

Dans la série des circuits de bruitage publiés par ELEX, voici de quoi composer un hymne stridulant aux insecticides et à la pollution en général. Les amateurs de montages sonores en tous genres y trouveront leur plaisir, mais aussi les farceurs (un circuit à cacher sous le lit d'une victime facile à effaroucher).

Et vous qui ne partez pas cet été, voilà de quoi agrémenter les après-midi que vous passerez à somnoler au soleil sur votre balcon (nous recommandons aussi l'usage du *générateur de bruit de ressac* déjà publié dans ELEX).

La cigale est l'insecte (de l'ordre des Rhynchotes ou Hémiptères, sous-ordre des Homoptères) le plus célèbre pour son aptitude à chanter ; tout le monde la connaît ne serait-ce que par la fable célèbre : la cimaise ayant chaponné tout l'éternueur se tuba fort dépurative etc.

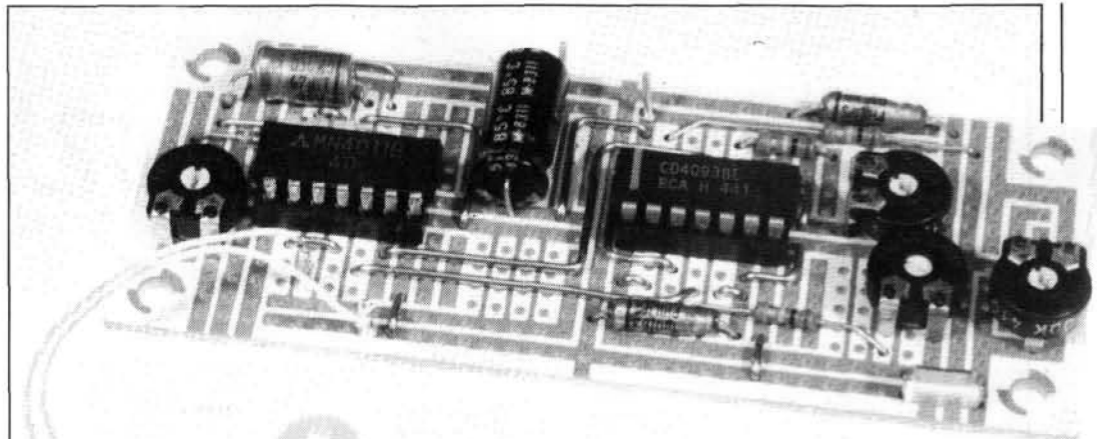
le sexe, peut-être

Les spécialistes savent, eux, qu'un certain nombre d'Hétéroptères sont également capables de striduler en frottant leurs pattes ou leurs ailes sur des zones rugueuses de l'abdomen. D'autres parties du corps peuvent également intervenir dans la stridulation ; c'est le cas notamment de *Reduvius personatus* qui stridule en frottant l'extrémité de son rostre dans un sillon strié du prosternum.

Passionnante, n'est-ce pas, cette leçon d'entomologie, mais par quel chemin reviendrons-nous à l'électronique ?

Par le sexe, peut-être : chez ces insectes, tout comme en électronique, ce sont les mâles qui strident ! Vous en connaissez beaucoup, vous, des électroniciens femelles ? Ou par l'analogie assez subtile entre les signaux carrés, si "artificiels", que nous utilisons en électronique, et le principe de la stridulation.

