



Sistemas Digitais

Aquecedor elétrico

Docentes:

António Anjos

Pedro Salgueiro

Discentes:

António Carvalho, nº 51483

Luís Carvalho, nº 51817

Rui Silva, nº 51262



Índice

Ferramentas utilizadas	3
Introdução	4
Modo de funcionamento do sistema	5
Modo de funcionamento do sistema (continuação)	6
Modo de funcionamento do sistema	7
Módulo de controlo do modo de funcionamento	8
Módulo de controlo do modo de funcionamento	9
Módulo de controlo do modo de funcionamento	10
Módulo de controlo do modo de funcionamento (Procedimento de resultados – Mapas de Karnaugh do flip-flop JK)	11
Módulo de controlo do modo de funcionamento (Procedimento de resultados – Mapas de Karnaugh do flip-flop JK)	12
Módulo de controlo do modo de funcionamento (Procedimento de resultados – Circuito simplificado no simulador Logisim)	13
Módulo de controlo do modo do mecanismo de oscilação (Procedimento de resultados – Modelo ASM)	14
Módulo de controlo do modo do mecanismo de oscilação (Procedimento de resultados – Tabela de verdade)	15
Módulo de controlo do modo do mecanismo de oscilação (Procedimento de resultados – Tabela excitação T e saídas)	16
Módulo de controlo do modo do mecanismo de oscilação (Procedimento de resultados – Mapas de Karnaugh do flip-flop T)	17
Módulo de controlo do modo do mecanismo de oscilação (Procedimento de resultados – Circuito simplificado no simulador Logisim)	18
Módulos implementados (Controlador do aquecedor)	19
Conclusão	20



UNIVERSIDADE DE ÉVORA

ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
Licenciatura Engenharia Informática

Ferramentas utilizadas

- ☐ Simulador Logisim;
- ☐ Dia;
- ☐ Photoshop;
- ☐ Paint.
- ☐ Word.



Introdução

Pretende-se criar um Sistema de controlo de um aquecedor elétrico.

O sistema é composto pelos seguintes botões:

- ☐ Botão para ligar/desligar o aquecedor (BL);
- ☐ Botão para controlar o modo de funcionamento (BM);
- ☐ Botão para ligar/desligar o mecanismo de oscilação (BO).

E os seguintes módulos:

- ☐ Módulo de controle do modo de funcionamento;
- ☐ Módulo de controle do mecanismo de oscilação.



Modo de funcionamento do sistema

O sistema por defeito encontra-se desligado, sendo que este altera o seu estado quando se pressiona o botão ligar/desligar (BL). O botão toma respetivamente valor 1 e 0 quando o sistema está ligado ou desligado.

Assumindo que o sistema está ligado, este irá comportar-se da seguinte forma.

Após se inicializar o sistema através do clicar do botão (BL) este irá ligar sempre em primeiro a ventilação (MV) em conjunto com uma resistência (R1). Este será o comportamento que o sistema irá tomar em todas as suas inicializações (ver **Fig.1**).

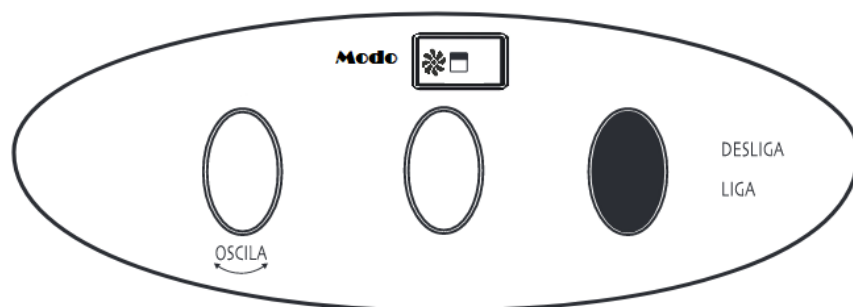


Fig.1 – Modo inicial (1 resistência).

Se for pressionado o botão modo de funcionamento (BM) enquanto o sistema apresenta as características descritas anteriormente, este irá ligar uma segunda resistência (R2), mantendo a ventilação e a primeira resistência (ver **Fig.2**).

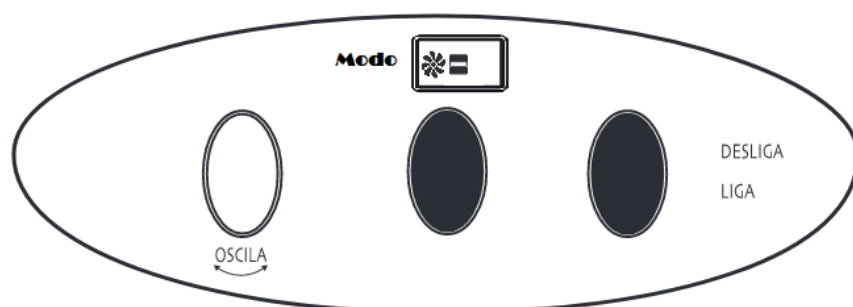


Fig.2 – Segundo modo (2 resistências).



Modo de funcionamento do sistema

(continuação)

Pressionando novamente o mesmo botão, ir-se-á desligar as duas resistências previamente ligadas, mantendo somente a ventilação (ver **Fig.3**).

Clicando novamente no botão modo de funcionamento fará com que o sistema volte ao estado inicial (ver **Fig.1**).

