

SISTEMA COMPLETO DE ADQUISICIÓN Y TRATAMIENTO DE DATOS EN TIEMPO REAL

Pallarès J. , Marsal L.F. y Cano A.

Universidad Rovira i Virgili
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria
Departamento de Ingeniería Electrónica
Autovía de Salou s/n 43006 Tarragona

Tfno: (977) 55 96 25
Fax: (977) 55 97 10
e-mail: jpallare@etse.urv.es

RESUMEN

Para facilitar la enseñanza de la electrónica y aumentar el rendimiento académico de los alumnos, se considera adecuado que estos puedan experimentar individualmente en los laboratorios con los conceptos desarrollados a nivel teórico. Además, también resulta útil analizar aplicaciones interdisciplinarias, pues se les proporciona una visión globalizadora.

En esta comunicación se presenta una aplicación de adquisición y procesado digital en tiempo real de una señal. Por un lado, incluye subsistemas tanto analógicos como digitales, y por otro, se puede utilizar para profundizar en el análisis de una materia específica como programación en lenguaje máquina o filtrado de señales.

En esta aplicación el alumno estudia hardware de acondicionamiento y conversión de la señal, analiza la respuesta temporal de un filtro a una función escalón y, mediante programación, realiza un tratamiento de datos en tiempo real.

1. INTRODUCCIÓN

Para despertar el interés de un alumno por una materia, aumentando su rendimiento académico, es necesario que se le permita experimentar con los conceptos que debe adquirir, así como relacionarlos con otros de asignaturas afines. Por lo tanto, una forma de aumentar el

nivel docente de nuestras aulas consiste en proponer al alumno que desarrolle aplicaciones explicadas teóricamente y proporcionarle las herramientas necesarias para que las lleve a cabo experimentalmente.

Partiendo de estas premisas, presentamos una de las aplicaciones propuestas a nuestros alumnos de segundo curso de Ingeniería Técnica en Informática de Sistemas y de Ingeniería Técnica en Electrónica Industrial. Consiste en un sistema completo de adquisición y tratamiento digital de datos en tiempo real, cuyo esquema básico se describe en la figura 1, diseñado para analizar el funcionamiento de sistemas mixtos analógicos-digitales, mediante profundización tanto en el tema de filtrado de señales como en el de programación en lenguaje máquina.

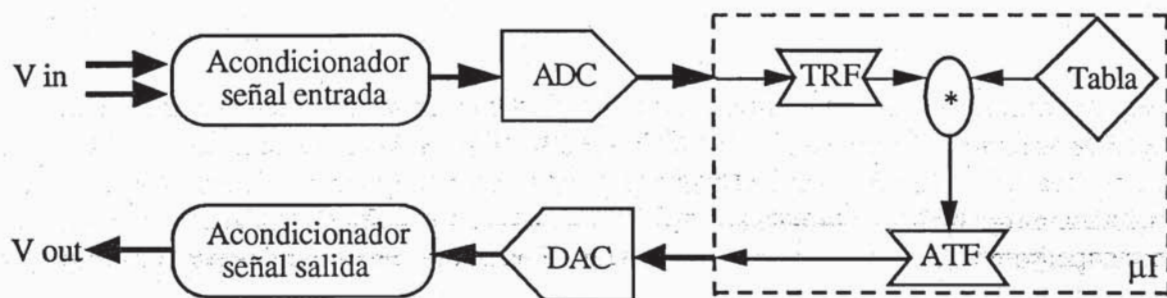


Figura 1. Diagrama de bloques de la aplicación

El sistema se puede separar en dos etapas analógicas, una de entrada y otra de salida, y un subsistema digital:

- La primera etapa analógica está formada por un circuito sumador de las señales de entrada (V_{in}) y un adaptador de tensión a niveles propios del convertor (ADC). Una vez completada la digitalización de la señal, se procede a la realización de su tratamiento digital.
- En el subsistema digital, μI , se realiza primero la transformada rápida de Fourier (TRF) de la señal procedente del convertor y el resultado se multiplica (*) con la función de transferencia del filtro a implementar (tabla), que previamente se ha cargado en memoria del microinstructor. El último paso es la realización antitransformada de Fourier (ATF) de la señal ya filtrada.
- En la última etapa se convierte a analógico la señal procedente del microinstructor (DAC) y se eliminan los armónicos procedentes del filtrado.

