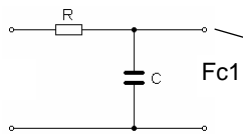


2.3 Filtros Activos

- Transformada de Laplace.
- Teoremas valor inicial y valor final.
- Resistencia, condensador, inductor.
- Función de transferencia
- Diagramas de Bode
- Filtros pasivos.
- Filtros Activos,

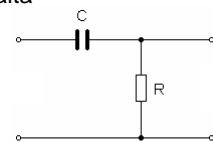
Filtro elimina banda

Pasa baja



Fc1

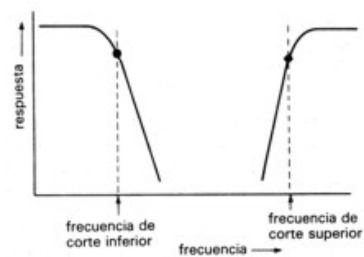
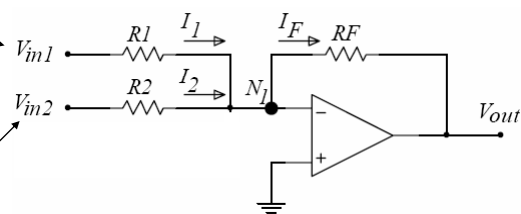
Pasa alta



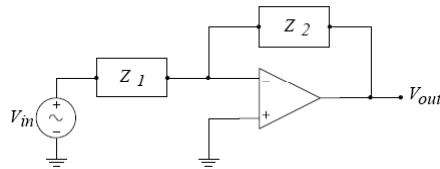
Fc2

$$\omega_0 = \frac{1}{RC}$$

Fc1 < Fc2



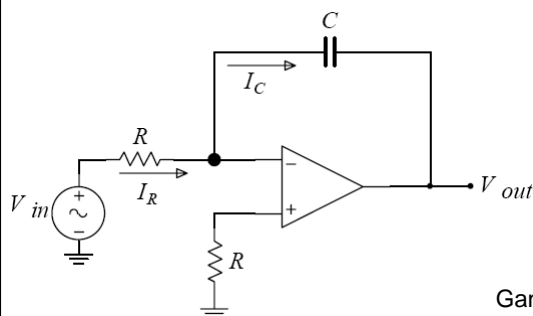
El Amplificador Operacional en el dominio de la frecuencia



$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = -\frac{Z_2(\omega)}{Z_1(\omega)}$$

- En la red de realimentación se puede incluir, además de resistencias, elementos con reactancia (capacitivas e inductivas)
- De este modo la ganancia del amplificador es función de la frecuencia de la señal de entrada y el análisis del circuito ha de hacerse en el dominio de la frecuencia

integrador



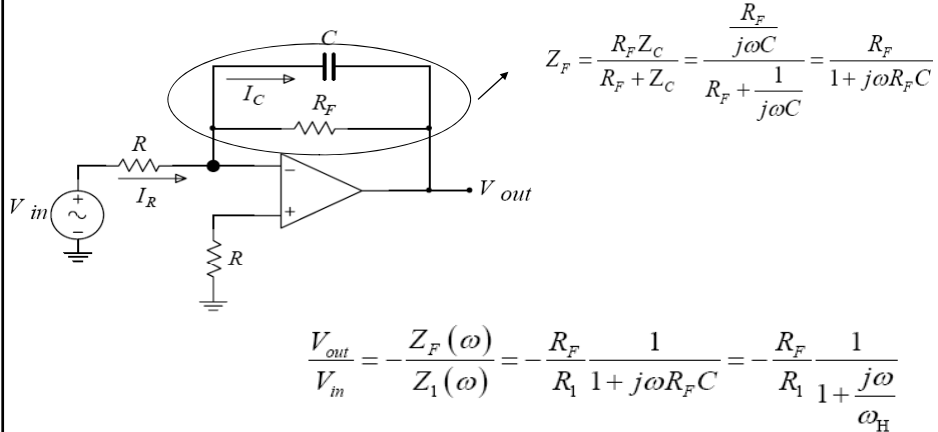
$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = -\frac{Z_C}{Z_R} = \frac{1}{j\omega C} = \frac{j}{\omega RC}$$

$$\text{Ganancia} = \left| \frac{V_{out}}{V_{in}} \right| = \frac{1}{\omega RC}$$

- En el dominio de la frecuencia vemos que entre la señal de salida y la de entrada hay un desfase de 90° para todas las frecuencias
- Fijémonos que en corriente continua (frecuencia = cero) la ganancia se hace infinita
- Esto se explica viendo que en corriente continua el condensador actúa como un circuito abierto y por tanto desaparece el lazo de realimentación. Es decir estamos en lazo abierto

Integrador

- El problema de la ruptura del lazo de realimentación en corriente continua lo podemos solucionar añadiendo una resistencia en paralelo con el condensador.



