

PARTIEL D'ELECTRONIQUE 2^{ème} Année - Semestre 4
 Documents autorisés (Cours/TDs et TPs uniquement)
 Durée : 2h – 27 mars 2014

I- Oscillateurs (4,5 points : 0,5/1/0,5/0,5/0,5/1,5)

Une entreprise de conception en électricité envisage de réaliser un oscillateur 65536Hz avec une précision de +/-10 % pour cadencer un microcontrôleur de type 68HC12. La précision exigée n'étant pas très sévère, nous n'envisageons pas d'utiliser un quartz comme réseau de réaction. Le montage retenu est un oscillateur à pont de Wien dont le circuit électrique est donné en figure 1.

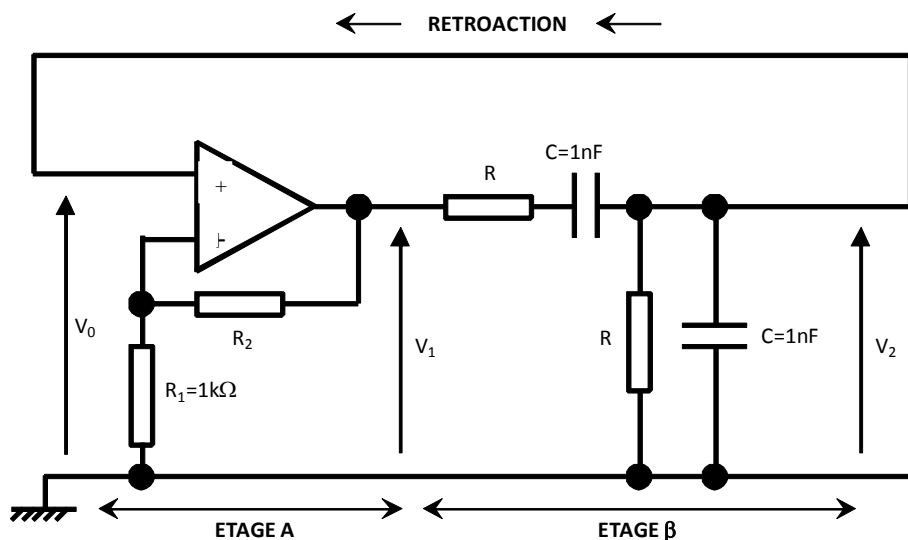


Figure 1 : Circuit électrique de l'oscillateur à pont de Wien

Cet oscillateur est constitué de 2 étages :

- un étage amplificateur (étage A)
- un réseau de réaction sélectif (étage β)

Les transmittances de ces 2 étages sont les suivantes (ne pas chercher à les démontrer) :

Pour l'étage A : $\left| \frac{V_1}{V_0} \right| = 1 + \frac{R_2}{R_1}$ et $\varphi_{V_1/V_0} = 0$ rad (l'AOP est supposé parfait)

Pour l'étage β : $\left| \frac{V_2}{V_1} \right| = \frac{1}{\sqrt{9 + \left(RC\omega - \frac{1}{RC\omega} \right)^2}}$ et $\varphi_{V_2/V_1} = -\arctan\left(\frac{RC\omega - \frac{1}{RC\omega}}{3} \right)$ en

radians

1/ Rappeler les 2 conditions que ce montage doit satisfaire pour qu'il fonctionne en oscillateur.

2/ En utilisant la condition sur la phase, quelle est la valeur du déphasage φ_{V_2/V_1} de l'étage β ?

3/ La fréquence d'oscillation du montage doit être égale à 65536Hz. Calculer la valeur de la résistance R pour satisfaire au cahier des charges (soyez précis et donnez R avec 4 chiffres significatifs).

4/ Que vaut alors le gain $\left| \frac{V_2}{V_1} \right|$ de l'étage β ?

5/ En utilisant la condition sur le gain, calculer la valeur de R_2 .