Ah ! la voici, la passerelle entre entomologie et électronique. Elle nous est fournie en effet par la stridulation elle-même, ce son que sa richesse en



ts, ts, ts, tsit... ts, ts, ts, tsit... ts



cigale électronique

harmoniques aigus -due au frottement d'une pièce rigide sur une surface rugueuse- apparente aux signaux carrés, eux-mêmes caractérisés par la brutalité de la libération de l'énergie (= les flancs raides), par opposition à la croissance et la décroissance progressives de l'énergie, caractéristiques des phénomènes ondulatoires (= flancs arrondis). Ainsi, cet apparentement, a priori si biscornu, entre les mots "cigale" et "électronique" finit par nous fournir une application on ne peut plus appropriée

de l'électronique, et qui plus est, de l'électronique logique. Vous allez découvrir qu'il suffit de quelques modestes opérateurs pour obtenir un effet convaincant. Le "chant" d'insectes comme les sauterelles, les grillons ou les cigales est comme prédestiné à être imité par des générateurs de signaux carrés.

la modulation, sûrement

Exprimé en termes techniques, le principe de ce circuit est la modulation d'amplitude multiple d'un

signal dont la fréquence est de l'ordre de quelques kilohertz. Le hachage de ce signal, au rythme de plusieurs signaux rythmés à des fréquences sensiblement plus basses, produit un résultat assez proche de la réalité et que nous vous proposons d'étudier de plus près sans tarder. Contrairement à ce que l'on pourrait croire, les sons émis par les insectes ne sont pas produits, comme chez les mammifères et les oiseaux, par "voie orale", mais par un appareil stridulatoire (frottement des ailes (élytres) ou des pattes contre l'abdomen). La "rugosité" de cette stridulation est obtenue à l'aide d'un signal carré de 4 kHz haché par un autre signal carré de 20 Hz environ. Comme l'indique le mot "haché", le signal de 4 kHz est interrompu 20 fois par seconde. En pratique, il faut deux oscillateurs pour réaliser cette fonction.

Si l'on se contente d'un dispositif aussi simple, le circuit convient très bien pour produire le signal d'un réveil-matin, mais certainement pas pour évoquer la douceur des pinèdes méditerranéennes, un soir d'été.

Nous savons que la stridulation des insectes que

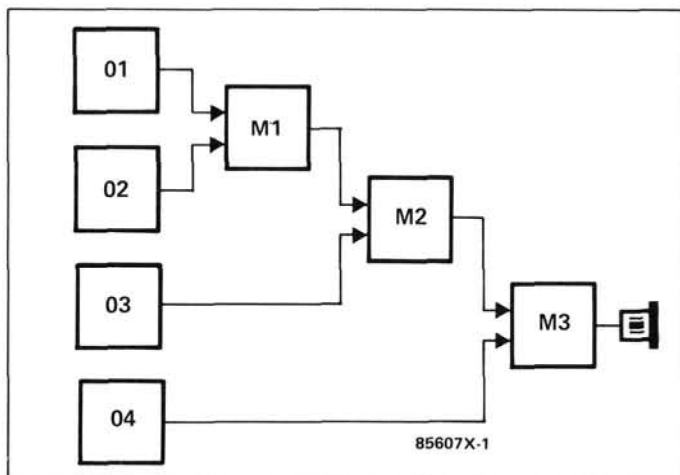


Figure 1 - Rien dans ce synoptique n'évoque la conformation d'une cigale ou d'un grillon. Il ne s'agit que d'oscillateurs (O) et de modulateurs (M) organisés de telle façon que le signal résultant de l'intermodulation de deux oscillateurs soit à son tour modulé par un troisième oscillateur. On reconnaît cette disposition en cascade dans la courbe des signaux produits (figure 2).

