

Tabla de Contenido

Tabla de Contenido

Introducción

Para la distribución de información digital, ya sea ésta música o datos, el Compact Disc es definitivamente la alternativa más barata para manejar cientos de megabytes hacia miles de emplazamientos. Este bajo precio hace del CD-ROM el medio digital de publicación por excelencia.

Desarrollado gracias a los esfuerzos conjuntos de Philips y Sony a comienzos de los años 80, el Compact Disc fue en principio y básicamente un sistema de reproducción de alta fidelidad. Distribuido en los Estados Unidos en el año 1983, en cinco años había desplazado al disco de vinilo de la supremacía en cuanto a medios de reproducción estereofónica, debido a su capacidad, carencia de ruidos, resistencia a inclemencias y durabilidad.

Los aproximadamente 70 minutos de música que se presentaban como característica definitoria del CD (suficientes para albergar la Novena de Beethoven) representaban espacio suficiente para alojar una enorme cantidad de datos; aproximadamente 600 megabytes.

Pasó poco tiempo hasta que los ingenieros informáticos se dieron cuenta de que, resulta ahora evidente, los datos son siempre datos, tomen el aspecto que tomen, y que el CD podría tener utilidad en el ámbito del almacenamiento de datos informáticos, ya que daba cabida a una cantidad ingente de información; más incluso de la que cualquier usuario doméstico pudiese necesitar por aquel momento, en que los equipos informáticos personales más avanzados incorporaban discos duros de entre 20 y 40 MB en mucho tiempo. Si a esto se unía la idea de que por un disco de plástico de menos de 200 Ptas. de coste de producción, y no más de 2000 Ptas. finales de gastos de distribución, empaquetado, marketing y demás, se podrían llegar a pagar en el mercado cantidades cercanas a las 30000 Ptas., la maquinaria del negocio y la producción estaba perfectamente engrasada para ponerse en funcionamiento con una nueva criatura: el CD ROM.

El sonido pronto pasó a ser solamente uno más de los tipos de datos que podían encontrarse en el interior de un CD, con lo que empezaron a aparecer apellidos para el dispositivo: así, el clásico CD con música u otros sonidos pasó a denominarse CD-DA (Compact Disc – Digital Audio).

Su bajo coste y facilidad de duplicación hacen del CD ROM un medio de distribución ideal. Su versatilidad (utilizando la misma tecnología base se pueden grabar datos, sonido, vídeo, etc.) apareció debido al ansia de los ingenieros por obtener un medio de almacenamiento masivo y económico. El Compact Disc posee ambas características por naturaleza. Asimismo, las mismas informaciones que tan bien almacena el CD ROM son las que conforman el alma de la multimedia. Por tanto, los discos compactos están íntimamente ligados a la explosión en el campo de la informática de los entornos y la programación multimedia, en los que imagen, sonido, vídeo y texto se unen de manera armónica.

La capacidad de almacenamiento de un CD ROM, así como la característica básica que lo define (ROM son las siglas de Read Only Memory Memoria de Sólo Lectura) lo convierten en el medio de almacenamiento

perfecto, capaz de albergar en su interior

- 27000 páginas de texto;
- 3 volúmenes de enciclopedia;
- 20000 cliparts;
- 100 imágenes PhotoCD;
- 460 diskettes de 3,5;
- 19 horas de audio;
- 1 hora de vídeo.

En resumen, el CD ROM ofrece una importante serie de ventajas, como son las presentadas en el siguiente cuadro:

Alta capacidad de almacenamiento	Hasta 650 MB
Transportabilidad	Medio intercambiable
Estandarización	Formato claro y definido (ISO 9660)
Datos no modificables	Sistema de lectura perfecto
Robustez	Durabilidad mayor que en sistemas magnéticos
Barato	Costes de fabricación reducidos
Posibilidades de utilización adicionales	Capacidad de audio, compresión de audio, imágenes y vídeo

Junto a los clásicos CD ROM se han ido estableciendo en los últimos años los CD grabables, denominados CD-R (Recordable), que sólo pueden grabarse una vez, y los CD-RW (Re-Writable), que pueden grabarse cuantas veces se desee.

Asimismo, en el último semestre se viene hablando largo y tendido de una nueva tecnología que aspira a desbancar al CD ROM de su status de intocable en cuanto a capacidad de almacenamiento se refiere: el DVD (Digital Versatile Disc), que ofrece soportes de almacenamiento de entre 4'5 y 17 GB en el mismo espacio de un CD ROM. Toda una revolución que se presenta apasionante, si bien algo tímida, pues su aparición se retrasa cada vez más

Historia

En el periodo **1979 / 1983**, el **CD de audio** aparece como competencia a los clásicos discos de vinilo, del que se puede decir que adopta algunas de sus características, como pueden ser su carácter de memoria de sólo lectura, el sistema de estampado de la información, la estructura física de la pista de información y la posibilidad de acceso aleatorio en la zona de datos.

