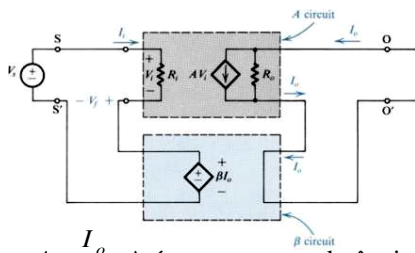


3.5 AMPLIFICADOR COM REALIMENTAÇÃO SÉRIE-SÉRIE

Situação ideal:

Malha de realimentação não "carrega" o circuito principal:

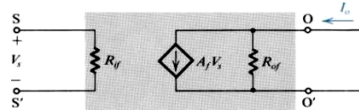
- Resistência de entrada zero
- Resistência de saída zero



$$A \equiv \frac{I_o}{V_i}, \text{ A é uma transcondutância}$$

β é uma transresistância

Circuito equivalente:

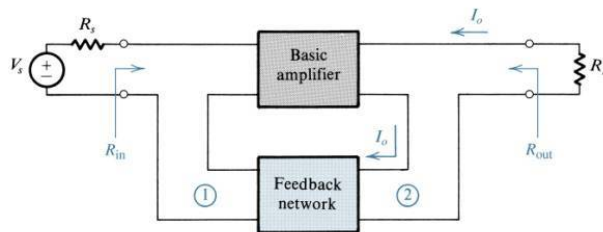


$$A_f \equiv \frac{I_o}{V_s} = \frac{A}{1 + A\beta}$$

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

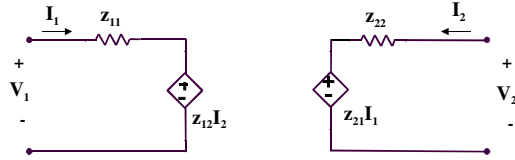
$$R_{of} = R_o (1 + A\beta)$$

Situação real



Parâmetros z são adequados para representar a rede de realimentação pois as variáveis independentes são a corrente de entrada e a corrente de saída

Parâmetros z



$$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} \\ z_{21} & z_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix}$$

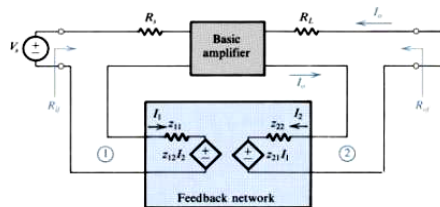
$$\begin{aligned} V_1 &= z_{11} I_1 + z_{12} I_2 \\ V_2 &= z_{21} I_1 + z_{22} I_2 \end{aligned}$$

onde:

$$\begin{aligned} z_{11} &= \frac{V_1}{I_1} \Big|_{I_2=0} & z_{21} &= \frac{V_2}{I_1} \Big|_{I_2=0} \\ z_{12} &= \frac{V_1}{I_2} \Big|_{I_1=0} & z_{22} &= \frac{V_2}{I_2} \Big|_{I_1=0} \end{aligned}$$

- z_{11} : impedância de entrada com a saída em aberto
- z_{22} : impedância de saída com entrada em aberto
- z_{12} : transimpedância de entrada com entrada em aberto
- z_{21} : transimpedância de saída com saída em aberto

Representação da malha de realimentação pelo quadripolo parâmetros z:

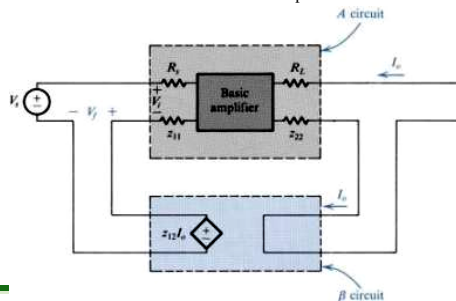


Condições de simplificação:

- Transimpedância de saída: $|z_{21}|_{\text{malha de realim.}} \ll |z_{21}|_{\text{amplif. básico}}$
- Transimpedância de entrada: $|z_{12}|_{\text{malha de realim.}} \gg |z_{12}|_{\text{amplif. básico}}$

Circuito equivalente simplificado:

- transposição de z_{11} e z_{22} para o amplificador básico
- Eliminação do z_{21}



Conclusões:

- O ganho de malha é dado por: $\beta = z_{12} = \frac{V_1}{I_2} \Big|_{I_1=0}$
- A malha de realimentação influencia as resistências de entrada e saída do amplificador básico pelos parâmetros $z_{11}=R_{11}$ e $z_{22}=R_{22}$
- As resistências de entrada e saída do amplificador realimentado são:

$$R_{if} = (R_i + R_s + R_{11})(1 + A\beta) \quad R_{of} = (R_o + R_L + R_{22})(1 + A\beta)$$

- R_i e R_o são as resistências de entrada e de saída do circuito A
- As resistências da fonte de sinal e da carga (R_s e R_L) influenciam as resistências de entrada e saída do amplificador realimentado
- As resistências de entrada e de saída unicamente do amplificador realimentado são dadas por:

$$R_{in} = R_{if} - R_s$$

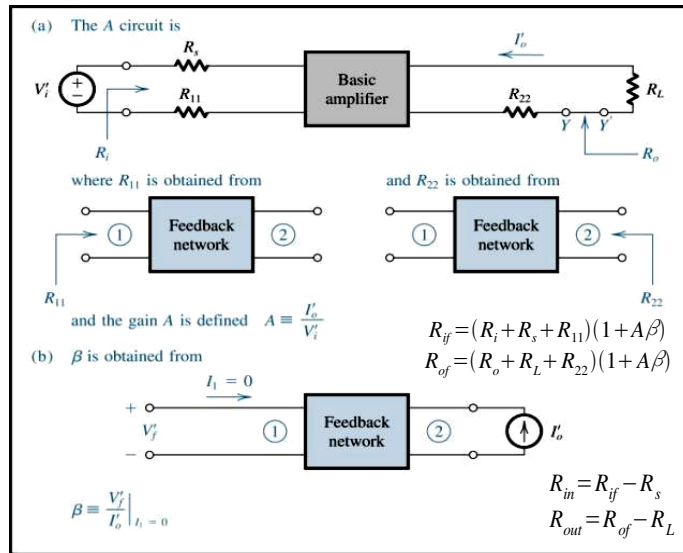
$$R_{out} = R_{of} - R_L$$

• Obs: Caso não se conheça R_s e R_L faz-se:

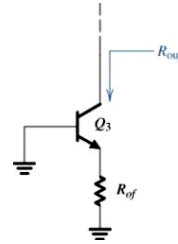
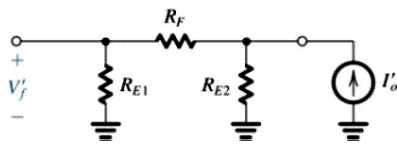
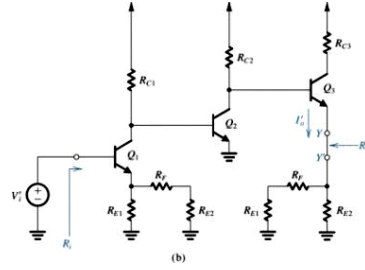
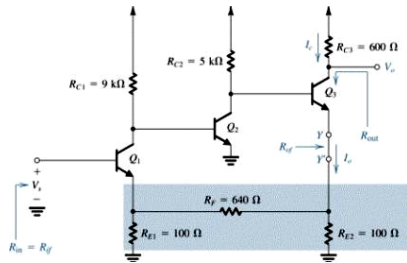
$$R_s = 0$$

$$R_L = 0$$

Realimentação Série-Série



Exemplo 8.2 (Sedra)

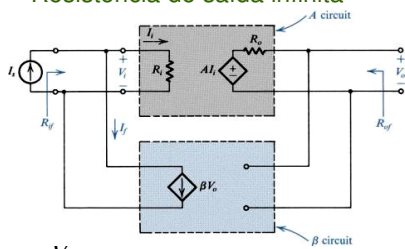


3.6 AMPLIFICADOR COM REALIMENTAÇÃO PARALELO-PARALELO

Situação ideal:

Malha de realimentação não "carrega" o circuito principal:

- Resistência de entrada infinita
- Resistência de saída infinita



$$A \equiv \frac{V_o}{I_i}, \text{ A é uma transresistância}$$

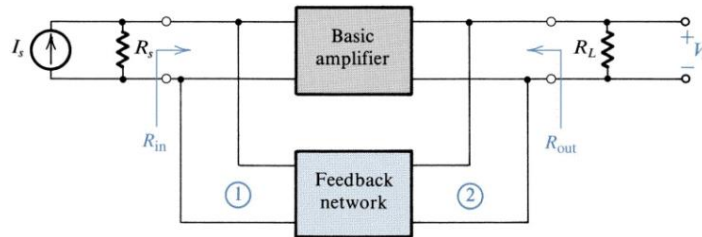
β é uma transcondutância

$$A_f \equiv \frac{V_o}{I_s} = \frac{A}{1 + A\beta}$$

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

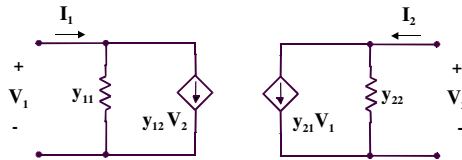
$$R_{of} = R_o / (1 + A\beta)$$

Situação real



Parâmetros y são adequados para representar a rede de realimentação pois as variáveis independentes são a tensão de entrada e a tensão de saída

Parâmetros y



$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} \\ y_{21} & y_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} I_1 &= y_{11} V_1 + y_{12} V_2 \\ I_2 &= y_{21} V_1 + y_{22} V_2 \end{aligned}$$

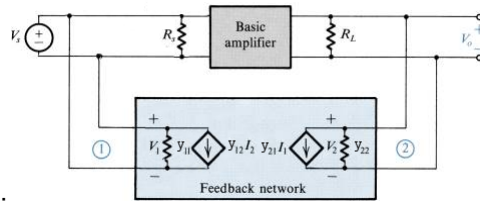
onde:

$$y_{11} = \frac{I_1}{V_1} \Big|_{V_2=0} \quad y_{21} = \frac{I_2}{V_1} \Big|_{V_2=0}$$

$$y_{12} = \frac{I_1}{V_2} \Big|_{V_1=0} \quad y_{22} = \frac{I_2}{V_2} \Big|_{V_1=0}$$

- y_{11} : admitância de entrada com a saída em curto
- y_{22} : admitância de saída com entrada em curto
- y_{12} : transcondutância de entrada com entrada em curto
- y_{21} : transcondutância de saída com saída em curto

Representação da malha de realimentação pelo quadripolo parâmetros y :

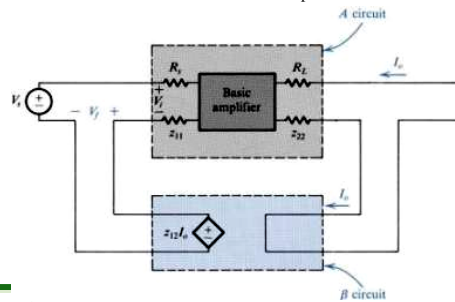


Condições de simplificação:

- Transimpedância de saída: $|y_{21}|_{\text{malha de realim.}} \ll |y_{21}|_{\text{amplif. básico}}$
- Transimpedância de entrada: $|y_{12}|_{\text{malha de realim.}} \gg |y_{12}|_{\text{amplif. básico}}$

Circuito equivalente simplificado:

- transposição de y_{11} e y_{22} para o amplificador básico
- Eliminação do y_{21}



Conclusões:

- O ganho de malha é dado por: $\beta \neq y_{12} = \frac{I_1}{V_2} \Big|_{V_1=0}$
- A malha de realimentação influencia as condutâncias de entrada e saída do amplificador básico pelos parâmetros $y_{11}=1/R_{11}$ e $y_{22}=1/R_{22}$
- As resistências de entrada e saída do amplificador realimentado são:

$$R_{if} = (R_i \parallel R_s \parallel R_{11}) / (1 + A\beta) \quad R_{of} = (R_o \parallel R_L \parallel R_{22}) / (1 + A\beta)$$

- R_i e R_o são as resistências de entrada e de saída do circuito A
- As resistências da fonte de sinal e da carga (R_s e R_L) influenciam as resistências de entrada e saída do amplificador realimentado
- As resistências de entrada e de saída unicamente do amplificador realimentado são dadas por:

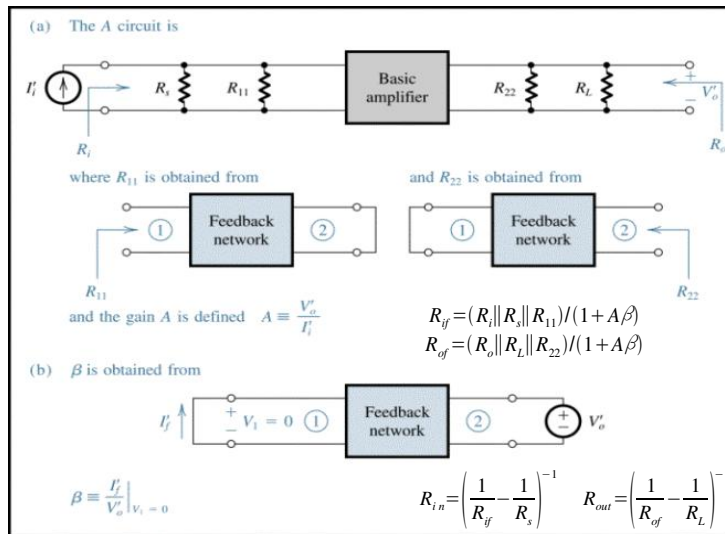
$$R_{in} = \left(\frac{1}{R_{if}} - \frac{1}{R_s} \right)^{-1} \quad R_{out} = \left(\frac{1}{R_{of}} - \frac{1}{R_L} \right)^{-1}$$

- Obs: Caso não se conheça R_s e R_L faz-se:

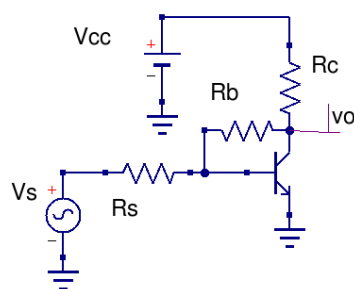
$$R_s = \infty$$

$$R_L = \infty$$

Realimentação Paralelo-Paralelo



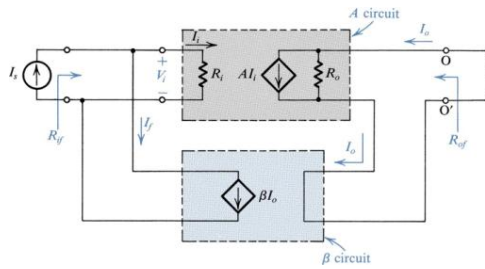
Exemplo 8.3 (Sedra): Determinar o ganho de tensão, R_{in} e R_{out} .



$V_{CC} = 12 \text{ V}$
 $R_C = 4,7 \text{ k}\Omega$
 $R_B = 47 \text{ k}\Omega$
 $R_S = 10 \text{ k}\Omega$
 $\beta = 100$

3.7 AMPLIFICADOR COM REALIMENTAÇÃO PARALELO-SÉRIE

Situação ideal

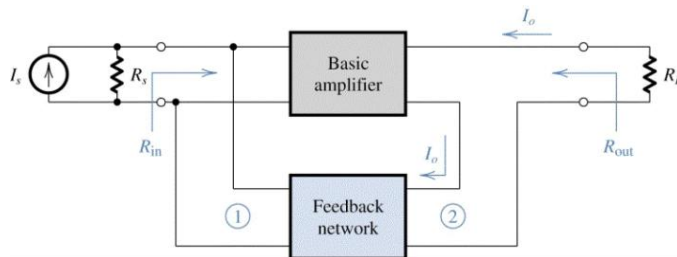


$$A_f \equiv \frac{I_o}{I_s} = \frac{A}{1 + A\beta}$$

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

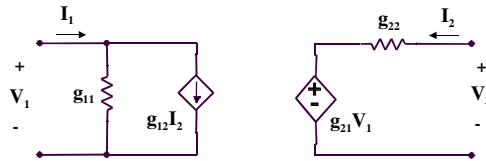
$$R_{of} = R_o (1 + A\beta)$$

Situação real



Parâmetros g são adequados para representar a rede de realimentação pois as variáveis independentes são a tensão de entrada e a corrente de saída

Parâmetros g



$$\begin{bmatrix} I_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} g_{11} & g_{12} \\ g_{21} & g_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ I_2 \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} I_1 &= g_{11} V_1 + g_{12} I_2 \\ V_2 &= g_{21} V_1 + g_{22} I_2 \end{aligned}$$

onde:

$$g_{11} = \frac{I_1}{V_1} \Big|_{I_2=0} \quad g_{21} = \frac{V_2}{V_1} \Big|_{I_2=0}$$

$$g_{12} = \frac{I_1}{I_2} \Big|_{V_1=0} \quad g_{22} = \frac{V_2}{I_2} \Big|_{V_1=0}$$

