

Nota Bene : Le sujet comporte deux exercices. La qualité, la clarté de la présentation ainsi que l'orthographe seront pris en considération dans la notation. Les documents ne sont pas autorisés

EXERCICE I (10 points)

On se propose d'étudier le fonctionnement de l'oscillateur basse fréquence à réseau déphaseur représenté sur la figure 1. Dans un premier temps, on considère le montage en boucle ouverte lequel se décompose en un **amplificateur large bande** suivi d'un **quadripôle sélectif constitué de trois cellules RC**.

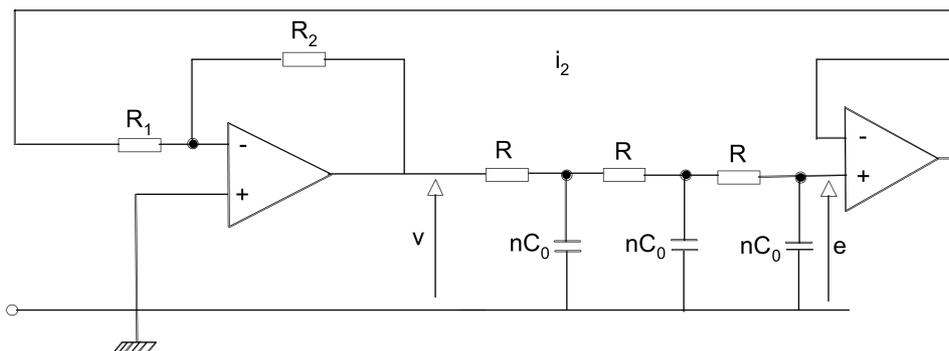


Figure 1

1. En supposant l'amplificateur opérationnel idéal, exprimer le gain $A = v/e$ du montage amplificateur de la figure 2. Quelle est la fonction réalisée ? Tracer la caractéristique dans le domaine linéaire et dans le domaine saturé en notant $\pm V_{\text{sat}}$ les niveaux de saturation de l'amplificateur.
2. Quel est le rôle du montage **suiVeur de tension** localisé à la sortie du réseau sélectif ?

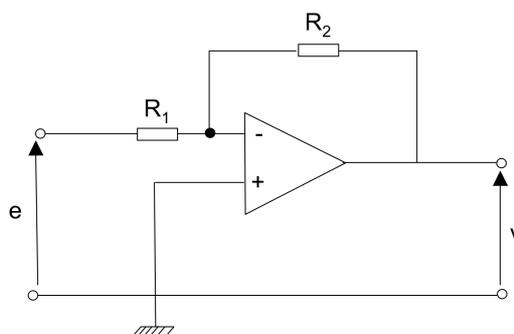


Figure 2

3. Le quadripôle sélectif est un réseau déphaseur de type passe-bas constitué de **trois cellules RC**. Sur la figure 3, on a représenté une cellule RC élémentaire avec u et v les tensions d'entrée et de sortie, i_1 et i_2 les courants d'entrée et de sortie du quadripôle, R la valeur de la résistance et nC_0 la capacité avec $n > 1$ un nombre entier.

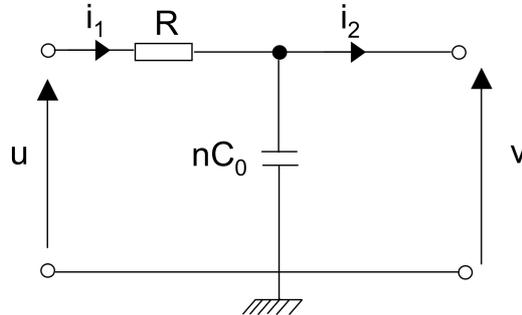


Figure 3

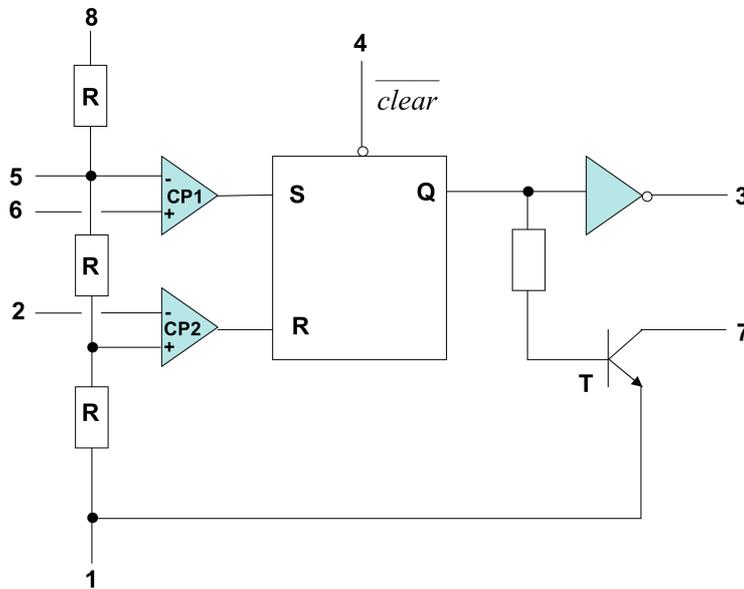
- Démontrer que le quadripôle obéit à une égalité matricielle du type $Y=A.X$ avec $Y = \begin{pmatrix} v \\ i_2 \end{pmatrix}$, $X = \begin{pmatrix} u \\ i_1 \end{pmatrix}$ et A une matrice carrée d'ordre 2 dont on exprimera **tous les coefficients a_{ij} en fonction des données de l'énoncé**.
 - Calculer $\det(A)$? En déduire l'expression du facteur d'amplification en tension $B(j\omega)$ de la cellule ? Tracer succinctement le diagramme de Bode du rapport d'amplification. On posera $\omega_0 = 1/nRC_0$
4. Considérant maintenant la juxtaposition des trois cellules RC (cf. figure 1), exprimer la matrice totale T du réseau sélectif. Quelle est la valeur de son déterminant ? Montrer que le coefficient t_{22} a pour expression :
- $$t_{22}(x) = 1 - 5x^2 + jx(6 - x^2) \quad \text{avec } x = nRC_0\omega$$
- Énoncer le critère d'oscillation. Déterminer la fréquence d'oscillation f_{OSC} ainsi que la valeur minimale du gain A_{MIN} de l'amplificateur large bande. Conclure.
 - Expliquer sans calcul quel doit être le déphasage à la fréquence de résonance ?
 - Donner la valeur numérique de f_{OSC} si $n=2$, $R_0=2 \text{ k}\Omega$ et $C_0=82 \text{ nF}$.
 - Expliquer le mécanisme de stabilisation de l'amplitude des oscillations ? Décrire en quelques lignes l'intérêt d'un montage utilisant une **commande automatique de gain** ?