En **1985**, el CD llega al mundo de los ordenadores como **CD ROM**. Su utilización es poco frecuente y el hardware necesario demasiado caro todavía para permitir su uso generalizado. Entre **1989 y 1991**, el CD ROM clásico se amplía. En el hardware se contemplan las necesidades de la multimedia (**CD ROM/XA**).

1992 es el año de los **PhotoCD** y **CD-I** (Interactivo). Los primeros permiten conservar las fotografías tradicionales en CD; mientras que el CD Interactivo se orienta fundamentalmente al mundo del ocio y el entretenimiento. Mediante un reproductor especial, que se conecta al televisor, se pueden leer y reproducir CDs.

En el año **1993** se presentan las plataformas **3DO**, **CD32** y **Sega MegaDrive**, plataformas del ámbito de la electrónica de entretenimiento. 3DO está dirigida al campo del ocio y las presentaciones, mientras que CD32

y Sega MegaDrive están pensadas como soporte para consolas de juegos.

También en **1993** entra en escena el **Vídeo CD**, nuevo standard que permite visualizar vídeos en PC con alta calidad.

En Diciembre de **1995**, Philips anuncia la salida al mercado de la primera unidad grabadora de Compact Disc, con la que se inicia la carrera del formato de almacenamiento masivo a bajo precio: **CD-R**, **CD-RW**

El año **1996** supone, por último, el establecimiento de los estándares relacionados con la nueva tecnología **DVD**, si bien los primeros lectores no aparecerán hasta bien entrado el año **1997**.

Principio básico

Una de las grandes virtudes del Compact Disc es la gran densidad de almacenamiento. Esto se consigue debido a que la tecnología utilizada es la óptica. A diferencia de la práctica mayoría de los dispositivos de almacenamiento informáticos actuales, el CD (y, por tanto, el CD ROM) utiliza ondas lumínicas en lugar de campos magnéticos para codificar información.

Las virtudes de la luz para el almacenamiento son varias. Utilizando lentes, es posible enfocar un haz de luz láser hacia un punto diminuto mucho menor que el campo magnético más pequeño que sea posible escribir sobre un disco duro. Esto permite la creación de pistas muy estrechas y juntas entre sí, lo que hace que la cantidad de información almacenada sea mayor en el mismo espacio.

Fundamento Teórico

La idea básica supone la posibilidad de grabar datos binarios como un patrón de manchas blancas y negras como si de señales eléctricas se tratase. Se pueden lograr esas marcas de multitud de maneras. Al principio de la historia de la escritura, el sistema se basaba en marcar el medio arcilloso con hendiduras más o menos profundas, luego, se manchó el papel con trazos de tinta: los códigos de barras son el máximo exponente actual de este sistema de codificación.

Para leer estos códigos de barras, lo único que se necesita es un aparato fotosensible, que reaccione a las diferencias de brillo cambiando su resistencia. A partir de ahí, el sistema de decodificación de la información es similar a los sistemas internos de cualquier ordenador personal.

Se plantean en este punto algunos interrogantes: ¿Qué tamaño debe tener nuestro disco? ¿Cómo disponer en el disco esa sucesión de luces y sombras? ¿Cómo codificarla? Estas cuestiones hallan respuesta en los siguientes apartados

Medio físico

En principio, cuanto más grande sea un disco, más capacidad tendrá. Al menos, mientras no podamos hacer caber más información en el mismo espacio mediante la compresión (estrechamiento y acercamiento) de las pistas de datos. Por lo tanto, el dilema se planteaba en encontrar un tamaño que, manteniendo la distancia suficiente entre pistas para poder distinguirlas, pudiese albergar un número de pistas adecuado a la cantidad de información que deseamos guardar en él: la Novena Sinfonía de Beethoven será, recordemos, nuestra medida inicial. Este tamaño se estableció en 4.75 pulgadas de diámetro, o lo que es lo mismo, 12 centímetros, con un agujero central de 1.5 cm; y 1.2 milímetros de espesor. Es interesante reseñar que pueden también encontrarse CDs de tamaño reducido, de aproximadamente 8 cm de diámetro.

Una vez establecido el tamaño 'standard', queda por determinar el sistema a seguir para grabar en nuestro disco la información. La primera solución que se ideó fue la de imprimir literalmente las manchas negras

sobre superficie blanca, si bien esta idea se descartó debido a la dificultad inherente a conseguir la resolución necesaria y su altísimo coste de duplicación. También se pensó en imprimir mediante sistemas fotográficos, de mucha mayor calidad en cuanto a resolución, pero a un coste infinitamente superior. Quedaba, pues, tan sólo la opción de 'imitar' el sistema de grabación de los discos de vinilo, variando la superficie del disco mediante surcos.

Alterando la textura de la superficie del disco, es posible variar su reflectividad (su capacidad para reflejar la luz). Una superficie rugosa no refleja la luz igual que una superficie perfectamente pulida. Un hoyo oscuro no refleja igual que un espejo pulido. Esta era la solución: el disco de almacenamiento sería un espejo pulido en el que se practicarían marcas con huecos oscuros con el fin de codificar los datos. Un haz láser podría 'bombardear' la superficie del disco y realizar estos huecos (pits). Posteriormente, los pits, una característica física del disco, podrían ser duplicados mediante maquinaria de estampación similar a la utilizada en la duplicación de discos de vinilo. El sistema de creación de publicaciones en CD ROM se explica en páginas posteriores. Para aplicar este sistema, el material adecuado para fabricar los CDs es el policarbonato, que es la materia prima de los discos compactos.

