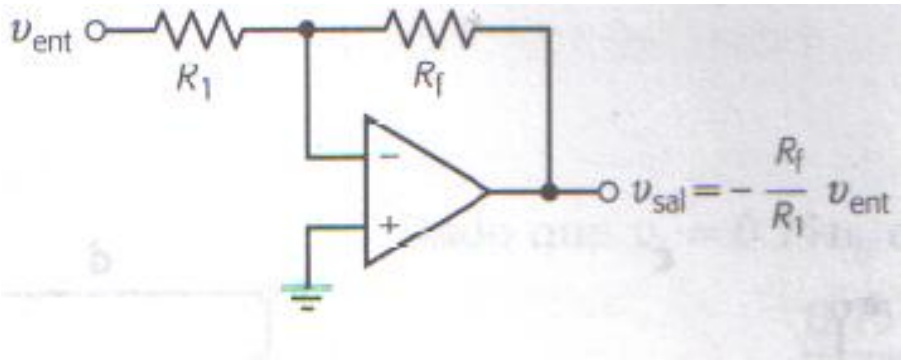
DISEÑO CON AMPLIFICADORES OPERACIONALES

Introducción

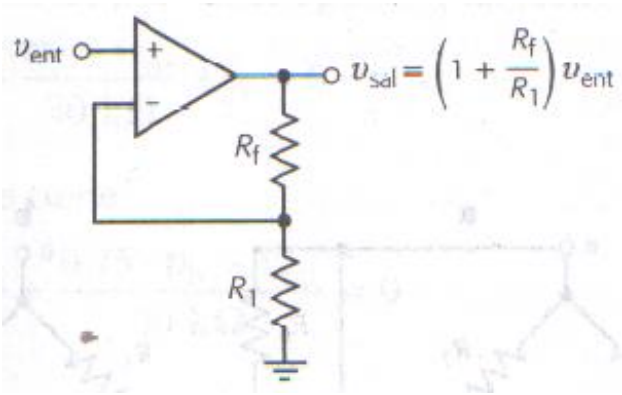
Muchos de los circuitos con amplificadores operacionales que efectúan operaciones matemáticas se usan con tal frecuencia que se les ha asignado su nombre respectivo:

1. Amplificador Inversor
2. Amplificador no inversos
3. Seguidor de voltaje (Amplificador separador)
4. Amplificador sumador
5. Amplificador sumador no inversor
6. Amplificador de diferencia
7. Convertidor de corriente a voltaje
8. Convertidor de resistencia negativa
9. Fuente de corriente controlada por voltaje FCCV
10. Amplificador de puente

