TP LAB 2

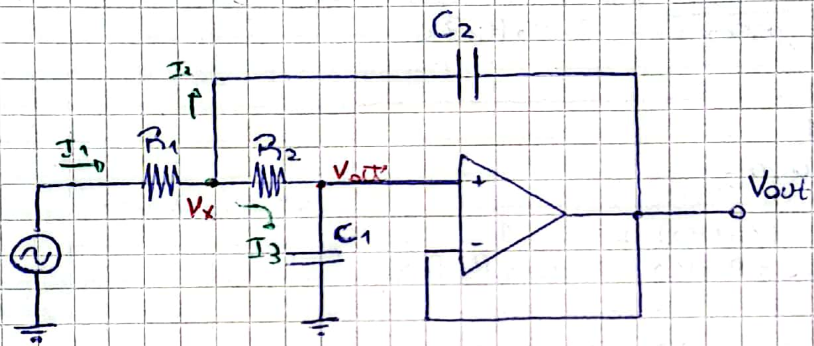
## Diseño de filtros anti-aliasing y de interpolación

Se propone que dichos filtros se correspondan con un butterworth pasabajos de 2$^{do}$ orden.

La transferencia normalizada está dada por

$$H(s) = \frac{1}{s^2 + s\sqrt{2} + 1}$$

Se implementa el filtro mediante la estructura Sallen-Key o VCVS con ganancia unitaria




## Cálculo de transferencia

$$I_1 = I_2 + I_3 = \frac{V_i - V_x}{R_1} \quad (1)$$

$$I_3 = \frac{V_x - V_{out}}{R_2} = V_{out}\, sC_1 \quad (2)$$

$$I_2 = (V_x - V_{out}) \cdot sC_2 \quad (3)$$

De (2)

$$\frac{V_x - V_{out}}{R_2} = V_{out}\, sC_1 \Rightarrow V_x = V_{out}(sC_1R_2 + 1) \;// \; (A)$$

Reemplazo 2 y 3 en 1)

$$\frac{V_i - V_x}{R_1} = (V_x - V_{out})\, sC_2 + V_{out}\, sC_1 \;// \; (B)$$

Reemplazo A en B

$$\frac{V_i - V_{out}(sC_1R_2+1)}{R_1} = \left[V_{out}(sC_1R_2+1) - V_{out}\right] sC_2 + V_{out}\, sC_1$$

$$V_i = V_{out}\left[s^2 C_1C_2R_1R_2 + sC_1(R_1+R_2) + 1\right]$$

$$H(s)' = \frac{V_{out}}{V_i} = \frac{1}{s^2C_1C_2R_1R_2 + sC_1(R_1+R_2) + 1}$$

$$H(s) = \frac{\frac{1}{C_1C_2R_1R_2}}{s^2 + s\,\frac{C_1(R_1+R_2)}{C_1C_2R_1R_2} + \frac{1}{C_1C_2R_1R_2}}$$

$$\boxed{H(s) = \frac{\frac{1}{C_1C_2R_1R_2}}{s^2 + s\,\frac{(R_1+R_2)}{C_2R_1R_2} + \frac{1}{C_1C_2R_1R_2}}}$$

Entonces

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{C_1C_2R_1R_2}} \quad y \quad \frac{\omega_0}{Q} = \frac{R_1+R_2}{C_2R_1R_2}$$

$$Q = \sqrt{\frac{C_2^2R_1^2R_2^2}{C_1C_2R_1R_2(R_1+R_2)^2}} = \sqrt{\frac{C_2}{C_1}\,\frac{R_1R_2}{(R_1+R_2)^2}}$$

## ▲ Obtención de valores normalizados

Se define

$$C_1 = C \quad y \quad C_2 = n.C$$

$$R_1 = R \quad y \quad R_2 = m.R$$

De esta manera

$$\omega_o = \sqrt{\frac{1}{nC^2 \cdot mR^2}} = \frac{1}{RC\sqrt{n.m}}$$

y

$$Q = \sqrt{\frac{n.\cancel{C} \cdot m\cancel{R^2}}{\cancel{C} \cdot \cancel{R^2}(1+m)^2}} = \sqrt{\frac{n.m}{(1+m)^2}}$$

Trabajando con la expresión para Q:

$$Q^2(m+1)^2 = n.m$$

$$Q^2 m^2 + (2Q^2 - n)m + Q^2 = 0$$

Para que sea Butterworth $Q = \frac{1}{\sqrt{2}}$.

Se elige para los capacitores un ratio de $n = 10$

$$\frac{1}{2}m^2 + (1-10)m + \frac{1}{2} = 0$$

Los valores de m son

$$m = 9 \pm 4\sqrt{5}$$

Elijo $R = 1$ (Normas de impedancia)

$$\omega_0 = \frac{1}{RC}\sqrt{\frac{1}{n.m}}$$

Como $\omega_0 = 1$ y $R = 1 \Rightarrow$

$$C = \frac{1}{\sqrt{n.m}} = \frac{1}{\sqrt{10.m}}$$

Con $m = 9 + 4\sqrt{5}$: → me da $R_2 > R_1$

$C_n = 0{,}07465$

Elijo esta opción

Con $m = 9 - 4\sqrt{5}$ → me da $R_2 < R_1$

$C_n = 1{,}34$

Para implementar con un $C = 0{,}1nF$ a una frecuencia de corte de $10kHz$, el valor de $R$ debe ser

$$R = \frac{C_n}{2\pi f . C} = \frac{0{,}07465}{2\pi . 10kHz . 0{,}1nF} = 11880{,}9\,\Omega$$

Valor comercial → $\boxed{R_1 = 12k\Omega}$

$R_2 = m R_1 = (9+4\sqrt{5}) . 12k\Omega = 215{,}3k\Omega$

Valor comercial → $\boxed{R_2 = 220k\Omega}$

$\boxed{C_1 = 0{,}1nF}$

$\boxed{C_2 = 10\, C_1 = 1nF}$

Con estos valores, resulta

$$\cancel{\omega_0} = f_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{1}{C_1 C_2 R_1 R_2}} = 9{,}795\,kHz$$

$$Q = \sqrt{\frac{C_2}{C_1}\frac{R_1 R_2}{(R_1+R_2)^2}} = 0{,}7$$