

# Trabajo Práctico 1

## Diseño de filtros digitales

### 1. Introducción

#### 1.1. Objetivo

Se requiere procesar una señal de audio transmitida entre dos equipos a través de un determinado medio. En el equipo receptor, la señal se recibe contaminada por varias interferencias de banda angosta, como se observa en la Figura 1.

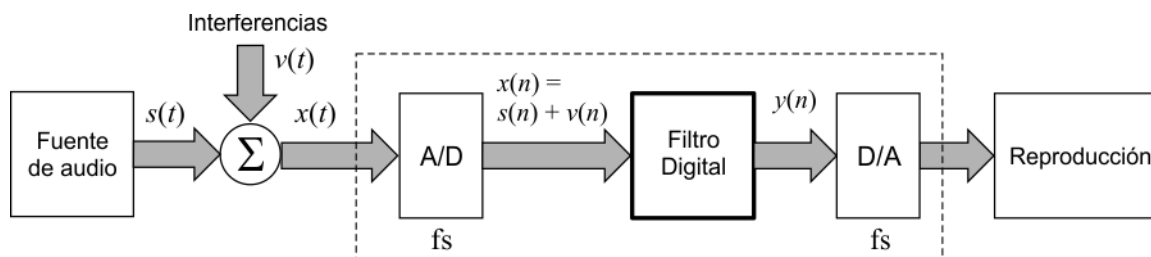


Figura 1: Filtrado de una señal acústica contaminada con interferencias.

Para mitigar este problema, afectando lo menos posible a la señal original, se propone el diseño e implementación de un filtro FIR digital de Fase Lineal Generalizada. El diseño deberá contemplar múltiples eliminabandas selectivos en frecuencia.

#### 1.2. Requerimientos

- La selectividad deberá ser definida de manera tal que el ancho de banda utilizado para suprimir cada componente de interferencia no exceda los 300 Hz.
- Se requiere que la máxima variación en las bandas de paso y suprimida no superen  $\delta_p = 0,08$  y  $\delta_s = 0,016$  respectivamente.

#### 1.3. Datos suministrados

**Fuente de sonido** Para probar subjetivamente los resultados del filtrado, en el campus están disponibles varios archivos de audio en formato .wav, denominados: pista\_01.wav, pista\_02.wav, etc. Cada pista contiene un fragmento de música de corta duración, muestreadas a una frecuencia de  $f_s = 44100 \text{ Hz}$ .

**Interferencias** También se dispone de la señal de interferencias en el archivo interferencias.wav, la cual posee tres tonos de banda angosta mezclados de frecuencias  $f_1 = 1400 \text{ Hz}$ ,  $f_2 = 2735 \text{ Hz}$  y  $f_3 = 3772 \text{ Hz}$ . La misma está muestreada a una frecuencia de  $f_s = 44100 \text{ Hz}$  y posee una duración de aproximadamente 45 s.

## 2. Desarrollo

### Problema 1

- (a) Utilice la función `audioread()` de Matlab para cargar la señal de interferencias. Grafique el espectro de dicha señal y verifique las frecuencias de las tres componentes principales.
- (b) Defina las especificaciones del filtro para eliminar las interferencias de banda angosta en base a los criterios establecidos. Haga un esquema indicando: frecuencias de paso  $\omega_p$  y supresión  $\omega_s$ ; ancho de transición del filtro  $\Delta\omega$ ; ripple en las bandas de paso y supresión  $\delta_p$  y  $\delta_s$ . Justifique qué tipo FLG sería adecuado para este diseño.

