

LA COLUMNA DE ANDRES MAYO

EL CONVERTIDOR ANALÓGICO-DIGITAL: ESLABÓN ESENCIAL DE NUESTRO ESTUDIO

EN GRABACIÓN, MEZCLA O MASTERIZACIÓN, EL CONVERTIDOR A/D DEBE GARANTIZAR LA MÁXIMA TRANSPARENCIA EN EL AUDIO DIGITAL

Sabemos que un convertidor A/D de baja calidad puede arruinar cualquier proyecto que comience en el mundo analógico y concluya en el mundo digital. Tanto es así que muchos de los numerosos problemas adjudicables al audio de baja calidad dependen directamente de la etapa de conversión, a saber: falta de transparencia, "jitter" (o sea, el error de base de tiempo producido por un reloj patrón no suficientemente estable), alta distorsión armónica, etc. Como Ingeniero de mastering, me importa mucho tener la mejor calidad de conversión posible porque dependo de ello para que mi trabajo se aprecie: si invierto horas en lograr la máxima calidez posible para una masterización y luego la etapa de conversión A/D no es transparente, esa calidez puede perderse totalmente en una representación digital muy poco fiel.

Pero cuánto realmente sabemos sobre la verdadera performance de nuestros convertidores A/D? En la industria del Audio Profesional, la mayoría de estos equipos son considerados "cajas negras" capaces de lograr una representación teóricamente exacta de la señal analógica en el medio digital. Nuestro conocimiento sobre ellos generalmente no va más allá de la página inicial del manual de operaciones, en la que invariablemente se indica que el equipo es una de las últimas maravillas del mundo. Esto es realmente así? Cómo podemos comprobarlo? Cuáles son los parámetros a tener en cuenta para elegir un excelente convertidor A/D? La columna de hoy está dedicada a presentar un análisis de rendimiento y transparencia, basado en mediciones rigurosas del convertidor A/D Lavry Gold AD 122 MK III, el producto tope de línea de Lavry Engineering, Inc. (USA) Las mediciones fueron realizadas por los Ing. Daniel Sinnewald y Carlos "Indio" Gauvrón en el Laboratorio Abierto (LABI) del Departamento de Electrónica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires, junto con Ezequiel Morfi, Ing. de masterización con amplia experiencia en el uso de este equipo.

Mis casi 1000 horas de trabajo con el 122 MK III me habían llevado a la conclusión (aún sin fundamentos técnicos rigurosos) de que se trata de un convertidor con bajísimo nivel de ruido y sumamente estable en su sistema de clocking, es decir con "jitter" virtualmente nulo. Quitando la tapa del equipo se observa gran parte del área del circuito impreso ocupada por dos módulos con amplios disipadores que corresponden a los amplificadores discretos de entrada que funcionan en clase A. La alta disipación de energía en ese modo de trabajo requiere una muy eficiente radiación de calor. La ganancia de estos amplificadores es controlable con dos presets accesibles desde el frente, para adaptarla al nivel de las etapas analógicas precedentes.

Para llevar a cabo las mediciones se utiliza una placa adecuada para recibir la información digital de acuerdo con las múltiples posibilidades ofrecidas por el equipo. Esta información se procesa con un software que efectúa la Transformada Rápida de Fourier (FFT) y ofrece un análisis espectral de la calidad de conversión al dominio digital. Para esto, es necesario contar con un generador de señales de muy baja distorsión: se utiliza un generador con THD (Total Harmonic Distortion) de 0.0003%, o sea que la distorsión está 110 dB por debajo de la señal fundamental. Esto nos garantiza que el oscilador no puede ser causante de mayor distorsión en las mediciones.

Qué debemos comprobar entonces para no tener dudas sobre la calidad de convertidor que estamos utilizando? En primer lugar el ruido intrínseco (también llamado Piso de Ruido o Noise Floor), que es uno de los parámetros fundamentales de cualquier convertidor A/D y debe ser medido sin presencia de señal, con la entrada en cortocircuito. A continuación mediremos la respuesta del convertidor a distintos estímulos, comenzando por una señal de 1 KHz aplicada a la entrada, típicamente a -30 dBFS (Full Scale). Esto nos

dará la oportunidad de medir también las densidades espectrales de ruido con distintos tipos de *dithering*, en caso de que el equipo provea esas opciones.

