

Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Departamento de Engenharia Elétrica

Matéria: ELE0518 – Laboratório de Sistemas Digitais – T03 (6M456)

**Relatório Técnico**

**Máquina de Estados Finitos**

Alunos: Gustavo Henrique Santana Macário de Azevedo

Jean Carlos da Silva Varela

Docente: Bruno de Melo Pinheiro

Natal – RN

2025.2

## **Sumário**

1. Introdução Teórica .....	3
2. Desenvolvimento .....	3
3. Conclusão .....	6

## Introdução Teórica

As máquinas de estados finitos são sistemas digitais sequenciais que mudam de estado em resposta a entradas e condições definidas posteriormente. Elas são muito utilizadas em controladores lógicos, sistemas embarcados e dispositivos automáticos, tais como máquinas de vendas automáticas.

Neste experimento, têm-se como objetivo projetar e implementar uma máquina de estados síncrona capaz de simular o funcionamento de uma máquina de refrigerantes, que vai liberar o refrigerante após a inserção de duas moedas. A máquina de estados finitos foi implementada usando Flip-Flops do tipo D e portas lógicas básicas, como AND, OR e NOT.

A máquina possui 4 estados principais, sendo eles: Inicialização (todos os LEDs apagados), Escolha do refrigerante (LED 1 aceso após o pressionamento de B1), Primeira moeda inserida (LED2 aceso após o pressionamento de B2), Entrega do Refrigerante (LED3 aceso após a segunda moeda ao pressionar B2 novamente) e por fim, ao pressionar B1 o sistema volta para o estado inicial de Inicialização.

## Desenvolvimento

Como dito anteriormente, o objetivo deste projeto é a projeção, implementação e simulação de uma máquina de estados finitos que simula uma máquina de vendas de refrigerante. Para realização deste projeto, primeiro foi feito o planejamento de como será feito, começando pela definição dos estados e entradas, depois pela construção tanto do diagrama de estados, quanto da tabela de transição de estados, que podemos ver representadas a seguir:

Estado	$Q_2$	$Q_1$	$Q_0$	LED1	LED2	LED3
$S_0$	0	0	0	0	0	0
$S_1$	0	0	1	1	0	0
$S_2$	0	1	0	0	1	0
$S_3$	0	1	1	0	0	1

*Tabela de transição dos estados da máquina de estados finitos*

As transições mencionadas acima ocorrem conforme os botões que serão pressionados, B1 fica no controle do estado, ou seja, na escolha e na retirada do refrigerante, enquanto B2 fica no controle das moedas, ou seja, simula a inserção de moedas na máquina.

Como dito anteriormente os estados, podemos atribuir-los, sendo assim  $S_0$  é a Inicialização,  $S_1$  é a Escolha do refrigerante,  $S_2$  é a primeira moeda inserida,  $S_3$  é a Entrega do refrigerante e para retornar para  $S_0$  basta pressionar B1 mais uma vez.

Para melhor visualização e melhor entendimento do que será proposto é necessário a interpretação da tabela de estados para a montagem do circuito do projeto, sendo assim, temos a seguinte tabela de estados:

$Q_2$	$Q_1$	$Q_0$	$B_1$	$B_2$	$LED_1$	$LED_2$	$LED_3$	$D_2$	$D_1$	$D_0$
0	0	0	X	X	0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	X	0	0	0	0	0	1
0	0	1	1	X	0	0	0	0	1	0
0	1	0	X	0	1	0	0	0	1	0
0	1	0	X	1	1	0	0	0	1	1
0	1	1	X	0	1	1	0	0	1	1
0	1	1	X	1	1	1	0	1	0	0
1	0	0	0	X	1	1	1	1	0	0
1	0	0	1	X	1	1	1	0	0	0

*Tabela de estados da máquina de estados finitos*

A partir de tal análise na tabela de transições e da tabela de estados, podemos já demonstrar as equações booleanas simplificadas, as equações obtidas foram as seguintes:

$$LED_1 = \overline{Q}_2 Q_1 + Q_2 \overline{Q}_1 \overline{Q}_0$$

$$LED_2 = \overline{Q}_2 Q_1 Q_0 + Q_2 \overline{Q}_1 \overline{Q}_0$$

$$LED_3 = Q_2 \overline{Q}_1 \overline{Q}_0$$

$$D_0 = \overline{Q}_2 \overline{Q}_1 \overline{Q}_0 + \overline{Q}_2 \overline{Q}_1 Q_0 \overline{B}_1 + \overline{Q}_2 Q_1 \overline{Q}_0 B_2 + \overline{Q}_2 Q_1 Q_0 \overline{B}_2$$

