

Controlo de radiador (Temperaturas Programáveis)

David Poeta Pelicano (113391, davidpoetapelicano@ua.pt)
Henrique Manuel Pereira Ferreira (113600, ferreira.manuel.henrique04@ua.pt)

Turma de LSD: P1
Engenharia de Computadores e Informática
Universidade de Aveiro

31 de maio de 2023

1 Introdução

Para o projeto final da cadeira Laboratório de Sistemas Digitais, foi escolhido o Projeto 5 para fazer o controlo de um radiador com temperaturas programáveis, com a ajuda de uma FPGA, mais especificamente do kit de desenvolvimento FPGA Altera DE2-115.

1.1 Objetivos

Com este projeto, pretendeu-se simular um radiador em que as temperaturas são programáveis, com um relógio e possibilidade de acerto. As temperaturas programáveis deverão ser possíveis dentro dos modos de conforto, economia e de congelamento (Figura 1). No relógio, também deverá haver a hipótese de alterar a velocidade e o próprio horário.

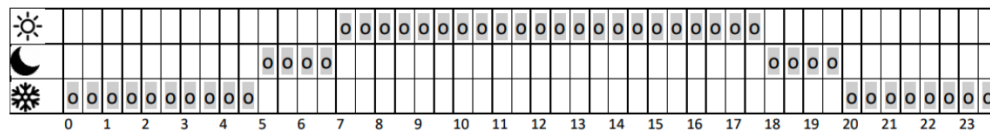


Figura 1: Modos diário.

2 Arquitetura e implementação

A descrição da arquitetura do sistema desenvolvido encontra-se na Figura 2, esta representação foi adquirida a partir da funcionalidade RTL Viewer do Quartus Prime.

2.1 Implementação

Este sistema possui as seguintes entradas:

- CLOCK_50 : Um sinal de relógio de 50MHz;
- SW : Uma entrada de vetor de 2 bits que representa um interruptor;
- KEY : Uma entrada de vetor de 4 bits que representa botões.

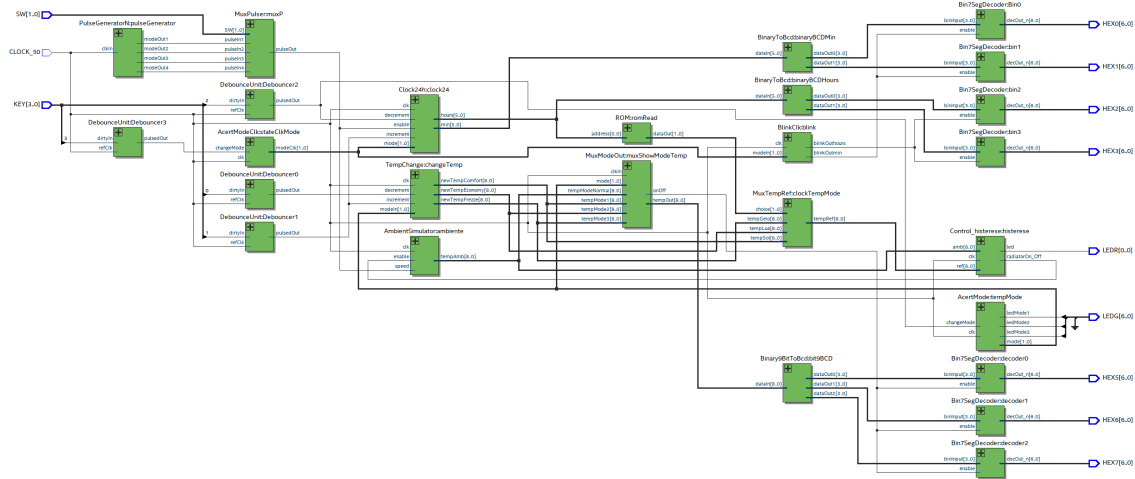


Figura 2: Arquitetura do sistema desenvolvido.

As saídas deste sistema são:

- HEX7, HEX6, HEX5, HEX3, HEX2, HEX1, HEX0: Saídas para exibir dados em displays de 7 segmentos;
- LEDG : Saída para controlar LEDs verdes;
- LEDR : Saídas para controlar LEDs vermelhos.

2.2 Componentes e as suas funções

Os componentes utilizados foram 4 DebouncerUnits onde realizam o debounce das entradas “KEY”, de modo a garantir que os sinais das entradas sejam estáveis antes de serem processados pelo sistema.

