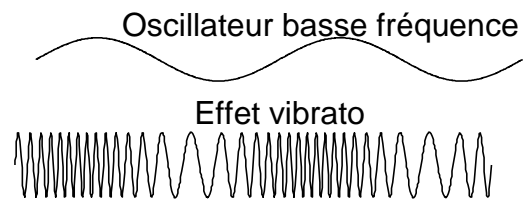


TDAD_OSC1 : Oscillateur à boucle de réaction

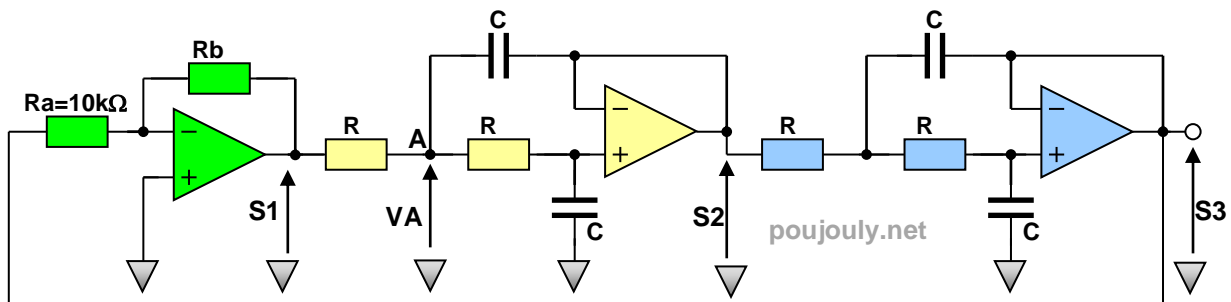
 Me 3 juin 2020  **Sujet : 9h00** **Correction : Avec vos enseignants**

Problème n°1 : Un oscillateur pour vibrato

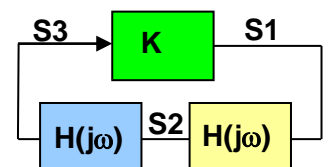
Dans les instruments de musiques électroniques (synthétiseurs, boîtes à effets de guitares électriques) on dispose couramment de l'effet vibrato. Pour l'effet vibrato on effectue une légère variation de la tonalité en faisant varier la fréquence.



On vous propose d'étudier l'oscillateur basse fréquence utilisé pour la mise en œuvre de ce dispositif. Le montage d'étude est représenté sur la figure ci-dessous. On considère dans toute cette partie que les amplificateurs opérationnels sont parfaits et fonctionnent en régime linéaire.



Q1 : Exprimer $S1$ en fonction de $S3$, Ra et Rb . En déduire l'expression du coefficient K dans le schéma bloc modélisant l'oscillateur et représenté sur la figure ci-contre.



Q2 : Appliquer le théorème de Millmann au point A et exprimer VA en fonction de $S1$, $S2$, R et $jC\omega$.

Q3 : Montrer que la fonction de transfert reliant $S2$ à VA est celle d'un simple circuit RC passe bas.

Q4 : En utilisant les 2 équations précédentes, montrer que la fonction de transfert $H(j\omega)$ peut s'écrire sous la forme d'un filtre passe bas du 2nd ordre avec un coefficient d'amortissement $m=1$.

Quelle est l'expression de la pulsation propre ω_0 ?

Q5 : Montrer que l'application du critère de Barkhausen conduit à l'équation suivante :

$$\frac{K}{\left(1 + \frac{j\omega}{\omega_0}\right)^4} = 1$$

Q6 : En déduire la fréquence des oscillations f_{osc} et la condition sur la valeur de K qui permet d'obtenir des oscillations.

Q7 : Proposer des valeurs pour R_b et R en sachant que l'on fixe $C=220nF$ et que l'on souhaite obtenir une fréquence d'oscillation de 20Hz.

