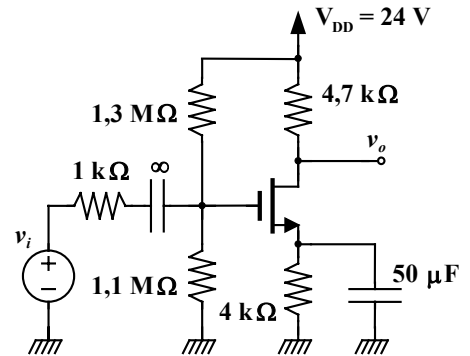


1. Considere o seguinte circuito, onde: $V_i = 2\text{ V}$, $K = 2\text{ mA/V}^2$, $\lambda = 0$, $C_{gs} = 5\text{ pF}$ e $C_{gd} = 1\text{ pF}$.

- Verifique que $I_D = 2\text{ mA}$.
- Determine ω_L ; justifique.
- Desenhe o esquema equivalente para sinais às médias/altas frequências e determine o ganho às médias frequências. Depois, sabendo que para determinar ω_{Hi} , pode usar o método das constantes de tempo, determine, para o efeito, a constante de tempo associada a C_{gd} .

Soluções: b) 85 rad/s ; c) $\tau_{gd} = 24,5\text{ ns}$.

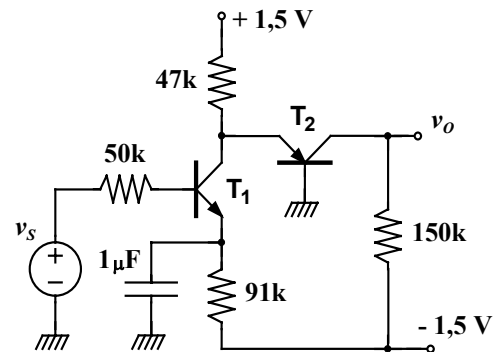


2. Considere o seguinte circuito, onde os transístores têm $\beta_o = 100$, $C_\pi = 50\text{ pF}$ e $C_\mu = 1\text{ pF}$. (Recorde: $g_m = I_C / V_T$, $r_\pi = \beta_o / g_m$ e $r_o \cong 1 / g_{m^*}$)

- Desprezando as correntes de base, determine o valor das correntes e tensões contínuas dos transístores.

ATENÇÃO: Independentemente dos valores obtidos, tome para as alíneas seguintes, $g_{m1} = g_{m2} = 400\text{ }\mu\text{A/V}$.

- Calcule o ganho de tensão v_o / v_s às médias frequências.
- Determine o valor de ω_L , justificando. Esboce também o diagrama de Bode, devidamente cotado, do módulo do ganho $A_v = v_o / v_s$, às baixas frequências, i.e., desde $\omega = 0\text{ rad/s}$ até às médias frequências.
- Determine a frequência ω_H do amplificador, considerando apenas a contribuição de T_1 , i.e., admitindo que a essa frequência ainda não se fazem sentir os efeitos capacitivos de T_2 . Comente ainda a interacção dos dois transístores no seu comportamento às altas frequências e compare esta configuração com a que obteria se omitisse T_2 e ligasse a resistência de $150\text{ k}\Omega$ directamente ao colector de T_1 .

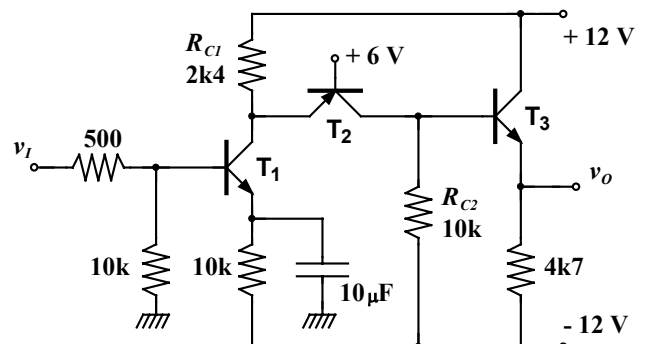


Soluções: a) $I_1 = 8,8\text{ }\mu\text{A}$, $I_2 = 8,2\text{ }\mu\text{A}$, $V_{B1} = 0$, $V_{E1} = -0,7\text{ V}$, $V_{B2} = 0$, $V_{C1} = V_{E2} = 0,7\text{ V}$, $V_{C2} = -0,3\text{ V}$; b) $-47,5\text{ V/V}$;

c) $\omega_L = 348\text{ rad/s}$, $\omega_2 = 11\text{ rad/s}$, $\omega_p = 348\text{ rad/s}$, $A_M = -47,5$, $A_L = -1,5$; d) $\omega_H = 462\text{ krad/s}$.

