

Projeto Final de Laboratório de Sistemas Digitais

Universidade de Aveiro

Olha Buts, André Correia



VERSÃO 0.1

Projeto Final de Laboratório de Sistemas Digitais

Dept. de Eletrónica, Telecomunicações e Informática

Universidade de Aveiro

Olha Buts, André Correia
(112920) o.buts@ua.pt, (87818) amcorreia@ua.pt

28 de maio de 2023

Conteúdo

1	Introdução	1
2	Desenvolvimento do Sistema Digital	2
2.1	Arquitetura do Sistema	2
2.2	Implementação do Sistema	4
2.3	Validação do Sistema	5
3	Manual de Utilizador	6
4	Conclusões	7

Lista de Figuras

2.1	Diagrama Lógico do Sistema.	3
2.2	Abstração do Diagrama Lógico do Sistema.	3
2.3	Diagrama de Estados da FSM de Controlo.	4
2.4	Diagrama de Estados da FSM Principal.	4
2.5	Diagrama de Estados da FSM Principal.	5

Capítulo 1

Introdução

Os alunos da Unidade Curricular de **L**aboratórios de **S**istemas **D**igitais (*LSD*, código 40333) da **L**icenciatura em **E**ngenharia de **C**omputadores e **I**nmática (*LECI*, código 8316) da **U**niversidade de **A**veiro (*UA*) foram propostos ao desenvolvimento de um Projeto Final que contempla três componentes: desenvolvimento do sistema digital de uma Máquina Automática de Fazer Pão (Projeto Número 8, Versão 2), criação de um relatório do desenvolvimento anteriormente referido, e defesa do projeto perante um Juri.

O sistema digital da Máquina Automática de Fazer Pão deve ser modelado em *Very High Speed Integrated Circuits Hardware Description Language* (*VHSIC-HDL*, ou *VHDL*) e testado numa **F**ield-**P**rogrammable **G**ate **A**rray (*FPGA*). Neste sentido, a máquina desenvolvida apresenta dois modos de operação principal: Fazer Pão Caseiro (Modo 1), ou Fazer Pão Rústico (Modo 2) – sendo que ambos os modos apresentam a possibilidade de adição de um tempo extra inicial, ou adição de um tempo extra final (que aumenta o tempo total de cozedura do pão). Apesar de cada um destes modos ser caracterizado por diferentes parâmetros temporais, ambos partilham a mesma *pipeline*, ou procedimento de ‘fazer pão’ (o amassar da massa, o descanso da massa para levedar, e a cozedura no final).

Relativamente ao documento, este apresenta o relatório do desenvolvimento do sistema digital da Máquina Automática de Fazer Pão (Versão 2 do Projeto 8) de acordo com as competências adquiridas na Unidade Curricular de LSD. Neste sentido, o documento divide-se em quatro componentes, sendo estas a arquitetura do sistema digital (descrição conceptual do sistema), a implementação efetuada para a anterior arquitetura (representação gráfica do sistema digital), os métodos de validação usados (simulações efetuadas sobre a implementação da arquitetura), e por fim, um manual de utilizador da máquina como um todo (em ambiente de desenvolvimento através de uma FPGA) – sendo o foco da arquitetura e da implementação as Máquinas de **E**stados **F**initos (MEF, ou FSM em Inglês).

Capítulo 2

Desenvolvimento do Sistema Digital

O desenvolvimento e implementação do sistema digital desta máquina passa por três fases: arquitetura (desenho lógico de todo o funcionamento do sistema), implementação (em VHDL, usando o programa Intel® Quartus® Prime) e uma posterior validação (testes via *testbenches* em VHDL e via uso normal, numa ótica de utilizador).

2.1 Arquitetura do Sistema

Nesta secção aborda-se a estrutura do sistema digital através de uma descrição conceptual da lógica que gerou o produto final (em ambiente de desenvolvimento por via de FPGA). Neste sentido, a arquitetura aplicada neste projeto divide-se em duas zonas que estão intrinsecamente interligadas:

- Zona de controlo do sistema, responsável maioritariamente pelos *inputs* – por exemplo:
 - Conjunto (físico / *hardware*) de *keys*.
 - Conjunto de *switches*.
 - Comportamento (lógico) de *start/stop*.
 - Comportamento de *reset* do sistema.
- Zona de controlo do procedimento de 'fazer pão', responsável pela maior parte do *output*, e por toda a funcionalidade de 'fazer pão', – por exemplo:
 - Comportamento de cada etapa do processo de amassar, levedar e cozer o pão.
 - Output do estado atual da máquina, assim como de informações ao utilizador, através de componentes físicos tais como o *Liquid-Crystal Display* (LCD) e os *7-Segment Displays* da FPGA.

