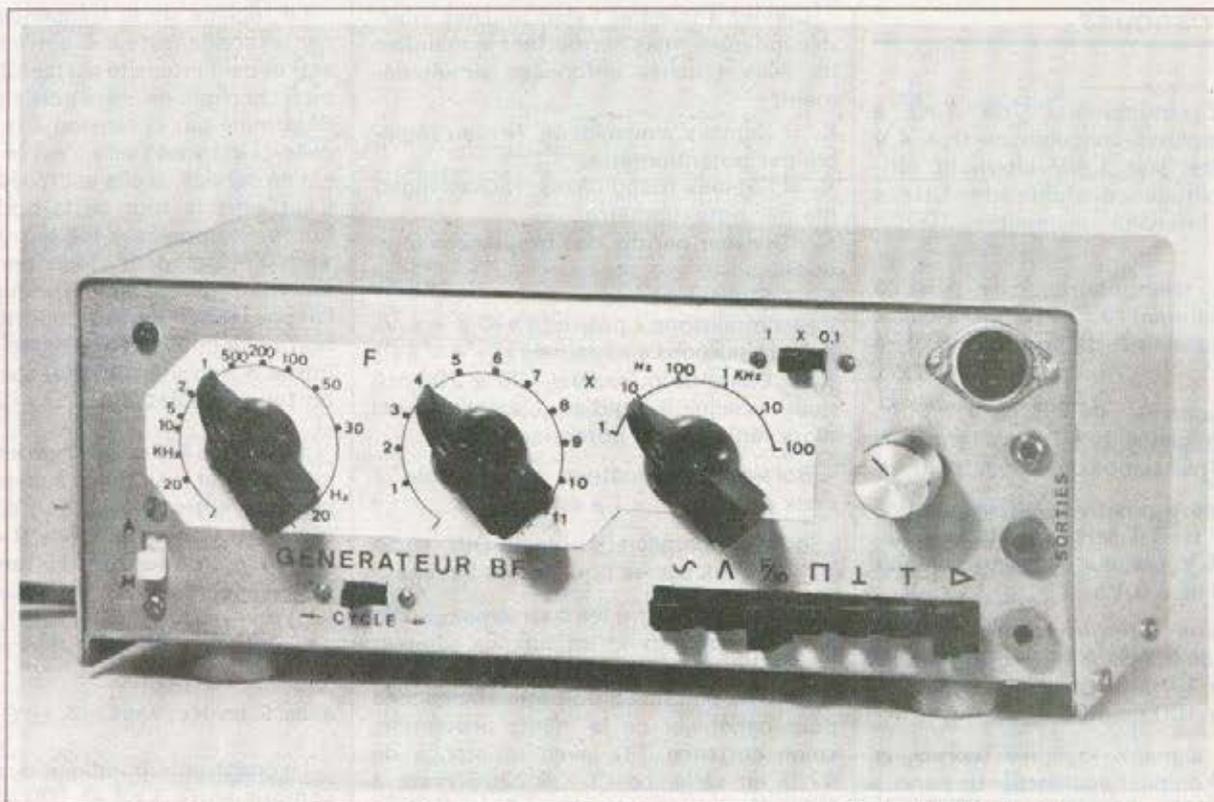


RÉALISEZ VOUS-MÊMES



## UN GENERATEUR BF 'super' de 0,1Hz à 1MHz en 5 formes de signaux

**U**N générateur de fonctions basses fréquences est un simulateur qui injecte des signaux audio ou logiques dans un montage à l'état de maquette, ou dans un ampli à tester ou à réparer. Le résultat se lit généralement sur un oscilloscope branché sur la sortie du circuit à étudier.

Déjà de nombreux articles ont décrit de tels appareils utilisant le même C.I. spécial, le XR 2206, aussi autour de ce composant nous avons conçu un générateur qui n'est plus un gadget ou un montage d'essai à fins utilitaires, mais un outil opérationnel aux performances poussées et de maniabilité rapide. Sa réalisation reste toutefois à la portée de tous mais les réglages et étalonnages définitifs devront être effectués avec un oscilloscope.

Pour vous allécher commençons par ces caractéristiques que (vous aussi) obtiendrez en fin de câblage.

## Caractéristiques

**Signaux sinusoïdaux :** de 1 Hz à 1 MHz. Amplitude réglable de 0 à 4 V crête-à-crête, soit 1,4 V alternatif efficace. Amplitude constante de 1 Hz à 100 kHz. Intensité disponible 100 à 200 mA.

**Signaux triangulaires :** de 1 Hz à 100 kHz, chutant à 3,5 V pic-à-pic à 1 MHz. Intensité disponible 100 à 200 mA.

**Signaux carrés :** de 0,1 Hz à 1 MHz. Amplitude réglable de 0 à + V. Temps de montée 30 ns ; temps de descente 20 ns.

**Impulsions « positives »** (pics de 0 à 4 V) de 0,1 Hz à 1 MHz amplitude réglable de 0 à 4 V. Largeur d'impulsion réglable de 100 ns à 0,1 s.

**Impulsions « négatives »** (pics de + 4 V à 0) de 0,1 Hz à 1 MHz. Amplitude réglable de 4 V à 0. Largeur d'impulsion réglable de 100 ns à 0,1 s.

Pour les signaux logiques (carrés et impulsions) on peut enclencher une sortie 100/200 mA, mais qui augmente le temps de montée, donc déconseillée pour les fréquences supérieures à 100 kHz.

**Alimentation :** par secteur 220 V. Protection par fusible. Protection par fusible. Consommation 7,5 W (34 mA en 220 V) - Tensions continues : 18 et 5 V stabilisées - Témoin LED.

**Réglage de la fréquence :** deux cycles commutables :

cycle « audio » de 20 Hz à 20 kHz en un tour de potentiomètre,

cycle décimal, avec potentiomètre multiplicateur de 1 à 11 et six calibres commutables : x 1 Hz ; x 10 Hz ; x 100 Hz ; x 1 kHz ; x 10 kHz et x 100 kHz.

Diviseur par dix : pour les signaux logiques seulement, une touche de clavier permet de diviser la fréquence affichée par 10. On peut ainsi obtenir une impulsion toute les dix secondes (0,1 Hz) et de la largeur voulue.

**Réglage de la durée d'impulsion :** par potentiomètre multiplicateur de 1 à 12 et par six calibres commutables : x 100 ns ; x 1 µs ; x 10 µs ; x 100 µs ; x 1 ms ; x 10 ms. Ces deux commandes sont disposées au dos de l'appareil.

**Clavier à touches :** sept touches interdépendantes mais permettant le maintien de deux touches enfoncées simultanément.

**K<sub>1</sub> =** Signaux sinusoïdaux. Niveau réglable par potentiomètre.

**K<sub>2</sub> =** Signaux triangulaires. Niveau réglable par potentiomètre.

**K<sub>3</sub> =** Diviseur par dix des fréquences logiques.

**K<sub>4</sub> =** Signaux carrés

**K<sub>5</sub> =** Impulsions « positives » (0 à + 4 V).

**K<sub>6</sub> =** Impulsions « négatives » (+ 4 V à 0).

**K<sub>7</sub> =** Etage de puissance 100 à 200 mA pour les signaux logiques. L'amplitude est alors réglable par potentiomètre.

**Sorties :** atténuateur commutable à deux positions « x 1 » et « x 0,1 ».

Sortie en parallèle sur socle DIN, socle jack et deux socles pour fiches bananes.

Protection contre les courts-circuits de courtes durées pour les signaux sinus et triangles. Pour les signaux logiques l'étage de puissance doit être enclenchée pour bénéficier de la même protection, sinon sortance TTL avec résistance de 47 Ω en série. Le CI X R 2206 reste à l'abri des courts-circuits même de longue durée.

A l'arrière socle DIN prévu pour le raccordement d'un dispositif vobulateur, actuellement à l'étude, et socle banane pour relier la masse et le boîtier métallique à la terre.

Fin du prospectus... Voyons maintenant comment ça marche et ensuite comment construire l'appareil.

### Le CI EXAR XR 2206

(voir brochage fig. 9)

C'est le cœur même du générateur, un boîtier DIL à seize broches valant une soixantaine de francs, et que l'on trouve à présent chez la plupart des revendeurs. Il contient un oscillateur délivrant des signaux triangulaires qu'il peut aussi « arrondir » en sinusoïdes jusqu'à 0,5 % de distorsion. Les stabilités en amplitude et en fréquence sont remarquables. Une sortie délivre parallèlement des signaux carrés de même fréquence, mais ceux-ci sont loin d'être « jolis » et demandent donc à être retraités.

Le réglage de la fréquence est réalisé par un condensateur C entre les bornes 5 et 6 et par l'intensité sortant de la borne 7 ou 8 ; le choix de cette borne de sortie est déterminé par la tension à la borne 9 : si celle-ci est « en l'air » c'est la borne 7 qui est en service, si elle est reliée à la masse, c'est alors le tour de la borne 8. Cette borne 9 appelée « F.S.K. » (Frequency-Shift-Keying) peut donc permettre une commutation rapide de fréquences. Nous l'avons laissée en l'air pour notre générateur mais nous l'avons reliée, ainsi que la borne 8 non utilisée à un socle DIN pour un futur vobulateur.

Revenons à la borne 7 de sortie d'intensité ; elle est maintenue à un potentiel fixe compris entre 3 et 3,2 V, de ce fait en intercalant une résistance R entre elle et la masse on peut fixer l'intensité donc la fréquence, régie par la formule :

$$F = \frac{320 \times I}{C}$$

avec F en Hz ; I en mA et C en µF

Le constructeur indique que C doit être compris entre 1 nF et 100 µF et I entre 1,5 µA et 3 mA, c'est-à-dire une résistance R variant entre 1 kΩ et 2 MΩ. Tout cela donne des fréquences comprises entre 0,01 Hz et 1 MHz ; nous n'avons pas vérifié une telle basse fréquence mais nous avons pu nous approcher de 1,5 MHz.

Si les bornes 13 et 14 sont reliées entre elles par une résistance de faible valeur la sortie borne 2 délivre des signaux sinusoïdaux, dans le cas contraire on obtient des signaux triangulaires. A noter que la tension médiane de ces signaux est voisine de la mi-tension d'alimentation V+/2. En conséquence il faudra intercaler un condensateur de liaison pour supprimer cette composante continue. La tension d'alimentation V+ appliquée à la borne 4 doit être comprise entre 10 et 26 V : nous travaillerons en 18 volts.

