



En esta serie de talleres dedicados a nuestra pasión que es la música, vamos a ir comentando los resultados de las sesiones de audición realizadas en nuestras salas y también como no, comentaremos un poco los aspectos técnicos, de forma que aquella persona que esté interesada los pueda entender sin problemas.

FORMATOS DIGITALES DE AUDIO Y AUDIO HD:

Primeros esbozos.

Con el advenimiento a grandes pasos de la última tecnología, la cual en los últimos años está dejándose notar en todas las áreas de nuestra vida, en el audio por supuesto no podía ser menos. Esta se muestra claramente con los nuevos formatos de alta definición (24bits/192Khz), y en la conectividad a través de redes domésticas de datos, para empezar.

Desde los sistemas sencillos de música en red, como pueda ser el sistema de Sonos, el cual ofrece un nivel de posibilidades elevadísimo, (interconectividad, actualizaciones cada poco tiempo, etc...) y llegando hasta el máximo nivel, como puedan ser una conexión usb **asíncrona**, o una firewire optimizada (intercalando un **regenerador** de Weiss por poner un ej.) y un DAC externo de alto nivel, está claro que hay que ponerse las pilas para entender y tratar este nuevo mundo, concretamente esta nueva forma de reproducción digital, dado que al principio parece algo complejo y extenso, pero se puede abordar fácilmente cuando se entienden sus bases y se posee cierta experiencia.

La finalidad de todo esto es que (comenzando con un usuario de un sistema digital básico, que quiera escuchar música en cualquier parte de su casa controlándola a través incluso de su móvil, hasta uno poseedor de un sistema más avanzado que pueda disfrutar de las grabaciones con el más alto nivel de definición, y a ser posible, de los “Masters” originales de grabación del estudio en su propio hogar), tengamos todo un abanico de posibilidades para en cada caso establecer la mejor opción disponible.

Son varios los aspectos técnicos a tener en cuenta en todo sistema digital. Las palabras que hay en el texto en negrita y algunas más, se explicarán de manera sencilla en las líneas que siguen, pero sin ahondar en tediosas fórmulas matemáticas que lo único que pueden lograr es aburrir, y además no tienen cabida aquí.

Tecnología y primeras audiciones:

Tecnología:

Sistema sencillo: Sonos.

El sistema de Sonos es muy versátil, de hecho cada día más, puesto que su software se va actualizando, y sus aplicaciones pueden crecer y derivarse. Este sistema tiene un sonido más que correcto en función de la franja de precio en la que está. Lleva un convertidor digital actual, de buena calidad, y llega hasta resoluciones de 48Khz de **muestreo** de la señal musical. El "truco" estriba en cuidar la señal que le llega, escogiendo bien el cable digital que le pongamos.

Sistema intermedio: Marantz NA7004.

Este aparato es un gestor de música más avanzado en cuanto a calidad de sonido, por supuesto. Incorpora un convertidor digital de muy alta calidad (CS4398), y en la entrada USB trasera admite señales desde el ordenador de hasta 96Khz. Se puede conectar a la red de nuestra casa y podemos escuchar música con el itunes o windows media, o la radio por internet, etc. También incorpora entradas y salidas digitales tanto RCAs como ópticas.

Sistema superior: DAC8.

Este convertidor admite señales de hasta 24 bits y 192Khz. dispone de 5 entradas, que son : XLR (AES/EBU), BNC, RCA, óptica, y USB asíncrona de **alta velocidad** (480Mbps).

Emplea 2 conversores PCM1792. Este chip es actualmente uno de los mejores existentes en el mundo para la conversión de señales digitales. Luego le sigue una circuitería analógica cuidada hasta el más mínimo detalle. Las salidas analógicas son XLR (balanceadas) y RCA (single ended).

Hilando fino: conexión USB asíncrona y firewire.

Empleando la entrada USB asíncrona, se consigue reducir a 1/100 el nivel de **Jitter** de la señal proveniente desde el ordenador. Con esto conseguimos una transparencia sin precedentes en este tipo de conexión, y podemos escuchar nuestros master digitales o nuestra música en alta definición como nunca antes lo habíamos podido hacer.

Lo mismo sucede si tenemos un ordenador Apple, el cual sale por firewire. Para ello existen unos regeneradores de señal, como por ej. el de la marca Weiss. Éste sale tanto en XLR como en RCA, ambos en digital, hacia el DAC8, después de haber reducido el jitter unas 100 veces.

Primeras audiciones:

La evaluación de todo el conjunto de componentes ha sido realizada con el siguiente equipo:

- Previo EVO202 de Krell.
- Etapa de potencia EVO302 de Krell.
- Cajas acústicas Vienna the "Kiss".
- Cables transparent reference en todos los elementos y en digital.
- Filtros y cables de red Isotek.

