

Devoirs surveillé n° 1
8h00 – 11h00 3 heures

Calculatrices NON autorisées

NB: Le candidat attachera la plus grande importance à la clarté, à la précision et à la concision de la rédaction.

Toutes les interprétations seront comptabilisées

Si un candidat est amené à repérer ce qui peut lui sembler être une erreur d'énoncé, il le signalera sur sa copie et devra poursuivre sa composition en expliquant les raisons des initiatives qu'il a été amené à prendre.

RAPPEL DES CONSIGNES

- Utiliser uniquement un stylo noir ou bleu foncé non effaçable pour la rédaction de votre composition ; d'autres couleurs, excepté le vert, peuvent être utilisées, mais exclusivement pour les schémas et la mise en évidence des résultats.
- Ne pas utiliser de correcteur.
- Écrire le mot FIN à la fin de votre composition.

* * *

Le devoir se compose d'un seul problème composé de 3 parties indépendantes.

COMPTEUR D'IMPULSIONS ANALOGIQUES

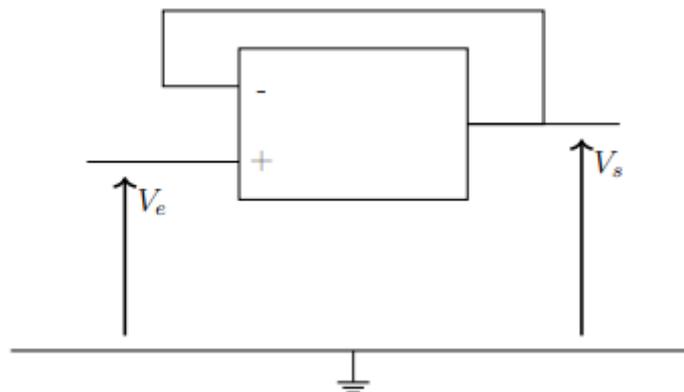
I. Généralités sur les ALI

L'amplificateur précédent est réalisé à l'aide d'un ALI.

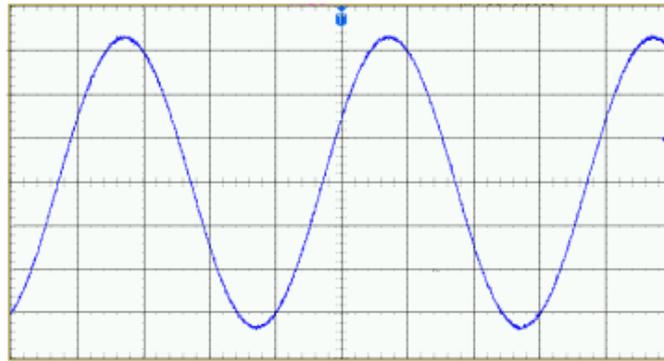
On considère un ALI alimenté en +15/ - 15 Volts par une alimentation à point milieu. On admettra que les tensions de saturation haute et basse sont +/- 15 Volts.

Q1. Représenter la tension de sortie en fonction de la tension différentielle d'entrée, en indiquant clairement les ordres de grandeur considérés (on indiquera la partie correspondant au régime linéaire et celle correspondant au régime saturé).

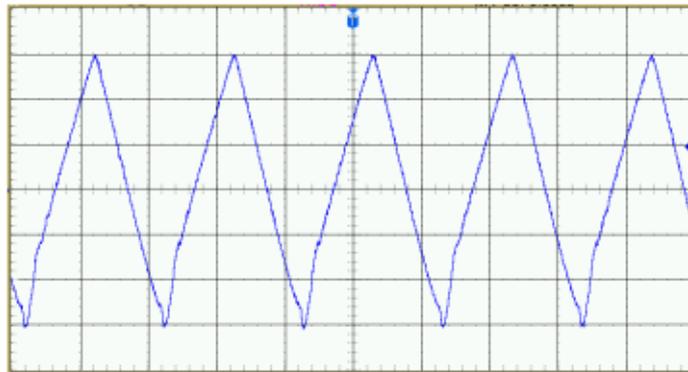
Q2. On s'intéresse au montage représenté ci-dessous. Montrer que $V_s = V_e$. Comment s'appelle ce montage ? Quel est son intérêt ? (on considérera le gain de l'ALI comme infini)



