Dispositivos de sonido digital

PID_00194467

Cinto Niqui i Espinosa

Universitat Oberta de Catalunya

Cinto Niqui i Espinosa

Profesor asociado del Departamento de Comunicación Audiovisual y Publicidad de la Facultad de Ciencias de la Comunicación de la Universidad Autónoma de Barcelona desde 1992. Profesor de la Escuela Superior de Cinematografía y Audiovisuales de Cataluña, adscrita a la Universidad de Barcelona, desde 1994. Consultor de los estudios de Comunicación Audiovisual de la Universitat Oberta de Catalunya desde el 2002. Compagina la docencia universitaria con el trabajo periodístico. Es director y presentador del programa *L'altra ràdio*, de Radio Nacional de España en Cataluña. Este espacio está especializado en la cultura audiovisual y se emite desde el año 1980. Tiene los títulos de ingeniero técnico de Telecomunicaciones en la especialidad de Imagen y Sonido por la Escuela de Ingeniería Técnica de Telecomunicación La Salle Bonanova; máster de Nuevas tecnologías: comunicación audiovisual y publicitaria por la Universidad Autónoma de Barcelona; licenciado en Filología Catalana por la Universidad de Barcelona, y máster de Escritura para la televisión por la Universidad Autónoma de Barcelona.

Los textos e imágenes publicados en esta obra están sujetos –excepto que se indique lo contrario– a una licencia de Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada (BY-NC-ND) v.3.0 España de Creative Commons. Podéis copiarlos, distribuirlos y transmitirlos públicamente siempre que citéis el autor y la fuente (FUOC. Fundación para la Universitat Oberta de Catalunya), no hagáis de ellos un uso comercial y ni obra derivada. La licencia completa se puede consultar en http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/legalcode.es

Índice

Objetivos 5

1. Interfaces digitales 7
1.1. Protocolos de conexión 7
1.2. Entradas y salidas de audio digital 7
1.3. Tarjetas de sonido 9

2. Soportes de audio digital 12
2.1. Ópticos 12
2.1.1. CD-DA 12
2.1.2. CD-R 15
2.1.3. CD-RW 16
2.1.4. CD-R de 8 centímetros, CD-RW de 8 centímetros (CD 3) 17
2.1.5. SACD 17
2.1.6. DVD-A 18
2.1.7. DVD-R 20
2.2. Magnetoópticos 21
2.2.1. Minidisc 21
2.2.2. Disquetes magnetoópticos 22
2.3. Magnéticos de cabezal rotatorio 23
2.3.1. DAT 24
2.3.2. Nagra D 25
2.3.3. Multipistas digitales modulares 26
2.4. Magnéticos de cabezal estacionario 29
2.4.1. El formato DASH 29
2.5. Otros dispositivos magnéticos 31
2.5.1. Los discos magnéticos Jaz 31
2.5.2. Exabyte 31
2.6. Ordenadores 31
2.6.1. Estaciones de trabajo de audio digital 31
2.6.2. Grabadores en disco duro extraíble 35
2.6.3. Multipistas digitales en disco duro 36
2.7. Grabadores en memorias de estado sólido o tarjetas de memoria 37

3. El MIDI 39
3.1. Los sintetizadores 40
3.2. Unidades o cajas de ritmos 40
3.3. Muestreadores 40
3.4. Módulo de sonido 41

3.5. Secuenciadores 41

Objetivos

1. Saber todas las interfaces y conexiones que se usan en las entradas y salidas de los aparatos digitales.

2. Conocer todos los aparatos que pueden formar parte de la cadena de sonido digital.

3. Tener unas nociones generales de los elementos principales que lo forman y de sus posibilidades creativas.

1. Interfaces digitales

1.1. Protocolos de conexión

El ancho de banda del sonido digitalizado es del orden del megahercio. Por eso, los requisitos que tienen que cumplir sus conexiones son más próximos a los de la imagen que a los del sonido analógico.

Existen varios protocolos diseñados para la conexión digital entre aparatos de audio. Unos solo operan con señales mono o estéreo, como la AES/EBU o la S/PDIF (IEC 958), y otros, con señales multicanal, como las MADI, TDIF o ADAT.

1.2. Entradas y salidas de audio digital

Conectores

Para garantizar una buena conexión en sonido digital, siempre es conveniente usar los conectores de gama alta.

Los modelos para cable empleados son los RCA, XLR 3, DIN, BNC y D-subminiatura. Para fibra óptica, se usa el Toslink.

RCA	XLR 3	DIN	BNC	D-subminiatura	Toslink

Buses en serie

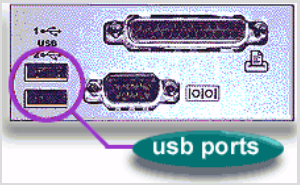
Los buses informáticos son el conjunto de líneas de transmisión de datos que comunican los diferentes dispositivos que componen un ordenador o los varios nodos de una red de área local. Permiten establecer conexiones multicanal punto a punto sencillas, lo que evita el uso de muchos cables.

Últimamente han proliferado los buses en serie, ya que son más económicos y necesitan menos espacio que los buses en paralelo. Además, los cables de los buses en paralelo tienen más problemas de interferencias entre los cables y deben tener un diámetro más grande, que vuelve la fabricación más cara.

(1)

© USB-IF, Inc.

(2)



© USB-IF, Inc.

USB (*universal serial bus*)	FireWire o iLink (Bus IEEE1394)

1 2 3

(3)

© Crown Audio Inc.

1.3. Tarjetas de sonido

Las tarjetas de sonido actúan como interfaces de entrada y salida de audio digital o de los protocolos MIDI. Existen muchas, desde las que son del tamaño de una tarjeta de crédito (*PC card*), hasta las que van montadas dentro de módulos de sonido. Los precios y calidades también son muy variados.

Algunos fabricantes de tarjetas de audio

Algunas de las marcas que fabrican tarjetas de audio son Lexicon, M Audio Delta, Creative Labs, Diamond, Digidesign, Roland, Soundscape, Terratec, Mackie, TC Works, Videologic, Hercules, Yamaha, Korg, Motu o Echo Audio.

La historia de estos dispositivos nos lleva desde las tarjetas Sound Blaster SB 16 ISA, pasando por las tarjetas que incorporan la conexión interna con el microprocesador PCI, hasta llegar a las externas, montadas en completos módulos de sonido, como la Layla 24, de Echo Audio.

Las primeras tarjetas de audio

Las primeras tarjetas de audio trabajaban con el sistema ISA (*industry standard architecture*) de interconexión entre el microprocesador y las ranuras. La conexión de alta velocidad llegó con el sistema PCI (*peripheral component interconnect*), que procesa 32 bits a la vez con conexiones de ciento veinticuatro clavijas y 64 bits con ciento ochenta y ocho clavijas.

Las tarjetas actuales trabajan a 96 kilohercios y 24 bits. Las dinámicas de los conversores de analógico a digital y de digital a analógico oscilan entre los 100 y los 110 decibelios. Todas incluyen varias entradas y salidas analógicas y digitales, incluyendo las MIDI, normalmente llevan entre cuatro y diez entradas.

La transferencia de audio multicanal

Un avance en el aprovechamiento máximo de las entradas y salidas de las tarjetas de sonido es el programa para la transferencia de audio multicanal ASIO (*audio stream input/output*), desarrollado por Steinberg. El usuario que tiene una tarjeta que incorpora

el ASIO puede configurar, cuando graba o reproduce, todos los puertos que tenga esta tarjeta como entradas o salidas. Con una tarjeta que tuviera dos entradas y dos salidas podría grabar cuatro canales y reproducir cuatro simultáneamente. El ANSIO 2.0 también permite mejorar la mezcla de sonido envolvente en tiempo real, con un tiempo de espera inferior a los 2 milisegundos.

De las muchas tarjetas de sonido que hay en el mercado, mencionamos un par que se venden montadas en módulos externos. La primera es de Creative Labs y la segunda, de Digidesign.

La **Sound Blaster Audigy 2 Platinum eX** tiene el certificado THX. Puede grabar o reproducir sonido con una resolución de 24 bits y 96 kilohercios. La entrada especial para DVD-audio reproduce el sonido a 24 bits y 192 kilohercios. Su dinámica es de unos 105 decibelios. Lleva el bus de conexión FireWire. Incluye software para mejorar la reproducción de MP3 (Creative MediaSource) y la sensación de sonido envolvente (Eax Advanced HD).

© Creative Technology Ltd.

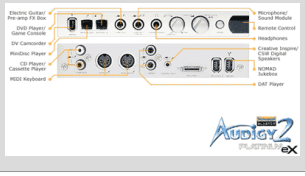
4 5 6 7

(4)

(5)

(6)

(7)



La **Digi 001** es un sistema diseñado para entornos MIDI. Está formado por un completo módulo de sonido externo y una tarjeta interna Digi 001 PCI. Trabaja con el software Pro Tools LE. Tiene ocho entradas/salidas analógicas, ocho canales de entrada/salida ADAT Lightpipe, una entrada/salida S/PDIF y conectores MIDI In/Out. Incluye dos preamplificadores, con alimentación fantasma para micrófonos y conectores de efectos de sonido en tiempo real.

© Creative Technology Ltd.

En el mercado también hay tarjetas de audio especializadas en suministrar conectores de efectos de sonido, como por ejemplo la UAD-1 DSP, de Mackie Inc., la TC Power, de TC Works, y las TDM, HTDM o Project Studio, las tres de Digidesign, para Pro Tools.

Y acabamos el repaso a las interfaces con las tarjetas de ordenador (*PC card*), antes llamadas PCMCIA.

