



Rev01

Realimentación:

Un sistema realimentado esta conformado por las siguientes etapas:

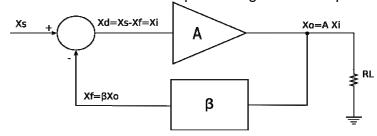


Fig. 1

Del siguiente diagrama nosotros podemos definir la ganancia de lazo cerrrado:

A_f =
$$\frac{X_o}{X_s} = \frac{A(X_s - X_f)}{X_s} = A(1 - \frac{X_f}{X_s})$$
 $P/X_f = \beta X_o$
 $A_f = A(1 - \beta \frac{X_o}{X_s}) = (A - \beta A \frac{X_o}{X_s})$
 $A_f = \frac{X_o}{X_s} = A - \beta A \frac{X_o}{X_s}$
 $\frac{X_o}{X_s} + \beta A \frac{X_o}{X_s} = A$
 $A = Ganancia de Lazo Abierto$
 $A_f = \frac{X_o}{X_s} = \frac{A}{(1 + \beta A)}$
 $A_f = \frac{A}{(1 + \beta A)}$

Tipos de amplificadores:

Con el concepto de realimentación se puede diseñar cuatro combinaciones de amplificadores con las diferentes formas de muestreo y mezcla.

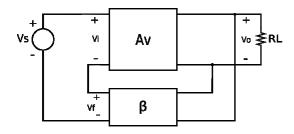
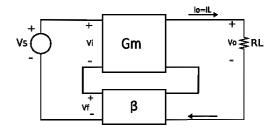


Fig. 2 Amplificador de Tensión con muestra de tensión en serie.



Amplificador de Transconductancia con muestra de corriente en serie.



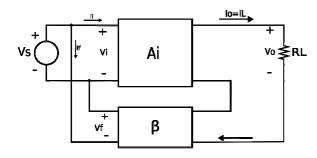


Fig.4
Amplificador de Corriente con muestra de corriente en paralelo.

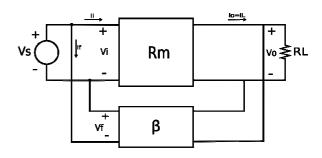


Fig.5
Amplificador de Transresistencia
con muestra de tensión en paralelo.

Se debe destacar de esto que la realimentación tiene sus aspectos positivos y negativos.

Desventajas: Reduce la ganancia. Esto se debe al grafico de ganancia – ancho de banda.

Ventajas: Estabilidad de la amplificación de transferencia frente a las variaciones por:

- Envejecimiento.
- Temperatura.
- Sustitución de componentes pasivos y activos.

Sensibilidad de la Ganancia:

Definimos sensibilidad de la ganancia a la relación entre la variación relativa de la amplificación con realimentación y sin ella.

Conciderese una variacion de la ganancia de lazo cerrado. Entonces:

$$\frac{dA_{f}}{dA} = \frac{d\left(\frac{A}{1+\beta A}\right)}{dA} = \frac{1(1+\beta A) - A(\beta)}{\left(1+\beta A\right)^{2}}$$

$$\frac{dA_{f}}{dA} = \frac{1+\beta A - A\beta}{\left(1+\beta A\right)^{2}} = \frac{1}{\left(1+\beta A\right)^{2}} \frac{A}{A}$$

$$\frac{dA_{f}}{dA} = \frac{A}{\left(1+\beta A\right)} \frac{1}{\left(1+\beta A\right)} \frac{1}{A}$$

$$\frac{dA_{f}}{dA} = A_{f} \frac{1}{\left(1+\beta A\right)} \frac{1}{A}$$

$$\frac{dA_{f}}{dA} = \frac{1}{\left|1+\beta A\right|} \frac{dA}{A} \implies D: |1+\beta A| = Desensibilidad$$

Cuando a un amplificador se le agrega realimentación la ganancia queda dividida por la desensibilidad, pero también la variación de la ganancia por cualquiera de los motivos antes mencionados se divide por el mismo factor.

Distorsión de Frecuencia:

Si la red de realimentación no tiene elementos reactivos la ganancia es independiente de la frecuencia.

Si concideramos el producto $\beta A \gg 1$ entonces la ganancia a lazo cerrado es :

$$A_f = \frac{A}{1 + \beta A} \simeq \frac{\lambda}{\beta \lambda} = \frac{1}{\beta}$$

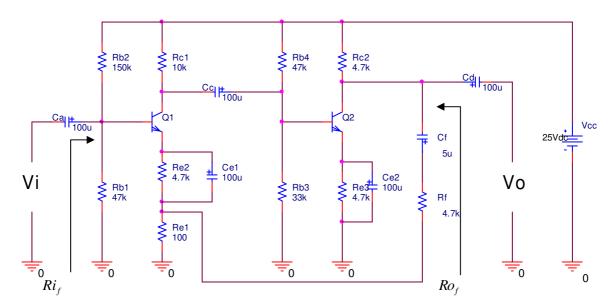
En caso de estar compuesto con elementos reactivos la amplificación a distintas frecuencias va a depender notablemente de la misma.