Bueno, las primeras conclusiones a las que hemos llegado son que para quienes busquen algo sencillo, asequible, y con posibilidades de manejo sorprendentes, el sistema de Sonos es la mejor opción. El Marantz, evidentemente suena mejor a todas luces, y está pensado para ser el centro de control y de satisfacción de un hogar moderno, sin tener la necesidad de estar escuchando música en todas las estancias de la casa. Ambos pueden complementar a un sistema de mayor envergadura sin problemas de compatibilidad, y sobre todo el segundo con muy buena calidad musical.

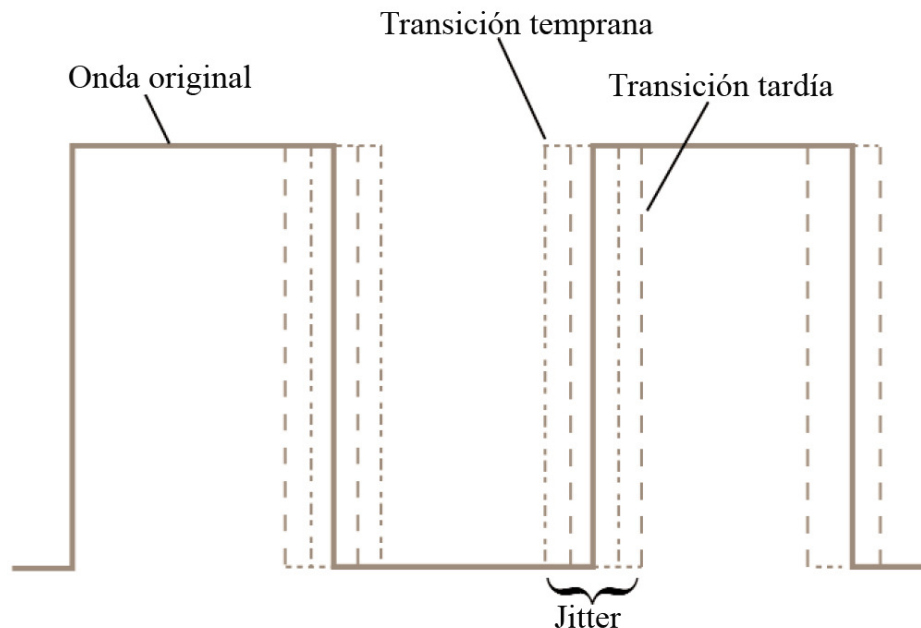
Tema aparte es el sistema de más altos vuelos, evidentemente. Y es que no se puede comparar con nada, porque el resto de elementos queda en evidencia, lógicamente, ante tal magnitud de tecnología y maestría a la hora de diseñar una electrónica de este calibre. El DAC8 es una máquina verdaderamente excepcional, y si encima se complementa con grabaciones en alta definición, pues todavía más. Así que la conclusión es hartamente evidente. Tenemos ante nosotros 3 tipos de electrónicas para tres segmentos de precio bien diferenciados, y cada uno cumple muy bien su cometido, la verdad sea dicha.

Las escuchas fueron desde buenas hasta excepcionales, con buenas grabaciones por supuesto, donde se expone de manera clara y concisa hasta dónde llega cada sistema. El último de todos fue escalofriante, era como si el auditorio dónde originalmente se hizo la toma de sonido estuviera allí mismo, algo sublime, con un nivel de detalle y una musicalidad que erizaban los pelos.

El Jitter:

¿Qué es el jitter y cómo afecta al audio digital?

Tipos de jitter hay muchos. Éste no es un error digital como mucha gente piensa, si no que es simplemente una ligera desincronización en el impulso de datos, la cual sin embargo se nota muchísimo en el audio digital. De los varios tipos que existen, es el producido por el ruido de fase el que más nos interesa realmente.



¿Qué es el ruido de fase?

El ruido de fase en los osciladores es ampliamente conocido en el mundo de las telecomunicaciones, sobre todo en las militares. Es una entidad indeseable, que está presente en todos los osciladores que se construyen en la práctica. Causa distorsión o la completa pérdida de datos en los receptores, y errores de bits en las aplicaciones de modulación de fase. Por eso, es necesario entender que es este ruido, y minimizarlo. Es el tipo de jitter que más afecta a las señales digitales, y sobre todo a las involucradas en la alta fidelidad.

