

Práctica 5

Entrenador de CD

5.1. Presentación

5.1.1. Objetivo de la práctica

Análisis del funcionamiento de un reproductor de Compact Disc comercial

5.1.2. Material necesario

El material necesario para la realización de la práctica es el siguiente:

- Entrenador de Compact Disc CD-8B
- Osciloscopio
- Un CD patrón de 3E DP-3 (original)
- Un CD patrón de 3E DP-3 (copia)
- Un CD de Referencia de Estudio de ProSonus

5.1.3. Resultados de la práctica

Como resultado de la práctica se debe entregar:

- Una memoria breve indicando los resultados de las medidas que se le detallan más adelante

5.2. La señal de RF

La señal de RF (por Radio Frecuencia, aunque en rigor se trata de una señal de HF), es la que se obtiene como resultado de combinar las salidas de los 4 fotodiodos de lectura de la forma estándar. Es decir: $A + C + B + D$.

Dicha señal puede encontrarse en el punto de prueba 3, dentro del bloque *unidad optoelectrónica*. En la subsección siguiente debe observar dicha señal y realizar algunas medidas sobre la misma.

5.2.1. Ejercicios

Introduzca el disco patrón DP-3 (original) e inicie su reproducción

1. Visualización.

Observe el diagrama de ojo de la señal RF en el osciloscopio.

Escala vertical	500 <i>mV/div</i>
Escala horizontal	2 μ s/ <i>div</i>
Limitación de banda	ON
Sincronismo	NORMAL
Disparo	flanco de subida

Compruebe que ve correctamente el diagrama de ojo, de manera que los rombos sean apreciables.

2. Medidas

a) Flujo de bits de canal

- Utilice los cursores del eje X del osciloscopio para medir la duración de un rombo y el valor recíproco de ésta (flujo de bits de canal).
- Detenga la captura del osciloscopio de forma que en pantalla quede alguna de las ondas de menor duración. Mida el valor de ésta y obtenga el flujo de bits a partir de ella.

b) Excursión de señal

- Utilice los cursores Y del osciloscopio para determinar los niveles máximo y mínimo de señal de RF para el disco DP-3 (original).
- Utilice los cursores Y del osciloscopio para determinar los niveles máximo y mínimo de señal de RF para el disco DP-3 (copia).

c) Asimetría

- Utilice el disco DP-3 (original). Sitúe un cursor Y en el valor de tensión equidistante entre las amplitudes máxima y mínima. Sitúe el otro cursor Y en el eje de simetría de los rombos centrales. Calcule la diferencia relativa entre ambos cursores, para obtener el valor de la asimetría.

- Reproduzca la pista 27, que contiene asimetría clara y variante. Estime los valores máximos de las asimetrías superior e inferior en dicha pista.

5.3. Datos de audio

La señal de RF es de amplitud continua. Para extraer de ella la información de audio, ha de pasarse a señal binaria mediante un comparador. De ahí resulta la señal EFM, que está en el punto de prueba 24, dentro del bloque *proceso de audio*.

A su vez la señal EFM pasa por un proceso de desmodulación de 14 a 8 bits, seguido de una conversión de formato, que finalmente produce los valores de las muestras de sonido. Dichos valores se entregan mediante una línea serie al conversor D/A. Dicha línea lleva las muestras de los canales izquierdo y derecho de forma alternada, recibe el nombre de DATOS y está en el punto de prueba 28 del bloque *proceso de audio*.

Los bits de la línea DATOS se encuentran sincronizados con un reloj de bit, llamado CLK que se encuentra en el punto de prueba 29 del bloque *proceso de audio*. Además, para poder separar las muestra de los canales izquierdo y derecho, existe una señal LRCK que los identifica mediante niveles altos y bajos de tensión. LRCK está en el punto de prueba 29 del bloque *proceso de audio*.

5.3.1. Ejercicios

Introduzca el disco patrón DP-3 (original) e inicie su reproducción

1. Visualización.

Observe las señales DATOS y LRCK en el osciloscopio.

Escala vertical DATOS	2 V/div
Escala vertical LRCK	2 V/div
Escala horizontal	10 μ s/div
Sincronismo	NORMAL
Fuente de disparo	canal con LRCK
Disparo	flanco de subida

2. Medidas

a) Flujo de bits de audio

- Utilice los cursores del eje X del osciloscopio para medir la frecuencia de la señal CLK.
- Utilice los cursores del eje X del osciloscopio para medir la frecuencia de la señal LRCK.

