

LOS SINTETIZADORES

Una breve introducción

David Martínez Zorrilla
2008

Los sintetizadores: una breve introducción

© David Martínez Zorrilla, 2008

© Lulu.com, 2008

ISBN: 978-1-4092-1899-9

Aviso de Copyright: La presente obra se edita bajo una licencia Creative Commons 2.5 de tipo Reconocimiento-No comercial-Compartir bajo la misma licencia. Esto significa que la obra puede copiarse, distribuirse y modificarse libremente, siempre que se satisfagan las condiciones siguientes: a) reconocimiento de la autoría; b) no utilización comercial de la obra; y c) si se crean modificaciones o alternaciones de la obra, deberá distribuirse bajo el mismo tipo de licencia.



SUMARIO

0. Introducción	5
1. El sonido	7
2. ¿Qué es un sintetizador?	11
3. Algunos tipos de sintetizadores	13
4. Tipos de síntesis	19
4.1. La síntesis substractiva	19
4.1.1. Sofisticaciones del modelo	30
4.2. La síntesis aditiva	34
4.3. La síntesis de modulación de frecuencia	36
4.4. La síntesis de tabla de ondas	39
4.5. La síntesis de modelado físico	43
5. Algunos modelos destacables	45
5.1. El Minimoog (Moog Music, 1970)	45
5.2. El Prophet 5 (Sequential Circuits, 1978)	48
5.3. El DX-7 (Yamaha, 1983)	50
5.4. El D-50 (Roland, 1987)	53
5.5. El M1 (Korg, 1988)	56
5.6. El VL-1 (Yamaha, 1994)	58
5.7. El Fantom-X (Roland, 2004)	60
5.8. Un caso especial: el SID (1981)	63
6. Bibliografía	67

0. INTRODUCCIÓN

Este libro pretende acercar al lector al mundo de esos apasionantes instrumentos musicales llamados sintetizadores, haciendo una presentación general de su tipología y funcionamiento, e intentando explicar algunas de las claves que se hallan detrás de su increíble flexibilidad y versatilidad. No en vano, se trata muy posiblemente del instrumento musical (incluyendo aquí tanto los acústicos como los eléctricos) que más y más rápidamente ha evolucionado, a pesar de su relativamente breve historia, en la que ha alcanzado un gran nivel de éxito y aceptación, pasando de ser un elemento casi exclusivo de la música electrónica y experimental en los años 60 y 70, a ser hoy en día una pieza fundamental en los más diversos estilos musicales.

La estructura básica del libro será la siguiente: tras introducir algunos conceptos básicos del sonido en general, necesarios para comprender adecuadamente las explicaciones posteriores, veremos en qué consiste un sintetizador y qué tipos básicos de sintetizadores podemos encontrar, para posteriormente introducirnos con algo más de detenimiento en los principales tipos de síntesis sonora que estos aparatos pueden desarrollar (que son el fundamento de su carácter y versatilidad). Por último, haremos un breve recorrido histórico deteniendo brevemente nuestra atención en algunos de los modelos más representativos o destacados de la historia de los sintetizadores, que ilustran bien su evolución y su tipología.

1. EL SONIDO

Desde el punto de vista físico, el sonido es una vibración del aire (en el vacío no hay sonido) que tiene ciertas características adecuadas para que en contacto con nuestro sistema auditivo pueda ser percibida por el cerebro como una señal audible (lo que comúnmente llamamos “un ruido” o “un sonido”). No cualquier vibración del aire da lugar a una percepción sonora, ya que las limitaciones del oído humano hacen ciertas vibraciones resulten inaudibles (por ejemplo, aquellas que se sitúan fuera de los límites de las frecuencias audibles, o aquellas vibraciones que resultan demasiado leves para poder ser percibidas).

Es posible destacar varias propiedades o aspectos básicos del sonido, que deben ser convenientemente diferenciados. Concretamente, serían los cuatro siguientes: 1) la frecuencia o altura; 2) la amplitud o intensidad; 3) la duración; y 4) el timbre.

1) La *frecuencia* (o altura) del sonido es, como sugiere su nombre, el lapso temporal entre las vibraciones cíclicas de las ondas sonoras. Estas vibraciones se miden en ciclos por segundo, a los que normalmente se denomina *hertzios* (Hz). Un hertzio corresponde a un ciclo (vibración) por segundo. La frecuencia o velocidad de las vibraciones es lo que nos permite clasificar los sonidos como “más agudos” (frecuencias más altas) o “más graves” (frecuencias más bajas): a medida que la frecuencia aumenta, el sonido se vuelve más agudo, y viceversa. Un ser humano con el oído normal es capaz de percibir sonidos aproximadamente entre los 20 Hz y los 20 KHz (20.000 Hz), si bien este límite superior va disminuyendo con la edad.

En relación con la frecuencia de las ondas sonoras, debe destacarse un concepto muy importante en la teoría musical, que es el de la *octava*. Un intervalo o diferencia de altura de una octava entre dos notas musicales corresponde exactamente a una diferencia en la frecuencia del doble de ciclos. Así, por ejemplo, si tomamos como referencia la nota *la* de la cuarta octava (la que habitualmente se toma como base para la afinación de los instrumentos musicales), ésta mide 440,0 Hz. Si tomamos la nota *la* de una octava superior, ésta tendrá 880,0 Hz, y la de dos octavas superiores 1760,0 Hz. De modo similar, una nota *la* de una octava inferior (la tercera, en este caso), tendrá 220,0 Hz.

2) La *amplitud* (o intensidad) es lo que comúnmente asociamos al “volumen” o la fuerza del sonido, pudiendo distinguir así entre los distintos sonidos en función de si son más o menos “fuertes” o intensos (mayor o menor volumen). La amplitud se mide en decibelios (dB), situando el valor 0 en el umbral de la sensibilidad del oído humano normal (por tanto, todos los sonidos audibles tienen un valor positivo en decibelios). Teóricamente no existe un límite superior, si bien a partir de los 100 dB ya suele percibirse el sonido como desagradable y a partir de los 130 dB puede incluso producir dolor y lesiones.

Un aspecto que puede resultar curioso para quien no esté familiarizado, es que si observamos algunos sintetizadores, o en general cualquier equipo de sonido (como por ejemplo un amplificador), veremos que el valor máximo se sitúa en torno a los 0 dB (o en valores positivos modestos, como +3 dB o + 6 dB), siendo los valores inferiores negativos (por ejemplo, -10 dB, -20 dB, etc.). Estos valores negativos en realidad no son valores absolutos, sino relativos o de atenuación respecto de la onda original. Por tanto, un valor de 0 dB en un amplificador no significa que tenga como valor absoluto 0 dB y por tanto sea inaudible, sino que quiere decir que su amplitud no ha sido atenuada con respecto a su valor original.

3) La *duración* es el lapso temporal que va desde el inicio hasta la finalización del sonido. Si bien parece un concepto muy simple, en muchos casos pueden plantearse dudas, puesto de el sonido puede variar dinámicamente tanto en su frecuencia como en su intensidad o en su timbre, con lo cual puede resultar dudoso hasta qué punto estamos hablando del *mismo* sonido o de dos (o más) sonidos distintos.

4) El *timbre* es aquello que da cierto carácter distintivo al sonido, permitiendo identificarlo, por ejemplo, como un sonido de piano o de violín, o como la voz de Ana y no la de Carlos. Dos o más sonidos pueden ser idénticos en su frecuencia, amplitud y duración, y aún así distinguirse claramente por su distinto timbre. El timbre de un sonido depende de sus *armónicos* o parciales. Cualquier sonido, sea natural o producido artificialmente, con la excepción de una onda senoidal pura (que carece totalmente de armónicos), cuenta, además de con una frecuencia fundamental (por ejemplo, 440,0 Hz en el caso del *la*), con otras frecuencias de onda de menor amplitud en otras alturas (los armónicos). En función de cuál sea la amplitud de estos armónicos y sus frecuencias (en qué lugar del espectro se encuentren), variará el timbre. En realidad, como puede demostrarse matemáticamente a

través de funciones de Fourier, cualquier sonido es reducible a una combinación de ondas senoidales de distinta frecuencia y amplitud (y ello está en la base del proceso de síntesis sonora que llevan a cabo los sintetizadores que utilizan la técnica de la *síntesis aditiva*).

2. ¿QUÉ ES UN SINTETIZADOR?

Un sintetizador es, ante todo, y más allá de los aspectos tecnológicos, un instrumento musical: un aparato o utensilio capaz de generar sonidos a voluntad del intérprete, cuya principal finalidad o utilidad es ser usados en la producción musical. El nombre de “sintetizador” obedece a que el sonido es generado como resultado de un proceso de *síntesis*: un producto que es distinto de la mera yuxtaposición de los elementos que componen o intervienen en el proceso.

De este modo, una peculiaridad destacable de los sintetizadores es que, a diferencia de otros instrumentos, en los que el sonido que oímos depende invariablemente de ciertas características físicas, como la forma y dimensiones, los materiales de fabricación o la forma de tocarlo, en los sintetizadores el sonido es *creado* o sintetizado electrónicamente por el propio instrumento, lo que permite (y ésta es una característica especialmente relevante) obtener un rango amplísimo de distintos timbres posibles. Los sintetizadores son los instrumentos musicales que permiten una mayor variedad de timbres, puesto que un mismo aparato puede, en función de cómo sea programado, sintetizar y ejecutar muchas y muy diversas texturas sonoras, a veces con diferencias tímbricas radicales. De ahí que se trate de instrumentos extremadamente flexibles y versátiles, y que su creación y evolución haya abierto todo un mundo de posibilidades sonoras anteriormente inimaginables. En sus inicios, la función o utilidad básica de un sintetizador, desde la perspectiva musical, era la posibilidad de utilizar sonidos nuevos y artificiales, nunca usados anteriormente. Al margen de lo anterior, con el tiempo y la evolución tecnológica los sintetizadores han mejorado espectacularmente en su capacidad para emular o reproducir sonidos de instrumentos “reales”, como pianos, trompetas, cuerdas, etc., llegando a niveles de fidelidad realmente buenos, lo que ha propiciado también su uso como “sustituto” de otros instrumentos, al menos cuando las posibilidades económicas o presupuestarias de los músicos no permiten utilizar esos otros instrumentos “reales”.

Si bien el siglo XX ha sido prolífico en la aparición de instrumentos musicales eléctricos, una característica distintiva de los sintetizadores es que, como se ha apuntado, el sonido es generado de manera totalmente electrónica. En otros instrumentos eléctricos, como por ejemplo en el caso de la guitarra eléctrica, del piano eléctrico (tipo

Rhodes o Wurlitzer), del *electric grand piano* (tipo Yamaha CP-80), o del *clavinet* (tipo Hohner D-6), existe en primer lugar un proceso acústico, que es luego transformado en una señal eléctrica que después es manipulada y amplificada. En una guitarra eléctrica, pongamos por caso, el intérprete hace vibrar las cuerdas, lo que genera una señal acústica (la vibración de las cuerdas genera un sonido audible). Esta vibración es captada por unos componentes electrónicos (los piezoeléctricos) y transformada en una corriente eléctrica, que posteriormente puede ser manipulada y amplificada. En los sintetizadores, todo el proceso es electrónico, por lo que no se encuentran tan “atados” a la hora de configurar el sonido.

Debe destacarse también, para evitar confusiones, que, al menos estrictamente hablando, los sintetizadores no son “teclados”, o instrumentos accionados mediante un teclado (similar al de un piano), ya que, en sentido estricto, el sintetizador es el aparato que genera el sonido, independientemente del mecanismo utilizado para que un intérprete lo controle. Es cierto que la mayoría de sintetizadores son accionados mediante teclados, pero existen también otros que son controlables mediante guitarras eléctricas u otros instrumentos, e incluso módulos de sintetizador (sintetizadores sin teclado, que pueden ser controlados mediante cualquier dispositivo externo -del tipo adecuado- que se le conecte, como un teclado, una guitarra, un controlador de viento –similar a una flauta o un saxofón, pero eléctrico- o un ordenador).

3. ALGUNOS TIPOS DE SINTETIZADORES

En función de algunas de sus características, es posible clasificar a los sintetizadores en distintas categorías. De entre las distintas clasificaciones (que no son excluyentes), la más importante es la que puede establecerse en función del tipo de síntesis, a la que dedicaremos más atención en el próximo apartado.

Sintetizadores monofónicos y polifónicos. Un sintetizador es monofónico si únicamente es capaz de reproducir una nota (voz) simultáneamente, mientras que es polifónico si puede ejecutar dos o más notas de manera simultánea. La capacidad polifónica de los sintetizadores ha ido por regla general de la mano de los avances tecnológicos. Así, en sus inicios (hasta bien entrada la década de los 70) la práctica totalidad de los sintetizadores eran monofónicos, y paulatinamente los nuevos modelos fueron incrementando sus capacidades polifónicas, primero de manera modesta (con dos, cuatro, seis voces, etc.) y después de manera más significativa. Actualmente es habitual encontrar sintetizadores con hasta 128 voces de polifonía.

Sintetizadores monotímbricos y multitímbricos. La distinción responde a la capacidad o incapacidad de que un sintetizador reproduzca distintos *timbres* simultáneamente (como por ejemplo un sonido de bajo y un sonido de sección de cuerdas). Esta clasificación es relativamente independiente de la anterior, ya que si bien es cierto que un sintetizador monofónico sólo puede ser monotímbrico, existen tanto sintetizadores polifónicos y monotímbricos como también polifónicos y multitímbricos. Cada distinto timbre se suele denominar “parte”. Actualmente existen muchos sintetizadores multitímbricos de 16, 32 y hasta 64 partes, lo que permite que un único instrumento pueda operar virtualmente como una orquesta completa, aunque siempre, claro está, dentro de los límites de su polifonía. La relación entre las partes y la voces puede ser estática (cada parte tiene asignada una cantidad determinada de voces de polifonía), o dinámica (cada parte puede utilizar tantas voces de polifonía como sea necesario, siempre que estén disponibles, y las que una parte no use, estarán disponibles para otras partes).

Sintetizadores analógicos y digitales. Los sintetizadores son todos ellos instrumentos electrónicos, pero algunos usan componentes electrónicos analógicos (corrientes eléctricas o voltajes) para generar el sonido, mientras que otros utilizan la tecnología digital (todo el proceso se realiza mediante secuencias numéricas, que en la última fase son

transformadas en una señal analógica a través de un circuito electrónico llamado DAC – *digital-to-analog converter* –, que es la señal que se envía al amplificador y éste a su vez a los altavoces). También existen algunos modelos híbridos, la mayoría de entre finales de los años 70 y mediados de los 80, en los que los componentes son analógicos pero son controlados digitalmente, mediante un microprocesador.

Históricamente, los sintetizadores analógicos fueron los más extendidos, desde sus inicios hasta mediados de la década de los 80. Los sintetizadores digitales iniciaron su andadura a finales de los 70 y principios de los 80, y hacia el final de esa última década pasaron a ser los claramente predominantes. A pesar de que el cambio del mundo analógico al digital obedece principalmente al desarrollo tecnológico, en realidad cada tipo de sintetizador tiene sus ventajas y sus inconvenientes. Los componentes electrónicos analógicos sufren ligeras imprecisiones o variaciones (por ejemplo, en la intensidad de los voltajes) que no aquejan a los digitales, mucho más precisos. Ello hace que los primeros, por ejemplo, no puedan ajustar su afinación de manera tan exacta, o que tiendan a desafinarse cada cierto tiempo. Por otro lado, los componentes analógicos son más proclives a verse afectados por las interferencias generadas por otros componentes, introduciendo “impurezas” o imperfecciones. Además, en un circuito analógico la señal se va degradando a medida que va realizando su recorrido, si bien la degradación será menor cuanto mayor sea la calidad de los componentes (con las repercusiones que ello tiene en el coste económico). Pero no necesariamente estas cuestiones deben ser vistas como un problema, ya que desde el punto de vista de muchos músicos y aficionados, son estas pequeñas imperfecciones las que hacen que el sonido analógico se perciba como más “grueso” y “cálido” que el digital, que normalmente se percibe como más “delgado” y “frío” (básicamente porque es más exacto).

