

Examen partiel

Département de génie électrique et de génie informatique

GEL-3000 – Électronique des composants intégrés

Le 28 février 2012

Documentation permise : 1 feuille de notes recto verso et 1 calculatrice.

Durée de l'examen : 1 heure 50 (10h30 – 12h20).

1. (40 points) *Questions à courts développements*

Répondez aux questions suivantes :

- (a) Donnez l'impédance d'entrée Z_{in} du circuit montré à la Figure 1 pour $Z_1=Z_4=1/(sC)$ et $Z_2=Z_3=Z_5=R$.
- (b) Nommer 2 avantages et 1 inconvénient des filtres actifs.
- (c) Donnez le produit gain-bande passante de l'ampli-op correspondant à la courbe montrée à la Figure 2.
- (d) La Figure 3 présente la réponse temporelle grand signal d'un ampli-op à un échelon de tension de 5V. Quel est le slew rate de cet ampli-op?
- (e) Dessinez le schéma d'un circuit dont l'impédance d'entrée est $Z_{in} = -4 / (sC)$
- (f) Donnez l'ordre et la valeur des zéros de la fonction de transfert suivante :

$$T(s) = \frac{Ks(s^2 + \omega_{l1}^2)}{s^5 + b_4s^4 + b_3s^3 + b_2s^2 + b_1s + b_0}$$

- (g) La Figure 4 présente le schéma d'un amplificateur différentiel pour lequel $R_1=R_3=10 \text{ k}\Omega$, et $R_2=R_4=100 \text{ k}\Omega$. Calculez le taux de rejet du mode commun de cet amplificateur, sachant que le mode commun est atténué de 26 dB à la sortie.
- (h) Calculer l'ordre minimum de la réponse Butterworth rencontrant les spécifications suivantes : $\omega_p = 2\pi \times 2 \text{ kHz}$, $\omega_s = 2\pi \times 20 \text{ kHz}$, $A_{max} = 0.1 \text{ dB}$, $A_{min} = 80 \text{ dB}$.

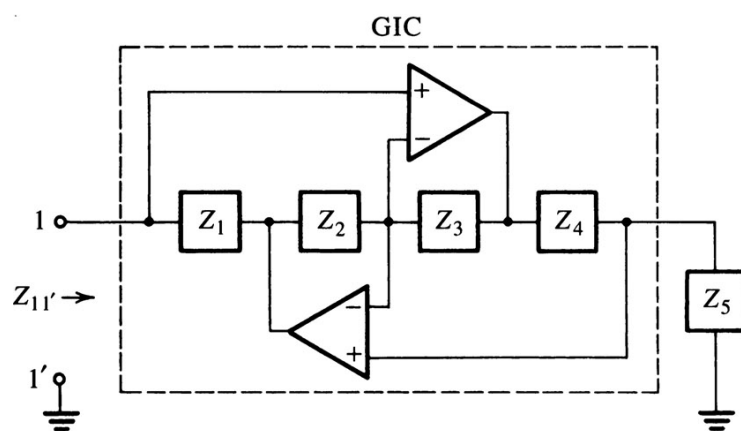


Figure 1.

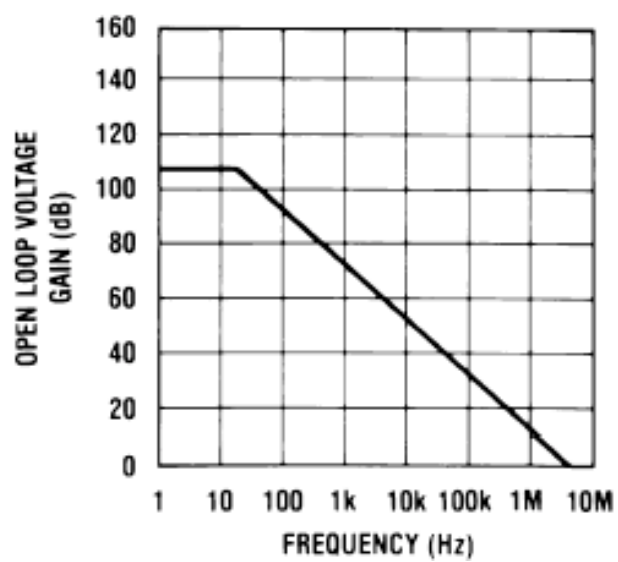


Figure 2.

