

TP n°5 – Montage à ALI (« AO ») – Amplificateur non-inverseur

Extraits du programme de TP de PC :

Montages utilisant un amplificateur linéaire intégré (ALI).

Mettre en œuvre divers montages utilisant un ALI, les schémas des montages étant fournis.

Extrait du programme de cours de PCSI :

Filtres actifs en électronique.
Modèle de l'ALI idéal en régime linéaire.

Identifier la présence d'une rétroaction sur la borne inverseuse comme un indice de fonctionnement en régime linéaire.

Établir la relation entrée-sortie des montages non inverseur, suiveur, inverseur, intégrateur.

Déterminer les impédances d'entrée de ces montages.

Mettre en œuvre un filtre actif.

Objectifs détaillés de la séance :

- Tracer la relation entrée-sortie de l'AO seul : distinguer 3 zones de fonctionnement
- Identifier les limitations de l'AO : saturation en tension, en courant, slew-rate, bande passante
- Observer l'instabilité du montage lorsque l'on inverse les bornes + et - de l'AO

Introduction

En traitement du signal (acquisition, filtrage, etc.), il arrive souvent que le signal avec lequel on travaille soit d'amplitude trop faible : il devient alors difficile de le distinguer du « bruit de fond » électrique qui existe toujours dans les circuits (cf. quand on zoome sur le trait d'une voie de l'oscilloscope quand le signal capté est nul).

Il faut alors l'amplifier, c'est-à-dire le multiplier par une valeur constante (le « gain ») fixée par l'expérimentateur (ordre de grandeur en TP : de qq unités à qq 100). C'est le rôle du montage étudié dans ce TP.

On utilise un montage « actif », c'est-à-dire alimenté par une source d'énergie extérieure au circuit (une alimentation +15 / -15 ici). L'intérêt de ces montages : ils possèdent une grande impédance d'entrée et une petite impédance de sortie. On peut donc les insérer dans une chaîne de traitement du signal, sans modifier le comportement des blocs existants (cf. intérêt d'un filtre actif, vu en PCSI).

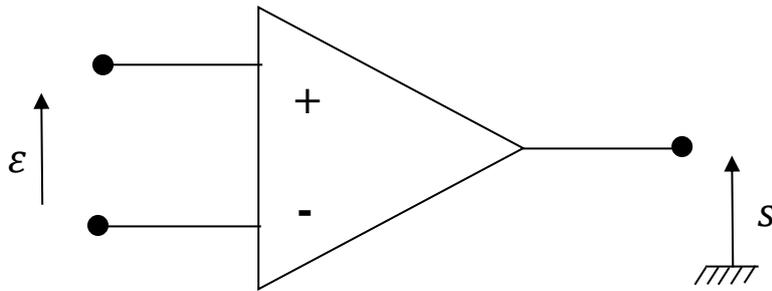
La « datasheet » des AO TL081 éditée par ST-Microelectronics est jointe en annexe. Si les AO utilisés en TP sont d'un autre type (TL071 par exemple), vous irez chercher sur internet la datasheet correspondante (choisissez plutôt ST-micro si la marque des AO n'est pas inscrite dessus).

Dans les montages à AO, on n'oubliera jamais :

- ***d'alimenter l'AO avec une alimentation stabilisée +15/-15 avant de réaliser le reste du montage***
- ***de relier la masse du circuit à la borne « 0 » de l'alimentation stabilisée***

Si vous ne vous trompez pas dans les branchements des fils de l'alimentation +15/-15V, vous ne pouvez pas griller l'AO : il est donc inutile de m'appeler pour valider le montage avant sa mise en route

1. Régimes de fonctionnement de l'AO



1.1) Régler le GBF pour qu'il délivre un signal sinusoïdal de fréquence 10 Hz et d'amplitude 1 V. Le brancher sur l'entrée différentielle de l'AO, et visualiser $\varepsilon(t)$ et $s(t)$ à l'oscilloscope. Observer $s(\varepsilon)$ en mode XY. En conservant les branchements à l'oscilloscope, procéder simultanément à une acquisition sur LatisPro et imprimer les deux courbes $\varepsilon(t)$ et $s(t)$ superposées, puis la courbe $s(\varepsilon)$ à part.