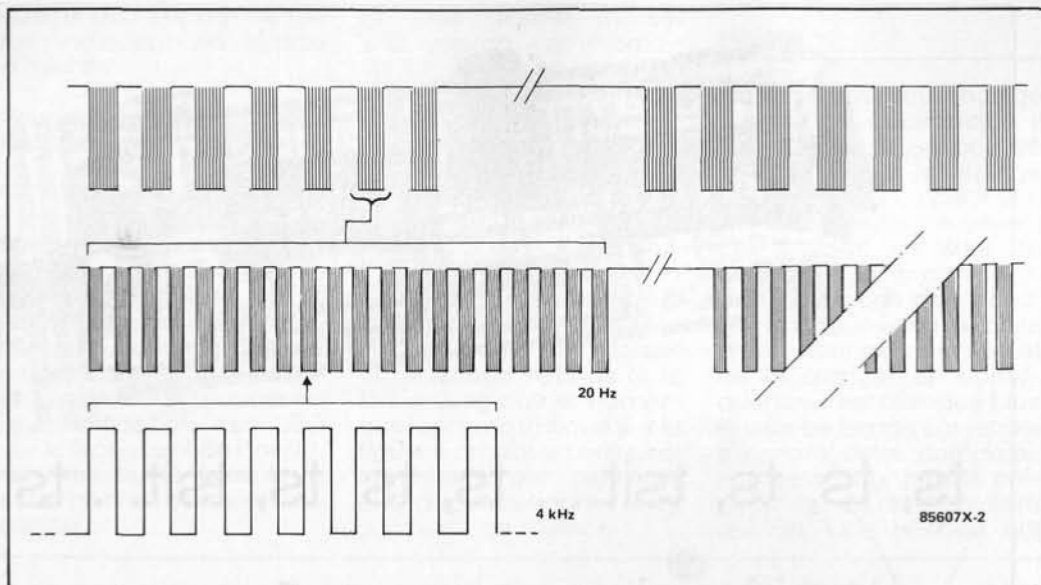


Figure 2 - Le signal de 4 kHz (en bas) est découpé par le signal de 20 Hz (au milieu), lui-même haché n'est pas respectée). Entre les deux salves de la ligne supérieure s'écoulent plusieurs dizaines de par le signal de 4 Hz en haut (l'échelle secondes...

nous cherchons à imiter est rythmée à raison de 4 cris par seconde. Il nous faudra donc au moins un troisième oscillateur, lequel hachera le signal obtenu avec les deux autres, à raison de quatre tranches par seconde.

C'est déjà mieux, mais encore insuffisant. Même les moins entomologistes parmi nos lecteurs ont déjà remarqué que ce genre d'insecte que nous cherchons à imiter n'émet pas sa stridulation en permanence; de temps en temps il s'arrête de chanter, puis repart de plus belle. Il nous faut donc, c'est facile à deviner, un quatrième oscillateur, mais lent celui-là, très lent même, puisque sa période doit s'étendre sur plusieurs secondes. Dans la nature, on observe aussi que le laps de temps que dure la stridulation est sensiblement plus court que le silence qui la sépare de la suivante. La période de notre quatrième oscillateur sera donc asymétrique.

La figure 1 vous montre comment sont agencés nos quatre étages générateurs de signaux et les trois étages mélangeurs auxquels ils sont associés. Sur la figure 2 apparaissent les signaux de stridulation, avec deux niveaux d'agrandissement des détails. Au passage, ceux qui pratiquent l'oscilloscope noteront avec intérêt le fait que, si l'on répète l'application de ce principe de modulation, la courbe du signal produit reste identi-

que à l'écran quelle que soit la base de temps choisie pour le balayage horizontal.

Sur la figure 3 nous montrons comment l'opérateur NON-ET sert de mélangeur pour moduler un oscillateur à l'aide d'un autre. Ici, c'est-à-dire dans un circuit logique, les notions de modulation et de commande (en tout ou rien) correspondent à la même réalité. Dans un circuit analogue en revanche, la commande en tout ou rien n'est identique qu'à une modulation de 100% par un signal carré. Si nous examinons par exemple l'entrée a de l'opérateur, nous voyons qu'elle interdit à la sortie c de suivre les variations de niveau logique de l'entrée b (en les inversant) que lorsqu'elle est elle-même au niveau haut, ce qui n'est vrai qu'à l'instant t3 et à l'instant t4. L'entrée a se voit attribuer le statut d'entrée de commande de l'opérateur dans la mesure où la fréquence du signal carré qui y est appliqué est inférieure à celle du signal appliqué à l'entrée b. C'est ainsi que l'on retrouve à la sortie le signal de l'entrée b haché au rythme du signal à l'entrée a.