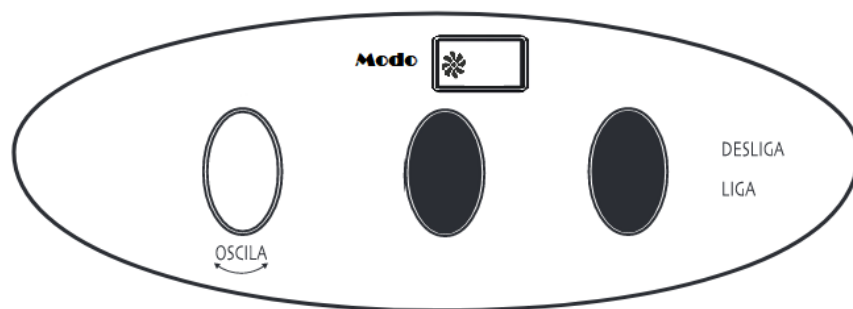


Fig.3 – Terceiro Modo (ventilação).

Tendo abrangido todos os modos do de funcionamento do aquecedor eis que fica em falta o modo de oscilação. Este pode ser ativado com o pressionar do botão (BO) (ver **Fig.4**).

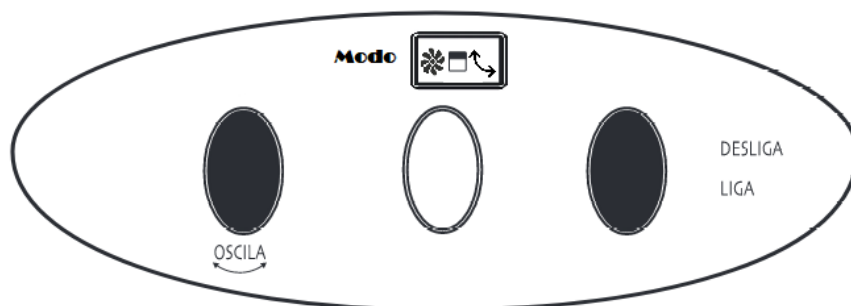


Fig.4 – Modo inicial com oscilação.



Modo de funcionamento do sistema

(continuação)

Obtendo o aquecedor um comportamento de oscilação, sendo que este oscilará 2 vezes para a direita em seguida 2 vezes para a esquerda, Este comportamento continua até que o motor (MO) para, ou seja, se for premido novamente o botão de oscilação.



Módulo de controlo do modo de funcionamento

(Procedimento de resultados – Modelo ASM)

Entradas: BL (botão para ligar/desligar o aquecedor) e BM (botão para controlar o modo de funcionamento).

Saídas: R1 (Resistência 1), R2 (Resistência 2) e MV (Motor que aciona a ventoinha de ventilação).

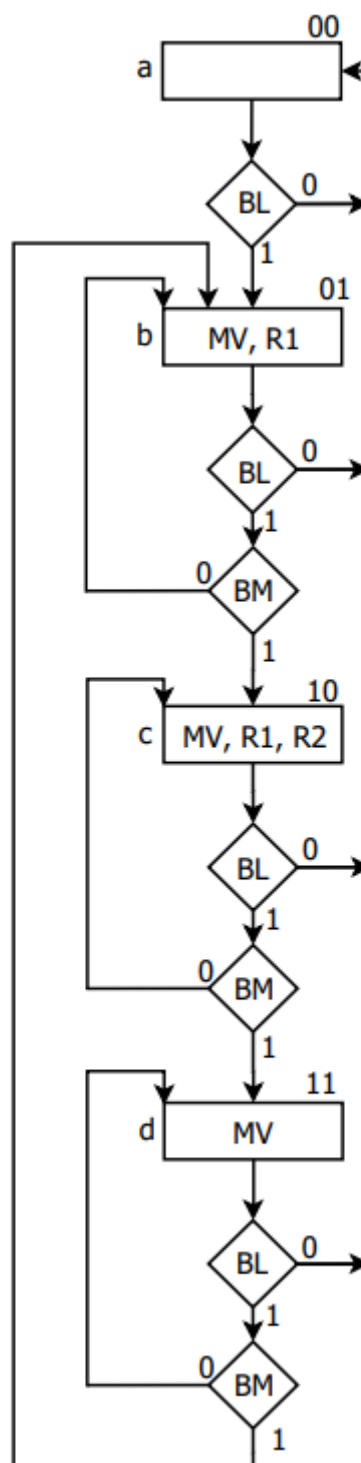


Fig.5 – Modelo ASM do módulo de controlo do modo de funcionamento.

**Módulo de controlo do modo de funcionamento**

(Procedimento de resultados – Tabela de verdade)

BL	BM	Q_n Estado atual	Q_{n+1} Estado seguinte	MV	R1	R2	Q_n x_1 x_0	Q_{n+1} x_1 x_0	J_1 K_1	J_0 K_0
0	-	a	a	0	0	0	0 0	0 0	0 -	0 -
1	-	a	b	0	0	0	0 0	0 1	0 -	1 -
0	-	b	a	1	1	0	0 1	0 0	0 -	- 1
1	0	b	b	1	1	0	0 1	0 1	0 -	- 0
1	1	b	c	1	1	0	0 1	1 0	1 -	- 1
0	-	c	a	1	1	1	1 0	0 0	- 1	0 -
1	0	c	c	1	1	1	1 0	1 0	- 0	0 -
1	1	c	d	1	1	1	1 0	1 1	- 0	1 -
0	-	d	a	1	0	0	1 1	0 0	- 1	- 1
1	0	d	d	1	0	0	1 1	1 1	- 0	- 0
1	1	d	b	1	0	0	1 1	0 1	- 1	- 0

Fig.6 – Tabela de verdade do módulo de controlo do modo de funcionamento.

