

Aparells de so digital

Cinto Niqui i Espinosa

PID_00194452



Els textos i imatges publicats en aquesta obra estan subjectes –llevat que s'indiqui el contrari– a una llicència de Reconeixement-NoComercial-SenseObraDerivada (BY-NC-ND) v.3.0 Espanya de Creative Commons. Podeu copiar-los, distribuir-los i transmetre'ls públicament sempre que en citeu l'autor i la font (FUOC. Fundació per a la Universitat Oberta de Catalunya), no en feu un ús comercial i no en feu obra derivada. La llicència completa es pot consultar a <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/legalcode.ca>

Índex

| | |
|---|----|
| Objectius | 5 |
| 1. Interfícies digitals | 7 |
| 1.1. Protocols de connexió | 7 |
| 1.2. Entrades i sortides d'àudio digital | 7 |
| 1.3. Targetes de so | 9 |
| 2. Suports d'àudio digital | 12 |
| 2.1. Òptics | 12 |
| 2.1.1. CD-DA | 12 |
| 2.1.2. CD-R | 14 |
| 2.1.3. CD-RW | 16 |
| 2.1.4. CD-R 8 cm, CD-RW 8 cm (CD 3) | 16 |
| 2.1.5. SACD | 17 |
| 2.1.6. DVD-A | 18 |
| 2.1.7. DVD-R | 19 |
| 2.2. Magnetoòptics | 20 |
| 2.2.1. Mini Disc | 20 |
| 2.2.2. Disquets magnetoòptics | 21 |
| 2.3. Magnètics de capçal rotatori | 22 |
| 2.3.1. DAT | 23 |
| 2.3.2. Nagra D | 24 |
| 2.3.3. Multipistes digitals modulars | 25 |
| 2.4. Magnètics de capçal estacionari | 27 |
| 2.4.1. El format DASH | 28 |
| 2.5. Altres dispositius magnètics | 29 |
| 2.5.1. Els discos magnètics Jaz | 29 |
| 2.5.2. Exabyte | 29 |
| 2.6. Ordinadors | 29 |
| 2.6.1. Estacions de treball d'àudio digital | 29 |
| 2.6.2. Enregistradors en disc dur extraïble | 32 |
| 2.6.3. Multipistes digitals en disc dur | 33 |
| 2.7. Enregistradors en memòries d'estat sòlid o targetes de memòria | 34 |
| 3. El MIDI | 36 |
| 3.1. Els sintetitzadors | 37 |
| 3.2. Unitats o caixes de ritmes | 37 |
| 3.3. Mostrejadors | 37 |
| 3.4. Mòdul de so | 37 |
| 3.5. Seqüenciadors | 38 |

Objectius

- 1.** Saber totes les interfícies i connexions que es fan servir en les entrades i sortides dels aparells digitals.
- 2.** Conèixer tots els aparells que poden formar part de la cadena de so digital.
- 3.** Tenir unes nocions generals dels elements principals que el formen i de les seves possibilitats creatives.

1. Interfícies digitals

1.1. Protocols de connexió

L'amplada de banda del so digitalitzat és de l'ordre del megahertz. Per això els requisits que han de complir les seves connexions són més pròxims als de la imatge que als del so analògic.

Hi ha diversos protocols dissenyats per a la connexió digital entre aparells d'àudio. Els uns només operen amb senyals mono o estèreo, com l'AES/EBU o l'S/PDIF (IEC 958), i els altres, amb senyals multicanal, com el MADI, el TDIF o l'ADAT.

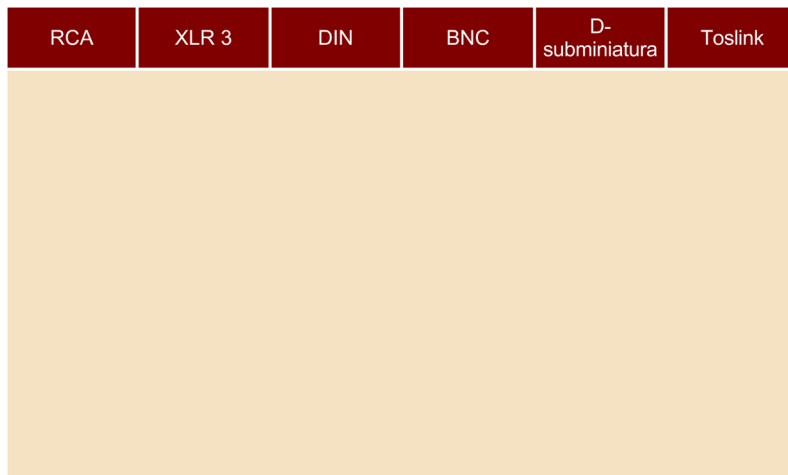


1.2. Entrades i sortides d'àudio digital

Connectors

Per a garantir una bona connexió en so digital, sempre és convenient fer servir els connectors de gamma alta.

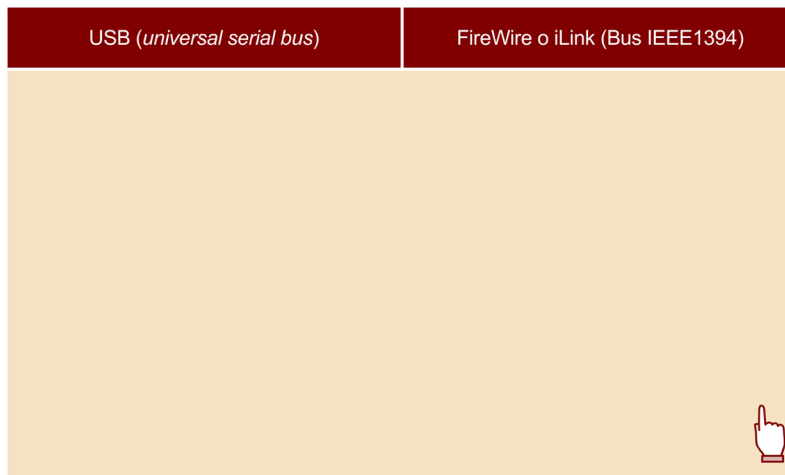
Els models per a cable emprats són RCA, XLR 3, DIN, BNC i D-subminiatura. Per a fibra òptica es fa servir el Toslink.



Busos en sèrie

Els busos informàtics són el conjunt de línies de transmissió de dades que comuniquen els diferents dispositius que componen un ordinador o els diversos nodes d'una xarxa d'àrea local. Permeten de fer connexions multicanal punt a punt senzilles, cosa que evita l'ús de molts cables.

Darrerament han proliferat els busos en sèrie, perquè són més econòmics i necessiten menys espai que els busos en paral·lel. A més, els cables dels busos en paral·lel tenen més problemes d'interferències entre els fils i han de tenir un diàmetre més gran, que en fa la fabricació més cara.



1 2 3

1.3. Targetes de so

Les targetes de so actuen com a interfícies d'entrada i sortida d'àudio digital o dels protocols MIDI. N'hi ha moltes: des de les que són de la mida d'una targeta de crèdit (*PC card*), fins a les que van muntades dins de mòduls de so. Els preus i qualitats també són ben diversos.

Alguns fabricants de targetes d'àudio

Algunes de les marques que fabriquen targetes d'àudio són Lexicon, M Audio Delta, Creative Labs, Diamond, Digidesign, Roland, Soundscape, Terratec, Mackie, TC Works, Videologic, Hercules, Yamaha, Korg, Motu o Echo Audio.

La història d'aquests dispositius ens porta des de les targetes Sound Blaster SB 16 ISA, passant per les targetes que incorporen la connexió interna amb el microprocessador PCI, fins a arribar a les externes, muntades en complets mòduls de so, com la Layla 24, d'Echo Audio.

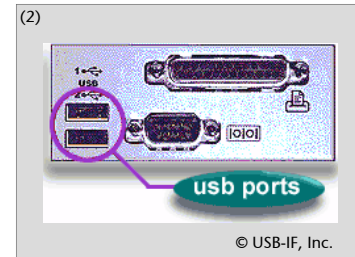
Les primeres targetes d'àudio

Les primeres targetes d'àudio treballaven amb el sistema ISA (*industry standard architecture*) d'interconnexió entre el microprocessador i les ranures. La connexió d'alta velocitat va arribar amb el sistema PCI (*peripheral component interconnect*), que processa 32 bits a la vegada amb connexions de cent vint-i-quatre pins, i 64 bits amb cent vuitanta-vuit pins.

Les targetes actuals treballen a 96 kHz i 24 bits. Les dinàmiques dels convertidors d'analògic a digital i de digital a analògic oscil·len entre els 100 i els 110 dB. Totes inclouen diverses entrades i sortides analògiques i digitals, incloent-hi les MIDI –normalment porten entre quatre i deu entrades.

La transferència d'àudio multicanal

Un avenç en l'aprofitament màxim de les entrades i sortides de les targetes de so és el programa per a la transferència d'àudio multicanal ASIO (*audio stream input/output*), desenvolupat per Steinberg. L'usuari que té una targeta que incorpora l'ASIO pot configurar, quan enregistra o reproduïx, tots els ports que tingui aquesta targeta com a entrades o sortides. Amb una targeta que tingués dues entrades i dues sortides podria enregistrar quatre canals i reproduir-ne quatre simultàniament. L'ANSIO 2.0 també permet de millorar la mescla de so envoltant en temps real, amb un temps d'espera inferior als 2 mil·lisegons.



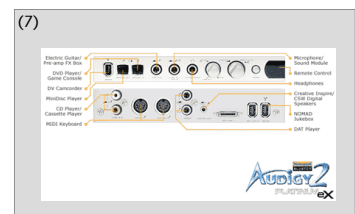
De les moltes targetes de so que hi ha al mercat, n'esmentem un parell que es venen muntades en mòduls externs. La primera és de Creative Labs i la segona, de Digidesign.

