

Figure 1. Gamme des fréquences fondamentales d'un certain nombre d'instruments de musique classiques par rapport à celle d'un piano. (Extrait de: "Elektronik-Taschenbuch Band 1", Ferd. Dümmlers Verlag, Bonn; avec l'aimable autorisation des éditeurs.)

Figure 2. Schéma synoptique du module filtres de résonance qui comporte trois filtres indépendants connectés en parallèle.

Figure 3. Réponse en fréquence d'un des filtres. Le schéma précise en outre les potentiomètres grâce auxquels les paramètres des filtres peuvent être modifiés.

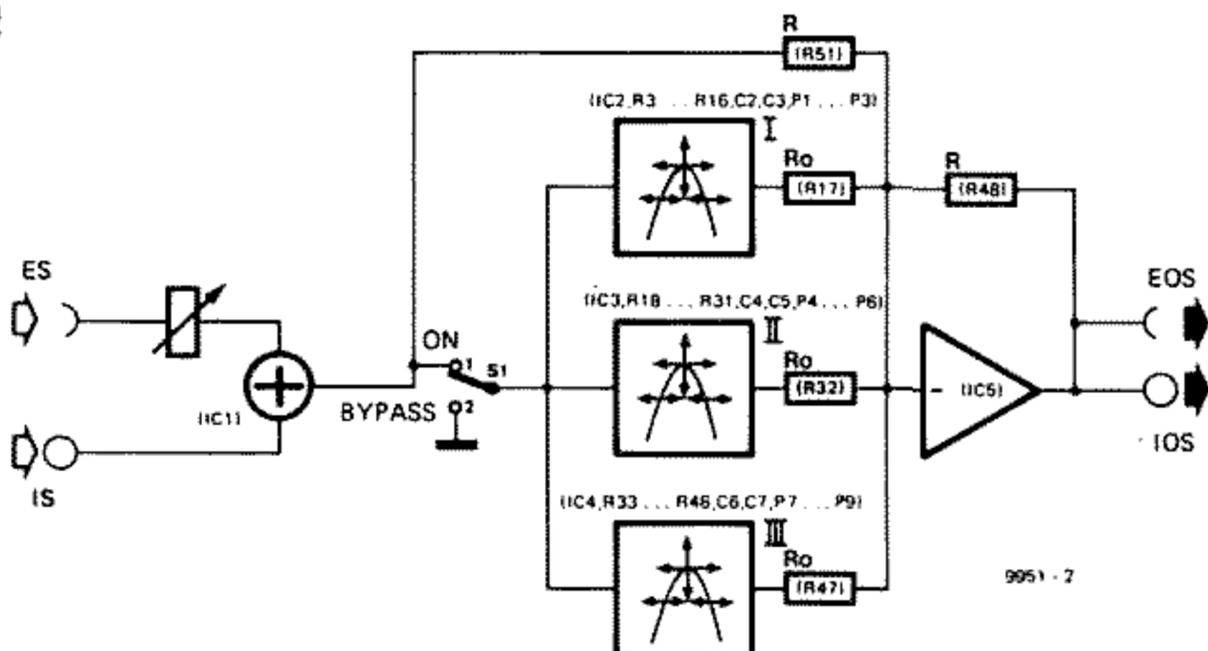
Tableau 1. Position de la résonance principale de quelques instruments de musique traditionnels.

Tableau 1

Instrument	Résonance principale	Signal VCO
Flûte (bois et métal)	800 Hz env.	Rect. un peu asym.
Clarinette	1 à 2 kHz*	Rect. symétrique
Hautbois	1,3 à 1,7 kHz*	Rect. asym. (impuls.)
Basson	440 Hz env.*	Rect. asym. (impuls.)
Trompette	1,5 kHz env.	Dent de scie espacée
Bugle	1 kHz env.*	Dent de scie
Trombone	600 Hz env.	Dent de scie espacée
Cor de chasse	400 Hz env.*	Dent de scie
Tuba	250 Hz env.	Dent de scie
Violon	400 Hz env.**	Dent de scie espacée
Violoncelle	200 Hz env.**	Dent de scie ou
Contrebasse	100 Hz env.**	rect. asym. (impuls.)

