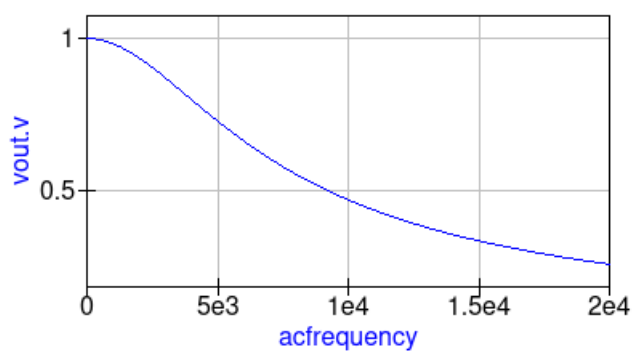


Escuela de Ciencias Físicas y Matemáticas
Laboratorio de Instrumentación
Simulación 3
Cindy Gatica, 201709692
Shannon Cap, 201314117

1. Circuito 1

A continuación se presentan las gráficas obtenidas del circuito 1.

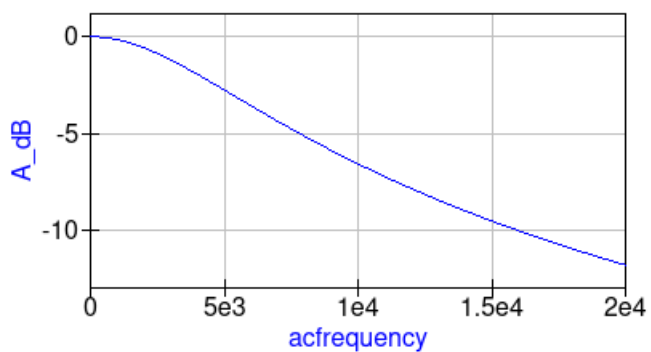
Figura 1: Voltaje de salida vs frecuencia



Fuente: Elaboración propia, 2021

Para el diagrama de Bode

Figura 2: Voltaje de salida vs frecuencia



Fuente: Elaboración propia, 2021

1.1. Calcule la frecuencia de corte y compare si la teoría concuerda con la simulación

La frecuencia de corte para este circuito es:

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi(1000)(30 * 10^9)} = 5.31 * 10^3 Hz \quad (1)$$

En ambas gráficas, se puede observar que la frecuencia de corte es un valor representativo en ambos diagramas.

De la teoría, se espera que a partir de la frecuencia de corte, el voltaje de salida decaería al 70.71 % del voltaje de entrada con un desfase de -45° . Al momento de calcular el valor teórico de la frecuencia de corte, se encontró que esta posee un valor de $5.31 * 10^3 Hz$.

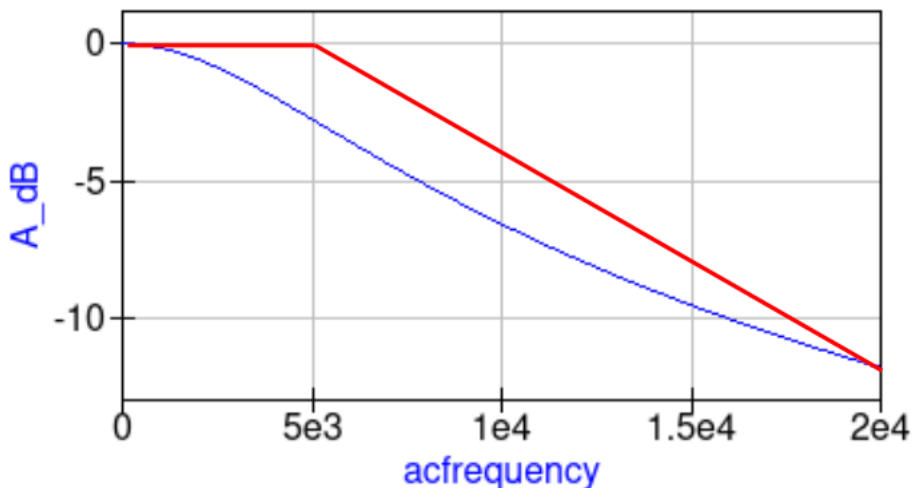
Para el circuito 1, se obtuvo una frecuencia de corte f_c de $5.31 * 10^3 Hz$, cuyo voltaje de salida es de 0.707 con un desfase de -45° . En otras palabras, los valores teóricos concuerdan con los valores obtenidos en la simulación.

Para la frecuencia de corte, el voltaje efectivamente disminuye al 70.71 % del valor inicial, ya que el voltaje de entrada corresponde a 1V y el voltaje de salida cuando f_c es 0.707, esta premisa es correcta. Por lo tanto [La teoría concuerda con la simulación.](#)

1.1.1. Utilizando el diagrama de Bode

Se identificaron las asíntotas, cuyo resultado es el siguiente:

Figura 3: Diagrama de Bode para el circuito 1



Fuente: Elaboración propia, 2021

Como puede observarse, el valor donde las asintotas se interceptan corresponden al valor de $5 \cdot 10^3$, mientras que al observar los valores obtenidos en la tabulación, el valor exacto correspondiente es $5.31 \cdot 10^3$, por lo tanto, la frecuencia de corte será $f_c = 5.31 \cdot 10^3 \text{ Hz}$ correspondiente a una ganancia $A_{v(dB)} -3.02 \text{ dB}$, entonces

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = 10^{A_{v(dB)}/20} = 10^{-3.02/20} = 0.707$$

Por lo tanto, ya que la frecuencia de corte f_c anterior corresponde a la ganancia de $0.707V$, entonces los [valores anteriores concuerda con la teoría](#).

1.2. ¿Qué representación gráfica le ayudó a entender mejor el concepto de filtro y por qué?

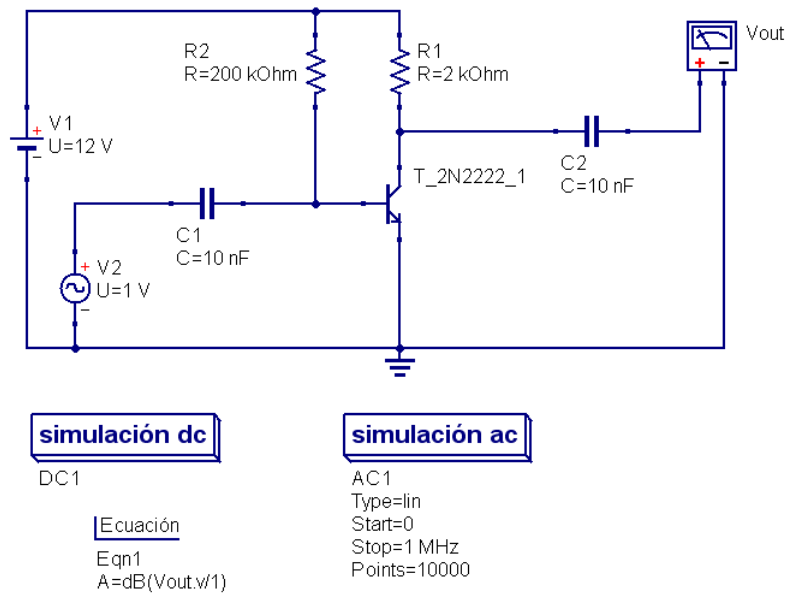
El diagrama de Bode resulta muy conveniente para entender el concepto de filtro, ya que una forma sencilla de determinar la frecuencia de corte y por tanto de ganancia de voltaje al obtenerse esta directamente de la tabulación. Indica cuánto voltaje gana/pierde dada una frecuencia específica, o equivalentemente, voltaje ganado/perdido en función del voltaje inicial. Resulta sencillo trazar las asintotas e identificar el valor aproximado, luego referirse a la tabulación y verificar el valor más exacto. Seguido, se calcula la ganancia.

Sin embargo, la primera representación es muy conveniente para circuitos simples, como este. Ya que solamente basta con saber el voltaje de la frecuencia de corte (el cual puede ser determinado al tabular los datos), y realizar la relación A_o/A_i para encontrar el valor de la ganancia. Para obtener la frecuencia de corte, se utiliza la ecuación [1].

