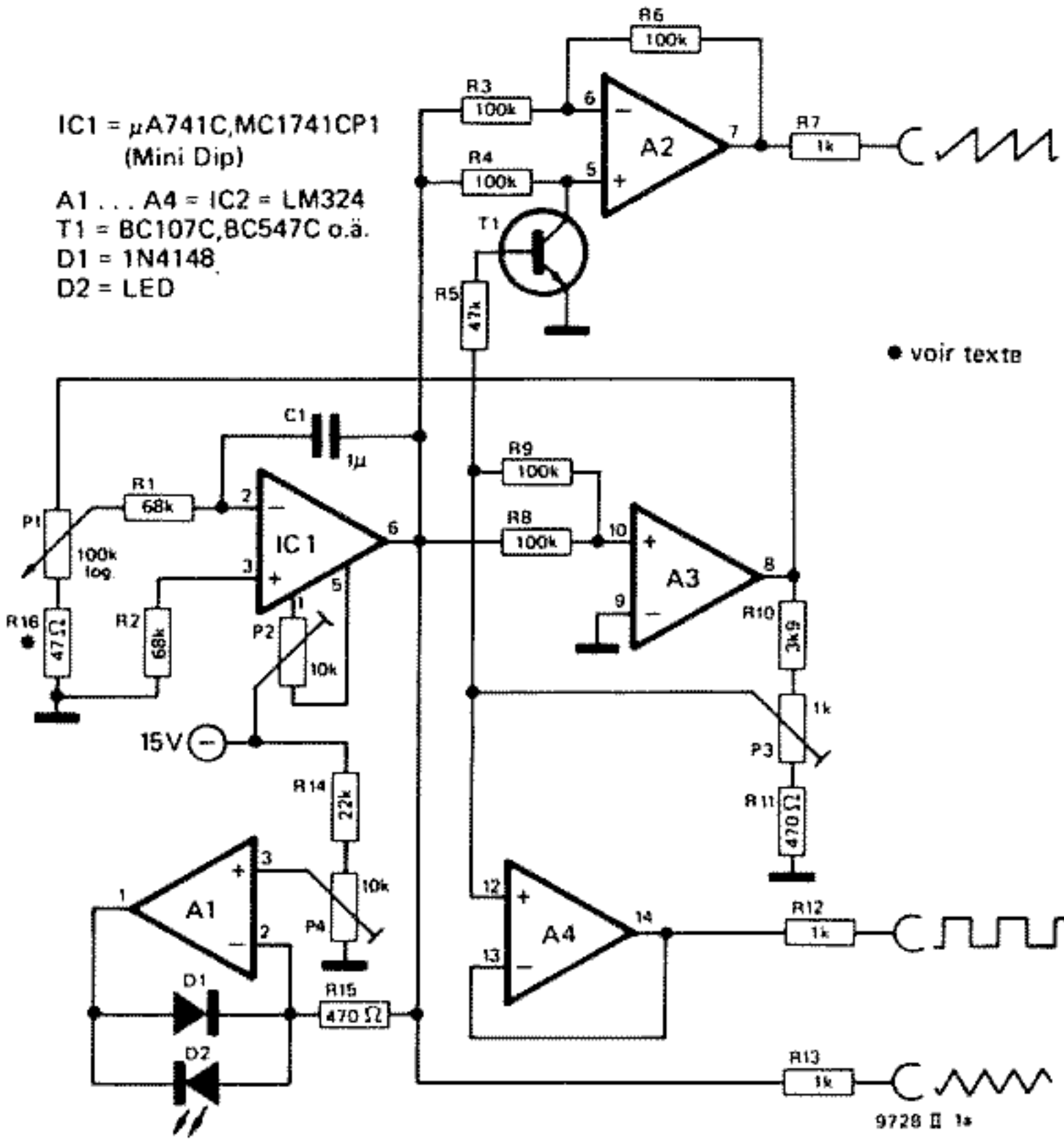


1a

IC1 =  $\mu$ A741C, MC1741CP1 (Mini Dip)

