

1. Ejercicio I

1.1. Analisis del circuito

En este ejercicio se analizo el circuito 1.

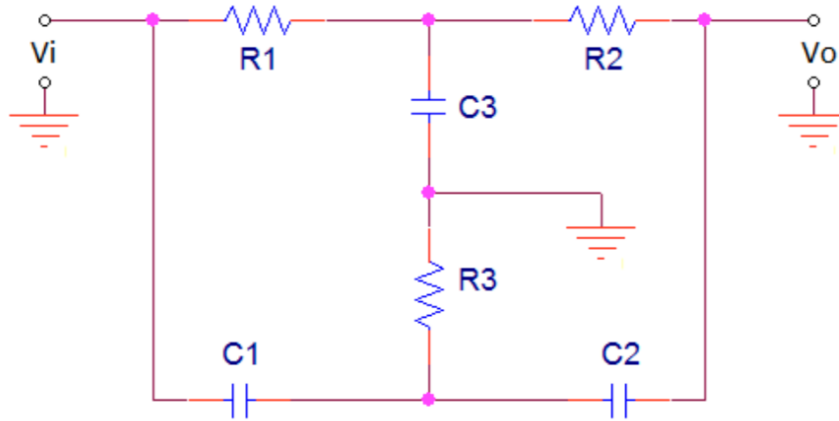


Figura 1: Filtro Notch Pasivo

En primer lugar, se calculo analíticamente al circuito mediante un método alternativo como es el de cuadripolos para obtener la función transferencia $H(s)$ que se puede ver en la ecuación 1. Vale aclarar que se tomo la ayuda propuesta por la catedra y se considero que $R_1 = R_2 = 2R_3$, $2C_1 = 2C_2 = C_3$

$$H(s) = \frac{\left(\frac{s}{1/C_3 R_3}\right)^2 + 1}{\left(\frac{s}{1/C_3 R_3}\right)^2 + 4\frac{s}{C_3 R_3} + 1} \quad (1)$$

Como se puede observar, la función transferencia describe un filtro Notch. Su frecuencia de corte es W_c . Su expresión se muestra en la ecuación 2

$$W_0 = \frac{1}{C_3 R_3} \quad (2)$$

La frecuencia de corte pedida es $10,8kHz$. Entonces nos queda la relación que se puede ver en la ecuación 3.

$$R_3 = \frac{1}{C_3 2\pi 10,8k} \quad (3)$$

Para obtener la respuesta impulsiva $h(t)$, se utilizó la antitransformada de Laplace. Este resultado es:

$$h_t = asdasd \quad (4)$$

Volviendo a la relación 3 es posible dar valores a la capacitancia y así obtener un valor para las resistencias. Teniendo en cuenta los valores comerciales disponibles en el pañol, se tomó $C_3 = 10nF$ por lo que se obtuvo $R_3 = 1,47k\Omega$. Como no hay disponible una resistencia de ese valor, se utilizó $R_3 = 1,5k\Omega$. Tampoco se encontraron capacitores de $C = 5nF$ por lo que $C_1 = 4,7nF$ y $C_2 = 4,7nF$. Estos valores se cargaron en LTspice y se obtuvo el bode de la figura 2.

