



HAL
open science

Conception et réalisation d'un circuit d'émission ultrasonore autonome et souple d'utilisation

Sylvie Breton, Stéphane Rochard, Christian Jaouen, Magloire Abouna

► To cite this version:

Sylvie Breton, Stéphane Rochard, Christian Jaouen, Magloire Abouna. Conception et réalisation d'un circuit d'émission ultrasonore autonome et souple d'utilisation. 2006, pp.session EP2 -2. hal-00521664

HAL Id: hal-00521664

<https://hal.science/hal-00521664>

Submitted on 28 Sep 2010

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Conception et réalisation d'un circuit d'émission ultrasonore autonome et souple d'utilisation

Application à la mesure de niveau

**Sylvie Breton, Stéphane Rochard,
Christian Jaouen, Magloire Abouna**

*Laboratoire d'Ingénierie Mécanique et Electrique
LIME – IUT de BREST- Rue de Kergoat BP 93169 -29231 BREST-Cedex3*

Sylvie.Breton@univ-brest.fr

**Sections de rattachement : 63
Secteur : Secondaire**

***Résumé :** Les techniques ultrasonores trouvent leurs applications dans de nombreux domaines [1-4] : détection de défauts, échographie médicale, acoustique sous-marine, télémétrie. C'est dans le cadre de cette dernière application que nous avons développé un système de mesure de distance utilisant un transducteur ultrasonore conditionné pour émettre des pulses à 40kHz. Les signaux émis et reçus sont exploités sous le logiciel MATLAB*

***Mots-Clés.** Ultrason, mesure, niveau.*

Introduction :

Les ultrasons sont des ondes élastiques dont la fréquence est comprise entre 18kHz et quelques Mégahertz [1]. Le transducteur est composé d'un émetteur et d'un récepteur constitués de matériaux piezoélectriques. Le signal réfléchi sur la cible est très atténué par le milieu en fonction de la distance de la cible, et une amplification est nécessaire avant le traitement sous MATLAB qui calculera la distance de la cible à l'émetteur. Le circuit d'émission est de conception très simple et peut être utilisé dans de nombreuses autres applications.

1. **Synoptique du montage :**

Le montage présenté est présenté sur la figure 1. Le capteur utilisé est constitué de deux transducteurs à ultrasons, l'un émetteur et l'autre récepteur, de type Murata MA40B8S et MA40B8R, respectivement. Le principe consiste à émettre une impulsion, et à déterminer la durée Δt écoulée entre le signal émis et le signal reçu. La vitesse du son à 20°C dans l'air étant de $v_0 = 340\text{m/s}$, la distance D de la cible peut alors être aisément déterminé par la relation :

$$D = v_0 \cdot \Delta t / 2 \quad (1)$$

Les signaux électriques de l'émetteur et du récepteur sont connectés sur les entrées A0 et A1 de l'interface permettant le traitement sous MATLAB

2. **Conditionnement de l'émetteur :**

Le récepteur étant sensible à la fréquence de 40kHz, le signal émis est modulé par une porteuse rectangulaire à cette fréquence modulée en tout ou rien par un signal rectangulaire de période 2Hz (voir figure 2).

La porteuse est générée par un circuit oscillateur. Nous disposons ainsi d'un système d'émission autonome pouvant fonctionner sur batterie.

2.1. Réalisation de l'oscillateur à 40kHz

L'oscillateur à 40kHz a été réalisé à partir d'un circuit CMOS 4011 constitué de quatre portes NAND, selon le schéma suivant :

La résistance $R4$ suit la relation déterminée expérimentalement en fonction de la période T du signal désiré :

$$R4(k\Omega) = 0,62.T(\mu s) - 0,88 \quad (2)$$

La valeur de $R4$ nécessaire pour atteindre l'objectif fixé $f = 40\text{kHz}$ est d'environ 15k Ω . Nous utilisons donc un potentiomètre de 20k Ω .

2.2. Réalisation du signal modulant

Le signal est réalisé à l'aide d'un timer 555 comme indiqué sur la figure 4. Le timer engendre le signal V_{s1} de fréquence 2 Hz, avec un rapport cyclique de 0,002. On souhaite obtenir sur la sortie V_{out} un signal rectangulaire avec $T_h = 0,001\text{s}$ et $T_b = 0,499\text{s}$

2.3. Réalisation de l'alimentation de l'émetteur

Pour réaliser le signal d'alimentation de la figure 2, il suffit de faire une somme logique des deux signaux précédents V_{S1} et V_{S2} . Nous utiliserons pour cela les deux dernières portes NAND du circuit CMOS 4011 (figure 5). Ce circuit a été réalisé sur circuit imprimé (figure 6).

