

Mesure de la célérité du son

UNE EXPERIENCE POUR LA CLASSE DE PREMIERE

par Achilles GROSSE,
Lycée Technique Lislet-Geoffroy,
Saint-Denis, Réunion.

I. PRINCIPE.

Un haut-parleur émet de brèves impulsions sonores qui sont captées par un microphone placé à une distance que l'on fait varier. Les signaux aux bornes du haut-parleur déclenchent la base de temps étalonnée d'un oscillographe (et sont représentés sur l'une des voies si on utilise un appareil bicourbe) et ceux aux bornes du microphone sont représentés sur l'autre voie. Si on écarte le microphone, l'oscillogramme correspondant se déplace sur l'axe des temps et on en déduit immédiatement la célérité du son. La fig. 1 représente le montage à réaliser si on utilise un oscillographe bicourbe.

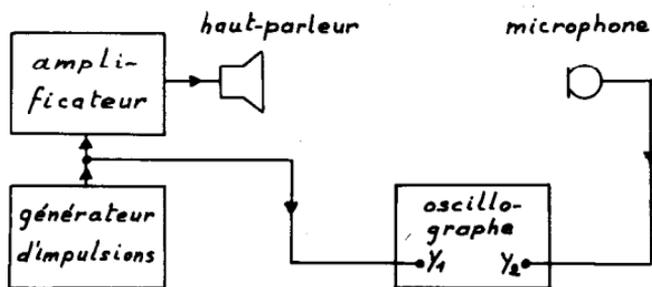


Fig. 1

II. LE MATERIEL.

1. Description.

Le générateur d'impulsions et l'amplificateur sont réalisés spécialement pour cette expérience car ce genre d'appareils existe rarement dans une collection de physique. Le générateur (fig. 2) comporte un multivibrateur fournissant des signaux rectangulaires de fréquence réglable de 5 Hz à 125 Hz, suivi d'un monostable qui transforme ces signaux en impulsions positives de durée constante et égale à 0,5 ms. La réalisation utilise un cir-

cuit intégré C.M.O.S. de type 4001 qui comporte quatre fonctions NI (OU-NON ou NOR). Le brochage de ce circuit est donné par la fig. 3.

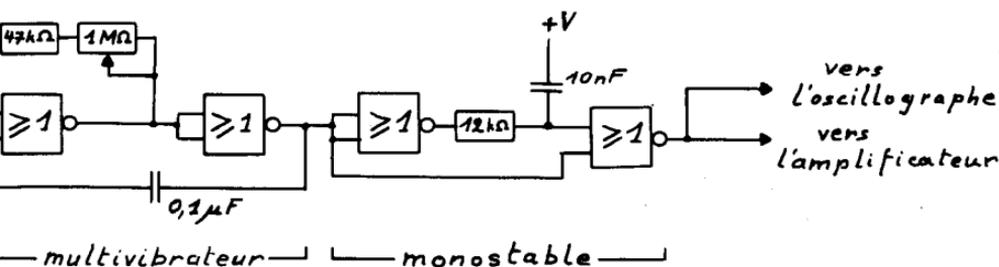


Fig. 2

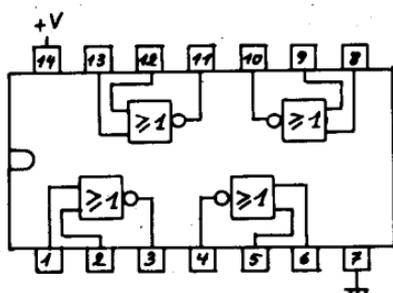


Fig. 3

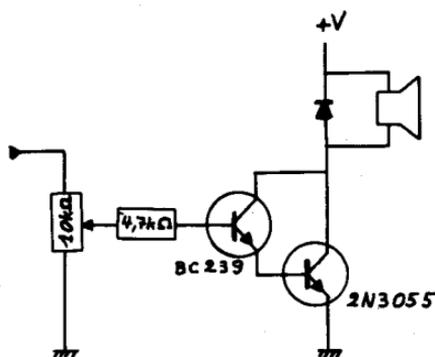


Fig. 4

L'amplificateur (fig. 4) est un ensemble de deux transistors associés en montage Darlington. Le choix des transistors n'est pas critique ; il suffit que celui qui alimente le haut-parleur puisse supporter un courant de collecteur supérieur à un ampère. La diode aux bornes du haut-parleur protège le transistor de sortie contre les surtensions pouvant apparaître dans la bobine mobile.

