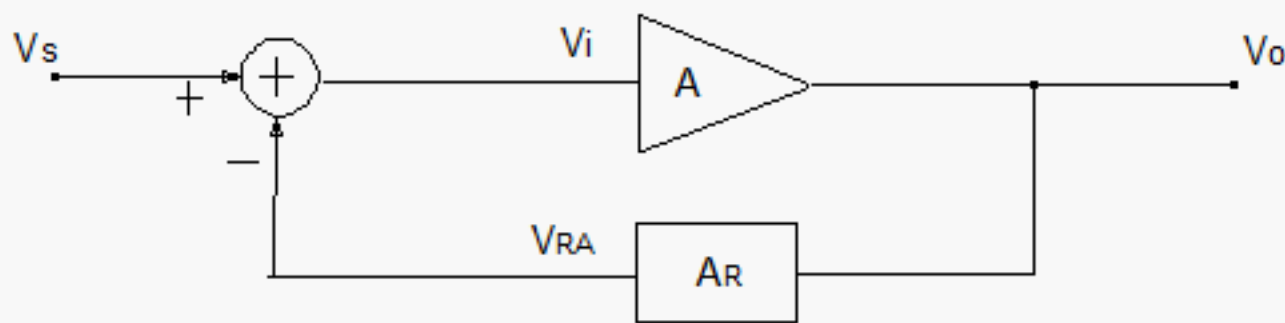


Amplificadores con realimentación negativa



Propósito de la realimentación negativa

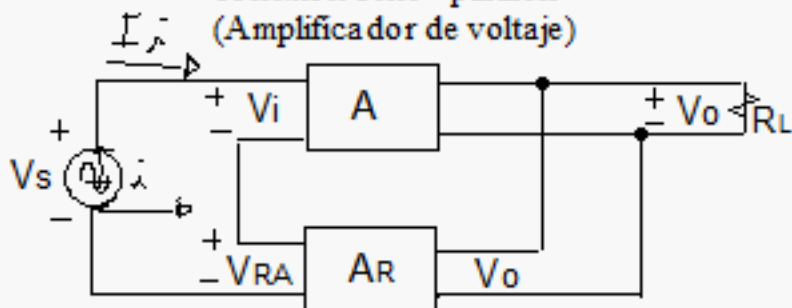
Lograr que la señal de entrada controle más exactamente el valor de la señal de salida

Ventajas

- Estabilizar la ganancia
- Mejorar las impedancias de entrada y salida
- Reducir la distorsión no lineal
- Incrementar el ancho de banda

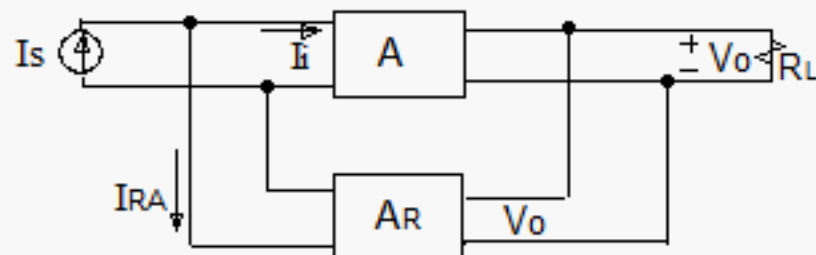
Configuraciones básicas de la realimentación negativa

Realimentación de voltaje en serie o
conexión serie - paralelo
(Amplificador de voltaje)



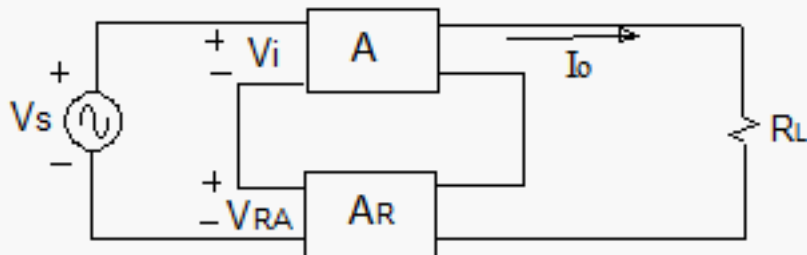
$$A = \frac{V_o}{V_i} \quad A_R = \frac{V_{RA}}{V_o}$$

Realimentación de voltaje en paralelo o
conexión paralelo - paralelo
(Amplificador de transresistencia)



