

Système linéaire du 2nd ordre & filtrage

Exercice n°1 : Un filtre passe bas anti-repliement

On vous propose d'étudier le filtre passe bas anti-repliement proposé comme exemple d'application de l'amplificateur opérationnel MAX44281 dont le schéma est représenté sur la figure 1 suivante.

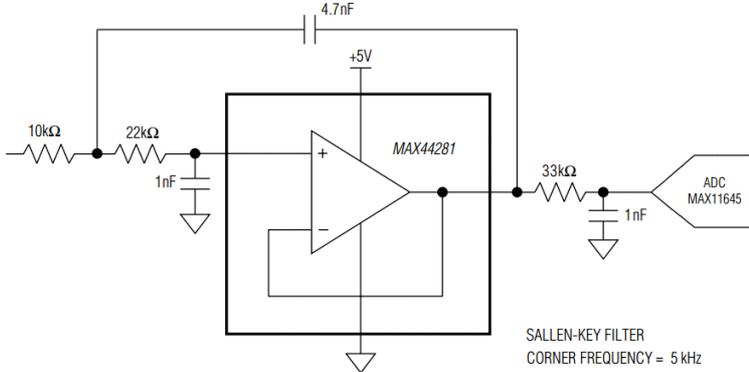


Figure 1 : Schéma filtre anti-repliement

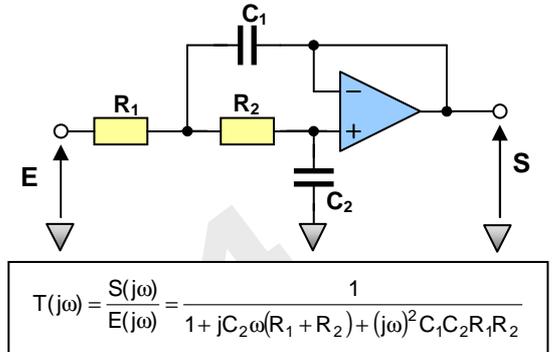


Figure 2 : Filtre Sallen & Key passe bas

Q1 : Le filtre passe bas est constitué d'un cellule de type Sallen&Key dont on rappelle le schéma et la fonction de transfert associée sur la figure 2. Montrer que la fonction de transfert peut se mettre sous la forme d'une fonction de transfert passe bas du 2nd ordre dont vous exprimerez les paramètres caractéristiques m & ω0 en fonction des éléments R1, R2, C1 et C2.

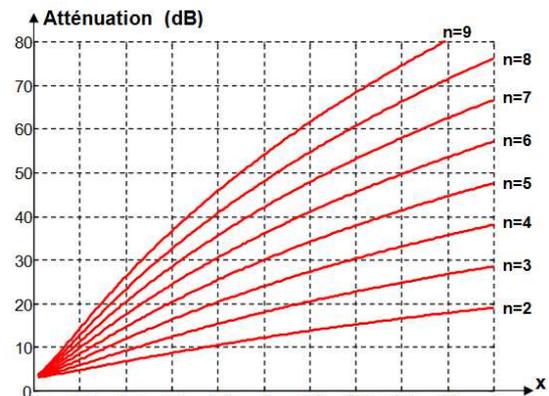
Q2 : Calculer les valeurs de m et fo en utilisant les valeurs du schéma de la figure 1.

Q3 : Calculer la fréquence de coupure du filtre RC passe bas qui se situe à l'entrée du convertisseur analogique numérique du montage de la figure 1.

Q4 : A partir des résultats précédents et des indications fournis ci-dessous, justifier que le choix des composants permet d'obtenir une solution de filtrage passe bas avec une fonction d'approximation de Butterworth. Quelle est la fréquence de coupure du filtre et quel est son ordre ?

Ordre	Fonction de transfert
2	$\frac{1}{1 + 1,4142 \cdot \left(\frac{jf}{f_c}\right) + \left(\frac{jf}{f_c}\right)^2}$
3	$\frac{1}{1 + \left(\frac{jf}{f_c}\right) + \left(\frac{jf}{f_c}\right)^2} \cdot \frac{1}{1 + \left(\frac{jf}{f_c}\right)}$
4	$\frac{1}{1 + 1,8477 \cdot \left(\frac{jf}{f_c}\right) + \left(\frac{jf}{f_c}\right)^2} \cdot \frac{1}{1 + 0,7653 \cdot \left(\frac{jf}{f_c}\right) + \left(\frac{jf}{f_c}\right)^2}$
5	$\frac{1}{1 + 1,618 \cdot \left(\frac{jf}{f_c}\right) + \left(\frac{jf}{f_c}\right)^2} \cdot \frac{1}{1 + 0,618 \cdot \left(\frac{jf}{f_c}\right) + \left(\frac{jf}{f_c}\right)^2} \cdot \frac{1}{1 + \left(\frac{jf}{f_c}\right)}$

Fonction de transfert normalisée



Abaque pour la détermination de l'ordre

Q5 : En sachant que la fréquence d'échantillonnage Fe est fixée à 22,05kHz et en utilisant l'abaque proposée ci-dessus, déterminer l'atténuation du filtre anti-repliement pour la fréquence Fe/2 ?

Exercice n°2 : Un filtre pour tweeter

On s'intéresse dans cet exercice à l'étude d'un filtre pour un haut parleur tweeter utilisé dans les enceintes acoustiques afin de restituer les parties hautes (aigues) du spectre audio. Le montage proposé fait appel à une structure passive comme le montre la figure 1 suivante. Afin de simplifier l'étude de ce filtre on suppose que le haut parleur possède une impédance constante en fonction de la fréquence égale à R=8Ω.



