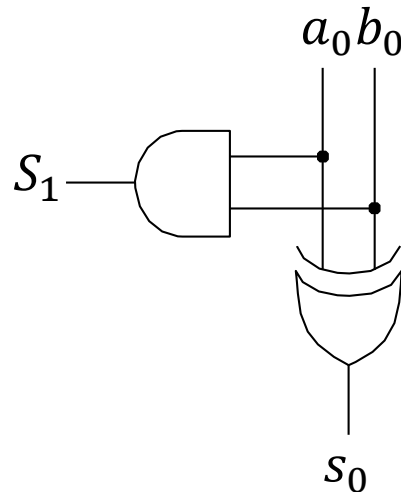
Exemplo 1: Elabore um circuito digital com 2 entradas, a_0 e b_0 , e 2 saídas, s_1 e s_0 de tal forma que $(s_1s_0)_2$ represente a soma aritmética $a_0 + b_0$.

$$\begin{array}{r} a_0 \\ + b_0 \\ \hline s_1s_0 \end{array}$$

Segundo passo: desenhar o diagrama do circuito.

$$s_0 = a_0 \oplus b_0$$

$$s_1 = a_0b_0$$



BLOCOS SOMADORES BINÁRIOS

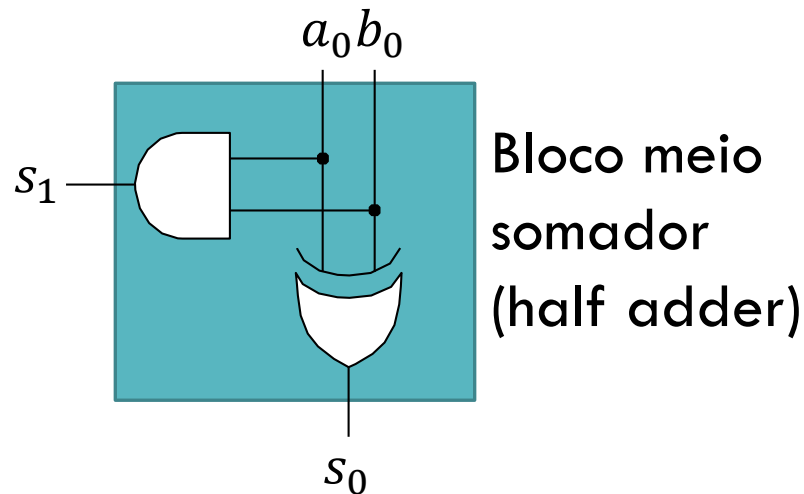
Exemplo 1: Elabore um circuito digital com 2 entradas, a_0 e b_0 , e 2 saídas, s_1 e s_0 de tal forma que $(s_1s_0)_2$ represente a soma aritmética $a_0 + b_0$.

$$\begin{array}{r} a_0 \\ + b_0 \\ \hline s_1s_0 \end{array}$$

Segundo passo: desenhar o diagrama do circuito.

$$s_0 = a_0 \oplus b_0$$

$$s_1 = a_0b_0$$



BLOCOS SOMADORES BINÁRIOS

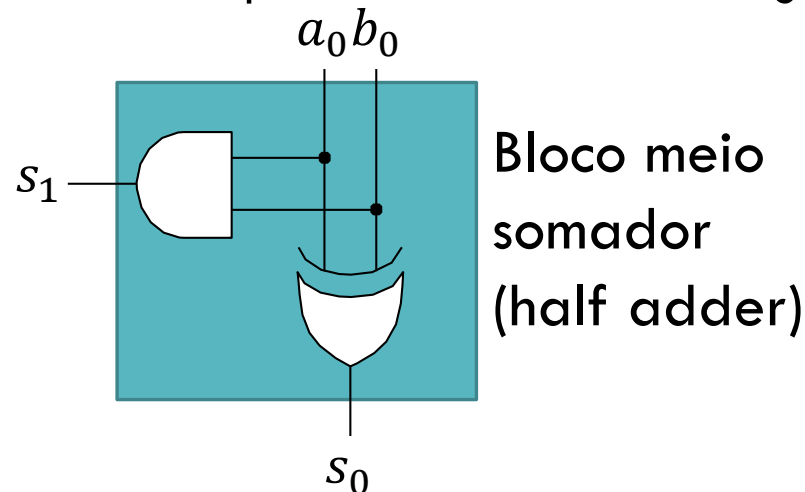
Exemplo 1: Elabore um circuito digital com 2 entradas, a_0 e b_0 , e 2 saídas, s_1 e s_0 de tal forma que $(s_1s_0)_2$ represente a soma aritmética $a_0 + b_0$.

