

L'AMPLIFICATEUR LINEAIRE INTEGRE REEL

Bienvenue dans le monde réel !
Matrix

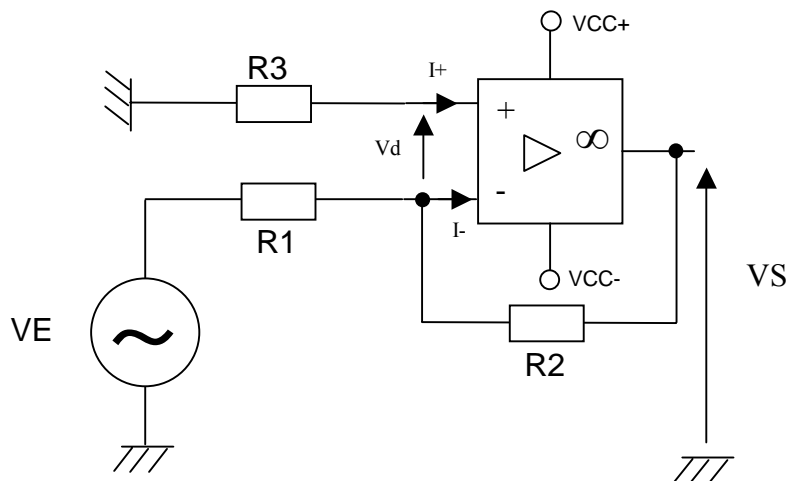
I. Introduction

Nous avons étudié l'A.L.I idéal. Hélas, ce composant n'existe pas chez les fabricants ! Nous allons étudier comparativement les caractéristiques de deux A.L.I réels ce qui nous permettra de chiffrer les imperfections des A.L.I. et ultérieurement, selon l'application nous serons capable de choisir le bon modèle pour l'A.L.I utilisé.

Les 2 A.L.I dont nous allons étudier les caractéristiques sont : le LM741 et le TL081. La documentation est une documentation National Semiconductors mais ces composants existent chez d'autres fabricants.

Ces composants sont utilisés depuis de nombreuses années et sont utilisés pour les applications courantes. Le prix de ces composants est entre 0.5 et 1 euro sur le catalogue Radiospares.

Pour mettre en évidence les imperfections des A.L.I nous allons déterminer la tension de sortie réelle d'un amplificateur inverseur.



Rappel : Pour l'amplificateur idéal :

Nous allons définir deux types d'imperfections : les imperfections statiques et les imperfections dynamiques. Les imperfections statiques peuvent être observées pour des signaux continus, les imperfections dynamiques pour des signaux alternatifs.

II. Imperfections statiques

II.1 Amplification différentielle

L'amplification différentielle est le gain A_d défini par $A_d = V_s/V_d$. Dans le modèle de l'A.L.I idéal, on le considère infini.

Q.1) Relever la valeur typique de ce paramètre pour les 2 A.L.I

Q.2) En remarquant que $V_d = V_s/A_d$, calculer la valeur de V_s/V_E sur l'amplificateur inverseur pour A_d non-infini. Les autres paramètres sont supposés idéaux.

Q.3) Remplir le tableau suivant

	VS/Ve théorique	Vs/Ve pratique LM741	Vs/Ve pratique TL081
R1=1kΩ R2 = 1kΩ			
R1=1kΩ R2 = 100kΩ			

Conclusion

II.2 Courants de polarisation

Dans le modèle idéal de l'A.L.I, les courants d'entrée I_+ et I_- sont nuls.

Dans un A.L.I réels, les courants d'entrée I_+ et I_- vont entraîner un décalage (offset) de la tension de sortie

Les constructeurs ne donnent pas dans les spécifications les valeurs de I_+ et I_- mais définissent :

- le courant de polarisation (Input Bias current) I_B . $I_B = \frac{1}{2}(I_+ + I_-)$
- le courant de décalage (Input offset current) $I_{OS} = |I_+ - I_-|$

Q.1) Donner la valeur du courant de polarisation et du courant de décalage pour le LM741 et le TL081

Q.2) Pour l'amplificateur inverseur de la page 1, pour $V_E=0$, calculer V_S en fonction de I_+ , de I_- et des résistances. On suppose que les autres imperfections de l'amplificateur sont n'interviennent pas.

Q.3) Comme $I_+ \approx I_-$, comment choisir R_3 pour minimiser la tension de sortie quand $V_E=0$.

Q.4) Cette condition étant satisfaite, définir la tension de décalage due au courant de décalage. Que faire pour minimiser cette tension ?

