

prête particulièrement bien à son association avec d'autres instruments. Les possibilités d'application sont nombreuses. Pour le partisan de la musique intégralement électronique, la première est l'association à d'autres synthétiseurs. Une combinaison intéressante est celle qui unit un "grand" FORMANT et un mini-FORMANT constitué d'un seul VCO, d'un VCA, d'un VCF et d'un ADSR. Dans ce système, le "grand" FORMANT délivre les timbres orchestraux dont il a été question antérieurement, tandis que le mini-FORMANT est chargé de jouer la mélodie principale. Il est évident qu'en l'occurrence il est préférable que chaque synthétiseur ait son joueur attitré. Il est malheureusement impossible d'exprimer suffisamment bien à quel point le FORMANT gagne à être utilisé en conjonction avec les timbres d'autres instruments. Un synthétiseur seul est comme une vaste salle bourrée de divers instruments, mais où ne se trouverait qu'un seul instrumentiste pour les utiliser.

faire simultanément.

Le playback est une autre forme de l'instrumentation à plusieurs voix. Néanmoins les frais d'utilisation de magnétophones du type employé en studio sont relativement élevés.

Un piano électronique, un orgue à plusieurs voix constituent un très intéressant complément. Le CLAVINETT, dont le prix est peu élevé, est particulièrement indiqué.

C'est au sein d'un groupe de musiciens que le FORMANT trouve son application musicale la plus large, là où ses timbres contrastent avec ceux des autres instruments. C'est dans une telle orchestration que le joueur de FORMANT connaît peut-être ses plus puissantes inspirations musicales.

#### Bibliographie:

SIRKER, U.: "Strukturelle Gesetzmäßigkeiten in den Spektren von Blasinstrumentenklängen".

ACUSTICA, Vol. 30, Heft 1, 1974

HUTCHINS, C.M.: "Instrumentation and methods for violin testing". JAES, Vol. 21, Sept 1973, Nr. 7, 563-570

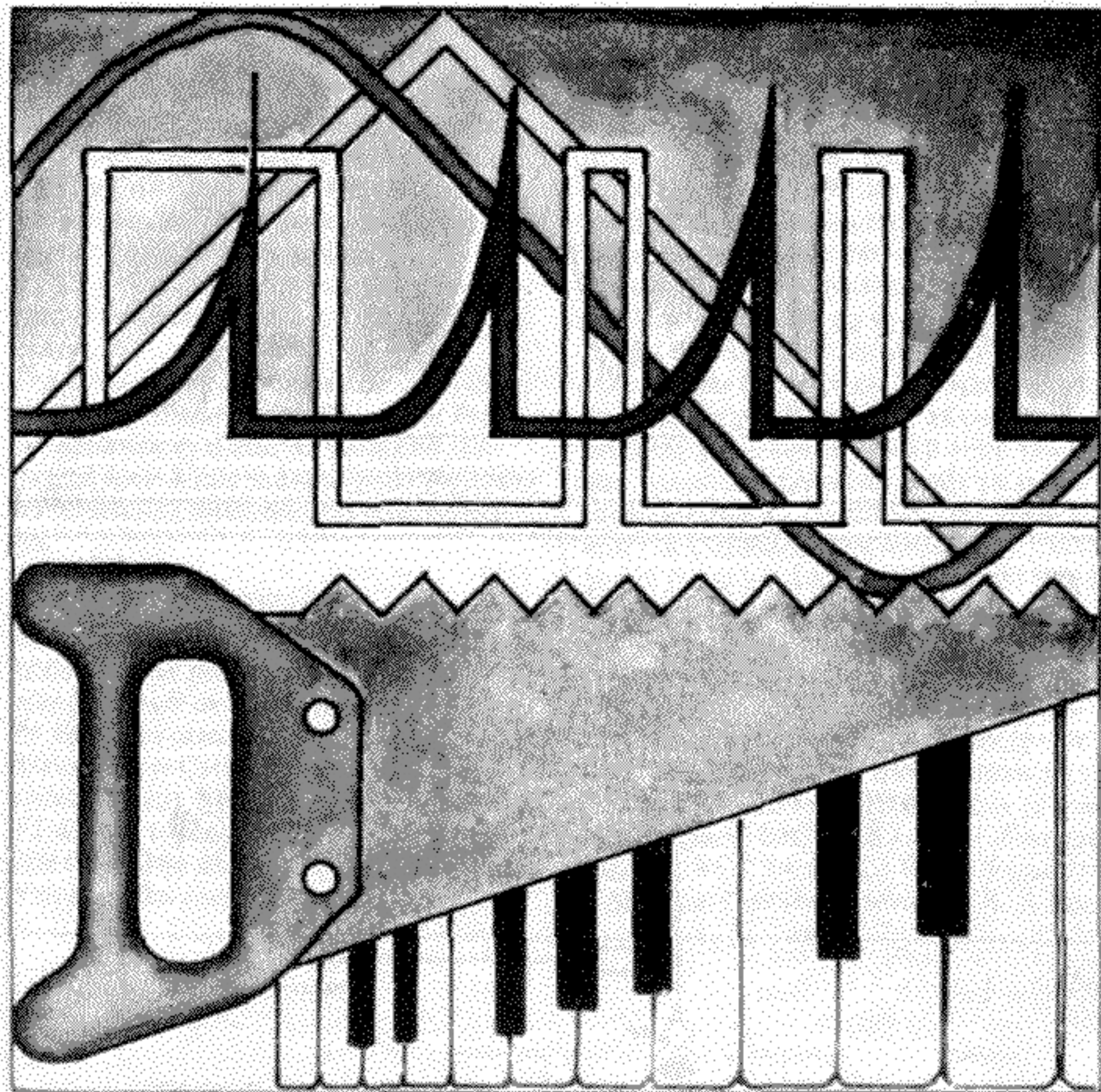
CARLOS, W.: "WALTER CARLOS on synthesizers" Veröffentlichter Brief in WHOLE EARTH CATALOGUE 1974.

CHAPMAN, C.: FORMANT-Serie Elektor Nr. 72-82, 1976/1977.

STRONG, W. & CLARCK, M.: "Synthesis of wind-instrument tones".

JASA, Vol. 41, Nr. 1, 1967, S. 39-52.

CHAPMAN, C. v. DÜREN, W.: "Synthesizer-Spezial". Fachblatt-Musik-Magazin Dez. 1977 bis Mai 1978.



## VCF 24/dB

### annexe 1

De nombreux utilisateurs de synthétiseurs "rêvent" d'un VCF à forte pente, particulièrement dans les modes passe-haut et passe-bas. Avec une pente d'atténuation de 24 dB par octave, de tels filtres délivrent une dynamique de timbre dont la différenciation et la "musicalité" par rapport à celles des filtres 12 dB/octave sont parfaitement audibles.

L'exposé qui suit comble le désir légitime de tous ceux qui s'intéressent au synthétiseur de disposer d'un puissant instrument de formation de tonalités musicales. Certes, le VCF 24 dB a été conçu tout spécialement en vue de son insertion dans le FORMANT, mais on peut l'utiliser également avec d'autres synthétiseurs. Les applications des filtres à forte pente commandés en tension ne se limitent pas à la musique électronique par exemple, en mesure basses fréquences, ils peuvent être utilisés en tant que filtres de tracking (filtres dont la fréquence limite est en synchronisme avec une fréquence préalablement fixée, celle d'un générateur, par exemple).

### Le VCF 24 dB dans le FORMANT

Grâce à sa conception mécanique et électronique, ce VCF s'insère sans soudure dans la version de base du FORMANT. Il se met en place dans le coffret synthétiseur comme les autres modules et son raccordement s'effectue par une extension du câblage interne

existant qui sera décrite ultérieurement. A ce propos, il est important de noter que le VCF 12 dB/octave présent dans la version de base FORMANT ne devient en aucune façon superflu. Bien au contraire, les deux types de filtres se complètent avantageusement; utilisés en combinaison, ils élargissent grandement la possibilité de modeler la structure harmonique des sons produits par le FORMANT. Par exemple, le VCF 12 dB peut être employé en tant que filtre de résonance pour renforcer la "coloration" des sons filtrés dynamiquement par le VCF 24 dB. Les deux filtres peuvent être commandés par le même générateur d'enveloppe ou par des générateurs d'enveloppe distincts, et être connectés en cascade ou en parallèle. Cette dernière méthode permet d'obtenir des évolutions de timbre complexes et très intéressantes, dont voici un exemple:

on peut produire des sons métalliques aux sonorités claires en appliquant une tension d'enveloppe brève et très élevée au VCF 12 dB et un profil plus allongé, moins creusé au VCF 24 dB. Le VCF 12 dB se concentre, pour ainsi dire, sur une partie de l'évolution du timbre et renforce le VCF 24 dB pour mettre en relief une portion de l'enveloppe, la phase d'attaque dans l'exemple choisi.

Une autre méthode intéressante consiste à connecter en parallèle les entrées des filtres et à relier la sortie d'un VCF à l'entrée d'un amplificateur stéréo et l'autre sortie de VCF à l'autre entrée. Ceci fait apparaître une caractéristique d'amplitude dynamique tout à fait particulière et un effet stéréo spécialement accentué, surtout si les deux VCFs sont

1

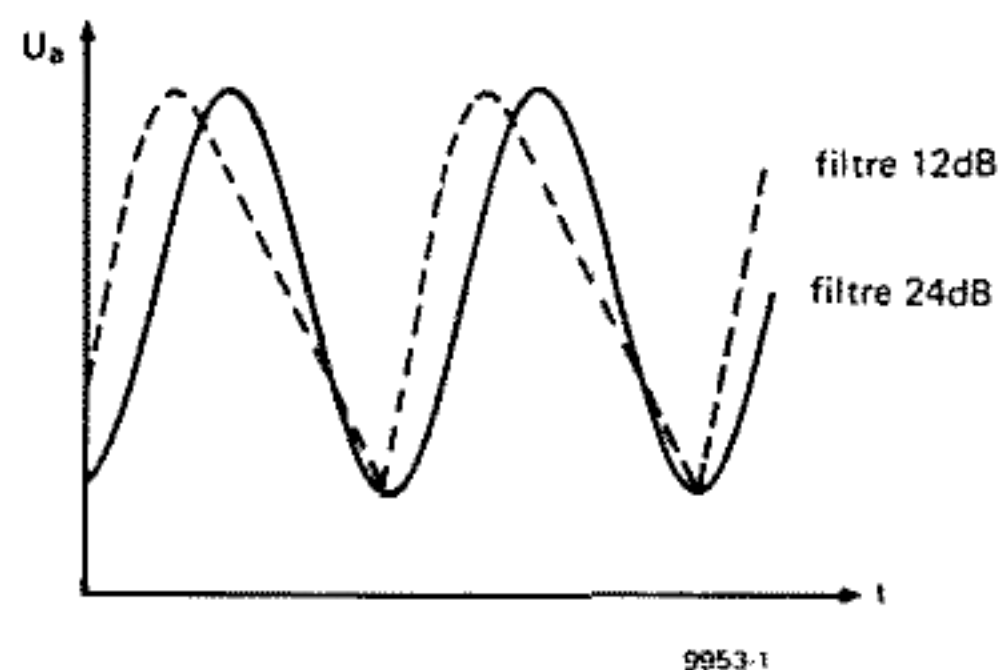


Figure 1. Différence entre les sorties de deux VCF ayant la même fréquence de coupure et des pentes de 12 dB/octave (ligne pointillée) et 24 dB/octave (ligne pleine) dans le mode passe-bas, lorsqu'on leur applique un signal d'entrée en dents de scie. Le VCF 24 dB supprime pratiquement tous les harmoniques et donne un signal de sortie sinusoïdal, alors que la forme d'onde originale est encore visible à la sortie du VCF 12 dB.