A1...A4 = IC2 = LM324  
T1 = BC107C, BC547C o.ä.  
D1 = 1N4148  
D2 = LED



• voir texte

2

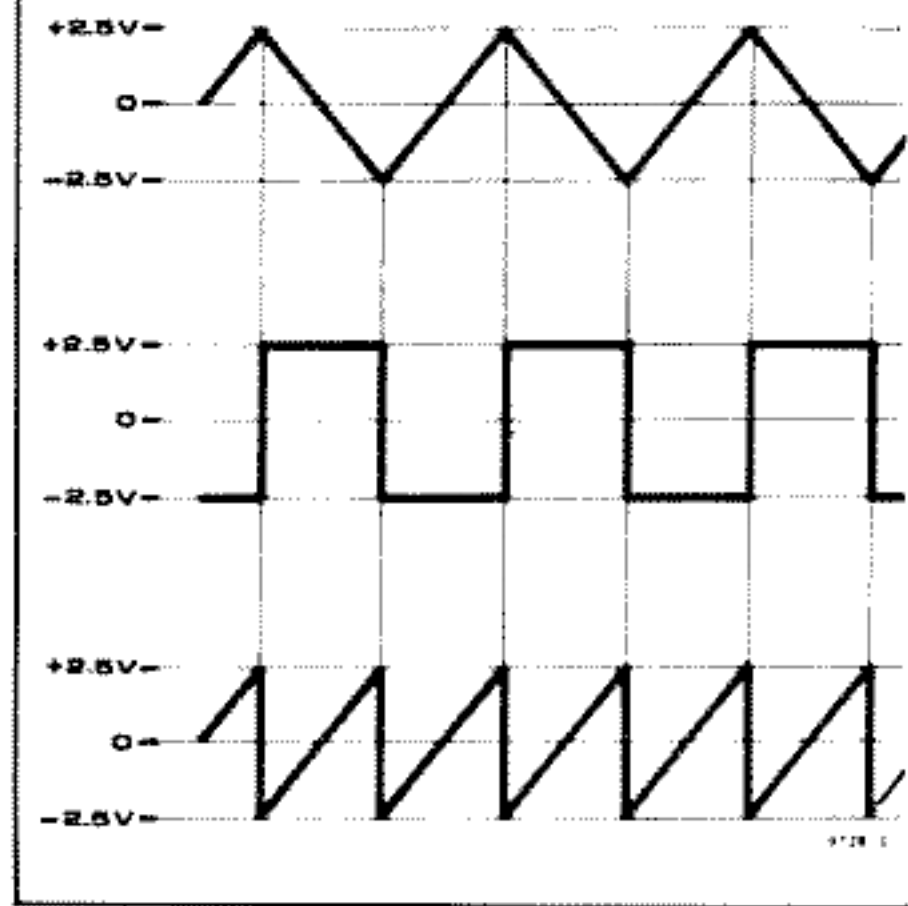
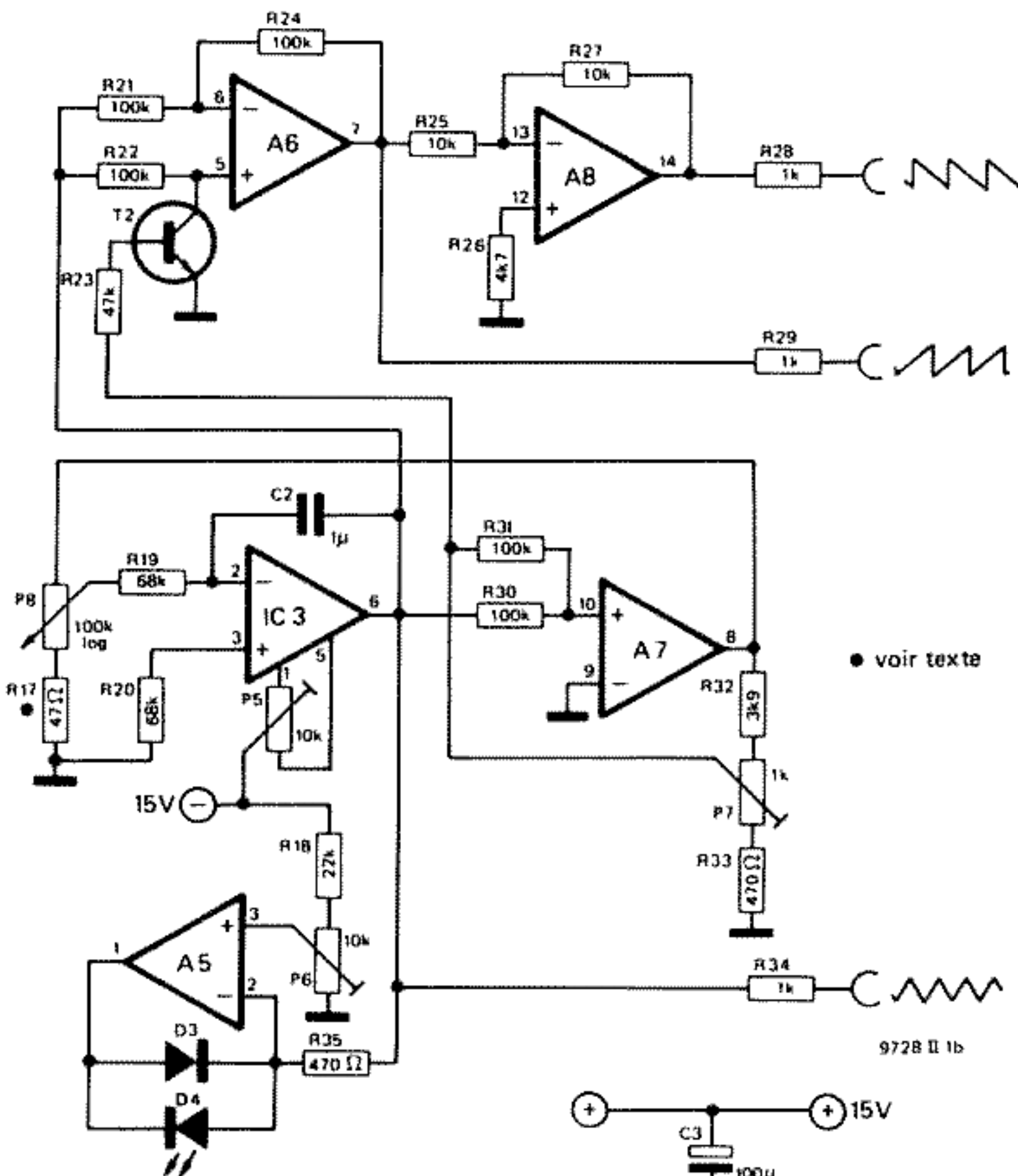


Figure 1a. Circuit des deux LFOs identiques qui produisent les formes d'onde triangulaire, rectangulaire et en dents de scie.

Figure 1b. Circuit de LFO3 qui produit une forme d'onde triangulaire, une forme d'onde en dents de scie à flanc positif et une forme d'onde en dents de scie à flanc négatif.

Figure 2. Evolution des signaux de sortie d'un LFO du FORMANT. Conditionnée par la conception du convertisseur de forme d'onde triangulaire en forme d'onde en dents de scie, l'oscillation de la dent de scie présente une fréquence double de celle de l'oscillation triangulaire ou rectangulaire.

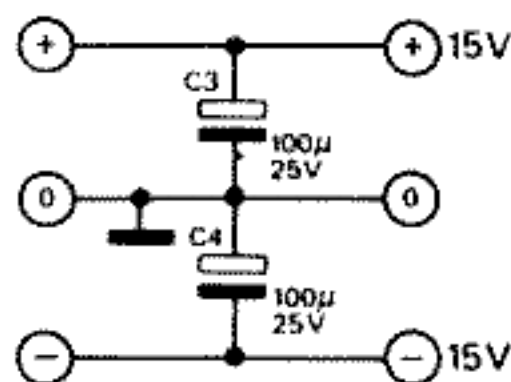
1b



• voir texte

IC3 =  $\mu$ A741C, MC1741CP1 (Mini Dip)

