

DV - Printemps 2018

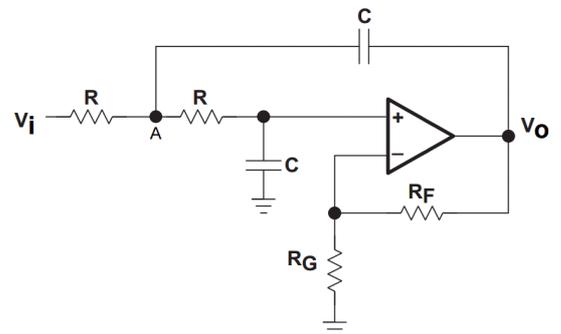
A l'occasion des vacances de printemps je vous propose ce devoir portant sur les thèmes abordés au cours de ces dernières semaines du semestre 2 dans le cadre du module SEI :

- 🔊 Filtre passe bas, passe haut et passe bande du 2nd ordre
- 🔌 Montages à ampli-op avec alimentation simple
- ⚙️ Caractéristiques d'un amplificateur opérationnel réel
- 📡 Transmission en modulation d'amplitude



Problème n°1 : Etude d'un filtre passe bas du 2nd ordre

Le schéma proposé ci-contre est issu d'une note d'application du constructeur Texas Instrument. On suppose que l'amplificateur opérationnel est idéal et fonctionne en régime linéaire.



2-Pole Low-Pass Sallen-Key Filter

Q1 : Quel simple montage reconnaît-on entre l'entrée V_+ et la sortie V_O ? Montrer que l'on peut écrire $V_O = k.V_+$.

Q2 : En utilisant le théorème de Millman, exprimer le potentiel au point A $V_A(j\omega)$ en fonction de $V_I(j\omega)$, $V_O(j\omega)$, R , C , $j\omega$ et k .

Q3 : Quel montage simple reconnaît-on entre V_A et V_+ ? En déduire une relation entre $V_A(j\omega)$, $V_O(j\omega)$, R , C , $j\omega$ et k .

Q4 : En utilisant les 2 équations précédentes, montrer que la fonction de transfert de ce montage peut se mettre sous la forme d'une fonction passe bas du 2nd ordre dont vous préciserez les expressions des paramètres caractéristiques.

Q5 : On souhaite obtenir une réponse Butterworth ($m = \frac{1}{\sqrt{2}}$) et une fréquence de coupure de 3kHz. Proposer des valeurs de composants dans les séries normalisées (E12 pour le condensateur C et E24 pour les résistances). Proposer une simulation LTSpice permettant de vérifier le bon dimensionnement de votre montage.

Problème n°2 : Etude d'un filtre passe bande 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.

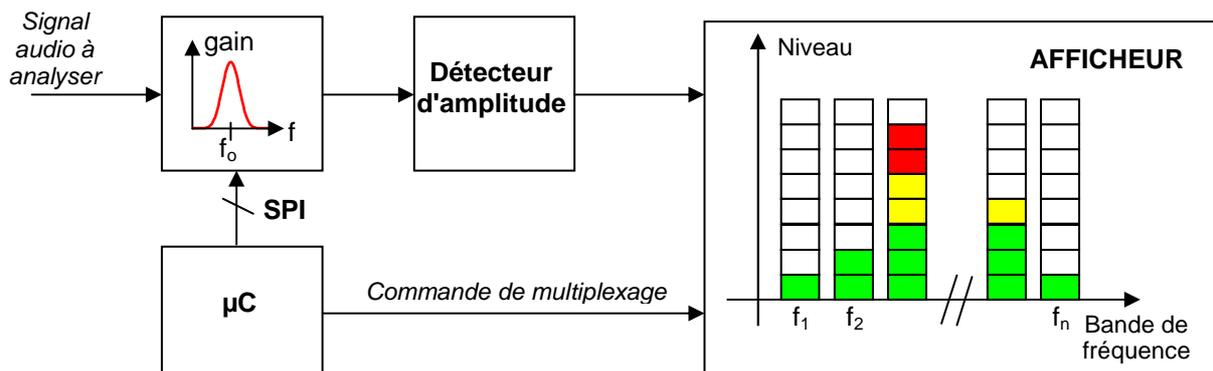


Figure 1 : Principe d'un analyseur de spectre audio

Le filtre passe bande d'analyse que nous vous proposons d'étudier dans ce problème est un filtre analogique programmable commandé par une liaison SPI et dont le schéma est donné sur la figure 2 suivante :