2

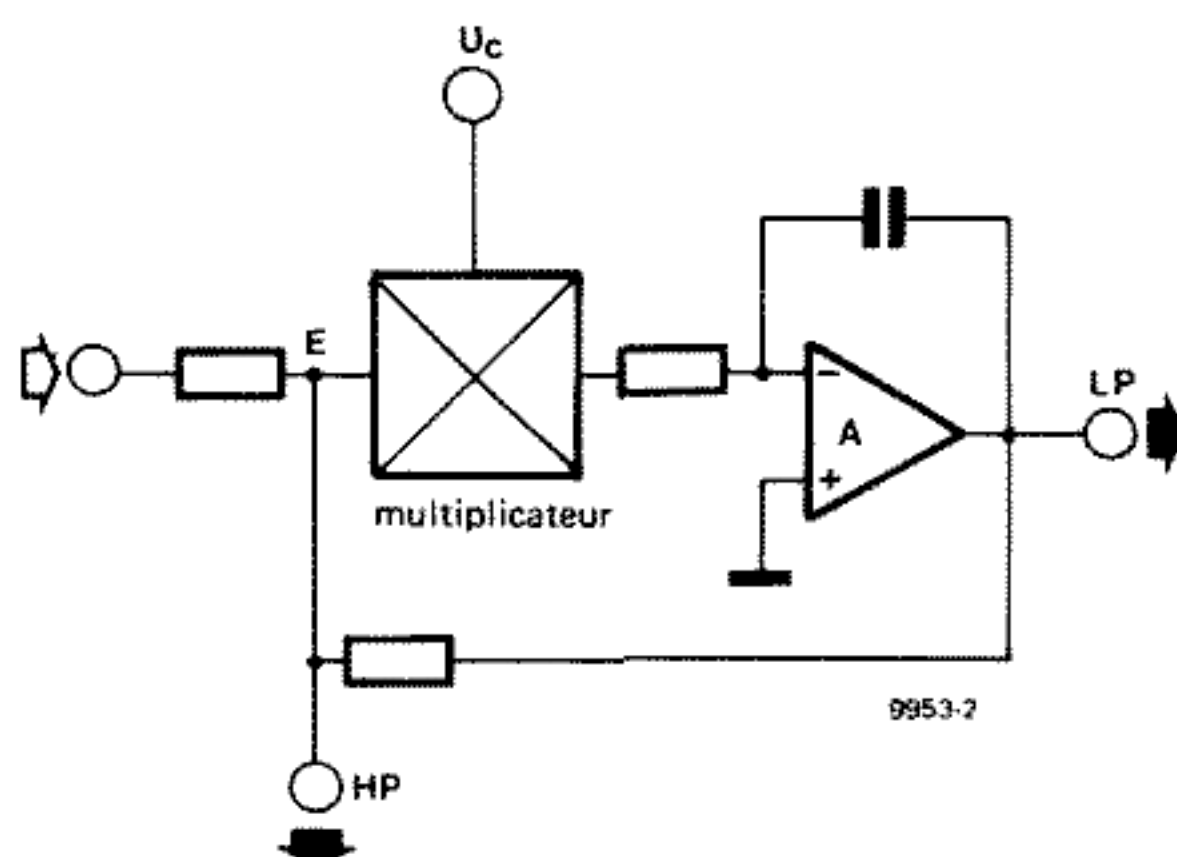


Figure 2. Schéma de principe d'un élément de filtre passe-haut/passe-bas 6 dB commandé en tension. Un multiplicateur analogique situé à l'entrée permet de contrôler la fréquence de coupure des deux modes grâce à la tension  $U_c$ .

3

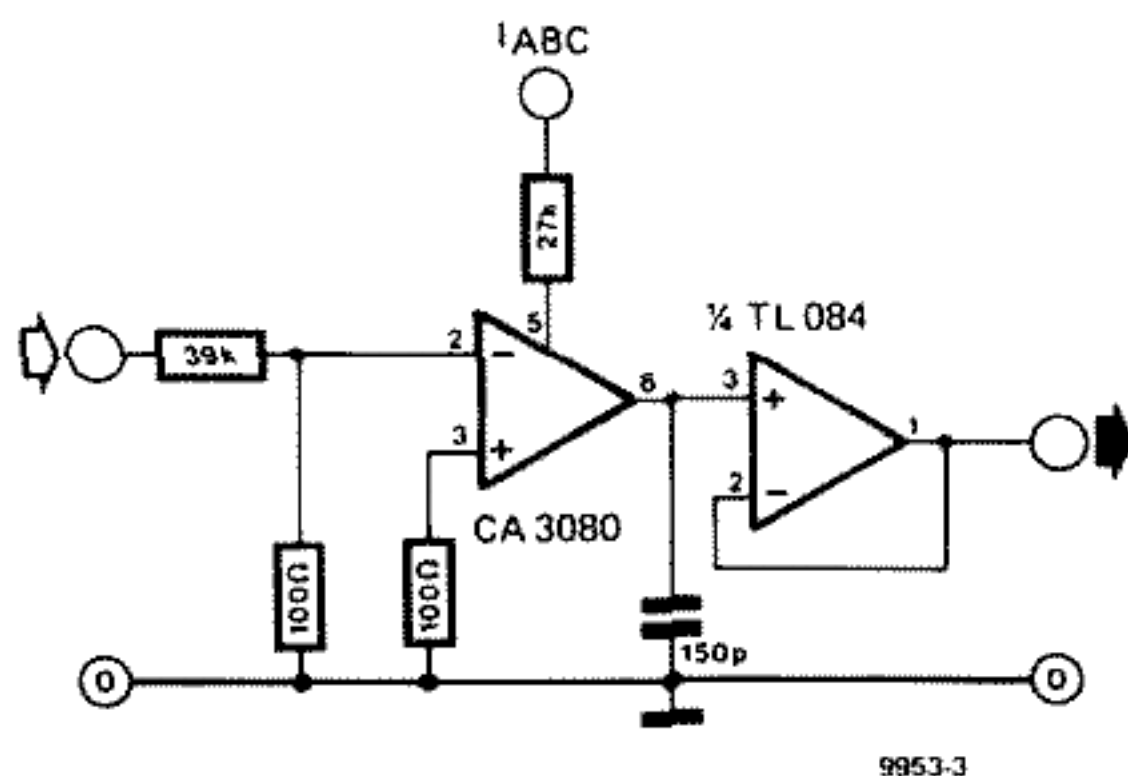


Figure 3. Intégrateur à commande linéaire en courant (6 dB en mode passe-bas) comportant un OTA CA 3080.  $I_{ABC}$  commande la fréquence de coupure du filtre. Un ampli-op TL 084 de type FET donne une impédance finale élevée au condensateur d'intégration.

4

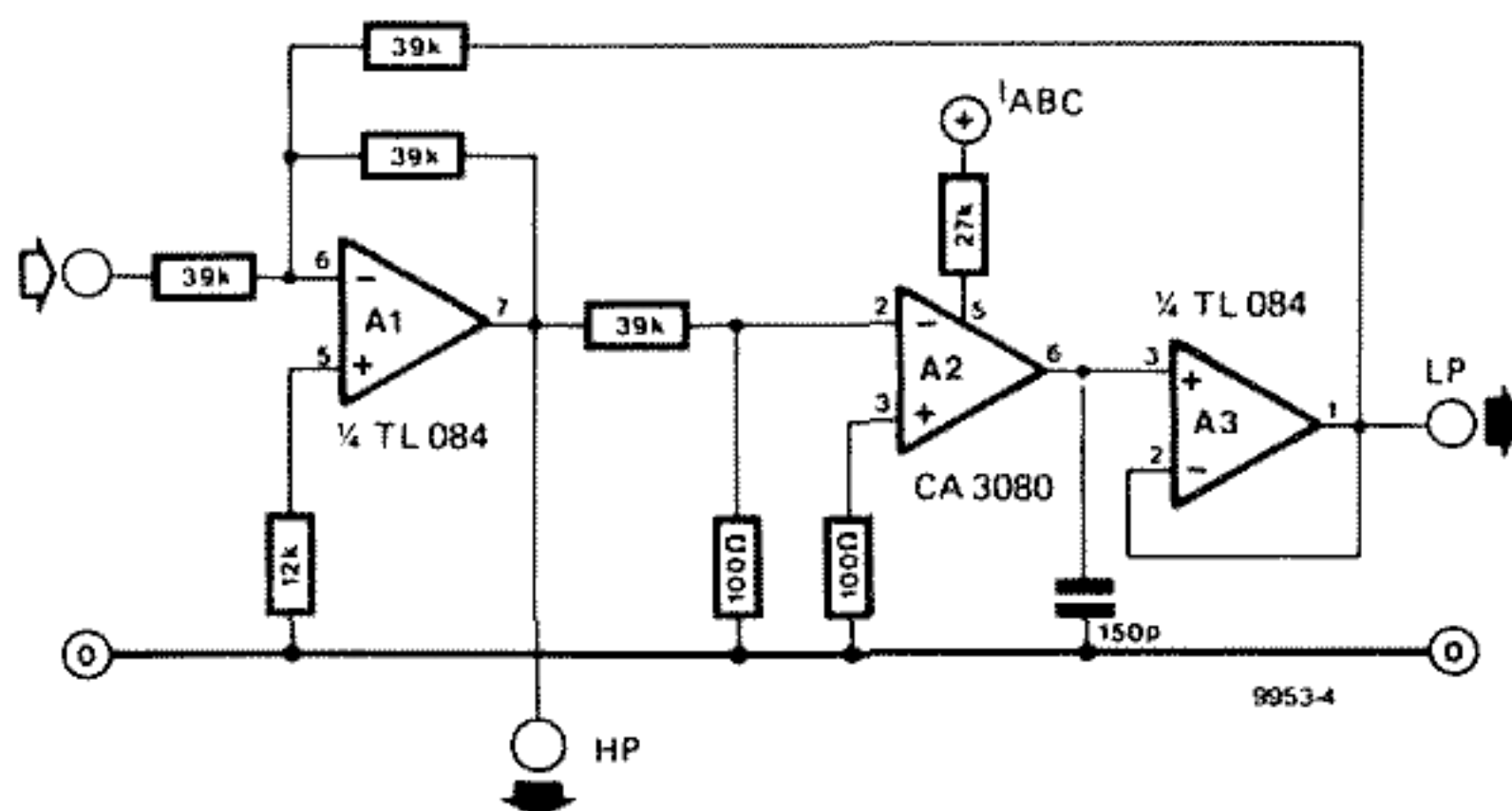


Figure 4. Élément de filtre double passe-haut/passe-bas 6 dB du nouveau VCF.

Figure 5. Schéma synoptique de la cascade de filtres formée de quatre éléments identiques à ceux de la figure 4. Le circuit présenté permet de sélectionner le mode de fonctionnement du système grâce à un commutateur à quatre circuits. Le commutateur rotatif sélectionne les pentes de 6, 12, 18 et 24 dB dans le mode passe-haut comme dans le mode passe-bas.

Figure 6. Avec le croissence de la résonance du filtre (facteur Q) le filtre présente une augmentation de gain au voisinage de la fréquence de coupure dans la réponse en fréquence se traduisant par une surtension de résonance analogue à celle du mode passe-bande.

commandés par des générateurs d'enveloppe distincts.

### Différence de dynamique de timbre entre les VCFs 12 et 24 dB

Le VCF 12 dB produit des sons distinctement électroniques et si on l'on en joue pendant un temps assez long (dans le cas présent, il s'agit principalement de l'utilisation en mode passe-bas), l'auditeur ressent à la longue une légère sensation de fatigue. Par contre, les sons produits par le VCF 24 dB sont beaucoup plus "naturels", ce qui autorise un temps d'écoute sensiblement plus long. La cause en est probablement le filtrage *plus sévère* des harmoniques de rang plus élevé que réalise le VCF 24 dB dans le mode passe-bas, alors que cette même classe d'harmoniques a tendance à rendre



le son du VCF 12 dB beaucoup plus strident que celui du VCF 24 dB. L'ouïe considère donc l'évolution de timbre de ce dernier comme plus "musicale". La figure 1 illustre la différence entre ces deux catégories de filtres dans le mode passe-bas. Avec une même fréquence limite et l'application de la fréquence d'entrée identique d'une oscillation en dents de scie, on constate que la sortie du VCF 24 dB est pratiquement sinusoïdale en raison de la suppression presque complète des harmoniques de la dent de scie, alors que la forme originale de l'oscillation est encore visible à la sortie du VCF 12 dB (ligne pointillée), car les harmoniques n'en ont été que partiellement éliminées.

Le timbre résultant du filtrage est donc plus clair et plus "distordu" à la sortie du filtre 12 dB.

Les choses vont de même en ce qui concerne la dynamique de timbre lors de la commande par une tension d'enveloppe. Tandis que "s'ouvre" le VCF 12 dB, les harmoniques de "rang supérieur" sont très rapidement audibles et les harmoniques de rang "moins élevé" ne peuvent se manifester suffisamment. C'est donc bien là la raison du caractère plutôt "électronique" du son du VCF 12 dB, déjà mentionné.

