

Amplification de signaux

Introduction

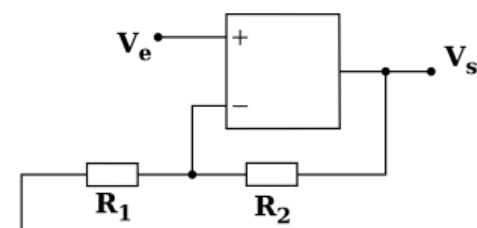
On branche un micro en entrée d'un oscilloscope et d'un haut-parleur. On remarque deux choses : aucun son n'est émis par le haut-parleur, mais on observe un signal de l'ordre de quelques dizaines de mV sur l'oscilloscope. En effet, le niveau de puissance fourni par le micro n'est pas suffisamment élevé pour alimenter le dispositif (bobinages du haut-parleur). Le micro a une impédance de sortie d'environ $500\ \Omega$, tandis que le haut-parleur a une impédance d'entrée de $8\ \Omega$. On a un problème d'adaptation d'impédance : un pont diviseur de tension donne que la tension aux bornes du haut-parleur est bien plus faible que la tension fournie par le micro. La puissance fournie est également bien trop faible.

Matériel

- plaquette d'AO simple + potentiomètre + alimentation
- oscilloscope
- 2 GBF
- 3 résistances dont une de $1\ \text{k}\Omega$
- RLC mètre
- haut-parleur
- micro
- boîte push-pull
- 3 multimètres dont 1 de précision
- alimentation

I Amplification en tension

On réalise ce montage avec un ampli sur plaquette avec deux résistances variables (on sera amené à faire varier le gain durant la présentation). On utilise une alim $\pm 15\ \text{V}$. On envoie en entrée un signal de sortie de GBF de fréquence audio (par exemple $1\ \text{kHz}$). On visualise sur l'oscillo le signal de sortie de GBF et le signal de sortie d'ALI.



Pour l'amplificateur non inverseur : $V_s = V_e(1 + \frac{R_2}{R_1})$

1) Mesure du gain d'amplification

On fixe les résistances R_1 et R_2 , par exemple à 1 k Ω et 25 k Ω (gain de 26). En préparation, on choisit 5 valeurs de tension d'entrée (par exemple de 100 à 500 mV pic à pic) de signaux sinusoïdaux, et on mesure les 5 tensions de sortie associées. On observe que la tension de sortie est sinusoïdale, donc on fonctionne en régime linéaire. On trace l'évolution du rapport en fonction de l'amplitude d'entrée, on obtient une caractéristique linéaire. On fait une mesure complémentaire durant l'exposé. Incertitudes de mesure, incertitudes statistiques sur la régression linéaire.

2) Produit gain-bande passante

On met ensuite en évidence le caractère passe-bas de l'amplificateur. On fixe le gain à 101 ($R_1 = 0.5$ k Ω , $R_2 = 50$ k Ω), et on augmente progressivement la tension d'entrée. L'amplitude du signal diminue en sortie : on a un passe bas. On fait une mesure à la main de la fréquence de coupure à -3 dB. Pour prouver qu'on a un caractère passe bas, on montre que le produit gain-bande passante est conservé. Pour plusieurs tensions en entrée, on cherche la fréquence de coupure (sortie divisée par $\sqrt{2}$), on reprend pour cela les valeurs de gain précédentes.

3) Limites de l'amplificateur

Pour de trop fortes tensions, l'AO ne fonctionne plus en régime linéaire, et la tension de sortie reste bloquée à ± 15 V (tension de l'alim). Par ailleurs, si on envoie un créneau en entrée et qu'on augmente la fréquence, la vitesse de balayage diminue et le signal de sortie devient un triangle, qui est l'intégrale du créneau, et c'est tant mieux puisque l'amplificateur non inverseur a un caractère passe-bas. La vitesse de balayage est donnée par : $SR = \max(\frac{dV_s}{dt})$.

