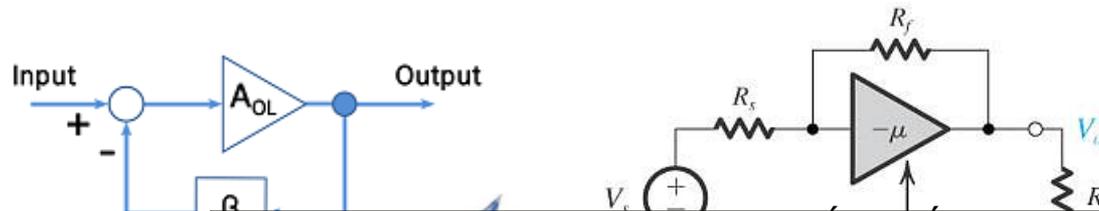




# Tecnología Electrónica

## Tema 2: Realimentación y estabilidad.

### Realimentación con efectos de carga. (2/3)



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



# 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 con efectos de carga
  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

## 3. Realimentación con efectos de carga

### 3.1 Efectos de carga: alteraciones de la teoría básica

### 3.2 Parámetros privilegiados.

*3.2.1. Significado. Aproximaciones razonables*

### 3.3 Resolución práctica

*3.3.1. Estimación de los parámetros de  $\beta$*

*3.3.2. Ejemplos genéricos de resolución*

### 3.4. Análisis de amplificadores realimentados reales

Cartagena99

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

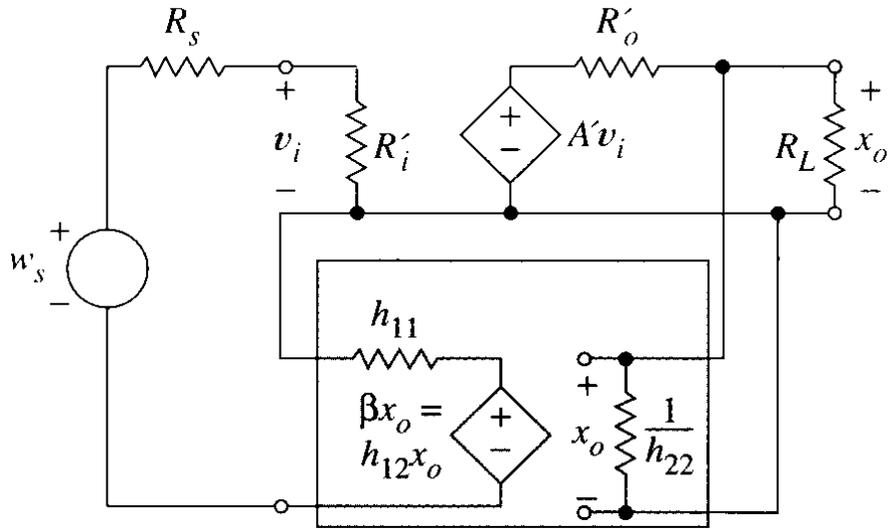
---

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



# 3.1. Realimentación en amplificadores reales

- ❑ Los efectos de carga modifican las ganancias  $A$  y  $\beta$ .
  - Éstas dependen de  $R_s, R_o, R_i, R_L \dots$
- ❑ No se cumplen las condiciones idealizadas con las que llegamos a la ecuación fundamental:



¿  $A_f = \frac{A}{1 + A\beta}$  ?

$A? \rightarrow f(R_s, R_L, \dots)$

$\beta? \rightarrow f(R_s, R_L, \dots)$

$A_f = ?$

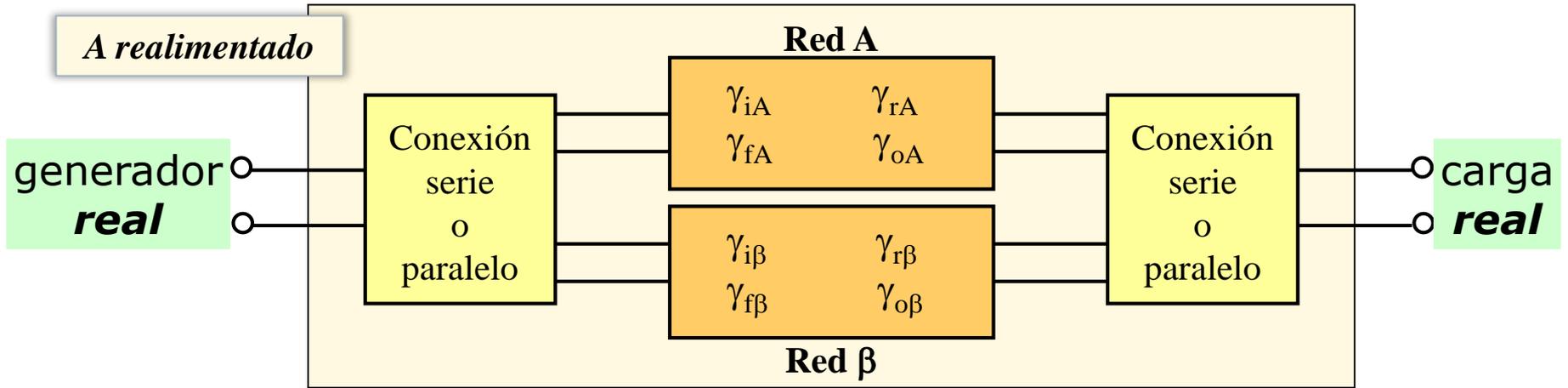
Cartagena99

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

# 3.2. Topologías y parámetros privilegiados



- Fundamento teórico → suma de parámetros privilegiados



Asociación	Parámetros del A total
Serie-Paralelo	$h_{ij}^{Total} = h_{ij}^A + h_{ij}^\beta$
Paralelo-Paralelo	$y_{ij}^{Total} = y_{ij}^A + y_{ij}^\beta$

- Significado de los parámetros:

- $\gamma_i \rightarrow$  impedancia de entrada
- $\gamma_o \rightarrow$  impedancia de 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



## 3.2.1. Aproximaciones *razonables*



- En la teoría general de cuadripolos las redes se modelan:
  - Con **cuatro** parámetros:  $[\gamma]^T = [\gamma]^A + [\gamma]^\beta$
  - **Trabajoso** de analizar ( $\rightarrow$  cálculo de parámetros; asociación, asignación...)
- Pero en amplificación se tiene un problema **simplificable**...
  - Parámetros de un amplificador típico:
    - La **transferencia directa es grande en la red A** (amplificador)
    - El amplificador no tiene una transferencia inversa notable.  $[\gamma_{rA} \approx 0]$
    - De hecho, hemos modelado A con solo tres parámetros
  - La red  $\beta$ :
    - Es pasiva y bilateral (transfiere señal en los dos sentidos)
    - Pero en sentido directo **NO AMPLIFICA**  $[\gamma_{fA} \gg \gamma_{f\beta}]$
    - **✓ solo consideramos la transferencia inversa debida a la red  $\beta$**

Cartagena99

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

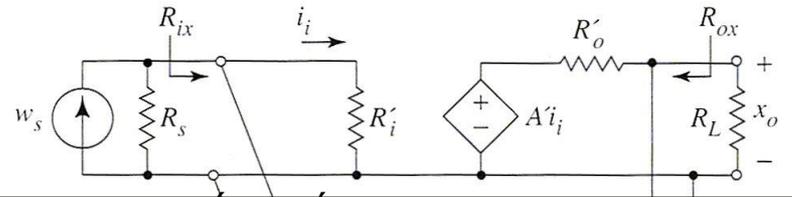
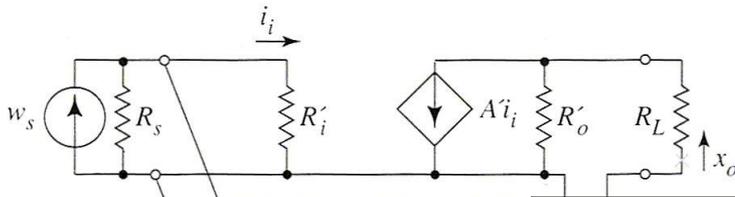
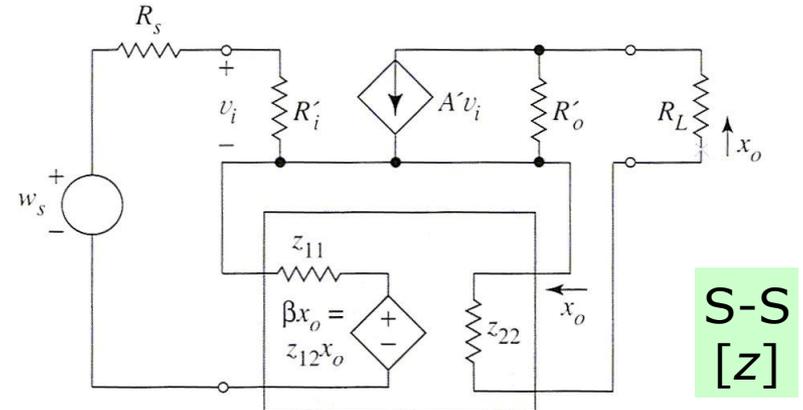
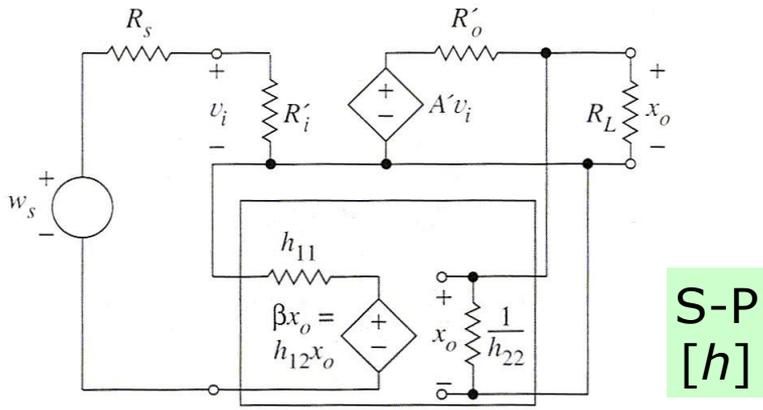
---

