

Chapitre: 1.1 Rétroaction

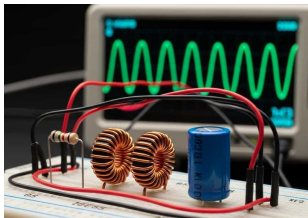
Partie : 1 Electronique

1 Modélisation de l'Amplificateur Linéaire Intégré (ALI)

- 1.1 Présentation du circuit intégré
- 1.2 Modèle statique
- 1.3 Modèle dynamique en régime linéaire
- 1.4 Modèle de l'ALI parfait et idéal

2 ALI idéal en régime linéaire

- 2.1 Stabilité du régime linéaire
- 2.2 Critère de stabilité
- 2.3 Exemple de montage en régime linéaire
- 2.4 Mise en cascade de filtre

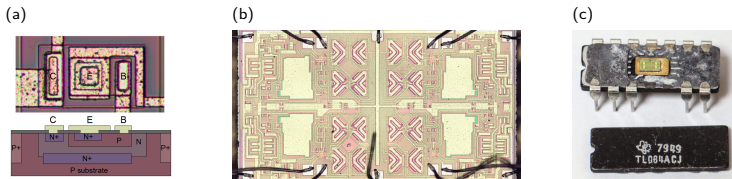


3 ALI idéal en régime saturé

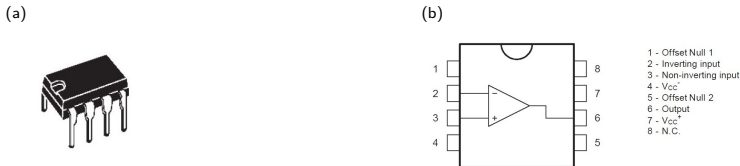
- 3.1 Le comparateur simple
- 3.2 Effet non-linéaire en régime saturé
- 3.3 Le comparateur à hystérésis

1 Modélisation de l'Amplificateur Linéaire Intégré (ALI)

1.1 Présentation du circuit intégré



Circuit intégré d'un ALI (a) Photographie d'un transistor, (b) Photographie d'une puce d'un ALI 741, (c) Photographie d'un boîtier d'un ALI TL084



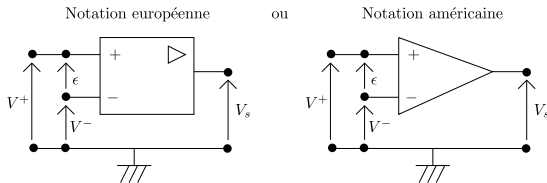
Brochage d'un ALI (a) Dessin du boîtier d'un ALI TL081, (b) Schéma du brochage correspondant.

1 Modélisation de l'Amplificateur Linéaire Intégré (ALI)

1.1 Présentation du circuit intégré

Définition 1 *Amplificateur linéaire intégré (ALI)*

Un amplificateur linéaire intégré, noté ALI, est un amplificateur différentiel à grand gain statique.



Sur ces schémas, V_s est la tension de sortie, V^+ est la tension de l'entrée non-inverseuse, V^- est la tension de l'entrée inverseuse, ϵ est la différence entre les deux entrées. Toutes s'expriment en Volts.

Remarques 1 *Quels brochages sont absents du schéma d'un ALI ?*

1 Modélisation de l'Amplificateur Linéaire Intégré (ALI)

1.2 Modèle statique

1 Modélisation de l'Amplificateur Linéaire Intégré (ALI)

1.1 Présentation du circuit intégré

1.2 Modèle statique

1.3 Modèle dynamique en régime linéaire

1.4 Modèle de l'ALI parfait et idéal

2 ALI idéal en régime linéaire

2.1 Stabilité du régime linéaire

2.2 Critère de stabilité

2.3 Exemple de montage en régime linéaire

2.4 Mise en cascade de filtre

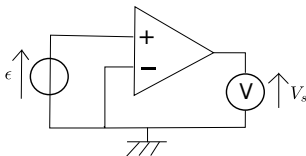
3 ALI idéal en régime saturé

3.1 Le comparateur simple

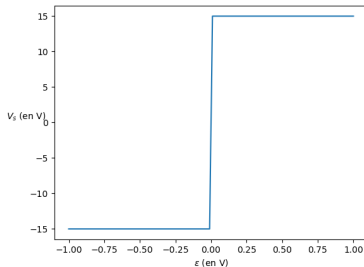
3.2 Effet non-linéaire en régime saturé

3.3 Le comparateur à hystérésis

(a)



(b)



Visualisations des saturations d'un ALI (a) Schéma du montage pour mesurer le modèle statique de l'ALI, (b) Visualisation des saturations

