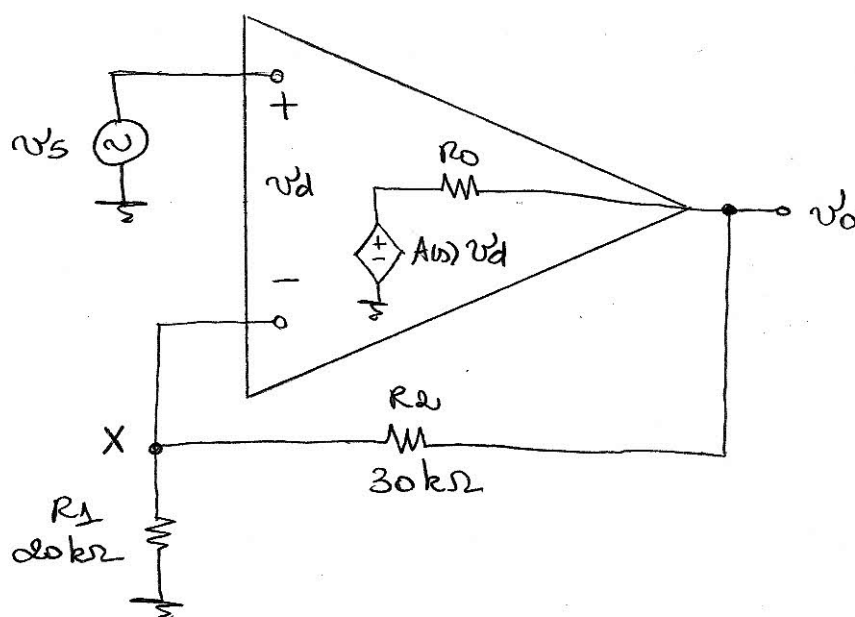


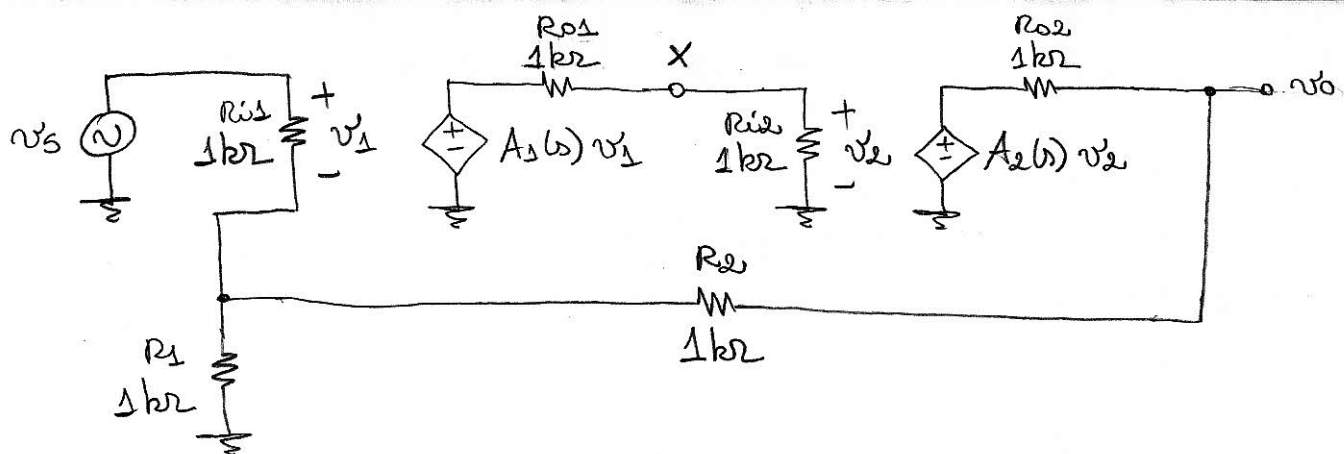
- ① A figura abaixo representa o modelo de um amplificador realimentado, onde a impedância de entrada é infinita, a impedância de saída $R_o = 1,0 \text{ k}\Omega$ e a sua função de transferência é dada por:

$$A(s) = \frac{A_0}{\left(1 + \frac{s}{2\pi f_{p1}}\right) \cdot \left(1 + \frac{s}{2\pi f_{p2}}\right) \cdot \left(1 + \frac{s}{2\pi f_{p3}}\right)}$$

onde $A_0 = 10 \text{ V/mV}$, $f_{p1} = 100 \text{ kHz}$, $f_{p2} = 1,6 \text{ MHz}$ e $f_{p3} = 40 \text{ MHz}$.



