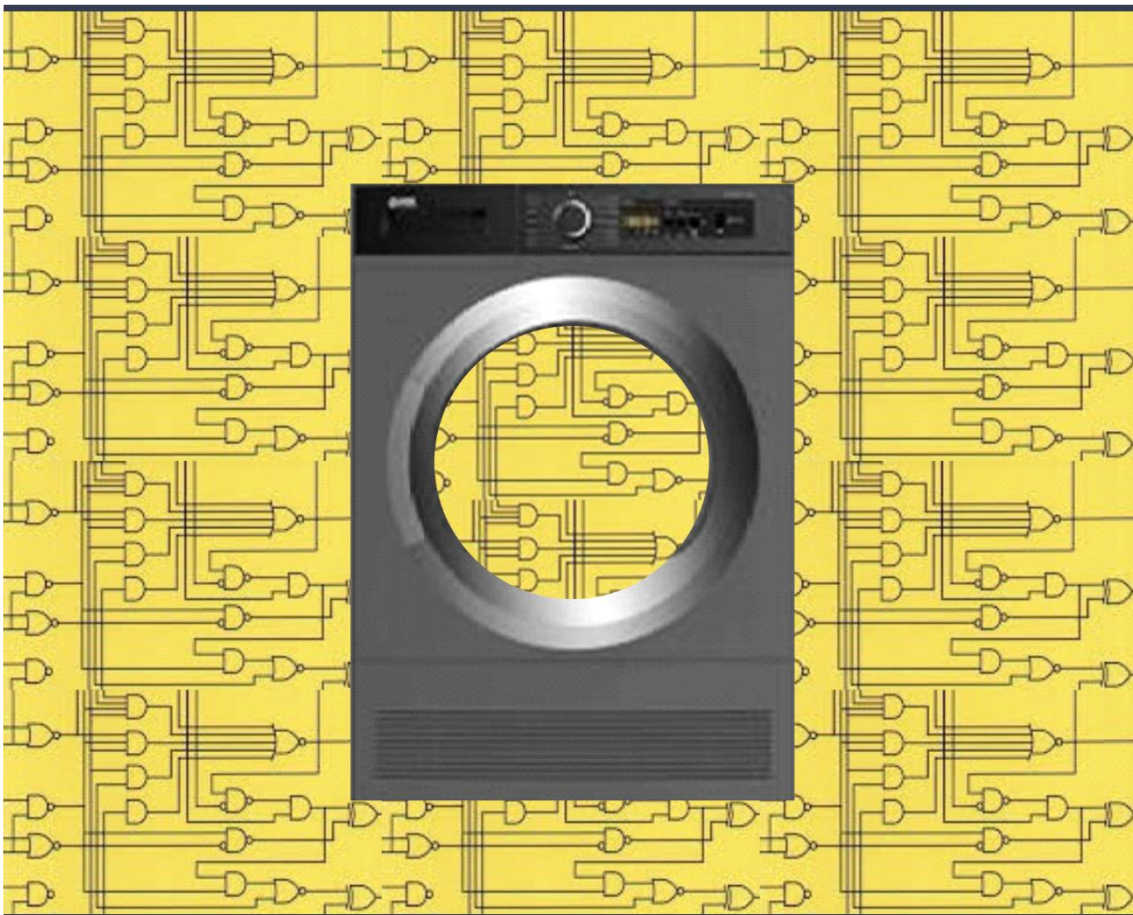


Relatório

Sistemas Digitais

Máquina de Secar Roupa



Rodrigo Alves nº48681

Tomás Antunes nº48511

Tomás Cardoso nº48951

Fev 2021

Introdução

O objetivo deste trabalho é criar um sistema de controlo para uma máquina de secar roupa. A máquina de secar roupa é constituída por diversos componentes desde os que constituem a sua estrutura, como também aqueles que permitem o seu bom funcionamento.

Para descrevermos o seu modo de funcionamento, foram criados três modelos ASM, cada um destes mostra o que cada módulo faz (Módulo de controlo da máquina, Módulo de controlo da temperatura e o Módulo de controlo do motor), a partir dos quais foram construídas as respetivas tabelas de verdade e consequentemente os seus mapas de Karnaugh com o objetivo de conseguirmos as suas funções simplificadas. Através das equações obtidas nestes mapas foi construído um circuito usando o Logisim.

