

MIDI y síntesis de Audio

6.1 INTRODUCCIÓN

En el apartado anterior se hizo referencia a que la señal musical tiene dos características fundamentales que la distinguen de otros tipos de señales sonoras más generales: la existencia de una notación precisa y universalmente reconocida y la creación de la composición a partir de múltiples fuentes sonoras como son los instrumentos y las voces humanas.

La primera de estas características, surge ya en la antigüedad para resolver la necesidad de comunicar de forma permanente y palpable una composición musical. Cuando no era posible almacenar el sonido en ningún soporte ni medio físico, la existencia de un método de notación que permitiese registrar de forma impresa la composición musical resultaba imprescindible. De esta forma, la obra musical podía conservarse, comunicarse y volver a reproducirse sin alteraciones involuntarias exactamente igual en distintos lugares y situaciones y con distintos intérpretes. La aparición por tanto de la notación musical supuso en su momento un elemento de suma importancia y un punto y aparte en la historia de la música.

Esta necesidad de comunicación entre compositores e intérpretes vuelve a hacer su aparición con la introducción en el mercado de los instrumentos electrónicos. Este tipo de instrumentos, al ser fácilmente configurables demandaban la posibilidad de comunicación, pero para que se pudiesen comunicar de forma eficaz necesitaban un lenguaje preciso y aceptado por los distintos fabricantes de instrumentos musicales. Este lenguaje de comunicación entre los distintos instrumentos es el sistema MIDI (*Music Instrument Digital Interface*). El sistema MIDI no solo es un medio para comunicar una composición musical, también contempla el protocolo eléctrico de la comunicación, la estructura de la información basada en mensajes y el formato de archivo para almacenar las composiciones musicales en un sistema informático. Con la aparición del MIDI también se produce un hecho de enorme importancia en el mundo de la producción musical como es la

incursión del ordenador en el todo el proceso. Actualmente el ordenador se ha convertido en una pieza fundamental tanto desde el punto de vista creativo o artístico como desde el meramente productivo.

La segunda de las características mencionadas, la multiplicidad de fuentes sonoras y sus distintas peculiaridades, que se mezclan e interactúan en una composición musical requiere que se traten de forma separada. Esta necesidad da lugar a la aparición de los sistemas multipistas, entendiendo este concepto en su sentido más amplio: captación, procesamiento, grabación, almacenamiento, mezclado, salida, etc. Un sistema multipistas permite gestionar de forma independiente pero simultánea y sincronizada distintas fuentes sonoras con el objeto de obtener un producto más complejo a partir de sus elementos más simples.

Según todo esto, podemos establecer una primera clasificación en los programas de procesamiento digital de audio: según trabajen con señales MIDI o con señales de audio digitalizadas.

Hay que decir, para entender bien esta diferencia, que las señales MIDI no son señales de audio propiamente dichas. No son señales que se hayan obtenido a partir de un sonido real, sino que son una descripción de la señal sonora previa a la generación de ésta. Una señal MIDI viene a representar la partitura de una composición musical, mientras que la señal de audio sería la obtenida mediante un proceso de transducción microfónica a partir de la interpretación de la partitura realizada por uno o varios instrumentistas.

Si las señales MIDI no son señales de audio, ¿cómo las oímos?. Realmente, nunca escuchamos las señales MIDI directamente, al igual que nunca escuchamos una partitura impresa en un papel. Para escuchar la música representada en una partitura musical, necesitaremos uno o varios intérpretes, que con la ayuda de distintos instrumentos generen la señal acústica que será la que llegará a nuestros oídos. Pues bien, de la misma forma, en el entorno MIDI necesitaremos que algún dispositivo (hardware o software) nos interprete esa *partitura* y nos proporcione la melodía que representa. Esta acción la realizan los sintetizadores.

PUn sintetizador es un dispositivo físico (hardware) o un programa de ordenador (software) que genera sonidos a partir de la descripción de éstos. Las entradas a un sintetizador son las notas a generar y algunos parámetros adicionales que especifican cómo debe sonar, es decir su contenido tímbrico y de expresión.

Cuando hablamos de sintetizadores, irremediablemente nos viene a la cabeza la imagen de la música electrónica y además con una estética excesivamente postmoderna e incluso de ciencia ficción. Actualmente esta imagen ha quedado atrás. En principio esto fue consecuencia de que los primeros sintetizadores generaban exclusivamente sonidos no escuchados hasta entonces, porque eran distintos a los que se podían obtener con los instrumentos acústicos tradicionales, lo que les confería un halo de modernidad y de imagen futurista. No obstante una de las líneas de investigación en el campo de los sintetizadores ha ido encaminada a la recreación de los distintos

instrumentos convencionales que existen, y actualmente hay sintetizadores que generan sonidos difícilmente distinguibles de los obtenidos con un instrumento acústico.

En el caso de las señales MIDI siempre tendremos soluciones multipistas, ya que la norma MIDI contempla la existencia de canales lógicos separados dentro de un mismo canal físico. Estos distintos canales lógicos habitualmente se tratan de forma separada introduciéndolos en pistas separadas en un sistema multipistas. Esta característica del MIDI es consecuencia de que el sistema se diseñó con objetivos exclusivamente musicales y ya se ha comentado que la señal musical es el resultado de la combinación de una serie de instrumentos sonando de forma simultánea y coordinada. Por lo tanto, siempre que hablemos de un sistema MIDI estará implícito el concepto de multipistas y además habrá un mínimo de 16 y normalmente su número total será un múltiplo de esta cantidad.

6.2 INTRODUCCIÓN AL MIDI

El interfaz MIDI fué diseñado originalmente para la interconexión de instrumentos musicales digitales entre sí y de estos con un ordenador. No es de extrañar por tanto que su gestación y sus características estén estrechamente relacionadas con el mundo de los instrumentos musicales y de la música y el espectáculo en general.

A comienzos de los setenta comenzaron a aparecer los primeros sintetizadores electrónicos de tipo analógico. Un sintetizador es un instrumento que genera los sonidos musicales a partir de elementos electrónicos básicos, como osciladores, generadores de envolvente o de rampa, filtros, etc. Este primer tipo de sintetizadores se podían conectar entre sí de forma analógica con una señal que proporcionaba una tensión de 1 voltio por octava. De esta forma, señales que se diferenciaban entre sí en un voltio, representaban la misma nota pero de octavas adyacentes. Con este sencillo interfaz electrónico, se podía gobernar un sintetizador de un fabricante con un teclado de otro.

Rápidamente se comenzó a introducir la digitalización y el control por ordenador de los múltiples osciladores de los sintetizadores polifónicos. A partir de este momento, el sencillo interfaz analógico de un voltio por octava dejó de ser aplicable y los instrumentos volvieron a estar incomunicados entre sí. Algunas compañías, a la vista de las limitaciones impuestas a los usuarios, comenzaron a desarrollar estructuras de bus capaces de permitir distintas expansiones. Algunas de ellas empleaban el sistema de bus serie, con objeto de rebajar el coste, mientras otras elegían el bus paralelo debido a su mayor rapidez. En lo único que estaban todas de acuerdo era en la necesidad de desarrollar una interfaz apropiada y común a todas ellas.

En diciembre de 1982, Sequential Circuits Inc. (fabricante del Prophet, primer sintetizador polifónico de difusión masiva) lanzó las primeras unidades del Prophet 600. Una de sus características más interesantes era que disponía de una conexión de interfaz serie, y que Dave Smith, presidente de Sequential denominó entonces como Universal Synthesizer Interface (USI). Durante la Feria de Invierno de Fabricantes de Música que se desarrolló aquel mismo año, técni-

cos de Sequential, Yamaha y algunos otros fabricantes celebraron una reunión informal en la que comenzaron a discutir las bases de una posible estandarización. Como resultado de estas conversaciones apareció un protocolo muy similar al USI de Dave Smith, y que ofrecía la mejor relación entre velocidad, simplicidad y bajo costo.

El junio de 1983 se conectó un Prophet 6000 a un Yamaha DX-7 (instrumento basado en el afortunado, y no por ello menos importante descubrimiento de John Chowning: la técnica de sintetizado en FM. Técnica que modificaría el mundo de los teclados para siempre). El resultado careció por sí mismo de espectacularidad pero motivó el que en agosto de 1983, representantes de Sequential, Roland, Yamaha, Korg y Kawai sentaran en Tokio las bases de la norma MIDI 1.0 (*Musical Instrument Digital Interface*).

Esta interfaz es quizá la más extendida y prácticamente única dentro de su campo de aplicación pese a no haber sido respaldada por ningún organismo internacional de normalización, pero no hay instrumento musical electrónico que se precie, que no disponga de una conexión MIDI, e incluso resulta muy económico incorporar este tipo de interfaz a cualquier ordenador. De hecho, casi cualquier tarjeta de sonido convencional incluye uno.

6.2.1 EL HARDWARE MIDI

La característica técnica más importante del MIDI reside en que, para abaratar los cables y las conexiones, se ha usado un protocolo serie, básicamente el mismo que el RS-232 con un bit de comienzo (START), 8 bits de datos y dos bits de fin (STOP). Funciona a una velocidad de 31,25 kilobaudios, lo que a primera vista sin duda parece un poco extraño. Pero 31,25 Kbd. no es una velocidad tan extraña si consideramos el aún popular (y bastante barato hoy día) adaptador de comunicaciones asincrónicas 6850, cuyos registros de control internos actúan en modo división por 64, y son controlados externamente por un reloj de transmisión/recepción que funciona a 2 MHz., lo que arroja un resultado de 31,25 Kbd. A diferencia del RS-232 (que usa una tensión bipolar), el MIDI utiliza un bucle de corriente de 1,5 mA con un optoacoplador en la entrada del receptor tal y como se muestra en la figura 6.1. En esta figura se puede observar la entrada MIDI, la salida MIDI y una salida especial denominada MIDI Thru. Si observamos la figura, observamos que esta salida no es más que una réplica de la entrada convenientemente optoaislada de esta. Si no existiera esta salida, tan sólo se podrían conectar dos equipos. Como los datos emitidos por este tercer puerto son una réplica de los recibidos por el dispositivo en MIDI IN, su uso permite el encadenamiento de varios dispositivos. Aunque en teoría, la interconexión vía MIDI Thru es transparente, en la práctica se produce una distorsión que puede acarrear la pérdida de mensajes después de más de tres enlaces. Por este motivo, en entornos complejos con múltiples dispositivos, es aconsejable emplear un dispositivo especial denominado expansor MIDI o “MIDI Path Bay”.

