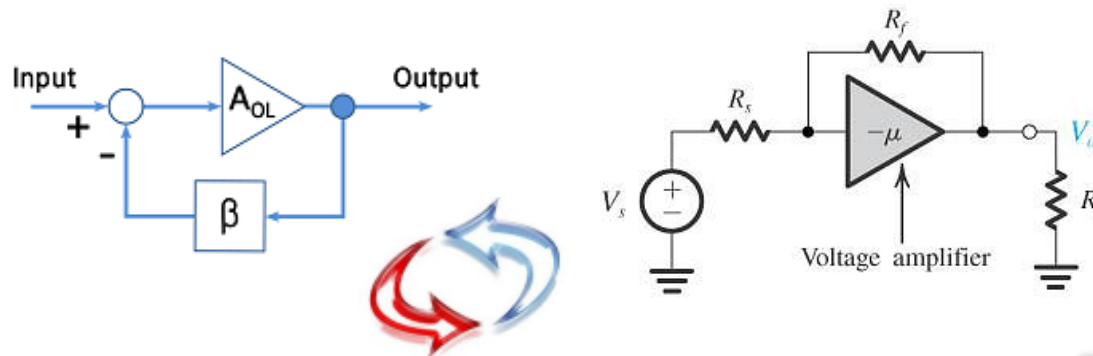




Tecnología Electrónica

Tema 2: Realimentación y estabilidad.

Realimentación con efectos de carga. (2/3)





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.
 2. Métodos de compensación

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 β

3.3.2. Ejemplos genéricos de resolución

3.4. Análisis de amplificadores realimentados reales

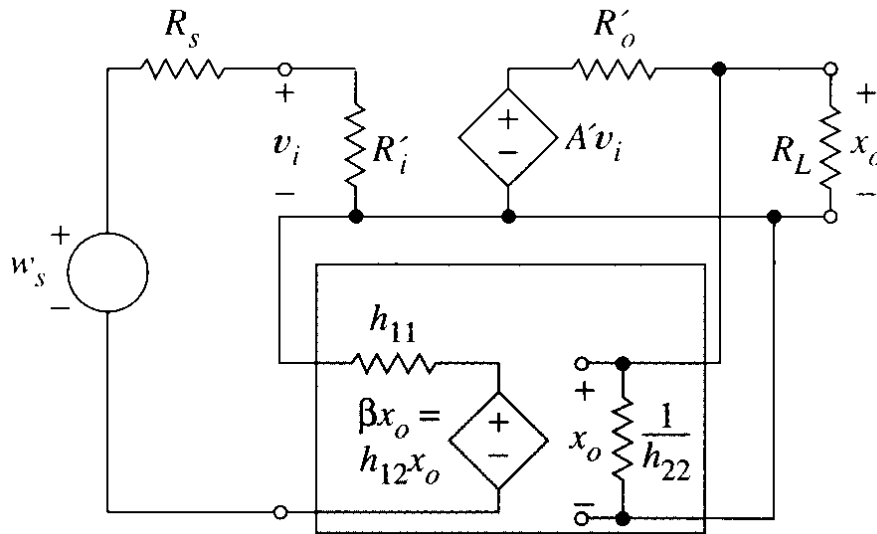
3.5. Ejercicios



3.1. Realimentación en amplificadores reales



- ❑ Los efectos de carga modifican las ganancias A y β .
 - 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:



$$? \quad A_f = \frac{A}{1 + A\beta} \quad ?$$

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

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

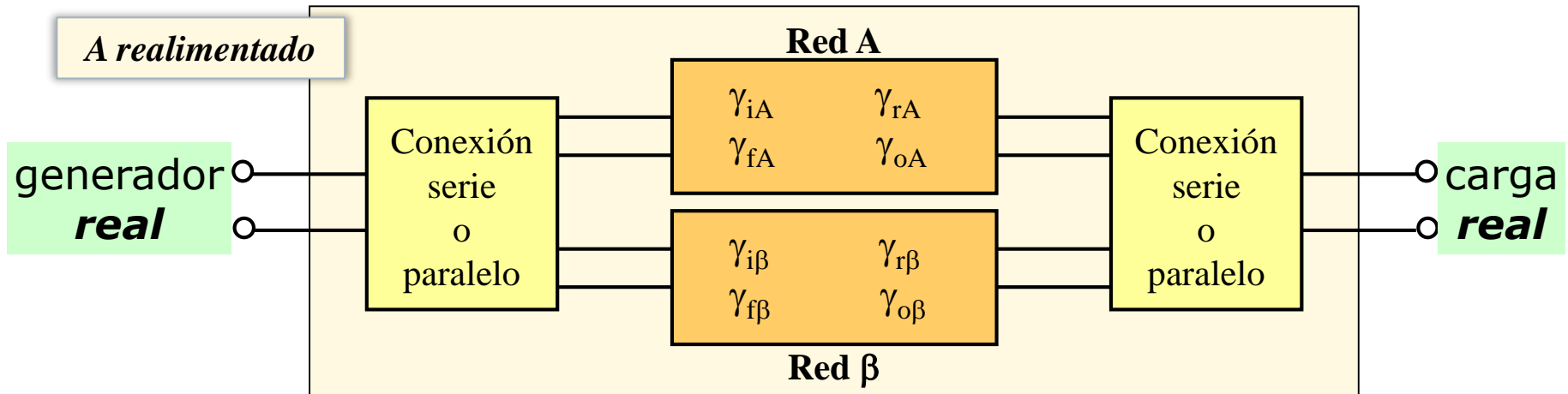
$$A_f = ?$$

- ❑ Caracterización formal del problema:
 - Mediante la teoría general de *cuadripolos*

3.2. Topologías y parámetros privilegiados



- Fundamento teórico → suma de parámetros privilegiados



| Asociación | Parámetros del A total |
|--------------------------|--|
| <i>Serie-Paralelo</i> | $h_{ij}^{Total} = h_{ij}^A + h_{ij}^\beta$ |
| <i>Paralelo-Paralelo</i> | $y_{ij}^{Total} = y_{ij}^A + y_{ij}^\beta$ |
| <i>Serie-Serie</i> | $z_{ij}^{Total} = z_{ij}^A + z_{ij}^\beta$ |
| <i>Paralelo-Serie</i> | $g_{ij}^{Total} = g_{ij}^A + g_{ij}^\beta$ |

- Significado de los parámetros:

- $\gamma_i \rightarrow$ impedancia de entrada
- $\gamma_o \rightarrow$ impedancia de salida
- $\gamma_f \rightarrow$ transferencia **directa**
- $\gamma_r \rightarrow$ transferencia **inversa**



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 β :
 - Es pasiva y bilateral (transfiere señal en los dos sentidos)
 - Pero en sentido directo **NO AMPLIFICA** $[\gamma_{fA} \gg \gamma_{f\beta}]$
 - Y **solo consideramos la transferencia inversa debida a la red β**

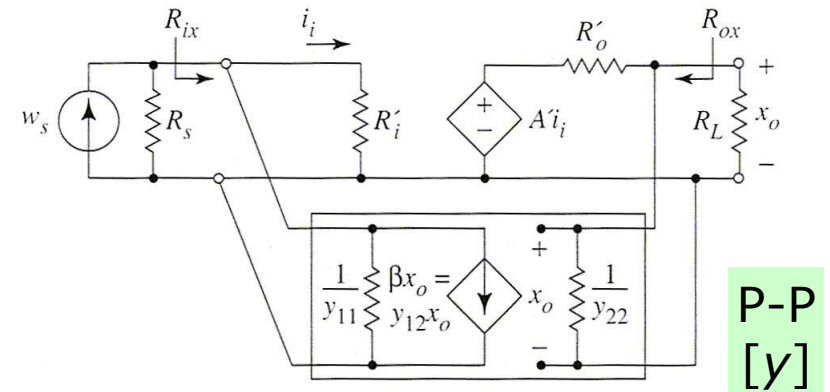
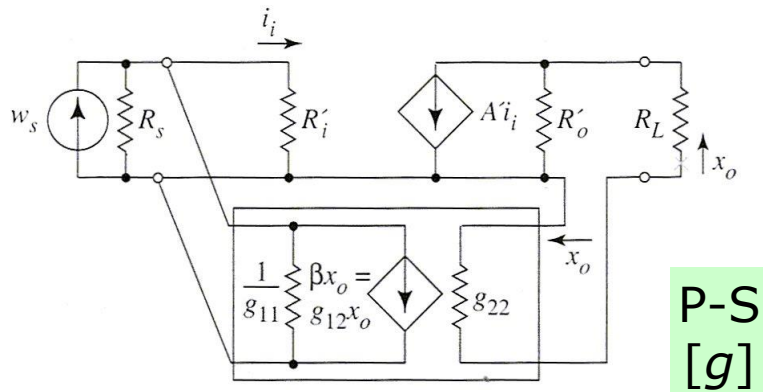
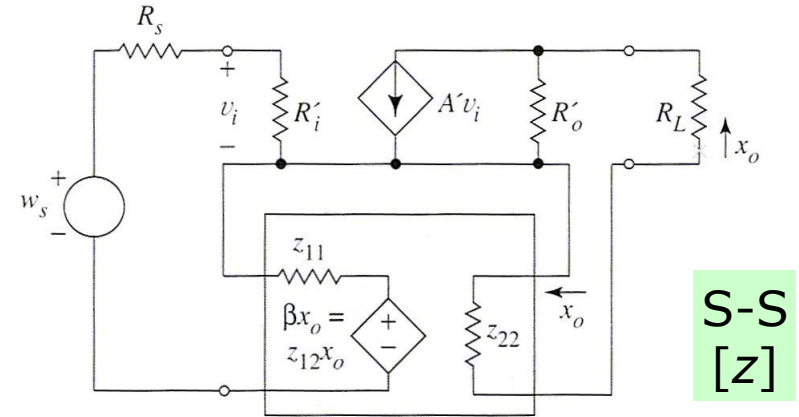
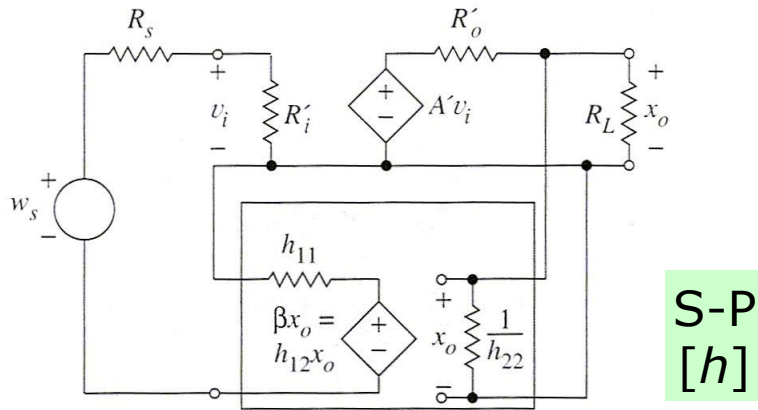
- Estas aproximaciones (*razonables*) permiten simplificar mucho el análisis de un amplificador realimentado práctico.



