

# **LABORATORIO MULTIMEDIA DE PROCESAMIENTO DIGITAL DE SEÑAL USANDO EL TMS320C3X DSP STARTER KIT**

*Javier Lillo, Sergio Gallardo, Sergio Toral, Federico Barrero*

*Universidad de Sevilla. sgallardo@gte.esi.us.es*

## **RESUMEN**

En este documento se presenta un libro electrónico multimedia, realizado en el Departamento de Ingeniería Electrónica de la Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla. El material desarrollado pretende facilitar, de forma amena e interactiva, la comprensión y aprendizaje de los conceptos (fundamentos, y estructura) y programación de aplicaciones relacionadas con uno de los Procesadores Digitales de Señal de altas prestaciones más empleados actualmente, la familia TMS320C3x de Texas Instruments. Para ello, se ha construido una herramienta multimedia que integra texto, imágenes, elementos sensibles y animaciones gráficas con el objetivo de desarrollar un laboratorio de procesamiento digital de señales.

## **1. INTRODUCCIÓN**

Inicialmente, los DSPs disponían de un mercado reducido ya que sólo se empleaban en sistemas que requerían una elevada potencia de cálculo (instrumentación electrónica de precisión, osciloscopios digitales, etc.). Con la revolución y expansión relacionada con las telecomunicaciones, esta tendencia ha cambiado claramente siendo raro, por ejemplo, el teléfono móvil o el módem que no dispone de un DSP en su interior. Las aplicaciones basadas en DSPs son, cada día, mayores en número. Actualmente cubren prácticamente, todos los campos de la industria (telecomunicaciones, control, instrumentación, análisis de imagen y voz, automóvil, medicina). Esto hace interesante y necesario el abordar el estudio de los DSPs desde el punto de vista de la Ingeniería Electrónica. El libro electrónico desarrollado se ha centrado en la familia TMS320C3x de la empresa Texas Instruments®, que se encuentra entre los procesadores digitales de señal más extendidos, tanto a nivel de industria como en labores educativas.

Los conceptos relacionados con sistemas microprocesadores como los DSPs son complejos y su explicación teórica, o el desarrollo y análisis de aplicaciones prácticas basadas en los DSPs, se complica notablemente con los medios tradicionales de publicación. No obstante, pensamos que con la ayuda de las nuevas tecnologías es posible facilitar su comprensión por parte del lector. El desarrollo de este CD va enfocado hacia ese horizonte, la agilización del proceso de asimilación y/o entrenamiento mediante el fomento de la participación activa de los destinatarios de la información, que dejarían de ser elementos meramente pasivos en el proceso de aprendizaje—enseñanza.

El libro multimedia podría definirse como una herramienta asíncrona de autoaprendizaje, que permite al usuario decidir qué información ver y en qué momento desea hacerlo. De esta forma, el lector puede controlar la profundidad que desea adquirir en el conocimiento de cada concepto introducido. En cualquier caso, se ha pretendido desarrollar una herramienta educativa que interese y atraiga al usuario e incorpore el mayor número de posibilidades que permiten las nuevas tecnologías, como son la facilidad de ampliar e incorporar nuevos contenidos en el futuro, la diversidad de gráficos y figuras, animaciones, sonidos y explicaciones audibles, control y zonas dotadas de funcionalidad, videos explicativos, etc. La herramienta combina estos elementos de manera que hacen la navegación

por el CD amena y, a la vez, de rápido impacto cognoscitivo, permitiendo una mayor transmisión de conceptos en un menor tiempo.

En el siguiente apartado se indican los criterios y la metodología de diseño del libro electrónico. En el apartado tercero, se presenta la estructura y contenidos del CDROM, organizado para la realización de aplicaciones prácticas relacionadas con el procesamiento digital de la señal. Por último, se muestran las conclusiones que se pueden extraer de este trabajo.