L'ensemble est alimenté par une tension continue comprise entre 5 V et 15 V suivant la puissance maximale qu'on demande au haut-parleur.

2. Fonctionnement.

Pour le générateur d'impulsions, on utilise un circuit intégré C.M.O.S. à cause de sa forte impédance d'entrée (courant d'entrée typique : 10 pA) qui permet d'avoir des constantes de temps assez grandes avec des condensateurs de valeur et de taille modestes. De plus, la tension d'alimentation d'un tel circuit peut varier entre 3 V et 15 V, ce qui est un autre avantage sur les circuits intégrés TTL qui nécessitent une tension de 5 V à 5 % près.

Le multivibrateur comporte deux fonctions NI montées en inverseurs. Suivant l'état du deuxième inverseur, le condensateur se charge ou se décharge à travers les résistors. L'état des deux inverseurs change chaque fois que la tension à l'entrée du premier franchit une valeur voisine de la moitié de la tension d'alimentation. Les signaux ne sont pas tout à fait symétriques et sont déformés à cause de la résistance de sortie du deuxième inverseur (500 Ω à l'état haut, 200 Ω à l'état bas), mais cela est sans importance ici.

Le monostable utilise un inverseur et une fonction NI. Si son entrée est à l'état haut, la sortie de l'inverseur est à l'état bas, le condensateur est chargé, la sortie de la porte NI est à l'état bas. Quand l'entrée du monostable passe à l'état bas, sa sortie passe à l'état haut, mais cet état ne dure pas car le condensateur se décharge à travers le résistor. La sortie repasse à l'état bas dès que la tension aux bornes du condensateur franchit la moitié de la tension d'alimentation. La durée de l'impulsion positive ne dépend que de la constante de temps du circuit résistance-capacité et un peu de la tension d'alimentation. Quand l'entrée passe à nouveau à l'état haut, la sortie reste à l'état bas et le condensateur se recharge. La seule condition pour un fonctionnement correct du monostable est que les états haut ou bas à l'entrée persistent assez longtemps pour permettre la charge ou la décharge du condensateur. Cette condition est toujours réalisée dans le présent montage.

Pour l'amplificateur, il suffit de signaler que la puissance dissipée au collecteur du transistor de sortie est très faible car ce transistor ne conduit que pendant les impulsions.

Le haut-parleur (diamètre 12 cm, impédance 8 Ω) supporte bien l'intensité de 1 A qui le traverse pendant les impulsions. Le signal capté par le microphone est en forme de sinusoïde amortie car la membrane du haut-parleur oscille librement quand le tran-

sistor de sortie de l'amplificateur est bloqué, c'est-à-dire après chaque impulsion.

Le montage des circuits intégrés C.M.O.S. nécessite quelques précautions du fait de leur forte impédance d'entrée :

- éviter la présence d'électricité statique,
- relier le fer à souder à la masse dans le cas d'un montage soudé,
- brancher l'alimentation avant d'appliquer une tension sur une entrée (par un condensateur non déchargé par exemple),
- relier les entrées non utilisées à la masse ou au + de l'alimentation.

Pour éviter tout problème, il suffit d'utiliser un support pour le circuit intégré et ne mettre ce dernier en place qu'après avoir terminé le montage, débranché l'alimentation et déchargé les condensateurs.

III. EXPERIENCE.

Le montage étant réalisé, on règle la base de temps de l'oscillographe sur 1 ms/div ou 0,5 ms/div et on approche le microphone de manière que le front de l'onde qu'il capte coïncide avec un trait situé à gauche du réticule du tube. Puis on écarte le microphone, en repérant sa position sur une règle, de manière que l'oscillogramme se déplace de 1, 2, 3... divisions. On en déduit la célérité du son.

La variation de la fréquence de répétition des impulsions est sans effet sur l'aspect de l'oscillogramme.

La précision obtenue est pratiquement celle de la base de temps, soit 2 à 5 % suivant l'oscillographe.

Cette expérience quantitative, basée sur un principe simple, et facile à réaliser, ne doit pas poser de problème de mise au point. En utilisant le même circuit intégré, nous avons réalisé différents montages expérimentaux (ohmmètre sonore, photomètre sonore, détecteur de champ électrique) qui ont toujours fonctionné à la première mise sous tension.
