

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

Circuitos multiplexadores e demultiplexadores

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

Gustavo Senzaki Lucente
Luís Otávio Lopes Amorim

SP303724X
SP3034178

SÃO PAULO

2020

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO TEÓRICA	5
1.1	Objetivos	6
1.2	Materiais e Equipamentos	6
2	PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS	8
2.1	Montagem 1	8
2.2	Montagem 2	9
2.3	Montagem 3	10
2.4	Montagem 4	12
3	QUESTÕES	13
3.1	XOR utilizando MUX	13
3.2	Problema de race	13
3.3	Características do 4051	14
4	CONCLUSÃO	15
	REFERÊNCIAS	16

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Símbolo lógico do sistema multiplexador de duas entradas	5
Figura 2 – Sistema multiplexador de 2 entradas de dados	5
Figura 3 – Símbolo lógico do sistema demultiplexador de duas entradas	6
Figura 4 – Sistema demultiplexador de 2 entradas de dados	6
Figura 5 – Montagem 1	8
Figura 6 – Montagem 1 com o gerador de funções	9
Figura 7 – Montagem 2	9
Figura 8 – Montagem 2 com o gerador de funções	10
Figura 9 – Montagem 3	11
Figura 10 – Montagem 3 com o gerador de funções	11
Figura 11 – Montagem 4	12
Figura 12 – Operação XOR utilizando MUX	13

LISTA DE TABELAS

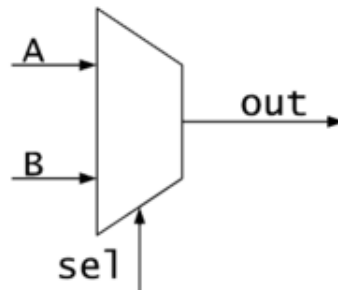
Tabela 1 – Tabela verdade da montagem 1	8
Tabela 2 – Tabela verdade da montagem 2	10
Tabela 3 – Tabela verdade da montagem 3	11
Tabela 4 – Tabela verdade da montagem 4	12
Tabela 5 – Tabela verdade da operação ou exclusivo	13
Tabela 6 – Terminais do CI 4051	14

1 INTRODUÇÃO TEÓRICA

Muitas vezes trabalhamos com sistemas digitais em que um se comunica pelo método em série (envia ou recebe todas as informações em sequência utilizando apenas uma conexão) e outro pelo método paralelo (envia ou recebe todas as informações ao mesmo tempo por meio de várias conexões). Nesse caso é necessário utilizar conversores série/paralelo ou vice-versa para que esses dois dispositivos possam comunicar entre si. Para isso existem os sistemas multiplexadores (MUX) e demultiplexadores (DEMUX) (BRAGA, 2010).

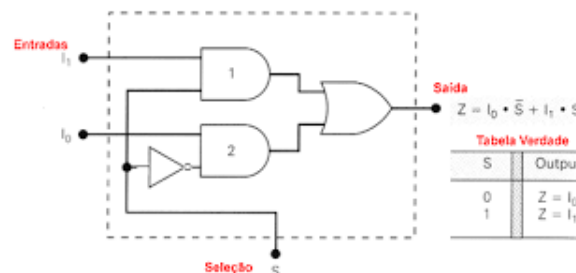
Um sistema multiplexador funciona como uma chave de multiplas entradas que pode ser controlada de forma digital a partir de suas entradas de controle (CAMPOS, 2011). Para isso ele possui n entradas de controle e pode receber até 2^n entradas de dados a serem selecionadas de forma que a saída desse sistema será igual a entrada de dados que for selecionada pelas entradas de controle dessa forma ele serve como um conversor paralelo para serial. As figuras 1 e 2 representam respectivamente o símbolo lógico de um MUX de 2 entradas e o funcionamento interno desse tipo de circuito.