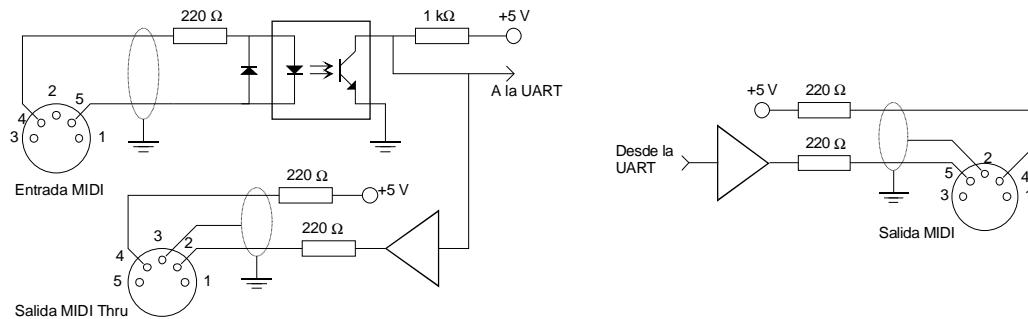


Figura 6.1 Entradas y salidas de un interfaz MIDI.

En cuanto a los conectores, el MIDI usa los del tipo DIN de 5 patillas, con hembras en los equipos y machos en los cables. Este tipo de conectores son perfectamente válidos para usarse tanto en equipos de consumo como de estudio. Tampoco pasa desapercibido el hecho de que, por otra parte, los conectores pueden siempre ser sustituidos a la hora de la verdad por los de clase XLR profesional.

El cable que se usa en los equipos de MIDI suele ser un par trenzado y blindado cuya longitud no excede de 15 metros. Como sólo necesita dos hilos y la pantalla, resultan conexiones económicas. Sólo hay una precaución que tomar: hay en el mercado cables terminados en conectores de tipo DIN de 5 patillas y destinados a equipos de audio. Debido a su bajo precio podemos caer en la tentación de usarlos como sucedáneo de los cables auténticos de MIDI. En la mayoría de los casos no tendremos problemas, pero el riesgo existe. ¿Por qué? Si un cable no es más que un conjunto de hilos. Pues NO, no siempre es así. El problema surge debido a dos causas distintas, cada una de ellas insignificante por sí sola. Debido a que la mayoría de los conectores DIN van soldados sobre una placa tiene sentido que éstos vayan soldados a masa. En algunos equipos la masa es también la tierra del sistema (lo cual parece apropiado), y en la mayoría de las tomas DIN la carcasa va conectada electrónicamente al blindaje. El que estos cables de audio lleven conectados a una de sus patillas no es problema, pero sí lo es el hecho de que sus blindajes estén interconectados a través del apantallado del cable. Si uno de los cables se usa para conectar dos partes de un equipo cuyos diseñadores han puesto a tierra las carcasonas de los conectores, el resultado es una realimentación instantánea, y no se trata sólo de un posible zumbido de audio; sino que éste está casi garantizado. Esto se producirá por lo que se conoce como lazos de tierra que consiste en que a través de los blindajes de los cables que interconectan los distintos equipos pasa una corriente nada despreciable consecuencia de que no todos los equipos tienen el mismo potencial de tierra.

Centrándonos en la figura (3.11), y recordando que una de las premisas fundamentales del sistema MIDI es prevenir dichas realimentaciones antes de que ocurran, observemos que ninguno de los pines del conector MIDI-IN está conectado a masa, mientras que en el conector MIDI-OUT sólo el pin 2 va a masa. Esta es una característica particularmente importante en los sistemas MIDI: no hay masa común entre equipos a través del cable de conexión.

A pesar de que la figura 6.1 muestra tres tipos de conectores MIDI (IN, OUT y THRU), la mayoría de equipos sólo incorporan los de tipo IN y OUT. Algunos módulos de expansión de voces sin teclado sólo montan el IN, mientras que otros como los controladores de teclado o las bases de tiempo pueden llevar sólo el de tipo OUT. Otros equipos de mayores prestaciones incorporan el conector THRU. Dicho conector es simplemente una salida protegida que a su vez es copia directa de la señal presente en el conector MIDI-IN. En la figura 6.2 se muestra un ejemplo de interconexión mediante interfaz MIDI.

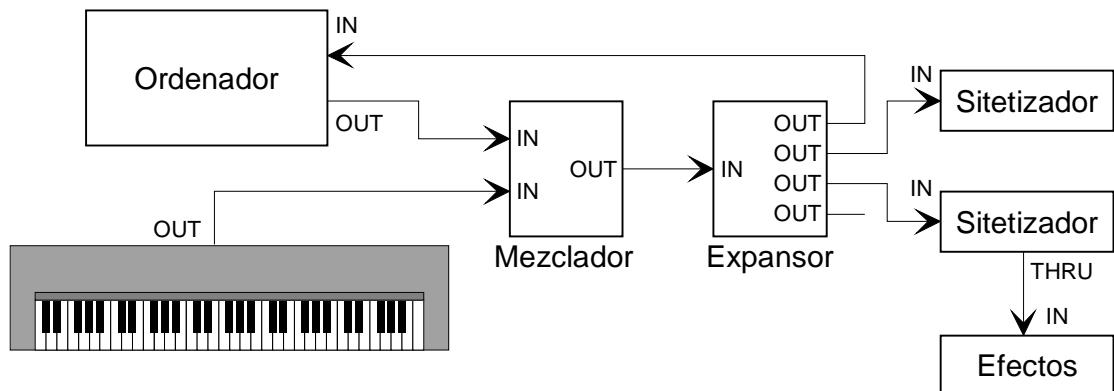


Figura 6.2 Ejemplo de interconexión de distintos sistemas mediante interfaz MIDI.

Algunos equipos incorporan fuentes de entrada múltiples con la consecuente mezcla del flujo de datos, lo cual es una operación algo compleja como se puede suponer, y exige un cuidado proceso de manera que la mezcla se realice en la secuencia adecuada. También podemos encontrar equipos con salidas múltiples, bien de tipo copia de la salida anterior, o bien tomas con la suficiente complejidad como para poder separar canales de forma autónoma. Las posibilidades de interconexión de equipos MIDI son enormes.

La configuración en cadena es la más simple que podemos formar con los equipos MIDI, y no por ello la única, o dicho de otro modo, la mejor. La configuración en anillo puede darnos excelentes resultados con equipos de la última generación, aunque también puede resultar catastrófica si son de tipo antiguo.

6.2.2 PROTOCOLO DE MENSAJES DE MIDI

El interfaz MIDI, al contrario que el RS-232, incorpora como parte de la norma que lo define, todo el protocolo de intercambio de información entre los distintos dispositivos. Esto incluye el tipo de mensajes que intercambian los equipos y el significado de cada uno de ellos. Este protocolo es muy completo y versátil y permite grandes posibilidades en cuanto a interconexión de instrumentos musicales. Su principal inconveniente, es debido precisamente a este alto grado de normalización que lo hace esclavo del tipo de aplicaciones para las que fue pensado. Es por esto que pese a ser un interfaz económico y con múltiples posibilidades de interconexión entre equipos, como se muestra en la figura (3.12) no se emplee fuera del ámbito de la música. Sin

embargo, este ámbito no se restringe únicamente a los instrumentos musicales, sino que también podemos conectar por este tipo de interfaz, generadores de efectos, mesas de mezclas digitales, equipos de grabación, bases de tiempo para sincronización de mesas de edición de audio y video o sistemas de control de iluminación, consiguiendo de esta forma efectos luminosos e incluso pirotécnicos, perfectamente sincronizados con las notas que genera un determinado intérprete en el escenario.

Aunque uno de los objetivos fundamentales de los equipos MIDI era sustituir el antiguo sistema de interfaz mediante control por voltaje, parecía lógico que sus descubridores pretendieran de él que fuese capaz de algo más que enviar el mensaje de tocar una determinada nota. Por ejemplo, mientras que los primeros sintetizadores eran casi como los órganos electrónicos de la época en que una tecla no era mucho más que un interruptor abierto o cerrado, pronto aparecieron los teclados que permitían un cierto control según la presión ejercida en ellos. Esta sensación de velocidad dio a los teclados un tacto mucho más «natural» y proporciona más «sentimiento» a la interpretación.

El protocolo MIDI está constituido por el envío de mensajes que indican al resto de equipos que realicen alguna acción, como activar o desactivar una nota concreta, cambiar el banco de sonidos, aplicar un determinado efecto, etc. Estos mensajes conforman el lenguaje a través del cual se comunican todos los dispositivos.

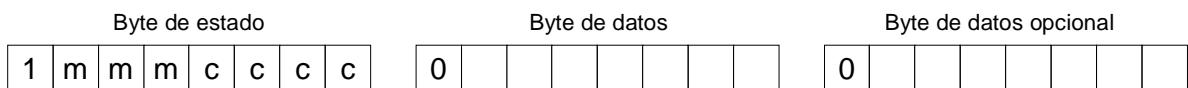


Figura 6.3 Estructura binaria de un mensaje MIDI. Todos los mensajes comienzan por un byte de estado, que incluye 3 bits con el tipo de mensaje y 4 con el número de canal. A continuación va uno o dos bytes de datos dependiendo del mensaje que se envíe.

Los mensajes (figura 3.13) están compuestos por un byte de estado y uno o más bytes de datos. Los bytes de estado proporcionan información sobre el tipo de acción a efectuar, y seleccionan el canal en el que se realizará esa acción, mientras que los bytes de datos subsiguientes especifican dicha acción. Por ejemplo, el byte de estado puede contener «activar una nota», y el byte de datos le indica que la nota es «un DO en la cuarta octava». En la norma MIDI los bytes de estado tienen siempre a 1 su bit más significativo (MSB), mientras que el bit más significativo de los bytes de datos siempre está a 0. La figura (3.13) muestra la estructura binaria de un mensaje MIDI.

El byte de estado incluye tres bits que especifican el tipo de mensaje, lo que permite ocho tipos distintos de mensaje. Los cuatro bits menos significativos indican el número de canal al que se dirige el mensaje. En una configuración MIDI, cada dispositivo puede ser asignado a un canal y múltiples dispositivos pueden ser asignados al mismo canal. Al hacer esto, el dispositivo responderá a los mensajes que lleven la etiqueta correspondiente a ese canal.