**Módulo de controlo do modo de funcionamento**

(Procedimento de resultados – Tabela excitação JK e saídas)

Q_n	Q_{n+1}	J	K
0	0	0	-
0	1	1	-
1	0	-	1
1	1	-	0

Fig.7 – Tabela de excitação do flip-flop JK.

R2

		A	
x_1	x_0	0	1
		0	0
0		0	0
1		1	0

$x_1 \ x_0$
1 0
 $A = x_1 \bar{x}_0$
 $R2 = x_1 \bar{x}_0$

Fig.8 – Mapa Karnaugh da saída R2 (Resistência 2).

R1

		B		A	
x_1	x_0	0	1	0	1
		0	0	1	0
0		0	0	1	0
1		1	1	0	0

$x_1 \ x_0$
0 1
 $A = \bar{x}_1 x_0$
 $x_1 \ x_0$
1 0
 $B = x_1 \bar{x}_0$
 $R1 = \bar{x}_1 x_0 + x_1 \bar{x}_0$

Fig.9 – Mapa Karnaugh da saída R1 (Resistência 1).

MV

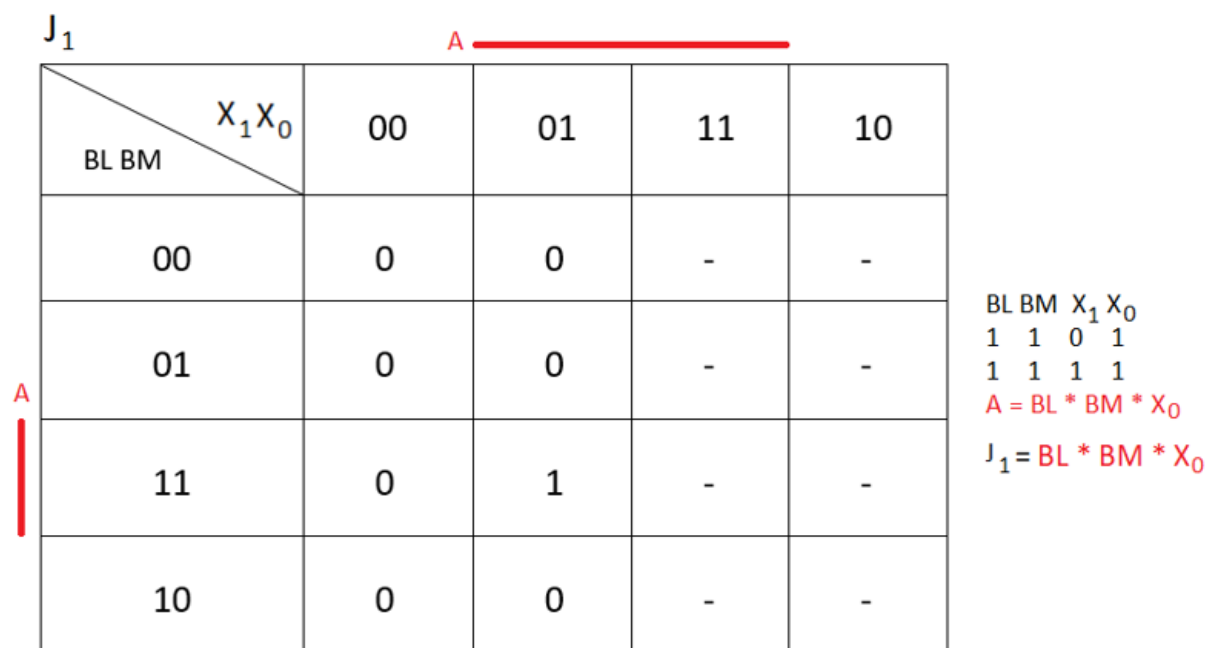
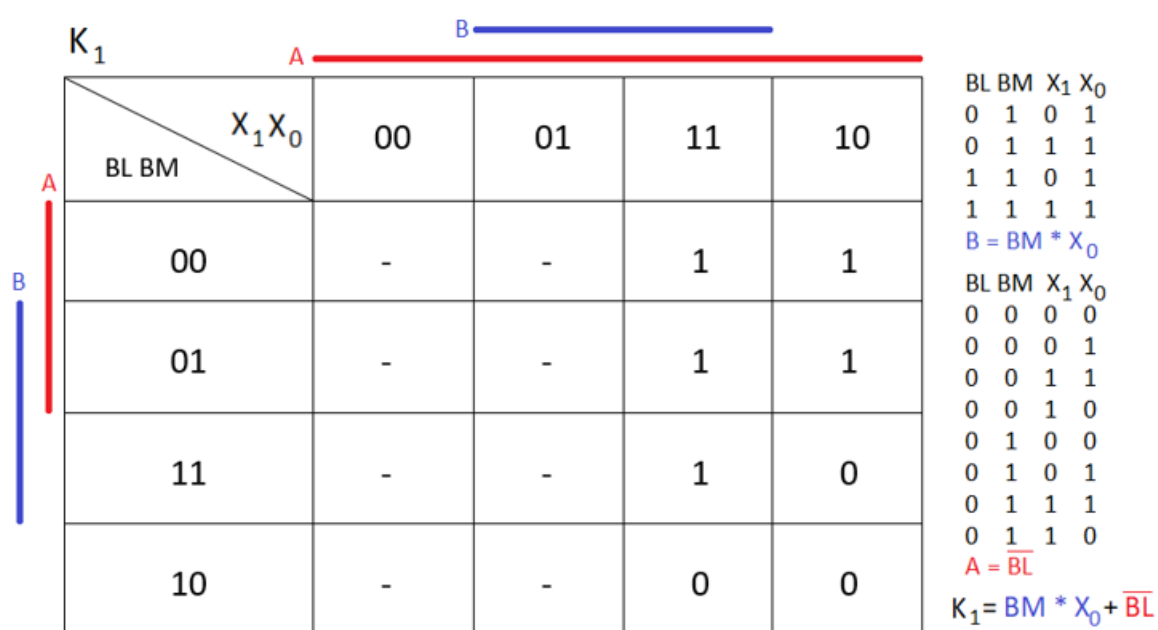
		A		B	
x_1	x_0	0	1	0	1
		0	0	1	1
0		0	0	1	1
1		1	1	1	1

