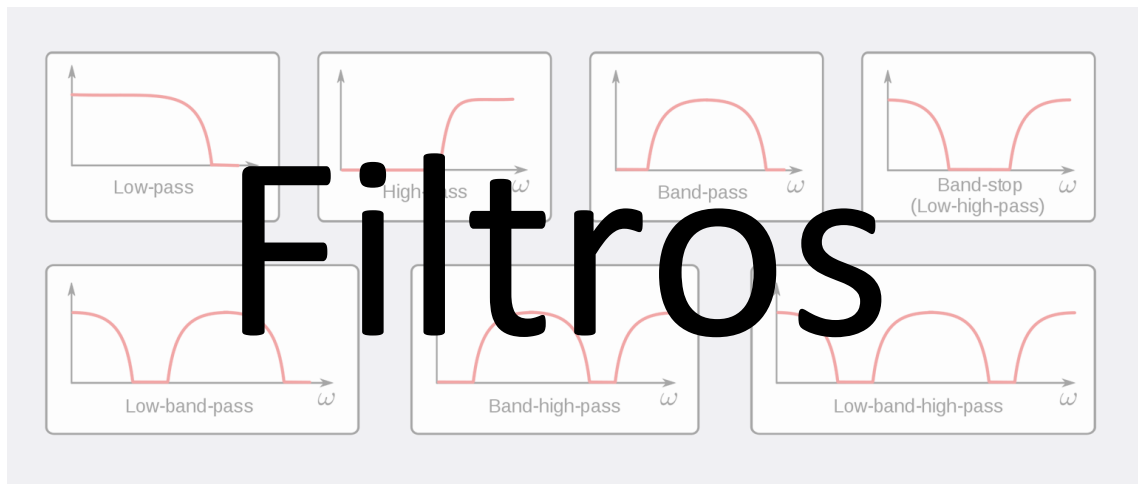


# Filtros



## Introducción

Los amplificadores operacionales (op amps) son uno de los bloques de construcción más comunes de los circuitos de audio. Muchos diseñadores optan por incorporar amplificadores operacionales en sus circuitos de audio para aumentar la calidad del audio. Filtros de orden superior, que pueden ser creados a través de una combinación de filtros de segundo orden, pueden atenuar el ruido de forma más agresiva que los de orden inferior. Además, los filtros activos eliminan la posibilidad de interferencia no deseada con la señal de audio.

### ¿Por qué filtrar el audio?

El filtrado es vital para que los sistemas de audio garanticen una alta calidad de sonido. Un filtro con un amplificador operacional, o un filtro activo, mantiene la respuesta de frecuencia mientras amplifican la señal de audio. A menudo, se agrega un capacitor en paralelo con una resistencia de retroalimentación para lograr un filtrado adicional, y para mejorar la estabilidad del circuito. Un filtro pasa bajos activo (LPF) se puede utilizar para crear la banda de frecuencia necesario para un subwoofer, o un filtro anti-aliasing, para señales de audio a la entrada de un ADC.

Otro uso común de los filtros de amplificador operacional en un sistema de audio es para separar las gamas de frecuencias para utilizar parlantes individuales. Los rangos de frecuencia más bajos requieren mayor potencia amplificadores para impulsar altavoces más grandes, ya que el oído humano es menos sensible a estas frecuencias. Sin embargo, la potencia requerida para manejar un subwoofer grande podría dañar un altavoz de frecuencia más alta, especialmente en volúmenes más altos. Los HPF y LPF se pueden usar para configurar frecuencias de corte que entregan frecuencias correctas a los parlantes.

