poujouly.net
@poujouly

DV5 : Montages à amplificateur opérationnel mono tension et Filtrage analogique & numérique

Eléments de correction

Exercice n°1 : Un préamplificateur pour microphone

Q1 : En continu les condensateurs se comportent comme des circuits ouverts. VIN+=2,5V et VOUT=2,5V

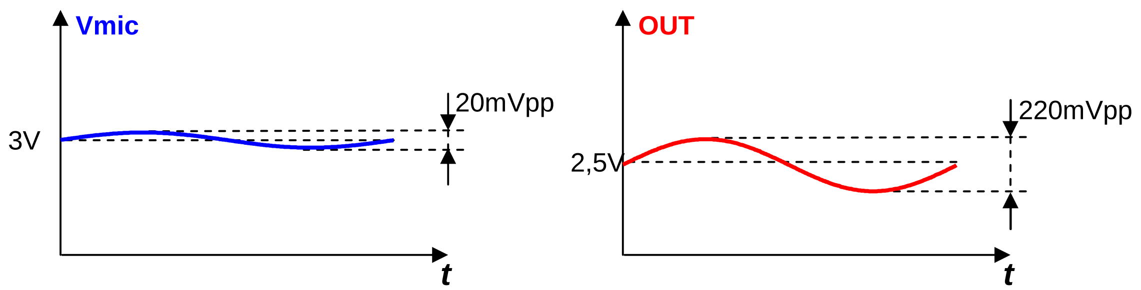
Q2 : L'action du condensateur de 100pF en parallèle avec la résistance de 100kΩ permet de réaliser un filtre passe bas dont la fréquence de coupure est de 15,9kHz

Q3 : L'action u condensateur de 1µF en série avec la résistance de 10kΩ permet de réaliser un filtre passe haut dont la fréquence de coupure est de 15,9Hz

Q4 : Entre ces 2 fréquences de coupures, l'amplification apportée par ce montage est de 11.

Q5 : Le schéma équivalent formé par le condensateur de 0,01µF et des 2 résistances de 1MΩ en régime alternatif est un circuit passe haut avec une résistance équivalent de 500kΩ (1MΩ // 1MΩ). La fréquence de coupure correspondante est donc 31,8Hz.

Q6 :



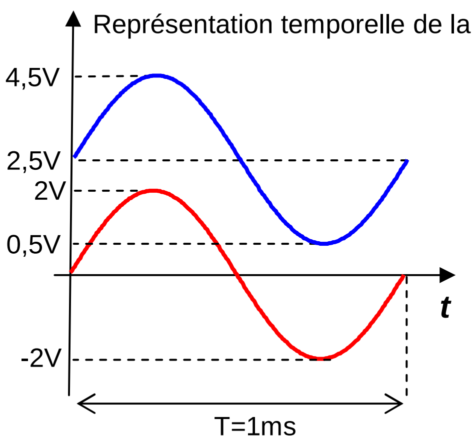
Exercice n°2 : Un amplificateur pour casque stéréo

Q1 : (1) high pass (2) $\frac{1}{2\pi RIN.CIN}$ (3)COUT (4) $\frac{1}{2\pi RLoad.Cout}$ (5) 49,7Hz

Q2 : RIN=47kΩ CIN=677nF (680nF) $RF = RIN \cdot 10^{\frac{26}{20}} = 937k\Omega (910k\Omega)$

Q3 : Polarisation autour de 2,5V pour un fonctionnement de l'ampli avec une tension d'alimentation simple. Un simple pont diviseur de tension avec 2 résistances identiques et un condensateur de découplage suffit.

Q4 :



$$100mV \cdot 10^{\frac{26}{20}} = 2V$$

La puissance obtenue aux bornes de l'écouteur est $P = \frac{Ueff^2}{32\Omega} = \frac{\hat{U}^2}{2\cdot 32\Omega} = 62{,}5mW$

Cette valeur est totalement cohérente avec la puissance de 60mW annoncée sur les indications proposées dans la documentation constructeur.

Exercice n°3 : Etude d'une solution de filtrage

Q1 : Les filtres dont la fonction d'approximation est de Butterworth possède le gain le plus plat dans la bande passante.

