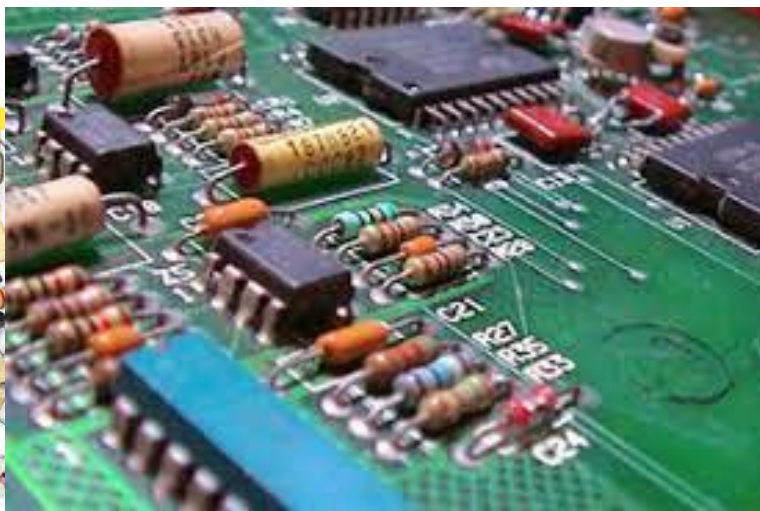




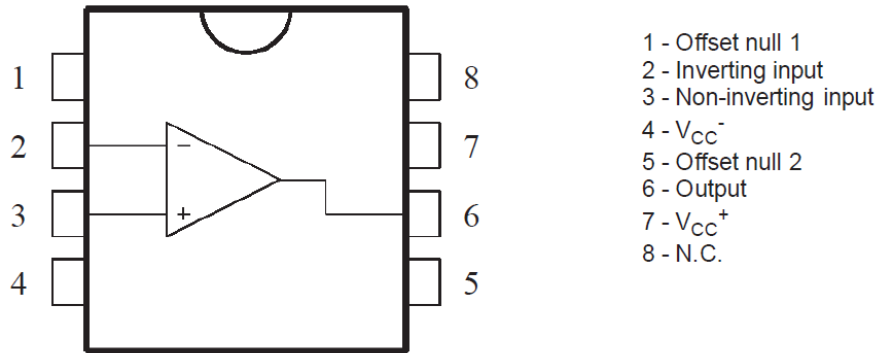
ELECTRONIQUE Chapitre 2 : Rétroaction

Notions et contenus	Capacités exigibles	
1.2. Rétroaction		CdE
Modèle de l'ALI défini par une résistance d'entrée infinie, une résistance de sortie nulle, une fonction de transfert du premier ordre en régime linéaire, une saturation de la tension de sortie. Limites du modèle : vitesse limite de balayage, saturation de l'intensité du courant de sortie.	Citer les hypothèses du modèle et les ordres de grandeur du gain différentiel statique et du temps de réponse. Détecter, dans un montage à ALI, les manifestations de la vitesse limite de balayage et de la saturation de l'intensité du courant de sortie.	
Montages amplificateur non inverseur et comparateur à hystérésis.	Analyser la stabilité du régime linéaire. Établir la conservation du produit gain-bande passante du montage non inverseur.	CdE2 : 17.2 à 17.5
ALI idéal de gain infini en régime linéaire.	Identifier la présence d'une rétroaction sur la borne inverseuse comme un indice de probable stabilité du régime linéaire. Établir la relation entrée-sortie des montages non inverseur, suiveur, inverseur et intégrateur. Déterminer les impédances d'entrée de ces montages. Expliquer l'intérêt, pour garantir leur fonctionnement lors de mises en cascade, de réaliser des filtres de tension de forte impédance d'entrée et de faible impédance de sortie.	CdE1 : 7.1 à 7.15 CdE2 : 16.1 à 16.12
ALI idéal de gain infini en régime saturé.	Identifier l'absence de rétroaction ou la présence d'une unique rétroaction sur la borne non inverseuse comme l'indice d'un probable comportement en saturation. Établir la relation entrée-sortie d'un comparateur simple. Associer, pour un signal d'entrée sinusoïdal, le caractère non-linéaire du système et la génération d'harmoniques en sortie. Établir le cycle d'un comparateur à hystérésis. Décrire le phénomène d'hystérésis en relation avec la notion de fonction mémoire.	CdE2 : 17.1 ; 17.6 à 17.10