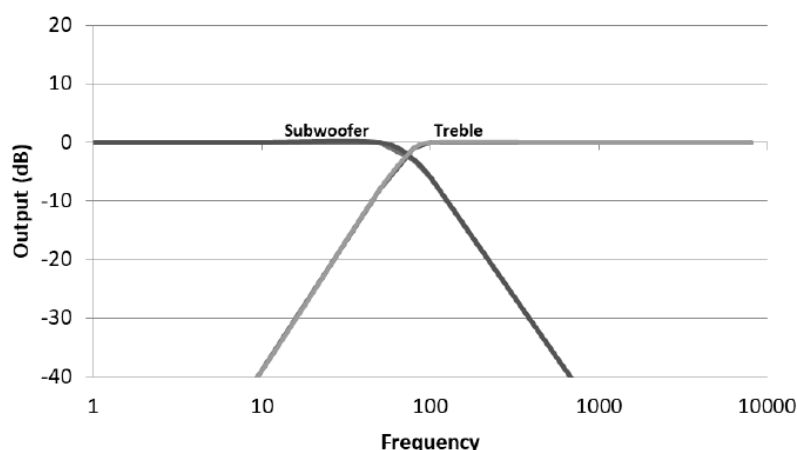


Figura 1: Rango de frecuencias





Figura 2: Clasificación de frecuencias

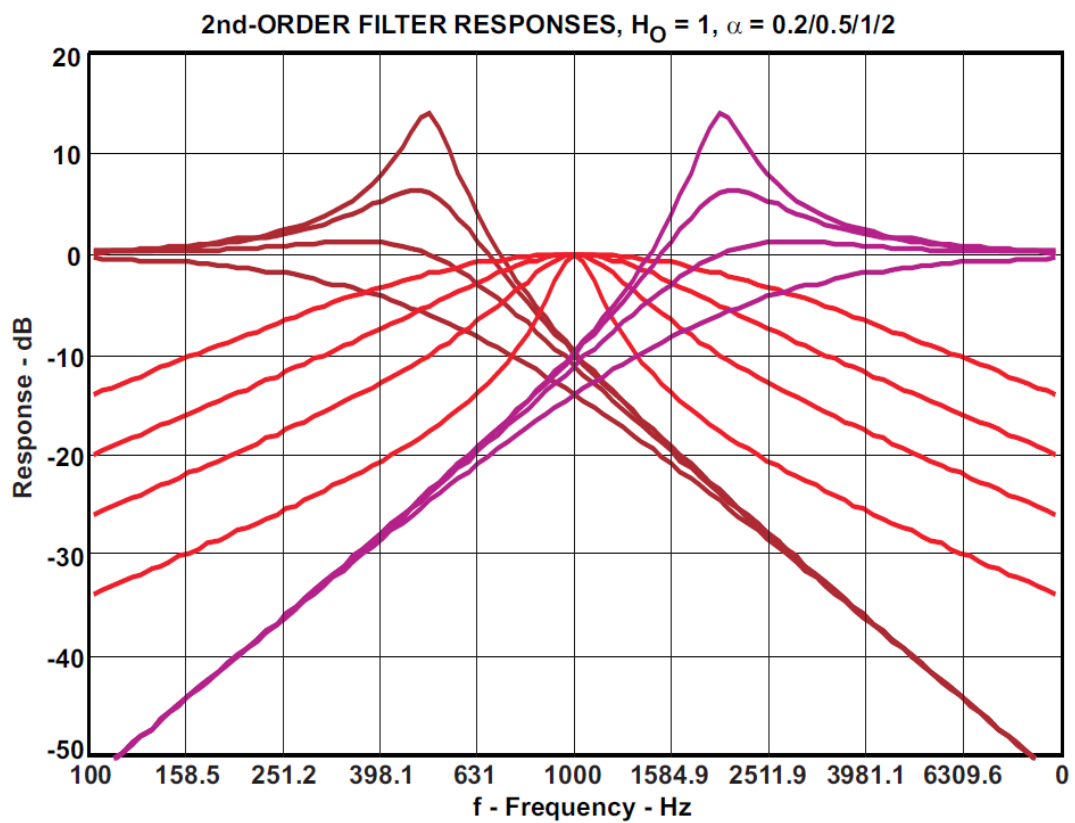


Figura 3: Familia de curva de los filtros de segundo orden



## Filtros pasa bajos

### ➤ No inversor

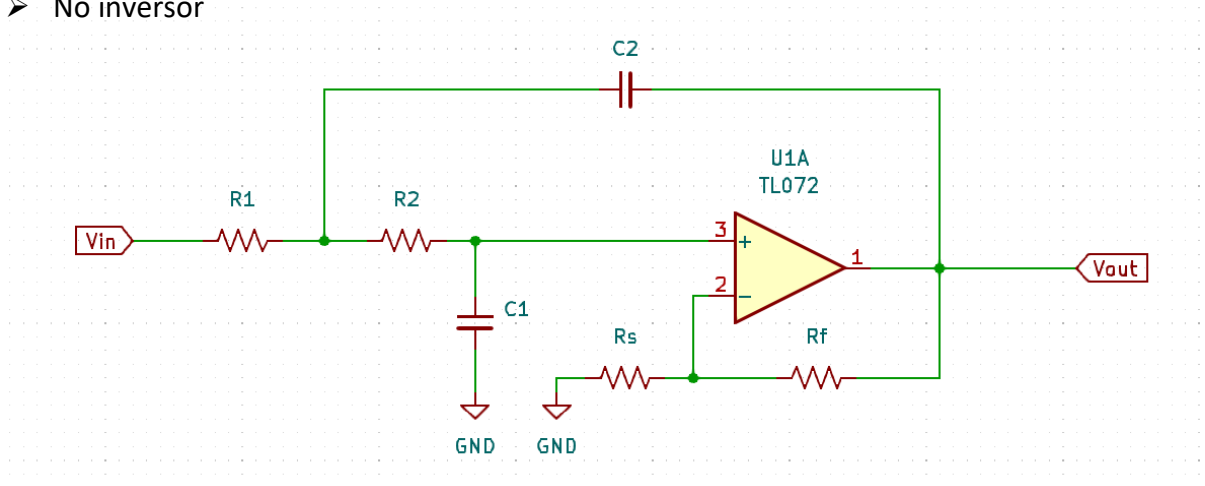


Figura 4: Configuración pasa bajos, no inversor

$H_0$	$k = 1 + \frac{R_f}{R_s}$
$f [Hz]$	$\frac{1}{2 \pi \sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}}$
