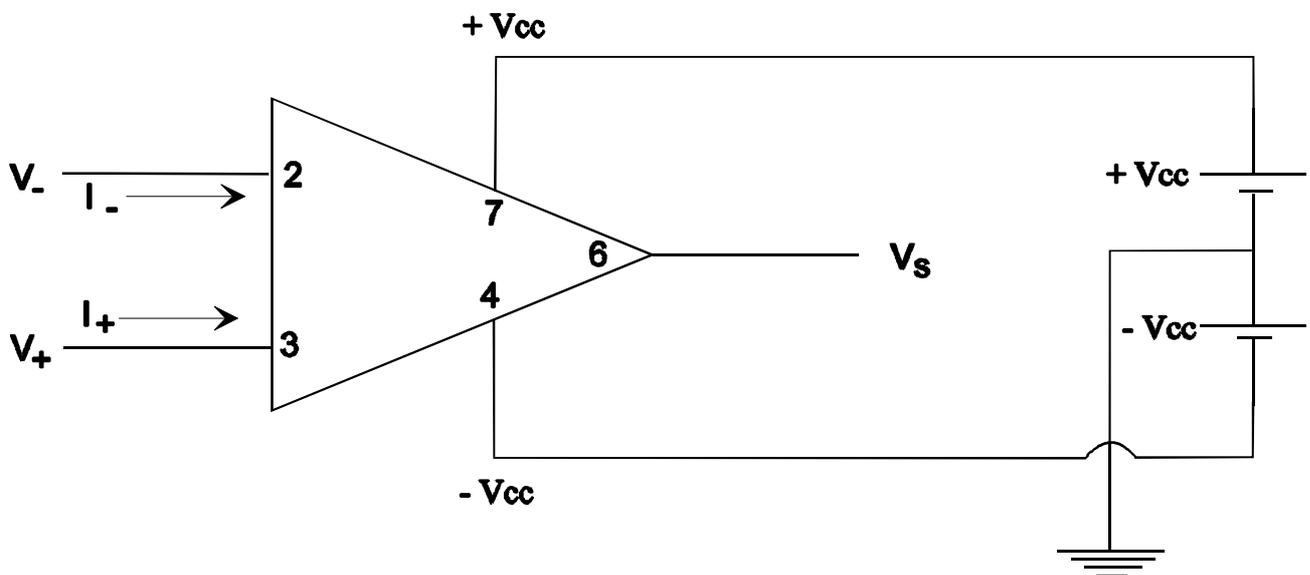


TEMA 5.- AMPLIFICADORES OPERACIONALES

5.1 Características generales de los A.A.O.O.-

Un amplificador operacional es un circuito formado por numerosos transistores, diodos y resistencias y se representa gráficamente mediante un triángulo. Las características más importantes de estos circuitos son las siguientes:

1.- La alimentación de un A.O. se realiza mediante dos fuentes de tensión conectadas en serie. El punto de unión de las dos fuentes se toma como potencial de referencia u origen de potenciales (potencial cero). En el extremo de una fuente se tendrá potencial positivo ($+V_{cc}$) y en el extremo de la otra fuente se tendrá potencial negativo ($-V_{cc}$).



2.- Un A.O. tiene dos entradas y una salida. Las entradas se denominan entrada inversora, V_- , y entrada no inversora, V_+ . Si se conecta un potencial a la entrada inversora, en la salida se obtiene un potencial de signo contrario, y si se conecta un potencial a la entrada no inversora, se obtiene un potencial en la salida del mismo signo. Los potenciales de las entradas se conectan entre cualquiera de las entradas y el punto de tierra (el punto de unión entre los dos generadores que alimentan al operacional), y el potencial de salida se mide entre la salida y el potencial de referencia. La expresión matemática que liga los potenciales en las entradas con el potencial en la salida es $V_s = G (V_+ - V_-)$. La constante G se llama ganancia del Amplificador Operacional

3.- Un A.O. es un amplificador que posee una resistencia de entrada (en cada una de las dos entradas, inversora y no inversora, del A.O.) muy grande, una resistencia de salida muy pequeña y una ganancia muy grande. Un A.O. ideal sería el que tuviera resistencias de entrada y ganancia infinitas, y resistencia de salida cero.

