

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE TELECOMUNICACIÓN**



**GRADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍAS Y
SERVICIOS DE TELECOMUNICACIÓN**

TRABAJO FIN DE GRADO

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN SOBRE FPGA DE UN
PEDAL MULTI-EFECTOS DIGITAL SOBRE
PROTOCOLO I2S2**

**EROS GARCÍA ARROYO
ENERO 2020**

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Título: Diseño e implementación sobre FPGA de un pedal multi-efectos digital sobre protocolo I2S2

Título (inglés): Design and implementation on FPGA of a digital multi-effects pedal on I2S2 protocol

Autor: Eros García Arroyo

Tutor: Samuel López Asunción

Ponente: Pablo Ituero Herrero

Departamento: Departamento de Ingeniería Electrónica

MIEMBROS DEL TRIBUNAL CALIFICADOR

Presidente: —

Vocal: —

Secretario: —

Suplente: —

FECHA DE LECTURA:

CALIFICACIÓN:

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
INGENIEROS DE TELECOMUNICACIÓN**

Departamento de Ingeniería Electrónica
LSI



TRABAJO FIN DE GRADO

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN SOBRE FPGA
DE UN PEDAL MULTI-EFECTOS DIGITAL
SOBRE PROTOCOLO I2S2**

Eros García Arroyo

Enero 2020

Resumen

Este trabajo persigue y tiene como principal finalidad obtener un pedal multiefectos, plenamente funcional a tiempo real, para guitarras eléctricas o sistemas de captación de audio, como micrófonos, aunque el objetivo principal será la guitarra eléctrica. De esta forma lo que se pretende es que, a través de una señal de entrada, consigamos hacer variarla de manera digital y obtener a su salida otra señal modificada por el efecto seleccionado dentro de la arquitectura del pedal.

Para definir los múltiples efectos del pedal debemos tener en cuenta que vamos a tratar con 3 tipos de resultados:

- Efectos basados en retardadores.
- Efectos basados en sistemas no lineales.
- Efectos basados basados en sistemas lineales.

El producto de los efectos retardadores tendrán como finalidad añadir una línea de retardo o de espera sobre la señal de entrada que luego se solapará junto con la señal de salida. Los efectos no lineales se encargarán de afectar a la ganancia de la señal de entrada para obtener una modificación no lineal de está a la salida y, finalmente, los efectos lineales tienen una función similar al descrito anteriormente pero, como su categoría indica, será de forma lineal. REVISAR

El proyecto partirá desde la elección de la FPGA, protocolo y algoritmo de trabajo, hasta la obtención de un pedal multiefectos perfectamente implementado y funcional como prototipo y siendo este el resultado final del proyecto.

Además, debido a las características de este proyecto y al lenguaje de programación empleado (VHDL) y el entorno de desarrollo utilizado (Vivado), podrá modificarse en versiones futuras de manera muy sencilla y contener los efectos que el usuario necesite dependiendo de la aplicación profesional que se le quiera dar.

Por tanto, el prototipo desarrollado en este trabajo fin de grado me ha servido, para afianzar mis conocimientos sobre electrónica digital y tratamiento/procesado de señales de audio.

Palabras clave: Pedal multiefectos, FPGA, VHDL, I2S2, Nexys A7, Tiempo real, Línea de retardo, Umbral de ganancia

Abstract

This work pursues and has as its main purpose to obtain a multi-effects pedal, fully functional in real time, for electric guitars or audio capture systems, such as microphones, although the main object will be the electric guitar. In this way the aim is that, through an input signal, we can make it vary digitally and get at its output another signal modified by the selected effect within the pedal architecture.

To define the multiple effects of the pedal we must take into account that we will deal with 3 types of results:

- Retardant-based effects.
- Effects based on non-linear systems.
- Linear system-based effects.

The product of the retarding effects will aim to add a delay or wait line over the input signal which will then overlap along with the output signal. Nonlinear effects will be responsible for affecting the gain of the input signal to obtain a nonlinear modification of is to the output and eventually, linear effects have a function similar to the one described above but, as its category indicates, it will be linearly. REVISAR

The project will start from the choice of FPGA, protocol and working algorithm, to obtaining a perfectly implemented and functional multi-effects pedal as a prototype and this being the final result of the project.

In addition, due to the features of this project and the programming language used (VHDL) and the development environment used (Vivado), it can be modified in future versions in a very simple way and contain the effects that the user needs depending on the professional application you want to give it.

Therefore, the prototype developed in this end-of-degree work has served me, to strengthen my knowledge of digital electronics and the treatment/processing of audio signals.

Keywords: Multi-effects pedal, FPGA, VHDL, I2S2, Nexys A7, Real-time, Delay line, Gain threshold

Agradecimientos

A Gauss

Contents

Resumen	I
Abstract	III
Agradecimientos	V
Contents	VII
List of Figures	IX
1 Introduction	1
1.1 Context	1
1.2 Project goals	1
1.3 Structure of this document	1
2 Enabling Technologies	3
2.1 Analysis and annotation	3
2.1.1 Emotional Analysis	3
2.2 More stuff	3
3 Requirement Analysis	5
3.1 Introduction	5
3.2 Use cases	5
3.2.1 System actors	5
4 Architecture	7
4.1 Introduction	7

5	Case study	9
5.1	Introduction	9
5.2	Rule edition	9
6	Conclusions and future work	11
6.1	Conclusions	11
6.2	Achieved goals	11
6.3	Future work	11
	Appendix A Impact of this project	i
A.1	Social impact	i
	Appendix B Economic budget	iii
B.1	Physical resources	iii
	Bibliography	v

List of Figures

Introduction

1.1 Context

Style modified by O. Araque [1], J. Fernando[2], and many others at GSI.

1.2 Project goals

- G1

1.3 Structure of this document

In this section we provide a brief overview of the chapters included in this document. The structure is as follows:

Chapter 1 ...

Enabling Technologies

2.1 Analysis and annotation

2.1.1 Emotional Analysis

2.2 More stuff

Requirement Analysis

3.1 Introduction

3.2 Use cases

3.2.1 System actors

Architecture

4.1 Introduction

In this chapter, we cover the design phase of this project, as well as implementation details involving its architecture. Firstly, we present an overview of the project, divided into several modules. This is intended to offer the reader a general view of this project architecture. After that, we present each module separately and in much more depth.

Case study

5.1 Introduction

In this chapter we are going to describe a selected use case. This description will cover the main Wool features, and its main purpose is to completely understand the functionalities of Wool, and how to use it.

5.2 Rule edition

...

Conclusions and future work

In this chapter we will describe the conclusions extracted from this project, and the thoughts about future work.

6.1 Conclusions

6.2 Achieved goals

N1

6.3 Future work

- F1

Impact of this project

This appendix reflects, quantitatively or qualitatively, on the possible impact...

A.1 Social impact

Economic budget

This appendix details an adequate budget to bring about the project...

B.1 Physical resources

Bibliography

- [1] Oscar Araque. Design and Implementation of an Event Rules Web Editor. Trabajo fin de grado, Universidad Politécnica de Madrid, ETSI Telecomunicación, July 2014.
- [2] J. Fernando Sánchez-Rada. Design and Implementation of an Agent Architecture Based on Web Hooks. Master's thesis, ETSIT-UPM, 2012.