La **Sound Blaster Audigy 2 Platinum eX** té el certificat THX. Pot enregistrar o reproduir so amb una resolució de 24 bits i 96 kHz. L'entrada especial per a DVD-àudio reproduceix el so a 24 bits i 192 kHz. La seva dinàmica és d'uns 105 dB. Porta el bus de connexió FireWire. Inclou programari per a millorar la reproducció d'MP3 (Creative MediaSource) i la sensació de so envoltant (Eax Advanced HD).



© Creative Technology Ltd.

4 5 6 7



La **Digi 001** és un sistema dissenyat per a entorns MIDI. Està format per un complet mòdul de so extern i una targeta interna Digi 001 PCI. Treballa amb el programari Pro Tools LE. Té vuit entrades/sortides analògiques; vuit canals d'entrada/sortida ADAT Lightpipe; una entrada/sortida S/PDIF, i connectors MIDI In/Out. Inclou dos preamplificadors, amb alimentació fantasma per a micròfons i connectors d'efectes de so en temps real.



© Creative Technology Ltd.

Al mercat també hi ha targetes d'àudio especialitzades a subministrar connectors d'efectes de so, com ara la UAD-1 DSP, de Mackie Inc.; la TC Power, de TC Works, i les TDM, HTDM o Project Studio, totes tres de Digidesign, per a Pro Tools.

I acabem el repàs a les interfícies amb les targetes d'ordinador (*PC card*), abans anomenades *PCMCIA*.

La PCMCIA

L'associació PCMCIA (Associació Internacional de Targetes de Memòria per a Ordinadors Personals; en anglès, Personal Computer Memory Card International Association) es va crear l'any 1989 per a desenvolupar estàndards de dispositius d'entrada/sortida o de memòria que tinguessin la mida d'una targeta de crèdit, per a ordinadors portàtils o de butxaca. Més endavant aquestes targetes d'entrada/sortida o memòria van ser anomenades *targetes d'ordinador*.

La ranura d'una targeta d'ordinador té 68 pins. El tipus II és la que es pot fer servir per a connectar mòdems, xarxes d'àrea local i interfícies per a petits sistemes informàtics, *SCSI (small computer system interface)*. La interfície en paral·lel SCSI és un estàndard de l'ANSI (Institut Americà de Normalització Nacional; en anglès, American National Standards Institute). La versió Ultra-2 SCSI per a busos de 16 bits pot transferir dades a 80 MB per segon; la Ultra 3 SCSI arriba als 160 MB per segon. Totes dues permeten llargades de cable de fins a dotze metres.

Resum

- L'amplada de banda del so digitalitzat és de l'ordre del megahertz.
- Els connectors de gamma alta garanteixen una bona connexió en so digital.
- Els busos informàtics permeten de fer connexions multicanal punt a punt senzilles i eviten l'ús de molts cables.
- Les targetes de so actuen com a interfícies d'entrada i sortida d'àudio digital o dels protocols MIDI.

2. Suports d'àudio digital

Si es fa un mostratge per sobre dels 44,1 kHz i es quantifica el senyal en 16 bits o més, els suports d'àudio digital presenten les característiques generals següents:

- Resposta en freqüència molt plana, de 20 Hz a 20 kHz \pm 0,1 dB.
- Dinàmica d'uns 100 dB o més.
- Distorsió harmònica molt baixa, inferior al 0,01%.
- Diafonia molt alta, superior als 90 dB.
- Fluctuació de velocitat (*wow & flutter*) negligible.

Els suports professionals més moderns treballen amb freqüències de mostratge de 96 a 192 kHz i empren 24 o 32 bits per paraula en el moment de quantificar.

Aquests valors, a banda d'estar justificats per a poder manipular l'àudio més bé, donen una reproducció sonora molt natural, especialment en aguts. Alguns audiòfils notaven que els primers formats de so digital sonaven massa metàl·lics pel processament i el filtratge que aplicaven. A 44,1 kHz, les freqüències harmòniques d'alguns instruments de metall, com els címbals, que arriben als 22 kHz, no es poden reproduir bé, mentre que a 96 o 192 kHz, sí.

2.1. Òptics

En aquest apartat repassarem breument tots els formats d'àudio en discos òptics.

2.1.1. CD-DA

Els discos compactes d'àudio, CD-DA (*compact disc digital audio*), desenvolupats per Philips i Sony, es van presentar l'any 1980. L'any 1982 es van comercialitzar els primers reproductors. Al cap de vint anys, Sony xifrava en sis-cents milions el nombre de reproductors de CD a tot el món.

El format òptic representava una gran novetat, perquè per primera vegada el suport no tenia contacte físic amb el dispositiu de lectura.

El CD treballa amb una freqüència de mostratge de 44,1 kHz i quantifica a 16 bits. Té 12 centímetres de diàmetre i pot emmagatzemar uns 650 MB. Reprodueix 74 minuts d'àudio estereofònic.

Lectura recomanada

Trobareu més dades tècniques sobre els suports òptics en el temari de l'assignatura de la UOC *Fonaments de tecnologia audiovisual*.



El dispositiu de lectura del CD

Per a llegir el CD es fa servir un raig làser (*light amplification by the stimulated emission of radiation*) d'arsenur de gal·li (ArGa), d'uns 2 MW. El làser és monocromàtic i té una longitud d'ona única. Si la lectura es fes amb llum blanca, no seria tan precisa.

El raig làser travessa un prisma semireflectant i unes lents d'enfocament i arriba a la superfície del disc. Si el forat està tapat, la llum del làser es reflecteix, travessa un altre prisma i un díode la capta. Si el forat no està tapat, la reflexió de la llum és mínima i el raig de retorn es desenfoca, per tant, el díode no capta res. Així és com el díode capta el senyal electrònic binari que conté la superfície del CD.

El CD té els forats ordenats en forma d'espiral. L'espiral comença al centre del disc. Si s'estirés en línia recta tindria una llargada d'uns 5.300 metres. El CD conté 20.625 pistes.

Per a mantenir la lectura constant, la velocitat angular del disc varia de 228 rev/min, al centre, a 568 rev/min en el perímetre. La velocitat lineal de lectura és constant: 1,25 m/seg.

La lectura del CD es fa del centre a la perifèria. El primer que el reproductor de CD llegeix és la taula de continguts del volum (*table of contents*, TOC). El final de la lectura també està marcat per uns codis especials.

L'any 1996 va aparèixer el **CD-Plus** o **CD-Extra**, que afegeix a les pistes d'àudio algunes pistes de dades o d'imatges. Aquest format és compatible amb el CD-DA pel que fa a l'àudio. Per a veure les imatges –videoclips, informació dels intèrprets, etc.– es necessita un lector de CD-ROM.

Actualment, per la gran popularitat que han assolit els sistemes de compressió MP3 o WMA (Windows Media Audio), molts lectors de CD fixos i portàtils incorporen la lectura d'aquests formats d'àudio tan habituals a Internet. En un CD-R es pot arribar a tenir 10 hores d'àudio comprimides MP3 o WMA. Aquests reproductors també permeten la lectura sense problemes dels CD-R (gravables) i CD-RW (regravables). Fins i tot poden llegir un CD-R abans que la sessió d'enregistrament estigui tancada. Els aparells portàtils d'aquesta mena es coneixen com a **digital jukebox**.

Els reproductors antics no poden llegir els CD-R fins que no s'ha completat tot el procés d'enregistrament i tancament del CD, i els CD-RW no els poden llegir.

Hi ha diversos **models de reproductors de CD professionals**. Els uns són dissenyats per als estudis de postproducció audiovisual, ràdio o televisió, i els altres s'adapten per als treballs dels discjòqueis (DJ). Es caracteritzen perquè poden seleccionar un fragment determinat amb molta precisió –mitjançant un *shuttle* o pulsadors i tenen un temps d'arrencada instantani –de menys de 10 mil·lisegons.

Sistemes de càrrega de CD automàtica

Al final dels vuitanta, en la radiodifusió professional especialitzada en les fórmules musicals es van començar a automatitzar les emissores amb grans sistemes d'autocàrrega de CD.

Per exemple, l'any 1988 el sistema Sony CDK-006 permetia de posar seixanta CD en cada màquina i accedir, sense manipulació, a unes mil pistes. L'empresa Mediatouch va desenvolupar el sistema Touchstone, que permetia de controlar diversos d'aquests sistemes de càrrega automàtica.

Mojo 620 de TDK

El Mojo 620 de TDK és un dels molts aparells **digital jukebox** que hi ha.



Mojo 620 de TDK
© TDK Recording Media

Amb l'augment de la capacitat dels ordinadors i el desenvolupament dels sistemes de compressió d'àudio, aquests sistemes ja no tenen sentit perquè es poden guardar milers de temes musicals en un disc dur. El sistema ocupa molt menys espai, és més barat i permet més variants en l'automatització de la reproducció.

En un estudi de ràdio o televisió hi ha generalment tres reproductors de CD:

1) En radiodifusió es fa servir molt el **Denon DN-951FA**, que obliga a posar el CD en una carcassa de plàstic per a llegir-lo.

2) Alguns fabricants, com Pioneer, encara tenen models multicàrrega de CD, que ara també poden llegir DVD i CD-R. El Pioneer DV-F727 pot carregar i accedir a tres-cents un discos.

3) Per a treballs audiovisuals professionals, Denon té el **model DN-C680**, que pot treballar en sincronia amb un editor de vídeo, mitjançant el codi de temps SMPTE.

Els **reproductors de CD per a DJ** moltes vegades són dobles. Alguns fins i tot ja van muntats en mòduls que incorporen el mesclador i les unitats d'efectes. Tots porten *jogs* per a poder fer anar el disc endavant i endarrere, com si fos de vinil (*scratch*), i tenen moltes funcions específiques com ara *brake*, *flanger*, *filter (killer)*, *reverse*, *loops*, *vari speed*, *pitch control*, etc. A més, incorporen comptadors rítmics BPM (*beats per minute*).

El Denon DN-S5000 recrea la manipulació d'un disc de vinil en CD, però a més té funcions com l'*alpha track*, que permet de reproduir simultàniament dues pistes del mateix CD per sortides independents. Amb aquesta funció, el DJ pot programar un bucle d'una pista (*loop*) i reproduir-lo mentre fa un *scratch* en una altra pista del mateix CD.