Estructura

El CD divide su zona de datos en pequeñas porciones, llamadas sectores. Estos sectores son la unidad mínima de lectura de un CD: nada menor que un sector puede ser leído individualmente.

Los sectores de un Compact Disc están definidos en los diferentes estándares referentes a tecnologías de discos ópticos, y, en el caso de los CD-ROM, tienen una capacidad de almacenamiento de 2352 Bytes. En la mayoría de los casos de almacenamiento de datos en CD se utilizará un standard de grabación denominado Modo 1, que se comentará en la parte dedicada al Yellow Book dentro del título '*Estándares CD. Rainbow Books*'. En este Modo 1, 2048 Bytes de los 2352 están dedicados al propio almacenamiento de datos, mientras que los 304 restantes tienen diferentes funciones: campo de sincronización (12 Bytes), Campo de dirección de sector (4 Bytes), y un campo auxiliar de 288 Bytes. En Modo 2, sistema pensado para la grabación de datos menos críticos, sin grandes requerimientos de corrección de errores, parte de los Bytes del campo auxiliar pueden utilizarse también para almacenar datos, quedando finalmente un espacio útil de 2336 Bytes.

Los 4 Bytes de dirección del sector, denominados Header Bytes, identifican el sector de manera inequívoca. El método de identificación hace alusión a los orígenes musicales del CD. En el caso del CD-ROM, los tres primeros Bytes contienen la dirección del sector, y el cuarto se denomina Byte de modo, e indica el modo en que está grabado el sector.

En Modo 1, el campo auxiliar se utiliza para la detección y corrección de errores. Los cuatro primeros bytes del campo guardan un código primario de detección de errores, seguido por 8 Bytes de ceros lógicos. Los últimos 276 Bytes contienen una lista de códigos de corrección de errores.

Pistas, Pits y Lands

La información dentro de un CD está dispuesta en pistas, si bien esta explicación no es del todo correcta. Es una única pista, continua y en espiral, la que se contiene en un CD, a diferencia de los discos duros, que presentan varias pistas concéntricas. Aún así, si vemos sólo una parte de la superficie del CD observaremos infinidad de pistas, hasta un total de 16000 pistas por pulgada (un disco duro tiene 96 pistas por pulgada), separadas entre ellas por una distancia de 1'6 micrómetros ($1 = 1 \text{ Micrómetro} = 1/1000 \text{ mm}$). Esta pista tiene unos 6 Km. de longitud y 0'6 de anchura, y en ella se encuentran los denominados pits y lands, esto es, los huecos que contienen los datos: aproximadamente 5000 millones en un solo CD.

El rayo de luz láser es reflejado tanto por los pits como por los lands, y dado que los pits son algo más profundos, esta reflexión se da con una pequeña diferencia en el tiempo. Esta profundidad está determinada

para que la diferencia sea exactamente, en un aspecto científico, la mitad de la longitud de onda. Esto tiene como consecuencia que los rayos vecinos reflejados en la transición entre un pit y un land prácticamente se anulan mutuamente. El rayo de luz se refleja en los pits y en los lands completamente, y de las zonas intermedias no retorna prácticamente nada.

De esto último se deduce la disposición de la información en la superficie de un CD. No son los pits ni los lands los que contienen la información, sino precisamente las zonas de transición entre ellos. La información más pequeña que se puede guardar en un CD es lo que se denomina un *channel bit*. El valor lógico 1 se representa mediante el paso de pit a land, y el valor lógico 0 viene determinado por un pit o un land. Para formar un Byte se necesitan 14 Channel Bits. El sistema de codificación de los discos se explica con detalle más adelante.

Sesiones y zonas de datos

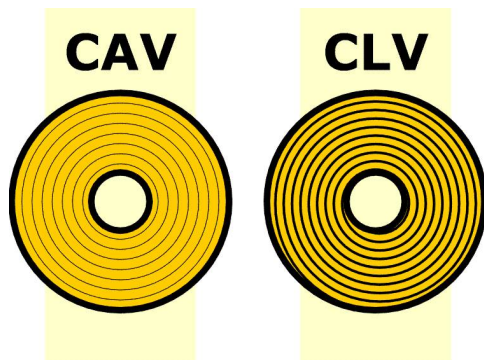
Una sesión es cada segmento unitario grabado en el CD de manera continuada, y puede contener varios tracks (pistas). La sesión, como se dice antes, se graba toda de un tirón. Bajo el standard del Orange Book, que se explicará más adelante, una sesión puede contener datos, audio o imágenes.

