

Problème n°1 : Un micro sans fil pour accordéon

Contexte du problème

Afin de réaliser une liaison sans fil audio pour un accordéon comme le montre la figure 1 suivante, on met en œuvre des modules AUREL TX FM Audio et RX FM Audio que l'on vous propose d'étudier au cours de ce problème.

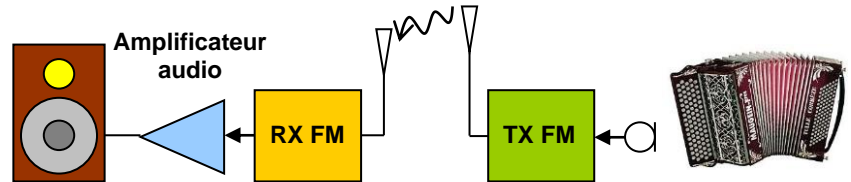
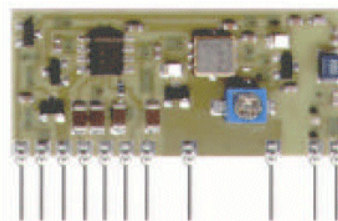


Figure 1 : Un micro sans fil pour accordéon

Extrait de la documentation constructeur du module TX FM

Technical Specification

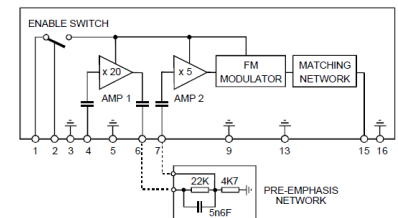
- * Carrier frequency : 433.8 MHz obtained by SAW;
- * FM modulation with $\Delta f_{MAX} = \pm 75$ KHz ;
- * Modulation sensitivity : 100 mVpp (pin 7) in order to reach Δf_{MAX} ;
- * Audio bandwidth : 20 Hz to 30 KHz ;
- * Supply : +12V \pm 10% ;
- * 15 mA consumption with TX enabled (pin 2 = 5 to 12V) ;
- * Null consumption with TX disabled (pin 2 = 0V) ;
- * LF input impedance : 10 K Ω ;
- * RF output impedance : 50 Ω ;
- * RF output power with 50 Ω load : 10 mW (+10 dBm) ;
- * Endowed with tx-enable facility (pin 2) by means of TTL or CMOS logics ;
- * Possible insertion of a pre-emphasis network ;
- * Dimensions : 40.6 x 26 x 4.5 mm. Pin pitch 2.54 mm ;



Pin-out

- | | |
|----------------------|-----------------|
| 1) +12V | 7) Input 2 (LF) |
| 2) Tx-Enable (5+12V) | 9) Ground |
| 3) Ground | 13) Ground |
| 4) Input 1 (LF) | 15) RF Output |
| 5) Ground | 16) Ground |
| 6) Output 1 (LF) | |

Block diagram



LF section and modulator

The Low Frequency section is made up by two AC-coupled amplifiers with voltage gain, respectively, AMP 1 = 20 and AMP 2 = 5, and LF bandwidth 20 Hz to 30 KHz. The FM modulator is made up by an oscillator stabilized by means of a SAW resonator and modulated by a varicap diode.

Etude du module TX FM

Q1 : Quelle est la puissance d'émission en dBm et en Watt du module TX FM. En déduire l'amplitude S_0 crête du signal de sortie (on suppose que l'antenne présente une charge équivalente à 50 Ω)

Q2 : Pour la réalisation des antennes coté émission & réception, on adopte un simple brin de fil dont la longueur correspond à un quart d'onde. Quelle est alors la longueur du brin de fil ?

Le modulateur FM est réalisé à partir d'un VCO constitué d'un oscillateur à ondes de surface (SAW) et d'une diode Varicap comme le montre le schéma synoptique de la figure 2 suivante. Le module dispose de 2 amplificateurs permettant de connecter directement sur l'entrée 4 un microphone électrodynamique. Le module est alimenté sous une tension $V_{CC}=12V$.

Q3 : Quel avantage possède un VCO à base de SAW par rapport à un VCO construit autour d'un circuit LC ?

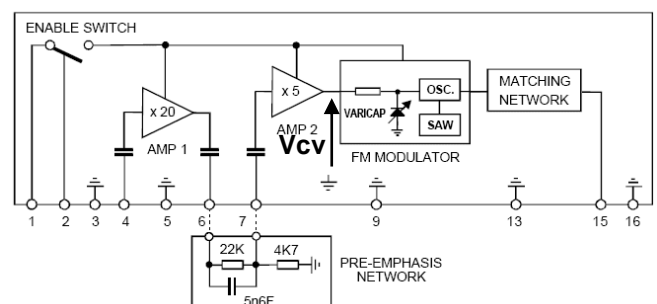
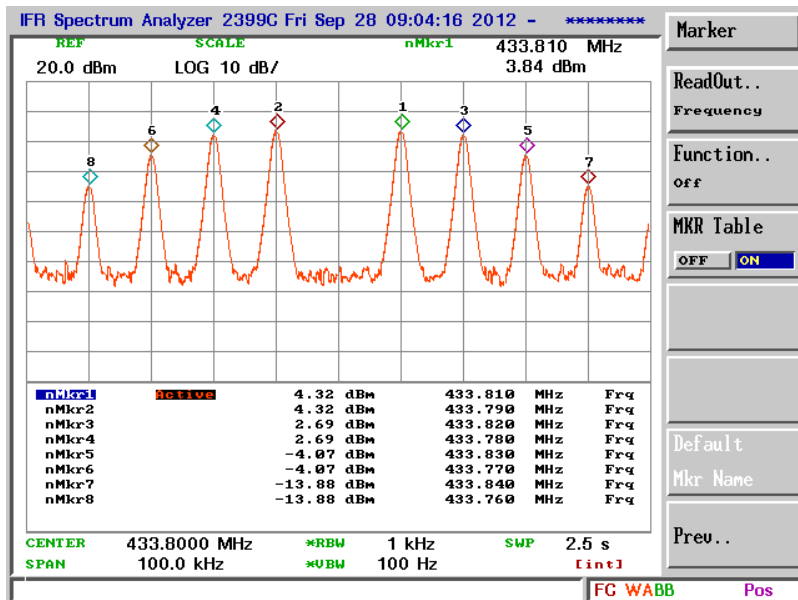


Figure 2 : Schéma synoptique du module TX FM

Lorsque l'on applique sur la tension de commande V_{cv} le signal suivant : $V_{cv} = \frac{V_{CC}}{2} + A \cdot \cos(2\pi \cdot f \cdot t)$ avec $A=80mV$ et que l'on connecte la sortie 15 sur un analyseur de spectre à balayage, on obtient le relevé de la figure 3 suivante.



		Indice de modulation m					
Ordre		1	1,5	2	2,4	3	3,83
0		0,765	0,512	0,224	0	-0,26	-0,403
1		0,44	0,558	0,577	0,52	0,339	0
2		0,115	0,232	0,353	0,431	0,486	0,403
3		0,02	0,061	0,129	0,198	0,309	0,420
4		≈0	0,012	0,034	0,064	0,132	0,255
5		≈0	≈0	0,007	0,016	0,043	0,113
6		≈0	≈0	≈0	≈0	0,011	0,04
7		≈0	≈0	≈0	≈0	≈0	0,012
8		≈0	≈0	≈0	≈0	≈0	≈0
9		≈0	≈0	≈0	≈0	≈0	≈0

Tableau 1 : Fonctions de Bessel

Figure 3 : Tracé de l'analyseur de spectre

Q4 : Compte tenu du spectre obtenu, quelle est la valeur de l'indice de modulation ?

Q5 : Quelle est la valeur de la fréquence du signal modulant ? Justifier votre réponse.

Q6 : En utilisant les résultats fournis dans le tableau 1, justifier le niveau indiqué par le marqueur 1 & le marqueur 5.

Q7 : A partir de la définition de l'indice de modulation et des indications fournies, en déduire la valeur du gain de conversion Kf du VCO dont vous préciserez l'unité.

Q8 : Justifier alors la caractéristique suivante : « Modulation sensitivity : 100mVpp (pin7) in order to reach Δfmax »

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

Contexte du problème :

On vous propose d'étudier dans ce problème une partie du circuit TSH512 utilisé dans les transmissions audio infrarouge pour casque stéréo. On utilise une modulation FM autour de 2,3MHz et de 2,8MHz pour transmettre les voies gauche et droite comme l'indique la figure 1 suivante.

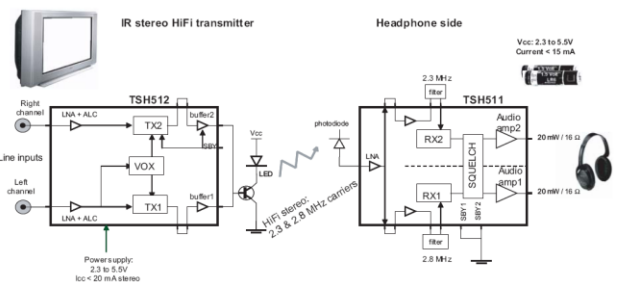


Figure 1 : Transmission IR

Le schéma donné sur la figure 2 ci-contre est extrait de la documentation constructeur du circuit TSH512. Il représente une partie du transmetteur infrarouge dont la fréquence porteuse est de 2,8MHz.

Q1 : Pour quelles raisons effectue-t-on une modulation dans le cadre d'une transmission par infrarouge ?

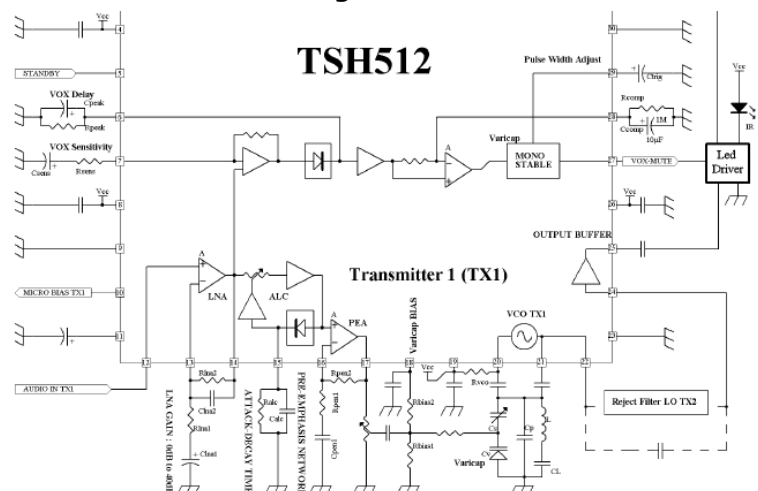


Figure 2 : Mise en œuvre du circuit TSH512

Etude du circuit de préaccentuation

On peut montrer que dans le cas d'une liaison en modulation de fréquence, le niveau de bruit à la sortie du démodulateur est plus élevé pour les fréquences du signal audio élevées. Comme par ailleurs le niveau des composantes fréquentielles de la voix a tendance à diminuer lorsque la fréquence augmente, le rapport signal sur bruit pour la partie haute du spectre audio devient donc très mauvais. Il devient donc indispensable de prévoir un module de préaccentuation. Le circuit TSH512 propose de rajouter cette fonction en insérant sur le trajet du signal audio le montage représenté ci-contre. On donne les valeurs suivantes : $R_{p1}=3,3k\Omega$ $R_{p2}=10k\Omega$ et $C_{p1}=15nF$

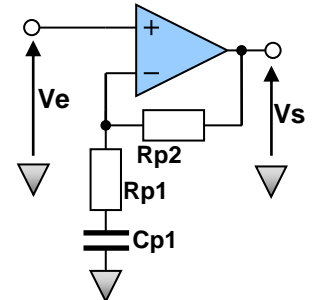


Figure 3 : Préaccentuation

Q2 : Quel est le nom en anglais de ce circuit ?

Q3 : Exprimer V_s en fonction de V_e lorsque la fréquence du signal d'entrée tend vers 0 et lorsqu'elle est très grande. Effectuer les applications numériques correspondantes.

Q4 : Afin de caractériser de façon plus précise le montage, exprimer la fonction de transfert de ce montage et montrer qu'elle peut se mettre sous la forme indiquée ci-contre. Exprimer ω_{c1} et ω_{c2} en fonction de R_{p1} , R_{p2} et C_{p1} .

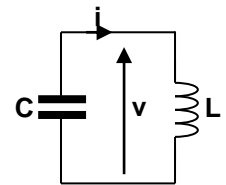
$$\frac{V_s(j\omega)}{V_e(j\omega)} = \frac{1 + \frac{j\omega}{\omega_{c2}}}{1 + \frac{j\omega}{\omega_{c1}}}$$

Q5 : Tracer le diagramme de Bode asymptotique et l'allure du diagramme de Bode (uniquement en gain) en précisant les valeurs de f_{c1} et f_{c2} .

Q6 : Justifier que ce montage réalise bien la fonction souhaitée.

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

Q7 : On considère le circuit suivant dans lequel on suppose que les éléments L et C sont sans pertes. Montrer que le circuit peut être décrit une équation différentielle dont une solution possible est $v(t)=v_0.\sin(2\pi.f_0.t)$. Exprimer la fréquence des oscillations f_0 en fonction de L et C.



Etude du modulateur de fréquence à 2,8MHz

L'oscillateur contrôlé en tension permettant d'effectuer la transmission en modulation de fréquence est constitué autour d'un circuit résonnant LC dont le schéma est donné ci-contre et correspondant au schéma de mise en œuvre du circuit TSH512 de la figure 2.

On donne les valeurs et données suivantes :

$C_L=68pF$, $C_p=15pF$, $L=120\mu H$

$C_s=89pF$ (résulte de l'association d'un condensateur fixe et variable en //)

Diode Varicap SMV1212

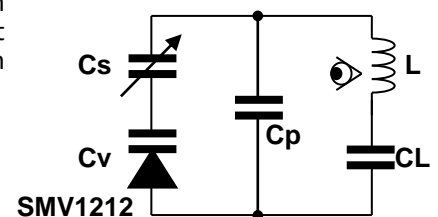


Figure 3 : Circuit LC du VCO

Q8 : Exprimer la capacité équivalente C_{eq} vue de l'inductance L en fonction de C_L , C_p , C_v et C_s . En déduire l'expression de la fréquence d'oscillations f_{osc} à partir de l'étude préliminaire précédente.

Q9 : Calculer la capacité équivalente C_{eq} pour les cinq valeurs de tension de polarisation de la diode Varicap et en déduire les valeurs de la fréquence d'oscillation. Tracer la caractéristique f_{osc} en fonction de V_{pol} .

Pour la mise en œuvre du VCO comme modulateur de fréquence on propose le circuit de polarisation représenté sur le schéma de la figure 4.

Q10 : On applique sur l'entrée du VCO le signal $V_{pol}=V_{p0}+V_{p1}.\cos(2\pi f_1.t)$ où f_1 désigne la fréquence de la composante sinusoidale audio utilisée pour le test de ce modulateur. Calculer la valeur de V_{p0} afin d'obtenir une fréquence porteuse de 2,8MHz.

Q11 : On fixe $R_a=200k\Omega$ et l'on donne $V_{cobias}=1,5V$. En déduire la valeur de R_b afin d'obtenir la bonne valeur de V_{p0} .

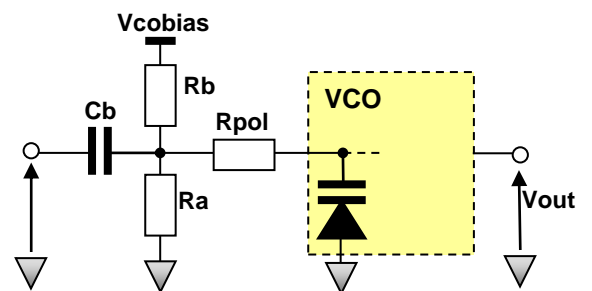


Figure 4 : Circuit de polarisation du VCO

Q12 : Quelle doit être la valeur de V_{p1} si l'on désire obtenir une déviation en fréquence de 75kHz ?

Q13 : Sachant que la bande passante audio est de 20Hz-15kHz, proposer une valeur pour le condensateur C_b .

Problème n°3 : Récepteur pour Radio messagerie POCSAG

Contexte

On s'intéresse dans ce problème au système de réception de messages par radio utilisant la norme POCSAG utilisé notamment par les services de secours (Pompiers). Ce dispositif permet de transmettre par radio des alertes sous la forme de petit texte en utilisant une modulation FSK avec une déviation de la porteuse de +/- 4,5kHz avec un débit maximum de 2,4kbit/s. Nous vous proposons dans le cadre de ce problème l'étude du récepteur dont un schéma synoptique simplifié est donné sur la figure 1 ci-dessous. Ce récepteur permet de recevoir les fréquences porteuses $FRFi=466MHz+i \times 25kHz$ avec i compris entre 1 et 5. (Service Alphanpage).



Photo : Bipper

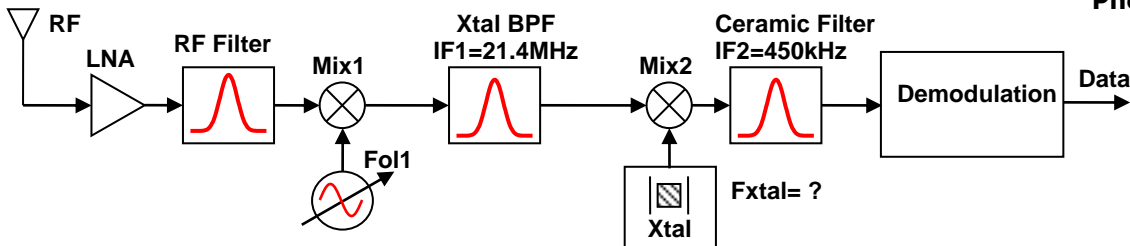


Figure 1 : Schéma synoptique du récepteur POCSAG

Q1 : Quels sont les intérêts du changement de fréquence dans le cadre de la réception radio ?

Q2 : Compte tenu de la constitution de ce récepteur, quelles sont les 2 valeurs de fréquence possible pour l'oscillateur à quartz Xtal ?

Q3 : On souhaite recevoir le canal radio centré sur FRF2. Quelles sont les 2 valeurs possibles pour Fo1 ? En déduire les 2 valeurs de fréquence image correspondante.

Q4 : Quel est le rôle du RF Filter présent avant le mélangeur Mix1 ? Comment doit-on le choisir ?

Pour la mise en œuvre du démodulateur, on propose le dispositif suivant dans lequel on utilise un filtre qui présente une caractéristique linéaire dans la zone qui nous intéresse. Le dispositif à base de redressement double alternance sans seuil suivi du filtre passe bas permet d'effectuer une démodulation d'amplitude.

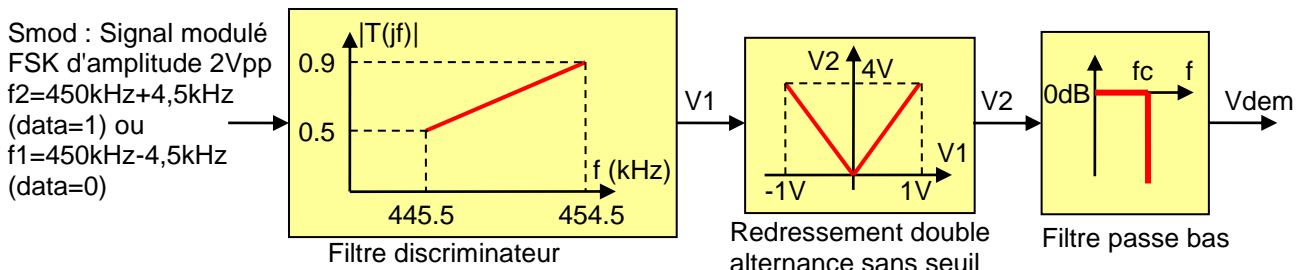


Figure 2 : Principe du démodulateur

Q5 : En s'appuyant sur les informations représentées sur les figures 2 & 3, représenter en concordance de temps le signal V1 avec le signal Data proposé sur la figure 3 ci-contre. Préciser les amplitudes du signal V1.

Q6 : Représenter l'allure du signal V2 en sachant que le redressement double alternance apporte une amplification que vous déterminerez à partir des indications fournies.

Q7 : En supposant que le filtre passe bas joue parfaitement son rôle, montrer que le signal Vdem permet bien de retrouver la donnée initiale. On rappelle que la valeur moyenne d'un signal sinusoïdal d'amplitude U redressé double alternance est $2U/\pi$. En déduire l'amplitude obtenue à la sortie Vdem pour Data=1 puis Data=0.

Q8 : Quelle opération simple permet-elle de récupérer une information numérique compatible TTL ?

Q9 : Proposer une simulation LTSpice permettant d'illustrer le fonctionnement de ce dispositif. Pour la réalisation du filtre discriminateur on choisit un filtre passe bande du 2nd ordre tel que $f_0=458kHz$ et $Q=31,2$

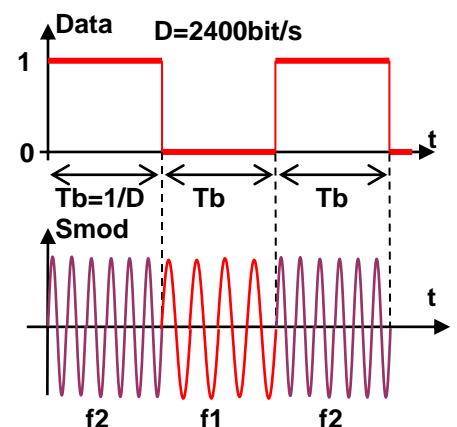


Figure 3 : Signal modulé FSK

Problème n°4 : Récepteur pour interphone secteur

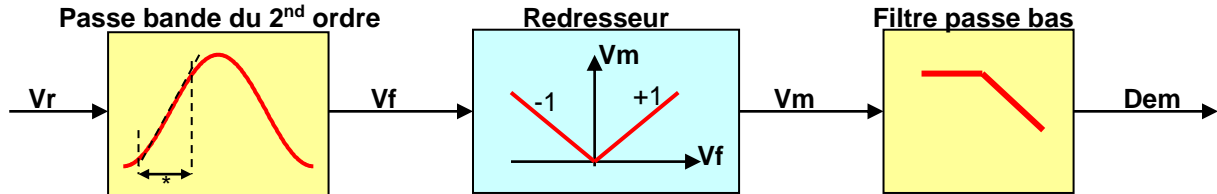
L'objet de ce problème porte sur l'étude d'un Interphone secteur utilisé pour la surveillance des malades et des bébés. Ce dispositif se compose d'un émetteur et d'un récepteur qui se raccordent sur des prises de courant secteur classiques à l'intérieur d'une même habitation comme l'illustre la figure ci contre. La transmission du signal audio s'effectue par modulation de fréquence autour d'une fréquence porteuse égale à 145kHz en utilisant la ligne secteur comme canal de transmission.



Nous vous proposons donc à travers ce problème l'étude de la partie réception. La partie couplage aux lignes secteur n'est pas étudiée au cours de ce problème.

Q1 : Pour quelles raisons préfère-t-on 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 ?

Le schéma synoptique du démodulateur est représenté sur la figure 1 ci-dessous.



(*) voir figure 2

Figure 1 : Schéma synoptique du démodulateur

On considère que le signal modulé reçu V_r possède une amplitude constante quelles que soient les conditions de connexion sur la ligne secteur. Pour ce problème on fixe cette amplitude à 1V et la fréquence instantanée de ce signal est de la forme : $f_r(t) = f_0 + \Delta f \cdot \cos(2\pi \cdot f_a \cdot t)$ avec $f_0 = 145\text{kHz}$, $\Delta f = 6\text{kHz}$ et $f_a = 4\text{kHz}$.

Ce signal de réception est appliqué sur l'entrée d'un filtre passe bande centré sur 170kHz et dont le facteur de qualité $Q = 3$.

Ce choix permet d'obtenir dans la zone qui nous intéresse une variation du module proportionnelle à la fréquence instantanée du signal d'entrée comme le montre la caractéristique de la figure 2 ci-contre.

Q2 : En considérant la caractéristique représentée sur la figure 4 pour la zone de fréquence choisie, montrer que $|T(f)|$ peut s'écrire sous la forme $|T(f)| = T_0 + K \cdot f$. Déterminer les valeurs de T_0 et K à partir du tracé.

Q3 : Représenter les variations du module $|T(f)|$ au cours du temps lorsque la fréquence instantanée varie conformément aux indications fournies précédemment (expression de $f_r(t)$).

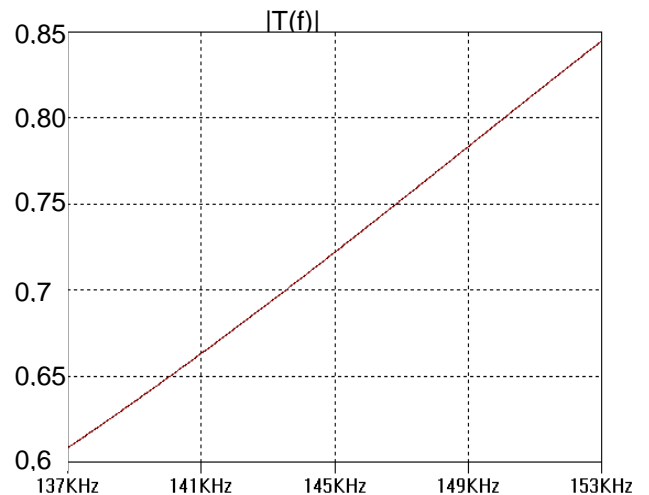


Figure 2 : Zoom sur une partie du filtre

Q4 : Représenter l'allure du signal à la sortie du filtre en concordance de temps avec le signal modulant $\cos(2\pi \cdot f_a \cdot t)$ et montrer qu'il s'agit quasiment d'un signal modulé en amplitude dont vous déterminerez précisément les niveaux en amplitude.

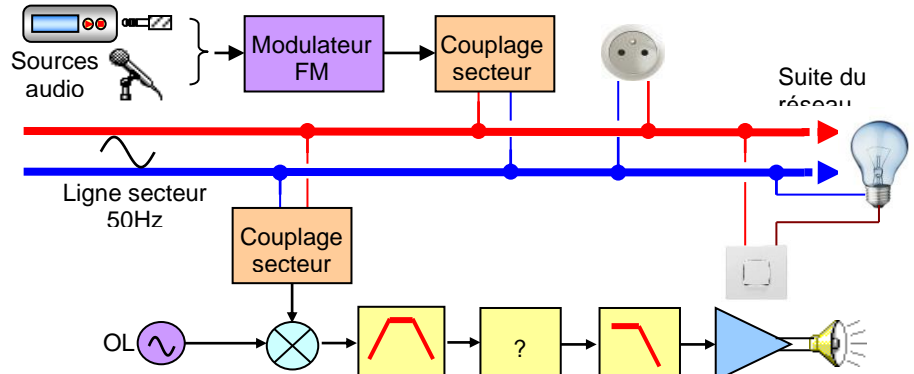
Q5 : Quel est le rôle de l'ensemble « redressement + filtrage passe bas » présent à la sortie du filtre sélectif ? Illustrer votre réponse en représentant l'allure des signaux V_m et Dem en fonction du temps.

Q6 : Comment choisir la fréquence de coupure du filtre passe bas à la sortie du montage ?

Q7 : Proposer une simulation LTSpice permettant d'illustrer le fonctionnement de ce dispositif.

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

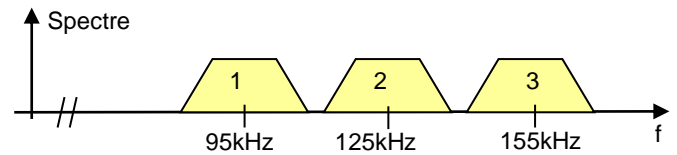
L'objet de ce problème porte sur la mise en place d'un système de diffusion sonore sur courants porteurs en ligne (CPL). Pour ce procédé on utilise comme support de transmission le réseau secteur comme l'illustre la figure ci-contre. Coté réception, on note l'utilisation d'un changement de fréquence afin de pouvoir sélectionner l'un des 3 canaux utilisés pour la transmission.



L'information audio est transmise en utilisant une modulation de fréquence et le signal modulé est transmis avec un faible niveau en comparaison de la tension secteur.

Cahier des charges de la transmission

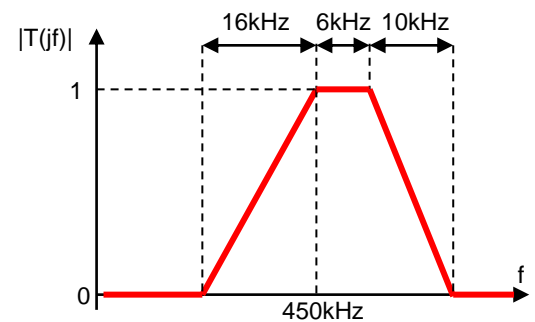
- Bande passante audio : 300-3500Hz
- Modulation de fréquence à faible indice :
- Déviation en fréquence $\Delta f = 6\text{kHz}$



Etude du démodulateur FM

Compte tenu de la faible déviation en fréquence on utilise ici le filtre de changement de fréquence comme discriminateur en fréquence. Afin de simplifier l'étude du démodulateur de fréquence on simplifie la courbe de réponse en fréquence du filtre intermédiaire comme le montre la figure ci-contre.

Afin d'analyser le fonctionnement de ce démodulateur on considère que l'on choisit la valeur de l'oscillateur local de telle sorte à obtenir un signal modulé FM dont la fréquence instantanée est de la forme : $f_r(t) = f_i + \Delta f \cdot \cos(2\pi \cdot f_a \cdot t)$ avec $f_i = 444\text{kHz}$, $\Delta f = 6\text{kHz}$ et $f_a = 1\text{kHz}$.



Par ailleurs on suppose que l'amplitude du signal en entrée du filtre est constante et égale à 1V quelles que soient les conditions de connexion sur la ligne secteur. Compte tenu des caractéristiques du filtre intermédiaire, on suppose bien évidemment que l'ensemble des autres signaux issus de compositions des fréquences en sortie du mélangeur sont complètement supprimés.

Q1 : Quelles sont les valeurs de fréquence de l'oscillateur local pour recevoir les 3 canaux radios ?

Q2 : Représenter les variations du module $|T(f)|$ au cours du temps lorsque la fréquence instantanée varie conformément aux indications fournies.

Q3 : Représenter l'allure du signal à la sortie du filtre en concordance de temps avec le signal modulant $\cos(2\pi \cdot f_a \cdot t)$ et montrer qu'il s'agit quasiment d'un signal modulé en amplitude dont vous déterminerez précisément les niveaux en amplitude.

Q4 : Que doit-on utiliser comme dispositif électronique permettant de récupérer le signal modulant en sortie du filtre ? Détailler votre réponse en donnant un schéma de montage.