Q2 : Si l'on nomme A le point ou les 3 résistances et le condensateur C1 sont reliés on peut appliquer le théorème de Millman en ce point pour établir :

$$VA = \frac{\frac{E}{R1}+\frac{S}{R1}}{\frac{1}{R1}+\frac{1}{R1}+\frac{1}{R2}+jC1\omega} \quad \text{soit} \quad \boxed{VA = \frac{E.R2+S.R2}{2.R2+R1+jR1.R2.C1\omega}}$$

En examinant le montage autour de l'ampli-op il vient que $\boxed{S = -VA\cdot\frac{1}{jR2C2\omega}}$

soit en regroupant les 2 équations on aboutit à la forme proposée $\frac{S(j\omega)}{E(j\omega)} = \frac{-1}{1+jC2\omega(2R2+R1)+(j\omega)^2 R1R2C1C2}$

de la forme $\frac{S(j\omega)}{E(j\omega)} = \frac{-1}{1+2m\frac{j\omega}{\omega o}+\left(\frac{j\omega}{\omega o}\right)^2}$ avec $\omega o = \frac{1}{\sqrt{R1.R2.C1.C2}}$ et $2m = \frac{(2.R2+R1)\cdot C2}{\sqrt{R1.R2.C1.C2}}$

Q3 : En effectuant les applications numériques :
pour la première cellule on montre que fo≈100kHz et 2m=1,84
pour la seconde cellule on montre que fo≈100kHz et 2m=0,76

Ce qui permet de retrouver une forme d'un filtre Butterworth du 4ième ordre dont la fréquence de coupure est de 100kHz.

Q4 : Il faut choisir le circuit LTC1563-2 avec R=25,6kΩ. Cette solution intégrée est beaucoup plus simple à mettre en œuvre puisqu'elle ne nécessite qu'une seule valeur de composant.

Exercice n°4 : Un filtre anti-repliement

Q1 : on retrouve bien une forme telle que $T(j\omega) = \frac{1}{1+2m\frac{j\omega}{\omega o}+\left(\frac{j\omega}{\omega o}\right)^2}$

avec $\frac{1}{\omega o^2} = R_1R_2C_1C_2$ et $\frac{2m}{\omega o} = C_2(R_1+R_2)$. On en déduit donc $\boxed{\omega o = \frac{1}{\sqrt{R_1R_2C_1C_2}}}$ et $\boxed{m = \frac{C_2(R_1+R_2)}{2\sqrt{R_1R_2C_1C_2}}}$

$\boxed{m=0{,}249}$ et $\boxed{fo = 9845Hz}$

Q2 : La fréquence de coupure du filtre passe bas se situant sur l'entrée du convertisseur est $\boxed{fc = \frac{1}{2\pi R3.C3} = 4823Hz}$

Q3 : Pour les réponses de Butterworth chaque cellule est réglé avec fo=fc. Ici ce n'est pas le cas : On associe une cellule du 2nd ordre avec une forte résonnance (m petit) avec un filtre dont la fréquence de coupure est bien plus basse... Il s'agit donc d'une réponse de Tchebychev typique qui présente des ondulations dans la bande passante.

Exercice n°5 : Un filtre numérique à déterminer

On considère le filtre décrit par l'équation de récurrence suivante : **Y(n)=1,5.Y(n-1) - 0,85.Y(n-2) + X(n)-X(n-2)** avec Fe=10kHz.

Q1 : En appliquant la transformée en z il vient : $Y(z)=1{,}5.z^{-1}Y(z)-0{,}85.z^{-2}Y(z)+X(z)-z^{-2}X(z)$

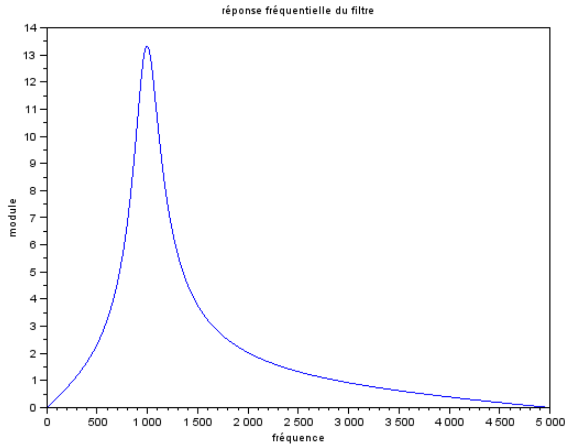
soit $Y(z)\cdot\left[1-1{,}5.z^{-1}+0{,}85.z^{-2}\right]=X(z)\cdot\left[1-z^{-2}\right]$ donc $\dfrac{Y(z)}{X(z)}=\dfrac{1-z^{-2}}{1-1{,}5.z^{-1}+0{,}85.z^{-2}}$

