

# SISTEMAS ELECTRÓNICOS AVANZADOS: UNA PROPUESTA CONCRETA PARA LA ADAPTACIÓN AL NUEVO ESPACIO EUROPEO DE EDUCACIÓN SUPERIOR

J. CERDÁ<sup>1</sup>, G. RAMOS<sup>1</sup>, R. COLOM<sup>1</sup> Y A. SEBASTIÀ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Departamento de Ingeniería Electrónica. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación. Universidad Politécnica de Valencia. España.*

*Este artículo pretende describir la iniciativa seguida para la reestructuración de la asignatura Sistemas Electrónicos Avanzados, perteneciente al plan de Estudios de Ingeniería de Telecomunicación, para hacerla más práctica, más experimental y más adaptada a el nuevo Espacio Europeo de Educación Superior. La directriz seguida, a grandes rasgos, consiste en reducir el temario de teoría, ampliar el trabajo en laboratorio y evaluar mediante trabajos prácticos propuestos por los propios alumnos.*

## 1. Introducción

La adaptación al nuevo Espacio Europeo de Educación Superior plantea unos retos nada desdeñables al profesional de la docencia en general, y a aquellos relacionados con la tecnología electrónica muy en particular. La reestructuración de planes de estudio conlleva todo un cambio de enfoque, tanto en la distribución de conocimientos a lo largo de las distintas titulaciones, como en la forma en que éstos deben ser impartidos para que el alumno los aprehenda de una forma eficaz y eficiente.

En el campo de la electrónica, los desafíos aludidos son mayores, si cabe, dado que el velocísimo desarrollo tecnológico trae aparejada una acuciante necesidad de reciclaje y puesta al día, mucho más crítica que en otras áreas en las que el avance tiene lugar con mucha más lentitud. En ese sentido, es ahora el momento ideal para reflexionar acerca de cuáles deberían ser los parámetros que deberíamos seguir en el diseño o rediseño de las asignaturas de cara a incorporarlas dentro de este nuevo marco de referencia, intentando dilucidar qué enfoques se adaptan más a los condicionantes, tanto externos como internos, en los que se desenvuelven nuestros campos respectivos [1]. Ahora, más que nunca, es necesario un proceso donde la información fluya libremente entre los profesionales de la electrónica en todos los sentidos. Es ineludible el flujo vertical de la información: los docentes necesitamos conocer las necesidades de la industria, así como participar del grado de formación con el que un alumno medio ingresa en nuestras titulaciones; las empresas necesitan conocer en qué medida la modificación de los planes de estudio afectará al perfil del profesional que irrumpirá en el mercado a resultas de tamaña reestructuración. Pero, por supuesto, también es necesario el flujo horizontal que, en la medida de lo posible, armonice los planes de estudio de las distintas titulaciones y escuelas que imparten simultáneamente una misma disciplina, siempre con el ánimo en mente de eliminar las divergencias existentes.

Para colaborar en una tarea de dicha envergadura, aportando nuestra pequeña contribución dentro de nuestras posibilidades, en este artículo presentamos la forma en que se están llevando a cabo las modificaciones enfocadas hacia las inminentes reestructuraciones, dentro del marco de una asignatura concreta, Sistemas Electrónicos Avanzados, asignatura perteneciente al segundo ciclo de Ingeniería de Telecomunicación, actualmente impartida en la Universidad Politécnica de Valencia. Dicha asignatura tiene por objeto el estudio de los sistemas microprocesadores específicos, microcontroladores y DSPs, así como de los Buses de Campo normalizados [2]. En los siguientes apartados intentaremos cubrir todos aquéllos aspectos prácticos de la impartición de la misma que

puedan resultar interesantes para el profesional y que puedan servir como base para la adaptación de otras áreas de conocimiento.

Por lo tanto, nuestro objetivo al emprender la confección de este artículo, es, en realidad, doble: primeramente deseamos mostrar las decisiones concretas adoptadas para un caso específico. En segundo lugar, pretendemos hacer sugerencias para la modificación de disciplinas afines que puedan seguir nuestro enfoque.

