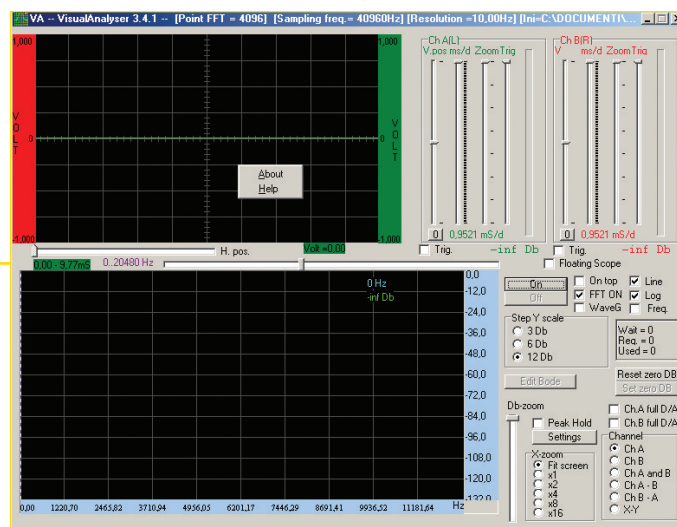


# Osciloscopio y analizador de espectro en su PC

Presentamos un sencillo y potente programa que transformará su PC (si dispone de tarjeta de audio) en un conjunto de instrumentos de elevada calidad que satisfará todas las necesidades de los aficionados a la audiofrecuencia.

Contiene un generador de funciones, un frecuencímetro y puede determinarse la frecuencia igual que con un osciloscopio.



No abundan en el universo Windows (9x, ME, 2000, Xp, Nt) los programas que permiten transformar un PC en un osciloscopio o en un analizador de espectro. El programa que vamos a describir en este artículo pertenece a este raro grupo; está pensado específicamente para medidas en circuitos de audiofrecuencia (amplificadores clase A y B, osciladores y toda clase de circuitos en baja frecuencia). El elevado precio de los buenos osciloscopios y analizadores de espectro los

coloca fuera del alcance de los aficionados con poder adquisitivo normal y no se justifican para un uso no profesional, aunque poseerlos facilita importantes posibilidades de experimentación. Paradójicamente, un instrumento para PC ofrece mayor flexibilidad que un instrumento profesional (habida cuenta de que en el PC puede cambiarse la tarjeta de audio o potenciar el PC sustituyendo el procesador por otro de una generación posterior, o simplemente pasando a una versión más actual >

del programa, además de disfrutar de elementos periféricos como impresora, discos, el uso simultáneo de otras herramientas, etc.). La idea de principio de este programa, como la de todos los que realizan funciones similares, tiene su origen en el hecho de que la mayor parte de los PC modernos basados en procesador Intel o similar dispone de tarjeta de audio. En muchos casos, ésta es de excelente calidad y su precio ha descendido últimamente a niveles realmente interesantes. Además, la capacidad de cálculo de los actuales PC medianos es tal que permite implementar rutinas que hasta hace pocos años sólo podían procesar los DSP (Digital Signal Processor); éstos son procesadores expresamente estudiados para el tratamiento de señales numéricas, normalmente obtenidas por conversión de señal analógica; actualmente se encuentran por todas partes, incluso en los autoradios. Precisamente, el origen de este programa se encuentra en nuestra experiencia en el campo de los DSP: básicamente se trata de una nueva aplicación de la fantástica técnica denominada "elaboración numérica de la señal" que hemos tenido ocasión de aplicar en multitud de proyectos para escritura de firmware destinado a tarjetas con DSP (reconocedores DTMF, generadores de tonos, fitros

