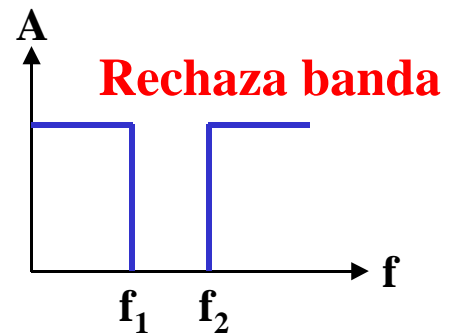
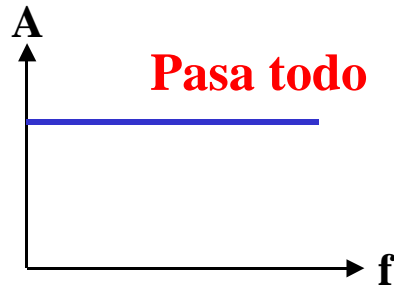
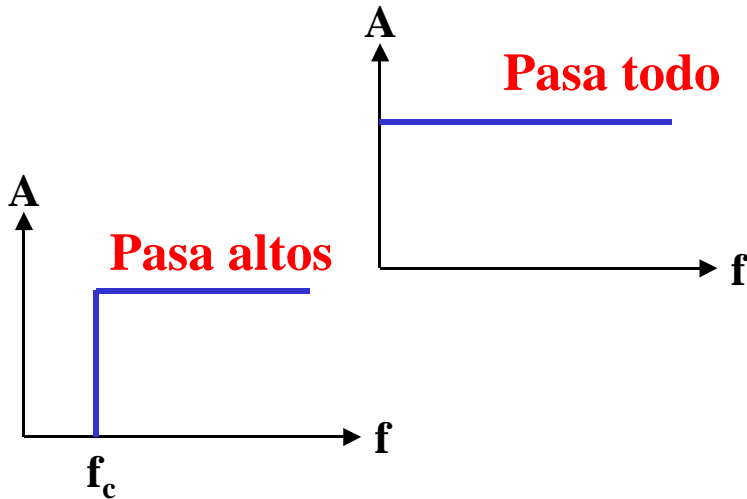
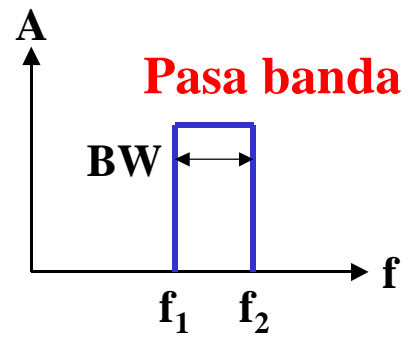
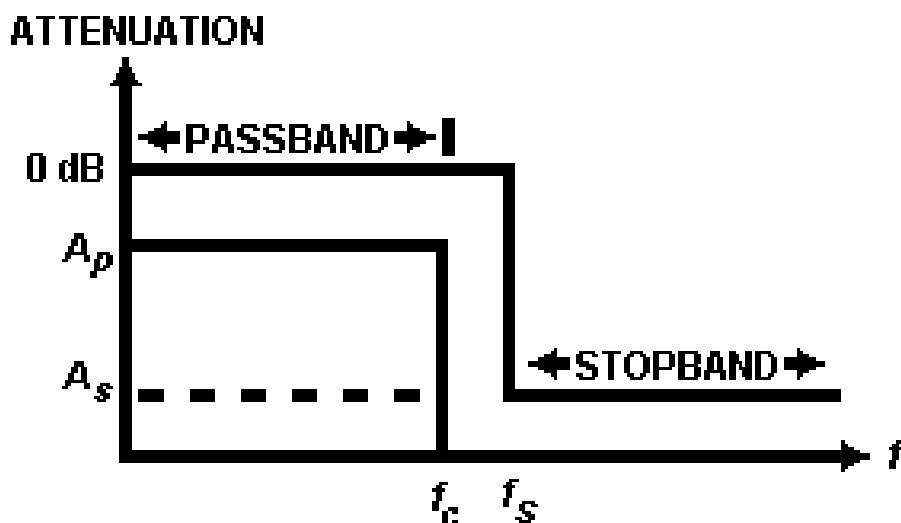


**Respuesta
ideal de los
filtros**



Respuesta real

- La respuesta ideal no existe (corte abrupto).
- Los filtros reales tienen una respuesta aproximada.
- La atenuación en un filtro ideal es ∞ en la banda de no paso y cero dB en la de paso.

