

Travaux pratiques du chapitre : 1.1 Rétroaction



Objectif : 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.

Partie : 1 Electronique

- à faire à la maison
- contexte et intérêt
- matériel à disposition
- protocole expérimental à suivre
- calculs, tracés et interprétations des mesures
- calculs, traitements, tracés numériques
- ... à compléter par une expression littérale

1 Détermination de la saturation de l'intensité du courant de sortie en régime continu et saturé en tension

1.1 Objectif

En cours nous avons travaillé avec des ALI dont on a étudié les régimes linéaire et saturé en tension, en considérant toujours que le courant de sortie pouvait être quelconque.

Dans cette partie nous allons étudier une limitation des ALI concernant le courant de sortie. En pratique nous remarquons que la valeur absolue de ce courant ne peut pas dépasser une valeur limite, on parle alors de saturation de l'intensité du courant de sortie.

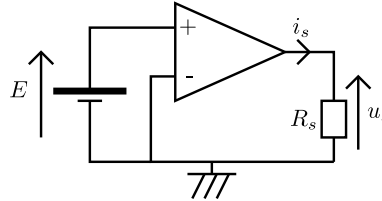
Nous allons ici essayer de déterminer la valeur de cette saturation en intensité.

1.2 Dispositifs

1. Une alimentation +15V/masse/-15V pour l'ALI
2. Deux multimètres (un ampèremètre et un voltmètre)
3. Un ALI sur plaquette
4. Une boîte à décade de résistance
5. Une alimentation de tension continue

1.3 ≡. Protocole

1. Avant toute chose alimentez l'ALI, c'est-à-dire branchez les alimentation +15V/masse/-15V, que vous laisserez allumé et branché pendant tout le TP.
2. Réalisez le montage comparateur simple suivant :



avec pour R_s une résistance initialement de 10 k Ω dont on fera varier la valeur à l'aide d'une boîte à décade.

3. Branchez une source de tension continue E de 1 V en entrée du montage et visualiser à l'ampèremètre le courant i_s en sortie de l'ALI et au voltmètre la tension u_s aux bornes de la résistance en sortie R_s .
4. ♣. Faites varier la résistance R_s de 10 k Ω à 2 k Ω par pas de 2 k Ω et mesurer pour chaque valeur de R_s , le courant i_s et la tension u_s .
On fera attention à relever également les incertitudes sur chaque mesure de i_s et de u_s .
5. ♣. Puis faites varier R_s de 1 k Ω à 200 Ω par pas de 200 Ω et mesurer pour chaque valeur de R_s , le courant i_s et la tension u_s .
On fera attention à relever également les incertitudes sur chaque mesure de i_s et de u_s .
6. ♣. Enfin faites varier R_s à 100 Ω et à 50 Ω et mesurer pour chaque valeur de R_s , le courant i_s et la tension u_s . Ne rester pas trop longtemps avec ces valeurs basses de R_s une fois que vous avez terminé repassez à $R_s = 10$ k Ω .
On fera attention à relever également les incertitudes sur chaque mesure de i_s et de u_s .

1.4 ✂. Analyse

Dans un premier temps, nous allons vérifier que la charge R_s se comporte bien de manière résistive et de valeur celle indiquée sur la boîte à décade.

1. ♣. Pour cela, calculez les valeurs de résistance de charge déduites de vos mesures :
🏠. Exprimez la résistance $R_{s,exp}$ en fonction de $u_{s,exp}$ et de $i_{s,exp}$

$$\dots \quad (1)$$

On calculera aussi l'incertitude sur la résistance à l'aide de la formule de propagation des erreurs car l'équation ci-dessous est suffisamment simple :

$$\sigma_{R_{s,exp}} = |R_{s,exp}| \times \sqrt{\left(\frac{\sigma_{u_{s,exp}}}{u_{s,exp}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{i_{s,exp}}}{i_{s,exp}}\right)^2} \quad (2)$$

2. ♣. Tracez sur un même graphique de $R_{s,exp}$ en fonction de R_s :
— les valeurs de résistance déduite des mesures en fonction des valeurs inscrites sur la boîte à décade, sous forme de points avec des barres d'erreur,

— le modèle attendu sous forme d'une ligne continue.