** si possible, utiliser plusieurs filtres à résonance ou filtres à peigne
* avec un facteur Q plus élevé

2



Filtres de résonance

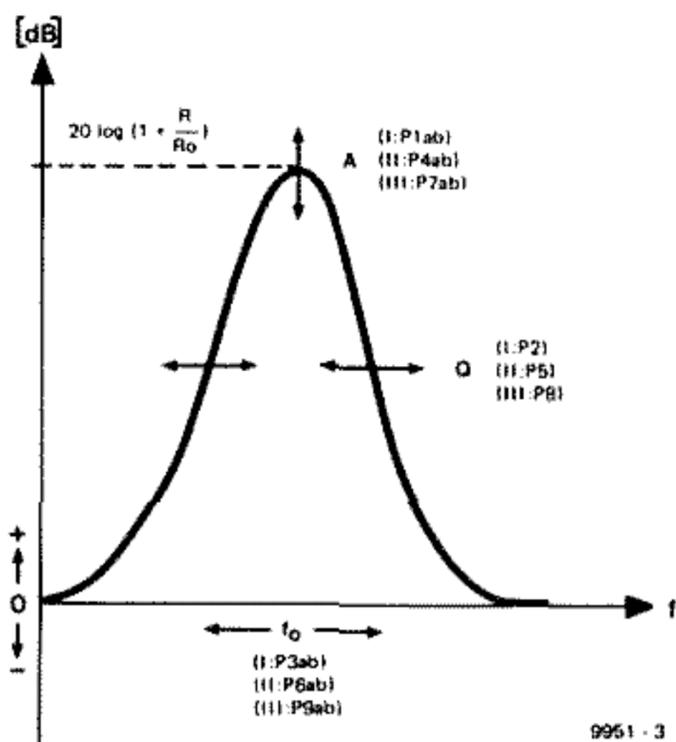
C'est sur les signaux de sortie des VCOs fortement aigus et dont la teneur en harmoniques de rang supérieur est importante que se distingue le mieux l'action des filtres de résonance. Pour bien en mesurer l'effet sur les sons vocaux, il convient de choisir un signal dont la fréquence soit d'environ 200 Hz. On règle le facteur Q du filtre de résonance à une valeur moyenne et l'on fait évoluer la fréquence centrale du minimum au maximum. D'abord, on entend des sons sourds presque dépourvus d'harmoniques. Cependant, au fur et à mesure

que la fréquence centrale croît, apparaissent les voyelles, l'une après l'autre; aux fréquences centrales élevées, on perçoit des sons de fibre perçants. Plus le facteur Q est élevé, et plus l'effet décrit est accentué; réciproquement, si le facteur Q est diminué, l'action est atténuée. Toutes les résonances importantes sur le plan musical sont entre 100 et 2000 Hz environ. Le tableau 1 donne la position approximative de la résonance principale de quelques instruments et indique aussi la forme d'onde VCO la plus propice à la reproduction de l'instrument considéré. Bien entendu, il ne s'agit que de valeurs indicatives car c'est l'oreille qui juge finalement de la perfection de l'imitation. Sans autre précision, le potentiomètre de réglage du facteur Q se trouve en position médiane. En complément, la figure 1 montre la gamme de fréquences fondamentales de divers instruments traditionnels par rapport au clavier d'un piano.