Los conocimientos previos que el alumno debe poseer para comprender la aplicación son:

- aplicaciones lineales del amplificador operacional: sumador, adaptador de nivel y convertidores corriente-tensión.
- filtros: topologías y funciones de transferencia.
- convertidores analógicos-digitales y fuentes de corriente.
- programación en lenguaje máquina.
- transformada y antitransformada de Fourier.

- metodologías de superposición para realizar la convolución.
- comunicaciones entre PC y el microinstructor.

En función de estos conocimientos previos, se puede pensar que un tercer curso (quinto cuatrimestre) es el nivel adecuado de los alumnos para la realización de esta aplicación.

En el diseño de la aplicación se ha ponderado más el interés pedagógico que sus prestaciones como sistema de laboratorio.

Para aprovechar al máximo las ventajas que de este ejemplo se desprenden, nuestra experiencia docente demuestra que la metodología más apropiada es aquella en la que el profesor hace, después de la explicación teórica de la materia, una demostración a un grupo reducido de alumnos (se solidifican los conceptos mediante visualización de la señal correspondiente a diferentes tipos de filtros y la explicación de los algoritmos usados) y después propone a los alumnos, a modo de ejercicio práctico, la realización de otros tipos de filtro. Esto no representa un trabajo excesivo para el alumno, puesto que conoce, según el plan de estudios, los componentes analógicos así como el funcionamiento y la metodología de programación del microinstructor.

2. SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

El hardware utilizado para adquirir la señal de entrada (V_{in}), un acondicionador de señal y un convertor analógico-digital, se representa en la figura 2.

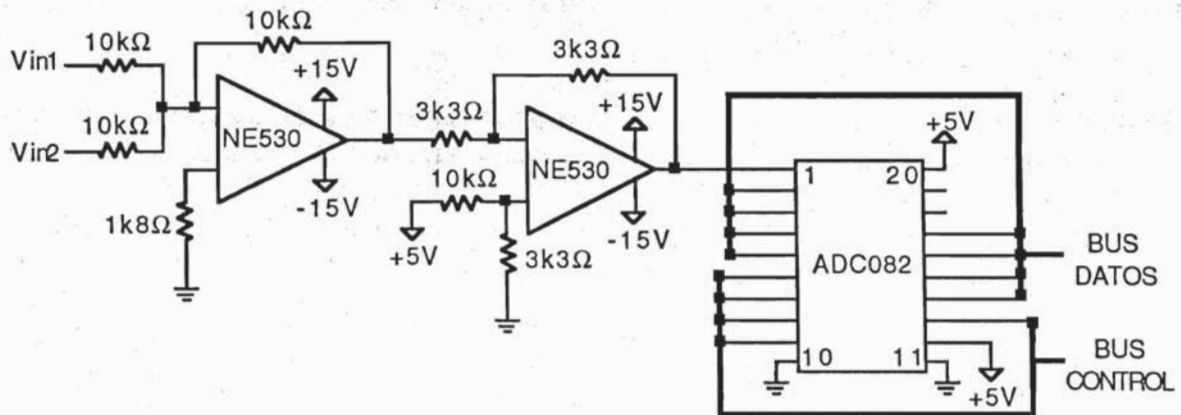


Figura 2. Circuito de adquisición de datos

El convertor analógico-digital usado es el ADC0820 [1], tipo medio-flash de 8 bits y controlable por microprocesador. Necesita dos puertos de comunicación en paralelo: en uno se reciben las señales de control del convertor y en el otro se obtienen los datos de la conversión. Dado que el convertor sólo trabaja con señales positivas de entre 0 y 5 V, necesita un adaptador de tensión para poder trasladar las señales de entrada, de $\pm 2.5V$, a los niveles propios del convertor. Se consigue mediante un amplificador diferencial basado en el NE530.

También se incluye un sumador para obtener como tensión de entrada la composición de señales de diferentes frecuencias.

3. TRATAMIENTO DIGITAL DE LA SEÑAL

Una vez adquirida la señal analógica y convertida a digital, se pretende que los alumnos realicen un procesado digital, en tiempo real, de la misma. En concreto, el programa de aplicación que se les facilita es un filtro pasa bajo de Butterworth de segundo orden cuyo organigrama se representa en la figura 3.

