

Experimento 3

Circuitos Combinacionais: Mapa de Karnaugh

Ana Caroline da Rocha Braz, 21/2008482

Kalew Silva Piveta, 18/0104071

Grupo G20

¹Dep. Ciência da Computação – Universidade de Brasília (UnB)
CIC0231 - Laboratório de Circuitos Lógicos

braz.ana@aluno.unb.br, kalew.silva@aluno.unb.br

Abstract. *This corresponds to the report of Experiment 3 on Combinational Circuits: Karnaugh Map. The purpose of this is to explain our resolutions and explanations about the exercises proposed in the Experiment 3 script. For this, 3 equivalent circuits were built using NAND gates through circuits pre-established by Karnaugh's map.*

Resumo. *Este corresponde ao relatório do Experimento 3 sobre Circuitos Combinacionais: Mapa de Karnaugh. O objetivo deste é explicar nossas resoluções e explicações sobre os exercícios propostos no roteiro do Experimento 3. Para isso, foram construídos 3 circuitos equivalentes utilizando portas NAND através de circuitos pré-estabelecidos pelo mapa de Karnaugh.*

1. Introdução

Durante o semestre 2021/2, diversos experimentos da disciplina de Laboratório de Circuitos Lógicos (CIC0231) serão realizados com o intuito de apresentar os recursos e ferramentas básicas para a construção e testes de circuitos digitais, além de introduzir conceitos e métodos utilizados para circuitos digitais modernos [Lamar and Mandelli 2022].

O mapa de Karnaugh, criado por Maurice Karnaugh em 1953, é utilizado para simplificação de expressões booleanas e, quando usada adequadamente, produz expressões de soma-de-produtos ou de produto-de-soma mais simples possíveis, conhecidas como expressão mínima. Para esse método, não é utilizado tabelas verdades e pode ser aplicado em funções envolvendo de duas à cinco variáveis [Floyd 2009, Harris and Harris 2017, Lamar and Mandelli 2022].

Durante os experimentos realizados, o mapa de Karnaugh foi utilizado para que fosse possível a criação de expressões e circuitos simplificados, em relação à um circuito de decisão de maioria, minoria e igualdade com 4 entradas. Visto que portas NAND são consideradas portas universais, ou seja, pode-se construir circuitos mais “baratos” e utilizando apenas essas portas, o objetivo principal deste trabalho é relatar as resoluções dos experimentos utilizando circuitos equivalentes aos criados pelo mapa de Karnaugh usando apenas portas NAND.

Neste experimento foram utilizados os materiais e equipamentos do site Tinkercad¹, bem como portas lógicas NAND, além do modelo já pronto do professor para rea-

¹<https://www.tinkercad.com/>

lizar os testes. Também foi utilizado a ferramenta educacional Logisim² para construção das tabelas verdades, mapa de Karnaugh e circuitos lógicos.

Esse relatório está organizado da seguinte forma. Na seção 2, serão apresentados os procedimentos de cada exercício da parte experimental. Na seção 3, serão apresentados as análises dos resultados encontrados durante os procedimentos e os links para assistir o funcionamento dos circuitos. Na seção 4, a conclusão. E, por fim, as referências e a auto-avaliação.

2. Procedimentos

Nessa seção serão apresentados os resultados dos experimentos.

2.1. Circuito equivalente à decisão de maioria

Nesse primeiro experimento é dado um circuito de decisão de maioria com portas AND e OR e a partir dele fosse projetado e construído um circuito de decisão de maioria utilizando apenas portas NAND.

Sendo assim, para construção foram utilizadas 3 portas NAND de 2 entradas (CI 74HC00) e 1 porta NAND de 3 entradas (CI 74HC10). Seguindo a Figura 1, o primeiro NAND, da esquerda para direita, em todas as primeiras entradas recebem um fio de 5V, que é representa 1, e nas seguintes entradas recebem os seguintes fios:

- Na entrada 1B recebe a chave D
- Na entrada 2B recebe a chave C
- Na entrada 3B recebe a chave B
- Na entrada 4B recebe a chave A

As saídas 1 e 2 são conectadas a outra porta NAND nas entradas 1B e 1A, respectivamente. Já as saídas 3 e 4 serão conectadas a essa mesma porta porém nas entradas 4A e 4B, respectivamente. Nesta segunda porta a saída 1 será conectada a entrada 2C de um NAND de 3 portas de entrada. E a saída 4 será conectada na porta 3C, deste mesmo NAND de 3 portas. Estas etapas, se referem à todas as portas, AND e OR, utilizadas na segunda etapa do circuito dado.

