

Realimentación Negativa

Ing. Daniel Arturo Veiga

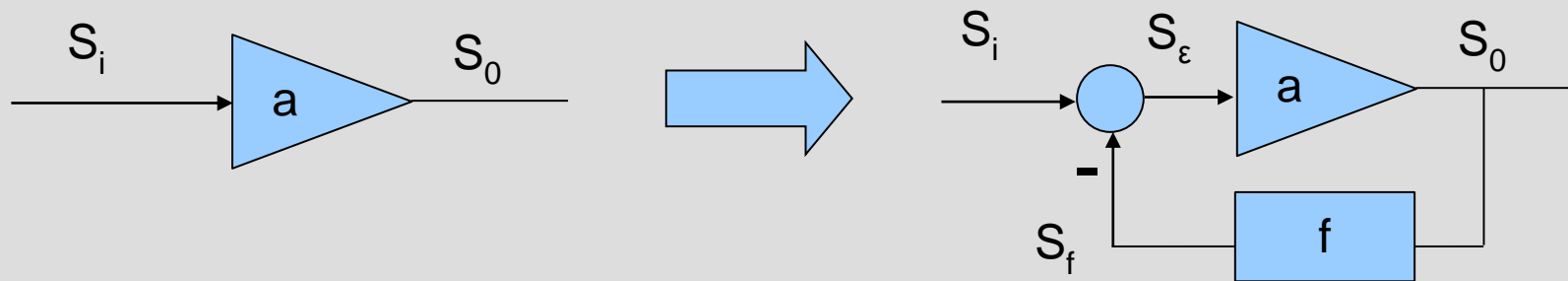
¿Por qué?:

- Los parámetros de los Amplificadores no realimentados varían significativamente con la dispersión de parámetros entre dispositivos, la tensión de alimentación, la temperatura y el envejecimiento de los componentes.
- En muchos casos se necesita ajustar las impedancias de entrada y salida para adaptarse a los parámetros de diseño.
- Las ganancias de los amplificadores no realimentados presentan elevada distorsión por alinealidad.
- Los amplificadores no realimentados generalmente tienen una ganancia/fase que varía con la frecuencia, en la banda de aplicación.

Realimentación Negativa

¿Qué es?:

Esencialmente consiste en tomar una porción de la señal de la salida, ya alterada por los citados factores adversos del amplificador “a”, y aplicarla en la entrada con la amplitud y fase modificadas de forma que compense esas alteraciones indeseables, resultando un nuevo amplificador “A”.



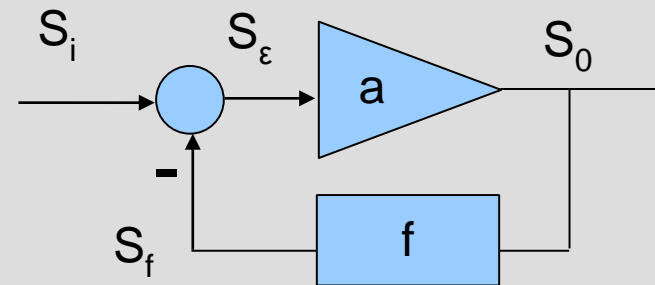
Al proceso de “tomar” una porción de la señal de salida se lo denomina “Muestreo”.

Al proceso de “aplicar” la señal modificada en la entrada se lo denomina “Suma”.

