

## DESCRIPCIÓN DE UNA HERRAMIENTA INTERFAZ ENTRE MATLAB Y LA PLACA TMS320C54X

V. LLOP Y V. ALMENAR

*Departamento de Comunicaciones. Escuela Politécnica Superior de Gandia.  
Universidad Politécnica de Valencia. Ctra. Nazaret-Oliva s/n. 46730 Grao de  
Gandia. España.*

*Este artículo describe una herramienta que permite la comunicación y el control de la placa DSK del DSP de Texas Instruments TMS320C54X desde MATLAB. Dicho programa tiene diversas opciones, entre ellas: capturar señales, generar señales, osciloscopio y analizador espectral en tiempo real con visualización sobre MATLAB, y diseño e implementación en tiempo real de filtros FIR, e IIR.*

### 1. Introducción

Programas como MATLAB facilitan enormemente la enseñanza del procesado digital de señales, ya que permiten mostrar aplicaciones de la vida real a los estudiantes, lo que aumenta su motivación por aprender la teoría, y les ayuda a comprender mejor muchos de los conceptos que en ella se desarrollan. Así, cada vez más libros de texto recogen esta idea entre sus contenidos y ofrecen ejemplos que pueden experimentarse fácilmente en un ordenador [1], [2], [3]. Sin embargo, muchos estudiantes se quejan de que los experimentos realizados sobre MATLAB son *simulaciones*, y preferirían ver aplicaciones en *tiempo real*. Hoy en día, este deseo es fácilmente realizable ya que en el mercado hay disponibles placas HW de bajo coste, como por ejemplo los *DSP Starter Kit* (DSK) de Texas Instruments.

Sin embargo, existen obstáculos que dificultan la utilización de procesadores digitales de señal durante los primeros cursos de tratamiento digital de la señal: aprender a programar los modernos microprocesadores lleva demasiado tiempo, y los estudiantes deben enfrentarse a conceptos tan especializados como ejecución paralela de instrucciones, repetición por bloques, direccionamiento mediante bit inverso y programación mediante lenguaje ensamblador.

En este artículo presentaremos la manera en que hemos resuelto este problema mediante la unión del programa MATLAB con la placa DSK. Este programa se basa en una interfaz gráfica programada en GUI sobre MATLAB, su misión es permitir la selección del tipo de operación a realizar, facilitar la introducción de los parámetros que sean necesarios, y finalmente realizar la comunicación con el DSP mediante el puerto HPI (Host Port Interface).

Por ejemplo, si se quiere realizar un filtro FIR, deberemos situarnos en la pantalla de diseño de filtro FIR e introducir los parámetros del filtro que queremos. Una vez los tengamos podemos visualizar la respuesta del filtro y si nos satisface enviar los coeficientes calculados al DSP

para que realice el filtrado de la señal de entrada del puerto serie. Escuchando la salida del mismo puerto se puede comprobar el resultado en tiempo real.

El trabajo ha sido desarrollado para el DSP C54X de Texas Instruments por varias razones, en primer lugar porque en la industria los procesadores digitales de punto fijo son más utilizados debido a sus ventajas en coste y velocidad [4]. En segundo lugar, este DSP es utilizado en nuestros cursos más avanzados dedicados al procesado digital en tiempo real, así logramos una mejor utilización, y los alumnos se sienten motivados a seguir sus estudios en esta materia.

## 2. Funciones básicas

El interfaz gráfico proporciona dos funciones básicas: grabación y reproducción de señales de banda audible (hasta 10 kHz). Esto permite que los estudiantes trabajen con sus propias voces, lo que siempre encuentran divertido, o con cualquier otro tipo de señal: otras fuentes de audio, señales de un generador de funciones, etc. El programa permite cambiar tanto la frecuencia de muestreo como el número de bits (hasta un máximo de 14 bits), lo que facilita el aprendizaje de conceptos de muestreo, aliasing y cuantificación.

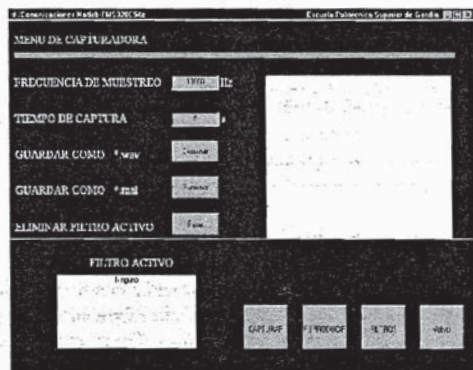


Figura 1: *Menu de capturadora*

Los principales parámetros a introducir son: la frecuencia a la que queremos muestrear la señal y el tiempo que queremos que este grabando. Una vez introducidos estos parámetros podemos presionar el botón CAPTURAR, y el DSP empezará a muestrear los datos que vengan del puerto serie. Una vez concluido podemos visualizar en la pantalla los datos capturados, grabar las señales en ficheros con formato wav, o reproducirlas.