3.2.2. Topologías prácticas resultantes



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

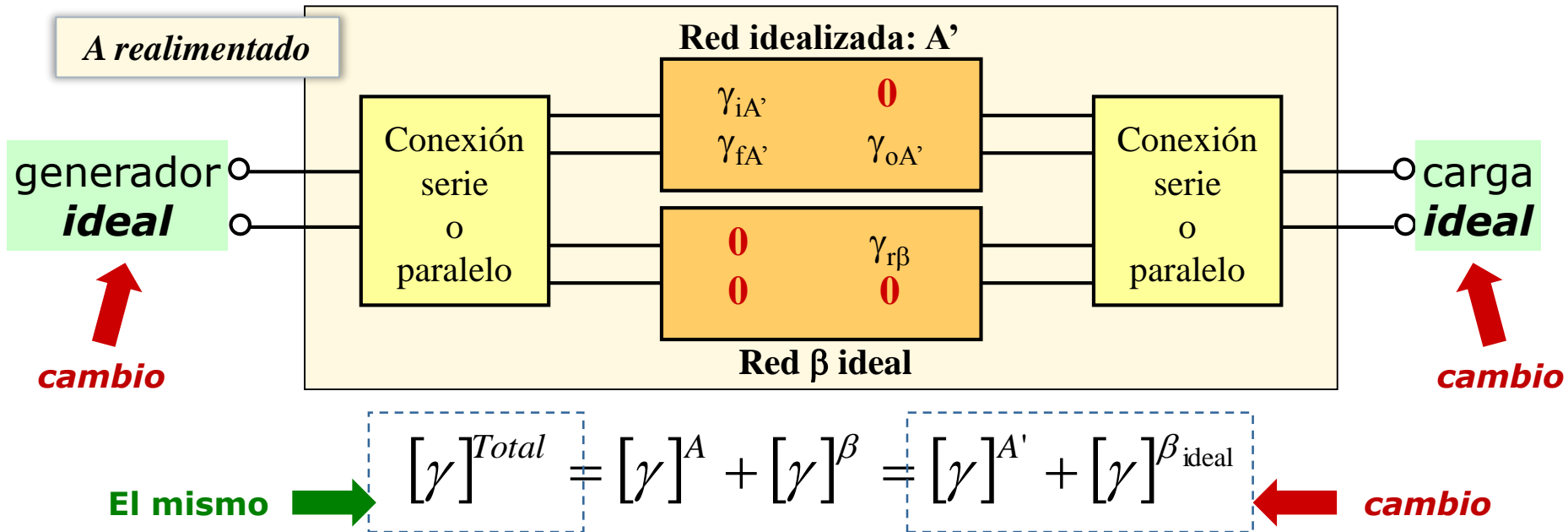




3.2.3. Idealización del problema



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

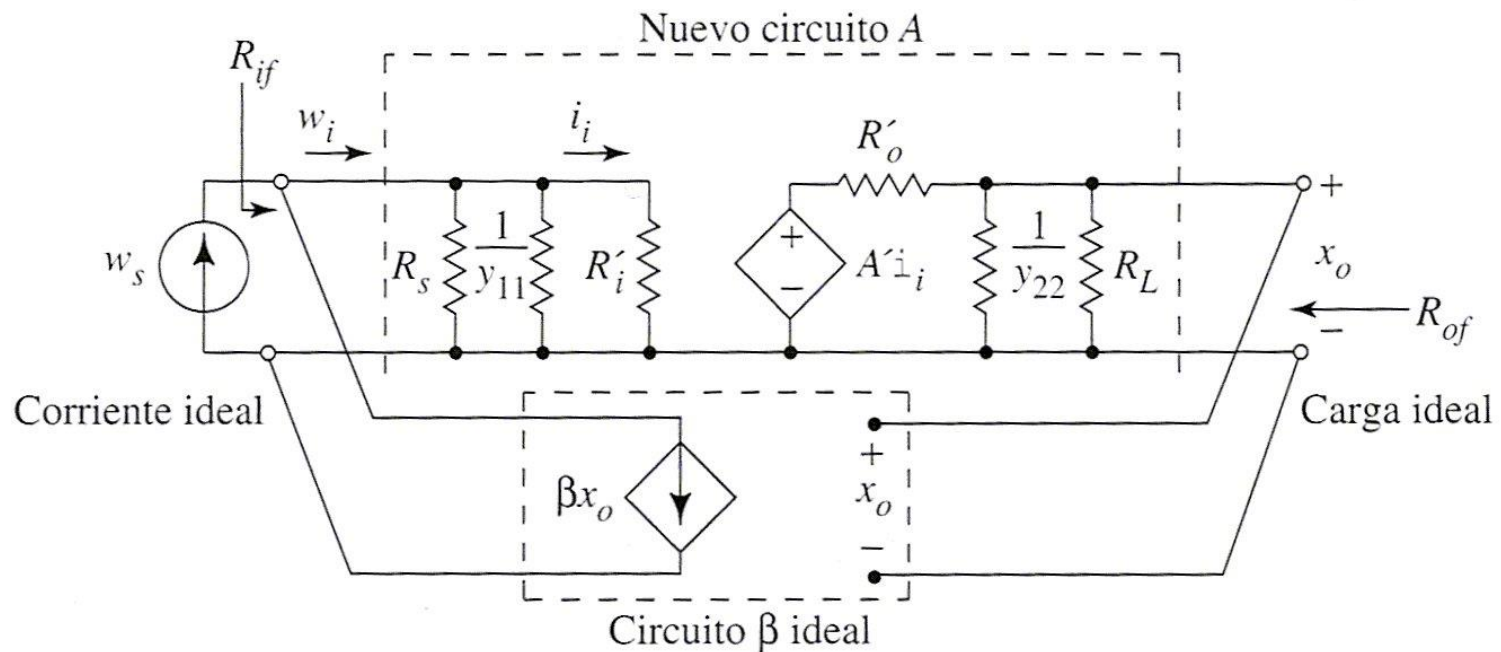


- La red total (el A realimentado) resulta equivalente a:
 - Una **red β idealizada** \rightarrow con *un único parámetro de transf. inversa*
 - El resto de elementos no ideales (todas las cargas: en generador, red β , etc.) **se asignan** a un nuevo amplificador *idealizado: A'*

3.2.3. Idealización del problema: ejemplo

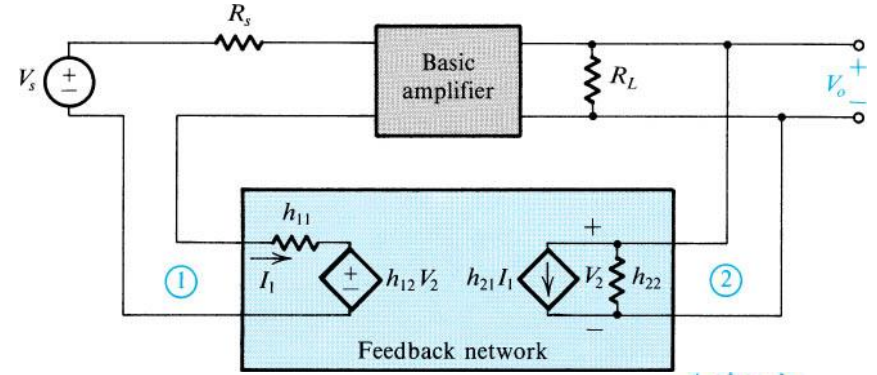
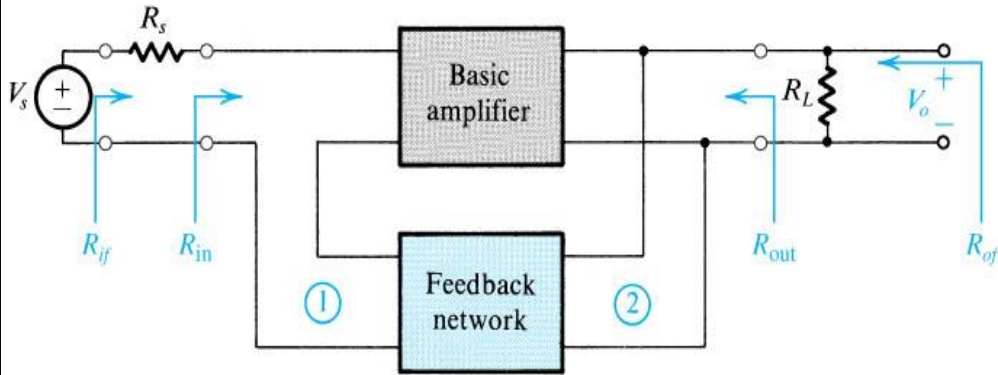


- Un ejemplo de idealización del problema: topología P-P.
 - Parametrizamos β : impedancias de carga y transferencia inversa.
 - Se asignan a A **todas** las cargas existentes:
 - R del generador, de la carga y parámetros de impedancia de β
 - Obtenemos así un nuevo amplificador A , que llamaremos A'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