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



# 3.2.2. Topologías prácticas resultantes

- Ejemplos prácticos de modelado, para cada topología
  - Las redes  $A$  y  $\beta$  son más simples  $\rightarrow$  operativa más manejable



# Cartagena99

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

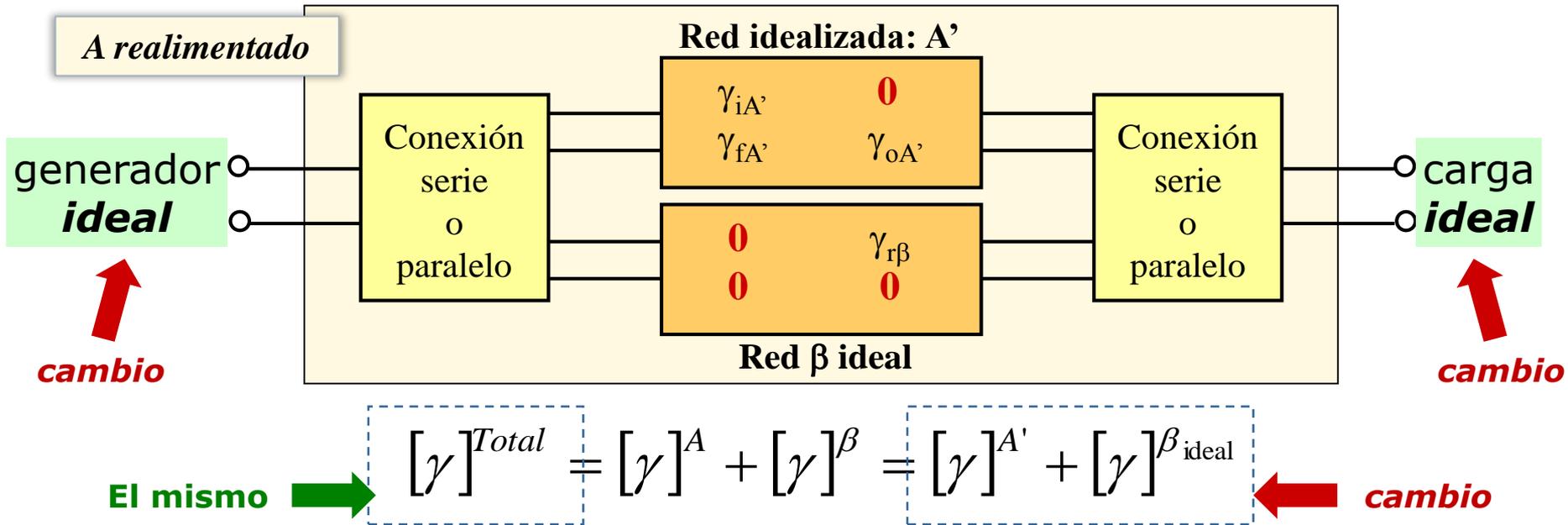
---

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



# 3.2.3. Idealización del problema

- Para poder aplicar la teoría básica: "idealizamos" el problema...



- La red total (el A realimentado) resulta equivalente a:

# Cartagena99

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

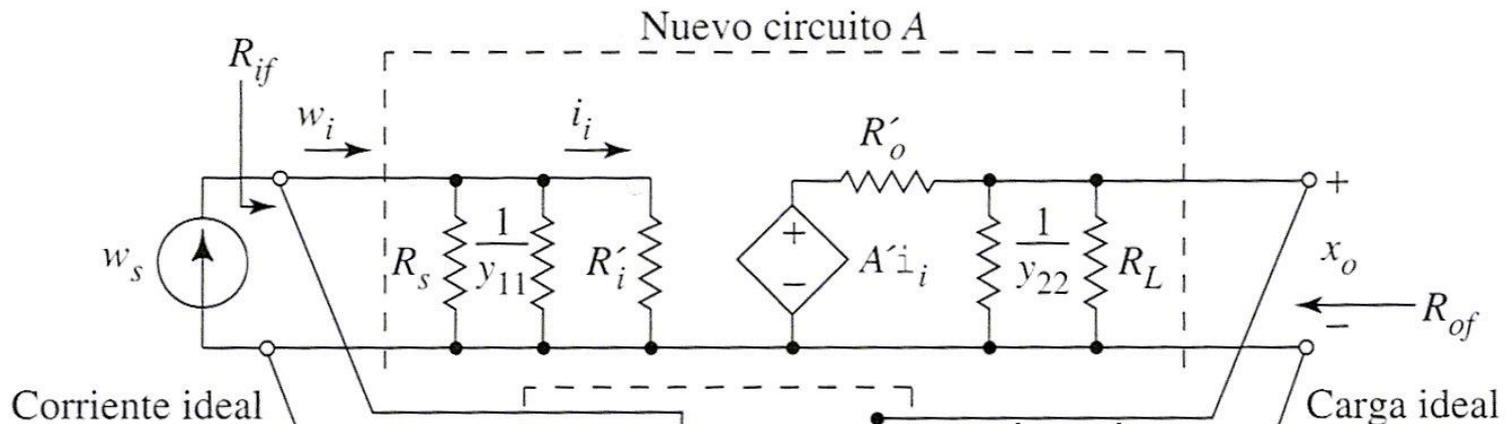
---

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



## 3.2.3. Idealización del problema: ejemplo

- ❑ Un ejemplo de idealización del problema: topología P-P.
  - Parametrizamos  $\beta$ : impedancias de carga y transferencia inversa.
  - Se asignan a  $A$  **todas** las cargas existentes:
    - $R$  del generador, de la carga y parámetros de impedancia de  $\beta$
    - Obtenemos así un nuevo amplificador  $A$ , que llamaremos  $A'$
  - Así: generador, carga y red  $\beta$  son las ideales para la topología dada



Cartagena99

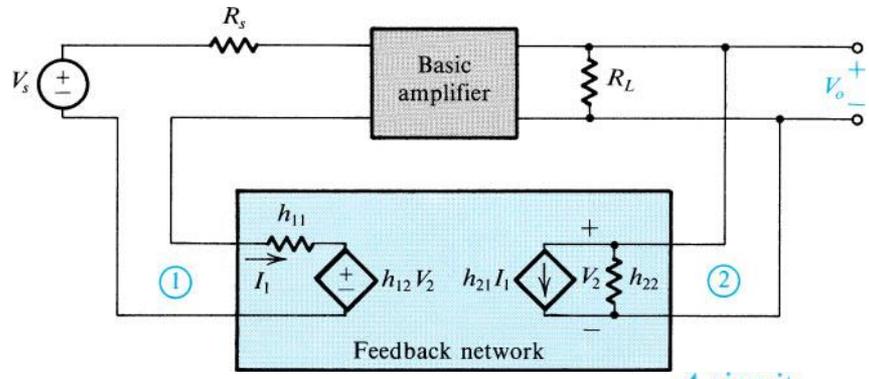
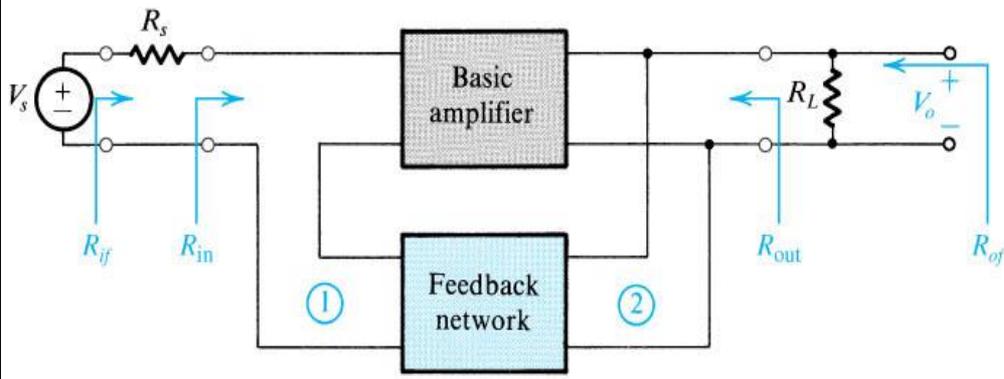
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

Circuito p-ideal



# 3.3. Ejemplos de idealización: caso S-P (1/2)

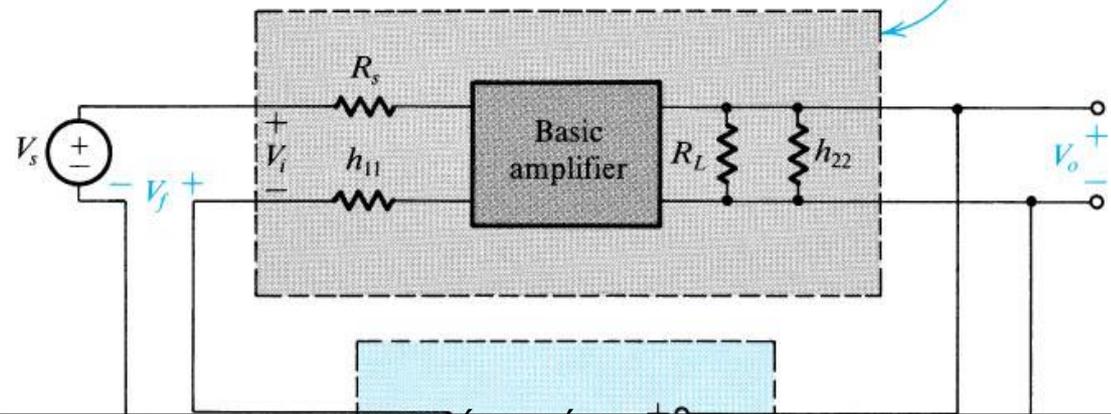


A, circuit

$$v_1 = h_{11}i_1 + h_{12}v_2$$

$$i_2 = h_{21}i_1 + h_{22}v_2$$

- ❑ Todas las cargas → A
- ❑ Acciones sobre la red β:



β circuit

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

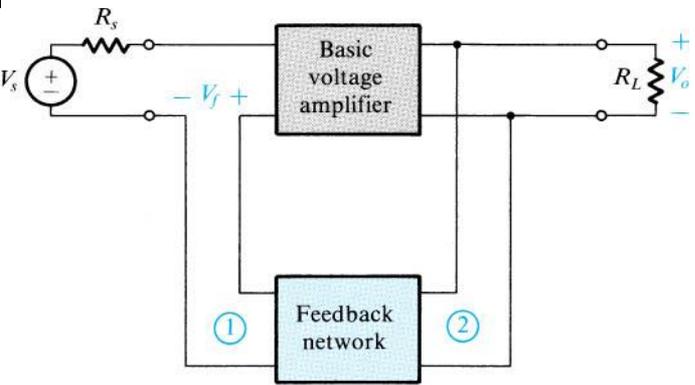
---

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

# Cartagena99



# 3.3.1. Serie-Paralelo (2/2). Parámetros [h]



(a)

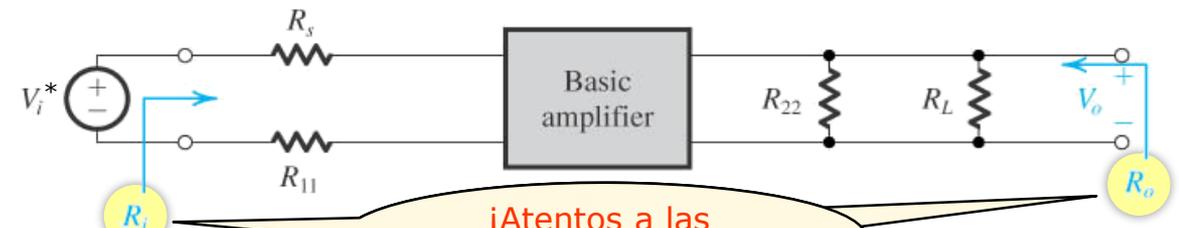
Anulamos variable común en la salida

$$R_{11} = h_{11} = \left. \frac{v_1}{i_1} \right|_{v_2=0}$$

Anulamos variable

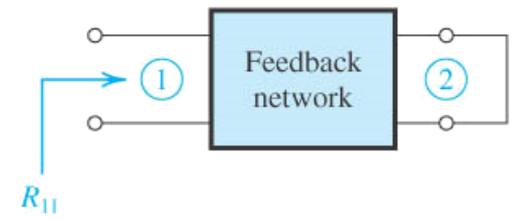
$$\beta_v = h_{12} = \left. \frac{v_f}{v_o} \right|_{i_1=0}$$

(a) The A' circuit is

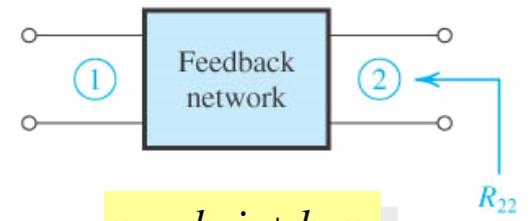


¡Atentos a las variables bajo estudio!

where  $R_{11}$  is obtained from



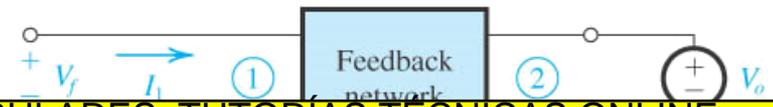
and  $R_{22}$  is obtained from



and the gain A is defined  $A' \equiv \frac{V_o}{V_i^*}$

$$\begin{aligned} v_1 &= h_{11}i_1 + h_{12}v_2 \\ i_2 &= h_{21}i_1 + h_{22}v_2 \end{aligned}$$

(b)  $\beta$  is obtained from



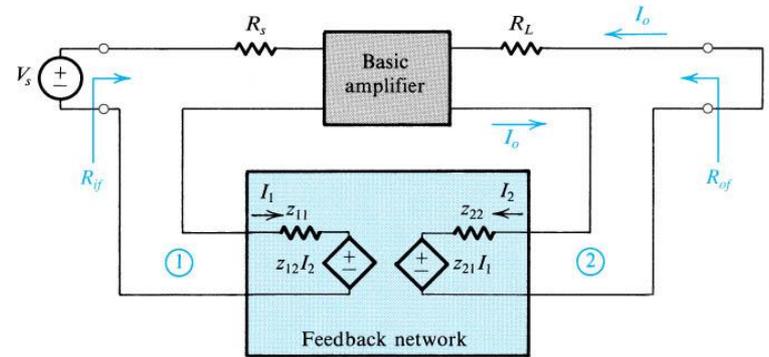
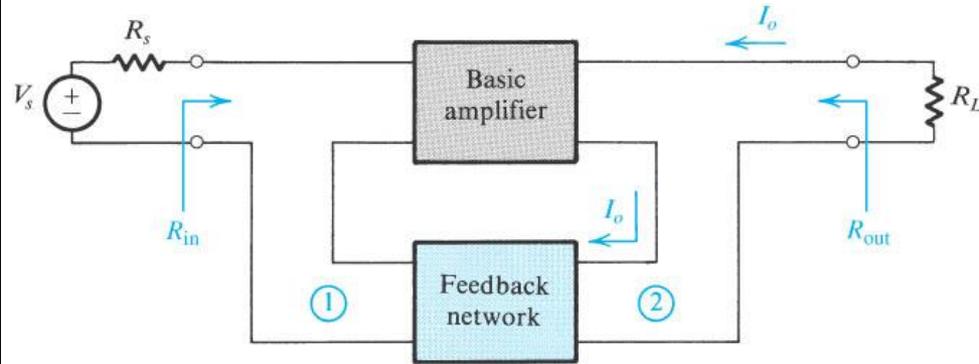
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

Cartagena99



# 3.3.2. Serie-Serie (1/2). Parámetros [z]

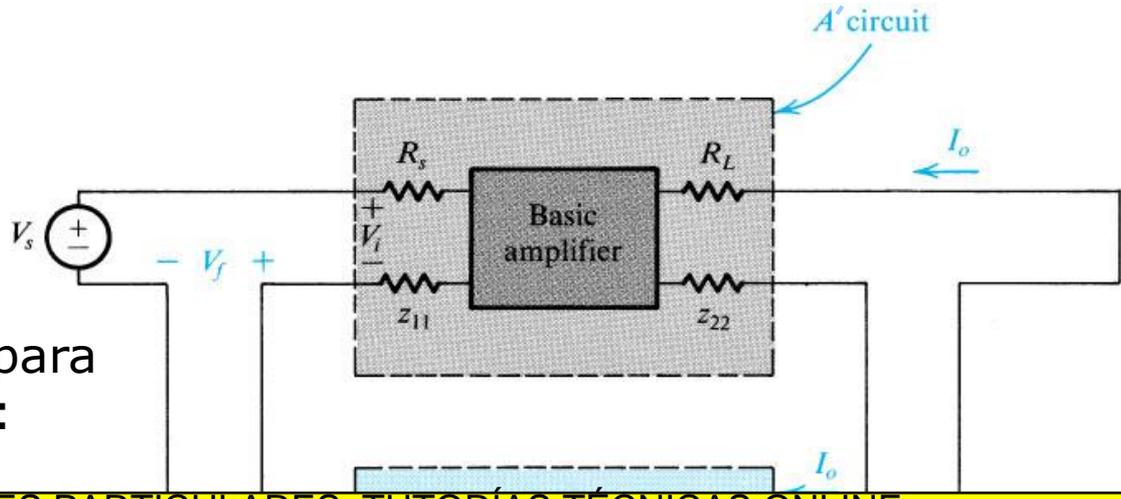


$$v_1 = z_{11}i_1 + z_{12}i_2$$

$$v_2 = z_{21}i_1 + z_{22}i_2$$

Generalizamos el método para hallar los parámetros de  $\beta$ :

$R_{if} \rightarrow$  anular la variable



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

---

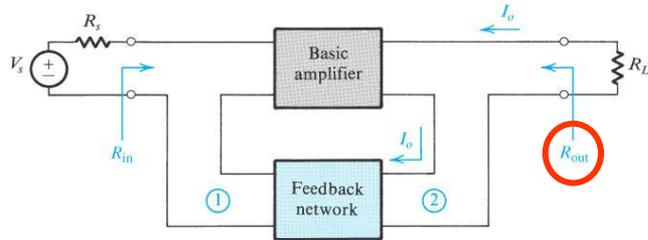
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

