

Module 3GE-EC1 – Janvier 2016

Durée 3h, tous documents interdits sauf un formulaire manuscrit sur une page A4 recto/verso.

On veillera à des réponses succinctes mais justifiées.

Le barème est donné à titre indicatif [A→8pts (1h10), B→3pts (20mn), C→9pts (1h30)]

Partie A : Questions de cours n°1

On considère l'amplificateur de la figure 1. Les transistors présentent un gain en courant de 100, une tension d'Early de 200 V. Les transistors NPN sont identiques entre eux, de même que les transistors PNP. En polarisation normale linéaire, on prendra $V_{BE}=0.6\text{ V}$ sauf pour les transistors Q_{13} à Q_{16} . Les potentiels statiques en e_1 , e_2 et H sont nuls.

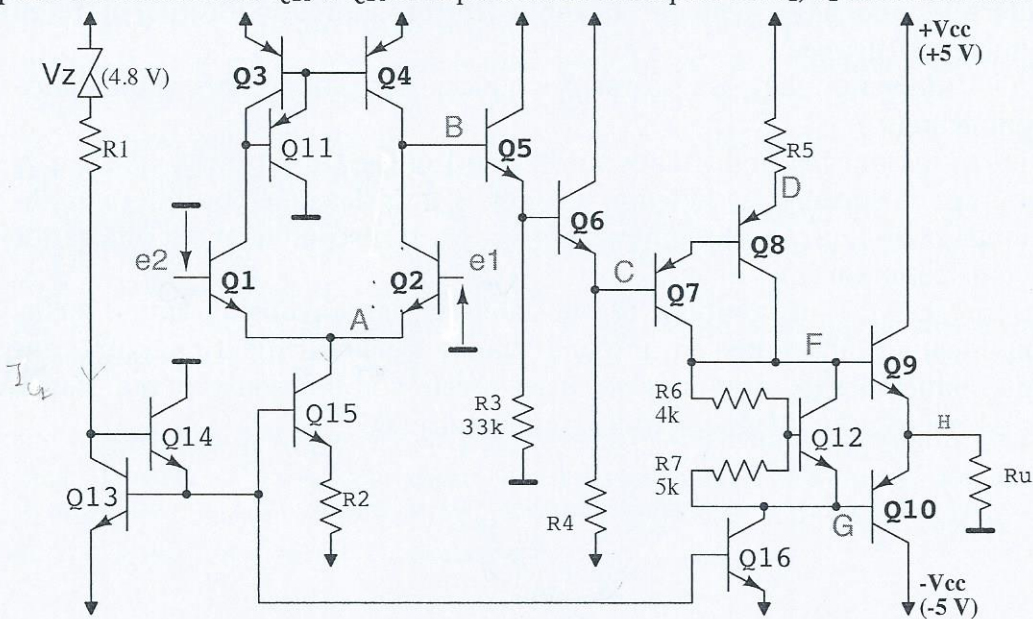


Fig.1

- A.1. Expliquer succinctement pourquoi les courants statiques collecteur de Q_1 et Q_2 sont égaux ?
- A.2. Quel est le rôle du transistor Q_{11} ? Par quoi peut-il être remplacé du point de vue fonctionnel ?
- A.3. Les caractéristiques statiques des transistors Q_1 et Q_3 d'une part et Q_2 et Q_4 d'autre part sont identiques. Dessiner schématiquement les caractéristiques statiques de Q_2 et Q_4 dans le même plan $I_c(V_{CE})$ – on négligera l'influence du courant base statique de Q_5 et on évaluera au préalable le potentiel au point A.
- A.4. En déduire et calculer la valeur du potentiel statique au point B.
- A.5. Déterminer la valeur de la résistance R_1 pour obtenir un courant $I_1=1\text{ mA}$ dans R_1 .
- A.6. Déterminer R_2 pour polariser les transistors Q_1 et Q_2 avec un courant collecteur de $50\text{ }\mu\text{A}$.
- A.7. On considérera Q_{15} comme une source de courant parfaite. Exprimer et calculer l'impédance dynamique de sortie de l'étage différentiel, Z_s .
- A.8. Q_{16} représente un ensemble de 10 transistors en parallèle, identiques à Q_{13} . Evaluer le courant de polarisation statique de Q_8 .

- A.9. On considérera une valeur de l'ordre de la dizaine de kilo-ohms pour R_4 . Exprimer et calculer l'impédance d'entrée dynamique vue de la base de Q_5 , Z_e . On sera amené à faire des approximations pour mener à bien l'application numérique. Commentaire(s) ?
- A.10. Quelle est la classe de polarisation de l'étage de sortie ? On pourra appuyer le commentaire sur le calcul de la différence de potentiel entre F et G.

Bonus

- A.11. Exprimer et calculer l'impédance dynamique vue du collecteur de Q_{15} (les transistors Q_1 et Q_2 sont polarisés sous $50 \mu\text{A}$).
- A.12. Dessiner le schéma électrique équivalent en petits signaux du montage différentiel.

Partie B : question de cours n°2

On considère le modèle au sens de Thévenin/Norton d'un amplificateur différentiel à transconductance (figure 2).