A5...A8 = IC4 = LM324  
T2 = BC107C, BC547C o.ä.  
D3 = 1N4148  
D4 = LED

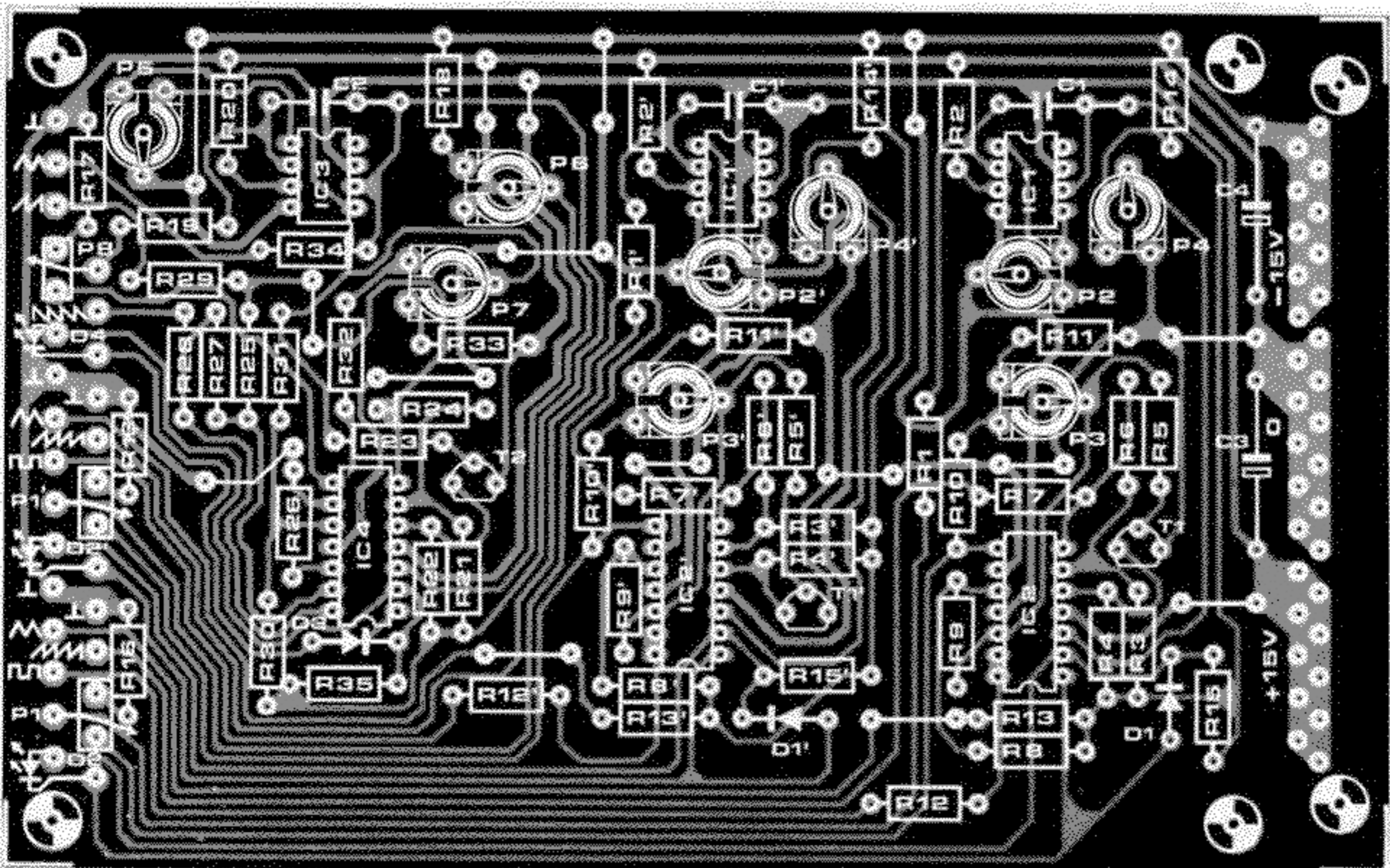
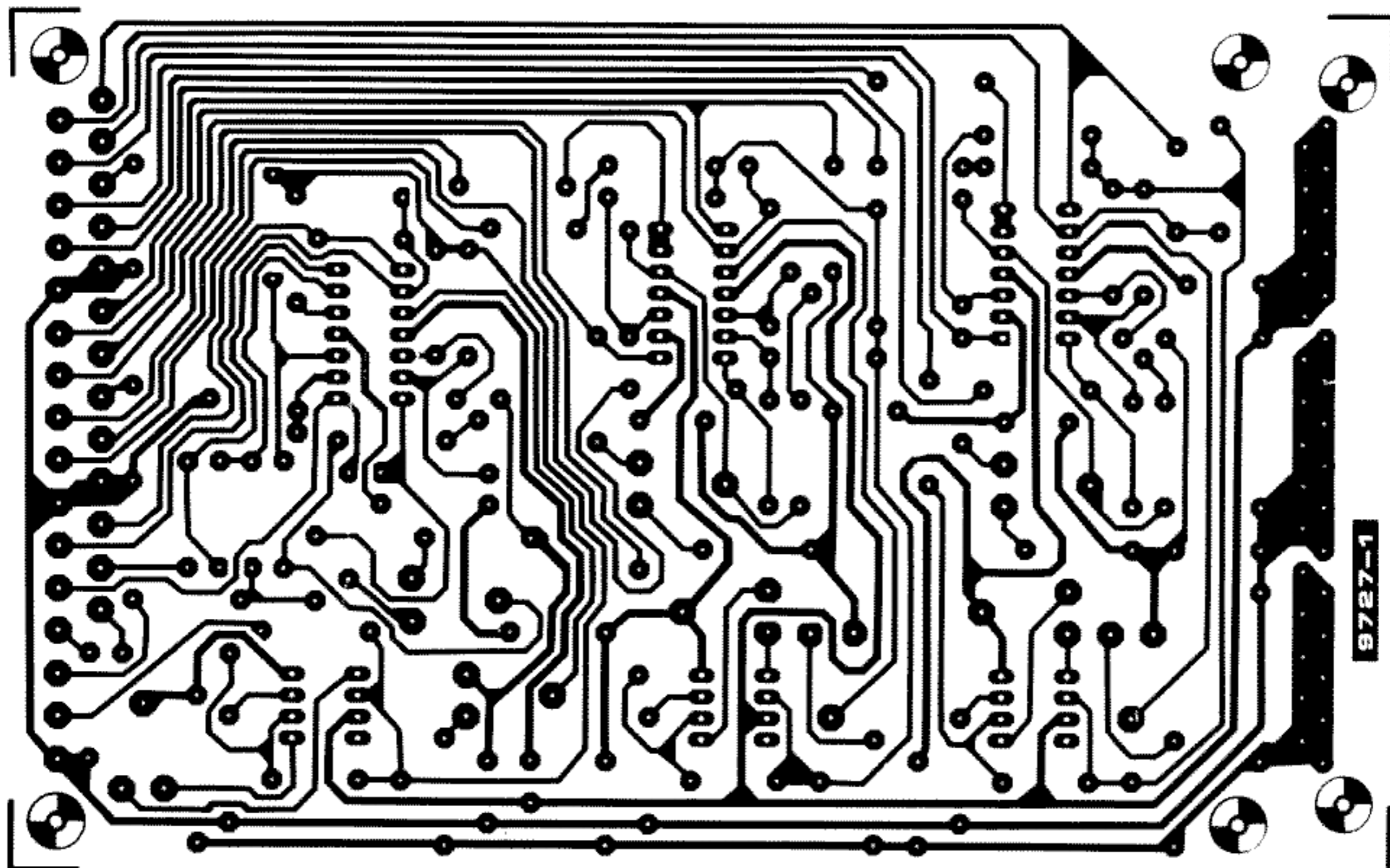