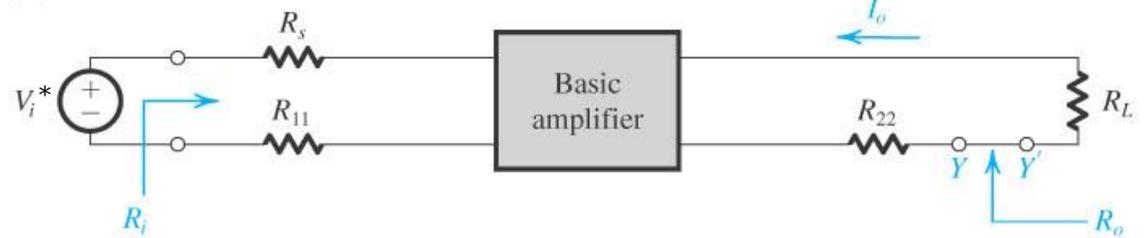
$\beta$  circuit



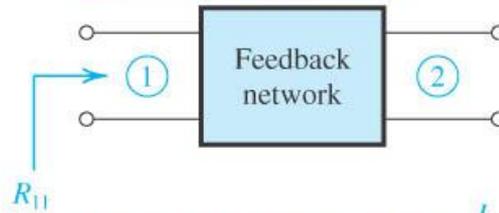
# 3.3.2. Serie-Serie (2/2). Parámetros [z]



(a) The A' circuit is

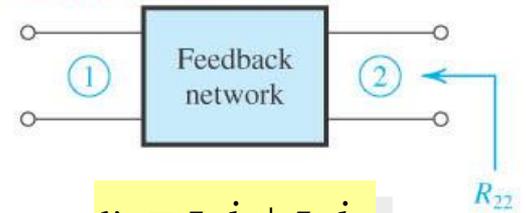


where  $R_{11}$  is obtained from



and the gain  $A'$  is defined  $A' \equiv \frac{I_o}{V_i^*}$

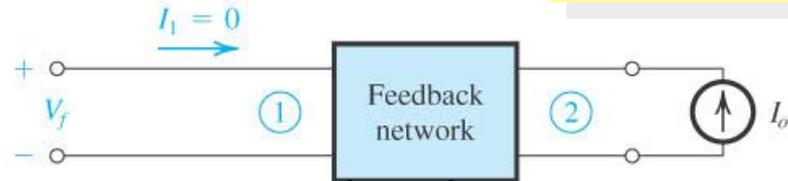
and  $R_{22}$  is obtained from



$$v_1 = z_{11}i_1 + z_{12}i_2$$

$$v_2 = z_{21}i_1 + z_{22}i_2$$

(b)  $\beta$  is obtained from



Anulamos variable común en la salida

$$R_{11} = z_{11} = \left. \frac{v_1}{i_1} \right|_{i_2=0}$$

Anulamos variable

$$\beta_Z = z_{12} = \left. \frac{v_f}{i_2} \right|_{i_1=0}$$

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

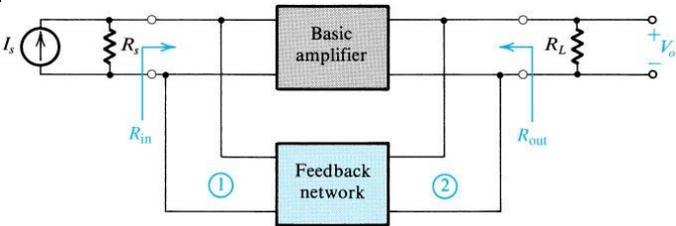
---

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

Cartagena99



# 3.3.2. Paralelo-Paralelo. Parámetros [y]



Anulamos variable común en la salida

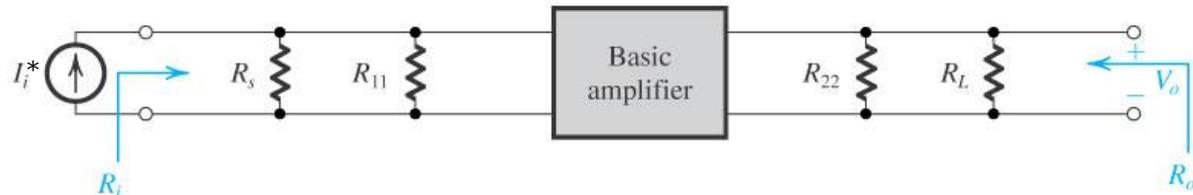
$$R_{11} = \frac{v_1}{i_1} \Big|_{v_2=0}$$

$$\beta_y = \frac{i_f}{v_o} \Big|_{v_1=0}$$

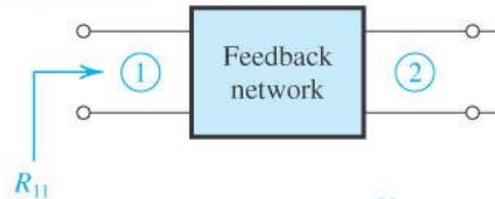
Anulamos

# Cartagena99

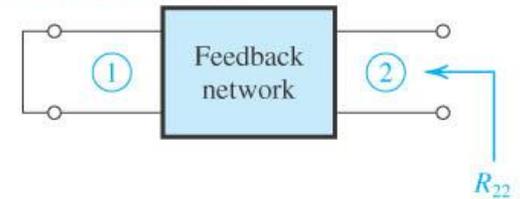
(a) The  $A'$  circuit is



where  $R_{11}$  is obtained from

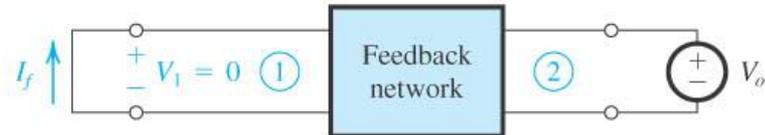


and  $R_{22}$  is obtained from



and the gain  $A'$  is defined  $A' \equiv \frac{V_o}{I_i^*}$

(b)  $\beta$  is obtained from



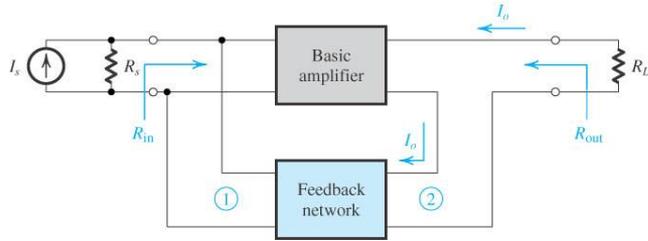
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

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



# 3.3.2. Paralelo-Serie. Parámetros [g]



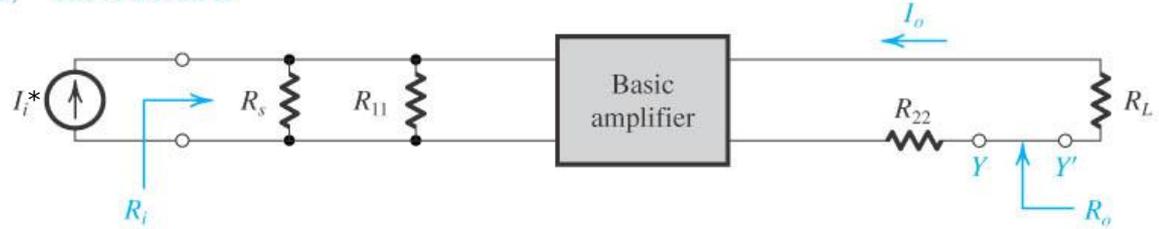
Anulamos variable común en la salida

$$R_{11} = \left. \frac{v_1}{i_1} \right|_{i_2=0}$$

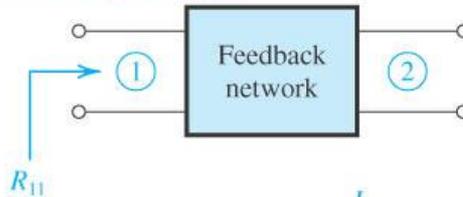
$$\beta_i = \left. \frac{i_f}{i_o} \right|_{v_1=0}$$

Anulamos

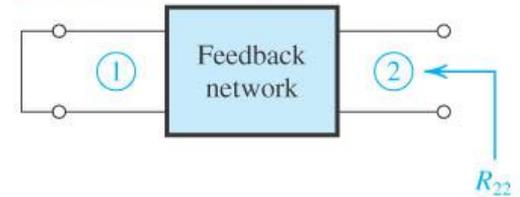
(a) The A' circuit is



where  $R_{11}$  is obtained from

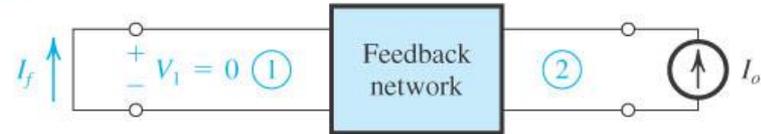


and  $R_{22}$  is obtained from



and the gain  $A'$  is defined as  $A' \equiv \frac{I_o}{I_i^*}$

(b)  $\beta$  is obtained from



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



## 3.3.2. Resumen: análisis en ctos. prácticos



- ❑ **Identificar** la topología:
  - Ella impone los tipos de ganancias  $A$  y  $\beta$  correspondientes, y
  - la asignación en serie o paralelo de los efectos de carga sobre  $A$
  
- ❑ **Idealizar** la estructura:
  - Convertir todo, salvo  $A$ , en **ideal**. Para ello...
  - Asignar las impedancias de fuente y carga a  $A$ .
  - Obtener el efecto de carga  $\beta$  sobre  $A$  en la entrada ( $R_{11}$ )
    - Anular la variable común a la salida en la red  $\beta$
  - Efecto de carga en la salida ( $R_{22}$ ) y valor de  $\beta$ 
    - Anular la variable común a la entrada en la red  $\beta$
  - El nuevo amplificador resultante será:  **$A'$**

❑ **Aplicar** la teoría general de realimentación sobre  $A'$  y  $\beta$  ideal

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



## 3.3.2. Resumen: análisis en ctos. prácticos



- ❑ Siempre necesitaremos determinar la topología:
  - En análisis, para poder reconocer las redes  $A$  y  $\beta$
  - En diseño, según nuestro objetivo
- ❑ Para reconocer la topología hay que **buscar**:
  - Un *restador* de señales a la entrada (variables que se suman...)
  - Un *muestreador* de señales a la salida (variable común)
- ❑ La topología **fuerza** las condiciones concretas del análisis:
  - Tipo de parámetros, tipo de ganancias, etc.
  - Esto puede exigir *transformar* el cto. original en un *equivalente*  
[Nota: no se necesitan conocimientos formales de la teoría de cuadripolos]
  - En consecuencia, los datos buscados *pueden no ser los mismos que los obtenidos en el análisis idealizado*.