$x_1 \ x_0$
1 0
1 1
 $A = x_1$
 $x_1 \ x_0$
0 1
1 1
 $B = x_0$
 $MV = x_1 + x_0$

Fig.10 – Mapa Karnaugh da saída MV (Motor que aciona a ventoinha de ventilação).

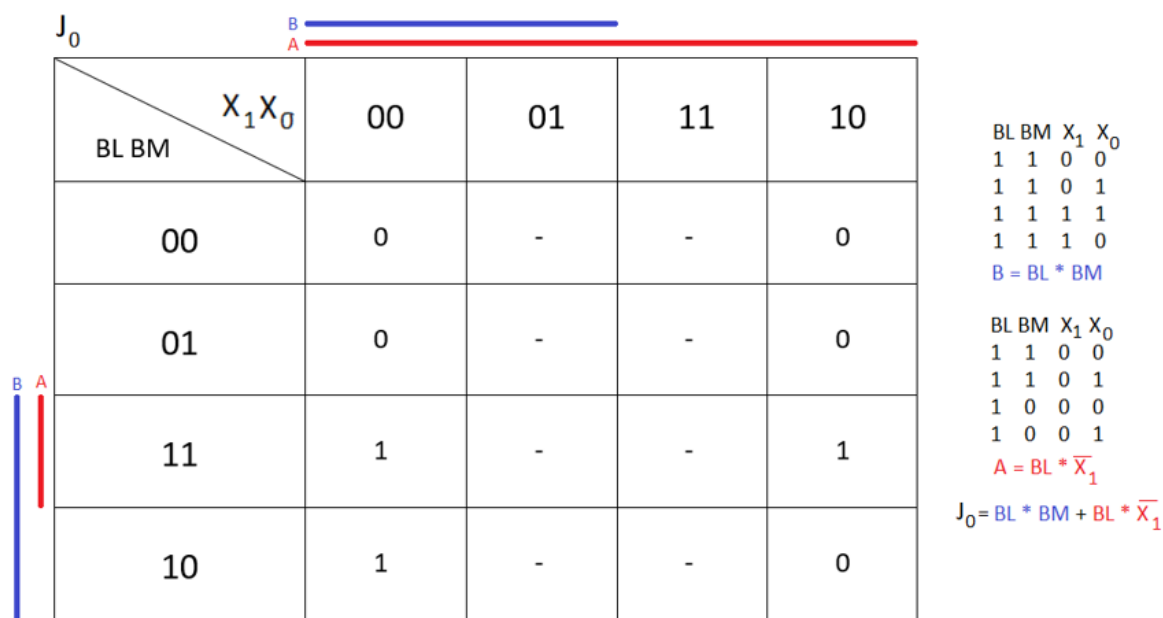
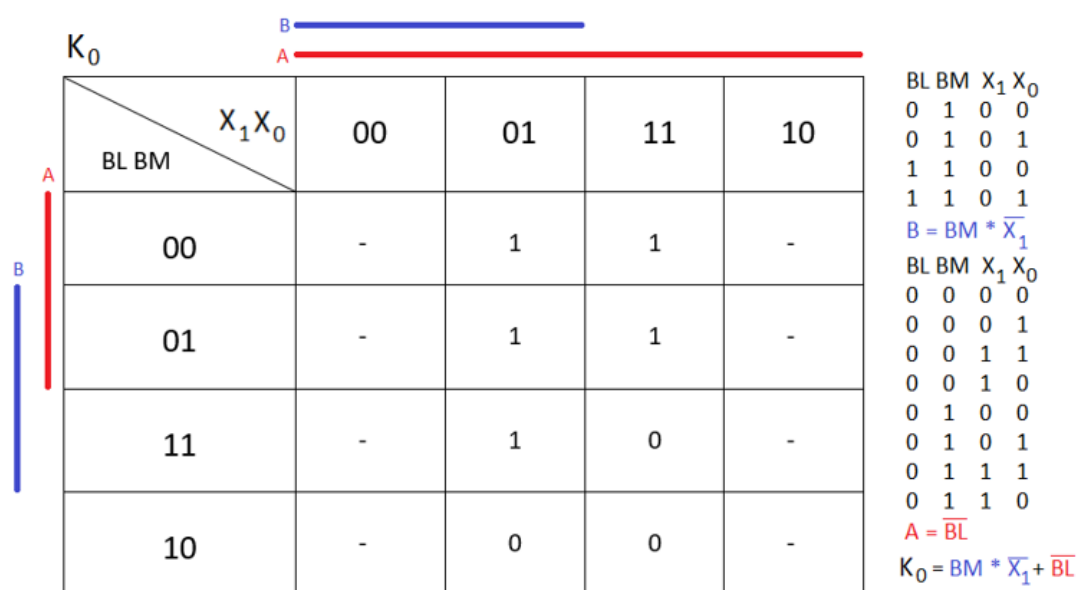
**Módulo de controlo do modo de funcionamento**

(Procedimento de resultados – Mapas de Karnaugh do flip-flop JK)