2. Ejercicio 2

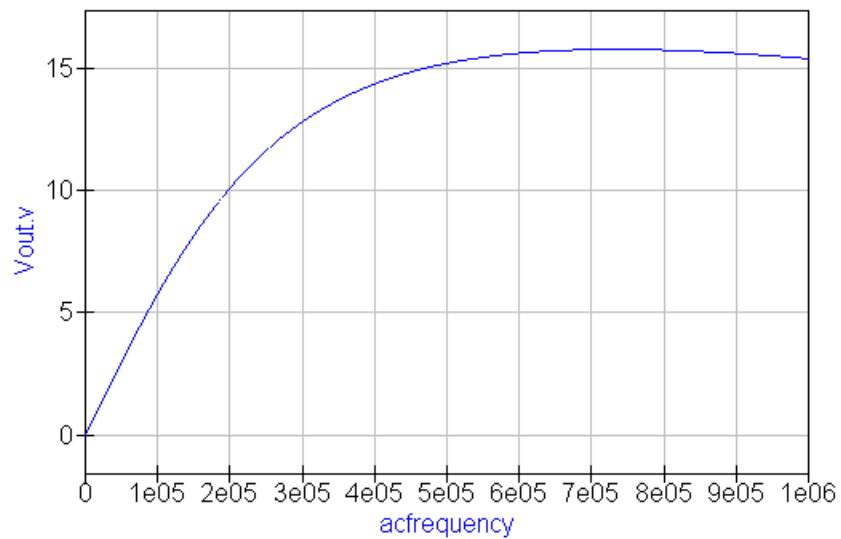
2.1. Circuito 1

Figura 4: Diagrama del circuito 1



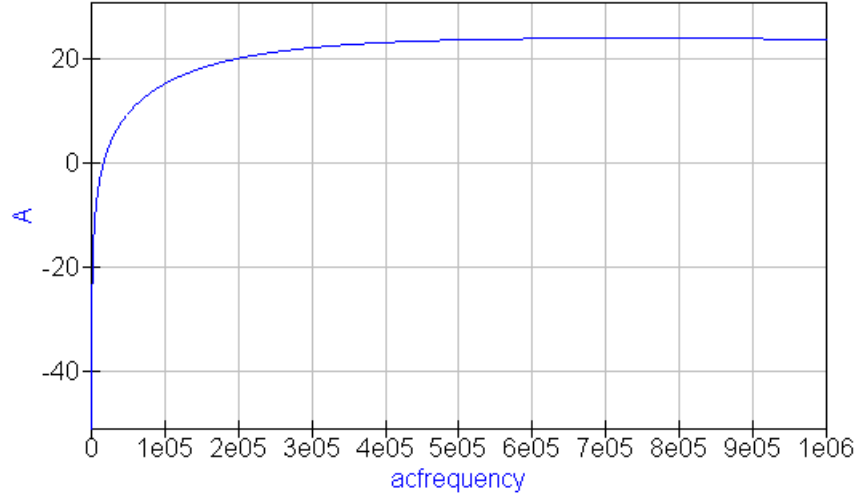
Fuente: Elaboración propia, 2021

Figura 5: Voltaje de salida en función de la frecuencia



Fuente: Elaboración propia, 2021

Figura 6: $A_v(\text{dB})$ en función de la frecuencia



Fuente: Elaboración propia, 2021

2.1.1. Amplificación

Utilizando las ecuaciones

$$A_v = -\frac{R_C}{r_e}, \quad \text{donde } r_e = \frac{26mV}{I_E}. \quad (2)$$

Asumiendo que $I_C \approx I_E$

$$I_C = \frac{V_C}{R_C} = \frac{12V}{2k\Omega} = 6mA \approx I_E,$$

entonces,

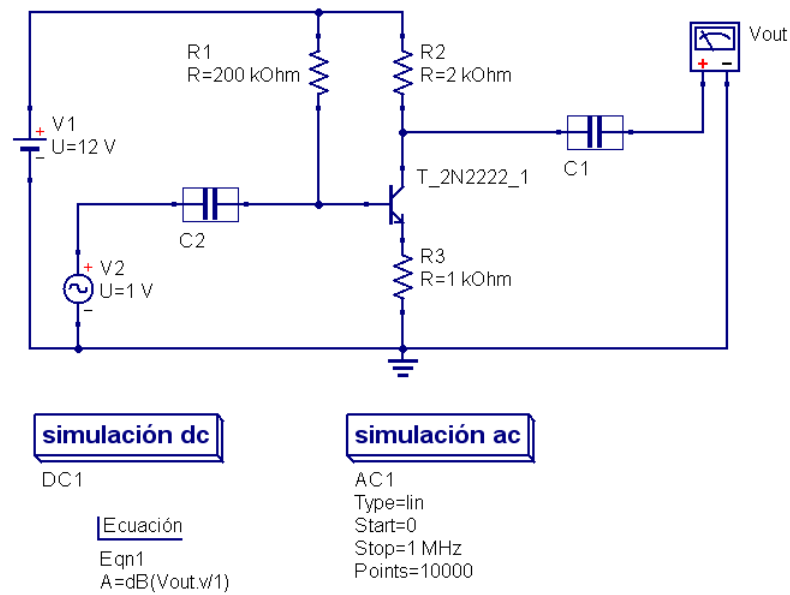
$$r_e \frac{26mV}{I_E} = \frac{26mA}{6mA} = 4.33\Omega.$$

La amplificación es

$$A_v = -\frac{R_C}{r_e} = -\frac{2k\Omega}{4.33\Omega} = -461.89$$

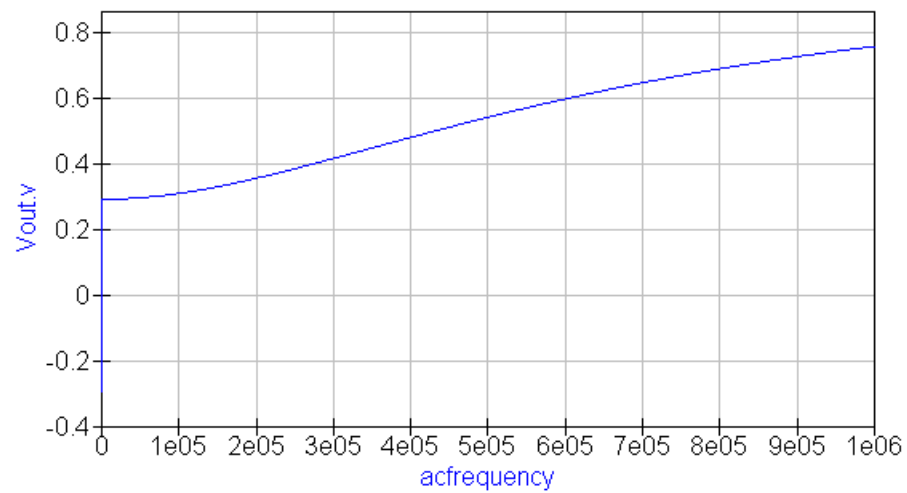
2.2. Circuito 2

Figura 7: Diagrama del circuito 2



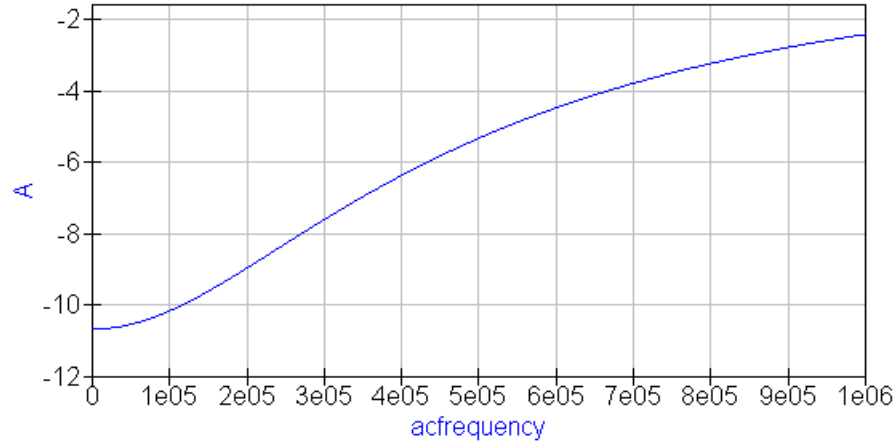
Fuente: Elaboración propia, 2021

Figura 8: Voltaje de salida en función de la frecuencia



Fuente: Elaboración propia, 2021

Figura 9: $A_v(\text{dB})$ en función de la frecuencia



Fuente: Elaboración propia, 2021

2.2.1. Amplificación

Utilizando las ecuaciones

$$A_v = -\frac{R_c}{r_e + R_E}, \quad \text{donde } r_e = \frac{26mV}{I_E}. \quad (3)$$

$$I_E = \frac{V_E}{R_E}, \quad V_E = V_B - V_{BE}, \quad \text{con } V_{BE} = 0.7V. \quad (4)$$

$$V_B = R_B I_B, \quad \text{con } I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} \quad (5)$$

entonces,

$$I_B = \frac{12V - 0.7V}{200k\Omega} = 56.5\mu A, \quad \text{y } V_B = R_B I_B = (200k\Omega)(56.5\mu A) = 11.3V;$$

$$V_E = V_B - V_{BE} = 11.3V - 0.7V = 10.6V, \quad \text{y } I_E = \frac{10.6V}{1k\Omega} = 10.6mA;$$

