

EXERCICES Électrocinétique 5

Multiplication de signaux analogiques

EI5₁. Codage et décodage d'un son

Un dispositif de codage d'un signal sonore $m(t)$ est réalisé de la façon suivante :

- On multiplie $m(t)$ par un signal $p(t)$ sinusoïdal de fréquence 12,8 kHz et d'amplitude 10 V : $u(t) = k.m(t).p(t)$ (où $k = 0,1 \text{ V}^{-1}$).
- On filtre le signal $u(t)$ obtenu par un filtre passe-bas ne conservant que les composantes du signal dont la fréquence est inférieure à 12,8 kHz ; soit $c(t)$ le signal codé obtenu.

1°) Pour un signal $m(t)$ sinusoïdal, donner les propriétés des signaux $u(t)$ et $c(t)$ (type de signal, profil spectral).

2°) Proposer une structure de décodeur permettant de retrouver $m(t)$: on utilisera des fonctions élémentaires (filtres, multiplieurs) dont on donnera les caractéristiques importantes (type de filtre, bande passante...)

3°) Le signal traité par un ensemble de codeur - décodeur est un signal audio et on admet que l'oreille n'est sensible qu'au profil spectral du signal reçu, mais insensible à la présence d'un éventuel déphasage de chacune des composantes spectrales présentes. Est-il nécessaire de disposer du signal $p(t)$ utilisé lors du codage ou peut-on se contenter d'utiliser un oscillateur délivrant un signal de fréquence 10V et de fréquence 12,8 kHz lors du décodage ? Justifier la réponse.

EI5₂. Boucle à verrouillage de phase

Lors de la réception du signal modulé en amplitude, il est nécessaire (pour la détection synchrone) de produire le signal $e_0(t) = E_0 \sin \omega_0 t$. Cette opération, qui s'appelle *reconstitution de porteuse*, repose sur l'emploi d'une boucle à verrouillage de phase (figure 1) comprenant les éléments suivants :

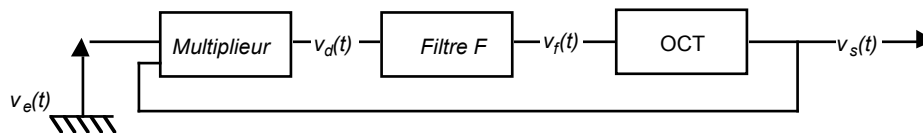


figure 1 : circuit de reconstitution de porteuse

- un multiplieur de sortie $v_d(t)$ réalisant $v_d(t) = K v_e(t).v_s(t)$,
- un filtre passe-bas noté F dont la transmittance vaut 1 pour tous les signaux de fréquence très inférieure à f_0 et de sortie $v_f(t)$.
- un oscillateur contrôlé en tension (OCT), délivrant un signal sinusoïdal $v_s(t)$ d'amplitude constante E_s de pulsation ω_s , proportionnelle à la tension de sortie du filtre F : $\omega_s = \omega_0 + K_s v_f$.

La boucle est verrouillée lorsque la fréquence du signal incident est égale à celle du signal de sortie de l'oscillateur OCT.

1 - Pour des tensions $v_e(t) = E \sin(\omega_0 t + \varphi_e)$ et $v_s(t) = E_s \cos(\omega_0 t + \varphi_s)$, et en supposant que les dérivées temporelles de φ_e et φ_s sont très inférieures à ω_0 , montrer que la tension de sortie du filtre F s'écrit

$v_f(t) = K_f \sin(\varphi_e - \varphi_s)$. Préciser l'expression de K_f .

2 - Lorsque la boucle est verrouillée, quelle particularité présente la phase de la sortie par rapport à celle de l'entrée ?

3 - Quelle relation simple lie $v_f(t)$ à φ_e et φ_s pour un régime proche du verrouillage ? Quel intérêt voyez-vous au verrouillage de phase ?

4 - Le signal $v_e(t)$ est modulé en amplitude : $v_e(t) = E[1 + m \cos \Omega t].\sin(\omega_0 t)$. Exprimer la tension de commande de l'OCT en supposant le régime proche du verrouillage. En déduire l'équation différentielle vérifiée par φ_s .

5 - En déduire que le signal de sortie de l'OCT se fixe rapidement à la valeur $v_s(t) = E_s \cos(\omega_0 t)$, qu'il y ait ou non une modulation d'amplitude sur la porteuse.

6 - L'oscillateur contrôlé en tension alimente un filtre introduisant un déphasage φ et une atténuation A à la fréquence f_0 . Quelle doit être la valeur de φ pour obtenir le signal $e_o(t)$?

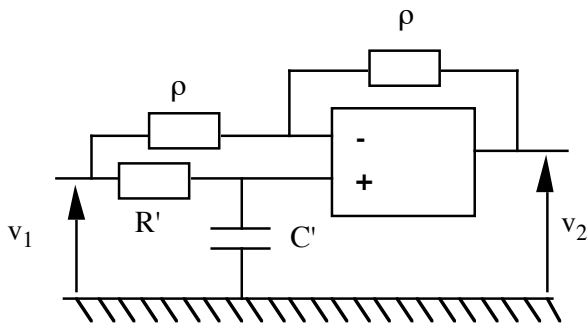
7 - Quelle est l'influence de l'atténuation introduite par ce dernier filtre ?

