



## 1. Identificación del proyecto:

1.1. Código del proyecto: 2627
1.2. Nombre del proyecto: Diseño de un procesador multi-efecto para guitarra eléctrica basado en FPGAs
1.3. Nombre del investigador principal: Jaime Velasco Medina
1.4. Nombre de los co-investigadores: Pedro P. Liévano Torres, Jorge E. Guerrero Ramírez, Claudia P. Rentería Mejía, John M. Espinosa Duran, Jaime A. Arteaga Molina
1.5. Fecha de presentación del informe: Mayo 4 de 2012
Fecha de inicio: Septiembre de 2010
Fecha de terminación: Abril de 2012

## 1. Resumen:

### 1.1 Descripción del proyecto

En este proyecto se diseñó un procesador multi-efecto para guitarra eléctrica, el cual genera 14 efectos de audio digital: *compressor*, *expander*, *noise gate*, *soft* y *hard clipping*, *sigmoidal distortion*, *sigmoidal piecewise distortion*, *polynomial distortion*, *ring modulator*, *delay*, *chorus*, *reverb*, *flanger*, *phaser* y *wah-wah*. El procesador es sintetizado en el FPGA EP2C70F896C6 y para su verificación se diseñó un sistema hardware que usa una interfaz de usuario, la cual es visualizada en un *LCD Touch Panel* para la configuración de los efectos del procesador. El sistema hardware se implementó en el kit de desarrollo DE2-70.

### 1.2 Planteamiento del problema

Los procesadores comerciales para generar efectos de audio digital son los procesadores DSP. Sin embargo, el tiempo de procesamiento de muchos efectos en un DSP es considerable. Entonces, con el propósito de acelerar el procesamiento de los efectos se debe usar un circuito programable, por ejemplo el procesamiento de los efectos de audio digital en un FPGA se lleva a cabo en menor tiempo que en un procesador DSP, debido a que el FPGA permite realizar procesamiento paralelo, y tiene mayor flexibilidad y cantidad de recursos para la implementación de unidades aritméticas. Por lo tanto, en este proyecto se diseñó un procesador multi-efecto para guitarra eléctrica usando FPGAs, el cual tiene una tasa de muestreo muy alta y permite obtener una alta calidad en el sonido generado. Adicionalmente, el diseño se



implementó con un FPGA de bajo costo, lo que permitirá desarrollar una “pedalera” desde el punto de vista comercial muy competitiva.

### **1.3 Objetivos**

#### **Objetivo General**

Diseñar un procesador multi-efecto para guitarra eléctrica usando un FPGA.

#### **Objetivos Específicos**

- Selección y descripción de los efectos de audio para implementar en hardware.
- Diseñar el *data-path* del procesador multi-efecto.
- Diseñar la unidad de control del procesador multi-efecto.
- Diseñar la interfaz de usuario para programar el procesador multi-efecto.
- Verificar el funcionamiento del procesador multi-efecto usando el kit de desarrollo DE2-70, un *LCD Touch Panel*, un reproductor MP3 y un PC.

### **1.4 Metodología**

1. Estudiar y seleccionar los algoritmos de efectos de audio para implementarlos en hardware.
2. Simular los algoritmos de efectos de audio usando simulación funcional
3. Diseñar los bloques funcionales para los efectos de audio y la unidad de control del procesador multi-efecto usando el software Quartus II y DSP Builder.
4. Diseñar la interfaz de usuario usando un *LCD Touch Panel*.
5. Verificar el procesador multi-efecto y la interfaz de usuario.
6. Validar los resultados obtenidos, mediante el diseño de un sistema hardware implementado en el kit de desarrollo DE2-70.
7. Presentar el prototipo y el informe final.

### **1.5 Participantes**

Pedro Pablo Liévano Torres, Jorge Eduardo Guerrero Ramírez, Claudia Patricia Rentería Mejía, John Michael Espinosa Duran, Jaime Andrés Arteaga.



## 1.6 Resultados obtenidos

- Prototipo de un procesador programable multi-efecto para guitarra eléctrica, el cual es sintetizado en un FPGA. Este es el primer prototipo académico que usa FPGAs para el procesamiento de efectos de audio digital.
- Prototipo de un sistema hardware (pedalera) para procesamiento de efectos de audio digital basado en el procesador diseñado y una interfaz de usuario que usa un LCD Touch Panel.
- Dos artículos sometidos a revistas nacionales indexadas, categoría B.
- Cuatro ingenieros con conocimientos de diseño electrónico usando FPGAs, quienes pueden contribuir con el desarrollo de la industria electrónica nacional.