Figura 1 – Símbolo lógico do sistema multiplexador de duas entradas



Fonte: Organización de las computadoras

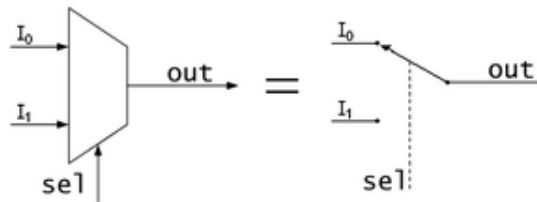
Figura 2 – Sistema multiplexador de 2 entradas de dados



Fonte: Eletrônica digital

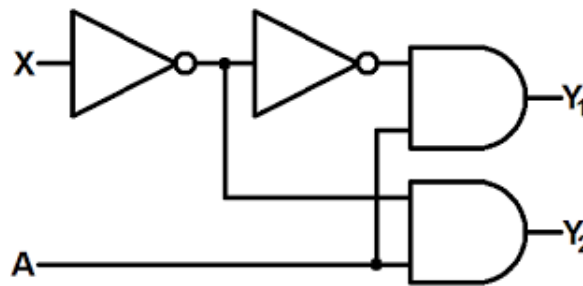
Já um sistema demultiplexador opera de forma oposta: ele receberá uma única entrada de dados e n entradas de controle, além disso possui 2^n saídas distintas. Sua função é enviar o sinal de entrada para a saída designada pelas entradas de controle (ROCHA, 2018). Portanto, como os sistemas MUX funcionam como um conversor paralelo para serial, os DEMUX são um conversor de um sinal serial para um sinal paralelo. As figuras 3 e 4 representam respectivamente o símbolo lógico de um DEMUX de 2 entradas e o funcionamento interno deste circuito.

Figura 3 – Símbolo lógico do sistema demultiplexador de duas entradas



Fonte: Wikipedia

Figura 4 – Sistema demultiplexador de 2 entradas de dados



Fonte: Sparkfun

1.1 Objetivos

Verificar o funcionamento dos circuitos multiplexador e demultiplexador, efetuar a montagem dos mesmos com a utilização de portas lógicas.

1.2 Materiais e Equipamentos

- 1 Circuito Integrado 7404 (Porta NOT)
- 1 Circuito Integrado 7408 (Porta AND)
- 1 Circuito Integrado 7432 (Porta OR)
- 1 Circuito Integrado 4051 (MUX-DEMUX 8 canais)

- 1 Circuito Integrado 4052 (MUX-DEMUX 4 canais)
- 1 Fonte de alimentação DC
- 1 Gerador de sinais
- 1 Osciloscópio
- 2 Cabos para osciloscópio
- Software Proteus para simulação

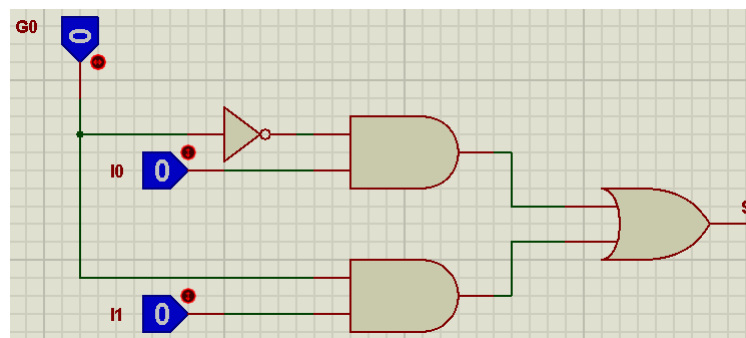
2 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Para esse experimento foram realizadas algumas montagens de sistemas multiplexadores e demultiplexadores, bem como a retirada de suas tabelas verdades e a junção desses sistemas.

2.1 Montagem 1

Inicialmente montamos o sistema multiplexador como pode ser visto na figura 5 e com isso montamos a sua tabela verdade que pode ser vista na tabela 1. A partir dela podemos ver que quando $G_0 = 0$ a saída S será igual à entrada I_0 , caso contrário a saída é igual à entrada I_1 .