El codi del procés

Recordeu que els discos compactes de discogràfica porten tres lletres per a identificar les parts del procés que s'han fet de manera analògica i les que s'han dut a terme digitalment. En un disc DDD, l'enregistrament, la mescla i l'edició del màster per a transferir al suport s'han fet digitalment. En un disc AAD, l'enregistrament i la mescla s'han fet amb aparells analògics, i només l'edició del màster per a transferir al CD s'ha fet digitalment.

2.1.2. CD-R

El format CD-R (*recordable compact disc*), definit com a estàndard l'any 1994, és un disc compacte d'àudio que només pot enregistrar una vegada. No admet cap reenregistrament o esborrament posterior de les pistes ja utilitzades.

Característiques del CD-WORM

Inicialment, els primers discos compactes que enregistaven una vegada el so en temps real van ser anomenats *CD-WORM (write once read many)*. L'any 1991, el sistema professional Sony/Star Labs CDW-W1, que estava controlat per un Macintosh MAC II, costava uns cinc milions de pessetes (uns 30.000 euros). Kenwood tenia la unitat gravadora LSI, que incloïa un codificador DA7000, un gravador CD DA7200 i un PC de 200 MB. El seu preu era d'uns tres milions de pessetes (18.000 euros).



Denon DN-951FA
© Hayden Laboratories Ltd



Pioneer DV-F727
© Pioneer North America, Inc



Denon DN-C680
© Hayden Laboratories Ltd



Denon DN-S5000
© Hayden Laboratories Ltd

Audio Design va presentar un dels primers CD WORM domèstics al començament del 1992. El model era el Micromega i costava cap a 800.000 pessetes (uns 4.800 euros). El preu dels discos en blanc era d'unes 1.800 pessetes (poc menys d'11 euros) per unitat.

Si l'enregistrament s'atura abans d'omplir el disc, es crea una marca de final de sessió (*lead out*) i es generen automàticament uns codis PQ que es col·loquen en un arxiu temporal de continguts. En aquest moment, el disc encara no es podria escoltar en els reproductors antics de CD, perquè encara no hi ha la taula final de continguts (TOC). Quan es vol seguir la sessió, es llegeix l'arxiu temporal de continguts i es detecta des d'on s'ha de seguir el procés. No hi ha un límit en la quantitat de vegades que s'interromp, però cada vegada que es fa, es perden alguns MB de capacitat total per les marques de final de sessió que es creen. Quan el disc està ple o quan es decideix que aquella unitat ja s'ha acabat d'enregistrar, es crea automàticament la taula definitiva del contingut del volum (TOC).

El raig làser que es fa servir per a enregistrar el CD-R està entre els 6 i els 9 mW. Per això, alguns reproductors antics de CD, fixos o portàtils, poden tenir problemes en la lectura dels CD-R, perquè fan servir una potència més petita, d'uns 2 mW. Generalment, els suports CD-R d'àudio es llegeixen més bé en equips antics que els CD-R de dades.

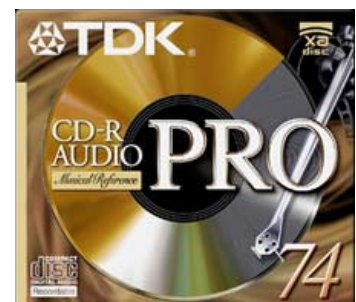
Normalment, els CD-R poden enregistrar 74 minuts d'àudio o 80 minuts, si aprofiten del tot els 700 MB del suport. Com més durada, menys qualitat. Els suports professionals de TDK, com els models Pro CD-R, tenen dues presentacions: 63 minuts (550 MB) i 74 minuts (650 MB).

Pròximament apareixeran els CD-R de doble densitat (DDCD), amb 1,3 GB de capacitat.

A banda de l'ús domèstic, el format CD-R es fa servir professionalment per a crear un disc que tingui totes les sintonies, carteres i ràfegues musicals d'un programa. Encara que la mateixa informació estigui a l'ordinador de la ràdio o la televisió, sempre va bé tenir aquesta còpia en format CD-R, per seguretat i per quan s'han de fer programes fora de l'emissora. Aquest CD-R amb les músiques d'un programa sempre ha d'estar duplicat o triplicat, per tal de poder fer encadenats durant el programa de CD a CD.

Una dada molt important: els CD-R no tenen la mateixa vida que els CD d'àudio de fàbrica. Alguns fabricants apunten que un CD-R que es faci servir cada dia pot durar aproximadament un parell d'anys. Les persones que fan servir sovint un CD-R saben que, passat un cert temps, comencen a tenir problemes de lectura. Els CD-R poden començar a fallar al cap d'uns deu anys de l'enregistrament.

Els sistemes informàtics permeten de copiar CD a velocitats cada vegada més grans.



TDK CD-R Pro
© TDK Recording Media

Hi ha molts programes especialitzats en el control de la crema física dels CD-R i CD-RW. Un dels més populars és el Nero. TDK ha desenvolupat el sistema HCR Disc (*high capacity recordable disc*) que, amb la funció *overburning* del programa Ahead Nero 5.5, pot emmagatzemar 800 MB en un CD i arribar als 90 minuts d'àudio.

Algunes unitats copiadores

De les cents d'unitats copiadores que hi ha, n'esmentem un parell de TDK com a exemple:

1) La unitat **CyClone**, que pot llegir un CD i enregistrar un CD-R amb una velocitat quaranta-vuit vegades superior a l'estàndard. Fa el reenregistrament d'un CD-RW a una velocitat vint-i-quatre vegades més elevada que l'estàndard (48x CD-R enregistrament, 24x CD-RW reenregistrament i 48x lectura).

2) L'**External USB 2.0 CD Rewriter**, que encara supera un dels paràmetres anteriors: llegeix un CD a una velocitat quaranta-vuit vegades superior a l'estàndard i enregistra un CD-R i un CD-RW cinquanta-dues i vint-i-quatre vegades més de pressa (52x CD-R enregistrament, 24x CD-RW reenregistrament i 48x lectura).

Altres programes especialitzats en l'enregistrament de discos compactes són l'Easy CD Creator 5 Premium, de Roxio, el CloneCD, el WinOnCD, el CDRwin, etc.



TDK External USB 2.0 CD Rewriter
© TDK Recording Media

2.1.3. CD-RW

El disc compacte regravable d'àudio, CD-RW (*rewriteable compact disc*), permet d'enregistrar el mateix suport milers de vegades. Aquest format es va presentar el 1995.

Els CD-RW poden arribar a enregistrar 80 minuts d'àudio en els formats de 700 MB. El temps d'enregistrament és més lent que el dels CD-R. Actualment, les unitats C-RW més ràpides poden treballar a una velocitat dotze vegades més gran que l'estàndard.

Igual que amb els CD-R, pròximament apareixeran els CD-RW de doble densitat (DDCD), d'1,3 GB de capacitat.

La majoria de reproductors antics de disc compacte no llegeixen els CD-RW perquè els forats (*pits*) no estan tan marcats com en un CD-Audio.



TDK CR-RW
© TDK Recording Media

2.1.4. CD-R 8 cm, CD-RW 8 cm (CD 3)

Hi ha un format reduït del CD-DA (*compact disc digital audio*), de 8 centímetres de diàmetre.

Inicialment aquest format havia de ser el substitut del *single* de vinil, però finalment els discos senzills s'han editat en el format de dotze centímetres. La majoria de safates dels reproductors de CD estan adaptades per a acceptar aquest format.

Tenen una capacitat de 210 MB i reproduïxen 24 minuts de so estereofònic.

D'uns anys ençà, però, aquest format en versió gravable o regravable es fa servir per a guardar fitxers MP3 en dispositius portàtils molt petits.

El CD-R 8 cm pot emmagatzemar fins a quatre hores de música comprimida en MP3, a 128 kbps en els seus 210 MB. El format CD-RW 8 cm té una capacitat una mica inferior, 185 MB.



TDK 8 cm
© TDK Recording Media

2.1.5. SACD

El Super Audio CD, SACD (*super audio compact disc*) és un format de Sony i Philips que fa servir el tradicional suport òptic de dotze centímetres de diàmetre. Es va presentar l'any 2000 i vol portar la reproducció digital professional a les cases. L'amplada de banda en freqüència arriba als 100 kHz i la dinàmica, als 120 dB.

El Super Audio CD té tres presentacions. La primera, en forma de disc híbrid de dues capes: una de CD-Audio amb 650 MB de capacitat, i una altra d'alta densitat amb 4,6 GB (gigabytes). La primera capa es pot reproduir en qualsevol aparell de CD, mentre que per a escoltar la d'alta densitat es necessita el reproductor Super Audio CD. Les altres dues només es poden reproduir en aparells Super Audio CD, i són la de capa única d'alta densitat o la de dues capes d'alta densitat (9,2 GB).

El format admet reproduccions estereofòniques o de sis canals d'àudio.

Característiques del SACD

El làser que llegeix la capa CD normal és de 780 nanòmetres i té una obertura de 0,45, mentre que el làser de la capa d'alta densitat és de 650 nanòmetres i té una obertura de 0,6.

Philips i Sony han desenvolupat per al Super Audio CD la tecnologia DSD (*direct stream digital*), alternativa a la modulació PCM, que enregistra els polsos del senyal digital bit a bit, aplicant una modulació delta-sigma i una freqüència de mostratge seixanta-quatre vegades superior als 44,1 kHz ($64 \times 44,100 \text{ Hz} = 2,822 \text{ MHz}$). Cada bit és una mostra.

El processament Super Bit Mapping Direct converteix les mostres d'un bit DSD en mostres de 16 bits PCM perquè els sistemes antics les puguin llegir. Porta el marcatge antipirataig PSP, desenvolupat per Sony i Philips, i el contingut està codificat.

