

**Universidade Federal do Cariri**

**Curso: Ciência da Computação**

**Disciplina: Circuitos Digitais**

**Discente: Gilvan Alves Pastor Júnior e Gildo Alves de Lima Junior**

**Trabalho pratico de circuitos digitais**

Trabalho pratico apresentado como requisito parcial para a obtenção de nota na disciplina de Circuitos Digitais da Universidade Federal do Cariri, sob orientação do professor Ramon Nepomuceno e do monitor do referente matéria, Fagner.

**Juazeiro do Norte – CE**

**2025**

---

## 1. Introdução

Este projeto tem como objetivo aplicar os conhecimentos de lógica combinacional por meio do desenvolvimento de um jogo digital no simulador **Logisim ITA** (<https://logisim.altervista.org/>), intitulado *Cartesian Game*.

A proposta consiste em modelar e implementar um circuito digital que permita o controle de um ponto em uma matriz de LEDs 15x15, utilizando um joystick como dispositivo de entrada. Além disso, o sistema deverá exibir as coordenadas X e Y do ponto controlado em displays de 7 segmentos.

Durante a implementação, serão utilizados diversos blocos combinacionais clássicos, como demultiplexadores, somadores e subtratores, conversores binário-para-7-segmentos e comparadores lógicos.

---

## 2. Objetivos

- Aplicar os conceitos de lógica combinacional na criação de circuitos digitais.
  - Utilizar o Logisim ITA para realizar a modelagem, simulação e validação do projeto.
  - Desenvolver subcircuitos modulares com possibilidade de reutilização.
  - Compreender o fluxo de dados em sistemas digitais.
  - Aprimorar a documentação técnica por meio da descrição detalhada do funcionamento do sistema.
- 

## 3. Descrição do Projeto

O projeto propõe o desenvolvimento de um sistema digital capaz de:

- Receber sinais de entrada de um joystick (disponível no Logisim ITA), cujos eixos X e Y geram saídas de 4 bits cada.
- A partir desses valores, acionar o LED correspondente na matriz de 15x15 LEDs.
- Exibir os valores binários de X e Y convertidos para decimal em quatro displays de 7 segmentos — dois para o valor de X e dois para o valor de Y.

Essas funcionalidades estão representadas na Figura 01.

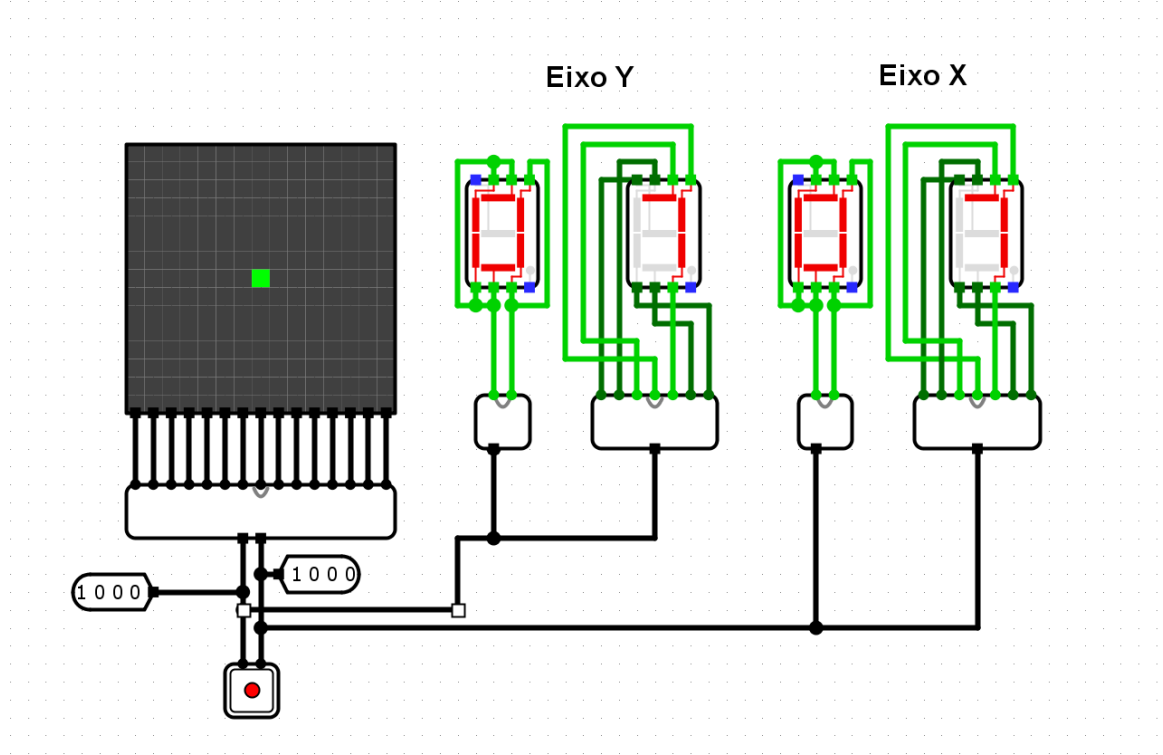


FIGURA 1

4. Processo de construção do projeto

Os primeiros dias após o professor nos repassar o projeto a ser feito, o estudante Gilvan pensou e construiu a tabela verdade para o funcionamento do eixo Y da matriz 15x15 (Figura 2). A montagem foi feita conforme os aprendizados adquiridos em aula.

A	B	C	D	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	12	13	14	L15
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

FIGURA 2

Como é possível ver na imagem, os bits de entrada são todos os valores possíveis assumidos pelo joystick utilizado no Logisim, variando de 0001 a 1111.

Após a criação da tabela verdade do circuito responsável pela movimentação dos leds no eixo Y, o replicamos com portas logicas no Logisim, sendo a primeira montagem representada na

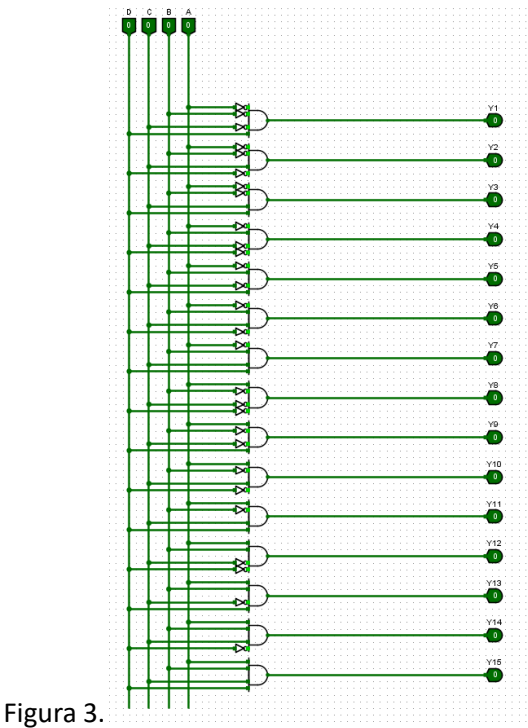


Figura 3.

