

EXAMEN : Fondements en électronique analogique

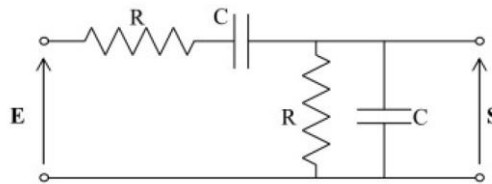
Durée/ Duration : 2 heures / 2 hours.

Les documents sont interdits / All documents are forbidden.

Les calculs pour obtenir le résultat doivent être précisés dans la copie d'examen / The calculations to obtain the results must be clearly specified in the copy of examination.

Problème 1

On a le montage suivant avec $R = 1\text{k}\Omega$ et $C = 1\mu\text{F}$:



- a) Montrez que la fonction de transfert $H(\omega)$ peut s'écrire :

$$H(\omega) = \frac{S}{E} = \frac{A_0}{1 + jQ \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right)}$$

$$H(\omega) = \frac{S}{E} = \frac{R // Z_C}{R + Z_C + R // Z_C} = \dots = \frac{(1/3)}{1 + j(1/3) \left(\frac{\omega}{(1/RC)} - \frac{(1/RC)}{\omega} \right)}$$

- b) Calculez les valeurs de A_0 , Q et ω_0 .

$$A_0 = 1/3, \quad Q = 1/3, \quad \omega_0 = \frac{1}{RC} = \frac{1}{1\text{k}\Omega \cdot 1\mu\text{F}} = 1000 \text{ rad/s}$$

- c) A quelle fréquence le signal de sortie est en phase avec le signal d'entrée ?

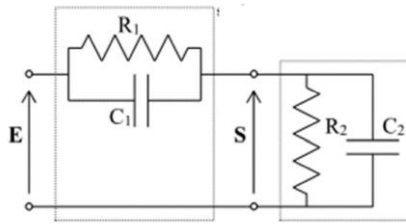
$$\text{when } \frac{\omega}{(1/RC)} - \frac{(1/RC)}{\omega} = 0 \Rightarrow \omega = \frac{1}{RC},$$

- d) Quelle est la valeur du gain en tension lorsque le signal de sortie est en phase avec le signal d'entrée ?

$$\text{when } \omega = \frac{1}{RC} \Rightarrow H(\omega) = A_0 = \frac{1}{3} \Rightarrow \text{Gain} = \frac{1}{3}$$

Problème 2

On a le montage suivant avec $R_2 = 1\text{M}\Omega$ et $C_2 = 20\text{ pF}$.



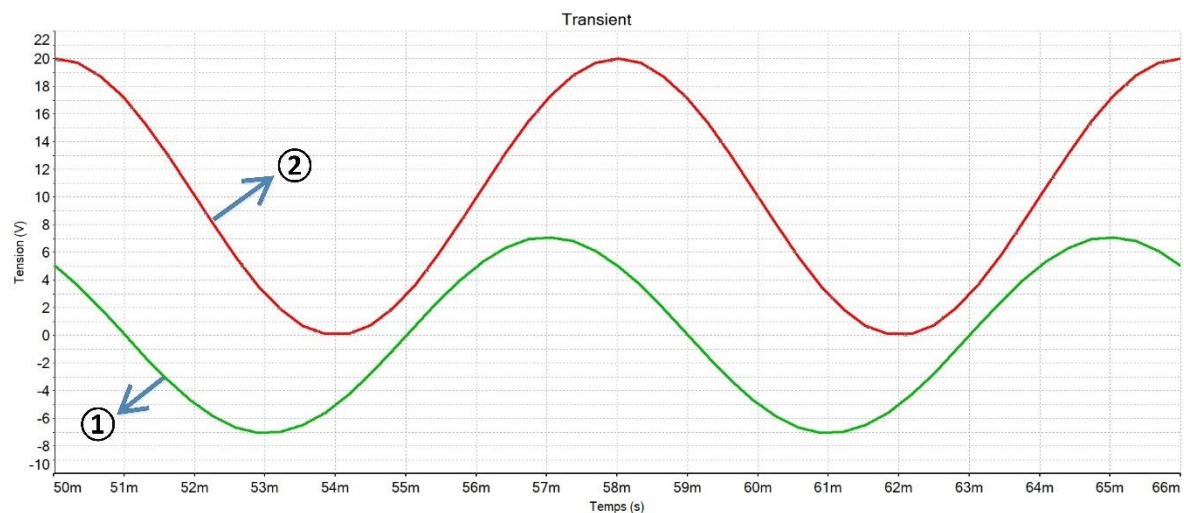
Calculez C_1 et R_1 pour que le signal d'entrée soit atténué de 20dB et sans déphasage.

