Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de São Paulo
Curso de Graduação em Engenharia Eletrônica

Circuitos aritméticos

RELATÓRIO DA DISCIPLINA LABORATÓRIO DE ELETRÔNICA 1 COM O PROF. GILBERTO CUARELLI E O PROF. HAROLDO GUIBU.

Gustavo Senzaki Lucente	SP303724X
Luís Otávio Lopes Amorim	SP3034178

SÃO PAULO

2020

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

1 INTRODUÇÃO TEÓRICA

Controladores e processadores modernos realizam basicamente operações lógicas e aritméticas em dados fornecidos a eles, esse é então a forma como os computadores dos dias atuais funcionam. Para isso, eles precisam de uma unidade central que possa realizar essas operações tanto lógicas quanto aritméticas. Essa unidade é chamada unidade lógica e aritmética (ULA) e é composta de diversas portas lógicas que formam circuitos lógicos e aritméticos (TAVARES, 2015).

Por isso unidades digitais de cálculos aritméticos são tão importante para a eletrônica moderna já que fazem parte da base de quase todo tipo de controlador. Essas unidades são sistemas digitais cujo intuito é realizar algum cálculo seja ele adição, subtração, multiplicação ou divisão utilizando portas lógicas. Porém, antes de tratar como os circuitos aritméticos processam os números é necessário entender como os números são representados digitalmente.

Já sabemos que um número natural pode ser representado em forma binária e que o processo de conversão de uma base para a outra é por meio de divisões sucessivas. O problema ocorre quando é necessário trabalhar com números inteiros, ou seja números com sinal. Nesse caso adiciona-se um bit de sinal, ou seja um número positivo é representado por seu módulo com um 0 adicionado à esquerda, esse 0 representa o sinal do número. Por exemplo 011000 é a representação com sinal do número 24. Já os números negativos são representados na forma de complemento a 2. O complemento a 2 de um número binário é o seu complemento a 1 (número invertido) adicionado de 1, ou seja no caso do 24 o complemento a 1 será 100111 e o complemento a 2 é 101000 que se torna a representação negativa de 24 (ALEXANDRO; DELGADO; OGG, 2011).

O interessante de utilizar esse sistema de representação numérica é que a transformação de um número negativo para um positivo ou vice-versa é um processo simples, além disso a operação de subtração se torna apenas uma adição de um número negativo e um positivo, não sendo necessário a criação de um novo circuito apenas para a subtração.

1.1 Objetivos

Verificar o funcionamento dos circuitos meio somador, somador completo, e subtrator com complemento de dois montando os mesmos com a utilização de portas lógicas simples e circuitos dedicados.

1.2 Materiais e equipamentos

- 1 Circuito integrado 7405 (Porta NOT)
- 1 Circuito integrado 7408 (Porta AND)
- 1 Circuito integrado 7432 (Porta OR)
- 1 Circuito integrado 7486 (Porta XOR)
- Software proteus para simulação

2 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Esse experimento consiste na construção de circuitos meio somador, somador completo, meio subtrator e subtrator completo além de uma junção dos somadores e subtratores completos. Iniciamos pelos circuitos somadores.

2.1 Circuitos somadores

2.1.1 Meio somador

O primeiro circuito construído foi o do meio somador, ele possuí duas entradas A e B e duas saídas $Soma$ e $Carry$, a tabela 1 representa a tabela verdade desse circuito.

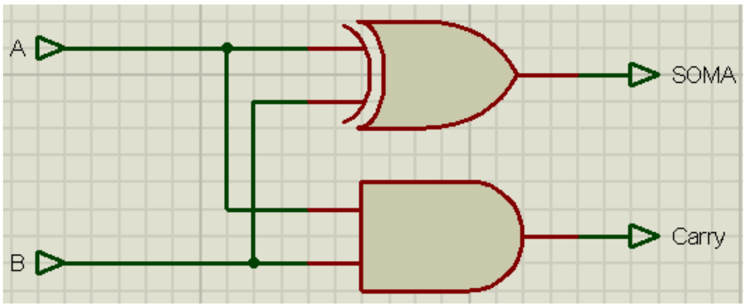
Tabela 1 – Tabela verdade do meio somador

A	B	$Soma$	$Carry$
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	1	1

Fonte: Elaborada pelos autores

Analisando essa tabela verdade é fácil enxergar que $Soma = A \oplus B$ e $Carry = AB$. Com isso montamos o circuito que realiza essa operação, ele está representado na figura 1

Figura 1 – Circuito meio somador



Fonte: Elaborada pelos autores

2.1.2 Somador completo

O próximo somador é um somador completo, ele funciona de forma parecida com o meio somador, porém recebe três entradas A, B e C_{in} gerando como saída $Soma$ que é a soma das três entradas e C_{out}. A tabela 2 é a tabela verdade dessa operação.