FIGURA 3

No entanto, após alguns testes, foram constatadas diferenças entre a funcionabilidade e construção do Demuxador do projeto original apresentado em aula pelo professor Ramon, assim, surgiu a necessidade de alterações na tabela verdade e estrutura do circuito apresentado. Assim, ao final, conseguimos chegar à essa tabela (Figura 4) e este circuito final (Figura 5) responsável pelo funcionamento do eixo Y:

EN	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	1	0	0	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	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

FIGURA 4

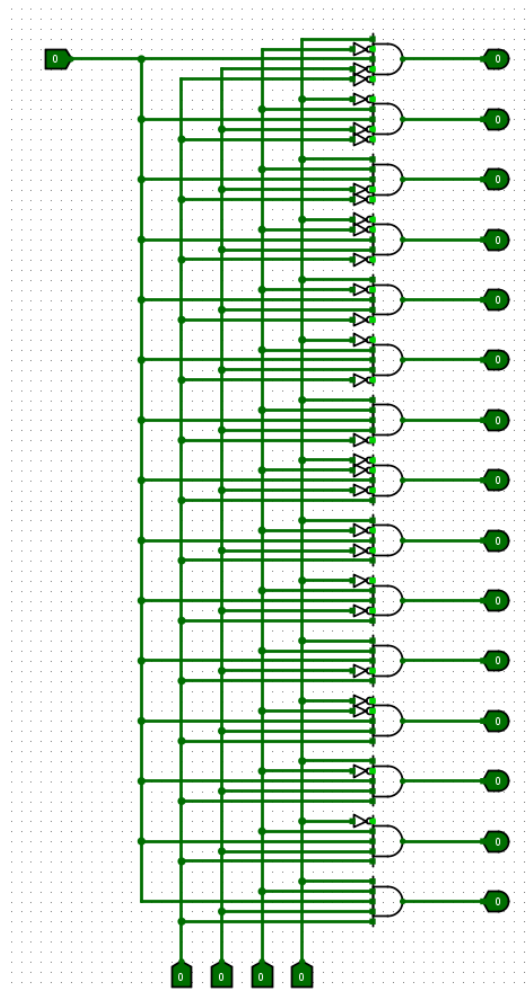


FIGURA 5

A quinta entrada do circuito, localizada na parte superior esquerda, atua como um **signal de habilitação**. Ela é fundamental para o funcionamento do decodificador, pois controla se o circuito estará **ativo** ou **inativo**. Quando essa entrada está em nível lógico **0** (desligado), todas as saídas permanecem em **0**, independentemente dos valores das outras quatro entradas (A, B, C e D). Isso impede que qualquer saída seja ativada acidentalmente. Já quando essa entrada está em nível lógico **1** (ligado), o circuito passa a funcionar normalmente, ativando **apenas uma** das 16 saídas com base na combinação binária das outras quatro entradas.

Após a finalização da montagem do Demuxador Y, o estudante Gildo ficou alguns dias pensando e realizando a montagem do circuito do Demuxador X. Depois de alguns dias de estudo e testes, Gildo concluiu a montagem do circuito final de projeto, um sistema capaz de acender exatamente um LED em uma matriz, de acordo com o valor inserido em forma binária. Para viabilizar a seleção precisa de uma entre várias saídas possíveis, Gildo desenvolveu o circuito chamado Demux X, que foi construído a partir da repetição de um módulo básico, o Demux Y, utilizado exatamente 15 vezes. O objetivo era fazer com que uma sequência de 15 bits fosse direcionada para uma única posição, de acordo com o valor de uma entrada de 4 bits — que pode variar de 1 a 15. Como é feita uma distribuição dos 15 bits de entrada para os Demux Y, dos 15 bits de entrada, apenas um está ligado (1), enquanto os outros 14 permanecem desligados (0).

Isso significa que, dos 15 Demux Y, apenas um estará efetivamente habilitado para atuar, já que cada um deles depende de um desses bits para ser ativado, dessa forma, os outros naturalmente não produzirão nenhuma saída significativa. Como a saída de cada módulo é formada por portas lógicas AND, apenas aquele que recebe o bit 1 e a combinação correta dos 4 bits produzirá um resultado diferente de zero — replicando a sequência original de 15 bits. Com isso, esse circuito direcionará a sequência de 15 bits originais para sua respectiva saída, utilizando a sequência de 4 bits para indicar, variando de 1 a 15, a posição da sequência final de 15 bits. O circuito montado por ele é a Figura 6.

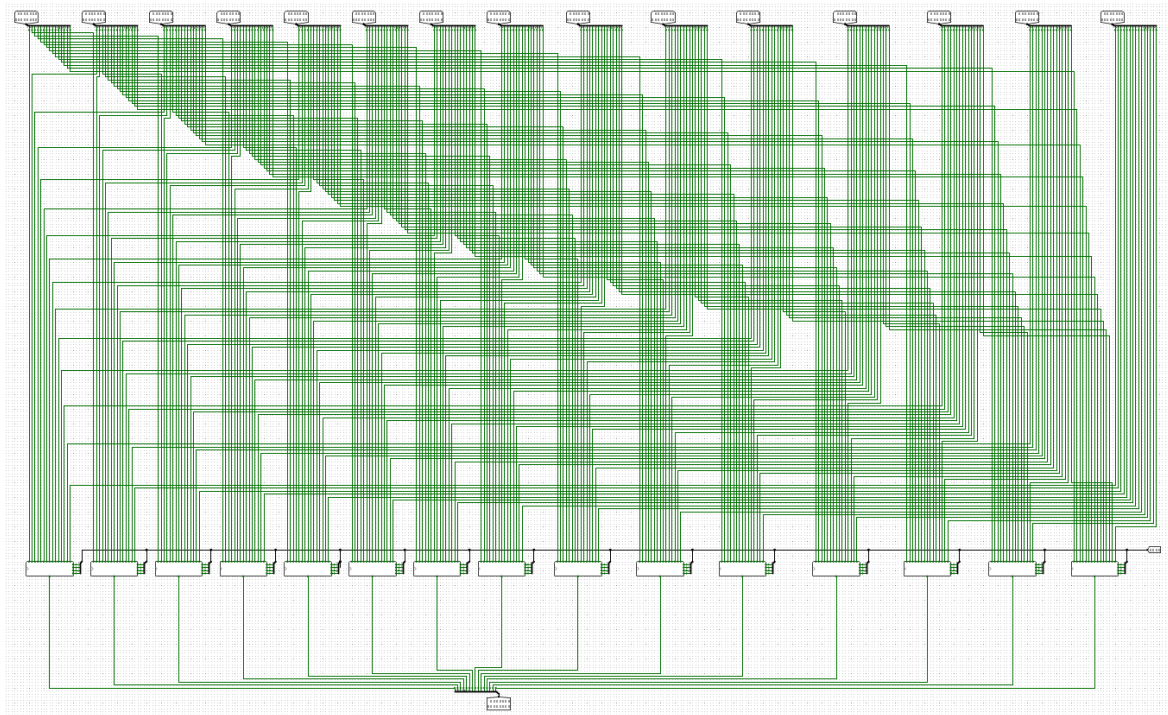


FIGURA 6

Assim, ele concluiu a montagem do circuito controlado pelo joystick que movia perfeitamente o led na matriz 15x15 (Figura 6.1)

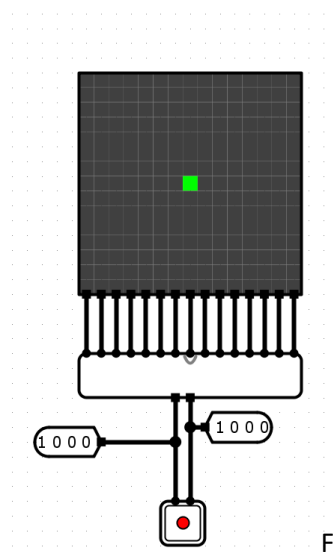


FIGURA 6.1

Assim feito, o Gilvan realizou a montagem dos circuitos responsáveis pelo controle dos displays hexadecimais que fazem a demonstração visual das coordenadas assumidas pelo led na matriz 15x15.

