

TP détection synchrone

I. Réaliser un spectre avec l'oscilloscope

1. Mode d'emploi

Pour réaliser le spectre d'une tension qui s'affiche à l'oscilloscope, **vous devez cliquer sur FFT**.

Dans le menu qui s'affiche alors vous devez choisir:

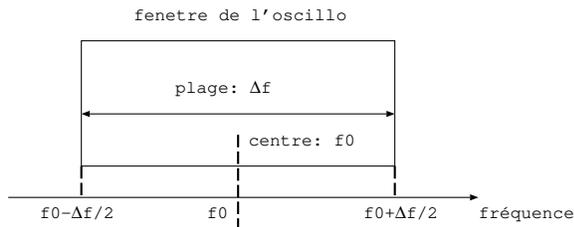
Source: vous devez sélectionner la source 1 ou 2 qui correspond à la voie de la tension dont vous voulez réaliser le spectre.

Param: vous devez sélectionner la méthode de calcul utilisée par l'appareil pour réaliser le spectre: je vous conseille de sélectionner Fenêtre Hanning en unités verticales V RMS, ce qui correspond à des tensions efficaces. Pour des tensions sinusoïdales $V_{efficace} = \frac{V_{amplitude}}{\sqrt{2}}$.

En mode FFT, l'axe des ordonnées est gradué en Volt et l'axe des abscisses est gradué en fréquence. Les fréquences affichées à l'écran sont comprises entre f_{min} et f_{max} . On ne choisit pas directement les valeurs de ces fréquences. Grâce au menu FFT vous choisissez:

Plage: noté Δf qui correspond à $\Delta f = f_{max} - f_{min}$

Centre: noté f_0 qui correspond à la fréquence au centre de l'écran



Exemple: pour une plage de 100 kHz et un centre de 70 kHz , les fréquences en abscisse sur l'écran varient entre $70 - \frac{100}{2} = 20 \text{ kHz}$ et $70 + \frac{100}{2} = 120 \text{ kHz}$.

Quand le spectre voulu s'affiche, vous pouvez faire des mesures d'abscisses et d'ordonnées des pics en utilisant les curseurs. Choisir **Source FFT** et **curseurs X1** pour lire les fréquences des pics et **curseurs Y1** pour lire les tensions efficaces en Volt.

2. Entraînement 1

Observer et reproduire le spectre d'une tension sinusoïdale de fréquence $f = 500 \text{ Hz}$ et d'amplitude crête à crête 10 V (noter bien les abscisse et hauteur du pic).

Que devient le spectre quand on ajoute un offset? Est-ce normal?

Que devient le spectre quand on modifie la forme de la tension: rectangle? triangle?(reproduire les spectres en notant les abscisses et hauteurs des 3 premiers pics).

A retenir:

Le spectre d'un signal sinusoïdal comprend

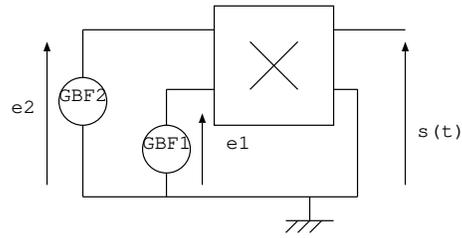
Le spectre d'un signal de fréquence f_0 non sinuoidal comprend

Plus la forme d'un signal est proche d'une sinusoïde,

Quand on ajoute un offset, en théorie le spectre comprend un pic supplémentaire à la fréquence

3. Entraînement 2

Réaliser le montage suivant alimenté par une tension $e_1(t)$ sinusoïdale de fréquence $f_1 = 300 \text{ Hz}$ d'amplitude $E_1 = 6 \text{ V}$ et une tension $e_2(t)$ de fréquence $f_2 = 2 \text{ kHz}$ d'amplitude $E_2 = 10 \text{ V}$. **Attention: le multiplieur doit être posé au centre de quatre carrés et alimenté en $\pm 15 \text{ V}$ pour fonctionner.**



Observer le spectre de la tension de sortie $s(t)$ du multiplieur. Lire les fréquences des pics présents.

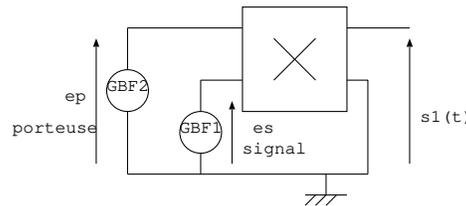
Interpréter par la théorie: exprimer $e_1(t)$ et $e_2(t)$. Le multiplieur réalise l'opération $s(t) = ke_1(t)e_2(t)$. Exprimer $s(t)$ sous la forme d'une somme et en déduire le spectre de $s(t)$. Donnée: $\cos a \cos b = \frac{1}{2}(\cos(a + b) + \cos(a - b))$.