## 3. Filtrado de señales

La interfaz gráfica posee unas pantallas donde podremos elegir el tipo de filtro y la forma de introducir los coeficientes del mismo. La opción más sencilla consiste en emplear el programa de diseño de filtros *sptool* que trae MATLAB. Mediante esta aplicación es posible diseñar el filtro visualizando la respuesta en frecuencia del mismo. Si estamos satisfechos con el diseño, el siguiente paso será enviar los coeficientes al DSP y ponerlo a filtrar.

Un ejemplo típico de aplicación del programa podría ser la realización de un filtro IIR de orden alto con unas características determinadas. Una vez tienen los coeficientes del filtro pueden comprobar su funcionamiento filtrando en MATLAB una señal de audio. Tras esta

prueba de que el filtro funciona correctamente, se les pide que utilicen el programa para cargar los coeficientes del filtro en la placa DSK para escuchar el resultado del filtrado, aquí pueden utilizar la misma señal que filtraron en MATLAB pues el programa permite transmitirla al DSP, o bien una señal que esté siendo capturada en ese momento. El resultado final les permite comprobar que el DSP no funciona *correctamente*: el filtro propuesto se hace inestable al cuantificar los coeficientes. El programa les permite ver cuales son los coeficientes que ha empleado el DSP y comprobar, viendo su diagrama de polos y ceros y su respuesta al impulso, que el filtro se ha vuelto inestable.

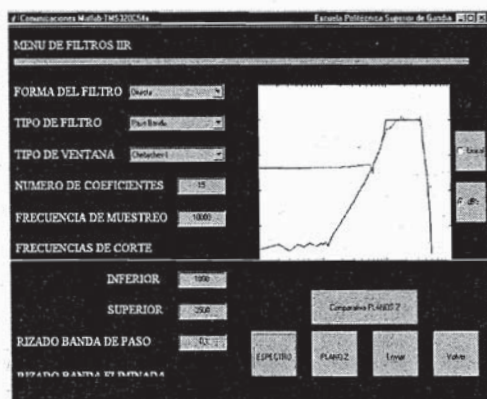


Figura 2: Diseño de filtros IIR

Se puede realizar también una función conjunta consistente en diseñar un filtro y capturar muestras por el puerto serie y realizar un filtrado de estas muestras. Para esto deberemos entrar en la opción filtros, diseñar el filtro deseado que quedará como filtro activo y realizar la captura.

#### 4. Funciones avanzadas

También hemos añadido otras aplicaciones a la interfaz gráfica. A continuación se describen brevemente:

- Generador de señales. Se puede generar una señal de forma arbitraria, cargarla y utilizar la función reproducir. El DSP generará la función deseada pudiendo visualizarla a la salida del puerto serie.
- Osciloscopio. Se introducen los parámetros deseados y se realiza la captación de señales por la entrada del puerto serie, pudiendo tanto visualizarlos en pantalla como grabarlos en un fichero.
- Analizador de Espectros. Se ha desarrollado un analizador de espectros digital mediante la FFT en el DSP. Los alumnos pueden ver la representación gráfica de los

A continuación, se les propone calcular la implementación del filtro en secciones de segundo orden en cascada, cargar los nuevos coeficientes en el DSP y escuchar de nuevo el resultado del filtrado: comprobarán que ahora sí funciona. Esta demostración ayuda a comprender fácilmente la importancia de la cuantificación de los coeficientes de un filtro IIR.

resultados en la pantalla y pueden cambiar algunos parámetros como: inventanado, número de puntos, solapamiento, etc. Esta aplicación puede emplearse para realizar un *juego*: un grupo de alumnos genera una suma de tonos y le añaden ruido (dentro de unos márgenes) y lo envían a la salida del DSP, mientras tanto otro grupo debe descubrir la posición de los tonos.

## 5. Conclusiones

En este artículo se ha presentado una aplicación que realiza una unión entre MATLAB y la placa DSKP-TMS320C54X de Texas Instruments, y que permite la utilización de un DSP en un laboratorio de introducción al tratamiento de la señal sin la necesidad de contar con conocimientos de programación del mismo. Pensamos que esta herramienta ayudará a motivar a los alumnos en el estudio del tratamiento digital de la señal.

Como ejemplo se ha mostrado su utilización en el filtrado digital de señales. Además, se han presentado otras funciones complementarias como el generador de funciones, el osciloscopio y el analizador de espectros.

## Referencias

- [1] S. Mitra. *Digital Signal Processing: A Computer Based Approach*. Editorial McGraw-Hill, 1998.
- [2] V. Ingle y J. Proakis. *Digital Signal Processing Using MATLAB V.4*. Bookware Companion Series., PWS Publishing, 1997.
- [3] A. Ambaradar y C. Borghesani. *Mastering DSP Concepts Using MATLAB*. Prentice-Hall, 1998
- [4] C. Inacio y D. Ombres. *The DSP decisión: Fixed Point or Floating?* IEEE Spectrum, 72-74, 1996.