

Filtrado Analógico y Digital

Práctica 5. Transformación Bilineal

Juan José Guzmán Cruz.

Resumen

Se diseñaron filtros digitales por los métodos de invarianza al impulso y transformación bilineal a partir de un filtro Butterworth pasa-bajas, se observaron sus respectivas respuestas en frecuencia y se modificó el parámetro T para comparar la relación de los filtros con este parámetro.

I. Objetivos de la práctica

- Utilizar la transformada bilineal para el diseño de filtros digitales.
- Comparar la transformada bilineal vs la respuesta invariante al impulso para el diseño de filtros.
- Diseñar filtros digitales.

II. Metodología

II. 1) Filtro digital a partir de uno analógico

Diseñar un filtro Butterworth pasa-bajas con las siguientes especificaciones:

Atenuación en la banda de paso

$$\alpha_{\min} = -1 \text{ dB}$$

Atenuación en la banda de rechazo

$$\alpha_{\max} = -15 \text{ dB}$$

Banda de paso

$$\omega_p = 0.2\pi \text{ rad/s}$$

Banda de rechazo

$$\omega_s = 0.3\pi \text{ rad/s}$$

Periodo de muestreo

$$T = 1 \text{ s}$$

Para diseñar este filtro es necesario normalizar las frecuencias, por tanto se tiene que:

$$W_p = \omega_p / T$$

$$W_s = \omega_s / T$$

Para obtener el orden del filtro y la frecuencia de corte normalizada.

$$[N, W_n] = \text{buttord}(W_p, W_s, R_p, R_s, 's')$$

Para crear el filtro analógico Butterworth pasa-bajas

$$[n, d] = \text{butter}(N, W_n, 's')$$

Los parámetros n y d ya pueden ser utilizados para convertir el filtro analógico a un filtro digital:

Utilizando el método de invarianza al impulso

$$[bz, az] = \text{impinvar}(n, d)$$

Utilizando el método de transformación bilineal

$$[bd, ad] = \text{bilinear}(n, d, 1/T(i))$$

Para obtener las respectivas representaciones gráficas de la respuesta en frecuencia:

Para el filtro analógico

$$\text{freqs}(n, d)$$

Para los filtros digitales

$$\text{freqz}(bz, az)$$

Para obtener la gráfica de polos y ceros, en el dominio Z , para cada uno de los filtros

$$\text{zplane}(n, d)$$

$$\text{zplane}(bz, dz)$$

$$\text{zplane}(bd, ad)$$

II. 2) Filtro digital por método de transformación bilineal para filtrar una señal de ECG

orden del filtro (se elige arbitrariamente)

$$N = 4$$

rizo permitido en la banda de paso (se elige arbitrariamente)

$$R_p = 1$$

Periodo de muestreo (se propone según la frecuencia de corte analógica)

$$T = .6$$

Frecuencia de muestreo

$$F_s = 1/T$$

Frecuencia de corte analógica (este dato se obtiene de la respuesta en frecuencia de la señal ECG)

$$w_c = 21$$

Frecuencia de corte digital normalizada

$$W_c = w_c * T / \pi$$

Diseño de un filtro analógico Chebyshev de tipo I

$$[n, d] = \text{cheby1}(N, R_p, W_c, 's')$$

Conversión del filtro analógico a uno digital por el método de transformación bilineal
 $[nb,db] = \text{bilinear}(n,d,Fs)$

Para cargar la señal ECG
 $\text{ecg} = \text{load}('ubicación_del_archivo_txt')$

Para filtrar la señal ECG con el filtro digital diseñado
 $y = \text{filter}(nb,db,\text{ecg})$

