

# IEE239 - Procesamiento de Señales e Imágenes Digitales

## Laboratorio 3 - Guia Práctica

### Primer Semestre 2017

Lunes, 8 de Mayo del 2017

#### Horario 07M1

- Duración: 2 horas, 30 minutos.
- Está permitido el uso de material adicional.
- La evaluación es **estrictamente** personal.
- **Está terminantemente prohibido copiar código externo (ejemplos de clase, material en linea, etc.)**

1. (*4 puntos*) Identificar el tono en frecuencia alta un audio y filtrarlo en el dominio de la frecuencia.
  - a. Utilizar la función **audioread()** para abrir el archivo *audio07m1.wav*. Indicar la frecuencia de muestreo del audio y cambiar la tasa a 10 *KHz*. Usar **resample()**.
  - b. Obtener la señal discreta  $y[n] = x[n]' + 0,1 \cdot \cos(0,9 \cdot \pi \cdot n)$ , donde  $x[n]$  es la señal de audio con tasa de muestreo de 10kHz.
  - c. Graficar  $y[n]$  en el espacio de muestras y su espectro de magnitud en función a la frecuencia normalizada. Usar **plot()**, **fft()**, **fftshift()**, **abs()** y **unwrap()**.
  - d. Para eliminar la componente no deseada implementar un filtro FIR real por el método de enventanado a partir de las siguiente expresión:

$$H_d(e^{j\omega}) = \begin{cases} e^{-j(\frac{M}{2})\omega}, & |\omega| \leq 0,7\pi \\ 0, & 0,7\pi \leq |\omega| \leq \pi \end{cases}$$

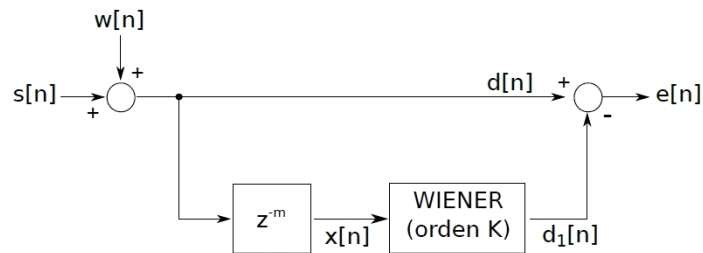
utilizando una ventana rectangular de orden  $M=200$ . Graficar el espectro de magnitud del filtro. Usar  $N=1024$ .

- e. Realizar el filtrado de la señal  $x[n]$  en el dominio de la frecuencia ( $y_p[n] = \mathcal{F}^{-1}\{X(k) \cdot H(k)\}$ ) para un número de muestras en frecuencia de  $N=L+M-1$ , donde  $L$  es la longitud de la señal original y  $M$  es el orden del filtro. Mostrar el espectro de magnitud y comprobar si se eliminó la componente no deseada.
  - f. Utilizar **ifft()** para obtener la señal filtrada en el espacio de muestras. Escuchar utilizando **sound()**. Comentar el resultado, indicar porqué se escogió esa cantidad de muestras en frecuencia.
  - g. Repetir los items anterior ahora para una ventana blackman. Ver **blackman()**.
2. (*3 puntos*) Diseñar un filtro digital IIR pasabajos con las siguientes especificaciones utilizando el método bilineal:

- Banda de paso:  $[0 \ 0.4\pi]$
  - Banda de rechazo:  $[0.6\pi \ \pi]$
  - Atenuación en la banda de paso: -1dB
  - Atenuación en la banda de rechazo: -20 dB
- a. Diseñar un filtro Butterworth, para esto utilizar el comando **buttord**(\_, 's') para estimar el orden del filtro y el comando **butter**(\_, 's') para hallar los coeficientes del filtro analógico (tener en cuenta que la frecuencia de muestreo no es una característica del mismo). Graficar la respuesta en frecuencia utilizando el comando **freqs**().
  - b. Hallar los coeficientes del filtro IIR utilizando el método de transformación bilineal. Utilizar la función **bilinear**().
  - c. Graficar la respuesta al impulso del filtro, utilizar **impz**() y **stem**() .
  - d. Graficar el espectro de magnitud (en dB, usar  $20 \cdot \log_{10}()$ ) y fase del filtro digital. Usar **plot**(), **fft**(), **fftshift**(), **abs**(), **angle**() y **unwrap**().
  - e. Con las mismas especificaciones, diseñar un filtro Chebyshev Tipo I. Estimar el orden del filtro con **cheb1ord**(\_, 's') y hallar los coeficientes del filtro analógico con **cheby1**(\_, 's'). Encontrar los coeficientes del filtro IIR mediante el método de transformación bilineal. Graficar la respuesta al impulso.
  - f. Graficar el espectro de magnitud y fase del filtro digital. Comentar y comparar ambos filtros diseñados, describir las bandas de transición.
3. (3 puntos) Diseñar un filtro Wiener predictivo basado en el esquema descrito en la Figura 1. Se tiene la siguiente señal de entrada de 0.5 segundos de duración:

$$s(t) = 2 \cos(2\pi \cdot 30 \cdot t)$$

las señales son WSS, y  $s[n]$  y  $w[n]$  son no correlacionadas.



(a)

Figura 1: Filtro Wiener predictivo

- a. Hallar su versión en tiempo discreto para una frecuencia de muestreo  $F_s = 800$  Hz. Graficar la señal discreta.
- b. Contaminar la señal  $s[n]$  con ruido blanco aditivo ( $w[n]$ ) de media cero y varianza 0.5. Obtener la señal  $d[n]$ , donde  $d[n] = s[n] + w[n]$ . Las señales son WSS y  $d[n]$  y  $w[n]$  son no correlacionadas.
- c. Hallar los coeficientes de un filtro Wiener de orden 10 para retardos de 10, 20 y 30 muestras. Tener en cuenta,

- I. Generar la matriz de autocorrelación de  $x[n]$ . Usar **xcorr()** y **toeplitz()**.
  - II. Generar el vector de correlación cruzada de  $x[n]$  y  $d[n]$ . Tener en cuenta que este vector es del tamaño del orden del filtro. Usar **xcorr()**.
  - III. Resolver la ecuación Wiener-Hopf y hallar los coeficiente del filtro. Usar **filter()** para obtener la señal a la salida del filtro.
- d. Graficar en espacio de muestras y frecuencia la señal original, la señal corrompida, la señal estimada y el error.
  - e. Hallar los coefientes del filtro para un valor de retardo constante de 10 muestras y filtro de órdenes de 10,15, y 20. Mostrar las gráficas como en el caso anterior. Indicar cómo afecta el orden del filtro y el retardo a la señal estimada. Usar **norm()** para evaluar la similitud.