9728 II 1b

### Circuit des LFOs

La figure 1a représente le circuit des LFOs 1 et 2 qui sont identiques. Le circuit oscillateur lui-même comporte deux ampli-ops: IC1 (monté en intégrateur) et A3 (monté en trigger de Schmitt). L'oscillation triangulaire apparaît par le couplage à réaction de la sortie du trigger à l'entrée de l'intégrateur.

3



Liste des composants de la figure 3 (LFOs)

## Résistances:

R1,R1',R2,R2',R19,R20 = 68 k  
 R3,R3',R4,R4',R6,R6',R8,R8',R9,R9',  
 R21,R22,R24,R30,R31 = 100 k  
 R5,R5',R23 = 47 k  
 R7,R7',R12,R12',R13,R13',R28,  
 R29,R34 = 1 k  
 R10,R10',R32 = 3k9  
 R11,R11',R15,R15',R33,R35 = 470  $\Omega$   
 R14,R14',R18 = 22 k  
 R16,R16',R17 = 47  $\Omega$  (valeur approx.)  
 R25,R27 = 10 k  
 R26 = 4k7

## Potentiomètres:

P1,P1',P8 = 100 k log  
 P2,P2',P4,P4',P5,P6 = 10 k ajust.  
 P3,P3',P7 = 1 k ajust.

## Semiconducteurs:

IC1,IC1',IC3 =  $\mu$ A 741C, MC 1741 CP1  
 (Mini DIP)  
 IC2,IC2',IC4 = LM 324 (DIL)  
 T1,T1',T2 = BC 107C, BC 547C  
 D1,D1',D3 = 1N4148  
 D2,D2',D4 = LED