Para poder arribar a resultados concluyentes sobre la performance del convertidor, mediremos la distorsión armónica total del equipo (conocida como THD, otro de los valores fundamentales a medir) para distintos niveles de señal de entrada, aplicando todos los tipos de *dithering* disponibles, a diferentes resoluciones y frecuencias de muestreo (típicamente entre 16 y 24 bits de resolución y entre 44.1 KHz y 96 KHz de frecuencia de muestreo). Es interesante notar que el 122 MK III provee resoluciones intermedias entre 16 y 24 bits en pasos de a 1 bit, por ejemplo, es teóricamente posible operar en 19 bits de resolución. Finalmente, aplicaremos señales de entrada de distintas frecuencias para revisar el comportamiento de distorsión en todo el espectro audible. En una palabra, buscaremos probar el equipo en todas las condiciones de trabajo y a partir de la comparación entre los resultados obtendremos la verdadera respuesta sobre la calidad de conversión Analógica-Digital que nos provee.

Resultados obtenidos en nuestras mediciones:

En el diagrama de la Figura 1 se observa la densidad espectral de ruido, trabajando con las dos opciones de *dithering*: FLAT (es decir sin ponderación en frecuencia, ver línea dibujada en trazo blanco) y HPDF (Highpass Probability Density Function, es decir con realce de la zona alta del espectro de frecuencias, ver línea dibujada en trazo amarillo). La conclusión categórica es que la performance de ruido es excepcional, situándose en ambos casos cómodamente por debajo de los -130 dBFS. Para la tercera opción disponible (OFF o ausencia de *dithering*) no hay trazo en la Figura 1 por que el ruido inherente está por debajo del bit menos significativo (LSB) con lo cual no tiene representación en el dominio digital. El 122 MK III ofrece 4 curvas de Noise Shaping para utilizar a elección, que quedan inactivas si no se utiliza *dithering*.

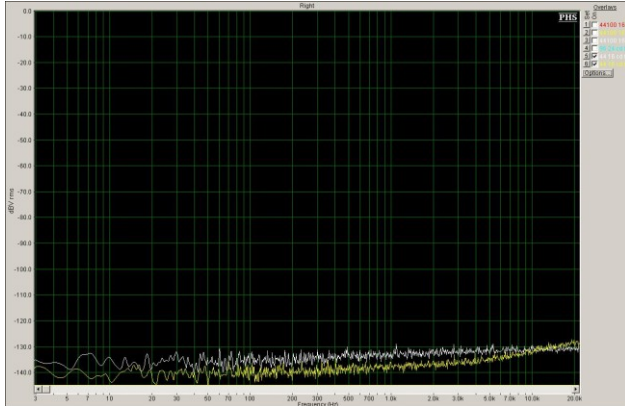


Figura 1: Densidad espectral de ruido inherente (Noise Floor)

En la Figura 2 se muestra el espectro de ruido con una señal senoidal aplicada de 1 KHz a -30 dBFS (3.16 % Full Scale), donde vemos que los resultados coinciden prácticamente con los de la Figura 1. La línea en trazo rojo corresponde a la opción OFF (sin *dithering* aplicado) y vemos entonces la notable mejoría introducida por este proceso. De esta medición concluimos que el *dithering* correctamente aplicado representa un beneficio indiscutible en el proceso de conversión.

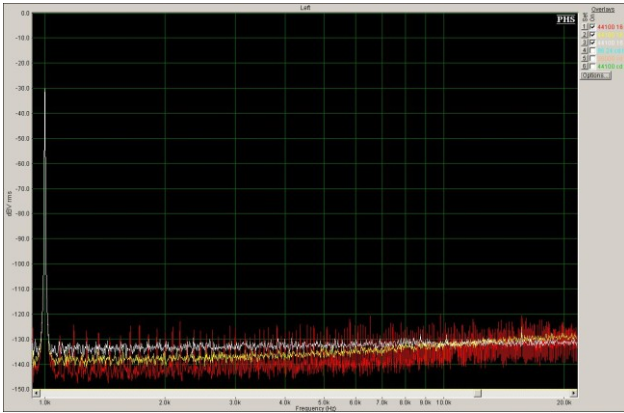


Figura 2: Densidad espectral de ruido con un tono de 1 kHz.

Según los espectros observados en las Figuras 3 a 5, el comportamiento de THD no varía significativamente según el tipo de *dithering* aplicado. Incrementando la frecuencia de muestreo tampoco hemos medido variaciones significativas en el comportamiento de distorsión (Figuras 6 a 9).

