

# Réalisation des VCOs

## Chapitre 5

### Choix des composants

Afin d'éviter des répétitions, le lecteur est invité à se reporter aux conseils déjà donnés. En plus des précautions habituelles, le VCO en exige quelques-unes supplémentaires:

- utiliser pour C2 un condensateur MKM ou un modèle film plastique de qualité équivalente.
- tester les transistors T1 et T2 avant de les monter.
- les diodes D3 et D4 doivent être si possible appairées.

On parvient à trouver des diodes germanium appairées chez les détaillants spécialisés; il est également possible de démonter un 'vieux' détecteur de rapport: celui-ci comprend presque toujours une paire de diodes germanium. Le cas échéant, on pourra également utiliser des diodes de même type non appairées: on verra si elles conviennent lors des essais du VCO. Le triage des transistors à effet de champ T2 et T3 s'effectue de la même façon que pour les FETs drain commun de l'interface; on emploiera le montage d'essai décrit dans la 3ème partie. Cependant, à la différence des FETs de l'interface, il faudra rejeter les exemplaires présentant une tension de source  $U_S$  inférieure à 0,5 V.

Les FETs caractérisés par une tension  $U_S$  comprise entre 1,6 et 2 V (BF 245 B) sont utilisables pour le VCO. Ces FETs seront montés avec des résistances de source de 4k7 (R17, R20). Tous les autres FETs ( $U_S$  compris entre 0,5 et 1,5 V avec le montage d'essai) recevront lors de leur implantation sur le circuit du VCO des résistances de source correspondant au tableau 1 de la troisième partie.

Le transistor de décharge T1 (BC 109 C ou équivalent) doit également être vérifié. A l'état bloqué, un courant résiduel trop important peut en effet provoquer un fonctionnement bizarre du VCO. La figure 1 montre un montage d'essai simple, qui comprend en plus du transistor NPN en essai T1 un 'amplificateur de mesure' constitué par le transistor PNP le transistor T8 qui sera monté après le test dans la partie PWM du circuit VCO.

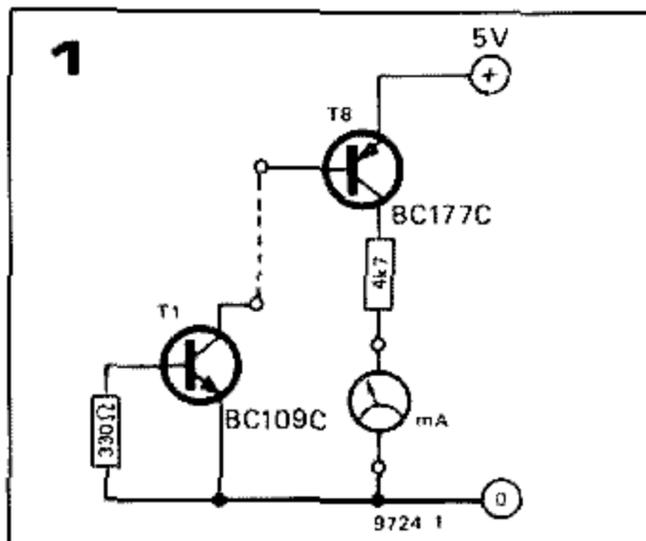
Le milliampèremètre (contrôleur universel, calibre 1mA) mesure le courant collecteur du transistor PNP, et la résistance de 4k7 empêche toute surcharge de l'appareil de mesure. Après application de la tension d'alimentation de 5 V, la base de T8 reste tout d'abord 'en l'air'. Si T8 fonctionne normalement, l'appareil de mesure ne doit indiquer aucun courant. La base de T8 est ensuite mise à la masse par une résistance de 100 k (ou par le bout du doigt mouillé); le milliampèremètre doit dévier à fond. Après s'être ainsi assuré du bon fonctionnement de T8, on peut relier le collecteur de T1.

L'aiguille du milliampèremètre ne doit encore pas dévier; dans ce cas, le courant de fuite est suffisamment faible pour pouvoir utiliser le transistor dans le VCO. Pour parachever ce contrôle, on peut relier la base de T1 au + 5 V par l'intermédiaire d'une résistance de 2 k 2; la déviation à fond d'échelle du milliampèremètre montre alors que T1 fournit également une amplification en courant.

### Le circuit imprimé

La figure 3 montre les deux faces du circuit imprimé, ainsi que la liste complète des composants. La partie oscillateur (sommateur des tensions de commande, exponentiateur, oscillateur en dents de scie) se trouve en haut du circuit imprimé, alors que le convertisseur de forme d'onde est situé à la partie inférieure. Ces deux parties du VCO disposent de leurs propres pistes de masse et d'alimentation; leurs connexions sont également séparées sur le circuit imprimé. Elles ne sont reliées que par un strap (à la source de T3), qui transmet le signal de l'oscillateur au convertisseur. Ce point de liaison est désigné dans le schéma complet du circuit (partie oscillateur à la figure 2a, convertisseur de forme d'onde à la figure 2b) par le point A. La représentation des entrées et des sorties sur le circuit imprimé présente une particularité: toutes les entrées sont repérées par une flèche 'creuse', alors que les sorties sont caractérisées par une flèche 'pleine'.

