

# Periféricos

## Práctica 4: CD-Audio

**Objetivo:** Implementación de un reproductor de CDs para MS-DOS.

### **Fundamento teórico:**

El CD de audio apareció a principios de los años 80 como competencia a los clásicos discos de vinilo. En la actualidad, es el medio más utilizado en la industria musical y ya prácticamente no existe un PC que no disponga de lectora de CD.

El primer paso hacia la estandarización de los formatos de los CDs se realizó en 1982 mediante la publicación por parte de los creadores del CD (Sony y Philips) del *Libro Rojo*, en el que se describe el formato de los CD de audio en todas sus facetas. Posteriormente, a medida que se iban desarrollando nuevas aplicaciones de los CDs, se han ido confeccionando nuevos estándares que han sido recogidos en otros libros. Así, en el *Libro Amarillo* se especifica el formato de un CD de datos o CD-ROM.

Independientemente de su tipo, un CD está físicamente compuesto por una serie de protuberancias y cavidades llamadas *pits* y *lands*, que se alinean a lo largo de una única espiral que va desde dentro hacia fuera y cubre todo el CD.

### CD de Audio

Un CD de Audio está concebido para una frecuencia de muestreo de 44.1 KHz con 2 canales (estéreo) utilizando 16 bits para la codificación de cada canal. El CD se divide según el estándar del *libro rojo* en sectores que corresponden a 1/75 segundos de reproducción. De esta forma, el tamaño en bytes de cada sector es de:

$$\frac{1}{75} s \cdot 44100 \text{ muestras} / s \cdot 2 \text{ canales} / \text{muestra} \cdot 2 \text{ bytes} / \text{canal} = 2352 \text{ bytes}$$

La codificación de cada sector en el CD de audio se suele expresar en forma temporal como (*minuto,segundo,offset*) donde *offset* va de 0 a 74. En el *libro rojo* se suele expresar mediante un número de 32 bits de la forma:

bits 0..7: offset (de 0 a 74)=número de sector físico dentro del segundo correspondiente  
bits 7..15: segundo (0 a 59)  
bits 16..31: minuto

### CD-ROM

El formato de un CD de datos o CD-ROM viene recogido en el *libro amarillo* y está basado en el *libro rojo* para CDs de audio. En un CD-ROM no se utilizan todos los 2352 bytes del sector físico como datos sino que se aprovechan parte de estos bytes para la detección y corrección de errores. De esta forma, un sector físico en un CD de datos tiene un tamaño efectivo de 2048 bytes (2KB), que es un tamaño mucho más fácil de manejar para un computador.

Para poder acceder a los datos almacenados, no en forma de sectores físicos sino como archivos y directorios, se precisa de un formato lógico. Para ello, existen dos estándares

sobre el formato lógico de un CD: el High Sierra Group (HSG) y la norma ISO 9660. Pocas son las diferencias entre estos dos estándares, esencialmente el número y tipo de caracteres permitidos para el nombre de un fichero y el formato de la fecha y hora en la entrada de directorio de cada archivo.

En un CD-ROM, el sector lógico tiene un tamaño de 2048 bytes (igual que el sector físico efectivo) y se direcciona de tal forma que el sector lógico 0 corresponde al sector físico cuya dirección según el libro rojo es 00000200h, es decir, en el minuto 0, segundo 2 y offset 0. De esta forma, como cada sector físico corresponde a 1/75 segundos de reproducción de un CD de audio, realmente el sector lógico 0 empieza en el sector físico 150 y los primeros 150 sectores físicos de un CD-ROM no pueden direccionarse desde el nivel de formato lógico:

$$N^{\circ} \text{ Sector Lógico (minuto,segundo,offset)} = (\text{minuto} * 60 + \text{segundo}) * 75 - 150 + \text{offset}$$

### **Acceso al CD a través de MS-DOS**

Cuando, en 1987, Microsoft empezó a trabajar en un controlador para unidades CD-ROM bajo MS-DOS, se dio cuenta de que el concepto que hasta aquel entonces se tenía de un controlador de dispositivos de bloques no se podía aplicar al nuevo medio.