## **2. DISEÑO DE LA HERRAMIENTA MULTIMEDIA**

Para abordar la realización del libro multimedia interactivo en CD-ROM se ha empleado un software especialmente destinado a este tipo de utilidad, como es el programa Macromedia® Director® MX. A groso modo, Director® es una aplicación informática que permite crear presentaciones visuales totalmente interactivas, mediante la combinación de todo tipo de elementos multimedia, como pueden ser gráficos, sonido, vídeo digital, animaciones, elementos tridimensionales, etc. Estos elementos pueden ser, bien importados desde otros programas, bien creados mediante editores internos de Director®.

Pero la interactividad, además de incorporar diversos tipos de animaciones visuales, gráficos, sonidos y textos, se consigue con el lenguaje de scripts asociado a Director® llamado Lingo®. Se trata de un poderoso lenguaje de programación cuya principal función es proporcionar la navegación a través del CD-ROM, imprescindible si se desea que exista interacción entre el usuario y la herramienta. A parte de esta función, Lingo® ofrece otras muchas posibilidades que, igualmente, han sido útiles en la elaboración del libro, como pueden ser: creación de bases de datos, menús personalizados, control sobre el sistema operativo, etc. Puede entenderse, por tanto, que se habla de un lenguaje completo, orientado a objetos y a eventos, bien estructurado y a la altura de otros más extendidos.

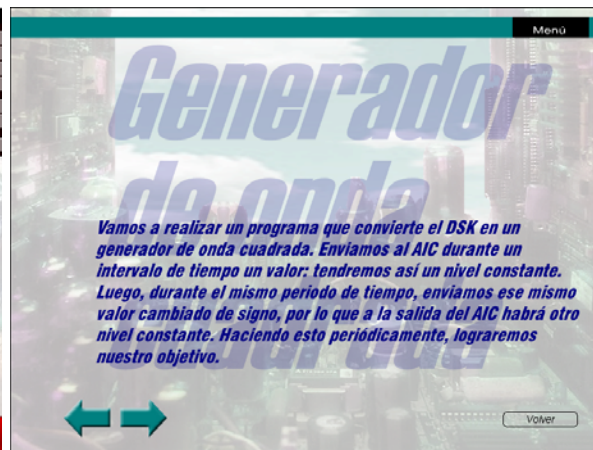
La posibilidad que ofrece el software de incluir los contenidos del libro multimedia en páginas web dentro de Internet, bien mediante Applets de Java o mediante reproductores y pluggins que distribuye gratuitamente Macromedia® (Shockwave® Player), hace más interesante, si cabe, su desarrollo.

El producto, como ya se ha explicado, incorpora elementos interactivos, que permiten al lector mover la cabeza de reproducción de la película a su elección. De esta manera, se presentan menús generales, menús de navegación interna por capítulos y menús contextuales, que facilitan el desplazamiento a lo largo del libro. Igualmente, se incluyen botones de avance y retroceso secuencial, sensibles a la pulsación del ratón.

Los menús generales permiten saltar de un capítulo a otro del libro, así como la salida del programa, figura 1 (esquina superior derecha). Además de este menú general, aparecen otros menús particulares, figura 1 (esquina superior izquierda), específicos a cada capítulo del libro, que ofrecen al lector enlaces a los distintos apartados del mismo. Un tercer menú, que aparece cuando el usuario presiona el botón secundario del ratón, permite, además de cambiar de tema, acceder a las bases de datos de que dispone el libro. Las herramientas de navegación se han diseñado para que el usuario tenga claro en cada momento dónde se encuentra y qué apartado se dispone a visitar, mediante la incorporación de elementos sensibles al movimiento del ratón. El último mecanismo añadido para reproducción interactiva de la película, es el sistema de botones de control de flujo, con forma de flechas, para avance y retroceso hacia zonas anexas a la que se esté visualizando.



**Figura 1.** Pantalla con todos los menús desplegados y los botones de control de flujo.



**Figura 2.** Pantalla con el menú general desplegado y los botones de control de flujo.

### 3. ESTRUCTURA DEL LIBRO MULTIMEDIA

El libro se ha dividido en dos secciones bien diferenciadas. Una sección, de tipo teórico, se dedica a la explicación de los conceptos básicos (arquitectura interna, funcionamiento y programación) relacionados con los procesadores digitales de señal integrantes de la familia TMS320C3x de Texas Instruments®. La otra sección, de tipo eminentemente práctico, plantea diversas aplicaciones, relacionadas con el procesamiento digital de la señal, que estos sistemas pueden abordar.