1.2) Conclure en distinguant 3 zones sur la caractéristique $s(\varepsilon)$, ainsi qu'en repérant les deux régimes de fonctionnement de l'AO. L'acquisition est-elle suffisamment précise pour permettre de mesurer les valeurs de ε auxquelles s'effectuent les deux transitions d'un régime à l'autre ? (essayer de zoomer, sur LatisPro ou sur l'oscilloscope).

*Le modèle de l'AO idéal consiste à considérer son gain infini.
Corollaire en régime linéaire : $\varepsilon = 0$*

2. Mesure du gain du montage

Dans cette partie, on souhaite mesurer le gain du montage avec sa sortie en circuit ouvert (pas de circuit en aval).

2.1) En supposant l'AO idéal en régime linéaire, déterminer par le calcul le lien entre la sortie et l'entrée.

Le montage a été réalisé en fixant le gain à 101, en prenant $R_2 = 100 \text{ k}\Omega$ et $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$.

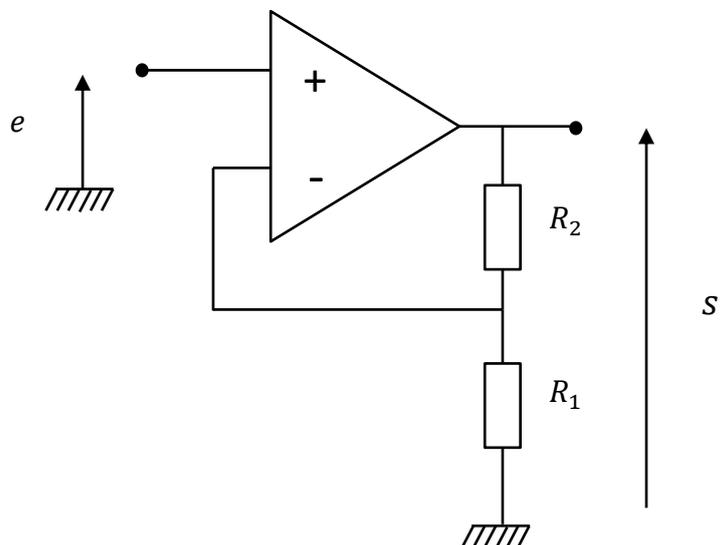
2.2) Alimenter le montage avec un GBF délivrant une tension sinusoïdale d'amplitude 0,1 V. Observer à l'oscilloscope l'entrée et la sortie du montage. Effectuer un balayage rapide en fréquence (10 Hz jusqu'à 1 MHz) et visualiser l'évolution qualitative du gain.

Que pouvez-vous conclure de cette observation ?

2.3) Tracer le diagramme de Bode (en gain uniquement) du montage. Ne pas prendre trop de points (environ 6).

2.4) A l'aide du montage, déterminer précisément la fréquence de coupure du dispositif. L'allure du diagramme de Bode est-elle compatible avec une modélisation Passe-Bas du 1^{er} ordre ?

Vérifier que le produit « gain x bande passante » mesuré (i.e. gain à basse fréquence, multiplié par la largeur de la bande passante) est conforme à la valeur annoncée par le constructeur.



Plus le gain du montage est élevé, moins sa bande passante est large.

3. Mise en évidence des limitations de l'ALI

3.1) Prendre $R_2 = 10\text{ k}\Omega$ pour fixer le gain (sous-entendu : « gain à basse fréquence ») à 10. Augmenter progressivement la tension délivrée par le GBF depuis 1 V, en travaillant à 100 Hz.

Mettre en évidence une saturation de la tension de sortie $s(t)$. Quelle est la valeur de cette saturation ? Est-elle conforme à la valeur annoncée par le constructeur ?

3.2) Fixer à nouveau la tension du GBF à 1 V. Brancher une résistance réglable R_u à la sortie du montage. En diminuant sa valeur progressivement depuis 1 k Ω , noter le seuil à partir duquel une saturation apparaît.

Pourquoi sait-on que ce n'est pas le même type de saturation que précédemment ?