- g_{11} : admitância de entrada com a saída em aberto
- g_{22} : impedância de saída com entrada em curto
- g_{12} : ganho de corrente de entrada com entrada em curto
- g_{21} : ganho de tensão de saída com saída em aberto

Conclusões:

- O ganho de malha é dado por: $\beta \neq g_{12} = \frac{I_1}{I_2} \Big|_{V_1=0}$

- A malha de realimentação influencia as condutâncias de entrada e saída do amplificador básico pelos parâmetros $g_{11}=1/R_{11}$ e $g_{22}=R_{22}$
- As resistências de entrada e saída do amplificador realimentado são:

$$R_{if} = (R_i \parallel R_s \parallel R_{11}) / (1 + A\beta) \quad R_{of} = (R_o + R_L + R_{22}) (1 + A\beta)$$

- R_i e R_o são as resistências de entrada e de saída do circuito A
- As resistências da fonte de sinal e da carga (R_s e R_L) influenciam as resistências de entrada e saída do amplificador realimentado
- As resistências de entrada e de saída unicamente do amplificador realimentado são dadas por:

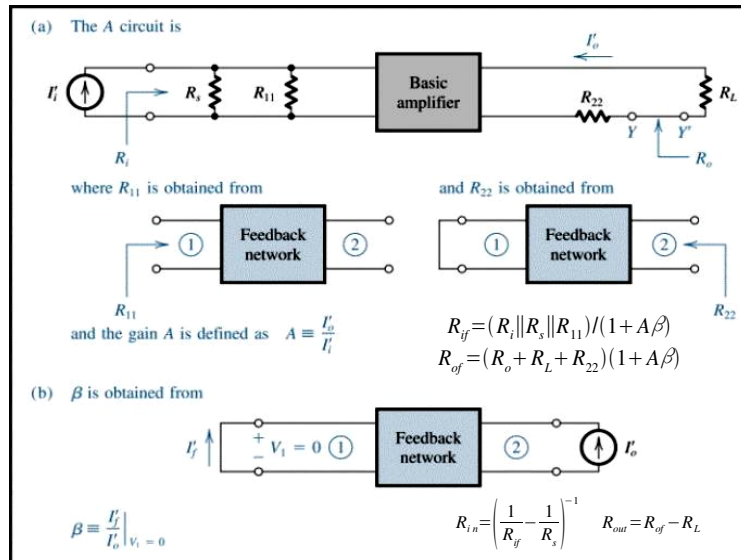
$$R_{in} = \left(\frac{1}{R_{if}} - \frac{1}{R_s} \right)^{-1} \quad R_{out} = R_{of} - R_L$$

- Obs: Caso não se conheça R_s e R_L faz-se:

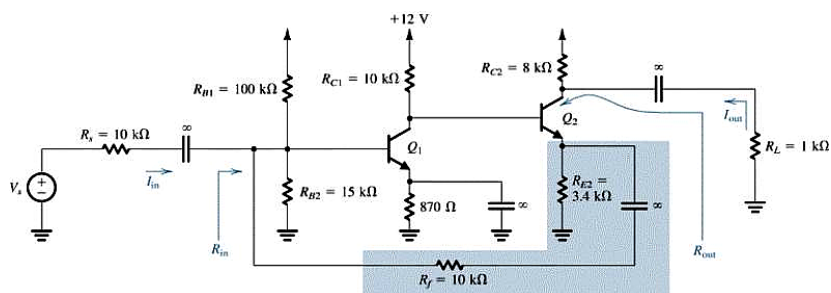
$$R_s = \infty$$

$$R_L = 0$$

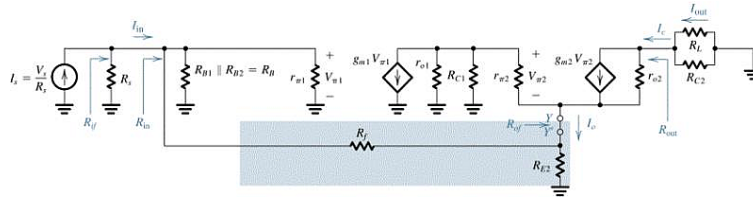
Realimentação Paralelo-Série



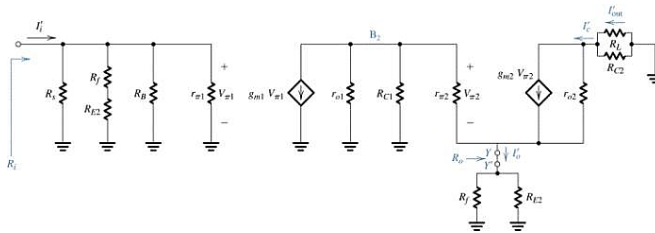
Exemplo 8.4 (Sedra): Determinar o ganho de corrente, R_{in} e R_{out} .



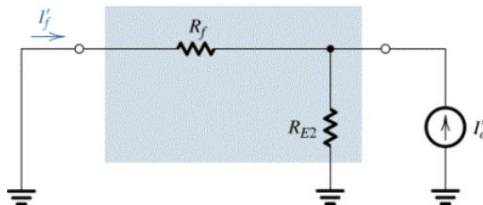
Modelo de pequenos sinais



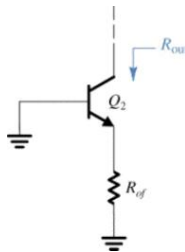
Circuito A



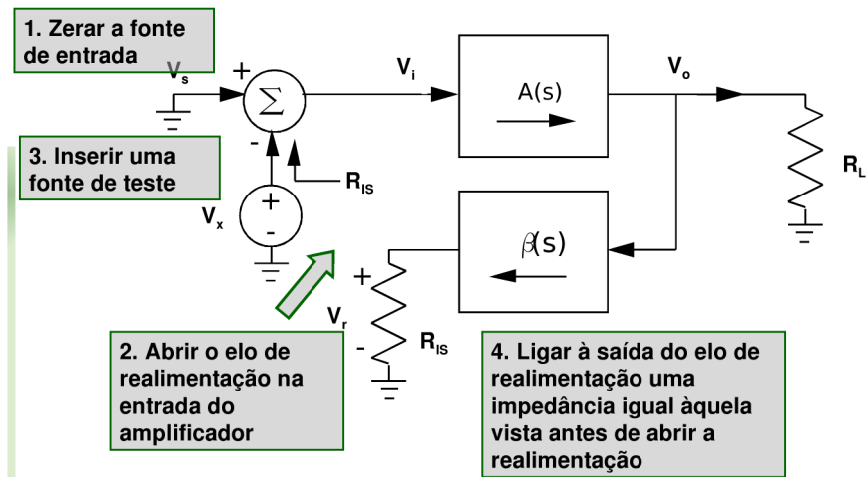
Circuito para determinar β



Circuito para determinar R_{out}



3.8 DETERMINAÇÃO DIRETA DO GANHO DE MALHA



Análise

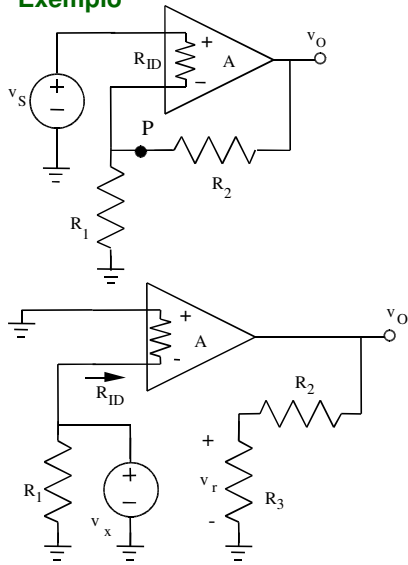
$$V_r = \beta V_o$$

$$V_o = A V_i = -A V_x$$

$$V_r = -A \beta V_x$$

$$\text{Ganho de malha } L = -\frac{V_r}{V_x} = A \beta$$

Exemplo



$$R_3 = R_1 \parallel R_{ID}$$

$$V_r = \frac{R_3}{R_2 + R_3} V_o$$

$$V_r = \frac{R_3}{R_2 + R_3} (-AV_x)$$

$$L = -\frac{V_r}{V_x} = \frac{R_3}{R_2 + R_3} A$$