

Electronique 1A

Les trois exercices sont indépendants.

Barème donné à titre indicatif :

- Exercice 1 : 5 points.
- Exercice 2 : 5 points.
- Exercice 3 : 10 points.

Essayez de suivre, dans la mesure du possible, les quelques «conseils» ci-dessous, sans quoi vous ne pourrez bénéficier de la totalité des points attribués aux différentes questions :

- Toutes les réponses aux différentes questions doivent être justifiées.
- Les différentes étapes de vos raisonnements doivent être clairement explicitées par des liens logiques.
- Tout les calculs seront effectués littéralement, sauf indication contraire.
- Toutes les réponses doivent être encadrées ou soulignées.

Electronique 1A

1) Fonction de transfert et diagrammes de Bode d'un filtre à amplificateur opérationnel

On considère le montage de la figure A.

On suppose que l'amplificateur opérationnel est parfait et qu'il n'est pas saturé. Les composants ont les valeurs suivantes : $R_1 = 1,76 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 15,9 \text{ k}\Omega$, $k = 1/9$, $C = 100 \text{ nF}$.

- Déterminer l'amplification du montage en régime permanent si la tension V_e est continue.
- Déterminer l'amplification du montage en régime permanent si la tension V_e est une tension alternative sinusoïdale de fréquence «très élevée».
- Calculer la fonction de transfert $\underline{T}(\omega) = \underline{V_S}(\omega)/\underline{V_e}(\omega)$.
- Montrer que $\underline{T}(\omega)$ peut être mise sous la forme :

$$\underline{T}(\omega) = \frac{\underline{V_S}(\omega)}{\underline{V_e}(\omega)} = -A_0 \times \frac{1 + j \times \frac{\omega}{\omega_{c2}}}{1 + j \times \frac{\omega}{\omega_{c1}}}$$

- Retrouver à l'aide de la fonction de transfert $\underline{T}(\omega)$ les résultats des questions a) et b).
- Calculer les valeurs numériques de A_0 , ω_{c1} et ω_{c2} .
- Tracer, en tenant compte des valeurs numériques de A_0 , ω_{c1} et ω_{c2} , les diagrammes de Bode asymptotiques de $\underline{T}(\omega)$ ($20\log|\underline{T}(\omega)|$ et $\text{Arg}(\underline{T}(\omega))$).

2) Générateur commandé d'impulsions négatives de durée calibrée

On considère le montage de la figure B.

On suppose que l'amplificateur opérationnel AOP1 est parfait et qu'il est saturé ; la tension de sortie V_S de l'AOP1 vaut donc $\pm V_{SAT}$ avec $V_{SAT} = 10 \text{ V}$.

On a $R_1 = 100 \text{ k}\Omega$ et $C_1 = 100 \text{ nF}$. V_{ref} est une tension positive égale à 5 V .

La tension V_e appliquée au montage a l'allure représentée figure B. Avant $t = t_0$, la tension V_e est nulle. On suppose que juste avant t_0 , les capacités C_1 et C_2 sont entièrement chargées. Dans toute la suite du sujet, V_{C1} et V_{C2} sont les tensions aux bornes des capacités C_1 et C_2 (voir figure B), V^+ , V^- et V_S les potentiels par rapport à la masse des entrées non-inverseuse, inverseuse, et de la sortie de l'amplificateur opérationnel.

- Déterminer les valeurs des tensions V^- , V_{C2} et V^+ juste avant t_0 .
- Déduire de la question précédente la valeur de la tension V_S juste avant t_0 .
- Déduire de la question précédente la valeur de la tension V_{C1} juste avant t_0 .

A $t = t_0$ la tension d'entrée V_e passe de 0 à E avec $E > V_{ref}$ et conserve cette valeur pendant une durée ΔT «extrêmement courte». Comme cette durée est «très courte», on suppose que les tensions V_{C1} et V_{C2} ne varient pas pendant ce laps de temps.

- Déterminer la valeur de V^- juste après t_0 .