La PCMCIA

La asociación PCMCIA (Asociación Internacional de Tarjetas de Memoria para Ordenadores Personales; en inglés, Personal Computer Memory Card International Association) se creó en 1989 para desarrollar estándares de dispositivos de entrada/salida o de memoria que tuvieran el tamaño de una tarjeta de crédito para ordenadores portátiles o de bolsillo. Más adelante estas tarjetas de entrada/salida o memoria fueron llamadas tarjetas de ordenador.

La ranura de una tarjeta de ordenador tiene 68 clavijas. El tipo II es la que se puede usar para conectar módems, redes de área local e interfaces para pequeños sistemas informáticos, **SCSI** (***small computer system interface***). La interfaz en paralelo SCSI es un estándar del ANSI (Instituto Americano de Normalización Nacional; en inglés, American National Standards Institute). La versión Ultra-2 SCSI para buses de 16 bits puede transferir datos a 80 megabytes por segundo; la Ultra 3 SCSI llega a los 160 megabytes por segundo. Ambas permiten longitudes de cable de hasta doce metros.

Resumen

- El ancho de banda del sonido digitalizado es del orden del megahercio.
- Los conectores de gama alta garantizan una buena conexión en sonido digital.
- Los buses informáticos permiten establecer conexiones multicanal punto a punto sencillas y evitan el uso de muchos cables.
- Las tarjetas de sonido actúan como interfaces de entrada y salida de audio digital o de los protocolos MIDI.

2. Soportes de audio digital

Si se hace un muestreo por encima de los 44,1 kilohercios y se cuantifica la señal en 16 bits o más, los soportes de audio digital presentan las características generales siguientes:

- Respuesta en frecuencia muy plana, de 20 hercios a 20 kilohercios ± 0,1 decibelios.
- Dinámica de unos 100 decibelios o más.
- Distorsión armónica muy baja, inferior al 0,01%.
- Diafonía muy alta, superior a los 90 decibelios.
- Fluctuación de la velocidad (*wow* & *flutter*) negligible.

Los soportes profesionales más modernos trabajan con frecuencias de muestreo de 96 a 192 kilohercios y emplean 24 o 32 bits por palabra en el momento de cuantificar.

Estos valores, además de estar justificados para poder manipular mejor el audio, dan una reproducción sonora muy natural, especialmente en los agudos. Algunos audiófilos notaban que los primeros formatos de sonido digital sonaban demasiado metálicos por el procesamiento y el filtrado que aplicaban. A 44,1 kilohercios, las frecuencias armónicas de algunos instrumentos de metal, como los platillos, que llegan a los 22 kilohercios, no se pueden reproducir bien, mientras que a 96 o 192 kilohercios, sí.

2.1. Ópticos

En este apartado, vamos a repasar brevemente todos los formatos de audio en discos ópticos.

Lectura recomendada

Encontraréis más datos técnicos sobre los soportes ópticos en el temario de la asignatura de la UOC *Fundamentos de tecnología audiovisual*.

2.1.1. CD-DA

Los discos compactos de audio, CD-DA (*compact disc digital audio*), desarrollados por Philips y Sony, se presentaron en 1980. En el año 1982, se comercializaron los primeros reproductores. Al cabo de veinte años, Sony cifraba en seiscientos millones el número de reproductores de CD en todo el mundo.

© TDK Recording Media

El formato óptico representaba una gran novedad, ya que por primera vez el soporte no tenía contacto físico con el dispositivo de lectura.

El CD trabaja con una frecuencia de muestreo de 44,1 kilohercios y cuantifica a 16 bits. Tiene 12 centímetros de diámetro y puede almacenar unos 650 megabytes. Reproduce 74 minutos de audio estereofónico.

El dispositivo de lectura del CD

Para leer el CD se usa un rayo láser (*light amplification by the stimulated emission of radiation*) de arseniuro de galio (ArGa), de unos 2 megavatios. El láser es monocromático y tiene una longitud de onda única. Si la lectura se hiciera con luz blanca, no sería tan precisa.

El rayo láser atraviesa un prisma semirreflectante y unas lentes de enfoque y llega a la superficie del disco. Si el agujero está tapado, la luz del láser se refleja, atraviesa otro prisma y un diodo la capta. Si el agujero no está tapado, la reflexión de la luz es mínima y el rayo de retorno se desenfoca, por lo tanto, el diodo no capta nada. Así es como el diodo capta la señal electrónica binaria que contiene la superficie del CD.

El CD tiene los agujeros ordenados en forma de espiral. La espiral empieza en el centro del disco. Si se estirara en línea recta tendría una longitud de unos 5.300 metros. El CD contiene 20.625 pistas.

Para mantener la lectura constante, la velocidad angular del disco varía de 228 revoluciones por minuto en el centro a 568 revoluciones por minuto en el perímetro. La velocidad lineal de lectura es constante, es de 1,25 metros por segundo.

La lectura del CD se hace del centro a la periferia. Lo primero que el reproductor de CD lee es la tabla de contenidos del volumen (*table of contents*, TOC). El final de la lectura también está marcado por unos códigos especiales.

En 1996 apareció el **CD-Plus** o **CD-Extra**, que añade a las pistas de audio algunas pistas de datos o de imágenes. Este formato es compatible con el CD-DA en cuanto al audio. Para ver las imágenes –como videoclips o información de los intérpretes–, se necesita un lector de CD-ROM.

En la actualidad, por la gran popularidad que han alcanzado los sistemas de compresión MP3 o WMA (Windows Media Audio), muchos lectores de CD fijos y portátiles incorporan la lectura de estos formatos de audio tan habituales en Internet. En un CD-R se pueden llegar a tener diez horas de audio comprimidas MP3 o WMA. Estos reproductores también permiten la lectura sin problemas de los CD-R (grabables) y CD-RW (regrabables). Incluso pueden leer un CD-R antes de que la sesión de grabación esté cerrada. Los aparatos portátiles de este tipo se conocen como ***digital jukebox***.

Mojo 620 de TDK

El Mojo 620 de TDK es uno de los muchos aparatos ***digital jukebox*** que existen.

Mojo 620 de TDK
© TDK Recording Media

Los reproductores antiguos no pueden leer los CD-R hasta que no se ha completado todo el proceso de grabación y cierre del CD, y los CD-RW no los pueden leer.

Existen varios **modelos de reproductores de CD profesionales**. Unos son diseñados para los estudios de posproducción audiovisual, radio o televisión y otros se adaptan para los trabajos de los disyoqueis (DJ). Se caracterizan porque pueden seleccionar un fragmento determinado con mucha precisión, mediante un *shuttle* o pulsadores y tienen un tiempo de arranque instantáneo (de menos de 10 milisegundos).

Sistemas de carga automática de CD

A finales de los ochenta, en la radiodifusión profesional especializada en las fórmulas musicales se empezaron a automatizar las emisoras con grandes sistemas de autocarga de CD.

Por ejemplo, en 1988 el sistema Sony CDK-006 permitía poner sesenta CD en cada máquina y acceder, sin manipulación, a unas mil pistas. La empresa Mediatouch desarrolló el sistema Touchstone, que permitía controlar varios de estos sistemas de carga automática.

Con el aumento de la capacidad de los ordenadores y el desarrollo de los sistemas de compresión de audio, estos sistemas ya no tienen sentido porque se pueden guardar miles de temas musicales en un disco duro. El sistema ocupa mucho menos espacio, es más barato y permite más variantes en la automatización de la reproducción.

En un estudio de radio o televisión hay por lo general tres reproductores de CD:

1) En radiodifusión se usa mucho el **Denon DN-951FA**, que obliga a poner el CD en una carcasa de plástico para leerlo.

Denon DN-951FA
© Hayden Laboratories Ltd.

2) Algunos fabricantes, como Pioneer, todavía tienen modelos multicarga de CD, que ahora también pueden leer DVD y CD-R. El Pioneer DV-F727 puede cargar y acceder a 301 discos.

Pioneer DV-F727
© Pioneer North America, Inc.

3) Para trabajos audiovisuales profesionales, Denon tiene el **modelo DN-C680**, que puede trabajar en sincronía con un editor de vídeo mediante el código de tiempo SMPTE.

Denon DN-C680
© Hayden Laboratories Ltd.

Los **reproductores de CD para DJ** muchas veces son dobles. Algunos incluso ya van montados en módulos que incorporan el mezclador y las unidades de efectos. Todos llevan *jogs* para poder pasar el disco hacia delante y hacia atrás, como si fuera de vinilo (*scratch*), y tienen muchas funciones específicas como por ejemplo *brake*, *flanger*, *filter* (*killer*), *reverse*, *loops*, *vari speed* o *pitch control*. Además, incorporan contadores rítmicos BPM (*beats per minute*).

El Denon DN-S5000 recrea la manipulación de un disco de vinilo en CD, pero además tiene funciones como la *alpha track*, que permite reproducir en simultáneo dos pistas del mismo CD por salidas independientes. Con esta función, el DJ puede programar un bucle de una pista (*loop*) y reproducirlo mientras hace un *scratch* en otra pista del mismo CD.

Denon DN-S5000
© Hayden Laboratories Ltd.

El código del proceso

Recordad que los discos compactos de discográfica llevan tres letras para identificar las partes del proceso que se han hecho de manera analógica y las que se han llevado a cabo digitalmente. En un disco DDD, la grabación, la mezcla y la edición del máster para transferir al soporte se han hecho digitalmente. En un disco AAD, la grabación y la mezcla se han hecho con aparatos analógicos y solo la edición del máster para transferir al CD se ha hecho de forma digital.

