

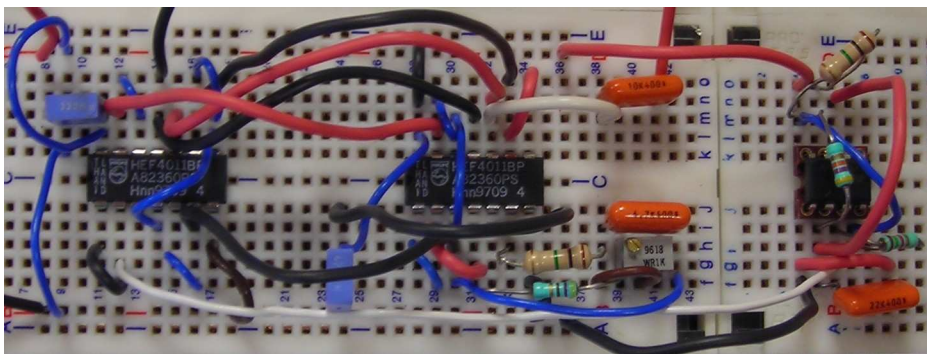
# Générateur d'ultrasons de fréquence 40 kHz avec deux modes d'émission

- en continu
- en salves

## 1- Présentation du projet

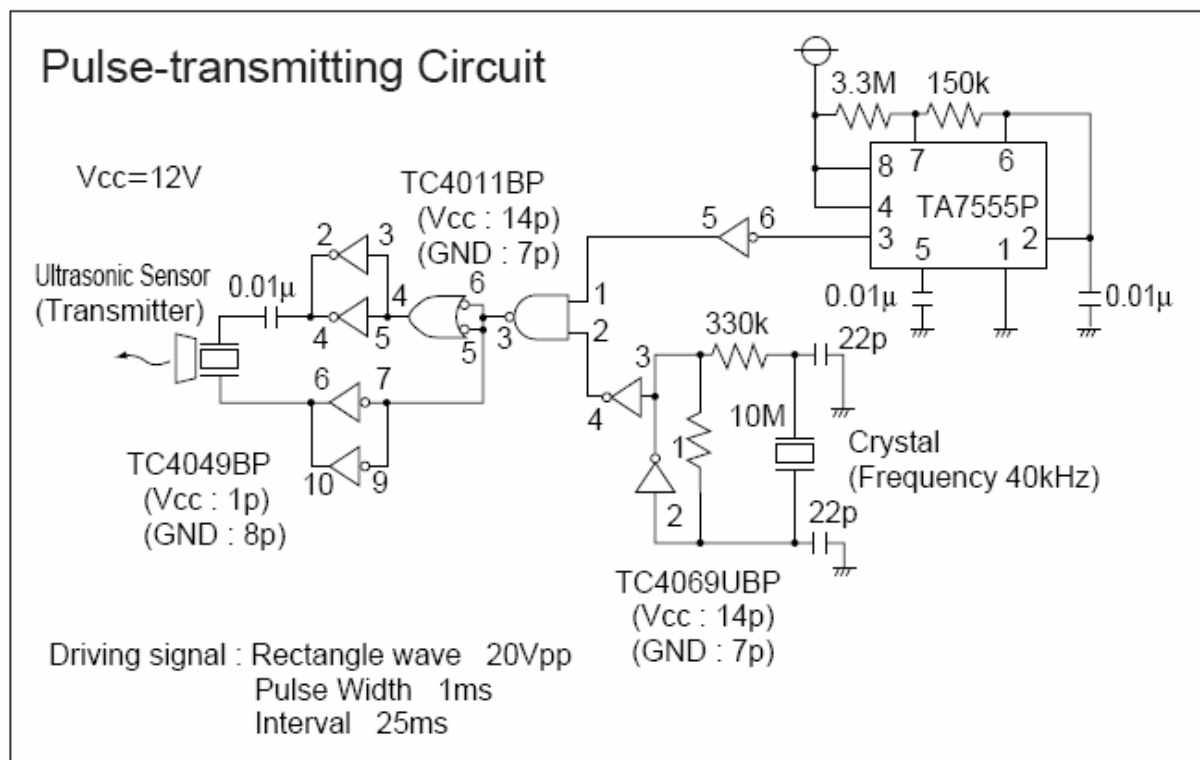
Il s'agit d'un générateur d'ultrasons de fréquence nominale 40 kHz.  
Un interrupteur permet de choisir entre deux modes d'émission :