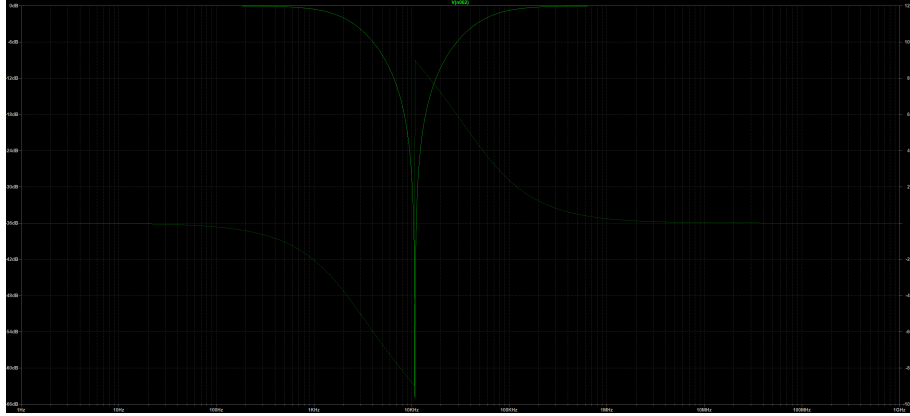


Figura 2: Circuito con los componentes definidos

Se puede observar que el comportamiento del bode describe un filtro notch y que la frecuencia de corte se ubica en $11,1kHz$. Si bien la frecuencia de corte pedida es $10,8kHz$ nos vemos obligados a tomar $11,1kHz$ por motivos de disponibilidad de componentes en el pañol. Luego las futuras mediciones se comparan respecto al bode obtenido en la figura 2.

Para poder terminar de caracterizar el sistema hace falta el diagrama de polos y ceros. Los polos y ceros se obtienen fácilmente si reordenamos la función de transferencia como se ve continuación:

$$H(S) = \frac{(S-S_1)(S-S_2)}{(S-P_1)(S-P_2)S}$$

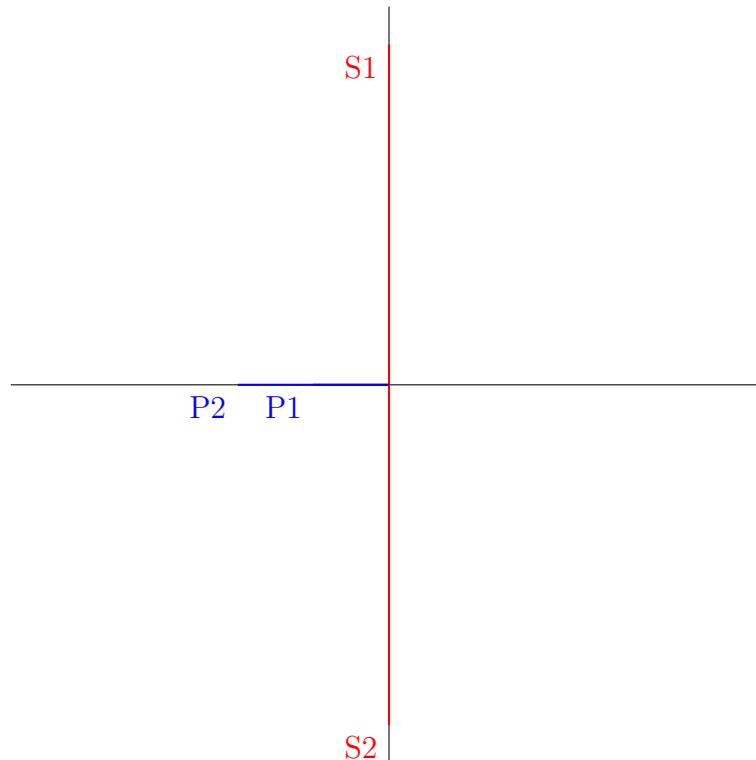
Hay dos ceros:

$$S_1 = 69743,35691j \quad S_2 = -69743,35691j$$

Hay dos polos:

$$P_1 = -18687,67616 \quad P_2 = -260285,7515$$

Como se puede ver los dos ceros se encuentran sobre el eje imaginario y los dos polos en el eje real del semiplano negativo



1.2. Respuesta en frecuencia

Con los valores de los componentes calculados anteriormente, se diseñó una placa en Altium. Su diseño se puede ver en la figura 3

Notar que se tuvieron que utilizar dos resistencias en serie de $1,5k\Omega$ para obtener una resistencia de $5k\Omega$.

