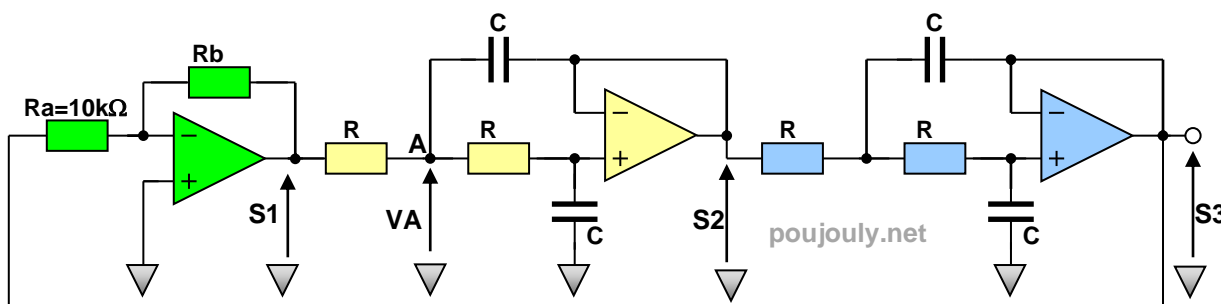
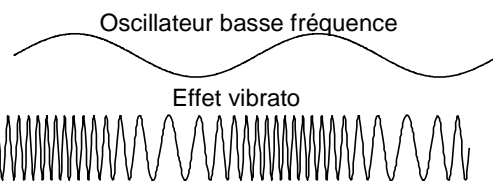


Problème n°1 : Un effet vibrato

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.

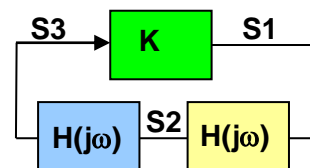
On vous propose d'étudier l'oscillateur basse fréquence utilisé pour la mise en œuvre de ce dispositif.

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 :

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

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

Q7 : Proposer des valeurs pour Rb 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 sur le site poujouly.net.

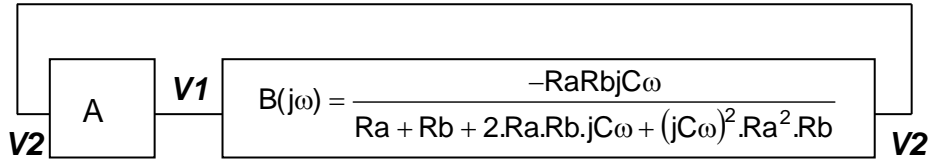
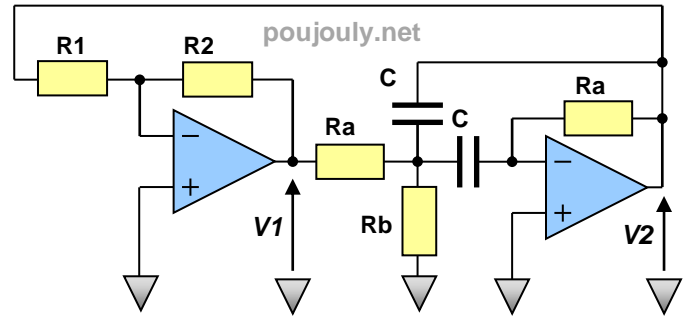
Problème n°2 : Un Oscillateur pour animation sur oscilloscope

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.

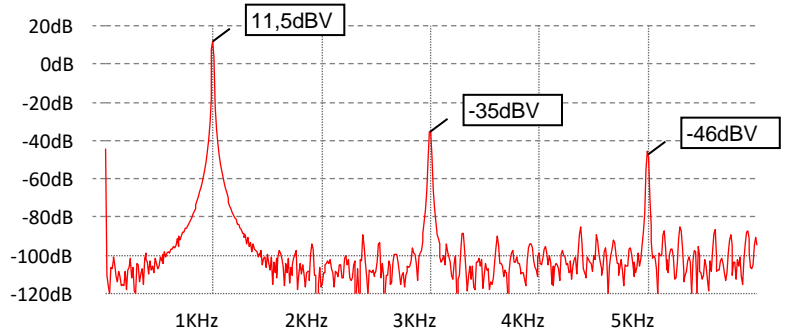
Q1 : En analysant le schéma fourni, donner l'expression du coefficient A dans le schéma bloc proposé ci-dessous et dans lequel on donne la fonction de transfert B(jω) que l'on ne démontre pas.