Para observar gráficamente el resultado
 $\text{plot}(y)$

III. Resultados

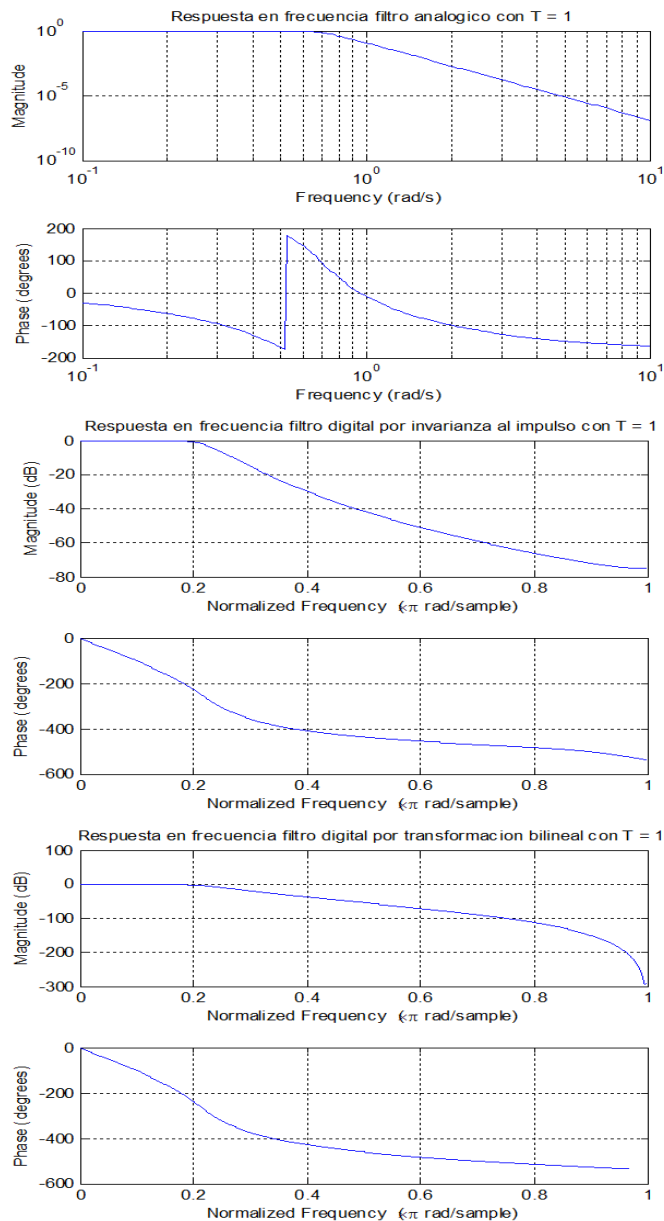


Figura 1. Gráficas de la respuesta en frecuencia de los filtros analógico y digitales con $T=1$.