Decisões tomadas durante o trabalho

Em primeiro lugar, começámos por tentar perceber o que cada módulo fazia como também todos os sensores e componentes indicados. Depois deste processo tentámos construir os primeiros modelos ASM, após várias tentativas erradas no número de estados desenhados e de entradas conseguimos então definir corretamente todos os modelos ASM.

Seguidamente, construímos as tabelas de outputs, de código de estados e de excitação de cada flip-flop utilizado. Foram usados flip-flops JK, T e D no decorrer do trabalho e foram adicionados os valores destes às várias tabelas, para que posteriormente pudessem ser usados para melhorar o funcionamento do sistema de controlo da máquina de secar roupa.

Terminadas as tabelas foram construídos os mapas de Karnaugh necessários e a partir destes, forma simplificadas as expressões das saídas e dos flip-flops. Com as expressões determinadas, implementámos as mesmas no Logisim conforme foi pedido no trabalho.

No módulo de controlo da máquina decidimos usar o flip-flop JK, apesar de ser o flip-flop mais complexo, este gera circuitos lógicos mais simples, por isso a escolha deste tipo de flip-flop. Assim conseguimos obter expressões mais simples, num módulo no qual as suas saídas são entradas para os outros módulos.

No módulo de controlo da temperatura utilizamos o flip-flop T pois no início do trabalho achamos importante saber quando havia mudança de estado, e como o flip-flop T só é um quando o estado anterior é diferente do estado seguinte achamos que era o flip-flop ideal.

No módulo de controlo do motor optámos por escolher o flip-flop D pois considerámos ser o flip-flop mais simples de utilizar neste módulo, garantindo assim menor probabilidade de ocorrerem erros na sua estruturação.

Concluimos assim que é possível a utilização de três diferentes tipos de flip-flop com graus de complexidade diferentes. Comprovámos que é possível criar um circuito funcional que está dividido em três módulos nos quais foram utilizados diferentes flip-flops.

➤ **Módulo de controlo da máquina**

Entradas do circuito:

- Botão de Início (BI);
- Sensor da porta aberta (SPA);
- Sensor da roupa seca (SRS);

Saídas do circuito:

- Módulo de controlo da temperatura (MT);
- Módulo de controlo do motor (MM);

Estados do circuito:

- E0- este estado indica que o Módulo do controlo da máquina encontra-se desligado (sistema desligado). Este estado não possui nenhuma saída;
- E1- este estado indica que o Módulo do controlo da máquina encontra-se ligado (sistema ligado). Este estado possui duas saídas, uma designada por MT (que é a saída que ativa o módulo de controlo da temperatura) outra designada por MM (que é a saída que ativa o módulo de controlo do motor);

Código de estados	
Estado	Código
E0	0
E1	1

Tabela de outputs		
Estado	MT	MM
0	0	0
1	1	1

Tabela de excitação FF J K			
Q*	Q	J	K
0	0	0	-
0	1	1	-
1	0	-	1
1	1	-	0

Modelo ASM:

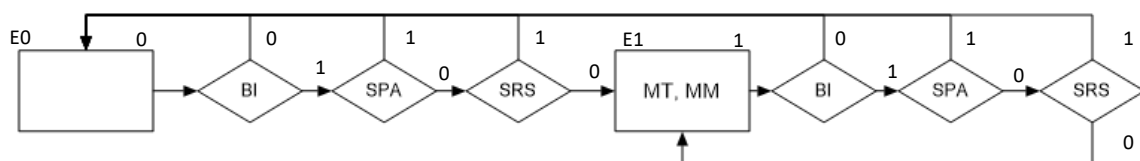


Tabela de transição de estados:

Entradas			Estados		Saídas		FF J K	
BI	SPA	SRS	Q*	Q	MT	MM	J	K
0	0	0	0	0	0	0	0	-
0	0	1	0	0	0	0	0	-
0	1	0	0	0	0	0	0	-
0	1	1	0	0	0	0	0	-
1	0	0	0	1	0	0	1	-
1	0	1	0	0	0	0	0	-
1	1	0	0	0	0	0	0	-
1	1	1	0	0	0	0	0	-
0	0	0	1	0	1	1	-	1
0	0	1	1	0	1	1	-	1
0	1	0	1	0	1	1	-	1
0	1	1	1	0	1	1	-	1
1	0	0	1	1	1	1	-	0
1	0	1	1	0	1	1	-	1
1	1	0	1	0	1	1	-	1
1	1	1	1	0	1	1	-	1