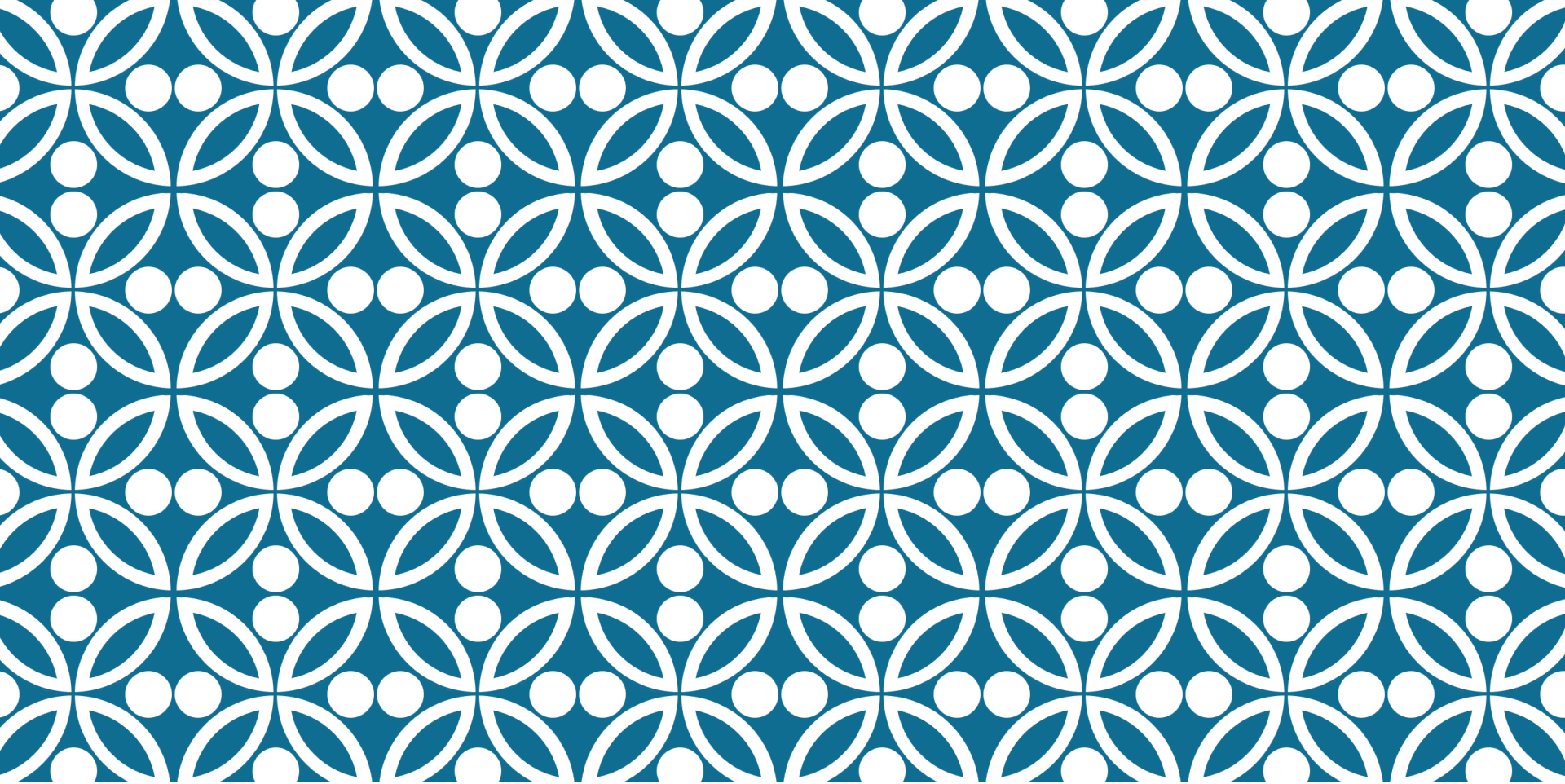
$$\begin{array}{r} a_0 \\ + b_0 \\ \hline s_1s_0 \end{array}$$

Terceiro passo: analisar o circuito e verificar as saídas.

Quarto passo: monte o circuito e faça sua tabela verdade.