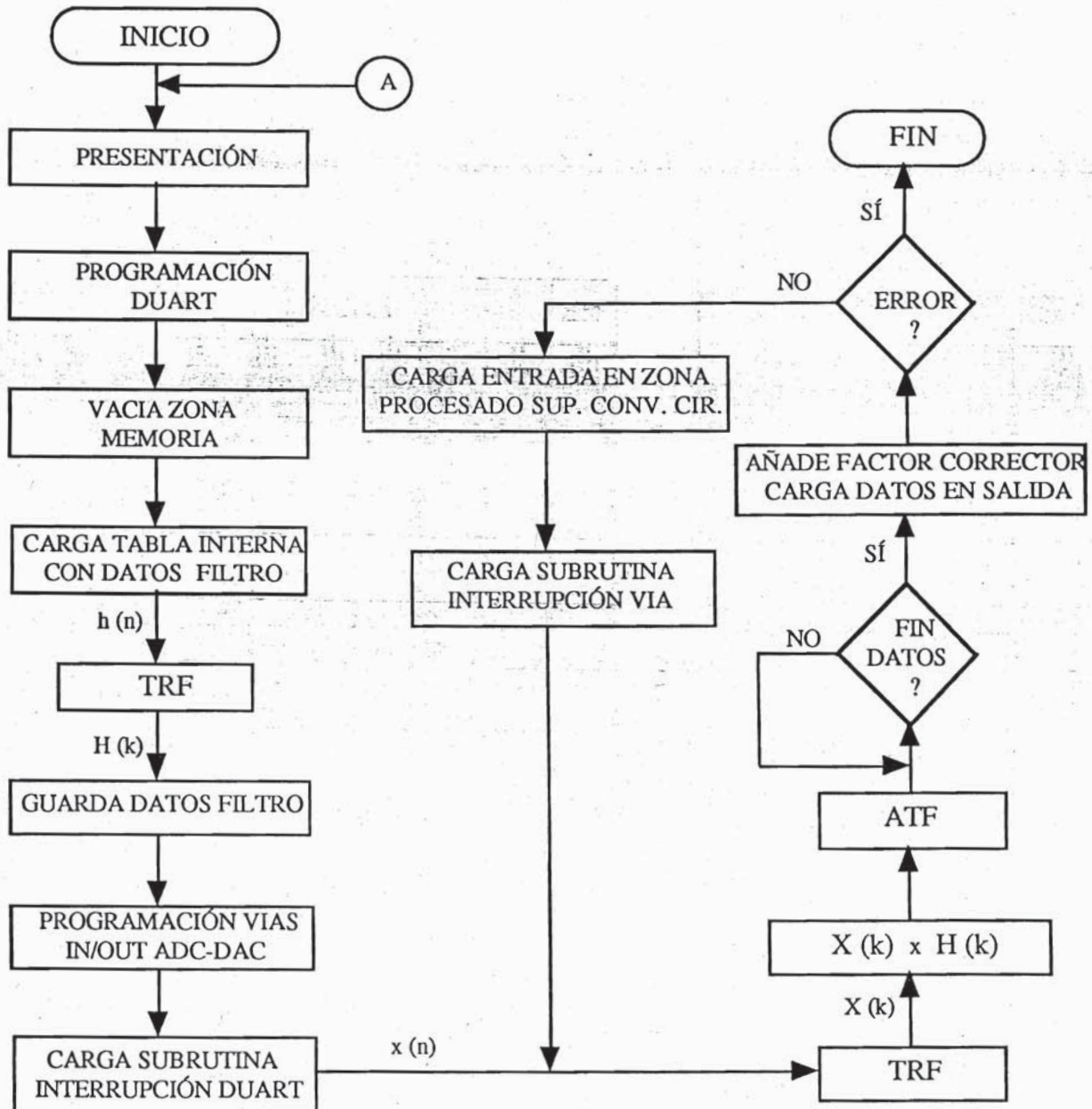


Figura 3. Organigrama del programa de aplicación

El sistema microprocesador sobre el que se ha desarrollado la aplicación es el microinstructor TM-683 de PROMAX [2], un sistema didáctico de 16 bits basado en el MC68000 [3]. Posee una memoria SRAM de 64 k palabras y una EPROM de 32 k. Tiene dos canales de comunicación serie RS232 (Dual Asynchronous Receiver/Transmitter o DUART) y cuatro paralelo (Versatile Interface Adapter o VIA 6522) de 8 bits. Incluye también software para facilitar su control desde PC y para desarrollar aplicaciones (monitor, ensamblador, enlazador y simulador).

