

uc3m

Universidad
Carlos III
de Madrid

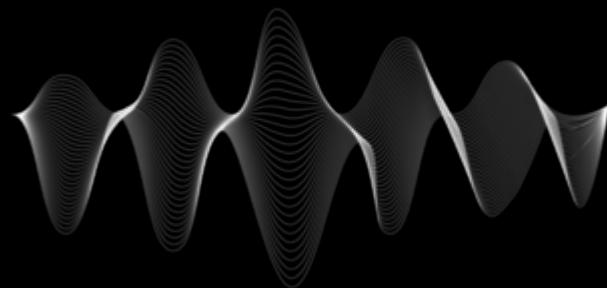
Grado en Ingeniería de Sonido e Imagen
2024-2025
Trabajo Fin de Grado

Desarrollo de Circuitos Analógicos para el procesamiento de Audio



Jimena del Carmen Díaz Padilla

Tutor: Jorge Pleite Guerra



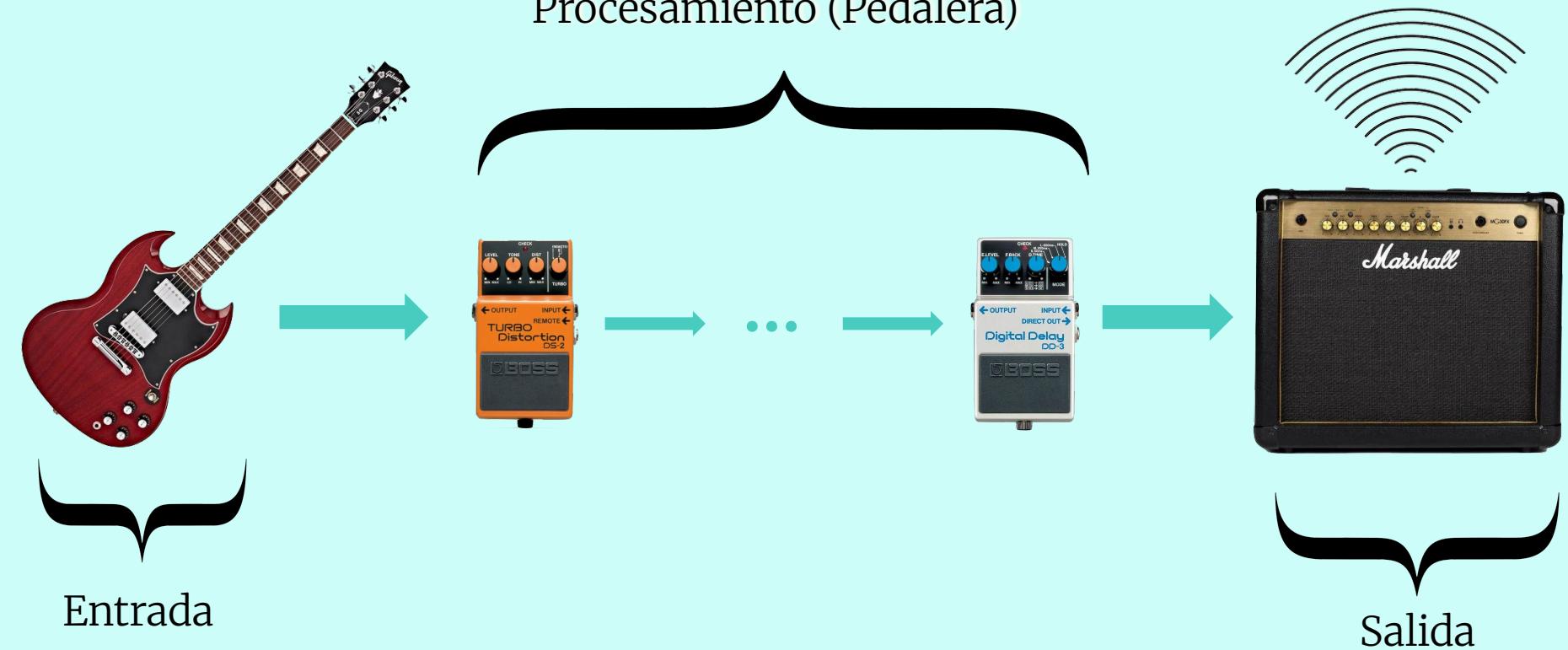
Contexto

Pedales de Efectos Musicales

- **Dispositivos electrónicos** de procesamiento de señal de **audio** para posterior amplificación
- Empleados principalmente con **guitarras eléctricas** (aunque no restringidos a ellas)



Procesamiento (Pedalera)



Problema

Los pedales (sobre todo los “vintage”) pueden causar pérdidas en:

- Tono (“Tonesuck”)
- Volumen



Causa

Adaptación pobre de impedancias entre la conexión guitarra-pedal, y pedal-siguiente dispositivo.

Aún así, son ampliamente utilizados debido a la **nostalgia** y el sonido “clásico” que aportan

Solución planteada

Diseñar y desarrollar un **pedal intermediario de acondicionamiento** de la señal que adapte impedancias de entrada y salida.

Input Buffer

Limitación



JHS Little Black Buffer

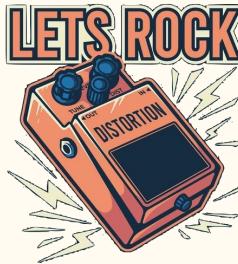


Radial StageBug SB-15

Son pedales muy simples. No aportan por sí mismos ninguna funcionalidad adicional.

Objetivos

Principalmente: Desarrollar un pedal analógico de mejora y acondicionamiento de la señal mediante buffer, distorsión boost/overdrive multibanda y un ecualizador simple.



Se consigue ampliar la funcionalidad de buffer para dar más versatilidad y control al usuario

1. Diseño de circuito analógico de audio para adaptar impedancias de entrada y salida (**buffer**).
2. Diseño de circuito analógico de audio para adaptar impedancias de entrada y salida (**buffer**), con posible **suministro de distorsión**.
3. Diseño de circuito analógico de audio para adaptar impedancias de entrada y salida (**buffer**), con posible **suministro de distorsión en bandas frecuenciales y ecualizador**.
4. Simulación de los circuitos mediante **LTS spice**.
5. Medidas en **laboratorio** de prototipos de los circuitos.

AO

Amplificador
Operacional

MOSFET

Transistor MOSFET

Distorsión
Multibanda y EQ

Distorsión

Input Buffer

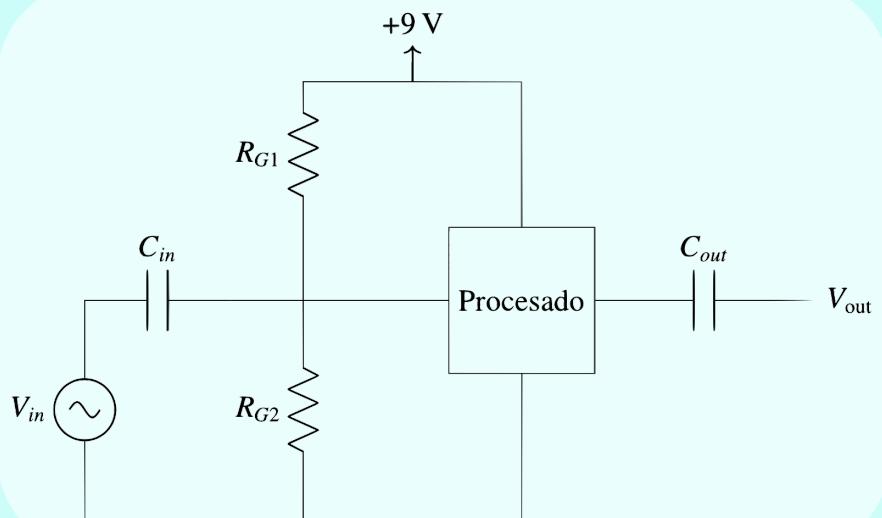
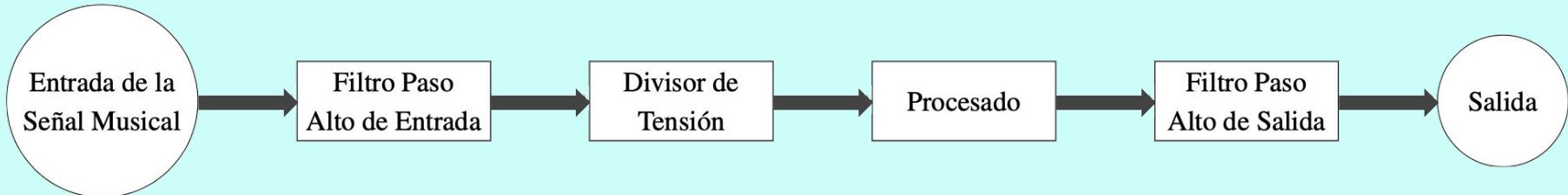
AO



MOSFET



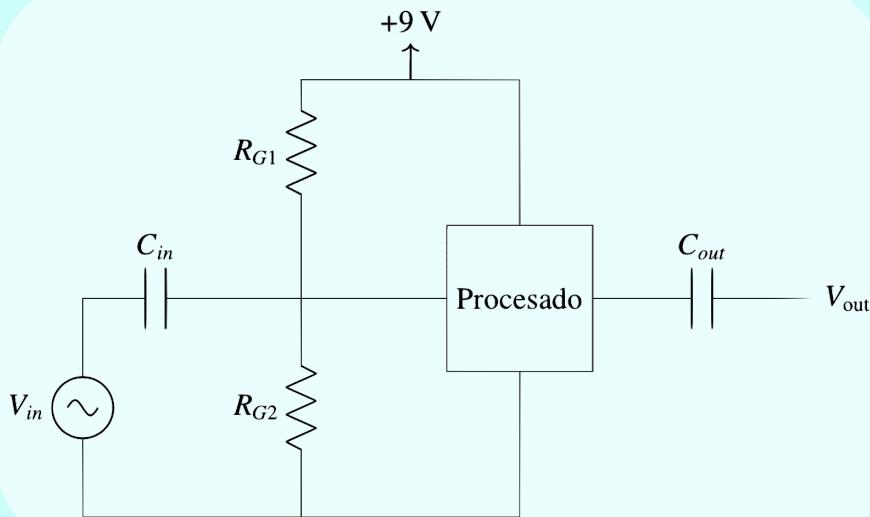
Diseño Teórico y Requisitos



- \uparrow Impedancia de entrada
- \downarrow Impedancia de salida
- Alimentación +9V (estándar pedales)
- Rango frecuencial audible [20,20k]Hz
- Eliminar componentes DC en entrada
- Punto de trabajo a +4,5V
- Eliminar los +4,5 V a la salida

Diseño Teórico y Requisitos

- **Cin:** Desacopla componente DC. Forma el filtro paso alto junto a RG1 y RG2.
- **RG1 y RG2:** Conforman el divisor de tensión que:
 - Ajusta el punto de trabajo.
 - Define impedancia de entrada.
 - Completa el filtro paso alto con Cin.
- **Procesado:** Depende del circuito en cuestión. Funcionalidad básica → **Buffer**
- **Cout:** Desacopla la componente continua del punto de trabajo.



