

Modulation/démodulation d'amplitude

I. COMPETENCES MOBILISEES

S'approprier : (App)

- rechercher, extraire et organiser l'information en lien avec une situation expérimentale

Réaliser : (R)

- mettre en œuvre un protocole
- utiliser (avec la notice) le matériel de manière adaptée, en autonomie
- mettre en œuvre des règles de sécurité adéquates

Valider : (V)

- exploiter des observations, des mesures en identifiant les sources d'erreurs et en estimant les incertitudes
- modéliser
- confronter un modèle à des résultats expérimentaux
- confirmer ou infirmer une hypothèse, une information
- analyser les résultats de manière critique

Communiquer à l'écrit (rédiger un compte rendu) : (C)

Présenter les étapes de son travail de manière synthétique, organisée, cohérente et compréhensible

II. BUT DE LA SEANCE

On souhaite moduler un signal porteur d'information afin de s'immuniser de perturbation de l'environnement. A sa réception, il est nécessaire d'effectuer l'opération inverse, c'est-à-dire de le démoduler pour en récupérer l'information. Le but de ce TP est de réaliser ces deux opérations de modulation/démodulation d'amplitude.

III. MODULATION D'AMPLITUDE

1. Principe de la modulation d'amplitude

Soit $u(t) = U_m \cos(\omega_0 t)$ un signal sinusoïdal qu'on désire transmettre, signal de fréquence f_0 assez basse. On lui ajoute une composante constante U_0 ($U_0 > U_m$) de sorte que le signal modulant $u_m(t) = u(t) + U_0$ soit toujours positif.

La transmission du signal réclamant une fréquence plus élevée, on multiplie le signal $u_m(t)$ par une porteuse $u_p(t)$ de pulsation $\omega_p \gg \omega_0$ telle que $u_p(t) = U_p \cos(\omega_p t)$.

On obtient en sortie du multiplieur le signal : $u_s(t) = k.u_m(t).u_p(t)$. On posera $A = kU_pU_0$.

On pourra donc écrire : $u_s(t) = k(U_0 + U_m \cos(\omega_0 t))U_p \cos(\omega_p t) = A(1 + m \cos(\omega_0 t))\cos(\omega_p t)$.

Le coefficient $m = U_m/U_0$ représente le *taux de modulation*. Lorsque la condition $U_0 > U_m$ est satisfaite, le taux de modulation m est inférieur à 1. On dit qu'il y a surmodulation lorsque m est supérieur à 1.

2. Réalisation expérimentale

2.1. Multiplieur

La plaquette disponible en salle de TP est construite pour le composant AD633 réalisant l'opération

$$u_s = K \frac{(u_{X1} - u_{X2})(u_{Y1} - u_{Y2})}{E_0} + u_Z \text{ avec } K \text{ constante (très grande devant 1) et } E_0 = 10 \text{ V.}$$

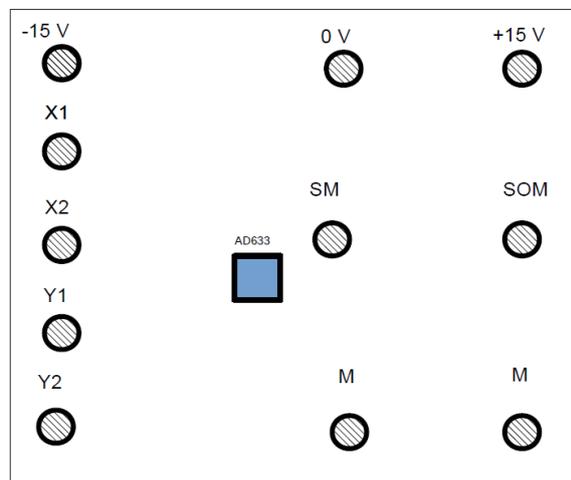
En pratique, les entrées X2, Y2 et Z sont reliées à la masse : $u_{X2} = u_{Y2} = u_Z = 0$. Ce lien est déjà réalisé sur les plaquettes ; on utilisera donc uniquement les bornes X1 (notée E1), Y1 (notée E2), S, +Ucc et -Ucc qui sont les tensions d'alimentations (+15V et -15V) et la masse.

On a alors $u_s = K \frac{u_{X1}u_{X2}}{E_0} = ku_{X1}u_{X2} = ku_{E1}u_{E2}$ qui réalise la fonction « multiplication ».

