

**NOM, Prénom : CORRECTION**

**Groupe S3 :**

**NB :** Le barème pour chaque problème est donné à titre indicatif. Le total des points obtenu sur 40 (dont 1 point de présentation) sera divisé par 2 pour obtenir votre note sur 20. Vous devez répondre directement sur le sujet dans les cadres prévus à cet effet.

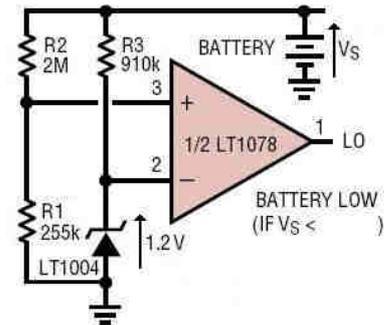
**Pb1 : Un indicateur pour batterie**

[6 pts]

#Pont diviseur #Loi d'ohm #Loi des mailles #comparateur

Le montage proposé ci-contre permet d'indiquer l'état d'une batterie dont la tension nominale est de 12V. On considère que les courants sur les entrées + & - du comparateur sont nuls. Le circuit LT1004-1.2 est une référence de tension de 1,2V.

**Q1 :** Pour fonctionner correctement la référence de tension LT1004 nécessite un courant compris entre 10µA et 20mA. Quelle est la valeur de ce courant lorsque la tension de la batterie  $V_s$  est de 12V ?



$$i = \frac{V_s - 1,2V}{R_3} = \frac{12V - 1,2V}{910k\Omega} = 11,87\mu A$$

Ce qui convient au bon fonctionnement

**Q2 :** Exprimer la tension  $V_+$  du circuit LT1078 en fonction de  $V_s$ ,  $R_1$  et  $R_2$ .

$$V_+ = V_s \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2} = 0,113 \cdot V_s$$

**Q3 :** Pour quelle valeur de  $V_+$  le comparateur change d'état ? En déduire la valeur de la tension de la batterie  $V_s$  qui provoque le changement d'état du comparateur.

Le comparateur change d'état pour  $V_+ = 1,2V$ . On en déduit donc que la tension  $V_s = 1,2V / 0,113 = 10,61V$  provoque le changement d'état du comparateur

**Q4 :** On souhaite adapter ce montage pour une batterie de 6V et l'on fixe un seuil de basculement à 5,4V. En déduire la nouvelle valeur de  $R_1$ . Quelle autre résistance doit-on changer et pour quelle raison ?

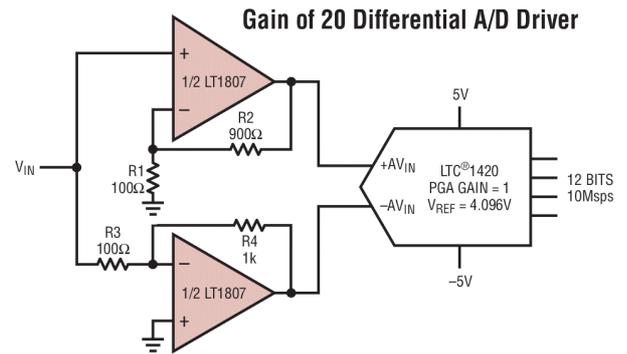
Il faut donc  $1,2V = 5,4V \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}$  soit  $1,2V \cdot R_1 + 1,2V \cdot R_2 = 5,4V \cdot R_1$  donc  $1,2V \cdot R_2 = 4,2V \cdot R_1$

Donc  $R_1 = \frac{1,2V \cdot R_2}{4,2V} = 571,4k\Omega$

La résistance  $R_3$  doit aussi changer pour assurer un courant supérieur à 10µA même lorsque la batterie de 6V est déchargée.

Le schéma proposé ci-contre est une note d'application simplifiée du constructeur Linear Technology et pour lequel on suppose que les 2 amplificateurs opérationnels sont parfaits et fonctionnent en régime linéaire.