El SACD és un format pensat per als audiòfils més puristes. Com que la seva capacitat està dedicada fonamentalment a l'àudio, tot i que també pot incloure imatges comprimides en MPEG, no permet de tenir tants continguts interactius complementaris com el seu format competidor, el DVD-Audio.

L'any 2003 es podien escoltar en Super Audio CD artistes de jazz com Miles Davis, Herbie Hancock, Oscar Peterson, Michel Camilo o Paquito D'Rivera.

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



Reproductor Super Audio CD de Sony
© Sony Corporation

2.1.6. DVD-A

El format DVD-A (*digital versatile disc audio*) va ser desenvolupat per Pioneer dins del DVD Forum. El format DVD-Audio es va presentar el març del 1999 i els primers reproductors van aparèixer l'any 2000.

Tot i que fa servir el suport òptic de dotze centímetres, la seva lectura és incompatible amb la del format CD-Audio. Un DVD-A no es pot llegir en un reproductor de CD.

El DVD-Audio té dues capes de 4,7 GB per cada cara. La seva capacitat màxima és, per tant, de 17 GB (gigabytes).

Pot tenir sis canals de so amb qualitat d'estudi professional, 96 kHz, o dos canals d'àudio de 192 kHz. Reprodueix fins a dues hores de so envoltant o fins a quatre hores de so estèreo.

L'amplada de banda en freqüència arriba als 48 kHz i la dinàmica, als 120 dB.

El DVD-A porta un marcatge de protecció anticòpia desenvolupat per Verance, que insereix dades en cada pista per a identificar-ne el contingut. Tot el contingut està codificat amb el sistema *content scrambling system* (CSS). A diferència dels DVD-vídeo, el DVD-A no té codis de regió.

Característiques del DVD-A

El DVD-A treballa amb freqüències de mostratge de 44,1, 48, 88,2, 96, 176,4 o 192 kHz. La quantificació pot ser de 16, 20 o 24 bits. La codificació és LPCM (*linear PCM*) o MLP. El sistema MLP (*meridian lossless packing*), desenvolupat per Meridian Audio i llicenciat a Dolby, elimina tota la informació redundant.

El DVD-A admet enregistraments en PCM, Dolby Digital, MPEG1, MPEG2, DTS i SDDS.

En la taula es presenta una comparació entre com emmagatzemen la informació el CD-DA i el DVD-A:

| | CD-A | DVD-A |
|---------------------|--------------------|--------------------|
| Capacitat | 0,7 GB (gigabytes) | 4,7 GB (gigabytes) |
| Longitud dels bits | 830 nanòmetres | 400 nanòmetres |
| Amplada de pista | 500 nanòmetres | 320 nanòmetres |
| Separació de pistes | 1.600 nanòmetres | 740 nanòmetres |

Per un DVD-Audio s'hi pot navegar com per un DVD-vídeo, i si es connecta a un ordinador se'n poden aprofitar els continguts interactius. La gran implantació del format DVD a les cases pot contribuir a implantar aquest format domèstic de reproducció sonora d'alta qualitat.

L'octubre de l'any 2000 es va posar a la venda el primer DVD-Audio. Va ser un enregistrament de jazz, en 5.1, de la Big Phat Band, editat pel segell Silverline Records. El novembre d'aquell any, el segell Warner Music va ser el primer a publicar regularment àlbums en aquest format. El 2002 Onkyo va posar a la venda el model DV-SP800 amb certificat THX, que és un reproductor universal d'àudio que permet d'escoltar Super Audio CD, DVD-Audio, fitxers MP3 en CD, i els diversos formats de CD-Audio, CD-R, CD-RW, DTS i Dolby Digital.

Pionner té un model similar, l'Elite ES-1000DV, que pot reproduir DVD, DVD-Audio, DVD enregistrable, DVD reenregistrable, fitxers MP3 en CD, Super Audio CD, Dolby Digital i DTS.

2.1.7. DVD-R

Igual que va passar amb el CD a partir del 1997, han aparegut diversos formats que permeten d'enregistrar en disc versàtil digital.

Hi ha sis versions: DVD-R (General, 1997), DVD-R (Authoring) (2000), DVD-RAM (1998), DVD-RW (1999), DVD+RW (2001) i DVD+R (2002):

- Els DVD-R (G), DVD-R (A) i DVD+R només poden fer un enregistrament.
- Els DVD-RAM, DVD-RW i DVD+RW es poden reenregistrar milers de vegades.

El DVD-R té una capacitat de 4,7 GB. La diferència entre la versió G (General) i la A (Authoring) és que la primera està pensada per a l'ús domèstic i la segona, per a l'ús professional. La primera treballa amb un làser més econòmic de fabricació, de 650 nanòmetres –el mateix que es fa servir en el DVD-RAM–, mentre que la segona en fa servir un de 635 nanòmetres. Els suports DVD-R (A) no es poden "escriure" en enregistradors DVD-R (G), i a l'inrevés.

De tots aquests formats, només els DVD enregistrables una sola vegada es poden llegir en alguns reproductors DVD-Audio, sigui quina sigui la seva variant: DVD-R (G), DVD-R (A) o DVD+R. Els altres no es poden llegir per la baixa reflexió que tenen.

Característiques del DVD-RAM

El DVD-RAM està dissenyat per a emmagatzemar dades informàtiques en ordinadors.

Les famílies DVD-R/RW i DVD+R/RW apliquen tecnologies d'enregistrament diferents i competeixen en el mercat.



Onkyo dvsp800
© Onkyo USA Corporation



Pioneer ES1000DV
© Pioneer North America, Inc

El DVD-RW –que inicialment també s'havia anomenat *DVD-R/W* i *DVD-ER*– és un sistema reenregistrable que, a causa de la baixa reflexió que té, no es pot llegir en la majoria de reproductors de DVD-Audio o vídeo.

El DVD+RW és un sistema de "reescriptura" que ha estat desenvolupat fora del Fòrum DVD per alguns dels membres –Philips, Sony, Hewlett-Packard, Dell, Ricoh, Yamaha, etc. El DVD+RW llegeix DVD-ROM, CD, DVD-R i DVD-RW, i escriu en suports DVD-R, DVD-RW, CD-R i CD-RW. No llegeix ni escriu el format DVD-RAM. La tecnologia d'enregistrament que fa servir difereix de la dels CD-RW. En canvi, la manera d'enregistrar dels DVD+R és similar a la dels DVD-R i són compatibles.

Els fabricants diuen que el format pot reenregistrar un miler de vegades.

Resum

- Els formats de CD són: CD-DA, CD-R, CD-RW, CD-R 8 cm i CD-RW 8 cm (CD 3).
- El Super Audio CD i el DVD-Audio competeixen en el mercat del so musical multi-canal d'alta qualitat.
- Els DVD enregistrables una sola vegada, sigui quina sigui la variant –DVD-R (G), DVD-R (A) o DVD+R–, es poden llegir en alguns reproductors DVD-Audio.

2.2. Magnetoòptics

2.2.1. Mini Disc

Sony va crear inicialment el Mini Disc (MD) per als ordinadors. L'any 1989 es va presentar a la Fira del Japó i el 1991, a la Fira de Berlín. Finalment, però, el Mini Disc va ser el primer suport magnetoòptic d'àudio domèstic.

L'MD és un disc de 6,4 centímetres de diàmetre –la meitat que un CD–, muntat en una carcassa de plàstic. Té 650 MB de capacitat. Pot enregistrar i reproduir 74 o 80 minuts de so estèreo o 148 minuts de so monofònic. Els aparells que inclouen la funció LP (*long play*) poden allargar els enregistraments fins a cinc hores.

La informació es pot esborrar i reenregistrar tantes vegades com es vulgui.

Un reproductor d'MD permet l'edició d'etiquetes informatives per a identificar les pistes i també pot editar –tallar, unir, desplaçar o esborrar– totes les pistes d'àudio. Tots els canvis es guarden a la taula de continguts (TOC).

Característiques del Mini Disc

El Mini Disc combina la tecnologia òptica dels CD d'àudio amb la dels disquets magnètics per a ordinador.

- Fa servir el sistema de compressió d'àudio ATRAC (*adaptive transform acoustic coding*), que té en compte els límits de l'audició humana i l'efecte d'emascarament en freqüència. Així aconsegueix reduir al màxim el flux binari que s'ha d'emmagatzemar.
- Accedeix a qualsevol punt en menys d'un segon.



Minidisc
© TDK Recording Media

- Freqüència de mostratge: 44,1 kHz.
- Nombre de bits per paraula: 16.
- La informació es llegeix a una velocitat d'1,4 MB/s.
- La dinàmica és de 105 dB.
- La resposta en freqüència abasta de 5 Hz a 20 kHz.

En ser un sistema lleuger i de ràpida indexació, l'MD portàtil és el substitut de la casset. Molts periodistes el porten per a enregistrar entrevistes i rodes de premsa fora de l'estudi. Alguns tècnics de so directe cinematogràfic també el fan servir per a enregistrar sons, fora del rodatge. I els muntadors musicals poden tenir en un MD cents d'enregistraments curts perfectament catalogats. La implantació del format CD-R i el seu baix preu ha limitat l'extensió de l'MD.

La facilitat d'indexació

El periodista Iu Forn, que ha treballat a Ràdio 4, COMRàdio i Ona Catalana, té desenes i desenes de Mini Disc plens de declaracions de polítics i personatges populars de l'última dècada. Amb aquests milers de frases, perfectament indexades i catalogades al seu ordinador, fa el seu espai d'humor polític *Fora de context*.

L'MD professional portàtil Sony MZ-B10 disposa d'un altaveu incorporat i és una eina molt adequada per als reportatges periodístics. A més, com que té la funció LP (*long play*), pot enregistrar 5 hores i 20 minuts d'àudio en cada unitat.



MZ-B10
© Sony Corporation

Als estudis de radiodifusió professional es fan servir models com el Mini Disc Denon DN-M991R. Pot programar vint-i-cinc pistes; salva automàticament un enregistrament en cas de tall del corrent elèctric; quan s'edita té dos nivells d'*undo* i el temps d'arrencada és de 10 mil·lisegons.



