

Groupe :	
Nom :	Date : 15/05/2019
Prénom :	Heure : 13h30

N'oubliez pas de compléter le cadre ci-dessus et de joindre ce sujet à votre copie.

Exercice 1 - Montage à capacités commutées

Nous disposons du circuit de la Fig. 1 implémenté à l'aide de la technique des capacités commutées. L'amplificateur opérationnel est considéré comme idéal. Notez que l'entrée est bloquée sur les instants pairs. Ceci se traduit par $V_e(nT_e - 0.5T_e) = V_e(nT_e - T_e)$.

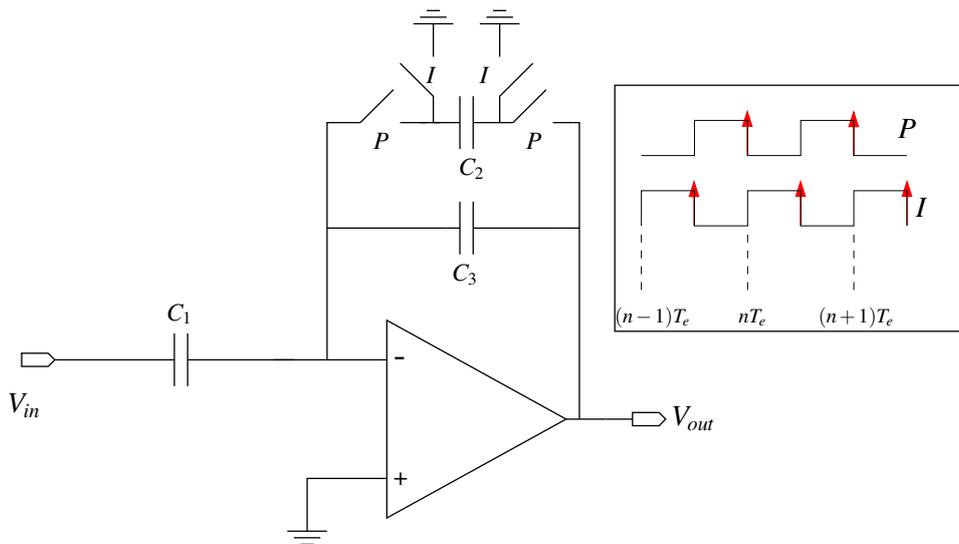


FIGURE 1 – Montage à capacités commutées

Question 1.1 Déterminer la fonction de transfert du circuit $H(z) = \frac{V_{out}(z)}{V_{in}(z)}$.

Réponse 1.1 $H(z) = -\frac{(1-z^{-1})C_1}{C_2+C_3-C_3z^{-1}}$

Question 1.2 Démontrer que la fonction de transfert dans le domaine fréquentiel peut s'exprimer sous la forme ci-dessous pour $C_1 = C_3$ et $\omega \ll \frac{1}{T_e}$. Déterminer l'expression de ω_c .

$$H(j\omega) = -\frac{j\frac{\omega}{\omega_c}}{1+j\frac{\omega}{\omega_c}}$$

Réponse 1.2 $\omega_c = \frac{C_2 T_e}{C_1}$

Question 1.3 Tracer le diagramme de Bode du module et de la phase de $H(j\omega)$. Quelle est la fonction réalisée par le circuit ?

Réponse 1.3 Filtre Passe haut

Exercice 2 - Impédances "vues" pour les montages amplificateurs

2.1 Rappels de définitions

Un quadripôle est un composant ou circuit électronique envisagé comme une boîte noire présentant deux ports électriques. On s'intéresse au courant et à la tension sur chacun des ports, avec les conventions figurées à la Fig. 2 et au Tab. 1 : les courants entrants dans le quadripôle au pôle positif de la tension sont notés positivement.

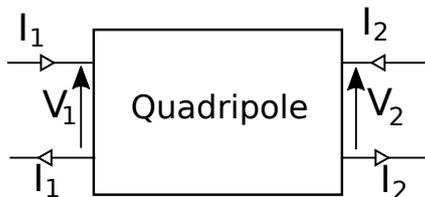


FIGURE 2 – Représentation générale d'un quadripôle

Grandeur physique	Entrée	Sortie
Courant	I_1 ou I_e	I_2 ou I_s
Tension	V_1 ou U_e	V_2 ou U_s

TABLE 1 – Désignation des grandeurs

2.2 Paramétrage d'un quadripôle linéaire

On représente les quadripôles sous forme de matrices reliant les courants et tensions, dont les termes dépendent éventuellement de la fréquence. Nous étudions ici le *paramétrage en impédances* défini par le schéma suivant (Fig. 3) :¹