Los CD-ROM no se basan en una estructura de archivos tal y como la conoce el MS-DOS ya que principalmente no poseen ninguna FAT. Como se ha comentado anteriormente, los archivos y directorios en un CD-ROM están almacenados en sectores consecutivos y al ser sólo de lectura no era necesario tener una tabla de localización de ficheros que contuviera la dirección del siguiente cluster a uno dado. Además, en un CD el proceso de lectura se realiza siempre con velocidad lineal constante (y no con velocidad angular constante como es el caso de los discos duros y disquetes) por lo que si el lector óptico tiene que leer un sector alejado de la posición actual se debe esperar a que la velocidad de rotación sea la adecuada para poder acometer el proceso de lectura.

Así pues, el driver del CD-ROM bajo MS-DOS no podía definirse como un controlador de dispositivo por bloques y se hubo de inventar una forma de “engañar” al MS-DOS para poder utilizarlo. Para ello, el driver del CD-ROM (que se carga en el CONFIG.SYS mediante el comando DEVICE) está definido como un controlador de dispositivo de caracteres (igual que el teclado o el vídeo) pero el MS-DOS no asigna el nombre de una unidad (como A:, B:, etc.) para este tipo de dispositivos. Por este motivo, tuvo que utilizarse un segundo programa que creara el vínculo necesario entre el núcleo del DOS y el controlador de CD: MSCDEX.EXE. El programa MSCDEX.EXE (que se carga en el fichero AUTOEXEC.BAT) “engaña” al MS-DOS creando una unidad ficticia de red (de la que ya obtiene un nombre de unidad) y reencamina todas las llamadas a dicha unidad a través del controlador de CD.

### Acceso al CD a través de MSCDEX

MSCDEX instala en la interrupción 2Fh del MS-DOS una serie de funciones a través de las cuales se puede acceder al CD. Estas funciones se identifican según el valor aue se asigne al registro AX antes de llamar a la interrupción. Algunas de estas funciones son las siguientes:

### **INT 2Fh - Determina el número de unidades CD-ROM**

Entrada: AX = 1500h

BX = 0000h

Salida: BX = número de unidades gestionadas

CX = denominación de la primera unidad (0 = A:, 1 = B:, etc.)

#### Comentarios:

*Si BX=0 en la salida querrá decir que MSCDEX no está instalado ya que para que MSCDEX esté activo se necesita al menos una unidad de CD-ROM.*

### **INT 2Fh - Chequea si una determinada unidad pertenece a una unidad CD-ROM**

Entrada: AX = 150Bh

CX = número de unidad (0 = A:, 1 = B:, etc.)

Salida: BX = ADADh si MSCDEX.EXE instalado

AX = 0000h: No se trata de una unidad CD-ROM

≠0000h: Es una unidad de CD-ROM

### **INT 2Fh - Obtiene el número de versión de MSCDEX**

Entrada: AX = 150Ch

Salida: BH = número de versión mayor

BL = número de versión menor

#### Comentarios:

*Si el número de versión de MSCDEX es, por ejemplo 2.95, en registro BH se devuelve el valor 2 y en el registro BL el valor 95.*

### **INT 2Fh – Acceso al CD a través del controlador de dispositivos**

Entrada: AX = 1510h

CX = Unidad de CD-ROM (0 = A:, 1 = B:, etc)

ES:BX → Buffer con la función requerida al driver de CD-ROM

#### Comentarios:

*Mediante esta función MSCDEX ofrece la posibilidad de acceder directamente al controlador de dispositivos que gestiona el CD-ROM asociado a la unidad lógica descrita en el registro CX. El contenido de los campos del buffer al que apuntan los registros ES:BX es distinto según tipo de subfunción que se requiera. En el siguiente apartado se mostrarán las funciones más importantes.*

### Acceso al CD a través del controlador de dispositivos

La forma más sencilla de acceder al controlador de dispositivos es a través de la función AX=1510h de la interrupción 2Fh que se acaba de describir. Tal como se ha mencionado anteriormente, esta función usa un buffer para transferir los parámetros y obtener los resultados, cuya dirección se pasa a través de los registros ES y BX.

