

Seminarul 4

Amplificatoare de semnal mic cu TB și TU

S4.1. Amplificatoare de semnal mic cu TB

Aplicații

Ap. 1 (Examen 2015). Pentru circuitul din fig. S4.1 se cunoaște: $Q_1 (V_{BE} = 0,6V, \beta_F = 100)$, C_1 și C_2 sunt scurtcircuit la frecvența de lucru (C_∞).

Se cere:

- PSF-ul și regimul de funcționare pentru Q_1 ;
- parametrii dinamici pentru Q_1 (g_m și r_π);
- schema de curent alternativ;
- schema echivalentă la semnal mic, frecvențe medii.
- amplificarea în tensiune, $a_v = v_o/v_i$ și rezistența de intrare, R_i .

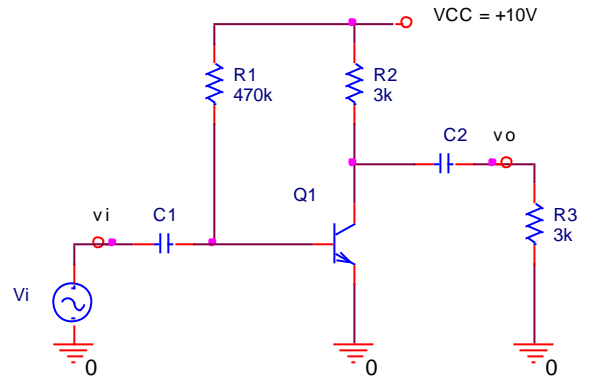


Fig. S4.1. Schema circuitului pentru ap. 1 TB

Rezolvare

S4 / Ap. 1-TB
(Examen 2015)

Q1 ($V_{BE} = 0,6V$, $\beta_F = 100$)

$C_1, C_2 \rightarrow \infty$

Se cere:

a) Pst-ul în regimul
de funcționare pt. Q1;

Rezolvare

a) Schema de c.c.

$C_1, C_2 \rightarrow \text{gol}$

$$\text{TKT}(\alpha_1): -V_{CC} + R_1 \cdot I_B +$$

$$+ V_{BE} = 0 \quad (1)$$

$$\text{TKT}(\alpha_2): -V_{CC} + R_2 I_C +$$

$$+ V_{CE} = 0 \quad (2)$$

$$I_C = \beta_F \cdot I_B \quad (3)$$

$$(1) I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} = \frac{10 - 0,6}{470} = \frac{9,4V}{470k\Omega} = 0,02mA$$

$$(3) \Rightarrow I_C = \beta_F \cdot I_B = 100 \cdot 0,02 = 2mA$$

$$(2) \Rightarrow V_{CE} = V_{CC} - R_2 I_C = 10 - 3 \cdot 2 = 4V$$

$$Q_1 (V_{BE} = 0,6V; V_{CE} = 4V; I_C = 2mA)$$

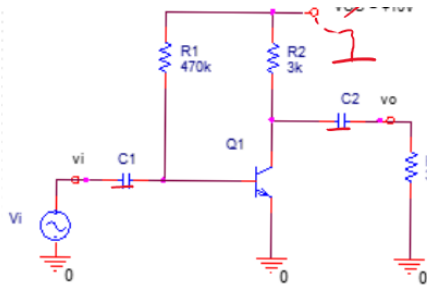
$$V_{CE} > V_{CE, \text{sat}} = 0,6V \Rightarrow Q \text{ în RAN}$$

$$V_{BE} = 0,6V$$

b) Parametrii dinamici pt. Q1 (g_m , r_{π}):

$$g_m = 40 \cdot I_C = 40 \cdot 2 = 80mA/V$$

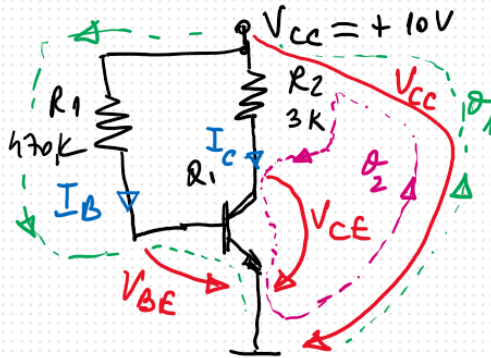
$$r_{\pi} = \frac{\beta_F}{g_m} = \frac{100}{80} = 1,25 \frac{V}{mA} = 1,25k\Omega$$



