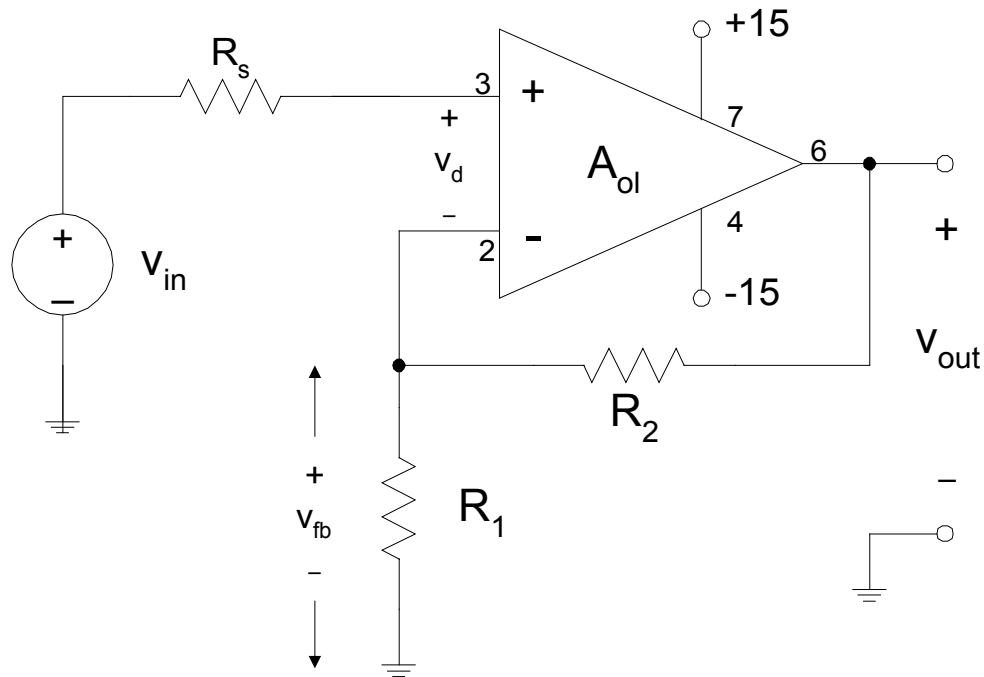


RETROALIMENTACIÓN



RETROALIMENTACIÓN EN SERIE-PARALELO [AMPLIFICADOR SIN INVERTIR]

Derivación de la ganancia de tensión en función de la ganancia de bucle abierto y del factor de retroalimentación  $R_s = 0$ .

$$v_{out} = A_{ol} \times v_d$$

$$v_{fb} = \beta \times v_{out}$$

$$v_{in} = v_d + v_{fb}$$

$$v_{in} = \frac{v_{out}}{A_{ol}} + \beta \times v_{out}$$

$$\frac{v_{in}}{v_{out}} = \frac{1}{A_{ol}} + \beta$$

$$A_{ol} \times \frac{v_{in}}{v_{out}} = 1 + \beta A_{ol}$$

$$\frac{v_{in}}{v_{out}} = \frac{1 + \beta A_{ol}}{A_{ol}}$$

$$\frac{v_{out}}{v_{in}} = \frac{A_{ol}}{1 + \beta A_{ol}};$$

$$\text{si } \beta A_{ol} \gg 1, \text{ por lo tanto: } \frac{v_{out}}{v_{in}} = \frac{1}{\beta}$$

$(1 + \beta A_{ol})$  se conoce como el factor de retroalimentación

$$\beta = \frac{R_1}{R_1 + R_2}; \quad \frac{1}{\beta} = \frac{R_1 + R_2}{R_1} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