Una vez inicializado el programa, éste pide la ganancia (G) y la frecuencia de corte (f_0) del filtro a implementar. Los valores de frecuencia están cuantificados en niveles de 50 Hz, produciéndose un redondeo a menos automático, mientras que hay 10 posibles valores de ganancias. Se produce un mensaje de error cuando se selecciona una frecuencia de corte superior a los límites establecidos o cuando la ganancia es demasiado elevada (saturación del DAC), retornando entonces al inicio del programa.

La DUART es el dispositivo que gestiona la comunicación del microinstructor con el PC. En este caso se ha programado para que, una vez entrados los datos del filtro y el programa esté en el bucle principal, se produzca una interrupción con sólo tocar una tecla. Entonces el programa vuelve a empezar sin necesidad de reinicialización. Esto obliga a vaciar las zonas de memoria que serán utilizadas. El organigrama se muestra en la figura 4.

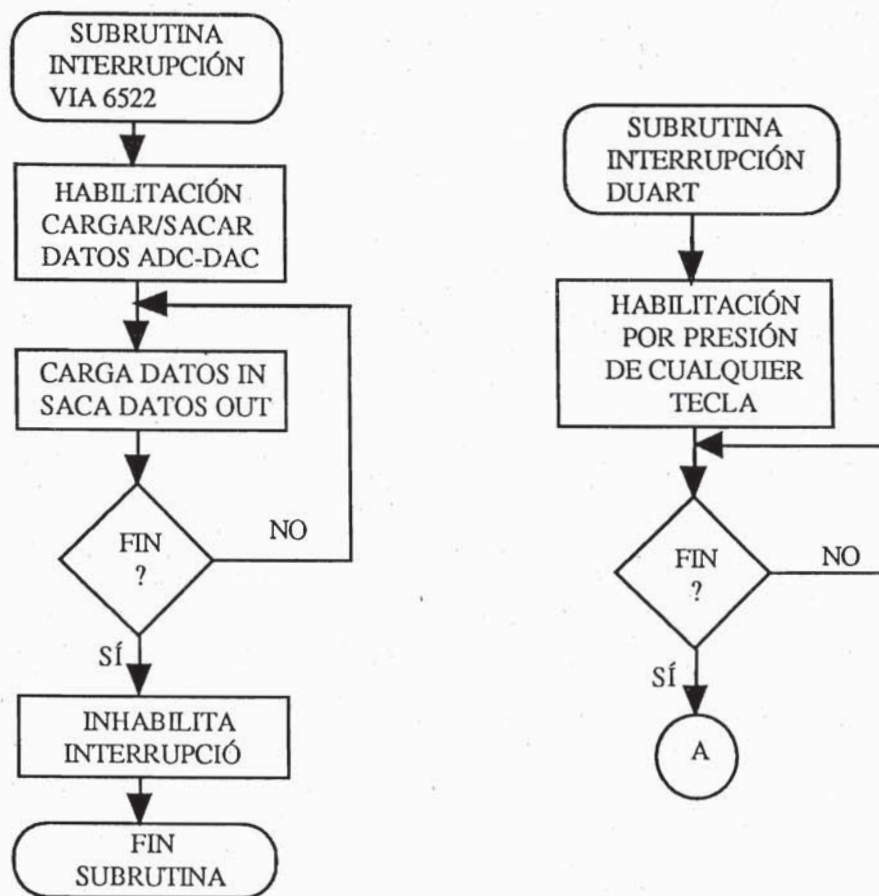


Figura 4. Organigrama de los programas de VIA y DUART

En la programación del filtro se han utilizado tablas normalizadas en ganancia, correspondientes a la respuesta temporal a un impulso del filtro correspondiente $h(t)$, calculadas antes de iniciar el procesado para reducir el tiempo. Estos valores están dispuestos para que el microprocesador acceda a ellos de forma incremental, de forma que se utiliza un direccionamiento de memoria indirecto con postincremento. Para el filtro pasa bajo de segundo orden, la función que determina la tabla es [4]:

$$H(s) = \frac{G w_0^2}{s^2 + \sqrt{2} w_0 s + w_0^2} \quad h(t) = \begin{cases} 0, & t < 0 \\ w_0 \sqrt{2} \sin \sqrt{w_0 t} \exp[-(\sqrt{w_0 t})] & t \geq 0 \end{cases} \quad [1]$$

