

Les fiches techniques

47

Les composants électroniques Les amplificateurs linéaires intégrés (ALI)



47 Amplificateurs linéaires intégrés (ALI)

Un ALI, précédemment appelé AOP (Amplificateur Opérationnel), est un ensemble électronique qui réunit les propriétés suivantes :

- Amplification en tension A_0 élevée (10^4 à 10^8).
- Grande impédance d'entrée ($> 10 \text{ M}\Omega$).
- Faible impédance de sortie $< 250 \Omega$.
- Transmission d'une tension continue.
- La capacité d'être rebouclé sur l'entrée \ominus sans devenir instable (condition de stabilité des systèmes bouclés).

47.1 Modèle idéal

- Amplification en tension : $-\frac{V_s}{\mathcal{E}} = A \approx \infty$.
- Impédance d'entrée différentielle infinie.
- Impédance de sortie nulle.
- Bande passante infinie.
- Courants de polarisation nuls.
- Tension de décalage (offset) à la sortie nulle si $e^+ = e^-$.

47.2 Fonctionnement en mode linéaire

Le type de fonctionnement s'effectue avec une contre-réaction sur la broche notée \ominus .

$$\mathcal{E} = 0 ; i^+ = i^- = 0.$$

Dans le cas du montage suiveur :

$$V_s = V_e$$

Modélisation

La modélisation sous forme de schémas-blocs permet de décrire simplement le fonctionnement en linéaire.

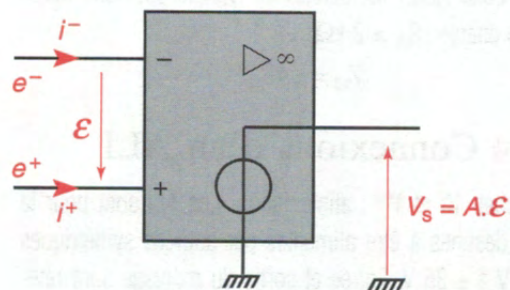
$$\mathcal{E} = \frac{V_e}{1+A} \approx 0$$

$$\frac{V_s}{V_e} = \frac{A}{1+A} \approx 1$$

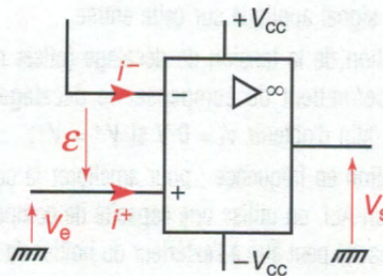
SYMBOLES



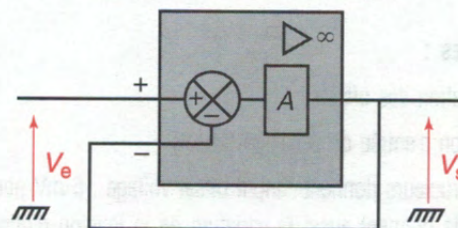
MODÈLE IDÉAL



FONCTIONNEMENT LINÉAIRE



Modélisation du montage



47.3 Fonctionnement en mode non linéaire

Le bouclage s'effectue sur la broche \oplus ou bien, le circuit est en boucle ouverte (circuit utilisé en comparateur).

Dans ce cas, $\epsilon \neq 0$ et $i^+ = i^- = 0$.

Le circuit commute entre $+V_{sat}$ et $-V_{sat}$. Dans la réalité, ces tensions sont différentes de $+V_{cc}$.

$+V_{sat}$: tension de saturation haute.

$$+V_{sat} < +V_{cc}$$

$-V_{sat}$: tension de saturation basse.

$$-V_{sat} > -V_{cc}$$

Pour un LM 741, pour $V_s = V_{cc} = \pm 15$ V, V_{sat} est donné par la variation maximale de la tension en sortie (*output voltage swing*). Cette valeur est donnée en typique pour une résistance de charge ($R_{ch} \geq 2$ k Ω).

$$V_{sat} = \pm 13$$
 V.

47.4 Connexions d'un ALI

■ Broches V^+ et V^- : alimentation. Les ALI sont pour la plupart destinés à être alimentés par sources symétriques de ± 5 V à ± 35 V. Entrée et sortie du montage sont référencées par rapport à la masse de l'alimentation.

■ Entrée inverseuse E^- : le signal de sortie sera déphasé de 180° par rapport au signal appliqué sur cette entrée.

