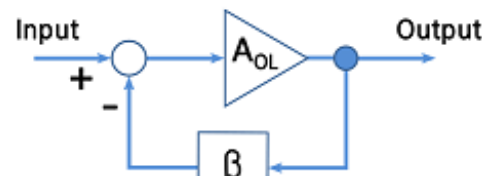




# Tecnología Electrónica

## Tema 2: Realimentación y estabilidad.

### Teoría de realimentación. (1/3)



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# Índice general del Tema



1. Introducción.
2. Teoría básica de realimentación
  1. Fundamentos y definiciones
  2. Ventajas de la realimentación negativa
  3. Topologías de realimentación
3. Realimentación en circuitos electrónicos
  1. Efectos de carga.
  2. Métodos de resolución de circuitos realimentados
4. Estabilidad en circuitos realimentados
  1. Análisis de la estabilidad

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# 1. Introducción



- ❑ ¿Qué es la teoría de **realimentación**?
  - Un modelo para el comportamiento de un sistema (electrónico, físico, etc.) en el que **parte** de la información de su **salida** se reenvía de nuevo hacia la **entrada**
    - *Retro-alimentación, o **feed-back**.*
  - Permite corregir desviaciones, errores, tolerancias, etc.
    - *Prácticamente todos los sistemas funcionales están **realimentados** (!)*

- ❑ Un ejemplo, físico:

- La conducción de un coche.
  - *Sistema: **conductor – coche - carretera***
  - **Objetivo:** *seguir tu carril*
- Desde el punto de vista del conductor:



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# 1. Introducción



- ❑ Ejemplo de un sistema realimentado
  - Objetivo (comando): seguir el centro del carril
  - Salida: posición relativa del coche en el carril
  - Entrada: error entre la posición del coche y el objetivo
  
- ❑ ¿Cómo **funciona** un sistema *conductor-coche-carretera*?
  - El conductor (controlador) mueve a izquierda y derecha el volante para mantener el coche en el centro del carril.



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# 1. Introducción



## Realimentación en circuitos electrónicos

- El mismo esquema fundamental
  - Señal de entrada (comando), señal de salida, actuación (amplificador).
- El sistema **mide** la forma de la salida, la compara con la entrada y es el **error** lo que actúa sobre la entrada del amplificador.
  - De esta forma, mejoran muchos parámetros del amplificador



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

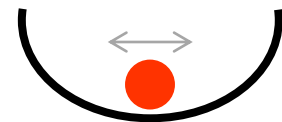
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



# 2. Teoría de realimentación



- ❑ Problema original a resolver (la necesidad)
  - Reducir la distorsión de los repetidores de señal telefónica
  
- ❑ Solución: la idea de realimentación y su formulación matemática
  - Harold S. Black, en 1927
  - Patentada finalmente en 1937
    - *El proceso de patente duró 9 años: la oficina de patentes **desconfió** de que la idea funcionase realmente.*
  - Ahora, en electrónica: todo amplificador práctico está realimentado
  
- ❑ Formalmente, dos tipos de realimentación
  - **Negativa:** compensa los cambios espontáneos
    - *Sistema estable*



■ *idea gráfica → una canica en un hoyo*

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

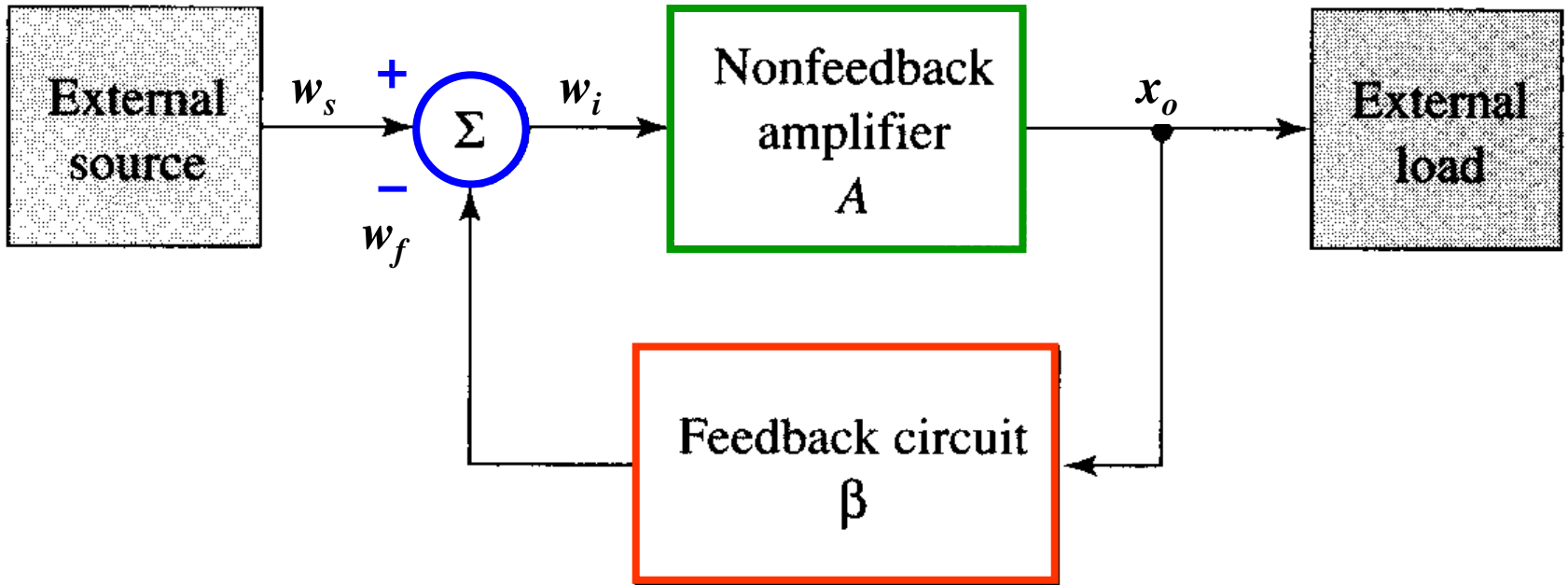
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

■ *idea gráfica → una canica sobre un tubo...*

# Cartagena99



# 2.1. Teoría de realimentación negativa



- La idea de Real. negativa se formaliza en el signo (-) del sumador
- Factor de realimentación  $\beta$  (ojo, *inada que ver con BJTs!*)
- Esquema válido para cualquier tipo de amplificador

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# 2.1. Teoría de Realimentación negativa

$$A_f = \frac{A}{F} = \frac{A}{1+L} \quad \leftarrow \quad A_f = \frac{A}{1+A\beta} \quad \rightarrow \quad A_{CL} = \frac{A_{OL}}{1+A_{OL}\beta}$$

## Elementos de la ecuación fundamental

■ Ganancia en **Lazo Abierto**:

$$A = A_{OL} = A_{Open-Loop} = \frac{x_o}{w_i}$$

■ Ganancia en **Lazo Cerrado**:

$$A_f = A_{CL} = A_{Closed-Loop} = \frac{x_o}{w_s}$$

■ Ganancia o cantidad de realimentación:

$$\beta = \frac{w_f}{x_o}$$

# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

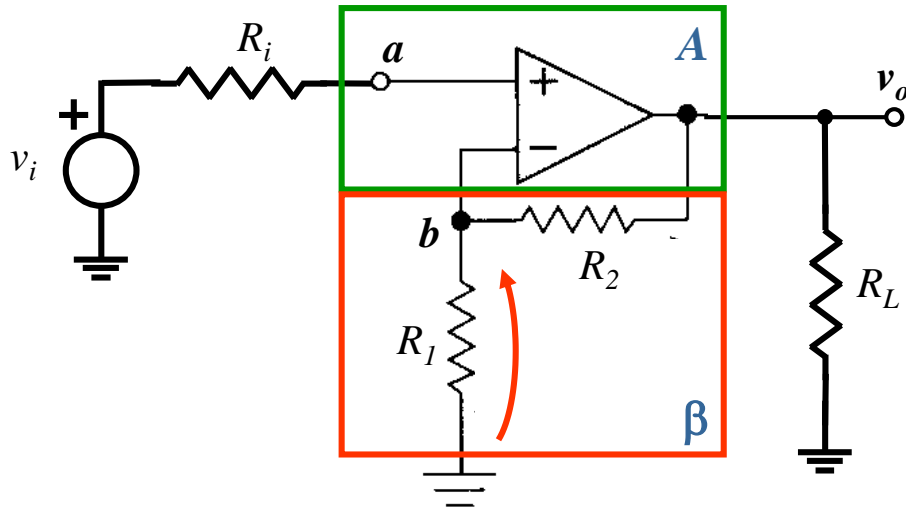
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70





# 2.1. Teoría de realimentación negativa

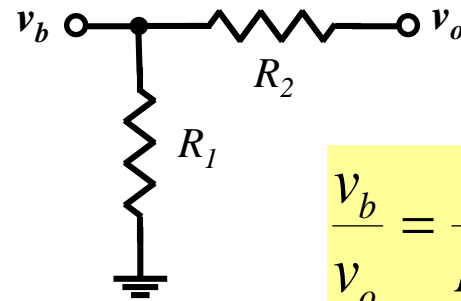
- Un ejemplo ya conocido...
  - Amplificador con AO, configuración no inversora.



• **AO**, con  $A_d=A$ :

$$v_o = A(v_a - v_b)$$

• **Red  $\beta$** , resistiva:



$$\frac{v_b}{v_o} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} = \beta$$

• **Al realimentar:**

$$v = A(v - v) = A(v - \beta v)$$

**Cartagena99**

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



## 2.2. Efectos de la realimentación negativa



### □ Ventajas de la Re-

- Reducción de la sensibilidad a la variación de sus parámetros
  - *Tolerancias en componentes, variaciones por Temperatura, ...*
- Reducción de la distorsión no lineal
- Incremento del Ancho de Banda (BW)
- Ajuste de las impedancias terminales ( $Z_e$  y  $Z_s$ )
- Ajuste de la respuesta temporal, ...

