



Universidade de Aveiro

Laboratórios de Sistemas Digitais
Sistema de Ordenação de Números
Inteiros

Ricardo Carvalho - 89147
Ruben Menino - 89185

Conteúdo

1	Introdução	2
2	Arquitetura do Sistema	3
3	Implementação	5
4	Validação	7
5	Conclusão	8

Capítulo 1

Introdução

O projeto incide sobre a ordenação de um conjunto de dados de 8 números através do algoritmo de *Merge Sort* representados em 4 bits (valores de 0 a F). O utilizador tem a possibilidade de escolher como gerar os números através de duas formas: especificação sucessiva dos dígitos por parte do utilizador ou roleta pseudo-aleatória (ativada sucessivamente por botão de pressão).

A ordenação vai ser feita por ordem crescente ou decrescente, dependendo da decisão do utilizador, quando o utilizador tiver inserido 8 números. O utilizador deve depois ativar o processo de ordenação. A ordenação é feita de forma instântanea, sendo ativado um led. Após a ordenação o utilizador tem a oportunidade de ver o resultado dos vários níveis do *Merge Sort*, como indicado na figura seguinte.

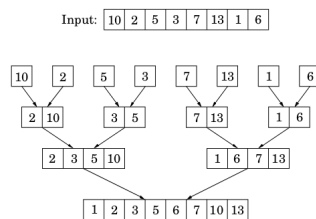


Figura 1.1: Exemplo dos vários níveis do *Merge Sort*

Capítulo 2

Arquitetura do Sistema

O sistema, esquematizado na Figura 2.1, é composto por duas máquinas de estados, que constituem o **controlpath**: Control Unit responsável pelo controlo dos blocos do **datapath**, e Display Control responsável pelo funcionamento dos displays.

O Control Unit envia sinais de estado aos diferentes blocos do **datapath** que funcionam como enables destes. O bloco Pseudo Random Generator funciona como um gerador de um número de 4 bits e o UserCount funciona como um contador de 4 bits que é incrementado ou decrementado com a pressão de uma key. O valor a ser inserido é selecionado por um MUX 2:1. Após esta escolha o número (aleatório ou escolhido) é inserido num ShiftRegister. O contador InsertedCount conta os números que são inseridos no Register. Os blocos Merge_lvl1, Merge_lvl2 e Merge_lvl3 correspondem aos blocos dos vários níveis do *Merge Sort* e contém o algoritmo da ordenação para os níveis respetivos.

O DisplayControl é responsável pelo envio do select para o MUX 4:1 que recebe os dados que saem do Register, Merge_lvl1, Merge_lvl2 e Merge_lvl3 e que seleciona um dos quatro para mostrar nos displays.