- e) **Déduire** de la question précédente les valeurs des tensions V_S et V^+ juste après t_0 (après basculement de la sortie).
- f) **Déterminer** la valeur de V^+ après $t_0 + \Delta T$.
- g) **Montrer** que juste après $t_0 + \Delta T$, les tensions V_S et V^+ conservent les valeurs déterminées précédemment.
- h) **Etablir** l'équation différentielle vérifiée par $V^+(t)$ pour $t > t_0 + \Delta T$.
- i) **Résoudre** cette équation différentielle.
- j) **Montrer** en négligeant la durée ΔT , que la sortie V_S conserve la valeur acquise juste après t_0 pendant une durée T égale à :

$$T = R1 \times C1 \times \ln\left(\frac{2 \times V_{SAT}}{V_{réf}}\right)$$

- k) **Calculer** la valeur numérique de T .
- l) **Déterminer** les valeurs de V^+ et V_S juste après $t_0 + \Delta T + T$.
- m) **Calculer** la valeur numérique de la durée D au bout de laquelle V^+ retrouve sa valeur de juste avant t_0 , en supposant que la capacité $C1$ est entièrement chargée lorsque la tension V_{C1} vaut 99% de sa valeur finale.
- n) **Tracer** les chronogrammes des tensions $V_S(t)$ et $V^+(t)$ en traçant avec précision les tangentes à $V^+(t)$, en tenant compte des applications numériques.

3) Générateur de tension « en escalier »

On considère le montage de la figure C.

On suppose que les diodes sont toutes parfaites c'est à dire sans seuil et sans résistance interne.

Les composants ont les valeurs suivantes :

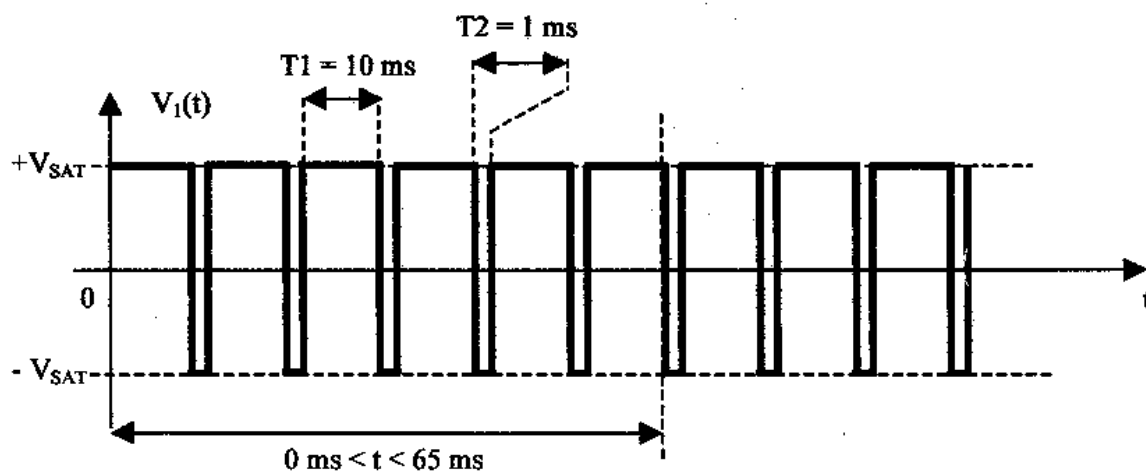
$R = 10 \text{ k}\Omega$; $R1 = 90,9 \text{ k}\Omega$; $R2 = 10 \text{ k}\Omega$; $R3$ à déterminer ; $R4 = 25 \text{ k}\Omega$;

$R5 = 100 \text{ k}\Omega$; $R6 = 50 \text{ k}\Omega$; $C1 = C2 = 100 \text{ nF}$.

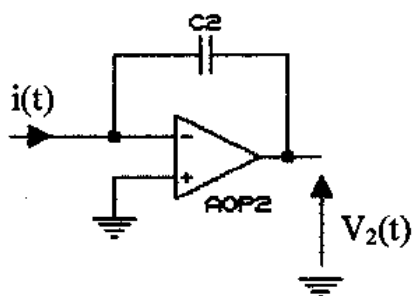
Etude du sous-ensemble A pour $0 \text{ ms} < t < 65 \text{ ms}$

On suppose que l'amplificateur opérationnel AOP2 est parfait et qu'il n'est pas saturé. La tension de sortie V_2 de l'AOP2 est donc comprise entre $\pm V_{SAT}$ avec $V_{SAT} = 10 \text{ V}$. La capacité $C2$ est initialement déchargée.

