

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE
TELECOMUNICACIÓN



TRABAJO FIN DE GRADO

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN SOBRE FPGA DE UN PEDAL DE EFECTOS DIGITAL

GRADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍAS
Y SERVICIOS DE TELECOMUNICACIÓN

JAVIER OTERO MARTÍNEZ
Madrid, Junio 2019

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN SOBRE FPGA DE UN PEDAL DE EFECTOS DIGITAL

Autor: Javier Otero Martínez

Tutor: Pablo Ituero Herrero
Departamento de Ingeniería Electrónica

Me gustaría agradecer a los que me han apoyado todo este tiempo: mis padres, mi familia, Aida e Impostor mientras trabajaba en el proyecto. También me gustaría agradecer especialmente a los profesores que me han ayudado desinteresadamente cuando he acudido a ellos con alguna pregunta: Alfredo Sanz, Jose Parera, Fernando Gonzalez y por supuesto a mi tutor, Pablo, por toda su paciencia estos meses.

Resumen

El presente proyecto se enmarca en el ámbito de la producción musical en tiempo real. En concreto plantea el diseño, desarrollo e implementación de un pedal de efectos digital. Estos dispositivos permiten añadir en tiempo real efectos y modulaciones a ciertos instrumentos musicales, incluyendo la voz humana. Un octavador es un dispositivo electrónico que recibe un sonido y mediante un procesamiento de señal, entrega a su salida ese mismo sonido una octava por debajo del original y va a ser el efecto principal que se va a implementar. El proyecto plantea el problema desde cero, utilizando la literatura existente para abordar tanto el diseño como la implementación.

Abstract

This is the Abstract

Índice general

1. Introducción y generalidades	1
1.1. Objetivos	2
1.2. Metodología	2
2. El algoritmo	3

Capítulo 1

Introducción y generalidades

Un pedal de efectos es un dispositivo que se conecta entre un instrumento (normalmente electrófono) y su amplificador, modificando la señal de entrada y sus características fundamentales como pueden ser timbre, tono y volumen. En mi caso particular he optado por un pedal para saxofón, puesto que es el instrumento que yo toco, aunque resulta igual de válido para cualquier otro instrumento que se pueda captar con un micrófono convencional. No es habitual el uso de pedales de efectos en instrumentos de viento debido a que generalmente se busca un sonido limpio y fiel. No obstante, en multitud de producciones se pueden apreciar infinidad de efectos añadidos posteriormente ya sea digital o analógicamente. Algunos ejemplos son el *reverb*, *chorus* u *octavador*. Es este último el efecto que se implementará en este proyecto, con la salvedad de que funcionará en tiempo real.

Se ha decidido el combinar un efecto común con la posibilidad de implementarlo en el formato de pedal, que se ha hecho muy popular desde su aparición, dado que los intérpretes pueden activarlo con el pie y no tener que renunciar a tiempo de ejecución. En el caso del saxofón, este no suele ser el problema, ya que los músicos no precisan de estar tocando de forma continuada, si no que suele haber tiempos para descansar suficientemente largos como para operar el dispositivo que se este utilizando. A pesar de ello, se utiliza este formato por analogía con otros instrumentos.

Este proyecto abarca todo el proceso desde la idea inicial de diseño hasta el montaje del prototipo final, por tanto, las especificaciones de funcionamiento que se han utilizado pretenden facilitar un uso profesional del prototipo, de forma que sea compatible con los estándares establecidos tanto musical como ingenierilmente.

En primer lugar se utiliza un transductor para adquirir la señal, en este caso, un micrófono convencional. Una vez que el estímulo externo es transformado en pulsos eléctricos, atravesará un etapa de entrada analógica que pre-amplifica la señal y la adecua a la entrada de la FPGA.

Para el prototipo se ha utilizado la placa proporcionada por el departamento: Nexys A7. Esta placa monta una FPGA *Xilinx XC7A100T-1CSG324C* junto con varios switches, botones, leds y displays de 7 segmentos, que harán más fácil el manejo del prototipo. Esta placa tiene un micrófono integrado, pero es de tan baja calidad que se opta por diseñar la etapa de entrada, analógica completamente, y conectarla con uno de los puertos del *Pmod i2s2*, también de Digilent y proporcionado por el departamento. Este módulo contiene ADC, DAC y los conectores de mini-jack estándar en formato de audio, que servirán para

gestionar la señal de entrada y la de salida.

Se implementará un algoritmo que se encargará de llevar a cabo la octavación de la señal de entrada y de proporcionarla en la salida. Este algoritmo utiliza una aproximación de *Phase Vocoder* muy común en el tratamiento de señales de audio realizando una transformación al dominio de la frecuencia mediante FFT. Durante todo el proceso se priorizará el criterio de la baja latencia, dado que si no, resulta imposible la interpretación para el músico. El algoritmo se describirá en profundidad en su capítulo correspondiente.

1.1. Objetivos

Para la realización de este proyecto de forma satisfactoria se ha establecido la consecución de una serie de objetivos que son los siguientes:

- Diseño de un sistema completo, a partir de una problemática definida previamente mediante el estudio del instrumento y las señales.
- Implementación sobre la FPGA proporcionada.
- Construcción de un prototipo plenamente funcional que supone la consecución de todos los objetivos anteriores.
- Afianzar, debido a todo esto, conocimientos adquiridos durante el grado de diversos ámbitos como el procesamiento de señal y en concreto de la especialidad de Sistemas Electrónicos como la programación hardware, el montaje de un circuito analógico y la correcta comunicación entre todos los módulos.

1.2. Metodología

- En primer lugar se seleccionará el efecto que se quieren implementar, dando prioridad al octavador.
- Como segundo paso, se estudiará la literatura existente y se probarán distintas soluciones algorítmicas empleando MATLAB.
- Estudio y elección de la interfaces de entrada y salida. Selección de micrófono, ADC y DAC.
- Desarrollo y verificación en VHDL empleando la herramienta VIVADO de Xilinx.
- Montaje de un prototipo empleando la placa Nexys A7 de Digilent, el micrófono seleccionado en el punto 3 y los dispositivos necesarios.
- Test y depuración.

Capítulo 2

El algoritmo

El proposito del algoritmo es el de proporcionar una señal una octava inferior a la señal introducida, es decir, a la mitad de frecuencia. Evidentemente, la señal de entrada puede no consistir en un único tono por lo que debe interpretar cada muestra transformandola al dominio de frecuencia, operar con con ellas y transformarla de vuelta.