## Condensateurs:

C1,C1',C2 = 1  $\mu$  (MKM ou FKC)  
 C3,C4 = 100  $\mu$ /25 V

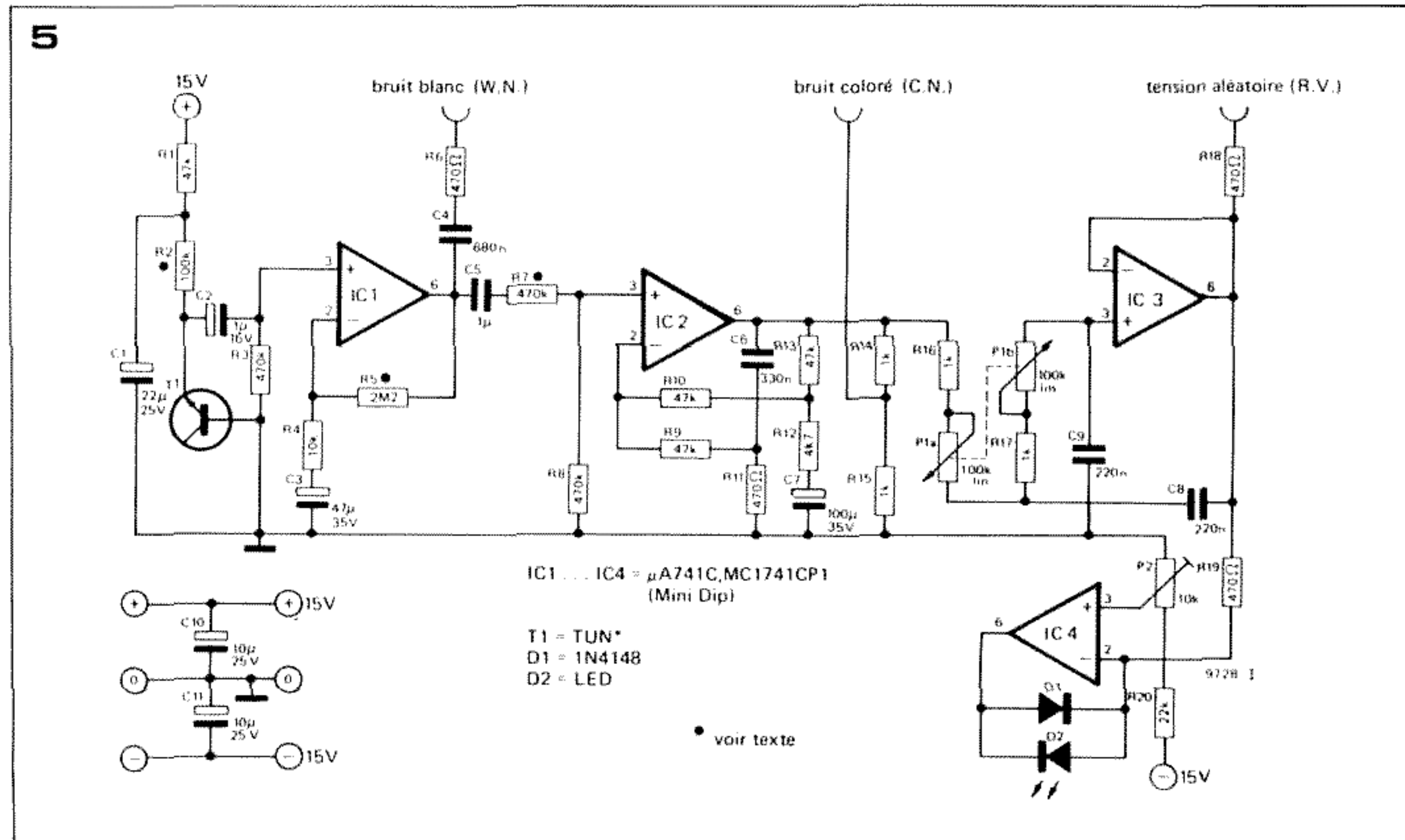
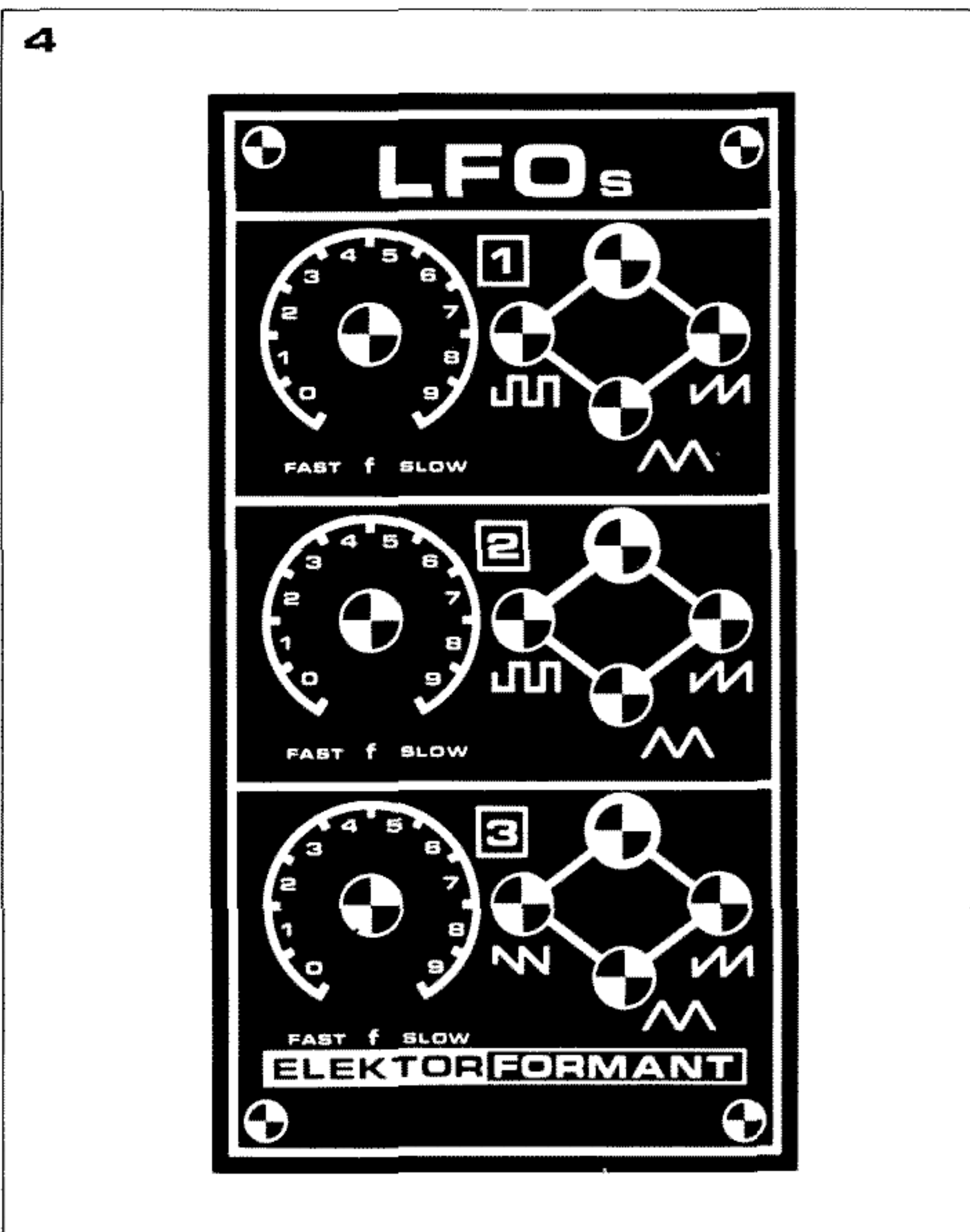
## Divers:

Connecteur 31 broches DIN 41617 ou picots  
 à souder  
 9 prises jack 3,5 mm  
 3 boutons-flèche pour axe de 6 mm,  
 13 . . . 15 mm de  $\phi$  ou à collerette transpa-  
 rente (26 mm de  $\phi$ )  
 Face avant LFOs