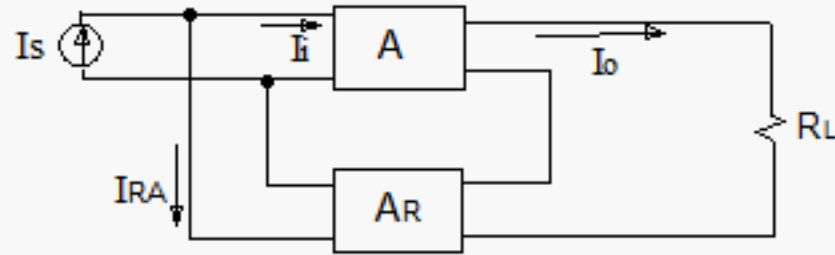
$$A = \frac{V_o}{I_i} \quad A_R = \frac{I_{RA}}{V_o}$$

Realimentación de corriente en serie o
conexión serie - serie
(Amplificador de transconductancia)



$$A = \frac{I_o}{V_i} \quad A_R = \frac{V_{RA}}{I_o}$$

Realimentación de corriente en paralelo o
conexión paralelo - serie
(Amplificador de corriente)



$$A = \frac{I_o}{I_i} \quad A_R = \frac{I_{RA}}{I_o}$$

Ganancia con realimentación

1. Realimentación de voltaje en serie

Sin realimentación $V_{RA} = 0$

$$A = \frac{V_o}{V_i} = \frac{V_o}{V_s}$$

Con realimentación

$$V_i = V_s - V_{RA} = V_s - A_R V_o$$

$$\text{pero } V_o = A V_i = A(V_s - A_R V_o) = A V_s - A(A_R V_o)$$

$$V_o(1 + A A_R) = A V_s$$

$$A_T = \frac{V_o}{V_s} = \frac{A}{1 + A A_R}$$

Ganancia total

$$A_T = A_v$$

3. Realimentación de corriente en paralelo

Sin realimentación $I_{RA} = 0$

$$A = \frac{I_o}{I_i}$$

Con realimentación

$$I_i = I_s - I_{RA}, \quad I_{RA} = A_R I_o$$

$$A_T = \frac{I_o}{I_s} = \frac{A I_i}{I_i + I_{RA}} = \frac{A I_i}{I_i + A_R I_o} = \frac{A I_i}{I_i + A_R A I_i}$$

$$A_T = \frac{I_o}{I_s} = \frac{A}{1 + A A_R}$$

2. Realimentación de voltaje en paralelo

$$A_T = \frac{V_o}{I_s} = \frac{A}{1 + A A_R}$$

4. Realimentación de corriente en serie

$$A_T = \frac{I_o}{V_s} = \frac{A}{1 + A A_R}$$

Impedancia de entrada con realimentación

1. Realimentación de voltaje en serie

$$V_i = I_i Z_i$$

$$V_o = A V_i, \quad V_i = V_s - V_{RA}, \quad V_{RA} = A_R V_o$$

$$Z_{iT} = \frac{V_s}{I_i} = \frac{V_i + V_{RA}}{\frac{V_i}{Z_i}} = \frac{Z_i(V_i + A_R V_o)}{V_i}$$

$$Z_{iT} = \frac{Z_i(V_i + A_R A V_i)}{V_i} = Z_i(1 + A A_R)$$

$$Z_{iT} = Z_i(1 + A A_R)$$

3. Realimentación de voltaje en paralelo

$$A = \frac{V_o}{I_i}, \quad I_i = I_s - I_{RA}, \quad A_R = \frac{I_{RA}}{V_o}, \quad Z_i = \frac{V_i}{I_i}$$

$$Z_{iT} = \frac{V_i}{I_s} = \frac{Z_i I_i}{I_i + I_{RA}} = \frac{Z_i I_i}{I_i + A_R V_o} = \frac{Z_i I_i}{I_i + A_R A I_i}$$

$$Z_{iT} = \frac{Z_i}{1 + A A_R}$$

2. Realimentación de corriente en serie

$$Z_{iT} = Z_i(1 + A A_R)$$

4. Realimentación de corriente en paralelo

$$Z_{iT} = \frac{Z_i}{1 + A A_R}$$

Impedancia de salida con realimentación

1. Realimentación de voltaje en serie

Se aplica un voltaje V a la salida con $V_S = 0$ por lo que :

$$V = IZ_o + AV_i \text{ pero } V_i = -V_{RA}$$

entonces:

$$V = IZ_o - AV_{RA} = IZ_o - AA_R V$$

$$V(1 + AA_R) = IZ_o$$

$$Z_{oT} = \frac{V}{I} = \frac{Z_o}{1 + AA_R}$$

2. Realimentación de voltaje en paralelo

$$Z_{oT} = \frac{V}{I} = \frac{Z_o}{1 + AA_R}$$

3. Realimentación de corriente en serie

Se aplica un voltaje V a la salida con $V_S = 0$ y se considera :

