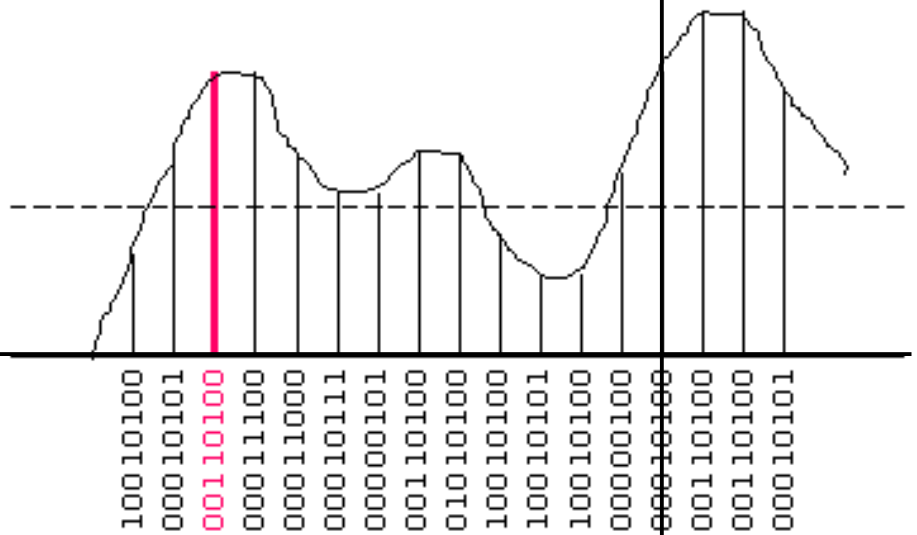


# Breve Historia y Teoría del Sampler

*Archivo Resonancias*



***Resonancias***

[www.ccapitalia.net/reso](http://www.ccapitalia.net/reso)

## Historia

Hablar de historia de los samplers digitales es hablar de unos treinta años nada más. En los primeros setenta se empezaron a desarrollar las primeras máquinas para capturar sonidos. Máquinas basadas en rudimentarios ordenadores adaptados para trabajar con señales de audio.

## Los amigos de las antípodas

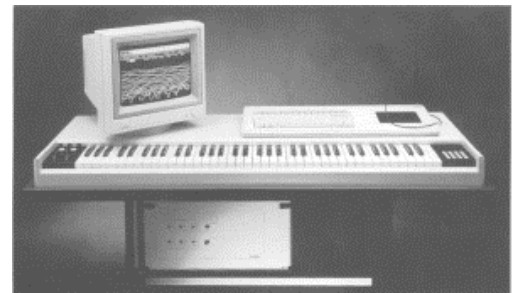
Para empezar un nombre mítico: Fairlight. Este fue el nombre que eligieron Kim Ryrie y Peter Vogel a finales del año 1975 para su proyecto. Desde la ciudad de Sydney, estos dos amigos de la escuela se aliaron para crear un instrumento electrónico. La idea inicial fue la construir un sintetizador que pudiera reproducir sonidos naturales. El proyecto evolucionó hasta basar su diseño en un procesador Motorola de 8 bits (el famoso 6800) en lugar de osciladores convencionales. Otra idea revolucionaria fue la de adaptar un monitor de ordenador como interface gráfico en el que poder reflejar los pasos de envolvente de los sonidos. Después de diseñar sus propios convertidores, incorporar RAM en bloques de 16Kbytes y diseñar una placa lógica para cada voz de polifonía (8 voces en el primer modelo) salió al mercado el Fairlight CMI en 1979. Su precio por aquel entonces era de 25.000 dólares. Por cierto, la primera serie no tenía MIDI y se fabricaron unas 100 unidades.

La evolución lógica llevó a las series II y III, incorporando procesadores más potentes (Motorola 68000), funciones MIDI, mejoras en la polifonía (16 voces) y un aumento de resolución hasta los 16 bits.

Fieles usuarios del Fairlight en cualquiera de sus reencarnaciones han sido Peter Gabriel, Thomas Dolby, Jan Hammer, etc. En 1988 Fairlight desapareció como empresa, sufriendo una serie de cambios hasta llegar a nuestros días, donde todavía fabrican sistemas de audio digital y aún se puede adquirir un Fairlight Series II completo por unos 70.000 dólares (ya sabes, vete ahorrando...)

## Los misterios de Synclavier

A finales de los setenta y primeros ochenta, los dos nombres que más sonaban en el mundo de los instrumentos electrónicos eran Fairlight y el eterno rival: Synclavier. Detrás de este nombre tan curioso se esconden dos estudiantes (¿otra vez?) de la universidad de Dartmouth, en el tranquilo estado americano de New Hampshire. Corría el año 1977 cuando Sydney Alonso y Cameron Jones se propusieron cacharrear con el ordenador de la universidad y convertirlo en un potente sintetizador de FM. Las cosas se complicaron hasta desarrollar un sistema con su propio teclado y monitor. En 1984 y con la ayuda de Sequential Circuits (en esta ocasión les prestaron el mecanismo de teclado de un sintetizador legendario: el Prophet-T8), New England Digital sacó al mercado del Synclavier.



*Fairlight III*



*Terminal de Synclavier*



Emulator III

El concepto del Synclavier fue reunir en una sola máquina los procesos de producción musical, síntesis, muestreo, secuenciación y post-producción de cine y vídeo (¡ufff!). Las especificaciones del Synclavier son un tanto relativas, puesto que de unidad en unidad se iban mejorando aspectos y prestaciones. Si tomamos como referencia los modelos más avanzados de los primeros años noventa, podemos decir que tenía 64 voces de polifonía, 32 megabytes de RAM y un secuenciador de 200 pistas. Hasta entonces, el Synclavier siempre fue un sistema de muestreo monofónico, cuando samplers mucho más baratos ya ofrecían posibilidades estéreo.

Donde mejores aplicaciones encontró fue en la industria del cine, donde se estableció como un sistema de referencia. Antes de desaparecer en 1993, New England Digital se adentró en el excitante mundo de la grabación a disco duro, acuñando el término “direct-to-disk” como trademark. Una máquina tan peculiar ha tenido usuarios no menos peculiares como Sting o el mismo Frank Zappa, cuyo disco “Jazz From Hell” está compuesto, grabado y producido íntegramente en un Synclavier.

### ¿Por qué no lo llamamos Emulator?

La tercera parada en la corta historia de los samplers tiene lugar en la afamada costa oeste americana, exactamente al norte de California. Dave Rossum fundó Emu Systems en 1972. Su interés principal fue el de construir sintetizadores modulares de gran calidad. Por aquella época Sequential Circuits tenía ya un cierto renombre dentro del gremio de los músicos. Rossum recibió ayuda de Sequential en el aspecto técnico y financiero hasta llegar a noviembre de 1980, fecha en la que Rossum construyó su primer prototipo de Emulator. La idea de Rossum era la de construir un instrumento de funciones similares a las del Fairlight pero con un coste mucho menor y usando un esquema de memoria más práctico que el de Fairlight. El primer prototipo tenía 128Kbytes de memoria (una cantidad considerable para la época) y una resolución de 8 bits. Las funciones de edición se limitaban a modificar el punto de comienzo y final de la muestra y cada muestra tenía una duración fija de 2 segundos. La suerte visitó a Dave Rossum en su primera feria como expositor, ya que Stevie Wonder probó el primer Emulator y quedó tan impresionado que encargó el primero que se fabricara, con el número de serie #001 (actualmente en poder de Stevie Wonder).



AKAI S1000

El nombre “Emulator” se le ocurrió a uno de los técnicos de Emu cuando decidieron cambiar el nombre de “Sampler” (muestreador) por algo más imaginativo, pues el nombre de la compañía, E-mu, se acordó mucho antes. La saga de los Emulator llegó hasta el Emulator III, un sampler con muchas de las características técnicas de los samplers más avanzados de hoy. El Emulator II supuso uno de los mayores éxitos de ventas de aquellos años, llegando a construir unas 500 unidades. Entre los nombres que han usado intensamente los Emulator se encuentran The Residents (que tienen el número de serie #005), Depeche Mode, Kraftwerk, etc...

Bueno, pues ya estamos a finales de los ochenta y el mundo de los samplers sufre una mutación importante. Compañías americanas y japonesas se hacen con el

monopolio de la fabricación de estos cacharritos y surgen los primeros samplers con precios razonables para los músicos. Marcas y modelos de referencia obligada: Sequential Circuits con el Prophet 2002 y sus innovadores discos de 3.5 pulgadas, Ensoniq y su Mirage (el espejismo) con secuenciador incorporado, Akai con su S612, sampler MIDI con unidad de discos de 2.8 pulgadas en formato rack, Oberheim y el revolucionario lector “universal” de muestras DPX1, Casio y el FZ-1, el primer sampler de 16 bits según la publicidad de la época (quién iba a pensar que los reyes de las calculadoras y los relojes digitales...), Yamaha con el enrevesado y carismático TX16W... Así una larga lista donde sería difícil no olvidar a alguien.

Los noventa han traído la mutación y la simbiosis al mundo de los samplers. Se empieza a estrechar la diferencia entre los samplers “de verdad” y los sistemas basados en ordenadores personales. Los pioneros en este campo han sido los ingenieros de Digidesign que se anticiparon con su tarjeta sampler SampleCell para Macintosh. A partir de ese banderazo de salida, muchas compañías de software han desarrollado samplers con todas las prestaciones contenidos en un paquete de software (detalle importante: estamos hablando de programadores de software cuando hace unos párrafos y unos cuantos años hablábamos de ingenieros y estudiantes de electrónica).

## ¿Qué es muestrear?

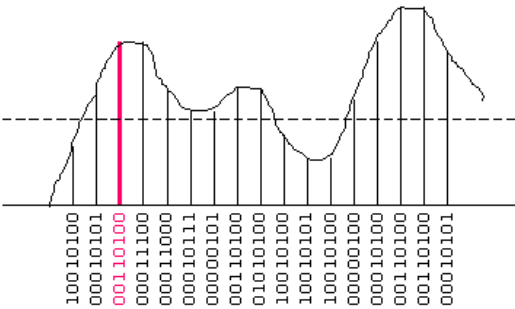
Dicho de una forma muy simple, muestrear es hacer fotos de un sonido a mucha velocidad. La comparación más fácil es el cine: el ojo humano necesita unas 24 imágenes o “fotos” por segundo para crear la ilusión de movimiento continuo. El oído es bastante más fino y necesita unas 40.000 tomas de audio por segundo para percibir un sonido grabado como real. Vamos, que el oído es unas 1.600 veces más preciso que la vista...

La cosa se complica cuando tenemos 40.000 tomas en un segundo y cada una de ellas tiene un valor distinto, ¿cómo ordenarlas?. Para pasar de analógico (que es algo continuo en el tiempo) a digital (que son valores discretos) hay que pagar un precio. Al aproximarnos a los valores que una señal analógica tiene en un momento dado, tenemos que fijar con qué precisión lo haremos.

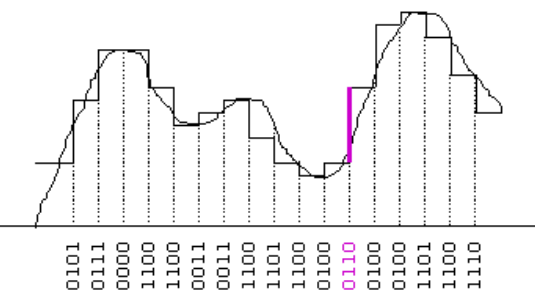
Ya hemos establecido que tomaremos unas 40.000 muestras por segundo y que cada muestra tendrá un valor distinto cuya medida dependerá de la precisión o resolución de muestreo. Llega el terrible momento de enfrentarnos con las matemáticas (sí... no hay más remedio). Los humanos solemos usar el sistema decimal para hacer nuestros cálculos (esto es: 0, 1, 2, 3, ... así hasta 9), sin embargo los ordenadores (y los samplers no son más que ordenadores con unas funciones concretas) usan el sistema binario, es decir, representar las cifras con dos números: 0 y 1. Cualquier cifra por grande que sea se puede representar como una sucesión de ceros y unos. Por motivos prácticos, los grabadores digitales hablan en lenguaje binario.

La unidad básica con la que trabaja el sistema binario es el bit, que es la unidad de información más pequeña que se puede manejar (o cero o uno). Del mismo modo,





PCM (Pulse Code Modulation)  
4Khz (3.4 KHz) x 2 = 8000 Muestras/Seg  
8000 Muestras/Seg x 8 bits = 64 Kbps



ADPCM (Adaptive Differential Pulse Code Modulation)  
8000 Muestras x 4 bits = 32 Kbps

Las primeras aplicaciones de la digitalización del sonido se sitúan en la telefonía digital, para esta aplicación (el transporte de la voz hablada) es preciso realizar un muestreo de 8KHz, con esta frecuencia se asegura el correcto muestreo de aquellos timbres de voz más agudos (timbre máximo de la voz humana 3.4Khz aproximadamente), para esta aplicación se emplea una resolución de 8 bits en la digitalización de cada muestra. Esta técnica es conocida como PCM. Para ahorrar ancho de banda en el transporte de la voz digital es posible aplicar técnicas de compresión como ADPCM o GSM.

con cuatro bits puedo representar 16 valores ( $2 \times 2 \times 2 \times 2$ , ó 2 elevado a 4). Pues bien, la precisión más común a utilizar en los sistemas de grabación digital es de 16 bits, que representa un total de 65.536 valores para cada muestra. A esta precisión en la medida se le llama resolución de muestreo, y junto con la frecuencia de muestreo constituyen los valores más importantes a tratar cuando se graba audio digitalmente.