1 Modélisation
de
l'Amplificateur
Linéaire
Intégré (ALI)

1.1 Présentation du
circuit intégré

1.2 Modèle statique

1.3 Modèle
dynamique en régime
linéaire

1.4 Modèle de l'ALI
parfait et idéal

2 ALI idéal en
régime linéaire

2.1 Stabilité du
régime linéaire

2.2 Critère de
stabilité

2.3 Exemple de
montage en régime
linéaire

2.4 Mise en cascade
de filtre

3 ALI idéal en
régime saturé

3.1 Le comparateur
simple

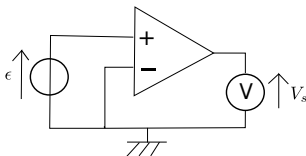
3.2 Effet non-linéaire
en régime saturé

3.3 Le comparateur à
hystérésis

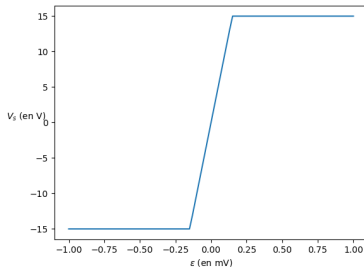
1 Modélisation de l'Amplificateur Linéaire Intégré (ALI)

1.2 Modèle statique

(a)



(b)



Visualisation du gain statique d'un ALI (a) Schéma du montage pour mesurer le modèle statique de l'ALI, (b) Visualisation du gain de l'ALI

Remarques 2 Quelle modélisation pouvons-nous faire de l'ALI dans le cas statique ?

1 Modélisation de l'Amplificateur Linéaire Intégré (ALI)

1.2 Modèle statique

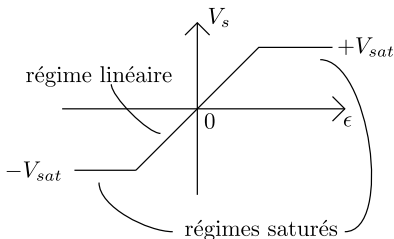
Définition 2 Régimes linéaire et saturé

Pour un ALI de paramètres ϵ (différence), A gain, V_s sortie, V_{sat} saturation, on appelle régime linéaire, la situation où :

$$|\epsilon| < \frac{V_{sat}}{A}, \quad |V_s| < V_{sat}, \quad \text{et} \quad V_s = A\epsilon$$

on appelle régime saturé, la situation où :

$$|\epsilon| > \frac{V_{sat}}{A}, \quad \text{et} \quad |V_s| = V_{sat}$$

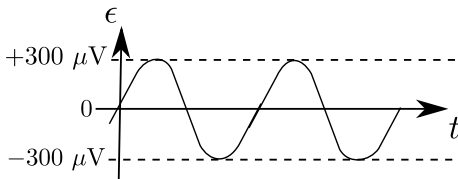


1 Modélisation de l'Amplificateur Linéaire Intégré (ALI)

1.2 Modèle statique

Applications 1 *Modèle statique de l'ALI*

- Q1.** Estimez l'intervalle de valeurs de ϵ , où l'ALI est en régime linéaire.
- Q2.** Soit une différence de tension d'entrée ϵ , sinusoïdale de fréquence très faible (quasi-statique) et d'amplitude de $300 \mu\text{V}$,



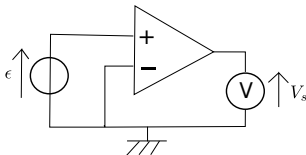
tracez l'allure de la tension de sortie V_s

- Q3.** Repérez sur le graphique précédent les régimes linéaires et saturés.

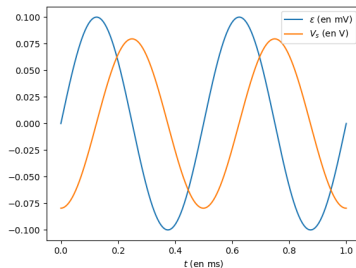
1 Modélisation de l'Amplificateur Linéaire Intégré (ALI)

1.3 Modèle dynamique en régime linéaire

(a)



(b)

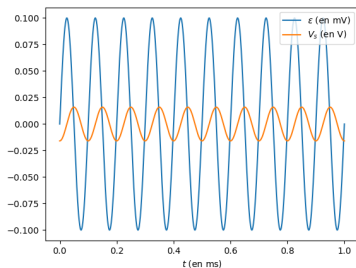


Visualisation du gain dynamique d'un ALI (a) Schéma du montage pour mesurer le gain dynamique de l'ALI, (b) Signaux à une fréquence de 2 kHz

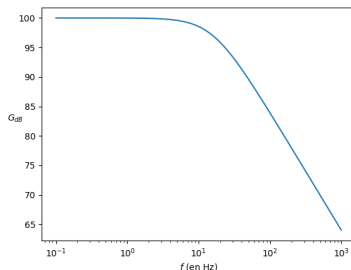
1 Modélisation de l'Amplificateur Linéaire Intégré (ALI)

1.3 Modèle dynamique en régime linéaire

(c)



(d)



Visualisation du gain dynamique d'un ALI (c) Signaux à une fréquence de 10 kHz, (d) Diagramme de Bode

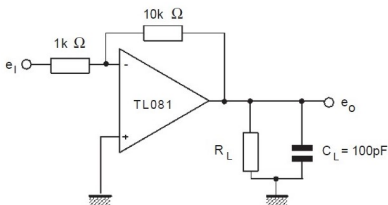
$$\text{en gain } G_{dB} = 20 \log \left(\left| \frac{V_s}{\epsilon} \right| \right)$$

Remarques 3 Quelle modélisation pouvons-nous faire de l'ALI dans le cas dynamique ?

