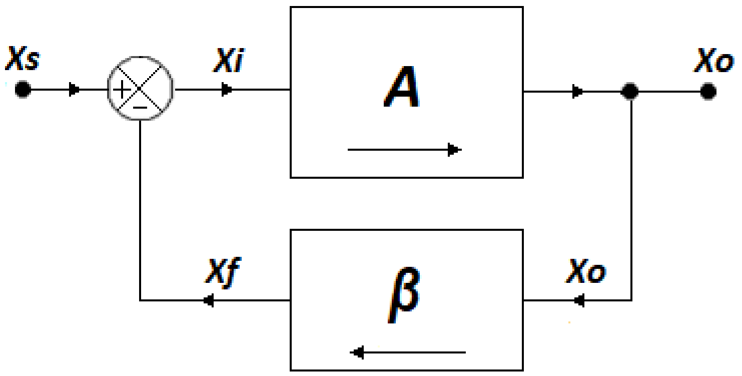
REALIMENTACIÓN

- ***Concepto de realimentación negativa.***
- ***Ventajas de la realimentación negativa.***
- ***Topologías con sus cuadripolos beta y sus transferencias.***
- ***Factor de desensibilización.***

CONCEPTO DE REALIMENTACIÓN NEGATIVA.

*Un sistema realimentado está compuesto por un **cuadripolo activo o amplificador** de transferencia directa (transfiere la información desde la entrada hacia la salida) y un **cuadripolo pasivo β** de transferencia inversa (transfiere la información desde la salida hacia la entrada).*
La función del cuadripolo β es atenuar la señal Xo tomada de muestra a la salida y llevarla a los niveles de la señal de entrada Xi para poder ser mezclada con la señal de excitación Xs.
Por otro lado Xf, señal inyectada de realimentación, debe ser menor que Xs, señal de excitación, para poder mezclarse.
Del siguiente diagrama en bloques de un sistema realimentado obtenemos la ganancia realimentada.



Donde:
X = tensión o corriente
Xs = señal de excitación
Xi = señal de entrada al amplificador
Xo = señal de salida
Xf = señal realimentada

$$Xi = Xs - Xf \quad \rightarrow \quad Xo = Xi.A \quad \rightarrow \quad Xf = Xo.\beta$$

$$Xi = Xs - Xo.\beta \quad \rightarrow \quad Xi = Xs - Xi.A.\beta \quad \rightarrow \quad Xs = Xi\,(1+\beta.A)$$

$$Af = \frac{Xo}{Xs} = \frac{Xo}{Xi(1+\beta.A)} = \frac{A}{1+\beta.A} \quad \rightarrow \quad Af = \frac{A}{1+\beta.A} = \frac{A}{D}$$

Donde: Af = ganancia realimentada A = ganancia a lazo abierto o sin realimentar

β.A = ganancia del lazo D = 1+ β.A = diferencia de retorno

Si: $\beta.A \gg 1 \quad \rightarrow \quad Af \approx \frac{1}{\beta}$ *Solo función del cuadripolo β*

Esto último es válido sólo si el circuito está altamente realimentado, esto significa que deberá cumplirse que D = 1+ β.A ≥ 15 para circuitos discretos.

Recordemos que para realimentación positiva: ***D = 1- β.A*** *, mientras que para realimetación negativa:* ***D = 1+ β.A****.*

Por lo tanto, cuando trabajamos con realimentación negativa, el producto β.A siempre debe ser positivo.

En consecuencia, si la transferencia del cuadripolo activo ***A*** *es positiva, la transferencia del cuadripolo pasivo* ***β*** *también debe ser positiva.*

Si en cambio la transferencia del cuadripolo activo ***A*** *es negativa, la transferencia del cuadripolo pasivo* ***β*** *también debe ser negativa, para que el producto* ***β.A*** *sea positivo.*

VENTAJAS DE LA REALIMENTACIÓN NEGATIVA.

