

CPGE- Mention MP
électronique
D.L N°1 de l'électronique

Si, au cours de l'épreuve, un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il est invité à le signaler sur sa copie et à poursuivre sa composition en expliquant les raisons des initiatives qu'il aura été amené à prendre. Il ne faudra pas hésiter à formuler les commentaires (incluant des considérations numériques) qui vous sembleront pertinents, même lorsque l'énoncé ne le demande pas explicitement. La barème tiendra compte de ces initiatives ainsi que des qualités de rédaction de la copie.

1^{re} Problème

Production de signal modulé en fréquence

On admettra ici que les amplificateurs opérationnel sont idéaux et fonctionnent en régime linéaire.

1 Étude de quelques montages élémentaires

- 1. Indiquer le montage réalisant l'intégration d'un signal à partir d'un amplificateur opérationnel, d'un résistor de résistance R et d'un condensateur de capacité C .

Cet intégrateur étant représenté par le schéma de la figure 1, représenter sur votre schéma les grandeurs d'entrée x et de sortie y et donner, en fonction de R et C , la relation qui les lie.

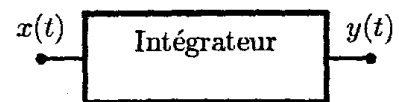


fig. Représentation d'un intégrateur

- 2. Dans le réseau (D) de la figure 1, 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 (amplitude du gain, en dB, et phase en fonction du logarithme de la fréquence). Déterminer la fonction de ce réseau.
- 3. Dans le réseau (S) de la figure 1, R_1 , R_2 , R_3 et R_4 désignent des résistances. À quelle condition (S) fonctionne-t-il en soustracteur ? Quelle est alors l'expression de v_s , en fonction de v et V_2 .

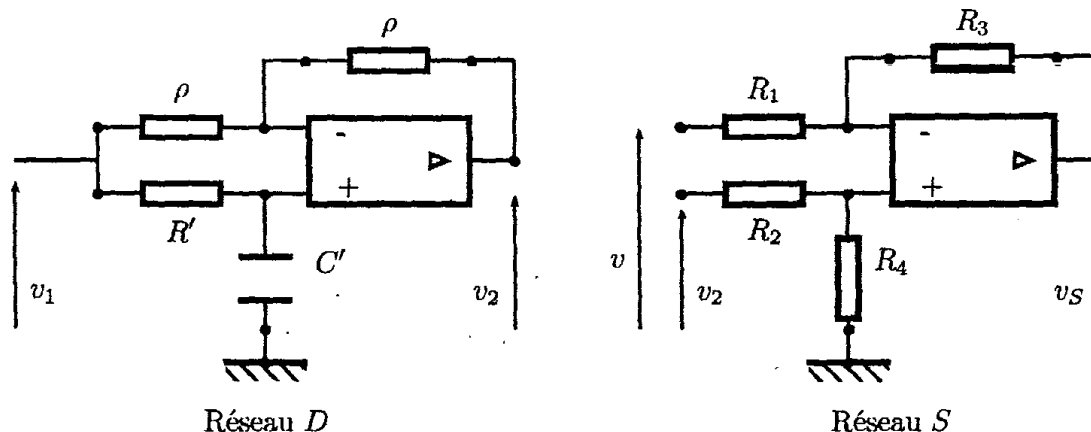


FIG. 1 – Deux circuits de traitement de signal

2 Étude de la modulation en fréquence

On associe ces réseaux dans le modulateur d'Armstrong selon le schéma de la figure 2 dans lequel (S) est utilisé en soustracteur, et où un multiplieur fournit en sortie une tension $Ky(t)v_1(t)$ proportionnelle aux tensions $y(t)$ et $v_1(t)$ imposées à l'entrée. On impose à l'entrée de l'ensemble les tensions $x(t) = x_o \cos \omega t$ 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 $\frac{\pi}{2}$.

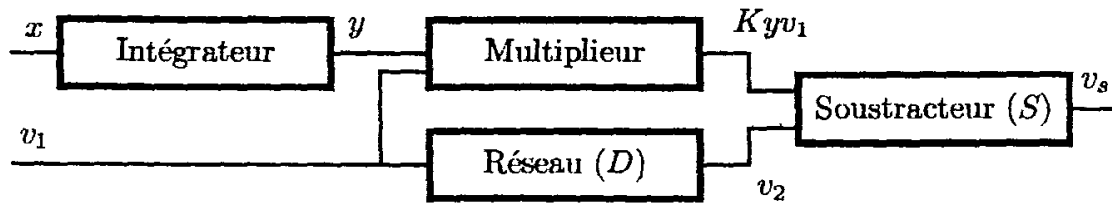


FIG. 2 – Schéma fonctionnel du modulateur d'Armstrong

- 4. Montrer que la tension de sortie de l'ensemble s'écrit $v_s(t) = U_o \sqrt{1 + \alpha^2 \sin^2 \omega t} \sin(\omega_1 t + \varphi)$, où on exprimera α en fonction de K , x_o , R , C et ω , $\tan \varphi$ en fonction de K , x_o , R , C , ω et du temps t et U_o en fonction de V_1 .
- 5. On suppose que le coefficient α est très petit devant 1. Donner 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, $v_s(t) = U_o \sin(\omega_1 t + m \sin(\omega t)) = U_o \sin(\psi(t))$, de pulsation porteuse (élevée) ω_1 , de taux de modulation m , de pulsation mooulante ω et de phase instantanée $\psi(t)$. Identifier la valeur de m . Vérifier l'homogénéité de l'expression de m .
- 6. On convient d'appeler pulsation instantanée du signal $v_s(t)$ la grandeur $\Omega(t) = \frac{d\psi}{dt}$. Établir l'expression liant $\Omega(t)$, ω_1 , K , RC et $x(t)$.
Justifier alors le nom de modulation de fréquence effectivement donné à ce type de modulation.
- 7. La modulation de fréquence est utilisée par exemple :
 - avec une porteuse de moyenne fréquence (environ 100MHz) pour le transport de signaux de basse fréquence (acoustique, jusqu'à. 20 kHz) pour la transmission radio ;
 - avec une porteuse de haute fréquence (environ 10 GHz) pour le transport de signaux de moyenne fréquence (10 à 100 MHz) pour la transmission d'images de télévision par satellite.
 Connaissez-vous un avantage de ce mode de transport de l'information par rapport à une émission directe du signal ? Par rapport à la modulation d'amplitude

