

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.

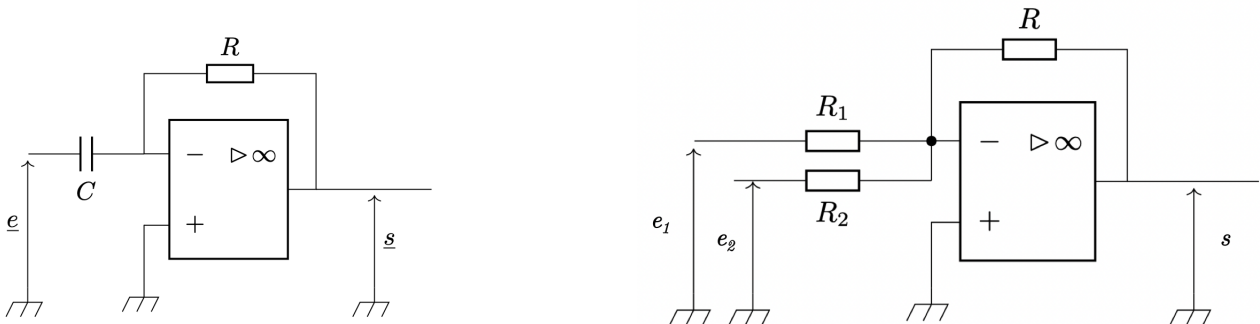


Exercices de cours - Savoirs-Faire

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

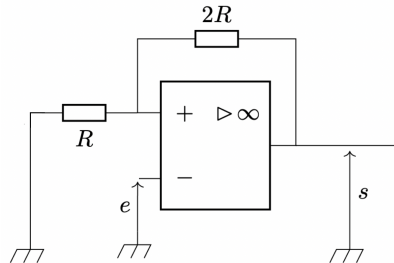
Si pas maîtrisé, refaire les exemples du cours : montage amplificateur inverseur, amplificateur non inverseur et intégrateur pur

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 1^{er} 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.

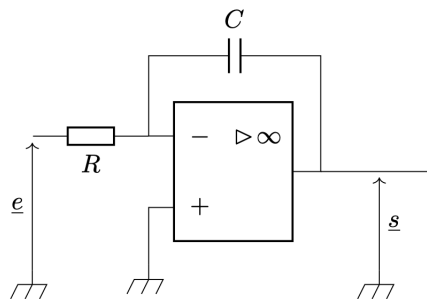
BONUS : Décrire ce qu'il se passe si on envoie en entrée un signal triangle qui augmente de $-V_{sat}$ à V_{sat} puis qui redescend à $-2V_{sat}$.



Exercices phares

Exercice 1 - Limites de l'intégrateur pur

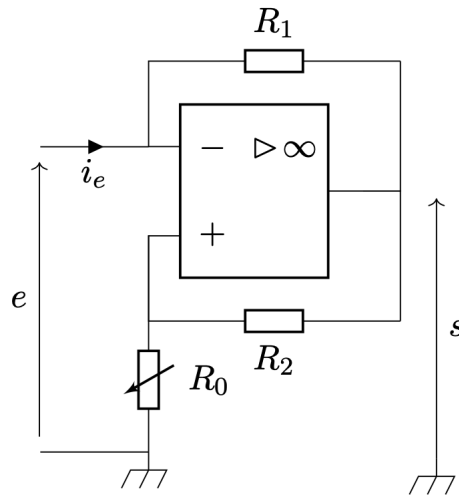
On considère le montage intégrateur du cours :



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 : $e = 1 \text{ mV}$ et $RC = 1 \text{ ms}$.
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 $R_0 = 10 \text{ k}\Omega$, $R = 20 \text{ k}\Omega$ et $C = 1 \mu\text{F}$. La condition sur R_0 est-elle vérifiée?

Exercice 2 - Résistance négative

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.



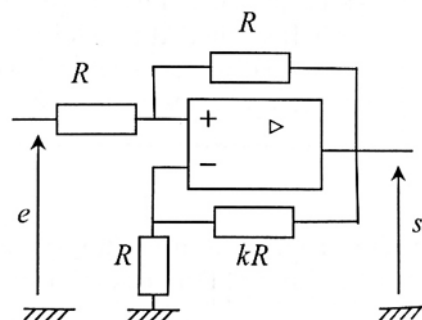
Exercices en plus

Exercice 3 - 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 4 - Rôle du suiveur *

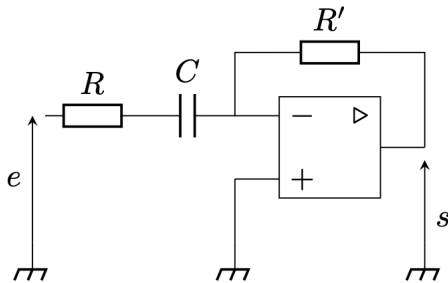
Proche du cours : à savoir faire efficacement + permet de mieux comprendre le rôle du suiveur

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 5 - Filtre amplificateur **

Bon entraînement sur les montages à ALI, mais aussi sur l'étude des filtres



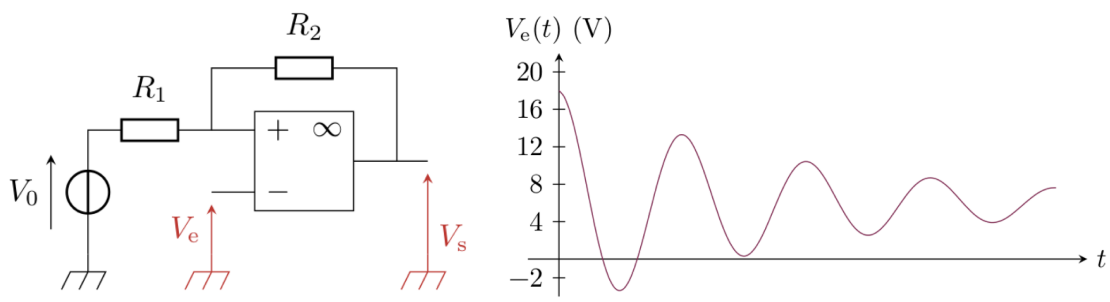
1. Identifier la nature du filtre.
2. Établir sa fonction de transfert. Identifier une pulsation caractéristique ω_c .
3. On souhaite une pulsation de coupure $\omega_c = 10^4$ rad/s et un gain de 20 dB en haute fréquence. Déterminer les valeurs de R' et C pour $R = 1$ k Ω .

4. Tracer le diagramme de Bode.
5. On envoie en entrée du filtre une tension $e(t) = E_0 \cos(\omega t)$. Donner l'allure de la tension de sortie et de son spectre si :
 - ▷ $E_0 = 1$ V et $\omega_c = 10^2$ rad/s ;
 - ▷ $E_0 = 3$ V et $\omega_c = 10^2$ rad/s ;
 - ▷ $E_0 = 1$ V et $\omega_c = 10^5$ rad/s ;
 - ▷ $E_0 = 3$ V et $\omega_c = 10^5$ rad/s.

Exercice 6 - Comparateur à hystérésis inverseur décalé **

Entraînement sur un montage à ALI saturé

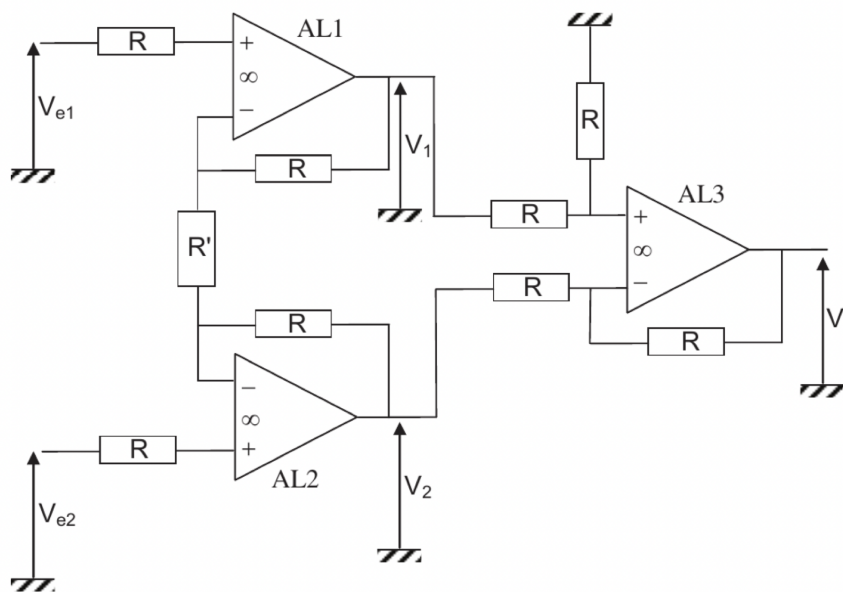
On étudie le montage ci-dessous avec $R_1 = 1$ k Ω , $R_2 = 2$ k Ω et $V_0 = 6$ V.



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 7 - Amplificateur différentiel **

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



On donne $R = 100\text{ k}\Omega$ et $R' = 2\text{ k}\Omega$.

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

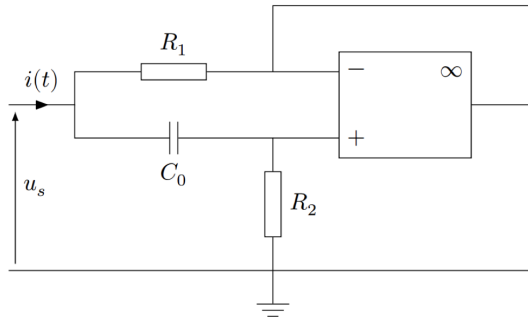
3. Déterminer $V_2 - V_1$ en fonction de $V_{e1} - V_{e2}$, R et R' .
4. En déduire la tension de sortie V_s en fonction de $V_{e1} - V_{e2}$.
5. Le gain A_d de l'amplificateur est donné par $A_d = \left| \frac{V_s}{V_{e1} - V_{e2}} \right|$. Expliciter A_d littéralement puis numériquement.



Exercice pour aller plus loin ***

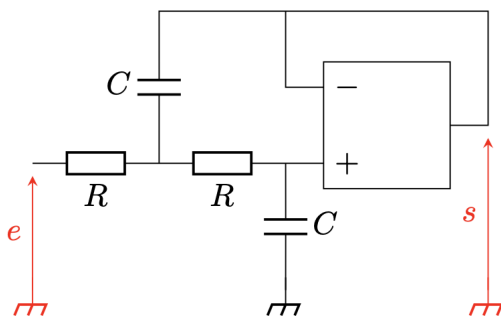
Exercice 8 - Simulation d'inductance

Plutôt que d'utiliser une bobine, on peut utiliser le montage suivant :



1. Montrer qu'on a la relation $R_1 C_0 j \omega u_s + u_s = R_1 R_2 C_0 j \omega i + R_1 i$.
2. Donner une condition sur C_0 , R_1 , R_2 et ω pour que le montage ci-dessus convienne.
3. Quels sont les avantages de ce montage par rapport à une vraie bobine ?

Exercice 9 - Filtre de Sallen-Key



On suppose que l'ALI fonctionne en régime linéaire.

1. Identifier la nature du filtre.
2. Établir sa fonction de transfert. Identifier une pulsation caractéristique ω_0 .
3. Représenter son diagramme de Bode.
4. Discuter l'allure du signal de sortie pour un créneau en entrée.