



Máquina de Secar Roupas

Licenciatura de Engenharia Informática

Sistemas Digitais

Ano Letivo 2020/2021

Docentes:

- Pedro Salgueiro
- António Anjos

Discentes:

- João Rodrigo Condeço nº48976
 - João Nabais nº 49240
 - Pedro Leitão nº48602
-

Índice

| | |
|---|----|
| Índice..... | 2 |
| Ferramentas utilizadas | 3 |
| Introdução | 4 |
| Modo de Funcionamento | 5 |
| Desenvolvimento..... | 6 |
| Módulo de Controlo da Máquina | 6 |
| Módulo de Controlo da Temperatura | 10 |
| Módulo de Controlo do Motor | 14 |
| Percurso e Decisões Tomadas..... | 21 |

Ferramentas utilizadas

A fim de elaborar este projeto foram utilizados:

- Logisim
- Pages by Apple
- Numbers by Apple
- Conhecimentos adquiridos na Cadeira de Sistemas Digitais.

Introdução

Pretende-se criar um sistema de controlo para uma máquina de secar roupa. A máquina é composta pelos seguintes módulos:

- Módulo de controlo da máquina (MAQ);
- Módulo de controlo da temperatura (MCT);
- Módulo de controlo do motor (MTR).

Para além dos módulos de controlo, a máquina tem os seguintes sensores e botões:

- Botão de início (BI): A máquina deve começar a trabalhar quando este botão tomar o valor 1;
- Sensor de porta aberta (SPA): Este sensor toma o valor 1 quando a porta está aberta e 0 quando está fechada;
- Sensor de temperatura (ST): Este sensor toma o valor 1 a temperatura do interior da máquina atingir a temperatura desejada;
- Sensor de roupa seca (SRS): Este sensor toma o valor 1 quando a roupa estiver seca, e 0 enquanto não estiver seca; e os seguintes componentes:
- Elemento de aquecimento do ar (EA): Este elemento serve para aquecer o ar que por sua vez será usado para secar a roupa. Quando tomar o valor 1, deve estar ligado, quando tomar o valor 0, deve estar desligado;
- Motor que faz rodar o tambor da máquina que tem 2 entradas:
 - a. Motor roda para a direita (RD): Esta entrada serve para rodar o motor para a direita, quando toma o valor 1, o motor roda para a direita;
 - b. Motor roda para a esquerda (RE): Esta entrada serve para rodar o motor para a esquerda, quando toma o valor 1, o motor roda para a esquerda;

Modo de Funcionamento

Quando se inicia o sistema, todos os sensores da máquina devem ter o valor 0 e todos os módulos e componentes devem estar desligados. A máquina é ligada quando o botão de início (BI) toma o valor 1. Depois da máquina estar ligada, se o sensor de porta aberta (SPA) indicar que a porta está fechada e o sensor de roupa seca (SRS) indicar que a roupa ainda não está seca, os módulos de controlo de temperatura e de controlo do motor devem ser ativados.

Enquanto a roupa não estiver seca ou a porta da máquina continuar fechada, os módulos de controlo de temperatura e de controlo do motor devem estar ativos.

Quando o módulo de controlo de temperatura for ativado, este deve ativar o elemento de aquecimento do ar sempre que a temperatura do ar for inferior à temperatura desejada. Este módulo deve ser ativado pelo módulo de controlo da máquina, devendo estar ativo sempre que o Botão de Início (BI) tomar o valor 1. Se a porta for aberta durante o processo de secagem, o elemento de aquecimento deve ser desligado. O mesmo deverá acontecer se a roupa já estiver seca.

O módulo de controlo do motor é o responsável por controlar o motor que faz rodar o tambor da máquina. Quando este módulo é ativado, o motor deve rodar para a direita (RD) durante 2 ciclos de relógio e depois rodar para a esquerda (RE) durante 2 ciclos de relógio. Este ciclo deve continuar até que a porta seja aberta, a roupa esteja seca ou que a máquina seja desligada.

Desenvolvimento

Módulo de Controlo da Máquina

- Entradas: BI, SPA e SRS.
- Saídas: Módulo de controlo da temperatura e Módulo de controlo do motor.