Conclusion: quand on multiplie deux sinusoides de fréquences f_1 et f_2 , on obtient un signal dont le spectre comprend deux fréquences

II. Application à la détection synchrone

Soit un signal basse fréquence $e_s(t) = E_0 + E_{sm} \cos(2\pi f_s t)$ (par exemple la voix) que l'on cherche à transporter en le modulant avec un signal haute fréquence $e_p(t) = E_{pm} \cos(2\pi f_p t + \phi)$ qui se propage dans une fibre optique, un câble coaxial... Le signal haute fréquence s'appelle la porteuse. La modulation d'amplitude consiste à réaliser le produit du signal avec la porteuse à l'aide d'un multiplieur selon le montage suivant. La démodulation consiste à multiplier le signal modulé $s_1(t)$ par la porteuse $e_p(t)$ et à filtrer la tension obtenue pour retrouver le signal basse fréquence. Le montage correspondant à cette méthode appelée détection synchrone est le suivant:

Réaliser ce montage avec $E_0 = 4 \text{ V}$, $E_{sm} = 3 \text{ V}$, $f_s = 500 \text{ Hz}$, $E_{pm} = 4 \text{ V}$ et $f_p = 5 \text{ kHz}$. **Le multiplieur doit être posé au centre de quatre carrés et alimenté en $\pm 15 \text{ V}$ pour fonctionner.**



Observer à l'oscilloscope les tensions $e_s(t)$ (signal) et $s_1(t)$ (signal modulé).

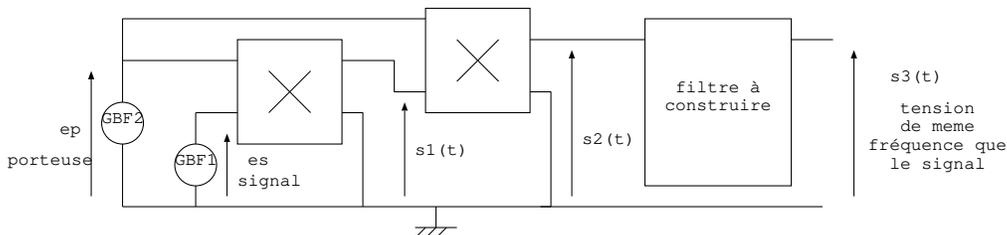
Observer le spectre du signal modulé $s_1(t)$ et mesurer les fréquences des pics présents dans le spectre. Est ce cohérent avec la conclusion de l'étude théorique précédente?

Observer l'influence sur le spectre:

- de la suppression de l'offset du signal (faire $E_0 = 0 \text{ V}$)
- d'une augmentation de f_s , fréquence du signal à moduler
- d'une augmentation de f_p , fréquence de la porteuse

Justifier ces observations.

Compléter le montage précédent:

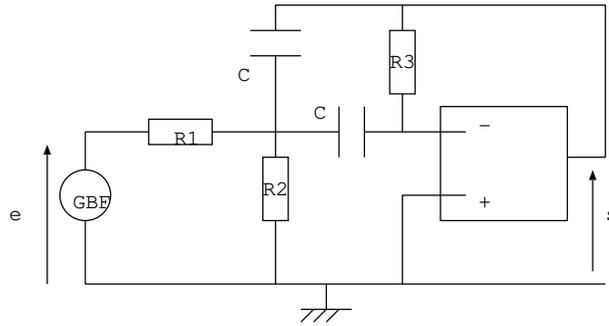


Observer le spectre de $s_2(t)$ et mesurer les fréquences des pics présents dans le spectre, vérifier la cohérence avec la conclusion du I.3.

Construire le filtre adapté pour que la tension $s_3(t)$ en sortie du filtre soit de la même fréquence que le signal $e_s(t)$.

III. Filtre actif

Réaliser le filtre suivant alimenté par une tension sinusoïdale d'amplitude crête à crête 4 V. Données: $C = 22 \text{ nF}$, $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 1 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 100 \text{ k}\Omega$. **L'ALI se place au centre de 4 carrés et doit être alimenté avant tout branchement (ne pas oublier de connecter la masse de l'alimentation à la masse du circuit).**



La pulsation de résonance de ce filtre est $\omega_0 = \frac{1}{C\sqrt{RR_3}}$ avec $R = \frac{R_1R_2}{R_1 + R_2}$, la fonction de transfert à résonance est $H_0 = -\frac{R_3}{2R_1}$ et le facteur de qualité est $Q = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{R_3}{R}}$.

Déterminer expérimentalement la nature du filtre.

Compléter le code python et observer la courbe donnant le gain du filtre en fonction de la fréquence sur l'intervalle de fréquence $[f_0/10, 6f_0]$ (le code propose trois fonctions de transfert H_1 , H_2 et H_3 , choisir la fonction qui correspond à votre filtre. Compléter le tableau suivant et noter les valeurs numériques de Q , f_0 , et H_0 .

Fréquences	$f_0/3$	f_0	$3f_0$	$5f_0$
Valeur du gain				

Déterminer expérimentalement la fréquence de résonance f_0 (penser à utiliser le mode XY) et le gain à résonance $|H_0|$. Vérifier la cohérence avec les valeurs théoriques. A quoi voit-on que la fonction de transfert est négative à la résonance?

Mettre en évidence le comportement dérivateur ou intégrateur du filtre à basse fréquence et à haute fréquence. Expliquer.

Appliquer en entrée un signal créneau symétrique de fréquence f_0 . Observer $e(t)$ et $s(t)$. Observer le spectre de l'entrée, compléter le tableau en notant les fréquences et les amplitudes des trois premiers pics. Observer le spectre de la sortie, compléter le tableau en notant les fréquences et les amplitudes des trois premiers pics. Finir de compléter le tableau. Commenter.

	fréquence	E: hauteur du pic pour $e(t)$	S: hauteur du pic pour $s(t)$	Valeur de $\frac{S}{E}$	valeur du gain théorique sous python
1er pic					
2nd pic					
3ième pic					

Appliquer en entrée un signal créneau symétrique de fréquence $f_0/3$. Observer $e(t)$ et $s(t)$. Interpréter.