O NAND de 3 portas, terá o mesmo efeito das portas AND utilizadas na terceira etapa do circuito dado, e com isso as portas restantes irão receber as seguintes chaves:

- Na entrada 2A recebe a chave A e 2B recebe a chave B
- Na entrada 4A recebe a chave C e 4B recebe a chave D

As saídas 2 e 3, agora, são conectadas e outra porta NAND de 2 entradas que darão o resultado final no Led L0. Este último NAND terá o mesmo efeito da última porta OR utilizado no circuito dado.

O exercício também pede para construir a tabela verdade em relação à este circuito, que pode ser verificada na Tabela 1, após a Figura.

²<http://www.cburch.com/logisim/>

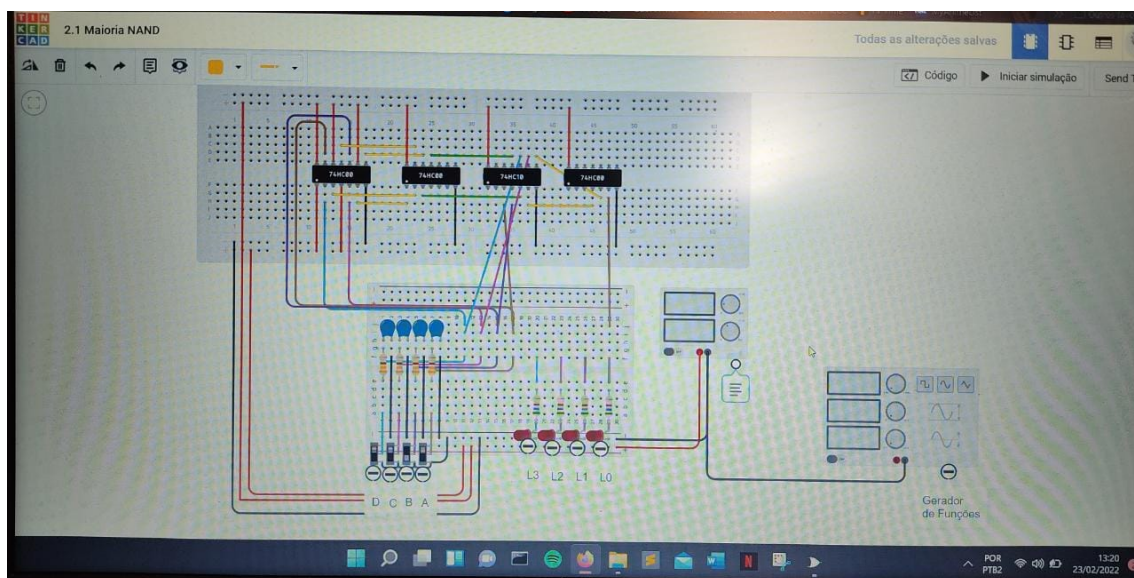


Figura 1. Circuito equivalente à decisão de maioria utilizando portas NAND.

Tabela 1. Tabela da verdade do circuito de decisão de maioria com portas NAND.

ENTRADAS				SAÍDA
D	C	B	A	L0 = Y
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	0
0	1	1	1	1
1	0	0	0	0
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	0	1	1	1
1	1	0	0	0
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1
1	1	1	1	1

2.2. Circuito equivalente à decisão de minoria

Nesse segundo experimento é pedido para que fosse projetado e construído um circuito de decisão de minoria utilizando apenas portas NAND.

Sendo assim, para construção foram utilizadas 1 porta NAND de 2 entradas (CI 74HC00), 2 porta NAND de 3 entradas (CI 74HC10) e 1 porta NAND de 4 entradas (CI 74HC20).

Seguindo a Figura 2, o primeiro NAND, da esquerda para direita, em todas as primeiras entradas recebem um fio de 5V, que é representa 1, e nas seguintes entradas recebem os seguintes fios:

- Na entrada 1B recebe a chave D
- Na entrada 2B recebe a chave C
- Na entrada 3B recebe a chave B
- Na entrada 4B recebe a chave A

Na segunda porta NAND, temos as seguintes ligações:

- 1A: Saída 2 da porta anterior
- 1B: Saída 1 da porta anterior
- 1C: Saída 3 da porta anterior
- 2A: Saída 1 da porta anterior
- 2B: Saída 2 da porta anterior
- 2C: Saída 4 da porta anterior
- 3A: Saída 1 da porta anterior
- 3B: Saída 3 da porta anterior
- 3C: Saída 4 da porta anterior

Na terceira porta NAND, temos as seguintes ligações:

- 3A: Saída 3 da primeira porta
- 3B: Saída 2 da primeira porta
- 3C: Saída 4 da primeira porta

Na última porta NAND, temos as seguintes ligações:

- 1A: Saída 3 da terceira porta
- 1B: Saída 2 da segunda porta
- 1C: Saída 1 da segunda porta
- 1D: Saída 3 da segunda porta
- Saída 1: Temos o resultado que é ligado a led L1

