

N.B/ (Il sera tenu compte de la présentation de la copie et de la qualité de la rédaction. Les résultats devront être encadrés. Des points seront attribués en conséquence).

Barème approximatif de notation : [I/ 6 pts (1x6). II/ 2 pts. III/ 7 pts (1, 1, 2, 1, 2). IV/ 5 pts (1x5)].

ETUDE D'UN DETECTEUR DE METAUX

On se propose d'étudier un système électronique permettant de détecter la présence d'un objet métallique proche de la surface du sol (fig.1.a). Le principe est basé sur la modification de la fréquence d'un oscillateur, dont l'inductance varie à l'approche de l'objet métallique. Pour compenser l'effet de sol, modification de la fréquence liée à la nature et à la proximité du sol, on utilise en réalité deux oscillateurs, donc deux bobines situées dans la tête de détection (fig.2). Tous les amplificateurs opérationnels, sont idéaux et alimentés sous $\pm V_{cc} = \pm 15 \text{ V}$; les tensions de saturation sont égales aux tensions d'alimentation.

I- OSCILLATEURS HARMONIQUES (fig.3) :

On étudie que l'oscillateur 1, l'oscillateur 2, ayant la même structure que le précédent, délivre une tension sinusoïdale v_3 de même amplitude mais de fréquence f_2 égale à 9 100 Hz.

I.1. L'interrupteur k est ouvert.

1° Exprimer l'amplification en tension de la chaîne directe $\underline{A} = \underline{V_2}/\underline{V_1}$ en fonction de R_1 et R_2 .

2° Exprimer la transmittance de la chaîne de retour $\underline{B} = \underline{V_3}/\underline{V_2}$ en fonction de R_3 , R_4 , C_1 , L_1 et ω .

I.2. On ferme l'interrupteur k. La condition d'oscillation est donnée par $\underline{A}\underline{B} = 1$.

1° Quelle est la relation entre R_1 , R_2 , R_3 , R_4 pour avoir un oscillateur sinusoïdal ?

2° Montrer que la fréquence d'oscillation f_1 est tel que : $f_1 = 1 / 2\pi \sqrt{L_1 C_1}$.

I.3. Application numérique : On donne : $C_1 = 15 \text{ nF}$; $R_1 = 2R_2$; $R_3 = 16,5 \text{ k}\Omega$ et $R_4 = 33 \text{ k}\Omega$.

1° Calculer l'inductance L_1 de la bobine 1 pour $f_1 = 9 230 \text{ Hz}$.

2° La tension v_2 a une amplitude égale à 15 V. Calculer l'amplitude de v_3 .

II- MULTIPLIEUR (fig.4) :

Le multiplieur reçoit les tensions v_3 et v'_3 , il donne en sortie une tension $v_4 = \alpha.v_3.v'_3$ avec $\alpha = 0,10 \text{ V}^{-1}$. Sachant que $v_3(t) = V_m \cos(2\pi f_1 t)$ et $v'_3(t) = V_m \cos(2\pi f_2 t)$ avec $f_1 = 9 230 \text{ Hz}$, $f_2 = 9 100 \text{ Hz}$ et $V_m = 10 \text{ V}$. Démontrer que la tension v_4 est équivalente à une somme de deux tensions sinusoïdales dont on indiquera la fréquence et l'amplitude.

III- FILTRE (fig.5) :

III.1. Etude en régime sinusoïdal :

1° La fonction de transfert du filtre $\underline{T} = \underline{V_5}/\underline{V_4}$ peut se mettre sous la forme :

$$\underline{T} = \frac{-I}{1 + j(R_5 C \omega - \frac{I}{R_0 C \omega})} \quad \text{avec } R_0 = \frac{2R_5 R_6}{R_5 + R_6}; \quad \text{On donne } R_5 = 159 \text{ k}\Omega, R_6 = 470 \text{ }\Omega, C = 100 \text{ nF.}$$

Exprimer la fréquence f_0 pour laquelle \underline{T} est réel puis calculer sa valeur.