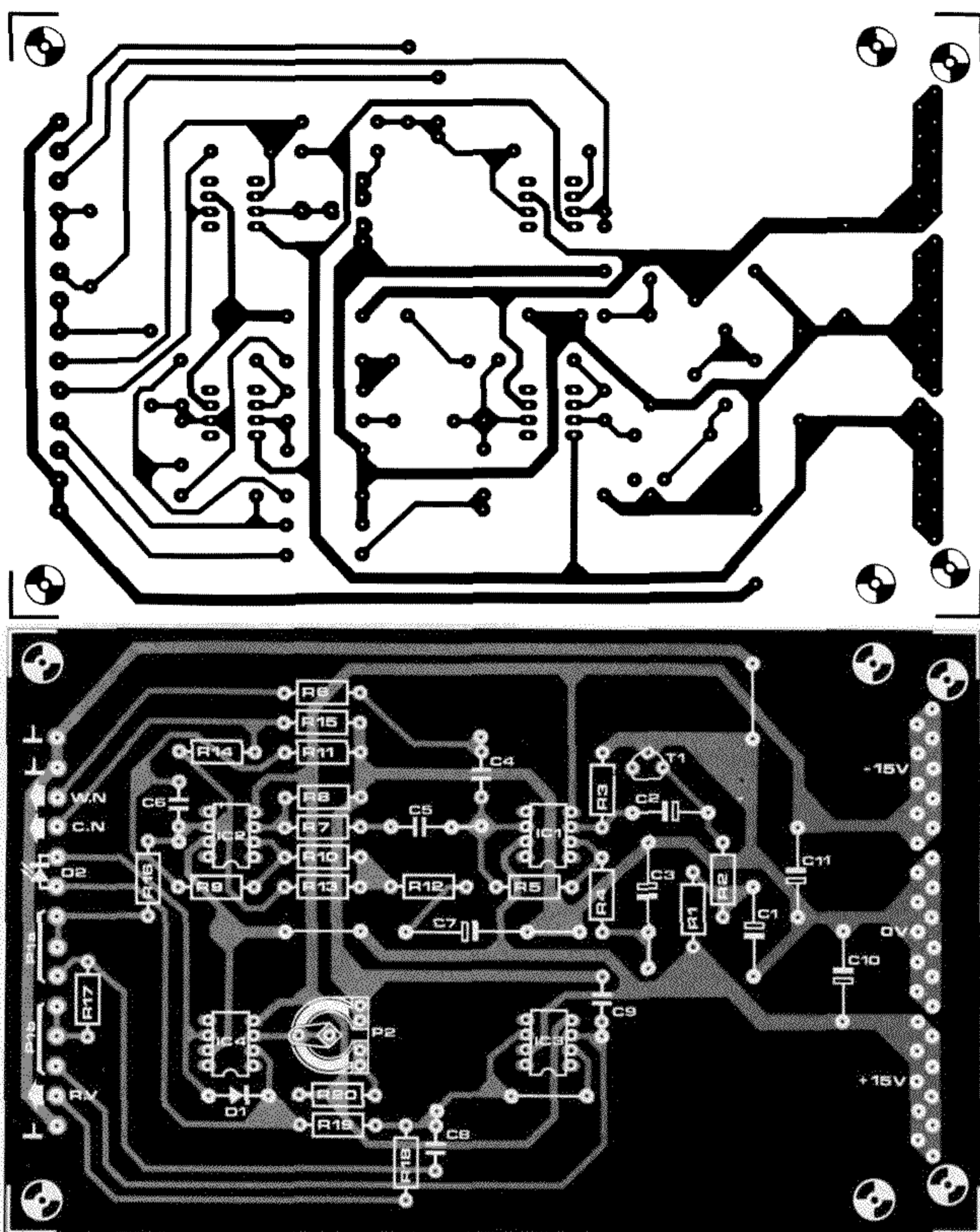
Figure 3. Tracé du circuit et implantation des composants avec liste correspondante pour la plaquette du module LFO. Grâce à l'utilisation d'ICs comportant chacun quatre amplis et à l'adoption d'un mode d'implantation dense, les trois LFOs ont pu être installés sur une plaquette unique au format Eurocard.

Figure 4. Face avant du module LFO. La fréquence de chaque LFO est réglable par potentiomètre individuel entre "slow" et "fast" ("lente" et "rapide"). Les douilles jack des sorties et la LED sont disposées aux quatre sommets d'un parallélogramme, à proximité du bouton de réglage "f". L'affichage par LED permet d'observer l'évolution de la tension de sortie d'onde triangulaire et constitue un auxiliaire précieux pour le réglage et la coordination des sources de tension de modulation, en particulier lors de oscillations très lentes du LFO.

Figure 5. Circuit du module générateur de bruit. Un transistor NPN sélectionné soigneusement sert de source de bruit; au travers des circuits d'amplification et de filtrage qui le suivent et à partir de la tension de bruit produite par la jonction base-émetteur vont être dérivés les signaux de sortie "bruit blanc", "bruit coloré" ainsi qu'une tension aléatoire basse fréquence dont la vitesse est réglable.



6



### Liste des composants de la figure 6 (NOISE)

#### Résistances:

R1,R9,R10,R13 = 47 k  
 R2 = 100 k (valeur approx.)  
 R3,R7,R8 = 470 k  
 R4 = 10 k  
 R5 = 2M2 (valeur approx.)  
 R6,R11,R18,R19 = 470 Ω  
 R12 = 4k7  
 R14,R15,R16,R17 = 1 k  
 R20 = 22 k

#### Condensateurs:

C1 = 22 μ/25 V  
 C2 = 1 μ/16 V

C3 = 47 μ/35 V

C4 = 680 n

C5 = 1 μ (polyester ou polycarbonate)

C6 = 330 n

C7 = 100 μ/35 V

C8,C9 = 220 n

C10,C11 = 10 μ/25 V

#### Semiconducteurs:

IC1,IC2,IC3,IC4 = μA 741 C,  
 MC 1741 CP1  
 Mini DIP)

T1 = TUN ("sélectionné")

D1 = 1N4148

D2 = LED

#### Potentiomètres:

P1 = 2 × 100 k pot. lin double  
 P2 = 10 k ajust.

#### Divers:

1 support de transistor  
 1 connecteur 31 broches DIN 41617 ou  
 picots à souder  
 3 prises jack 3,5 mm  
 3 boutons-flèche pour axe de 6 mm,  
 13 . . . 15 mm de φ ou à collerette trans-  
 parente (26 mm de φ)  
 Face avant NOISE

Figure 6. Tracé, implantation et liste des composants du circuit du générateur de bruit.

Figure 7. Face avant du module générateur de bruit.

Le diviseur de tension R10, P3, R11 ramène la tension de sortie de A3 oscillant entre +15 V env. et -15 V env. à +2,5 V et -2,5 V au curseur de P3. Les résistances R8 et R9 forment un diviseur de tension à l'égard de la tension existant entre la sortie de IC1 et le curseur de P3; c'est pourquoi à l'entrée non inverseuse de A3 existe toujours une tension égale à la moitié de la tension précitée (R8 = R9 = 100k).

L'ampli-op A3 travaille essentiellement en comparateur; sa sortie passe à +15 V dès que l'entrée non inverseuse devient positive par rapport à l'entrée inverseuse mise à la masse, et à -15 V dès que l'entrée non inverseuse devient négative. Comme la tension de sortie abaissée à 2,5 V est ramenée au diviseur de tension R8/R9, la sortie de A3 passe à +15 V quand la tension de sortie de IC1 est montée à +2,5 V (seuil de commutation supérieur du trigger), et à -15 V lorsque cette tension est redescendu à -2,5 V (seuil de commutation inférieur).