En el disco, cada sesión empieza con una zona de lead-in (carga), que contiene espacio para la tabla de contenidos de la sesión. Esta zona ocupa 4500 sectores. Cuando iniciamos una sesión de grabación, el lead-in se deja en blanco, y se rellena cuando terminamos la sesión.

Seguidamente encontramos el área de datos propiamente dicha, y tras ésta, un área de descarga, o lead-out, que indica a la unidad lectora que el CD (o la sesión) ha llegado al final de la zona de datos. El primer lead-out ocupa 6750 sectores y, a partir del segundo, cada lead-out adicional ocupa 2250 sectores.

CLV y CAV

Para maximizar el espacio de almacenamiento disponible en un disco, todos sus sectores, tanto si se encuentran en la parte más interna, como si están en el borde del CD, tiene la misma longitud, desde el punto de vista físico. Lógicamente, en las pistas exteriores hay más sectores por circunferencia que en las pistas interiores. El láser de lectura debe mantener en todos ellos la misma velocidad para leer cada sector de datos (1'2 m/s), por lo que la velocidad de rotación del disco debe ser variable: muy alta en la zona interior (400 rpm), y más lenta en la zona exterior (200 rpm).



Si la información de un CD se encuentra en una pista cuyos sectores tienen la misma longitud, se habla de modo CLV (Constant Linear Velocity). En discos duros, por ejemplo, la información está dispuesta en torno a círculos concéntricos, teniendo cada círculo (pista) un mismo número de sectores, de manera que los sectores exteriores serán mayores que los interiores. De esta manera se puede mantener una velocidad de rotación constante: hablamos del modo CAV (Constant Angular Velocity).

Estándares CD. Rainbow Books

Todas las normas que rigen el funcionamiento y sistemas de producción y homogeneización de los CDs se recogen en los llamados Rainbow Books, que son el Red Book, Yellow Book, Green Book, Orange Book, White Book y Blue Book. Los nombres de estos libros se deben al color de la lente láser instalada en la unidad.

Red Book

El Red Book define el standard de los CD-DA, la aplicación original del CD, que guarda información auditiva en formato digital. Este libro se refiere a la norma ISO 10149.

En un CD de audio se leen 75 sectores por segundo. Cada sector contiene 3234 Bytes, 2352 de los cuales se pueden utilizar para el almacenamiento de música, utilizándose el resto para reconocimiento y corrección de errores. Por lo tanto, cada segundo se leen 176400 Bytes. Este número se hará fundamental en los CD-ROM: es el ratio de transmisión de datos.

En la transición desde los discos de vinilo al CD-DA se llevó a cabo el cambio del formato analógico de las señales auditivas a formato digital. El proceso de digitalización de señales sonoras analógicas se denominó PCM (Pulse Code Modulation), y consiste en dar a cada diferencia de tensión de la señal analógica un valor discreto, medible en una escala ordinal, de manera que le almacene en el CD únicamente el valor discreto asignado.

Yellow Book

El Yellow Book, aparecido en 1984, define los estándares de formato de información para discos CD-ROM, e incluye el CD-XA, que añade información de audio comprimida junto a otros tipos de datos. Fue desarrollado por las compañías Philips y Sony, punteras en cuanto a tecnología de CD se refiere.

En el Yellow Book se definen dos procesos de formato lógico para datos: Modo 1 y Modo 2. La razón de ello se debe a que los datos de ordenador reaccionan de una manera delicada a los errores de lectura. En los CD de audio, un fallo de lectura en un Byte puede notarse en la calidad de la reproducción, pero en un CD-ROM representa un riesgo demasiado peligroso como para no tomarlo en consideración.

Por lo tanto, se ideó un nuevo procedimiento de formato que reducía el índice de fallos a 1 Byte defectuoso por cada billón (= 1 TB). Se perdía en el cambio parte de la capacidad de almacenamiento, pasándose de sectores con 2352 Bytes disponibles a sectores con 2048 Bytes, traspasándose 280 Bytes a la corrección de errores, y algún otro Byte más para direccionamiento en los sectores. Este modo de almacenamiento de datos se llamó Modo 1.

Existe otro tipo de almacenamiento especificado en el Yellow Book, que es el Modo 2. En este caso, se renuncia a los 280 Bytes de comprobación adicionales, con los que se podrán guardar menos datos críticos; quedando 2336 Bytes útiles para almacenamiento.

La velocidad de transmisión se calcula como en los CD-DA. En principio (CDs de velocidad simple), se leen 75 sectores por segundo, solo que en este caso hay menos Bytes de datos útiles. En Modo 1 se dispone de 2048 Bytes de datos, por lo que el ratio de transmisión es de 150 KB/s. En Modo 2 este ratio es de 171 KB/s. Posteriormente, las unidades lectoras de CD-ROM se hicieron más potentes, pudiendo aumentar estos ratios en progresión aritmética. La clasificación que desde entonces se hace de las unidades lectoras, grabadoras y regrabadoras de CD se explica en el apartado `2X qué?'.

Ahora, conociendo el número de sectores de un determinado CD podremos calcular la capacidad máxima del

mismo, para lo cual basta con multiplicar el número de sectores por el número de Bytes útiles en cada sector.