2.2. Montage

1. Alimenter en priorité la plaquette « multiplieur » en +15 V et -15 V avec l'alimentation externe adaptée. Ne pas oublier la ligne de masse.

Montage :



2. On utilise deux générateurs : GBF1 (Métrix, avec réglage d'offset) fournira le signal u_m , GBF2 (sans offset,) fournira la porteuse u_p . Régler les GBF de la façon suivante : choisir $f_0 = 200$ Hz pour le signal modulant u_m et une fréquence $f_p = 2$ kHz pour la porteuse u_p . Attention, il faut : choisir $U_p > U_m$, et donc supprimer tout offset sur $u_p(t)$. Mettre X2 et Y2 à la masse (commune).
3. Vérifier les signaux choisis à l'aide de l'oscillo, et en particulier que « l'offset » du GBF1 a pour effet de superposer au signal sinusoïdal une composante continue.
4. Appliquer les tensions $u_m(t)$ et $u_p(t)$ sur les entrées E1 et E2 du multiplieur.

3. Etude du signal modulé

3.1. Etude théorique

1. La tension $u_s(t) = k(U_0 + U_m \cos(\omega_0 t))U_p \cos(\omega_p t) = A(1 + m \cos(\omega_0 t))\cos(\omega_p t)$ oscille entre des valeurs limites maximales et minimales notées U_{max} et U_{min} . Les calculer en fonction de A et m selon que m est supérieur ou inférieur à 1.
2. Montrer (par un calcul) que $u_s(t)$ peut s'écrire : $u_s(t) = A_1 \cos(\omega_1 t) + A_2 \cos(\omega_2 t) + A_3 \cos(\omega_3 t)$;
3. Exprimer les amplitudes A_i en fonction de A et m, et les pulsations ω_i en fonction de ω_0 et ω_p .
4. Représenter le spectre théorique de Fourier par un diagramme en bâtons précisant les amplitudes en fonction de A et m, et les fréquences f_p et f_0 .

3.2. Etude à l'oscilloscope

1. Choisir une tension d'offset U_0 telle que $m = \frac{U_m}{U_0} < 1$.
 - a) Observer et représenter « en concordance » les signaux $u_s(t)$ et $u_m(t)$ en synchronisant l'oscilloscope sur u_m . On dit dans ce cas qu'on observe une modulation. Préciser les valeurs de U_m , U_0 , U_p et m choisies.
 - b) Visualiser $u_s(t)$ en fonction de $u_m(t)$ avec l'oscillo en mode XY. La courbe obtenue est une courbe de Lissajous. Expliquer comment en déduire rapidement la valeur de m .
2. Choisir une tension d'offset U_0 telle que $m = \frac{U_m}{U_0} > 1$.
 - a) Observer et représenter « en concordance » les signaux $u_s(t)$ et $u_m(t)$ en synchronisant l'oscillo sur u_m . On dit dans ce cas qu'on observe une surmodulation. Préciser les valeurs de U_m , U_0 , U_p et m choisies.
 - b) Visualiser $u_s(t)$ en fonction de $u_m(t)$ avec l'oscillo en mode XY. La courbe obtenue est une courbe de Lissajous. Expliquer comment en déduire rapidement la valeur de m .

3.3 Etude à l'ordinateur

1. En traitement du signal, le théorème de Shannon impose que l'on ait $f_{\text{ech}} \geq 2f$, où f_{ech} est la fréquence d'échantillonnage et f la fréquence du signal à traiter. Calculer la fréquence d'échantillonnage correspondant à une fréquence maximale f_{max} égale à 20 kHz.
2. Connecter l'oscilloscope à l'ordinateur via le port USB.
Lancer le logiciel « *Openchoice* ».
Régler les paramètres d'acquisition dans l'onglet du même nom avec :
 - sélectionner : entrées CH1 et CH2;
 - Régler le calibre temporel pour obtenir 2500 points d'échantillonnage avec une période d'échantillonnage T_{ech} de l'ordre de 1 μs .
 Dans chacun des cas ($m > 1$, $m < 1$), enregistrer les signaux $u_m(t)$ et $u_s(t)$ en choisissant convenablement l'échelle en ordonnée.
3. Exporter les données sous *Regressi*.
4. Effectuer la transformée de Fourier (FFT) pour le signal $u_s(t)$ sur une période ; comparer le spectre obtenu {fréquence, amplitude} avec la théorie ; déduire les valeurs de f_p et f_0 .
5. Tracer aussi dans une autre fenêtre u_s en fonction de u_m (abscisse) ; comparer avec ce qui est obtenu à l'oscilloscope. Enregistrer toutes ces courbes. Les exporter dans *regressi* au format .txt

Remarque : on constate que dans un signal modulé en amplitude l'information est redondante. On peut donc supprimer la fréquence porteuse et le spectre miroir en ne conservant que le spectre somme. C'est ce qui est appliqué en modulation dite Bande Latérale Unique (B.L.U).