## **2. La asignatura Sistemas Electrónicos Avanzados**

Sistemas Electrónicos Avanzados es una asignatura Optativa de la intensificación Electrónica, perteneciente al noveno cuatrimestre, dotada con 6 créditos, 3.6 de los cuales son teóricos y el resto prácticos.

### **2.1. Relación con otras asignaturas de la titulación**

La asignatura se presenta como la continuación natural de dos asignaturas anteriores en el plan de estudios, Sistemas Electrónicos Digitales y su correspondiente laboratorio, Laboratorio de Sistemas Electrónicos Digitales, asignaturas impartidas durante el quinto y el sexto cuatrimestre, respectivamente, en las cuales el alumno se adentra por vez primera en el diseño microprocesador.

Sistemas Electrónicos Avanzados hereda de las anteriores la filosofía del sistema microprocesador, pero llevándolo un paso más allá y aplicándolo a propósitos más específicos. Así, y después de que el alumno haya cursado asignaturas como Tratamiento Digital de la Señal (y su correspondiente laboratorio), se encuentra en condiciones de aplicar el desarrollo microprocesador al Procesado Digital de la Señal, y entender, en toda su extensión, la filosofía que subyace en el diseño y modelos de programación de los Procesadores Digitales de Señal (DSPs), uno de los bloques de que consta la asignatura. Tras cursar asignaturas como Electrónica de Potencia, el alumno conoce la necesidad de disponer de dispositivos que permitan trabajar en condiciones ruidosas, dentro de un entorno electrónicamente hostil, y entender el por qué de la arquitectura de los microcontroladores. Finalmente, tras cursar asignaturas sobre telemática, el alumno está en condiciones de comprender las decisiones tomadas al respecto de un estándar de comunicación serie pensado precisamente para los entornos ruidosos anteriormente aludidos, y asimilar los aspectos fundamentales de los buses de campo. Se trata, por tanto, de una asignatura íntimamente relacionada con otras precedentes en el plan de estudios, que requiere de la correcta asimilación de conocimientos y que, desde cierto punto de vista, supone una notable consumación de los conocimientos dispersos en distintas partes del plan de estudios.

### **2.2. El enfoque adoptado**

Hay varios factores a considerar cuando establecemos el marco global de lo que tiene que ser el temario desarrollado en la asignatura en cuestión. En primer lugar, tenemos que tener en cuenta que se trata de una asignatura impartida en noveno cuatrimestre, esto es, perteneciente al último curso lectivo de la titulación. El perfil del alumno que accede a la asignatura es un perfil muy específico, con respecto a alumnos de nuevo ingreso o en asignaturas troncales, cuya dispersión hace casi imposible la extracción de unas características generales comunes. Aquí, sin embargo, estamos trabajando con alumnos que ya presentan un bagaje importante, tanto de conocimientos como de aptitudes, que han ido adquiriendo a lo largo de la carrera. Y, lo que posiblemente es más importante, con un notorio grado de interés por la asignatura, incluso a priori. Estas características generales, sobre todo en lo referente a la automotivación del alumno, permiten al docente establecer cauces de desarrollo alternativos, que ya den por supuesto ese grado de interés por parte del receptor de la información.

Hay otro aspecto que nos parece interesante destacar, que es el de la aplicabilidad de los conocimientos y prácticas que el alumno va a adquirir durante el desarrollo de la asignatura. El alumno en último curso de carrera está a punto de cruzar el umbral que lo separa del mundo laboral.

Muchos de ellos ya han conseguido clarificar hacia qué campo profesional quieren orientar sus carreras, e incluso es posible que muchos de ellos ya hayan emprendido algunos pasos en ese sentido, bien mediante la realización de prácticas en empresa, bien mediante la inclusión dentro de grupos de investigación de la propia universidad, incluso llegando a comenzar ya los proyectos fin de carrera, como paso inicial para la inclusión activa dentro de alguno de estos grupos.

En ese sentido, y especialmente en una asignatura como Sistemas Electrónicos Avanzados, creemos importante hacer ver la aplicabilidad de la misma a las distintas ramas profesionales que el alumno puede emprender. Sistemas Electrónicos Avanzados muestra herramientas de desarrollo que pueden ser utilizadas prácticamente en todos los campos y, por lo tanto, constituye una ayuda fundamental al profesional de la electrónica, sea cual sea su orientación específica.

