Systèmes Electroniques

Epreuve de Janvier 2001

Durée 3 heures .Tous documents et calculatrices autorisées

Exercice 1

Un ampli op réel a des impédances d'entrée que l'on peut considérer comme infinie du moins aux fréquences pas trop élevées , une impédance de sortie nulle, et un gain important pour la fréquence nulle $G_0=10^5$. Mais il a une fréquence de coupure faible f_0=10Hz.Son fonctionnement peut donc être décrit par la relation :

$$v_S = (v_+ - v_-)\frac{G_0}{1 + j\dfrac{f}{f_0}}$$

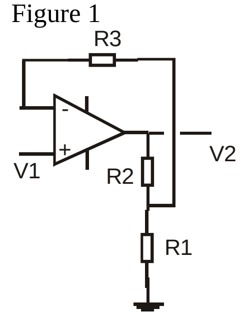


Figure 1

On utilise cet ampli pour construire un étage de gain positif , figure 1 .

a) Quel est le gain du montage à la fréquence nulle ?
   Application numérique R1=1kΩ R2=4,7MΩ R3=100kΩ

b) Quelle est la fréquence de coupure de l'étage , en fonction des paramètres,(formule littérale) puis numériquement ?

Exercice 2

Les ampli op utilisés dans cet exercice sont considérés comme parfaits et fonctionnant en régime linéaire .

a) Quelle est l'impédance d'entrée du montage figure 2 en fonction de Z et des autres composants (dipôle AB) ?

b) Quelle est l'impédance d'entrée du montage de la figure 3 ?

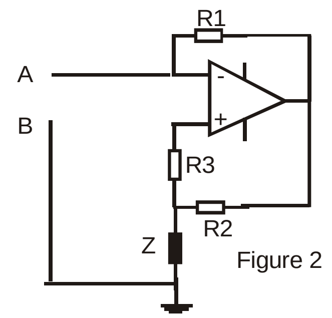


Figure 2

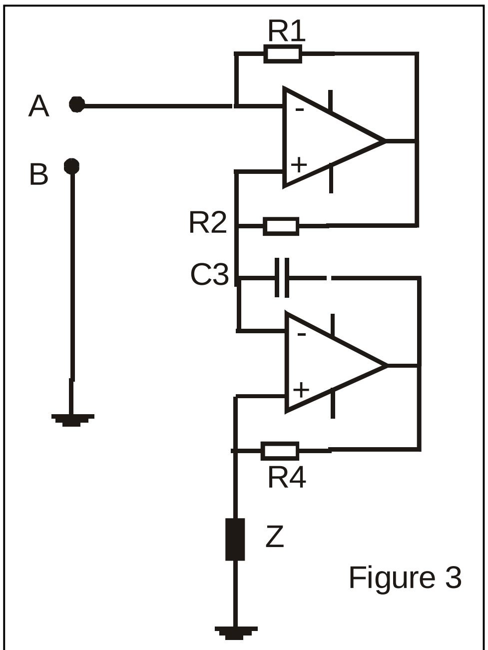


Figure 3

c) Calculer la fonction de transfert du filtre actif représenté sur la figure 4 en fonction des éléments.

AN

Toutes les résistances valent 1kΩ et les deux condensateurs 1µF

- .Quel est le gain à la fréquence nulle ?
- Représenter l'évolution du module du gain en fonction de la fréquence
- Représenter la courbe de variation de la phase en fonction de la fréquence .
- Que pensez vous de ces courbe ?

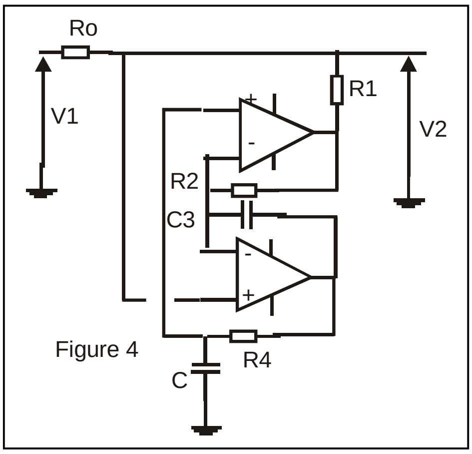
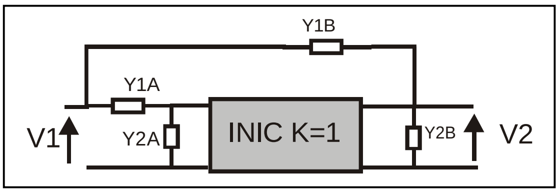


Figure 4

.

