

Exemplos de Circuitos Combinacionais

Prof. Walter Silva Oliveira
walter.oliveira@unisantos.br

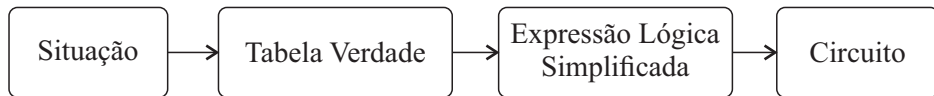


UNIVERSIDADE
CATÓLICA
DE SANTOS

Circuitos Digitais

Santos - 2024

Já vimos até o momento todas as ferramentas necessárias para realizar o projeto de circuitos combinacionais. A partir de agora, vamos utilizar essas ferramentas para resolver problemas mais complexos.



Entre as principais aplicações de circuitos combinacionais estão: **multiplexadores e demultiplexadores, codificadores e decodificadores, e sistemas aritméticos (somadores, subtratores e comparadores).**

Antes de analisarmos esses circuitos, vamos fazer um exemplo de problemas “reais”

Exercícios

Exercício 1: Semáforo

O cruzamento entre a **Rua A** e a **Rua B** com dois semáforos, deve seguir as seguintes regras:

1. Se houver apenas carros na rua A, o semáforo da rua A deve estar em verde, enquanto o da rua B vermelho.
2. Se houver apenas carros na rua B, o semáforo da rua B deve estar em verde, enquanto o da rua A vermelho.
3. Caso tenha carro nas duas ruas, a preferência é da rua A

Desenvolva o circuito digital para controlar os semáforos.

Exercício 2: Fila de prioridade

Queremos conectar 3 aparelhos em um amplificador de áudio, obedecendo a seguinte prioridade

1. Televisão
2. Computador
3. Alexa

Desenvolva o circuito digital para controlar o amplificador de áudio.

Exercício 3: Sistema de Alarme Residencial

Um sistema de alarme deve ser ativado quando uma das seguintes condições for verdadeira:

1. A porta da frente (P) está aberta e o sistema de segurança está ativado (S).
2. A janela (W) está aberta e o sistema de segurança está ativado (S).
3. O sensor de movimento (M) detecta movimento, independentemente do estado do sistema de segurança.

Entradas:

- P: Porta da frente (0 = Fechada, 1 = Aberta)
- W: Janela (0 = Fechada, 1 = Aberta)
- M: Sensor de movimento (0 = Sem movimento, 1 = Movimento detectado)
- S: Sistema de segurança (0 = Desativado, 1 = Ativado)

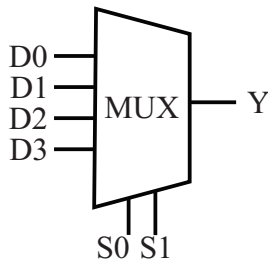
Saída:

- A: Alarme (0 = Desligado, 1 = Ligado)

MUX e DEMUX

Multiplexador

- Um multiplexador (MUX) é um circuito combinacional que seleciona **um dos vários sinais de entrada** e o encaminha para a **saída única**, com **base em sinais de controle** (ou seleção).
- Se o MUX tem n entradas de dados, são necessárias m linhas de seleção, onde $m = \log_2(n)$



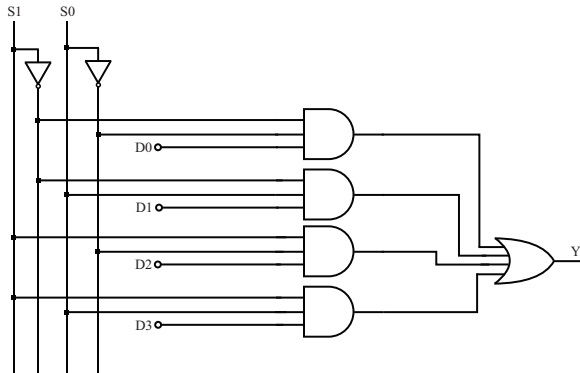
S1	S0	Y
0	0	D0
0	1	D1
1	0	D2
1	1	D3

Função lógica de MUX 4:1

Sendo assim, temos a seguinte função lógica associada ao MUX:

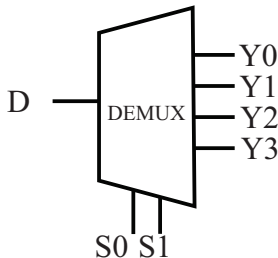
$$Y = D_0 \overline{S_0} \overline{S_1} + D_1 \overline{S_1} S_0 + D_2 S_1 \overline{S_0} + D_3 S_0 S_1$$

A partir da expressão lógica, é possível obter o seguinte circuito equivalente.