Para medir la respuesta en frecuencia se utilizó una senoide en V_{in} y se midió V_{out} con la ayuda de un osciloscopio. En primer lugar se excitó al circuito con una señal senoidal de $10V$ a una frecuencia de $11,1kHz$, que es la frecuencia de corte. Se esperaba ver una señal totalmente atenuada ya que la señal de entrada está en la frecuencia de corte. Los resultados fueron los siguientes: $V_{in} = 9,73V$ y $V_{out} = 0,038V$. Podemos decir que el resultado fue satisfactorio ya que se puede considerar que la señal de entrada fue totalmente atenuada. Si hacemos el cálculo de atenuación

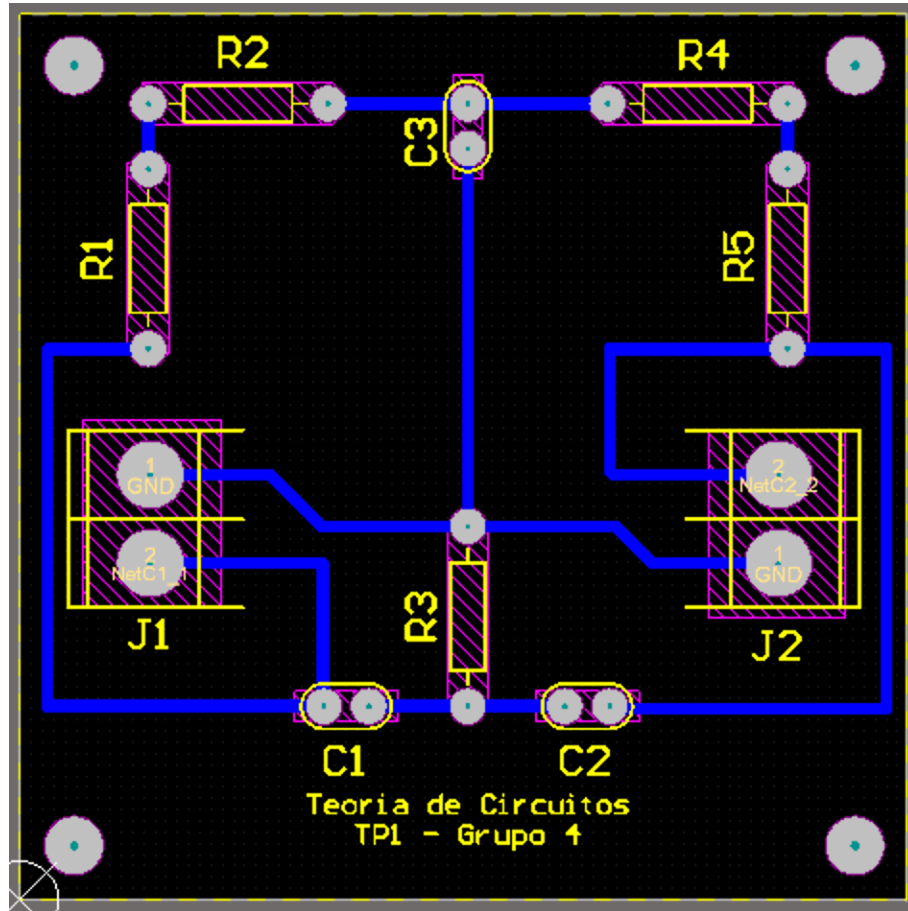


Figura 3: Placa diseñada en Altium

esta da $-20 \log(\frac{V_{out}}{V_{in}}) = -48,16db$. Esta atenuación debería ser la más chica cuando se realice el bode completo. Además hay que tener en cuenta el ruido. El osciloscopio es susceptible al ruido por lo que hay que tenerlo en cuenta. Esto explica porque V_{out} no es cero en la frecuencia de corte del Notch. Lo que se está midiendo en esta situación es prácticamente ruido ya que este tiende a aumentar la amplitud de la señal.

