

TP n° 11: Mise en cascade de filtres

Matériel :

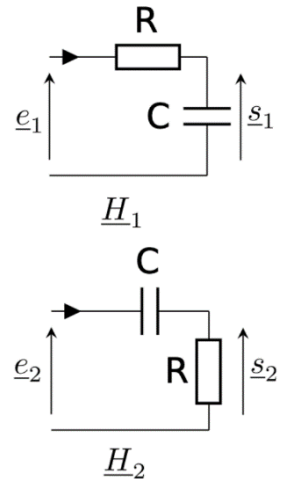
- 1 GBF. • 2 Résistance de 1 kΩ. • 2 Condensateurs de 1 nF. • 1 Oscilloscope.
- 1 alimentation stabilisée pour ALI. • 1 ALI (Amplificateur Linéaire Intégré)

I. Mise en cascade de filtres et adaptation d'impédance

1. Mise en évidence du problème d'adaptation d'impédance

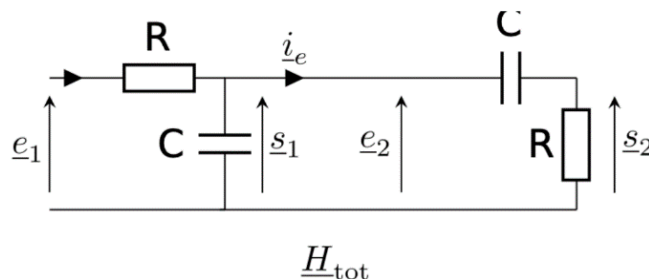
On souhaite associer un filtre passe-bas et un filtre passe-haut afin de réaliser un filtre passe-bande.

1) Montrer par une étude qualitative que le filtre \underline{H}_1 est un passe-bas et que le filtre \underline{H}_2 est un passe-haut.



On souhaite associer les deux filtres afin de réaliser un filtre passe-bande.

Dans un premier temps, associons les deux filtres en cascade : la sortie du filtre passe-bas est reliée à l'entrée du filtre passe-haut.



Comme nous relierons la sortie du filtre 1 (tension \underline{s}_1) à l'entrée du filtre 2 (tension \underline{e}_2), on a $\underline{s}_1 = \underline{e}_2$.

Ainsi, il vient :

$$\underline{H}_{tot} = \frac{\underline{s}_2}{\underline{e}_1} = \frac{\underline{s}_1}{\underline{e}_1} \times \frac{\underline{s}_2}{\underline{s}_1} = \frac{\underline{s}_1}{\underline{e}_1} \times \frac{\underline{s}_2}{\underline{s}_1} = \frac{\underline{s}_1}{\underline{e}_1} \times \frac{\underline{s}_2}{\underline{e}_2} = \underline{H}_1 \times \underline{H}_2$$

2) En établissant les fonctions de transfert pour les deux filtres RC et CR, montrer que :

$$\underline{H}_{tot} = \frac{jx}{1 - x^2 + j\frac{x}{Q}}$$

Avec, $x = \frac{\omega}{\omega_0}$, $\omega_0 = \frac{1}{RC}$ et $Q = \frac{1}{2}$

★ Réaliser l'association des deux filtres en cascade avec **R = 1 kΩ** et **C = 100 nF**.

On rappelle les définitions des fréquences de coupure, de la bande passante et de l'interprétation fréquentielle du facteur de qualité.

$$G(f_c) = \frac{G_{max}}{\sqrt{2}} \quad , \text{ avec } G(\omega) = \left| \frac{H_{tot}(\omega)}{e_1} \right| = \left| \frac{s_2}{e_1} \right| = \frac{S_2}{E_1}$$

$$\Delta f = f_{c_2} - f_{c_1}$$

$$Q = \frac{f_0}{\Delta f} \quad , \text{ avec } f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi}$$

★ Mesurer les **fréquences de coupures** du filtre constitué par l'association des filtres RC et CR.

3) Calculer la bande passante du filtre Δf , en déduire son facteur de qualité **Q**. Le résultat est-il compatible avec la valeur de **Q** calculée à **Q2** ?

En réalité, le calcul complet de fonction de transfert $\underline{H_{tot}(\omega)}$ donne :

$$\underline{H_{tot}} = \frac{jx}{1 - x^2 + 3jx}$$

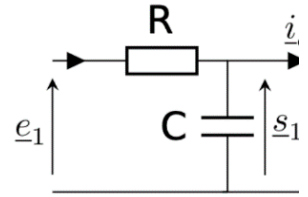
4) Le résultat obtenu est-il compatible avec ce nouveau calcul ?

2. Explication du problème d'adaptation d'impédance

i. Problème

Lors du calcul de la fonction de transfert de \underline{H}_1 , il est faux d'utiliser la formule du diviseur de tension :

$$\underline{H}_1 = \frac{\underline{s}_1}{\underline{e}_1} = \frac{\underline{Z}_c}{\underline{Z}_R + \underline{Z}_c}$$

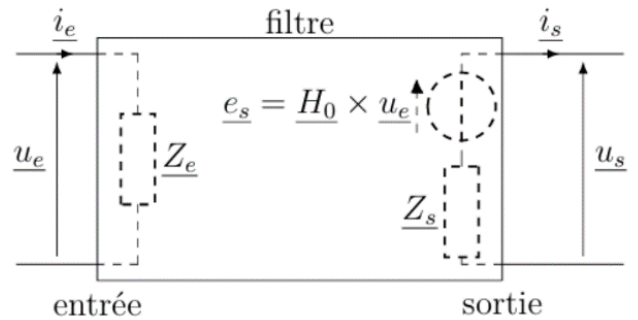


Cette expression est valable uniquement pour un courant de sortie nulle, c'est-à-dire en sortie ouverte.