Por ello, y sobretodo en lo que compete a la evaluación de la asignatura, hemos creído necesario reforzar esta idea de universalidad, aplicabilidad y herramienta. Creemos que una asignatura tan práctica como ésta debe ser evaluada, no ya mediante una prueba – examen típica, que evalúe el nivel de conocimientos típico del alumno, sino mediante un trabajo práctico que evalúe las competencias adquiridas. En ese sentido, y en la medida de lo posible, teniendo en cuenta los condicionantes externos de la asignatura (número de alumnos, disponibilidad de laboratorios, facilidad de acceso al material de desarrollo...), vemos conveniente que el alumno participe en el enunciado mismo del trabajo que constituirá su evaluación, proponiendo el tema central del mismo, el enfoque, los fundamentos teóricos y los condicionantes prácticos. Esta elección, por supuesto, debe estar siempre guiada por el profesor, a fin de equilibrar y hacer realista el grado de dificultad del trabajo global, habida cuenta de la tendencia por parte del alumno, bien a ponerse metas inalcanzables o demasiado ambiciosas, o, en el otro extremo, trivializar en exceso el fin último del trabajo.

Así pues, consideramos básico que el alumno contribuya en su evaluación desde el primer momento, aportando el tema sobre el que quiere trabajar, en un proceso que requiere la estrecha colaboración entre ambos, profesor y alumno.

### 2.3. Dispositivos y equipos seleccionados

Para centrar el tema y no tener que hablar siempre en abstracto, hemos elegido unos dispositivos, representantes de cada uno de los bloques en los que consiste la asignatura. Esto no quiere decir que la asignatura sólo consista en la descripción del dispositivo específico, sino, más bien, que se presenta un caso práctico que nos permite generalizar al caso global. A través del caso particular el alumno tiene que llegar a extrapolar características generales.

Como representante de los microcontroladores hemos seleccionado el C515C de Siemens - Infineon. Se trata de un microcontrolador de la familia C5000, versiones evolucionadas del clásico 8051. Las características más interesantes del C515C son la inclusión de Interfaz para Bus CAN, Interfaz serie SPI, RAM embebida adicional (256 bytes de RAM y 2Kbytes de XRAM), 8 puertos de E/S, para un total de 48+1 líneas de E/S digital, 8 líneas de entrada analógicas, a convertidor A/D de 10 bits, Watchdog y Modos de operación de bajo consumo. El 515C está disponible en versiones ROM, OTP y sin memoria de programa [3].

Como representante de los DSPs nos decantamos por la familia TMS320C6000 de Texas Instruments, una familia de altas prestaciones que presenta arquitectura VLIW, 8 unidades funcionales de 32 bits (2 Multiplicadores y 6 ALUS funcionando completamente en paralelo, de modo que es posible ejecutar hasta 8 operaciones simultáneas por ciclo. El datapath está duplicado, presentando dos juegos de 16 registros de 32 bits. Esta familia de dispositivos es interesante, tanto desde el punto de vista del diseñador hardware como del programador, puesto que el core, la arquitectura del mismo, ha sido desarrollado en paralelo con el compilador de C/C++ para hacerlo perfectamente eficiente. Estos dispositivos disponen de potentes periféricos on-chip, además de unas

muy flexibles herramientas de desarrollo (IDE CCS, RTOS, DSP/BIOS, RTDX, XDAIS...) pudiendo alcanzar en funcionamientos hasta 8000 MIPS y 1800 MFLOPS [4].

En lo que respecta a los buses de campo, para centrar nuestras miradas hemos seleccionado el Bus CAN. El Bus CAN (Controller Area Network) es un avanzado sistema de bus serie de comunicación de datos para aplicaciones en tiempo real, que soporta eficientemente sistemas de control distribuido. CAN fue desarrollado por Robert Bosch GmbH para su uso en motores de vehículos, siendo estandarizado internacionalmente por ISO y SAE (Society of Automotive Engineers) [5]. El estándar incluye los niveles físico y de enlace de datos del modelo OSI de ISO, definiendo unos pocos tipos de mensaje, unas reglas de arbitraje del acceso al bus y métodos para la detección y aislamiento de los errores. Existen numerosos protocolos de aplicación disponibles para CAN [6].