(para este circuito, os dois últimos passos não tem a menor graça)





FULL ADDER SOMADOR COMPLETO

BLOCOS SOMADORES BINÁRIOS

Exemplo 2: Elabore um circuito digital com 3 entradas, a_i, b_i, c_{i-1} e 2 saídas, s_i e c_i de tal forma que s_i represente a soma aritmética $a_i + b_i + c_{i-1}$ e c_i represente o vai-um (carry) da operação.

Quais as entradas?

Quais as saídas?

$$\begin{array}{rcccc} \dots & c_i & c_{i-1} & \dots & c_0 \\ \dots & a_{i+1} & a_i & \dots & a_1 & a_0 \\ \dots & b_{i+1} & b_i & \dots & b_1 & b_0 \\ \hline \dots & s_{i+1} & s_i & \dots & s_1 & s_0 \end{array}$$

BLOCOS SOMADORES BINÁRIOS

Primeiro passo: obter as expressões para as saídas S_i e C_i .

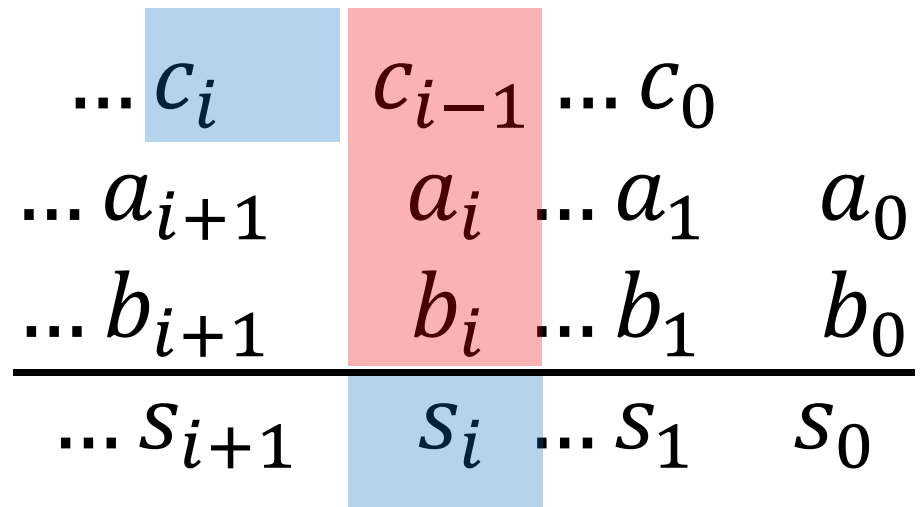
$$\begin{array}{rcccc} & \dots & C_i & C_{i-1} & \dots & C_0 \\ \dots & a_{i+1} & a_i & a_i & \dots & a_1 & a_0 \\ \dots & b_{i+1} & b_i & b_i & \dots & b_1 & b_0 \\ \hline \dots & S_{i+1} & S_i & S_i & \dots & S_1 & S_0 \end{array}$$

BLOCOS SOMADORES BINÁRIOS

Primeiro passo: obter as expressões para as saídas S_i e C_i .

S_i	$a_i b_i$	00	01	11	10
	c_{i-1}				
	0	0	1	0	1
	1	1	0	1	0

C_i	$a_i b_i$	00	01	11	10
	c_{i-1}				
	0	0	0	1	0
	1	0	1	1	1



BLOCOS SOMADORES BINÁRIOS

Primeiro passo: obter as expressões para as saídas S_i e C_i .

S_i	$a_i b_i$	00	01	11	10
	c_{i-1}				
	0	0	1	0	1
	1	1	0	1	0

C_i	$a_i b_i$	00	01	11	10
	c_{i-1}				
	0	0	0	1	0
	1	0	1	1	1

Note que S_i só é 1 se apenas um dos bits a_i , b_i , c_{i-1} é 1, ou se os três forem 1. Isto corresponde à expressão:

$$S_i = a_i \oplus b_i \oplus c_{i-1}$$

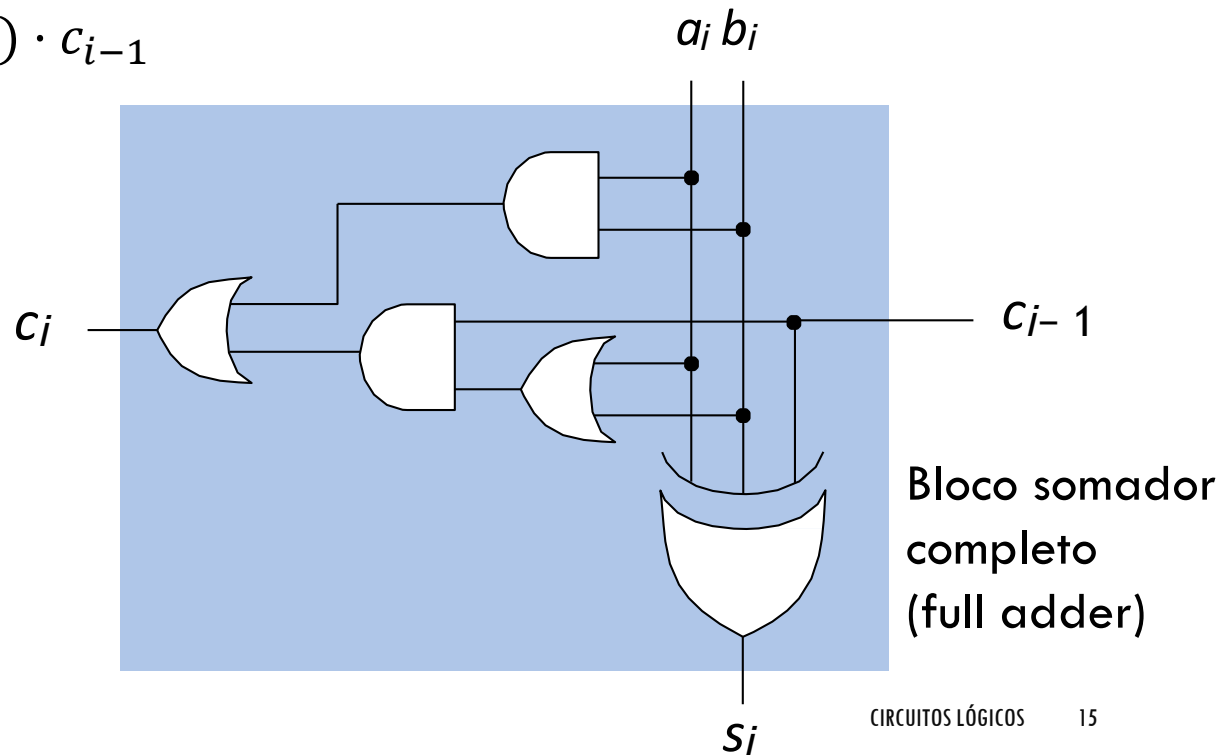
$$\begin{aligned} C_i &= a_i b_i + a_i c_{i-1} + b_i c_{i-1} \\ &= a_i b_i + (a_i + b_i) \cdot c_{i-1} \end{aligned}$$

BLOCOS SOMADORES BINÁRIOS

Segundo passo: diagrama do circuito digital.