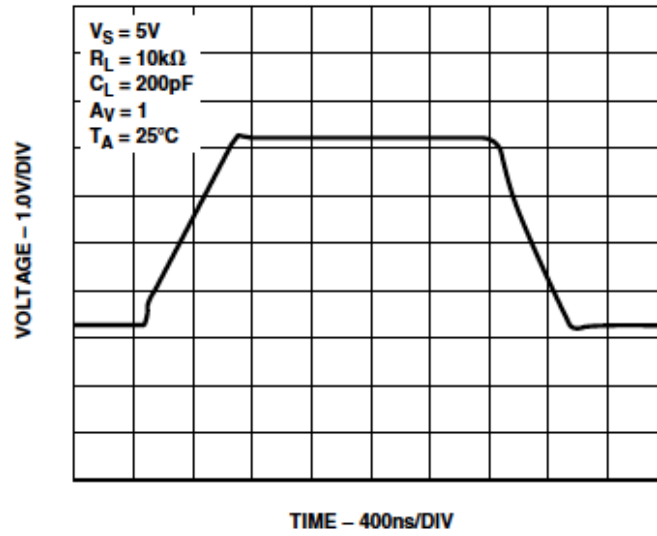


Figure 3.

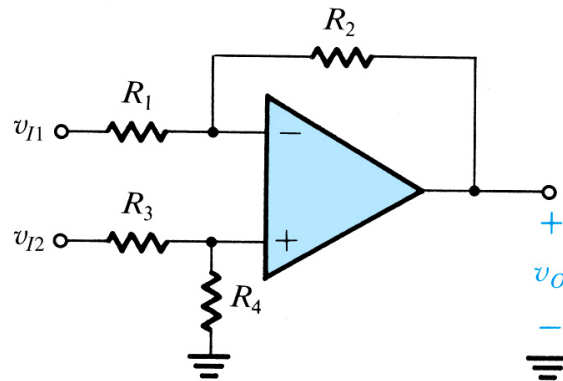


Figure 4.

2. (30 points) *Analyse de circuits*

Soit les circuits suivants :

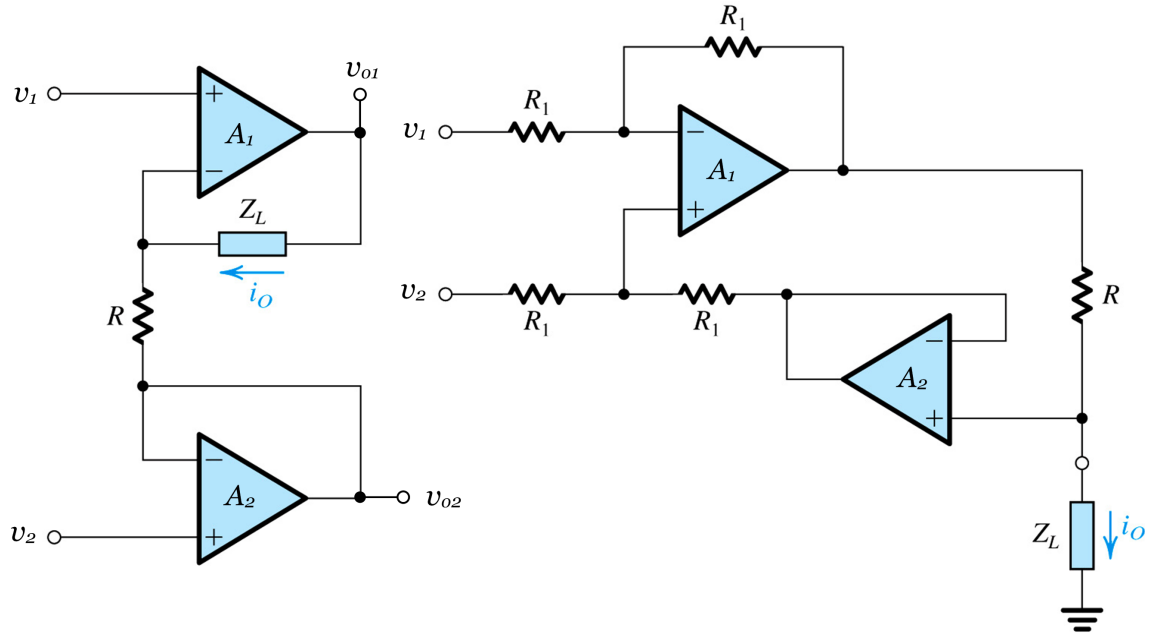


Figure 5.