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



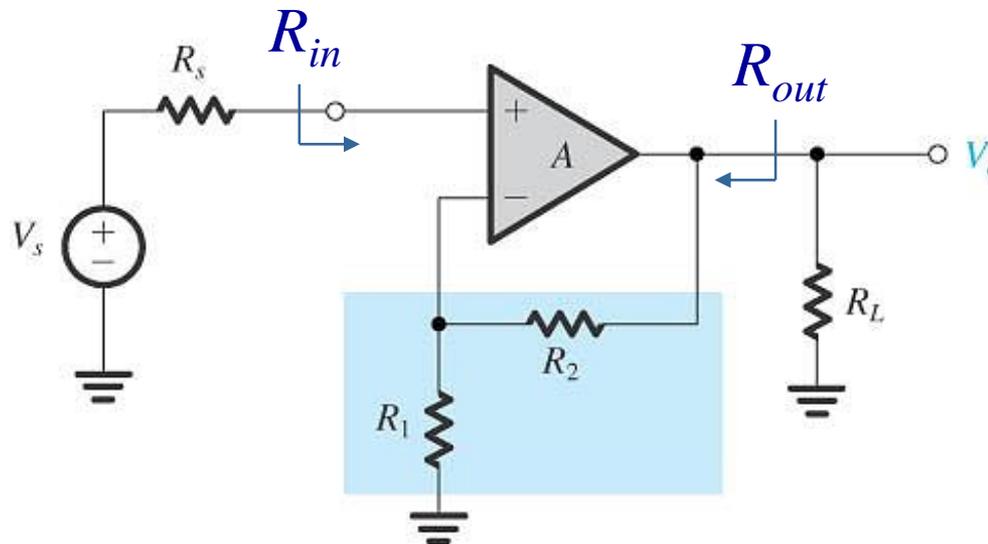
## 3.4. Análisis de amps. realimentados reales.



- Aplicación de las técnicas estudiadas.

Ejemplo:

- Obtener el valor de la  $R_{in}$  y  $R_{out}$  del amplificador no-inversor



- Amplificador realimentado en serie-paralelo (tensión-tensión)

Cartagena99

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

---

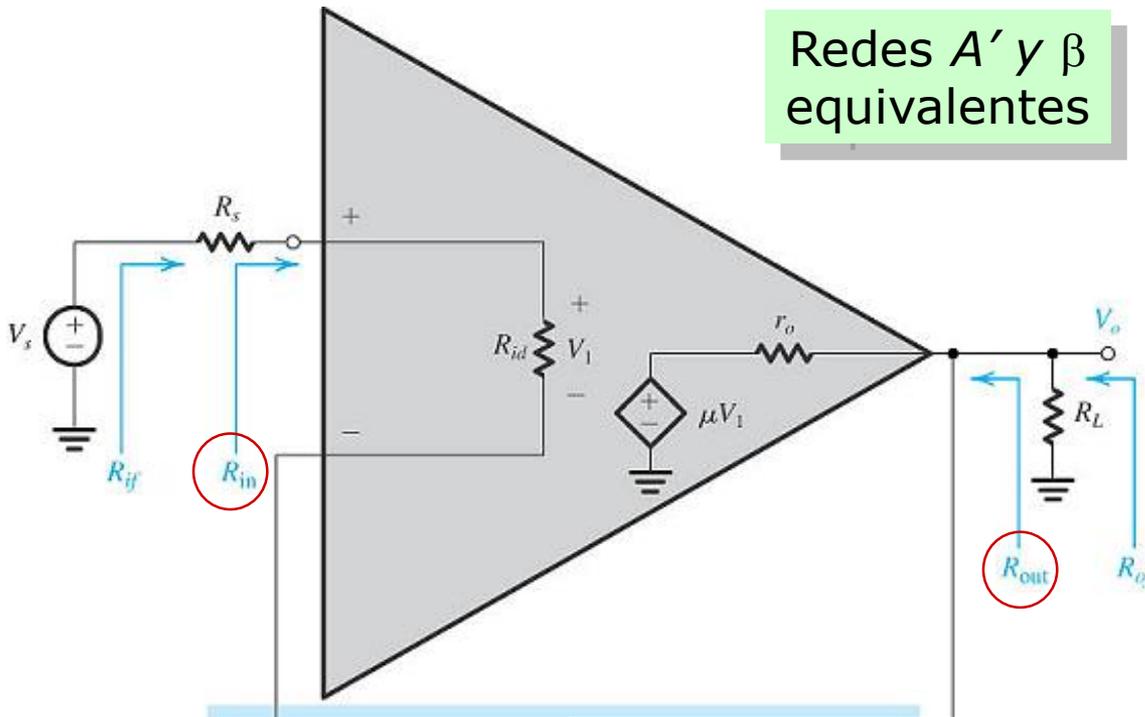
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



# 3.4. Análisis de amps. realimentados reales.



- Hay que transformar el problema original según la topología:
  - Analizamos y obtenemos las  $R_{if}$  y  $R_{of}$  del amplificador idealizado



$$R_{if} = R_{iSR} \cdot (1 + A'_V \cdot \beta_V)$$

$$R_{of} = \frac{R_{oSR}}{1 + A'_V \cdot \beta_V}$$

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

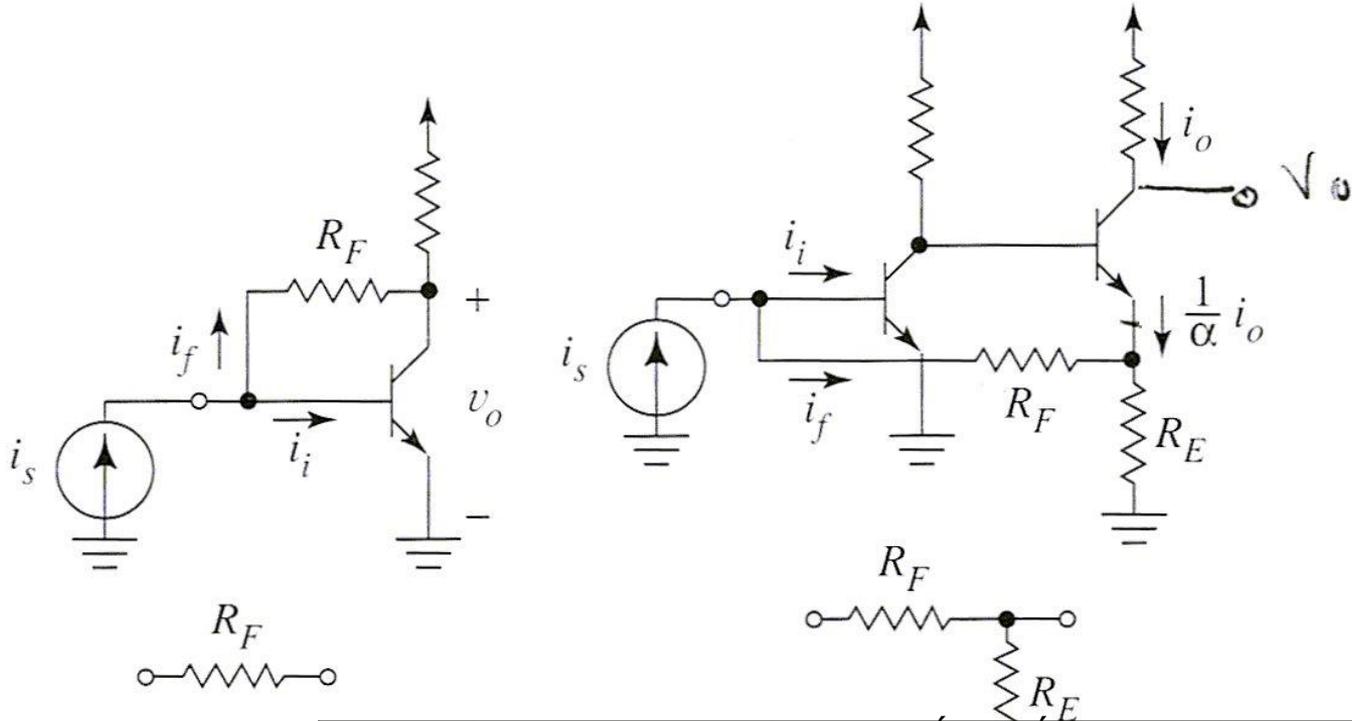
Cartagena99



# 3.4. Topologías en amplificadores discretos



- Reconozca el tipo de realimentación y la red  $\beta$  usada en los siguientes amplificadores:



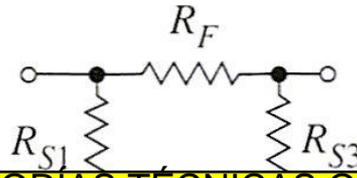
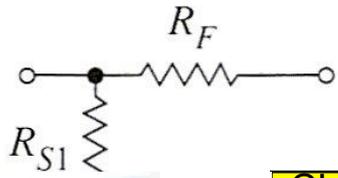
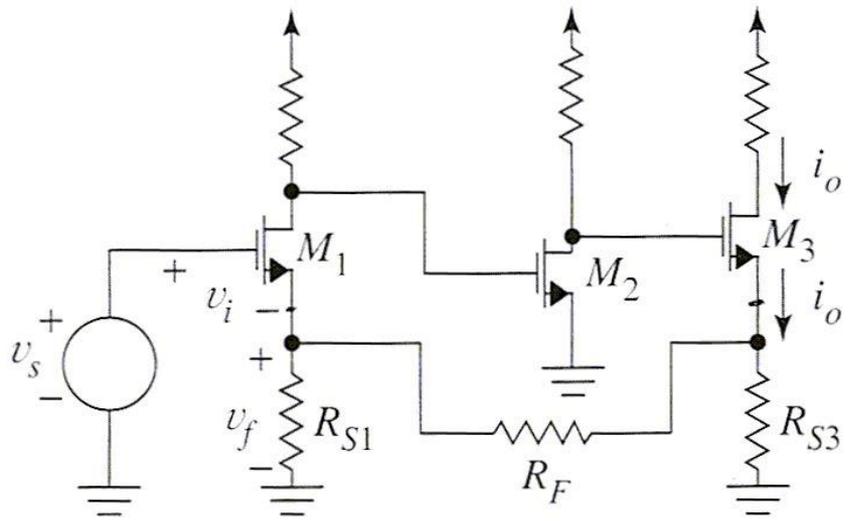
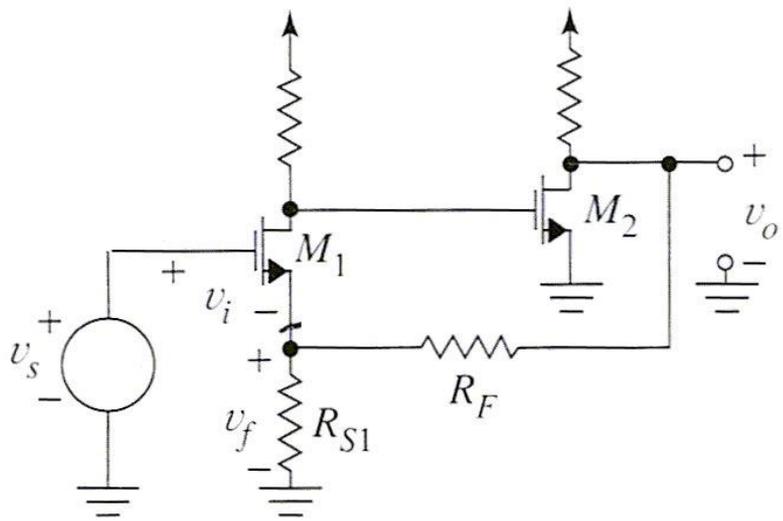
# Cartagena99

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



# 3.4. Topologías en amplificadores discretos

- Reconozca el tipo de realimentación y la red  $\beta$  usada en los siguientes amplificadores:



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

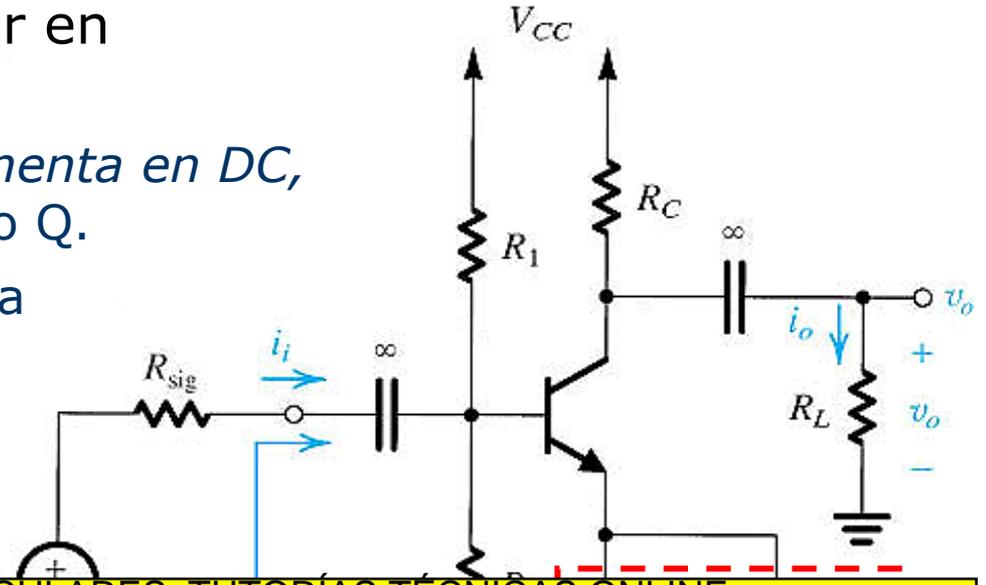
# 3.4. Realimentación en DC, en AC o mixta



- Una red  $\beta$  pasiva puede incluir elementos C o L
  - En este caso  $\beta$ , esto es, la realimentación es  $f(\omega)$
  - En otras ocasiones buscamos diferenciar entre realimentación sólo en continua (**DC**,  $\omega \rightarrow 0$ ), sólo en señal (**AC**,  $\omega \gg$ ) o combinada

□ Ejemplo típico: el C de emisor en el amplificador en E.C.

- En DC es un c.a.  $\rightarrow R_E$  realimenta en DC, con lo que estabiliza el punto Q.
- En AC es un c.c.  $\rightarrow$  desacopla  $R_E$  del cto. en señal, no hay realimentación en señal variable.



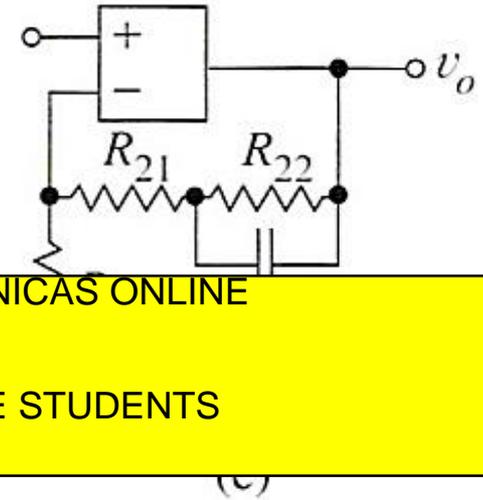
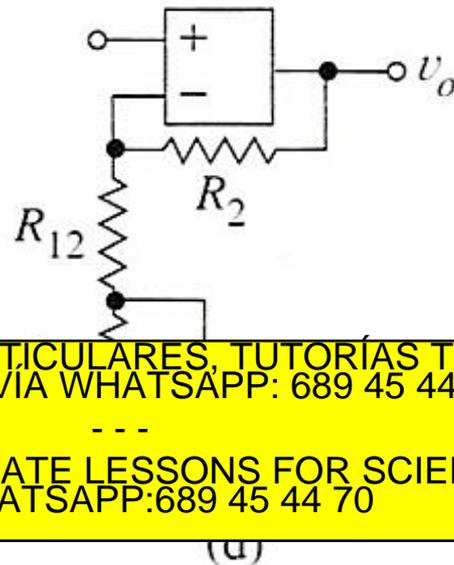
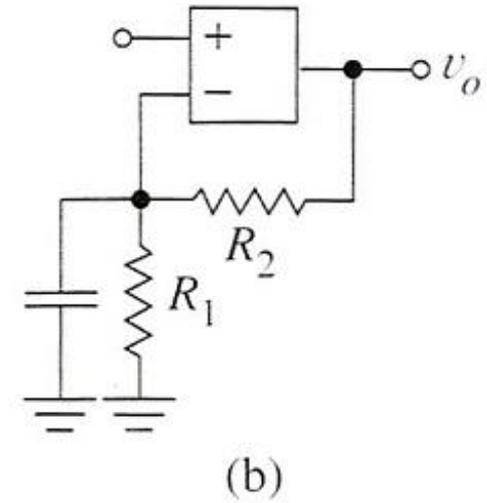
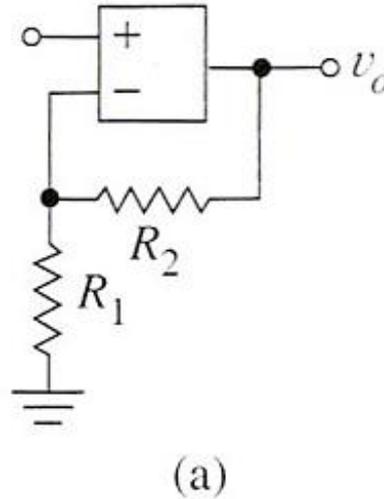
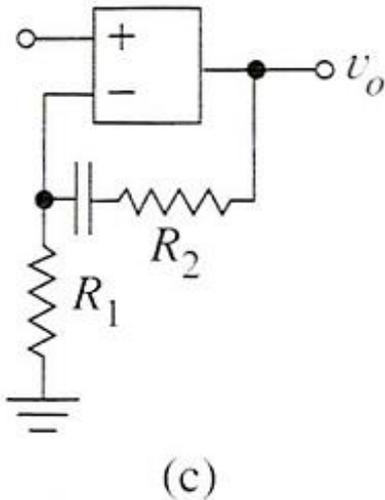
Cartagena99

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

# 3.4. Realimentación en DC, en AC o mixta

## □ Ejemplos:

- Supuesto C», identifique la realimentación DC, AC o mixta en los casos siguientes:



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

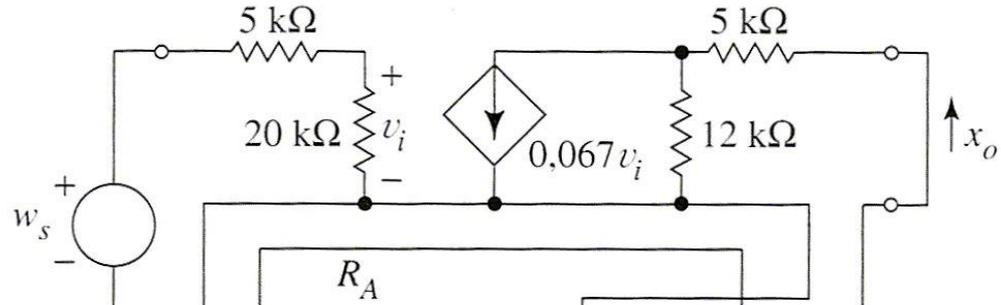
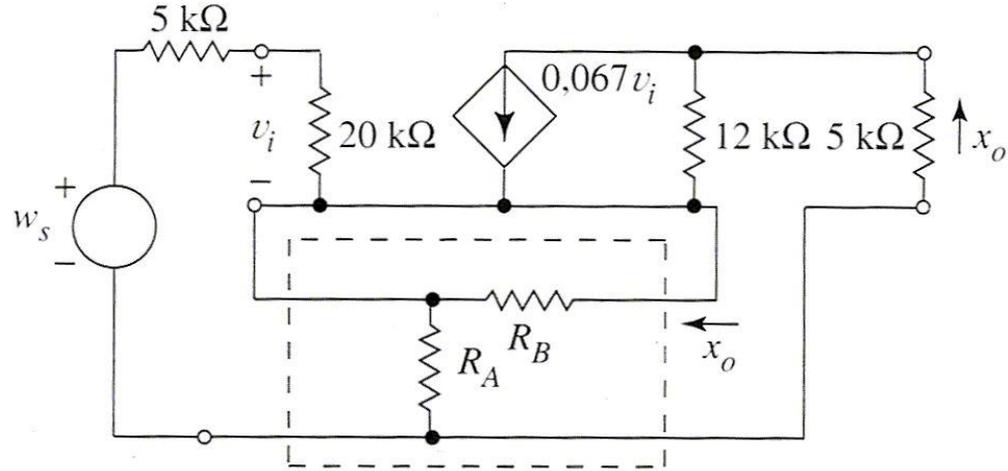
Cartagena99



# 3.5. Ejercicios: 1.



Malik:  
*ejemplo 9.6*



# Cartagena99

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

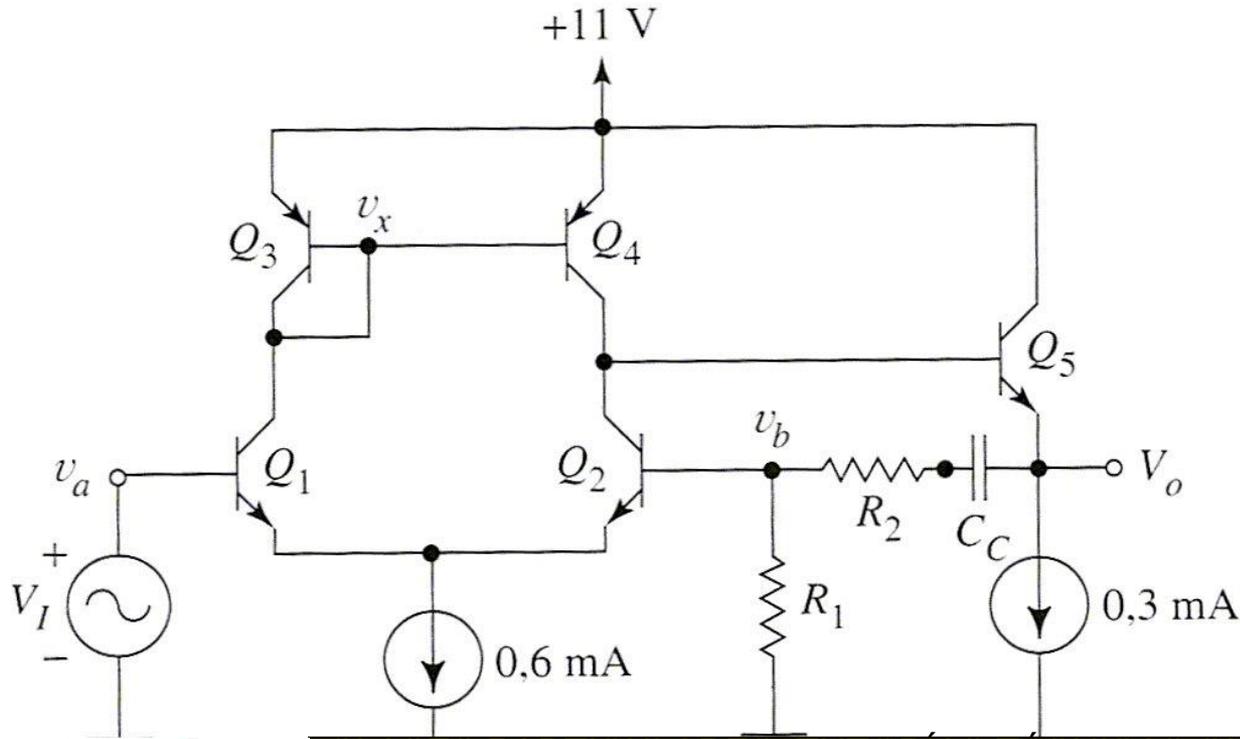
---

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

## 3.5. Ejercicios: 2.



- Malik: *ejemplo 9.8.*  
Circuito original:



Cartagena99

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

---

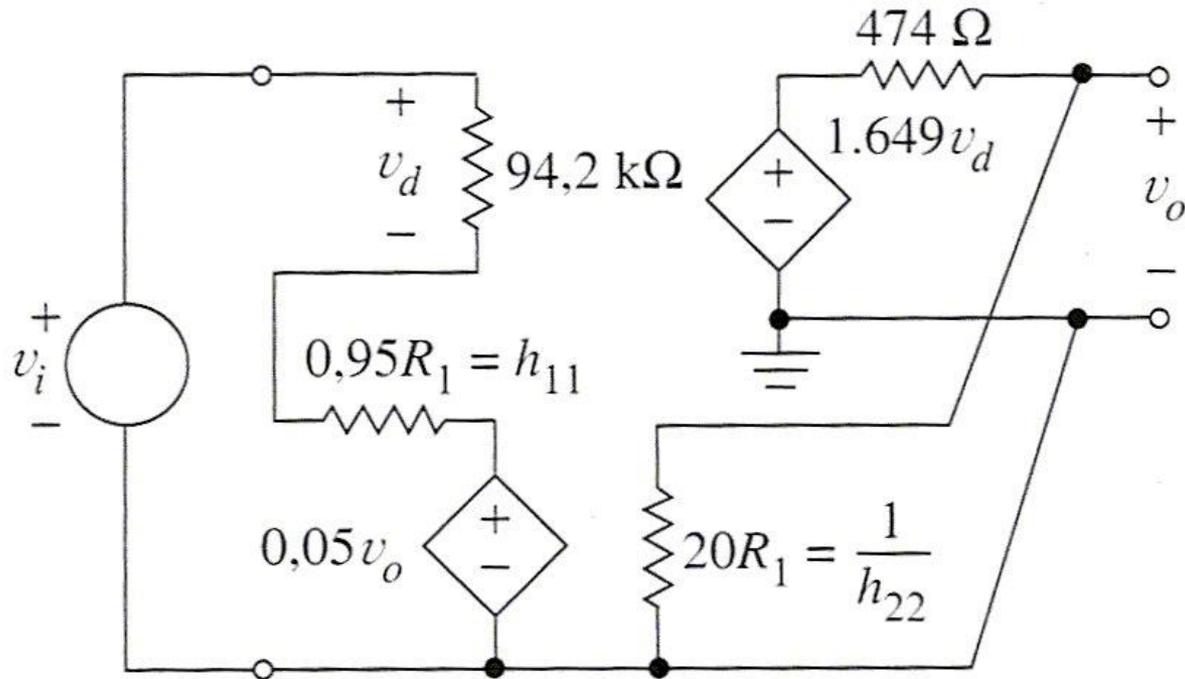
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



## 3.5. Ejercicios: 2.



- Malik: *ejemplo 9.8*.  
Circuito equivalente en pequeña señal:



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



# Referencias



## ❑ Material de estudio:

### ■ Malik,

- *capítulo 9, secciones 9.1 a 9.6. Teoría y ejercicios.*

### ■ Sedra-Smith

- *capítulo 8, secciones 8.1 a 8.7. Estimación de los efectos de carga.*

## ❑ Material complementario

### ■ Hambley,

- *capítulo 8, secciones 8.1 y 8.2; capítulo 1, sección 1.10*

## ❑ Otros:

### ■ Gráficas extraídas de los textos detallados.

### ■ Trabajos de documentación y elaboración de materiales:

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

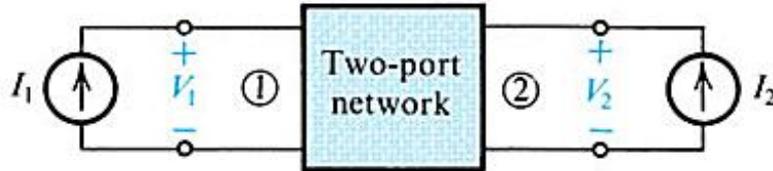
- - -

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

Cartagena99

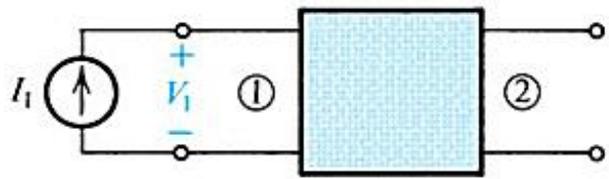
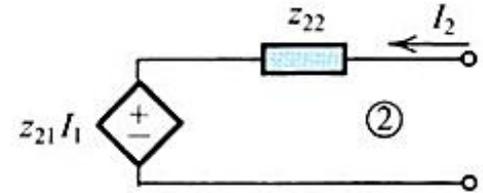
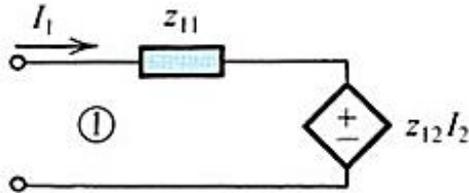


