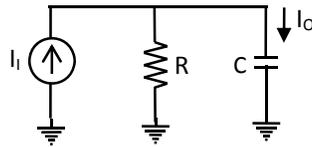


Assunto : Resposta em frequência de circuitos com constante de tempo simples. Análise no domínio s: polos, zeros e curvas de Bode. Teorema de Miller.

Respostas em altas e baixas frequências dos amplificadores emissor-comum e fonte-comum.

**Exercício 1** – Para o circuito da rede CTS abaixo, pede-se:

- Determine a função de transferência  $T(s) = \frac{I_o(s)}{I_i(s)}$
- Se  $R = 10k\Omega$ , qual o valor da capacitância  $C$  para que a rede apresente uma frequência de corte  $\omega_0 = 100rad/s$ .
- Onde se localizam os polos e zeros da função de transferência no plano complexo  $s$ . (veja no seu material de circuitos elétricos!)
- Desenhe as curvas de Bode para  $T(s)$ .



Respostas: a)  $T(s) = \frac{sRC}{1+sRC}$  b)  $C = 10\mu F$  c) um zero em  $s = 0$  e um polo em  $s = -1/RC$ .

**Exercício 2** – Um amplificador tem uma resposta em frequência de uma rede CTS passa-baixas. O módulo do ganho é de 20dB em dc e de 0dB em 100kHz. a) Qual a sua frequência de corte ( $\omega_0$ )? b) Em que frequência o ganho é de 19dB? c) Em que frequência a fase é  $-6^\circ$ ?

Respostas: a)  $\omega_0 = 2\pi \cdot 10^4 rad/s$  b)  $\omega \cong \pi \cdot 10^4 rad/s$  c)  $\omega \cong 0,21\pi \cdot 10^4 rad/s$

**Exercício 3** – Esboce as curvas de Bode para o módulo e para a fase da função de transferência  $T(s) =$

$$\frac{10^4(1+s/10^5)}{(1+s/10^3)(1+s/10^4)}$$

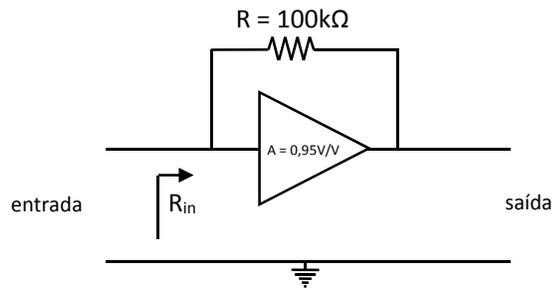
Pede-se:

- A partir de seus esboços, determine os valores aproximados do módulo e da fase em  $\omega = 10^6 rad/s$ .
- Quais os valores exatos estabelecidos pela função de transferência?

Respostas: a)  $|T| = 1$  e  $\varphi = -90^\circ$

b)  $|T| = 1,005$  e  $\varphi = -95^\circ$

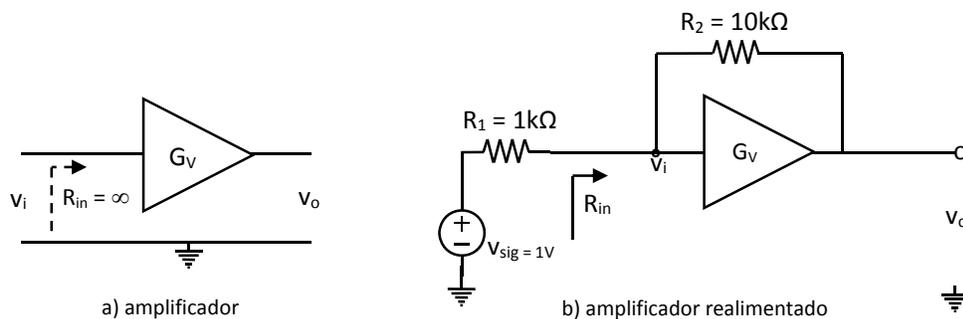
**Exercício 4** – Considere um amplificador de tensão ideal com um ganho de  $0,95\text{V/V}$  e uma resistência de  $100\text{k}\Omega$  conectada no caminho de realimentação ( entre os terminais de entrada e saída do amplificador) como mostra a figura a seguir. Utilize o Teorema de Miller para determinar a resistência de entrada do circuito.



Respostas:  $R_{in} = 2\text{M}\Omega$

**Exercício 5** – A figura (a) abaixo refere-se a um amplificador com um ganho de tensão  $G_v \equiv \frac{v_o}{v_i}$  e uma resistência de entrada infinita. Na figura (b) pode-se observar um circuito que utiliza o amplificador da figura (a) com um caminho de realimentação da saída para a entrada. Determine na figura (b) os valores da resistência de entrada do circuito ( $R_{in}$ ), da tensão na entrada do amplificador ( $v_i$ ), e da tensão na saída do circuito ( $v_o$ ), para os seguintes valores do ganho de tensão do amplificador:

a)  $G_v = -10\text{V/V}$ , b)  $G_v = -100\text{V/V}$ , c)  $G_v = -1000\text{V/V}$  e d)  $G_v = -10000\text{V/V}$ .