8 - Proposer un schéma synoptique complet du " détecteur synchrone " et conclure sur son intérêt.

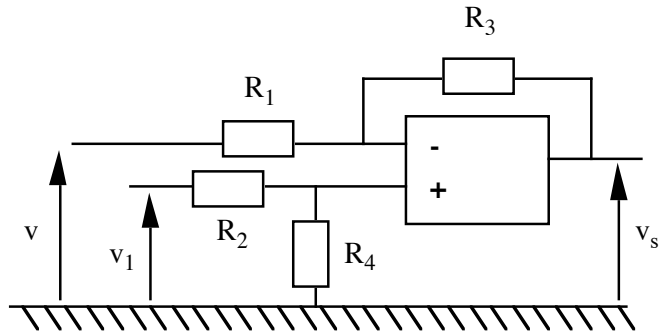
EI53. Modulation de fréquence

On admettra que les A.O. sont idéaux et fonctionnent en régime linéaire.

1°) Dans le réseau (D) ci-dessous, utilisé en régime sinusoïdal permanent, R' et ρ désignent des résistances et C' une capacité. Déterminer le gain en tension du circuit. Tracer l'allure de son diagramme de Bode. Déterminer la fonction de ce réseau.



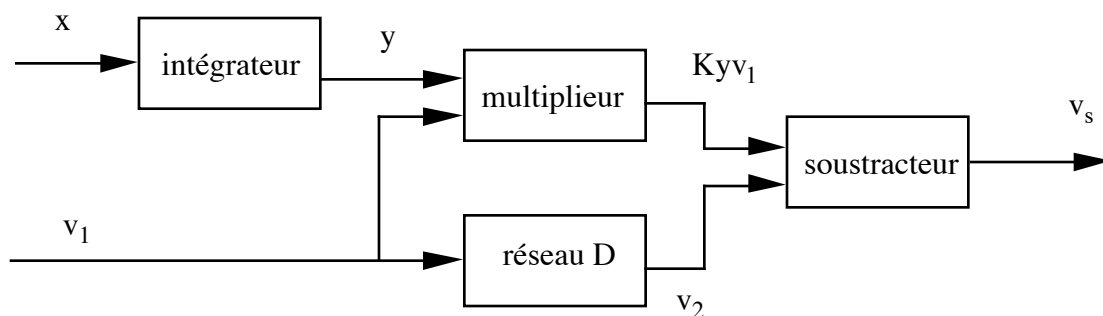
Réseau (D)



Réseau (S)

2°) Dans le réseau (S) ci-dessus, R_1 , R_2 , R_3 et R_4 désignent des résistances. A quelle condition le réseau (S) fonctionne-t-il en soustracteur ? Quelle est alors l'expression de v_s en fonction de v et de v_2 ?

3°) On associe ces réseaux dans le modulateur d'Armstrong selon le schéma ci-dessous dans lequel (S) est utilisé en soustracteur et où un multiplieur fournit en sortie une tension $Ky.v_1$ proportionnelle aux tensions y et v_1 imposées en entrée.



a) Indiquez un montage réalisant l'intégration d'un signal à partir d'un A.O., d'une résistance R et d'un condensateur de capacité C . Donner, en fonction de R et de C la relation qui lie x et y .

b) On impose à l'entrée de l'ensemble les tensions $x(t) = x_0 \cos \omega t$ et $v_1(t) = V_1 \cos \omega_1 t$. De plus on s'assure que $y(t=0) = 0$ et que (D) est réglé pour un retard de phase de v_2 par rapport à v_1 égal à $\pi/2$.

Montrer que la tension de sortie de l'ensemble s'écrit : $v_s(t) = U_0 \sqrt{1 + \alpha^2 \sin^2 \omega t} \sin(\omega_1 t + \varphi)$ où l'on exprimera α en fonction de K , x_0 , R , C et ω ;

$\tan \varphi$ en fonction de K , x_0 , R , C et du temps t ;

U_0 en fonction de R_1 , R_3 et V_1 .

4°) On suppose que le coefficient α est petit devant 1. Donnez une expression approchée de la tension de sortie de l'ensemble. Montrer qu'on peut la mettre sous la forme d'une tension modulée en fréquence du type :

$v_s(t) = U \cdot \sin(\omega_1 t + m \cdot \sin \omega t) = \sin(\psi(t))$ de pulsation porteuse (ω_1) élevée, de taux de modulation m , de pulsation modulante ω et de phase instantanée $\psi(t)$. Identifiez la valeur de m . Vérifiez l'homogénéité de l'expression de m .

5°) On convient d'appeler pulsation instantanée du signal $v_s(t)$ la grandeur $\Omega(t) = \frac{d\psi}{dt}$. Etablissez la relation liant $\Omega(t)$, ω_1 , K , R , C et $x(t)$. Justifiez le nom de modulation de fréquence effectivement donné à ce type de modulation.