

Examen partiel

Département de génie électrique et de génie informatique

GEL-3000 – Électronique des composants intégrés

Le 11 mars 2014

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

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

1. (30 points) *Questions à courts développements*

Répondez aux questions suivantes :

- (a) Donnez la fonction de transfert dans le domaine de Laplace du circuit montré à la Figure 1.
- (b) Un ampli-op possède le gain en boucle ouverte montré à la Figure 2. Cet ampli-op est utilisé pour réaliser un amplificateur inverseur fournissant un gain en boucle fermée de -100 V/V. Quelle sera la bande passante de cet amplificateur inverseur?
- (c) Expliquez ce qu'est la tension de décalage et décrivez une façon de la mesurer avec schéma à l'appui.
- (d) Expliquez le phénomène de slew rate et donnez la fréquence maximum du signal de sortie (full power bandwidth) d'un ampli-op dont la tension maximum de sortie est de $\pm 5V$ si son slew rate est de $10 V/\mu s$.
- (e) Proposez un circuit réalisant l'impédance d'entrée suivante :

$$Z_{in}(s) = - \frac{\frac{1}{sC} \cdot R}{\frac{1}{sC} + R}$$

- (f) Donnez l'impédance d'entrée du circuit montré à la Figure 3 et donnez sa tension de sortie lorsque ses entrées sont connectées à la masse, sachant qu'il possède une tension de décalage notée V_{os} .

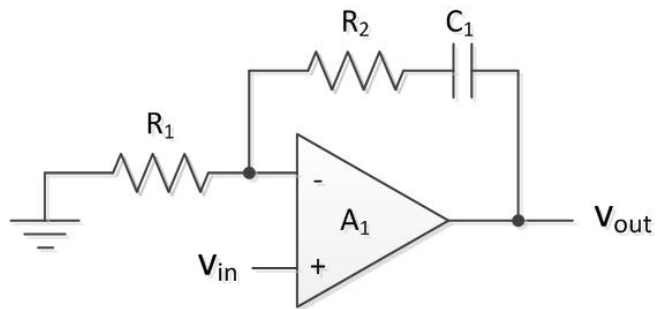


Figure 1.

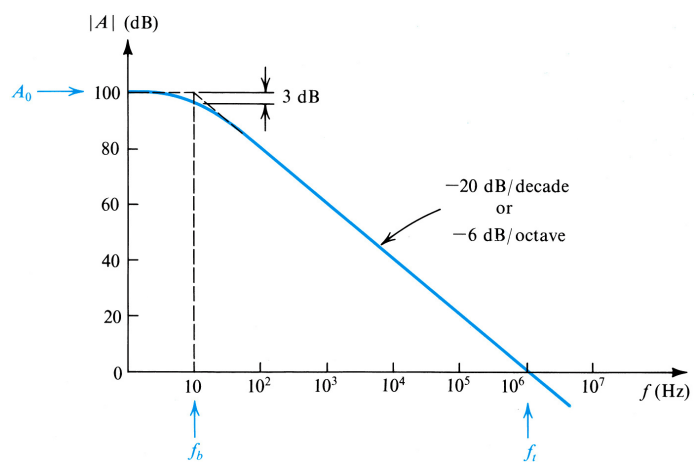


Figure 2.

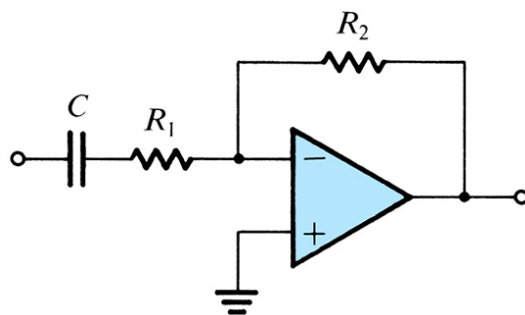


Figure 3.

2. (30 points) *Analyse de circuits*

Le circuit suivant est un amplificateur d'instrumentation à deux amplis-op.

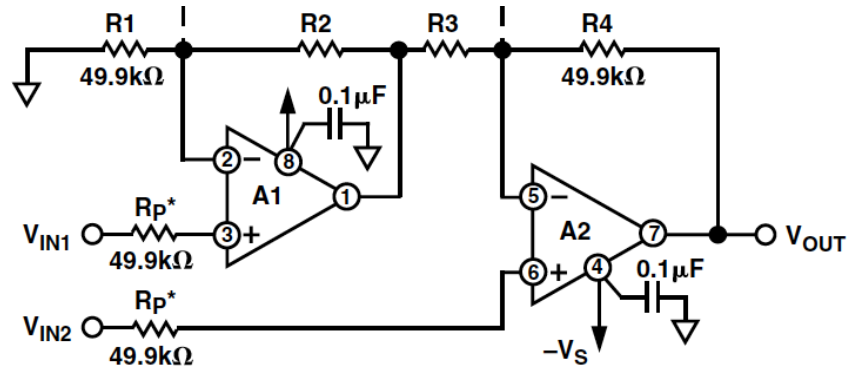


Figure 4.