- Emission en continu
- Emission par salves (de durée 0,7 ms avec une période de répétition de 17 ms)



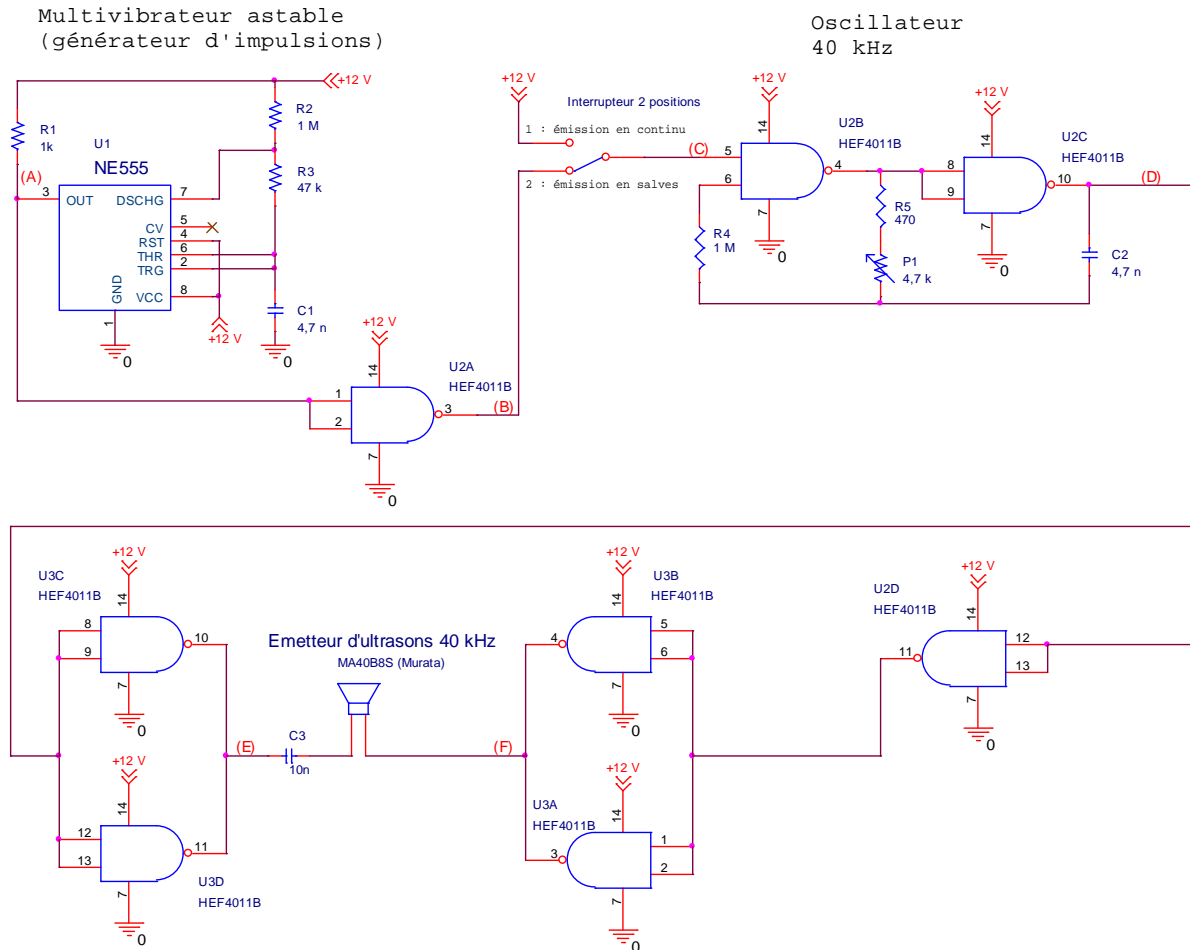
## 2- Schéma électrique

Le fabricant de l'émetteur d'ultrasons (Murata) fournit un schéma de générateur de salves :