Las ventajas de la tecnología digital se centran, por un lado, en su mayor precisión (aunque hemos visto que esto no necesariamente se percibe como una ventaja desde una perspectiva musical), puesto que en lugar de tener que lidiar con voltajes de distintas intensidades, se limitan a hacer operaciones y cálculos numéricos. Por otro lado, otra importante ventaja es, por extraño que parezca, su menor coste económico, ya que no es necesario que los componentes tengan tanta calidad para evitar la degradación de la señal. Con tal de que la información numérica pueda preservarse, ya será suficiente. La razón

del elevado coste de los sintetizadores digitales o del audio digital en general, sobre todo en sus inicios, es la necesidad de recuperar las grandes inversiones económicas en investigación y desarrollo. Por lo que respecta a la producción propiamente dicha, la tecnología digital es más barata que la analógica.

Un error bastante extendido consiste en pensar que el audio digital (como puede ser, por ejemplo, el *compact disc*) es de mayor calidad que el analógico (como por ejemplo, los discos de vinilo). En realidad, ocurre más bien lo contrario, si bien el audio digital ofrece una serie de ventajas importantes y actualmente es de una calidad lo suficientemente buena como para ser preferible, en términos generales, a su contrapartida analógica.

El proceso de digitalización de una onda sonora supone “traducirla” a una secuencia numérica. Un CD, por ejemplo, contiene únicamente una serie de números, que son leídos por un láser y “traducidos” de nuevo a una señal analógica (a través de un DAC), que es enviada al amplificador y a los altavoces. El proceso de digitalización implica “cuadricular” en alguna medida el sonido original, con lo que se producirá siempre alguna pérdida (como contrapartida, las interferencias y el nivel de ruido propias de la tecnología analógica se reducen de manera importante, además de disminuir el coste económico). Para entender mejor la idea, puede verse el siguiente gráfico, que representaría la onda original:

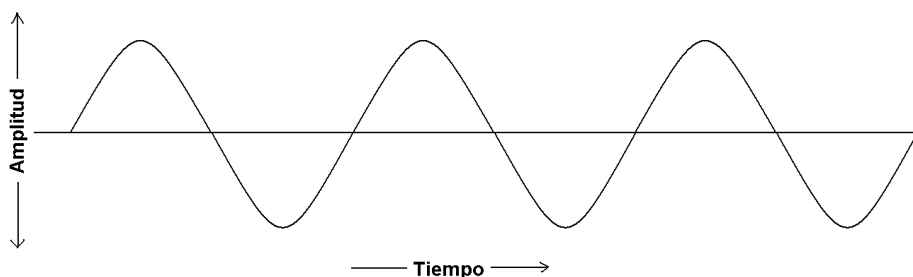


Fig. 1. Gráfico de la onda original

Esta onda sería continua. En cambio, al digitalizarla, queda fragmentada por la necesidad de convertirla a valores numéricos:

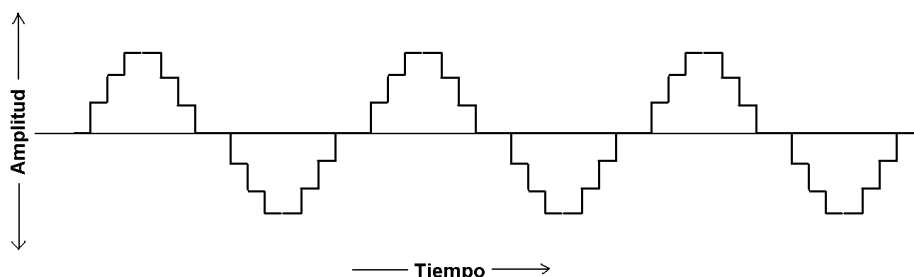


Fig.2. Gráfico de la onda digitalizada

El nivel de calidad del audio digital depende básicamente de dos factores: la *resolución* y la *frecuencia de muestreo*. La resolución determina cuántos distintos niveles de amplitud puede contener la onda. Así, si la resolución es por ejemplo de 8 bits, habrá un total de 256 distintos niveles de amplitud (porque en el sistema binario de numeración, propio de toda la tecnología digital, el mayor número que puede representarse con ocho cifras es 256); si la resolución es de 16 bits, habrá 65.536 niveles; si es de 24 bits, 16.777.216 niveles, etc. Cuanto más aumenta la resolución, mayor es la fidelidad respecto de la onda original (la cuadrícula es más fina), y por tanto menor la pérdida. El problema es que a medida que se incrementa la resolución, la cantidad de información aumenta exponencialmente, con lo que también debe incrementarse la capacidad de cálculo.

La calidad también depende de la frecuencia de muestreo. Ésta consiste en la cantidad de veces por segundo que la amplitud es actualizada (la velocidad a que se leen los datos de la onda). Cuanto mayor es la frecuencia, mayor es la calidad global del sonido. Por usar de nuevo el ejemplo del CD, éste opera con una resolución de 16 bits y una frecuencia de muestreo de 44,1 KHz (44.100 ciclos por segundo), lo cual le otorga una calidad de sonido bastante buena, si bien en la actualidad el sonido digital profesional suele operar con resoluciones de 24 bits y frecuencias de 96 KHz o hasta de 192 KHz.

Uno de los problemas más evidentes del sonido digital de baja calidad (que virtualmente desaparece cuando operamos con resoluciones de 18 bits o más) es que, como la representación numérica del sonido original es poco fiel o precisa, se introducen diferencias respecto a la señal original (lo que se conoce como errores de cuantización –*quantization error*– y que no es otra cosa que la

diferencia entre la onda original y la onda digitalizada), y ello da lugar a la aparición de ruidos y distorsiones. Y a diferencia de lo que ocurre con la distorsión analógica, las distorsiones digitales son bastante desagradables.

4. TIPOS DE SÍNTESIS

Las diferencias más relevantes entre los distintos sintetizadores, no obstante, son las que afectan a su modelo o tipo de síntesis, ya que inciden directamente en el núcleo del proceso de creación, manipulación y reproducción del sonido. Existen muchos tipos distintos de síntesis, aunque la mayoría son muy minoritarios, ya que, en términos generales, los principales (que abarcarían al menos el 95% de los distintos modelos) son los siguientes: 1) la síntesis substractiva; 2) la síntesis aditiva; 3) la síntesis de modulación de frecuencia; 4) la síntesis de tabla de ondas; y 5) la síntesis de modelado físico. De todos ellos, además, la gran mayoría se ubicarían en las categorías de la síntesis substractiva y la síntesis de tabla de ondas (categoría ésta última que en muchos casos se ha convertido en una evolución de la primera).

4.1. La síntesis substractiva

Sin duda alguna, se trata del esquema de síntesis más ampliamente utilizado. La práctica totalidad de los sintetizadores analógicos y un buen número de los digitales se ubicarían dentro de esta categoría. La idea principal, de la que se deriva el nombre, es que se da forma al sonido a través de la eliminación o substracción de parte de los armónicos del generador o fuente principal del sonido. Usando una analogía, sería como el proceso que sigue un escultor que, a partir de un bloque de mármol, va eliminando material a fin de irle dando la forma deseada al producto final.

A continuación se expondrá lo que podría denominarse como “el esquema básico de la síntesis sustractiva”. Algunos modelos de sintetizador se ajustarían estrictamente a este esquema, aunque muchos otros serían sofisticaciones o evoluciones de este modelo básico, a fin de dotar de mayor flexibilidad y posibilidades en la creación sonora. También nos referiremos más adelante a algunas de estas sofisticaciones.

En el esquema básico, la síntesis del sonido involucra cuatro elementos básicos: el oscilador, el filtro, el amplificador y el oscilador de baja frecuencia (usualmente denominado LFO, por sus siglas en inglés *–low frequency oscillator–*). Existe una señal generada por el oscilador, que es propiamente la fuente del sonido, que luego es manipulada por

el filtro, y que posteriormente pasa al amplificador, que también puede darle forma dinámicamente. El LFO, por su parte, suele ser un elemento que puede direccionarse a voluntad a uno u otro de los demás componentes (el oscilador, el filtro o el amplificador), para manipularlo con alteraciones cíclicas.

Gráficamente, el esquema sería el siguiente:

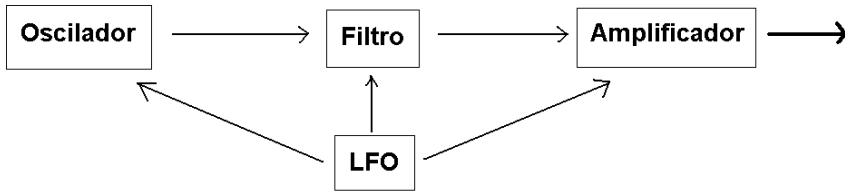


Fig.3. Gráfico del esquema básico de la síntesis substractiva

El oscilador

El oscilador es un circuito electrónico que genera una forma de onda en la frecuencia o nota deseada (esa sola señal, convenientemente amplificada, ya es audible). En los instrumentos acústicos la señal acústica puede ser generada por una corriente de aire (instrumentos de viento), por el pinzamiento o fricción de una cuerda (instrumentos de cuerda), o por un golpe en una superficie (instrumentos de percusión). En los sintetizadores, ese papel sería llevado a cabo por el oscilador. En los que son analógicos, usualmente se denominan VCOs (*voltage-controlled oscillators*), mientras que en los digitales suelen denominarse DCOs (*digitally-controlled oscillators*). Estos osciladores son capaces de generar varias formas de onda que por lo general son muy simples o básicas. Seguidamente veremos algunas de las ondas más usuales generadas por los osciladores de un sintetizador. No todos los modelos son capaces de generar todas las ondas que veremos, así como muchos otros modelos son capaces de generar formas de onda distintas a las que mostramos aquí, pero las siguientes son las más habituales:

1. Onda senoidal

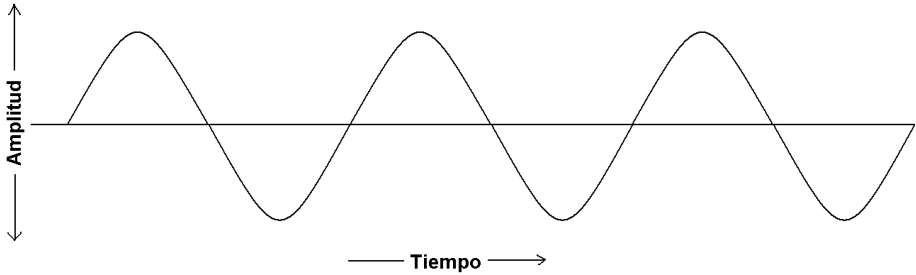


Fig. 4. Gráfico de la onda senoidal

Se trata de la onda más básica. Una onda senoidal pura carece totalmente de armónicos, si bien los osciladores nunca son lo suficientemente precisos para generar una onda senoidal exacta, de manera que siempre generarán algunos (pocos) armónicos. No obstante, el hecho de ser una onda “pobre” hace que muchos modelos no la incorporen.

2. Onda triangular

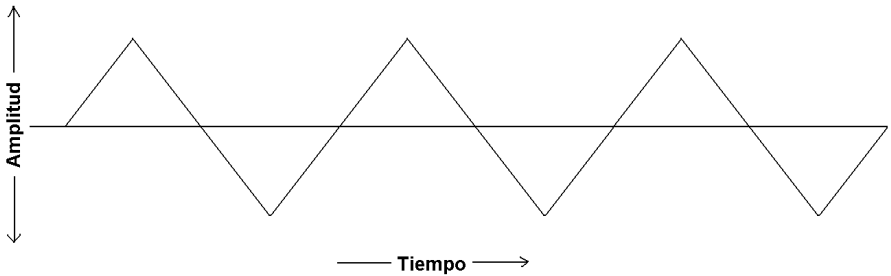


Fig. 5. Gráfico de la onda triangular

Desde el punto de vista sonoro, es similar a la onda senoidal, pero cuenta con armónicos (aunque escasos y con amplitudes bajas), lo que la convierte en una onda más interesante para la síntesis substractiva que la onda senoidal. A diferencia de ésta última, muchos modelos sí que incorporan la onda triangular.

3. Diente de sierra (sawtooth)

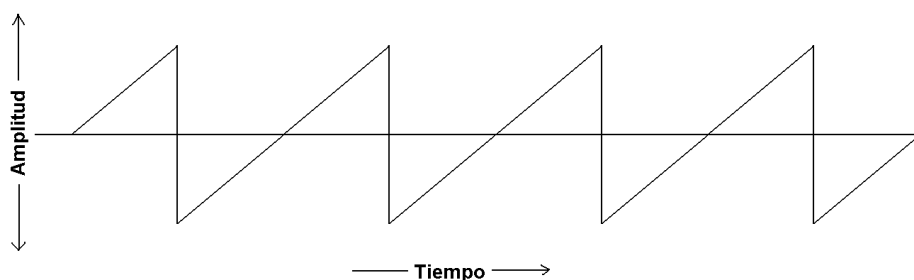


Fig. 6. Gráfico de la onda de diente de sierra

Genera un sonido brillante, rico en armónicos, y apto para generar texturas sonoras que recuerdan a las de los metales y las cuerdas. La práctica totalidad de los sintetizadores incorporan esta forma de onda.

4. Onda cuadrada

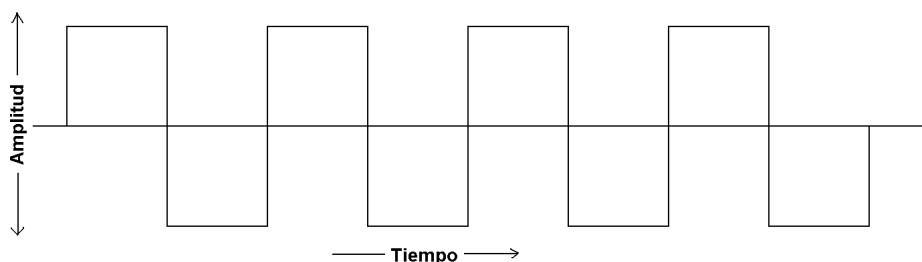


Fig. 7. Gráfico de la onda cuadrada

También es muy común. La distancia (la “anchura”) entre ciclos es totalmente coincidente (50-50). Sus armónicos son similares a los de la onda triangular, aunque de mayor amplitud. Genera un sonido que recuerda al de los instrumentos de viento de madera.

5. Onda de pulso

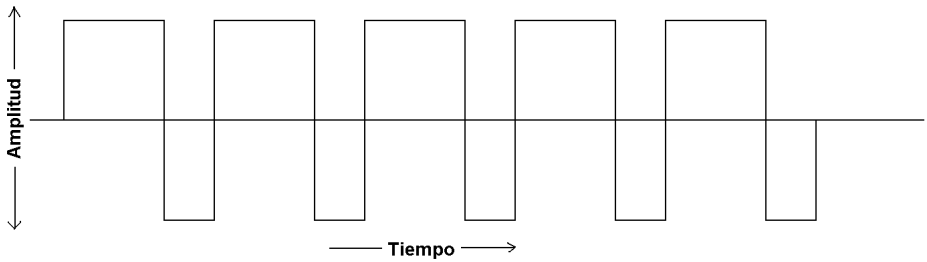


Fig.8. Gráfico de la onda de pulso

La onda de pulso es similar a la onda cuadrada (en rigor, la onda cuadrada sería un tipo de onda de pulso), pero cuyos ciclos no son exactamente coincidentes (50-50). El tipo de sonido generado y sus armónicos dependen de la amplitud del pulso. Algunos sintetizadores cuentan con diferentes anchuras de pulso fijas (por ejemplo, 10%, 25%, etc.), mientras que en otros ésta es variable y libremente ajustable por el usuario, lo que permite realizar la llamada “modulación de ancho de pulso” o PWM (*pulse width modulation*), haciendo variar el timbre dinámicamente a medida que se va cambiando la anchura de los ciclos.