$$\text{În c.c.}$$

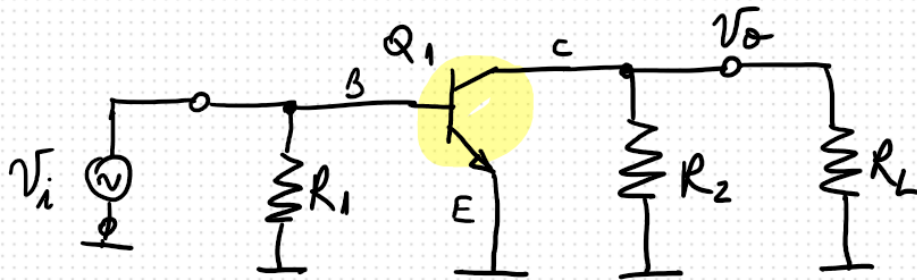
$$|Z_{c1}| = \frac{1}{2\pi f \cdot C_1} \rightarrow \infty$$

$$\text{în c.c. } f \rightarrow 0$$

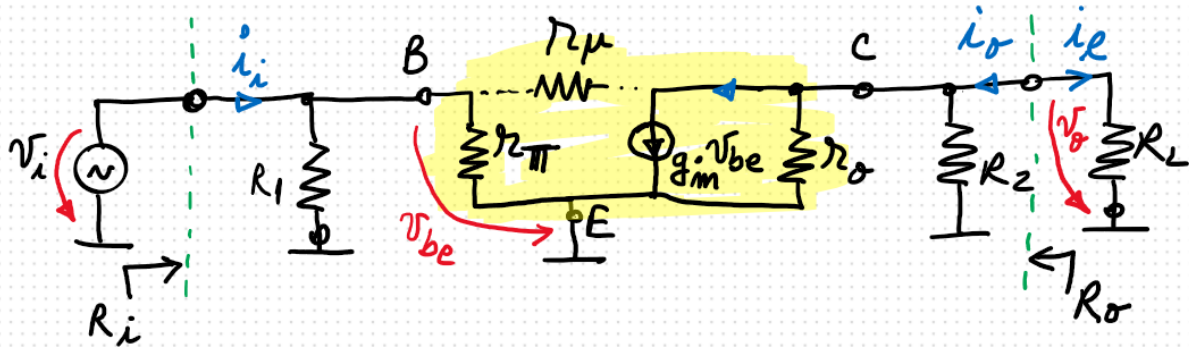


D 4 / Ap. 1b

c) Schema de c.a.



d) Schema echivalentă la semnal mic, frecvențe medii



$$e) a_v = \frac{v_o}{v_i}, R_i, (R_o)$$

$$v_i = v_{be}, \quad v_o = -g_m v_{be} \cdot (r_o \parallel R_2 \parallel R_L)$$

$$a_v \approx \frac{-g_m \cdot v_{be} (R_L \parallel R_2)}{v_{be}}$$

$$a_v = -g_m \cdot (R_L \parallel R_2) = -80 \frac{3 \cdot 3}{3+3} = -120 \frac{V}{V}$$

$$R_i = \frac{v_i}{i_i} = (R_1 \parallel r_{\pi}) = \frac{470 \cdot 1,25}{470 + 1,25} \approx 1,25 \text{ k}\Omega$$

$$R_o = \left. \frac{v_o}{i_o} \right|_{v_i=0} = r_o \parallel R_2 \approx R_2 = 3 \text{ k}\Omega$$

S4.2. Amplificatoare de semnal mic cu TU

Ap. 1. (Examen 2014) Pentru circuitul din fig. S4.2 se cunoaște că: $J_1 \equiv J_2$ ($I_{DSS} = 1 \text{ mA}$, $V_T = -2 \text{ V}$), condensatoarele sunt de tip $C\infty$.

Se cere:

- Tipul de dispozitive utilizate;
- PSF-urile și regimurile de funcționare pentru J_1 și J_2 ;
- Panta, g_m pentru J_1 ;
- Schema echivalentă de curent alternativ;
- Schema echivalentă la semnal mic, frecvențe medii;
- Amplificare în tensiune, a_v și rezistența de intrare, R_i .