Byte de estado	Nº bytes de datos	Descripción	Byte de datos 1	Byte de datos 2
1000nnnn	2	Desactivación de nota	Altura	Velocidad
1001nnnn	2	Activación de nota	Altura	Velocidad
1010nnnn	2	Expresión de nota Post-pulsación	Altura	Presión
1011nnnn	2	Cambio de control	Tipo de control	Intensidad
1100nnnn	1	Cambio de programa	Programa	
1101nnnn	1	Expresión de canal	Presión	
1110nnnn	2	Cambio de tono 'Pitch Bend'	MSB	LSB
1111xxxx	variable	Mensajes de sistema		

Tabla 6.1 Resumen de los distintos tipos de mensajes MIDI

Ya hemos dicho anteriormente que la mayoría de los bytes de status llevan un número de canal, y como se puede suponer, los mensajes que van precedidos por el número de canal se denominan mensajes de canal. La norma MIDI prevé también mensajes sin número de canal y destinados a causar una respuesta similar en cualquier equipo que se sitúe en el bus. Los bytes de status cuyo prefijo de mensaje lleva los cuatro bits de mayor orden a 1 son los mensajes de sistema. Es preferible que comencemos a referirnos a ellos en notación hexadecimal, por lo cual, los mensajes de sistema serán de la forma \$Fx, y donde la parte \$x será el mensaje específico (el símbolo \$ indica base hexadecimal).

En situación normal, los mensajes de canal constan de un byte de estado seguido por uno o dos bytes de datos (y cuyos MSB están a cero). El resumen de estos bytes puede verse en la tabla (3.3). El mensaje más comúnmente usado en los sistemas musicales es el que hace tocar una nota. Para ello están previstos dos bytes de status; los mensajes de canal NOTE ON y NOTE OFF. Vamos a centrarnos primero en el NOTE ON. Su codificación es \$9n, donde \$n representa el número de canal formado por los 4 bits, y requiere 2 bytes de datos. El primer byte de datos indica la nota a ser tocada. Debido a que por definición los MSB deben ser 0, hay combinaciones para 128 notas diferentes. Un piano tiene sólo 88 teclas, por lo que parecen ser suficientes, aunque algunos equipos de ultimísima generación trabajan con partituras micro-tonales, en las que se usan tonos intermedios de cada nota base del piano, por lo que en estos casos 128 combinaciones no serían suficientes. El segundo byte de datos se ocupa de especificar la velocidad, o lo que es igual, la dureza de la pulsación sobre la tecla. Si el equipo no incorpora teclado sensitivo, y aunque la norma MIDI especifica que la velocidad debe ser de un valor igual a \$20, los instrumentos envían normalmente una señal cuyo valor suele centrarse sobre \$40. Es necesario que se envíen ambos bytes de datos, aunque el dispositivo no lo tenga implementado.

El mensaje de canal NOTE OFF (cuyo prefijo es \$8n) consta también de dos bytes; el número de nota y la velocidad de «tecla soltada». Pero MIDI permite que una nota sea también desactivada mediante el envío de una nueva orden de NOTE ON, cuya velocidad sea igual a 0, y la razón de ello es simplemente permitir el estado de funcionamiento continuo.

Mientras que la mayoría de los bytes de un mensaje deben ser enviados necesariamente, no ocurre lo mismo con el byte de status. Sobre todo en el caso de que el nuevo byte sea idéntico al anterior, caso en el cual la norma MIDI nos permite omitirlo. Así por ejemplo, en el caso de que desactivemos una nota mediante un mensaje NOTE ON (con V=0), no precisaremos usar los bytes de status. Si tocamos un conjunto de tres notas en el teclado, los mensajes no usarán una longitud de 18 bytes (3 triples byte de NOTE ON y 3 triples byte de NOTE OFF), sino que nos bastará con usar sólo 13 bytes. Como vemos, en caso de que todos los mensajes se sitúen en el mismo canal conseguiremos un ahorro de un 33 por 100 aproximado sobre el ancho de banda del bus. (Un ‘ataasco’ en la información enviada por MIDI puede traducirse, en la práctica, en retrasos perceptibles entre el momento de pulsar una tecla y el instante en que suena la nota correspondiente; problema éste bastante grave en los grandes sistemas, aunque hay maneras de atenuarlo).

6.3 SÍNTESIS DE AUDIO

Se ha comentado que las señales MIDI no son señales de audio propiamente dichas, y que no se puede plantear un curso de audio digital sin que el MIDI tenga un apartado importante. Pues bien, la síntesis musical viene a ser el eslabón que une el MIDI con las señales de audio.

La síntesis de un sonido que se aproxime a lo natural es de interés tanto para investigadores en acústica como también para los compositores convirtiéndose en un elemento importante en la música de vanguardia. Esta corriente musical además, también está interesada en la síntesis de sonidos que poco o nada tengan que ver con los instrumentos convencionales, con lo que la síntesis toma cuerpo por si misma y no solo como una imitación o sustitución de instrumentos convencionales.

La creación de música con el ordenador implica la síntesis de señales de audio digital bien por medio de puntos discretos de una onda, o bien por medio de muestras de sonido (muy comúnmente llamadas *samples*) que son representativas de formas de onda continuas. Hay muchas maneras de hacer esta síntesis, y cada una de ellas implica su propio mecanismo de control. La síntesis directa genera formas de onda por medio del muestreo de una función matemática que representa un ciclo de la misma; la síntesis aditiva genera distintas partes de un tono complejo y luego las mezcla hasta producir la forma de onda definitiva; la síntesis sustractiva parte de un tono complejo y lo filtra para eliminar parte de su contenido y obtener un resultado final. Por último, la síntesis no lineal utiliza modulación de frecuencia y modelado de formas de onda, para dotar de características de gran complejidad a lo que en principio era una señal simple, lo que nos

permite incluso utilizarla a nuestra voluntad, llegado el caso, para la reproducción y procesamiento de sonidos naturales.

Ya se ha introducido el concepto de sintetizador al comentar la necesidad de generar música a partir de una secuencia MIDI. Inicialmente un sintetizador era un dispositivo ensamblado en el interior de un teclado electrónico y que generaba la señal acústica a partir de las teclas que se pulsasen en el teclado, o según la información que le llegase por la entrada MIDI. Posteriormente se desarrollaron sintetizadores independientes, sin teclado, debido a que un teclado profesional con una respuesta táctil adecuada tiene un precio elevado, al igual que un sintetizador de calidad. Al estar separados, se podían adquirir por separado y aprovechar un teclado o un sintetizador ya existente, de la misma forma que se podía cambiar o actualizar uno de los dos componentes independientemente del resto. Esto dio lugar a la aparición de teclados con escasas o nulas capacidades musicales. Es lo que se conoce como teclado maestro. Este tipo de teclados tienen una funcionalidad musical limitada y centran su calidad en el comportamiento mecánico de sus teclas, llegando a simular casi a la perfección la respuesta táctil del teclado de un piano acústico. El término sintetizador se emplea habitualmente para referirnos al conjunto teclado sintetizador integrados en un mismo dispositivo físico. Cuando tenemos un sintetizador, sin teclado, normalmente hablamos de un módulo de sonido.



Figura 6.4 Panel de control del módulo de sonido StudioCanvas SD-80 de Edirol. Es más estrecho que la medida convencional de 19 pulgadas pero incorpora unos adaptadores para instalarlo en un 'rack' estándar.



Figura 6.5 Panel trasero del módulo de sonido Edirol SD-80 donde se pueden observar de izquierda a derecha las siguientes conexiones: Alimentación, dos salidas estéreo analógicas, salida digital óptica y coaxial (eléctrica), 2ª salida MIDI (o MIDI 1 Thru configurable), Entrada MIDI 2, Salida MIDI 1, entrada MIDI 1 y conexión USB 2.0.

Como ya se ha comentado, los primeros sintetizadores generaban sonidos que resultaban especialmente artificiales. Esto era consecuencia de dos hechos fundamentales: por una parte los

algoritmos y métodos de síntesis eran muy rudimentarios y por otra, resultaba muy atractiva la creación de sonidos nuevos y por lo tanto era importante que eso se notase. Es decir más que ser un inconveniente, se convirtió en una ventaja, ya que se lograban sonidos imposibles hasta la fecha, con lo que se abría un mundo nuevo de posibilidades creativas.

Rápidamente surgió el interés por intentar reproducir de forma sintética los sonidos generados por los instrumentos acústicos convencionales, pero esto no resulta tan sencillo. El sonido generado por el más simple de los instrumentos musicales es realmente complejo y difícil de modelar. Los instrumentos musicales generan el sonido por la vibración de algún elemento mecánico o las perturbaciones en una conducción de aire. Dentro del primer grupo estarían los instrumentos de cuerda y percusión y en el segundo los de viento. El sonido producido por un instrumento musical depende en primer lugar de la naturaleza del fenómeno físico involucrado, como la vibración de una cuerda o membrana. En segundo lugar, de su geometría, ya que es la que inpondrá las condiciones de contorno a la vibración. Por último, y cogiendo el ejemplo de un instrumento de cuerda, dependerá de la longitud de ésta, de su grosor, del material con el que está fabricada, de la tensión a la que esté sometida, de la temperatura y humedad del ambiente, de la posición relativa respecto de su caja de resonancia, de como sea estimulada (golpe, fricción, pellizco, etc) y un sinfín de parámetros de segundo orden pero que tienen una influencia apreciable en el resultado final.

