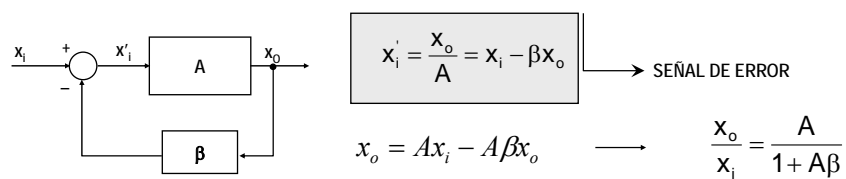


LECCIÓN 7 REALIMENTACIÓN

- Sistemas realimentados*
- Efectos de la realimentación negativa*
- Tipos de realimentación*
- Distorsión y ruido en sistemas realimentados*

Sistemas realimentados



- Si $(1+A\beta) > 1$ Realimentación negativa Tiende a reducir los efectos de las perturbaciones en la entrada
- Si $(1+A\beta) < 1$ Realimentación positiva Tiende a aumentar los efectos de las perturbaciones en la entrada

β : Red de realimentación
 $A\beta$: Ganancia del bucle
 A: Ganancia directa (en bucle abierto)

$$G = \frac{x_o}{x_i} = \frac{A}{1 + A\beta}$$

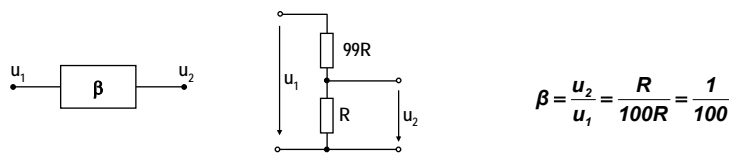
→ Ganancia total o en bucle cerrado

Sistemas realimentados

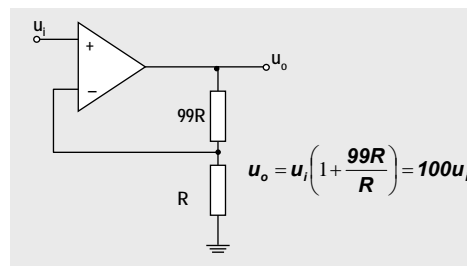
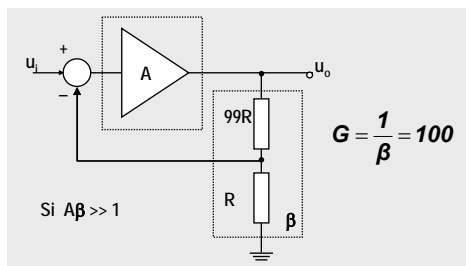
$\beta = 0 \rightarrow G = A$	└─>	(no hay realimentación)	$G = \frac{A}{1 + A\beta}$
$A\beta < 0$ y $ A\beta < 1 \rightarrow 1 + A\beta < 1: G > A$	└─>	Realimentación positiva	
$A\beta = -1 \rightarrow 1 + A\beta = 0: G = \infty$	└─>	Oscilador	
$A\beta > 0$; si $ A\beta \gg 1 \rightarrow \frac{A}{1 + A\beta} \approx \frac{A}{A\beta} = \frac{1}{\beta}$ (independiente de A)	└─>	Realimentación negativa	

- Efectos de la realimentación negativa:
- ☞ **Tiende a mantener la salida, independientemente de las variaciones de A.**
 - ☞ **Se requiere que la ganancia A sea mucho mayor que la que se quiere conseguir en el conjunto.**
 - ☞ **El comportamiento final está definido por la red de realimentación β .**

Ejemplo



Característica de transferencia de la red de realimentación β



Efectos de la realimentación negativa

GANANCIA

$$G = \frac{A}{1 + A\beta} < A \quad (A\beta > 0) \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{Se reduce la ganancia} \end{array} \right.$$

A suele ser muy variable; con realimentación negativa $G \approx 1/\beta$ y β suele ser estable por estar hecha con componentes pasivos.