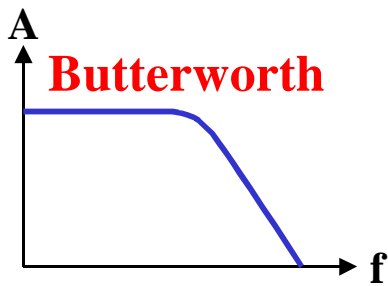


Orden del filtro

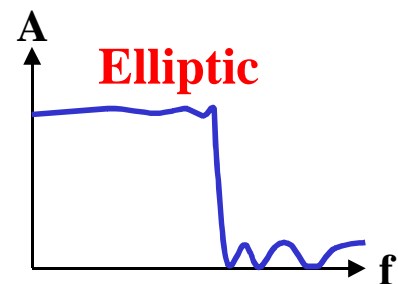
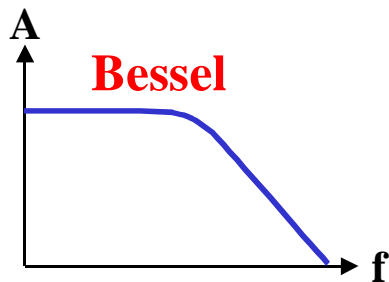
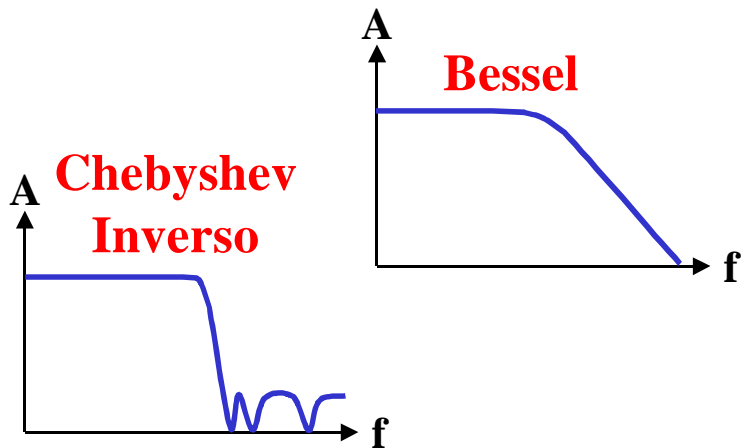
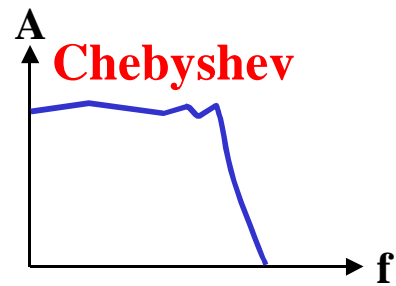
- En un tipo LC, el orden es igual al número de inductancias y capacitores en el filtro.
- En un tipo RC, el orden es igual al número de capacitores en el filtro.
- En un tipo activo, el orden es aproximadamente igual al número de capacitores en el filtro.

Aproximaciones para filtros

- En un tipo LC, el orden es igual al número de inductancias y capacitores en el filtro. En un activo al número de RC (polos) \approx # capacitores.
- Butterworth (max. rta. plana): pendiente = $20n$ dB/decada donde n es el orden del filtro.
- Chebyshev (respuesta de igual rizado): el número de rizados es de $n/2$.
- Inverse Chebyshev (rizado en la stopband).
- Elliptic (transición optimizada)
- Bessel (corrrimiento linear en fase)

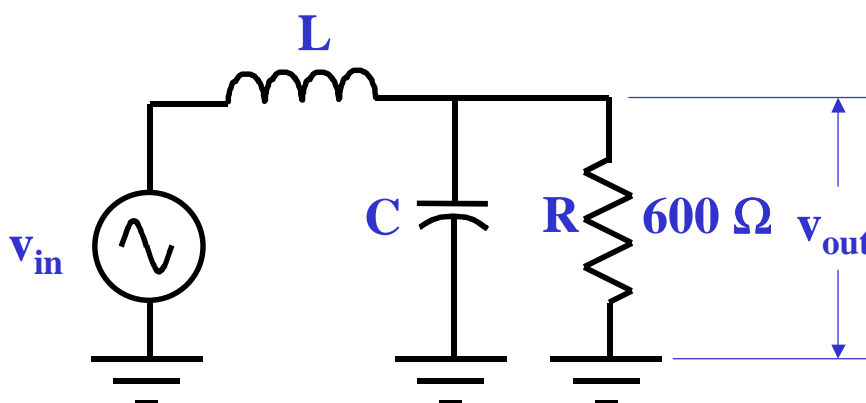


**Filtros
pasa bajos
respuesta
real**



Nota: Los filtros monotónicos no tienen ripple en la stopband.

Filtro LC pasa bajos de segundo orden

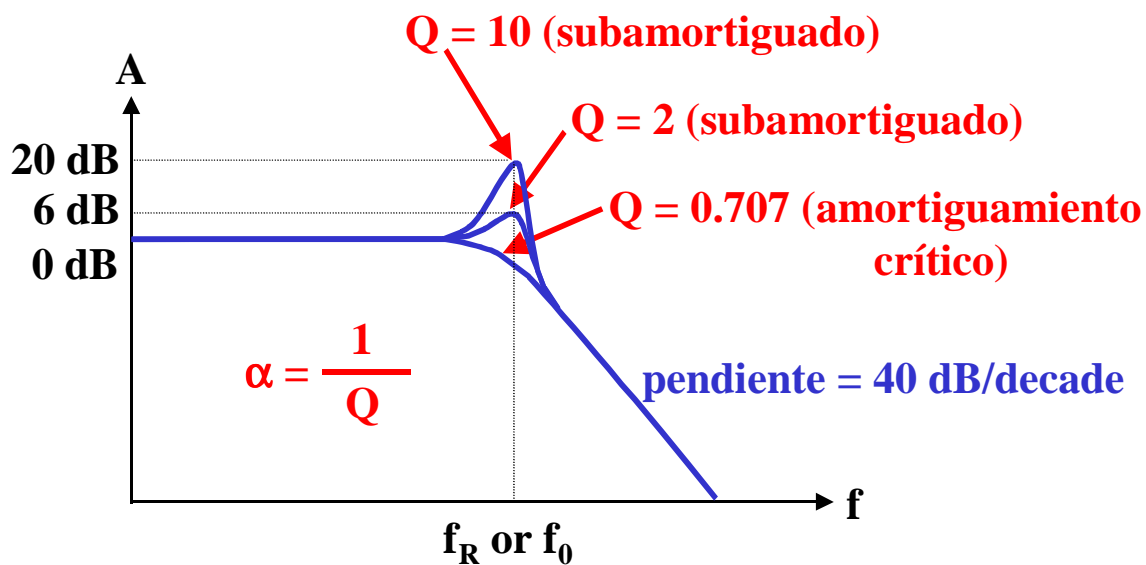


$$f_R = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

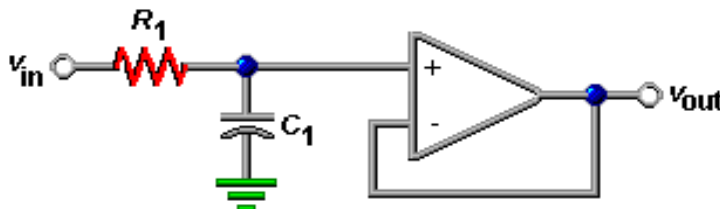
$$Q = \frac{R}{X_L}$$

L	C	f_R	Q
9.55 mH	2.65 μ F	1 kHz	10
47.7 mH	531 nF	1 kHz	2
135 mH	187 nF	1 kHz	0.707