Esta función se muestra al mismo periodo que la señal de entrada, $370 \mu s$, obteniéndose 32 muestras $H(k)$ después de aplicarles el típico algoritmo de TRF [4]. Como el convertor ADC es de 8 bits, es necesario extender su longitud a 32 bits, añadiendo ceros, para poder realizar el producto de $H(k)$ con $X(k)$, el resultado de aplicar la TRF a la señal de entrada.

El resultado de la convolución es también de 32 bits pero con aliasing temporal. Para eliminarlo se utiliza el método de superposición y grabación, con lo que el número de muestras útiles se limita a 25 por operación.

La programación de los puertos paralelos se realiza considerando sus registros como elementos de memoria, sólo se necesita la información adecuada en cada uno de sus registros. De las dos VIA del microinstructor, uno se utiliza para leer datos y controlar el ADC, mientras que el otro suministra los datos al DAC y también genera el periodo de muestreo con sus temporizadores internos.

4. GENERACIÓN DE LA SEÑAL ANALÓGICA

Una vez realizado el procesado digital de la señal, es necesario volver a convertirlo a analógico para poder visualizarlo en el osciloscopio. El esquema básico se muestra en la figura 5.

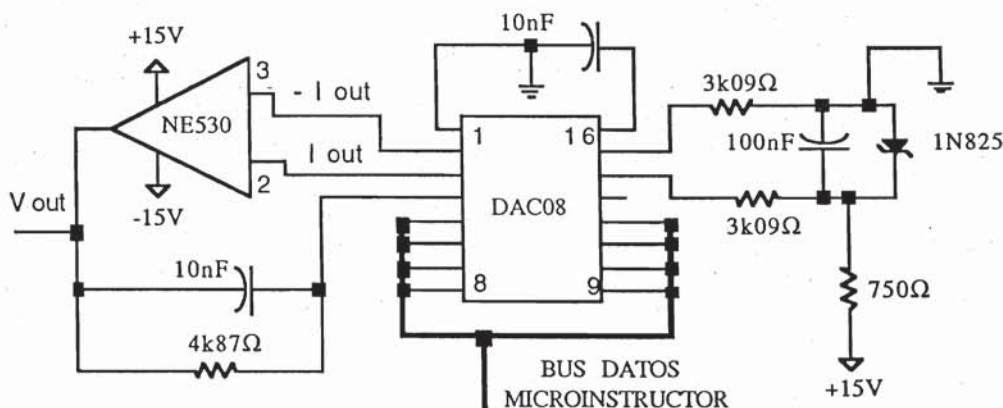


Figura 5. Circuitería del convertor digital-analógico

El convertor digital-analógico DAC0800 [1], tipo red R/2R de 8 bits, no necesita ningún control del microinstructor, por lo que sólo utiliza un puerto paralelo para la lectura de los datos. Como su señal de salida son dos corrientes complementarias, precisa de una fuente de corriente, basada en el Zener 1N825 y de un convertor corriente-tensión, basado también en el NE530, que a su vez actúa de filtro pasa-bajo de primer orden a 3 kHz.

5. APLICACIÓN

La aplicación que se les facilita a los alumnos es un filtro Butterworth pasa bajo de segundo orden con frecuencia de corte 200 Hz. Con esta demostración se consigue que estos analicen el funcionamiento de cada una de las etapas, así como su contribución al resultado final.

En la figura 6 se representa el resultado, visualizado en el osciloscopio, de procesar la señal compuesta de dos senoidales de frecuencias 100 y 700 Hz. Se observan tanto la señal de entrada como la de salida, formada tan sólo por la componente de baja frecuencia.