A montagem do circuito responsável pela demonstração do valor do eixo Y foi simples e feita com base em estudo de circuitos e tabelas pesquisadas pelos estudantes. Foram utilizados dois displays de 7 segmentos para a demonstração da coordenada do led na matriz 15x15. No circuito responsável por essa demonstração, foram montadas duas tabelas verdades (Figura 7 e 8), onde foram pensadas de maneira manual, qual seria a saída (qual segmento de led no display acenderia conforme a entrada mudava). Assim, foi montado o circuito apresentado na Figura 9.

**OBS:** Onde ler-se “TABELA DO PRIMEIRO DISPLAY (LADO DIREITO DO EIXO Y)”, significa que é a tabela responsável pelo display que mostra os valores de 0 a 9 (display das unidades da coordenada). E onde ler-se “TABELA DO CIRCUITO DO SEGUNDO DISPLAY (LADO ESQUERDO) DO EIXO Y”, refere-se ao display das dezenas, que apresenta somente os valores 1 ou 0.

A	B	C	D	a	b	c	d	e	f	g
0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1
0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1
0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1
0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0
0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0
0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1
1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1
1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1
1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1
1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1
1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

TABELA DO PRIMEIRO DISPLAY (LADO DIREITO DO EIXO Y)

FIGURA 7

A	B	C	D	a	b	c	d	e	f	g
0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0
0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0
0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0
0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0
0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0
0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0
1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0
1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0
1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0
1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

TABELA DO CIRCUITO DO SEGUNDO DISPLAY (LADO ESQUERDO) DO EIXO Y

FIGURA 8

**OBS 2:** A nomenclatura de cada segmento foi alterada para uma melhor facilidade de interpretação dos estudantes no projeto, segue na FIGURA 8, como que segmento cada letra representa (letras minúsculas são segmentos de led e letras maiúsculas são entradas)

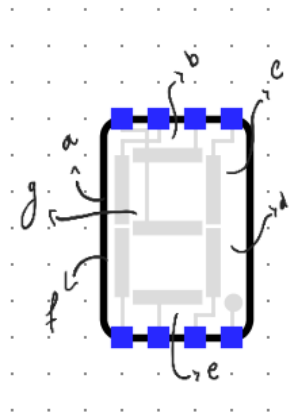


FIGURA 9

Utilizando o Mapa de Karnaugh, o Gildo realizou a simplificação e montagem do circuito de cada segmento de led a, b, c, d, e, f e g responsáveis pelas coordenadas no Y, demonstrados nas figuras 10, 11, 12, 13, 14, 15 e 16 respectivamente:

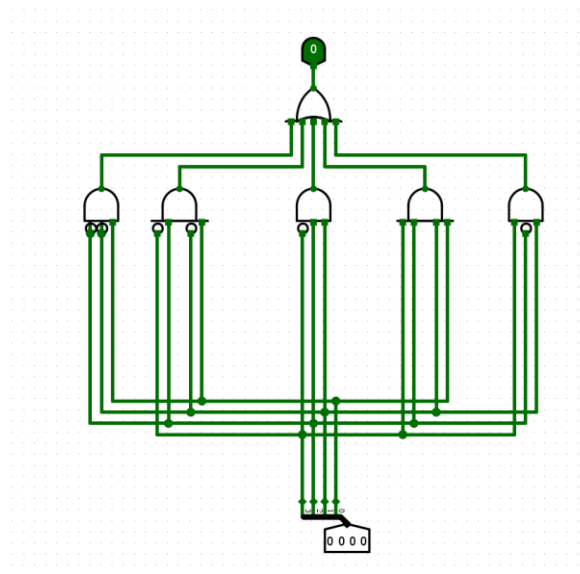


FIGURA 10



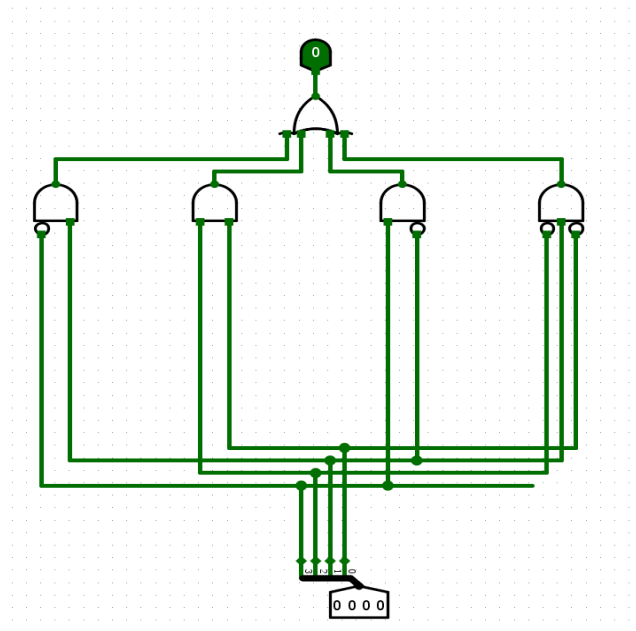


FIGURA 11

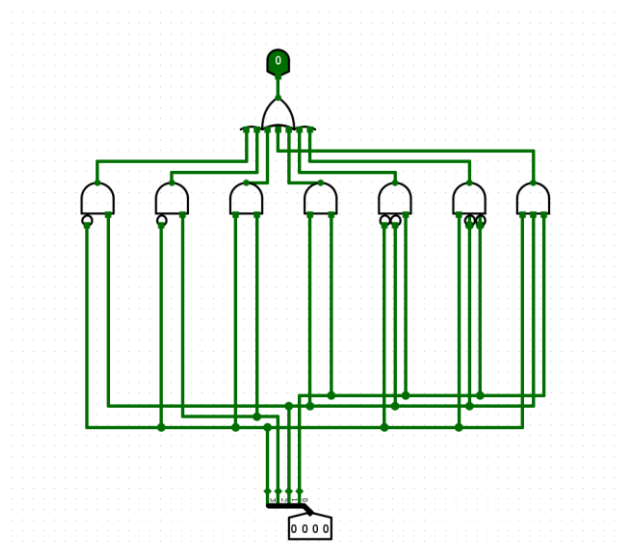


FIGURA 12

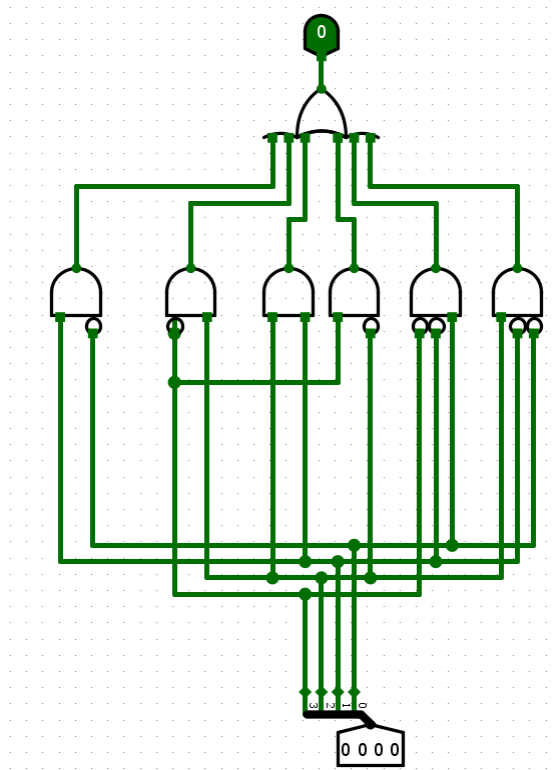


FIGURA 13

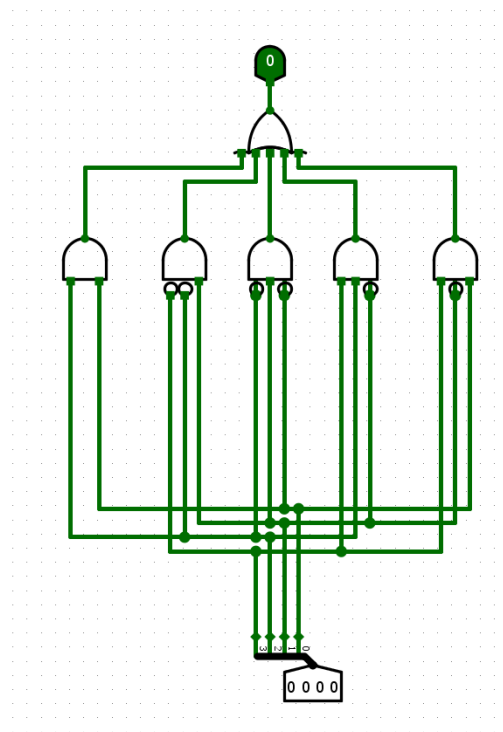


FIGURA 14

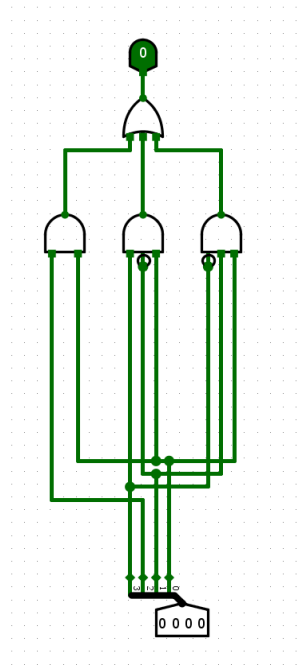


FIGURA 15

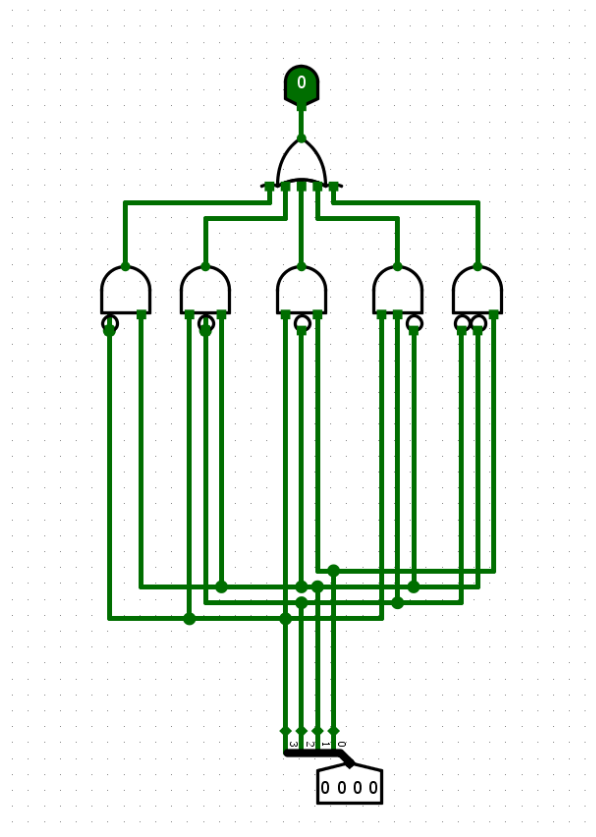


FIGURA 16

Assim, utilizando todos os circuitos acima, foi montado o circuito dos displays das unidades do eixo Y (FIGURA 16):

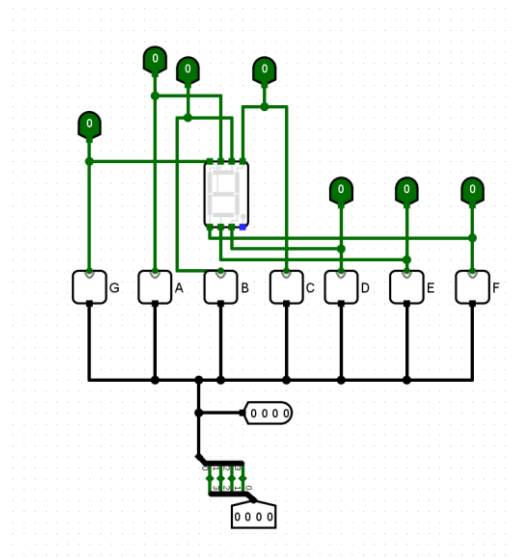


FIGURA 17

Depois, chegando à montagem da Figura 18:

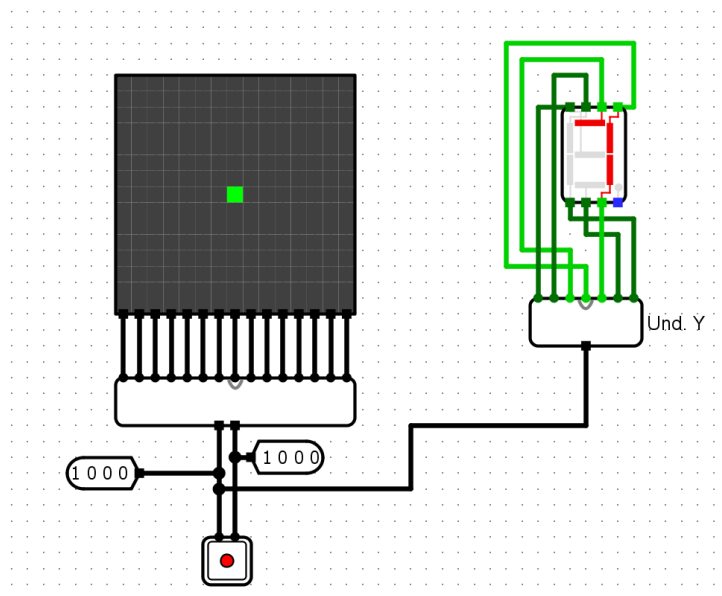


FIGURA 18

Após isso, o Gilvan ficou responsável pela montagem do circuito do display das dezenas do Y, onde, também utilizando Mapa de Karnought, ele simplificou o circuito gerado pela tabela verdade da Figura 7 (Resultado na figura 19).

