

TP
Multiplication de
signaux
Modulation - Détection

Le but de ce TP est d'étudier le comportement d'un multiplieur analogique (AD 633) et les applications dans lesquelles on peut l'utiliser.

Ce composant électronique comprend (cf. doc 1) :

- deux entrées différentielles (X_1, X_2) et (Y_1, Y_2) à haute impédance ($> 10 \text{ M}\Omega$),
- un circuit réalisant l'opération $\frac{x(t)y(t)}{E_0}$, avec $E_0 = 10 \text{ V}$ (valeur fixée par le constructeur),
- un sommateur qui réalise ($\frac{x(t)y(t)}{E_0} + z(t)$),
- un suiveur d'impédance de sortie faible,
- deux bornes pour une alimentation symétrique continue ($\pm 15 \text{ V}$ pour nous).

Ce circuit est un passe-bas dont la fréquence de coupure est de l'ordre du MHz.

Les tensions d'entrée seront limitées à $\pm 12 \text{ V}$.

Chaque fois que l'on s'intéressera aux spectres en fréquence des signaux étudiés, on utilisera latispro et la carte d'acquisition. On réfléchira au paramétrage de l'acquisition : f_e et nombre de points.

I. Multiplication par une constante

- Prendre pour $x(t)$ une tension continue U_1 (on fera varier sa valeur).
- Prendre pour $y(t)$ une tension sinusoïdale $u_2(t)$ délivrée par un GBF ; fixer $u_{2,\text{max}}$ à 5 V environ.
- Observer $w(t)$ à l'oscilloscope puis $w(u_2)$ à l'oscilloscope et noter vos observations.
- Prendre pour u_2 un signal créneau au lieu d'un signal sinusoïdal.
- Montrer que l'on obtient les mêmes résultats en échangeant x et y .

Conclusion : On obtient un amplificateur dont le gain est commandé par une tension ; le montage est linéaire.

On peut mettre en évidence certains défauts du composant malgré son caractère performant :

- Ajuster $w(t)$ à 0.5 V et augmenter la fréquence de $u_2(t)$ (prendre un signal sinusoïdal) ; déterminer la fréquence de coupure.
- Déterminer la vitesse de balayage du composant et la comparer à la donnée constructeur qui est de $20 \text{ V}/\mu\text{s}$.

II. Multiplication d'un signal sinusoïdal par lui-même

- Réaliser le montage du doc 3. Le signal d'entrée est sinusoïdal de fréquence 1 kHz ; fixer l'amplitude crête à crête à 8 V environ.
- Déterminer les caractéristiques du signal de sortie : fréquence, valeur moyenne, amplitude crête à crête.

Conclusion : Lors de la multiplication d'un signal par lui-même il y a enrichissement du spectre du signal de sortie ; l'opération est non linéaire.

III. Modulation d'amplitude

L'information à transmettre (son, image, etc.) est convertie en un signal électrique basse fréquence qui possède les défauts suivants :

- il est de faible portée,
- il est difficile à distinguer d'un autre signal basse fréquence (superposition),
- il est impossible de concevoir des antennes adéquates (antennes $\frac{\lambda}{2}$ démesurées et ne couvrant pas toute la gamme de longueur d'onde voulue).

On utilise alors un signal haute fréquence (porteuse) qui véhicule l'information. Ce signal ne présente aucun des désavantages précédents, mais il faut trouver un moyen de lui « associer » l'information. On peut utiliser soit la modulation de l'amplitude de la porteuse, soit la modulation de sa fréquence.

Lors de la modulation d'amplitude, le signal modulé sera de la forme :

$$s(t) = S_0[1 + m \cos(2\pi ft)] \cos(2\pi f_p t),$$

où f_p est la fréquence de la porteuse et f celui du signal modulant, c'est à dire celui de l'information à transmettre ; m est le taux de modulation.

Avant de réaliser la modulation proprement dite en 3), on s'intéresse à deux études préalables en 1) et 2).

1) Produit de deux signaux sinusoïdaux

- Réaliser le montage du doc 4.
- Observer le signal de sortie, noter son allure et ses caractéristiques et déterminer son spectre en fréquence dans les deux cas suivants : $f \ll f_p$ (modulation d'amplitude) et $f < f_p$ et $\approx f_p$.
- Interprétation théorique.

Conclusion : Le spectre du signal de sortie présente deux raies symétriques par rapport à f_p , de même amplitude et de fréquence $f_p + f$ et $f_p - f$.

2) Signal périodique non-sinusoïdal

Soit un signal modulant dont les fréquences sont comprises entre f_1 et f_2 . La porteuse est inchangée.