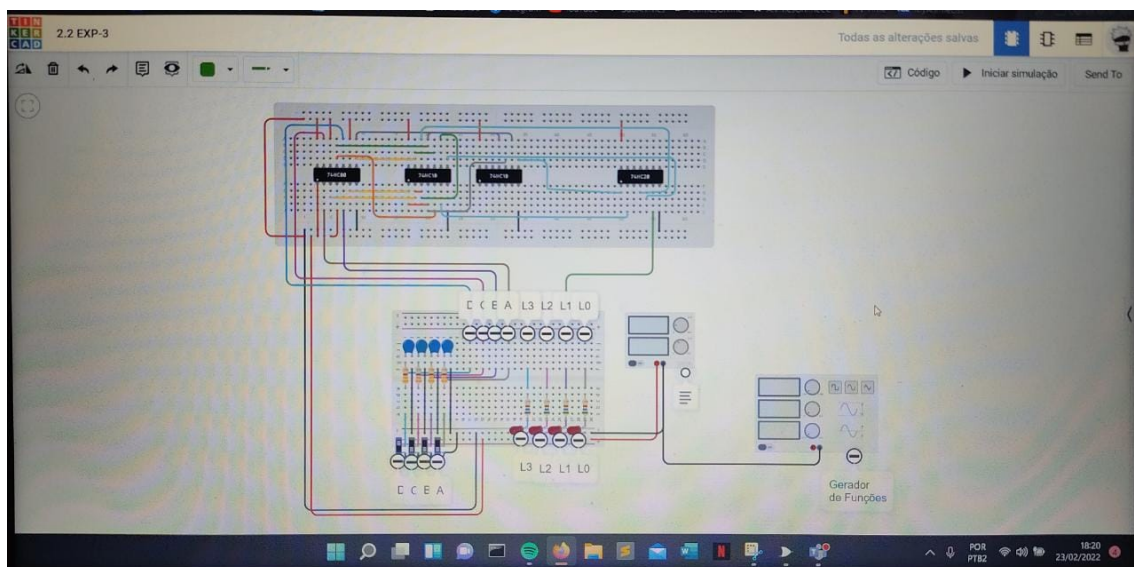


Figura 2. Circuito equivalente à decisão de minoria utilizando portas NAND.

O exercício também pede para construir a tabela verdade em relação à este circuito, que pode ser verificada na Tabela 2.

Tabela 2. Tabela da verdade do circuito de decisão de minoria com portas NAND.

ENTRADAS				SAÍDA
D	C	B	A	L1 = Y
0	0	0	0	1
0	0	0	1	1
0	0	1	0	1
0	0	1	1	0
0	1	0	0	1
0	1	0	1	0
0	1	1	0	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	0	1	1	0
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	0

2.3. Circuito equivalente à decisão de igualdade

Nesse segundo experimento é pedido para que fosse projetado e construído um circuito de decisão de igualdade utilizando apenas portas NAND e os circuitos anteriores.

Para isso um novo *protoboard* foi adicionado ao circuito e nele uma porta NAND de 2 entradas (CI 74HC00). Seguindo a Figura 3 temos as seguintes ligação:

- Na entrada 1A e 1B recebe a saída 2
- Na entrada 2A recebe a saída 3 e 2B recebe a saída 4
- Na entrada 3A e 3B recebe a saída do primeiro *protoboard*, circuito de maioria
- Na entrada 4A e 4B recebe a saída do primeiro *protoboard*, circuito de minoria

Sempre quando as chaves tiverem valores iguais, por exemplo 0011, as entradas 3 e 4 irão ter saídas com valor 0 e quando passada pela a entrada 2 seus valores irão mudar para 1, essa parte do circuito representa uma porta OR. Após passar pela entrada 2, sua saída sairá trocada novamente para uma saída 0 e ao chegar ao último NAND, a entrada 1 fará novamente essa troca, representando uma porta AND.

O exercício também pede para construir a tabela verdade em relação à este circuito, que pode ser verificada na Tabela 3, após a Figura 3.