Mapas de Karnaugh do flip-flop JK

J

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

$$J = \overline{BI} \overline{Q} * \overline{SPA} \overline{SRS}$$

K

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

$$K = \overline{BI} \overline{Q} * \overline{SPA} + Q * SPA + Q * SRS$$

Mapas de Karnaugh das saídas MT e MM

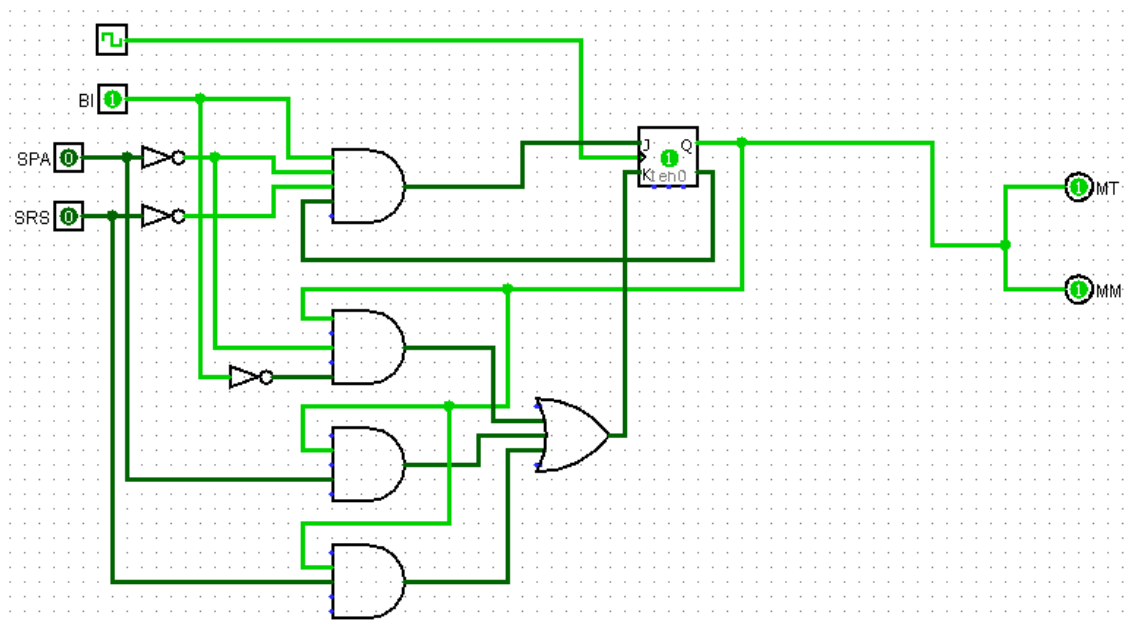
MT/MM

BI Q* / SPA SRS	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	1	1	1	1
11	1	1	1	1
10	0	0	0	0

Estas duas saídas apresentam mapas de karnaugh iguais, logo a expressão simplificada obtida é igual para as duas.

$$MT=MM=Q^*$$

Logigrama:



➤ Módulo de controlo da temperatura

Entradas do circuito:

- Sensor de temperatura (ST);
- Sensor da porta aberta (SPA);
- Sensor da roupa seca (SRS);
- Módulo de controlo da máquina (MMaq);

Saída do circuito:

- Elemento de aquecimento do ar (EA);

Estados do circuito:

- T0- este estado indica que o Módulo de controlo da temperatura encontra-se desligado (sistema desligado). Este estado não possui nenhuma saída;
- T1- este estado indica que o Módulo de controlo da temperatura encontra-se ligado (sistema ligado). Este estado possui uma saída, designada por EA (que é a saída que ativa o elemento de aquecimento do ar);

Código de estados	
Estado	Código
T0	0
T1	1

Tabela de outputs	
Estado	EA
0	0
1	1

Tabela de excitação FF T		
Q*	Q	T
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Modelo ASM:

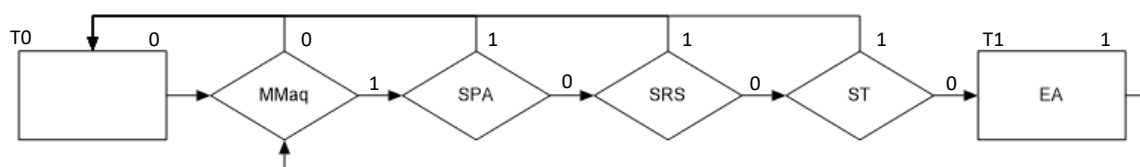


Tabela de transição de estados:

Entradas				Estados		Saída	FF T
MMAq	SPA	SRS	ST	Q*	Q	EA	T
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0
0	1	0	1	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	0	0
0	1	1	1	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	1	1
0	0	0	1	1	0	1	1
0	0	1	0	1	0	1	1
0	0	1	1	1	0	1	1
0	1	0	0	1	0	1	1
0	1	0	1	1	0	1	1
0	1	1	0	1	0	1	1
0	1	1	1	1	0	1	1
1	0	0	0	0	1	0	1
1	0	0	1	0	0	0	0
1	0	1	0	0	0	0	0
1	0	1	1	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0
1	1	0	1	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0
1	0	0	0	1	1	1	0
1	0	0	1	1	0	1	1
1	0	1	0	1	0	1	1
1	0	1	1	1	0	1	1
1	1	0	0	1	0	1	1
1	1	0	1	1	0	1	1
1	1	1	0	1	0	1	1
1	1	1	1	1	0	1	1

Mapas de Karnaugh do flip-flop T

T

$Q^* = 0$

MMaq 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

$Q^* = 1$

MMaq 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

$$T = \overline{\text{MMaq}} \overline{\text{SPA}} \overline{\text{SRS}} \overline{\text{ST}} \overline{Q^*} + \overline{\text{MMaq}} Q^* + \text{MMaq} \text{SPA} Q^* + \text{MMaq} \text{SRS} Q^* + \text{MMaq} \overline{\text{SRS}} \text{ST} Q^*$$

Mapa de Karnaugh da saída EA

$Q^* = 1$

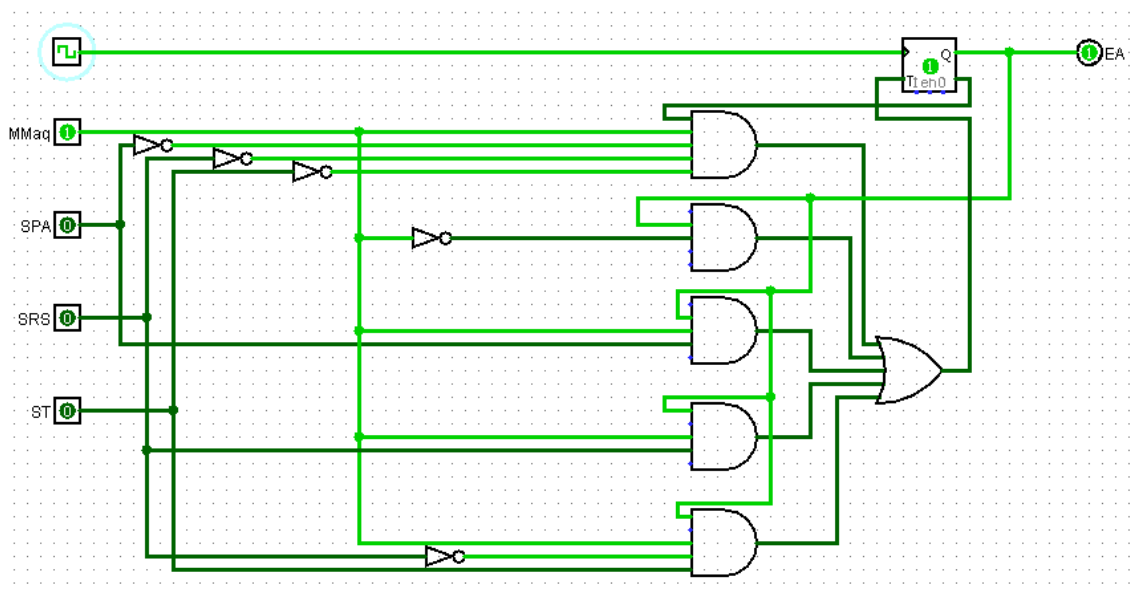
MMaq SPA / SRS ST	00	01	11	10
00	1	1	1	1
01	1	1	1	1
11	1	1	1	1
10	1	1	1	1