Les abréviations utilisées pour les connexions sont rassemblées ci-dessous:



VCO/IOS	= Internal Output Signal (signal de sortie interne du VCO; sera transmis au VCF)
EOS	= External Output Signal (prise jack sur la face avant)
ECV	= External Control Voltage (tension de commande externe appliquée par l'intermédiaire de la prise jack de la face avant)
PWM	= Pulse Width Modulation (entrée de tension de modulation pour la modulation de largeur d'impulsion)
FM	= Frequency Modulation (entrée pour une tension destinée à moduler la fréquence).

### Réalisation, mise au point et essais

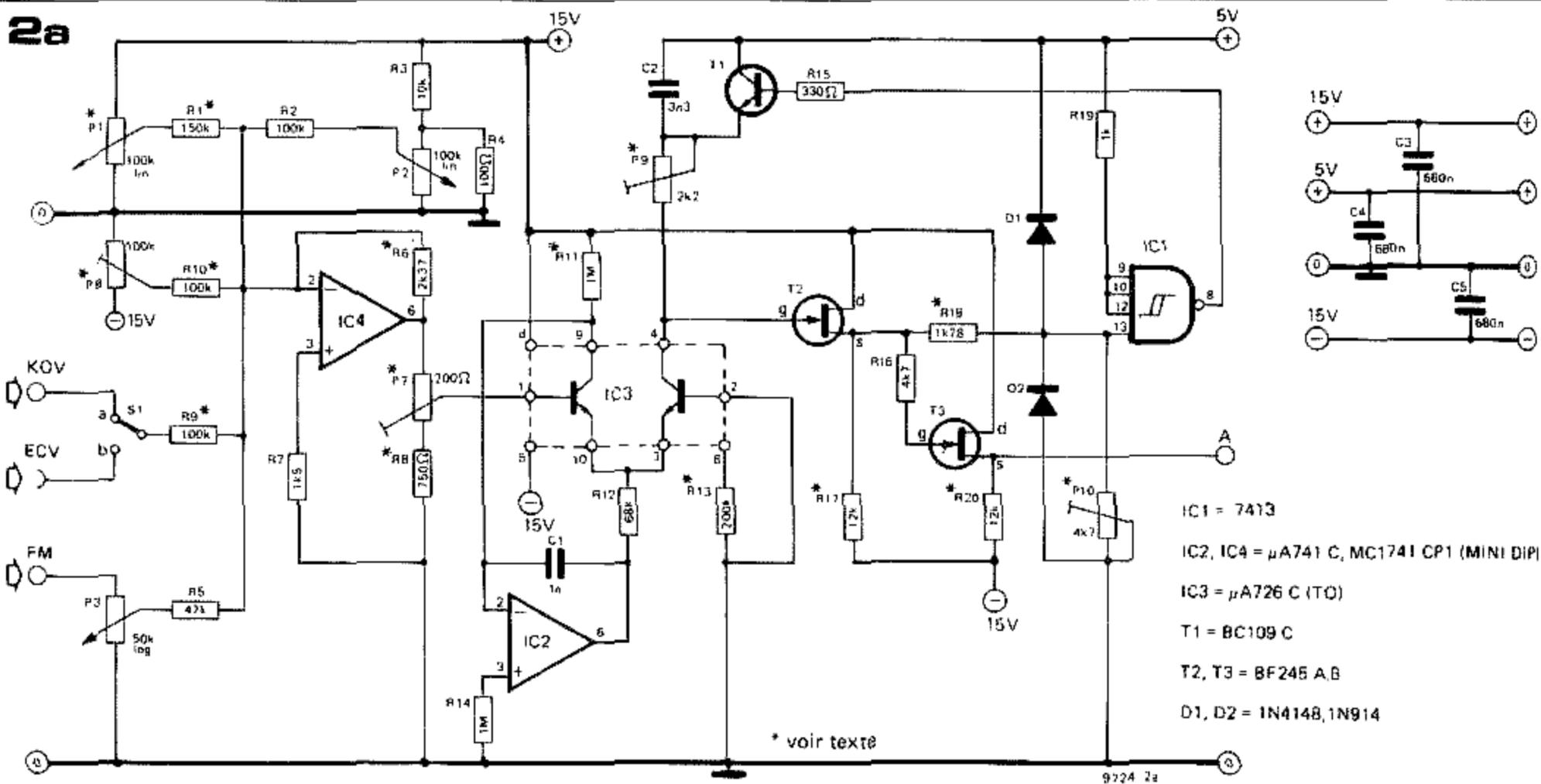
Ces trois étapes sont exécutées en suivant l'ordre de la description du circuit décrit dans la quatrième partie. Seul le réglage de la caractéristique 1 V/octave sera effectué après la réalisation du module VCO; en raison de son importance, ce réglage sera décrit séparément à la fin de cette partie. Lors de l'implantation des composants sur le circuit imprimé, il faudra suivre les indications déjà données pour le circuit d'interface. D'autre part, si l'on réalise soi-même le circuit imprimé du VCO, il faudra étamer au moins les pistes de masse et d'alimentation.

