

Tarea para Filtros Butterworth de -20db/década y -40dB/década

¿Qué es un filtro pasivo y un filtro activo?

Un filtro es un circuito diseñado para dejar pasar una banda de frecuencias especificada, mientras atenué todas las señales fuera de esta banda, los filtros pasivos contienen solo resistores, inductores y capacitores, los filtros activos emplean transistores o amplificadores operacionales mas resistores, inductores y capacitores.

Filtro activo pasabajas de -20dB/década

Un filtro pasabajas es un circuito que tiene un voltaje de salida constante desde cd hasta una frecuencia de corte f_c , conforme la frecuencia aumenta arriba de f_c , el voltaje de salida se atenúa.

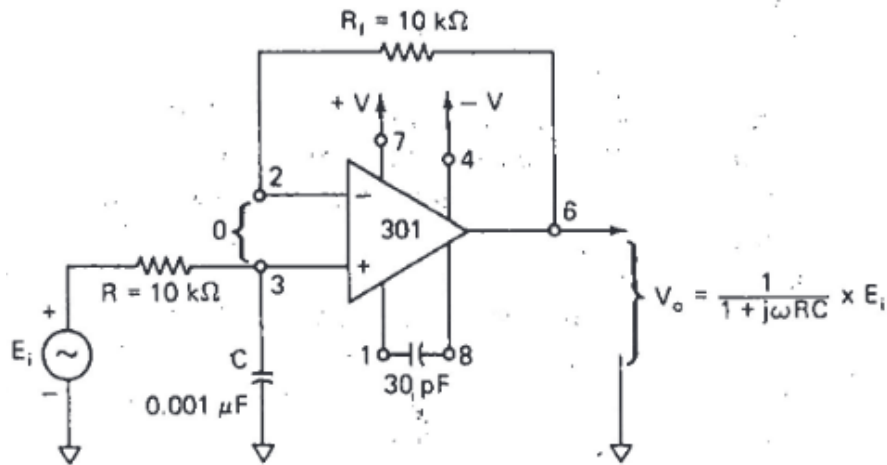


Figura 1. Diagrama de filtro activo pasabajas de -20dB/década

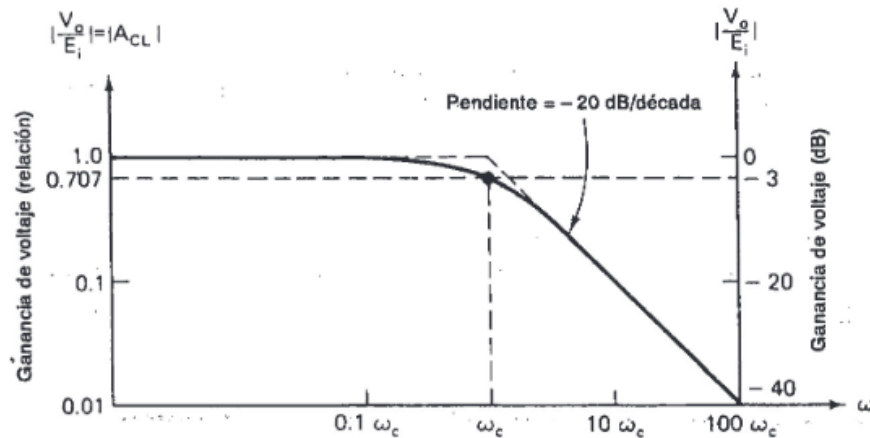


Figura 2. Grafica de filtro activo pasabajas de -20dB/década

El filtrado se hace con el circuito RC y el amplificador operacional se utiliza como amplificador de ganancia unitaria. La resistencia R_f es igual a R y se incluye para la desviación de cd. El voltaje diferencial entre 2 y 3 es en esencia, 0v. Por tanto, el voltaje a través del capacitor C es igual al voltaje de salida V_o , debido a que este circuito es un seguidor de voltaje. E_i se divide entre R y C . El voltaje en el capacitor es igual a V_o y es

$$V_o = \frac{\frac{1}{j\omega C}}{R + \frac{1}{j\omega C}} * E_i$$

Donde ω es la frecuencia de E_i en radianes por segundo ($\omega=2\pi f$) y j es igual a raíz de -1. Para obtener la ganancia de voltaje de lazo cerrado ACL , se obtiene

$$ACL = \frac{V_o}{E_i} = \frac{1}{1 + j\omega RC}$$

La frecuencia de corte ω_c se define como la frecuencia de E_i donde $|ACL|$ se reduce a 0.707 veces su valor a baja frecuencia. La frecuencia de corte se evalúa mediante

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

Donde ω_c es la frecuencia de corte en radianes por segundo, f_c es la frecuencia de corte en Hertz, R está en ohm y C está en farads

$$R = \frac{1}{\omega_c C} = \frac{1}{2\pi f_c C}$$

Ejemplo

Para el filtro pasabajas de la figura 1, calcule R para una frecuencia de corte de 2KHz y $C=0.005 \mu F$.