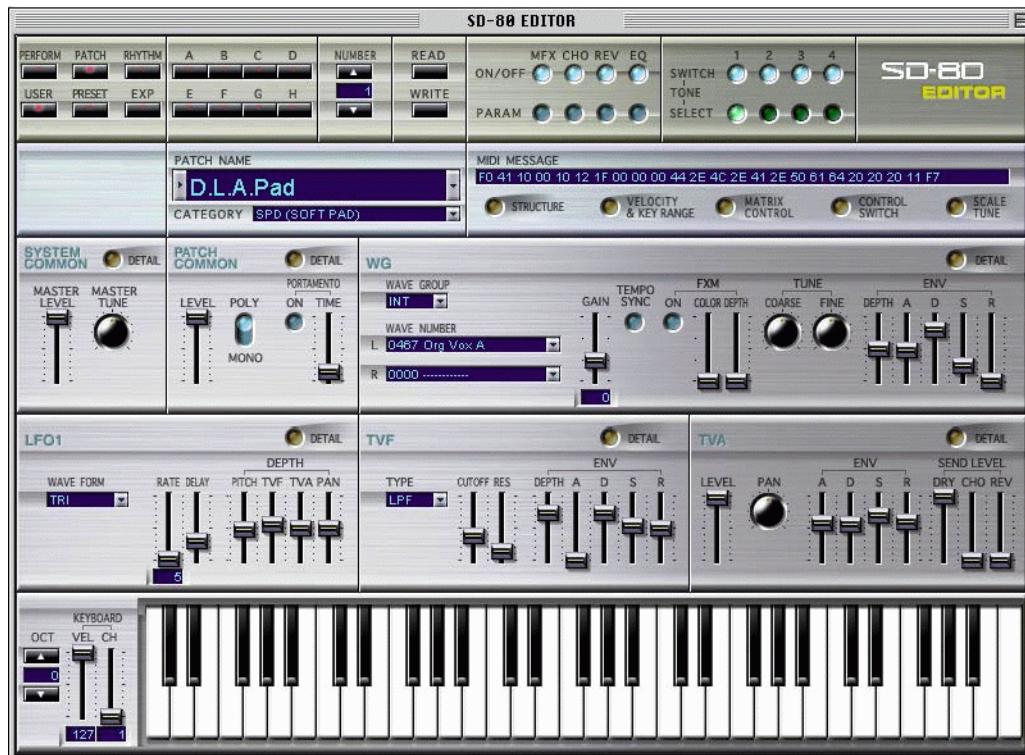


Figura 6.6 Software de control del módulo de sonido Edirol Sound Canvas SD-80.

Todo esto relativo a la síntesis de la parte instrumental. Paralelamente y por diversos motivos se han desarrollado algoritmos de síntesis de voz y más recientemente se han comenzado a combinar estos dos elementos de forma que existen sintetizadores de voz con entonación musical. Es decir se podría decir que son sintetizadores que no solo hablan sino que además cantan, aunque los resultados obtenidos no son todavía plenamente satisfactorios.

6.3.1 UN POCO DE HISTORIA

El sintetizador más antiguo que se conoce es el Telharmonium, cuyo origen se sitúa en 1900, y existe una descripción del mismo en la revista Electrical World nº 58 de 1906 escrito por su creador, Thaddeus Cahill's. Más tarde, en 1920 el Dr. Carl Emil inventa el audiómetro, que funciona mediante tonos generados electrónicamente, y preconiza un futuro de nuevos sonidos electrónicos. Leon Theremin crea en 1923 el primero de los que se pueden llamar instrumentos musicales, el Theremin (Fig. 6.7). Su eslogan es '*El instrumento que se toca sin ser tocado*', ya que el sonido se genera con unos osciladores cuya frecuencia varía al acercar o alejar una mano a una especie de antena. De la misma época es el generador de ondas Martenot, diseñado por Maurice Martenot en 1928 con la intención de superar ciertas limitaciones del piano. Se trata ya de un instrumento controlado por un teclado y permite también el control mediante un anillo que posibilita el glissando y el vibrato. Posteriormente aparecen versiones mejoradas del generador Martenot, como son el Ondiline y el Trautonium. El Ondiline ya se basa en un tipo de oscilador en diente de sierra y divisores de frecuencia que permite una síntesis aditiva posterior. El Trautonium es el precursor de los instrumentos controlados por tensión (más tarde lo usará Moog), y podía dividir una octava en 1200 tonos diferentes. En 1939 Homer W. Dudley presenta en New York un instrumento llamado Vocoder (Voice Operator reCODER), un auténtico sintetizador en el sentido actual, pero diseñado para reproducir la palabra hablada. En 1948 aparece el concepto de música concreta, que no es más que la manipulación de sonidos concretos, naturales y electrónicos, montados sobre cinta magnética.

A medida que progresó la tecnología electrónica, concretamente el transistor, se hace posible la construcción de generadores de sonido más perfeccionados. Así, Robert A. Moog, en colaboración con un músico llamado Herbert Deutsch desarrolla los primeros VCO (Oscilador Controlado por Tensión) y VCA (Amplificador Controlado por Tensión) con objetivos musicales. Un año más tarde, desarrolla los filtros controlados VCF (Filtro Controlado por Tensión), de paso bajo y paso alto y los generadores de envolvente ADSR y los teclados con memoria. Todos estos términos se explican en el siguiente apartado.

El primer sintetizador, apareció en 1955 desarrollado por Olser y Bear en la RCA (Radio Corporation of America) de Princeton, aunque su objetivo no fue musical sino de investigación sobre las propiedades del sonido. El sintetizador más conocido y considerado como el primer sintetizador musical es el Moog que recibe el nombre de su creador Robert A. Moog. El primer prototipo lo creó en 1964, se maneja con uno o varios teclados. Con este sintetizador es posible crear

muchos sonidos nuevos que superan las posibilidades de los instrumentos convencionales e imitar los sonidos de algunos de ellos. El concepto más novedoso del mismo y que le permite gran flexibilidad es la modularidad. Se puede personalizar bastante con distintos módulos que se interconectan mediante cables que enchufa o desenchufa el intérprete. Su aspecto, como se muestra en la imagen de la figura 6.8, es más propio de una central telefónica que de un instrumento musical.



Figura 6.7 Theremin. El instrumento que 'se tocaba sin ser tocado'.



Figura 6.8 Dos vistas del sintetizador Moog de la década de los sesenta, con numerosos controles y conectores para modificar el flujo de señal. La imagen de la derecha muestra los latiguillos de interconexión entre módulos.

Tres años más tarde, Moog Music Inc. producía una completa línea de módulos muy versátiles y fáciles de utilizar para la producción de sonidos. En 1968, Walter Carlos introduce el concepto de música electrónica, de laboratorio, y sorprende al público con su versión de un Concierto de Brandemburgo de Bach y obtiene un gran éxito con su álbum *Switched on Bach*, una prodigiosa muestra de virtuosismo electrónico interpretando música de J.S.Bach, sobre todo teniendo en cuenta que se trataba de un sintetizador monofónico (sólo podía reproducir una nota en cada instante).



Figura 6.9 Minimoog Model C. Una de las versiones del sintetizador portátil de Robert A. Moog.



Figura 6.10 Primer sintetizador digital de amplia difusión que empleó el método de la modulación en frecuencia (FM), el Yamaha DX7.

En 1970 Moog realiza una versión reducida de su sintetizador modular, construyendo en serie el primer sintetizador portátil: el Minimoog (Fig. 6.9).

En 1973 se produce otro hito en la historia de los sintetizadores cuando John Chowning propone la síntesis por Frecuencia Modulada o síntesis FM. En 1981 Yamaha fabrica el primer sintetizador digital que emplea esta nueva técnica, el GS-1 y dos años más tarde saca al mercado el mítico DX-7. Este instrumento abrió la serie DX de Yamaha que durante los años ochenta empleó este método de síntesis y que sirvió de modelo de referencia para todos los sintetizadores de la época.

Durante las décadas de los setenta y los ochenta el Centro de Investigación de Palo Alto (PARC) impulsado por Xerox fue un importante motor para la tecnología informática y jugó un papel importante en la formación de lo que posteriormente se conoció como Silicon Valley en el Sur de California. Es aquí donde se inician muchas de las tecnologías informáticas actuales.

En este centro se desarrolló el primer lenguaje orientado a objetos: SmallTalk, el ratón o la impresora laser basada en la xerografía que como su nombre indica es un desarrollo de Xerox. También es en este centro donde se inician los desarrollos de los sistemas gráficos de edición (desktop publishing) siendo Ventura el primero de este tipo de programas como resultado de la filosofía WYSIWYG ‘*What You See Is what You Get*’ (Lo que ves es lo que obtienes). Dos de los sistemas operativos actuales más extendidos, Windows de Microsoft y Macintosh de Apple son descendientes del trabajo pionero que en materia de interfaces gráficas se llevó a cabo en el PARC. En el PARC también se desarrolló una intensa actividad en el campo de la creación electrónica de música.

En 1978 apareció otro sintetizador emblemático el Prophet V de Sequential (Fig. 6.11). Es el primer sintetizador de la historia con memorias de almacenamiento. Tenía 5 voces polifónicas con dos osciladores por voz y un generador de ruido. Los filtros analógicos, la envolvente y el oscilador de baja frecuencia (LFO) eran modificables lo que ofrecía una gran flexibilidad. Grupos musicales como Duran Duran, Talking Heads o Genesis en otros muchos lo han empleado en sus grabaciones.



Figura 6.11 Sintetizador Prophet-V de Sequential. Primer sintetizador digital con memorias.

Hacia 1980 comienzan a aparecer los primeros ordenadores personales de la mano de Atari, Commodore o Apple. Dada la trayectoria de Atari en el campo de los video-juegos, los modelos Atari-400 y Atari-800 fueron los primeros ordenadores personales en incorporar capacidades musicales y han sido durante mucho tiempo los preferidos por los músicos interesados en la música electrónica. Posteriormente, la familia Macintosh de Apple tomó el relevo y hasta el presente ha sido el rey en cuanto a edición de sonido y producción musical se refiere.

El PC de IBM basado en los procesadores Intel x86 apareció en el mercado en 1981 pero tardó bastante en entrar en el juego de la edición y síntesis de audio. En 1987 aparece la primera tarjeta de sonido para PC con vocación de convertirse en un estándar, la tarjeta AdLib. Esta tarjeta empleaba síntesis por FM con el chip YM3812 (OPL2) de Yamaha. Sin embargo, la empresa quebró poco después al comercializar nuevas tarjetas incompatibles con las de su reciente competidor Creative y sus flamantes SoundBlaster. Estas tarjetas se han convertido desde entonces en el estándar de sonido de los PC's.

A pesar de su tardía entrada en la edición de audio profesional, su enorme mercado y la evolución del sistema operativo en los últimos años ha hecho que el PC se ponga a la altura de otros sistemas y sea una herramienta perfectamente válida para cualquier aplicación de audio profesional.

Una consecuencia inmediata de la aparición del ordenador personal en la creación musical, fue la necesidad de conectar los nuevos ordenadores con los recién aparecidos también, sintetizadores digitales. Aunque ya existían formas de conectar sintetizadores analógicos, la nueva tecnología digital podía ofrecer mucha más flexibilidad entre dos equipos que también eran digitales. Debido a esta creciente necesidad, en agosto de 1983 se reunieron en Tokio representantes de Sequential, Roland, Yamaha, Korg y Kawai. Como fruto de esta reunión se sentaron las bases de la norma MIDI 1.0, que cambiaría para siempre el mundo de los sintetizadores. Desde entonces, no se concibe ningún sintetizador o instrumento electrónico de cualquier tipo que no lo incluya de serie.