La unidad correspondiente a las lecciones teórica se subdivide en varios capítulos, con los siguientes contenidos:

- *Tema de Introducción:* hace un recorrido histórico de los protagonistas y elementos fundamentales en el desarrollo de los sistemas microprocesadores que conocemos en la actualidad.
- *Tema 1. Introducción a los Procesadores Digitales de Señal (DSPs). Conceptos básicos:* pretende presentar los fundamentos generales de los sistemas microprocesadores en general y de los DSPs en particular; estructura, fabricantes, aplicaciones, etc.
- *Tema 2. Familia de DSP's TMS320C3x de Texas Instruments. Conocimientos básicos del hardware:* muestra los elementos hardware de que constan los miembros de la familia de DSPs, como son la zona de manejo de datos y la zona de manejo de instrucciones de la CPU, fundamentos de la segmentación, la jerarquía de memoria, el tratamiento de interrupciones, etc.
- *Tema 3. Familia de DSP's TMS320C3x de Texas Instruments. Descripción del software:* se describen los distintos modos de direccionamiento, el formato de los datos y las instrucciones en ensamblador.
- *Tema 4. Familia de DSP's TMS320C3x de Texas Instruments. Periféricos internos:* aporta nociones sobre la utilización y programación de los distintos periféricos internos.

La segunda sección consta de nueve unidades temáticas que contienen el material didáctico necesario para la realización de cuatro aplicaciones prácticas basadas en estos DSPs. Cada aplicación es descrita (se plantean los fundamentos teóricos necesarios para su implementación) mediante la presentación de un programa ejemplo. El contenido de esta sección se distribuye de la siguiente manera:

- Introducción a la programación y creación de programas. Se describe un programa muy simple, relacionado con la implementación de una sencilla operación aritmética y gestión de una tabla de datos, suministrándose su esqueleto, para que el lector pueda comprenderlo fácilmente y le sirva de base en futuras aplicaciones prácticas.
- Posteriormente, se introduce al lector en la implementación de un sencillo algoritmo capaz de realizar un procesamiento básico de señales audibles.
- Más adelante, la aplicación práctica desarrollada consiste en la realización de un generador de onda digital, utilizando el DSP.
- Por último, se plantea el desarrollo de diferentes filtros digitales: FIR e IIR.
- Aparecen, además, otras unidades temáticas, hasta completar un total de nueve, relacionadas con el aprendizaje y uso de las instrucciones, modos de direccionamiento, registros internos de la CPU y de configuración de los periféricos del DSP.



Figura 3. Pantalla de presentación de un tema de fundamentos teóricos.

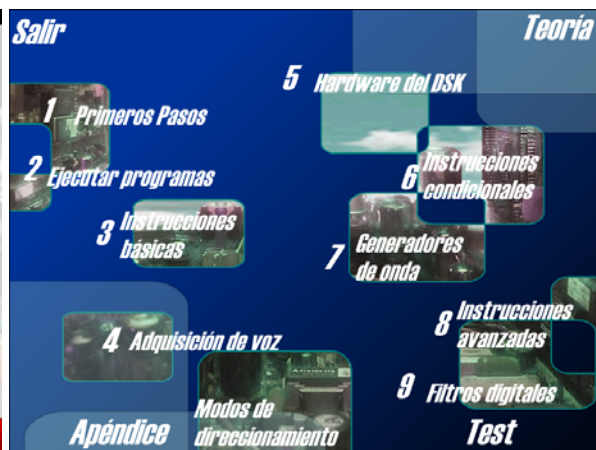


Figura 4. Índice de las unidades dedicadas a presentar aplicaciones prácticas.