- (a) O amplificador em malha fechada será estável? Justifique a sua resposta a partir do Critério de Estabilidade de Nyquist.
- (b) Adicione um esquema de compensação do tipo atraso e avanço de fase (lag-lead), de modo que a resposta de malha tenha uma margem de fase MF $\approx 45^\circ$. Conecte o circuito de compensação ao nó X.
- ② O diagrama esquemático da figura a seguir representa o modelo de um amplificador realimentado, onde o amplificador básico é composto por dois estágios.

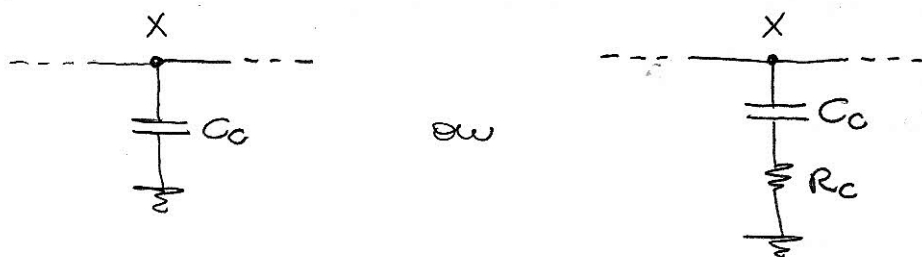


Nesse amplificador, as funções de transferência dos dois estágios são dadas por:

$$A_1(s) = \frac{A_{o1}}{1 + \frac{s}{\omega_{p1}}}, \quad \text{onde} \quad \begin{cases} A_{o1} = 100 \text{ V/V} \\ \omega_{p1} = 10^5 \text{ rad/s} \end{cases}$$

$$A_2(s) = \frac{A_{o2}}{1 + \frac{s}{\omega_{p2}}}, \quad \text{onde} \quad \begin{cases} A_{o2} = 200 \text{ V/V} \\ \omega_{p2} = 10^6 \text{ rad/s} \end{cases}$$

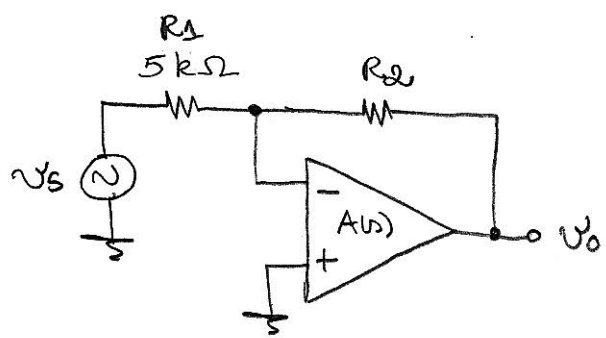
- (a) Com o objetivo de estabelecer uma margem de fase adequada, foi cogitada a necessidade de se conectar um circuito de compensação de resposta em frequência ao nó X do circuito acima. Os dois circuitos de compensação propostos são apresentados na figura abaixo:



Entre esses dois circuitos de compensação, decida qual deles requer o capacitor com a menor capacitância? Justifique a sua resposta.

- (b) Projete o circuito de compensação escolhido no item (a) de modo que a resposta em frequência de malha do amplificador apresente uma margem de fase $MF \approx 45^\circ$.

