

**Universidade de Aveiro**  
**Dep. de Eletrónica, Telecomunicações e Informática**  
**Laboratório de Sistemas Digitais**

**Projeto Final Nº3**      Ano Letivo 2023/24

Controlador de forno elétrico (versão 3)

## **1. Introdução**

O objetivo deste trabalho é modelar em VHDL e testar na FPGA um controlador de um forno elétrico para uma cozinha. O forno deve ter dois modos de funcionamento um modo funcionamento manual e um modo automático.

## **2. Descrição do funcionamento e requisitos**

No modo manual, após ligar o forno, o utilizador estabelece a temperatura de funcionamento do forno e que o sistema de controlo de temperatura mantém a temperatura ligando e desligando resistências elétricas. Podemos assumir que o forno quando é ligado se encontra à temperatura ambiente de 20 °C. Quando a corrente é aplicada à resistência, a temperatura do forno aumentará até atingir a temperatura de funcionamento definida. Uma vez alcançada uma temperatura ligeiramente superior à temperatura escolhida, a corrente deve ser interrompida na resistência, iniciando-se assim a diminuição da temperatura do forno. A corrente é restabelecida quando a temperatura desce ligeiramente abaixo da temperatura média. O utilizador pode estabelecer uma nova temperatura média a qualquer momento. A variação em torno da média pode é definida durante o projeto e mantida fixa, sugere-se  $\pm 2$  °C.

Uma segunda forma de operação é o modo automático. Neste modo, o utilizador pode definir o tempo total desejado para o assado (TD), bem como especificar a hora de término (TF) desejada ou uma combinação de tempo e hora de término para o assado. O controlo de temperatura do forno é semelhante ao modo manual.

### **Descrição dos modos de operação do forno:**

- Ligando a máquina ela começa por estar no modo manual.
- Admita que o funcionamento decorre segundo a escala 1 minuto => 1 seg.
- Inicialmente a temperatura média do forno é colocada a zero o que faz com que as resistências se mantenham desligadas.
- Os parâmetros relacionados com o funcionamento automático são o tempo de assadura, a hora a que deve terminar o assado e a hora do relógio do forno que deve estar certo. A programação destes valores implica o forno passar para o modo automático.
- O parâmetro a ajustar é selecionado através de uma combinação de dois switches sw1 e sw2 de acordo com a tabela. A fixação de um parâmetro determina que o forno passa o funcionamento em modo automático

- Uma vez selecionada o parâmetro a ajustar o seu valor atual deve ser visualizado nos displays 7 segmentos em BCD HEX3 .. HEX0. Os ajustes são realizados através dos botões pulsados utilizando KEY2 para decrementar e a KEY1 para incrementar o valor.

Função	sw2	sw1
Temperatura	0	0
Tempo cozedura	0	1
Hora terminal	1	0
Relógio	1	1

- Terminado o acerto os switches sw2 sw1 devem tomar o valor '0'.
- As atualizações dos valores podeM ser realizadas sempre que for necessário.
- A temperatura pode ser atualizada em qualquer instante. Sempre que uma das KEYS de acerto é pressionada os displays HEX6 a HEX4 devem mostrar a temperatura média desejada. Deixar de pressionar as keys os displays devem passar a mostrar a temperatura atual do forno.
- Considere que a variação de temperatura do forno quando aquece é de 10 °C/min e quando arrefece 5 °C/min.
- Quando o forno está no modo automático podemos assumir 3 estados, o de espera que se mantém até que a hora de iniciar (TI) o assado seja atingida nesse momento inicia o processo de assar, ligando as resistências e mantendo a temperatura média. Quando o tempo final de assadura é atingido o forno desliga as resistências e avisa o utilizador que o assado chegou ao fim. Durante este processo poderá alterar-se o tempo final, alterar (TD) intervalo de tempo para assar ou passar ao modo manual.
- A passagem ao modo manual será executada pressionando a KEY0 desligadas.
- No modo automático quando o assado chega ao fim deve ser ligado um led que se manterá a piscar até que o utilizador pressione a KEY3
- A máquina deve utilizar um sinal de *clock* de 50MHz para todos os componentes síncronos.
- O controlador deverá possuir um botão RESET global que coloca a máquina nas condições iniciais (modo manual com temperatura igual zero).
- O ajuste de TD ou TF é realizado condicionando o ajuste de um parâmetro pode significar a correção do outro. Por exemplo ao diminuir TF pode ser necessário diminuir TD automaticamente. TF - Time >= TD

### 3. Implementação

A implementação deste trabalho deve ser baseada sempre que possível em máquinas de estado e sugere-se uma estratégia faseada (cada fase deve corresponder a um novo projeto no Quartus), de acordo com a descrição que se segue:

**Fase 1 (1 valor)** Faça uma análise do diagrama e a partir do mesmo elabore um diagrama mais detalhado dos blocos mais relevantes. No diagrama identifique e adicione se necessário as entradas e saídas e sinais determinantes na comunicação entre blocos.

**Fase 2 (4 valores):** Implemente o modulo de ajuste e registo dos tempos (TD, TF) para o modo automático e ainda o ajuste e registo da temperatura média.

**Fase 3 (3)** Nesta fase implemente o bloco de controlo de temperatura do forno e o controlo do display da temperatura atual e média do forno.

**Fase 4 (3 valores):** Nesta fase deverá ser implementado o relógio do forno com possibilidade de acerto.

**Fase 5 (2 valores):** Nesta fase deverá ser integrada a visualização dos tempos (TD, TF, Time) durante o ajuste nos displays.

**Fase 6 (3 valores):** Nesta fase deverá implementar a máquina de estados de controlo automático do forno.

**Fase 7 (4 valores):** Interligar os blocos anteriores e refinar o projeto