No obstante, la estructura de este buffer difiere dependiendo del tipo de subfunción que se desee ejecutar. A continuación se van a describir las distintas subfunciones a las que se puede acceder a través de la función 1510h, y la estructura adecuada de los correspondientes buffers (Nota: los campos no descritos se pueden rellenar con 0s).

- Subfunción 84h: PLAY AUDIO (Reproducción de Audio)

### Buffer de la subfunción PLAY AUDIO

Offset	Contenido	Tamaño del campo
<b>Parámetros de entrada</b>		
+00h	Tamaño del buffer = 16h	1 byte
+01h	Subunidad = 0h (la rellena MSCDEX)	1 byte
+02h	Número de subfunción = 84h	1 byte
+0Dh	Modo de direccionamiento 0 = sector lógico 1 = formato libro rojo	1 byte
+0Eh	Primer sector a reproducir (en el formato que se indicó en el campo anterior)	4 bytes
+12h	Número de sectores lógicos a reproducir	4 bytes
<b>Parámetros de salida</b>		
+03h	Palabra de estado	2 bytes

Significado de la palabra de estado (16 bits):

bit 15 = 0: No hubo error

= 1: Hubo un error. Código de error en los bits 7..0

bit 9 = 1: Controlador ocupado con la reproducción de una pista de audio

bits 7..0	Código de error (si bit 15 = 1)
01h	Unidad desconocida
02h	Unidad no preparada
03h	Función desconocida o no soportada
04h	CRC error
05h	El bloque de datos de parámetros no presenta la longitud correcta
06h	Error de búsqueda
07h	Tipo de medio desconocido (error en el formato del CD)
08h	Sector no encontrado
0Bh	Error de lectura
0Ch	Error general
0Eh	No hay ningún medio introducido

- Subfunción 85h: STOP AUDIO (Detención de la reproducción de Audio)

### Buffer de la subfunción STOP AUDIO

Offset	Contenido	Tamaño del campo
<b>Parámetros de entrada</b>		
+00h	Tamaño del buffer = 05h	1 byte
+01h	Subunidad = 0h (la rellena MSCDEX)	1 byte
+02h	Número de subfunción = 85h	1 byte
<b>Parámetros de salida</b>		
+03h	Palabra de estado	2 bytes

- Subfunción 88h: RESUME AUDIO (Continuar la reproducción de Audio)

Mediante esta subfunción se puede retomar la reproducción de una pista tras haber sido interrumpida mediante STOP AUDIO.

Buffer de la subfunción RESUME AUDIO

Offset	Contenido	Tamaño del campo
<b>Parámetros de entrada</b>		
+00h	Tamaño del buffer = 05h	1 byte
+01h	Subunidad = 0h (la rellena MSCDEX)	1 byte
+02h	Número de subfunción = 88h	1 byte
<b>Parámetros de salida</b>		
+03h	Palabra de estado	2 bytes

- Subfunción 03: IOCTL INPUT (Solicitud de información al controlador)

Esta subfunción permite solicitar al controlador de CD diversas informaciones importantes relacionadas con el estado de reproducción del CD, el número de pistas, donde comienza cada pista, etc. Para reconocer el tipo de petición se debe pasar la dirección de un segundo buffer (buffer secundario), cuya estructura difiere según el tipo de información requerida.