EXERCICE II (10 points)

L'oscillateur contrôlé en tension (OCT) est un système électronique qui génère un signal dont la fréquence varie proportionnellement à la tension d'entrée. C'est un montage utilisé dans les boucles à verrouillage de phase où il permet de gérer la fréquence de sortie de la boucle de verrouillage, asservie avec la fréquence d'entrée. On retrouve également l'oscillateur contrôlé en tension en un ou plusieurs exemplaires dans les synthétiseurs analogiques. Pour cette application, la tension qui le contrôle dépend de la touche appuyée du clavier : la fréquence de l'oscillateur varie donc afin de générer les différentes hauteurs des notes de la gamme musicale.

Une manière simple de réaliser un OCT basse fréquence consiste en l'utilisation du **circuit intégré NE555** (cf. figure 1) créé en 1970 par H. R. Camenzind et commercialisé en 1971 par Signetics. Ce composant est toujours utilisé de nos jours en raison de sa facilité d'utilisation, son faible coût et sa stabilité. **Un milliard d'unités sont fabriquées par an.**

Le schéma de base du NE555 est reporté sur la figure 1. On y trouve : 3 résistances identiques $R = 5\text{ k}\Omega$, 2 comparateurs CP_1 (supérieur) et CP_2 (inférieur), une bascule bistable RS de type SET-RESET et un transistor (T) à collecteur ouvert.



CI NE555 en boîtier

Figure 1

1. Préciser les rôles des comparateurs CP_1 et CP_2 ? Exprimer les seuils de commutation V_{CP1} et V_{CP2} en fonction de V_{CC} .
2. En considérant le montage décrit sur la figure 2, discuter de l'état logique des variables R, S et Q suivant les valeurs prises par la tension $V_2(t)$ aux bornes du condensateur. Quelles sont les conséquences sur l'état du transistor (T) ainsi que sur le condensateur C. Quelle est la fonction réalisée ?
3. Ecrire sans les démontrer les équations décrivant la charge et la décharge du condensateur. En déduire les durées T_1 et T_2 des deux phases du fonctionnement. On donne $R_1 = 5\text{ k}\Omega$, $R_2 = 10\text{ k}\Omega$, $C = 2\text{ nF}$ et $V_{CC} = 10\text{ V}$

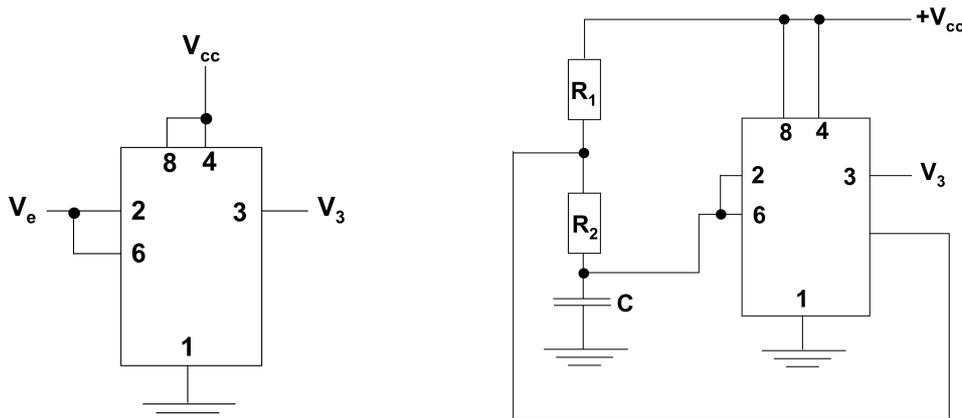


Figure 2

4. On suppose maintenant que la broche 5 est reliée à la masse à travers un dipôle comprenant une résistance $R_3 = 20\text{ k}\Omega$ en série avec un générateur de tension E réglable de -3 V à $+3\text{ V}$.
 - a. Exprimer les nouveaux seuils de commutation V_{CP1} et V_{CP2} en fonction de V_{CC} et E.

b. Montrer que la fréquence f est alors commandée par la tension E selon la relation :

$$f = \frac{1}{(R_1 + R_2)C \ln\left(\frac{10V_{cc} - E}{6V_{cc} - 2E}\right) + R_2C \ln(2)}$$

c. Représenter graphiquement la loi de commande $f(E)$. En déduire la pente de conversion tension-fréquence et la fréquence centrale de cet OCT.

Rappel : Table de vérité de la bascule RS (Q_{N+1} et Q_N représente une même variable mais à des instants différents)

S	R	Q_{n+1}
0	0	Q_n (Etat précédent)
1	0	1
0	1	0
1	1	X (Etat interdit)