- Refaire la même manipulation qu'en 1) mais en travaillant sur un signal à moduler créneau puis triangulaire : Visualiser les spectres somme et différence et vérifier les hauteurs respectives des différents pics.
- En faisant varier les fréquences, visualiser le repliement du spectre différence.
- Interpréter théoriquement le spectre du signal de sortie si $f_2 < f_p$ et si $f_2 > f_p$. On pourra se reporter aux docs 5 et 6.

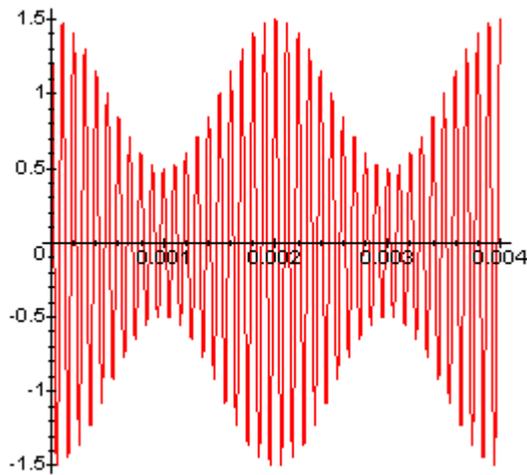
Conclusion : Le signal modulé présente une bande latérale supérieure correspondant au spectre somme et une bande latérale inférieure correspondant au spectre différence ; cette dernière est repliée si $f_2 > f_p$.

3) Modulation

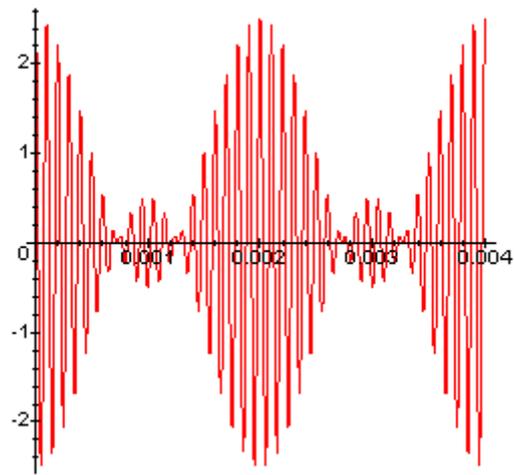
Soit $s(t) = s_0 \cos(2\pi ft)$ le signal à transmettre et $p(t) = p_0 \cos(2\pi f_p t)$ la porteuse.

- On s'intéresse au montage du doc 7 ; mettre $w(t)$ sous la forme : $w(t) = W_0[1 + m \cos(2\pi ft)] \cos(2\pi f_p t)$; exprimer W_0 et m (on donne ci-dessous l'allure de $w(t)$ pour $m = 0.5$ et $m = 1.5$).
- Réaliser le montage avec $f \ll f_p$ (500 Hz, 10 kHz par exemple). Noter les allures de $s(t)$, $p(t)$ et $w(t)$ pour différentes valeurs de W_0 et m .
- Déterminer expérimentalement et justifier théoriquement le spectre de $w(t)$.

Conclusion : Le signal modulé présente un spectre de trois raies de fréquences f_p , $f_p + f$, $f_p - f$.



$w(t)$ pour $m = 0.5$



$w(t)$ pour $m = 1.5$

4) Détection synchrone

On cherche maintenant à réaliser la détection du signal modulant lors de la réception du signal modulé ; on suppose que l'on dispose pour la démodulation d'un signal synchrone avec la porteuse : $q(t) = q_0 \cos(2\pi f_p t)$.

- Exprimer $q(t)w(t)$ et déterminer théoriquement son spectre.
- Quelles opérations doit-on réaliser pour récupérer uniquement le signal de fréquence f ?
- Regroupez-vous par groupe de quatre et réaliser le montage du doc 8 après avoir vérifié qu'il satisfait aux conditions ci-dessus. Montrer expérimentalement que l'on réalise bien la fonction souhaitée.
- A chaque étape des opérations on vérifiera le spectre du signal considéré (après modulation, après démodulation, après filtrage).

R : A la réception on ne dispose pas d'un signal parfaitement synchrone avec la porteuse utilisée pour la modulation : En réalité $q(t) = q_0 \cos(2\pi f_p t + \phi)$, où ϕ varie lentement dans le temps : le signal démodulé a alors une amplitude variant dans le temps après détection synchrone : ce défaut appelé « fading » peut être corrigé par un dispositif appelé « boucle à verrouillage de phase ».

5) Détection de crête

Si le temps le permet, effectuer une détection de crête (se reporter éventuellement au TP diodes).