6/ On constate que la valeur de R déterminée à la question 3 ne correspond pas à une valeur normalisée dans la série E24. La valeur choisie est 2,4k Ω . En utilisant la « condition de phase », quelle est alors la nouvelle fréquence d'oscillation de ce montage ? Satisfait-elle au cahier des charges imposé par le client ?

II- Analyse spectrale par FFT (5,5 points : 1/2/1/1,5)

Un signal purement sinusoïdal de fréquence 1 kHz est échantillonné à la cadence de 20kSa/s. Après une conversion analogique-numérique, on calcule sa FFT avec une fenêtre rectangulaire limitée à 1024 points.

1/ Quelle est la fréquence d'échantillonnage F_e ?

2/ Quelle est la largeur (en ms) de la fenêtre temporelle d'analyse ? Quelle est la largeur (en Hz) d'un canal de la FFT ?

3/ Les points calculés de la FFT sont représentés par des croix et sont comparés au calcul de la transformée de Fourier numérique (TFN) sur la figure 2. Donner le numéro du canal correspondant à l'amplitude la plus élevée de la FFT.

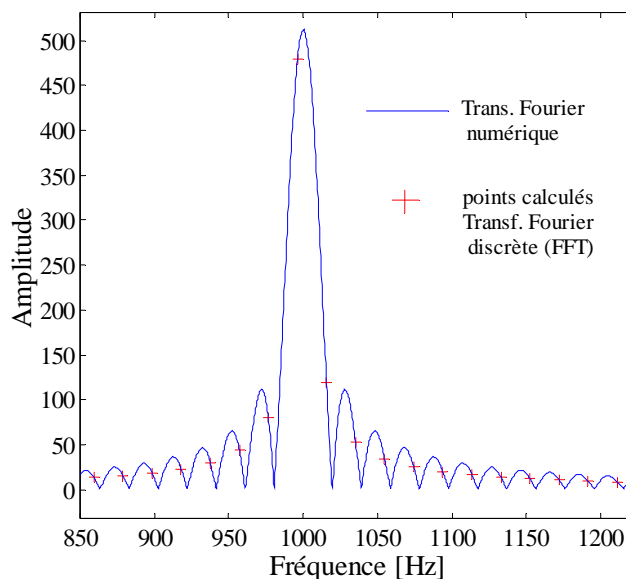


Figure 2 : FFT du signal et transformée de Fourier numérique du signal sinusoïdal

4/ Pour obtenir la réponse en fréquence d'un système linéaire, on calcule la FFT de la réponse impulsionnelle. On ne recherche la réponse en fréquence que dans la bande $[0, 100 \text{ kHz}]$.

- Donner une valeur possible de la fréquence de coupure F_C du filtre anti-repliement à utiliser.
- Donner une valeur possible de la fréquence d'échantillonnage F_e .
- Donner une valeur possible de la largeur de l'impulsion à appliquer au système en justifiant votre réponse.

III- Boucle à verrouillage de phase – PLL (5,5 points : 0,5/1/1/1/1)

Le schéma fonctionnel d'une PLL est rappelé en figure 3. La résistance R_1 et le condensateur C_1 permettent de régler la **fréquence libre** et la gamme de fréquence du VCO.