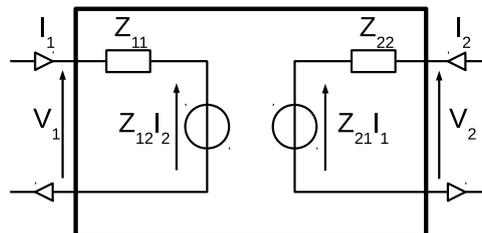


FIGURE 3 – Quadripôle Z paramétré en impédances

Question 2.1 Exprimer les tensions en fonction des courants sous la forme matricielle :

$$\begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \end{pmatrix} \quad (1)$$

1. Il existe d'autres paramétrages (en admittances et hybrides)

Réponse 2.1

$$\begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \end{pmatrix} \quad (2)$$

On appelle :

- Z_{11} l'impédance d'entrée du quadripôle ;
- Z_{12} l'impédance de transfert inverse du quadripôle ;
- Z_{21} l'impédance de transfert du quadripôle ;
- Z_{22} l'impédance de sortie du quadripôle.

Tous ces termes sont en ohms.

2.2.1 Impédance d'entrée et de sortie

Nous branchons le quadripôle précédent en l'intercalant entre un générateur de Thévenin et une charge Z_L comme indiqué sur le schéma suivant (Fig. 4) :

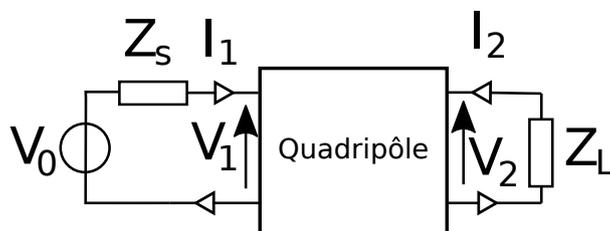


FIGURE 4 – Quadripôle intercalé entre une source et une charge

Question 2.2 Donner l'expression de l'impédance $Z_{L,eq}$ « vue » par le générateur, c'est à dire celle qui représente le quadripôle plus sa charge, comme indiqué à la Fig. 5. Pour cela, il sera utile d'exprimer I_2 en fonction de I_1 dans un premier lieu ; puis de développer l'expression de V_1 .²

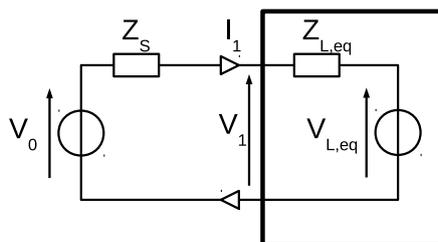


FIGURE 5 – Modèle de l'impédance d'entrée

Réponse 2.2

$$V_2 = -Z_L I_2 = Z_{21} I_1 + Z_{22} I_2 \rightarrow I_2 = -\frac{Z_{21}}{Z_L + Z_{22}} I_1 \quad (3)$$

$$V_1 = Z_{11} I_1 + Z_{12} I_2 = Z_{11} I_1 - \frac{Z_{21} Z_{12}}{Z_L + Z_{22}} I_1 \quad (4)$$

2. Veuillez noter que $V_{L,eq}$ est une source de tension abstraite pour se conformer au formalisme présenté en introduction de l'exercice. Dans notre cas précis, cette tension est en fait nulle.

$$V_1 = \left(Z_{11} - \frac{Z_{12}Z_{21}}{Z_L + Z_{22}} \right) I_1 = Z_{L,\text{eq}} I_1 \quad (5)$$

Question 2.3 Donner l'expression de l'impédance de sortie $Z_{O,\text{eq}}$ « vue » par la charge Z_L , c'est à dire celle qui représente la générateur et le quadripôle, comme indiqué à la Fig. 6. Donner aussi l'expression de la tension du générateur équivalent $V_{O,\text{eq}}$.