La tension $V_1(t)$ d'entrée du montage a l'allure représentée ci-dessous.



Afin d'étudier plus facilement le fonctionnement du sous-ensemble A, on étudie auparavant le montage suivant :



- a) **Montrer** que la tension $V_2(t)$ est liée au courant $i(t)$ par la relation :

$$\frac{dV_2(t)}{dt} = -\frac{i(t)}{C2}$$

Dans un premier temps, on étudie le sous-ensemble A pour t compris entre 0 et 65 ms. On suppose que la diode D3 est bloquée (cette hypothèse sera justifiée ultérieurement).

- b) **Déterminer** l'état de la diode D2 selon que la tension $V_1(t)$ vaut $+V_{SAT}$ ou $-V_{SAT}$.
 c) **Donner** la valeur du courant I_{R3} (voir figure C) qui traverse la résistance R3 lorsque $V_1(t) = +V_{SAT}$.
 d) **Déduire** de la question précédente et de la question a), que lorsque $V_1(t) = +V_{SAT}$ la tension $V_2(t)$ reste constante.
 e) **Calculer** la valeur du courant I_{R3} qui traverse la résistance R3 lorsque $V_1(t) = -V_{SAT}$.
 f) **Déduire** de la question précédente et de la question a), l'expression de la tension $V_2(t)$ en fonction de V_{SAT} , R3 et C2 lorsque $V_1(t) = -V_{SAT}$ en supposant qu'à l'instant où la tension $V_1(t)$ passe de $+V_{SAT}$ à $-V_{SAT}$ la tension $V_2(t)$ a une valeur initiale V.
 g) **Calculer** la valeur numérique qu'il faut donner à R3 pour que la tension $V_2(t)$ augmente de 1 V pendant la durée T_2 .
 h) **Indiquer** la valeur de $V_2(t)$ pour $t = 0$ ms.
 i) **Représenter** la tension $V_2(t)$ pour t compris entre 0 et 65 ms en tenant compte des applications numériques (utiliser les réponses aux questions e, f, g et h).

Etude du sous-ensemble B

On suppose que l'amplificateur opérationnel AOP3 est parfait et qu'il est saturé. La tension de sortie V_3 de l'AOP3 vaut donc $\pm V_{SAT}$ avec $V_{SAT} = 10$ V.

- a) **Déterminer** l'expression de la tension ε de l'AOP3 en fonction des tensions V_2 , V_3 , E et des résistances R4 et R5.
 b) **Montrer** que la tension V_3 passe de $-V_{SAT}$ à $+V_{SAT}$ si la tension V_2 est croissante et égale à une valeur E_1 que l'on déterminera.
 c) **Montrer** que la tension V_3 passe de $+V_{SAT}$ à $-V_{SAT}$ si la tension V_2 est décroissante et égale à une valeur E_2 que l'on déterminera.
 d) **Calculer** les valeurs numériques de E_1 et de E_2 sachant que $E = 2,1$ V.
 e) **Tracer** la caractéristique $V_3(V_2)$ en tenant compte des valeurs numériques de E_1 , E_2 et V_{SAT} .

Etude du sous-ensemble A pour $65 \text{ ms} < t < 76 \text{ ms}$

Pour cette partie, on prendra $E_2 = 0,1 \text{ V}$ et $E_1 = 5,1 \text{ V}$. La tension de sortie V_3 de l'AOP3 vaut initialement $-V_{\text{SAT}}$. La résistance R_3 vaut $100 \text{ k}\Omega$. On suppose que juste avant 65 ms , la tension $V_2(t)$ vaut 5 V .