Integrador \leftrightarrow filtro pasa baja

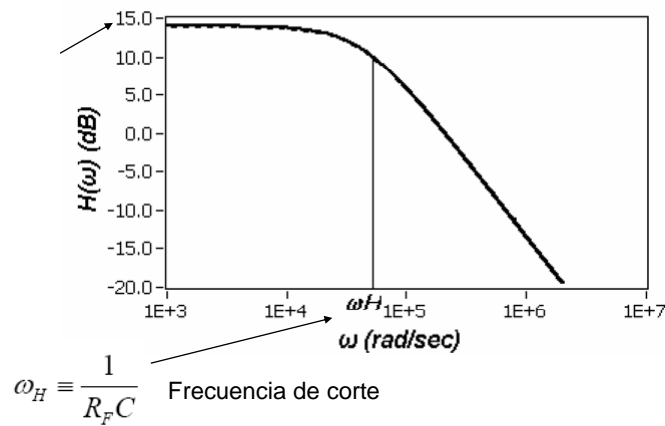
$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = -\frac{Z_F(\omega)}{Z_1(\omega)} = -\frac{R_F}{R_1} \frac{1}{1 + j\omega R_F C} = -\frac{R_F}{R_1} \frac{1}{1 + \frac{j\omega}{\omega_H}}$$

$$\omega_H \equiv \frac{1}{R_F C}$$

$$\omega_H (\omega \ll \omega_H) \longrightarrow \frac{R_F}{R}$$

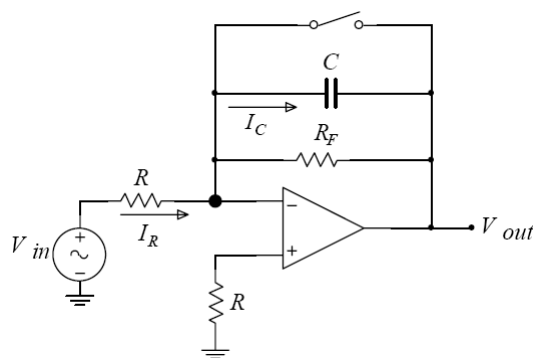
$$\omega_H (\omega \gg \omega_H) \longrightarrow \text{La ganancia desciende 20dB por década}$$

Integrador \leftrightarrow filtro pasa baja



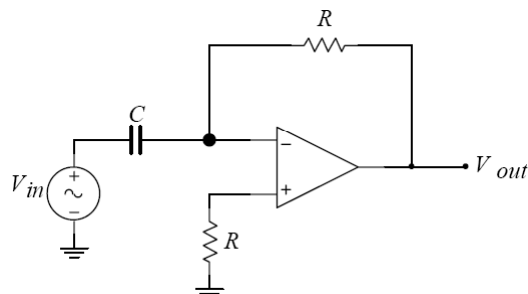
El filtro activo tiene ganancia, es decir la banda pasante no solo es atenuada (como en los filtros pasivos) sino que es amplificada

Integrador con botón de reset



- Para asegurarnos que el condensador comienza completamente descargado podemos añadirle un botón de reset

Diferenciador – filtro activo pasa alta

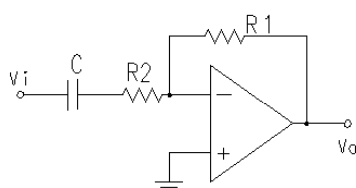


$$C \frac{dV_{in}}{dt} = -\frac{V_{out}}{R}$$

$$V_{out} = -RC \frac{dV_{in}}{dt}$$

- La corriente que pasa por el condensador es igual a la corriente que pasa por la resistencia de realimentación
- Como vemos el potencial de salida es proporcional a la derivada del potencial de entrada
- El amplificador como derivador es muy sensible al ruido