Q2 : Appliquer le critère de Barkhausen pour l'oscillateur proposé et en déduire une équation permettant de déterminer la fréquence des oscillations fosc. On donne Ra=160kΩ et Rb=1,6kΩ. En déduire la valeur du condensateur C pour obtenir une fréquence fosc=1kHz.

Q3 : Quelle doit être la valeur de A qui permet d'obtenir des oscillations ? On fixe R1=10kΩ, proposer une valeur de R2 (si possible dans une série normalisée) permettant d'obtenir des oscillations.

Q4 : L'analyse FFT ci-contre est effectuée sur la sortie de l'ampli-op 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 ?

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 Vo en fonction de Vi, Ra et Rb. En déduire l'expression du coefficient K dans le schéma bloc modélisant l'oscillateur et représenté sur la figure 1 ci-contre.

Q2 : Montrer que la fonction de transfert H(jω) reliant Vi à Vo peut se mettre sous la forme de la fonction de transfert suivante :

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

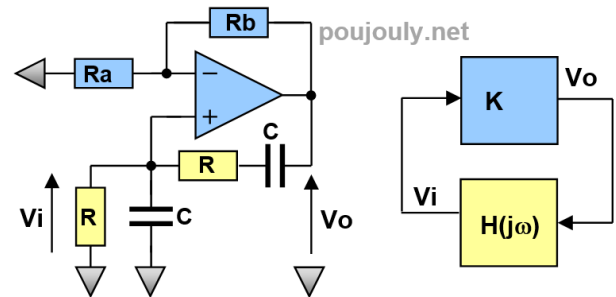


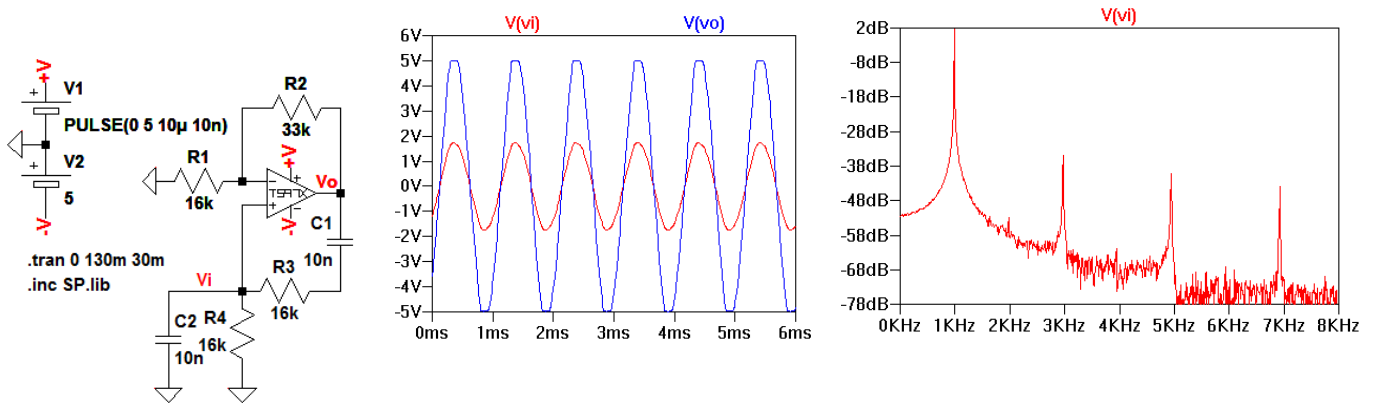
Figure 1 : Oscillateur à pont de Wien

Q3 : A partir d'une condition du critère de Barkhausen en déduire la fréquence des oscillations fosc.

