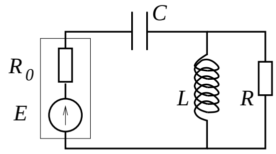
T.D. E : Électronique et Filtres

Exercice 1 Adaptation d'impédance

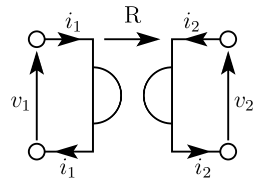
On dispose d'une source de tension sinusoïdale de pulsation ω, de f.é.m complexe (notée $\underline{E}_g$) et d'impédance interne complexe $\underline{Z}_g = \mathrm{R}_g + j\mathrm{X}_g$. Cette source alimente un dipôle passif $\underline{Z}_u = \mathrm{R}_u + j\mathrm{X}_u$ où R_u et X_u sont réglables.



1. Exprimer la puissance moyenne P_u absorbée par le dipôle.
2. Montrer que, pour que P_u soit maximale, il faut que $\underline{Z}_u$ soit le complexe conjugué de $\underline{Z}_g$.
3. **Application.** Dans le circuit ci-contre, alimenté par un générateur $(\mathrm{E}, \mathrm{R}_0)$ de pulsation ω, on désire transférer le maximum de puissance dans une charge de résistance R ($\mathrm{R} > \mathrm{R}_0$). On utilise L et C pour adapter l'impédance dans ce but. Déterminer L et C en fonction de R, R_0 et ω.
   Quel est l'intérêt de n'utiliser que des éléments réactifs (non-résistifs) pour adapter l'impédance ?

Exercice 2 Autour du gyrator

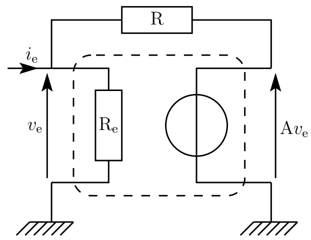
Un gyrator est un quadripôle électrique (introduit par B. D. H. Tellegen en 1948) vérifiant les relations $v_2 = \mathrm{R}i_1$ et $v_1 = -\mathrm{R}i_2$. Son symbole est représenté ci-contre.



1. À quoi le paramètre R du gyrator est-il homogène ? Le gyrator est-il dissipatif ?
2. On met deux gyrators de paramètres R_1 et R_2 en cascade. Montrer que l'on obtient alors un système équivalent à un transformateur dont on déterminera le rapport de transformation m.
3. Quelle est l'impédance d'entrée Z_e d'un gyrator dont la sortie est chargée par un dipôle d'impédance Z ? En particulier, qu'obtient-on si Z est l'impédance d'un condensateur ? Faire l'application numérique pour $\mathrm{R} = 4{,}7\ \mathrm{k}\Omega$ et $\mathrm{C} = 220\ \mathrm{nF}$. Commenter, sachant qu'on peut fabriquer des gyrators avec des transistors ou des amplificateurs opérationnels.

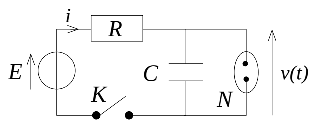
Exercice 3 Résistance négative

On considère un amplificateur de gain A, de résistance d'entrée R_e et de résistance de sortie nulle (bloc en pointillés). On impose une rétro-action (feedback) à cet amplificateur grâce à la résistance R_1.



1. Montrer que ce système peut se comporter, vu de l'entrée, comme une résistance négative, i.e. que $i_\mathrm{e}/v_\mathrm{e} = -1/\mathrm{R}' < 0$.
2. On considère un circuit formé d'une unique maille contenant une résistance négative $-\mathrm{R}'$, un condensateur de capacité C et une bobine d'inductance L et de résistance r. Montrer que ce système peut être le siège d'oscillations sinusoïdales pourvu que R' satisfasse une condition que l'on déterminera.

Exercice 4 Oscillations de relaxation d'un néon



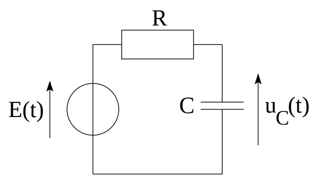
Une ampoule au néon N est un tube à décharge ; elle ne s'allume que si la tension entre ses bornes atteint la valeur V_a dite potentiel d'allumage. Elle reste allumée tant que la tension aux bornes est supérieure à V_e appelé potentiel d'extinction. On suppose $0 < \mathrm{V}_e < \mathrm{V}_a$.