Se mejora la estabilidad de la ganancia

RESPUESTA EN FRECUENCIA

$$A = \frac{A_m}{1 + j \frac{\omega}{\omega_s}}$$

Considerando sólo los efectos de condensadores en paralelo \rightarrow las frecuencias de corte superior

$$G = \frac{A}{1 + A\beta} = \frac{\frac{A_m}{1 + j \frac{\omega}{\omega_s}}}{1 + \frac{A_m}{1 + j \frac{\omega}{\omega_s}} \beta} = \frac{A_m}{1 + j \frac{\omega}{\omega_s} + A_m \beta} = \frac{\frac{A_m}{1 + A_m \beta}}{1 + j \frac{\omega/\omega_s}{1 + A_m \beta}}$$

A_m : Ganancia a frecuencias medias
 ω_s : Frecuencia de corte superior del amplificador sin realimentar

Efectos de la realimentación negativa

G_m : Ganancia del amplificador realimentado a frecuencias medias

$$G_m = \frac{A_m}{1 + A_m \beta} \rightarrow G = \frac{G_m}{1 + j \frac{\omega/\omega_s}{1 + A_m \beta}}$$

La frecuencia de corte superior del conjunto se calcula haciendo el término imaginario del denominador igual a la unidad

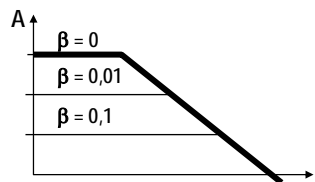
$$\frac{\omega_{st}/\omega_s}{1 + A_m \beta} = 1$$

$$\omega_{st} = \omega_s (1 + A_m \beta)$$

$$\omega_{st} > \omega_s$$

Aumenta el ancho de banda al realimentar el amplificador

Cuanto mayor es el factor β de realimentación, mayor es la Frecuencia de corte superior.

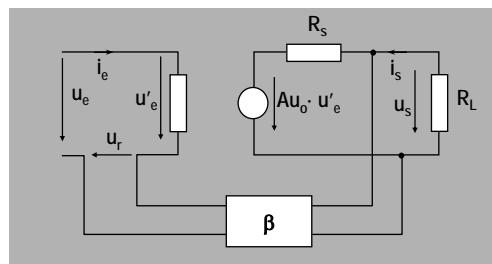


Tipos de realimentación

- Atendiendo a la señal que se realimenta desde la salida:
 - ☞ Realimentación de tensión.
 - ☞ Realimentación de corriente.
- Atendiendo a la forma en que se introduce a la entrada:
 - ☞ Realimentación serie.
 - ☞ Realimentación paralelo.
- De la combinación surgen los cuatro tipos de realimentación:
 - ☞ Realimentación de tensión serie.
 - ☞ Realimentación de corriente paralelo.
 - ☞ Realimentación de tensión paralelo.
 - ☞ Realimentación de corriente serie.

Realimentación de tensión en serie

Cálculo de la resistencia de salida



$$u'_e = u_e - \beta \cdot u_s$$

$$u_s = Au_0 \cdot u'_e + R_s \cdot i_s = Au_0 (u_e - \beta u_s) + R_s \cdot i_s$$