2° Exprimer $T = |\underline{T}|$ et déterminer ces limites pour $f \rightarrow 0$ et $f \rightarrow \infty$ ainsi que sa valeur à $f = f_0$.

3° Sachant que la bande passante à -3 dB du filtre est $B = f_0/Q$ avec $Q = \sqrt{R_5/R_0}$. Calculer B et donner l'allure de $T = |\underline{T}|$ en fonction de la fréquence. Quelle est la nature du filtre ?

III.2. On applique à l'entrée du filtre la tension v_4 qui peut s'écrire :

$$v_4(t) = 5 \{ \cos 2\pi(f_1 - f_2)t + \cos 2\pi(f_1 + f_2)t \} \quad \text{avec } f_1 = 9\,230 \text{ Hz et } f_2 = 9\,100 \text{ Hz.}$$

1° Déterminer la tension v_5 à la sortie du filtre. Préciser son amplitude V'_m et sa fréquence f_E .

2° En présence d'un objet métallique plus proche de la bobine 1 que de la bobine 2, la fréquence f_1 de l'oscillateur 1 varie suivant la nature, la proximité et la dimension de l'objet. On admet que sa variation relative est inférieure ou égale à $5,417 \cdot 10^{-4}$ et que la fréquence f_2 de l'oscillateur 2, demeure égale à $9\,100$ Hz.

Entre quelles limites varie la fréquence f_1 ? Déduire les limites de variation de la fréquence f_E .

IV- CONVERSION FREQUENCE–TENSION (fig.1.b) :

IV.1. Mise en forme (fig.6) :

La tension $v_5(t) = -5 \cos\{2\pi(f_1 - f_2)t\}$ est appliquée à l'entrée du montage. La diode D est idéale.

1° Indiquer les valeurs de v_6 . En déduire alors les valeurs de v_7 pour $R_8 = 2R_7$.

2° Représenter les tensions v_6 et v_7 en concordance des temps avec la tension v_5 .

IV.2. Convertisseur fréquence–tension (fig.7) :

Le convertisseur délivre en sortie une tension continue v_8 qui varie avec la fréquence f_E de la tension v_7 . On a la relation : $f_E = a.v_8 + b$ avec a et b sont des constantes.

1° Déterminer a et b sachant que pour $v_8 = 0$ V, $f_E = 120$ Hz et pour $v_8 = 15$ V, $f_E = 140$ Hz.

2° Tracer la courbe $f_E(v_8)$. Déterminer alors, la valeur de v_8 correspondant à $f_E = 130$ Hz.

3° Quand un objet métallique est détecté, la fréquence f_E de la tension v_7 peut prendre une valeur comprise entre 125 Hz et 135 Hz. Déterminer les valeurs correspondantes de la tension v_8 . En l'absence d'objet métallique, que vaut la tension v_8 ?