- Determine cuántos intervalos de bit contiene un intervalo de muestra.
- b) Lateralidad
 - Reproduzca las pistas 5 y 6 del disco DP-3, que contienen audio sólo en un canal. Determine a qué canal corresponde el nivel alto de la señal LRCK.
- c) Distorsión analógica
 - Reproduzca la pista 2 del disco DP-3, que contiene una senoide de 1 kHz con una amplitud que ocupa el margen dinámico de los 16 bits de las muestras del CD (nivel 0 dB). Visualice la senoide en el osciloscopio y escúchela. Utilice la función de FFT (disponible en MATH) del osciloscopio para ver el espectro de la señal de audio y determine los niveles de primer y segundo armónico con los cursores. Obtenga la distorsión armónica en forma porcentual a partir de esta medida.

Center frequency	10 kHz
Frequency span	20 kHz

- Reproduzca la pista 26 del disco DP-3, que contiene una senoide de 1 kHz con una amplitud equivalente a 6 dB respecto a la anterior. Puesto que el CD está limitado a muestras de 16 bits, esto equivale realmente a una onda trapezoidal. Visualice la forma de onda en el osciloscopio y escúchela. Determine los niveles de primer y tercer armónico con los cursores. Compárelos con los que esperaría para una onda cuadrada.
 - Reproduzca la pista 32 del disco Prosonus, que contiene una senoide de 1 kHz con una amplitud equivalente a -10 dB respecto a la anterior. Visualice la senoide en el osciloscopio y escúchela. Determine los niveles de primer y segundo armónico con los cursores.
- d) Audición
 - Reproduzca la pista 40 del disco Prosonus, que contiene un barrido de todo el espectro de audio en 16 s. Utilice la función de FFT (disponible en MATH) del osciloscopio para ver el espectro de la señal de audio y la frecuencia instantánea de la señal. Visualice la señal en el osciloscopio y escúchela. Para un volumen de audición cómodo, determine qué valor máximo de frecuencia puede oír.
 - Utilice el mismo procedimiento para determinar a qué frecuencia percibe el mayor volumen.

5.4. Sistema de control

La señal Q, que está en el punto de prueba 25 dentro del bloque *proceso de audio*, lleva la información de los subcódigos del CD. Esto es, la información del número de pista en reproducción, deénfasis necesario, silencio entre cortes, etc.

Dicha señal se pasa al sistema de control, mediante una interfaz serie, con reloj CLK (punto de prueba 26 dentro del bloque *proceso de audio*). Es el microprocesador de control el que se encarga de presentar la información en pantalla, controlar los saltos de corte, silenciar el sonido cuando sea necesario y, en general todas las funciones de control de la reproducción.

Como ejemplo de estas funciones puede considerar la señal MUTE, que está en el punto de prueba 39 del bloque *sistema de control*. Dicha señal silencia completamente el sonido cuando resulta necesario.

5.4.1. Ejercicios

Introduzca el disco patrón DP-3 (original) e inicie su reproducción

1. Visualización.

- a) Observe las señales Q y CLK en el osciloscopio.

Escala vertical Q	2 V/div
Escala vertical CLK	2 V/div
Escala horizontal	10 ms/div
Sincronismo	NORMAL
Fuente de disparo	canal con CLK
Disparo	flanco de subida

- b) Observe la señal MUTE en el osciloscopio. Frene el disco ligeramente con la mano. Escuche como desaparece el sonido y observe la variación de la señal MUTE

5.5. Servo de enfoque

La señal FE (por focus error) es la que se obtiene como diferencia de las lecturas de los fotodiodos A, B, C, D en la forma estándar: $A + C - B - D$. Es la señal esencial de control del foco del láser y permite mantenerlo en la superficie del disco. Dicha señal puede encontrarse en el punto de prueba 6 dentro del bloque *servo de foco*.

Cuando se introduce un disco, la cabeza lectora debe situarse a una distancia próxima a la correcta. Para ello un generador de rampa mueve el cabezal arriba y abajo. La señal FOK indica la presencia de una superficie reflectante, mediante la comparación con un umbral de la señal RF. Dicha señal puede encontrarse en el punto de prueba 7 dentro del bloque *servo de foco*.

En la subsección siguiente observará dichas señales, su interacción y realizará algunas medidas sobre ellas. Lea la sección sobre medidas antes de comenzar a ver señales.

5.5.1. Ejercicios

1. Visualización.

a) Búsqueda de superficie reflectante

- Abra la bandeja del reproductor y vuelva a cerrarla sin disco. Observe como la cabeza lectora se mueve arriba y abajo varias veces, tratando de localizar la superficie del disco.
- Abra la bandeja del reproductor y vuelva a cerrarla sin disco. Observe en el osciloscopio la salida del generador de rampa y cómo se relaciona con el movimiento de la cabeza lectora.