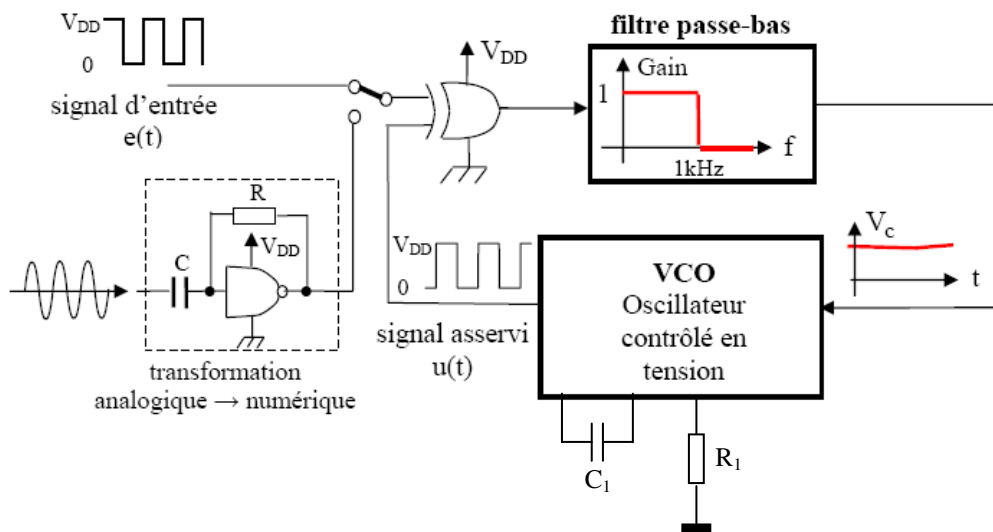


Figure 3 : PLL numérique

1/ Rappeler la définition de la fréquence libre F_0 d'un VCO dans le cas d'une PLL numérique.

2/ La caractéristique fréquence - tension d'entrée du VCO est donnée à la figure 4. Quelle est la valeur numérique de la fréquence libre F_0 quand $V_{DD} = 5V$? Calculer la pente K_{VCO} en MHz/V.

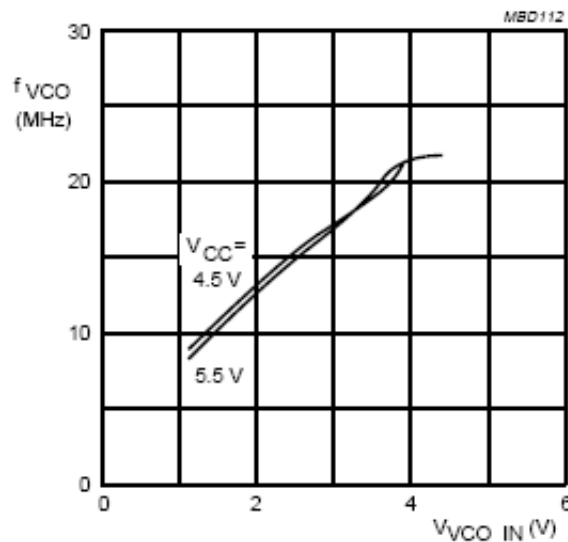


Figure 4 : Caractéristique fréquence – tension du VCO

3/ Quand la boucle est verrouillée, les signaux $e(t)$ et $u(t)$ de la figure 5 sont retardés d'une valeur θ . Dessiner le signal en sortie du OU exclusif et calculer sa valeur moyenne en fonction de V_{DD} , θ et T .