En modifiant la résistance R_u montrer que c'est le courant de sortie qui sature. Donner la valeur de cette saturation en courant.

Est-elle conforme à la valeur annoncée par le constructeur ?

3.3) Régler le GBF pour qu'il délivre un créneau centré sur zéro et d'amplitude 1 V. Augmenter sa fréquence progressivement depuis 1 kHz, et noter les observations. A partir de quel ordre de grandeur en fréquence voit-on apparaître une triangularisation du signal ?

La vitesse maximale de balayage mesurée $\left. \frac{ds}{dt} \right|_{max}$ est-elle compatible avec la valeur annoncée par le constructeur ?

<i>Il existe trois saturations de l'AO : en tension, en courant, en vitesse de balayage.</i>
--

4. Amplification du signal délivré par un smartphone

4.1) Mesurer l'amplitude de la tension délivrée par un smartphone (on utilisera l'adaptateur prise jack – fils). Mesurer également la résistance interne du haut-parleur.

4.2) Quelle valeur du gain peut-on choisir pour notre montage « amplificateur non-inverseur » en vue de l'interposer entre le smartphone et le haut-parleur, sachant que l'on veut éviter toute saturation tout en maximisant le volume sonore délivré par le haut-parleur ?

5. Comparateur à hystérésis

Inverser les bornes + et – du montage non-inverseur, et alimenter le montage par un signal triangulaire d'amplitude suffisante. Faire une acquisition de l'entrée et de la sortie du montage. Mesurer les seuils de basculement du comparateur ainsi réalisé.

General purpose JFET single operational amplifiers

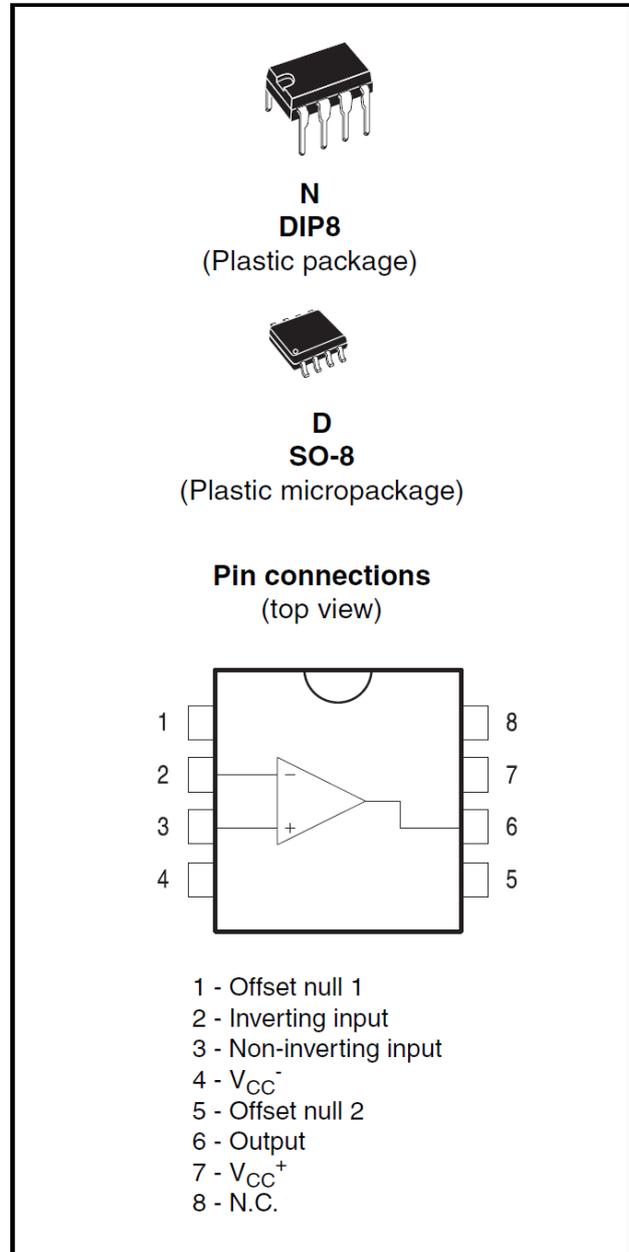
Features

- Wide common-mode (up to V_{CC}^+) and differential voltage range
- Low input bias and offset current
- Output short-circuit protection
- High input impedance JFET input stage
- Internal frequency compensation
- Latch-up free operation
- High slew rate: 16 V/ μ s (typ)

Description

The TL081, TL081A and TL081B are high-speed JFET input single operational amplifiers incorporating well matched, high-voltage JFET and bipolar transistors in a monolithic integrated circuit.