Denon DN-M991R
© Hayden Laboratories Ltd

Per a treballs audiovisuals hi ha el Denon DN-M1050R, que entra en sincronia amb un editor de vídeo mitjançant el codi de temps SMPTE.

Alguns fabricants han creat petites estacions d'àudio digital compactes (DAW), integrades per una taula de mescleres, unitats d'efectes i Mini Disc. Són models com la Yamaha MD-8 –que enregistra 18 minuts d'àudio en vuit pistes–, la Sony MDM X4 o la Tascam 564 –tots dos de quatre pistes.

2.2.2. Disquets magneòptics

Els disquets informàtics magneòptics (MO), que van muntats en carcasses plàstiques, són de gran utilitat per a fer les còpies de seguretat.



Denon DN-M1050R
© Hayden Laboratories Ltd

Pel seu baix preu i l'alta capacitat, els fan servir molts estudis de postproducció i emissores de ràdio. En el cas d'emissores com Catalunya Ràdio, Ràdio Barcelona o Ràdio Nacional d'Espanya a Catalunya, un servidor informàtic central

dóna servei a desenes d'estudis i terminals de redacció. Per això és convenient salvar els programes que s'han d'emetre en discos magneòptics, per a alliberar-ne al màxim l'ocupació del servidor central.

Els discos magneòptics de 3,5 polzades (7,6 centímetres) tenen una capacitat base de 650 MB –la mateixa que el CD-àudio–, que es pot ampliar fins a arribar als 2,3 GB.

El format de 5,25 polzades (12,7 centímetres) té capacitats d'1,2; 2,6; 4,1 i 5,2 GB.

Sony ha aplicat la tecnologia de superresolució magnèticament induïda (MSR) i ha fet l'enregistrament en solc i entresolc; d'aquesta manera, ha aconseguit multiplicar per catorze la capacitat inicial i ha arribat als 9,1 GB en un disquet MO.

En radiodifusió, com que el so es comprimeix amb una relació aproximada d'1:10, en el format de 650 MB hi caben unes sis hores de so estereofònic per MO.

Akai, amb el DD1000, va ser una de les primeres marques a dissenyar multipista modulars de vuit pistes que va emprar la tecnologia MO. L'Akai DD1500 continua aquesta tradició i és un editor que pot enregistrar setze pistes en el disc dur i vuit pistes en la unitat del disquet MO. Alguns estudis de música, com Beechpark Studios, de Dublín (Irlanda), fan servir dos DD1500 en paral·lel i enregistren els discos emprant les trenta-dues pistes resultants.

Resum

- Un reproductor d'MD permet l'edició d'etiquetes informatives per a la identificació de les pistes, i també pot editar –tallar, unir, desplaçar o esborrar– totes les pistes d'àudio. Es fan servir molt en reportatges radiofònics.
- Els discos magneòptics tenen una capacitat que pot arribar als 9 GB.

2.3. Magnètics de capçal rotatori

La cinta magnètica de vídeo va ser el primer suport que es va emprar per a enregistrar l'àudio digitalment. El primer aparell va ser el PCM EIAJ F-1, presentat per Sony l'any 1977, que enregistrava en format Betamax. Aquell sistema va tenir una gran popularitat dins del camp professional. A mitjan anys vuitanta, molts estudis tenien magnetoscòpis Betamax per a enregistrar àudio digital. A més, el sistema era portàtil.



Disc Magnetoòptic
© Sony Corporation



Akai DD1500
© Akai Musical Instrument Corp.

2.3.1. DAT

La cinta d'àudio digital de capçal rotatori (R-DAT, *digital audio tape*) es va presentar l'any 1983. Tanmateix, no es va comercialitzar fins a l'any 1987, amb el model Sony DTC 1000 ES. L'any següent sortia el primer aparell portàtil, el Sony TCD-D10.



DAT
© TDK Recording Media

En un principi el DAT s'adreçava al mercat domèstic per a substituir la casset analògica. Els DAT de discogràfica reproduïen 80 minuts de música mostrejada a 44,1 kHz.

Com que el DAT va tenir immediatament un ús únicament professional, l'any 1989 marques com Fostex, Sony, Digital Audio Technologies o Matsushita van començar a presentar els primers models professionals que permetien de treballar amb el codi de temps SMPTE.

El format treballa amb freqüències de mostratge de 32, 44,1 i 48 kHz, i quantifica a 16 o 12 bits per paraula.

El DAT pot fer enregistraments estereofònics de dues hores a 48 kHz i 16 bits. Si es quantifica a 12 bits es poden fer enregistraments de quatre hores. La tercera opció és poder enregistrar durant una hora quatre pistes amb quantificació de 12 bits. I encara hi ha una quarta possibilitat: fer servir cintes de 7 micres de gruix i poder enregistrar tres hores.

Característiques de l'R-DAT

L'R-DAT va sorgir a partir de la tecnologia d'enregistrament d'àudio en els magnetoscopis Betamax i U-MATIC. El cilindre rotatori és com el dels vídeos, però diminut, d'uns 30 mil·límetres. Aquest cilindre porta dos o quatre capçals i gira a 2.000 rev/min, o a 1.000 rev/min en el mode de llarga durada.

La casset DAT també segueix el disseny de les de vídeo. Té una tapa frontal protectora i quan està fora de l'aparell les bobines estan bloquejades. La casset és petita: $7,3 \times 5,4 \times 1,05$ centímetres. L'amplada de la cinta és 3,81 mil·límetres i el gruix, de 13 micres. La cinta és de metall i, per tant, d'alta coercitivitat (1.440 oersted). La cinta R-DAT té 60 metres.

Cada bloc d'informació té una seqüència de 288 bits. 256, agrupats en 32 paraules de 8 bits, porten la informació PCM i els codis correctors. Els 32 restants es fan servir així: 8 per a l'adreça del bloc, 8 de paritat, 8 d'identificació i 8 de sincronització.

El DAT enregistra quatre mil pistes per minut. En cada pista s'enregistren 4.096 bytes, dels quals 2.912 són dades de l'àudio i 1.189, de correcció d'errors.

El format DAT permet d'enregistrar a la cinta informació d'usuari, marques de bloc, punts de localització, etc. Les marques es poden cercar a una velocitat tres-cents vegades superior a la de lectura.

El format DAT

El format DAT només pot editar si es disposa d'un reproductor, d'un enregistrator i d'un editor, com qualsevol format de cinta videogràfica. Al començament dels noranta, Sony va dissenyar cèl·lules d'edició DAT (Sony RM-D7300, PCM-7030 i PCM-7050) i, fins i tot, alguns sistemes anaven integrats en una maleta portàtil. L'èxit de l'edició no lineal de so en ordinadors ha fet que no tinguessin continuïtat.

El DAT és un dels estàndards professionals d'enregistrament i transferència de so estereofònic. Es fa servir molt en enregistraments de so directe cinematogràfic, en enregistraments de concerts per a ser emesos per ràdio o com a màster final d'un enregistrament musical en estudi.

Un dels models de DAT més emprats en els estudis professionals és el Sony PCM-7040. Té quatre capçals i treballa amb codi de temps.



Sony PCM-7040
© Sony Corporation

Pel que fa als models portàtils, un dels més emprats és el Tascam DA-P1.

2.3.2. Nagra D

Els magnetòfons portàtils Nagra van esdevenir l'estàndard de l'enregistrament analògic de so directe exterior en el cinema i en la ràdio.



Tascam DA-P1
© TEAC Corporation

L'any 1991 aquesta marca va llançar el seu primer aparell digital, el Nagra-D, que enregistrava quatre canals d'àudio en bobines obertes de cinta magneto-fònica d'1/4 de polzada (6,35 mil·límetres) mitjançant un capçal rotatori.

Al final dels noranta es va presentar el Nagra D II.

El Nagra D II enregistra dos o quatre canals amb resolució de 24 bits i freqüències de mostratge de 32; 44,1; 48; 88,2 i 96 kHz.



Nagra D II de capçal rotatori
© Kudelski Group

El temps màxim d'enregistrament és de quatre hores per a dos canals i de dues hores per a quatre canals.

El Nagra D II es pot connectar a un PC amb el programa Nadcom. Des de l'ordinador es poden controlar els paràmetres de l'aparell o indexar el material que s'enregistra.

Aquest "magnetòfon" digital funciona en perfecta sincronia amb les càmeres de cinema professional. Per això es fa servir en treballs de so directe cinematogràfic. Als Estats Units s'utilitza força. Han enregistrat el so directe en Nagra D pel·lícules com *Mark Twain's America* (format IMAX 3D) i *Eyes Wide Shut*, de Stanley Kubrick.

Característiques de Nagra D

- Velocitats de cinta: 99,2 mm/s per a 4 canals, a 48 kHz, o 2 canals a 96 kHz i 49,6 mm/s per a 2 canals, a 48 kHz.
- Temps d'enregistrament. Amb bobina de 5 polzades (346 m): 2 canals, dues hores i 4 canals, una hora. Amb bobina de 7 polzades (692 m): 2 canals, quatre hores i 4 canals, dues hores.
- La relació entre senyal i soroll és de 110 dB.

- La resposta en freqüència és de 20 Hz a 20 kHz +/- 0,5 dB.
- La distorsió harmònica és inferior al 0,05%.
- El *wow and flutter* és negligible.
- La diafonia és de 80 dB.



Nagra D II
© Kudelski Group

2.3.3. Multipistes digitals modulars

Hi ha dos grans formats en competència en el camp dels multipistes digitals modulars (*modular digital multitrack*):

- L'ADAT, d'Alesis

El format ADAT, d'Alesis

L'any 1991 Alesis va presentar el seu multipista digital modular ADAT (*Alesis digital audio tape*), que gravava vuit pistes en cintes de S-VHS (1/2 polzada). Quan es digitalitza amb la màxima qualitat, si es fan servir cintes S-VHS de dues hores, es poden enregistrar 40 minuts d'àudio. Si la cinta és de tres hores, es pot arribar als 53 minuts.