2.1.2. CD-R

El formato CD-R (*recordable compact disc*), definido como estándar en 1994, es un disco compacto de audio que solo puede grabar una vez. No admite ninguna grabación o borrado posterior de las pistas ya utilizadas.

Características del CD-WORM

Inicialmente, los primeros discos compactos que grababan una vez el sonido en tiempo real fueron denominados *CD-WORM* (*write once read many*). En 1991, el sistema profesional Sony/Star Labs CDW-W1, que estaba controlado por un Macintosh MAC II, costaba unos cinco millones de pesetas (unos 30.000 euros). Kenwood tenía la unidad grabadora LSI, que incluía un codificador DA7000, un grabador CD DA7200 y un PC de 200 megabytes. Su precio rondaba los tres millones de pesetas (18.000 euros).

Audio Design presentó uno de los primeros CD WORM domésticos a comienzos de 1992. El modelo era el Micromega y costaba unas 800.000 pesetas (sobre los 4.800 euros). El precio de los discos en blanco era de unas 1.800 pesetas (poco menos de 11 euros) por unidad.

Si la grabación se detiene antes de llenar el disco, se crea una marca de final de sesión (*lead out*) y se generan automáticamente unos códigos PQ que se colocan en un archivo temporal de contenidos. En ese momento, el disco todavía no se podría escuchar en los reproductores antiguos de CD, ya que todavía no existe la tabla final de contenidos (TOC). Cuando se quiere continuar la sesión, se lee el archivo temporal de contenidos y se detecta desde dónde se tiene que seguir el proceso. No existe un límite en la cantidad de veces que se interrumpe, pero cada vez que se hace se pierden algunos megabytes de capacidad total por las marcas de final de sesión que se crean. Cuando el disco está lleno o cuando se decide que aquella unidad ya se ha acabado de grabar, se crea automáticamente la tabla definitiva del contenido del volumen (TOC).

El rayo láser que se usa para grabar el CD-R está entre los 6 y los 9 megavatios. Por eso, algunos reproductores antiguos de CD, fijos o portátiles, pueden tener problemas en la lectura de los CD-R, ya que usan una potencia más pequeña, de unos 2 megavatios. Por lo general, los soportes CD-R de audio se leen mejor en equipos antiguos que los CD-R de datos.

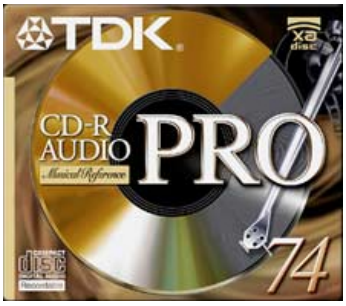
Normalmente, los CD-R pueden grabar 74 minutos de audio u 80 minutos, si aprovechan del todo los 700 megabytes del soporte. Cuanto más duración, menos calidad. Los soportes profesionales de TDK, como los modelos Pro CD-R, tienen dos presentaciones: 63 minutos (550 megabytes) y 74 minutos (650 megabytes).

Próximamente aparecerán los CD-R de doble densidad (DDCD), con 1,3 gigabytes de capacidad.

Además del uso doméstico, el formato CD-R se usa profesionalmente para crear un disco que tenga todas las sintonías, carteras y ráfagas musicales de un programa. Aunque la misma información esté en el ordenador de la radio o la

televisión, siempre va bien tener esta copia en formato CD-R, por seguridad y para cuando se tienen que elaborar programas fuera de la emisora. Este CD-R con las músicas de un programa siempre tiene que estar duplicado o triplicado para poder hacer encadenados durante el programa de CD a CD.

Un dato muy importante: los CD-R no tienen la misma vida que los CD de audio de fábrica. Algunos fabricantes apuntan que un CD-R que se use todos los días puede durar aproximadamente un par de años. Las personas que usan a menudo un CD-R saben que, pasado un cierto tiempo, empiezan a tener problemas de lectura. Los CD-R pueden empezar a fallar al cabo de unos diez años de la grabación.



TDK CD-R Pro
© TDK Recording Media

Los sistemas informáticos permiten copiar CD a velocidades cada vez mayores.

Hay muchos programas especializados en el control de la quema física de los CD-R y CD-RW. Uno de los más populares es el Nero. TDK ha desarrollado el sistema HCR Disc (*high capacity recordable disc*) que, con la función *overburning* del programa Ahead Nero 5.5, puede almacenar 800 megabytes en un CD y llegar a los 90 minutos de audio.

Algunas unidades copiadoras

De los cientos de unidades copiadoras que hay, mencionamos un par de TDK como ejemplo:

1) La unidad **CyClone**, que puede leer un CD y grabar un CD-R con una velocidad cuarenta y ocho veces superior a la estándar. Ejecuta la grabación de un CD-RW a una velocidad veinticuatro veces más elevada que la estándar (48x CD-R grabación, 24x CD-RW regrabación y 48x lectura).

2) El **External USB 2.0 CD Rewriter**, que todavía supera uno de los parámetros anteriores, lee un CD a una velocidad cuarenta y ocho veces superior al estándar y graba un CD-R y un CD-RW cincuenta y dos y veinticuatro veces más deprisa (52x CD-R grabación, 24x CD-RW regrabación y 48x lectura).

TDK External USB 2.0 CD Rewriter
© TDK Recording Media

Otros programas especializados en la grabación de discos compactos son el Easy CD Creator 5 Premium de Roxio, el CloneCD, el WinOnCD y el CDRwin, entre otros.

2.1.3. CD-RW

El disco compacto regrabable de audio, CD-RW (*rewriteable compact disc*), permite grabar el mismo soporte miles de veces. Este formato se presentó en 1995.

Los CD-RW pueden llegar a grabar 80 minutos de audio en los formatos de 700 megabytes. El tiempo de grabación es más lento que el de los CD-R. En la actualidad, las unidades C-RW más rápidas pueden trabajar a una velocidad doce veces más grande que el estándar.

TDK CR-RW
© TDK Recording Media

Igual que con los CD-R, próximamente aparecerán los CD-RW de doble densidad (DDCD), de 1,3 gigabytes de capacidad.

La mayoría de reproductores antiguos de disco compacto no leen los CD-RW porque los agujeros (*pits*) no están tan marcados como en un CD de audio.

2.1.4. CD-R de 8 centímetros, CD-RW de 8 centímetros (CD 3)

Existe un formato reducido del CD-DA (*compact disc digital audio*) de 8 centímetros de diámetro.

En un principio este formato iba a ser el sustituto del *single* de vinilo, pero al final los discos sencillos se han editado en el formato de doce centímetros. La mayoría de bandejas de los reproductores de CD están adaptadas para aceptar este formato.

Tienen una capacidad de 210 megabytes y reproducen 24 minutos de sonido estereofónico.

TDK de 8 centímetros
© TDK Recording Media

Sin embargo, desde hace unos años, este formato en versión grabable o regrabable se usa para guardar archivos MP3 en dispositivos portátiles muy pequeños.

El CD-R de 8 centímetros puede almacenar hasta cuatro horas de música comprimida en MP3, a 128 kBps en sus 210 megabytes. El formato CD-RW de 8 centímetros tiene una capacidad algo inferior, 185 megabytes.

2.1.5. SACD

El Super Audio CD, SACD (*super audio compact disc*) es un formato de Sony y Philips que usa el tradicional soporte óptico de doce centímetros de diámetro. Se presentó en el año 2000 y quiere llevar la reproducción digital profesional a las casas. El ancho de banda en frecuencia llega a los 100 kilohercios y la dinámica, a los 120 decibelios.

El Super Audio CD tiene tres presentaciones. La primera, en forma de disco híbrido de dos capas: una de CD-Audio con 650 megabytes de capacidad y otra de alta densidad con 4,6 gigabytes (gigabytes). La primera capa se puede reproducir en cualquier aparato de CD, mientras que para escuchar la de alta

densidad se necesita el reproductor de Super Audio CD. Las otras dos solo se pueden reproducir en aparatos Super Audio CD y son la de capa única de alta densidad o la de dos capas de alta densidad (9,2 gigabytes).

El formato admite reproducciones estereofónicas o de seis canales de audio.

Características del SACD

El láser que lee la capa de CD normal es de 780 nanómetros y tiene una apertura de 0,45, mientras que el láser de la capa de alta densidad es de 650 nanómetros y tiene una apertura de 0,6.

Philips y Sony han desarrollado para el Super Audio CD la tecnología DSD (*direct stream digital*), alternativa a la modulación PCM, que graba los pulsos de la señal digital bit a bit, aplicando una modulación delta-sigma y una frecuencia de muestreo sesenta y cuatro veces superior a los 44,1 kilohercios (64 × 44.100 hercios = 2.822 megahercios). Cada bit es una muestra.

El procesamiento Super Bit Mapping Direct convierte las muestras de un bit DSD en muestras de 16 bits PCM para que los sistemas antiguos las puedan leer. Lleva el marcaje antipirateo PSP, desarrollado por Sony y Philips, y el contenido está codificado.

El SACD es un formato pensado para los audiófilos más puristas. Como su capacidad está dedicada fundamentalmente al audio, a pesar de que también puede incluir imágenes comprimidas en MPEG, no permite tener tantos contenidos interactivos complementarios como su formato competidor, el DVD-Audio.

En el 2003, se podían escuchar en Super Audio CD artistas de jazz como Miles Davis, Herbie Hancock, Oscar Peterson, Michel Camilo o Paquito D'Rivera.

Sony tiene el reproductor DVP-NS755V, que incorpora MP3, CD, DVD (DVD-R y DVD-RW) y Super Audio CD multicanal.

