

Cours : GEL-21949 Électronique des composants intégrés

Professeur : Maxime Dubois

**Examen final**

**Question #1 (25 points)**

Soit le convertisseur voltage-fréquence suivant:

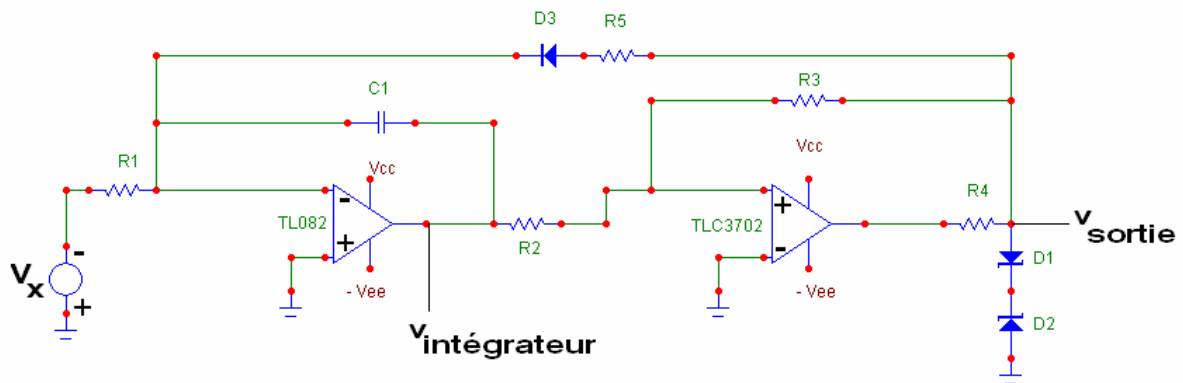


Figure 1

Noter que le voltage de contrôle  $V_x$  est négatif. C'est pourquoi la diode D3 a sa cathode branchée sur R1. De plus, la sortie de ce convertisseur voltage/fréquence est écrêtée à l'aide des diodes zener D1 et D2.

On utilise comme valeur  $R1 = R2 = R3 = 100 \text{ k}\Omega$ ,  $R4 = 10 \text{ k}\Omega$ ,  $R5 = 10 \text{ k}\Omega$ ,  $C1 = 1 \text{ nF}$ . Les alimentations sont  $V_{cc} = +15 \text{ V}$  et  $-V_{ee} = -15 \text{ V}$ . La diode zener D1 a un voltage Zener  $V_z = 5,1 \text{ V}$  et un voltage de polarisation directe  $V_F = 0,7 \text{ V}$ . La diode zener D2 a un voltage Zener  $V_z = 12 \text{ V}$  et un voltage de polarisation directe  $V_F = 0,7 \text{ V}$ .

- Déterminer la fréquence de  $v_{\text{sortie}}$  pour  $V_x = -4 \text{ V}$  et  $V_x = -2 \text{ V}$ .
- Tracer la forme d'onde de  $v_{\text{sortie}}$  et  $v_{\text{intégrateur}}$  en fonction du temps pour  $V_x = -4 \text{ V}$  en indiquant bien les niveaux de transitions ( $V_{\text{seuilhaut}}$ ,  $V_{\text{seuilbas}}$ ,  $V_P$ ,  $-V_N$ ) et leur valeur numérique.
- Pour  $V_x$  près de 0, le rapport cyclique est faible. À partir d'une certaine fréquence, le rapport cyclique de  $v_{\text{sortie}}$  est supérieur à 10% et la fonction  $f(V_x)$  devient non-linéaire. Déterminer cette valeur de  $V_x$  et la fréquence correspondante pour lesquelles le rapport cyclique de sortie  $D = 10\%$ .
- Est-ce raisonnable de considérer la fonction  $f(V_x)$  comme étant linéaire dans la zone  $-4 \text{ V} < V_x < -2 \text{ V}$ ? Expliquer votre réponse.

Pour toute la question #1, il n'est PAS NÉCESSAIRE de démontrer les équations que vous utiliserez. Il vous est possible d'utiliser directement les équations que nous avons vues en cours.

**Question #2 (25 points)**

Un amplificateur opérationnel possède le diagramme de transfert en boucle ouverte illustré à la figure 2.