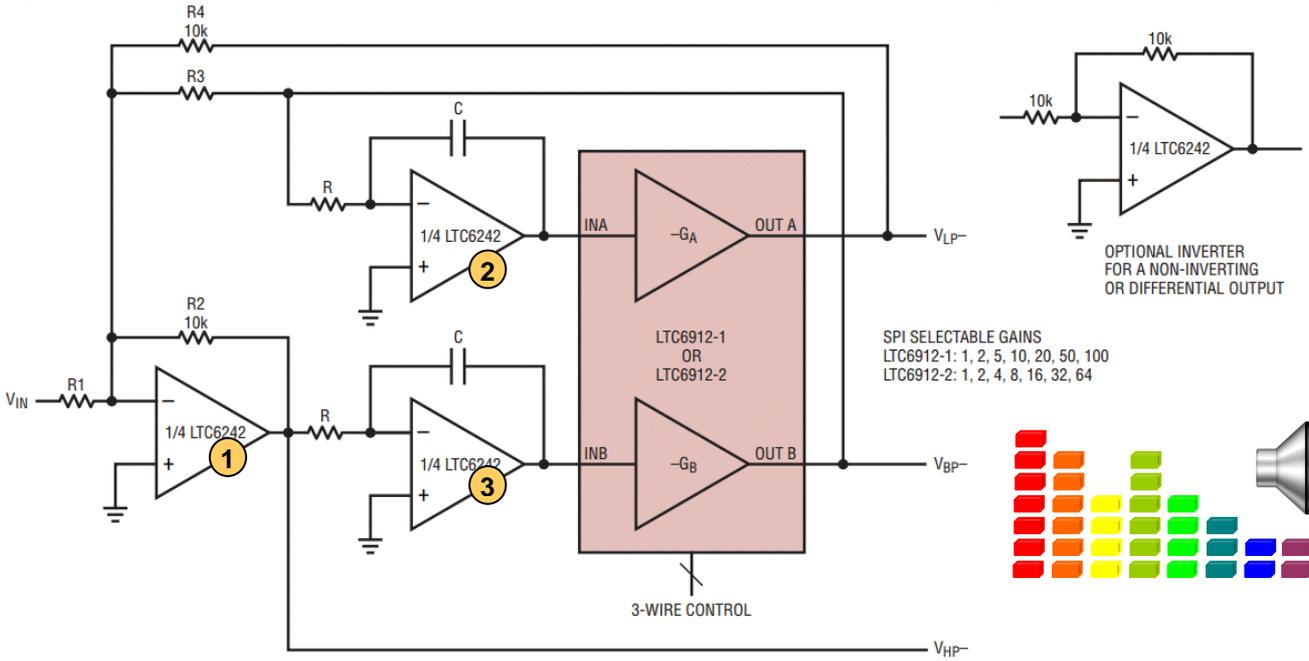


Figure 2 : Filtre analogique programmable

Pour la mise en œuvre de ce filtre on sélectionne l'amplificateur programmable LTC6912-2 et l'on considère que l'amplification $-G$ apportée par ce montage est identique pour les 2 amplificateurs. L'amplification G peut prendre les valeurs 1, 2, 4, 8, 16, 32 & 64 à partir des commandes envoyées sur le bus SPI. Le filtre représenté sur la figure 2 possède 3 sorties et nous utiliserons dans ce problème que la sortie V_{BP-} .

Q1 : En appliquant le théorème de Millman sur l'entrée $V-$ de l'ampli-op ① en déduire une relation entre V_{IN} , V_{HP-} , V_{LP-} , V_{BP-} , $R_2=R_4$, R_1 et R_3

Q2 : En considérant le montage à ampli-op ②, proposer une relation entre V_{LP-} , V_{BP-} , R , $jC\omega$ et G .

Q3 : En s'inspirant de la question précédente et en considérant le montage à ampli-op ③, déterminer une relation entre V_{BP-} , V_{HP-} , R , $jC\omega$ et G .