$Q^* = 0$

MMaq 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

$$EA = Q^*$$

Logigrama:



➤ Módulo de controlo do motor

Entradas do circuito:

- Sensor da porta aberta (SPA);
- Sensor da roupa seca (SRS);
- Módulo de controlo da máquina (MMAq);

Saídas do circuito:

- Motor roda para a direita (RD);
- Motor roda para a esquerda (RE);

Estados do circuito:

- M0- este estado indica que o Módulo de controlo do motor encontra-se desligado (sistema desligado);
- M1- este estado indica que o Módulo de controlo do motor encontra-se ligado (sistema ligado). Este estado possui uma saída, designada por RD (que faz rodar o motor para a direita);
- M2- este estado indica que o Módulo de controlo do motor encontra-se ligado (sistema ligado). Este estado possui uma saída, designada por RD (que faz rodar o motor para a direita);
- M3- este estado indica que o Módulo de controlo do motor encontra-se ligado (sistema ligado). Este estado possui uma saída, designada por RE (que faz rodar o motor para a esquerda);
- M4- este estado indica que o Módulo de controlo do motor encontra-se ligado (sistema ligado). Este estado possui uma saída, designada por RE (que faz rodar o motor para a esquerda);

Código de estados	
Estado	Código
M0	000
M1	001
M2	010
M3	011
M4	100

Tabela de outputs		
Estado	RD	RE
000	0	0
001	1	0
010	1	0
011	0	1
100	0	1

Tabela de excitação FF D		
Q*	Q	T
0	0	0
0	1	1
1	0	0
1	1	1

Modelo ASM:

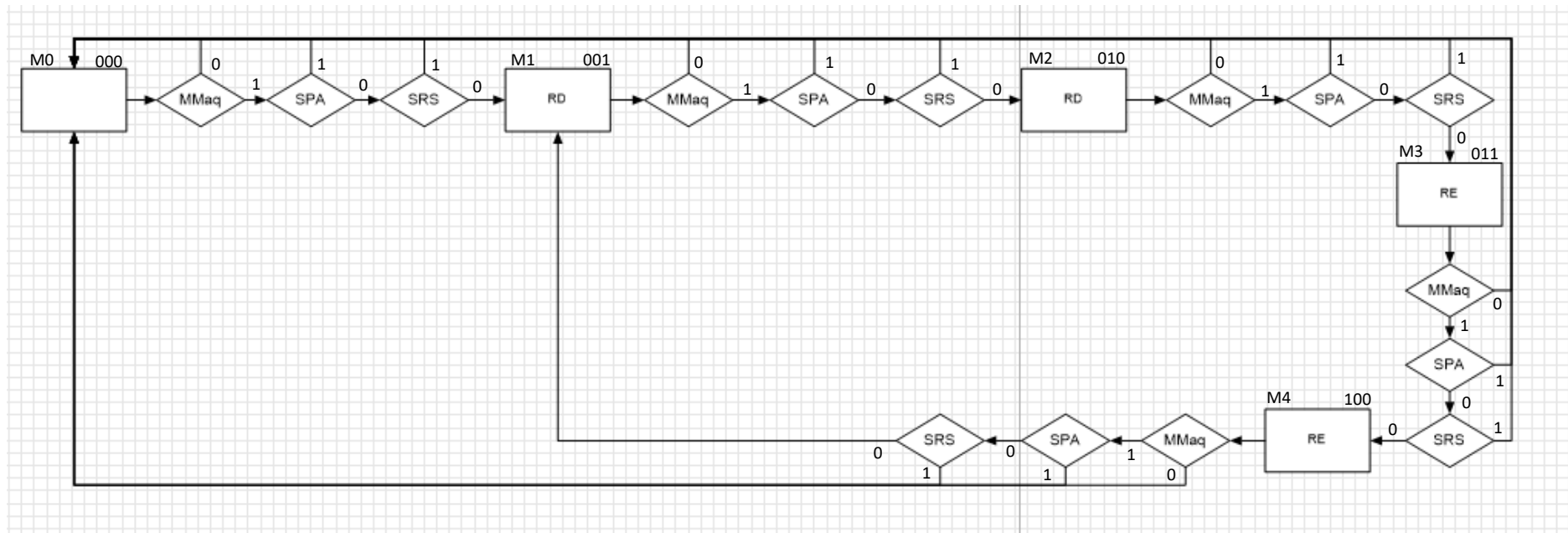


Tabela de transição de estados:

Entradas			Estados		Saídas		FF D
MMAq	SPA	SRS	Q* X2*X1*X0*	Q X2 X1 X0	RD	RE	D D2 D1 D0
0	0	0	000	000	0	0	000
0	0	1	000	000	0	0	000
0	1	0	000	000	0	0	000
0	1	1	000	000	0	0	000
1	0	0	000	001	1	0	001
1	0	1	000	000	0	0	000
1	1	0	000	000	0	0	000
1	1	1	000	000	0	0	000
0	0	0	001	000	0	0	000
0	0	1	001	000	0	0	000
0	1	0	001	000	0	0	000
0	1	1	001	000	0	0	000
1	0	0	001	010	1	0	010
1	0	1	001	000	0	0	000
1	1	0	001	000	0	0	000
1	1	1	001	000	0	0	000
0	0	0	010	000	0	0	000
0	0	1	010	000	0	0	000
0	1	0	010	000	0	0	000
0	1	1	010	000	0	0	000
1	0	0	010	011	1	0	011
1	0	1	010	000	0	0	000
1	1	0	010	000	0	0	000
1	1	1	010	000	0	0	000
0	0	0	011	000	0	0	000
0	0	1	011	000	0	0	000
0	1	0	011	000	0	0	000
0	1	1	011	000	0	0	000
1	0	0	011	100	0	1	100
1	0	1	011	000	0	0	000
1	1	0	011	000	0	0	000
1	1	1	011	000	0	0	000
0	0	0	100	000	0	0	000
0	0	1	100	000	0	0	000
0	1	0	100	000	0	0	000
0	1	1	100	000	0	0	000
1	0	0	100	001	0	1	001
1	0	1	100	000	0	0	000
1	1	0	100	000	0	0	000
1	1	1	100	000	0	0	000

Mapas de Karnaugh dos flip-flops D

D2

$X2^* = 0$ e $X1^* = 0$

$X0^*$ MMaQ/ SPA SRS	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	0	0	0	0
11	0	0	0	0
10	0	0	0	0

$X2^* = 1$ e $X1^* = 0$

$X0^*$ MMaQ/ SPA SRS	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	0	0	0	0
11	-	-	-	-
10	-	-	-	-

$X2^* = 0$ e $X1^* = 1$

$X0^*$ MMaQ/ SPA SRS	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	0	0	0	0
11	1	0	0	0
10	0	0	0	0

$X2^* = 1$ e $X1^* = 1$

$X0^*$ MMaQ/ SPA SRS	00	01	11	10
00	-	-	-	-
01	-	-	-	-
11	-	-	-	-
10	-	-	-	-

$$D2 = \overline{X2} * X1 * X0 * MMaQ \overline{SPA} \overline{SRS}$$

D1

$X2^* = 0$ e $X1^* = 0$

$X0^*$ MMaQ/ SPA SRS	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	0	0	0	0
11	1	0	0	0
10	0	0	0	0

$X2^* = 1$ e $X1^* = 0$

$X0^*$ MMaQ/ SPA SRS	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	0	0	0	0
11	-	-	-	-
10	-	-	-	-

$X2^* = 0$ e $X1^* = 1$

$X0^*$ MMa/ SPA SRS	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	1	0	0	0
11	0	0	0	0
10	0	0	0	0

$X2^* = 1$ e $X1^* = 1$

$X0^*$ MMa/ SPA SRS	00	01	11	10
00	-	-	-	-
01	-	-	-	-
11	-	-	-	-
10	-	-	-	-

$$D1 = \overline{X2} * \overline{X1} * X0 * \text{MMa} \overline{\text{SPA}} \overline{\text{SRS}} + \overline{X2} * X1 * \overline{X0} * \text{MMa} \overline{\text{SPA}} \overline{\text{SRS}}$$

D0

$X2^* = 0$ e $X1^* = 0$

$X0^*$ MMa/ SPA SRS	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	1	0	0	0
11	0	0	0	0
10	0	0	0	0