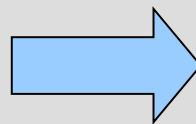
Realimentación Negativa

Ecuación ideal de la realimentación:

$$\begin{cases} S_o = a S_\varepsilon \\ S_f = f S_o \\ S_\varepsilon = S_i - S_f \end{cases}$$



$$A = \frac{S_o}{S_i} = \frac{a}{(1 + a f)}$$



$$A = \frac{S_o}{S_i} = \frac{1}{f} \frac{a f}{(1 + a f)}$$

$a f = T$

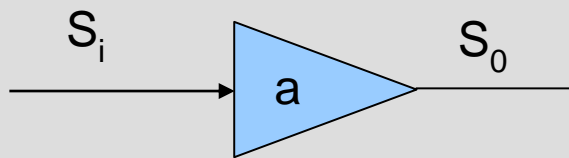
T = Ganancia de lazo abierto

Si $T \gg 1 \Rightarrow A \cong 1/f$

Es decir, si el realimentador “f” está formado por una red resistiva, por ejemplo, el amplificador realimentado “A” resultará tener una respuesta lineal, sin las alinealidades del amplificador “a” y con un valor $1/f$ que depende solo de la tolerancia de los resistores que conformen “f”.

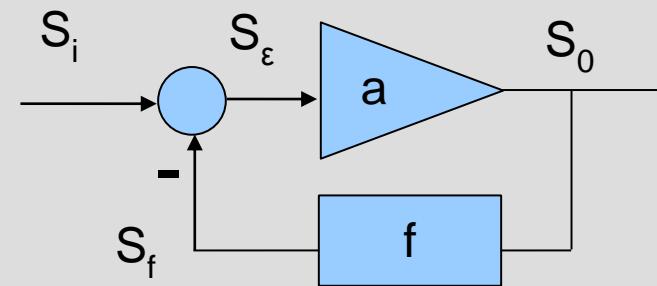
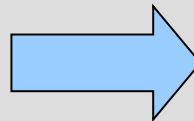
Realimentación Negativa

Estabilización de la ganancia:



$$\frac{S_o}{S_i} = a$$

$$\frac{\partial \frac{S_o}{S_i}}{\partial a} = 1$$

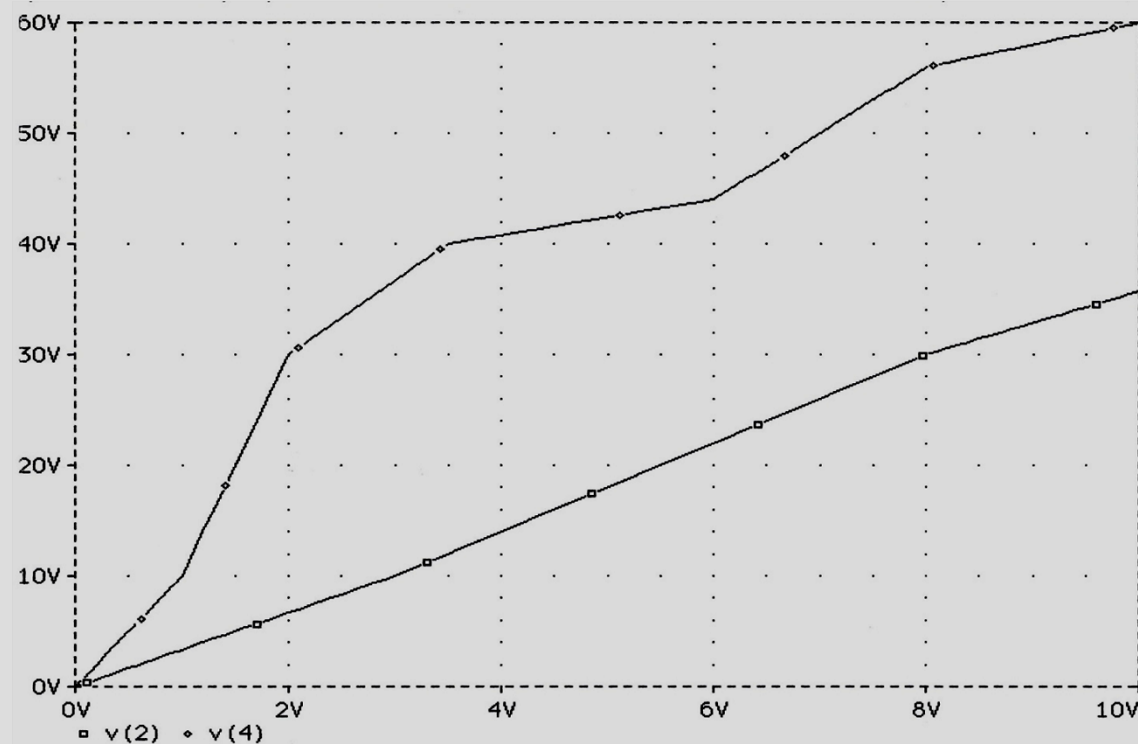


$$\frac{S_o}{S_i} = \frac{a}{(1 + a f)}$$

$$\frac{\partial \frac{S_o}{S_i}}{\partial a} = \frac{1}{(1 + a f)^2}$$

Realimentación Negativa

Un caso real:



Se desea un amplificador donde V_o sea proporcional a V_i . Se dispone del amplificador cuya transferencia se muestra en la curva superior. Se realimenta con $f = 0,2$. Se obtiene un nuevo amplificador cuya transferencia será la de la curva inferior.

Realimentación Negativa

¿Qué muestrear y qué sumar?:

Nos centraremos en las dos variables circuitalas básicas:

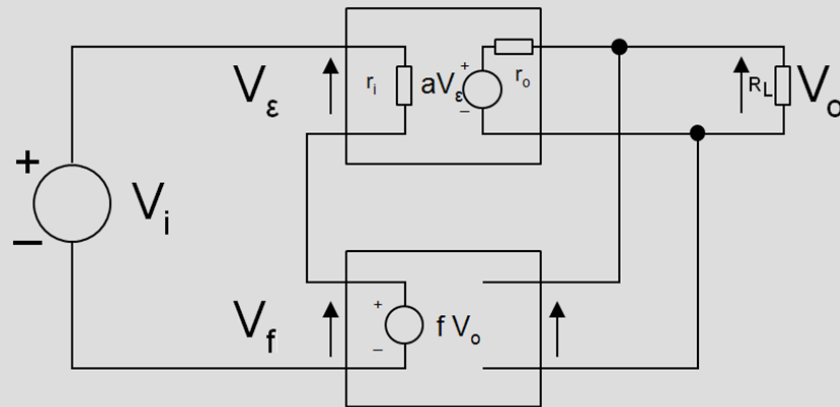
- Tensión
- Corriente

Por ende tenemos dos posibles variables para muestrear y dos para sumar → 4 casos posibles.

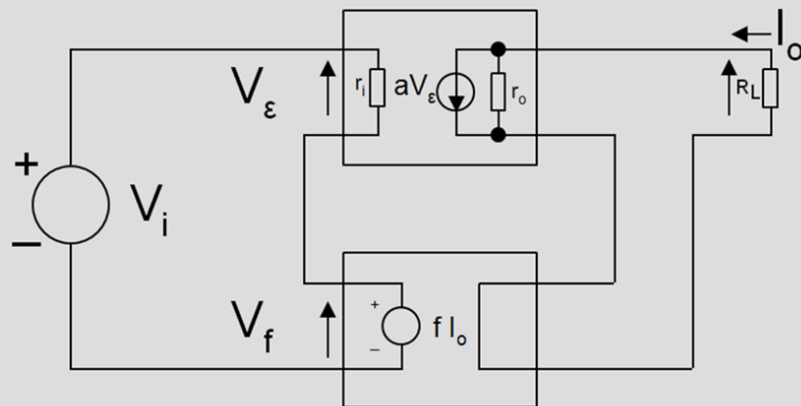
Veremos qué efecto tiene la realimentación en los valores de las impedancias de entrada y salida, y cómo se puede aprovechar el efecto de realimentación negativa para estabilizarlas.