$\alpha$	$(1 - k) \sqrt{\frac{R_1 C_1}{R_2 C_2}} + \sqrt{\frac{R_2 C_2}{R_1 C_1}} + \sqrt{\frac{R_1 C_2}{R_2 C_1}}$

### ➤ Inversor

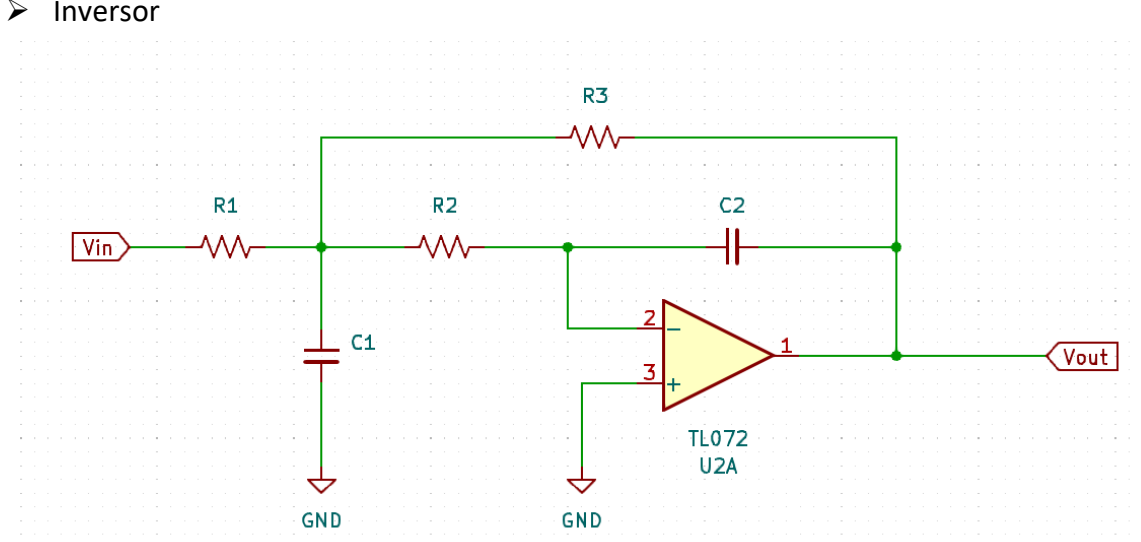


Figura 5: Configuración pasa bajos, inversor



$H_0$	$\frac{R_3}{R_1}$
$f [Hz]$	$\frac{1}{2 \pi \sqrt{R_2 R_3 C_1 C_2}}$
$\alpha$	$\sqrt{\frac{C_2}{C_1}} \left( \sqrt{\frac{R_2}{R_3}} + \sqrt{\frac{R_3}{R_2}} + \frac{\sqrt{R_2 R_3}}{R_1} \right)$