Q4 : En se plaçant à la fréquence des oscillations fosc, 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 ?

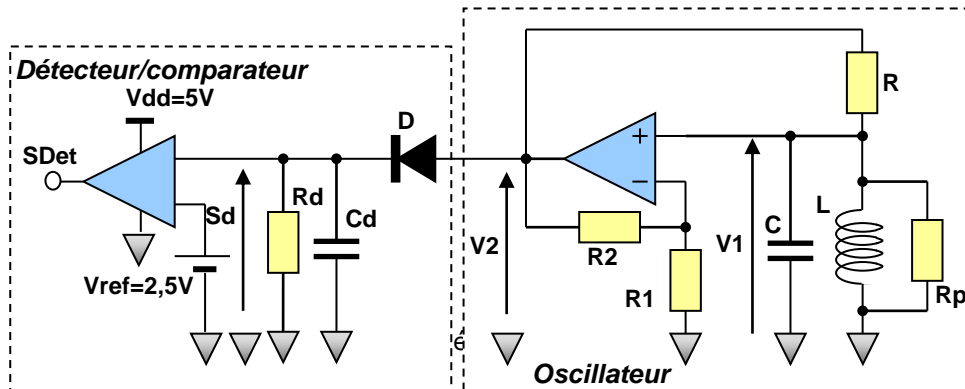
Problème n°4 : Un Oscillateur pour un détecteur de métaux

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 :

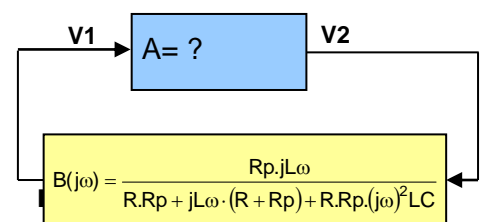


Figure 1 : Caractéristiques de la bobine pour une pièce métallique présente ou non (fréq. de test $\approx 60kHz$)

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 $\pm 5V$.



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 R_2 & R_1 .



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.

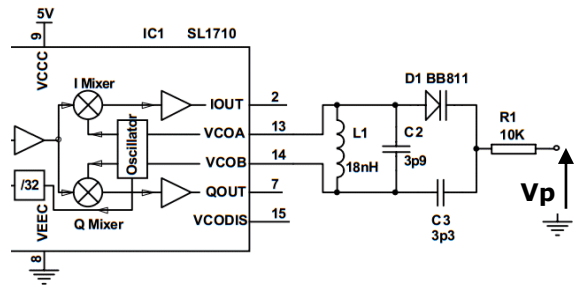
Q6 : On suppose que l'amplificateur opérationnel est "rail to rail" et que la diode D est parfaite. Quelle est la valeur de la tension Sd pour les 2 cas de fonctionnement de l'oscillateur. En déduire le sens de branchement du comparateur de tension afin d'obtenir le fonctionnement indiqué sur la figure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

Problème n°5 : Etude d'un VCO pour un démodulateur IQ

On s'intéresse au circuit SL1710 qui est un démodulateur IQ spécialement utilisé dans la démodulation des signaux pour les équipements de télévision numérique par satellite. Ce démodulateur se trouve en sortie d'un changement de fréquence dont la fréquence intermédiaire est de 480MHz. Pour effectuer la démodulation il est donc indispensable de recréer une porteuse à 480MHz parfaitement synchrone avec le signal en sortie du changement de fréquence. Cette opération nécessite l'utilisation d'un VCO que nous vous proposons d'étudier dans ce problème.



La partie du schéma comprenant le VCO du circuit SL1710 est représenté sur la figure ci-contre.



Q1 : Que désigne le terme VCO ? Quel est le type de la diode BB811?