### □ Desventajas

- Disminución de la ganancia
  - *Es un inconveniente muy relativo (el beneficio es mucho mayor)*
  - *Puede solventarse aumentando el número de etapas.*
- **Peligro de inestabilidad**

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

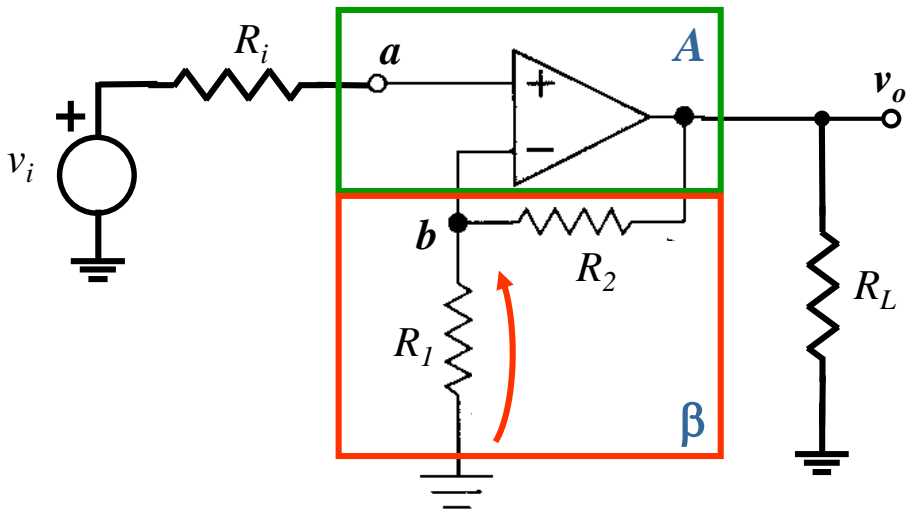
---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# 2.2. Beneficios de la realimentación negativa

- ❑ Ejemplo: Amplificador no-inversor con AO.
  - Como A es de valor muy elevado, es fácil lograr que  $A\beta \gg 1$ :



$$A_f = \frac{A}{1 + A\beta} \Big|_{A\beta \gg 1} \approx \frac{1}{\beta} = \frac{R_1 + R_2}{R_1}$$

$$\beta = \frac{v_b}{v_o} = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$



- ❑ Mientras se cumpla que  $A\beta \gg 1$  se logra:
  - Tener una  $A_f$  que no depende de los parámetros de A

- Inconcebible variaciones de A con Temperatura, tiempo, tolerancia

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

## 2.2.1. Reducción de la sensibilidad

- ❑ Sensibilidad de  $A$  al parámetro  $p$ 
  - Cuantifica la variación relativa de  $A$  respecto a las variaciones relativas de  $p$ :
  
- ❑ Consecuencia de realimentar  $A$ :
  - la sensibilidad del amplificador realimentado  $A_f$  mejora (se **reduce**) en un factor  $F$ :
  
- ❑ Amplificador multietapa: mejora por realimentar cada etapa
  - La ganancia crece *exponencialmente* con el nº de etapas ( $n$ )
  - Mientras la sensibilidad crece más despacio (*linealmente* con  $n$ )

$$S_p^A = \frac{p}{A} \frac{dA}{dp}$$

$$S_p^{A_f} = \frac{1}{1 + A\beta} S_p^A$$

$$G = [A]^n$$

$n$	$G$	$S_p^G$
1	8	0,001
2	64	0,002

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99



## 2.2.2. Reducción de la distorsión no-lineal



### □ Curva (a):

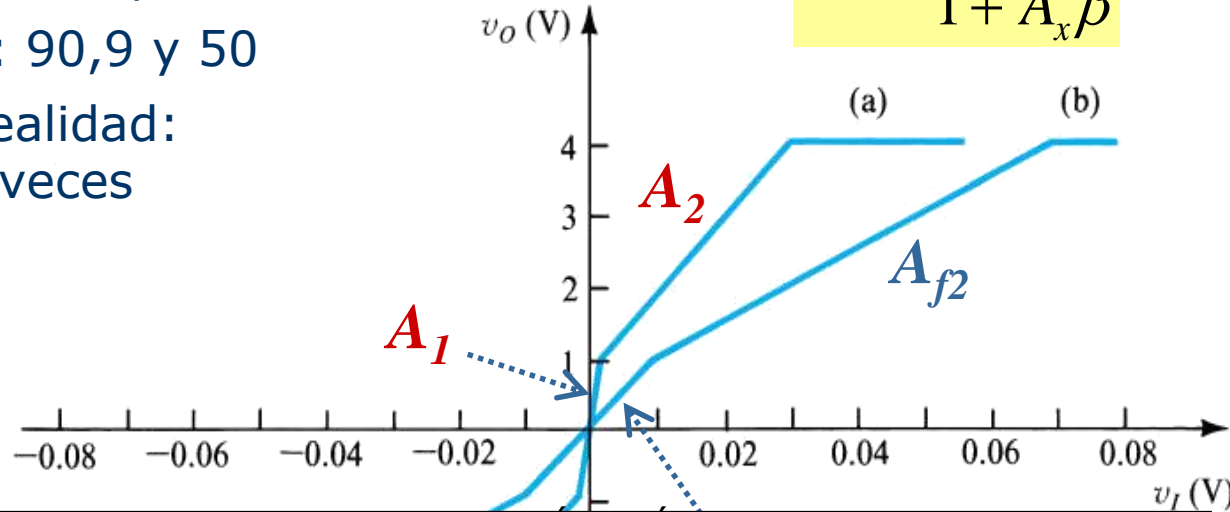
- Ganancia 1000, 100, en cada tramo (ganancia 0, en saturación)
- Relación de no-linealidad: de 1000 a 100 → **10** veces

### □ Curva (b):

- Amp. realimentado con  $\beta=0,01$
- Nuevas ganancias: 90,9 y 50
- Relación de no-linealidad: de 91 a 50 → **1,8** veces

$$A_{f1} = \frac{1000}{1 + 1000 \cdot 0,01} = 90,9$$

$$A_{fx} = \frac{A_x}{1 + A_x \beta}$$



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ---  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

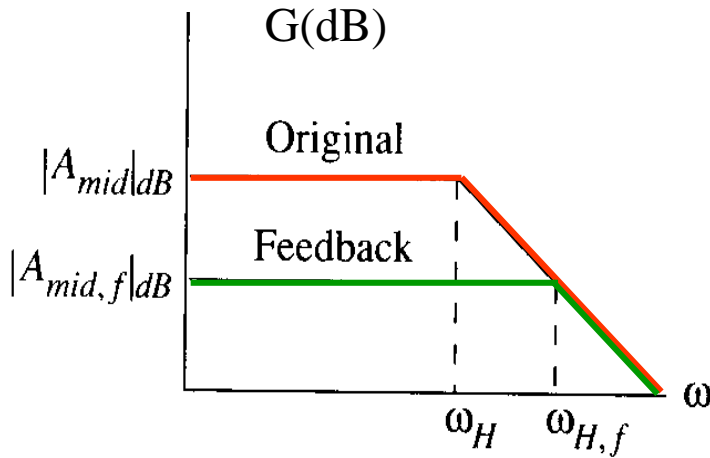




## 2.2.3. Efecto sobre el Ancho de Banda

- Sencillo de modelar en el caso de **polos dominantes**

- **En Alta Frecuencia:**



$$\text{Original} \rightarrow A = A_{mid} \frac{1}{1 + \frac{j\omega}{\omega_H}}$$

$$\text{Realimentado} \rightarrow A_f(\omega) = \frac{A(\omega)}{1 + A(\omega)\beta}$$

Operando se tiene:

$$A_f = A_{mid,f} \frac{1}{1 + \frac{j\omega}{\omega_{H,f}}}$$

$$A_{mid,f} = \frac{A_{mid}}{1 + A_{mid}\beta}$$

**Importante:** nótese que el producto **Ganancia por Ancho de Banda (GBW)** es

**Cartagena99**

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

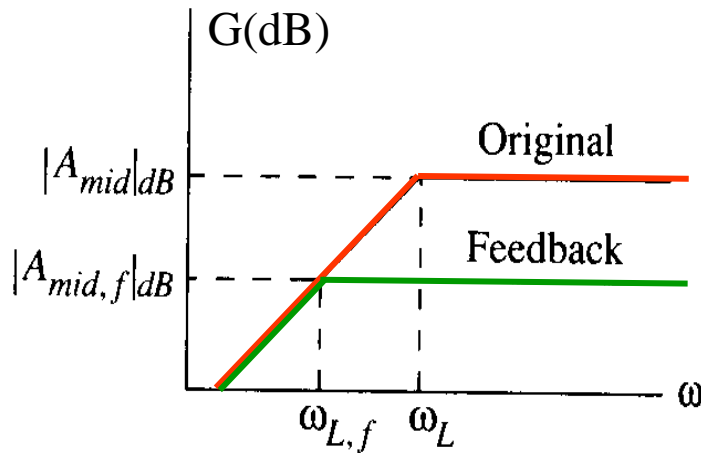
---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



## 2.2.3. Efecto sobre el Ancho de Banda

- Con el **polo dominante** en Baja Frecuencia (cero en 0 + polo):



Original  $\rightarrow A = A_{mid} \frac{j\omega}{j\omega + \omega_L}$

Realimentado  $\rightarrow A_f(\omega) = \frac{A(\omega)}{1 + A(\omega)\beta}$

$$A_f = A_{mid,f} \frac{j\omega}{j\omega + \omega_{L,f}}$$

$$A_{mid,f} = \frac{A_{mid}}{1 + A_{mid}\beta}$$

- También se traslada la frecuencia de corte inferior, pero no se

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

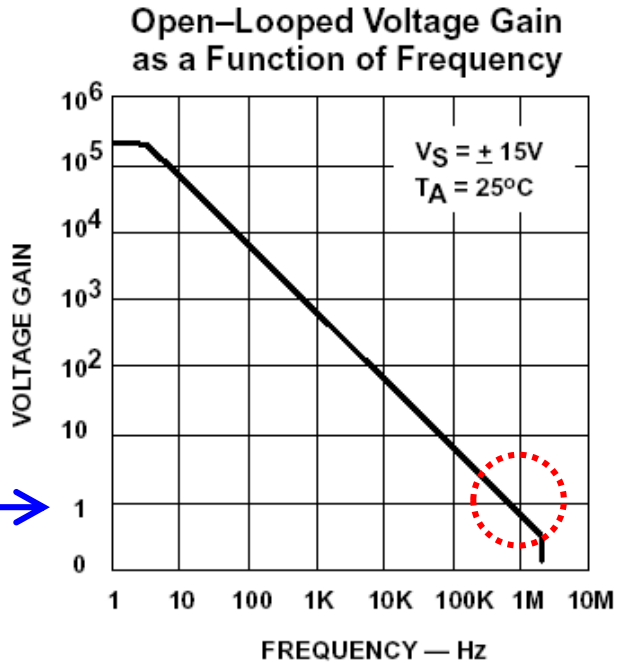
## 2.2.3. Ejemplo: GBW en el AO real



- El AO 741 tiene un ***polo dominante***
  - Efecto reflejado en los *data-sheet* por la ***frec. de ganancia unidad:  $f_t$***

$$A_V(s) = A_m \frac{1}{1 + (s / \omega_H)}$$

$$f_t = A_m f_H = G \cdot BW$$



### AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

$T_A=25^\circ\text{C}$ ,  $V_S = \pm 15\text{V}$ , unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	TEST CONDITIONS	$\mu\text{A741}, \mu\text{A741C}$			UNIT
			Min	Typ	Max	
$R_{IN}$	Parallel input resistance	Open-loop, $f=20\text{Hz}$	0.3			$\text{M}\Omega$
$C_{IN}$	Parallel input capacitance	Open-loop, $f=20\text{Hz}$		1.4		pF