Distorsión no lineal: Permite reducir la distorsión no lineal % por D.

Reducción de ruido: Es dividido por el factor D.

Ahora para aplicar todos los conceptos definidos con anterioridad realizaremos el estudio completo sobre un sistema compuesto por dos amplificadores en cascada.

1) Realimentación de Tensión en Serie:



Calcular: Av_f , Ro_f , Ri_f con los siguientes datos:

Datos: Rs = 0, hfe = 50, $hie = 1.1K\Omega$, hre = hoe = 0, $Q_1 = Q_2$

Consignas:

- a. Identificar el tipo de topología para la cual vamos a analizar si la señal realimentada es una tensión o una corriente o dicho otro modo esta en serie o en paralelo con la señal? La señal muestreada es una tensión o una corriente? O dicho de otro modo es tomado del nudo de salida o de la malla de salida?
- b. Construir el circuito equivalente del amplificador son realimentación pero considerando los elementos que componen la red de realimentación β, reemplazando los dispositivos activos por el modelo apropiado (por ejemplo, el modelo híbrido – II para un transistor de alta frecuencia, o el modelo de parámetros h para baja frecuencia).

Para construir el circuito de entrada se debe eliminar la señal de realimentación para lo cual hacemos:

$$V_0 = 0$$
 (para muestreo de tensión)

$$I_0 = 0$$
 (para muestreo de corriente)

Para construir el circuito de salida debemos hacer:

$$V_i = 0$$
 (para mezcla en paralelo)

$$I_i = 0$$
 (para mezcla en serie)

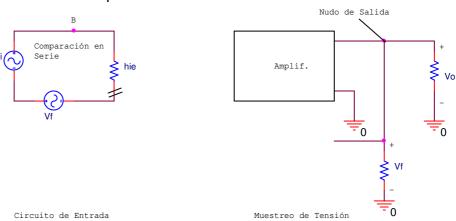
- c. Reemplazar la fuente de tensión por una de corriente aplicando Norton/Thevenin
- d. Hallar la ganancia aplicando Kirchhoff.
- e. Calcular el β que dependiendo de la topología podrá ser :

$$\beta = \frac{X_f}{X_o} \cong \frac{V_f}{V_o} \cong \frac{I_f}{I_o} \cong \frac{V_f}{I_o} = \frac{I_f}{V_o}$$

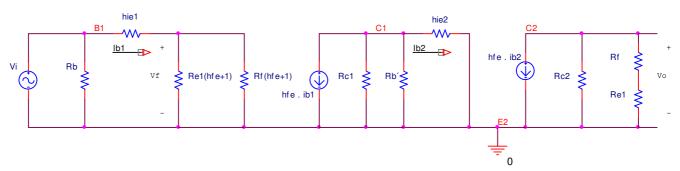
f. Con A y β, calcular D, A_f, Z_{if}, Z_{of}.

Desarrollo:

a. Muestreo de tensión – comparación en serie.



b. A continuación se grafica el circuito equivalente híbridos – II.



Una vez que se determino el circuito equivalente podremos realizar los análisis correspondientes a las ganancias y demás parámetros de nuestro amplificador. Recuérdese que este circuito se encuentra a lazo abierto, es decir, que luego tendremos que encontrar los parámetros a lazo cerrado mediante algunas consideraciones teóricas.



d.

$$R_{b} = \frac{R_{b2} \times R_{b1}}{R_{b2} + R_{b1}} = \frac{150k\Omega.47K\Omega}{150k\Omega + 47K\Omega} = 35,78K\Omega$$

$$R_{b} = \frac{R_{b4} \times R_{b3}}{R_{b4} + R_{b3}} = \frac{47k\Omega.33K\Omega}{47k\Omega + 33K\Omega} = 19,38K\Omega$$

Cálculo de A, =

$$A_{v} = \frac{v_{o}}{v_{i}} = \frac{v_{o}}{i_{b2}} \frac{i_{b2}}{i_{b1}} \frac{i_{b1}}{v_{i}}$$

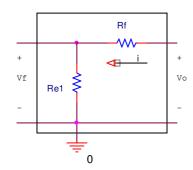
$$\left(\frac{\frac{i_{b2}}{i_{b2}} = -hfe\left[R_{c2} / / (R_{f} + R_{e1})\right] = -118,7K\Omega}{\frac{i_{b2}}{i_{b1}} = -hfe} \frac{R_{c1} / / R_{b} / / hie_{2}}{hie_{2}} = -42,84$$

$$\left(\frac{i_{b1}}{v_{i}} = \frac{1}{hie_{1} + \left[\left(R_{e1} / / R_{f}\right)(hfe + 1)\right]} = 0,164 \frac{1}{K\Omega}$$

$$A_{v} = 118,7K\Omega.42,84.0,164 \frac{1}{K\Omega}$$

$$A_{v} = 834$$

e.