Solución:

$$R = \frac{1}{\omega_c C} = \frac{1}{(6.28)(2 * 10^3)(5 * 10^{-9})} = 15.9 K\Omega$$

Filtro activo pasabajas de -40dB/década

Es uno de los filtros pasabajas de uso más común. Produce una atenuación de -40dB/década; esto es, después de la frecuencia de corte, la magnitud de ACL decrece 40 dB cuando ω aumenta a $10 \omega_c$.

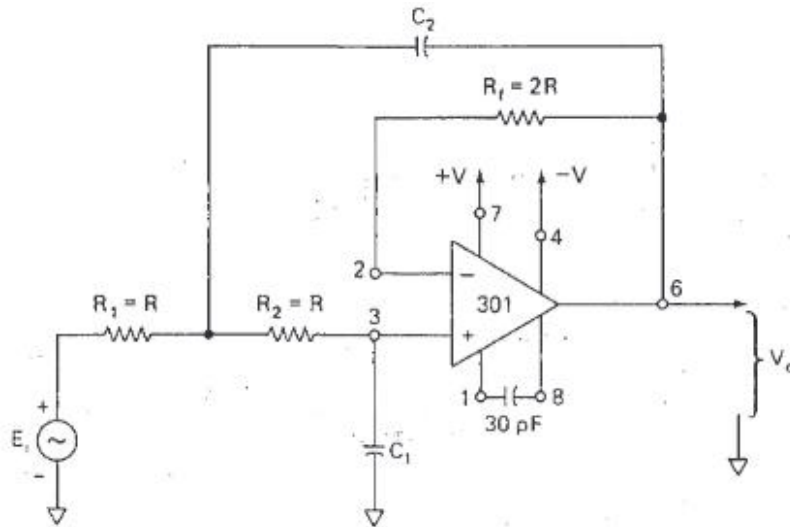


Figura 3. Diagrama de filtro activo pasabajas de -40dB/década

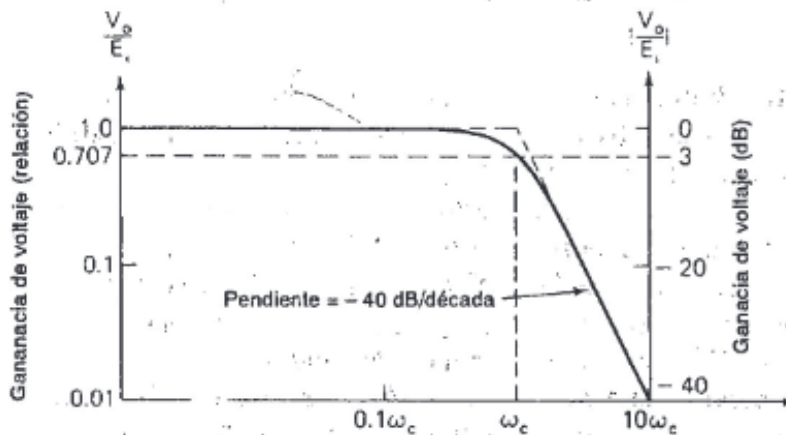


Figura 4. Grafica de filtro activo pasabajas de -40dB/década

Procedimiento de diseño

1. Seleccione la frecuencia de corte ω_c o bien f_c
2. Escoja C_1 ; seleccione un valor adecuado entre 100 pF y 0.1 μ F
3. Haga $C_2 = 2C_1$.