Es poden interconnectar en paral·lel fins a setze multipistes modulars per a aconseguir cent vint-i-vuit pistes totals, tot i que només es pot operar en trenta-dues simultàniament. En aquests casos, els mòduls estan controlats per un control remot BRC (*big remote control*).

Per a enregistraments en directe es poden connectar dues màquines i aprofitar la funció *continuous recording*: quan la primera està a punt d'acabar, la segona comença a enregistrar automàticament.

Pot llegir i generar codi de temps SMPTE i MIDI.

Els primers models d'ADAT, Tipus I, quantifiquen a 16 bits i el mostratge el fan a 44,1 o 48 kHz. Els del Tipus II, com l'Alesis XT20, quantifiquen a 20 bits.



© Alesis

- El DTRS, de Tascam

El format DTRS, de Tascam

Al començament dels noranta, Tascam va presentar el seu sistema multipista digital modular en cintes de vídeo Hi8, el DTRS (*digital tape recording system*). Cada mòdul té vuit pistes.

Un dels primers models, el Tascam DA-88, en cintes de Hi 8 de 90 minuts, grava 115 minuts d'àudio, amb una qualitat de 16 bits i 48 kHz.

Es poden connectar setze màquines en paral·lel, però de les cent vint-i-vuit pistes només es pot treballar simultàniament amb quaranta-dues.

El Tascam DA 98 HR enregistra dos, quatre o vuit pistes. Si es treballa a 16 bits i 48 kHz es poden fer servir les vuit pistes i, amb cintes de Hi8 de dues hores, es poden enregistrar 113 minuts d'àudio. Si es quantifica a 24 bits i es fa el mostratge a 88,1 o 96 kHz, es poden emprar quatre pistes. I si s'opta pels 24 bits i 176,2 o 192 kHz, només es disposa de dues pistes.



© TEAC Corporation

Els multipistes digitals modulars són aparells força emprats en petits estudis de postproducció audiovisual per a televisió o publicitat i en petits estudis de música. L'ADAT, d'Alesis, potser és més popular als estudis de música que treballen en MIDI, mentre que el DTRS, de Tascam, es troba més en estudis de sonorització audiovisual. Després de dotze anys des de la seva creació, la marca Alesis manifestava haver venut unes cent deu mil unitats ADAT.

El format ADAM

Al començament dels noranta, Akai va treure al mercat el format ADAM: un sistema multipista digital modular en format vídeo de 8 mm. L'Akai DR-1200 permetia d'enregistrar dotze pistes. La durada, però, era breu: 17 minuts, a 44,1 kHz, i uns 15 minuts a 48 kHz.

L'ADAM està en desús i Akai ha tret al mercat models en disc dur d'ordinador.



© Akai Musical Instrument Corp.

Resum

- El DAT és un dels estàndards professionals d'enregistrament i transferència de so estereofònic. Es fa servir molt en enregistraments de so directe cinematogràfic, en enregistraments de concerts per a emetre'ls per ràdio o com a màster final d'un enregistrament musical en estudi.
- El Nagra-D enregistra quatre canals d'àudio en bobines obertes de cinta magnetofònica d'1/4 amb un capçal rotatori.
- Entre els multipistes digitals modulars hi ha dos grans formats en competència: l'ADAT, d'Alesis, i el DTRS, de Tascam.

2.4. Magnètics de capçal estacionari

Actualment, dins dels sistemes que fan servir la cinta magnètica i el capçal estacionari, només n'hi ha un que es continua emprant: el DASH.

Al començament dels vuitanta hi va haver el disseny tècnic de l'S-DAT (*stationary digital audio tape*) –el DAT de capçal estacionari–, que no es va arribar a fabricar mai. I l'any 1991 Philips va presentar el seu casset digital DCC (*digital compact cassette*), que una dècada després ja havia desaparegut del mercat.

Característiques del format S-DAT

El format S-DAT tenia moltes de les característiques de l'R-DAT, però s'assemblava més a la cinta analògica de casset. Mai no es van comercialitzar aparells en aquest format.

Sí que es van vendre aparells i cintes DCC (*digital compact cassette*), un format dissenyat per Philips que es va presentar el setembre del 1991 a la Fira de Berlín.

El DCC tenia la mateixa grandària que les cassetts analògiques. Per això un aparell DCC podia reproduir les cassetts analògiques, amb un capçal específic, i podia enregistrar i reproduir digitalment. Les cintes DCC permetien de fer enregistraments de 90 minuts, fent servir les dues cares, o de 120 minuts si s'emprava una cinta més fina.

La cinta DCC tenia 3,78 mm d'amplada. La velocitat de pas era de 4,7 cm/s.

L'enregistrament digital es feia aplicant la compressió PASC (*precision adaptive subband coding*) –codificació en subbandes amb precisió en l'adaptació. El sistema només enregistra les freqüències i els nivells que estaven per sobre del llindar d'audició de l'oïda humana.

Al començament dels noranta es van posar a la venda cintes DCC de discogràfiques.

2.4.1. El format DASH

L'any 1978 va aparèixer el primer magnetòfon digital d'àudio de capçal estacionari DASH (*digital audio stationary head*). Tenia dues pistes i emprava cintes d'1/4 de polzada. El primer magnetòfon DASH, de vint-i-quatre pistes, es va presentar l'any 1979. Aquest format va ser desenvolupat per Sony en col·laboració amb Studer, AG, Matsushita i TEAC.

El ProDigi

La marca Otari, de Mitsubishi, va posar a la venda l'any 1979 un magnetòfon multipista professional amb un format propi, el ProDigi (PD). N'hi havia de setze i de trenta-dues pistes.

Com que el format DASH va ser acceptat per tots els grans fabricants de magnetòfons, el ProDigi aviat va ser descatalogat.

El DASH treballa amb bobines obertes de cinta magnètica, com les dels magnetòfons analògics. N'hi ha de dos, vuit, setze, vint-i-quatre i quaranta-vuit pistes. Els capçals d'enregistrament i reproducció són independents, i això permet de fer enregistraments digitals multipista en mode *syncro*.

Els magnetòfons DASH tenen tres **velocitats de treball**:

- **DASH FIH.** Format ràpid. En cinta de 1/2 polzada, vuit, vint-i-quatre o quaranta-vuit pistes d'àudio. Velocitat de la cinta: 76,2 cm/s (30 polzades/segon) o 70,01 cm/s.
- **DASH MIQ.** Format mitjà. En cinta d'1/4 de polzada, quatre pistes d'àudio. En cinta de 1/2 polzada, dotze o vint-i-quatre pistes. Velocitat de la cinta: 38,1 cm/s (15 polzades/segon) o 35 cm/s.
- **DASH SIQ.** Format lent. En cinta d'1/4 de polzada, dues pistes d'àudio. Velocitat de la cinta: 19,05 cm/s (7,5 polzades/segon) o 17,5 cm/s.

A la dècada dels vuitanta, els DASH van substituir els magnetòfons multipista analògics de vint-i-quatre o quaranta-vuit pistes als grans estudis musicals. A Catalunya, el primer magnetòfon DASH va arribar l'any 1986.

Dos dels models més emprats als estudis musicals són el Sony PCM-3348 i l'Studer D 827 Mark II MCH. Tots dos fan servir cintes de 1/2 polzada i treballen a 76,2 cm/s (30 polzades/segon). Poden enregistrar vint-i-quatre o quaranta-vuit pistes quantificades a 16 o 24 bits i amb una freqüència de mostratge de 44,1 o 48 kHz. Aquests magnetòfons tenen una particularitat: una cinta de 1/2 polzada de vint-i-quatre pistes es pot llegir en el format de quaranta-vuit pistes, atès que només enregistra de la vint-i-cinc a la quaranta-vuit.

Resum

Els magnetòfons multipista digitals DASH es troben als grans estudis musicals.



STUDER d827
© Studer Professional Audio AG

2.5. Altres dispositius magnètics

2.5.1. Els discos magnètics Jaz

A mitjan anys noranta van aparèixer les unitats de discos magnètics extraïbles Jaz, d'un i dos gigabytes. Un cartutx Jaz està format per tres discos (*floppys*) de 3,5". Accepten diverses formes de connexió a l'ordinador: USB, PCMCIA o port paral·lel.

Es fan servir per a traslladar enregistraments d'un aparell a un altre.

2.5.2. Exabyte

El sistema enregistra fins a 20 GB de dades amb la tecnologia de reproducció en temps real en cintes magnètiques de 8 mm.

2.6. Ordinadors

A la dècada dels noranta es van produir quatre factors que expliquen la implantació dels ordinadors com a eina fonamental del treball audiovisual:

- 1) L'increment considerable en la velocitat dels microprocessadors.
- 2) L'augment espectacular en la capacitat dels sistemes informàtics, alhora que la mida es reduïa considerablement.
- 3) El desenvolupament dels sistemes de compressió d'àudio.
- 4) El gran ús de les xarxes informàtiques.

Mentre que les prestacions dels ordinadors creixien, els preus cada vegada eren més competitius en comparació amb els dels altres formats d'àudio. Això va fer que l'ordinador es fes servir per a enregistrar, editar, reproduir i mesclar. Un únic aparell integrava totes les funcions necessàries. Així van aparèixer les estacions de treball d'àudio digital, *digital audio workstations* (DAW).

En un disc dur de 360 MB es poden emmagatzemar 60 minuts de so monofònic o 30 minuts de so estèreo, sense comprimir.

2.6.1. Estacions de treball d'àudio digital

El naixement de les estacions de treball d'àudio digital el trobem a la segona meitat de la dècada dels vuitanta.

