



universidade
de aveiro

Projecto Final: Máquina de Lavagem de Roupa

Universidade de Aveiro

João Pedro Nunes Vieira
Leandro Roque Costa

Projecto Final: Máquina de Lavagem de Roupas

Departamento de Electrónica Telecomunicações e Informática

Universidade de Aveiro

João Pedro Nunes Vieira, N^o Mec.: 50458- joapvieira@ua.pt

Leandro Roque Costa, N^o Mec.: 110326- lrc@ua.pt

Junho de 2022

Conteúdos

0.1	Metodologia	1
0.2	Especificação: Requisitos funcionais	1
1	Arquitetura do Sistema	3
1.1	Componentes:	3
1.2	Diagrama de Estados:	5
2	Implementação	7
2.1	Fase 1	7
2.1.1	Sinais de Entrada/Saída:	7
2.2	Fase 2	8
2.2.1	Sinais de Entrada/Saída:	8
2.3	Fase 3	9
2.4	Fase 4	9
2.5	Fase 5	9
2.6	Fase 6	11
2.7	Fase 7	11
3	Validação	12
4	Manual de Utilizador	14
4.1	Programas de lavagem disponíveis	14
4.2	Interface	15
4.2.1	Botões de Interação	15
4.2.2	Displays de Informação	17
5	Conclusão	19

Lista de Figuras

1	Diagrama de Blocos da Arquitetura do Sistema	4
2	Diagrama de Estados	5
3	Máquina de Estados Finitos (MEF)	8
4	Sistema de controlo de tempo	9
5	Componente <i>ControlPanel</i>	10
6	Componente Decoder Binário de 7 Segmentos para Display de tempo.	10
7	Componente Decoder Binário de 7 Segmentos para Display de programa selecionado.	10
8	Representação bloco geral do Top-level desenvolvido em Very high speed integrated circuits Hardware Description Language (VHDL).	11
9	Testbench do <i>Control Panel</i>	12
10	Testbench do <i>Jump Register</i>	12
11	Testbench do <i>Timer</i>	13
12	Testbench do <i>Display</i> de 7 segmentos que demonstra o programa selecionado	13
13	Testbench do <i>Timer</i> exibido no <i>Display</i> de 7 segmentos	13
14	Instruções: Programas de lavagem	14
15	Luzes de aviso.	16
16	Instruções: Botões Principais da Máquina de Lavar Roupa (MLR)	17
17	Instruções: displays e sinais luminosos da Máquina de Lavar Roupa (MLR)	18

Acrónimos

UA Universidade de Aveiro

UC Unidade Curricular

LSD Laboratórios de Sistemas Digitais

VHDL Very high speed integrated circuits Hardware Description Language

Portos E/S Portos de Entrada e Saída

CaUs Casos de Utilização

MEF Máquina de Estados Finitos

MLR Máquina de Lavar Roupa

FPGA Field-Programmable Gate Array

Introdução

O presente relatório contempla o desenvolvimento geral do **Projeto Final** no âmbito da Unidade Curricular (UC) Laboratórios de Sistemas Digitais (LSD), lecionada no decorrer do ano letivo 2021/22 na Universidade de Aveiro (UA). Foram utilizadas ferramentas e conhecimentos teóricos e práticos abordados no decorrer da UC, nomeadamente o software *Quartus Prime - Ver.20.1 - Lite*

Edition.

O projeto consiste no planeamento, sintetização, modelação e validação de um sistema digital cujo objetivo principal é a modelação em **VHDL** de uma **MLR**, que deverá disponibilizar programas diferentes de funcionamento para a interação com o utilizador.

0.1 Metodologia

Foi adotado um sistema de desenvolvimento *Agile*, onde primariamente foi executado o levantamento, identificação e especificação de requisitos funcionais, Portos de Entrada e Saída (Portos E/S) e Casos de Utilização (CaUs), usando como recurso base o **Guião N°7** de LSD atribuído a grupo de trabalho. Seguidamente foi feito o design geral do projeto bem como delineação de estados para a MEF. Finalmente a partir do design e da MEF delineados, foram desenvolvidos sequencialmente os componentes, sendo cada um testado e melhorado ao longo do tempo, por forma a que funcionassem corretamente e que o ficheiro *TOP_LEVEL* tivesse um funcionamento adequado e requerido.

0.2 Especificação: Requisitos funcionais

NOTA IMPORTANTE: Apenas será usado um único sinal de Clock (50Mhz) ou um divisor da frequência deste para sincronização de todos os componentes.

Tabela 1: Requisitos funcionais de entrada.

ID	Sinais de Entradas	Tipo	Condições
RE1	Clock	50Mhz	Único e Global
RE2	ON/OFF	1 Botão Switch(SW)	Liga e Desliga toda a MLR.
RE3	Reset	1 Botão Switch(SW)	Reinicia todos os componentes da MLR (síncrono)
RE4	Porta da Máquina	1 Botão Switch(SW)	Entrada door: MLR não inicia se estiver aberta.
RE5	Start	1 Botão Switch(SW)	Inicia programa selecionado
RE6	Programa	2 Botões Switch(SW)	Seleção de programa pretendido

NOTA - RE3: Deve aparecer letra "P" no display BCD (Capítulo 1).

Tabela 2: Requisitos funcionais de saída.

ID	Sinais de Entradas	Tipo	Condições
RS1	ON/OFF	LEDR	Indicação de MLR ligada/desligada.
RS2	Programa	Display BCD 7 Segmentos	Indica programa selecionado. MLR.
RS3	Letra "P"	Display BCD 7 Segmentos	Ler: RE3 e nota anterior.
RS4	Tempo de cada estado	Display BCD 7 Segmentos	Deve mostrar "=" caso MLR parada.

