Étude d'un filtre passe bas du second ordre

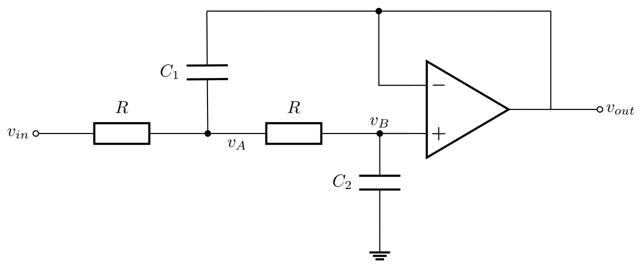
Objectif :

- Identifier les paramètres et comprendre l'utilisation des relations pour un filtre du second ordre (fréquence propre f_0 et facteur d'amortissement m), afin de prévoir et vérifier les valeurs particulières du diagramme de Bode du gain pour une cellule de Sallen-Key passe-bas.

Préparation : Obligatoire.
Compte rendu papier : À remettre à la fin de la séance de TP.

1 Préparation (5 points)

On étudie le montage suivant :



1. Montrer que :
$$v_A = \frac{v_{out}(1 + jRC_1\omega) + v_{in}}{2 + jRC_1\omega}$$
2. Montrer que :
$$v_{out} = \frac{v_A}{1 + jRC_2\omega}$$
3. À l'aide des expressions précédentes montrer que la fonction de transfert $H(j\omega)$ du montage est :
$$H(j\omega) = \frac{1}{1 + 2RC_2 j\omega + R^2 C_1 C_2 (j\omega)^2}$$
4. La fonction de transfert canonique (normalisée) d'un filtre passe bas du second ordre est :
$$H(j\omega) = \frac{1}{1 + 2m\frac{j\omega}{\omega_0} + \left(\frac{j\omega}{\omega_0}\right)^2}$$
avec m le facteur d'amortissement et ω_0 la pulsation propre. Par identification, exprimer m et ω_0 en fonction de R, C_1 et C_2.

On souhaite fixer la valeur de ω_0 à 10^4 $rad.s^{-1}$. Les valeurs des composants mis à disposition sont les suivantes :
Pour R : 1,8 kΩ 2,2 kΩ 22 kΩ
Pour C_1 et C_2 : 1 nF 22 nF 33 nF 47 nF 68 nF

5. Trouver les valeurs de R, C_1 et C_2 qui permettent de régler au plus près les valeurs du tableau suivant, puis compléter celui-ci.

Valeurs souhaitées			Valeurs normalisées			Valeurs exactes		
ω_0 (rad.s^{-1})	f_0 (Hz)	m	R $(k\Omega)$	C_1 (nF)	C_2 (nF)	ω_0 (rad.s^{-1})	f_0 (Hz)	m
10^4		0,2						
		0,7						
		1,2						

Conception : A. Arciniegas - R. Presa

2 Manipulations (15 points)

Une maquette de manipulation correspondant au montage étudié est mise à disposition. Sur cette maquette, il est possible, à l'aide de cavaliers, de régler les différentes valeurs de R, C_1 et C_2. Ainsi, à l'aide des cavaliers et de votre préparation théorique, sélectionner les composants permettant d'obtenir $\mathbf{m} = \mathbf{0{,}2}$. En complément d'informations, les expressions théoriques pour la réponse fréquentielle d'un système du second ordre sont données en annexe.

1. Mesurer expérimentalement la fréquence propre f_0. Préciser la méthode de mesure. Comparer la valeur mesurée de f_0 avec celle prédéterminée dans la préparation.
2. Mesurer avec précision le gain maximum G_{max} et la fréquence f_r correspondante.
3. Tracer le diagramme de Bode du gain sur une feuille de papier semi-log. Effectuer une quinzaine de mesures dont en particulier les points correspondant à f = $f_0/10$, f_0, $10f_0$, $20f_0$, $100f_0$ et f_r.
4. Mesurer également avec précision la fréquence de coupure à -3 dB (f_c). Préciser la méthode de mesure.
5. Proposer une méthode pour déterminer le plus précisément possible le facteur d'amortissement m. Comparer la valeur obtenue de m avec celle prédéterminée dans la préparation.

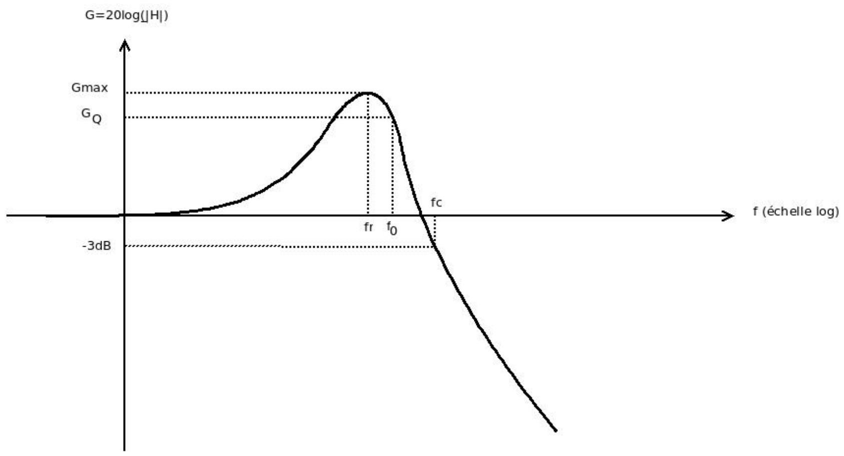
Reprendre l'ensemble des questions précédentes pour $\mathbf{m} = \mathbf{0{,}7}$ et $\mathbf{m} = \mathbf{1{,}2}$. Tracer les diagrammes de Bode sur la feuille de papier semi-log utilisée pour m = 0,2.

Annexe : Réponse fréquentielle d'un système du second ordre

Fonction de transfert :

$$H(j\omega) = \frac{1}{1 + 2m\frac{jf}{f_0} + \left(\frac{jf}{f_0}\right)^2}$$

Allure de la courbe de gain avec $m < \frac{\sqrt{2}}{2}$



Paramètre	Expression théorique
Fréquence de résonance (f_r)	$f_0\sqrt{1-2m^2}$
G_{max}	$-20log_{10}\left(2m\sqrt{1-2m^2}\right)$
G_Q	$20log_{10}\left(\frac{1}{2m}\right)$
Fréquence de coupure à -3 dB (f_c)	$f_0\sqrt{1-2m^2+\sqrt{1+\left(1-2m^2\right)^2}}$