4. Calcule

$$R = \frac{0.707}{\omega_c C}$$

5. Seleccione $R_f = 2R$

Ejemplo

Determine R_1 y R_2 en la figura 3 para una frecuencia de corte de 1kHz

Sea $C_1 = 0.01 \mu\text{F}$

Solucion

Escoja $C_2 = 2C_1 = 2(0.01 \mu\text{F}) = 0.02 \mu\text{F}$. Seleccione $R_1 = R_2 = R$ a partir de

$$R = \frac{1}{(6.28)(1 * 10^3)(0.01 * 10^{-6})} = 11,258 \Omega$$

Filtro activo pasaaltas de -20dB/década

Un filtro pasaaltas es un circuito que atenúa todas las señales abajo de una frecuencia de corte ω_c especificada y deja pasar todas las señales cuyas frecuencias están arriba de la frecuencia de corte. En consecuencia, el filtro pasaaltas realiza la función opuesta al pasabajas.

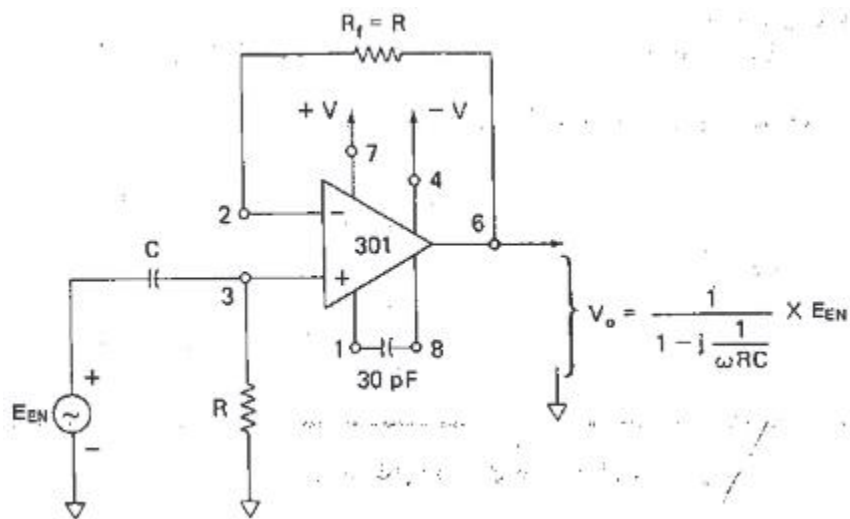


Figura 5. Diagrama de filtro activo pasaaltas de -20dB/década

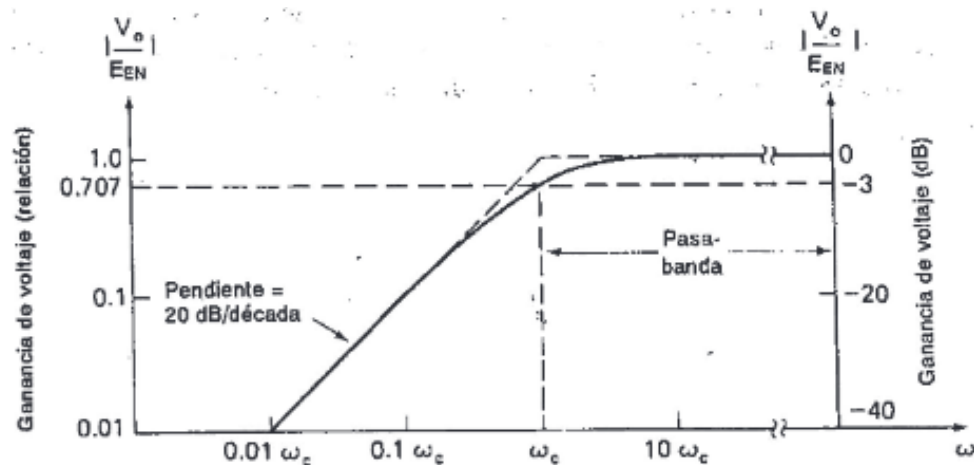


Figura 6. Grafica de filtro activo pasaltas de -20dB/década

Procedimiento de diseño

1. Escoja la frecuencia de corte, ω_c o f_c .
2. Elija un valor conveniente de C , por lo general entre 0.001 y 0.1 μF .
3. Calcule R mediante

$$R = \frac{1}{\omega_c C} = \frac{1}{2\pi f_c C}$$

4. Escoja $R_f = R$

Ejemplo

Calcule R en la figura 5 si $C = 0.002 \mu\text{F}$ y $f_c = 10\text{kHz}$

Solución

$$R = \frac{1}{(6.28)(10 * 10^3)(0.02 * 10^{-6})} = 8 \text{ k}\Omega$$

Filtro activo pasaaltas de -40dB/década

El circuito de la figura 7 es un filtro pasaaltas con atenuación de -40dB/década debajo de la frecuencia de corte, ω_c . Para satisfacer los criterios de Butterworth, la respuesta debe ser 0.707 a ω_c y estar 10 dB en la pasa banda