Una de las razones conjuntas de la selección, tanto del microcontrolador C515C como del Bus Can, es que el C515C incorpora como periférico un driver de Bus, lo que nos permite la realización de prácticas y trabajos utilizando un mismo dispositivo y entorno para ambos cometidos.

Por último, es necesario destacar que otro de los motivos que nos ha impulsado a la selección concreta de dispositivos es la facilidad de disponer de herramientas de desarrollo a un coste moderado y de unas prestaciones adecuadas al tipo de trabajo que vamos a realizar. Este requisito se cumplía en ambos casos, teniendo acceso a sistemas de desarrollo de una calidad considerable.

Para el trabajo con DSPs disponemos del sistema de desarrollo DSK C6713, un sistema de desarrollo de bajo coste basado en el TMS320C6713, el cual incorpora en la placa un codec estéreo de 24 bits, 96 kHz, conexiones en mini jack (4) para micrófono, line in, speaker y line out, además de memoria externa (SDRAM y ROM), LEDs, DIPS y puertos de expansión para la conexión de placas hijas. La programación del sistema de desarrollo se realiza mediante la herramienta software Code Composer Studio, un entorno de desarrollo de prestaciones muy avanzadas.

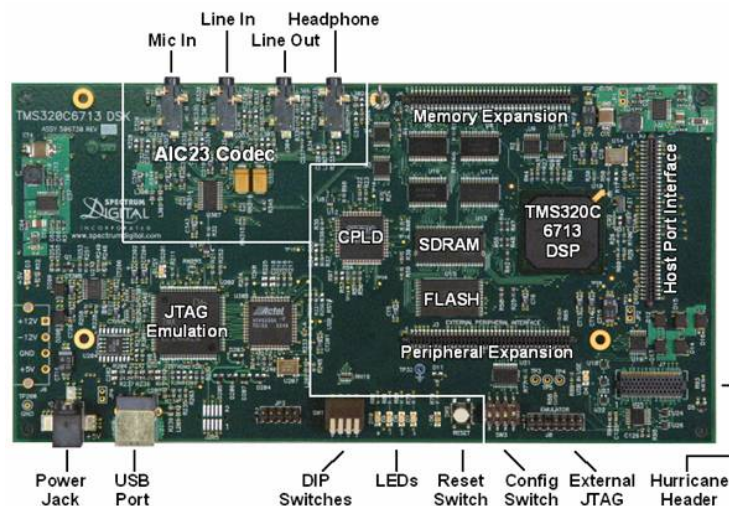
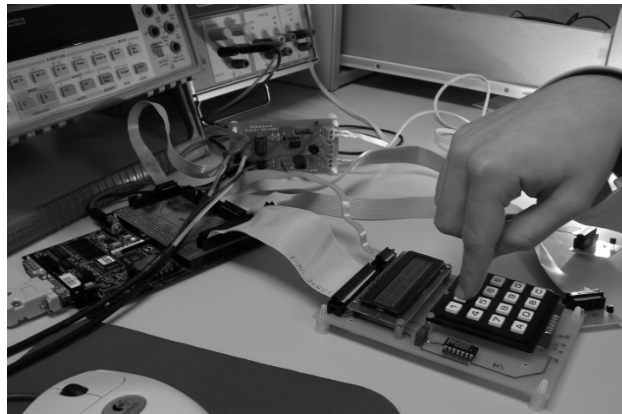


Figura 1. DSK C6713, sistema de desarrollo de bajo coste basado en el TMS320C6713.

Por su parte, para el trabajo con microcontrolador disponemos de la placa KitCON-515C, fabricada por PHYTEC, la cual es una placa de evaluación del 80C515C en tamaño EURO-card. Sus características más sobresalientes son la incorporación de interfaces de conexión serie para RS232 y, lo que es más importante desde el punto de vista de las prácticas de la asignatura, Bus CAN. La placa permite la expansión, presentando un conector de 152 pines y un área para wire-wrap. Además

presenta elementos auxiliares en la propia placa, como LEDs de monitorización y la posibilidad de tener diferentes configuraciones de memoria externa controlable con traps externos.



