

CONTRÔLE FINAL D'ÉLECTRONIQUE ANALOGIQUE

Document autorisé : photocopié de cours uniquement - Durée : 2 h

Le but de ce problème est d'étudier une partie d'un amplificateur opérationnel compensé. La première partie concerne l'étude de l'étage d'entrée : une paire différentielle à base de transistor JFET. La seconde partie permet d'étudier le montage émetteur commun qui suit la paire différentielle. Les deux parties sont indépendantes.

1^{ÈRE} PARTIE

On considère le montage de la figure 1, constitué de deux transistors JFET canal N, caractérisés par une tension de seuil $V_T = -3 \text{ V}$ et un courant de saturation $I_{DSS} = 10 \text{ mA}$. Les deux transistors ont les mêmes caractéristiques. On désignera par : V_{S1} et V_{S2} les tensions de source, V_{G1} et V_{G2} les tensions de grille et V_{D1} et V_{D2} les tensions de drain.

Données numériques : $E = 15 \text{ V}$, $R_D = 8.2 \text{ k}\Omega$

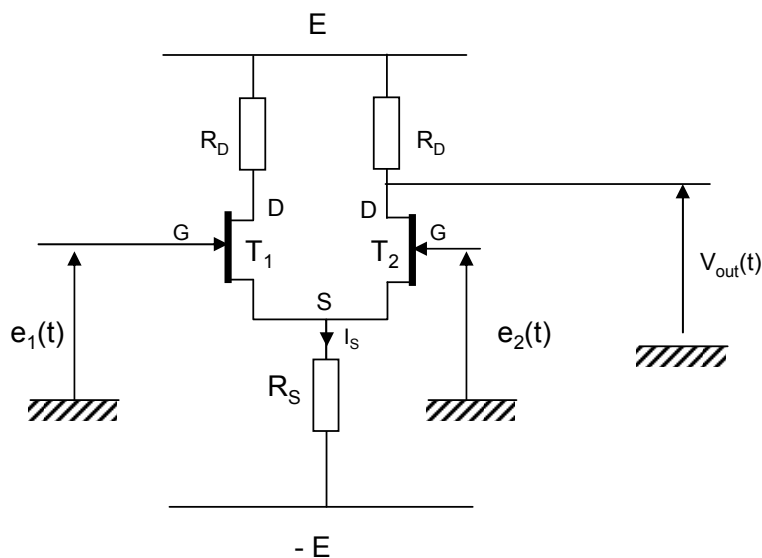


FIG. 1 – Etage d'entrée d'un amplificateur opérationnel.

1. Etude de la polarisation.

On considère pour cette partie que les deux grilles sont reliées à la masse ($e_1(t) = 0$ et $e_2(t) = 0$). On veut un courant de polarisation de 1 mA dans chaque branche.

- Que vaut alors le courant I_S ?
- Déterminer la tension V_{GS} que l'on doit avoir sur chaque transistor JFET. (On déterminera les deux valeurs mathématiquement possibles pour la tension V_{GS} et justifiera quelle est la valeur physiquement acceptable).
- Déterminer alors la potentiel V_S .
- Montrer alors que la valeur $R_S = 8.5 \text{ k}\Omega$ permet de satisfaire ce point de polarisation.

- (e) Calculer la transconductance g_m du transistor au point de polarisation considéré.
- (f) Calculer le potentiel V_D .

2. Etude en régime petits signaux.

On s'intéresse dans cette partie au comportement du montage en régime de petits signaux, dans la bande passante.

- (a) Déterminer le schéma petits signaux du montage complet (pour les transistors, on ne prendra pas en compte la résistance de fuite en parallèle avec les sources de courant).
- (b) Que valent les impédances d'entrées (relatives à chaque branche) du montage ? Justifiez alors l'emploi de ces transistors.

On considère que la tension de sortie du montage correspond à la tension de drain du transistor 2 ($v_{out} = v_{D2}$). Comme dans tout montage différentiel asymétrique, on définit le gain de mode différentiel A_d vis à vis de l'entrée différentielle $v_{diff} = (e_1 - e_2)$ et le gain de mode commun A_c vis à vis de l'entrée commune $v_{com} = (e_1 + e_2)/2$.

(c) Etude du mode Commun.

On considère que $e_1 = e_2$.

- i. Indiquer la méthode permettant de calculer le gain de mode commun A_c à l'aide de la tension e_2 .
- ii. Ecrire les relations entre e_1 , v_{GS1} et v_S d'une part (relation 1) et e_2 , v_{GS2} et v_S d'autre part (relation 2).
- iii. En déduire la relation entre v_{GS1} et v_{GS2} .
- iv. Exprimer le potentiel v_S en fonction de v_{GS2} .
- v. Exprimer alors le potentiel e_2 en fonction de v_{GS2} .
- vi. Exprimer la tension v_{out} en fonction de v_{GS2} , puis de e_2 .
- vii. En déduire l'expression du gain de mode commun A_c . Faire l'application numérique.