Diferenciador – filtro activo pasa alta



$$v_o(s) = -\frac{R}{\left(\frac{1}{sC}\right)} v_i(s)$$

$$v_o(s) = -RsCv_i(s)$$

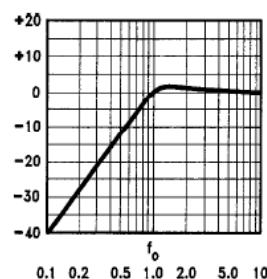
$$\left| \frac{V_o}{V_i} \right| = |H_0| \frac{\omega}{\sqrt{\omega^2 + \omega_0^2}}$$

$\omega \ll \omega_0 \rightarrow$ Circuito abierto

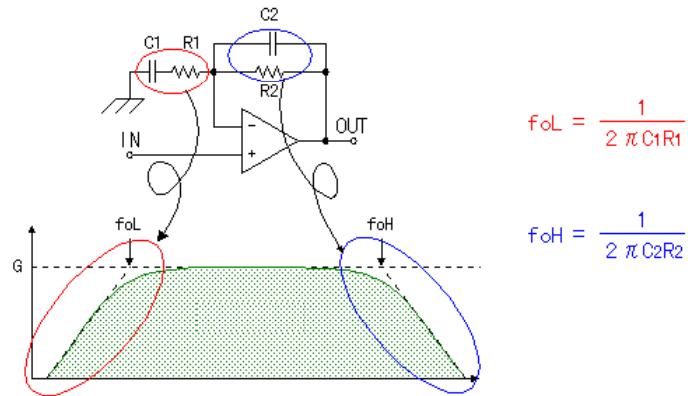
$\omega \gg \omega_0 \rightarrow$ Cortocircuito

$$H_0 = -R_1/R_2$$

La frecuencia de resonancia hace que la Impedancia sea mínima: $\omega_0 = 1/R_2C$.

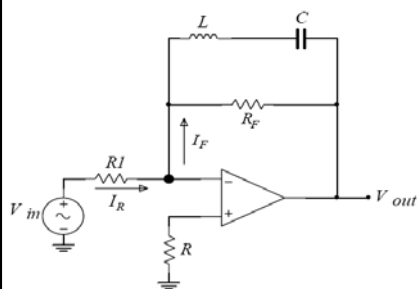


Filtro activo pasa banda



- Incluimos en la configuración pasa-alta la realimentación pasa-baja

Filtro activo elimina banda



$$Z_{\omega} = j \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)$$

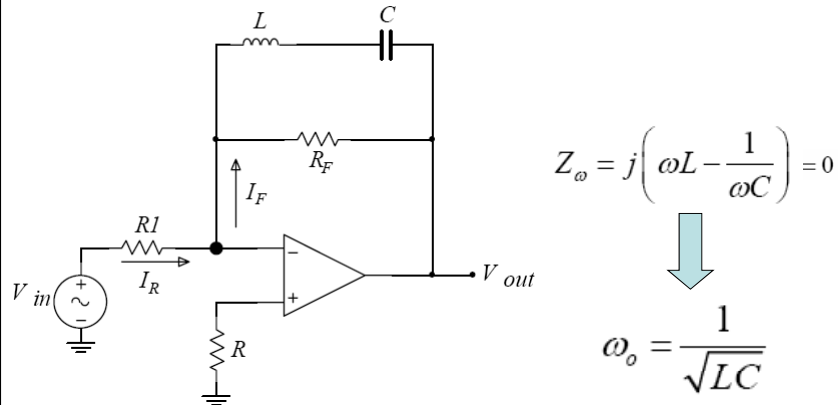
Impedancia de un inductor y un condensador en serie

Circuito equivalente para $\omega = 0$
 $\omega \rightarrow \infty$

$$G = \frac{V_{out}}{V_{in}} = -\frac{R_F}{R_1}$$

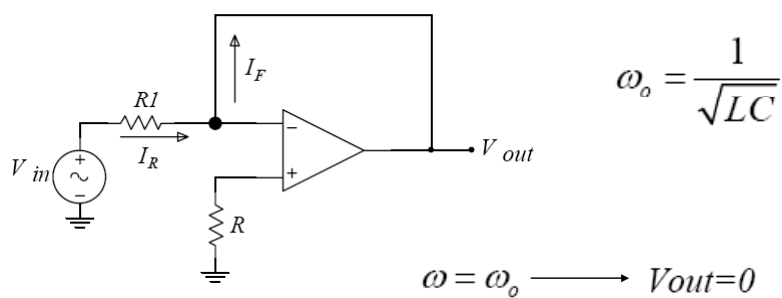
- Para frecuencia cero la reactancia del condensador se hace infinita y por tanto actúa como un circuito abierto
- Para frecuencia infinita la reactancia del inductor se hace infinita y por tanto actúa como un circuito abierto