Buffer de la subfunción IOCTL INPUT

Offset	Contenido	Tamaño del campo
<b>Parámetros de entrada</b>		
+00h	Tamaño del buffer = 14h	1 byte
+01h	Subunidad = 0h (la rellena MSCDEX)	1 byte
+02h	Número de subfunción = 03h	1 byte
+0Eh	Puntero FAR al buffer secundario	4 bytes
+12h	Tamaño (en bytes) del buffer secundario	2 bytes
<b>Parámetros de salida</b>		
+03h	Palabra de estado	2 bytes

En la siguiente tabla se describen algunas de las solicitudes que pueden realizarse mediante esta subfunción, junto con el tamaño del buffer secundario correspondiente (el valor que habría que poner en el offset 12h del buffer principal):

Identificador de petición	Significado	Tamaño del buffer de paso
06h	Solicitar estado de la unidad	5 bytes
08h	Solicitar tamaño del CD	5 bytes
09h	Solicitar información sobre el cambio de disco	2 bytes
0Ah	Solicitar información sobre el número de pistas del CD	7 bytes
0Bh	Solicitar información sobre una pista concreta del CD	7 bytes
0Ch	Solicitar información sobre la posición de la cabeza lectora durante la reproducción del CD	11 bytes
0Fh	Solicitar información sobre el estado de reproducción del CD	11 bytes

A continuación se describe la estructura de los buffers secundarios correspondientes a cada una de las solicitudes previamente mencionadas:

➤ **Solicitud 06h: Estado de la unidad**

Estructura del buffer secundario:

Offset	Contenido	Tamaño del campo
<b>Parámetros de entrada</b>		
+00h	Identificador de petición = 06h	1 byte
<b>Parámetros de salida</b>		
+01h	Estado de la unidad	4 bytes

Los bits más importantes de los 32 que devuelve esta función son:

- bit 0 = 1: Unidad abierta  
= 0: Unidad cerrada
- bit 3 = 0: Unidad sólo puede leer  
= 1: Unidad puede leer y escribir
- bit 4 = 0: Unidad sólo soporta CDs de datos  
= 1: Unidad soporta CDs de datos y de audio
- bit 11 = 0: Se encuentra un CD insertado en la unidad  
= 1: No hay CD insertado en la unidad

➤ **Solicitud 08h: Tamaño del CD**

Estructura del buffer secundario:

Offset	Contenido	Tamaño del campo
<b>Parámetros de entrada</b>		
+00h	Identificador de petición = 08h	1 byte
<b>Parámetros de salida</b>		
+01h	Tamaño ocupado del CD en sectores	4 bytes

➤ **Solicitud 09h: Información sobre cambio de disco**

Estructura del buffer secundario:

Offset	Contenido	Tamaño del campo
<b>Parámetros de entrada</b>		
+00h	Identificador de petición = 09h	1 byte
<b>Parámetros de salida</b>		
+01h	Estado	1 byte

- Si Estado = -1: El CD ha sido cambiado desde la última vez que se llamó a esta función
- = 0: El controlador no sabe si ha habido un cambio o no desde la última vez
- = 1: El CD no ha sido cambiado desde la última vez que se llamó a esta función

➤ **Solicitud 0Ah: Información sobre el número de pistas del CD**

Estructura del buffer secundario:

Offset	Contenido	Tamaño del campo
<b>Parámetros de entrada</b>		
+00h	Identificador de petición = 0Ah	1 byte
<b>Parámetros de salida</b>		
+01h	Número de la primera pista	1 byte
+02h	Número de la última pista	1 byte
+03h	Tiempo de reproducción en formato del libro rojo	4 bytes

➤ **Solicitud 0Bh: Información sobre una pista concreta del CD**

Estructura del buffer secundario:

Offset	Contenido	Tamaño del campo
<b>Parámetros de entrada</b>		
+00h	Identificador de petición = 0Bh	1 byte
+01h	Número de pista	1 byte
<b>Parámetros de salida</b>		
+02h	Inicio de la pista en formato del libro rojo	4 bytes
+06h	Información sobre el tipo de pista	1 byte

En el campo de información sobre el tipo de pista, lo más importante es el bit 6:

bit 6 = 0 pista de audio  
 = 1 pista de datos

➤ **Solicitud 0Ch: Posición de la cabeza lectora durante la reproducción del CD**

Mediante esta solicitud podemos saber qué pista se está reproduciendo actualmente y en qué posición se encuentra la cabeza lectora con respecto a la pista actual y con respecto al tiempo de reproducción total.