Je propose une adaptation de ce schéma :

- sans quartz (car la valeur 40 kHz est difficile à trouver dans le commerce)
- avec un seul type de porte (4011B, quadruple porte NAND en technologie CMOS)
- avec de plus, la possibilité d'émettre en continu (sélection par interrupteur)



### 3- Le montage

- L'émetteur d'ultrasons Murata MA40B8S

L'émetteur est alimenté par une tension alternative de fréquence nominale 40 kHz (maximum 20 volts crête à crête).

Attention, la tension d'alimentation ne doit pas comporter de composante continue (autrement, on ajoutera un condensateur en série).

La directivité de l'émetteur est de 50 degrés.

- Le multivibrateur astable à NE555

Le circuit intégré NE555 est utilisé en multivibrateur astable.

En sortie (A), on obtient un signal logique (0 V / 12 V, compatible CMOS) dont la fréquence dépend des résistances  $R_2$  et  $R_3$  et de la capacité du condensateur  $C_1$  :

$$f \approx \frac{1,44}{(R_2 + 2R_3)C} = \frac{1,44}{(10^6 + 2 \times 47000)22 \times 10^{-9}} \approx 59,8 \text{ Hz}$$

$$T \approx 16,7 \text{ ms}$$

Le rapport cyclique est donné par :

$$\alpha = \frac{T_H}{T} = \frac{R_2 + R_3}{R_2 + 2R_3} = \frac{10^6 + 47000}{10^6 + 2 \times 47000} = 95,7 \%$$

Le rapport cyclique est toujours supérieur à 50 %.

On choisit  $R_2 \gg R_3$  pour avoir un rapport cyclique proche de 100 %.

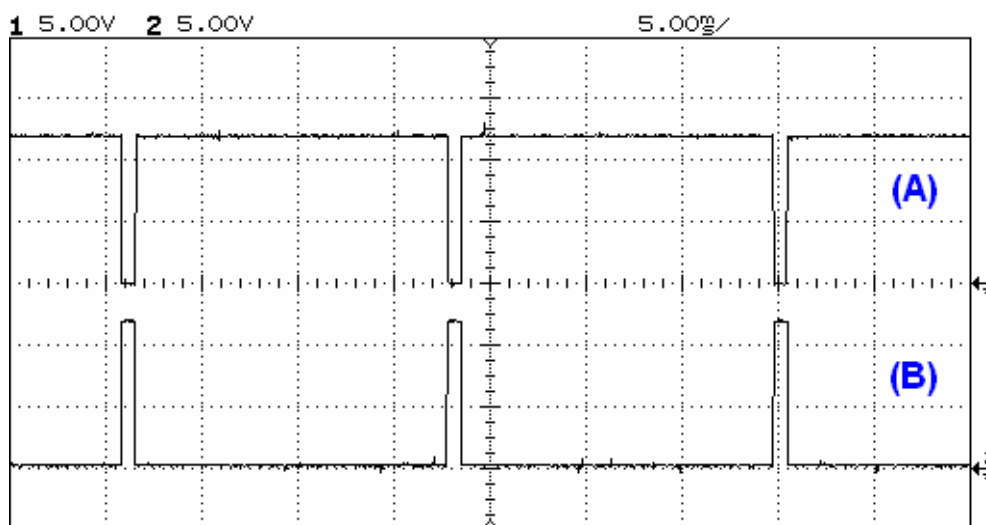
Les deux entrées de la porte NAND 4011B (U2A) sont reliées.

On obtient ainsi une porte inverseuse ( $s = \overline{e \cdot e} = \overline{e}$ ).