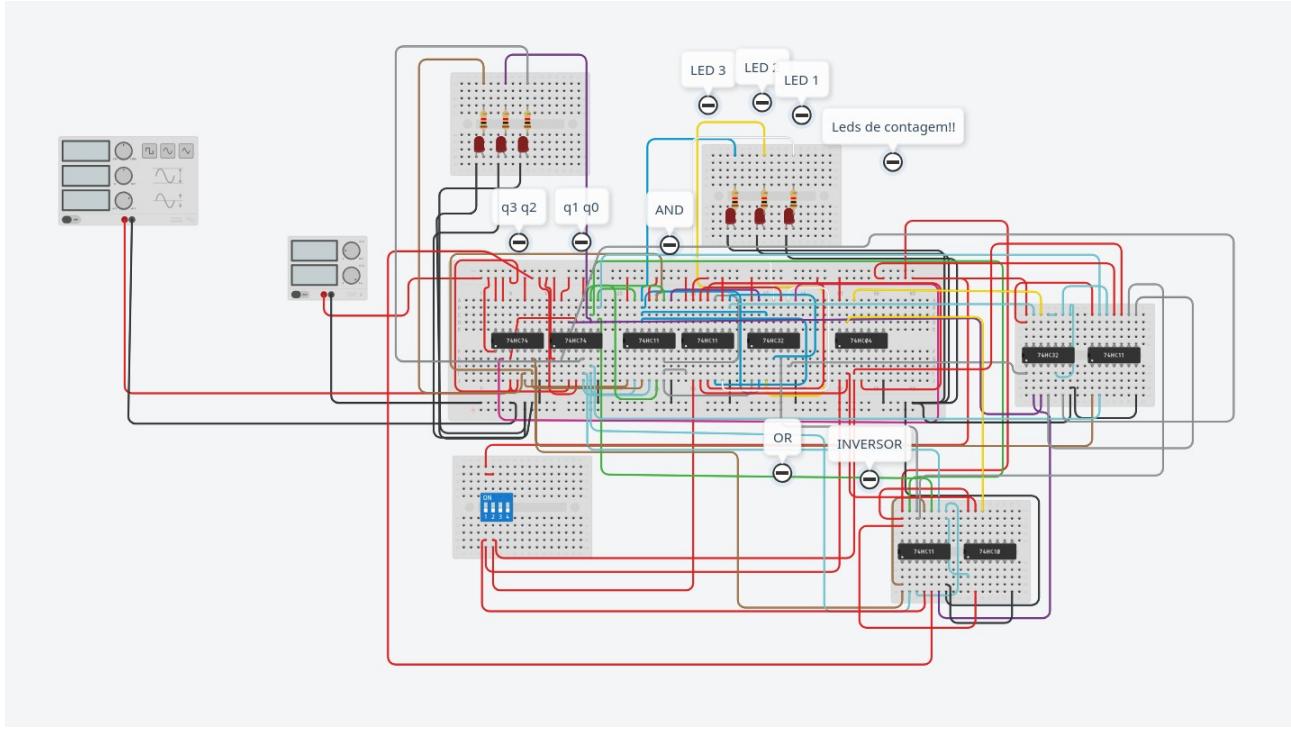
$$D_1 = \overline{Q}_2 \overline{Q}_1 Q_0 B_1 + \overline{Q}_2 Q_1 \overline{Q}_0 + \overline{Q}_2 Q_1 Q_0 \overline{B}_2$$

$$D_2 = \overline{Q}_2 Q_1 Q_0 B_2 + Q_2 \overline{Q}_1 \overline{Q}_0 \overline{B}_1$$

