

## Amplificador Operacional:

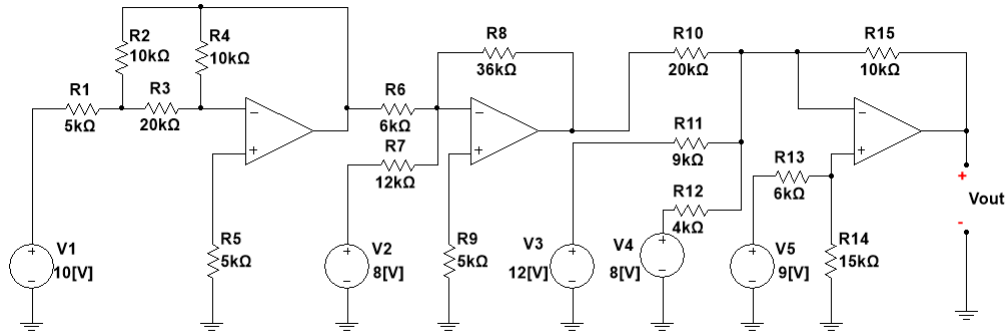


Figura 1: Circuito eléctrico

Halle los valores de la salida de voltaje, en cada uno de los amplificadores operacionales del circuito.

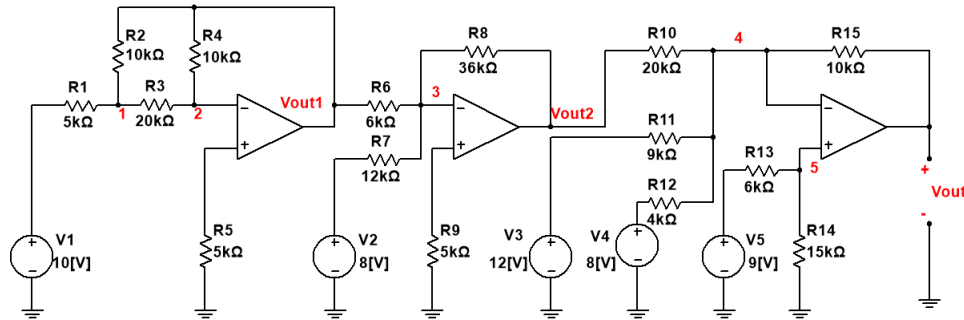


Figura 2: Nodos en el circuito.

### Nodo 2.

Para hallar la corriente en este elemento se hará uso de la ley de corrientes de Kirchhoff, por lo cual el análisis se llevará a cabo el nodo 2, en el cual pasan las corrientes de los elementos R3, R4 y Amplificador 1.

$$I_{R3} - I_{R4} - I_{AMP1} = 0$$

Despejando

$$I_{R3} = I_{R4} + I_{AMP1}$$

Así

$$I_{AMP1} = 0[A]$$

$$I_{R4} = \frac{V_{n2} - V_{out1}}{R4}$$

$$I_{R3} = \frac{V_{n1} - V_{n2}}{R3}$$

$$V_{n2} = 0[V]$$

$$\frac{V_{n1} - \cancel{V_{n2}}}{R3} = \frac{\cancel{V_{n2}} - V_{out1}}{R4}$$

$$V_{n1} = \frac{-V_{out1} \cdot R3}{R4}$$

Remplazando los valores de cada una de la variables y elementos presentes.

$$R3 = 20[K\Omega]$$

$$R4 = 10[K\Omega]$$

$$V_{n1} = \frac{-V_{out1} \cdot 20[K\Omega]}{10[K\Omega]}$$

$$V_{n1} = -2V_{out1}$$

## Nodo 1.

Para hallar la corriente en este elemento se hará uso de la ley de corrientes de Kirchhoff, por lo cual el análisis se llevará a cabo en el nodo 2, en el cual pasan las corrientes de los elementos R1, R2 y R3.