Par contre, pour le VCF 24 dB, ce sont d'abord les harmoniques de "rang inférieur" qui sont amplifiées à "l'ouverture" et qui sont les premières à se manifester. Ce n'est qu'ultérieurement, lorsque la fréquence limite du filtre passe-bas atteint la zone des hautes fréquences (kHz), que les harmoniques de rang supérieur influencent le timbre.

C'est pourquoi le VCF 24 dB délivre une dynamique de timbre très différente dans laquelle le passage de sonorités sinusoïdales très sourdes à des timbres clairs riches en harmoniques se fait en des nuances beaucoup plus délicates que celles du VCF 12 dB. Cette particularité du filtre flatte l'oreille humaine et révèle une ressemblance partielle étonnante avec la dynamique de timbre des instruments de musique "traditionnels" (non électroniques). C'est donc une excellente raison d'enrichir le FORMANT d'un VCF 24 dB.

### Conception du VCF 24 dB

La plupart des VCFs 24 dB sont des variantes du type conçu par R.A. Moog et ayant fait l'objet de nombreux brevets successifs, connu dans l'électronique comme étant la "cascade de Moog". Ce n'est que depuis peu et avec l'apparition d'un type d'IC moins coûteux, l'OTA (Operational Transconductance Amplifier), qu'on dispose d'un système plus souple susceptible d'être utilisé dans les modes passe-haut ou passe-bas avec des pentes de 6, 12, 18 ou 24 dB/octave. On pourrait même avoir des pentes plus élevées que 24 dB, mais l'expérience a montré qu'une pente plus forte n'amène pas une augmentation correspondante de la qualité tonale.

Comme déjà c'était le cas pour le VCF

12 dB, le nouveau VCF utilise le circuit OTA. Par rapport à la cascade de Moog, le nouveau VCF du FORMANT possède deux caractéristiques supplémentaires d'un grand intérêt sur le plan musical:

- 1) C'est un filtre commutable du mode passe-haut au mode passe-bas; c'est donc une sorte de *filtre double*.
- 2) La pente des deux fonctions des filtres est réglable de 6 à 24 dB en quatre étages.

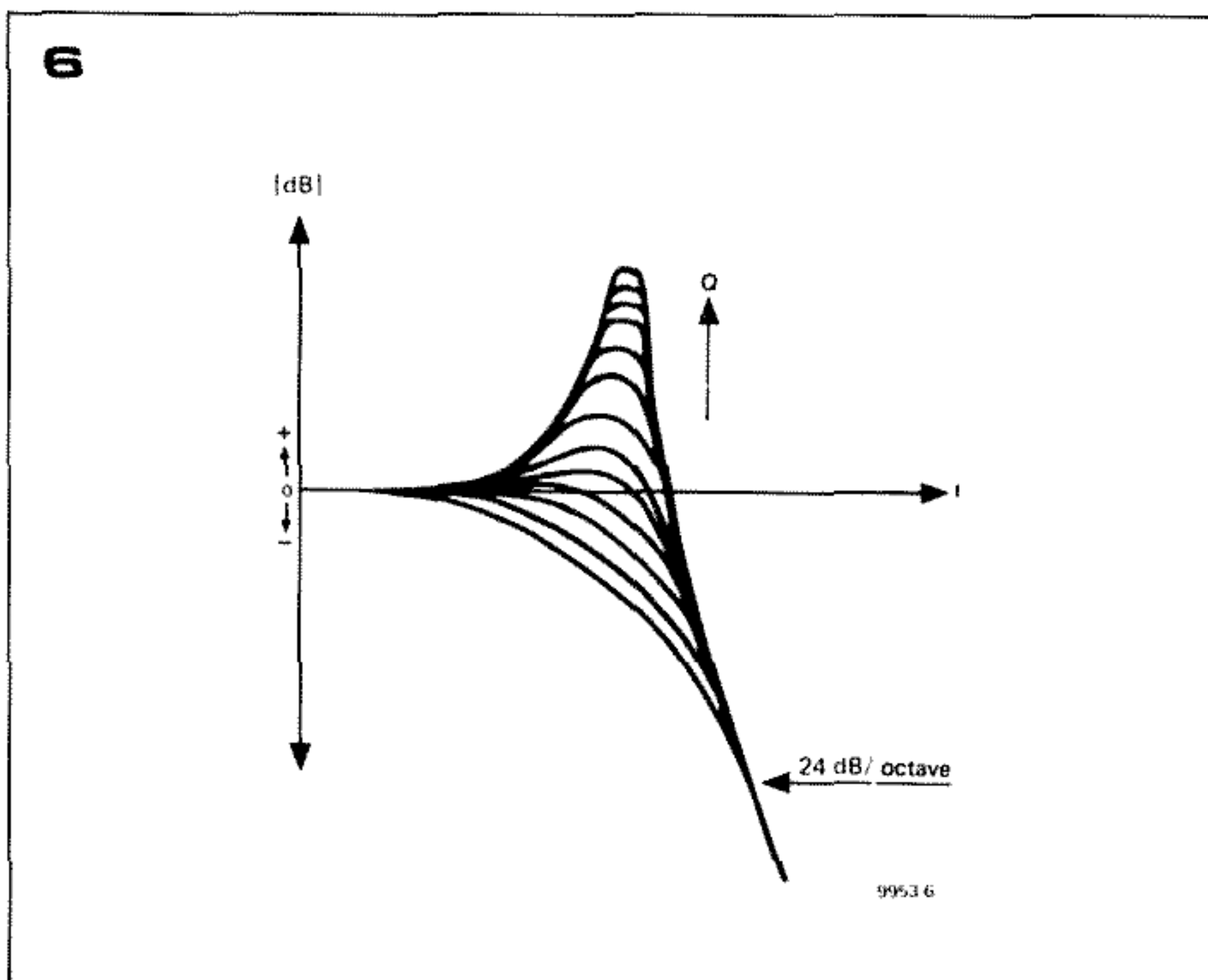
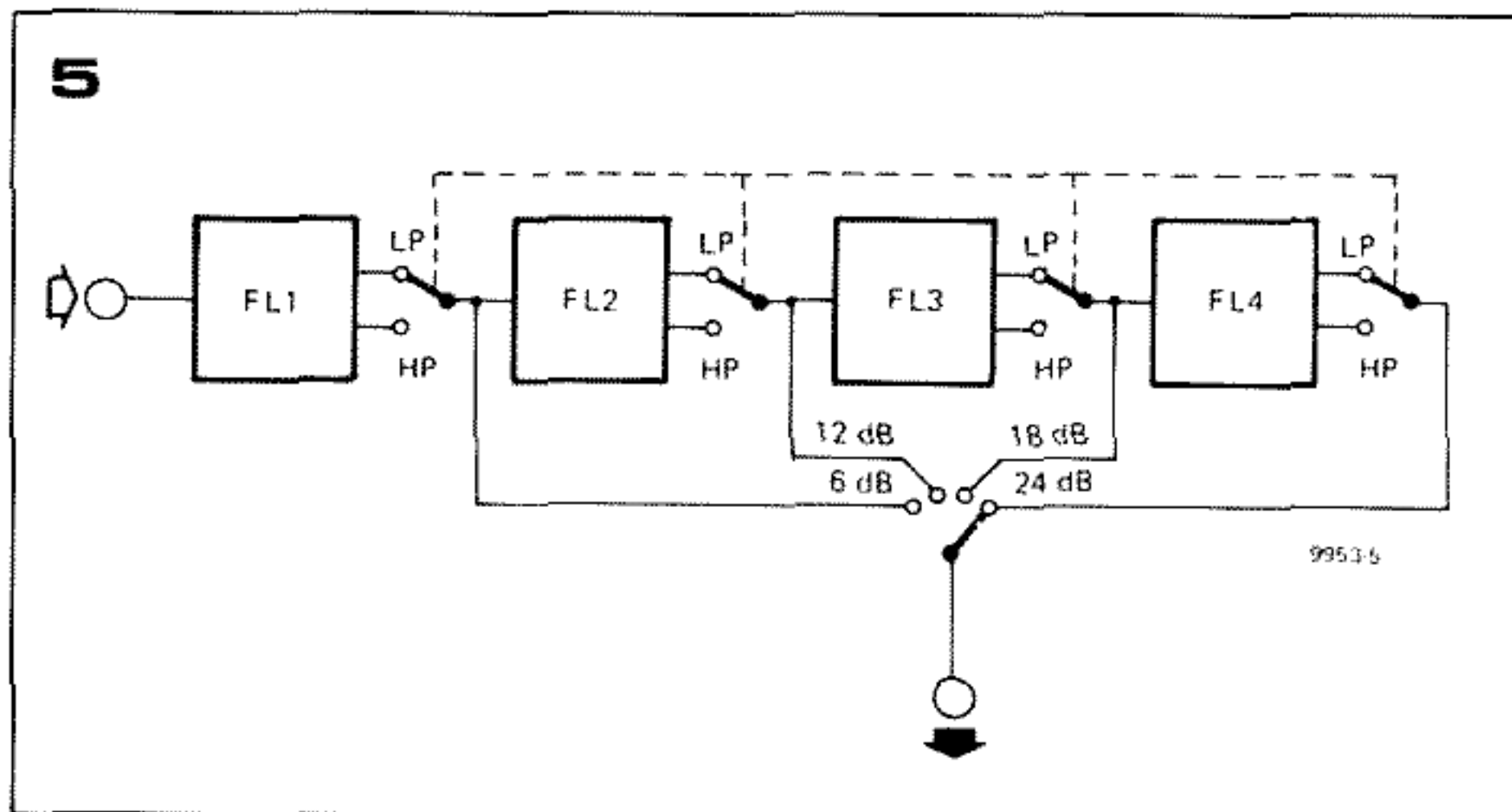
Ces deux particularités associées à la pente maximale de 24 dB/octave font du nouveau système de filtres un dispositif tout à fait indiqué pour satisfaire les exigences musicales les plus difficiles.

#### Principe de base du circuit

La conception d'un filtre 24 dB dont la pente évolue par tranches de 6 dB invite à réaliser ce dispositif par une série de circuits (cascade) individuels et *indépendants*. Cette solution est fondamentalement différente de celle du VCF 12 dB qui ne comporte qu'un seul système de filtre de second ordre, le State Variable. En outre, il est souhaitable

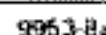
que l'on puisse disposer de chacun des modes passe-haut et passe-bas. La figure 2 représente le schéma de principe du circuit adopté. Celui-ci se compose d'un intégrateur construit autour de l'amplio A (intégrateur Miller), précédé d'un multiplicateur analogique. La tension  $U_c$  appliquée à l'entrée de commande du multiplicateur réalise la commande linéaire en tension de la constante de temps de l'intégrateur. Avec la contre-réaction de la sortie de l'intégrateur sur l'entrée du multiplicateur se constitue un filtre passe-bas (LP) 6 dB actif, tandis que, simultanément, apparaît au point sommateur E (à l'entrée du multiplicateur) la fonction passe-haut (HP). Cette sortie passe-haut n'est assurément pas à faible impédance.

Tirant parti de l'expérience favorable acquise avec l'emploi des intégrateurs OTA dans le VCF 12 dB, il fut décidé de l'appliquer au circuit de principe de la figure 2. C'est ainsi que fut mise au point la solution du filtre double (passe-haut et passe-bas) 6 dB comme élément actif du VCF 24 dB. La figure 3 montre le schéma d'un intégrateur OTA. A l'in-





La figure 4 présente le schéma du filtre double 6 dB du nouveau VCF. En connectant la section passe-bas (LP) 6 dB/octave dans la boucle de contre-réaction (réaction négative) de l'ampli-op A1, on



\* voir texte

Figure 7. Réalisation de la résonance du filtre grâce à la réaction de la cascade de filtres de la sortie du quatrième élément sur l'entrée non inverseuse du premier filtre FL1. Avec R et C, le filtre passe bas 6 dB freine la tendance à l'oscillation qui se manifeste avec la croissance de la fréquence du filtre. Le degré de la réaction (facteur Q) est réglable par le potentiomètre Q; la résistance série Rx détermine la plage de réglage pour qu'en aucune circonstance le circuit entre en oscillation. La résonance du filtre agit sur les deux modes de filtrage et sur les quatre pentes

Figure 8. Circuit général du VCF 24 dB. La cascade de filtres commandée linéairement en courant est précédée d'un convertisseur exponentiel (T1, T2) qui assure la caractéristique 1 V/octave de la commande de fréquence du filtre. A10 et A9 forment un sommateur non inverseur pour les signaux des VCOs; l'inverseur A11 fait que le signal IS (venant du VCF 12 dB) arrive en forme non inversée à la sortie du filtre. L'ampli op A12 sert également à la correction de position de phase pour chacune des quatre pentes de filtrage.

réalise la fonction passe-haut (HP) du filtre. Une réponse du filtre passe-haut est donc disponible à la sortie de A1, tandis qu'une réponse de filtre passe-bas est obtenue simultanément à la sortie de A3. La sortie passe-haut et la sortie passe-bas sont toutes deux à faible impédance.