Green Book

El Green Book indica la normativa a seguir en los CD-i, desarrollados por Philips como evolución técnica del CD-ROM, a partir del Yellow Book. El CD-i utiliza un nuevo sistema de compresión de audio denominado ADPCM (Adaptive Delta Pulse Code Modulation), que permite incluir en un solo disco más de 20 horas de sonido en calidad monoaural (2 en calidad estéreo). También permite que el audio, el vídeo, y las pistas de datos se entrelacen en el disco, de manera que puedan ser combinadas por el PC al más puro estilo de la 'stravaganza multimedia'.

Entre sus otras capacidades, el standard del Green Book permite datos ocultos en el área inicial usada por la tabla de contenidos. Debido a que los CD-DA bajo el Red Book no intentan reproducir la información situada en el área de pre-datos, colocarlos aquí según el standard del Green Book previene el problema del track 1. Este método de grabación es naturalmente monosesión, por lo que funciona correctamente incluso en unidades de lectura que no ofrecen soporte para discos multisesión. Esta particularidad en concreto ha decantado a muchos editores de publicaciones en CD por este formato, ya que, al estar el área de precarga más próxima al centro del disco, sufre menos riesgo de ser dañada, por lo que garantiza una mayor integridad de los datos.

Orange Book

El Orange Book es el libro que describe los requerimientos y las pautas de los sistemas de grabación de discos compactos. El anteriormente *medio de sólo lectura* se convierte ahora en *medio de una sola escritura*, permitiendo a los usuarios la creación de sus propios CDs. Presentado en 1992, el standard representado en el Orange Book introducía por completo la tecnología multisesión. Esta tecnología supone que un mismo disco pueda contener información grabada en él a lo largo de diferentes momentos dispersos en el tiempo (sesiones). Cada sesión tiene su propia zona lead-in, y su tabla de contenidos.

Desarrollado conjuntamente por Philips y Sony, el Orange Book define tanto la estructura física de los CDs grabables como las diversas partes que deben incluirse en el área de datos de los mismos. Estas áreas son: área de programa, que recoge la información que debe almacenarse en el disco, un área de memoria de programa, que incluye información sobre todas las pistas del CD y sobre todas las sesiones que contiene, las zonas de carga y descarga (lead-in y lead-out) y, por último, una zona de calibración de la potencia del haz grabador láser.

Blue Book

Es el más reciente de los estándares de CDs, y fue publicado en Diciembre de 1995. Presenta los CD multisesión estampados, que resuelven el problema de compatibilidad de la pista 1. El standard Blue Book necesita que la primera pista de un CD multisesión siga el standard Red Book de audio. La segunda sesión, que es invisible para los reproductores de CD audio comunes, contiene información para ordenador. Los lectores de CD que siguen el standard Blue Book de manera correcta pueden leer ambas partes de los discos: sonido y datos. La tecnología en que se basa el standard Blue Book se conocía al principio con el nombre de CD-Extra.

Microsoft promociona este formato bajo el nombre de CD-Plus. Permite a los creadores de CDs poner información multimedia en el espacio no utilizado por los CDs de música.

White Book

Los estándares para el Vídeo CD están recogidos en el White Book. El formato está basado en el CD-i. Cada

disco debe contener una aplicación CD-i, de manera que puedan ser reproducidos por las unidades de CD interactivo. Estos discos se conocen con el nombre de Bridge Discs (discos puente).

Instalación

Interfaz

La conexión entre unidades de CD-ROM y el ordenador también ha sido, en cierto modo, objeto de estandarización. La mayoría de CD-ROM que se pueden comprar hoy en día usan bien interfaces IDE (o más correctamente ATAPI) o SCSI para comunicarse con la computadora. También hay algunas unidades externas que están diseñadas para conectarse al puerto paralelo. Algunos modelos de los primeros tiempos tenían conexiones propietarias, basadas en interfaces ATAPI, pero no exactamente iguales a éstos.

Las unidades DVD se conectan al PC de manera exactamente igual a las unidades CD-ROM, si bien requieren software especial para manejar su superior capacidad.

La controladora IDE o ATAPI es actualmente la interfaz predominante para unidades CD y DVD. La ventaja principal de esta interfaz es muy sencilla: bajo coste, tanto para los fabricantes como para el usuario final. Además, su sencillez los hace mucho más agradable de instalar: sólo hay que conectar un cable.

Las unidades SCSI tienden a ser más caras. En el caso de unidades CD, no ofrecen grandes adelantos sobre las unidades IDE más allá de la conectividad con un adaptador SCSI preexistente. Si deseamos instalar más de una unidad CD-ROM, la opción más razonable es SCSI. Para grabadoras de CD, también nos decantaremos por esta opción en primer lugar.

Las interfaces basadas en puerto paralelo son las más caras, y las más lentas de todas. Están diseñadas para casos específicos.