6. Ruido

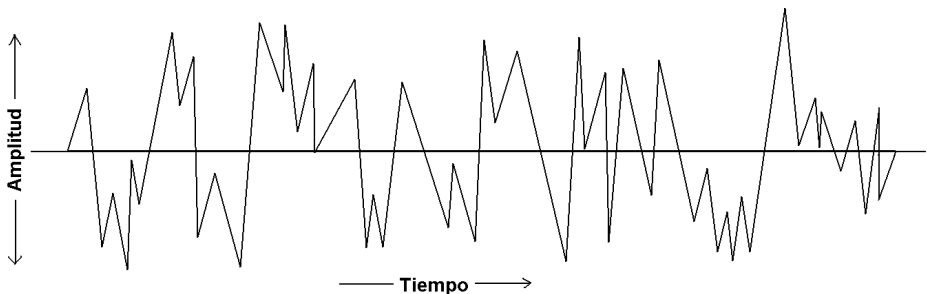


Fig.9. Gráfico de la onda de ruido

La gran mayoría de sintetizadores también cuenta con un generador de ruido (que se consigue mediante ondas generadas aleatoriamente), que puede resultar útil para crear efectos de sonido (como el ruido del viento o de las olas del mar), o para determinados

sonidos de percusión. En ocasiones, son capaces de generar distintos tipos de ruido (ruido blanco, ruido rosa, etc.). El ruido blanco se caracteriza por mantener su amplitud constante en todo el rango de frecuencias, por lo que resulta un tanto “agresivo” (es lo que se oye –o se oía antes, al menos– en los aparatos de TV cuando no sintonizaban ningún canal). El ruido rosa, en cambio, disminuye su amplitud en una proporción de -3 dB por octava, por lo que es algo más “suave”. Otros tipos de ruido, menos usuales en los sintetizadores, son el ruido marrón (-6 dB por octava), el ruido azul (+3 dB por octava), o el ruido violeta (+6 dB por octava).

El filtro

El filtro o VCF (*voltage-controlled filter*) es un elemento fundamental en los sintetizadores de síntesis substractiva, y de hecho constituye la razón principal de que este modelo de síntesis reciba tal denominación, ya que la función de los filtros es rebajar o eliminar (substraer) la amplitud de ciertas frecuencias, afectando así a los armónicos de la onda original del oscilador y cambiando el timbre del sonido. Para tener una idea del efecto que tiene la acción de un filtro, pensemos en lo siguiente: supongamos que pronunciamos un sonido “aaaaaaaaaaaa” de manera continua, y manteniendo en todo momento la amplitud (intensidad o volumen) y la frecuencia (altura), vamos progresivamente cerrando nuestros labios hasta llegar a pronunciar “uuuuuuuuuu”. Nuestras cuerdas vocales actuarían como oscilador, que en todo momento se ha mantenido constante, pero nuestra boca, lengua y labios han operado como un filtro, modificando el timbre del sonido.

Existen filtros de distintos tipos y con diferentes características. El más habitual, con diferencia, ya que está presente en todos los sintetizadores, es el filtro pasa-bajos (*low-pass filter*). La función de este filtro es recortar todas las frecuencias superiores a la frecuencia de corte (*cutoff frequency*) determinada por el usuario, dejando en cambio intactas las frecuencias inferiores. El siguiente gráfico muestra el efecto del filtro:

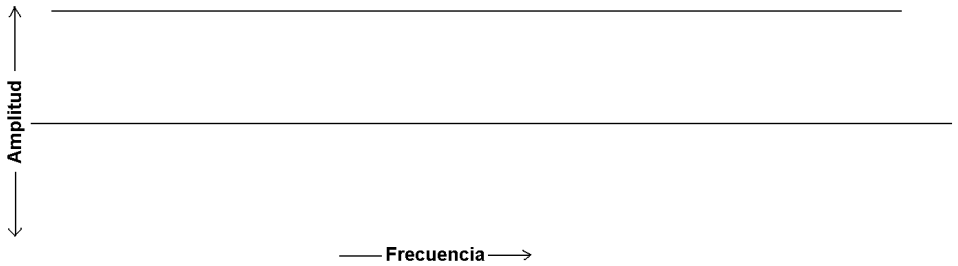


Fig. 10. Gráfico de la onda original sin filtrar

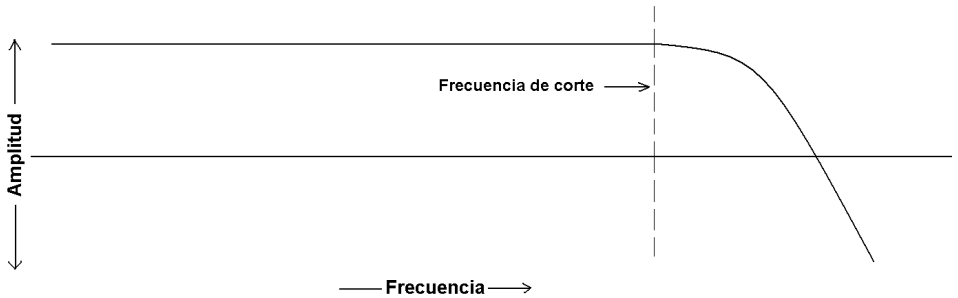


Fig. 11. Gráfico de la acción del filtro pasa-bajos

La intensidad de la atenuación de las frecuencias por encima de la frecuencia de corte depende de la “pendiente” (*slope*) del filtro. Los *slopes* más comunes son -12 dB y -24 dB. Un *slope* de -12 dB significa que la amplitud de la onda disminuye en -12 dB por octava. Así, si por ejemplo la frecuencia de corte está establecida en 1 KHz, en la frecuencia de 2 KHz (una octava superior) la amplitud será 12 decibelios inferior a la de la onda original, y en la frecuencia de 4 KHz (dos octavas), 24 decibelios inferior. Otros *slopes* menos habituales son -6 dB, -18 dB y -36 dB.

Gran parte de los filtros que encontramos en los sintetizadores son filtros *resonantes*. La resonancia es un parámetro que permite regular el nivel en que las frecuencias cercanas a la frecuencia de corte son potenciadas, ofreciendo así mayores posibilidades para la configuración del sonido.

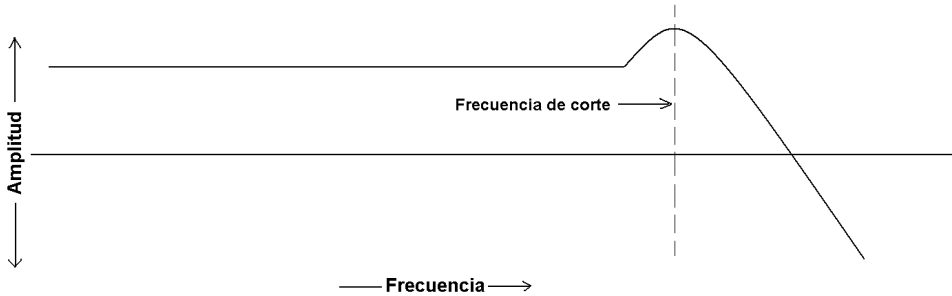


Fig. 12. Gráfico de la acción del filtro pasa-bajos resonante

Además del filtro pasa-bajos, existen otros tipos de filtros, menos extendidos pero relativamente comunes entre los diversos modelos de sintetizador. Entre los más habituales, se encuentran el filtro pasa-altos (*high-pass filter*), que atenúa las frecuencias inferiores a la frecuencia de corte, dejando intactas las superiores; el filtro pasa-banda (*band-pass filter*), que atenúa las frecuencias inferiores y superiores dejando pasar únicamente las frecuencias cercanas al corte; y el filtro quita-banda (*notch filter*), que atenúa solamente las frecuencias cercanas al corte. Tanto el filtro pasa-banda como el quita-banda pueden ser también obtenidos mediante la combinación de un filtro pasa-bajos y un filtro pasa-altos.

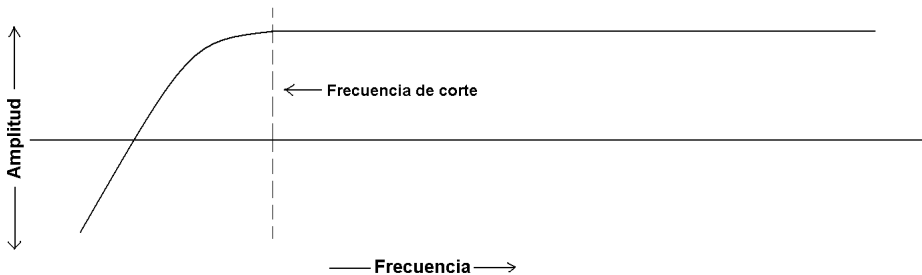


Fig. 13. Gráfico de la acción del filtro pasa-altos

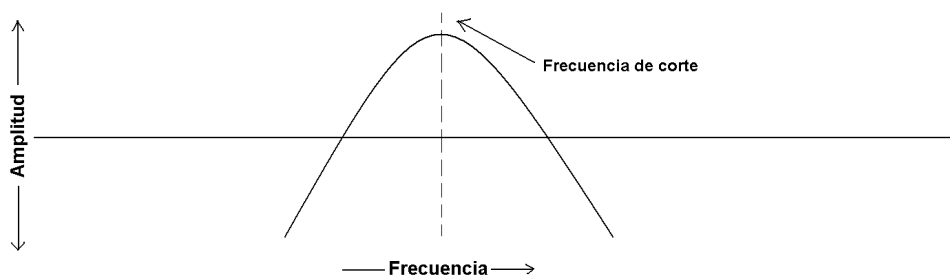


Fig. 14. Gráfico de la acción del filtro pasa-banda

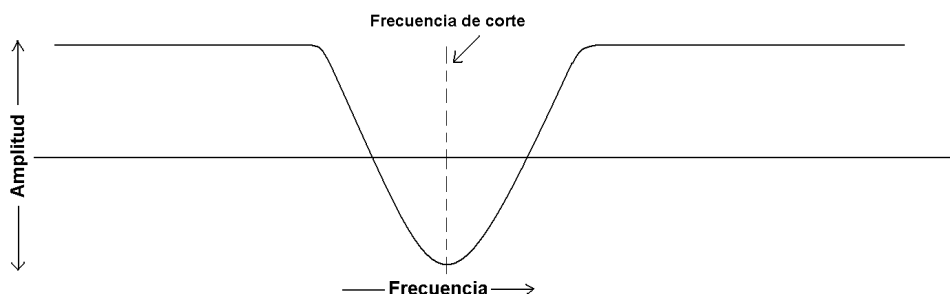


Fig. 15. Gráfico de la acción del filtro quita-banda

El amplificador

El amplificador o VCA (*voltage-controlled amplifier*), es, como sugiere su nombre, un circuito que controla la amplitud (intensidad o volumen) de la señal que le llega desde el oscilador y modificada por el filtro. Con el fin de permitir una mayor flexibilidad y expresión, esta amplificación no es estática, sino que puede ser controlada dinámicamente a través de una envolvente (*envelope*) ajustable. Una envolvente es una estructura que determina cómo se comporta dinámicamente (en el transcurso del tiempo) un elemento; por tanto, no existe un vínculo conceptual entre la existencia de una envolvente y el VCA, aunque puede decirse, como cuestión de hecho, que si un sintetizador cuenta tan sólo con una envolvente, ésta controlará el amplificador. Como veremos, también pueden existir envolventes que controlan dinámicamente el filtro o el oscilador.

La estructura más habitual de la envolvente del VCA es la de cuatro segmentos o ADSR (*attack, decay, sustain and release*), que

podemos traducir por ataque, decaimiento, sostenimiento y relajación), aunque existen también otros tipos, con menos o más segmentos.

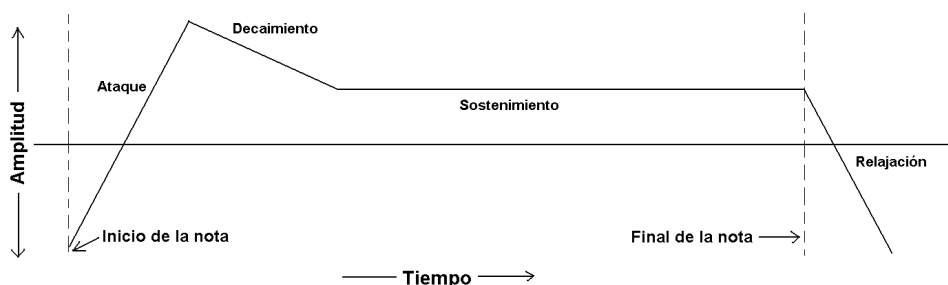


Fig. 16. Gráfico de una envolvente de tipo ADSR

El ataque es el periodo de tiempo que transcurre desde que se dispara una nota (por ejemplo, pulsando una tecla del teclado) hasta que la onda alcanza su punto de máxima amplitud. El decaimiento es el tiempo que transcurre entre el final del ataque y el momento en que la amplitud se estabiliza durante el periodo de duración de la nota (sostenimiento). El sostenimiento es el nivel de amplitud de la onda durante el tiempo en que ésta dura, una vez pasados los periodos de ataque y decaimiento. Por último, la relajación comprende el tiempo desde que la nota finaliza (por ejemplo, se levanta el dedo de la tecla) hasta que la amplitud se reduce a cero (silencio).

Mediante la manipulación de la envolvente es posible emular el comportamiento dinámico de los instrumentos acústicos, o bien crear dinámicas totalmente nuevas. Por ejemplo, en el caso del clarinete tendríamos un ataque rápido, no habría decaimiento, el sostenimiento coincidiría con el nivel máximo de amplitud, y la relajación sería rápida:

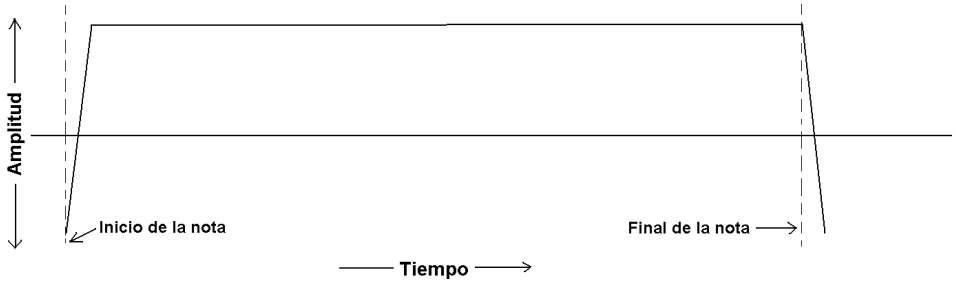


Fig. 17. Gráfico de la envolvente del clarinete

En el caso del piano, tendríamos un ataque rápido, el decaimiento sería muy lento (o relativamente lento), no habría propiamente sostenimiento, y la relajación sería relativamente rápida:

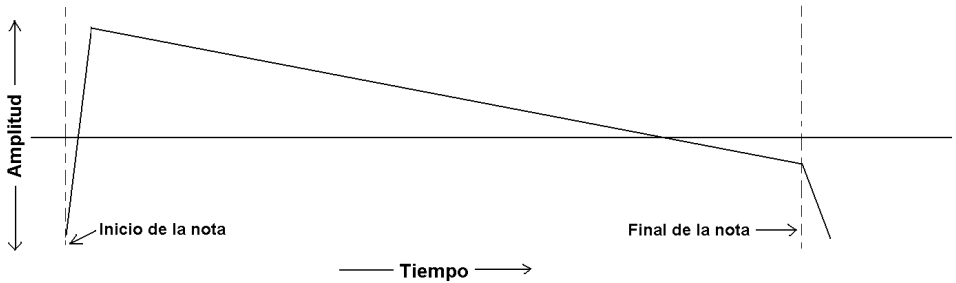


Fig. 18. Gráfico de la envolvente del piano

En el caso de un tambor, la dinámica comprendería sólo la porción del ataque y la de la relajación, en ambos casos (sobre todo en el ataque) muy rápidos:

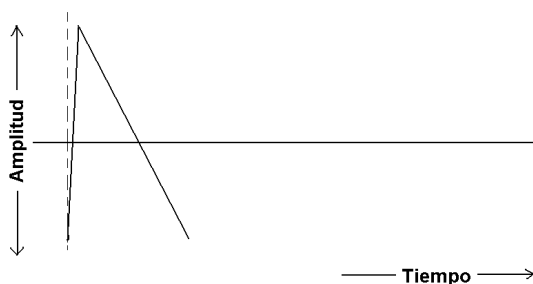


Fig. 19. Gráfico de la envolvente del tambor

Como antes se ha apuntado, es posible que un sintetizador cuente también con otras envolventes para controlar dinámicamente el filtro (variar la intensidad dinámicamente) o la frecuencia del oscilador (cambiar la afinación dinámicamente).