Dans un second temps nous allons mettre en évidence le courant de saturation.

3. ♣ Pour cela calculez les valeurs de conductance G_s placées en sortie de l'ALI :

🏠. Exprimez la conductance G_s en fonction de la résistance R_s

$$\dots \quad (3)$$

4. ♣. Tracez sur un graphique $i_{s,exp}$ en fonction de G_s sous forme de points avec des barres d'erreur.

Identifiez deux régimes pour le courant de sortie de l'ALI. Puis proposez des modèles pour chacun.

5. ♣. Ajustez sur chaque partie de la courbe le modèle correspondant et superposez les sur le graphique précédent.

6. ♣. A l'aide des mesures dans chaque régime, estimez les valeurs des tensions de saturation et de courant de saturation par des valeurs moyennes sur les mesures correspondantes :

$$V_{sat} = \langle R_s \times i_s \rangle \text{ et } i_{sat} = \langle i_s \rangle \quad (4)$$

Puis estimez l'incertitude sur ces valeurs moyennes à partir de l'écart-type de l'échantillon de mesure comme :

$$\sigma_{moyenne} = \frac{1}{\sqrt{N-1}} \sigma_{1 \text{ échantillon}} \quad (5)$$

avec N le nombre d'échantillon sur lequel est calculé la moyenne et $\sigma_{1 \text{ échantillon}}$ l'écart-type des échantillons.

2 Détermination de la vitesse limite de balayage par réponse à un échelon

2.1 🎯. Objectif

En cours nous avons modélisé le temps de réponse d'un ALI en le modélisant par une fonction de transfert de passe-bas du premier ordre. Une autre grandeur permet de mettre en évidence qu'un ALI ne réagit pas instantanément, c'est la vitesse limite de balayage (ou slew-rate).

On définit la vitesse limite de balayage SR comme la pente maximale de la tension de sortie de l'ALI :

$$SR = \left| \frac{dv_s(t)}{dt} \right|_{\max} \quad (6)$$

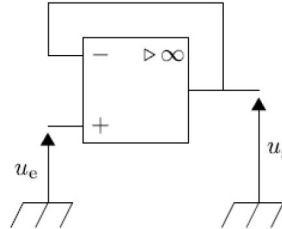
Cherchons à mesurer SR .

2.2 ✂. Dispositifs

1. Une alimentation +15V/masse/-15V pour l'ALI
2. Un ALI sur plaquette
3. Un oscilloscope
4. Un générateur basse fréquence (GBF)

2.3 Protocole

1. Avant toute chose alimentez l'ALI, c'est-à-dire branchez les alimentation +15V/masse/-15V, que vous laisserez allumé et branché pendant tout le TP.
2. Réalisez le montage suiveur suivant :



3. Branchez un GBF en entrée du montage et visualiser à l'oscilloscope les tensions u_e et u_s .
4. Fixer le signal d'entrée u_e comme un créneau de fréquence 100 Hz et d'amplitude 5 V. Observer à l'oscilloscope les signaux u_e et u_s .
5. A l'aide de l'oscilloscope zoomer sur le front montant des signaux créneaux u_e et u_s , jusqu'à observer une pente plus faible pour u_s que pour u_e .
6.  A l'aide de l'oscilloscope, mesurer sur cette pente de u_s la variation ΔU_s de tension de u_s et la durée Δt mise par u_s pour l'effectuer.
On notera aussi les incertitudes associées aux mesures de ΔU_s et Δt .

2.4 Analyse

1. Commentez le comportement du montage suiveur lors des observations à l'oscilloscope avec et sans zoom.
2.  Calculez la vitesse limite de balayage à partir des mesures de ΔU_s et Δt .