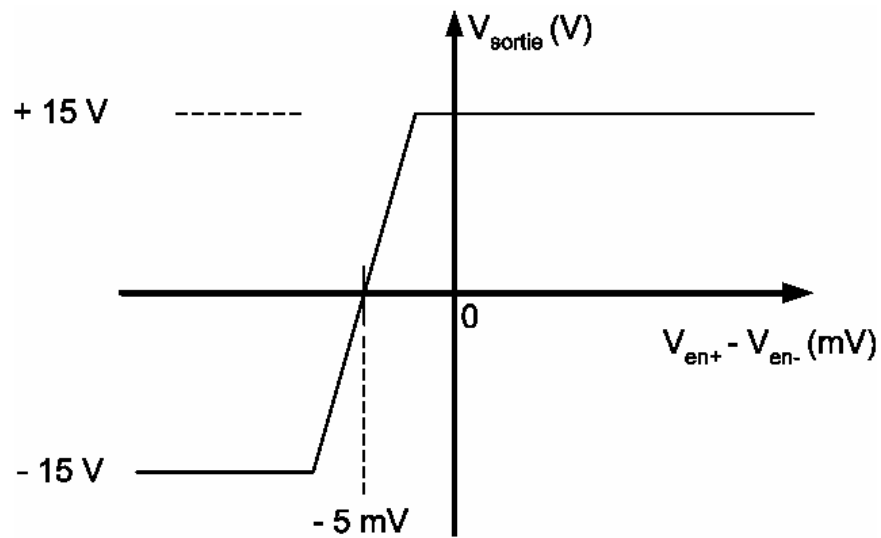


Figure 2

Si cet amplificateur opérationnel possède l'entrée différentielle suivante (figure 3):