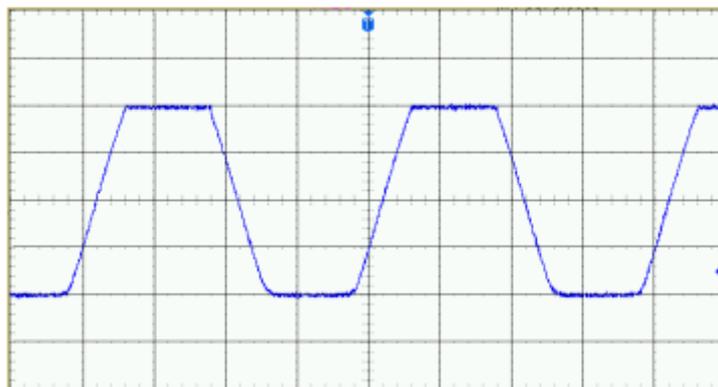
Q3. On alimente ce montage avec en entrée la tension dont l'oscillogramme est donné ci-dessous. Les réglages sont 2V/div et 100μs/div, quelles sont les caractéristiques de cette tension ? Peut-on raisonnablement penser observer la même chose en sortie ?



Q4. Toutes choses égales par ailleurs, on augmente la fréquence et on observe en sortie la tension ci-dessous. Les réglages sont 2V/div et 1μs/div. Quelle caractéristique de l'ALI est ainsi mise en évidence ? Evaluer sa valeur numérique à partir des mesures portées sur le document réponse.



Q5. On revient à la fréquence de la question 3, et on ajoute une résistance de charge $R_0 = 50\Omega$ entre la sortie et la masse. Les réglages sont 2V/div et 100μs/div. Quelle caractéristique de l'ALI est ainsi mise en évidence ? Evaluer sa valeur numérique à partir des mesures portées sur le document réponse.



Q6. On considère un montage amplificateur non inverseur de gain 10, alimenté avec la tension d'entrée de la Q3. Dessiner l'allure de la tension attendue en sortie

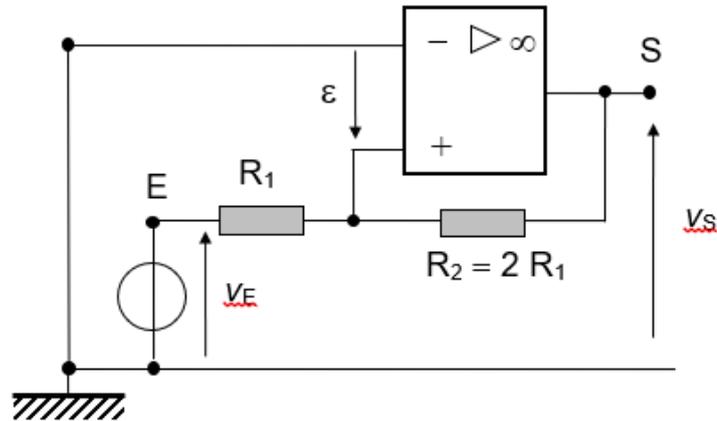
On considère le montage ci-dessous où la tension différentielle $\varepsilon(t)$ est liée à la tension de sortie $v_S(t)$ par une équation différentielle du premier ordre qui s'écrit :

$$\tau \frac{dv_S(t)}{dt} + v_S(t) = A_d \varepsilon(t),$$

τ : constante de temps de l'ALI;

A_d : coefficient d'amplification statique (ou gain en régime continu).

Q7. Donner les ordres de grandeurs de τ et A_d .



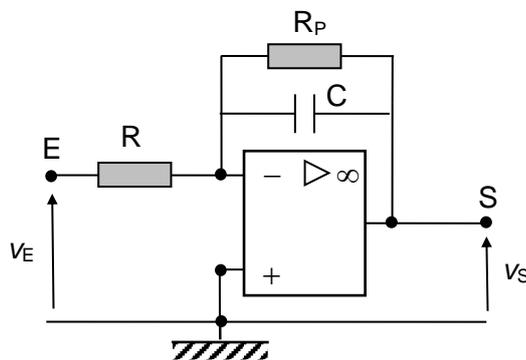
Q8. Établir l'équation différentielle linéaire du premier ordre à laquelle obéit $v_S(t)$ en fonction de A_d , τ et $v_E(t)$. Le système est-il stable ou instable ? Justifier le mode de fonctionnement de l'ALI.