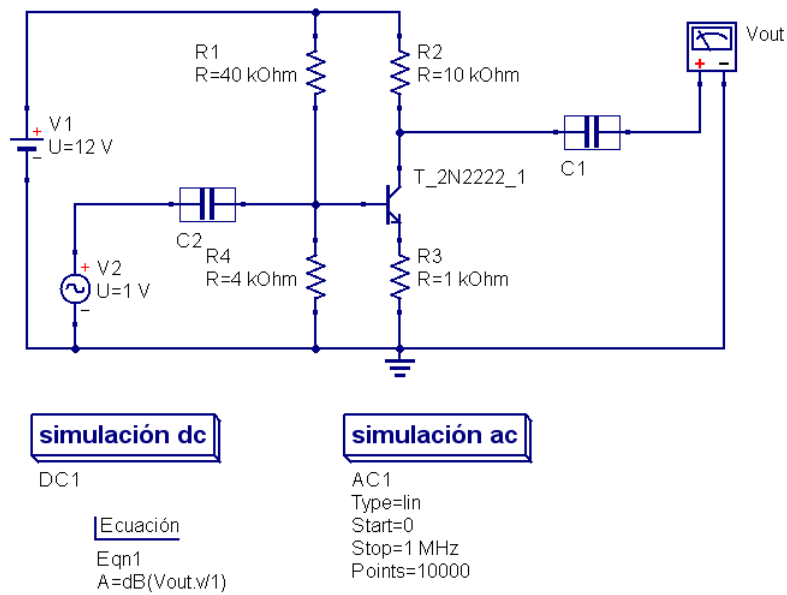
$$r_e = \frac{26mV}{I_E} = \frac{26mV}{10.6mA} = 2.45m\Omega.$$

La ampliación es

$$A_v = -\frac{R_c}{r_e + R_E} = -\frac{2k\Omega}{2.45m\Omega + 1k\Omega} = -2$$

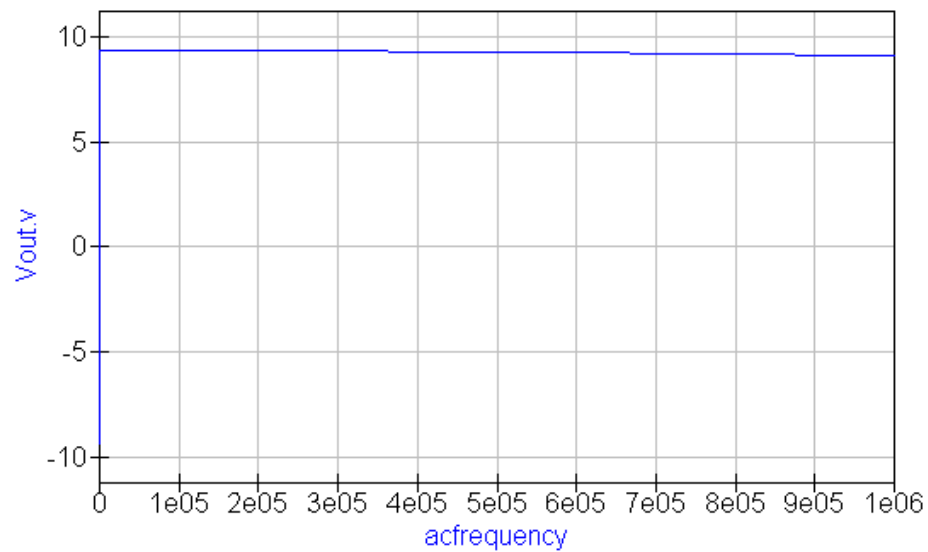
2.3. Circuito 3

Figura 10: Diagrama del circuito 3



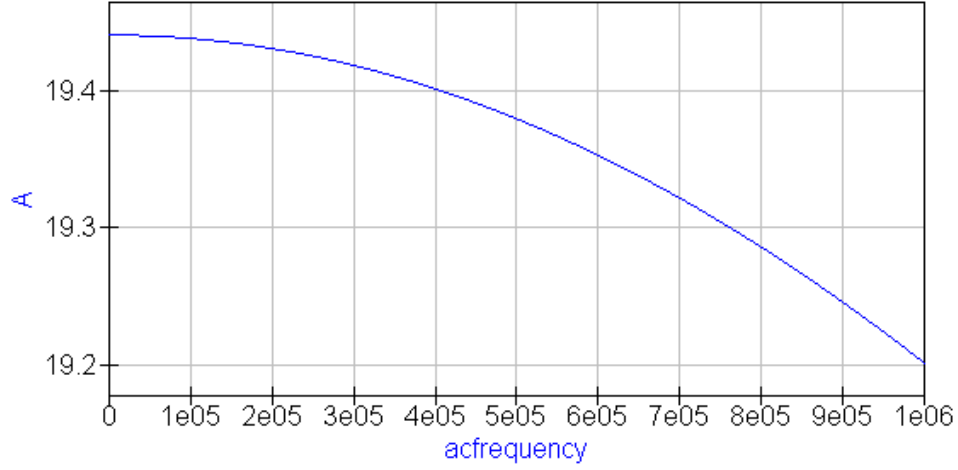
Fuente: Elaboración propia, 2021

Figura 11: Voltaje de salida en función de la frecuencia



Fuente: Elaboración propia, 2021

Figura 12: $A_v(\text{dB})$ en función de la frecuencia



Fuente: Elaboración propia, 2021

2.3.1. Amplificación

Utilizando las ecuaciones

$$A_v = -\frac{R_c}{r_e}, \quad \text{donde } r_e = \frac{26mV}{I_E}. \quad (6)$$

$$I_E = \frac{V_E}{R_E}, \quad V_E = V_B - V_{BE}, \quad \text{con } V_{BE} = 0.7V. \quad (7)$$

$$V_B = R_B I_B, \quad \text{con } I_B = \frac{V_{CC}}{R_1 + R_4} \quad (8)$$

entonces,

$$I_B = \frac{12V}{40k\Omega + 4k\Omega} = 272.73\mu A, \quad \text{y } V_B = R_B I_B = (4k\Omega)(272.73\mu A) = 1.09V; \quad (9)$$

$$V_E = V_B - V_{BE} = 1.09V - 0.7V = 0.39V, \quad \text{y } I_E = \frac{0.39V}{1k\Omega} = 390\mu A; \quad (10)$$

$$r_e = \frac{26mV}{I_E} = \frac{26mV}{390\mu A} = 66.67\Omega. \quad (11)$$

La ampliación es

$$A_v = -\frac{R_c}{r_e} = -\frac{10k\Omega}{66.67\Omega} = -149.99 \approx 150 \quad (12)$$

2.4. ¿Qué representación gráfica le ayudó a entender mejor el comportamiento?

En el caso de los circuitos 1 y 2, la gráfica que mejor ayuda a ver el comportamiento del circuito es la del voltaje de salida en función de la frecuencia, pues ambas gráficas muestran como el voltaje aumenta conforme lo hace la frecuencia. Sin embargo, en el caso del circuito 3 es mejor la visualización de la gráfica de A_v en función de la frecuencia, pues permite observar un comportamiento de disminución de la ganancia de voltaje en el circuito.