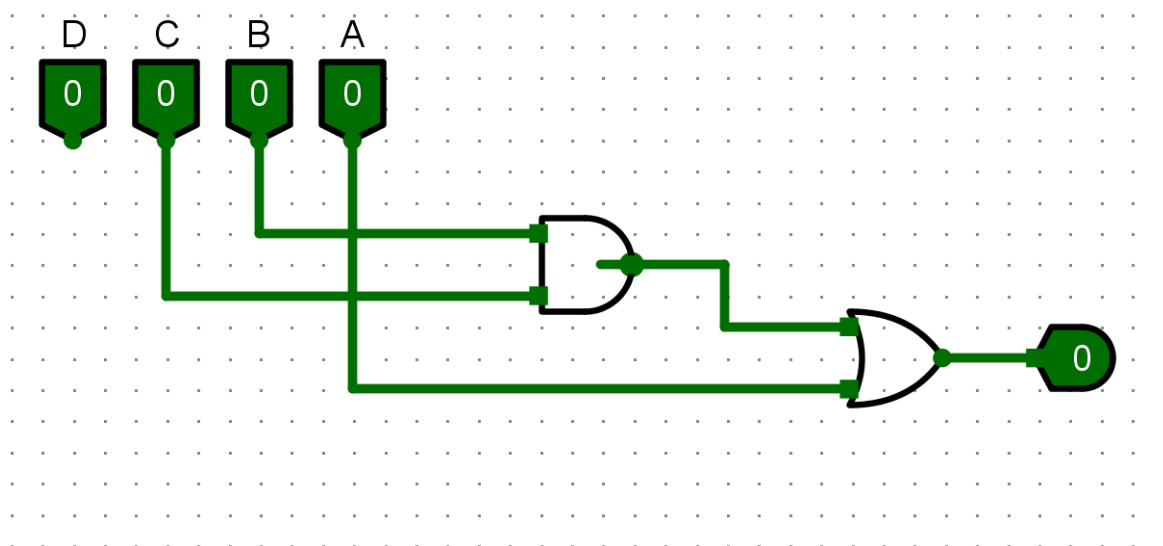


FIGURA 19

Este circuito é responsável pela funcionabilidade dos segmentos de led **a**, **b**, **e** e **f** do circuito, uma vez que suas representações na tabela verdade são as mesmas, e, como **c** e **d** são sempre 1 eles serão ligados a uma constante 1. Circuito final está demonstrado na figura 20 e 21:

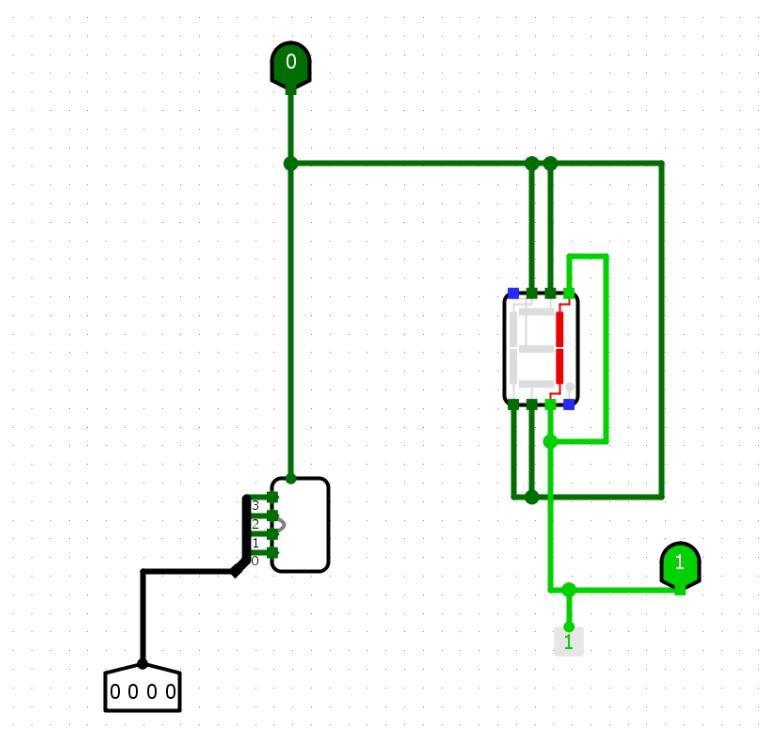


FIGURA 20

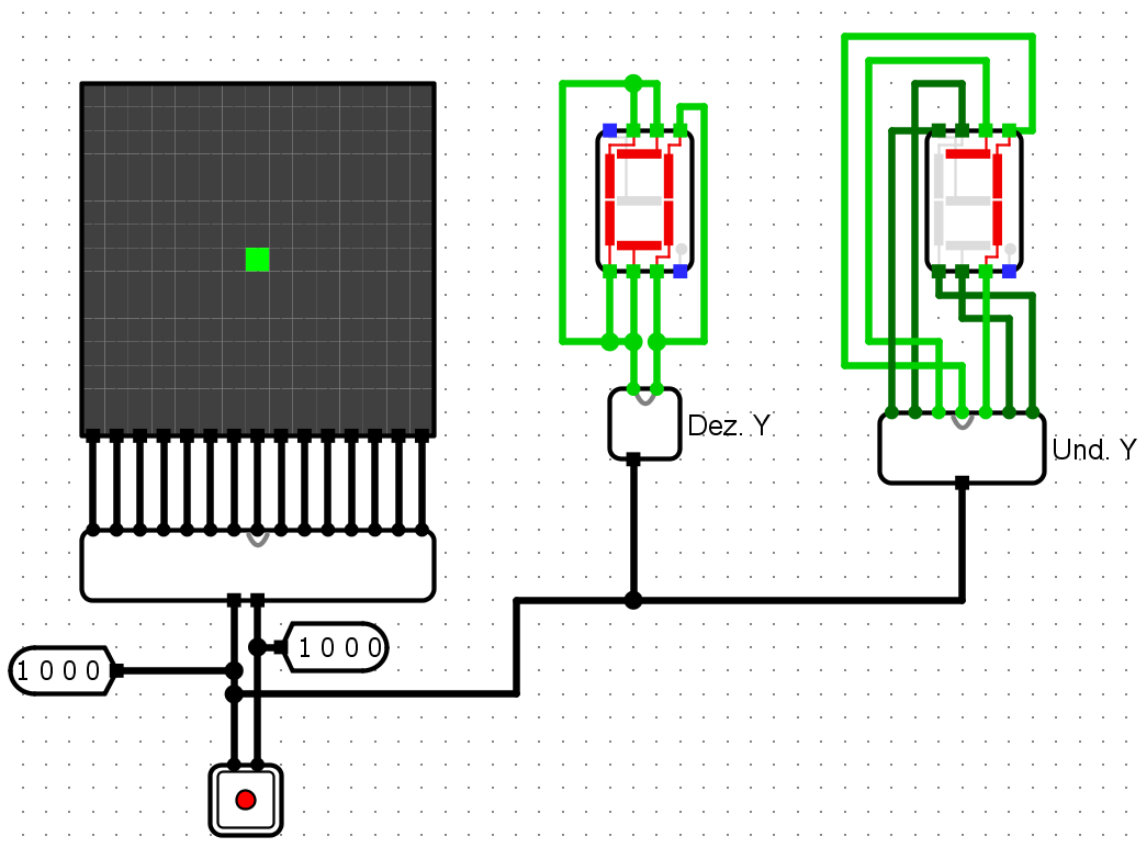


FIGURA 21

Após a conclusão do display do eixo Y, partimos para montagem dos displays do eixo X. Para tal, foi realizado o mesmo procedimento, montagem da tabela verdade (Figura 22 e 23), simplificação através do Mapa de Karnaugh, montagem do circuito de cada segmento de led (Figura 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31 e 32) e depois a montagem final do circuito (Figura 33). Para evitar uma maior extensão deste relatório, seguiremos apenas com as imagens de cada etapa.