The devices feature high slew rates, low input bias and offset currents, and low offset voltage temperature coefficient.



1 Schematic diagram

Figure 1. Schematic diagram

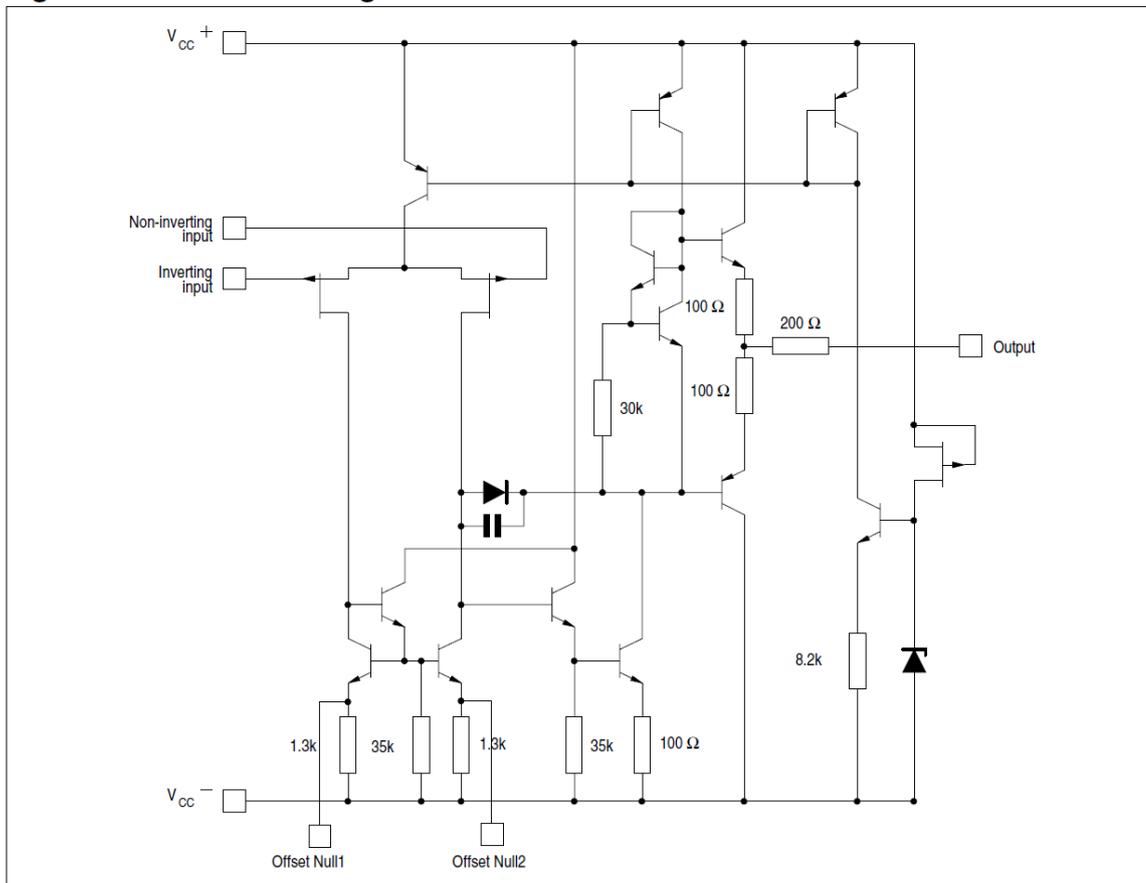
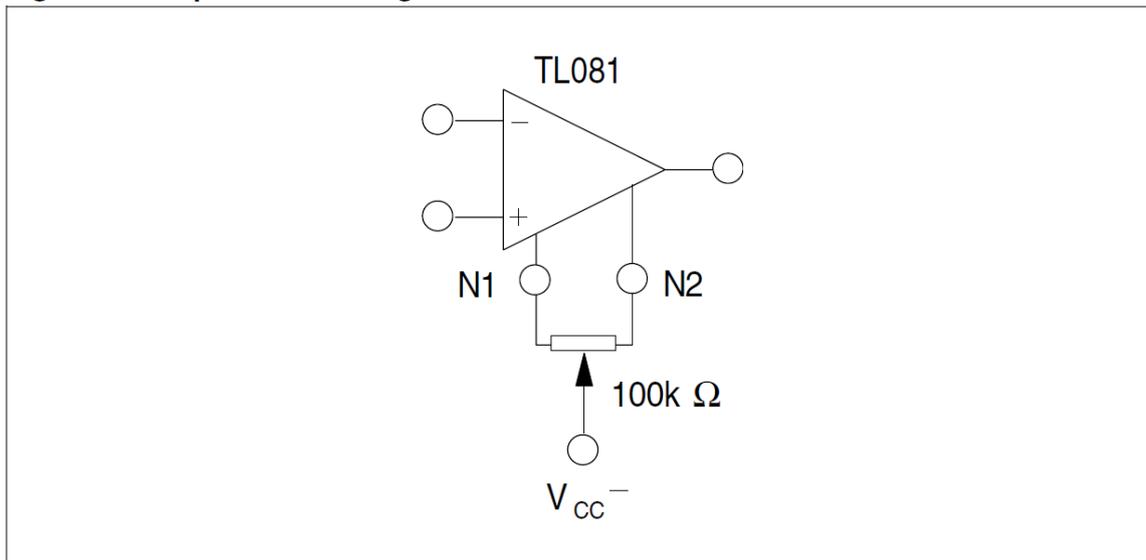