figure 4

Munis de ce bagage, nous pouvons aborder à présent le schéma complet et nous plonger dans les entrailles de notre insecte électronique. Ce sont N1 et les composants passifs

auxquels il est associé qui forment l'oscillateur produisant la fréquence la plus élevée. Ce circuit simple et fiable a déjà été utilisé maintes fois dans des schémas d'ELEX. Nous n'entrerons donc pas dans les détails de son fonctionnement. R1 est une résistance talon qui empêche qu'un court-circuit se produise entre la sortie et les deux entrées de N1 quand le curseur de P1 est en butée du côté de C1. Il ne faut pas la supprimer, ni R2, R3 et R4 qui ont une fonction équivalente. L'oscillateur construit autour de N2 est celui qui fournit le signal de modulation "rude". Cette modulation est obtenue dans N4 : la fréquence élevée de N1 est hachée par la fréquence plus basse de N2, selon le procédé élucidé par la figure 3. C'est le même procédé qui, dans N5, permet au signal de 4 Hz, produit par N3 et les composants associés, de moduler le signal issu de N4. L'oscillateur construit autour de N7 et N8 est un peu plus compliqué que les trois autres parce que l'asymétrie de sa période est réglable grâce à P4. Les courants de charge et de décharge de C4 passent les uns par D1, les autres par D2, mais quand le curseur de P4 n'est pas à mi-course, la portion de P4 qu'ils traversent n'a pas la même longueur des deux côtés. Le condensateur se chargera donc plus vite qu'il ne se déchargera, à moins que ce ne soit l'inverse.

C'est dans N6 que s'opère la modulation du signal de sortie de N5 par l'oscillation lente et asymétrique, et c'est N6 enfin qui commande directement le résonateur piézo-électrique dont le rendement est optimal dans le domaine de fréquences où nous l'utilisons pour imiter les insectes.

La figure 5 montre comment transformer le circuit pour augmenter la puissance du signal émis par le résonateur sans avoir, pour si peu, à rajouter un circuit intégré. L'oscillateur produisant la fréquence la plus grave ne comporte plus maintenant qu'un seul opérateur (N6) au lieu de deux, tandis que N7 et N8 se chargent d'attaquer le résonateur en formant une espèce de pouche-poule logique. L'ensemble du circuit est alimenté à partir d'une pile compacte de 9 V.

le réglage

Il ne faut, pour régler ce circuit, aucun appareil de mesure, à moins qu'un défaut de fabrication se soit glissé dans la réalisation, auquel cas on aura recours au filet à papillons (pour choper les beugues), au testeur de continuité, au multimètre, ou si l'on en dispose, à l'oscilloscope.

Le résonateur piézo est bien utile aussi : avant de le relier définitivement à la broche 3 de N6, vous pou-

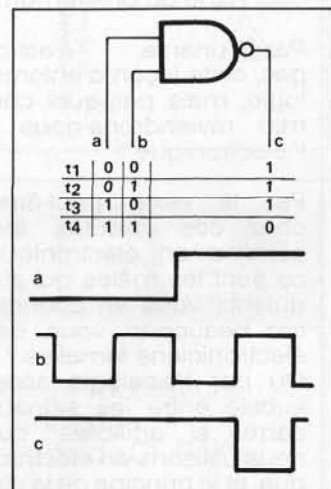


Figure 3 - Rappel du principe de la modulation d'un signal carré par un autre signal carré de fréquence inférieure, à l'aide d'un opérateur logique NON-ET. Le signal de fréquence inférieure fonctionne en commande de "tout ou rien" de l'autre signal.