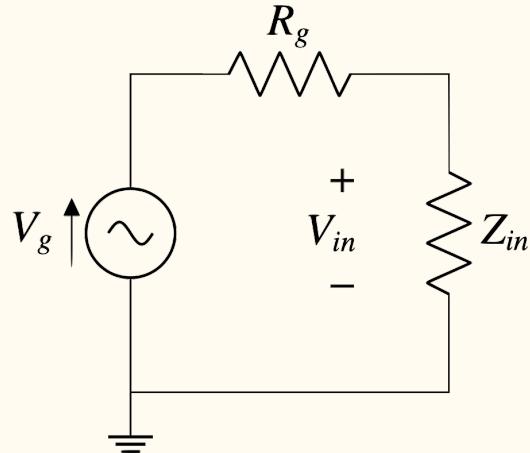
Diseños de componentes comunes

Impedancias de entrada y salida

Zin

Definida por la conexión guitarra-pedal según un divisor de tensión.

→ Equivalente de Thévenin



- V_g : Señal de la guitarra
- R_g : Impedancia de salida de la guitarra
- Z_{in} : Impedancia de entrada del buffer
- V_{in} : Tensión de entrada del buffer

$$V_{in} = V_g \cdot \frac{Z_{in}}{Z_{in} + R_g}$$

Conviene $Z_{in} \gg R_g$ tal que $V_{in} = V_g$

¿Cuánto tiende a valer R_g ?

Zin

Rg depende de la pastilla de la guitarra eléctrica.

- Single Coil (bobina simple): 4 kΩ - 10 kΩ
- Humbucker (bobina doble): 8 kΩ - 20 kΩ
- Pastillas Activas: 1 kΩ - 10 kΩ
- Pastillas Piezoeléctricas: 1 MΩ - 5 MΩ

Más típicas:



→ Se tomará el peor caso: $Rg = 20 \text{ k}\Omega$

Así:

$$Zin \gg 20 \text{ k}\Omega$$

¿Qué tan más grande?

→ *Depende de las pérdidas*

→ *Depende de Ri*

(Impedancia de entrada del AO/MOSFET)

Se verá más adelante que en ambos casos: $Zin // Ri$

→ $Ri \gg Zin$

Zin

Ri más bajo aceptable: $10 \text{ M}\Omega$

Se tomará como valor ideal de Zin 10 veces menos Ri (para evitar efectos de carga); es decir, $1 \text{ M}\Omega$. Se considerará que:

Pérdidas	Categoría	Ganancia (Vin/Vg)
1 %	Imperceptibles	0, 99
3 %	Apenas audible	0, 97
5 %	Perceptible, mas aceptable	0, 95
$\leq 10 \text{ \%}$	Perceptible, no aceptable	0, 90

$$V_{in} = V_g \cdot \frac{Z_{in}}{Z_{in} + R_g}$$

Entonces:

- $Z_{in} = 1 \text{ M}\Omega$:

$$V_{in} = V_g \cdot \frac{Z_{in}}{Z_{in} + R_g} = V_g \cdot \frac{1 \times 10^6}{1 \times 10^6 + 20 \times 10^3} \approx V_g \cdot 0,98$$

- $Z_{in} = 500 \text{ k}\Omega$:

$$V_{in} = V_g \cdot \frac{Z_{in}}{Z_{in} + R_g} = V_g \cdot \frac{500 \times 10^3}{500 \times 10^3 + 20 \times 10^3} \approx V_g \cdot 0,96$$

- $Z_{in} = 200 \text{ k}\Omega$:

$$V_{in} = V_g \cdot \frac{Z_{in}}{Z_{in} + R_g} = V_g \cdot \frac{200 \times 10^3}{200 \times 10^3 + 20 \times 10^3} \approx V_g \cdot 0,90$$

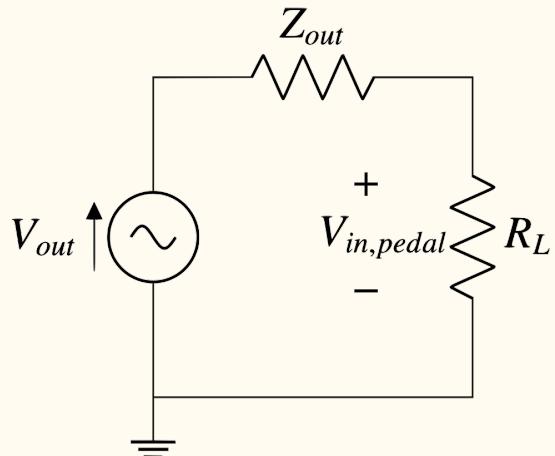
- $Z_{in} = 100 \text{ k}\Omega$:

$$V_{in} = V_g \cdot \frac{Z_{in}}{Z_{in} + R_g} = V_g \cdot \frac{100 \times 10^3}{100 \times 10^3 + 20 \times 10^3} \approx V_g \cdot 0,83$$

Zout

Definida por la conexión pedal-siguiente dispositivo (normalmente otro pedal) según un divisor de tensión.

→ Equivalente de Thévenin



- **Vout:** Señal de salida del pedal
- **Zout:** Impedancia de salida del pedal
- **RL:** Impedancia de entrada del siguiente dispositivo (carga)
- **Vin,pedal:** Tensión de entrada del siguiente dispositivo

$$V_{in,pedal} = V_{out} \cdot \frac{R_L}{R_L + Z_{out}}$$

Conviene $R_L \gg Z_{out}$ tal que $V_{in,pedal} = V_{out}$

¿Cuánto tiene que valer RL?

Zout

RL depende del siguiente dispositivo.

Peor caso →

Zin Fulltone '69 Fuzz

40 kΩ

Sin embargo: según fuentes en internet, puede bajar variando la perilla de volumen a:

10 kΩ



Así:

$$10 \text{ k}\Omega \gg Z_{\text{out}}$$

¿Qué tan más pequeño?

Valor más alto aceptable Zout:

10 veces menos el de RL → 1 kΩ

■ $Z_{\text{out}} = 50\Omega$:

$$V_{in,pedal} = V_{out} \cdot \frac{R_L}{R_L + Z_{out}} = V_{out} \cdot \frac{10 \times 10^3}{10 \times 10^3 + 50} \approx V_{out} \cdot 0,99$$

■ $Z_{\text{out}} = 250\Omega$:

$$V_{in,pedal} = V_{out} \cdot \frac{R_L}{R_L + Z_{out}} = V_{out} \cdot \frac{10 \times 10^3}{10 \times 10^3 + 250} \approx V_{out} \cdot 0,98$$

■ $Z_{\text{out}} = 500\Omega$:

$$V_{in,pedal} = V_{out} \cdot \frac{R_L}{R_L + Z_{out}} = V_{out} \cdot \frac{10 \times 10^3}{10 \times 10^3 + 500} \approx V_{out} \cdot 0,95$$

■ $Z_{\text{out}} = 1 \text{ k}\Omega$:

$$V_{in,pedal} = V_{out} \cdot \frac{R_L}{R_L + Z_{out}} = V_{out} \cdot \frac{10 \times 10^3}{10 \times 10^3 + 1 \times 10^3} \approx V_{out} \cdot 0,90$$

Diseño de RG1 y
RG2

RG1 y RG2

Fijación punto de trabajo

+4,5 V

Divisor de tensión entre +9 V y tierra

$$4,5 = 9 \cdot \frac{R_{G2}}{R_{G1} + R_{G2}} = 9 \cdot \frac{R_{G2}}{R_{G2} + R_{G2}} = 9 \cdot \frac{R_{G2}}{2 \cdot R_{G2}} = 9 \cdot \frac{1}{2} = 4,5$$

Entonces:

RG1 = RG2

Fijación valores

Dependerá de su valor equivalente RG (paralelo de ambas)

$$R_G = R_{G1} \parallel R_{G2} = R_{G1} \parallel R_{G1} = \frac{1}{\frac{1}{R_{G1}} + \frac{1}{R_{G1}}} = \frac{1}{\frac{2}{R_{G1}}} = \frac{R_{G1}}{2} = \frac{R_{G2}}{2}$$

RG define Zin (si Ri >> RG)

$$Z_{in} = R_G \parallel R_i = \frac{1}{\frac{1}{R_G} + \frac{1}{R_i}} \approx R_G$$

RG1 y RG2

Despejando RG de la expresión, y tomando como valor mínimo de Ri, los 10 MΩ:

$$R_G = \frac{Z_{in} \cdot R_i}{R_i - Z_{in}} = \frac{1 \times 10^6 \cdot 10 \times 10^6}{10 \times 10^6 - 1 \times 10^6} \approx 1,11 \text{ M}\Omega$$

