TD E2 - Electronique

Amplificateur Linéaire Intégré

Questions de cours

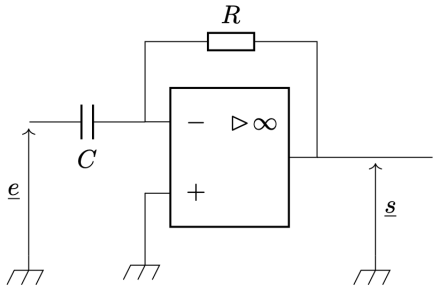
1. Représenter un ALI en introduisant les notations. Donner la relation entre la sortie et l'entrée en régime linéaire. Quelle est la valeur maximale de la sortie en valeur absolue ? Représenter la caractéristique statique.
2. Quelles sont les hypothèses du modèle de l'ALI de premier ordre ? Quels sont les ordres de grandeur de l'impédance d'entrée, de celle de sortie et du gain statique ?
3. Quelle est la condition sur la rétroaction pour que le système puisse être stable ? Cette condition est-elle suffisante ?
4. Quel est l'intérêt d'une grande impédance d'entrée ?
5. Montages à ALI en régime linéaire : déterminer la relation entrée-sortie et l'impédance d'entrée pour les montages amplificateur non-inverseur, amplificateur inverseur, intégrateur pur.
6. Montage à ALI saturé : établir et représenter le cycle du comparateur à hystérésis.

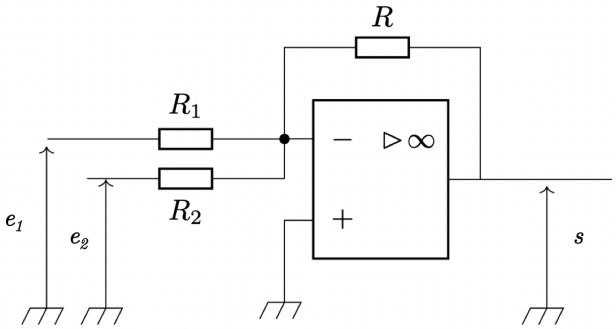
Exercices de cours - Savoirs-Faire

SF 1 - Etablir la relation entrée-sortie d'un montage à ALI en régime linéaire

Si pas maîtrisé, refaire les exemples du cours : montage amplificateur inverseur, amplificateur non inverseur et intégrateur pur

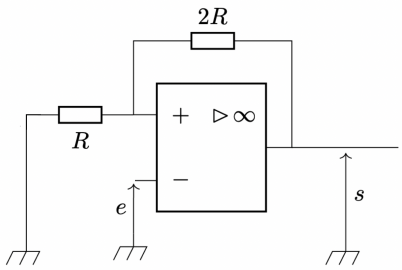
Pour ces montages, déterminer la relation entrée-sortie avec le modèle de l'ALI de gain infini et avec le modèle de l'ALI du 1er ordre.





SF 2 - Analyser un montage à ALI en régime saturé

En cours nous avons vu le comparateur à hystérésis non-inverseur *(à refaire si pas maîtrisé)*. Ce SF porte cette fois sur le comparateur à hystérésis inverseur, dont on donne le schéma ci-contre. L'ALI est supposé idéal.



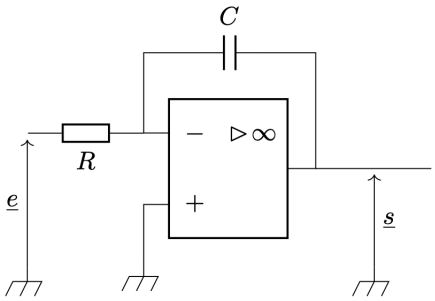
Établir le diagramme $s - e$ de ce comparateur à hystérésis. Tracer le sens de parcours du cycle.

BONUS : Décrire ce qu'il se passe si on envoie en entrée un signal triangle qui augmente de $-V_{sat}$ à V_{sat} puis qui redescend à $-2V_{sat}$.