Bon Travail

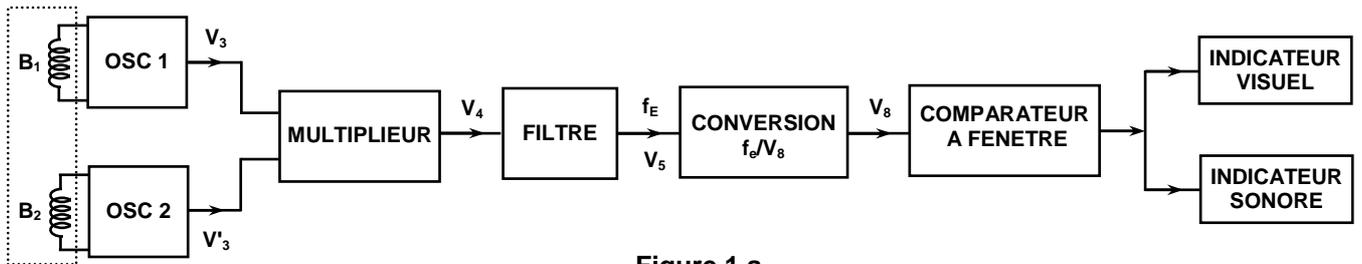


Figure 1.a

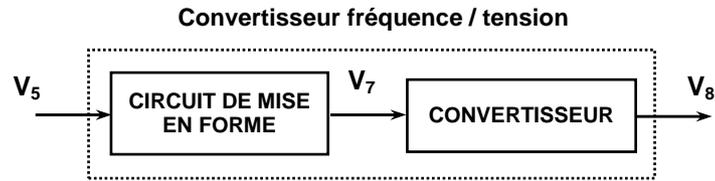


Figure 1.b

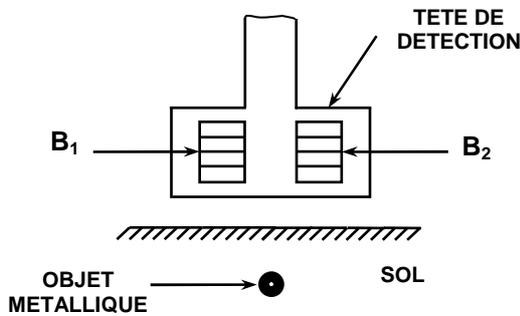


Figure 2

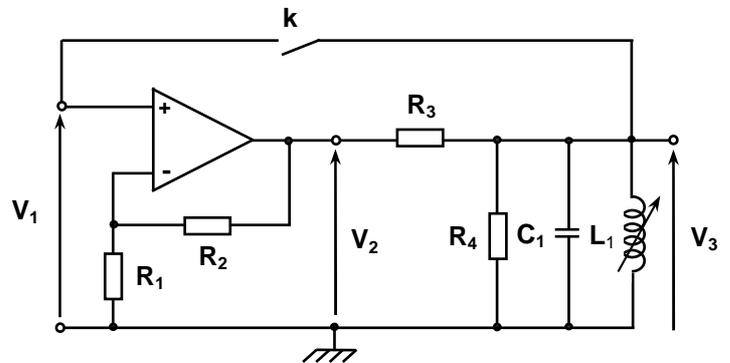


Figure 3

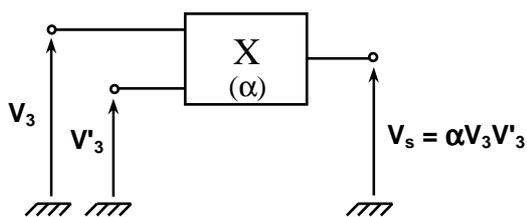


Figure 4

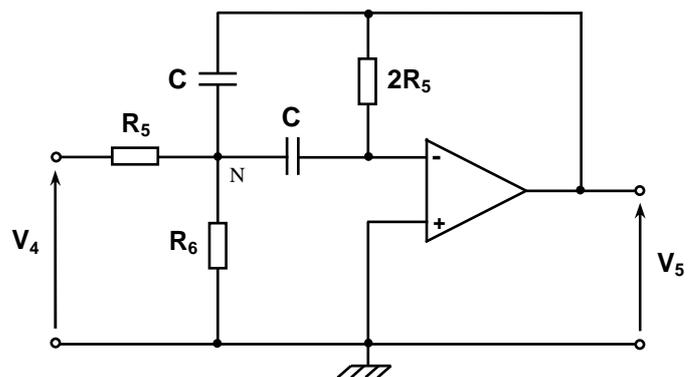


Figure 5

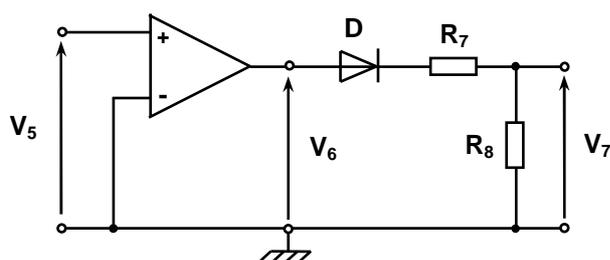


Figure 6



Figure 7