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

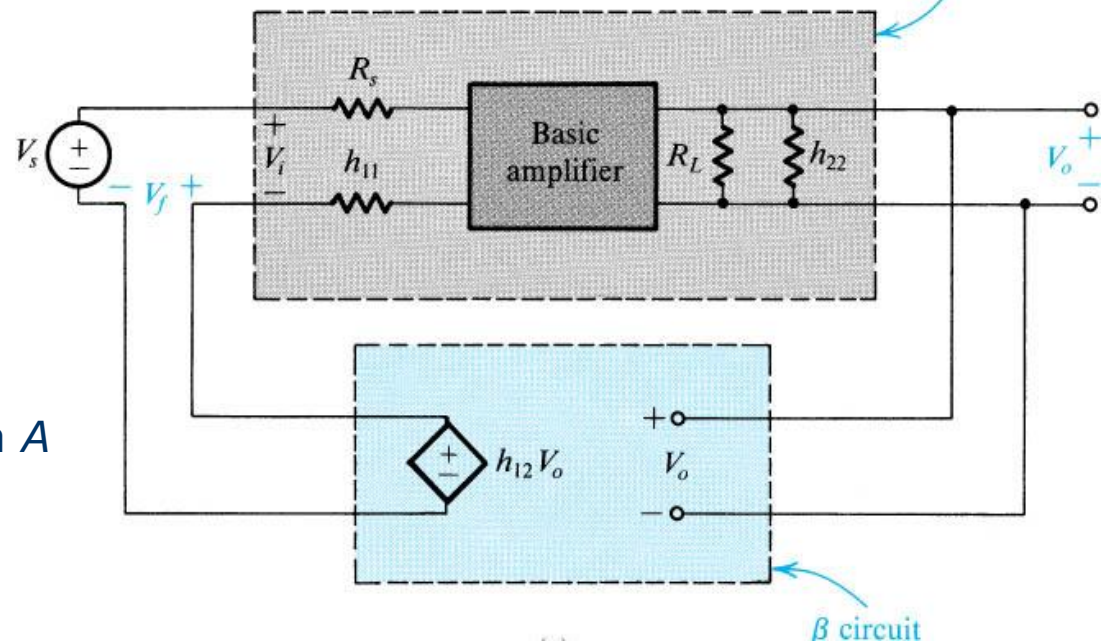


A, circuit

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

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

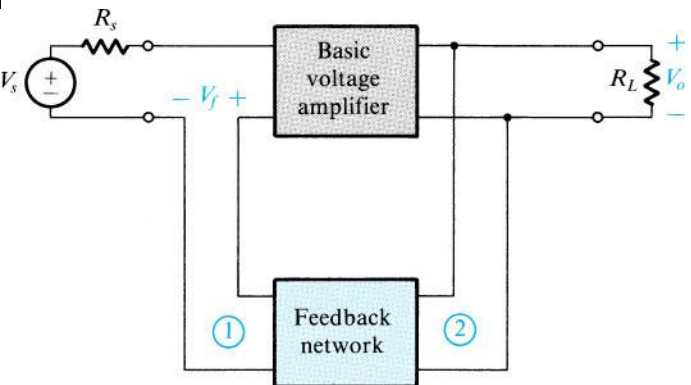
- ❑ Todas las cargas $\rightarrow A$
- ❑ Acciones sobre la red β :
 - $h_{21} \rightarrow$ despreciable frente a A
 - \dot{h}_{11} y h_{22} ?
 - \dot{h}_{12} (esto es: β)?



B circuit



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



(a)

Anulamos variable común en la salida

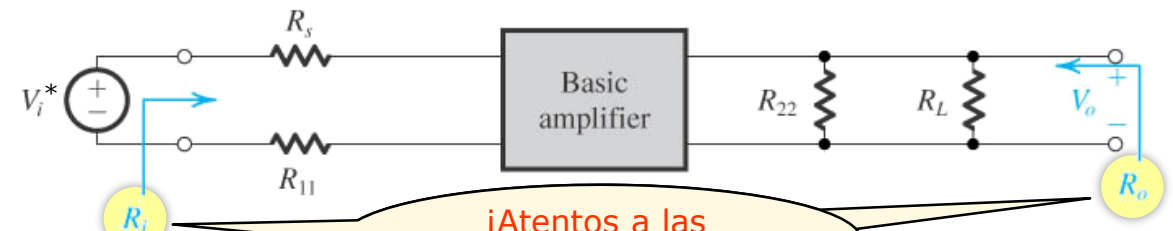
$$R_{11} = h_{11} = \left. \frac{v_1}{i_1} \right|_{v_2=0}$$

Anulamos variable común en la entrada

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

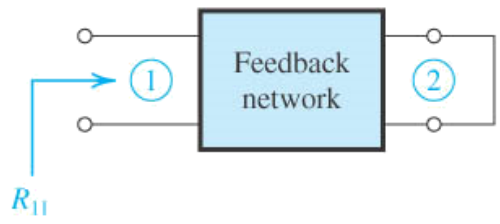
$$R_{22} = \frac{1}{h_{22}} = \left. \frac{v_2}{i_2} \right|_{i_1=0}$$

(a) The A' circuit is

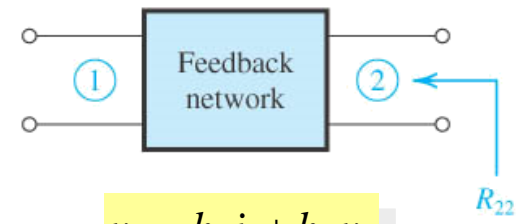


¡Atentos a las variables bajo estudio!

where R_{11} is obtained from



and R_{22} is obtained from



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

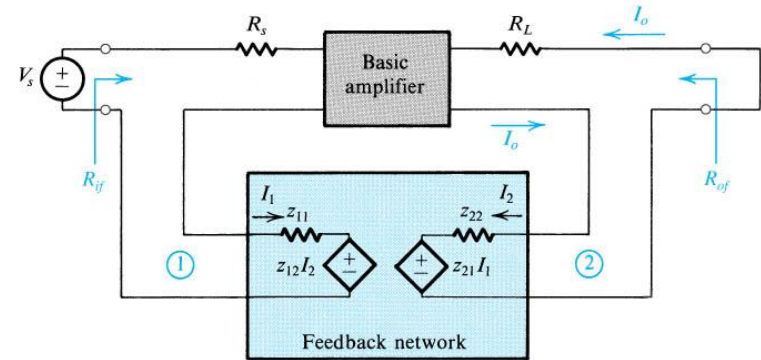
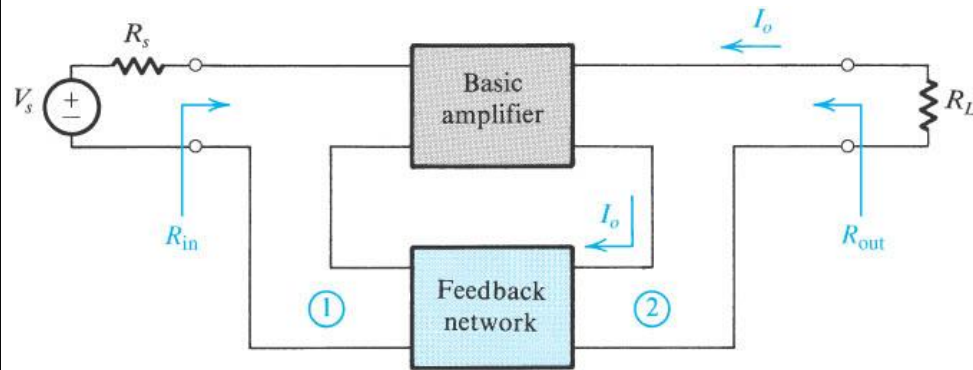
$$v_1 = h_{11}i_1 + h_{12}v_2$$

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

(b) β is obtained from



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

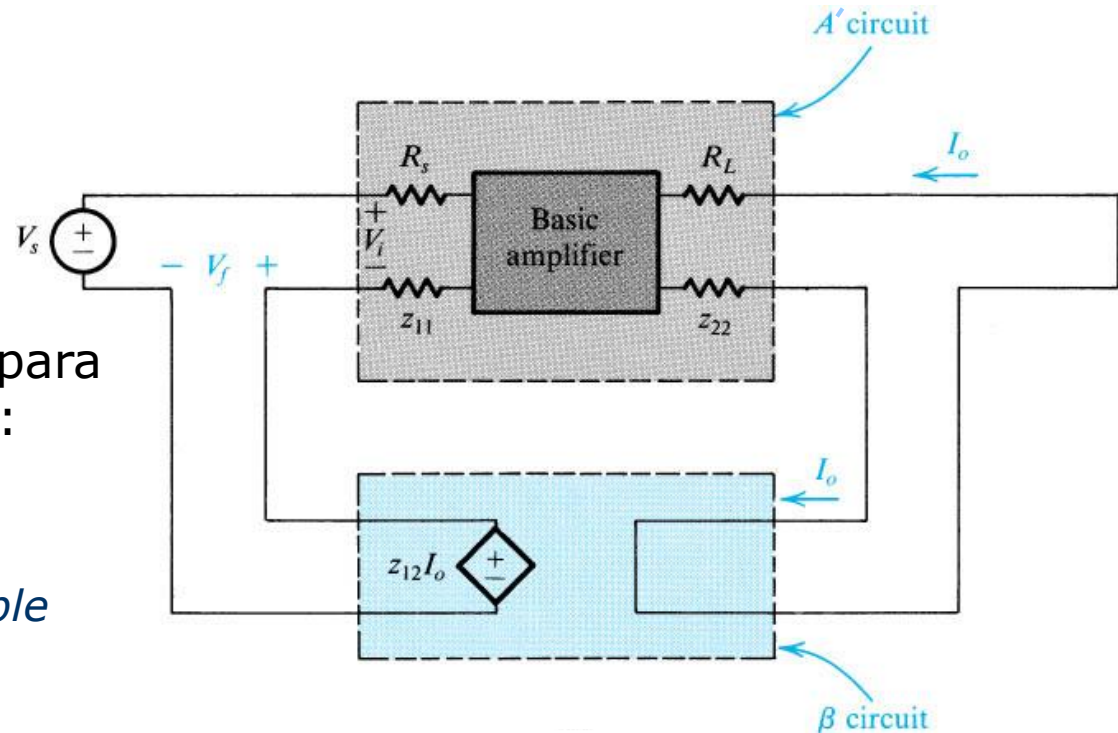


$$v_1 = z_{11}i_1 + z_{12}i_2$$

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

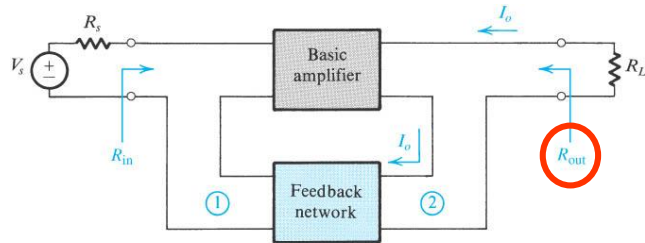
□ Generalizamos el método para hallar los parámetros de β :

- $R_{11} \rightarrow$ anular la variable común en la salida
- β y $R_{22} \rightarrow$ anular la variable común en la entrada