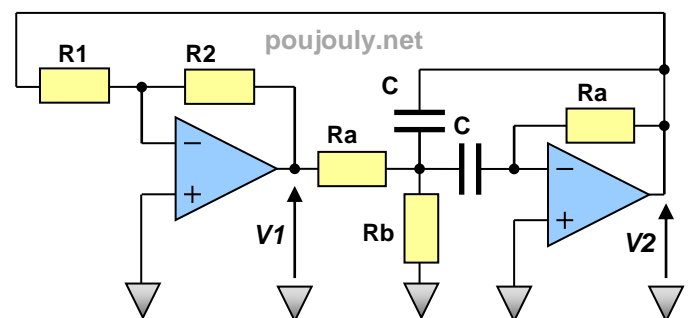
Q8 : Vérifier votre dimensionnement en effectuant une simulation LTSpice avec le fichier proposé.

⚙️ Problème n°2 : Un oscillateur pour signal modulant

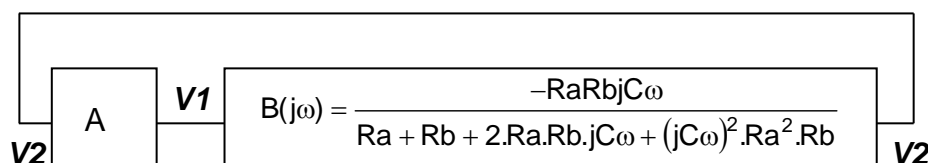
On s'intéresse à un oscillateur utilisé comme signal modulant sinusoïdal de test pour un générateur HF pour des modulations AM ou FM. Les fréquences du signal modulant sont de 1kHz ou 400Hz.



Le montage proposé pour la réalisation de cet oscillateur ainsi que sa modélisation sont représentés sur les figures suivantes. On considère dans toute cette partie que les amplificateurs opérationnels sont parfaits et fonctionnent en régime linéaire.



Q1 : En analysant le schéma fourni, donner l'expression du coefficient A dans le schéma bloc proposé ci-dessous et dans lequel on donne la fonction de transfert $B(j\omega)$ que l'on ne démontre pas.

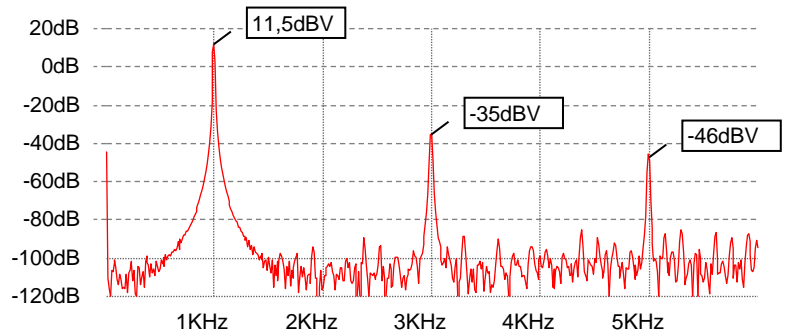


Q2 : Rappeler le critère de Barkhausen pour l'étude des oscillateurs à boucle de réaction.

Q3 : Appliquer le critère de Barkhausen pour l'oscillateur proposé et en déduire une équation permettant de déterminer la fréquence des oscillations f_{osc} . On donne $R_a=160k\Omega$ et $R_b=1,6k\Omega$. En déduire la valeur du condensateur C pour obtenir une fréquence $f_{osc}=1kHz$.

Q4 : Quelle doit être la valeur de A qui permet d'obtenir des oscillations ? On fixe $R_1=10k\Omega$, proposer une valeur de R_2 (si possible dans une série normalisée) permettant d'obtenir des oscillations.

Q5 : L'analyse FFT ci-contre est effectuée sur la sortie de l'amplio où le signal est « le plus sinusoïdal ». S'agit-il de la sortie V1 ou V2 ? Justifier simplement votre réponse.



Q6 : Si l'on néglige les composantes harmoniques, quelle est l'amplitude du signal sinusoïdal obtenu ? On rappelle que $U_{dBV} = 20 \cdot \log\left(\frac{U_{eff}}{1V}\right)$

Q7 : Proposer une estimation du taux de distorsion harmonique de cet oscillateur que vous exprimerez en % et dont on rappelle la définition ci-contre.