2.5. ¿Qué polarización es estable? ¿Cuál se ve afectada por la variación de frecuencia?

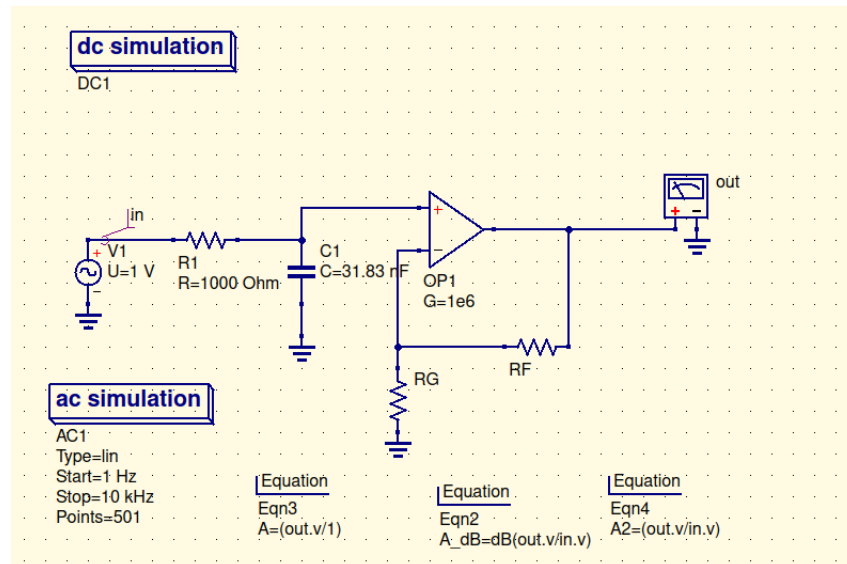
A partir de las gráficas del voltaje de salida en función de la frecuencia aplicada, se puede ver que el circuito 3 es mucho más estable, esto puede observarse en el hecho de que su gráfica del voltaje es una valor constante. Por otro lado, para los circuitos 1 y 2, el valor del voltaje varia conforme lo hace la frecuencia, teniendo un aumento del mismo conforme lo hace la frecuencia, mostrando que el voltaje de salida en los circuitos se ve influenciado por los cambios en la frecuencia que se aplica al circuito.

3. Circuito 3

3.1. Filtro activo pasa bajos

Se presenta el diagrama para un filtro activo pasa bajos

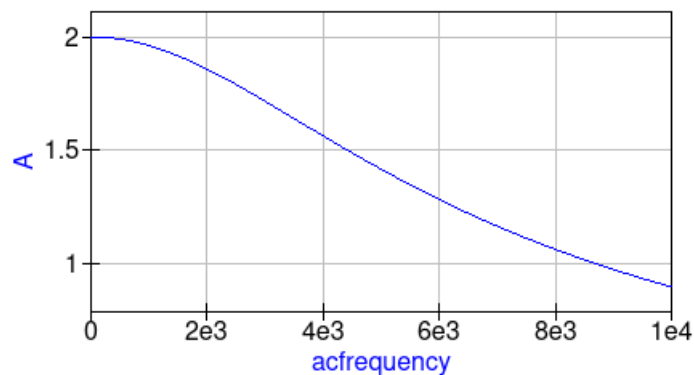
Figura 13: Diagrama filtro activo pasa bajos



Fuente: Elaboración propia, 2021

A continuación se presentan las gráficas obtenidas del circuito pasa bajos activo.

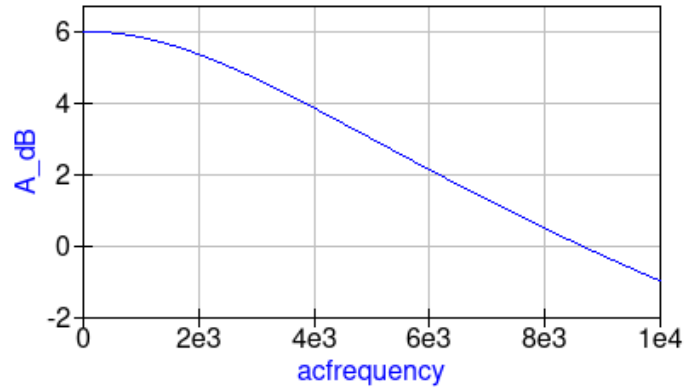
Figura 14: Ganancia vs frecuencia



Fuente: Elaboración propia, 2021

Para el diagrama de Bode

Figura 15: Ganancia vs frecuencia en decadas



Fuente: Elaboración propia, 2021

Para el análisis posterior es necesario mostrar los valores de la frecuencia de corte.

acfrequency	A	acfrequency	A_dB
4.86e3	1.43 / -44.2°	4.86e3	3.13
4.88e3	1.43 / -44.3°	4.88e3	3.11
4.9e3	1.43 / -44.4°	4.9e3	3.1
4.92e3	1.43 / -44.5°	4.92e3	3.08
4.94e3	1.42 / -44.7°	4.94e3	3.06
4.96e3	1.42 / -44.8°	4.96e3	3.04
4.98e3	1.42 / -44.9°	4.98e3	3.03
5e3	1.41 / -45°	5e3	3.01
5.02e3	1.41 / -45.1°	5.02e3	2.99

(a) A vs frecuencia

(b) A vs frecuencia en décadas

Figura 16: Valores obtenidos cuyo valor de f_c es apreciable

3.1.1. ¿Compruebe que la frecuencia de corte se encuentra donde estima la teoría.

Para este caso, se asumió que el voltaje de salida sería de 2V. Es decir, que la ganancia fue de 2V.

Fue necesario encontrar los valores de R y C, dada la frecuencia de corte deseada. Los cuales se calcularon de la siguiente manera

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

$$RC = \frac{1}{2\pi f_c} = \frac{1}{2\pi(5 * 10^3)} = 3.183 * 10^{-5} \Omega F$$

De tal forma que se asumió $R=1k\Omega$ y $C=31.83nF$.

Para los valores de las resistencias R_F Y R_G , se utilizó la siguiente relación

$$A_v = 1 + \frac{R_F}{R_G} = 2 \rightarrow R_F = R_G = 2k\Omega$$

3.1.2. A vs frecuencia

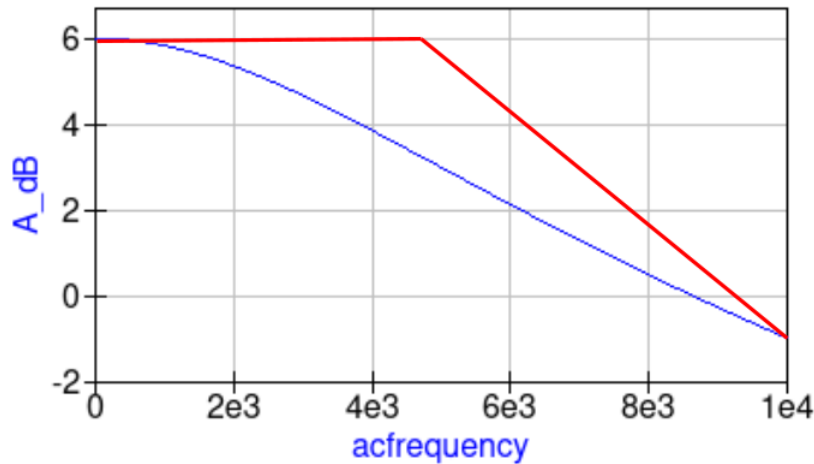
Para este caso, se espera que la frecuencia de corte $f_c=5kHz$ se encuentre en el voltaje que representa al 70.7 % del voltaje final (ya que se trata de un filtro paso bajo). Debido a esto, se determinó que el voltaje correspondiente al 70.7 % del voltaje final el cual es 1.414 V, dado $V_{out}=2V$. Este valor debe poseer un ángulo de desfase de -45° .