$$R_1 = 9 \text{ M}\Omega$$

$$C_1 = \frac{20}{9} = 2.22 \text{ pF}$$

Problème 3

Les courbes 1 et 2 ci-dessous représentent la mesure à l'entrée et à la sortie d'un filtre RL avec $R = 1 \text{ K}\Omega$. Le circuit est en régime stationnaire. On considère que la phase initiale du signal d'entrée est égale à 0.



a) Déterminer quel signal correspond à l'entrée et quel signal correspond à la sortie de ce filtre ?

② is input signal, and ① is output signal

b) Ecrire les expressions mathématiques du signal d'entrée et du signal de sortie

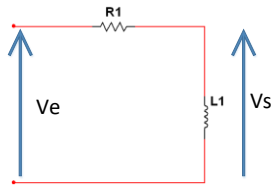
input signal $V_e = 10 + 10 \sin 125t \text{ V}$

output signal $V_s = 10 \sin(125t + \frac{\pi}{4}) \text{ V}$

c) S'agit-il d'un filtre passe-haut ou d'un filtre passe-bas? Pourquoi ?

This is a Highpass filter, because DC has been filtered.

d) Dessiner le circuit et donner la fonction de transfert.



$$H(j\omega) = \frac{j\omega L}{R + j\omega L} = \frac{j\omega/w_c}{1 + j\omega/w_c}$$

$$w_c = R/L$$

e) Calculer la valeur L de la bobine

$$f = 8\text{ms}, R = 1\text{K}\Omega$$

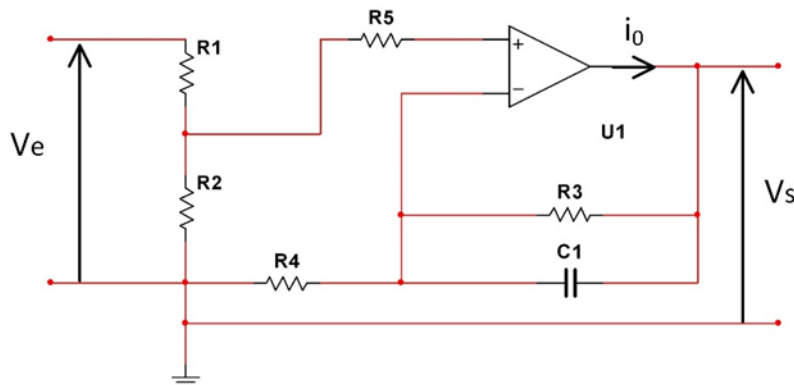
$$w_c = R/L = 2\pi f$$

$$L = R/2\pi f$$

$$L = 1.273\text{H}$$

Problème 4

On donne le circuit ci-dessous. L'amplificateur opérationnel est idéal. Le circuit est en régime stationnaire. $R1 = 10\text{K}\Omega$, $R2 = 90\text{K}\Omega$, $R3 = 100\text{K}\Omega$, $R4 = 50\text{K}\Omega$, $R5 = 50\text{k}\Omega$, $C1 = 10\text{nF}$.



a) Donner l'expression mathématique de la fonction de transfert $H(j\omega)$

because no current passing through $R5$, so

$$V^+ = \frac{R2}{R1 + R2} V_e$$

$$V^- = \frac{R4}{R4 + R3 // Z_{C1}} V_s$$

$$V^+ = V^- \Rightarrow H(j\omega) = \frac{V_s}{V_e} = \frac{R2}{R1 + R2} \frac{R4 + R3 // Z_{C1}}{R4} = \frac{R2}{R1 + R2} \left(1 + \frac{R3}{R4} \frac{1}{1 + j\omega/w_c} \right)$$

$$\text{Where, } w_c = \frac{1}{R3 C1}$$

b) On prend $V_e = 1\text{V}$. Trouver la valeur i_0

$$\text{because } V_e = 1\text{V} \Rightarrow w = 0 \Rightarrow V_s = V_e \frac{R2}{R1 + R2} \left(1 + \frac{R3}{R4} \right) = 1\text{V} \cdot \frac{90\text{K}}{10\text{K} + 90\text{K}} \left(1 + \frac{100\text{K}}{50\text{K}} \right) = 2.7\text{V}$$