Q9. Évaluer numériquement la constante de temps τ_B caractéristique de l'évolution de $v_S(t)$. Commenter.

II. Intégrateur inverseur

A partir du montage précédent et d'un montage intégrateur, il est possible de générer des signaux périodiques non sinusoïdaux. On étudie dans cette partie un montage intégrateur.

L'ALI idéal de gain infini fonctionne en régime linéaire selon le montage proposé, ci-dessous :



Q10. Donner, sans effectuer de calcul, la nature du filtre ainsi constitué. Quelle opération réalise-t-il à basse fréquence ?

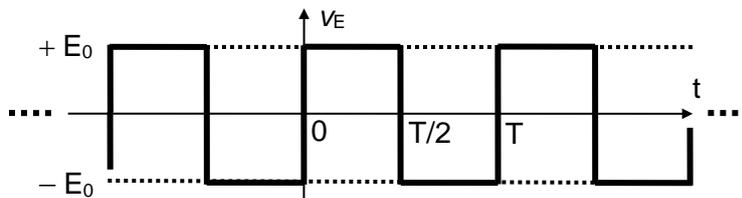
Q11. Déterminer la fonction de transfert $H(j\omega) = \underline{v_S} / \underline{v_E}$ de ce filtre pour un signal d'entrée $v_E(t)$ sinusoïdal, de pulsation ω ; préciser sa pulsation de coupure ω_C .

Q12. Représenter l'allure asymptotique des courbes de gain $G_{dB} = 20 \log(|H|)$ et de déphasage entrée-sortie $\varphi = \arg(H)$ en fonction de $\log(\omega/\omega_C)$.

Q13. Rechercher dans quel domaine de pulsation le montage précédent réalise une intégration et une inversion du signal d'entrée. Placer ce domaine sur les graphes obtenus en **Q12**.

La tension alternative d'entrée est un créneau, de période $T = 2\pi/\omega$ et d'amplitude E_0 , dont la décomposition en série de Fourier s'écrit :

$$v_E(t) = \frac{4E_0}{\pi} \sum_{p=0}^{\infty} \frac{\sin[(2p+1)\omega t]}{2p+1}$$



Q14. Déterminer la tension de sortie $v_{Sn}(t)$ pour la composante $v_{En}(t)$ d'ordre $n = 2p + 1$ du signal d'entrée dans son domaine d'intégration.

Q15. En déduire que le signal de sortie $v_S(t)$ admet la décomposition en série de Fourier :

$$v_S(t) = B \sum_{p=0}^{\infty} \frac{\cos [(2p+1)\omega t]}{(2p+1)^2}.$$

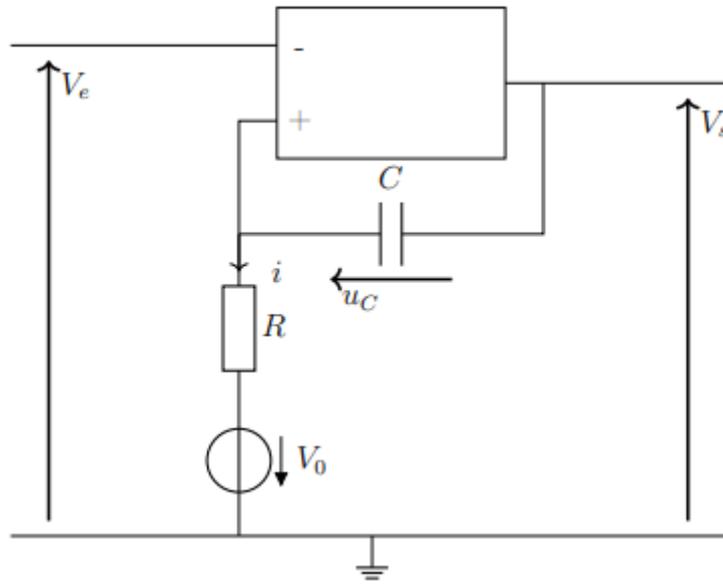
Préciser l'expression de B en fonction de E_0 , R, C et ω . Décrire la forme du signal de sortie $v_S(t)$.