Figure 2. Input offset voltage null circuit



2 Absolute maximum ratings

Table 1. Absolute maximum ratings

Symbol	Parameter	TL081I, AI, BI	TL081C, AC, BC	Unit
V_{CC}	Supply voltage ⁽¹⁾	±18		V
V_{in}	Input voltage ⁽²⁾	±15		V
V_{id}	Differential input voltage ⁽³⁾	±30		V
P_{tot}	Power dissipation	680		mW
	Output short-circuit duration ⁽⁴⁾	Infinite		
T_{stg}	Storage temperature range	-65 to +150		°C
R_{thja}	Thermal resistance junction to ambient ^{(5) (6)}			°C/W
	SO-8	125		
R_{thjc}	DIP8	85		
	Thermal resistance junction to case ^{(5) (6)}			°C/W
R_{thjc}	SO-8	40		
	DIP8	41		
ESD	HBM: human body model ⁽⁷⁾	500		V
	MM: machine model ⁽⁸⁾	200		V
	CDM: charged device model ⁽⁹⁾	1.5		kV

- All voltage values, except differential voltage, are with respect to the zero reference level (ground) of the supply voltages where the zero reference level is the midpoint between V_{CC}^+ and V_{CC}^- .
- The magnitude of the input voltage must never exceed the magnitude of the supply voltage or 15 volts, whichever is less.
- Differential voltages are the non-inverting input terminal with respect to the inverting input terminal.
- The output may be shorted to ground or to either supply. Temperature and/or supply voltages must be limited to ensure that the dissipation rating is not exceeded.
- Short-circuits can cause excessive heating and destructive dissipation.
- R_{th} are typical values.
- Human body model: 100 pF discharged through a 1.5kΩ resistor between two pins of the device, done for all couples of pin combinations with other pins floating.
- Machine model: a 200 pF cap is charged to the specified voltage, then discharged directly between two pins of the device with no external series resistor (internal resistor < 5 Ω), done for all couples of pin combinations with other pins floating.
- Charged device model: all pins plus package are charged together to the specified voltage and then discharged directly to the ground.