**Figura 2.** KitCON-515C conectado a módulos auxiliares para entrada y salida.

#### 2.4. El temario de la asignatura

En este apartado describiremos las decisiones tomadas en el diseño de los contenidos de la asignatura, especificando tanto la parte teórica como la parte práctica.

La directriz básica que se ha seguido en el diseño de la parte teórica de la asignatura es el de reducir al máximo el contenido, el cual muchas veces queda relegado a unas simples presentaciones o meros bosquejos de líneas generales, las cuales deben ser completadas por el trabajo personal del alumno. Hemos comprobado que, en general, querer proporcionar demasiada información al alumno resulta contraproducente, puesto que de ese modo se consigue un efecto de acomodación que desemboca en la falta de interés. De esta forma, las clases teóricas suponen un esbozo de lo que después deberá ser trabajado de forma intensiva y personal en horario de prácticas.

La distribución del contenido teórico se da en la figura 3.

Parte	Capítulo	Título	Horas
I Microcontroladores	1.1	Consideraciones generales sobre microcontroladores	2
	1.2	La Familia 51	2
	1.3	Arquitectura del C515C	4
	1.4	Periféricos del C515C	4
	1.5	Programación del C515C	2
II DSPs	2.1	Consideraciones generales sobre DSPs	2
	2.2	Arquitectura del TMS320C6000	4
	2.3	Periféricos del TMS320C6000	4
	2.4	Programación del TMS320C6000	4
	2.5	C6713 DSK y Code Composer Studio	4
III Bus CAN	3.1	El Bus CAN	4
Total			36

**Figura 3.** Programa teórico resumido de la asignatura.

En lo que respecta al contenido práctico, se ha tomado la decisión de trasladar al laboratorio la mayor parte del esfuerzo del alumno. Las clases teóricas servirán de introducción descriptiva tanto a los dispositivos como a los equipos de desarrollo. En las prácticas, el alumno empieza a familiarizarse con ellos. Siguiendo el enfoque anteriormente expuesto, creemos conveniente no perder el tiempo con

prácticas cuyos objetivos no sean directamente aplicables para el alumno, sino que, tal como se han diseñado, las placas constituyen una aproximación a los sistemas que el alumno va a emplear durante el trabajo de la asignatura. La distribución de las prácticas se da en la figura 4.

Práctica	Título	Horas
<b>Prácticas sobre microcontroladores/Bus CAN</b>		
1.1	Introducción al KitCON	3
1.2	Gestión de Entrada / Salida: Teclado / LCD	3
1.3	Transmisión / Recepción de tramas CAN	3
	Sesión libre para planteamiento de trabajos	3
<b>Prácticas sobre DSPs</b>		
2.1	Introducción al DSK y Code Composer Studio	3
2.2	Filtrado muestra a muestra. Filtrado FIR	3
2.3	Filtrado muestra a muestra. Filtrado IIR	3
	Sesión libre para planteamiento de trabajos	3
Total		24

**Figura 4.** Programa de las prácticas de la asignatura.

### 3. Evaluación de la asignatura

Uno de los puntos clave en el diseño de la asignatura es la forma en que va a ser evaluada, lo que marcará drásticamente su desarrollo. Al tratarse de una asignatura de último curso de carrera, por un lado, y eminentemente práctica por otro, el recurso de la prueba escrita clásica pierde su razón de ser. Además, y contando con el factor favorable de que es una asignatura con un reducido número de alumnos (20 en el curso 2005-2006), nos es posible explorar nuevas y más significativas aproximaciones.

