

# EVALUACIÓN DE DOS ENFOQUES DIFERENTES EN LA ENSEÑANZA DEL D.S.P

Soria E. , Martínez M. , Calpe J. , Guerrero J.F., Espí J.

Universidad de Valencia  
Facultad de Física  
G.P.D.S. Dpto. de Informática y Electrónica.  
Dr. Moliner 50 46100 Valencia

Tfno: (96) 3864353  
Fax: (96) 3864768  
e-mail: calpe@vm.ci.uv.es

## RESUMEN

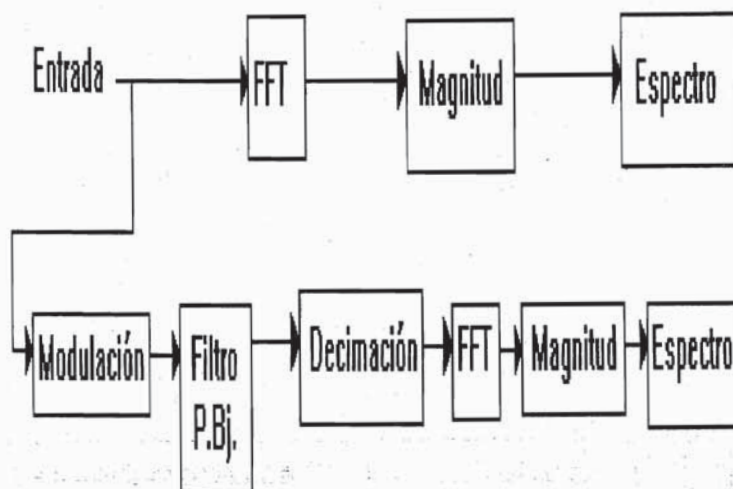
*Este trabajo compara la utilización de dos tipos diferentes de programas en la enseñanza de laboratorio de las técnicas de procesado digital. Representan dos estilos diferentes: por una parte tenemos un paquete CAD en entorno gráfico y por otra un programa donde las funciones se implementan mediante rutinas de programación. Otro punto tratado por esta ponencia es el mayor interés de los alumnos en los laboratorios cuando se les plantean problemas prácticos, lo que permite alcanzar una mayor comprensión de los conceptos implicados en la sesión.*

## 1. INTRODUCCIÓN

La práctica realizada se encuadra dentro de la asignatura "Filtros Digitales" de la carrera de Ingeniería Electrónica impartida por la Universidad de Valencia en el segundo cuatrimestre del curso. Esta asignatura se estudia tras cursar "Procesado Digital de la Señal" durante el primer cuatrimestre. Los alumnos poseen, por tanto, todos los conocimientos necesarios para el desarrollo de la práctica.

El problema planteado consiste en la obtención de una función típica de un analizador de espectros: la realización de un *zoom* de una determinada banda de frecuencias del espectro. Para una mayor claridad de los conceptos implicados se plantea el problema en forma de bloques independientes. En cada uno de ellos el alumno debe implementar una serie de funciones digitales para, posteriormente, ensamblarlos y comprobar su funcionamiento en conjunto.

El diagrama de bloques es el siguiente:



**Figura 1. Diagrama de bloques de la práctica.**

El espectro de la señal de entrada se calcula en la rama superior del diagrama de bloques expuesto en la figura 1. Esta señal consiste en la suma de dos sinusoides de frecuencias muy cercanas por lo que para poder visualizarlas en el espectro como separadas es necesaria una determinada resolución, mínima frecuencia discernible. Empleando la FFT, ésta toma el valor:

$$\text{Resolución} = \frac{F_m}{N} \quad [1]$$

donde  $F_m$  es la frecuencia de muestreo y  $N$  es el número de puntos de la FFT. Si queremos mejorar la resolución para una frecuencia de muestreo alta se necesitará un gran número de puntos de la FFT. Esto conlleva un aumento de operaciones en la computación de la Transformada de Fourier que provoca que sistemas con capacidad de cálculo limitada no sean capaces de efectuarlo con la suficiente rapidez.

