

| | | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|--|
| Université de Batna 2 | Faculté de Technologie | Département d'Electronique | Master 1ère Automatique AS&AI |
| TP Electronique Appliquée | | | Benmokrane.T |
| TPN° 02 | Amplificateur Opérationnel | | Benacer.S Litim.M |

1) But du TP

Assimiler le fonctionnement d'un ampli op en régime linéaire et non linéaire.

2) Partie Théorique

Un ampli Op est un amplificateur différentiel avec un gain très élevé (gain en boucle ouverte A_0), une très grande impédance d'entrée (Z_{in}) et une très faible impédance de sortie (Z_s).

En fonctionnement normale, il doit être alimenté par des tensions symétriques V_+ et V_- ($V_- = -V_+$). Son comportement est décrit par $V_s = A_0 (V_+ - V_-)$.

2.1) Amplificateur opérationnel en mode linéaire

Pour les applications d'amplification, il est d'habitude employé avec une réaction négative, c'est-à-dire une partie du signal de sortie est réinjectée sur l'entrée négative. Le comportement de tels circuits peut être analysé en utilisant les règles suivantes:

1. Les courants d'entrée sont nuls : $i_+ = i_- = 0$
2. La tension différentielle d'entrée est nulle ie : $V_+ - V_- = 0$

2.1.1) Amplificateur inverseur

Le schéma électrique d'un amplificateur inverseur est représenté sur la figure 1.

Le gain en boucle fermée est déterminé par les résistances R_1 et R_2 selon la formule :

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

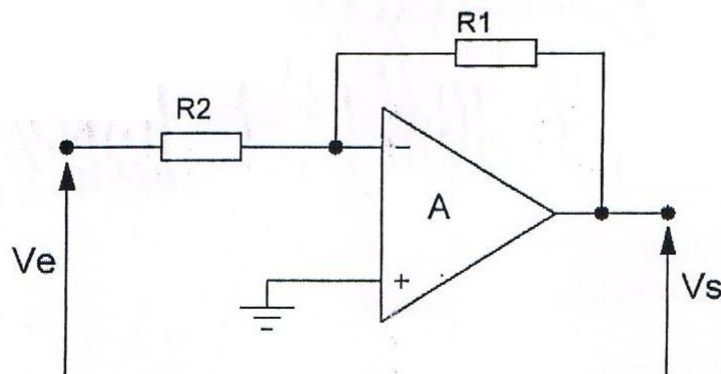


Figure 1 : Schéma électrique de l'amplificateur inverseur

2.1.2) Amplificateur non inverseur

Le schéma électrique d'un amplificateur non inverseur est représenté sur la figure 2.

Le gain en boucle fermée est déterminé par les résistances R_1 et R_2 selon la formule :

$$\frac{V_s}{V_e} = 1 + \frac{R_1}{R_2}$$

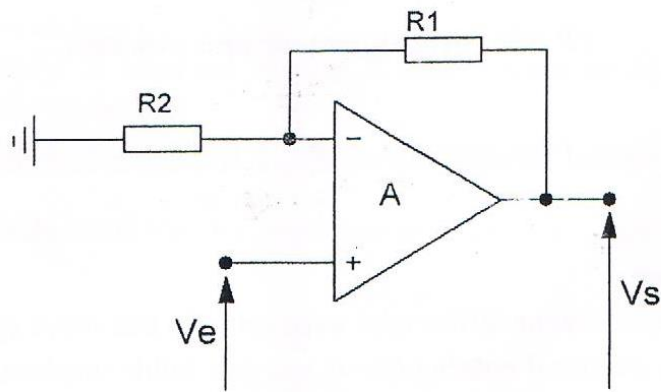


Figure 2 : Schéma électrique de l'amplificateur non inverseur

2.2) Amplificateur opérationnel en mode non linéaire

Pour les applications non linéaires (comparateur, trigger etc...), l'amplificateur est utilisé soit en boucle ouverte, soit avec une réaction positive (c'est-à-dire une partie du signal de sortie est réinjectée sur l'entrée positive)

2.2.1) Comparateur

Un comparateur à seuil unique compare deux tensions et fournit une tension de sortie qui indique lequel des deux tensions est le plus élevé. Lorsque l'entrée non-inverseuse est légèrement plus grande que l'entrée inverseuse, la sortie passe à l'état de saturation positive, sinon elle passe à l'état de saturation négative.

La caractéristique de transfert associée au comparateur est représentée sur la figure 3b.