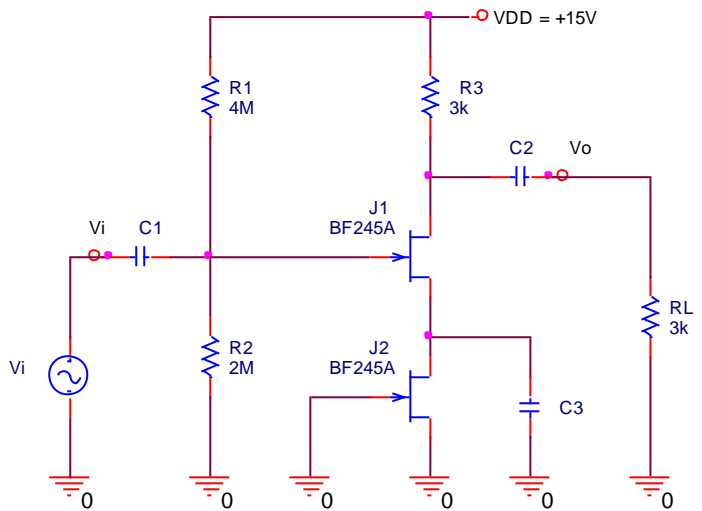
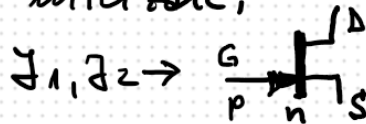


Fig. S4.2. Schema circuitului pentru ap. 1 TU

S4 / Ap 1 - TV
 $I_1 \equiv I_2$ ($I_{DSS} = 1\text{mA}$,
 $V_T = -2\text{V}$)
 $C_1, C_2, C_3 \rightarrow C\infty$
 a) Tipul dispozitiilor
 utilizate;



$I_1, I_2 \rightarrow$ TEC-7 cu canal n
 b) PSF-ul în regiunile de lucru pt. I_1 și I_2

Sch. c.c.

$I_{D1} = I_{D2} = I_D$
 Ec. de dispozitiv

$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_T}\right)^2$$

$$V_{GS2} = 0$$

$$\begin{cases} I_{D1} = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS1}}{V_T}\right)^2 \\ I_{D2} = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS2}}{V_T}\right)^2 \end{cases}$$

$$\Rightarrow V_{GS1} = V_{GS2} = 0, \quad I_D = I_{DSS} = 1\text{mA}$$

$$V_{G1} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{DD} = \frac{2}{2+4} 15 = 5\text{V}$$

$$V_{GS1} = 0 \quad \Rightarrow V_{S1} = V_{G1} = 5\text{V}$$

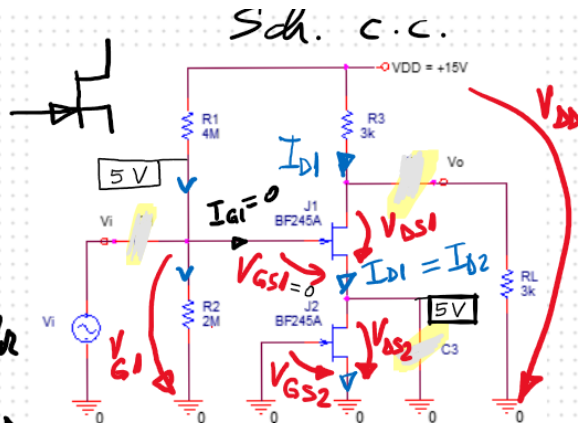
$$V_{DS1} = V_{DD} - R_3 I_D - V_{DS2} = 15 - 3 \cdot 1 - 5 = 7\text{V}$$

$$J_1 (V_{GS1} = 0; V_{DS1} = 5\text{V}; I_{D1} = 1\text{mA})$$

$$J_2 (V_{GS2} = 0; V_{DS2} = 7\text{V}; I_{D2} = 1\text{mA})$$

$$V_{DS, \text{sat}} = V_{GS} - V_T = 0 - (-2) = 2\text{V}$$

$V_{DS} > V_{DS, \text{sat}} \Rightarrow J_1, J_2$ în regiunea
 de saturatie (activă).