**Q1 :** Exprimer la tension de sortie Vs1 reliée sur l'entrée +AV<sub>IN</sub> du convertisseur A/D en fonction de V<sub>IN</sub> en précisant le nom du montage à amplificateur opérationnel. Effectuer l'application numérique correspondante.



$$Vs1 = \left(1 + \frac{R2}{R1}\right) \cdot VIN = 10 \cdot VIN$$

**Q2 :** Exprimer la tension de sortie Vs2 reliée sur l'entrée -AV<sub>IN</sub> du convertisseur A/D en fonction de V<sub>IN</sub> en précisant le nom du montage à amplificateur opérationnel. Effectuer l'application numérique correspondante.

$$Vs2 = -\left(\frac{R4}{R3}\right) \cdot VIN = -10 \cdot VIN$$

**Q3 :** Exprimer alors la tension différentielle Vs1-Vs2 en entrée du convertisseur et justifier le titre de cette note d'application.

$$Vs1 - Vs2 = 20 \cdot VIN \text{ ce qui justifie le gain of 20 du titre}$$

**Q4 :** L'amplificateur opérationnel LT1807 possède un produit gain bande de 325MHz. Quelle est la bande passante des montages amplificateurs ?

$$GBW = BP \cdot \text{Amplification} \text{ donc } BP = 32,5 \text{ MHz}$$

**Q5 :** Quelle est la fonction du circuit LTC1420 et que signifie les indications 12BITS 10Msps que l'on retrouve sur sa sortie ?

Le circuit LTC1420 est un convertisseur analogique/numérique qui renvoie des données de conversion sur 12 bits et fonctionne avec une fréquence d'échantillonnage de 10 Mega Sample per second soit 10MHz

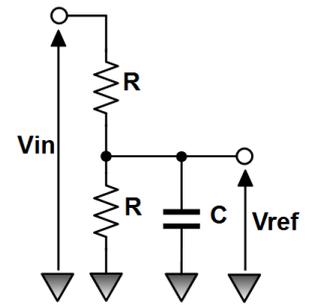
### Pb3 : Filtrage de l'alimentation continue

[8 pts]

#Filtrage #fonction de transfert #Bode

Le montage représenté ci-contre est couramment utilisée dans les montages à alimentation simple dans lesquels on souhaite créer un point de polarisation à mi-échelle. Dans bien des cas la tension d'alimentation est souvent parasitée et il convient d'ajouter un condensateur sur le pont diviseur de tension pour effectuer un filtrage efficace. On vous propose d'étudier plus en détail ce montage.

**Q1 :** En appliquant le théorème de Millman au point  $V_{ref}$ , montrer que la fonction de transfert peut s'écrire sous la forme : 
$$\frac{V_{ref}(j\omega)}{V_{in}(j\omega)} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{1 + \frac{jRC\omega}{2}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{1 + \frac{j\omega}{\omega_c}}$$



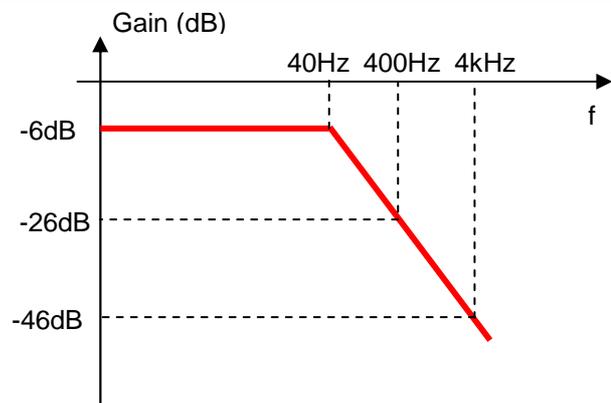
Exprimer la pulsation  $\omega_c$  en fonction des éléments du montage.

$$V_{ref}(j\omega) = \frac{\frac{V_{in}}{R}}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R} + jC\omega} = \frac{V_{in}}{2 + jRC\omega} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{1 + \frac{jRC\omega}{2}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{1 + \frac{j\omega}{\omega_c}} \text{ avec } \omega_c = \frac{2}{RC}$$