Si, a cierta frecuencia, la magnitud de  $A_{ol}$  cae a 10.000 y usted espera una ganancia de bucle cerrado de 1000 del amplificador ( $\beta = 0,001$ ,  $1/\beta = 1000 = 10^3 = 60\text{dB}$ ), la ganancia real de bucle cerrado será:

$$\frac{v_{out}}{v_{in}} = \frac{A_{ol}}{1 + \beta A_{ol}} = \frac{10^4}{1 + 10^{-3} \times 10^4} = \frac{10^4}{11} = 909 = 59.2\text{dB}$$

En general, la conexión en serie aumenta las características del amplificador por la cantidad de factor de retroalimentación, y la conexión en paralelo las reduce. Por lo tanto, a cierta frecuencia donde  $(1 + \beta A_{ol}) = 11$ , **para la configuración de este amplificador**, la impedancia de entrada será 11 veces superior a la impedancia de entrada del amplificador operacional sin retroalimentación, y la impedancia de salida será 11 veces menor que la impedancia de salida del amplificador operacional sin retroalimentación. El ancho de banda del amplificador se ve aumentado por un factor de 11 y, por supuesto, la ganancia de bucle abierto disminuye por el mismo factor de 11. Teniendo en cuenta el diagrama de ancho de banda de la ganancia de bucle abierto de un 741, es fácil ver que construir un amplificador con una ganancia de 1000 a frecuencias bajas utilizando un 741 es un esfuerzo ridículo, ya que lo único que se consigue con aumentar 11 veces el ancho de banda es desplazar el punto 3dB de 10 Hz a unos 110 Hz.

Si se utiliza la frecuencia baja normal típica  $A_{ol}$  para el 741 = 100.000, el factor de retroalimentación sería 101 para este amplificador de 60 dB, por lo que, en este momento, se podría aumentar el punto de rolloff, o factor de caída, de alta frecuencia en unos 1000 Hz.

Para esta conexión en serie-paralelo, la retroalimentación siempre estabiliza la ganancia de tensión, aumenta la impedancia de entrada y disminuye la de salida, todo por  $[1 + \beta A_{ol}]$ . Por lo tanto, esta

configuración es un amplificador de tensión o una fuente de tensión ideal.

## LAS REGLAS DE ORO DE LOS AMPLIFICADORES OPERACIONALES

(extraído de Horowitz & Hill, página 177)

1. Si suponemos que la tensión del amplificador operacional es tan elevada que una fracción de un milivoltio entre los terminales de entrada hará oscilar la salida sobre su margen completo, podemos ignorar esa tensión pequeña y afirmar que la primera regla de oro es:

**La salida trata de hacer todo lo necesario para que la diferencia de tensión entre las salidas sea cero.**

Nota: esto no quiere decir que el amplificador operacional en realidad MODIFIQUE la tensión en su salida, si no que "examina" sus terminales de entrada y hace oscilar su terminal de salida alrededor, de tal forma que la red de retroalimentación externa, en los casos que es posible, hace que el diferencial de entrada sea cero.

2. Si suponemos que los amplificadores operacionales provocan muy poca corriente de entrada (nanoamperios a picoamperios), redondeamos y afirmamos que:

**Las entradas no dan corriente.**

Nota: las entradas deben tener alguna corriente DC, si no el amplificador operacional no funcionará, por lo que una conclusión de esta regla es que usted SIEMPRE debe proporcionar un trayecto de corriente DC a las dos entradas.