Exercice phare

Exercice 1 - Limites de l'intégrateur pur

On considère le montage intégrateur du cours :



1. Etablir l'expression de la fonction de transfert et en déduire l'équation différentielle reliant la sortie et l'entrée.
2. Etablir l'expression de la sortie si l'entrée est un signal constant $e \neq 0$. Qu'en déduire pour le régime de fonctionnement de l'ALI ? Que peut-on en déduire pour un signal quelconque ?
   AN : $e = 1$ mV et $RC = 1$ ms.
3. On ajoute une résistance R_0 en parallèle du condensateur. Etablir la nouvelle fonction de transfert et en déduire l'équation différentielle reliant l'entrée et la sortie.
4. Montrer que pour un domaine de fréquence que l'on précisera, ce nouveau montage réalise une intégration sans l'inconvénient du premier montage. Connaissant le signal d'entrée comment choisir R_0 ?
5. Etablir l'expression de la sortie pour le signal d'entrée $e(t) = 0,2 + 3\cos(10^4 t)$ avec $R_0 = 10\,k\Omega$, $R = 20\,k\Omega$ et $C = 1\,\mu F$. La condition sur R_0 est-elle vérifiée ?

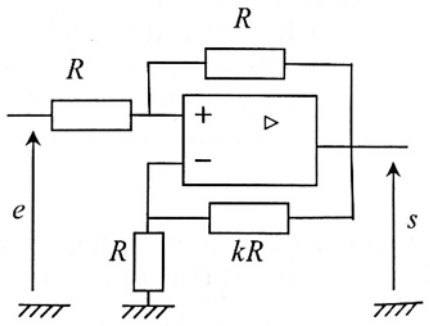
Exercices en plus

Exercice 2 - Etude de stabilité

Proche du cours : à savoir faire efficacement

Pour l'ALI on utilise le modèle linéaire du premier ordre.
Définir ce modèle en donnant l'ordre de grandeur des constantes intervenant. Les courants de polarisation sont supposés nuls.

Etudier la stabilité de ce montage.



Exercice 3 - Rôle du suiveur

Proche du cours : à savoir faire efficacement + permet de mieux comprendre le rôle du suiveur

Soit un filtre RC passe-bas du 1er ordre.

1. Dessiner le montage et donner la fonction de transfert.
2. Calculer l'impédance d'entrée.
3. On met deux filtres RC identiques en cascade. Calculer la fonction de transfert.
4. On utilise maintenant un montage suiveur entre les deux filtres. Dessiner le montage. Calculer la nouvelle fonction de transfert. Expliquer la différence.

Exercice 4 - Défauts de l'ALI réel

Pour avoir en tête les effets des différents défauts de l'ALI

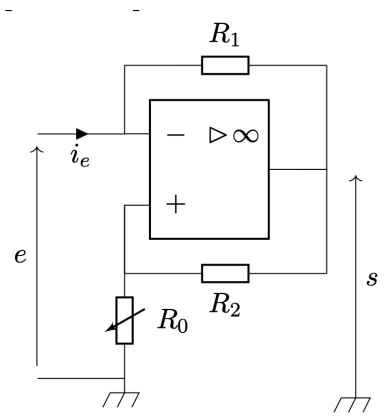
Une expérimentatrice souhaite mettre en œuvre un circuit suiveur. L'ALI étant un composant actif, elle branche correctement l'alimentation stabilisée +15V/0/-15V.

1. Dessiner le schéma d'un montage suiveur.
2. Elle teste son montage à l'aide d'un signal d'entrée sinusoïdal alternatif d'amplitude 10 V et de fréquence 1,2 MHz. En sortie, elle observe une tension continue de -14,6 V. Quelle erreur a-t-elle probablement faite ?
3. Elle corrige son erreur et observe en sortie un signal triangulaire alternatif d'amplitude crête à crête de 5 V. A quoi ce phénomène est-il dû ? Proposer une valeur numérique du défaut en cause. Quelle fréquence ne faut-il pas dépasser si l'on veut garder la même amplitude du signal d'entrée ?
4. La fréquence du signal d'entrée est maintenant de 1 kHz. La sortie du montage suiveur alimente une résistance de 100 Ω. L'expérimentatrice observe en sortie un signal créneau alternatif d'amplitude 2,5 V. A quoi est due cette observation ? Proposer une valeur numérique de ce défaut et une solution en gardant le même signal d'entrée.

Exercice 5 - Résistance négative

Exercice très classique

On considère le montage :

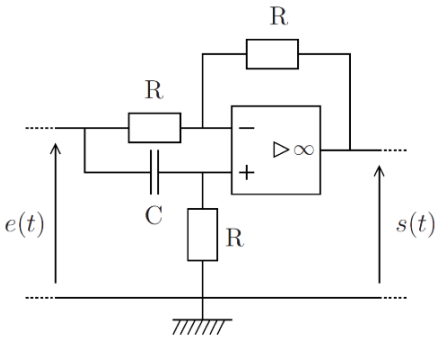


1. Peut-on anticiper simplement le régime de fonctionnement de l'ALI ? Sans faire d'hypothèse, exprimer les potentiels v_+ et v_- en fonction de i_e et s.
2. En régime linéaire, en déduire une relation entre e et i_e. Justifier de manière rigoureuse que ce montage se comporte alors comme un dipôle de résistance $R_N < 0$ à exprimer en fonction de R_1, R_2 et R_0.
3. A quelle condition l'ALI quitte-t-il le régime linéaire pour basculer en saturation haute ? Déterminer le domaine de courant i_e pour lequel ce régime est atteint. Le montage a-t-il un comportement d'hystérésis ?
4. Reprendre la question pour le régime de saturation basse.
5. Tracer la caractéristique statique e en fonction de i_e en précisant les zones correspondant au fonctionnement en régime linéaire, en saturation positive et négative. Donner les équations de chaque portion de la caractéristique.

Exercice 6 - Filtre actif

La nature du filtre est peu classique, mais les méthodes le sont : bon exercice d'entraînement

On considère le montage suivant :

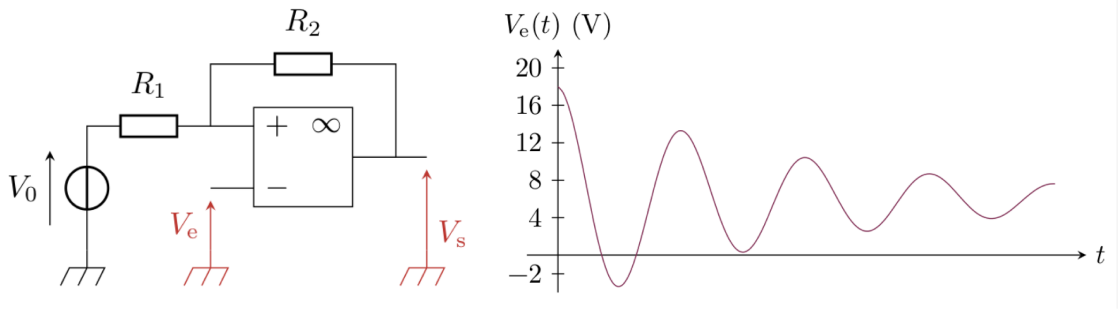


1. Faire une analyse qualitative du filtre en hautes et basses fréquences.
2. Déterminer la fonction de transfert du filtre et la mettre sous forme canonique.
3. Tracer le diagramme de Bode en amplitude et en phase. Quel est l'intérêt de ce montage ?

Exercice 7 - Comparateur à hystérésis inverseur décalé ⋆⋆

Entraînement sur un montage à ALI saturé

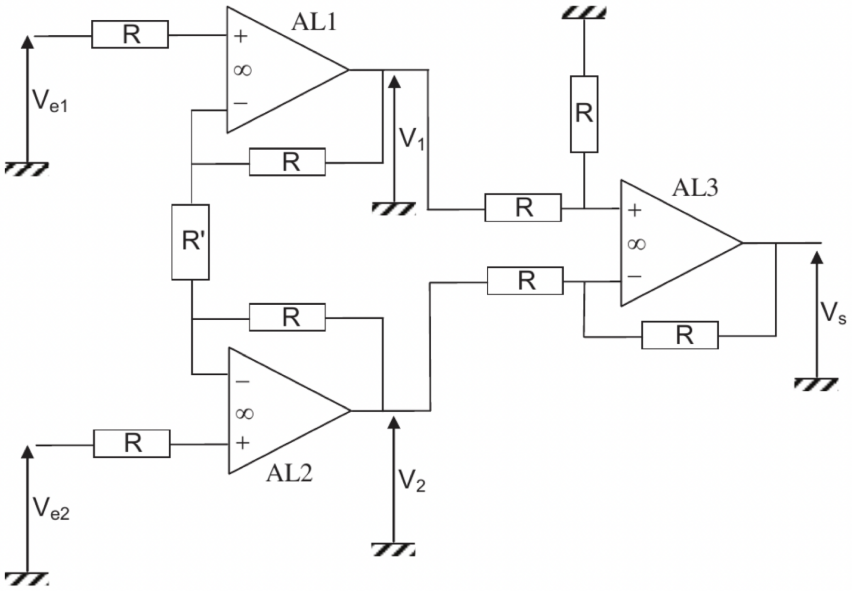
On étudie le montage ci-dessous avec $R_1 = 1$ kΩ, $R_2 = 2$ kΩ et $V_0 = 6$ V.