$$I_{R1} - I_{R2} - I_{R3} = 0$$

Despejando

$$I_{R1} = I_{R2} + I_{R3}$$

Así

$$I_{R1} = \frac{V_{f1} - V_{n1}}{R1}$$

$$I_{R2} = \frac{V_{n1} - V_{out1}}{R2}$$

$$I_{R3} = \frac{V_{n1} - V_{n2}}{R3}$$

$$\frac{V_{f1} - V_{n1}}{R1} = \frac{V_{n1} - V_{out1}}{R2} + \frac{V_{n1} - V_{n2}}{R3}$$

Despejando

$$\frac{V_{f1}}{R1} = V_{n1} \left( \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \frac{1}{R3} \right) - \frac{V_{out1}}{R2}$$

Remplazando los valores de cada una de la variables y elementos presentes.

$$R1 = 5[K\Omega]$$

$$R2 = 10[K\Omega]$$

$$R3 = 20[K\Omega]$$

$$V_{n1} = -2V_{out1}$$

$$V_{f1} = 10[V]$$

$$\frac{10[V]}{5[K\Omega]} = -2V_{out1} \left( \frac{1}{5[K\Omega]} + \frac{1}{10[K\Omega]} + \frac{1}{20[K\Omega]} \right) - \frac{V_{out1}}{10[K\Omega]}$$

$$2[mA] = -2V_{out1} \left( \frac{7}{20000}[\Omega] \right) - \frac{V_{out1}}{10[K\Omega]}$$

$$2[mA] = V_{out1} \left( -\frac{14}{20000}[\Omega] \right) - \frac{V_{out1}}{10[K\Omega]}$$

$$2[mA] = \left( -\frac{14}{20000}[\Omega] - \frac{1}{10[K\Omega]} \right) V_{out1}$$

$$2[mA] = \left( -\frac{1}{1250}[\Omega] \right) V_{out1}$$

$$V_{out1} = -2.5[V]$$

### Nodo 3.

Para hallar la corriente en este elemento se hará uso de la ley de corrientes de Kirchhoff, por lo cual el análisis se llevará a cabo en el nodo 2, en el cual pasan las corrientes de los elementos R6, R7, R8 y amplificador 2.

$$I_{R6} + I_{R7} - I_{R8} - I_{AMP2} = 0$$

Despejando

$$I_{R6} + I_{R7} = I_{R8} + I_{AMP2}$$

Así

$$I_{AMP2} = 0[A]$$

$$I_{R6} = \frac{V_{out1} - V_{n3}}{R6}$$

$$I_{R7} = \frac{V_{f2} - V_{n3}}{R7}$$

$$I_{R8} = \frac{V_{n3} - V_{out2}}{R8}$$

$$V_{n3} = 0[V]$$

$$\frac{V_{out1} - \cancel{V_{n3}}}{R6} + \frac{V_{f2} - \cancel{V_{n3}}}{R7} = \frac{\cancel{V_{n3}} - V_{out2}}{R8}$$

Despejando

$$\frac{V_{out1}}{R6} + \frac{V_{f2}}{R7} = \frac{-V_{out2}}{R8}$$

Remplazando los valores de cada una de las variables y elementos presentes.

$$R6 = 6[K\Omega]$$

$$R7 = 12[K\Omega]$$

$$R8 = 36[K\Omega]$$

$$V_{f2} = 8[V]$$

$$V_{out1} = -2.5[V]$$

$$\frac{-2.5[V]}{6[K\Omega]} + \frac{8[V]}{12[K\Omega]} = \frac{-V_{out2}}{36[K\Omega]}$$

$$0.25[mA] = \frac{-V_{out2}}{36[K\Omega]}$$

$$V_{out2} = -9[V]$$

### Nodo AMP3.

Para hallar la corriente en este elemento se hará uso de la ley de corrientes de Kirchhoff, por lo cual el análisis se llevará a cabo en el nodo 2, en el cual pasan las corrientes de los elementos R13, R14 y Amplificador 3.