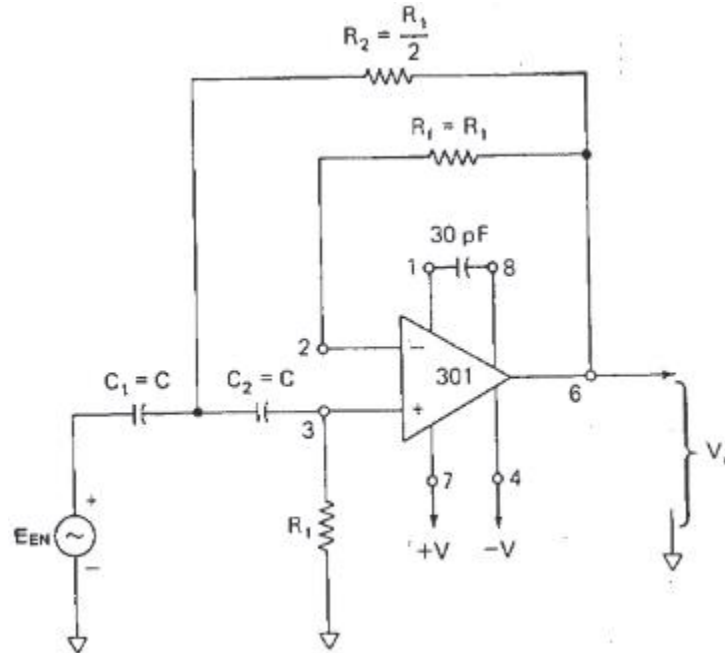


Figura 7. Diagrama de filtro activo pasaaltas de -40dB/década

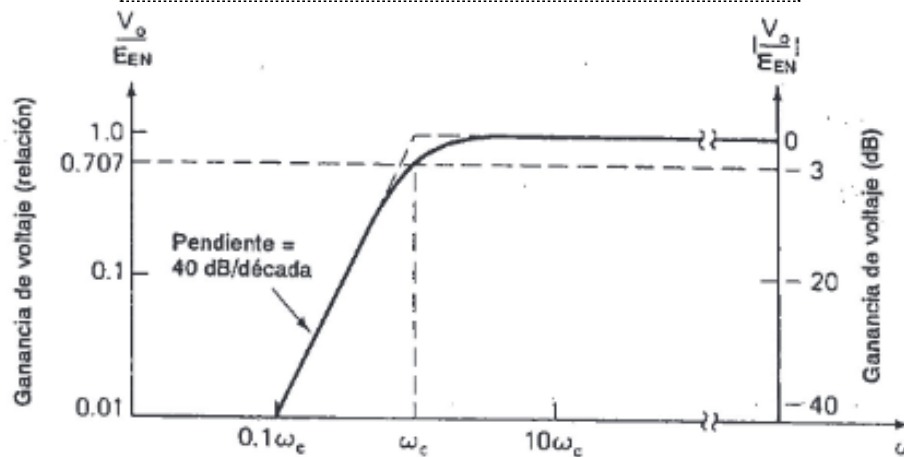


Figura 8. Grafica de filtro activo pasaaltas de -40dB/década

Procedimiento de diseño

1. Escoja una frecuencia de corte, ω_c y f_c .

2. Haga $C1 = C2 = C$ y elija un valor conveniente
3. Calcule $R1$ mediante

$$R1 = \frac{1.414}{\omega_c C}$$

4. Elija

$$R2 = \frac{1}{2} R1$$

5. Para minimizar la cd desviada, haga $Rf = R1$

Ejemplo

En la figura 7, haga $C1 = C2 = 0.01 \mu F$. Calcule $R1$ y $R2$ para una frecuencia de corte de 1 kHz

Solución

$$R1 = \frac{1.414}{(6.28)(1 * 10^3)(0.01 * 10^{-6})} = 22.5 k\Omega$$

$$R2 = \frac{1}{2} (22.5 k\Omega) = 11.3 k\Omega$$

Filtro activo pasabandas de Banda Angosta

Los filtros pasabanda permiten pasar solo una banda de frecuencia mientras atenúan todas las demás, los filtros de banda angosta presentan la típica respuesta en frecuencia que se observa en la figura 9. El análisis y la construcción de esos filtros, se simplifica mucho al estipularse que el filtro de banda angosta tendrá una ganancia máxima de 1 o 0 dB a la frecuencia de resonancia f_r .

