



## Trabajo Práctico 4: Filtros digitales FIR

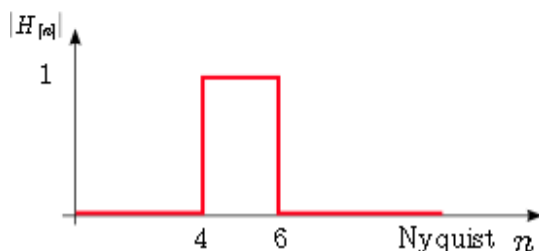
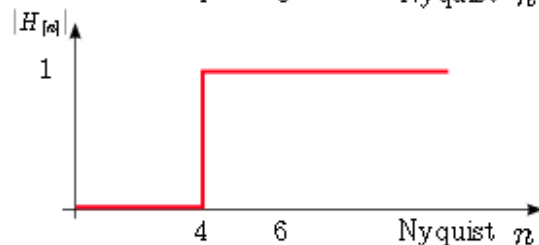
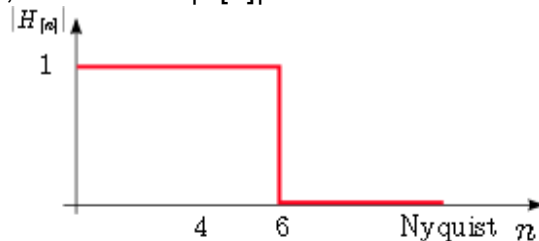
**Presentación:** El TP se debe presentar en formato pdf, donde figuren todas las señales requeridas o archivos fuente de cada función implementada. Los gráficos deben estar adecuadamente documentados con títulos, etiquetas en todos los ejes y referencias a cada señal visualizada. Preferentemente todo empaquetado en un ZIP/RAR.

**Plazo: 2 semanas**

### Ejercicios:

1- Genere una señal  $x[n]$  con 3 componentes senoidales de igual amplitud y frecuencias 3, 5 y 10  $\Delta f$ . Siga el siguiente procedimiento:

- Calcule la DFT  $X[n]$ .
- Multiplique el módulo de  $X[n]$ ,  $|X[n]|$ , por las siguientes funciones transferencia, obteniendo  $|Y[n]|$ :



- Con el módulo de  $|Y[n]|$  y la fase de  $X[n]$ , calcule la DFT inversa y obtenga  $y[n]$ .

Este tipo de filtros se conocen como filtros de fase cero, y son un caso particular de filtros FIR, ya que no afectan la fase de la señal (o la afectan con fase nula, y por lo tanto demora nula). Experimente las siguientes cuestiones:

1. ¿Se logran las 3 respuestas ideales que se proponen implementar?



2. ¿Qué sucede si se repite el experimento pero con los tonos que componen la señal desintonizados  $0,5 \Delta f$  ?.
3. ¿Se corresponde la señal filtrada con la convolución de  $x[n]$  y  $h[n]$ ?
4. ¿Cómo evidenciaría la respuesta en frecuencia real de esta clase de filtros?

2- Implementar el algoritmo que calcule la convolución entre 2 vectores

$$y[n] = \sum_{k=0}^n x[k] \cdot h[n - k]$$

Compruebe su funcionamiento con los siguientes kernels  $h[n]$

- Promediador.  $h[n] = [1 \ 1 \ \dots \ 1] \cdot 1/N$
- Diferenciador.  $h[n] = [1 \ -1]$
- a) Para cada kernel calcule la respuesta en frecuencia normalizada (0-Nyquist) tanto de módulo como de fase. Corrobore el funcionamiento del kernel con señales adecuadas generadas con las funciones del TP1.
- b) Repita a) aumentando N para el tamaño del promediador, e intercalando 0's en el medio del kernel derivador. ¿Qué sucede con la respuesta en frecuencia del kernel?
- Filtro adaptado. ([http://en.wikipedia.org/wiki/Matched\\_filter](http://en.wikipedia.org/wiki/Matched_filter))
  - En el archivo TP3\_ecg.mat encontrará una grabación electrocardiográfica (ECG). Aplique el concepto de filtro adaptado para encontrar los patrones representados por las variables:
    - heartbeat\_pattern1: Latido normal
    - heartbeat\_pattern2: Latido de origen ventricular
    - qrs\_pattern1: complejo QRS normal
  - Explique conceptualmente como podría realizar un detector de latidos con la señal resultante del filtro adaptado. Discuta la utilidad y limitaciones de este método.

3- Utilizando la herramienta *fdatool*, diseñe los siguientes filtros FIR pasa-bajos por el método de ventanas, con las siguientes frecuencias de corte:

- $\omega_c = 0.3 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$
- $\omega_c = 0.7 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$

y para ventanas del tipo:

- Triangular
- Blackman-Harris
- Flat-top



Para todos los casos la atenuación requerida será de al menos 80 dB. El retardo de grupo debe ser un número entero. Obtenga la cantidad de coeficientes, el retardo de grupo y grafique la respuesta al impulso del filtro diseñado. Discuta los resultados e indique cuál es el diseño más conveniente.

Ahora se agrega el requerimiento de que la banda de transición no puede superar los 0.1 rad/muestra.

Para que los filtros diseñados operen a una  $f_{c1} = 300 \text{ Hz}$  y  $f_{c2} = 700 \text{ Hz}$ , de cuánto debería ser la frecuencia de muestreo.

Si se pretende ahora diseñar un nuevo par de filtros que operen a una  $f_{c1} = 30000 \text{ Hz}$  y  $f_{c2} = 70000 \text{ Hz}$ , ¿qué debería cambiar en el sistema digital implementado hasta ahora? Discuta la estrategia adoptada si es útil para frecuencias arbitrariamente grandes.

4- Con la misma herramienta *fdatool*, diseñe los mismos filtros del punto anterior por medio del método *equiripple* (u óptimo) y discuta las diferencias entre ambos métodos respecto a la facilidad de uso y el el filtro obtenido como resultado (cantidad de coeficientes, atenuación, transición). Grafique respuestas al impulso, en frecuencia y retardo de grupo.

5- Diseñe el siguiente filtro pasa altos:

- $f_s = 10 \text{ Hz}$
- $f_c = 20 \text{ Hz}$
- $A_s = 80 \text{ dB}$
- $A_B = 0.1 \text{ dB}$

Para las frecuencias de muestreo

- $fs1 = 250 \text{ Hz}$
- $fs2 = 500 \text{ Hz}$
- $fs3 = 1000 \text{ Hz}$

- a) ¿Qué ocurre con la cantidad de coeficientes?
- b) Desde el punto de vista de la eficiencia computacional, ¿cuál filtro es el más adecuado?
- c) Cómo implementaría la forma más eficiente si su sistema tiene un ADC cuya fs está fijada a 1000 Hz.

6- Teniendo en cuenta que la actividad eléctrica del corazón puede registrarse en la superficie del tórax por medio del ECG, y que dicha actividad eléctrica se encuentra contaminada por distintas señales de ruido (musculares, acople de la señal de red eléctrica entre otras perturbaciones). Por otra parte se sabe que la forma de un latido típico puede representarse mediante la siguiente figura:



Se pide diseñar los filtros digitales adecuados para que la señal de ECG que se incluye en el archivo TP3\_ecg.mat, quede lo más limpia de ruidos posible, o lo que es equivalente, lo más parecida a la figura de arriba posible. La frecuencia de muestreo es de 1000 Hz.

**Referencias:**

$f_s$ : frecuencia de muestreo

$N$ : cantidad de muestras

$\Delta f$ : Resolución espectral.