

Devoir N°3 : Autour de quelques filtres du 2nd ordre



Exercice n°1 : Un filtre audio en sortie d'un récepteur

On vous propose d'étudier un filtre passe bas pour limiter la bande passante audio d'un signal provenant d'un microphone. On fixe la fréquence de coupure à 5kHz et on choisit un coefficient d'amortissement $m=0,707$ (Réponse de Butterworth) afin d'obtenir la courbe de gain la plus plate possible dans la bande passante.

Afin de réaliser la structure passe bas du second ordre, on propose le montage de la figure 3 ci-contre qui est une cellule de Rauch. Pour l'étude de ce montage on considère que l'ampli-opérationnel est parfait et fonctionne en régime linéaire.

Q1 : En utilisant le théorème de Millman exprimer $V_a(j\omega)$ en fonction de $V_e(j\omega)$, $V_s(j\omega)$, R , C_1 et $j\omega$

Q2 : Quel montage simple reconnaît-on entre $V_a(j\omega)$ et $V_s(j\omega)$? En déduire une relation entre $V_a(j\omega)$ et $V_s(j\omega)$

Q3 : En utilisant les résultats précédents, montrer que la fonction de transfert du montage peut s'écrire sous la forme : $T(j\omega) = \frac{V_s(j\omega)}{V_e(j\omega)} = \frac{-1}{1 + 3RC_2(j\omega) + R^2C_1C_2(j\omega)^2}$

Q4 : Montrer que cette fonction peut se mettre sous une forme canonique et exprimer les paramètres caractéristiques m et ω_0 en fonction des éléments du montage.

Q5 : On fixe $C_2=2,2nF$. En déduire les valeurs de R et C_1 répondant à l'application proposée.

Q6 : Proposer une simulation sous LTSpice permettant de vérifier le bon dimensionnement de votre filtre.

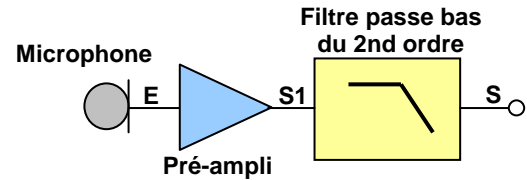


Figure 1 : Etage d'entrée audio

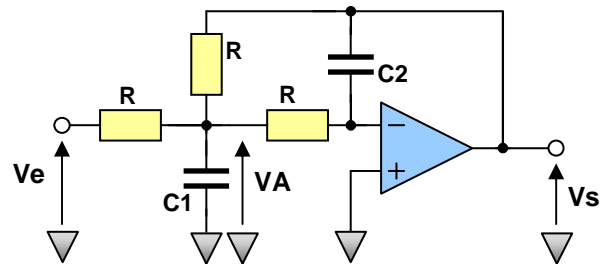


Figure 2 : Cellule de Rauch passe bas

Exercice n°2 : Etude d'un filtre pour un analyseur de spectre audio

Afin de réaliser un analyseur de spectre audio, il est possible d'utiliser un grand nombre de filtres passes bandes qui couvrent ainsi l'ensemble des bandes audio. Une détection d'amplitude couplé à un circuit de conversion pour chaque bande permet d'obtenir la représentation fréquentielle souhaitée. Toutefois afin de réduire le nombre d'éléments nous proposons un dispositif à base d'un filtre unique comme le montre la figure ci-dessous.