La lampe éteinte équivaut à une résistance infinie ; la lampe allumée équivaut à une résistance très faible prise ici nulle. L'effet capacitif est modélisé par un condensateur placé en parallèle (voir figure ci-contre) ; les effets inductifs sont négligés.

On alimente la lampe à néon à l'aide d'un générateur de tension continue de fém $\mathrm{E} > \mathrm{V}_a$. On ferme l'interrupteur à $t = 0$ alors que le condensateur est déchargé. Décrire l'évolution de $v(t)$.

Exercice 5 Circuit RC soumis à un créneau puis une impulsion

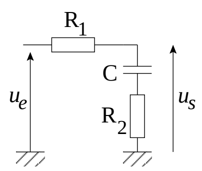
Un GBF est branché aux bornes d'un circuit RC série. Dans toutes les questions, le condensateur est initialement déchargé. On posera $\tau = \mathrm{RC}$.



1. À $t = 0$, le GBF délivre un échelon de tension d'amplitude E, soit $e_1(t) = \mathrm{E}\,u(t)$ où $u(t)$ est l'échelon unité : $u(t < 0) = 0$ et $u(t > 0) = 1$. Déterminer la réponse $u_{\mathrm{C}1}(t)$ du circuit.
2. Le même circuit RC est soumis cette fois à un unique créneau $e_2(t)$, commençant à $t = 0$, de durée t_0 et d'amplitude E. Déterminer la réponse $u_{\mathrm{C}2}(t)$ du circuit.
3. Le circuit est finalement soumis à une impulsion $e_3(t) = \mathrm{E}t_u\,\delta(t)$ où t_u est l'unité de temps et $\delta(t)$ l'impulsion de Dirac à $t = 0$. L'impulsion $e_3(t)$ est réalisée en faisant tendre vers zéro la durée t_0 d'un créneau d'amplitude $\mathrm{E}\dfrac{t_u}{t_0}$. Déterminer la réponse $u_{\mathrm{C}3}(t)$ du circuit.
4. Vérifier que $u_{\mathrm{C}3}(t) = t_u \dfrac{\mathrm{d}u_{\mathrm{C}1}(t)}{\mathrm{d}t}$. Pourquoi en est-il ainsi ?
5. Calculer la transformée de Fourier de la réponses impulsionnelle $u_{\mathrm{C}3}(t)$. À quoi est-elle proportionnelle ?

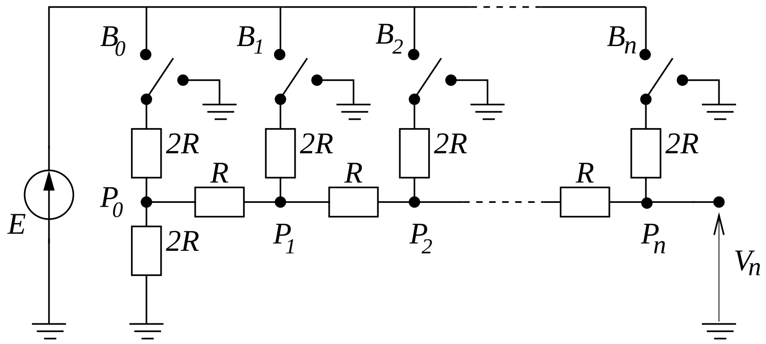
Exercice 6 Filtre correcteur

On s'intéresse au circuit représenté.



1. Déterminer la fonction de transfert de ce filtre.
2. Tracer le diagramme asymptotique de Bode. Préciser les expressions du gain (en dB) et du déphasage permettant de tracer les courbes réelles du diagramme.
3. Quel peut être l'intérêt d'un tel filtre ?

Exercice 7 Réseau échelle R/2R



On considère le montage ci-dessus et l'on cherche à calculer, selon la position des commutateurs B_j, la valeur de la tension V_n au point P_n. La sortie V_n est à vide (i.e. ne débite pas de courant).