En la tabla [16a], se observa que el valor correspondiente a las condiciones mencionadas anteriormente corresponde a $V=1.41v$, con una frecuencia de corte de $f_c=5kHz$. Por lo tanto, **Cuando se toma en cuenta A vs frecuencia, la frecuencia de corte se encuentra donde estima la teoría.**

3.1.3. A vs frecuencia en décadas

Para este caso, es necesario trazar asintotas a la figura [22], determinar el punto de intersección de estas, y referirse a la tabla [16b], determinar la frecuencia correspondiente a $A=3dB$, como se muestra a continuación:

Figura 17: Ganancia vs frecuencia en decadas con asintotas



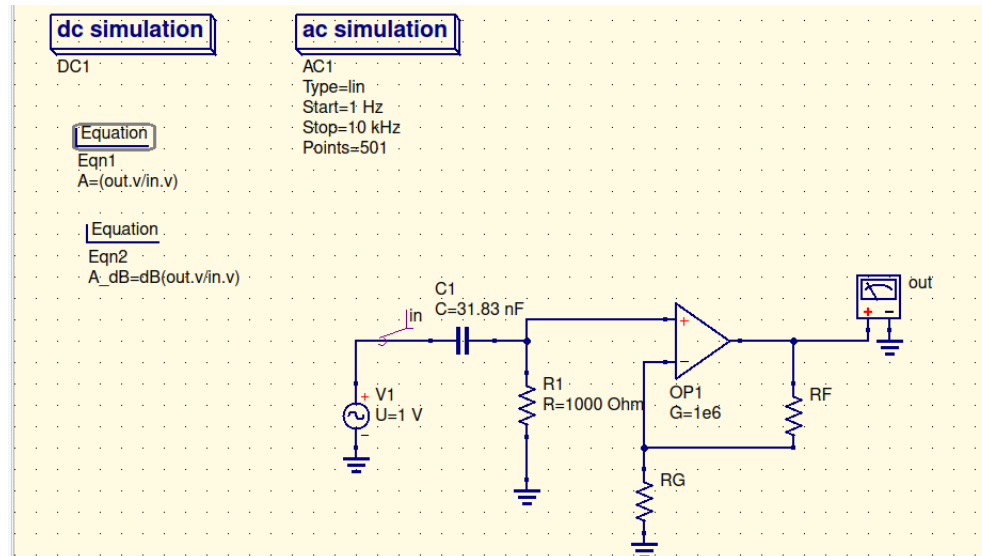
Fuente: Elaboración propia, 2021

Se puede notar que la intersección de ambas asintotas corresponde a un valor cercano a 5kHz. Refiriéndose a la tabla [16b], se puede observar que el valor correspondiente a 3dB, es $f_c=5kHz$, **Por lo que el valor teórico de la frecuencia de corte, coincide con el encontrado en la simulación.**

3.2. Filtro activo pasa altos

Se presenta el diagrama para un filtro activo pasa altos

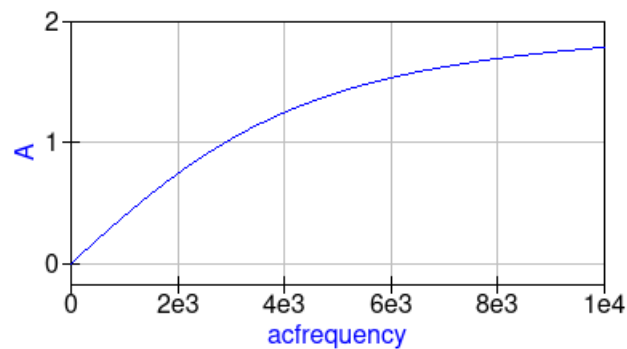
Figura 18: Diagrama filtro pasa altos



Fuente: Elaboración propia, 2021

A continuación se presentan las gráficas obtenidas del circuito pasa bajos activo.

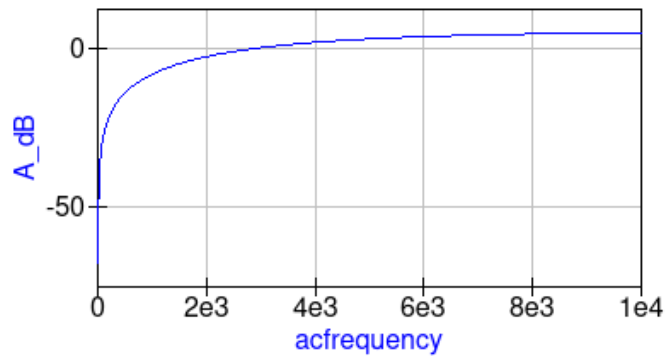
Figura 19: Ganancia vs frecuencia



Fuente: Elaboración propia, 2021

Para el diagrama en décadas

Figura 20: Ganancia vs frecuencia en decadas



Fuente: Elaboración propia, 2021

Para el análisis posterior es necesario mostrar los valores de la frecuencia de corte.

▲ acfrequency	A	▲ acfrequency	A_dB
4.9e3	1.4 / 45.6°	4.88e3	2.9
4.92e3	1.4 / 45.5°	4.9e3	2.92
4.94e3	1.41 / 45.3°	4.92e3	2.94
4.96e3	1.41 / 45.2°	4.94e3	2.96
4.98e3	1.41 / 45.1°	4.96e3	2.98
5e3	1.41 / 45°	4.98e3	2.99
5.02e3	1.42 / 44.9°	5e3	3.01
5.04e3	1.42 / 44.8°	5.02e3	3.03
5.06e3	1.42 / 44.7°	5.04e3	3.05

(a) A vs frecuencia

(b) A vs frecuencia en décadas

Figura 21: Valores obtenidos cuyo valor de f_c es apreciable

3.2.1. ¿Compruebe que la frecuencia de corte se encuentra donde estima la teoría.

Para este caso, se asumió que el voltaje de salida sería de 2V. Es decir, que la ganancia fue de 2V.

Fue necesario encontrar los valores de R y C, dada la frecuencia de corte deseada. Los cuales se calcularon de la siguiente manera

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

$$RC = \frac{1}{2\pi f_c} = \frac{1}{2\pi(5 * 10^3)} = 3.183 * 10^{-5} \Omega F$$

De tal forma que se asumió $R=1k\Omega$ y $C=31.83nF$.

Para los valores de las resistencias R_F Y R_G , se utilizó la siguiente relación

$$A_v = 1 + \frac{R_F}{R_G} = 2 \rightarrow R_F = R_G = 2k\Omega$$

3.2.2. A vs frecuencia

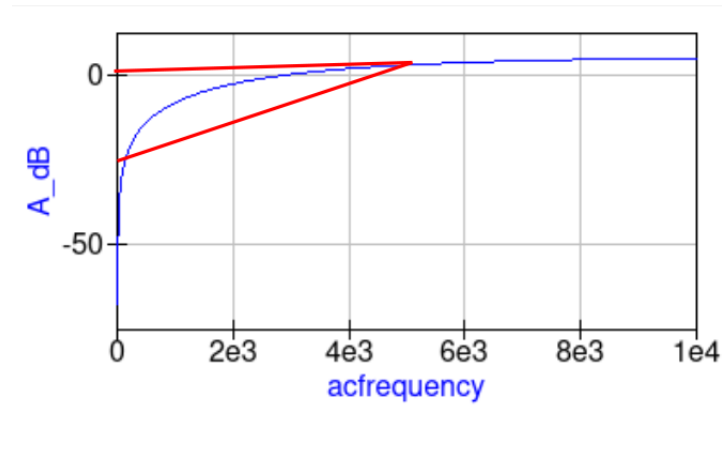
Para determinar si el valor teórico de la frecuencia de corte coincide con lo obtenido experimentalmente, se necesita que el valor de la frecuencia de corte cumpla con los requisitos de estar relacionada con un voltaje que representa el 70.7 % del voltaje de salida, en este caso el valor correspondiente es $V=1.41v$ con un ángulo de desfase de -45° .