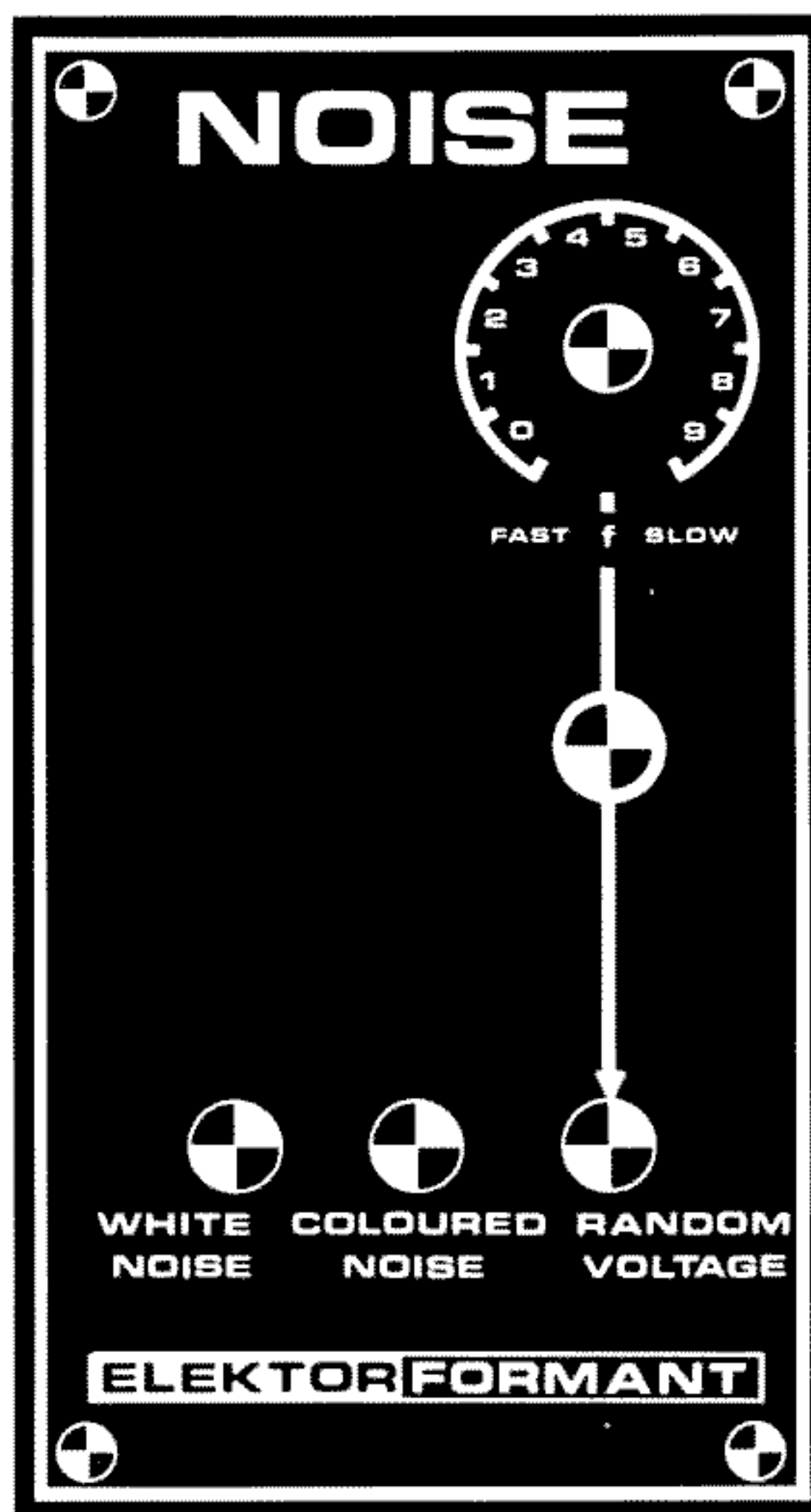
Par P1, la tension de sortie de A3 est appliquée à l'entrée de l'intégrateur inverseur de telle manière que le sens de la variation de tension à la sortie de celui-ci s'inverse chaque fois que l'un des seuils de commutation est atteint.

A la sortie de l'intégrateur, on obtient une oscillation triangulaire dont l'amplitude est identique à l'hystérésis du trigger de Schmitt. La tension d'entrée de l'intégrateur détermine la vitesse d'évolution de la tension en cours de montée et de chute, à la sortie; la fréquence est donc réglable par P1. L'oscillation rectangulaire produite par le trigger de Schmitt est tamponnée par le suiveur de tension A4.

Un circuit convertisseur simple organisé autour de A2 dérive l'oscillation en dents de scie à partir de l'oscillation triangulaire.

Aussi longtemps que la tension appliquée au curseur de P3 est négative (pendant la période de montée de l'oscillation triangulaire), T1 est verrouillé; l'ampli-op A2 fonctionne alors en amplificateur non inverseur à gain unitaire. Durant ce temps, sa tension de sortie est identique à celle du triangle. Avec le flanc positif de la pente du signal rectangulaire (le "triangle" a atteint le seuil de commutation supérieur du trigger de Schmitt), T1 devient conducteur et commute A2 en amplificateur inverseur qui produit une pente à flanc négatif à sa sortie (flanc arrière de la dent de scie). Comme A2 fonctionne en inverseur, une évolution de tension montante s'amorce à la

7



sortie de la dent de scie durant l'évolution désormais décroissante de la tension triangulaire.

La figure 2 montre l'évolution de tension et la position de phase des signaux de sortie d'un des LFOs. Il apparaît clairement que l'oscillation en dents de scie a une fréquence double de celle des oscillations triangulaire et rectangulaire, ce fait étant conditionné par le type de transformation de l'oscillation triangulaire en oscillation en dents de scie qui ne pose aucun problème dans le cas présent.

La figure 1b présente le circuit de LFO3. La seule différence par rapport aux deux autres LFOs réside dans l'utilisation d'un des quatre ampli-ops (LM 324) de l'IC. Dans les deux LFOs identiques, A4 sert au découplage du signal rectangulaire. Dans LFO3, comme il n'y a pas de sortie rectangulaire, l'amplificateur A8 "libéré" est utilisé à l'inversion de la dent de scie de telle façon que le circuit sorte, en plus d'une oscillation triangulaire et d'une oscillation en dents de scie

à pente positive, une seconde oscillation en dents de scie à pente négative.

