

Examen d'Electricité – session 1 janvier 2009

Durée 1h30

I/ Amplificateur opérationnel (A.O.). Montage se comportant comme une impédance. (11 pts)

A/ On représente un amplificateur opérationnel réel par le schéma de la figure 1, qualifié par un facteur d'amplification en tension en boucle ouverte noté A_d .

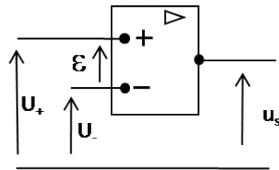


Figure 1

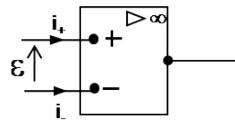


Figure 2

1/ Donner la relation entre u_s et ε . Justifier l'appellation d'amplificateur différentiel? (0,5 pt)

2/ Donner les ordres de grandeurs et les unités de la largeur de sa bande passante à 3dB, du facteur A_d , de ses résistances d'entrée R_e et de sortie R_s . (1 pt)

3/ L'amplificateur idéal (ou parfait) est schématisé dans la figure 2. Que deviennent dans ce cas les valeurs de R_e et de A_d ? En déduire les courants i_+ et i_- ainsi que ε . (1 pt)

B/ On s'intéresse au fonctionnement linéaire de l'A.O. idéal, utilisé en vue de la simulation d'une impédance (figure 3).

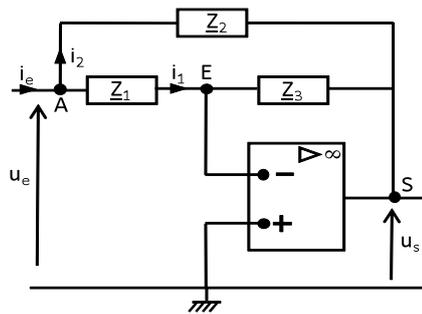


Figure 3

1/ Appliquer le théorème de Millman au point E. (1 pt)

2/ Ecrire la loi des nœuds en A. En déduire une relation entre i_e , u_e , u_s , Z_1 et Z_2 . (1,5 pt)

3/ En déduire l'expression générale de l'impédance d'entrée du montage $Z_e = u_e / i_e$ en fonction de Z_1 , Z_2 et Z_3 . (1 pt)

4/ On choisit dans un premier temps $Z_1 = R_1$, $Z_2 = R_2$ et $Z_3 = 1/jC\omega$.

a) Donner l'expression littérale de l'impédance d'entrée Z_e du montage. Montrer que Z_e correspond alors à l'association parallèle entre une résistance R_e et une bobine d'inductance L_e . Donner les expressions littérales de R_e et L_e . (1,5 pt)

b) A.N. : $R_1 = R_2 = 1k\Omega$ et $C = 1\mu F$. Calculer R_e et L_e . (1 pt)

5/ On choisit dans un second temps $Z_1 = 1/jC\omega$, $Z_2 = R_2$ et $Z_3 = R_3$.

a) Donner l'expression littérale de l'impédance d'entrée Z_e du montage. Montrer que Z_e correspond alors à l'association parallèle entre une résistance R_e et un condensateur de capacité C_e . Donner les expressions littérales de R_e et C_e . (1,5 pt)

b) A.N. $R_2 = 1k\Omega$, $R_3 = 10k\Omega$ et $C = 1\mu F$. Calculer R_e et C_e . (1 pt)

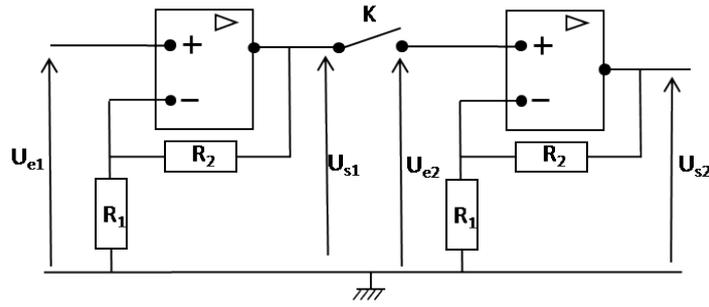


Figure 4

II/ Amplificateurs connectés en cascade (11 pts)

A/ Etude d'une seule cellule (k ouvert) de la figure 4

1) Dans le cas où l'A.O utilisé est idéal, calculer la fonction de transfert $H_i = \frac{u_{s1}}{u_{e1}}$ de la cellule 1.

H_i dépend elle de la fréquence ? A.N. $R_1 = 1k\Omega$ et $R_2 = 99k\Omega$ (1,5pt)

2) L'AO utilisé est maintenant réel et présente les caractéristiques suivantes :

- une fonction de transfert en boucle ouverte de la forme :

$$\underline{H}_{bo}(jf) = \frac{A_0}{1 + j \frac{f}{f_0}} \quad \text{avec } f_0 = 10\text{Hz} \text{ et } A_0 = 10^5$$

- des impédances d'entrée et de sortie qui se réduisent à des résistances, de valeurs respectives $R_e = 100k\Omega$ et $R_s = 100\Omega$.

a) Rappeler la définition de la fréquence de transition pour un AO réel. Calculer la fréquence de transition pour cet AO. (1pt)

b) En utilisant la conservation du produit facteur d'amplification par la bande passante, trouver la fréquence de coupure $f_{c,r}$ à -3 dB et en déduire la constante de temps $\tau_{c,r}$ de la cellule 1. (1,5 pts)

On admettra que la fonction de transfert en boucle fermée du système constitué d'une seule cellule

s'écrit $\underline{H}_{bf}(jf) = \frac{A_v}{1 + j \frac{f}{f_{c,r}}}$ avec $A_v = \frac{A_0}{1 + \frac{A_0}{H_i}}$

c) Donner l'expression de A_v dans le cas où A_0 est grand devant H_i . (1pt)

d) Tracer avec soin sur un même diagramme de Bode la représentation asymptotique:

- du gain G_{bo} de l'AO en boucle ouverte en fonction de $\log f$ (1pt)
- du gain G_{bf} en fonction de $\log f$ de la cellule 1 (boucle fermée). (1 pt)

B/ Etude du système complet (K fermé)

Les deux cellules sont identiques et les AO réels ont les caractéristiques décrites à la question A/ 2)

1) A quelle condition la fonction de transfert du système total est égale au produit des fonctions de transfert de chacune des cellules prises de manière isolée. Montrer que cette condition est vérifiée ici et que la fonction de transfert du système total s'écrit $\underline{H}(jf) = [\underline{H}_{bf}(jf)]^2$. (1 pt)

2) Calculer alors le facteur d'amplification stationnaire A et la constante de temps τ du système total. (1,5 pts)

3) Donner l'expression du gain. Tracer sur un même graphe le diagramme de Bode relatif à la représentation asymptotique du gain du système total et d'une seule cellule. (1,5 pts)