La condition initiale sur la charge électrique dans le condensateur est telle que : $v_S(0) = \frac{E_0 T}{4RC}$.

Q16. On suppose $R_p = 10R$ et $T = 2RC$. Vérifier que l'on travaille bien dans le domaine d'intégration. Représenter, sur le document-réponse, l'évolution de $v_S(t)$.

III. Compteur d'impulsions

Le montage ci-dessous permet de réaliser un compteur d'impulsions analogique. L'ALI est alimenté en $+V_{cc} / -V_{cc}$ avec $V_{cc} = 7$ Volts par une alimentation à point milieu. Dans toute cette partie, il fonctionne en régime saturé et les tensions de saturation $+V_{sat}$ et $-V_{sat}$ sont considérées comme égales aux tensions d'alimentation $+V_{cc}$ et $-V_{cc}$. On considérera que le temps de réponse de l'ALI est négligeable (on bascule de $+/-V_{sat}$ à son opposé de manière instantanée). On prend pour ce montage $R = 10k\Omega$, $C = 650nF$ et $V_0 = 1V$.



Q17. Quelle est la valeur de i en régime stationnaire ? De V_+ ? Justifier le fait que $V_s = -V_{sat}$ en régime stationnaire si $V_e = 0$. Quelle est alors la valeur de u_C ?

Q18. A $t = 0$, on envoie en entrée une impulsion très brève de durée Δt : V_e passe instantanément de 0 à -5 volts puis, un temps Δt plus tard, repasse à 0 (toujours instantanément). Représenter cette impulsion.

Q19. Que signifie très brève pour Δt ? (Avec quelle grandeur caractéristique du circuit faut-il comparer). En déduire une condition sur Δt . Expliquer pourquoi la valeur de u_C ne varie quasiment pas entre $t = 0$ et $t = \Delta t$.

Q20. Expliquer pourquoi le passage de V_e de 0 à -5 volts à $t = 0$ fait basculer la sortie à $+V_{sat}$, et pourquoi le retour à 0 à $t = \Delta t$ ne provoque pas un autre basculement.

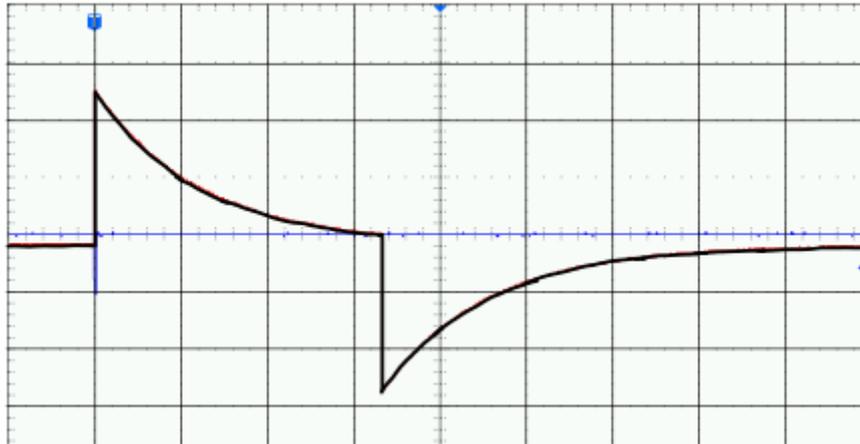
Q21. Montrer que, suite au basculement (on prend $t = 0$ au moment du basculement), u_C évolue de la manière suivante :

$$u_C = 2V_{sat} \exp(-t/\tau) - (V_{sat} + V_0)$$

Donner l'expression de τ ainsi que son sens physique.

Q22. A quel instant t_1 la sortie va-t-elle repasser en saturation basse ? Donner l'expression en fonction de R , C , V_{sat} et V_0 et faire l'application numérique. On donne $\ln(14) \approx 2,6$.

On donne ci-dessous un enregistrement de la tension V_+ suite à une impulsion. L'instant $t = 0$ est décalé à une division après la gauche de l'écran. Les réglages sont 5V/div et 5ms/div.