Utilizando la realimentación negativa en continua y/o en alterna, la misma presenta las siguientes ventajas: presenta ventajas:

a) En DC, si se utiliza acoplamiento directo entre etapas, ***se estabilizan todos los puntos Q*** *del circuito.*

b) En AC presenta las siguientes ventajas:
1) ***Independizar o desensibilizar*** *a la ganancia realimentada* ***Af*** *del cuadripolo activo o amplificador.*
2) ***Modificar*** *la Ri y Ro del amplificador,* ***aumentándola o disminuyéndola*** *D veces, en función de que se toma de muestra y de cómo se mezcla.*
3) ***Aumentar*** *el BW (ancho de banda) de manera tal que el* ***PGB = cte.*** *(producto ganancia por ancho de banda). Esto significa que si la ganancia* ***disminuye*** *D veces el BW* ***aumenta*** *D veces.*
4) ***Disminución*** *de la distorsión y el ruido interno del amplificador,* ***disminuye*** *D veces.*

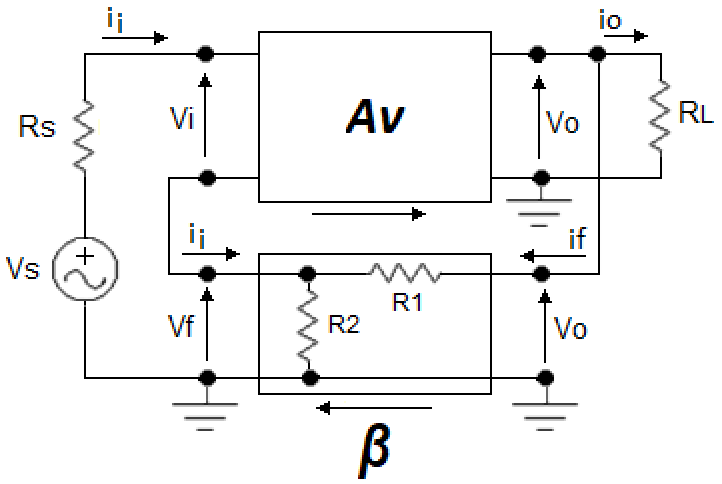
TOPOLOGÍAS CON SUS CUADRIPOLOS β Y SUS TRANSFERENCIAS.

*En función de lo que se toma de muestra a la salida (tensión o intensidad) y de lo que se mezcla a la entrada (tensión o intensidad) existen 4 combinaciones posibles, denominándose a cada una de ellas **topología**, correspondiéndole a cada una su **cuadripolo β**.*

1) TOPOLOGÍA (V-V) o (V-serie)

Amplificador básico = Av = Amplif. de tensión = Vo/Vi = (adim.)

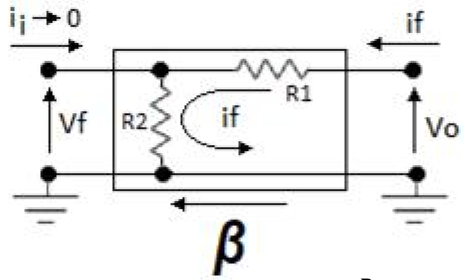
(Transferencia positiva porque vo y vi son positivas)



Av = cuadripolo activo → *Ri → ∞*, *Ro → 0*

β = cuadripolo pasivo

Cuadripolo β:



Debido a la mezcla de tensión en serie debemos considerar $i_i \to 0$ y $Ri \to \infty$

$$vo.\beta = vf \quad \rightarrow \quad \beta = \frac{vf}{vo} = \frac{vo.\frac{R2}{R1+R2}}{vo} = \frac{R2}{R1+R2} = \text{ divisor de tensión}$$

$$Avf = \frac{Av}{1+\beta.Av} = \frac{Av}{D}$$

Donde: $Av = \frac{vo}{vi}$ = [*adimensional*] $\qquad \beta = \frac{vf}{vo} = \frac{R2}{R1+R2}$ = [*adimensional*]

$$Si \;\; D \gg 1 \quad \rightarrow \quad \beta.Av \gg 1 \quad \rightarrow \quad Avf \approx \frac{1}{\beta} = \frac{R1+R2}{R2} = [adimensional]$$