Cálculo de la red β :

$$v_{o} = i\left(R_{f} + R_{e1}\right)$$

$$v_{f} = iR_{e1}$$

$$\beta = \frac{v_{f}}{v_{o}} = \frac{fR_{e1}}{f\left(R_{e1} + R_{f}\right)} = \frac{R_{e1}}{R_{e1} + R_{f}} = \frac{0.1K\Omega}{4.8K\Omega}$$

$$\beta = 0.02 = \frac{1}{48}$$

$$D = 1 + A_{v}\beta = 1 + \frac{834}{48} = 18,375$$

$$A_{vf} = \frac{A_{v}}{D} = \frac{834}{18,375}$$

$$A_{vf} = 45,38$$



Solo nos queda calcular las impedacias de lazo abierto como de lazo cerrado:

Lazo abierto:

$$Z_i = R_b / \left\{ hie_1 + \left\lceil \left(R_{e1} + R_f \right) \left(hfe + 1 \right) \right\rceil \right\} = 35,78K\Omega / 6K\Omega$$

$$Z_i = 5, 2K\Omega$$

$$Z_o = R_{c2} / / (R_{e1} + R_f)$$

$$Z_o = 2,37 K\Omega$$

Lazo cerrado:

$$^{P}/D = 18,375$$

$$Z_{if} = Z_i D = 5,2K\Omega \ 18,25$$
 \Rightarrow $Z_{if} = 94,9K\Omega$

$$Z_{if} = Z_i D = 5,2K\Omega \ 18,25$$
 \Rightarrow $Z_{if} = 94,9K\Omega$

$$Z_{of} = \frac{Z_0}{D} = \frac{2,37K\Omega}{18,25}$$
 \Rightarrow $Z_{of} = 129\Omega$

Conclusiones:

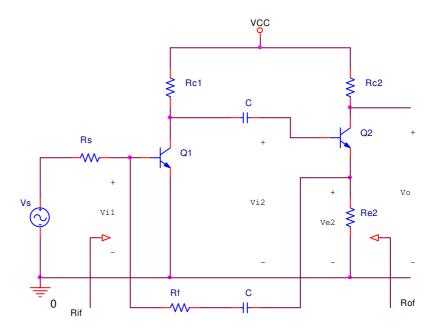
La ganancia de la tensión se ve disminuida por el factor D mientras que la impedancia de entrada aumenta y la de salida baja mejorando las condiciones y propiedades del amplificador.

Como regla general:

Muestreó de tensión $\equiv Z_o$ se ve disminuido D veces. *Muestreó de corriente* $\equiv Z_i$ se ve aumentado D veces.

Mezcla de tensión $\equiv Z_i$ se ve aumentada D veces. *Mezcla de corriente* $\equiv Z_i$ se ve disminuido D veces.

2) Muestreo de Corriente en Paralelo:





Datos:

$$R_{c1} = 3K\Omega$$

$$R_f = 1, 2K\Omega$$

$$hie = 1,1K\Omega$$

$$R_{c2} = 500\Omega$$

$$R_{\rm s} = 1, 2K\Omega$$

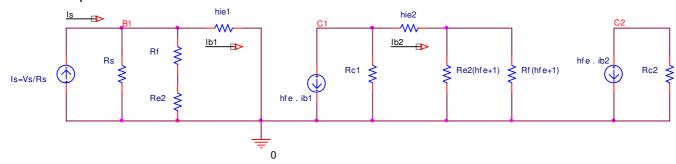
$$R_{e2} = 50\Omega$$

$$hfe = 50$$

Se pide calcular idem al punto anterior

Desarrollo:

Circuito equivalente:



$$A_{i} = \frac{i_{o}}{i_{i}} = \frac{i_{o}}{i_{b2}} \frac{i_{b2}}{i_{b1}} \frac{i_{b1}}{i_{i}} \qquad \therefore \qquad i_{o} = -hfe \, i_{b2} \rightarrow \frac{i_{o}}{i_{b2}} = -50$$

$$i_{b2} = -hfe \, i_{b1} \frac{R_{c1} \parallel \left[hie_{2} + hfe\left(R_{e2} \parallel R_{f}\right) \right]}{hie_{2} + hfe\left(R_{e2} \parallel R_{f}\right)} \rightarrow \frac{i_{b2}}{i_{b1}} = -22,907$$

$$i_{s} = i_{i} \quad \therefore \qquad i_{b1} = i_{s} \frac{\left[R_{s} \parallel \left(R_{e2} + R_{f}\right) \parallel hie_{1}\right]}{hie_{s}} \rightarrow \frac{i_{b1}}{i_{s}} = 0,357$$

$$A_i = \frac{i_o}{i_s} = 409,55 \therefore A_i = 409,55$$

Red de Realimentacion:

$$para \quad v_{e2} \gg v_{i1}$$

$$i_{f} = \frac{v_{e2} - v_{i1}}{R_{f}} \Rightarrow i_{f} \cong \frac{v_{e2}}{R_{f}} \text{ por otro lado} \begin{vmatrix} i_{0} = i_{f} + i_{e} \\ i_{e} = i_{o} - i_{f} \end{vmatrix}$$