Realimentación Negativa

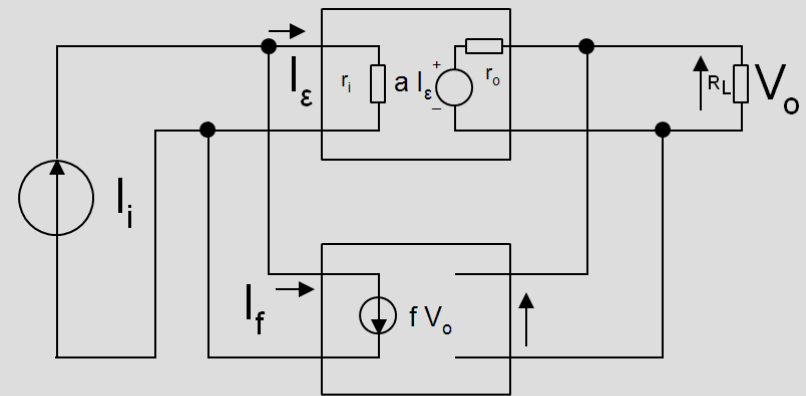
Antes de analizar c/u de ellas veamos los circuitos posibles:



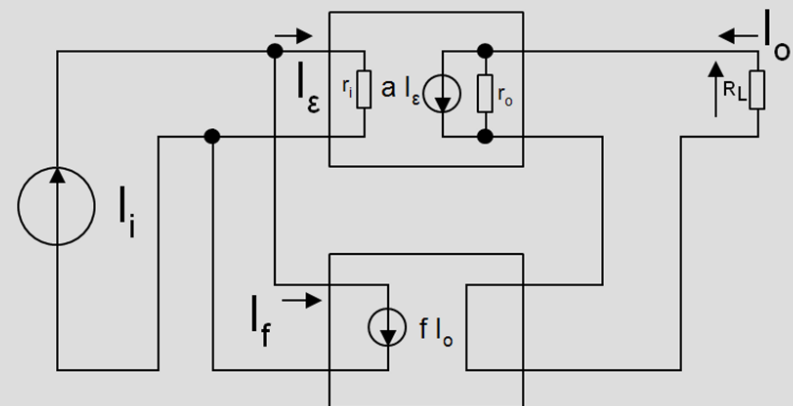
Muestreo de tensión – Suma de tensión



Muestreo de corriente – Suma de tensión



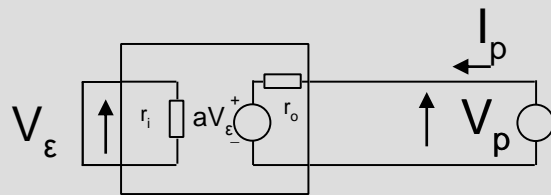
Muestreo de tensión – Suma de corriente



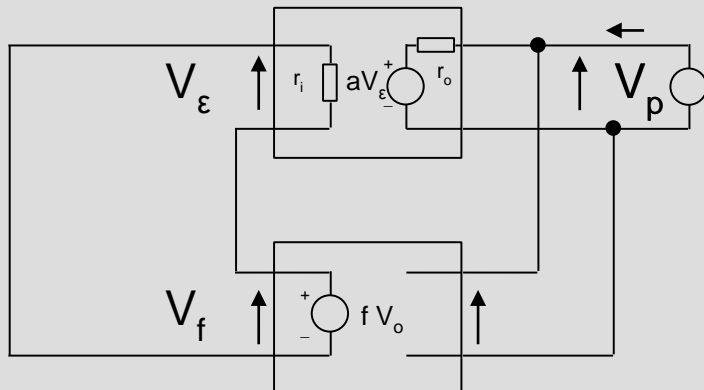
Muestreo de corriente – Suma de corriente