Por tanto, al referirse a la tabla [21a], se observa que el valor de frecuencia que cumple con un voltaje del 70.7 % del voltaje final con un ángulo de -45° , es $f_c=5kHz$. Esto significa que [Para A vs frecuencia la frecuencia de corte teórica coincide con la obtenida experimentalmente.](#)

3.2.3. A vs frecuencia en décadas

Como método ilustrativo (ya que no es obligatorio), se graficarán las rectas asíntotas a la gráfica resultante, siendo el punto de intersección el valor de la frecuencia de corte. Es la siguiente:

Figura 22: Ganancia vs frecuencia en décadas



Fuente: Elaboración propia, 2021

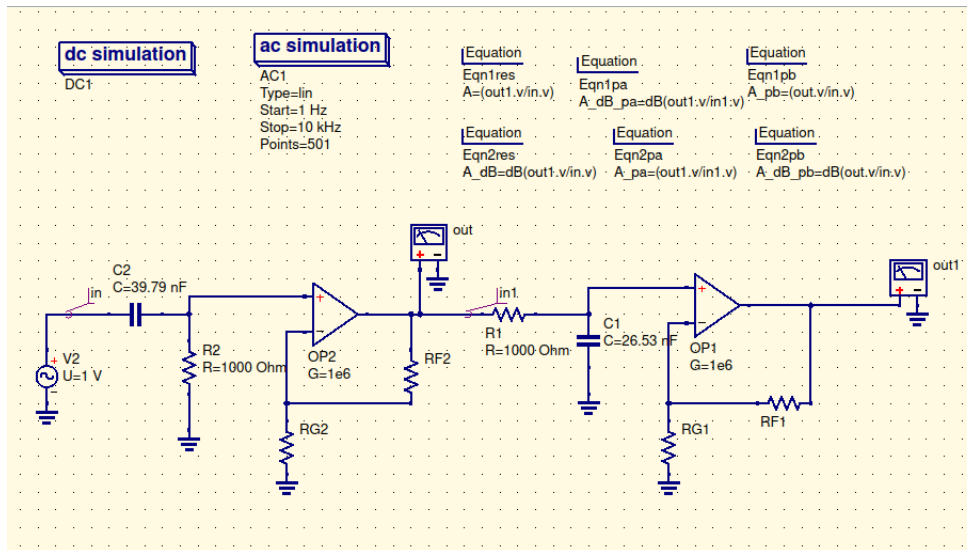
Nótese que la intersección corresponde a la frecuencia de corte, la cual es aproximadamente 5kHz. Para encontrar un valor preciso y exacto, se hace uso de la tabla [21b] y se busca el dato que contenga $A=3dB$.

Al observar la tabla [21b], se nota que A_{dB} más próximo a las especificaciones es 3.01dB, correspondiente a $f_c=5kHz$. [Confirmando que la frecuencia de corte simulada corresponde al valor teórico asumido inicialmente](#) Al momento de realizar los cálculos.

3.3. Filtro pasobanda

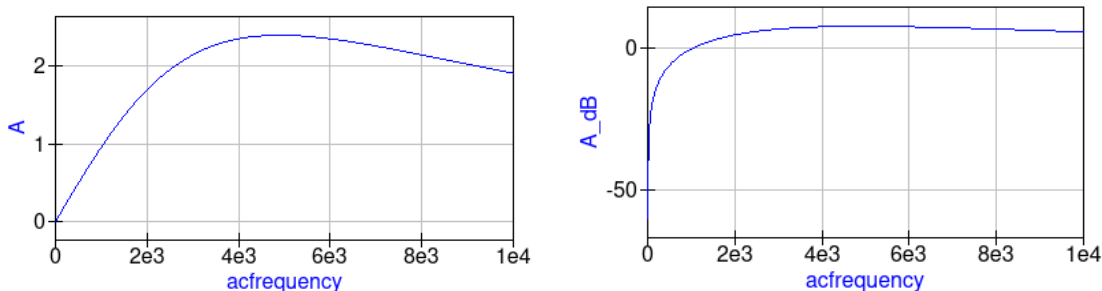
A continuación se muestra el diagrama del filtro pasobanda

Figura 23: Diagrama pasa bandas



Fuente: Elaboración propia, 2021

A continuación se presentan las gráficas obtenidas del circuito pasa bajos activo.



(a) A vs frecuencia

(b) A vs frecuencia en décadas

Figura 24: Valores obtenidos cuyo valor de f_c es apreciable

De las siguientes figuras se puede observar el valor de la frecuencia de corte, utilizando ambas representaciones.

3.3.1. ¿Compruebe que la frecuencia de corte se encuentra donde estima la teoría.

Para este caso, se asumió que el voltaje de salida sería de 2V. Es decir, que la ganancia fue de 2V para cada filtro.

▲ acfrequency	A
1.93e3	1.65 / 46.4°
1.94e3	1.66 / 46.1°
1.96e3	1.67 / 45.8°
1.97e3	1.68 / 45.6°
1.99e3	1.69 / 45.3°
2e3	1.7 / 45°
2.02e3	1.71 / 44.7°
2.03e3	1.71 / 44.4°
2.04e3	1.72 / 44.1°

(a) A vs frecuencia

▲ acfrequency	A_dB
1.52e3	2.76
1.53e3	2.82
1.54e3	2.89
1.56e3	2.95
1.57e3	3.02
1.59e3	3.08
1.6e3	3.14
1.62e3	3.2
1.63e3	3.26

(b) A vs frecuencia en décadas

Figura 25: Valores obtenidos cuyo valor de f_c es apreciable

Fue necesario encontrar los valores de R y C , dada la frecuencia de corte deseada. Los cuales se calcularon de la siguiente manera

Para el primer filtro pasabajos

$$f_c = \frac{1}{2\pi R_2 C_2}$$

$$RC = \frac{1}{2\pi f_c} = \frac{1}{2\pi(4 * 10^3)} = 3.979 * 10^{-5} \Omega F$$

De tal forma que se asumió $R_2=1k\Omega$ y $C_2=39.79nF$.

Para los valores de las resistencias R_F Y R_G , se utilizó la siguiente relación

$$A_v = 1 + \frac{R_F}{R_G} = 2 \rightarrow R_F = R_G = 2k\Omega$$

Para el segundo filtro pasa altos

$$f_c = \frac{1}{2\pi R_1 C_1}$$

$$RC = \frac{1}{2\pi f_c} = \frac{1}{2\pi(6 * 10^3)} = 3.183 * 10^{-5} \Omega F$$

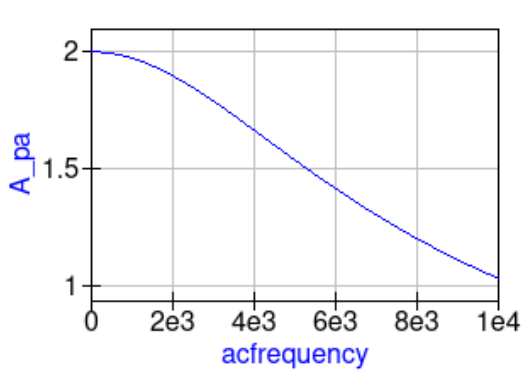
De tal forma que se asumió $R_1=1k\Omega$ y $C_1=26.56nF$.

Para los valores de las resistencias R_F Y R_G , se utilizó la siguiente relación

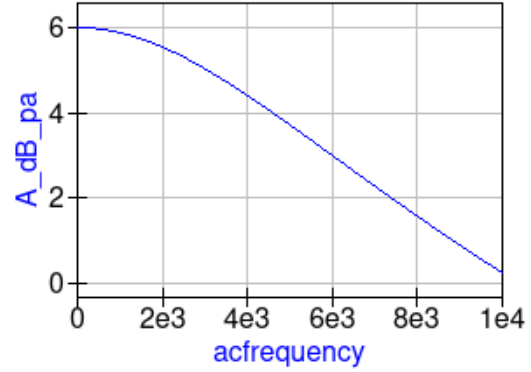
$$A_v = 1 + \frac{R_F}{R_G} = 2 \rightarrow R_F = R_G = 2k\Omega$$

Para poder determinar si la teoría coincide con la simulación es necesario fragmentar el circuito en dos partes: *el filtro pasa bajos y el filtro pasa altos* que lo conforman. Para ello, se muestran las gráficas obtenidas en cada filtro, así como su respectiva tabla.

cuyas tablas, con las respectivas frecuencias de corte se presentan a continuación.

