

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

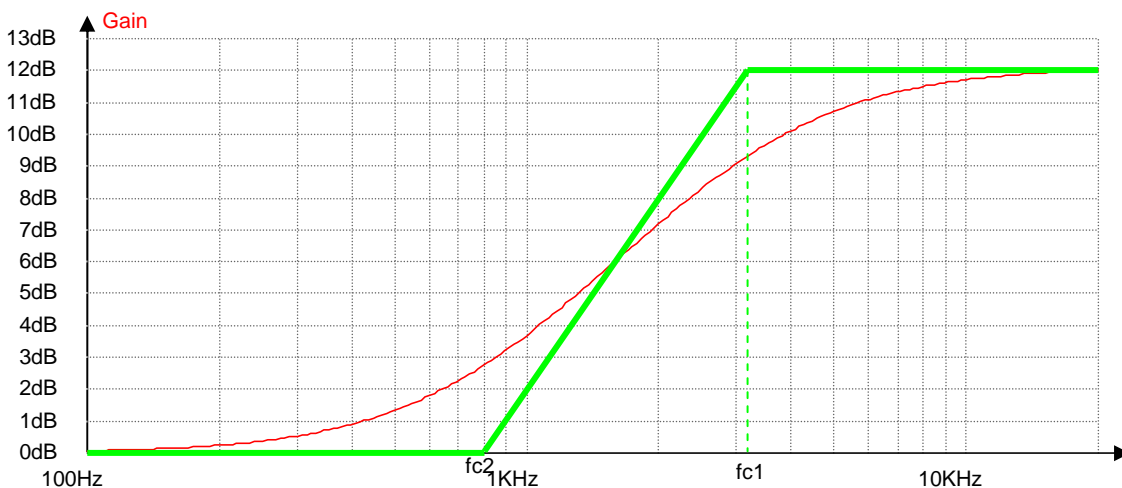
Q3 : lorsque f tend vers 0 le condensateur $Cp1$ se comporte comme un circuit ouvert donc $V_s = V_e$.

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 C_{eq} peut s'écrire :

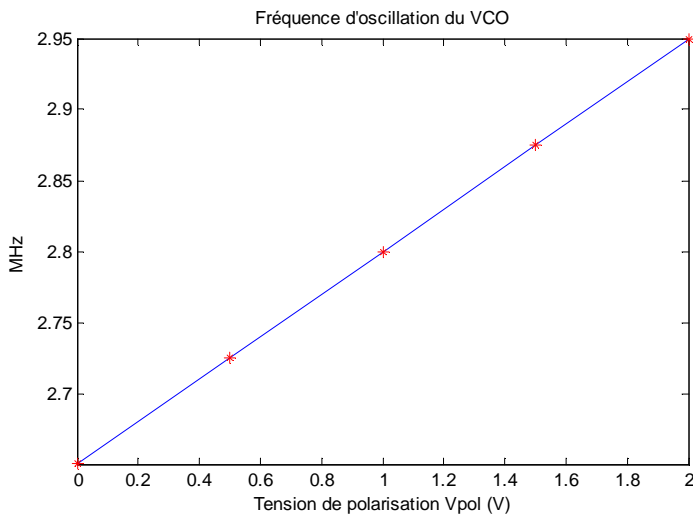
$$C_{eq} = \frac{CL \left(C_p + \frac{C_s C_v}{C_s + C_v} \right)}{CL + \left(C_p + \frac{C_s C_v}{C_s + C_v} \right)}$$

L'expression typique des fréquences d'oscillations F_{osc} d'un circuit LC_{eq} résonnant est

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

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°3 : Récepteur pour Radio messagerie POCSAG

Q1 : Cela permet de recevoir plusieurs canaux avec la même structure en ne changeant que la fréquence de l'oscillateur local. En abaissant la fréquence on facilite la réalisation des filtres et on permet au démodulateur de ne travailler qu'autour d'une fréquence unique quelque soit le canal de réception.

