



DEPARTAMENTO DE BIOINGENIERIA  
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y TECNOLOGIA  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMAN

Procesamiento Digital de Señales Biomédicas



Dirección postal: Av. Independencia 1800  
(4000) S.M. de Tucumán, Argentina  
Tel-fax: (54)-9-381-436-4120

[gruiz@herrera.unt.edu.ar](mailto:gruiz@herrera.unt.edu.ar)  
[gpiza@herrera.unt.edu.ar](mailto:gpiza@herrera.unt.edu.ar)  
[gabisr88@gmail.com](mailto:gabisr88@gmail.com)

TRABAJO PRÁCTICO N° 9

Tema: Filtros FIR

1. Deduce en forma teórica los coeficientes de los filtros digitales FIR: pasa altos, pasa bandas y banda stop. Recuerda estos resultados matemáticos:

$$\int_a^b e^{-jn\omega} d\omega = \frac{1}{-jn} e^{-jn\omega} \Big|_a^b = \frac{j}{n} (e^{-jnb} - e^{-jna})$$

Forma de Euler:  $e^{jn\omega} = \cos(n\omega) + j \sin(n\omega)$

2. De acuerdo a los resultados obtenidos en el punto 1, implementa un filtro pasa bajos en forma genérica (con  $\omega_c$  entre 0 y  $\pi$ ) y realiza las siguientes actividades:
  - a. Grafica los coeficientes del filtro
  - b. Genera una ventana rectangular de paso variable, aplícala a los coeficientes del FIR diseñado (usa 16, 32, 64 y 256 coeficientes) y grafica la respuesta en frecuencia del FIR (modulo y fase).
  - c. Encuentra  $H(z)$  y grafica los polos y ceros del filtro en el plano Z.
  - d. Encuentra su respuesta temporal al impulso unitario, escalón y pulso cuadrado. Usa 16 y 32 coeficientes.
3. Ídem al punto anterior, pero para un filtro pasa altos.
4. En el archivo de datos Ecg50.xls adjuntado a esta guía de Trabajos Prácticos, dispones de una señal de ECG con ruido de línea de aprox. 50 Hz. La señal fue muestreada a 290 Hz. Diseña un filtro FIR de ranura (banda stop) no-recursivo para extraer los 50 Hz. Sugerencia: determina el valor exacto del ruido usando el espectro de Fourier de la señal.
  - a. Encuentra los coeficientes del filtro y grafica su respuesta al impulso.
  - b. Implementa ventanas rectangulares de 25 y 50 coeficientes y grafica la respuesta en frecuencia (Modulo y fase) del filtro diseñado.
  - c. Encuentra  $H(z)$  y grafica los polos y ceros del filtro en el plano Z (para 25 y 50 coeficientes).
  - d. Aplica ventanas de Hamming y Blackman (en forma separada, de 25 y 50 coeficientes) y grafica nuevamente la respuesta en frecuencia. Compara estos resultados con los coeficientes obtenidos en (b).
  - e. Grafica las señales sin filtrar y filtrada, con y sin ventana (para todos los casos: ventanas Uniforme, Hamming y Blackman). En todos los casos escoge la misma cantidad de coeficientes.
  - f. Concluye a partir de tus resultados.
  - g. Encuentra la respuesta temporal (impulso unitario, escalón y pulso cuadrado) de los filtros diseñados con y sin ventanas. En todos los casos escoja la misma cantidad de coeficientes.
  - h. Diseña un filtro ranura en base a la ubicación de polos y ceros en el plano Z. Compara su respuesta en frecuencia, con el filtro diseñado en (a).



DEPARTAMENTO DE BIOINGENIERIA  
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y TECNOLOGIA  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMAN

Procesamiento Digital de Señales Biomédicas



Dirección postal: Av. Independencia 1800  
(4000) S.M. de Tucumán, Argentina  
Tel-fax: (54)-9-381-436-4120

[gruiz@herrera.unt.edu.ar](mailto:gruiz@herrera.unt.edu.ar)  
[gpiza@herrera.unt.edu.ar](mailto:gpiza@herrera.unt.edu.ar)  
[gabisr88@gmail.com](mailto:gabisr88@gmail.com)

---

TRABAJO PRÁCTICO N° 9

Tema: Filtros FIR

---

5. En el archivo Pre\_Resp.xlsx dispones de una señal de presión aórtica modulada por la onda respiratoria cuya frecuencia es significativamente más baja que la de la señal de presión misma. Sabiendo que la frecuencia cardíaca de 90 ppm y la frecuencia de muestreo de 200 Hz, diseña un filtro pasa-altos para eliminar la onda respiratoria.
- Encuentra  $H(z)$  y grafica los polos y ceros en el plano Z
  - Encuentra los coeficientes del filtro y grafica la respuesta temporal al pulso cuadrado.
  - Grafica la respuesta en frecuencia (Modulo y fase).
  - Aplica una ventana rectangular y grafica los coeficientes. Decide que numero de coeficientes es suficiente graficando nuevamente la respuesta en frecuencia el filtro.
  - Aplica el filtro a la señal
  - Calcula el espectro de las señales filtradas y sin filtrar. Concluye.