Efecto del Q en la respuesta de segundo-orden

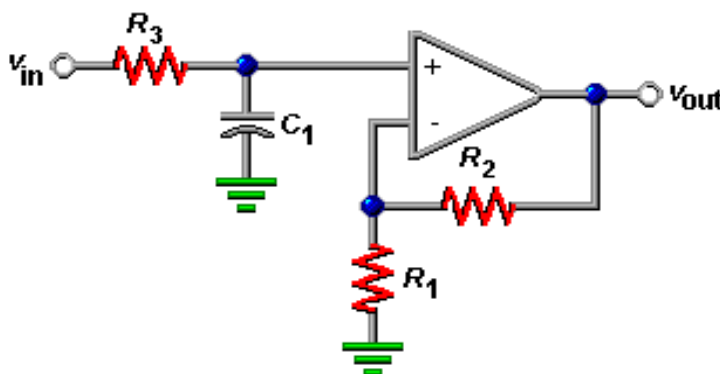


- α es el factor de amortiguamiento.
- La respuesta Butterworth posee amortiguamiento crítico.
- La respuesta Bessel es sobreamortiguada ($Q = 0.577$).



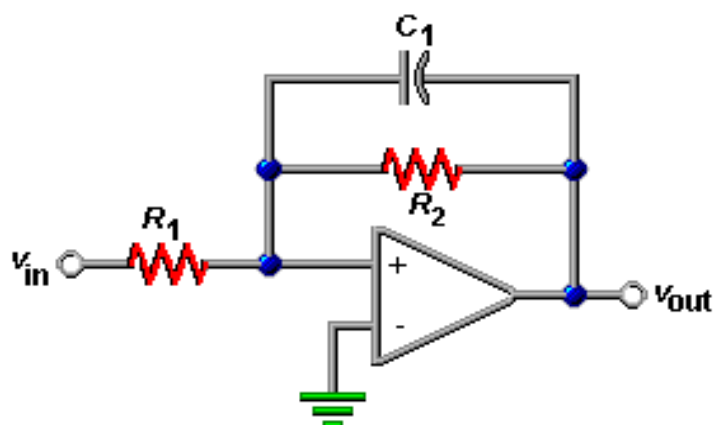
$$A_V = 1$$

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



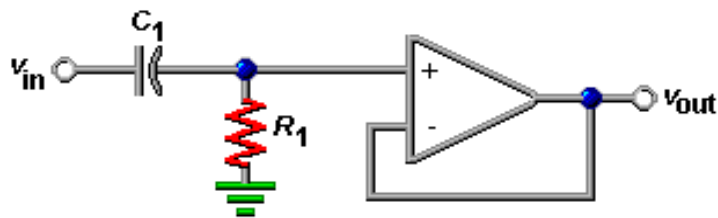
$$A_V = \frac{R_2}{R_1} + 1$$

$$f_c = \frac{1}{2\pi R_3 C_1}$$



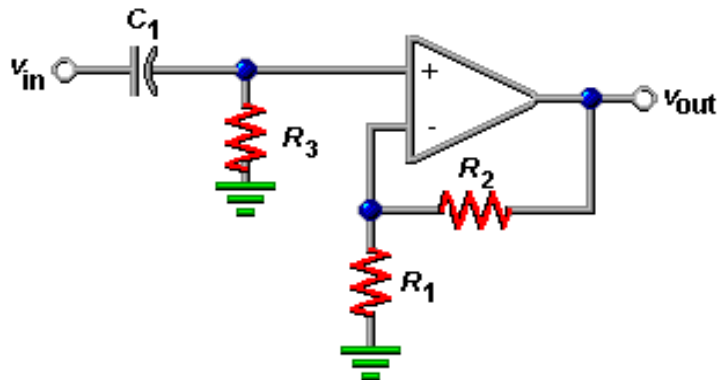
$$A_V = \frac{-R_2}{R_1}$$

$$f_c = \frac{1}{2\pi R_2 C_1}$$



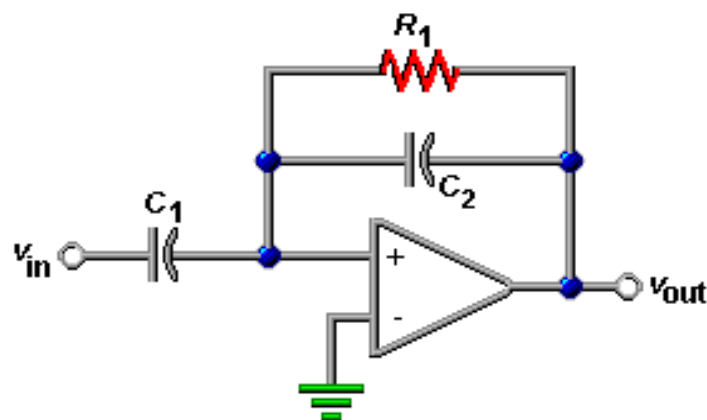
$$A_v = 1$$

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