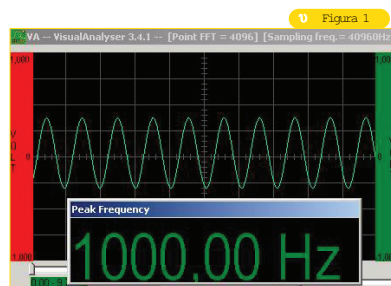
digitales, FFT, etc.) y de programas de soporte y puesta a punto en PC, así como en programas civiles o militares para simulación de vuelo (donde se gestionan imágenes y planes de vuelo, es decir, enormes cantidades de datos se elaboran a gran velocidad) y otros, siempre combinando la problemática de los DSP con la de los PC. El programa que se describe en el presente artículo se ha denominado Visual Analyser (VA), se trata de la versión 3.4 y está totalmente escrito en C++. Utiliza muestras de señal de BF tomadas de la tarjeta de audio, en cantidad y frecuencia de muestreo definibles por el usuario en función de las exigencias del programa y de la capacidad del propio hardware. Las muestras se elaboran "en paralelo" en dos secciones diferentes: una procede a realizar la FFT (Fast Fourier Transform, Transformada Rápida de Fourier, ver recuadro) y a representar en la pantalla la forma de onda calculada, ejecutando de esta forma la función "Análisis de Espectro". La misma señal, procesada en la vía paralela, se presenta en pantalla en función del

tiempo, dando lugar de esta forma a un auténtico osciloscopio, cuya característica distintiva es la posibilidad de seleccionar el modo "conversión Analógico/Digital Completa", permitiendo así disfrutar completamente del contenido informativo de las muestras adquiridas. En otras palabras: la mayor parte de los softwares para osciloscopio que corren por ahí se limita a dibujar en pantalla las muestras adquiridas y las une entre sí con segmentos de recta. Este sistema funciona aceptablemente para frecuencias por encima de 3 ó 4 kHz, para las cuales el número de puntos discretos adquiridos basta para diseñar una forma de onda de calidad aceptable. Por ejemplo: en el caso de una onda sinusoidal de 10 kHz, muestreada a razón de 44.100 Hz (las tarjetas más modernas superan los 96 kHz), se adquieren poco más de dos puntos por cada ciclo completo, de manera que en pantalla se representará una onda aproximadamente triangular. Aplicando el Teorema de Shannon (ver Apéndice), aunque sea con cierta razonable aproximación, puede obtenerse toda la información efectivamente presente en la señal y visualizarse ésta fielmente, sin alteraciones de ningún tipo, incluso a las frecuencias más elevadas. Actuando oportunamente el

"time-division" podrá visualizarse la señal con el nivel de detalle deseado, ya que el trazado se realizará en base a las funciones matemáticas que lo representan y no por los puntos discretos identificados.

### Características técnicas

¿Qué condiciones técnicas pueden esperarse del programa VA? Dependerán directamente de la tarjeta de sonido utilizada, del microprocesador que equiepe el PC y de la memoria instalada. Y, naturalmente, del hecho de que nada es perfecto. Conviene señalar que todas las rutinas que se utilizan para la adquisición, elaboración y diseño en vídeo han sido redactadas partiendo de cero, sin apenas recurrir a productos de terceros. El uso intensivo de API nativos de Windows (no framework predefinidos) y de secciones de C/C++ optimizadas hasta niveles obsesivos han hecho posible unas dimensiones del programa muy contenidas (del orden de 1 Mb ejecutable) con prestaciones en tiempo real, incluso en ordenadores vetustos, con Pentium 133 y 64 Mb de RAM, utilizando Windows 95. Para complementar el programa VA se ha considerado interesante incluir un sencillo generador de funciones, no sólo por la comodidad de tenerlo al alcance de la mano en todo >



momento sino por estar escrito para poderlo utilizar conjuntamente con las otras funciones de VA, con la consiguiente sinergia (por ejemplo, para la determinación automática de la respuesta en frecuencia). Además, un sencilla ventana flotante aporta un práctico frecuencímetro (ver fig. 1) que, seleccionando un checkbox, permite en cualquier momento visualizar en vídeo la frecuencia de los armónicos de máxima amplitud de la señal de entrada. Más adelante se describirá la forma de obtener la misma medida utilizando una de las rutinas que forman parte de los programas del osciloscopio. Las características técnicas que se incluyen en el correspondiente recuadro evidencian claramente la vocación "audiófila" del programa VA. Con la ayuda de un conjunto de buenos cables y algún divisor resistivo para atenuar adecuadamente las señales de amplitud demasiado elevada, puede, por ejemplo, determinarse automáticamente la respuesta en frecuencia de un amplificador, analizar la señal

generada por un circuito de audiofrecuencia (un oscilador) o, sencillamente, realizar una calibración, es decir, eliminar la distorsión de cruce (cross-over) de un amplificador clase B construido por el propio usuario.

