IOGS
ETI

ETI / 1A1S / Exam 1 / Partie B / CORRECTION

Année universitaire 2015-2016 - 5 novembre 2015
Durée conseillée : 1h00 - A rendre sur copies séparées

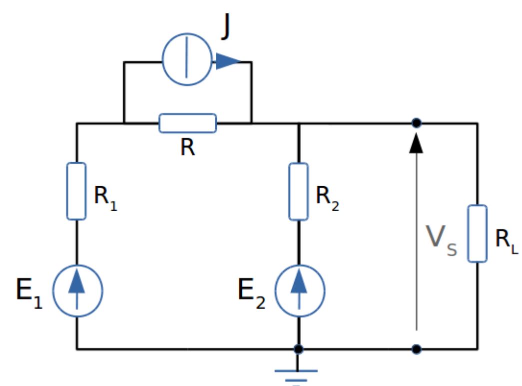
Calculatrice non autorisée. Fiche recto-verso autorisée. Tout autre document interdit.

Les 4 exercices sont indépendants.

1. Modèle de Thévenin *(2 points)*

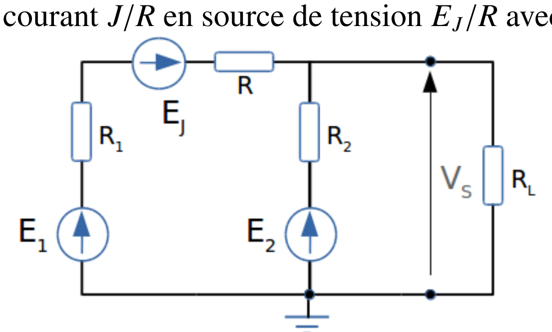
On considère le circuit ci-contre :

1 - Donner le modèle de Thévenin équivalent de ce circuit vu par la charge R_L.

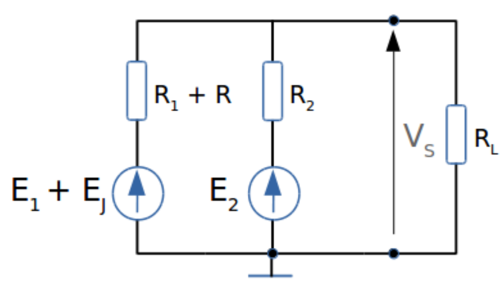


REPONSE

On transforme la source de courant J/R en source de tension E_J/R avec $E_J = R \cdot J$.



En réunissant les deux sources de tension de la première branche, on obtient alors le montage suivant à étudier :



REPONSE
La tension E_{th} cherchait est la contribution des sources $E_1 + E_J$ et E_2 (application du théorème de superposition).
On obtient alors :

$$E_{th} = (E_1 + E_J) \cdot \frac{R_2}{R_2 + R_1 + R} + E_2 \cdot \frac{R_1 + R}{R_1 + R_2 + R}$$

Pour R_{th}, l'impédance vue de la charge lorsque toutes les sources indépendantes sont déconnectées est :

$$R_{th} = R_2//(R_1 + R) = \frac{R_2 \cdot (R_1 + R)}{R_1 + R_2 + R}$$

2 - Calculer les éléments du modèle avec : $E_1 = 12\,\text{V}$, $E_2 = 6\,\text{V}$, $J = 10\,\text{mA}$, $R_1 = R_2 = 1\,\text{k}\Omega$, $R = 2\,\text{k}\Omega$ et $R_L = 1.75\,\text{k}\Omega$.

REPONSE

$$E_{th} = (12 + 20) \cdot \frac{1}{1 + 1 + 2} + 6 \cdot \frac{1 + 2}{1 + 1 + 2} = \frac{32}{4} + \frac{18}{4} = 12.5\,\text{V}$$

$$R_{th} = \frac{1k \cdot 3k}{4k} = 750\,\Omega$$

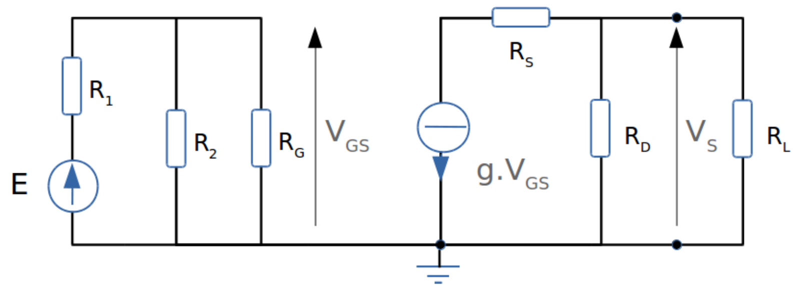
3 - Quel est le courant traversant R_L ?