Figura 5 – Montagem 1



Fonte: Elaborada pelos autores

Tabela 1 – Tabela verdade da montagem 1

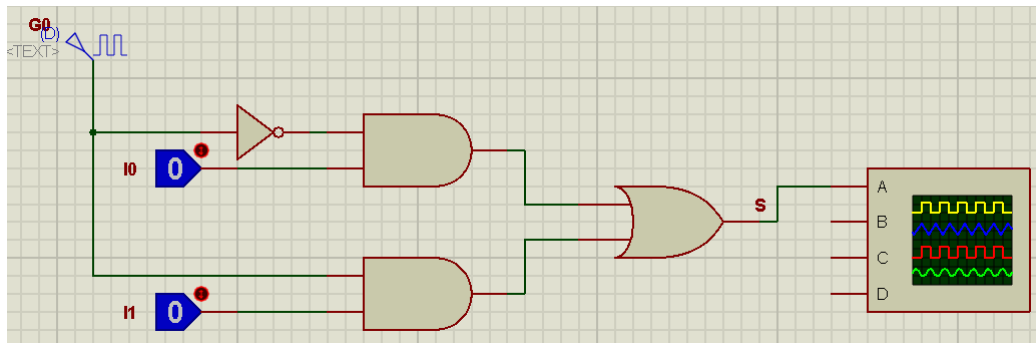
G_0	I_0	I_1	S
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	1

Fonte: Elaborada pelos autores

Em seguida, trocamos a entrada G_0 por uma onda quadrada de frequência $500Hz$, quando nenhuma das entradas era igual a 1 a saída ficou sempre em estado zero, ao colocar apenas uma entrada em nível lógico 1 a saída torna-se uma onda quadrada de frequência $500Hz$, sendo que a onda gerada por $I_0 = 1$, por outro lado quando ambas as entradas

estão em nível lógico 1, a saída foi sempre 1. A montagem do circuito com o gerador de funções e o osciloscópio pode ser vista na figura 6.

Figura 6 – Montagem 1 com o gerador de funções



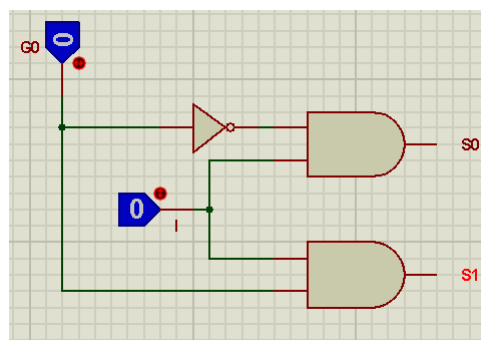
Fonte: Elaborada pelos autores

Esse comportamento de saída é totalmente esperado, isso pois a saída S sempre se comporta como uma das entradas, por isso quando ambas são 1 ou 0 a saída é constante. Porém quando apenas uma delas é 1 a saída se torna uma onda, pois quando a entrada de controle selecionara a entrada I_0 a saída será igual a I_0 e quando selecionar I_1 , a saída será igual a I_1 , como as entradas possuem sinais opostos, a saída varia na mesma frequência que a entrada de controle.

2.2 Montagem 2

A segunda montagem proposta foi a de um sistema demultiplexador utilizando portas AND e NOT. O circuito digital pode ser visto na figura 7, além disso montamos também uma tabela verdade para esse circuito que pode ser vista na tabela 2.

Figura 7 – Montagem 2



Fonte: Elaborada pelos autores

Novamente, trocamos a entrada G_0 por uma onda quadrada, dessa vez uma onda de frequência $1kHz$. Com isso, quando a entrada I teve valor 0 ambas as saídas possuíram nível lógico 0. Porém quando a entrada 1 assumiu valor 1, as duas saídas se tornaram ondas