### Utilización de VA

El primer paso es hacerse con el programa: puede descargarse gratuitamente de la web [www.iberfutura.es](http://www.iberfutura.es). Desziparlo y guardarlo en una carpeta a la que se dará un nombre a gusto del consumidor (sugerencia: C:\VA). Se accede al programa simplemente clicando dos veces sobre el icono ejecutable "VA.exe". La resolución de diseño es de 800 x 600 píxels, aunque mejora con 1024 x 768 o más, si lo permite la tarjeta de vídeo. En el momento del arranque, VA intenta determinar las características de la tarjeta de sonido (esta tarea puede necesitar algunos instantes) y ajustará automáticamente los parámetros que se representarán en la barra de comandos y en los botones de la ventana principal, por ejemplo, la gama disponible para la frecuencia de muestreo y las dimensiones de los buffers seleccionables. Si en el PC hay instalado más de un dispositivo sonoro, con el botón "Settings" puede seleccionarse la tarjeta preferida en cada caso, suponiendo que VA no la elija automáticamente: de

Para un PC moderno de nivel medio-bajo, equipado con una tarjeta de sonido "entry-level" capaz de muestrear a 44.100 Hz sobre dos canales (estéreo) a 16 bits, y un microprocesador igual o equivalente a un Pentium III de 866 MHz con 256 Mb de RAM, se tendrá:

#### (sección **Osciloscopio**)

- > Banda pasante: de 1 a 22.050 Hz (de 1 a 50.000 Hz en la mayoría de los PC modernos);
- > Canales: dos;
- > Trigger: sí, sobre el frente de caída;
- > Modalidad X-Y: sí;
- > 16 bit por canal;
- > Escala en voltios (con función "Calibrate");
- > Desplazamiento horizontal y vertical;
- > Conversión D/A completa;
- > Escala de tiempos: máx. 0,88 ms/div a 44.100 Hz de frecuencia de muestreo, (0,39 ms/div a 100.000Hz);
- > Utilidad para la determinación automática de la frecuencia de la señal (periódico).

#### (sección **Analizador de Espectro**)

- > Resolución máx. de espectro a máxima frecuencia de muestreo (44.100 Hz,buffer 16.384 puntos): 2,69 Hz;
- > Resolución máx.: 0,24 Hz a 16.384 puntos con frecuencia de muestreo 2.000 Hz;
- > Representación de niveles en dB, a 16 bit;
- > Análisis individual de armónicos (nivel, frecuencia);
- > Determinación AUTOMÁTICA de la respuesta en frecuencia (sólo diagrama amplitud) en dos modalidades (barrido o ruido blanco);
- > Zoom según los ejes X e Y;
- > Impresión del espectro (y de la respuesta en frecuencia);
- > Función Peak Hold = memorización del espectro de pico en tiempo real.

#### (sección **Generador de funciones**)

- > Generador onda sinusoidal de 1 Hz a 20 kHz;
- > Generador de onda cuadrada de 1 Hz a 4 kHz;
- > Barrido de 10 Hz a 20 kHz sinusoidal;
- > Forma de onda seleccionable en tiempo real;
- > Generador de ruido blanco;
- > Número canales: 2 seleccionables en tiempo real;
- > Fase canal derecho ajustable respecto al canal izquierdo en tiempo real;
- > Control de nivel en % respecto al valor máximo (16 bits =32.767) en tiempo real.

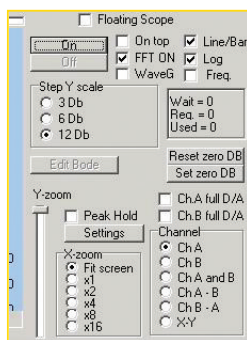


Figura 2

salida, el programa elige el primer dispositivo de la lista de disponibles en el sistema. En este momento se está "casi" a punto de empezar a usar el programa. Ahora toca establecer cuál será la "entrada", mediante el control de volumen de Windows; con éste podrá elegirse la

entrada "Line-in", a la que se conectará una señal de audio externa; puede también conectarse un micrófono a la toma "mic" o bien seleccionar la entrada "Wave out mix", también llamada "Loopback" o Stereo Mix". Con esto se envía directamente al programa >