Conforme los ordenadores se popularizan y los precios disminuyen se abre la posibilidad para que los sintetizadores se acerquen a los ordenadores y viceversa. Cada vez es menos nítida la frontera entre un ordenador con capacidades musicales y un sintetizador digital. Este abaratamiento de costes permite fabricar sintetizadores con memorias digitales con lo que se puede llevar a cabo una técnica de síntesis contemporánea de la síntesis FM pero que había quedado apartada por requerir más recursos hardware: la síntesis por Tabla de Ondas.

Palm Products GmbH empresa fundada en diciembre de 1974 en Hamburgo por Wolfgang Palm, había sacado al mercado el primer sintetizador por tabla de ondas en 1977, el PPG Wave, uno de los sintetizadores preferidos por Depeche Mode. En 1986 quebró la empresa y Wolfgang creó la firma Waldorf recientemente adquirida por Terratec, una empresa alemana especializada en tarjetas de audio para ordenadores personales.

Este nuevo método de síntesis, se adapta a la perfección a la forma de trabajar de los ordenadores, por lo que es el método actualmente más extendido y con más posibilidades.

Como última etapa dentro de este repaso histórico, aparece la síntesis por software y el concepto de Instrumento Virtual que requiere un apartado propio por ser la forma más apropiada para la edición y composición íntegramente por ordenador.

6.3.2 ASPECTOS BÁSICOS DE UN SINTETIZADOR

Al igual que ha sucedido con otros elementos implicados en el procesamiento de audio, primero existieron en versión analógica, después en versión digital y por último como herramientas software que se ejecutan en ordenadores de propósito general. Esta evolución que se ha producido en todos los dispositivos, no ha dejado al margen a los sintetizadores y ha dado lugar a la aparición de los instrumentos virtuales que se tratan en el apartado 6.3.4.

En todos los casos la realización por software ha sido la última en entrar en escena debido a que para ejecutar por software un algoritmo que está implementado en hardware se requiere una potencia de cálculo mucho más elevada, especialmente si consideramos ordenadores de propósito general y que no están diseñados específicamente para el procesamiento de audio en particular.

Con el aumento de potencia de los ordenadores se ha abierto la posibilidad de que la síntesis se pueda realizar también por software con resultados aceptables. No obstante, no hay que olvidar que un buen sintetizador software consume bastantes recursos de cálculo y según el método que emplee de síntesis, también de memoria. Por ejemplo tenemos que el sintetizador software SampleTank 2.0 se distribuye en nueve CD-ROM's ya que es un sintetizador que emplea muestras de instrumentos reales o artificiales para generar los sonidos. Una copia de la versión de demostración, junto con algunas canciones sintetizadas con este programa pueden obtenerse de la página web del fabricante: <http://www.ikmultimedia.com/>. El panel de control de este poderoso sintetizador software se muestra en la figura 6.12



Figura 6.12 Panel de control del sintetizador SampleTank 2. En la ventana de la izquierda podemos ver las asignaciones de los distintos canales MIDI. En la de la derecha los instrumentos disponibles, en la parte inferior una representación del teclado de 7 octavas y en la parte central los distintos controles que permiten modificar el comportamiento de una misma muestra.

Al hablar de Robert A. Moog y su estructura modular para síntesis musical, aparecieron una serie de términos que se han convertido en inseparables de los sintetizadores, ya sean analógicos, digitales o virtuales, tales como VCO, VCF, ADSR, LFO, etc. y aparecen de forma recurrente en los paneles de control de todos ellos. A continuación vamos a comentar brevemente lo que significan estos términos.

P

Un VCO es un oscilador cuya frecuencia de oscilación se controla mediante una tensión continua de entrada, de forma que si variamos esta tensión de entrada, variará la frecuencia de oscilación de la señal de salida.

El VCO constituye la fuente de sonido básica del sintetizador. La frecuencia de la señal que genera se obtiene como suma algebraica de las tensiones de control aplicadas a sus entradas. En los sintetizadores se usan VCO con respuesta exponencial normalizada a 1V/octava. Según este criterio, si con x Voltios generamos una determinada nota, con $x+1$ voltios generaremos la misma nota pero una octava superior. Dispone de varias formas de onda, senoidal, diente de sierra, triangular y cuadrada, y cada una de ellas dará un tipo de sonido peculiar y diferente, dado el distintivo contenido armónico que tienen cada una de ellas.

P

Un VCA es un amplificador con ganancia variable y controlable mediante una tensión. De forma análoga al VCO, la ganancia del amplificador varía en función de esta señal externa de control.

Este elemento es la base para poder modificar la amplitud de la señal a lo largo del tiempo y poder generar notas con una envolvente arbitraria.

P

Un VCF es un filtro en el que alguno de sus parámetros, por regla general su frecuencia característica varía en función de una tensión de control. Esta frecuencia característica es la frecuencia de corte en filtros Paso-Bajo o Paso-Alto y la frecuencia central en los Paso-Banda o Eliminación de Banda.

Existen otros parámetros característicos de los filtros, como son la atenuación o la pendiente del filtro y también pueden ser modificados para conseguir distintas capacidades sonoras.

Como se ve, todos estos términos tienen un denominador común y es que alguno de sus parámetros fundamentales son controlables mediante una tensión externa. Esto es de gran importancia pues permite, de forma muy sencilla, que un circuito actúe sobre otro modificando de alguna manera su comportamiento, con lo que se introduce un elevado grado de flexibilidad que es de enorme relevancia a la hora de generar sonidos alejados de la monotonía que producían los sistemas precedentes.

Estos elementos pueden parecer un poco artificiales, pero no están tan alejados de la realidad como pudiera parecer. Por ejemplo, un filtro viene a representar el concepto de resonador acústico de los instrumentos tradicionales, como es por ejemplo la caja de un violín.

El oscilador de baja frecuencia, LFO (*Low Frequency Oscillator*) generalmente se compone de varios osciladores independientes, controlados por tensión, con varias formas de onda cada uno, y que se sitúan en la banda de bajas frecuencias, hasta unos 20Hz. Su salida puede usarse tanto para controlar la amplitud de los VCO, produciendo un efecto de trémolo, como la frecuencia lo que produce vibrato, obteniendo sonoridades muy variadas.

En todos los instrumentos electrónicos se procura que tengan un ruido mínimo. Sin embargo, casi todos los sintetizadores incluyen un generador de ruido para aumentar sus posibilidades. Hay que señalar que el nombre no resulta muy afortunado, ya que por ruido entendemos perturbaciones no deseadas, por lo que en el momento en que se convierte en algo intencionado pierde esta naturaleza y la justificación para llamarle ruido. Se le denomina generador de ruido porque la señal que introduce tiene un contenido armónico muy similar al que tienen algunos tipos de ruido ciertamente no deseados.

Los generadores de ruido de los sintetizadores, suelen proporcionar ruido blanco y/o rosa, así como una salida de tensión de control aleatoria, pero ajustable en ciertos parámetros. Estas tres señales sirven para producir sonidos no convencionales similares a los naturales, desde el mar al trueno, el siseo del aire o el bullicio de la gente.

El ruido blanco es un ruido aleatorio cuya energía por unidad de ancho de banda es constante e independiente de la frecuencia central de la banda considerada. Su amplitud es una variable aleatoria gaussiana, pero su distribución de energía es uniforme en todo el margen de frecuencias de interés independientemente de la frecuencia central del rango de frecuencias considerado. Es decir tiene la misma energía en anchos de banda iguales. Esto significa que tiene la misma energía entre 100 y 200Hz que entre 200 y 300Hz o que entre 1000 y 1100Hz.

El ruido rosa tiene una amplitud inversamente proporcional a la frecuencia dentro de un intervalo determinado. Tiene la misma energía en cada octava, pero téngase en cuenta que el ancho de banda de las octavas se duplica al pasar de una a la siguiente. Esto significa que hay una cantidad igual de energía entre los 20 y los 40Hz, entre los 80 y los 160Hz o entre los 2480 y los 4960. El ruido rosa resulta bastante agradable al oído humano y produce un cierto efecto relajante pues se asimila bastante al ruido de lluvia o de una ducha. El ruido rosa puede obtenerse a partir del ruido blanco con un filtro que tenga una pendiente de -3dB por octava.

A la hora de modelar un sonido hay que tener en cuenta, entre otros muchos, dos factores fundamentales y de aplicación general a cualquier instrumento, como son su contenido armónico y la evolución de los sonidos a lo largo del tiempo, es decir su envolvente (Fig. 6.13).

P

Por envolvente de una señal entendemos la curva imaginaria que obtendríamos si uniésemos los picos de esa señal mediante una curva. Es la que nos proporciona la visión global de la evolución temporal de la amplitud de una señal.

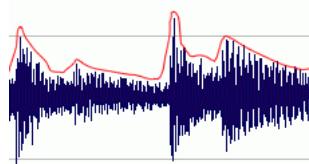


Figura 6.13 Señal de audio y envolvente de la misma.

A la hora de modelar y sintetizar las envolventes, se consideran cuatro fases o intervalos temporales sucesivos: Ataque, Decaimiento, Sostenido y Extinción. A la envolvente caracterizada de esta forma se le suele denominar ADSR que corresponde con las iniciales en inglés de las cuatro palabras que se acaban de mencionar: *Attack, Decay, Sustain, Release* (ver figura 6.14).

Ataque: Es el tiempo transcurrido desde que se inicia el sonido hasta que este alcanza su máximo valor.

Decaimiento: El tiempo del primer descenso, tras el golpe inicial y que deja al sonido en su valor típico.

Sostenido: El tiempo durante el cual el sonido se muestra con una amplitud bastante uniforme.

Extinción: Es el tiempo que tarda en extinguirse totalmente el sonido.

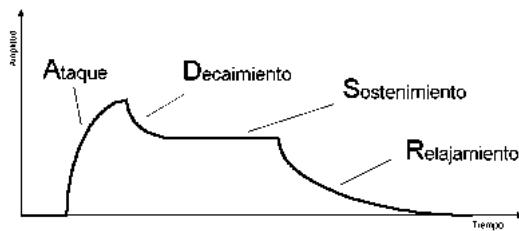


Figura 6.14 Partes básicas del modelo más habitual de envolvente basado en cuatro etapas: ADSR

La forma de envolvente que se muestra en la figura 6.14 es más simple que la que se aprecia en la figura 6.13 que corresponde a una señal de audio real. Esto es debido a que este modelado de envolvente, se emplea con sonidos simples que una vez combinados crearán envolventes mucho más complejas.

