

## Éléments de correction problème n°4

### Problème n°4 : Etude d'un démodulateur FSK par PLL pour interphone

#### Analyse du circuit

**Q1** : Il s'agit de FM=18,645kHz et FS=22,375kHz. Les termes MARK et SPACE rappelle la configuration du VCO utilisé dans le simulateur LTSpice SPACE pour 0V et MARK pour 1V

**Q2** : On constate que  $F_{xtal}/FM=192$  et  $F_{xtal}/FS=160$  ce qui laisse à penser l'emploi de simple diviseur de fréquence dont le taux est contrôlé par un signal de commande numérique. Comme à la sortie de ces diviseurs de fréquence le signal est généralement carré, il convient de filtrer pour obtenir un signal sinusoïdal.

**Q3** : Comme le circuit est alimenté sous une tension simple il est indispensable de couper la composante continue présente sur la sortie RO sur laquelle le circuit superpose le signal audio.

Comme il s'agit d'un filtre passe haut et que la fréquence basse audio est 300Hz on en déduit une résistance équivalente d'environ  $8\Omega \approx \frac{1}{2\pi \times 300\text{Hz} \times 68\mu\text{F}}$  ce qui est classique pour un haut parleur.

#### Etude de la démodulation FSK

**Q4** : En examinant la caractéristique du VCO on peut écrire que  $F_{vco}=K_{vco}.V_2+f_0$  avec  $K_{vco}$  : Gain de conversion du VCO  $K_{vco}=4,2\text{kHz/V}$  et  $f_0=10\text{kHz}$

Si l'on suppose que la PLL est verrouillé alors le VCO oscille à la même fréquence que le signal d'entrée donc pour la fréquence FS on obtient une tension

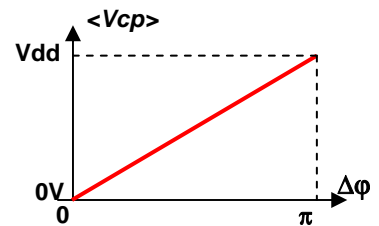
$$V_2 = \frac{FS - f_0}{K_{vco}} = \frac{22,375\text{kHz} - 10\text{kHz}}{4,2\text{kHz/V}} \approx 2,95\text{V}$$

et pour la fréquence FM on obtient une tension

$$V_2 = \frac{FM - f_0}{K_{vco}} = \frac{18,645\text{kHz} - 10\text{kHz}}{4,2\text{kHz/V}} \approx 2,06\text{V}$$

**Q5**: Caractéristique de transfert du comparateur de phase Ou exclusif.

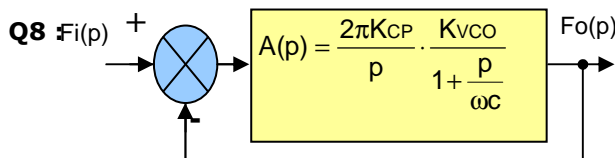
Le gain de conversion  $K_{CP} = \frac{V_{dd}}{\pi}$  correspond bien à la pente de la caractéristique.



**Q6** : Justification du schéma bloc : voir Poly

$$\omega_C = \frac{1}{R_f.C_f}$$

**Q7** :  $R_f = \frac{1}{C_f.2\pi f_c} = \frac{1}{27\text{nF} \times 2\pi \times 950\text{Hz}} = 6,2\text{k}\Omega$



Dans ces conditions  $FTBF = \frac{A(p)}{1 + A(p)} = \frac{1}{1 + \frac{1}{A(p)}}$

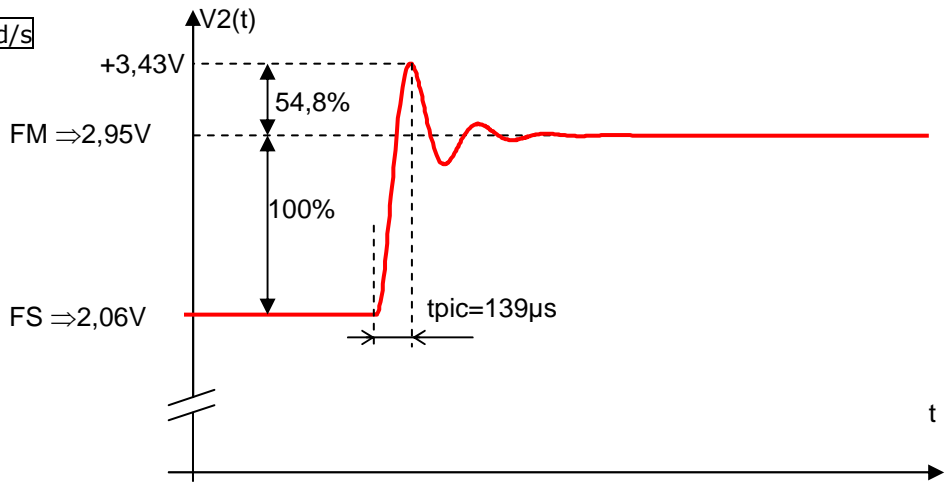
donc  $FTBF = \frac{A(p)}{1 + A(p)} = \frac{1}{p \cdot \left(1 + \frac{p}{\omega_c}\right) + \frac{1}{2\pi K_{CP} \cdot K_{VCO}}}$  donc  $FTBF = \frac{1}{1 + \frac{p}{2\pi K_{CP} \cdot K_{VCO}} + \frac{p^2}{2\pi K_{CP} \cdot K_{VCO} \cdot \omega_c}}$  de la forme

$$FTBF = \frac{1}{1 + 2m \frac{p}{\omega_N} + \left(\frac{p}{\omega_N}\right)^2} \text{ avec } \boxed{\omega_N = \sqrt{2\pi K_{CP} K_{VCO} \omega_C}} \text{ et } \frac{2m}{\omega_N} = \frac{1}{2\pi K_{CP} K_{VCO}} \text{ soit } m = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sqrt{\omega_C}}{\sqrt{2\pi K_{CP} K_{VCO}}}$$

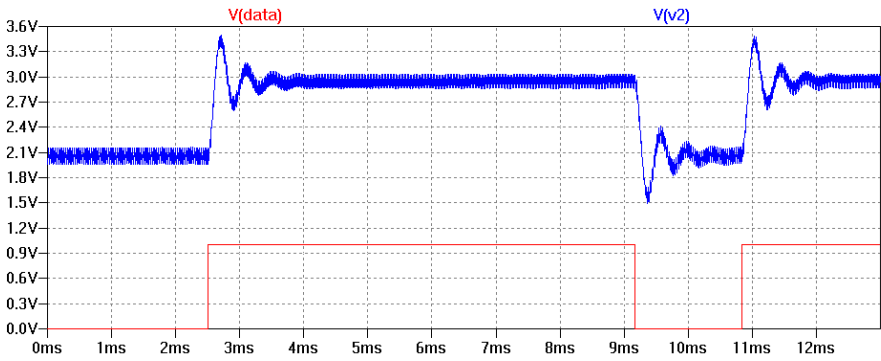
$K_{VCO} = 4,2 \text{ kHz/V}$      $K_{CP} = \frac{5}{\pi}$      $\omega_C = 2\pi f_c = 2\pi \cdot 950 \text{ rad/s}$

donc  $m = 0,188$  et  $\omega_N = 15,83 \text{ krad/s}$

**Q9** :  $D\% = 54,8\%$  et  $t_{pic} = 202 \mu\text{s}$  FM  $\Rightarrow 2,95\text{V}$



**Q10** : Le comparateur de tension présent sur la tension V2 permet de mettre en forme l'information numérique car comme le filtre n'est pas idéal il reste de l'ondulation sur le signal de commande du VCO comme le montre le résultat de simulation suivant :



**Q11** : La plage de maintien correspond ici à la plage du VCO c'est à dire 10kHz - 31kHz. L'autre plage que l'on rencontre est la plage de capture. Voir TP & poly pour la description de la méthode expérimentale :