A	B	C	D	a	b	c	d	e	f	g
0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0
0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0
0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1
0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1
0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1
0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1
0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1
1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0
1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1
1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1
1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1

TABELA DO CIRCUITO DO PRIMEIRO DISPLAY (LADO DIREITO) DO EIXO X

FIGURA 22

A	B	C	D	a	b	c	d	e	f	g
0	0	0	1	1.	1	1	1	1	1	0
0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0
0	0	1	1	1.	1	1	1	1	1	0
0	1	0	0	1.	1	1	1	1	1	0
0	1	0	1	1.	1	1	1	1	1	0
0	1	1	0	1.	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1.	1	1	1	1	1	0
1	0	0	0	1.	1	1	1	1	1	0
1	0	0	1	1.	1	1	1	1	1	0
1	0	1	0	1.	1	1	1	1	1	0
1	0	1	1	1.	1	1	1	1	1	0
1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0
1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0
1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0
1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0
1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0

TABELA DO CIRCUITO DO PRIMEIRO DISPLAY (LADO ESQUERDO) DO EIXO X

FIGURA 23

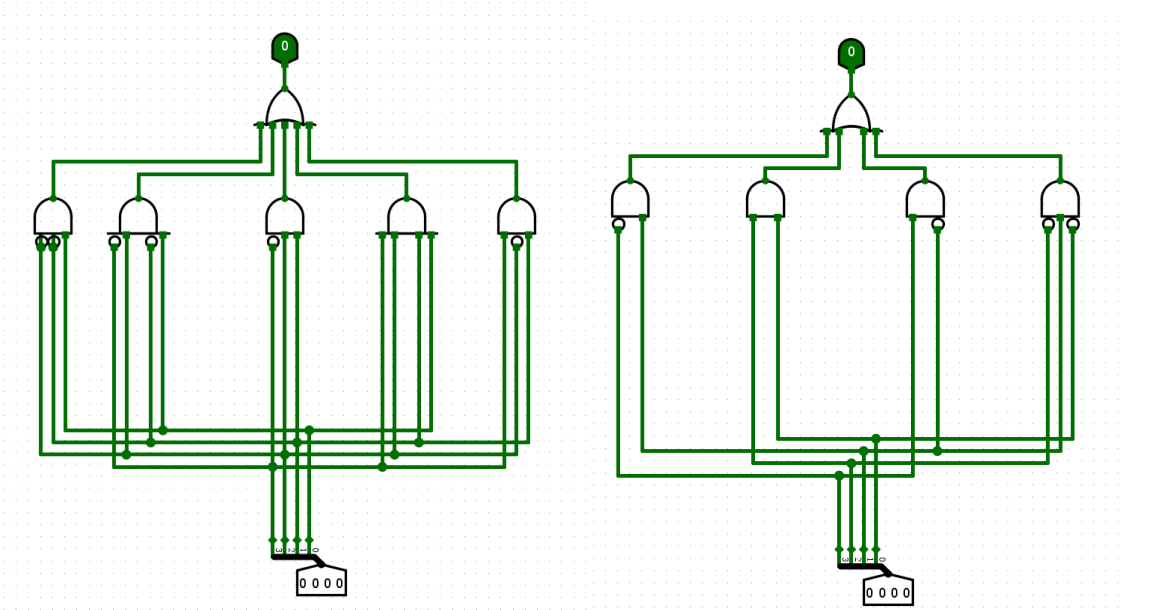


FIGURA 24

FIGURA 25

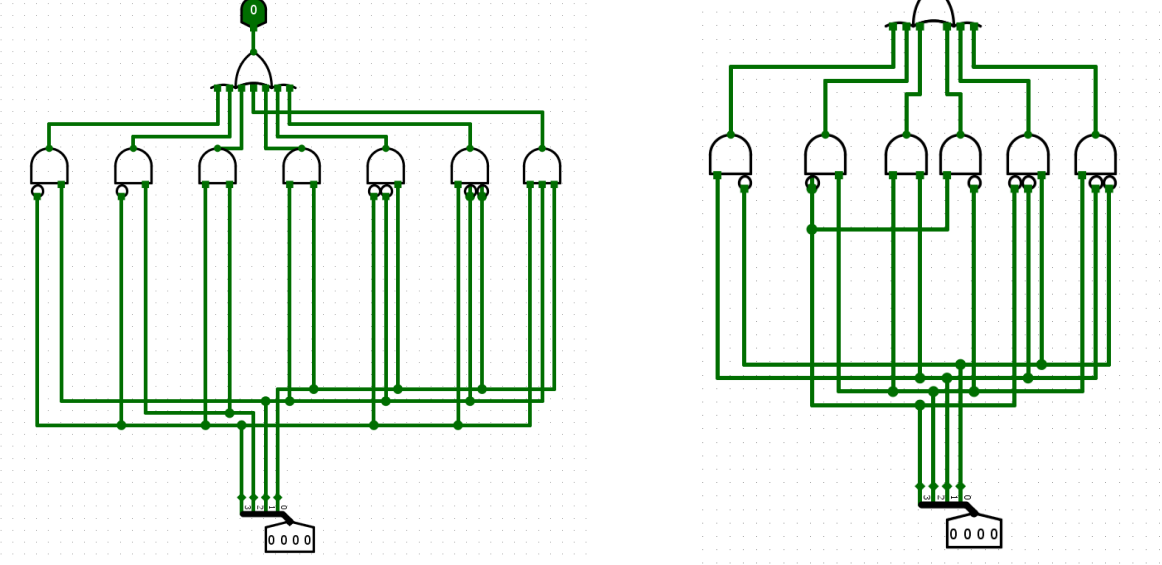


FIGURA 26

FIGURA 27

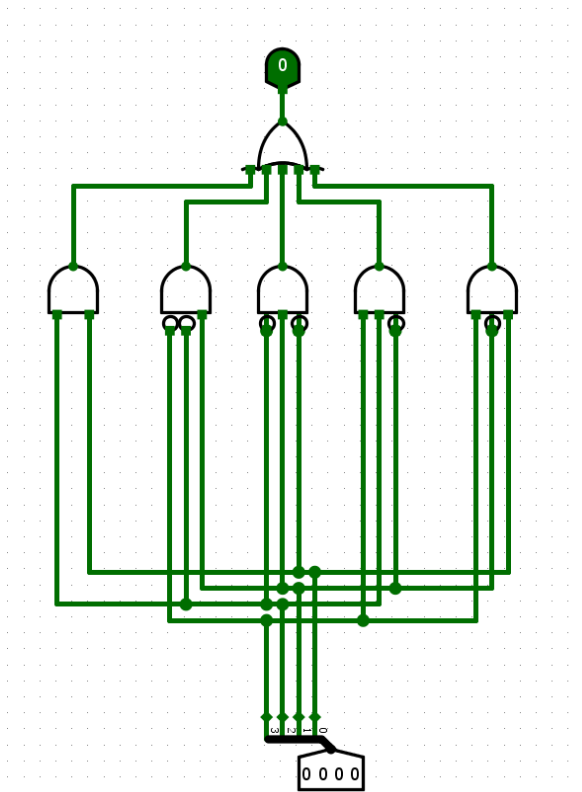


FIGURA 28

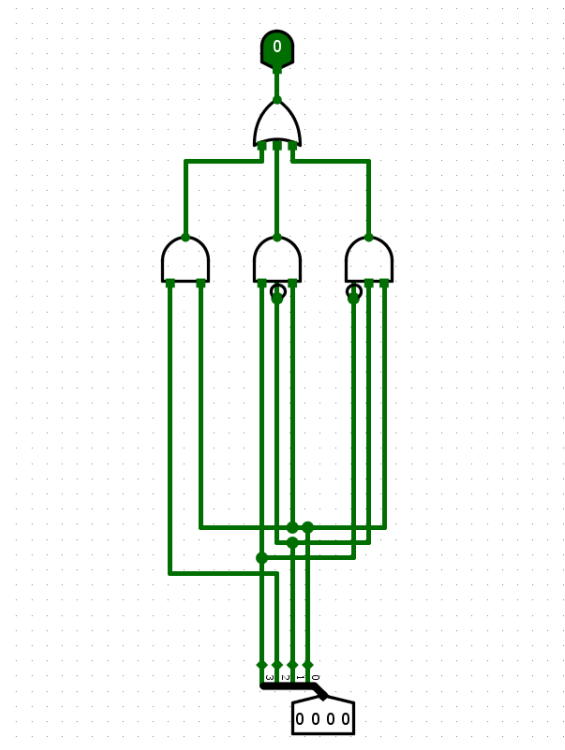


FIGURA 29

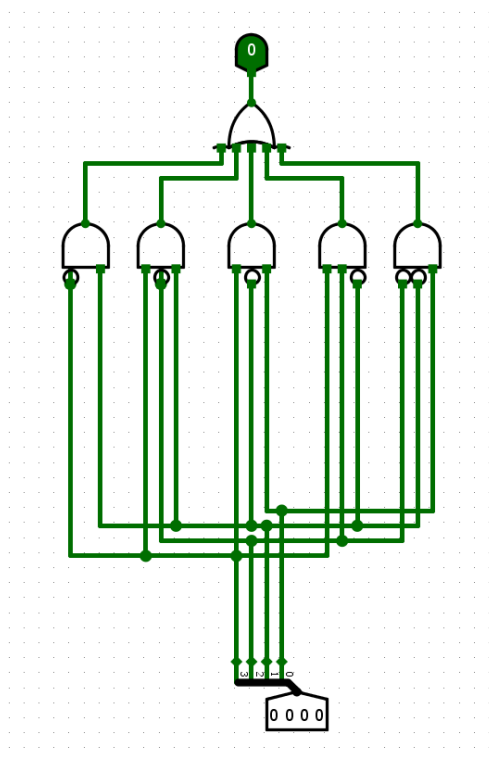


FIGURA 30

Os circuitos representam, respectivamente os segmentos de led a, b, c, d, e, f e g do display das unidades do eixo X (tabela verdade da Figura 21).



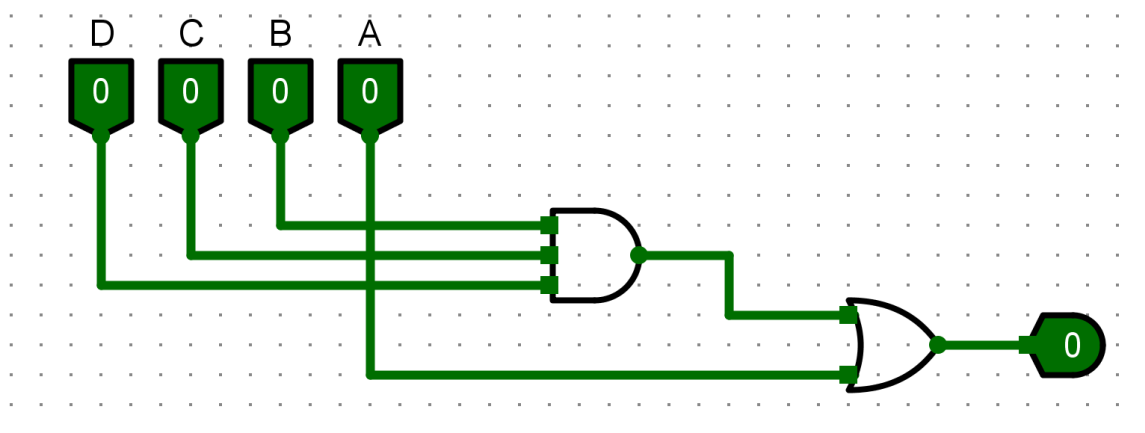


FIGURA 31

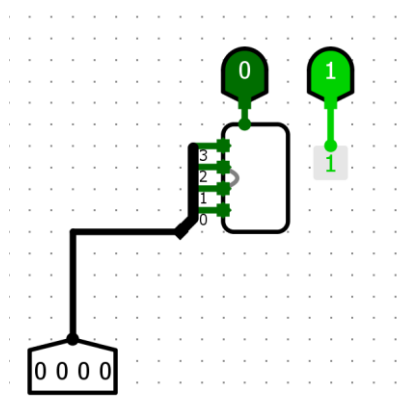


FIGURA 32

As figuras 30 e 31 representam os circuitos utilizados na montagem do display das dezenas do eixo X, expresso na tabela verdade da figura 22 deste relatório.

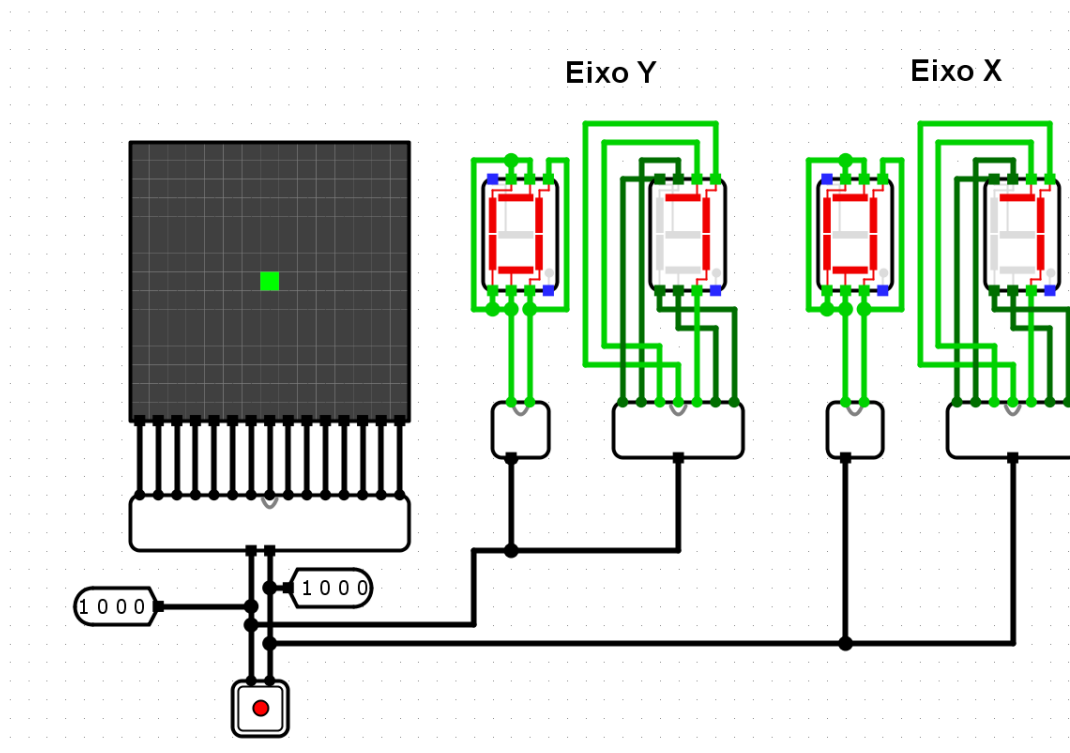


FIGURA 33

É válido dizer que o projeto foi feito sempre em conjunto entre a dupla, sendo, semanalmente, realizadas reuniões on-line através da plataforma Discord e Whatsapp, onde os dois estudantes debatiam e modelavam o circuito conforme as necessidades surgiam (Figura 34 e 35)