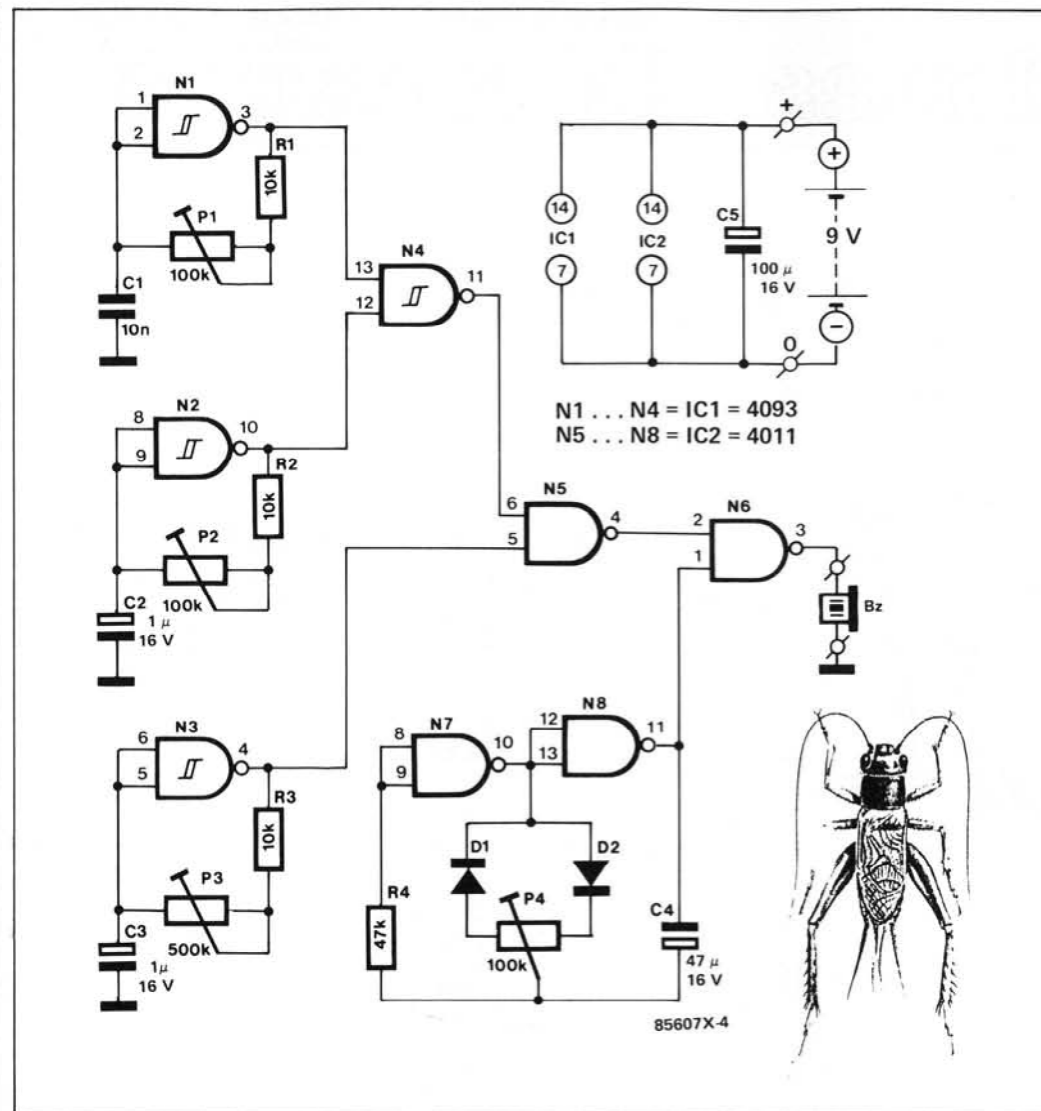


Figure 4 - On retrouve ici la structure du synoptique de la figure 1 : les oscillateurs du haut associés par un modulateur dont le signal de sortie est à son tour combiné par un autre modulateur à celui d'un troisième oscillateur. Le quatrième oscillateur comporte deux diodes qui asymétrisent le signal carré.

vez l'utiliser comme indiqué ci-dessous pour procéder au réglage du montage :

- reliez Bz à la broche 3 de N1 et cherchez pour le curseur de P1 la position dans laquelle le son est le plus puissant.