La sortie des signaux carrés, borne 11, est assez particulière : c'est le collecteur d'un transistor NPN intégré monté en émetteur commun ; il faut donc relier cette borne à V+ par une résistance de charge pour obtenir des signaux de 0 à V+. La tension appliquée sur la borne 1 permet d'agir sur l'amplitude de sortie.

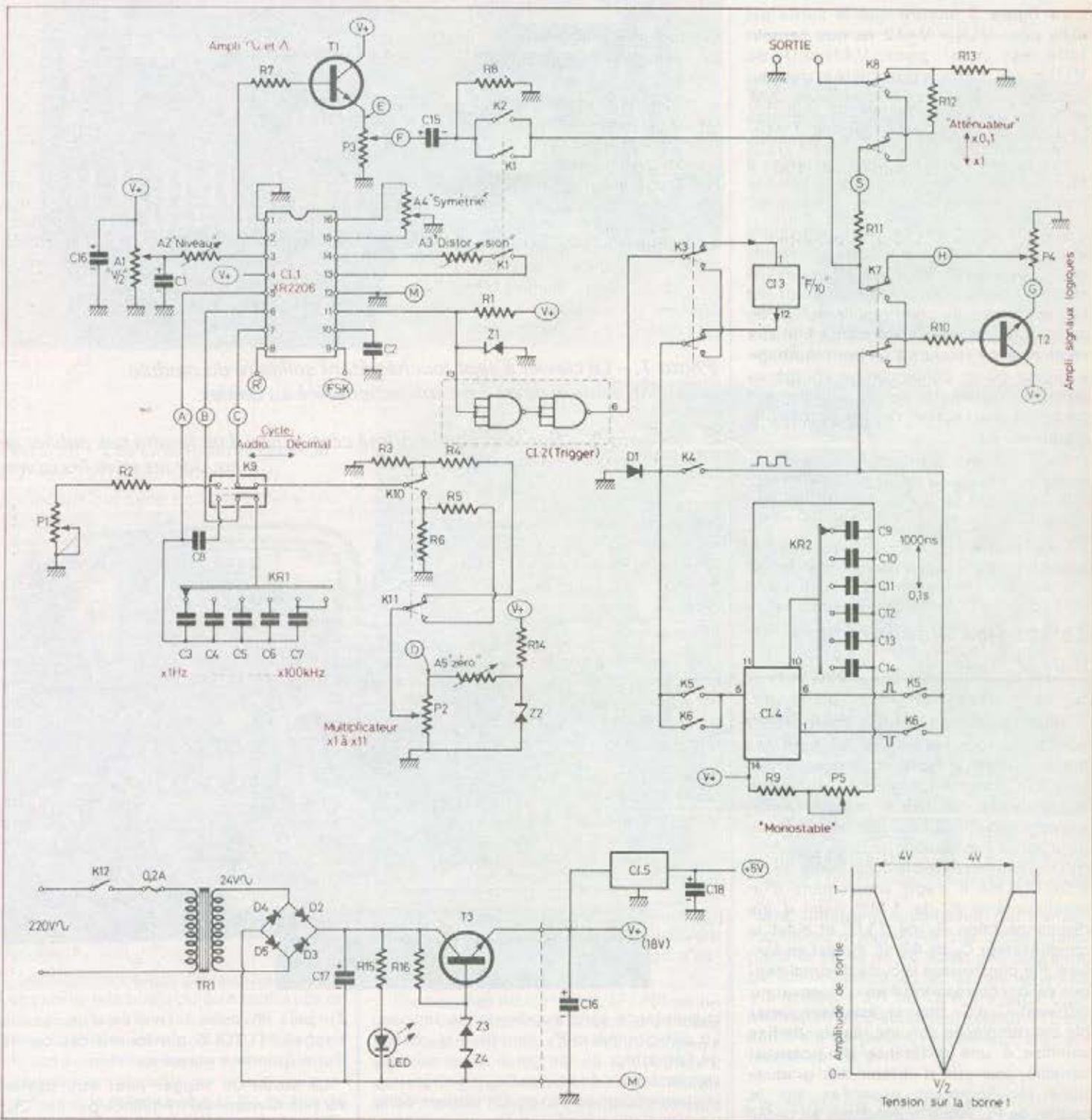


Fig. 1. à 3. - Le circuit électronique fait appel à un circuit intégré spécial et à trois circuits intégrés TTL courants pour parfaire les signaux logiques. La plupart des commutations s'effectuent à touches par un clavier. Schéma alimentation. La modulation de l'amplitude par la borne 1 exige des tensions de commande assez élevées. Nous n'avons pas utilisé cette possibilité.

La figure 3 montre que la sortie est nulle pour  $V(1) = V+/2$  et que l'amplitude est maxi pour  $V(1) = 0$  ou  $V(1) = V+$ . Cette « possibilité » pourrait séduire les amateurs d'émetteurs AM, mais ce n'est pas du tout notre problème et nous avons relié cette borne à la masse.

Les bornes 15 et 16 sont destinées à être reliées à un potentiomètre de balance pour ajuster la symétrie des sinusoïdes.

D'après la notice on peut également obtenir des signaux en dents de scies; nous l'avons vérifié mais nous avons rejeté ce circuit car la mise au point est très scabreuse, au point que le réglage de l'amplitude dérègle la fréquence ! Mieux vaudrait avoir recours à un petit montage extérieur où un condensateur chargé en intensité constante serait brutalement déchargé par l'action de nos impulsions négatives.

Nous n'avons pas encore parlé de la borne 3 : elle reçoit la tension  $V+/2$  par une résistance série qui permet d'ajuster l'amplitude.

Voilà tout ce qu'il était bon de savoir sur cette bête à seize pattes.

### Le schéma électronique (fig. 1)

Pour le câblage autour même du CI nous nous sommes inspiré des schémas préconisés par le fabricant. Nous verrons plus loin comment régler les différents ajustables « symétrie », « distorsion », « niveau » et «  $V/2$  ». L'intensité de sortie de la borne 7 est établie de deux manières fort différentes : avec le cycle audio de 20 à 20 000 Hz il s'agit simplement d'un potentiomètre  $P_1$  de  $1 M\Omega$  muni d'une résistance talon  $R_2$  de  $1 k\Omega$ , et c'est le condensateur  $C_8$  de  $47 nF$  qui est en service. Par contre dans le cycle décimal chaque calibre correspond à un condensateur différent,  $C_3$  à  $C_7$ , mais la résistance variable est remplacée par une résistance fixe soumise à une différence de potentiel variable, ceci afin d'obtenir des graduations régulièrement espacées sur le cadran de  $P_2$ . Nous reviendrons en détail sur ce dispositif.

Les signaux issus de la borne 2, sinus et triangles, sont envoyés sur le transistor  $T_1$  monté en collecteur commun, c'est-à-dire en abaisseur d'impédance qui augmente

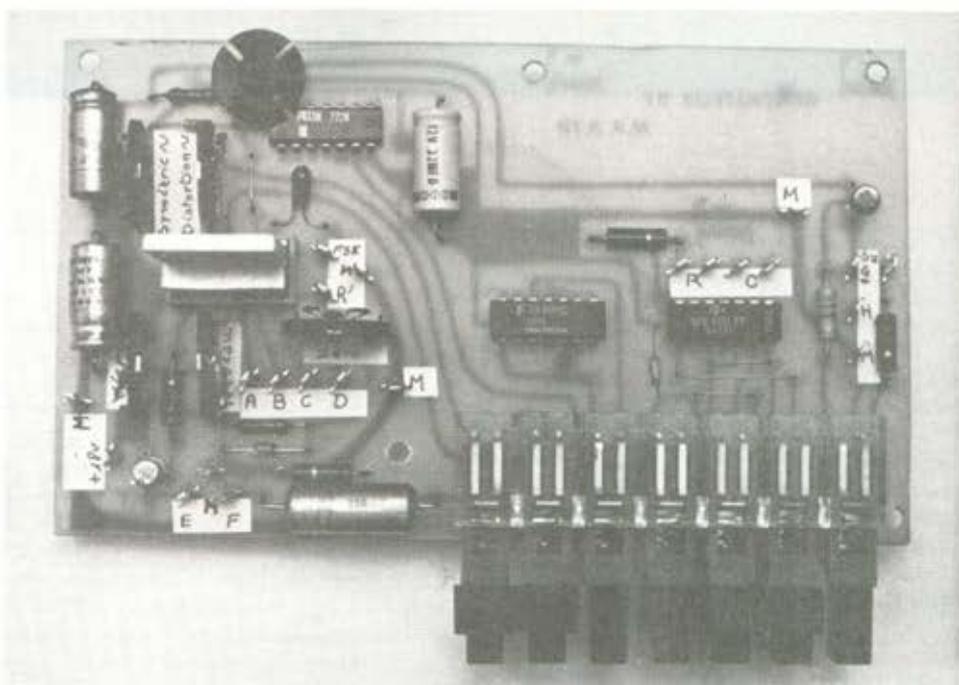
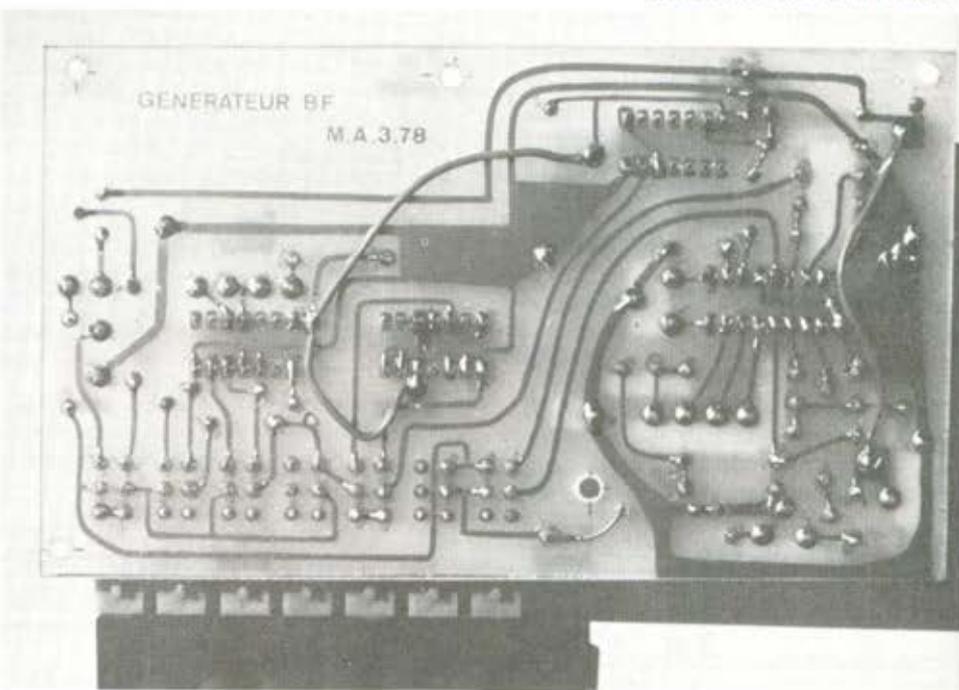


Photo 1. - Le clavier à sept touches étant solidaire du module principal, celui-ci devra être solidement fixé au boîtier.