Modelo ASM

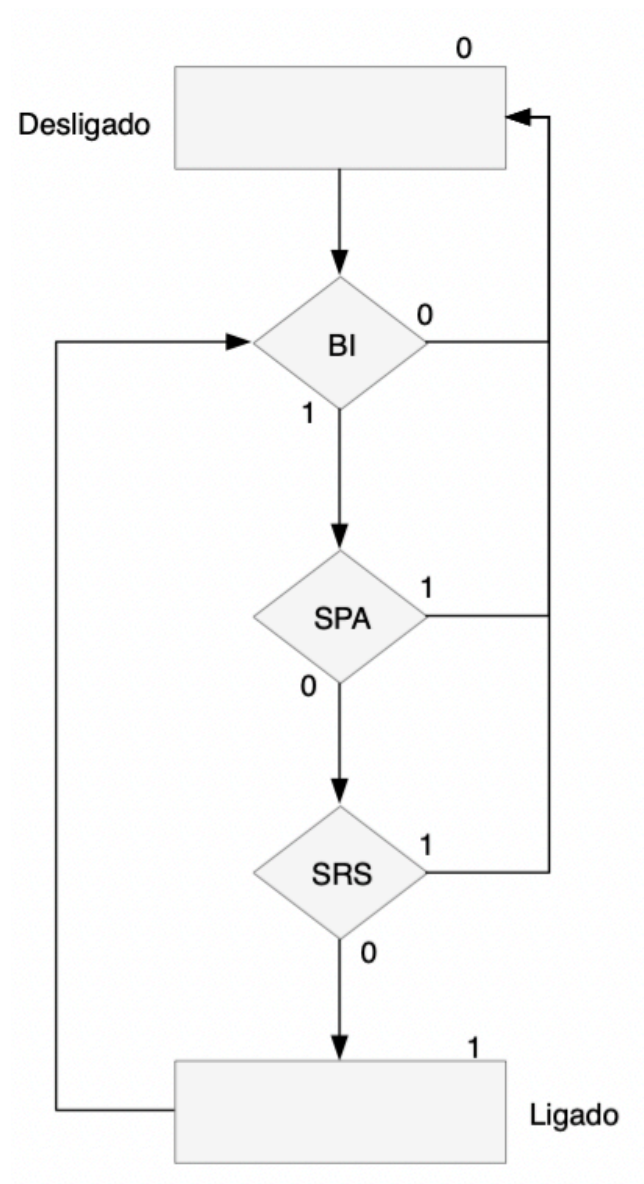


Tabela de verdade

MCM

| Q*/X0 | BI | SPA | SRS | Q/X0 | T0 |
|-------------|----|-----|-----|-------------|----|
| Desligado/0 | 0 | 0 | 0 | Desligado/0 | 0 |
| Desligado/0 | 0 | 0 | 1 | Desligado/0 | 0 |
| Desligado/0 | 0 | 1 | 0 | Desligado/0 | 0 |
| Desligado/0 | 0 | 1 | 1 | Desligado/0 | 0 |
| Desligado/0 | 1 | 0 | 0 | Ligado/1 | 1 |
| Desligado/0 | 1 | 0 | 1 | Desligado/0 | 0 |
| Desligado/0 | 1 | 1 | 0 | Desligado/0 | 0 |
| Desligado/0 | 1 | 1 | 1 | Desligado/0 | 0 |
| Ligado/1 | 0 | 0 | 0 | Desligado/0 | 1 |
| Ligado/1 | 0 | 0 | 1 | Desligado/0 | 1 |
| Ligado/1 | 0 | 1 | 0 | Desligado/0 | 1 |
| Ligado/1 | 0 | 1 | 1 | Desligado/0 | 1 |
| Ligado/1 | 1 | 0 | 0 | Ligado/1 | 0 |
| Ligado/1 | 1 | 0 | 1 | Desligado/0 | 1 |
| Ligado/1 | 1 | 1 | 0 | Desligado/0 | 1 |
| Ligado/1 | 1 | 1 | 1 | Desligado/0 | 1 |

Tabela de excitação e mapas de Karnaugh do flip flop T

| Q* | Q | T |
|----|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |

Tabela de excitação

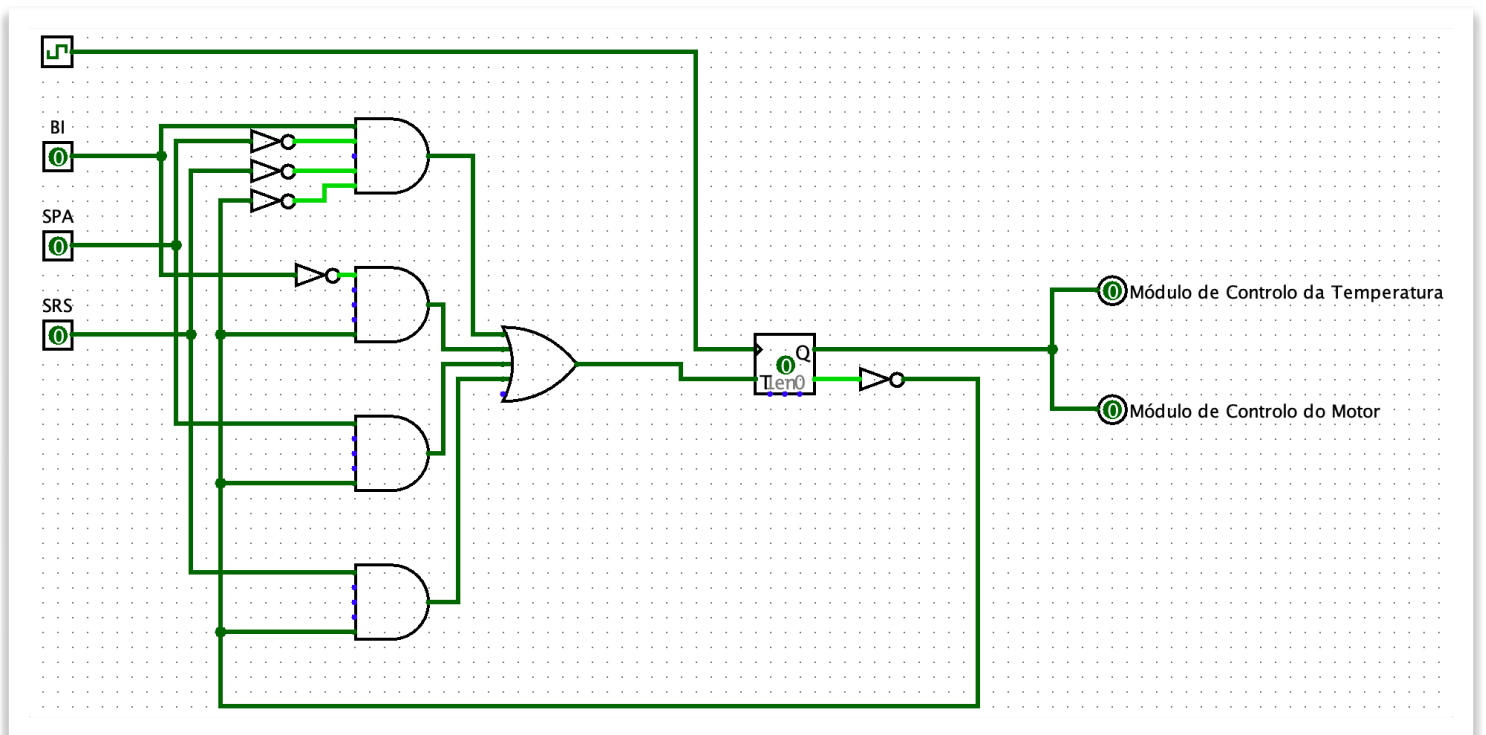
| Q* BI \ SPA SRS | | | | |
|-----------------|---|---|---|---|
| 00 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 01 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 10 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Mapa de Karnaugh do Flip-Flop T