Reproductor de Super Audio CD de Sony
© Sony Corporation

2.1.6. DVD-A

El formato DVD-A (*digital versatile disc audio*) fue desarrollado por Pioneer dentro del DVD Forum. El formato DVD-Audio se presentó el marzo de 1999 y los primeros reproductores aparecieron en el año 2000.

A pesar de que usa el soporte óptico de doce centímetros, su lectura es incompatible con la del formato CD-Audio. Un DVD-A no se puede leer en un reproductor de CD.

El DVD-Audio tiene dos capas de 4,7 gigabytes por cada cara. Su capacidad máxima es, por lo tanto, de 17 gigabytes.

Puede tener seis canales de sonido con calidad de estudio profesional, 96 kilohercios, o dos canales de audio de 192 kilohercios. Reproduce hasta dos horas de sonido envolvente o hasta cuatro horas de sonido estéreo.

El ancho de banda en frecuencia llega a los 48 kilohercios y la dinámica, a los 120 decibelios.

El DVD-A lleva un marcaje de protección anticopia desarrollado por Verance, que inserta datos en cada pista para identificar el contenido. Todo el contenido está codificado con el sistema *content scrambling system* (CSS). A diferencia de los DVD-vídeo, el DVD-A no tiene códigos de región.

Características del DVD-A

El DVD-A trabaja con frecuencias de muestreo de 44,1, 48, 88,2, 96, 176,4 o 192 kilohercios. La cuantificación puede ser de 16, 20 o 24 bits. La codificación es LPCM (*linear PCM*) o MLP. El sistema MLP (*meridian lossless packing*), desarrollado por Meridian Audio y licenciado a Dolby, elimina toda la información redundante.

El DVD-A admite grabaciones en PCM, Dolby Digital, MPEG1, MPEG2, DTS y SDDS.

En la tabla se presenta una comparación entre cómo almacenan la información el CD-DA y el DVD-A:

	CD-A	DVD-A
Capacidad	0,7 gigabytes	4,7 gigabytes
Longitud de los bits	830 nanómetros	400 nanómetros
Ancho de pista	500 nanómetros	320 nanómetros
Separación de pistas	1.600 nanómetros	740 nanómetros

Por un DVD-Audio se puede navegar como por un DVD-Video y, si se conecta a un ordenador, se pueden aprovechar los contenidos interactivos. La gran implantación del formato DVD en los hogares puede contribuir a implantar este formato doméstico de reproducción sonora de alta calidad.

En octubre del año 2000 se puso a la venta el primer DVD-Audio. Fue una grabación de jazz, en 5.1, de la Big Phat Band, editado por el sello Silverline Records. En noviembre de aquel año, el sello Warner Music fue el primero en publicar con regularidad álbumes en este formato. En el 2002, Onkyo puso a la venta el modelo DV-SP800 con certificado THX, que es un reproductor universal de audio que permite escuchar Super Audio CD, DVD-Audio, ficheros MP3 en CD y los diversos formatos de CD-Audio, CD-R, CD-RW, DTS y Dolby Digital.

Onkyo dvsp800
© Onkyo USA Corporation

Pionner tiene un modelo similar, el Elite SE-1000DV, que puede reproducir DVD, DVD-Audio, DVD grabable, DVD regrabable, archivos MP3 en CD, Super Audio CD, Dolby Digital y DTS.

Pioneer SE1000DV
© Pioneer North America, Inc.

2.1.7. DVD-R

Igual que pasó con el CD a partir de 1997, han aparecido varios formatos que permiten grabar en disco versátil digital.

Existen seis versiones, que son las DVD-R (General, 1997), DVD-R (Authoring) (2000), DVD-RAM (1998), DVD-RW (1999), DVD+RW (2001) y DVD+R (2002):

- Los DVD-R (G), DVD-R (A) y DVD+R solo pueden hacer una grabación.
- Los DVD-RAM, DVD-RW y DVD+RW se pueden regrabar miles de veces.

El DVD-R tiene una capacidad de 4,7 gigabytes. La diferencia entre la versión G (*general*) y la A (*authoring*) es que la primera está pensada para el uso doméstico y la segunda, para el uso profesional. La primera trabaja con un láser más económico de fabricación, de 650 nanómetros –el mismo que se usa en el DVD-RAM–, mientras que la segunda usa uno de 635 nanómetros. Los soportes DVD-R (A) no se pueden escribir en grabadores DVD-R (G) y al revés.

De todos estos formatos, solo los DVD grabables una sola vez se pueden leer en algunos reproductores de DVD-Audio, sea cual sea su variante, DVD-R (G), DVD-R (A) o DVD+R. Los otros no se pueden leer por la baja reflexión que tienen.

Características del DVD-RAM

El DVD-RAM está diseñado para almacenar datos informáticos en ordenadores.

Las familias DVD-R/RW y DVD+R/RW aplican tecnologías de grabación diferentes y compiten en el mercado.

El DVD-RW –que inicialmente también se había denominado DVD-R/W y DVD-ER– es un sistema regrabable que, debido a la baja reflexión que tiene, no se puede leer en la mayoría de reproductores de DVD-Audio o vídeo.

El DVD+RW es un sistema de reescritura que ha sido desarrollado fuera del DVD Forum por algunos de los miembros (como Philips, Sony, Hewlett-Packard, Dell, Ricoh o Yamaha). El DVD+RW lee DVD-ROM, CD, DVD-R y DVD-RW y escribe en soportes DVD-R, DVD-RW, CD-R y CD-RW. No lee ni escribe el formato DVD-RAM. La tecnología de grabación que usa difiere de la de los CD-RW. En cambio, la forma de grabar de los DVD +R es similar a la de los DVD-R y son compatibles.

Los fabricantes dicen que el formato puede regrabrar un millar de veces.

Resumen

- Los formatos de CD son CD-DA, CD-R, CD-RW, CD-R de 8 centímetros y CD-RW de 8 centímetros (CD 3).

- El Super Audio CD y el DVD-Audio compiten en el mercado del sonido musical multicanal de alta calidad.

- Los DVD grabables una sola vez, sea cual sea la variante –DVD-R (G), DVD-R (A) o DVD+R–, se pueden leer en algunos reproductores de DVD-Audio.

2.2. Magnetoópticos

2.2.1. Minidisc

Sony creó inicialmente el minidisc (MD) para los ordenadores. En 1989, se presentó en la Feria de Japón y, en 1991, en la Feria de Berlín. No obstante, al final el minidisc fue el primer soporte magnetoóptico de audio doméstico.

Minidisc
© TDK Recording Media

El MD es un disco de 6,4 centímetros de diámetro –la mitad que un CD–, montado en una carcasa de plástico. Tiene 650 megabytes de capacidad. Puede grabar y reproducir 74 o 80 minutos de sonido estéreo o 148 minutos de sonido monofónico. Los aparatos que incluyen la función LP (*long play*) pueden alargar las grabaciones hasta cinco horas.

La información se puede borrar y regrabar tantas veces como se quiera.

Un reproductor de MD permite la edición de etiquetas informativas para identificar las pistas y también puede editar –cortar, unir, desplazar o borrar– todas las pistas de audio. Todos los cambios se guardan en la tabla de contenidos (TOC).

Características del minidisc

El minidisc combina la tecnología óptica de los CD de audio con la de los disquetes magnéticos para ordenador.

- Usa el sistema de compresión de audio ATRAC (*adaptive transform acoustic coding*), que tiene en cuenta los umbrales de la audición humana y el efecto de enmascaramiento en frecuencia. Así logra reducir al máximo el flujo binario que se tiene que almacenar.
- Accede a cualquier punto en menos de un segundo.
- Frecuencia de muestreo: 44,1 kilohercios.
- Número de bits por palabra: 16.
- La información se lee a una velocidad de 1,4 megabytes por segundo.

- La dinámica es de 105 decibelios.
- La respuesta en frecuencia alcanza de 5 hercios a 20 kilohercios.

Al ser un sistema ligero y de rápida indexación, el MD portátil es el sustituto de la casete. Muchos periodistas lo llevan para grabar entrevistas y ruedas de prensa fuera del estudio. Algunos técnicos de sonido directo cinematográfico también lo usan para grabar sonidos fuera del rodaje. Y los montadores musicales pueden tener en un MD cientos de grabaciones cortas perfectamente catalogadas. La implantación del formato CD-R y su bajo precio ha limitado la extensión del MD.

La facilidad de indexación

El periodista Iu Forn, que ha trabajado en Radio 4, COMRàdio y Ona Catalana, tiene decenas y decenas de minidiscs llenos de declaraciones de políticos y personajes populares de la última década. Con estos miles de frases, perfectamente indexadas y catalogadas en su ordenador, lleva a cabo su espacio de humor político *Fora de context*.

El MD profesional portátil Sony MZ-B10 dispone de un altavoz incorporado y es una herramienta muy adecuada para los reportajes periodísticos. Además, como cuenta con la función LP (*long play*), puede grabar cinco horas y veinte minutos de audio en cada unidad.

MZ-B10
© Sony Corporation

En los estudios de radiodifusión profesional se usan modelos como el minidisc Denon DN-M991R. Puede programar veinticinco pistas; guarda automáticamente una grabación en caso de corte de la corriente eléctrica; cuando se edita tiene dos niveles de *undo* y el tiempo de arranque es de 10 milisegundos.

Denon DN-M991R
© Hayden Laboratories Ltd.

Para trabajos audiovisuales está el Denon DN-M1050R, que entra en sincronía con un editor de vídeo mediante el código de tiempo SMPTE.