Photo 2. - Sur le circuit imprimé côté cuivre il ne faudra pas oublier de souder les trois fils isolés.



la puissance sans augmenter la tension. Le potentiomètre  $P_3$  constitue la charge de l'émetteur et son curseur est suivi du condensateur de liaison  $C_{15}$  qui supprime la composante continue. On obtient donc un signal alternatif symétrique par rapport au potentiel zéro de la masse. A noter la résistance shunt  $R_8$  pour la décharge continue de  $C_{15}$ .

Les signaux « carrés » issus de la borne 11 sont écrêtés à 5 V par la zener

$Z_1$ , puis envoyés à l'entrée d'un double Trigger TTL (CI 2) qui fournit des carrés d'une grande « pureté ».

La sortie du trigger peut être déviée vers un diviseur de fréquence par dix,  $C_{13}$ , le classique 7490 (TTL). Les signaux issus ou non de ce diviseur peuvent également commander le monostable TTL  $C_{14}$ , lequel nous procure des impulsions « positives » ou « négatives » (on devrait dire montantes ou descendantes) dont la durée est

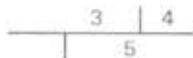
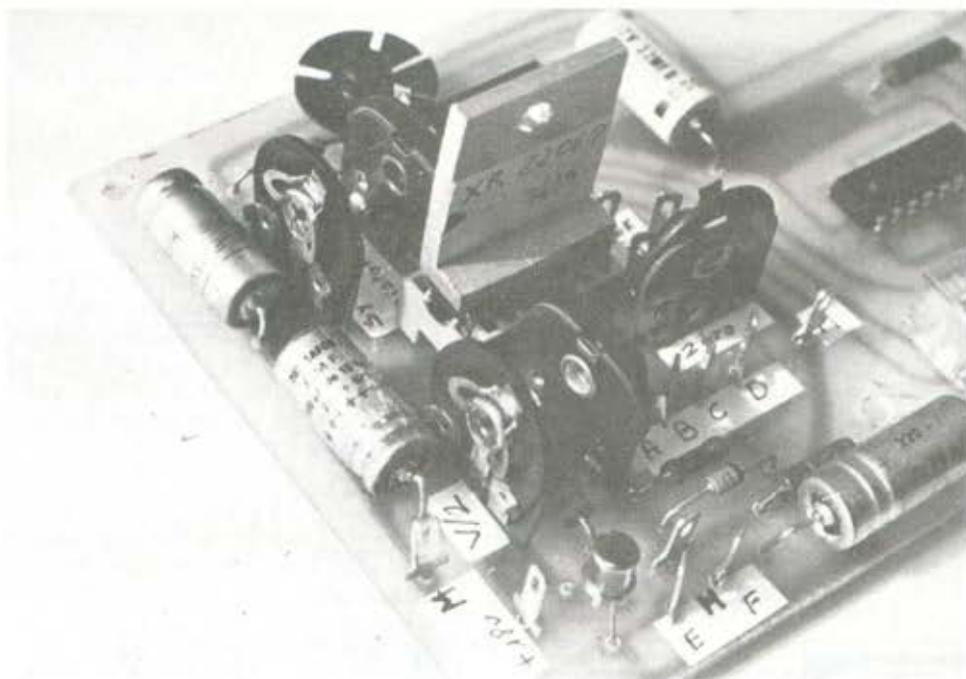


Photo 3. – Les cinq ajustables et le C.I. XR 2206 muni d'un petit radiateur qui sera ensuite relié à un fil de masse.

Photo 4. – Le module d'alimentation 18 V est muni d'un transistor 2N3054, dont la liaison collecteur est un fil soudé sur la bride.

Photo 5. – Les deux circuits imprimés et le transformateur d'alimentation sont fixés au fond du boîtier Teko modèle BC/4.

réglée par un jeu de condensateurs commutables  $C_9$  à  $C_{14}$  et par une résistance variable  $P_5 + R_9$ .

Les signaux logiques ainsi obtenus peuvent sortir tels quels ou être renforcés en puissance par le transistor  $T_1$ , monté d'une manière identique à  $T_1$  mais bien sûr sans condensateur de sortie. L'amplitude est alors réglable par le potentiomètre  $P_4$ , sur le même axe que  $P_3$ . Le fait de passer par  $T_2$  nuit à la vitesse de montée du signal, cela devient visible au delà de 100 kHz. La sortie finale comprend une résistance  $R_{11}$ , de  $47 \Omega$  afin de protéger temporairement les transistors  $T_1$  et  $T_2$  d'un court-circuit de sortie. Enfin, la sortie

peut être déviée par  $K_8$  sur l'atténuateur 1/10 qui est un pont diviseur de tension. Celui-ci est très utile lorsqu'il s'agit d'alimenter l'entrée d'un préampli.

Les touches du clavier  $K_3$  (F/10) ou  $K_7$  (ampli) sont destinées à être enfoncées simultanément avec l'une des touches de signaux logiques  $K_4$ ,  $K_5$  ou  $K_6$ . Toutefois dans le cas vraiment rare, où l'on voudrait une fonction logique de fréquence divisée par 10 et avec sortie de puissance, le verrouillage de trois touches enfoncées est délicat à obtenir mais réalisable avec un peu de doigté. Quant à l'alimentation, rien de plus banal: un transformateur  $TR_1$ , 220/24 V de 5 VA environ, redresse-

ment, filtrage et stabilisation par transistor ballast et zener. A noter qu'on a remplacé la zener de 18 volts, peu courante, par deux zeners  $Z_3$  et  $Z_4$  en série (13 + 5 V ou 9 + 9 V ou 12 + 6 V, etc.). L'alimentation en 5 volts des trois CI TTL est confiée à un petit CI régulateur,  $CI_5$ , alimenté en 18 V.

### Le réglage décimal de la fréquence

La paternité de cet ingénieux dispositif revient à M. J. CERF, « Haut-Parleur n° 1544 p. 212 » :