Equação do Flip-Flop

$$T = \overline{Q} \overline{BI} \overline{SPA} \overline{SRS} + Q \overline{BI} + Q \overline{SRS} + Q SPA$$

Circuito



Componentes utilizados:

- 4 portas AND;
- 1 portas OR;
- 5 portas NOT;
- 1 Clock;
- 1 Flip-Flop Edge-Triggered T;
- Sensor SPA;
- Sensor SRS;
- Botão I

Módulo de Controlo da Temperatura

- Entradas: Módulo de Controlo da Máquina (MAQ), SPA e SRS.
- Saídas: Elemento de Aquecimento (EA).

Modelo ASM

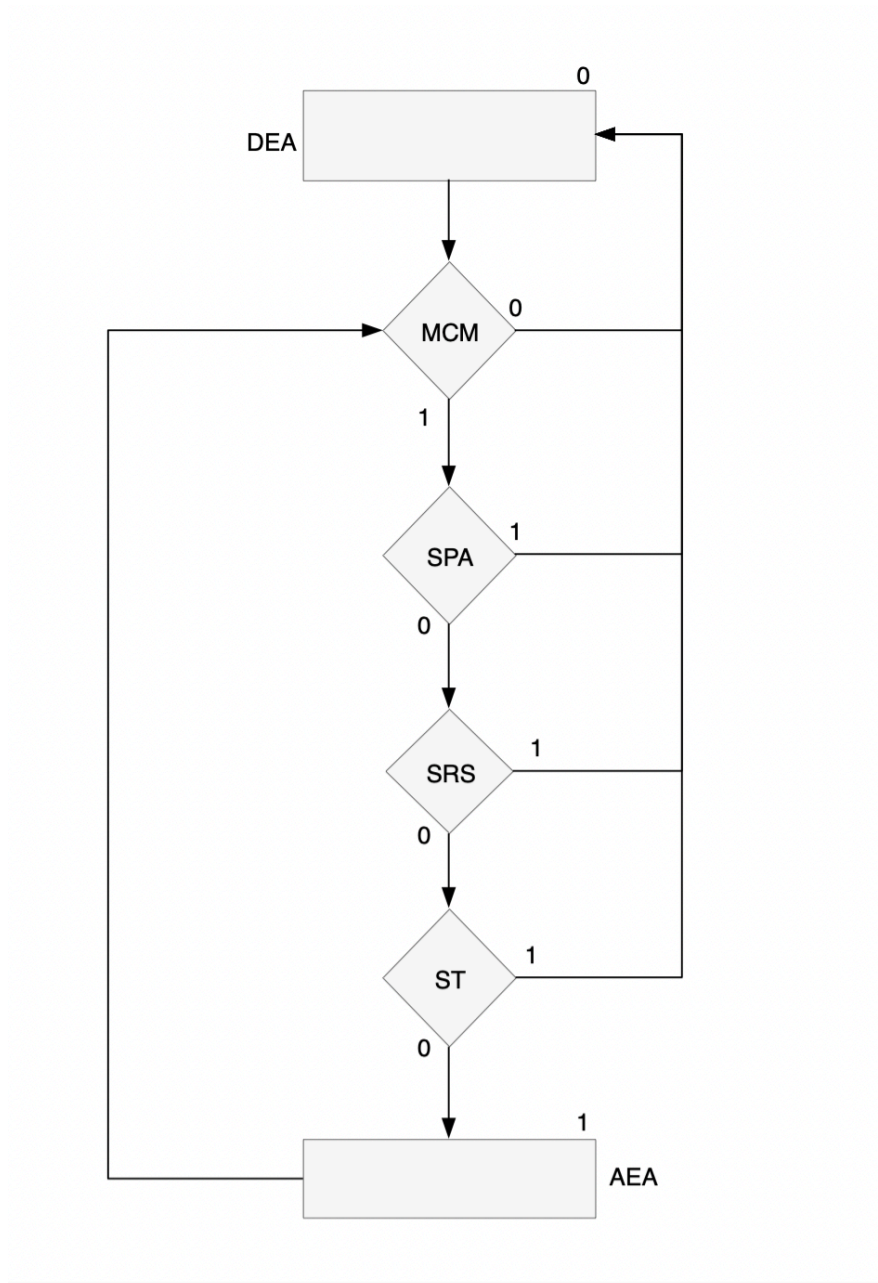


Tabela de verdade

| Q* | MCT | SPA | SRS | ST | Q | T |
|-------------|-----|-----|-----|----|-------------|---|
| Desligado/0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Desligado/0 | 0 |
| Desligado/0 | 0 | 0 | 0 | 1 | Desligado/0 | 0 |
| Desligado/0 | 0 | 0 | 1 | 0 | Desligado/0 | 0 |
| Desligado/0 | 0 | 0 | 1 | 1 | Desligado/0 | 0 |
| Desligado/0 | 0 | 1 | 0 | 0 | Desligado/0 | 0 |
| Desligado/0 | 0 | 1 | 0 | 1 | Desligado/0 | 0 |
| Desligado/0 | 0 | 1 | 1 | 0 | Desligado/0 | 0 |
| Desligado/0 | 0 | 1 | 1 | 1 | Desligado/0 | 0 |
| Desligado/0 | 1 | 0 | 0 | 0 | Ligado/1 | 1 |
| Desligado/0 | 1 | 0 | 0 | 1 | Desligado/0 | 0 |
| Desligado/0 | 1 | 0 | 1 | 0 | Desligado/0 | 0 |
| Desligado/0 | 1 | 0 | 1 | 1 | Desligado/0 | 0 |
| Desligado/0 | 1 | 1 | 0 | 0 | Desligado/0 | 0 |
| Desligado/0 | 1 | 1 | 0 | 1 | Desligado/0 | 0 |
| Desligado/0 | 1 | 1 | 1 | 0 | Desligado/0 | 0 |
| Desligado/0 | 1 | 1 | 1 | 1 | Desligado/0 | 0 |
| Ligado/1 | 0 | 0 | 0 | 0 | Desligado/0 | 1 |
| Ligado/1 | 0 | 0 | 0 | 1 | Desligado/0 | 1 |
| Ligado/1 | 0 | 0 | 1 | 0 | Desligado/0 | 1 |
| Ligado/1 | 0 | 0 | 1 | 1 | Desligado/0 | 1 |
| Ligado/1 | 0 | 1 | 0 | 0 | Desligado/0 | 1 |
| Ligado/1 | 0 | 1 | 0 | 1 | Desligado/0 | 1 |
| Ligado/1 | 0 | 1 | 1 | 0 | Desligado/0 | 1 |
| Ligado/1 | 0 | 1 | 1 | 1 | Desligado/0 | 1 |
| Ligado/1 | 1 | 0 | 0 | 0 | Ligado/1 | 0 |
| Ligado/1 | 1 | 0 | 0 | 1 | Desligado/0 | 1 |
| Ligado/1 | 1 | 0 | 1 | 0 | Desligado/0 | 1 |
| Ligado/1 | 1 | 0 | 1 | 1 | Desligado/0 | 1 |
| Ligado/1 | 1 | 1 | 0 | 0 | Desligado/0 | 1 |
| Ligado/1 | 1 | 1 | 0 | 1 | Desligado/0 | 1 |
| Ligado/1 | 1 | 1 | 1 | 0 | Desligado/0 | 1 |
| Ligado/1 | 1 | 1 | 1 | 1 | Desligado/0 | 1 |

Tabela de excitação e mapas de Karnaugh do flip flop T

| Q* | Q | T |
|----|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |

Q* = 0

| MAQ SPA \ SRS ST | 00 | 01 | 11 | 10 |
|------------------|----|----|----|----|
| 00 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 01 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 1 | 0 | 0 | 0 |

