

DETECCIÓN DE RADIO BROTES DEL SOL USANDO FPGA

Gómez Álvarez, Héctor Andrés (1), Jeyakumar, Solai (2)

1 [Lic. en Ing. en Comunicaciones y Electrónica, Universidad de Guanajuato] | [ha_gomeza@outlook.com]

2 [Departamento de Astronomía, División de Ciencias Naturales y Exactas, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [sjk@astro.ugto.mx]

Resumen

Este proyecto involucró el uso del FPGA como un dispositivo de procesamiento digital de señales (con su correspondiente conocimiento en el uso del entorno de programación y del lenguaje VHDL), el conocimiento de las señales de emisión del Sol en el espectro de la radio frecuencia y el tratamiento de señales en el dominio de la frecuencia para su mejor análisis. La finalidad de este proyecto es preparar dicho dispositivo, mediante la propuesta del algoritmo y de los bloques funcionales a utilizar en la programación, para posteriormente implementarlo en un observatorio astronómico utilizando antenas de radio como receptores de las señales de radio frecuencia emitidas por el Sol y luego procesarlas de manera digital, haciendo un procesamiento más preciso y con menos margen de error. También se trabajó en el dispositivo de control de posición de las antenas, haciendo pruebas de transmisión de datos para checar el buen funcionamiento del mismo y verificar que puedan transmitir la información obtenida de las antenas de radio frecuencia hacia el dispositivo de procesamiento digital de señales.

Abstract

This project involved the use of the FPGA as a device of digital signal processing (with the corresponding knowledge in the use of the environment of programming and the hardware description language VHDL), the knowledge of the radio emission from Sun and the knowledge signal processing in the domain of the frequency for better analysis. The goal of this project is to prepare the device, through the proposed algorithm and the functional code blocks, for implement it later in an astronomic observatory using radio frequency antennas like receptors of radio emissions from the Sun for the digital processing, in an accurate form with less error. The control position of the antennas device was worked too, with data transmission for check it and approve the data transmission from the antennas to the DSP.

Palabras Clave

Emisión, Frecuencia, FPGA, Digital, Antena

INTRODUCCIÓN

El Sol como fuente de emisión de ondas de radio frecuencia

En el año de 1942 las operaciones del RADAR antiaéreo del ejército británico se vieron seriamente afectadas, así que se comenzó a considerar al Sol como una fuente emisora de ondas de radiofrecuencia, dando inicio al campo de estudio conocido como Radiofísica solar [1]. De esta manera se comenzó a utilizar el RADAR como sensor para captar señales de radiofrecuencia de diversos objetos celestes (incluyendo el Sol) y poder estudiar los diversos fenómenos que producen a través del análisis de las señales recibidas.

Características de las emisiones solares

Existen muchas clases de emisiones solares en el dominio de la radiofrecuencia, las cuales tienen distintas marcas características, las cuales se pueden observar a través de su espectro dinámico. Un tipo de emisiones, conocidas como de tipo 2, la intensidad baja en frecuencia respecto a avanzar el tiempo, las emisiones tipo 3 mantienen su espectro dinámico casi vertical, observando así que el cambio en frecuencia ocurre en un tiempo menor que el ocurrido en las del tipo 2, y existen las emisiones del tipo 1, en donde la frecuencia de la intensidad de las emisiones y la intensidad de las emisiones tienden a mantenerse constantes.

Las características principales por las cuales se pueden distinguir cada tipo de emisiones son la frecuencia de emisión y la intensidad a la cual se emite dicha frecuencia.

Análisis de las emisiones

Una forma de analizar tanto la frecuencia de una señal emitida como su intensidad es con la transformada de Fourier. Para poder implementar el análisis de la señal de emisión se utiliza el algoritmo de la transformada rápida de Fourier, implementado en una FPGA, esto debido a la

menor cantidad de recursos de programación y de conexiones internas que utiliza dicho algoritmo.