(d) Etude du mode différentiel.

On considère que $e_1 = -e_2$.

- i. Indiquer la méthode permettant de calculer le gain de mode différentiel A_d à l'aide de la tension e_1 .
- ii. Exprimer v_S en fonction de v_{GS1} , v_{GS2} , g_m et R_S .
- iii. A l'aide des relations 1 et 2 et de la question précédente, montrer que la tension v_S est nulle et en déduire la relation entre v_{GS1} et v_{GS2} .
- iv. Exprimer la tension v_{out} en fonction de v_{GS2} , puis de e_1 .
- v. En déduire l'expression du gain de mode commun A_d . Faire l'application numérique.
- vi. Evaluer le taux de réjection de mode commun A_d/A_c (en dB).
- vii. Conclusion ? Que faudrait-il faire pour améliorer les performances du système ?

On considère dans cette partie le montage de la figure 2, qui constitue le deuxième étage d'un amplificateur opérationnel compensé. Le condensateur C_c permet de réaliser une contre-réaction et de stabiliser l'amplificateur opérationnel : l'ensemble constitue alors un système d'ordre 1. La fréquence maximale d'utilisation est plus faible, mais la marge de phase associée au système est plus importante : on perd donc en rapidité, mais on gagne en stabilité.

On supposera dans cette partie que seul le condensateur C_c intervient dans le comportement en fréquence. On supposera donc que la capacité C_E est idéale : elle est équivalente à un circuit ouvert pour les signaux constants et à un circuit fermé pour tous les autres signaux. On négligera l'influence des condensateurs internes au transistor.

On prendra les valeurs numériques suivantes :

$$\begin{aligned} R_c &= 10 \text{ k}\Omega \\ R_E &= 47 \text{ k}\Omega \\ C_c &= 30 \text{ pF} \\ \beta &= 150 \end{aligned}$$

On considère que la tension V_B est la somme d'une tension constante (de polarisation) $V_{B0} = 7 \text{ V}$ et d'une tension variable v_B .

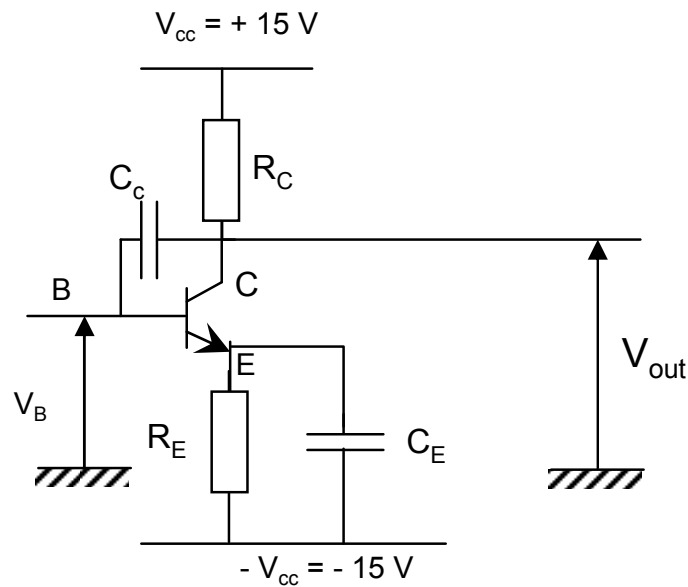


FIG. 2 – Deuxième étage d'un amplificateur opérationnel

1. Déterminer le point de polarisation (I_C, V_{CE}).
2. En déduire la valeur de la résistance dynamique base-émetteur r_{be} .
3. Déterminer le schéma petits signaux du montage (en prenant en compte uniquement le condensateur C_c).
4. Exprimer la tension de sortie v_{out} en fonction du courant qui circule dans le collecteur et du courant qui circule dans le condensateur C_c (courant dont on choisira une convention que l'on fera figurer sur le schéma).
5. Exprimer le courant qui circule dans le condensateur C_c en fonction des tensions v_B et v_{out} .

6. En déduire que le gain de cet étage se met sous la forme :

$$\frac{v_{out}}{v_B} = A_v \frac{1 - j \frac{\omega}{\omega_0}}{1 + j \frac{\omega}{\omega_1}}$$

où A_v est le gain dans la bande passante. On exprimera les 3 paramètres A_v , ω_0 et ω_1 .

7. Faire les applications numériques (on donnera les fréquences correspondantes). Commenter.
8. Tracer le diagramme de Bode en amplitude du système.
9. Quelle est la fréquence de coupure du système ?

FIN DU PROBLÈME