Recordando que RG1 = RG2, y que:

$$R_G = \frac{R_{G1}}{2} = 1,11 \text{ M}\Omega$$

Entonces:

$$\Rightarrow R_{G1} = R_{G2} = R_G \cdot 2 = 1,11 \times 10^6 \cdot 2 = 2,22 \text{ M}\Omega$$

Diseño de Cin

Cin

Frecuencia de corte del Filtro Paso Alto a la entrada

Máximo: **20 Hz**

$$f_{c,in} = \frac{1}{2\pi R_G C_{in}}$$

Despejando:

$$C_{in,min} = \frac{1}{2\pi R_G f_{c,max}}$$

$$C_{in} = \frac{1}{2\pi \cdot 1 \times 10^6 \cdot 20} \approx 7,96 \text{ nF}$$

Se puede tomar un valor mayor de Cin a modo de dar margen, por ejemplo, 1 μF . Así:

$$f_{c,in} = \frac{1}{2\pi R_G C_{in}} = \frac{1}{2\pi \cdot 1 \times 10^6 \cdot 1 \times 10^{-6}} \approx 0,16 \text{ Hz}$$

Con lo que:

$$C_{in} = 1 \mu\text{F}$$

Diseño de Cout

C_{out}

Frecuencia de corte del Filtro Paso Alto a la salida

Máximo: **20 Hz**

$$f_{c,out} = \frac{1}{2\pi R_L C_{out}}$$

$$f_{c,out} = \frac{1}{2\pi R_L C_{out}} = \frac{1}{2\pi \cdot 10 \times 10^3 \cdot 1 \times 10^{-6}} \approx 15,91 \text{ Hz}$$

Con lo que:

Despejando:

$$C_{out,min} = \frac{1}{2\pi R_L f_{c,max}} = \frac{1}{2\pi \cdot 10 \times 10^3 \cdot 20} \approx 795,77 \text{ nF}$$

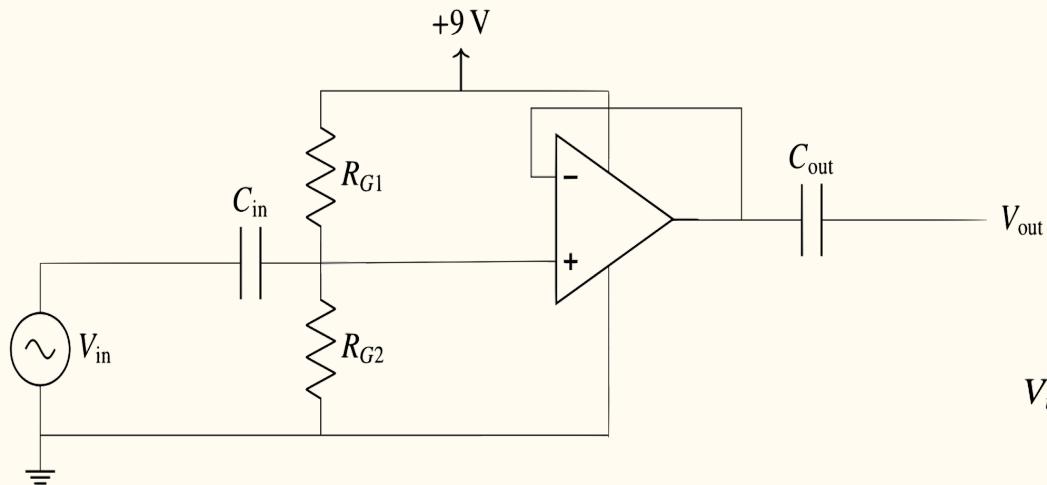
$$C_{out} = 1 \mu\text{F}$$

Se puede tomar el mismo valor usado para C_{in} para mayor practicidad, por las mismas razones. Así:

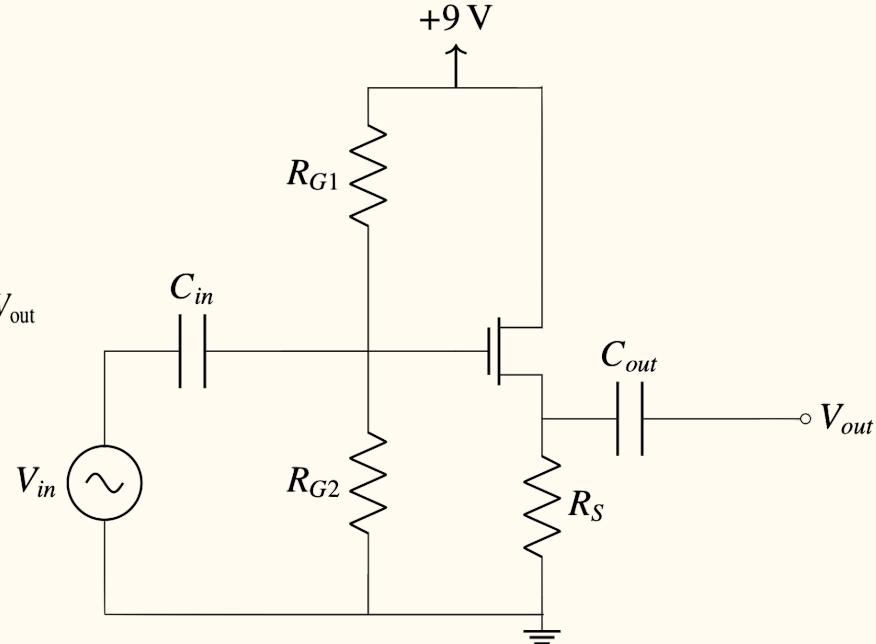
Resumen de Input Buffer AO/MOSFET

Elección de Componente Activo

Buffer basado en AO



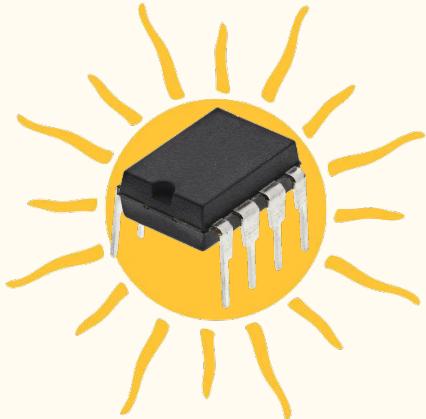
Buffer basado en MOSFET



Estudios: Gran Señal, Pequeña Señal, Tensión Continua...

Elección de Componente Activo

*¿Amplificador Operacional
o MOSFET?*

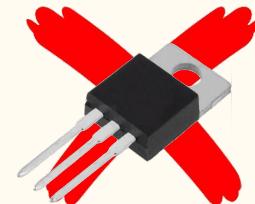


→Amplificador Operacional
Modelo TL072

- ↑R_i
- ↓R_o
- Topologías sencillas y modulares
- Prestaciones en general ideales
- El chip trae 2 AO

Problema Transistor →

- Z_{out}
- G
- Pt. Trabajo



Problema Transistor

Ganancia:

$$\frac{R_S \parallel R_o \cdot g_m}{1 + R_S \parallel R_o \cdot g_m} \approx 1$$

Impedancia de Salida:

$$\frac{R_S}{1 + R_S \cdot g_m}$$

Sin embargo...

$$V_{GS_Q} = \frac{4,5 \cdot \frac{2}{K_o} + V_t}{1 + \frac{2}{K_o}}$$



→ Conviene $\uparrow R_S$

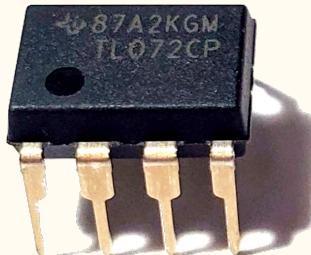
Ko = RS · gm
Vt!!
→ Conviene $\downarrow R_S$ (Margen)

Características Input Buffer AO con TL072

- $R_i = 10 \text{ M}\Omega$
- $R_o = 200 \Omega$

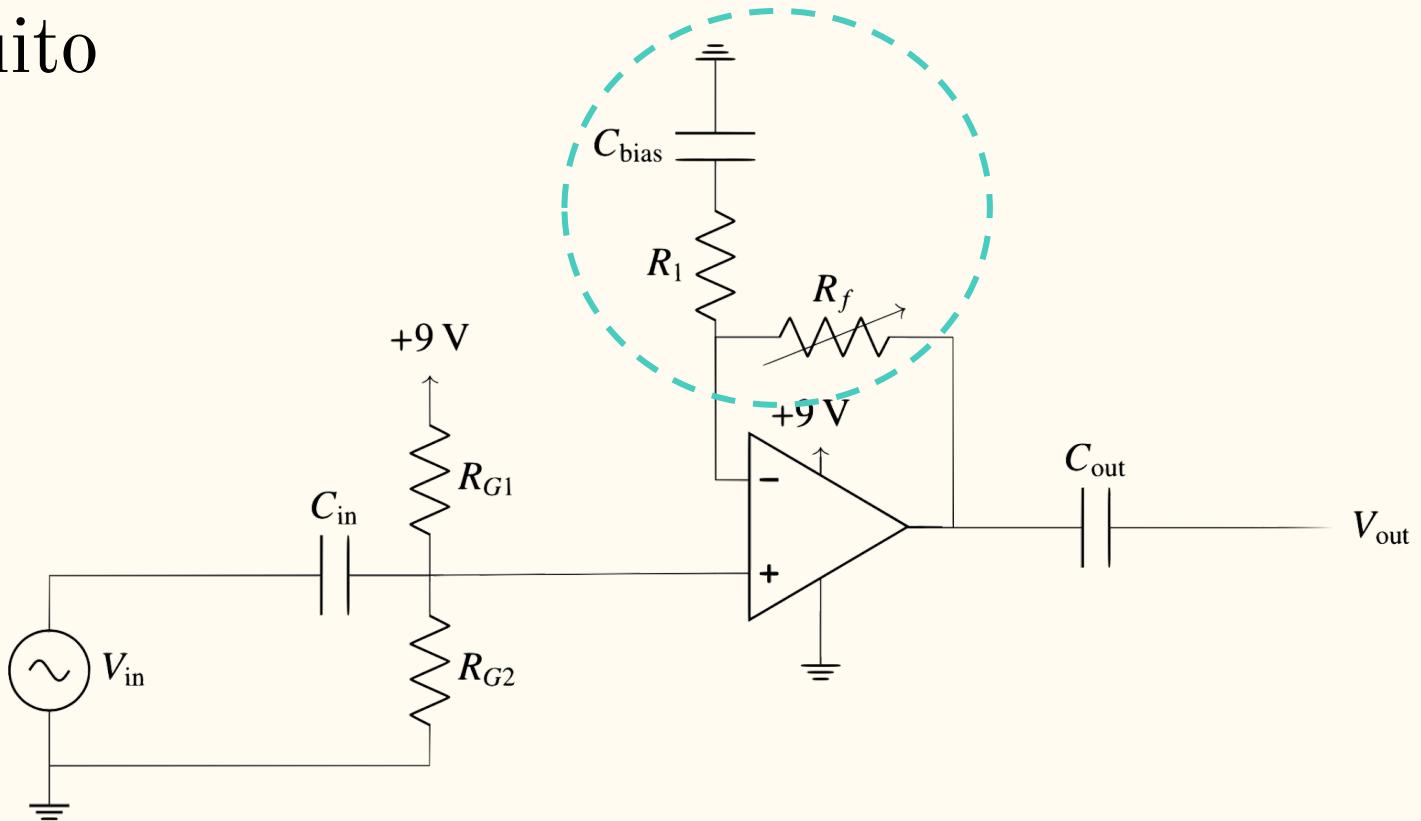
- $Z_{in} = 1 \text{ M}\Omega$
- $Z_{out} = 2 \text{ m}\Omega$
- $G = 1$