## Filtro pasa banda

- No inversor

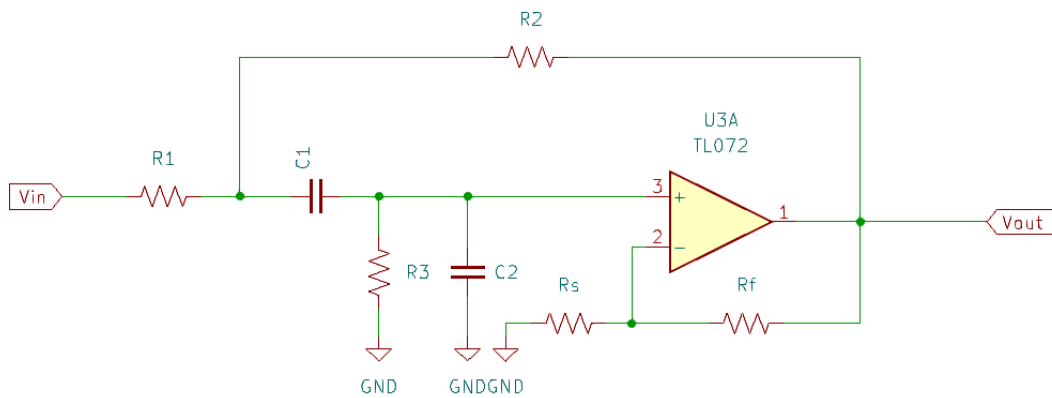


Figura 6: Configuración pasa banda, no inversor

$H_0$	$k = 1 + \frac{R_f}{R_s}$
$f [Hz]$	$\frac{1}{2 \pi \sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}}$
$\alpha$	$(1 - k) \sqrt{\frac{R_1 C_1}{R_2 C_2}} + \sqrt{\frac{R_2 C_2}{R_1 C_1}} + \sqrt{\frac{R_1 C_2}{R_2 C_1}}$



## ➤ Inversor

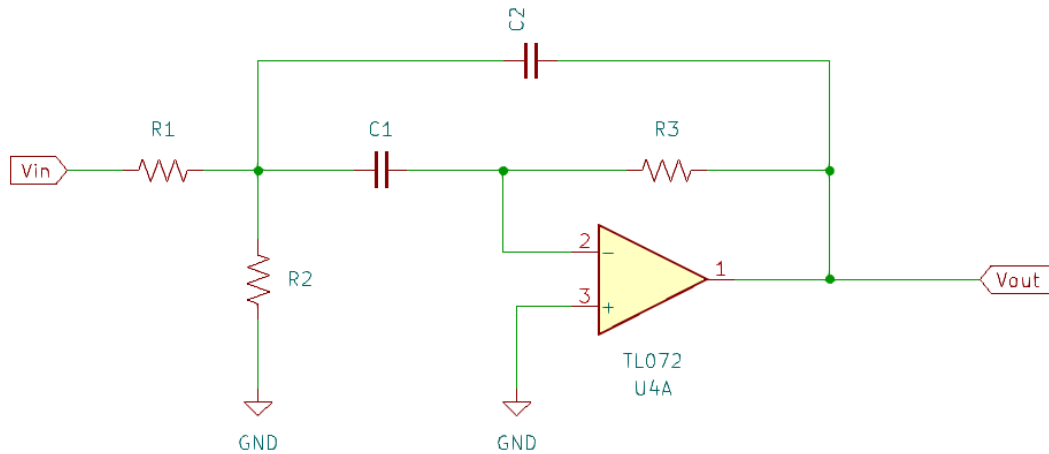


Figura 7: Configuración pasa banda, inversor

$H_0$	$\frac{\frac{R_3}{R_1}}{\left(1 + \frac{C_2}{C_1}\right)}$
$f [Hz]$	$\frac{1}{2 \pi \sqrt{\frac{R_1 R_2 R_3 C_1 C_2}{R_1 + R_2}}}$
$\alpha$	$\left(\sqrt{\frac{C_1}{C_2}} + \sqrt{\frac{C_2}{C_1}}\right) \sqrt{\frac{R_1 R_2}{R_3 (R_1 + R_2)}}$