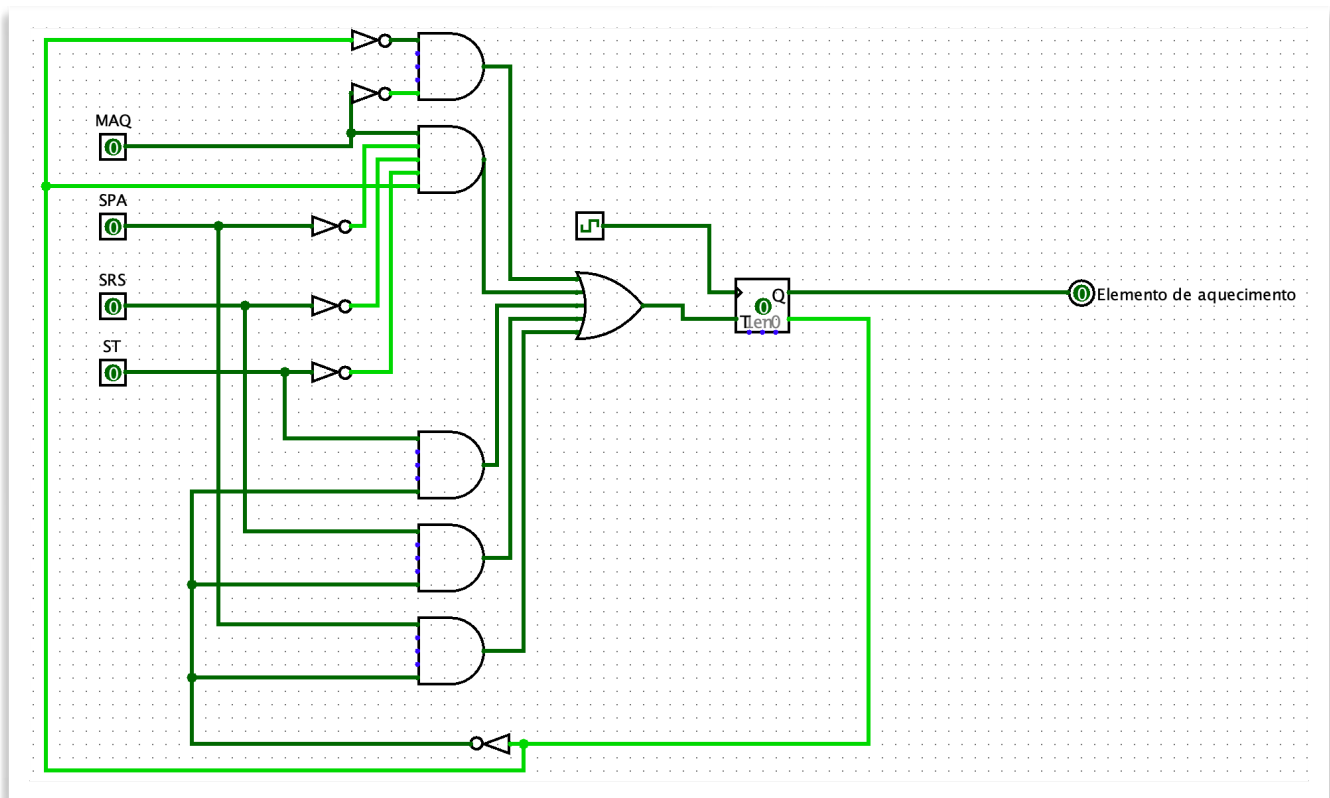
Q* = 1

| MAQ SPA \ SRS ST | 00 | 01 | 11 | 10 |
|------------------|----|----|----|----|
| 00 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 01 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 11 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 10 | 0 | 1 | 1 | 1 |

Equação do Flip-Flop

$$T = \overline{Q} \text{ MAQ } \overline{\text{SPA}} \overline{\text{SRS}} \overline{\text{ST}} + \overline{Q} \overline{\text{MAQ}} + \overline{Q} \text{ST} + \overline{Q} \text{SRS} + \overline{Q} \text{SPA}$$

Circuito



Componentes do circuito:

- 5 portas AND;
- 1 porta OR;
- 6 portas NOT;
- 1 Clock;
- 1 Flip-Flop Edge-Triggered T;
- Sensor SPA;
- Sensor SRS;
- Valor de saída do Módulo de controle da Máquina.

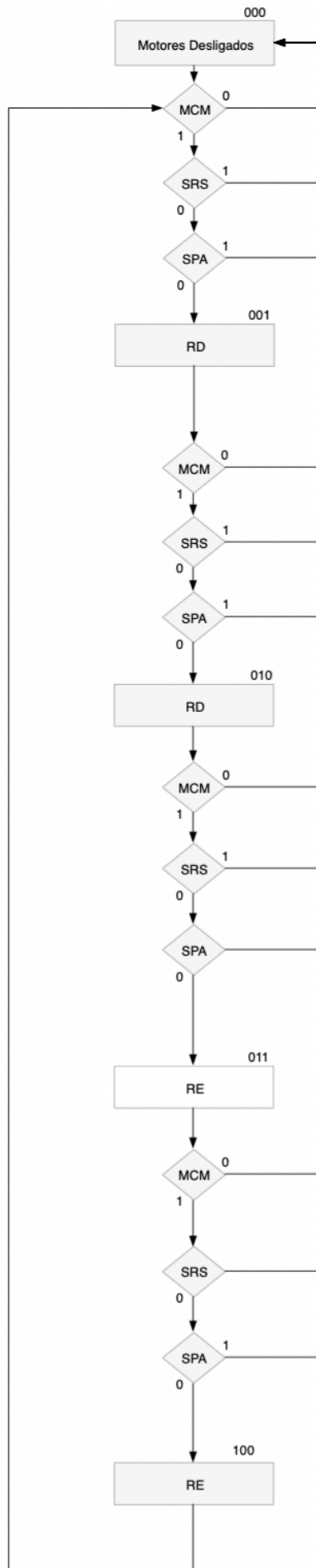
Módulo de Controlo do Motor

- Entradas: Módulo de Controlo da Máquina (MAQ), SPA e SRS.
- Saídas: Motor Direito (MD), Motor Esquerdo (ME).