Cartagena99

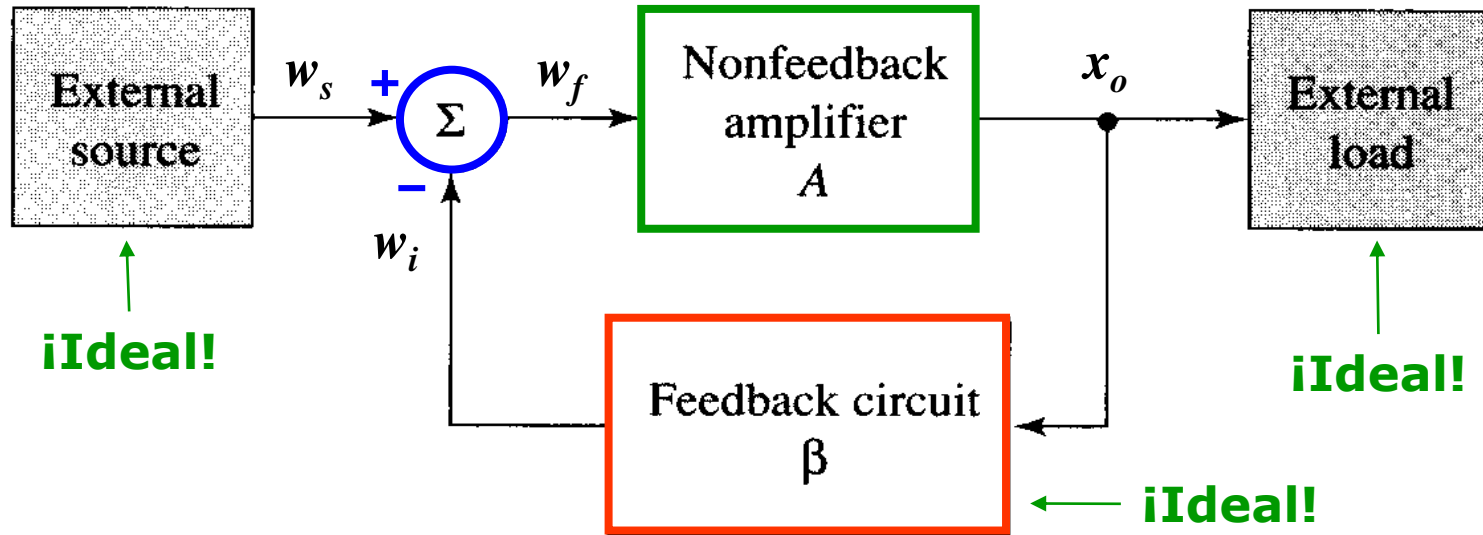
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70





## 2.3. Tipos de realimentación



- ❑ Formulación teórica única: implica una idealización del problema
- ❑ Condiciones del estudio idealizado
  - Sin efectos de carga: las variables (V o I) no dependen de ellas.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

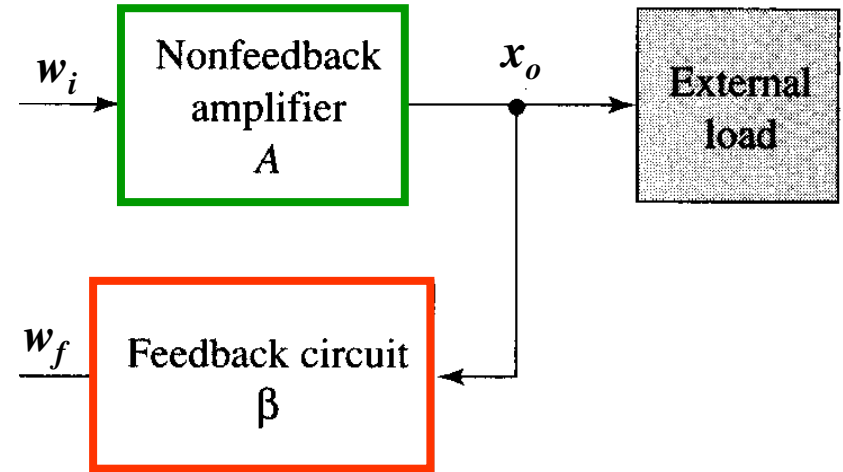


# 2.3. Tipos de Realimentación.



- ❑ **Medida** (muestra) de la variable de salida  $x_o$

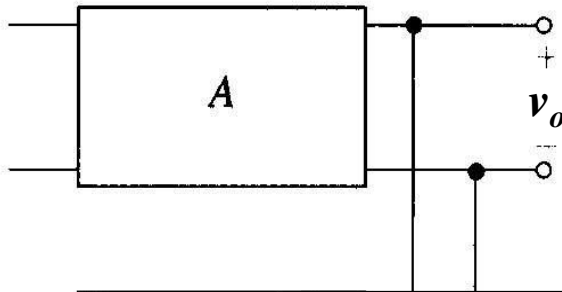
**Condición:** no hay efectos de carga ( $\beta$  y  $Load$  ideales)



**Nomenclaturas diversas:**

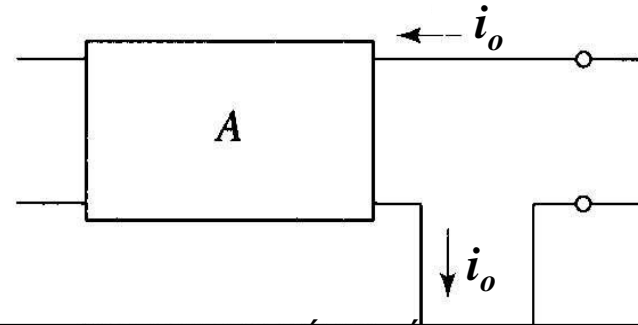
**Variable**    **Malik...**    **Topología**