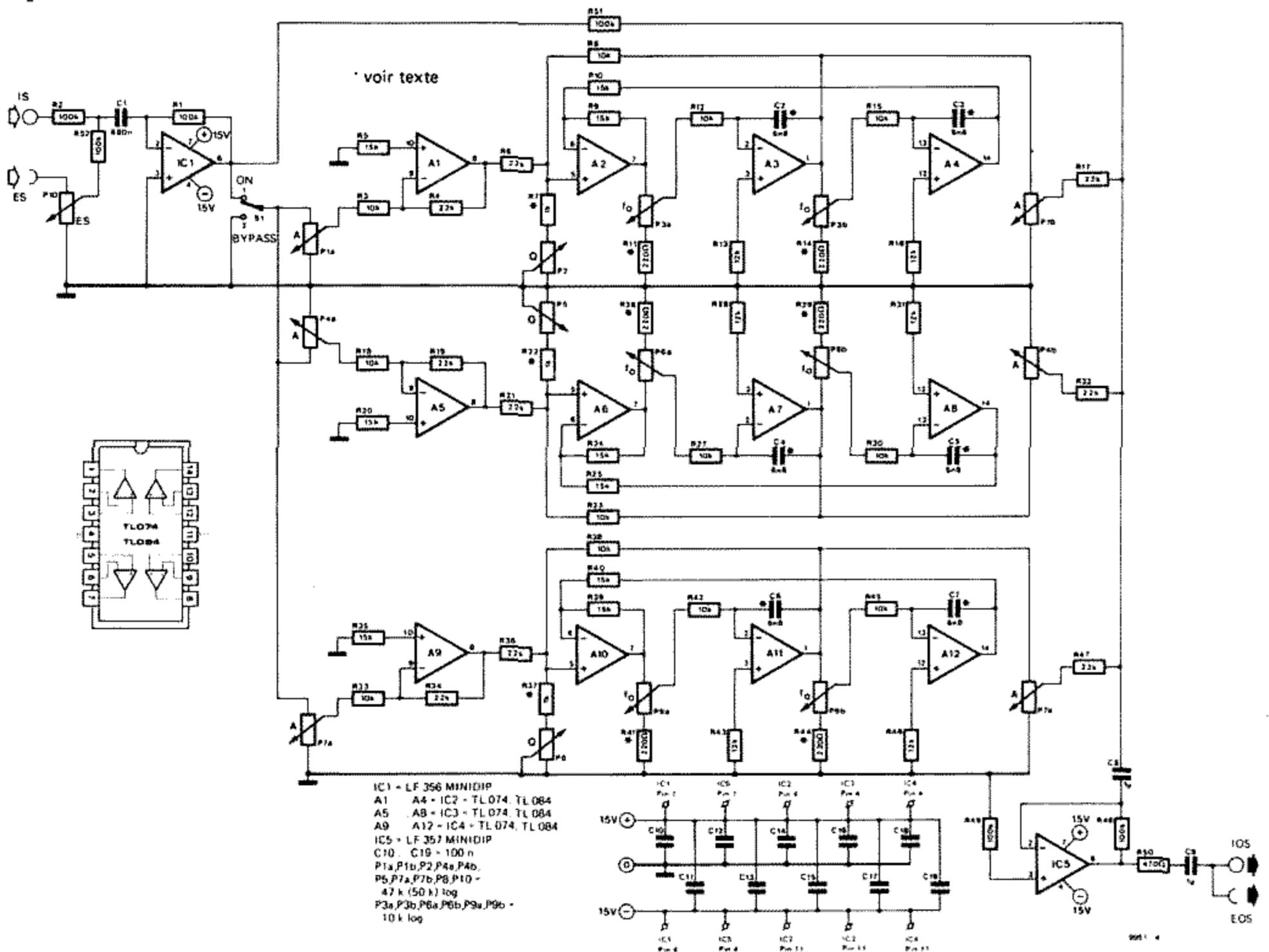
Circuit

Les equalizers paramétriques, par exemple, sont équipés de filtres de résonance. Dans ce cas, il faut que les paramètres du filtre (fréquence de résonance, gain, facteur Q) soient aussi réglables indépendamment l'un de l'autre. Mais, en ce qui concerne les filtres de résonance dont traite cet exposé, il suffit, à l'inverse du type employé dans un equalizer paramétrique, qu'ils renforcent l'ampli-

3



4



tude d'une gamme de fréquences déterminées correspondant aux formants de l'instrument à imiter. Une atténuation sélective équivalente d'une valeur négative du niveau en décibels n'est pas nécessaire.