Esta forma de modelar la envolvente es la más básica y habitual y es obvio que envolventes más complejas podrán conseguir mayorrealismo pero este modelo se sigue usando como referencia. De hecho existen sintetizadores que emplean envolventes de más de cuatro fases y consiguen por tanto mejores resultados.

El VCA descrito anteriormente, es la pieza fundamental para conseguir envolventes con una forma arbitraria, ya que al variar su ganancia, permite modular la amplitud de la señal de salida en función de la tensión de control.

Esta evolución de la amplitud de la señal, también se puede hacer extensible a otros parámetros fundamentales, como son la frecuencia fundamental y el contenido armónico. En un instrumento real, independientemente de la amplitud, cada nota no suena igual desde el principio hasta el final de su presencia. Considerar este tipo de envolventes mejora la naturalidad y la calidad de los sonidos generados pero obviamente requiere más recursos y algoritmos más complejos.

Actualmente, el campo de síntesis con mayor evolución es la síntesis por software y lo que se conoce como instrumentos virtuales que se comentan en el apartado 6.3.4. Esto es consecuencia del progresivo aumento de potencia de los ordenadores personales y dentro del marco del curso es el aspecto que más nos interesa.

La comparativa entre distintos sintetizadores no es sencilla, debido a sus múltiples posibilidades, pero hay dos parámetros que de forma objetiva, general y extensible a cualquier sintetizador, se pueden emplear para catalogarlos: la polifonía y la multitimbricidad.

Una característica importante en cualquier sintetizador es el número de notas que puede reproducir simultáneamente. Los primeros sintetizadores, permitían únicamente una sola nota, como el Moog, con lo que estaban seriamente limitados pues no podían reproducir ni siquiera un simple acorde. Los instrumentos actuales son capaces de reproducir 64 o 128 notas simultáneamente. Esta característica es lo que se denomina polifonía.

Otro de los parámetros importantes es la multitimbricidad. Esta característica hace referencia al número de distintas voces que el sintetizador puede reproducir simultáneamente. Es decir, el número de instrumentos distintos que el sintetizador es capaz de reproducir en un instante concreto.

Estos parámetros que son importantes en un sintetizador físico, lleve teclado o simplemente sea un módulo generador de sonidos, son menos relevantes en un sintetizador software por dos motivos fundamentales: por un lado en un programa de ordenador es muy sencillo añadir un oscilador más o una tabla de ondas más completa, o más elementos necesarios para reproducir más sonidos, al final este aumento de posibilidades se va a trasladar al hardware pues va a ser éste el que va a imponer esas limitaciones. De hecho un mismo sintetizador software tendrá distintas prestaciones cuando se ejecute en máquinas con distintas capacidades de procesamiento y de almacenamiento. Pero además, aun en el caso de que el sintetizador tenga limitaciones, siempre podremos ejecutar más de una versión del mismo si disponemos de entornos multitarea, lo cual no es una limitación puesto que todos los sistemas actuales lo son.

El problema que se puede presentar al ejecutar más de una versión del mismo sintetizador es el de la sincronía, pero si los integramos en un software multipistas mediante ‘plugins’, el problema

desaparece, ya que en este caso, el programa anfitrión para los distintos instrumentos virtuales es el mismo software multipistas, que establece la sincronización de todos los módulos.

Según esto, la capacidad multitímbrica y polifónica de un sintetizador software dependerá básicamente de la capacidad del ordenador en el que lo ejecutemos.

6.3.3 MÉTODOS DE SÍNTESIS

A lo largo de la breve historia de la música electrónica y de la síntesis musical se han ido proponeiendo distintas estrategias para generar los sonidos, con distintos objetivos, prestaciones, posibilidades y requerimientos computacionales. A continuación se comentan brevemente algunas de las técnicas de síntesis más extendidas.

Síntesis aditiva

La idea básica de este método de síntesis viene del siglo dieciocho cuando Joseph Fourier, matemático y físico francés, descubrió que una señal periódica puede descomponerse como una suma ponderada de señales trigonométricas simples (senos y cosenos).

Como era una herramienta matemática bien conocida y ampliamente desarrollada y por otra parte conceptualmente muy simple, no es de extrañar que fuese el primer método empleado para crear señales a medida. No obstante, esta solución presenta varios problemas que han provocado su práctica desaparición de los sistemas actuales de síntesis, especialmente en los que pretenden una imitación de los instrumentos convencionales.

Por una parte, los sonidos exclusivamente periódicos resultan excesivamente monótonos y aburridos. Hay que tener en cuenta que en la naturaleza y más concretamente en los instrumentos musicales, no se produce esa situación. Cuando un instrumento emite una nota, la onda sonora que percibimos tiene dos características fundamentales: un muy amplio contenido armónico y una evolución temporal de forma que la nota no suena igual al principio que al final.

El dinamismo de la nota y su evolución temporal se puede modelar aproximadamente con envolventes más o menos complejas, resultando las envolventes de cuatro partes, que se han comentado una solución. El otro problema, el del contenido armónico es más difícil de resolver, ya que requiere un elevado número de osciladores y esto resulta excesivamente costoso cuando se pretende una realización por hardware.

Síntesis sustractiva

La síntesis sustractiva se basa en el mismo principio fundamental que la síntesis aditiva pero su realización la hace de forma inversa. Mientras que en la síntesis aditiva un sonido complejo se forma sumando múltiples sonidos simples, en la síntesis sustractiva se parte de un sonido con un contenido armónico elevado y se eliminan o atenúan mediante filtrado aquellas frecuencias que no estén tan presentes en el sonido que pretendemos simular.

Esto se consigue con el empleo de filtros. Un filtro es un dispositivo, que proporciona a su salida una versión de la señal de entrada a la que se le ha alterado la proporción de las distintas componentes frecuenciales. Hay que señalar que si el filtro tiene un comportamiento lineal, a la salida no habrá componentes frecuenciales que no estuviesen presentes ya en la entrada.

Como consecuencia de esto, a la entrada de este tipo de filtros habrá que proporcionar señales con un contenido armónico muy amplio, motivo por el cual en algunos casos se emplea incluso ruido blanco, que como se comentó, es el tipo de ruido con un contenido de energía independiente del margen frecuencial que consideremos.

Síntesis FM

Este método de síntesis abrió nuevas posibilidades, pues permitía con un coste asequible una riqueza sonora desconocida hasta entonces. En 1973 John Chowning de la universidad de Stanford publica un artículo haciendo referencia a este punto y argumentando su descubrimiento al obtener sonidos por medio de procedimientos electrónicos utilizando una técnica familiar a la tecnología de radio y transmisión de ondas que es la Modulación de Frecuencia. Sus trabajos tenían como objetivo sonidos similares a la voz humana donde el contenido armónico espectral es de una riqueza formidable. El sonido vocal posee la peculiaridad adicional de un dinamismo cambiante de comienzo a final.

Chowning vendió la patente a Yamaha ese mismo año y este fabricante sacó al mercado varios años después el mítico DX7. El Yamaha DX7 fue un sintetizador que marcó un punto y aparte en la síntesis musical, como puede comprobarse si en cualquier buscador de internet ponemos Yamaha DX7. En <http://www.vintagesynth.org/yamaha/dx7.shtml> aparece una relación de algunos de los intérpretes más conocidos que han empleado este mítico sintetizador, entre los que podemos ver desde Stevie Wonder a U2, Enya, Kraftwerk y muchos otros. El motor del mismo eran los chips de la familia OPL que todavía se pueden encontrar en algunas tarjetas de sonido de gama baja. Cuando el DX7 salió al mercado costaba unas 250.000 Pts, mientras que una tarjeta de sonido actual que lo incorpore estará por debajo de los 30 Euros. Esta tecnología de síntesis era la que implementaban toda la serie DX de Yamaha de los años ochenta.

En el caso más sencillo, la síntesis FM necesita tan sólo dos osciladores: la señal portadora y la señal moduladora. Parte de la idea de que cuando la moduladora no es una señal de baja frecuencia sino que entra ya en el rango de las frecuencias audibles (a partir de los 20 Hz) se crean un gran número de frecuencias adicionales que generan un sonido con un gran contenido armónico. Este fenómeno no tiene una equivalencia en la naturaleza y, aunque permite generar sonidos de gran riqueza, es difícil programarlo para obtener sonidos imitativos, por lo que hoy en día ha quedado un tanto desbancado. Si sólo ha escuchado la síntesis FM en una tarjeta de sonido típica de PC como los primeros modelos de Sound-Blaster, conviene indicar en defensa de este método, que los instrumentos originales de Yamaha eran bastante más sofisticados y sonaban franca-

mente mejor. Modelos más recientes de Sound-Blaster implementan la síntesis por tabla de ondas que se comenta en el siguiente apartado.

Modelado por tabla de ondas

A la vez que se desarrollaba el sistema CORDIS que se comenta, que se comenta más adelante en el apartado de modelado físico, Kevin Karplus y Alex Strong desarrollaron un método extremadamente simple y efectivo. Este método se basa en la modificación dinámica los contenidos de una tabla de ondas de forma que se simulase la respuesta de un instrumento musical.

En la síntesis por tabla de ondas, una muestra se envía de forma repetida a la salida, lo que produce un sonido embotado y monótono. Karplus y Strong proporcionaron la forma de dar vida a los sonidos generados a partir de la tabla de ondas. Esto se realiza fundamentalmente añadiendo modificaciones dinámicas a cada salida de la tabla de ondas.

El nombre de tabla de ondas viene del hecho de que los sonidos se generan a partir de unas muestras (*samples*) obtenidas de instrumentos reales y almacenadas en una estructura tabular. Lo que se hace es registrar en un estudio debidamente acondicionado, notas puras con cada uno de los instrumentos que deseemos reproducir a posteriori. Con objeto de reducir la memoria necesaria, no se digitalizan todas las notas de la escala musical, ya que una nota determinada sonará más aguda si la reproducimos más rápido y sonará más grave si la reproducimos más despacio, pero esto tiene sus limitaciones.

En principio puede parecer que con una nota para cada instrumento sería suficiente pero esto no es cierto. Dos notas distintas no se diferencian sólo en sus frecuencias fundamentales sino en otros muchos matices de los que el principal es el timbre. Esta diferencia existe aún en el caso de considerar una misma nota de octavas adyacentes.