Q.5) Remplir le tableau suivant :

Influence courant décalage	V_S ALI idéal pour $V_E = 0$	V_S LM741 pour $V_E = 0$	V_S TL081 pour $V_E = 0$
$R_1=1k\Omega$ $R_2 = 1k\Omega$			
$R_1=1k\Omega$ $R_2 = 100k\Omega$			

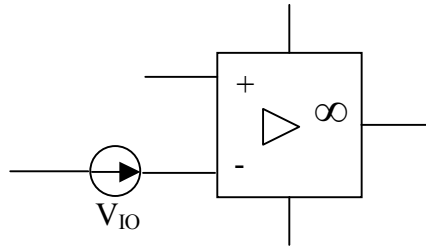
Remarque 1 : On ne maîtrise pas le signe de la tension d'offset le calcul donne juste une fourchette. La tension d'offset sera compris entre \pm la valeur déterminée

Remarque 2 : Même si ces courants sont faibles et peuvent être négligés dans la plupart des calculs, il faut tenir compte de leur existence pour déterminer les circuits de polarisation.

II.3 Tension de décalage en entrée

Pour un A.L.I idéal, si la tension (V^+-V^-) est nulle, la tension de sortie est nulle.
 Pour un A.L.I réel, si la tension (V^+-V^-) est nulle, la tension de sortie n'est pas nulle.
 Les constructeurs définissent la tension de décalage ramenée à l'entrée, c'est la tension qui permet d'annuler la tension de sortie si la tension (V^+-V^-) est nulle.
 Elle est notée V_{IO} , Voltage Input Offset, Tension de décalage en entrée.

On peut représenter cette imperfection par une source de tension en série avec une des entrées.



Q.1) Donner la valeur de la tension de décalage en entrée pour le LM741 et le TL081

Q.2) Pour l'amplificateur inverseur de la page 1, pour $V_E=0$, calculer V_S en fonction de V_{IO} et des résistances. On suppose que les autres imperfections de l'amplificateur sont n'interviennent pas.

Q.3) Remplir le tableau suivant :

Influence tension décalage	V_s ALI idéal pour $V_e = 0$	V_s LM741 pour $V_e = 0$	V_s TL081 pour $V_e = 0$
$R_1=1k\Omega$ $R_2 = 1k\Omega$			
$R_1=1k\Omega$ $R_2 = 100k\Omega$			

Conclusion :

Comparer à la valeur due au courant de décalage.

II.4 Correction du décalage.

Pour corriger le décalage lié au courant de décalage et à la tension de décalage, la plupart des constructeurs proposent un schéma permettant d'annuler le décalage.

Q.1) Relever le schéma du circuit d'annulation de décalage.

Remarque : L'utilisateur peut annuler le décalage en jouant sur le potentiomètre. Cependant, les tensions de décalage et les courants de décalage varient en fonction de la température.

Q.2) Relever la valeur des dérives en température de la tension de décalage (Input offset voltage drift) et du courant de décalage (input offset current drift) le LM741 et le TL0781.

II.5 Résistance d'entrée

Dans le modèle de l'A.L.I idéal, la résistance d'entrée est infinie. En pratique, celle-ci est finie.

Q.1) Relever la valeur de la résistance d'entrée pour le LM741 et pour le TL081.

Dans la très grande majorité des applications, on peut considérer que cette résistance est infinie.

II.6 Caractéristique de sortie

Dans le modèle de l'A.L.I idéal, la résistance de sortie est nulle. En pratique, ce n'est pas rigoureusement vrai, il existe une résistance de l'ordre de la dizaine d'ohms. Toutefois, on peut démontrer que pour les applications en régime linéaire (avec contre-réaction entre la sortie et l'entrée -), cette résistance devient inférieure à 1Ω .

Dans la très grande majorité des applications, on peut considérer que cette résistance est nulle. La tension de sortie ne dépend pas du courant de sortie.

Toutefois, à partir d'une certaine valeur du courant, l'A.L.I limite son courant à une valeur fixe. C'est une protection interne de l'A.L.I.

Q.1) Relever la valeur du courant de court-circuit pour le LM741 et pour le TL081.

II.7 Tensions de saturation

Dans le modèle de l'A.L.I idéal, les tensions de saturations étaient égales au tension d'alimentation.

Q.1) Relever les valeurs typiques de V_{sat+} et V_{sat-} pour le LM741 et pour le TL081.