VA (sin pasar por cable alguno) cualquiera de las señales que puede producir el generador de funciones anexo a VA, así como procedentes de cualquier fuente sonora interna. NOTA: el control de volumen de Windows se encuentra en Opciones > Propiedades > Registro; seleccionar la fuente de entrada que se prefiera. Si en en la ventana final del control de volumen no aparece la entrada que se desea utilizar, deberá adjuntarse seleccionándolo de la lista que aparece en la ventana "registro". Ahora sí que todo está preparado para el primer arranque. Pulsar el botón "On" de VA (fig. 2). Originalmente (por defecto), el programa VA arranca con una configuración dada, que puede modificarse a voluntad (ventana Settings). Si se ha seleccionado "Wave put mix", podrán visualizarse y analizarse las formas de onda producidas por el generador interno. Clicar sobre "WaveG" y pulsar la tecla ON de la ventana que acaba de abrirse; minimizar la ventana del generados o esconderla clicando nuevamente sobre "WaveG". El generador de funciones está emitiendo una senoide de 1.000 Hz que ahora podrá verse en la pantalla del osciloscopio y en la del analizador de espectro. Se muestrea a 40.960 Hz utilizando un buffer de 4.096 puntos. O sea que los datos se obtienen a "rodajas" de 4.096

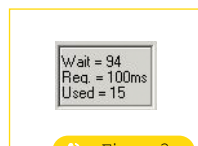


Figura 3

puntos a cada adquisición; dada la frecuencia de muestreo elegida éstas se producen cada 100 ms. Entre un buffer de muestras y el otro, VA ejecuta la Transformada Rápida de Fourier, calculando matemáticamente la amplitud de las sinusoides componentes de la señal, y la representa en vídeo junto a la señal no transformada que muestra el Osciloscopio. La ventana reproducida en la fig. 3 permite controlar los tiempos de ejecución de este proceso. En ella se observa que VA necesita 100 ms para realizar el muestreo; entre un buffer y el siguiente invierte 15 ms para efectuar los cálculos y generar la imagen en vídeo, y espera 94 ms sin hacer nada (en realidad, se dedica a "esperar órdenes" en forma de accionamiento de teclas, y da tiempo a la CPU para realizar los cálculos y otros programas que pudieran estar en curso de ejecución). Pero estos parámetros pueden gestionarse mejor: desde la ventana que aparece al clicar el botón "Settings" (fig. 2) puede modificarse la frecuencia de muestreo y el buffer (que en el ejemplo es de 4.096 puntos). Aumentando la frecuencia de muestreo se obtendrá una banda pasante más amplia, y viceversa. Por ejemplo:

seleccionando 8.192 puntos, la FFT restituirá 4.096 líneas espectrales (8.192/2) que, para la frecuencia de muestreo de 40.960 Hz (banda pasante de 0 a 20.480 Kz) significa 20.480/4.096 = 10 Hz por línea espectral. Cuando la elección de parámetros efectuada determina que el tiempo disponible para el cálculo no es superior al tiempo de adquisición entre un buffer y el siguiente (en el ejemplo, 100 ms), se producirá una sobrecarga (overload) señalada por un cambio al color rojo en el recuadro de la fig. 3. En consecuencia, deberá aumentarse la capacidad del buffer o modificarse la frecuencia de muestreo.

La ventana del Analizador de Espectro sólo contiene 512 píxeles, por lo que en el ejemplo no se conseguirán visualizar todas las líneas espectrales efectivamente disponibles. En la modalidad "Fit Screen", VA traza la suma de "n" armónicos por píxel: si los armónicos son 4.096, se tendrá  $4.986/512 = 8$  armónicos "sumados" para cada píxel diseñado, es decir, cada píxel contendrá la contribución de 8 armónicos. Si, contrariamente, se selecciona

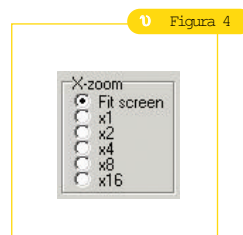


Figura 4

"x1", se tendrá que 1 píxel = 1 armónico, y podrá "navegarse" entre los armónicos con la TrackBar que aparecerá al pie de la pantalla del analizador. Lógicamente, las otras modalidades permitirán representar si "x2" = 1 armónico cada DOS píxeles, si "x4" = 1 armónico cada CUATRO píxeles, etc. Seleccionando luego la modalidad de visualización A BARRE, se obtendrá una representación muy dilatada de cada armónico individual,