Conexión de audio

Cuando reproducimos CDs audio en nuestra unidad CD-ROM a través de la tarjeta de sonido, la señal es analógica, no se trata de audio digital. La señal digital se transforma en analógica a través de la circuitería integrada en la propia unidad lectora. Esta señal analógica debe ser transportada de alguna manera hasta la tarjeta de sonido. El cable plano utilizado por la interfaz de control no es la mejor opción, ya que es propenso a reproducir ruidos al transcurrir tan cerca de otros buses con información en formato digital.

En consecuencia, casi todas las unidades utilizan un cable separado para la señal estéreo desde la unidad hasta la tarjeta de sonido.

Alimentación

Las unidades CD-ROM utilizan el mismo tipo de alimentación que los discos duros, un conector de 4 patillas de nylon blanco. El conector está diseñado de manera que sólo pueda ser insertado de una manera: la manera correcta.

CD ROM

Unidades CD-DA vs CD-ROM

En comparación con un reproductor de audio, una unidad CD-ROM está provista de componentes más estables y de mayor calidad. Esto se debe en primer lugar a la electrónica adicional para el reconocimiento y corrección de errores.

Por otra parte, los motores helicoidales para las unidades CD-ROM (los que hacen girar el disco) están expuestos a cargas mayores que en las unidades reproductoras de audio. En éstas, la velocidad de rotación varía de forma continua durante la reproducción, yendo de más rápida a más lenta conforme el lector se aleja del centro del disco. En los CD-ROM, esta velocidad de rotación debe cambiar de manera brusca, muy rápidamente y con frecuencia.

Algo similar ocurre con el rayo de exploración, cuya capacidad de movimiento es requerida de manera mucho más drástica en las unidades CD-ROM que en las unidades de audio. En éstas, la lente se mueve lentamente desde dentro hacia fuera, mientras que en las unidades CD-ROM los movimientos son bruscos y frecuentes.

Funcionamiento

El funcionamiento del lector de CD ROM es el siguiente: el rayo de luz láser se proyecta sobre la superficie del disco. En su camino atraviesa un espejo semireflectante y una serie de lentes, tras las cuales llega a la superficie del CD. El colimador hace que los rayos continúen paralelos, y con la ayuda de la lente de focalización se reduce el diámetro del haz de luz a 0'6 milésimas de milímetro. Sobre la superficie del CD, los rayos toman la información y se reflejan.

El espejo semireflectante los desvía en su camino de vuelta hacia el fotodiodo, que convierte los haces de luz en información electrónica: bits.

Normativas High Sierra e ISO 9660

El Yellow Book describe cómo colocar información en un disco CD-ROM. Sin embargo, no indica cómo organizar la información en ficheros. En el mundo DOS podemos hablar de dos estándares de amplia extensión. El primero de ellos fue denominado High Sierra. Posteriormente, éste fue actualizado con el nuevo standard: la especificación ISO 9660.

La única diferencia práctica entre ambas normativas es que el software controlador entregado con algunos lectores de CD-ROM, especialmente los más antiguos, podían no reconocer el standard ISO 9660, al estar preparados para el formato High Sierra. Devolvían entonces el error DOS *'Disc Not High Sierra'*. El problema está en que la versión antigua de las extensiones Microsoft para CD-ROM el software que adapta la unidad CD-ROM para su uso con el sistema operativo no reconoce los discos ISO 9660.

Para fusionar la tecnología CD-ROM con DOS, Microsoft creó un bit standard de código de operación para hacer que las unidades lectoras funcionasen con DOS. Estas son las llamadas Extensiones DOS CD-ROM. A partir de la versión 2.0 de estas extensiones se soluciona el problema de incompatibilidad del DOS con discos ISO 9660.

ISO 9660 abarca todos los tipos de información que pueden ser utilizados en un PC. Los discos compatibles pueden manejar tanto ficheros de información como sonido o vídeo.

Para Windows 95, Microsoft creó otro grupo de extensiones del ISO 9660. Bajo el nombre de Especificación para Grabado de CD-ROM Joliet, estas extensiones añadían soporte para ficheros con nombres largos sólo 128 caracteres, en lugar de 255, así como directorios anidados más allá del octavo nivel, permitiendo el uso de extensiones en los nombres de directorio, y ampliando el conjunto de caracteres. Para mantener la compatibilidad con ISO 9660, la información extra de Joliet debe caber en un límite de 240 caracteres, rechazando la posibilidad de codificar toda la información de directorio de Windows 95.

Codificación de datos

Como en los discos duros, diskettes y demás medios de soporte magneto-óptico actuales, el CD almacena los datos haciendo uso de bits, esto es, valores lógicos 1 y 0.

Channel Bits

Ahora bien, como se señalaba en apartados anteriores, el conjunto de la información almacenada en un CD-ROM se encuentra en una única pista continua como en una especie de canal de datos, por lo que a los bits contenidos en un CD se les llama '*channel bits*'.

Estos channel bits tienen un sistema de transformación en Bytes de información diferente a los bits albergados en unidades magnéticas, denominado **EFM**.