Algunos fabricantes han creado pequeñas estaciones de audio digital compactas (DAW), integradas por una mesa de mezclas, unidades de efectos y minidisc. Son modelos como el Yamaha MD-8 –que grababa 18 minutos de audio en ocho pistas–, el Sony MDM X4 o el Tascam 564, ambos de cuatro pistas.

Denon DN-M1050R
© Hayden Laboratories Ltd.

2.2.2. Disquetes magnetoópticos

Los disquetes informáticos magnetoópticos (MO), que van montados en carcasas plásticas, son de gran utilidad para hacer las copias de seguridad.

Por el bajo precio y la alta capacidad, los usan muchos estudios de posproducción y emisoras de radio. En el caso de emisoras como Catalunya Ràdio, Radio Barcelona o Radio Nacional de España en Cataluña, un servidor informático central da servicio a decenas de estudios y terminales de redacción. Por eso, es conveniente salvar los programas que se tienen que emitir en discos magnetoópticos para liberar al máximo la ocupación del servidor central.

Los discos magnetoópticos de 3,5 pulgadas (7,6 centímetros) tienen una capacidad base de 650 megabytes –la misma que el CD-Audio–, que se puede ampliar hasta llegar a los 2,3 gigabytes.

El formato de 5,25 pulgadas (12,7 centímetros) tiene capacidades de 1,2, 2,6, 4,1 y 5,2 gigabytes.

Sony ha aplicado la tecnología de superresolución magnéticamente inducida (MSR) y ha hecho la grabación en surco y entresurco; de este modo, ha logrado multiplicar por catorce la capacidad inicial y ha llegado a los 9,1 gigabytes en un disquete MO.

En radiodifusión, como el sonido se comprime con una relación aproximada de 1:10, en el formato de 650 megabytes caben unas seis horas de sonido estereofónico por MO.

Disco magnetoóptico
© Sony Corporation

Akai, con el DD1000, fue una de las primeras marcas en diseñar un multipista modular de ocho pistas que empleó la tecnología MO. El Akai DD1500 sigue esta tradición y es un editor que puede grabar dieciséis pistas en el disco duro y ocho pistas en la unidad del disquete MO. Algunos estudios de música, como Beechpark Studios, de Dublín (Irlanda), usan dos DD1500 en paralelo y graban los discos empleando las treinta y dos pistas resultantes.

Akai DD1500
© Akai Musical Instrument Corp.

Resumen

- Un reproductor de MD permite la edición de etiquetas informativas para la identificación de las pistas, asimismo puede editar -cortar, unir, desplazar o borrar– todas las pistas de audio. Se usan mucho en reportajes radiofónicos.

- Los discos magnetoópticos tienen una capacidad que puede llegar a los 9 gigabytes.

2.3. Magnéticos de cabezal rotatorio

La cinta magnética de vídeo fue el primer soporte que se empleó para grabar el audio digitalmente. El primer aparato fue el PCM EIAJ F-1, presentado por Sony en 1977, que grababa en formato Betamax. Aquel sistema tuvo una gran popularidad dentro del campo profesional. A mediados de los años ochenta, muchos estudios tenían magnetoscopios Betamax para grabar audio digital. Además, el sistema era portátil.

2.3.1. DAT

La cinta de audio digital de cabezal rotatorio (R-DAT, *digital audio tape*) se presentó en 1983. Aun así, no se comercializó hasta el año 1987, con el modelo Sony DTC 1000 ES. Al año siguiente aparecía el primer equipo portátil, el Sony TCD-D10.

DAT
© TDK Recording Media

En un principio, el DAT se dirigía al mercado doméstico para sustituir la casete analógica. Los DAT de discográfica reproducían 80 minutos de música muestreada a 44,1 kilohercios.

Como el DAT tuvo inmediatamente un uso únicamente profesional, en 1989 marcas como Fostex, Sony, Digital Audio Technologies o Matsushita empezaron a presentar los primeros modelos profesionales que permitían trabajar con el código de tiempo SMPTE.

El formato trabaja con frecuencias de muestreo de 32, 44,1 y 48 kilohercios y cuantifica a 16 o 12 bits por palabra.

El DAT puede hacer grabaciones estereofónicas de dos horas a 48 kilohercios y 16 bits. Si se cuantifica a 12 bits se pueden hacer grabaciones de cuatro horas. La tercera opción es poder grabar durante una hora cuatro pistas con cuantificación de 12 bits. Y todavía existe una cuarta posibilidad, usar cintas de 7 micras de grosor y poder grabar tres horas.

Características del R-DAT

El R-DAT surgió a partir de la tecnología de grabación de audio en los magnetoscopios Betamax y U-MATIC. El cilindro rotatorio es como el de los vídeos, pero diminuto, de unos 30 milímetros. Este cilindro lleva dos o cuatro cabezales y gira a 2.000 revoluciones por minuto o a 1.000 revoluciones por minuto en el modo de larga duración.

La casete DAT también sigue el diseño de las de vídeo. Tiene una tapa frontal protectora y cuando está fuera del aparato las bobinas están bloqueadas. La casete es pequeña, 7,3 × 5,4 × 1,05 centímetros. El ancho de la cinta es de 3,81 milímetros y el grosor, de 13 micras. La cinta es de metal y, por lo tanto, de alta coercitividad (1.440 oersted). La cinta R-DAT tiene 60 metros.

Cada bloque de información tiene una secuencia de 288 bits. 256, agrupados en 32 palabras de 8 bits, llevan la información PCM y los códigos correctores. Los 32 restantes se usan así: 8 para la dirección del bloque, 8 de paridad, 8 de identificación y 8 de sincronización.

El DAT graba cuatro mil pistas por minuto. En cada pista se graban 4.096 bytes, de los que 2.912 son datos del audio y 1.189, de corrección de errores.

El formato DAT permite grabar en la cinta información de usuario, marcas de bloque y puntos de localización, entre otros. Las marcas se pueden buscar a una velocidad trescientas veces superior a la de lectura.

El formato DAT

El formato DAT solo puede editar si se dispone de un reproductor, de un grabador y de un editor, como cualquier formato de cinta videográfica. A comienzos de los noventa, Sony diseñó células de edición DAT (Sony RM-D7300, PCM-7030 y PCM-7050) e, incluso, algunos sistemas iban integrados en una maleta portátil. El éxito de la edición no lineal de sonido en ordenadores ha hecho que no tuvieran continuidad.

El DAT es uno de los estándares profesionales de grabación y transferencia de sonido estereofónico. Se usa mucho en grabaciones de sonido directo cinematográfico, en grabaciones de conciertos para ser emitidos por radio o como máster final de una grabación musical en estudio.

Uno de los modelos de DAT más empleados en los estudios profesionales es el Sony PCM-7040. Tiene cuatro cabezales y trabaja con código de tiempo.

Sony PCM-7040
© Sony Corporation

En cuanto a los modelos portátiles, uno de los más empleados es el Tascam DA-P1.

Tascam DA-P1
© TEAC Corporation

2.3.2. Nagra D

Los magnetófonos portátiles Nagra se convirtieron en el estándar de la grabación analógica de sonido directo exterior en el cine y en la radio.

En 1991, esta marca lanzó su primer aparato digital, el Nagra D, que grababa cuatro canales de audio en bobinas abiertas de cinta magnetofónica de un cuarto de pulgada (6,35 milímetros) mediante un cabezal rotatorio.

A finales de los noventa se presentó el Nagra D II.

Nagra D II de cabezal rotatorio
© Kudelski Group

El Nagra D II graba dos o cuatro canales con resolución de 24 bits y frecuencias de muestreo de 32, 44,1, 48, 88,2 y 96 kilohercios.

El tiempo máximo de grabación es de cuatro horas para dos canales y de dos horas para cuatro canales.

El Nagra D II se puede conectar a un PC con el programa Nadcom. Desde el ordenador, se pueden controlar los parámetros del aparato o indexar el material que se graba.

Este magnetófono digital funciona en perfecta sincronía con las cámaras de cine profesional. Por eso, se usa en trabajos de sonido directo cinematográfico. En los Estados Unidos, se utiliza bastante. Se ha grabado el sonido directo en Nagra D en películas como *Mark Twain's America* (formato IMAX 3D) o *Eyes Wide Shut* de Stanley Kubrick.

Características de Nagra D

- Velocidades de la cinta: 99,2 milímetros/segundo para 4 canales, a 48 kilohercios, o 2 canales a 96 kilohercios y 49,6 milímetros/segundo para 2 canales, a 48 kilohercios.
- Tiempo de grabación. Con bobina de 5 pulgadas (346 metros): dos canales, dos horas y cuatro canales, una hora. Con bobina de 7 pulgadas (692 metros): dos canales, cuatro horas y cuatro canales, dos horas.
- La relación entre señal y ruido es de 110 decibelios.
- La respuesta en frecuencia es de 20 hercios a 20 kilohercios +/- 0,5 decibelios.
- La distorsión armónica es inferior al 0,05%.
- El *wow and flutter* es negligible.
- La diafonía es de 80 decibelios.

Nagra D II
© Kudelski Group

2.3.3. Multipistas digitales modulares

Existen dos grandes formatos en competencia en el campo de los multipistas digitales modulares (*modular digital multitrack*):

- El ADAT, de Alesis

El formato ADAT, de Alesis

En 1991, Alesis presentó su multipista digital modular ADAT (*Alesis digital audio tape*), que grababa ocho pistas en cintas de S-VHS (1/2 pulgada). Cuando se digitaliza con la

máxima calidad, si se usan cintas S-VHS de dos horas, se pueden grabar 40 minutos de audio. Si la cinta es de tres horas, se puede llegar a los 53 minutos.

