

Examen final - GEL-2002 H21

Amine Miled

19 avril 2021

La durée de l'examen est de 2h50.

1. Questions théoriques (2 points)

1. Démontrez la relation suivante $\frac{R_c}{2r_{oT_3}} \cdot \frac{\Delta g_m}{g_m}$ qui lie le gain en mode commun d'un amplificateur différentiel à la variation de la transconductance g_m de ses transistors d'entrée tel que montré à la Figure 1.
2. Quelles sont les trois propriétés d'un amplificateur opérationnel idéal ?

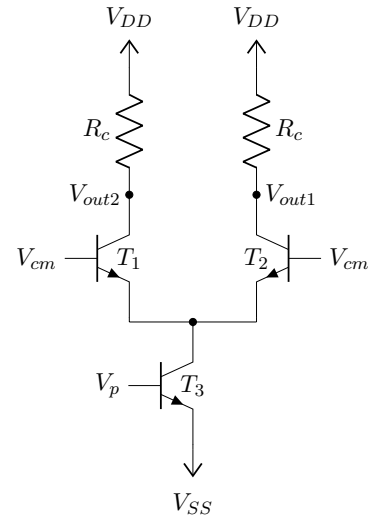


FIGURE 1 – Circuit pour la question 1

2. Problème (12 points)

On désire détecter les vibrations à la surface de la planète Mars. Ainsi, on implémente un circuit qui amplifie le signal électrique d'un système mécanique de détection de vibrations appelées piézo-électriques. Considérez que les diodes sont l'équivalent d'une source de tension V_D et d'une résistance r_D .

1. Calculez le gain des deux boucles de rétroaction du circuit.
2. Identifiez l'étage de pré-amplification, l'étage ou les étages d'amplification et l'étage ou les étages de sortie. Expliquez le rôle de chaque étage.
3. Dessinez le modèle **GRAND** signal de l'amplificateur différentiel en mode commun, puis en mode différentiel sans tenir de compte de l'étage suivant.
4. Dessiner le modèle **PETIT** signal de l'étage différentiel.
5. Trouvez l'expression du gain en mode commun en fonction de ΔR_1 .
6. Trouvez l'expression du gain différentiel $\frac{V_{out1}}{V_{in(-)} - V_{in(+)}}$.
7. Trouvez l'expression du CMRR.
8. Notez que les étages 2, 3 et 4 sont en boucle fermée.
 - a) Redessinez les étages 2, 3 et 4 du circuit en boucle ouverte en faisant les changements nécessaires en enlevant la rétroaction. Expliquez votre démarche.
 - b) Dessinez les **modèles des amplificateurs équivalents** des étages 2, 3 et 4. Expliquez votre démarche en passant par les modèles petit signal.
 - c) Déduisez le gain équivalent de ce circuit en boucle ouverte.
 - d) Trouvez les expressions de la résistance d'entrée, de sortie et du gain en boucle fermée.
 - e) Dessinez le nouveau modèle du circuit équivalent.
9. Trouver l'expression du gain du circuit en entier en boucle ouverte $\frac{V_{out}}{V_{id}}$.
10. Trouver l'expression du gain du circuit en entier en boucle fermée $\frac{V_{out}}{V_{id}}$.
11. Quelle est la classe de l'amplificateur du dernier étage (A, B ou AB) ? Justifiez votre réponse en donnant les propriétés de cette classe. Comment améliorer cet étage ? (dessinez le nouveau circuit).