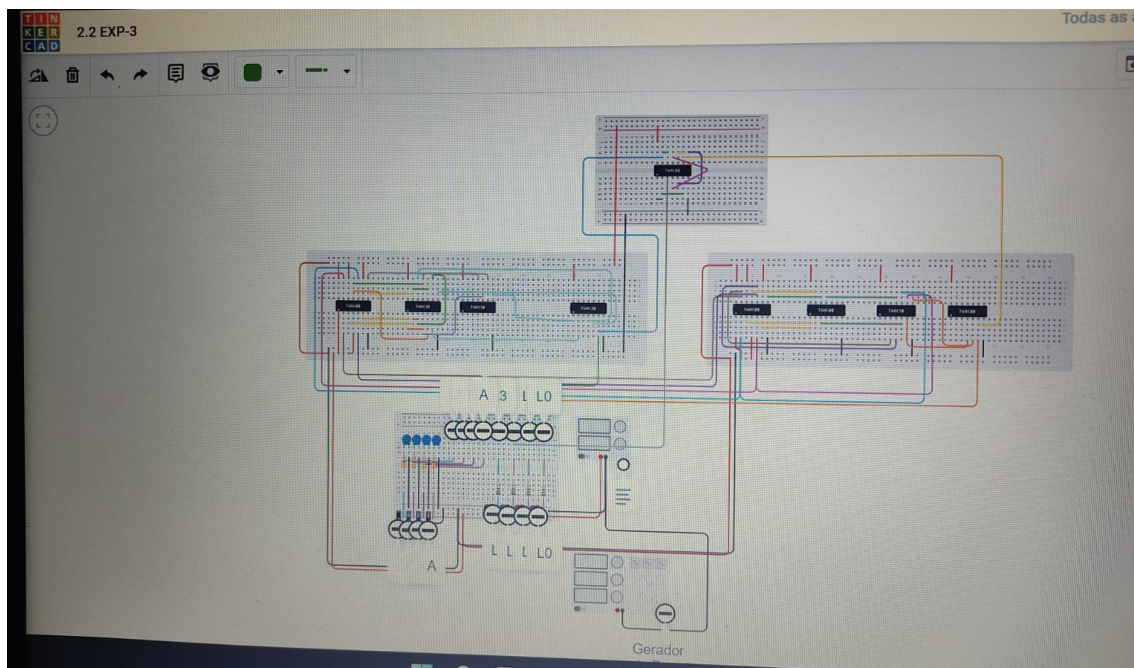


Figura 3. Circuito equivalente à decisão de igualdade utilizando portas NAND.

Tabela 3. Tabela da verdade do circuito de decisão de igualdade com portas NAND.

ENTRADAS				SAÍDA
D	C	B	A	L2 = Y
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	1
0	1	0	0	0
0	1	0	1	1
0	1	1	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	0
1	0	0	1	1
1	0	1	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	0	1
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	0

2.4. Links para vídeo no Youtube

Para assistir o funcionamento dos circuitos desse relatório, basta clicar nos seguintes links:

- Link para assistir o funcionamento do circuito 1: Circuito equivalente à decisão de maioria utilizando portas NAND.

- Link para assistir o funcionamento do circuito 2: Circuito equivalente à decisão de minoria utilizando portas NAND.
- Link para assistir o funcionamento do circuito 3: Circuito equivalente à decisão de igualdade utilizando portas NAND.

3. Análise dos Resultados

Analizando os resultados dos exercícios separadamente:

- No experimento 1, foi realizado a construção do circuito de decisão de maioria utilizando portas NAND e, com isso, obtivemos como resultado a mesma tabelas verdades de um circuito produto-de-soma dado no roteiro pelo mapa de Karnaugh
- No experimento 2 foi realizado a construção do circuito de decisão de minoria primeiro realizando a tabelas verdades e o mapa de Karnaugh para obter a expressão soma-de-produto. Logo após, utilizando portas NAND no Tinkercad foi construído o circuito final e, junto a isso, obtivemos como resultado a mesma tabelas verdades.
- No experimento 3 foi realizado a construção do circuito de decisão de igualdade. Utilizando os circuitos anteriores, um novo *protoboard* e uma nova porta NAND, foi possível a construção do circuito no Tinkercad e, junto a isso, a mesma tabela verdade de um circuito gerado pelo mapa de Karnaugh.

Visto os itens, em todos os experimentos conseguimos chegar aos resultados esperados, averiguados teoricamente.

4. Conclusão

Nesse trabalho foi apresentado os resultados e análises dos exercícios propostos do Experimento 3 da matéria de Laboratório de Circuitos Lógicos - CIC0231.

Os resultados mostram que ao utilizar o mapa de Karnaugh há uma produção expressões de soma-de-produtos ou de produto-de-soma e, a partir, disso há uma simplificação do circuito. Por utilizarem apenas portas OR e AND, esses circuitos podem ser implementados apenas com portas NAND, visto que essas portas são consideradas universais. Sendo assim, todos os experimentos foram construídos usando as portas NAND e chegaram a mesma tabelas verdades dos circuitos criados pelo mapa de Karnaugh.

Referências

Floyd, T. (2009). *Sistemas digitais: fundamentos e aplicações*. Bookman Editora.

Harris, D. and Harris, S. L. (2017). *Digital design and computer architecture*. Morgan Kaufmann.

Lamar, M. V. and Mandelli, M. G. (2022). Plano de ensino 2021/2.

Auto-Avaliação

1. b
2. d
3. b
4. a
5. d