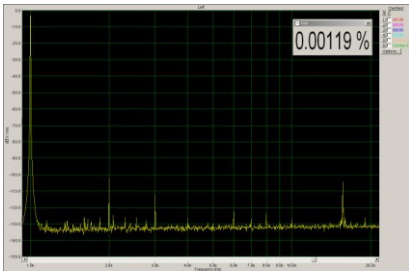


Fig. 3: Flat

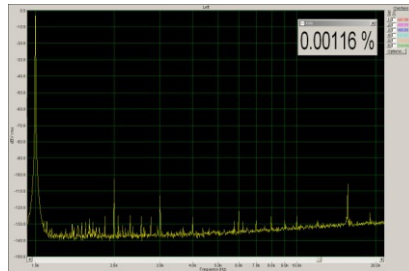


Fig. 4: HPDF

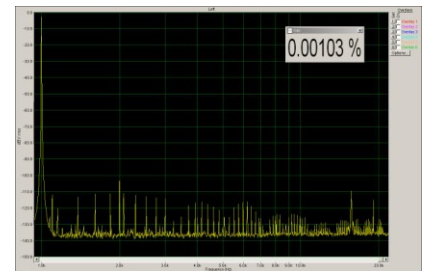


Fig. 5: Sin dithering

Espectros de distorsión a -3 dBFS (70% Full Scale), con tono de 1 KHz, a 44.1 KHz y 16 bits de resolución. Los valores de THD medidos se observan en la esquina superior derecha.

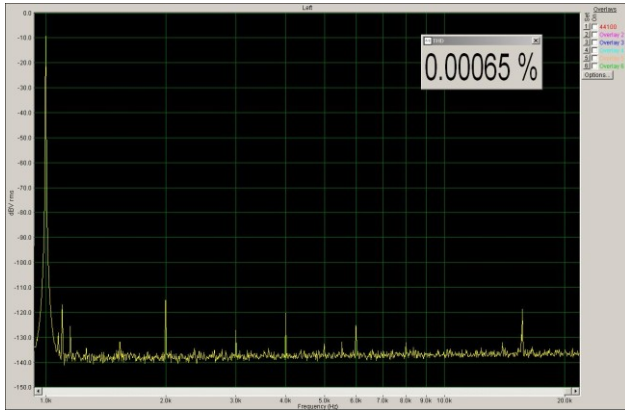


Fig. 6: 16 bits / 44.1 kHz

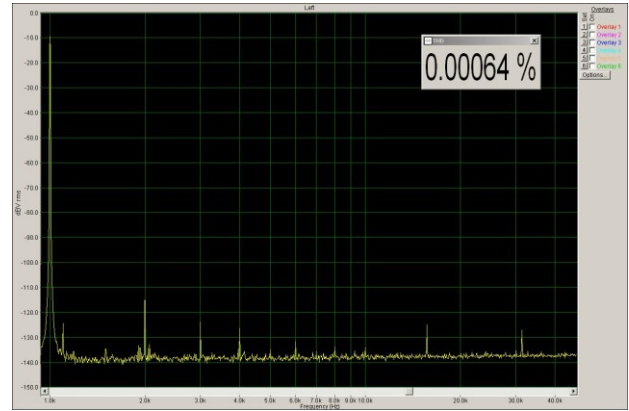


Fig. 7: 24 bits / 96 kHz

Espectros de distorsión a -10 dBFS (31.6 % Full Scale) con distintas resoluciones y Sampling Rates. Los valores de THD medidos se observan en la esquina superior derecha.

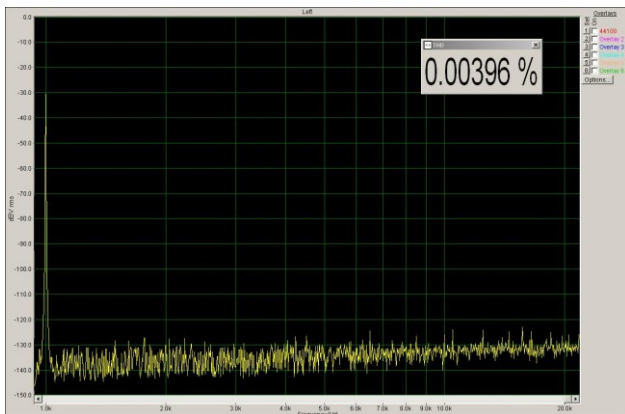


Fig. 8: 16 bits / 44.1 kHz

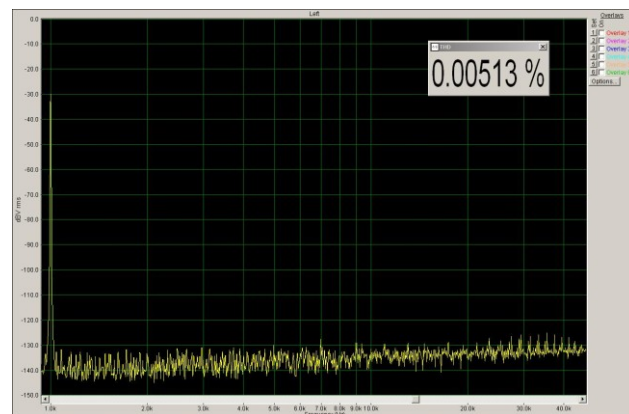


Fig. 9: 24 bits / 96 kHz

Espectros de distorsión a -30 dBFS (3.16 % Full Scale) con distintas resoluciones y Sampling Rates. Los valores de THD medidos se observan en la esquina superior derecha.