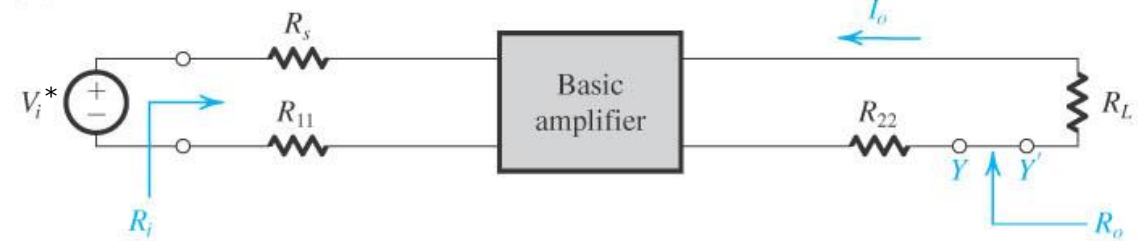




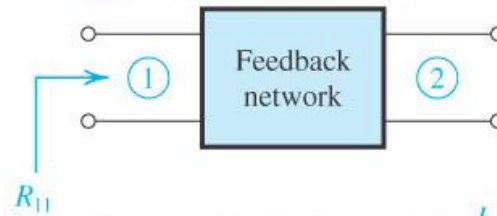
3.3.2. Serie-Serie (2/2). Parámetros [z]



(a) The A' circuit is

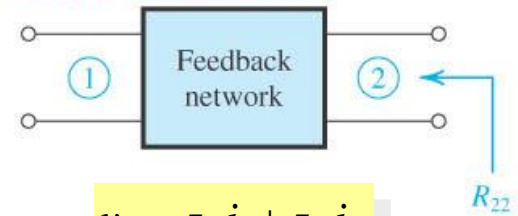


where R_{11} is obtained from



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

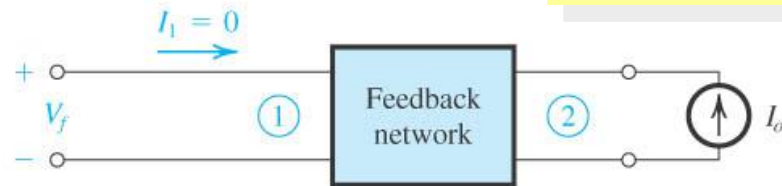
and R_{22} is obtained from



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

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

(b) β is obtained from



Anulamos variable común en la salida

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

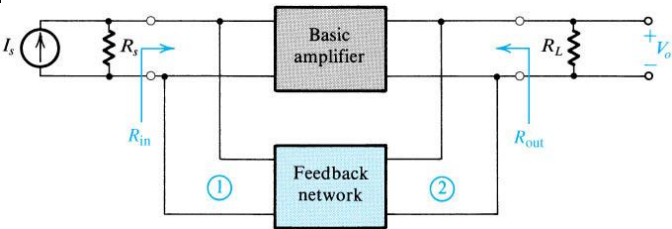
Anulamos variable común en la entrada

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

$$R_{22} = z_{22} = \left. \frac{v_2}{i_2} \right|_{i_1=0}$$



3.3.2. Paralelo-Paralelo. Parámetros [y]



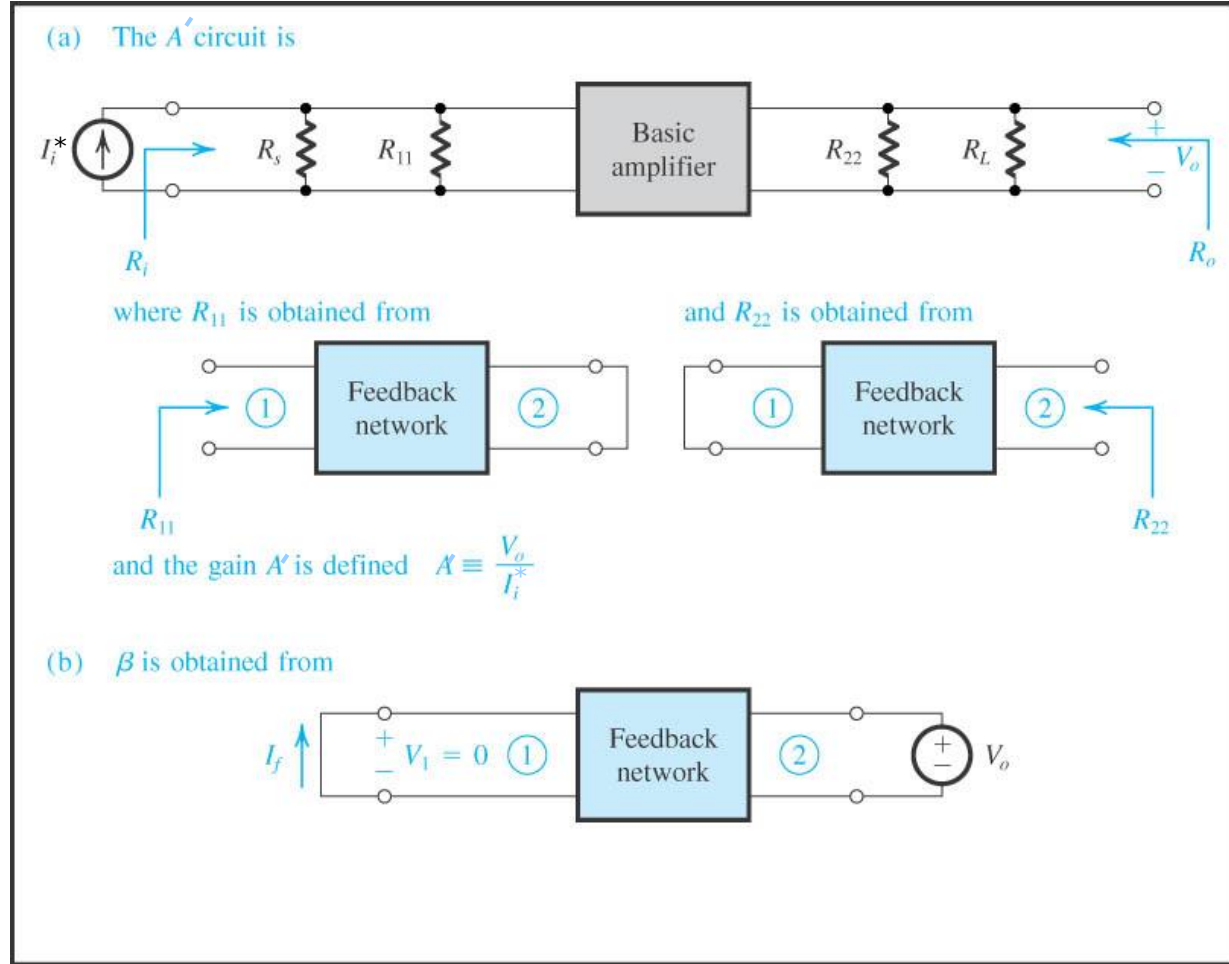
Anulamos variable común en la salida

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

Anulamos variable común en la entrada

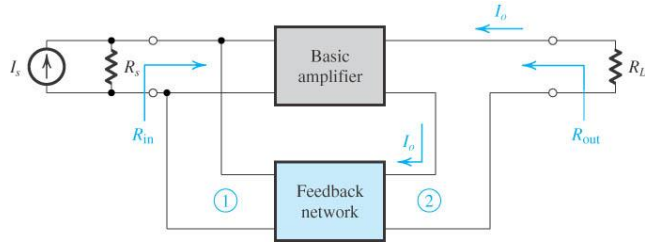
$$\beta_y = \frac{i_f}{v_o} \Big|_{v_1=0}$$

$$R_{22} = \frac{v_2}{i_2} \Big|_{v_1=0}$$





3.3.2. Paralelo-Serie. Parámetros [g]



Anulamos variable común en la salida

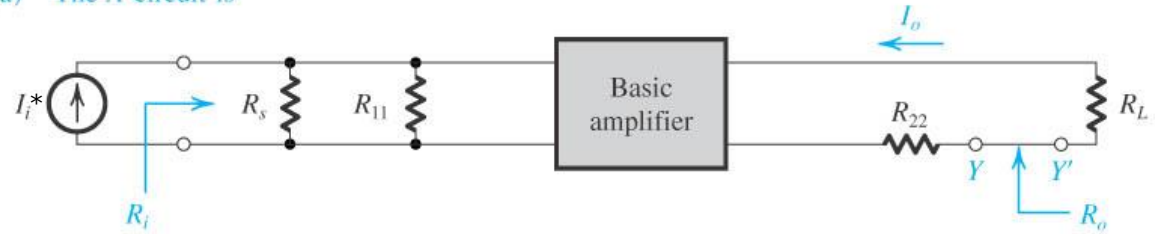
$$R_{11} = \left. \frac{v_1}{i_1} \right|_{i_2=0}$$

Anulamos variable común en la entrada

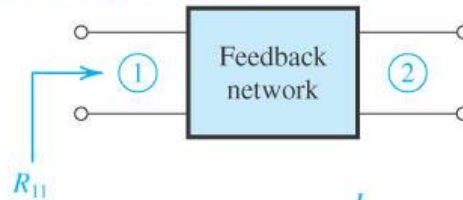
$$\beta_i = \left. \frac{i_f}{i_o} \right|_{v_1=0}$$

$$R_{22} = \left. \frac{v_2}{i_2} \right|_{v_1=0}$$

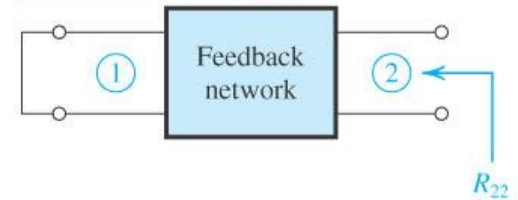
(a) The A' circuit is



where R_{11} is obtained from

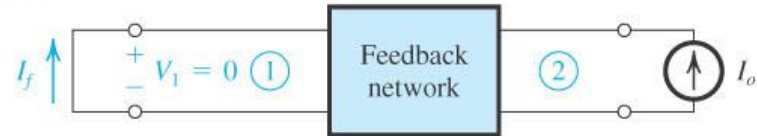


and R_{22} is obtained from



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

(b) β is obtained from



3.3.2. Resumen: análisis en ctos. prácticos



- ❑ **Identificar** la topología:
 - Ella impone los tipos de ganancias A y β 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 β sobre A en la entrada (R_{11})
 - Anular la variable común a la salida en la red β
 - Efecto de carga en la salida (R_{22}) y valor de β
 - Anular la variable común a la entrada en la red β
 - El nuevo amplificador resultante será: **A'**

- ❑ **Aplicar** la teoría general de realimentación sobre A' y β ideal
 - Comprobar que $A \cdot \beta$ es **adimensional** y **positivo**