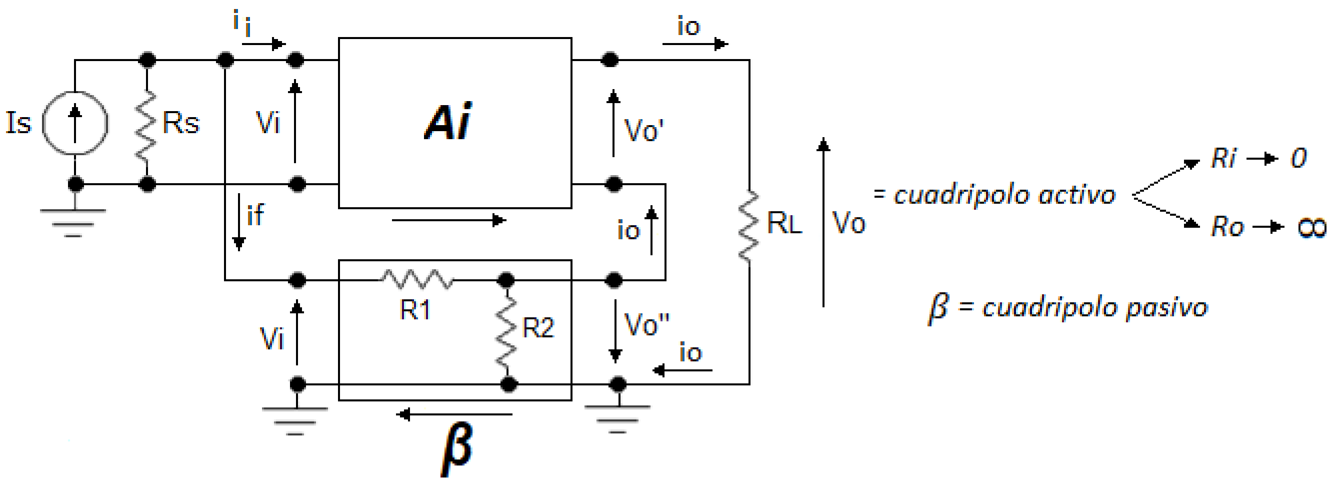
$$Luego\ si \;\; R1 \gg R2 \quad \rightarrow \quad Avf \approx \frac{1}{\beta} \approx \frac{R1}{R2} = [adimensional]$$

*Vemos que las transferencias de **Av** y **β** son positivas, por lo tanto el producto **β.Av** es positivo. Ambas transferencias son adimensionales y cociente de tensiones.*

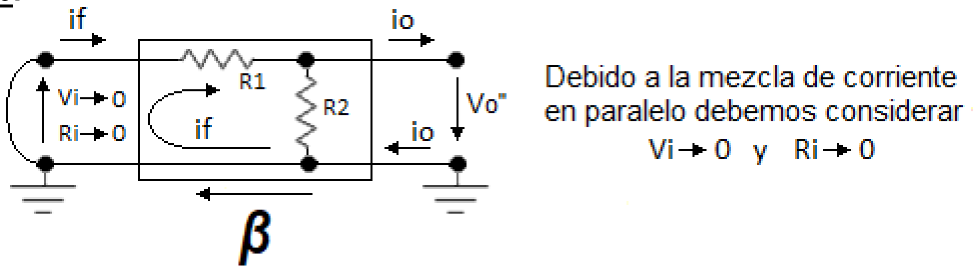
2) TOPOLOGÍA (I-I) o (I-paralelo)

Amplificador básico = Ai = Amplif. de corriente = -Io/Ii = (adim.)

(Transferencia negativa porque io es saliente del cuadripolo Ai e ii entrante al cuadripolo Ai)



Cuadripolo β:



$- io.\beta = if \rightarrow \quad \beta = -\frac{if}{io}$ *io es negativa porque es saliente del cuadripolo β*

Por divisor de corriente obtenemos if:

$$if = io.\frac{R2}{R1+R2} \rightarrow \beta = -\frac{if}{io} = -\frac{io.\frac{R2}{R1+R2}}{io} = -\frac{R2}{R1+R2}$$ = *divisor de corriente*

$$Aif = \frac{Ai}{1+\beta.Ai} = \frac{Ai}{D}$$

Donde: $Ai = -\frac{io}{ii}$ = [adimensional] $\quad \beta = -\frac{if}{io} = -\frac{R2}{R1+R2}$ = [adimensional]

