

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 choisissez la source 1 ou 2 qui correspond à la voie de la tension dont vous voulez réaliser le spectre.

Param: vous choisissez la méthode de calcul utiliser 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 fréquences. 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

On a alors $f_{min} = f_0 - \frac{\Delta f}{2}$ et $f_{max} = f_0 + \frac{\Delta f}{2}$

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.

2. Entraînement 1

Observer le spectre d'une tension sinusoïdale de fréquence $f = 500 \text{ Hz}$ et d'amplitude crête à crête 10 V.

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?

A retenir:

Le spectre d'un signal sinusoïdal comprend

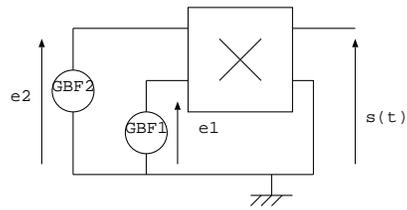
Le spectre d'un signal de fréquence f_0 non sinusoïdal comprend

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.

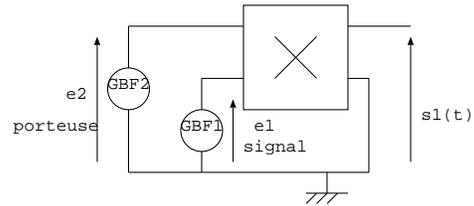
Interpréter par la théorie: exprimer $e_1(t)$ et $e_2(t)$. Le multiplieur réalise l'opération $s(t) = ke_1(t)e_2(t)$. Exprimer $s(t)$ sous la forme d'une somme et en déduire le spectre de $s(t)$. Donnée: $\cos a \cos b = \frac{1}{2}(\cos(a + b) + \cos(a - b))$.

A retenir: 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 $e_1(t) = E_0 + E_{1m} \cos(2\pi f_1 t)$ (par exemple la voix) que l'on cherche à transporter en le modulant avec un signal haute fréquence $e_2(t) = E_{2m} \cos(2\pi f_2 t + \phi)$ qui se propage avec moins d'atténuation. Le signal haute fréquence s'appelle la porteuse. La modulation d'amplitude consiste à réaliser le produit de ces deux signaux à l'aide d'un multiplieur selon le montage suivant. La démodulation consiste à multiplier le signal modulé $s_1(t)$ par la porteuse $e_2(t)$ 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 $E_0 = 4 \text{ V}$, $E_{1m} = 3 \text{ V}$, $f_1 = 500 \text{ Hz}$, $E_{2m} = 4 \text{ V}$ et $f_2 = 5 \text{ kHz}$. **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 $e_1(t)$ (signal) et $s_1(t)$ (signal modulé).

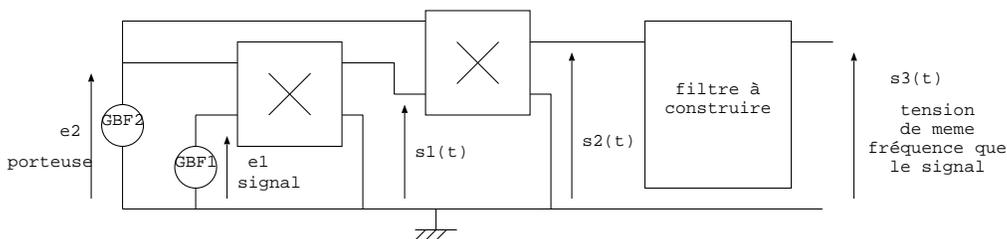
Observer le spectre du signal modulé $s_1(t)$ et mesurer les fréquences des pics présents dans le spectre. Est ce cohérent avec l'étude théorique précédente?

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_1 , fréquence du signal à moduler
- d'une augmentation de f_2 , fréquence de la porteuse

Justifier ces observations.

Compléter le montage précédent:

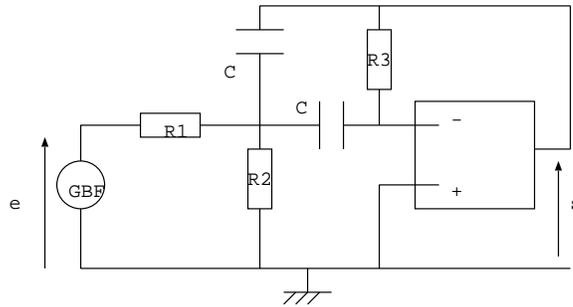


Observer le spectre de $s_2(t)$ et mesurer les fréquences des pics présents dans le spectre, vérifier la cohérence avec la théorie.

Construire le filtre adapté pour que la tension $s_3(t)$ en sortie du filtre soit de la même fréquence que le signal $e_1(t)$.

III. Filtre actif

Réaliser le filtre suivant alimenté par une tension sinusoïdale d'amplitude crête à crête 4 V . Données: $C = 22\text{ nF}$, $R_1 = 10\text{ k}\Omega$, $R_2 = 1\text{ k}\Omega$, $R_3 = 100\text{ k}\Omega$.



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.

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

Appliquer en entrée un signal créneau symétrique de fréquence f_0 . Comparer les spectres des signaux en entrée et en sortie du filtre. Interpréter.

Appliquer en entrée un signal créneau symétrique de fréquence $3f_0$. Comparer les spectres des signaux en entrée et en sortie du filtre. Interpréter.

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