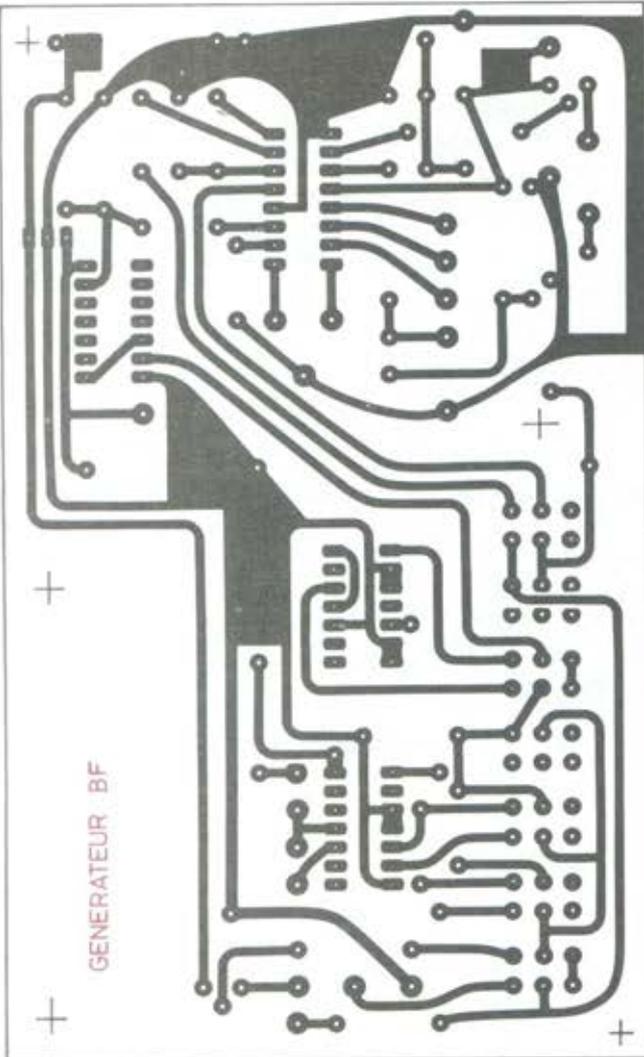
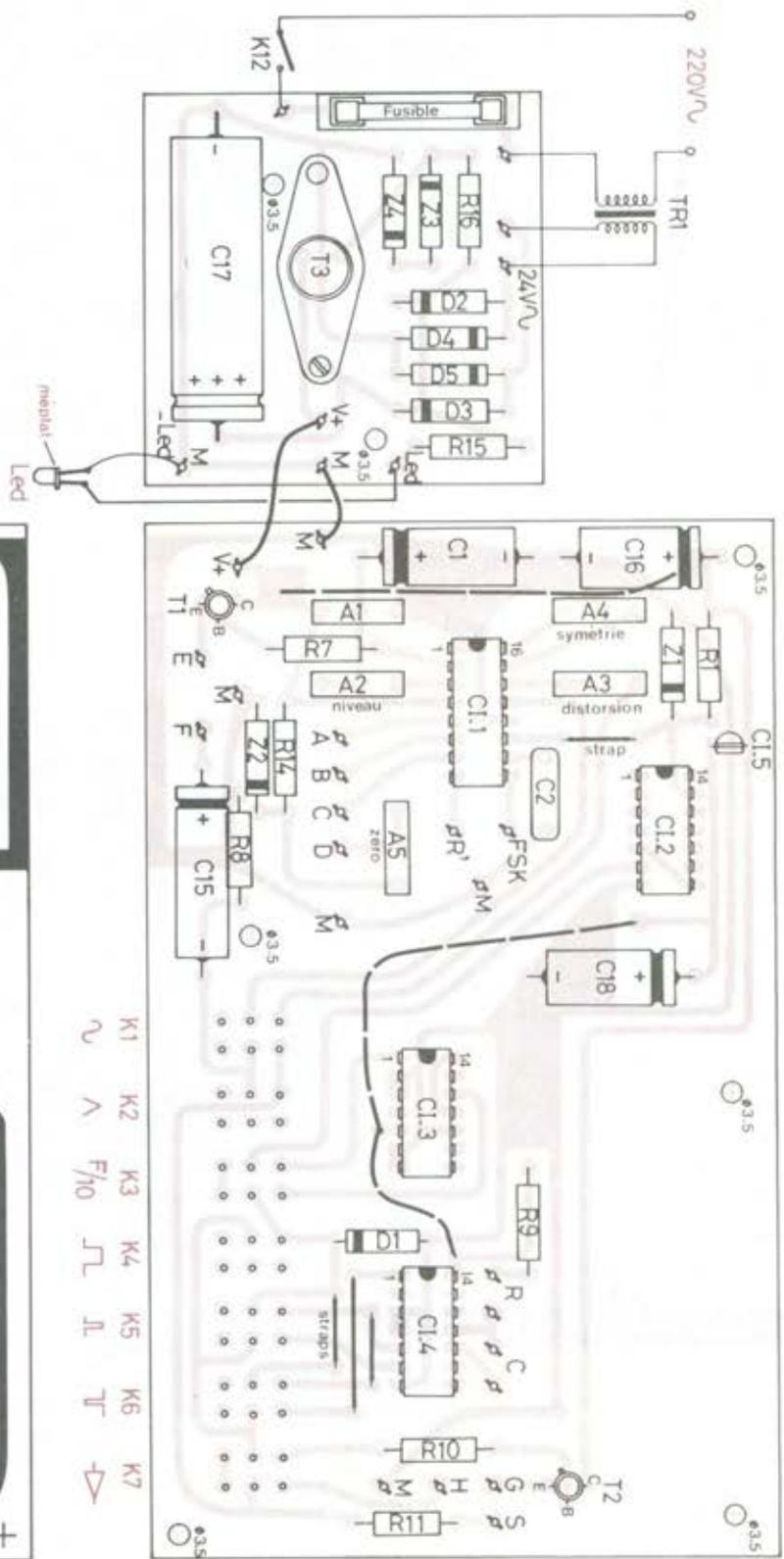
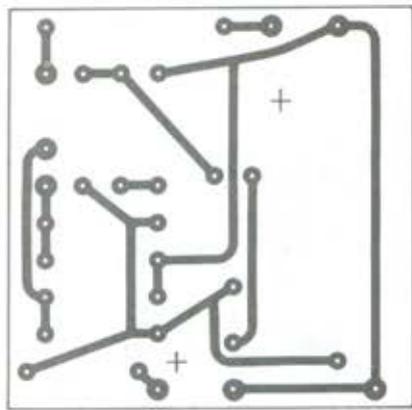


Fig. 4. - Le tracé général du circuit imprimé est publié grandeur nature. L'alimentation 18 V a été réalisée sur un circuit imprimé séparé. Question implantation, on veillera à la bonne mise en place des straps de liaison. Au niveau du perçage, du circuit imprimé, beaucoup de précision pour les broches du clavier.

Nous avons dit que la fréquence est proportionnelle à l'intensité  $I$  sortant de la borne 7 elle-même maintenue au potentiel de 3 volts. Si on relie cette borne à la masse par une résistance variable on a  $I = 3 \times 1/R$ , ce qui va « écraser » les graduations du potentiomètre comme le montre la photo du cadran du cycle audio, qui pourtant utilise un potentiomètre logarithmique !

L'autre solution consiste à utiliser une résistance fixe  $R_4$  de 10 k $\Omega$  en faisant varier son « potentiel bas » « e » de 0 à 3 V ; on a alors  $I = 3 - e/R_4$  et comme un potentiomètre peut faire varier linéairement « e » on obtient alors une progression linéaire de  $I$  donc de la fréquence. Voyons cela plus en détail :

La diode zener  $Z_2$  fournit une tension voisine de 5 V pour alimenter le pont diviseur constitué par  $P_2$  et  $A_5$  ; ce dernier est ajusté pour que le point « D », point haut de  $P_2$ , soit au même potentiel que la borne 7 de  $CI_1$ . Quand le curseur est sur la butée D il ne passe donc aucun courant dans  $R_4$  mais l'intensité  $I$  peut passer dans  $R_3$  de 100 k $\Omega$ , soit une résistance dix fois supérieure à  $R_4$ . Lorsque le curseur est en butée côté masse, la borne 7 va continuer à débiter la même intensité dans  $R_3$  plus une intensité dix fois supérieure dans  $R_4$  : conclusion, d'une butée à l'autre on a une variation d'intensité, donc de fréquence, de 1 à 11. Pour que la résistance comprise entre la masse et le curseur de  $P_2$  soit négligeable devant  $R_4$ , le potentiomètre  $P_2$  est un 1 000  $\Omega/A$  (linéaire).

Le changement de calibres est confié au rotacteur  $KR_1$  qui commute entre les bornes 5 et 6 de  $CI_1$  les condensateurs  $C_3$  à  $C_7$ . Ceux-ci valent respectivement 10  $\mu F$ , 1  $\mu F$ , 100 nF, 10 nF et 1 nF et doivent être assez précis, au moins  $\pm 5\%$ , pour que les graduations 1 à 11 de  $P_2$  restent précises sur chacun des calibres. Pour notre part il s'agit de condensateurs ordinaires soigneusement sélectionnés à l'aide de notre capacimètre digital (Voir « Électronique Pratique n° 2 page 115). Il est pratiquement impossible de trouver un électrochimique de 10  $\mu F$  faisant moins de 12  $\mu F$ , il faut soit chercher dans les « 6,8  $\mu F$  » ou le confectionner avec deux condensateurs en parallèle ou en série, ce que nous avons fait. A défaut de capacimètre ou de « 10  $\mu F$  » précis, vous pourrez vous sortir d'affaire en vous servant du générateur BF comme d'un capacimètre... nous verrons cela au paragra-

phe « étalonnages ». Vous remarquerez qu'il y a six calibres mais seulement cinq condensateurs, ceci parce que le fabricant du XR 2206 indique 1 nF comme valeur minimale ; aussi pour le calibre « x 100 kHz » nous avons préféré permuter les résistances  $R_3$  et  $R_4$  par les résistances  $R_6$  et  $R_5$  environ dix fois plus faibles, ce qui abîme la belle concordance des graduations de  $P_2$  pour ce calibre, qui est disons-le plus rarement utilisé que les cinq autres. Pour cette commutation double,  $K_{10}$  et  $K_{11}$ , il a fallu ajouter une galette au rotacteur  $KR_1$  (voir fig. 5).

### Le trigger $CI_2$

Les signaux carrés issus de la borne 11 de  $CI_1$  ont un temps de montée prohibitif, environ 300 ns, aussi deviennent-ils aux fréquences élevées des « dents de scies usées », comme le montre notre photo à 1 MHz. Il faut donc les remettre d'aplomb par un trigger.

Les triggers réalisés avec des portes NAND ou NOR ont présenté des rebonds importants en hautes fréquences aussi avons-nous fait appel à un C.I. spécial TTL, le 7413, qui contient deux triggers à quatre entrées. Ils ont été montés en série ce qui permet d'obtenir un signal de sortie en phase avec celui d'entrée. Chaque trigger a ses entrées reliées ensemble.

Les carrés ont alors des temps de montée et de descente respectivement de 30 à 20 nanosecondes ce qui est très correct pour un CI à cinq francs... Il se produit par contre un pic négatif en fin de descente de -1,3 V pendant 10 ns, et pour le supprimer nous avons shunté la sortie par une diode de commutation rapide  $D_1$ , qui ramène ce pic à -0,3 V. Cette diode est une BAX 13 mais à défaut on peut utiliser une diode de détection genre OA90.

### Le diviseur de fréquence $CI_3$

Il s'agit tout simplement du compteur TTL 7490 câblé en diviseur de fréquence par dix. Les durées aux niveaux 1 et 0 sont rigoureusement égales. Ainsi lorsque l'on règle le générateur sur 1 Hz, on dispose alors de 5 secondes au niveau 1 (environ 4 V) et 5 s. au niveau 0, soit une période de 10 s. et une fréquence de 0,1 Hz ; à noter que la diode  $D_1$  se retrouve encore sur la sortie du diviseur.

### Le monostable C.I.3

Encore un CI TTL très courant et bon marché, le 74121. Rappelons qu'une bascule monostable est un dispositif qui recevant une impulsion d'entrée, fournit en sortie un signal carré dont la durée n'est fonction que d'un condensateur et d'une résistance extérieurs (constants RC) Il n'y a aucune importance que le signal de commande soit plus long ou plus court que celui de sortie. La durée, ou largeur, du pic de sortie est donnée par la formule :

$t = 0,69 \times R \times C$  avec  $t$  en secondes ;  $R$  en ohms et  $C$  en farads.

Il faut que  $R$  soit compris entre 1,5 et 40 k $\Omega$  et  $C$  entre 10 pF et 10  $\mu F$ . Un potentiomètre décimal  $P_5$  et un commutateur de six calibres  $KR_2$  nous permet d'afficher des durées depuis 100 nanosecondes jusqu'à 120 ms (0,12 s). Les condensateurs  $C_9$  et  $C_{14}$  équipant  $KR_2$  devront être eux aussi d'une relative précision, au moins  $\pm 10\%$ . Le potentiomètre linéaire  $P_5$  de 25 K nous donne un facteur de variation de 0,6 à 12 avec une résistance talon  $R_9$  de 1,5 k $\Omega$ , avec un 22 K vous devriez obtenir une variation de 1 à 12 avec  $R_9 = 2,2$  k $\Omega$  ou 1,8 k $\Omega$ .