③ No circuito da figura abaixo está representado um amplificador realimentado, onde o amplificador operacional apresenta uma impedância de entrada muito alta e uma impedância de saída desprezível. A função de transferência do amplificador operacional é dada por:



$$A(s) = \frac{A_0}{\left(1 + \frac{s}{\omega_{p1}}\right) \left(1 + \frac{s}{\omega_{p2}}\right)}$$

Onde: $A_0 = 20 \text{ V/mV}$
 $f_{p1} = 150 \text{ Hz}$
 $f_{p2} = 300 \text{ kHz}$

(a) Qual deve ser o menor valor que a resistência R_2 pode assumir de modo a garantir que a resposta em frequência de malha do amplificador em questão apresente uma margem de fase maior ou igual a 45° ?

(b) Para o caso em que $R_2 = 20 \text{ k}\Omega$, utilize o esquema de compensação por atraso e avanço de fase (lag-lead) para garantir uma margem de fase de 45° .

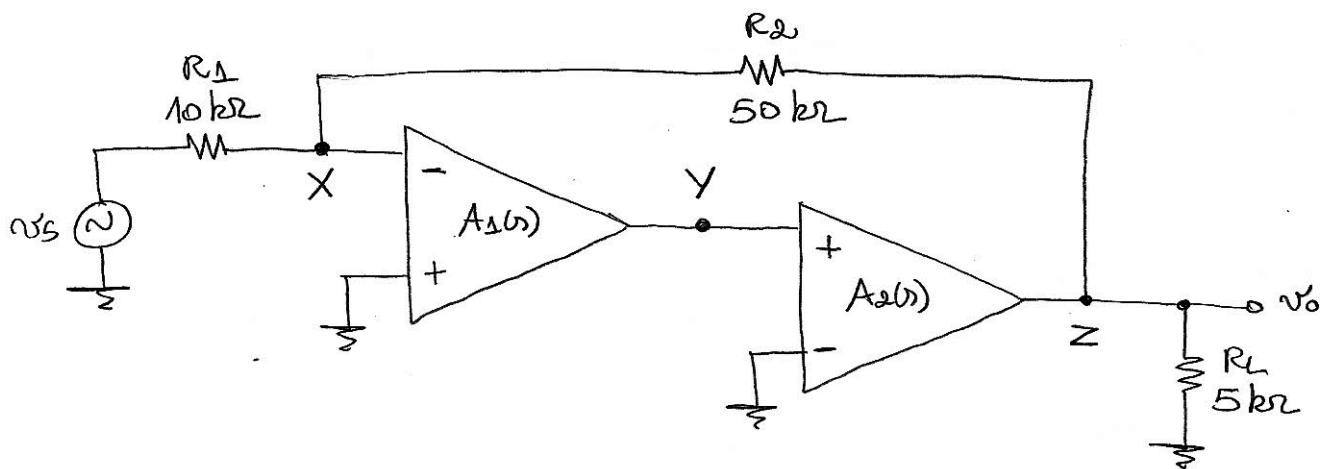
④ O amplificador realimentado mostrado na figura a seguir é composto por dois estágios, onde ambos apresentam impedância de entrada $R_i = 100 \text{ k}\Omega$ e impedância de saída $R_o = 50 \Omega$. Além disso, as funções de transferência em malha aberta dos amplificadores são dadas por:

$$A_1(s) = \frac{A_{01}}{1 + \frac{s}{\omega_{p1}}}$$

e

$$A_2(s) = \frac{A_{02}}{1 + \frac{s}{\omega_{p2}}}$$

onde $A_{01} = 100 \text{ V/V}$, $A_{02} = 50 \text{ V/V}$, $f_{p1} = 120 \text{ kHz}$ e $f_{p2} = 2,0 \text{ MHz}$.



Adotando um esquema de compensação do tipo atraso e avanço de fase (lag-lead):

- Decida entre X, Y e Z, qual é o melhor nó ao qual o circuito de compensação deve ser conectado de modo a minimizar o tamanho do capacitor de compensação. Justifique a sua resposta.
- Dimensione o circuito de compensação de modo que a resposta de malha do amplificador completo apresente uma margem de fase de aproximadamente 45° .