## 1.7 Conclusiones

- Este trabajo presenta una implementación hardware eficiente de un procesador para generar 14 efectos de audio digital usando un FPGA, y el diseño de una interfaz de usuario que usa un *LCD Touch Panel* para llevar a cabo la configuración de los efectos de audio.
- El procesador y el control de la interfaz de usuario son sintetizados en el FPGA EP2C70F896C6, y verificados usando el kit de desarrollo DE2-70, un *LCD Touch Panel*, un reproductor MP3 y un PC.
- Teniendo en cuenta las pruebas de verificación del hardware, el procesador de efectos de audio tiene una tasa de muestreo máxima de 195.62 MSPS y puede ser usado como un *core* para la implementación de aplicaciones de audio embebidas en un *System-on-Chip*.
- El sistema hardware desarrollado es un excelente prototipo para procesamiento de efectos de audio digital, el cual puede ser usado para desarrollar un producto comercial conocido como “la pedalera”.

## 1. Summary

### 1.1. Project description

In this project was designed a multi-effect processor for electric guitar, which generates

14 digital audio effects: *compressor, expander, noise gate, soft y hard clipping, sigmoidal distortion, sigmoidal piecewise distortion, polynomial distortion, ring modulator, delay, chorus, reverb, flanger, phaser y wah-wah*. The processor is synthesized in the FPGA EP2C70F896C6 and for its verification was designed a hardware system that uses an user interface, which is viewed in an LCD Touch Panel for processor effects configuration. The hardware system was implemented in the DE2-70 development kit.

## **1.2 Problem statement**

The commercial processors for generating digital audio effects are the DSP processors. However, the processing time for a lot of effects in a DSP is considerable. Then, in order to speed up the effects processing must be used a programmable circuit, for example the processing of digital audio effects in an FPGA is carried out in less time than a DSP processor, due to the FPGA allows to carry out parallel processing, and it has more flexibility and resources for the arithmetic units implementation. Therefore, in this project was designed a multi-effect processor for electric guitar using FPGAs, which has a very high sample rate and allows to obtain a high quality in the generated sound. Additionally, the design was implemented with a low-cost FPGA, that will allow developing a hardware system for digital audio processing named “pedal”.

## **1.3 Objectives**

### **General objectives**

Design a multi-effect processor for electric guitar using an FPGA.

### **Specific objectives**

- Selection and description of the audio effects for the hardware implementation.
- Design the data-path of the multi-effect processor.
- Design the control unit of the multi-effect processor.
- Design the user interface for programming the multi-effect processor.
- Verify the operation of the multi-effect processor using the DE2-70 development kit, an LCD Touch Panel, an MP3 player and a PC.

## **1.4 Methodology**

1. Study and select the algorithms of digital audio effects to implement in hardware.
2. Simulate the audio effect algorithms using functional simulation.
3. Design the functional blocks for the audio effects and the control unit of the multi-effect processor using the software Quartus II and DSP Builder.
4. Design the user interface using an LCD Touch Panel.
5. Verify the multi-effect processor and the user interface.
6. Validate the obtained results, through the design of a hardware system implemented in the DE2-70 development kit.
7. Present the prototype and the final report.

## **1.5 Participants**

Pedro Pablo Liévano Torres, Jorge Eduardo Guerrero Ramírez, Claudia Patricia Rentería Mejía, John Michael Espinosa Duran, Jaime Andrés Arteaga.

## **1.6 Obtained results**

- Prototype of a multi-effect programmable processor for electric guitar, which was synthesized into an FPGA. This is the first academic prototype that uses FPGAs for processing of the digital audio effects.
- Prototype of a hardware system (pedal) for processing of digital audio effects based on the designed processor and a user interface that uses an LCD Touch Panel.
- Two papers submitted to indexed national publications.
- Four engineers with knowledge of electronic design using FPGAs, who can contribute to the development of the national electronics industry.



## 1.7 Conclusions

- This work presents an efficient hardware implementation of a processor for generating 14 digital audio effects using an FPGA, and the design of a user interface that uses an LCD Touch Panel to carry out the audio effects configuration.
- The processor and the user interface control are synthesized in the FPGA EP2C70F896C6, and verified using the DE2-70 Development kit, an LCD Touch Panel, an MP3 player and a PC.
- Taking into account the hardware verification tests, the audio effects processor has a maximum sample rate of 195.62 MSPS and it can be used as a core for the implementation of audio applications embedded in a System on Chip.
- The developed hardware system is a very good prototype for processing of digital audio effects, which can be used to develop a commercial product named “the pedal”.

## 2. Informe de resultados:

- Se implementaron 14 efectos de audio en el procesador: 9 usando procesamiento en el dominio dinámico (*compressor, expander, noise gate, soft y hard clipping, sigmoidal distortion, sigmoidal piecewise distortion, polynomial distortion y ring modulator*), 5 usando retardos (*delay, chorus, reverb, flanger y phaser*) y 1 usando procesamiento en el dominio de la frecuencia (*wah-wah*).
- Los diseños de los efectos de audio se simularon en Simulink usando DSP Builder, y se verificaron en hardware usando el kit de desarrollo DE2-70, un reproductor MP3 y un PC. Con el propósito de obtener el porcentaje de error, se calculó la correlación entre la simulación funcional en Simulink y las pruebas de verificación del hardware. El mayor error obtenido fue del 0.674 % correspondiente al efecto *Flanger*.
- Se implementó una interfaz de usuario usando un *LCD Touch Panel*, con la cual se configura el procesador de efectos de audio digital. La unidad de control de esta interfaz usa el controlador *LTM-SoPC*.
- Se realizaron las pruebas de verificación del hardware usando el kit de desarrollo DE2-70 y un *LCD Touch Panel*. La señal de salida generada por el procesador diseñado se procesó en Matlab y se almacenó en formato WAV.