Le signal V_{S3} est connecté sur la voie A0 de la carte d'acquisition.

3. Conditionnement du récepteur :

L'amplitude du signal de réception étant très faible, il est nécessaire de l'amplifier d'environ 5000 fois avant de le traiter par la carte d'acquisition. Pour cela, nous utilisons un amplificateur opérationnel de type 741 monté en non-inverseur :

Le signal V_{S4} est connecté sur la voie A1 de la carte d'acquisition.

4. Traitement des signaux sous MATLAB :

Le programme Matlab développé [6] paramètre dans un premier temps l'acquisition : nombre de canaux, durée d'acquisition, fréquence d'échantillonnage et mode de déclenchement. Les signaux numérisés des deux canaux A0 et A1 sont acquis et enregistrés dans deux tableaux. Ces signaux sont schématisés sur la figure 8 et une interface graphique permet de les visualiser (figure 10).

L'émetteur et le récepteur étant proches l'un de l'autre, on observe une « image » du pulse du signal émis au niveau du signal A1 reçu. Le traitement consiste alors à détecter le temps correspondant au début du pulse d'émission (t_0) lorsque le signal A0 dépasse un seuil max_0 . On recherche alors sur ce même signal le temps correspondant à la fin du pulse (t_1) en explorant le tableau A0 en sens inverse.

Le signal reçu A1 est exploré à partir de ce temps t_1 jusqu'à la détection du temps correspondant au début du pulse reçu (t_2) lorsque le signal dépasse un seuil max_1 .

Le temps de parcours du signal correspond donc à la durée $\Delta t = (t_2 - t_0)$, et la distance de la cible est alors calculée à partir de la relation (1) et affichée à l'écran de l'ordinateur. La valeur de la vitesse du son en fonction de la température ambiante en degrés Celsius est corrigée par la relation suivante [7] :

$$v_0 (m.s^{-1}) = (331,5 + 0,6.\theta) \quad (3)$$

5. Application à la mesure de niveau :

Nous avons testé le système pour la mesure du niveau d'eau dans une cuve, les capteurs étant placée à 50cm au dessus du fond de la cuve (figure 9). La précision obtenue est de l'ordre de 1% pour des hauteurs variant de 0 à 20cm.

Conclusion :

Nous avons réalisé un système d'émission d'ultrasons pulsés autonome, simple et réglable en fonction de l'application désirée.

Le circuit imprimé proposé est simple à réaliser et peu coûteux puisqu'il ne nécessite que deux circuits intégrés et quelques composants. Il peut fonctionner de façon autonome sur une batterie de 12V.

La relation (2) entre la fréquence de l'oscillateur et la résistance R4 a été testée expérimentalement de 16kHz à 200kHz et permet des applications variées, notamment dans le domaine du contrôle non destructif. Il est également possible de remplacer les résistances R2 et R3 du montage de la figure 4 par des potentiomètres de façon à régler la largeur du pulse émis et la fréquence du signal modulant.

L'originalité du circuit tient donc dans sa simplicité, son faible coût, son autonomie et sa grande souplesse d'utilisation pour de très nombreuses applications ultrasonores.

Références bibliographiques :

- [1] Luc PARADIS, Thèse de Docteur Ingénieur INPG, novembre 1983
- [2] Jean PERDIJON, « Le Contrôle non destructif par ultrasons », Traité des nouvelles Technologies, série matériaux, HERMES
- [3] J. MAX, « Traitement du signal et applications aux mesures physiques », tome 1, 4^{ème} édition MASSON, 1985
- [4] Wilfried NDONG, rapport de stage de DEA génie côtier effectué au LIME-IUT Brest, mars-juin 2004
- [5] Jacques SAPIEL, Technique de l'Ingénieur, Traité électronique, E1910
- [6] Magloire ABOUNA, rapport de stage Master EEATS de l'Université de Grenoble 1 effectué au LIME – IUT Brest, avril-juillet 2005
- [7] http://fr.wikipedia.org/wiki/Vitesse_du_son