#### Partie oscillateur

On plantera en premier les composants de l'oscillateur en dents de scie (figure 3 de la quatrième partie); il ne faudra pas oublier de souder les straps correspondant aux liaisons de masse et de tension d'alimentation. Pour la mise au point de la partie oscillateur, on remplacera provisoirement l'exponentiateur par une résistance de 1 M $\Omega$ , reliant P9 au - 15 V (utiliser la pastille destinée au strap vers R16/R17). La résistance de 1 M $\Omega$  sert pour la charge du condensateur C2. On mesure à l'aide d'un oscilloscope le signal de sortie de l'oscillateur au point A (source de T3, ou pastille du strap). Si le montage n'oscille pas à la mise sous tension, on peut le faire démarrer avec l'ajustable Cermet P10. On pourra alors constater que l'oscillateur décroche lorsque l'ajustable se trouve dans les

Figure 1. Circuit d'essai simple destiné aux transistors T1 et T8 du VCO.

2a



positions extrêmes. P10 sera alors réglé au milieu de la plage de fonctionnement. La fréquence de l'oscillateur doit être voisine de 1 kHz, et l'amplitude du signal de 3 V environ (crête à crête). Maintenant que le 'cœur' du VCO a commencé à battre, la partie oscillateur (correspondant à la figure 2a) peut être complétée; P1 suffit comme élément de réglage, les autres entrées du sommateur ( curseurs de P2 et P3, contact mobile de S1) sont mises à la masse. On peut constater dès la mise en marche le bon fonctionnement de la commande exponentielle: lorsque l'on déplace lentement le curseur de P1 de la masse vers le 'haut', la fréquence du VCO doit croître rapidement. Si le VCO démarre mal aux fréquences très basses, le réglage de l'ajustable de 'départ' doit être modifié de façon à ce que le VCO oscille à coup sûr pour ces fréquences.

L'aspect de la forme d'onde du signal de sortie renseigne également sur le bon fonctionnement de l'exponentiateur: si la montée du signal en dents de scie avait encore un aspect exponentiel lors du premier essai avec la résistance de 1 M $\Omega$ , elle doit maintenant être linéaire (voir photo 1).

Il faut ensuite régler le trimmer d'offset de façon à ce que la fréquence de l'oscillateur soit voisine de la limite inférieure du spectre audible (environ 15 Hz) lorsque toutes les entrées du sommateur sont à la masse. Ce réglage n'a pas besoin d'être effectué avec une précision extrême.

#### Convertisseur de forme d'onde

La première partie à construire est le circuit de dents de scie espacées (figure 1 la de la quatrième partie). Le signal de sortie sera mesuré au point S3a. Le trimmer Cermet P11 permet de régler la 'qualité' de la forme d'onde (sonorité plus ou moins claire). Le

