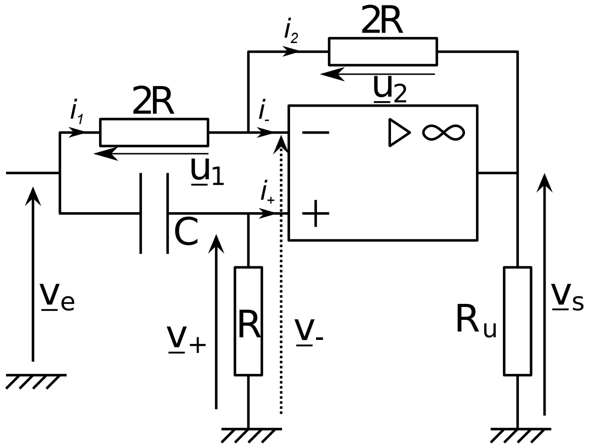
Partie I : Électronique
Chapitre 1 – ALI

Correction – DM 2 – Filtrage / Amplificateur Linéaire Intégré

I Étude d'un filtre actif



Première étape : on note les tensions et courants pertinents sur le schéma.

1. ⋆ L'ALI fonctionne en régime linéaire (d'après l'énoncé). On utilise le modèle idéal. De ces deux faits on en déduit que l'on a $\underline{v}_+ = \underline{v}_-$ et $\underline{i}_+ = \underline{i}_- = 0$.

⋆ Exprimons $\underline{v}_+$:

Un diviseur de tension sur R (possible car $\underline{i}_+ = 0$) donne directement $\underline{v}_+ = \underline{v}_e \times \dfrac{R}{R + \frac{1}{\mathrm{j}C\omega}} = \underline{v}_e \times \dfrac{\mathrm{j}RC\omega}{1 + \mathrm{j}RC\omega}$.

⋆ Exprimons $\underline{v}_-$:
On utilise la loi des nœuds exprimés en terme de potentiels :

$$\begin{aligned} \underline{i}_1 &= \underline{i}_2 \\ \Leftrightarrow \quad \frac{\underline{u}_1}{2R} &= \frac{\underline{u}_2}{2R} \\ \Leftrightarrow \quad \frac{\underline{v}_e - \underline{v}_-}{2R} &= \frac{\underline{v}_- - \underline{v}_s}{2R} \\ \Leftrightarrow \quad \underline{v}_- &= \frac{\underline{v}_e + \underline{v}_s}{2} \end{aligned}$$

⋆ Puis on injecte dans la relation $\underline{v}_+ = \underline{v}_-$:

On a donc $\underline{v}_e \times \dfrac{\mathrm{j}RC\omega}{1 + \mathrm{j}RC\omega} = \dfrac{\underline{v}_e + \underline{v}_s}{2}$.

Après quelques manipulations, on arrive à $\boxed{\underline{H}(\mathrm{j}\omega) = \dfrac{\underline{v}_s}{\underline{v}_e} = -\dfrac{1 - \mathrm{j}RC\omega}{1 + \mathrm{j}RC\omega}.}$

2. ⋆ $|\underline{H}| = |-1|\dfrac{|1 - \mathrm{j}RC\omega|}{|1 + \mathrm{j}RC\omega|}$. Or le module du complexe $\underline{z}$ et de son conjugué sont les mêmes, donc on a $\boxed{|\underline{H}| = 1.}$

⋆

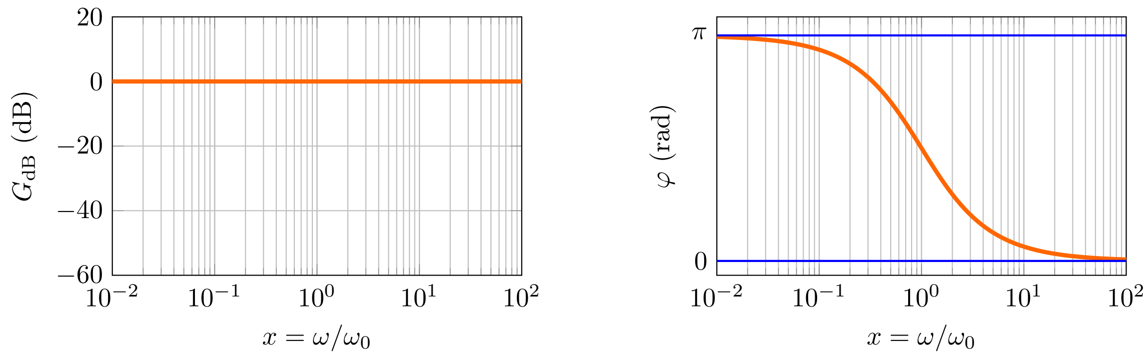
$$\begin{aligned} \arg(\underline{H}) &= \arg(-1) + \arg(1 - \mathrm{j}RC\omega) - \arg(1 + \mathrm{j}RC\omega) \\ \arg(\underline{H}) &= \pi + \arctan\left(\frac{-RC\omega}{1}\right) - \arctan\left(\frac{RC\omega}{1}\right) \\ &\boxed{\arg(\underline{H}) = \pi - 2\arctan\left(RC\omega\right).} \end{aligned}$$