### Artículo 1:

Tipo de producto:	Artículo
Nombre General:	<b>Revista</b> Ingeniería y Universidad. Pontificia Universidad Javeriana. Sometido.
Nombre Particular:	<b>Artículo</b> Implementación de Algoritmos para Efectos de Audio Digital con Alta Fidelidad Usando FPGAs
Ciudad y fechas:	Bogotá, sometido el 13 de marzo de 2012
Participantes:	Pedro Pablo Liévano Torres, John Michael Espinosa Duran, Jaime Velasco Medina
Sitio de información:	Biblioteca Mario Carvajal – Universidad del Valle
Formas organizativas:	Grupo de Investigación Bionanoelectrónica

### Artículo 2:

Tipo de producto:	Artículo
Nombre General:	<b>Revista</b> Ingeniería y desarrollo. Universidad del Norte. Sometido.
Nombre Particular:	<b>Artículo</b> Diseño de un Sistema Hardware de Procesamiento de Efectos de Audio Digital Usando FPGAs.
Ciudad y fechas:	Barranquilla, sometido el 3 de mayo de 2012
Participantes:	John Michael Espinosa Duran, Claudia Patricia Rentería Mejía, Pedro Pablo Liévano Torres, Jaime Velasco Medina
Sitio de información:	Biblioteca Mario Carvajal – Universidad del Valle
Formas organizativas:	Grupo de Investigación Bionanoelectrónica



### **Prototipo:**

Tipo de producto:	Prototipo Industrial
Nombre General:	NA
Nombre Particular:	Procesador Programable Multi-efecto para guitarra eléctrica basado en FPGAs
Ciudad y fechas:	Cali, Abril de 2012
Participantes:	Pedro Pablo Liévano Torres, John Michael Espinosa Durán
Sitio de información:	Biblioteca Mario Carvajal – Universidad del Valle
Formas organizativas:	Grupo de Investigación Bionanoelectrónica

### **3. Equipos:**

Los equipos adquiridos con los recursos de este proyecto son los siguientes:

#### **1. DELL OPTIPLEX 980**

Este computador puede ser usado por los integrantes del grupo de investigación en Bionanoelectrónica para llevar a cabo simulaciones (Modelsim, Nanoengineer) o compilación de diseños (Quartus II) que tengan un elevado nivel de complejidad computacional.

Su ubicación está en el edificio 354, espacio 1010. Siempre está disponible para adelantar trabajos de investigación.

#### **2. DE2-115 FPGA – AD/DA HSMC CARD**

Este kit de desarrollo puede ser usado por los integrantes del grupo de investigación en Bionanoelectrónica para llevar a cabo la verificación de diseños digitales.

Su ubicación está en el edificio 354, espacio 1010. Siempre está disponible para trabajos de investigación.





#### **4. Impactos:**

Primer procesador programable de audio digital implementado en un FPGA, el cual se puede programar desde una interfaz de usuario que usa un *LCD Touch Panel*.



revista reving@javeriana.edu.co Mar 14

to me

Ingeniera Renteria:

Cordial saludo, acuso recibo de los documentos, sin embargo de acuerdo de las instrucciones su artículo debe ser cargado en la plataforma OJS para iniciar con el proceso editorial.

**USUARIO: crenteriamejia**

**URL: <http://revistas.javeriana.edu.co/index.php/IyU/index>**

Agradezco su colaboración, con gusto atenderemos sus inquietudes.

Cordialmente,

**Viviana Prieto**

**Asistente de Edición  
Revista Ingeniería y Universidad**

**Pontificia Universidad Javeriana**

**Tel: 3208320 Ext.: 5346**



Lucy García ingydes@uninorte.edu.co May 3 (3 days ago)

to me

Translate message

Turn off for: Spanish

Claudia Patricia Renteria Mejia:

Gracias por enviarnos su manuscrito "Diseño de un Sistema Hardware de Procesamiento de Efectos de Audio Digital Usando FPGAs / Design of a Digital Audio Effects Processing Hardware System Using FPGAs" a Revista Científica Ingeniería y Desarrollo. Gracias al sistema de gestión de revistas online que usamos podrá seguir su progreso a través del proceso editorial identificándose en el sitio web de la revista:

URL del manuscrito:

<http://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/ingenieria/author/submission/4062>

Nombre de usuario/o: cprenteria

Si tiene cualquier pregunta no dude en contactar con nosotros/as. Gracias por tener en cuenta esta revista para difundir su trabajo.

Lucy García

Revista Científica Ingeniería y Desarrollo

---

Revista Científica Ingeniería y Desarrollo

<http://rcientificas.uninorte.edu.co/ingenieria.php>