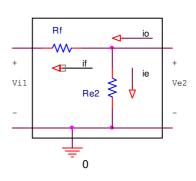
$$i_f = \frac{\left(i_o - i_f\right) R_{e2}}{R_f}$$

$$i_f = \frac{i_o R_{e2} - i_f R_{e2}}{R_f}$$

$$i_f R_f + i_f R_{e2} = i_0 R_{e2}$$

$$i_f(R_f + R_{e2}) = i_0 R_{e2} \Rightarrow \beta = \frac{R_{e2}}{R_f + R_{e2}}$$

$$\beta = 0.04$$



$$D = 1 + \beta A_i = 1 + 0.04 \times 409,55$$

$$D = 17,38$$

$$A_{if} = \frac{A_i}{D} = \frac{409,55}{17,38} = 23,56$$

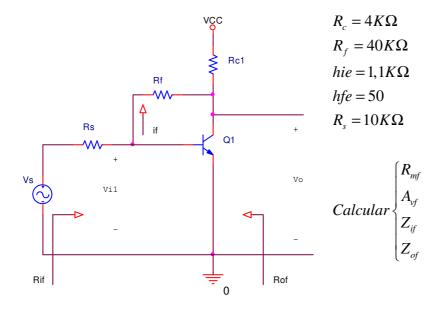
$$A_{if} = 23,56$$



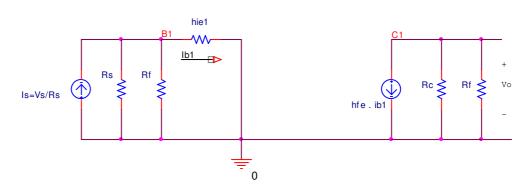
Calculo de Impedancias:

$$\begin{split} Z_i &= R_s \parallel \left(R_f + R_{e2}\right) \parallel hie_1 & Z_{if} = \frac{Z_i}{D} \\ \hline Z_i &= 393,32\Omega \\ \hline Z_o &= R_{c2} & Z_{of} = Z_o D \\ \hline Z_o &= 500\Omega \\ \hline \end{split}$$

3) Realimentación de tensión en paralelo:



Circuito equivalente:



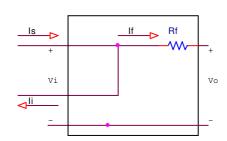
$$R_{m} = \frac{v_{o}}{i_{s}} = \frac{v_{o}}{i_{b1}} \frac{i_{b1}}{i_{s}} \qquad \Rightarrow \qquad \frac{v_{o}}{i_{b1}} = hfe(R_{c} \parallel R_{f}) = 181, \widehat{81}K\Omega$$

$$\frac{i_{b1}}{i_{s}} = \frac{R_{f} \parallel R_{s} \parallel hie_{1}}{hie_{1}} = 879,09\Omega$$

$$R_m = 159,82K\Omega$$



Red de Realimentacion:



$$\begin{aligned} para & v_i \ll v_o \\ i_f &= \frac{v_i - v_o}{R_f} \\ i_f &\cong -\frac{v_o}{R_f} \\ \beta &= \frac{i_f}{v_o} = \frac{-\frac{v_o}{R_f}}{v_o} \\ \beta &= -\frac{1}{R_f} \rightarrow \boxed{\beta = -0,025} \, \text{meV}_V \end{aligned}$$

Desensibilidad:

$$D = 1 + \beta R_m = 1 + (-0.025 \frac{mA}{V}).159,84 K\Omega$$

$$D = 4,99 \Rightarrow \boxed{D = 5}$$

$$R_{mf} = \frac{R_m}{D} = \frac{159,82K\Omega}{5} \Rightarrow \boxed{R_{mf} = 31,965K\Omega}$$

Impedancias Z_{if} , Z_{of}

$$Z_i = R_s || hie_1 || R' = 10K\Omega || 1,1K\Omega || 40K\Omega$$

$$Z_i = 967\Omega$$

$$Z_o = R_c \parallel R' = 4K\Omega \parallel 40K\Omega$$

$$Z_o = 3, \widehat{63}K\Omega$$

$$A_{v} = \frac{V_{o}}{V_{S}} = \frac{V_{o}}{I_{S}R_{S}} = \frac{R_{m}}{R_{S}} = \frac{159,82}{10} \Rightarrow \boxed{A_{v} \cong 16}$$

$$A_{vf} = \frac{A_v}{D} = \frac{16}{5} \Rightarrow \boxed{A_{vf} = 3, 2}$$

$$Z_{if} = \frac{Z_i}{D} = \frac{967\Omega}{5}$$

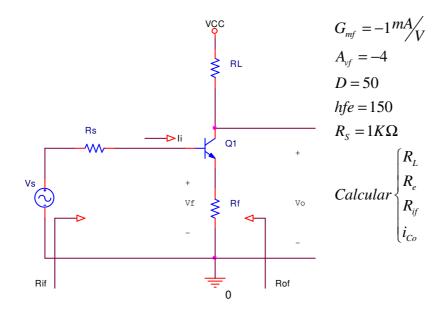
$$Z_{if} = 193, 4\Omega$$

$$Z_{of} = \frac{Z_o}{D} = \frac{3,63K\Omega}{5}$$

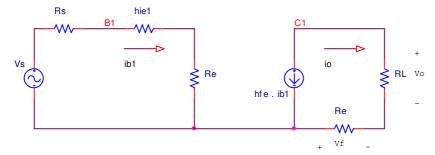
 $Z_{of} = 726\Omega$



4) Realimentación de Corriente en Serie:



Circuito equivalente para Gm:



Desarrollo:

$$G_{mf} = \frac{G_m}{D} = -1 \frac{mA}{V} \Rightarrow G_m = G_{mf}D = -1 \frac{mA}{V}.50$$

$$G_m = -50 \frac{mA}{V}$$

$$\beta = \frac{V_f}{i_o} = \frac{-i_o R_e}{i_o} \Longrightarrow \beta = -R_e$$

 $Como \beta = -R_e$, entonces

$$D = 1 + \beta G_m \Rightarrow D = 1 + R_e 50$$

$$R_e = \frac{D - 1}{G_m} = \frac{50 - 1}{50} = 0.98 K\Omega$$

$$R_e \simeq 1 K\Omega$$



Calculo de G_m :

$$G_m = \frac{i_o}{v_s} = \frac{i_o}{i_b} \frac{i_b}{v_s}$$

$$\frac{i_o}{i_h} = -hfe_1$$

$$v_s = i_b [R_S + hie_1 + R_e] \Rightarrow \frac{i_b}{v_s} = \frac{1}{R_S + hie_1 + R_e}$$

$$G_m = -hfe_1 \frac{1}{R_S + hie_1 + R_e}$$

$$como \ G_{m} = -50 = \frac{-hfe}{R_{S} + hie_{1} + R_{e}} = \frac{-150}{1 + hie_{1} + 1}$$

$$\boxed{hie = 1K\Omega}$$

Entonces

$$A_{vf} = G_{mf} R_L \Rightarrow R_L = \frac{A_{vf}}{G_{mf}} = \frac{-4}{-1} \Rightarrow \boxed{R_L = 4K\Omega}$$

$$R_i = R_s + hie + R_e = 1K\Omega + 1K\Omega + 1K\Omega$$

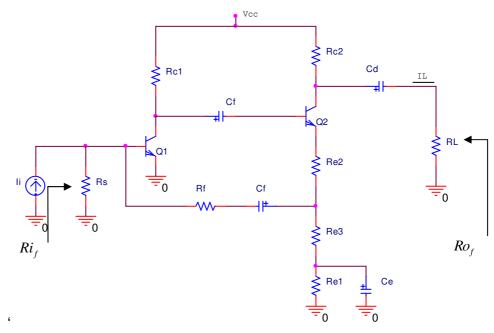
$$R_i = 3K\Omega$$

$$R_{if} = R_i D = 3K\Omega \ 50 \Rightarrow \boxed{R_{if} = 150K\Omega}$$

como hie = hfe
$$\frac{V_T}{i_{Co}}$$
 \Rightarrow i_{Co} = hfe $\frac{V_T}{hie}$ = 150 $\frac{25mV}{1K\Omega}$ i_{Co} = 3,9mA

5) Análisis de Circuitos Realimentados:

a. Del siguiente circuito se debe realizar un análisis completo en el cual se debe usar todas las técnicas de realimentación estudiadas hasta el momento.



Datos:

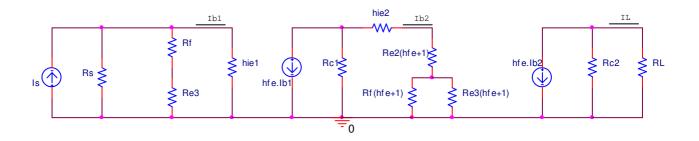
Calcular:

$hfe_1 = hfe_2 = 50$		$A_{i\!f}$
$hie_1 = hie_2 = 1K\Omega$	2	$Z_{i\!f}$
$R_s = 100K\Omega$;	$R_{e2} = 1K\Omega$	$Z_{o\!f}$
$R_{c1} = 2K\Omega$;	$R_{e3} = 1K\Omega$	
$R_{c2} = 2K\Omega$;	$R_{e1} = 100\Omega$	
$R_f = 10K\Omega$;	$R_L = 10\Omega$	

^(*) No se incluyen las resistencias de polarización de base para simplificar el calculo

Desarrollo:

Circuito equivalente:



Electrónica Aplicada II



$$A_{i} = \frac{i_{o}}{i_{i}} = \frac{i_{o}}{i_{b2}} \frac{i_{b2}}{i_{b1}} \frac{i_{b1}}{i_{i}}$$