- $Z_{in,LA} = 1 \text{ M}\Omega$
- $Z_{in,LC} = 100 \text{ G}\Omega$
- $Z_{out,LA} = 200 \Omega$
- $Z_{out,LC} = 2 \text{ m}\Omega$



Resumen de Input Buffer con Distorsión

Circuito

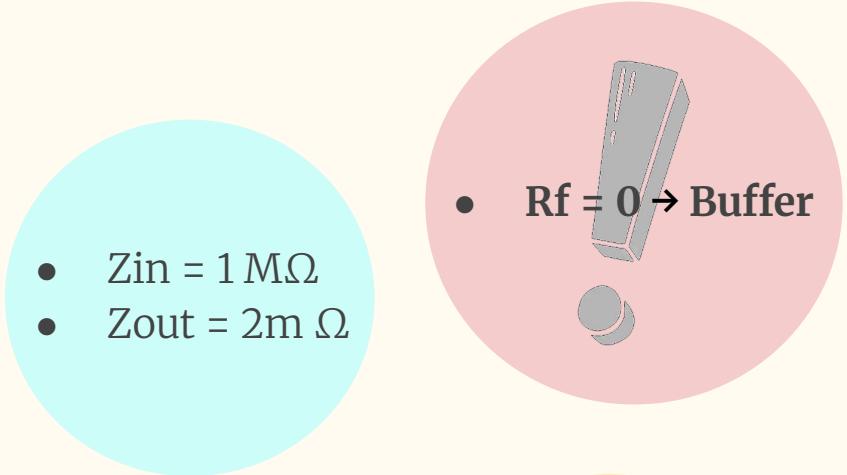


Características Principales

Basado en TL072

$$1 + \frac{R_f}{R_1 + Z_{C_{bias}}} \quad \left. \right\} \text{Ganancia}$$

- **R_f = 500 kΩ (máx):** Potenciómetro de suministro de distorsión.
- **R₁ = 15 kΩ:** Control de la distorsión. Con este valor, el potenciómetro empieza a distorsionar tipo Boost, hasta ¼ del recorrido; luego Overdrive.
- **C_{bias} = 1 μF:** Filtra los +4,5 V para no amplificarlos.

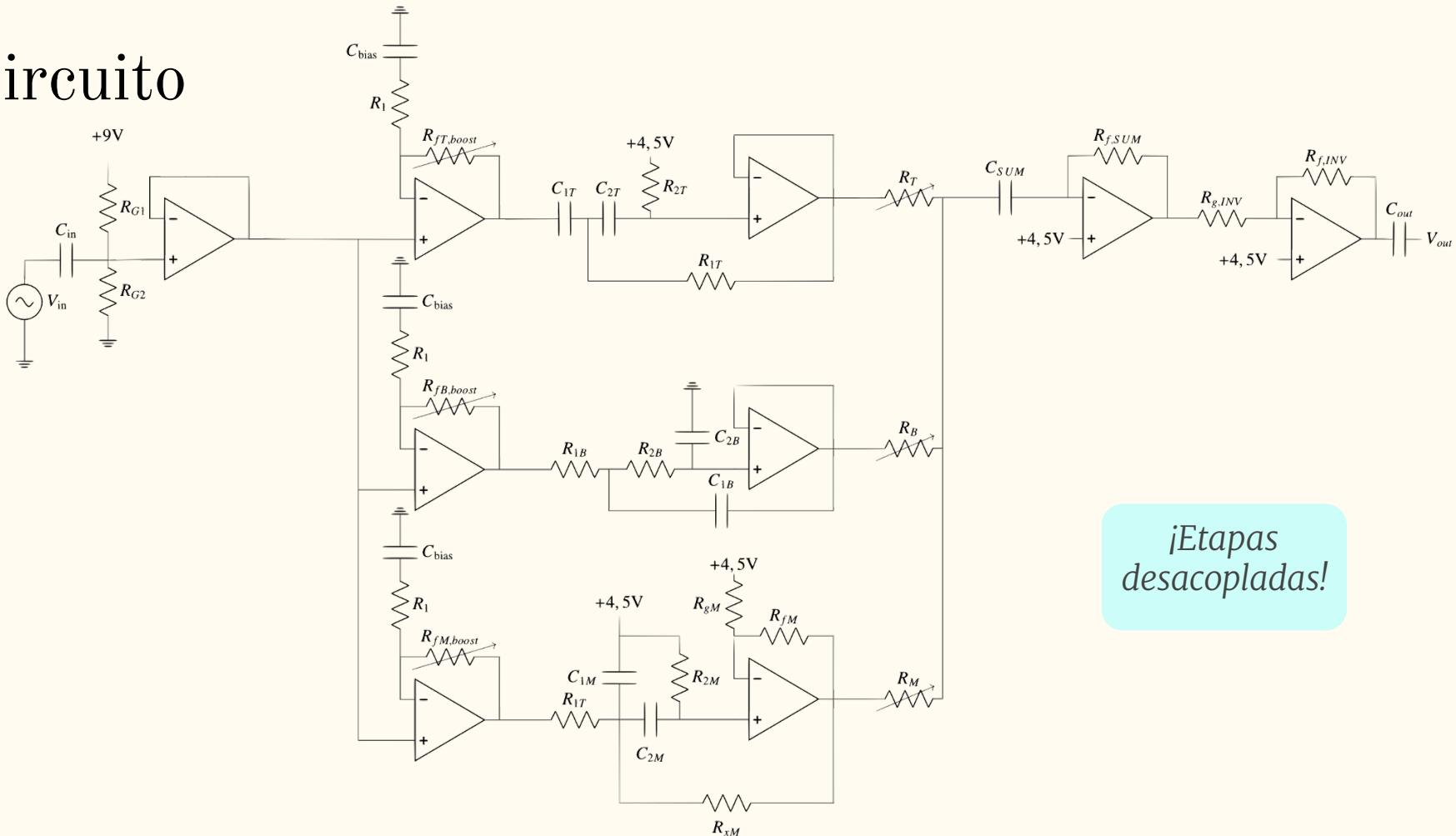


- Z_{in} = 1 MΩ
- Z_{out} = 2 mΩ

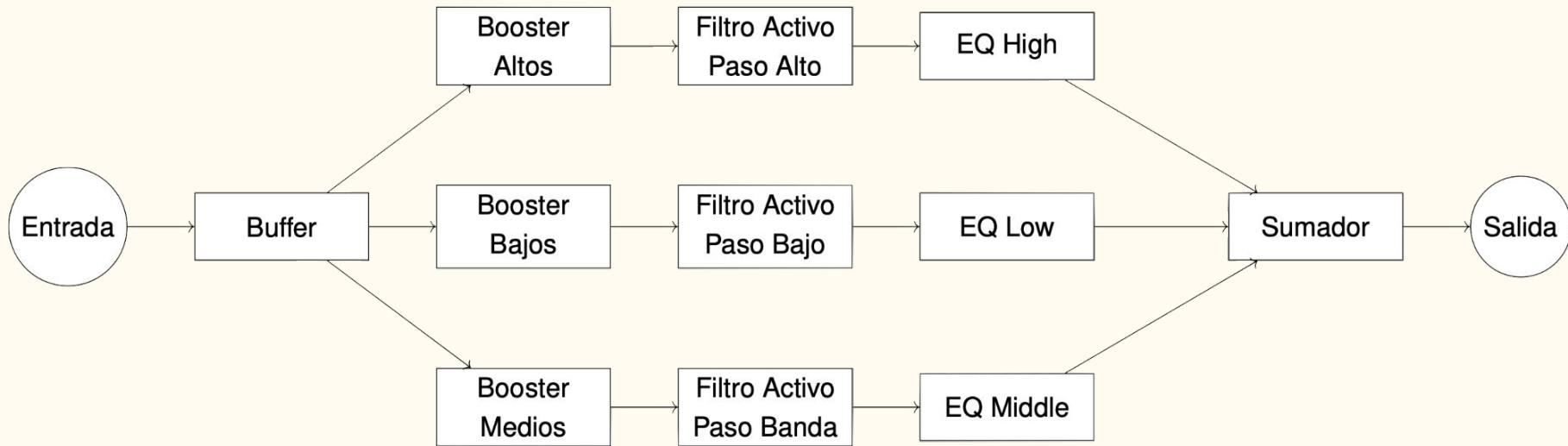


Input Buffer con Distorsión Multibanda y EQ

Circuito



Diagrama



Switch

No mostrado en el esquema circuital y en el diagrama por simplicidad.