1 Modélisation de l'Amplificateur Linéaire Intégré (ALI)

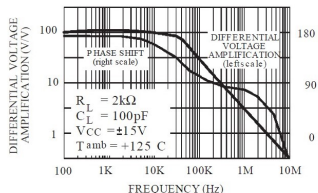
1.3 Modèle dynamique en régime linéaire

(a)



(b)

**LARGE SIGNAL DIFFERENTIAL
VOLTAGE AMPLIFICATION AND PHASE
SHIFT VERSUS FREQUENCY**



Mesure du gain dynamique d'un ALI (a) Schéma d'un montage amplificateur utilisant un ALI, (b) Mesure sur la fiche technique de la chute de gain avec la fréquence.

1 Modélisation de l'Amplificateur Linéaire Intégré (ALI)

1.3 Modèle dynamique en régime linéaire

Applications 2 *Modèle dynamique de l'ALI en régime linéaire*

- Q1.** Calculez le gain G en fonction de la pulsation ω de la fonction de transfert de l'ALI.
- Q2.** Calculez la phase Φ en fonction de ω de la fonction de transfert de l'ALI.
- Q3.** Exprimez d'abord en notation complexe, prise en notation réelle la tension de sortie en fonction de ϵ , ϕ_ϵ et ω , G , Φ .
- Q4.** Donnez l'expression approchée de $V_s(t)$ pour $\omega \ll 1/\tau$ et $\omega \gg 1/\tau$.

1 Modélisation
de
l'Amplificateur
Linéaire
Intégré (ALI)

1.1 Présentation du
circuit intégré

1.2 Modèle statique

1.3 Modèle
dynamique en régime
linéaire

1.4 Modèle de l'ALI
parfait et idéal

2 ALI idéal en
régime linéaire

2.1 Stabilité du
régime linéaire

2.2 Critère de
stabilité

2.3 Exemple de
montage en régime
linéaire

2.4 Mise en cascade
de filtre

3 ALI idéal en
régime saturé

3.1 Le comparateur
simple

3.2 Effet non-linéaire
en régime saturé

3.3 Le comparateur à
hystérésis

1 Modélisation de l'Amplificateur Linéaire Intégré (ALI)

1.4 Modèle de l'ALI parfait et idéal

Remarques 4 *Rappelez les notions d'impédance d'entrée et de sortie.*

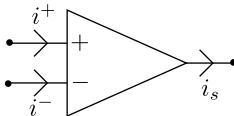
1 Modélisation de l'Amplificateur Linéaire Intégré (ALI)

1.4 Modèle de l'ALI parfait et idéal

Définition 3 Courants de polarisation et de sortie

Pour un ALI, on appelle courants de polarisation, les courants des entrées non-inverseuse, i^+ , et inverseuse, i^- .

On appelle courant de sortie, i_s , le courant habituellement nommé ainsi.



Tous les courants s'expriment en Ampères.

1 Modélisation
de
l'Amplificateur
Linéaire
Intégré (ALI)

- 1.1 Présentation du circuit intégré
- 1.2 Modèle statique
- 1.3 Modèle dynamique en régime linéaire
- 1.4 Modèle de l'ALI parfait et idéal

2 ALI idéal en
régime linéaire

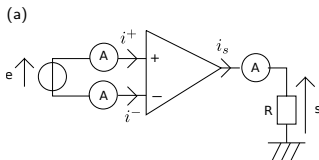
- 2.1 Stabilité du régime linéaire
- 2.2 Critère de stabilité
- 2.3 Exemple de montage en régime linéaire
- 2.4 Mise en cascade de filtre

3 ALI idéal en
régime saturé

- 3.1 Le comparateur simple
- 3.2 Effet non-linéaire en régime saturé
- 3.3 Le comparateur à hystérésis

1 Modélisation de l'Amplificateur Linéaire Intégré (ALI)

1.4 Modèle de l'ALI parfait et idéal



(b)

$$i^+ \approx 10 \text{ pA}$$

$$i^- \approx 10 \text{ pA}$$

$$i_s \text{ varie entre } -60 \text{ mA et } 60 \text{ mA}$$

Courants de polarisation (a) Schéma d'un montage de mesure de courant de polarisation, (b) Valeurs de courant correspondant à une impédance d'entrée $\approx 10^{12} \Omega$ et une impédance de sortie faible.

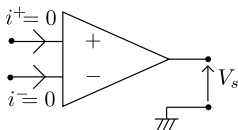
Remarques 5 Quel commentaire pouvez-vous faire sur les valeurs numériques des courants de polarisation et de sortie de l'ALI ?

1 Modélisation de l'Amplificateur Linéaire Intégré (ALI)

1.4 Modèle de l'ALI parfait et idéal

Définition 4 ALI parfait

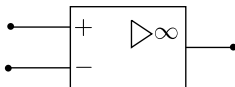
On appelle un ALI parfait, si les courants de polarisation sont nuls, $i^+ = i^- = 0$, soit une impédance d'entrée infinie, $|Z_e| \rightarrow +\infty$. Et si l'impédance de sortie est nulle $Z_s = 0$



Définition 5 ALI idéal

On appelle un ALI idéal, un ALI parfait dont le gain statique A est infini, $A \rightarrow +\infty$

On ajoutera alors un symbole ∞ en notation européenne.