La description d'un filtre numérique sous Scilab conduit aux valeurs des numérateurs et dénominateurs de la fonction de transfert en z suivante :

a=[1 0 -1]   (le 0 permet d'indiquer qu'il n'y a pas de coefficient pour z^{-1})
b=[1 -1.5 0.85]

Q2 : Script Scilab permettant de tracer la réponse fréquentielle de ce filtre en utilisant la fonction **frmag** :

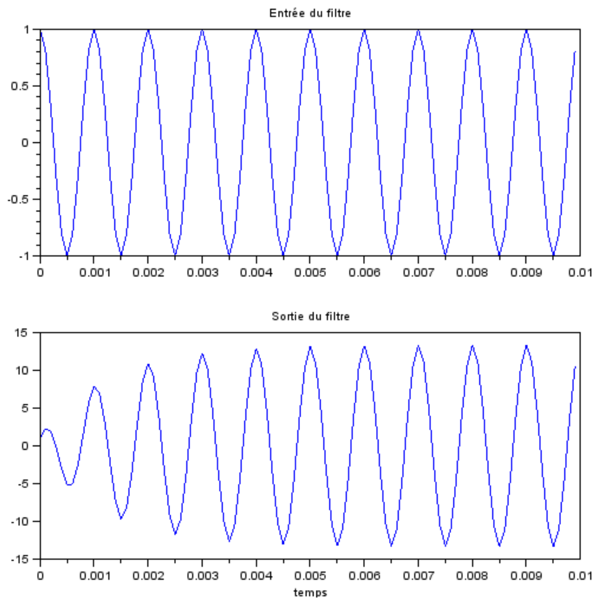
```
a=[1 0 -1];
b=[1 -1.5 0.85];
Fe=10e3;
[H,fr]=frmag(a,b,1000);
plot(fr*Fe,H);
title('réponse fréquentielle du filtre');
xlabel('fréquence');
ylabel('module');
```



Q3 : Il s'agit d'un filtre passe bande dont la fréquence centrale est de 1kHz (lorsque le module est maximum).

Q4 : Script Scilab illustrant le fonctionnement de ce filtre :

```
a=[1 0 -1];
b=[1 -1.5 0.85];
Fe=10e3;Te=1/Fe;
F1=1e3;
N=100;n=0:N-1;
E=cos(2*%pi*F1*n*Te);
S=filter(a,b,E);
subplot(211)
plot(n*Te,E);
title('Entrée du filtre');
subplot(212)
plot(n*Te,S);
title('Sortie du filtre');
xlabel('temps')
```



Exercice n°6 : Synthèse d'un filtre réjecteur de fréquence

Q1 : $\left|T(j\omega)\right| = \dfrac{\left|1-\left(\dfrac{\omega}{\omega o}\right)^2\right|}{\sqrt{\left(1-\left(\dfrac{j\omega}{\omega o}\right)^2\right)^2+\left(\dfrac{\omega}{Q.\omega o}\right)^2}}$

lorsque $\omega<<\omega o$ et $\omega>>\omega o$ $\left|T(j\omega)\right| \to 1$

lorsque $\omega=\omega o$ $\left|T(j\omega o)\right| = 0$

Q2 : Il est très difficile d'obtenir un réglage idéal avec les résistances et les condensateurs ce qui est bien plus simple avec un filtre numérique.

Q3 : en remplaçant il vient : $T(z) = \dfrac{1+a^2\cdot\left(\dfrac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}}\right)^2}{1+\dfrac{a}{Q}\cdot\left(\dfrac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}}\right)+a^2\cdot\left(\dfrac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}}\right)^2}$

donc $T(z) = \dfrac{\left(1+z^{-1}\right)^2+a^2.\left(1-z^{-1}\right)^2}{\left(1+z^{-1}\right)^2+\dfrac{a}{Q}\cdot\left(1+z^{-1}\right)\cdot\left(1-z^{-1}\right)+a^2.\left(1-z^{-1}\right)^2}$

soit $T(z) = \dfrac{1+a^2+z^{-1}\cdot\left(2-2.a^2\right)+z^{-1}\cdot\left(2+a^2\right)}{1+a^2+\dfrac{a}{Q}+z^{-1}\cdot\left(2-2.a^2\right)+z^{-1}\cdot\left(2+a^2-\dfrac{a}{Q}\right)}$