



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° 10

Tema: Filtros IIR

1. Supón que la siguiente función  $p_1(t)$  representa una señal de presión arterial, que está definida de la siguiente forma:

$$p_1(t) = C + \sum_{i=1}^4 A_i \cos(\Omega_i t - \phi_i)$$

Dónde:  $C = 80$ ;  $\Omega = [1, 2, 3, 4] \times 2\pi F_c$ ;  $F_c$  es la frecuencia cardiaca;  $A = [20.0000, 10.0240, 3.5560, 0.9800]$ ;  $\phi = [0, -0.5655, 1.0053, -2.1363]$ ;

- Agrega un ruido aleatorio de baja amplitud a la señal  $p_1(t)$ . Grafica.
  - Implementa un filtro IIR pasa bajos para quitar el ruido agregado. Grafica la respuesta en frecuencia del filtro.
  - Encuentra  $H(z)$  y grafica los polos y ceros del filtro en el plano  $Z$ .
  - Grafica la señal sin filtrar y la filtrada.
2. Supón que la señal continua  $p_2(t)$  representa una señal de presión, definida como:

$$p_2(t) = 80 + \sum_{n=1}^3 \left[ \frac{2\sqrt{80}}{\pi(2n^2 - 1)} \cos \left[ 2\pi(n-1)F_c t - (3n^3 - 1) \frac{\pi}{7} \right] \right]$$

Donde  $F_c$  es la frecuencia cardiaca.

- Muestrea la señal continua  $p_2(t)$  con una frecuencia de muestreo  $F_s = 400$  Hz.
  - Agrega un ruido sinusoidal de baja amplitud y frecuencia 63 Hz a la señal  $p_2(t)$ . Grafica.
  - Implementa un filtro IIR pasa bajos para quitar el ruido agregado. Grafica la respuesta en frecuencia del filtro.
  - Encuentra  $H(z)$  y grafica los polos y ceros del filtro en el plano  $Z$ .
  - Grafica la señal sin filtrar y la filtrada.
3. Dispones de una señal de ECG con ruido de línea de aprox. 47 Hz. La señal fue muestreada con 290 Hz. Diseña un filtro IIR de ranura (banda stop) para extraer los 47 Hz (archivo de datos: Ecg50.xls). Sugerencia: determina el valor exacto del ruido usando el espectro de la señal.
- Encuentra  $H(z)$  y grafique su respuesta en frecuencia.
  - Encuentra los coeficientes del filtro y grafique su respuesta al impulso.
  - Grafica los polos y ceros del filtro en el plano  $Z$ .
  - Grafica la señal sin filtrar y la filtrada.
  - Compara tus resultados con los obtenidos en el TPN°9 de filtros FIR (mismo punto). Preste especial atención en el orden del filtro y las respuestas en frecuencia.
  - Encuentra las respuestas temporales al escalón y pulso rectangular.



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° 10

Tema: Filtros IIR

---

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