Todas las mediciones anteriores fueron realizadas en base a un tono de 1 KHz. Para evaluar la respuesta del convertidor en frecuencias superiores se inyectaron señales de distintas frecuencias dentro del espectro audible, verificando valores similares a los ya obtenidos a 1 kHz. Como referencia, en las figuras 10 y 11 se muestran los espectros de distorsión medidos a 10 KHz y -3dBFS para 16 bits / 44.1 kHz y 24 bits / 96 kHz que evidencian un comportamiento coherente en todos los casos.

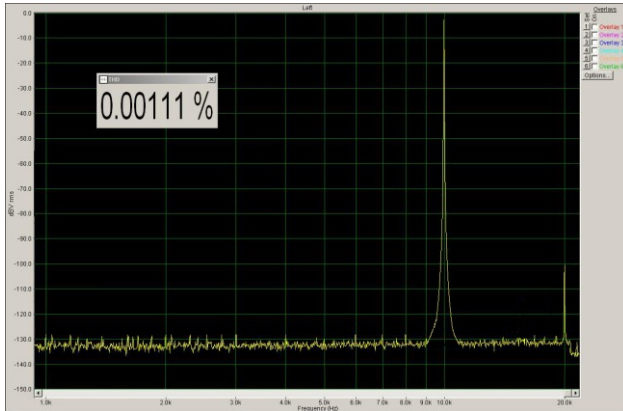


Fig. 10: 16 bits / 44.1 kHz

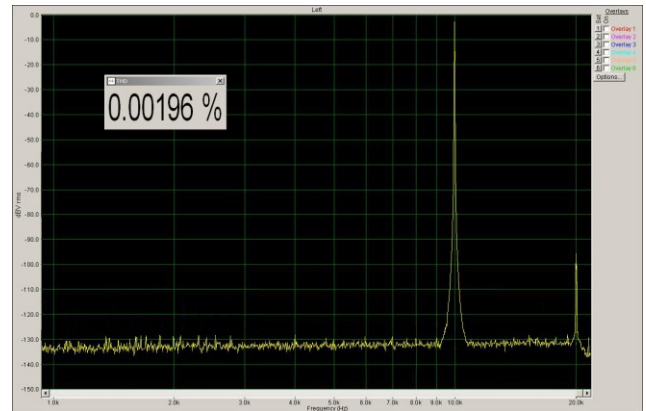


Fig. 11: 24 bits / 96 kHz

Espectros de distorsión a -3 dBFS (70.7 % Full Scale) con tono de 10 kHz, con distintas resoluciones y Sampling Rates.

Conclusiones:

Después de dos jornadas de medición rigurosa en el LABI de la Universidad de Buenos Aires, los resultados demuestran que el rendimiento del 122 MK III es excepcional y nos permiten definir el standard de procedimiento para conocer exactamente la performance de cualquier unidad de conversión A/D. Llama la atención también el menor calentamiento de la unidad en relación con otros convertidores de alta gama: esto sin dudas favorece la confiabilidad del equipo, al no verse afectado el sistema de clocking por las altas temperaturas.

Como agregado personal y exclusivamente desde el punto de vista del usuario, hay dos características que me parecen superiores:

- 1) La tecnología de Acoustic Bit Correction, desarrollada específicamente para reducir la distorsión y la modulación de ruido y modelar psicoacústicamente la figura de ruido.
- 2) La función de Soft Saturation, esencialmente diferente de la compresión de audio tradicional, que permite subir 3 dB o 6 dB efectivos en todos los valores de muestreo inferiores a un determinado umbral (-6 dBFS o -12 dBFS, respectivamente). Este algoritmo completamente nuevo opera sample por sample tomando como referencia la curva ideal de magnetización de la cinta, y por lo tanto emulando el efecto analógico con mucho éxito. Utilizo muy a menudo esta función (aunque nunca con más de 3 dB de ganancia) para no exigir demasiado a los procesadores analógicos y poder sin embargo tener una ganancia envidiable a la salida de esta etapa, sin sufrir los efectos de la excesiva compresión.

Hasta la próxima!!

Ing. Andrés Mayo

Medición y reporte técnico: Ings. Daniel Sinnewald y Carlos Indio Gauvrón

Este artículo puede descargarse en formato pdf del sitio www.andresmayo.com/data

Andrés Mayo es ingeniero de Mastering y realizador de DVD musicales.

Miembro fundador de Team 5.1, es reconocido en Argentina por sus trabajos de masterización en stereo y surround Es Vicepresidente de A.E.S. Región América Latina y miembro de la Academia Latina de Grabación.

Contacto: aam@aes.org