Les primeres estacions d'àudio digital

L'Opus de Lexicon es va presentar l'octubre del 1986 a l'SMPTE Convention de Nova York i va ser una de les primeres estacions d'àudio digital que permetia el control manual de totes les funcions. Tenia dotze canals d'entrada i disposava d'uns 4 GB. Cada canal tenia quatre bandes d'equalització. També tenia un editor i un monitor incorporat. L'any 1987 costava trenta milions de pessetes. A Barcelona, l'estudi ProDigi, l'any 1992, va fer la mescla del programa resum de la cloenda dels Jocs Olímpics de Barcelona per a la Radiotelevisió Olímpica (RTO) amb un Opus.

Un altre dels primers a obrir el camp de les estacions d'àudio amb control manual va ser l'editor Audio File, que treballava amb la taula Logic, d'Advanced Music System. Al final dels vuitanta la BBC en feia servir una cinquantena per a la postproducció de televisió.

Pel que fa als sistemes que només es podien manipular mitjançant la pantalla de l'ordinador, els que van tenir més acceptació al final dels vuitanta van ser Screen Sound, de Solid State Logic i Quantel, Soundscape, de Soundscape Digital Technology, i Sound Tools, de Digidesing –presentat l'any 1989 i que poc després es diria *Pro Tools*.

Hi ha dues grans famílies d'estacions de treball d'àudio digital: les que ho fan tot amb programari, conegudes en anglès amb el nom de *native digital audio editors (native DAW)*, i les que, a més, fan servir maquinari, conegudes en anglès com a *hands-on control DAW*.

Simplificant, podem dir que les estacions d'àudio que només fan servir programari es comuniquen amb l'usuari fonamentalment per la pantalla de l'ordinador i el ratolí, mentre que les que incorporen maquinari permeten el control manual del sistema informàtic amb potenciòmetres, polsadors, *faders*, etc. Conserven l'aspecte dels aparells analògics, tot i que siguin ordinadors. Alguns sistemes permeten de triar una manera de treballar o l'altra. Generalment, les DAW que només fan servir l'ordinador i la pantalla són més barates que les altres.

Cada vegada hi ha més eines de sonorització assistides per ordinador. Les unes estan dissenyades per a la postproducció audiovisual, i les altres, pensades per als entorns musicals MIDI, mentre que un altre grup són fetes a mida per a la radiodifusió. Seguidament en recollim algunes de les més representatives.

Estacions d'àudio de control manual *hands-on control DAW*

El sistema **Pro Tools**, de Digidesing –una divisió de la marca d'editors de vídeo Avid–, és un dels més emprats als estudis professionals de postproducció sonora. Es va presentar l'any 1989 amb el nom inicial de Sound Tools i funcionava a l'ordinador Apple Mac II.

Pro Tools va rebre el premi Grammy l'any 2001 en la categoria tècnica "per haver revolucionat l'enregistrament musical i haver trencat els límits de l'edició i la mescla sonora".

Pro Tools i Sound Tools

Una quinzena dels estudis musicals que figuraven a l'*European Studio Guide* l'any 1992 a Europa, treballaven amb Pro Tools, i una trentena, amb Sound Tools.

Lectures complementàries

Alguns manuals dedicats al Pro Tools són:

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

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

Aquell any, a l'Estat espanyol:

- Un sistema complet de Pro Tools per a la postproducció audiovisual costava 1.975.963 pessetes (11.875,78 euros), amb IVA.
- Pro Tools basic (Pro Deck, Pro Edit, Audio Card, Audio Interface): 885.000 pessetes (5.318,96 euros).
- Disc Pro Store de 1,02 GB: 780.000 pessetes (4.687,89 euros).
- Sound Designer II PT: 125.000 pessetes (751,27 euros).
- Time Code Machine: 31.500 pessetes (189,32 euros).

La marxa d'entrada dels atletes dels Jocs Olímpics de Barcelona 92 es va editar i processar amb el Sound Tools.

La versió més completa és el **Pro Tools HD**, que permet de treballar amb cent vint-i-vuit pistes simultànies en enregistrament o reproducció a 48 kHz i arribar a una qualitat màxima de 24 bits/192 kHz –si no es fan servir totes les pistes.

El Pro Tools HD té diverses configuracions que combinen el mòdul HD Core i la targeta HD Process. Cada mòdul HD Core té trenta-dos canals d'entrada/sortida i permet de treballar amb noranta-sis pistes a 48 o 44,1 kHz, o quaranta-vuit pistes a 96 kHz, o dotze pistes a 192 kHz. La targeta HD Process és la que permet de superar aquestes prestacions i tenir cent vint-i-vuit pistes a 48 kHz, seixanta-quatre pistes a 96 kHz, o vint-i-quatre pistes a 192 kHz.

Una altra targeta del sistema és la DSP, que porta nou xips de 100 MHz i processa els efectes de so en temps real.

La segona versió professional és el **Pro Tools 24 MIX**, que permet de treballar amb seixanta-quatre pistes simultànies (i cent vint-i-vuit de virtuals) a 24 bits/48 kHz. A la xarxa trobareu més informació tècnica sobre el sistema Digidesign.

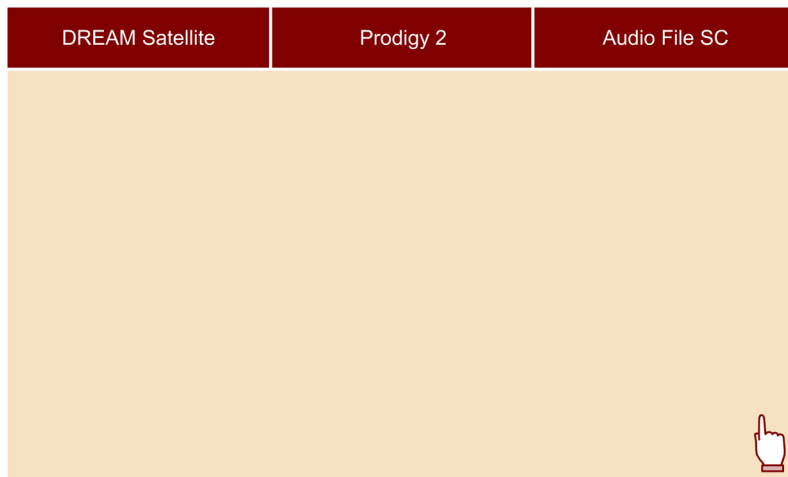
Altres estacions d'àudio de control manual per a la postproducció audiovisual o la música



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



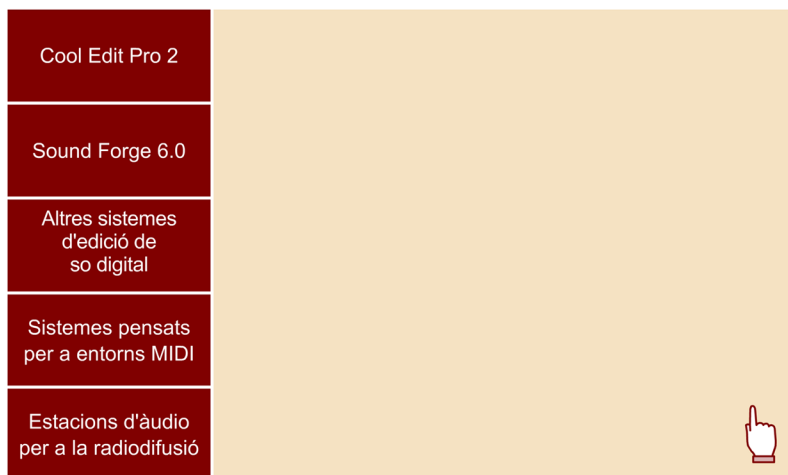
Pro Tools 2
© Digidesign, a division of Avid Technology, Inc.



8 9 10

Estacions d'àudio mitjançant programari *native DAW*

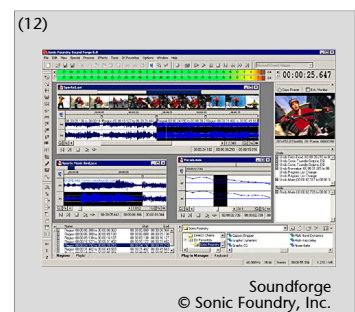
Si hi ha una gran varietat de models d'estacions d'àudio de control manual *hands-on control DAW*, quan arribem als sistemes que només fan servir l'ordinador i la pantalla i que ho fan tot mitjançant un programa (*native DAW*), el nombre de productes que hi ha al mercat encara és més gran.



11 12 13 14 15 16

2.6.2. Enregistradors en disc dur extraïble

Es comencen a fabricar aparells que enregistren el so sobre discos durs en miniatura. Alguns enregistradors i reproductors d'MP3 de gran capacitat els fan servir.



Dins de les targetes de memòria n'hi ha una, la Micro Drive (MD), que tot i que tingui la mida d'una Compact Flash II, de 5 mm, conté un disc dur en miniatura.

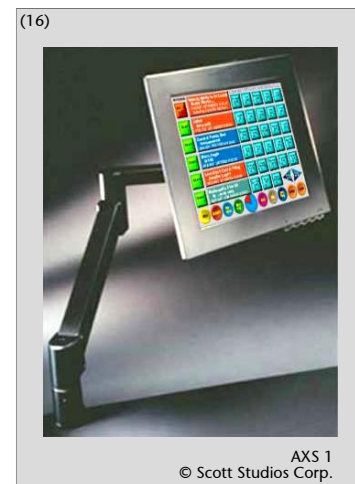
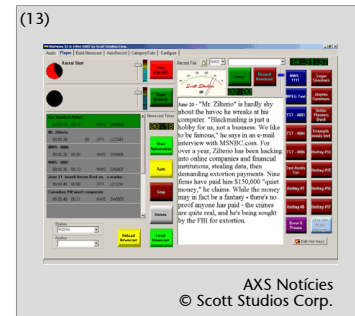


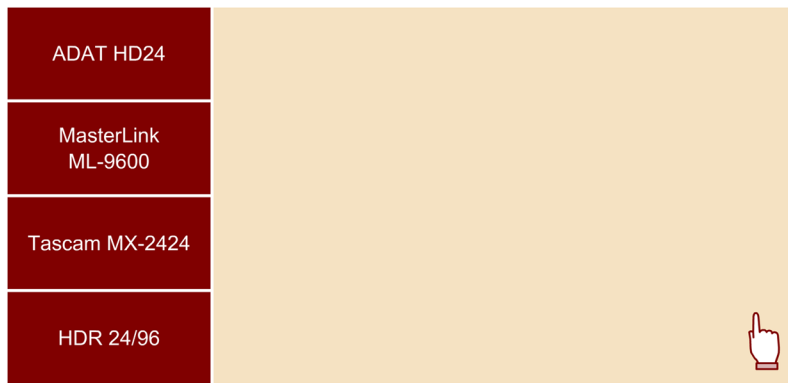
Nagra V
© Kudelski Group

Dins dels productes professionals, el Nagra V enregistra dos canals d'àudio en un petit disc dur, de 2,5 polzades, que es pot extreure. És un aparell portàtil dissenyat per a enregistraments de so directe en exteriors que pot treballar amb codi de temps. Enregistra l'àudio amb una qualitat molt alta, de 16 o 24 bits i 44,1, 48 o 96 kHz de freqüència de mostratge. Per cada GB pot enregistrar aproximadament una hora de so estereofònic, a 24 bits i 48 kHz. Com que el disc dur en miniatura que fa servir té 20 GB, pot enregistrar 20 hores.