Podemos poner como símil una rueda. Imaginemos que tenemos una rueda girando. Si está mal engrasada o mal diseñada producirá ruido en su giro, evidentemente. Este roce además producirá cierta inestabilidad. Esta suma en nuestro caso equivale al jitter producido por el ruido de fase unido a la imprecisión en la oscilación y a la variación lenta de la misma con el tiempo (variación Allan). Aquí tenemos tres tipos de jitter juntos. Esto es lo que produce esa sensación de sonido “metálico” en los sistemas digitales. ¿Cómo se soluciona?, pues la respuesta a esto la tenemos en los osciladores atómicos, como por ej. los de la marca Esoteric. Estos diseños se basan en la elevadísima precisión, estabilidad, y muy bajo ruido de fase del rubidio empleado como elemento oscilador. Lo que se traduce en una sensación de musicalidad muy elevada, y una naturalidad fuera de lo normal para un sistema digital.

Hemos hablado de la precisión en los osciladores, y hoy en día los atómicos se pueden fabricar con muy baja tolerancia ($\pm 0.001\text{ppm}$), y con un ruido de fase muy bajo (-160dbc/hz), pero no son nada baratos ($+ de 1000\text{€}$), y además, no existen para las frecuencias que se emplean en audio digital, a no ser que se fabriquen "ex profeso" como en nuestro caso sería el de la firma Esoteric.

Luego tenemos los osciladores compensados en temperatura, los TCXO (Temperature Compensated Crystal Oscillator), con una precisión aprox de $+2\text{ppm}$, y cuyo ruido de fase está en torno desde -145 a -160dbc/hz .

También existen los OCXO, es decir, controlados por un "calentador" (Oven Controlled Crystal Oscillator), que los mantiene siempre a la misma temperatura, pero consumen mucha potencia eléctrica. Sus características son similares a las de los TCXO.

Después están los VCO, es decir, controlados por tensión (Voltage Controlled Oscillator). Mismas características aproximadas de ruido de fase que los 2 anteriores.

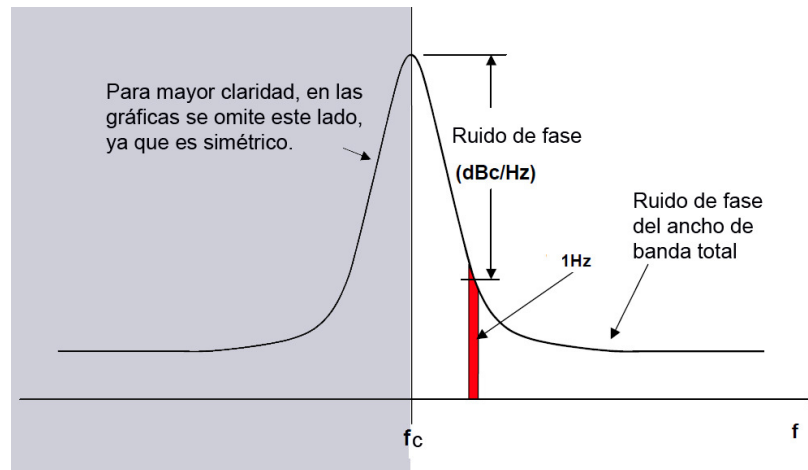
Luego existen los estándar. Se emplean muchísimo en todos los circuitos comerciales. ¿Por qué?, por su coste, entre $2-3 \text{€}$, o menos (made in china). Estos osciladores producen una cantidad de armónicos y un ruido tan descomunal, que podríamos imaginarnos esa rueda de antes produciendo un espantoso chirrido al girar y además a destiempo, es decir, algo totalmente caótico, inimaginable e inaceptable. Su ruido de fase es elevadísimo, -70dbc/hz , y la precisión no es alta, entre 20 y 50ppm .

PPM, significa **partes por millón**, y podríamos decir que es equivalente a la precisión en la oscilación. Veamos un ejemplo práctico:

Tenemos un reloj de 11.2896MHz y 30ppm . En este caso, la desviación en frecuencia estará comprendida en 11.2896×30 (338.68Hz) hacia arriba, o bien hacia abajo. Con lo que tenemos que puede variar entre 11.2899Mhz y 11.2892Mhz . Cosa no muy favorable dado el gran número de impulsos que hay que sincronizar dentro de un circuito digital. Por eso, entre otras cosas, ocurre el jitter. Sin embargo con uno de las características del Esoteric, tendríamos que en 11.2896Mhz solo variaría en 0.01128Hz , lo que prácticamente equivale a decir que no hay variación en la oscilación, ya que la misma está en el rango de una centésima de hertzio entre algo más de once millones, y todo esto además con muy bajo ruido de fase, que recordémoslo, contribuye a la inestabilidad.

Dbc/Hz, significa decibelios central/Hz. Expliquémoslo algo mejor:

La central es la frecuencia que estamos usando en nuestro reloj oscilador, y respecto a la cual hacemos la medida del ruido de fase. En nuestro ejemplo es 11.2896Mhz. Pero veámoslo gráficamente:



Según esta representación espectral, vemos que partiendo desde la frecuencia central, y alejándonos hasta 1Mhz, por ej, tenemos la resultante del ruido de fase generado por el oscilador. Cuanto más pura sea la oscilación, menor ruido desde el comienzo. Y en la medida de dbc/Hz, la parte Hz representa la pendiente por cada Hz.

