

Club ELEC

## Hand clap sensor

HO1 - Microphone et signal audio

21 octobre 2019



## Introduction

Durant ce quadrimestre, le CLUB ELEC vous propose de créer un dispositif permettant d'allumer ou d'éteindre la lumière à distance. Si tu as toujours rêvé d'entrer dans une pièce et de claquer des doigts en disant "*Que la lumière soit !*", le CLUB ELEC est là pour faire de ton rêve une réalité ! Pour y parvenir, le développement du circuit se déroulera en 3 phases, chacune correspondant à une séance de hands-on (HO) proposée par le CLUB.

- HO1 : Intégration du micro et notion de filtrage.
- HO2 : Génération d'un signal de commande approprié.
- HO3 : Circuit à commander et ouverture sur différentes applications.

## Objectifs

Les objectifs du premier hands-on sont :

- De se familiariser avec le matériel de base (breadboard, multimètre, oscilloscope) et les composants de base (résistances, capacités, amplificateurs opérationnels, composants intégrés) propres à l'électronique.
- De comprendre le fonctionnement du micro qui assure la transduction du signal sonore en signal électrique.
- De faire le lien entre le signal obtenu et son contenu fréquentiel afin de comprendre la notion de filtrage.
- De comprendre la notion AC/DC et le découplage AC.
- D'implémenter en pratique la première partie du circuit (micro, filtre et découplage).

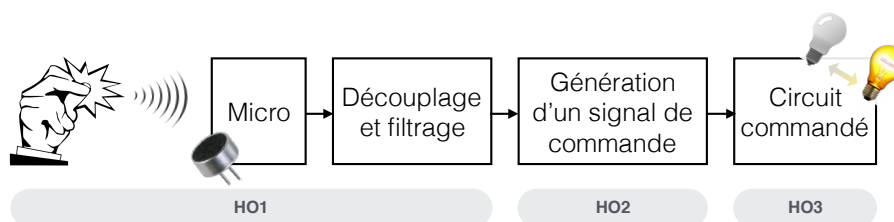


Figure 1 – Schéma-bloc du circuit.

Le schéma-bloc du circuit est présenté à la Figure 1. Les ondes acoustiques générées par le claquement de doigt sont captées par le micro qui les transforme en un signal électrique (transduction). Ce signal est ensuite découplé et filtré à l'aide d'un filtre RC, comme présenté plus loin dans ce document. La génération d'un signal de commande propre ainsi que l'implémentation d'un circuit commandé seront abordées plus en détail dans les prochains hands-on.

## 1 Microphone : du signal sonore au signal électrique

Lorsque quelqu'un claque des doigts, une onde sonore est produite, qui consiste en fait en une variation locale de la pression de l'air qui se propage dans l'espace jusqu'à nos oreilles. Afin de commander un circuit électrique à partir de ce claquement de doigt, il est donc nécessaire de pouvoir transformer ce changement de pression en une variation d'une quantité électrique qu'il est possible de mesurer. Cette transformation d'une grandeur physique en une caractéristique électrique s'appelle la transduction. Dans le cas d'un signal sonore, cette transduction se fait à l'aide d'un dispositif bien connu : le microphone.

Il existe différents types de microphones (à ruban, à condensateur...) avec des fonctionnements, des performances et des prix différents. Celui mis à votre disposition pour ce projet est le modèle ABM-707-RC. Il s'agit d'un micro électrostatique à électret. C'est un micro qui s'adapte assez bien à un petit projet d'électronique au vu de sa petite taille, de son prix très démocratique et de sa grande facilité d'utilisa-

tion.

Un micro à électret se compose d'une membrane polarisée, c'est-à-dire qu'elle porte une charge électrostatique, d'une électrode et d'un circuit d'amplification. Lorsqu'une onde sonore arrive, elle va faire vibrer la membrane à l'intérieur du micro, ce qui va faire varier sa distance par rapport à l'électrode. Grâce au champ électrique généré par la membrane polarisée, un changement de tension va être produit sur l'électrode. Ce changement de tension sera ensuite amplifié par l'amplificateur avant de se retrouver à la sortie du micro.

Voici brièvement quelques caractéristiques techniques du micro utilisé :

- Ce micro nécessite une alimentation allant de 2 à 10V, utilisée pour son amplificateur interne. Dans ce projet, nous utiliserons une tension de 5V.
- Ce micro couvre une plage de fréquences allant de 50 Hz à 16kHz, ce qui est largement suffisant pour l'application visée. Pour votre information, les humains perçoivent des fréquences allant (grossièrement) de 20 à 20 kHz.
- Ce micro a une sensibilité de -41dB.
- Ce micro est omnidirectionnel, c'est-à-dire qu'il entend aussi bien dans toutes les directions.