### Teorema del muestreo (o la madre del cordero)

Bueno en realidad el padre del cordero, ya que fue Harry Nyquist quien dedujo el teorema sobre el que se sustenta toda grabación digital de audio. El teorema tiene este enunciado (nos ponemos serios, abrimos comillas): “La frecuencia de muestreo para convertir audio analógico debe ser al menos el doble de la frecuencia máxima a convertir si no queremos que se pierda información esencial o que aparezcan falsas frecuencias denominadas alias”.

¿Alias? ¿las frecuencias usan motes?. No, en audio digital se denomina alias a una frecuencia “fantasma” que se produce en los grabadores si la frecuencia del sonido a grabar (o algún componente armónico del sonido) es mayor que la mitad de la frecuencia de muestreo (frecuencia de Nyquist).

Por ejemplo, una grabadora de DAT tiene una frecuencia de muestreo de 48 kHz. Para prevenir el aliasing, la señal a grabar no debe exceder de los 24 kHz. La razón de esto es simple (por lo menos en teoría). Se necesita un mínimo de dos muestras por ciclo para representar los movimientos positivo y negativo de una forma de onda. Si la señal no se muestrea al menos 2 veces en cada ciclo de la forma de onda, la traducción digital parecerá representar una onda de menor frecuencia.

El aliasing ocurre cuando el circuito de muestreo y retención (sample & hold) contiene una muestra de un ciclo de la forma de onda, pero en el momento de captar la segunda muestra, el ciclo ya ha pasado y ha empezado uno nuevo. La segunda muestra entonces, se ha tomado en un ciclo completamente diferente al primero. En lugar de representar correctamente la frecuencia de la forma de onda, una frecuencia “alias” es lo que se obtiene.

De hecho se puede calcular la frecuencia de un alias producido sobre una forma de onda. Simplemente resta la frecuencia de Nyquist (la mitad de la de muestreo) de la frecuencia de la señal a muestrear. Por ejemplo, si la frecuencia de muestreo es de 48 kHz, la frecuencia de Nyquist es 24 kHz, si la señal a muestrear contiene un componente armónico de 25 kHz, la frecuencia alias aparecerá a la frecuencia de 1 kHz (25 kHz-24 kHz). Lo cual cae dentro del rango audible.

La solución al aliasing es simple: filtrar las frecuencias por encima de la frecuencia de Nyquist antes de ser muestreadas. Por este motivo todos los grabadores digitales tienen un filtro pasa bajos (algunas veces llamados anti-aliasing) con una envolvente de corte precisa en el primer lugar de la cadena de grabación.

La frecuencia de corte del filtro se ajusta un poco por debajo de la frecuencia de Nyquist para producir un espacio de seguridad. En el caso de la DAT, el filtro se ajusta a 22 kHz, produciendo una banda de 2 kHz a una frecuencia de muestreo de 48 kHz.

### ¿Y por qué 44.1 kHz?

En los primeros días del audio digital, los discos duros, a pesar de tener la velocidad necesaria, todavía no tenían la capacidad para almacenar grandes cantidades de material sonoro, por lo que se fijó la atención en los grabadores de vídeo. Se adaptó el formato de vídeo para grabar ceros y unos (lenguaje binario) como niveles de blanco y negro. Dichas grabaciones se pueden realizar en un grabador monocromo siguiendo uno de los formatos de vídeo estándar: 525 líneas a 60 hercios o 625 líneas a 50 hercios. Se buscó un múltiplo común a ambos formatos para usarlo como frecuencia de muestreo.

Las frecuencias de muestreo que se pueden conseguir en estos “pseudo-sistemas” de audio se pueden calcular multiplicando la frecuencia de barrido por el número de líneas activas en un campo (las líneas marginales no se pueden usar) y volviendo a multiplicar el resultado por las muestras activas en una línea (la señal de vídeo se descompone en tres colores: rojo, verde y azul, o sea, tres valores o muestras por línea).

De esta manera, en vídeo a 60 hercios existen 35 líneas de margen, dejando un total de 490 líneas por cuadro o 245 por campo:

$60 \text{ hercios} \times 245 \text{ líneas} \times 3 \text{ muestras por línea} = 44.100 \text{ hercios (44.1 kHz)}$

De la misma manera, en vídeo a 50 hercios existen 37 líneas de margen, dejando 588 líneas activas por cuadro o 294 por campo:

$50 \text{ hercios} \times 294 \text{ líneas} \times 3 \text{ muestras por línea} = 44.100 \text{ hercios (44.1 kHz)}$



Si eres una persona inquieta y quieres compartir con más gente tus opiniones, artículos, críticas discográficas o tu producción de música electrónica te invitamos a participar en este proyecto.

Visitanos en Internet:

**Ccäpitalia**

[www.ccapitalia.net](http://www.ccapitalia.net)



***Resonancias***

[www.ccapitalia.net/reso](http://www.ccapitalia.net/reso)