



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

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)  
[mgsorrentino@herrera.unt.edu.ar](mailto:mgsorrentino@herrera.unt.edu.ar)  
[gerardoluispadilla96@gmail.com](mailto:gerardoluispadilla96@gmail.com)

TRABAJO PRÁCTICO N° 6

Tema: Caracterización de sistemas discretos

1. Sea un sistema SLID (sistema lineal invariante al desplazamiento) correspondiente al siguiente filtro de promedios móviles:

$$y(n) = \frac{1}{M} \sum_{k=0}^{M-1} x(n-k)$$

- Deduzca su respuesta en frecuencia considerando que  $x(n) = e^{j\omega n}$  (Marco teórico: hacer en papel)
- Grafique la respuesta en frecuencia de un filtro de promedios móviles de orden 3, 5, 10, 20 y 50.
- Realice una gráfica en la cual se observe la frecuencia de corte normalizada (fc) vs el orden del filtro. **Sugerencia:** para determinar la frecuencia de corte empleando el comando *where* de *numpy* (*np.where()*) para determinar donde el módulo de H cae 3 db.

2. Sea un sistema SLID correspondiente a un sistema FIR:

$$y(n) = \sum_{k=0}^{M-1} c_k x(n-k)$$

- Deduzca su respuesta en frecuencia considerando que  $x(n) = e^{j\omega n}$  (Marco teórico: hacer en papel)
- Grafique la respuesta en frecuencia de los sistemas FIR caracterizados por los siguientes coeficientes:

i.  $c_n = \begin{cases} \frac{1}{2\pi} & n = 0 \\ \frac{\sin(0.5 n)}{\pi n} & |n| > 0 \end{cases}$

ii.  $c_n = \begin{cases} -\frac{1}{2\pi} & n = 0 \\ -\frac{\sin(0.5 n)}{\pi n} & |n| > 0 \end{cases}$

iii.  $c = [0.0051, 0, -0.0419, 0, 0.2885, 0.4968, 0.2885, 0, -0.0419, 0, 0.0051]$

iv.  $c = [-0.0051, 0, 0.0419, 0, -0.2885, 0.4968, -0.2885, 0, 0.0419, -0, 0.0051]$

v.  $c = [0, 0.0591, 0, -0.2526, 0, 0.3765, 0, -0.2526, 0, 0.0591, 0]$

3. Sea un sistema SLID correspondiente a un sistema IIR:

$$y(n) = \sum_{k=0}^M c_k x(n-k) - \sum_{k=1}^N d_k y(n-k)$$



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° 6

Tema: Caracterización de sistemas discretos

- a. Deduzca su respuesta en frecuencia considerando que  $x(n) = e^{j\omega n}$  (Marco teórico: hacer en papel)
- b. Grafique la respuesta en frecuencia de los sistemas IIR caracterizados por los siguientes coeficientes recursivos y no-recursivos:
  - i.  $d = [1, 0, 1.201, 0, 0.485, 0, 0.0427, 0, 0.001, 0]$   
 $c = [0.0052, -0.0466, 0.1865, -0.4353, 0.6529, -0.6529, 0.4353, -0.1865, 0.0466, -0.0051]$
  - ii.  $d = [1, 0, 3.1806, 0, 3.8612, 0, 2.1122, 0, 0.4383]$   
 $c = [0.662, 0, 2.6481, 0, 3.9721, 0, 2.6481, 0, 0.6620]$
4. ¿Cuál es la respuesta al impulso del siguiente sistema recursivo?
$$y(n) = a y(n-1) + x(n)$$
  - a. Haga el ejercicio con papel y lápiz.
  - b. Grafique su respuesta.
5. Obtenga la respuesta en frecuencia de un derivador digital con la siguiente ecuación:

$$y(n) = \frac{x(n) - x(n-d)}{d \cdot T}$$

Grafique  $H(\omega)$  para  $d=2, 5, 7$  y 13 puntos

6. Encuentre la respuesta en frecuencias del siguiente sistema IIR

$$y(n) = 0.14 x(n-2) + 1.77 y(n-1) - 0.19 y(n-2) + 0.28 y(n-3)$$