$$A_v = \frac{R_2}{R_1} + 1$$

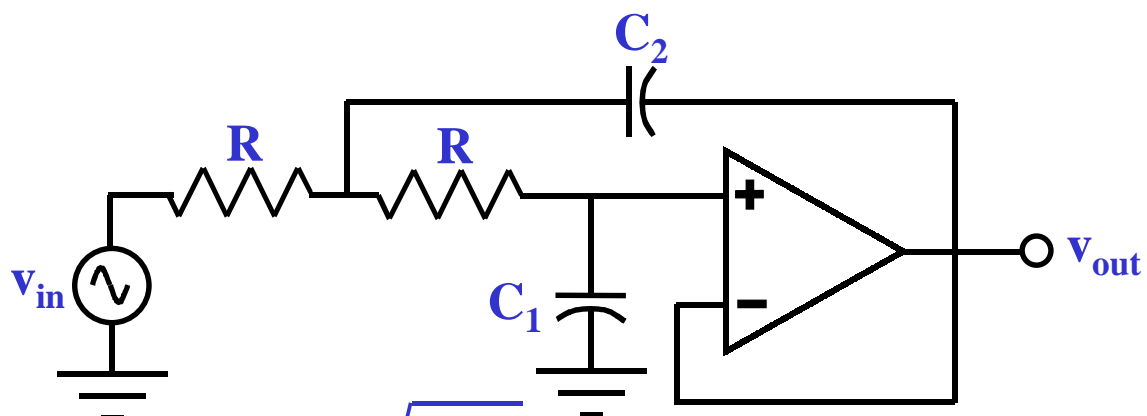
$$f_c = \frac{1}{2\pi R_3 C_1}$$



$$A_v = \frac{C_1}{C_2}$$

$$f_c = \frac{1}{2\pi R_1 C_2}$$

Filtro pasa bajos de 2º orden Sallen-Key



$$Q = 0.5 \sqrt{\frac{C_2}{C_1}}$$

$$A_v = 1$$

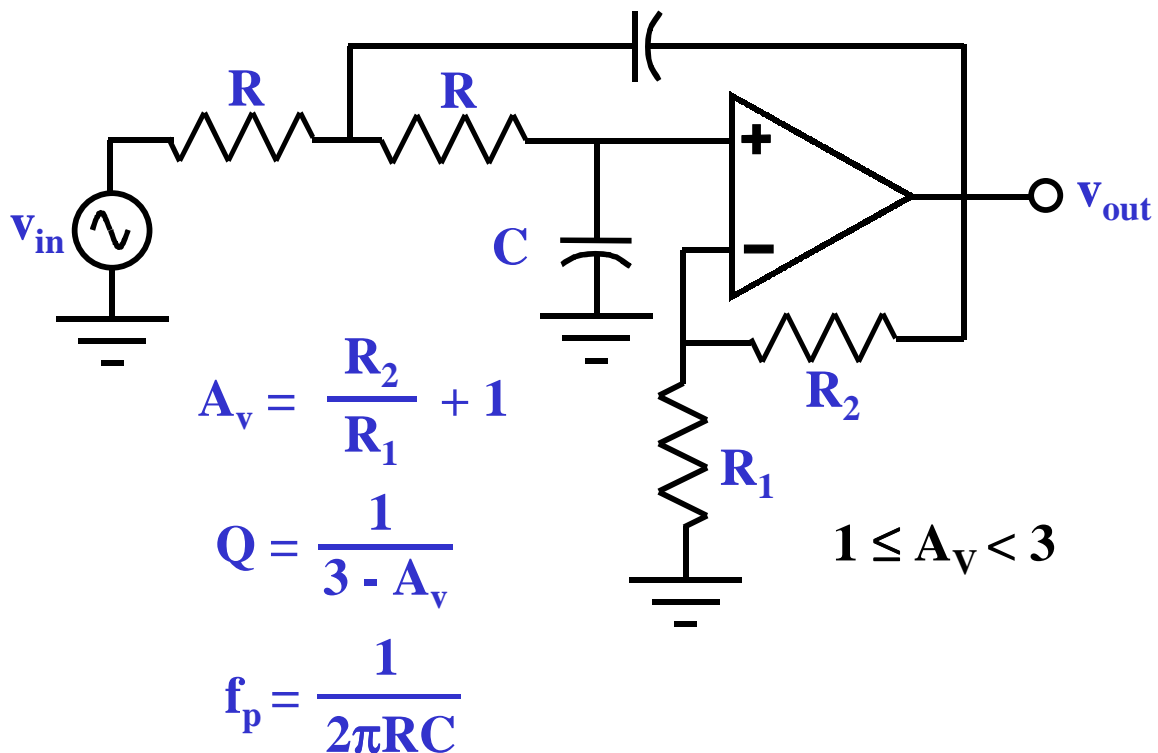
$$f_p = \frac{1}{2\pi R \sqrt{C_1 C_2}} = \text{frecuencia del polo}$$

Respuestas de segundo orden

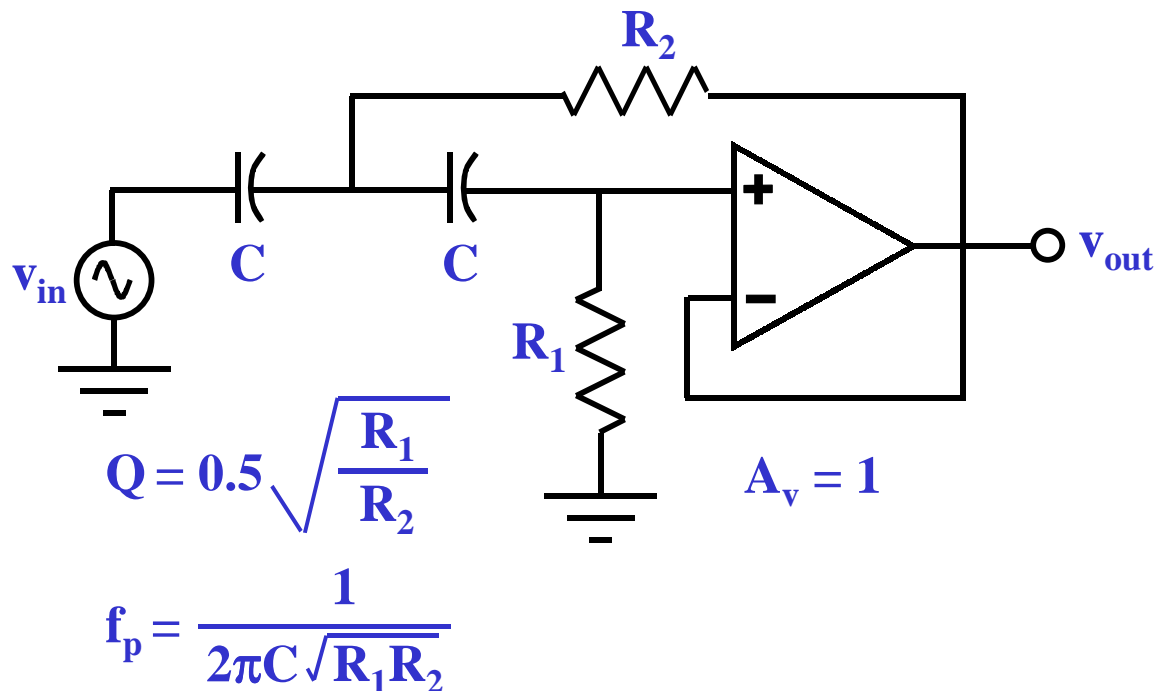
- Butterworth: $Q = 0.707$; $K_c = 1$
- Bessel: $Q = 0.577$; $K_c = 0.786$
- Frecuencia de corte: $f_c = K_c f_p$
- Respuesta con pico: $Q > 0.707$
 - * $f_0 = K_0 f_p$ (frecuencia del pico)
 - * $f_c = K_c f_p$ (frecuencia de corte)
 - * $f_{3dB} = K_3 f_p$