Filtro activo elimina banda



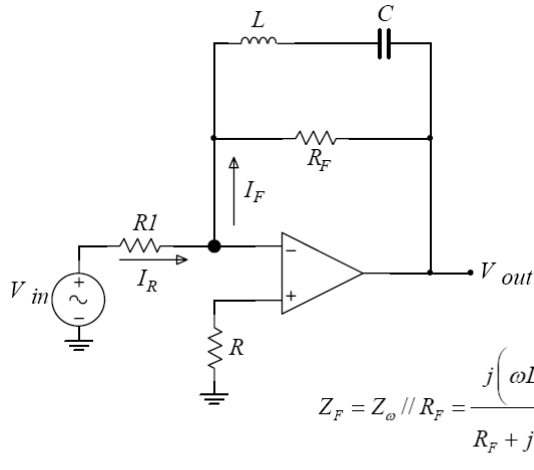
- La otra frecuencia de interés se produce cuando la impedancia es nula
- Esta frecuencia es la frecuencia de resonancia

Filtro activo elimina banda



- La salida se atenúa para las frecuencias próximas a la frecuencia de resonancia y se anula completamente para la frecuencia de resonancia

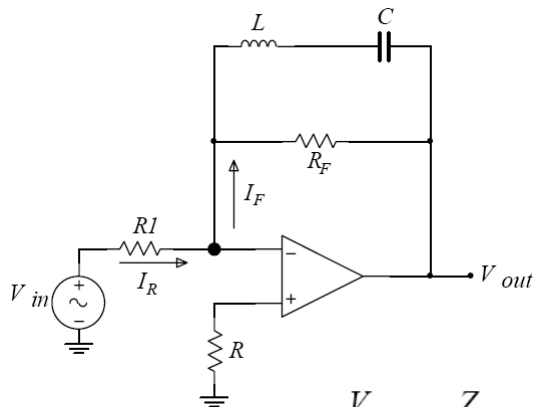
Filtro activo elimina banda



$$Z_F = Z_\omega // R_F = \frac{j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)R_F}{R_F + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)} = \frac{j(\omega^2 LC - 1)R_F}{\omega R_F C + j(\omega^2 LC - 1)}$$

Expresión completa de la impedancia

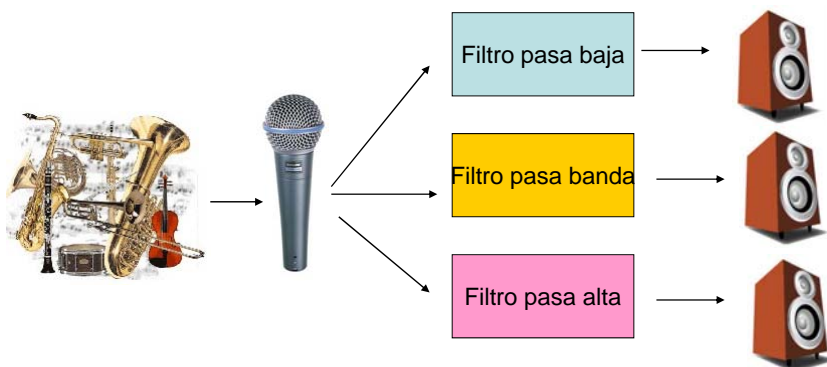
Filtro activo elimina banda



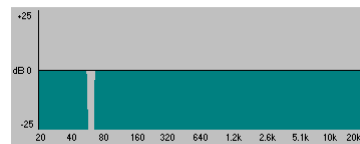
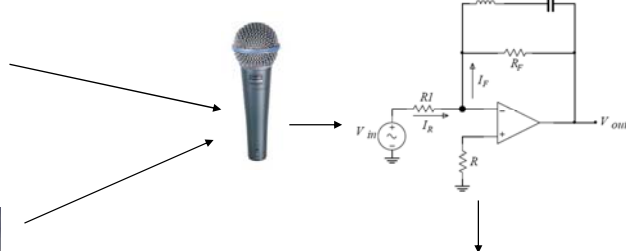
$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = -\frac{Z_F}{R_I} = \frac{j(\omega^2 LC - 1)R_F}{R_I[\omega R_F C + j(\omega^2 LC - 1)]}$$