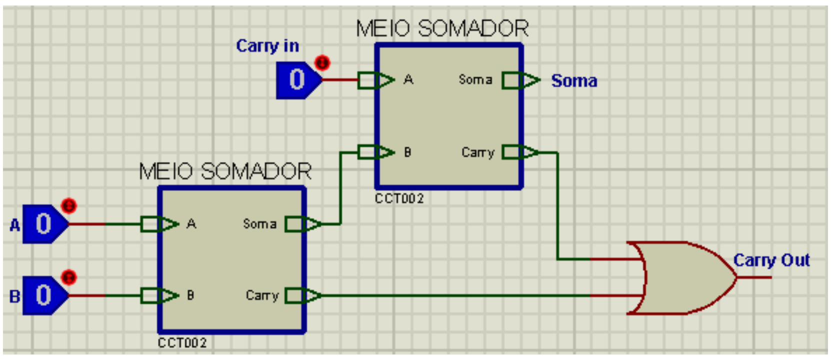
Tabela 2 – Tabela verdade do somador completo

A	B	C_{in}	$Soma$	C_{out}
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

Fonte: Elaborada pelos autores

A partir dessa tabela, podemos ver que $Soma$ é um XOR realizado nas 3 entradas, ou seja $Soma = A \oplus B \oplus C_{in}$, além disso $C_{out} = AB + (A \oplus B)C_{in}$. Outa forma de visualizar esse circuito é como dois meio somadores, já que trata-se da soma de três bits, assim ao conectar A e B nas entradas de um meio somador, conectar a saída de soma dele na entrada de um outro meio somador cuja outra entrada é C_{in}. A saída de soma do somador completo é a saída de soma do segundo meio somador, já a saída de carry é uma operação OU aplicada as saídas de carry dos dois meios somadores. O circuito que realiza essa operação pode ser visto na figura 2.

Figura 2 – Circuito somador completo



Fonte: Elaborada pelos autores

2.2 Circuitos subtratores

Em seguida realizamos a construção de dois circuitos subtratores, novamente um meio subtrator e, a partir dele, um subtrator completo.

2.2.1 Meio subtrator

Um circuito meio subtrator recebe como entradas A e B e possuí saídas $Subtração$ que é o resultado da subtração $A - B$ e $Borrow$ que será 1 se, e somente se, $B > A$. A tabela verdade desse circuito está representada na tabela 3.

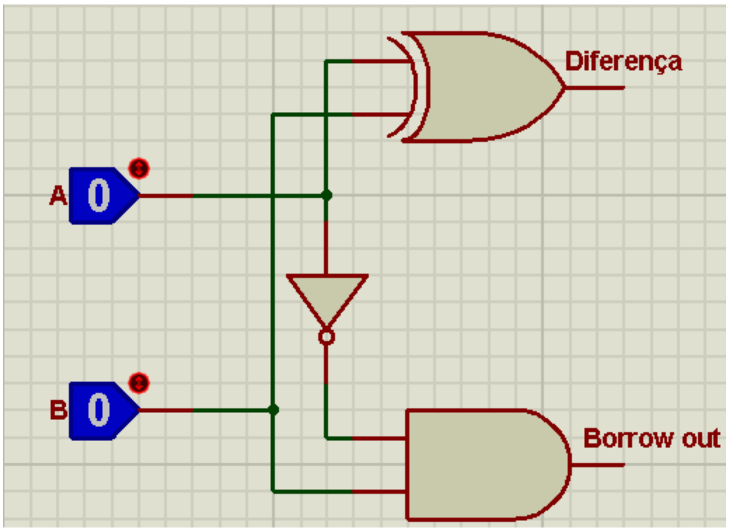
Tabela 3 – Tabela verdade do meio subtrator

A	B	$Subtração$	$Borrow$
0	0	0	0
0	1	1	1
1	0	1	0
1	1	0	0

Fonte: Elaborada pelos autores

Novamente podemos ver que o resultado é a operação XOR aplicado as duas entradas, já $Borrow = \bar{A}B$, dessa forma, a figura 3 é a representação desse circuito em software simulador.