■ Entrée non inverseuse E^+ : le signal de sortie sera en phase avec le signal appliqué sur cette entrée.

■ Compensation de la tension de décalage (offset nul) : ces entrées permettent de compenser le décalage des entrées $+$ et $-$ afin d'obtenir $V_s = 0$ V si $V^+ = V^-$.

■ Compensation en fréquence : pour améliorer la courbe de réponse d'un ALI, on utilise une capacité de compensation. Cette capacité peut être à l'extérieur du boîtier de l'amplificateur comme dans le LM 101 ou intégrée comme dans le LM 741.

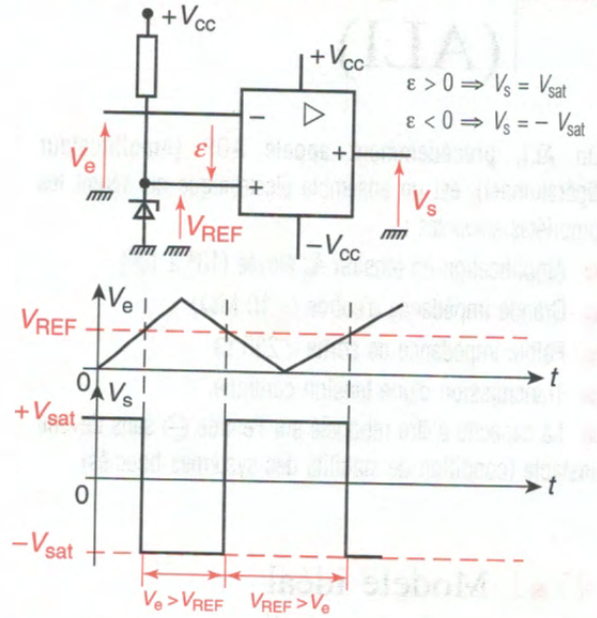
REMARQUES :

Compensation des offsets.

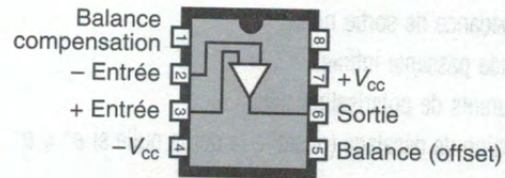
V_d : tension d'entrée de décalage (offset).

Les constructeurs donnent : Input offset voltage : 8 mV pour un 741. Ils donnent aussi la variation de la tension d'offset avec la température : Input offset voltage drift : 15 μ V/ $^\circ$ C.

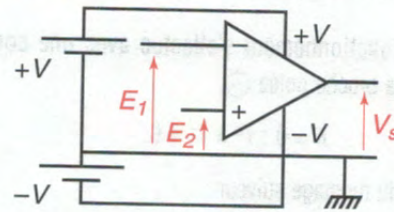
FONCTIONNEMENT EN COMPAREUR



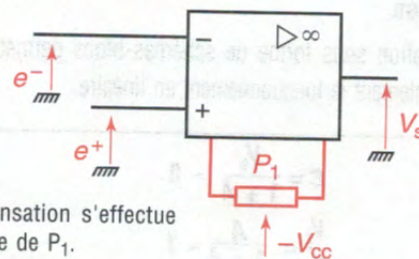
BOÎTIER STANDARD D'UN ALI (741, TL081)



ALIMENTATION D'UN ALI



COMPENSATION « OFFSET »



La compensation s'effectue par réglage de P_1 .