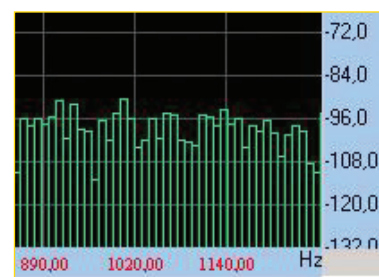


Figura 5

con un resultado similar a la imagen de la fig. 5 (obtenida seleccionando "x4" y deseleccionando la checkbox Line/bar). Esta modalidad de representación puede resultar bastante cómoda cuando se desea mantener bajo control frecuencias claramente determinadas. Además, clicando con la tecla izquierda del mouse sobre la ventana del analizador y manteniéndola pulsada durante el arrastre, podrá verse el nivel en dB de cada armónico individual. Los niveles de dB se calculan teniendo presente que las muestras se adquieren a 16 bits, de modo que la señal podrá variar entre -32.768 y +32.767. Por defecto, se >



fija como CERO dB el nivel +32.767 (valor máximo), por encima del cual habrá saturación. Como se verá, este valor puede imponerse manualmente según las exigencias del caso.

### Respuesta en frecuencia

Puede seleccionarse un canal cada vez (Ch A, Ch B), ambos simultáneamente (Ch A + Ch B) y la modalidad X-Y clásica (fig. 6). La inclusión de esta función nace de la exigencia de calcular de forma rápida la respuesta en frecuencia de un circuito, si bien el uso que puede hacerse de la misma no está vinculado a ese problema específico. La idea es enviar "ruido blanco" a la entrada del circuito sometido a análisis y, simultáneamente, enviarlo también a un canal de VA (por ejemplo, al Canal A). La señal de salida del circuito se enviará al otro canal de VA (Canal B). Seleccionando una de las modalidades "A-B" o "B-A", se trazará en pantalla el espectro diferencia, es decir, la deseada respuesta en frecuencia. Con la característica de compensar las carencias propias del amplificador de la tarjeta de audio. Este método es el más rápido y, por fuerza, sólo relativamente aproximado, pero sumamente eficaz. El lector puede comprobar lo que sucede si se aplica esta configuración a un circui-

## La transformada de Fourier y el teorema de Shannon

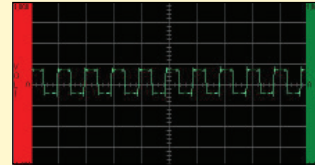
Los datos de base con los que trabaja el microprocesador del PC son las señales eléctricas **muestreadas y cuantificadas**, y contienen de forma exhaustiva las señales de base (**Teorema de Shannon**). Dicho de otra forma: la señal compuesta por los elementos discretos discontinuos obtenidos por muestreo representa perfectamente la señal original completa y puede ser reconstruida fielmente a partir de aquéllos. En la práctica, los circuitos sometidos al muestreo, así como el propio proceso de cuantización, introducen un cierto margen de error que, a pesar de su pequeña magnitud, puede ser causa de una reconstrucción imprecisa, que puede contemplarse como "señal original + ruido".

La reconstrucción fiel podrá efectuarse a condición que: 1 - la frecuencia de muestreo sea **del orden del doble** de la frecuencia máxima comprendida en la señal, y 2 - la señal contenga esta frecuencia, **como máximo**. Así, muestreando a **44.100 Hz**, la máxima frecuencia que podrá representarse fielmente será de **22.050 Hz**, es decir, 44.100 Hz/2, y ésta será la frecuencia de corte de un filtro pasabajos intercalado a la entrada para limitar la banda, evitando errores en la reconstrucción (se encuentra **normalmente en las tarjetas de audio**).

