

L'AMPLIFICATEUR OPERATIONNEL EN MODE COMPAREUR

Le but de cette manipulation est de vous familiariser aux montages de l'Amplificateur Opérationnel (AOP) en mode comparateur, les circuits de commutation réalisés à l'aide d'AOP, sont basés sur son utilisation en comparateur de tensions, comparateur à hystérésis et comparateur à fenêtre.

1. Rappels des généralités de l'AOP et des conditions expérimentales

Dans cette séance, l'amplificateur opérationnel est utilisé en mode comparateur et il est considéré comme parfait (voir figure ci-dessous) :

- Son gain en tension est très important à la fréquence d'utilisation, aussi sa tension d'entrée ε est considérée comme nulle,
- Les courants des entrées i^+ et i^- sont nuls,
- L'amplitude de la tension de sortie V_s est toujours comprise entre les tensions d'alimentation de l'amplificateur : $V_{CC}^+ = +15\text{ V}$ et $V_{CC}^- = -15\text{ V}$.

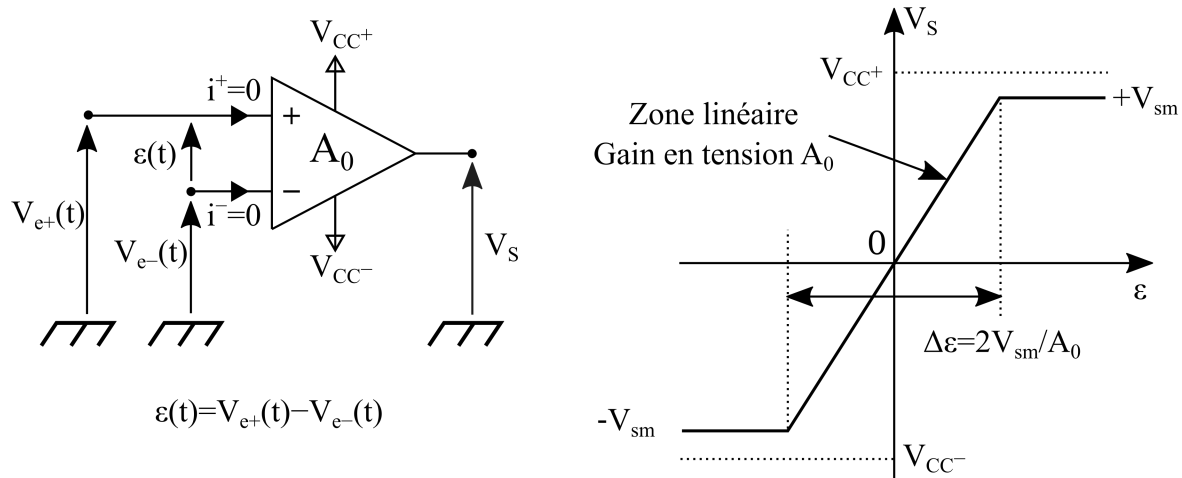


Figure 1 : Montage en boucle ouverte et caractéristique de transfert de l'AOP

L'A.O.P. de la figure 1 est utilisé en **boucle ouverte** (sans rétroaction) avec $\varepsilon(t) = V_{e+}(t) - V_{e-}(t)$. Sachant que $V_s(t) = A_0 \varepsilon(t)$, le régime linéaire n'est assuré que dans la plage de tension d'entrée différentielle telle que : $|\varepsilon(t)| < \Delta\varepsilon$.

En dehors de cette zone linéaire, suivant le signe de la tension d'entrée différentielle $\varepsilon(t)$, l'amplificateur est saturé avec une tension de sortie égale à $+V_{sm}$ ou $-V_{sm}$ (inférieures aux tensions d'alimentation). Le temps de commutation de l'amplificateur, c'est-à-dire le passage de : $+V_{sm}$ à $-V_{sm}$ et de $-V_{sm}$ à $+V_{sm}$, est proportionnel à son slew-rate (13 V/ μ s en moyenne pour le TL082).

Remarque : le fonctionnement de l'AOP en régime de saturation est réservé à son utilisation en « comparateur » qui fait appel à une rétroaction positive. La tension différentielle d'entrée $\varepsilon(t)$ est alors différente de zéro volt.