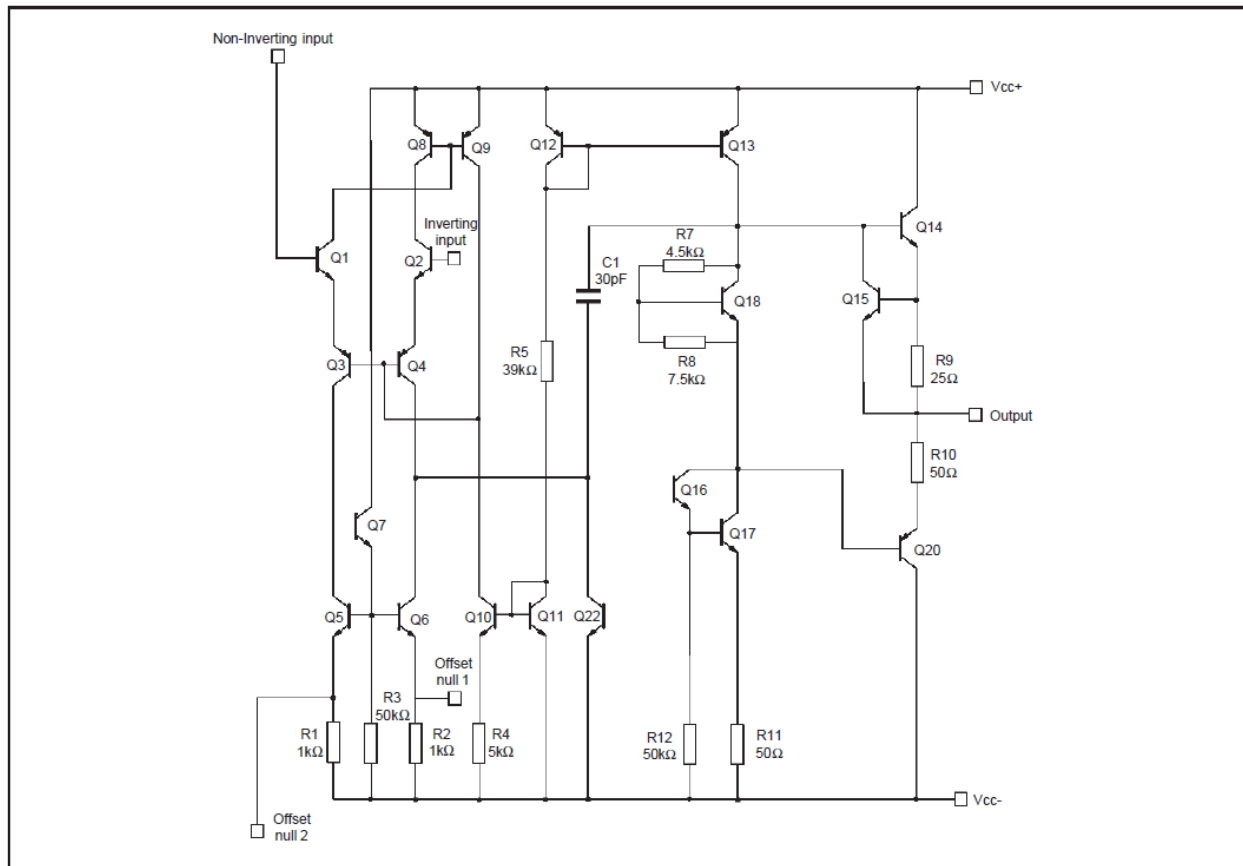
I. L'Amplificateur Linéaire Intégré (ALI)

1) Data sheet UA 741

PIN CONNECTIONS (top view)



SCHEMATIC DIAGRAM



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	UA741M	UA741I	UA741C	Unit
V_{CC}	Supply voltage	± 22			V
V_{id}	Differential Input Voltage	± 30			V
V_i	Input Voltage	± 15			V
P_{tot}	Power Dissipation ¹⁾	500			mW
	Output Short-circuit Duration	Infinite			
T_{oper}	Operating Free-air Temperature Range	-55 to +125	-40 to +105	0 to +70	°C
T_{stg}	Storage Temperature Range	-65 to +150			°C