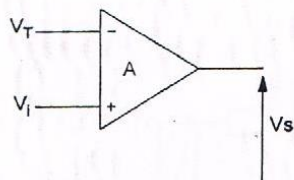


Figure 3a

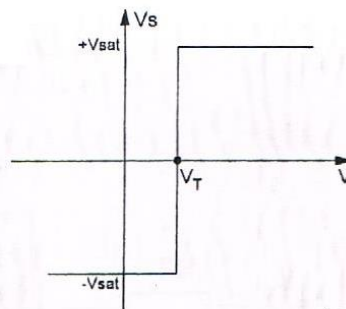


Figure 3b

Si $V^+ > V^-$, $V_s = +V_{sat} = V_{cc}$ (idéal)

Si $V^+ < V^-$, $V_s = -V_{sat} = -V_{cc}$ (idéal)

Si $(V^+ = V_i) > (V^- = V_T)$, $V_s = +V_{sat}$

Si $(V^+ = V_i) < (V^- = V_T)$, $V_s = -V_{sat}$

2.2.2) Trigger de Schmitt

En raison de la sensibilité à une variation d'entrée faible, la sortie d'un comparateur peut changer à cause du bruit sur l'entrée. Pour éviter cela, l'hystérésis est ajoutée au circuit comparateur en introduisant une rétroaction positive. Le circuit est appelé trigger de SCHMITT, il a deux seuils de commutation- un pour la tension d'entrée montante, l'autre pour une entrée en baisse. En séparant les deux seuils, les effets du bruit peuvent être éliminés.

En d'autres termes, le trigger de Schmitt est un comparateur de tension qui utilise une réaction positive, par opposition au comparateur à boucle ouverte (sans retour).

Les valeurs d'entrée qui causent le changement de la tension de sortie, sont généralement appelés tensions de seuil ou de déclenchement. La distance entre les tensions de seuil est appelé hystérésis. Le Trigger de Schmitt à ampli Op peut être configuré de deux manières; inverseur et non inverseur.

Un circuit inverseur typique est montré dans la figure 4a avec la caractéristique de transfert associée représentée à la figure 4b.

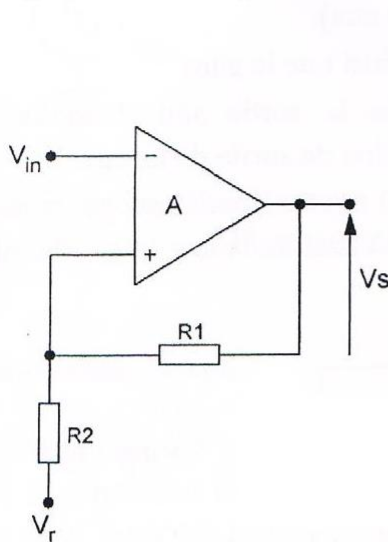


Figure 4a

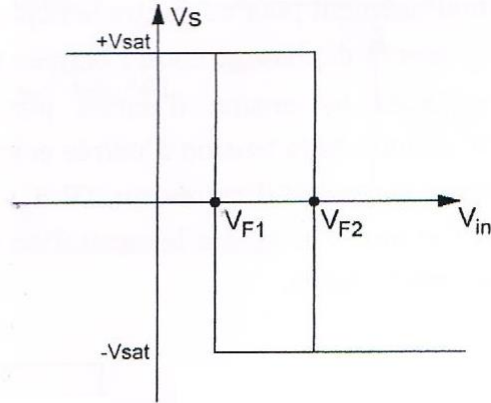


Figure 4b

La tension de seuil supérieure (qui fait passer la sortie V_o de $+V_{sat}$ à $-V_{sat}$) peut être calculée par la formule:

$$V_{F2} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} (+V_{sat}) + \frac{R_1}{R_1 + R_2} (V_r)$$

La tension de seuil inférieure (qui fait passer la sortie V_o de $-V_{sat}$ à $+V_{sat}$) peut être calculée par la formule:

$$V_{F1} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} (-V_{sat}) + \frac{R_1}{R_1 + R_2} (V_r)$$

L'état de la sortie est donné par :

$$\begin{aligned} V_{in} > V_{F2}, & \quad V_s = -V_{sat} \\ V_{in} < V_{F1}, & \quad V_s = +V_{sat} \end{aligned}$$

3) Travail de préparation

a) Ecrire en détail les équations qui régissent le fonctionnement des montages à base d'amplificateur opérationnel suivants :

- Amplificateur inverseur
- Amplificateur noninverseur

b) Avec un calcul détaillé, Retrouver les valeurs de V_{F1} , V_{F2}

4) Partie expérimentale

4.1) Amplificateur non inverseur

- Construire l'amplificateur non inverseur comme indiqué sur la figure 5. Alimenter l'ampli Op avec une tension symétrique +15V et -15V.
- Appliquer un signal d'entrée de forme sinusoïdale, d'amplitude 1V et de fréquence 1kHz. Visualiser V_{in} et V_{out} en même temps et tracer les (ils doivent être visualisés simultanément pour connaître le déphasage entre eux).
- Reporter le déphasage entre l'entrée et la sortie ainsi que le gain.
- augmenter la tension d'entrée jusqu'à ce que la sortie soit distordue. Relever l'amplitude de la tension d'entrée et tracer la tension de sortie distordue.
- Mettre la tension d'entrée sur 2V d'Amplitude et mettre l'oscilloscope en mode X-Y, vérifier que V_{in} est sur le canal 1 et V_{out} sur le canal 2. Tracer la courbe obtenue et mesurer sa pente.