## 2 Un circuit simple pour démarrer

Le circuit à implémenter pour connecter ce micro est donné à la Figure 2. Dans celui-ci, on retrouve la tension d'alimentation (SUPPLY) à 5V. Pour ce projet, nous utiliserons une alimentation réglable de laboratoire (si tu désires reproduire ce circuit chez toi, n'hésite pas à demander à un membre du staff quelle alimentation tu peux utiliser). Il te faudra également un micro et une résistance de  $20k\Omega$ .

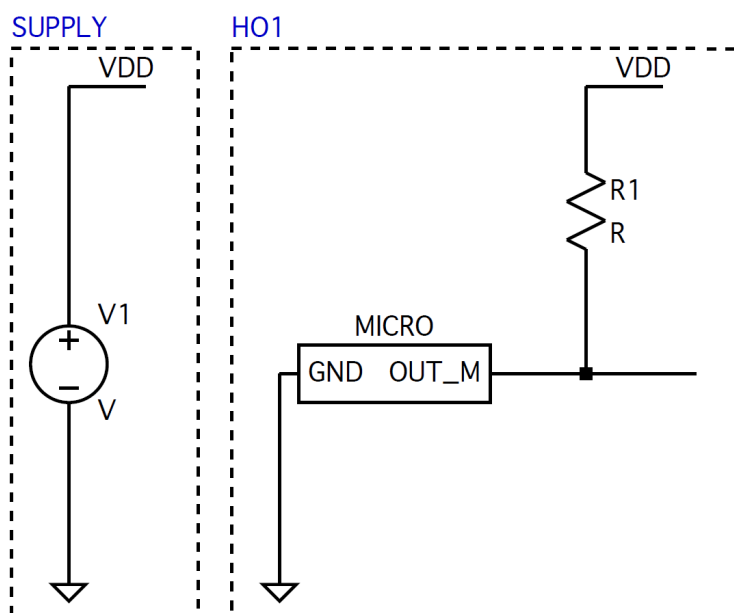


Figure 2 – Circuit HO1.  $V1 = 5V$ ,  $R1 = 20k\Omega$

Pour réaliser les connections, nous utiliserons une *breadboard*. Ce sont des plaquettes qui permettent de facilement connecter et déconnecter des composants électroniques, bien pratiques pour effectuer des premiers tests. Pour l'utiliser, rien de plus simple : il suffit d'enfoncer les composants dans les trous de la plaquette en faisant en sorte de les placer correctement pour que les connections se fassent. Les trous de la plaquette sont connectés suivant le schéma de la Figure 3.

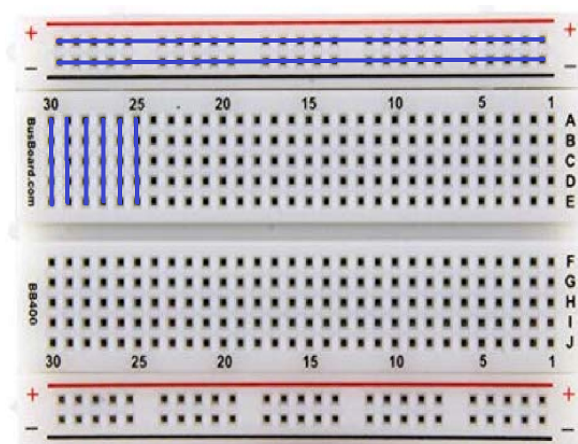


Figure 3 – breadboard

### 3 Signal AC ou DC ?

En électronique, on utilise souvent la notion de signal pour décrire l'information qui est transportée le long des fils du circuit. Ce signal représente en fait la valeur du courant ou de la tension dans un fil au cours du temps. Il existe énormément de façons de caractériser ce signal. Une distinction importante est la notion de signal DC ou AC. Un signal DC (de l'anglais *Direct Current*) correspond à une valeur qui reste constante au cours du temps. Inversement, un signal AC (*Alternating Current*) correspond à un signal qui va osciller au cours du temps d'une valeur positive à une valeur négative. Par exemple, comme illustré à la Figure 4, la tension au borne d'une pile est dite DC car la tension est constante à 1.5V. Dans une prise de courant par contre, on retrouve une tension AC qui oscille de -310V à +310V, 50 fois par seconde.