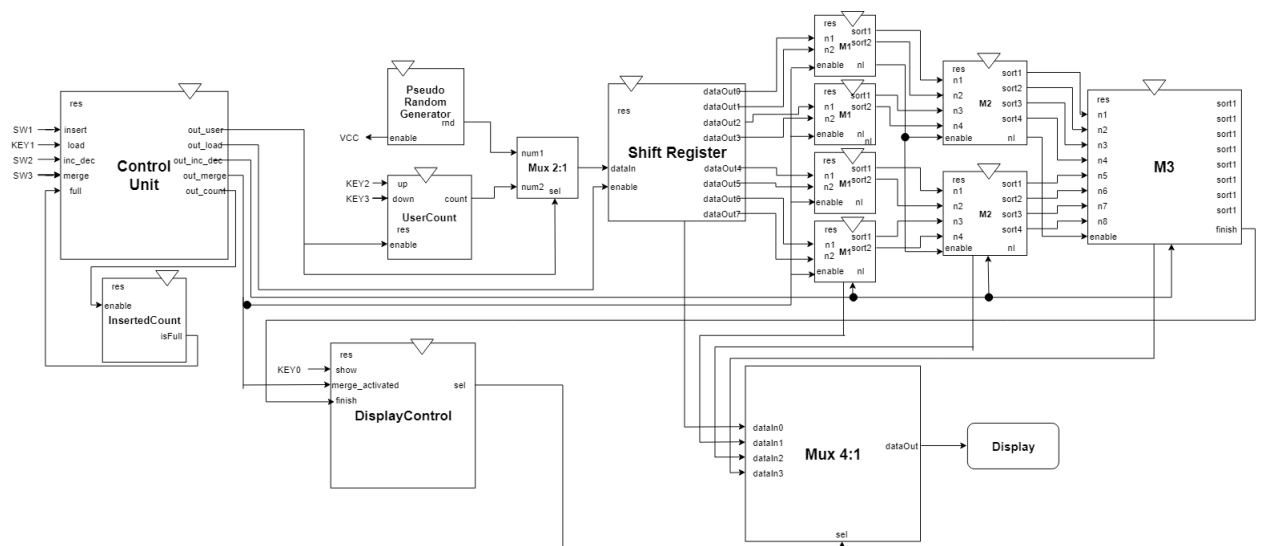


Figura 2.1: Arquitetura do sistema

Capítulo 3

Implementação

Como já foi referido anteriormente, o projeto possui duas máquinas de estados. A máquina de estados principal (Control Unit) foi implementada inicialmente e é composta pelos estados *rand* e *user* responsáveis pela escolha do número aleatório/utilizador. De seguida com a pressão do botão de load a máquina passa ao estado de insert. A máquina recebe também um sinal quando forem inseridos todos os números que permite à máquina de estados passar para os estados *inc* ou *dec*. Caso contrário volta para os estados *rand* ou *user*. Com a ativação de um switch a máquina passa para o estado *sort*.

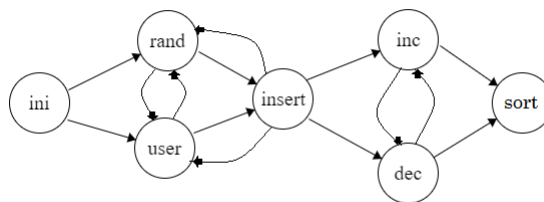


Figura 3.1: Máquina de estados do Control Unit

O DisplayControl foi implementado para controlar aquilo que o utilizador vê nos displays. A máquina encontra-se no estado *s_hide* quando a ordenação

não tiver sido feita. Quando a ordenação for concluída a máquina vai para o estado *s_show_lvl3* e mostra aquilo que está no bloco de ordenação do level 3. Quando se clica no botão de mostrar o processo ela mostra o level 1, estado *s_show_lvl1* e consequentemente o level 2, estado *s_show_lvl2* e volta novamente para o estado *s_show_lvl3*.

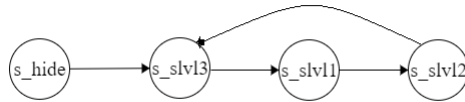


Figura 3.2: Máquina de estados do Display Control

Após terem sido implementados os blocos do projeto todas as entradas foram validadas por um Debouncer e Register e foi implementada numa fase seguinte a utilização do teclado. O bloco UserCount foi substituído por um decodificador do código das teclas de modo aos números poderem ser inseridos pelo teclado. Os controlos do projeto foram também alterados, pelo que é aconselhável a leitura dos dois manuais de utilizador.

Capítulo 4

Validação

O funcionamento geral da máquina de estados Control Unit , bem como os blocos de ordenação, foram testados através de simulação e teste no kit de desenvolvimento. A testbench da unidade ControlUnit, visto ser a principal, será analisada neste documento. Os testes efetuados aos blocos de ordenação (em Waveform) encontram-se na pasta do projeto.

Na Figura 6.1 podemos observar que quando o reset está ligado (ou seja a '1') nada é inicializado e os displays ficam como se se tratasse do estado inicial. Ligando o insert a '1' os números vão ser introduzidos pelo utilizador, através de um teclado PS/2 que vai transmitir os dígitos para a fpga através da escolha do utilizador. Seguidamente vemos que a ordenação só será feita quando os displays estiverem todos preenchidas (full a '1').

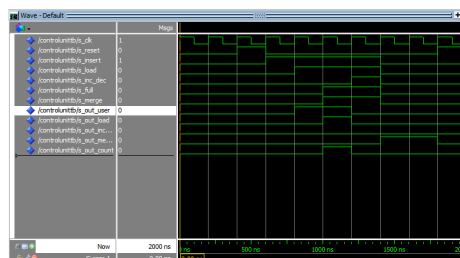


Figura 4.1: Testbench do ControlUnit recorrendo ao ModelSim

Capítulo 5

Conclusão

A realização do projeto e resultado final decorreram como planeado, tendo-se conseguido alcançar os objetivos definidos: mostrar todo o conjunto nos displays hexadecimais da placa de desenvolvimento considerando $n=8$. O utilizador deve poder optar por ordenação crescente ou decrescente. Ainda foram implementados o uso de teclado com interface PS/2.