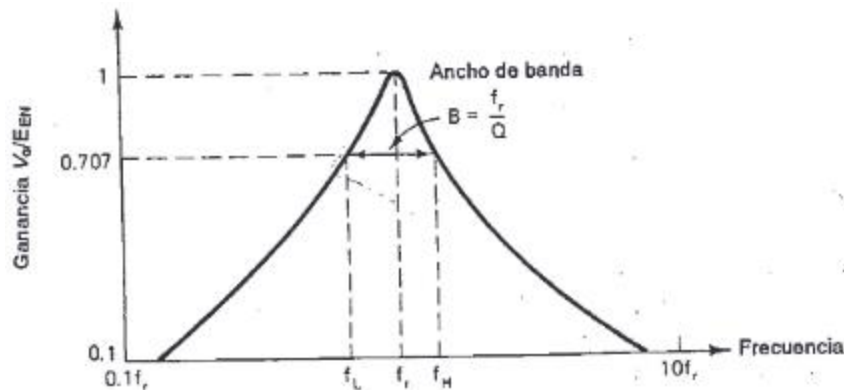


Figura 9. Curva de respuesta en frecuencia típica de un filtro pasabanda de banda

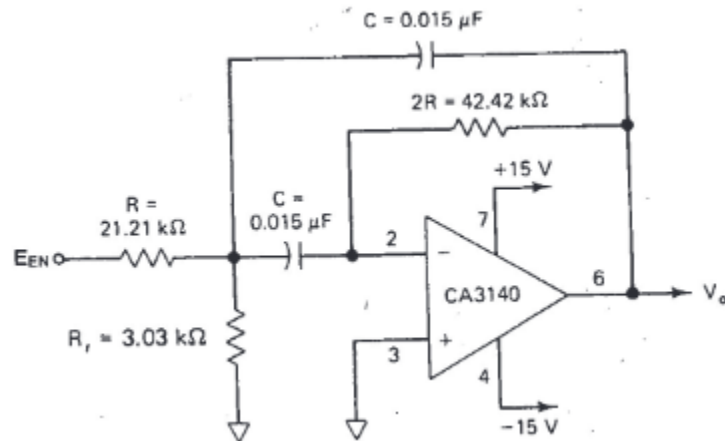


Figura 10. Circuito de un filtro pasabanda de banda angosta

El funcionamiento del filtro de banda angosta con ganancia unitaria de la figura 10 se determina con unas cuantas ecuaciones simples. El ancho de banda B en Hertz se determina con la resistencia R y los dos capacitores C mediante

$$B = \frac{0.1591}{RC}$$

Donde

$$B = \frac{fr}{q}$$

La ganancia tiene un máximo de 1 en f_r , a condición que la resistencia de retroalimentación $2R$ tenga el doble del valor de la resistencia de entrada

La frecuencia de resonancia f_r queda determinada por la resistencia R_r de acuerdo con

$$R_r = \frac{R}{2Q^2 - 1}$$

Cuando se conocen los valores de los componentes del circuito, la frecuencia de resonancia puede calcularse mediante

$$f_r = \frac{0.1125}{RC} \sqrt{1 + \frac{R}{R_r}}$$

Ejemplo

Dado un circuito de filtro pasabanda con los valores de los componentes de la figura 10, calcule la frecuencia de resonancia; el ancho de banda

Solución

$$\begin{aligned} f_r &= \frac{0.1125}{RC} \sqrt{1 + \frac{R}{R_r}} = \frac{0.1125}{(21.21 * 10^3)(0.015 * 10^{-6})} \sqrt{1 + \frac{21.21 \text{ k}\Omega}{3.03 \text{ k}\Omega}} \\ &= (353.6 \text{ Hz}) \sqrt{1 + 7} = 353.6 \text{ Hz} * 2.83 \cong 1000 \text{ Hz} \\ B &= \frac{0.1591}{RC} = \frac{0.1591}{(21.21 * 10^3)(0.015 * 10^{-6})} = 500 \text{ Hz} \end{aligned}$$

Filtro activo pasabandas de Banda Ancha

En general un filtro de banda ancha ($Q \leq 0.5$) se construye poniendo en cascada un filtro pasabajas y uno pasabajas. Las frecuencias de corte de las secciones pasabajas y pasabajas no deben traslaparse y ambas deben tener la misma ganancia en la pasa banda. Mas aun, la frecuencia de corte del filtro pasabajas debe ser 10 o mas veces la frecuencia de corte del filtro pasabajas.