Demultiplexador

- O circuito demultiplexador (ou DEMUX) realiza a função inversa do MUX. Ou seja, a partir de **uma entrada, uma ou mais entradas de seleção e diversas saídas**. Desta forma, a **saída do DEMUX corresponde em 0, para as saídas não selecionadas, e D, na saída selecionada**.
- Se o MUX tem n saídas de dados, são necessárias m linhas de seleção, onde $m = \log_2(n)$



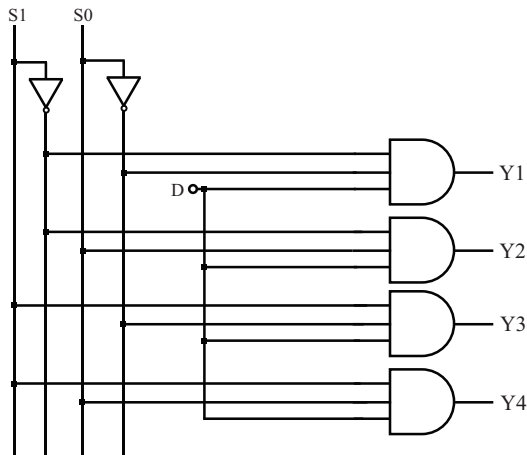
S1	S0	Y0	Y1	Y2	Y3
0	0	D	0	0	0
0	1	0	D	0	0
1	0	0	0	D	0
1	1	0	0	0	D

Função lógica do DEMUX 1:4

Sendo assim, temos a seguinte função lógica associada ao DEMUX para cada saída:

$$Y0 = D\overline{S_0}S_1, Y1 = D\overline{S_1}S_0, Y2 = DS_1\overline{S_0}, Y3 = DS_0S_1$$

A partir da expressão lógica, é possível obter o seguinte circuito equivalente.



Codificadores e Decodificadores

Diferença entre codificadores e decodificadores

- Chamamos de **codificadores** circuitos que passam de um **código conhecido** para um **desconhecido**
 - Exemplo: Calculadora que transforma entrada em decimal para binário, para que as operações possam ser realizadas
- Já os decodificadores realizam o processo inverso, ou seja, de um **código desconhecido, para um conhecido**.
 - Exemplo: Circuito que converte um sinal binário para decimal.
- Vamos ver alguns códigos conhecidos na utilização de circuitos digitais.

Código Gray

- Já vimos o Código Gray! Ele é utilizado na criação do Mapa de Karnaugh
- Ele também é utilizado em diversos sistema de comunicação digital

Decimal	Gray			
	A	B	C	D
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	1
3	0	0	1	0
4	0	1	1	0
5	0	1	1	1
6	0	1	0	1
7	0	1	0	0
8	1	1	0	0
9	1	1	0	1
10	1	1	1	1
11	1	1	1	0
12	1	0	1	0
13	1	0	1	1
14	1	0	0	1
15	1	0	0	0

Códigos BCD

- Existem diversos códigos BCD (Binary Coded Decimal)
- Eles foram utilizados em circuitos para realizar a conversão de binário para decimal, para visualização, como em displays ou relógios.
- Ao lado, como exemplo está o BCD 8421
- Em uma das práticas, faremos um codificador BCD para display de 7

Decimal	BCD 8421			
	A	B	C	D
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1

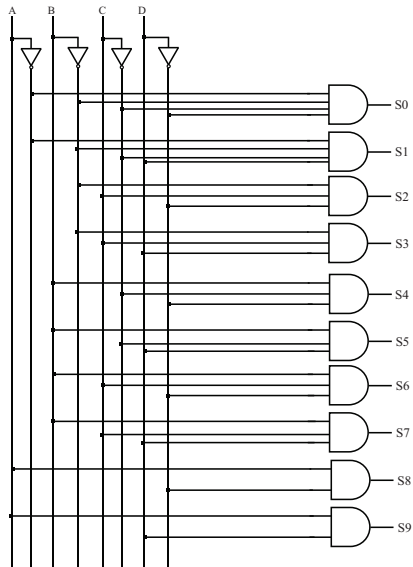
- Os Decoders são amplamente utilizados em toda a circuitaria digital. Veremos alguns exemplos de decoders.
- Normalmente, é realizada a decodificação do BCD 8421 para algum outro sistema conhecido

Decodificador Binário/Decimal

Podemos realizar a decodificação do BCD 8421 para decimal com a seguinte Tabela-Verdade

BCD 8421				Código 9876543210									
A	B	C	D	S9	S8	S7	S6	S5	S4	S3	S2	S1	S0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0		0
1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Circuito Equivalente ao Decodificador



Decodificadores de Linha

Os decodificadores de linha são bastante utilizados para realizar a ativação de certos barramentos os blocos do circuito, como por exemplo em células de memória. Exemplo:

Decoder 3 para 8

A2	A1	A0	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0

Circuitos Aritméticos

- Os circuitos aritméticos se destacam, principalmente, para a criação da **ULA - unidade lógica e aritmética**
- A ULA é o principal bloco do processador, responsável por realizar todas operações no processador.
- Além disso, o tema do PCG de vocês é realizar o projeto de uma ULA em Verilog, para isso, precisarão dos circuitos que discutiremos a seguir.

