



DV5 : Systèmes linéaires du 2nd ordre



Objectifs

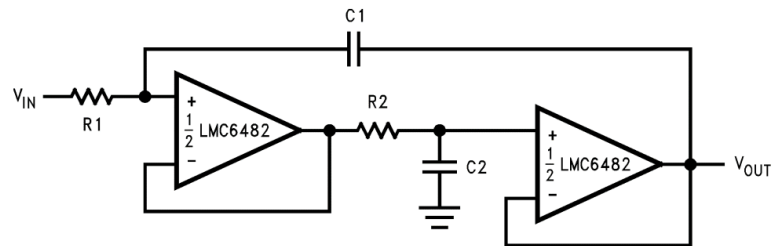
Ce cinquième devoir de vacances vous propose de revenir sur les filtres passe bas, passe bande et passe haut du 2nd ordre à base d'amplificateur opérationnel que l'on suppose parfait et qui fonctionne en régime linéaire.



Exercice n°1 : Etude d'un filtre passe bas

On vous propose l'étude du filtre passe bas suivant tiré de la documentation constructeur de l'amplificateur opérationnel double LMC6482.

On note V_A le potentiel se trouvant sur la sortie du premier ampli-op.



Rail-To-Rail Low Pass Filter

Q2 : En appliquant le théorème de Millman sur la borne + du premier ampli-op exprimer V_A en fonction de V_{IN} , V_{OUT} , $R1$, $C1$ et $j\omega$.

Q3 : Compte tenu du montage basique se trouvant entre les sorties V_A et V_{OUT} , établir une relation simple entre ces 2 grandeurs, $R2$, $C2$ et $j\omega$.

Q4 : En utilisant les relations établies pour les 2 questions précédentes exprimer la fonction de transfert : $T(j\omega) = \frac{V_{OUT}(j\omega)}{V_{IN}(j\omega)}$ en fonction de $R1$, $C1$, $R2$, $C2$ et $j\omega$.

Q5 : Montrer que cette fonction de transfert peut se mettre sous une forme canonique d'un filtre passe bas du 2nd ordre et exprimer les paramètres caractéristiques m et ω_0 en fonction des éléments du montage.

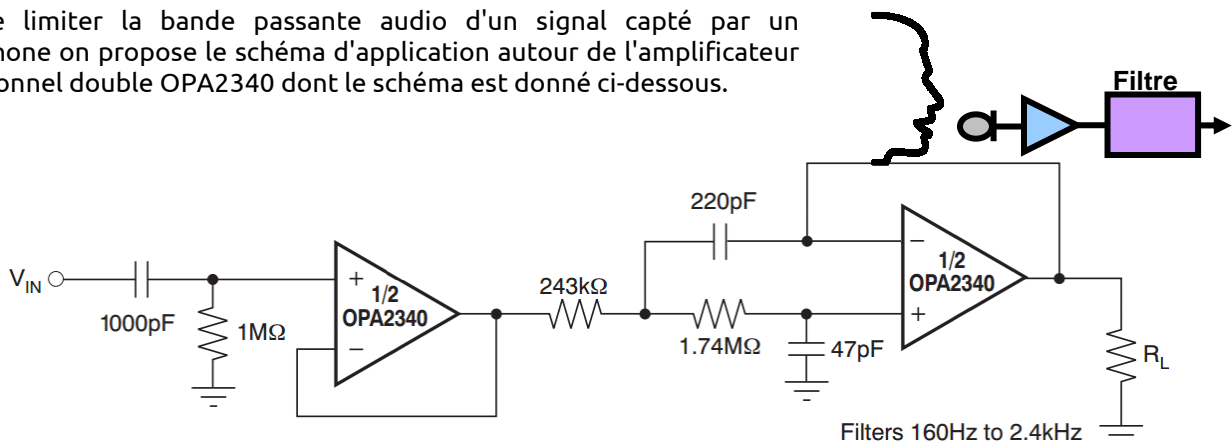
Q6 : On souhaite obtenir un filtre passe bas avec une réponse de Butterworth ($m=0,707$) et une fréquence de coupure $f_c = 3400\text{Hz}$ (Qualité téléphonique standard). On pose $C1=C2=C$ et on fixe $R1=10\text{k}\Omega$. Calculer les valeurs de $R2$ et C .

Q7 : Vérifier le bon réglage de votre filtre en effectuant une simulation LTSpice en complétant le fichier mis à votre disposition.



Exercice n°2 : Etude d'un filtre spécial voix

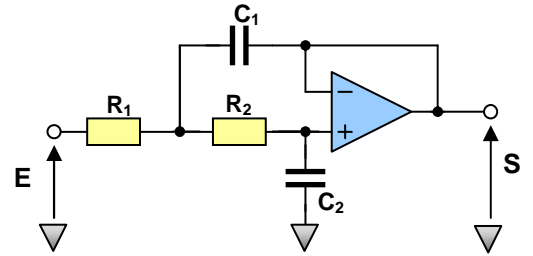
Afin de limiter la bande passante audio d'un signal capté par un microphone on propose le schéma d'application autour de l'amplificateur opérationnel double OPA2340 dont le schéma est donné ci-dessous.