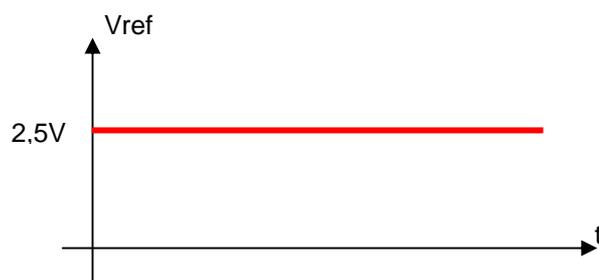
**Q2 :** On fixe  $R=36k\Omega$ . Calculer la valeur de  $C$  afin d'obtenir une fréquence de coupure  $f_c=40\text{Hz}$ . Tracer l'allure du diagramme de Bode asymptotique uniquement en gain en précisant les valeurs du gain pour  $f \ll f_c$  et pour  $f=4\text{kHz}$ .

Ici  $f_c = \frac{2}{2\pi RC} = \frac{1}{\pi RC}$  donc  $C = \frac{1}{\pi R f_c} = 221\text{nF}$

soit 220nF dans la série E3



**Q3 :** On suppose que l'alimentation continue est parasitée par une composante sinusoïdale de fréquence  $f_p=4\text{kHz}$ . On donne donc  $V_{in}=V_{cc}+V_o.\sin(2\pi.f_p.t)$  avec  $V_{cc}=5\text{V}$  et  $V_o=100\text{mV}$ . En utilisant les résultats précédents, représenter le signal  $V_{ref}$  au cours du temps en précisant son amplitude continue ainsi que l'amplitude crête à crête de la composante  $f_p$  restante.



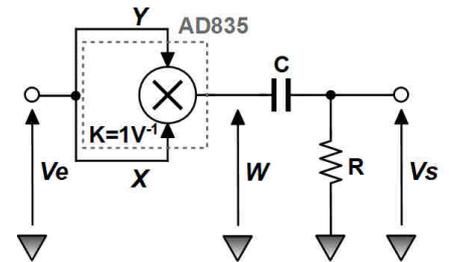
Comme l'atténuation de la composante à 4kHz est de -46dB cela correspond à une division par 200 de l'amplitude. On obtient donc une amplitude de 0,5mV soit 1mV d'ondulation crête à crête ce qui n'est pas visible sur le tracé ci-contre. Le condensateur C joue bien son rôle de filtrage !

### Pb4 : Un doubleur de fréquence

[5 pts]

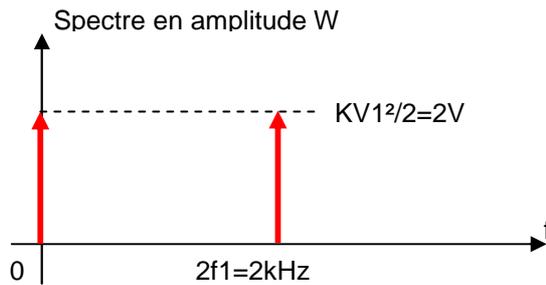
#Spectre #Filtrage

On propose le montage ci-contre dans lequel on utilise un multiplieur analogique AD835 qui réalise l'opération  $W=K.X.Y$  avec  $K=1V^{-1}$ .  
On précise que  $R=36k\Omega$  et  $C=220nF$ .  
On connecte sur l'entrée un signal sinusoïdal tel que :  
 $V_e = V_1 \cdot \cos(2\pi \cdot f_1 \cdot t)$  avec  $V_1=2V$  et  $f_1=1kHz$ .



**Q1 :** Exprimer le signal  $W$  en sortie du multiplieur et montrer que celui-ci est composé d'une composante continue et d'une composante sinusoïdale. Tracer alors le spectre en amplitude du signal  $W$ .

$$W = K \cdot V_e^2 = K V_1^2 / 2 + K V_1^2 / 2 \cdot \cos(2\pi \cdot 2f_1 \cdot t)$$



**Q2 :** Quelle est la nature du filtre présent entre la sortie du multiplieur et la sortie  $V_s$  du montage. Calculer sa fréquence de coupure.