## Filtro pasa altos

### ➤ No inversor

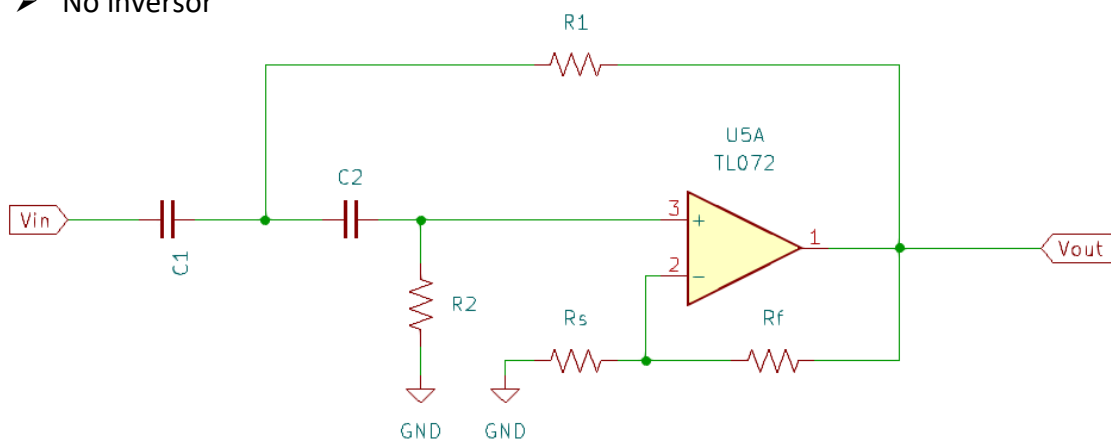


Figura 8: Configuración pasa altos, no inversor



$H_0$	$k = 1 + \frac{R_f}{R_s}$
$f [Hz]$	$\frac{1}{2 \pi \sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}}$
$\alpha$	$(1 - k) \sqrt{\frac{R_1 C_1}{R_2 C_2}} + \sqrt{\frac{R_2 C_2}{R_1 C_1}} + \sqrt{\frac{R_1 C_2}{R_2 C_1}}$

## ➤ Inversor

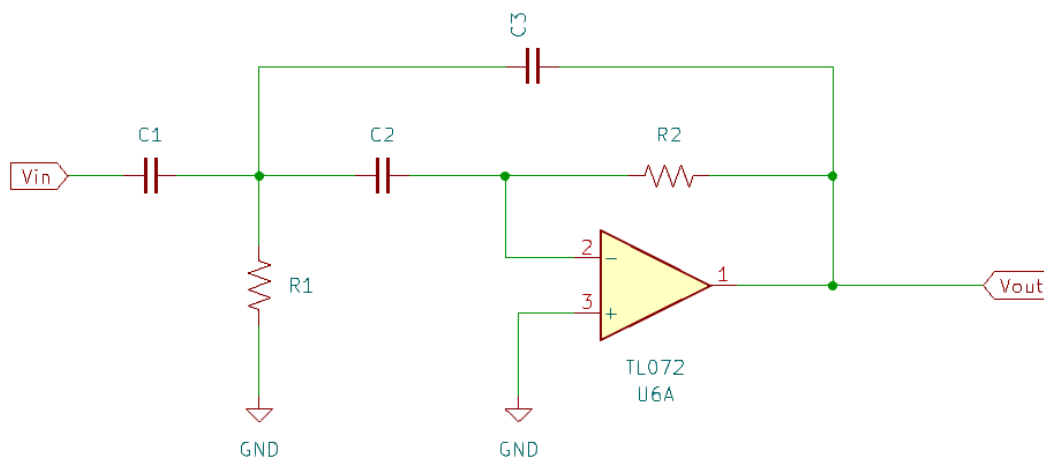


Figura 9: Configuración pasa altos, inversor

$H_0$	$\frac{C_1}{C_3}$
$f [Hz]$	$\frac{1}{2 \pi \sqrt{R_1 R_2 C_2 C_3}}$
$\alpha$	$\left( \frac{C_1}{\sqrt{C_2 C_3}} + \sqrt{\frac{C_2}{C_3}} + \sqrt{\frac{C_3}{C_2}} \right) \sqrt{\frac{R_1}{R_2}}$



