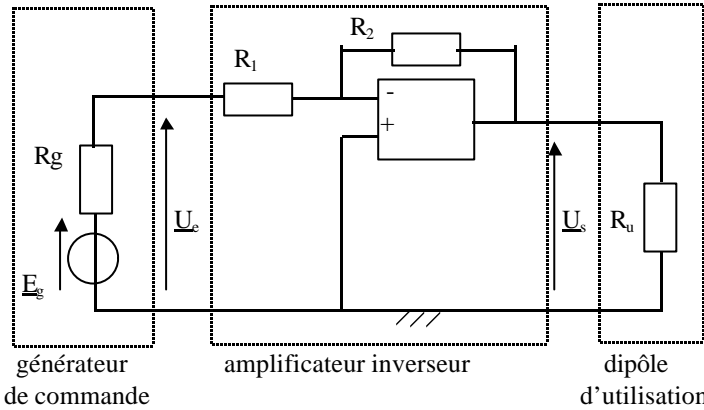


TP N°14 : AMPLIFICATEUR OPERATIONNEL EN REGIME LINEAIRE : MONTAGE SOMMATEUR

Se rapporter au cours IX , paragraphe IV : le montage sommateur généralise à n générateurs la structure de l'amplificateur inverseur.

I. Etude rapide du montage amplificateur inverseur.

Se rapporter au cours IX , paragraphe III .



notations :

$$u_e = U_e \sqrt{2} \cos(\omega t + \varphi_{ue}) = U_{e,\max} \cos(\omega t + \varphi_{ue})$$

$$\underline{u}_e = \underline{U}_e \sqrt{2} e^{j\omega t} \text{ avec } \underline{U}_e = U_e e^{j\varphi_{ue}}$$

de même pour u_s .

Pour l'A.O. idéal en régime linéaire, montrer que l'expression de la fonction de transfert est $\underline{H}(j\omega) = \frac{U_s}{U_e} = -\frac{R_2}{R_1}$. En déduire que le gain est indépendant de la fréquence et que les tensions de sortie et d'entrée sont en opposition de phase.

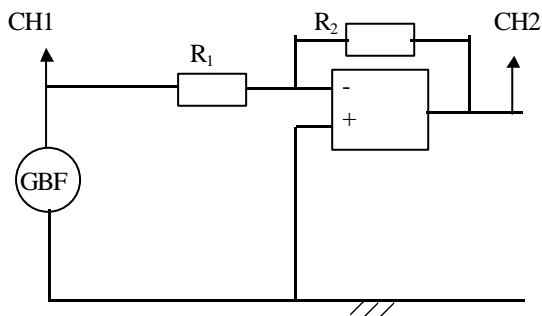
En fait, l'amplificateur inverseur est un filtre passe-bas du premier ordre : dans une première partie, nous étudierons rapidement le montage pour une fréquence basse ($f = 500 \text{ Hz}$) et nous vérifierons les résultats précédents ; dans une deuxième partie nous observerons les variations du gain $H(f) = \frac{U_s}{U_e}$ et de la phase de transfert $\varphi_{us/ue}(f)$ en fonction de la fréquence.

1. Première partie : étude à $f = 500 \text{ Hz}$.

Le quadripôle n'est pas chargé ($R_u \rightarrow \infty$).

Le générateur de commande est un G.B.F., $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$ et $R_2 = 22 \text{ k}\Omega$.

Réaliser le montage suivant :

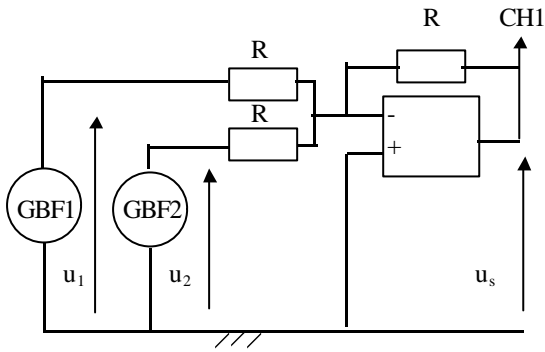


- Se placer à la limite de la saturation ($U_{s,\max} = \frac{R_2}{R_1} U_{e,\max} < U_{\text{sat}} \Rightarrow U_{e,\max} < \frac{R_1}{R_2} U_{\text{sat}}$), mesurer $H = \frac{U_s}{U_e} = \frac{U_{s,\max}}{U_{e,\max}}$ et évaluer $\varphi_{us/ue}$ à l'oscilloscope. Conclure.
- Visualiser la saturation en tension de sortie, elle apparaît pour $U_{e,\max,\text{th}} = \frac{R_1}{R_2} U_{\text{sat}}$, mesurer $U_{e,\max,\text{exp}}$. Conclure.

2. Deuxième partie : étude en fonction de la fréquence.

Comme nous l'avons vu au TP12 III.3. : il faut choisir un niveau du signal d'entrée qui assure la linéarité et la non triangulation à fréquence élevée (utiliser éventuellement la sortie atténuée du G.B.F.). Balayer alors rapidement en fréquences en partant de $f = 0,1 \text{ kHz}$ et notez vos observations.

