

Informes de CIREL

Rafael Sánchez Sánchez - Alejandro Santorum Varela
Universidad Autónoma de Madrid
Sesión 4

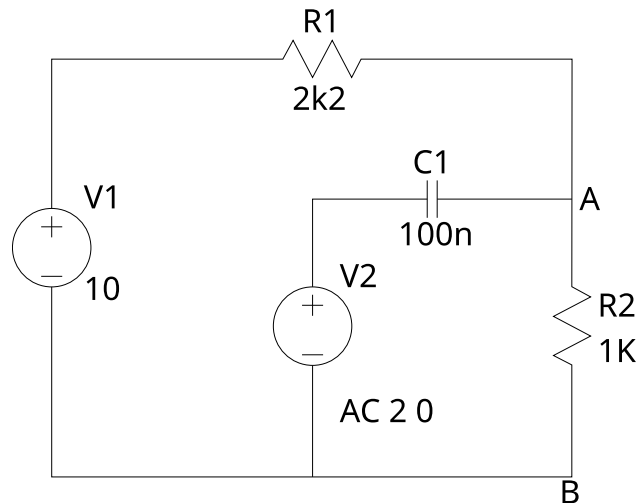
1 Introducción

1.1 Objetivo

Esta práctica consiste en montar un filtro pasa-alta. Tras ello, tomaríamos medidas a distintas frecuencias y compararíamos los valores medidos con los teóricos.

1.2 Descripción del montaje

El montaje consiste en el siguiente circuito.

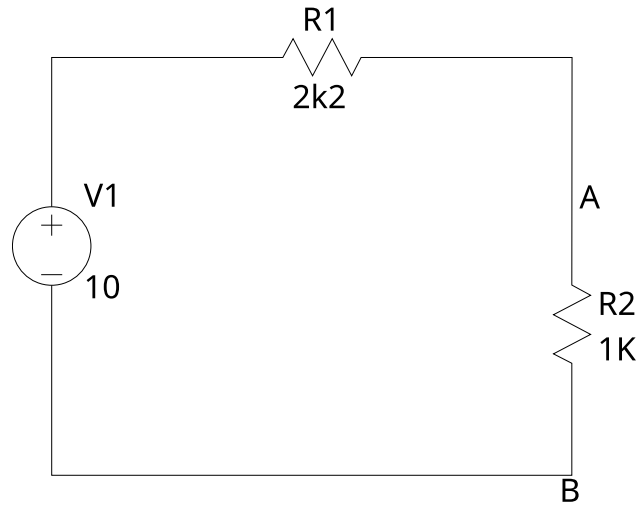


Hay que conectar dos fuentes de tensión, una de corriente continua a **10V** y otra de corriente alterna a **2V** usando resistencias de **2.2 k Ω** y **1 k Ω** y un condensador de **100 nF**. Esto nos proporciona el filtro pasa-alta que queremos obtener.

2 Simulación

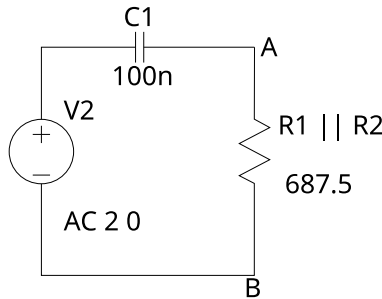
El estudio previo tenía dos apartados. En el apartado A se nos pedía calcular el valor del voltaje del nodo A respecto del B anulando la fuente de tensión V2. Con ello, el circuito

equivalente es el siguiente divisor de tensión.



Procedemos a calcular el voltaje: $V_a = \frac{V1}{R1+R2} R2 = \frac{10 \cdot 1000}{1000 + 2200} = 3.125V$
Lo que coincide con el resultado de la simulación en LTSpice.

En el apartado B tenemos que calcular la ganancia del circuito. Para ello anulamos la fuente de tensión V1 y nos quedamos únicamente con la fuente de tensión alterna. Por tanto, el circuito equivalente es el siguiente.