Respostas:

a)	$R_{in} = 909\Omega$	$v_i = 476\text{mV}$	e	$v_o = -4,76\text{V}$
b)	$R_{in} = 99\Omega$	$v_i = 90\text{mV}$	e	$v_o = -9\text{V}$
c)	$R_{in} = 9,99\Omega$	$v_i = 9,9\text{mV}$	e	$v_o = -9,9\text{V}$
d)	$R_{in} = 1\Omega$	$v_i = 0,999\text{mV}$	e	$v_o = -9,99\text{V}$

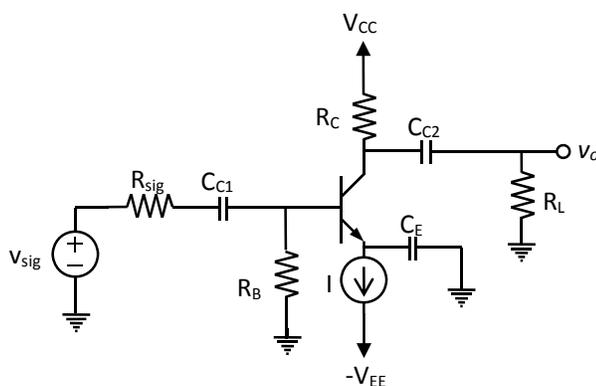
**Exercício 6** – Para o amplificador do Exemplo 5.18 visto em aula e mostrado abaixo, encontre o valor de  $R_L$  que reduz o ganho em frequências médias para a metade do valor obtido. Qual o novo valor da frequência de corte superior ( $f_H$ )? Observe o compromisso existente entre o ganho e a faixa de passagem.

No exemplo 5.18 utilizou-se  $R_L = 5\text{k}\Omega$ ,  $R_{sig} = 5\text{k}\Omega$ ,  $R_B = 100\text{k}\Omega$ ,  $R_C = 8\text{k}\Omega$ ,  $r_o = 100\text{k}\Omega$ ,  $r_\pi = 2,5\text{k}\Omega$ ,  $r_x = 50\Omega$ ,  $g_m = 40\text{mA/V}$ ,  $C_\mu = 1\text{pF}$  e  $C_\pi = 7\text{pF}$ .

$$A_M = -\frac{R_B}{R_B + R_{sig}} \cdot \frac{r_\pi}{[r_\pi + r_x + (R_B // R_{sig})]} \cdot g_m R'_L$$

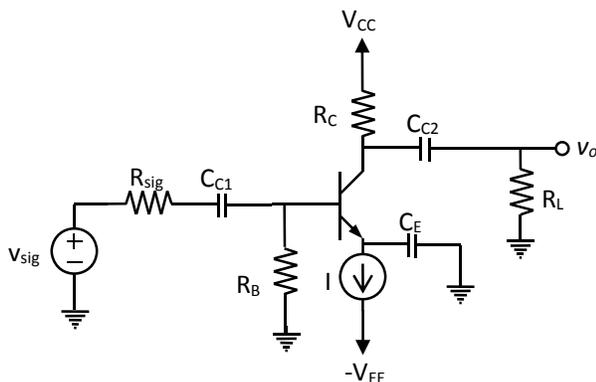
$$C_{in} = C_\pi + C_\mu(1 + g_m R'_L) \quad R'_{sig} = r_\pi // [r_x + (R_B // R_{sig})]$$

$$f_H = \frac{1}{2\pi C_{in} R'_{sig}}$$



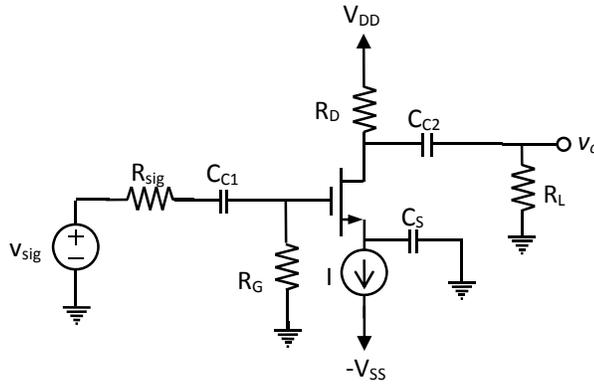
Respostas:  $R_L = 1,88\text{k}\Omega$   $f_H = 1,42\text{MHz}$

**Exercício 7** – O amplificador emissor-comum da figura abaixo tem  $C_{C1}=C_{C2}=C_E=1\mu\text{F}$ ,  $R_B = 100\text{k}\Omega$ ,  $R_{sig} = 5\text{k}\Omega$ ,  $g_m = 40\text{mA/V}$ ,  $r_\pi = 2,5\text{k}\Omega$ ,  $R_C = 8\text{k}\Omega$  e  $R_L = 5\text{k}\Omega$ . Supondo que os três capacitores não interagem entre si, encontre as frequências dos polos de baixa frequência  $f_{P1}$ ,  $f_{P2}$ , e  $f_{P3}$ . Em seguida estime o valor da frequência de corte inferior  $f_L$ .



Respostas:  $f_{P1} = 21,4\text{Hz}$   $f_{P2} = 2,21\text{kHz}$   $f_{P3} = 51,7\text{Hz}$   $f_H = 2,28\text{kHz}$

**Exercício 8** – Dado o amplificador fonte-comum na figura abaixo determine as expressões do ganho de tensão em frequências médias ( $A_M$ ) e da frequência de corte superior ( $f_H$ ).



Respostas:  $A_M = -g_m R'_L \cdot \frac{R_G}{R_G + R_{sig}}$        $f_H = \frac{1}{2\pi(R_{sig} // R_G)[C_{gs} + C_{gd}(1 + g_m R'_L)]}$