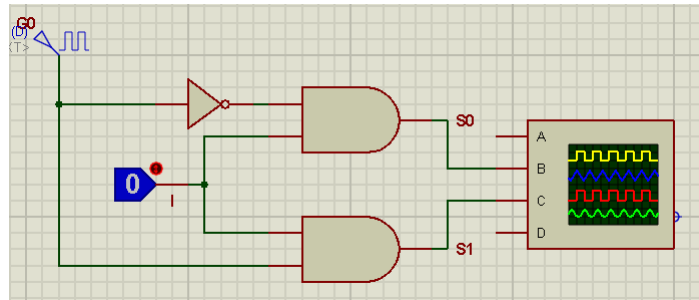
Tabela 2 – Tabela verdade da montagem 2

G_0	I	S_0	S_1
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	1	0	1

Fonte: Elaborada pelos autores

quadradas de mesma frequência que G , porém S_0 sempre era o oposto de G_0 enquanto $S_1 = G_0$. Essa montagem pode ser vista na figura 8

Figura 8 – Montagem 2 com o gerador de funções



Fonte: Elaborada pelos autores

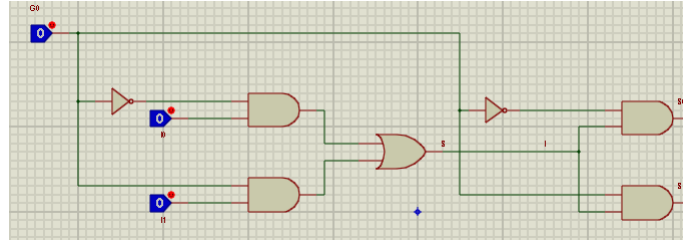
Isso ocorre pelo fato de que G_0 seleciona qual das duas saídas receberá a entrada I e coloca a outra entrada em 0. No caso em que $I = 0$, independente de G ambas as saídas são 0, isso pode ser visto na tabela 2. Porém como a saída $S_0 = I\bar{G}_0$ e $S_1 = IG_0$, quando $I = 1$ essas expressões se simplificam para, respectivamente \bar{G}_0 e G_0 , por isso as ondas vistas em ambas as saídas.

2.3 Montagem 3

A montagem 3 na realidade foi uma junção das montagens 1 e 2. Para isso conectamos ambas as entradas G_0 e a saída S da montagem 1 foi conectada diretamente na entrada I da montagem 2, isso pode ser visto na figura 9. Após a montagem nós retiramos a tabela verdade desse circuito, a tabela 3 representa isso.

É interessante perceber o funcionamento similar ao de uma chave digital mesmo, nesse caso quando $G_0 = 0$ o único sinal que a chave (G_0) permite passar é o de I_0 que é passado para sua respectiva saída, S_0 , quando $G_0 = 1$ ocorre o oposto. Além disso, novamente foi conectado um gerador de sinais com uma onda quadrada de 500Hz na entrada G_0 . Dessa forma, no caso em que $I_0 = I_1 = 0$ ambas as saídas eram constantes em 0. No caso em que uma das entradas era 1 e a outra 0, a saída da entrada de nível lógico 1 se tornou uma onda igual à onda de G_0 e a outra saída permaneceu constante em 0, por

Figura 9 – Montagem 3



Fonte: Elaborada pelos autores

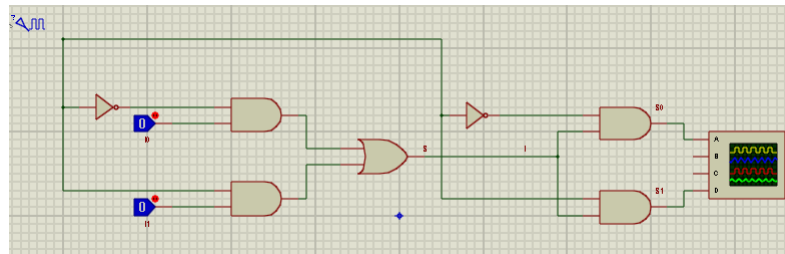
Tabela 3 – Tabela verdade da montagem 3

G_0	I_0	I_1	S_0	S_1
0	0	0	0	0
0	0	1	0	0
0	1	0	1	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	0
1	1	1	0	1

Fonte: Elaborada pelos autores

fim, com as duas entradas em 1 ambas as saídas oscilaram de tal forma que $G_0 = S_1 = \bar{S}_0$. A montagem com o osciloscópio e o gerador de funções pode ser vista na figura 8.