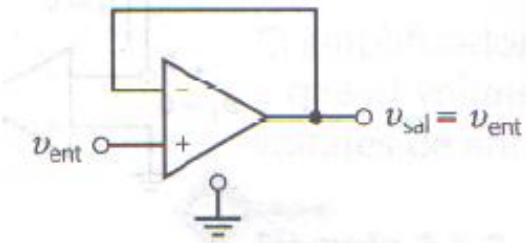
1. Amplificador Inversor



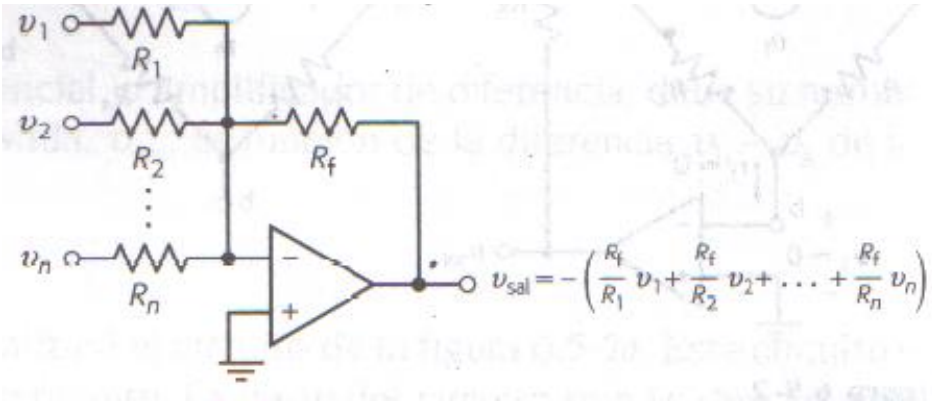
2. Amplificador no inversor



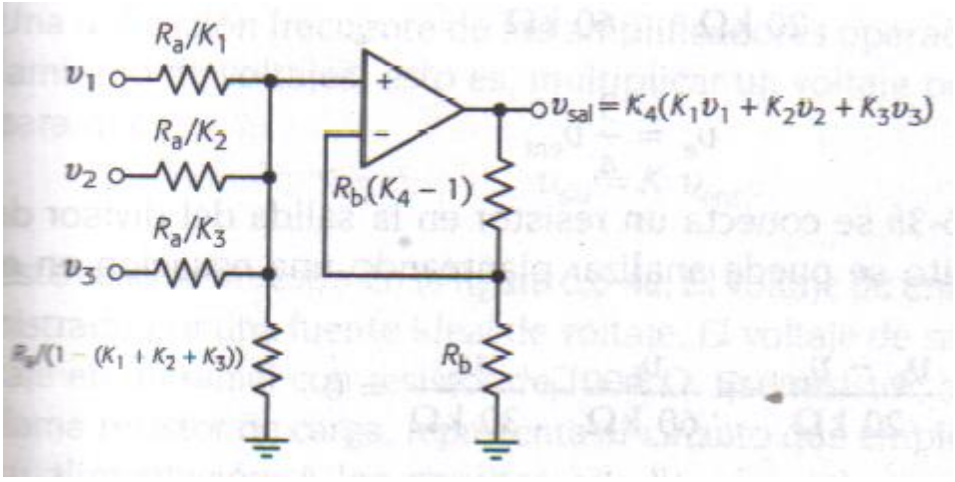
3. Seguidor de voltaje (Amplificador separador)