Q23 Expliquer les deux phases observées dans l'évolution de cette tension (expliquer en particulier la valeur minimale prise par V_+).

Q24. Sur le document réponse, représenter l'évolution des tensions $u_C(t)$ et $V_s(t)$.

Le montage reçoit en entrée des impulsions périodiques, toujours de largeur Δt et avec une période T , dans le but de pouvoir mesurer la fréquence f de ces impulsions.

Q25. Quelle condition doit respecter T vis-à-vis des caractéristiques du montage ?

Q26. Représenter sur un même graphe, sans échelle mais en respectant les conditions des questions 19 et 25, les tensions V_e et V_s (sur au moins une période T et au plus deux)
. Indiquer clairement les trois temps caractéristiques.

Q27. Donner l'expression de la valeur moyenne $\langle V_s \rangle$ de V_s en fonction de V_{sat} , f et t_1 .

Q28. Quel type de filtre pourrait-on utiliser en aval du montage précédent pour obtenir $\langle V_s \rangle$? Préciser comment il doit être branché (faire un schéma) et proposer des valeurs pour ses composants si $f = 10$ Hz.

Q29. On souhaite obtenir avec un voltmètre une tension directement proportionnelle à f . Expliquer comment compléter le montage en aval du filtre pour obtenir ce résultat.

NOM :

Prénom :