Si $D \gg 1 \rightarrow \beta.Ai \gg 1 \rightarrow Aif \approx \frac{1}{\beta} = -\frac{R1+R2}{R2}$ = [adimensional]

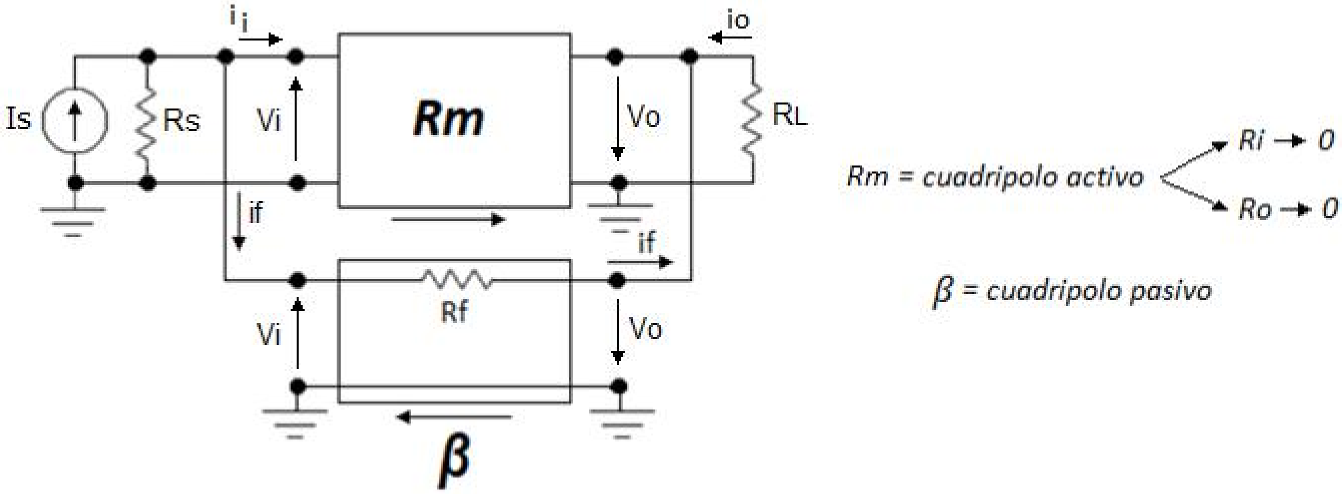
Luego si $R1 \gg R2 \rightarrow Aif \approx \frac{1}{\beta} \approx -\frac{R1}{R2}$ = [adimensional]

*Vemos que las transferencias de **Ai** y **β** son negativas, por lo tanto el producto **β.Ai** es positivo. Ambas transferencias son adimensionales y cociente de corrientes.*

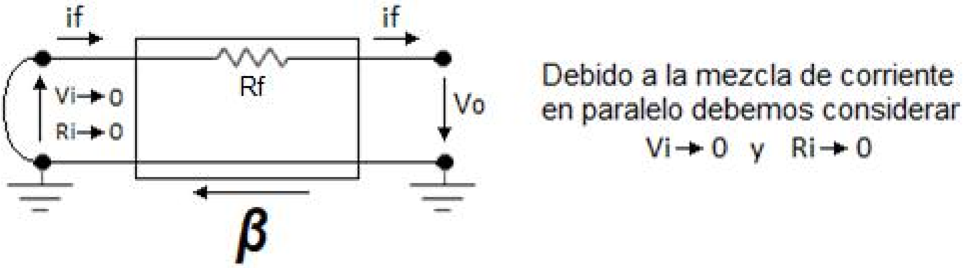
3) TOPOLOGÍA (V-I) o (V-paralelo)

Amplificador básico = Rm = Amplif. de transresistencia = -Vo/Ii = (Ω)

(Transferencia negativa porque vo debe ser negativa para que se le quite if a la ME e ii es positiva pues es entrante al cuadripolo Rm)



Cuadripolo β:



$$-vo.\beta = if \quad \rightarrow \quad \beta = \frac{if}{-vo} = -\frac{if}{vo} = [1/\Omega]$$