Para filtros pasabajas y pasabajas en cascada, el filtro de banda ancha resultante tiene las siguientes características.

1. La frecuencia de corte inferior, f_L queda determinada solo por el filtro pasabajas
2. La frecuencia de corte superior f_H queda establecida solo por el filtro pasabajas
3. La ganancia será máxima a la frecuencia de resonancia, f_r , igual a la ganancia de la pasabanda

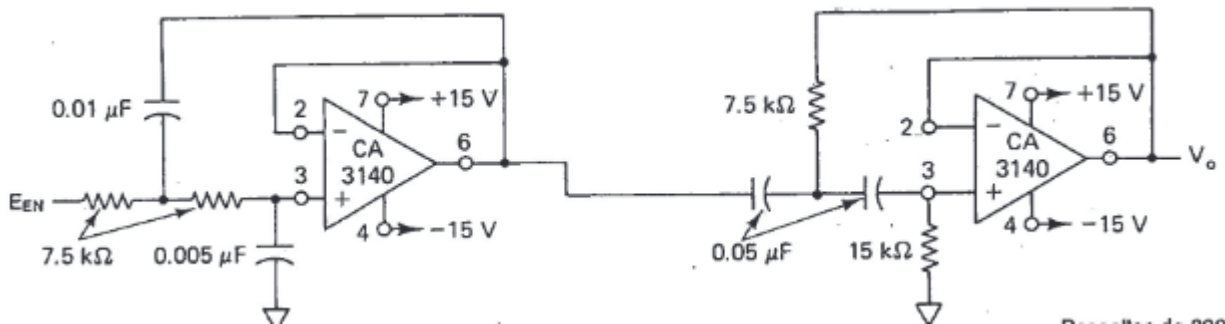


Figura 11. Circuito de un filtro pasabanda de banda ancha

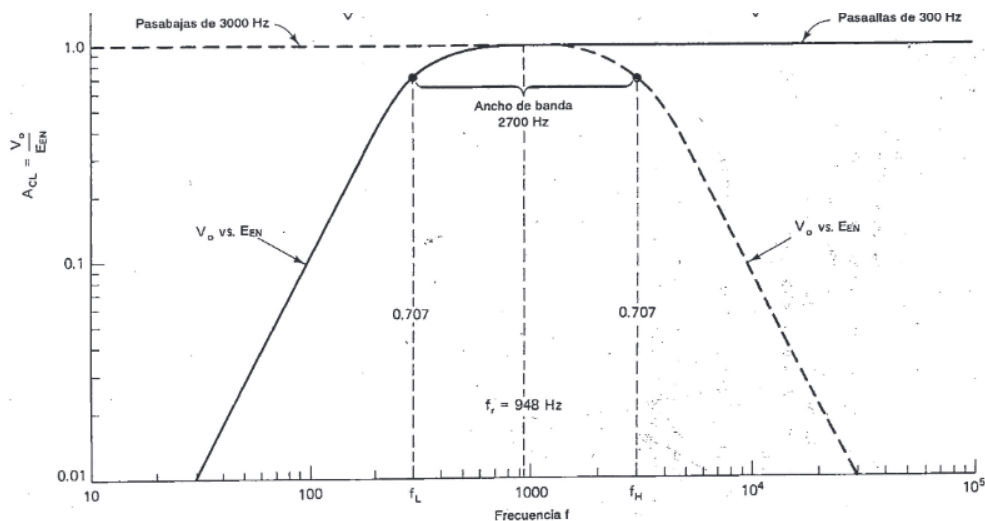


FIGURA 11-11 Un filtro pasa-bajas de segundo orden de 3000 Hz se coloca en cascada con un filtro pasa-altas de 300 Hz para formar un filtro de voz pasa-banda de 300 a 3000 Hz.

Figura 12. Curva de un filtro pasabanda de banda ancha