Procedemos a calcular la ecuación de transferencia:

$$A_v = \frac{687.5}{Z_c + 687.5} = \frac{687.5}{\frac{1}{j \omega c} + 687.5} = \frac{j \omega c (687.5)}{1 + (687.5) j \omega c} = \frac{6.87 \cdot 10^{-5} \omega j}{1 + 6.87 \cdot 10^{-5} \omega j}$$

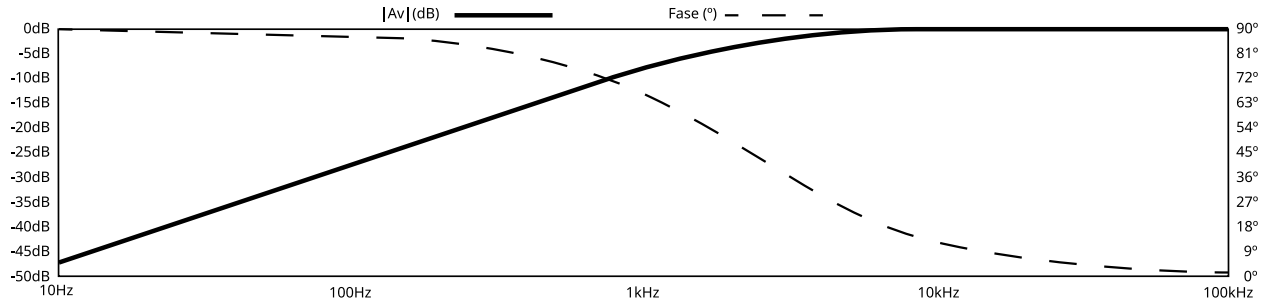
La ganancia:

$$|A_v|_{dB} = 20 \cdot \log(6.87 \cdot 10^{-5} \omega) - 20 \cdot \log(\sqrt{1 + (6.87 \cdot 10^{-5} \omega)^2})$$

La fase:

$$\Phi = \frac{\pi}{2} - \arctan \frac{6.87 \cdot 10^{-5} \omega}{1}$$

Que representadas en función de ω quedan:



Finalmente la frecuencia de corte:

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} = 2315 \text{ Hz}$$

3 Datos y resultados experimentales

Las tablas de mediciones y las gráficas requeridas se encuentran en los apartados 3.1 y 3.2 respectivamente.

Apartado A. Se pide representar gráficamente las medidas de ganancia. Mirando las 4 primeras gráficas observamos que efectivamente se trata de un filtro paso-alto.

Apartado B. Se pide representar gráficamente las medidas de fase. Se encuentran en el apartado 3.2.

Apartado C. Comparación de resultados experimentales y teóricos.

En primer lugar, las mediciones realizadas en modo DC nos aporta información de la componente continua del circuito. Tanto en los cálculos sobre papel como en la simulación se obtenía un resultado de 3,125V en el nodo A (nodo B = 0V). En el montaje, con la ayuda del osciloscopio, el valor medio era de 3,19V. Es cierto que existe una diferencia, pero se podría decir que los valores son muy parecidos.

Se han realizado otros cálculos a lo largo del montaje como el valor máximo, mínimo, voltaje pico-pico de la fuente alterna..., pero no se ha pedido su cálculo teórico por lo que no tenemos con qué compararlo.

Por otro lado, una vez puesto el modo AC, hemos podido adquirir datos experimentales sobre la componente alterna del circuito. Es **importante** comentar que el montaje se ha realizado con un voltaje de pico-pico de 2V en lugar de una amplitud de 2V debido a un fallo de entendimiento con los aparatos del laboratorio, aun así, por cuestión de un voltio no van a variar mucho los resultados.

Como la gráfica obtenida por Ltspice tenemos expresado en el eje Y $20\log(|Av|)$, compararemos la misma con la columna de datos $20\log(|Av|)$. Vemos que se corresponde con un filtro paso-alto y que los valores en dB son bastante parecidos a pesar del fallo anteriormente comentado. Para ratificar esto, podemos coger el punto $f = 100\text{Hz}$ y ver que su imagen con la gráfica de $|Av|_{dB}$ se corresponde con un poco menos de -30dB. En los datos obtenidos, para 100 Hz $|Av|_{dB}$ es de -28dB, lo que es un resultado bastante cercano. Del

mismo modo podemos observar fácilmente que para valores superiores a 50KHz el valor de $|Av|_{dB}$ se aproxima a 0dB.

Con el otro par de resistencias los valores de tensión varían como era de esperar. No podemos comentar mucho con respecto al cálculo teórico pues la simulación solo se realizaba con el primer par de resistencias, pero se percibe en los valores que también es un filtro paso-alto como cabía esperar.