- B.1. Quelles doivent être les caractéristiques des différentes impédances de l'amplificateur ?
- B.2. En notant g_1 la transconductance sur la voie 1 et $(-g_2)$, celle sur la voie 2, exprimer le courant de sortie, i_s , en fonction de v_1 et v_2 , puis des tensions différentielle, v_d et de mode commun, v_{mc} . On notera g_d et g_{mc} les transconductances différentielle et de mode commun.
- B.3. Le terme lié à v_{mc} introduit une erreur dans l'expression du courant de sortie, i_s , de l'amplificateur différentiel à transconductance. Quel écart peut-on tolérer entre les transconductance g_1 et g_2 , pour que cette erreur soit inférieure au pourcent quand $i_s = 1 \mu\text{A}$ pour $v_d = 10 \mu\text{V}$ et $v_{mc} = 1 \text{V}$? Commentaire(s) ?

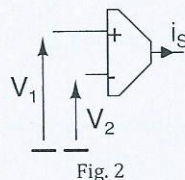


Fig. 2

Partie C : Etude du principe d'un régulateur linéaire de tension.

La figure 3 présente un schéma de principe d'un régulateur linéaire de tension : un composant à trois broches. Celui-ci régule le courant dans une charge connectée à la référence de tension pour atteindre une tension de sortie fixe, malgré les éventuelles variations de la tension d'entrée (figure 3). La régulation est organisée autour de l'amplificateur différentiel à transconductance de la figure 2, qui module une source de courant principal. La valeur du courant de sortie est limitée par une fonction de protection. Le courant de sortie est mesuré aux bornes d'une résistance shunt de très faible valeur.

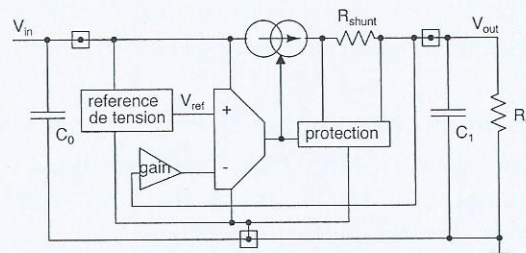


Fig. 3

On considère le schéma de la figure 4 où les courants d'entrée de polarisation de l'amplificateur différentiel seront négligés. Les transistors ont des gains en courant identiques ($\beta=100$).

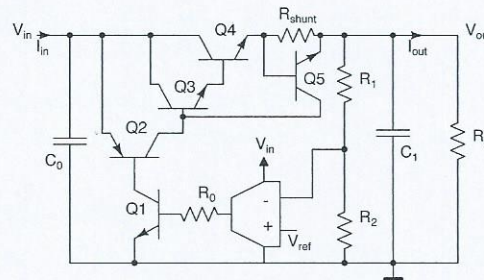


Fig. 4

- C.1. Identifier le schéma de la figure 4 à celui de la figure 3.
- C.2. Ecrire une relation entre le courant base du transistor Q_1 et le courant d'entrée I_{in} . On justifiera les simplifications possibles dans cette expression.
- C.3. On notera s la transconductance différentielle de l'amplificateur différentiel. On néglige l'effet du mode commun sur l'amplificateur différentiel. Ecrire une relation entre le courant base de Q_1 , la tension de référence et la tension de sortie. On négligera l'effet de la résistance R_{shunt} .
- C.4. En négligeant le courant dévié par R_1 et R_2 , ainsi que le courant de polarisation de l'amplificateur différentiel à transconductance, écrire une relation entre I_{in} et I_{out} . En déduire une relation entre V_{out} et V_{ref} . Conclusion ?
- C.5. Expliquer comment le courant de sortie est limité. Evaluer la valeur limite du courant de sortie pour $R_{shunt}=0.1\Omega$.

Le circuit de principe de la figure 5 va permettre d'évaluer l'influence d'une variation de la tension d'entrée, V_{in} , du régulateur de tension sur la tension de sortie, V_{out} . Le condensateur de sortie est représenté avec deux éléments parasites de faibles valeurs, une résistance série et une inductance série.

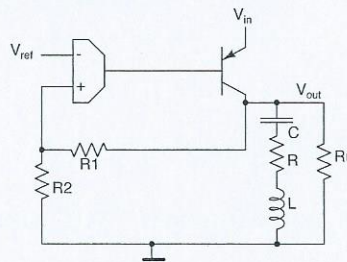


Fig. 5

- C.6. Quel est l'effet de l'inductance parasite L quand une perturbation à haute fréquence sur la tension V_{in} est transmise vers la tension de sortie, V_{out} ?
- C.7. Tracer un schéma électrique équivalent au montage de la figure 5, en régime de petits signaux, vis-à-vis des perturbations sur la tension V_{in} . On considérera que V_{ref} est une tension continue parfaite et que l'amplificateur différentiel à transconductance est insensible aux perturbations de son alimentation. On tiendra compte de l'impédance de sortie du transistor PNP.
- C.8. Montrer que la fonction de transfert v_{out}/v_{in} peut se mettre sous la forme suivante :

$$\frac{h_{22}R_u}{1 + kR_u} \frac{1 + j\frac{\omega}{\omega_1} + (j\frac{\omega}{\omega_2})^2}{1 + j\frac{\omega}{\omega_1} + (j\frac{\omega}{\omega_2})^2}$$

avec $k = h_{22} + \beta s \frac{R_2}{R_1 + R_2}$ où s est la transconductance de l'amplificateur différentiel. Expliciter les fréquences de coupure ω_1 et ω_2 .