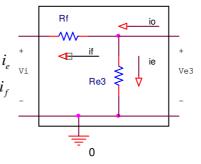
donde

$$\begin{split} &i_{o} = -hfe \, i_{b2} \, \frac{R_{c2}}{R_{c2} + R_{L}} \Rightarrow \frac{i_{o}}{i_{b2}} = hfe \, \frac{R_{c2}}{R_{c2} + R_{L}} = -49,75 \\ &i_{b2} = -hfe \, i_{b1} \, \frac{R_{c1}}{R_{c1} + \left[\, hie_{1} + R_{e2} (hfe + 1) + \left(R_{f} \parallel R_{e3} \right) \left(hfe + 1 \right) \right]} \Rightarrow \frac{i_{b2}}{i_{b1}} = -0,996 \\ &i_{b1} = i_{i} \, \frac{R_{f} + R_{e3}}{R_{f} + R_{e3} + hie_{1}} \Rightarrow \frac{i_{b1}}{i_{i}} = \frac{R_{f} + R_{e3}}{R_{f} + R_{e3} + hie_{1}} = 0,9166 \, (Se \, omite \, R_{s} \, en \, este \, calculo) \\ &A_{i} = \frac{i_{o}}{i_{b2}} \, \frac{i_{b2}}{i_{b1}} \, \frac{i_{b1}}{i_{i}} = \left(-49,75 \right) \left(-0,996 \right) 0,9166 \quad \Rightarrow \quad \boxed{A_{i} = 45,42} \end{split}$$

Red de Realimentacion:

para
$$v_{e3} \gg v_i$$

$$\begin{aligned} para & v_{e3} \gg v_i \\ i_f &= \frac{v_{e3} - v_i}{R_f} \Rightarrow i_f \cong \frac{v_{e3}}{R_f} \ por \ otro \ lado \begin{vmatrix} i_0 = i_f + i_e \\ i_e = i_o - i_f \end{vmatrix} \\ i_f &= \frac{\left(i_o - i_f\right)R_{e3}}{R_c} \end{aligned}$$



$$i_f = \frac{i_o R_{e3} - i_f R_{e3}}{R_f}$$

$$i_f R_f + i_f R_{e3} = i_0 R_{e3}$$

$$i_f(R_f + R_{e3}) = i_0 R_{e3} \Rightarrow \beta = \frac{R_{e3}}{R_f + R_{e3}}$$

$$\beta = 0, \widehat{09}$$

Desensibilidad:
$$D = 1 + \beta A_i$$
 $A_{if} = \frac{A_i}{D} = \frac{45,44}{5,1309}$

$$D = 1 + 0,09.45,44$$
 $A_{if} = 8,85$

$$D = 5,1309$$

Impedancias:

$$Z_{i} = R_{s} \| hie_{1} \| \left(R_{f} + R_{e3} \right) = 100K\Omega \| 1K\Omega \| \left(10K\Omega + 1K\Omega \right)$$

$$Z_{if} = \frac{Z_{i}}{D} = \frac{908,34\Omega}{5,1309}$$

$$Z_{i} = 908,34\Omega$$

$$Z_{if} = 177,03\Omega$$

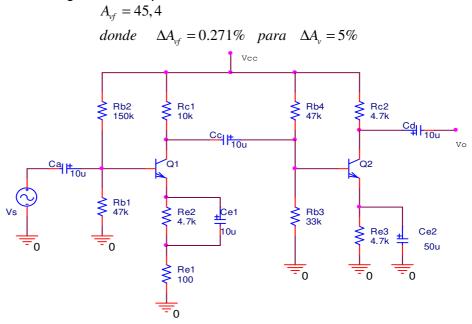
$$Z_{of} = R_{c2} \| R_{L} = 2K\Omega \| 10\Omega$$

$$Z_{of} = Z_{o} D = 9,95\Omega .5,1309$$

$$Z_{of} = 51,05\Omega$$

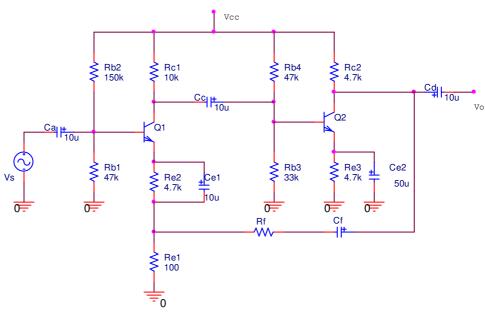


 b. Dado el esquema circuital, aplicar al circuito una realimentación negativa de manera que cumpla con los siguientes requerimientos:



Desarrollo:

Debido a la configuración del esquema circuital se aplica una *Realimentación de Tensión en Serie.* El circuito con la realimentación se muestra a continuación:



 $A_{\rm vf} = \frac{A_{\rm v}}{D}$ si se aplica una variación a la funsion anterior

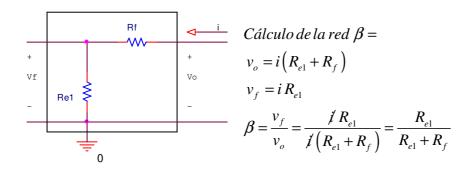
donde
$$\Delta A_{vf} = \frac{\Delta A_{v}}{D}$$
 para $\Delta A_{vf} = 0,271\%$ $y \quad \Delta A_{v} = 5\%$

$$D = \frac{\Delta A_{v}}{\Delta A_{vf}} = \frac{5\%}{0,271\%} = 18,4$$

$$para\ A_{vf} = 45, 4 \Rightarrow A_{v} = A_{vf}D = 45, 4.18, 4 \Rightarrow \boxed{A_{v} = 835, 36}$$