Liste du matériel utilisé :

- L'amplificateur opérationnel : TL082 (Figure 2),
- Plaquette support de composants (Figure 3),
- Alimentation symétrique HAMEG 8040, +15V/-15V,
- Générateur de tension HAMEG 8030 (sinusoïdal, triangulaire, carré).
- Multimètre METRIX MX 5060

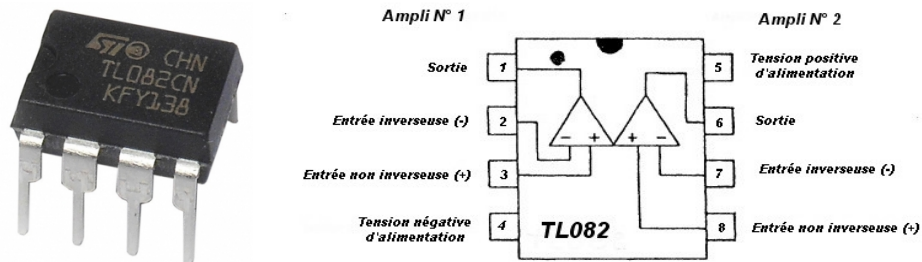


Figure 2 : Amplificateur opérationnel TL082 en boîtier DIP 8 et représentation de son brochage

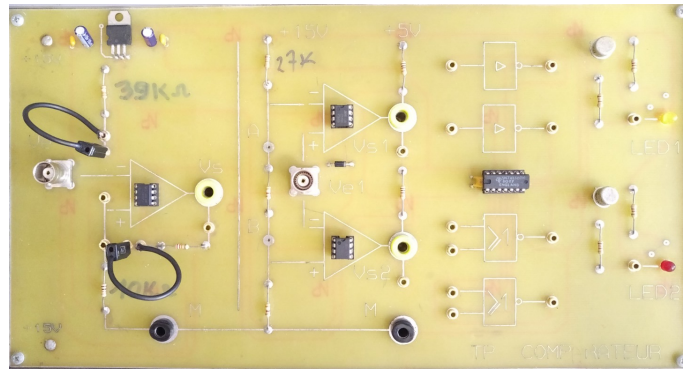


Figure 3 : Façade de la plaquette de test

2. Calculs et manipulations sur des montages en mode comparateur

2.1. Montage comparateur de tensions

Nous donnons en exemple le montage comparateur de tensions de la figure 4 où l'entrée – de l'amplificateur est excitée par une tension V_e triangulaire, de valeur moyenne nulle, d'amplitude crête de 10 V et de fréquence 1 kHz.

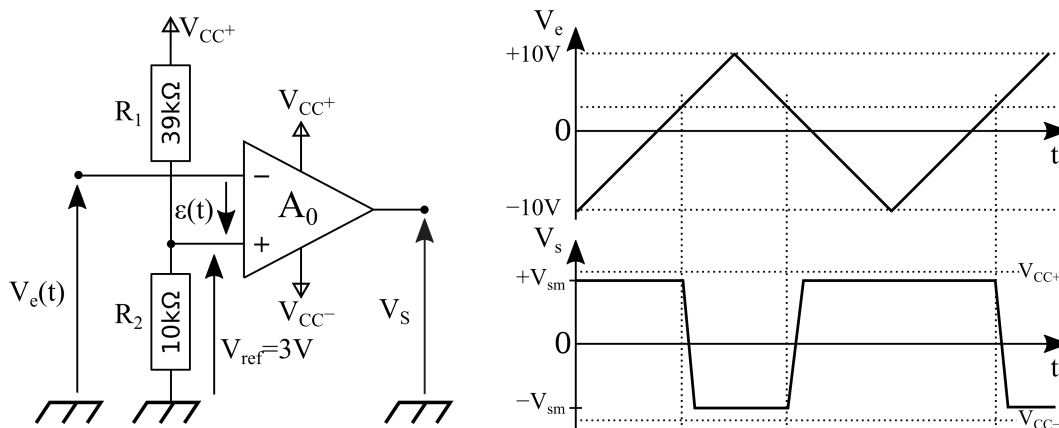


Figure 4 : Montage de comparateur de tension et représentation de $V_e(t)$ et $V_s(t)$

2.1.1. Alimenter la maquette en +15 et -15 V. Réaliser le montage de la figure 4. Dessiner l'une sous l'autre et coter les tensions $V_e(t)$ et $V_s(t)$ en respectant leur chronologie.