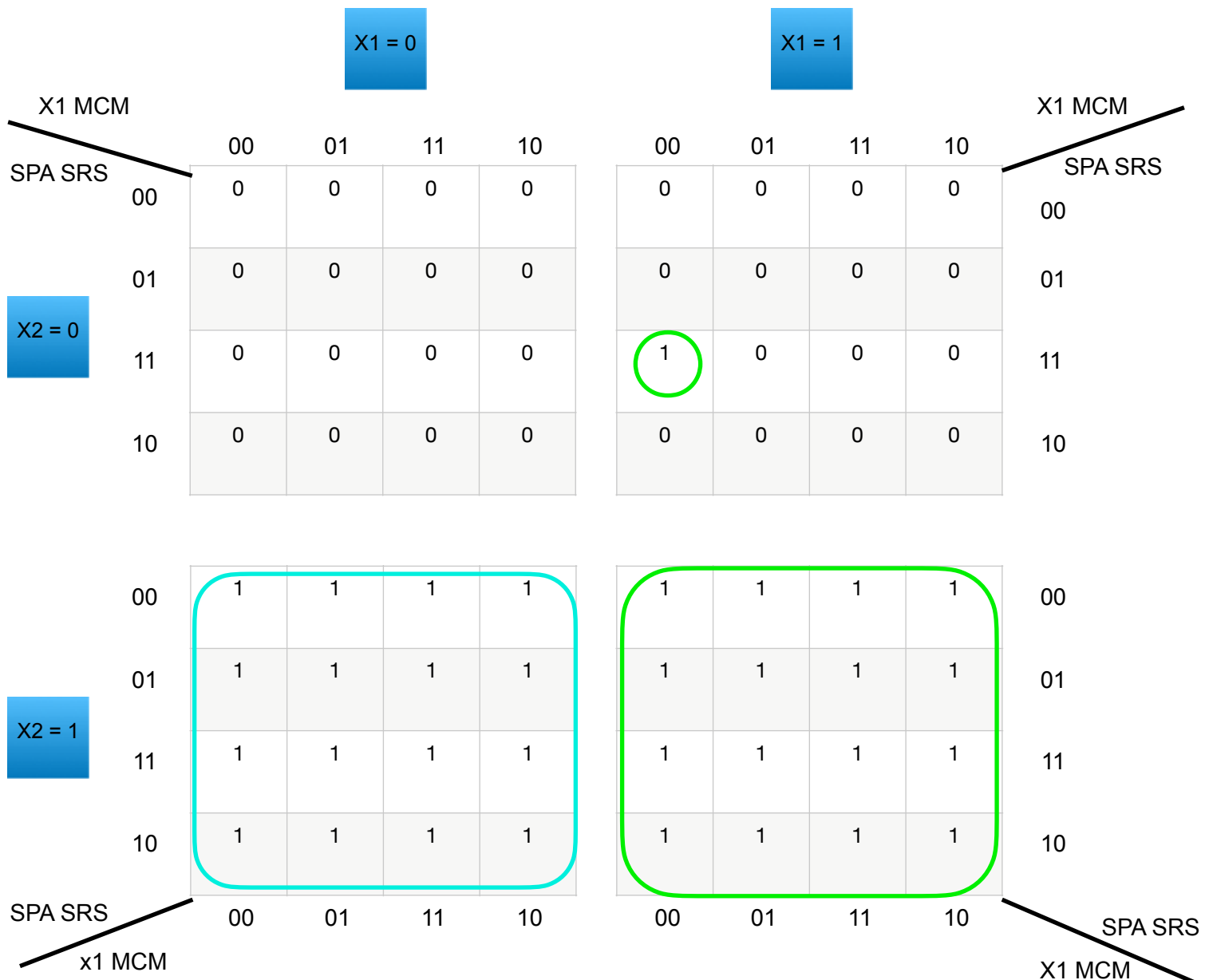
Tabela de verdade

| x2 | X1 | x0 | MCM | SPA | SRS | Q/ | T2 | T1 | T0 |
|----|----|----|-----|-----|-----|-------|----|----|----|
| 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 | 1 | 0 | 0_0_0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0_0_0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0_0_1 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0_0_0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0_0_0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0_0_0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0_0_0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0_0_0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0_0_0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0_0_0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0_1_0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0_0_0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0_0_0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0_0_0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0_0_0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0_0_0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0_1_1 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0_0_0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0_0_0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0_0_0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0_0_0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0_0_0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0_0_0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0_0_0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1_0_0 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0_0_0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0_0_0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0_0_0 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0_0_0 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0_0_0 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0_0_0 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0_0_0 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0_0_1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0_0_0 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0_0_0 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0_0_0 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0_0_0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0_0_0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0_0_0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0_0_0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0_0_0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0_0_0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0_0_0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0_0_0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0_0_0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0_0_0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0_0_0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0_0_0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0_0_0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0_0_0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0_0_0 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0_0_0 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0_0_0 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0_0_0 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0_0_0 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0_0_0 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0_0_0 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0_0_0 | 1 | 1 | 1 |

