

19 de Noviembre

TRABAJO PRÁCTICO

Diseño y análisis de un filtro Pasa Altos

98934 Vazquez, Rodrigo rodrigomarianovazquez@gmail.com

Resumen

El siguiente informe corresponde al proceso de diseño, armado y análisis de un filtro *Pasa Altos* a partir de una transferencia dada. Notando que la misma se corresponde con la configuración *Infinite Gain*.

Desarrollo

En esta sección se podrán observar los pasos para el diseño del filtro y el detalle de los cálculos empleados para lograr el comportamiento requerido, junto con las pruebas y respuestas en frecuencia pedidas.

Problema a resolver

El filtro a diseñar vino dado por la siguiente ecuación de transferencia.

$$H(s) = \frac{s^2}{s^2 + 3510s + 1,004 \times 10^7} \quad (1)$$

Esta transferencia es la número 4, de la lista provista en clase. Por la forma de la ecuación, se observa que se trata de un filtro del tipo *Pasa Altos*. Esto es, haciendo límite con $s \rightarrow +\infty$, resulta una amplificación de 0 dB y se tiene una atenuación infinita para $s \rightarrow -\infty$.

Diseño del filtro

Se identificaron los parámetros de la transferencia del filtro a partir de la forma de Bode vista en clase.

$$H(s) = H_0 \frac{s^2}{s^2 + s \frac{\omega_0}{Q} + \omega_0^2} \quad (2)$$

De la consigna se obtiene que la frecuencia de corte es $\omega_0 = \sqrt{1,004 \times 10^7} = 3169$, por lo que $f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = 504$ Hz. Con este dato, encontramos que $Q = \frac{\omega_0}{3510} = 0,902$.

Además, la transferencia tiene un cero doble en $C_0 = 0$ y polos complejos conjugados en $p_{0,1} = -1755 \pm j 2638$. La forma compleja de los polos es coherente al tener $Q > 0,5$. Por último, $H_0 = 1$ ya que no hay amplificación superada la frecuencia de corte.

Circuito

Se utilizó el siguiente circuito:

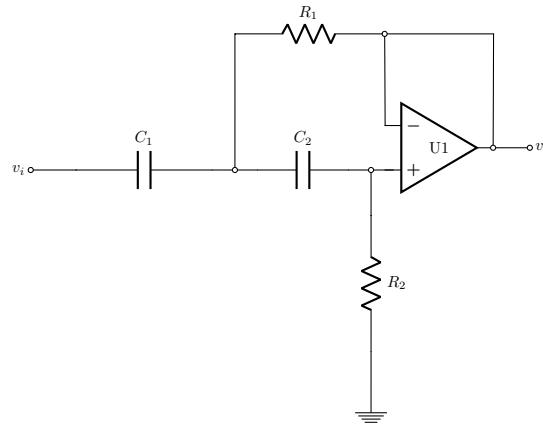


Figura 1: Circuito de filtro Pasa Alto

Aplicando el metodo de *Nodos* se llega a la siguiente transferencia

$$H(s) = \frac{s^2}{s^2 + s \frac{(C_1 R_1 + C_2 R_1)}{C_1 C_2 R_1 R_2} + \frac{1}{C_1 C_2 R_1 R_2}} \quad (3)$$

Notando que $\omega_0 = \frac{2}{RC}$, se eligió un valor de capacitor tal que la resistencias se encuentre entre 1 k Ω y 1 M Ω . También se consideró que al elegir un valor comercial que diste del valor teorico, va a existir un error. Considerando esto, se eligió $C = 10$ nF y $R = 33$ k Ω , éste valor de resistencia es el que menos error presenta del valor teorico ($R_{teo} = 31,83$ k Ω).

Hasta ahora, el circuito funciona como elimina banda para la frecuencia de 1 kHz, pero no amplifica en 9,54 dB el resto de las frecuencias. Para ello, se empleo un amplificador en configuración *No inversor* a la salida del filtro. Resultando en el siguiente circuito.