Realimentación Negativa

Variación de la impedancia de salida (muestreo de tensión – suma de tensión):



$$[R_o = \frac{V_p}{I_p} = r_o]$$



$$R_o = \frac{V_p}{\frac{V_p - a V_\epsilon}{r_o}} = \frac{V_p}{\frac{V_p + a V_f}{r_o}}$$

$$R_o = \frac{V_p}{\frac{V_p + a f V_p}{r_o}} = \frac{V_p}{V_p + a f V_p} r_o$$

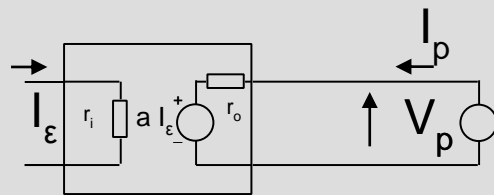
$$[R_o = \frac{r_o}{(1 + a f)}]$$



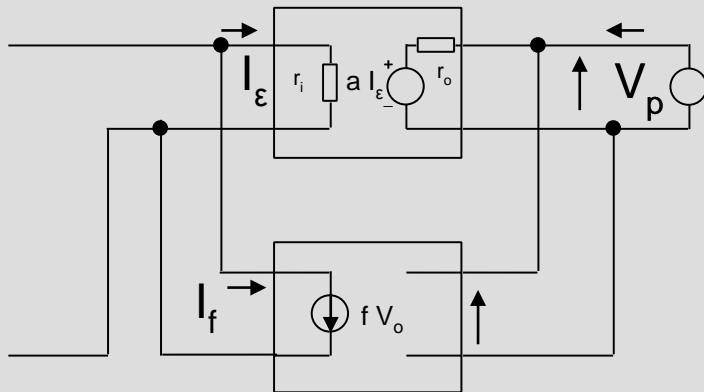
La impedancia de salida baja $(1+T)$ veces

Realimentación Negativa

Variación de la impedancia de salida (muestreo de tensión – suma de corriente):



$$[R_o = \frac{V_p}{I_p} = r_o]$$



$$R_o = \frac{V_p}{\frac{V_p - a I_\epsilon}{r_o}} = \frac{V_p}{\frac{V_p + a I_f}{r_o}}$$

$$R_o = \frac{V_p}{\frac{V_p + a f V_p}{r_o}} = \frac{V_p}{V_p + a f V_p} r_o$$

$$[R_o = \frac{r_o}{(1 + a f)}]$$



La impedancia de salida baja $(1+T)$ veces

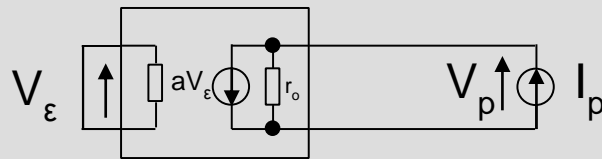
Realimentación Negativa

Conclusiones:

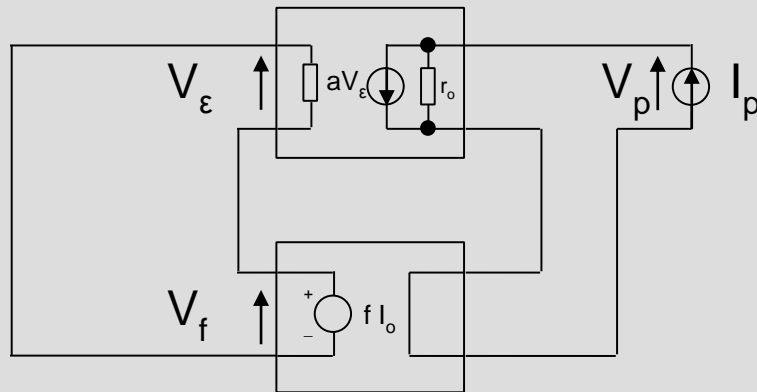
- ★ Al muestrear tensión la impedancia de salida baja $(1+T)$ veces

