

# Proyecto Final

## Procesamiento Digital de Señales

Mariana Noreña Vásquez

1000411870

Universidad de Antioquia

Mayo 22, 2023

### 1. Diseño y análisis de filtros FIR e IIR

Para el desarrollo de filtros FIR, se debe tener en cuenta que:

- Las frecuencias de corte deben estar normalizadas en  $rad/s$
- El ancho de la banda de transición también debe ser normalizado.

En cuanto a los filtro IIR, se tienen tres métodos para ser diseñados partiendo de filtros analógicos:

- Aproximación en derivadas: se reemplaza la variable  $s$  en el filtro analógico por  $\frac{1-z^{-1}}{T}$
- Invarianza impulsional: en primera instancia se realizan fracciones parciales sobre el filtro analógico. Posteriormente, a partir los polos hallados se aplica la siguiente ecuación.  $H(z) = \sum_{k=1}^N \frac{C_k}{1-e^{P_k T} Z^{-1}}$
- Transformación lineal: se aplica el siguiente reemplazo en la función de transferencia del filtro analógico.  $s = \frac{2}{T} \frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}}$

### 2. Filtrado de Señales usando filtros FIR

1. En base al último dígito de su cédula (C), escoja una de las señales.

- Pares:  $\sin(2\pi(1000 + C)t) + \sin(2\pi(400 + C)t) + \sin(2\pi(100 + C)t) + \sin(2\pi(4000 + C)t) + \sin(2\pi(2500 + C)t)$
- Impares:  $\cos(2\pi(500 + C)t) + \cos(2\pi(40 + C)t) + \cos(2\pi(300 + C)t) + \cos(2\pi(1500 + C)t) + \sin(2\pi(3000 + C)t)$

Grafique la señal resultante, escúchela e indique que percibe. La frecuencia de muestreo es  $100KHz + 100CHz$ .

2. Realice el espectro de la señal y observe si se encuentran las frecuencias empleadas en el ítem 1. Para determinar el espectro utilice el siguiente código:

```
spec = np.fft.fft(x)
freqs = np.fft.fftfreq(len(x), d=1.0/fs)
```

3. Diseñe un filtro FIR pasa-bajas empleando distintas frecuencias de corte (mínimo 2). Grafique la respuesta para cada uno. Tome el ancho de la banda de transición como  $100Hz$  y el ripple en dB de  $50 + C$ . Emplee el siguiente código para la construcción del filtro:

```
N, _ = kaiserord(ripple_db, width)
taps = firwin(N, fc/nyq_rate, pass_zero='lowpass', width=width)
w, h = signal.freqz(taps, [1], worN=512)
```

4. Pase la señal dada en el ítem 1 por cada uno de los filtros realizados anteriormente. Grafique el espectro de cada señal filtrada y escúchelas. ¿Qué puede decir del comportamiento cuando se cambia la frecuencia de corte?
5. ¿Qué pasa si el ancho de la banda de transición se modifica, es decir, cuando se toma un valor más grande o uno más pequeño?

6. Diseñe un filtro FIR pasa-bandas con los mismos parámetros dados en el ítem 3 y con las frecuencias de corte que desee. El objetivo es extraer las frecuencias que no estén en los extremos del espectro de la señal original. Escuche la señal filtrada e indique qué observa en su espectro.
7. Diseñe un filtro FIR pasa-altas con las mismas características del ítem 3. Extraiga la frecuencia mayor de la señal.

### 3. Análisis de los filtros IIR

Convierta el siguiente filtro analógico en un filtro digital IIR, usando el método descrito en cada literal. Además determine en cada caso la estabilidad mediante la gráfica de polos y ceros.

$$H_a(s) = \frac{s^2 + 0,25}{s^2 + 0,5s + 0,25}$$

Use el siguiente código para representar los polos y los ceros:

```
def zeropoles(n, d=1):
    w,h = signal.freqz(n,d)
    sys1=signal.lti(n, d)
    ang=np.arange(0.0,2*np.pi,0.01)
    xp=np.cos(ang)
    yp=np.sin(ang)
    plt.figure(figsize=(10,8))
    plt.plot(xp,yp,'—')
    plt.title('Diagrama_de_polos_y_ceros', fontsize=18)
    plt.plot(sys1.zeros.real, sys1.zeros.imag, 'o')
    plt.plot(sys1.poles.real, sys1.poles.imag, 'x')
    plt.grid()
    plt.show()
```

1. Mostrar simbólicamente la función de transferencia del filtro analógico.
2. Mediante el método de aproximación por derivadas. ¿El filtro es estable?. Reemplace  $T = 2$
3. Realice el mismo procedimiento del literal anterior, pero reemplazando  $T = 0,01$ . ¿Sigue el filtro siendo estable para este valor?
4. Mismo procedimiento con  $T = 0,001$
5. A partir del filtro de primer orden Butterworth (diferente al dado inicialmente) encontrar el filtro digital IIR con una frecuencia de corte de  $0.6\pi$  aplicando la transformación bilineal. Muestre la función de transferencia del filtro luego de realizar el reemplazo correspondiente e indique si hay o no estabilidad.

### 4. Conclusiones

Realice conclusiones generales sobre la práctica realizada.