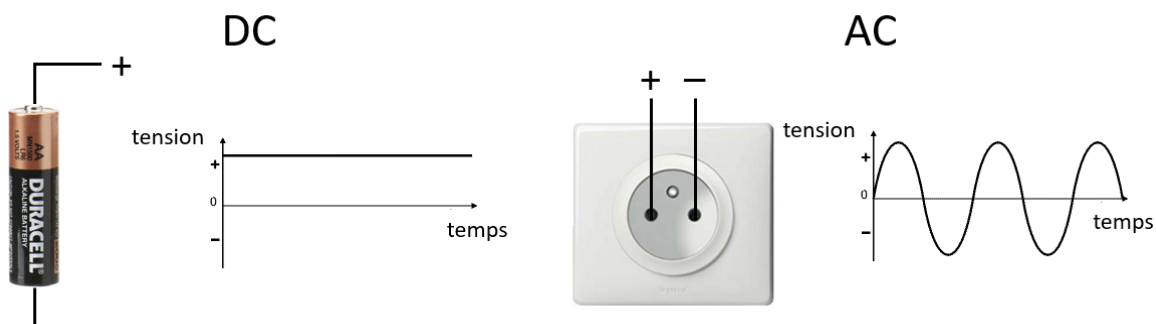


Figure 4 – Exemples de signaux DC et AC

Dans le cas de notre micro, c'est encore un peu plus compliqué que cela. En effet, le signal produit par le micro reproduit les vibrations de l'air venant du son, et oscille donc bien comme un signal AC. Cependant, celui-ci est superposé à une tension DC (qui est due à l'électronique interne du micro, c'est un peu plus compliqué donc nous ne l'aborderons pas ici). Une illustration de ceci est présentée à la Figure 5, mais attention ce n'est pas à l'échelle !

### 4 A vous d'essayer !

Assez d'explications théoriques, il est temps pour vous de passer à la pratique et d'essayer de mesurer les signaux produits par le microphone. Pour observer des signaux électriques, un instrument bien utile

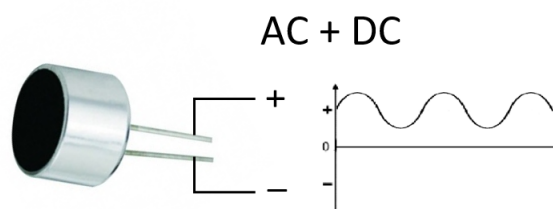


Figure 5 – Signal AC superposé sur une tension DC

est l'oscilloscope. En connectant sa sonde (*probe* en anglais) à un endroit du circuit, celui-ci affiche la tension en ce point au cours du temps. Il existe énormément de types d'oscilloscopes différents, des plus petits au plus complexes. Un oscilloscope est composé en général d'un écran sur lequel s'affiche le signal et de boutons de contrôle qui permettent de régler l'amplitude du signal affiché (en ordonnée sur le graphe) et l'échelle de temps (en abscisse).



Figure 6 – Oscilloscope

L'affichage du signal fonctionne généralement en 2 modes différents : soit en mode continu où le signal défile sans arrêt sur l'écran, soit en mode déclenchable (*trigger*) où le signal ne s'affiche que lorsqu'il dépasse un certain seuil. Ce deuxième mode est bien pratique pour observer des événements très brefs, tel que le signal sonore d'un claquement de doigts par exemple.

L'oscilloscope permet d'utiliser deux modes de couplage différents, appelés DC et AC (ça devrait te rappeler quelque chose...). Dans le mode DC, l'intégralité du signal est affichée à l'écran.

Les boutons correspondant à tous ces réglages sur chaque oscilloscope sont différents d'une version à l'autre, appelle donc un membre du staff pour t'aider à t'y retrouver !

Pour chacun des signaux ci-dessous, réfléchis au réglage le plus approprié (amplitude, échelle de temps, mode continu ou déclenchable, découplage DC ou AC), et règle ensuite l'oscilloscope pour observer et mesurer le signal :

- La masse (référence de tension correspondant à 0V).
- La tension d'alimentation à 5V.
- La composante DC du signal de sortie du microphone.
- La composante AC du signal de sortie du microphone.