47.5

PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES

| Tension d'alimentation | | | | Tension d'entrée | | | Courant de sortie max (+mA) $I_o \approx \pm 15V$ | Tension offset \pm mV | R_e m Ω | Taux de montée V/ μ s | Bruit d'entrée nV/Hz | Gain en boucle ouverte dB | Boîtier | Type | Utilisation |
|------------------------|-------------|-------------|-------------|-----------------------------------|------|---------|--|----------------------------|---------------------|------------------------------|-------------------------|------------------------------|---------|--------|---------------------|
| symétrique | | asymétrique | | $U_a = \pm 1,5$ V plage limite | | | | | | | | | | | |
| min \pm V | max \pm V | min \pm V | max \pm V | - V | + V | \pm V | | | | | | | | | |
| 2 | 18 | 4 | 36 | 13 | 15 | 15 | 16 | 2 | 2 | 10 | 15 | 104 | I, II | 301 | Non compensé |
| 1,5 | 16 | 3 | 32 | 15 | 13,5 | 15 | 40 | 2 | 2 | 0,5 | - | 100 | V | 324 | Faible consommation |
| 2 | 18 | 4 | 36 | 13 | 13 | 15 | 25 | 1 | 2 | 0,5 | 20 | 106 | I, II | 741 | Général |
| 2 | 18 | 4 | 36 | 13 | 13 | 15 | 25 | 1 | 1 | 0,5 | 45 | 104 | III | 1458 | Général |
| 2 | 18 | 4 | 36 | 13 | 13 | 15 | 25 | 0,5 | 5 | 1 | 10 | 110 | VI | 4136 | Général |
| 2 | 18 | 4 | 36 | 8 | 8 | 23 | 10 | 5 | 1,5 | 9 | 40 | 100 | I, II | CA3140 | Général |
| 3 | 18 | 6 | 36 | 12 | 15 | 15 | 15 | 3 | 1 | 12 | 20 | 106 | I, II | LF356 | Général |
| 3 | 18 | 6 | 36 | 15 | 15 | 15 | 15 | 3 | 1 | 50 | 20 | 106 | I, II | LF357 | Gain mini (s) |
| 5 | 18 | 10 | 36 | 11 | 15 | 15 | 13 | 2 | 106 | 15 | 25 | 106 | I, II | LF411 | Général |
| 6 | 18 | 12 | 36 | 11,5 | 14,5 | 15 | 13 | 1 | 106 | 15 | 25 | 106 | III | LF412 | Général |
| 5 | 18 | 10 | 36 | 14 | 14 | 15 | 6,5 | 0,3 | - | 7 | 4,5 | 110 | III | LM833 | Audio |
| 5 | 18 | 10 | 36 | 10 | 10 | 15 | 20 | 3 | 106 | 13 | 18 | 106 | IV | TL074 | Faible bruit |
| 5 | 18 | 10 | 36 | 10 | 10 | 15 | 20 | 5 | 106 | 13 | 25 | 106 | V | TL084 | Général |
| 3 | 18 | 6 | 36 | 10,5 | 10,5 | 16 | 6,5 | 0,5 | 106 | 5 | 20 | 106 | I, II | OP15 | |
| 3 | 18 | 6 | 36 | 10,5 | 10,5 | 16 | 6,5 | 0,5 | 106 | 9 | 20 | 106 | I, II | OP16 | |
| 4 | 22 | 8 | 44 | 15 | 15 | 15 | 17 | 0,03 | 2000 | 4,5 | 3,8 | 115 | I, II | OP27 | Faible bruit |
| 3 | 22 | 6 | 44 | 14 | 14 | 15 | 12 | 0,04 | 2000 | 0,3 | 10 | 138 | I, II | OP77 | |
| 4 | 22 | 8 | 44 | 15 | 15 | 15 | 17 | 0,06 | 2000 | 2,8 | 3,8 | 115 | VII | OP227 | Faible bruit |
| 9 | 22 | 18 | 44 | 13 | 13 | 15 | 38 | 0,5 | 0,3 | 9 | 5 | 100 | III | NE5532 | Faible bruit |
| 9 | 22 | 18 | 44 | 13 | 13 | 15 | 38 | 0,5 | 0,3 | 13 | 4 | 100 | II | NE5534 | Faible bruit |
| 2 | 18 | 4 | 36 | 18 | 18 | 18 | 3000 | 10 | 4 | 5 | 3 | 83 | VIII | L165 | Puissance |

47.6

MONTAGES DE BASE DES ALI

Amplificateur inverseur

$V_s = -\frac{R_2}{R_1} V_e$

Application : TL081 avec compensation d'offset

$\frac{V_s}{V_e} = -\frac{R_2}{R_1}$

Amplificateur non inverseur

$V_s = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_e$

Amplificateur suiveur

$V_s = V_e$

Amplificateur soustracteur

$V_s = V_{e_2} \cdot \frac{R_4}{(R_3 + R_4)} \cdot \frac{(R_1 + R_2)}{R_1} - V_{e_1} \cdot \frac{R_2}{R_1}$

Additionneur inverseur

$V_s = -\left(V_{e_1} \cdot \frac{R_1}{R_2} + V_{e_2} \cdot \frac{R_1}{R_3}\right)$