#### Connexion en cascade

Si l'on alimente l'un après l'autre quatre des filtres doubles qui viennent d'être décrits, on réalise la cascade de filtres qui constitue le VCF 24 dB commutable du mode passe-haut au mode passe-bas et réciproquement. Il est possible d'obtenir le mode choisi avec une pente comprise entre 6 et 24 dB à chacun des quatre points de commutation de la chaîne de filtres.

La figure 5 montre le schéma synoptique de la chaîne de filtres ainsi que les commutations à effectuer. D'autres combinaisons peuvent être faites qui permettent d'obtenir par exemple un filtre passe-bande de 12 dB composé de deux éléments passe-haut et de deux éléments passe-bas. Naturellement, si l'on préfère une réalisation plus simple on peut renoncer à l'utilisation de ces possibilités, d'autant plus que le mode passe-bas 24 dB est musicalement le plus riche.

#### Résonance du filtre

Pour la fréquence de coupure, le déphasage

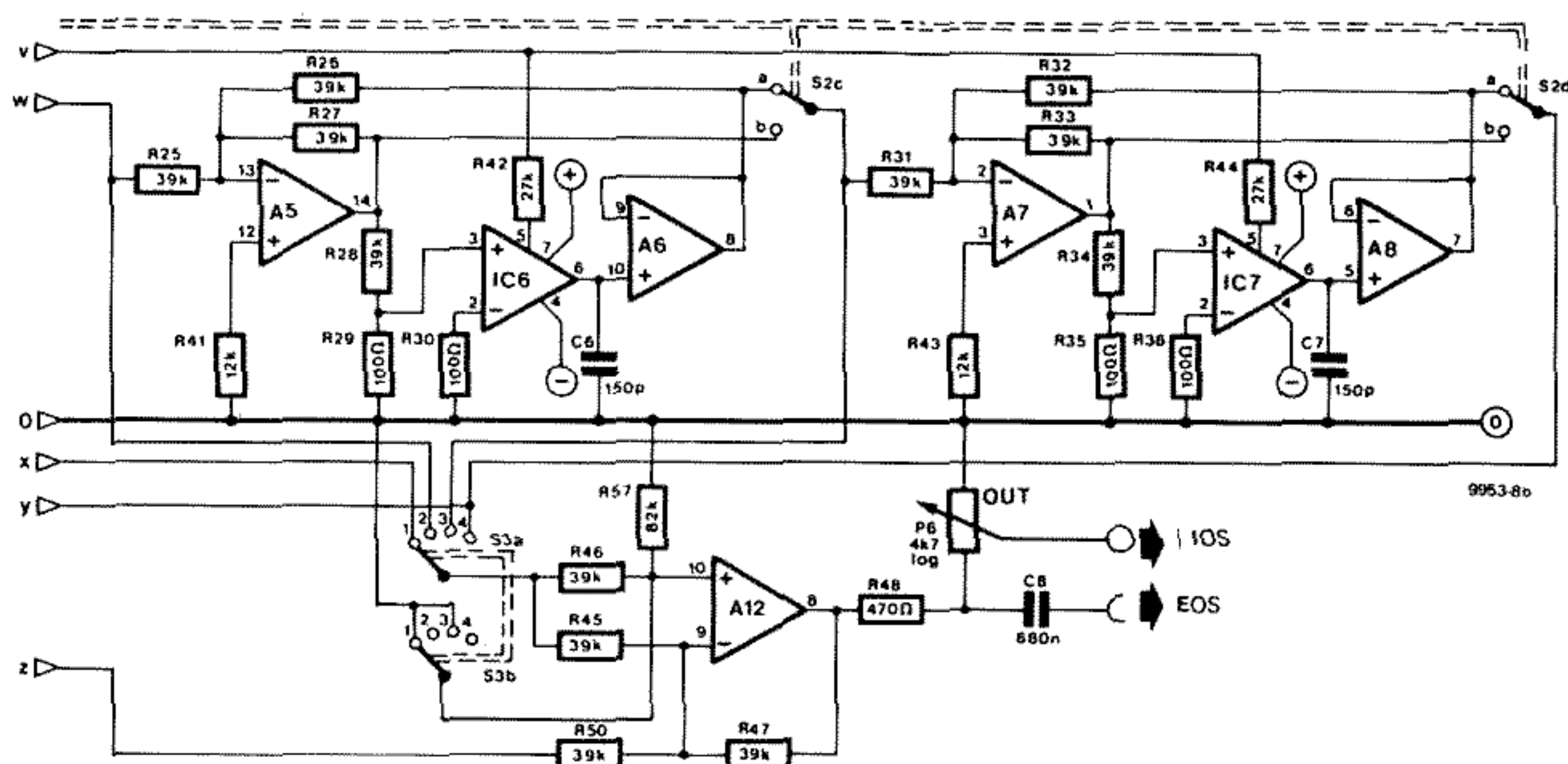
sage entre l'entrée et la sortie est de  $-45^\circ$  pour chaque filtre. Lorsqu'un signal est appliqué à l'entrée de la chaîne et parcourt les quatre étages de filtres, le déphasage s'élève donc à  $-180^\circ$ . Une inversion du signal de sortie (soit  $180^\circ$ ) porte le déphasage total à  $360^\circ$ , et les signaux de sortie et d'entrée sont en phase. Un bouclage à réaction devrait provoquer l'oscillation du filtre à supposer que le gain de la boucle soit unitaire ou supérieur à l'unité. Si cette dernière condition n'est pas remplie, par exemple par une atténuation de la réaction, le filtre n'oscille donc pas mais son gain est amplifié au voisinage de la fréquence de coupure. Cette surtension de résonance analogue à celle du filtre passe-bande (voir figure 6) est ce qu'on appelle la "résonance du filtre" dont le degré s'exprime par le facteur Q (facteur de surtension). Un potentiomètre jouant le rôle d'atténuateur de la réaction positive permet de régler à tout moment la résonance du filtre jusqu'à l'amorçage d'oscillation du VCF.

Etant donné que l'ampli op sommateur inverse le signal à l'entrée du premier filtre, la réaction se fait sur l'entrée non inverseuse de l'ampli-op (voir figure 7). Comme pour le filtre State Variable, la résonance du filtre n'est pas tout à fait constante lors de la variation de la fréquence de coupure; lorsque celle-ci croît, la tendance à l'oscillation augmente. Un

8b

A1 + A2 + A3 + A4 = IC2 = TL 084  
A5 + A6 + A7 + A8 = IC5 = TL 084  
A9 + A10 + A11 + A12 = IC8 = TL 084

IC1 =  $\mu$ A 741 Minidip  
IC3 = CA 3080\*  
IC4 = CA 3080\*  
IC6 = CA 3080\*  
IC7 = CA 3080\*





élément passe-bas 6 dB à l'entrée non inverseuse du premier filtre double assure un "freinage" de cette tendance aux fréquences plus élevées grâce à un affaiblissement progressif. En outre, le choix de  $R_x$  permet que l'atténuateur soit adapté de telle manière que le filtre reste stable en toute circonstance. Bien entendu, si on le désire, la gamme d'oscillation peut être élargie en augmentant la plage de réglage de Q. Mais l'utilisation du VCF 24 dB en tant qu'oscillateur (VCO) convient mieux à la mesure de certains paramètres (vibulateur sinusoïdal à faible facteur de distorsion), car, au fond, le FORMANT est déjà équipé d'excellents VCOs dont la linéarité et la stabilité sont naturellement bien meilleures que celles d'un filtre que l'on incite à osciller.

### Circuit du VCF 24 dB

Comme le VCF 12 dB, le nouveau VCF se compose de deux groupes de circuits largement indépendants l'un de l'autre (voir figures 8a et 8b). D'une part, le *sommateur de tensions* et le *convertisseur exponentiel*, et, d'autre part, le *cascade de filtres à commande linéaire en courant* composée de quatre éléments de filtres distincts, d'un sommateur de signaux, d'un commutateur d'entrée (S4), d'un commutateur de sélection de pente (S3) et d'un amplificateur de sortie (A12).

La seule liaison entre les deux groupes de circuits est l'acheminement du courant de commande de la sortie du convertisseur exponentiel (collecteur de T2) vers les entrées de commande des quatre OTAs (IC3, IC4, IC6 et IC7).

#### Vers le sommateur de tensions de commande

Il s'agit d'un sommateur passif placé à l'entrée du convertisseur exponentiel (base T1) qui regroupe les entrées et dispositifs de réglage suivants: entrée KOV/ECV (tension de commande); entrée TM avec l'atténuateur P3 pour la modulation du timbre; entrée ENV avec l'atténuateur P2 pour la modulation de l'enveloppe; P1 pour le réglage "manuel" de la fréquence de filtre; P7 (trimmer) pour la mise au point de l'offset.

La somme de toutes les tensions aux entrées du sommateur détermine, par l'intermédiaire du convertisseur exponentiel, la fréquence du filtre.

#### Convertisseur exponentiel

Il fonctionne selon le même principe que celui des VCOs du FORMANT. La disposition pratique est identique à celle du convertisseur exponentiel du VCF 12 dB (voir chapitre 6, 1ère partie).

#### Chaîne de filtres

La structure décrite dans le paragraphe "Conception" apparaît très bien sur le schéma d'ensemble. Quatre filtres doubles passe-haut/passe-bas 6 dB sont connectés l'un à la suite de l'autre, suivant la disposition de la figure 4. Le choix du

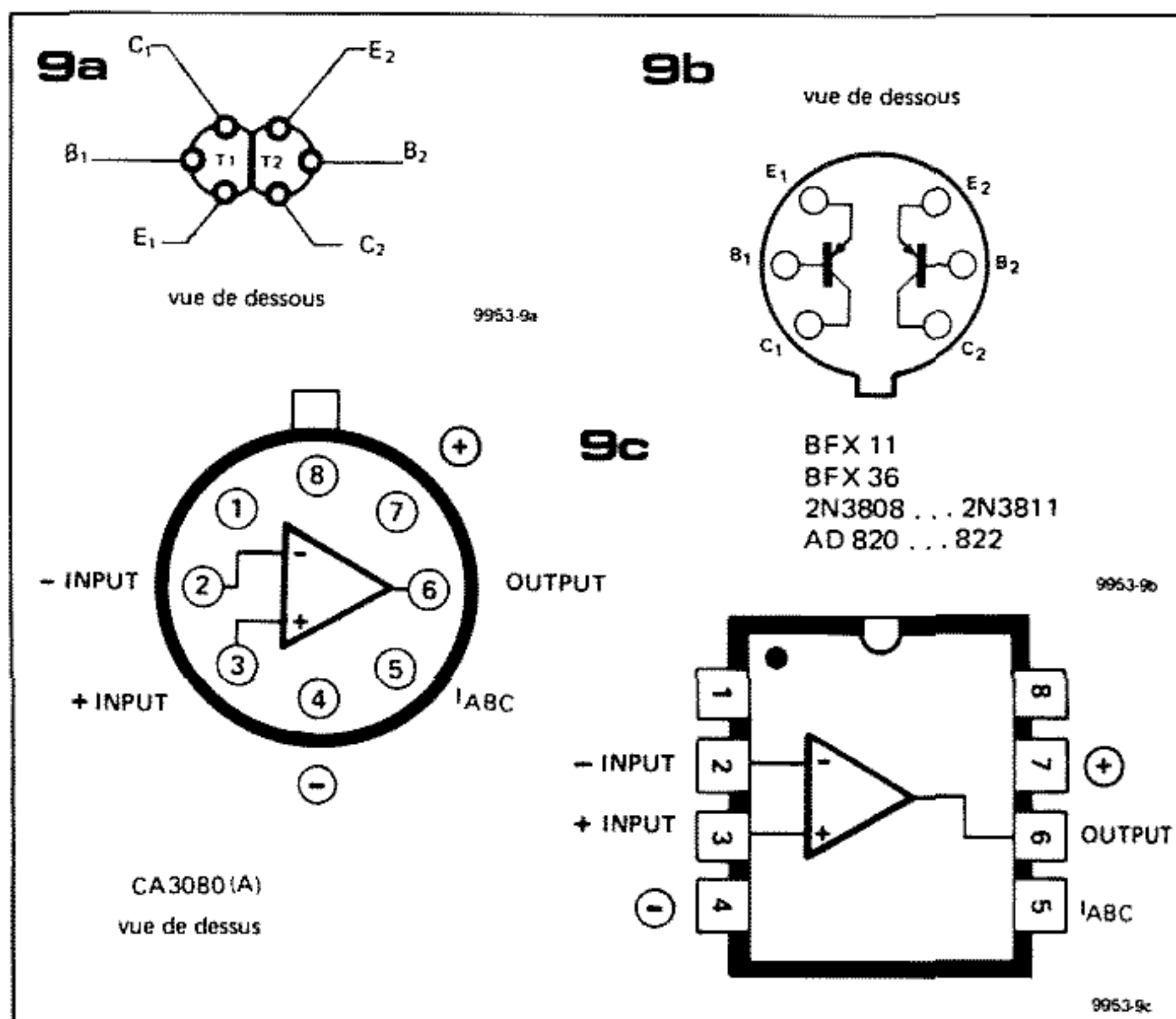


Figure 9a. Implantation des connexions d'un transistor double fabrication "maison" composé de 2 types BC 557B. Ce composant peut être utilisé sans problème dans le convertisseur exponentiel du VCF.