REPONSE
On peut alors transformer tout le montage précédent par un modèle équivalent de Thévenin dont $E_{th} = 12.5$ V et $R_{th} = 750\,\Omega$.
On se retrouve avec un courant $I_L = E_{th}/(R_{th} + R_L)$.

$$I_L = \frac{12.5}{2.5k} = 5\,\text{mA}$$

2. Thévenin et point de fonctionnement *(4 points)*

On considère le circuit ci-dessous :



1 - Donner le modèle de Thévenin équivalent de ce circuit vu par la charge R_L.

REPONSE

Calcul de E_{th}

On déconnecte la charge et on calcule la tension V_S.

$$E_{th} = V_S = -g \cdot V_{GS} \cdot R_D$$

$$V_{GS} = E \cdot \frac{R_2//R_G}{R_1 + (R_2//R_G)}$$

avec $R_2//R_G = (R_2 \cdot R_G)/(R_2 + R_G)$

Calcul de R_{th}

On déconnecte toutes les sources indépendantes : ici E.

R_1, R_2 et R_G se retrouvent en parallèle sans aucune source. Il n'y a donc pas de courant qui passe dans cette partie du circuit. Ainsi $V_{GS} = 0\,\mathrm{V}$.

Ainsi, $R_{th} = R_D$, puisque $g \cdot V_{GS} = 0$

2 - Calculer les éléments du modèle avec : $E = 6\,\mathrm{V}$, $g = 10^{-2}\,\Omega^{-1}$, $R_1 = R_2 = R_G = 1\,\mathrm{k\Omega}$ et $R_D = R_S = 100\,\Omega$.

REPONSE

$R_2//R_G = (R_2 \cdot R_G)/(R_2 + R_G) = 500\,\Omega$

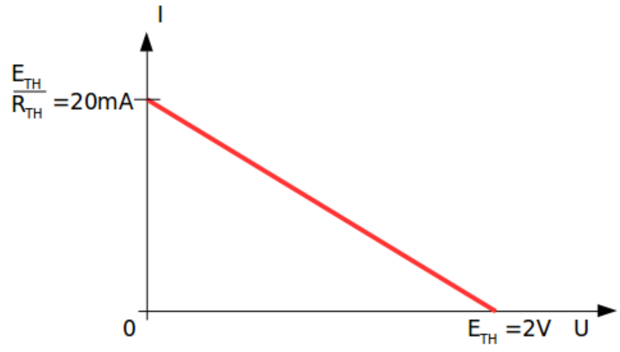
$$V_{GS} = 6 \cdot \frac{500}{1000 + 500} = 2\,\mathrm{V}$$

$$E_{th} = -10^{-2} \cdot 2 \cdot 100 = -2\,\mathrm{V}$$

Et $R_{th} = 100\,\Omega$.

3 - Tracer la droite de charge du système.

REPONSE
Cette droite passe par les points : $u = E_{th}$ lorsque $i = 0$ et $i = E_{th}/R_{th} = 20\,\text{mA}$ lorsque $u = 0$.
(Attention, le graphique est inversé. Il faut prendre I = -i)



4 - Que doit valoir R_L pour maximiser le transfert de puissance dissipée dans R_L ?

REPONSE
Calcul de la puissance R_L dans la charge R_L

$$P_L = R_L \cdot (I_L)^2$$

où $I_L = \frac{E_{th}}{R_{th}+R_L}$ est le courant passant dans la charge.

$$P_L = \frac{R_L}{R_L^2 + R_{th}^2 + 2 \cdot R_L \cdot R_{th}} \cdot (E_{th})^2$$

On cherche alors le maximum de cette fonction $P_L(R_L)$. On dérive par rapport à R_L et on cherche R_L tel que $\frac{dP_L}{dR_L} = 0$.

$$\frac{dP_L}{dR_L} = (1 - \frac{R_{th}^2}{R_L^2}) \cdot E_{th}^2$$

$$\frac{dP_L}{dR_L} = 0 \qquad \rightarrow \qquad R_L = R_{th}$$

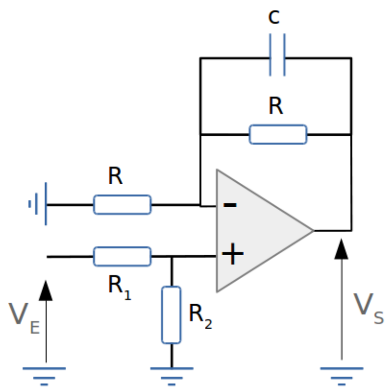
On a alors : $P_L = E_{th}/4 \cdot R_L$

5 - Quel est le point de fonctionnement du montage ?