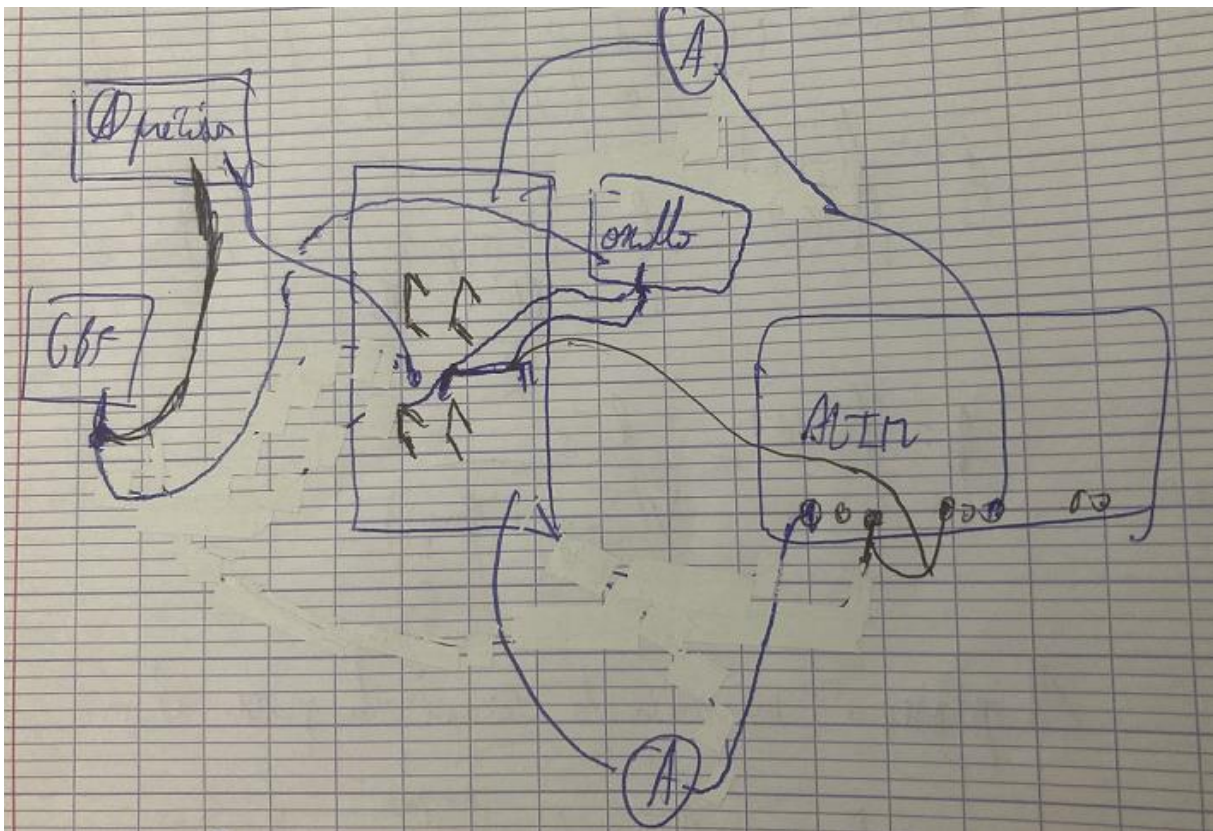
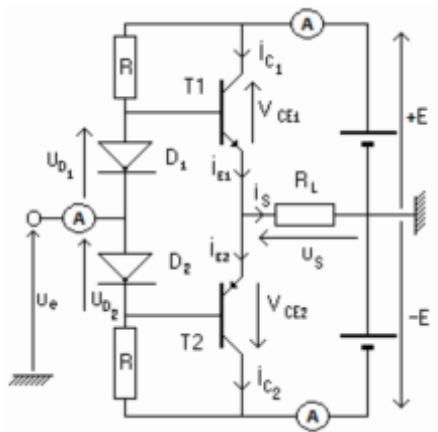
Si l'on envoie le même signal qu'en introduction dans le haut-parleur après passage à travers l'amplificateur, on a adapté l'impédance du micro en la rendant quasiment nulle. En revanche, la faible impédance du haut-parleur demande un courant en sortie de l'amplificateur qui est bien trop élevé. On ne produit toujours aucun son.

II Amplificateur de puissance

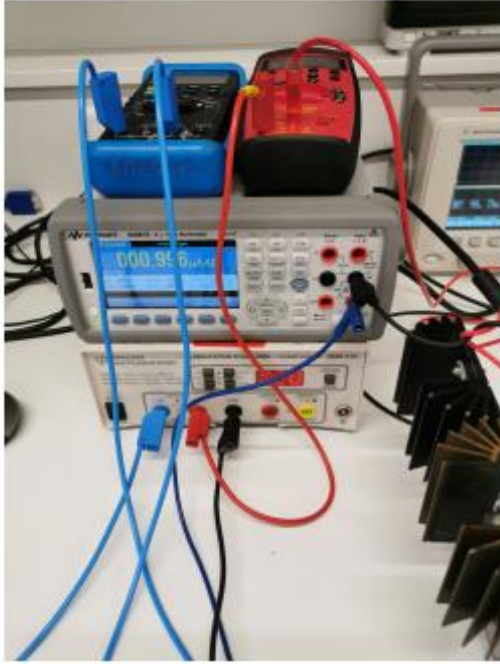
On réalise ensuite un amplificateur push-pull de classe B, qui permet de se débarrasser des distorsions dues aux tensions de seuil des transistors.

