

TP1 - Modulation de fréquences (FM et FSK)

Cédric Berte, Samy Denche, Guillaume Préau

Novembre 2014

Introduction

La modulation d'un signal consiste à transformer un signal quelconque en signal située dans une bande précise, un signal passe-bande. Le signal ainsi obtenu va alors osciller en fréquence autour d'une certaine fréquence f_p , que l'on appelle la fréquence porteuse. Il y a différentes techniques pour transformer le signal d'information : on peut le moduler en faisant varier soit la phase, soit le module, soit la fréquence de la porteuse. Dans ce TP, nous allons nous intéresser à la modulation de fréquence, dans un premier temps, avant d'étudier son homologue numérique, la modulation F.S.K.

1.1 Détermination du taux de modulation d'un modulateur FM

En modulation de fréquence, on fait varier la fréquence de la porteuse en fonction des variations du signal d'information.

Pour faire cela, un message d'information $m(t)$ est injecté dans un VCO. Ce dernier dispose d'une sensibilité k_f , et une fréquence propre f_p . Il génère en sortie un signal modulé $U(t)$.

La fréquence d'oscillation f_i dépend de la tension de commande $m(t)$:

$$f_i(t) = f_p + k_f m(t) = f_p + k_f U_c$$

En faisant varier la tension continue U_c d'un générateur de signal, il est alors possible de déterminer k_f . Pour différentes valeurs de U_c , les fréquences d'oscillation f_i du VCO sont alors relevées :

U_c (Volt)	f_i (kHz)
-6	66,1
-5,5	63,94
-5	61,7
-4,5	59,5
-4	57,3
-3,5	55,2
-3	52,4
-2,5	50,7
-2	48,5
-1,5	46,3
-1	44,05
-0,5	41,9
0	40
0,5	37,47
1	35
1,5	33
2	31
2,5	28,6
3	27
3,5	24,2
4	22
4,5	19,7
5	17
5,5	15,2
6	13

Une courbe de f_i en fonction de U_c est alors établie sur papier millimétré. On constate que lorsque la tension augmente, la fréquence diminue.

Grâce à ces données, le taux de modulation peut être déterminé en calculant la pente de la courbe obtenue, qui est en fait une droite, car f_i est proportionnel à U_c . Son unité est exprimé en Hz/V. Deux points relativement éloignés sur la courbe sont sélectionnés afin de calculer k_f :

$$k_f = \frac{y_b - y_a}{x_b - x_a} = \frac{15000 - 57500}{5,5 - (-4)} \approx -4473,68$$

1.2 Étude des variations de la fréquence instantanée

Différents signaux d'informations de forme sinusoïdale, triangulaire et créneau vont maintenant moduler la fréquence d'une porteuse sinusoïdale. Le message d'information $m(t)$ est affiché sur l'oscilloscope en même temps que le signal modulé. Ainsi, il est intéressant de constater que lorsque la tension de $m(t)$ diminue, la période du signal modulé diminue également et donc la fréquence augmente.

À partir du chronogramme du signal modulé, il est possible de déterminer le taux de modulation, en effet, on observe à l'aide de l'oscilloscope que le signal modulé présente des successions de deux fréquences différentes, l'une bien plus élevée que l'autre. On peut déterminer ces deux fréquences à l'aide de curseurs, qui nous donneront d'abord les périodes. Sur la zone basse fréquence, on obtient comme valeurs respectives $60,968\mu s$ et $191,332\mu s$ en prenant deux périodes pour plus de précision. Il est ainsi possible de déterminer la période t_l et la fréquence f_l :

$$t_l = \frac{2^{nd}point - 1^{er}point}{nombredepériodes} = \frac{191,332 - 60,968}{2} \approx 65,182\mu s$$

$$f_l = \frac{1}{t_l} \approx 15341Hz$$

Idem pour t_h et f_h . La première période débute à $247,954\mu s$ et la dixième période à $404,252\mu s$:

$$t_h = \frac{10^{ème}point - 1^{er}point}{nombredepériodes} = \frac{404,252 - 247,954}{10} \approx 15,6298\mu s$$

$$f_h = \frac{1}{t_h} \approx 63980Hz$$

L'amplitude A du signal d'information $m(t)$ est de $6V$. On a donc deux fréquences différentes : f_h (pour high frequency) et f_l (pour low frequency)

$$k_f = \frac{f_l - f_h}{2A} = \frac{15341 - 63980}{2 \times 6} \approx -4053,25$$

La valeur de k_f trouvée ci-dessus n'est pas loin du résultat calculé précédemment grâce à la courbe de f_i en fonction de U_c .

1.3 Étude du spectre d'un signal modulé en fréquence

1.3.1 Cas d'un signal créneau : signal FSK

Dans cette partie, nous obtenons une transformée de Fourier du signal, cette dernière présente deux pics, et un f_l , et un en f_h , ce qui concorde avec l'étude effectuée précédemment.

Travail demandé

Lorsque $\beta = 0$, alors il n'y a pas de modulation. Nous allons maintenant fixer β à $\beta = 1,0$, $\beta = 2,4$ et $\beta = 4$

On obtient alors trois chronogrammes différents, avec un pic central et des pics répartis autour qui respectent les valeurs inscrites dans le tableau des fonctions de Bessel par rapport à la valeur de β .

Excursion en fréquence $\delta f = k_f A$. Et avec $f_m = 500Hz$ nous avons pour $\beta = 1$, $\delta f = 1f_m$ et pour $\beta = 2,4$, $\delta f = 2,4f_m$.

Conclusion

Nous avons pu lors de cette séance, voir concrètement la transformation d'un signal d'information afin de le transmettre. La modulation de fréquence est en principe assez simple. On peut voir que pour différents signaux d'informations (sinusoïdal, créneau et triangulaire), un niveau haut du signal sera traduit par une basse fréquence, et un niveau bas par une fréquence plus élevée. Ce type de codage est efficace pour des fréquences peu élevées, de l'ordre du MHz.