☐ Filtros de mayor orden

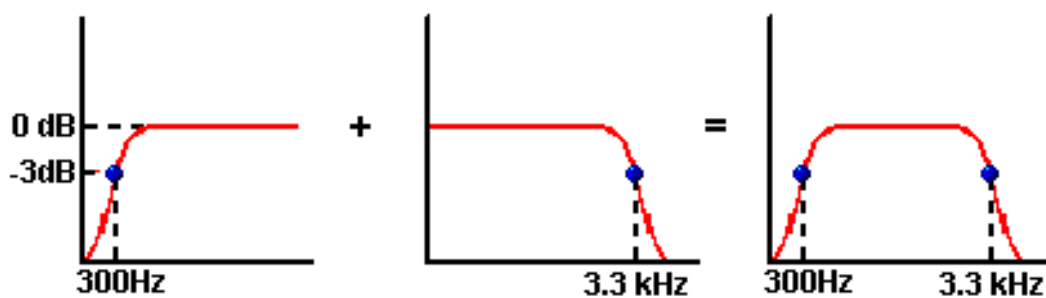
☐ Filtro Sallen-Key componentes iguales



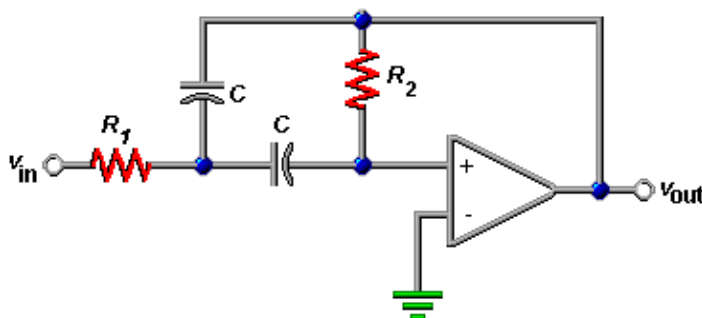
Filtro pasa altos de 2º orden, Sallen-Key