1. Power dissipation must be considered to ensure maximum junction temperature (T_J) is not exceeded.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

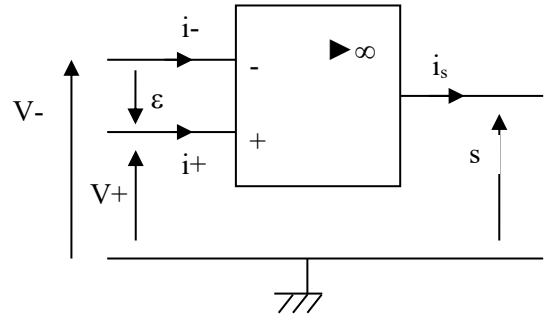
$V_{CC} = \pm 15V$, $T_{amb} = +25^\circ C$ (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_{io}	Input Offset Voltage ($R_S \leq 10k\Omega$) $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$		1	5 6	mV
I_{io}	Input Offset Current $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$		2	30 70	nA
I_{ib}	Input Bias Current $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$		10	100 200	nA
A_{vd}	Large Signal Voltage Gain ($V_O = \pm 10V$, $R_L = 2k\Omega$) $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	50 25	200		V/mV
SVR	Supply Voltage Rejection Ratio ($R_S \leq 10k\Omega$) $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	77 77	90		dB
I_{CC}	Supply Current, no load $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$		1.7	2.8 3.3	mA
V_{Icm}	Input Common Mode Voltage Range $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	± 12 ± 12			V
CMR	Common Mode Rejection Ratio ($R_S \leq 10k\Omega$) $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	70 70	90		dB
I_{OS}	Output short Circuit Current	10	25	40	mA
$\pm V_{opp}$	Output Voltage Swing $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$ $R_L = 10k\Omega$ $R_L = 2k\Omega$ $R_L = 10k\Omega$ $R_L = 2k\Omega$	12 10 12 10	14 13		V
SR	Slew Rate $V_i = \pm 10V$, $R_L = 2k\Omega$, $C_L = 100pF$, unity Gain	0.25	0.5		V/ μs
t_r	Rise Time $V_i = \pm 20mV$, $R_L = 2k\Omega$, $C_L = 100pF$, unity Gain		0.3		μs
K_{ov}	Overshoot $V_i = 20mV$, $R_L = 2k\Omega$, $C_L = 100pF$, unity Gain		5		%
R_i	Input Resistance	0.3	2		M Ω
GBP	Gain Bandwidth Product $V_i = 10mV$, $R_L = 2k\Omega$, $C_L = 100pF$, $f = 100kHz$	0.7	1		MHz
THD	Total Harmonic Distortion $f = 1kHz$, $A_v = 20dB$, $R_L = 2k\Omega$, $V_O = 2V_{pp}$, $C_L = 100pF$, $T_{amb} = +25^\circ C$		0.06		%
e_n	Equivalent Input Noise Voltage $f = 1kHz$, $R_S = 100\Omega$		23		$\frac{nV}{\sqrt{Hz}}$
ϕ_m	Phase Margin		50		Degrees

2) Modèle usuel du composant idéal

L'amplificateur linéaire intégré (ALI) est un composant électronique comportant deux entrées (inverseuse - et non inverseuse +) et une sortie. C'est un amplificateur différentiel de tension.

L'alimentation continue symétrique ($+V_{cc} \approx 15\text{ V}$, $-V_{cc} \approx -15\text{ V}$) n'est pas représentée, mais est présente.



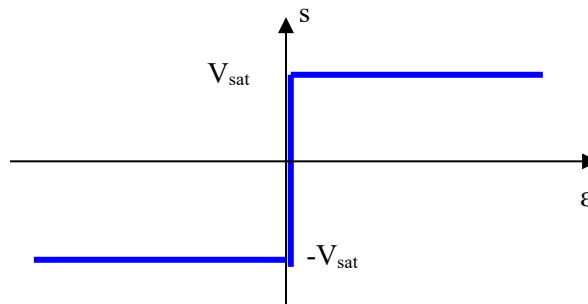
résistance d'entrée différentielle infinie : $i_+ = i_- = 0$

résistance de sortie nulle : s est indépendante de la résistance de charge R_u ,

saturation de la tension de sortie : $|s_{MAX}| = V_{Sat} \approx 14\text{ V}$

3) Caractéristique de transfert de l'ALI idéal de gain différentiel $\mu = s/\epsilon$ infini :

$$s = f(\epsilon)$$



L'ALI peut fonctionner selon deux régimes :

