

Éléments de correction

Problème n°2 : Etude d'une liaison audio en modulation FM pour casque IR

Contexte du problème & questions générales :

Q1 : La modulation permet de transmettre une information en la concentrant dans une bande de fréquence suffisamment élevée et bien défini permettant de s'affranchir du rayonnement infrarouge ambiant.

Etude du circuit de préaccentuation :

Q2 : Pre-emphasis Network

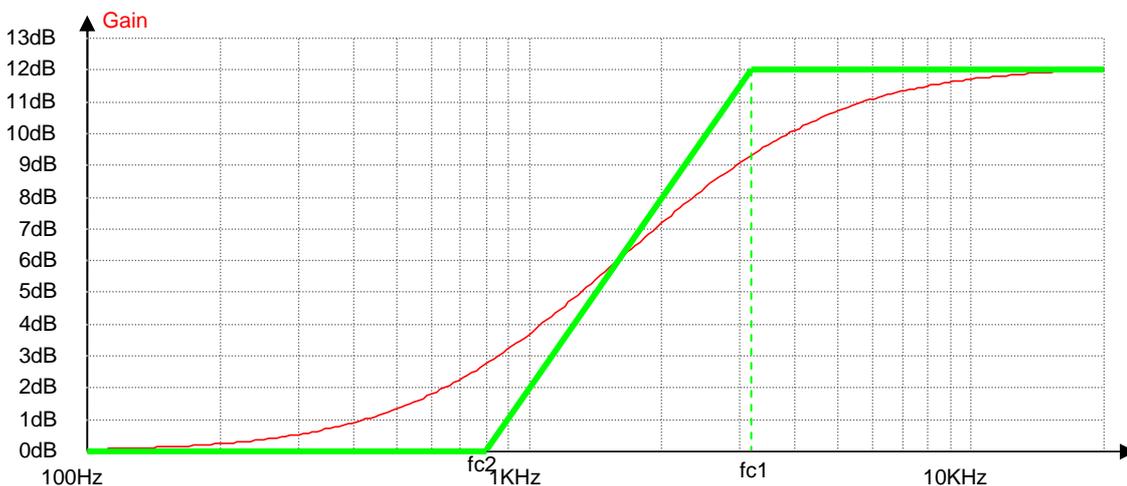
Q3 : lorsque f tend vers 0 le condensateur $Cp1$ se comporte comme un circuit ouvert donc $V_s = V_e$.

Lorsque f est très grande, le condensateur $Cp1$ se comporte comme un circuit fermé donc $V_s = \left(1 + \frac{Rp2}{Rp1}\right) \cdot V_e$
soit $V_s \approx 4 \cdot V_e$

Q4 : en appliquant le pont diviseur en V- il vient : $V_- = V_e = \frac{Rp1 + \frac{1}{jCp1\omega}}{Rp2 + Rp1 + \frac{1}{jCp1\omega}} \cdot V_s$

Soit $\frac{V_s}{V_e} = \frac{1 + j(Rp1 + Rp2) \cdot Cp1 \cdot \omega}{1 + jRp1 \cdot Cp1 \cdot \omega}$ de la forme indiquée avec $\omega c1 = \frac{1}{Rp1 \cdot Cp1}$ et $\omega c2 = \frac{1}{(Rp1 + Rp2) \cdot Cp1}$

Q6 : On donne les valeurs suivantes : $Rp1 = 3,3k\Omega$ $Rp2 = 10k\Omega$ et $Cp1 = 15nF$ donc $fc1 = 3215Hz$ et $fc2 = 798Hz$



Le montage joue bien le rôle de préaccentuation puisqu'il amplifie bien les composantes fréquentielles les plus hautes du spectre audio.

Éléments de base pour la réalisation d'un oscillateur à base de circuit LC

Q7 : On peut écrire les équations différentielles suivantes :

$i = -C \frac{dv}{dt}$ et $v = L \cdot \frac{di}{dt}$ donc $v = -LC \cdot \frac{d^2v}{dt^2}$ qui admet comme solution $v(t) = 0$ ou $v(t) = v_0 \cdot \sin(2\pi \cdot f_0 \cdot t)$ avec

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Etude du modulateur de fréquence à 2,8MHz

Q8 : Vue de l'inductance L, la capacité équivalente Ceq peut s'écrire :

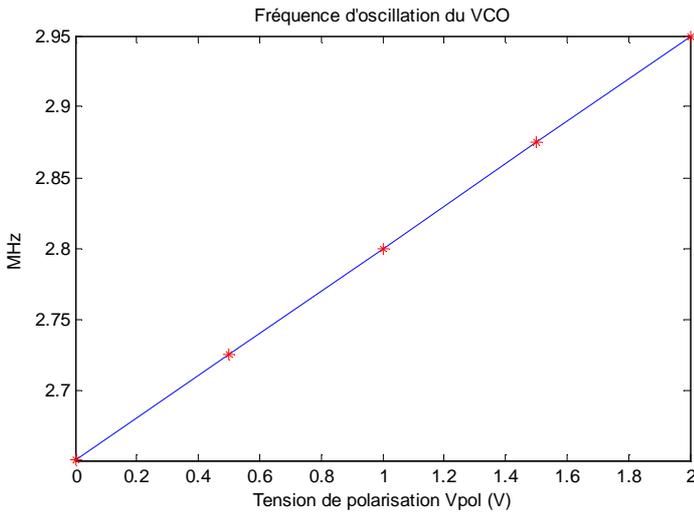
$$C_{eq} = \frac{CL \left(C_p + \frac{C_s \cdot C_v}{C_s + C_v} \right)}{CL + \left(C_p + \frac{C_s \cdot C_v}{C_s + C_v} \right)}$$

L'expression typique des fréquences d'oscillations Fosc d'un circuit LCeq résonnant est

$$F_{osc} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C_{eq}}}$$

Q9 :

Vpol (V)	0	0,5	1	1,5	2
Cv (pF)	69,0	54,6	44,3	36,5	30,5
Ceq (pF)	30,06	28,42	26,93	25,53	24,26
Fosc (MHz)	2,65	2,725	2,8	2,875	2,95



La caractéristique du VCO est centrée autour de 2,8MHz ce qui montre bien son utilisation comme modulateur de fréquence pour cette fréquence porteuse.

Q10 : Pour obtenir une fréquence porteuse de 2,8MHz il faut que $V_{po}=1V$

Q11 : $V_{po} = V_{cobias} \cdot \frac{R_a}{R_a + R_b}$ donc $R_b = R_a \left(\frac{V_{cobias}}{V_{po}} - 1 \right)$ donc $R_b=100k\Omega$

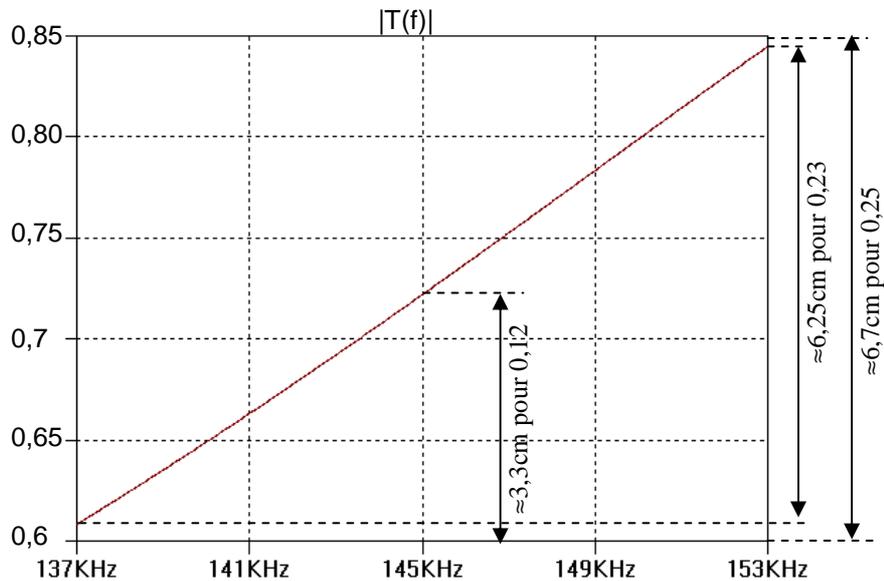
Q12 : $\Delta F = K_{vco} \cdot V_{p1}$ donc $V_{p1} = \frac{\Delta F}{K_{vco}}$ avec $K_{vco}=150kHz/V$ on en déduit $V_{p1}=0,5V$

Q13 : Le circuit de polarisation avec le condensateur de liaison réalise un passe haut avec une fréquence de

coupure $f_c = \frac{1}{2\pi C_b \cdot \frac{R_a R_b}{R_a + R_b}}$ Comme $f_c=20Hz$ alors $C_b=120nF$

Problème n°4 : Récepteur pour interphone secteur

Q1 : On préfère utiliser une modulation de fréquence par rapport à une modulation d'amplitude dans le cadre d'une transmission d'un signal audio sur les lignes secteur d'une habitation car la transmission FM est beaucoup moins sensible aux bruits que la transmission AM



Q2 : Le module de la fonction de transfert du filtre est linéaire en fonction de f dans la zone de fréquence considérée et il est donc possible d'écrire cette quantité sous la forme $|T(f)| = T_0 + K.f$

Avec $K = 0,23 / (153-137)\text{kHz}$ soit $K = 14.375.10^{-6} \text{ Hz}^{-1}$

La détermination de T_0 peut s'effectuer pour un point donné :
pour $f=145\text{kHz}$ $|T|=0,72$ donc $T_0=0,72-14.375.10^{-6}.145.10^3$ soit $T_0=-1,36$

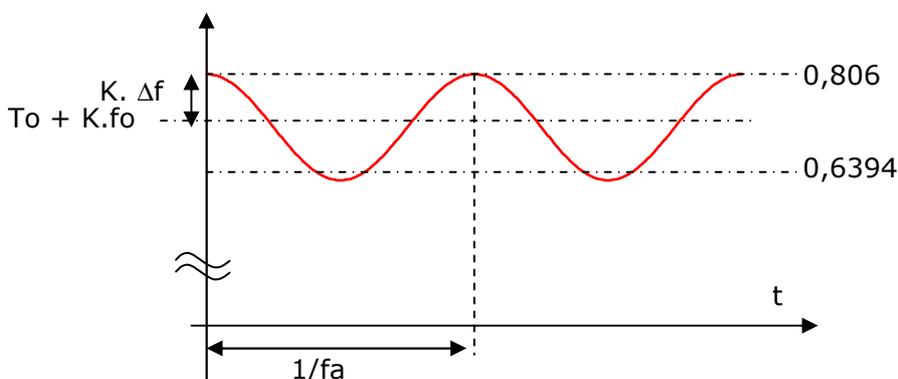
La valeur de T_0 peut surprendre pour un module mais elle n'a pas de signification concrète car il ne s'agit ici que d'une modélisation pour une zone de fréquence donnée.

Q3 : Lorsque la fréquence instantanée varie sous la forme $f_r(t) = f_0 + \Delta f \cdot \cos(2\pi \cdot f_a \cdot t)$ alors le module de la fonction de transfert varie sous la forme :

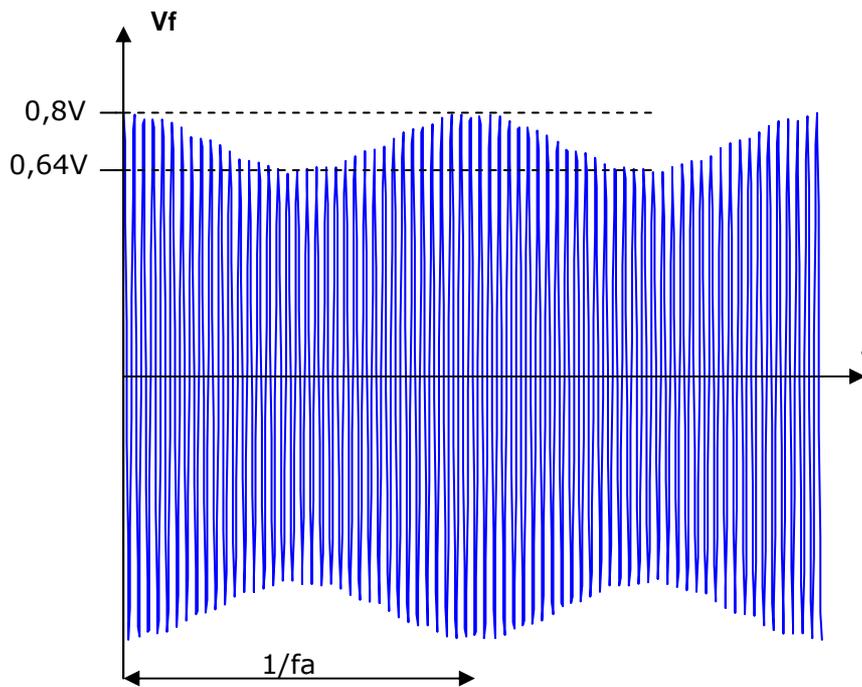
$$|T(f)| = T_0 + K \cdot f_0 + K \cdot \Delta f \cdot \cos(2\pi \cdot f_a \cdot t)$$

$$T_0 + K \cdot f_0 = 0,72 \quad \text{et} \quad K \cdot \Delta f = 0,086$$

Variation du module en fonction du temps.



Q4 : Comme on suppose que le signal à l'entrée du filtre possède une amplitude constante l'amplitude du signal modulé évolue au rythme du module $|T(f)|$
L'allure du signal à la sortie du filtre est donc la suivante :



Q5: le rôle de l'ensemble « redressement + filtrage passe bas » est d'effectuer une démodulation d'amplitude afin de reconstituer le signal modulant puisque ce dernier est visible dans l'enveloppe du signal V_f .

Q6: La fréquence de coupure du filtre doit être très inférieure à la fréquence f_0 du signal modulé et compatible avec la bande passante de l'information à transmettre. Dans notre cas il s'agit d'une information audio et donc nous pouvons choisir une fréquence de coupure de 5kHz.

pour aller plus loin : L'amplitude du signal à l'entrée du filtre doit rester constante car elle influe directement sur l'amplitude du signal modulant à la sortie. Pour éviter les variations d'amplitude on utilise un limiteur que l'on réalise classiquement avec 2 diodes montés en tête bêche.