SISTEMA MODULAR DE ENTRENAMIENTO DE TECNOLOGÍAS DE PROCESADO DIGITAL DE SEÑAL

J. Vicente Sáez[1], A. Mendez Zorrila[2], M. Garcia Zapirain[3], I. Ruiz Oleagordia[4]

Abstract *—This paper describes a modular platform for the study of sampling and reconstruction techniques of digital signals. The platform consists of independent interchangeable modules that permits analyze the whole process of digitizing analog signals. Allowing study: aliasing, quantification errors, digital signal processing techniques and signal reconstruction. All this from a practical approach, which motivate students in the study of digital signal processing.*

Index Terms —Analog-digital conversion, motivate student, signal processing, signal reconstruction.

INTRODUCCIÓN

El procesado digital de señal se ha convertido en una de las más importantes áreas dentro de los sistemas de comunicación, por la gran cantidad de ventajas que tiene frente a las técnicas analógicas. Por tanto, es imprescindible que los nuevos ingenieros, que tengan que diseñar los nuevos sistemas de comunicación, posean unos amplios conocimientos sobre el tema. No obstante, también deben tener una gran experiencia práctica y capacidad de solventar los problemas que se les presenten. Esto no se consigue únicamente usando únicamente libros [1]. Para lograr esto se ha desarrollado una plataforma modular, en la que se puede analizar tanto cada etapa del procesado digital de señal por separado, como en su conjunto.

OBJETIVOS

La principal finalidad de la plataforma diseñada es adquirir los conocimientos de muestreo de señales y procesado digital de señal desde un enfoque practico, intuitivo y ameno, para maximizar el rendimiento de los alumnos.

Este objetivo se puede subdividir en diferentes objetivos secundarios.

1. Análisis del efecto de aliasing, la causa que lo provoca y como se puede eliminar dicho efecto.
2. Comparativa de los diferentes tipos de convertidores analógico-digitales, ventaja e inconvenientes.
3. Análisis de los errores de cuantificación y la longitud de la palabra en coma fija.
4. Estudio de procesado digital de señal utilizando lógica programable.
5. Estudio del procesado digital de señal utilizando procesadores digitales de señal.
6. Comparativa de los diferentes tipos de convertidores digitales-analógicos, ventajas e inconvenientes.
7. Estudio de las técnicas de filtrado de reconstrucción.

Contando con una plataforma en la que se pueda trabajar todos los objetivos secundarios se consigue alcanzar el objetivo principal.

INTRODUCCIÓN

Para poder trabajar con la plataforma diseñada los alumnos deben poseer algunos conocimientos previos tanto teóricos como prácticos. Los conocimientos teóricos necesarios se imparten en cuatro sesiones magistrales, ayudado por soportes audiovisuales.

En la primera sesión se explican los principios básicos de muestreo de señales analógicas. En la que se explican los conceptos de muestreo, retención cuantificación, codificación.

En la segunda sesión, se profundiza en el estudio de las técnicas de muestreo y regeneración, desde un punto de vista más práctico. Analizando el efecto de aliasing y las técnicas de preénfasis o post-ecualización para corregir los efectos de la reconstrucción de señales digitales.

En la tercera sesión se imparten conocimientos básicos de técnicas de procesado digital de señal. En especial, el filtrado utilizando sistemas FIR e IIR.

En la cuarta y última sesión teórica, se presentas los principales dispositivos para implementar sistemas de procesado digital de señal. Analizando las diferentes arquitecturas de procesadores digitales de señal y la aplicación de dispositivos de lógica programable para el procesado digital de señal.