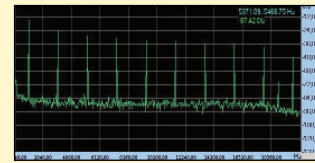
Toda señal periódica formada por elementos discretos, obtenidos por muestreo de una señal del dominio del tiempo, puede descomponerse en una suma finita de sinusoides (componentes armónicos); esto es lo que puede hacerse con la **Transformada Discreta de Fourier (DFT)**. Según este algoritmo matemático, una señal periódica cualquiera, de banda limitada, puede descomponerse en una suma de sinusoides. Así, una onda cuadrada de 1 kHz, por ejemplo, resultará compuesta por una senoide de 1 kHz (armónico fundamental) más una a 3 kHz, a 5 kHz, a 7 kHz, etc. Esta representación de

señales, denominada "en el dominio de la frecuencia", constituye el llamado **espectro de la señal**, y su determinación y representación gráfica es el fin último de un **Analizador de Espectro**. Con el **Visual Analyser** se obtiene:

### Señal de entrada:



### Espectro:



La representación del espectro se realiza mediante un gráfico con la frecuencia en el eje de las X (y no el tiempo, a diferencia de en el osciloscopio) y la amplitud de la senoide en el de las Y.

La transformada de Fourier de una señal de tiempo discreta es un algoritmo muy "pesado" para un microprocesador y tiene un escaso valor práctico. Resulta más interesante la famosa **FFT**, la **Transformada Rápida de Fourier**, que obtiene la transformada en tiempos muy inferiores y, por tanto, de mejor utilización práctica, con la única limitación de que el número de puntos sobre los que se va a operar debe ser una potencia de 2.

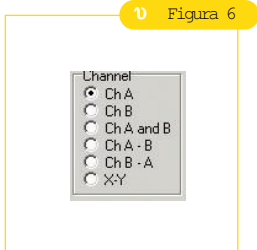
VA utiliza este algoritmo, lo que explica por qué permite preseleccionar las dimensiones del buffer de adquisición sólo en dimensiones prefijadas que son potencias de 2 (64 = 2<sup>6</sup>; 128 = 2<sup>7</sup>; 256 = 2<sup>8</sup>, etc.).

to con respuesta casi plana en la banda considerada (por ejemplo, un cable): en pantalla se reproducirá una línea plana, lo que demuestra que la respuesta en frecuencia del amplificador de audio de la tarjeta está compensada. De hecho, si no se selecciona la moda-

lidad A-B o B-A la imagen sólo visualizará el espectro del ruido blanco enviado directamente sin conectar ningún dispositivo: se verá la respuesta en frecuencia de la tarjeta de audio que equipa el PC utilizado. En una fase experimental, como circuito a analizar se conec-

tó un ecualizador gráfico (fig. 7) y se estudió la divertida variación en tiempo real de la respuesta en frecuencia al mover los controles de nivel de las diversas bandas (en la figura se utiliza sólo un canal del ecualizador). Pero si se prefiere utilizar el método clásico, puede >

utilizarse el generador de barrido anexo a "WaveG" y de la modalidad "Peak Hold" (se trata de una Check Box situada inmediatamente encima del botón "Settings"). Seleccionando esta modalidad

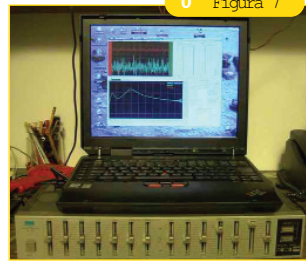


se conserva el vídeo al valor más elevado puesto de manifiesto por cada armónico. Obviamente, si se dispone de un generador externo mejor, con o sin barrido, se obtendrán los mismos resultados y, al límite, se obtendrá la misma respuesta analizando un número finito de puntos. Cualquiera que sea el método utilizado para determinar la respuesta en frecuencia, ésta podrá visualizarse en la ventana que aparece al

pulsar el botón "Edit Bode", ampliarla e imprimirla, si es preciso. En esta versión, esta ventana sólo está habilitada si se ha seleccionado la modalidad Peak Hold.

### Frecuencímetro

El frecuencímetro que propone VA consiste en una ventana flotante en la que se visualiza el valor de la frecuencia a la máxima amplitud (fig. 1). Para obtener una medida con el osciloscopio, proceder como sigue: en los osciloscopios "de verdad" se visualiza la forma de onda y se cuentan los cuadros de la retícula que abarcan un periodo completo de la señal; conociendo los milisegundos o microsegundos que vale cada división puede calcularse fácilmente la frecuencia de la señal. Con VA puede operarse de la misma forma, pero con más facilidad, puesto que



en VA la operación se ha automatizado para facilitar el proceso. Así, con el osciloscopio activo bastará con mantener pulsada la tecla izquierda del mouse mientras se selecciona el periodo deseado. La frecuencia calculada aparecerá inmediatamente en un recuadro en proximidad del cursor.