Exercice 3

La méthode de Yanagisawa consiste à synthétiser un filtre actif avec un seul ampli opérationnel monté en NIC (Plus les deux suiveurs d'entrée et sortie) associé a 2 quadripôles placés en série et en parallèle. (Figure 5)



Si la sortie n'est pas chargée il est facile de montrer que si H(p)=N(p)/D(p) est la fonction de transfert du filtre il faut satisfaire aux conditions (voir cours)

$$Y_{1B} - Y_{1A} = A.N(p)$$

$$Y_{2B} - Y_{2A} = A[D(p) - N(p)]$$

$$et \quad A = \frac{1}{q(p)}$$

q(p) étant un polynôme ayant un degré inférieur de une unité à celui de la fonction de transfert et des racines réelles négatives , qui ne sont pas pôle ou zéro de H

$$q(p) = (p + p_1).(p + p_2).(p + p_3)......$$

Les Y sont ensuite déterminés en développant les deux expressions ci dessus sous la forme

$$\alpha + \beta p + \sum_n \frac{\gamma_n p}{p + p_n}$$

On souhaite utiliser cette méthode pour synthétiser un filtre passe bas de Butterworth du troisième ordre de fonction normalisée

$$H(p) = \frac{1}{p^3 + 2p^2 + 2p + 1}$$

on prendra comme polynôme annexe q(p)=(p+2)(p+3)

1° Déterminer les expressions en p des 4 admittances Y_{ij}

2° Dessiner les combinaisons de R et C , en précisant leurs valeurs qui matérialisent ces admittances.

3° En utilisant un ampli op pour réaliser le NIC de coefficient unité ,

- dessiner avec soin le schéma du montage , et en prenant comme unité de résistance R=1kΩ
- préciser les valeurs des composants pour que la pulsation de coupure du filtre soit ω=1000 rad/s

Systèmes électroniques

Epreuve de Janvier 2001
Corrigé

Exercice 1

La résistance R3 en série avec l'entrée – dont le courant est nul ne joue bien sûr aucun rôle.
On peut écrire :

$$V2 = G(V_+ - V_-) = G(V1 - V2\frac{R1}{R1+R2})$$

soit $$V2 = V1.\frac{G}{1+G\frac{R1}{R1+R2}}$$

en remplaçant G par sa valeur le gain peut se mettre sous la forme

$$\frac{V2}{V1} = \frac{G_0}{(1+\frac{G_0 R1}{R1+R2})(1+j\frac{f}{f_0 G_0\frac{R1}{R1+R2}})}$$

Gain en continu : $\frac{V2}{V1}(0) = \frac{G_0}{(1+\frac{G_0 R1}{R1+R2})}$ AN $\frac{10^5}{1+10^5\frac{1}{4007}} = 4489{,}9$ – ce serait 4700 pour un gain infini .

La fréquence de coupure $f_C = f_0 G_0\frac{R1}{R1+R2}$ numériquement 212,7 Hz

Exercice 2

1° Comme dans l'exercice précédent R3 ne joue aucun rôle étant parcourue par un courant nul .

Alors $$V_+ = V_2\frac{Z}{Z+R2} = V_1$$

Soit $$V_2 = V_1(1+\frac{R_2}{Z})$$

Le courant d'entrée est celui qui circule dans R1 soit :

$$I_1 = \frac{V_1 - V_2}{R_1}$$

Mais $$Z_E = \frac{V_1}{I_1} = \frac{V_1}{V_1 - V_2}R_1$$

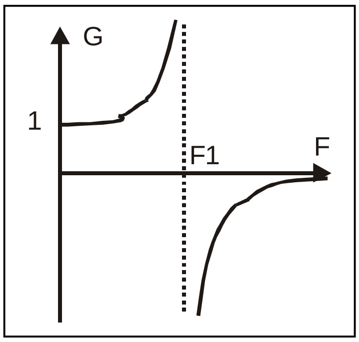
Finalement : $Z_E = -Z\frac{R_1}{R_2}$ C'est un résultat du cours .