Figure 9b. Disposition des broches d'un "vrai" transistor double. Le circuit imprimé est prévu pour ce type de brochage. Il faut noter la position inversée de C1 et E1 par rapport au schéma de la figure 9a.

Figure 9c. Disposition des broches de l'OTA type CA 3080 (A) en boîtier TO ou Mini-DIP.

Figure 10. Circuit imprimé et implantation des composants du module VCF 24 dB.

#### Liste des composants de la figure 10 (VCF 24 dB)

##### Résistances:

R1 = 100k (film métal 1%)  
R2, R4 = 100 k  
R3 = 47 k  
R5 = 33 k  
R6 = 1k8 (1k5, voir paragraphe "essai et mise au point", dernière ligne)  
R7, R9 = 330 k  
R8 = 2k2  
R10, R37, R39, R41, R43 = 12 k  
R11, R12, R13, R14, R15, R16, R19, R20, R21, R22, R25, R26, R27, R28, R31, R32, R33, R34, R45, R46, R47, R50, R51, R52, R55, R56 = 39 k  
R17, R18, R23, R24, R29, R30, R35, R36 = 100  $\Omega$   
R38, R40, R42, R44 = 27 k  
R48 = 470  $\Omega$   
R49 =  $R_x = 50 \dots 100$  k (à sélectionner!)  
R53, R54 = 10 k  
R57 = 82 k

##### Condensateurs:

C1, C8, C9 = 680 n (MKM, FKC, FKS)  
C2 = 1 n  
C3 = 680 p (Styroflex)  
C4, C5, C6, C7 = 150 p (Styroflex)  
C10 ... C18 = 100 n (MKM, FKS, FKC)

##### Semiconducteurs:

IC1 =  $\mu$ A 741, LF 356 (Mini-DIP)  
IC2, IC5 = TL 084, TL 074 (DIL)  
IC8 = TL 084, TL 074, LM 324 (DIL)  
IC3, IC4, IC6, IC7 = CA 3080 CA 3080A (Mini-DIP, TO)  
T1, T2 = transistor double  
AD 820 ... 822,  
2N3808 ... 2N3811, BFX 11,  
BFX36 (ou BC557B, voir texte)

##### Potentiomètres:

P1, P4 = 100 k lin.  
P2, P3 = 47 k (50 k) lin.  
P5 = 47 k (50 k) log.  
P6 = 4k7 (5 k) log.

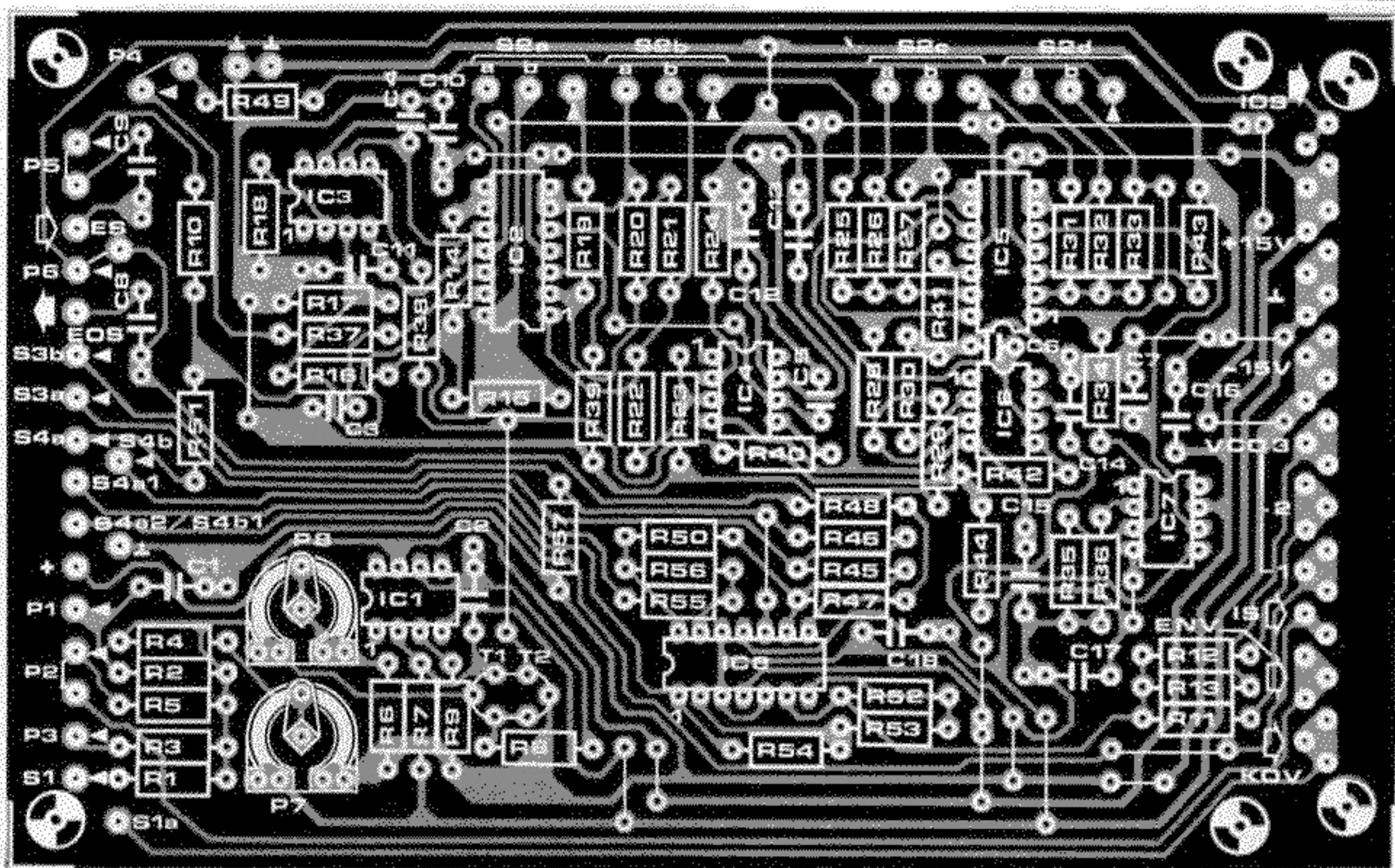
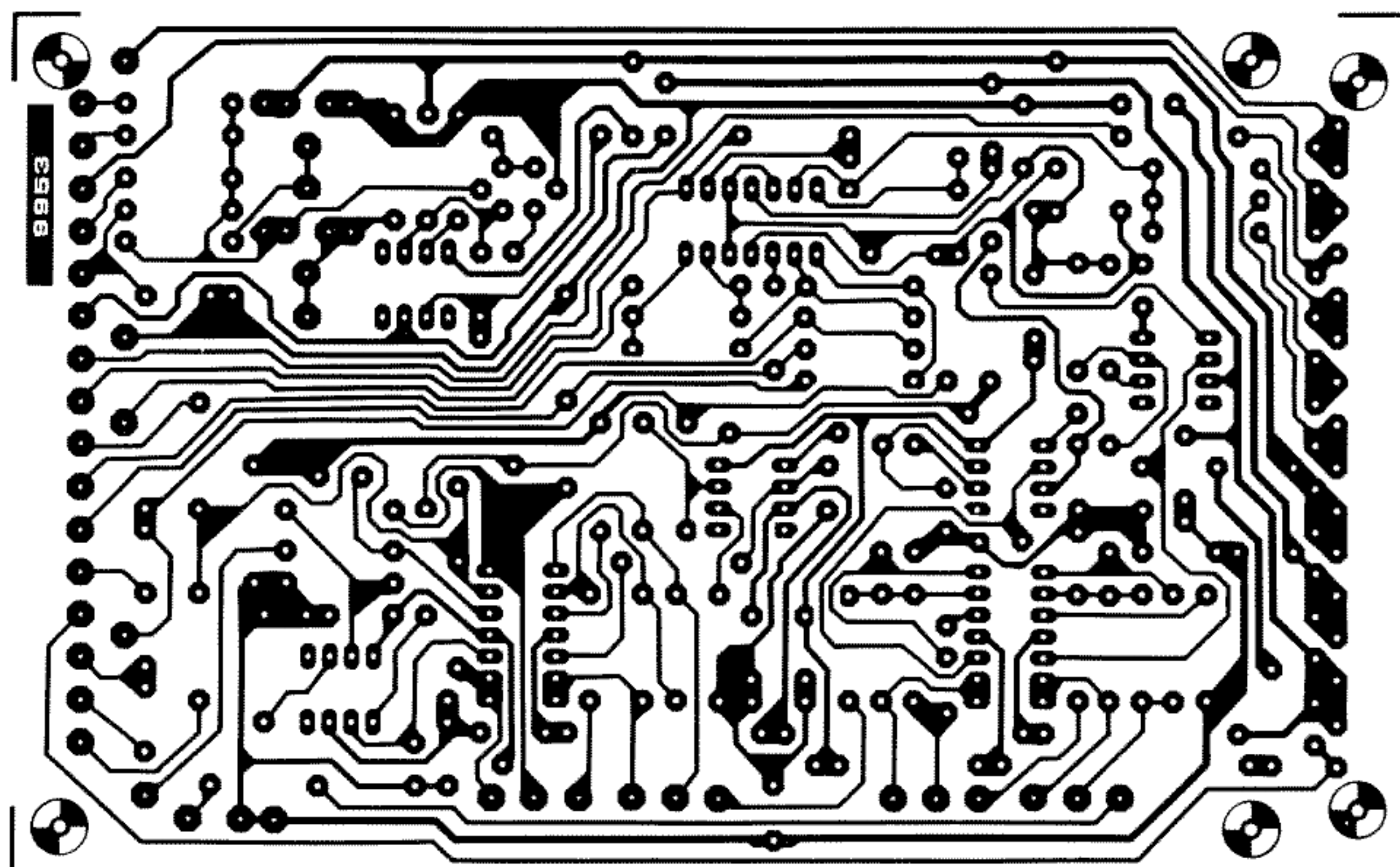
##### Potentiomètres ajustables:

P7 = 100 k  
P8 = 500  $\Omega$  (470  $\Omega$ )

##### Divers:

1 connecteur 31 broches DIN 41617 ou picots à souder  
S1 = inverseur unipolaire miniature  
S2 = inverseur quadripolaire miniature  
S3 = commutateur rotatif écart entre deux positions successives environ 30°, 4 circuits 2 positions ou 4 circuits 3 positions.  
S4 = inverseur bipolaire miniature  
4 prises jack 3,5 mm  
7 boutons-flèche pour axe de 6 mm, 13 ... 15 mm de  $\phi$  ou à collerette transparente (26 mm de  $\phi$ )  
Face avant VCF 24 dB





mode de filtrage se fait grâce commutateur quadruple S2 à la sortie de chaque étage de filtre. La réaction nécessaire à l'entrée en résonance des filtres ramène le signal de la sortie de la cascade de filtres (sortie de A8 ou A7), par R49, P4 et R37, à l'entrée non inverseuse du premier filtre. P4 permet de régler le "degré" de la réaction, c'est-à-dire, la "résonance du filtre". La réaction maximale est susceptible d'être limitée de telle manière qu'aucune auto-excitation ne puisse se produire, par le choix de R49, résistance série du potentiomètre.