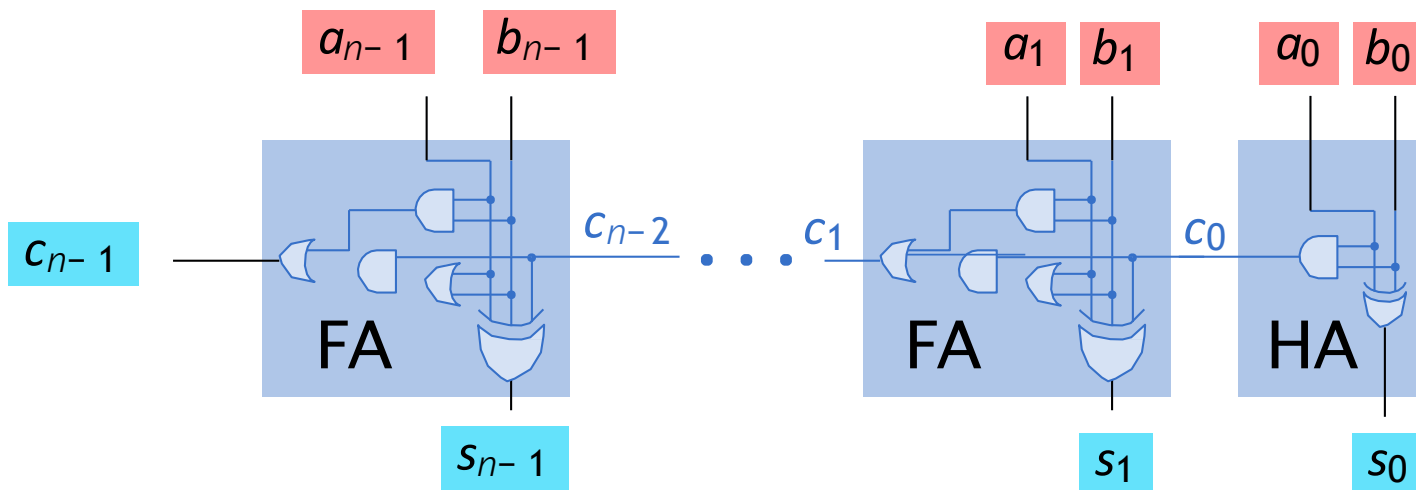
$$s_i = a_i \oplus b_i \oplus c_{i-1}$$

$$c_i = a_i b_i + (a_i + b_i) \cdot c_{i-1}$$



BLOCOS SOMADORES BINÁRIOS

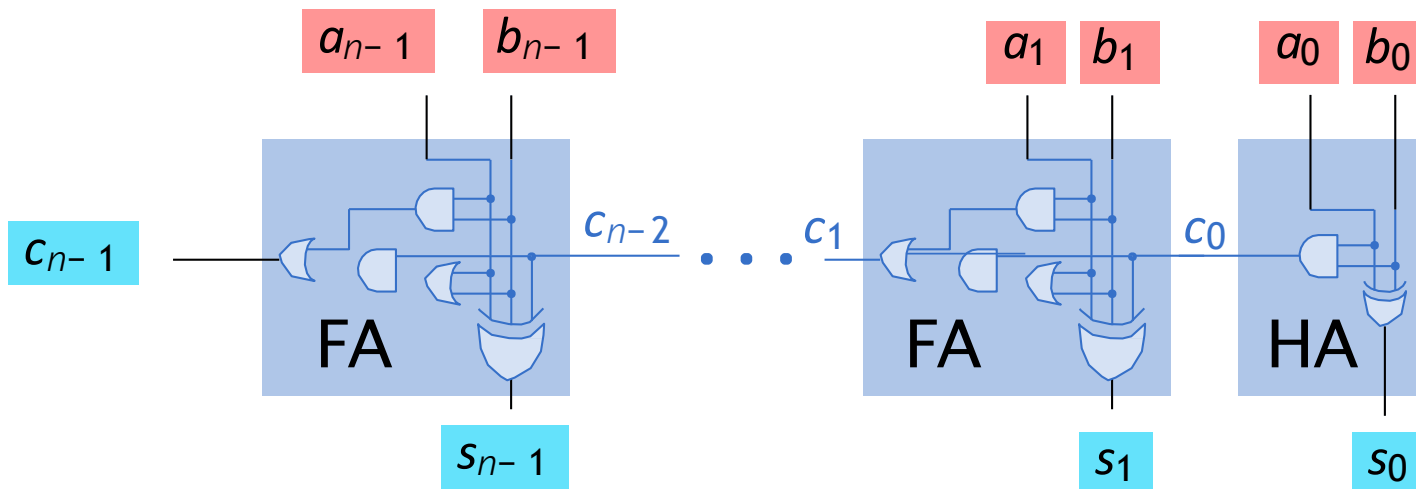
Note que, juntando blocos Half Adder e Full Adder, podemos montar um somador para números de n bits.



BLOCOS SOMADORES BINÁRIOS

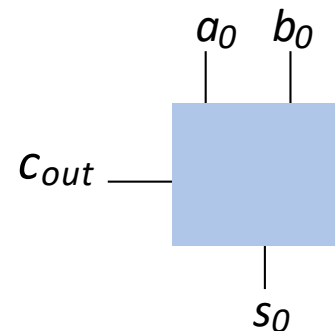
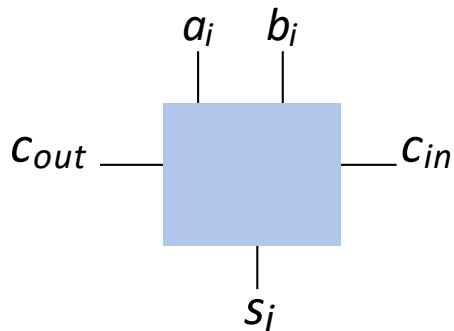
Somador ripple carry de n bits: leva este nome pois os vai-uns (carry) são propagados como uma ondulação (ripple) da direita para a esquerda.

Quantas e quais são as portas lógicas usadas (separe as portas lógicas com 2 entradas das de 3 entradas) em um somador **ripple carry** (propagador de vai-um) de n bits?