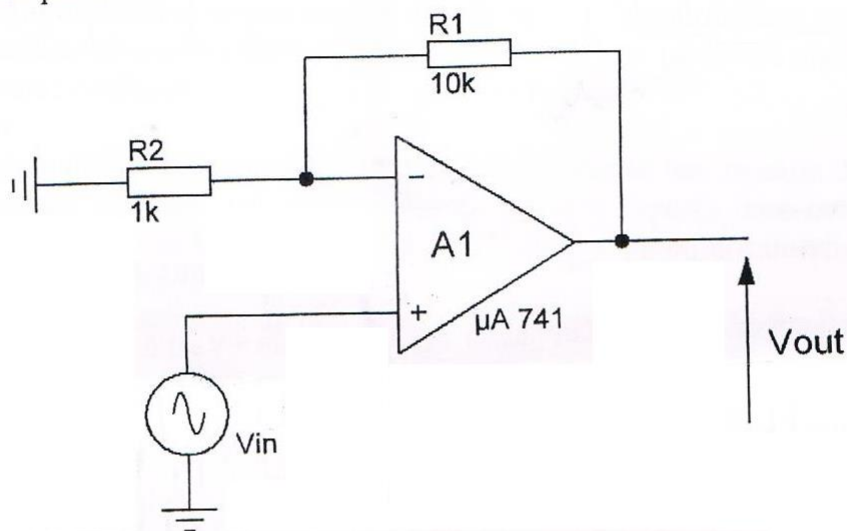


Figure 5 : Montage amplificateur non inverseur

4.2) L'amplificateur inverseur

- Construire l'amplificateur inverseur comme indiqué sur la figure 6.
- Appliquer un signal d'entrée de forme sinusoïdale, d'amplitude 1V et de fréquence 1kHz. Visualiser V_{in} et V_{out} en même temps et tracer les (ils doivent être visualisés simultanément pour connaître le déphasage entre eux).
- Reporter le déphasage entre l'entrée et la sortie ainsi que le gain.
- augmenter la tension d'entrée jusqu'à ce que la sortie soit distordue. Relever l'amplitude de la tension d'entrée et tracer la tension de sortie distordue.
- Mettre la tension d'entrée sur 2V d'Amplitude et mettre l'oscilloscope en mode X-Y, vérifier que V_{in} est sur le canal 1 et V_{out} sur le canal 2. Tracer la courbe obtenue et mesurer sa pente.