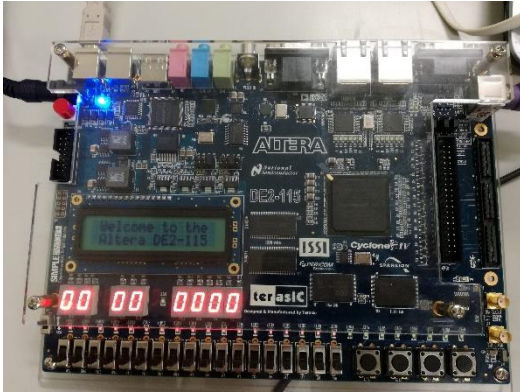
Os testes realizados, não apresentaram erros de execução e houve uma tentativa de reduzir o número de warnings o máximo possível tendo-se atingido um valor de 3 warnings.

A percentagem do trabalho efetuado por cada membro do grupo pode ser considerada como 50%, visto que cada membro do grupo foi responsável pela produção dos vários blocos e dos testes efetuados.

No geral, o grupo auto-avalia o trabalho em 17 visto que foram produzidas com sucesso todas as funcionalidades pedidas no enunciado do projeto, tendo sido explorada a opção de inserir números com o teclado.

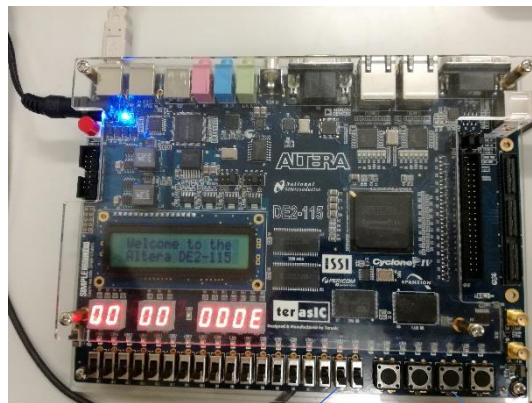
Manual do Utilizador sem Teclado

Como nos foi pedido iremos fazer com figuras ilustrativas de casos típicos de utilização do sistema (com interfaces e sequências de interação com o utilizador), um simples manual do utilizador.



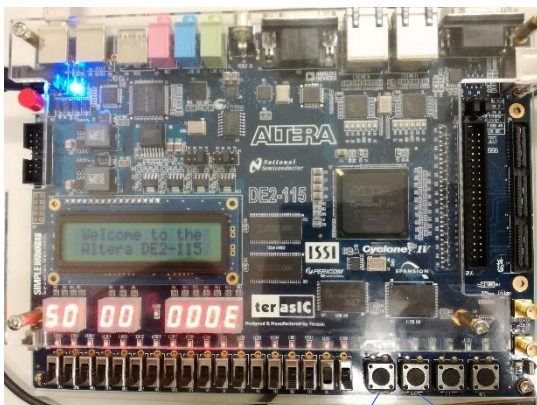
Primeiramente ligamos os cabos de conexão entre a computador e a FPGA. Depois de estar tudo ligado podemos observar na imagem qual o estado inicial do projeto. Os números devem estar todos a 0 pois vamos escolher números seguidamente para os ordenar.

Nesta imagem podemos observar um "E" introduzido na primeira posição. Nesta fase pode-se fazer a escolha dos números podendo esta ser feita de modo aleatório ou então pela vontade do utilizador. Se o SW[1] estiver desligado os números vão ser introduzidos de maneira aleatória clicando na KEY[1] para dar load aos números.