- ❑ **Interpretar** los resultados sobre el circuito original



3.3.2. Resumen: análisis en ctos. prácticos



- ❑ Siempre necesitaremos determinar la topología:
 - En análisis, para poder reconocer las redes A y β
 - 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*.
 - Por ello, si se necesitan saber datos sobre las redes originales → **¡hay que identificar los datos requeridos sobre ellas!**



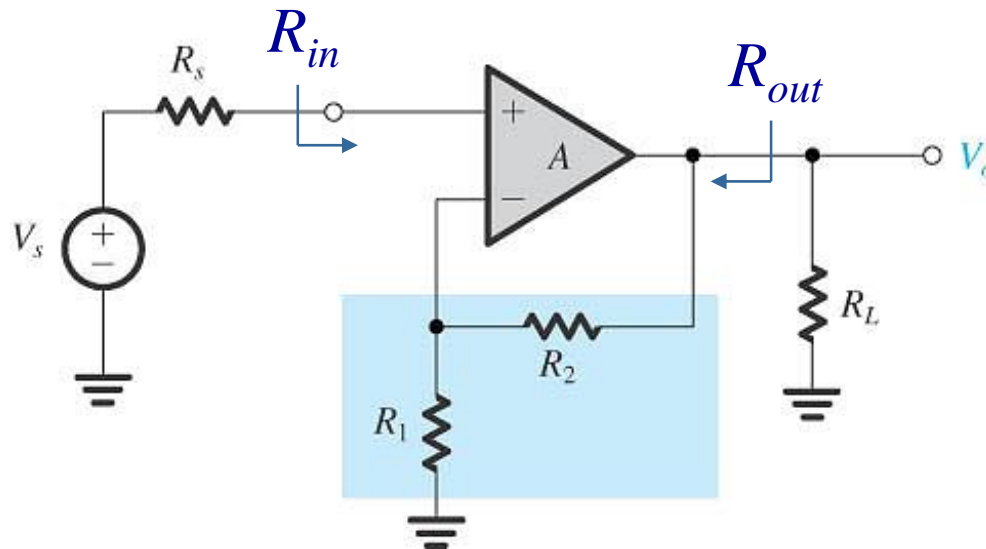
3.4. Análisis de amps. realimentados reales.



- Aplicación de las técnicas estudiadas.

Ejemplo:

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



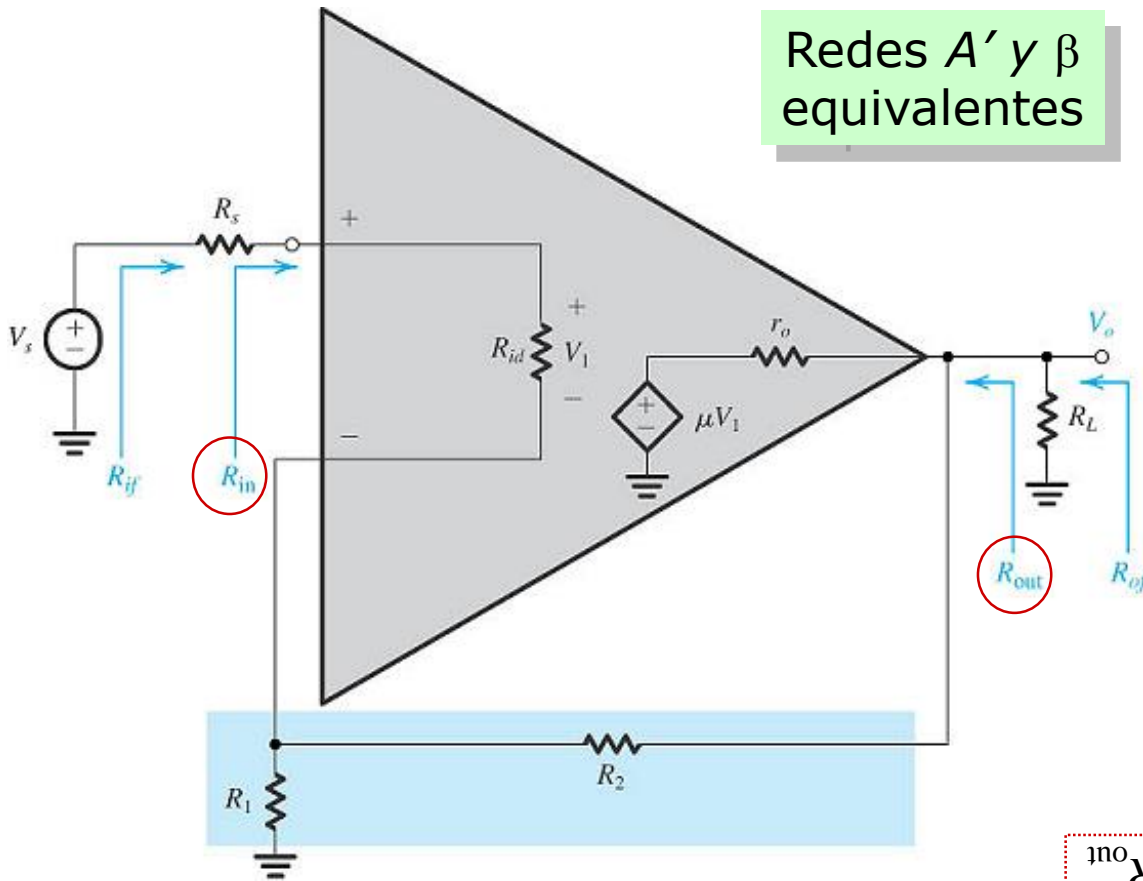
- Amplificador realimentado en serie-paralelo (tensión-tensión)
 - Aplicaremos la teoría de realimentación a este problema



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



¡Ojo! no son las que se piden...

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

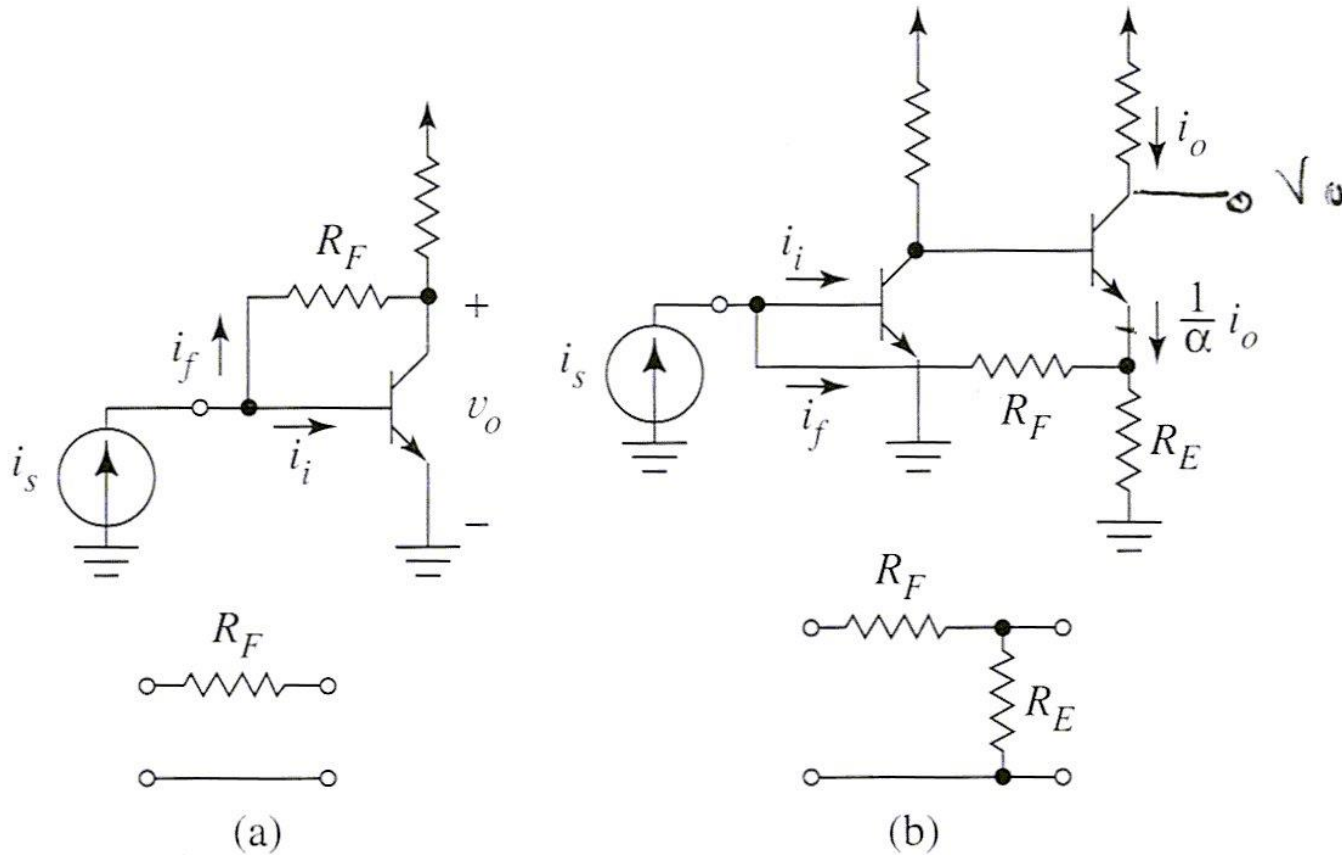
$$R_{of} = \frac{R_{oSR}}{1 + A'_V \cdot \beta_V}$$