La opción seleccionada es la evaluación mediante dos trabajos prácticos realizados en grupos de dos alumnos, cada uno referente a una parte de la asignatura, y cuyo tema es propuesto por el propio alumno, orientado convenientemente, por supuesto, por el profesor. Algunos de los temas de los trabajos presentados a lo largo de este curso son los siguientes:

*Trabajos referentes a microprocesadores:*

- Guante-ratón con acelerómetros
- Control de grúa de juguete
- Sistema de gestión de iluminación
- Posicionamiento automático de antena
- Motor de un avión de aeromodelismo

*Trabajos referentes a DSPs:*

- Pitch-Bend
- Reverb
- Compresor
- Ecualizador IIR + Distorsionador
- Ecualizador paragráfico con diseño en DSP

#### 3.1. Descripción de los trabajos prácticos

Con objeto de mostrar el tipo de diseños que los alumnos son capaces de abordar con éxito tras el seguimiento de la asignatura, daremos unas leves pinceladas sobre los temas desarrollados a lo largo del último curso lectivo.

## **\*Trabajos sobre microcontrolador**

### **Diseño e Implementación de un Guante – Ratón con acelerómetros**

Inspirado en los diseños de periféricos de entrada – salida propios de películas de ciencia ficción, el periférico consiste, básicamente, en un guante sobre el que, en los puntos que corresponden a zonas de mayor distorsión en el movimiento normal, se han acoplado tres pequeñas PCBs que sostienen acelerómetros. Estos acelerómetros presentan una tensión de salida dependiente de la fuerza (aceleración) aplicada sobre el chip. Mediante los acelerómetros se obtiene el ángulo de inclinación que el guante forma con el suelo para calcular el movimiento en x, y. Además, unos acelerómetros especiales situados en las articulaciones de los dedos hacen que se detecte la pulsación de un botón.

El diseño de los sensores y del hardware de interconexión fue realizado completamente por los alumnos, participando los profesores sólo en pequeñas orientaciones generales. Los acelerómetros seleccionados fueron los modelos MMA1260D y el MMA2260D, ambos fabricados por *freescale*. Ambos presentan características muy similares, difiriendo tan sólo en el eje de la medida de la aceleración. Stos dispositivos son MMEMS (Micro ElectroMechanical Systems) basados en un condensador triplaca, donde la placa central va unida a una leva de 1 gr.

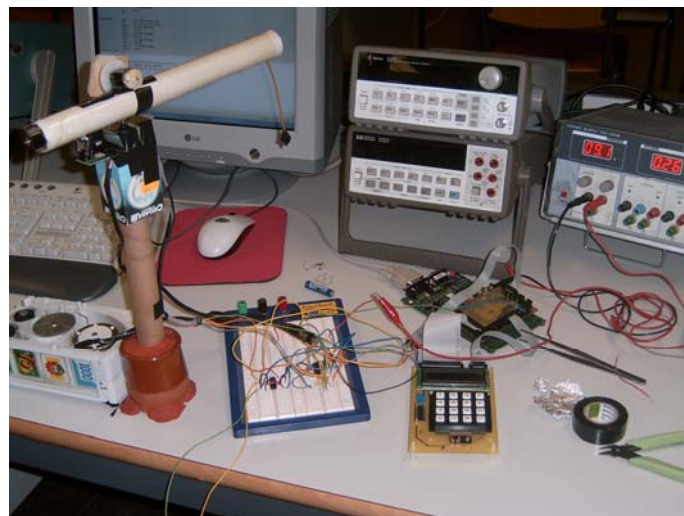
La salida de los acelerómetros se conecta directamente al ADC del microcontrolador, C515C; el microcontrolador formatea la información, adaptándola al tipo de salida que se espera de un ratón, y se conecta con el PC mediante un protocolo serie.

### **Control de una grúa**

En este caso, se trata de una grúa de miniatura, realizada con materiales de bricolaje, pero con sensorización y actuación electromecánica. El funcionamiento básico se lleva a cabo mediante dos motores: el primero se encarga de rotar lateralmente el brazo de la grúa, mientras que el segundo tiene la misión de subir y bajar la carga.

Para mejorar la precisión del accionamiento se utilizó un motor paso a paso, obtenido del desguace de una impresora antigua, para el posicionamiento horizontal. Para la subida y bajada de la carga se controla un motor de continua obtenido de un coche de radiocontrol.