### Réalisation et alignement des LFOs

En raison de la densité d'implantation des composants sur la plaquette, il est absolument nécessaire que les soudures soient exécutées avec beaucoup de soin afin d'éviter des pontages indésirables par excès de soudure. Les composants de LFO2 sont identiques à ceux de LFO1 mais s'en distinguent sur la plaquette et dans la liste correspondante par le signe ('). Chacun des LFOs nécessite quatre ajustements:

- réglage de l'amplitude du signal par P3, P3', P7
- équilibrage d'offset des intégrateurs par P2, P2', P5
- sélection de R16 (R16', R17) pour l'obtention de la durée de période maximale (fréquence la plus basse)
- réglage de l'affichage des LEDs par P4, P4', P6.

La procédure de mise au point, identique pour les trois LFOs, s'applique à LFO1 dans l'exposé qui suit:

#### Réglage d'amplitude

1. Mettre P2 en position médiane. Avec P1, régler la fréquence maximale (curseur "orienté" sur la sortie de A3). Contrôler la sortie triangulaire à l'oscilloscope.
2. Régler P3 pour avoir une tension de sortie de crête à crête de 5 V ( $\pm 2,5$  V).
3. Vérifier l'amplitude et la forme d'onde des deux autres signaux de sortie.

#### Equilibrage d'offset

1. Déconnecter R1 du curseur de P1 et la mettre à la masse (les deux entrées de IC1 sont alors à la masse par les résistances).
2. Avec un contrôleur universel, vérifier la tension de sortie de IC1 à la sortie d'onde triangulaire. Choisir la plage de mesure de 50 V. L'aiguille devrait avoir tendance à dévier positivement ou négativement entre +15 V et -15 V. Si elle "s'accroche" soit à +15 V, soit à -15 V, remettre la tension de sortie à zéro en déchargeant C1 au travers d'une résistance de 1k (ou avec deux doigts). Régler P2 pour que la tension reste stable, si possible au voisinage de 0 V pendant plusieurs secondes sans que la résistance de décharge reste en circuit. Choisir ensuite une plage de réglage inférieure, décharger à nouveau C1 et corriger le réglage de P2 pour obtenir des variations de tension minimales. Répéter ce processus opératoire en sélectionnant des plages de mesure de plus en plus basses jusqu'à ce que la déviation ne soit plus que de quelques centaines de millivolts (200 mV., par exemple) durant plusieurs secondes. Il est très important de procéder à un réglage d'offset minutieux, qui s'achèvera lorsque la déviation ne sera plus que de quelques millivolts autour du point 0, car c'est lui qui détermine la durée de période maximale (fréquence minimum) qu'il faut obtenir pour que le LFO fonctionne de manière sûre, ainsi que la symétrie des formes d'onde en oscillations très lentes.

#### Sélection de R16

Si la durée de période maximale n'est pas satisfaisante pour une valeur de R16 de 47  $\Omega$  (curseur de P1 sur R16) et qu'elle soit un peu inférieure à 3 minutes, on peut utiliser une valeur plus faible. Afin d'assurer un fonctionnement de circuit stable, il ne faut pas que R16 soit inférieure à 10  $\Omega$  (pour des valeurs encore plus faibles le courant de commande de l'intégrateur est insuffisant par rapport à celui d'entrée de l'ampli-op et les oscillations cessent. Si l'on a un 741 défectueux avec des courants d'entrée élevés, ou encore un condensateur C1 avec un courant de fuite, la cessation de fonctionnement de l'oscillateur se produit déjà pour les fréquences plus élevées avec des valeurs de R16 plus fortes). Sur des modèles de laboratoire on a expérimenté le circuit en donnant à R16 une valeur de 18  $\Omega$  et l'on a obtenu une durée de période maximale d'environ 5 minutes pour l'oscillation triangulaire.

#### Réglage de l'affichage des LEDs

Le trimmer P4 doit être ajusté de telle manière que l'affichage de la LED révèle une évolution de l'oscillation triangulaire aussi "linéaire" que possible, c'est-à-dire que sa luminosité n'atteigne pas son maximum avant que ne soit obtenue la crête supérieure du triangle, et que, à l'inverse, elle ne disparaisse pas complètement avant le creux.

### Circuit du générateur de bruit (NOISE)

La figure 5 montre le circuit complet du module générateur de bruit. C'est un transistor NPN (T1) qui sert de source à tous les bruits. La jonction base-émetteur est polarisée en inverse. L'amplificateur IC1 porte l'amplitude moyenne de bruit à environ 2,5 V crête à crête. Cet étage amplificateur est à large bande de telle façon que le spectre de bruit décrit comme étant le "bruit blanc" soit disponible à sa sortie.

Le bruit "blanc" est également appliqué à un amplificateur sélectif construit autour de IC2. Le filtre passe-haut C6/R11 du circuit de contre-réaction de l'ampli-op produit une augmentation de gain de 6 dB/octave lors de l'évolution décroissante de la fréquence limite 1 kHz jusqu'à ce que le gain maximum (vers 90 Hz) fixé à environ 21 dB par le second circuit de contre-réaction R13/R12 soit atteint. En d'autres termes, il se produit une accentuation des basses grâce à laquelle un bruit "coloré" est obtenu à partir du bruit "blanc". Les deux diviseurs de tension R7/R8 et R14/R15 servent à la modulation des niveaux de telle manière que les deux sorties de bruit soient à peu près de même hauteur.

Le bruit "coloré" non atténué est appliqué à un filtre passe-bas de 12 dB/octave organisé autour de IC3 qui ne filtre que les très basses fréquences. C'est ainsi qu'on obtient de manière simple une tension aléatoire à basse fréquence dont la vitesse d'évolution est réglable, à l'aide de P1 qui agit sur la fréquence de coupure du filtre passe-bas. Grâce à un autre ampli-op, IC4, l'évolution de la tension aléatoire est observable visuellement sur un "affichage à LED linéarisé".

### Réalisation et réglage du générateur de bruit (NOISE)

La figure 6 donne le tracé du circuit et l'implantation des composants du générateur de bruit; la présentation de la face avant est donnée en figure 7. Il faut prévoir un socle sur la plaquette pour le transistor T1, car tous les transistors ne conviennent pas à la génération de bruit et il faut donc pouvoir en essayer plusieurs si nécessaire. En dehors de cela, la construction du circuit ne présente aucune particularité. Les réglages se bornent à la sélection d'un "transistor de bruit" adéquat, au réglage de l'affichage par LED, et, en cas de besoin, à la sélection d'une valeur