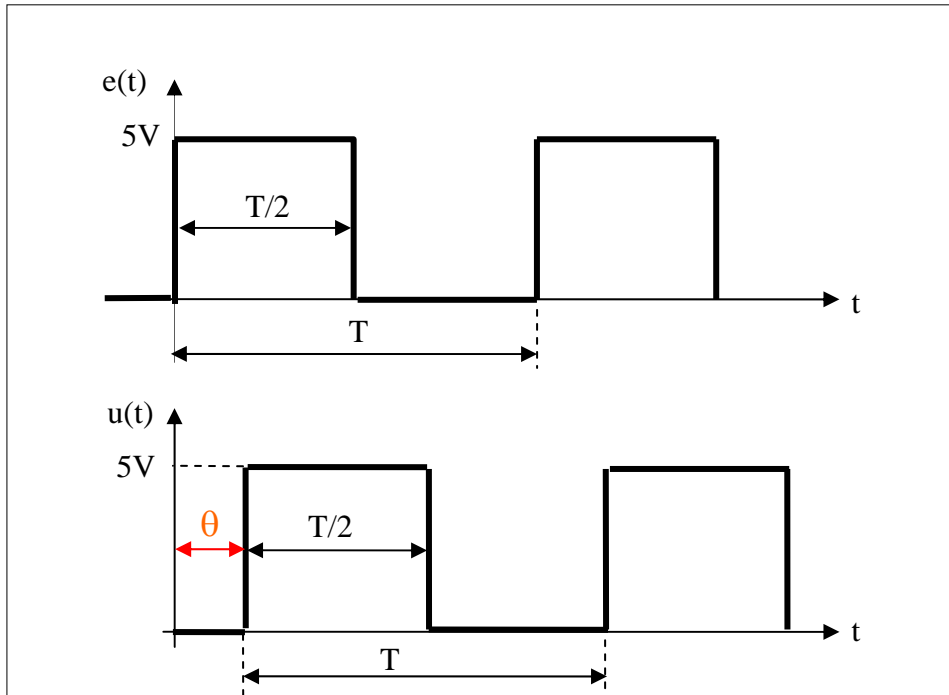


Figure 5 : Chronogrammes des signaux $e(t)$ et $u(t)$

4/ Dessiner l'allure du spectre du signal en sortie du OU exclusif et expliquer pourquoi la tension de sortie du filtre passe-bas est égale à la valeur moyenne en sortie du OU exclusif.

5/ Quelle est la valeur du retard θ du signal $u(t)$ quand la fréquence de $e(t)$ est égale la fréquence libre F_0 ?

6/ La fréquence du signal $e(t)$ est maintenant fixée à 10MHz et la boucle est supposée verrouillée. Quelle est la valeur numérique du retard θ du signal $u(t)$?

IV- Détection synchrone (5 points : 1/0,5/1,5/1/1)

On utilise un détecteur synchrone pour étudier un système linéaire possédant un gain G et un retard de phase ϕ . Pour obtenir le gain G et la phase ϕ , à $F_0 = 1$ kHz, du dispositif sous test de la figure 6, on utilise un détecteur synchrone.

- Avec le montage de la figure 6-a, on mesure $V_{S1} = 500mV$
- Avec le montage de la figure 6-b, on mesure $V_{S2} = 250mV$

1/ Le filtre passe-bas est **supposé idéal**, c'est-à-dire avec une pente d'atténuation infinie.

- a) Donner l'expression littérale de V_{S1} en fonction de G , ϕ , k , A et K
- b) Donner l'expression littérale de V_{S2} en fonction de G , ϕ , k , A et K

2/ En déduire le gain G et la phase ϕ (en radian et degré) à 1 kHz, on donne $A = 2V$.