Tabela 3: Tabela de Operações(S.) e tempo requerido(segundos):

Estado associado	Operação	Sinal	Tempo(s)
S0	IDLE	N/A	0s
S1	Meter água	water valve	7s
S2	Enxaguar	water pump	10s
S3	Retirar água	rinse	4s
S4	Centrifugação	spin	5s
S5	Fim	finish	2s

Capítulo 1

Arquitetura do Sistema

1.1 Componentes:

O projeto contém 9 componentes desenvolvidos em VHDL, para instanciação e elaboração do componente *TOP_LEVEL*.

1. **ControlPanel:** Componente *"register"* que controla os portos de entrada principais da MLR e os sincroniza, por forma a evitar inconsistências de estado do sistema no caso de mudança de um sinal lógico de entrada muito perto de uma transição ativa de relógio.
2. **WashingFSM:** Máquina de Estados Finitos (MEF), que define e controla os estados finitos internos da MLR bem como os seus sinais internos, outputs e transições de estados.
3. **Timer:** Componente do tipo *"counter"* que após receção de um valor de tempo pedido pela MEF, incrementa um valor temporal binário até que igualdade seja estabelecida onde a contagem é parada e feito o envio output de um sinal para mudança de estado - sinal de porta *"change"*.
4. **Pulser:** Ligado ao componente *"Timer"*, ativa um sinal uma vez por segundo - frequência: 1hz.
5. **TimerRegister:** componente do tipo *"register"* que regista os sinais de tempo decorrido de saída do componente *"timer"* e os redireciona para dentro do mesmo, evitando a criação de latches automáticas.
6. **RMan:** Abreviatura para *"RegisterManager"*, é um componente do tipo *"register"* que regista os sinais de *"reset"* (global e de saída do componente *"TimerRegister"*), e gere qual deles deve ser ativado para dar entrada no componente *"timer"*.
7. **JumpRegister:** componente do tipo *"register"* que regista os sinais de repetição de saída do componente *"WashingFSM"* e os redireciona para dentro do mesmo, evitando a criação de latches automáticas.
8. **Bin7SegDec_Timer:** *Decoder* Binário de 7 Segmentos que executa o display do tempo decorrido em cada estado da MEF, até que executado uma operação de mudança de estado.
9. **Bin7SegDecProg:** *Decoder* Binário de 7 Segmentos que executa o display do programa de lavagem selecionado.
10. **Bin7SegDecProg:** *Decoder* Binário de 7 Segmentos que executa o display do programa de lavagem selecionado.

11. **WashingMachine - (TOP_LEVEL):** Componente "*Top-Level*" do projecto, criado através da instanciação sequencial adequada dos componentes anteriormente descritos.

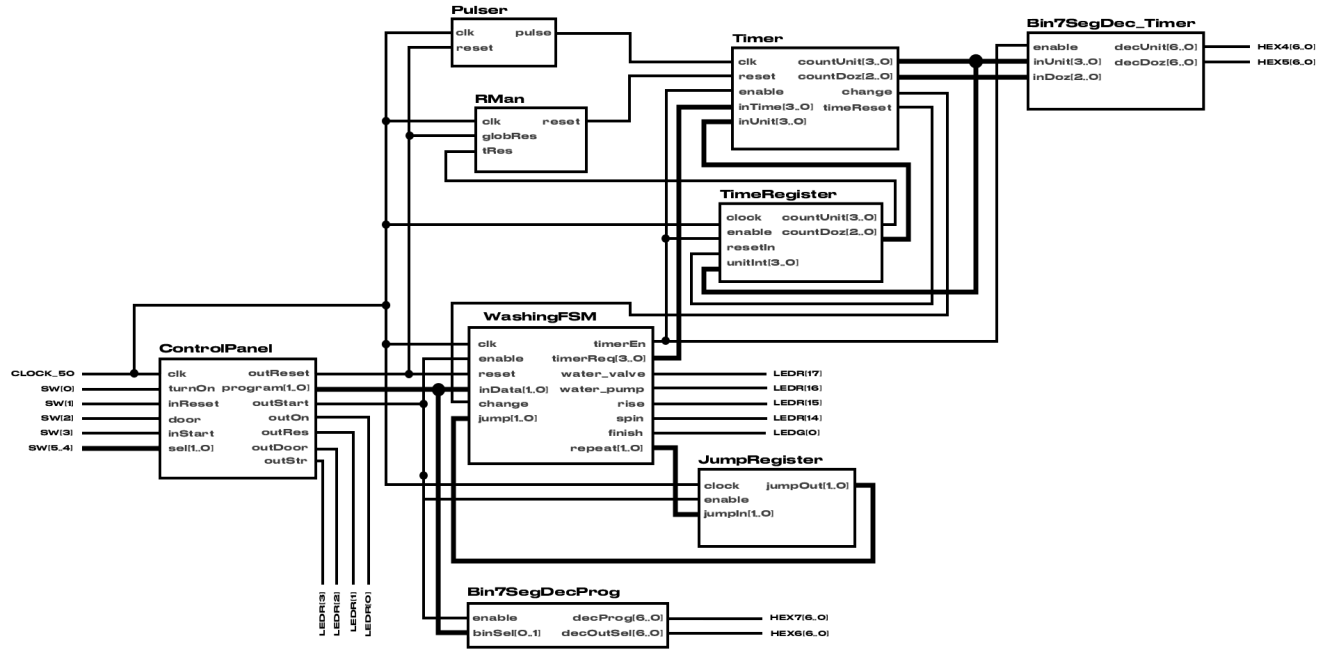


Figura 1: Diagrama de Blocos da Arquitetura do Sistema

1.2 Diagrama de Estados:

Devido à necessidade de um utilizador executar uma pré-lavagem, antes de uma lavagem completa, foi adotado um sistema de seleção de operações baseada em *grey-code*, no qual a diferença de bits entre as operações (estados finitos da MEF) seja de uma unidade binária, fazendo a troca entre programas fácil e intuitiva, já que iremos apenas usar *switches* para a seleção dos mesmos.