 **Quelle approximation pouvez vous faire pour exprimez $SR = \left| \frac{dv_s(t)}{dt} \right|_{\max}$ en fonction de ΔU_s et Δt ?**

$$\dots \quad (7)$$

Puis calculez l'incertitude associée, on remarquera que l'on peut appliquer une formule de propagation des erreurs.

$$\sigma_{SR} = SR \sqrt{\left(\frac{\Delta U_s}{\sigma_{\Delta U_s}} \right)^2 + \left(\frac{\Delta t}{\sigma_{\Delta t}} \right)^2} \quad (8)$$

3 Détermination de la vitesse limite de balayage par analyse fréquentielle

3.1 Objectif

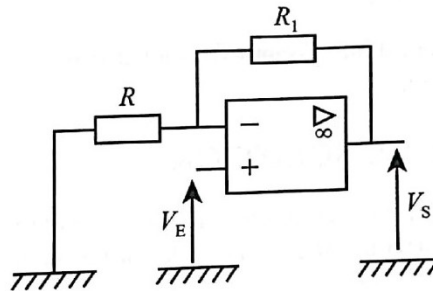
L'objectif est de déterminer par une autre méthode la vitesse limite de balayage de votre ALI. Dans cette partie on observera l'apparition de non-linéarité dans un montage d'amplificateur non-inverseur.

3.2 ✂. Dispositifs

1. Une alimentation +15V/masse/-15V pour l'ALI
2. Un ALI sur plaquette
3. Un oscilloscope
4. Un générateur basse fréquence (GBF)
5. Deux boîtes à décade de résistance

3.3 ≡. Protocole

1. Réalisez le montage d'amplificateur non-inverseur suivant :



avec les résistances $R = 10 \text{ k}\Omega$ et $R_1 = 100 \text{ k}\Omega$.

2. Branchez un GBF en entrée du montage et visualisez à l'oscilloscope les tensions V_E et V_S .
3. Fixez la fréquence d'entrée à $f = 10 \text{ kHz}$, puis observez qu'en augmentant l'amplitude du signal d'entrée, le signal de sortie devient triangulaire.
4. ♣. Pour chaque valeur de f de 10 kHz à 100 kHz par pas de 10 kHz, augmentez progressivement l'amplitude de la tension d'entrée jusqu'à que la tension de sortie soit légèrement triangulaire, puis relevez l'amplitude $V_{S,max}$ du signal de sortie légèrement triangulaire. On notera également l'incertitude $\sigma_{V_{S,max}}$ associée à la mesure de $V_{S,max}$.

3.4 ✂. Analyse

1. ♣. Tracez sur un graphique l'amplitude du signal de sortie $V_{S,max}$ en fonction de sa fréquence f en forme de point avec des barres d'erreur.

On remarque que cette amplitude n'est pas limitée par une saturation en tension, mais par la vitesse limite de balayage car elle décroît avec la fréquence.

🏠. Dans le cas où $v_s(t)$ est supposé sinusoïdal et limité par SR , exprimez le

$$SR = \left| \frac{dv_s(t)}{dt} \right|_{\max} \quad \text{en fonction de } \omega \text{ et de } V_{S,max} \quad (9)$$

2. ♣. Tracez alors sur un même graphique $V_{S,max}$ en fonction de l'inverse de sa fréquence $1/f$ en forme de point avec des barres d'erreur, puis un modèle ajusté sur ces points.
3. ♣. Calculez SR à l'aide de la valeur moyenne $SR = \langle \omega V_{S,max} \rangle$ et l'incertitude associée à l'aide d'un écart-type des mesures effectuées avec $\sigma_{\text{moyenne}} = \frac{1}{\sqrt{N-1}} \sigma_{1 \text{ échantillon}}$.

4. ♣. Comparer les deux mesures de SR obtenues à l'aide de l'écart normalisé entre les deux mesures :

$$z = \frac{|SR_1 - SR_2|}{\sqrt{\sigma_{SR_1}^2 + \sigma_{SR_2}^2}} \quad (10)$$