**Muestreo en tensión**



**Tensión...**

**Muestreo en corriente**



**Corriente...**

**Cartagena99**

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

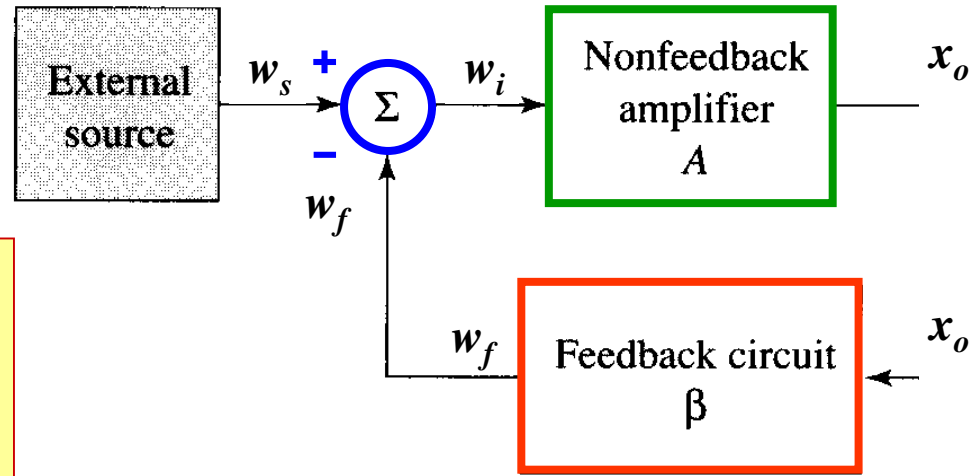


# 2.3. Tipos de Realimentación



□ **Suma** en la entrada  $w_{s,i,f}$

**Condición:** no hay efectos de carga ( $\beta$  y *Generador* ideales)

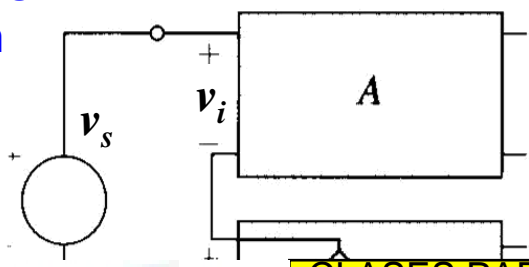


**Ojo a nomenclaturas**

**Variable**    **Malik...**    **Topología**

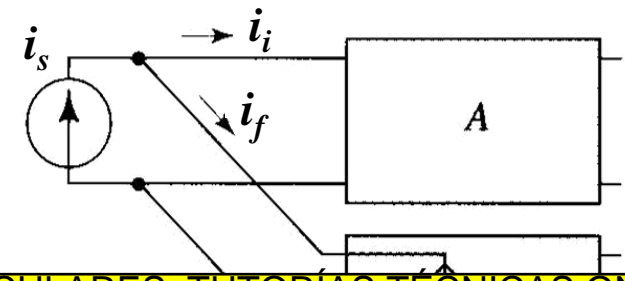
**Realimentación en tensión**

**...Serie**



**Realimentación en corriente**

**...Paralelo**



# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

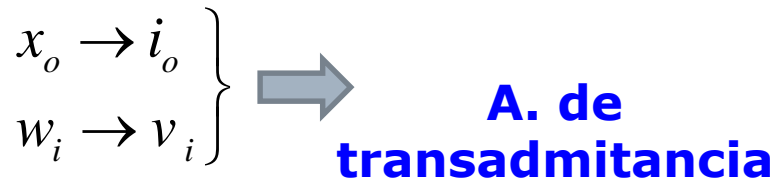
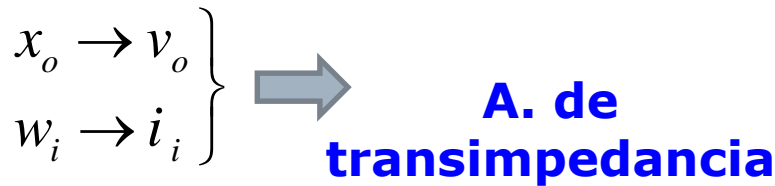
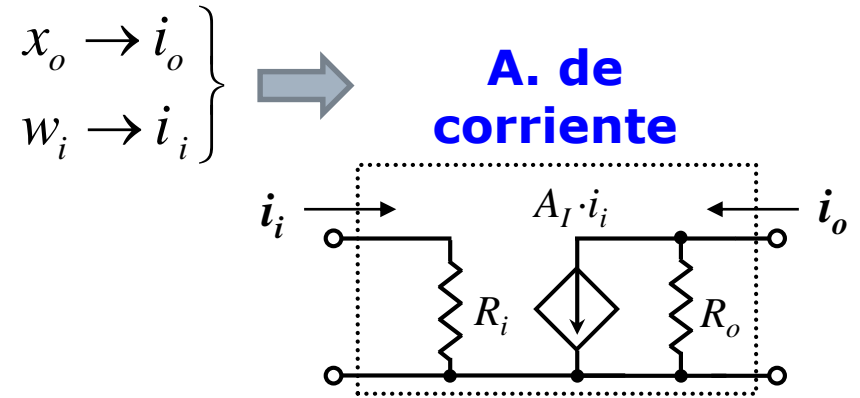
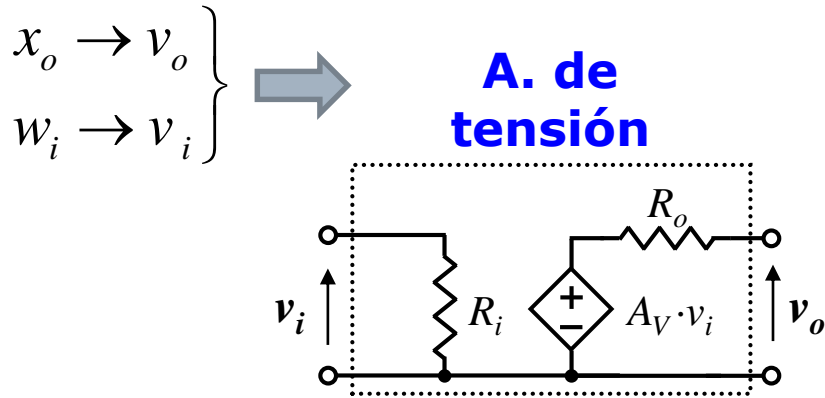
---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# 2.4. Topologías de realimentación

- Al determinarse las variables eléctricas en salida y entrada:
  - Se fija y concreta el tipo de realimentación, las ganancias (unidades), la forma de conexión y los tipos apropiados de amplificador  $A$  y  $\beta$

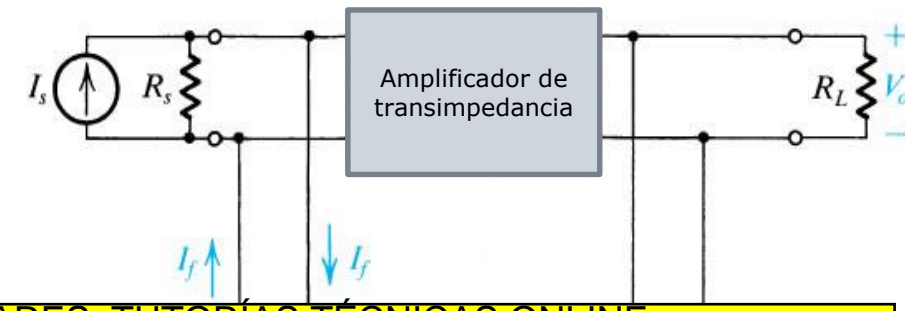
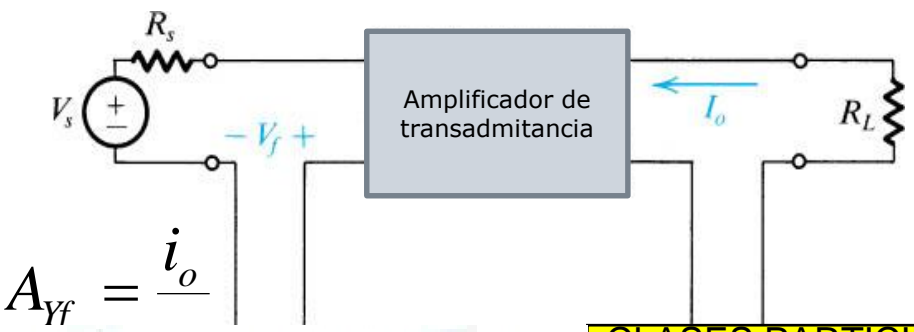
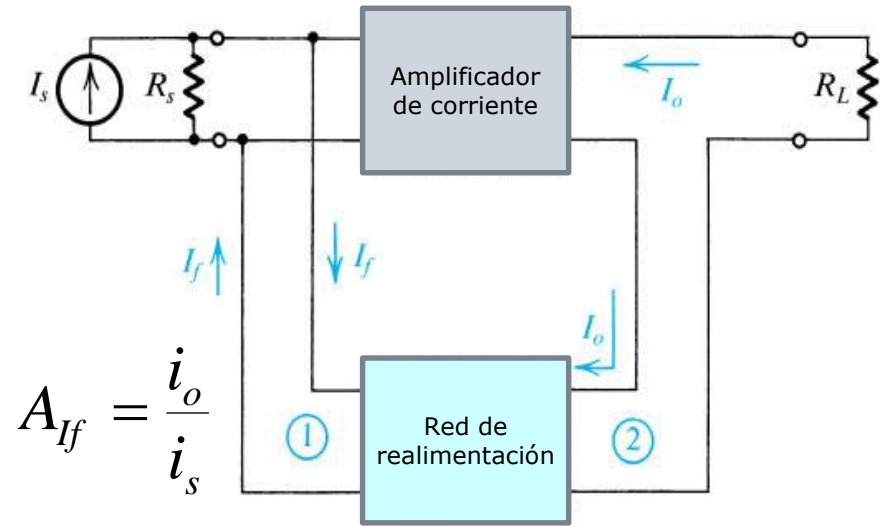
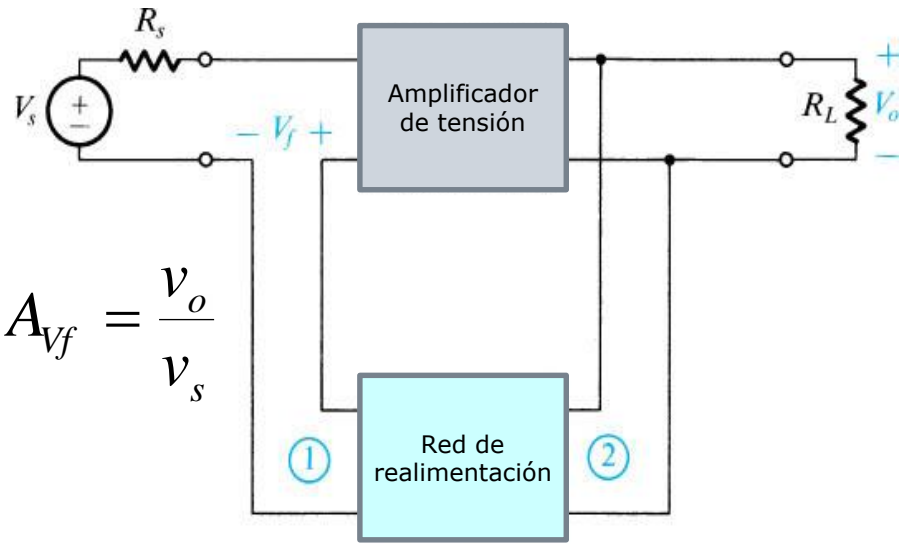


# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

# 2.4. Topologías de realimentación

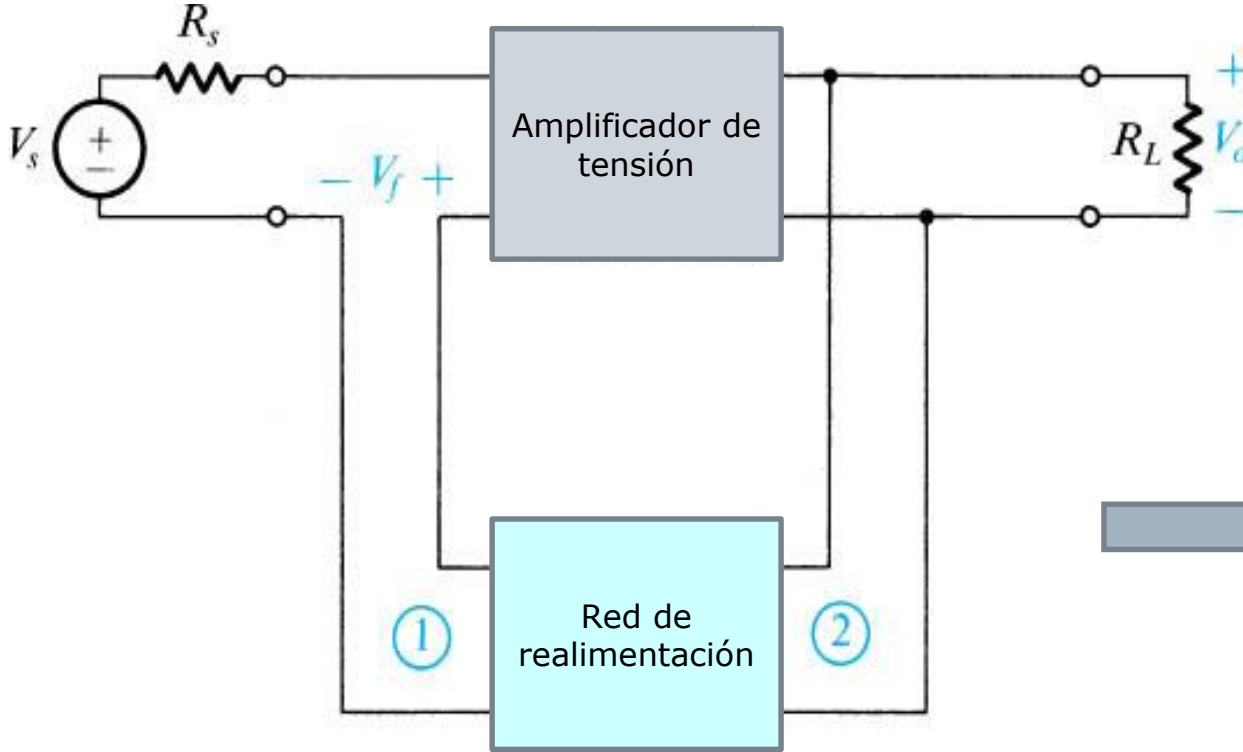


**Cartagena99**

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ---  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# 2.4.1. Serie-Paralelo (tensión-tensión) $A_{vf}$