1 Modélisation
de
l'Amplificateur
Linéaire
Intégré (ALI)

- 1.1 Présentation du circuit intégré
- 1.2 Modèle statique
- 1.3 Modèle dynamique en régime linéaire
- 1.4 Modèle de l'ALI parfait et idéal

2 ALI idéal en régime linéaire

- 2.1 Stabilité du régime linéaire
- 2.2 Critère de stabilité
- 2.3 Exemple de montage en régime linéaire
- 2.4 Mise en cascade de filtre

3 ALI idéal en régime saturé

- 3.1 Le comparateur simple
- 3.2 Effet non-linéaire en régime saturé
- 3.3 Le comparateur à hystérésis

1 Modélisation de l'Amplificateur Linéaire Intégré (ALI)

1.4 Modèle de l'ALI parfait et idéal

Propriétés 1 *ALI idéal et linéaire*

Si un ALI est idéal alors en régime linéaire $\epsilon = 0$

Propriétés 2 *ALI idéal et saturé*

Si un ALI est idéal alors $\epsilon \neq 0$ implique $V_s = \pm V_{\text{sat}}$

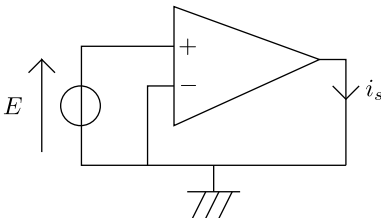
Remarques 6 *Quel graphique représente V_s en fonction de ϵ d'un ALI idéal ?*

1 Modélisation de l'Amplificateur Linéaire Intégré (ALI)

1.4 Modèle de l'ALI parfait et idéal

Applications 3 *Modèle de l'ALI parfait et idéal*

- Q1.** Pour une résistance d'entrée de $10^{12} \Omega$ et des tensions d'entrée maximale de $\pm 15 \text{ V}$, évaluez la valeur du courant de polarisation maximal.
- Q2.** Si on place l'ALI en régime saturé avec une sortie court-circuitée, on observe un courant de court-circuit de 60 mA , estimez la résistance de sortie de l'ALI.



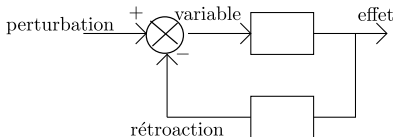
2 ALI idéal en régime linéaire

2.1 Stabilité du régime linéaire

Définition 6 *Rétroaction*

Une rétroaction est un processus dans lequel la perturbation d'une variable a pour effet d'influer sur la variable initiale.

Une rétroaction négative a pour effet d'atténuer les perturbations.



Remarques 7 Quelles vont être les éléments correspondant dans le cas d'un ALI aux : perturbation, variable, effet, rétroaction ?

1 Modélisation
de
l'Amplificateur
Linéaire
Intégré (ALI)

- 1.1 Présentation du circuit intégré
- 1.2 Modèle statique
- 1.3 Modèle dynamique en régime linéaire
- 1.4 Modèle de l'ALI parfait et idéal

2 ALI idéal en régime linéaire

- 2.1 Stabilité du régime linéaire
- 2.2 Critère de stabilité
- 2.3 Exemple de montage en régime linéaire
- 2.4 Mise en cascade de filtre

3 ALI idéal en régime saturé

- 3.1 Le comparateur simple
- 3.2 Effet non-linéaire en régime saturé
- 3.3 Le comparateur à hystérésis

2 ALI idéal en régime linéaire

2.2 Critère de stabilité

Propriétés 3 *Critère de stabilité du régime linéaire*

La connexion électrique entre la sortie de l'ALI et l'entrée inverseuse est un indice de stabilité du régime linéaire de l'ALI.

Remarques 8 Quelles hypothèses ont été faite pour l'explication de ce critère ? Et quelle conséquence pouvons-nous tirer si le critère n'est pas vérifié ?

1 Modélisation de l'Amplificateur Linéaire Intégré (ALI)

- 1.1 Présentation du circuit intégré
- 1.2 Modèle statique
- 1.3 Modèle dynamique en régime linéaire
- 1.4 Modèle de l'ALI parfait et idéal

2 ALI idéal en régime linéaire

- 2.1 Stabilité du régime linéaire

2.2 Critère de stabilité

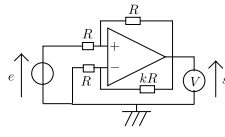
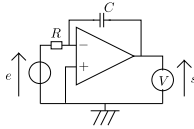
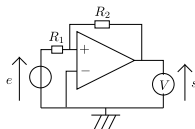
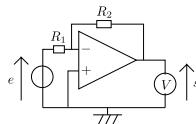
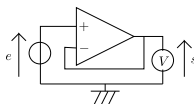
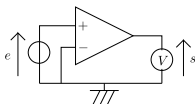
- 2.3 Exemple de montage en régime linéaire
- 2.4 Mise en cascade de filtre

3 ALI idéal en régime saturé

- 3.1 Le comparateur simple
- 3.2 Effet non-linéaire en régime saturé
- 3.3 Le comparateur à hystérésis

Application 4 *Stabilité du régime linéaire*

Q1. Identifiez les boucles de rétroactions négatives et les amplificateurs en régime saturé :

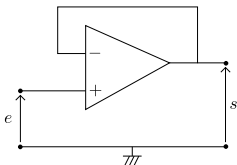


2 ALI idéal en régime linéaire

2.3 Exemple de montage en régime linéaire

Définition 7 Montage suiveur

On appelle montage suiveur, une simple rétroaction par un fil sur l'entrée inverseuse d'un ALI idéal.