EFM

La información en un CD se encuentra en las transiciones entre lands y pits. Cada transición representa un 1 lógico, y cada pit o land un 0 lógico. Estas unidades son los channel bits. Por motivos técnicos de producción, la longitud de un pit o land debe estar entre los 2 y los 11 channel bits. Como mínimo antes de dos 0 y como máximo después de once debe haber un 1. Esto implica que no sean posibles todas las combinaciones imaginables de 1 y 0.

Se necesitan en total 14 channel bits para representar un Byte. Una tabla de conversión asigna cada combinación de 14 channel bits a una combinación de bits, que conformarán un Byte. Esta conversión entre 8 y 14 bits es lo que se conoce con el nombre de ***Eight to Fourteen Modulation (EFM)*** o scrambling.

Código EFM	Channel Bits	Bits de Datos
0	01 001 000 100 000	0000 0000
1	10 000 100 000 000	0000 0001
2	10 010 000 100 000	0000 0010
3	10 001 000 100 000	0000 0011
4	01 000 100 000 000	0000 0100
5	00 000 100 010 000	0000 0101
6	00 010 000 100 000	0000 0110
7	00 100 100 000 000	0000 0111
8	01 001 001 000 000	0000 1000
9	10 000 001 000 000	0000 1001
10	10 010 001 000 000	0000 1010
11	...	...

Entre dos series distintas de 14 channel bits se encuentran 3 '*merge bits*' o bits de enlace, que no se utilizan para analizar los datos. El sentido de introducir estos merge bits es que no interfieran dos cadenas de channel bits entre sí. Así, los merge bits son necesarios si una cadena termina en 1 y la siguiente empieza también en 1.

Jerarquía de datos

Así, de 17 bits resultan al final 8 bits de datos, un Byte. De todos modos, con esto no finaliza la jerarquía de datos de un CD. En éstos, cada 24 Bytes forman un *frame*. Cada frame contiene, además, 180 bits adicionales para reconocimiento y corrección de errores.

Estos 180 bits consisten en un Byte (17 bits) para reconocimiento de errores, y 8 Bytes ($8 \times 17 = 136$ bits) para corrección. Por último se reservan 27 bits para sincronización.

En conjunto, un frame formado por 24 Bytes ocupa un total de 588 bits. En comparación con lo que ocupan los mismos 24 Bytes en un disco duro ($24 \times 8 = 192$ bits), la diferencia en cuanto al dimensionado de capacidad es notable.

El tamaño de un sector, que consiste en 98 frames, se puede calcular como sigue: 98 frames con 24 Bytes útiles cada uno: 2352 Bytes; más 784 Bytes adicionales para corrección de errores (ECC = Error Correction Code) resultantes de los 8 Bytes ECC por frame. Por último, falta agregar 98 Bytes (uno por frame) de detección de errores (EDC). En suma: $2352 + 784 + 98 = 3234$ Bytes por sector.

Sub-Channels

Cada frame contiene un Byte de control, que principalmente sirve para detección y corrección de errores. En este Byte de control pueden estar contenidas también algunas informaciones. En un sector hay un total de 98 Bytes de control. Los bits de cada uno de los Bytes de control se designan con las letras P hasta W: el primer bits P, el segundo Q, etc. Un sub-channel se forma con la reunión de todos los bits de control con el mismo 'nombre'.

El primer sub-channel, el que reúne a los bits P, se llama P Channel. El segundo, Q Channel, y el resto de bits de control forman un único sub-channel denominado R-thru-W Channel.

El P Channel se utiliza como flag, y con él se indica si el sector contiene audio o datos informáticos. El Q Channel contiene los datos referentes al tiempo, tanto absoluto (ATime) como relativo de pista, medido desde el inicio de la misma (RTIME). En la zona de lead-in del disco, 72 bits del Q Channel contienen el TOC (Table Of Contents), y los otros 26 sirven para la sincronización, control y corrección de errores de los Bytes de control. En el R-thru-W Channel se encuentran datos de sincronización, control y corrección de errores.

Gestión de sectores

A diferencia de los CD-DA, el acceso a los sectores de los CD-ROM debe realizarse de manera distinta.

Dado que en un CD los distintos sectores no están diferenciados físicamente, sino que están situados uno detrás de otro en una pista continua, se precisan Bytes de sincronización que separen los sectores. Asimismo, puesto que una serie de Bits concreta puede aparecer dentro de los Bytes utilizables, también se utilizan Bytes de longitud de longitud. Cada sector empieza con 12 Bytes de sincronización, a los que siguen 4 Header Bytes, que son utilizados para identificar el sector. Los tres primeros Bytes contienen la dirección del sector, y el cuarto (llamado Byte de modo) señala el modo en que está grabado el sector.

Gracias a este sistema, los sectores pueden ser accedidos de manera directa en todo momento por parte del lector CD-ROM.

Detección y corrección de errores

Los 784 Bytes ECC para corrección de errores permiten no sólo una relativa confianza en el reconocimiento de errores de lectura, sino también en su eliminación. En comparación con otras interpretaciones de datos en las que sólo se utiliza un reconocimiento de errores, en la interpretación de datos en las unidades CD-ROM también se corrigen los errores de lectura. En la definición original de CD no existe posibilidad de volver a leer los datos. De los datos leídos se ha de procurar reconstruir la versión correcta. Para este fin se hallan los Bytes EDC y ECC en cada sector.