Aleatório '0'/ User '1'

Load



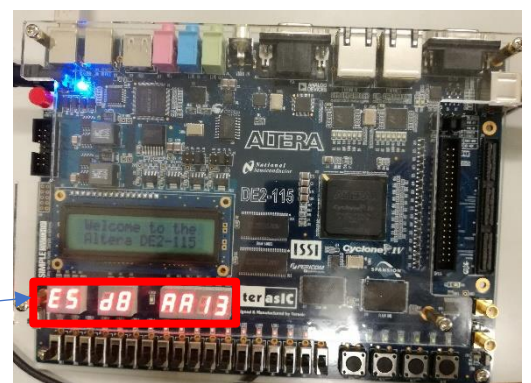
Decrementar

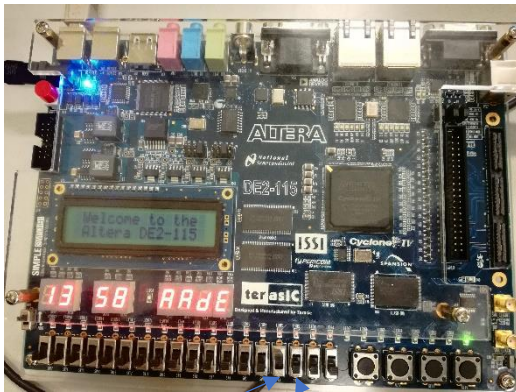
Incrementar

Se o SW[1] estiver a 1 os números vão ser inseridos pelo utilizador. O utilizador vai incrementando com a KEY[2] e decrementando com a KEY[3] e quando quiser pode dar *load* nesse número com a KEY[1]. À medida que se aumenta e diminui o número vê-se no display HEX7 (display mais à esquerda) esse processo.

Para começar a ordenação dos números, primeiramente temos de preencher os 8 dígitos como podemos ver na imagem. O LEDG[1] é acendido quando falta inserir um número.

8 dígitos



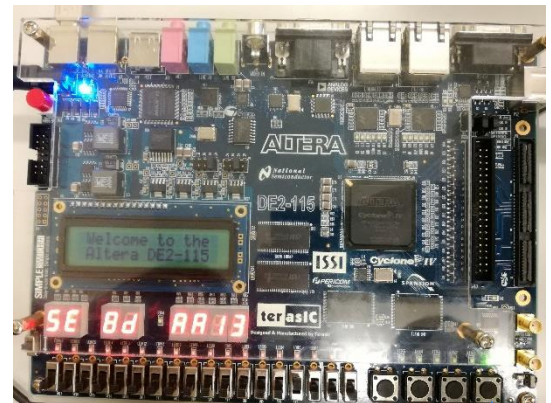


Ordenar

Crescente'0'/ decrescente'1'

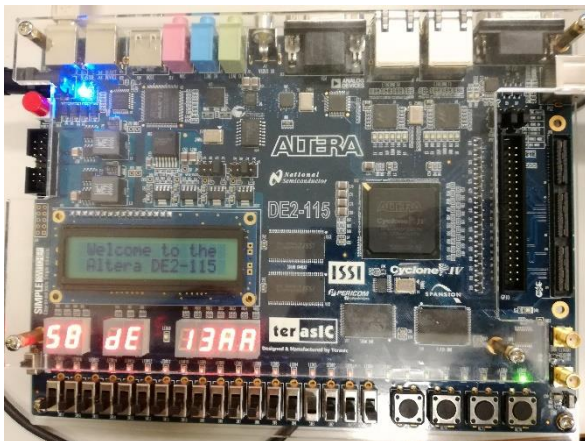
Depois de estarem os 8 dígitos preenchidos podemos começar o processo de ordenação, escolhendo primeiro se queremos a ordenação crescente ou decrescente. Com o SW[2] desligado procedemos a uma ordenação crescente, e quando o SW[2] está ligado a '1' acontece o contrario fazendo assim uma ordenação decrescente. De seguida, o utilizador deve ativar o SW[3] para começar o processo de ordenação. O processo é imediato e é acendido o LEDG[0] quando a ordenação for terminada.

Nesta imagem podemos ver o primeiro processo de ordenação. Clicando na KEY[0] podemos ver o processo da ordenação, passo a passo. Quando se clica pela primeira vez vamos poder ver o 1º nível de ordenação, em que são ordenados os dígitos dois a dois.