Escala vertical	500 mV/div
Escala horizontal	500 ms/div

- Abra la bandeja del reproductor y vuelva a cerrarla con disco. Observe en el osciloscopio la salida del generador de rampa y la señal FOK. Observe cómo el generador se detiene una vez localizada la superficie y la señal FOK adquiere un nivel alto.

b) Adquisición de foco

- Abra la bandeja del reproductor, coloque el disco y cierre la bandeja. Visualice las señales FOK y RF. Observe el aumento de nivel medio de RF conforme la cabeza lectora se acerca al disco y cómo a partir de un cierto nivel se activa FOK. Observe también que FOK se desactiva al parar el disco. Anote las duraciones de las distintas zonas de FOK y RF.

Escala vertical	500 mV/div
Escala horizontal	2 s/div
Fuente de disparo	canal con FOK

- Repita el proceso. Observe en el osciloscopio la señal FOK y la del actuador del servo de foco. Relacione esta última con la rampa de búsqueda. Observe la tensión continua en el actuador durante el proceso de reproducción: representa la distancia media de la cabeza a la superficie reflectante.
- Repita el proceso. Observe en el osciloscopio la señal FOK y la señal FE. Examine el detalle de FE en torno a la zona de activación de FOK y observe los picos de error de foco hasta que éste queda establecido. Relacione la duración de este proceso con FOK.
- Ponga el disco en reproducción. Observe en el osciloscopio la señal FE. Mueva ligeramente el disco y observe los picos de error de foco que se producen en FE.

2. Medidas

Realice un diagrama aproximado en el que aparezcan las formas de onda de las señales FOK, generador de rampa, tensión del actuador, RF y FE. Dichas formas de onda han de corresponder al proceso de cerrar bandeja con disco. Anote tensiones y tiempos, tratando de identificar las regiones correspondientes a los procesos siguientes:

- Búsqueda de la superficie reflectante
- Adquisición de foco inicial
- Búsqueda de foco definitivo
- Lectura de la información del disco (número de cortes, duración, etc)
- Fin de inicialización

Tenga en cuenta que este diagrama debe completarse con las señales del servo de seguimiento de pista que se analizan en la sección siguiente.

5.6. Servo de seguimiento de pista

La señal TE (por tracking error) es la que se obtiene como diferencia de las lecturas de los fotodiodos E y F . Es la señal esencial de control del seguimiento de pista por parte del láser y permite mantenerlo sobre ella. Dicha señal puede encontrarse en el punto de prueba 12 dentro del bloque *servo de tracking*.

En el proceso de comienzo de reproducción es preciso realizar una búsqueda de la pista para comenzar la lectura y ajustar el foco. Para ello se genera una señal de tipo rampa en el punto de prueba 15 dentro del bloque *servo de tracking*. Dicha señal mueve la cabeza lectora radialmente hasta situarla en una posición donde la señal TE puede utilizarse para el enfoque fino. Como en todas las funciones realizadas por el servo de seguimiento también es necesario actuar sobre el motor de corredera para acercar la cabeza a punto aproximado de lectura. La señal de control del motor de corredera está en el punto de prueba 19 dentro del bloque *servo de tracking*.

Para detectar el paso de la cabeza lectora por la pista se utiliza la señal MIRROR (que no está disponible) y una versión suavizada de la misma, CONTADOR (punto de prueba 14 del bloque *servo de tracking*, que adquiere un nivel alto siempre que la cabeza cruza una pista.

En la subsección siguiente observará dichas señales, su interacción y realizará algunas medidas sobre ellas.

5.6.1. Ejercicios

1. Visualización.

a) Adquisición de pista

- Abra la bandeja del reproductor, coloque el disco y cierre la bandeja. Visualice las señales FOK y CONTADOR. Observe que la cabeza cruza varias pistas hasta que los cruces desaparecen y queda centrada sobre la pista. Anote las duraciones de las distintas zonas de FOK y CONTADOR.

Escala vertical	500 mV/div
Escala horizontal	2 s/div
Fuente de disparo	canal con FOK

- Repita el proceso. Observe en el osciloscopio la señal FOK y la del motor de corredera. Relacione esta última con la rampa de búsqueda. Observe la tensión que mueve el motor de corredera hasta que la cabeza se centra en la pista.
- Repita el proceso. Observe en el osciloscopio la señal FOK y la señal RF. Examine el detalle de RF en torno a la zona de

activación de CONTADOR y trate de determinar cuándo RF proporciona valores fiables.