Estructura del buffer secundario:

Offset	Contenido	Tamaño del campo
<b>Parámetros de entrada</b>		
+00h	Identificador de petición = 0Ch	1 byte
<b>Parámetros de salida</b>		
+01h	Información sobre el tipo de pista (igual que en la función anterior)	1 byte
+02h	Número de pista (si el bit 0 del campo anterior es 1 entonces el número está expresado en formato BCD)	1 byte
+03h	Reservado	1 byte
+04h	Minuto dentro de la pista actual	1 byte
+05h	Segundo dentro de la pista actual	1 byte
+06h	Offset dentro del minuto y segundo de la pista actual (de 0 a 74)	1 byte
+07h	Reservado	1 byte
+08h	Minuto dentro del tiempo de reproducción total	1 byte
+09h	Segundo dentro del tiempo de reproducción total	1 byte
+0Ah	Offset dentro del minuto y segundo del tiempo de reproducción total (de 0 a 74)	1 byte

➤ **Solicitud 0Fh: Estado de reproducción del CD**

Estructura del buffer de paso:

Offset	Contenido	Tamaño del campo
<b>Parámetros de entrada</b>		
+00h	Identificador de petición = 0Fh	1 byte
<b>Parámetros de salida</b>		
+01h	Estado de audio	2 bytes
+03h	Sector inicial para el próximo comando RESUME en formato del libro rojo	4 bytes
+07h	Sector final para el próximo comando RESUME en formato del libro rojo	4 bytes

Si el bit 0 del Estado de audio vale 1 quiere decir que la reproducción actual se encuentra en estado de pausa. En ese caso, en los siguientes campos podemos saber a partir de qué sector se continuará la reproducción del CD de audio si utilizamos el comando RESUME y en qué sector se parará la reproducción en dicho caso.

### **Realización práctica:**

Realizar un programa en C para el manejo de un CD de audio.

#### **Requisitos mínimos:**

El programa debe ser capaz de:

- Comprobar si MSCDEX está instalado, mostrar el número de versión y detectar las unidades de CD-ROM existentes.
- Mostrar información sobre el estado de la unidad. Si se encuentra un CD insertado en la unidad, mostrar información sobre el número de pistas que contiene, si son de datos o de audio y la duración de cada pista en los tres formatos que se indican en la práctica: “libro rojo”, “sectores” y “(minuto, segundo, offset)”.
- Poder reproducir la pista que el usuario desee (siempre y cuando ésta sea de audio).

#### **Requisitos ampliados:**

- Detectar si se ha cambiado el CD de audio, en cuyo caso se deberá volver a leer el contenido del CD.
- Poder pausar la reproducción y continuarla por donde se dejó.
- Poder parar la reproducción y volver al inicio de la pista actual.
- Mostrar el estado de la cabeza lectora durante la reproducción del CD.
- Poder hacer un avance/retroceso rápido a través de la pista que se esté reproduciendo.

Nota: Todas estas funciones sólo son válidas para MS-DOS. Si se ejecutan las llamadas bajo Windows 95 en adelante se debe tener en cuenta que este sistema operativo ya no se basa en el programa MSCDEX para acceder al CD. A pesar de ello, Windows intenta mantener cierta compatibilidad con las funciones aquí mostradas pero ésta no es completa.

Resumen de formatos: Un sector del CD codificado en forma temporal como (*minuto,segundo,offset*, donde *offset* va de 0 a 74) se expresa como un número de 32 bits de la forma:

Según el *libro rojo*:

bits 0..7: offset (de 0 a 74)

bits 7..15: segundo (0 a 59)

bits 16..31: minuto

El número de sector lógico se puede calcular como:

$$N^{\circ} \text{ Sector Lógico} (\text{minuto}, \text{segundo}, \text{offset}) = (\text{minuto} * 60 + \text{segundo}) * 75 - 150 + \text{offset}$$

El tamaño de una pista se puede calcular restando el número de sector lógico donde comienza del número de sector lógico donde se inicia la pista siguiente (o del tamaño total del CD, en caso de tratarse de la última pista).