S4/ Ap 1b-TV

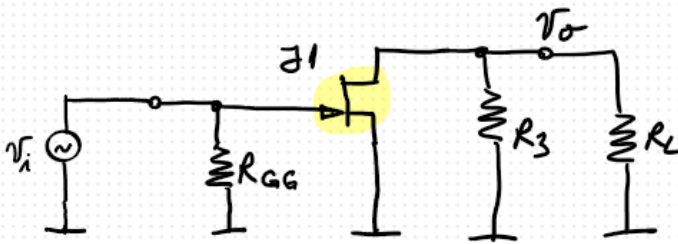
c) Panta, g_m $\mu A/V$

$$i_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{v_{GS}}{V_T}\right)^2$$

$$g_m = \left. \frac{\partial i_D}{\partial v_{GS}} \right|_{B_F} = \frac{2 I_{DSS}}{-V_T} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_T}\right)$$

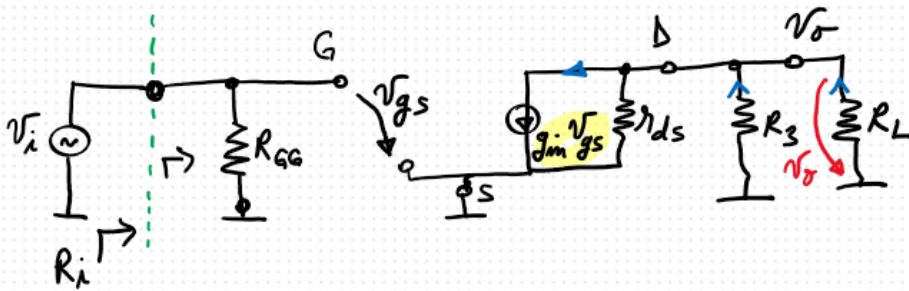
$$g_m = \frac{2 \cdot 1}{-(-2)} \left(1 - \frac{0}{-2}\right) = 1 \text{ mA/V}$$

d) Sch. c a.



$$R_{GG} = (R_1 || R_2) = \frac{2 \cdot 4}{2+4} = \frac{8}{6} = 1,33 \text{ M}\Omega$$

e) Schema echivalentă la semnal mic, frecv. medii

f) $a_v = ?$ $R_i = ?$

$$a_v = \frac{v_o}{v_i} \approx -g_m (R_3 || R_L)$$

$$v_i = v_{gs}$$

$$v_o = -g_m v_{gs} \cdot (\cancel{r_{ds}} || R_3 || R_L)$$

$$a_v = -1 \cdot 1,5 = -1,5$$

$$R_i = R_{GG} = \underline{\underline{1,33 \text{ M}\Omega}}$$

Ap. 2. (Examen 2015) Pentru circuitul din fig. S4.3 se cunoaște că: J_1 ($I_{DSS} = 18 \text{ mA}$, $V_T = -1,8 \text{ V}$), $D_1 \equiv D_2$ ($V_D = 0,6 \text{ V}$) și condensatoarele sunt de tip $C\infty$.

Se cere:

- Tipul de dispozitive utilizate;
- PSF-urile și regimurile de funcționare pentru J_1 ;
- Panta, g_m pentru J_1 ;
- Schema echivalentă de curent alternativ;
- Schema echivalentă la semnal mic, frecvențe medii;
- Amplificare în tensiune, a_v rezistența de intrare, R_i rezistența de ieșire, R_o și amplificarea în curent, a_i .

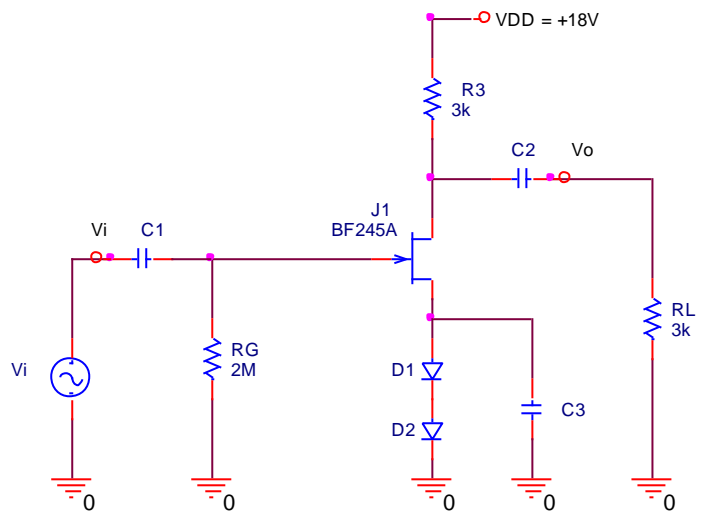
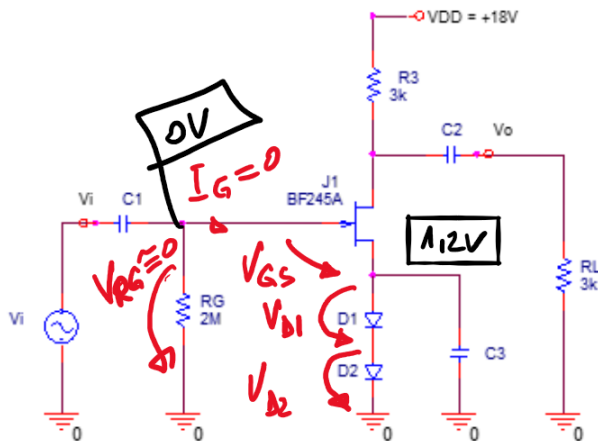


Fig. S4.3. Schema circuitului pentru ap. 2 TU

S4/Ap. 2 TV

$$V_{GS} \leq 0$$

$$V_T < V_{GS} < 0$$



$$V_{GS} = V_G - V_S =$$

$$= 0 - 1,2 = \underline{\underline{-1,2 \text{ V}}}$$

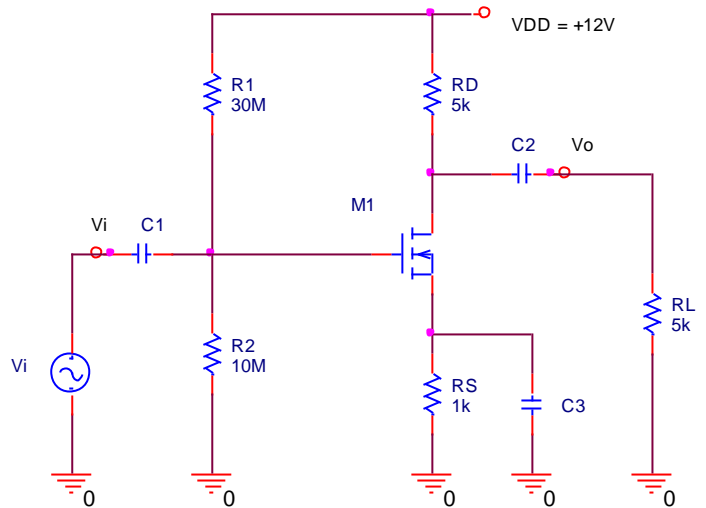
$$V_{GS} = -2V_{D1} = \underline{\underline{-1,2 \text{ V}}}$$

Seminarul 4

Ap. 3. M_1 ($V_T = 1\text{V}$, $\beta = 1\text{mA/V}^2$),
condensatoarele sunt C_∞ .

Se cere:

- Tipul de dispozitiv utilizat;
- PSF-urile și regimurile de funcționare pentru M_1 ;
- Panta, g_m pentru M_1 ;
- Schema echivalentă de curent alternativ;
- Schema echivalentă la semnal mic, frecvențe medii;
- Amplificare în tensiune, a_v rezistența de intrare, R_i rezistența de ieșire, R_o și amplificarea în curent, a_i .



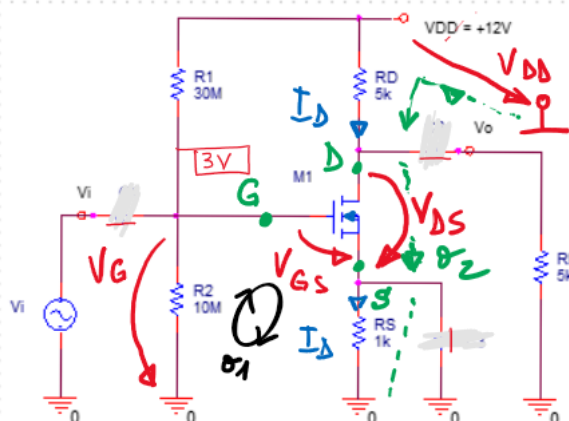
SH / AP3 - TU

$$M_1 (V_T = 1V; \beta = 1 \text{ mA/V}^2)$$

Sei ora:

a) Tipul de dispozitiv
utilizat;

Räspuns



TEC-MOS en canal induc n)

b) PSF-ml

$$V_G = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{DD} = \frac{10}{10 + 30} 12 = 3V$$

$$T_{KT(\sigma_1)}: -V_G + V_{GS} + R_S I_D = 0 \quad (1)$$

$$TKT(\alpha_2): -V_{DD} + R_D I_D + V_{DS} + R_S I_S = 0 \quad (2)$$

ϵ_c de dispositif: $I_D = \beta (V_{GS} - V_T)^2 (3)$

$$V_{DS} > V_{DS, \text{sat}}$$

$$V_{GS} > V_T = 1V$$

$$(1) + (3) \rightarrow V_{GS} \xrightarrow{(+1)} I_D$$

(2) $\rightarrow V_{DS}$

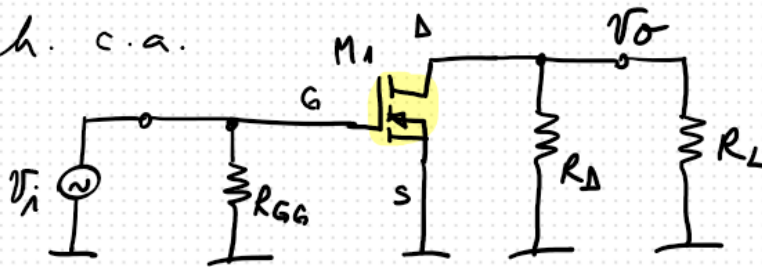
c) Pauta 1 gm pA. M1 $i_D = \beta (V_{GS} - V_T)^2$

$$g_m = \left. \frac{\partial I_D}{\partial V_{GS}} \right|_{PSF} = 2\beta(V_{GS} - V_T)$$

d) Sch. c.a.

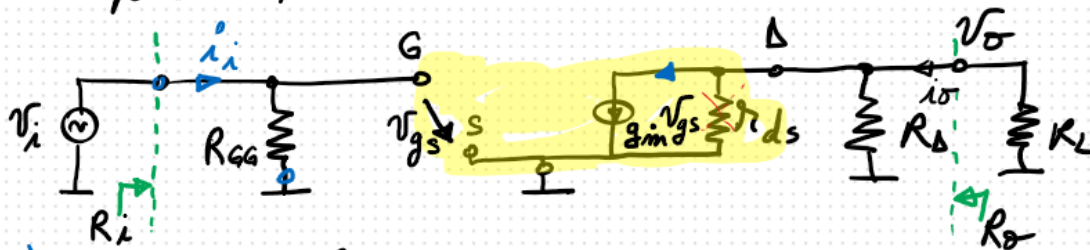
S4 / Ap 36 - TV

d) Sch. c.a.



$$R_{GG} = (R_1 \parallel R_2)$$

e) Schema echivalentă la semnal mic, frecvențe medii



f) a_v, a_i, R_i, R_o

$$a_v = \frac{v_o}{v_i} \approx -g_m (R_D \parallel R_L)$$

$$R_i = \frac{v_i}{i_i} = R_{GG} = (R_1 \parallel R_2) = \frac{30 \cdot 10}{30 + 10} = 7.5 \text{ M}\Omega$$

$$R_o = \frac{v_o}{i_o} \Big|_{v_i=0} = R_D \parallel r_{ds} \approx R_D = 5 \text{ k}\Omega$$

$$a_i = \frac{i_o}{i_i} = g_m \cdot v_{gs} \cdot \frac{R_D}{R_D + R_L} \cdot \frac{R_{GG}}{v_{gs}} = g_m \cdot \frac{R_D}{R_D + R_L} \cdot R_{GG}$$

$$i_i = \frac{v_{gs}}{R_{GG}}$$

$P_p. \quad 10 \text{ mA/V}$

$$(a_i = 10 \text{ mA/V} \cdot \frac{1}{2} \cdot 7500 \text{ k}\Omega = 37500)$$