Nos centramos ahora en la fase en grados, esta desciende desde un valor medido de 93° , lo cual se desvía un poco del cálculo teórico ya que este tenía como límite 90° , hasta un valor de 3° , que teóricamente tendría que ser muy cercano a cero. Existe un error de 3° debido posiblemente a la resistencia residual de los aparatos de medida, así como fallos por redondeo en las mediciones.

No es un decrecimiento lineal ya que cerca de los 90° varias mediciones nos aportan datos cercanos a ese valor; lo mismo pasa cerca de 3° . Por el contrario en el medio del rango de la frecuencia medida, en solo tres mediciones se baja de 72° a 32° , por lo que se asemeja bastante al comportamiento descrito por la gráfica de la simulación.

Cabe decir que con las resistencias de $10k\Omega$ y $22k\Omega$, la fase se mantiene igual a la medida con $1k\Omega$ y $2k\Omega$.

Apartado D.Cálculo de la frecuencia de corte.

Sabemos que la frecuencia de corte se alcanza cuando $|Av|$ es igual a $\frac{\max(|Av|)}{\sqrt{2}}$. Sustituyendo los valores tenemos:

$$\frac{\max(|Av|)}{\sqrt{2}} = \frac{0,95}{\sqrt{2}} = 0,627$$

Entonces, fijándonos en los valores medidos, a 2000 Hz tenemos $|Av| = 0,6275$ y a 3000 Hz, $|Av| = 0,755$, por lo que la frecuencia de corte se encuentra entre esos dos valores de frecuencia, más cerca de 2000 Hz que de 3000. Por lo tanto, podemos concluir con que la frecuencia de corte se alcanza entre 2200Hz y 2400 Hz, y recordamos que el valor alcanzado en el cálculo teórico fue de 2315 Hz, que se acerca bastante al cálculo experimental.

Procediendo de la misma forma con los valores para el segundo par de resistencias tenemos que

$$\frac{\max(|Av|)}{\sqrt{2}} = \frac{1,02}{\sqrt{2}} = 0,72$$

lo está entre 200 y 400 Hz, un poco por debajo de 300Hz si el incremento fuera lineal, por lo que podemos concluir con que el valor de la frecuencia de corte será aproximadamente $\frac{1}{10}$ de la frecuencia en el primer par de resistencias.

3.1 Tablas

Usando las resistencias de $2.2\text{k}\Omega$ y $1\text{k}\Omega$

| Frecuencia (Hz) | $ V_{AB} (\text{V})$ | $ V_2 (\text{V})$ | $ A_v $ | δt (ms) | $20\log(A_v)$ | Desfase ($^\circ$) |
|-----------------|----------------------|-------------------|---------|-----------------|-----------------|----------------------|
| 50 | 0,05 | 2,04 | 0,02 | 5,2 | -32,75 | 93,6 |
| 70 | 0,07 | 2,04 | 0,03 | 4 | -30,07 | 100,8 |
| 90 | 0,08 | 2,04 | 0,04 | 2,8 | -27,92 | 90,72 |
| 100 | 0,09 | 2,04 | 0,04 | 2,5 | -27,11 | 90 |
| 200 | 0,18 | 2,04 | 0,09 | 1,3 | -21,09 | 93,6 |
| 400 | 0,34 | 2,04 | 0,17 | 0,64 | -15,46 | 92,16 |
| 500 | 0,42 | 2,04 | 0,21 | 0,47 | -13,72 | 84,6 |
| 600 | 0,50 | 2,04 | 0,25 | 0,32 | -12,14 | 69,12 |
| 800 | 0,65 | 2,04 | 0,32 | 0,28 | -9,96 | 80,64 |
| 1000 | 0,77 | 2,04 | 0,38 | 0,2 | -8,44 | 72 |
| 2000 | 1,28 | 2,04 | 0,63 | 0,08 | -4,05 | 57,6 |
| 3000 | 1,54 | 2,04 | 0,75 | 0,03 | -2,44 | 32,4 |
| 4000 | 1,7 | 2,04 | 0,83 | 0,024 | -1,58 | 34,56 |
| 5000 | 1,75 | 2,04 | 0,86 | 0,02 | -1,33 | 36 |
| 6000 | 1,8 | 2,04 | 0,88 | 0,016 | -1,09 | 34,56 |
| 8000 | 1,85 | 2,04 | 0,91 | 0,003 | -0,85 | 8,64 |
| 10000 | 1,9 | 2,04 | 0,93 | 0,001 | -0,61 | 3,6 |
| 30000 | 1,92 | 2,04 | 0,94 | 0,0004 | -0,52 | 4,32 |
| 50000 | 1,93 | 2,04 | 0,95 | 0,0002 | -0,48 | 3,6 |