1 Javier Vicente Sáez. Universidad de Deusto, Spain. jvicente@eside.deusto.es
2 Amaia Mendez Zorrilla, Universidad de Deusto, Spain, amendez@eside.deusto.es
3 Maria Begoña Garcia Zapirain, Universidad de Deusto, Spain, mbgarcia@eside.deusto.es
4 Ibon Ruiz Oleagordia, Universidad de Deusto, Spain, ibruiz@eside.deusto.es

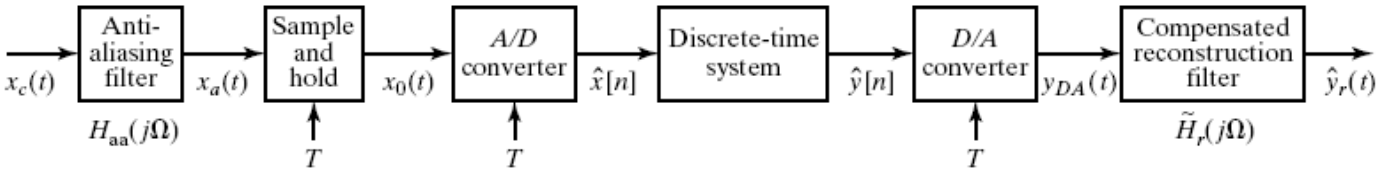

FIGURE 1. REALISTIC MODEL FOR DIGITAL SIGNAL PROCESSING.

A las sesiones teóricas se le añade una sesión práctica en la que se repasa el uso de instrumentación de laboratorio. En esta sesión de trabaja con cuatro diferentes instrumentos de laboratorio.

1. El generador de señales,
2. El osciloscopio, junto con el modulo de análisis de FFT.
3. El analizador dinámico de señal, para calcular la respuesta frecuencial de dispositivos bajo prueba.
4. El analizador lógico, para analizar las secuencias digitales. Figura 2.

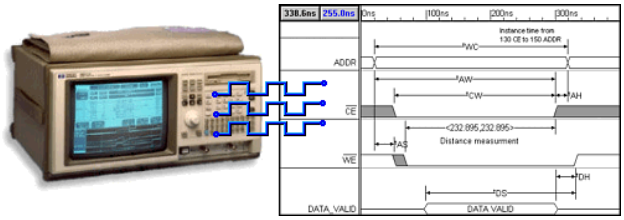

FIGURE 2. ANALIZADOR LÓGICO DE AGILENT DEVICES

Una vez que los alumnos tienen unos conocimientos teórico-prácticos básicos están capacitados para completar su formación en la plataforma modular diseñada, analizando cada dispositivo por separado como combinando diferentes etapas en cascada.

DISEÑO

La plataforma de trabajo se ha diseñado para poder trabajar todas las etapas del procesado digital de señal, desde el muestreo a la reconstrucción, como se puede ver en la figura 1. Cada bloque es independiente, pudiéndose interconectar utilizando unos interfaces definidos. Otro dato importante es que la frecuencia de muestreo del sistema se ha establecido en 8KHz. Los bloques que se han implementado son los de los siguientes tipos:

1. Bloque de filtrado antialiasing.
2. Bloque de muestreo analógico digital.
3. Bloque de procesado digital de señal.
4. Boque conversión digital-analógica.
5. Bloque de filtrado de reconstrucción.

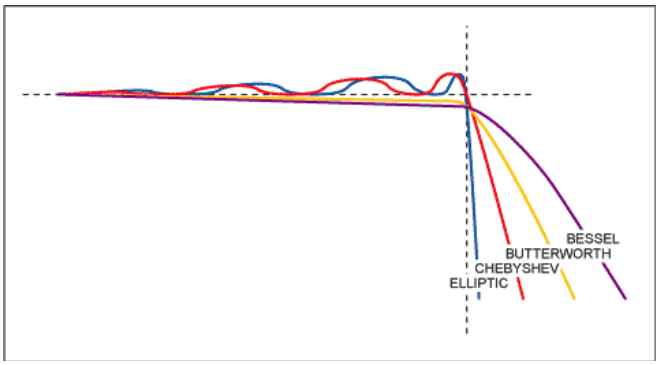

FIGURE 3. DIFERENTES IMPLEMENTACIONES DE FILTROS

El bloque de filtrado antialiasing consta de dos interfaces RCA, uno para introducir la señal deseada y otro en la que se encuentra la señal de salida. Con este bloque se puede trabajar con distintos tipos de filtros y con diferentes ordenes, incluso los alumnos pueden crear sus propios filtros manteniendo los interfaces definidos. En la figura 3 se puede ver un ejemplo de un filtro Butterworth de orden 8.

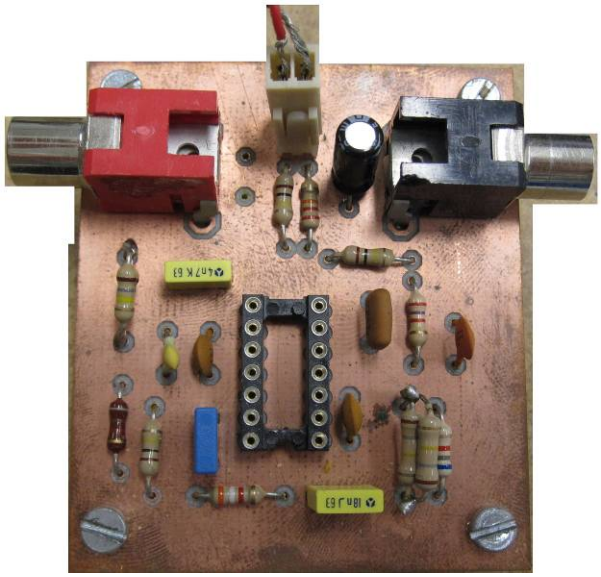

FIGURE 4. FILTRO BUTTERWORTH DE ORDEN 8.

Mediante los bloques de muestreado se puede trabajar con distintos tipos de convertidores analógico-digitales. Este tipo de bloques contiene una conexión RCA por la que se

introduce la señal que se desea convertir y un bus digital, mediante el cual se puede conectar a otra etapa. En este bloque se puede analizar la importancia de la cuantificación y el rango dinámico de la señal en función de la anchura de palabra de la conversión. En la figura 4 se puede ver un ejemplo de cuantificación de la señal.

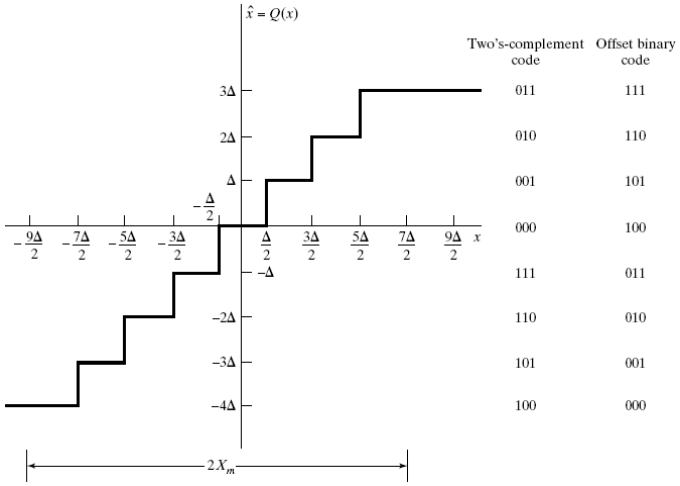

FIGURE 5. EJEMPLO DE CUANTIFICACIÓN.

Usando bloques de procesado digital de señal se pueden implementar filtros [2], moduladores o cualquier otro algoritmo. Este tipo de bloque posee dos conectores de bus digital, uno por el que se introduce la señal digital y otro por el que se proporciona la señal digital modificada.

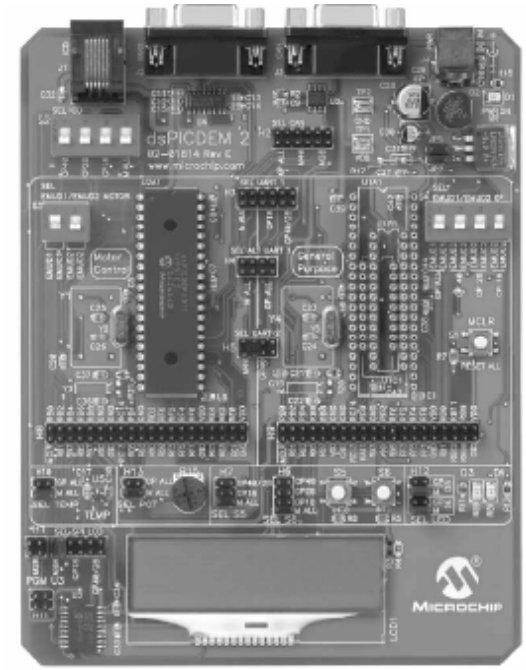

FIGURE 6. DSPIC DEVELOPMENT BOARD.

En la actualidad de dispone de dos dispositivos de procesado digital de señal, uno de ellos basado en un procesador digital de señal y el otro basado en un dispositivo de lógica programable.

El dispositivo basado en procesador es la placa de desarrollo de la empresa Microchip dsPICDEM 2, figura 4. Los dsPIC son unos microcontroladores digitales de señal muy sencillos de programas, tanto en lenguaje ensamblador como en C [3].

El bloque de lógica programable está basado en la placa de desarrollo de la empresa Altera UP1, figura 7. Esta placa dispone de una CPLD y una FPGA que se pueden programar utilizando VHDL o incluso se puede utilizar Simulink y traducir el modelo diseñado a vhdl utilizando el HDL coder. Esta placa dispone del mismo tipo de conectores para interconectar con otros dispositivos [4].

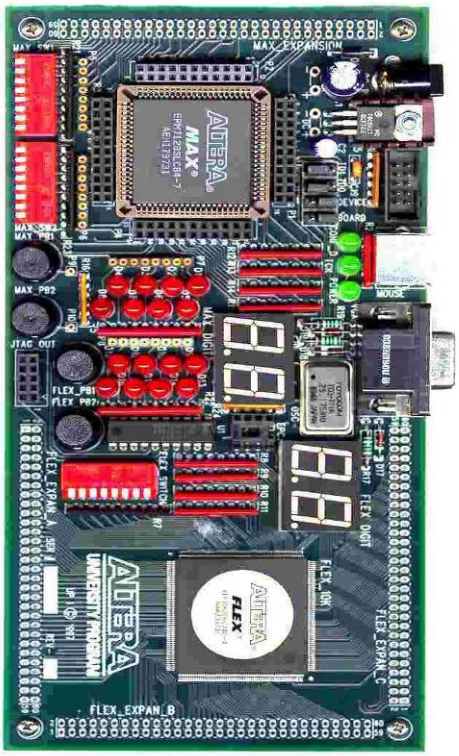

FIGURE 7. ALTERA UP1 DEVELOPMENT BOARD.

El bloque de conversión digital-analógica consta de un conector de bus digital, por el que se introduce la señal que se quiere convertir y un conector RCA para proporcional la señal anagógica de salida. La técnica empleada en este bloque es de zero-order hold, figura 8.

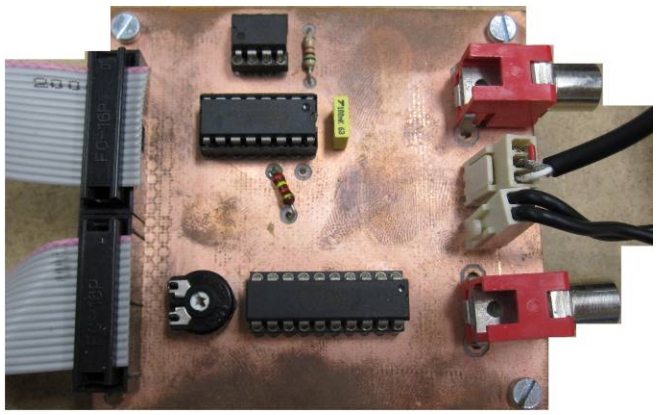

FIGURE 8. PLACA DE CONVERSIÓN ANALÓGICO-DIGITAL DIGITAL-ANALÓGICO.