## Caso a caso.

- La topología fija todo:
- *tipos de ganancias, unidades de  $A$  y  $\beta$ , y la nomenclatura.*

$A_{vf}$

$A_v$     $\beta_v$

# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

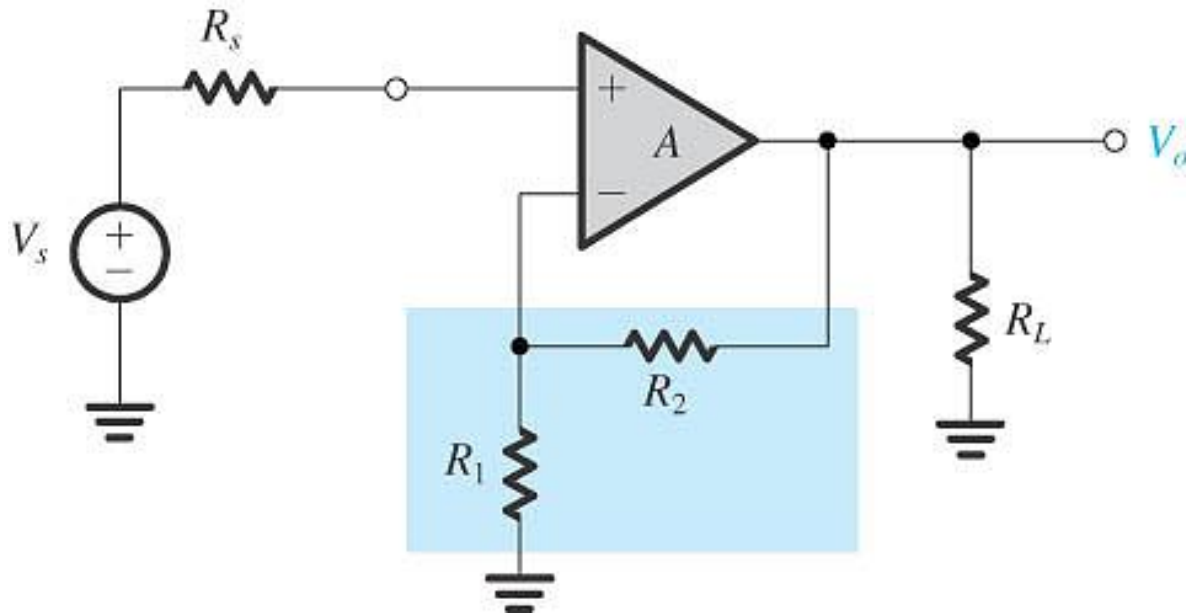
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Curso de la Entrada Paralelo a la salida

## 2.4.1. Serie-Paralelo (tensión-tensión) $A_{vf}$



- Ejemplo: amplificador no-inversor con AO



Cartagena99

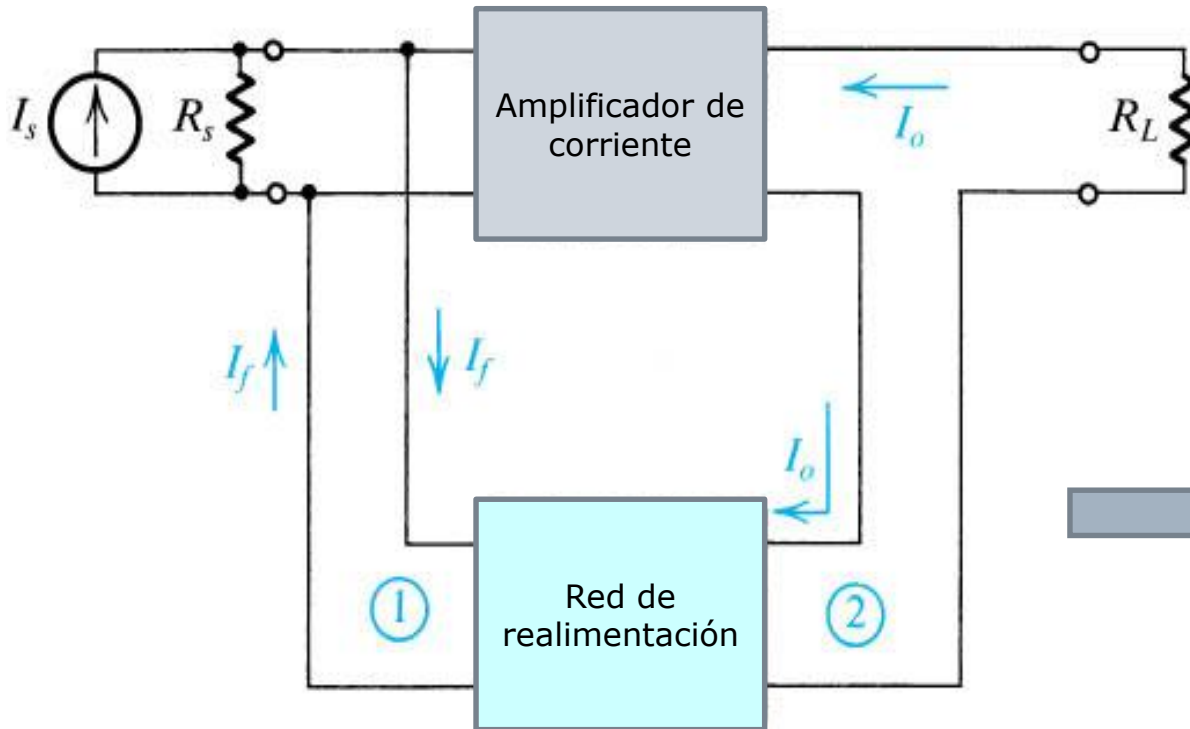
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Curso de la Entrada Paralelo a la salida



# 2.4.2. Paralelo-Serie (corriente-corriente) $A_{If}$



$$A_{If}$$

$$A_I \quad \beta_I$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Entrada en serie a la salida

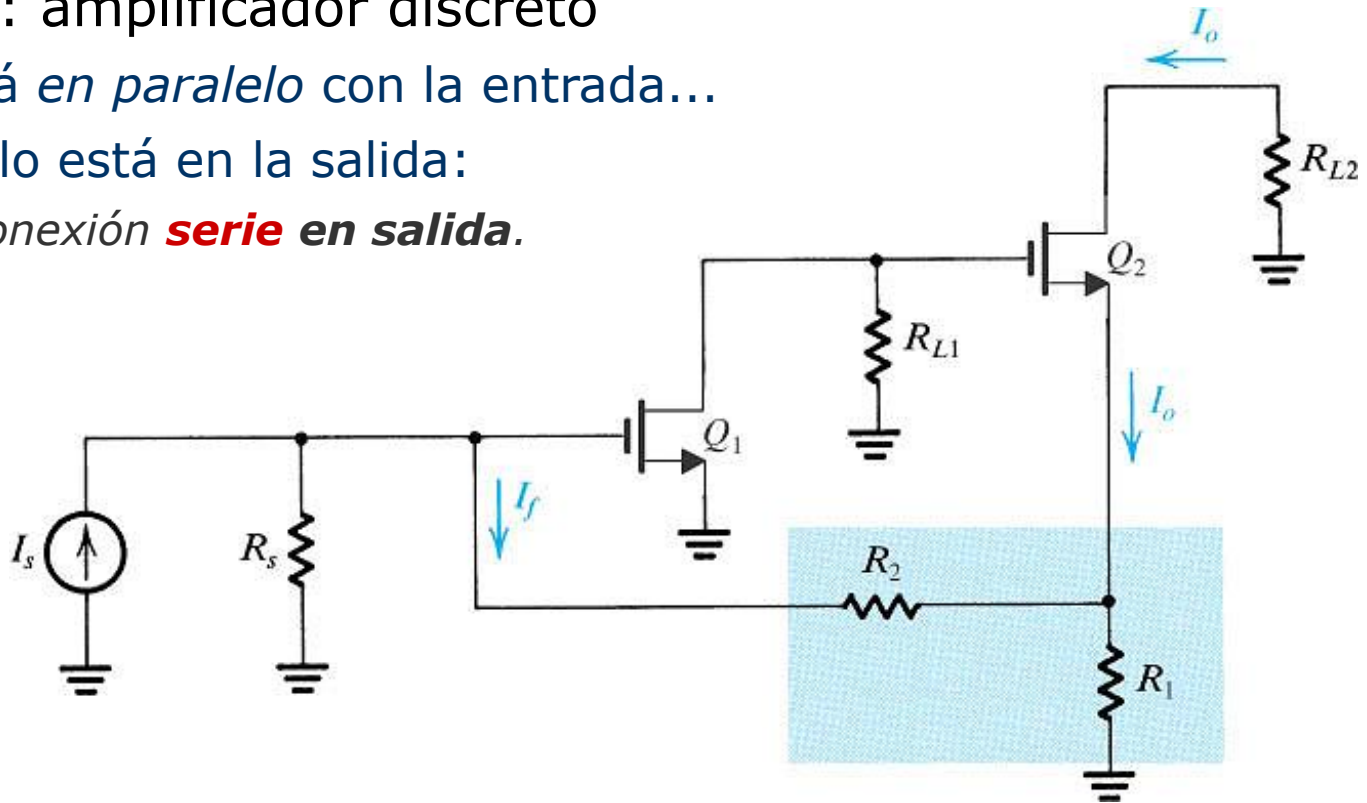




# 2.4.2. Paralelo-Serie (corriente-corriente) $A_{If}$



- Ejemplo: amplificador discreto
  - $\beta$  está *en paralelo* con la entrada...
  - Y no lo está en la salida:
    - Conexión **serie** en salida.



# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

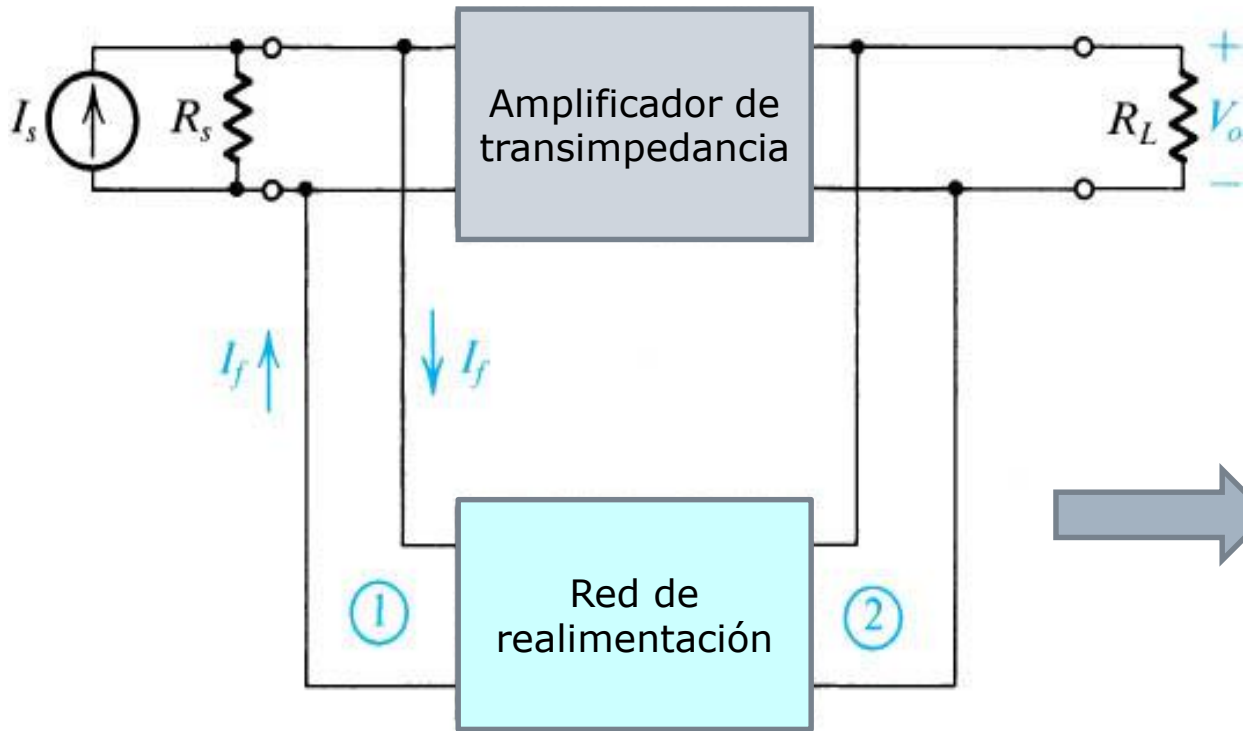
---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

... a la entrada ... serie a la salida



# 2.4.3. Paralelo-Paralelo (corriente-tensión) $A_{zf}$



$$A_{zf}$$

$$A_z \quad \beta_Y$$

# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

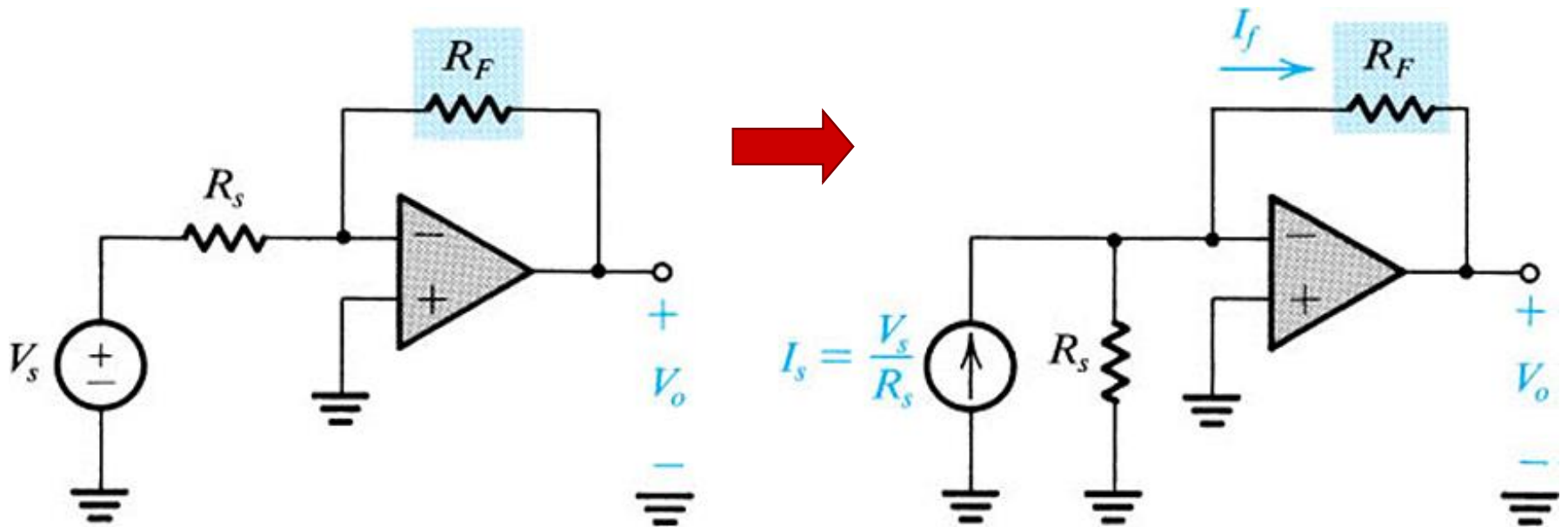
Entrada Paralelo a la salida



## 2.4.3. Paralelo-Paralelo (corriente-tensión) $A_{zf}$

□ Un ejemplo interesante:

- el amplificador inversor con AO, desde el punto de vista de teoría de Realimentación, en realidad **debe** considerarse como un  $A_I$

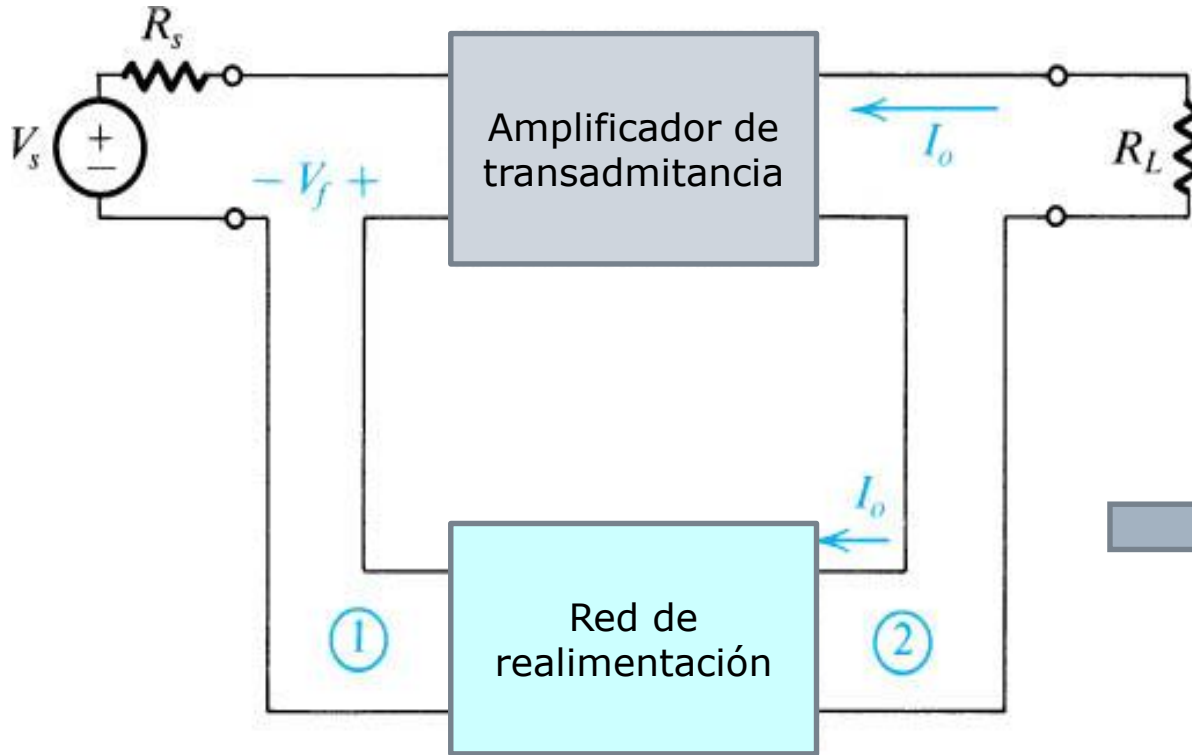


Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

## 2.4.4. Serie-Serie (tensión-corriente) $A_{Yf}$



$$A_{Yf}$$

$$A_Y \quad \beta_Z$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Entrada a la entrada