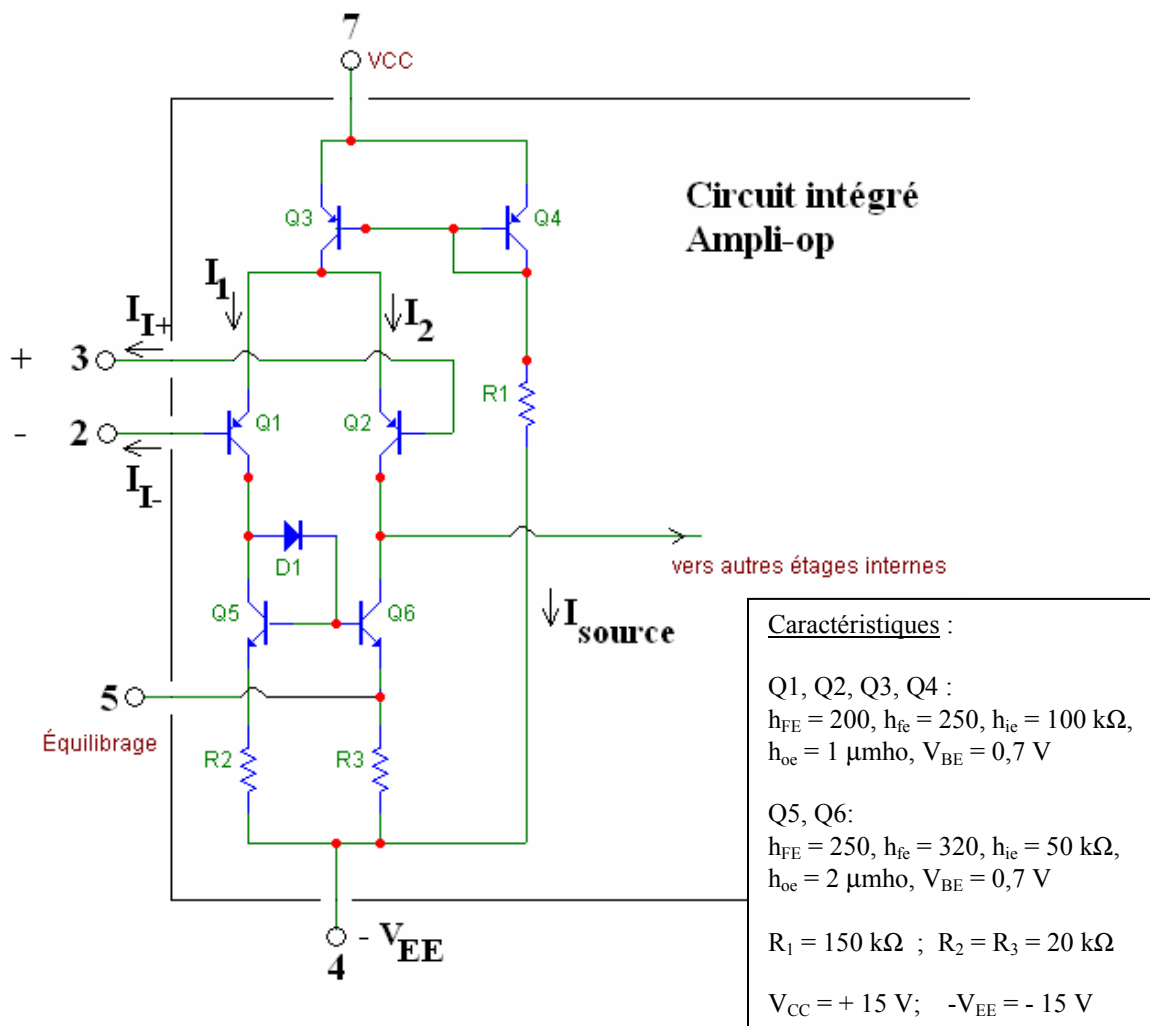


Figure 3

Déterminer la valeur de  $R_{\text{ajust}}$  afin d'obtenir un voltage de décalage  $V_{SO} = 0$  à la sortie de l'ampli-op lorsque celui-ci est utilisé dans le circuit amplificateur inverseur de la figure 4. Pour toute la question #2, il n'est PAS NÉCESSAIRE de démontrer les équations que vous utiliserez. Il vous est possible d'utiliser directement les équations que nous avons vues en cours.

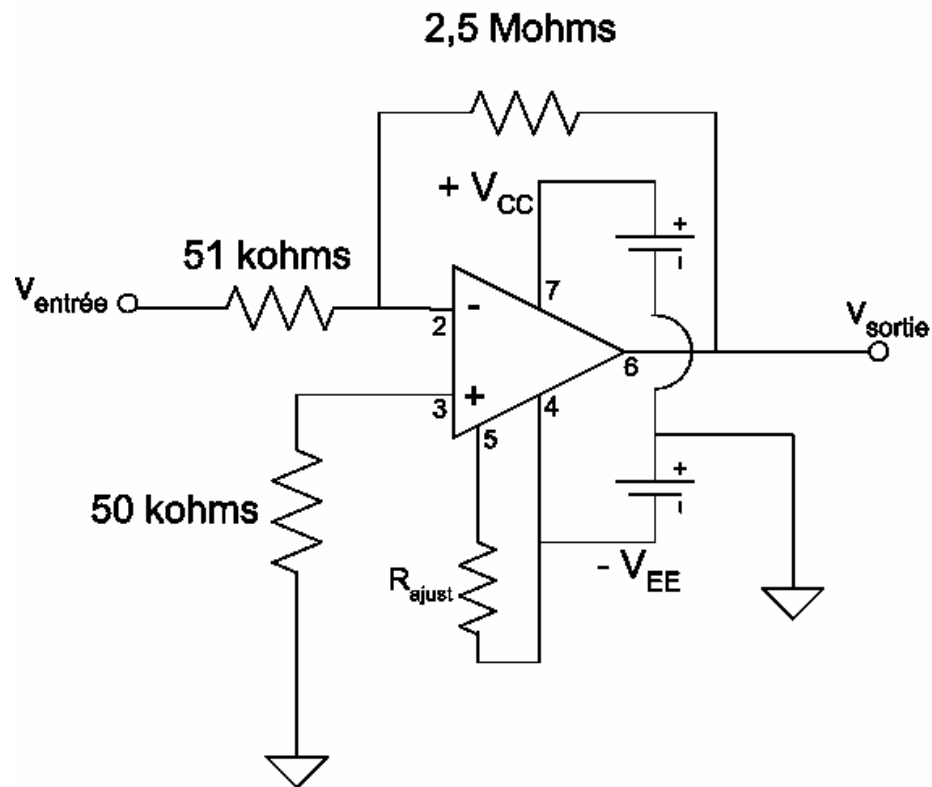


Figure 4

### Question #3 (25 points)

Soit le comparateur à hystérésis suivant:

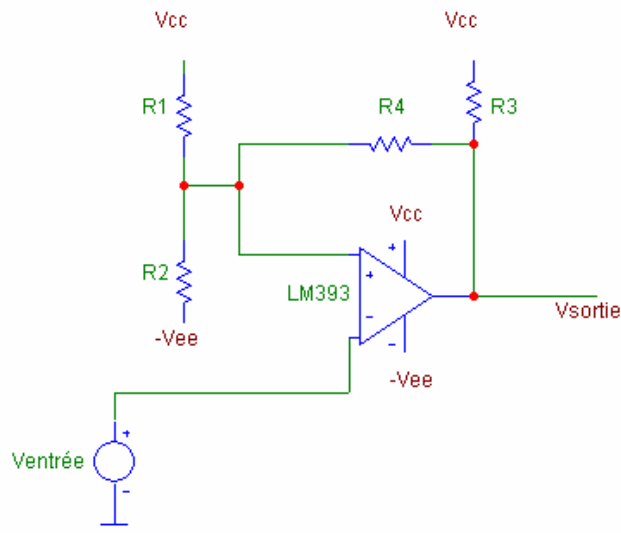


Figure 5

où  $R_1 = R_3 = 10 \text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 33 \text{ k}\Omega$ ,  $R_4 = 200 \text{ k}\Omega$ ,  $V_{cc} = V_{ee} = 15 \text{ V}$ . Le LM393 est un comparateur à sortie collecteur ouvert.

Tracer le diagramme de transfert de ce circuit. Indiquez clairement les niveaux de transitions ( $V_{\text{seuilhaut}}$ ,  $V_{\text{seuilbas}}$ ,  $V_P$ ,  $-V_N$ ) et déterminez leur valeur numérique.

Pour toute la question #3, il n'est PAS NÉCESSAIRE de démontrer les équations que vous utiliserez. Il vous est possible d'utiliser directement les équations que nous avons vues en cours.

#### Question #4 (25 points)

Le circuit suivant est un filtre Tow-Thomas.

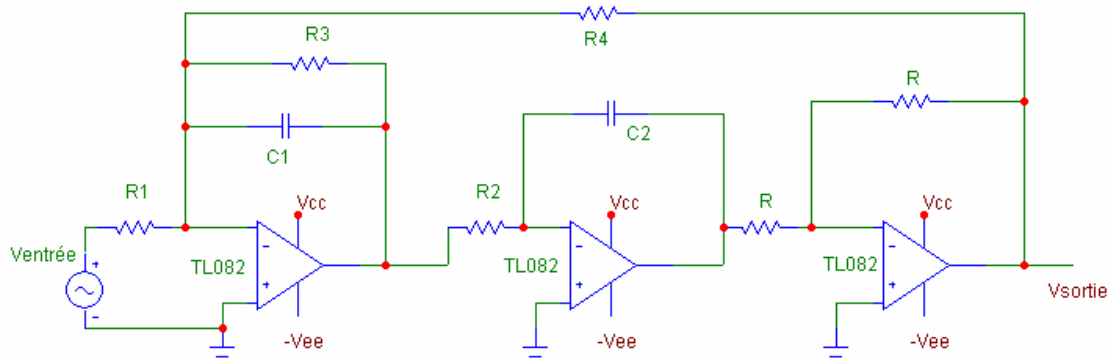


Figure 5

- En prenant comme hypothèse que les ampli-ops possèdent une impédance d'entrée infinie et un gain en boucle ouverte infini, trouver la fonction de transfert  $F(p) = V_{\text{sortie}}(p)/V_{\text{entrée}}(p)$  de ce circuit.
- Indiquer si ce circuit est un filtre passe-bas, passe-bande ou passe-haut. Justifier la réponse.
- Pour  $R = 10 \text{ k}\Omega$ ,  $R_1 = 2 \text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$ ,  $R_4 = 1 \text{ k}\Omega$ ,  $C_1 = 1 \text{ }\mu\text{F}$ ,  $C_2 = 0,1 \text{ }\mu\text{F}$ ,  $V_{cc} = V_{ee} = 20 \text{ V}$ , déterminer la valeur de  $R_3$  nécessaire pour que ce filtre soit maximale plat (ou Butterworth).
- Avec la valeur de  $R_3$  établie en c, Déterminez la fréquence de coupure à -3 dB. Exprimer votre réponse en Hz.
- Déterminer le gain du circuit à 0 Hz. Exprimer votre réponse en dB.

La démarche est importante. Une bonne réponse n'est pas suffisante. Vous devez présenter tous les calculs et toutes vos hypothèses.

#### BONUS

#### Question #5 (20 points)

Vrai ou Faux (+4 points pour une bonne réponse; -4 points pour une mauvaise réponse; 0 pour aucune réponse).

- Avec un ampli-op, on effectue l'analyse avec court-circuit virtuel lorsque l'ampli-op est en rétroaction négative.
- Tous les comparateurs ont une sortie « Totem-Pole ».
- Le circuit 555 contient une bascule D.
- Dans un oscillateur harmonique, la fonction de transfert possède des pôles complexes avec partie réelle positive ou nulle.
- En modulation de largeur d'impulsion, la fréquence de sortie varie et le rapport cyclique est fixe.