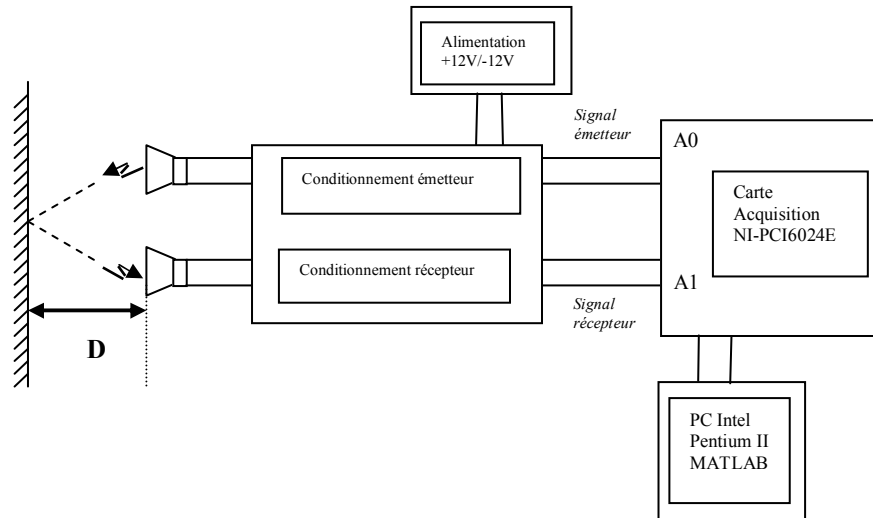


Figure 1. Synoptique du montage de mesure de niveau

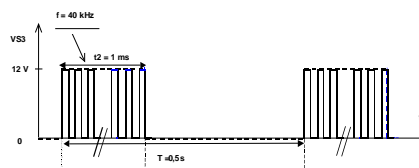


Figure 2. Signal modulé de l'émetteur

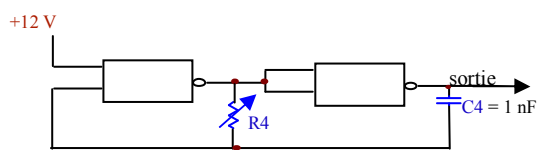


Figure 3. Oscillateur à 40kHz

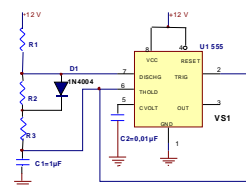


Figure 4. Circuit réalisant le signal modulant

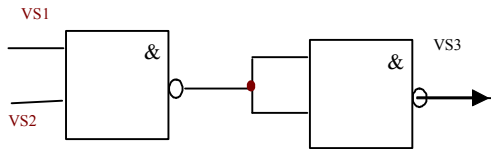


Figure 5. Alimentation de l'émetteur

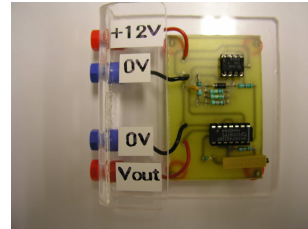


Figure 6. Circuit imprimé du signal d'émission

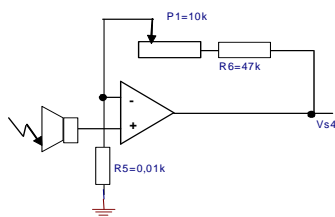


Figure 7. Amplification du signal de réception

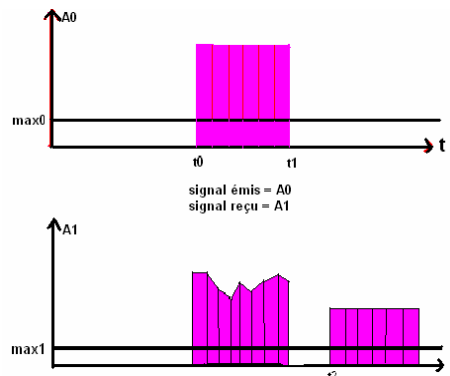


Figure 8. Allure des signaux émis et reçus

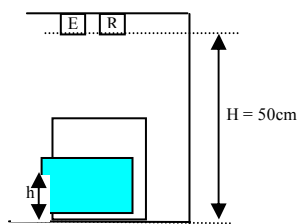


Figure 9. Système de mesure de niveau

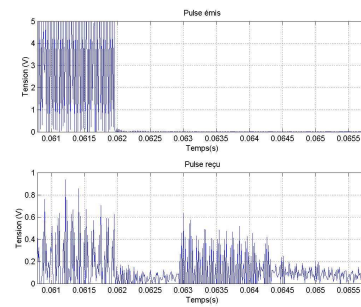


Figure 10. Exemple de signaux obtenus pour un niveau d'eau de 15 cm