Filtros pasa banda



Filtro de realimentación múltiple

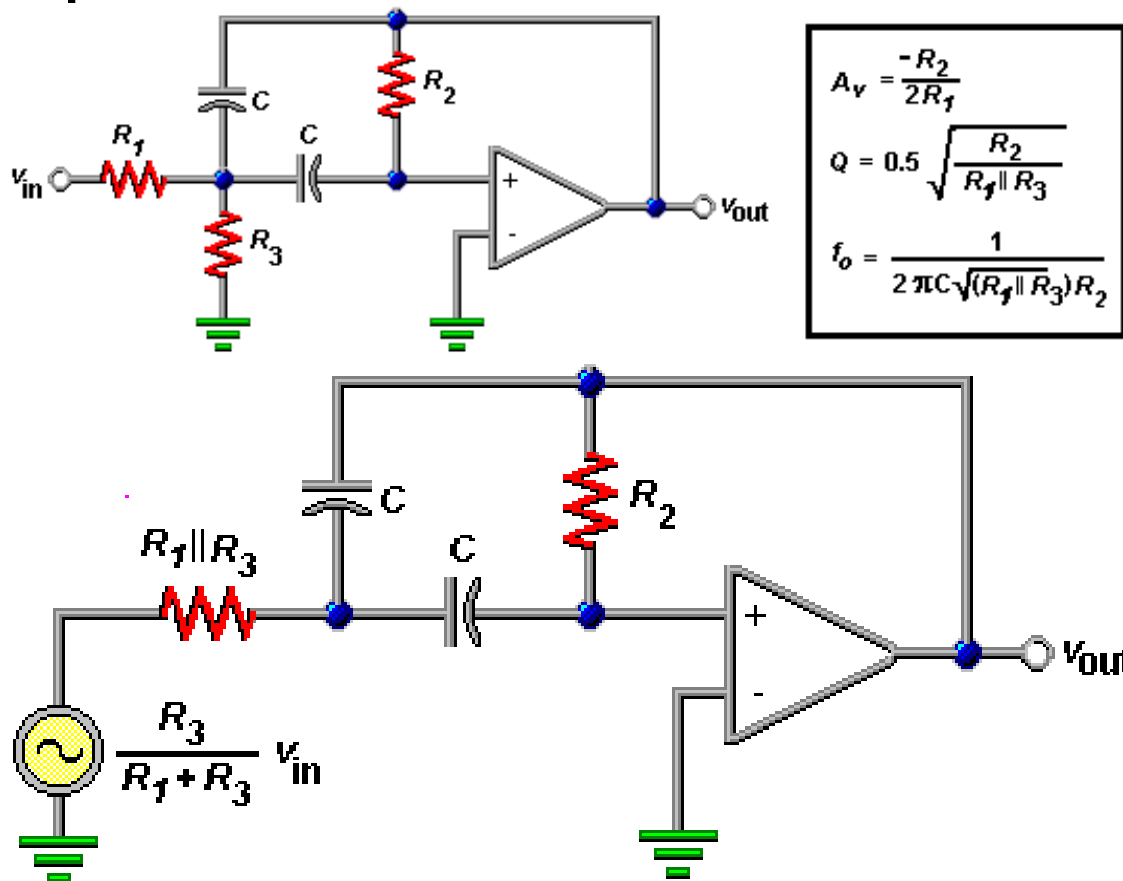


$$A_v = \frac{-R_2}{2R_1}$$

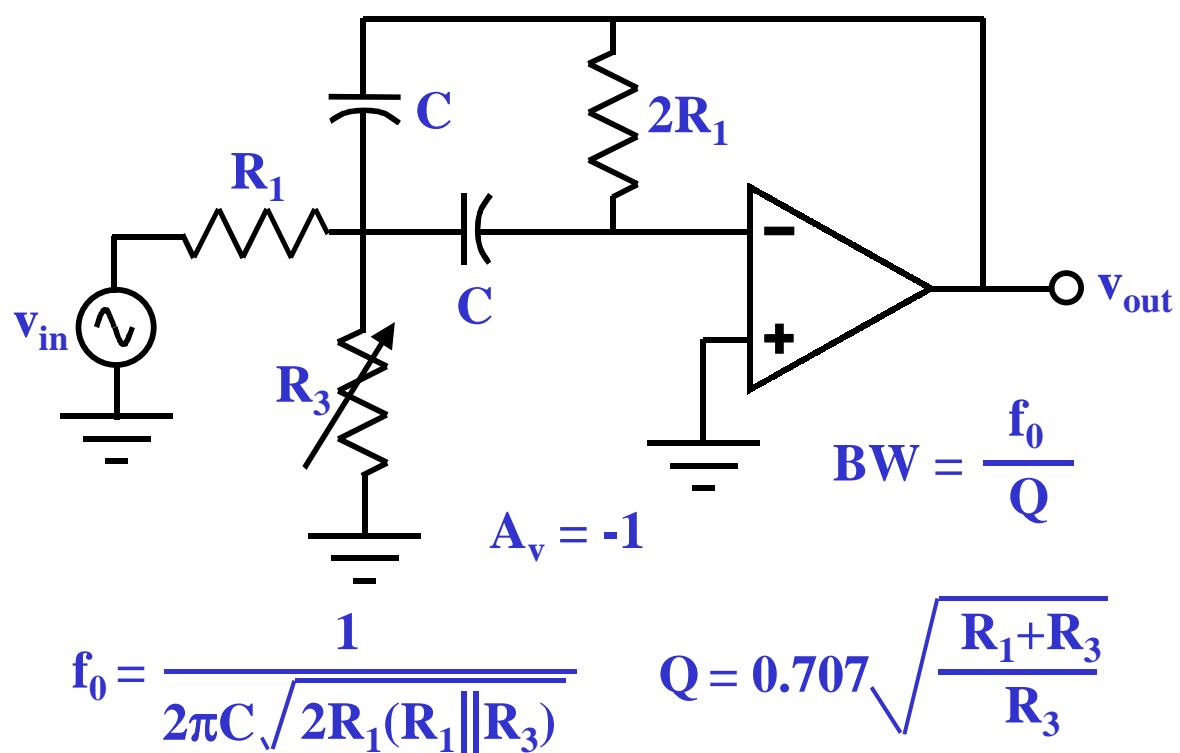
$$Q = 0.5 \sqrt{\frac{R_2}{R_1}}$$

$$f_o = \frac{1}{2\pi C \sqrt{R_1 R_2}}$$

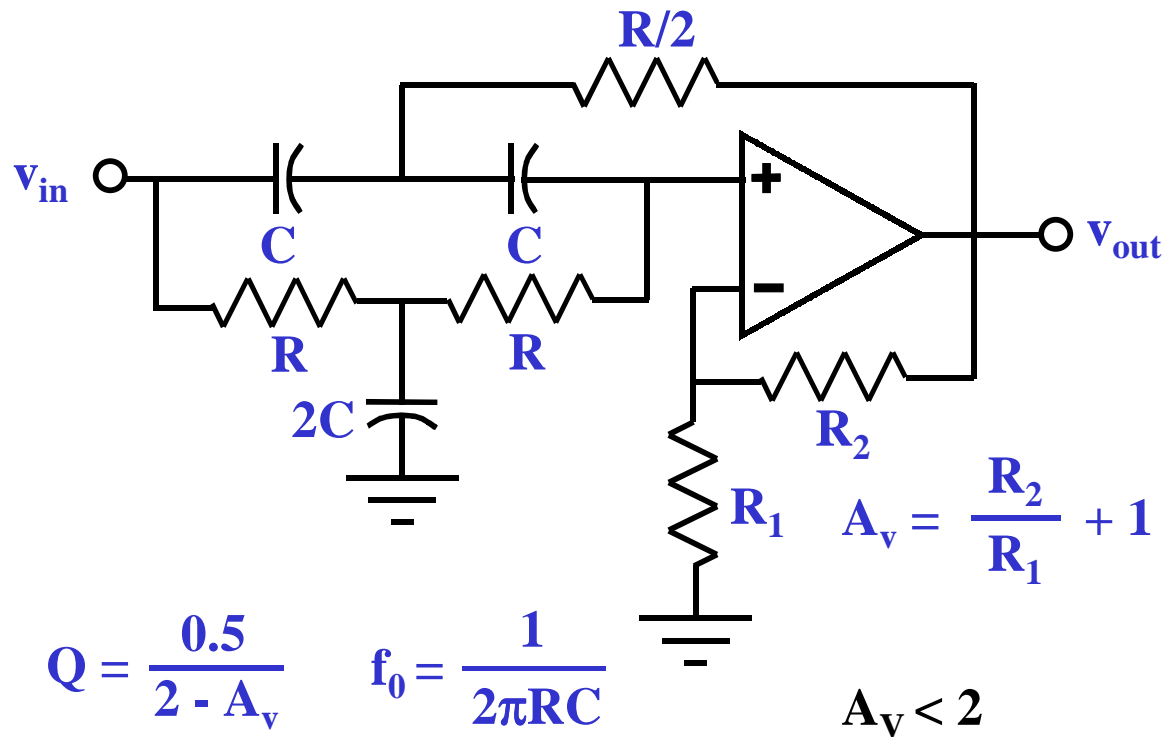
Realimentación múltiple de impedancia incrementada