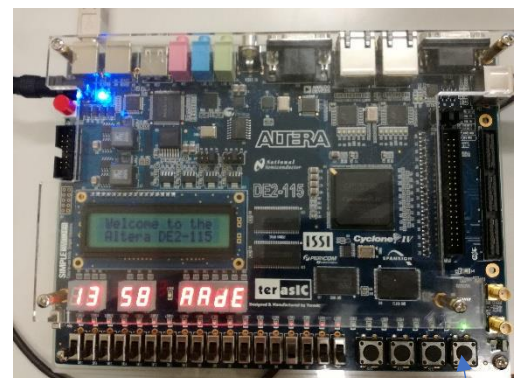


Mostrar o processo

Aqui podemos ver o 2º processo de ordenação, quando se clica pela segunda vez no botão de mostrar o processo. Neste processo é mostrado o *merge* dos blocos de dois elementos num bloco de 4 elementos.



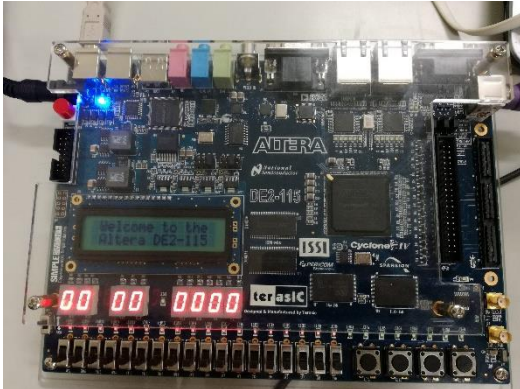
Clicando pela 3ª vez é mostrado o último nível de ordenação, em que é feita a fusão dos dois blocos de 4 elementos. O utilizador pode voltar a ver o processo. A qualquer altura pode-se ativar o *reset* ligando o SW[0].



Reset

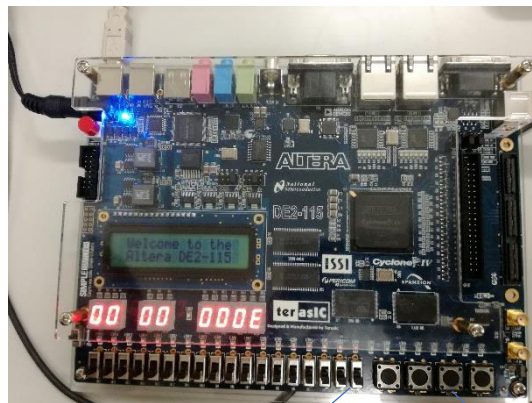
Manual do Utilizador com Teclado

Como nos foi pedido iremos fazer com figuras ilustrativas de casos típicos de utilização do sistema (com interfaces e sequências de interação com o utilizador), um simples manual do utilizador.



Primeiramente ligamos os cabos de conexão entre o computador e a FPGA. Depois de estar tudo ligado podemos observar na imagem qual o estado inicial do projeto. Os números devem estar todos a 0 pois vamos escolher números seguidamente para os ordenar.

Nesta imagem podemos observar um “E” introduzido na primeira posição. Nesta fase pode-se fazer a escolha dos números podendo esta ser feita de modo aleatório ou então pela vontade do utilizador. Se o SW[0] estivera 0 os números vão ser introduzidos de maneira aleatória clicando na KEY[1] para dar load aos números.



Aleatório '0'/ User '1'

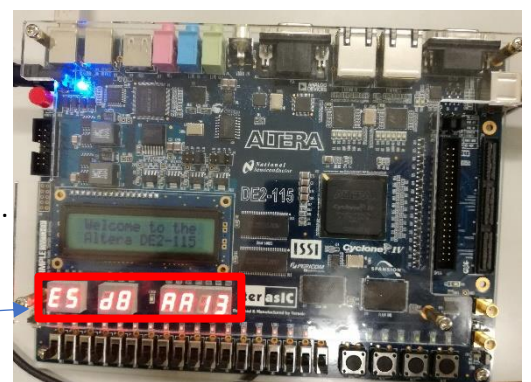
Load

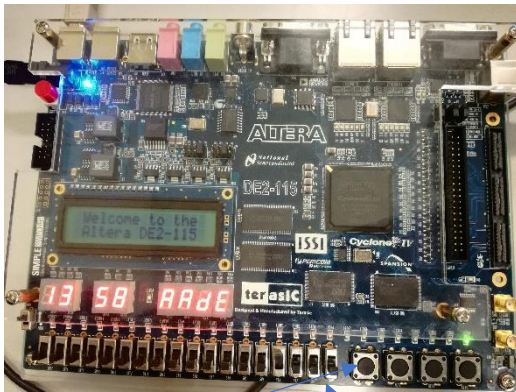


Se o SW[1] estiver a 1 os números vão ser inseridos pelo utilizador. O utilizador com a ajuda de um teclado, vai poder escolher o dígito que quiser inserir, clicando na tecla pretendente.