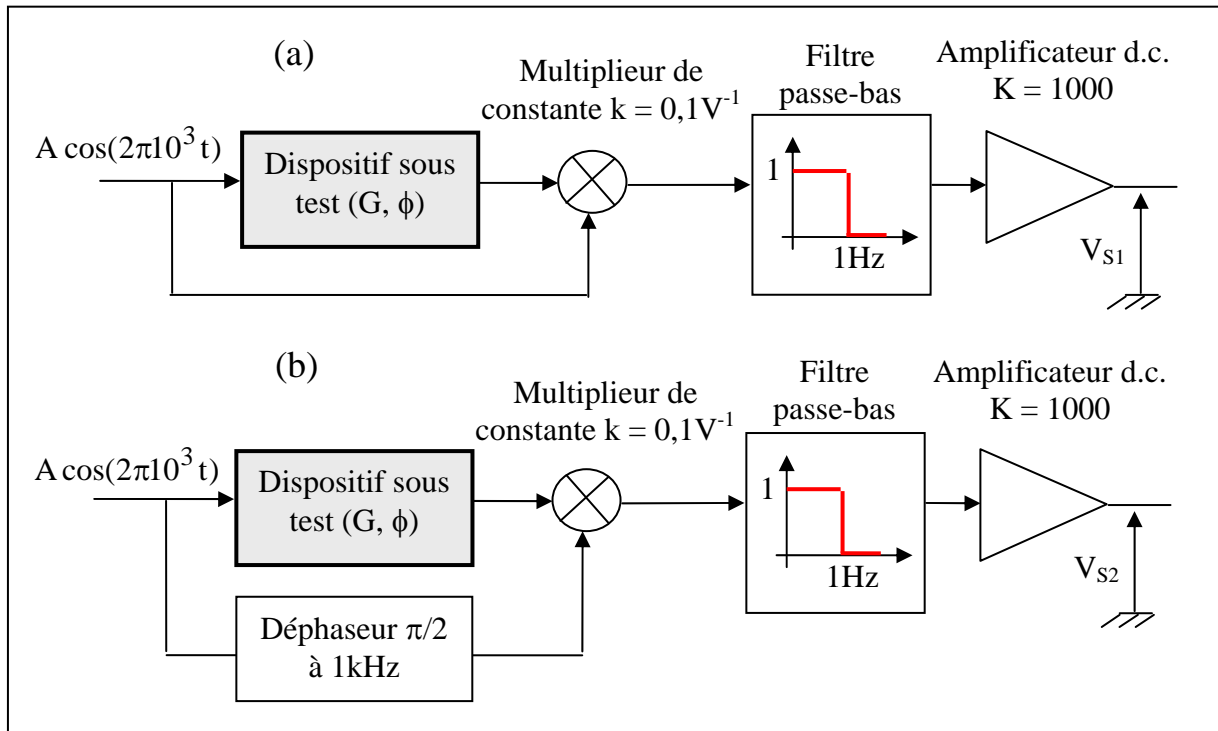


Figure 6 : Détecteur synchrone, (a) mesure de la composante en phase, (b) mesure de la composante en quadrature de phase

3/ Le filtre passe-bas est **maintenant réel**, c'est un filtre du premier ordre, de gain unité et de fréquence de coupure $F_{-3dB} = 1 \text{ Hz}$. En conséquence la tension V_{S1} est la somme d'une tension continue et d'une tension sinusoïdale de fréquence 2 kHz.

- Donner l'expression du gain complexe $\underline{H}(j\omega)$ du filtre du premier ordre en fonction de la fréquence f et de F_{-3dB} .
- Ecrire l'expression de la tension V_{S1} en faisant apparaître la composante continue et le terme à la fréquence de 2 kHz.
- Déterminer la valeur crête de l'ondulation résiduelle à 2 kHz du signal V_{S1} .

On suppose que le signal en entrée du détecteur synchrone est à la fréquence F_0 **et qu'il est fortement bruité**. La densité spectrale de bruit $b(f)$ (en Hz/V^2) est supposée constante autour de F_0 .

4/ Le rapport signal/bruit $\left(20 \log_{10} \left(\frac{\text{val. efficace signal}}{\text{val. efficace de bruit}} \right) \right)$ en sortie du détecteur synchrone, c'est-à-dire après le filtre passe-bas du premier ordre, est égal à 15dB pour une bande passante $\Delta F_1 = 120 \text{ Hz}$.

La valeur efficace de bruit est proportionnelle à la racine carrée de la bande passante du filtre passe-bas (val. efficace de bruit = $k\sqrt{\Delta F_1}$), où k est une constante dont il n'est pas nécessaire de connaître la valeur.

Quelle devrait être la valeur de ΔF_2 pour obtenir un rapport signal/bruit de 45dB ?

5/ En déduire l'ordre de grandeur du temps de réponse du détecteur synchrone en supposant que le filtre passe-bas se comporte comme un système du premier ordre.

V- Transmission par fibre optique (3 points : 1/1/1)

1/ Pour convertir une puissance lumineuse en signal électrique, on utilise une photodiode de sensibilité $S = 0,4 \text{ A/W}$ et un convertisseur courant – tension (Cf. figure 7). Quelle doit être la valeur de R_2 pour obtenir une tension de $V_S = 0,2 \text{ V}$ quand la puissance optique reçue par la photodiode est égale à 100 nW .