Sur ce schéma e est la tension d'entrée et s la tension de sortie.
Toutes s 'expriment en Volts.

Propriétés 4 Relation entrée/sortie du montage suiveur

Dans un montage suiveur $e = s$ avec e est la tension d'entrée et s la tension de sortie.

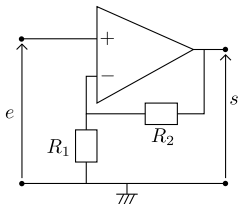
Remarques 9 Quelles comparaisons pouvons nous faire entre un montage suiveur et une paire de fils ?

2 ALI idéal en régime linéaire

2.3 Exemple de montage en régime linéaire

Définition 8 *Montage non-inverseur*

On appelle montage non-inverseur, une rétroaction par un pont diviseur de tension sur l'entrée inverseuse d'un ALI idéal :



Sur ce schéma e est la tension d'entrée et s la tension de sortie, elles s'expriment en Volts.
 R_1 et R_2 sont les résistances composant le pont diviseur de tension, elles s'expriment en Ohms.

Propriétés 5 *Relation entrée/sortie du montage non-inverseur*

Dans un montage non-inverseur $s = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) e$ avec e est la tension d'entrée et s la tension de sortie.

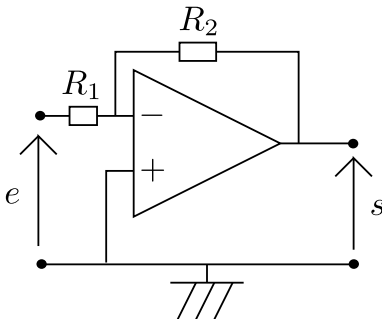
Remarques 10 *Quelles comparaisons pouvons nous faire entre un montage non-inverseur et un pont diviseur de tension ?*

2 ALI idéal en régime linéaire

2.3 Exemple de montage en régime linéaire

Applications 5 *Exemple de montage en régime linéaire*

Q1. Établissez la relation entre les tensions d'entrée e et de sortie s du montage inverseur suivant :



1 Modélisation
de
l'Amplificateur
Linéaire
Intégré (ALI)

1.1 Présentation du
circuit intégré

1.2 Modèle statique

1.3 Modèle
dynamique en régime
linéaire

1.4 Modèle de l'ALI
parfait et idéal

2 ALI idéal en
régime linéaire

2.1 Stabilité du
régime linéaire

2.2 Critère de
stabilité

2.3 Exemple de
montage en régime
linéaire

2.4 Mise en cascade
de filtre

3 ALI idéal en
régime saturé

3.1 Le comparateur
simple

3.2 Effet non-linéaire
en régime saturé

3.3 Le comparateur à
hystérésis

2 ALI idéal en régime linéaire

2.4 Mise en cascade de filtre

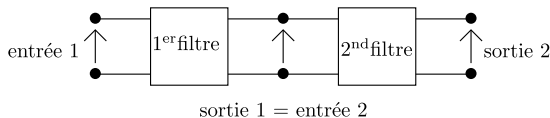
Remarques 11 Rappelez les notions et liens entre fonctions de transfert en sortie ouverte, influence d'une charge, d'un générateur réel, cas d'un filtre parfait.

2 ALI idéal en régime linéaire

2.4 Mise en cascade de filtre

Définition 9 Cascade

Deux filtres sont en cascade quand l'entrée du 2nd filtre est connecté à la sortie du 1^{er}.



Propriétés 6 Fonction de transfert globale de deux filtres en cascade

Pour deux filtres en cascade, de fonction de transfert $\underline{H}_1$ et $\underline{H}_2$, et d'impédance de sortie et d'entrée $\underline{Z}_{s1}$ et $\underline{Z}_{e2}$,

la fonction de transfert globale s'écrit en toute généralité $\underline{H}_{\text{globale}} = \underline{H}_2 \times \left(\frac{\underline{Z}_{e2}}{\underline{Z}_{e2} + \underline{Z}_{s1}} \right) \times \underline{H}_1$;

si $|\underline{Z}_{s1}| \ll |\underline{Z}_{e2}|$ alors elle se simplifie comme $\underline{H}_{\text{globale}} \simeq \underline{H}_2 \times \underline{H}_1$.

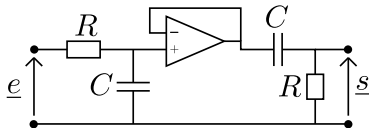
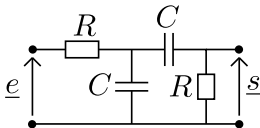
Remarques 12 Quel est l'intérêt de l'utilisation d'un ALI dans la mise en cascade de filtre ?