Q2 : Lorsque l'on se place en régime continu, on considère que la tension sur les bornes 13 & 14 du VCO est égale à 0. Montrer que la diode BB811 est ainsi correctement polarisée.

Q3 : En se plaçant du côté des bornes 13 & 14, l'oscillateur est constitué de l'inductance L1 en parallèle avec un condensateur Ceq. Exprimer Ceq en fonction de C2, C3 et Cd où Cd représente la capacité de la diode BB811. Pour ce calcul on oublie volontairement la présence de la résistance R1.

Q4 : Exprimer la fréquence des oscillations F_{VCO} de ce VCO en fonction de L1 & Ceq.

Q5 : A partir des caractéristiques du constructeur de la diode BB811 on établit le tableau suivant. Calculer la fréquence des oscillations du VCO pour les 5 valeurs de la tension Vp.

Vp (V)	1	2	3	4	5
Cd (pF)	8,33pF	6,91pF	5,83pF	4,98pF	4,3pF

Q6 : Tracer alors la caractéristique de transfert de ce VCO : F_{vco} en fonction de V_p

Q7 : Montrer que ce VCO convient parfaitement pour l'application envisagée et calculer la tension Vp que l'on doit appliquer pour obtenir le point de fonctionnement souhaité.

Problème n°6 : Un récepteur FM de poche

On s'intéresse dans le cadre de ce problème à l'oscillateur local du circuit TDA7088T qui est un récepteur FM intégré que l'on retrouve dans la plus part des récepteurs FM économique. Ce circuit met en œuvre un changement de fréquence autour d'une fréquence intermédiaire très basse située aux alentours de 70kHz. En choisissant une fréquence intermédiaire aussi basse les fréquences images se retrouvent entre les canaux radio de la bande FM. Comme la déviation en fréquence pour la bande FM commerciale est de 75kHz, le choix d'une fréquence intermédiaire très basse n'est pas sans poser quelques problèmes.



Ce circuit dispose alors d'un asservissement de la fréquence de l'oscillateur local avec le signal démodulé de telle sorte à diminuer artificiellement cette déviation. En plus de ce dispositif, le circuit permet d'effectuer la recherche automatique des stations de radio par de simples boutons de type Scan/Reset.

Dans ces conditions il est nécessaire de disposer d'une fonctionnalité VCO pour la commande de la fréquence de l'oscillateur local. Le schéma représenté sur la figure ci-dessous détaille l'étage de réception du circuit TDA7088T.

Q1 : Lorsque l'on se place en régime continu, le courant inverse qui traverse la diode BB909 est nul. En déduire une relation simple entre V_p , V_r & V_{dd} .

Compte tenu des fréquences générées par le VCO on peut considérer que le condensateur de 10 nF se comporte comme un circuit fermé dans le modèle « petits signaux ». Vu des bornes 5 & 4, le VCO est alors constitué d'un circuit L1 Ceq.

Q2 : Exprimer la fréquence des oscillations du VCO en fonction de L_1 , C_d & C_1 .

Q3 : Quel est le rôle de la résistance de 5,6kΩ et de la tension V_p ?

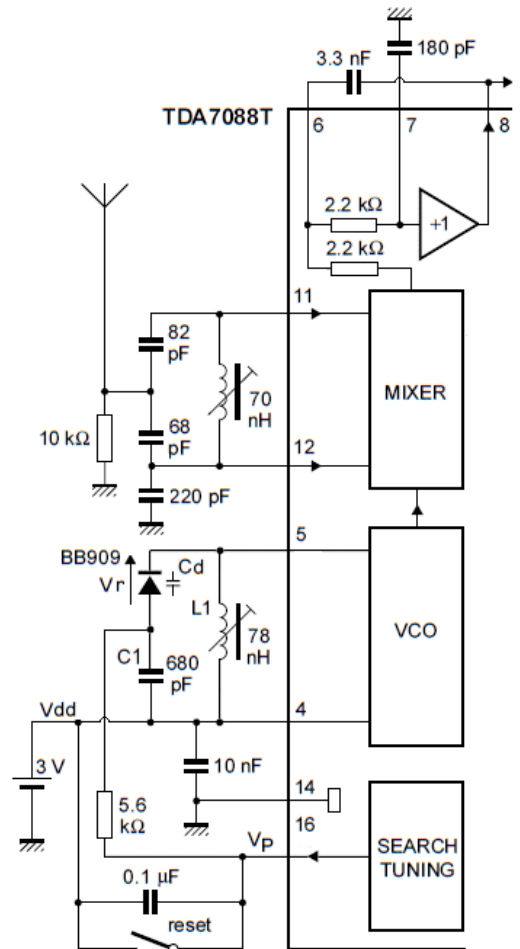
Q4 : En utilisant le tableau suivant, calculer la fréquence des oscillations du VCO pour les 6 valeurs de la tension V_r .