Para resolver este problema se utiliza la decimación, una de las operaciones fundamentales en el Procesado Digital de la Señal (D.S.P.). Consiste en disminuir la frecuencia de muestreo en un factor  $M$ , ese número se denomina factor de decimación ( $M$ ). Tras decimar y realizar el espectro de la señal sobre un mismo número de puntos se obtiene para la resolución la siguiente expresión:

$$\text{Resolución} = \frac{F_m}{M \cdot N} \quad [2]$$



La resolución ha disminuido, por tanto, frecuencias muy cercanas, en principio no discernibles, ahora sí que lo son. Uno de los problemas asociados con la decimación es la disminución de la frecuencia de muestreo, que puede provocar *aliasing*, uno de los principales problemas de las técnicas digitales. Para evitarlo es necesario la utilización de un filtro pasa-baja, representado por el bloque Filtro P.Bj. en la Figura 1. La condición para que no se produzca *aliasing* es que:

$$F_{\text{señal}} \leq \frac{F_m}{2} \quad [3]$$

donde  $F_{\text{señal}}$  es la mayor componente frecuencial de la señal. Así pues se tiene que diseñar un filtro pasa-baja que cumpla [3].

Otro factor a tener en cuenta es la acotación de la banda espectral que queremos aumentar. El procedimiento para ampliar sólo la zona de interés es *modular* la señal. Esta operación consiste en desplazar el espectro mediante la multiplicación de la señal de entrada por una senoide. De esta manera desplazaremos la región donde vamos a realizar el zoom al origen de frecuencias por lo que la frecuencia de corte del filtro pasa-baja puede escogerse menor, de ahí que la modulación aparezca en el diagrama de bloques de la figura 1 antes de la aplicación del filtro.

Resumiendo, en la práctica que se realizó, se revisaron los conceptos fundamentales del D.S.P al mismo tiempo que se implementó un sistema muy usado por los analizadores de espectros, dispositivos con capacidad de cálculo limitada de ahí la necesidad de la decimación. Esta doble vertiente de repaso de conceptos teóricos y aplicación a sistemas prácticos de las técnicas digitales hacen esta práctica particularmente interesante para los alumnos como se pudo comprobar en las encuestas realizadas al final de la sesión de laboratorio.

## 2. MATERIAL DISPONIBLE

Para el desarrollo de la práctica el alumno cuenta con dos programas cuya filosofía es muy diferente. Por una parte se usa el *Matlab* de *The Math Works Inc.*, un paquete informático muy difundido que dispone de una serie de bibliotecas especializadas en control, identificación de sistemas, redes neuronales y Procesado Digital de la Señal. Esta última librería dispone de un conjunto muy potente de instrucciones que implementan muchas funciones del D.S.P. El alumno debe seleccionar las instrucciones necesarias para el desarrollo del sistema, ensamblarlas mediante un programa para, finalmente, comprobar los resultados. Modificaciones importantes en las especificaciones del problema requieren generalmente, un cambio del programa.

El otro entorno que se va a usar es el *Block Diagram* del *Hypersignal- Windows* de *Hyperception Inc.* Este paquete informático de CAD posee un potente interface gráfico que permite en todo momento una visión de conjunto del sistema implementado. El Diagrama de Bloques dispone de una serie de iconos que representan los diferentes elementos del sistema digital (operaciones aritméticas, generadores de señal, funciones digitales, displays,...)



pudiéndose generar bloques más grandes mediante la unión de varios de ellos. En este programa los parámetros de cada función se visualizan en forma de iconos dando una mayor imagen de conjunto frente al Matlab.

Los ordenadores disponibles para la realización de la práctica eran 486DX a 33 MHz con una memoria RAM de 4 MB. Había un ordenador por cada pareja de prácticas, contando en todo momento con los manuales del programa utilizado para facilitar su uso. Hay que reseñar que fue la primera práctica realizada con el Hypersignal por lo que en una sesión anterior de prácticas se les dio un seminario sobre este programa. Esta introducción no fue necesaria para el Matlab pues los alumnos ya habían trabajado con él durante un cuatrimestre.