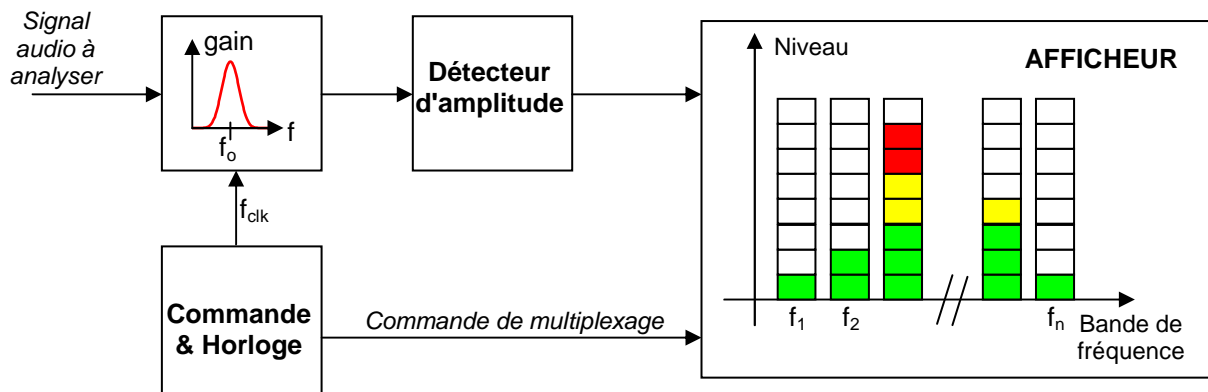


Figure 1 : Principe d'un analyseur de spectre audio

Le filtre d'analyse que nous vous proposons d'étudier dans ce problème est un filtre à capacités commutées MF10 dont la fréquence centrale f_0 est commandée par une fréquence d'horloge externe telle que $f_0 = f_{clk}/100$. Afin de simplifier le problème nous conserverons une analyse classique de la structure proposée en adoptant une approche en temps continu (Par opposition à une approche en temps discret ou échantillonné)

Le composant MF10 propose plusieurs modes de fonctionnement et nous vous proposons le mode 1 dont le schéma est représenté sur la figure 1 suivante. Celui-ci fait appel à deux blocs intégrateur pur dont la fréquence $f_0 = f_{clk}/100$.

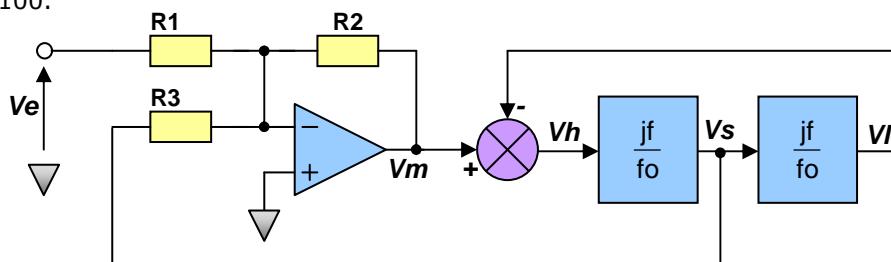


Figure 2 : Mode 1 pour le filtre à capacités commutées MF10

Q1 : Exprimer $V_m(jf)$ en fonction de $V_e(jf)$, $V_s(jf)$ R_1 , R_2 et R_3

Q2 : Exprimer $V_h(jf)$ en fonction de $V_l(jf)$ et $V_m(jf)$ autour de la fonction soustracteur.

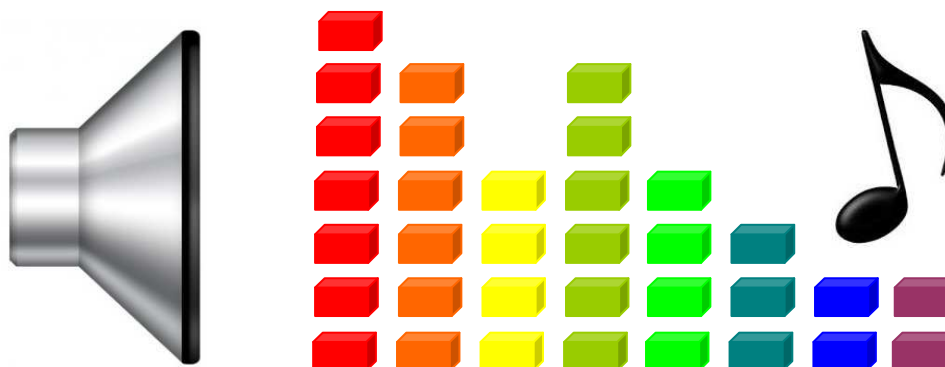
Q3 : Exprimer les relations $V_s(jf)$ en fonction de $V_h(jf)$ et $V_l(jf)$ en fonction de $V_s(jf)$ autour des 2 blocs intégrateurs.

Q4 : En utilisant les relations précédentes, exprimer la fonction de transfert de ce filtre $T(jf) = \frac{V_s(jf)}{V_e(jf)}$ et

montrer qu'il s'agit d'un filtre passe bande. Exprimer la fréquence centrale, le facteur de qualité Q et l'amplification maximale en fonction des éléments du montage.