2 ALI idéal en régime linéaire

2.4 Mise en cascade de filtre

Applications 6 Mise en cascade de filtre

Q1. Établissez et comparez les fonctions de transfert des deux filtres suivants :

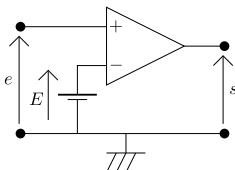


3 ALI idéal en régime saturé

3.1 Le comparateur simple

Définition 10 *Comparateur simple*

On appelle comparateur simple, un ALI sans boucle de rétroaction et dont l'entrée inverseuse est à un potentiel fixé.



Sur ce schéma e est la tension d'entrée, s la tension de sortie et E le potentiel fixé. Tous s'expriment en Volts.

Propriétés 7 *Relation entrée/sortie d'un comparateur simple*

Pour un comparateur simple d'entrée e , de potentiel fixé E et de sortie s ,

$$\text{si } e(t) > E, \text{ alors } s(t) = +V_{\text{sat}}$$

$$\text{si } e(t) < E, \text{ alors } s(t) = -V_{\text{sat}}$$

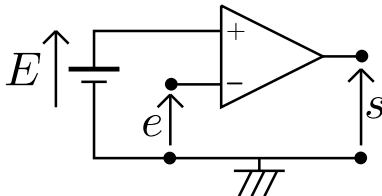
Remarques 13 *Justifiez de la dénomination "comparateur" du montage. Que se passe-t-il en $e(t) = E$?*

3 ALI idéal en régime saturé

3.1 Le comparateur simple

Applications 7 *Le comparateur simple*

Q1. Établissez la relation entrée-sortie du montage suivant :



Q2. Puis tracez s en fonction de e

1 Modélisation
de
l'Amplificateur
Linéaire
Intégré (ALI)

- 1.1 Présentation du circuit intégré
- 1.2 Modèle statique
- 1.3 Modèle dynamique en régime linéaire
- 1.4 Modèle de l'ALI parfait et idéal

2 ALI idéal en régime linéaire

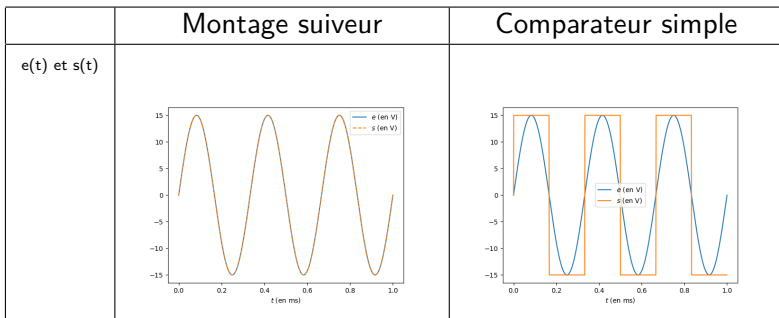
- 2.1 Stabilité du régime linéaire
- 2.2 Critère de stabilité
- 2.3 Exemple de montage en régime linéaire
- 2.4 Mise en cascade de filtre

3 ALI idéal en régime saturé

- 3.1 Le comparateur simple
- 3.2 Effet non-linéaire en régime saturé
- 3.3 Le comparateur à hystérésis

3 ALI idéal en régime saturé

3.2 Effet non-linéaire en régime saturé



1 Modélisation
de
l'Amplificateur
Linéaire
Intégré (ALI)

- 1.1 Présentation du circuit intégré
- 1.2 Modèle statique
- 1.3 Modèle dynamique en régime linéaire
- 1.4 Modèle de l'ALI parfait et idéal

2 ALI idéal en régime linéaire

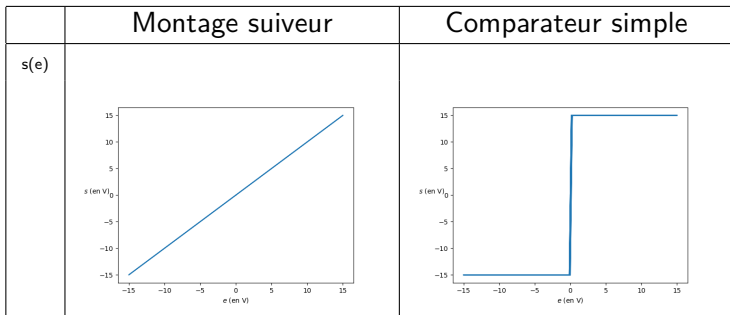
- 2.1 Stabilité du régime linéaire
- 2.2 Critère de stabilité
- 2.3 Exemple de montage en régime linéaire
- 2.4 Mise en cascade de filtre

3 ALI idéal en régime saturé

- 3.1 Le comparateur simple
- 3.2 Effet non-linéaire en régime saturé**
- 3.3 Le comparateur à hystérésis

3 ALI idéal en régime saturé

3.2 Effet non-linéaire en régime saturé



1 Modélisation
de
l'Amplificateur
Linéaire
Intégré (ALI)

- 1.1 Présentation du circuit intégré
- 1.2 Modèle statique
- 1.3 Modèle dynamique en régime linéaire
- 1.4 Modèle de l'ALI parfait et idéal