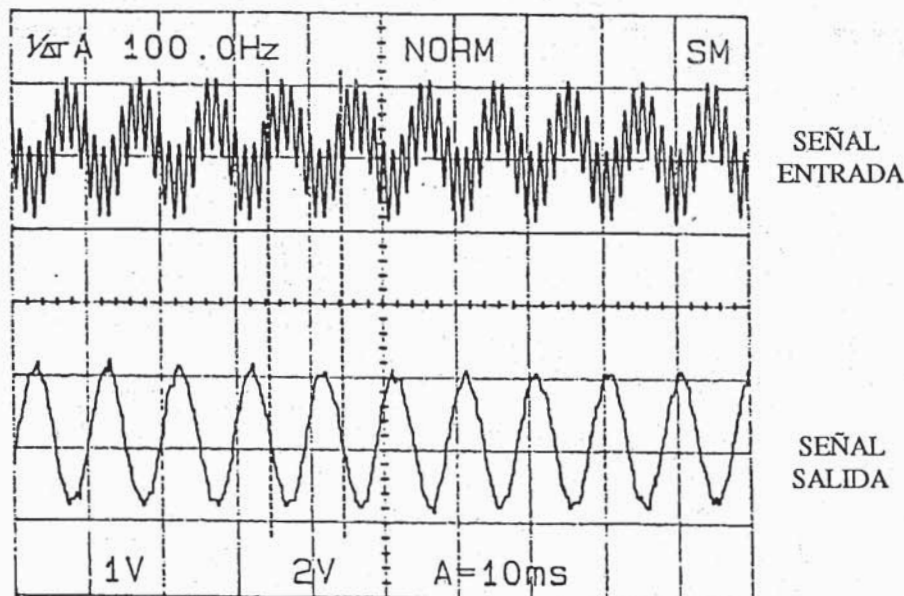


Figura 6. Señales de entrada y salida para la demostración de la aplicación

Una vez analizado el funcionamiento del sistema, y hecha la demostración para este caso particular, se propone al alumno que implemente, vía software, la tabla con la respuesta a la función escalón correspondiente a otro tipo de filtro.

De esta forma tan sencilla, los alumnos pueden comparar la diferencia en el resultado de procesar una misma señal con un filtro de Butterworth o de Chebychef, un filtro de segundo o cuarto orden, etc. El montaje experimental, hardware y software, permite a los alumnos solidificar sus conocimientos en programación en lenguaje máquina, acondicionamiento y conversión de señales, mientras que la visualización en la pantalla del osciloscopio del señal

procesado les clarifica las diferentes propiedades de los filtros.

6. CONCLUSIONES

Para mejorar el rendimiento del alumno en el aprendizaje de la electrónica es conveniente presentar, después del desarrollo teórico de la materia, alguna demostración colectiva vía software o vía hardware de los conceptos que se pretenden solidificar y su posterior realización experimental por parte del alumno.

También es conveniente presentar a los alumnos ejemplos de aplicaciones interdisciplinarias, en donde se necesiten conocimientos de varias asignaturas, para que relacionen conceptos y propiedades de diferentes áreas de la electrónica.

En concreto se propone, como aplicación para el capítulo de los filtros, un sistema completo de adquisición y tratamiento de datos en tiempo real. El alumno tiene que implementar una tabla con la respuesta temporal a un escalón del filtro que pretende analizar. Los conceptos que se utilizan en el desarrollo de la aplicación son de áreas tan variadas como programación en lenguaje máquina, transformada de Fourier, conversores analógicos-digitales y acondicionamiento analógico de señales.

En esta aplicación se cumplen los dos aspectos que se pretenden fomentar. En primer lugar facilitar el aprendizaje una materia, puesto que permite comparar fácilmente diferentes tipos de filtros con solo variar, vía programación, la tabla de la función de transferencia correspondiente. Y en segundo lugar proporcionar una visión más amplia de la electrónica, puesto que se combinan conceptos interdisciplinarios tales como adquisición y acondicionamiento analógico, conversores, procesamiento digital, programación en lenguaje máquina o funciones de transferencia.

7. BIBLIOGRAFIA

[1] "Data Handbook. Linear Products IC11". Philips Components. 1989.

[2] PROMAX, S.A. "TM-683: Sistema microinstructor para el microprocesador 68000. Manual de instrucciones". Versión 1.1. Setiembre 1990.

[3] T. Mimar. "Programming and designing with the 68000 family". Prentice-Hall International, Inc. 1991.

[4] A.V. Oppenheim y R.W. Schaffer. "Discrete-Time Signal Processing". Prentice-Hall International, Inc. 1989.