Speech Bandpass Filter

Le filtre proposé est constitué d'une cellule Sallen & Key dont on rappelle ci-dessous la fonction de transfert pour le schéma correspondant ci-contre.

$$T(j\omega) = \frac{S(j\omega)}{E(j\omega)} = \frac{1}{1 + jC_2\omega(R_1 + R_2) + (j\omega)^2 C_1 C_2 R_1 R_2}$$



Q1 : Montrer simplement que le filtre proposé est bien constitué d'un filtre passe haut et d'un filtre passe bas.

Q2 : Pour le filtre passe haut, calculer la fréquence de coupure et montrer que celle-ci correspond bien à l'une des 2 indications fournies.

Q3 : Montrer que la fonction de transfert correspondant à la cellule Sallen & Key peut se mettre sous une forme canonique d'un filtre passe bas du 2nd ordre et exprimer les paramètres caractéristiques m et ω_0 en fonction des éléments du montage.

Q4 : En utilisant les valeurs proposés sur le montage, calculer les valeurs de m et f_0 . Compte tenu de la valeur de m que peut-on dire de la valeur f_0 ? Justifier ainsi l'autre indication fournie sur le schéma.

Exercice n°3 : Etude d'un filtre passe bande

On vous propose l'étude du filtre ci-contre qui présente la particularité d'utiliser les mêmes valeurs de R et C mis à part la partie amplification de ce montage.

Q1 : Montrer que le montage constitué par l'amplificateur opérationnel et les résistances R_A et R_B peut être remplacé par un bloc dont l'amplification est K. Exprimer K en fonction de R_A et R_B .

Q2 : Si V_{OUT} désigne la sortie de l'ampli-op, exprimer le potentiel V_+ en fonction de V_{OUT} et K.

Q3 : En appliquant le théorème de Millman exprimer V_A en fonction de V_{IN} , V_{OUT} , K, R, C et $j\omega$.

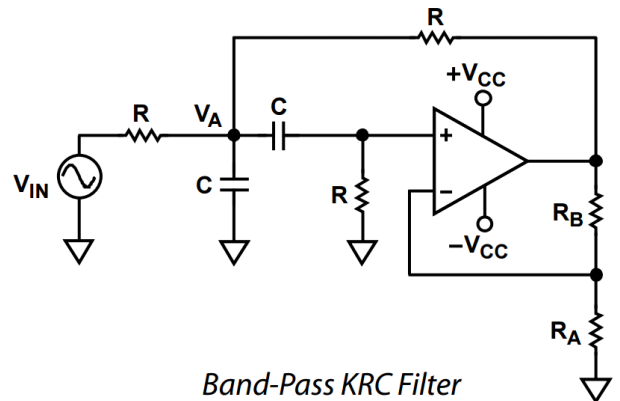
Q4 : Relier le potentiel V_A au potentiel V_+ (et donc fonction de V_{OUT} et K) de l'ampli-op en isolant le simple filtre passe haut CR.

Q5 : En utilisant les relations établies aux questions précédentes exprimer la fonction de transfert :

$$T(j\omega) = \frac{V_{OUT}(j\omega)}{V_{IN}(j\omega)} \text{ en fonction de R, C, K et } j\omega.$$

Q6 : Montrer que cette fonction de transfert peut se mettre sous une forme canonique d'un filtre passe bande du 2nd ordre et exprimer les paramètres caractéristiques Q (facteur de qualité), ω_0 (pulsation propre) et A_{max} (amplification maximale) en fonction des éléments du montage.

Q6 : Proposer un dimensionnement de ce circuit afin d'obtenir un filtre sélectif centré sur 10kHz avec une bande passante de 2,5kHz. Vous opterez pour des résistances dans la série E24 et des condensateurs dans la série E12. Vérifier votre dimensionnement en effectuant une simulation LTSpice et justifier la valeur de l'amplification maximale obtenue.

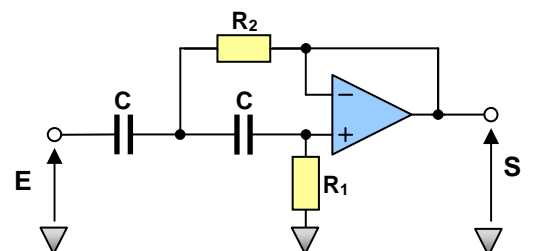


Exercice n°4 : Conception d'un filtre passe haut

Le filtre proposé ci-contre est une cellule Sallen & Key passe haut.

Q1 : Montrer que la fonction de transfert de ce montage est :

$$T(j\omega) = \frac{S(j\omega)}{E(j\omega)} = \frac{(j\omega)^2 C^2 R_1 R_2}{1 + 2jR_2 C \omega + (j\omega)^2 C^2 R_1 R_2}$$



Q2 : Proposer un dimensionnement de ce montage afin d'obtenir une réponse de Butterworth ($m=0,707$) avec une fréquence de coupure de 300Hz. Vérifier votre dimensionnement en effectuant une simulation LTSpice.