El oscilador de baja frecuencia

El LFO es, como indica su nombre, un oscilador, que como tal produce ciertas formas de onda (como la triangular, el diente de sierra o el pulso), pero a muy bajas frecuencias (normalmente inferiores a los 20 Hz). La razón de ello es que no está concebido para generar señales audibles, sino para interactuar de manera cíclica con otros elementos de la síntesis, como el oscilador, el filtro o el amplificador. Usualmente se trata de un elemento direccionable, esto es, se puede seleccionar su destino (a qué elemento afectará). Los resultados serán distintos en función de la frecuencia del LFO, de su intensidad (amplitud) y, sobre todo, de cuál sea el objetivo sobre el que actúa. Así, si se utiliza para manipular el oscilador principal, resultará útil para crear efectos de *vibrato* (alterando la afinación de la onda de manera cíclica), cuando la onda del LFO es senoidal o triangular, o para crear efectos de alternancia entre dos notas (mediante una onda cuadrada). Asimismo, si el sintetizador cuenta con una onda de pulso de ancho variable, también puede usarse el LFO para realizar PWM (modulación de ancho de pulso). Cuando se dirige hacia el amplificador, puede ser útil para generar un efecto de *tremolo* (alteración cíclica del volumen). Por último, cuando se usa para afectar cíclicamente el filtro, puede crear un efecto de *wah-wah*.

4.1.1. Sofisticaciones del modelo

Si bien algunos modelos de sintetizador se ajustarían de manera bastante estricta a lo que hemos presentado aquí como el “modelo básico de síntesis substractiva”, la mayoría de ellos cuentan en realidad con un esquema de síntesis más complejo o sofisticado, dotándoles así de mayor versatilidad y posibilidades a la hora de configurar su sonido. Esta mayor sofisticación puede venir por dos vías distintas (que no se excluyen entre sí): a) un mayor número de elementos que intervienen en la síntesis; b) mayores posibilidades de interacción entre los distintos elementos de la síntesis. Nos referiremos de manera breve a algunos de estos aspectos.

1) Uno de los más habituales consiste en la incorporación de un mayor número de osciladores para generar el sonido. Muchos sintetizadores cuentan con dos, tres o más osciladores por voz. Como cada uno de ellos es capaz de generar distintas formas de onda a distintas frecuencias, las posibilidades sonoras (la onda resultante de combinar la de cada oscilador, en definitiva) son mucho mayores. La gran mayoría de modelos de síntesis substractiva utilizan un esquema de dos osciladores (cada uno con su filtro y amplificador), ya que constituye un compromiso bastante satisfactorio entre flexibilidad (es posible generar un número muy amplio y muy variado de sonidos con tan sólo dos osciladores) y coste (un mayor número de osciladores ofrece más posibilidades, pero también encarece el producto).

2) Otro modo habitual de mejorar el esquema es mediante la capacidad de los osciladores de producir un mayor número y variedad de formas de onda. No obstante, ante la disyuntiva de optar entre usar un mayor número de osciladores o simplemente incrementar las formas de onda de un oscilador, siempre es preferible la primera opción. Por eso, no es de extrañar que muchos sintetizadores, tanto analógicos como digitales, cuenten con osciladores que sólo producen unas pocas formas de onda (muchas veces no cuentan incluso con todas las ondas expuestas anteriormente), pero con al menos dos osciladores.

3) Otros elementos también pueden verse incrementados en número. Por ejemplo, puede añadirse un segundo LFO, para así poder, por ejemplo, usar uno de ellos para controlar la afinación del oscilador, mientras que el otro controla el filtro. También puede haber más de un filtro, o varias envolventes ADSR para controlar dinámicamente distintos componentes de la síntesis.

4) Un aspecto clave en las capacidades de síntesis de sonido es que no solamente es importante el número de elementos que intervienen en el proceso, sino las conexiones y relaciones que pueden establecerse entre ellos. Por esa razón, las capacidades de un sintetizador pueden verse ampliadas no sólo, por ejemplo, replicando el esquema básico de oscilador → filtro → amplificador (contar con dos osciladores, cada uno con su propio filtro y amplificador), sino también mediante la posibilidad de relacionar o conectar estos componentes de diversas formas.

Por ejemplo, el modo más básico de relacionar la señal de dos osciladores es mediante una mezcla simple (*mixing*), en la que no necesariamente los valores relativos (amplitud relativa) de cada oscilador tienen por qué coincidir, sino que pueden ser regulables (por ejemplo, un 75% de la señal del primer oscilador y un 25% de la del segundo). Pero existen otras posibilidades que pueden resultar más interesantes. Una de ellas es la sincronización de los osciladores (*syncing*). Cuando dos osciladores están sincronizados, uno de ellos (denominado “esclavo”) se ve forzado a iniciar su ciclo cada vez que el otro (llamado “master”) inicia el suyo, como puede observarse en el siguiente gráfico, que muestra dos ondas de diente de sierra de distinta frecuencia sincronizadas:

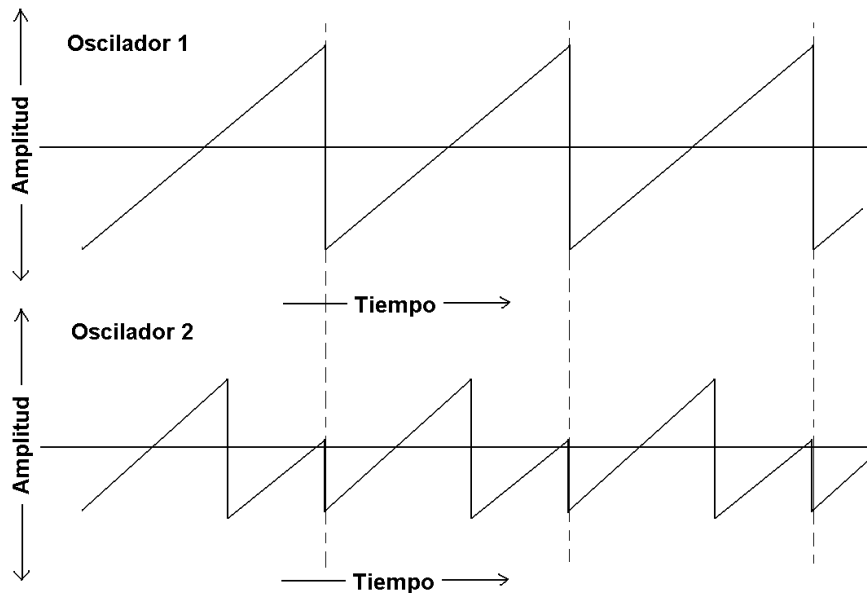


Fig. 20. Gráfico de las ondas generadas por dos osciladores sincronizados

Otra posibilidad que ofrece todavía un mayor interés es la modulación en anillo (*ring modulation*). Ésta consiste en combinar dos ondas (se requieren por tanto al menos dos osciladores) no para realizar una simple mezcla de ambas, sino para que una “module” a la otra, generando así una nueva onda distinta de las dos originales, muy rica en armónicos. Técnicamente, consiste en multiplicar las dos señales originales entre sí para producir como resultado una onda que consiste en la suma y la diferencia de todos los armónicos originales:

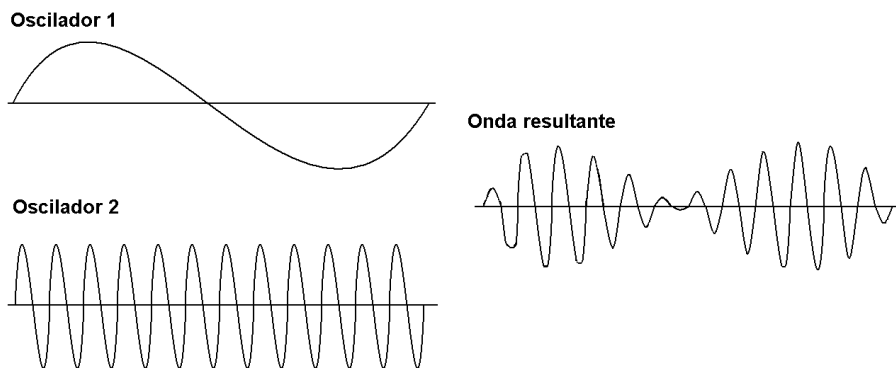


Fig. 21. Gráfico de la modulación en anillo de dos ondas senoidales

Esta onda es rica en armónicos de altas frecuencias que están ausentes en las ondas originales, por lo que resulta un mecanismo muy adecuado para crear sonidos de campanas o “metálicos”.

Algunos sintetizadores, sobre todo si se trata de modelos más recientes, son bastante flexibles a la hora de combinar los distintos elementos en diversas “estructuras de síntesis”. Así, por poner un ejemplo, si contamos con dos osciladores que pueden ser modulados en anillo, con dos filtros (uno por oscilador) y dos LFOs por sonido o *patch*, una posible estructura de síntesis sería aquella en la que el filtro se aplica a la señal del primer oscilador, y esta señal filtrada pasa por el amplificador y se modula en anillo con la señal del segundo oscilador, para que después el resultado pase por el segundo filtro y se amplifique, mientras que uno de los LFOs controla la frecuencia de uno de los osciladores, y el segundo el segundo filtro:

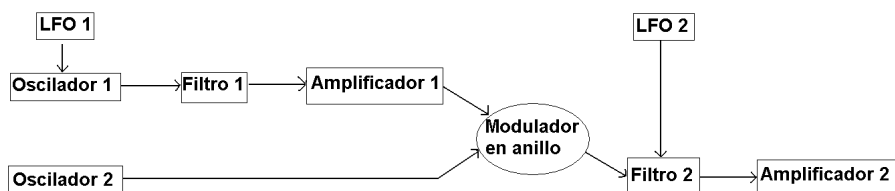


Fig. 22. Gráfico de una estructura avanzada de síntesis substractiva

5) En las últimas décadas, y cada vez con una mayor frecuencia y número, resulta usual añadir, como un último paso del proceso de creación sonora, la manipulación del resultado de la síntesis a través de una o varias *unidades de efectos*. Si bien estrictamente hablando la aplicación de efectos no formaría parte del proceso de síntesis, ya que éstos entran en juego una vez que el sonido ha sido generado o sintetizado y antes de la salida de la señal de audio desde el sintetizador hacia el amplificador y los altavoces, pueden afectar también de manera importante al sonido. Entre los efectos más comunes podemos encontrar la *reverb* (simulación de la reverberación de las ondas sonoras en un espacio determinado, como por ejemplo una habitación, una sala de conciertos o una catedral) y el *chorus* (multiplicación de la señal en frecuencias ligeramente distintas para crear la sensación de un conjunto de instrumentos, y no uno solo). También son frecuentes otros como el eco o retardo (*delay*), el efecto *flanger* (aplicación variable de pequeños retardos -20 milisegundos o menos-, que crean una sensación de “movimiento”), la saturación (*overdrive*), la compresión, la distorsión, etc. Además, cada uno de estos efectos suele contar con distintos parámetros configurables, para una mayor flexibilidad. Por otro lado, en caso de que existan varias de estas unidades de efectos, usualmente también es posible elegir el modo en que éstas se relacionan (conexión en serie, en paralelo, o una combinación de ambas).

Lo más habitual es que los sintetizadores que incorporan estas unidades de efectos sean digitales, ya que exigen una gran capacidad y velocidad de cálculo, si bien algunos efectos como el *chorus* son clásicos y habituales también en sintetizadores analógicos.

4.2. La síntesis aditiva

Como es fácil de suponer, la síntesis aditiva opera mediante un principio opuesto al de la síntesis substractiva, aunque el resultado final

pueda ser muy similar. Si en la síntesis substractiva el principio básico es la eliminación de armónicos para conseguir el sonido deseado, en la síntesis aditiva se van *añadiendo* armónicos para ir configurando el sonido final. Si anteriormente habíamos utilizado la metáfora del escultor que va eliminando material del bloque de mármol hasta conseguir la forma deseada, ahora la imagen metafórica sería más bien la de un alfarero que va añadiendo arcilla para construir y dar forma a su vasija.

En apartados anteriores se hizo una breve referencia a dos aspectos que ahora resultan especialmente relevantes: a) que una onda senoidal pura carece totalmente de armónicos; y b) que todo sonido, sea producido natural o artificialmente, puede ser reducido a una combinación o suma de ondas senoidales de distinta amplitud y frecuencia. La “construcción” del sonido en la síntesis aditiva, en consecuencia, consistirá en ir añadiendo ondas senoidales de distinta amplitud y frecuencia para configurar el timbre. Podemos verlo usando un ejemplo en el que diversas ondas senoidales son utilizadas para crear una onda de diente de sierra. Partiendo de una frecuencia fundamental de 500 Hz, si añadimos un primer armónico (una octava superior, $500 \text{ Hz} \times 2 = 1 \text{ KHz}$, a una amplitud menor), y un segundo armónico ($500 \text{ Hz} \times 3 = 1,5 \text{ KHz}$, a una amplitud menor que la anterior), la onda resultante empieza ya a parecerse a un diente de sierra:

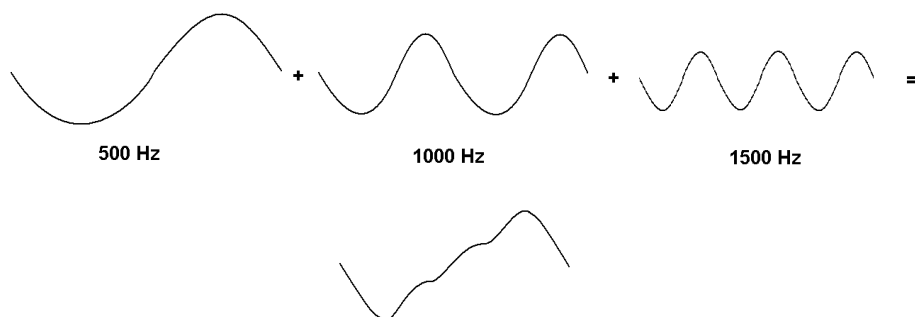


Fig. 23. Gráfico de la formación de una onda de diente de sierra

Si añadimos una cantidad suficiente de armónicos, el resultado final será una onda de diente de sierra precisa. Teóricamente, es posible construir *cualquier* sonido mediante esta técnica, si bien puede ocurrir que se necesite una serie infinita de armónicos para reproducir exactamente un cierto sonido. Por otra parte, este esquema tiene la dificultad añadida de una mayor complejidad de programación y unos

resultados menos predecibles que los obtenidos mediante la síntesis substractiva. En ésta última, es relativamente sencillo y rápido, con un poco de práctica, prever cómo afectará al resultado la modificación de cierto parámetro (la intensidad del filtro, la frecuencia de corte, el cambio de la forma de onda del oscilador, etc.), y es posible intentar conseguir el sonido deseado sin tener que conocer previamente la estructura de sus armónicos. En la síntesis aditiva, en cambio, si el objetivo es reproducir cierto sonido concreto, previamente necesitaremos saber su estructura de armónicos. Esta es posiblemente una de las principales causas por las que existe un número bastante reducido de sintetizadores que utilicen este modelo de síntesis. Curiosamente, existen antecedentes históricos destacados que pueden considerarse en cierto modo como los primeros sintetizadores de síntesis aditiva: los órganos. En un órgano de tubos como el que podemos encontrar en muchas iglesias, el aire que circula por el tubo produce una vibración audible, similar a la de un sonido de flauta. Mediante los pedales puede controlarse sobre qué tubos circula el aire, determinando de ese modo los armónicos del sonido y modificando el timbre. En un órgano eléctrico, como por ejemplo el órgano Hammond, creado en la década de los años 30 del pasado siglo como alternativa a los órganos de tubos (muy pesados, aparatosos y delicados), el timbre se configura a partir de unos generadores eléctricos (dinamos) que crean ondas senoidales en distintas frecuencias (9 en total por nota). La amplitud o intensidad de cada onda (armónico) se controla mediante potenciómetros en forma de tiradores o *drawbars*, que permiten seleccionar entre un rango de 0 (apagado) hasta 8 (máximo nivel de amplitud).