Por forma a implementar uma Máquina de Estados Finitos (MEF), foi elaborada um diagrama de estados do qual resulta a tabela de estados e configurações seguintes :

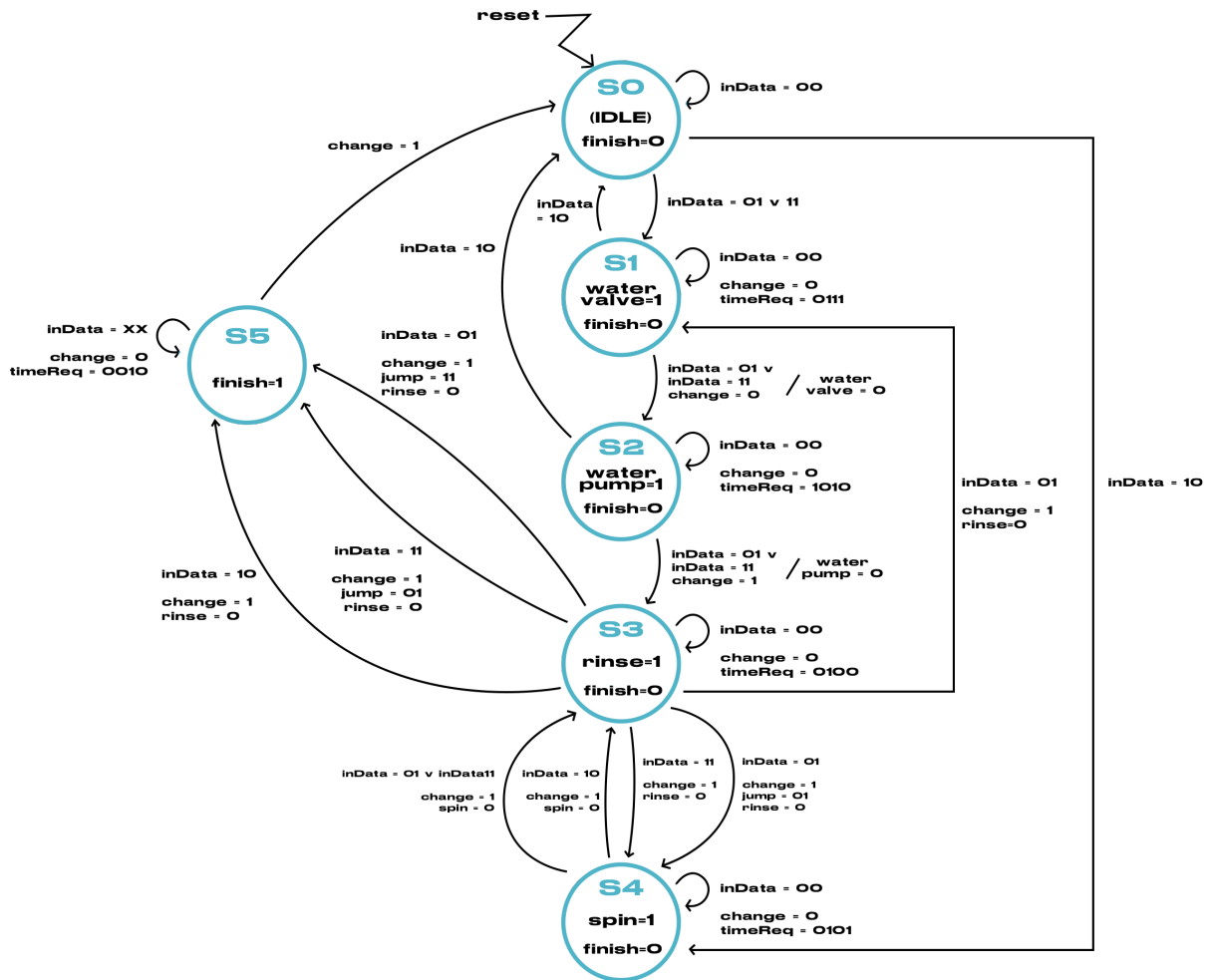


Figura 2: Diagrama de Estados

Tabela 4: Tabela de Programas de Lavagem, Operações(S.):

Programa	Input Seleccionado	Sequencia de Operações	Tempo Total
Nº1: Lavagem completa	01	S1->S2->S3->S1->S2->S3->S4->S3->S5	53 segundos
Nº2: Pré-lavagem	11	S1->S2->S3->S4->S3->S5	32 segundos
Nº3: Extra-Spin	10	S4->S3->S5	11 segundos

Tabela 5: Tabela de Estados:

	Input	Input	Input	Output		Output	Output	Output	Output	Output
pState	inData	jump	change	timeReq	nState	valve	pump	rinse	spin	finish
S0	00	xx	x	0000	S0	0	0	0	0	0
S0	01	xx	x	0000	S1	0	0	0	0	0
S0	10	xx	x	0000	S4	0	0	0	0	0
S0	11	xx	x	0000	S1	0	0	0	0	0
S1	xx	xx	0	0111	S1	1	0	0	0	0
S1	00	xx	1	0000	S1	0	0	0	0	0
S1	01	xx	1	0000	S2	0	0	0	0	0
S1	10	xx	1	0000	S0	0	0	0	0	0
S1	11	xx	1	0000	S2	0	0	0	0	0
S2	xx	xx	0	1010	S2	0	1	0	0	0
S2	00	xx	1	0000	S2	0	0	0	0	0
S2	01	xx	1	0000	S3	0	0	0	0	0
S2	10	xx	1	0000	S0	0	0	0	0	0
S2	11	xx	1	0000	S3	0	0	0	0	0
S3	xx	xx	0	0100	S3	0	0	1	0	0
S3	00	xx	1	0000	S3	0	0	0	0	0
S3	01	00	1	0000	S1	0	0	0	0	0
S3	01	01	1	0000	S4	0	0	0	0	0
S3	01	10	1	0000	S1	0	0	0	0	0
S3	01	11	1	0000	S5	0	0	0	0	0
S3	10	xx	1	0000	S5	0	0	0	0	0
S3	11	00	1	0000	S4	0	0	0	0	0
S3	11	01	1	0000	S5	0	0	0	0	0
S3	11	10	1	0000	S4	0	0	0	0	0
S3	11	11	1	0000	S4	0	0	0	0	0
S4	xx	xx	0	0101	S4	0	0	0	1	0
S4	00	xx	1	0000	S4	0	0	0	0	0
S4	01	xx	1	0000	S3	0	0	0	0	0
S4	10	xx	1	0000	S3	0	0	0	0	0
S4	11	xx	1	0000	S3	0	0	0	0	0
S5	xx	xx	0	0010	S5	0	0	0	0	1
S5	xx	xx	1	0000	S0	0	0	0	0	0

Capítulo 2

Implementação

A implementação deste projeto seguiu uma metodologia estratégica faseada nas seguintes **7 fases**:

2.1 Fase 1

Tal como referido no Capítulo 1 nas Seção 1.1 e Seção 1.2, foi implementada uma MEF que gera sinais de saída que controlam sequencialmente as diferentes funções (operações) da Máquina de Lavar Roupa (MLR), para cada um dos programas selecionados (Seção 4.1), mediante as entradas dos Portos E/S, gerando ainda sinais de controlo de um temporizador (componente *Timer*).

2.1.1 Sinais de Entrada/Saída:

- **clock**: Sinal de clock global e único de 50Mhz.
- **enable**: Sinal que dá permissão para a iniciação do funcionamento da máquina de lavar roupa.
- **reset**: Sinal que permite reiniciar a Máquina de Lavar Roupa (MLR).
- **inData**: Sinal que transmite o programa selecionado pelo utilizador.
- **change**: Sinal de entrada, redirecionado do componente *Timer* que controla a mudança de estado da MEF.
- **jump**: Sinal que indica qual o estado subsequente ao estado atual.
- **timeEn**: Sinal de saída de controlo de início da contagem do um temporizador para o tempo requerido.
- **timerReq**: "*timer request*", é um sinal de saída de 4 bits que requisita ao temporizador (*Timer*) um valor temporal para contar em segundos para execução da operação/função pretendida.
- **water_valve**: Sinal de saída para atuar sobre a válvula de admissão de água.
- **water_pump**: Sinal de saída para ligar a bomba de água.
- **rinse**: Sinal de saída para a execução de enxaguamento de roupa.

- **spin:** Sinal de saída para controlar a velocidade do tambor, executando centrifugação (ie, retira o excesso de água da roupa).
- **finish:** Sinal de saída que indica o fim da execução do programa selecionado.

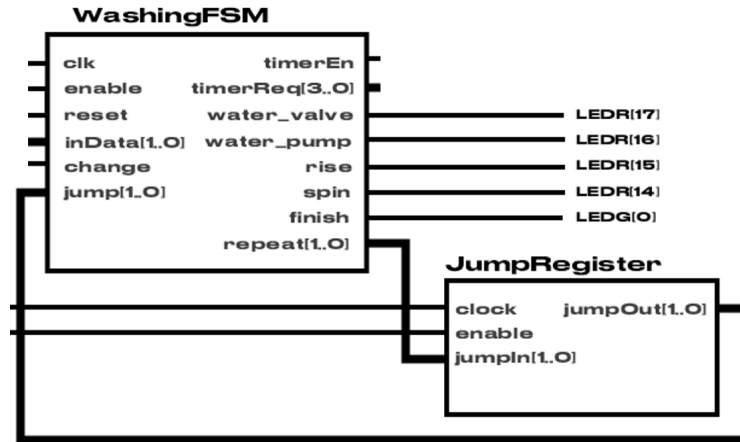


Figura 3: Máquina de Estados Finitos (MEF)

2.2 Fase 2

Tal como referido no Capítulo 1 na Seção 1.1, foi implementado um temporizador (componente *Timer*) que conta o tempo decorrido em cada estado (e consequentemente o tempo de funcionamento da operação) e controla a mudança de estado da MEF após completar esse mesmo tempo, recebendo e enviando os seguintes sinais:

2.2.1 Sinais de Entrada/Saída:

- **clock:** Sinal de entrada que recebe uma ativação (pulso) do componente *Pulser* (frequência: 1hz), permitindo assim que a contagem seja executada num tempo de 1 unidade por cada segundo de tempo real .
- **reset:** Sinal de entrada rececionado do componente *RMan*, que permite recetar o temporizador para valores iniciais.
- **enable:** Sinal de entrada que dá permissão para a iniciação do processo de contagem do temporizador.
- **inTime:** Sinal de entrada de 4 bits, que é receciado da MEF Subseção 2.1.1. Este sinal, indica o tempo a contar requisitado pelo estado finito para o decorrer da operação associada ao mesmo.
- **inUnit:** Sinal de entrada de 4 bits rececionado do componente de registo *TimeRegister*. Este sinal indica se a contagem a ser executada pelo *Timer* é igual ao tempo requisitado pelo sinal anterior (inTime). Caso sejam iguais, o temporizador termina a sua contagem e envia à MEF um sinal (*change*) de ativação para mudança do estado (fim de operação atual).
- **change:** Sinal de saída referido no ponto anterior que controla a mudança de estado finito interno da MEF.