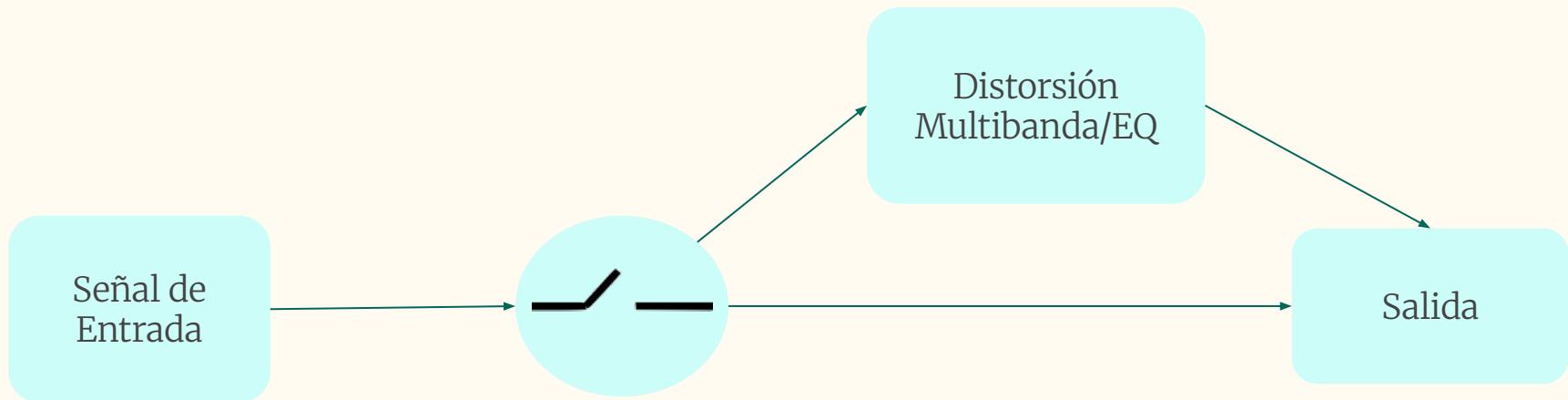
Buffer puro

o

Distorsión EQ



En limpio es casi
plano, pero no
perfectamente



Diseño de los Filtros Activos

Filtros Activos

Tipo Sallen-Key 2do grado

Evitan solapamiento entre bandas

+

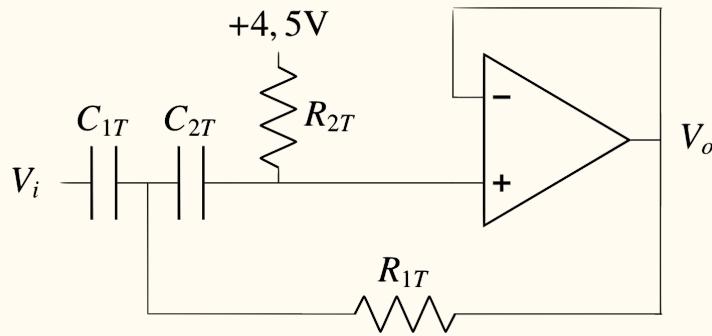
Precisión

- Realimentación negativa y positiva
- Estudio en dominio de *Laplace*
- Basados en TL072
- Butterworth



Banda Frecuencial	Rango	Frecuencia de Corte
Bajos	[0, 200) Hz	150 Hz
Medios	[200, 1k) Hz	400 Hz
Agudos	[1k, 20k] Hz	1,1 kHz

Filtro Paso Alto



Función de Transferencia:

$$\frac{V_o}{V_i}(s) = \frac{s^2}{s^2 + \frac{s}{R_2} \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \right) + \frac{1}{C_1 C_2 R_1 R_2}}$$

Función de Transferencia Canónica:

$$\frac{V_o}{V_i}(s) = \frac{s^2}{s^2 + \frac{\omega_0}{Q}s + \omega_0^2}$$

Identificando parámetros:

$$\omega_0^2 = \frac{1}{C_1 C_2 R_1 R_2}$$

$$\frac{\omega_0}{Q} = \frac{1}{R_2} \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \right)$$

Frecuencia natural

Cociente Frecuencia natural/Factor de calidad

Filtro Paso Alto

Por simplicidad:

$$C_1 = C_2 = C = 6,8 \text{ nF}$$

$$Q = 0,7 \text{ (Precisión suficiente)}$$

Se calcula ω_0 con f_c :

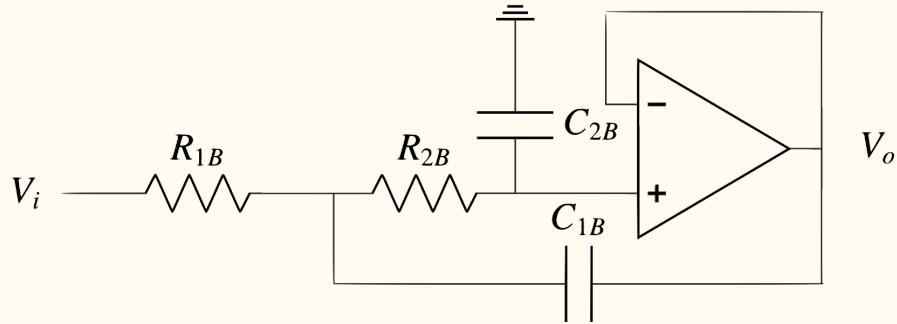
$$\omega_0 = 2\pi f_c = 2\pi \times 1,1 \times 10^3 \approx 6911,5 \text{ rad/s}$$

Se despejan y calculan las resistencias:

$$R_2 = \frac{2 \times 0,7}{6,8 \times 10^{-9} \times 6911,5} \approx 30,09 \text{ k}\Omega$$

$$R_1 = \frac{1}{2 \times 6,8 \times 10^{-9} \times 6911,5 \times 0,7} \approx 15,06 \text{ k}\Omega$$

Filtro Paso Bajo



Función de Transferencia:

$$\frac{V_o}{V_i}(s) = \frac{1}{C_1 C_2 R_1 R_2} \cdot \frac{1}{s^2 + \frac{s}{C_1} \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_1} \right) + \frac{1}{C_1 C_2 R_1 R_2}}$$

Función de Transferencia Canónica:

$$\frac{V_o}{V_i}(s) = \frac{\omega_0^2}{s^2 + \frac{\omega_0}{Q}s + \omega_0^2}$$

Identificando parámetros:

$$\omega_0^2 = \frac{1}{C_1 C_2 R_1 R_2}$$

$$\frac{\omega_0}{Q} = \frac{1}{C_1} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

Filtro Paso Bajo

Por simplicidad:

$$R_1 = R_2 = R = 300 \text{ k}\Omega$$

$$Q = 0,7 \text{ (Precisión suficiente)}$$

Se calcula ω_0 con f_c :

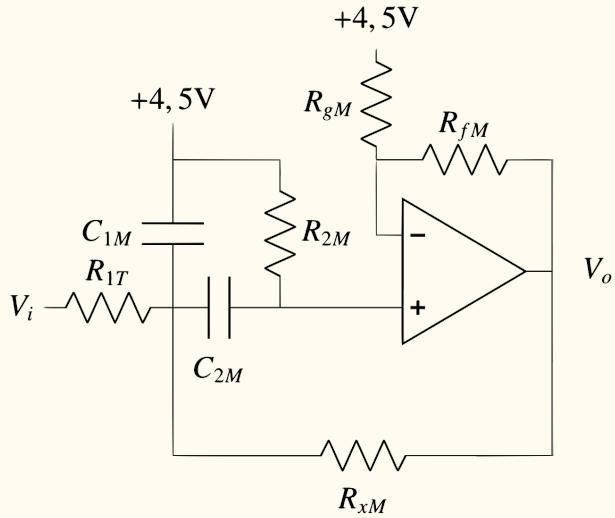
$$\omega_0 = 2\pi f_c = 2\pi \cdot 150 \approx 942,48 \text{ rad/s}$$

Se despejan y calculan las capacitancias:

$$C_1 = \frac{2 \cdot 0,7}{300 \times 10^3 \cdot 942,48} \approx 4,95 \text{ nF}$$

$$C_2 = \frac{1}{4,95 \times 10^{-9} \cdot (300 \times 10^3 \cdot 942,48)^2} \approx 2,53 \text{ nF}$$

Filtro Paso Banda



Función de Transferencia:

$$\frac{V_o(s)}{V_i(s)} = \frac{s \left(1 + \frac{R_f}{R_g}\right) \cdot \frac{1}{R_1 C_1}}{s^2 + s \left(\frac{1}{R_1 C_1} + \frac{1}{R_2 C_1} + \frac{1}{R_2 C_2} - \frac{R_f}{R_g R_X C_1}\right) + \frac{R_1 + R_X}{R_1 R_2 R_X C_1 C_2}}$$

Función Canónica:

$$\frac{V_o}{V_i}(s) = \frac{\frac{\omega_0}{Q}s}{s^2 + \frac{\omega_0}{Q}s + \omega_0^2}$$

Identificando parámetros:

$$\omega_0^2 = \frac{R_1 + R_X}{R_1 R_2 R_X C_1 C_2}$$

$$\frac{\omega_0}{Q} = \frac{1}{R_1 C_1} + \frac{1}{R_2 C_1} + \frac{1}{R_2 C_2} - \frac{R_f}{R_g R_X C_1}$$

$$\frac{\omega_0}{Q} = \left(1 + \frac{R_f}{R_g}\right) \cdot \frac{1}{R_1 C_1}$$