Realizar el procesamiento de señal por medio de una FPGA trae consigo muchas ventajas, empezando por la velocidad de procesamiento del dispositivo, permitiendo que el tiempo de análisis de datos sea cercano al tiempo real, la segunda ventaja es que al realizarse el procesamiento en un dispositivo externo se evita consumir recursos informáticos al almacenar los datos en una computadora, y una tercera ventaja es que los datos procesados llegan digitalizados, agilizando de esta manera el manejo de los mismos por algún software de visualización.

El análisis digital (como el realizado a través de una FPGA) implementado en un observatorio astronómico reduce de manera considerable los errores en las señales recibidas, debido a que la relación señal-ruido de una señal digital es considerablemente mucho menor que el de una señal analógica [2]. Por lo tanto, el objetivo es implementar el análisis por medio de una FPGA para obtener señales con menor porcentaje de error, siendo esta una ventaja enorme cuando la más mínima variación puede llegar a clasificar erróneamente un fenómeno solar o de cualquier cuerpo celeste.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para implementar la transformada rápida de Fourier se utilizó la FPGA Spartan-6, programada en el lenguaje descriptivo VHDL mediante el entorno de desarrollo "ISE Design Suite" de Xilinx®.

Para digitalizar la señal de entrada se utilizó el ADC "ADS6445EVM". El envío de datos de la FPGA, por motivos de prueba, a la computadora se realizó mediante el bus PCIE.

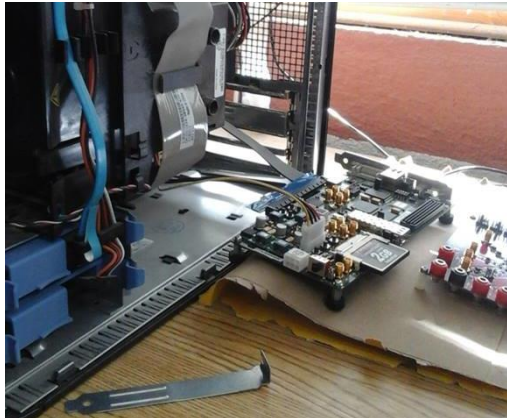


IMAGEN 1: FPGA Spartan 6 conectada a la computadora por medio del bus PCIE y ADC “ADS6445EVM”

Para utilizar el algoritmo de la transformada rápida de Fourier se utilizó un IP Core “FFT”. El IP Core es un núcleo de propiedad intelectual, con el que un código con una tarea específica puede ser utilizado en otra implementación diferente a la cual se diseñó.

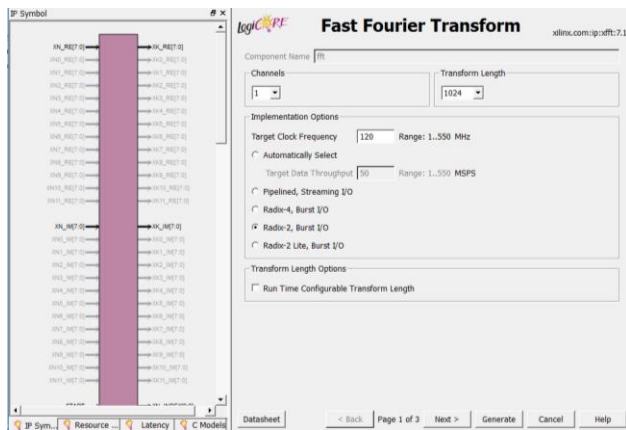


IMAGEN 2: Interfaz de configuración y vista esquemática del IP Core “FFT”

También se utilizó otro IP Core llamada CORDIC, con el cuál se obtiene la magnitud de la salida del análisis en Fourier, mediante una transformación de coordenadas rectangulares (plano complejo) a coordenadas polares (en donde solo se utilizará la magnitud) [3].

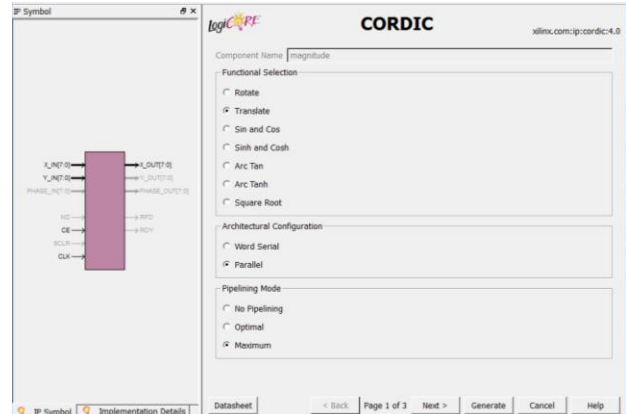


IMAGEN 3: Interfaz de configuración y vista esquemática del IP Core “CORDIC”

Aparte de trabajar con FPGA, también se trabajó con el control de las antenas y la comprobación del envío de datos desde las mismas.

En el Observatorio de Centelleo Interplanetario del Instituto de Geofísica de la UNAM se realizaron pruebas de transmisión de datos mediante el envío de los mismos desde una computadora portátil para checar el funcionamiento de los acopladores de DB9-RS232.



IMAGEN 4: Observatorio de Centelleo Interplanetario del Instituto de Geofísica de la UNAM, ubicado en Coeneo de la Libertad, Michoacán.



IMAGEN 5: Mexican Array Radio Telescope, siglas por las que es conocido el Observatorio de Centelleo Interplanetario a nivel internacional

También se trabajó en el Observatorio Astronómico de La Luz, perteneciente a la Universidad de Guanajuato, en donde se realizó la conexión entre las antenas y el centro de cómputo del observatorio para poder, próximamente, implementar físicamente los dispositivos de procesamiento digital de señal.



IMAGEN 6: Conexiones entre las antenas y el observatorio astronómico

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El uso de los IP Core puede resultar más eficiente que el desarrollo del código de manera manual, debido a que los mismos ofrecen muchas opciones de configuración de las cuales elegir al momento de desarrollar tu proyecto. Estas opciones pueden ser pasadas por alto si el código se desarrolla desde cero. También es más fácil de modificar las características de la implementación durante las pruebas físicas, modificando de forma más eficiente el valor de un parámetro en caso de que se desee mejorar su funcionalidad.

La transformada rápida de Fourier fue implementada para procesar 1024 muestras de 8 bits. Para fines de simulación una opción fue implementar un generador de señales en VHDL, por medio de un contador módulo 1024 y una LUT con los datos de una señal tipo seno. La LUT fue generada por medio de un meta-código diseñado en Scilab [2].

CONCLUSIONES

Con la implementación del dispositivo FPGA es mucho más eficiente el análisis digital en un observatorio astronómico, haciendo más eficiente el posterior análisis de datos y la divulgación de los mismos, ayudando a muchas organizaciones y personas tanto a tomar decisiones sobre el uso de radares y satélites como a muchos investigadores para realizar estudios sobre cuerpos celestes y, posiblemente, encontrar nuevos fenómenos que ayuden a describir el comportamiento de los mismos.

AGRADECIMIENTOS

Se les agradece a los trabajadores del Observatorio Astronómico “La Luz” por su ayuda prestada en la realización de este proyecto. También se les dan las gracias a los trabajadores del Observatorio de Centelleo Interplanetario del Instituto de Geofísica de la UNAM, en especial se les agradece su hospitalidad.

REFERENCIAS

- [1] Subramanian, P. (2007). Electron acceleration in solar noise storms. *Asian J. of Physics*, 16, 233-246.
- [2] Romero Troncoso, R. de J. (2016) *Electrónica Digital y Lógica Programable (2nd ed.)*. Guanajuato, Gto: Universidad de Guanajuato "Ediciones Universitarias: Colección Ponciano Aguilar de Ciencia y Tecnología.
- [3] Riaño, J. I. (2012) Implementación de la transformada FFT sobre una FPGA orientada a su aplicación en convertidores electrónicos de potencia. *Revista Tekhné*, 9, 21-32.