

## L'Amplificateur Linéaire Intégré réel et ses défauts

Macrocomposant électronique à faible coût, l'*Amplificateur Linéaire Intégré* a été conçu, dès l'origine, pour réaliser, en association avec quelques composants, des opérations sur des signaux analogiques, en basse fréquence et faible puissance

Nous nous intéressons ici aux défauts de l'*Amplificateur Linéaire Intégré* réel. Après un bref rappel des caractéristiques de l'A.L.I. idéal et des montages de base, nous passerons en revue les principales imperfections existant sur les circuits réels.

### I - Rappel des caractéristiques de l'A.L.I. idéal

Un amplificateur linéaire intégré idéal présente les caractéristiques suivantes :

- Une *impédance d'entrée* infinie [conséquence :  $i^+ = i^- = 0$ ]
- Une *impédance de sortie* nulle [source de tension parfaite en sortie]
- Un *gain en tension différentielle* infini à toutes les fréquences [ $V_s = A_d \times \varepsilon$  avec  $A_d$  infini et  $\varepsilon = V^+ - V^-$ ], soit une *bande passante* infinie, et un *facteur de mérite* infini
- Un *gain de mode commun*  $A_c$  nul [l'ALI n'amplifie que la tension différentielle  $\varepsilon$ ]
- Ces deux caractéristiques imposent alors un *taux de réjection du mode commun* infini
- Une *tension de décalage* en sortie [*offset*] nulle : la sortie est nulle si  $V^+ = V^-$
- Une tension de sortie pouvant atteindre les valeurs de la tension d'alimentation :  $V_{sat} = V_{cc}$  [*tension de déchet* nulle]
- L'indépendance des caractéristiques vis à vis de l'alimentation [fonctionnement idéal pour n'importe quelle tension d'alimentation]

→ voir le schéma interne de l'ALI idéal

### II - Rappel des montages fondamentaux

- Suiveur
- Inverseur
- Non-inverseur
- Sommateur
- Sommateur inverseur
- De différence → Soustracteur

### III - L'A.L.I. réel et ses défauts

Les ALI réels que nous utilisons se différencient de l'ALI idéal par 3 types d'erreurs :

- Les erreurs de calcul
- Les erreurs statiques
- Les erreurs dynamiques

### III - 1 - Les erreurs de calcul

Elles résultent de la valeur finie des paramètres de l'ALI réel [et non valeur infinie comme pour l'ALI idéal].

#### III - 1 - 1 - L'amplification différentielle en boucle ouverte Ad

L'amplification différentielle en boucle ouverte Ad n'est pas infinie dans un ALI réel.

Ordre de grandeur : entre  $10^5$  et  $10^6$ .

#### III - 1 - 2 - L'impédance d'entrée

Il faut différencier 2 impédances d'entrée :

- L'impédance d'entrée **différentielle**  $Z_{ED}$
- L'impédance d'entrée **de mode commun**  $Z_{MC}$

Dans un ALI réel,  $Z_{ED}$  et  $Z_{MC}$  ont des valeurs finies.

Ordre de grandeur : environ  $10\text{M}\Omega$

Appellation constructeur :

$Z_{ED}$  : **input differential impedance**

$Z_{MC}$  : **impedance common mode**

Remarque : en général,  $|Z_{ED}| > |Z_{MC}|$ .

#### III - 1 - 3 - L'impédance de sortie.

L'impédance de sortie  $Z_s$  d'un ALI réel n'est pas nulle.

Ordre de grandeur :  $Z_s < 250\ \Omega$ .

Appellation constructeur : **output impedance** [ou *output resistance*]

→ voir le schéma interne de l'ALI réel, avec  $Z_{ED}$ ,  $Z_{MC}$ ,  $Z_s$ , et  $Ad \times \varepsilon$ .

### III - 2 - Les erreurs statiques

#### III - 2 - 1 - La tension de déchet

Il s'agit de l'écart entre la valeur de saturation de la tension de sortie de l'ALI en mode commuté [ $V_{sat}$ ], par rapport à la tension d'alimentation [ $V_{cc}$ ].

$$\text{Tension de déchet} = V_{cc} - V_{sat}$$

Exemple : Un ALI alimenté entre  $+15\text{V}$  et  $-15\text{V}$  et ayant 1 volt de tension de déchet présentera à sa sortie, en mode comparateur, les valeurs  $+14\text{V}$  et  $-14\text{V}$ .

Lorsque la tension de déchet d'un ALI n'est pas nulle [ALI réel], alors  $V_{sat} \neq V_{cc}$ .

Ordre de grandeur : 1 à 2 volts.

#### III - 2 - 2 - La tension résiduelle en entrée

C'est la tension à appliquer sur l'une des entrées, l'autre étant à la masse, de manière à annuler la tension de sortie.

La tension résiduelle d'entrée sera à l'origine d'une tension de sortie  $V_o$  non nulle [appelée *tension de décalage en sortie*, ou *tension d'offset*], **même lorsque la tension différentielle d'entrée  $\varepsilon$  sera nulle.**

La tension résiduelle en entrée est modélisée par un générateur de tension parasite placée sur l'entrée inverseuse de l'ALI. Plus le gain de l'étage amplificateur sera grand, plus la tension de décalage résultante en sortie sera importante.

Ordre de grandeur : 1 à 5 mV.

Appellation constructeur : ***input offset voltage***

### III – 2 – 3 – Les courants de polarisation

L'étage d'entrée d'un ALI réel absorbe un courant nécessaire à sa polarisation. Les courants d'entrée  $i^+$  et  $i^-$  de l'ALI réel ne sont donc pas nuls.

L'effet de ces courants peut être modélisé par deux générateurs de courants en entrées, appelés  $I_p^+$  et  $I_p^-$ .

On appelle **courant de polarisation** la valeur  $(I_p^+ + I_p^-)/2$

On appelle **courant de décalage** la différence  $I_p^+ - I_p^-$

Les composants externes à l'ALI doivent permettre la circulation de ces courants : l'impédance en continue vue des bornes « + » et « - » ne doit pas être infinie pour le continue.

Afin que l'effet de ces courants sur la tension de sortie soit nulle, il faut que les résistances vue des bornes « + » et « - » soient égales.

Application : le montage inverseur.

Une différence de valeur entre ces courants [différence appelée *courant de décalage*] produira alors une tension de décalage en sortie. Si les résistances externes sont de faibles valeurs [inférieures à  $10k\Omega$ ], l'effet du courant de décalage est négligeable devant celui causé par la *tension résiduelle d'entrée*.

Appellation constructeur :

Le constructeur d'un ALI précise dans sa documentation technique :

- Le courant de décalage [***input offset current***]
- Le courant de polarisation [***input bias current***]

### III – 2 – 4 – L'amplification du mode commun

Un ALI est un amplificateur différentiel, c'est à dire que sa tension de sortie ne devrait dépendre que de la différence de potentiel appliquée entre ses bornes d'entrée. Ce n'est pas le cas de l'ALI idéal, qui amplifie la *tension de mode commun*, en plus de la *tension différentielle*.

### III – 3 – Les erreurs dynamiques

Elles sont dues à la présence d'éléments réactifs et aux limitations en fréquence des composants actifs ; elles limitent la bande passante de l'ALI réel.