3. Considere o seguinte circuito, onde todos os transístores têm $\beta_o = 100$, $C_\pi = 50\text{ pF}$ e $C_\mu = 1\text{ pF}$.

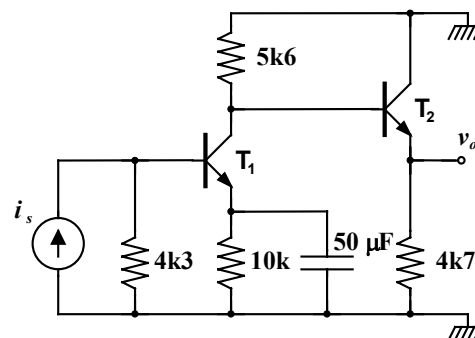
- Calcule as polarizações do circuito.
- Explique o papel do par cascode constituído por T_1 e T_2 , com as resistências R_{C1} e R_{C2} , atendendo ao comportamento na frequência, aos desníveis de tensão contínua entre a entrada e a saída e ao ganho de tensão.
- Calcule o ganho de tensão v_o / v_i às baixas frequências, desde $f = 0\text{ Hz}$ até às médias frequências e desenhe o respectivo diagrama de Bode de amplitude e fase.



- Admitindo que usa o método das constantes de tempo para o cálculo de ω_H da resposta em frequência do ganho de tensão, determine a constante de tempo associada a C_π de T_3 .

4. Considere o seguinte esquema equivalente para sinais de um amplificador, cujos transístores apresentam os seguintes parâmetros: $\beta_o = 100$, $C_\pi = 50$ pF, $C_\mu = 1$ pF, $g_{m1} = 50$ mA/V e $g_{m2} = 100$ mA/V.

- Determine, às médias frequências, o valor do ganho $R_{M0} = v_o / i_s$.
- Determine o valor de ω_L , justificando. Esboce também o diagrama de Bode, devidamente cotado, do módulo de R_M / R_{M0} ($R_M = v_o / i_s$), às baixas frequências, i.e., desde $\omega = 0$ rad/s até às médias frequências.
- Calcule a contribuição do transístor T_1 para o 1º pólo da resposta em frequência do ganho às altas frequências. Concretamente, usando o Teorema de Miller, determine a frequência superior de corte ω_H do amplificador, admitindo que é aquele transístor que determina essa frequência.
- A montagem em análise é uma cadeia amplificadora constituída por um emissor comum seguido de um colector comum. Diga, justificando, quais seriam as alterações do seu comportamento às altas frequências se se modificasse a configuração do circuito para uma cadeia de um colector comum seguido de um emissor comum.

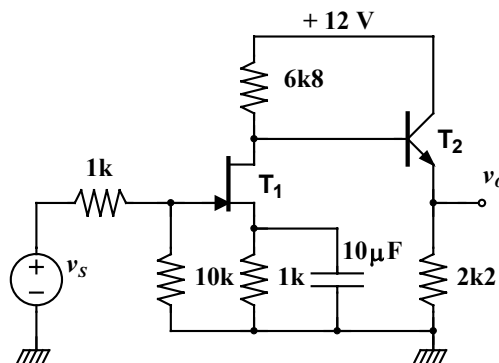


5. Considere o circuito ao lado figurado, em que:

$$T_1: \begin{matrix} K = 1 \text{ mA/V}^2 \\ V_t = -2 \text{ V} \\ C_{gd} = 5 \text{ pF} \\ C_{gs} = 20 \text{ pF} \end{matrix} \quad T_2: \begin{matrix} \beta_o = 100 \\ C_\pi = 100 \text{ pF} \\ C_\mu = 5 \text{ pF} \end{matrix}$$