On a pu utiliser la formule avec l'arctangente car à chaque fois la partie réelle du complexe est strictement positive. Il ne fallait pas non plus oublier le -1 devant la fraction, dont l'argument est π (réel négatif).

3. ⋆ Basses fréquences : $\underline{H} \sim -1$, dont l'argument est π.

⋆ Hautes fréquences : $\underline{H} \sim 1$, dont l'argument est 0.

⋆ On a l'allure suivante :



4. $\boxed{\omega_0 = 7.7 \times 10^3 \text{ rad/s}}$ (deux chiffres significatifs, comme pour la donnée qui en a le moins (R ici)).

II Comparateur à hystérésis décentré (facultatif)

1 - ⋆ Rétroaction unique sur la patte + : le fonctionnement est en régime saturé. La sortie s ne peut prendre que les valeurs $+V_{\mathrm{sat}}$ et $-V_{\mathrm{sat}}$.

⋆ Faire le schéma sur votre copie, annoter avec flèches de tensions et courants si besoin.

⋆ Exprimons v_+ et v_-.

On a $v_- = E_0$.

Pour v_+, un diviseur de tension indique que

$$v_+ - e = (s-e)\frac{R}{R+2R} = \frac{s-e}{3}.$$

On a donc $v_+ = \dfrac{s}{3} + \dfrac{2e}{3}$.

⋆ Étape 1 : on suppose que $s = +V_{\mathrm{sat}}$.
Ceci est possible si et seulement

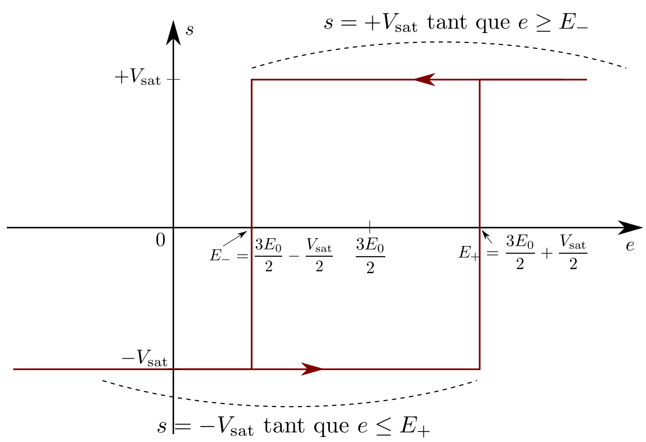
$$\begin{aligned} v_+ \geq v_- \quad &\Leftrightarrow \quad \frac{s}{3} + \frac{2e}{3} \geq E_0 \\ &\Leftrightarrow \quad \frac{V_{\mathrm{sat}}}{3} + \frac{2e}{3} \geq E_0 \\ &\Leftrightarrow \quad e \geq \frac{3E_0 - V_{\mathrm{sat}}}{2}. \end{aligned}$$

⋆ Étape 2 : on suppose que $s = -V_{\mathrm{sat}}$.
Ceci est possible si et seulement

$$\begin{aligned} v_+ \leq v_- \quad &\Leftrightarrow \quad \frac{s}{3} + \frac{2e}{3} \leq E_0 \\ &\Leftrightarrow \quad \frac{-V_{\mathrm{sat}}}{3} + \frac{2e}{3} \leq E_0 \\ &\Leftrightarrow \quad e \leq \frac{3E_0 + V_{\mathrm{sat}}}{2}. \end{aligned}$$

⋆ On peut tracer la caractéristique s-e.

On définit pour cela les tensions de basculement
$E_- = \dfrac{3E_0 - V_{\mathrm{sat}}}{2}$ et $E_+ = \dfrac{3E_0 + V_{\mathrm{sat}}}{2}$.



2 - La tension continue E_0 permet ainsi de décentrer la caractéristique, et d'avoir des tensions de basculement E_- et E_+ qui ne sont pas centrées sur 0 mais sur $\dfrac{3E_0}{2}$.