Répondez aux questions suivantes en prenant soin d'expliquer toutes les étapes de vos démarches.

- Pour ces deux circuits, montrez que le courant i_O est indépendant de la valeur de Z_L . Pour ce faire, exprimez i_O en fonction de $v_1 - v_2$.
- Donnez l'expression de $v_{O1} - v_{O2}$ en fonction de $v_1 - v_2$, R et de Z_L pour le circuit de la Figure 5a.

Note : considérez les amplis-op idéaux ($A_{O1} = A_{O2} = \infty$ et $Z_{in} = \infty$).

3. (30 points) *Conception d'un filtre passe-bande cascadé*

Concevez un filtre passe-bande constitué de deux filtres actifs cascades ayant les spécifications suivantes :

- Filtre passe-haut : Une section passe-haut d'ordre 3 constituée d'une section d'ordre 1 cascadiée avec une section d'ordre 2 de type Sallen-Key. Le filtre passe-haut complet possède une fréquence de coupure ω_{0hp} de $2\pi \times 1$ kHz. La section d'ordre 1 possède un gain haute fréquence de 1 V/V (de signe arbitraire), alors que la section d'ordre 2 possède un gain haute fréquence de 2 V/V.
- Filtre passe-bas : Une section passe-bas d'ordre 2 réalisée à l'aide d'un filtre RLC actif à inductance simulée. Ce filtre possède une fréquence de coupure ω_{0lp} de $2\pi \times 50$ kHz, un gain total en bande unitaire et une réponse sans dépassement (utilisez $Q = 0.707$).
- a) Donnez la fonction de transfert totale du filtre, calculez les valeurs de tous ses éléments passifs et dessinez son schéma complet.
- b) Quel doit être le produit gain-bande passante (ω_t) minimum de l'ampli-op utilisé pour réaliser la section passe-haut d'ordre 1? Indice : considérez que $\omega_{0hp} \ll \omega_{0lp}$. Laissez-toutes les traces de votre démarche.

Bonne chance et bonne semaine de lecture!

Benoit Gosselin

Aide mémoire

Équations pour la conception de filtres :

Fonctions d'ordre 1

| Filter Type and $T(s)$ | s-Plane Singularities | Bode Plot for $ T $ | Passive Realization | Op Amp-RC Realization |
|---|-----------------------|---------------------|--|---|
| (a) Low pass (LP) $T(s) = \frac{a_0}{s + \omega_0}$ | | | $CR = \frac{1}{\omega_0}$ DC gain = 1 | $CR_2 = \frac{1}{\omega_0}$ DC gain = $-\frac{R_2}{R_1}$ |
| (b) High pass (HP) $T(s) = \frac{a_1 s}{s + \omega_0}$ | | | $CR = \frac{1}{\omega_0}$ High-frequency gain = 1 | $CR_1 = \frac{1}{\omega_0}$ High-frequency gain = $-\frac{R_2}{R_1}$ |
| (c) General $T(s) = \frac{a_1 s + a_0}{s + \omega_0}$ | | | $(C_1 + C_2)(R_1 \parallel R_2) = \frac{1}{\omega_0}$ $C_1 R_1 = \frac{a_1}{a_0}$ DC gain = $\frac{R_2}{R_1 + R_2}$ HF gain = $\frac{C_1}{C_1 + C_2}$ | $C_2 R_2 = \frac{1}{\omega_0}$ $C_1 R_1 = \frac{a_1}{a_0}$ DC gain = $-\frac{R_2}{R_1}$ HF gain = $-\frac{C_1}{C_2}$ |

Fonctions d'ordre 2

| Filter Type and $T(s)$ | s-Plane Singularities | $ T $ |
|---|-----------------------|-------|
| <p>(a) Low pass (LP)</p> $T(s) = \frac{a_0}{s^2 + s\frac{\omega_0}{Q} + \omega_0^2}$ <p>DC gain = $\frac{a_0}{\omega_0^2}$</p> | | |
| <p>(b) High pass (HP)</p> $T(s) = \frac{a_2 s^2}{s^2 + s\frac{\omega_0}{Q} + \omega_0^2}$ <p>High-frequency gain = a_2</p> | | |
| <p>(c) Bandpass (BP)</p> $T(s) = \frac{a_1 s}{s^2 + s\frac{\omega_0}{Q} + \omega_0^2}$ <p>Center-frequency gain = $\frac{a_1 Q}{\omega_0}$</p> | | |