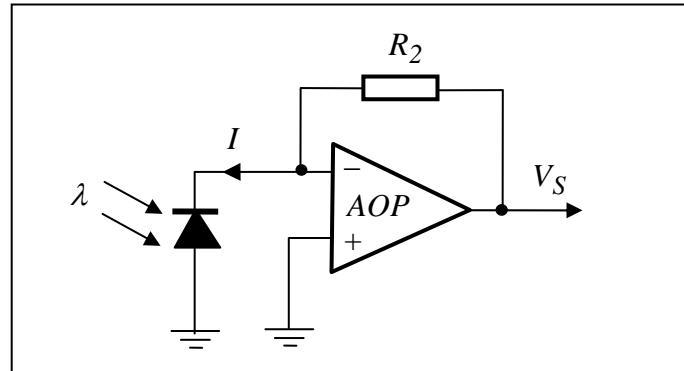


Figure 7 : Photodiode et montage convertisseur courant - tension

On envoie simultanément deux impulsions de longueur d'onde $\lambda_1 = 1310 \text{ nm}$ et $\lambda_2 = 1550 \text{ nm}$ dans une même fibre optique de longueur L (figure 8). Les indices optiques aux longueurs d'onde λ_1 et λ_2 sont respectivement égaux à $n_1 = 1,4682$ et $n_2 = 1,4677$.

2/ Indiquer si l'impulsion de longueur d'onde λ_1 arrive avant ou après le pulse de longueur d'onde λ_2 en justifiant votre réponse.

3/ L'impulsion la plus rapide arrive au bout de $73 \mu\text{s}$ alors que l'autre impulsion possède un retard de 25 ns . En déduire la longueur L de la fibre.

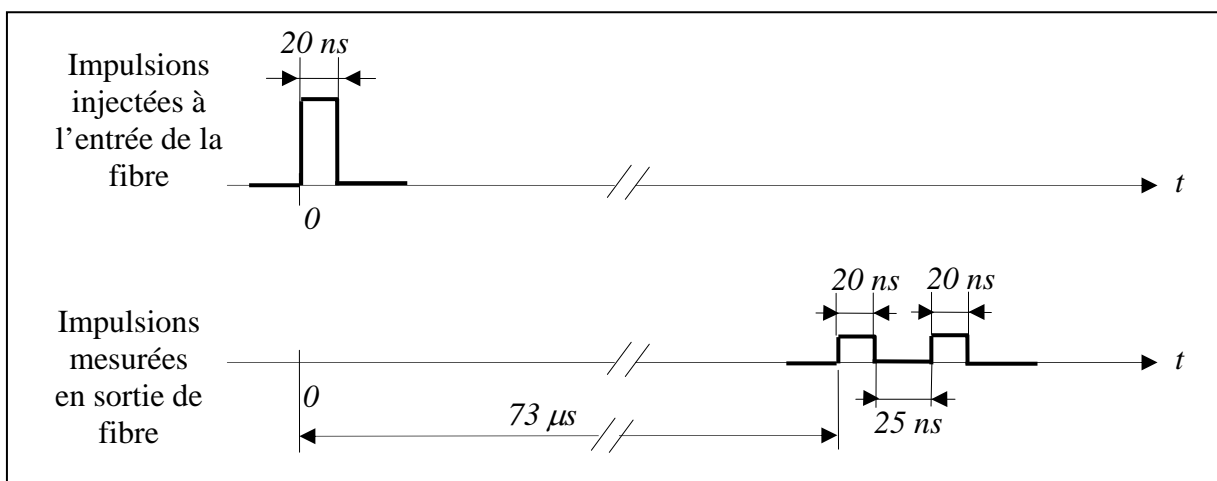


Figure 8 : Impulsions à l'entrée et à la sortie de la fibre de longueur L