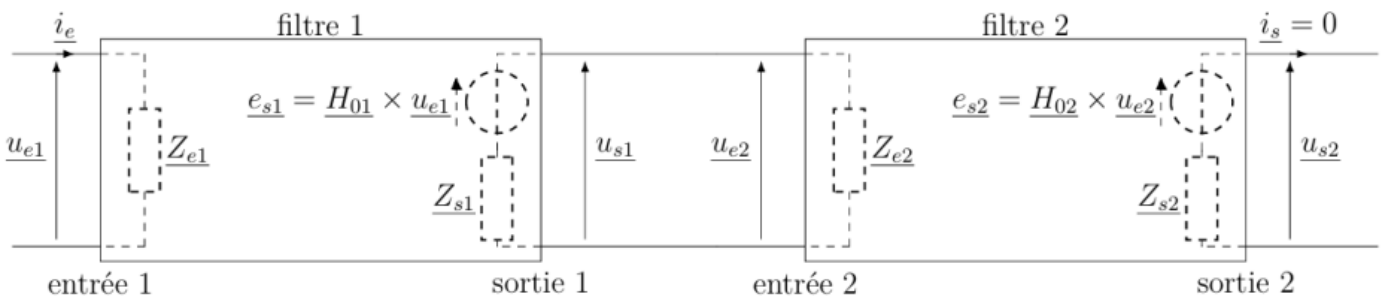
ii. Solution

On caractérise complètement un filtre par :

- Une impédance d'entrée $\underline{Z}_e = \frac{\underline{u}_e}{\underline{i}_e}$.
- Une impédance de sortie \underline{Z}_s associée en série à un générateur idéal de tension $\underline{e}_s = \underline{H}_0 \times \underline{u}_e$.



Ainsi en associant deux filtres en cascade, il vient :



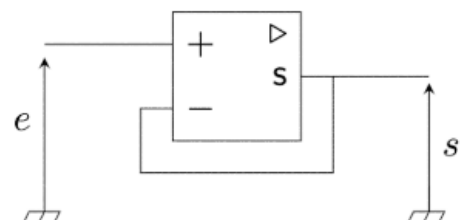
Pour avoir $\underline{u}_{e2} = \underline{u}_{s1}$ et donc $\underline{H}_{tot} = \underline{H}_1 \times \underline{H}_2$, il faut que $\underline{Z}_{e2} \gg \underline{Z}_{s1}$.

On retiendra que l'impédance d'entrée de la charge doit être grande devant l'impédance de sortie du filtre, c'est l'adaptation d'impédance.

3. Adaptation d'impédance avec un montage suiveur

Pour réaliser une adaptation d'impédance en électronique, on peut réaliser un montage suiveur grâce un ALI (Amplificateur Linéaire Intégré).

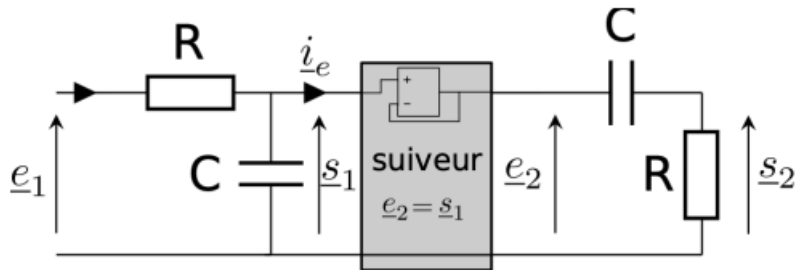
L'ALI est un composant actif qui doit être alimenté par un générateur extérieur en +15V et -15V. Il fera l'objet d'une étude approfondie en 2^{ème} année.



Le montage suiveur à les caractéristiques suivantes :

- $|H_{\text{suiveur}}| = 1$, d'où $\underline{s} = \underline{e}$
- Une impédance d'entrée quasi infini : $\underline{Z}_e \rightarrow +\infty$.
- Une impédance de sortie quasi nulle : $\underline{Z}_s \rightarrow 0$.

L'adaptation d'impédance est réalisée en intercalant un montage suiveur entre le filtre n°1 et le filtre n°2 :



★ Réaliser la mise en cascade des deux filtres, en intercalant entre les deux un suiveur.
(Eteindre le GBF et appeler l'enseignant avant de le remettre en marche.)

★ En procédant comme précédemment, mesurer le facteur de qualité Q du filtre.

5) Le résultat obtenu est t'il compatible avec le calcul de question Q2 ($Q = \frac{1}{2}$) ?

6) Bonus : Obtenir par le calcul l'expression de $\underline{H}_{\text{tot}}$ de la question Q3.