NB : Ne pas faire une photographie de l'écran mais donner l'allure des signaux en les cotant sérieusement (niveau zéro volt, amplitudes, durée, temps de montée).

2.1.2. Relever la valeur du seuil de comparaison V_{ref} puis comparer à sa valeur théorique.

2.2. Montage trigger ou comparateur à hystérésis (comparateur à seuils)

Le schéma du montage "comparateur à hystérésis" est donné en figure 5.b. Il est caractérisé par l'existence de deux seuils de comparaison V_1 et V_2 sur l'entrée + de l'amplificateur opérationnel selon que la tension de sortie v_s est maximale positive (+ V_{sm}) ou maximale négative (- V_{sm}) :

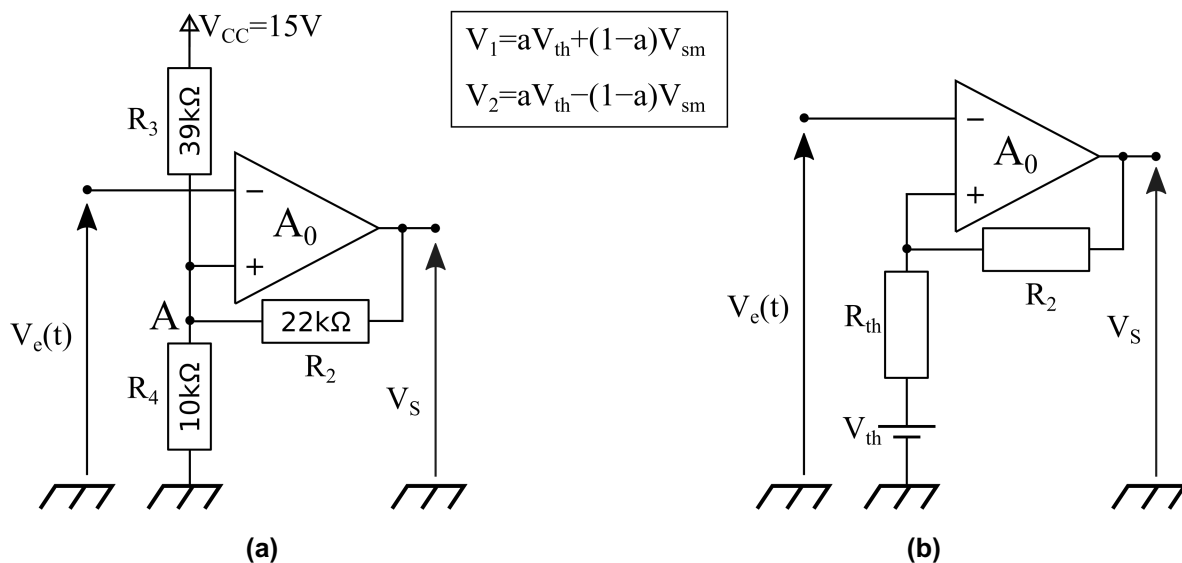


Figure 5 : Montage de comparateur à hystérésis : a) avant simplification, b) après utilisation de Thévenin.

2.2.1. En utilisant Thévenin, montrer que le montage de la figure 5.b, est équivalent à celui de la figure 5.a. En utilisant le schéma de la figure 5.b, retrouver alors les expressions des seuils V_1 et V_2 . Réaliser le montage de la figure 5.a. Exciter l'entrée $V_e(t)$ par un générateur sinusoïdal d'amplitude 14 V crête à crête et de fréquence 1 kHz.

Méthode de calcul :

- Enlever « la charge » constituée par l'AOP et R_2 . Déterminer alors le potentiel au point A ; c'est le potentiel de Thévenin appelé V_{th} sur la figure 5.b.
- Ensuite, en « éteignant » le potentiel V_{cc} . Déterminer l'expression de la résistance de Thévenin (équivalente) R_{th} vue par le point A.
- Rebrancher ensuite la charge, vous devez obtenir le schéma de la figure 5.b.