Le CI 74121 possède en fait deux sorties complémentaires appelées « Q » et «  $\bar{Q}$  » : Sur la première le niveau de repos est zéro et les pics montent à 4 V, tandis que sur la deuxième le niveau de repos est de 4 V et les pics chutent à zéro pendant la durée du pic : nous avons bien sûr utilisé cette précieuse dualité et ces formes de signaux correspondent aux touches  $K_6$  et  $K_8$  du clavier.

### L'alimentation des circuits intégrés TTL

Les trois CI TTL consomment globalement 70 mA en 5 V. Cette tension est obtenue par  $CI_5$  qui a l'aspect d'un petit transistor : trois broches, entrée 18 V, masse, et sortie 5 V. Nous vous recommandons d'utiliser un modèle 200 mA (ex. : SFC 2309) car nous avons employé un 100 mA (78 L05) et nous avons dû l'équiper d'un petit radiateur en tôle... Cette tension est stabilisée et filtrée par C 18.

## La réalisation du circuit imprimé (fig. 4)

Pour des raisons de commodités personnelles l'alimentation 18 V a été faite sur un module séparé, aussi rien ne vous empêche d'accoler les deux circuits imprimés en un seul.

La seule difficulté réside côté clavier : le modèle est de la marque « OREOR » (très courant) et comporte sept éléments à double inverseur, soit six broches par éléments donc 42 trous à percer dans l'époxy, et ce avec une bonne précision dans le positionnement. Un truc pour faciliter l'enfichage du clavier : côté époxy agrandir les trous jusqu'à mi-épaisseur avec une mèche de 3 mm. Vous pouvez aussi juxtaposer deux claviers à quatre et trois touches de cette marque. Ce dernier pouvant d'ailleurs être obtenu en éliminant un élément d'un quatre touches. Si ce perçage précis vous effraie voici une autre variante : collez à l'araldite le clavier sur l'époxy, puis faites le raccordement aux broches par WRAPPING (voir « Electronique Pratique » n° 1 page 119).

Vu son prix le CI XR 2206 sera monté sur socle DIL à seize broches ; cette précaution est inutile pour les autres CI. Comme ce CI tiédit un peu nous y avons collé un petit radiateur relié à la masse par un fil ; c'est là un petit raffinement qui n'a rien d'obligatoire, mais si vous faites de même pensez à repérer le côté encoche du CI avant de coller le radiateur...

Les petites étiquettes auto-adhésives pour identification des cosses et des ajustables devront être mises en place avant de commencer le soudage des composants.

N'oubliez pas non plus les quatre straps côté composants : un entre CI<sub>1</sub> et CI<sub>2</sub> et trois entre CI<sub>4</sub> et le clavier ; et enfin les trois straps en fil isolé côté cuivre : un pour relier les deux pastilles carrées (alimentation 18 V) et deux pour les trois pastilles circulaires (alimentation 5 V).

Sur le module d'alimentation le transistor T<sub>3</sub> est plaqué sans radiateur sur l'époxy. La liaison collecteur est assurée par un fil cuivre soudé directement sur la bride de T<sub>3</sub>. Par contre ne plaquez pas le gros condensateur C<sub>17</sub> contre le circuit, vous apprécierez ainsi de pouvoir le bouger légèrement lors de l'assemblage final.

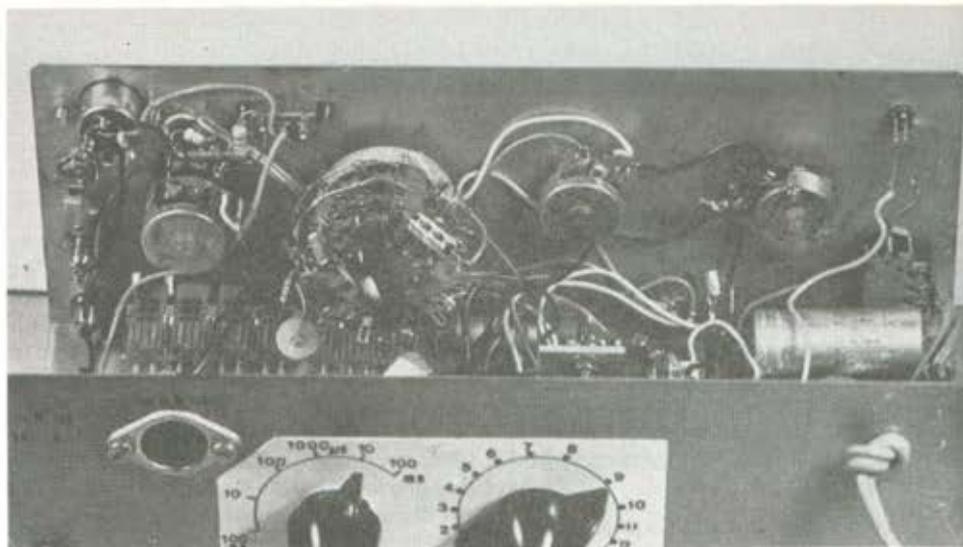
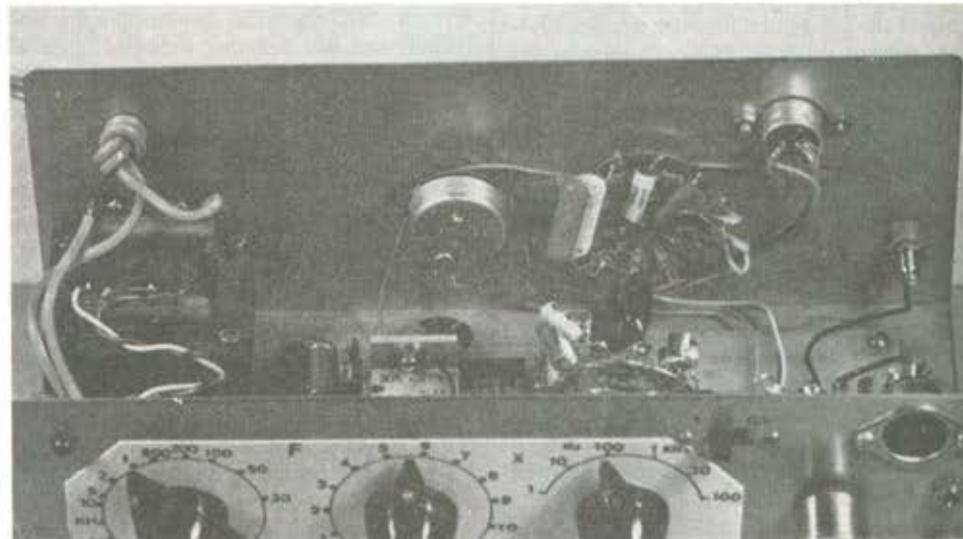


Photo 6. — Il faudra précâbler le rotacteur KR<sub>1</sub> avant de l'installer sur la face avant de l'appareil.

Photo 7. — Les réglages de la largeur de pic, KR<sub>2</sub> et P<sub>5</sub>, sont fixés sur la face arrière. L'axe du bobinage du transformateur ne doit pas être dirigé vers le module principal.



## Le câblage des rotacteurs (fig. 5 et 6)

Pour KR<sub>1</sub>, calibres de fréquences, il faut un rotacteur à deux galettes « deux x six positions » de diamètre 40 mm. La galette extérieure reçoit les cinq condensateurs, tandis que la galette côté tôle constitue les commutateurs K<sub>10</sub> et K<sub>11</sub> et supporte les résistances R<sub>3</sub>, R<sub>4</sub>, R<sub>5</sub> et R<sub>6</sub>. Ne vous étonnez pas si les photos représentent un rotacteur à trois galettes, car il s'agit d'un trois X douze positions de récupération.

Pour KR<sub>2</sub> le câblage est beaucoup plus simple puisqu'il s'agit de commuter six condensateurs seulement, sur une galette un X six positions. La solution la moins onéreuse consiste à utiliser un de ces

nouveaux rotacteurs, deux X six positions, ayant la forme d'un potentiomètre (8 à 9 F).

## La mise en boîtier

Il faut obligatoirement un boîtier métallique qui sera relié à la masse du circuit. L'auteur ayant horreur des « grandes boîtes pleines de vide » a tout logé dans un coffret Teko modèle BC/4 de dimensions intérieures 220 x 108 x 80 mm. Mais si vous préférez travailler « au large », ce qui est parfois d'une grande sagesse, vous pourrez transposer le montage dans le Teko modèle OP/232, qui a été décrit dans l'article sur l'alimentation + 30/- 15 V, « Electronique Pratique » n° 4 page 98.