#### Correction de position de phase à la sortie

Etant donné que chaque élément 6 dB inverse, il faut que la position de phase soit modifiée, lors de la commutation de pente par S3a entre inversion (pour 6 dB et 18 dB/octave) et non inversion (pour 12 dB et 24 dB/octave), à la sortie. La "correction" se fait grâce à un deuxième étage de commutation du commutateur de pente. S3b commute l'amplificateur de sortie A12 de la fonction inverseuse à la fonction non inverseuse. Si l'entrée non inverseuse de A12 est à la masse par S3b, il s'agit d'un inverseur;

si cette entrée n'est pas à la masse, les deux entrées de l'ampli-op sont alimentées par le même signal et A12 fonctionne en amplificateur non inverseur. On est ainsi assuré que pour les quatre types de pente la cascade de filtres délivre un signal de sortie non inversé.

#### Entrées et sorties de signal

Au total, le VCF 24 dB possède cinq entrées de signal: ES pour un signal externe dont l'amplitude peut être réglée par P5; trois entrées pour les signaux de sortie des trois VCOs et désignées par



VCO1, VCO2, VCO3; IS, pour un signal interne, qui peut être reliée à la sortie du VCF 12 dB. Grâce à S4, il existe une possibilité de commutation entre les trois entrées des VCOs et l'entrée IS. Dans la position de commutation repérée par le chiffre 1, les signaux des VCOs arrivent à l'entrée sommatrice de la cascade de filtres (résistance sommatrice R51) par l'intermédiaire de l'additionneur non inverseur construit autour de A9 et A10. Par contre le signal IS passe hors de la cascade de filtres, par l'intermédiaire de l'inverseur A11, jusqu'à l'entrée inverseuse de l'amplificateur de sortie A12, grâce à quoi il arrive à la sortie des filtres avec une amplitude et une position de phase inchangées. Dans l'autre position de commutation repérée par le chiffre 2, S4 commute le signal à l'entrée des filtres et interromp le passage des signaux de VCOs. Ce système de commutation ne prend tout son sens que si l'on se représente que le signal IS n'est autre que le signal de sortie du VCF 12 dB (State Variable). Dans la position 1 de S4, les deux filtres sont branchés en *parallèle* dans le parcours du signal, alors que dans la position 2 ils sont branchés en *série*. Quel que soit le type de commutation, le gain du VCF 24 dB reste inchangé, c'est-à-dire unitaire (pour 0 dB) dans la *bande passante* (sans résonance); c'est la raison pour laquelle il ne produit aucune rotation de phase entre les entrées et les sorties.

### Choix des composants

Les conseils déjà donnés antérieurement et relatifs au choix des composants restent naturellement valables en ce qui concerne le VCF 24 dB. Mais une attention toute particulière sera accordée à la sélection des semi-conducteurs. Le convertisseur exponentiel comporte des transistors appariés et presque tous les transistors doubles pnp (AD820...822 d'Analog Devices; 2N3808...2N3811 de Motorola; BFX 11; BFX 36 de SGS-Ates) conviennent. Mais on peut aussi coupler thermiquement (par exemple, par collage) deux transistors pnp de même groupe de gain. A ce titre, on peut penser, par exemple, aux BC 179B, BC 159B ou BC 557B. La solution retenue est une affaire de prix de revient et de facilité d'approvisionnement d'un transistor double pnp, lequel est naturellement supérieur à une version d'amateur constituée de deux BC 557B. D'autre part, l'influence des variations de température sur la solution bon marché n'est pas un élément spécialement gênant dans le cas du VCF 24 dB.

La figure 9a montre la disposition des points de raccordement d'un transistor double de fabrication artisanale; la plaque de circuit est conditionnée pour l'implantation d'un "vrai" transistor double dont le brochage est illustré par la figure 9b. En ce qui concerne le schéma de la figure 9a, il faut noter que C1 et E1 sont intervertis par rapport à leur emplacement sur le schéma de la

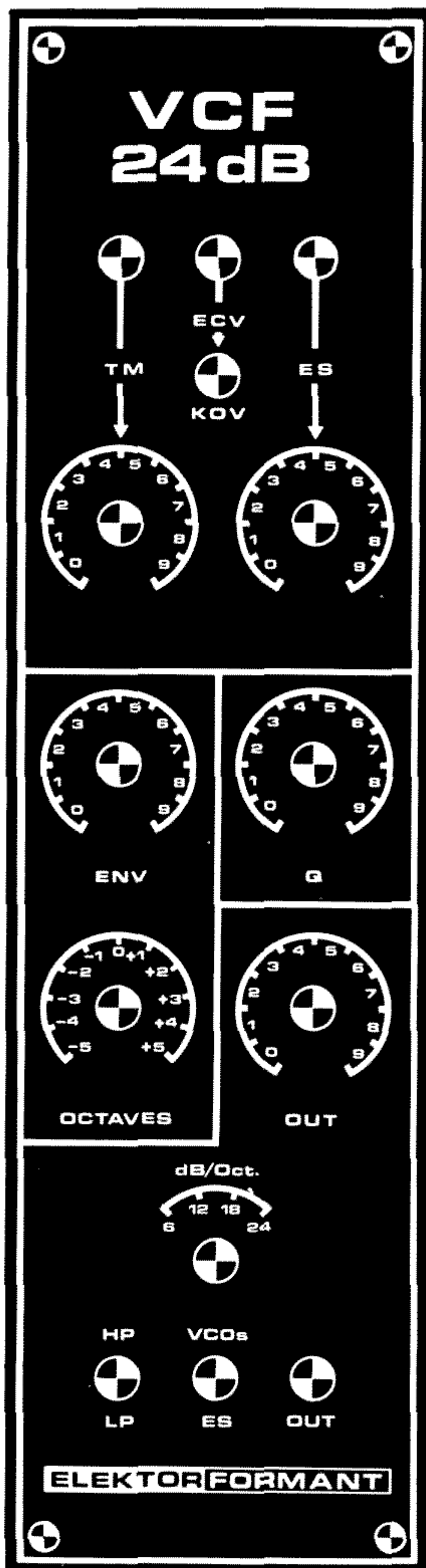




figure 9b. La figure 9c présente le brochage d'un IC CA 3080 (A) en boîtier TO et Mini-DIP. La plaquette est prévue pour l'implantation d'un DIP. Cependant, les ICs en boîtier TO sont montables sans grande difficulté en sollicitant quelque peu les connexions. Bien que ce ne soit pas absolument nécessaire, il peut être avisé de sélectionner des OTAs ayant à peu près la même transconductance (pente), afin que les quatre éléments de filtres doubles aient à peu près la même fréquence limite. Ceci vaut également pour la CA 3080A dont le rapport entre le  $g_m$  maximum et le  $g_m$  minimum n'est que de 1,6 : 1 comparativement à la version standard CA 3080 pour laquelle le rapport est de 2 : 1. Le circuit et la procédure de sélection des OTAs sont présentés dans un encart.

Toute proportion gardée, les autres semi-conducteurs sont sans problème. Au lieu des ampli-ops quadruples d'entrée du type FET TL 084, on peut aussi utiliser des TL 074 peu bruyants (tous deux sont fabriqués par TEXAS Instruments), mais cela ne présente aucun avantage. Pour IC8 (mais, rien que pour IC8), en plus des TL 084 et TL 074, le choix peut se porter éventuellement sur le LM 324. Dans le convertisseur exponentiel, au lieu du 741 on peut employer également une version à entrée FET, le LF 356, par exemple. Dans le VCF 24 dB, il ne faut utiliser que des condensateurs à faibles pertes et faibles courants de fuite de constructeurs connus comme par exemple les types MKM (Siemens) et FKC (Wima), ainsi que des condensateurs en styroflex pour C3... C7.

### Circuit imprimé et face avant

La figure 7 montre le tracé du circuit et l'implantation des composants. Grâce à l'organisation, la totalité du circuit a pu être montée sur une plaquette Euro-card de 100 x 160 mm. Mais il n'a pas été possible d'installer à l'extrémité avant de la plaquette tous les connecteurs destinés au raccordement des liaisons avec les organes de contrôle de la face avant. Toutes les connexions internes se font sur un connecteur. Toutes les inscriptions relatives aux raccordements sur la plaquette et aux indications de la face avant sont conformes à la terminologie utilisée jusqu'alors pour le FORMANT. Une liste complète des inscriptions portées sur le circuit imprimé et la face avant est donnée ci-dessous:

#### a) Entrées internes

- KOV = Keyboard Output Voltage = Tension de sortie du clavier (venant du récepteur d'interface)  
 ENV = Tension de commande d'enveloppe (venant du générateur d'enveloppe ADSR)  
 VCO1, 2, 3 = Signaux des VCOs (venant des sorties VCO/IOS des trois modules VCO)  
 IS = Signal interne (venant de la sortie du VCF 12 dB VCF/IOS)

#### b) Entrées externes

- ECV = External Control Voltage (tension de commande externe par l'intermédiaire de la prise jack de la face avant)  
 TM = Timbre Modulation (modulation de timbre depuis l'entrée de tension de la face avant)  
 ES = External Signal (signal d'entrée externe venant

#### c) Sorties

- IOS = Internal Output Signal (signal de sortie interne du VCF, acheminé vers le VCA)  
 EOS = External Output Signal (sortie externe sur la prise jack OUT de la face avant)

#### d) Potentiomètres

- TM = P3, réglage de TM (modulation de timbre)  
 ES = P5, réglage d'amplitude du signal externe d'entrée  
 ENV = P2, réglage de la tension de commande du générateur d'enveloppe du VCF  
 OCTAVES = P1, réglage de la fréquence du filtre  
 Q = P4, réglage de la résonance du filtre (ajuste

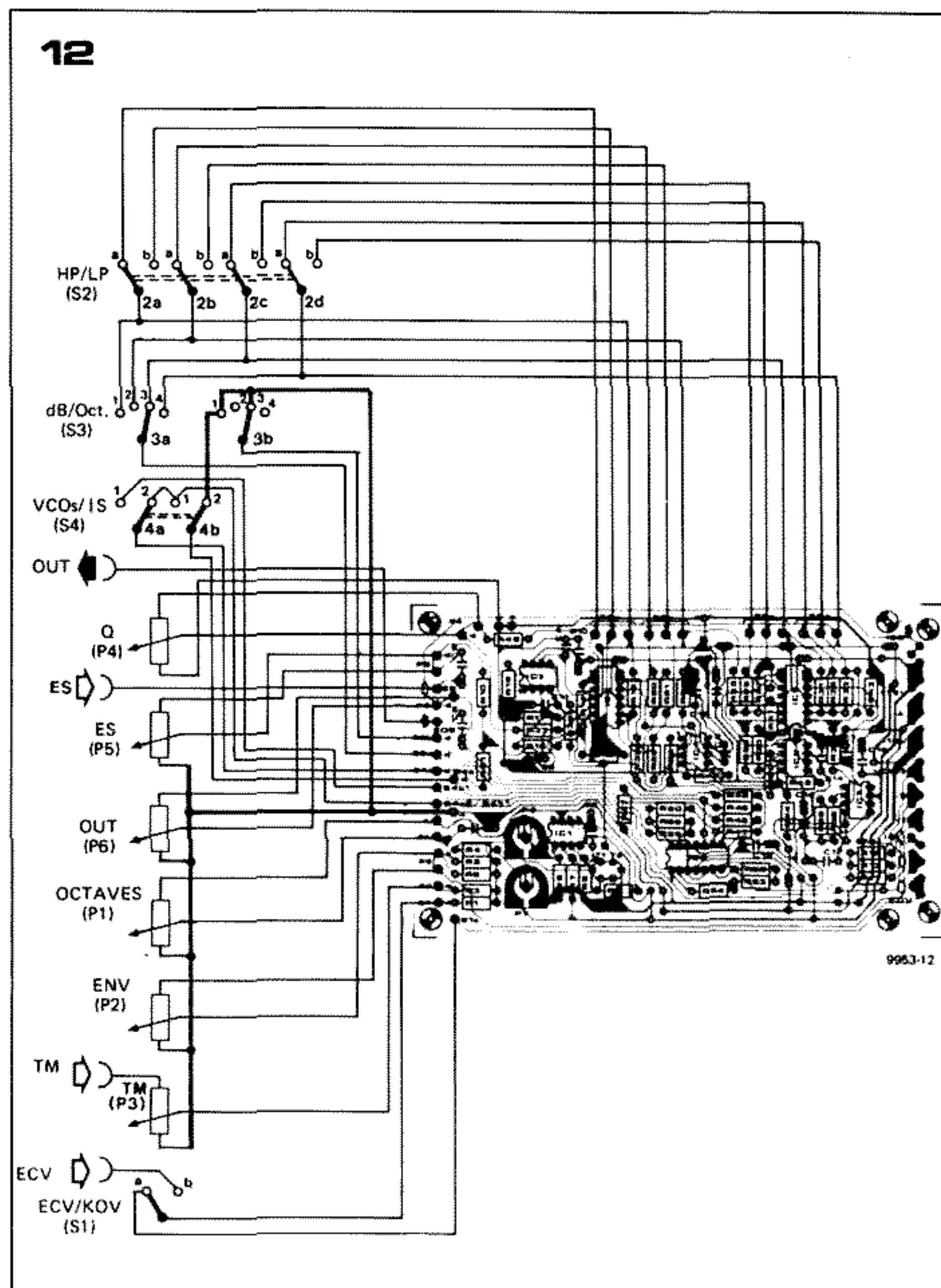


Figure 11. Face avant du VCF 24 dB.