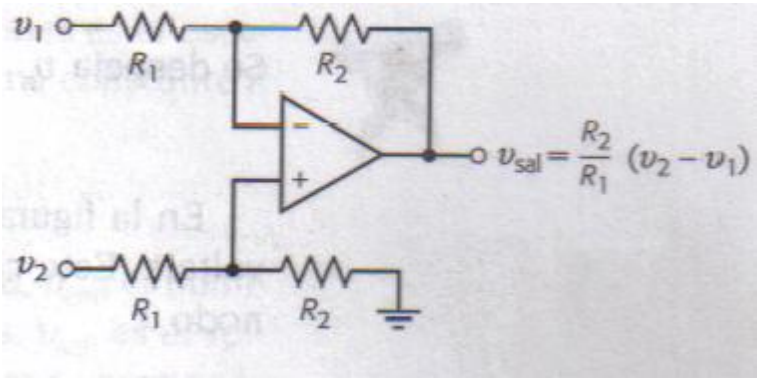
4. Amplificador sumador



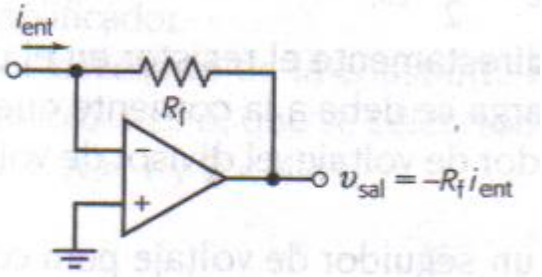
5. Amplificador sumador no inversor



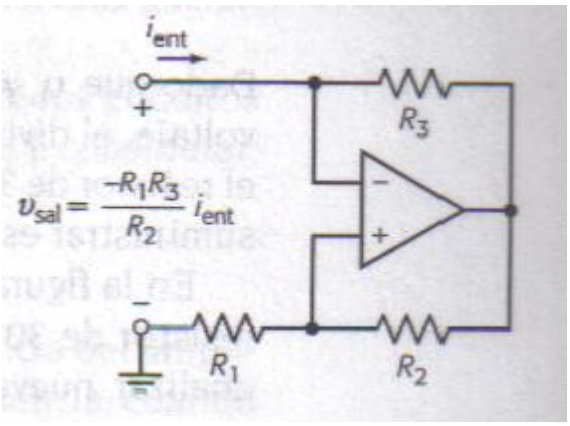
6. Amplificador de diferencia



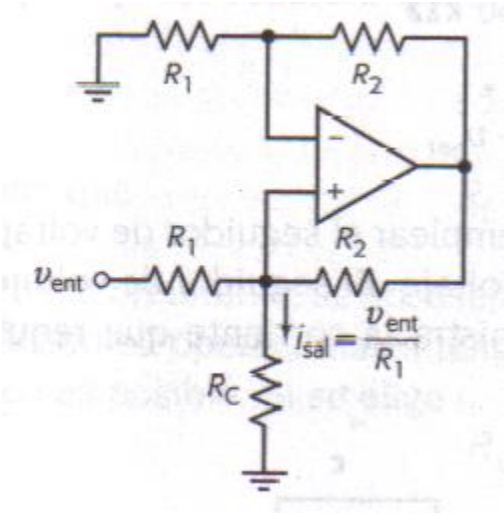
7. Convertidor de corriente a voltaje



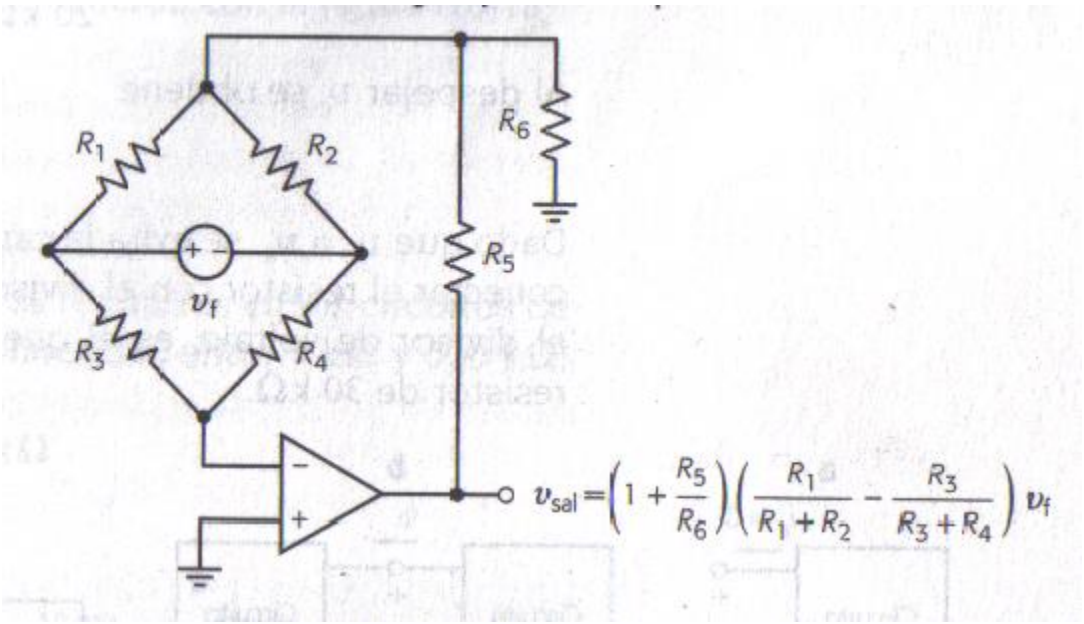
8. Convertidor de resistencia negativa



9. Fuente de corriente controlada por voltaje FCCV

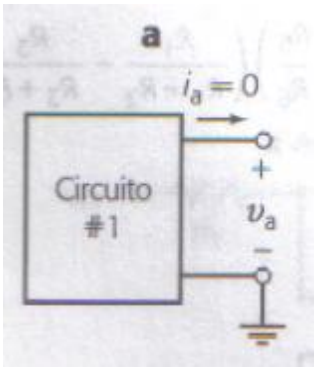


10. Amplificador de puente

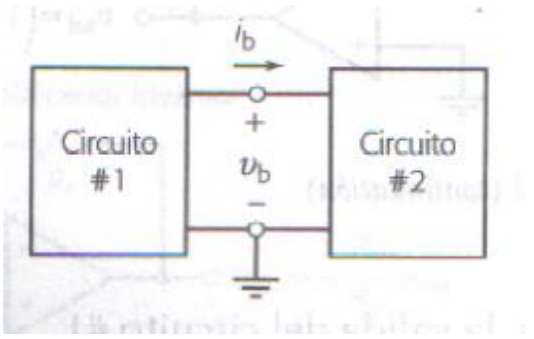


Ejemplos

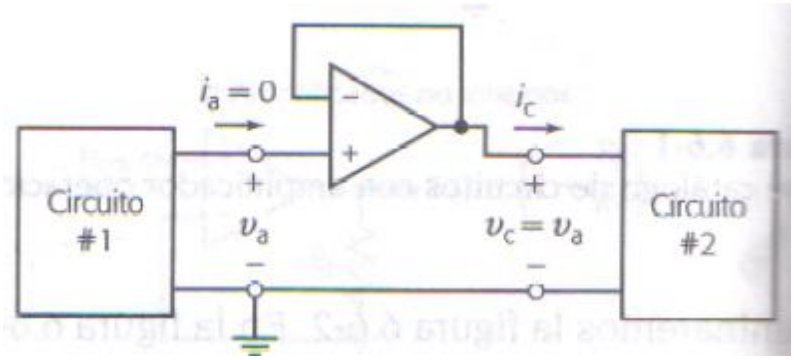
1. En este ejemplo se ilustra el empleo de un seguidor de voltaje para evitar el efecto de carga. En la figura



se presenta un circuito cuya salida da una $i_a=0$ y un v_a, al conectar un circuito 2 se obtiene:

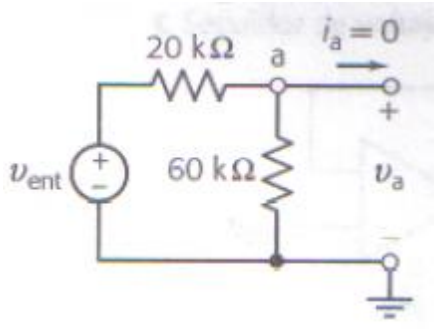


Es decir, v_a cambio su valor a v_b y la corriente i_a también cambio de valor a i_b, para evitar que la carga afecte el voltaje se conecta un seguidor de voltaje que impedirá que cambie v_a, pero no puede controlar i_a



Una carga se puede presentar cuando se conectan dos circuitos.

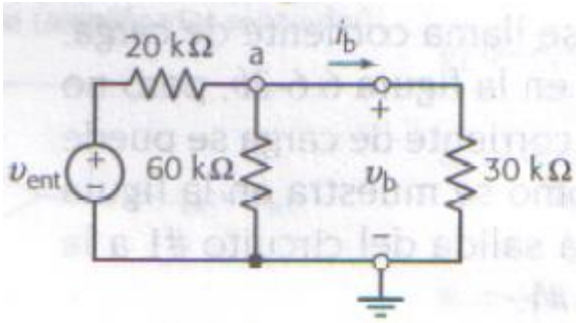
En términos más reales véase el circuito



la ecuación de nodo correspondiente para hallar v_a será:

$$\frac{v_a - v_{ent}}{20\ k\Omega} + \frac{v_a}{60\ k\Omega} = 0$$ y se obtiene $$v_a = \frac{3}{4} v_{ent}$$

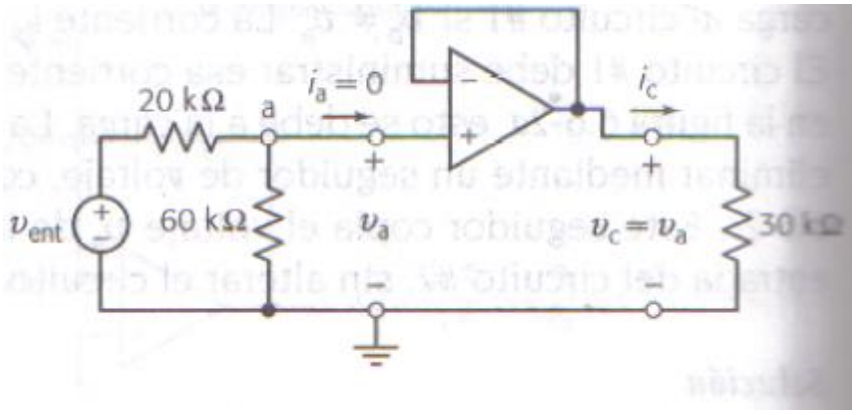
Conéctese el circuito de carga y el circuito queda



Cambiando i_a y v_a por los nuevos valores V_b e i_b (corriente de carga que el circuito debe proveer a la resistencia de carga) la nueva ecuación del nodo a es:

$$\frac{v_b - v_{ent}}{20\ k\Omega} + \frac{v_b}{60\ k\Omega} + \frac{v_b}{30\ k\Omega} = 0$$ y se obtiene

$$v_b = \frac{1}{2} v_{ent}$$. Si se usa un seguidor de voltaje sobre la resistencia de carga de 30KΩ, el circuito quedará



Se puede reescribir la ecuación de nodo, así:

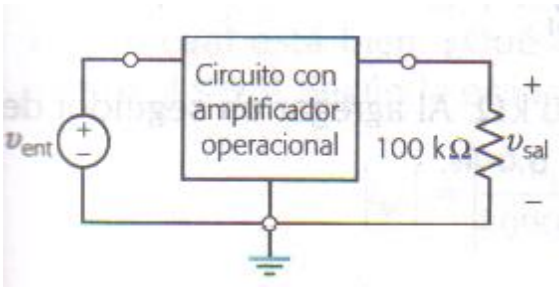
$$\frac{v_c - v_{ent}}{20\ k\Omega} + \frac{v_c}{60\ k\Omega} = 0$$ Obteniendo $$v_c = \frac{3}{4} v_{ent}$$,

siendo $v_a = v_c$ con ello se ha evitado la carga y a R se le entrega la corriente que requiere sin modificar el voltaje de v_a

2. Una aplicación frecuente de los A. O es el escalamiento de voltajes, es decir, multiplicar el voltaje de salida por una constante K para obtener

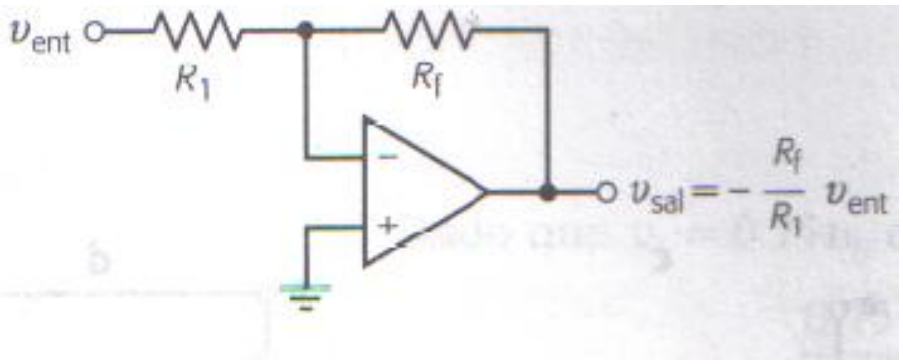
$$v_{sal} = K\, v_{ent}$$

En el circuito se muestra que pretende hacer lo propuesto



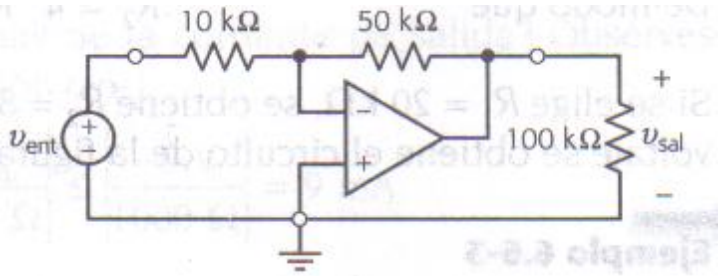
Reemplazando el A.O se pueden dar los siguientes casos

A) K<0 p.e K=-5, entonces se debe aplicar un inversor



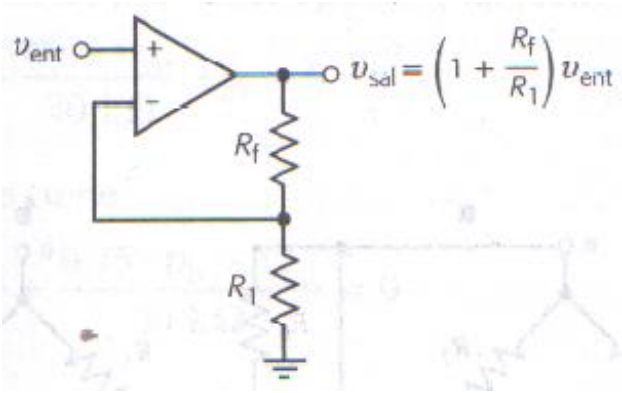
si se quiere que K=-5 entonces $-5 = -\frac{R_f}{R_1}$ y se obtiene $R_f = 5R_1$, como las resistencias en los A.O deben estar entre 5kΩ y 500kΩ, para matener la K se puede usar R_1=10 kΩ y R_f=50 kΩ

Quedando el circuito:

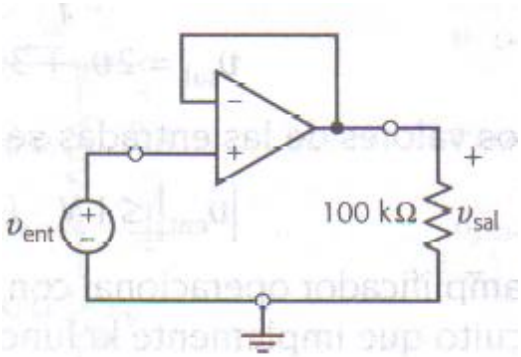


Que entrega una ganancia de 5, invirtiendo la señal.