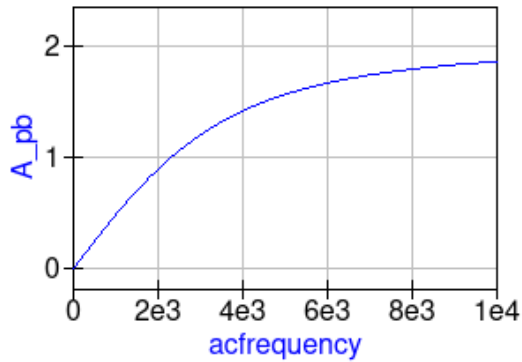


(a) A vs frecuencia - pasa altos

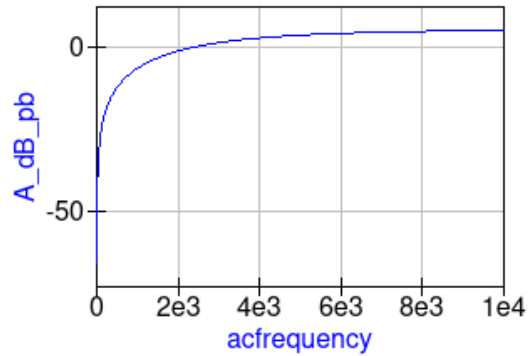


(b) A vs frecuencia en décadas - pasa altos

Figura 26: Diagramas pasa-altos del modelo pasabandas



(a) A vs frecuencia - pasa bajos



(b) A vs frecuencia en décadas - pasa bajos

Figura 27: Diagramas pasa-bajos del modelo pasabandas

Como se puede observar en las tablas [28a] y [28b], el valor de frecuencia correspondiente al 70.7% del voltaje final, con un ángulo de 45° y 3dB corresponde a $f_c=6\text{kHz}$, Como se esperaba por la teoría.

Mientras que para el filtro pasabajos, se puede observar que las tablas [29a] y [29b], el valor de frecuencia correspondiente al 70.7% del voltaje final, con un ángulo de 45° y 3dB corresponde a $f_c=4\text{kHz}$, Como se esperaba por la teoría.

Ya que se obtuvieron los valores de $f_{c1}=4\text{kHz}$ y $f_{c2}=6\text{kHz}$, para ambas representaciones, se puede afirmar que La frecuencia de corte se encuentra donde estima la teoría.

acfrequency	A_pa
5.9e3	1.43 / -44.5°
5.91e3	1.42 / -44.6°
5.93e3	1.42 / -44.7°
5.94e3	1.42 / -44.7°
5.96e3	1.42 / -44.8°
5.97e3	1.42 / -44.9°
5.99e3	1.42 / -44.9°
6e3	1.41 / -45°
6.01e3	1.41 / -45.1°

(a) A vs frecuencia - pasa altos

acfrequency	A_dB_pa
5.94e3	3.05
5.96e3	3.04
5.97e3	3.03
5.99e3	3.02
6e3	3.01
6.01e3	3
6.03e3	2.99
6.04e3	2.98
6.06e3	2.97

(b) A vs frecuencia en décadas - pasa altos

Figura 28: Diagramas pasa-altos del modelo pasabandas

acfrequency	A_pb
3.93e3	1.4 / 45.5°
3.94e3	1.4 / 45.4°
3.96e3	1.41 / 45.3°
3.97e3	1.41 / 45.2°
3.99e3	1.41 / 45.1°
4e3	1.41 / 45°
4.01e3	1.42 / 44.9°
4.03e3	1.42 / 44.8°
4.04e3	1.42 / 44.7°

(a) A vs frecuencia - pasa bajos

acfrequency	A_dB_pb
3.94e3	2.95
3.96e3	2.96
3.97e3	2.98
3.99e3	3
4e3	3.01
4.01e3	3.03
4.03e3	3.04
4.04e3	3.06

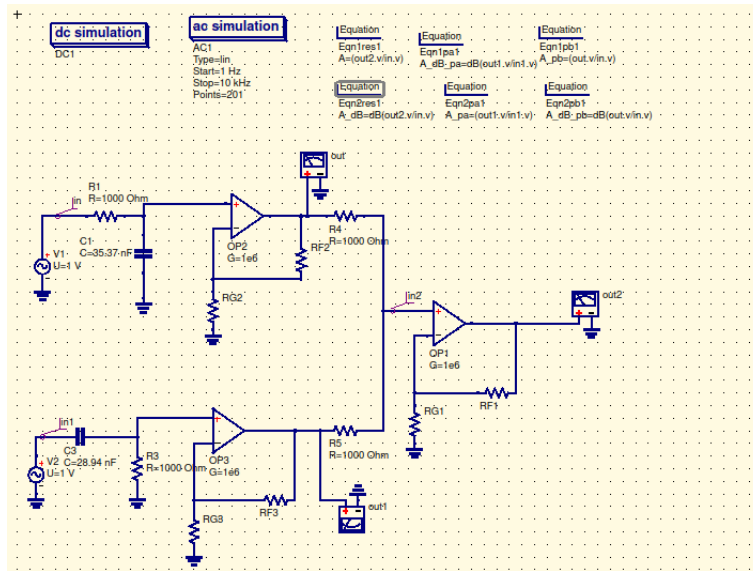
(b) A vs frecuencia en décadas - pasa bajos

Figura 29: Diagramas pasa-bajos del modelo pasabandas

3.4. Filtro rechaza banda

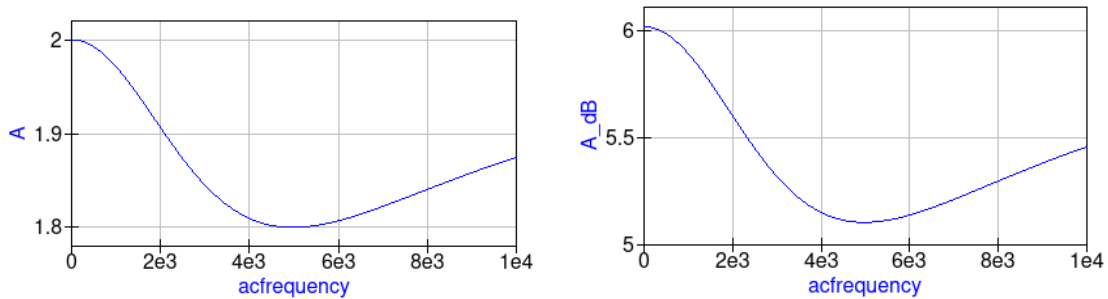
A continuación se muestra el diagrama del filtro pasobanda

Figura 30: Diagrama rechaza bandas



Fuente: Elaboración propia, 2021

A continuación se presentan las gráficas obtenidas del circuito pasa bajos activo.



(a) A vs frecuencia

(b) A vs frecuencia en décadas

Figura 31: Valores obtenidos cuyo valor de f_c es apreciable

De las siguientes figuras se puede observar el valor de la frecuencia de corte, utilizando ambas representaciones.

3.4.1. ¿Compruebe que la frecuencia de corte se encuentra donde estima la teoría.

Para este caso, se asumió que el voltaje de salida sería de 2V. Es decir, que la ganancia fue de 2V para cada filtro.

Fue necesario encontrar los valores de R y C , dada la frecuencia de corte deseada. Los cuales se calcularon de la siguiente manera

▲	acfrequency	A	▲	acfrequency	A_dB
	1.99e3	1.24 / 46.3°		2.36e3	2.9
■	2e3	1.25 / 46°	■	2.37e3	2.93
	2.02e3	1.26 / 45.8°		2.39e3	2.96
	2.03e3	1.26 / 45.5°		2.4e3	3
	2.04e3	1.27 / 45.2°		2.42e3	3.03
	2.06e3	1.27 / 44.9°		2.43e3	3.06
	2.07e3	1.28 / 44.6°		2.44e3	3.09
	2.09e3	1.29 / 44.3°		2.46e3	3.12
▼	2.1e3	1.29 / 44.1°	▼	2.47e3	3.15

(a) A vs frecuencia

(b) A vs frecuencia en décadas

Figura 32: Valores obtenidos cuyo valor de f_c es apreciable

Para el primer filtro pasabajos

$$f_c = \frac{1}{2\pi R_4 C_4}$$

$$RC = \frac{1}{2\pi f_c} = \frac{1}{2\pi(4 * 10^3)} = 3.537 * 10^{-5} \Omega F$$

De tal forma que se asumió $R_4=1k\Omega$ y $C_4=35.37nF$.

