

❄ Problème n°1 : Changement de fréquence & VCO

🎁 11pts

Q1 : Pour la fréquence de LO2, nous avons le choix entre $10,7\text{MHz}+450\text{kHz}=11,15\text{MHz}$ ou $10,7\text{MHz}-450\text{kHz}=10,25\text{MHz}$. Comme il y a un diviseur de fréquence par 2 il faut multiplier par 2 les fréquences précédentes et l'on remarque que $2 \times 10,25\text{MHz} = 20,5\text{MHz}$!

Propriétés d'un oscillateur à quartz : Très précis et stable à long terme

Q2 : Pour la fréquence de LO1 : $f_{LO1} = (88+10,7)\text{MHz} = 98,7\text{MHz}$ ou $f_{LO1} = (88-10,7)\text{MHz} = 77,3\text{MHz}$

On peut donc en déduire les 2 fréquences possibles générées par le VCO :

$f_{vco1} = 2 \times 98,7\text{MHz} = 197,4\text{MHz}$ ou $f_{vco1} = 2 \times 77,3\text{MHz} = 154,6\text{MHz}$

Q3/Q4 : On est en présence d'un oscillateur de type L1 Ceq où Ceq est l'association série du condensateur Co et de la capacité équivalente de la diode Varicap Cd. On en déduit donc : $f_{vco} = \frac{1}{2\pi \sqrt{L1 \cdot \frac{Cd \cdot Co}{Cd + Co}}}$

Q5 : La diode BB208 est une diode Varicap. Caractéristiques principales : Voir Poly cours

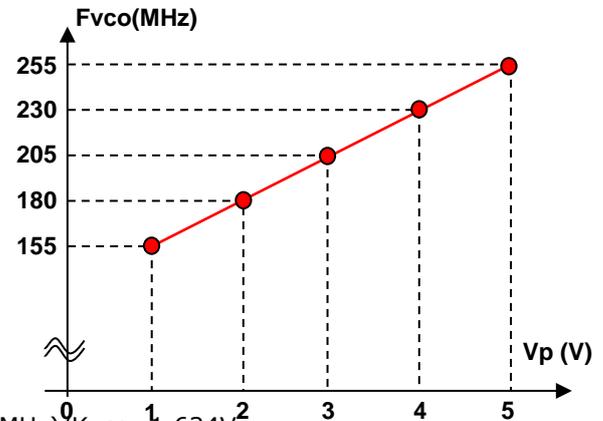
Q6 :

Vp (V)	1	2	3	4	5
Cd (pF)	22,39	16,25	12,36	9,73	7,86
Fvco(MHz)	155	180	205	230	255

On en déduit $K_{vco} = 25\text{MHz/V}$

Q7 : Les 2 fréquences que le VCO doit fournir si l'on souhaite recevoir une émission radio centrée sur 96MHz sont : $f_{vco} = 2 \times (96+10,7)\text{MHz} = 213,4\text{MHz}$ ou $f_{vco} = 2 \times (96-10,7)\text{MHz} = 170,6\text{MHz}$

La tension de commande Vp possible est $1\text{V} + (170,6\text{MHz} - 155\text{MHz}) / K_{vco} = 1,624\text{V}$ ou $1\text{V} + (213,4\text{MHz} - 155\text{MHz}) / K_{vco} = 3,336\text{V}$



Q8 : Le filtre anti-image se trouve entre le LNA et le premier mélangeur MIX1.

❄ Problème n°2 : Transmission audio par infrarouge en modulation FM

🎁 7pts

Q1 $f_p = 850\text{kHz}$ (indication Pos → position centrale)

Q2 $m = 3,83$ car les raies en $f_p + f_a$ et $f_p - f_a$ sont nulles

Q3 $f_p + 2f_a = 875\text{kHz} \Rightarrow 2f_a = 25\text{kHz} \Rightarrow f_a = 12,5\text{kHz}$

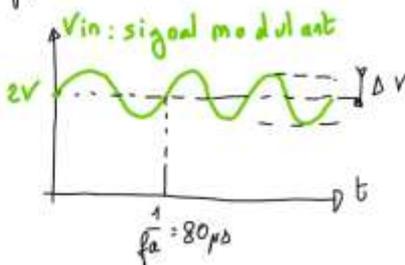
Q4 $J_2 = 0,503$

$$U_{dBV} = 20 \log \left(\frac{S_0 J_2}{\sqrt{2}} \right) = 5,18\text{dBV} \Rightarrow S_0 = \frac{\sqrt{2}}{J_2} \times 10^{\frac{5,1}{20}} = 6,53\text{V}$$

Q5 $\Delta f = m \cdot f_a = 17,875\text{kHz}$

comme $k_{vco} = 75\text{kHz/V} \Rightarrow \Delta V = 0,638\text{V}$

pour $f_p = 850\text{kHz} \Rightarrow V = 2\text{V}$



Contexte général

Q1 : $U_r = 230V \times \sqrt{2} = 325,27V$ donc $U_r \gg U_m$. Le signal modulé FSK ne va donc pas perturber les appareils connectés sur le réseau EDF

Q2 : $f_r = 50Hz$ Comme on se situe à 3 décade l'atténuation sera de 60dB car les 2 pentes d'un filtre passe bande sont de 20dB/dec

Analyse du récepteur et démodulateur FSK

Q4 : Il s'agit d'une porte Ou exclusif. Le gain de conversion est $K_{cp} = \frac{V_{dd}}{\pi}$ exprimé en V/rd.

On retrouve également des comparateurs de phase de type multiplieur. Voir Diapo Cours Poly PLL

Q5 : $K_{vco} = (48-41.75)kHz / (3-0,5)V$ donc $K_{vco} = 2,5kHz/V$

Q6 : Si l'on suppose que la PLL reste verrouillée alors la fréquence du VCO prend les valeurs f_1 puis f_2 . Dans ce cas pour $f_2 = 46kHz$ on obtient $V_c = 2,2V$ et pour $f_1 = 44kHz$ on obtient $V_c = 1,4V$

Q7 : Comme le comparateur de phase peut délivrer une tension comprise entre 0 et 3,3V, seul le VCO limite ici la plage de maintien qui est donc comprise entre 41,75kHz et 48kHz. L'autre plage de fonctionnement est la plage de capture.

Q8 : Pour la caractérisation voir TP + Poly PLL

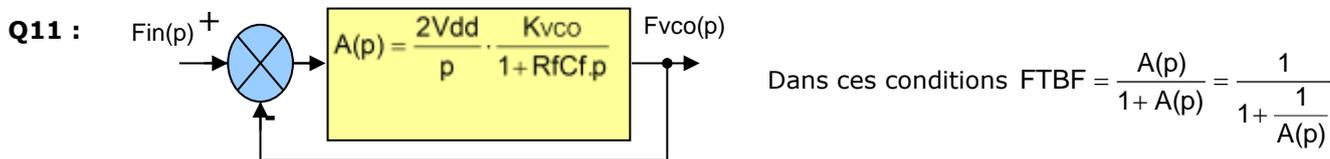
Modélisation de la PLL

Q9 : Dans le premier bloc on retrouve classiquement la modélisation du comparateur de phase $\frac{2\pi K_{cp}}{p}$ mais

comme $K_{cp} = \frac{V_{dd}}{\pi}$ alors on retrouve bien le bloc $\frac{2V_{dd}}{p}$ Pour le bloc entre V_x et V_c il s'agit de la fonction de

transfert du filtre passe bas donc $\frac{V_c(p)}{V_x(p)} = \frac{1}{1 + R_f C_f p}$ Pour le bloc entre V_c et F_{vco} il s'agit du gain de conversion du VCO K_{vco}

Q10 : Il faut aussi que $f_c \ll f_1$ ou f_2 ce qui est le cas ici. $R_f = \frac{1}{2\pi C_f f_c} = 20k\Omega$



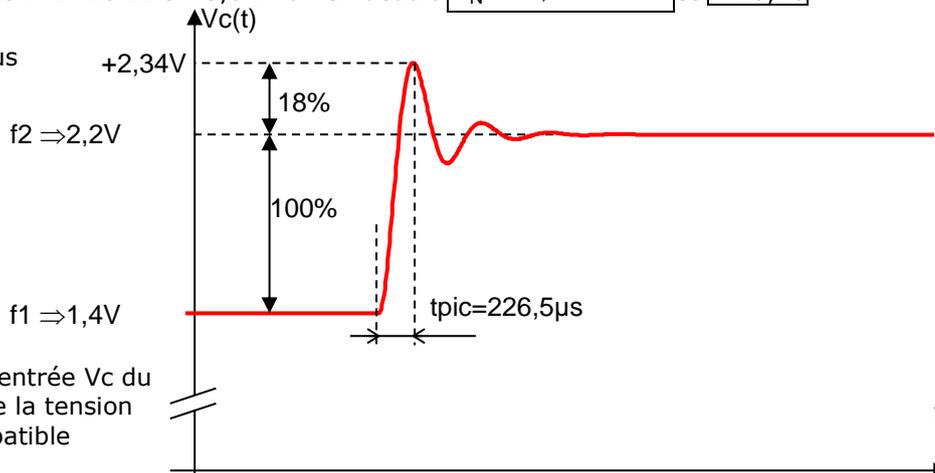
donc $FTBF = \frac{A(p)}{1 + A(p)} = \frac{1}{1 + \frac{p \cdot (1 + R_f C_f p)}{2V_{dd} K_{vco}}}$ donc $FTBF = \frac{1}{1 + \frac{p}{2V_{dd} K_{vco}} + \frac{R_f C_f p^2}{2V_{dd} K_{vco}}}$ de la forme

$$FTBF = \frac{1}{1 + 2m \frac{p}{\omega_N} + \left(\frac{p}{\omega_N}\right)^2}$$

avec $\omega_N = \sqrt{\frac{2V_{dd} K_{vco}}{R_f C_f}}$ et $\frac{2m}{\omega_N} = \frac{1}{2V_{dd} K_{vco}}$ soit $m = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{R_f C_f \cdot 2V_{dd} K_{vco}}}$

Avec $K_{vco} = 2,5kHz/V$ $V_{dd} = 3,3V$ $R_f = 20k\Omega$ $C_f = 3,3nF$ on en déduit $\omega_N = 15,811krad/s$ et $m = 0,48$

Q12 : $D\% = 18\%$ et $t_{pic} = 226,5\mu s$



Q13 : Le trigger connecté sur l'entrée V_c du VCO permet de mettre en forme la tension V_c afin d'obtenir un signal compatible avec l'entrée du μC .

⚙️ Problème n°4 : Etude d'une télécommande radio

🎁 5pts

Q1 : $L = \frac{\lambda}{4} = \frac{c}{4f} = 8,64\text{cm}$ Q2 : $S_o = \sqrt{0,1 \cdot 10^{10} \text{ PdBm}} = 0,79\text{V}$

Q3 : $\boxed{\text{frf} = N \cdot P \cdot \frac{\text{fxtal}}{R}}$ Q4 : $N = \frac{\text{frf} \cdot R}{P \cdot \text{fxtal}} = \frac{\text{frf}}{100\text{kHz}}$ donc pour les 4 fréquences porteuses suivantes :

867,8MHz → N=8678 / 867,9MHz → N=8679 / 868MHz → N=8680 / 868,1MHz → N=8681

Q5 : si N=8690 alors frf=869MHz donc Vc=2V

⚙️ Problème n°5 : Etude d'une démodulation FM pour liaison audio

🎁 6pts

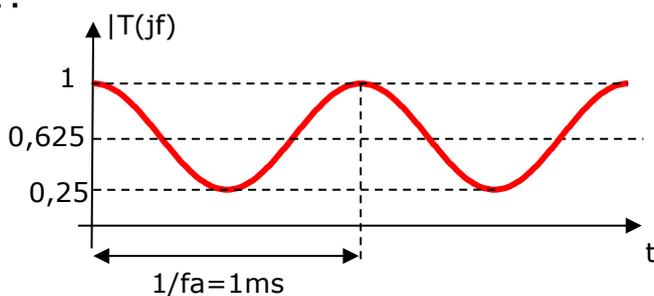
On vous propose l'étude d'un démodulateur FM utilisé dans une liaison audio expérimentale travaillant dans la bande CB (Citizen Band) et dont le récepteur met en œuvre un changement de fréquence autour de la fréquence intermédiaire 450KHz. On donne ci-contre les caractéristiques de la transmission FM

- Bande passante audio : 300-3500Hz
- Modulation FM en bande étroite $\Delta f = 6\text{kHz}$
- 10 Canaux radio espacés de 25kHz
- $f_{p1} = 27\text{MHz}$ $f_{p10} = 27,225\text{MHz}$

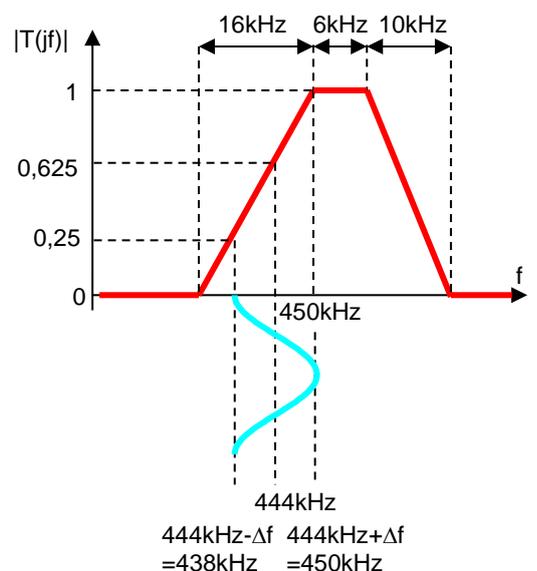
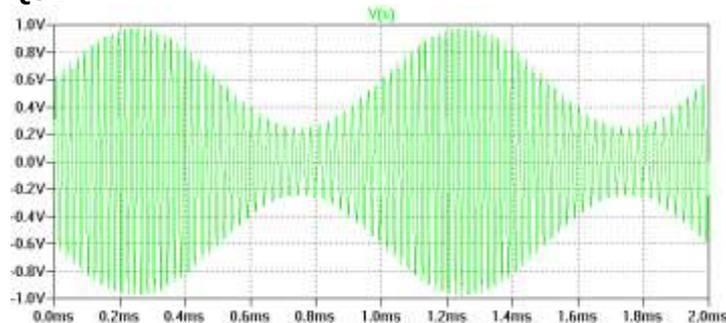
Q1 : il s'agit de la bande de Carson $B_c = 2 \cdot (m+1) \cdot f_a = 2 \cdot (\Delta f + f_a)$.

Ici le signal modulé FM occupe donc une bande passante de $2 \cdot (6\text{kHz} + 3,5\text{kHz}) = 19\text{kHz}$ ce qui est inférieur à l'espace entre chaque canal.

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.

Q5 : 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. Comme $f_{p6} = 27\text{MHz} + 5 \times 25\text{kHz} = 27,125\text{MHz}$

On choisit donc $f_{ol} = 444\text{kHz} + 27,125\text{MHz} = 27,569\text{kHz}$ ou $f_{ol} = 27,125\text{MHz} - 444\text{kHz} = 26,681\text{kHz}$