Q2 : $F_{xtal} = 21.4\text{MHz} + 450\text{kHz} = 21.85\text{MHz}$ ou $F_{xtal} = 21.4\text{MHz} - 450\text{kHz} = 20.95\text{MHz}$

Q3 : $FRF2 = 466\text{MHz} + 2 \times 25\text{kHz} = 466,05\text{MHz}$

donc $F_{ol1} = 466,05\text{MHz} + 21,4\text{MHz} = 487.45\text{MHz}$ ou $F_{ol1} = 466,05\text{MHz} - 21,4\text{MHz} = 444.65\text{MHz}$

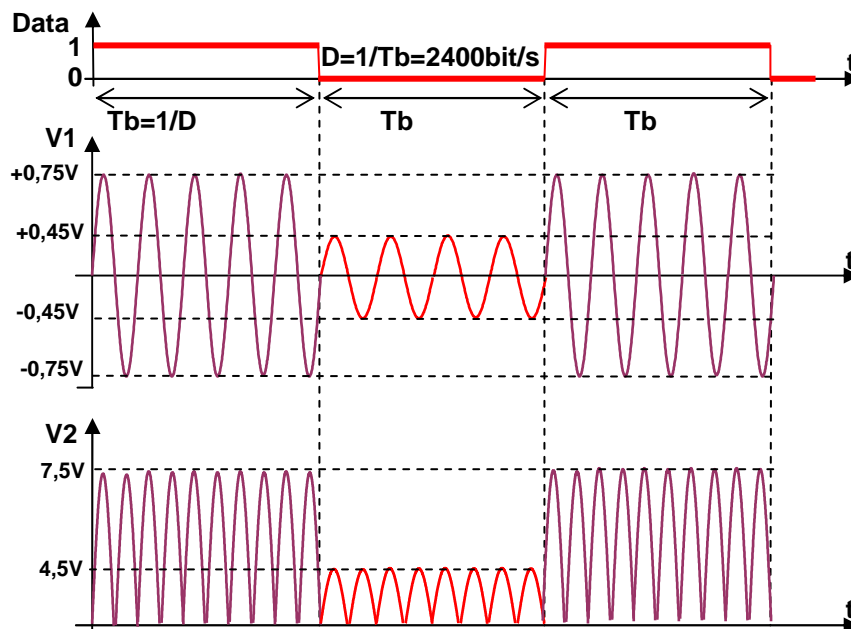
Les fréquences images correspondantes sont donc :

donc $F_{img} = 487.45\text{MHz} + 21,4\text{MHz} = 508.85\text{MHz}$ ou $F_{ol1} = 444.65\text{MHz} - 21,4\text{MHz} = 423.25\text{MHz}$

Q4 : Le bloc RF Filter permet de jouer le rôle de filtre anti-image. On doit le choisir de telle sorte à ce qu'il laisse passer les composantes fréquentielles FRFi et suffisamment atténuer la première fréquence image qui se trouve $466\text{MHz} + 25\text{kHz} + 2 \times 21,4\text{MHz} \approx 508,8\text{MHz}$. On choisira un filtre de nature passe bande de préférence.

Q5 : Le démodulateur et donc le filtre discriminateur est centré autour de 450kHz puisqu'il se trouve en sortie du 2nd changement de fréquence.

Q6 : pour $f_2 = 450\text{kHz} + 4,5\text{kHz}$ $|T(jf)| = 0,75$ pour $f_1 = 450\text{kHz} - 4,5\text{kHz}$ $|T(jf)| = 0,45$