Modelo ASM

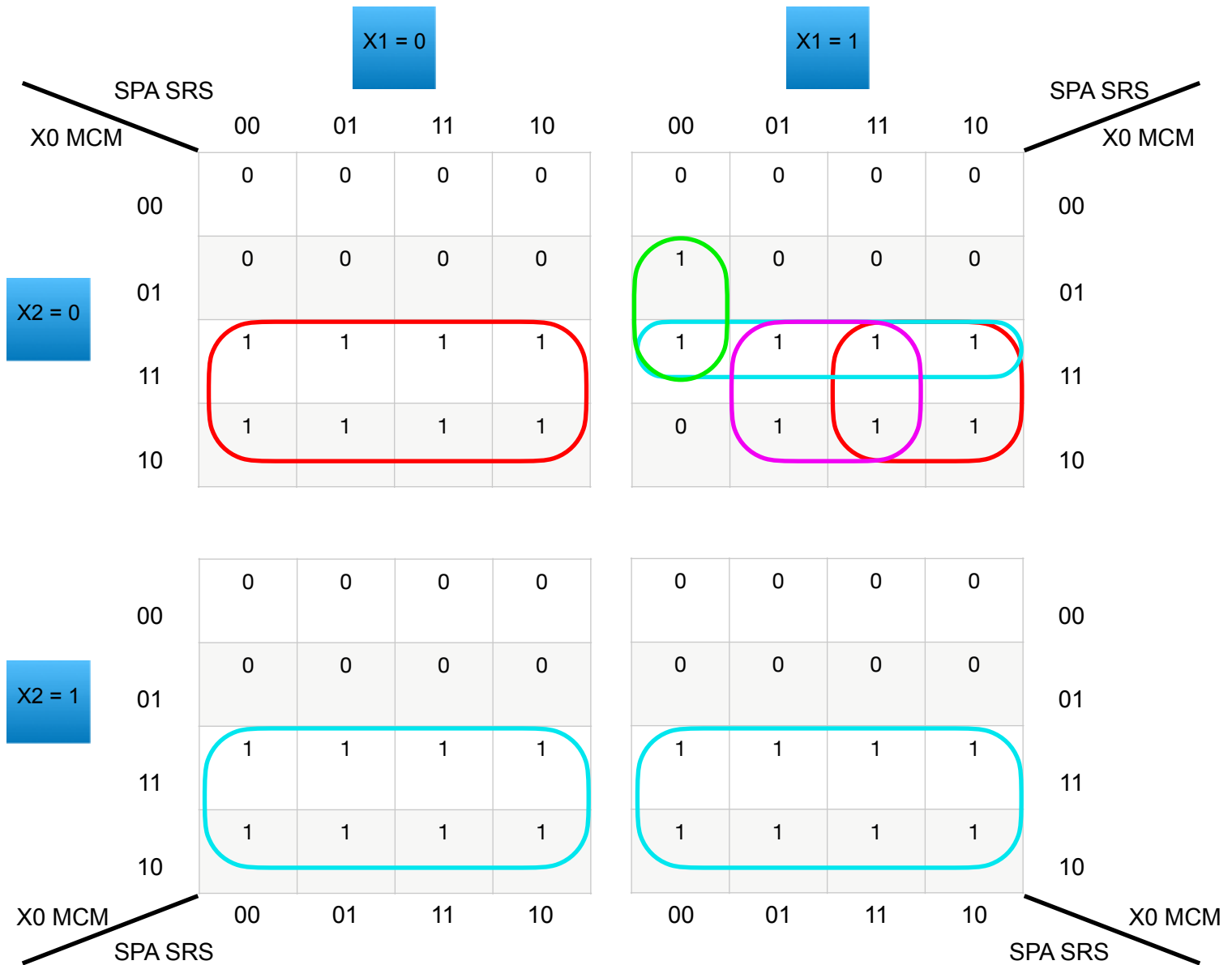


Tabelas de excitação e Mapas de Karnaugh para os flip flops T



Equação do Flip-Flop

$$T2 = x1 \cdot x0 \cdot \overline{\text{MCM}} \cdot \overline{\text{SPA SRS}} + x2$$



Equação do Flip-Flop

$$T1 = \overline{x_2} x_0 \text{ MCM } \overline{\text{SPA}} \overline{\text{SRS}} + x_1 \overline{\text{MCM}} + x_1 \text{SRS} + x_1 \text{SPA} + x_2 x_1$$