Il s'agit d'un filtre passe haut du 1er ordre avec  $f_c = \frac{1}{2\pi RC} = 20,1Hz$

**Q3 :** Quelle est l'action du filtre sur le signal  $W$ ? Représenter l'allure du signal  $V_s$  en fonction du temps et justifier simplement le nom donné à ce montage.

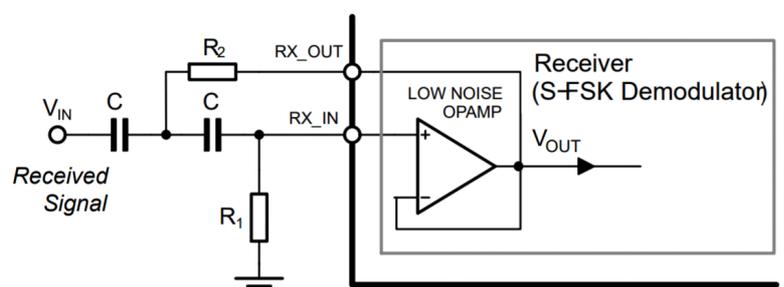
Le filtre supprime la composante continue et laisse passer la composante sinusoïdale de fréquence  $2f_1$  qui justifie ainsi le nom donné au montage. On retrouve en sortie un signal sinusoïdal de fréquence  $2f_1$  et de même amplitude que  $V_e$

### Pb5 : Un filtre pour compteur LINKY

[7 pts]

#Filtre 2nd ordre #Identification

Le schéma représenté ci-contre est extrait d'un circuit d'interface pour les compteurs LINKY. Ces nouveaux compteurs permettent de suivre la consommation électrique d'un foyer et communiquent par une technique de courant porteur en ligne dont le principe consiste à superposer le signal modulé (ici S-FSK avec des fréquences de 63kHz & 74kHz) à l'alimentation du réseau secteur 50Hz.



On montre que la fonction de transfert de ce filtre peut s'écrire : 
$$\frac{V_{OUT}(j\omega)}{V_{IN}(j\omega)} = \frac{(j\omega)^2 C^2 R_1 R_2}{1 + 2jR_2 C \omega + (j\omega)^2 C^2 R_1 R_2}$$

**Q1 :** Montrer que la fonction de transfert de filtre peut se mettre sous une forme canonique d'un filtre du 2nd ordre dont vous préciserez la nature et dont vous rappellerez l'expression.

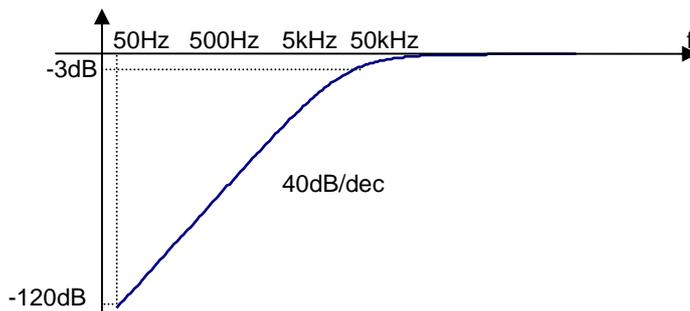
Il s'agit d'un filtre passe haut du 2nd ordre dont la forme canonique est : 
$$\frac{V_{OUT}(j\omega)}{V_{IN}(j\omega)} = \frac{\left(\frac{j\omega}{\omega_0}\right)^2}{1 + 2m\left(\frac{j\omega}{\omega_0}\right) + \left(\frac{j\omega}{\omega_0}\right)^2}$$

Par identification  $\omega_0 = \frac{1}{C\sqrt{R_1 R_2}}$  et  $\frac{2m}{\omega_0} = 2R_2 C$  soit  $m = \sqrt{\frac{R_2}{R_1}}$

**Q2 :** On fixe  $m = \frac{1}{\sqrt{2}}$  et l'on souhaite obtenir une fréquence de coupure de 50kHz. En déduire les valeurs de C et R1 si l'on fixe R2=1.5kΩ.

R1=3kΩ et comme fo=fc dans le cas ou  $m = \frac{1}{\sqrt{2}}$  alors C=1,5nF

**Q3 :** Tracer l'allure du diagramme de Bode de ce filtre et précisez la valeur du gain pour la fréquence du réseau secteur 50Hz.



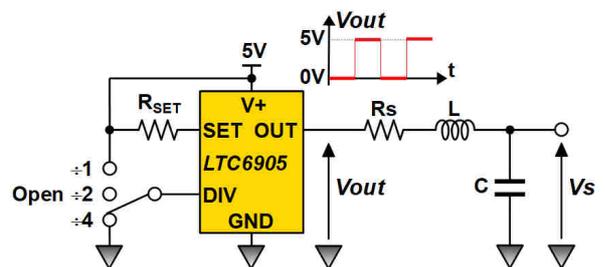
### Pb6 : Générateur sinusoïdal pour balise radio

[7 pts]

#Filtre passe bas 2nd ordre #Décomposition en série de Fourier

On souhaite générer une porteuse de 27MHz pour une balise radio afin de tester un récepteur CB. On propose le montage ci-contre dans lequel on utilise un oscillateur intégré LTC6905 dont le constructeur donne l'expression de la fréquence d'oscillation suivante :

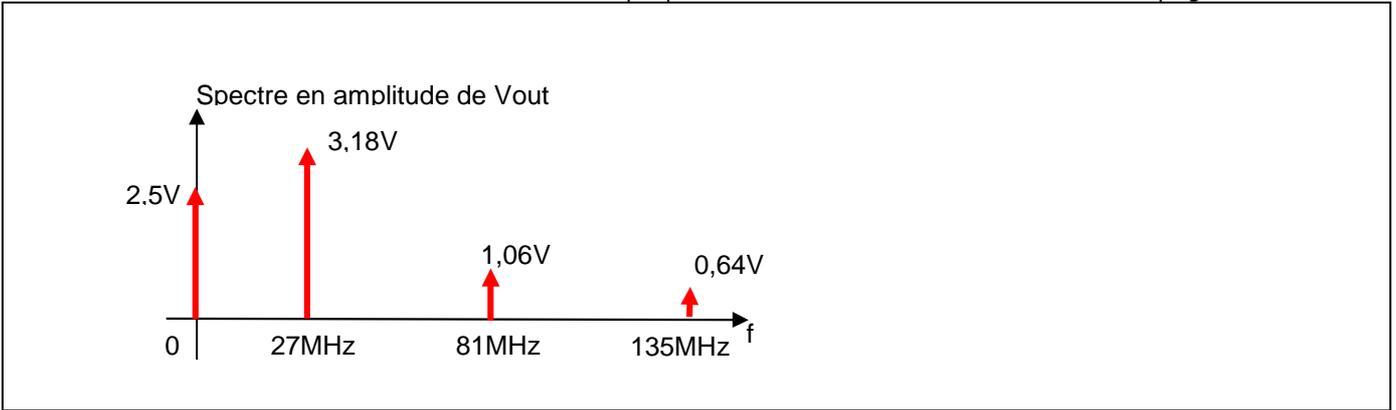
$$f_{OSC} = \left( \frac{168.5\text{MHz} \cdot 10\text{k}\Omega}{R_{SET}} + 1.5\text{MHz} \right) \cdot \frac{1}{N}, \quad N = \begin{cases} 1, \text{DIV Pin} = V^+ \\ 2, \text{DIV Pin} = \text{Open} \\ 4, \text{DIV Pin} = \text{GND} \end{cases}$$



**Q1 :** Calculer la valeur de la résistance RSET afin d'obtenir une fréquence d'oscillation de 27MHz à partir de la configuration proposée sur le schéma ci-dessus.