Para los valores de las resistencias R_F Y R_G , se utilizó la siguiente relación

$$A_v = 1 + \frac{R_F}{R_G} = 2 \rightarrow R_F = R_G = 2k\Omega$$

Para el segundo filtro pasa altos

$$f_c = \frac{1}{2\pi R_1 C_1}$$

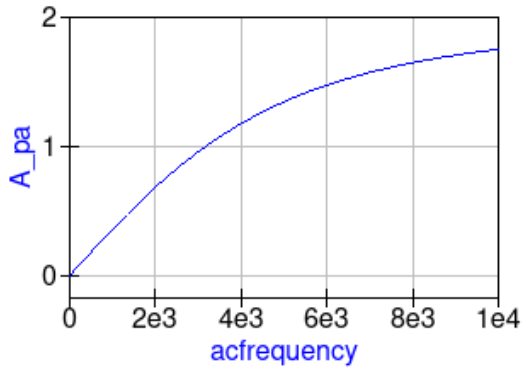
$$RC = \frac{1}{2\pi f_c} = \frac{1}{2\pi(6 * 10^3)} = 2.894 * 10^{-5} \Omega F$$

De tal forma que se asumió $R_3=1k\Omega$ y $C_3=28.94nF$.

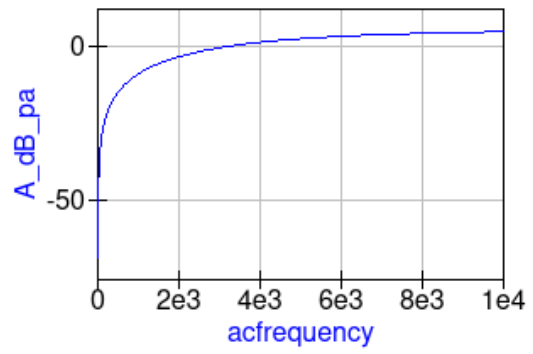
Para los valores de las resistencias R_F Y R_G , se utilizó la siguiente relación

$$A_v = 1 + \frac{R_F}{R_G} = 2 \rightarrow R_F = R_G = 2k\Omega$$

Para poder determinar si la teoría coincide con la simulación es necesario fragmentar el circuito en dos partes: *el filtro pasa bajos y el filtro pasa altos* que lo conforman. Para ello, se muestran las gráficas obtenidas en cada filtro, así como su respectiva tabla.

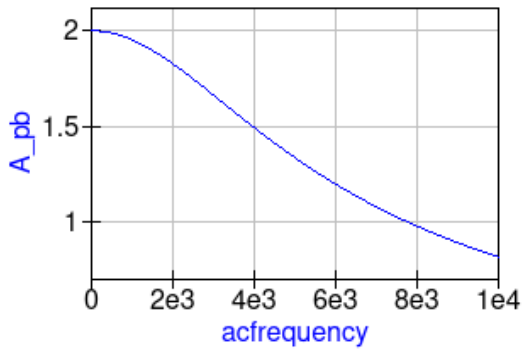


(a) A vs frecuencia - pasa altos

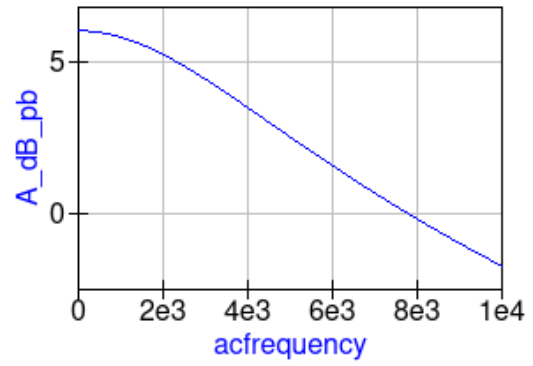


(b) A vs frecuencia en décadas - pasa altos

Figura 33: Diagramas pasa-altos del modelo rechaza bandas



(a) A vs frecuencia - pasa bajos



(b) A vs frecuencia en décadas - pasa bajos

Figura 34: Diagramas pasa-bajos del modelo rechaza bandas

cuyas tablas, con las respectivas frecuencias de corte se presentan a continuación.

acfrequency	A_pa
5.41e3	1.4 / 45.4°
5.43e3	1.41 / 45.4°
5.44e3	1.41 / 45.3°
5.46e3	1.41 / 45.2°
5.47e3	1.41 / 45.1°
5.49e3	1.41 / 45.1°
5.5e3	1.41 / 45°
5.51e3	1.42 / 44.9°
5.53e3	1.42 / 44.8°

(a) A vs frecuencia - pasa altos

acfrequency	A_dB_pa
5.41e3	2.94
5.43e3	2.95
5.44e3	2.97
5.46e3	2.98
5.47e3	2.99
5.49e3	3
5.5e3	3.01
5.51e3	3.02
5.53e3	3.03

(b) A vs frecuencia en décadas - pasa altos

Figura 35: Diagramas pasa-altos del modelo pasabandas

acfrequency	A_pb
4.44e3	1.42 / -44.6°
4.46e3	1.42 / -44.7°
4.47e3	1.42 / -44.8°
4.49e3	1.42 / -44.9°
4.5e3	1.41 / -45°
4.51e3	1.41 / -45.1°
4.53e3	1.41 / -45.2°
4.54e3	1.41 / -45.3°
4.56e3	1.41 / -45.4°

(a) A vs frecuencia - pasa bajos

acfrequency	A_dB_pb
4.47e3	3.04
4.49e3	3.02
4.5e3	3.01
4.51e3	3
4.53e3	2.98
4.54e3	2.97
4.56e3	2.95
4.57e3	2.94
4.59e3	2.93

(b) A vs frecuencia en décadas - pasa bajos

Figura 36: Diagramas pasa-bajos del modelo pasabandas

Como se puede observar en las tablas [35a] y [35b], el valor de frecuencia correspondiente al 70.7% del voltaje final, con un ángulo de 45° y 3dB corresponde a $f_c=5.5\text{kHz}$, [Como se esperaba por la teoría.](#)

Mientras que para el filtro pasabajos, se puede observar que las tablas [36a] y [36b], el valor de frecuencia correspondiente al 70.7% del voltaje final, con un ángulo de 45° y 3dB corresponde a $f_c=4.5\text{kHz}$, [Como se esperaba por la teoría.](#)

Ya que se obtuvieron los valores de $f_{c1}=4.5\text{kHz}$ y $f_{c2}=5.5\text{kHz}$, para ambas representaciones, se puede afirmar que [La frecuencia de corte se encuentra donde estima la teoría.](#)

3.5. ¿Qué representación gráfica le ayudó a entender mejor el concepto de filtro y por qué?

El circuito 1 y circuito 2, fueron los más sencillos de entender, ya que el voltaje de entrada era de 1V y el de salida de 2V. El valor de voltaje correspondiente a $5\text{kHz}=f_c$ fue de 1.41V, con un ángulo de -45°, a 3dB, el cual hacía referencia al valor de la ganancia correspondiente al 70.7%

del voltaje de salida. Se determinó que efectivamente el filtro pasa bajos activo proporciona una salida constante hasta una frecuencia de corte f_c y que luego no permite que pase ninguna señal por arriba de dicha frecuencia. Fue sencillo, verificar que los valores experimentales coinciden con la teoría, solamente al observar las tablas [16a] y [16b] o [21b] y [21a].

Ambas representaciones gráficas fueron sencillas de entender. Solamente bastaba con referirse a las tablas y buscar el valor de la frecuencia que coinciera con los requisitos de cada caso. Sin embargo, se presentó dificultad al trazar el diagrama de Bode para el circuito 2, por lo que la del circuito 1 fue mucho más sencilla. Este problema se soluciona al dirigirse a las tablas y buscar f_c con las características del punto de corte.

Por otro lado, las representaciones de los filtros activos pasa bandas y rechazabandas también fueron fáciles de trabajar, aunque mucho más laboriosos, ya que se debían disponer de 6 ecuaciones en lugar de 2, y se debían generar las tablas de ambos filtros para verificar si la simulación coincidía con la teoría.