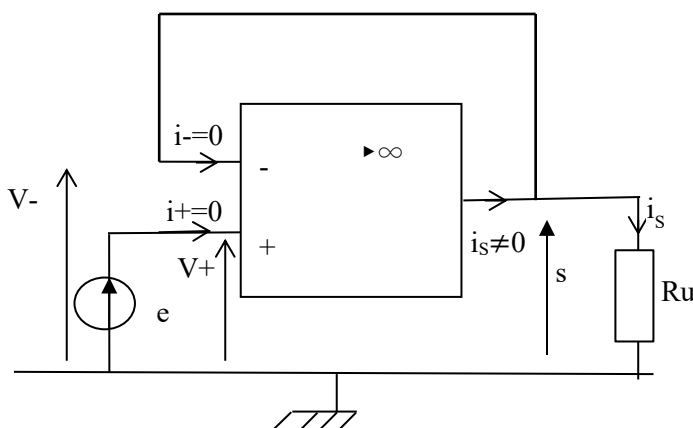
un régime **linéaire** avec $\epsilon=0$; $s / \epsilon = \mu \rightarrow \infty$; $-V_{sat} < s < +V_{sat}$

un régime **saturé (non linéaire)** avec $\epsilon \neq 0$, si $\epsilon > 0$ $v_s = V_{sat}$ et si $\epsilon < 0$ $v_s = -V_{sat}$

ordre de grandeur : $-V_{sat} = V_{sat}^+ \approx 14\text{ V}$

II. Montages usuels en régime linéaire : condition nécessaire existence d'une rétroaction négative

1) Montage suiveur $s = e$



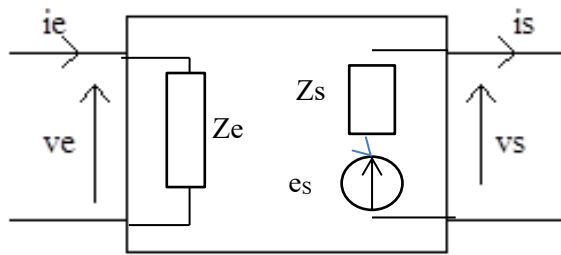
$$\epsilon = (V_+) - (V_-)$$

$$0 = e - s$$

Donc $s = e$ en régime linéaire

Si $i_s < 30\text{ mA}$

s est indépendant de R_u



Impédance d'entrée : $Z_e = v_e / i_e \rightarrow \infty$ car $i_e = i_+ = 0$
 $Z_s = 0$ car v_s est indépendant de R_u
 $e_s = v_s = v_e$

Intérêt : association en cascade sans modification des fonctions de transfert des blocs individuels

2) **Montage non-inverseur : $s = G^*e$ avec G réel positif**

3) **Montage inverseur $s = G^*e$ avec G réel négatif**

4) **Montage intégrateur $s(t) = G^* \int e(t). dt$**

III. **ALI idéal de gain infini en régime saturé :**

Si $\varepsilon > 0$ alors $s = + V_{SAT}$; Si $\varepsilon < 0$ alors $s = - V_{SAT}$

1) **Etude spectrale**

2) **Comparateur simple,**

3) **Comparateur à hystérésis : fonction mémoire**

IV. **Pourquoi A Linéaire I ? (PSI*)**

1) **Modèle du composant avec un gain différentiel d'ordre 1**

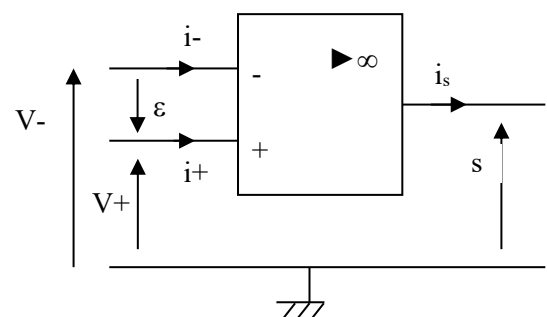
L'amplificateur linéaire intégré (ALI) est un composant électronique comportant deux entrées (inverseuse - et non inverseuse +) et une sortie. C'est un amplificateur différentiel de tension. L'alimentation continue symétrique ($+ V_{CC} \approx 15 V$, $- V_{CC} \approx -15 V$) n'est pas représentée, mais est présente.