### Ventana a Settings

Accionando con el cursor el botón "Settings" aparecerá la ventana que se muestra en la fig. 9, que permite modificar la frecuencia de muestreo y la dimensión del buffer. Aunque la frecuencia de muestreo pueda también

ajustarse (y con mayor comodidad) mediante la trackbar de la fig. 8, que se encuentra en la ventana principal debajo del osciloscopio. Resulta particularmente útil para alterar dinámicamente la frecuencia de muestreo con la finalidad de obtener una especie de trigger dinámico. De todo esto se desprende que la acertada elección de la frecuencia de muestreo, además de establecer la gama de frecuencias visualizables (por ejemplo: 40.000 Ha = de 0 a 20.000 Hz de banda teórica) permite también "clavar" la forma de onda en la pantalla (en función del trigger) cuando el producto del periodo de muestreo y las dimensiones del buffer es múltiplo (o submúltiplo) entero de la frecuencia a visualizar. Pero ésta no es una condición fácil de obtener, por lo que resulta poco práctica. De cualquier forma siempre >

## ¿Qué ofrece el mercado?

En los comercios del ramo pueden encontrarse multitud de instrumentos de medida que funcionan conectados a un ordenador personal (PC). A nivel mundial, el precursor de esta categoría de instrumentos es National Instruments, que ofrece la gama más completa de aparatos con su serie LabView ([www.ni.com](http://www.ni.com)). En el mercado "gran público" se dispone del grupo de productos Velleman reseñados en el presente artículo, que se distinguen por una excelente relación calidad/precio. Las características técnicas detalladas de estos equipos pueden descargarse gratuitamente de la web [www.iberfutura.es](http://www.iberfutura.es)

## Generadores de señales para PC

Generador de funciones para conectar a un PC; su software permite generar ondas sinusoidales, cuadradas y triangulares, además de una larga serie de señales muestra alojadas en una librería específica. Puede crearse una señal personalizada definiendo los puntos significativos. Es un complemento ideal del osciloscopio PCS500, al cual puede conectarse compartiendo el mismo PC. Se entrega provisto de sonda cocodrilo y alimentador de red; montado y verificado. Código PCG10A, precio Eur 180,00, IVA incluido.





Figura 8

podrá ajustarse la frecuencia de muestreo, incluso con las teclas cursor, para optimizar razonablemente la visualización. Un problema que suele aparecer en los analizadores de espectro (de cualquier nivel y precio) es una cierta oscilación periódica y anómala del espectro. Este efecto se comprende si se considera que lo que se muestra en vídeo es el espectro de "trozos" de la señal de entrada (el famoso buffer de puntos). Es decir que la señal cuyo espectro se calcula se "interrumpe" bruscamente, introduciendo una especie de distorsión. Puede evitarse este efecto, algo molesto, al coste de obtener una resolución espectral algo inferior, utilizando la ventana "Smoothing window". El programa VA permite seleccionar algu-

nas de las más significativas (Hanning, Bartlett, Blackman, etc.). Lo mejor es probar el efecto de todas las opciones con una misma señal: la diferencia resulta evidente. Aún puede seleccionarse otra herramienta (listbox "Input Device") o guardar la configuración (botones "Save Config" o "Save As"). VA crea un archivo con extensión ".ini" donde guarda todos los parámetros de las diversas ventanas, incluidas las posiciones, excepto la posición de la ventana principal. Por ejemplo: memorizará la frecuencia de muestreo, la presencia o no del generador de funciones, el nivel de zoom, etc., de manera que los ajustes seleccionados no se pierden y se recuperan al siguiente arranque. El archivo VA.ini, situado en el directorio de apertu-

ra de VA, se consulta automáticamente al lanzar el programa. También puede guardarse la configuración con otro nombre, que luego deberá leerse "manualmente" desde la opción "Open Config". Esto permitirá guardar diferentes configuraciones, que podrán aplicarse a tantas otras situaciones concretas. Para volver a la configuración por defecto basta con pulsar el botón "Default Config". Para saber en cualquier momento con qué configuración se está trabajando debe observarse la barra del título de la ventana principal. El procedimiento de "calibración" permite tarar correctamente la escala del osciloscopio, en voltios; todos los pasos se detallan en la ventana de Settings (en inglés). Para el tarado debe disponerse de una señal cuya amplitud de pico a pico se

conozca con precisión. Una vez terminada la calibración NO debe actuarse PARA NADA el control de volumen de Windows correspondiente a la entrada seleccionada. Contrariamente, puede utilizarse la trackbar del Zoom del canal deseado, que no altera la amplitud de la señal, pero sí la escala Y del osciloscopio VA (en razón x1, x2, x3, etc.).

