

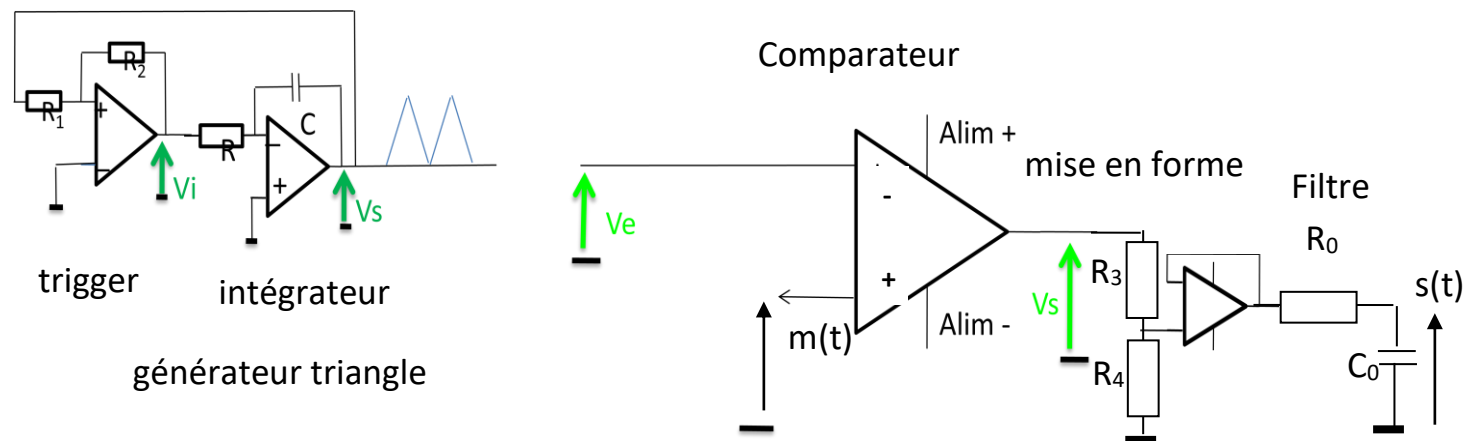


Problème : Signal MLI

On souhaite réaliser un signal modulé en largeur d'impulsion (MLI) pour cela, on dispose d'un intégrateur inverseur, un comparateur à hystérésis, et un comparateur.

Les caractéristiques sont les suivantes : Alimentation disponible : +12V 0V -12V. La tension de saturation des AOP est de ± 11 V. Modulation de 5% à 95%. Fréquence de la porteuse 10 kHz. Signal d'entrée variant de -5V à +5V, sa fréquence maximale est $f_{\max} = 10$ Hz. La démodulation s'effectuera à l'aide d'un filtre passe bas du 1^{er} ordre. L'atténuation de la fréquence de la porteuse souhaitée est de 40 dB. Le signal reconstitué doit être le même que le signal modulant.

1°) Dessiner le schéma fonctionnel de cette MLI.



2°) Quelle doit être la fréquence de coupure du filtre ? Proposer des valeurs pour R_0 et C_0 .

La fréquence du signal est 10 Hz, celle de la porteuse est 10 kHz. Le filtre a une coupure de 20 dB par dec à partir de 5 f_c environ, il faut donc que $5 f_c \cdot 100$ (2 décade pour -40dB) soit égal à 10 kHz.

$f_c = 20$ Hz environ.

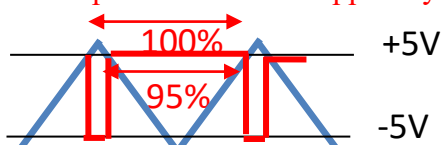
$f_c = 1/(2\pi R_0 C_0)$, on peut choisir $R_0 = 8,2$ k Ω et $C_0 = 1$ μ F ce qui conduit à une fréquence de coupure $f_c = 19,4$ Hz.

3°) Comment réalise-t-on le signal triangulaire à la fréquence de la porteuse (faire un schéma)?

Cf ci-dessus.

4°) Quelle doit être l'amplitude crête de ce signal ?

Le signal modulant $m(t)$ vaut ± 5 V et l'on souhaite une MLI de 5% à 95%, il faut donc que 5V corresponde à 95% du rapport cyclique et -5V à 5% du rapport cyclique.



Pour cela, il faut que 5V corresponde à 97,5% de l'amplitude crête du signal triangulaire $V_s(t)$.