En sortie (B), on a donc un signal logique de période 16,7 ms et de rapport cyclique :

$$(100 - 95,7) = 4,3 \%$$

Cela correspond à une impulsion de niveau haut de durée 0,7 ms :



➤ L'oscillateur de fréquence 40 kHz

L'oscillateur est construit autour de deux portes NAND 4011B.

On suppose pour l'instant, que l'interrupteur est en position « émission en continu ».

La broche 5 (C) est donc au niveau haut, et la porte U2B se comporte comme une porte inverseuse ( $s = \overline{e \cdot 1} = \overline{e}$ ).

La porte U2C est également câblée en porte inverseuse ( $s = \overline{e \cdot e} = \overline{e}$ ).

En sortie (D), on obtient un signal logique de rapport cyclique 50 % et de fréquence :

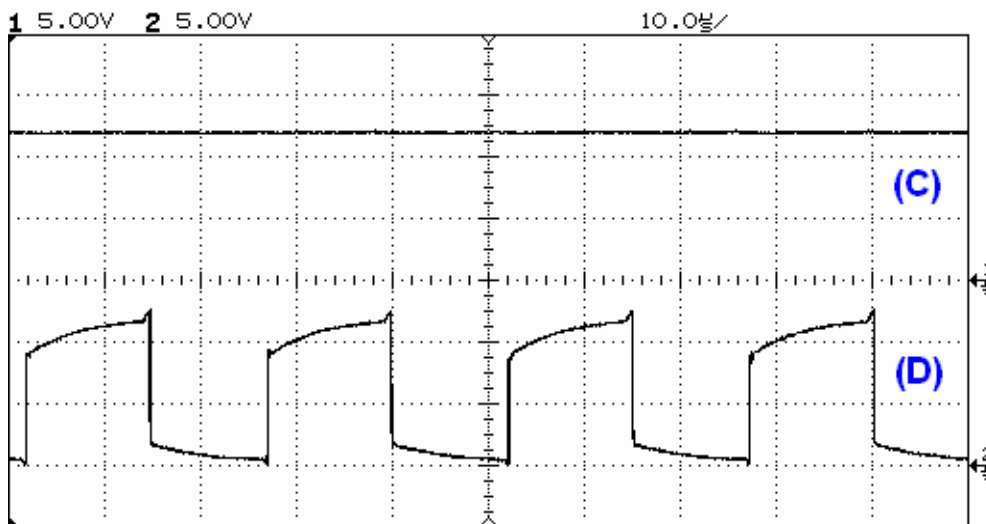
$$f \approx \frac{1}{2,2(R_5 + kP_1)C_2}$$

Le potentiomètre  $P_1$  règle la fréquence d'oscillation, dans la plage :

$$f_{\min} \approx \frac{1}{2,2(R_5 + P_1)C_2} = \frac{1}{2,2(470 + 4700)4,7 \times 10^{-9}} \approx 20 \text{ kHz}$$

$$f_{\max} \approx \frac{1}{2,2(R_5 + 0)C_2} = \frac{1}{2,2(470)4,7 \times 10^{-9}} \approx 200 \text{ kHz}$$

Le potentiomètre  $P_1$  est réglé, une fois pour toutes, pour une fréquence de 40,0 kHz (avec une tolérance d'environ 0,5 kHz) :



### ➤ Emission en salves

L'interrupteur est en position « émission en salves ».

La broche 5 (C) est reliée à la sortie de la porte U2A (B).