## BENEFICIOS DE LA RETROALIMENTACIÓN

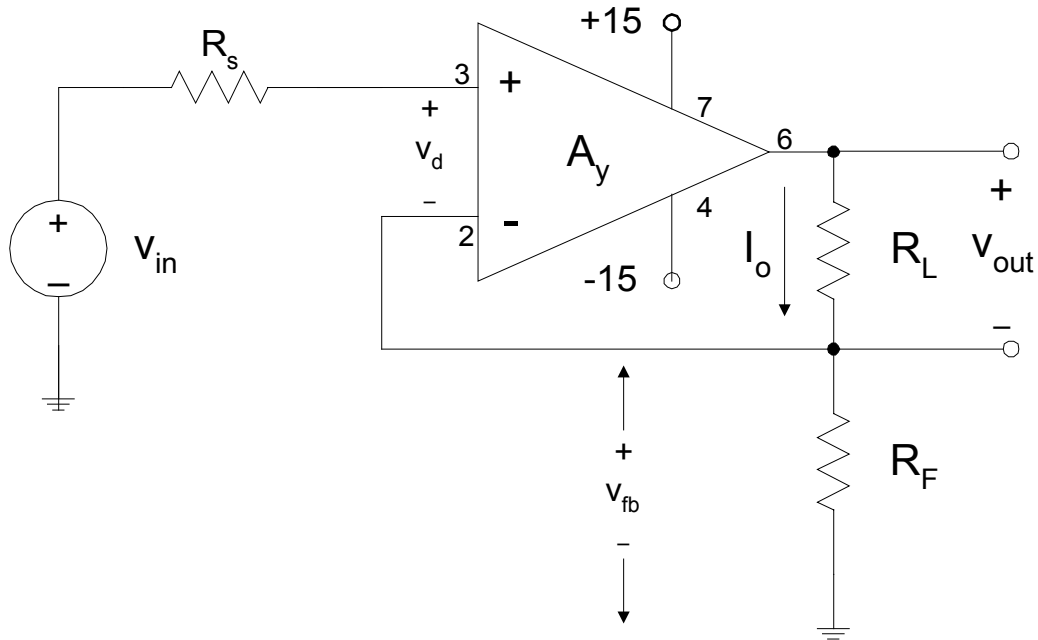
ESTABILIZA LA GANANCIA CONTRA LAS VARIACIONES DE DISPOSITIVO, LA TEMPERATURA Y EL ENVEJECIMIENTO	REDUCE LA DISTORSIÓN POR EL FACTOR DE RETROALIMENTACIÓN $[1+\beta A_{ol}]$
MANIPULA LAS IMPEDANCIAS DE ENTRADA Y DE SALIDA POR EL FACTOR DE RETROALIMENTACIÓN $[1+\beta A_{ol}]$	AUMENTA EL ANCHO DE BANDA POR EL FACTOR DE RETROALIMENTACIÓN $[1+\beta A_{ol}]$

FACTOR TÍPICO DE RETROALIMENTACIÓN PARA 741  $[A_{ol} = 100,000]$

A=60 dB =1000; $\beta=0,001$ ; $[1+\beta A_{ol}] = 101$	A=40 dB =100; $\beta=0,01$ ; $[1+\beta A_{ol}] = 1001$
A=20 dB = 10; $\beta=0,1$ ; $[1+\beta A_{ol}] = 10.001$	A=10 dB = 3,16; $\beta=0,32$ ; $[1+\beta A_{ol}] = 31.622$
A=0 dB = 1; $\beta=1$ ; $[1+\beta A_{ol}] = 100.001$	

## DESVENTAJAS DE LA RETROALIMENTACIÓN

PÉRDIDA DE GANANCIA; NECESITA MÁS ETAPAS	MAYOR TENDENCIA A LA OSCILACIÓN
--	---------------------------------



RETROALIMENTACIÓN SERIE-SERIE [AMPLIFICADOR SIN INVERTIR, CARGA FLOTANTE, IMPEDANCIA ALTA DE SALIDA]

$$v_{in} = v_d + v_{fb}$$

$$v_d = \frac{i_o}{A_y}$$

$$v_{fb} = i_o R_F;$$

$$\therefore v_{in} = \frac{i_o}{A_y} + i_o R_F = i_o \left( \frac{1}{A_y} + R_F \right)$$

$$\frac{v_{in}}{i_o} = \left( \frac{1}{A_y} + R_F \right)$$

$$\frac{A_y v_{in}}{i_o} = 1 + A_y R_F; \text{ invertido:}$$

$$\frac{i_o}{v_{in}} = \frac{A_y}{1 + A_y R_F} \approx \frac{1}{R_F}$$