En el mundo de los sintetizadores recientes, la síntesis aditiva es utilizada por algunos modelos como el K5 o la serie K5000 de Kawai, si bien este último modelo combina la síntesis aditiva (con hasta 64 parciales) con la síntesis de tabla de ondas. Además, cuenta con varios tipos de filtros, LFOs y demás elementos para poder configurar todavía más libremente el sonido.

4.3. La síntesis de modulación de frecuencia (FM)

La historia de la síntesis de modulación de frecuencia (normalmente denominada FM *-frequency modulation-*) tiene una historia cuanto menos curiosa. Fue descubierta casi por casualidad en los años 60 por John Chowning, investigador de la Universidad de Stanford, cuando trabajaba sobre técnicas de *vibrato*. Más tarde, a

mediados de los 70, cuando Chowning y sus colaboradores ya disponían de un modelo de síntesis FM avanzada y apto para ser explotado comercialmente por los fabricantes de sintetizadores, se encontraron con que las principales compañías norteamericanas no estaban interesadas en esta técnica y no veían su potencial. En un intento casi desesperado, Chowning se dirigió a la compañía japonesa Yamaha, que sí se mostró muy interesada, y que firmó un acuerdo de licencia para explotar en exclusiva la patente (que era titularidad de la Universidad de Stanford). En los años posteriores, Yamaha utilizó esta técnica en incontables productos, tanto sintetizadores como teclados domésticos, con un éxito comercial enorme, lo que le reportó grandes beneficios económicos a la Universidad de Stanford, siendo la patente que, hasta su caducidad en 1995, más ingresos le generó en toda su historia. Hoy en día existen muchos modelos de sintetizador que incorporan la FM como una más de sus formas de síntesis.

El funcionamiento teórico de la modulación de frecuencia es en realidad muy similar al del *vibrato*, y de ahí que fuera posible su descubrimiento en el contexto en que éste sucedió. El *vibrato* consiste en una variación cíclica de la frecuencia de una onda, que varía levemente (por lo general) su afinación alrededor de una frecuencia determinada a una cierta velocidad, creando así esa sensación de “vibración”. Supongamos que un violinista toca un *la* con una frecuencia de 440,0 Hz. Cuando aplica el *vibrato*, lo hace moviendo ligeramente y cíclicamente el dedo que presiona la cuerda (mientras que ésta es tocada con el arco por la otra mano). Este movimiento hace que la longitud de la cuerda, que determina la afinación (frecuencia), varíe ligeramente, haciéndola de manera cíclica algo más larga y algo más corta, y así disminuyendo e incrementando ligeramente la afinación (frecuencia) del sonido.

En un sintetizador, el efecto de *vibrato* se puede conseguir mediante el uso de un oscilador de baja frecuencia (LFO) que actúa sobre la señal del oscilador principal (el que genera la frecuencia audible). La onda generada por el oscilador se suele denominar *portador* (*carrier*), mientras que la señal del LFO que modifica la frecuencia del portador se suele denominar *modulador* (*modulator*). La frecuencia del portador es fija (por ejemplo, una onda senoidal de 440,0 Hz. La señal del modulador (usualmente senoidal o triangular cuando se pretende crear el *vibrato*) se aplica sobre la del portador, haciendo variar cíclicamente la frecuencia de éste, en la medida determinada por la amplitud (intensidad) del modulador y por su frecuencia (ciclos por

segundo). Jugando con la amplitud y la frecuencia del modulador, se puede controlar la profundidad y la velocidad del efecto *vibrato*.

El punto crucial para comprender ahora la síntesis FM es el siguiente: usualmente, las frecuencias usadas para generar vibrato son muy bajas (del orden de 10 a 15 Hz, por debajo del rango de frecuencias audibles), porque sólo así el efecto es reconocible como tal. ¿Pero qué ocurre cuando la frecuencia del modulador aumenta, y se sitúa dentro del rango de frecuencias audibles? Pues que la onda resultante de la interacción del portador y el modulador es (o puede ser) totalmente distinta, generando nuevas ondas y armónicos (en definitiva, nuevos *sonidos* totalmente diferentes a las ondas originales). El efecto de la modulación depende, como resulta fácil de suponer, de la amplitud (denominada aquí “índice de modulación”) y la frecuencia del modulador aplicado sobre el portador. En suma, la síntesis FM no es sino un *vibrato* muy rápido.

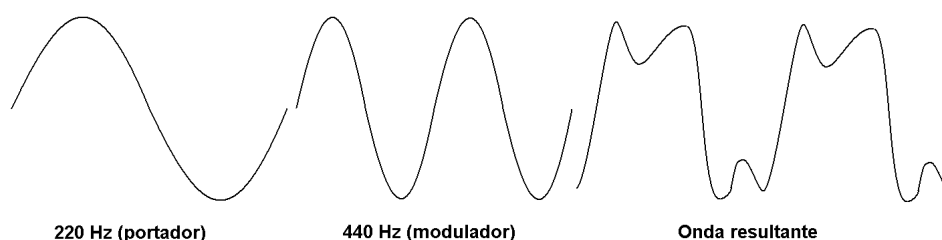


Fig. 24. Gráfico del esquema básico de la síntesis de modulación de frecuencia

La síntesis FM permite crear sonidos imposibles de generar por los (entonces habituales) sintetizadores analógicos de síntesis substractiva, si bien, como contrapartida, es casi imposible emular por FM el efecto de un filtro. Sin embargo, este tipo de síntesis tiene fama de ser difícil de programar y tener resultados bastante impredecibles, y de hecho, es así a menos que se tengan muy claros los fundamentos matemáticos que se hallan detrás (los resultados de las interacciones entre distintas ondas por modulación de frecuencia pueden determinarse mediante funciones de Bessel). Como orientación general, las frecuencias del portador y del modulador deben ser múltiplos para crear sonidos armónicos, puesto que de lo contrario se crean ruidos disonantes y “metálicos”.

Aunque no existe impedimento alguno para usar la modulación de frecuencia sobre señales generadas por osciladores analógicos,

usualmente éstos no son lo bastante precisos ni estables como para aplicarlos satisfactoriamente en este esquema de síntesis, ya que ésta es muy sensible a las pequeñas variaciones, y ésta es la razón principal por la que la FM se ha utilizado casi exclusivamente (y de manera exclusiva en el caso de Yamaha) en sintetizadores digitales, como en la exitosa serie DX de principios y mediados de los años 80.

En la nomenclatura de Yamaha, la síntesis tiene lugar mediante el uso de distintos *operadores*, que se pueden relacionar entre sí de distintas maneras (rutas o *algoritmos*). Yamaha desarrolló sintetizadores basados en dos, cuatro y seis operadores. Un operador es un “bloque” compuesto por un oscilador (que sólo produce ondas senoidales), con sus correspondientes envolventes y amplificadores. Cada oscilador puede actuar como portador o como modulador, y las señales de los distintos portadores (si hay más de uno; ello dependerá del algoritmo usado) se mezclan entre sí en el resultado final. Además, no hay impedimento alguno para que un operador pueda modular a otro modulador. Así, usando un ejemplo, en un esquema de seis operadores, los operadores 1 y 2 pueden actuar como portadores, mientras que el operador 3 puede modular al operador 1, y el operador 4 modular al operador 5, que a su vez modula al operador 6, que a su vez modula al operador 2 (portador). Después, la señal de los operadores 1 y 2 (portadores) es mezclada y conducida hacia la salida de la señal de audio del sintetizador. Esto nos ofrece una idea de lo increíblemente flexible y potente que puede resultar la modulación de frecuencia.

4.4. La síntesis de tabla de ondas

En sus inicios, los sintetizadores se concibieron como ingenios que servían para abrir la puerta a todo un nuevo mundo de posibilidades sonoras, creando sonidos nunca oídos anteriormente y experimentando con nuevas texturas acústicas. Al cabo de poco tiempo, no obstante, se comprobó que, con la programación adecuada, era posible emular, con mayor o menor grado de precisión, el timbre y la dinámica de algunos instrumentos acústicos, como por ejemplo el bajo acústico, el clarinete o el xilófono (si bien nunca hasta el punto de no poder distinguir con relativa facilidad el sonido de un auténtico instrumento acústico del sonido sintético).

Sin embargo, las posibilidades de emulación de instrumentos acústicos por parte de los sintetizadores clásicos de síntesis

substractiva basados en osciladores de ondas simples son bastante limitadas, ya que si por ejemplo observamos en un osciloscopio las ondas generadas por un piano (pongamos por caso), veremos que son muy complejas y que sus armónicos no pueden reproducirse ni de lejos con las posibilidades ofrecidas por ese tipo de sintetizadores. No obstante, el desarrollo y la evolución de la tecnología digital cambiaría de manera radical ese extremo, permitiendo por primera vez que un instrumento electrónico sonara de manera muy similar a su contrapartida acústica. El principio básico es muy simple: la manera más sencilla y a la vez fidedigna de reproducir un sonido es realizar una grabación de la fuente de sonido original y reproducirla después. Si grabamos el sonido de un piano con un micrófono en un magnetófono y después lo reproducimos, obtendremos el mismo sonido (aunque con las limitaciones propias de la calidad de sonido que puede ofrecer esa tecnología, lo que supondrá siempre una pérdida de calidad y fidelidad sonora respecto del original). Si, por otro lado, reproducimos la grabación a distintas velocidades, podremos controlar la afinación (cuanto más lenta sea la velocidad, la frecuencia será inferior y el sonido más grave; y cuanto más rápida, mayor la frecuencia y el sonido más agudo).

La síntesis de tabla de ondas (*wavetable synthesis*) se basa en ese mismo principio: en lugar de utilizar osciladores de ondas simples, se utiliza un circuito que reproduce ciertas muestras de sonido digitalizadas (*samples*), a distintas frecuencias según la nota que se quiera ejecutar. De este modo, pueden alcanzarse cotas de realismo previamente imposibles. Pero no todo son ventajas, como en seguida veremos.

Uno de los principales inconvenientes consiste en que la digitalización de ondas sonoras consume grandes cantidades de memoria. Esto, que en la actualidad no representa un gran problema, era uno de los principales obstáculos en los inicios de los sintetizadores digitales de tabla de ondas (mediados y finales de los años 80). En aquella época, la memoria era muy cara (además de lenta, en comparación con la actual), lo que hacía que los sintetizadores contaran con pocas muestras, de corta duración y por lo general de baja calidad, con el fin de ahorrar costes (o al menos, de no disparar el precio final). En algunos casos, como por ejemplo en el K1 de Kawai o en la serie D de Roland, incluso se utilizaba la técnica de usar una muestra para reproducir la parte del ataque y decaimiento de un instrumento, y la síntesis “tradicional” para el resto del sonido

(sostenimiento, relajación), o bien se hacía un uso intensivo de los bucles (*loops*), en los que el sostenimiento del sonido se hace a base de repetir ciertas porciones de la misma muestra de manera continuada. La calidad de las muestras tampoco era excesivamente buena en un principio. La cantidad de memoria consumida por una muestra depende directamente de tres factores: la resolución, la frecuencia y la duración. Los dos primeros elementos son los que determinan la calidad global del sonido. Los primeros sintetizadores digitales de tabla de ondas contenían muestras con una resolución de 8 bits (como por ejemplo el Ensoniq Mirage) o de 12 bits (como por ejemplo la serie SY de Yamaha). Tanto la resolución, como la frecuencia de muestreo, como la duración de las muestras, han ido incrementándose con el paso de los años y el abaratamiento de los componentes electrónicos (sobre todo la memoria).

Otro inconveniente de esta tecnología en sus inicios, que actualmente también se ha superado, es que una onda digitalizada es mucho más difícil de manipular que la señal simple de un oscilador, con lo que se necesita mucha mayor capacidad de cálculo. Por ese motivo, algunos de los primeros modelos de síntesis de tabla de ondas tenían unas estructuras de síntesis muy simples, que por tanto no permitían alterar el sonido de manera importante, a diferencia de los sintetizadores analógicos o digitales basados en la síntesis substractiva. Era habitual, en modelos de los años 80, que ni siquiera contaran con un filtro (es el caso, por ejemplo, del Kawai K1 o de la serie U de Roland), ya que esto implicaba realizar una cantidad importante de cálculos matemáticos en tiempo real, con lo que las únicas “modificaciones” posibles eran regular el *vibrato* (frecuencia del oscilador) y la envolvente del amplificador (ADSR). Con el transcurso del tiempo y el incremento de la velocidad y la capacidad de cálculo de los microprocesadores y componentes digitales en general, se fueron añadiendo todos los elementos propios de la síntesis substractiva (filtros, LFOs, múltiples osciladores simultáneos, etc.), por lo que actualmente los sintetizadores de tabla de ondas (que son la gran mayoría) pueden concebirse como una evolución “natural” de los antiguos sintetizadores de síntesis substractiva, en los que la única diferencia relevante es la capacidad de reproducir cientos o incluso miles de ondas complejas en lugar de tan sólo un reducido número de ondas básicas.