Ganancia en banda

Filtro Paso Banda

Por simplicidad:

$$R_1 = R_2 = R = 200 \text{ k}\Omega$$

$$Q = 0,3 \text{ (Mayor cobertura)}$$

$$R_X = 1 \text{ M}\Omega$$

Se calcula ω_0 con f_c :

$$\omega_0 = 2\pi f_c = 2\pi \cdot 400 \approx 2513,27 \text{ rad/s}$$

Se despejan y calculan las capacitancias:

$$C_1 C_2 = \frac{R_1 + R_X}{R_1 R_2 R_X \omega_0^2}$$

$$C_1 C_2 = \frac{200 \times 10^3 + 1 \times 10^6}{(200 \times 10^3 \cdot 2513,27)^2 \cdot 1 \times 10^6} \approx 4,75 \times 10^{-18} \text{ F}^2$$

Por simplicidad:

$$C_1 = 1 \text{ nF}$$

$$C_2 = 4,75 \text{ nF}$$

Filtro Paso Banda

Pico de ganancia distinto a 0 dB

→ Atenuación en numerador depende de:

$$\frac{S}{R_1 C_1}$$

Si se ubica en la frecuencia natural, se puede calcular la atenuación:

$$K = \frac{Q}{R_1 C_1 \omega_0} = \frac{0,3}{200 \times 10^3 \cdot 1 \times 10^{-9} \cdot 2513,27} \approx 0,59$$

Se solventa con la ganancia suministrada por:

$$1 + \frac{R_f}{R_g}$$

Con $R_f = R_g$, se consigue ganancia 2

Empíricamente → Suficiente

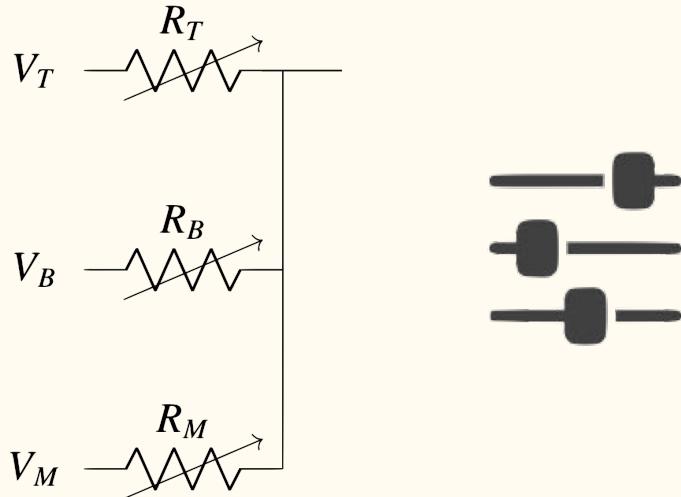
(Efecto de picos y valles provocados por el solapamiento entre bandas)

Diseño de los Ecualizadores

Ecuilizador

Tres potenciómetros del mismo valor

Estas conforman las resistencias de entrada necesarias para el sumador.



↑Potenciómetro



↑Caída voltaje en potenciómetro

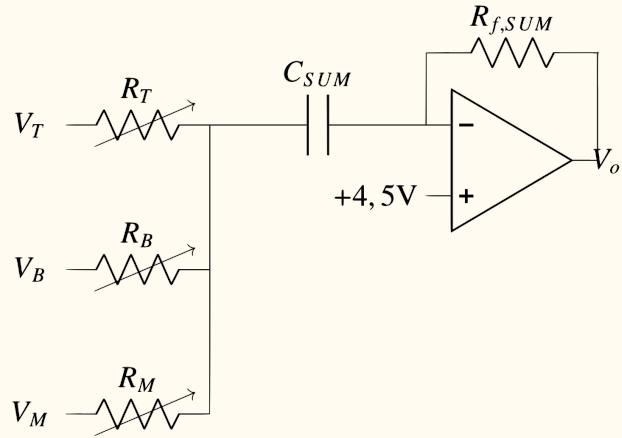


Voltaje que cae en el sumador

Sus valores dependen del sumador

Diseño del Sumador

Sumador



$C_{sum} = 1 \mu F$ (por estandarizar), desacopla DC de las ramas

- $V_T = 4,5 \text{ V}$
- $V_B = 0 \text{ V}$
- $V_M = 4,5 \text{ V}$

$$\frac{V_T}{R_T} + \frac{V_B}{R_B} + \frac{V_M}{R_M} = -\frac{V_o}{R_f}$$

Rf será el valor de la mitad del recorrido de los potenciómetros. Cuando todos coinciden:

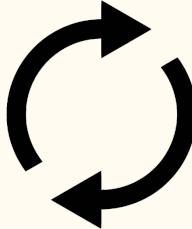
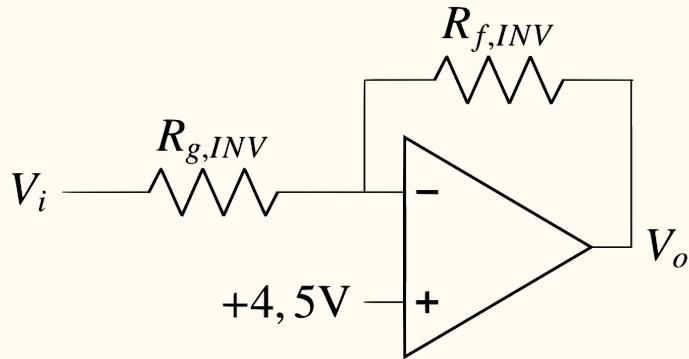
$$V_T + V_B + V_M = -V_o$$

Así, al aumentar o disminuir uno de los potenciómetros se afecta su peso en la suma, resultando en la ecualización.

$$R_f = 500 \text{ k}\Omega, R_T = R_B = R_M = 1 \text{ M}\Omega$$

Diseño del Inversor

Inversor



$$\frac{V_o}{V_{in}} = -\frac{R_f}{R_g}$$

Con tomar dos valores iguales para R_f y R_g se consigue este cometido

Devuelve la señal a su fase original tras el sumador

Por ejemplo:

$$R_f = R_g = 1 \text{ k}\Omega$$

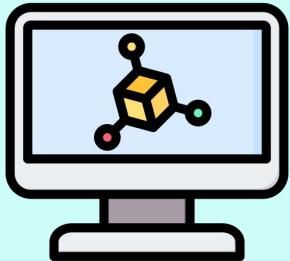
Simulaciones en LTSpice

Simulaciones en LTSpice

Análisis:

- .op → Punto de trabajo
- .tran → Transitorio
- .ac → Frecuencial

Sin carga y con carga ($10\text{ k}\Omega$)

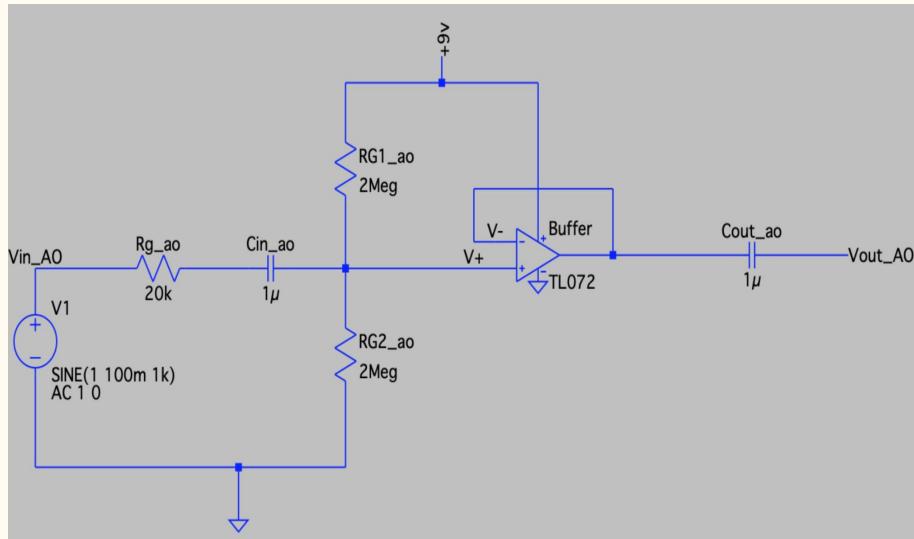


Modelos descargados de internet como .txt

Se comprobaron prestaciones



Input Buffer AO



Circuito simulado correctamente

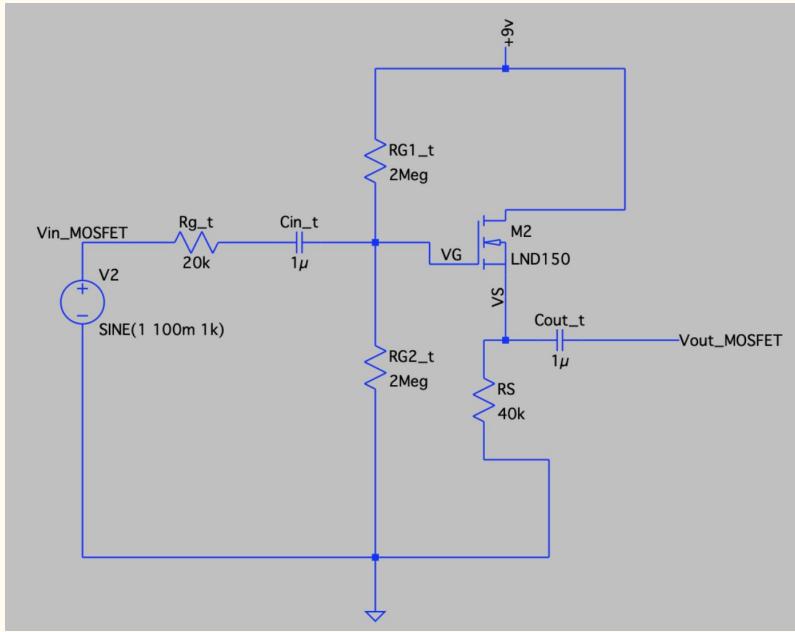
Abierto:

- Punto de trabajo = 4,5 V ✓ ✓
- Filtrado DC en entrada/salida ✓
- Salida = Entrada
 - tran ✓
 - ac ✓

Carga:

- Salida = Entrada
 - tran ✓
 - ac ✓

Input Buffer MOSFET



Abierto:

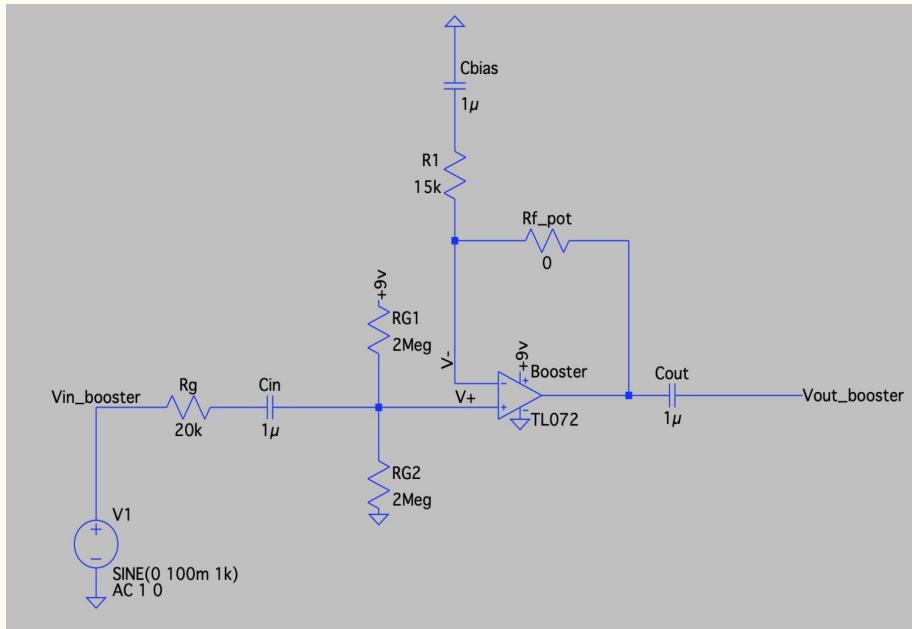
- Punto de trabajo = 4,5 V ✓ ✓
- Filtrado DC en entrada/salida ✓
- Salida = Entrada
 - tran ✓
 - ac ✓

Carga:

- Salida = Entrada
 - tran ✗
 - ac ✗

Circuito simulado correctamente

Input Buffer con Distorsión



Abierto:

- Punto de trabajo = 4,5 V ✓ ✓
- Filtrado DC en entrada/salida ✓
- Salida = Entrada
 - tran ✓
 - ac ✓

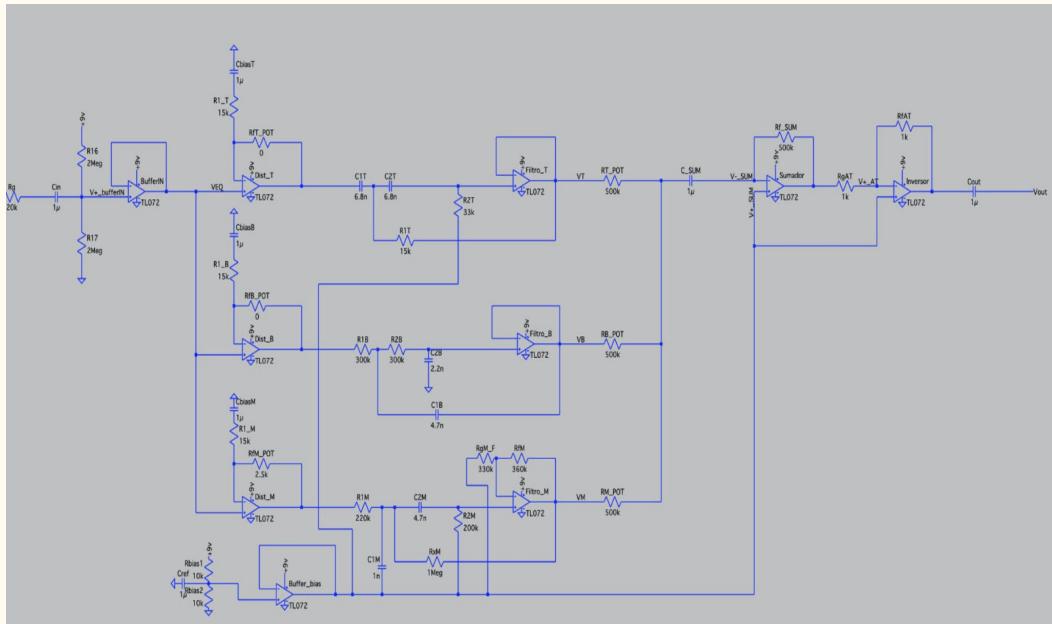
Carga:

- Salida → Entrada (Coherentes)
 - tran ✓
 - ac ✓

Circuito simulado correctamente

Con y sin distorsión

Input Buffer con Distorsión Multibanda y EQ



Circuito simulado correctamente

Abierto:

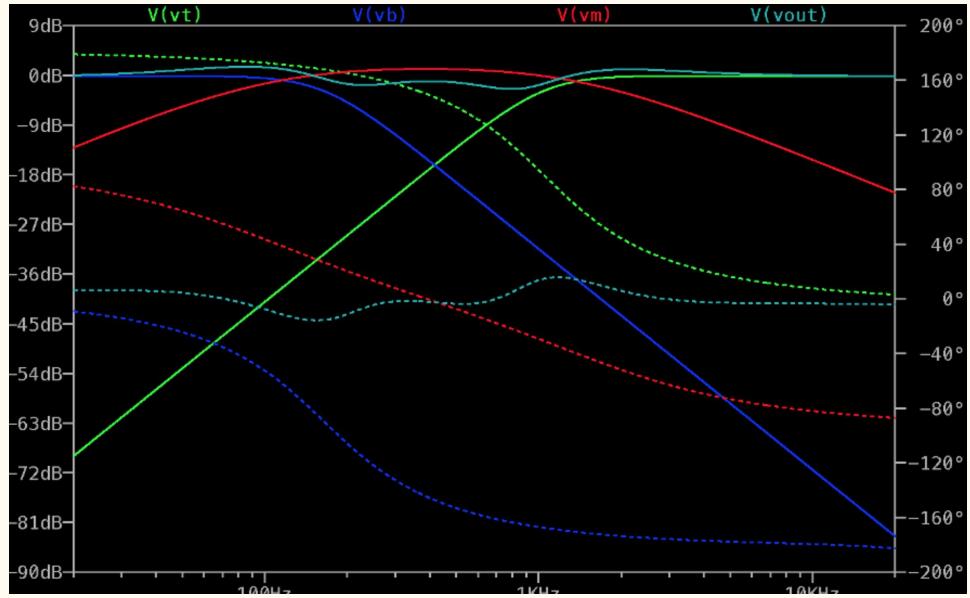
- Punto de trabajo = 4,5 V ✓
 - Filtrado DC en entrada/salida
 - Salida = Entrada
 - tran ✓
 - ac ✓

Carga:

- Salida → Entrada (Coherentes)
 - tran ✓
 - ac ✓

Con y sin distorsión +
separación bandas

Input Buffer con Distorsión Multibanda y EQ



Espectro prácticamente plano

Diferencias de ± 3 dB, aproximadamente

Input Buffer con Distorsión Multibanda y EQ

Problema:

Los ecualizadores no atenúan mucho, y realzan demasiado



Hipótesis:

Hay cierto solape entre bandas, por lo que realzar tiene más efecto que atenuar



Medidas en Laboratorio

Medidas en Laboratorio

Medición:

- Punto de trabajo
- Ganancia
- Zin
- Zout
- Barrido frecuencial
- Carga $10\text{ k}\Omega$

