

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:

$$LED_1 = \overline{Q_2} Q_1 + Q_2 \overline{Q_1} \overline{Q_0}$$

$$LED_2 = \overline{Q_2} Q_1 Q_0 + Q_2 \overline{Q_1} \overline{Q_0}$$

$$LED_3 = Q_2 \overline{Q_1} \overline{Q_0}$$

$$D_0 = \overline{Q_2} \overline{Q_1} \overline{Q_0} + \overline{Q_2} \overline{Q_1} Q_0 \overline{B_1} + \overline{Q_2} Q_1 \overline{Q_0} B_2 + \overline{Q_2} Q_1 Q_0 \overline{B_2}$$

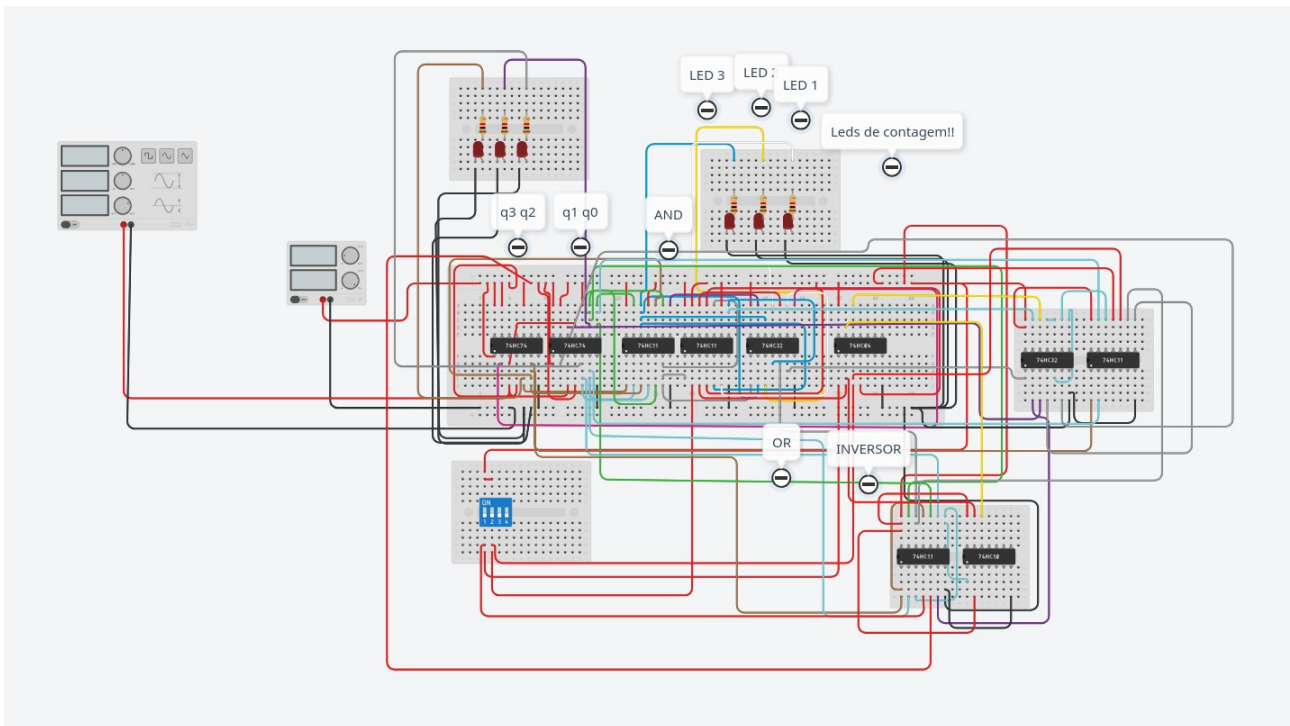
$$D_1 = \overline{Q_2} \overline{Q_1} Q_0 B_1 + \overline{Q_2} Q_1 \overline{Q_0} + \overline{Q_2} Q_1 Q_0 \overline{B_2}$$

$$D_2 = \overline{Q_2} Q_1 Q_0 B_2 + Q_2 \overline{Q_1} \overline{Q_0} \overline{B_1}$$