Realimentación Negativa

Variación de la impedancia de salida (muestreo de corriente – suma de tensión):



$$[R_o = \frac{V_p}{I_p} = r_o]$$



$$R_o = \frac{(I_p - a V_\epsilon) r_o}{I_p} = \frac{(I_p + a V_f) r_o}{I_p}$$

$$R_o = \frac{(I_p + a f I_o) r_o}{I_p}$$

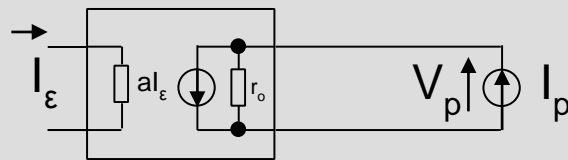
$$[R_o = (1 + a f) r_o]$$



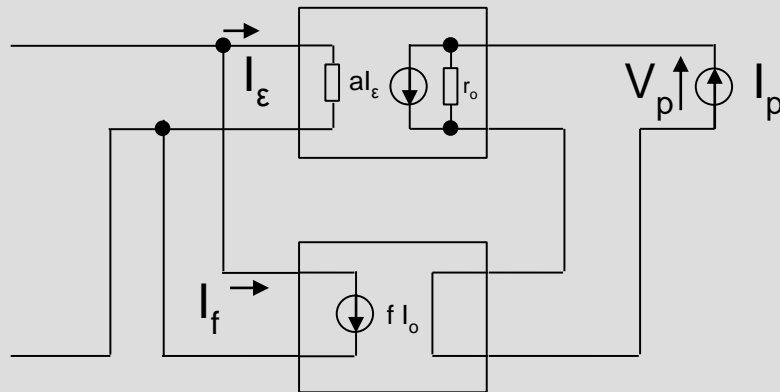
La impedancia de salida aumenta $(1+T)$ veces

Realimentación Negativa

Variación de la impedancia de salida (muestreo de corriente – suma de corriente):



$$[R_o = \frac{V_p}{I_p} = r_o]$$



$$R_o = \frac{(I_p - a I_\epsilon) r_o}{I_p} = \frac{(I_p + a I_f) r_o}{I_p}$$

$$R_o = \frac{(I_p + a f I_p) r_o}{I_p}$$

$$[R_o = (1 + a f) r_o]$$



La impedancia de salida aumenta $(1+T)$ veces

Realimentación Negativa

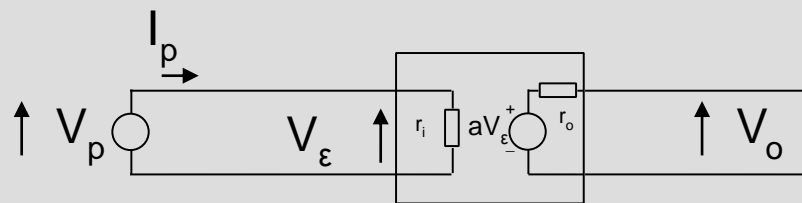
Conclusiones:

- ★ Al muestrear tensión la impedancia de salida baja $(1+T)$ veces
- ★ Al muestrear corriente la impedancia de salida sube $(1+T)$ veces

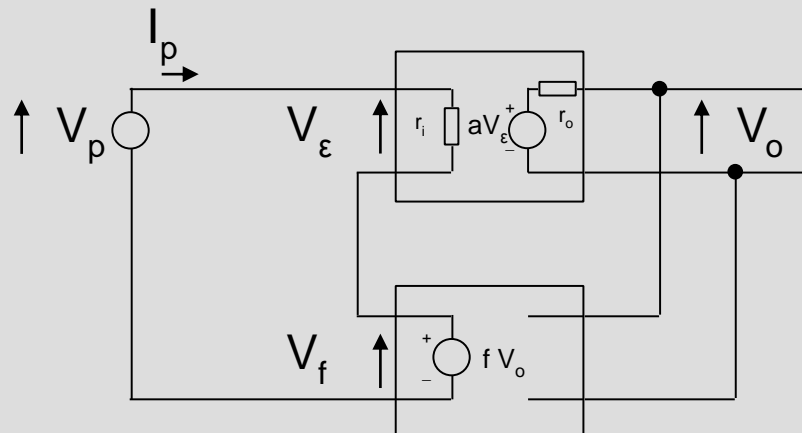
Realimentación Negativa

Variación de la impedancia de entrada (muestreo de tensión – suma de tensión):