Donde R_0 es un preset de 100 k Ω Para los valores de R y C elegidos, resulta la siguiente transferencia teorica

$$H(s) = \frac{3s^2 + 12 \times 10^6 \pi^2}{s^2 + s 800\pi + 4 \times 10^6 \pi^2} \quad (4)$$

Diagramas de Bode

Para la transferencia hallada, se realizaron los diagramas de Bode en el software **Matlab** de calculo numérico. Definiendo a s como una variable de transferencia y con la función `bode()` se obtuvo la siguiente figura

Figura 2: Diagrama de Bode teorico en Matlab

Se puede apreciar el comportamiento de *elimina-banda* y tambien que está aplicado a la frecuencia correcta. Luego viendo el nivel de amplificacion para el resto de las frecuencias, se mide un nivel de 9,45 dB, lo cuál coincide con el esperado.

Respuesta del filtro teorico a distintas señales

Luego del diagrama de Bode, se realizaron graficos donde se muestran qué salida tiene el filtro dada una señal de entrada como: *escalón*, *impulso*, *senoidal*, *cuadrada*.

Para la respuesta a señal senoidal, se eligieron 3 frecuencias acordes a las características del filtro,

$f_1 = 10 \text{ Hz}$, $f_2 = 1 \text{ kHz}$ y $f_3 = 1 \text{ MHz}$.

Para la respuesta a la señal cuadrada, se eligieron también, 3 frecuencias acordes, $f_4 = 100 \text{ Hz}$, $f_5 = 1 \text{ kHz}$, $f_6 = 100 \text{ kHz}$. Se lograron los siguientes resultados.

Figura 3: Respuesta al escalón.

Se puede observar que se logra un nivel de tensión estable cerca de los 6 ms, además, se ve que el valor al que estabiliza es 3 V, que es acorde a la amplificación de 3 veces o 9,54 dB.

Figura 4: Respuesta al impulso.

Aquí se observa que existe mucha más variación de tensión en el transitorio hasta los 3 V, que se alcanzan en 5 ms.

Figura 5: Respuesta a una señal senoidal de 10 Hz

Se observa que la señal representada con color azul es la salida y el color gris es la señal de entrada. Notar la amplificación a 3 V y que la señal no sufre atenuación visible, resultado esperable para esta frecuencia.

Figura 6: Respuesta a una señal senoidal de 1 kHz

Aquí observamos que la salida sufre una gran atenuación luego del transitorio, tanto que se puede considerar como de amplitud nula. Aquí se ve claramente el efecto de *elimina-banda*, donde el filtro se encarga de que la señal no tenga amplitud apreciable si su frecuencia es de 1 kHz. Como último comentario, la atenuación es total dado que la entrada es de tipo senoidal y estas funciones no están compuestas por otras de distinta frecuencia, como si es el caso en señales triangulares o cuadradas.

Figura 7: Respuesta a una señal senoidal de 100 kHz

En esta respuesta, se ve un efecto similar a la respuesta a la senoidal de 10 Hz, donde se ve un nivel de amplificación hasta los 3 V y la señal no sufre atenuación visible.

Se observa la salida a una señal cuadrada de 100 Hz, notar que el circuito responde muy similar al escalón, esto se debe a la baja frecuencia de esta señal, que tiene un período mucho más bajo que el tiempo característico del circuito.

En esta salida se observa una variación en la salida cada vez más grande a medida que el tiempo avanza, con características de oscilación muy predominantes.

Figura 8: Respuesta a una señal senoidal de 100 Hz

Figura 9: Respuesta a una señal senoidal de 1 kHz

Figura 10: Respuesta a una señal senoidal de 100 kHz

Aquí se observa que la salida es menos oscilante que la anterior (sin considerar la naturaleza oscilatoria de la señal de entrada) y que presenta una distorsión leve en cada semiciclo.

Simulación

Para verificar que el funcionamiento del circuito sea el esperado, se utilizó el software de simulación *LTSpice* con los componentes de valores comerciales.

Se utilizó la directiva `.ac dec 100 1 1000000` para variar la frecuencia de la fuente de entrada V_{in} desde 1 Hz hasta 100 kHz. Luego se importó la biblioteca *TL081* para el operacional. Produciendo el siguiente resultado.

Respuesta de la simulación a distintas señales

Figura 11: Círcuito simulado