Figure 12. Schéma de câblage des potentiomètres, commutateurs et prises jack de la face avant.

	le gain maximum au voisinage de la fréquence de coupure)
OUT =	P6, réglage de l'amplitude de l'IOS
e) Commutateurs	
ECV/KOV =	S1, commutateur sélecteur de la tension de commande
HP/LP =	S2, commutateur sélecteur du mode passe-haut/passe-bas
dB/octave =	S3, commutateur sélecteur de la pente du filtre
VCOs/IS =	S4, commutateur sélecteur des signaux d'entrée VCO/IS

## Essai et mise au point

La procédure d'essai et de mise au point est très semblable à celle observée pour le VCF 12 dB. Les circuits du convertisseur exponentiel et de la chaîne de filtres doivent être testés séparément; ils sont reliés par une connexion en fil de câblage depuis T2 jusqu'à un point proche de R15, et celle-ci est provisoirement retirée pendant l'essai du VCF. Pour contrôler le circuit de filtrage, il est nécessaire de fournir un courant d'alimentation auxiliaire aux OTAs par l'intermédiaire d'un potentiomètre logarithmique 100 K qui sera placé entre -15 V et la masse selon une caractéristique logarithmique "inversée". Pour contrôler le courant de commande on intercale un multimètre réglé sur la plage de 100  $\mu$ A entre le curseur du potentiomètre et la ligne conductrice commune aux résistances R38, R40, R42 et R44. Le signal d'entrée du filtre injecté par l'intermédiaire de la douille de jack ES de la face avant et dont l'amplitude est réglée à 2,5 V crête à crête au curseur de P5 est délivré soit par un VCO (forme d'onde sinusoïdale), soit par un générateur sinusoïdal. La sortie de filtre (EOS) est reliée à un oscilloscope. La résonance de filtre est ajustée à sa valeur minimale (curseur de P4 à la masse) et la pente à 24 dB/octave. On applique un courant d'alimentation d'environ 50  $\mu$ A. Si l'on fait varier la fréquence du signal d'entrée dans la gamme des fréquences audibles (de 20 Hz à 15 kHz), l'amplitude du signal de sortie doit fléchir nettement au cours de l'évolution de la fréquence d'entrée de 20 Hz jusqu'à une fréquence déterminée (la fréquence de coupure) dans le mode passe-bas. Dans le mode passe-haut, elle doit également décroître au cours de l'évolution de la fréquence du signal d'entrée de 15 kHz jusqu'au voisinage de la fréquence de coupure. voisinage de la fréquence de coupure. Etant donné que le courant d'alimentation reste constant à 50  $\mu$ A, il faut avoir la même fréquence de coupure pour le mode passe-haut et le mode passe-bas. La sélection de pente est ensuite vérifiée. Tous les raccordements et les réglages restant inchangés, à partir de 6 dB/octave dans le mode passe-bas la fréquence

d'entrée sera réglée pour que la fréquence de coupure soit franchie (par rapport au reste de la bande passante, l'amplitude doit déjà être atténuée à 1/4 de sa valeur originale, par exemple). Si l'on fait passer alors la pente du filtre de 6 à 12 dB, l'amplitude du signal de sortie chute de 6 dB (de 50%), et ainsi de suite en passant aux pentes de 18 et 24 dB.

Pour une pente de 24 dB/octave, l'amplitude se situe donc à 18 dB (facteur 0,125) sous l'amplitude de sortie correspondant à 6 dB/octave.

La résonance du filtre doit être ajustée grâce au choix d'une valeur adéquate de la résistance R49 de telle manière que pour une valeur maximale du facteur Q il soit certain que le filtre ne commence pas à osciller. Pour ce faire, on remplace R49 ( $R_x$ ) par un potentiomètre 100 k jusqu'à l'obtention de la valeur correcte. Le mode choisi pour ce test est le passe-bas 24 dB/octave. Le potentiomètre est d'abord réglé sur sa valeur maximale (100 k), ainsi d'ailleurs que P4 (curseur sur R37); la fréquence du signal d'entrée du filtre est vérifiée et on l'ajuste sur l'amplitude maximale du signal de sortie (fréquence de résonance). En diminuant la résistance du potentiomètre  $R_x$ , il arrive un moment où l'oscillation apparaît: le signal de sortie "saute" à une amplitude plus marquée et "s'y maintient" lorsque le signal d'entrée est éliminé (coupure par P5).

Il faut alors augmenter la valeur de  $R_x$  jusqu'à ce que le filtre ne manifeste aucune tendance à osciller lorsque, par exemple, on lui applique des impulsions à l'entrée. Finalement, la valeur "adéquate" déterminée grâce au potentiomètre  $R_x$  servira à choisir la résistance R49 (dans la série E12, prendre la valeur immédiatement supérieure) qui sera soudée sur la plaquette.

Ensuite, il faut contrôler la plage de réglage de la fréquence de résonance. Brancher le circuit de filtrage en mode passe-bas sur 24 dB/octave pour un facteur Q élevé. La résonance du filtre doit

pouvoir être ajustée, grâce au potentiomètre 100 k contrôlant le courant auxiliaire, pour une fréquence de signal d'entrée s'étageant aussi bien de 20 à 50 Hz que de 12 à 15 kHz. Si l'intensité du courant auxiliaire passe de 50  $\mu$ A à 100  $\mu$ A, la fréquence de résonance du filtre doit elle aussi passer à une octave supérieure.

Pour tester le convertisseur exponentiel, connecter en série une résistance de 27k et un multimètre réglé sur la plage des 100  $\mu$ A entre le collecteur de T2 et -15 V. Les entrées du courant d'alimentation ne sont pas encore raccordées (pas de connexion vers R38, R40 etc.). Le test suit exactement la même procédure que celle décrite pour le VCF 12 dB du FORMANT dans le chapitre 6, 1ère partie. Si la plage de réglage de P8 ne convient pas, donner à R6 la valeur 1,5 k.

## Câblage

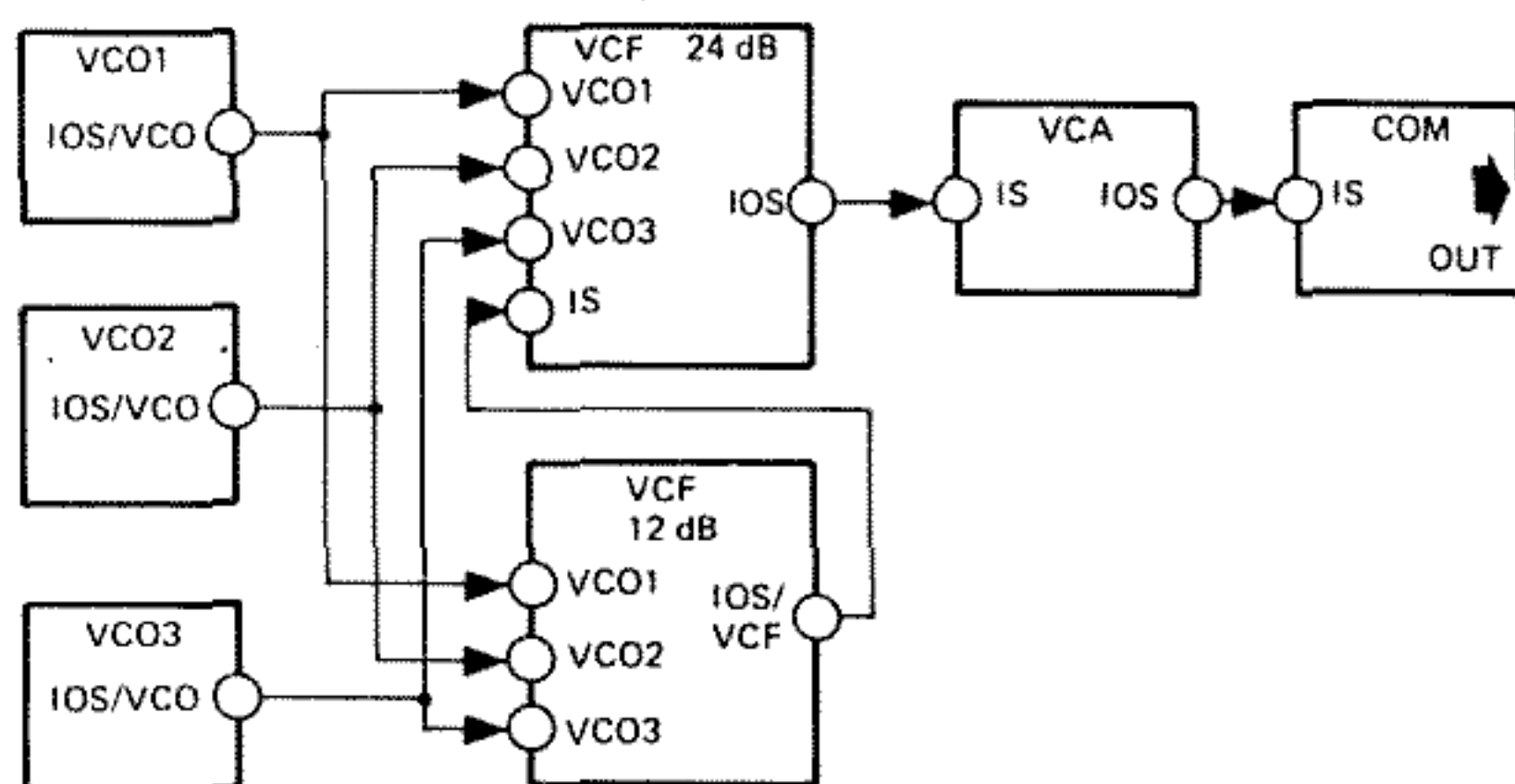
La figure 12 présente un schéma de câblage relatif aux connexions reliant la plaquette à la face avant. L'insertion du nouveau VCF dans l'organisation générale des circuits du FORMANT ressort de la figure 13 qui montre le câblage "interne". Par rapport au schéma de câblage général du FORMANT présenté par la figure 5 du chapitre 10, on note les différences suivantes:

Les sorties "internes" des trois VCOs sont également reliées au VCF 24 dB. La sortie "interne" du VCF 12 dB est connectée avec l'entrée IS du nouveau filtre 24 dB, et non plus avec l'entrée IS du VCA.

La sortie du VCF 24 dB alimente maintenant l'entrée du VCA.

Comme le signal du premier VCF est commutable entre l'entrée et la sortie du VCF 24 dB, il y a donc maintenant possibilité de connecter les deux filtres au choix en série ou en parallèle dans le trajet du signal, grâce à l'extension du câblage interne. Dans la position de commutation "VCOs" du commutateur

13





(S4 dans le VCF 24 dB), les deux filtres sont insérés en parallèle; dans la position "IS", les signaux des VCOs traversent d'abord le VCF 12 dB, puis, le VCF 24 dB.

## Réglage

Il est nécessaire d'ajuster le "potentiomètre d'offset" P7 et la caractéristique 1 V/octave de la commande de fréquence de filtre par P8. Le réglage d'offset du filtre se fait dans le mode passe-bas pour 24 dB/octave sans résonance (facteur Q à sa valeur minimale); le réglage de la caractéristique 1 V/octave se fait pour une valeur élevée du facteur Q. Les procédures d'alignement ont été déjà décrites en détail dans la partie consacrée au VCF 12 dB, la seule précaution supplémentaire étant de veiller à ce qu'une surmodulation du filtre ne conduise pas à des résultats de réglage faussés.

