

**Laboratorio de**  
**Fundamentos de Instrumentación Biomédica, Gpo 2.**  
**Profesor: Armando Salomón Hernández Delgado M.I.**  
**Lab7: Filtros Activos.**

**Objetivo:** Conocer las características, implementar y comprobar el funcionamiento de los filtros activos en la configuración Sallen-Key con característica Butterworth.

**Trabajo previo.**

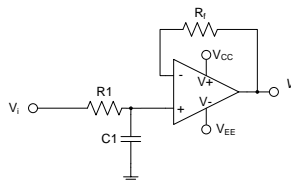
- 1.- Bosqueje una gráfica de la magnitud de la respuesta en frecuencia y explique las características de los filtros denominadas:
  - a) Característica Butterworth, b) Característica Chebyshev, c) Característica Bessel.

Indague y explique el tipo de característica más adecuado para el procesamiento de señales biomédicas.

- 2.- Cuál es la magnitud (normalizada de 0 a 1 o en porcentaje de 0-100%) del voltaje y la potencia de una señal a la salida de un circuito ganancia de:

Ganancia [dB]	Magnitud Voltaje	Magnitud Potencia
0		
-3		
-10		
-20		
-40		

- 3.- Si el siguiente circuito funciona en CD, ¿de qué valor debe ser el resistor  $R_f$  para balancear las impedancias de entrada del amplificador operacional?



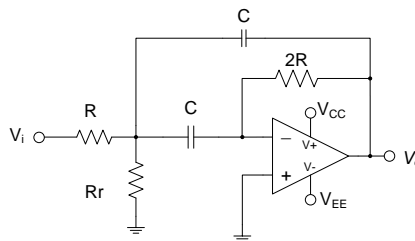
- 4.- Para un filtro de primer y segundo orden, ¿Cuál es la pendiente de caída, decaimiento o atenuación en dB?
- 5.- Para el filtro paso banda de banda angosta con  $f_r=60\text{Hz}$ ,  $Q=10$  y  $C=0.1\mu\text{F}$ , calcule los valores de las resistencias  $R$  y  $R_r$ .

$$B = \frac{0.1591}{RG}$$

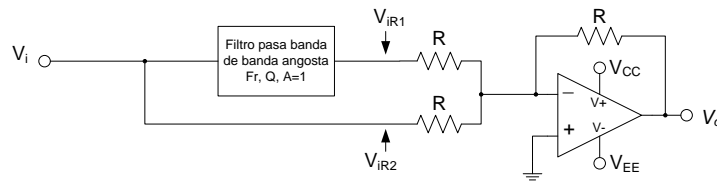
$$B = \frac{f_r}{Q}$$

$$R_r = \frac{R}{2Q^2 - 1}$$

$$f_r = \frac{0.1125}{RC} \sqrt{1 + \frac{R}{R_r}}$$



- 6.- Explique cómo funciona el filtro notch siguiente, empleando el anterior filtro pasabanda de banda angosta.



### Material:

2 C.I. TL084, protoboard. Cables BNC y banana-caiman.

10 Resistencias 10Kohms, 10 resistencias de 27 kOhms.

10 Capacitores de 0.1uF = 100 nF cerámicos (nomenclatura: 104)

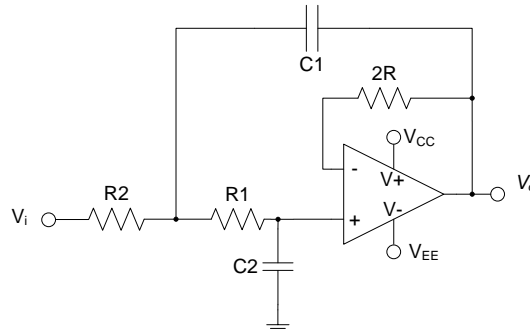
1 Potenciómetro doble 50kOhms, 1 potenciómetro sencillo 50kOhms.

**Introducción:** El filtro de primer orden corresponde a uno que contiene solo un elemento que almacena energía (capacitor). La conexión en cascada de más de un filtro de primer orden atenuará aún más la señal en cada etapa. Para evitar este efecto de carga, se agrega un Amplificador Operacional para acoplar impedancias de fuente y carga y controlar la ganancia. Una topología bastante usada es la Sallen-Key, que además es de dos polos, aumentando la pendiente de caída. Es importante tener en cuenta que la estructura aquí empleada es una que solo presenta característica Butterworth, que es importante para señales biomédicas. Otras variaciones permiten modificar el factor de amortiguamiento en la banda de paso (no deseable en señales biomédicas).