Otro aspecto negativo que se le echa en cara a esta tecnología es que el sonido puede resultar estático y artificial. Si pensamos en un

instrumento acústico, como por ejemplo un violín, veremos que sus posibilidades de expresión acústica y tímbrica son enormes, dependiendo del estilo con que se toque (*legato*, *marcato*, etc.), de la intensidad (*piano*, *forte*, *fortísimo*, etc.), de la velocidad (más lento o más rápido), etc. En cambio, una muestra digitalizada es simplemente una grabación, que cada vez que se reproduce suena exactamente igual. Si por ejemplo grabamos una nota de un piano (el do de la octava central, por ejemplo), y la reproducimos a distintas frecuencias para construir así toda la escala (desde las octavas inferiores a las superiores), veremos que, a medida que nos vayamos “alejando” de la nota original, el sonido cada vez será más artificial y menos parecido al del instrumento original (el do central sonará prácticamente igual que el del piano, pero el do de dos octavas inferiores ya será muy distinto, porque los armónicos del instrumento original cambian). Eso obliga, en consecuencia, a ir realizando sucesivas muestras del mismo instrumento cada cierto intervalo de notas (con el consiguiente uso de memoria), a fin de conseguir cierta consistencia global en el sonido. Pero no sólo basta con eso. En la mayoría de instrumentos acústicos, las diferencias en la intensidad (volumen) también se traducen en diferencias tímbricas. El sonido de una trompeta, por ejemplo, es distinto si se toca a bajo volumen (más apagado) que cuando se toca a pleno volumen (es más brillante). Si contamos con una muestra, lo único que podemos hacer es reproducir el mismo sonido a distinto volumen, pero no conseguiremos emular la dinámica del instrumento real. A fin de poder solucionar este problema y acercarse al sonido real, los sintetizadores utilizan varias técnicas. Una de ellas es jugar con el filtro (si se dispone de él). Con un filtro pasa-bajos, se puede hacer que, cuando se toca a menor intensidad, la frecuencia de corte sea más baja, recortando más las altas frecuencias, y haciendo el sonido más apagado, mientras que a medida que sube la intensidad, la frecuencia de corte sube y el sonido se vuelve más brillante. Otra técnica (no incompatible con la anterior) es el *velocity-switching*. Ésta consiste en obtener varias muestras del instrumento original, a distintas intensidades (por ejemplo, una cuando se toca *piano* y otra cuando se toca *forte*), y en reproducir una u otra en función de la fuerza o intensidad con la que se toque: cuando se usan intensidades inferiores a cierto umbral, se usará la muestra *piano*, y a partir de éste, la muestra *forte*. La forma más elemental del *velocity-switching* es usar tan sólo dos niveles, pero muchos sintetizadores actuales ofrecen tres o más, lo que permite realizar cambios más graduales. Si además añadimos el uso del filtro, pueden llegar a conseguirse transiciones muy suaves, con un resultado final muy similar al del instrumento acústico original. La

evolución de los precios de la memoria y de la tecnología ha permitido utilizar cada vez un mayor número de muestras, más largas y de mayor calidad, lo que se ha traducido en un incremento muy significativo del realismo y la calidad del sonido. Por usar un ejemplo, un sintetizador actual como el Roland Fantom X (año 2004) utiliza, para su *patch* de piano acústico, muestras individualizadas de cada una de las 88 teclas del piano, en cuatro diferentes niveles (*piano*, *mezzoforte*, *forte* y *fortissimo*), lo que suma un total de más de 700 muestras para ese único sonido. Ello, unido a su avanzada estructura de síntesis, hace que sea difícil diferenciarlo del sonido de un piano real, incluso para un músico experto.

4.5. La síntesis de modelado físico

Si bien la síntesis de tabla de ondas, lo suficientemente sofisticada o evolucionada (múltiples muestras de calidad, filtros, *velocity-switching*, efectos, etc.), puede ofrecer muy buenos resultados, y emulaciones de instrumentos acústicos muy convincentes, no deja de estar sujeta a importantes limitaciones. En su base se encuentran las muestras, que son grabaciones, y las posibilidades de manipular las grabaciones para permitir una mayor expresión o variedad sonora son limitadas. Si tomamos por ejemplo un saxofón, veremos que las posibilidades de expresión tímbrica que ofrece son muy amplias, ya que su sonido depende de muchos factores, como por ejemplo la intensidad con la que se toca, pero también la presión de los labios sobre la boquilla, la posición que adopta la garganta o la lengua, etc. Todos estos factores forman parte de la técnica del saxofón, y no pueden recogerse adecuadamente mediante un puñado de muestras o *samples*. Eso hace que, por lo general, las interpretaciones con un timbre de saxofón ejecutadas en un sintetizador suenen algo artificiales y poco convincentes.

Estos problemas pueden superarse mediante el uso de una técnica de síntesis sonora conocida como “modelado físico” (*physical modelling*). Ésta consiste en una representación matemática del instrumento a reproducir, a fin de recrear el comportamiento físico de las ondas sonoras a partir de un conjunto de variables (de la representación matemática de las mismas, más estrictamente) como puede ser el tamaño, la forma, los materiales de construcción, la forma de tocar (si es una vibración de una cuerda, o una percusión, etc.), y demás aspectos. Es, en suma, la síntesis del sonido a través de un conjunto de ecuaciones y algoritmos que simulan el comportamiento

físico de la fuente del sonido. De este modo es posible construir simulaciones precisas (o más precisas que mediante el uso de otras técnicas) de instrumentos musicales, sean reales o imaginarios (puesto que se puede jugar con los parámetros y modificar la “forma”, “dimensiones”, “materiales”, etc. del instrumento virtual). Además, para refinar todavía más el resultado y hacerlo más convincente, se suelen introducir pequeñas imperfecciones adrede como las que aquejan a los instrumentos acústicos reales. Esto hace que muchas veces se conozca también esta técnica como “síntesis acústica virtual”.

Como es fácilmente imaginable, este esquema de síntesis requiere una enorme capacidad de cálculo, lo que explica que tan sólo comenzara su uso o implantación comercial en sintetizadores digitales de mediados de los años 90, e incluso así, muchos de los primeros modelos eran estrictamente monofónicos o bifónicos, en una época donde era ya habitual que los sintetizadores de tabla de ondas contaran con una polifonía de 32 o 64 voces. Como ocurriera en la anterior década (los años 80) con las síntesis FM, en esta ocasión de nuevo fue Yamaha la empresa pionera en ofrecer al gran público esta nueva tecnología, fruto de un acuerdo firmado en 1989 con la Universidad de Stanford. El primer modelo lanzado al mercado fue el Yamaha VL-1, en 1994.

Un dato curioso de esta técnica es que ha resultado tener un gran éxito no sólo en la emulación de instrumentos acústicos, sino también en la recreación virtual de los clásicos sintetizadores analógicos de síntesis substractiva. Una de las consecuencias del uso de la tecnología digital es que su mayor precisión y estabilidad hicieron desaparecer el carácter sonoro de los antiguos sintetizadores analógicos, cuyo sonido se debía en gran medida precisamente a las imperfecciones de su tecnología (incapacidad de generar frecuencias totalmente precisas, inestabilidad, etc.). Hoy en día existen muchos sintetizadores que usan el modelado físico para reproducir las características de la tecnología analógica y crear así, de manera digital (con las ventajas que ello comporta en estabilidad y costes), el sonido más fiel posible al de los antiguos sintetizadores.

5. ALGUNOS MODELOS DESTACABLES

Una vez introducidos los principales tipos de sintetizadores y de tecnologías de síntesis sonora, en lo que resta de este libro nos centraremos en ver con algo más de atención algunos modelos concretos de sintetizadores que, por una u otra razón, resultan destacables. Esta selección no se basa en un único criterio: en algunos casos, la elección responde a que se trata de modelos representativos de una época o de un tipo de síntesis; en otros, a su éxito comercial; en otros, a que supusieron en su momento un importante cambio tecnológico; etc. Por otro lado, también puede verse como una aproximación muy general y superficial a la evolución histórica de los sintetizadores en las últimas décadas. Los modelos concretos que veremos son los siguientes: 1) Minimoog (Moog Music, 1970); 2) Prophet 5 (Sequential Circuits, 1978); 3) DX-7 (Yamaha, 1983); 4) D-50 (Roland, 1987); 5) M1 (Korg, 1988); 6) VL-1 (Yamaha, 1994); y 7) Fantom-X (Roland, 2004).

5.1. El *Minimoog* (Moog Music, 1970)



Fig. 25. El Moog Minimoog, modelo "D". Imagen obtenida de Wikipedia (<http://en.wikipedia.org>)

El Minimoog fue un sintetizador muy innovador en muchos aspectos, además de poder considerarse como el primer "éxito comercial" en el mundo de los sintetizadores, con una producción total

superior a las 12.000 unidades durante sus años de producción (1970-1982), la cual resulta muy destacable, considerando la época y la situación del mercado entonces.

Curiosamente, su aparición fue en gran medida el resultado de una situación accidentada y problemática por parte de Moog Music, la empresa creada por Bob Moog, uno de los ingenieros pioneros en el mundo de los instrumentos musicales electrónicos. A finales de los años 60, la práctica totalidad de los sintetizadores eran modulares, que consistían en un teclado conectado a una serie de “módulos” (cajas con potenciómetros, interruptores, conectores y demás) que se interconectaban entre sí mediante cables (creando una imagen un tanto similar a la de las antiguas centralitas telefónicas) para generar el sonido. Los sintetizadores modulares eran muy potentes y flexibles, al no existir prácticamente límites en las interconexiones entre módulos, pero eran también grandes, pesados y caros, por lo que se vendían muy pocas unidades, normalmente a petición del cliente. En 1969, las ventas de la compañía de Bob Moog habían caído de manera muy preocupante, y la empresa estaba prácticamente en quiebra. Había que buscar una solución rápida para salir de la crisis, y la idea que cobró mayor fuerza fue la de crear un sintetizador integrado (no modular) y lo suficientemente compacto, portátil y económico, al tiempo que flexible y fácil de usar. Así, en menos de un año entre los primeros prototipos y la producción en serie, se creó el Minimoog, que salió a la venta por un precio de 1.495 dólares y que en seguida gozó de una gran aceptación por parte de los músicos, por su sonido, facilidad de uso y portabilidad. Es cierto que, por un lado, al estar integrado y con las conexiones fijas entre los distintos componentes de la síntesis (osciladores, filtro, amplificador), ofrecía menos posibilidades que los anteriores modelos modulares, pero la facilidad de uso que a cambio mostraba, y la remarcable estabilidad de sus osciladores para su época, así como su sonido cálido, fueron elementos clave en su éxito. Otra de las innovaciones destacables fue la introducción de las ruedas de *pitch bend* (que permite controlar manualmente la afinación de la nota durante la ejecución, o hacer vibrato) y modulación en la parte izquierda del teclado, cuyo éxito ha sido tal que posteriormente casi todos los fabricantes han incorporado esos controladores en sus modelos hasta nuestros días.

Desde el punto de vista tecnológico, el Minimoog es un ejemplo clásico de sintetizador analógico de síntesis substractiva. Es monofónico y monotímbrico. Cuenta con tres osciladores (VCOs), de

los cuales, el tercero puede funcionar como oscilador “normal” o como LFO. Los osciladores pueden generar ondas triangulares, de diente de sierra, cuadrada y dos tipos de pulso con distinta anchura. Además cuenta con un generador de ruido blanco/rosa y una entrada de línea externa. Cada fuente de sonido (osciladores, ruido, línea) cuenta con niveles independientes de intensidad (volumen o amplitud relativa).

La mezcla de sonido pasa después a un filtro pasabajos (VCF) de -24 dB por octava y con resonancia, y posteriormente a un amplificador (VCA). Tanto el filtro como el amplificador cuentan con su propio generador de envolvente, con la particularidad de que no son de tipo ADSR, sino ADSD, puesto que el parámetro del “decaimiento” regula también el de la relajación.

Otra característica destacable es que el tercer oscilador y el generador de ruido pueden direccionarse hacia la entrada de los osciladores y/o del filtro. Esto permite usar el tercer oscilador como LFO, pero como éste también puede producir frecuencias en el rango audible (como también lo hace el generador de ruido), el Minimoog es capaz de realizar, hasta cierto punto, síntesis FM. La amplitud de la modulación realizada por el tercer oscilador o el generador de ruido se controla mediante la rueda de modulación, colocada a la izquierda del teclado, junto con la de *pitch bend*.

En los últimos años, este modelo ha sufrido una importante revalorización y se suelen pagar cantidades bastante elevadas en el mercado de segunda mano. Al margen de las razones históricas o de coleccionismo, este modelo es muy bien valorado entre los músicos por su sonido. Aunque es complicado determinar exactamente el porqué de su sonido bastante distintivo, muy probablemente tengan un importante papel la falta de exactitud propia de la tecnología analógica, así como las interferencias eléctricas de otros componentes (como por ejemplo la fuente de alimentación), que hacen que los distintos osciladores no se ajusten exactamente a las mismas frecuencias, creando un sonido más “grueso” y vivo.

5.2. El Prophet 5 (Sequential Circuits, 1978)



Fig. 26. El Sequential Circuits Prhophet 5. Imagen obtenida de Wikipedia (<http://en.wikipedia.org>)

Este sintetizador destaca por diversas razones; entre ellas, la de ser uno de los primeros modelos de sintetizador polifónico (cuenta con una polifonía de 5 voces), y, sobre todo, la de ser el primer sintetizador con memoria programable, lo cual constituyó un paso importante en la historia de estos instrumentos. Aunque la tecnología de generación de sonido es analógica, el aparato es controlado digitalmente, mediante un microprocesador, lo que, entre otras cosas, le permite almacenar distintas configuraciones de sonidos en memoria, accesibles al toque de una tecla, sin necesidad de controlar los parámetros manualmente cada vez que se quiere modificar el sonido. De ese modo es posible, por ejemplo, guardar configuraciones para un timbre de cuerdas sintéticas, de metales, de campanas, etc., y acceder a ellas instantáneamente en el momento deseado. Este modelo contaba con un total de 40 memorias (preprogramadas desde fábrica pero modificables o sustituibles por el usuario). Además, la tecnología digital permitía también controlar más adecuadamente los voltajes de los diversos componentes (osciladores, filtros, etc.), dotando al instrumento de una afinación más precisa y de una mayor estabilidad.

La estructura de síntesis, no obstante, sigue ajustándose al esquema clásico de la síntesis analógica substractiva. Es un sintetizador monotímbrico y polifónico de 5 voces. Cuenta con un total de diez osciladores (dos por voz, de los cuales el segundo ofrece una mayor flexibilidad). El primer oscilador de cada voz genera una onda de diente de sierra o bien un pulso de ancho variable, mientras que el

segundo oscilador, además, puede generar una onda triangular y funcionar a baja frecuencia (de 4 a 10 Hz). Los osciladores pueden sincronizarse (*syncing*), y su señal mezclarse entre sí en la proporción deseada por el usuario. Además de los diez osciladores, cuenta con un generador de ruido.

El filtro o VCF es un clásico pasa-bajos de -24 dB por octava, con resonancia y selección de la frecuencia de corte. Cuenta con un generador de envolvente de dos segmentos (ataque/decaimiento). El amplificador o VCA sí que cuenta con un generador de envolvente de cuatro segmentos tipo ADSR. Tiene también un LFO, con frecuencias que van desde 0.01 Hz hasta 20 Hz y tres formas de onda: triangular, diente de sierra y pulso.

Desde el punto de vista de las capacidades de síntesis, el aspecto más interesante del Prophet 5 es lo que el panel de control de este mismo modelo denomina como “Poly-Mod”, y que permite hacer desde simples barridos de ancho de pulso (PWM) o de filtro hasta modulación en anillo o síntesis FM básica. El “Poly-Mod” conecta la salida de la envolvente del filtro y del segundo oscilador de cada voz a los tres destinos siguientes (de manera individual o en cualquier combinación): la frecuencia o altura del primer oscilador, la anchura del pulso, o la frecuencia de corte del filtro. Como el segundo oscilador no se limita a ser un LFO —aunque puede actuar también como tal—, sino que produce frecuencias en el rango audible, es posible realizar síntesis FM en el Prophet 5.

Se trata de un sintetizador que obtuvo un considerable éxito en su época, y que aún hoy es muy valorado entre los músicos y los coleccionistas. Sin embargo, y a pesar de su éxito, la compañía Sequential Circuits tuvo una historia bastante breve (apenas 10 años, desde 1977 hasta 1987), debido a que modelos posteriores no tuvieron tanto éxito y las ventas iban disminuyendo. En 1987 la empresa fue adquirida por Yamaha, que obtuvo todos los derechos sobre las marcas “Prophet”, “Sequential” y “Sequential Circuits”, pero no ha lanzado ninguna línea de productos con esas denominaciones.