2^{me} Problème

ANALYSE DE FOURIER

Les amplificateurs opérationnels utilisés sont idéaux et fonctionnent en régime linéaire. Pour les applications numériques, on prendra $R_o = 1M\Omega$, $R_1 = 10k\Omega$, $R_2 = 3k\Omega$, $R_b = R_c$, $C_o = 3nF$.

1. Déterminer en régime sinusoïdal de pulsation ω , le rapport $\frac{U_s}{U_1}$ dans le montage (M) de la figure 1. En déduire que la partie A du montage (M) est équivalente à une inductance L et une résistance R_e , placées en parallèle.
2. Déterminer de même le rapport $\frac{U_s}{U_2}$ dans le montage (M) de la figure 1.
3. En déduire un schéma équivalent au montage (M), comportant, en plus de la résistance R_0 , une résistance R , une capacité C et une inductance L . Donner les expressions de L , R et C en fonction des éléments du montage (M).
4. Déterminer la fonction de transfert complexe $\underline{H}(j\omega) = \frac{u_s}{u_e}$ du montage (M).
5. La figure 2 donne l'allure du module de $\underline{H}(j\omega)$, noté $H(\omega)$, en fonction de ω .
 - (a) Donner l'expression de la pulsation ω_o pour laquelle ce module est maximal, ainsi que l'expression de ce module maximal noté H_{max} .
 - (b) Calculer numériquement C_A et R_A pour avoir $\omega_o = 2000\pi \text{ rad.s}^{-1}$ et $H_{max} = 0,5$.
 - (c) Soient les pulsations ω_1 et ω_2 définies par $H(\omega_1) = H(\omega_2) = \frac{H_{max}}{10}$. Ecrire (sans la résoudre) l'équation qui permet de calculer ces deux pulsations.
 - (d) Avec les valeurs numériques du 5b, la résolution de cette équation donne $\omega_1 = 0,994\omega_o$ et $\omega_2 = 1,006\omega_o$. Commenter ces valeurs.

6. On place désormais en tension d'entrée un signal périodique de période T_o , avec $T_o = 10^{-3}s$. La décomposition en série de Fourier de ce signal s'écrit sous la forme : $u_e(t) = E_o + \sum_{n=1}^{+\infty} a_n \cos(n\omega_0 t)$ Les coefficients a_n sont tous inférieurs à 1 volt (afin d'éviter tout risque de saturation des amplificateurs opérationnels du montage).
- (a) Former, en représentation complexe, la décomposition en série de Fourier de la tension de sortie $u_s(t)$.
- (b) C_A et R_A ayant les valeurs calculées en 5b, donner une expression simple approchée de $u_s(t)$.
7. Expliquer comment peut-on, en ajustant les valeurs de certains éléments du montage, mesurer successivement les coefficients de la décomposition en série de Fourier du signal d'entrée.

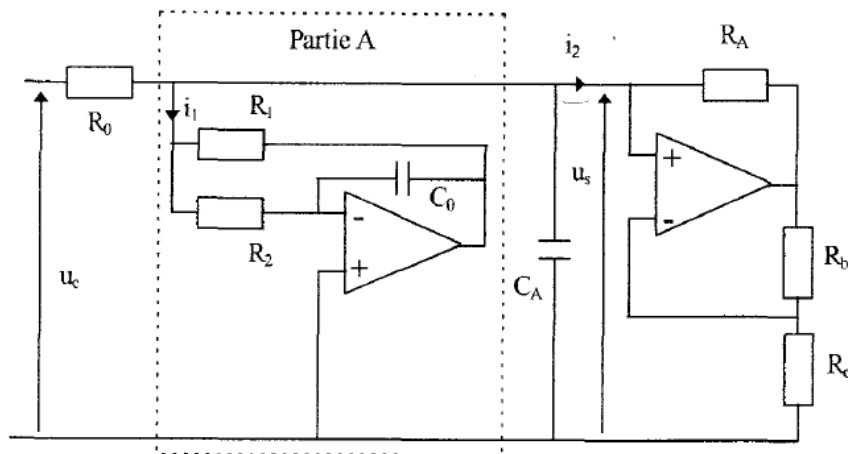


Figure 1 : Montage (M)

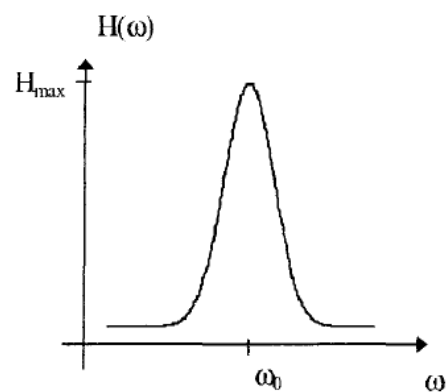


Figure 2

FIG. 3 –