## Filtros bi-cuadráticos

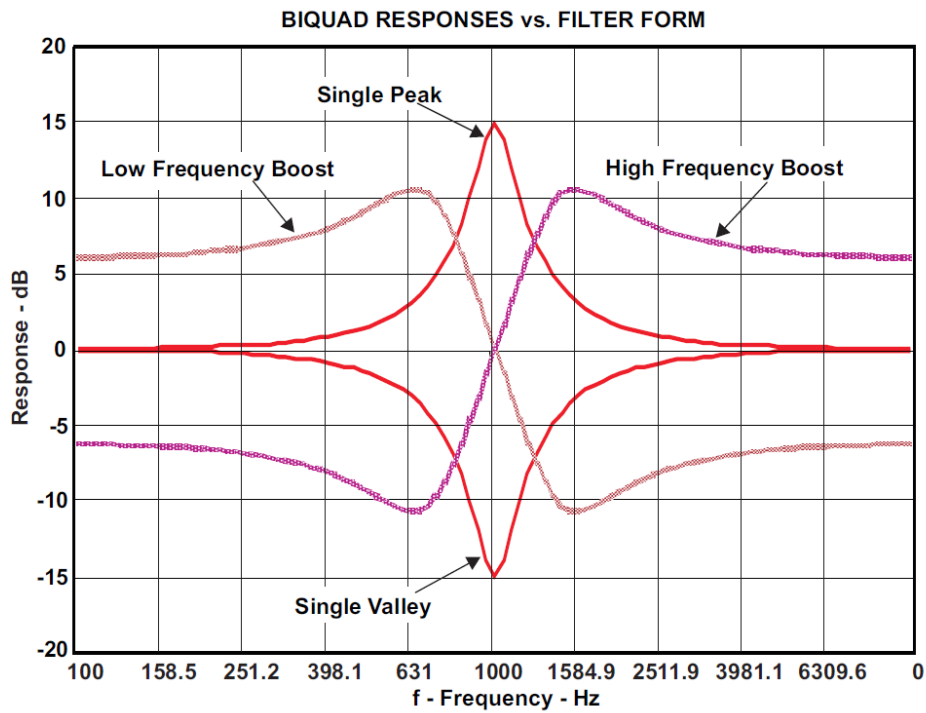


Figura 10: Familia de curvas de los filtros bicuadráticos

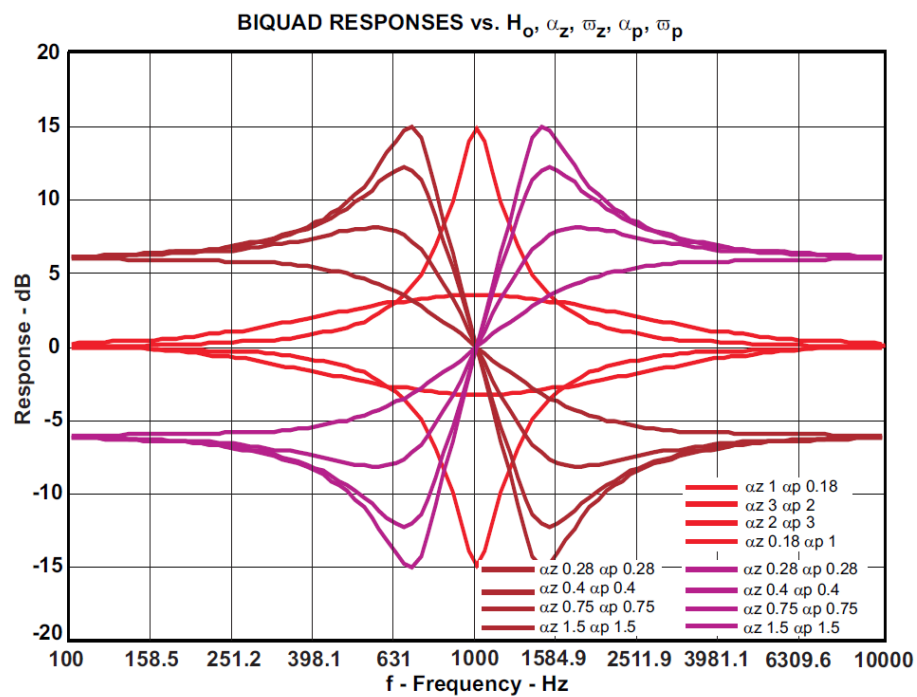


Figura 11: Familia de respuestas de los filtros bicuadráticos





- No inversor, boost de alta frecuencia

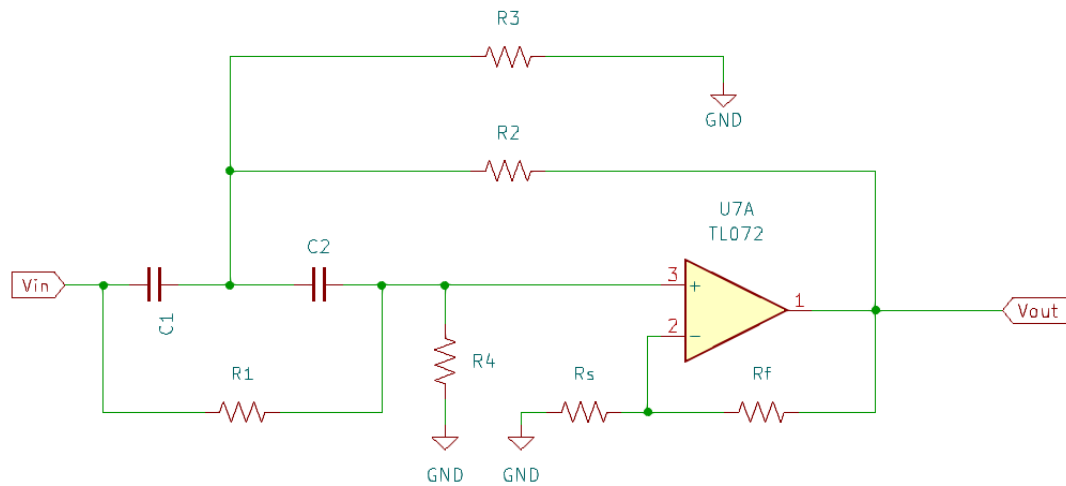


Figura 12: Configuración bicuadrático, no inversor, Boost de alta frecuencia

$H_0$	$k = 1 + \frac{R_f}{R_s}$
<b>D</b>	$\frac{R_3}{R_2 + R_3}$
<b><math>f</math> [Hz]</b>	$\frac{1}{2 \pi \sqrt{R_1 D R_2 C_1 C_2}}$
