

## Problema PTC0002-01

Un sistema de “compact disc” codifica en PCM una señal con las siguientes características:

- Señal de audio entre 0 y 20 kHz.
  - Convertidores A/D, D/A de 16 bits.
  - Frecuencia de muestreo 10'25% superior a la mínima requerida.
- a) Explicar como influye cada uno de los parámetros anteriores en la calidad de audición.
- b) Determinar el ancho de banda necesario en la etapa digital del reproductor.
- c) Repetir el apartado anterior si limitamos la señal de audio de 100 Hz a 20 KHz.

## Solución PTC0002-01

Apartado a)

En primer lugar, el oído humano es capaz de apreciar, en las mejores circunstancias, tonos de frecuencia de hasta 20 kHz. Por tanto si la señal de audio está en el rango de 0 a 20 kHz. no deja fuera ninguna de las frecuencias audibles y es, por tanto, de la máxima calidad desde un punto de vista subjetivo (percepción humana).

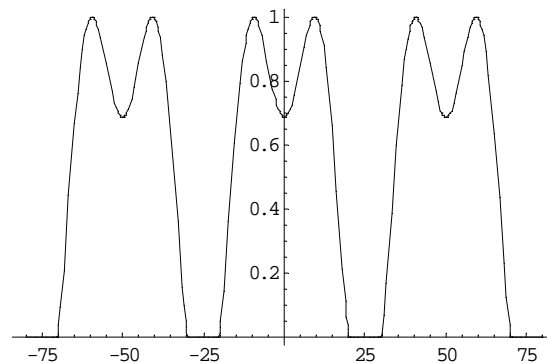
En segundo lugar, la utilización de convertidores A/D introduce unos errores, denominados ruido de cuantización, que depende del número de bits utilizados. En las redes telefónicas, de calidad media, se utilizan 8 bits lo que implica un SNR de cuantización de 52'6 dB.

$$SNR|_{dB} = 4'6 + 6m = 4'6 + 6 \cdot 8 = 52'6 \text{ dB}$$

Al utilizar 16 bits el error (ruido) de cuantización es mucho menor, siendo el SNR correspondiente de 100'6 dB. Se observa, por tanto, que el sistema es de una mayor calidad.

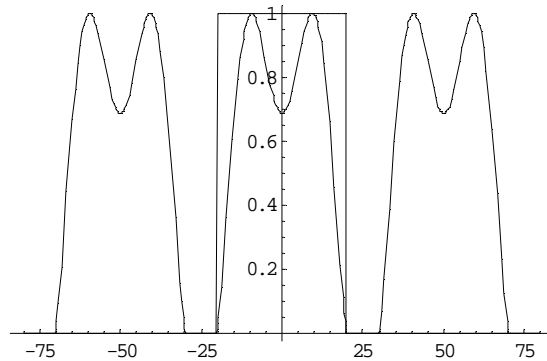
$$SNR|_{dB} = 4'6 + 6m = 4'6 + 6 \cdot 16 = 100'6 \text{ dB}$$

Por último, la digitalización de la señal de audio requiere un proceso de muestreo y posterior recuperación de la señal. La señal muestreada presenta un espectro con múltiples lóbulos que repiten el espectro de la señal original de audio pero centrada a frecuencias múltiplo de la frecuencia de muestreo.