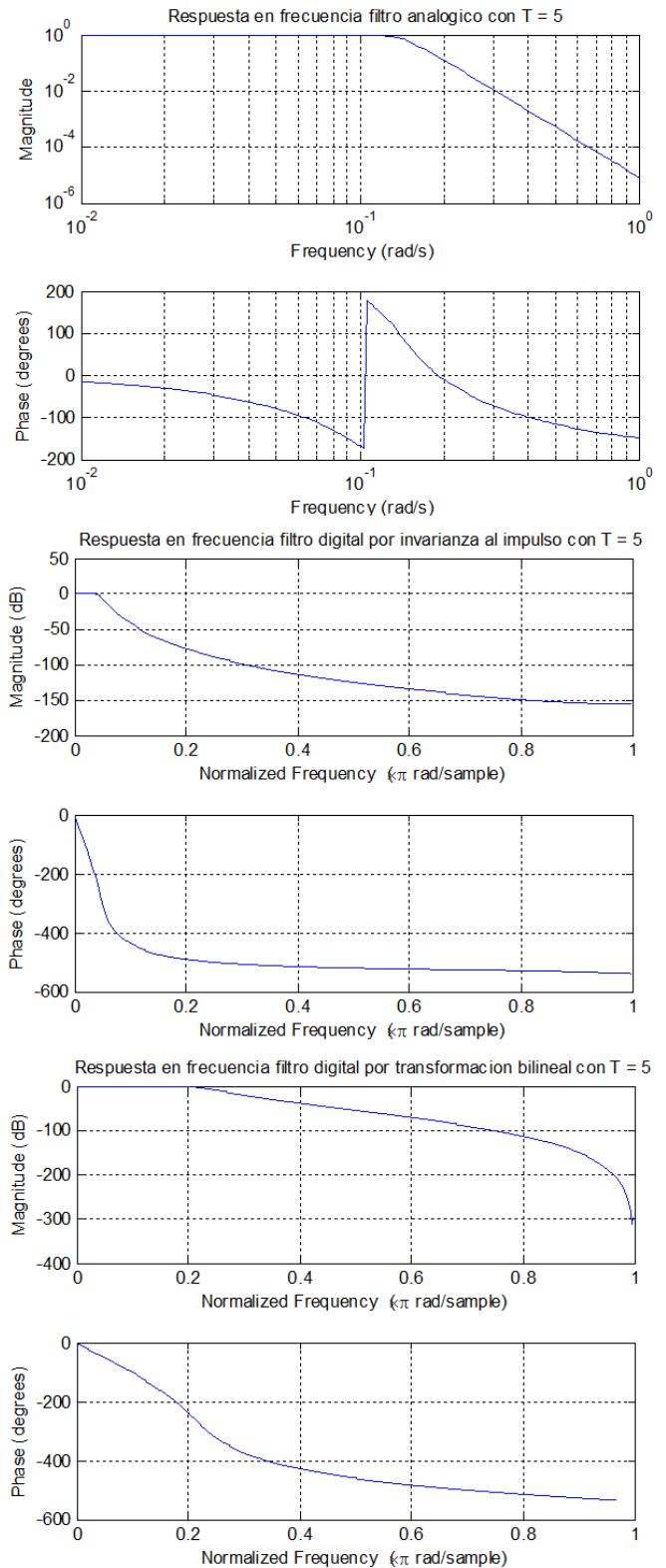


Figura 2. Gráficas de la respuesta en frecuencia de los filtros analógico y digitales con $T=5$.

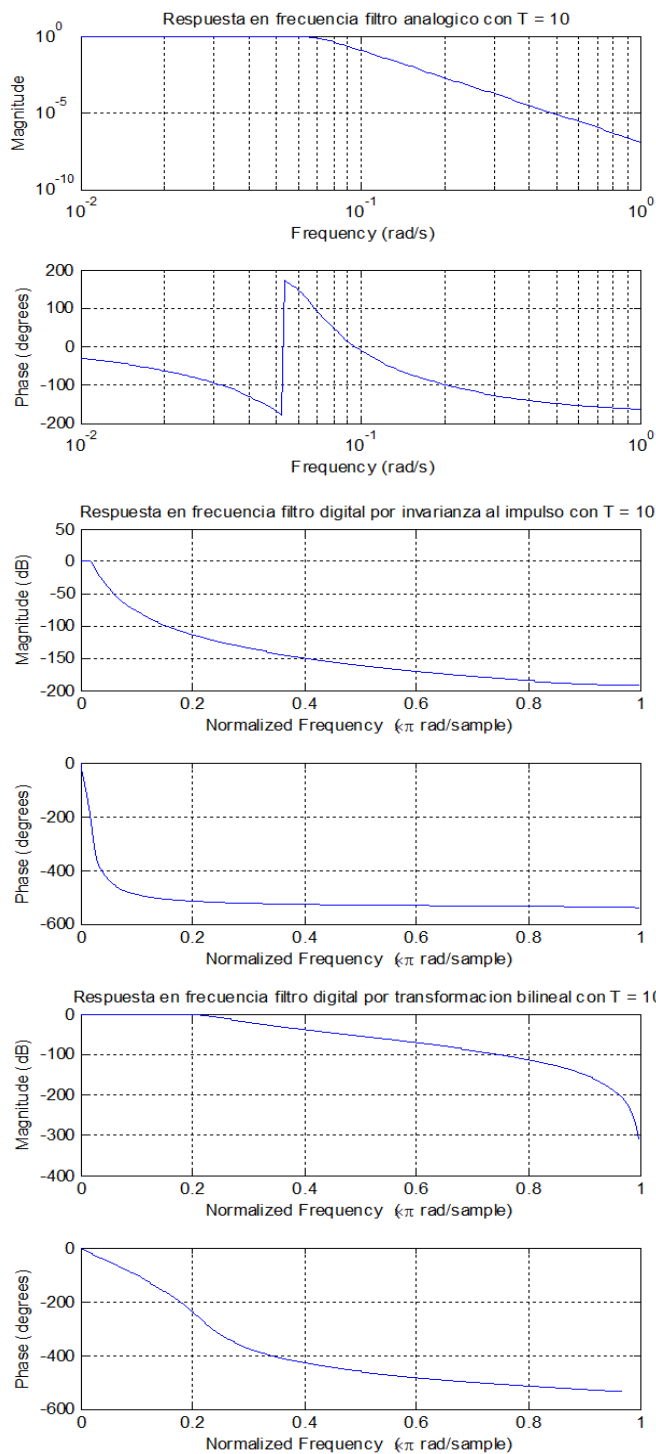


Figura 3. Gráficas de la respuesta en frecuencia de los filtros analógico y digitales con $T=10$.