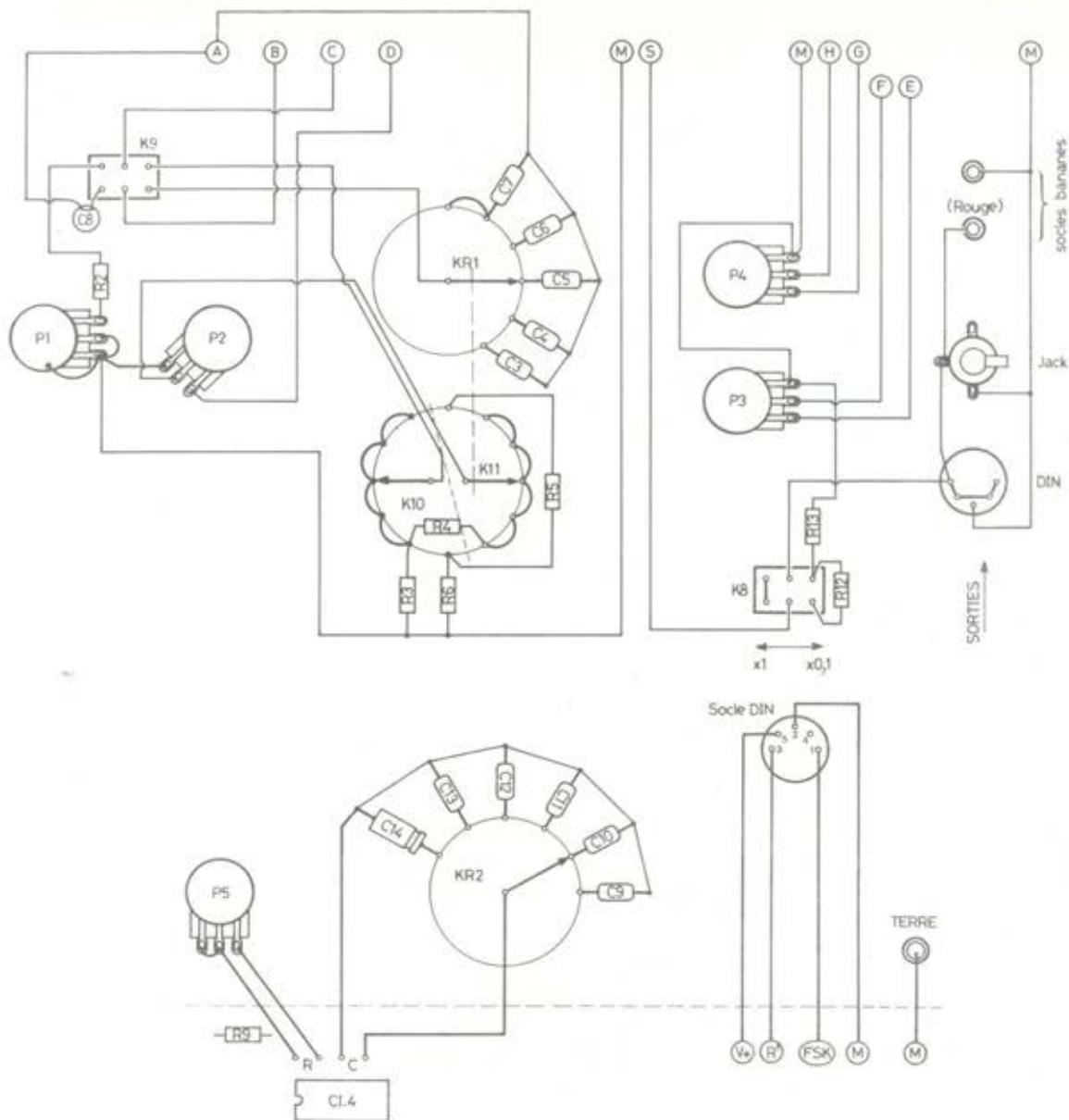


Fig. 5. et 6. - Câblage de la face avant vue de l'intérieur avec les raccordements aux cosses du circuit imprimé. La galette KR<sub>1</sub> rassemblant K<sub>10</sub> et K<sub>11</sub> doit être disposée côté tôle. Câblage du rotacteur KR<sub>2</sub>.

Commencer par le traçage et le perçage des faces avant et arrière (fig. 7 et 8). La large fente pour le passage des touches du clavier a pu être pratiquée très rapidement avec une scie sauteuse, puis rectifiée à la lime plate.

Poser le module principal sur le fond du boîtier et engager le clavier dans la fente, puis marquer la tôle au crayon à travers les trous Ø 3,5 du circuit imprimé. Opérer de même avec le module d'alimentation et le transformateur. Eviter que l'axe du bobinage de celui-ci soit dirigé vers le module principal. Suite à ces repères procéder au perçage du fond à Ø 3,5 mm, ou Ø 4,5 pour le transformateur.

Afin d'écarter les soudures de la tôle il faudra coller sur celle-ci sept entretoises

isolantes de 4 mm de hauteur. Vous n'avez pas ce genre d'article ? alors collez un écrou acier de 4 mm et par dessus une rondelle isolante « fibre » de 4 mm. Nous vous conseillons une colle néoprène, genre BOSTIK n° 1 400, appliquée avec un bout d'allumette.

Avant de mettre en place le module principal il faudra souder les fils partant des cosses A, B, C, D, E et F, ainsi que les deux cosses de masse M les avoisinant. Opter pour les fils fins de couleurs différentes à détacher de fils « en nappe » : prévoir des longueurs plus que suffisantes, attention il y a deux fils sur la cosse A. Faire aussi le câblage complet du commutateur K<sub>9</sub> et de ses raccordements aux cosses en « montage volant ».

Vous pourrez alors boulonner définitivement le module au fond du boîtier et le commutateur K<sub>9</sub> sur la façade. Monter ensuite les potentiomètres P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub> + P<sub>4</sub>, le rotacteur câblé KR<sub>1</sub>, le commutateur à glissière K<sub>12</sub> (atténuateur), les socles de sorties DIN, jack et banane : le câblage de ces composants sera alors rapide et sans difficultés (voir fig. 5).

Le montage et le câblage du transformateur et du module d'alimentation sont aisés parce que très accessibles par le flanc gauche. La LED témoin est emboîtée ou collée dans son logement. Le cordon secteur sera bloqué dans son trou, bien ébarbé, par deux nœuds extérieur et intérieur.

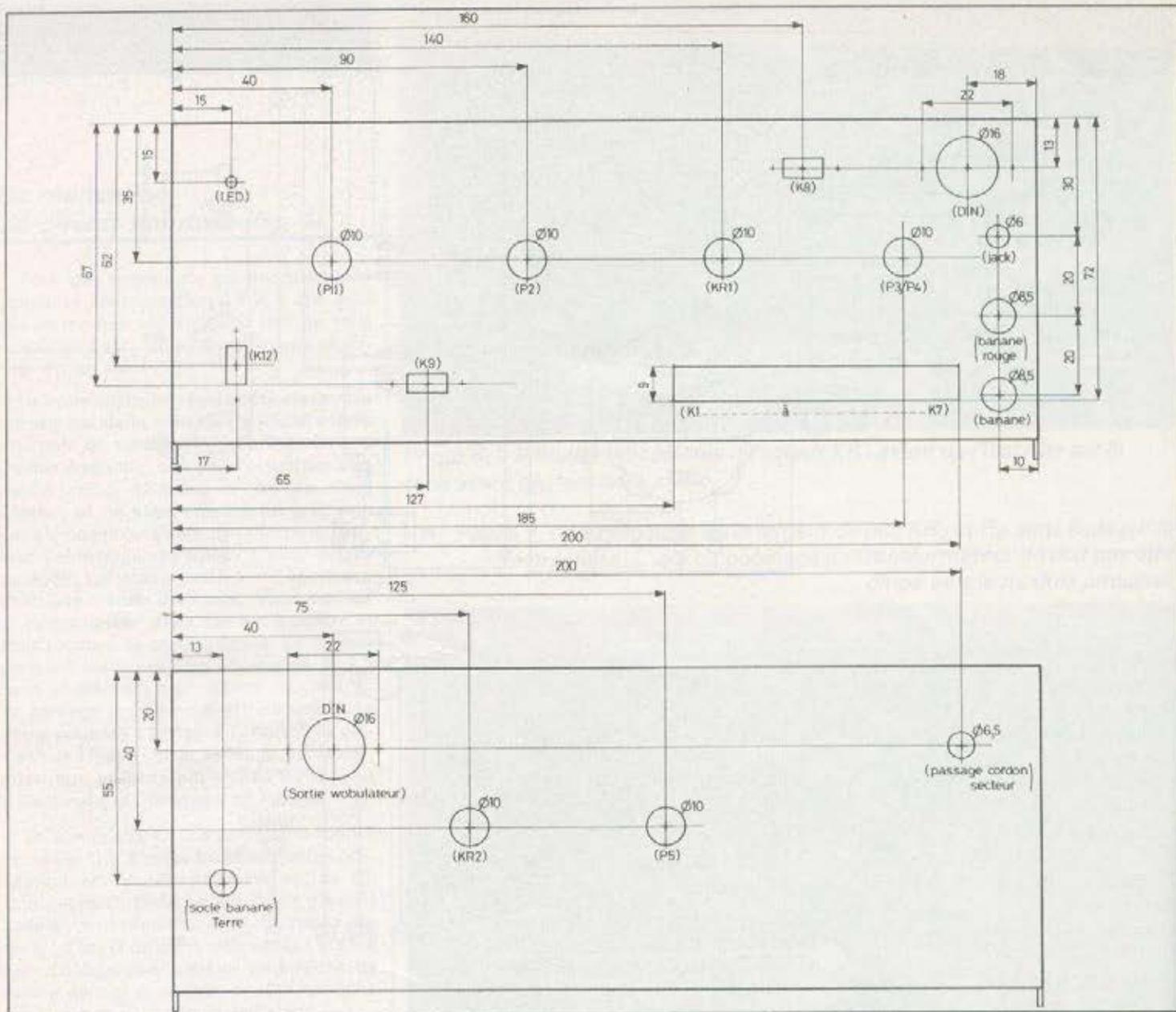
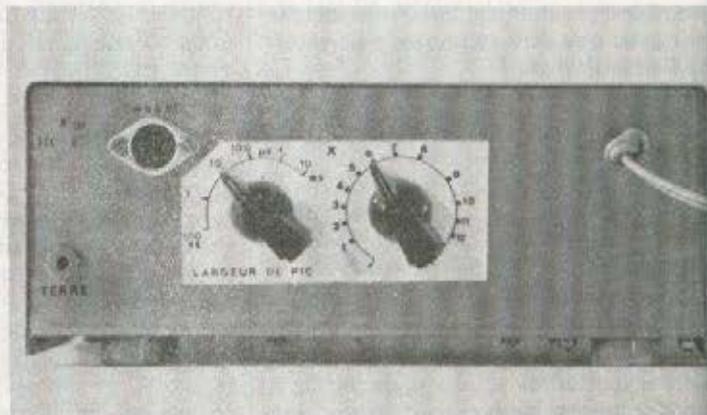
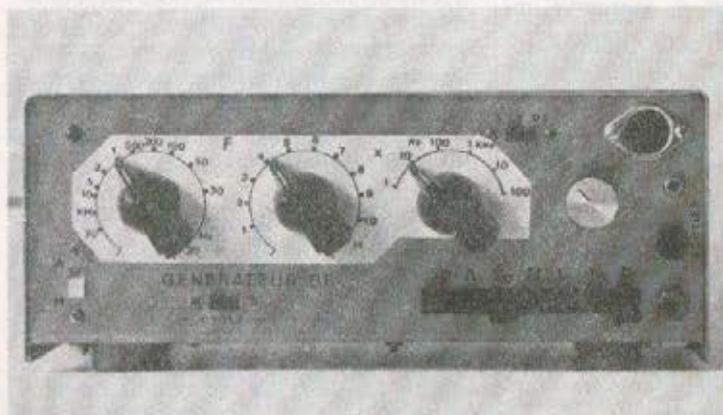


Fig. 7. et 8. - Plan de perçage de la façade du boîtier Teko BC/4. La fente du clavier peut se faire à la scie sauteuse.