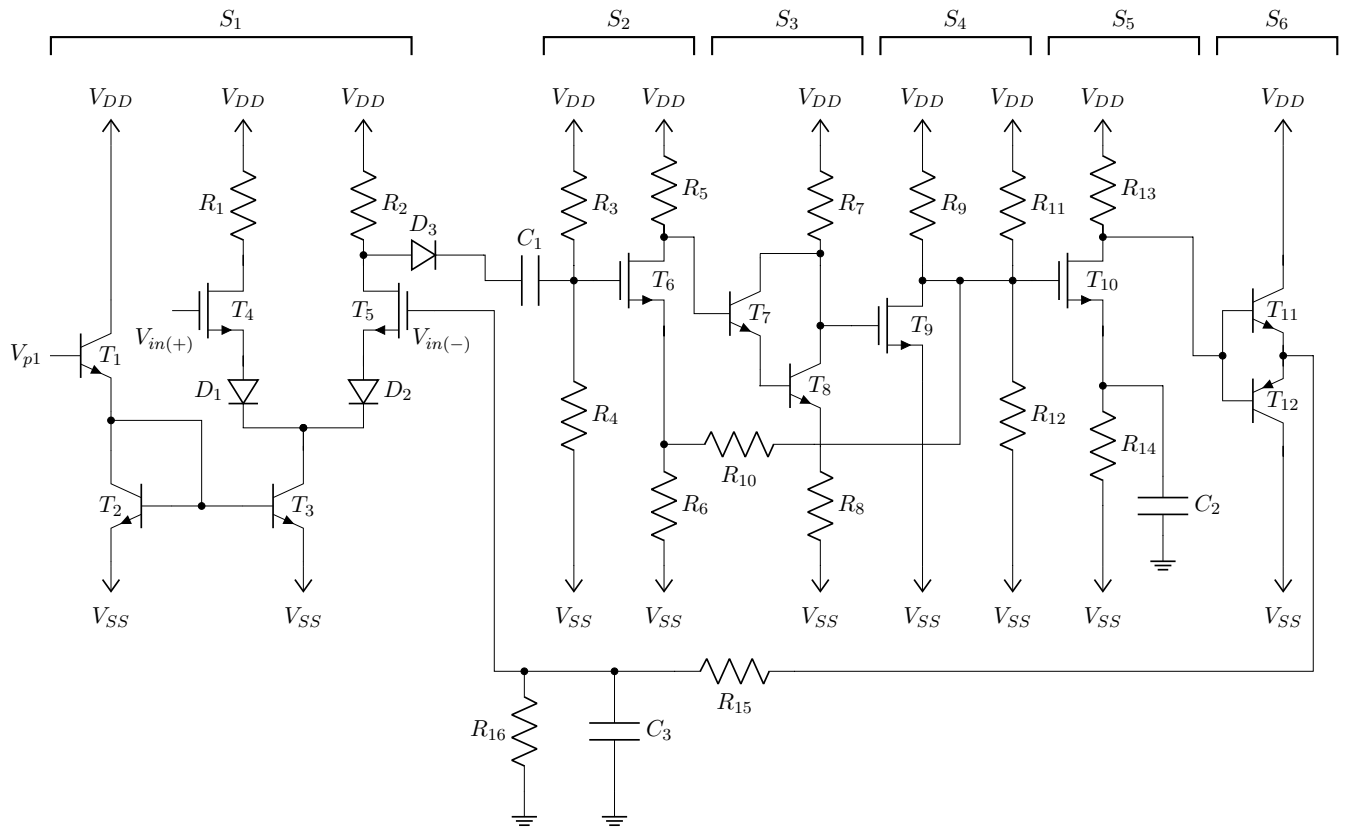


FIGURE 2 – Circuit pour la question 2

3. Exercice 1 (3 points)

Soit le circuit suivant :

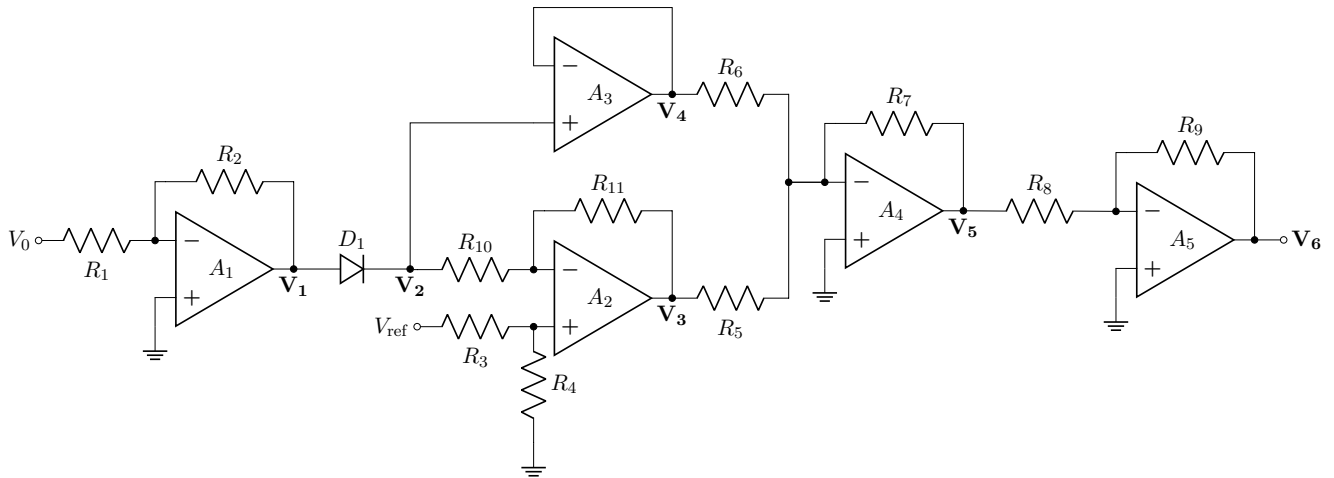


FIGURE 3 – Circuit pour l'exercice 1

Trouvez les expressions des tensions ($V_1, V_2, V_3, V_4, V_5, V_6$) en fonction de V_0, V_{ref}, V_D et des résistances. Vous devez démontrer tous les relations. Les amplificateurs sont tous alimentés en V_{DD} et $-V_{DD}$.

4. Exercice 2 (3 points)

Implémentez les fonctions suivantes en utilisant **uniquement** les amplificateurs.
 $V_T = 25 \text{ mV}$ et $I_S = 1 \text{ mA}$ (courant de fuite des diodes).

1. $Z = 4 \ln(3X - 2Y) + 5Z$
2. $W = 3Z^2 + 2XY$