$$V_{RA} = A_R I, \quad V_i = -V_{RA}$$

$$I = \frac{V}{Z_o} + AV_i = \frac{V}{Z_o} - AV_{RA} = \frac{V}{Z_o} - AA_R I$$

$$I(1 + AA_R) = \frac{V}{Z_o}$$

$$Z_{oT} = \frac{V}{I} = Z_o(1 + AA_R)$$

4. Realimentación de corriente en paralelo

$$Z_{oT} = \frac{V}{I} = Z_o(1 + AA_R)$$

Ejemplo: Obtener A_T , Z_{iT} , Z_{oT} para un amplificador con realimentación de voltaje en serie que tiene $A = -100$, $Z_i = 10 \text{ K}\Omega$, $Z_o = 20 \text{ K}\Omega$ y

(a) $A_R = -0.1$

(b) $A_R = -0.5$

Solución

$$a) \quad A_T = \frac{A}{1 + AA_R} = \frac{-100}{1 + (100)(0.1)} = -9.09$$

$$Z_{iT} = Z_i (1 + AA_R) = 10 \text{ K}\Omega (1 + (100)(0.1)) = 110 \text{ K}\Omega$$

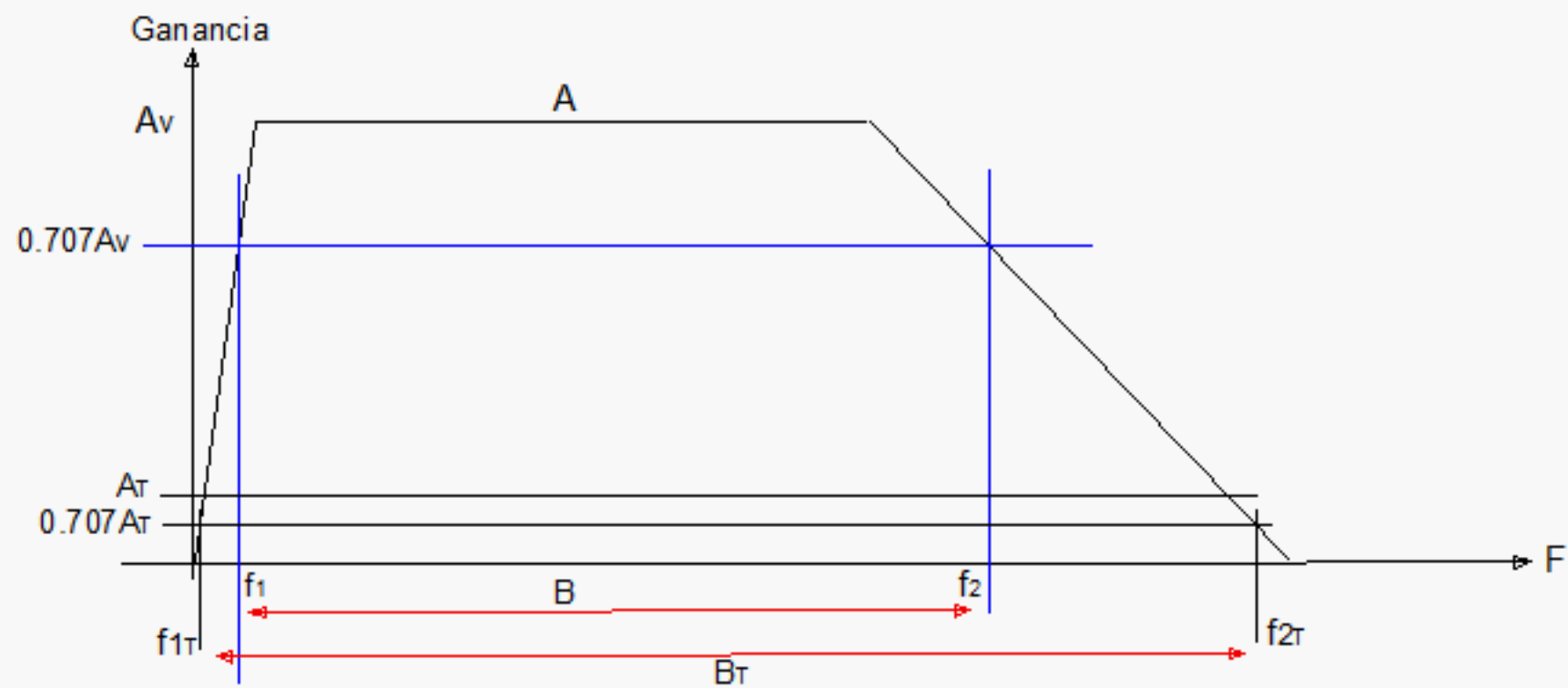
$$Z_{oT} = \frac{Z_o}{1 + AA_R} = \frac{20 \text{ K}\Omega}{1 + (100)(0.1)} = 1.8 \text{ K}\Omega$$