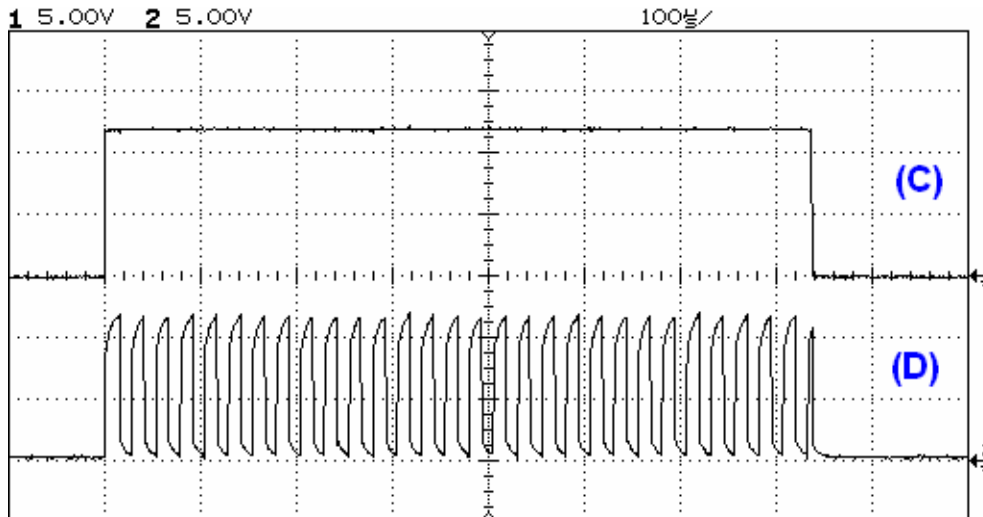
Le signal de la broche est donc une impulsion périodique :

- Au niveau haut pendant 0,7 ms
- Au niveau bas pendant  $16,7 - 0,7 = 16,0$  ms

Avec une entrée au niveau bas, la sortie de la porte U2B est nécessairement au niveau haut ( $s = e \cdot 0 = \bar{0} = 1$ ) et la sortie de l'oscillateur (D) est bloquée au niveau bas.

Avec la broche 5 au niveau haut, la sortie de l'oscillateur (D) délivre un signal de fréquence 40 kHz (on retrouve le cas de l'émission en continu).

On a donc créé un générateur de salves :

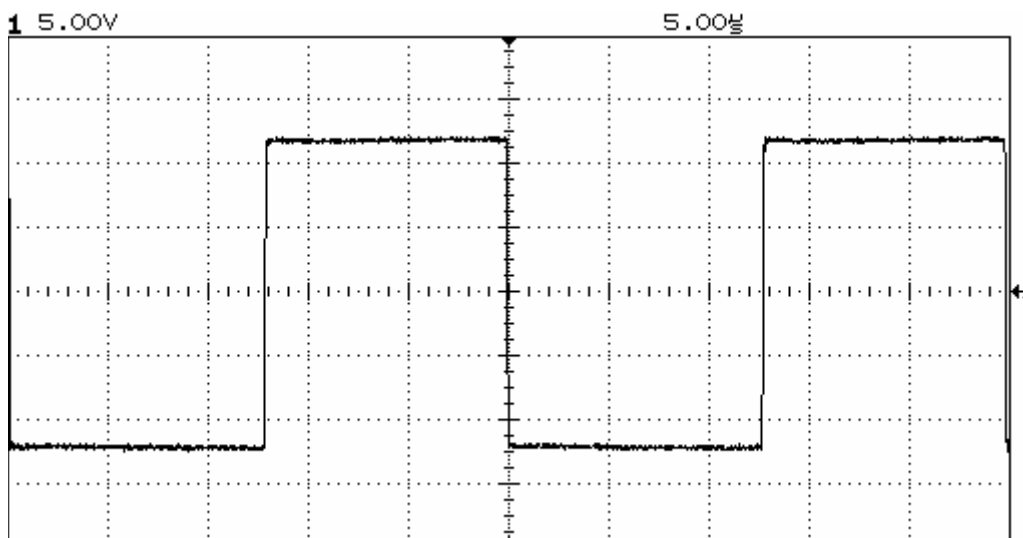


➤ Alimentation de l'émetteur d'ultrasons Murata MA40B8S

L'émetteur d'ultrasons est alimenté par un montage en pont constitué de portes NAND, qui délivre une tension **alternative** en forme de créneau (+12 V / -12 V), de rapport cyclique 50 % et de fréquence 40 kHz :

D	E	F	Tension $u_{EF}$
0 (0 V)	1 (12 V)	0 (0 V)	$12 - 0 = +12 \text{ V}$
1 (12 V)	0 (0 V)	1 (12 V)	$0 - 12 = -12 \text{ V}$

Oscillogramme de la tension  $u_{EF}$  (à vide) :



Le condensateur  $C_3$  est nécessaire pour bloquer la composante continue (pour le fonctionnement en émission par salves).