2b

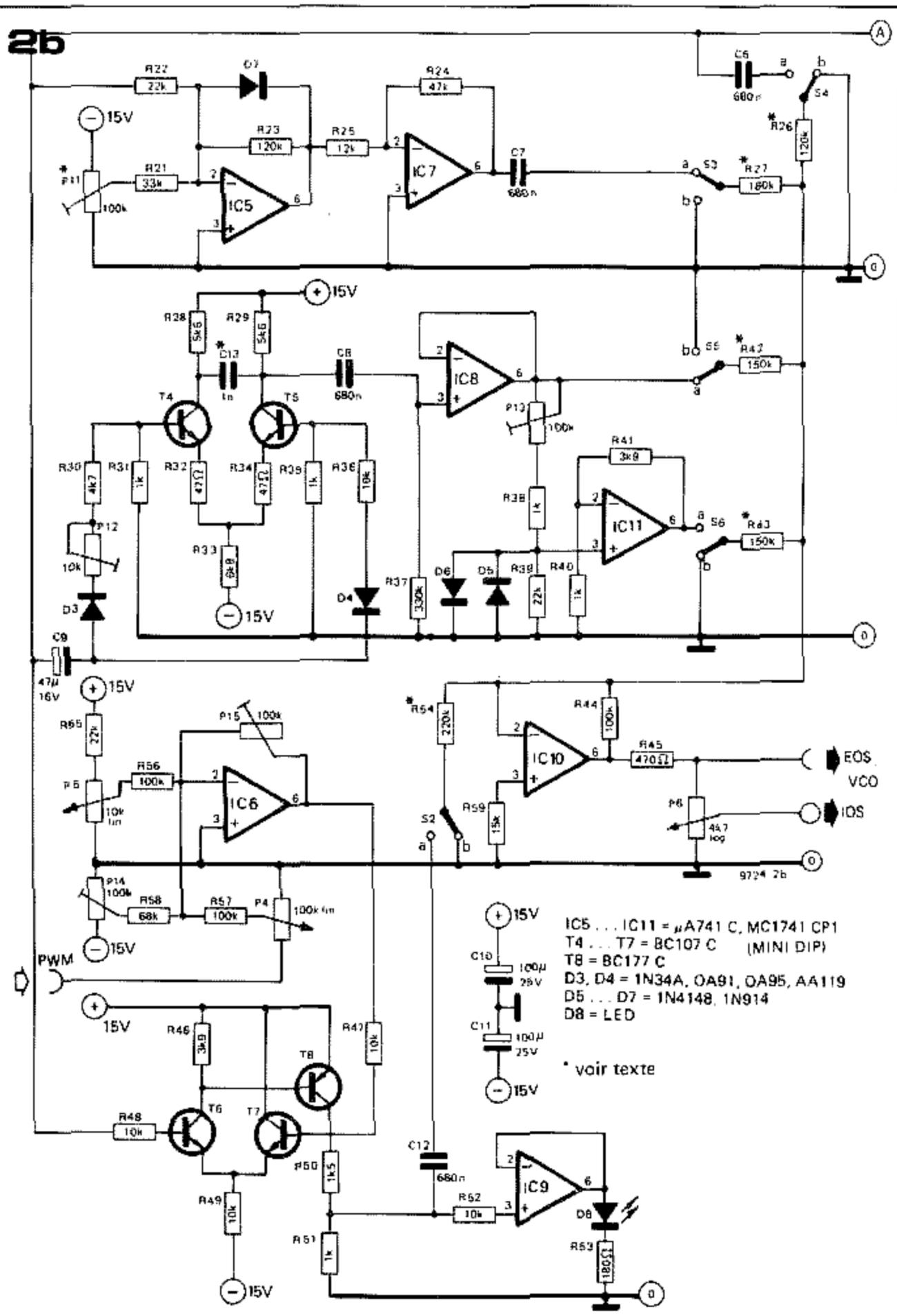


Figure 2. Schéma complet du VCO. Le rôle et le fonctionnement des étages isolés du circuit ont déjà été décrits dans la quatrième partie. L'étage oscillateur se trouve à la figure 2a, et le convertisseur de forme d'onde à la figure 2b.

Lorsque la luminosité de D8 est maximale, la consommation totale se monte à:

+ 5V env. 20 mA

+ 15V env. 50 mA

-15V env. 35 mA

Ce circuit de VCO n'est pas intéressant que pour un synthétiseur. Il peut également servir pour élaborer un générateur de fonctions universel extrêmement précis.

Photo 1 . . . photo 7. Formes d'onde du VCO:

1. Dent de scie

2. 'Dent de scie espacée'

3. Triangle

4. Sinusoïde

5. Rectangulaire, largeur d'impulsion env. 1%

6. Rectangulaire symétrique

7. Rectangulaire, largeur d'impulsion env. 99%

réglage définitif est affaire de goût; on pourra se baser sur une position qui correspond à un signal d'amplitude 3 V crête à crête (comparer avec le photo 2).

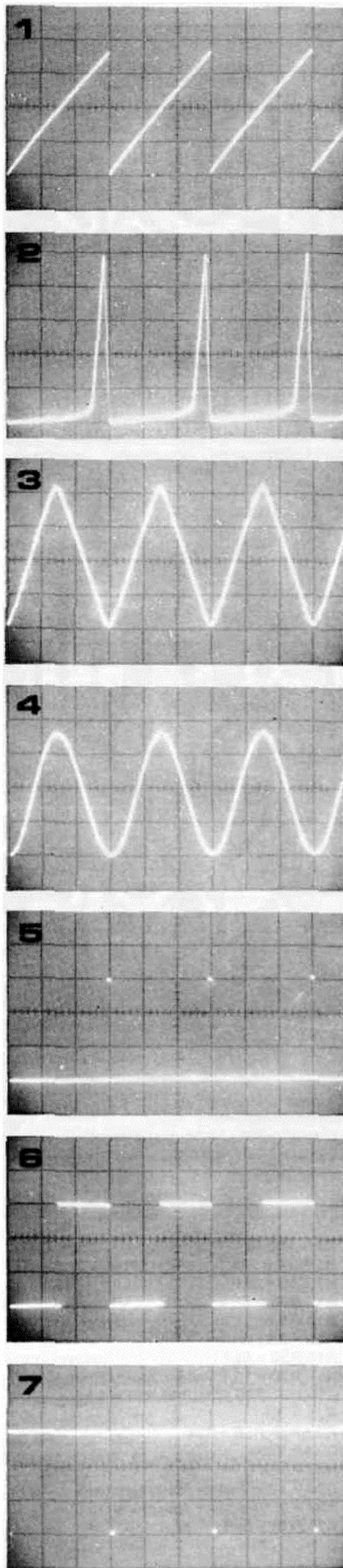
Les étages convertisseurs triangle et sinusoïde viennent ensuite; le condensateur C13 sera d'abord omis. L'aspect du triangle obtenu à la sortie S5a permet de savoir si les diodes D3 et D4 conviennent bien: pour la position médiane de P12, l'asymétrie du signal est une 'mesure' de la 'dissemblance' des diodes. Cette asymétrie peut être corrigée dans une certaine mesure au moyen de P12. S'il est impossible d'obtenir une forme d'onde symétrique sur la plage de réglage du potentiomètre ajustable, il ne reste plus qu'à chercher des diodes mieux appairées.