Figura 3 – Circuito meio subtrator



Fonte: Elaborada pelos autores

2.2.2 Subtrator completo

O subtrator completo é um circuito que realiza a subtração de 3 entradas A, B e B_{in} gerando assim duas saídas $Subtração$ e B_{out}. Assim como nos somadores a versão completa da subtração é bem semelhante ao meio subtrator. A tabela 4 representa a tabela verdade do circuito.

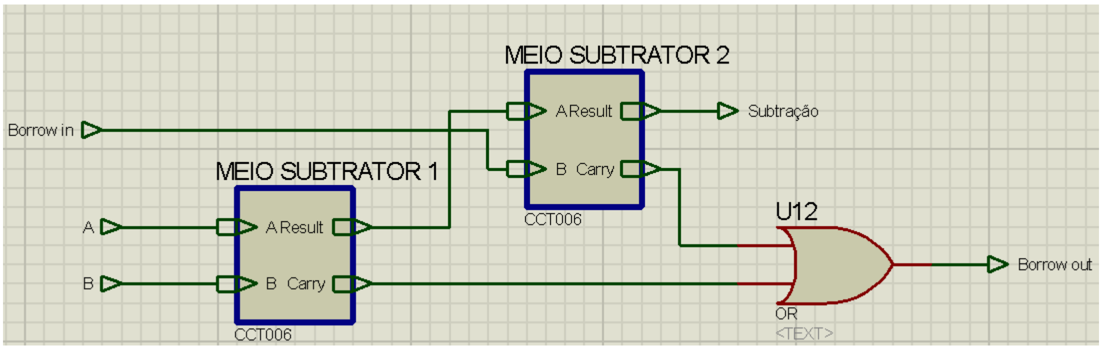
A partir dessa tabela é visível que $Subtração = A \oplus B \oplus B_{in}$, além disso $B_{out} = \overline{(A \oplus B)} + \bar{A}B$. Porém novamente é possível construir esse circuito utilizando 2 meios subtratores e uma porta OR, a figura 4 representa o esquema desse circuito.

Tabela 4 – Tabela verdade do subtrator completo

A	B	B_{in}	$Subtração$	B_{out}
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

Fonte: Elaborada pelos autores

Figura 4 – Circuito subtrator completo



Fonte: Elaborada pelos autores

2.3 Somador-subtrator completo

Um circuito que pode realizar tanto a operação de soma quanto a de subtração é o somador-subtrator completo. Ele recebe 4 entradas sendo elas A, B os números a serem somados, C_{in}, o carry ou borrow de entrada e $Controle$ uma entrada que serve para controlar a operação a ser realizada. A tabela verdade dele está representada na tabela 5.

Uma forma simples, porém que talvez não seja a ideal de construir esse tipo de circuito é utilizando um subtrator e um somador completo e realizar uma operação AND com as saídas deles e a entrada de controle normal ou invertida, por fim uma operação OR para juntar as saídas dos dois. A figura 5 representa esse circuito.

Dessa forma, quando $Controle = 0$ ambas as saídas do somador se tornarão 0 ao passarem pelas portas AND, já as saídas do subtrator não mudarão seu valor, por fim, a porta OR vai realizar a operação entre as saídas do subtrator e 0, ou seja, as saídas das portas OR serão iguais às saídas do subtrator.