2.2.2. Dessiner l'une sous l'autre et coter les tensions $v_e(t)$ et $v_s(t)$ en respectant leur chronologie. Relever les valeurs des seuils de comparaison V_1 et V_2 puis comparer aux valeurs théoriques.

2.2.3. Expliquer en détail le fonctionnement du montage complet

2.2.4. Relier les entrées de l'oscilloscope de manière à visualiser le graphe $v_s(t)$ en fonction de $v_e(t)$. Interpréter ce graphe et mesurer la tension d'hystérésis : $\Delta V = V_1 - V_2$. Comparer la valeur expérimentale de la tension d'hystérésis ΔV à sa valeur calculée.

2.2.5. Comparateur à tension d'hystérésis symétrique.

Supprimer la résistance R_3 du montage de la figure 5.a (on la remplace par un circuit OUVERT), et conserver $R_4 = 10\text{ k}\Omega$. Refaire les mêmes mesures que précédemment. En analysant les nouvelles valeurs de V_{th} et de R_{th} dans ce montage, indiquez si ce résultat est conforme à la théorie.

2.3. Montage comparateur à fenêtre (Bonus)

Le montage de la figure 6 est alimenté entre 0 et +15 V (à base de Comparateurs Différentiels Duels LM393). Les 2 sorties V_{s1} et V_{s2} sont de type "collecteur ouvert". Les résistances de tirage R_{T1} et R_{T2} connectées au +5 V, génèrent un signal TTL, compatible avec les circuits logiques de la famille 74HCXX.

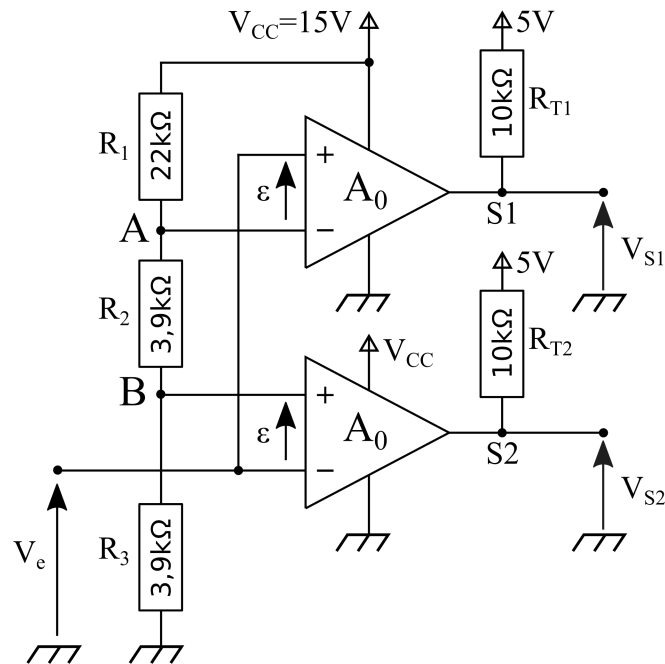


Figure 6 : Montage de comparateur à fenêtre.

2.3.1. Mesurer à l'aide d'un voltmètre les tensions V_A et V_B .

2.3.2. Appliquer en V_e un signal triangulaire positif de 8 V crête à crête. Dessiner l'une sous l'autre et coter les tensions $V_e(t)$, $V_{s1}(t)$ et $V_{s2}(t)$ en respectant leur chronologie. Indiquer sur le tableau ci-dessous l'état des sorties V_{s1} et V_{s2} en fonction du niveau de V_e .

V_e	0	V_B	V_A	V_{max}
V_{s1}				
V_{s2}				

Expliquer le fonctionnement du montage.

2.3.3. Déterminer la fonction logique ayant pour entrées V_{s1} et V_{s2} qui prend l'état 1 lorsque la valeur de la tension V_e est comprise entre les 2 seuils V_A et V_B . La sortie de cette fonction est reliée à la diode rouge.

Câbler le système et vérifier son fonctionnement (faire vérifier par l'enseignant).

Quelle peut être l'utilisation d'un tel montage ?