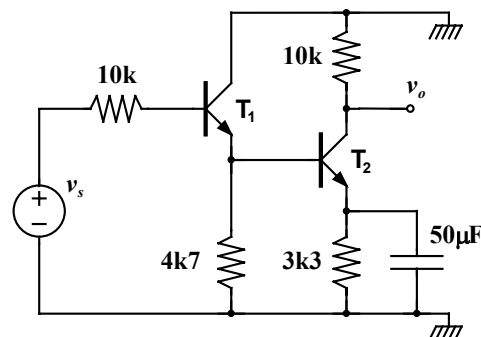
(Recorde: $g_m = I_C / V_T$; $r_\pi = \beta_o / g_m$; $I_D = K(V_{GS} - V_t)^2$)

- Determine as polarizações, com $v_s = 0$.
- Determine, às BF (i.e., desde $\omega = 0$ até às MF), os pólos e zeros de $A_v = v_o / v_s$, bem como o ganho para $\omega = 0$ e para as MF.
- Determine a contribuição de T_1 para o 1º pólo de AF, utilizando a aproximação do teorema de Miller com ganho às MF.
- Desenhe o diagrama de Bode da amplitude, desde as frequências próximas de zero até 4 vezes a frequência do 1º pólo às AF, considerando que este é o valor obtido em c), e indicando os valores relevantes, quer do ganho, quer das frequências dos pólos e zeros do circuito.
- Determine o zero introduzido por C_{gd} .



6. Considere o seguinte esquema equivalente para sinais de um amplificador, cujos transístores apresentam os seguintes parâmetros: $\beta_o = 100$, $C_\pi = 6$ pF, $C_\mu = 2$ pF e $g_{m1} = g_{m2} = 20$ mA/V.

- Determine, às BF (i.e., desde $\omega = 0$ até às MF), os pólos e zeros de $A_v = v_o / v_s$, bem como o ganho para $\omega = 0$ e para as MF.
- Determine a contribuição de T_1 para o 1º pólo de AF, utilizando o método das constantes de tempo.
- Determine a contribuição de T_2 para o 1º pólo de AF, utilizando a aproximação do teorema de Miller com ganho às MF.
- A partir dos resultados obtidos nas alíneas anteriores, estime o valor do 1º pólo às AF. Desenhe, também, o diagrama de Bode da amplitude, desde as frequências próximas de zero até 2 vezes a frequência do 1º pólo às AF, e indicando os valores relevantes, quer do ganho, quer das frequências dos pólos e zeros do circuito. Se não tiver determinado os valores dos zeros e pólos, arbitre valores sensatos e desenhe, a partir deles, o diagrama de Bode.

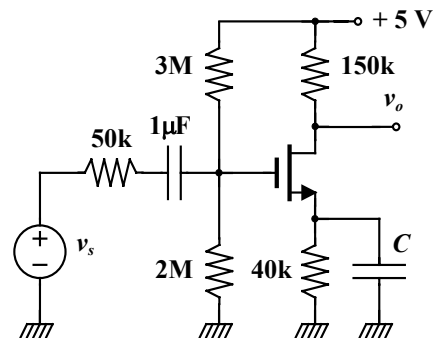


Soluções: a) $\omega_z = 6,06$ rad/s, $\omega_p = 399$ rad/s, $A_M = -192$, $A_L = -2,92$; b) $\tau_{T1} = 20,6$ ns; c) $\tau_{T2} = 77,1$ ns;

d) $\omega_H = 10,2$ Mrad/s.

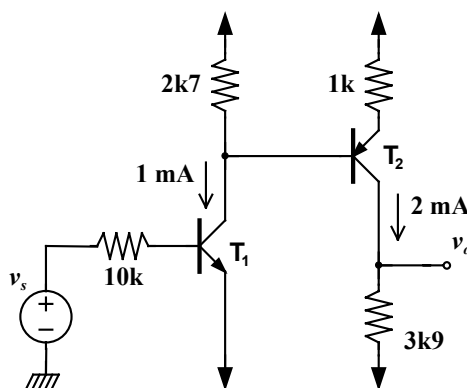
7. Considere o seguinte circuito amplificador, cujo transistor apresenta os seguintes parâmetros: $K = 0,5 \text{ mA/V}^2$, $V_t = 1 \text{ V}$, $C_{gs} = 5 \text{ pF}$ e $C_{gd} = 1 \text{ pF}$.

- Determine os valores das tensões e correntes do ponto de funcionamento estático do transistor e, ainda, o valor de g_m .
- Determine o valor da capacidade C , por forma que o zero que lhe está associado cancele o pólo do condensador de $1 \mu\text{F}$. Nessas condições, esboce o traçado, devidamente cotado, do diagrama de Bode da amplitude e fase do ganho $A_v = v_o / v_s$, desde ω próximo de zero até às MF.
- Determine o valor da frequência ω_H , usando a aproximação do teorema de ganho às MF.
- Determine os novos valores do ganho às MF e da frequência ω_H , quando suprime o condensador C .



8. O circuito seguinte, cujos transistores têm $\beta_o = 240$, $C_\pi = 50 \text{ pF}$ e $C_\mu = 1 \text{ pF}$, representa o esquema, para sinais, em malha aberta de um amplificador realimentado.

- Só nesta alínea, admita que a resistência de $1 \text{ k}\Omega$ é desacoplada por um condensador. Determine o valor que deverá ter a capacidade desse condensador por forma que a frequência inferior de corte a -3 dB seja 100 Hz . Justifique.
- Determine a contribuição de T_1 para o primeiro pólo, às altas frequências, usando o Teorema de Miller.
- Calcule a contribuição de T_2 para o primeiro pólo, às altas frequências, usando o método das constantes de tempo.

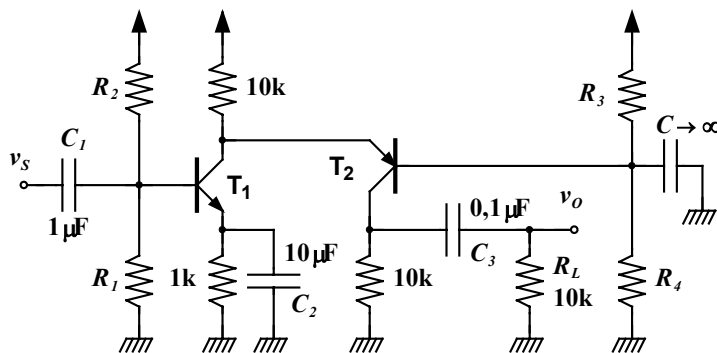


9. Considere o seguinte circuito amplificador para analisar às baixas e às altas frequências, em que a fonte de sinal tem uma resistência interna de $1 \text{ k}\Omega$, cujos transistores têm as características:

$$\begin{aligned} \beta_o &= 100 & V_A &\rightarrow \infty \\ I_C &= 1 \text{ mA} & f_T &= 100 \text{ MHz} \\ C_\mu &= 5 \text{ pF} \end{aligned}$$

e $R_1 // R_2 = R_3 // R_4 = 50 \text{ k}\Omega$, ($R_5 = 1 \text{ k}\Omega$).

- Determine o valor do ganho em tensão v_o / v_s , às médias frequências.
- Calcule uma estimativa da resposta às baixas frequências através da frequência inferior de corte, ω_L , pelo método das constantes de tempo.
- Suponha que retira o transistor T_2 , isto é, que liga o colector de T_1 directamente à carga R_L . Determine a frequência superior de corte, ω_H , do amplificador resultante. Para o amplificador completo, comente o efeito do segundo andar sobre a nova frequência superior de corte, ω_H , justificando.



10. Considere o seguinte circuito, cujos transistores bipolares têm $\beta_o = 200$ e o MOSFET tem $K = 0,5 \text{ mA/V}^2$, $V_t = 1 \text{ V}$ e $C_{gs} = C_{gd} = 2 \text{ pF}$, sendo $I_{D1} = 1,8 \text{ mA}$, $I_{C2} = 1,4 \text{ mA}$ e $I_{C3} = 12 \text{ mA}$.

- Determine o valor do ganho em tensão v_o / v_i , às médias frequências.
- Admitindo que a resposta às BF é exclusivamente condicionada por C_2 , esboce o traçado de Bode, devidamente cotado, da amplitude do ganho, na transição das BF para as MF, e indique o valor da frequência inferior de corte, ω_L .
- Determine a contribuição de T_1 para o primeiro pólo, às altas frequências.