1. Exprimer le potentiel V_+ de l'entrée non inverseuse en fonction de V_0, V_s et $\beta = R_1/(R_1 + R_2)$.
2. Justifier que l'ALI fonctionne en saturation et déterminer les tensions de basculement entre les états de saturation haute et basse.
3. Représenter graphiquement V_s en fonction de V_e. Expliquer le nom donné au montage.
4. Le chronogramme de la tension d'entrée du montage est représenté à côté du montage. Tracer celui de la tension de sortie.

Exercice 8 - Amplificateur différentiel ⋆⋆

Montage à plusieurs blocs : très fréquent à l'écrit de la banque PT



On donne $R = 100\,k\Omega$ et $R' = 2\,k\Omega$.

1. Rappeler les ordres de grandeur du gain statique, de l'impédance d'entrée et de l'impédance de sortie d'un ALI réel.

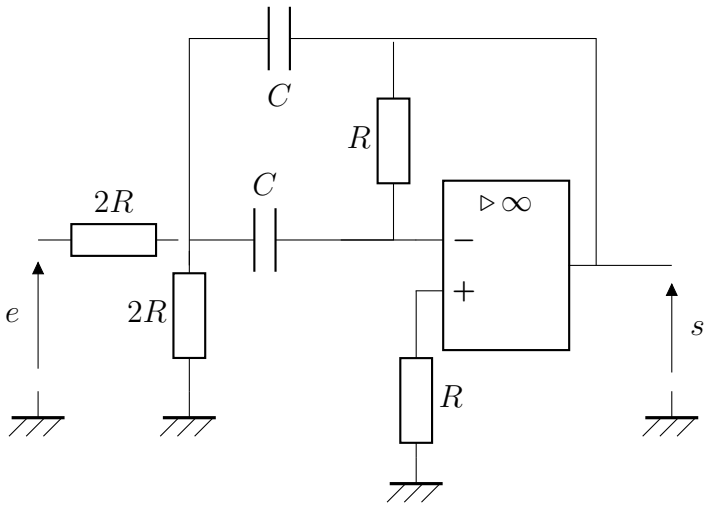
2. Quelles sont ces valeurs pour un ALI idéal ?

Dans la suite, tous les ALI seront supposés idéaux et fonctionnant en régime linéaire

3. Déterminer $V_2 - V_1$ en fonction de $V_{e1} - V_{e2}$, R et R'.
4. En déduire la tension de sortie V_S en fonction de $V_{e1} - V_{e2}$.
5. Le gain A_d de l'amplificateur est donné par $A_d = \left|\dfrac{V_S}{V_{e1} - V_{e2}}\right|$. Expliciter A_d littéralement puis numériquement.

Exercice pour aller plus loin ⋆⋆⋆

Exercice 9 - Filtre passe-bande - Oral 2024



L'ALI fonctionne en régime linéaire.

1. Etablir la fonction de transfert du filtre en la mettant sous la forme

$$\underline{H}(\omega) = \frac{a}{1 + jb\left(\dfrac{\omega}{\omega_0} - \dfrac{\omega_0}{\omega}\right)}$$

   Comment aurait-on pu prévoir la nature du filtre ?
2. En déduire l'équation différentielle liant $e(t)$ et $s(t)$
3. On donne $R = 1$ kΩ et $C = 100$ nF. Evaluer ω_0 et la largeur de la bande passante.
4. Tracer le diagramme de Bode.
5. Discuter de l'allure du signal de sortie pour un signal créneau selon sa fréquence.