Se pueden interconectar en paralelo hasta dieciséis multipistas modulares para conseguir ciento veintiocho pistas totales, a pesar de que solo se puede operar en treinta y dos simultáneamente. En estos casos, los módulos están controlados por un control remoto BRC (*big remote control*).

Para grabaciones en directo se pueden conectar dos máquinas y aprovechar la función *continuous recording*: cuando la primera está a punto de acabar, la segunda empieza a grabar automáticamente.

Puede leer y generar código de tiempo SMPTE y MIDI.

Los primeros modelos de ADAT, tipo I, cuantifican a 16 bits y el muestreo lo hacen a 44,1 o 48 kilohercios. Los del tipo II, como el Alesis XT20, cuantifican a 20 bits.

© Alesis

- El DTRS, de Tascam

El formato DTRS, de Tascam

A comienzos de los noventa, Tascam presentó su sistema multipista digital modular en cintas de vídeo 8, el DTRS (*digital tape recording system*). Cada módulo tiene ocho pistas.

Uno de los primeros modelos, el Tascam DA-88, en cintas de Hi8 de 90 minutos, graba 115 minutos de audio, con una calidad de 16 bits y 48 kilohercios.

Se pueden conectar dieciséis máquinas en paralelo, pero de las ciento veintiocho pistas solo se puede trabajar simultáneamente con cuarenta y dos.

El Tascam DA 98 HR graba dos, cuatro u ocho pistas. Si se trabaja a 16 bits y 48 kilohercios se pueden usar las ocho pistas y, con cintas de Hi8 de dos horas, se pueden grabar 113 minutos de audio. Si se cuantifica a 24 bits y se hace el muestreo a 88,1 o 96 kilohercios, se pueden emplear cuatro pistas. Y si se opta por los 24 bits y 176,2 o 192 kilohercios, solo se dispone de dos pistas.

© TEAC Corporation

Los multipistas digitales modulares son aparatos bastante empleados en pequeños estudios de posproducción audiovisual para televisión o publicidad y en pequeños estudios de música. El ADAT, de Alesis, quizás es más popular en los estudios de música que trabajan en MIDI, mientras que el DTRS, de Tascam, se encuentra más en estudios de sonorización audiovisual. Pasados doce años desde su creación, la marca Alesis manifestaba haber vendido unas ciento diez mil unidades ADAT.

El formato ADAM

A comienzos de los noventa, Akai sacó al mercado el formato ADAM, un sistema multipista digital modular en formado vídeo de 8 milímetros. El Akai DR-1200 permitía grabar doce pistas. Sin embargo, la duración era breve, era de 17 minutos a 44,1 kilohercios y de unos 15 minutos a 48 kilohercios.

ADAM está en desuso y Akai ha sacado al mercado modelos en disco duro de ordenador.

© Akai Musical Instrument Corp.

Resumen

- El DAT es uno de los estándares profesionales de grabación y transferencia de sonido estereofónico. Se usa mucho en grabaciones de sonido directo cinematográfico, en grabaciones de conciertos para emitirlos por radio o como máster final de una grabación musical en estudio.

- El Nagra D graba cuatro canales de audio en bobinas abiertas de cinta magnetofónica de un cuarto con un cabezal rotatorio.

- Entre los multipistas digitales modulares hay dos grandes formatos en competencia: el ADAT, de Alesis, y el DTRS, de Tascam.

2.4. Magnéticos de cabezal estacionario

En la actualidad, dentro de los sistemas que usan la cinta magnética y el cabezal estacionario, solo hay uno que se siga empleando, el DASH.

A comienzos de los ochenta se ideó el diseño técnico del S-DAT (*stationary digital audio tape* o DAT de cabezal estacionario), que no se llegó a fabricar nunca. Y en 1991, Philips presentó su casete digital DCC (*digital compact cassette*), que una década después ya había desaparecido del mercado.

Características del formato S-DAT

El formato S-DAT tenía muchas de las características del R-DAT, pero se asemejaba más a la cinta analógica de casete. Nunca se comercializaron equipos en este formato.

Sí se vendieron aparatos y cintas DCC (*digital compact cassette*), un formato diseñado por Philips que se presentó en septiembre de 1991 en la Feria de Berlín.

El DCC tenía el mismo tamaño que las casetes analógicas. Por eso, un aparato DCC podía reproducir las casetes analógicas, con un cabezal específico, y podía grabar y reproducir digitalmente. Las cintas DCC permitían hacer grabaciones de 90 minutos, usando las dos caras, o de 120 minutos si se empleaba una cinta más fina.

La cinta DCC tenía 3,78 milímetros de ancho. La velocidad de paso era de 4,7 centímetros por segundo.

La grabación digital se hacía aplicando la compresión PASC (*precision adaptive subband coding* o codificación en subbandas con precisión en la adaptación). El sistema solo grababa las frecuencias y los niveles que estaban por encima del umbral de audición del oído humano.

A comienzos de los noventa se pusieron a la venta cintas DCC de discográficas.

2.4.1. El formato DASH

En 1978, apareció el primer magnetófono digital de audio de cabezal estacionario DASH (*digital audio stationary head*). Tenía dos pistas y empleaba cintas de un cuarto de pulgada. El primer magnetófono DASH, de veinticuatro pistas, se presentó en 1979. Este formato fue desarrollado por Sony en colaboración con Studer, AG, Matsushita y TEAC.

El ProDigi

La marca Otari, de Mitsubishi, puso a la venta en 1979 un magnetófono multipista profesional con un formato propio, el ProDigi (PD). Los había de dieciséis y de treinta y dos pistas.

Como el formato DASH fue aceptado por todos los grandes fabricantes de magnetófonos, el ProDigi pronto fue descatalogado.

El DASH trabaja con bobinas abiertas de cinta magnética, como las de los magnetófonos analógicos. Los hay de dos, ocho, dieciséis, veinticuatro y cuarenta y ocho pistas. Los cabezales de grabación y reproducción son independientes y esto permite hacer grabaciones digitales multipista en modo *syncro*.

Los magnetófonos DASH tienen tres **velocidades de trabajo**:

- **DASH FIH**. Formato rápido. En cintas de 1/2 pulgada, ocho, veinticuatro o cuarenta y ocho pistas de audio. Velocidad de la cinta: 76,2 centímetros/segundo (30 pulgadas/segundo) o 70,01 centímetros/segundo.

- **DASH MIQ**. Formato medio. En cinta de un cuarto de pulgada, cuatro pistas de audio. En cinta de 1/2 pulgada, doce o veinticuatro pistas. Velocidad de la cinta: 38,1 centímetros/segundo (15 pulgadas/segundo) o 35 centímetros/segundo.

- **DASH SIQ**. Formato lento. En cinta de un cuarto de pulgada, dos pistas de audio. Velocidad de la cinta: 19,05 centímetros/segundo (7,5 pulgadas/segundo) o 17,5 centímetros/segundo.

En la década de los ochenta, los DASH sustituyeron los magnetófonos multipista analógicos de veinticuatro o cuarenta y ocho pistas en los grandes estudios musicales. En Cataluña, el primer magnetófono DASH llegó en 1986.

Dos de los modelos más empleados en los estudios musicales son el Sony PCM-3348 y el Studer D 827 Mark II MCH. Ambos usan cintas de 1/2 pulgada y trabajan a 76,2 centímetros/segundo (30 pulgadas/segundo). Pueden grabar veinticuatro o cuarenta y ocho pistas cuantificadas a 16 o 24 bits y con una frecuencia de muestreo de 44,1 o 48 kilohercios. Estos magnetófonos tienen una particularidad: una cinta de 1/2 pulgada de veinticuatro pistas se puede leer en el formato de cuarenta y ocho pistas, dado que solo graba de la veinticinco a la cuarenta y ocho.

STUDER d827
© Studer Professional Audio AG

Resumen

Los magnetófonos multipista digitales DASH se encuentran en los grandes estudios musicales.

2.5. Otros dispositivos magnéticos

2.5.1. Los discos magnéticos Jaz

A mediados de los años noventa, aparecieron las unidades de discos magnéticos extraíbles Jaz, de uno y dos gigabytes. Un cartucho Jaz está formado por tres discos (*floppys*) de 3,5 pulgadas. Aceptan varias formas de conexión al ordenador, como USB, PCMCIA o puerto paralelo.

Se usan para trasladar grabaciones de un aparato a otro.

2.5.2. Exabyte

El sistema graba hasta 20 gigabytes de datos con la tecnología de reproducción en tiempo real en cintas magnéticas de 8 milímetros.

2.6. Ordenadores

En la década de los noventa, se produjeron cuatro factores que explican la implantación de los ordenadores como herramienta fundamental del trabajo audiovisual:

1) El incremento considerable en la velocidad de los microprocesadores.

2) El aumento espectacular en la capacidad de los sistemas informáticos, a la vez que el tamaño se reducía considerablemente.

3) El desarrollo de los sistemas de compresión de audio.

4) El gran uso de las redes informáticas.

Mientras que las prestaciones de los ordenadores crecían, los precios cada vez eran más competitivos en comparación con los de los demás formatos de audio. Esto hizo que el ordenador se usara para grabar, editar, reproducir y mezclar. Un único aparato integraba todas las funciones necesarias. Así aparecieron las estaciones de trabajo de audio digital, *digital audio workstations* (DAW).

En un disco duro de 360 megabytes se pueden almacenar 60 minutos de sonido monofónico o 30 minutos de sonido estéreo, sin comprimir.

2.6.1. Estaciones de trabajo de audio digital

El nacimiento de las estaciones de trabajo de audio digital lo encontramos en la segunda mitad de la década de los ochenta.