$X2^* = 1$ e $X1^* = 0$

$X0^*$ MMa/ SPA SRS	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	1	0	0	0
11	-	-	-	-
10	-	-	-	-

$X2^* = 0$ e $X1^* = 1$

$X0^*$ MMa/ SPA SRS	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	1	0	0	0
11	0	0	0	0
10	0	0	0	0

$X2^* = 1$ e $X1^* = 1$

$X0^*$ MMa/ SPA SRS	00	01	11	10
00	-	-	-	-
01	-	-	-	-
11	-	-	-	-
10	-	-	-	-

$$D0 = \text{MMa} \overline{\text{SPA}} \overline{\text{SRS}} \overline{X2} * \overline{X0} * + \text{MMa} \overline{\text{SPA}} \overline{\text{SRS}} X1 * \overline{X0} *$$

Mapas de Karnaugh das saídas RD e RE

RD

$X_2^* / X_1^* X_0^*$	00	01	11	10
0	0	1	0	1
1	0	0	0	0

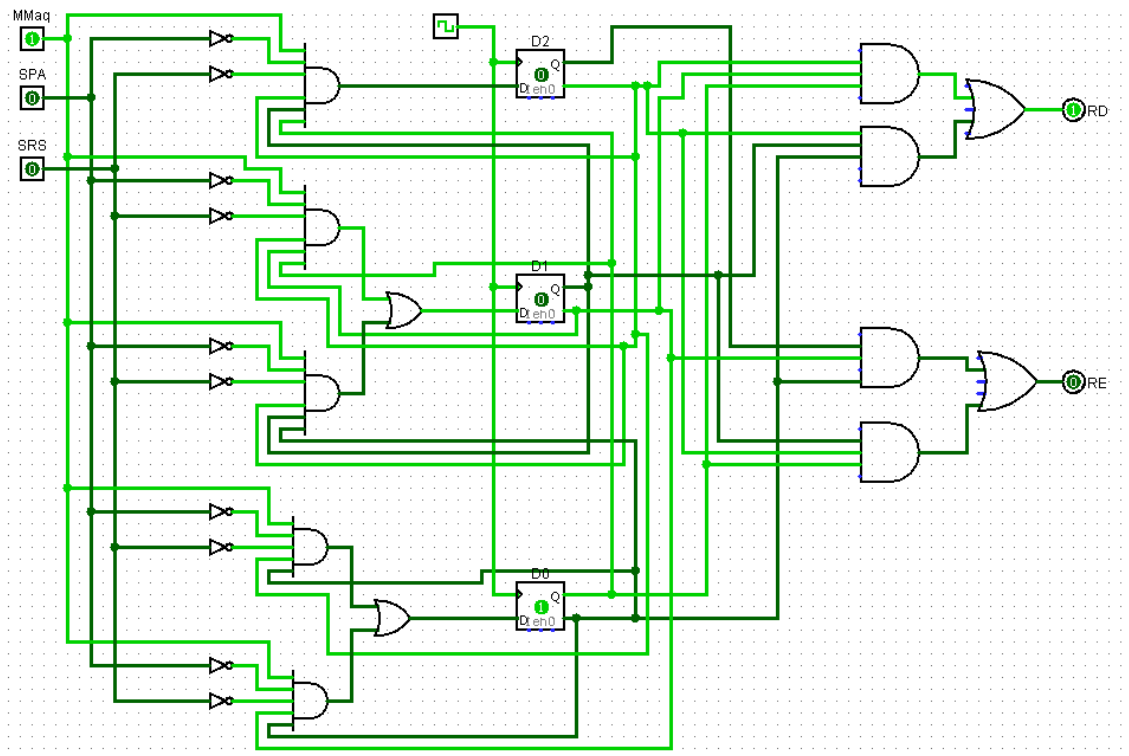
RE

$X_2^* / X_1^* X_0^*$	00	01	11	10
0	0	0	1	0
1	1	0	0	0

$$RD = \overline{X_2} * \overline{X_1} * X_0 + \overline{X_2} * X_1 * \overline{X_0}$$

$$RE = X_2 * \overline{X_1} * \overline{X_0} + \overline{X_2} * X_1 * X_0$$

Logograma:



Circuito completo:

