

1 Amplificateur différentiel JFET canal P à charges actives bipolaires

On considère le montage “recopieur de courant” de la figure 1 qui utilise des transistors NPN identiques, à la même température $T = 25^\circ\text{C}$ et tels que :

- $\beta = 250$
- Tension de Early : $V_A = -150 \text{ V}$.

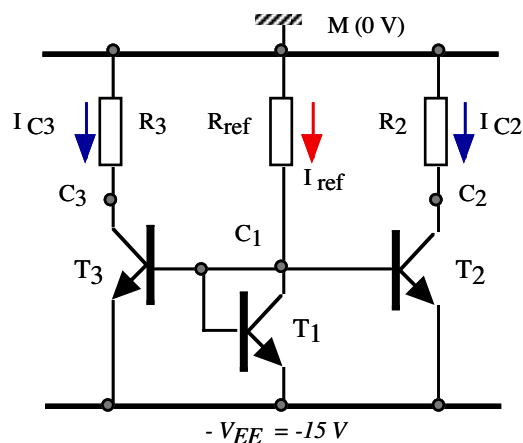


Figure 1

1) Sachant que : $I_C = I_{SBC} \exp\left(\frac{V_{BE}}{U_T}\right)$, rechercher l’expression des courants de collecteur I_{C3} et I_{C2} en fonction du courant I_{ref} et du gain en courant β des transistors.

2) On désire fixer à $100 \mu\text{A}$ le courant de repos de collecteur de T_2 et T_3 . Calculer la valeur de la résistance R_{ref} .

3) Dessiner le schéma équivalent au montage, aux petites variations et aux fréquences moyennes. Pour l’analyse, il est commode de faire apparaître les résistances R_3 et R_2 respectivement à l’extrême gauche et droite du schéma.

4) En déduire l’expression de la résistance de sortie r_3 du montage vue par la résistance R_3 entre le collecteur C_3 et la masse. Faire l’application numérique sachant que $|V_A| \gg V_{CE3}$. De la même manière, donner l’expression de la résistance de sortie r_2 du montage vue par la résistance R_2 entre le collecteur C_2 et la masse.

Le montage de la figure 1 (sans les résistances R_2 et R_3) sert en fait de “charges actives” à deux transistors T_4 et T_5 JFET canal P identiques à $T = 25^\circ\text{C}$, de manière à réaliser un étage différentiel (figure 2) polarisé par un générateur de courant I_0 parfait tel que $I_0 = 200 \mu\text{A}$.

Les transistors JFET canal P sont tels que :

- $I_{DSS} = 10 \text{ mA}$
- $V_P = +1 \text{ V}$
- $\lambda = (1/150) \text{ V}^{-1}$

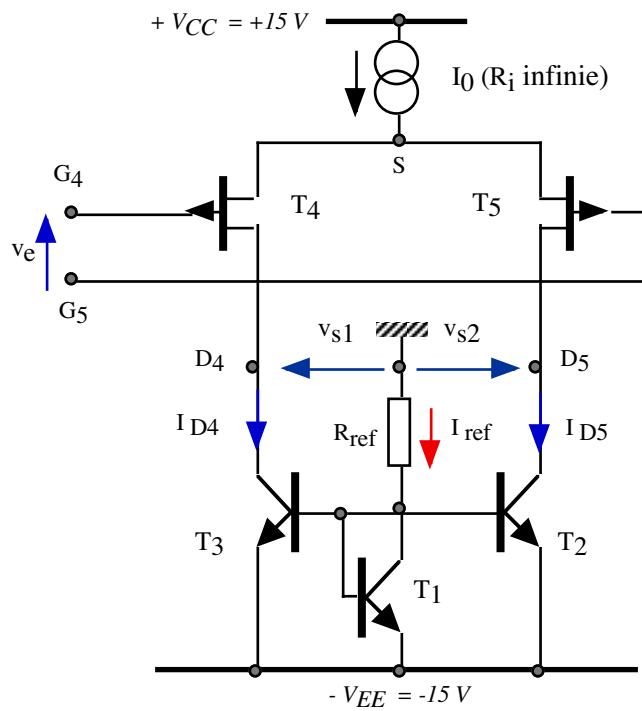


Figure 2

5) Compte-tenu des résultats de la simulation de la question 4, dessiner le schéma équivalent, aux petites variations et aux fréquences moyennes, du montage de la figure 3.