- reliez Bz à la broche 11 de N4 (l'autre fil de Bz reste à la masse) et recherchez pour le curseur de P2 la position dans laquelle vous entendez quelque chose qui ressemble à un crissement (c'est difficile à décrire, un son...).

- reliez Bz à la broche 4 de N5 et recherchez pour le curseur de P3 la position dans laquelle vous pourrez distinguer environ quatre "tac" par seconde, ce qui correspondra à une fréquence de 4 Hz.

- reliez Bz à la broche 3 de N6 et recherchez pour le curseur de P4 (c'est plus difficile, soyez patient !) la position dans laquelle la stridulation se produit toutes les 20 à 30 secondes, durant 3 à 4 secondes.

L'effet obtenu dépend beaucoup de la caisse de résonance sur laquelle vous monterez le résonateur Bz. Faites divers essais avant de passer à la mise en boîte définitive. Il ne reste plus maintenant qu'à cacher le circuit sous le lit ou derrière l'armoire d'une victime un peu crédule...

85607

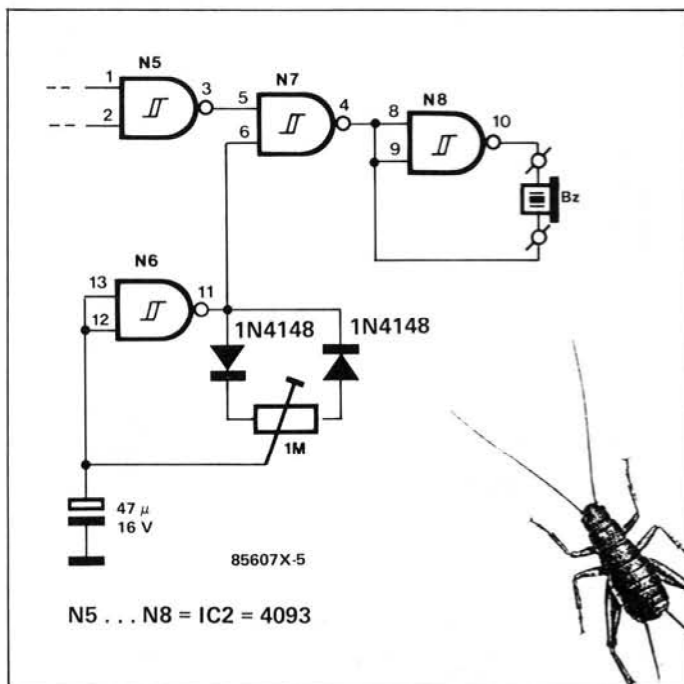


Figure 5 - En montant le quatrième oscillateur de la figure 4 avec un seul opérateur logique, les deux derniers opérateurs logiques (N7 et N8) pourront être montés en pont pour augmenter l'intensité du courant qui traverse le résonateur et, par conséquent, le volume sonore du signal obtenu.

LISTE DES COMPOSANTS

R1, R2, R3 = 10 kΩ
R4 = 47 kΩ
P1, P2, P4 = 100 kΩ var.
P3 = 500 kΩ var.

C1 = 10 nF
C2, C3 = 1 µF/16 V
C4 = 47 µF/16 V
C5 = 100 µF/16 V
D1, D2 = 1N4148
IC1 = 4093
IC2 = 4011

Divers :
Bz = résonateur piézo-électrique (passif)
1 platine d'expérimentation de format 1

Figure 6 - Bien sûr, notre insecte électronique est autrement plus encombrant que sont modèle naturel, mais c'est sans doute son seul défaut.

