

Module : Communications analogiques**Série d'exercices n°3: Boucle à verrouillage de phase****Exercice 1**

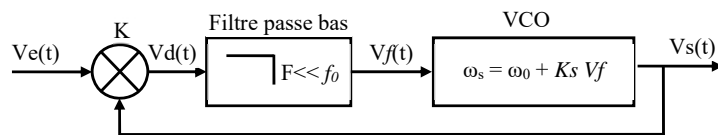
Soit une PLL composée par :

- Un comparateur de phase avec un gain $K_C=3$.
- Un filtre de fréquence de coupure $f_c=2\text{KHz}$.
- Un VCO avec : $f_{min}=7\text{KHz}$ et $f_{max}=21\text{KHz}$ pour une tension de commande allant de -4V à $+4\text{V}$.

1. Exprimer la caractéristique du VCO.
2. Trouver les limites de la plage de verrouillage de cette PLL.
3. Trouver les limites de la plage de capture de cette PLL.
4. Trouver l'état de la PLL si la fréquence du signal d'entrée varie lentement selon la séquence suivante : 5KHz ; 9KHz ; 12KHz ; 14KHz ; 11KHz ; 8KHz ; 16.5KHz ; 20KHz ; 16,5KHz ; 16KHz.

Exercice 2

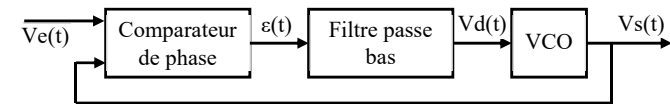
Soit la PLL suivante :



1. Pour des tensions $V_e(t) = E \sin(\omega_0 t + \varphi_e)$ et $V_s(t) = E \cos(\omega_0 t + \varphi_s)$, et en supposant que les dérivées temporelles de φ_e et φ_s sont très inférieures à ω_0 , trouver l'expression de la tension de sortie du filtre.
2. Comment devient cette relation pour un régime proche du verrouillage ?
3. Trouver l'équation différentielle de φ_s .
4. En déduire que le signal de sortie de VCO tend à suivre le signal d'entrée au verrouillage.

Exercice 3

On utilise une PLL pour reconstituer la porteuse à partir d'un signal reçu $V_e(t)$.



- Le comparateur de phase est un multiplieur analogique de gain K_1 .
- Le filtre de boucle est un filtre idéal avec une fréquence de coupure $F_c \ll F_p$.
- Le VCO délivre un signal sinusoïdal d'amplitude V_s et de pulsation ω_s donnée par : $\omega_s(t) = \omega_p + K_0 V_d$ Avec : $K_0 > 0$

Dans un premier temps, on suppose que : $V_e(t) = A_p \sin(\omega_p t)$.

1. Déterminez l'expression de la tension $V_d(t)$. On posera $K_D = K_1 \cdot A_p \cdot V_s / 2$.
2. Quelle est la différence de phase des signaux d'entrée et de sortie quand la boucle est verrouillée?
3. Montrez que pour un régime proche du verrouillage, on peut admettre que V_D est proportionnelle à φ_s .
4. Le signal $V_e(t)$ est modulé en amplitude : $V_e(t) = E[1 + kM(t)] \sin(\omega_p t)$. Exprimer la tension de commande de VCO en supposant le régime proche du verrouillage.
5. L'oscillateur contrôlé en tension alimente un filtre introduisant un déphasage ϕ et une atténuation A à la fréquence f_0 . Quelle doit être la valeur de ϕ pour obtenir la porteuse?

Exercice 4

Montrer qu'il est possible de démoduler un signal FM en utilisant une PLL.