# Anexo: parámetros [z]

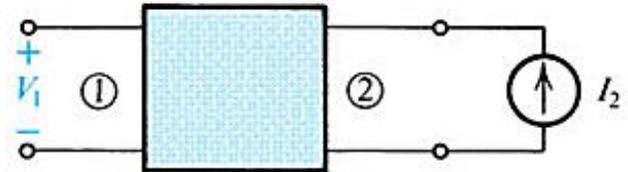


$$V_1 = z_{11}I_1 + z_{12}I_2$$

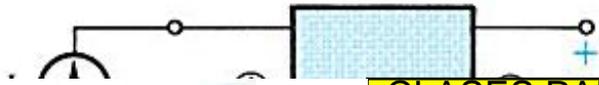
$$V_2 = z_{21}I_1 + z_{22}I_2$$



$$z_{11} = \left. \frac{V_1}{I_1} \right|_{I_2=0}$$



$$z_{12} = \left. \frac{V_1}{I_2} \right|_{I_1=0}$$



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

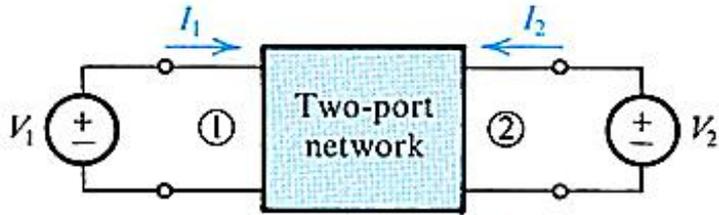
---

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

Cartagena99

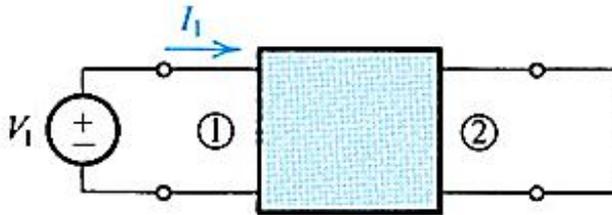
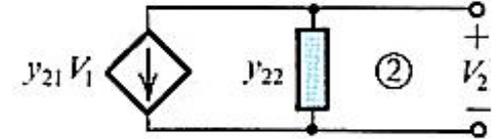
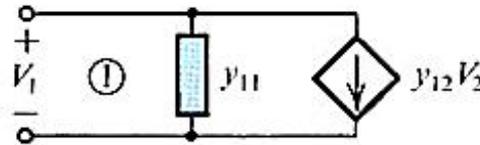


# Anexo: parámetros [y]

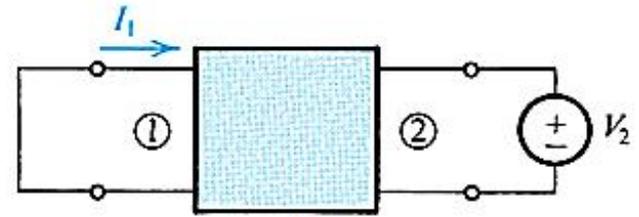


$$I_1 = y_{11}V_1 + y_{12}V_2$$

$$I_2 = y_{21}V_1 + y_{22}V_2$$



$$y_{11} = \left. \frac{I_1}{V_1} \right|_{V_2=0}$$



$$y_{12} = \left. \frac{I_1}{V_2} \right|_{V_1=0}$$



**Cartagena99**

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

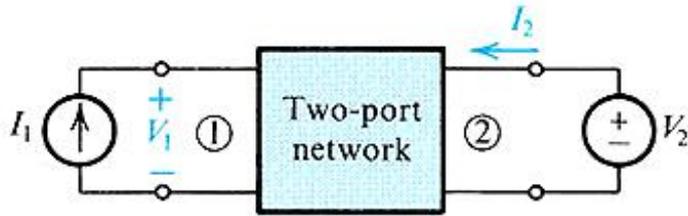
---

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

$V_2 = 0$

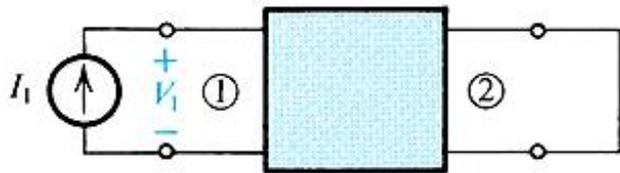
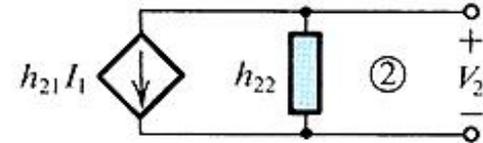
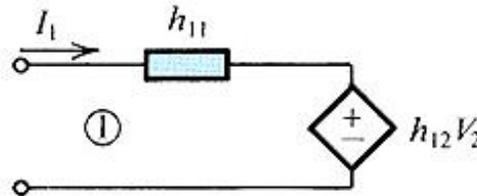


# Anexo: parámetros [h]

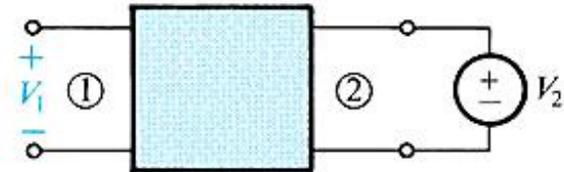


$$V_1 = h_{11}I_1 + h_{12}V_2$$

$$I_2 = h_{21}I_1 + h_{22}V_2$$



$$h_{11} = \left. \frac{V_1}{I_1} \right|_{I_2=0}$$



$$h_{12} = \left. \frac{V_1}{V_2} \right|_{I_1=0}$$



$$I_1, I_2 = 0$$



$$V_1, I_1 = 0$$

**Cartagena99**

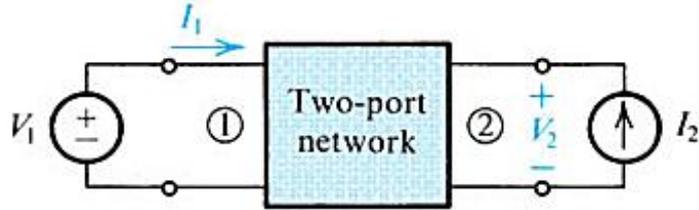
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

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

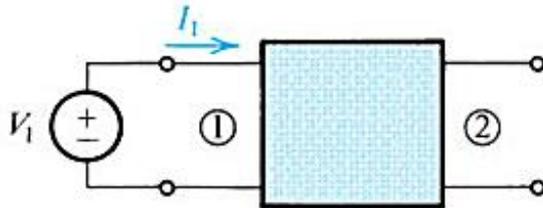
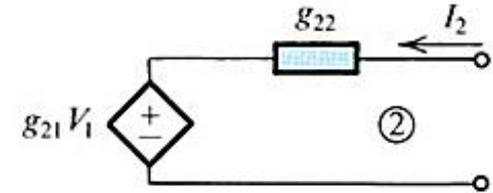
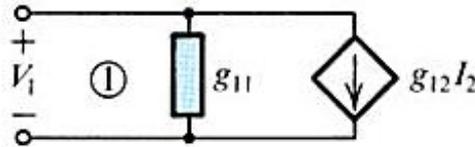


# Anexo: parámetros [g]

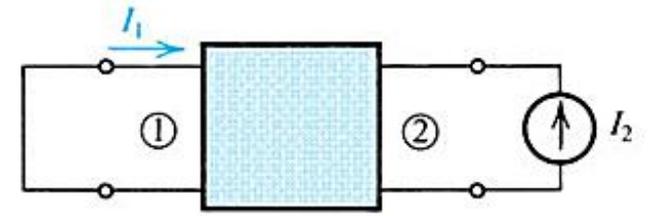


$$I_1 = g_{11} V_1 + g_{12} I_2$$

$$V_2 = g_{21} V_1 + g_{22} I_2$$



$$g_{11} = \left. \frac{I_1}{V_1} \right|_{I_2=0}$$



$$g_{12} = \left. \frac{V_1}{I_2} \right|_{V_1=0}$$



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

$V_1 | I_2 = 0$

$V_2 | I_1 = 0$

Cartagena99



$$[z] \rightarrow \begin{cases} v_1 = z_{11}i_1 + z_{12}i_2 \\ v_2 = z_{21}i_1 + z_{22}i_2 \end{cases}$$

$$[h] \rightarrow \begin{cases} v_1 = h_{11}i_1 + h_{12}v_2 \\ i_2 = h_{21}i_1 + h_{22}v_2 \end{cases}$$

$$[y] \rightarrow \begin{cases} i_1 = y_{11}v_1 + y_{12}v_2 \\ i_2 = y_{21}v_1 + y_{22}v_2 \end{cases}$$

$$[g] \rightarrow \begin{cases} i_1 = g_{11}v_1 + g_{12}i_2 \\ v_2 = g_{21}v_1 + g_{22}i_2 \end{cases}$$

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



# Control de revisiones



- 2015-03-05: 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