## 5 Capacité, filtres et découplage

Afin de supprimer la composante DC, il va nous falloir implémenter un filtre. Un filtre permet de choisir quelles fréquences du signal vont pouvoir passer. Ils permettent soit de ne laisser passer que les hautes, que les basses fréquences ou une bande de fréquences. Dans ce cas-ci, nous voulons supprimer la constante qui correspond à une fréquence de zéro. Il va donc falloir implémenter un filtre passe haut. Ce filtre est réalisé grâce la capacité C1 et la résistance R2. La capacité est un composant qui accumule des charges électriques. C'est pourquoi, il ne peut y avoir que des variations de tensions à ces bornes. Donc la composante DC, qui ne varie pas, ne passe pas à travers la capacité. Le signal AC lui, n'est pas affecté par celle-ci.

Le signal filtré est récupéré aux bornes de la résistance. Vous pouvez observer l'effet du filtre grâce à oscilloscope. Placez une sonde avant le filtre et après le filtre pour voir son effet.

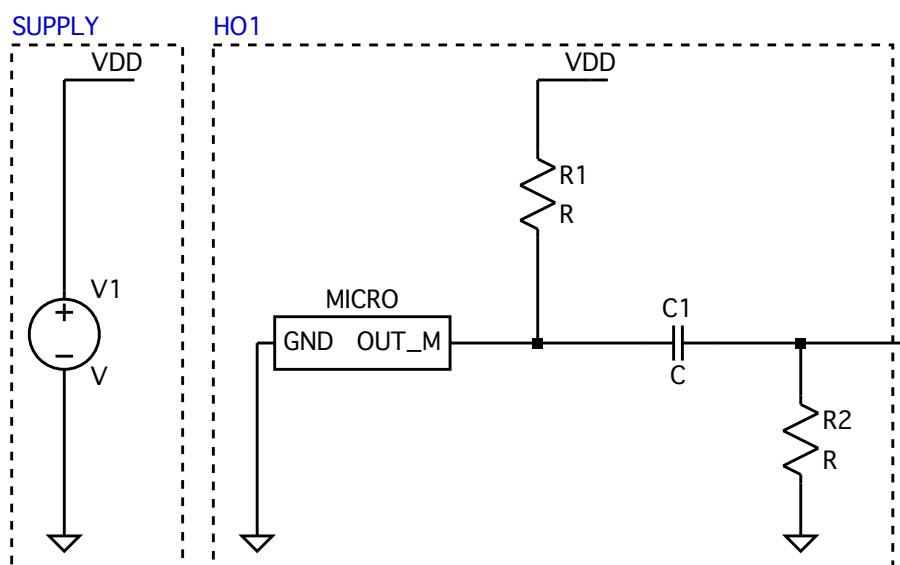


Figure 7 – Circuit HO1 avec filtre de découplage.  $R2 = 55k\Omega$ ,  $C1 = 150nF$ .

## 6 Et après...

Vous savez maintenant comment transformer l'onde sonore du claquement de doigts en un signal électrique que vous pouvez filtrer et observer au microscope. Lors des prochains hands-on (la semaine prochaine), vous implémenterez le circuit qui permet de détecter automatiquement ce claquement. Selon vous, comment feriez-vous pour détecter ce signal, de manière générale sans penser encore à l'implémentation à l'aide de composants électroniques? Quelles "fonctions" électroniques utiliseriez-vous pour passer du signal observer aujourd'hui à un signal de commande tel qu'illustré ci-dessous?

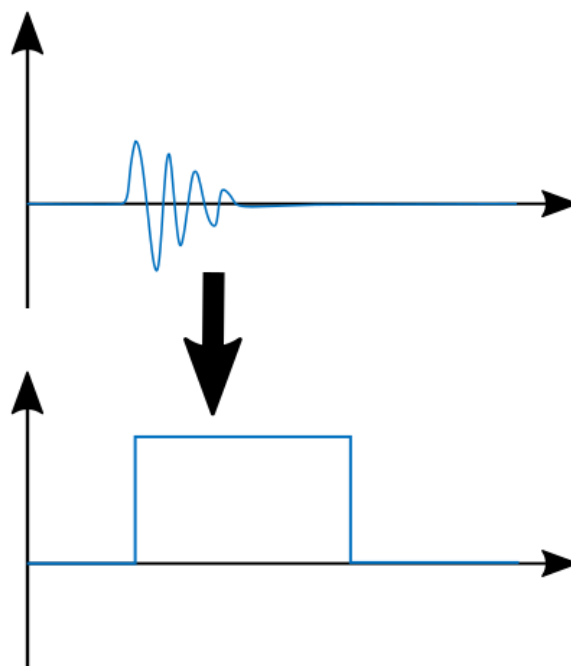


Figure 8 – Détection d'un claquement de doigts