- b) Seguimiento de pista
- Ponga el disco en reproducción. Observe en el osciloscopio la señal TE. Mueva ligeramente el disco y observe los picos de error de foco que se producen en TE.
 - Observe en el osciloscopio la señal CONTADOR. Utilice el teclado para saltar de corte y observe cómo CONTADOR indica que la cabeza va saltando pistas.
 - Observe en el osciloscopio la tensión del motor de corredera. Utilice el teclado para saltar de corte y observe que la variación de tensión que mueve la cabeza mediante el motor.

2. Medidas

- a) En el diagrama de la sección anterior añada las señales CONTADOR y tensión del motor de corredera. Anote tensiones y tiempos, tratando de identificar las regiones correspondientes a los procesos adicionales siguientes:
- Localización de la pista
 - Inicio del proceso de lectura
- b) Con el disco en reproducción observe la tensión del motor de corredera. Debido a su interacción con la cabeza lectora en el proceso de seguimiento, aparece una variación sinusoidal de periodo igual al periodo de rotación del disco. Reproduzca el corte 1. Mida el periodo de rotación, el radio de la pista al principio del corte y estima la velocidad lineal de lectura en ese punto. Utilice dicha medida, junto con la duración de un rombo de RF, para establecer las longitudes de los resaltes en el disco.

5.7. Servo de control de velocidad

La señal CLV es la tensión que se aplica al motor del plato del disco para controlar su velocidad de giro. Dicha señal puede encontrarse en el punto de prueba 1 dentro del bloque *unidad optoelectrónica*.

La tensión de control del motor se obtiene en funcionamiento permanente por integración de la señal MDP, que está en el punto de prueba 21 dentro del bloque *servo de CLV*. Dicha señal es una secuencia de pulsos de duraciones variables y dos polaridades. Cada pulso, dependiendo de su polaridad, aumenta o disminuye la velocidad de giro del motor en una cantidad que depende de la duración del pulso. La señal MDP se obtiene por comparación de fase entre la señal EFM y el reloj de referencia de datos de canal (4,32 MHz).

En el proceso de arranque del motor, se le aplica la máxima tensión durante un tiempo corto, para acelerar el motor hasta la velocidad normal de funcionamiento. De la misma forma, en el proceso de frenado se aplica la tensión contraria para reducir la velocidad a cero. Una señal lógica ON, indica cuándo el motor se encuentra en funcionamiento. Dicha señal puede encontrarse en el punto de prueba 22 dentro del bloque *servo de CLV*.

Cuando se desea saltar de corte en el disco, normalmente se frena éste para que gire a una velocidad media, ya que al desplazarse la cabeza lectora desaparece la señal EFM y, por tanto, la información de velocidad. Cuando la cabeza lectora alcanza su posición de destino, el servo de control de velocidad vuelve a entrar en funcionamiento.

En la subsección siguiente observará dichas señales, su interacción y realizará algunas medidas sobre ellas.

5.7.1. Ejercicios

1. Visualización.

Introduzca el disco patrón DP-3 (original) e inicie su reproducción

- a) Observe las señales CLV y MOP en el osciloscopio.

Escala vertical CLV	2 V/div
Escala vertical MOP	5 V/div
Escala horizontal	500 ms/div

- Observe los pulsos individuales en MOP, para ello deberá aumentar la resolución temporal del osciloscopio.
 - Frene ligeramente el disco, a base de rozarlo con un dedo. Observe el aumento de tensión en CLV necesario para mantener la velocidad de rotación.
- b) Observe las señales CLV y ON en el osciloscopio. Observe el cambio de ON al parar y arrancar el disco.

2. Medidas

a) Arranque y detención

Observe en el osciloscopio las señales CLV y MOP. Detenga y arranque el disco y determine:

- La polaridades de CLV que aumentan la velocidad o la disminuyen
- La duración del proceso de aceleración y detención.

b) Control de velocidad

Observe en el osciloscopio las señales CLV y MOP. Reproduzca los cortes 1 y 26 del disco. Mida el valor medio de la tensión CLV en ambos. Relaciónelo con la velocidad de rotación (500-200 rpm)

c) Cambio de corte

Observe en el osciloscopio las señales CLV y MOP. Haga que la reproducción pase del corte 26 al 1. Observe el disco y los cambios de velocidad de rotación que sufre. Determine:

- La polaridades de pulsos MOP que aumentan la velocidad de rotación o la disminuyen.
- La relación entre las ráfagas de pulsos y los procesos de aceleración y detención.
- La duración de las maniobras de frenado y aceleración