résistance d'entrée différentielle infinie : $i_+ = i_- = 0$

Quelle sont les valeurs données dans le data sheet ?

résistance de sortie nulle : s est indépendante de la résistance de charge R_u .

limite du modèle : si R_u devient trop faible il existe une saturation en courant $i_{SMax} \approx 30 mA$



fonction de transfert du premier ordre en régime linéaire :

$$\underline{\mu} = \underline{s} / \underline{\varepsilon} = \frac{\mu_0}{1+j\omega\tau}$$

avec τ (temps de réponse) de l'ordre de quelques 0,1 s : où est-ce dans le data sheet ?

μ_0 (gain différentiel statique) de l'ordre de quelques 10^5 : valeur donnée dans le data sheet ?

Tracer le diagramme de Bode asymptotique en gain $G_{dB\mu} = 20 \log |\underline{\mu}| = f(\log(\omega/1))$.

Donner les équations littérales des deux asymptotes.

Origine des abscisses 1 rad.s^{-1} ; origine des ordonnées 0 dB.

Echelles : en abscisse 3 cm = 1 décade ; en ordonnée 20 dB = 1 cm

saturation de la tension de sortie : $|s_{MAX}| = V_{Sat} \approx 14 \text{ V}$

limite du modèle : SR vitesse de balayage σ (slew rate) : c'est la pente maximale du signal de sortie $\sigma = \left(\frac{dv_s}{dt} \right)_{\max} \approx 1 \text{ V} / \mu\text{s}$. Datasheet ?

2) Etude du montage non-inverseur :

Représenter le schéma du montage.

On appelle $\underline{E}$ l'amplitude complexe de la tension d'entrée du montage.

Déterminer l'amplitude complexe $\underline{S}$ de la tension de sortie du montage en fonction de $\underline{\mu}$, $\underline{E}$, R_1 et R_2 .

En déduire l'expression de la fonction de transfert du montage $\underline{H}$ en fonction de μ_0 , ω , τ , R_1 et R_2 .

Le montage est-il stable ?

La mettre sous forme canonique. Quel est la nature du filtrage réalisé ? Donner les caractéristiques de ce filtre. AN : $R_1 = 10R_2$.

Déterminer les équations des deux asymptotes. Comparer l'équation littérale de l'asymptote haute fréquence avec celle $\underline{\mu}$. Conclusion ?

Tracer le diagramme de Bode en gain sur le diagramme précédent.

Conclusion

Le montage non-inverseur est stable.

Conservation du produit gain-bande passante :

Data sheet GBP, déterminer sa valeur en déduire la valeur numérique de τ .

(gain statique * fréquence de coupure)($\underline{\mu}$) = (gain statique * fréquence de coupure)(non-inverseur)

3) Montage comparateur à hystérésis :

Montage (intervertir les entrées inverseuses et non-inverseuses du montage précédent), -> Instable

Représenter le schéma du montage.

On appelle $\underline{E}$ l'amplitude complexe de la tension d'entrée du montage.

Déterminer l'amplitude complexe $\underline{S}$ de la tension de sortie du montage en fonction de $\underline{\mu}$, $\underline{E}$, R_1 et R_2 .

En déduire l'expression de la fonction de transfert du montage $\underline{H}$ en fonction de μ_0 , ω , τ , R_1 et R_2 .

AN : $R_1 = 10R_2$.

Le montage est-il stable ?

Résolution équation différentielle : $\frac{ds}{dt} - \frac{s(t)}{\tau} = -H_o \frac{e(t)}{\tau}$ par la méthode d'Euler

Avec $e(t) = E = 1 \text{ mV}$ (tension parasite dans le montage) ; $H_o = 10$ et $\tau = 0,1 \text{ s}$

A représenter numériquement

Fichier python en annexe : 22EC2 Ordre 1 Euler comp hyst instable saturation

Conclusion :

Le régime linéaire d'un montage à ALI est stable.

Le régime saturé d'un montage à ALI est instable.