La photo 3 montre l'aspect du signal triangulaire correspondant à un réglage convenable. Toute 'entaille' éventuelle dans la pointe du triangle due à une impulsion pointue peut être éliminée avec le condensateur C13; en règle générale, il ne sera pas nécessaire de le rajouter.

Le problème des diodes se pose de façon analogue pour le convertisseur sinusoïdal. La similitude des diodes détermine la symétrie du signal de sortie disponible au point S6a; l'ajustable P13 permet de se rapprocher d'une sinusoïde (en arrondissant les pointes du triangle). La photo 4 montre le signal sinusoïdal obtenu.

La dernière partie du convertisseur à monter est le modulateur PWM. On effectuera le réglage et l'essai après avoir relié le potentiomètre P5 et mis le curseur de P4 à la masse.

Les deux potentiomètres ajustables sont à manoeuvrer jusqu'à ce que le potentiomètre P5 couvre une gamme de largeurs d'impulsion allant de 1 à 99%. Comme la méthode par essais successifs peut dans certains cas prendre beaucoup de temps avant de parvenir à un résultat,



le lecteur pourra employer la méthode plus rapide donnée ci-dessous:

1) Régler P5 pour obtenir une tension de 5,5 V au curseur, mettre P15 à la valeur maximale.

2) Relier un voltmètre à la sortie d'IC6.

3) Observer à l'oscilloscope le signal de sortie PW au point S2a.

4) Régler avec P5 la largeur minimale et maximale de l'impulsion de sortie;

mesurer et noter les valeurs de la tension en sortie d'IC6 dans les deux positions du potentiomètre (la valeur de tension la plus élevée pour une

largeur d'impulsion minimale sera appelée par la suite  $U_{max}$ , la valeur la

plus basse pour une largeur d'impulsion maximale par  $U_{min}$ ).

5) Tourner le curseur de P14 vers la masse, puis régler P5 de façon à

obtenir la tension maximale au curseur. Régler alors avec P15 la tension de

sortie d'IC6 pour qu'elle soit égale à la

différence entre les tensions  $U_{max}$  et  $U_{min}$  ( $U_{max} - U_{min}$ ). En raison de

l'inversion due à IC6, la tension de

sortie est négative!

6) Ne pas toucher au réglage de P5, et

tourner P14 pour obtenir la largeur d'impulsion maximale du signal de

sortie. Le réglage est alors terminé; on pourra comme contrôle final tourner

le curseur de P5 vers la masse: le signal de sortie doit alors présenter la

largeur d'impulsion minimale.

On procède alors à l'implantation des

composants du sommateur, à l'exception des résistances R26, R27,

R42, R43 et R54. On soude provisoirement aux endroits prévus pour

ces résistances un potentiomètre de

250k, puis on règle celui-ci afin

d'obtenir pour chaque forme d'onde

une amplitude d'environ 2,5 V crête-à-

crête. On mesure ensuite la résistance

correspondante du potentiomètre,

que l'on remplace par une résistance

fixe de même valeur. La précision est

satisfaisante si l'on choisit des

résistances procurant une amplitude du

signal comprise entre 2 et 3 V crête-à-

crête à la sortie EOS.