B) K>1 p.e. K=5 entonces se debe aplicar un amplificador no inversor



$K = 1 + \frac{R_f}{R_1}$, como K=5, entonces, $5 = 1 + \frac{R_f}{R_1}$, luego $4R_1 = R_f$. Si se opta por R_1= 10 kΩ, entonces R_f=40 kΩ y el circuito será:

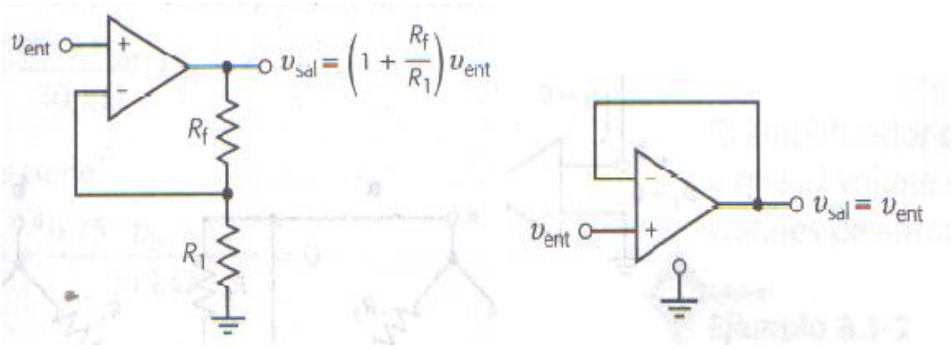


Con una amplificación de 5 veces la señal original

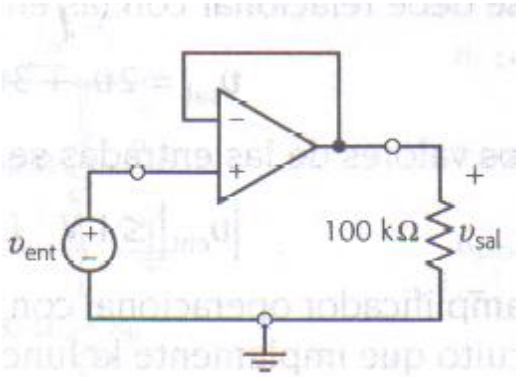
C) K=1, es decir no ganancia, no amplificación se usa un seguidor de voltaje. La demostración es:

Si se usa el A.O no inversor $K = 1 + \frac{R_f}{R_1}$, como K=1, entonces, $1 = 1 + \frac{R_f}{R_1}$, luego $0 = \frac{R_f}{R_1}$. Para que esto ocurra o R_f debe ser 0 (corto circuito) o R_1 debe estar abierto, o las dos. Optando por las

dos el Amplificador no inversor se convierte en un Seguidor de voltaje



Y el circuito será:



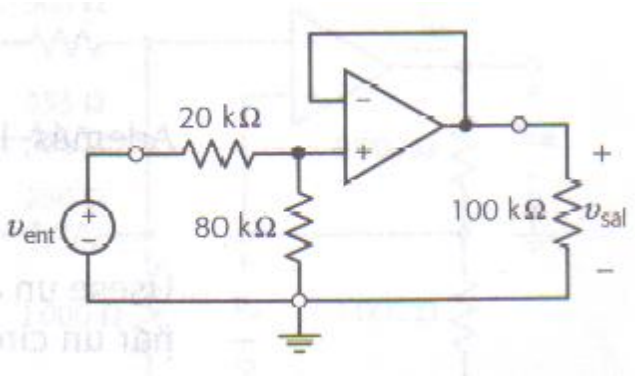
D) 0<K<1, p.e K=0,8

Como no hay amplificador, que tenga su ganancia entre 0 y 1. Ese circuito se puede obtener con un divisor de voltaje junto con un seguidor de voltaje.