IV. DEMODULATION D'AMPLITUDE

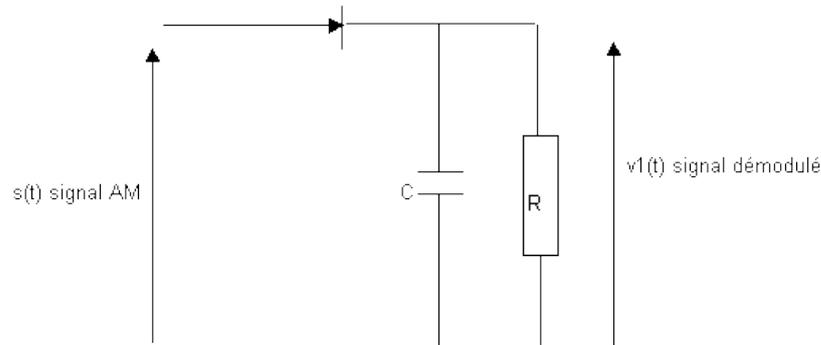
1. Réalisation « compacte » de la modulation d'amplitude

1. Réaliser la modulation d'amplitude désormais directement avec les fonctionnalités du GBF FX- 5550 ou FX- 5505. Pour ce faire, on réglera les amplitudes du signal de la modulation ainsi que les fréquences de modulation et celle de la porteuse.
Se reporter au manuel (sur CD) du GBF pour la mise en œuvre pratique.
2. Contrôler rapidement le signal modulé à l'écran de l'oscilloscope

Il existe plusieurs types de détection. Deux d'entre eux sont présentés ci-après.

2. Détection d'enveloppe

1. Choisir sur le GBF2 une porteuse de fréquence $f_p = 10$ kHz (f_0 étant voisin de 300 Hz) et visualiser le signal modulé sur l'entrée Y1 de l'oscilloscope. On choisira toujours la synchronisation sur le signal issu du GBF1.
2. Réaliser le montage du détecteur de crête désigné sur le schéma ci-dessous. On prendra une diode au silicium, une capacité de 10 nF et la résistance sera une résistance variable. On prendra une boîte AOIP de résistance ajustable.



3. Remplacer la tension $V_e = s(t)$ du schéma ci-dessus par la tension de sortie du multiplieur $u_s(t)$. On récupère en sortie de ce montage le signal démodulé $v_1(t)$.
4. Comment choisir la constante de temps du circuit $\tau = RC$ devant la période ($1/f_p$) de la porteuse et celle ($1/f_0$) du signal modulant à transmettre ?
5. Observer sur la voie Y2 de l'oscilloscope la sortie u_{s1} du détecteur de crête et représenter le signal obtenu pour $f_p = 10$ kHz. On prendra $C = 0,1$ μ F et R de l'ordre du $k\Omega$: quelle sont les valeurs optimales ? Ce signal est-il une image exacte du signal $u(t)$ à transmettre ?
6. Observer une nouvelle détection pour une porteuse de fréquence $f_p = 100$ kHz ; représenter le signal obtenu et conclure.
7. En reprenant une porteuse de 10 kHz, observer, représenter et analyser l'influence d'une surmodulation sur la qualité du signal détecté.

Ne pas oublier de rédiger le compte rendu (C)

MATERIEL

- Fils de connexion
- 1 GBF ITT MXT3240
- Alimentation +15V/-15V
- 2 multiplieurs
- AOP TI081 montée sur support
- Plaquette support pour composant électrique
- Carte d'acquisition Orphy + ordinateur
- Oscilloscope numérique
- Boîtes de résistance variable 1Ω - $1M\Omega$
- 3 résistances sur support de $10\text{ k}\Omega$
- 2 condensateurs de 10 nF
- 2 multimètres
- Manuel d'utilisation des multimètres
- Manuel d'utilisation des oscilloscopes.