Parece evidente que si reproduciémos las muestras correspondientes al DO de la cuarta octava de un piano (130.813 Hz) al doble de velocidad, obtendremos el sonido correspondiente al DO de la quinta octava (261.626 Hz). Esto sería cierto para tonos puros, como los proporcionados por un diapasón, pero falla cuando consideramos notas producidas por instrumentos reales ya que el resto del espectro, lo que denominamos timbre, y que es propio e identifica al instrumento no se desplaza de la misma forma. Es decir el contenido tímbrico del DO de la quinta octava del piano no es el que corresponde a doblar la frecuencia del que presenta el DO de la cuarta octava. Las proporciones entre los distintos armónicos cambia. Por este motivo, se hace necesario registrar un conjunto más amplio de notas. Cuantas más notas distintas consideremos mejores resultados obtendremos a costa de necesitar una mayor capacidad de memoria.

Aun siendo el apartado anterior importante, hay otro aspecto que quizás resulte más evidente y es que una misma nota no siempre suena de la misma forma. Depende de muchos factores interpretativos, como la velocidad de ejecución, la fuerza con que se presiona la tecla, el tiempo que permanece pulsada, etc.

Obviamente, no podemos digitalizar todas las notas bajo todas las condiciones posibles de ejecución puesto que sería un trabajo sobrehumano y además requeriría una cantidad de memoria muy elevada. Lo que se hace es almacenar muestras básicas y posteriormente mediante distintos algoritmos, reproducir esas variaciones interpretativas. Por ejemplo podemos descomponer la muestra en sus cuatro elementos básicos: ataque, decaimiento, sostenimiento y extinción y a partir de ellos generar las múltiples posibilidades. Por ejemplo un nota pulsada con fuerza tendrá un ataque más rápido, por lo que acortaremos esta parte de la muestra, una nota que permanece pulsada más tiempo tendrá un sostenimiento más prolongado, etc.

Según todo esto, existen varios factores fundamentales que determinan la calidad de una síntesis por tabla de ondas:

- La calidad de los instrumentos originales
- Las condiciones en las que se realiza la grabación
- La cantidad de memoria empleada
- La potencia de los algoritmos que adaptan las muestras a las distintas situaciones.

La mayoría de las tarjetas con síntesis por tabla de ondas incluyen cierta cantidad de memoria RAM en la propia tarjeta, o la posibilidad de añadir memoria mediante unos zócalos similares a los de memoria RAM de la placa, para que nosotros podamos grabar nuestras propias muestras y reproducirlas del mismo modo que las predeterminadas en la tarjeta. Además, si tenemos en nuestro equipo una tarjeta que soporta síntesis por tabla de ondas, es posible en la mayoría de los casos añadir una tarjeta adicional con nuevas muestras.

Síntesis granular

Al igual que algunas de las técnicas de síntesis comentadas anteriormente, la síntesis granular es también un tipo de síntesis aditiva, en la que los elementos sonoros, llamados ahora gránulos sonoros (*sound grains*) se superponen para formar el sonido compuesto. Podemos considerar que estos gránulos son pequeñas piezas de un mecano que se pueden combinar de distinta forma para construir un objeto determinado. Sin embargo, al contrario que con las técnicas de análisis-resíntesis anteriores, las cuales están basadas en la composición de señales de larga duración, cada gránulo sonoro ahora tiene un espectro en frecuencia limitado y una corta duración (típicamente de 1 a 50 ms).

El origen de la síntesis granular es el concepto de cuanto acústico, propuesto en 1947 por Dennis Gabor como base de su teoría de la audición. En la síntesis granular, el detalle del espectro se construye con la síntesis colectiva de múltiple gránulos, y la evolución del mismo está determinado por los sucesivos gránulos que se van aplicando a lo largo del tiempo. Cada gránulo es una ondícula (*wavelet*) que consiste en una forma de onda con una envolvente que la hace acotada en tiempo, lo que matemáticamente se conoce como soporte compacto. La forma de onda más simple es la señal sinusoidal, pero señales más complejas pueden ser empleadas o se pueden tomar directamente de un sonido muestreado.

Aquí, como en el capítulo dedicado a la compresión de audio y video, nos vuelve a aparecer el concepto de *wavelet*. No es extraño pues en ambos casos estamos intentando representar señales complejas a partir de señales más simples. Recuérdese que una información se puede considerar en distintos dominios de representación y que la Transformada Wavelet y su correspondiente Transformada Wavelet Inversa nos permitía cambiar entre el dominio del tiempo y el dominio Tiempo-Escala propio del dominio Wavelet. Anteriormente se introdujeron para el análisis de señales con objetivos de compresión y ahora aparecen justo para lo contrario, la síntesis de sonidos complejos a partir de unidades más pequeñas.

Dependiendo del tipo de forma de onda empleada y del método de control de los gránulos, la síntesis granular puede emplearse para análisis-resíntesis, síntesis generativa tradicional (donde los sonidos son generados a partir de una arquitectura específica, como FM) o transformación de sonido directamente de las muestras.

Los gránulos definidos como una sinusoide con una envolvente Gaussiana se conocen con el nombre de ondículas (*wavelets*) de Gabor. Se pueden considerar como los gránulos elementales puesto que definen la porción más pequeña del mapa Tiempo-Frecuencia. Debido a la gran simplicidad de estos elementos básicos, se requiere un número elevado de los mismos para construir un sonido complejo. Empleando wavelets de Gabor como wavelet de análisis, podemos ver la evolución del espectro de un determinado sonido a lo largo del tiempo. Esto es lo que hace en esencia la STFT (Short Time Fourier Transform) si el tamaño del gránulo permanece constante cuando varía la frecuencia, o lo que hace la Transformada Wavelet si el tamaño del grano es inversamente proporcional a la frecuencia.

El análisis wavelet emplea ondículas que se expanden o se contraen de forma que mantienen un mismo número de ciclos independientemente de la frecuencia. Es decir se trata de un análisis con ancho de banda relativo constante ($Q=\text{cte}$), mientras que STFT emplea ancho de banda constante ($Bw=\text{cte}$). Una consecuencia de esto es que una misma wavelet tendrá duraciones más cortas para las altas frecuencias que para las bajas.

En la síntesis granular muestreada, los gránulos son fragmentos de sonidos muestreados. En este método, cuando la síntesis avanza en el tiempo, los gránulos empleados, avanzan sobre el sonido fuente muestreado original. La utilización más frecuente de este tipo de síntesis granular dentro de la música electro-acústica ha sido el escalado temporal: evaporación y coalescencia. En la evaporación, la densidad de grano disminuye y el sonido parece desintegrarse; la coalescencia representa el fenómeno opuesto.

Puesto que la muestra contiene toda la información del sonido en un instante particular, es posible sintetizar con un único gránulo en cada instante. No obstante, aparecen problemas de desalineamiento de fase en las señales periódicas constitutivas. La solución ha sido sintetizar empleando distintas versiones del mismo gránulo aleatoriamente distribuidas en cada instante de tiempo. Ahora los desalineamientos se pueden enmascarar con la reverberación artificial. Para sonidos complejos (especialmente los que provienen de múltiples fuentes) ofrece buenos resulta-

dos pero para sonidos sencillos, con escaso contenido tímbrico o polifónico, los resultados son menos satisfactorios.

Modelado físico

También conocido como modelado acústico debido a que implementa y resuelve en tiempo real las ecuaciones físicas que describen el comportamiento de los instrumentos acústicos convencionales.

El Modelado Físico es una potente técnica de síntesis, que utiliza las leyes de la física para reproducir el comportamiento de un objeto. En otras palabras, un sintetizador por modelado físico resuelve, en tiempo real, ecuaciones matemáticas que describen como funciona un objeto. No utiliza las muestras, simplemente calcula el sonido a medida que usted lo genera con su interpretación de acuerdo con los controles que recibe. Para esto se establecen las ecuaciones que describen el comportamiento del instrumento y para que genere el sonido se excita de alguna forma, modelando también la pulsación o la fricción en una cuerda, la pulsación de una tecla, el soprido en un instrumento de viento, etc.

Estas ecuaciones tienen en cuenta, la geometría del instrumento, el material que lo compone, las condiciones ambientales, etc.

Este es un enfoque muy general aunque muy potente puesto que el resultado se obtiene reproduciendo la manera en que un objeto crea un sonido en vez de intentar reproducir la misma señal de sonido utilizando tablas de ondas, síntesis aditiva, samples, etc. Esto implica el que un modelo puede generar sonidos muy diferentes dependiendo de las señales guía que reciba. Por ejemplo, dependiendo de la fuerza de impacto de una maza y del punto de impacto sobre un plato, de una determinada geometría y material, producirá diferentes sonidos. También se comportará de forma diferente si usted golpea el plato cuando se encuentra en reposo o cuando está ya en movimiento. El modelado físico tiene en cuenta todos estos parámetros de forma natural puesto que reproduce el comportamiento del objeto real. De esta forma se obtiene sonidos muy naturales y realistas y se reproduce el control que usted esperaría tener sobre instrumentos acústicos reales a la vez que la calidez de los circuitos analógicos reales.

Uno de los principales problemas de este tipo de síntesis es que es muy costosa de diseñar pues pasa por una fase previa de estudio del instrumento concreto que se quiere modelar y este estudio no es válido para otro instrumento distinto. Es decir si obtenemos todas las ecuaciones matemáticas que describen el comportamiento de un piano de cola, de poco nos servirán si ahora deseamos modelar una trompeta, por ejemplo.

También es un tipo de síntesis con un elevado coste computacional, pues debe resolver numerosas y complejas ecuaciones del modelo en tiempo real.

El sintetizador virtual Tassman de Applied Acoustics Systems emplea esta tecnología para más de 50 instrumentos. Se puede encontrar más información en: <http://www.applied-acoustics.com/tassman.htm>

Se puede decir que el modelado físico es un método causal en lugar de analítico, ya que analiza el origen o la causa del sonido en lugar del sonido en sí.