Un procedimiento especial denominado CIRC (Cross Interleaved Reed Solomon Code), desarrollado por los matemáticos Reed y Solomon es parte integrante del Red Book: el número real de controles está dispuesto de tal manera que de ellos se pueden reconstruir los datos originales. CIRC está implementado a nivel de hardware en los reproductores de audio y unidades CD-ROM, y recurre a las informaciones de los 784 Bytes ECC. Los resultados de este procedimiento de corrección son muy notables. Teóricamente se pueden reconstruir hasta 7000 bits defectuosos o inexistentes. Este sistema de código ofrece una probabilidad de detectar errores eficientemente alta. Dado que en los CD de audio los errores de lectura no producen efectos considerables y sólo modifican mínimamente la reproducción de la música, esta cuota de errores es hasta cierto punto tolerable.

Por el contrario, en los CD-ROM se exigen mayores prestaciones a la integridad de los datos. 6 errores de lectura en 600 MB son demasiados. De los 2352 Bytes utilizables todavía se reservan una serie de Bytes para otras detección de errores y corrección.

Errores en Modo 1 y Modo 2

Además de los 882 Bytes para detección y corrección de errores contemplados en el Red Book, el Yellow Book, recopilación de normas y procedimientos standard para CD-ROM, se añaden, en Modo 1, 280 Bytes de detección y corrección adicionales. Este segundo nivel de detección y corrección de errores está soportado por los lectores de CD-ROM, y se denomina LEC (*Layer Error Correction* = Corrección de errores por estratos). La cuota de errores de 10-8 resultante con el sistema CIRC se reduce con la solución planteada en el Yellow Book hasta una cuota 10-12; esto es, un Byte defectuoso de cada 1012 Bytes leídos, o, lo que es lo mismo, un Byte erróneo en cada Terabyte (millón de MB). En términos estadísticos, la probabilidad de error se reduce hasta un 0'1 %.

El Modo 2, menos recomendable para la grabación de datos en los que su integridad es importante, se renuncia a los Bytes adicionales de corrección de errores, siguiendo en este aspecto las recomendaciones reflejadas en el Red Book. Sin embargo, sí mantiene los Bytes de sincronización y cabecera, con lo que el acceso directo a sectores es aún factible.

A tener en cuenta

A la hora de adquirir un dispositivo lector de CD-ROM debemos fijarnos muy bien en ciertos aspectos, que nos ayudarán a crearnos una opinión seria y fiable de la oferta que se nos presenta.

Ratio de transferencia: ¿20X qué?

A diferencia de la música o las imágenes de televisión o vídeo, que requieren reproducción en tiempo real (a no ser que se prefiera ver una carrera grabada con una sensación de sobreproducción de adrenalina), la información digital no está normalmente ligada a un 'tempo' determinado. De hecho, la mayoría de los usuarios agradecen que la información pase lo más rápidamente posible del CD a su disco duro.

De los gráficos del apartado anterior se desprende que la cantidad de Bytes útiles para el almacenamiento final de datos es de 2048 en Modo 1, por 2336 en el Modo 2.

Con estos datos podremos calcular el denominado ratio de transferencia, que nos dará la medida para calcular la velocidad de nuestra unidad lectora de CD-ROM.

Inicialmente, las primeras lectoras de CD-ROM leían, al igual que los reproductores de CD-DA, 75 sectores por segundo. Multiplicando el tamaño útil del sector por el número de sectores leídos obtenemos 2048 x 75 Bytes/s = 153600 Bytes/s = 150 KB/s (Modo 1); o 171 KB/s en Modo 2; que habrá de mantenerse en toda la pista.

A medida que las tecnología se fueron perfeccionando, se demostró que la velocidad de transferencia de un CD era directamente proporcional a la velocidad a la que giraba el disco. Cuanto más rápida la rotación, mayor cantidad de información transferida. Así, empezaron a aparecer unidades lectoras de CD-ROM cada vez más rápidas, rotuladas con misteriosos apelativos del estilo 2X, 4X, 8X, etc.

Para hacernos una idea de la cantidad de datos transferidos en un segundo según sea nuestra unidad CD-ROM y el método de compresión empleado en el disco, aquí hay una tabla de muestra:

	1X	176.000	153.600	175.200	153.600	174.300
	2X	352.800	307.200	350.400	307.200	348.600
	4X	705.600	614.400	700.800	614.400	697.200
	6X	1.058.400	921.600	1.051.200	921.600	1.045.800
	8X	1.411.200	1.228.800	1.401.600	1.228.800	1.394.400
	10X	1.760.000	1.536.000	1.752.000	1.536.000	1.743.000
	12X	2.112.000	1.843.200	2.102.400	1.843.200	2.091.600
	16X	2.822.400	2.457.600	2.803.200	2.457.600	