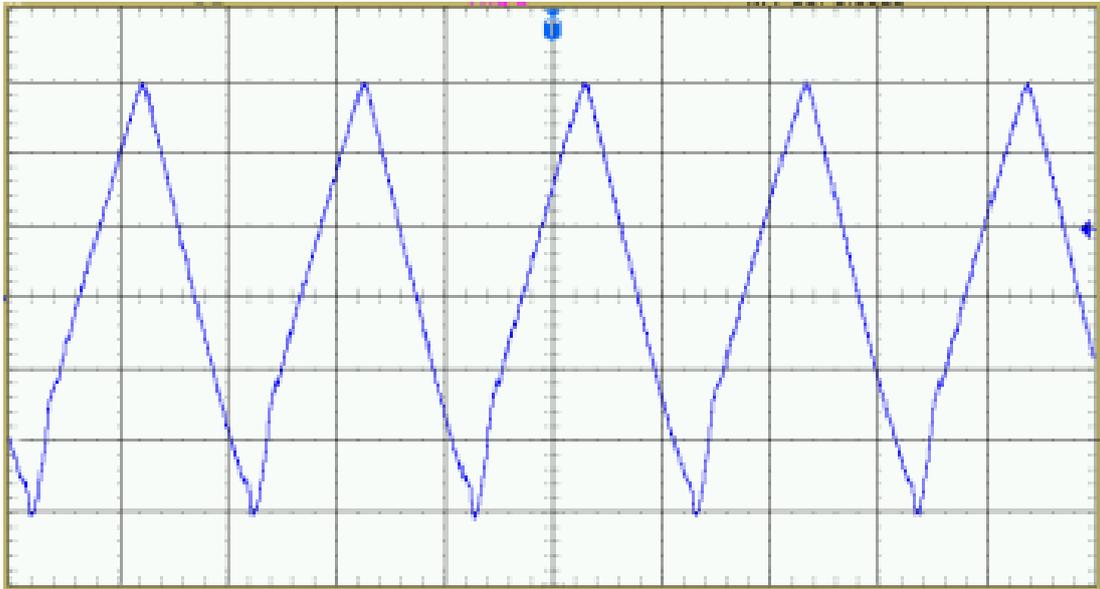
PSI*
septembre 2023
2023/2024

samedi, 30

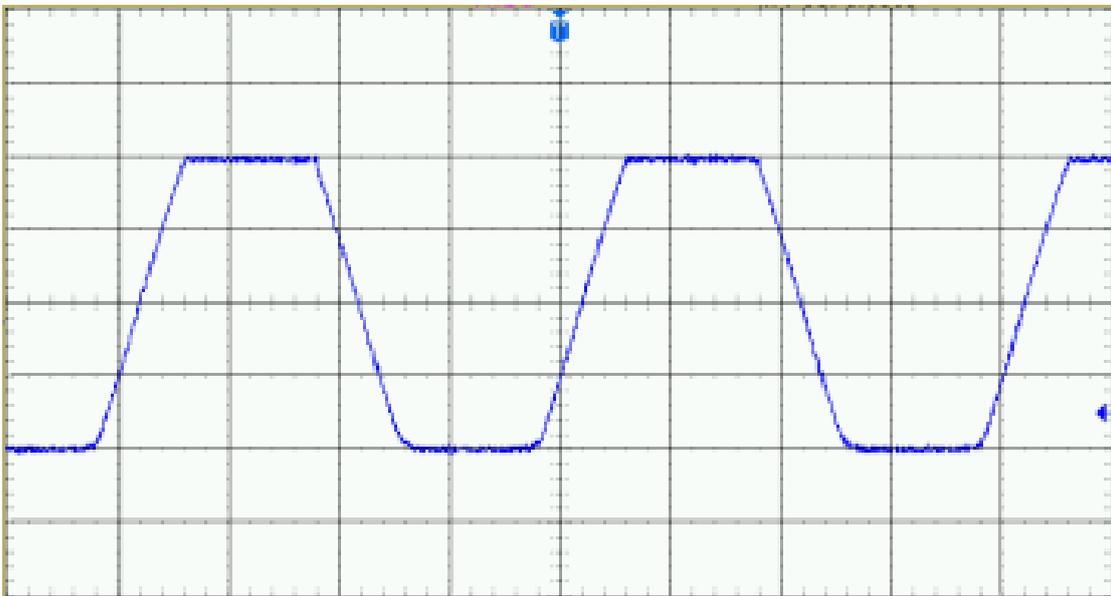
Devoirs surveillé n° 1

DOCUMENT REPONSE

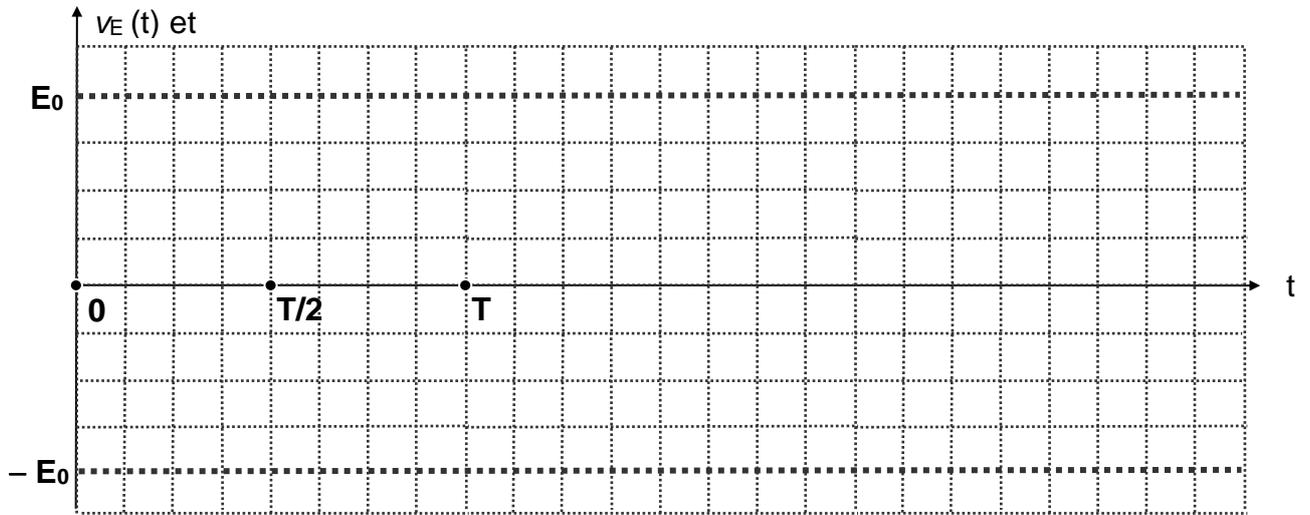
Q4. Réglages : 2V/div et 1 μ s/div.



Q5. Réglages : 2V/div et 100 μ s/div.



Q16 Intégrateur inverseur (schéma à compléter)



Q24 Réglages : 5V/div et 5ms/div.