$$b) \quad A_T = \frac{-100}{1 + (100)(0.5)} = -1.96 \quad Z_{oT} = \frac{20 \text{ K}\Omega}{1 + (100)(0.5)} = 392 \Omega$$

$$Z_{iT} = 10 \text{ K}\Omega (1 + (100)(0.5)) = 510 \text{ K}\Omega$$

Reducción de la distorsión debido a la frecuencia

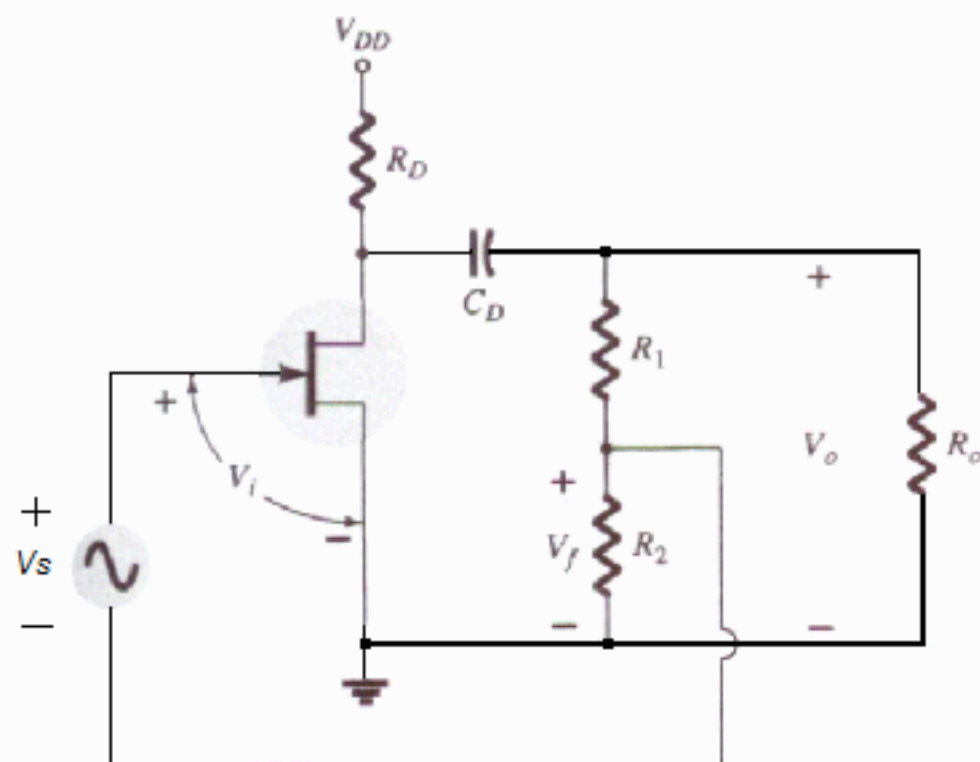
Ganancia y ancho de banda



Ejemplo: Realimentación de voltaje en serie (basado en FET)

Considerar $g_m = 4000\mu S$, $R_1 = 80K\Omega$, $R_2 = 20K\Omega$, $R_o = 10K\Omega$ y $R_D = 10K\Omega$.

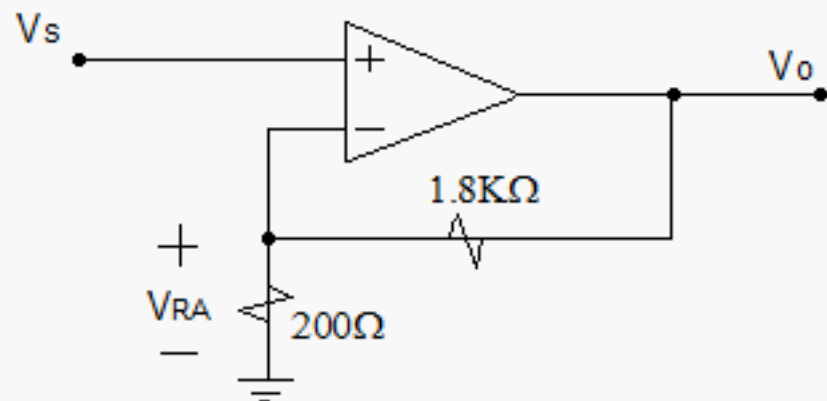
Calcular la ganancia con y sin realimentación