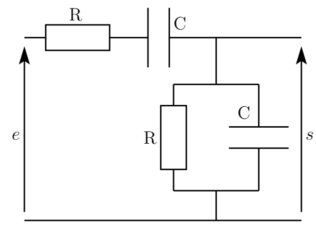
Les commutateurs peuvent, indépendamment les uns des autres, relier les résistances 2R, dont ils représentent les extrémités, au potentiel de valeur $(b_j.E)$.

b_j est un coefficient qui vaut 0 ou 1, selon le cas :

- $b_j = 0$ lorsque le commutateur B_j est à la masse,
- $b_j = 0$ lorsque le commutateur B_j est au potentiel fixe E.

1. Relier la tension V_0 au courant i_0 circulant de P_0 vers P_1, dans la résistance R située entre ces deux points. Montrer que l'interrupteur et les deux résistances 2R les plus à gauche peuvent être remplacés par un générateur équivalent, dont on donnera la force électro-motrice et la résistance interne. Dessiner le nouveau schéma équivalent.
2. En déduire une méthode pour calculer la tension V_n, que l'on exprimera en fonction de E et des b_j. Comment appelle-t-on un tel montage ?

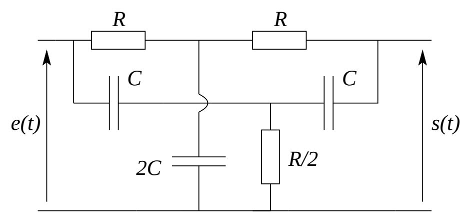
Exercice 8 Filtre à pont de Wien



On considère le filtre à pont de Wien constitué de deux résistors de résistance R = 50 kΩ et de deux condensateurs de capacité C = 3,2 nF. Le filtre fonctionne à vide.

1. Quel sont les comportements asymptotiques de ce filtre ?
2. Calculer la fonction de transfert H de ce filtre. Retrouve-t-on les comportements asymptotiques obtenus précédemment ?
3. Mettre la fonction de transfert sous forme canonique. Déterminer puis calculer la fréquence centrale f_0, les fréquences de coupure à -3 dB et le facteur de qualité.
4. Tracer le diagramme de Bode asymptotique.
5. On envoie en entrée e du filtre un signal créneau alternant entre les valeurs 0 et 10 V à la fréquence $f = 50$ kHz. Que vaut alors la sortie s en régime établi ?

Exercice 9 Étude d'un filtre coupe-bande



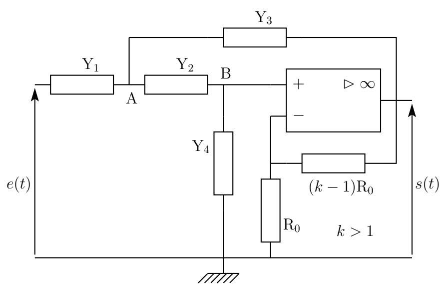
On réalise le circuit ci-contre avec les valeurs de composants R = 50 kΩ et C = 3,2 nF. La sortie sera supposée sans charge.

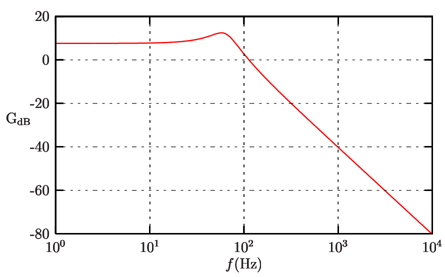
1. Vérifier que la fonction de transfert du filtre est

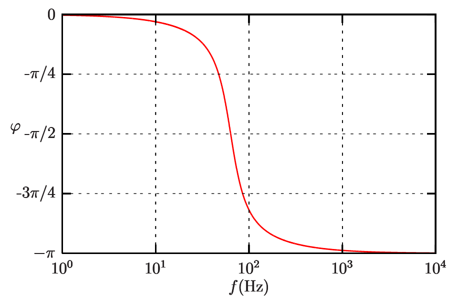
$$\underline{H}(j\omega) = \frac{1}{1 + \dfrac{4j\mathrm{RC}\omega}{1 - \mathrm{R}^2\mathrm{C}^2\omega^2}}$$

2. Étudier sans calcul le comportement du circuit en HF et en BF et vérifier que le résultat est en accord avec la question précédente.
3. Justifier le nom de filtre réjecteur de bande (ou coupe bande). Donner les pulsations de coupure à -3 dB de ce filtre.
4. Tracer le diagramme asymptotique de Bode.
5. Donner les signaux en sortie quand on applique à l'entrée de ce filtre les signaux suivants :
   a. $u_1(t) = 2\sin(2\pi f t)$ avec $f = 1000$ Hz ;
   b. $u_2(t) = 4$ V si $n\mathrm{T} < t < (n+1/2)\mathrm{T}$ avec $n \in \mathbb{Z}$ et T = 1 ms, et $u_2(t) = 0$ V sinon.