Estas duas zonas de controlo são ambas compostas por elementos lógicos *standard*, assim como por controladores costumizados (as FSM). Estas FSM caracterizam-se por serem comunicantes, o que possibilita comportamentos que interligam simultaneamente a lógica das duas zonas de controlo – destacando-se o caso da possibilidade de adicionar um tempo extra de cozedura (no final do processo de ‘fazer pão’).

Na Figura 2.1 visualiza-se o diagrama lógico completo do sistema, estando a azul destacada a zona de controlo do sistema (denominada doravante por FSM de Controlo), e a verde destacada a zona de controlo do procedimento de ‘fazer pão’ (doravante denominada por FSM Principal).

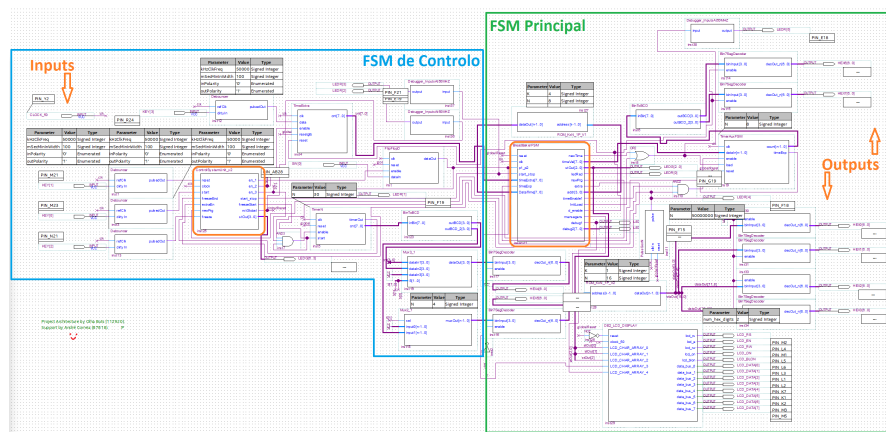


Figura 2.1: Diagrama Lógico do Sistema.

Assim, simplifica-se o circuito lógico através da abstração representada pela Figura 2.2 onde se destaca, conceptualmente, o sistema. Nesta Figura pode-se identificar que o sistema é constituído por duas FSM principais que controlam logicamente o conjunto de *inputs* e *outputs* fornecidos pela FPGA. A FSM de Controlo pode ser descrita pela responsabilidade dos mecanismos de *start/stop*, *reset*, temporizadores (ligados à lógica de adição de tempos extra no início, ou no final), e pela seleção do modo de programa (tipo de pão Caseiro, ou Rústico). A FSM Principal é responsável por toda a *pipeline* de ‘fazer pão’ – isto é, os estados de amassar, levedar e cozer.

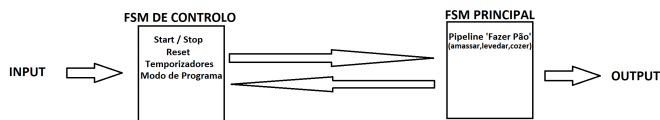


Figura 2.2: Abstração do Diagrama Lógico do Sistema.

2.2 Implementação do Sistema

Nesta secção ilustram-se alguns aspetos da implementação da arquitetura anteriormente apresentada, tais como os diagramas de estados das FSM de Controlo e FSM Principal.

Deste modo, começa-se por analisar o diagrama de estados da FSM de Controlo (ver Figura 2.3) onde se destaca a responsabilidade de iniciar a *pipeline* da FSM Principal, assim como a responsabilidade de pausar todo o procedimento – seja no momento de amassar, levedar, ou amassar o pão. Ainda pela Figura 2.3 se denota o controlo dos tempos extras (inicial, ou final).