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{i=2}^{\infty} A_i^2}}{A_1} \begin{cases} A_1 : \text{amplitude fondamentale} \\ A_i : \text{amplitude harmonique de rang } i \end{cases}$$

🔧 Problème n°3 : Un testeur audio

On vous propose l'étude d'un oscillateur permettant de délivrer une tonalité de 440Hz ou 1kHz utilisée pour un testeur de câble audio. Cet oscillateur représenté sur la figure 1 présente comme avantage l'utilisation d'un nombre réduit de composants et porte le nom d'oscillateur à pont de Wien. Pour l'étude de cet oscillateur on suppose que l'amplificateur opérationnel est parfait et fonctionne en régime linéaire (pour la recherche de la fréquence et des conditions d'oscillations).



Q1 : Exprimer V_o en fonction de V_i , R_a et R_b . En déduire l'expression du coefficient K dans le schéma bloc modélisant l'oscillateur et représenté sur la figure 1 ci-contre.

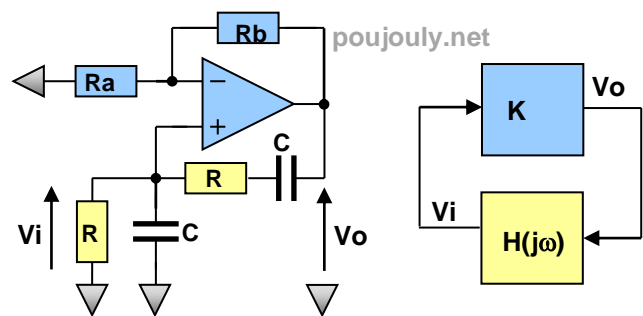


Figure 1 : Oscillateur à pont de Wien

Q2 : Montrer que la fonction de transfert $H(j\omega)$ reliant V_i à V_o peut se mettre sous la forme de la fonction de transfert suivante :

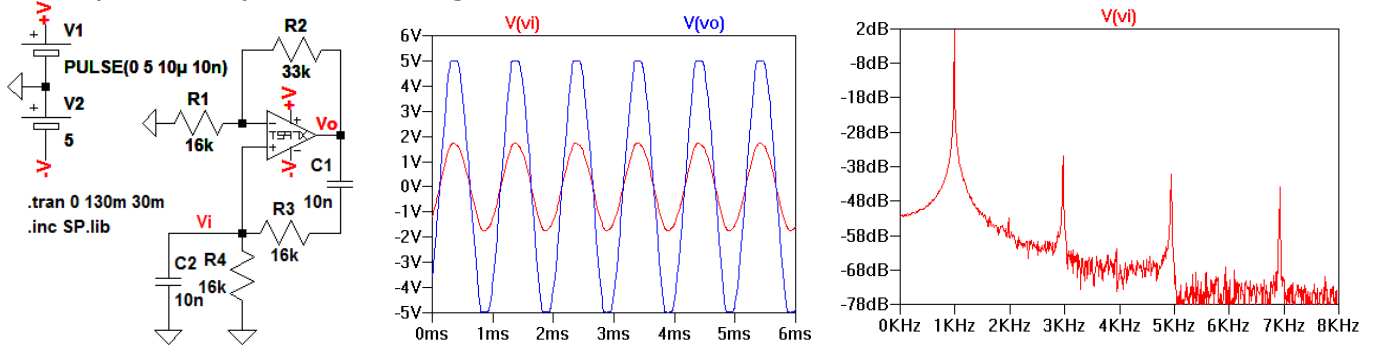
$$\frac{V_i(j\omega)}{V_o(j\omega)} = \frac{jRC\omega}{1 + 3jRC\omega + (jRC\omega)^2}$$

Q3 : A partir d'une condition du critère de Barkhausen en déduire la fréquence des oscillations f_{osc} .

Q4 : En se plaçant à la fréquence des oscillations f_{osc} , en déduire la valeur de K qui permet d'obtenir des oscillations.

Q5 : On fixe $C=10nF$. En déduire la valeur de la résistance R pour obtenir une tonalité de 440Hz.

Afin de vérifier le fonctionnement de cet oscillateur on propose le schéma de simulation LTSpice suivant et l'on effectue l'analyse temporelle des signaux V_i et V_o ainsi que l'analyse FFT du signal V_i .



Q6 : Compte tenu des valeurs proposées, montrer que la condition d'apparition des oscillations est vérifiée et justifier la valeur de la fréquence d'oscillation obtenue.