El control del posicionamiento se lleva a cabo gracias a una placa autónoma consistente en teclado y un display matricial LCD



**Figura 5.** Sistema de control de una grúa.

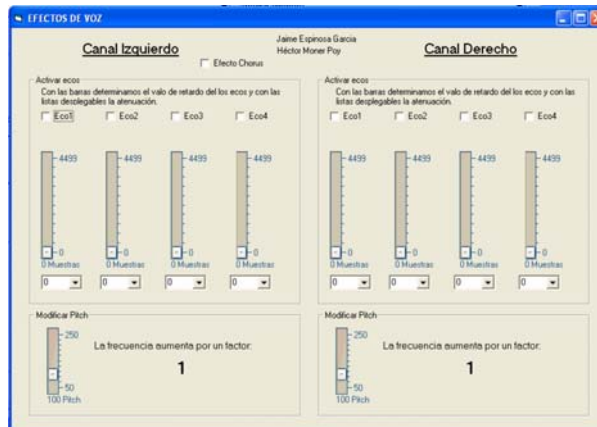
## \*Trabajos sobre DSP

### **Modulador de voz y generador de ecos de dos canales**

La idea básica de este trabajo está inspirada en el tipo de procesado de corte cibernético, cuyo exponente más conocido, sin duda, es la voz de Darte Vader en la saga cinematográfica Star Wars. Para obtener un timbre similar es necesario, por un lado, modificar el tono o pitch de la voz pero, al mismo tiempo, también es necesario añadir una cantidad de reverberaciones reconfigurables.

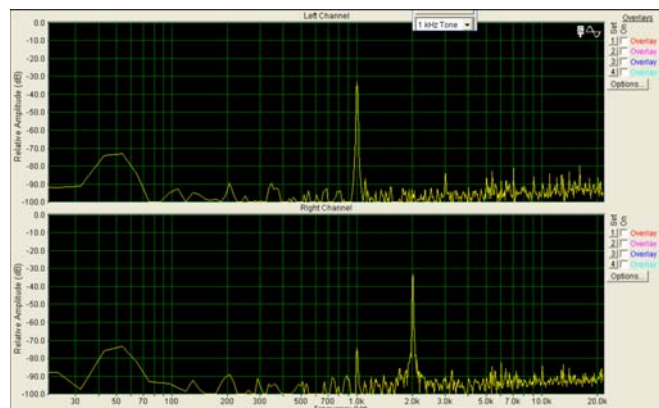
Por tanto, el procesado necesita varias fases: en primer lugar es necesario capturar la voz e introducirla en un buffer circular, de donde se irá leyendo de dos en dos posiciones, desfasadas una distancia constante de medio buffer. Es necesario multiplicar por un peso que viene dado por la función de crossfade, implementada de forma trapezoidal. Y, posteriormente, tenemos que hacer un simple bypass de los ecos para obtener la muestra no retardada, antes de sacar a la salida.

El programa se realizó de forma que presentase un interfaz de usuario operable desde PC. Este interfaz servirá sólo para definir los parámetros de funcionamiento, ya que es el sistema DSP el que se encarga de realizar todo el procesado en tiempo real. En la figura 6 puede verse una captura del interfaz de usuario.



**Figura 6.** Interfaz de usuario del programa modulador de voz.

A través del interfaz el usuario puede descargar la configuración de los efectos sobre la placa del DSP que se encarga de realizar el procesado. Tras adquirir señales y procesarlas, se puede comprobar el funcionamiento correcto de los filtros. Por ejemplo, en la figura 10 se muestra el funcionamiento con el canal izquierdo a pitch=1 y el canal derecho a pitch=2.



**Figura 7.** Comportamiento en frecuencia del sistema.



### **Sistema de filtrado y distorsión**

En este caso, el objetivo último es el filtrado y la distorsión de señales procedentes de instrumentos musicales. En este caso concreto, se tomó la salida de una guitarra eléctrica. La aplicación se estructura en torno a dos bloques fundamentales: una etapa de filtrado paramétrico, mediante la ecualización de graves y agudos y un banco de filtros de pico centrados en cada octava. Se tomó la decisión de implementar dichos filtros mediante filtros IIR, empleando las ecuaciones para filtros shelving y de peaking EQ del Filter Cookbook de Bristow-Johnson [7].