- **countUnit:** Sinal de saída de 4 bits, que indica os valores de tempo de 0(Zero) até 9(Nove) em unidades, para conversão em visualização (display) em sistema decimal.
- **countDoz:** Sinal de saída de 4 bits, que indica os valores de tempo de 1(Zero) até 7(Sete) em dezenas, para conversão em visualização (display) em sistema decimal.
- **timeReset:** Sinal de saída que indica ao componente *TimeRegister* que deve ser executado uma operação *reset* ao temporizador.

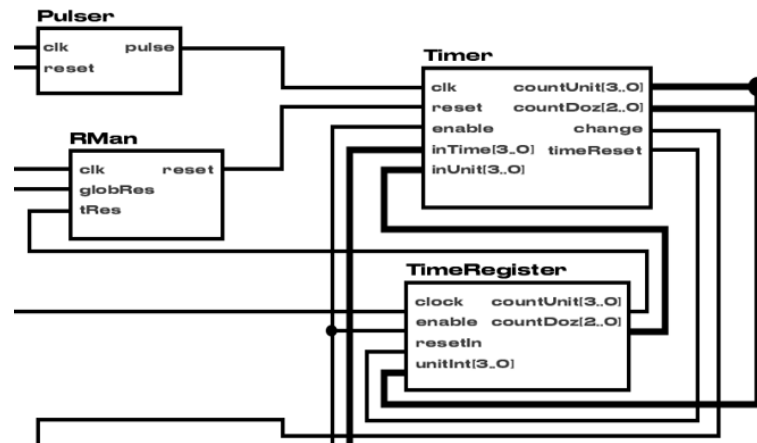


Figura 4: Sistema de controlo de tempo

2.3 Fase 3

Nesta fase, foi possível a integração das fases anteriores Seção 2.1 e Seção 2.2, ie, integração da Máquina de Estados Finitos (MEF) com o sistema de controlo de tempo Figura 4, cuja funcionalidade foi testada de forma adequada.

2.4 Fase 4

Nesta fase, foi criada uma funcionalidade de paragem da Máquina de Lavar Roupa (MLR). Para esse efeito foi implementado um sinal "*inStart*" que dita se o processo de lavagem deve ser parado, contudo, não terminando o programa, sendo que caso seja ativado novamente, o processo (operação) do programa selecionado reinicia nas mesmas condições antes de ter sido parado.

2.5 Fase 5

Nesta fase, foi projetada e implementada a interface de sinais de *display* que indicam o estado de funcionamento da máquina, tempo decorrido, paragem de sistema e indicações de paragem ou finalização de programa selecionado. Para esse efeito usamos componentes anteriormente indicados no Capítulo 1 na Seção 1.1, nomeadamente os componentes:

- **Bin7SegDec_Timer:** Indica o tempo decorrido em segundos para cada operação do estado atual da MEF. Esta indicação é feita em sistema numérico **decimal**, e executada em dois *displays* binários

de 7 segmentos. Em caso de paragem da Máquina de Lavar Roupa (MLR) por ativação de botão *inStart*, referido na Seção 2.4, este display apresenta um sinal "=".

- **Bin7SegDecProg:** Indica a letra **P** (para "Programa") e indica o número do programa selecionado (P1, P2 ou P3). Esta indicação é feita em sistema numérico **decimal**, e executada em dois *displays* binários de 7 segmentos. Caso a entrada/função *inStart* esteja desativada, a letra **P** será apagada.

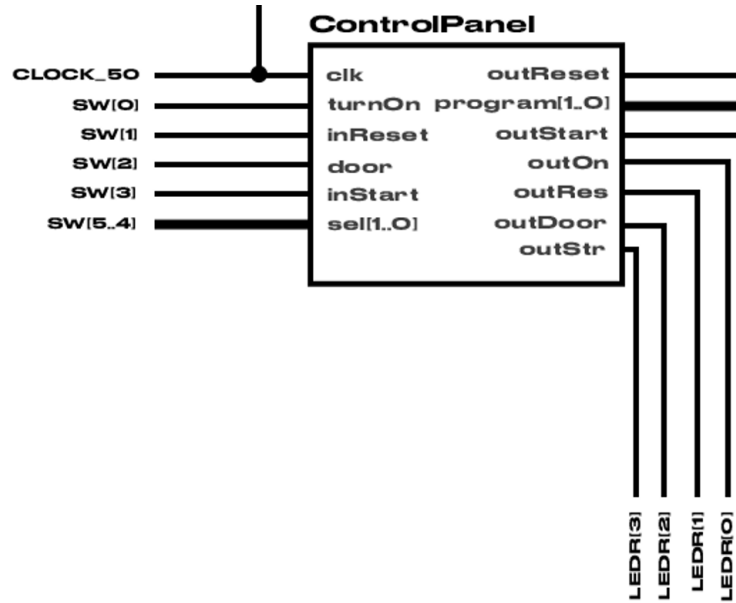


Figura 5: Componente ControlPanel



Figura 6: Componente Decoder Binário de 7 Segmentos para Display de tempo.