Ejemplo: Realimentación de voltaje en serie (basado en Amp-op)

Considerar $A = 100\,000$

Calcular la ganancia del amplificador



$$A_R = \frac{V_{Ra}}{V_o} \quad \text{pero } V_{Ra} = \frac{1200 \Omega}{2\,k\Omega} V_o = 0.1 V_o$$

entonces

$$A_n \approx 0.1$$

$$A_T = \frac{A}{1 + A A_R}$$

$$A_T = \frac{100\,000}{1 + (100\,000)(0.1)}$$

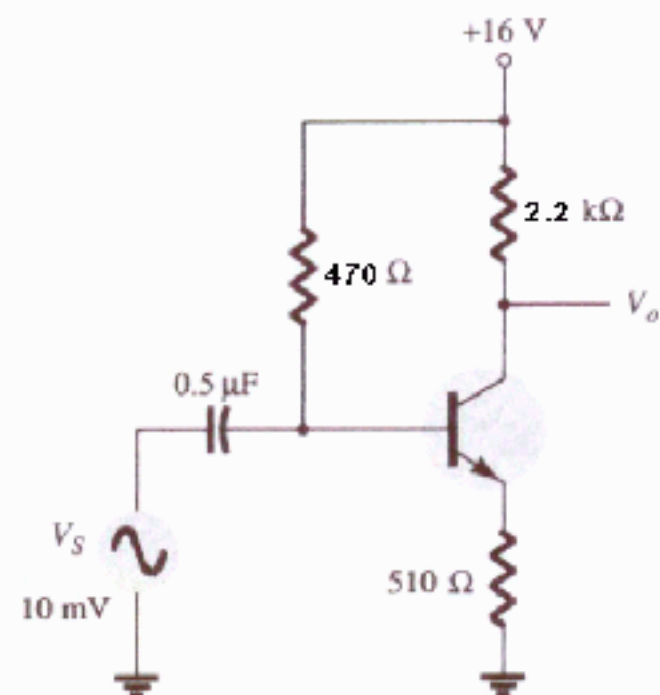
$$A_T \approx \frac{1}{0.1} = 10$$

$$A_T = A_v$$

Ejemplo: Realimentación de corriente en serie

Considerar $\beta = 120$ y $r_e = 7.5\Omega$

Calcular la ganancia de voltaje del circuito



Realimentación de voltaje en paralelo

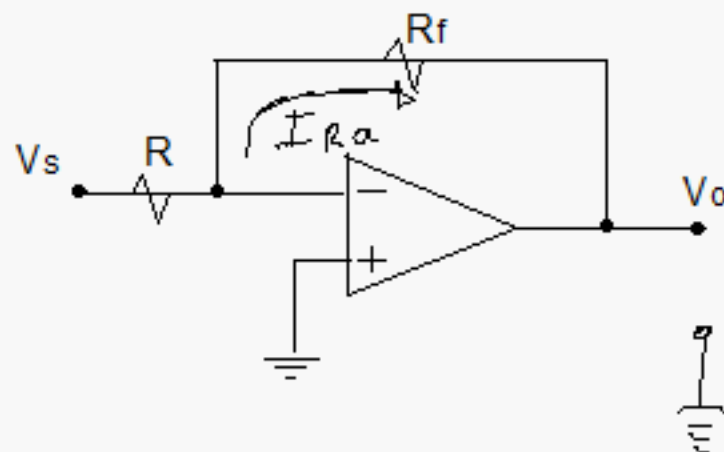
$$A = \frac{V_o}{I_i} \approx \infty$$

$$A_R = \frac{I_{Ra}}{V_o}$$

pero $I_{Ra} = \frac{V_o}{R_f}$

entonces

$$A_R = -\frac{1}{R_f}$$



$$A_T = \frac{V_o}{I_s} = \frac{A}{1 + A A_R}$$

como $A A_R \gg 1$

entonces

$$A_T = \frac{1}{A_R} = -R_f$$

Ejemplo: Realimentación de voltaje en paralelo basado en FET

Considerar $g_m = 5\text{mS}$, $R_{ss} = 1\text{K}\Omega$, $R_F = 20\text{K}\Omega$ y $R_D = 5.1\text{K}\Omega$.

Calcular la ganancia de voltaje con y sin realimentación para el circuito mostrado