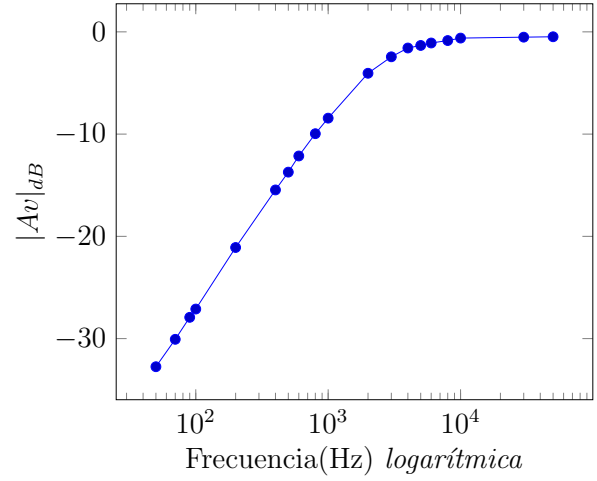
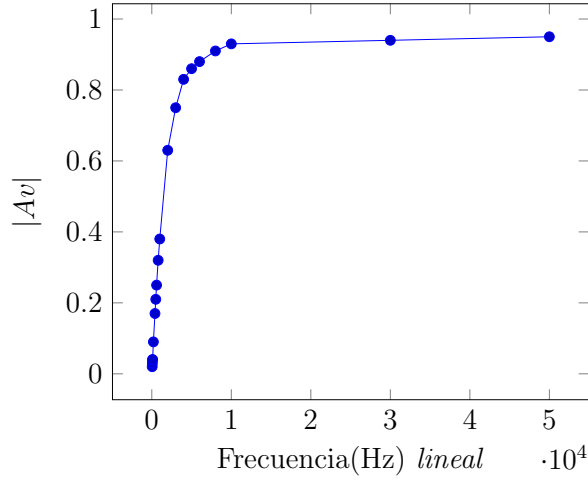
Usando las resistencias de $22\text{k}\Omega$ y $10\text{k}\Omega$

| Frecuencia (Hz) | $ V_{AB} (\text{V})$ | $ V_2 (\text{V})$ | $ A_v $ | δt (ms) | $20\log(A_v)$ | Desfase ($^\circ$) |
|-----------------|----------------------|-------------------|---------|-----------------|-----------------|----------------------|
| 50 | 0,46 | 2,04 | 0,23 | 5,2 | -12,77 | 93,6 |
| 70 | 0,6 | 2,04 | 0,29 | 4 | -10,75 | 100,8 |
| 90 | 0,76 | 2,04 | 0,37 | 2,8 | -8,64 | 90,72 |
| 100 | 0,82 | 2,04 | 0,4 | 2,5 | -7,96 | 90 |
| 200 | 1,3 | 2,04 | 0,64 | 1,3 | -3,88 | 93,6 |
| 400 | 1,75 | 2,04 | 0,86 | 0,64 | -1,31 | 92,16 |
| 500 | 1,83 | 2,04 | 0,9 | 0,47 | -0,92 | 84,6 |
| 600 | 1,9 | 2,04 | 0,93 | 0,32 | -0,63 | 69,12 |
| 800 | 1,95 | 2,04 | 0,96 | 0,28 | -0,35 | 80,64 |
| 1000 | 2 | 2,04 | 0,98 | 0,2 | -0,18 | 72 |
| 2000 | 2,02 | 2,04 | 0,99 | 0,08 | -0,09 | 57,6 |
| 3000 | 2,02 | 2,04 | 0,99 | 0,03 | -0,09 | 32,4 |
| 4000 | 2,03 | 2,04 | 1 | 0,024 | 0 | 34,56 |
| 5000 | 2,03 | 2,04 | 1 | 0,02 | 0 | 36 |
| 6000 | 2,03 | 2,04 | 1 | 0,016 | 0 | 34,56 |
| 8000 | 2,05 | 2,04 | 1 | 0,003 | 0 | 8,64 |
| 10000 | 2,06 | 2,04 | 1,01 | 0,001 | 0,09 | 3,6 |
| 30000 | 2,07 | 2,04 | 1,01 | 0,0004 | 0,09 | 4,32 |
| 50000 | 2,08 | 2,04 | 1,02 | 0,0002 | 0,17 | 3,6 |