Para começar a ordenação dos números, primeiramente temos de preencher os 8 dígitos como podemos ver na imagem. O LEDG[1] é acendido quando falta inserir um número.

8 dígitos



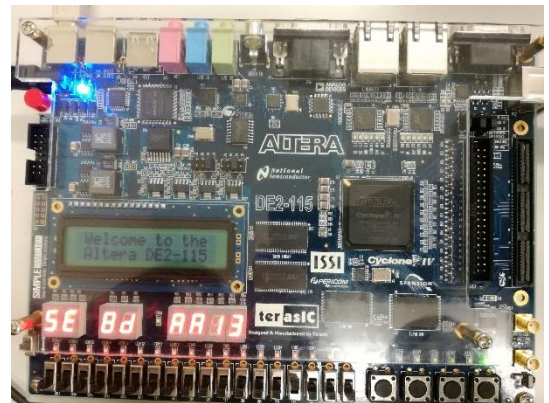


Ordenar

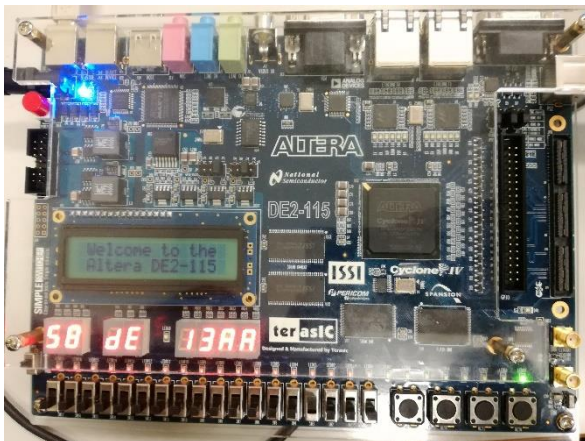
Crescente'0'/ decrescente'1'

Depois de estarem os 8 dígitos preenchidos podemos começar o processo de ordenação, escolhendo primeiro se queremos a ordenação crescente ou decrescente. Com o SW[1] desligado procedemos a uma ordenação crescente, e quando o SW[1] está ligado a '1' acontece o contrario fazendo assim uma ordenação decrescente. De seguida, o utilizador deve clicar na KEY[2] para começar o processo de ordenação. O processo é imediato e é acendido o LEDG[0] quando a ordenação for terminada.

Nesta imagem podemos ver o primeiro processo de ordenação. Clicando na KEY[0] podemos ver o processo da ordenação, passo a passo. Quando se clica pela primeira vez vamos poder ver o 1º nível de ordenação, em que são ordenados os dígitos dois a dois.

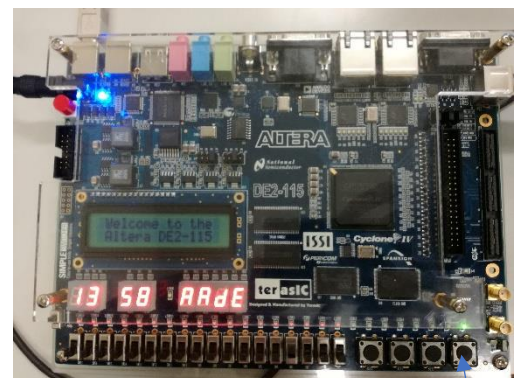


Mostrar o processo



Aqui podemos ver o 2º processo de ordenação, quando se clica pela segunda vez no botão de mostrar o processo. Neste processo é mostrado o *merge* dos blocos de dois elementos num bloco de 4 elementos.

Clicando pela 3ª vez é mostrado o último nível de ordenação, em que é feita a fusão dos dois blocos de 4 elementos. O utilizador pode voltar a ver o processo. A qualquer altura pode-se ativar o *reset* clicando na KEY[3].



Reset