Soluciones: $R_{if} = R_s + R_{in}$ $R_{of} = R_L || R_{out}$

3.4. Topologías en amplificadores discretos



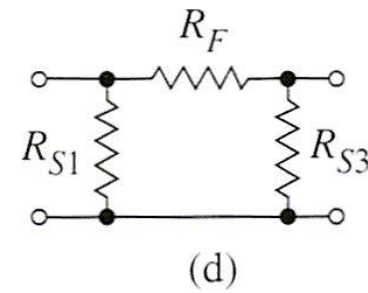
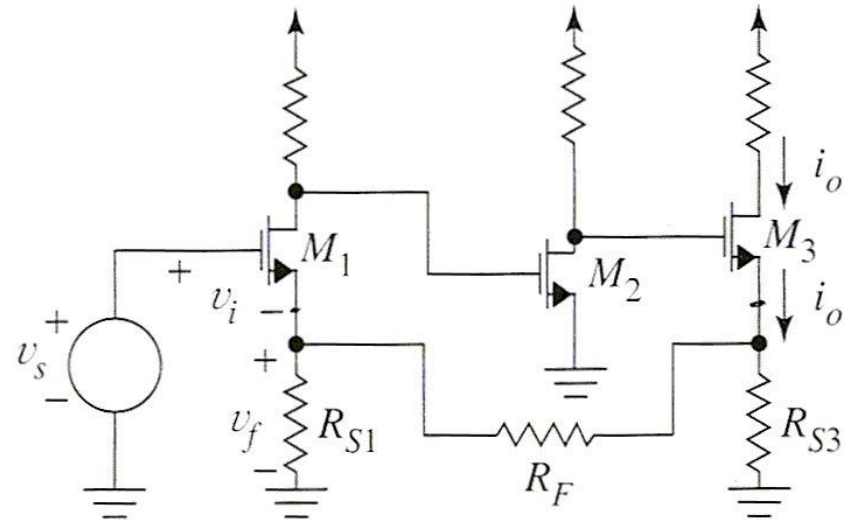
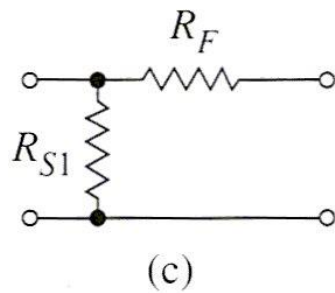
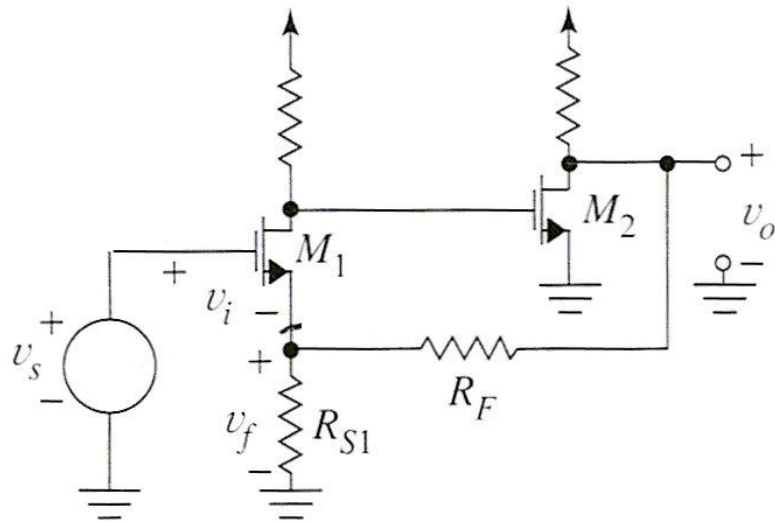
- Reconozca el tipo de realimentación y la red β usada en los siguientes amplificadores:



3.4. Topologías en amplificadores discretos



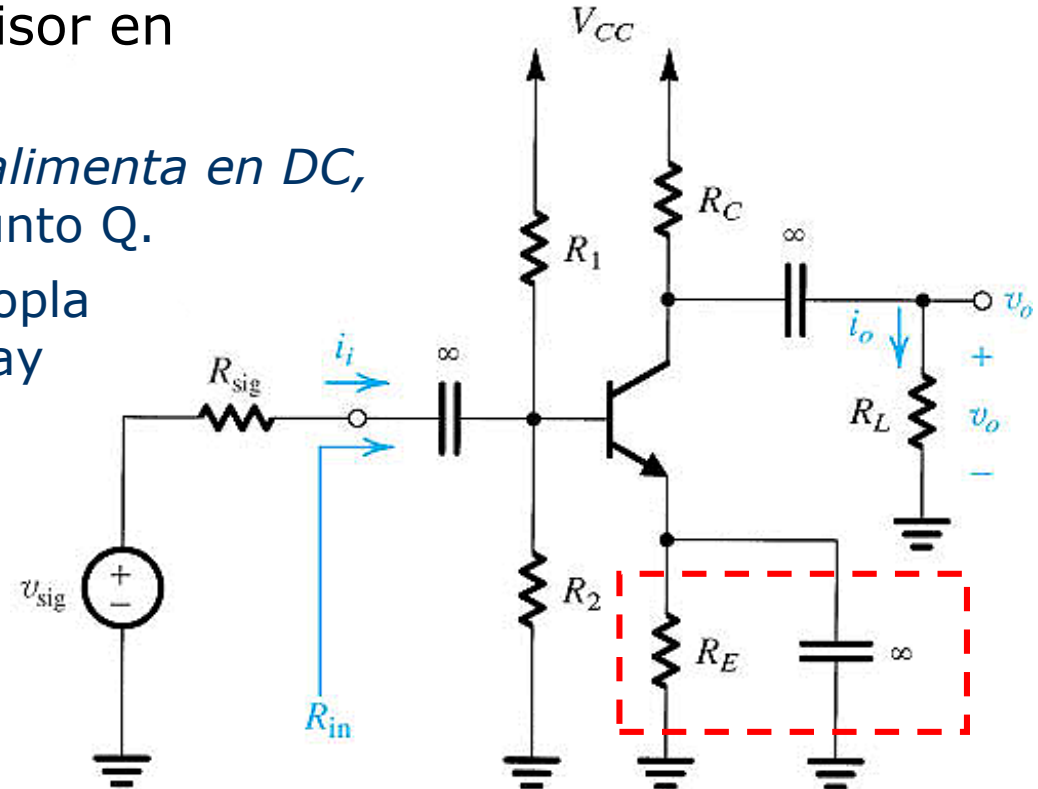
- Reconozca el tipo de realimentación y la red β usada en los siguientes amplificadores:



3.4. Realimentación en DC, en AC o mixta



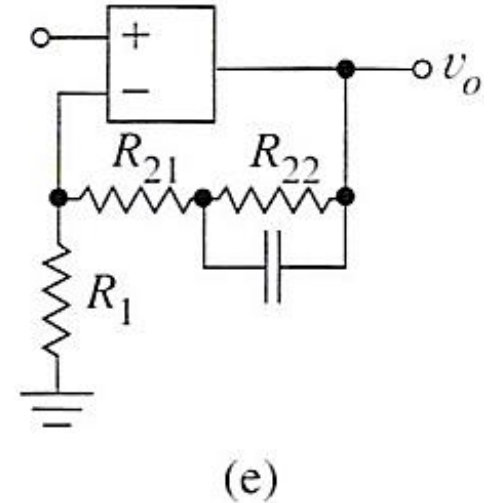
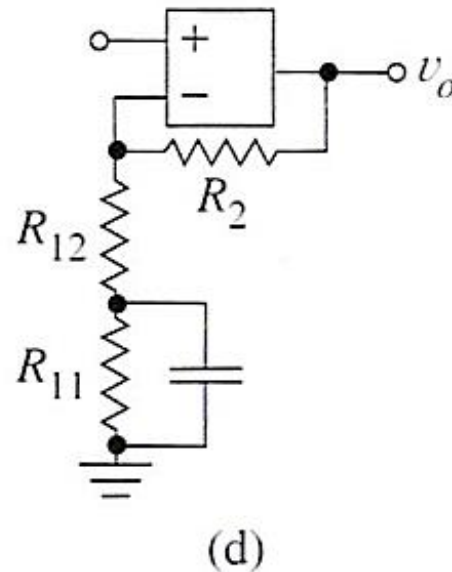
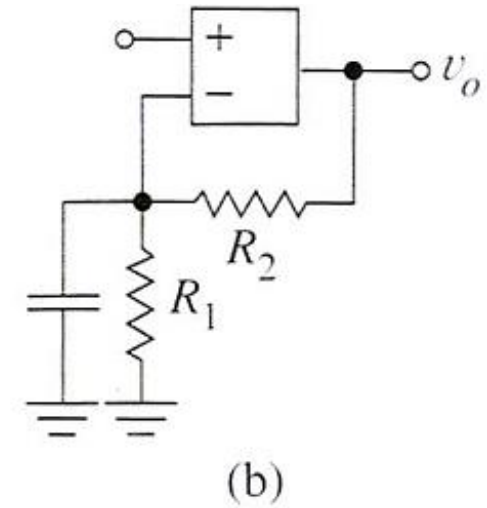
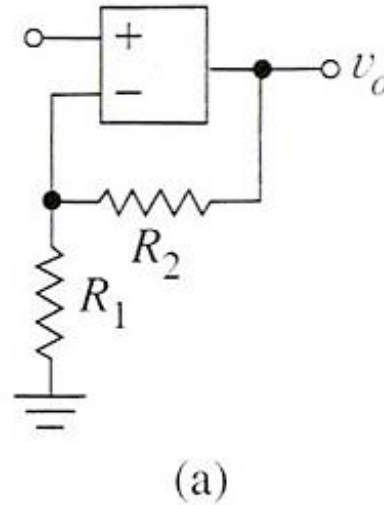
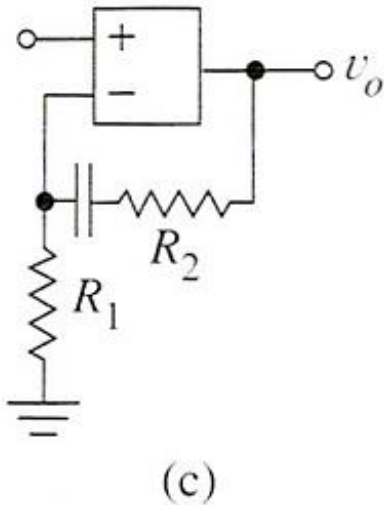
- Una red β pasiva puede incluir elementos C o L
 - En este caso β , esto es, la realimentación es $f(\omega)$
 - En otras ocasiones buscamos diferenciar entre realimentación sólo en continua (**DC**, $\omega \rightarrow 0$), sólo en señal (**AC**, $\omega \gg$) o combinada
- Ejemplo típico: el C de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



3.4. Realimentación en DC, en AC o mixta

□ Ejemplos:

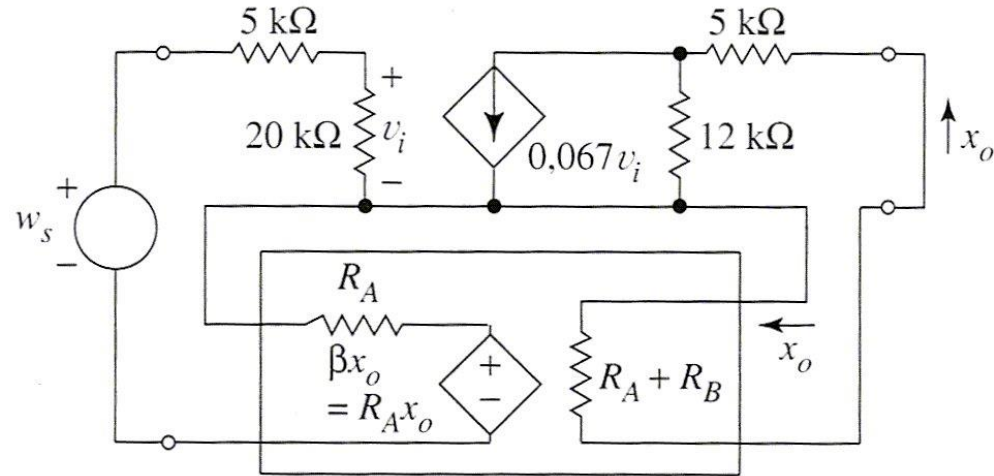
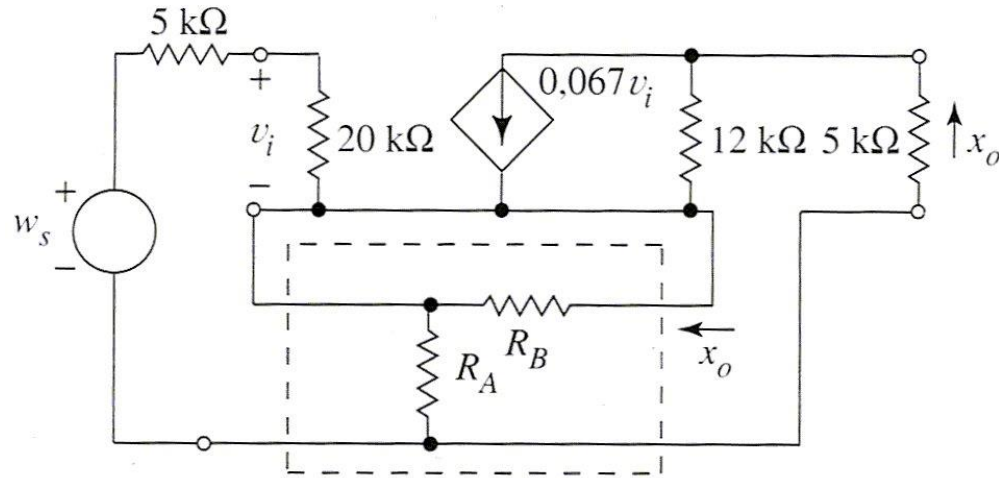
- Supuesto C», identifique la realimentación DC, AC o mixta en los casos siguientes:



3.5. Ejercicios: 1.



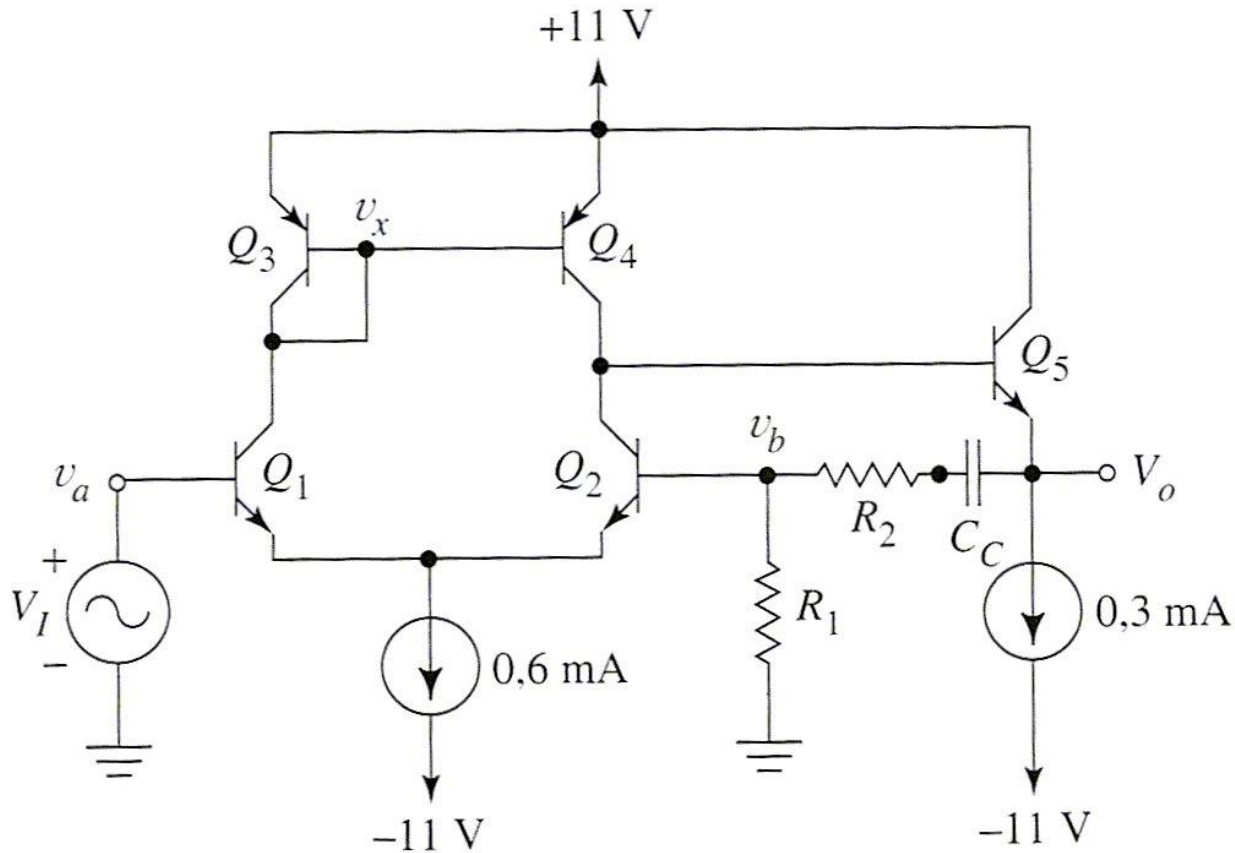
Malik:
ejemplo 9.6



3.5. Ejercicios: 2.



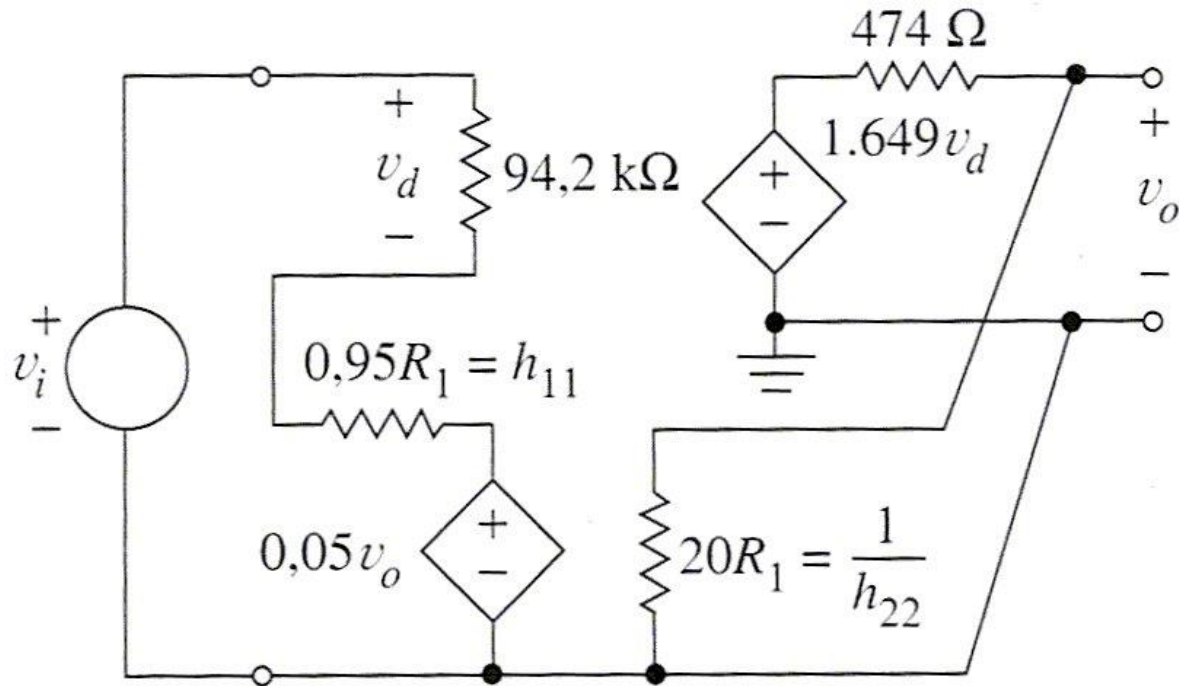
- Malik: *ejemplo 9.8.*
Circuito original:



3.5. Ejercicios: 2.



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



❑ 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:

- *Profesores del Dpto. de Electrónica de la UAH.*

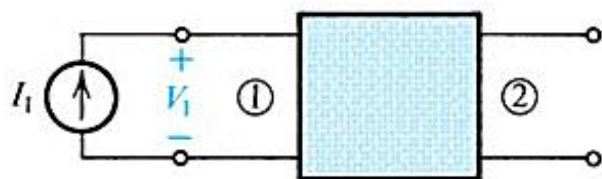
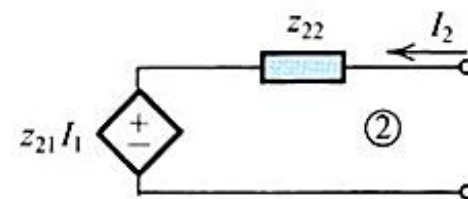
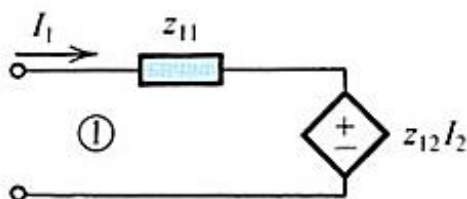
- *En colaboración con profesores del CEAN de la UPM.*

Anexo: parámetros [z]