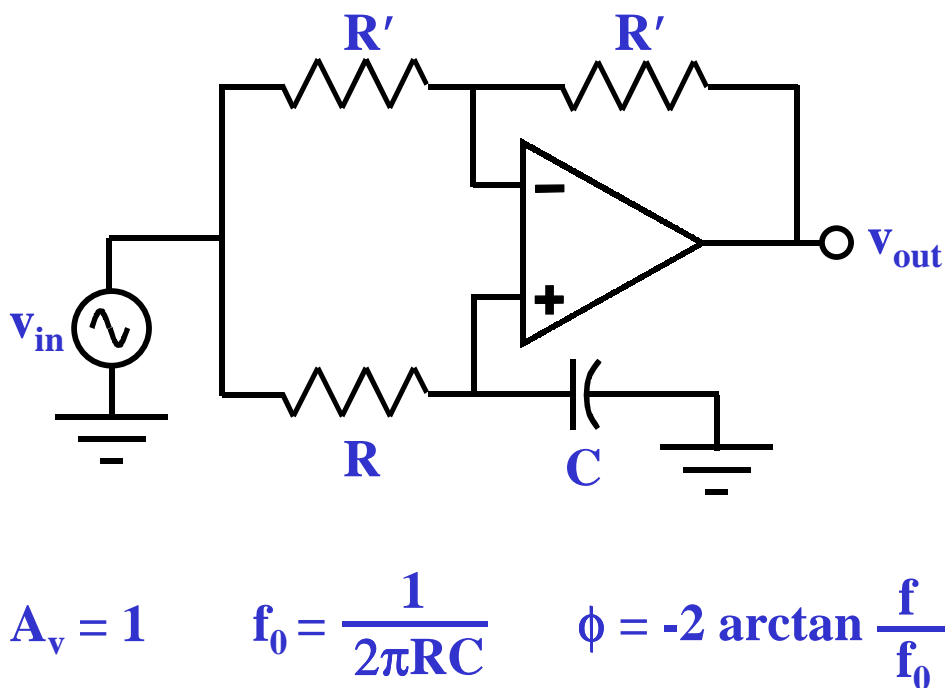
Realimentación múltiple, sintonizable y BW constante