II. Montage sommateur : modulation d'amplitude.



Dessiner l'allure de u_s pour f_1 et f_2 proches.

Ceci se rencontre dans le cas de la propagation d'émissions herziennes : un récepteur radio par exemple reçoit une onde modulée en amplitude : la porteuse est l'information transportée à haute fréquence ($T_{\text{porteuse}} = T_M = \frac{2}{f_1 + f_2}$), le signal audio à récupérer est le signal

modulant, de période $T_{\text{signal}} = T_{\text{mod}} = \frac{2}{f_1 - f_2}$. Le récepteur radio possède un filtre sélectif chargé d'isoler la haute fréquence

correspondant à la station désirée, et un démodulateur chargé de récupérer le signal audio. Dans une première partie nous observerons la modulation d'amplitude. Dans une seconde partie, nous étudierons la démodulation.

2. Première partie : modulation d'amplitude.

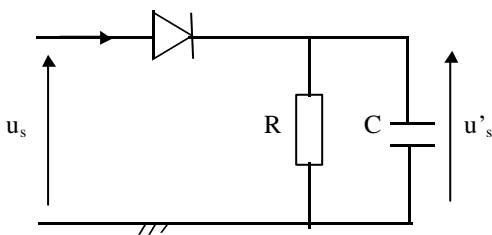
Réaliser le montage précédent avec $R = 10 \text{ k}\Omega$; $f_1 = 560 \text{ Hz}$ et $U_{1,\text{max}} = 1,5 \text{ V}$ pour le G.B.F.1 ; $f_2 = 500 \text{ Hz}$ et $U_{2,\text{max}} = 1 \text{ V}$ pour le G.B.F.2 . La nécessité de deux tensions d'amplitudes différentes vient de ce que le transport du signal exige $u_s \neq 0$ à tout instant.

Pour régler les problèmes de synchro (avec l'oscilloscope OX 800) :

- choisir la synchro non automatique (appuyer sur le voyant jaune pour que la touche synchro s'éteigne),
- synchroniser sur la voie 1 (sur u_s),
- synchroniser sur l'enveloppe (le signal basse fréquence) en appuyant sur HF pour éliminer la porteuse haute fréquence,
- régler alors le niveau (level) pour l'immobilité.

Mesurer la période de la porteuse et celle du signal modulant, comparer ces valeurs à celles attendues.

3. Seconde partie : démodulation.



1. Etude théorique du montage.

Montrer que $u_s = -(u_1 + u_2)$.

Dans le cas où u_1 et u_2 sont deux signaux sinusoïdaux de même amplitude tels que :

$$u_1 = a \cos(2\pi f_1 t) \text{ et } u_2 = a \cos(2\pi f_2 t),$$

montrer que l'on peut écrire :

$$-u_s = A_{\text{mod}} \cos(2\pi f_M t) \text{ avec :}$$

$$A_{\text{mod}} = 2a \cos(2\pi f_{\text{mod}} t) : \text{ amplitude modulée,}$$

$$f_{\text{mod}} = \frac{f_1 - f_2}{2} : \text{ fréquence de modulation,}$$

$$f_M = \frac{f_1 + f_2}{2} : \text{ fréquence moyenne.}$$

a) Etude théorique.

On utilisera le détecteur de crête étudié au TP11 VI. 2. schématisé ci-contre.

Montrer qu'on réalise ainsi une démodulation avec seuil qui nécessite :

$$T_{\text{porteuse}} \ll \tau = RC \ll T_{\text{signal}}.$$

Pour cela on fera une représentation soignée de la tension redressée simple alternance en prenant pour cas de figure

$$T_{\text{signal}} / 2 \approx 4 T_{\text{porteuse}}.$$

b) Choix des paramètres.

En gardant les amplitudes précédentes, on fixe $f_1 = 5010 \text{ Hz}$ et $f_2 = 5000 \text{ Hz}$: on réalise alors $\frac{T_{\text{signal}}}{T_{\text{porteuse}}} = \frac{T_{\text{mod}}}{T_M} = \frac{f_1 + f_2}{f_1 - f_2} \approx 1000$ et la

possibilité de satisfaire facilement à la condition précédente exprimée en $\tau = RC$. Montrer que $\tau = RC = 10^{-2}$ est satisfaisant.

Réaliser le montage pour visualiser u_s et u'_s en fixant $C = 1 \mu\text{F}$ et $R = 10 \text{ k}\Omega$ (on dispose en fait de boîtes à décades pour pouvoir ajuster au mieux les valeurs qui donneront la meilleure démodulation, bien que la marge soit étroite).

Enregistrer l'oscillogramme sous Synchronie, observer le signal démodulé, chiffrer l'effet de seuil, imprimer.

4. Amélioration d'un montage sommateur à l'aide de suiveurs.

En raisonnant en termes de résistance d'entrée et de sortie, montrer que le fait de placer un A.O. suiveur à chaque entrée du sommateur en améliore les qualités.