## Conseils d'utilisation

Avec ses quatre OTAs, le VCF 24 dB exige, plus encore que le VCF 12 dB, un réglage correct du niveau de l'amplitude d'entrée. Cela signifie que, d'une part, il ne faut pas que l'amplitude soit si forte qu'il se produise une distorsion (surmodulation) et d'autre part, qu'elle soit si faible que le rapport signal/bruit n'atteigne un taux suffisant. Le VCF 24 dB est conçu pour que le niveau d'entrée optimum soit atteint lorsque les trois VCOs sont à leur niveau de sortie maximum pour une seule forme d'onde. Si plus de trois VCOs sont mis en oeuvre ou si plus d'une forme d'onde sort de chaque VCO, il faut réduire leur niveau de sortie.

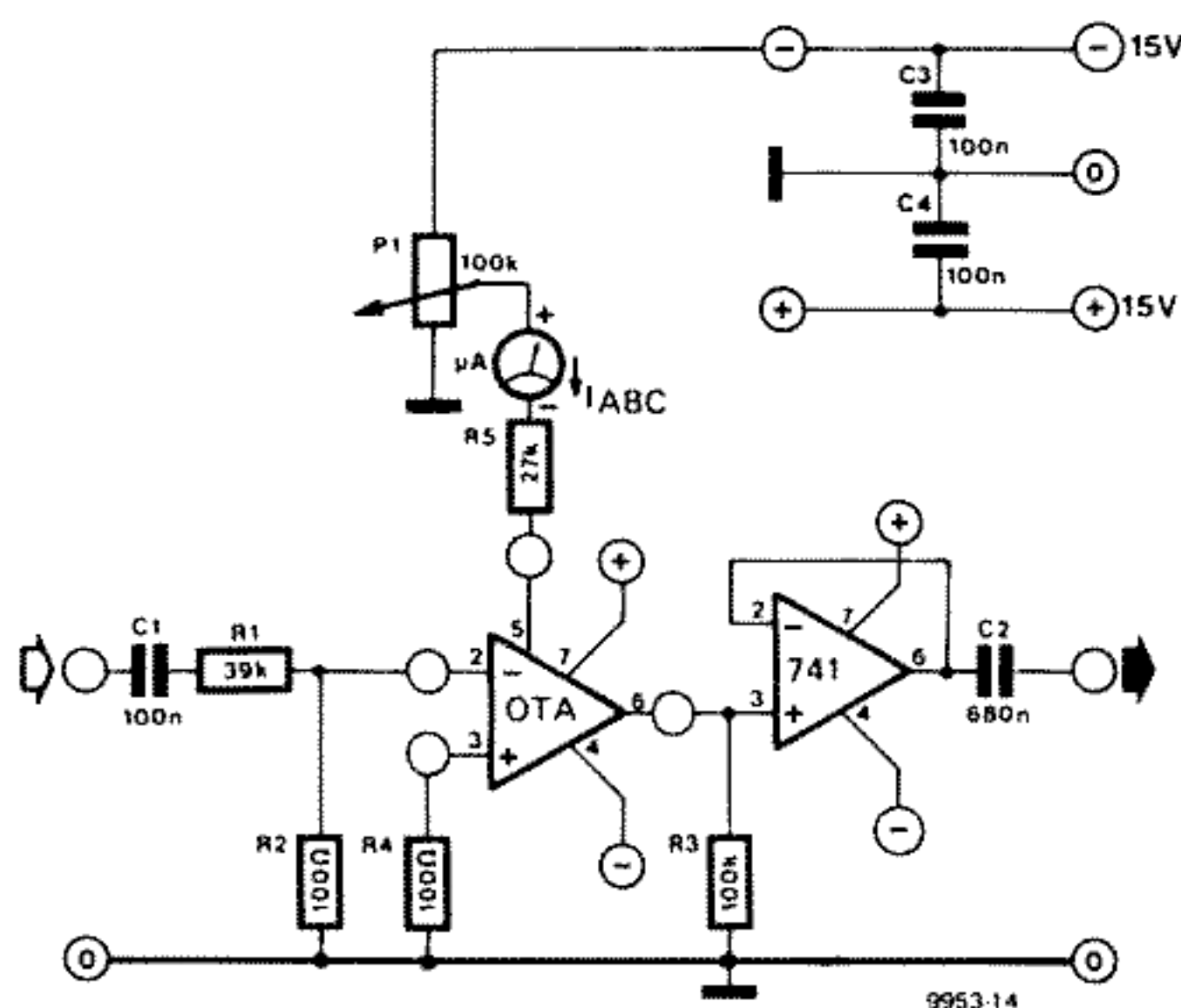
Par contre, si l'on n'emploie qu'un seul VCO, il y a insuffisance de modulation susceptible de se traduire par un bruit audible. Ce peut être le cas pour des timbres sourds (pauvres en harmoniques). Le remède consiste à brancher un "cordon de liaison" entre la prise jack OUT de sortie du VCO et l'entrée ES du VCF. Il est alors possible de régler à un niveau sensiblement plus élevé le signal d'entrée grâce au potentiomètre ES; en fait, cette entrée a une sensibilité approximativement égale à trois fois celle des entrées "internes" des VCOs. L'application de tensions de commande au VCF 24 dB se traduit par des capacités identiques à celles du VCF 12 dB.

Une tension de commande de KOV en fait un filtre de tracking; l'entrée d'un signal ENV et d'un signal TM autorise une modulation dynamique du contenu harmonique de son signal de sortie. En raison de la pente plus forte du VCF 24 dB, le réglage de la commande du niveau d'ENV est plus délicat, mais lorsqu'il est ajusté correctement il est possible d'obtenir des nuances tonales plus subtiles dans le signal de sortie qu'elles ne le sont avec le VCF 12 dB. La question se pose de savoir quel générateur d'enveloppe ADSR utiliser pour commander le VCF 24 dB étant donné qu'il n'en existe que deux dans le FORMANT et qu'ils contrôlent respectivement le VCA et le VCF 12 dB. En raison de la conception modulaire du synthétiseur, il est parfaitement possible, évidemment, de réaliser un troisième générateur d'enveloppe, ce qui donne le plus de ressources. Une autre méthode consiste à "emprunter" l'une des sorties ADSR, du VCA par le truchement d'un cordon de liaison branché à l'entrée TM

du VCF 24 dB. Une troisième solution est obtenue en reliant par un fil de câblage l'entrée ENV du VCF 24 dB à la sortie du générateur d'enveloppe qui commande le VCF 12 dB. Cette dernière combinaison est probablement préférable puisqu'elle permet que le signal ADSR soit appliqué soit à un, soit aux VCFs par un ajustement convenable de leur commande d'ENV, et qu'elle laisse en outre la possibilité de réunir par un cordon de liaison la sortie de l'autre générateur d'enveloppe à l'entrée TM de chaque VCF.

*Bibliographie:*

**ANALOG DEVICES:** *Nonlinear circuits handbook – designing with analog function modules and ICs* (Edited by Daniel H. Sheingold) Norwood, Mass. USA, 1974)



### Sélection des OTAs (Operational Transconductance Amplifiers)

Bien que se ne soit pas absolument essentiel, il est quand même profitable de choisir des OTAs dont les caractéristiques de transconductance soient très proches. ceci pour garantir que les quatre éléments de filtres soient bien synchronisés. La figure ci-dessus donne un circuit d'essai qui se compose de l'OTA à tester (avec un support) connecté en amplificateur commandé en courant (atténuateur de tension d'entrée R1, R2 et résistance de charge R3), d'un potentiomètre 100 k branché entre la masse et -15 V pour le réglage du courant de commande  $I_{ABC}$  et d'un 741 servant d'étage de sortie et qui peut être éliminé si la tension de sortie est mesurée à l'oscilloscope. Un contrôleur universel (multimètre dans les plages de mesure 100  $\mu$ A et 0,5 mA) mesure le courant de commande. Dans toute la mesure du possible, la

sélection s'effectue sous les mêmes tensions de sortie pour un courant de commande  $I_{ABC}$  constant et avec une tension d'entrée identique. Le signal d'entrée sinusoïdal est fourni par un VCO ou par un générateur sinusoïdal. L'amplitude d'entrée doit être de 2 V crête (quant au multimètre, il indique 0,7 V en courant alternatif), et le courant de commande  $I_{ABC}$  est amené à  $100 \mu A$ . Selon l'OTA, l'amplitude de sortie doit se situer entre 0,7 et 1,3 V crête à crête), la tension de sortie moyenne est d'environ 1 V<sub>CC</sub> (350 mV mesuré au multimètre). Ce qui est important, c'est de trouver quatre OTAs délivrant la même amplitude du signal de sortie. Grâce au circuit-test, on peut également contrôler rapidement la relation linéaire entre  $I_{ABC}$  et la tension de sortie. En faisant varier  $I_{ABC}$  selon un facteur déterminé (2, par exemple), la tension de sortie doit évoluer selon le même facteur.

Figure 13. Extension du câblage interne du FORMANT pour l'insertion du VCF 24 dB. Suivant la position du commutateur VCOs/IS (S4) de la face avant les deux VCFs sont connectés en parallèle (position VCOs) ou en série (position IS), dans le trajet du signal.

# Module filtres de résonance

## annexe 2

A première vue, il peut paraître étonnant que l'on attende essentiellement des instruments de musique électroniques qu'ils reproduisent le plus fidèlement possible le timbre des instruments non électroniques. La recherche de structures sonores nouvelles et synthétiques est, presque sans exception, mise au second plan. Une discussion sur la valeur ou la non valeur musicale d'une telle tendance ne peut prendre place en ces colonnes; on ne peut que constater le fait.

En ce qui concerne les synthétiseurs de musique, qui depuis leur apparition servent aussi à l'imitation des sonorités classiques, cet aspect a pris ces derniers temps de plus en plus d'importance. De nombreux synthétiseurs fabriqués industriellement offrent la possibilité de recourir à un certain nombre de timbres instrumentaux classiques dont la production a été pré-programmée. Cette sorte de "retour au naturel" se mani-

feste aussi dans la diffusion croissante des "String Synthetisers" dont la conception est spécialement adaptée à la reproduction des instruments à cordes. Ce cousin un peu éloigné du synthétiseur qu'est le vocodeur sert lui aussi à l'imitation de structures sonores. Chaque son musical est caractérisé par sa hauteur, son intensité, son timbre, ainsi que par la variation de chacune de ces composantes pendant toute la durée de perception du son. Ces trois paramètres ont un comportement statique et dynamique indépendants l'un par rapport à l'autre, caractéristiques de l'instrument considéré. On sait que dans les synthétiseurs de musique les modifications de la hauteur de son et de l'intensité sont réalisées par des oscillateurs commandés en tension (VCOs), pour l'une, par des amplificateurs commandés en tension (VCAs), pour l'autre; quant à la dynamique du timbre, elle est influencée par des filtres commandés en tension (VCFs). Dans ce contexte, il est important que les trois circuits fonctionnels cités déterminent l'évolution, c'est-à-dire la dynamique, des trois paramètres. Cependant, si l'on veut reproduire par des moyens électroniques le son d'instruments classiques, il faut également se préoccuper de la structure sonore statique caractéristique de tel ou tel instrument.

## Résonance et filtre de résonance

Dans le chapitre 6 de cette étude sur le FORMANT il a déjà été dit qu'en ce qui concerne les instruments de musique "traditionnels", outre la dynamique du timbre, les phénomènes de résonance jouaient un rôle important.

Chaque instrument de musique est le siège de phénomènes de résonance spécifique qui dépendent dans une large mesure de la géométrie (forme, dimensions, etc.), de la partie mécanique intervenant dans la production du son (la caisse de résonance d'un violon, les tuyaux d'un orgue etc.), mais également des matériaux (le bois pour le violon, le métal pour l'orgue). Il y aurait beaucoup à dire sur les données physiques qui, dans un instrument de musique, influencent le timbre, mais cela déborderait du cadre de cet article. Ce qui est en jeu, c'est la reproduction des résonances les plus importantes d'un instrument de musique grâce à l'électronique.

Dans le langage des professionnels, ces résonances portent le nom de *formants* (d'où est venu tout naturellement le nom du synthétiseur d'Elektor). L'obtention des formants requiert un certain nombre de filtres sélectifs ou filtres passe-bande dont la fréquence de résonance, le gain et le facteur Q soient réglables indépendamment. Certes, le filtre

1