$X_1 = 0$

$X_1 = 1$

SPA SRS

X0 MCM

000110

00

01

11

10

0

0

0

0

1

1

1

1

1

1

1

1

0

0

0

0

X2 = 0

SPA SRS

X0 MCM

000110

00

01

11

10

1

0

0

0

1

1

1

1

1

1

1

1

1

0

0

0

X2 = 1

X0 MCM

SPA SRS

000110

00

01

11

10

0

0

0

0

1

1

1

1

1

1

1

1

0

0

0

0

X0 MCM

SPA SRS

000110

00

01

11

10

1

0

0

0

1

1

1

1

1

1

1

1

0

0

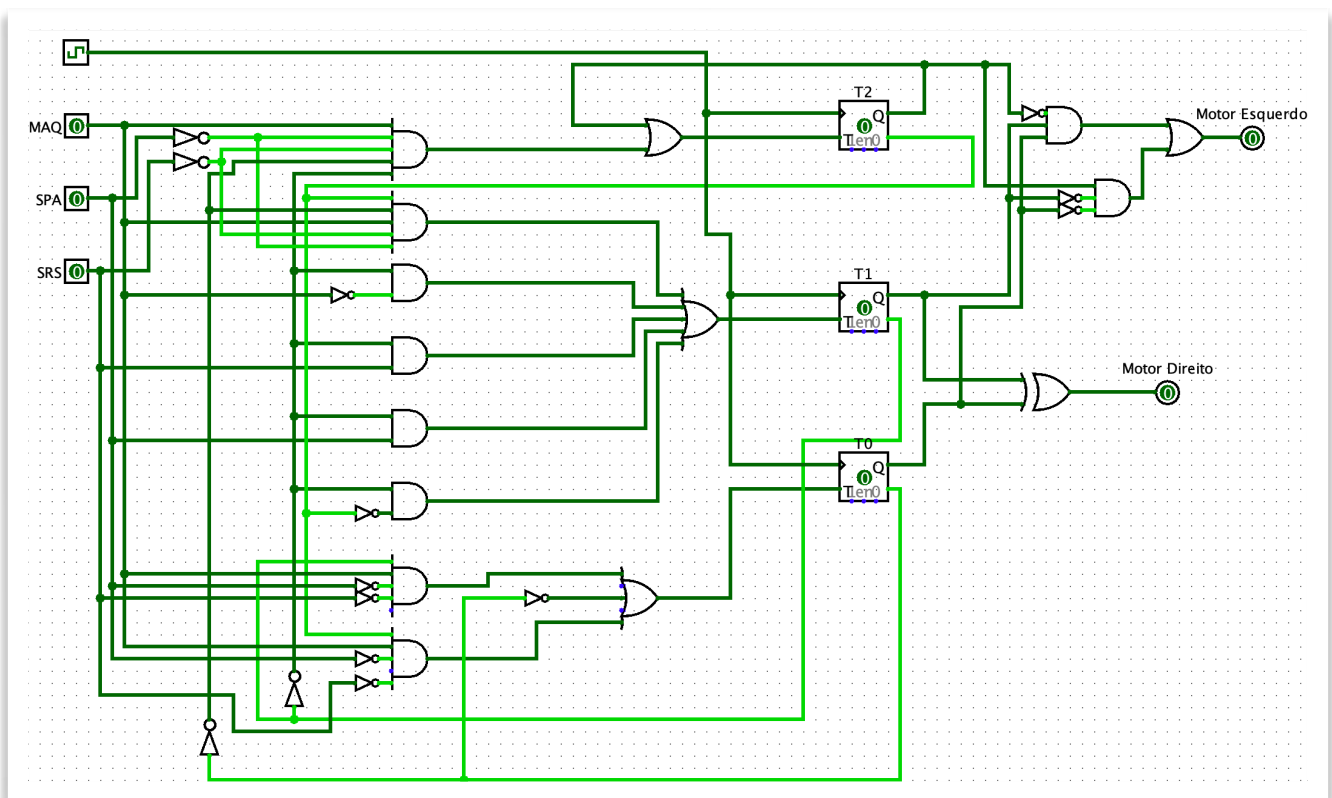
0

0

Equação do Flip-Flop

$$T_0 = \overline{x_2} \text{ MCM } \overline{\text{SPA}} \overline{\text{SRS}} + x_1 \text{ MCM } \text{SPA } \overline{\text{SRS}} + x_0$$

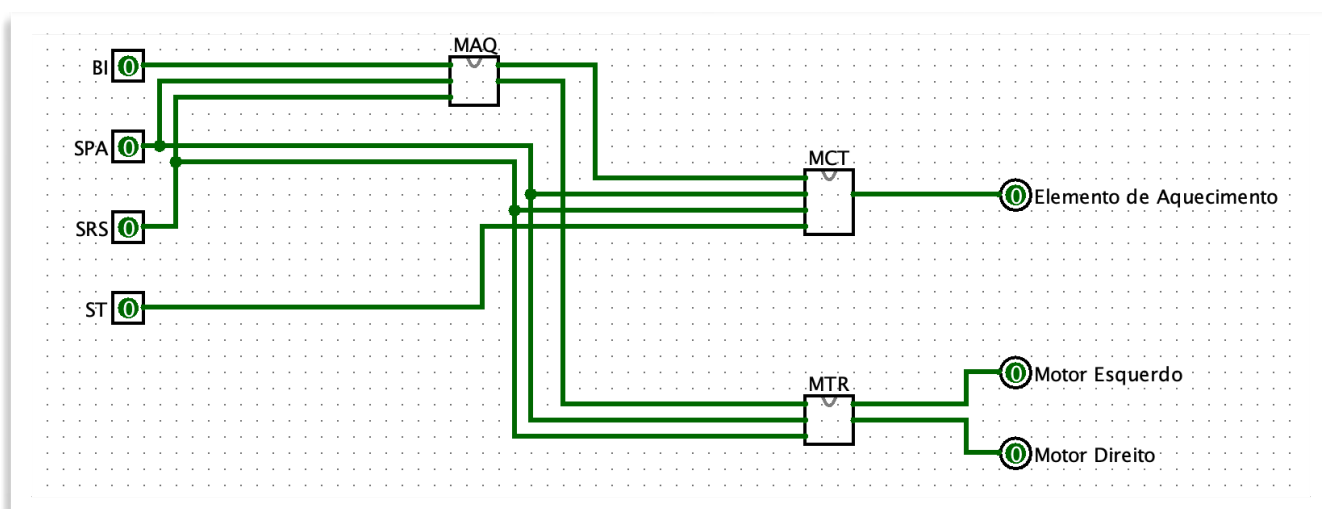
Circuito



Componentes do circuito:

- 8 portas AND;
- 4 porta OR;
- 1 porta XOR;
- 13 portas NOT;
- 1 Clock;
- 3 Flip-Flop Edge-Triggered T;
- Sensor SPA;
- Sensor SRS;
- Motor Direito;
- Motor Esquerdo.

Conjugação dos Módulos Componentes do circuito:



- BI;
- SPA;
- SRS;
- ST;
- Módulo de controlo da Máquina;
- Módulo de controlo da Temperatura;
- Módulo de controlo do Motor;
- Elemento de Aquecimento;
- Motor Direito;
- Motor Esquerdo.

Percurso e Decisões Tomadas

A elaboração deste projeto seguiu o seguinte rumo:

1. Elaboração do Modelo ASM do MAQ.