La figure 4 montre le projet de face

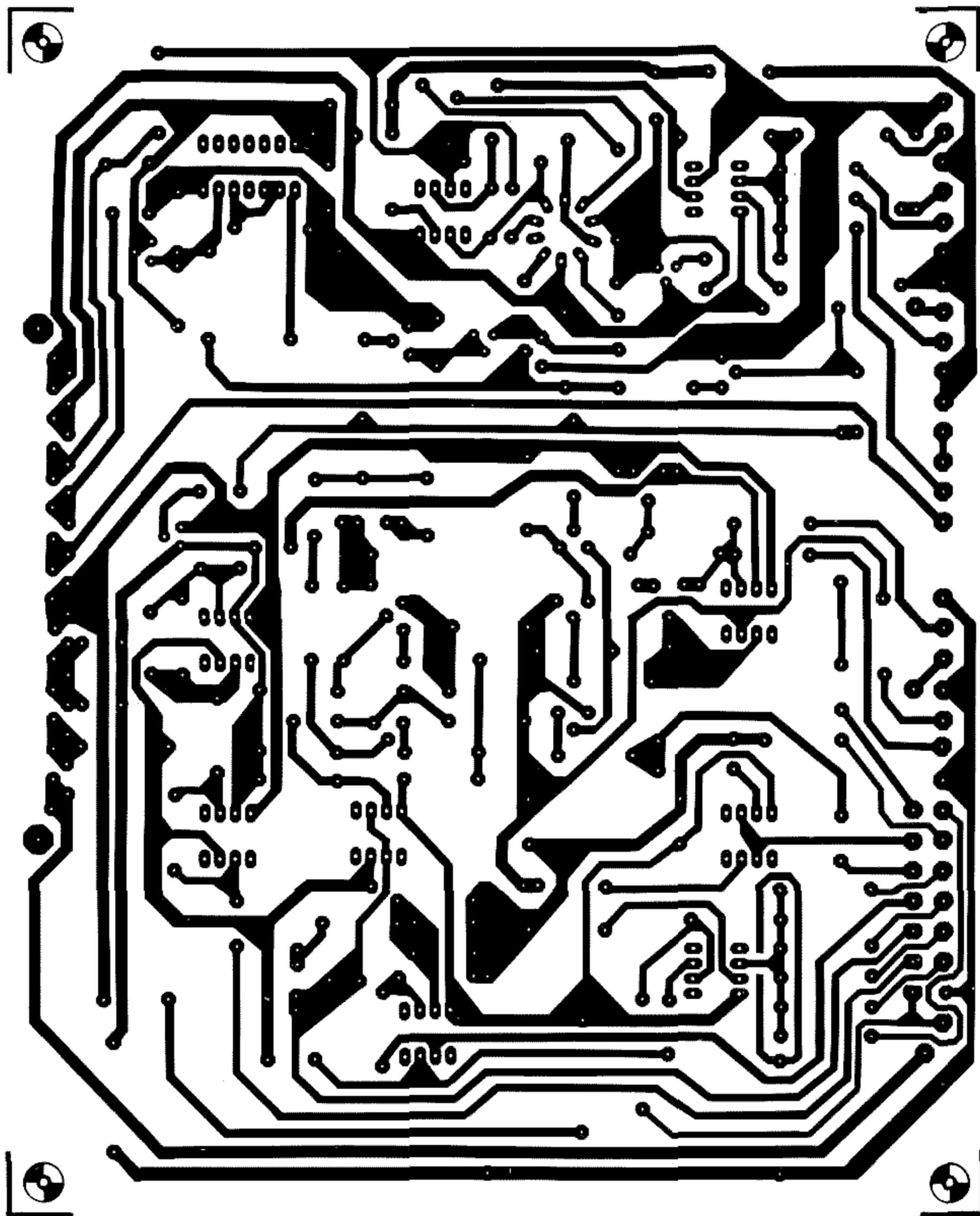
avant destiné au module VCO. Les

boutons de commande sont disposés

d'après leurs fonctions. Toutes les

entrées (prises jack 3,5 mm) se

3



Liste des composants correspondant à la figure 2.

Résistances:

a) couche métallique, tolérance 1%

R1 = 150 k  
R6 = 2k37  
R8 = 750  $\Omega$   
R9, R10 = 100 k  
R11 = 1 M  
R13 = 200 k  
R18 = 1k78