2 ALI idéal en régime linéaire

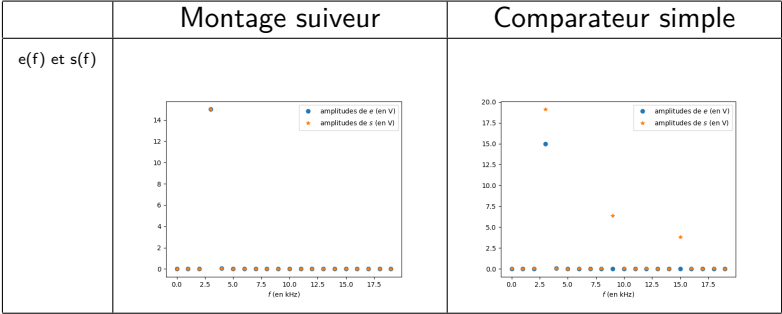
- 2.1 Stabilité du régime linéaire
- 2.2 Critère de stabilité
- 2.3 Exemple de montage en régime linéaire
- 2.4 Mise en cascade de filtre

3 ALI idéal en régime saturé

- 3.1 Le comparateur simple
- 3.2 Effet non-linéaire en régime saturé
- 3.3 Le comparateur à hystérésis

3 ALI idéal en régime saturé

3.2 Effet non-linéaire en régime saturé

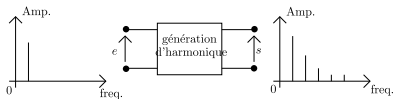


3 ALI idéal en régime saturé

3.2 Effet non-linéaire en régime saturé

Définition 11 Génération d'harmonique

On appelle *génération d'harmonique*, le processus dans lequel un filtre fait apparaître dans le spectre du signal de sortie des harmoniques absentes dans le spectre du signal d'entrée.



Sur ce schéma e est la tension d'entrée et son spectre ne présente qu'une harmonique, et s est la tension de sortie et son spectre présente plusieurs harmoniques.

Formellement on dit qu'il y a *génération d'harmonique* avec :

Soit $(E_n, \Phi_{e,n})$ les composantes de la série de Fourier de l'entrée telles que

$$e(t) = E_0 + \sum_{n=1}^{+\infty} E_n \cos(n\omega_0 t + \Phi_{e,n}),$$

soit $(S_n, \Phi_{s,n})$ les composantes de la série de Fourier de la sortie telles que

$$s(t) = S_0 + \sum_{n=1}^{+\infty} S_n \cos(n\omega_0 t + \Phi_{s,n}),$$

si il existe un n tel que $E_n = 0$ et $S_n \neq 0$, alors il y a eu *génération d'harmonique* entre e et s .

Propriétés 8 La génération d'harmonique indique la non-linéarité d'un filtre

Si il existe un signal d'entrée $e(t)$ tel qu'il y ait une *génération d'harmonique* pour la sortie $s(t)$, alors le filtre est non-linéaire.

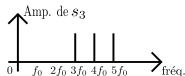
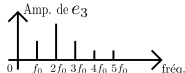
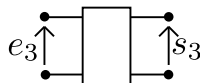
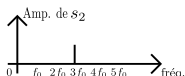
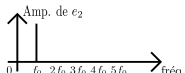
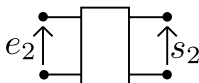
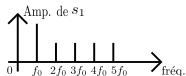
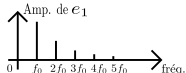
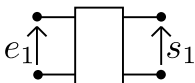
Remarques 14 Quel lien pouvons nous faire entre régime de fonctionnement d'un ALI et linéarité du filtre où il intervient ?

3 ALI idéal en régime saturé

3.2 Effet non-linéaire en régime saturé

Application 8 *Effet non-linéaire en régime saturé*

Q1. Pour chaque situations indépendantes suivantes, pouvez vous dire si le filtre est linéaire ou non-linéaire.



1 Modélisation
de
l'Amplificateur
Linéaire
Intégré (ALI)

- 1.1 Présentation du circuit intégré
- 1.2 Modèle statique
- 1.3 Modèle dynamique en régime linéaire
- 1.4 Modèle de l'ALI parfait et idéal

2 ALI idéal en régime linéaire

- 2.1 Stabilité du régime linéaire
- 2.2 Critère de stabilité
- 2.3 Exemple de montage en régime linéaire
- 2.4 Mise en cascade de filtre

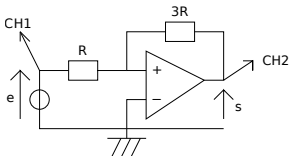
3 ALI idéal en régime saturé

- 3.1 Le comparateur simple
- 3.2 Effet non-linéaire en régime saturé
- 3.3 Le comparateur à hystérésis

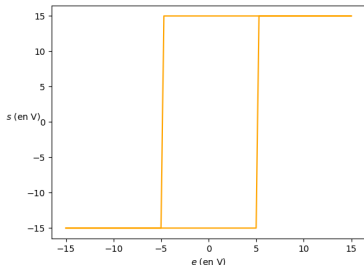
3 ALI idéal en régime saturé

3.3 Le comparateur à hystérésis

(a)



(b)



Comparateur à hystérésis non inverseur (a) Schéma d'un montage de comparateur à hystérésis non inverseur, (b) Tracé du cycle d'hystérésis correspondant

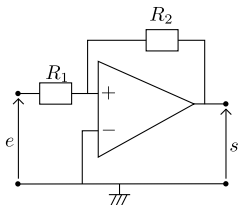
Remarques 15 Quelle originalité présente la relation entrée/sortie de ce montage ?