El boque de filtrado de reconstrucción es el encargado de corregir los errores producidos por el convertidor digital-analógico. Para cada muestra digital, el D/A mantiene el correspondiente valor hasta el siguiente periodo. De modo que, la forma de onda de salida consiste en una serie de escalones. Esta salida, es conocida como retenedor de orden cero. Debido a esto los convertidores presentan una respuesta frecuencial descrita en la ecuación 1.

$$H(f) = \sin c\left(\pi f / f_s\right) = \frac{\sin\left(\pi f / f_s\right)}{\left(\pi f / f_s\right)} \qquad (1)$$

De modo que, el filtro de reconstrucción se debe encargar de corregir dicho efecto realizando una ecualización de la señal, como se puede ver en la figura 9.

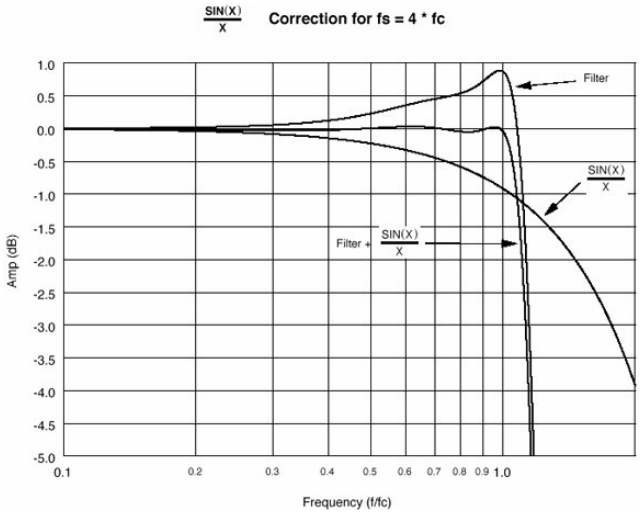

FIGURE 9. ERROR QUE PRODUCE UN RETENEDOR DE ORDEN CERO.

RESULTADOS

Como resultado del diseño se obtiene una plataforma, modular y fácilmente extensible, con la que se pueden analizar todas las etapas del procesado digital de señal. Pudendo analizar el efecto que produce cada una de ellas en el conjunto del sistema, planteando diferentes escenarios. Por ejemplo, se puede analizar cómo afectan los filtros de antialiasing y reconstrucción a la respuesta frecuencial del sistema, simplemente conectando el filtro antialiasing al de reconstrucción y midiendo el resultado con un analizado dinámico de señal. En otro escenario se puede comparar el procesado de señal entre un DSP y una FPGA, únicamente sustituyendo el bloque de procesado de señal. También se puede analizar el efecto de la longitud de palabra en un filtro FIR, implementando en la FPGA dos estructuras una con una resolución de 8 bits y otra de 16 bits y comparar los resultados [6].

CONCLUSIONES

Thanks to the developed platform, both the work of the professor and work of the student has been facilitated. The professor has a tool that allows him to transmit the knowledge of digital signal processing, by means of the implementation of small demonstrations. The students assimilate better the knowledge of signal processing by means of a tool with which they can interact. In addition, they can develop new modules.

REFERENCES

[1] Ifeachor, Emmanuel C and Barrie W Jervis, Digital Signal Processing: A Practical Approach, Second Edition, Addison-Wesley, 1993.

[2] Begoña García, Javier Vicente, "Aplicaciones de procesado de audio sobre sistemas basados en dsPIC" in Proc. TAEE'06, Madrid, Spain, 2006.

[3] J.Angulo, I. Angulo, B. García, J. Vicente, Microcontroladores Avanzados dsPIC, Paraninfo S. A, Madrid, 2005.

[4] "Implementing FIR Filters in FLEX Devices", Application note 73. Altera, www.altera.com

[5] "MAX5895 data sheet," Maxim Integrated Products, www.maxim-ic.com.

[6] Binary numbering systems. Altera Corporation, 1997