V_r (V)	0,5	1	1,5	2	2,5	3
C_d (pF)	45,8	38,9	33,4	29	25,5	22,5

Q5 : Tracer alors la caractéristique de transfert de ce VCO : f_{vco} en fonction de V_p

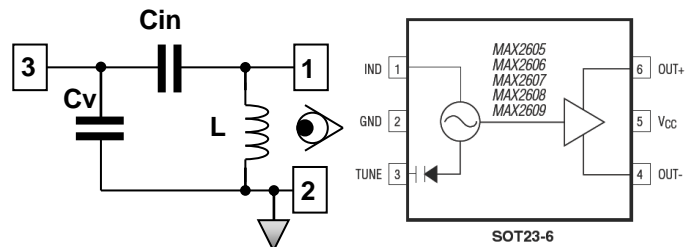
Q6 : Montrer que ce VCO convient parfaitement pour l'application envisagée.

Q7 : Quelle structure simple permet de réaliser le filtre intermédiaire ? Quelle est la valeur de la fréquence propre de ce filtre ?



Problème n°7 : Etude d'un transmetteur FM pour baladeur audio

On désire concevoir un transmetteur dans la bande FM commerciale (88MHz-108MHz) en utilisant le circuit MAX2606 qui est un VCO intégré et dont on donne quelques éléments interne simplifiés pour l'étude de son fonctionnement. On précise les valeurs suivantes : $L=390\text{nH}$ et $C_{in}=23\text{pF}$.



V_{TUNE} (V)	0	1,5	3
C_v (pF)	18,84	10,7	7,10

Q1 : Sur l'entrée TUNE du circuit on retrouve un composant interne au circuit MAX2606 très utile dans le fonctionnement d'un VCO. Quel est le nom de ce composant et ses caractéristiques principales ?

Q2 : La modélisation interne de l'oscillateur conduit au schéma ci-dessus dans lequel on donne les caractéristiques de C_v en fonction de la tension de polarisation V_{TUNE} appliquée sur la borne 3 du circuit. Exprimer la capacité équivalente vue de l'inductance L et en déduire l'expression de la fréquence des oscillations f_{VCO} en fonction de L , C_v et C_{in} .

Q3 : Calculer la fréquence f_{VCO} pour les 3 valeurs de tension de commande V_{TUNE} et tracer la caractéristique de transfert du VCO. Montrer que la fréquence du VCO peut alors s'écrire sous la forme $f_{VCO}=f_x+K_f \cdot V_{TUNE}$. Déterminer les valeurs de f_x et de K_f en précisant clairement leurs unités.

Q4 : Déterminer les 2 tensions V_{TUNE} afin de couvrir l'intégralité de la bande FM commerciale.

Q5 : Afin de fixer la fréquence porteuse dans la bande FM commerciale on propose le montage ci-contre dans lequel on utilise un potentiomètre P de 100kΩ. Compte tenu des valeurs de V_{TUNE} déterminées à la question précédente, calculer les valeurs de R_1 et R_2 nécessaires.

Q6 : Quel est le rôle du condensateur de 10μF ?