Meio Somador (Half Adder)

Relembrando da aula das operações básicas em binário:

$$\begin{array}{r} 0 \\ + 0 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0 \\ + 1 \\ \hline 1 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ + 0 \\ \hline 1 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \textcolor{red}{1} \\ 1 \\ + 1 \\ \hline 1 \ 0 \end{array}$$

Temos a seguinte Tabela Verdade para a operação de soma

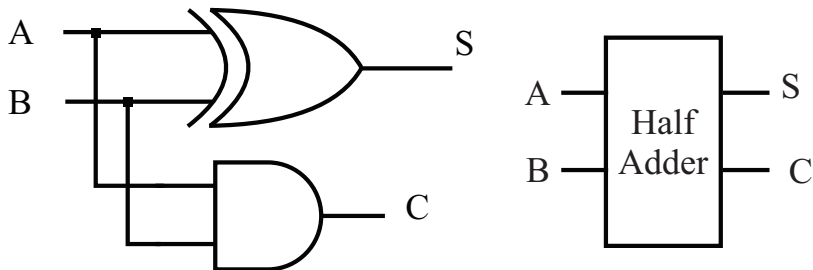
A	B	S	C
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

Circuito Meio Somador

$$S = A \oplus B$$

$$C = AB$$

No meio somador não consideramos o caso em que temos o carry na entrada



Somador Completo - Full Adder

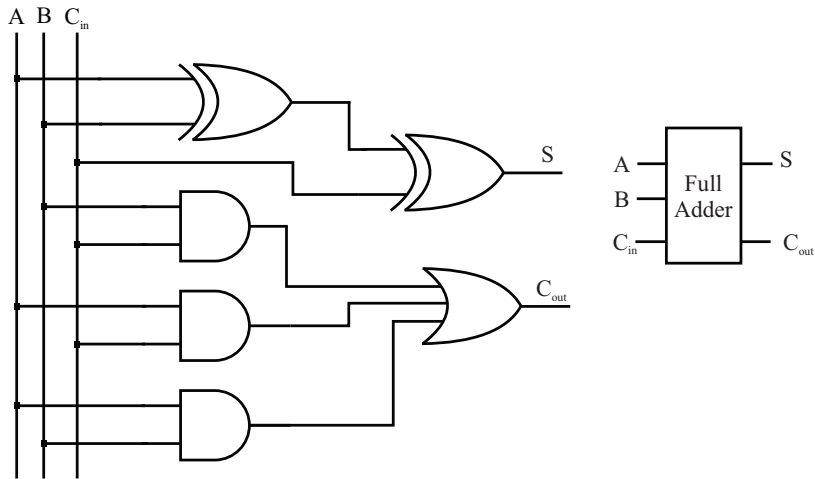
A Tabela Verdade para o Somador Completo é apresentada a seguir, considerando se há a presença do carry na entrada:

$$S = A \oplus B \oplus C_{in}$$

$$C_{out} = BC_{in} + AC_{in} + AB$$

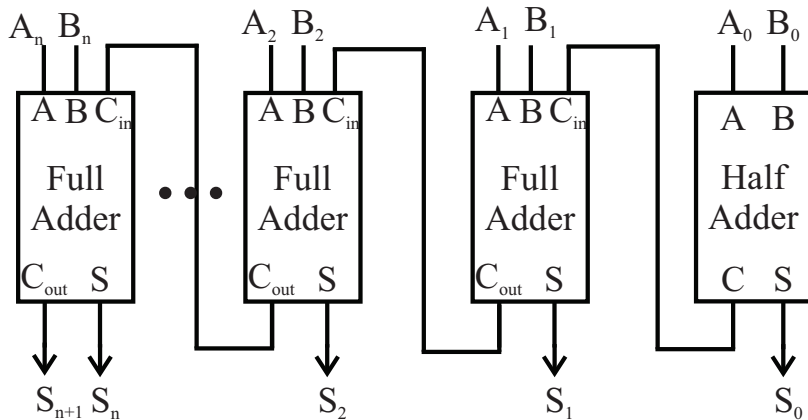
A	B	C_{in}	S	C_{out}
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1