Q4 : En utilisant les équations précédentes, montrer que la fonction de transfert peut se mettre sous la forme indiquée ci-contre. Exprimer les paramètres caractéristiques en fonction des éléments du filtre.

$$\frac{V_{BP-}(j\omega)}{V_{IN}(j\omega)} = T_{max} \cdot \frac{\frac{j\omega}{Q \cdot \omega_0}}{1 + \frac{j\omega}{Q \cdot \omega_0} + \left(\frac{j\omega}{\omega_0}\right)^2}$$

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

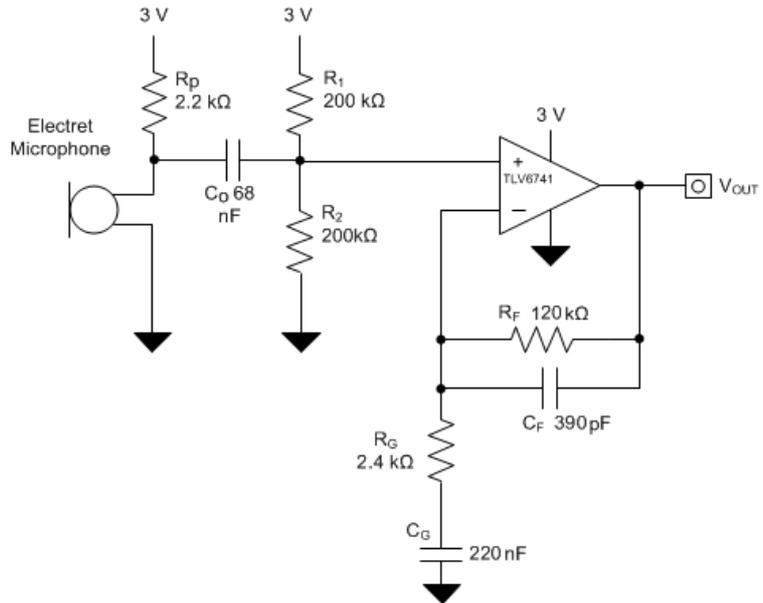
Q6 : Proposer un couple de valeur RC permettant de fixer la plus petite des fréquences propre f_0 à la valeur de 125Hz. Compte tenu de la valeur particulière du facteur de qualité, tracer l'allure des 7 diagrammes de Bode pour les 7 valeurs d'amplification. Vérifier votre résultat en effectuant une simulation LTSpice et justifier l'intérêt de ce filtre pour la réalisation de l'analyseur de spectre.

Problème n°3 : Etude d'un préamplificateur pour microphone electret

Le schéma représenté ci-contre est extrait d'une note d'application Texas Instrument concernant l'ampli-op TLV6741 alimenté sous une tension simple 3V.

La résistance $R_p=2,2k\Omega$ permet de polariser le microphone Electret. A ses bornes on retrouve une composante continue de $V_0=1,2V$ superposée au signal audio $V_{audio}(t)$ dont la valeur efficace ne dépasse pas $2mV_{eff}$.

Comme on souhaite connecter le microphone sur une entrée ligne audio standard il est indispensable d'amplifier le signal $V_{audio}(t)$ tout en permettant un fonctionnement sur 2 piles de 1,5V AAA.



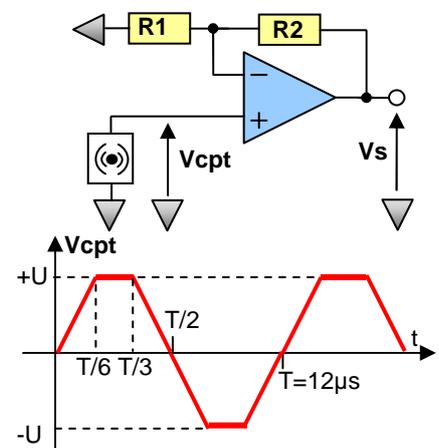
Copyright © 2017, Texas Instruments Incorporated