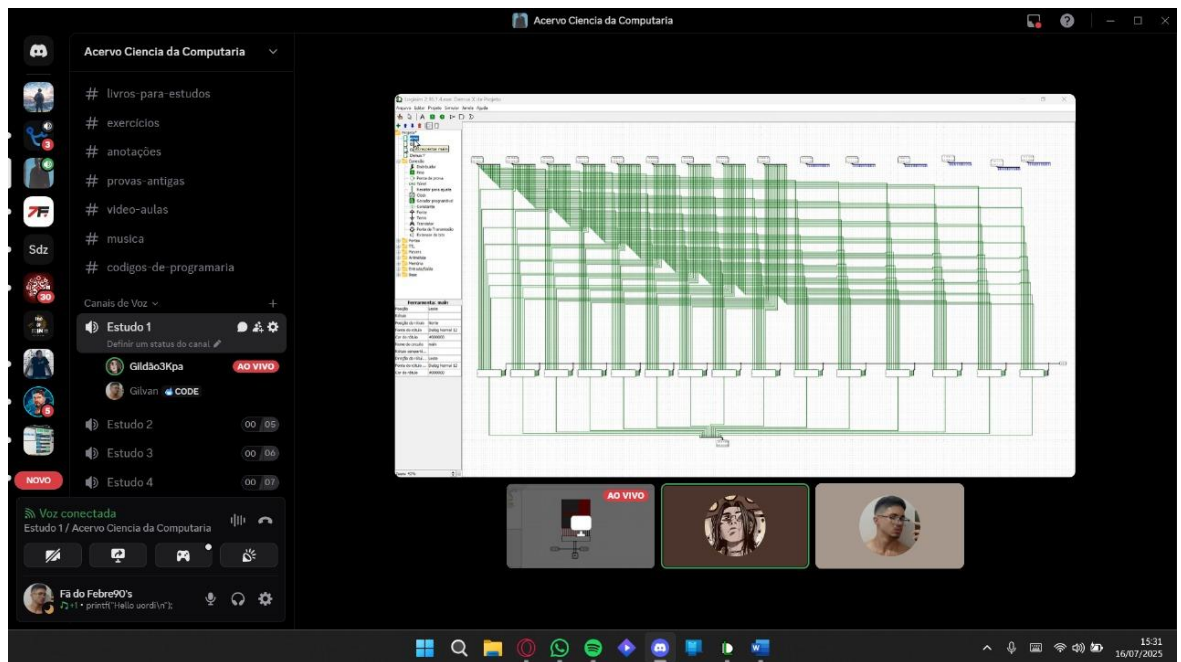


FIGURA 34

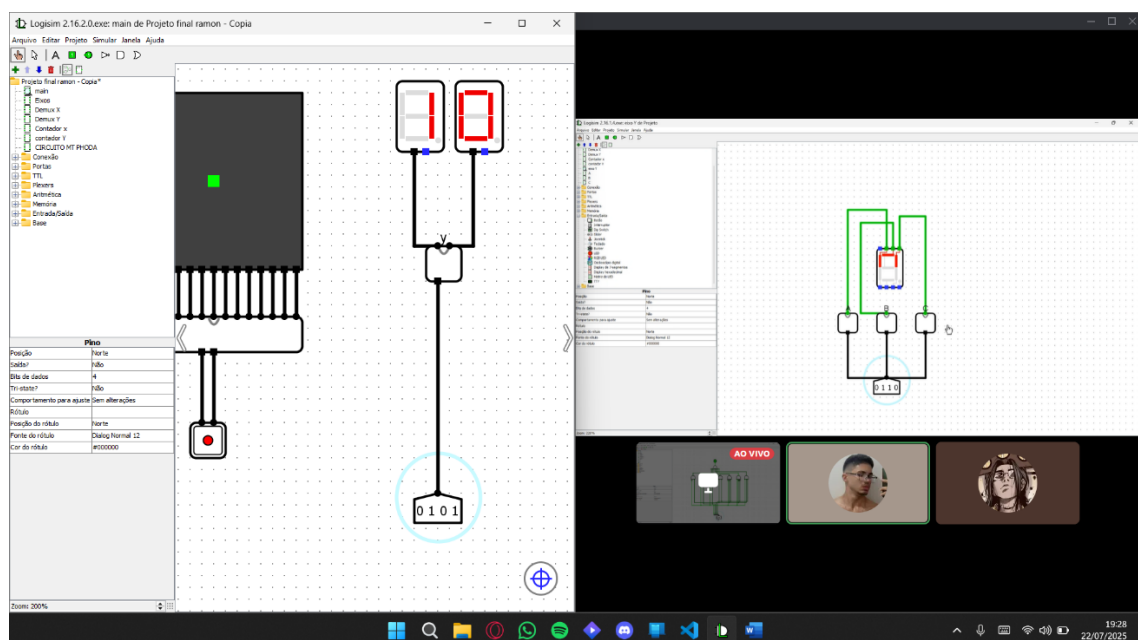


FIGURA 35

No dia destinado à entrega e à revisão do projeto final, o professor orientador analisou cuidadosamente nosso trabalho, validando sua estrutura e funcionamento, e o aprovando como satisfatório dentro dos critérios estabelecidos. Durante a revisão, ele sugeriu que aprofundássemos nossos estudos sobre o conceito de complemento de dois em binário, uma técnica comum em sistemas digitais e operações aritméticas com números negativos. Embora esse recurso não tenha sido utilizado em nossa implementação, isso se deu por uma escolha consciente de projeto, já que optamos por uma lógica alternativa que não exigia esse tipo de codificação. Ainda assim, entendemos a importância de dominar esse conceito para aplicações futuras e para o aprimoramento de nosso conhecimento técnico na área.

---

## **5. Considerações finais do projeto**

Após a conclusão deste projeto, foi possível aplicar e consolidar os conhecimentos de lógica combinacional, demonstrando a funcionalidade de circuitos digitais por meio do desenvolvimento do "Cartesian Game" no simulador Logisim ITA. O trabalho envolveu a modelagem e implementação de um circuito digital que controla um ponto em uma matriz de LEDs de 15×15 utilizando um joystick, e exibe as coordenadas X e Y em displays de 7 segmentos. A utilização de blocos combinacionais clássicos, como demultiplexadores, somadores, subtratores, conversores binário-para-7-segmentos e comparadores lógicos, foi fundamental para o sucesso do projeto.

O desenvolvimento dos módulos Demux Y e Demux X foi um passo crucial, sendo este último construído a partir da repetição do Demux Y, garantindo a seleção precisa de uma única saída na matriz de LEDs. Além disso, a elaboração das tabelas verdade e a simplificação dos circuitos para os displays de 7 segmentos, tanto para o eixo Y quanto para o eixo X, permitiram a exibição correta das coordenadas. A colaboração contínua entre os estudantes Gilvan Alves Pastor Júnior e Gildo Alves de Lima Junior, através de reuniões semanais, foi essencial para debater e modelar o circuito conforme as necessidades surgiam. Este projeto não apenas aprimorou a compreensão do fluxo de dados em sistemas digitais, mas também reforçou a importância da documentação técnica detalhada. Em suma, o trabalho alcançou seus objetivos, validando a aplicação prática dos conceitos de circuitos digitais.