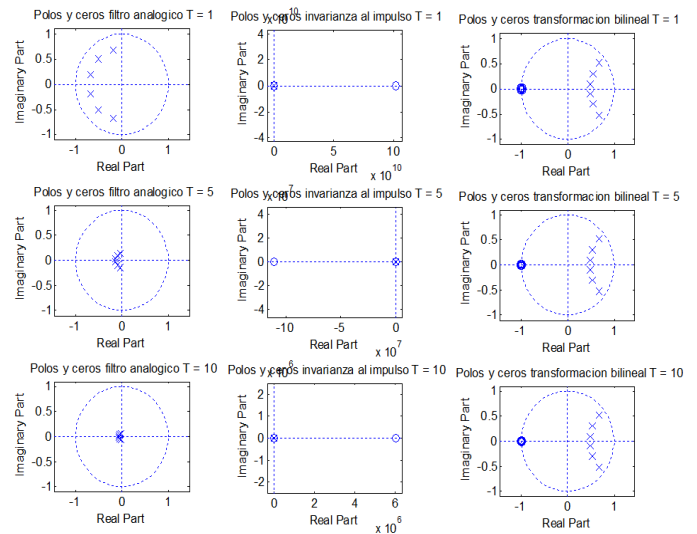


Figura 4. Polos y ceros de los filtros obtenidos con distintos valores de T .

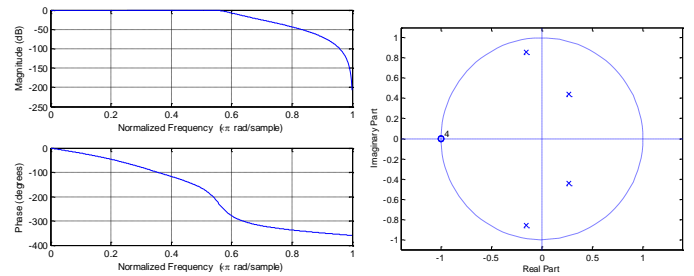


Figura 5. Respuesta en frecuencia y polos y ceros del filtro diseñado para filtrar la señal de ECG.

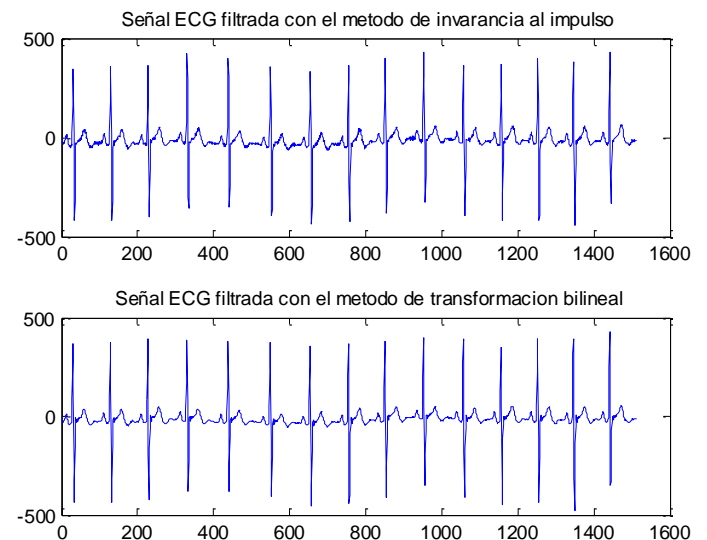


Figura 6. Comparación de una señal ECG filtrada con filtros digitales, uno por invarianza al impulso y otro por transformación lineal.

V. Discusión

Las gráficas de respuesta en frecuencia revelan el comportamiento de cada uno de los filtros y se puede observar

que mientras el filtro digital por invarianza el impulso decae muy rápido, su correspondiente por transformación bilineal, va cayendo muy lento y al final tiene una caída abrupta.

El filtrado de la señal ECG, tanto con el filtro por invarianza al impulso, como por transformación bilineal tiene un excelente resultado, aunque existe una pequeña mejora filtrando por transformación bilineal.

V. Conclusiones

Logré implementar los filtros sin ningún problema y pude observar que el cambio del factor T tiene un mayor impacto en los filtros obtenidos por invarianza al impulso, que los obtenidos por transformación bilineal.

Bibliografía

[1] Kamen E., Heck B. *“Fundamentos de señales y sistemas usando la web y MATLAB”*. Pearson Educación. 3ª. Ed.

[2] <http://www.mathworks.com/help/>