- Q2 :** Pour effectuer l'étude de ce montage on se place dans un premier temps en régime continu (DC). Dans ces conditions comment se comportent les condensateurs C_0 , C_G et C_F ?
- Q3 :** Quelle est la tension continue obtenue sur l'entrée + de l'ampli-op ? En déduire la tension continue de repos que l'on obtient sur la sortie V_{OUT} .
- Q4 :** On se place maintenant d'un point de vue du régime alternatif. Quelle est l'action du condensateur C_0 avec les résistances R_1 et R_2 ? En déduire une fréquence de coupure basse.
- Q5 :** Quelle est l'action du condensateur C_G avec la résistance R_G ? En déduire une fréquence de coupure basse.
- Q6 :** Quelle est l'action du condensateur C_F avec la résistance R_F ? En déduire une fréquence de coupure haute.
- Q7 :** Si l'on se place entre ces fréquences de coupures, exprimer l'amplification apportée par ce montage en fonction de R_F et R_G .
- Q8 :** On suppose que le signal audio délivré par le microphone est un signal sinusoïdal de fréquence 1kHz et dont la valeur efficace est de 2mV. En déduire l'expression de la tension $V_{mic}(t)$ que l'on retrouve aux bornes du microphone. Représenter le signal à la sortie V_{OUT} du préamplificateur.

Problème n°4 : Choix d'un amplificateur opérationnel

On considère le montage amplificateur suivant pour un capteur de vibration hautes fréquences qui délivre le signal V_{cpt} représenté sur le chronogramme ci-contre. On donne les éléments suivants : $U=50mV$ $R_1=1k\Omega$ et $R_2=100k\Omega$

- Q1 :** Exprimer V_s en fonction de V_{cpt} , R_2 & R_1 .
- Q2 :** Représenter le signal V_s au cours du temps.
- Q3 :** Que représente le Slew rate pour un amplificateur opérationnel ?
- Q4 :** Compte tenu de la forme caractéristique du signal sur la sortie V_s déterminer la valeur minimale du Slew rate nécessaire au choix de l'amplificateur.
- Q5 :** Pour conserver la forme du signal V_{cpt} il est nécessaire d'avoir une bande passante incluant l'harmonique de rang 9 du signal V_{cpt} . En déduire le produit gain bande nécessaire pour l'amplificateur opérationnel.



Problème n°5 : Etude d'un portatif VHF ICOM IC-A15

On vous propose l'étude du système de transmission d'un portatif VHF ICOM IC-A15 représenté sur la photo ci-contre. Cet équipement professionnel est destiné aux communications radio dans la bande aviation 118-137MHz en modulation d'amplitude.

Q1 : L'antenne utilisée sur le mobile est un modèle hélicoïdal de telle sorte à ce que la longueur effective soit plus petite qu'une antenne quart d'onde. Si l'on considère la fréquence au centre de la bande aviation, quelle est la longueur d'une antenne quart d'onde correspondante ?

Q2 : Lorsque l'on ne transmet pas de signal modulant le portatif génère une porteuse sinusoïdale d'amplitude $S_0=12,25V$ et de fréquence f_p comprise dans la bande aviation. Si l'on considère que l'antenne représente une charge de 50Ω , calculer la puissance délivrée par le mobile. Justifier le résultat obtenu par rapport aux indications constructeurs ci-contre.

Q3 : On suppose qu'en mode test l'émetteur diffuse un signal modulant sinusoïdal de fréquence f_1 . Donner l'expression du signal modulé en amplitude à porteuse conservée $S_{AM}(t)$ en faisant intervenir les variables S_0 , m , f_1 et f_p . Précisez le nom de la variable m et indiquez sa valeur à partir des spécifications constructeurs.

Q4 : En observant le signal modulé (pour une fréquence porteuse $f_p=120MHz$) d'un point de vue temporel on obtient le relevé ci-contre. Donner les expressions et les valeurs des différents niveaux d'amplitudes. Précisez la valeur de la fréquence du signal modulant.

Q5 : Tracer le spectre en amplitude du signal modulé précédant en indiquant les expressions et valeurs des fréquences et des amplitudes pour chaque composante fréquentielle

SPECIFICATIONS IC-A15

GENERAL

- Fréquences couvertes : 118,000–136,975 MHz
- Mode : AM
- Espacement des canaux : 25 kHz
- Impédance antenne : 50 Ω (Type BNC)
- Alimentation électrique : 7,4 V DC (batterie Icom)
- Consommation (à 7,4 V DC)
 - Tx : 1,5 A
 - Rx Veille : 50 mA typique
 - Max. audio : 500 mA
- Températures d'utilisation : $-20^{\circ}C$ à $+55^{\circ}C$
- Dimensions (L×H×P) : 53 × 120 × 36,9 mm

EMISSION

- Puissance (à 7,4 V DC) : 1,5 W typ.
- Taux de modulation : 85 %

RECEPTION

- Sensibilité : -3 dB μ V typ.