Répondez aux questions suivantes en laissant toutes les traces de votre démarche :

- En supposant que A1, et A2 sont des amplis-op idéaux, développez une expression pour V_{OUT} en fonction de V_{IN1} et V_{IN2} et des résistances R1 à R4. Posez $R1 = R4$ et $R2 = R3$ pour simplifier votre résultat sous la forme $V_{OUT} = A_d(V_{IN2} - V_{IN1})$ où A_d , le gain différentiel, dépend de R1 et R2. **Indice : procédez par superposition.**
- Cet amplificateur possède un gain en mode commun (A_{cm}) qui dépend de l'effet du gain fini dans A1 et A2. Donnez l'expression de A_{cm} et évaluez son taux de rejet du mode commun si les gains en boucles ouvertes de A1 et A2 sont de 10^5 V/V et de 10^4 V/V, respectivement, pour un gain différentiel A_d de 10 V/V. **Considérez que les gains finis de A1 et A2 n'affectent que A_{cm} .**
- Quel courant maximum doit pouvoir fournir l'ampli-op A2 pour une charge de 10 kΩ connectée entre sa sortie et la masse. Notez que la tension maximum de sortie de A2 est de ± 9 V.
- Donnez l'impédance d'entrée en mode différentiel et en mode commun de l'amplificateur d'instrumentation.

3. (40 points) *Conception d'un filtre passe-bande cascadi*

Concevez un filtre passe-bande constitué de sections cascadiées respectant les spécifications suivantes :

- Une section passe-haut d'ordre 1: Cette section est constituée d'un filtre actif passe-haut d'ordre 1 de fréquence de coupure ω_{ohp} de $2\pi \times 10$ Hz et donne un gain en bande de -10 V/V.
- Une section passe-bas d'ordre 4: Cette section utilise une approximation Butterworth d'ordre 4, avec $A_{\max} = 0.3$ dB et $\omega_s = 2\pi \times 20$ kHz. De plus, elle est réalisée à l'aide de deux filtres passe-bas d'ordre 2 cascadiés, de fréquence de coupure ω_{olp} de $2\pi \times 10$ kHz et présentant un gain total en bande unitaire (référez vous à la Figure A1 pour l'allure général de la réponse du filtre). Le polynôme de degré 4 à réaliser est le suivant :

$$H_1(s) \cdot H_2(s) \frac{k_1}{s^2 + 0.765s + 1} \cdot \frac{k_2}{s^2 + 1.618s + 1}$$

- Réalisez $H_1(s)$ à l'aide d'un filtre Sallen-key d'ordre 2, pour lequel $Q=1/0.765$.
 - Réalisez $H_2(s)$ à l'aide d'un filtre à inductance simulée d'ordre 2, pour lequel $Q=1/1.618$.
 - **Note : utilisez des condens de 100 nF uniquement.**
- a) Donnez la fonction de transfert du filtre passe-haut, dessinez son schéma complet et calculez les valeurs de tous ses éléments passifs.
 - b) Donnez la fonction de transfert de chaque filtre passe-bas, dessinez leurs schémas complets et calculez les valeurs de tous leurs éléments passifs.
 - c) Calculez l'atténuation minimum (A_{\min}) de ce filtre en bande d'arrêt.
 - d) Faites le bilan des pôles et des zéros : Donnez le nombre de pôles et de zéros à l'origine et à l'infini pour chacune des deux sections (passe-haut et passe-bas) du filtre.

Bonne chance!

Benoit Gosselin

Aide mémoire

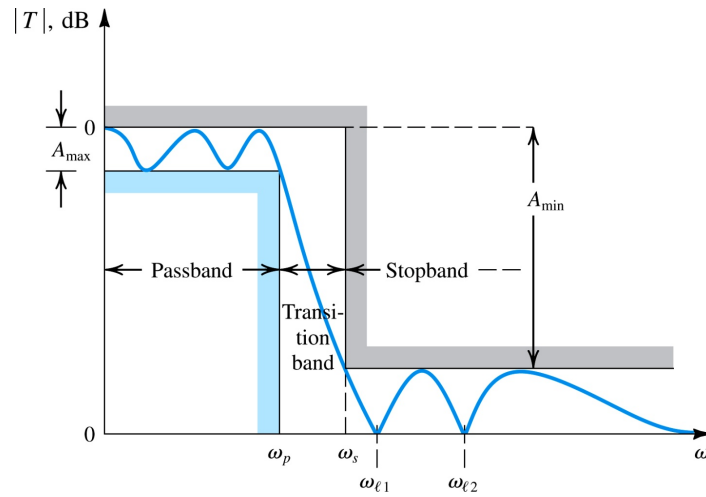


Figure A1.

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>		