Calculer, en négligeant $I_{V_{DS}}$ devant 1, les paramètres r_{ds} et g_m des JFET T_4 et T_5 .

6) Déterminer l'expression du gain différence $A_d = \frac{v_{s1} - v_{s2}}{v_e}$. Faire l'application numérique.

CORRIGE

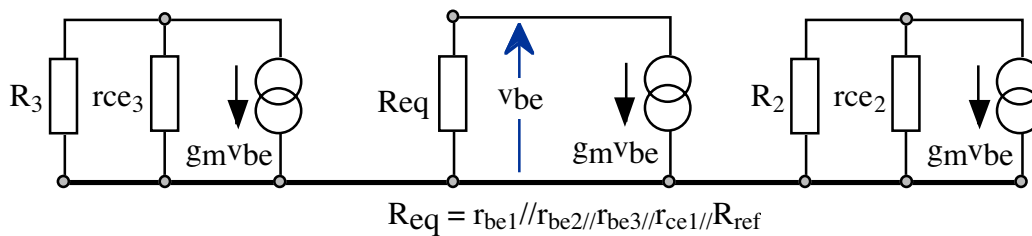
Q1 :

Les tensions V_{BE} sont identiques car les bases d'une part et les émetteurs d'autre part sont reliés. Les courants de collecteurs sont alors égaux.

$$I_{C2} = I_{C3} = I_{ref} \frac{1}{1 + \frac{1}{\beta}} \approx I_{ref}$$

Q2 : $R_{ref} = 142 \text{ k}\Omega$

Q3 :

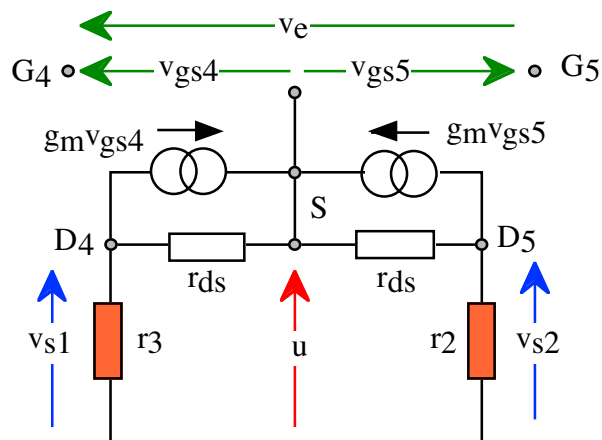


Q4 : Ecrire l'équation de la maille centrale : $-g_m v_{be} - \frac{v_{be}}{R_{eq}} = 0$ qui a pour solution $v_{be} = 0$.

Alors les générateurs de courants dépendants : $g_m \cdot v_{be}$ sont nuls (circuits ouverts).

Dans ces conditions : $r_2 = r_3 = r_{ce2} = r_{ce3} = 1,5 \text{ M}\Omega$.

Q5 :



$$r_{ds} = \frac{1}{\lambda I_D} = 1.5 \text{ M}\Omega$$

$$g_m = \frac{2}{|V_P|} \sqrt{I_{DSS} I_D} = 2 \text{ mS}$$

Q6 :

$$V_e = V_{gs4} - V_{gs5}$$

L'équation au nœud D_4 permet d'exprimer la tension u :

$$u = -v_{s1} \left(1 + \frac{r_{ds}}{r_3}\right) - g_m r_{ds} v_{gs4}$$

De même au nœud D_5 :

$$u = -v_{s2} \left(1 + \frac{r_{ds}}{r_2}\right) - g_m r_{ds} v_{gs5}$$

Soit en égalant les deux équation et en remarquant que : $r_2 = r_3 = r$

$$A_d = \frac{v_{s1} - v_{s2}}{v_e} = -g_m \frac{r_{ds}}{1 + \frac{r_{ds}}{r}} = -1500$$