Transistors -> ailettes -> semi-conducteurs qui assurent une température constante.

1) Mesure du gain en puissance



On alimente le push-pull avec un signal sinusoïdal d'amplitude environ $3 V_{RMS}$ fourni par le GBF, avec une fréquence de 1 kHz. On choisit de tout exprimer en tension efficace car on va mesurer des puissances (le calcul fait donc apparaître des valeurs efficaces). On observe les tensions d'entrée et de sortie à l'oscillo. On mesure l'intensité efficace fournie par le GBF I_e (on prend un Keysight pour mesurer des courants relativement faibles avec précision). Pour mesurer l'intensité fournie à la résistance de charge, on mesure sa valeur à l'Ohmmètre et on applique $I_{out,RMS} = \frac{V_{out,RMS}}{R}$. On calcule de cette manière l'amplification en courant du circuit total, avec les incertitudes associées. En préparation, on réalise cette mesure à fréquence fixée mais pour plusieurs valeurs de tension efficace. On peut volontairement aller jusqu'à des tensions efficaces élevées de manière à mettre en évidence la saturation des transistors.



$$G = \frac{I_{out,RMS}}{I_e} = \frac{V_{out,RMS}}{RI_e}$$

2) Mesure de rendement

Pour les mêmes tensions efficaces d'entrée et la même fréquence, on cherche à mesurer le rendement. On néglige la puissance du GBF et on considère que seule l'alimentation fournit la puissance aux transistors.

La puissance d'entrée s'écrit : $P_e = (I_{moy,1} + I_{moy,2})V$, $I_{moy,1}$ et $I_{moy,2}$ sont les intensités indiquées par les deux ampèremètres, $V = 15\text{ V}$ (alimentation). La puissance fournie à la charge s'écrit :

$$P_s = \frac{V_{out,RMS}^2}{R} = RI_{out,RMS}^2$$

Le rendement s'écrit : $\eta = f(U_e) = \frac{RI_{out,RMS}^2}{V(I_{moy,1} + I_{moy,2})}$ (penser à augmenter le courant sur la grosse alim)

On trace l'évolution du rendement en fonction de la tension efficace d'entrée (GBF), selon la même gamme qu'établie pour l'amplification en courant. Le rendement augmente rapidement avec la tension efficace d'entrée. Pour une tension efficace trop grande, le signal est écrêté (distordu), il faut donc trouver un bon compromis entre rendement et saturation.

Conclusion

Après avoir montré tout cela, on branche la sortie du montage à AO dans le montage push-pull et la sortie du push-pull dans un haut-parleur. On peut envoyer un signal de 50 mV dans l'ampli à AO et écouter le son du haut-parleur, ou bien brancher directement le micro et entendre sa propre voix. Il faut bien jouer avec les résistances de la plaquette de l'AO pour adapter le gain.

On a montré qu'une simple amplification de tension n'était pas suffisante pour écouter le son d'un micro, bien qu'elle permette de s'affranchir de la haute impédance du micro. Pour cela, il faut amplifier en puissance, puisque la faible impédance du haut-parleur le rend très demandeur en intensité. Les deux amplificateurs répondent à nos attentes, sur une plage de tension dont il convient d'être conscient.

Questions

- Dans quelle mesure l'écart-type donné par les stats de l'oscillo évalue-t-il correctement les erreurs sur la mesure de tensions efficaces ?
- ➔ Durant une mesure de RMS, les bruits de tension constituent une erreur systématique et pas répartie statistiquement autour de la valeur moyenne car ils ne peuvent que s'ajouter à celle-ci. Il faut moyenner sur un grand nombre de traces pour que les bruits se compensent et que la valeur moyenne mesurée par l'oscillo soit précise.
- Quels sont les constituants principaux d'un AO réel ?
- ➔ Un étage d'amplification push-pull s'occupe d'amplifier en puissance le signal ε existant entre les bornes $V+$ et $V-$. Théoriquement, on peut tout à fait acheter un AO capable d'alimenter le haut-parleur directement.
- Qu'est-ce qu'on a voulu tester en traçant le gain en tension de l'ampli non-inverseur en fonction de la tension d'entrée ?
- ➔ La linéarité de l'amplificateur
- Pour le montage push-pull présenté, quelle est l'utilité des résistances et des diodes par rapport au push-pull de base ?
- ➔ Les résistances permettent de fournir le courant de base de chaque transistor, les diodes en régime de conduction servent à s'affranchir de la tension de seuil des transistors.