<b><math>\alpha_z</math></b>	$\frac{(C_1 + C_2) \sqrt{D R_2}}{\sqrt{R_1 C_1 C_2}}$



- No inversor, boost de baja frecuencia

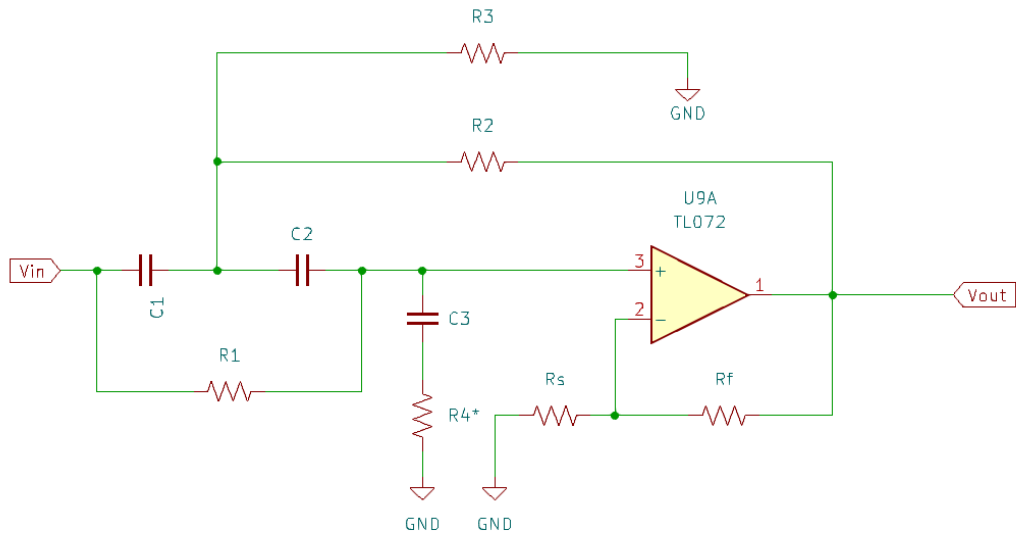


Figura 13: Configuración bicuadrático, no inversor, Boost de baja frecuencia

$$R_4 * \cong 100 \, \Omega$$

$H_0$	$k = 1 + \frac{R_f}{R_s}$
<b>D</b>	$\frac{R_3}{R_2 + R_3}$
<b>f [Hz]</b>	$\frac{1}{2 \pi \sqrt{R_1 D R_2 C_1 C_2}}$
<b><math>\alpha_z</math></b>	$\frac{(C_1 + C_2) \sqrt{D R_2}}{\sqrt{R_1 C_1 C_2}}$