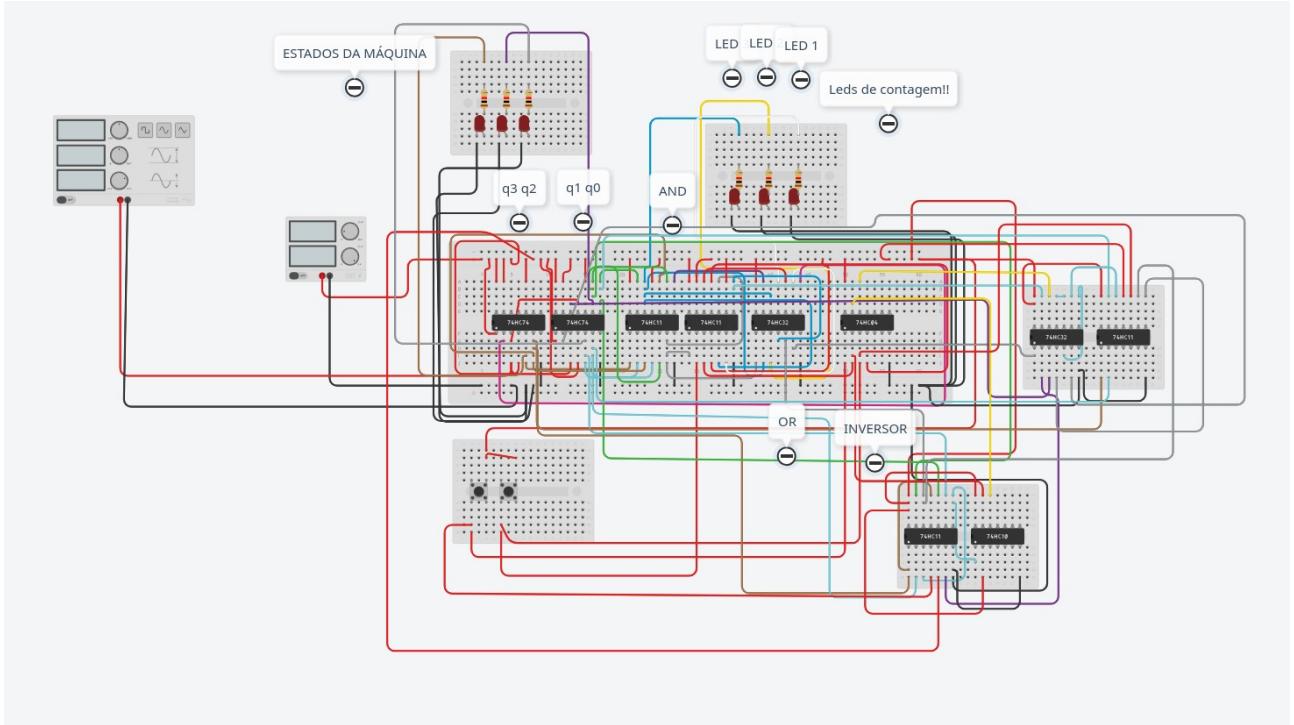
Agora, com todas as expressões booleanas em forma simplificada, podemos partir para a montagem do circuito é só aplicá-los na simulação no TinkerCad, lembrando que para a montagem deste circuito é necessário o uso de certos componentes, e esses são: 6x LEDs; 6x Resistores de aproximadamente  $1k\Omega$ ; 2x Botões ou 1x Dip Switch; 2x 74HC74 (Flip-Flops D Duplo); 4x 74HC11 (Três portas lógicas do tipo AND de 3 entradas); 2x 74HC32 (Quatro portas lógicas do tipo OR de 2 entradas); 1x 74HC10 (Três portas lógicas do tipo NAND de 3 entradas) e 1x 74HC04 (Seis portas lógicas do tipo NOT). Os LEDs serão utilizados para representar tanto as saídas quanto o

estado atual da máquina no decorrer do seu funcionamento e os resistores são para limitar a corrente que passa para o LED, evitando que ele queime. Lembrando que, ainda era possível simplificar mais as portas AND utilizadas no circuito, a partir de portas NAND e inversores.

Posteriormente, com todos os dados obtidos e com a listagem dos componentes que devemos usar para a montagem do circuito, basta fazer e simular para ver se deu tudo certo. Por fim, a simulação tendo sido um sucesso, aqui está para melhor visualização:



Link no Tinkercad: <https://www.tinkercad.com/things/lpUICBlY1Bl-maquina-de-refrigerante-1?sharecode=M0eoIxug074WuDVm9dqaLriHXQJmwaOErUeVy5VeoAM>



Link no Tinkercad: <https://www.tinkercad.com/things/ga38izSKdrK-maquina-de-refrigerante-2?sharecode=M4Z0fWjMz0NPEASdShKqF4UKHhN0XFHEueg3HeLd5IA>

Uma observação é que, neste circuito usando os botões, o gerador de funções está configurado para 1Hz, ou seja, para a troca de estados acontecer é preciso ou pressionar o botão por um pouco mais de tempo ou aumentar a frequência do gerador de funções.

## Conclusão

Portanto, após a montagem do circuito, foi visto que permitiu que compreendêssemos o funcionamento prático das máquinas de estados finitos síncronas, bem como o processo lógico desde o diagrama de estados até as implementações dos Flip-Flops e das portas lógicas.

A partir de todas as etapas, sendo elas a análise teórica, montagem das tabelas e a simulação via TinkerCad, foi possível reforçar os conceitos de lógica sequencial, tabelas de transição de estados e simplificação de funções booleanas.

Conclui-se que o projeto desenvolvido cumpre seu propósito e serve como base para o entendimento de sistemas sequenciais mais complexos, sendo aplicável em diversos contextos de automação digital.