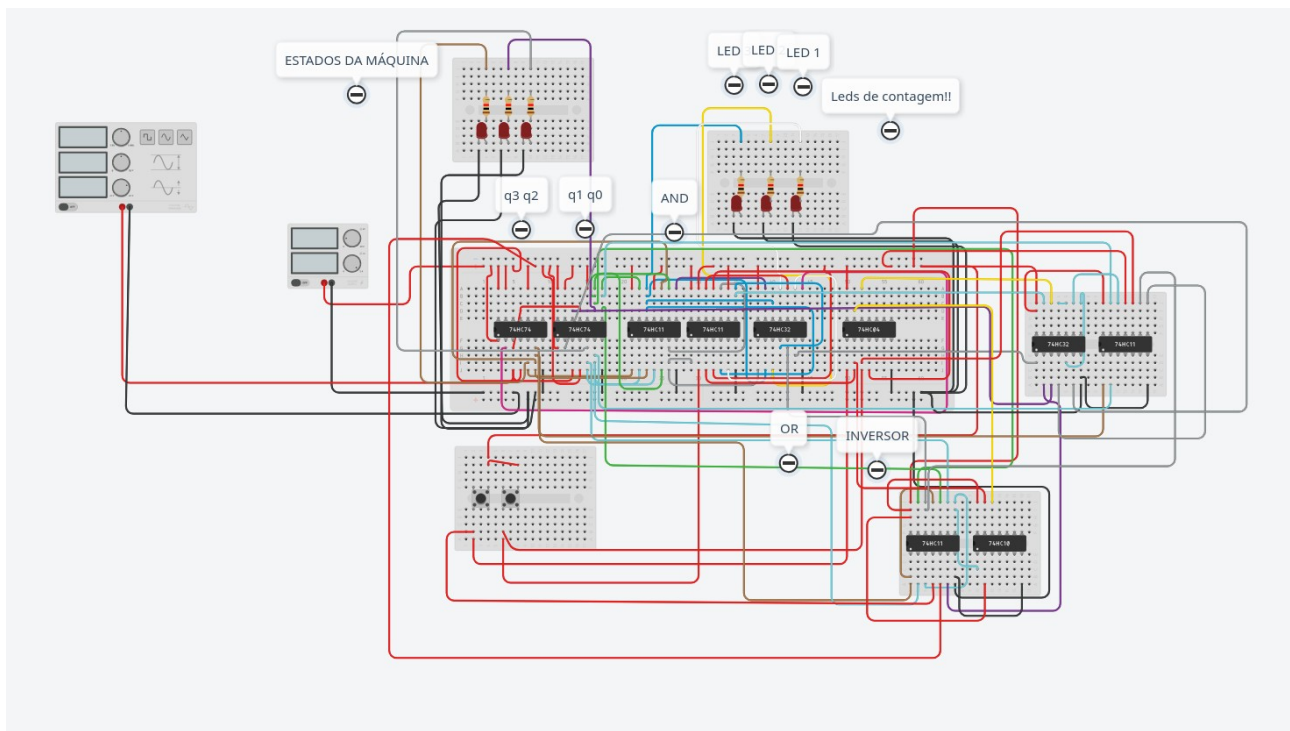
Agora, com todas as expressões booleanas em forma simplificada, podemos partir para a montagem do circuito é só aplicá-los na simulação no TinkerCad, lembrando que para a montagem deste circuito é necessário o uso de certos componentes, e esses são: 6x LEDs; 6x Resistores de aproximadamente 1k Ω ; 2x 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/lpUICBIy1Bl-maquina-de-refrigerante-1?sharecode=M0eoIxug074WuDVm9dqaLriHXQJmwaOErUeVy5VeoaM>



Link no Tinkercad: <https://www.tinkercad.com/things/ga38izSKdrK-maquina-de-refrigerante-2?sharecode=M4Z0fWjMz0NPEASdShKqF4UKHhN0XFHEueg3HeLd5lA>

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.