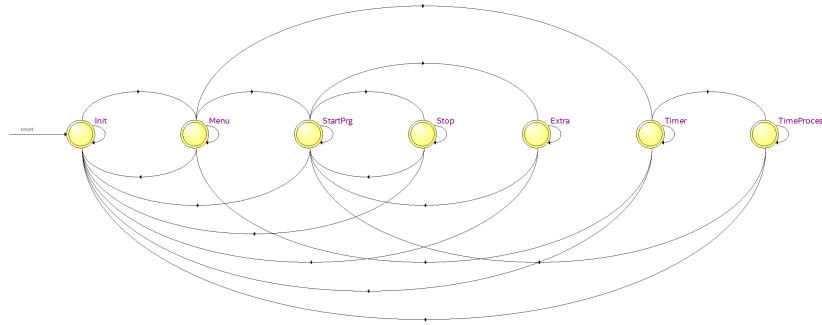


Figura 2.3: Diagrama de Estados da FSM de Controlo.

Relativamente à FSM Principal, apesar desta conter uma interface que alimenta alguns sinais de input da FSM de Controlo (por exemplo, o sinal "*newPrg*" que indica que terminou o seu ciclo), denota-se uma responsabilidade quase total pela pipeline de amassar, levedar, e cozer o pão – onde a diferença entre o pão caseiro e rústico é no tempo de amassar (10s/15s, respetivamente) e de levedar (04s/08s); cozer (10s/10s) – sendo que os tempos específicos para cada tipo de pão (ou modo de operação) são alimentados por uma o sinal ***Read Only Memory*** (ROM).

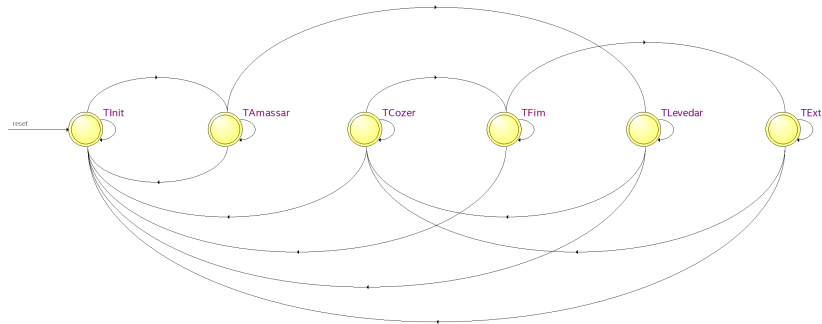


Figura 2.4: Diagrama de Estados da FSM Principal.

2.3 Validação do Sistema

Esta última secção do Desenvolvimento do Sistema Digital (capítulo 2) tem como objetivo abordar os procedimentos implementados para validação do sistema – com foco sobre as FSM – tais como *testbenches* desenhadas em VHDL, e a rotina de interação com a máquina na ótica do utilizador (num formato de desenvolvimento em FPGA) em cada nova versão da implementação. Neste sentido,

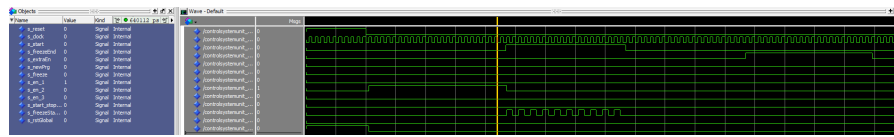


Figura 2.5: Diagrama de Estados da FSM Principal.

Capítulo 3

Manual de Utilizador

TIRAR FOTO DO MENU DE UTILIZADOR (INIT).

Capítulo 4

Conclusões

A arquitetura da Máquina Automática de Fazer Pão e a posterior implementação através de Máquinas de Estados Finitos Comunicantes, e toda a envolvente lógica digital, demonstrou atingir um nível de complexidade que necessita de procedimentos de desenvolvimento bem definidos desde o início do projeto.

Deste modo, é de importância realçar a necessidade de estratégias de desenvolvimento faseadas e de mecanismos de controlo, tais como versões de projeto, assim como metodologia em todas as etapas do projeto. Por se prever este nível de complexidade, esta equipa preparou um repositório (...)