Um PulseGenerator onde este gera 4 pulsos com diferentes frequências, 1 por minuto, 1Hz, 10Hz e 60Hz, dependendo do estado das portas “SW”, um MuxPulser que seleciona o pulso gerado pelo Pulse Generator com base no estado das portas “SW”.

O AcertModeClk que determina através de uma máquina de estados (Figura 3) o modo de operação do relógio entre o modo normal (Modo 1), o acerto das horas (Modo 2) e o acerto dos minutos (Modo 3), segundo o estado da entrada “KEY(2)”, um CLOCK24h onde simula um relógio em que cada pulso corresponde a um minuto passado, onde contém a possibilidade de acerto do relógio incremento “KEY1” e decremento “KEY0”.

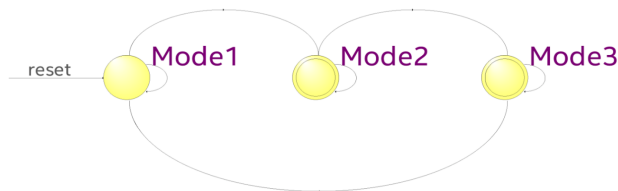


Figura 3: Máquina de estados entre modo normal, acerto de horas ou minutos

Dois blocos que implementam o componente BinaryToBCD que convertem os valores binários de horas e minutos em códigos BCD, o BlinkClk que controla o piscar dos dígitos de horas e

minutos, quando nos modos de acerto. Por final o componente Bin7SegDecoder onde converte os códigos BCD em sinais para exibição nos displays de 7 segmentos.

Para além destes componentes, também foi implementado uma ROM para receber um endereço com base nas horas e devolver o modo correspondente a essa hora. O AcertMode para determinar com a utilização de uma máquina de estados (Figura 4), o modo acerto de temperaturas e acender um LED dependendo do modo, sendo o modo Normal (Modo 1 com leds desligados), de Conforto (Modo 2 e LEDG6), de Economia (Modo 3 e LEG3) e de Congelamento (Modo 4 e LEDG0), com base no estado da porta “KEY(3)”. O TempChange para alterar a temperatura de acordo com as entradas “KEY(0)” (decremento) e “KEY(1)” (incremento) no modo de acerto de temperaturas.

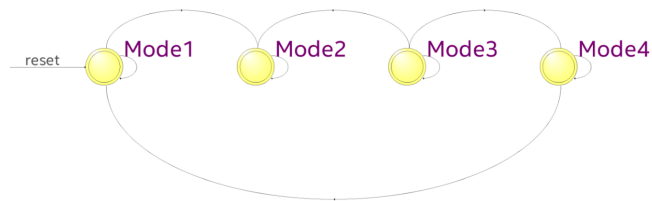


Figura 4: Máquina de estados entre modo Normal, Conforto, Económico e Congelamento

3 Validação

Nas Figuras 5 e 6, estão respetivamente as testbenches dos componentes AmbientSimulator e Clock24h.

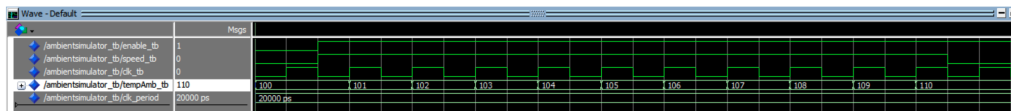


Figura 5: Testbench AmbientSimulator

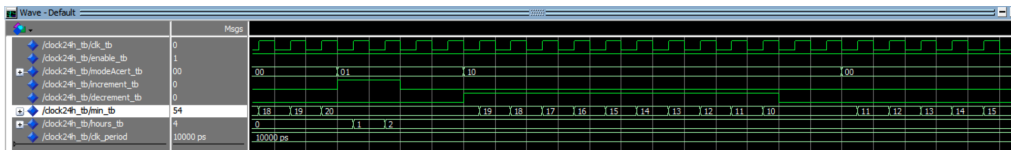


Figura 6: Testbench Clock24h

4 Manual do utilizador

Na Figura 7 encontra-se ilustrada a FGPA usada cuja explicação é a seguinte:

- Velocidade do Relógio: As entradas SW(0) E SW(1) servem para aumentar ou diminuir a velocidade do relógio. O bit mais significativo corresponde ao SW(1) e o bit menos significativo corresponde ao SW(0).