### Problema 2

- (a) Implemente el filtro FIR para eliminar las interferencias mediante el *método equiripple*. Para obtener la respuesta impulsiva del filtro (no se requiere implementar el algoritmo), puede usar la función `firpm()` de Matlab (o `remez()` en Octave). De acuerdo al gráfico de especificaciones del Problema 1, defina los vectores de entrada de la función de Matlab (frecuencias, amplitudes y pesos). Utilice la aproximación de Kaiser [1] (Ec. 10.2.94) para computar el orden del filtro (tenga en cuenta puede llegar a ser necesario modificarlo iterativamente hasta lograr el mejor cumplimiento de las especificaciones).
- (b) Grafique la respuesta impulsiva del filtro  $h[n]$ , el módulo de su respuesta en frecuencia  $|H(\omega)|$  (respuesta completa en el intervalo  $[0, \pi)$  y un acercamiento en cada banda eliminada), diagrama de polos y ceros y retardo de grupo. Verifique si el diseño se ajusta apropiadamente a las especificaciones de frecuencia y ripples. De acuerdo al filtro obtenido, ¿Cuál es el tipo FLG resultante?.
- (c) Grafique la función amplitud  $A(\omega)$  (utilizando la función `zerophase()`) y determine experimentalmente la cantidad de alternancias. Puede utilizar `islocalmin()` e `islocalmax()` para calcular mínimos y máximos locales (tenga en cuenta que en  $\omega = 0$  y  $\omega = \pi$  pueden no ser contemplados por estas funciones y deben verificarse). De acuerdo a lo observado, verifique si se cumple el teorema de alternancias.
- (d) Para algunas de las señales de audio suministradas  $s[n]$ , genere la versión contaminada con interferencias  $x[n] = s[n] + v[n]$  y luego aplique el filtro implementado. Grafique el espectrograma de la señal contaminada  $x[n]$  y filtrada  $y[n]$ .
- (e) Haga un análisis de forma subjetiva, utilizando la función `sound(pista, fs)`, y evalúe si ha logrado cancelar las interferencias sin afectar sustancialmente la calidad de la señal original. Reproduzca las señales en el siguiente orden:
  - 1 Señal con interferencias  $x[n]$ .
  - 2 Señal filtrada  $y[n]$ .
  - 3 Señal original  $s[n]$ .

## 3. Conclusiones

Como conclusiones, elabore un resumen breve y conciso comentando características que considere relevantes del método propuesto en este trabajo y los resultados obtenidos, así como dificultades encontradas y cómo fueron abordadas.

## 4. Herramientas de utilidad

A continuación se describe una lista de las funciones proporcionadas por las herramientas de software utilizadas en la materia (Maltlab u Octave) que resultarán útiles para la realización de este trabajo práctico. Se recomienda explorar el `help` de cada una de ellas.

- `[pista, fs] = audioread('pista_01.wav')`
- `sound(pista, fs)`
- `clear sound` o `clear playsnd`
- `[H,w] = freqz(b,a,nfft)`
- `y = filter(b,a,x)`
- `[Aw,w,phi]=zerophase(b,a,w)`
- `xbool=islocalmin(x)`
- `xbool=islocalmax(x)`
- `zplane(b,a)`
- `h = firpm(N,f,a,W)`
- `grpdelay(b,a,nfft)`

## 5. Normas y material entregable

- Entregar un informe con los comentarios y resultados solicitados en cada ítem. El informe debe estar en PDF y el nombre con el siguiente formato: **PS\_TP1\_GXX.pdf** (donde XX es el número de grupo).
- Se sugiere que el informe sea conciso y cumpla específicamente los puntos solicitados (no deben incluirse desarrollos teóricos que no hayan sido pedidos explícitamente).
- Los archivos de código utilizados deben incluirse junto al informe en un archivo ZIP que deberá subirse al campus. No incluya los códigos en el mismo PDF del informe.
- Cada miembro del grupo deberá poder explicar el funcionamiento de la totalidad de los algoritmos o criterios utilizados en cualquiera de las instancias de examen final, además del resto de contenidos de la materia.

## Referencias

- [1] Proakis, J.G., Manolakis, D.S.G., Santalla del Río, V. and Alba Castro, J.L. , 1998. *Tratamiento digital de señales*.