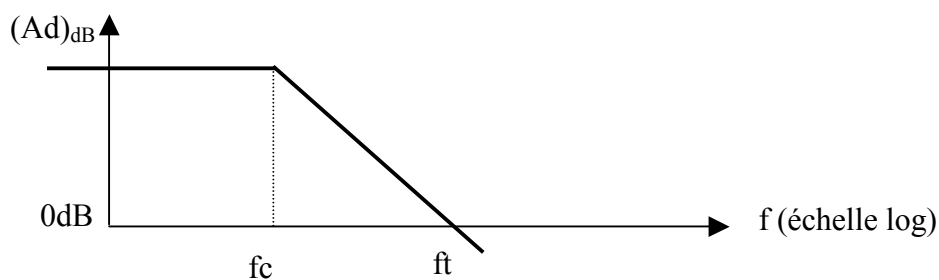
Nota : Il existe des A.L.I pour lesquels les tensions de saturation sont égales au tensions d'alimentations (à quelques mV près). Ces A.L.I sont dits « rail to rail ». On utilisera ces A.L.I en particulier lorsque la tension d'alimentation est faible (0-5V)

III. Imperfections dynamiques

III.1 Réponse en fréquence

Nous avons étudié précédemment l'influence du gain A_d (Amplification différentielle) sur le gain de l'amplificateur inverseur.

Le gain A_d est une fonction de la fréquence.



Le gain est constant jusqu'à la fréquence f_c .

Les constructeurs donnent comme paramètre le produit $A_d.f_c$ qui est le produit gain-bande. Qui est égal aussi à f_t .

Si G est le gain de l'amplificateur réalisé (inverseur ou le non-inverseur), le produit de la bande passante de l'amplificateur par G est constant et égal au produit gain-bande.

Q.1) Relever le produit gain-bande de LM741 et du TL081. A partir de la valeur de A_d , déterminer f_0 pour chaque A.L.I.

Q.3) Remplir le tableau suivant :

Bande passante	Bande passante LM741	Bande passante TL081
R1=1kΩ R2 = 1kΩ		
R1=1kΩ R2 = 100kΩ		

Conclusion :

Remarque : Stabilité d'un A.L.I

Il existe certains A.L.I dits A.L.I non-compensés qui peuvent osciller quand ils sont utilisés comme amplificateur. Pour faire cesser cette oscillation, il est nécessaire de connecter un condensateur entre deux broches du circuit intégré. Se reporter à la documentation du composant pour déterminer la valeur du condensateur en fonction du gain et de la bande passante désirés.

III.2 Slew-rate

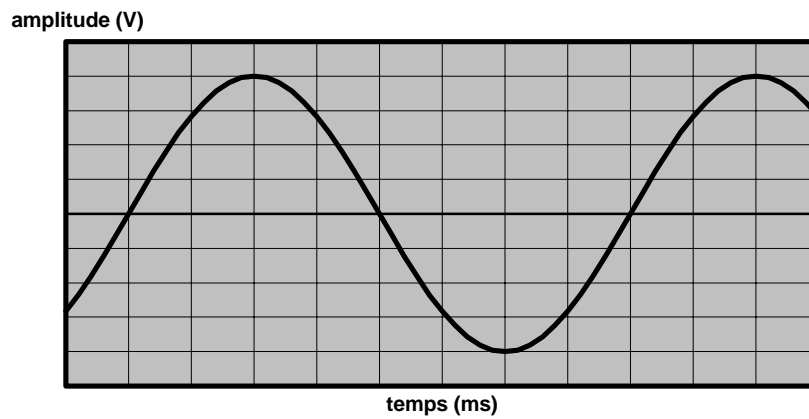
Par construction, la vitesse d'évolution de la tension de sortie ne peut pas dépasser une certaine valeur. C'est le slew-rate.

Q.1) Relever la valeur du slew-rate pour le LM741 et le TL081.

Q.2) Pour un fonctionnement en comparateur, si la tension de sortie varie entre +15V et – 15V, déterminer le temps de montée de la tension de sortie pour le LM741 et le TL081.

Q.3) Pour un signal sinusoïdal $V_s = V_{smax} \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot t)$, déterminer la pente maximale de ce signal. En déduire la condition sur V_{smax} et f pour que le signal soit transmis sans déformation.

Q.4) Représenter $V_s(t)$ quand la pente du signal est supérieure au slew-rate.



Q.5) Déterminer la fréquence maximale pour l'amplitude maximale pour le LM741 et le TL081.

Fmax pour Vmax Influence Slew Rate	Fmax pour Vmax LM741	Fmax pour Vmax TL081
R1=1kΩ R2 = 1kΩ		
R1=1kΩ R2 = 100kΩ		