**Fig.11** – Mapa de Karnaugh para J_1 .**Fig.12** – Mapa de Karnaugh para K_1 .

**Módulo de controlo do modo de funcionamento**

(Procedimento de resultados – Mapas de Karnaugh do flip-flop JK)

**Fig.13** – Mapa de Karnaugh para J₀.**Fig.14** – Mapa de Karnaugh para K₀.



Módulo de controlo do modo de funcionamento

(Procedimento de resultados – Circuito simplificado no simulador Logisim)

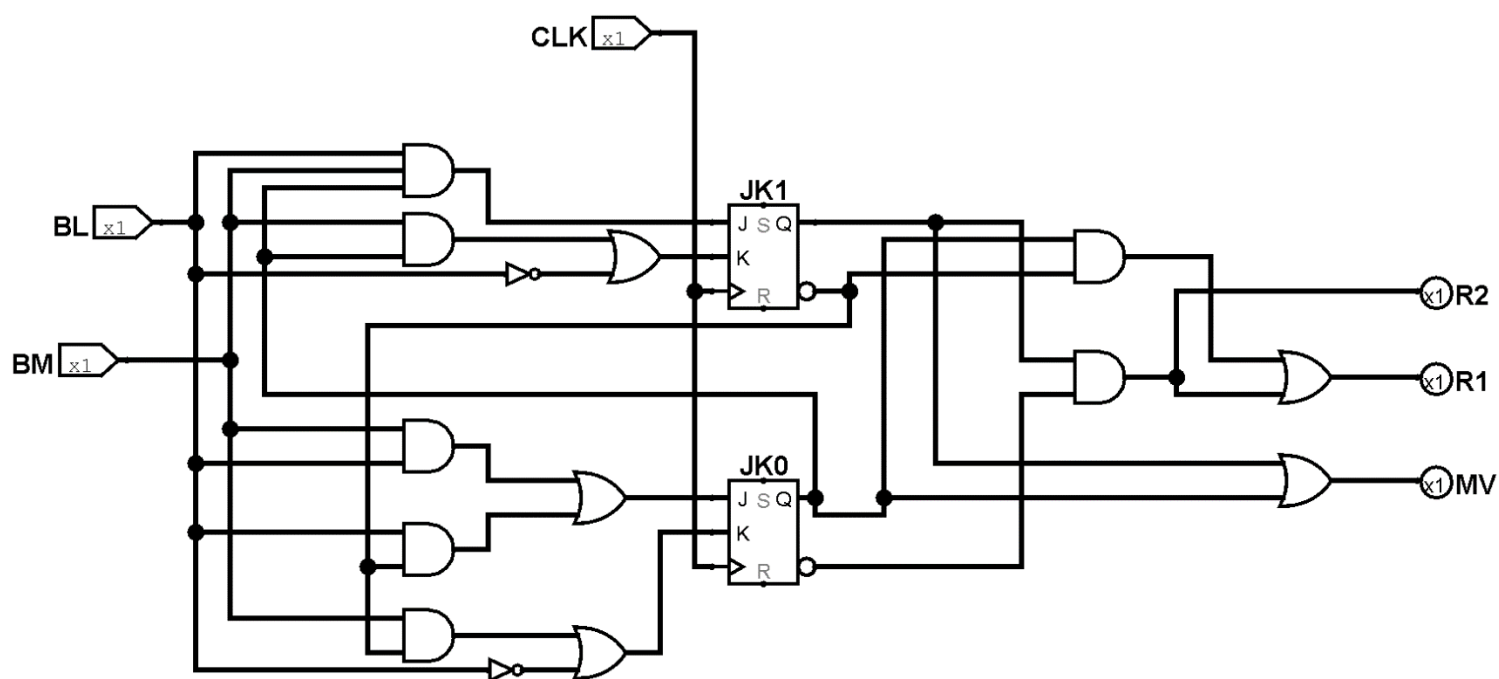


Fig.15 – Circuito simplificado no simulador Logisim para o módulo de controlo do modo de funcionamento



Módulo de controlo do modo do mecanismo de oscilação

(Procedimento de resultados – Modelo ASM)

Entradas: MO (motor do mecanismo de oscilação).

Saídas: SD (sentido direita) e
SE (sentido esquerda)

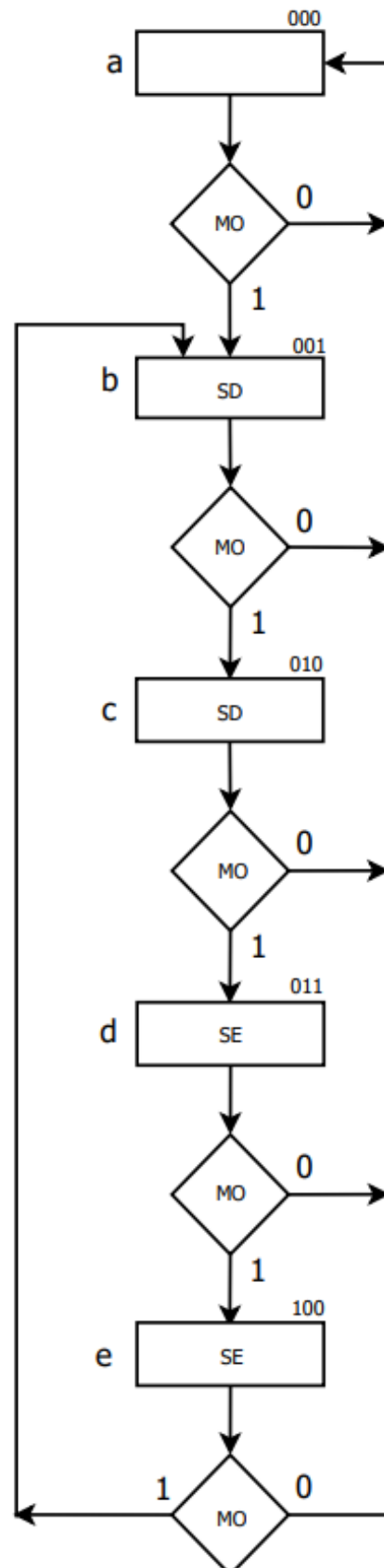


Fig.16 – Modelo ASM do módulo de controlo do modo do mecanismo de oscilação.