Variación Allan:

La variación Allan es la cantidad de hertzios (en más o en menos) que se desvían de la frecuencia del oscilador empleado, al margen de la precisión. Es una medición más “relajada”, pues se realiza desde unos minutos hasta varias semanas, e incluso meses. Y es que la variación Allan, es al fin y al cabo importante, porque nos muestra como varía lentamente la frecuencia a través de un tiempo determinado, y establece la estabilidad a largo plazo del oscilador.

Alan fue uno de los físicos obsesionados con la medición del tiempo y cuyos estudios y postulados han dejado varias fórmulas de cálculos acerca del reloj perfecto.

Asíncrono:

Una conexión asíncrona es aquella que se realiza sin ninguna frecuencia maestra portadora constante, dicho de manera sencilla. Por ej, la conexión USB del DAC 8 de Audioresearch es de este tipo, lo cual significa que se le pueden enviar datos desde el ordenador, con un software especial, y usar el terminal USB como un simple conector, ya se encarga el DAC8 de sincronizar la frecuencia adecuada en cada caso al tipo de señal que le está entrando en ese momento.

Si le llegan datos digitales de audio a 192Khz, sincronizará esa señal con una frecuencia siempre múltiplo de 192, que puede ser por ej, 12.288Mhz (192x64, siendo 64 el resultado de 2 elevado a 6. Se emplea 2 porque es binario), o bien 24.576Mhz (192x128, que es 2 elevado a 7).

Hay 2 grupos elementales de frecuencias en audio: la de 44.1Khz y la de 48Khz. Todas las demás son múltiplos: 88.2Khz y 176.4Khz por un lado y 96Khz y 192Khz por el otro. Teniendo esto en mente, podemos calcular 2 frecuencias básicas con las que puede operar el DAC8, que son: 11.2896Mhz y 12.288Mhz, o bien múltiplos superiores. La primera sería 44.1×256 , y la segunda ya la hemos deducido antes.

Esta forma de operar tiene la ventaja de que ya no se usa una frecuencia de 12Mhz estándar para todos los tipos de archivos de audio, la cual incurre en un nivel de jitter elevadísimo, porque 12Mhz no es múltiplo de ninguna de nuestras frecuencias, ni por asomo. Esto quiere decir que la conexión USB normal no es adecuada para el audio, ya que tendremos niveles elevados de jitter, y la música no sonará del todo bien. Y también quiere decir que un lector de DVD no va a sonar nunca tan bien como uno de CD, ya que los DVD normalmente trabajan a 27Mhz, otra vez frecuencia no múltiplo de las empleadas en audio, pero sí de las de video, aunque en este caso no es de nuestro interés.

Regenerador:

La conexión firewire, ya de por sí buena por su propia concepción y arquitectura, se puede mejorar a la hora de transmitir datos digitales de audio a un DAC externo. De esto se encarga un elemento que convierte a ésta en una señal SPDIF (Sony Philips Digital InterFace) bien por RCA o XLR. Este elemento, por ej. el de la marca Weiss, en esencia lo que hace es regenerar la señal firewire, de forma asíncrona, y devolverla con un nivel de jitter reducido a la mínima expresión (1/100), cosa la cual nos permite aprovechar esta forma de transmisión y sacarle el máximo provecho a un sistema, principalmente basado en computadora Apple.

Alta velocidad:

Existen para el puerto USB 2.0 varias configuraciones, dos de ellas son FS (Full Speed) y HS (High Speed). Esta segunda es la que nos interesa, debido a que la FS solo es capaz de llegar hasta 24/96Khz, ya que su velocidad de transferencia de datos está limitada a 12Mbps. La HS puede transmitir datos a 480Mbps, por lo tanto su ancho de banda es enorme para aplicaciones de alta definición. AudioResearch con el DAC8 se ha aprovechado de esta ventaja y ha adoptado la HS para poder operar con toda tranquilidad con palabras de hasta 24 bits y 192Khz, lo cual evidentemente es muy bueno.

Muestreo:

El muestreo digital es una de las partes que intervienen en la conversión de las señales. Consiste en tomar muestras periódicas de una señal digital, siendo el intervalo entre las muestras constante. El ritmo de este muestreo, se denomina frecuencia o tasa de muestreo y determina el número de éstas que se toman en un intervalo de tiempo determinado, por ej. si la frecuencia de muestreo es de 44.1Khz, serán 44.100 muestras por segundo.

Atentamente:

Galeb Saleh Sánchez
Dpto técnico.