### Desarrollo:

#### 1. Filtro Pasobajas 2º orden Sallen-Key

Considerando  $R_1 = R_2 = R = 10k\Omega$ ,  $C_1 = C_2 = C = 100nF$ . Determine la frecuencia de corte del filtro:  $f_c = \frac{1}{2\pi RC}$

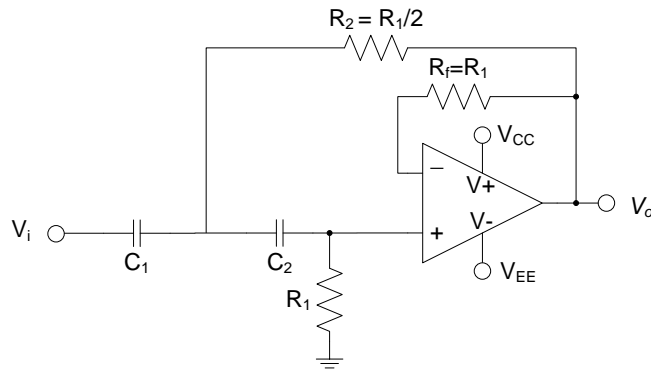


**Figura 1. Filtro Paso Bajas Sallen-Key.  $R_1=R_2=R$ .**

Ingresa una señal  $V_i = 10 V_p$  que vaya desde **DC hasta una frecuencia de 100kHz** (barrido de frecuencias) y registre la magnitud de la señal en: La banda de paso, a una atenuación de -3dB, -20dB. Bosquee los puntos de magnitud y frecuencia en una grafica con ejes logarítmicos.

#### 2. Filtro Pasoaltas 2º orden Sallen-Key

$R_1 = R_f = R = 10k\Omega$ ,  $C_A = C_B = C = 100nF$ . Determine la frecuencia de corte del filtro:  $f_c = \frac{1}{2\pi RC}$

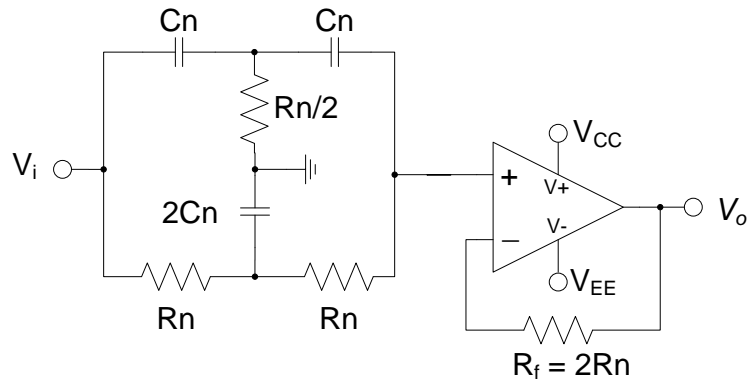


**Figura 2. Filtro Paso altas Sallen-Key.**

Ingresa una señal  $V_i = 10 \text{ Vp}$  que vaya desde **DC hasta una frecuencia de 100kHz** (barrido de frecuencias) y registre la magnitud de la señal en: La banda de paso, a una atenuación de -3dB, -20dB. Bosqueje los puntos de magnitud y frecuencia en una grafica con ejes logarítmicos.

### 3. Filtro Notch Doble T.

$R_n = 27k\Omega$ ,  $C_n = 100nF$ . Determine la frecuencia central  $f_o$  de rechazo del filtro:  $f_o = \frac{1}{2\pi RC}$



**Figura 3. Filtro Notch=Rechaza Banda=Muesca=supresor de banda doble T.**

Determine los dos puntos de frecuencia donde hay atenuación de -3dB (frecuencias de corte inferior y superior) y de forma práctica determine el ancho de banda de la banda de rechazo Bosqueje los puntos de magnitud y frecuencia en una gráfica con ejes logarítmicos.

### 4. Filtro Pasa Banda (-Inversor).

Implemente el Filtro Pasa Banda de Banda Angosta para dejar pasar solo la frecuencia de 60 Hz. Emplee los parámetros del trabajo previo calculado. Emplee una señal de entrada de 5Vp y 60 Hz. Verifique las frecuencias en donde la señal de entrada se atenúa 3dB y observe y explique qué le ocurre a la señal de 60 Hz.

### 5. Filtro Notch.

Empleando el filtro pasabanda de banda angosta del punto anterior, implemente el filtro notch de 60 Hz y compruebe su funcionamiento.

### Conclusiones y resultados.

Presente y Comente sus resultados y las gráficas obtenidas.

### Referencias.

Incluya todas las referencias empleadas en la realización de su práctica y reporte.