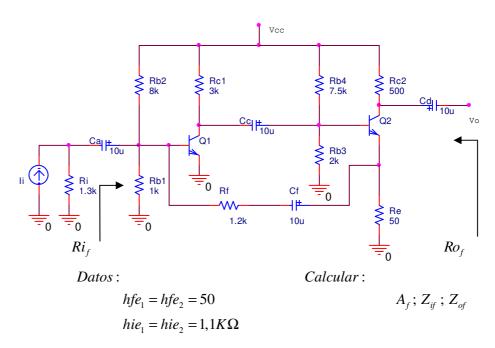
Electrónica Aplicada II

Con los datos obtenidos se puede, a continuación, encontrar el valor de la resistencia de realimentación $R_{\rm f}$.



$$\begin{split} D &= 1 + \beta A_{v} \\ \beta &= \frac{D - 1}{A_{v}} = \frac{18, 4 - 1}{835, 36} = 0,0208 \\ \beta &= \frac{R_{e1}}{R_{e1} + R_{f}} \quad \Rightarrow \qquad R_{f} = \frac{R_{e1} - R_{e1}\beta}{\beta} = R_{e1} \frac{1 - \beta}{\beta} = 100\Omega \frac{1 - 0,0208}{0,0208} \\ \hline R_{f} &= 4,7K\Omega \end{split}$$

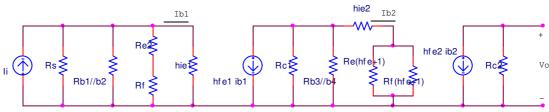
c. Al siguiente circuito:



Desarrollo:

Circuito equivalente: En este caso consideramos que la carga es R_{C2}.





Realimentacion de Corriente en Paralelo

$$A_{i} = \frac{i_{o}}{i_{i}} = \frac{i_{o}}{i_{b2}} \frac{i_{b2}}{i_{b1}} \frac{i_{b1}}{i_{i}}$$

$$i_{o} = -hfe i_{b_{2}} \implies \frac{i_{o}}{i_{b_{2}}} = -50$$

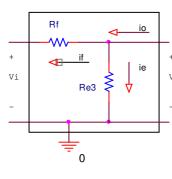
$$i_{b_{2}} = -hfe i_{b_{1}} \frac{R_{c_{1}} \parallel R_{b3//b4}}{(R_{c_{1}} \parallel R_{b3//b4}) + \left[hie_{2} + (R_{f} \parallel R_{e})(hfe + 1)\right]} \Rightarrow \frac{i_{b2}}{i_{b1}} = -hfe \frac{R_{c_{1}} \parallel R_{b3//b4}}{(R_{c_{1}} \parallel R_{b3//b4}) + \left[hie_{2} + (R_{f} \parallel R_{e})(hfe + 1)\right]}$$

$$\frac{i_{b2}}{i_{b1}} = -11, 28$$

$$i_{b1} = i_{i} \frac{R_{s} \parallel R_{b1//b2} \parallel (R_{f} + R_{e})}{\left[R_{s} \parallel R_{b1//b2} \parallel (R_{f} + R_{e})\right] + hie_{1}} \Rightarrow \frac{i_{b1}}{i_{i}} = \frac{R_{s} \parallel R_{b1//b2} \parallel (R_{f} + R_{e})}{\left[R_{s} \parallel R_{b1//b2} \parallel (R_{f} + R_{e})\right] + hie_{1}} = 0,2522$$

$$A_{i} = \frac{i_{o}}{i_{b2}} \frac{i_{b1}}{i_{b1}} \frac{i_{b1}}{i_{i}} = (-50)(-11,28)0,2522$$

$$|A_{i} = 142,24|$$



Red de Realimentacion:

$$para \quad v_e \gg v_i$$

$$v_e \quad i_f = \frac{v_e - v_i}{R_f} \Rightarrow i_f \cong \frac{v_e}{R_f} \ por \ otro \ lado \begin{vmatrix} i_0 = i_f + i_e \\ i_e = i_o - i_f \end{vmatrix}$$

$$i_f = \frac{\left(i_o - i_f\right)R_e}{R_f}$$

$$i_f = \frac{i_oR_e - i_fR_e}{R_f}$$

$$i_fR_f + i_fR_{e3} = i_0R_e$$

$$i_f\left(R_f + R_{e3}\right) = i_0R_{e3} \Rightarrow \beta = \frac{R_e}{R_f + R_e}$$

$$\beta = \frac{50\Omega}{50\Omega + 1, 2K\Omega} \Rightarrow \beta = 0,04$$

$$D = 1 + \beta A_i = 1 + 0,04.142,24$$

$$D = 6,69$$

$$A_{if} = \frac{A_i}{D} = \frac{142,24}{6.69}$$
 \Rightarrow $A_{if} = 21,26$



Impedancias:

$$Z_{i} = R_{b1//b2} \parallel \left(R_{f} + R_{e} \right) \parallel hie_{1} = \left(1K\Omega \parallel 8K\Omega \right) \parallel \left(1, 2K\Omega + 50\Omega \right) \parallel 1, 1K\Omega$$