b) couche de carbone, tolérance 5%

R2, R44, R56, R57 = 100 k  
R3, R36, R47, R48, R49, R52 = 10 k

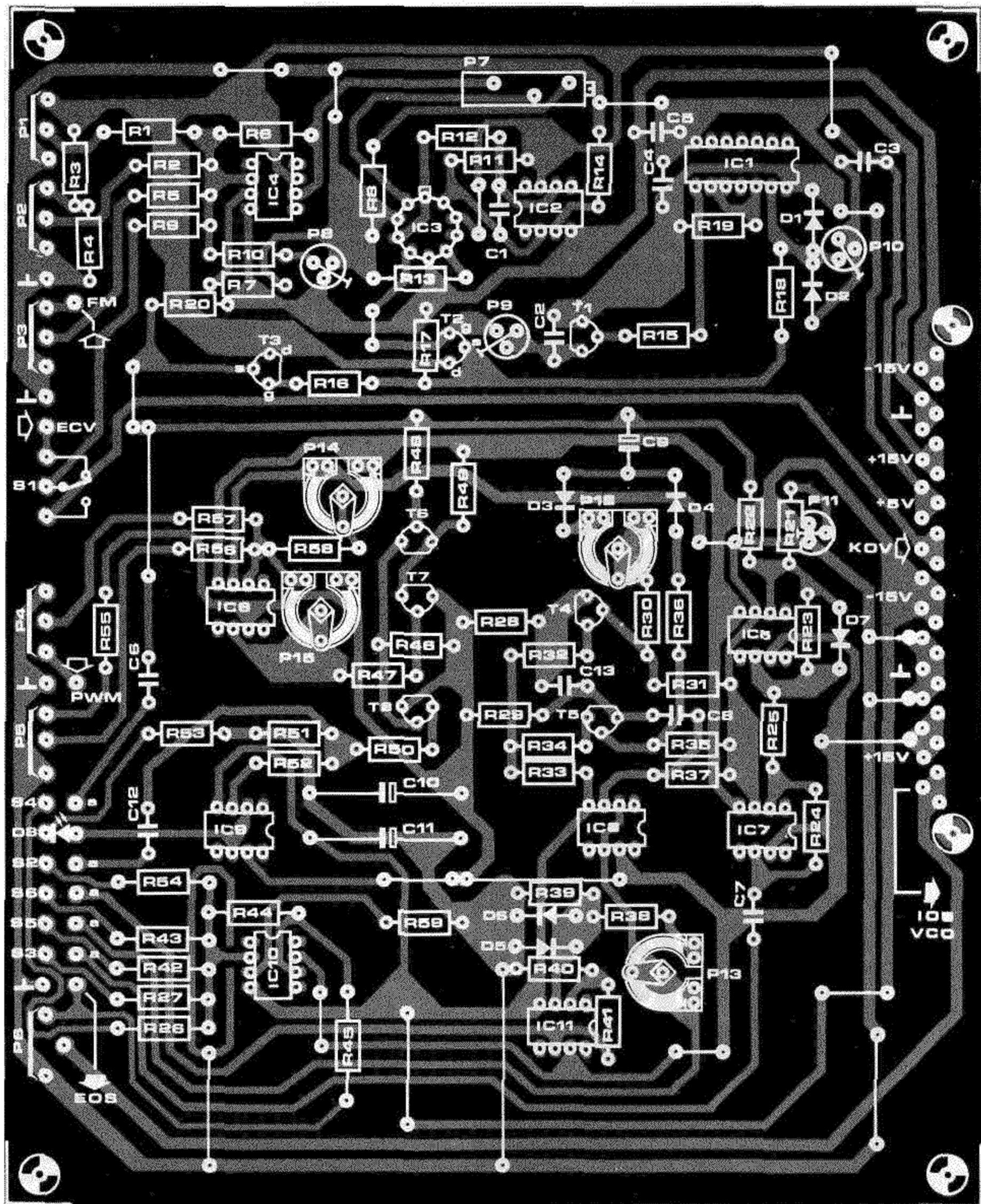
R4 = 100  $\Omega$   
R5, R24 = 47 k  
R7, R50 = 1k5  
R12, R58 = 68 k  
R14 = 1 M  
R15 = 330  $\Omega$   
R16, R30 = 4k7  
R17, R20 = 12 k (valeur approximative)  
R19, R31, R35, R38, R40, R51 = 1 k  
R21 = 33k  
R22, R39, R55 = 22k  
R23 = 120k  
R25 = 12k  
R26 = 120k (valeur approximative)  
R27 = 180k (valeur approximative)  
R28, R29 = 5k6

R32, R34 = 47  $\Omega$   
R33 = 6k8  
R37 = 330k  
R41, R46 = 3k9  
R42, R43 = 150k (valeur approximative)  
R45 = 470  $\Omega$   
R53 = 180  $\Omega$   
R54 = 220k (valeur approximative)  
R59 = 15k

Potentiomètres ajustables:

a) Cermet

P7 = 200 (220, 250)  $\Omega$ , 10 tours  
P8, P11 = 100k  
P9 = 2k2  
P10 = 4k7



b) Couche de carbone

P12 = 10k  
P13, P14, P15 = 100k

Potentiomètres:

a) Cermet

P1 = 100k lin.

b) Couche de carbone

P2, P4 = 100k lin.

P3 = 50k log.

P5 = 10k lin.

P6 = 4k7 (5k) log.

Condensateurs:

C1 = 1 n

C2 = 3n3 (MKM)

C3, C4, C5, C6, C7, C8, C12 = 680 n

C9 = 47  $\mu$ /16V

C10, C11 = 100  $\mu$ /25V

C13 = 1 n (voir texte)

Semi-conducteurs:

T1 = 8C 109 C

T2, T3 = BF 245 A, B

T4 . . . T7 = BC 550C, BC 109C

T8 = BC 560C, BC 159C

D3, D4 = OA 91, OA 95, AA 118, AA 119,  
1N34A

D1, D2, D5, D6, D7 = 1N4148, 1N914

D8 = LED

IC1 = 7413

IC2, IC4, IC5, IC6, IC7, IC8, IC9, IC10, IC11 =  
 $\mu$ A 741 C, MC 1741 CP1 (MINI) DIP)  
IC3 =  $\mu$ A 726 C (TO, Fairchild)

Divers:

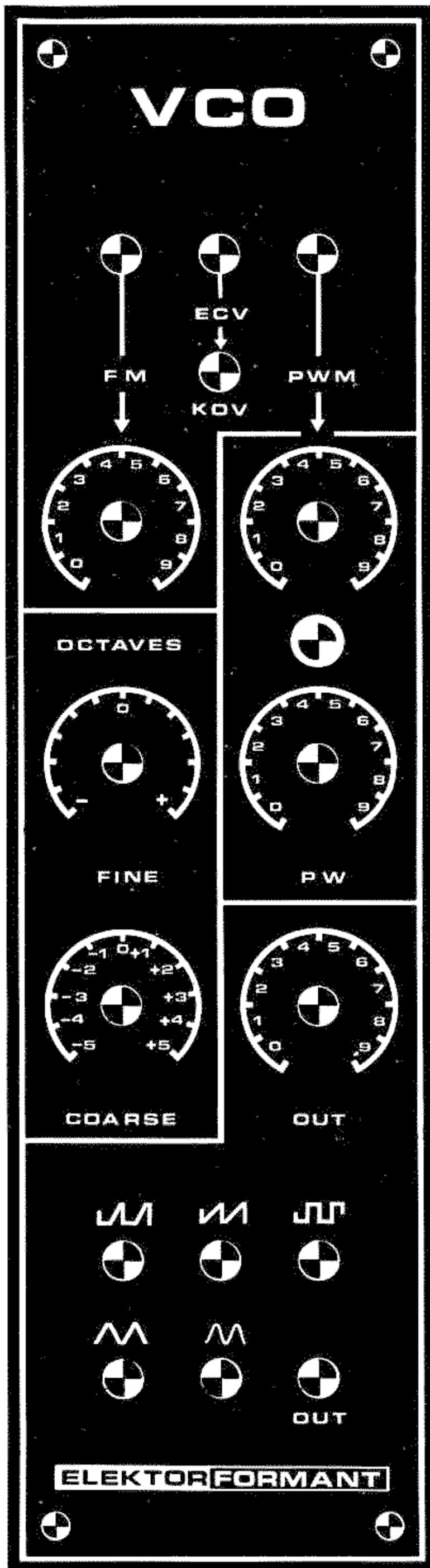
Connecteur 31 broches (DIN 41617) ou  
picots à souder

S1 . . . S6 = inverseurs unipolaires miniatures  
4 prises jack 3,5 mm

6 boutons flèche pour axe de 6 mm, 13 à  
15 mm de  $\emptyset$  ou collerette transparente  
(26 mm  $\emptyset$ )

Face avant VCO

Figure 3. Circuit imprimé, implantation et  
liste des composants du VCO.



PW (D8). La partie inférieure de la face avant supporte tous les organes appartenant à la sortie du VCO: le réglage d'amplitude (volume) OUT (= P6), les inverseurs à levier S2 . . . S6 servant à choisir la forme d'onde et la prise jack OUT destinée au signal de sortie externe EOS.

### Réalisation du module VCO

L'unité mécanique et électronique du module VCO est obtenue en réunissant la face avant et le circuit imprimé. On peut fixer ces deux parties simplement avec deux équerres métalliques, vissées sur la partie avant du circuit imprimé puis collées (ou vissées) sur la face avant. Il est cependant recommandé (en raison de la meilleure solidité mécanique et du blindage électrique obtenus) de compléter la face avant par un support en tôle d'aluminium (comme pour le circuit d'interface). Le circuit imprimé sera alors fixé sur ce support à l'aide de quatre vis et entretoises (voir photo 8). Le câblage entre le circuit imprimé et la face avant est des plus réduits; il se limite à des connexions très courtes. Une seule connexion de masse suffit pour les prises jack; la face avant et le support du circuit imprimé sont simultanément mis à la masse à cet endroit. Il ne faut pas oublier de relier à la masse les contacts b des inverseurs à levier S2 . . . S6 afin d'éviter l'apparition de ronflements parasites sur les entrées du sommateur restées 'en l'air'.

### Réglage de la caractéristique 1 V/octave

Le réglage le plus critique du synthétiseur FORMANT est celui de la caractéristique V/octave des VCOs. Ce réglage doit être effectué aussi soigneusement que possible, et vérifié de temps à autre. Avant de procéder au réglage, il faut tout d'abord faire 'chauffer' le VCO pendant quelques instants. La mise au point s'effectue à l'aide du clavier réglé exactement sur 1V/octave et d'une fréquence de référence stable, par exemple un deuxième VCO, un standard de fréquence à quartz doté d'une sortie 500 Hz ou une source de signal de stabilité comparable. Le signal en dents de scie du VCO à régler et le signal de

Figure 4. Face avant du VCO.

Photo 8. Module VCO terminé. Le circuit imprimé est fixé sur un support en tôle d'aluminium, ce dernier étant lui-même fixé sur la face avant. Les connexions avec le reste du synthétiseur s'effectue à l'aide d'un connecteur 31 broches situé à l'arrière du circuit imprimé.