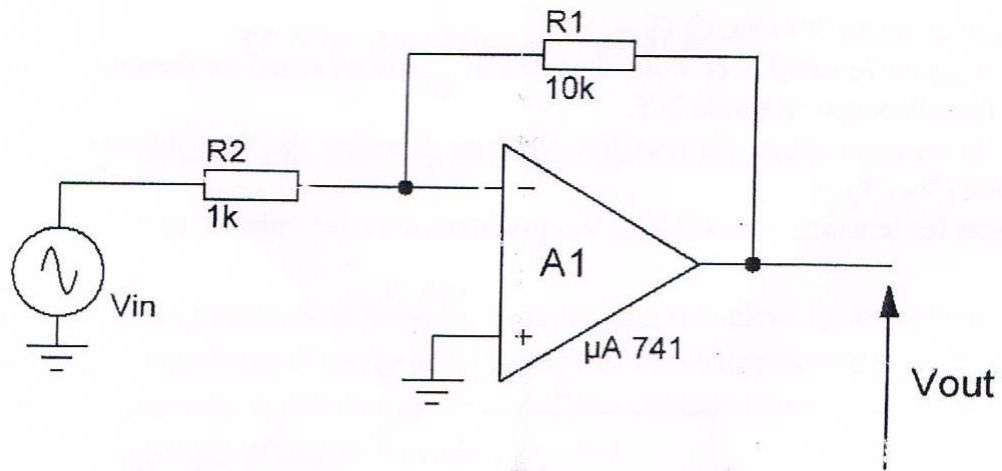


Figure 6 : Montage amplificateur inverseur

4.3) Comparateur simple

Se référer à la figure 7

- Régler le générateur de signaux (V_{SIG}) sur une forme d'onde triangulaire d'amplitude 6V crête à crête pour une fréquence de 200 Hz.
- Réglez la valeur de V_{REF} pour plusieurs positions du potentiomètre (2V, 0V, -1V).
- Visualiser et Tracer les signaux V_{SIG} et V_O en fonction du temps pour chaque valeur de V_{REF} .
- Visualiser sur l'oscilloscope la caractéristique de transfert (V_O en fonction de V_{sig}) du comparateur en utilisant le mode XY pour les trois valeurs de V_{REF} utilisées. Marquer les points de transition (valeur de V_{sig} qui cause le changement de V_{out}).

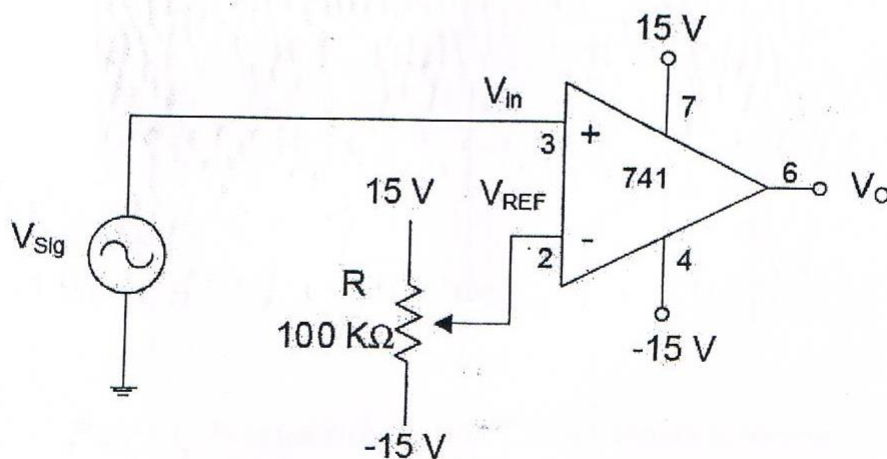


Figure 7 : Schéma électrique d'un comparateur simple

4.4) Comparateur à hystérésis (trigger de Schmitt)

Se référer à la figure 8

- Construire le circuit du trigger Schmitt montré la Figure 8.
- Attaquer le circuit avec un signal sinusoïdal d'amplitude 4V et de fréquence 200 Hz, et observer l'onde d'entrée et de sortie sur un oscilloscope. Le couplage des deux canaux d'entrée doit être fixé à DC.

- Tracer les deux courbes sur le même axe. Soyez sûr de noter le niveau de V_{SIG} pour lequel la tension de sortie V_o change (V_{F2} , V_{F1}).
- Placez V_{SIG} sur le canal 1 et V_{out} sur le canal 2. Aucun canal ne devrait être inversé. Puis passer l'oscilloscope en mode XY.
- Tracez la caractéristique de transfert V_{out} en fonction de V_{SIG} . Identifier les points de transition (V_{F2} , V_{F1}).
- Comparer les tensions de seuil V_{F2} , V_{F1} pratiques avec les valeurs théoriques

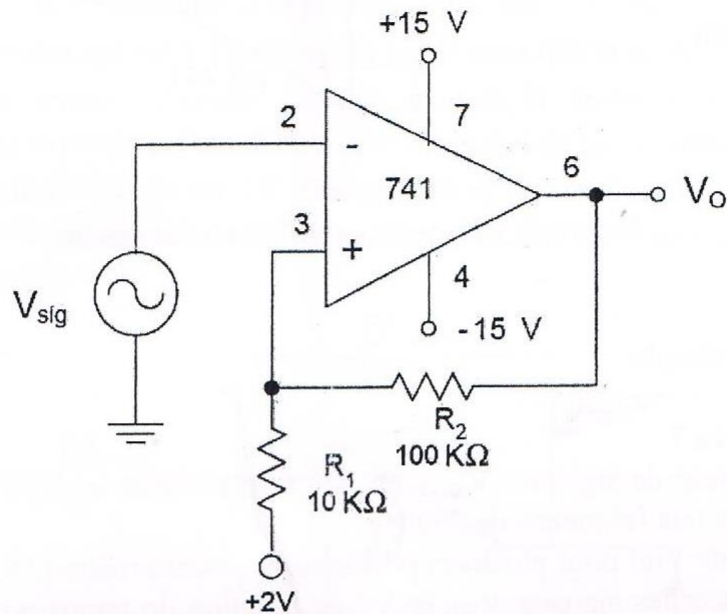


Figure 8 : Schéma électrique du trigger de Schmitt