Photo 8. - La façade rassemble les réglages de fréquences et les diverses bornes de sorties.

Photo 9. - La face arrière reçoit les réglages de largeurs de pics et la prise pour un futur wobulateur.



La mise à la masse du châssis ne doit s'effectuer qu'en un seul point, par exemple un fil soudé sur le boîtier du potentiomètre  $P_1$ .

Sur la face arrière le câblage de  $KR_2$ ,  $P_5$  et du socle DIN ne posera aucun problème. Le socle banane de mise à la terre est à relier à la cosse M à gauche du transistor  $T_2$ .

Vous pouvez maintenant laisser refroidir le fer à souder et brancher l'oscilloscope, nous allons procéder aux réglages.

### La mise au point

- Prérégler les cinq ajustables  $A_1$  à  $A_5$  en position médiane.
- Mettre le commutateur  $K_9$  sur le cycle « audio ».
- Mettre l'atténuateur  $K_{12}$  sur la position « X 1 ».
- Tourner  $P_1$ ,  $P_2$  et  $KR_2$  à fond dans le sens anti-horaire.
- Tourner  $P_3/P_4$  (volume) à fond dans le sens horaire.
- Enfoncer la touche  $K_2$  (signaux triangulaires).
- Brancher l'oscilloscope sur les socles de sorties.
- Régler l'oscilloscope sur « 2 V/division » et « 10  $\mu$ s/division ».
- Mettre enfin l'appareil sous tension.

Il s'agit d'abord d'obtenir des triangles bien pointus de la plus grande amplitude possible, en jouant sur  $A_1$  et  $A_2$  :

Augmenter le « niveau »  $A_2$  en tournant le curseur vers la façade : les pointes supérieures ou inférieures des triangles deviennent tronquées. Agir alors sur  $A_1$  « V/2 » afin que l'écrêtage soit le même en haut comme en bas. Réduire alors le « niveau »  $A_2$  jusqu'à obtenir des triangles pointus ; vous devez lire 10 V crête à crête environ sur l'écran.

- Enfoncer la touche  $K_1$  : les sinusoïdes ont une amplitude environ moitié des triangles, régler donc l'oscilloscope sur « 1 V/division ». Repérer soigneusement sur l'écran la position 0 V et vérifier que les demi-sinusoïdes sont d'amplitudes égales, sinon agir sur  $A_4$  « Symétrie ». Observer ensuite les arrondis des crêtes positives et négatives : s'ils ne sont pas identiques et réguliers agir sur  $A_3$  « Distorsion ». Vérifier que ce réglage n'a pas

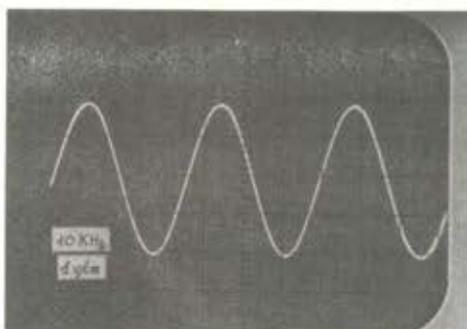


Photo 10. - L'amplitude des sinusoïdes est de 4 V crête à crête.

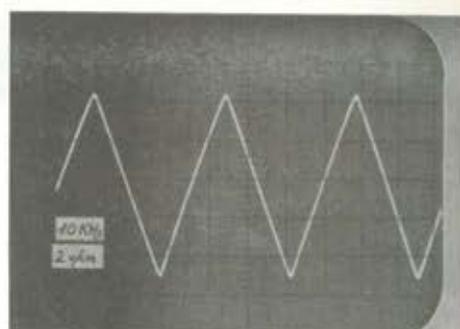


Photo 11. - Les signaux triangulaires atteignent 10 V crête à crête.

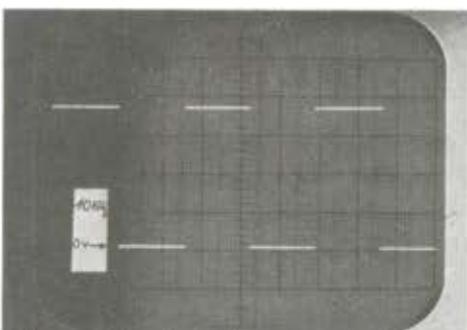


Photo 12. - Les signaux carrés ont des temps de transitions de l'ordre de 25 nanosecondes.

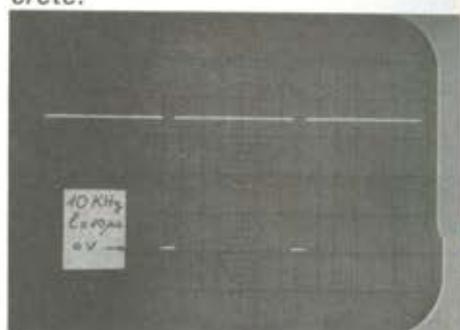


Photo 13. - En générateur d'impulsions la largeur des pics est réglable de 100 ns à 0,1 s. Ici des impulsions « négatives ».

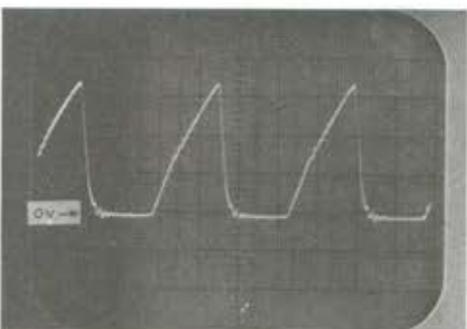


Photo 14. - Ce que donne la sortie de signaux « carrés » du XR 2206 à 1 MHz sans trigger.

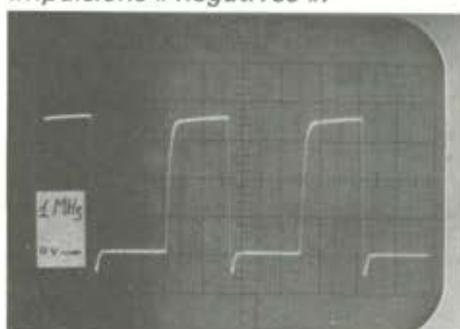


Photo 15. - Signaux carrés issus du double trigger à 1 MHz. La comparaison avec la photo précédente se passe de commentaires.

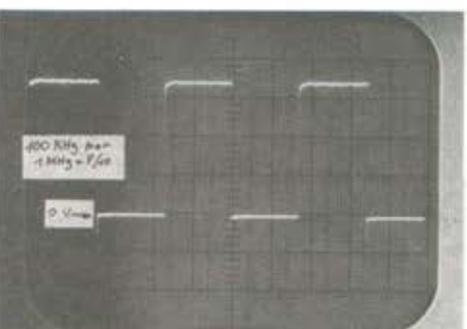


Photo 16. - Effet du diviseur de fréquence par 10 avec entrée 1 MHz sortie 100 kHz. On remarque la légère empreinte des signaux 1 MHz au niveau 1.

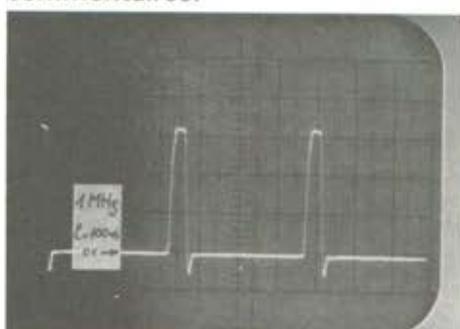


Photo 17. - Limites mini du générateur d'impulsions positives :  $F = 1$  MHz, largeur de pic : 100 ns.

détérioré un peu la symétrie. Retoucher alors  $A_4$  pour toujours finir par  $A_3$ .

Tous ces réglages viennent d'être effectués en 20 kHz.

– Basculer  $K_9$  sur le cycle décimal et brancher un voltmètre entre la cosse C (reliée à la borne 7 de  $CI_7$ ) et la borne curseur de  $P_2$  toujours en butée dans le sens anti-horaire : agir sur  $A_5$  « Zéro » jusqu'à obtenir une tension nulle.

Les réglages sont terminés, vous pouvez fixer le capot du boîtier.

## L'étalonnage en fréquence

La mesure de la fréquence peut être faite à l'oscilloscope mais l'idéal est de disposer d'un fréquencemètre, auquel cas cette opération dure moins de dix minutes. Aussi si vous n'en avez pas peut-être que dans vos relations...

Commencez par le cycle audio et sur le cadran de  $P_1$  repérez les valeurs suivantes : 20, 30, 50, 100, 500 Hz, 1, 2, 5, 10, 20 kHz. Pour le cycle décimal utiliser le calibre qui correspond au condensateur le plus précis que vous avez trouvé. Supposons par exemple que ce soit  $C_6$ , un 10 nF à  $\pm 2\%$ , donc le calibre « x 1 KHz » : un tour de potentiomètre  $P_2$  vous donnera de 1 à 11 KHz : Repérez le cadran de 1 à 11. Vérifiez que ces graduations de  $P_2$  sont valables pour les autres calibres. Si l'un d'entre eux donne une fréquence trop faible c'est que le condensateur commuté est trop fort, et vice versa. Ainsi le fréquencemètre (ou l'oscilloscope) peut vous servir de capacimètre grâce aux graduations 1 ou 10 de  $P_2$ , obtenues avec un condensateur étalon ! C'est le moment de « fabriquer » ce condensateur  $C_3$  de 10  $\mu$ F, jusqu'à obtenir 10 Hz avec  $P_2$  positionné sur « 10 ».

Rappelons que sur le 6<sup>e</sup> calibre, « x 100 kHz » vous obtiendrez de 100 kHz à 1 MHz mais les graduations intermédiaires de  $P_2$  perdront leur précision.