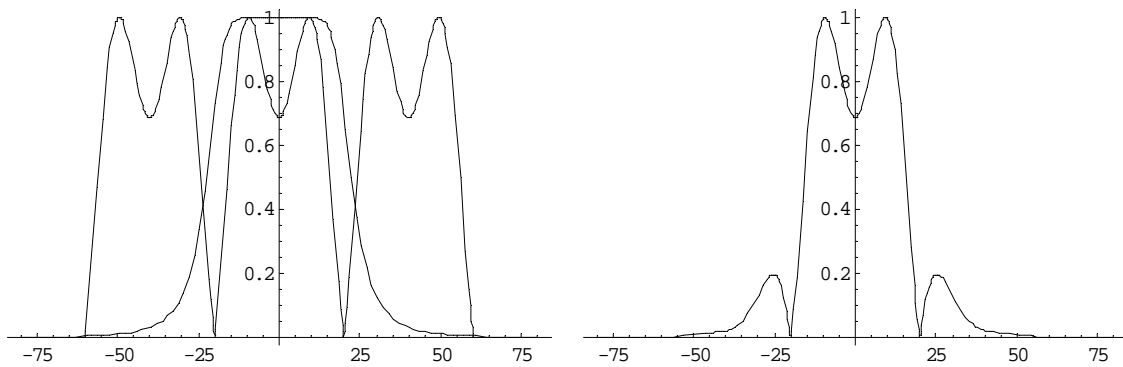


Para que no se produzca solape entre estos lóbulos y pueda posteriormente recuperarse la señal original, el teorema del muestreo establece que la frecuencia de muestreo debe ser mayor o igual al doble de la mayor frecuencia de la señal original. En nuestro caso,

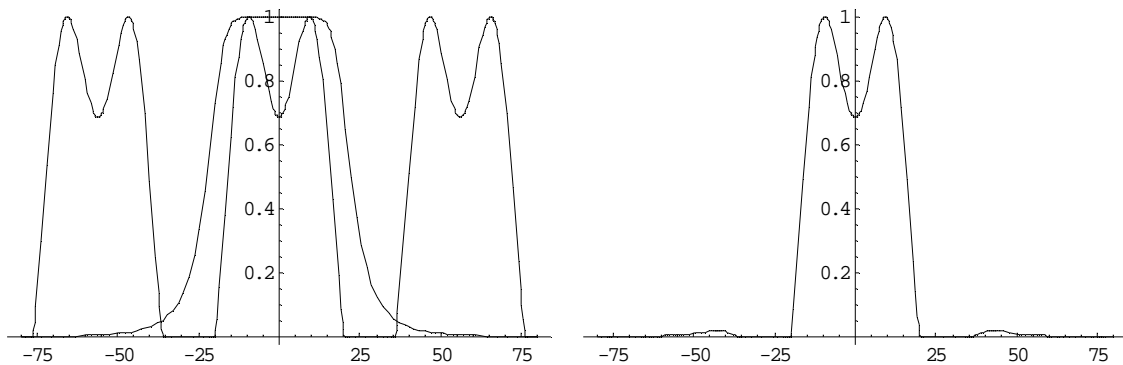
la señal original de audio está en el rango de frecuencias de 0 a 20 kHz., por lo que, atendiendo al teorema del muestreo, la frecuencia de muestreo debe ser superior a 40 kHz. Para recuperar la señal original se utiliza un filtro paso de baja a una frecuencia de corte de 20 kHz..



Si este filtro tuviese características ideales, la frecuencia de muestreo podría ser exactamente de 40 kHz. Sin embargo, si el filtro no es ideal dejará pasar, no sólo el lóbulo central, sino también parte de los demás lóbulos, aunque considerablemente atenuados.



Mientras más alejado esté el segundo lóbulo del primero, mayor será la atenuación introducida por el filtro recuperador, menor será la alteración de la señal original y mayor será la calidad del sistema.



Es ésta la razón que hace que la frecuencia de muestreo utilizada supere en un 10'25% a la indicado por el teorema del muestreo.

Apartado b)

La velocidad de transmisión utilizado en la etapa digital será

$$v_s = v_b = 40 \cdot 17025 \frac{\text{kmuestras}}{\text{segundo}} \cdot 16 \frac{\text{bits}}{\text{muestra}} = 705'6 \text{ kbps} = 705'6 \text{ kbaudios}$$

Asumiendo que el ancho de banda necesario para transmitir una señal es igual a su velocidad en baudios, tenemos que,

$$B_c = 705'6 \text{ kHz}$$

Apartado c)

Como no varía la máxima frecuencia de la señal original (20 kHz), el ancho de banda necesario sigue siendo el calculado en el apartado anterior.