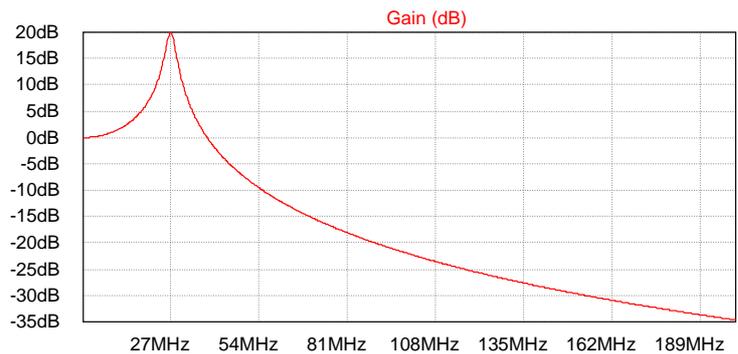
Ici N=4 donc 
$$R_{SET} = \frac{168,5\text{MHz} \cdot 10\text{k}\Omega}{4 \cdot f_{osc} - 1,5\text{MHz}} = 15,82\text{k}\Omega$$

**Q2 :** Tracer le module du spectre en amplitude du signal  $V_{out}$  pour les fréquences comprises entre 0 et 140MHz. Vous utiliserez avec intérêt les résultats proposés dans le mémento en bas de cette page.



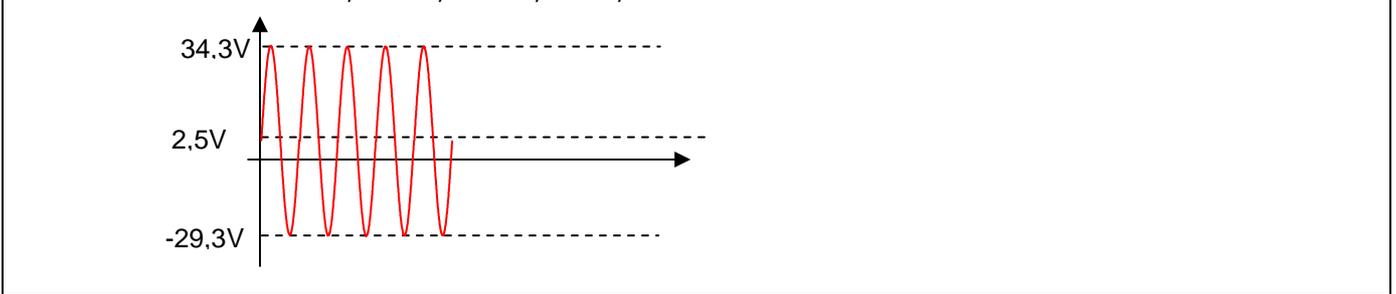
**Q3 :** On fournit la représentation fréquentielle suivante du filtre présent entre  $V_{out}$  et  $V_s$ . Quelle est la nature de ce filtre et sa particularité ?

Il s'agit d'un filtre passe bas du 2nd ordre qui possède une forte résonance. Ici  $m < 0,707$



**Q4 :** A partir des données du graphique précédent représenter l'allure du signal obtenu sur la sortie  $V_s$ .

Le filtre passe bas laisse passer la composante continue de 2,5V et amplifie la composante à 27MHz d'un facteur 10 (Gain=20dB). Toutes les autres harmoniques sont très atténuées et l'on retrouve donc un signal sinusoïdal évoluant entre 2,5V+31,8V et 2,5V-31,8V



**Q5 :** En sachant que l'on fixe  $L=100nH$  en déduire la valeur du condensateur  $C$ .

$$f_p = 27MHz = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \text{ donc } C = 347,5pF$$

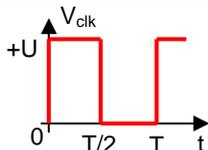
**Q6 :** On connecte sur la sortie  $V_s$  une antenne quart d'onde. En déduire sa longueur.

$$L = \frac{\lambda}{4} = \frac{c}{4 \cdot f_p} = 2,78m$$

**Mémento**

**Niveau en dBV**

$$U_{dBV} = 20 \cdot \log\left(\frac{U_{eff}}{1V}\right)$$



**Décomposition en série de Fourier**

$$V_{clk}(t) = \frac{U}{2} + \frac{2 \cdot U}{\pi} \cdot \left[ \sin(\omega t) + \frac{1}{3} \cdot \sin(3\omega t) + \frac{1}{5} \cdot \sin(5\omega t) + \dots \right]$$