4.- La corriente que entra por cada una de las entradas de un A.O. es muy pequeña. Para un A.O. ideal, la corriente por cada una de las entradas es nula, esto es $I_- = I_+ = 0$. Esta propiedad es consecuencia de la anterior, puesto que según la ley de Ohm, por una resistencia infinita a la que se aplica una diferencia de potencial, no puede circular corriente eléctrica

5.- Un A.O. puede realizar operaciones matemáticas, lo que le da el nombre que hemos empleado hasta ahora: amplificador operacional. Esto es: si se conectan potenciales constantes o variables a las entradas, el potencial que se obtiene en la salida es igual a realizar operaciones en los potenciales de entrada, como sumas, restas, multiplicaciones, logaritmo, etc. Para realizar estas operaciones hay que conectar resistencias desde la salida a las entradas. Estas conexiones se denominan realimentaciones.

6.- Para que un A.O. realice correctamente las operaciones, debe comportarse **idealmente**, tal como se indica en el punto número 3. En este caso ideal, puesto que la ganancia es infinita, el factor $(V_+ - V_-)$ debe ser cero para que así el potencial de salida V_S tome un valor finito. Este valor vendrá condicionado por el valor de las resistencias de la realimentación y otras que se conecten en las entradas. Así pues, para poder realizar operaciones con el A.O. hay que imponer desde ahora la condición de idealidad en la forma $(V_+ - V_-) = 0$ de donde se obtiene $V_+ = V_-$.

5.2 Circuitos electrónicos con A.A.O.O.

5.2.1 Amplificador inversor:

El montaje se presenta en la figura 1 Para obtener el potencial de salida V_S en función del potencial de entrada V_1 , aplicaremos la ley de Ohm a todas las resistencias, el primer lema de Kirchof a todos los nudos y la ecuación del A.O. ideal:

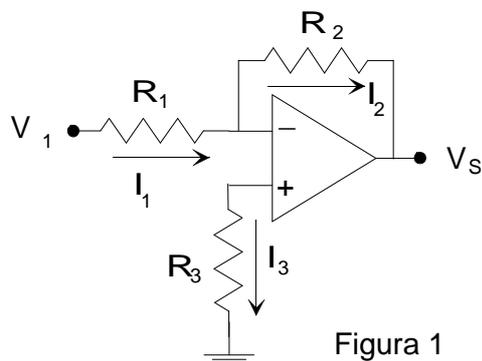


Figura 1

$$I_1 = \frac{V_1 - V_-}{R_1} \quad I_2 = \frac{V_- - V_S}{R_2}$$

$$I_3 = \frac{V_+ - 0}{R_3} \quad I_1 = I_2$$

$$V_- = V_+$$

La entrada no inversora está unida a tierra por una resistencia R_3 . Por dicha entrada no entra ni sale corriente por lo que $I_3 = 0$, con lo cual

$$V_+ = 0.$$

Eliminando las variables I_1, I_2, I_3, V_+ y V_- de las anteriores ecuaciones se obtiene

$$V_S = -\frac{R_2}{R_1} V_1$$

5.2.2 Amplificador no inversor:

El montaje se presenta en la figura 2. Para obtener el potencial de salida V_S en función del potencial de entrada V_1 , aplicaremos la ley de Ohm a todas las resistencias, el primer lema de Kirchof a todos los nudos y la ecuación del A.O. ideal:

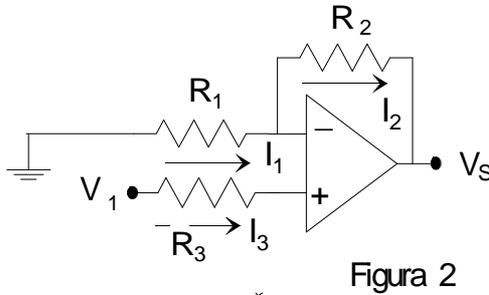


Figura 2

$$I_1 = \frac{0 - V_-}{R_1} \quad I_2 = \frac{V_- - V_S}{R_2}$$

$$I_3 = \frac{V_1 - V_+}{R_3} \quad I_1 = I_2$$

$$V_- = V_+$$

En la entrada no inversora está conectado un potencial V_1 a través de una resistencia R_3 . Como por dicha entrada no entra ni sale corriente, la $I_3 = 0$. Eliminando las variables I_1 , I_2 , I_3 , V_+ y V_- de las anteriores ecuaciones se obtiene

$$V_S = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)V_1$$

5.2.3 Amplificador sumador inversor:

El montaje se presenta en la figura 3. Para obtener el potencial de salida V_S , en función de los potenciales de entrada V_1 y V_2 , aplicaremos la ley de Ohm a todas las resistencias, el primer lema de Kirchof a todos los nudos y la ecuación del A.O. ideal:

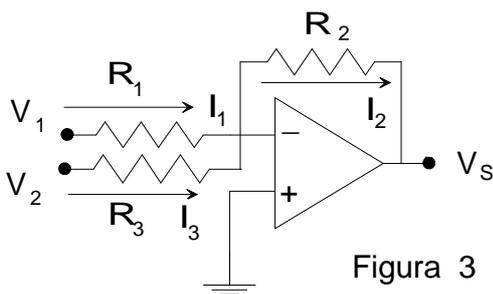


Figura 3

$$I_1 = \frac{V_1 - V_-}{R_1} \quad I_2 = \frac{V_- - V_S}{R_2}$$

$$I_3 = \frac{V_2 - V_-}{R_3} \quad I_1 + I_3 = I_2$$

$$I_1 = I_2 \quad V_- = V_+$$

La entrada no inversora está conectada directamente a tierra. Por tanto $V_+ = 0$. Eliminando las variables I_1 , I_2 , I_3 , V_+ y V_- de las anteriores ecuaciones se obtiene:

$$V_S = -\left(\frac{R_2}{R_1}V_1 + \frac{R_2}{R_3}V_2\right)$$

5.2.4 Amplificador sumador no inversor:

El montaje se presenta en la figura 4. Para obtener el potencial de salida V_S , en función de los potenciales de entrada V_1 y V_2 , aplicaremos la ley de Ohm a todas las resistencias, el primer lema de Kirchof a todos los nudos y la ecuación del A.O. ideal:

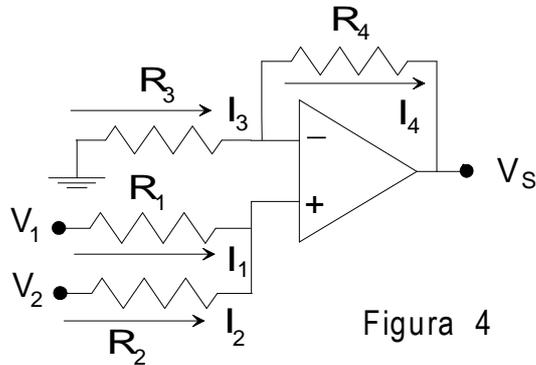


Figura 4

$$I_1 = \frac{V_1 - V_+}{R_1}$$

$$I_2 = \frac{V_2 - V_+}{R_2}$$

$$I_3 = \frac{0 - V_-}{R_3}$$

$$I_4 = \frac{V_- - V_S}{R_4}$$

$$I_3 = I_4$$

$$I_1 + I_2 = 0$$

$$V_- = V_+$$

Eliminando las variables I_1, I_2, I_3, I_4, V_+ y V_- de las anteriores ecuaciones se obtiene:

$$V_S = \left(1 + \frac{R_4}{R_3}\right) \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} V_1 + \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_2\right)$$

5.2.5 Amplificador restador:

El montaje se presenta en la figura 5. Para obtener el potencial de salida V_S , en función de los potenciales de entrada V_1 y V_2 , aplicaremos la ley de Ohm a todas las resistencias, el primer lema de Kirchof a todos los nudos y la ecuación del A.O. ideal:

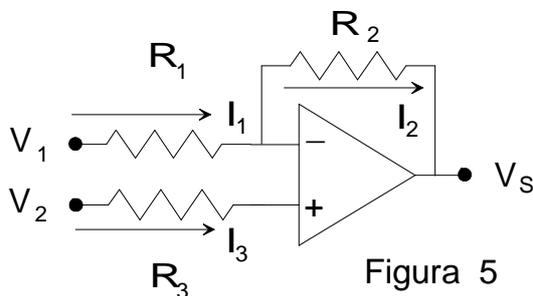


Figura 5

$$I_1 = \frac{V_1 - V_-}{R_1}$$

$$I_2 = \frac{V_- - V_S}{R_2}$$

$$I_3 = \frac{V_2 - V_+}{R_3}$$

$$I_1 = I_2$$

$$V_- = V_+$$

En la entrada no inversora está conectado un potencial V_2 a través de una resistencia R_3 . Como por dicha entrada no entra ni sale corriente, la $I_3 = 0$. Eliminando las variables I_1, I_2, I_3, V_+ y V_- de las

anteriores ecuaciones se obtiene:

$$V_s = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)V_2 - \frac{R_2}{R_1}V_1$$

5.2.6 Conversor Intensidad-Voltaje:

El montaje se presenta en la figura 6. Para obtener el potencial de salida V_s , en función de la intensidad de corriente I , aplicaremos la ley de Ohm a todas las resistencias, el primer lema de Kirchof a todos los nudos y la ecuación del A.O. ideal:

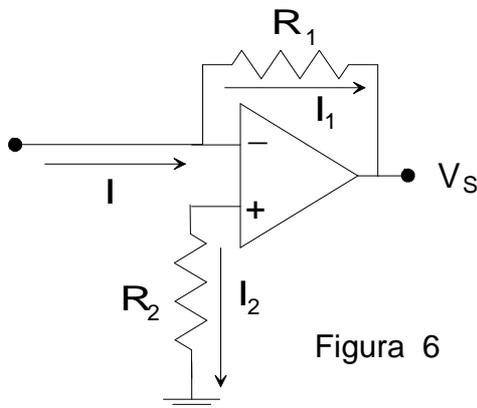


Figura 6

$$I_1 = \frac{V_- - V_s}{R_1} \quad I_2 = \frac{V_+ - 0}{R_2}$$

$$I = I_1 \quad V_- = V_+$$

La entrada no inversora está unida a tierra por una resistencia R_2 . Por dicha entrada no entra ni sale corriente por lo que $I_2 = 0$, con lo cual $V_+ = 0$. Eliminando las variables I_1 , I_2 , V_+ y V_- de las anteriores ecuaciones se obtiene:

$$V_s = -IR_1$$

5.2.7 Seguidor de potencial:

El montaje se presenta en la figura 7. Para obtener el potencial de salida V_s , en función del potencial de entrada V , deberíamos aplicar la ley de Ohm a todas las resistencias, el primer lema de Kirchof a todos los nudos y la ecuación del A.O. ideal, pero siendo este circuito tan simple que no tiene resistencias ni nudos, solo se puede aplicar la ecuación del A.O. ideal

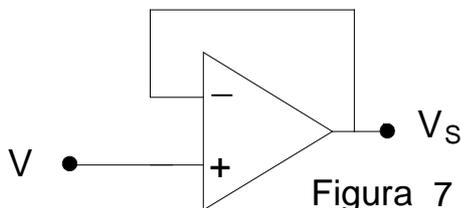


Figura 7

$$V_- = V_+$$

Como la entrada inversora está conectada directamente a la salida se tiene

$$V_- = V_s$$

Como la entrada no inversora está conectada directamente al potencial V , se tendrá

$$V = V_+$$

Eliminando las variables V_- y V_+ , de las tres anteriores ecuaciones se tendrá finalmente

$$V_s = V$$