Obtenemos if por ley de ohm:

$$if = \frac{vi-vo}{Rf} = \frac{vi-(-vo)}{Rf} = \frac{vi+vo}{Rf} \qquad \text{Como vi tiende a 0} \rightarrow \quad if = \frac{vo}{Rf}$$

Entonces nos queda: $\beta = -\frac{if}{vo} = -\frac{\frac{vo}{Rf}}{vo} = -\frac{1}{Rf} = [1/\Omega] \quad \rightarrow \quad Rmf = \frac{Rm}{1+\beta.Rm} = \frac{Rm}{D}$

Donde: $Rm = -\frac{vo}{ii} = [\Omega] \qquad \beta = -\frac{if}{vo} = -\frac{1}{Rf} = [1/\Omega]$

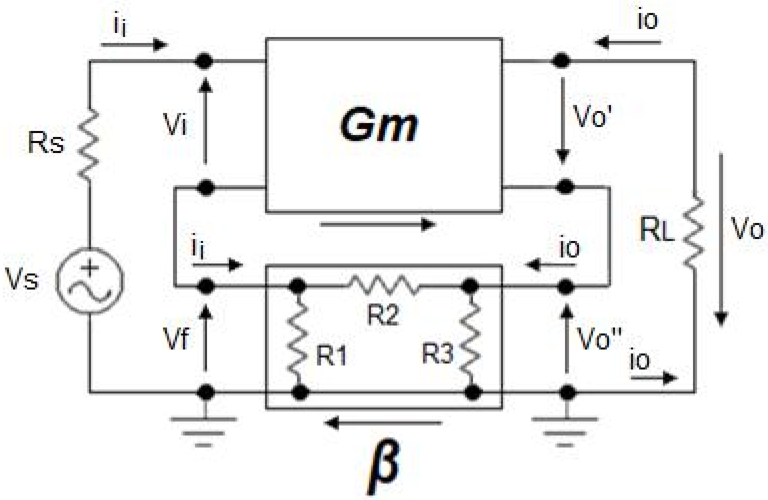
Si $D \gg 1 \rightarrow \quad \beta.Rm \gg 1 \quad \rightarrow \quad Rmf \approx \frac{1}{\beta} = -Rf = [\Omega]$

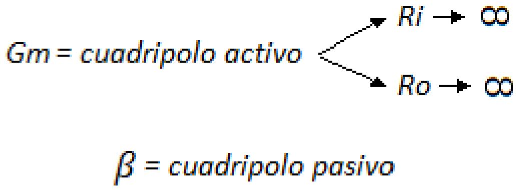
*Vemos que las transferencias de **Rm** y **β** son negativas, por lo tanto el producto **β.Rm** es positivo. Ambas transferencias tienen unidades opuestas.*

4) TOPOLOGÍA (I-V) o (I-serie)

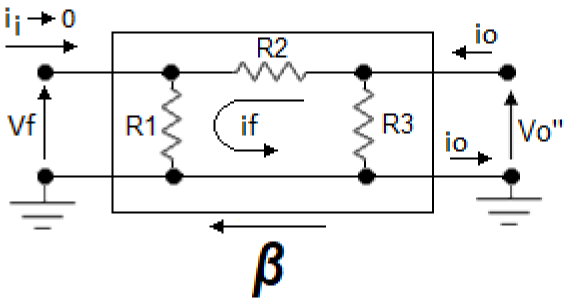
Amplificador básico = Gm = Amplif. de transconductancia = io/vi = (1/Ω)

(Transferencia positiva ya que io es positiva pues es entrante al cuadripolo ***Gm*** *y vi es positiva)*





Cuadripolo β:



Debido a la mezcla de tensión en serie debemos considerar a $i_i \to 0$ y $Ri \to \infty$

Vemos que (R1 + R2) en serie forman un divisor de tensión, mientras que (R1 + R2)//R3 forman un divisor de corriente.