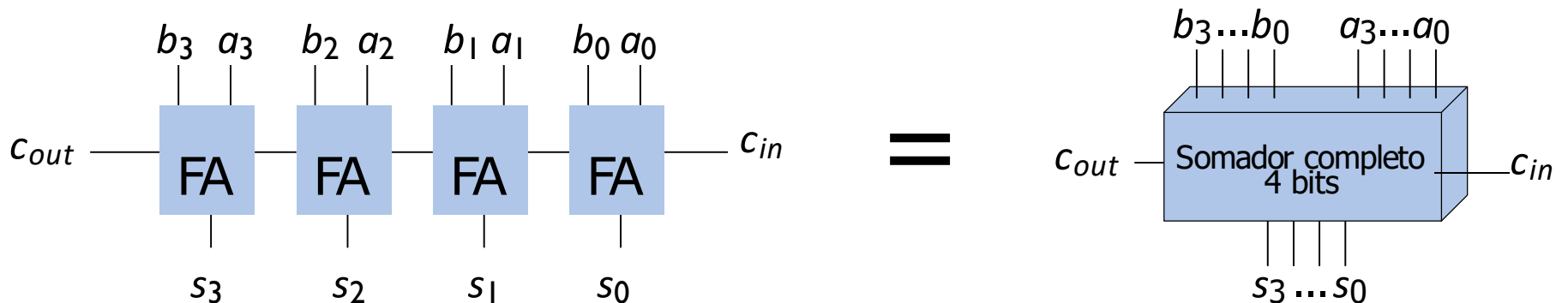
BLOCOS SOMADORES BINÁRIOS

Podemos enxergar os blocos somadores (half adder e full adder) como caixas-pretas.



BLOCOS SOMADORES BINÁRIOS

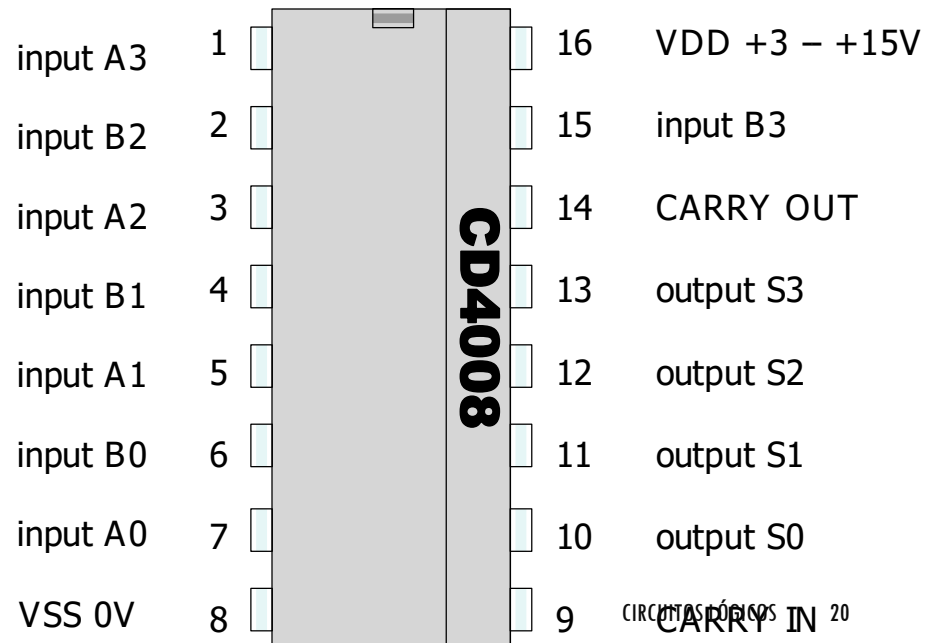
Também podemos enxergar um somador de n bits como uma caixa-preta:

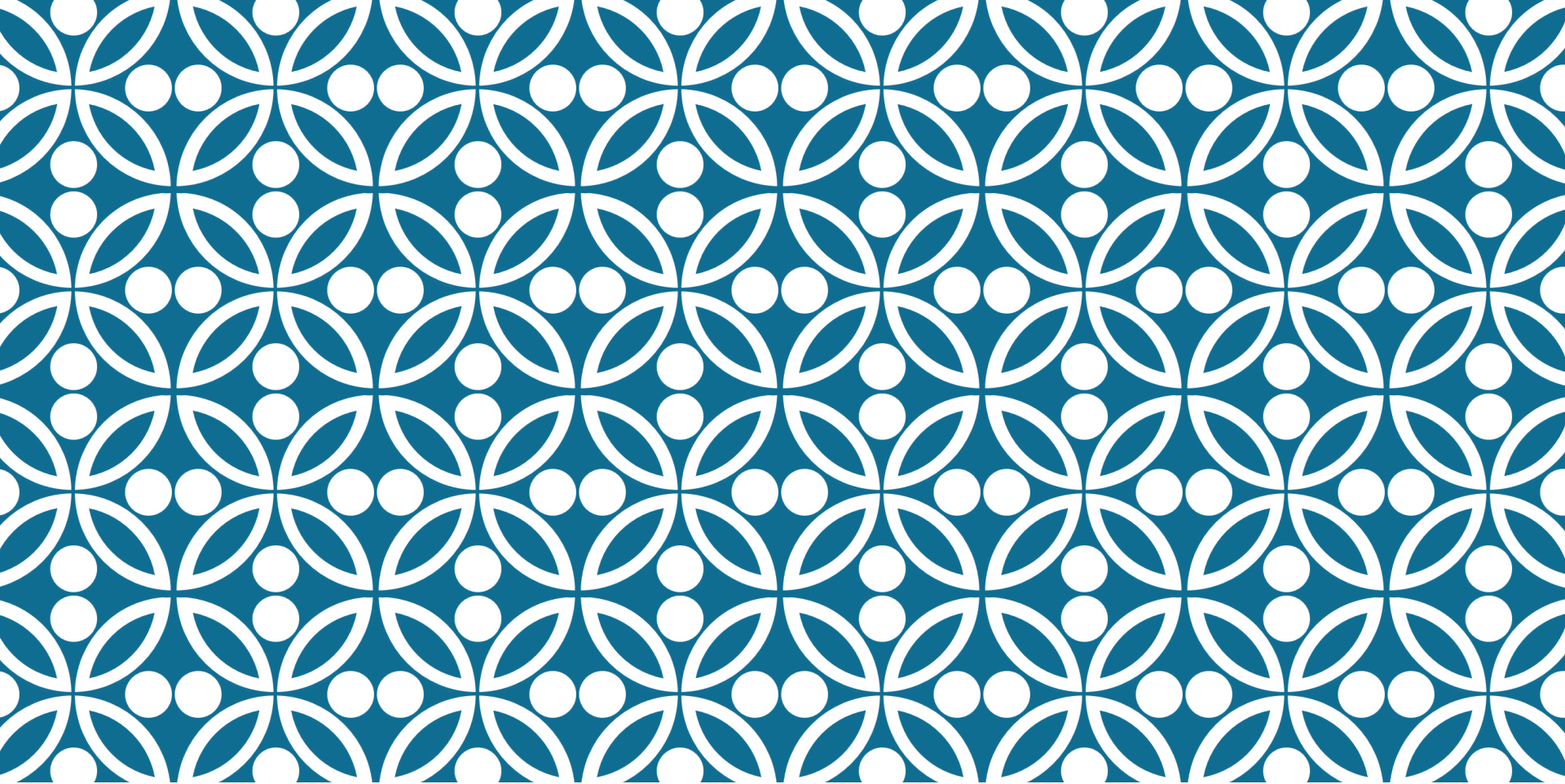


BLOCOS SOMADORES BINÁRIOS

Podemos comprar blocos somadores integrados: 7483 (TTL); CD4008 (CMOS); e outros.

Podemos unir blocos somadores completos para obter somadores com quantidade maior de bits (p. ex. juntar 8 integrados CD4008 para fazer um somador de 32 bits)





SUBTRATOR

BLOCO SUBTRATOR BINÁRIO

Para subtração iremos usar o complemento de 2 e um somador.

$$A - B = A + (\overline{B} + 1), \text{ desprezando o último "vai-um"}$$

Faça o diagrama de um circuito digital para um subtrator de n bits.

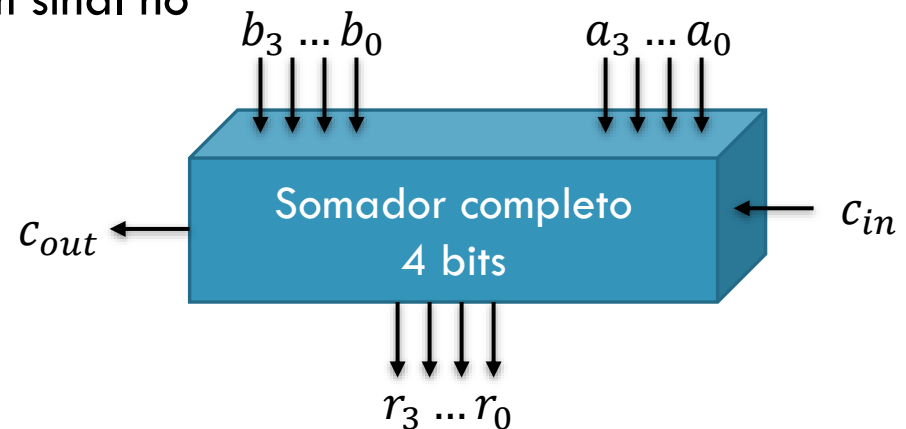
Você só precisará de:

- Somador completo de n bits
- Portas NOT

SOMA E SUBTRAÇÃO DE NÚMEROS COM SINAL

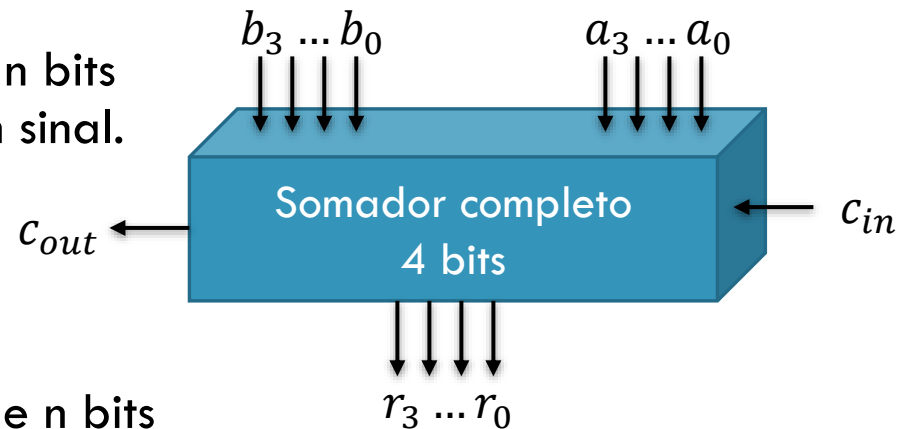
Este é um somador para palavras de n bits que representam números inteiros sem sinal.

Como é um somador para palavras de n bits que representam números inteiros com sinal no formato complemento de 2?



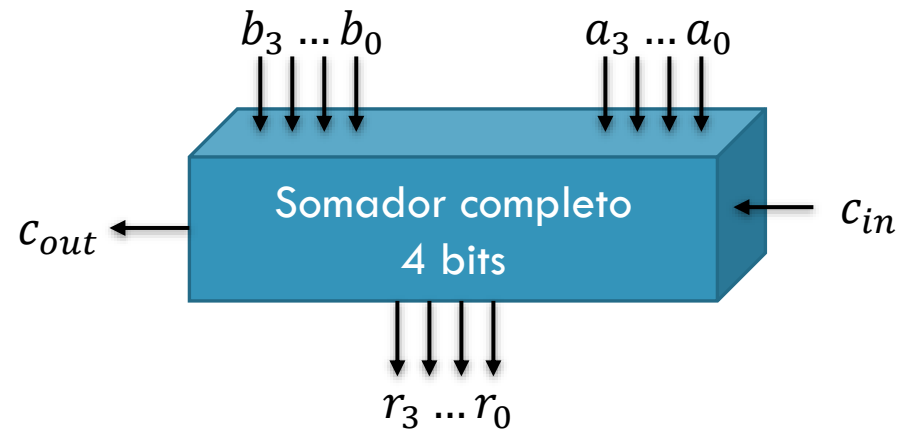
SOMA E SUBTRAÇÃO DE NÚMEROS COM SINAL

Este é um somador para palavras de n bits que representam números inteiros sem sinal.



Como é um somador para palavras de n bits que representam números inteiros com sinal no formato complemento de 2?

Não há nenhuma diferença no circuito!



SOMA E SUBTRAÇÃO DE NÚMEROS COM SINAL

Podemos utilizar um somador completo de n bits.

Porém, precisamos garantir que o número a ser subtraído esteja em complemento de 2!

Ou seja, para fazer $(a)-(b)$, devemos converter b para complemento de 2.

$$-(b) = \bar{b} + 1$$

$$-(b_n b_{n-1} \dots b_2 b_1 b_0) = \overline{b_n b_{n-1} \dots b_2 b_1 b_0} + 1$$

Logo, podemos fazer isso facilmente utilizando b invertido, e ativando a entrada c_{in} para somar 1.

