PROYECTO 3: Rango auditivo y filtros Butterworth

Asignatura: Señales y sistemas

Objetivo: Experimentar señales senoidales en el rango auditivo humano. Analizar la respuesta en frecuencia de señales senoidales. Experimentar la funcionalidad de filtros Butterworth paso-bajas y paso-altas de diferente orden. Simular un canal telefónico para la transmisión de una señal de voz. Emplear la herramienta GUIDE y la interfaz gráfica [filtros.fig](#) y [RangoAuditivo.fig](#).

ANTECEDENTES

Investiga los parámetros y el empleo de la instrucción [filter](#) de Matlab.

1. **Genera la gráfica de la señal $x(t) = \frac{1}{2}\cos(2\pi ft)$, $0 \leq t \leq 1.5$ [s] con frecuencia de muestreo $f_s = 50$ mil Hz.**
 - a) Genera la señal $x(t)$ para cada una de las frecuencias fundamentales $f = 20, 50, 100, 500, 1000, 2$ mil, 5 mil, 10 mil, 15 mil, 18 mil y 20 mil Hz. Observa y registra las gráficas de respuesta en la frecuencia y su relación con f .
 - b) Para cada frecuencia fundamental ¿es posible escuchar la señal $x(t)$? Determina tu rango auditivo.

FILTRADO PASO BAJAS

2. **Caso 1: cuando la frecuencia fundamental es menor a la frecuencia de corte del filtro**
 - c) Genera un filtro paso bajas Butterworth de 2° orden, con frecuencia de corte de 300 Hz y frecuencia de muestreo $f_s = 2$ mil Hz.
 - d) Grafica la respuesta en magnitud y fase del filtro. Observa el punto en la gráfica que representa a la frecuencia normalizada, la cual se calcula mediante $2fc/f_s$ [π rad/muestra].
 - e) Genera la señal $x(t) = \frac{1}{2}\cos(2\pi ft)$, siendo la frecuencia de muestreo la misma del filtro y $f = 100$ Hz. Aplica el filtro paso bajas anterior, para obtener la señal filtrada $y(t) = F[x(t)]$. ¿Qué efecto tiene el filtro en la señal $x(t)$?
 - f) Repite empleando una señal $x(t)$ de 200 Hz y otra de 280 Hz.
3. **Caso 2: cuando la frecuencia fundamental es mayor a la frecuencia de corte del filtro**
 - g) Genera las señales $x(t) = \frac{1}{2}\cos(2\pi ft)$ empleando $f = 300$ Hz, 400 Hz y 800 Hz. Aplica el filtro del punto 2. ¿Qué efecto tiene el filtro en cada señal $x(t)$? ¿Es $f_c = 300$ Hz la frecuencia efectiva de corte? Incluye resultados que sustenten las respuestas anteriores.
4. **Repito los puntos 3 y 4 empleando un filtro paso bajas de 8° orden.**
 - h) Observa y reporta las funcionalidades de los filtros de 2° y 8° orden.

FILTRADO PASO ALTAS

5. **Caso 1: cuando la frecuencia fundamental es menor a la frecuencia de corte del filtro**
 - i) Genera un filtro paso altas Butterworth de 2° orden, con frecuencia de corte de 300 Hz y frecuencia de muestreo $f_s = 2$ mil Hz.
 - j) Grafica la respuesta en magnitud y fase del filtro. Observa el punto en la gráfica que representa a la frecuencia normalizada, la cual se calcula mediante $2fc/f_s$ [π rad/muestra].
 - k) Genera la señal $x(t) = \frac{1}{2}\cos(2\pi ft)$, siendo $f = 50$ Hz y aplica el filtro paso bajas anterior, para obtener la señal filtrada $y(t) = F[x(t)]$. ¿Qué efecto tiene el filtro en la señal $x(t)$?
 - l) Repite empleando una señal $x(t)$ de 100 Hz y otra de 290 Hz.
6. **Caso 2: cuando la frecuencia fundamental es mayor a la frecuencia de corte del filtro**
 - f) Genera las señales $x(t) = \frac{1}{2}\cos(2\pi ft)$ empleando $f = 300$ Hz, 350 Hz, 400 y 800 Hz. Aplica el filtro del punto 5. ¿Qué efecto tiene el filtro en cada señal $x(t)$? ¿Es $f_c = 300$ Hz la frecuencia efectiva de corte? Incluye resultados que sustenten las respuestas anteriores.
7. **Repito los puntos 5 y 6 empleando un filtro paso altas de 8° orden.**
 - g) Observa y reporta las funcionalidades de los filtros de 2° y 8° orden. Compara e interpreta las gráficas de respuesta en magnitud de los filtros.

SEÑALES ARMÓNICAS

8. Gráfica la señal $x(t) = \frac{1}{2}\cos(2\pi f_1 t) + \frac{1}{2}\cos(2\pi f_2 t) + \frac{1}{2}\cos(2\pi f_3 t)$, $0 \leq t \leq 1.5$ [s], siendo $f_1 = 100$, $f_2 = 200$ y $f_3 = 800$ Hz, con frecuencia de muestreo $f_s = 2$ mil Hz.

- h) Observa y registra la gráfica de respuesta en la frecuencia y su relación con f_1 , f_2 y f_3 .
- i) Aplica un filtro paso bajas de 8° orden con frecuencia de corte $f_c = 300$ Hz. Analiza las gráficas de la señal filtrada y de su respectiva respuesta en frecuencia.
- j) Aplica un filtro paso altas de 8° orden con frecuencia de corte $f_c = 300$ Hz. Analiza las gráficas de la señal filtrada y de su respectiva respuesta en frecuencia.
- k) De las respuestas en tiempo y en frecuencia, describe el efecto producido por las etapas de filtrado.

9. Investigación y desarrollo

PRIMERA PARTE

- l) Describe el empleo de las instrucciones `freqz`, `filter`, `butter` y `audioread` de Matlab.
- m) Con Matlab genera la señal $x(t) = \frac{1}{2}\cos(2\pi f_1 t) + \frac{1}{2}\cos(2\pi f_2 t)$, $0 \leq t \leq 1.5$ [s], siendo $f_1 = 300$, $f_2 = 900$ Hz, con frecuencia de muestreo $f_s = 5$ mil Hz.
- n) Genera la señal $y(t) = x(t) + R(t)$, donde $R(t)$ es un ruido Gaussiano $R \sim N(0, 0.01)$.
- m) Diseña un filtro Butterworth paso bajas de 9° orden, con frecuencia de corte de 500 Hz y frecuencia de muestreo $f_s = 5$ mil Hz. Grafica la respuesta en magnitud y fase del filtro. Aplica a $y(t)$ el filtro diseñado.
- n) Diseña un filtro Butterworth paso altas de 9° orden, con frecuencia de corte de 500 Hz y frecuencia de muestreo $f_s = 5$ mil Hz. Grafica la respuesta en magnitud y fase del filtro. Aplica a $y(t)$ el filtro diseñado.
- o) Grafica la respuesta en frecuencia de $x(t)$, $y(t)$ y de las señales resultantes del filtrado.

SEGUNDA PARTE

- p) Describe la operación de las siguientes instrucciones:
`[y,Fs] = audioread('Mensaje.mp3');`
`sound(y,Fs);`
- q) Ancho de banda de canal telefónico. Diseña un filtro paso banda con frecuencia de paso entre 300 y 3400Hz. Grafica la respuesta en magnitud y fase del filtro y aplica a el filtro diseñado a la señal de audio "Mensaje.mp3".