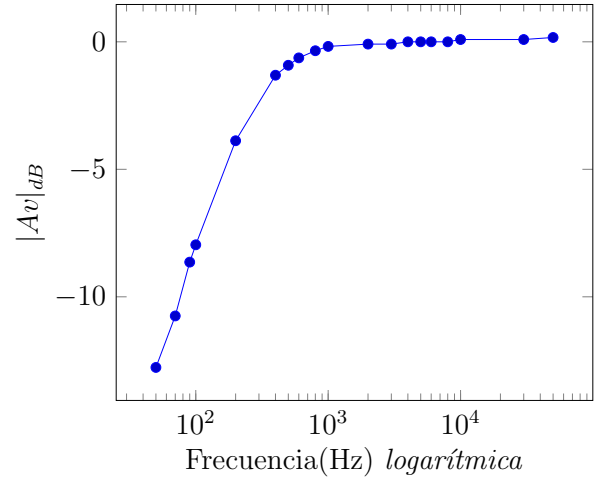
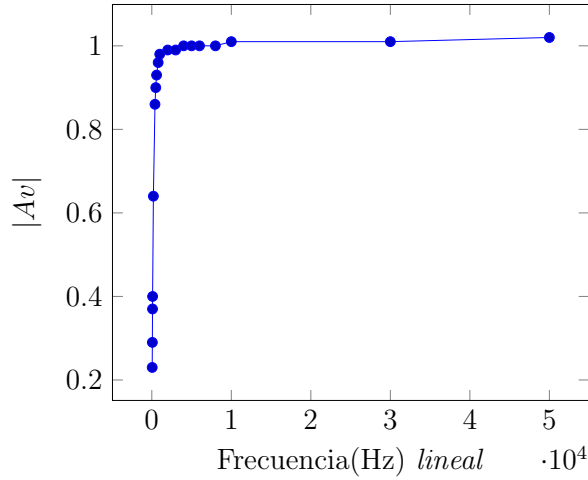
3.2 Gráficas

Apartado A.

Para el primer par de resistencias:

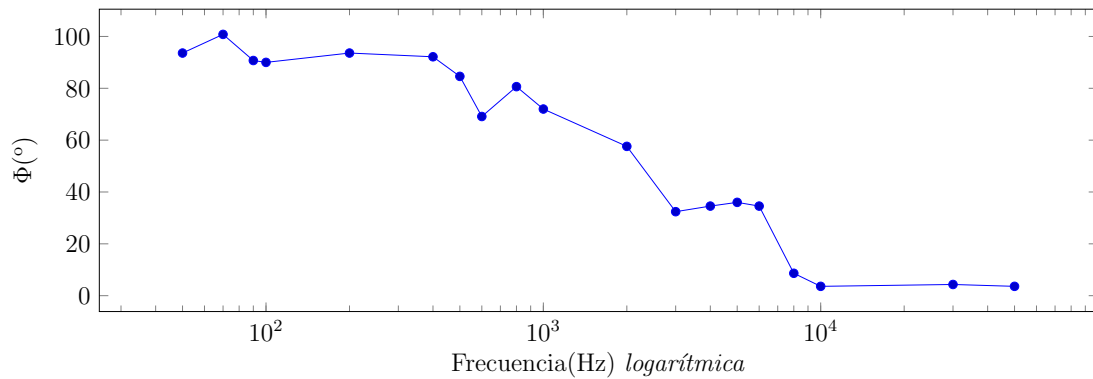


Para el segundo par de resistencias:



Apartado B.

El desfase es igual para ambos pares de resistencias, ya que una resistencia no afecta a la parte compleja de la impedancia. Por tanto solo se representa una gráfica:



Como se puede observar, en términos generales se acerca a la gráfica de la simulación. La imprecisión y saltos que se observan se debe a que la medición se realizó con cursores, lo que dificulta la exactitud en la medida.

4 Discusión y conclusiones

La comparación de resultados teóricos y experimentales se encuentran principalmente en el apartado C de la sección 3 ya que así lo requería el guión de la sesión. Las posibles fuentes de error se comentan además en las respectivas secciones.

Como resumen, en esta práctica hemos montado un filtro paso-alto y hemos tomado las medidas necesarias para representar las gráficas de ganancia. Hemos podido comprobar como son necesarias más medidas a frecuencias bajas que altas (ya que es un filtro paso-alto) y así representar la gráfica con fidelidad.