## Quelques précisions

Si on alimente l'émetteur d'ultrasons avec une tension sinusoïdale alternative (GBF), on constate que l'émetteur se comporte comme un circuit RLC série.

On retrouve un phénomène de résonance :

- fréquence de résonance : 40,1 kHz (mesurée)
- tension et courant en phase
- comportement résistif (résistance équivalente mesurée : 500  $\Omega$ )
- courant efficace maximal (émission ultrasonore de niveau maximal)

Au dessous de la fréquence de résonance, le courant est en avance sur la tension.

Au dessus de la fréquence de résonance, la tension est en avance sur le courant.

L'émetteur d'ultrasons s'utilise à la résonance (40 kHz).

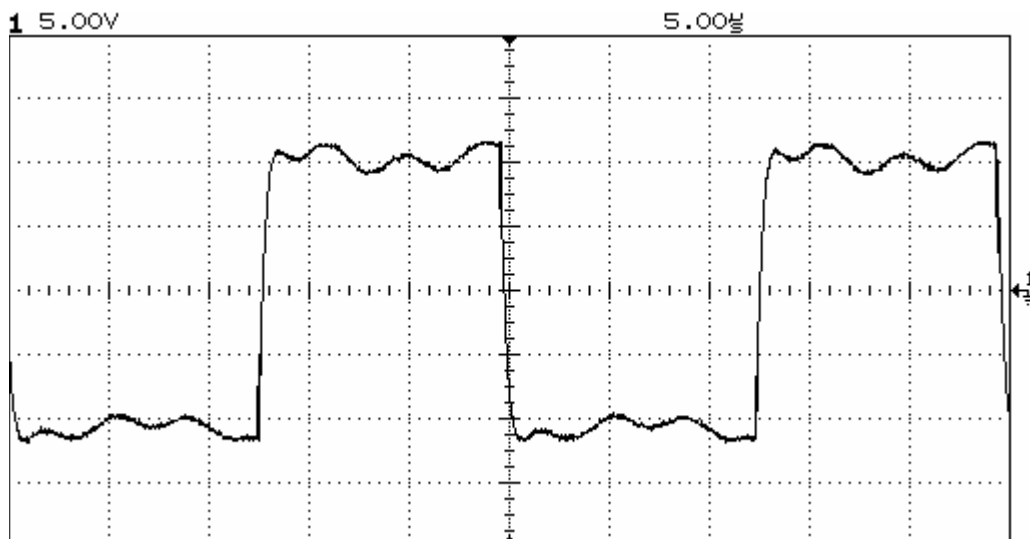
$$12 \text{ V} / 500 \Omega = 24 \text{ mA}$$

Une porte 4011B ne peut débiter ou consommer un tel courant.

L'astuce consiste à brancher **deux portes ... en parallèle** pour gagner en puissance !

En pratique, cela marche correctement, bien que la tension ( $u_{EF}$ ) soit fortement déformée par la présence des harmoniques.

Oscillogramme de la tension  $u_{EF}$  (avec émetteur) :



## 4- Liste des composants

Désignation	Quantité
Murata MA40B8S	1
NE555	1
4011B (quadruple porte NAND)	2
Résistance 470 $\Omega$	1
Résistance 1 k $\Omega$	1
Résistance 47 k $\Omega$	1
Résistance 1 M $\Omega$	2
Potentiomètre 4,7 k $\Omega$	1
Condensateur 22 nF	1
Condensateur 10 nF	1
Condensateur 4,7 nF	1
Interrupteur 2 positions	1

On n'oubliera pas la source de tension de 12 V continue, et les condensateurs de filtrage :

- un condensateur électrochimique de 10  $\mu$ F (filtrage de l'alimentation)
- trois condensateurs de 100 nF (un par circuit intégré)

Bonne réalisation.

(C) *Fabrice Sincère*