$$R'_s \text{ (realimentado)} = \left. \frac{u_s}{i_s} \right|_{u_e=0}$$

$$u_s = -Au_0 \cdot \beta \cdot u_s + R_s \cdot i_s$$

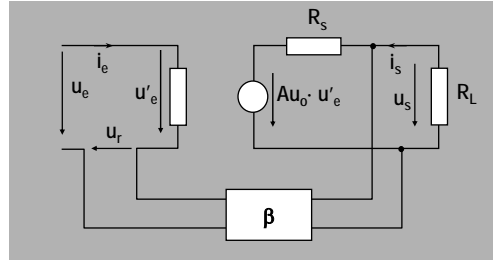
Au_0 : Ganancia de tensión en vacío

$$R'_s = \frac{R_s}{1 + Au_0 \cdot \beta}$$

Realimentación de tensión en serie

Cálculo de la resistencia de entrada

$$\begin{aligned}
 u'_e &= u_e - u_r = u_e - \beta \cdot A_u \cdot u'_e \\
 u'_e (1 + \beta \cdot A_u) &= u_e \\
 R_e &= \frac{u'_e}{i'_e} \Rightarrow i'_e = \frac{u'_e}{R_e} \\
 R'_e (\text{realimentación}) &= \frac{u_e}{i'_e} = \frac{u'_e (1 + A_u \cdot \beta)}{\frac{u'_e}{R_e}} = R_e (1 + A_u \cdot \beta)
 \end{aligned}$$



$$R'_e = R_e (1 + A_u \cdot \beta)$$

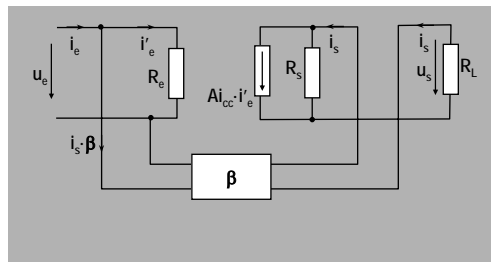
Au: Ganancia de tensión en carga

Efecto de la realimentación de tensión en serie

$$\begin{aligned}
 R'_e &> R_e \\
 R'_s &< R_s
 \end{aligned}$$

Realimentación de corriente en paralelo

Cálculo de la resistencia de salida



$$\begin{aligned}
 i'_e &= i_e - \beta \cdot i_s \\
 u_s &= R_s (i_s - A_{i_{cc}} i'_e) = R_s (i_s - A_{i_{cc}} (i_e - \beta i_s)) \\
 R'_s (\text{realimentado}) &= \left. \frac{u_s}{i_s} \right|_{i_e=0} \\
 u_s &= R_s (i_s + A_{i_{cc}} \beta i_s)
 \end{aligned}$$

$$R'_s = R_s (1 + A_{i_{cc}} \beta)$$

Realimentación de corriente en paralelo

Cálculo de la resistencia de entrada

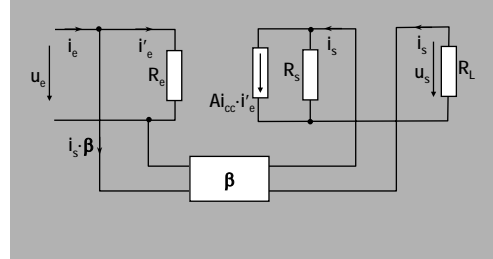
$$i'_e = i_e - i_s \cdot \beta = i_e - A_i i'_e \cdot \beta$$

$$i'_e (1 + \beta \cdot A_i) = i_e$$

$$R_e = \frac{u_e}{i'_e}$$

$$R'_e \text{ (realimentación)} = \frac{u_e}{i_e} = \frac{u_e}{i'_e (1 + A_i \cdot \beta)} = \frac{R_e}{(1 + A_i \cdot \beta)}$$

$$R'_e = \frac{R_e}{1 + A_i \cdot \beta}$$



Efecto de la realimentación de corriente en paralelo

$$R'_e < R_e$$

$$R'_s > R_s$$

Resumen

- Entrada serie y realimentación en tensión ($U_r \sim U_o$) $\longrightarrow R_{\text{entrada}} > R_e$ $R_{\text{salida}} < R_s$
- Entrada serie y realimentación en corriente ($U_r \sim I_o$) $\longrightarrow R_{\text{entrada}} > R_e$ $R_{\text{salida}} > R_s$
- Entrada paralelo y realimentación en corriente ($I_r \sim I_o$) $\longrightarrow R_{\text{entrada}} < R_e$ $R_{\text{salida}} > R_s$
- Entrada paralelo y realimentación en tensión ($I_r \sim U_o$) $\longrightarrow R_{\text{entrada}} < R_e$ $R_{\text{salida}} < R_s$

Ejemplo:

**Amplificador no inversor
Realimentado en tensión
Entrada serie**