2.6.3. Multipistes digitals en disc dur

Les grans capacitats que tenen els discos durs d'ordinador ha provocat que els fabricants comencin a produir multipistes modulars basats en aquest sistema d'emmagatzemament: els multipistes digitals en disc dur (*hard disk multitrack recorders*). Cada vegada hi ha més productes que fan servir aquesta tecnologia i menys que utilitzen les cintes magnètiques.





17 18 19 20

Resum

- Hi ha dues grans famílies d'estacions de treball d'àudio digital (DAW): les que ho fan tot amb programari, o *native DAW* (*native digital audio editors*), i les que, a més, fan servir maquinari, o *hands-on control DAW*.
- En un únic aparell s'integren totes les funcions necessàries per a l'enregistrament, la postproducció i la mescla d'àudio.
- Dos dels primers enregistradors sobre discos durs miniatura són la targeta Micro Drive (MD) i el Nagra V.
- Cada vegada hi ha més models multipistes digitals en disc dur i menys en cintes magnètiques.

2.7. Enregistradors en memòries d'estat sòlid o targetes de memòria

L'associació PCMCIA (Personal Computer Memory Card International Association) es va crear l'any 1989 per a desenvolupar estàndards de dispositius d'entrada/sortida i de memòria que tinguessin la mida d'una targeta de crèdit per a ordinadors portàtils o de butxaca. Més endavant aquestes targetes d'entrada/sortida o memòria van ser anomenades *targetes d'ordinador*. El seu funcionament es basa en les propietats del silici per a emmagatzemar informació.

Aquestes memòries, petites i extraplanes, han tingut força aplicació en els aparells portàtils enregistradors i reproductors de fitxers de so MP3 o WMA (Windows Media Audio). En aquests formats, com que el so està comprimit, una hora de so pot ocupar uns 32 MB, aproximadament.

Actualment el límit de capacitat de les PCMCIA està en 4 GB. Al mercat hi ha diversos formats.



Diversos formats de PCMCIA

| | |
|---|--|
| Compact Flash (CF) | |
| Smart Media (SM) | |
| Multimedia Card (MMC) i Secure Digital (SD) | |
| Memory Stick (MS) | |
| EasyDisk | |
| xD Card (xD) | |

Dels enregistradors professionals en memòries d'estat sòlid destaquen els productes de Nagra de la sèrie Ares. La unitat Ares-C és un aparell portàtil dissenyat per als reportatges periodístics radiofònics. Aquest dispositiu treballa conjuntament amb la unitat C-PP a l'estudi. Si es fa servir en mono s'hi poden connectar dos micròfons independents. A més d'enregistrar l'Ares C, també permet de fer edicions. Fa servir targetes Compact Flash. En una de 192 MB enregistra unes tres hores de so comprimit estereofònic. Pot fer el mostratge a 16; 32; 44,1 o 48 kHz.



Unitat Ares-C
© Kudelski Group

L'Ares P és un enregistrador de mà amb micròfon incorporat que es pot interconnectar amb la resta d'aparells de la sèrie.

Pel que fa als enregistradors i reproductors domèstics, la gamma de productes és molt extensa. El primer de la nissaga va ser el RIO PMP 300, de Diamond Multimedia, presentat l'any 1999. Enregistrava una hora de música en una targeta Compact Flash de 32 MB.

Resum

- Les targetes de memòria d'estat sòlid tenen actualment un límit de capacitat de 4 GB.
- Hi ha diversos formats. El més emprat en àudio és el Compact Flash.



Unitat Ares P
© Kudelski Group

3. EL MIDI

El MIDI va aparèixer el desembre de l'any 1982 a partir d'una idea de Dave Smith, de l'empresa Sequential. El primer sintetitzador MIDI va ser el Prophet 600, i el primer programari, el Master Tracks, de Passport Design.

La norma MIDI (*musical instrument digital interface*) es va definir l'any 1984 com un estàndard universal i va representar l'entrada de l'àudio en el món digital pel camí de la música i dels músics. Ells van ser els primers a fer servir eines digitals.

La norma MIDI és una interfície digital per a instruments musicals.

Inicialment el MIDI només fixava uns paràmetres perquè els instruments digitals es poguessin entendre entre si i amb els ordinadors. Però des de l'any 1986 hi ha el codi de temps MIDI (*MIDI time code*, MTC).

El senyal MIDI

Amb un connector DIN de cinc puntes podem rebre o emetre informació per MIDI. Cada instrument disposa de tres connectors: *in*, *out* i *thru* –que deixa passar el senyal sense més.

El senyal de MIDI no transmet només la nota musical, sinó que també transmet com es toca –intensitat, durada, etc. Les interfícies MIDI treballen a 31,25 kHz. La informació que s'envia és aproximadament de 31 kb/s.

Quan en un sintetitzador es prem una tecla s'envien tres bytes: el primer dona el codi de començar una nota (*note on*) i per quin canal s'envia la informació; el segon indica quina és la nota que ha de començar a sonar, i el tercer, la força amb què ha de sonar.

Amb el pas del temps, dins del terme MIDI s'han aplegat una gran quantitat d'instruments electrònics, programaris, sistemes d'enregistrament i edició, etc. El MIDI és un univers complet que facilita la creació musical a persones que, fins i tot, no saben música. Alguns dels grans fabricants de productes MIDI són Korg, Roland, Yamaha, Cakewalk i Steinberg.

Amb els sintetitzadors i mostrejadors (*samplers*) un músic ho pot fer gairebé tot ell sol. El MIDI ha comportat, per exemple, la fi dels músics de sessió d'estudi –habituals fins a la dècada dels vuitanta. El compositor o intèrpret de la peça pot enregistrar, editar, mesclar i masteritzar la seva obra musical en un CD-R.

La seqüenciació MIDI

El protocol MIDI incorpora un rellotge que envia una cadena de polsos continus vint-i-quatre vegades cada quart de nota. La seqüenciació MIDI es basa en l'estructura musical de compassos i temps musicals, i no en el temps real i els *frames* que utilitza la indústria audiovisual.



Estudi BR 1180
© Roland Corporation

Després es va incorporar els MIDI Song Position Pointers, que comptaven, des del principi de la cançó, el nombre de MIDI Clocks en blocs de sis. Amb els SPP es podia portar el màster a un punt i tots els instruments esclaus també hi anaven.

Amb la utilització del codi de temps SMPTE/EBU es van desenvolupar uns convertidors a MIDI Clock i a Song Position Pointers.

El MIDI ha transformat la composició i la interpretació musical.

3.1. Els sintetitzadors

Els sintetitzadors són teclats, d'unes cinc octaves, que ofereixen molts sons diferents. Poden sonar com una trompeta, una guitarra, un piano, etc.

En alguns sintetitzadors es poden tenir associats dos sons diferents a la mateixa tecla. Segons la pressió que s'hi exerceixi, sonarà l'un o l'altre.

La síntesi electrònica

El concepte electrònic de *síntesi* es basa en la definició següent:

"Qualsevol forma d'ona es pot obtenir com una combinació d'ones sinusoidals que corresponguin als valors de les freqüències harmòniques, sempre que respectin la proporció correcta. És a dir, tota ona complexa es pot descompondre en una de fonamental, que en fixa el to, i en una sèrie d'ones harmòniques de diferents amplituds."

Per exemple, per a obtenir una bona ona quadrada de 1.000 Hz es necessiten unes vint ones sinusoidals, és a dir, cal considerar fins a l'harmònic 41. Necessitarem ones sinusoidals d'1 a 40 kHz.

3.2. Unitats o caixes de ritmes

Les unitats o caixes de ritmes permeten de reproduir electrònicament els sons d'una bateria i altres instruments de percussió.

3.3. Mostrejadors

Un mostrejador permet d'enregistrar sons reals i emmagatzemar-los digitalment per a poder-los manipular des d'un sintetitzador. D'altra banda, s'utilitzen molt en la creació d'efectes de so per a audiovisuals.

3.4. Mòdul de so

El mòdul de so recull les ordres de l'ordinador i les reproduceix musicalment.



Roland Teclat A37
© Roland Corporation



Unitat de ritme TD 10
© Roland Corporation



AKAI Z8
© Akai Musical Instrument Corp.



Mòdul de so XV 5080
© Roland Corporation

3.5. Seqüenciadors

Un seqüenciador controla la reproducció de totes les pistes i la durada de la interpretació. És a dir, podem entrar un seguit de notes lentament i accelerar-ne la reproducció.

Però, a més, es pot interpretar una peça i el seqüenciador apunta quines notes s'han tocat, amb quina intensitat i amb quin *tempo*.

Resum

- Amb el MIDI un músic pot compondre, enregistrar, editar, mesclar i masteritzar la seva obra musical.
- El MIDI ha transformat la composició i la interpretació musical.