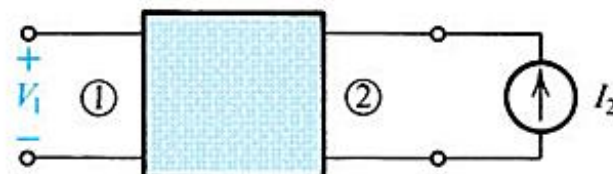


$$V_1 = z_{11}I_1 + z_{12}I_2$$

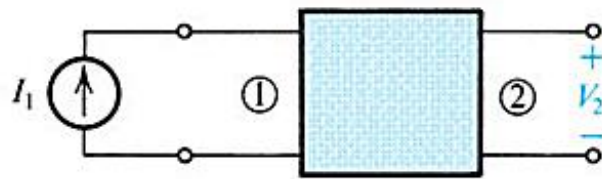
$$V_2 = z_{21}I_1 + z_{22}I_2$$



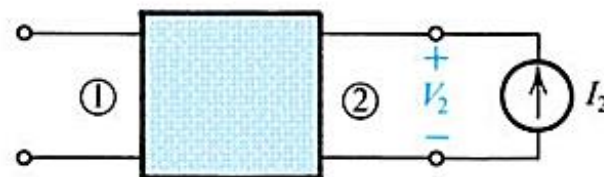
$$z_{11} = \left. \frac{V_1}{I_1} \right|_{I_2=0}$$



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

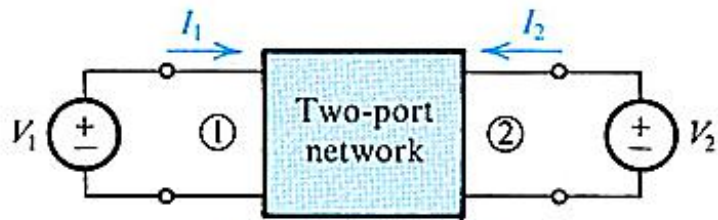


$$z_{21} = \left. \frac{V_2}{I_1} \right|_{I_2=0}$$



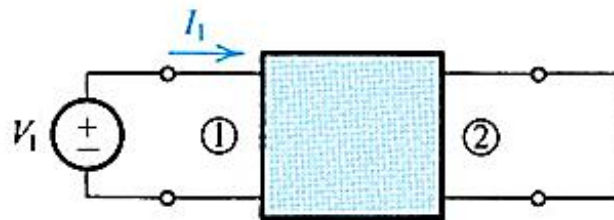
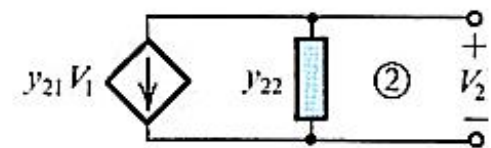
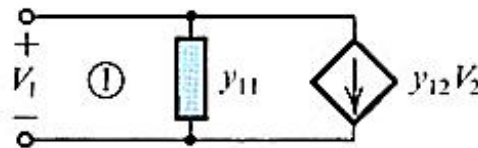
$$z_{22} = \left. \frac{V_2}{I_2} \right|_{I_1=0}$$

Anexo: parámetros [y]

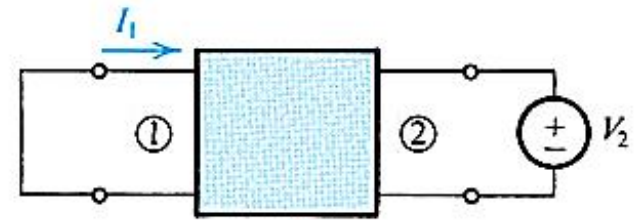


$$I_1 = y_{11}V_1 + y_{12}V_2$$

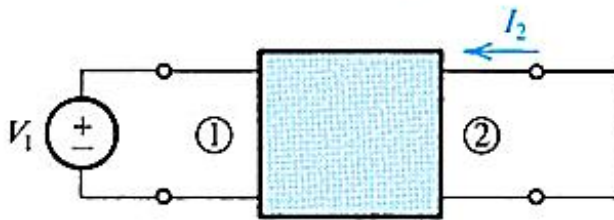
$$I_2 = y_{21}V_1 + y_{22}V_2$$



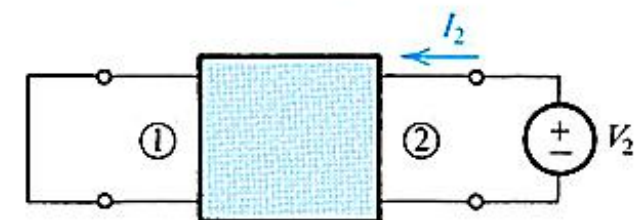
$$y_{11} = \left. \frac{I_1}{V_1} \right|_{V_2=0}$$



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

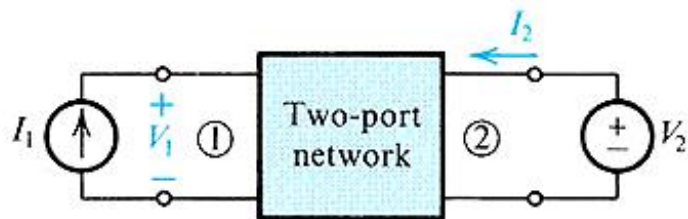


$$y_{21} = \left. \frac{I_2}{V_1} \right|_{V_2=0}$$



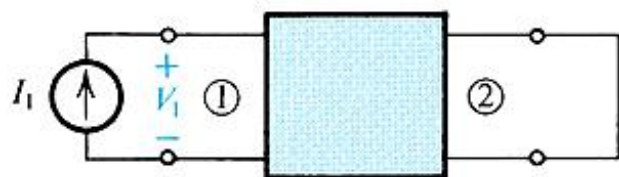
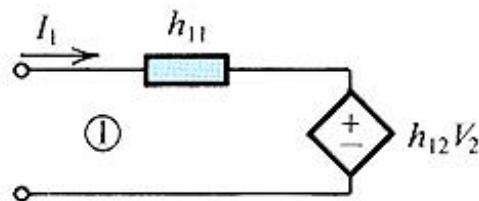
$$y_{22} = \left. \frac{I_2}{V_2} \right|_{V_1=0}$$

Anexo: parámetros [h]

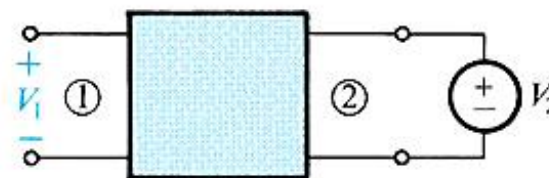


$$V_1 = h_{11}I_1 + h_{12}V_2$$

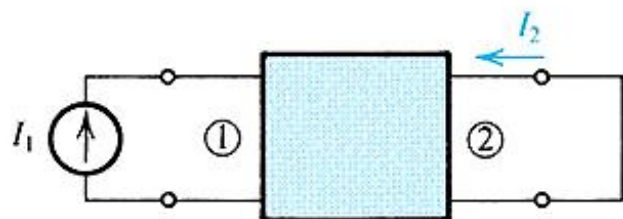
$$I_2 = h_{21}I_1 + h_{22}V_2$$



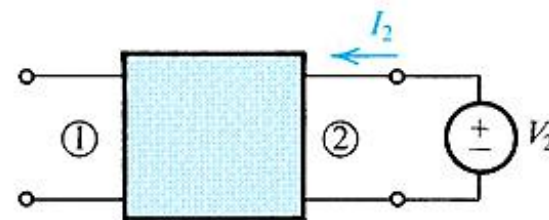
$$h_{11} = \left. \frac{V_1}{I_1} \right|_{I_2=0}$$



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

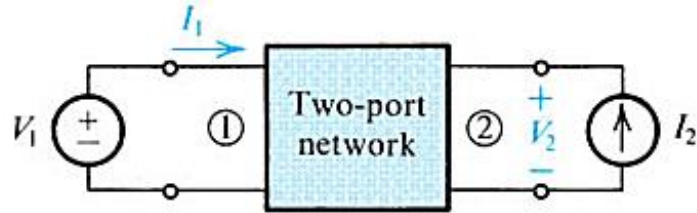


$$h_{21} = \left. \frac{I_2}{I_1} \right|_{V_2=0}$$



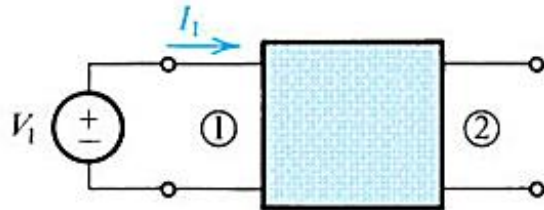
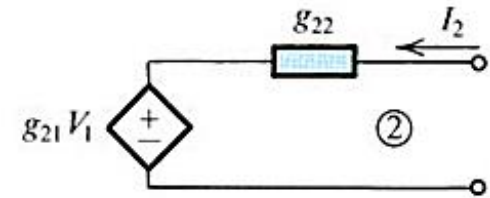
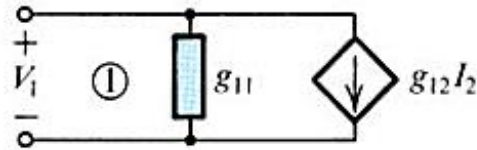
$$h_{22} = \left. \frac{I_2}{V_2} \right|_{I_1=0}$$

Anexo: parámetros [g]

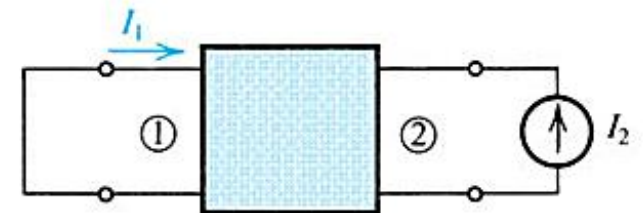


$$I_1 = g_{11} V_1 + g_{12} I_2$$

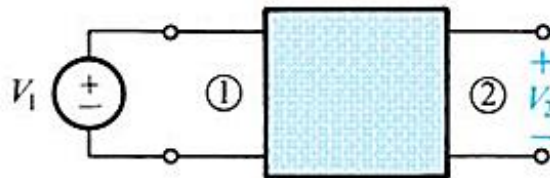
$$V_2 = g_{21} V_1 + g_{22} I_2$$



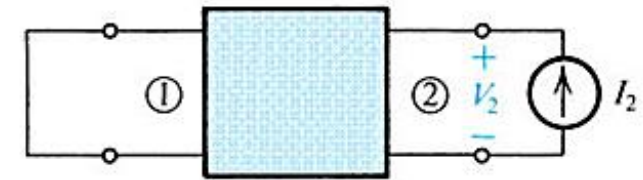
$$g_{11} = \left. \frac{I_1}{V_1} \right|_{I_2=0}$$



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



$$g_{21} = \left. \frac{V_2}{V_1} \right|_{I_2=0}$$



$$g_{22} = \left. \frac{V_2}{I_2} \right|_{V_1=0}$$

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

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

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

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



Control de revisiones



- 2015-03-05: versión inicial.