5.3. El DX-7 (Yamaha, 1983)



Fig. 27. El Yamaha DX-7. Imagen obtenida de Wikipedia (<http://en.wikipedia.org>)

El Yamaha DX-7 es, como todos los demás modelos que aquí aparecen, un sintetizador que destaca por varias razones. Entre ellas se encuentra que se trata de uno de los primeros sintetizadores totalmente digitales, que cuenta con una (entonces) amplia polifonía de 16 voces, que se basa en un modelo de síntesis FM avanzada como exclusiva fuente de sonido, que fue también uno de los primeros instrumentos en incorporar MIDI, el (entonces) nuevo estándar de comunicación entre instrumentos musicales electrónicos y que se sigue utilizando ampliamente en nuestros días, y, *last but not least*, su éxito comercial sin precedentes en el mercado de los sintetizadores. Sus capacidades sonoras y su precio moderado (sobre los 2.000 dólares) lo convirtieron en un éxito inmediato, y prácticamente todos los grupos y músicos que utilizaban sintetizadores a mediados de los 80 tenían uno. Se calcula que se vendieron más de 300.000 unidades en total, una cifra casi astronómica en el mundo de los sintetizadores. A pesar de que Yamaha lanzó muchos otros modelos basados en síntesis FM (entre ellos el resto de la serie DX), y muchos de ellos más baratos (como por ejemplo el DX-9, el DX-11, el DX-21, el DX-27 o el DX-100), ninguno de ellos consiguió ni remotamente alcanzar la popularidad del DX-7, principalmente porque los modelos económicos utilizaban un esquema de síntesis de 4 operadores, frente a los 6 del DX-7, lo que convertía a éste en un aparato más potente y flexible. Yamaha también lanzó dos modelos más caros, el DX-5 y el DX-1, muy minoritarios.

Tecnológicamente hablando, se trata de un sintetizador totalmente digital, monotímbrico y polifónico de 16 voces, con una memoria interna de 32 registros (ampliable mediante cartuchos opcionales). Pero lo realmente destacable es que resultó muy innovador en materia de síntesis, utilizando la FM como fuente

exclusiva de sonido, pero con un nivel de sofisticación y flexibilidad muy superior a todo lo visto anteriormente. Como hemos podido ver, algunos sintetizadores analógicos más antiguos eran también capaces de llevar a cabo algún tipo de modulación de frecuencia. No obstante, para que esta técnica funcionase de manera totalmente satisfactoria y pudiera ofrecer todo su potencial, era necesario que se basara en tecnología digital y no analógica, y que su estructura fuera más avanzada. El DX-7 satisfacía sobradamente estos requisitos, al incluir 6 operadores y 32 algoritmos distintos. Gracias a ello, destacaba en cierto tipo de sonidos como las emulaciones de pianos eléctricos, las campanas, y en general todo tipo de sonidos “metálicos”, a la vez que permitía crear nuevos sonidos nunca antes oídos en los tradicionales sintetizadores de síntesis substractiva.

Los “bloques” de la síntesis de la serie DX de Yamaha son los *operadores*. Cada operador está compuesto por un oscilador que genera exclusivamente ondas senoidales, un amplificador y un generador de envolvente con ocho parámetros, que controla dinámicamente tanto la frecuencia como la amplitud de la onda del oscilador. Los operadores pueden interactuar entre sí mediante distintos esquemas de conexión llamados *algoritmos*. Cada algoritmo determina qué operador u operadores actúan como portadores (al menos deberá haber uno), cuál o cuales actúan como moduladores (aquí sí que es posible que *ningún* operador sea un modulador, y que todos sean portadores), y cómo se relacionan entre sí. En concreto, el DX-7 cuenta con 32 algoritmos distintos, entre los cuales podemos encontrar los siguientes, a modo de ejemplo:

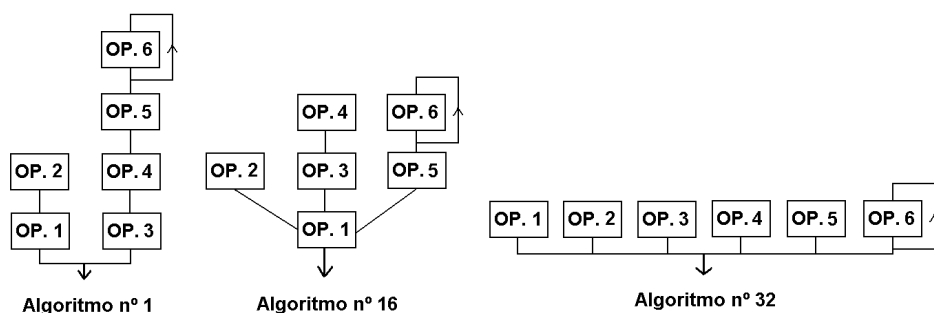


Fig. 28. Algunos de los algoritmos del Yamaha DX-7

En cada uno de los esquemas anteriores, el operador u operadores situados en la línea inferior son los portadores, mientras que los demás (en su caso) son moduladores. Si observamos el

algoritmo número 32, comprobaremos que todos los operadores son portadores, y que no existe ningún modulador. El resultado, pues, será que no existe propiamente modulación de frecuencia en este caso, sino síntesis aditiva (recordemos que los osciladores producen únicamente ondas senoidales). La síntesis se completa mediante un LFO que puede producir ondas senoidales, cuadradas, triangulares, dos tipos de diente de sierra y una onda aleatoria.

Como se señaló anteriormente, el DX-7 fue también uno de los primeros sintetizadores que incorporó el MIDI (si bien siendo rigurosos, el primer modelo en incluirlo fue el Sequential Circuits Prophet 600, también de 1983). 'MIDI' es el acrónimo de *Musical Instrument Digital Interface* (Interfaz Digital de Instrumentos Musicales), y desde su aparición se ha convertido en el estándar de comunicación entre instrumentos electrónicos. El MIDI permite conectar dos (o más) instrumentos entre sí y utilizar uno para controlar el otro (por ejemplo, utilizando el teclado del instrumento 1 para hacer sonar el instrumento 2). También hace posible, por ejemplo, utilizar un secuenciador o un ordenador personal equipado con interfaz MIDI para controlar uno o más instrumentos musicales, determinando qué notas de qué instrumento tocar y en qué momento (entre muchos otros parámetros). Gracias al MIDI, han proliferado los sintetizadores en formato módulo (sin teclado), destinados principalmente a los estudios y no para su uso en directo, y que son controlados mediante otros teclados o a través de un ordenador. Pero el MIDI ha ido mucho más allá del ámbito de los sintetizadores profesionales y hoy en día es un elemento habitual no sólo en muchos teclados domésticos, sino también en algunas guitarras eléctricas e instrumentos electrónicos de viento. Sin embargo, la implementación del MIDI en el DX-7 es muy limitada, ya que se lanzó al mercado antes de que las especificaciones del estándar fueran completadas, y muchas de las funciones no fueron incorporadas (por ejemplo, siempre transmite la información por el canal 1, cuando el estándar dispone de 16 canales). Eso hace que no sea una buena elección como teclado controlador. En la terminología de la música electrónica, un 'teclado controlador' es un teclado cuya función no es sonar por sí mismo, sino controlar otros instrumentos (otros teclados, módulos de sintetizador, etc.), que son los que propiamente generan el sonido. Si un sintetizador queda tecnológicamente desfasado, gracias al MIDI todavía puede ser un buen teclado controlador, si su implementación del MIDI es adecuada.

efectos. El primer aspecto está directamente relacionado con el hecho de que, además de permitir la “clásica” síntesis substractiva basada en osciladores de ondas simples, incorporaba en su memoria un conjunto de muestras digitalizadas o *samples* de sonidos reales, lo que le permitía reproducir sonidos cuya obtención no era posible con los otros métodos disponibles en la época, a través de un esquema muy sencillo (para los estándares actuales) de síntesis de tabla de ondas.

En aquella época, el precio de la memoria era muy elevado, lo que hacía que, a menos que no se quisiera disparar el coste, no pudiera almacenarse un gran número de muestras, ni que éstas fuesen muy largas o de muy alta calidad. El D-50 disponía únicamente de 256 kilobytes de memoria de muestras, una cantidad muy modesta desde la perspectiva actual, en la que estamos acostumbrados a hablar de grandes cantidades de megabytes o incluso gigabytes. En ella se contenían 100 muestras, la mayoría muy breves y de una calidad no demasiado elevada. A pesar de ello, el resultado final era bastante bueno y las emulaciones bastante convincentes. Para conseguirlo, los ingenieros de Roland utilizaron un recurso novedoso e imaginativo. Los estudios de psicoacústica mostraban que en nuestra percepción sonora son los primeros instantes (el ataque y en ocasiones también el decaimiento) los más determinantes en nuestro reconocimiento de una textura tímbrica (identificar un sonido como el de un piano o una guitarra, por ejemplo). Con este principio en mente, la mayoría de muestras digitalizadas comprenden tan sólo la porción del ataque (o son sonidos percusivos, de corta duración), mientras que el resto del sonido es producido mediante síntesis substractiva de ondas simples.

Por lo que respecta a sus características técnicas, el D-50 es un sintetizador monotímbrico y polifónico de 16 voces, y con 64 registros de memoria. Para la generación del sonido (la “síntesis lineal aritmética”) utiliza un esquema que permite combinar la síntesis substractiva de ondas simples (que se limitan al diente de sierra y al pulso de ancho variable) con un modelo básico de síntesis de tabla de ondas. En concreto, cada sonido o *patch* está formado por hasta dos parciales, y cada uno de ellos de hasta dos elementos (osciladores), por lo que pueden usarse entre uno y cuatro elementos por voz. Estos elementos pueden ser tanto osciladores de ondas simples como muestras digitalizadas, sin ninguna limitación en su combinación (pueden ser dos de cada tipo, las cuatro del mismo tipo, etc.). Los dos parciales, además, pueden simplemente mezclarse, o modularse en anillo (*ring modulation*). Sin embargo, los esquemas de síntesis son

distintos en función de si el sonido es generado por un oscilador de ondas simples o si es una onda digitalizada. En el primer caso, se trata de un modelo de síntesis substractiva bastante clásico: la señal del oscilador es procesada por un filtro pasabajos con resonancia, y después pasa al amplificador, con tres envolventes: una que controla la frecuencia (altura o afinación) del oscilador, otra para el filtro, y la del amplificador, que controla la amplitud. Si en cambio la fuente del sonido es una muestra digitalizada, el esquema es muy simple: tan sólo puede regularse la frecuencia y la amplitud (no hay filtro), con sendas envolventes para el oscilador y el amplificador. El esquema se completa con tres LFOs que producen ondas triangulares, de diente de sierra, cuadradas y aleatorias y que permiten controlar la frecuencia del oscilador, el ancho del pulso, la frecuencia de corte del filtro, y la amplitud del amplificador (los tres últimos parámetros sólo cuando se usa el esquema de la síntesis substractiva). Finalmente, el sonido se puede procesar mediante la unidad de efectos, aplicándole diversos tipos de reverberación, *chorus* o ecualización.

El D-50 tuvo un éxito considerable y empezó a marcar la tendencia que posteriormente sería la mayoritaria (incluso en la actualidad), que es la integración entre la síntesis substractiva y la síntesis de tabla de ondas. En rigor, no existe una verdadera integración de los dos modelos en el D-50, sino más bien una yuxtaposición de los mismos, pero no mucho más tarde aquélla se produciría. En modelos posteriores, en lugar de contar con osciladores que únicamente son capaces de producir un puñado de formas de ondas simples, lo que existe es un banco de memoria con cientos o incluso miles de ondas, que incluyen tanto sonidos e instrumentos “reales” como también las clásicas ondas simples, y que después son procesadas siguiendo el esquema de la síntesis substractiva, mediante filtros, envolventes, LFOs y demás.

5.5. El M1 (Korg, 1988)



Fig. 30. El Korg M1. Imagen obtenida de <http://hem.passagen.se>

Tan sólo un año después del lanzamiento del D-50, Korg respondía con uno de los modelos de más éxito no tan sólo de su compañía sino de toda la historia de los sintetizadores, el M1. Varias claves estaban detrás de su éxito: por un lado, la calidad de sonido, gracias a sus 4 megabytes de muestras digitalizadas (una enorme cantidad de memoria en su época); por otro lado, su carácter multitímbrico de 8 partes (hasta 8 sonidos distintos al mismo tiempo, dentro del margen de sus 16 voces de polifonía); además, sus dos unidades independientes de efectos (con un gran número de efectos distintos, incluyendo muchos que eran poco comunes entonces como el *flanger*, el *phaser*, la saturación u *overdrive*, la distorsión, la emulación del altavoz rotatorio, etc.); y, como novedad importante en aquel momento, la incorporación de un secuenciador de 8 pistas, que permitía grabar y editar independientemente cada una de las pistas (percusión, bajo, piano, etc.) para crear un tema completo. Por todo ello, el M1 es considerado como la primera “estación de trabajo” (*Workstation*) musical, ya que, en principio, contiene en un único aparato todos los recursos necesarios para la creación musical (la canción completa, desde la selección de los sonidos, la grabación y edición de las pistas, y los efectos (reverberación, *chorus*, *delay*, etc.). Es decir, que por primera vez era posible (con ciertos límites, claro) crear un disco completo de principio a fin con un solo aparato.

El Korg M1 cuenta con 100 formas de onda de instrumentos “melódicos” y 44 muestras de sonidos de batería y percusión (ampliables mediante tarjetas de expansión). Aunque no son cifras muy elevadas, la amplia (para aquella época) cantidad de memoria utilizada hacía que el M1 destacara por su calidad y realismo del sonido. Las

muestras, además, son *multisamples*, es decir, son muestras múltiples a distintas frecuencias y/o amplitudes de la fuente de sonido original, a fin de reproducir de manera más fidedigna el timbre original del instrumento (los armónicos de un instrumento acústico cambian en función de que se toquen notas más graves o más agudas, o si se toca con mayor o menor fuerza, puesto que no se trata simplemente de la misma onda reproducida a distintos niveles de frecuencia y/o amplitud). Algunos de los sonidos *preset* (preestablecidos de fábrica) pronto se convirtieron en clásicos que podemos oír en muchas grabaciones discográficas de la época, como el *universe* o el sonido de piano acústico (hoy en día lo consideraríamos demasiado “metálico” y artificial, pero fue usado en centenares de temas *pop* y *dance* de finales de los 80 y principios de los 90).

El esquema de síntesis del M1 resulta en realidad bastante sencillo, pero constituyó un paso más para la integración de la síntesis substractiva y la de tabla de ondas. Cada sonido o *patch* puede basarse en uno o dos osciladores o generadores de onda. La señal de cada uno de ellos es procesada (y esto es un avance con respecto de otros sintetizadores basados en *samples*) por un filtro pasa-bajos, que carece de resonancia, y posteriormente pasa al amplificador. Cada uno de los tres bloques básicos (onda, filtro y amplificador) cuenta con su propia envolvente. No obstante, no existen LFOs, ni tampoco la posibilidad de modular los osciladores en anillo. La señal, finalmente, es procesada por hasta dos unidades de efectos, que pueden operar en serie (la segunda unidad procesa la señal previamente ya modificada por la primera) o en paralelo (las dos unidades procesan simultáneamente la señal original).

5.6. El VL-1 (Yamaha, 1994)



Fig. 31. El Yamaha VL-1. Imagen obtenida de [http:// www.zikinf.com](http://www.zikinf.com)

Existen ciertos paralelismos entre este modelo y el DX-7: en ambos casos, la tecnología utilizada se basó en investigaciones realizadas en la universidad de Stanford (de las que Yamaha adquirió la licencia de las patentes en exclusiva), y ambos representaron un cambio muy significativo en los esquemas de síntesis existentes previamente en el mundo de los sintetizadores. La diferencia fundamental, no obstante, fue la respuesta del mercado: a diferencia del DX-7, el VL-1 no consiguió demasiado éxito comercial, en parte debido a su alto precio (cuando fue lanzado costaba casi 10.000 dólares).

