

TP 11 : Modulation d'amplitude

1. Introduction

La modulation d'amplitude est une technique utilisée pour la transmission de l'information par onde radio. On se propose de réaliser une modulation d'amplitude, de faire l'analyse spectrale du signal puis de réaliser une démodulation.

Matériel :

- ▷ Générateur de signaux SIGLENT
- ▷ Oscilloscope
- ▷ Multiplieur AD633
- ▷ Filtre passe-bas Sallen-Key
- ▷ Alimentation -15/+15 V

2. Principe

La *porteuse* est un signal sinusoïdal d'amplitude A et de fréquence f_p . Soit $s(t)$ le signal à transmettre (d'amplitude 1). On suppose que ce signal est à bande de fréquences limitée et que la plus grande fréquence de son spectre est petite devant f_p . La modulation d'amplitude consiste à générer le signal suivant :


$$u(t) = (1 + ms(t))A \cos(2\pi f_p t) \quad (1)$$

Le coefficient m , en principe compris entre 0 et 1, est l'*indice de modulation*. Le signal $s(t)$ est le signal modulant. Considérons le cas où ce signal est sinusoïdal :

$$s(t) = \cos(2\pi ft) \quad (2)$$

On rappelle la formule :

$$\cos(a)\cos(b) = \frac{1}{2} (\cos(a+b) + \cos(a-b)) \quad (3)$$

[1]  Développer $u(t)$ sous la forme d'une somme de cosinus. En déduire que son spectre comporte les fréquences f_p , $f_p + f$ et $f_p - f$.

3. Réalisation et analyse de la modulation

Le générateur de signaux SIGLENT permet de réaliser une modulation d'amplitude. Pour cela, on commence par définir la porteuse sinusoïdale sur la voie CH1. On choisit une fréquence $f_p = 10$ kHz et une amplitude 10 V de crête à crête. La modulation est activée en appuyant sur le bouton Mod. On choisit Type AM, Shape Sinus et Source Internal. La fréquence du signal modulant est modifiée avec AM Freq. L'indice de modulation est modifié avec AM Depth.

[2] Générer tout d'abord la porteuse sur CH1 et en faire son analyse spectrale au moyen de la fonction FFT de l'oscilloscope.

[3] Activer la modulation par un signal sinusoïdal avec une fréquence de modulation $f = 100$ Hz et un indice de modulation $m = 0,5$. Observer le signal $u(t)$ sur un intervalle de temps de plusieurs cycles de la modulation.

[4] Faire l'analyse spectrale de $u(t)$. Analyser et expliquer la fréquence et la hauteur de chaque raie du spectre.

[5] Effectuer la modulation avec un signal $s(t)$ triangulaire. Faire l'analyse spectrale et commenter.

4. Démodulation

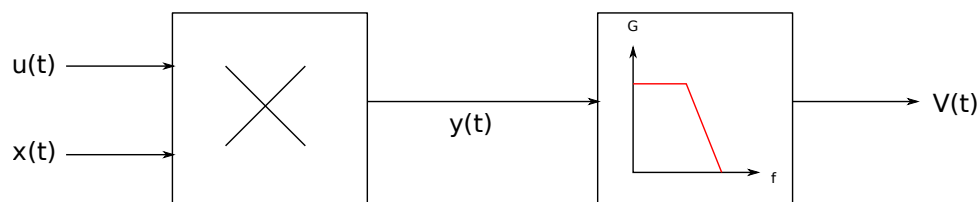
La démodulation consiste à extraire le signal $s(t)$ du signal $u(t)$. Pour ce faire, il faut disposer d'un signal $x(t) = B\cos(2\pi f_p t)$ de même fréquence que la porteuse et parfaitement synchrone avec elle. Ce signal sera fourni par la sortie CH2 du générateur (les deux sorties sont synchrones).

Le schéma du démodulateur est donné ci-dessous. Il est constitué d'un multiplieur, qui produit la tension :

$$y(t) = \frac{u(t)x(t)}{10}$$

et d'un filtre passe-bas, de fréquence de coupure $f_c = 1000$ Hz. Le filtre passe-bas est un circuit actif (filtre de type Salen-Key) qu'il faut brancher sur l'alimentation $-15/+15$ V, tout comme le multiplieur.

Le signal en sortie du filtre, noté $V(t)$, est en principe proportionnel au signal modulant $s(t)$.



[6] Développer la fonction $y(t)$ sous la forme d'une somme de cosinus. En déduire les fréquences que son spectre comporte.

[7] Réaliser le montage avec le multiplieur et faire l'analyse spectrale de $y(t)$. Est-elle conforme à la prévision théorique ?

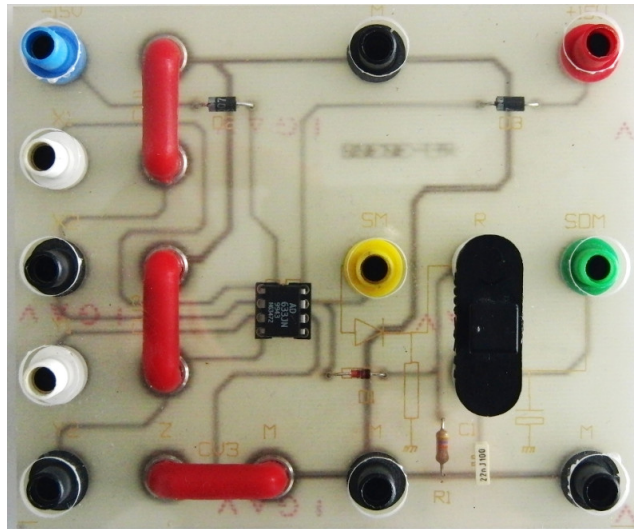
[8] Justifier la nécessité du filtre passe-bas et commenter le choix de sa fréquence de coupure.

[9] Réaliser la démodulation complète. Analyser le signal $V(t)$ et conclure.

[10] Augmenter la fréquence du signal modulant. Quelle est la fréquence maximale acceptable ?

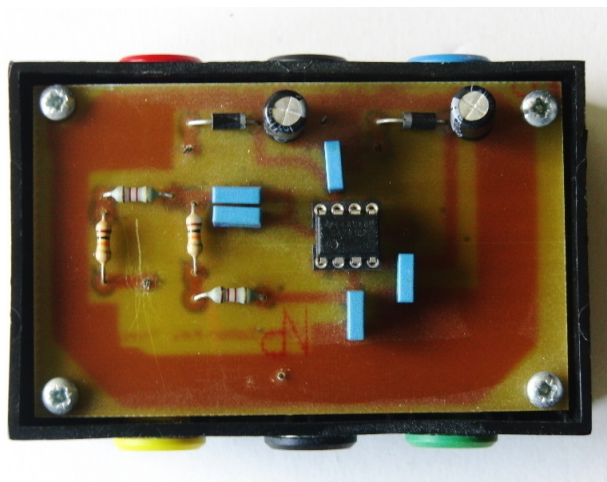
[11] Effectuer la modulation et la démodulation d'un signal carré de fréquence 100 Hz. Expliquer le résultat.

5. Annexe : multiplieur



Les bornes d'alimentation sont bleue (-15 V), noire (la masse) et rouge (+15 V). Les deux entrées sont les bornes blanches. La sortie est la borne jaune.

6. Annexe : filtre passe-bas



Les bornes d'alimentation sont bleue (-15 V), noire (la masse) et rouge (+15 V). L'entrée est la borne jaune, la sortie est la borne verte.