REPONSE
Lorsque $R_L = R_{th}$, on a alors $V_S = E_{th}/2 = 1\,\text{V}$ et $I_L = V_S/R_L = 1/100 = 10\,\text{mA}$

3. Filtre et ALI *(3 points)*

On considère le circuit à amplificateur linéaire intégré ci-dessous :



1 - Quel est le mode de fonctionnement de l'ALI ?

REPONSE
Il y a une contre-réaction entre la sortie et la broche inverseuse de l'ALI. Il fonctionne donc en mode linéaire.
Ainsi $V^+ = V^-$ et $i^- = i^+ = 0$.

2 - Donner la fonction de transfert V_S/V_e de ce système.

REPONSE

$$V^+ = V_E \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$V^- = V_S \cdot \frac{R}{R + Z_{eq}}$$

avec $Z_{eq} = R//C = R/(1 + jRC\omega)$
On a alors :

$$V^- = V_S \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1 + jRC\omega}{1 + jR/2C\omega}$$

On a au final :

$$\frac{V_S}{V_E} = \frac{2 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \cdot \frac{1 + jR/2C\omega}{1 + jRC\omega}$$

3 - Tracer le diagramme de Bode asymptotique de ce système en prenant les valeurs suivantes : $R_1 = 1\,\text{k}\Omega$, $R_2 = 3.3\,\text{k}\Omega$, $R = 8.2\,\text{k}\Omega$ et $C = 10\,\text{nF}$.

REPONSE

On obtient deux fréquences distinctes :

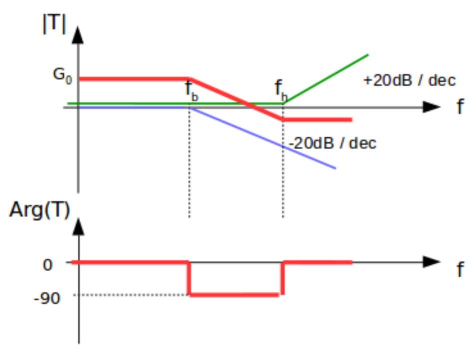
$$f_h = 2/(R \cdot C \cdot 2 \cdot \pi) = 3.88\,\text{kHz}$$

$$f_b = 1/(R \cdot C \cdot 2 \cdot \pi) = 1.94\,\text{kHz}$$

.

$$G_0 = 20log\left(\frac{2 \cdot R_2}{R_1 + R_2}\right) = 8.5\,\text{dB}$$

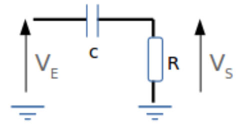
$$G_B = 20log\left(\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right) = -5.3\,\text{dB}$$



4. Filtre du premier ordre *(1 point)*

On veut réaliser un filtre passe-haut du second ordre à partir de deux filtres passe-haut du premier ordre.
1 - Donner le schéma d'un filtre passe-haut du premier ordre.

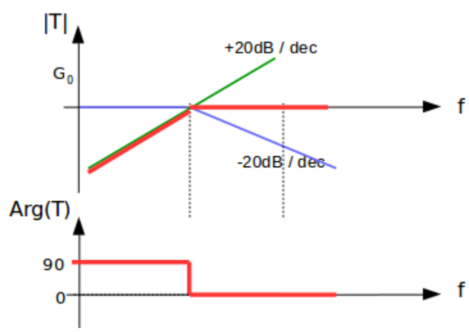
REPONSE



2 - Donner la fonction de transfert et tracer le diagramme de Bode de ce filtre.

REPONSE

$$H = \frac{V_S}{V_E} = \frac{jRC\omega}{1 + jRC\omega}$$



3 - Comment connecter deux montages identiques de ce type pour pouvoir additionner les effets sans modifier la fréquence de coupure ? Proposer un montage.

REPONSE
Une solution possible est d'introduire un montage suiveur entre les deux étages.