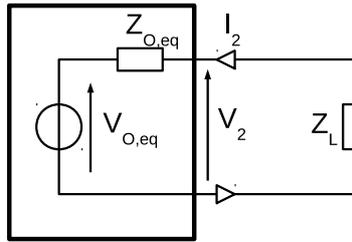


FIGURE 6 – Modèle de l'impédance de sortie

Réponse 2.3

$$V_2 = -Z_L I_2 = Z_{21} I_1 + Z_{22} I_2 \quad (6)$$

$$V_0 = (Z_S + Z_{11}) I_1 + Z_{12} I_2 \rightarrow I_1 = \frac{V_0 - Z_{12} I_2}{Z_S + Z_{11}} \quad (7)$$

$$V_2 = Z_{21} \frac{V_0 - Z_{12} I_2}{Z_S + Z_{11}} + Z_{22} I_2 \quad (8)$$

$$V_2 = \frac{Z_{21}}{Z_S + Z_{11}} V_0 + \left(Z_{22} - \frac{Z_{12} Z_{21}}{Z_S + Z_{11}} \right) I_2 \quad (9)$$

2.3 Application à montage amplificateur

On considère maintenant le montage amplificateur à base de transistor bipolaire NPN présenté à la Fig. 7. Nous allons appliquer le formalisme des quadripôles pour analyser ce circuit.

Question 2.4 Par quel terme technique désigne-t-on les condensateurs C de ce circuit électronique et quel est leur rôle? En déduire l'impact de la tension continue V_E sur le circuit.

Réponse 2.4 Condensateurs de découplage. Ils servent à "découpler" le signal d'entrée (variant) des tensions continues du circuit qui constituent le point de fonctionnement du circuit. La source de tension continue V_E n'a idéalement aucun impact sur le circuit puisque sa tension est bloquée par le condensateur de découplage et n'est pas transmise au noeud B.

Question 2.5 Étant donné, le schéma équivalent petit signal du transistor bipolaire NPN à la Fig. 8, dessiner le schéma équivalent petit signal du circuit entier.

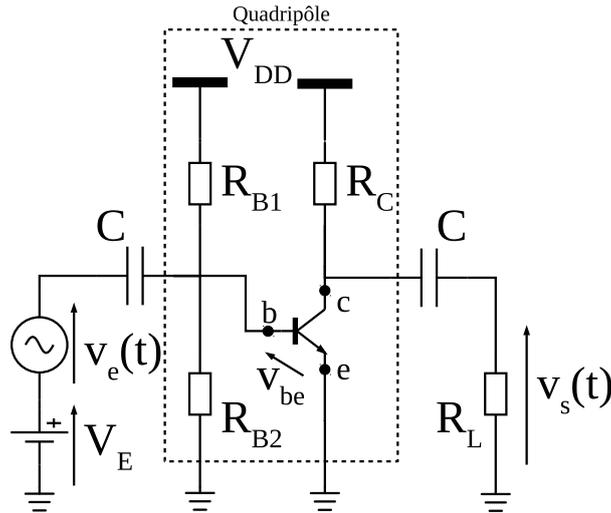


FIGURE 7 – Montage amplificateur

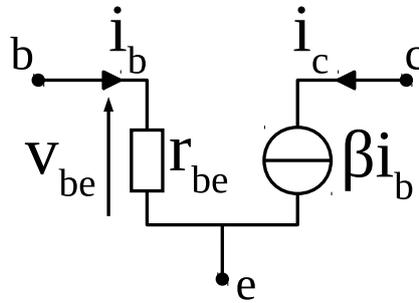


FIGURE 8 – Schéma équivalent petit signal du transistor bipolaire NPN

2.3.1 Impédance d'entrée du quadripôle amplificateur

Question 2.6 Donner la définition de l'impédance d'entrée $Z_{L,eq}$ vue par le générateur $v_e(t)$ en fonction de la notation que vous avez adoptée pour votre schéma précédent. Développer son expression en fonction de R_{B1} , R_{B2} , r_{be} et en négligeant l'effet des condensateurs.

Réponse 2.5

$$\frac{v_e}{i_e} = \frac{R_{B,eq} r_{be}}{R_{B,eq} + r_{be}} \quad (10)$$

2.3.2 Impédance de sortie du quadripôle amplificateur

Question 2.7 Toujours en négligeant l'effet des condensateurs, donner l'expression de $v_s(t)$ en fonction de $v_e(t)$ et i_s , le courant dans la charge R_L .

Réponse 2.6

$$v_s(t) = R_C i_c = R_C (i_s - \beta i_b) = R_C (i_s - \beta \frac{v_e}{r_{be}}) = R_C i_s - \frac{R_C \beta}{r_{be}} v_e \quad (11)$$

Question 2.8 En déduire l'impédance de sortie $Z_{O,eq}$ de ce montage amplificateur et la tension de son générateur interne équivalent $V_{O,eq}$.

Réponse 2.7 $Z_{O,eq} = R_C$

$$V_{O,eq} = -\frac{R_C \beta}{r_{be}} v_e$$