Q5 : On souhaite un gain maximum de 0dB et un facteur de qualité $Q = \sqrt{2}$. On fixe $R_2 = 3,6k\Omega$. En déduire les valeurs de R_1 et R_3 .

Q6 : Tracer l'allure du diagramme de Bode lorsque $f_{clk} = 100kHz$. Vous préciserez les deux fréquences de coupure à -3dB et les « pentes » de votre tracé.



Exercice n°3 : Analyse d'un extrait de documentation constructeur

L'extrait de la documentation constructeur donné dans cet exercice est issu du document suivant : http://www.onsemi.com/pub_link/Collateral/AMIS-30585-D.PDF et concerne un circuit utilisé pour la transmission de données numériques sur courant porteur en ligne. Dans le cadre de cet exercice on ne s'intéresse qu'au filtre de réception décrit dans cet extrait.

Pin 2: RX_OUT

RX_OUT is the output analog pin of the receiver low noise input op-amp. This op-amp is in a negative feedback configuration. To know how to use this pin, refer to the explanations given for pin RX_IN.

Pin 3: RX_IN

RX_IN is the positive analog input pin of the receiver low noise input op-amp. Together with the pins two and three, an active high pass filter is realized. This filter removes the main frequency (50 or 60 Hz) from the received signal. The filter characteristics are determined by external capacitors and resistors. Typical values are given in Table 2. For these values and after this filter, a typical attenuation of 80 dB at 50 or 60 Hz is obtained. Table 2 represents external components connection. The present construction supposes the presence of a previous formed with the coupling transformer and a parallel capacitance is placed on the mains. This last one performs a typical attenuation of 60 dB. The combined effect of the two filters decreases the voltage level of the main frequency well below the sensitivity of the AMIS-30585.

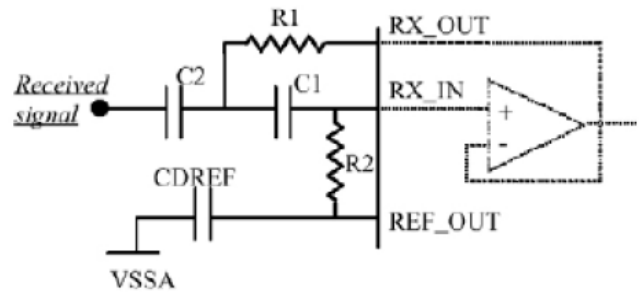


Figure 3. External Component Connection

The goal of the CDREF capacitance is to put the DC voltage of the received signal at the right level for the internal components. See also description of the pin REF_OUT.

Table 2. VALUE OF THE RESISTORS AND CAPACITORS

C1	560 pF
C2	560 pF
R2	82 k Ω
R1	39 k Ω
CDREF	1 mF

Pin 4: REF_OUT

REF_OUT is the analog output pin, which provides the voltage reference used by the A/D converter. This pin must be decoupled from the analog ground by a 1 mF ± 10 percent ceramic capacitance (CDREF). This must be done as close as possible on the PCB. See Figure 4. It is not allowed to load this pin with other impedance load.

Afin de simplifier l'étude on peut considérer que vis-à-vis des signaux alternatifs tout se passe comme si la borne REFOUT est reliée à la masse (Il s'agit en réalité d'un point de polarisation car l'aop est utilisé avec une alimentation simple).

Q1 : Quel est le type de filtre réalisé par le montage représenté sur la figure 3 ?

Q2 : Quel est le nom de la structure mettant en œuvre l'amplificateur opérationnel ?

Q3 : Exprimer la fonction de transfert de ce montage (on pose $C=C1=C2$) et l'écrire sous une forme canonique du 2nd ordre.

Q4 : A partir des valeurs de composants, calculer le coefficient d'amortissement et la pulsation propre de ce filtre.

Q5 : Comment peut-on retrouver par expérimentation la valeur du coefficient d'amortissement et de la pulsation propre ? A défaut d'une mise en œuvre pratique, proposer une simulation LTSpice et vérifier la cohérence de vos prédéterminations théoriques.

Q6 : Par rapport à la note d'application proposée, montrer que ce filtre répond bien à l'application envisagée.