3 ALI idéal en régime saturé

3.3 Le comparateur à hystérésis

Définition 12 *Comparateur à hystérésis non-inverseur*

On appelle comparateur à hystérésis non-inverseur, un montage avec un ALI possédant une boucle de rétroaction positive et un signal d'entrée connecté à la borne non-inverseuse.



Sur ce schéma e représente la tension d'entrée et s la tension de sortie, elles s'expriment en Volts. R_1 et R_2 sont les résistances présentes dans le montage, elles s'expriment en Ohms.

3 ALI idéal en régime saturé

3.3 Le comparateur à hystérésis

Propriétés 9 *Relation entrée/sortie d'un comparateur à hystérésis non-inverseur*

Pour un comparateur à hystérésis non-inverseur la relation entrée/sortie dépend de la saturation initiale de l'ALI :

- si l'ALI est en saturation négative, la tension seuil de basculement est de $+V_0 = +\frac{R_1}{R_2} V_{\text{sat}}$ tel que :
 - tant que $e < +V_0$, s reste égal à $-V_{\text{sat}}$
 - dès que $e \geq +V_0$, s bascule à $+V_{\text{sat}}$ et l'ALI passe en saturation positive
- si l'ALI est en saturation positive, la tension seuil de basculement est de $-V_0 = -\frac{R_1}{R_2} V_{\text{sat}}$ tel que :
 - tant que $e > -V_0$, s reste égal à $+V_{\text{sat}}$
 - dès que $e \leq -V_0$, s bascule à $-V_{\text{sat}}$ et l'ALI passe en saturation négative

Remarques 16 *Quelle représentation graphique pouvons-nous faire de la relation entrée/sortie d'un comparateur à hystérésis non-inverseur ? Quelle est sa forme ?*

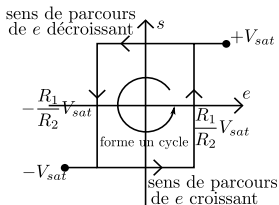
3 ALI idéal en régime saturé

3.3 Le comparateur à hystérésis

Définition 13 *Cycle d'hystérésis*

Lorsque la sortie d'un système présente alternativement différentes sorties à chaque passage de l'entrée par des valeurs identiques, on parle de cycle d'hystérésis.

Graphiquement le tracé de la sortie en fonction de l'entrée a une forme de cycle.



Sur ce graphique s en ordonnée est la tension de sortie, e en abscisse est la tension d'entrée, et la flèche indique le sens de parcours du cycle.

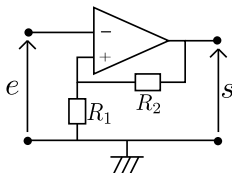
Remarques 17 Pourquoi qualifie-t-on "d'hystérésis" les cycles et fonctionnement des montages précédents ?

3 ALI idéal en régime saturé

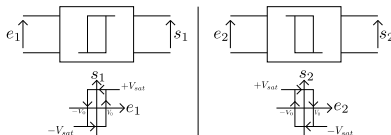
3.3 Le comparateur à hystérésis

Applications 9 *Le comparateur à hystérésis*

Q1. Établissez et tracez le cycle d'hystérésis du montage suivant :



Q2. Soient deux comparateur à hystérésis l'un inverseur et l'autre non-inverseur de même tension de saturation V_{sat} et de même tension de bascule $\pm V_0$:



On applique à l'entrée des deux comparateurs le même signal e sinusoïdal d'amplitude $2V_0$, tracez sur un même graphe e et les sorties s_1 et s_2 des deux comparateurs.

1 Modélisation de l'Amplificateur Linéaire Intégré (ALI)

1.1 Présentation du
circuit intégré

1.2 Modèle statique

1.3 Modèle
dynamique en régime
linéaire

1.4 Modèle de l'ALI
parfait et idéal

2 ALI idéal en régime linéaire

2.1 Stabilité du
régime linéaire

2.2 Critère de
stabilité

2.3 Exemple de
montage en régime
linéaire

2.4 Mise en cascade
de filtre

3 ALI idéal en régime saturé

3.1 Le comparateur
simple

3.2 Effet non-linéaire
en régime saturé

3.3 Le comparateur à
hystérésis

- Savoir quand et comment appliquer une loi des nœuds ou un pont diviseur de tension pour relier les potentiels d'un circuit à ALI.
- Identifiez un régime linéaire ou saturé et en exploiter les implications dans l'hypothèse d'un ALI idéal.
- Connaître les limitations de l'ALI.
- Savoir faire une disjonction de cas et interpréter l'évolution du signal lors d'un phénomène d'hystérésis.
- Connaître le montage suiveur et son intérêt dans la mise en cascade de filtre.