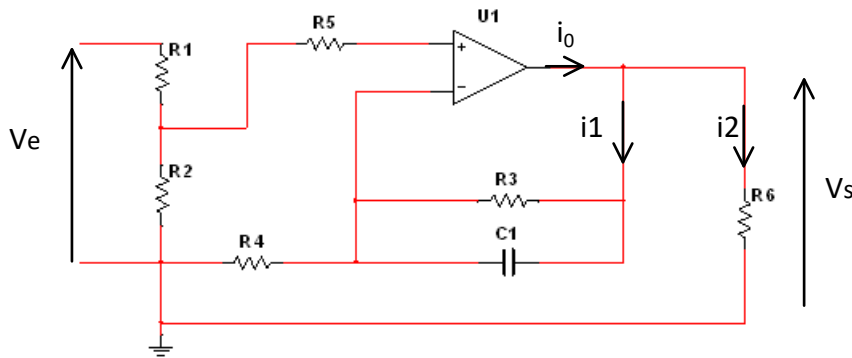
$$i_0 = \frac{V_s}{R_3 + R_4} = \frac{2.7V}{100K + 50K} = 18\mu A$$

On connecte maintenant une résistance de charge $R_6=10k\Omega$ à la sortie de l'amplificateur.

c) On prend $V_e=1V$. Trouver i_0

new circuit with the load is as follows

$$i_0 = i_1 + i_2 = \frac{V_s}{R_3 + R_4} + \frac{V_s}{R_6} = \frac{2.7V}{100K + 50K} + \frac{2.7V}{10K} = 288\mu A$$



d) On prend maintenant $V_e=\sin(1000t)$ V. Trouver V_s .

On rappelle que $\text{Arctan}3=71.56^\circ = 1.25$

input frequency: $\omega = 1000$ rad/s

$$\omega_c = \frac{1}{R_3 C_1} = \frac{1}{100K\Omega \cdot 10nF} = 1000 \text{ rad/s}$$

$$H(j\omega) = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \left(1 + \frac{R_3}{R_4} \frac{1}{1 + j\omega/\omega_c} \right) = 0.9 \left(1 + 2 \frac{1}{1+j} \right) = 0.9 \frac{3+j}{1+j}$$

$$\text{gain: } |H(j\omega)| = 0.9 \frac{\sqrt{10}}{\sqrt{2}} = 0.9 \cdot \sqrt{5} = 2$$

$$\text{Phase: } \varphi = \arctan \frac{1}{3} - \arctan 1 = \frac{\pi}{2} - \arctan 3 - \frac{\pi}{4} = -0.465 \text{ rad}$$

$$V_s = 2\sin(1000t - 0.465) \text{ V}$$

Problème 5

La fonction de transfert d'un filtre est :

$$H(j\omega) = \frac{200j\omega}{(j\omega + 2)(j\omega + 10)}$$

a) Quel est le type de filtre? Choisir entre: passe-haut, passe-bas, passe-bande, coupe-bande. Expliquer votre choix

It is a bandpass filter, because when $\omega \rightarrow 0$, $H \rightarrow 0$; when $\omega \rightarrow \infty$, $H \rightarrow 0$

b) Calculer le gain maximum du circuit

$$H(j\omega) = \frac{2000j\omega}{(j\omega + 2)(j\omega + 100)} = \frac{1000 \cdot j \frac{\omega}{100}}{(1 + j \frac{\omega}{2})(1 + j \frac{\omega}{100})} = 1000 \cdot \frac{1}{1 + j \frac{\omega}{2}} \cdot \frac{j \frac{\omega}{100}}{1 + j \frac{\omega}{100}}$$

$\frac{1}{1+j\frac{\omega}{2}}$ is a lowpass filter, $\frac{j\frac{\omega}{100}}{1+j\frac{\omega}{100}}$ is a highpass filter

Two corner frequency are $\omega=2$ and 100 .

In the passband $2 < \omega < 100$, so

$$|H(j\omega)| \approx 1000 \cdot \frac{1}{j\frac{\omega}{2}} \cdot \frac{j\frac{\omega}{100}}{1} = 20$$

$$|H(j\omega)|_{dB} = 20 \log 20 = 26 \text{ dB}$$

So the maximum gain of $H(j\omega)$ is 26dB

c) S'agit-il d'un filter actif ou passif? Pourquoi?

It is an active filter, because the maximum gain is larger than 0 dB.

d) Tracer sur un papier semi-logarithmique le diagramme de Bode du gain de la fonction de transfert en fonction de la fréquence.