$$I_{R13} + I_{R14} = 0$$

Así

$$I_{R13} = \frac{V_{f5} - V_{AMP3}}{R9}$$

$$I_{R14} = \frac{0 - V_{AMP3}}{R10}$$

$$\frac{V_{f5} - V_{AMP3}}{R13} - \frac{V_{AMP3}}{R14} = 0$$

Despejando

$$\frac{V_{f5}}{R13} = \left( \frac{1}{R13} + \frac{1}{R14} \right) V_{AMP3}$$

Reemplazando los valores de cada una de las variables y elementos presentes.

$$R13 = 6[K\Omega]$$

$$R14 = 15[K\Omega]$$

$$V_{f5} = 9[V]$$

$$\frac{9[V]}{6[K\Omega]} = \left( \frac{1}{6[K\Omega]} + \frac{1}{15[K\Omega]} \right) V_{AMP3}$$

$$1.5[mA] = \left( \frac{700}{3[\Omega]} \right) V_{AMP3}$$

$$V_{AMP3} = 6.43[V]$$

$$V_{AMP3} = 6.43[V] = V_{n5}$$

## Nodo 5.

Para hallar la corriente en este elemento se hará uso de la ley de corrientes de Kirchhoff, por lo cual el análisis se llevará a cabo en el nodo 2, en el cual pasan las corrientes de los elementos R10, R11, R12, R15 y Amplificador 3.

$$I_{R10} + I_{R11} + I_{R12} - I_{AMP3} - I_{R15} = 0$$

Despejando

$$I_{R10} + I_{R11} + I_{R12} = I_{AMP3} + I_{R15}$$

Así

$$I_{R10} = \frac{V_{out2} - V_{n5}}{R10}$$

$$I_{R11} = \frac{V_{f3} - V_{n5}}{R11}$$

$$I_{R12} = \frac{V_{f4} - V_{n5}}{R12}$$

$$I_{R15} = \frac{V_{n5} - V_{out}}{R15}$$

$$I_{AMP2} = 0[A]$$

$$\frac{V_{out2} - V_{n5}}{R10} + \frac{V_{f3} - V_{n5}}{R11} + \frac{V_{f4} - V_{n5}}{R12} = 0 + \frac{V_{n5} - V_{out}}{R15}$$

Despejando

$$\frac{V_{out2}}{R10} + \frac{V_{f3}}{R11} + \frac{V_{f4}}{R12} = \left( \frac{1}{R10} + \frac{1}{R11} + \frac{1}{R12} + \frac{1}{R15} \right) V_{n5} - \frac{V_{out}}{R15}$$

Remplazando los valores de cada una de la variables y elementos presentes.

$$R10 = 20[K\Omega]$$

$$R11 = 9[K\Omega]$$

$$R12 = 4[K\Omega]$$

$$R15 = 10[K\Omega]$$

$$V_{f3} = 12[V]$$

$$V_{f4} = 8[V]$$

$$V_{out2} = -9[V]$$

$$V_{n5} = 6.43[V]$$

$$\frac{-9[V]}{20[K\Omega]} + \frac{12[V]}{9[K\Omega]} + \frac{8[V]}{4[K\Omega]} = \left( \frac{1}{20[K\Omega]} + \frac{1}{9[K\Omega]} + \frac{1}{4[K\Omega]} + \frac{1}{10[K\Omega]} \right) 6.43[V] - \frac{V_{out}}{10[K\Omega]}$$

$$2.883[mA] = 3.285[mA] - \frac{V_{out}}{10[K\Omega]}$$

$$-0.402[mA] = -\frac{V_{out}}{10[K\Omega]}$$

$$V_{out} = 4.02[V]$$

**Finalmente, al haber obtenido cada uno de los valores de voltaje de salida para los amplificadores presentes en el circuito realizamos un cuadro comparatorio.**

Tabla1: Voltajes en los amplificadores

	Amplificador 1	Amplificador 2	Amplificador 3
Voltaje de salida [V]	-2.5[V]	-9[V]	4.02[V]