Pruebas llevadas a cabo en el MakerSpace



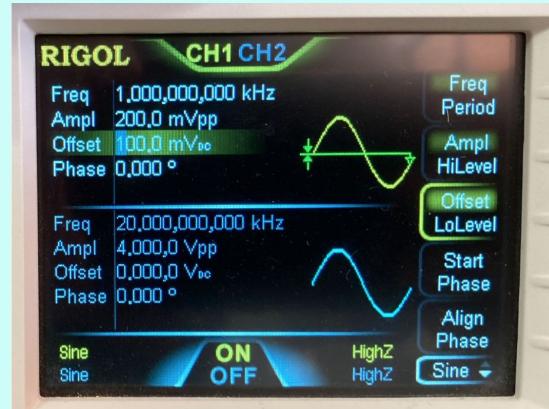
Se comprobaron prestaciones

*Mismos resultados a los de las
simulaciones*

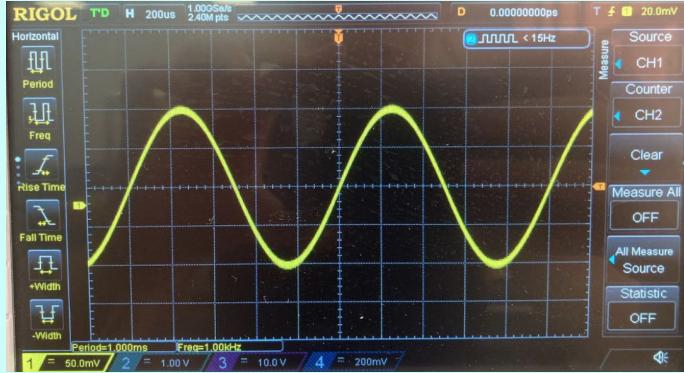
Medidas en Laboratorio



Generator DC



Generator AC

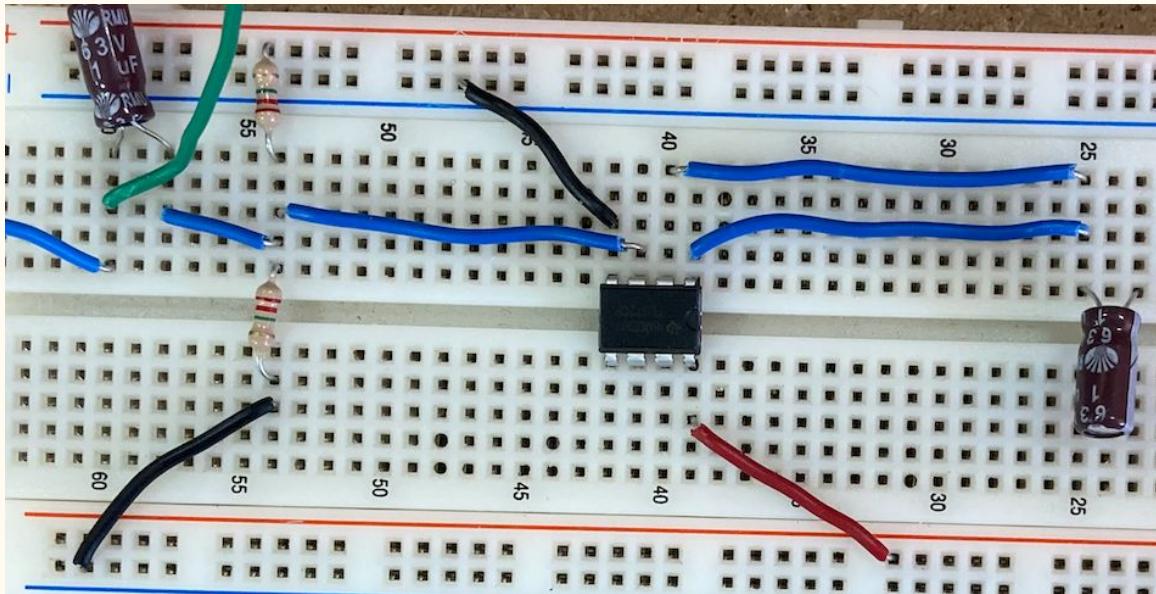


Osciloscopio

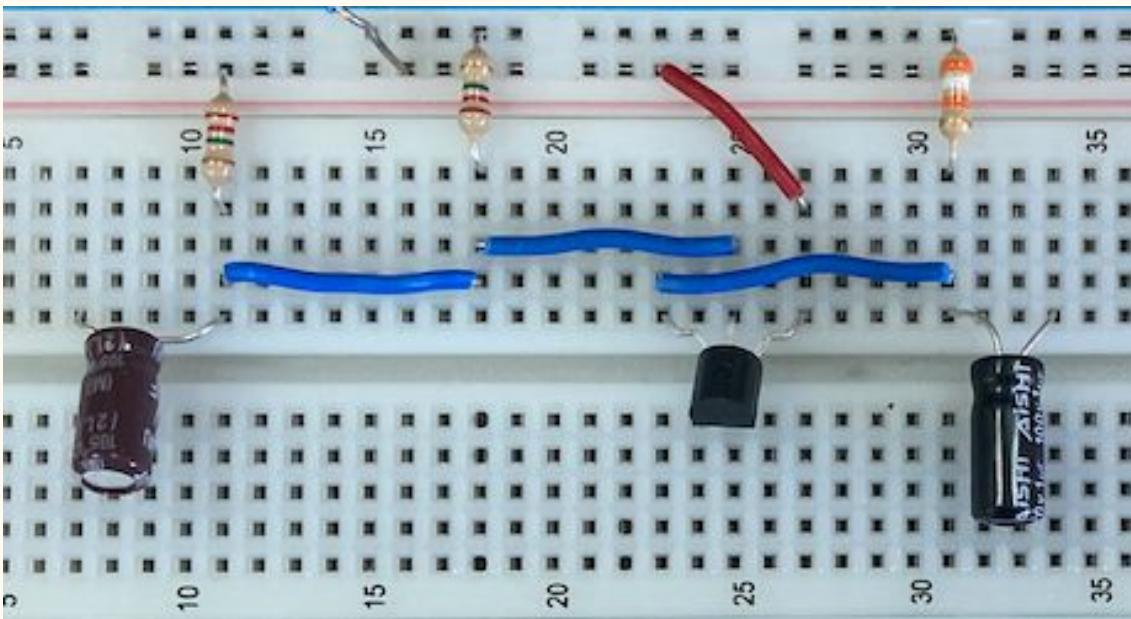


Multímetro

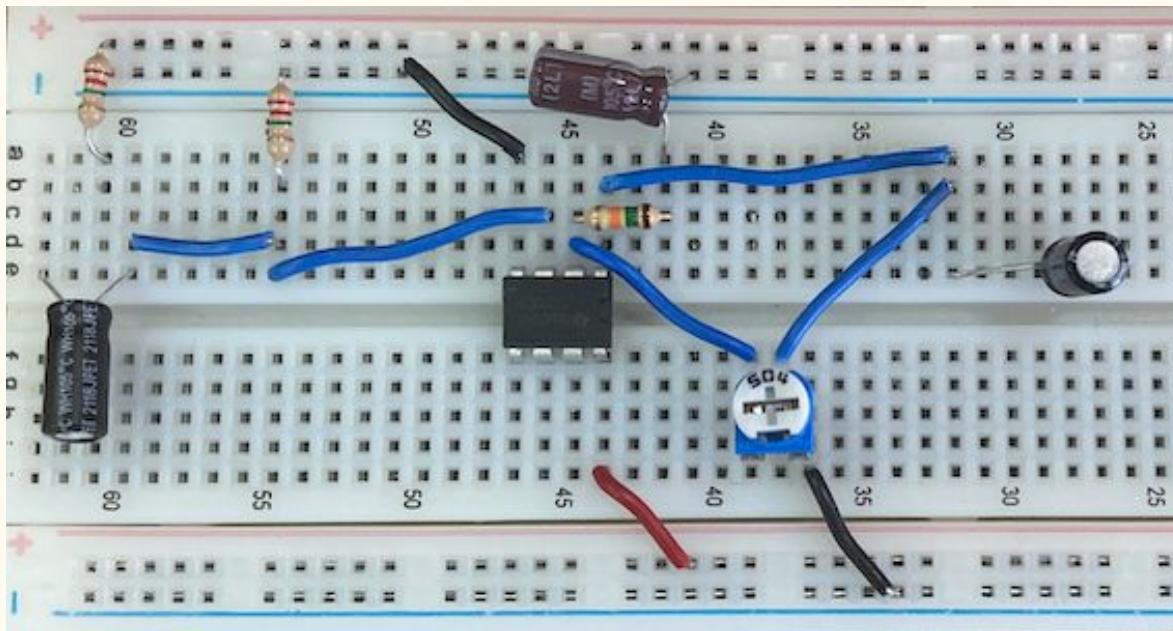
Input Buffer AO



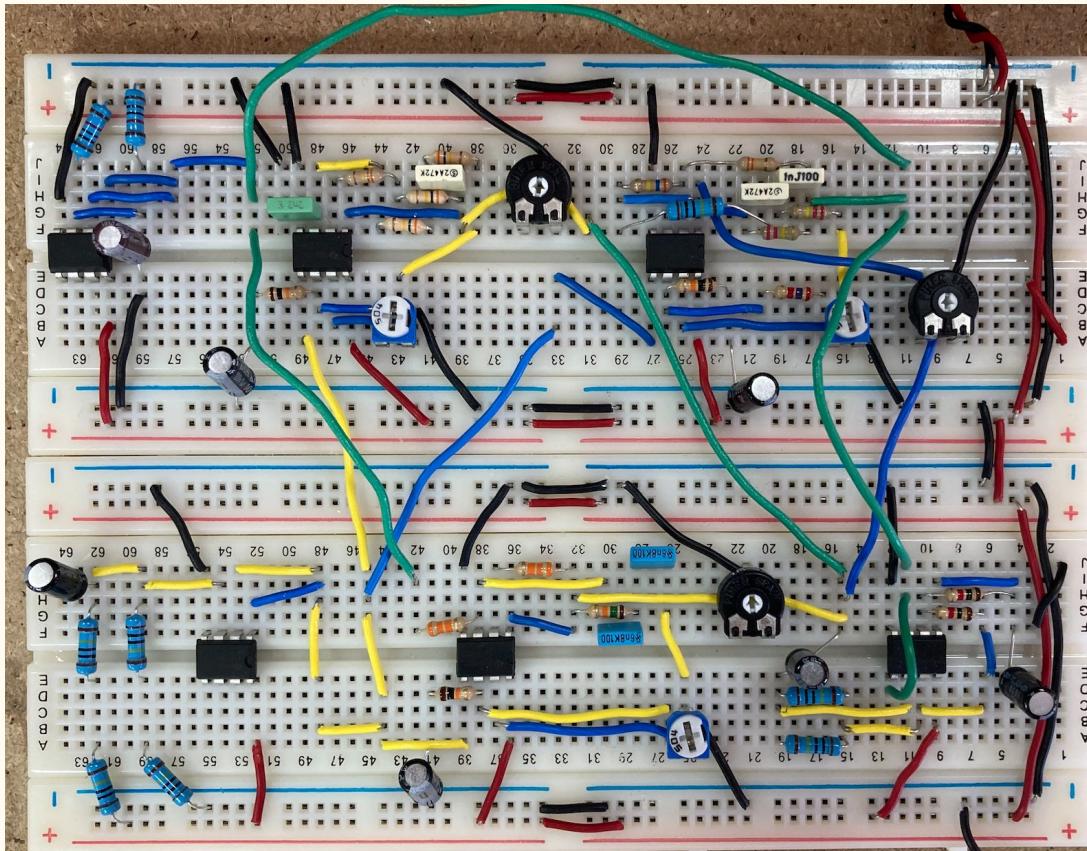
Input Buffer MOSFET



Input Buffer con Distorsión



Input Buffer con Distorsión Multibanda y EQ



Conclusiones

Conclusiones

¿Se cumplieron los objetivos?



Sí

El pedal final:

- Adapta impedancias
- Suministra distorsión por bandas
- ¿Ecualizador?

Mejoras a futuro:

- Atenuación/realce de EQ más pronunciados
- Emplear OPA2134 como AO (mayor precio pero mejores prestaciones)
- Acoplar EQ a los filtros para que modifique las fc



¡Gracias!