Exercice 10 Analyse harmonique d'un filtre de Sallen-Key







L'examen de la maquette d'un circuit permet de relever le schéma représenté. Ce circuit est réalisé à l'aide d'un amplificateur opérationnel et d'admittances $\underline{Y}_k$ constituées soit d'une résistance, soit d'un condensateur. Toutes les résistances ont la même valeur $R = 10$ kΩ mais la valeur C des deux capacités n'est pas indiquée. Le montage contient de plus une résistance $R_0 = 1$ kΩ et un potentiomètre de résistance notée $(k-1)R_0$.

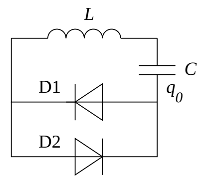
Pour identifier la fonction de transfert du circuit et déterminer la valeur des capacités, on procède à une analyse harmonique dont le résultat est donné sous la forme d'un diagramme de Bode.

1. Quelle est la fonction réalisée par ce circuit ? Quel est son ordre, quelle est son amplification statique K, quelle est sa fréquence propre f_0 et, enfin, quel est son facteur de qualité Q ? On écrira la forme de sa fonction de transfert en utilisant les paramètres $\omega_0 = 2\pi f_0$, Q et K.
2. Le calcul de la fonction de transfert donne

$$H = -\frac{Y_1 Y_2}{Y_2 Y_3 - \frac{1}{k}\left[Y_2 Y_4 + (Y_1 + Y_3)(Y_2 + Y_4)\right]}$$

   En déduire la nature de chaque composant de chacune des admittances Y_k, puis déterminer les valeurs des capacités utilisées.
3. On change la valeur de k en tournant la vis du potentiomètre. On observe soit une disparition du maximum de G_{dB} soit une instabilité du filtre. Expliquer ces phénomènes.

Exercice 11 Oscillations amorties avec diodes



À l'instant initial, la capacité porte une charge q_0. Les deux diodes possèdent une caractéristique idéale avec seuil U_s et sans résistance dynamique.

1. Quelle sera, selon la valeur de q_0, l'évolution de q et de i au cours du temps ? Donner l'allure de $q(t)$ et $i(t)$.
2. Que se passe-t-il qualitativement ?

Quelques indications ou solutions…

Exercice 1

Revoyez votre cours de MPSI sur la puissance… On trouve $L = \frac{R}{\omega}\sqrt{\frac{R_0}{R - R_0}}$ *et* $C = \frac{1}{\omega\sqrt{R_0(R - R_0)}}$.

Exercice 2

1. Que vaut la puissance instantanée totale ?

Exercice 3

Pas d'indication

Exercice 4

On montrera qu'après un régime transitoire, on observe un régime périodique constitué d'une succession de charges et de décharges du condensateur. La période de ce régime est alors $T = RC \ln\left(\frac{E - V_e}{E - V_a}\right)$.

Exercice 5

Afin de limiter les calculs, penser à utiliser les relations $e_2(t) = E\left[u(t) - u(t - t_0)\right]$ *et* $e_3(t) = E t_u \lim\limits_{t_0 \to 0^+}\left[\frac{u(t) - u(t - t_0)}{t_0}\right]$.

Exercice 6

Pas d'indication.

Exercice 7

Il faut récurrer !

Exercice 8

Pas d'indication

Exercice 9

Pour l'établissement de la fonction de transfert, bien penser au fait que la sortie est sans charge…

Exercice 10

$f_0 = 64$ Hz, $K = 2{,}4$, $Q = 1{,}7$, $C = 250$ nF.

Exercice 11

Étudier l'état initial des diodes puis faire les calculs avec les schémas équivalents suivant leur état.