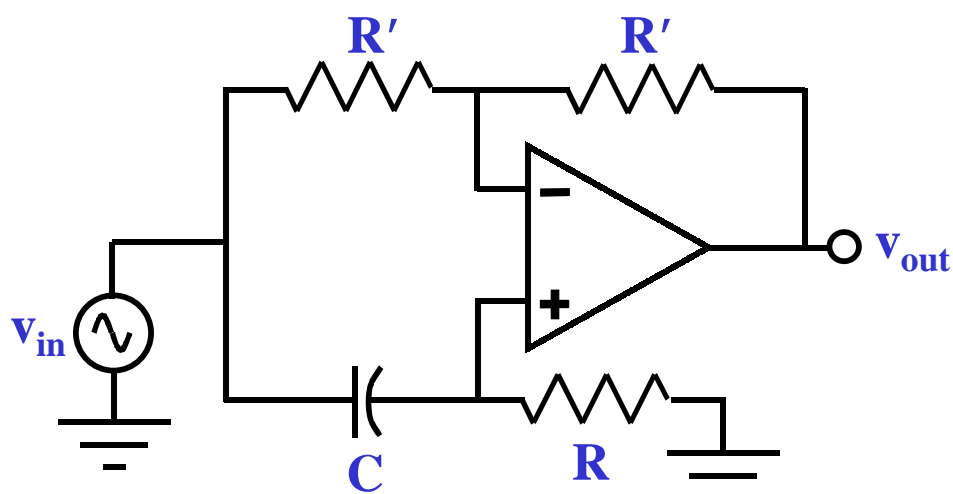
Filtro notch de 2° orden, Sallen-Key



Filtro pasa todo de atraso, 1° orden

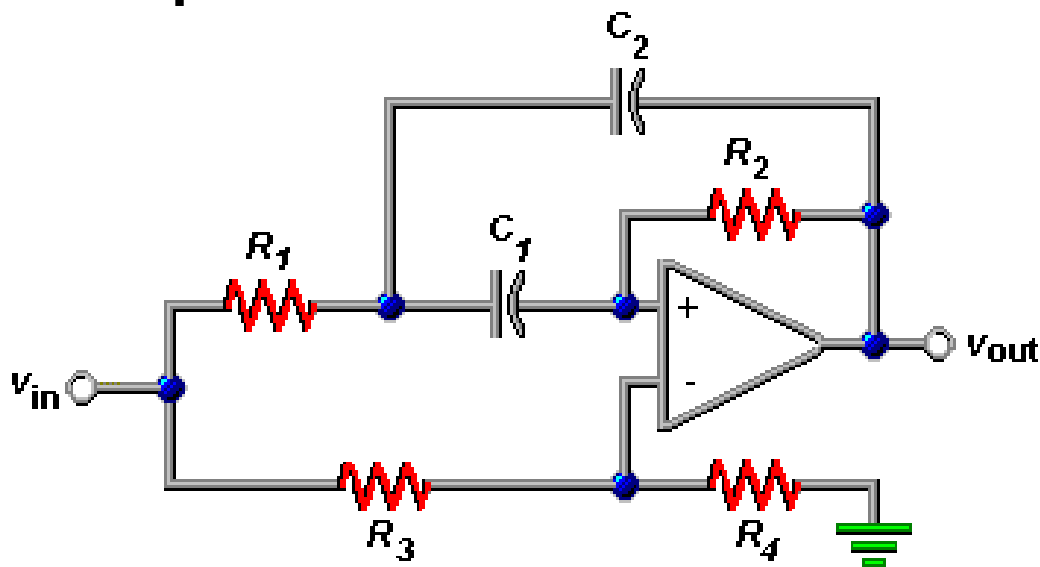


Filtro pasa todo de adelanto, 1º orden



$$A_v = -1 \quad f_0 = \frac{1}{2\pi RC} \quad \phi = 2 \arctan \frac{f_0}{f}$$

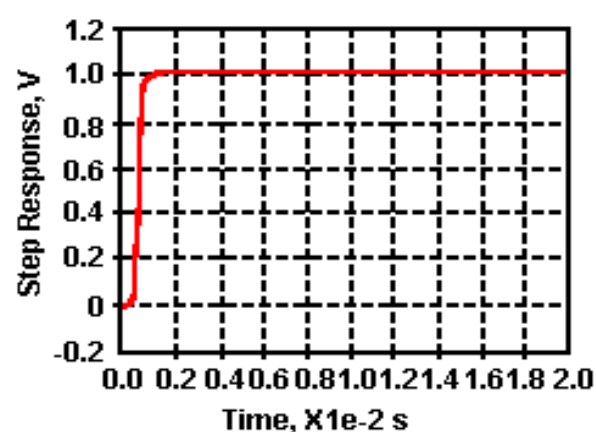
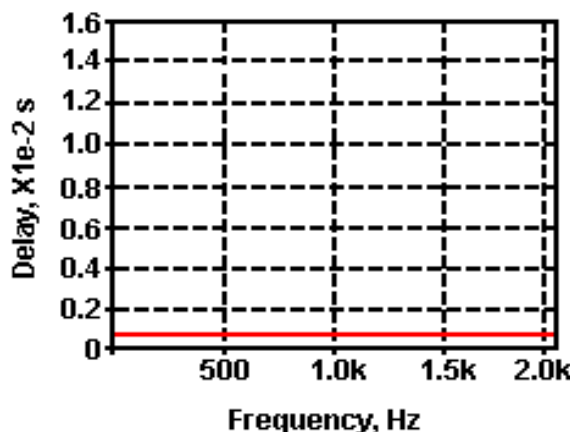
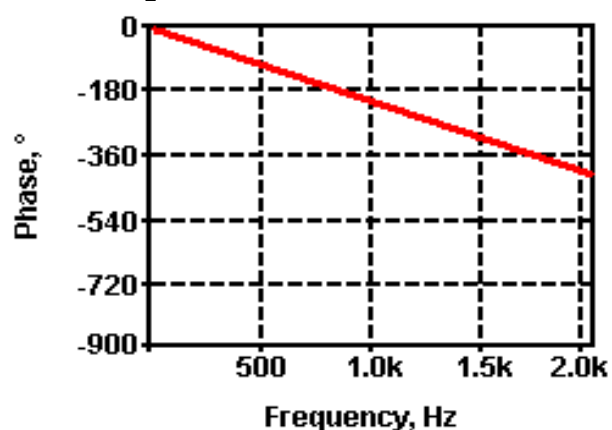
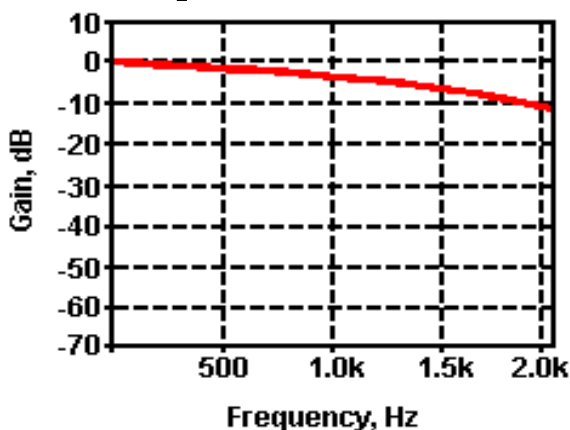
Filtro pasa-todo 2º orden



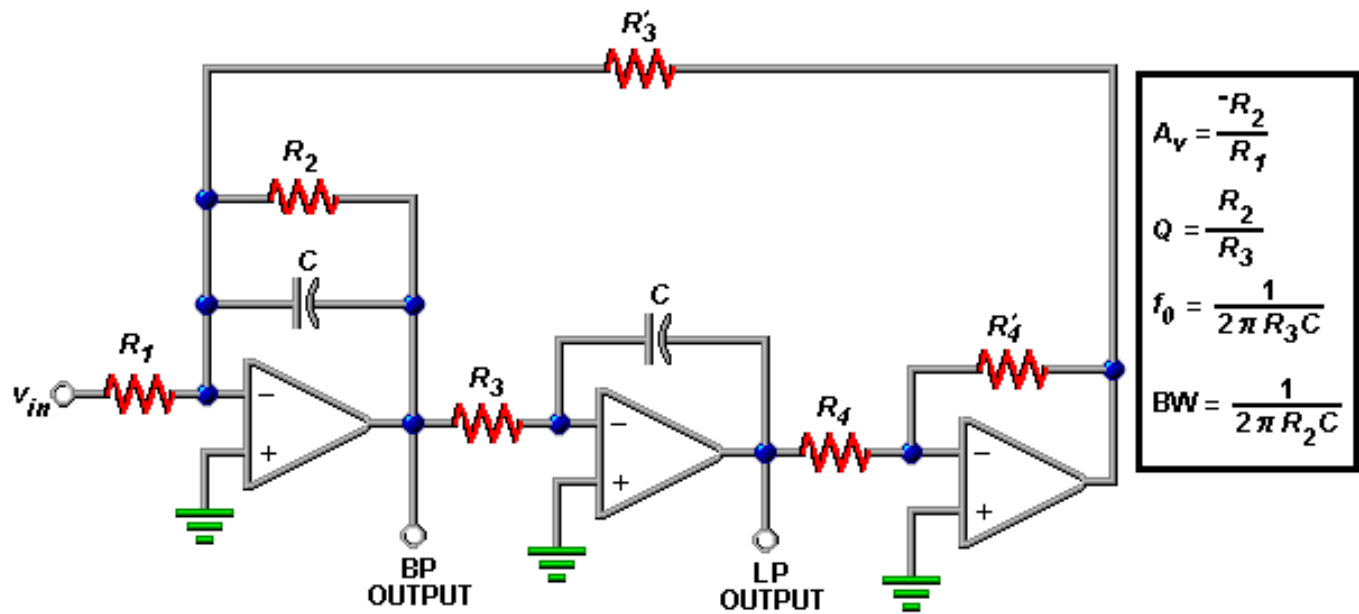
Corrimiento lineal de fase

- Señales digitales sin distorsión
- Retardo constante para todas las frecuencias de la banda pasante
- Bessel cumple los requerimientos con un corte poco abrupto
- Se puede utilizar una forma No-Bessel seguido de un filtro pasa todo para corregir el desfase

Respuesta Bessel para n=10



Filtro Bicuadratico



Filtro en Variable de estado