Table 2. Operating conditions

Symbol	Parameter	TL081I, AI, BI	TL081C, AC, BC	Unit
V_{CC}	Supply voltage range	6 to 36		V
T_{oper}	Operating free-air temperature range	-40 to +105	0 to +70	°C

3 Electrical characteristics

Table 3. $V_{CC} = \pm 15V$, $T_{amb} = +25^\circ C$ (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	TL081I, AC, AI, BC, BI			TL081C			Unit
		Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
V_{io}	Input offset voltage ($R_S = 50\Omega$)							mV
	$T_{amb} = +25^\circ C$		3	10		3	10	
	TL081		3	6				
	TL081A		1	3				
	TL081B			13			13	
	$T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$			7			5	
DV_{io}	Input offset voltage drift		10			10		$\mu V/^\circ C$
I_{io}	Input offset current ⁽¹⁾							pA nA
	$T_{amb} = +25^\circ C$		5	100		5	100	
	$T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$			4			10	
I_{ib}	Input bias current ⁽¹⁾							nA
	$T_{amb} = +25^\circ C$		20	200		20	400	
	$T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$			20			20	
A_{vd}	Large signal voltage gain ($R_L = 2k\Omega$, $V_o = \pm 10V$)							V/mV
	$T_{amb} = +25^\circ C$	50	200		25	200		
	$T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	25			15			
SVR	Supply voltage rejection ratio ($R_S = 50\Omega$)							dB
	$T_{amb} = +25^\circ C$	80	86		70	86		
	$T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	80			70			
I_{CC}	Supply current, no load							mA
	$T_{amb} = +25^\circ C$		1.4	2.5		1.4	2.5	
	$T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$			2.5			2.5	
V_{icm}	Input common mode voltage range	± 11	+15 -12		± 11	+15 -12		V
CMR	Common mode rejection ratio ($R_S = 50\Omega$)							dB
	$T_{amb} = +25^\circ C$	80	86		70	86		
	$T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	80			70			
I_{os}	Output short-circuit current							mA
	$T_{amb} = +25^\circ C$	10	40	60	10	40	60	
	$T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	10		60	10		60	
$\pm V_{opp}$	Output voltage swing							V
	$T_{amb} = +25^\circ C$	10	12		10	12		
	$R_L = 2k\Omega$	12	13.5		12	13.5		
	$R_L = 10k\Omega$	10			10			
	$T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	10			10			
	$R_L = 2k\Omega$	12			12			
	$R_L = 10k\Omega$							
SR	Slew rate ($T_{amb} = +25^\circ C$) $V_{in} = 10V$, $R_L = 2k\Omega$, $C_L = 100pF$, unity gain	8	16		8	16		V/ μs

Table 3. $V_{CC} = \pm 15V$, $T_{amb} = +25^{\circ}C$ (unless otherwise specified) (continued)

Symbol	Parameter	TL081I, AC, AI, BC, BI			TL081C			Unit
		Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
t_r	Rise time ($T_{amb} = +25^{\circ}C$) $V_{in} = 20mV$, $R_L = 2k\Omega$, $C_L = 100pF$, unity gain		0.1			0.1		μs
K_{ov}	Overshoot ($T_{amb} = +25^{\circ}C$) $V_{in} = 20mV$, $R_L = 2k\Omega$, $C_L = 100pF$, unity gain		10			10		%
GBP	Gain bandwidth product ($T_{amb} = +25^{\circ}C$) $V_{in} = 10mV$, $R_L = 2k\Omega$, $C_L = 100pF$, $F = 100kHz$	2.5	4		2.5	4		MHz
R_i	Input resistance		10^{12}			10^{12}		Ω
THD	Total harmonic distortion ($T_{amb} = +25^{\circ}C$), $F = 1kHz$, $R_L = 2k\Omega$, $C_L = 100pF$, $A_v = 20dB$, $V_o = 2V_{pp}$		0.01			0.01		%
e_n	Equivalent input noise voltage $R_S = 100\Omega$, $F = 1kHz$		15			15		$\frac{nV}{\sqrt{Hz}}$
ϕ_m	Phase margin		45			45		degrees

1. The input bias currents are junction leakage currents which approximately double for every $10^{\circ}C$ increase in the junction temperature.