Las primeras estaciones de audio digital

El Opus de Lexicon se presentó en octubre de 1986 en la SMPTE Convention de Nueva York y fue una de las primeras estaciones de audio digital que permitía el control manual de todas las funciones. Tenía doce canales de entrada y disponía de unos 4 gigabytes. Cada canal tenía cuatro bandas de ecualización. También tenía un editor y un monitor incorporado. En 1987, costaba treinta millones de pesetas. En Barcelona, el estudio Pro-Digi, en 1992, hizo la mezcla del programa resumen de la clausura de los Juegos Olímpicos de Barcelona para la Radiotelevisión Olímpica (RTO) con un Opus.

Otro de los primeros en abrir el campo de las estaciones de audio con control manual fue el editor Audio File, que trabajaba con la mesa Logic, de Advanced Music System. A finales de los ochenta, la BBC usaba una cincuentena para la posproducción de televisión.

En cuanto a los sistemas que solo se podían manipular mediante la pantalla del ordenador, los que tuvieron más aceptación a finales de los ochenta fueron Screen Sound, de Solid State Logic y Quantel; Soundscape, de Soundscape Digital Technology, y Sound Tools, de Digidesing, presentado en 1989 y que poco después se llamaría *Pro Tools*.

Hay dos grandes familias de estaciones de trabajo de audio digital: las que lo hacen todo con software, conocidas en inglés con el nombre de *native digital audio editors* (*native DAW*), y las que, además, usan hardware, conocidas en inglés como *hands-on control DAW*.

Simplificando, podemos decir que las estaciones de audio que solo usan software se comunican con el usuario fundamentalmente por la pantalla del ordenador y el ratón, mientras que las que incorporan hardware permiten el control manual del sistema informático con potenciómetros, pulsadores o *faders*, entre otros. Conservan el aspecto de los aparatos analógicos, a pesar de que sean ordenadores. Algunos sistemas permiten escoger una forma de trabajar u otra. Por lo general, las DAW que solo usan el ordenador y la pantalla son más baratas que las otras.

Cada vez existen más herramientas de sonorización asistidas por ordenador. Unas están diseñadas para la posproducción audiovisual y las otras, pensadas para los entornos musicales MIDI, mientras que otro grupo se ha hecho a medida para la radiodifusión. Seguidamente recogemos algunas de las más representativas.

Estaciones de audio de control manual *hands-on control DAW*

El sistema **Pro Tools**, de Digidesing –una división de la marca de editores de vídeo Avid–, es uno de los más empleados en los estudios profesionales de posproducción sonora. Se presentó en 1989 con el nombre inicial de Sound Tools y funcionaba en el ordenador Apple Mac II.

Pro Tools recibió el premio Grammy en el año 2001 en la categoría técnica "por haber revolucionado la grabación musical y haber roto los límites de la edición y la mezcla sonora".

Lecturas complementarias

Algunos manuales dedicados al Pro Tools son los siguientes:

J. Valenzuela (2002). *The Complete Pro Tools Handbook*. San Francisco: Backbeat Books.

M. E. Collins (2001). *Pro Tools for Music Production: Recording, Editing, and Mixing*. Oxford: Focal Press.

Pro Tools y Sound Tools

Una quincena de los estudios musicales que figuraban en la*European Studio Guide* en 1992 en Europa trabajaban con Pro Tools y una treintena, con Sound Tools.

Aquel año, en el Estado español:

- Un sistema completo de Pro Tools para la posproducción audiovisual costaba 1.975.963 pesetas (11.875,78 euros), con IVA.
- El Pro Tools basic (Pro Deck, Pro Edit, Audio Cardo, Audio Interface) costaba 885.000 pesetas (5.318,96 euros).
- El Disco Pro Store de 1,02 gigabytes valía 780.000 pesetas (4.687,89 euros).
- El Sound Designer II PT costaba 125.000 pesetas (751,27 euros).
- Una Time Code Machine valía 31.500 pesetas (189,32 euros).

La marcha de entrada de los atletas de los Juegos Olímpicos de Barcelona 92 se editó y se procesó con el Sound Tools.

La versión más completa es el **Pro Tools HD**, que permite trabajar con ciento veintiocho pistas simultáneas en grabación o reproducción a 48 kilohercios y llegar a una calidad máxima de 24 bits/192 kilohercios si no se usan todas las pistas.

El Pro Tools HD tiene varias configuraciones que combinan el módulo HD Core y la tarjeta HD Process. Cada módulo HD Core tiene treinta y dos canales de entrada/salida y permite trabajar con noventa y seis pistas a 48 o 44,1 kilohercios, cuarenta y ocho pistas a 96 kilohercios o doce pistas a 192 kilohercios. La tarjeta HD Process es la que permite superar estas prestaciones y tener ciento veintiocho pistas a 48 kilohercios, sesenta y cuatro pistas a 96 kilohercios o veinticuatro pistas a 192 kilohercios.

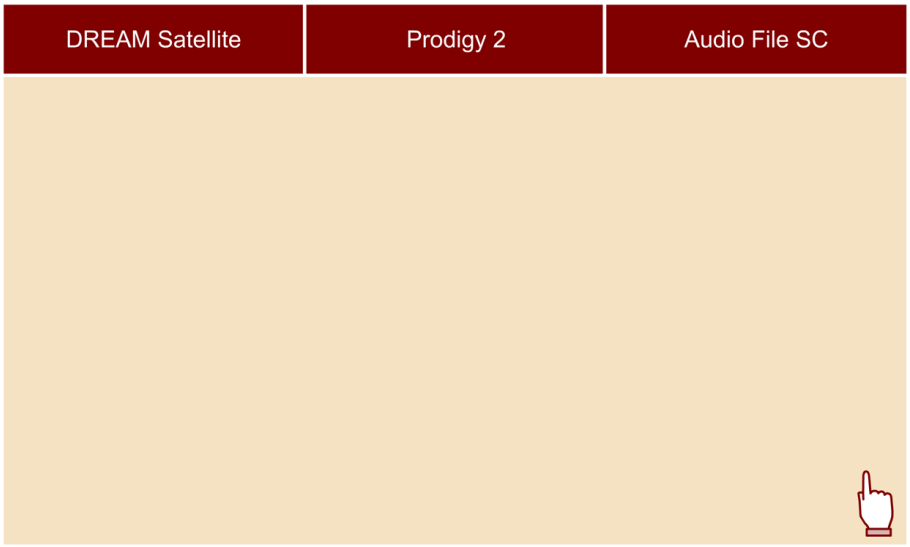
Otra tarjeta del sistema es la DSP, que lleva nueve chips de 100 megahercios y procesa los efectos de sonido en tiempo real.

La segunda versión profesional es el **Pro Tools 24 MIX**, que permite trabajar con sesenta y cuatro pistas simultáneas (y ciento veintiocho virtuales) a 24 bits/48 kilohercios. En la Red, encontraréis más información técnica sobre el sistema Digidesign.

Pro Tools 1
© Digidesign, a division of Avid Technology, Inc.

Otras estaciones de audio de control manual para la posproducción audiovisual o la música

Pro Tools 2
© Digidesign, a division of Avid Technology, Inc.



8 9 10

(8)

(9)

(10)

Estaciones de audio mediante software *native DAW*

Si existe una gran variedad de modelos de estaciones de audio de control manual *hands-on control DAW*, cuando llegamos a los sistemas que solo usan el ordenador y la pantalla y que lo hacen intermediando un programa (*native DAW*), el número de productos que hay en el mercado todavía es mayor.

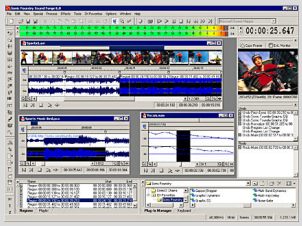
11 12 13 14 15 16

(11)

Cool Edit EDITOR
© Syntrillium Software Corporation

Cool Edit MULTIPISTA
© Syntrillium Software Corporation

(12)



Soundforge
© Sonic Foundry, Inc.

(13)

AXS Noticias
© Scott Studios Corp.

(14)

La Dalet Plus
© Dalet Digital Media Systems

2.6.2. Grabadores en disco duro extraíble

Se empiezan a fabricar aparatos que graban el sonido sobre discos duros en miniatura. Algunos grabadores y reproductores de MP3 de gran capacidad los usan.

Entre las tarjetas de memoria existe una, la Micro Drive (MD), que a pesar de que tenga el tamaño de una Compact Flash II, de 5 milímetros, contiene un disco duro en miniatura.

Nagra V
© Kudelski Group

Dentro de los productos profesionales, el Nagra V graba dos canales de audio en un pequeño disco duro, de 2,5 pulgadas, que se puede extraer. Es un aparato portátil diseñado para grabaciones de sonido directo en exteriores que puede trabajar con código de tiempo. Graba el audio con una calidad muy alta, de 16 o 24 bits y 44,1, 48 o 96 kilohercios de frecuencia de muestreo. Por cada gigabyte puede grabar aproximadamente una hora de sonido estereofónico, a 24 bits y 48 kilohercios. Como el disco duro en miniatura que usa tiene 20 gigabytes, puede grabar 20 horas.

(15)

La Mar4Win
© AEQ Aplicaciones Electrónicas Quasar, SA

2.6.3. Multipistas digitales en disco duro

Las grandes capacidades que tienen los discos duros de ordenador han provocado que los fabricantes empiecen a producir multipistas modulares basados en este sistema de almacenamiento, los multipistas digitales en disco duro (*hard disk multitrack recorders*). Cada vez hay más productos que usan esta tecnología y menos que utilizan las cintas magnéticas.