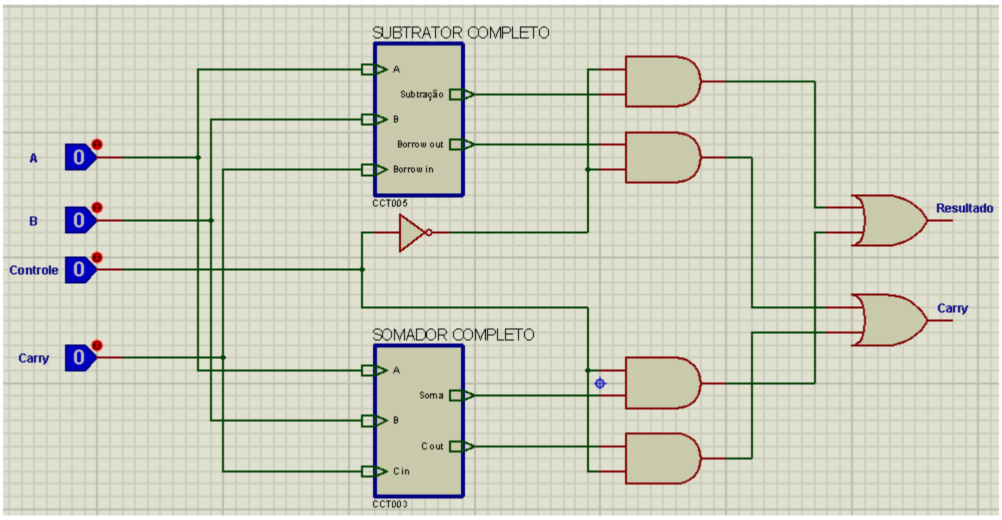
Por outro lado, quando $Controle = 1$ as saídas que serão levadas para frente, através da porta AND são as do somador, e as do subtrator se tornarão 0, novamente as portas OR realizarão a operação com as saídas do somador e 0, dessa forma a saída do

Tabela 5 – Tabela verdade do somador-subtrator completo

$Controle$	A	B	B_{in}	$Resultado$	B_{out}
0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	1
0	0	1	0	1	1
0	0	1	1	0	1
0	1	0	0	1	0
0	1	0	1	0	0
0	1	1	0	0	0
1	1	1	1	1	1
1	0	0	0	0	0
1	0	0	1	1	1
1	0	1	0	1	1
1	0	1	1	0	1
1	1	0	0	1	0
1	1	0	1	0	0
1	1	1	0	0	0
1	1	1	1	1	1

Fonte: Elaborada pelos autores

Figura 5 – Circuito somador-subtrator completo



Fonte: Elaborada pelos autores

circuito todo é igual à saída do somador completo.

Como já dito antes, esse não é o método mais eficiente para a construção desse circuito, isso pois a saída de *Resultado* por exemplo é a mesma, independente da entrada de *Controle*. Além disso, as expressões de *Carry* também são muito parecidas, com certeza há uma forma de explorar isso para simplificar ainda mais o circuito.

3 QUESTÕES

A questão proposta foi a construção de um circuito que realiza a operação de complemento a 2. Esse sistema pode ser muito útil pois quando um número é representado na forma de complemento a 2 podemos utilizar um único circuito, sem entrada de controle, para realizar tanto a operação de adição quanto a de subtração. O circuito proposto deve receber como entrada um número que varia de -7 até 7, ou seja possuí 3 bits de magnitude e 1 de sinal e envia em sua saída o mesmo número porém invertido, ou seja, se ele recebe 4 como entrada a saída deve ser -4 e se recebe -1 a saída deve ser 1.

Encontrar o oposto de um número em forma de complemento a dois passa por duas etapas: a primeira é inverter todos os seus bits colocando-o no formato de complemento a 1, em seguida é adicionado 1 a esse número, o resultado dessa soma é a saída desejada do circuito. A tabela 6 é a tabela verdade do circuito que devemos montar.