Figura 10 – Montagem 3 com o gerador de funções



Fonte: Elaborada pelos autores

Novamente, esse comportamento é esperado, com uma análise da tabela 3 podemos ver que $S_0 = \bar{G}_0 I_0$ e $S_1 = G_0 I_1$. Ou seja, se uma das entradas for 0, independentemente do valor de G_0 a saída dessa entrada será 0, porém quando uma delas for 1, a saída dependerá apenas de G_0 . Portanto, como G_0 é uma onda quadrada, assim também será a saída. Novamente vale notar que a saída S_0 será uma onda oposta à fornecida por G_0 enquanto S_1 será uma onda igual à G_0 .

2.4 Montagem 4

A última montagem desse experimento foi a criação da função booleana $S = B + \overline{A} \oplus C$ utilizando o CI 4051, um multiplexador de 8 canais. O raciocínio por trás da montagem é que, como nossa função possui 3 entradas, logo, 8 combinações de entradas possíveis, poderíamos utilizar cada um desses canais para uma combinação de entradas. Por isso, o primeiro passo é a criação da tabela verdade da função, essa tabela pode se vista na tabela 4.

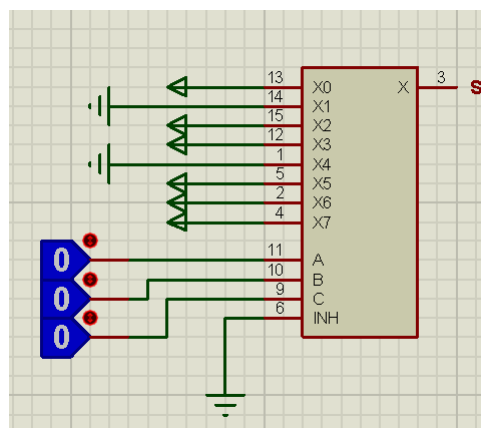
Tabela 4 – Tabela verdade da montagem 4

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

Fonte: Elaborada pelos autores

Assim, com as saídas desejadas para cada uma das 8 entradas, podemos fixar cada um dos 8 canais do 4051 em uma dessas saídas, ou seja, colocamos o canal 0 do MUX em 1 (1 linha da tabela verdade), o 2 canal em 0 (2 linha da tabela verdade) e assim por diante. Após isso basta colocar as três entradas A, B e C como as entradas de controle do CI. A montagem completa pode ser vista na figura 11.

Figura 11 – Montagem 4



Fonte: Elaborada pelos autores

A entrada INH do CI utilizado desativa todos os canais, ou seja, quando $INH = 1$ a saída flutua. Por isso nessa montagem esse terminal foi aterrado, ou seja, deixado com nível lógico 0.

3 QUESTÕES

3.1 XOR utilizando MUX

Foi pedido para realizarmos a construção de uma porta XNOR utilizando um sistema multiplexador. O processo dessa construção é o mesmo da montagem feita na seção 2.4. Portanto, inicialmente construímos a tabela verdade da operação desejada, por ser apenas um XOR sua tabela verdade é bem simples, ela pode ser vista na tabela 5.

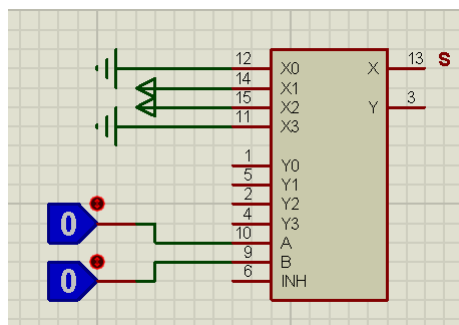
Tabela 5 – Tabela verdade da operação ou exclusivo

A	B	$A \oplus B$
0	0	0
0	1	1
1	0	0
1	1	1

Fonte: Elaborada pelos autores

Após a construção dessa tabela, basta fixar cada uma das entradas do multiplexador utilizado na saída desejada. Nesse caso como a operação envolve apenas duas variáveis, é necessário um MUX de apenas 4 canais, por isso utilizamos o CI 4052 que possui dois multiplexadores de 4 canais e não o 4051. A montagem realizada por ser vista na figura 12.