(16)

AXS 1
© Scott Studios Corp.

17 18 19 20

(17)

ADAT HD24
© Alesis

(18)

Master Link ML-9600
© Alesis

(19)

Tascam MX-2424
© TEAC Corporation

(20)

HDR 24/96
© Mackie Designs Inc.

Resumen

- Existen dos grandes familias de estaciones de trabajo de audio digital (DAW), las que lo hacen todo con software o *native DAW* (*native digital audio editors*) y las que, además, usan hardware o *hands-on control DAW*.

- En un único aparato se integran todas las funciones necesarias para la grabación, la posproducción y la mezcla de audio.

- Dos de los primeros grabadores sobre discos duros miniatura son la tarjeta Micro Drive (MD) y el Nagra V.

- Cada vez hay más modelos multipistas digitales en disco duro y menos en cintas magnéticas.

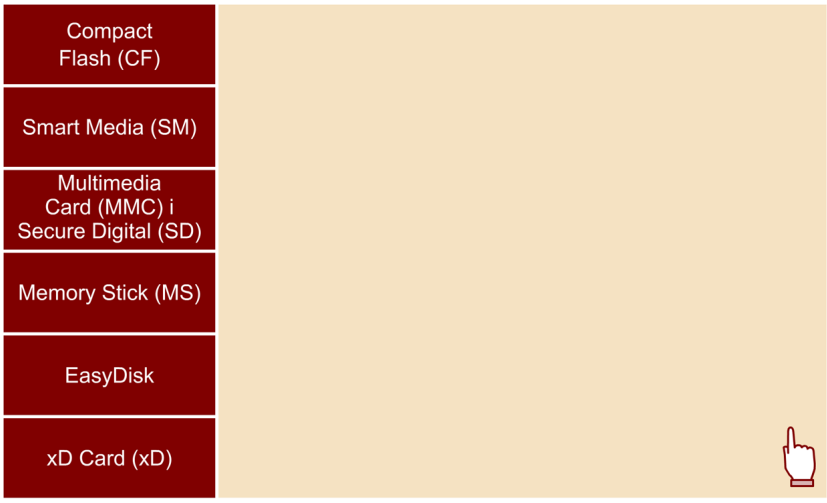
2.7. Grabadores en memorias de estado sólido o tarjetas de memoria

La asociación PCMCIA (Personal Computer Memory Card International Association) se creó en 1989 para desarrollar estándares de dispositivos de entrada/salida y de memoria que tuvieran el tamaño de una tarjeta de crédito para ordenadores portátiles o de bolsillo. Más adelante estas tarjetas de entrada/salida o memoria fueron llamadas tarjetas de ordenador. Su funcionamiento se basa en las propiedades del silicio para almacenar información.

Estas memorias, pequeñas y extraplanas, han tenido bastante aplicación en los aparatos portátiles grabadores y reproductores de archivos de sonido MP3 o WMA (Windows Media Audio). En estos formatos, como el sonido está comprimido, una hora de sonido puede ocupar unos 32 megabytes, aproximadamente.

En la actualidad, el límite de capacidad de las PCMCIA está en 4 gigabytes. En el mercado, existen varios formatos.

Varios formatos de PCMCIA



De los grabadores profesionales en memorias de estado sólido destacan los productos de Nagra de la serie Ares. La unidad Ares C es un aparato portátil diseñado para los reportajes periodísticos radiofónicos. Este dispositivo trabaja conjuntamente con la unidad C-PP en el estudio. Si se usa en mono se pueden conectar dos micrófonos independientes. El Ares C, además de grabar,

Unidad Ares C
© Kudelski Group

también permite hacer ediciones. Usa tarjetas Compact Flash. En una de 192 megabytes, graba unas tres horas de sonido comprimido estereofónico. Puede hacer el muestreo a 16, 32, 44,1 o 48 kilohercios.

El Ares P es un grabador de mano con micrófono incorporado que se puede interconectar con el resto de aparatos de la serie.

En cuanto a los grabadores y reproductores domésticos, la gama de productos es muy extensa. El primero de la serie fue el RIO PMP 300, de Diamond Multimedia, presentado en 1999. Grababa una hora de música en una tarjeta Compact Flash de 32 megabytes.

Unidad Ares P
© Kudelski Group

Resumen

- Las tarjetas de memoria de estado sólido tienen en la actualidad un límite de capacidad de 4 gigabytes.

- Existen varios formatos. El más empleado en audio es el Compact Flash.

3. El MIDI

El MIDI apareció en diciembre de 1982 a partir de una idea de Dave Smith, de la empresa Sequential. El primer sintetizador MIDI fue el Prophet 600 y el primer software, el Master Tracks, de Passport Design.

La norma MIDI (*musical instrument digital interface*) se definió en 1984 como un estándar universal y representó la entrada del audio en el mundo digital por el camino de la música y de los músicos. Ellos fueron los primeros en usar herramientas digitales.

La norma MIDI es una interfaz digital para instrumentos musicales.

En un principio, el MIDI solo fijaba unos parámetros para que los instrumentos digitales se pudieran entender entre sí y con los ordenadores. Pero desde el año 1986 existe el código de tiempo MIDI (*MIDI time code* o MTC).

La señal MIDI

Con un conector DIN de cinco puntas podemos recibir o emitir información por MIDI. Cada instrumento dispone de tres conectores: *in*, *out* y *thru*, que deja pasar la señal sin más.

La señal de MIDI no transmite solo la nota musical, sino que también transmite cómo se toca, por ejemplo la intensidad y la duración. Las interfaces MIDI trabajan a 31,25 megabytes. La información que se envía es aproximadamente de 31 kilobytes por segundo.

Cuando en un sintetizador se pulsa una tecla se envían tres bytes. El primero da el código de empezar una nota (*note on*) y por qué canal se envía la información; el segundo indica cuál es la nota que tiene que empezar a sonar, y el tercero, la fuerza con la que tiene que sonar.

Con el paso del tiempo, dentro del término MIDI se han reunido una gran cantidad de instrumentos electrónicos, softwares, sistemas de grabación y edición, entre otros. El MIDI es un universo completo que facilita la creación musical a personas que, incluso, no saben de música. Algunos de los grandes fabricantes de productos MIDI son Korg, Roland, Yamaha, Cakewalk y Steinberg.

Estudio BR 1180
© Roland Corporation

Con los sintetizadores y muestreadores (*samplers*) un músico lo puede hacer casi todo él solo. El MIDI ha comportado, por ejemplo, el fin de los músicos de sesión de estudio, habituales hasta la década de los ochenta. El compositor o intérprete de la pieza puede grabar, editar, mezclar y masterizar su obra musical en un CD-R.

La secuenciación MIDI

El protocolo MIDI incorpora un reloj que envía una cadena de pulsos continuos veinticuatro veces cada cuarto de nota. La secuenciación MIDI se basa en la estructura musical de compases y tiempos musicales y no en el tiempo real y los *frames* que utiliza el sector audiovisual.

Después se incorporaron los MIDI Song Position Pointers, que contaban, desde el principio de la canción, el número de MIDI Clocks en bloques de seis. Con los SPP se podía llevar el máster a un punto y todos los instrumentos esclavos también iban ahí.

Con la utilización del código de tiempo SMPTE/EBU se desarrollaron unos conversores en MIDI Clock y en Song Position Pointers.

El MIDI ha transformado la composición y la interpretación musical.

3.1. Los sintetizadores

Los sintetizadores son teclados, de unas cinco octavas, que ofrecen muchos sonidos diferentes. Pueden sonar como una trompeta, una guitarra o un piano, entre otros.

En algunos sintetizadores se pueden tener asociados dos sonidos diferentes en la misma tecla. Según la presión que se ejerza, sonará uno o el otro.

Roland Teclado A37
© Roland Corporation

La síntesis electrónica

El concepto electrónico de síntesis se basa en la definición siguiente:

"Cualquier forma de onda se puede obtener como una combinación de ondas sinusoidales que correspondan a los valores de las frecuencias armónicas, siempre que respeten la proporción correcta. Es decir, toda onda compleja se puede descomponer en una fundamental, que fija el tono, y en una serie de ondas armónicas de diferentes amplitudes".

Por ejemplo, para obtener una buena onda cuadrada de 1.000 hercios se necesitan unas veinte ondas sinusoidales, es decir, hay que considerar hasta el armónico 41. Necesitaremos ondas sinusoidales de 1 a 40 kilohercios.

3.2. Unidades o cajas de ritmos

Las unidades o cajas de ritmos permiten reproducir electrónicamente los sonidos de una batería y otros instrumentos de percusión.

Unidad de ritmo TD 10
© Roland Corporation

3.3. Muestreadores

Un muestreador permite grabar sonidos reales y almacenarlos digitalmente para poderlos manipular desde un sintetizador. Por otro lado, se utilizan mucho en la creación de efectos de sonido para audiovisuales.

AKAI Z8
© Akai Musical Instrument Corp.

3.4. Módulo de sonido

El módulo de sonido recoge las órdenes del ordenador y las reproduce musicalmente.

Módulo de sonido XV 5080
© Roland Corporation

3.5. Secuenciadores

Un secuenciador controla la reproducción de todas las pistas y la duración de la interpretación. Es decir, podemos entrar una serie de notas lentamente y acelerar la reproducción.

Pero, además, se puede interpretar una pieza y el secuenciador apunta qué notas se han tocado, con qué intensidad y con qué tempo.

Resumen

- Con el MIDI, un músico puede componer, grabar, editar, mezclar y masterizar su obra musical.

- El MIDI ha transformado la composición y la interpretación musical.