Se prosiguió a realizar el bode completo. Para esto se mantuvo una senoide de 10V pico a pico y se fue modificando la frecuencia de esta. Sabiendo de antemano como es la curva que describe el bode, se tomaron más puntos en las áreas más características del bode. Como lo es el área cercana a la frecuencia de corte. Los resultados del bode completo se pueden ver en la figura 4.

Como se puede observar, la figura 4 tiene superpuesto el bode de LTspice (curva azul) que se mostró en la figura 2 y el bode que se obtuvo de forma experimental (curva

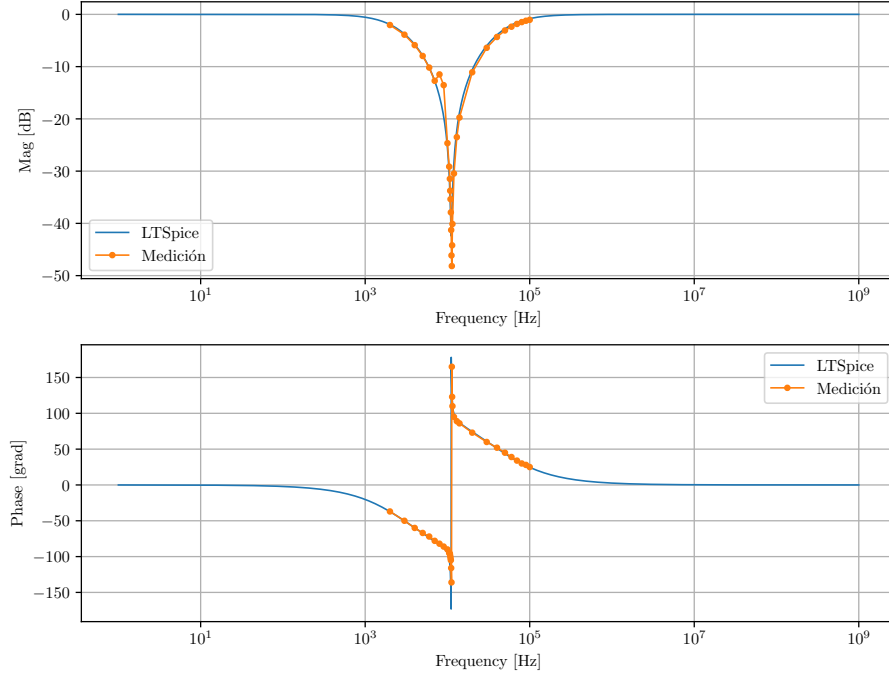


Figura 4: Filtro Notch Pasivo

aranja). Los resultados son sumamente satisfactorios. En el bode de la medicion se puede apreciar la frecuencia de corte y como el resto de los puntos se asemejan a la curva teorica calculada en LTspice.

1.3. Respuesta al escalón

En esta parte se analizo la respuesta al escalón. En primer lugar se calculo la expresión analítica. Teniendo en cuenta que la entrada $X(t)$ es el escalon $U(t)$, que su transformada de Laplace es $\frac{1}{s}$ y que la funcion transferencia es la que vimos en la ecuacion 1. La transformada de Laplace de la salida nos queda 5

$$Y(S) = \frac{S^2 + W_0^2}{S^2 + 4W_0S + W_0^2} * \frac{1}{S} \quad (5)$$

Si acomodamos un poco esta expresion podemos llegar a:

$$Y(S) = \frac{(S-S_0)(S+S_0)}{(S-P_1)(S-P_2)S}$$

$$S_0 = 69743,35691j \quad P_1 = -18687,67616 \quad P_2 = -260285,7515$$

Si antitrasformamos nos queda:

$$y(t) = (A \exp P_1 t + B \exp P_2 t + C) * u(t)$$

$$A = \frac{P_1^2 + W_0^2}{(P_1 - P_2) * P_1} = -1,1547 \quad B = \frac{P_2^2 + W_0^2}{(P_2 - P_1) * P_2} = 1,1547 \quad C = \frac{W_0^2}{(P_2 P_1)} = 1$$

Las mediciones resultaron ser: