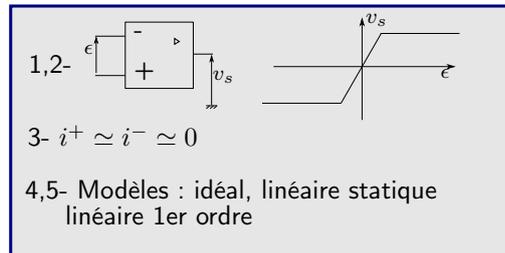
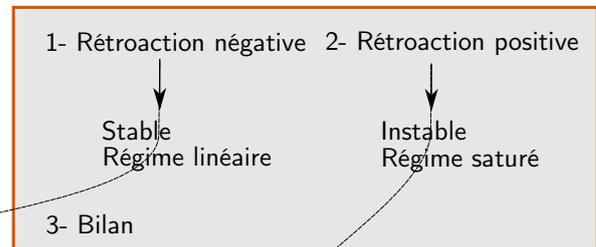


Amplificateur linéaire intégré et montages à rétroaction

I L'ALI : propriétés du composant



II L'ALI dans un circuit : rétroaction



III ALI idéal en régime linéaire

$$v^+ = v^-$$

$$i^+ = i^- = 0$$

Exemples

IV ALI idéal en régime saturé

$$v_s = +V_{\text{sat}} \text{ si } v^+ > v^-$$

$$v_s = -V_{\text{sat}} \text{ si } v^+ < v^-$$

$$i^+ = i^- = 0$$

Exemples

Plan du cours

I - L'amplificateur linéaire intégré (ALI) : propriétés du composant

- 1 - Présentation générale
- 2 - Fonctionnement linéaire ou saturé
- 3 - Impédances d'entrée et de sortie
- 4 - Un modèle plus simple : le modèle idéal (gain infini)
- 5 - D'autres modèles plus précis : les modèles linéaires statique et du 1^{er} ordre
- 6 - Bilan des modèles et comparaison avec un composant réel

II - L'ALI dans un circuit : principes des montages avec une rétroaction

- 1 - Analyse de stabilité avec une rétroaction négative
- 2 - Analyse de stabilité avec une rétroaction positive
- 3 - Bilan : étant donné un montage, quel régime? quel modèle?

III - Étude des montages comprenant un ALI en régime linéaire en utilisant le modèle idéal

- 1 - Quelles conséquences?
- 2 - Exemple : étude du montage non-inverseur
- 3 - Autres exemples de montages : voir TD

IV - Étude des montages comprenant un ALI en régime saturé en utilisant le modèle idéal

- 1 - Quelles conséquences?
- 2 - Exemple : comparateur à hystérésis inverseur
- 3 - Autres exemples de montages : voir TD

Ce qu'il faut connaître

- ▶₁ Quelles sont les propriétés du composant amplificateur linéaire intégré ?
(deux régimes de fonctionnement, valeur des tensions d'alimentation, de la tension de saturation V_{sat} , du courant de saturation i_{sat} , des courants de polarisation i^+ et i^- , du gain μ_0 ...)
- ▶₂ Pour un ALI, quelles sont les conséquences du modèle idéal (à gain infini) ? Attention à distinguer le cas du régime linéaire, et le cas du régime saturé.
- ▶₃ Pour un ALI, quelles sont les hypothèses du modèle linéaire statique ? Celles du modèle linéaire du 1^{er} ordre (donner la fonction de transfert v_s/ϵ) ?
- ▶₄ Quel est le critère pour savoir si un ALI fonctionne en régime linéaire ou en régime saturé ?

Ce qu'il faut savoir faire

- ▶₅ Étant donné un montage, déterminer le rapport s/e en utilisant pour l'ALI le modèle idéal :
 - ▷ soit dans le cas d'un montage avec ALI fonctionnant en régime linéaire (voir cours III, TD II, voir la méthode 1)
 - Savoir refaire tous les cas de l'exercice II.
 - ▷ soit dans le cas d'un montage avec ALI fonctionnant en régime saturé (voir cours IV, TD IV, voir la méthode 2)
 - Savoir refaire l'exercice IV.
- ▶₆ Savoir établir le cycle d'un montage à hystérésis et savoir l'interpréter (voir cours IV, TD III et IV).
 - Encore l'exercice IV.
- ▶₇ Relier la génération d'harmoniques en sortie à des non-linéarités telles que la saturation (voir fig. 2).

Méthodes

Méthode 1 : circuit avec un ALI en régime linéaire, avec le modèle idéal

Pour trouver v_s en fonction de v_e , on peut généralement suivre les étapes suivantes :

- On s'approprié le problème en traçant les flèches de courant et de tension.
- Étapes d'analyse :
 - Écrire la condition $v_+ = v_-$.
 - Il faut ensuite exprimer les potentiels v_+ et v_- en fonction de v_s et de v_e . Pour cela :
 - Voir si l'on peut simplement remplacer v_+ ou v_- par v_e , par v_s ou par $0V$.
 - OU Écrire un diviseur de tension sur la patte + ou - (possible car les courants de polarisations sont nuls).
 - OU Écrire la loi des nœuds en terme de potentiels (ce qui est équivalent au théorème de Millman, voir méthode dans le poly de révision sur l'électronique). S'il y a trois branches ou plus, c'est obligatoire car le diviseur de tension n'est pas possible (voir par exemple le montage sommateur inverseur, exemple 5 du TDII).
- Réaliser les calculs :
 - Utiliser cette nouvelle relation dans la condition $v_+ = v_-$, manipuler le tout pour exprimer v_s/v_e , et arriver au résultat.
- Valider en vérifiant que le résultat est homogène.

Méthode 2 : circuit avec un ALI en régime saturé

L'ALI est alors étudié avec le modèle idéal. La tension de sortie v_s ne peut prendre que deux valeurs : $+V_{\text{sat}}$ et $-V_{\text{sat}}$. On examine tour à tour chacun de ces deux cas.

- On s'approprié le problème en traçant les flèches de courant et de tension.
- Exprimer v_+ et v_- en fonction de v_s et v_e . On remplacera v_s par $\pm V_{\text{sat}}$ dans la suite.
- On commence par supposer que $v_s = +V_{\text{sat}}$.
 - C'est possible tant que $v_+ > v_-$, et on regarde à quoi est équivalent cette condition : on aboutit soit à $v_e >$ quelque chose, soit à $v_e <$ quelque chose. Le quelque chose définit une des deux valeurs seuils E_+ ou E_- .
 - On trace dans le diagramme v_s - v_e le segment qui correspond.
- On recommence ensuite en supposant que $v_s = -V_{\text{sat}}$.
- Enfin, on trace le sens de parcours dans le diagramme v_s - v_e .

Méthode 3 : étudier la stabilité d'un montage à rétroaction avec un ALI

Objectif : savoir si dans le montage considéré, l'ALI va fonctionner en régime saturé ou linéaire.

- On suppose que l'ALI fonctionne en régime linéaire.

On peut alors utiliser le modèle linéaire du 1^{er} ordre : $\underline{H}_{\text{ALI}} = \frac{\mu_0}{1 + j\omega/\omega_0}$.
- On exprime la fonction de transfert $\underline{H} = \frac{v_s}{v_e}$ du montage global.
- On étudie la stabilité de \underline{H} (en regardant le signe des coefficients au dénominateur).
 - On trouve un système stable \rightarrow l'ALI reste en régime linéaire
 - On trouve un système instable \rightarrow l'ALI passe en régime saturé

Documents associés au cours

I.1 – Présentation générale

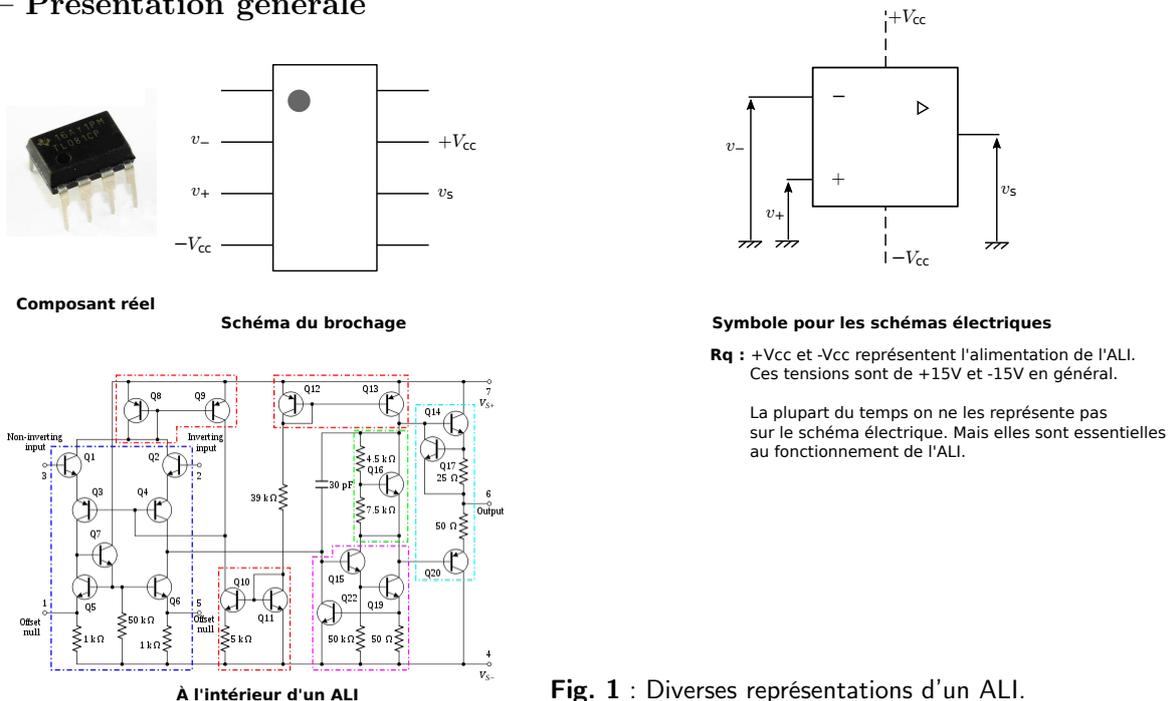


Fig. 1 : Diverses représentations d'un ALI.

I.6 – Bilan des modèles et comparaison avec un composant réel

	Modèle idéal	Modèle linéaire statique	Modèle linéaire du 1 ^{er} ordre	TL081 (ALI réel)
	$\mu_0 = +\infty$	$\underline{v}_s = \mu_0 \underline{\epsilon}$	$\underline{v}_s = \frac{\mu_0}{1+j\omega/\omega_0} \underline{\epsilon}$	
Gain différentiel μ_0				2×10^5
Gain $20 \log \mu_0$				106
Impédance d'entrée				$10^{12} \Omega$
Impédance de sortie				$10^2 \Omega$
Courants de polarisation				$30 \text{ pA} = 30 \times 10^{-12} \text{ A}$
Tension de décalage				
Slew rate				

IV.2 – Exemple : comparateur à hystérésis inverseur

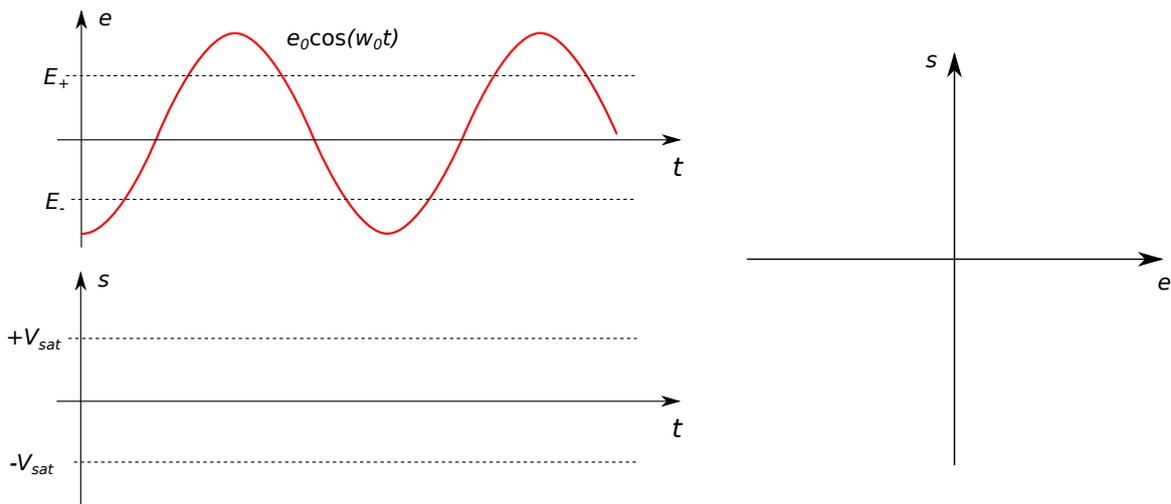


Fig. 2 : Signaux temporels pour un montage à hystérésis inverseur.

Remarques sur la figure 2 :

- En entrée, $e(t) = e_0 \cos(\omega_0 t) \Rightarrow$ une seule harmonique, de pulsation ω_0 .
En sortie, $s(t) =$ signal carré \Rightarrow c'est une somme d'harmoniques (à $\omega_0, 2\omega_0, 3\omega_0, \dots$).
- C'est impossible pour un système linéaire, car pour un système linéaire $0 \xrightarrow{\text{sys}} 0$, et il n'y a donc jamais création d'harmoniques.
- Conclusions à retenir :

- Cette génération d'harmoniques signifie que le système est non-linéaire.
- Un ALI fonctionnant en *régime saturé* est un composant non linéaire (comme une diode par ex.).