Il est donc possible d'utiliser pour un equalizer paramétrique d'où est absente la possibilité d'atténuation (du type "Boost Only" = à gain positif seul), un circuit de conception beaucoup plus simple. En outre, ce nouvel équipement s'adapte très bien à la réalisation du

FORMANT par assemblage de modules. Un total de trois filtres résonnants constitue un compromis acceptable entre le nombre d'éléments nécessaires à une reproduction raisonnablement fidèle et les contraintes imposées par l'emplacement disponible et le souci d'économie. Evidemment, il est toujours possible de doubler la capacité de réglage par l'emploi d'un second module branché en série.

Le schéma synoptique d'un module est donné en figure 2, alors que la figure 4

Figure 4. Schéma détaillé du circuit du module filtres de résonance.

Figure 5. Circuit imprimé et implantation des composants pour le circuit de la figure 4 (EPS 9951-1).

Liste des composants de la figure 5 (RFM)

Résistances:

R1, R2, R48, R49, R51, R52 = 100 k
 R3, R8, R12, R15, R18, R23, R27,
 R30, R33, R38, R42, R45 = 10 k
 R4, R6, R17, R19, R21, R32, R34,
 R36, R47 = 22 k
 R5, R9, R10, R20, R24, R25, R35,
 R39, R40 = 15 k
 R7, R22, R37 = 1 k (voir texte)
 R11, R14, R26, R29,
 R41, R44 = 220 Ω (voir texte)
 R13, R16, R28, R31,
 R43, R46 = 12 k
 R50 = 470 Ω

Potentiomètres:

(ϕ de l'axe = 4 mm)
 P1, P4, P7 = 47 k (50 k) pot. log double
 P2, P5, P8, P10 = 47 k (50 k) log
 P3, P6, P9 = 10 k pot. log double

Condensateurs:

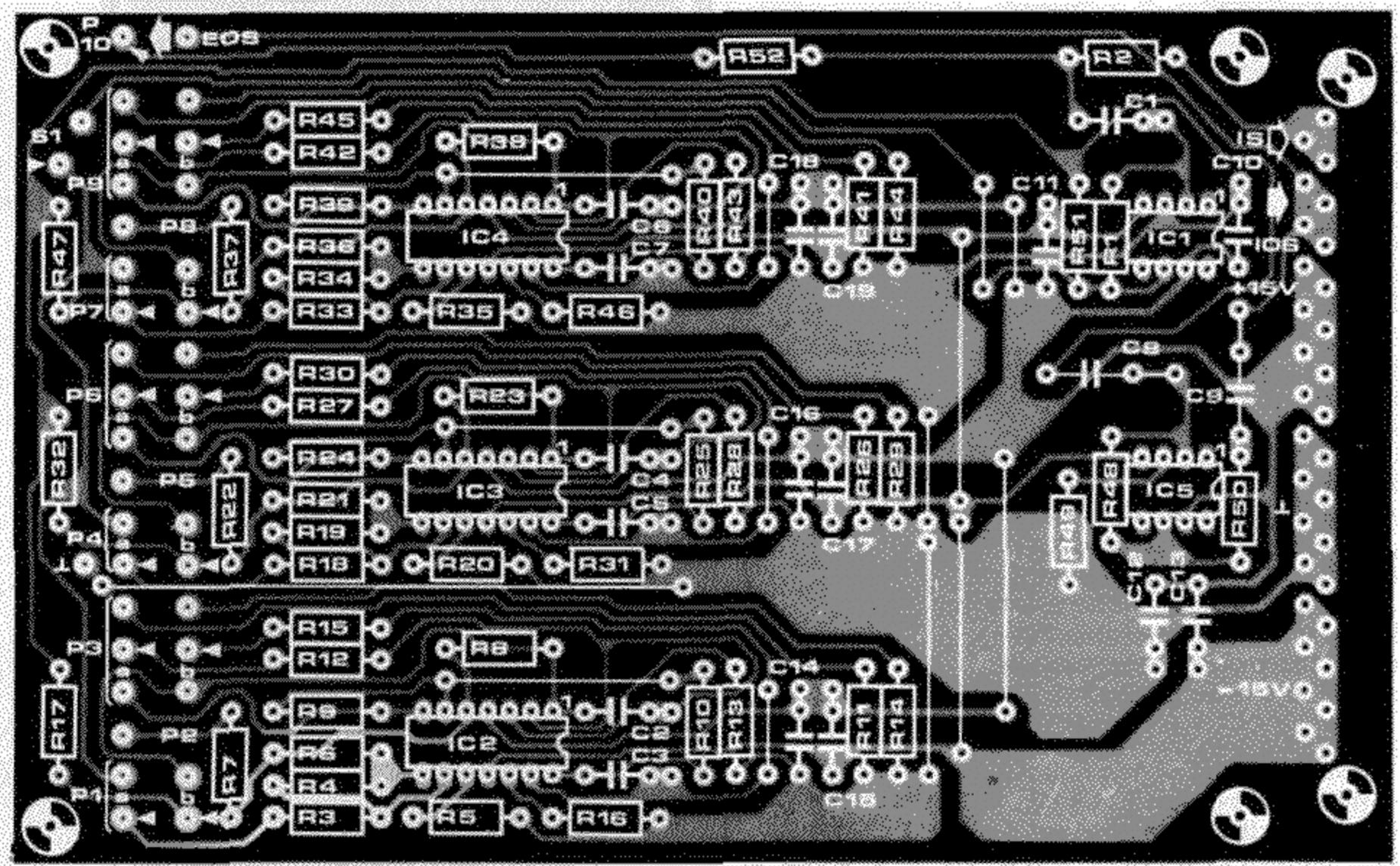
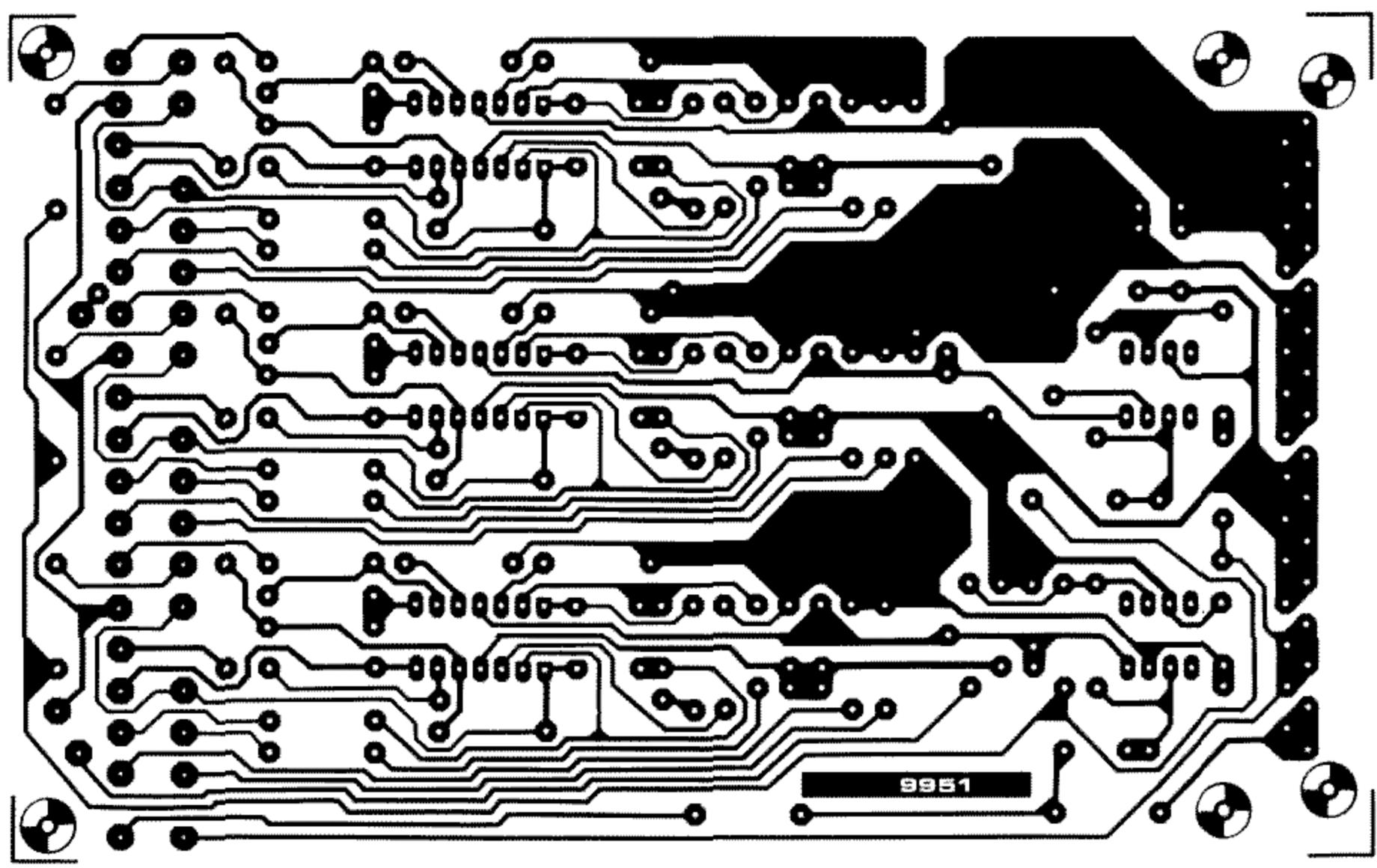
(tous MKM ou MKH)
 C1 = 680 n
 C2, C3, C4, C5, C6,
 C7 = 6n8 (voir texte)
 C8, C9 = 1 μ
 C10, C11, C12, C13, C14, C15,
 C16, C17, C18, C19 = 100 n