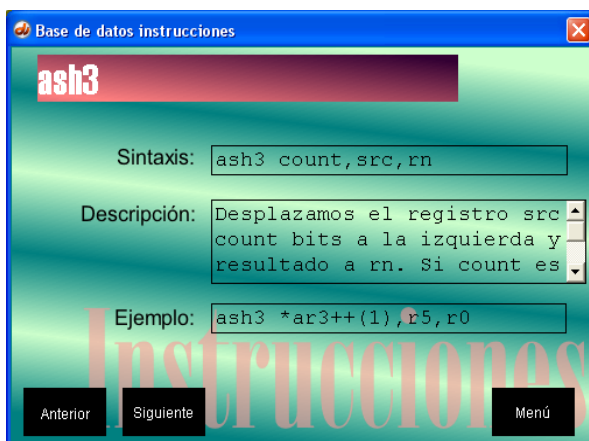


Figura 5. Pantalla de la base de datos de instrucciones de ensamblador.

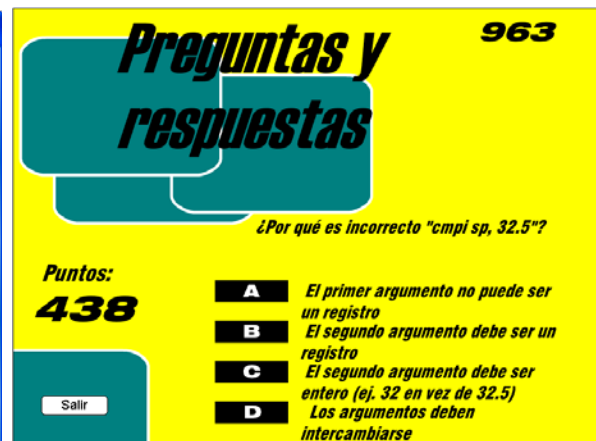


Figura 6. Ejemplo de pregunta tipo test del juego de autoevaluación.

Además de los contenidos planteados, en todo momento el usuario puede hacer uso, gracias a los enlaces incluidos en los menús, de unas bases de datos sobre los registros internos de la CPU del DSP, así como una muy útil recopilación de instrucciones de lenguaje

ensamblador del TMS320C3x. Por otro lado, se ha incorporado en la herramienta un sistema de “autoevaluación” de conocimientos, basado en un juego de preguntas de tipo test.

#### **4. CONCLUSIONES**

La realización de este libro multimedia puede considerarse un paso dado en la renovación de los métodos pedagógicos y su adaptación a las nuevas tecnologías. En este sentido, no parece muy arriesgado afirmar que el camino que se ha seguido realizando este libro electrónico se generalizará en unos años a la hora de plantear cualquier temática. El CD-ROM desarrollado consigue acercar a usuarios no relacionados con los procesadores digitales de señal o sus aplicaciones, los conocimientos básicos para entender su funcionamiento general aunque, de igual forma, puede servir a ingenieros electrónicos para afianzar y repasar aspectos más técnicos relacionados con los DSPs. La interactividad de la herramienta permite un amplio abanico de usuarios facilitando, además, la transferencia del lector hacia una postura mucho más activa en el proceso de transferencia de información de la que los textos tradicionales suelen ofrecer.

#### **5. BIBLIOGRAFÍA**

[1] Barrero F.J., Toral S. y Millán R. *Fundamentos, Estructura y Programación de los Procesadores Digitales de Señal: Familia TMS320C3x de Texas Instruments*. ISBN 84-688-4757-7, 2003.

[2] Barrero F.J., Toral S. y Millán R. *Diseño de Sistemas Electrónicos Digitales basados en el Procesador TMS320C3x de Texas Instruments: Una Visión Práctica*. ISBN 84-688-4758-5, 2003.

[3] Rosenzweig G. *La Biblia de Director 8.5*. Anaya Multimedia, 2002.

[4] Texas Instruments. *TMS320C3x User's Guide*. 1998.

[5] Wolf W. y Madsen J. *Embedded Systems Education for the Future*. Proceedings of the IEEE, Special Issue on Electrical and Computer Engineering Education. 23-30 (January 2000).