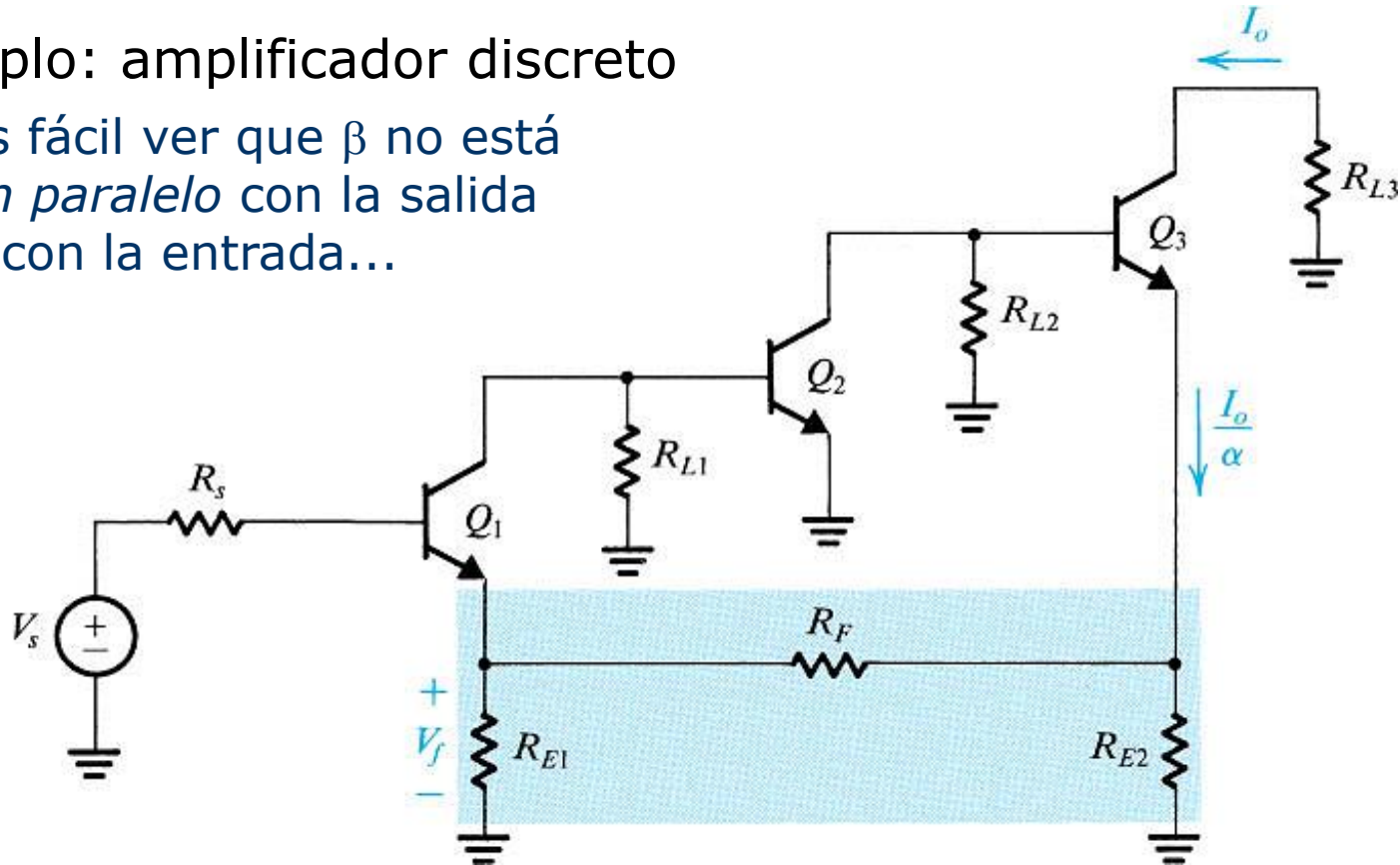
Salida a la salida

## 2.4.4. Serie-Serie (tensión-corriente) $A_{yf}$



### □ Ejemplo: amplificador discreto

- Es fácil ver que  $\beta$  no está *en paralelo* con la salida o con la entrada...



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

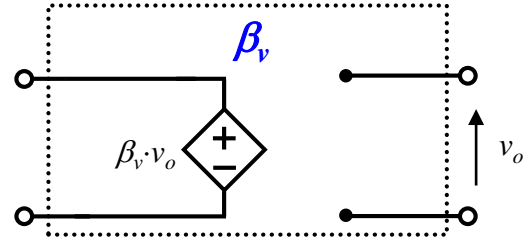
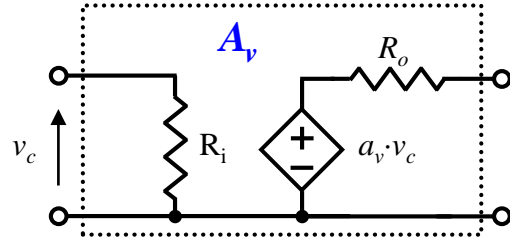
... a la entrada ... a la salida



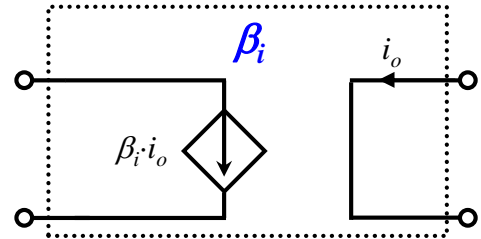
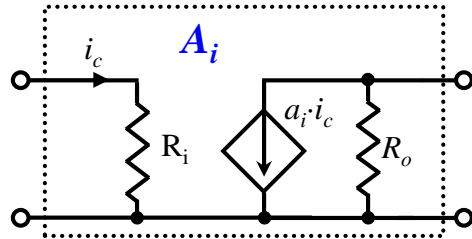
# 2.4.5. Resumen: detalle de las redes A y $\beta$

Observación importante:  $\mathbf{L} = \mathbf{A} \cdot \beta$  es siempre adimensional:

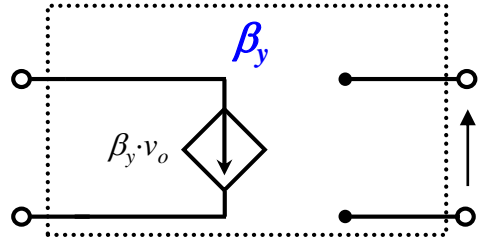
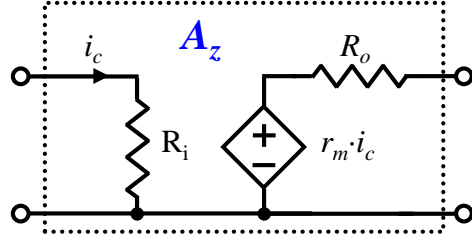
**A. de tensión**



**A. de corriente**



**A. de transimpedancia**



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

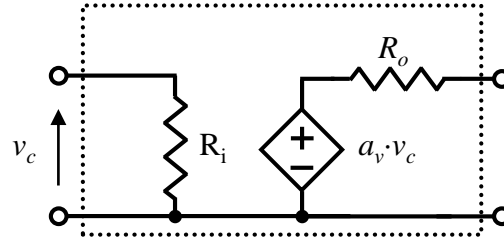
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

## 2.5. Realimentación con A real ( $R_i - R_o$ )

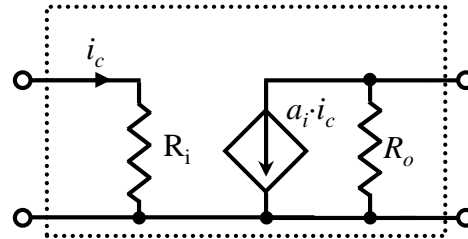
- Hacia el problema real: efecto de las R terminales de A.

**A. real de tensión**



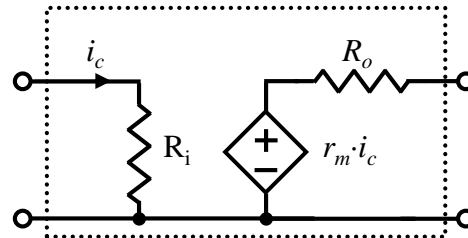
Realimentación más favorable:  
**Serie-Paralelo**

**A. real de corriente**



Realimentación más favorable:  
**Paralelo-Serie**

**A. real de transimpedancia**



Realimentación más favorable:  
**Paralelo-Paralelo**

**Cartagena99**

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

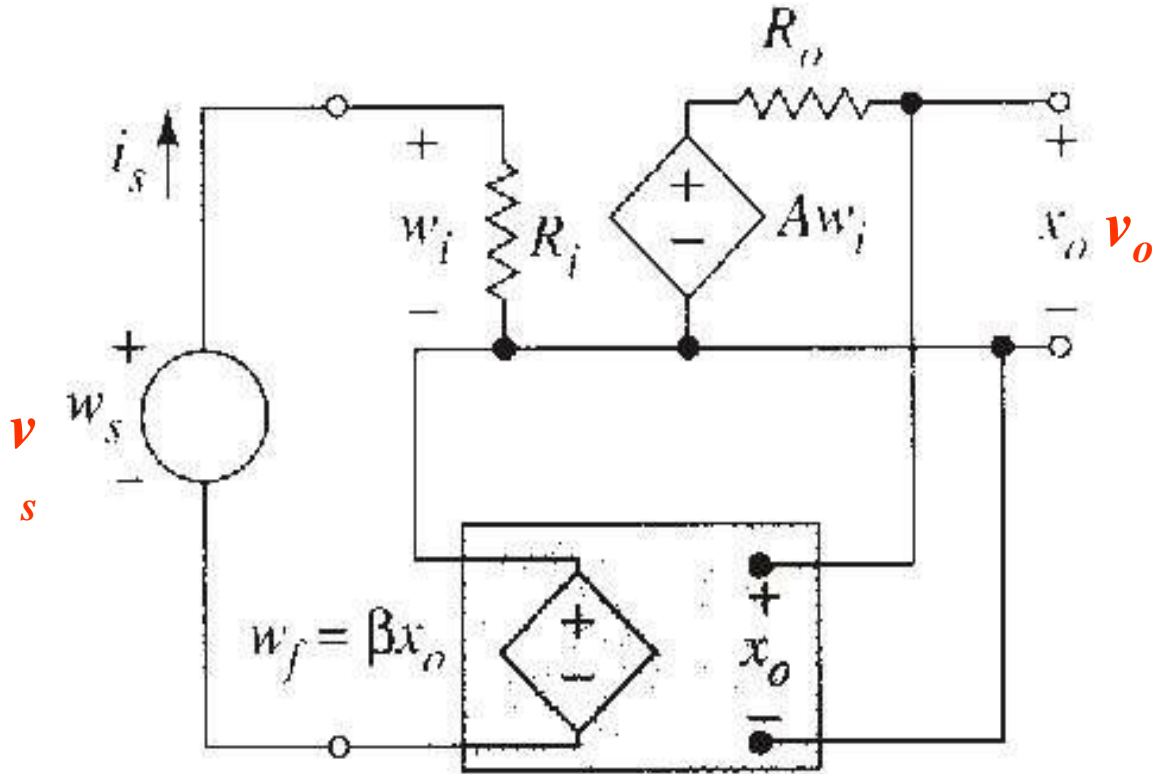
---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70