Figura 7: Componente Decoder Binário de 7 Segmentos para Display de programa selecionado.

2.6 Fase 6

Nesta fase foi executada a integração total da interface do sistema, tendo sido criando um ficheiro VHDL "*top-level*", onde foram instanciados todos os componentes criados e delineados os sinais de ligação entre os mesmos.

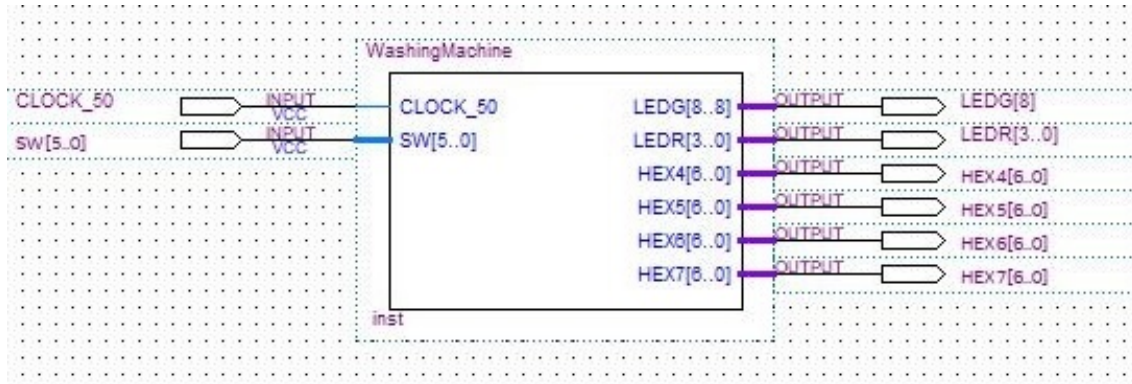


Figura 8: Representação bloco geral do Top-level desenvolvido em VHDL.

2.7 Fase 7

A fase 7 pretendia a integração de uma função de inicialização diferida (temporal) pela MEF. Contudo, a mesma não foi implementada por razões indicadas na Capítulo 5.

Capítulo 3

Validação

A validação foi concretizada após a realização de toda a implementação e consequentemente a especificação dos requisitos funcionais. Deste modo, foi realizadas várias *testbenchs* de modo a poder averiguar se existiram possíveis erros no código escrito no projeto desenvolvido, permitindo a sua correção atempadamente.

Ao mesmo tempo, e de forma a poder controlar mais cada passo dado na realização do projeto, foi-se também testando as funcionalidades conseguidas na Field-Programmable Gate Array (FPGA). Deste modo, seguem-se as imagens resultantes de *testbenches* realizadas que comprovam o bom funcionamento dos blocos presentes na arquitetura do sistema digital desenvolvido:

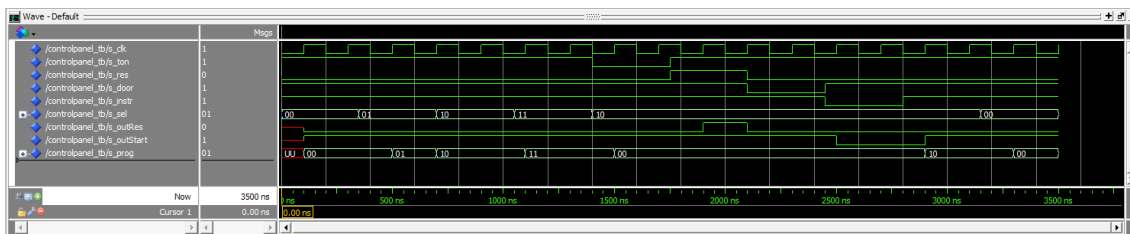


Figura 9: Testbench do *Control Panel*

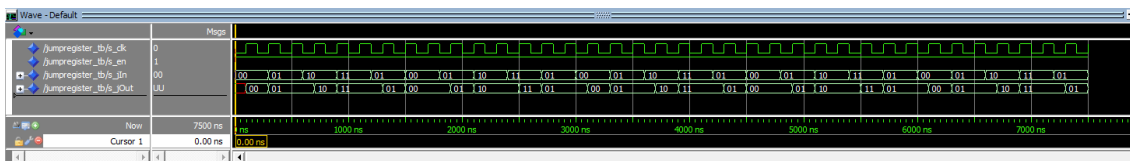


Figura 10: Testbench do *Jump Register*

Capítulo 4

Manual de Utilizador

4.1 Programas de lavagem disponíveis

1. **P1 - Lavagem completa:** Ao iniciar, é colocada água com uma duração de 7 segundos, procede-se o enxaguamento que obtém uma duração de 10 segundos e tira-se a água durante 4 segundos. Todo este processo é repetido outra vez, sendo que posteriormente realiza-se um *spin*, tira-se novamente a água e chega-se ao estado final que não permite que a porta seja aberta por 2 segundos. Todo o processo conta com uma duração total de 53 segundos.
2. **P2 - Pré Lavagem:** Após depositar a água, durando 7 segundos, realiza-se o enxaguamento, que por si dura 10 segundos, e tira-se a água que havia sido depositada anteriormente durante 4 segundos. De seguida, dá-se a ocorrência de um *spin* por 5 segundos e consequentemente a tiragem da água por 4 segundos. Este processo conta com uma duração total de 32 segundos.
3. **P3 - Extra-spin:** Depois de realizado o pedido de extra-spin, dá-se o *spin* por 5 segundos, tira-se a água por 4 segundos e chega-se ao estado final que impossibilita a abertura da porta por 2 segundos.