Por lo tanto: $io.\beta = vf \quad \rightarrow \quad \beta = \frac{vf}{io}$

$$vf = if.R1 \;\rightarrow\; if = io\,\frac{R3}{R1+R2+R3} \;\rightarrow\; vf = io\,\frac{R1.R3}{R1+R2+R3}$$

$$\beta = \frac{vf}{io} = \frac{io\,\frac{R1.R3}{R1+R2+R3}}{io} = \frac{R1.R3}{R1+R2+R3} = [\Omega]$$

$$Gmf = \frac{Gm}{1+\beta.Gm} = \frac{Gm}{D} \qquad \text{Donde: } Gm = \frac{io}{vi} = [1/\Omega] \qquad \beta = \frac{vf}{io} = \frac{R1.R3}{R1+R2+R3} = [\Omega]$$

$$Si \;\; D \gg 1 \;\rightarrow\; \beta.Gm \gg 1 \;\rightarrow\; Gmf \approx \frac{1}{\beta} = \frac{R1+R2+R3}{R1.R3} = [1/\Omega]$$

Vemos que las transferencias de ***Gm*** *y* ***β*** *son positivas, por lo tanto el producto* ***β.Gm*** *es positivo. Ambas transferencias tienen unidades opuestas.*

FACTOR DE DESENSIBILIZACIÓN

Una de las principales ventajas de la realimentación negativa es que desensibilizamos a la ganancia de los elementos que componen al cuadripolo activo A.
*Existe un factor denominado **factor de desensibilización**, a través del cual podemos obtener la transferencia del cuadripolo pasivo β.*
Vemos a continuación como obtenemos a dicho factor:

$$Avf = \frac{Av}{D} = \frac{Av}{1+Av.\beta}$$ *Derivamos a Avf con respecto a Av*

$$\frac{dAvf}{dAv} = \frac{1+Av.\beta-Av.\beta}{(1+Av.\beta)^2} = \frac{1}{(1+Av.\beta)^2} = \frac{1}{D^2} \rightarrow dAvf = \frac{1}{D^2}\, dAv \quad (1)$$

Dividimos miembro a miembro la ecuación (1) por Avf:

$$\frac{dAvf}{Avf} = \frac{1}{D^2}\frac{dAv}{Avf} \rightarrow \frac{dAvf}{Avf} = \frac{1}{D^2}\frac{dAv}{\frac{Av}{D}} \rightarrow \frac{dAvf}{Avf} = \frac{1}{D}\frac{dAv}{Av}$$

$$Sk = \frac{\frac{dAvf}{Avf}}{\frac{dAv}{Av}} = \frac{1}{D}$$

$\frac{dAvf}{Avf}$ *= variación relativa de la ganancia realimentada.*

$\frac{dAv}{Av}$ *= variación relativa de la ganancia sin realimentar.*

*Vemos que el factor de desensibilización **Sk** es función de **D** y fijada la variación relativa de la ganancia a lazo abierto se puede calcular β para la desensibilización deseada.*

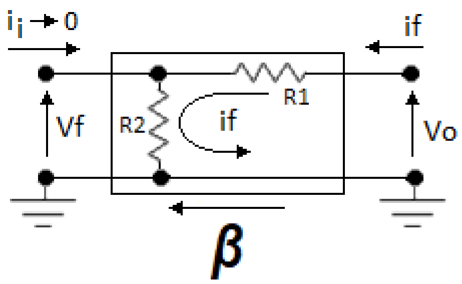
<u>Ejemplo</u>:

Cuanto debe valer la transferencia de β para que una variación de la ganancia de tensión del 20% disminuya al 1%.

$$\frac{dAvf}{Avf} = 1\% \qquad \frac{dAv}{Av} = 20\% \rightarrow Sk = \frac{\frac{dAvf}{Avf}}{\frac{dAv}{Av}} = \frac{1\%}{20\%} = 0{,}05 = \frac{1}{D} \rightarrow D = 1/0{,}05 = 20$$

Supongamos que Av = 1000 y Avf = Av/D = 50

Si *D = 20 = 1 + β.Av* $\rightarrow \beta = \frac{D-1}{Av} = \frac{19}{1000} = 0{,}019$



$$\beta = \frac{vf}{vo} = \frac{R2}{R1+R2} = 0{,}019$$

R1 = R2/0,019 – R2

Si R2=100Ω → R1=5,1kΩ