Figura 12 – Operação XOR utilizando MUX



Fonte: Elaborada pelos autores

3.2 Problema de race

Em circuitos digitais muitas vezes ocorre uma condição chamada race (corrida), isso é uma situação em que o resultado depende da sequência em que dois ou mais eventos ocorram. Isso ocorre principalmente quando um sistema digital é feito esperando uma sequência de eventos, porém sem garantir que os eventos ocorram nessa sequência correta.

Um exemplo interessante de race é a função booleana $S = A\bar{A}$ que tem claramente resultado esperado como 0 independente da entrada. Porém, quando essa expressão é transformada num circuito lógico combinacional, ao trocar o estado de A de 0 para 1 pode ocorrer um pequeno pulso digital na saída, isso ocorre pois a inversão do sinal (\bar{A}) é um processo não instantâneo, portanto por uma fração de segundo a porta lógica AND receberá AA até que essa inversão ocorra.

3.3 Características do 4051

O sistema multiplexador de 8 canais que utilizamos, CI 4051 é muito utilizado e trataremos um pouco sobre ele. Após a construção do CI ele é encapsulado utilizando o padrão DIP-16, ou seja possui 16 terminais, o funcionamento de cada um desses terminais pode ser visto na tabela 6.

Tabela 6 – Terminais do CI 4051

Terminal	Nome	Função/Conexão
1	Canal 4	Entrada/Saída do canal 4
2	Canal 6	Entrada/Saída do canal 6
3	Comum	Entrada/Saída comum
4	Canal 7	Entrada/Saída do canal 7
5	Canal 5	Entrada/Saída do canal 5
6	INH	Desabilita todos os canais
7	V_{EE}	Entrada de tensão negativa
8	V_{SS}	Terra
9	C	Controle C
10	B	Controle B
11	A	Controle A
12	Canal 3	Entrada/Saída do canal 3
13	Canal 0	Entrada/Saída do canal 0
14	Canal 1	Entrada/Saída do canal 1
15	Canal 2	Entrada/Saída do canal 2
16	V_{DD}	Entrada de tensão positiva

Fonte: Elaborada pelos autores

4 CONCLUSÃO

Nesse experimento foi possível conhecer os sistemas multiplexadores e demultiplexadores. Não foi obtida apenas o conhecimento da operação MUX e DEMUX, mas entendemos também o funcionamento interno desses dois tipos de circuitos e como eles são projetados. Além disso, pudemos utilizar circuitos integrados prontos que já realizam esse tipo de operação, ganhando assim ainda mais experiência com o trabalho com CI's, leitura de suas documentações (datasheets) e montagem correta.

O conhecimento profundo de sistemas digitais é extremamente importante pois em nossa formação devemos conhecer esses sistemas para poder manipular eles utilizando suas propriedades. Um exemplo disso é que conhecendo como funciona um MUX de 2 canais, projetar um de 4 se torna uma tarefa relativamente simples, já que o raciocínio por trás do funcionamento deles é análogo. Na verdade ao conhecer o funcionamento desses sistemas fica claro como é possível contruir um multiplexador de 2^n canais utilizando apenas multiplexadores de 2^{n-1} canais, operação que pode ser útil para sistemas mais complexos que precisem talvez de dezenas ou centenas de canais.

REFERÊNCIAS

BRAGA, N. C. **Multiplexadores e demultiplexadores (ART159)**. 2010. Disponível em: <<https://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/1214-art0159.html>>. Acesso em: 5 de mar. de 2021. Citado na página 5.

CAMPOS, F. **Multiplexador / Demultiplexador**. 2011. Acesso em: 5 de mar. de 2021. Citado na página 5.

ROCHA, A. **Demultiplexador: funcionamento e exemplo prático - FilipeFlop**. 2018. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/demultiplexador/>>. Acesso em: 5 de mar. de 2021. Citado na página 6.