**Módulo de controlo do modo do mecanismo de oscilação**

(Procedimento de resultados – Tabela de verdade)

MO	Q_n Estado atual	Q_{n+1} Estado seguinte	SD	SE	Q_n $X_2 X_1 X_0$	Q_{n+1} $X_2 X_1 X_0$	T_2	T_1	T_0
0	a	a	0	0	0 0 0	0 0 0	0	0	0
1	a	b	0	0	0 0 0	0 0 1	0	0	1
0	b	a	0	0	0 0 1	0 0 0	0	0	1
1	b	c	1	0	0 0 1	0 1 0	0	1	1
0	c	a	0	0	0 1 0	0 0 0	0	1	0
1	c	d	1	0	0 1 0	0 1 1	0	0	1
0	d	a	0	0	0 1 1	0 0 0	0	1	1
1	d	e	0	1	0 1 1	1 0 0	1	1	1
0	e	a	0	0	1 0 0	0 0 0	1	0	0
1	e	b	0	1	1 0 0	0 0 1	1	0	1

Fig.17 – Tabela de verdade do módulo de controlo do modo do mecanismo de oscilação.

**Módulo de controlo do modo do mecanismo de oscilação**

(Procedimento de resultados – Tabela excitação T e saídas)

Q_n	Q_{n+1}	T
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Fig.18 – Tabela de excitação do flip-flop T.

SD

A

B

<div><div><div></div><div>$X_1 X_0$</div></div><div>X_2</div></div>	00	01	11	10
0	0	1	0	1
1	0	0	0	0

A

B

$X_2 X_1 X_0$
0 0 1
 $A = \overline{X_2} * \overline{X_1} * X_0$

$X_2 X_1 X_0$
0 1 0
 $B = \overline{X_2} * X_1 * \overline{X_0}$

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

Fig.19 – Mapa Karnaugh da saída SD (sentido direita).

SE

B

A

<div> <div> <div>X₂</div> <div>X₁X₀</div> </div> <div>00</div> <div>01</div> <div>11</div> <div>10</div> </div>
<div>0</div> <div>0</div> <div>0</div> <div>1</div> <div>0</div>
<div>1</div> <div>1</div> <div>0</div> <div>0</div> <div>0</div>

X₂ X₁ X₀

0 1 1

A = $\overline{X_2} * X_1 * X_0$

X₂ X₁ X₀

1 0 0

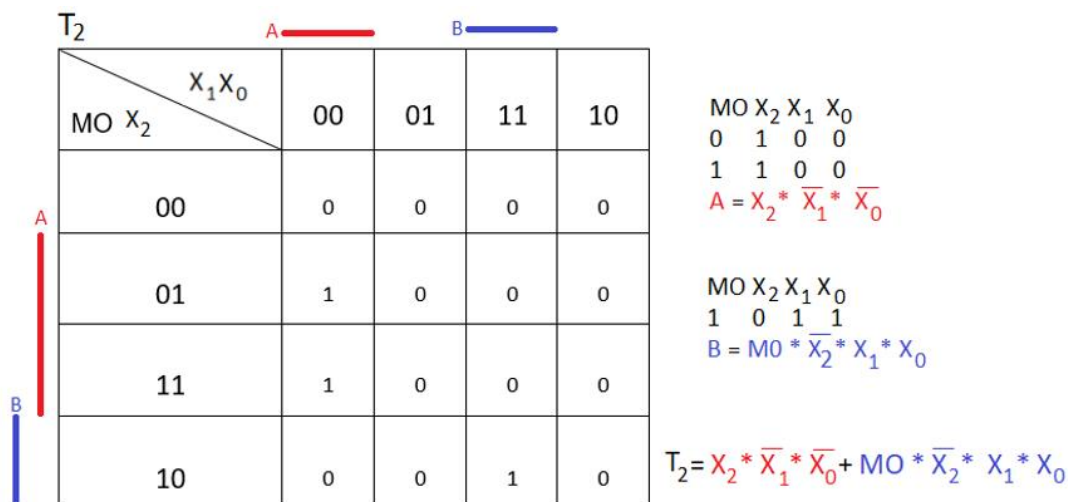
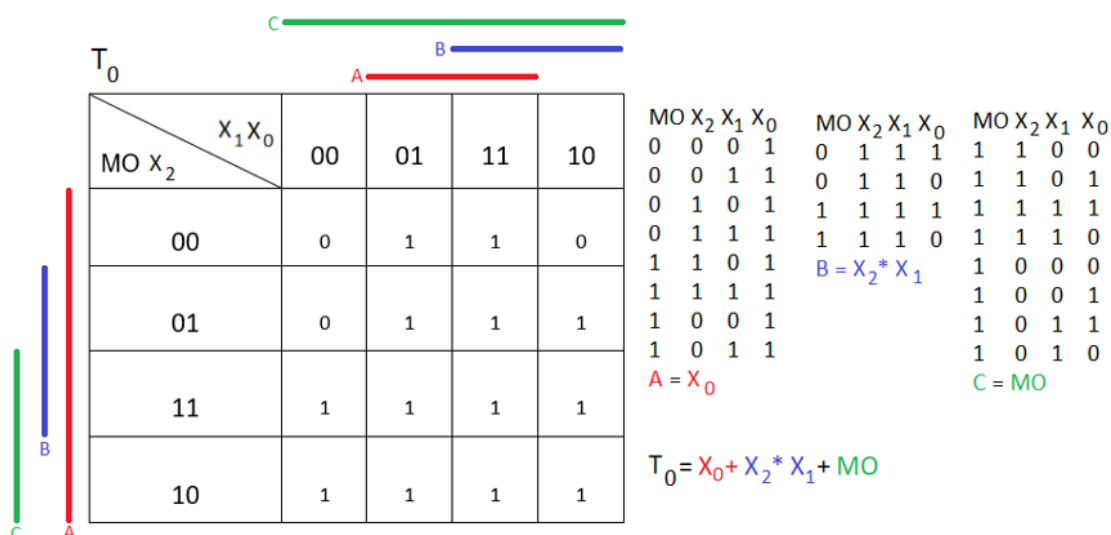
B = $X_2 * \overline{X_1} * \overline{X_0}$

