

Guía Laboratorio 10

Procesamiento Digital de Señales

Paula Pérez, Pablo Alvarado, Alejandro Escobar y Cristian Ríos

2023-2

- Enviar el informe del laboratorio con el siguiente nombre: *Lab10_PDS_Apellido_Nombre.ipynb*
- Enviar junto con el informe los archivos necesarios para que el notebook corra. Todo esto debe ir en un archivo comprimido con el siguiente nombre: *Lab10_PDS_Apellido_Nombre.zip*
- OJO! Recuerde tener cuidado con la indentación y caracteres como el guión bajo y las llaves cuando copie y pegue el código entregado en esta guía.
- Las preguntas deberán ser resueltas en el notebook indicando sus respectivos numerales.

1. Diseño de Filtros con Respuesta Infinita al Impulso (IIR)

Un filtro IIR es un tipo de filtro digital en el cual si su entrada es un impulso, la salida será un número ilimitado de términos no nulos, es decir, nunca volverá a un estado de reposo. Para obtener la salida se emplean valores de la entrada actual y anteriores, además se toman valores anteriores de la salida que son almacenados en memoria y realimentados a la entrada. Su expresión en el dominio discreto es:

$$y(n) = b_0x(n) + b_1x(n-1) + \dots + b_Mx(n-M) - a_1y(n-1) - a_2y(n-2) - \dots - a_Ny(n-N) \quad (1)$$

La cual se puede reducir a:

$$y(n) = \sum_{k=0}^M b_k \cdot x(n-k) - \sum_{k=1}^N a_k \cdot y(n-k) \quad (2)$$

Además, su función de transferencia en el dominio Z es:

$$H(z) = \frac{\sum_{k=0}^M b_k \cdot z^{-k}}{\sum_{k=0}^N a_k \cdot z^{-k}} \quad (3)$$

1.1. Procedimiento

1. Diseñe una señal sinusoidal cuya frecuencia incremente en función del tiempo de forma cuadrática, con frecuencia de muestreo $f_s = 5\text{kHz}$. Grafique y escuche la señal ¿Qué se puede decir acerca del audio?

Nota: Genere la señal desde un tiempo $t = 0$ hasta el tiempo donde se deje de cumplir el teorema de Nyquist.

2. Usando subplots grafique la señal antes y después de aplicar un filtro IIR pasa-bajas, pasa-altas, pasa-bandas y rechaza-bandas. Escoja frecuencias de corte que permitan filtrar mínimamente la mitad de la señal.

Nota: Haciendo uso de scipy en python, un filtro IIR pasabajas se puede diseñar como:

```
import scipy.signal as sp

b, a = sp.butter(6, Wn, btype='low', analog=False, output='ba', fs=None)
wb, Hb = sp.freqz(b, a);
plt.plot((wb*fs)/(2*np.pi), np.abs(Hb))
```

Además, se puede filtrar una señal x haciendo uso de la siguiente función:

```
y = sp.lfilter(b, a, x)
```

Nota: Consulte qué son y cómo variar los parámetros de las funciones compartidas para conseguir los respectivos filtros aquí: <https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/generated/scipy.signal.butter.html>

2. Filtrado de música con filtros IIR

1. Escriba un programa que grafique la señal correspondiente al último número de su cédula. Recuerde, normalizar la señal en amplitud, eliminar su nivel DC y crear su vector de tiempo dependiendo de su f_s .
 - 0 y 5: audio5.wav
 - 1 y 6: audio4.wav
 - 2 y 7: audio3.wav
 - 3 y 8: audio2.wav
 - 4 y 9: audio1.wav
2. Diseñe un filtro IIR tipo Butterworth de orden 6 con una frecuencia de corte de 200, 700, y 20000 Hz. Grafique su respuesta en frecuencia. Recuerde normalizar la frecuencia de corte respecto a la mitad de la frecuencia de muestreo.
 - Cédulas par: filtro pasa-bajas
 - Cédulas impar: filtro pasa-altas

Nota: Recuerde que el siguiente código es el diseño de un filtro IIR pasa-bajas:

```
import scipy.signal as sp

b, a = sp.butter(6, wc)
wb, Hb = sp.freqz(b, a, 1024);
plt.plot((wb*fs)/(2*np.pi), np.abs(Hb))
```

3. Pase la señal de audio por el filtro diseñado, y escúchela.

```
y = sp.lfilter(b, a, x)
```

4. ¿Qué instrumentos o tipo de sonidos logra escuchar en el audio filtrado? ¿Fue posible separar algunos instrumentos? ¿Por qué se filtraron algunos instrumentos?.
5. Ahora genere 2 filtros pasa-bajas con una frecuencia de corte de 700Hz y con diferente Roll-off que el trabajado en items anteriores. Grafique la respuesta en frecuencia de ambos filtros usando un subplot. ¿Qué parámetro modificó en la función `sp.butter` para variar el roll-off? ¿Es posible observar este cambio en la respuesta en frecuencia? Explique.
6. Finalmente, utilizando los mismos parámetros del ítem anterior, diseñe un filtro FIR y a través de un subplot grafique la respuesta en frecuencia de ambos filtros (FIR vs. IIR). ¿Qué diferencias encuentra? ¿Existe alguna diferencia de un filtro respecto a otro? Explique.

3. Conclusiones

Realice conclusiones generales sobre la práctica. Recuerde que las conclusiones son parte fundamental de su evaluación en el laboratorio, tómese el tiempo de pensar las conclusiones.