D'où $V_{sc} = 5/0,975 = 5,13$ V.

Pour - 5 V, le problème est symétrique, et V_s descend à -5,13 V.

Proposer des valeurs de composants permettant d'obtenir cette amplitude.

Le signal est généré par la rampe délivré par l'intégrateur. Celle-ci est en $\pm V_{sat}(t/RC)$.

Sur le trigger, la tension $V+ = \frac{R_2}{R_2+R_1} V_S + \frac{R_1}{R_2+R_1} V_i$. Les seuils de basculement sont obtenus pour $V+ = V- = 0V$, et comme $V_i = \pm V_{sat}$. On obtient les deux seuils : $V_{S\pm} = -\frac{R_1}{R_2} (\pm V_{sat})$

Lorsque $V_i = +V_{sat}$, l'intégrateur sort une rampe négative jusqu'au seuil $V_{S+} = -\frac{R_1}{R_2} V_{sat}$

V_i bascule alors à $-V_{sat}$, la rampe devient positive avec un nouveau seuil $V_{S-} = +\frac{R_1}{R_2} V_{sat}$

Ces seuils correspondent à l'amplitude du signal V_S donc $\frac{R_1}{R_2} V_{sat} = V_{sc}$

d'où $\frac{R_1}{R_2} = \frac{V_{sc}}{V_{sat}} = \frac{5,13}{11} = 0,466$ On peut prendre $R_1 = 2,2k\Omega$ et $R_2 = 4,7k\Omega$, ce qui conduit à $\frac{R_1}{R_2} = 0,468$

5°) Proposer des composants permettant d'obtenir la fréquence de la porteuse.

La rampe de l'intégrateur est en $\pm V_{sat}/(t/RC)$. En une demi période, elle gravit $2V_{sc}$. D'où $V_{sat}/(T/2RC) = 2V_{sc}$

d'où la fréquence $f = 1/T = (V_{sat}/4V_{sc}) \cdot (1/RC) = 10kHz$ on en déduit RC :

$RC = (11/4 \cdot 5,13) \cdot (1/10^4) = 53,6 \mu s$

On pourra prendre $R = 5,6k\Omega$ et $C = 10nF$ ce qui conduit à une fréquence $f = 9,57kHz$.

6°) Comment réaliser le comparateur (faire un schéma)?

Cf ci-dessus

7°) Proposer des valeurs de composants pour obtenir la MLI souhaitée.

Il faut que la MLI ait une valeur moyenne de 5V avec un rapport cyclique de 95%.

Soit V_m l'amplitude de cette MLI. Sa valeur moyenne V_{moy} à 95% vaut :

$V_{moy} = 0,95V_m - 0,05V_m = 0,9V_m$ donc $V_m = 5/0,9 = 5,56V$

Le comparateur délivre en sortie $\pm V_{sat}$.

On propose d'utiliser un pont diviseur de tension pour ramener la tension à $\pm V_m$, un montage suiveur permet d'éviter toute chute de tension lorsqu'on branche le filtre.

On doit avoir $\frac{R_4}{R_4+R_3} = \frac{V_m}{V_{sat}} = \frac{5,56}{11} = 0,505$

On prendra $R_3 = 2,2k\Omega$ et $R_4 = 2,2k\Omega$ soit un rapport de 0,5.

8°) On met en œuvre le démodulateur (filtre). Faire le schéma du montage complet.

Cf ci-dessus.

9°) Vérifier que le signal démodulé est bien identique au signal modulant.

Le filtre délivre la valeur moyenne (fréquence nulle) de la MLI. Cette valeur moyenne va restituer linéairement la valeur du signal variant de -5V à +5V. La porteuse et ses harmoniques sont rejetées d'un facteur supérieur à 100.

10°) Quel est l'intérêt de cette modulation à largeur d'impulsion ?

L'intérêt est par exemple de transmettre le signal d'un capteur depuis le capteur vers une base opérative.

On peut alors envisager des transmissions de type hertziennes, ou fibre optique. En effet, la hf de la porteuse peut être transmise par ces canaux. En outre le caractère tout ou rien de la MLI garantit une bonne immunité au bruit tout en assurant une parfaite linéarité.

On l'utilise aussi pour la commande des convertisseurs électriques comme le hacheur.

Des circuits spécialisés permettent de meilleures performances en fréquence que ce montage à AOP.