Función de transferencia

Reproducción con sonido estereofónico

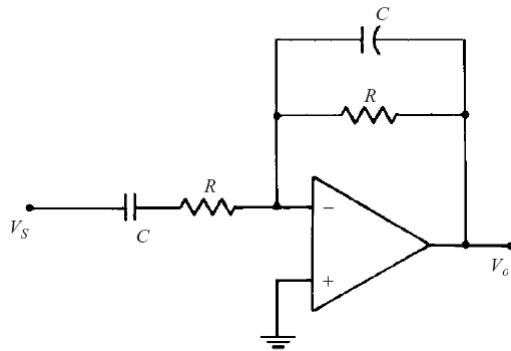


Filtro activo elimina banda



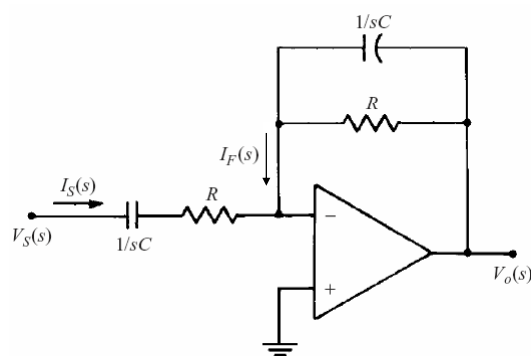
- La línea de corriente eléctrica es una señal alterna de frecuencia 50 / 60 Hz
- Por ello las líneas eléctricas producen señales parásitas (ruido) a esas frecuencias
- Si tenemos un micrófono muy sensible y la presencia cercana de líneas eléctricas se hace necesario utilizar una etapa de filtrado que elimine esa banda de frecuencia

Problema



- Hallar la función de transferencia y dibujar el diagrama de Bode

Problema

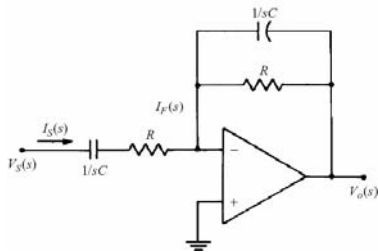


$$I_S(s) = -I_F(s)$$

$$Z_F(s) = \frac{R}{sRC + 1}$$

$$Z_{in}(s) = \frac{sRC + 1}{sC}$$

Problema



$$I_S(s) = -I_F(s)$$

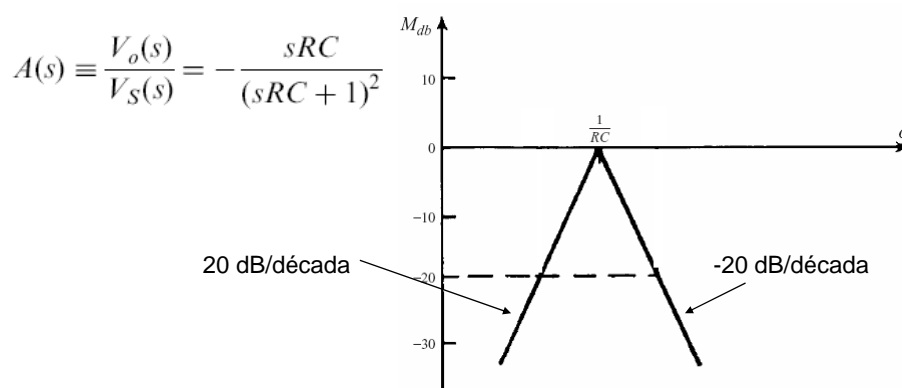
$$Z_F(s) = \frac{R}{sRC + 1}$$

$$I_F(s) = \frac{V_o(s)}{Z_F(s)} = \frac{sRC + 1}{R} V_o(s)$$

$$Z_{in}(s) = \frac{sRC + 1}{sC}$$

$$V_S(s) = I_S(s)Z_{in}(s) = -I_F(s)Z_{in}(s) = -\frac{sRC + 1}{R} V_o(s) \frac{sRC + 1}{sC}$$

Problema



- Cero en el origen
- Polo doble $\rightarrow 1/RC$