En el análisis se adoptará para simplificar: $R_L \gg R_o$ en el muestreo de tensión.
 $R_L \ll R_o$ en el muestreo de corriente.



$$[R_i = \frac{V_p}{I_p} = r_i]$$



$$R_i = \frac{I_p r_i + f V_o}{I_p}$$

$$R_i = \frac{I_p r_i + f a I_p r_i}{I_p} = \frac{(I_p + f a I_p) r_i}{I_p}$$

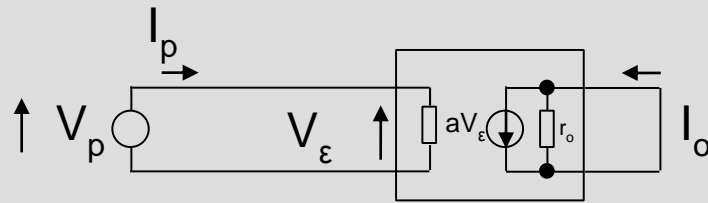
$$[R_i = (1 + a f) r_i]$$



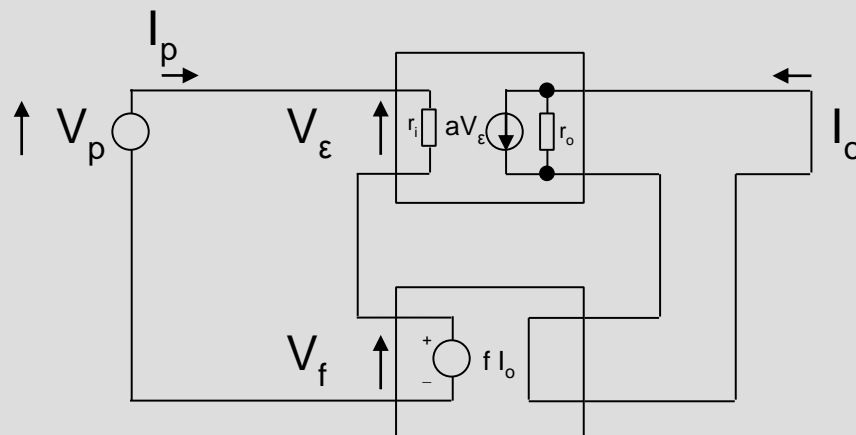
La impedancia de entrada sube $(1+T)$ veces

Realimentación Negativa

Variación de la impedancia de entrada (muestreo de corriente – suma de tensión):



$$[R_i = \frac{V_p}{I_p} = r_i]$$



$$R_i = \frac{I_p r_i + f I_o}{I_p}$$

$$R_i = \frac{I_p r_i + f a I_p r_i}{I_p} = \frac{(I_p + f a I_p) r_i}{I_p}$$

$$[R_i = (1 + a f) r_i]$$



La impedancia de entrada sube $(1+T)$ veces

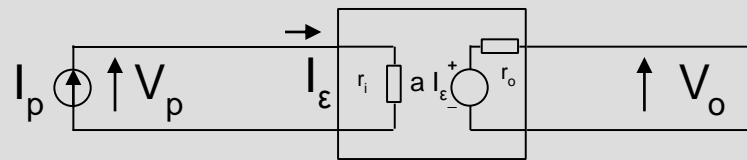
Realimentación Negativa

Conclusiones:

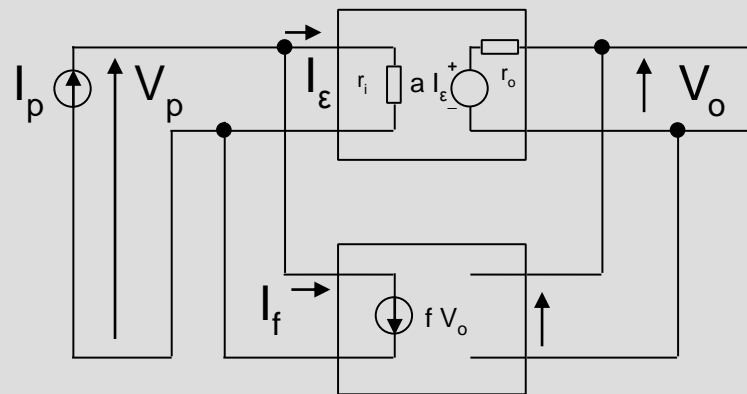
- ★ Al muestrear tensión la impedancia de salida baja $(1+T)$ veces
- ★ Al muestrear corriente la impedancia de salida sube $(1+T)$ veces
- ★ Al sumar tensión la impedancia de entrada sube $(1+T)$ veces

Realimentación Negativa

Variación de la impedancia de entrada (muestreo de tensión – suma de corriente):



$$[R_i = \frac{V_p}{I_p} = r_i]$$



$$R_i = \frac{V_p}{\frac{V_p}{r_i} + f V_o} = \frac{V_p}{\frac{V_p}{r_i} + f a \frac{V_p}{r_i}}$$

$$R_i = \frac{V_p}{\frac{V_p + f a V_p}{r_i}} = \frac{V_p}{V_p + f a V_p} r_i$$

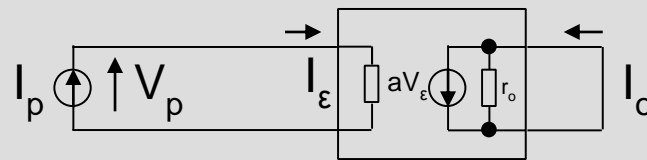
$$[R_i = \frac{r_i}{(1 + a f)}]$$



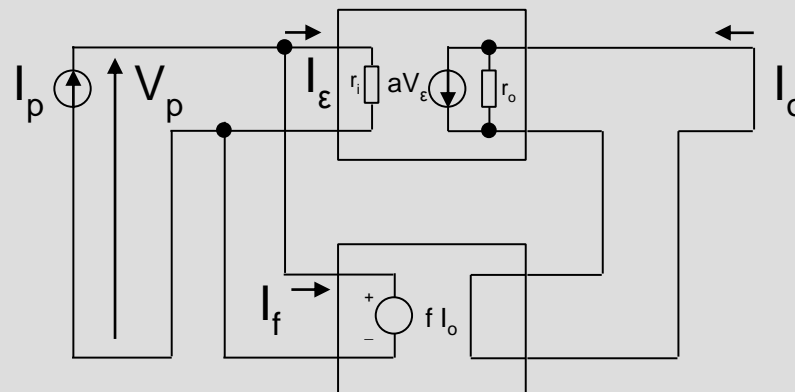
La impedancia de entrada baja $(1+T)$ veces

Realimentación Negativa

Variación de la impedancia de entrada (muestreo de corriente – suma de corriente):



$$[R_i = \frac{V_p}{I_p} = r_i]$$



$$R_i = \frac{V_p}{\frac{V_p}{r_i} + f I_o} = \frac{V_p}{\frac{V_p}{r_i} + f a \frac{V_p}{r_i}}$$

$$R_i = \frac{V_p}{\frac{V_p + f a V_p}{r_i}} = \frac{V_p}{V_p + f a V_p} r_i$$

$$[R_i = \frac{r_i}{(1 + a f)}]$$



La impedancia de entrada baja $(1+T)$ veces

Realimentación Negativa

Conclusiones:

- ★ Al muestrear tensión la impedancia de salida baja $(1+T)$ veces
- ★ Al muestrear corriente la impedancia de salida sube $(1+T)$ veces
- ★ Al sumar tensión la impedancia de entrada sube $(1+T)$ veces
- ★ Al sumar corriente la impedancia de entrada baja $(1+T)$ veces