- a) **Déterminer** l'état de la diode D3 suivant que la tension $V_3(t)$ vaut $+V_{\text{SAT}}$ ou $-V_{\text{SAT}}$.
- b) **Justifier** l'hypothèse émise lors de l'étude du sous-ensemble A que la diode D3 est bloquée pour t compris entre 0 et 65 ms .
- c) **Indiquer** pour quelle valeur de la tension $V_2(t)$ la diode D3 devient passante.
- d) **Déterminer** l'instant t_C de mise en conduction de la diode D3.
- e) **Calculer** la valeur numérique de t_C .
- f) **Calculer** les valeurs des courants I_{R_3} et I_{R_6} (voir figure C) qui traversent respectivement les résistances R_3 et R_6 lorsque $V_1(t) = -V_{\text{SAT}}$ et $V_3(t) = +V_{\text{SAT}}$.
- g) **Déduire** de la question précédente et de la question a) de l'étude du sous-ensemble A pour $0 \text{ ms} < t < 65 \text{ ms}$, l'expression de la tension $V_2(t)$ pour t compris entre t_C et $t_f = 66 \text{ ms}$ en supposant que $V_2(t = t_C) = E_2$.
- h) **Calculer** la valeur numérique de la tension $V_2(t)$ pour $t = t_f$.
- i) **Calculer** la valeur du courant I_{R_6} qui traverse la résistance R_6 lorsque $V_3(t) = +V_{\text{SAT}}$ et $V_1(t) = +V_{\text{SAT}}$.
- j) **Déduire** de la question précédente et de la question a) de l'étude du sous-ensemble B pour $0 \text{ ms} < t < 65 \text{ ms}$, l'expression de la tension $V_2(t)$ juste après t_f .
- k) **Compléter** le chronogramme de $V_2(t)$ pour t compris entre 65 ms et 76 ms .

FIN !

Schémas des montages

Figure A : Filtre à amplificateur opérationnel.

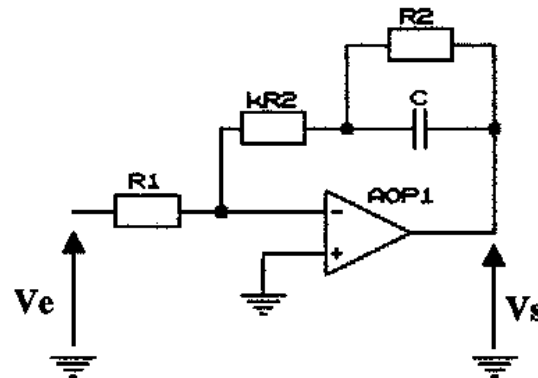


Figure B : Générateur commandé d'impulsions négatives de durée calibrée.

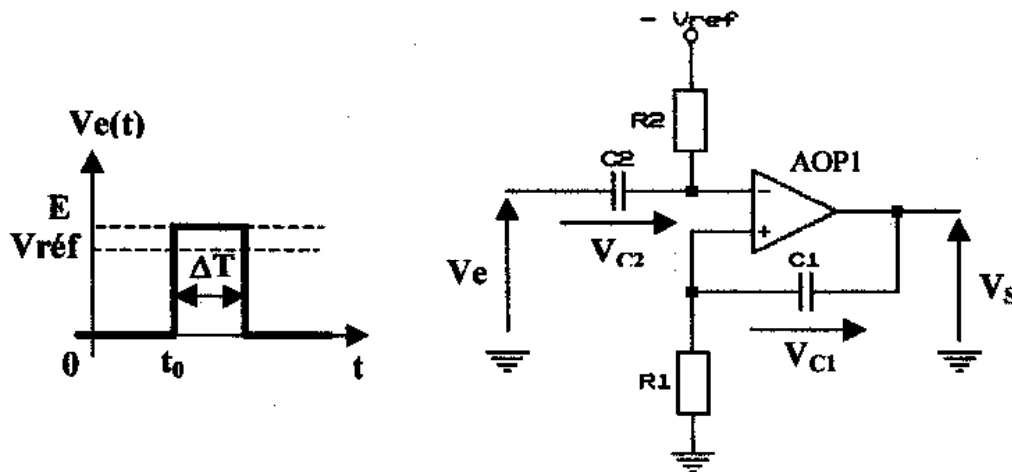


Figure C : Générateur de tension en "escalier".