PROGRAMAS DE LAVAGEM DISPONÍVEIS:

- **P1 - Lavagem completa**

- Meter água | Enxaguar | Tirar água (x2) —→ 53 segundos
- Spin | FIM



- **P2 - Pré lavagem**

- Meter água | Enxaguar | Tirar água | Spin | FIM —→ 32 segundos



- **P3 - Extra Spin**

- Spin | Tirar água | FIM —→ 11 segundos



Figura 14: Instruções: Programas de lavagem

4.2 Interface

4.2.1 Botões de Interação

Para utilizar a Máquina de Lavar Roupas (MLR) deve primeiro familiarizar-se com os seus botões principais:

1. **Botão ON/OFF - (SW0):** Este botão permite ligar a MLR. Caso esteja desligado, a sua máquina não irá funcionar.
2. **Botão Reiniciar - (SW1):** Este botão permite reiniciar a sua máquina em caso de introdução equivocada de um programa não desejado. Deve ser ativado só se pretender reiniciar a sua máquina.
3. **Botão de Porta - (SW2):** Este botão permite abrir e fechar a porta da sua máquina. A porta deve estar sempre fechada, pois caso contrário e para sua segurança a sua máquina não irá iniciar qualquer programa selecionado.
4. **Botão Start - (SW3):** Este botão permite iniciar o programa de lavagem que selecionou da lista de programas disponíveis em Seção 4.1.

Sobre os botões referidos, existem na máquina luzes de aviso para indicar se cada um deles está corretamente acionado. Caso um dos botões não esteja numa posição válida que impeça a iniciação de um programa, a luz de aviso sobre o botão que necessita da sua atenção irá apagar-se, indicando que a máquina não se encontra preparada para iniciar, tal como demonstrado na figura seguinte:

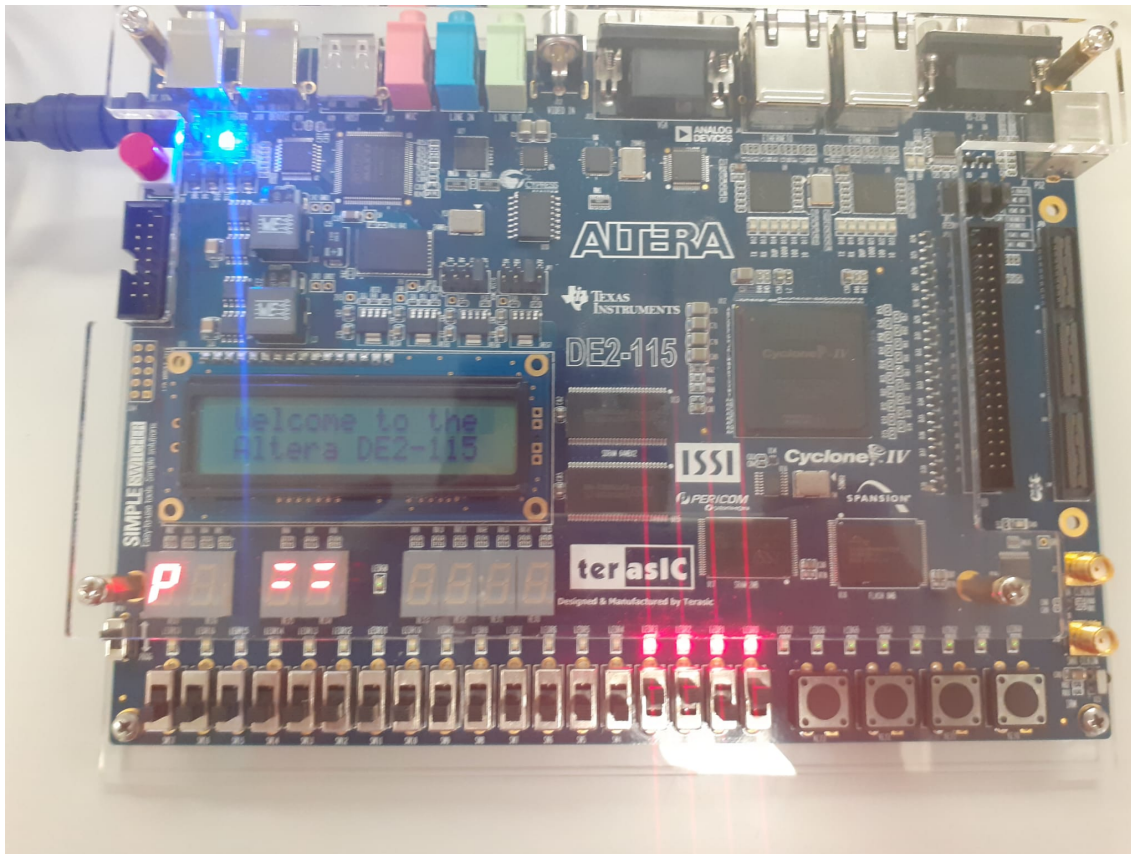


Figura 15: Luzes de aviso.

- **Botões de seleção de programa - (SW4 e SW5):** Estes botões permite-lhe seleccionar o programa que deseja:
 1. Caso pretenda o Programa Nº1 "*Lavagem Completa*", deve ativar apenas o botão SW4.
 2. Caso pretenda o Programa Nº2 "*Pré-lavagem*", deve ativar ambos os botões.
 3. Caso pretenda o Programa Nº3 "*Extra-Spin*", (ie, Centrifugação-Extra) deve ativar apenas o botão SW5.