Si el requisito es *K* = 0.8. Primero, se diseña un divisor de voltaje que tenga una atenuación igual a K

$$0.8 = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$ Quedando $R_2 = 4 \cdot R_1$

Si se elige R_1= 20 kΩ, se obtiene R_2 = 80 kΩ. Al agregar un seguidor de voltaje se obtiene el circuito



3. Diseñe un circuito que tenga una salida v_{sal}, y tres entradas v_1, v_2 y v_3. La salida debe relacionar con las entradas del siguiente modo:

$$v_{sal} = 2v_1 + 3v_2 + 4v_3$$

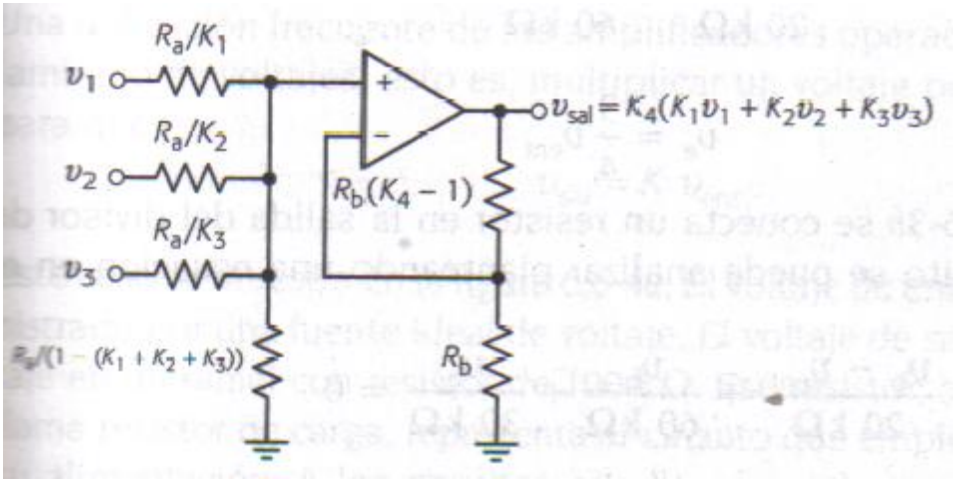
Además, los valores de las entradas se limitan entre -1 V y 1 V, esto es $|v_{ent}| \leq 1V$ con ent= 1, 2, 3

Úsese un amplificador operacional con i_{sat} = 2 mA y v_{sat} = 15 V para diseñar un circuito que implemente la función descrita.

Solución

El circuito que se pide debe multiplicar cada entrada por un número positivo distinto, y sumar los

resultados. El sumador no inversor que se muestra puede hacer esas operaciones (Sumador no inversor)



Este circuito se representa con seis parámetros: K_1, K_2, K_3, K_4, R_a y R_b. El diseño del sumador no inversor equivale a elegir valores de esos seis parámetros. Obsérvese que se necesita que $K_1 + K_2 + K_3 < 1$ para asegurar que todas las resistencias tengan valores positivos.

Supongamos que K_4 = 10 (valor cómodo, sólo un poco mayor que 2 + 3 + 4 = 9). Y sabiendo que $v_{sal} = K_4(K_1v_1 + K_2v_2 + K_34v_3$Entonces:

$v_{sal=}2v_1 + 3v_2 + 4v_3 = 10(0.2v_1 + 0.3v_2 + 0.4v_3)$

Obteniéndose: K_1= 0.2, K_2=0.3 y K_3=0.4.

Tomando al azar R_a=R_b=100Ω, entonces todas las resistencias quedan así:

La que conecta a v_1 es de $\frac{R_a}{K_1} = \frac{100}{0.2} = 500\Omega$

La que conecta a v_2 es de $\frac{R_a}{K_2} = \frac{100}{0.3} = 333.3 \ldots \Omega$

La que conecta a v_3 es de $\frac{R_a}{K_3} = \frac{100}{0.4} = 250\Omega$

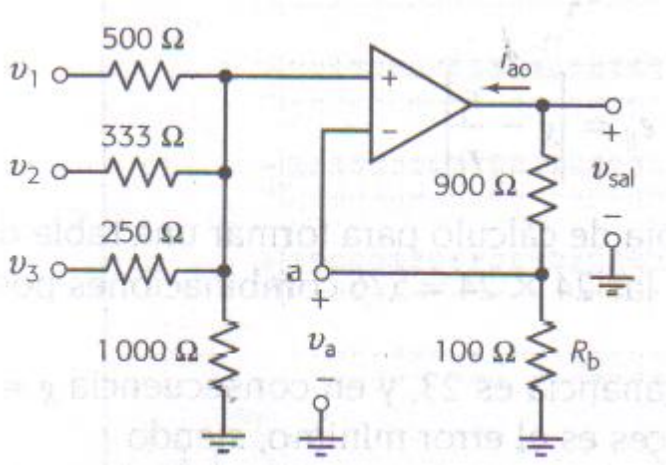
La que conecta a v_{sal} es de

$(K_4 - 1)R_b = (10 - 1)100 = 900\Omega$

La que conecta a Tierra y nodo no inversor

$$\frac{R_a}{(1 - (K_1 + K_2 + K_3))} = \frac{100}{(1 - (0.2 + 0.3 + 0.4))}$$
$$= 1000\Omega$$