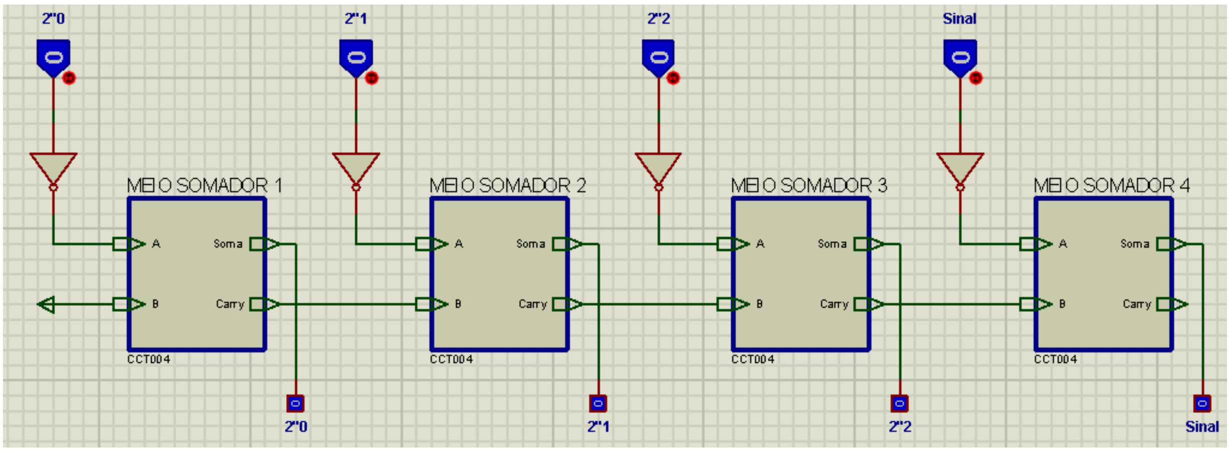
Tabela 6 – Tabela verdade do somador-subtrator completo

$Sinal$	2^2	2^1	2^0	t $Sinal$	2^2	2^1	2^0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	1	1	1
0	0	1	0	1	1	1	0
0	0	1	1	1	1	0	1
0	1	0	0	1	1	0	0
0	1	0	1	1	0	1	1
0	1	1	0	1	0	1	0
0	1	1	1	1	0	0	1
1	0	0	0	1	0	0	0
1	0	0	1	0	1	1	1
1	0	1	0	0	1	1	0
1	0	1	1	0	1	0	1
1	1	0	0	0	1	0	0
1	1	0	1	0	0	1	1
1	1	1	0	0	0	1	0
1	1	1	1	0	0	0	1

Fonte: Elaborada pelos autores

Como já dito, o primeiro passo dessa operação é a inversão de todas as entradas, logo cada uma delas é conectada diretamente a uma porta NOT, em seguida utiliza-se 3 meios somadores, em todos eles a primeira entrada é o número de entrada invertido, no primeiro deles a segunda entrada é sempre colocada em 1 (assim a soma sempre será feita com o número 1) e nos outros a segunda entrada é a saída de carry do somador anterior. As saídas de soma de cada um dos somadores vão gerar o número desejado e a saída de carry do último somador pode ser ignorada. A figura 6 representa a montagem desse circuito em software de simulação.

Figura 6 – Circuito gerador de complemento a 2



Fonte: Elaborada pelos autores

4 CONCLUSÃO

Vimos nesse experimento como os circuitos aritméticos funcionam e a importância desses sistemas.

Entender o funcionamento interno de circuitos pode ser muito útil para compreender como sistemas mais complexos funcionam ja que eles são compostos desses circuitos mais simples. Um exemplo disso, como já foi mencionado na introdução é o comportamento de uma ULA que só pode ser compreendido bem ao sabermos como os circuitos aritméticos funcionam.

A partir desse experimento então aprendemos como conectar as entradas e saídas de circuitos somadores e subtratores, além das operações que eles realizam e como fazem elas.

Além disso ao construir um somador-subtrator entendemos como juntar esses dois circuitos de modo a criar um mais genérico.

Por fim, conhecemos a forma de representação numérica de complemento a dois e como funciona a inversão de um número nesse tipo de representação, essa representação é extremamente importante pois com ela podemos somar e subtrair números utilizando apenas um somador.

REFERÊNCIAS

ALEXANDRO, D.; DELGADO, R.; OGG, V. **Sistemas Digitais • Circuitos Aritméticos**. 2011. Disponível em: <https://www.cin.ufpe.br/~voo/sd/Aula5.pdf>. Acesso em: 9 de mar. de 2021. Citado na página 5.

TAVARES, T. **Unidade Lógica e Aritmética**. 2015. Disponível em: <https://www.dca.fee.unicamp.br/~tavares/courses/2015s2/ea773-3.pdf>. Acesso em: 9 de mar. de 2021. Citado na página 5.