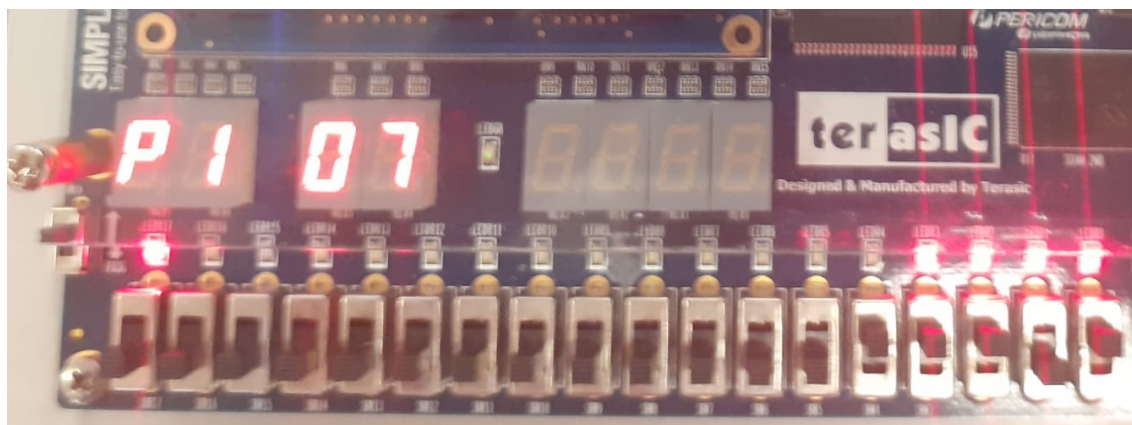


Figura 16: Instruções: Botões Principais da Máquina de Lavar Roupas (MLR)

4.2.2 Displays de Informação

Para finalizar, iremos falar sobre os *displays* e o significado das mensagens de cada um deles, fazendo recurso de um cenário de demonstração exemplar prática. Na figura Figura 17, do lado esquerdo pode verificar que existem 4 *displays* de 7 segmentos, onde o mais à esquerda indica a letra **P** e os restantes 3(três) indicam números.

A letra **P** indica que a sua máquina encontra-se pronta em modo *START* e requer a escolha de um programa. Caso tenha selecionado um programa (por exemplo, Programa Nº 3) o *display* imediatamente ao lado da letra **P** irá indicar o número do programa que escolheu.

Os restantes 2(dois) *displays* apresentam o tempo decorrido em cada funcionalidade da máquina tal como descrito na Seção 4.1. Caso os displays temporais apresentem um sinal "=", significa que a sua máquina encontra-se em *standby*, por desativação do botão *Start* (funcionalidade STOP). Este símbolo pode aparecer ainda momentaneamente quando a sua máquina terminar um processo no decorrer do programa selecionado.

Existem ainda 4 luzes imediatamente a baixo dos displays - Luzes LEDR(17), LEDR(16), LEDR(15) e LEDR(14). Quando cada uma destas luzes se encontra acionada (acesa), significa que a sua máquina está a executar uma funcionalidade específica, tal como indicado na tabela a baixo:

Tabela 6: Luzes de Funcionalidade.

Funcionalidade	Luz acionada
Meter água	LEDR(17)
Enxaguar	LEDR(16)
Remover água	LEDR(15)
Centrifugação	LEDR(14)

O cenário exemplar descrito a cima pode ser contemplado na figura seguinte:



Figura 17: Instruções: displays e sinais luminosos da Máquina de Lavar Roupas (MLR)

Capítulo 5

Conclusão

Este documento visa relatar todo o desenvolvimento desde o planeamento, sintetização, modelação e validação do sistema digital desenvolvido sob forma de projeto final à unidade curricular de Laboratórios de Sistemas Digitais no ano letivo de 2021/2022.

Deste modo é viável afirmar que o trabalho realizado correspondeu aos objetivos definidos, sendo possível criar diversos componentes importantes para o seu desenvolvimento cujas *testbenches* e testes executados foram positivos e implementação destes num ficheiro *top-level* configurável na FPGA. Nem sempre foi possível implementar as ideias concebidas inicialmente, contudo esteve sempre presente a capacidade de adaptação face às adversidades obtidas no desenvolver do projeto.

Apenas a Seção 2.7 não foi possível desenvolver, devido à dificuldade de implementar tendo por base o sistema que já criado.

Este projeto foi desenhado de modo a que o utilizador possa interagir com a interface numa forma mais intuitiva, onde o *output* direcionado tanto aos *LED's* como aos *displays* demonstram distintas e visíveis diferenças aquando dos diferentes pedidos realizados.

Em suma, afirma-se que foi o projeto final foi ao encontro às metas estabelecidas, e por essa razão considera-se que o mesmo foi bem sucedido.

Contribuições dos Autores

Tabela 7: Contribuições dos Autores.

Contribuição	João Vieira	Leandro Costa
Produção de Relatório	50 %	50 %
Produção PowerPoint	10 %	90 %
Produção Vídeo	10 %	90 %
Produção VHDL	100 %	0 %
Testbenches	100 %	0 %
Testing e Validação	85 %	15 %
Correção de erros VHDL	85 %	15 %

Bibliografia

- [1] Laboratórios de Sistemas Digitais - *Enunciado N^o7 - Máquina lavagem de roupa.* | Universidade de Aveiro, LSD, versão 1, 2021/22
- [2] ALTERA - *DE2-115 User Manual.* | Terasic Technologies Inc, Copyright 2003-2010