Circuito Somador Completo



Circuito Somador com mais bits

Usando o meio somador e o somador completo é possível realizar a soma de um número maior de bits



Meio Subtrator (Half Subtractor)

Relembrando da aula das operações básicas em binário:

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

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

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

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

No caso 0-1 também ocorre o transporte do carry para a próxima coluna:

Temos a seguinte Tabela Verdade para a operação de subtração

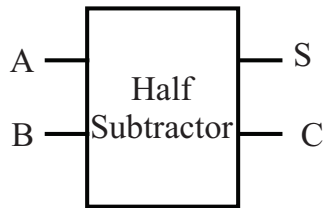
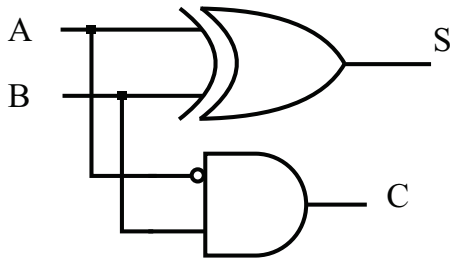
A	B	S	C
0	0	0	0
0	1	1	1
1	0	1	0
1	1	0	0

Circuito Meio Subtrator

No meio somador não consideramos o caso em que temos o carry na entrada

$$S = A \oplus B$$

$$C = \bar{A}B$$



Subtrator Completo - Full Subtractor

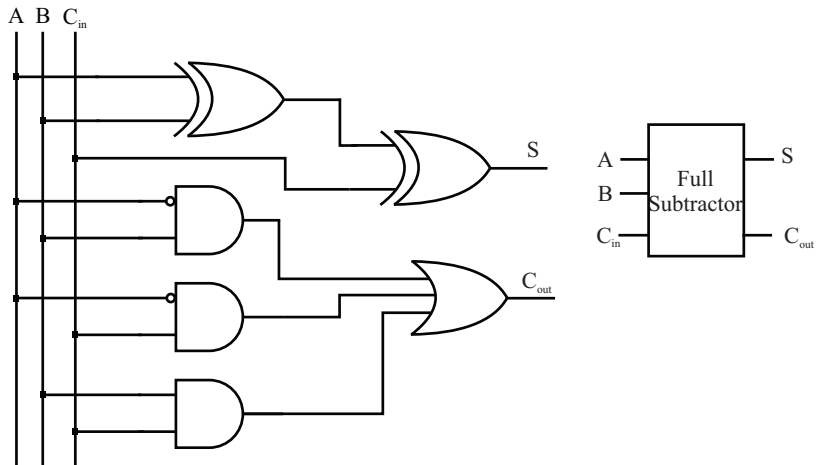
A Tabela Verdade para o Subtrator Completo é apresentada a seguir, considerando se há a presença do carry na entrada:

$$S = A \oplus B \oplus C_{in}$$

$$C_{out} = \bar{A}C_{in} + \bar{B}C_{in} + BC_{in}$$

A	B	C_{in}	S	C_{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

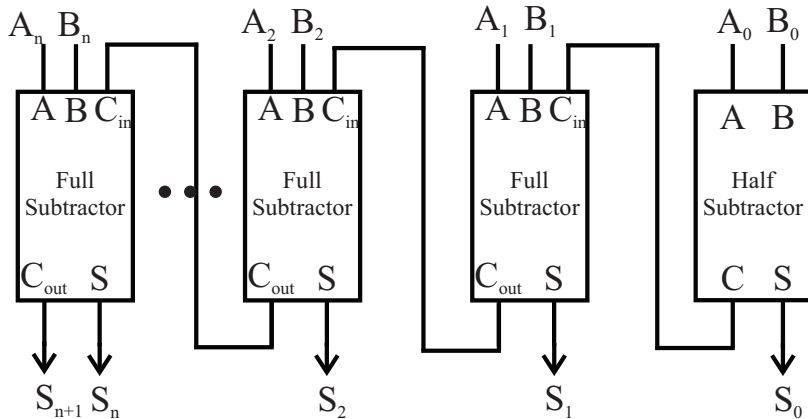
Circuito Subtrator Completo



•

Circuito Somador com mais bits

Usando o meio subtrator e o subtrator completo é possível realizar a soma de um número maior de bits





Ivan V Idoeta and Francisco Gabriel Capuano.

Elementos de eletrônica digital.

Livros Erica, 1982.

Exercícios para estudo: Problemas 4.3.1 até 4.3.8.

Exercícios para estudo: Decoders 5.6.1 até 5.6.9

Exercícios para estudo: Circuitos Aritméticos 5.6.10 até 5.6.17