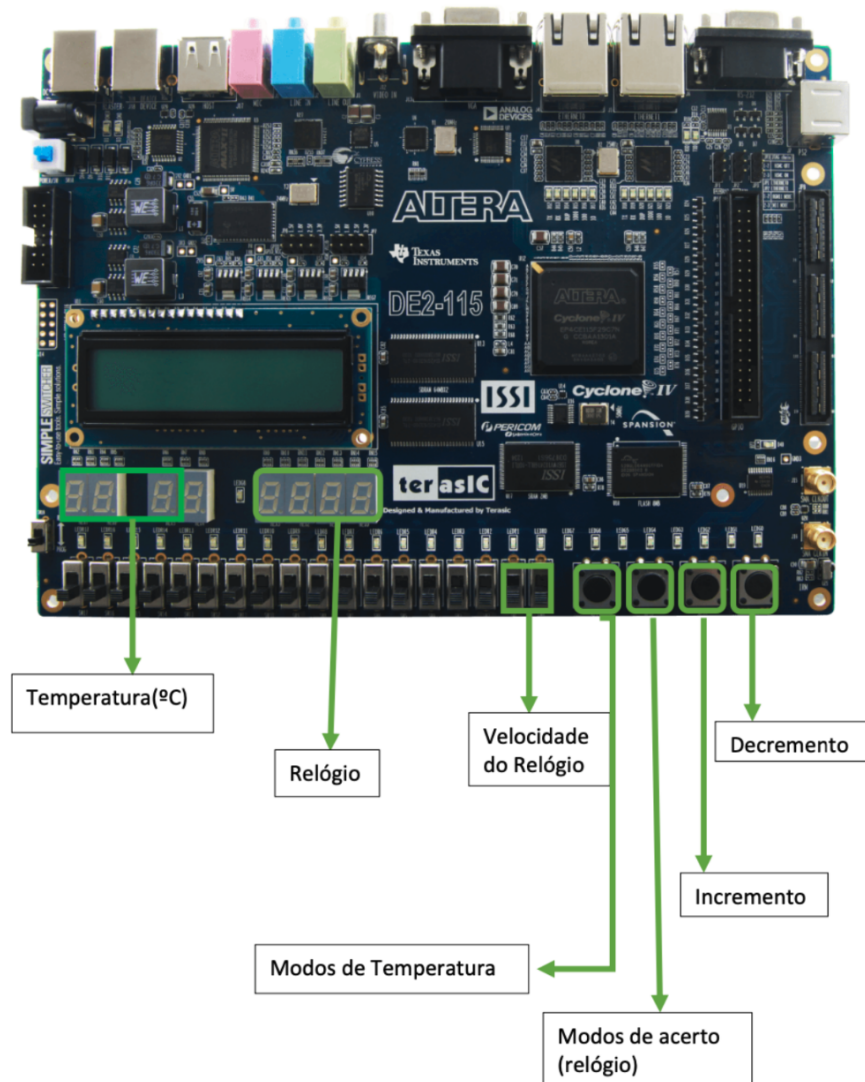


Figura 7: Manual do utilizador da FPGA Altera DE2-115.

- Modos de Temperatura: A entrada KEY(3) serve para alterar o modo de temperatura a diferentes níveis como o nível de conforto, nível de economia, e o nível de proteção contra congelamento, inicialmente e respetivamente a 20°C, 16°C e 4°C.
- Modos de Acerto (Relógio): A entrada KEY(2) serve para alterar as horas ou minutos. Para modificar as horas clica-se uma vez na entrada e consequentemente pode-se incrementar e decrementar, e quando se clica outra vez nesta entrada dá para mudar os minutos.
- Incremento: Quando se clica na KEY(0), incrementa, dependendo do modo escolhido a temperatura, a hora ou o minuto.
- Decremento: Quando se clica na KEY(1), é decrementado a temperatura, a hora ou o minuto, dependendo do modo escolhido.

5 Conclusão

Este projeto 5 de Controlo de Radiador com temperaturas programáveis foi concluído utilizando o kit de desenvolvimento Altera DE2-115, onde se conseguiu implementar um sistema totalmente funcional que simula temperaturas programáveis em diferentes modos de operação, permitindo ajustes de temperatura, horário e velocidade.

Este projeto foi interessante e desafiante que permitiu adquirir conhecimentos práticos em sistemas digitais, especialmente na linguagem VHDL no programa Quartus Prime.

Autoavaliação do projeto: 18 valores.

5.1 Contribuição dos autores

Neste projeto final, a contribuição dos autores foi de 50% para cada um dos elementos do grupo.