## Etalonnage des largeurs de pics

Ces mesures se feront à l'oscilloscope en utilisant la mesure tactique qui consiste à étalonner le cadran de  $P_6$  avec

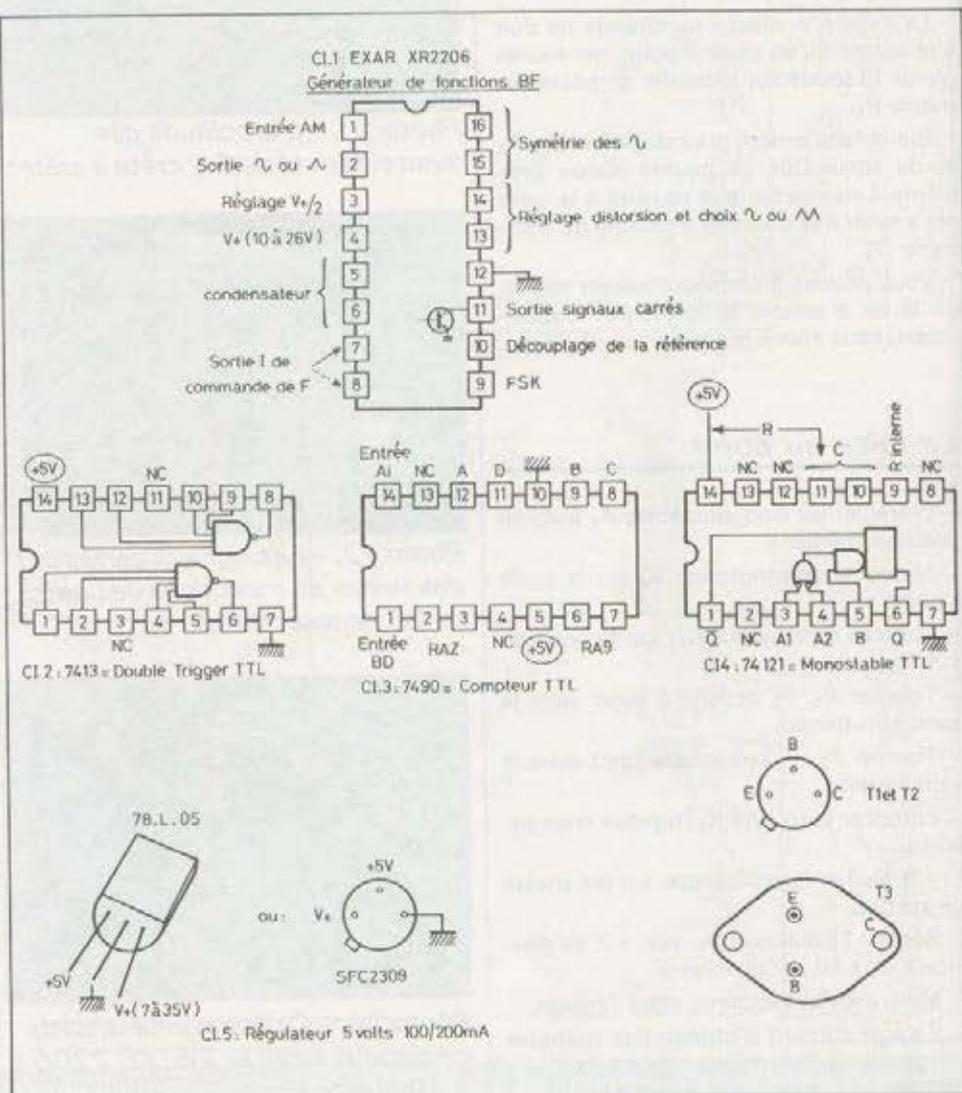


Fig. 9. - Brochages des divers composants actifs, une précaution qui n'est pas assez souvent prise, au moment de la réalisation d'un montage.

le calibre muni du condensateur le plus précis. Il faudra bien sûr opérer avec une fréquence suffisamment grande pour éviter le chevauchement des pics. Les positions de  $KR_2$  sont : x 100 ns ; x 1  $\mu$ s ; x 10  $\mu$ s ; x 100  $\mu$ s ; x 1 ms et x 10 ms. Le cadran de  $P_6$  est gradué de 1 à 10 ou 1 à 12.

## Quelques détails accessoires

1) Pour l'esthétique des cadrans étalonnés nous avons utilisé le long processus suivant :

– Graduation au crayon sur un bristol

perforé à  $\varnothing 15$  (passage des écrous de potentiomètres) et maintenu par deux bouts de scotch.

– Cette ébauche est détachée et reproduite au propre sur papier calque avec des chiffres transfert.

– De ce calque on fait un négatif contact sur plan-film « IC<sub>4</sub> » (voir article « Reproduction des circuits imprimés sur plaques sensibilisées » « Electronique Pratique » n° 3 page 103).

Avec ce négatif on tire un positif contact sur papier photographique de graduation dure. Cette épreuve est vernie, perforée à  $\varnothing 15$  et enfin collée sur la tôle.

2) Pour mieux identifier les touches  $K_3$  et  $K_7$  (« F/10 » et « Ampli ») qui ne sont jamais enfoncées seules mais conjointement avec une autre située entre elles, nous les avons équipées de boutons bakélite différents des cinq autres.

3) Il est souhaitable de coller quatre pieds caoutchouc sous l'appareil, car le dessous de ce boîtier métallique raye très bien.

4) Pour  $P_3/P_4$  un potentiomètre double de 1 KB étant parfois difficile à trou-

ver, vous pouvez utiliser une valeur plus forte 2,2 ou 4,7 KB mais à condition de ponter les deux cosses butées de  $P_3$  par une résistance de 1,5 ou 1 k $\Omega$ .

### Conclusion

Voilà une belle bête à tout faire tant pour le figlage du matériel HiFi, que pour la mise au point de circuits d'électronique logique. D'autre part, on a la fierté

de posséder un appareil de laboratoire dont les caractéristiques ne sont pas courantes dans le matériel grand public.

Michel ARCHAMBAULT

### Liste du matériel nécessaire

$C_{11}$  = XR 2206  
 $C_{12}$  = 7413  
 $C_{13}$  = 7490  
 $C_{14}$  = 74121  
 $C_{15}$  = régulateur 5 V/100 à 200 mA = 78 L 05, SFC 2309, TDD 1605 etc.  
 $T_1 = T_2 = 2 N 2222$   
 $T_3 = 2 N 3054$   
 $D_1$  = BAX 13 = diode de commutation rapide, ou BA 243 (ITT)  
 $D_2$  à  $D_8$  = diodes de redressement quelconques (1N4001... 4007)  
 $Z_1, Z_2, Z_3$  = zener 5 V/1/4 W.  
 $Z_4$  = zener 13 V/1/4 W.  
 $R_1, R_4, R_6 = 10 k\Omega$  (marron, noir, orange)  
 $R_2 = 1 k\Omega$  (marron, noir, rouge)  
 $R_3 = 100 k\Omega$  (marron, noir, jaune)  
 $R_5 = 820 \Omega$  (gris, rouge, marron)  
 $R_7, R_{10} = 4,7 k\Omega$  (jaune, violet, rouge)  
 $R_8 = 2,2 k\Omega$  (rouge, rouge, rouge)  
 $R_9, R_{13}, R_{15} = 1,5 k\Omega$  (marron, vert, rouge)  
 $R_{11} = 47 \Omega$  (jaune, violet, noir)  
 $R_{12} = 8,2 k\Omega$  (gris, rouge, rouge)  
 $R_{14} = 3,3 k\Omega$  (orange, orange, rouge)  
 $R_{16} = 680 \Omega$  (bleu, gris, marron)  
 environ ( $\pm 50\%$ ).

$C_1 = 100 \mu F/16 V$   
 $C_2 = 1 \mu F$  (Tantale de préférence)  
 Précision : au moins  $\pm 5\%$ :  
 $C_3 = 10 \mu F$   
 $C_4 = 1 \mu F$   
 $C_5 = 100 nF$   
 $C_6 = 10 nF$   
 $C_7 = 1 nF$   
 Précision : au moins  $\pm 10\%$ :  
 $C_8 = 47 nF$   
 $C_9 = 68 pF$   
 $C_{10} = 680 pF$   
 $C_{11} = 6,8 nF$   
 $C_{12} = 68 nF$   
 $C_{13} = 680 nF$   
 $C_{14} = 6,8 \mu F$   
 Environ ( $\pm 50\%$ ):  
 $C_{15} = 220 \mu F/16 V$   
 $C_{16} = 100 \mu F/25 V$   
 $C_{17} = 1.000 \mu F/40 V$   
 $C_{18} = 47 \mu F/10 V$   
 Modèles verticaux  $\varnothing \approx 15 mm$   
 $A_1 =$  ajustable 10 k $\Omega$   
 $A_2 =$  ajustable 47 k $\Omega$   
 $A_3 =$  ajustable 470  $\Omega$   
 $A_4 =$  ajustable 22 k $\Omega$   
 $A_5 =$  ajustable 1 k $\Omega$

$P_1$  = potentiomètre 1 M $\Omega$ -B (logarithmique)  
 $P_2$  = potentiomètre 1 k $\Omega$ -A (linéaire)  
 $P_3/P_4$  = potentiomètre double 2 x 1 k $\Omega$ -B (log.)  
 $P_5$  = potentiomètre 22 ou 25 k $\Omega$ -A (linéaire)  
 $K_1$  à  $K_7$  = clavier à 7 touches interdépendantes : deux inverseurs par touche. Marque « OREOR »  
 $K_8, K_9$  = commutateur double à glissière  
 $K_{12}$  = inter secteur unipolaire (glissière)  
 $K_{19}, K_{11}$  = galette de  $KR_1$   
 $KR_1$  = commutateur rotatif (rotacteur) à deux galettes deux fois six positions  
 $KR_2$  = rotacteur une fois six positions  
 $TR_1$  = transformateur 220/24 V 5 VA environ fusible 0,2 A avec support  
 LED rouge ou verte  
 2 socles DIN femelles 5 broches à 45°  
 1 socle Jack  
 3 socles banane femelle, dont un rouge  
 1 socle DIL 16 broches  
 6 boutons de potentiomètres dont deux à vis de blocage  
 30 cosses pour circuits imprimés  
 2 circuits imprimés à réaliser : 145 x 85 mm et 55 x 55 mm  
 1 boîtier TEKO modèle BC/4  
 Prix de revient moyen : 330 F

FAITES-NOUS PART DE VOS  
 EXPÉRIMENTATIONS PERSONNELLES  
 ET DEVENEZ COLLABORATEUR.