Un ejemplo de modelado físico es CORDIS. Se trata de un lenguaje desarrollado en 1984 por los padres de la síntesis física: Cadoz, Luciani y Florens en la Universidad de Grenoble. La versión inicial de este modelo fue aplicado al modelado de cuerdas. El modelo consistía en un elevado número de celdas interconectadas donde cada una poseía su masa, elasticidad y propiedades de amortiguación. Estas celdas se interconectaban en una red tridimensional y sus vibraciones podían modelarse en los ejes longitudinal, transversal y rotacional, con la simplificación de permanecer desacoplados, es decir sin interacción entre los distintos modos vibrantes. El mecanismo de excitación, fue modelado de forma mucho más simple como un desplazamiento.

Las vibraciones simuladas ocurrían como resultado de la propagación del desplazamiento de las celdas individuales. Con el objeto de modelar los distintos modos de vibración con suficiente precisión, es necesario emplear del orden de cientos de celdas para cada cuerda.



Figura 6.15 Noah de CreamWare. Es un módulo externo con posibilidad de albergar hasta 11 DSP's y que permite ejecutar plugins software. Su aplicación principal es como multi-sintetizador, aunque también puede ejecutar plugins de efectos.

6.3.4 INSTRUMENTOS VIRTUALES

Denominamos instrumento virtual a un programa de ordenador que es capaz de generar los distintos sonidos a partir de las notas musicales que se le proporcionan, de la misma forma que un instrumento tradicional genera sonidos audibles cuando el intérprete actúa sobre él, bien sea soplando, perturbando una cuerda o de cualquier otra forma a partir en este caso de las notas escritas en el pentagrama. Al igual que con los dispositivos físicos, existen instrumentos virtuales que emplean cualquiera de los métodos de síntesis que existen. Por regla general, estos instrumentos virtuales no son programas independientes, sino que suelen distribuirse como '*plugins*' y que requieren por tanto de una aplicación o programa anfitrión. Este programa anfitrión, normalmente un software multipistas, le proporciona las notas a generar y recoge la señal de audio digital que genera el instrumento virtual. Posteriormente, será este programa anfitrión el que manipule la señal de audio de la forma que requiera el usuario y por último la enviará a la salida de audio de la tarjeta de sonido.

P

Un ‘plugin’ es un módulo que añade funcionalidades adicionales a uno o varios programas o a un sistema completo y que no tiene utilidad por si mismo. Este término no se emplea solamente en este ámbito de la síntesis musical. También hablamos de ‘plugin’, por ejemplo, para visualizar determinados contenidos en algunas páginas de internet. Uno de los más habituales es el Plugin para Macromedia Flash que nos permite visualizar correctamente las páginas web que incorporan este tipo de animaciones.

Dentro del mundo PC-Windows, existen dos tecnologías fundamentales para la creación de estos ‘plugins’ de audio: VSTi de Steinberg y DXi de Microsoft (Fig. 6.16). Las siglas VST indican claramente la vocación de Steinberg al proponer esta estrategia: Virtual Studio Technology (Tecnología de Estudio Virtual). La letra ‘i’ indica instrumento, ya que esta tecnología de ‘plugins’ VST también contempla la aplicación de efectos (VST effects). En cuanto a la tecnología de Microsoft, los instrumentos DX forman parte de las especificaciones DirectX creadas originalmente por la compañía de Redmond para dotar de nuevas posibilidades gráficas y sonoras a Windows 95 y que ha ido evolucionando hasta las DirectX actuales. Al igual que sucede con la tecnología VST, DirectX también contempla la existencia de ‘plugins’ de efectos.



Figura 6.16 Logotipos que identifican los instrumentos virtuales de las dos principales tecnologías que conviven en el entorno Windows: VSTi de Steinberg y DirectX de Microsoft.

Una ventaja adicional de este tipo de módulos ‘enchufables’ que sería su traducción literal, es que una vez instalados se pueden emplear por distintos programas anfitriones. Actualmente, todos los programas de producción musical soportan este tipo de módulos en una o varias tecnologías establecidas. Esta ventaja permite que un mismo instrumento virtual pueda ser utilizado por usuarios que emplean distintos programas de producción musical.

Algunos de estos programas, como Home Studio o Sonar, ambos de Cakewalk, sólo soportan de forma nativa instrumentos DX, pero el propio fabricante proporciona un pequeño programa (VST-Adapter) que permite emplear cualquier instrumento o efecto VST como si fuera un instrumento DX.

Una lista muy completa de enlaces a múltiples instrumentos virtuales la podemos encontrar en:
<http://www.macmusic.org/softs/softcat.php>
o también en <http://www.vintagesynth.org/>

La flexibilidad que ofrece el software a provocado una situación curiosa y es que algunos instrumentos virtuales, no pretenden imitar sonidos de instrumentos tradicionales, ni tampoco aportar sonidos nuevos, sino emular a otros sintetizadores anteriores ya desaparecidos del mercado. Hay que tener en cuenta que algunos de los primeros sintetizadores son piezas de museo y su precio va en consonancia con esta cualidad. Con estas emulaciones por software un músico actual tiene

la posibilidad de emplear en sus obras el sonido de sintetizadores antiguos ya desaparecidos del mercado. Este es el caso del VSTi Model-E de Steinberg que emula al mítico Minimoog, o el sintetizador virtual Prophet-53 de Native Instruments que es una versión virtual del emblemático Prophet-V de Sequential. Los paneles de control de estos dos instrumentos virtuales se muestran en las figuras 6.17 y 6.18, donde se puede apreciar el parecido con los verdaderos ‘cacharros’ originales. Y aquí vuelve a repetirse la historia, pues tampoco la emulación es perfecta y los más exigentes siguen estableciendo diferencias entre los programas de este tipo y los originales hardware. Se puede decir, de forma un tanto simplista, que se trata de la emulación de la emulación. Buena parte de los sintetizadores clásicos cuentan con su correspondiente versión virtual para deleite de los nostálgicos de este tipo de equipos.



Figura 6.17 Panel del control del sintetizador software Model-E de Steinberg. Se trata de uno de los primeros instrumentos virtuales VST y es la versión virtual de uno de los primeros sintetizadores, el pionero Minimoog. Compárese esta imagen con la de la figura 6.9.

En estos momentos, existen miles de sintetizadores software con características muy variadas y algunos de ellos son de libre distribución. La página <http://www.synthzone.com/soft-syn.htm> es una de las muchas existentes donde podemos encontrar enlaces a numerosos sintetizadores de todo tipo.



Figura 6.18 Panel de control del sintetizador virtual Prophet-53 de Native Instruments que emula al sintetizador comercializado por Sequential en 1978, el Prophet-V. Compárese esta imagen con la de la figura 6.11.

En internet podemos encontrar múltiples sintetizadores de muy distintas características. De algunos únicamente se incluyen muestras de canciones sintetizadas por no existir disponible versión de demostración por parte del fabricante. Como se ha dicho hay miles y de muy variada condición. Algunos pretenden simular sonidos propios de una orquesta sinfónica y centran su atención en este tipo de instrumentos como Edirol Orchestral, otros se especializan en los sonidos propios de un grupo de música moderna, estando especializados en sintetizar sonidos de guitarra, bajo y batería como Edirol SuperQuartet, otros sencillamente no pretenden la imitación de sonidos de instrumentos reales. y trabajan básicamente con sonidos sintéticos propiamente dichos como el

Hay que señalar que el hecho de que una canción ‘suene peor’ con un determinado sintetizador no significa necesariamente que sea de inferior calidad, pues puede ser debido en muchos casos a que no está bien configurado o que no está diseñado para ese tipo de música.

Ya se ha comentado en el apartado correspondiente a MIDI, que las normas como por ejemplo General MIDI, establecen los instrumentos y los números asignados a los mismos. De esta forma para establecer comparaciones de calidad sobre una canción MIDI que se reproduzca en distintos sintetizadores debe hacerse dentro de la misma norma con lo que en ambos casos sonará con los mismos instrumentos sintéticos.

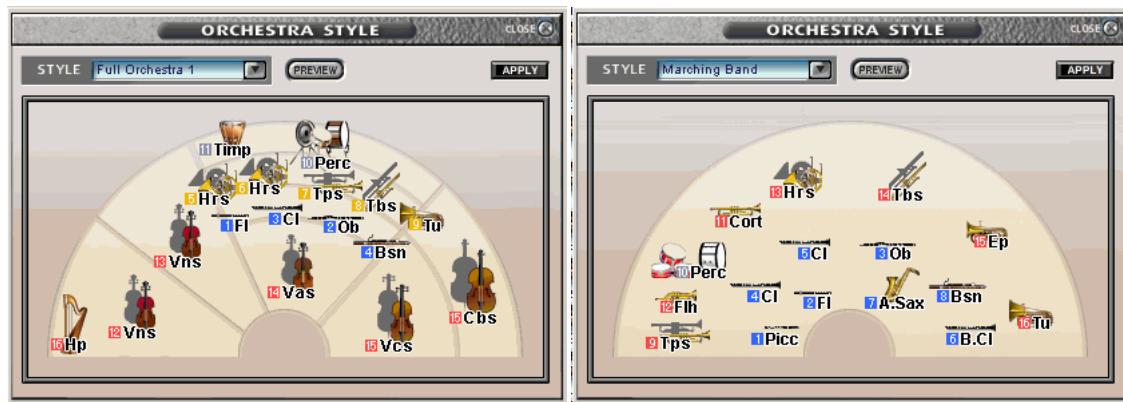


Figura 6.19 Ejemplo de dos configuraciones distintas preestablecidas en el sintetizador software Edirol Orchestral.

El sintetizador Edirol Orchestral no está pensado como sintetizador de propósito general por lo que no contempla las mismas tablas de instrumentos. Aún sí, las posibilidades de este sintetizador son considerables y habrá que configurarlo individualmente para cada pieza musical. En la figura 6.19 se muestran como ejemplo dos configuraciones preestablecidas, que como se ve son muy distintas: una corresponde a una orquesta sinfónica y la otra a una banda de tipo marcial o de pasacalles en la que únicamente encontramos instrumentos de percusión y de viento-metal. Como es lógico una misma canción sonará radicalmente distinta con cada una de estas configuraciones. El programa incluye hasta 14 configuraciones distintas y además el usuario puede personalizarlas a su gusto. Estas configuraciones contemplan las agrupaciones clásicas como un cuarteto de cuerda, o una formación barroca. También se ve que los distintos instrumentos están

situados en distintas posiciones, esto es porque las configuraciones preestablecidas ya contemplan esto en el control panorámico del canal correspondiente a cada instrumento. El número que aparece junto a cada instrumento indica el canal MIDI al que está asociado. Un sintetizador similar y con la misma intencionalidad que este es el Miroslav Philharmonic de IK Multimedia.