Este modelo supuso la irrupción en el mercado de un tipo de síntesis sobre la que ya se llevaba mucho tiempo investigando pero que hasta entonces no se había podido explotar comercialmente por los costes y la potencia de proceso que requería: la síntesis de modelado físico. Como vimos anteriormente, ésta se basa en modelos matemáticos que simulan el comportamiento de las ondas sonoras en función de ciertas características físicas del instrumento, como la forma, las dimensiones, los materiales, la presión o fuerza al tocarlo, etc. Un ordenador procesa todas esas variables, y genera la onda en tiempo real. El resultado es un sonido muy realista y expresivo, que supera al de cualquier esquema, incluso los más sofisticados, de síntesis de tabla de ondas. Por otro lado, la mayor exigencia en la capacidad de cálculo se traduce en una severa disminución de las prestaciones en materia de polifonía o capacidad multitímbrica (por ejemplo, el VL-1 es bifónico y bitímbrico, y eso porque en realidad son dos sintetizadores monofónicos independientes que operan conjuntamente). Un aspecto

interesante de la síntesis de modelado físico es que no sólo resulta adecuada para reproducir de manera fidedigna un instrumento acústico “real”, como puede ser un violín, una flauta o un saxofón, sino que permite “inventarse” nuevos instrumentos, modificando los parámetros (forma, dimensiones, etc.), con las mismas posibilidades de expresión. Para hacerse una idea de su flexibilidad, *algunos* de los parámetros que pueden ajustarse (y también controlarse en tiempo real a medida que se toca) son los siguientes:

- Presión del aire (instrumentos de viento) o velocidad del arco (instrumentos de cuerda)
- Rigidez de los labios (instrumentos de viento) o presión del arco (instrumentos de cuerda)
- Longitud de la caña (instrumentos de viento) o de la cuerda (instrumentos de cuerda)
- Posición de la lengua (técnica de tapar parcialmente la boquilla del instrumento de viento con la lengua al soplar)
- Ruido de la respiración (instrumentos de viento)
- Forma de la garganta (instrumentos de viento)
- Fricción (del aire en la caña o de la cuerda)
- Absorción (pérdida de altas frecuencias al final de la caña o de la cuerda).

Aunque resulta innegable el gran paso que este modelo de síntesis representó, el VL-1 no tuvo excesivo éxito, como antes se ha apuntado. Sin duda, una razón importante fue su elevado precio, pero tampoco se debió exclusivamente a una cuestión económica. El VL-1 ofrecía muchas más posibilidades de expresión en la interpretación, pero eso también hacía más complicado su manejo. La mayoría de intérpretes de sintetizadores son pianistas, y no están acostumbrados a las técnicas de interpretación propias de instrumentos de viento o de cuerda (de manera similar a como los intérpretes de estos últimos pueden no dominar las técnicas propias del piano). Para sacar partido a las posibilidades del VL-1, es necesario no sólo usar el teclado, sino también múltiples ruedas, controladores de soplo y pedales, de un modo que se aleja bastante a la técnica “clásica” del sintetizador.

De modo un tanto curioso, donde ha tenido más éxito la síntesis de modelado físico no ha sido en la recreación de instrumentos acústicos, sino en la “replicación virtual” de los antiguos sintetizadores analógicos. La nueva tecnología ha permitido reproducir de manera bastante adecuada las inestabilidades, imprecisiones e interferencias propias de la tecnología analógica, recreando así el “carácter” y la “calidez” propia

de los sintetizadores analógicos y que se había perdido con el auge de la tecnología digital.

5.7. El *Fantom-X* (Roland, 2004)



Fig. 32. El *Fantom X6*. Imagen obtenida de <http://rolandclan.info>

La serie *Fantom-X* de Roland comprende varios modelos (X6, X7, X8 y XR) que tan sólo se diferencian entre sí por el teclado (61, 76, 88 teclas, y versión en módulo, respectivamente), siendo idénticos en sus características sonoras. Son un buen ejemplo de la tecnología actual de síntesis de tabla de ondas, que todavía sigue siendo la predominante. En los últimos años, más que avances significativos en los esquemas de síntesis, lo que se viene produciendo es un mayor refinamiento y sofisticación de los modelos ya existentes (básicamente síntesis de tabla de ondas y modelado físico), lo que también se traduce en una mayor flexibilidad, prestaciones y calidad de sonido. Ello hace que, en comparación con los modelos actuales, sintetizadores como el D-50 o el M1 se vean hoy en día como bastante “primitivos”, pese a basarse en los mismos principios. El *Fantom-X* supone un ejemplo de integración absoluta de los esquemas de síntesis substractiva y de tabla de ondas, y con un nivel de sofisticación y flexibilidad muy destacables.

Se trata de un sintetizador con una polifonía máxima de 128 voces y multitímbrico de 16 partes. Tiene una memoria de ondas de 128 *megabytes*, ampliables a 384 Mb mediante tarjetas de expansión. Los 128 Mb que incorpora de fábrica suman un total de 1.460 *multisamples*. Además, la serie *Fantom-X* incorpora un *sampler* o grabador de muestras, es decir, que el usuario no está limitado a las muestras registradas por el fabricante, sino que puede él mismo tomar y almacenar muestras nuevas, que pueden usarse también en la síntesis. La memoria destinada al *sampler* es de 32 Mb, ampliables a

544 Mb. Todo ello supone que, ampliado al máximo, el sintetizador puede contar con un total de 928 *megabytes* de muestras.

Su estructura de síntesis, como ya se ha comentado, se ajusta al esquema de la síntesis substractiva basada en tabla de ondas, pero con un alto nivel de sofisticación. Puede usar hasta cuatro elementos (osciladores) por sonido o *patch*, pero a su vez, cada uno de ellos es estéreo y puede contener ondas diversas para los canales izquierdo y derecho, con lo que en realidad pueden intervenir hasta 8 ondas distintas (no obstante, la síntesis opera siempre como 4 bloques distintos como máximo, aunque alguno o varios de ellos contengan dos formas de onda). Cada elemento (oscilador) de los cuatro disponibles tiene su propio filtro resonante y amplificador. El filtro puede actuar como pasa-bajos (3 tipos distintos), pasa-altos, pasa-banda o de pico (enfatisa las frecuencias cercanas al corte, sin recortar las demás). Por supuesto, tanto el oscilador, como el filtro como el amplificador cuentan con sus propias envolventes. Por otro lado, cada elemento de los cuatro posibles que forman cada sonido o *patch* cuenta con dos LFOs (por lo tanto, son posibles hasta 8 LFOs en cada sonido), con trece formas de onda distintas cada uno, entre las que se encuentran la senoidal, la triangular, varios tipos de diente de sierra, cuadrada, aleatoria, e incluso un modo programable por el usuario (el llamado *step LFO*). En este último modo programable, cuando se usa para controlar la frecuencia o afinación del oscilador, puede servir para crear “melodías”, con lo que es posible incluso construir temas a cuatro voces (una por oscilador) para que suenen con la simple pulsación de una tecla.

Por otro lado, el Fantom-X permite seleccionar entre 10 distintas “estructuras” de síntesis, que determinan el modo en que los distintos componentes de la síntesis se interrelacionan. En esta interrelación, también pueden intervenir otros dos elementos: el modulador en anillo y el potenciador (*booster*). El potenciador incrementa la amplitud de la onda lo que en algunos casos puede ser usado para variar su forma (por ejemplo, transformando una onda triangular en una onda trapezoidal). Algunos ejemplos de esquemas de síntesis son los siguientes:

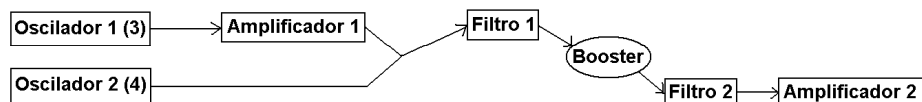
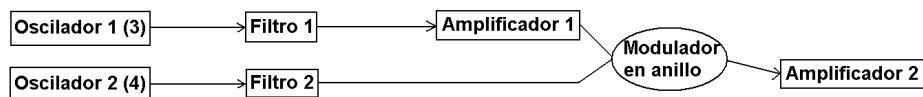
Estructura 1**Estructura 3****Estructura 10**

Fig. 33. Algunas estructuras de síntesis de la serie Roland Fantom X

Además, se pueden seleccionar esquemas distintos para los elementos 1 y 2 y para los elementos 3 y 4, respectivamente, con lo que resultan decenas de combinaciones posibles.

Finalmente, cuenta también con unidades de efectos para procesar el sonido una vez sintetizado. Hay un total de siete unidades de efectos, cada una de ellas con diversos tipos y configuraciones posibles: reverberación, *chorus/delay*, tres unidades de multiefectos (78 tipos distintos cada una), *mastering* (compresor), y una unidad de efectos para la entrada de señal del *sampler* (se aplica un efecto a la señal entrante).

Todo lo anterior permite comprobar el alto grado de versatilidad y flexibilidad en la síntesis que permiten los sintetizadores actuales, incluso teniendo en cuenta que se basan en muestras digitalizadas. Las posibilidades son casi ilimitadas, lo que refuerza una de las ideas básicas de los inicios de los sintetizadores: abrir las puertas a todo un mundo nuevo de posibilidades sonoras, con una flexibilidad nunca antes vista, y todo ello con un único instrumento.

5.8. Un caso especial: el SID (1981)



Fig. 34. El MOS Technology 6581, más conocido como SID (Sound Interface Device). Imagen obtenida de Wikipedia (<http://en.wikipedia.org>).

El SID (acrónimo de *Sound Interface Device*) es la denominación habitual del chip 6581 de MOS Technology (empresa de semiconductores que era propiedad del grupo Commodore Business Machines). Básicamente se trata de un sintetizador en un único chip pensado para ser incorporado en ordenadores personales y consolas de videojuegos, pero por varias razones ocupa un lugar destacado tanto en la historia de la informática como en la de los sintetizadores.

Fue diseñado por el ingeniero Bob Yannes, que en 1981 contaba con 24 años de edad. Entre las curiosidades que figuran en relación con el SID, se encuentra la de que se trata del primer sintetizador diseñado por Yannes (quien desde su niñez había soñado con crear un sintetizador), y la de que su desarrollo se hizo en un periodo muy breve, de apenas unos cinco meses desde los primeros esquemas hasta la fase de producción. A pesar de ello, sus características son bastante destacables y en su época era muy superior a cualquier otro chip de sonido que pudiera encontrarse en consolas de videojuegos y ordenadores personales, puesto que el SID era un sintetizador en toda regla, y no un mero generador de sonido. Fue incorporado por vez primera en el Commodore 64, un ordenador personal de bajo coste lanzado en 1982, que se convirtió después en el modelo de ordenador más vendido de la historia de la informática (se calcula que se vendieron unos 20 millones de unidades). Posteriormente se incluyó también en otros modelos de Commodore, e incluso se utilizó como base para sintetizadores profesionales de otras compañías (como la sueca Elektron, en su modelo *Sidstation*), o tarjetas de sonido para PC (como *HardSID*). Poco después de crear el SID, Yannes abandonó Commodore para fundar junto con otras personas la compañía de sintetizadores Ensoniq (creadora de modelos

de cierto éxito como el Mirage o el ESQ-1), que años más tarde fue adquirida por Creative, la empresa propietaria de las famosas tarjetas Sound Blaster para PC.

Las características del SID son impresionantes, teniendo en cuenta la época, las circunstancias de su creación y el hecho de que fuera un chip de bajo coste destinado a aparatos informáticos domésticos. Cuenta con tres osciladores con amplitud e intensidad independientes, que pueden operar en modo monofónico o polifónico (como tres voces distintas), con cuatro formas de onda: triangular, diente de sierra, pulso (de ancho variable) y ruido, que pueden reproducir frecuencias en un rango de 8 octavas. Tiene filtros resonantes pasa-bajos, pasa-altos y pasa-banda de -12 dB/octava, modulación en anillo, sincronización de osciladores, cuatro LFOs independientes (con formas de onda triangular, diente de sierra, rampa, cuadrada, aleatoria y plana), y tres envolventes ADSR de cuatro segmentos (una para cada amplificador independiente por oscilador). Además, cuenta con una línea de entrada que permite procesar audio mediante los filtros.

Por otro lado, el hecho de que fuese desarrollado con gran celeridad provocó que en ocasiones no se ajustara demasiado a las especificaciones técnicas teóricas. Pero lejos de ser un problema, en ocasiones esto dio lugar a ciertas ventajas que fueron aprovechadas por los músicos y programadores. Por ejemplo, debido a un error de diseño, el SID produce un “clic” audible cada vez que se cambia el volumen del oscilador, con una intensidad proporcional al nivel de volumen (cuenta con 16 niveles). Esto fue aprovechado para hacer reproducir muestras de sonido digitalizadas en una resolución de 4 bits (16 niveles), como efectos sonoros, voces humanas o incluso instrumentos digitalizados. Algunos años después del lanzamiento del 6581, Commodore creó el 8580, que básicamente era el mismo chip rediseñado para ajustarse mejor a las especificaciones teóricas inicialmente anunciadas. Sin embargo, muchos músicos prefieren el “antiguo” 6581, que produce un sonido más característico, “sucio” y “chillón”, frente al más “frío” sonido del 8580, que además, debido a sus “mejoras”, hace que los sonidos digitalizados sean prácticamente inaudibles.

Aún hoy, el SID sigue gozando de cierta popularidad tanto en el mundo de la informática como en el de la música, llegándose a pagar cantidades importantes tanto por los chips propiamente dichos como

por los aparatos musicales que lo utilizan, debido a que la producción cesó hace bastante tiempo y hasta la fecha no se han creado réplicas o versiones equivalentes. Al margen del hecho de que el “culto” al SID tiene hoy bastante de moda y de ambiente “freak”, debe reconocerse que se situó muy por delante del resto de chips de sonido de los ordenadores de su época y que de algún modo guió la tendencia de los productos posteriores.

6. BIBLIOGRAFÍA

- BAGNALL, B. (2006): *On the Edge. The Spectacular Rise and Fall of Commodore*, Winnipeg: Variant Press.
- HURTIG, B. (ed.) (1988): *Synthesizer Basics*, Milwaukee, Hal Leonard Books.
- PAVLOV, A. (2006): *The Fantom Tweakbook. Getting the Most out of Roland Fantom-S, Fantom-X and Juno-G Synthesizers (version 4)*. Manuscrito obtenible en <http://www.sinevibes.com/publications/fantom-tb/>
- PINCH, T. y TROCCO, F. (2002): *Analog Days. The Invention and Impact of the Moog Synthesizer*, Cambridge (Mass.), Harvard University Press.
- REID, G. (2000): "Synth Secrets. Part 12: An Introduction To Frequency Modulation", en *Sound On Sound*, Abril 2000, <http://www.soundonsound.com/sos/apr00/articles/synthsecrets.htm>
- REID, G. (2000): "Synth Secrets. Part 13: More On Frequency Modulation", en *Sound On Sound*, Mayo 2000, <http://www.soundonsound.com/sos/may00/articles/synth.htm>
- RUSS, M. (1994): "Yamaha VL1: Virtual Acoustic Synthesizer", en *Sound On Sound*, Julio 1994, http://www.soundonsound.com/sos/1994_articles/jul94/yamahavl1.html
- VAIL, M. (2000): *Vintage Synthesizers: Pioneering Designers, Groundbreaking Instruments, Collecting Tips, Mutants of Technology*, San Francisco, Miller Freeman Books.
- WELSH, F. (2006): *Welsh's Synthesizer Cookbook (3rd edition)*. Manuscrito obtenible del propio autor, a través de eBay o Amazon.

Además de las referencias anteriores, resultan de gran interés las siguientes entradas de Wikipedia (<http://en.wikipedia.org>): synthesizer, subtractive synthesis, additive synthesis, frequency modulation synthesis, physical modelling synthesis, minimoog, sequential circuits prophet 5, yamaha dx7, roland D-50, korg M1, MOS Technology SID.