$$Z_{if} = \frac{Z_i}{D} = \frac{352,84\Omega}{6,69}$$

$$Z_i = 352,84\Omega$$

$$Z_{if} = 52,74\Omega$$

$$Z_o = R_{c2}$$

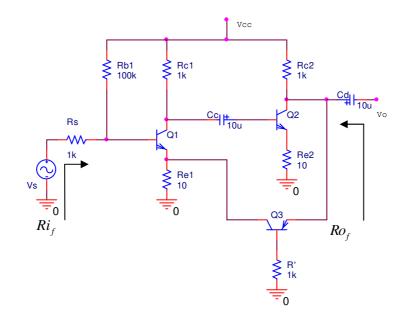
$$Z_{of} = Z_o D = 500\Omega.6,69$$

$$Z_o = 500\Omega$$

$$Z_{of} = 3,34K\Omega$$



d. Con el siguiente circuito, se pide:



Datos:
$$Calcular:$$

$$A_{v}; A_{vf}$$

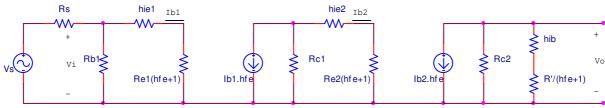
$$hib = 10$$

$$Z_{i}; Z_{o}$$

$$Z_{if}; Z_{of}$$

Desarrollo:

Circuito equivalente:



$$A_{v} = \frac{v_{o}}{v_{i}} = \frac{v_{o}}{i_{b2}} \frac{i_{b2}}{i_{b1}} \frac{i_{b1}}{v_{i}}$$

$$v_{o} = -hfe i_{b2} \left[R_{c2} \parallel \left(hib + \frac{R_{b3}}{hfe + 1} \right) \right] \Rightarrow \frac{v_{o}}{i_{b2}} = -hfe \left[R_{c2} \parallel \left(hib_{3} + \frac{R_{b3}}{hfe + 1} \right) \right] = -1,328$$

$$i_{b2} = -hfe i_{b1} \frac{R_{c1}}{R_{c1} + \left[hie_{2} + R_{e2} \left(hfe + 1 \right) \right]} \Rightarrow \frac{i_{b2}}{i_{b1}} = -hfe \frac{R_{c1}}{R_{c1} + \left[hie_{2} + R_{e2} \left(hfe + 1 \right) \right]} = -21,97$$

$$i_{b1} = \frac{v_{i}}{hie_{1} + R_{e1} \left(hfe + 1 \right)} \Rightarrow \frac{i_{b1}}{v_{i}} = \frac{1}{hie_{1} + R_{e1} \left(hfe + 1 \right)} = 1,22$$

$$A_{v} = \frac{v_{o}}{i_{b2}} \frac{i_{b2}}{i_{b1}} \frac{i_{b1}}{v_{i}} = (-1,328)(-21,97)1,22$$

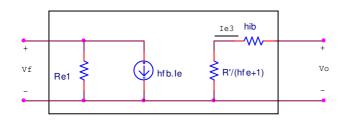
$$A_{v} = 35,59$$



Recuerdese que:

$$hib = \frac{hie}{hfe+1} \quad \therefore \qquad hie = hib(hfe+1) \Rightarrow \boxed{hie = 410\Omega}$$
$$-\alpha = hfb = \frac{hfe}{hfe+1} \qquad \Rightarrow \qquad \boxed{hfb = 0,9756}$$

Red de Reali mentacion:



$$\beta = \frac{v_f}{v_o} = \frac{R_{e1} \, hfb \, i_{e3}}{i_{e3} \left(hib + \frac{R'}{hfe + 1} \right)} = \frac{R_{e1} \, hfb}{hib + \frac{R'}{hfe + 1}}$$

$$donde \, hfb = \frac{hfe}{hfe + 1} = 0,9756$$

$$\beta = 0,283$$

$$D = 1 + \beta A_v = 1 + 0,283.35,59$$

$$D = 11,07$$

$$A_{vf} = \frac{A_{v}}{D} = \frac{35,59}{11,07}$$
 \Rightarrow $A_{vf} = 3,21$

Impedancia:

$$\begin{split} Z_{i} &= R_{b1} \, \| \left[\, hie_{1} + R_{e1} \left(hfe + 1 \right) \, \right] = 100 K \Omega \, \| \left[\, 410 \Omega + 10 \Omega \left(40 + 1 \right) \, \right] \\ Z_{i} &= 850 \Omega \end{split} \qquad \qquad \begin{aligned} Z_{if} &= Z_{i} \, D = 850 \Omega . 11,07 \\ Z_{if} &= 9,41 K \Omega \, \end{aligned} \\ Z_{of} &= R_{c2} \, \| \left(\, hib + \frac{R'}{hfe + 1} \, \right) = 1 K \Omega \, \| \left(10 \Omega + \frac{1 K \Omega}{40 + 1} \right) \\ Z_{of} &= 14,26 \Omega & \overline{Z_{of}} = \frac{Z_{o}}{D} = \frac{14,26 \Omega}{11,07} \end{aligned}$$