2° L'ampli op inférieur à une impédance d'entrée $-Z\frac{\frac{1}{C_3 p}}{R_4} = -Z\frac{1}{R_4 C_3 p}$ R3 étant remplacée par le condensateur C3 .Cette impédance sert de charge à l'ampli op supérieur monté comme au 1° , son impédance d'entrée est donc

$$-\left(-Z\frac{1}{R_4 C_3 p}\right)\frac{R_1}{R_2} = Z\frac{R_1}{R_2 R_4 C_3 p}$$

3° Les ampli op de la figure 4 jouent le même rôle que ceux du 3°, la permutation des entrées ne change rien au calcul puisque toutes ces entrées sont au même potentiel. L'impédance placée derrière R0 est donc dans le cas présent :

$Z_2 = \dfrac{R_1}{R_2 R_4 C_3 C\ p^2} = \dfrac{1}{RC^2}\dfrac{1}{p^2}$ c'est un supercondensateur FNDC



C'est un diviseur de tension de gain

$$G = \frac{Z_2}{R_0 + Z_2} = \frac{1}{1 + R_0 RC^2 p^2}$$

ou en fréquence $G = \dfrac{1}{1 - R_0 RC^2 \omega^2}$

La gain vaut 1 à fréquence nulle et devient infini pour $\dfrac{1}{2\pi C\sqrt{R_0 R}} = 159Hz$

Ce qui est curieux c'est la phase , le gain est toujours réel mais change brutalement de signe à la fréquence précédente .Pour f→∝ le gain varie en f^{-2} bien que le déphasage soit constant ce qui est contraire a toutes les règles connues pour les filtres habituels.

Exercice 3

Pour la fonction de transfert proposée :

$$Y_{1B} - Y_{1A} = \frac{1}{(p+2)(p+3)}$$

$$Y_{2B} - Y_{2A} = \frac{p^3 + 2p^2 + 2p}{(p+2)(p+3)}$$

Par identification

$$Y_{1B} - Y_{1A} = \frac{1}{(p+2)(p+3)} = \frac{1}{6} - \frac{p}{2(p+2)} + \frac{p}{3(p+3)}$$

$$Y_{2B} - Y_{2A} = \frac{p^3 + 2p^2 + 2p}{(p+2)(p+3)} = p + \frac{2p}{p+2} - \frac{5p}{p+3}$$

On prendra donc :

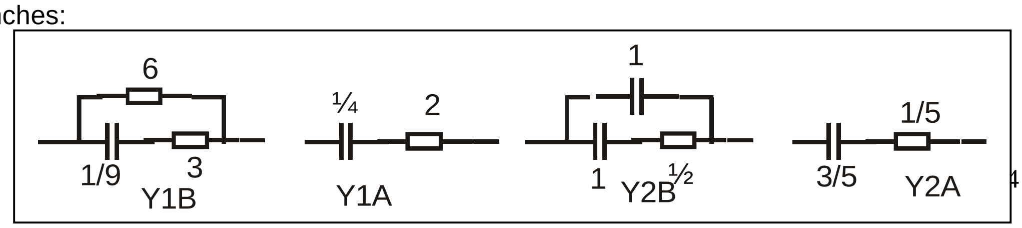
$$Y_{1B} = \frac{1}{6} + \frac{p}{3p+9} = \frac{1}{6} + \frac{1}{3 + \frac{9}{p}}$$

$$Y_{1A} = \frac{p}{2p+4} = \frac{1}{2 + \frac{4}{p}}$$

$$Y_{2B} = p + \frac{2p}{p+2} = p + \frac{1}{\frac{1}{2} + \frac{1}{p}}$$

$$Y_{2A} = \frac{5p}{p+3} = \frac{1}{\frac{1}{5} + \frac{3}{5p}}$$

D'ou les 4 branches:



Pour une pulsation de 1000 et une résistance de normalisation de 1kΩ l'unité de condensateur est 1/Rω=1µF.D'ou le schéma final :