Siendo el circuito resultante



Las ecuaciones de nodos son

$$\frac{v_a - v_1}{500} + \frac{v_a - v_2}{333} + \frac{v_a - v_3}{250} + \frac{v_a}{1000} = 0$$

Y $\frac{v_{sal} - v_a}{900} + \frac{v_a}{100} = 0$

Resolviendo el sistema se obtiene

v_{sal}= $2v_1$+$3v_2$+$4v_3$ y $v_a = \frac{v_{sal}}{10}$, luego

la $i_{ao} = \frac{v_a - v_{sal}}{900} = -\frac{v_{sal}}{1000}$

Como $|v_{sal}| = |2v_1 + 3v_2 + 4v_3|$,

sabiendo que $|v_{ent}| \leq 1V$, entonces:

$|v_{sal}| = |2v_1| + |3v_2| + |4v_3| = 2|v_1| + 3|v_2| + 4|v_3| \leq 9V$

Cumpliendo con ser inferior a 15 V del V_{sat}.

$$Para\ i_{ao}$$

$|i_{ao}| = \left|-\frac{v_{sal}}{1000}\right| \leq \left|\frac{-9V}{1000}\right| = 9mA$, mucho mayor que la corriente de saturación de 2 mA.

$$Por\ corriente\ el\ circuito\ queda\ excluido$$

Modificando R_b a 1000Ω se puede obtener nuevamente La resistencia que conecta a v_{sal}

$(K_4 - 1)R_b = (10 - 1)1000 = 9000\Omega$

Las ecuaciones de nodos son

$$\frac{v_a - v_1}{500} + \frac{v_a - v_2}{333} + \frac{v_a - v_3}{250} + \frac{v_a}{1000} = 0$$

Y $\frac{v_{sal} - v_a}{9000} + \frac{v_a}{1000} = 0$

Resolviendo el sistema se obtiene

v_{sal}= $2v_1$+$3v_2$+$4v_3$ y $v_a = \frac{v_{sal}}{10}$,

luego la $i_{ao} = \frac{v_a - v_{sal}}{9000} = -\frac{v_{sal}}{10000}$

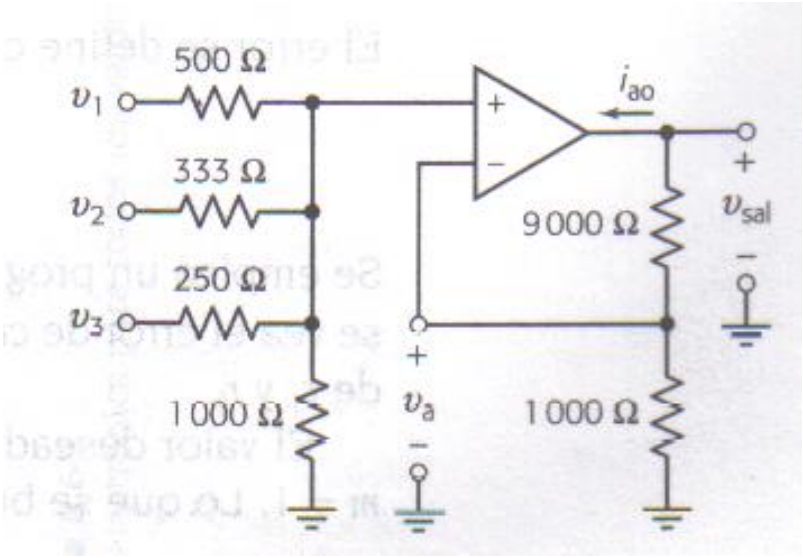
Como $|v_{sal}| = |2v_1 + 3v_2 + 4v_3|$,

sabiendo que $|v_{ent}| \leq 1V$, entonces:

$|v_{sal}| = |2v_1| + |3v_2| + |4v_3| = 2|v_1| + 3|v_2| + 4|v_3| \leq 9V$

Cumpliendo con ser inferior a 15 V del V_{sat} .

$$Para\ i_{ao}$$

$$|i_{ao}| = \left|-\frac{v_{sal}}{10000}\right| \leq \left|\frac{-9V}{10000}\right| = 0.9mA \leq i_{sat}\ (2mA),$$

mucho menor que la corriente de saturación de 2mA y el circuito es