Q1 : Exprimer la fonction de transfert $T(j\omega) = \frac{V_h(j\omega)}{V_a(j\omega)}$ de ce montage en écrivant un simple pont diviseur de tension.

Q2 : Montrer la fonction de transfert peut se mettre sous la forme canonique d'un filtre passe haut du 2nd ordre que vous rappellerez et exprimer les paramètres caractéristiques m et ω en fonction de R , L et C .

Q3 : On fixe $m=0,707$ et on souhaite obtenir une fréquence de coupure de 3kHz. En déduire les valeurs de L et C .

Q4 : Tracer l'allure du diagramme de Bode de ce filtre pour des fréquences comprises entre 20Hz & 20kHz. Effectuer une vérification de votre bon dimensionnement en effectuant une simulation sous LTSpice du filtre.

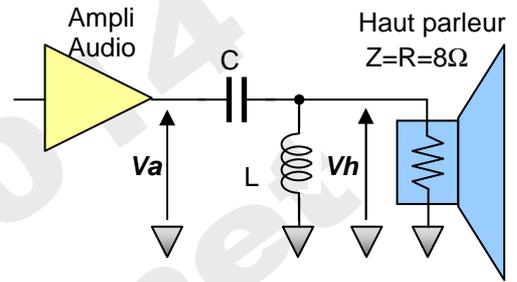


Figure 1 : Filtre passif pour HP

Exercice n°3 : Une cellule universelle

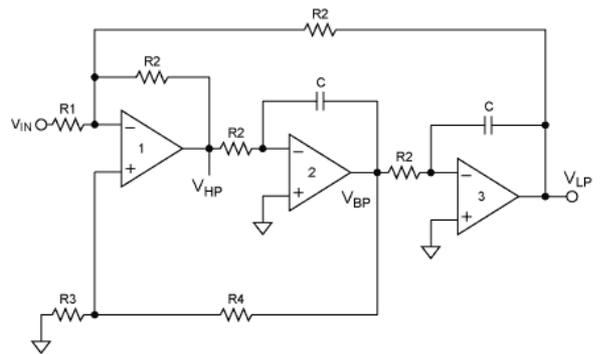
Le montage représenté ci-contre est une cellule universelle permettant de réaliser un filtre passe bas, passe haut ou passe bande du 2nd ordre. On vous demande d'exprimer les 3 fonctions de transferts possibles avec ce montage. On suppose que les 3 amplificateurs opérationnels sont parfaits et fonctionnent en régime linéaire.

Q1 : Montrer que l'amplificateur opérationnel 1 permet de réaliser l'opération suivante :

$$V_{HP} = -\left(\frac{R_2}{R_1} \cdot V_{IN} + V_{LP}\right) + \frac{R_3}{R_3 + R_4} \cdot \left(2 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot V_{BP}$$

Q2 : Montrer que $V_{BP} = -\frac{1}{jR_2C\omega} \cdot V_{HP}$ et $V_{LP} = -\frac{1}{jR_2C\omega} \cdot V_{BP}$

Q3 : En utilisant les équations précédentes, exprimer les 3 fonctions de transfert de ce montage sous leur forme canonique en effectuant les identifications nécessaires.



Exercice n°3 : Un filtre passe bande

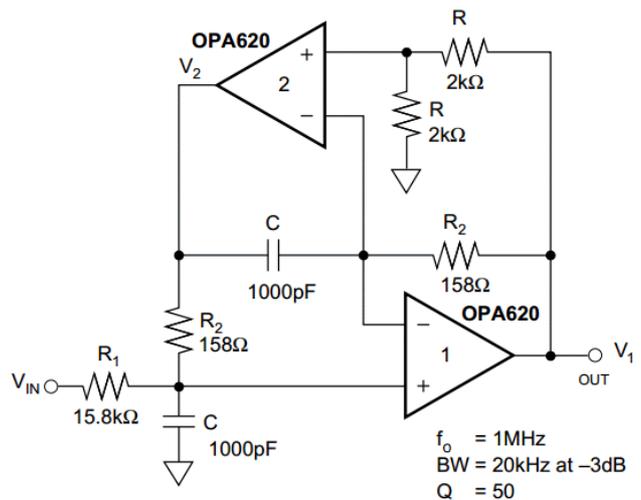
Le montage proposé ci-contre est extrait de la documentation constructeur de l'amplificateur opérationnel OPA620. On vous propose de justifier les informations données sur le schéma ci-contre.

On suppose bien évidemment que les 2 amplificateurs opérationnels sont parfaits et fonctionnent en régime linéaire.

Q1 : En utilisant le théorème de Millmann, exprimer V_{+AOP1} en fonction de V_{IN} , V_2 , R_1 , R_2 , C et $j\omega$.

Q2 : Exprimer V_{-AOP1} en fonction de V_1 , V_2 , R_2 , C et $j\omega$.

Q3 : Exprimer V_{+AOP2} en fonction de V_1 uniquement.



High-Q 1MHz Bandpass Filter

Q4 : En utilisant les résultats précédents, exprimer la fonction de transfert $T(j\omega) = \frac{V_1(j\omega)}{V_{IN}(j\omega)}$ et montrer quelle peut de mettre sous la forme d'un filtre passe bande du 2nd ordre caractérisé par f_0 & Q .

Q5 : En effectuant les applications numériques, justifier les résultats annoncés.