# 2.5.1. Efectos en R de entrada: en serie



Atacamos en tensión: nos interesa  $R_{if} \uparrow \uparrow$

$$R_{if} = (1 + A\beta) \cdot R_i$$

Cartagena99

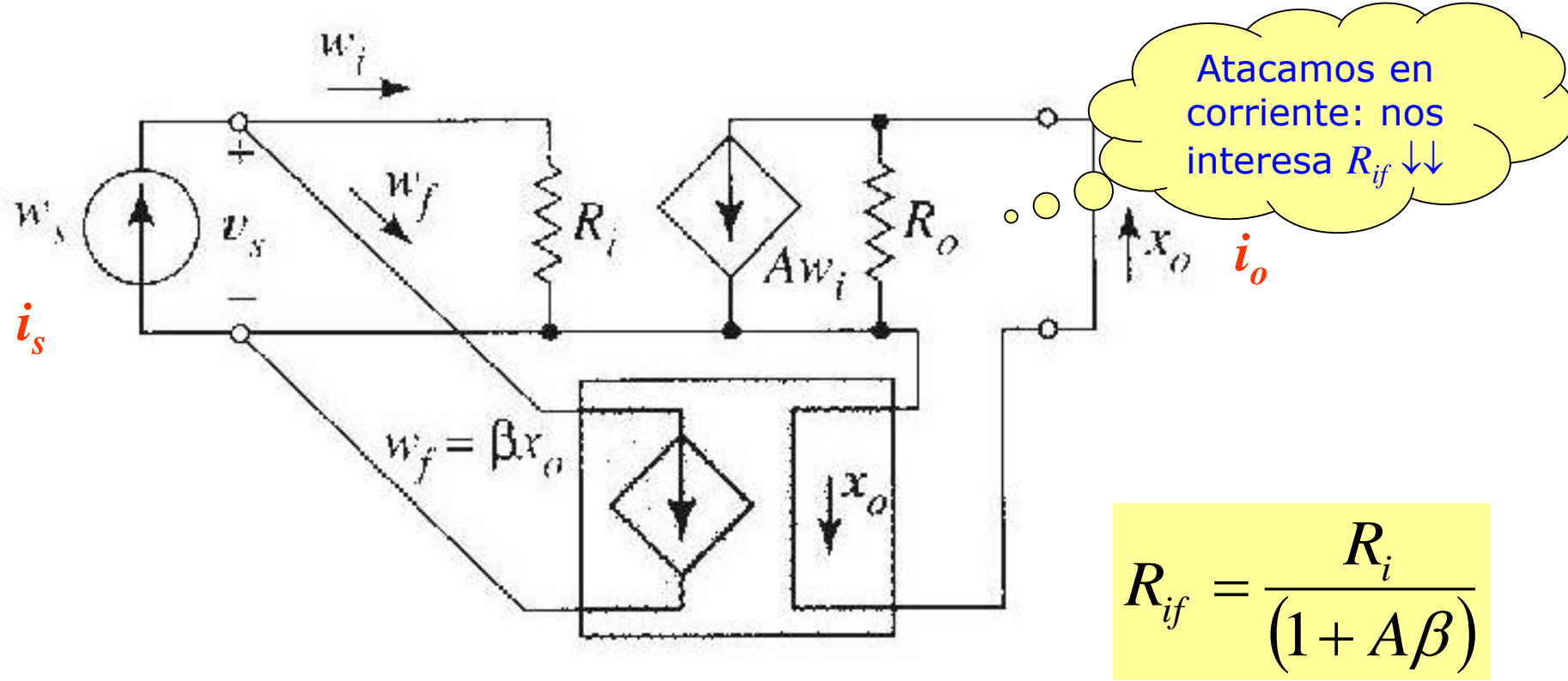
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ---  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Curso de la Entrada Paralelo a la Salida





# 2.5.1. Efectos en R de entrada: en paralelo



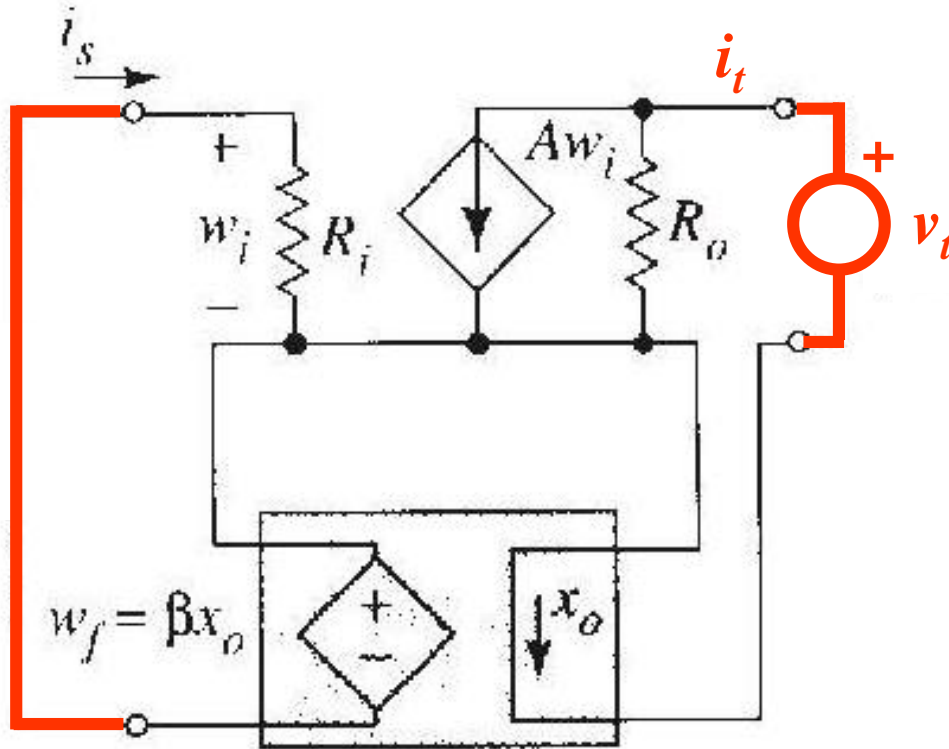
# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



## 2.5.2. Efectos en R de salida: en serie



Salimos en corriente: nos interesa  $R_{of}$  ↑↑

$$R_{of} = (1 + A\beta) R_o$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Entrada a la entrada Salida a la salida



## 2.5.3. Conclusión: efecto en R terminales



- ❑ Asociación en **serie a la entrada**  
(realimentación en tensión)

$$R_{if} = (1 + A\beta) \cdot R_i$$

- ❑ Asociación en **paralelo a la entrada**  
(realimentación en corriente)

$$R_{if} = \frac{R_i}{(1 + A\beta)}$$

- ❑ Asociación en **serie a la salida**  
(muestreo en corriente)

$$R_{of} = (1 + A\beta) \cdot R_o$$

- ❑ Asociación en **paralelo a la salida**  
(muestreo en tensión)

$$R_{of} = \frac{R_o}{(1 + A\beta)}$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

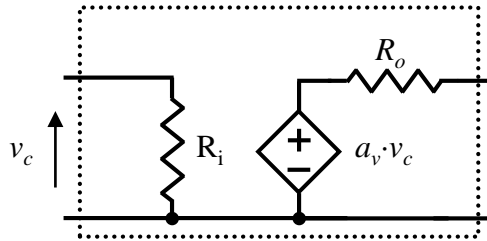


# 2.5.3. Conclusión

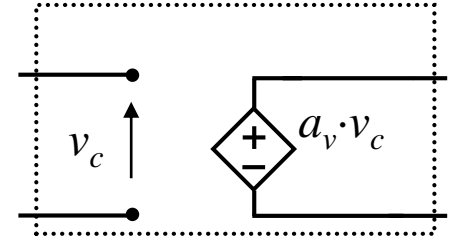


La topología adecuada permite **idealizar** un **amplificador real**

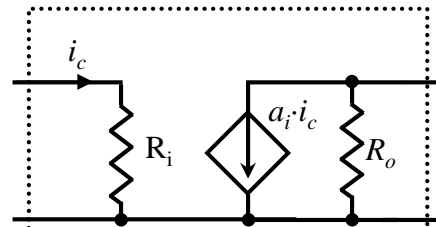
A. de tensión



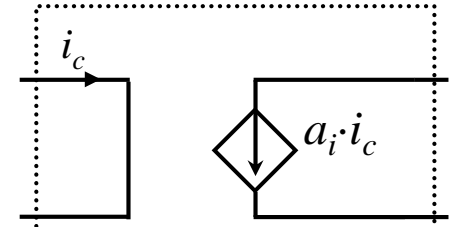
**Serie-Paralelo:**  
**Z<sub>i</sub> ↑ y Z<sub>o</sub> ↓**



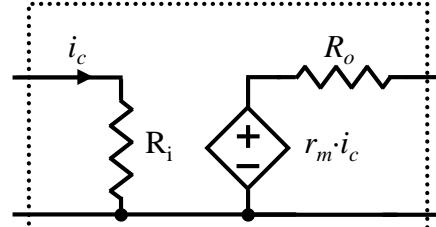
A. de corriente



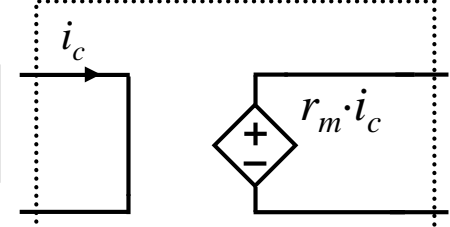
**Paralelo-Serie:**  
**Z<sub>i</sub> ↓ y Z<sub>o</sub> ↑**



A. de transimpedancia



**Paralelo-Paralelo:**  
**Z<sub>i</sub> ↓ y Z<sub>o</sub> ↓**



# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



- ❑ En este tema, las transparencias deben ser complementadas con las demostraciones, ejemplos y ejercicios incluidos en el texto básico.
- ❑ Bibliografía básica. Para la parte 1 del tema:  
[b1].- Malik, capítulo 9: secciones 9.1 a 9.3
- ❑ Bibliografía complementaria o alternativa. Todo el tema en:  
[b2].- Sedra\_Smith, capítulo 8 completo.  
[b3].- Sedra\_Smith, capítulo 9: hasta la sección 9.10.
- ❑ Gráficas y ejemplos. Fuentes:
  - Elaborados por los profesores del Dpto. de Electrónica.
  - Extraídas de los textos y referencias detallados.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# Control de revisiones



- 2015-02-20: versión inicial.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70