Q7 : Pour quelle raison obtient-on une saturation sur la sortie V_o ? Quelle est la conséquence sur le signal V_i ?

Problème n°4 : Un détecteur de métaux

On vous propose d'étudier un détecteur de métaux mettant en œuvre un oscillateur avec un circuit résonnant constitué d'une bobine L et d'un condensateur C . Lorsqu'une pièce métallique est à proximité de la bobine, la résistance de perte de celle-ci chute nettement et la valeur de l'inductance n'est que faiblement modifiée comme le montre les figures suivantes :



Figure 1 : Caractéristiques de la bobine pour une pièce métallique présente ou non (fréq. de test $\approx 60kHz$)

Le schéma proposé pour le dispositif de détection incluant l'oscillateur et un circuit de détection est donné sur la figure 2 suivante. L'amplificateur opérationnel est supposé parfait et fonctionne sous une tension d'alimentation symétrique $\pm 5V$.

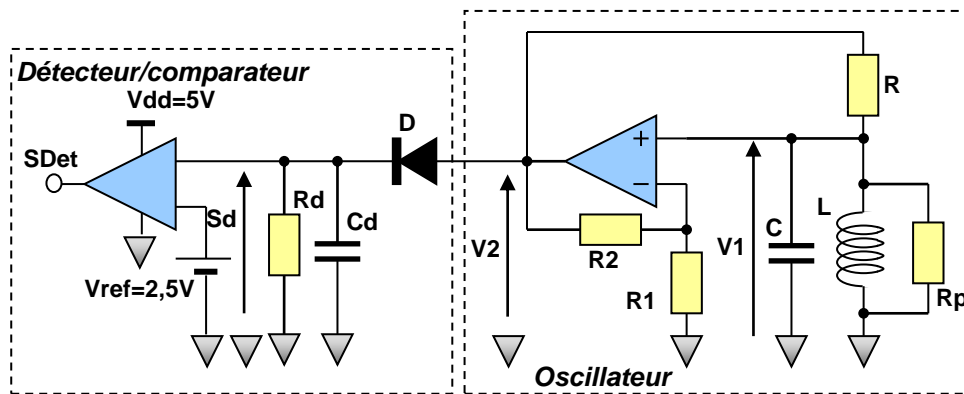


Figure 2 : Dispositif de détection de pièce métallique

Q1 : Montrer que le schéma électrique de l'oscillateur peut se mettre sous la forme du schéma bloc représenté sur la figure 3 ci-contre. Exprimer A en fonction de R2 & R1.

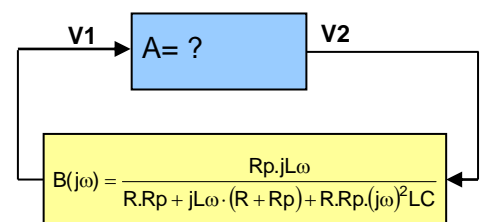


Figure 3 : Modèle de l'oscillateur

Q2 : Appliquer le critère de Barkhausen et montrer que la fréquence des oscillations peut s'écrire simplement en fonction de L & C. Dans le cas où l'on se trouve sans pièce métallique, calculer la valeur de C afin d'obtenir une fréquence d'oscillation de 60kHz conforme aux indications fournies sur la figure 1.

Q3 : En se plaçant à la fréquence des oscillations, montrer qu'il existe une condition entre A, Rp & R pour obtenir des oscillations.

Q4 : On fixe $R=10k\Omega$, $R_2=12k\Omega$ et $R_1=10k\Omega$. Montrer que l'obtention des oscillations est fonction de la présence ou non d'une pièce métallique. Indiquez clairement le mode de fonctionnement de cet oscillateur pour les 2 cas présentés sur la figure 1.

Q5 : Quel est le nom et le rôle du montage constitué par les éléments D, Rd et Cd ? Comment doit-on choisir les valeurs de Rd & Cd.

Q6 : On suppose que l'amplificateur opérationnel est "rail to rail" et que la diode D est parfaite. Quelle est la valeur de la tension Sd pour les 2 cas de fonctionnement de l'oscillateur. En déduire le sens de branchement du comparateur de tension afin d'obtenir le fonctionnement indiqué sur la figure 1.