### Notas complementarias sobre el Analizador de Espectro

La escala Y, graduada en decibelios, puede desplazarse verticalmente trasladándola con el mouse manteniendo pulsado la tecla izquierda (acción "arrastrar"). Con el botón "Set Zero dB" se impone como valor de 0 dB el correspondiente al armónico de máxima amplitud, excluida la componente continua. Para vol-

#### Osciloscopio 12 MHz 1 CH para PC

Osciloscopio digital que utiliza el PC y su monitor para visualizar las formas de onda. Dispone de todas las funciones de un osciloscopio normal, gestionadas con el programa de control de que va acompañado. La interfaz osciloscopio-PC se produce a través de la puerta paralela: todas las señales de esta interfaz están optoaisladas por razones de seguridad. Se entrega montado y verificado, con sonda cocodrilo y alimentador de red. Cód. PCS100A; precio Eur 185,00, IVA incluido.



#### Osciloscopio 50 MHz para PC

Instrumento auténticamente profesional que se caracteriza por sus magníficas prestaciones; utiliza el PC y su monitor para visualizar las formas de onda. Dispone de todas las funciones de un osciloscopio normal, gestionadas con el programa de control de que va acompañado. La interfaz osciloscopio-PC se produce mediante la puerta paralela: todas las señales están optoaisladas. Se entrega montado y verificado, con sonda cocodrilo y alimentador de red. Cód. PCS500A; precio Eur 495,00, IVA incluido.



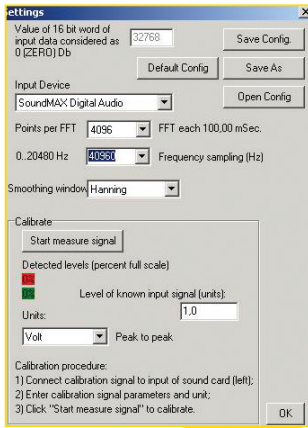


Figura 9

ver al valor de defecto del programa es suficiente pulsar el botón "reset zero dB". El lector descubrirá muchas otras otras funciones no descritas a través de sus propias investigaciones y ensayos.

## Consideraciones finales

La descripción del programa VA debe quedar forzosamente incompleta, por razones de espacio. El programa se ha creado voluntariamente desprovisto de toda "amenidad" o "frivolidad" para potenciar la sencillez de utilización y favorecer la velocidad de ejecución; son funciones y habilidades que cuestan un tiempo precioso y no aportan ninguna mejora de uso, de modo que no interesan. La presente versión no es definitiva: seguimos trabajando para enrique-

cerlo con funciones de estabilización del espectro, tipo ventanas de Flat Top, Blackman Exact y otras, incluso si la posibilidad de modificación dinámica y continua de la frecuencia de muestreo las hacen menos necesarias. También se añadirá un distorsiómetro y la posibilidad de mantener "flotantes" las ventanas del osciloscopio (ya incorporada en la versión actual) y del analizador de espectro. También se sofisticará el procedimiento de análisis de la tarjeta de sonido, que estará disponible en una ventana a propósito, y se

añadirá un servicio de memorización de las formas de onda analizadas (en formato archivo.wav). Otra posibilidad a considerar será el cambio automático de las dimensiones del buffer y de la frecuencia de muestreo, pudiendo desactivarse a voluntad. El programa, en inglés informático, puede obtenerse gratuitamente en la web [www.iberfutura.es](http://www.iberfutura.es). El autor agradecerá cualquier sugerencia o comentario que pueda contribuir a la mejora del programa. Puede enviarse a la dirección de E-mail [a.accattatis@libero.it](mailto:a.accattatis@libero.it).