Un segundo bloque se encarga de generar una distorsión, utilizando una función de transferencia no lineal, especificada por el usuario, la cual permite producir diferentes efectos de distorsión sobre la señal adquirida.

De nuevo, parte del código es ejecutada en el propio PC, para lo cual se ha creado una función en Visual Basic que se ejecuta en el ordenador al cual está conectada la placa. El código C que se ejecuta en el DSP utiliza el sistema operativo propio en tiempo real DSP/BIOS. Los módulos intercambian información utilizando el protocolo RTDX (Real Time Data Exchange).

## **4. Conclusiones**

A lo largo de este artículo hemos intentado describir todos los aspectos que enmarcan la docencia de la asignatura Sistemas Electrónicos Avanzados, una asignatura que pertenece al segundo ciclo de Ingeniería de Telecomunicación, actualmente impartida en la Universidad Politécnica de Valencia. Tal como hemos visto, dicha asignatura tiene por objeto el estudio de los sistemas microprocesadores específicos, microcontroladores y DSPs, así como de los Buses de Campo normalizados. En primer lugar, hemos justificado el interés por la descripción pormenorizada de una asignatura como ésta, a la vista de los cambios inminentes que se ciernen sobre el panorama universitario general, los cuales nos obligan a tomar nuestras medidas y coordinar, horizontal y verticalmente, tanto contenidos como procedimientos de actuación.

Se ha descrito la asignatura desde el punto de vista docente, explicando la distribución de créditos, la impartición de las clases, los contenidos de las mismas. Se ha profundizado en la estructura y enfoque general de las prácticas, verdadero laboratorio en el que se lleva adelante la docencia de una asignatura tan práctica y aplicada como es ésta, todavía más, si cabe, al considerar que tenemos una asignatura de último curso en la que el alumno está a punto de dar el salto al mundo laboral.

Hemos detallado tanto los dispositivos elegidos para el trabajo práctico como las herramientas disponibles en el mercado para trabajar con ellos. Y, por último, hemos querido profundizar en el proceso de evaluación, un proceso muy práctico, posibilitado por el reducido número de alumnos, que consiste completamente en la realización de trabajos. Como muestra para evaluar tanto la dificultad como los resultados de estos trabajos, hemos creído conveniente destacar alguno de los temas que se han desarrollado a lo largo del último curso, intentando detallar el tipo de cosas que los alumnos son capaces de hacer en este punto de su formación.

El enfoque práctico adaptado para la asignatura permite aumentar el rendimiento del trabajo del profesor, por una parte, a la vez que se deposita en el alumno una mayor responsabilidad y necesidad de exploración, lo que redundará, en última instancia, en su madurez intelectual y profesional. Hemos comprobado que, lejos de suponer un obstáculo, el alumno encuentra en la libertad de planteamiento y en la posibilidad de enfocar el trabajo hacia sus preferencias un estímulo añadido para desarrollar su creatividad, ofreciendo una alta tasa de satisfacción general y un alto grado de aprovechamiento de la asignatura.

## Referencias

- [1] J. Cerdá, M. Martínez, M. Larrea, R. Gadea, R. Colom. *A New approach on Teaching Circuit and Electronic System Design*; en *World Innovations in Engineering Education and Research*. Begell House Publishing (2004).
- [2] C. Jiménez, J. Jiménez, A. Iborra y F. Ortiz. *Introducción al procesado digital de señal: Un enfoque práctico*. Libro de Actas, V Congreso de Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica (2002).
- [3] <http://www.infineon.com>.
- [4] <http://www.ti.com>.
- [5] J. Cerdá, V. Herrero, F. Ballester, A. Sebastián. *Sistemas de Control dedicados. Aplicación del Bus CAN al control de Ascensores*. Mundo Electrónico 314, noviembre 2000.
- [6] V. Herrero, F. Ballester, A. Sebastián, F. Mora, J. Montesinos. *El bus CAN: Descripción y funcionamiento*. Mundo Electrónico 318, marzo 2001.
- [7] R. Bristow-Johnson, Cookbook formulae for audio EQ biquad filter coefficients. <http://musicdsp.org/files/Audio-EQ-Cookbook.txt>.