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

Fig.20 – Mapa Karnaugh da saída SE (sentido esquerda).

**Módulo de controlo do modo do mecanismo de oscilação**

(Procedimento de resultados – Mapas de Karnaugh do flip-flop T)

**Fig.21** – Mapa de Karnaugh para T2.**Fig.22** – Mapa de Karnaugh para T1.**Fig.23** – Mapa de Karnaugh para T0.



Módulo de controlo do modo do mecanismo de oscilação

(Procedimento de resultados – Circuito simplificado no simulador Logisim)

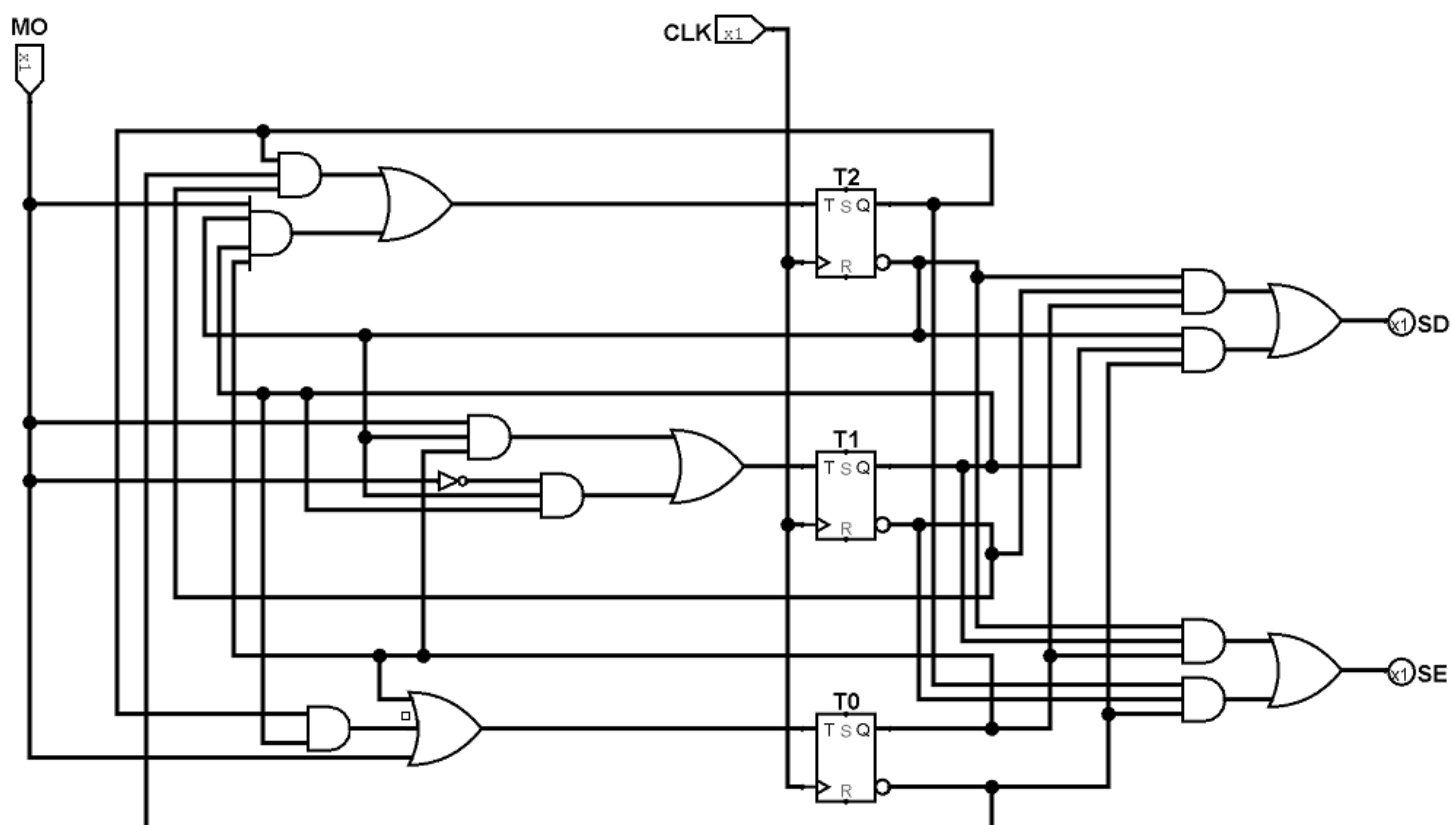


Fig.24 – Circuito simplificado no simulador Logisim para o módulo de controlo do modo do mecanismo de oscilação.