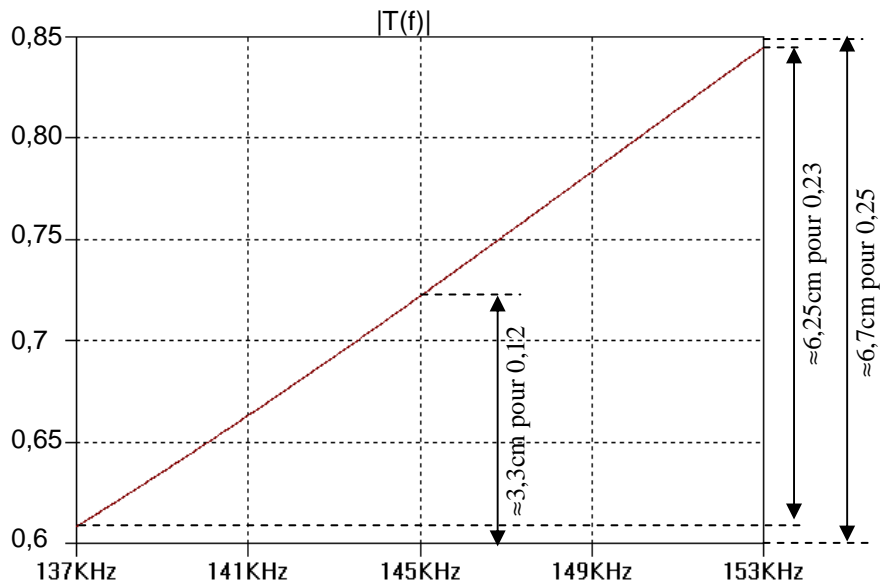


Q8 : Le filtre passe bas permet de calculer la valeur moyenne du signal en V2 et l'on retrouve donc lorsque $\text{Data}=1$ $V_{dem} = 2 \times 7,5 / \pi = 4,77\text{V}$ et lorsque $\text{Data}=0$ $V_{dem} = 2 \times 4,5 / \pi = 2,86\text{V}$

Q9 : Une simple comparaison de tension permet de récupérer une information numérique compatible TTL ?

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 $T_0=-1,36$

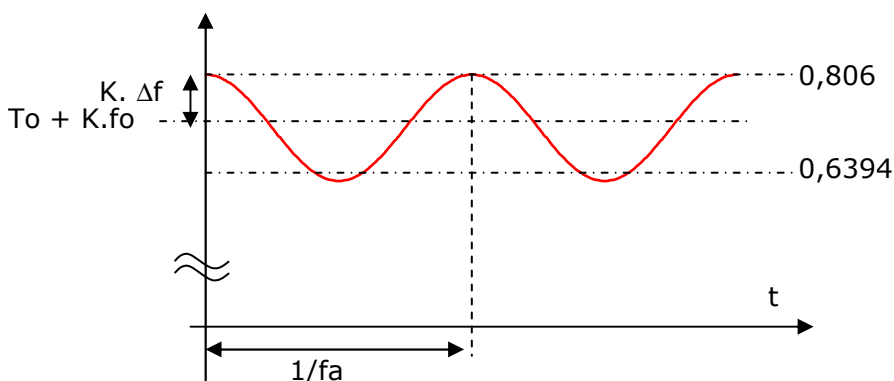
La valeur de T_0 peut surprendre pour un module mais elle n'a pas de signification concrète car il ne s'agit ici que d'une modélisation pour une zone de fréquence donnée.

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 :

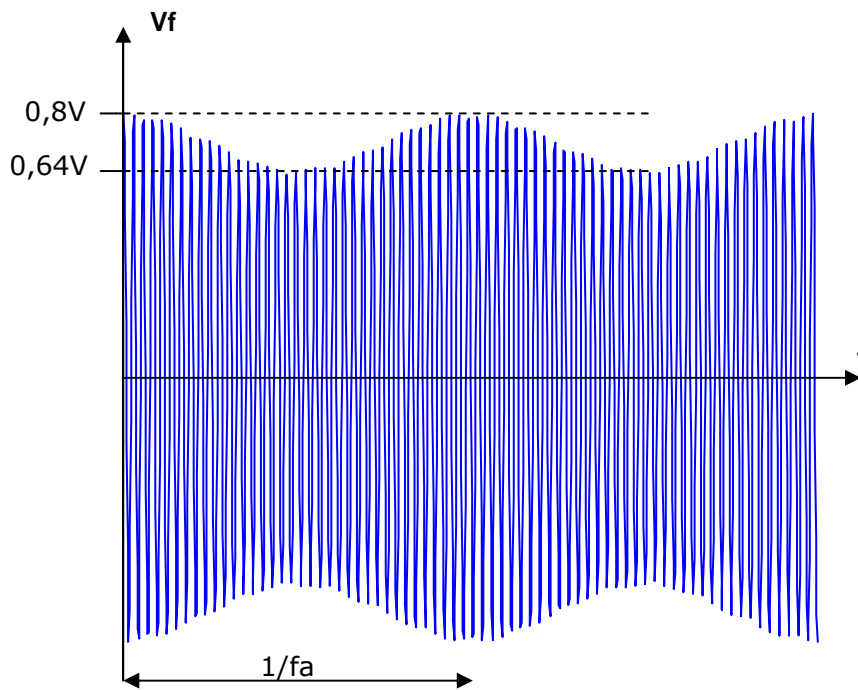
$$|T(f)| = T_0 + K \cdot f_0 + K \cdot \Delta f \cdot \cos(2\pi \cdot f_a \cdot t)$$

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

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.

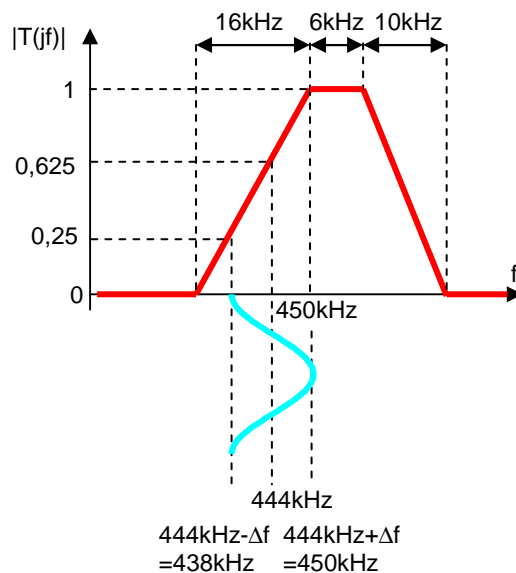
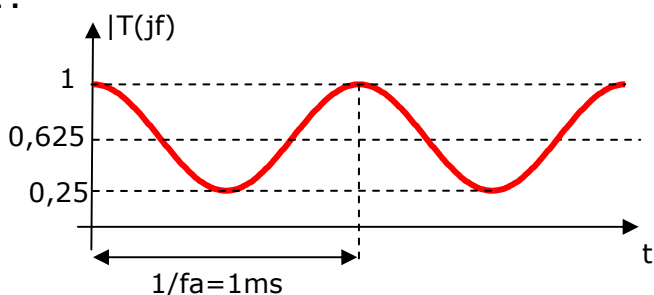
pour aller plus loin : L'amplitude du signal à l'entrée du filtre doit rester constante car elle influe directement sur l'amplitude du signal modulant à la sortie. Pour éviter les variations d'amplitude on utilise un limiteur que l'on réalise classiquement avec 2 diodes montés en tête bêche.

Problème n°6 : Etude d'un système de diffusion audio sur CPL

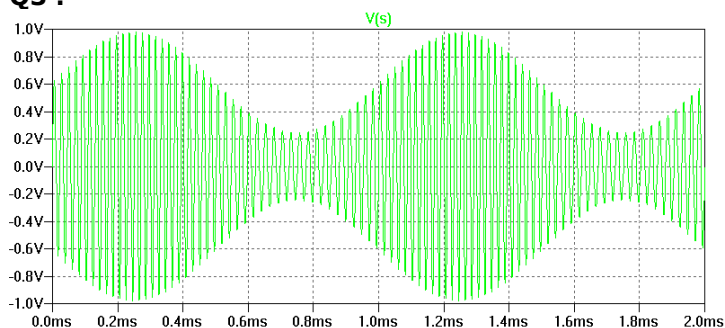
Q1 : Pour le calcul de l'oscillateur local il faut prendre en compte la fréquence centrale 444kHz puisque l'on doit centrer le signal modulé FM sur cette valeur pour bénéficier de la discrimination en fréquence du filtre intermédiaire. Pour recevoir les 3 canaux on choisit donc les fréquences de l'oscillateur local suivantes :

$$f_{ol1}=(444+/-95)\text{kHz} \quad f_{ol1}=(444+/-125)\text{kHz} \quad f_{ol1}=(444+/-155)\text{kHz} \quad \text{réquence porteuse} = \boxed{95\text{kHz}}$$

Q2 :



Q3 :



Q4 : on doit utiliser un démodulateur d'amplitude de type détecteur de crête ou de type redressement puis filtrage. Voir poly pour plus de détail.