### 3. REALIZACIÓN DE LA PRÁCTICA

Se separó a los alumnos en dos grupos usando cada uno de ellos un programa diferente. Al final de la sesión se intercambiaron los dos grupos. Antes del iniciar la segunda parte se pasó una encuesta sobre los conceptos teóricos y didácticos de la práctica. Se siguió esta manera de proceder para obtener respuestas lo más fiables posibles. Esto es lógico ya que un alumno tiene los conceptos de una práctica más claros tras haberla realizado. Este hecho provocaría que al pasar sólo una encuesta al final de la tarde daría como mejor programa el usado en último lugar.

Cada sesión duró dos horas y media preguntándose a los alumnos en la encuesta si les parecía el tiempo suficiente para la implementación del zoom espectral. Al final de la tarde se pasó una segunda encuesta.

El cuestionario de la 1ª encuesta que valoraba las características de la práctica y el programa fue el siguiente:

- 1º) ¿Qué ventajas e inconvenientes tiene el programa usado para el desarrollo de la práctica?.
- 2º) ¿Crees que has aclarado algún concepto con la práctica?.
- 3º) ¿Has tenido suficiente tiempo para su realización?.
- 4º) ¿Harías alguna modificación sobre la práctica?.
- 5º) ¿Te parece interesante implementar aplicaciones reales del Procesado Digital de la Señal?.
- 6º) Añade cualquier sugerencia que consideres oportuna.

En la segunda encuesta el alumno comparaba los dos programas informáticos dando las ventajas e inconvenientes de cada uno de ellos para la realización de la práctica.

### 4. RESULTADOS OBTENIDOS

En la Tabla I se presentan las respuestas más comunes de los alumnos a las preguntas planteadas en el cuestionario. Se pueden comparar las respuestas y ver las características didácticas de cada uno de ellos.

	MATLAB	HYPERSIGNAL
VENTAJAS	Estructurado, claro y con buen control de las variables	Rápido en la implementación de sistemas, claro, fácil, cómodo,
INCONVENIENTES	Lentitud	Poco flexible
TIEMPO NECESARIO	50% Insuficiente, 50% Suficiente	Todos los alumnos consideraron el tiempo suficiente
CONCEPTOS ACLARADOS	Todos los implicados en la práctica	Todos los implicados en la práctica
REALIZACIÓN DE PRÁCTICAS REALES	100% de acuerdo	100% de acuerdo
SUGERENCIAS	Aumentar el tiempo de prácticas	Ninguna

Tabla I. Respuestas de los alumnos tras la primera sesión

Seguidamente (Tabla II) se muestran los resultados obtenidos con la segunda encuesta en la que se les pedía que compararan ambos programas.

	MATLAB	HYPERSIGNAL
VENTAJAS	Flexible, versátil, estructurado, como se programa se pueden optimizar los recursos	Rápido, fácil, da una visión general del problema.
INCONVENIENTES	Lento, incómodo	Rígido con poca flexibilidad

Tabla II. Resultado de la encuesta tras la segunda sesión

## 5. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos se pueden sacar una serie de importantes conclusiones. La primera deriva del hincapié de los alumnos en la facilidad del Hypersignal, programa CAD en un entorno gráfico, frente al Matlab, paquete donde las aplicaciones se obtienen por programación. Esta facilidad se refleja también en el menor tiempo necesario para la realización de la práctica con uno y otro programa.

Otra de las conclusiones de la encuesta es la preferencia de los alumnos por el programa gráfico aunque sea menos flexible en la implementación de las diferentes funciones digitales.



El interés de la práctica aumenta si se simulan problemas reales, aumentando su comprensión en estos casos. Este punto lo comprobamos al corregir las preguntas teóricas de la práctica. La respuesta de los alumnos fue contundente: no quieren problemas académicos en las horas de prácticas.

Por último el alumno prefiere usar el tiempo analizando el problema que se le propone que emplearlo realizando las rutinas de programación que se lo resolverán. Esta fue otra de las razones dadas por los alumnos para la elección del Hypersignal.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] J.G. Proakis, C.M. Rader, F. Ling, C.L. Nikias. "Advanced Digital Signal Processing". Ed. Macmillan Publishing Company. Cap 3, 1992.
- [2] "Hypersignal for Windows Block Diagram". Version 2.00 Users Manual. 18 April, 1993.
- [3] "Matlab, Reference Guide". July 1993.
- [4] "DSP Link" ISSUE 9, 1993.