Módulos implementados (Controlador do aquecedor)

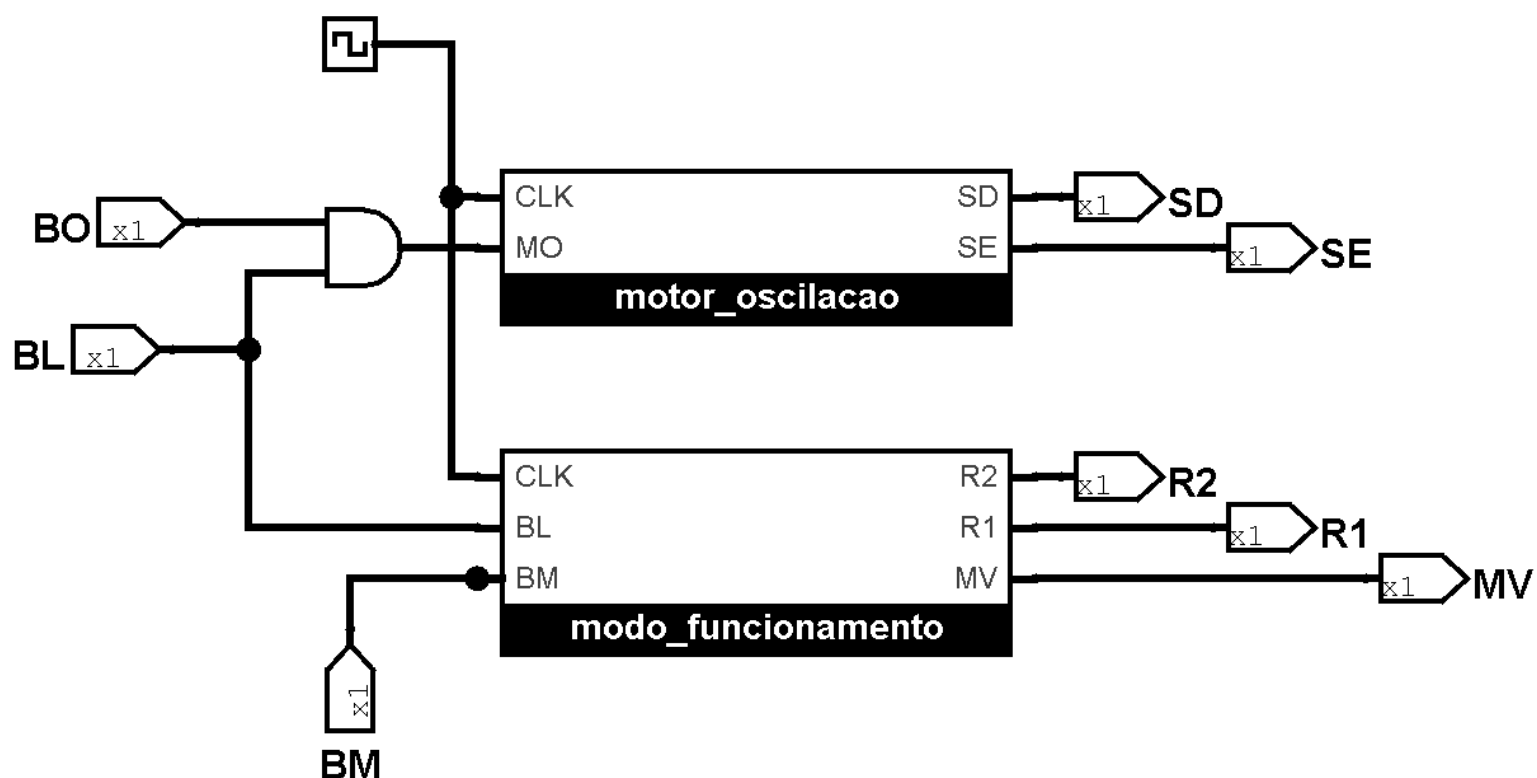


Fig.25 – Controlador do aquecedor.



Conclusão

Etapas

- ▷ Módulo de controle do modo de funcionamento:
 - ☐ Definição das entradas e saídas;
 - ☐ Desenho do modelo ASM;
 - ☐ Tabela de verdade das entradas e saídas;
 - ☐ Mapas de Karnaugh e as respetivas expressões das entradas e saídas;
 - ☐ Projeção do circuito.

- ▷ Módulo de controle do mecanismo de oscilação:
 - ☐ Definição das entradas e saídas;
 - ☐ Desenho do modelo ASM;
 - ☐ Tabela de verdade das entradas e saídas;
 - ☐ Mapas de Karnaugh e as respetivas expressões das entradas e saídas;
 - ☐ Projeção do circuito.

Tomadas de decisão

No decorrer do projeto foram surgindo questões quanto ao seu desenvolvimento. Sendo o primeiro obstáculo, qual o tipo de flip-flop a ser usado no primeiro módulo, o controlador do modo de funcionamento. Tendo o grupo unanimemente chegado à conclusão que faria sentido usar o Flip-Flop JK visto que se trata de um sistema que é controlado por um botão de pressão.

No desenvolver do segundo módulo, o motor de oscilação. Inicialmente usou-se o tipo de Flip-Flop JK, mas por tentativas a posteriori concluiu-se que o uso do Flip-Flop T seria o mais indicado, pois trata-se somente de transições de estado sem influências impactantes pelas entradas.

Após uma troca de ideia entre os membros do grupo, optou-se por usar um único *clock* para todo o circuito.