2. Elaboração da Tabela de Transição de Estados do MAQ.
3. Tomada de decisão acerca do flip-flop a utilizar.
4. Implementação do flip-flop no MAQ.
5. Desenvolvimento do circuito do MAQ.
6. Elaboração do Modelo ASM do MCT.
7. Elaboração da Tabela de Transição de Estados do MCT.
8. Tomada de decisão acerca do flip-flop a utilizar.
9. Implementação do flip-flop no MCT.
10. Desenvolvimento do circuito do MCT.
11. Elaboração do Modelo ASM do MCT.
12. Elaboração da Tabela de Transição de Estados do MCT.
13. Tomada de decisão acerca dos flip-flops a utilizar.
14. Implementação do flip-flop no MCT.
15. Desenvolvimento do circuito do MCT.

Ao longo da elaboração do projeto foi necessário decidir qual o flip-flop a usar. Foi decidida a utilização do flip-flop T tornava mais fácil a transição de estados nos dois primeiros módulos (visto que são apenas dois).

No momento da conjugação dos módulos existiu uma indecisão relativamente a tornar o clock uma entrada em todos os módulos e ligar um clock principal a estas entradas ou oscilar os clocks individualmente. Foi decidido oscilar os clocks individualmente.

Existiu alguma dificuldade em fazer os mapas de karnaugh de 6 variáveis.