Semiconducteurs:

IC1 = LF 356
 (National, Texas u.a.),
 Minidip
 IC2, IC3, IC4 = TL 084, TL 074
 (Texas)
 IC5 = LF 357 (National, Texas),
 Minidip

Divers:

1 connecteur 31 broches DIN 41717 ou picots à souder
 S1 = commutateur unipolaire miniature
 2 prises jack 3,5 mm
 10 boutons à collerette transparente (ϕ bouton = 10 mm, ϕ collerette = 20 mm), ϕ de l'axe = 4 mm
 Face avant RFM

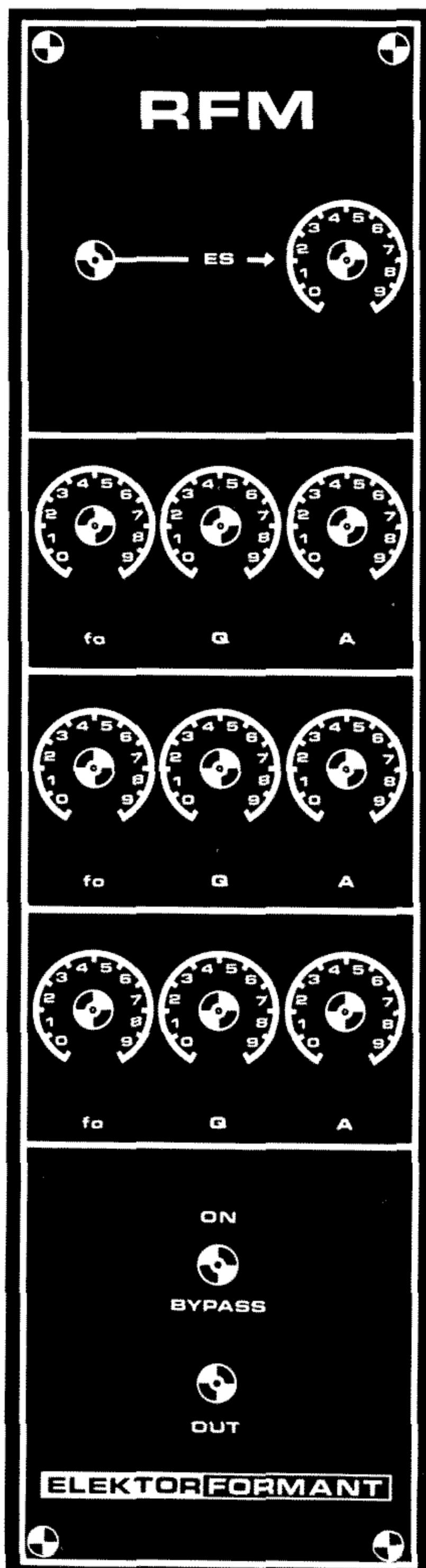


présente le circuit complet. La figure 3 montre la courbe caractéristique de fréquence d'un filtre de résonance. L'examen de la figure 2 fait apparaître qu'un signal externe ES peut être associé au signal interne IS. Lorsque S1 est en position ON le signal somme est conduit à l'amplificateur sommateur de sortie via R (R51 dans la figure 4) ainsi qu'aux entrées des trois filtres sélectifs. Pour chaque filtre, la fréquence de résonance, le gain et le facteur Q sont réglables indépendamment. Les sorties des trois filtres sont également reliées, au travers de trois résistances R_0 , à l'entrée d'un amplificateur sommateur. A supposer qu'il ait été prévu que le gain de l'ensemble des filtres puisse être réglé entre zéro et un, le gain maximal par rapport au gain obtenu en mode by-pass (voir figure 3) se situera entre 0 dB (la caractéristique chute en concordance avec l'axe de fréquence) et une valeur en dB déterminée par le rapport R/R_0 . Si le commutateur S1 est en position "BYPASS", les entrées de filtres sont mises à la masse; le gain du module est donc indépendant de la fréquence et égal à 1 (0 dB). Les composants dont la désignation est entre parenthèses sur la figure 2 se rapportent aux différentes sections du circuit de la figure 4.

Dans la figure 4, IC1 fonctionne en amplificateur sommateur inverseur. Les trois circuits de filtres qui le suivent sont du type "State Variable" maintenant bien connu des lecteurs. Le gain est réglable par les potentiomètres doubles P1, P4 et P7. Une moitié d'entre eux est connectée à l'entrée et l'autre moitié à la sortie du filtre. De cette manière on obtient une amélioration de la dynamique, c'est-à-dire moins de bruit et une réduction du risque de surmodulation. Le circuit comporte enfin l'étage amplificateur inverseur IC5 qui annule le déphasage de 180° introduit par IC1, de telle façon que les signaux d'entrée et de sortie du module soient en phase. L'amplitude maximale d'un filtre de résonance se monte à environ +15 dB pour les valeurs de R et R_0 indiquées. Le facteur Q est réglable grâce à P2 (P5, P8) entre 0,8 (sélectivité minimale) et un peu plus de 5 (sélectivité maximale). La fréquence de résonance peut évoluer entre à peu près 50 Hz et 2300 Hz, ce qui est plus que suffisant pour une utilisation normale. Néanmoins, il est possible de modifier la gamme des fréquences en changeant la valeur de certains composants intervenant dans la détermination des limites d'évolution. Les transformations nécessaires sont indiquées en annexe.

La valeur maximale du facteur Q est obtenue pour la résistance minimale du potentiomètre correspondant. En conséquence, elle peut être augmentée en diminuant la valeur de R7 (R22, R37); un facteur Q allant de 20 à 30 est réalisé de cette façon sans difficulté. Il est intéressant d'avoir un facteur Q élevé lorsqu'on traite des formes d'onde rectangulaires ou à flancs raides. Cela incite

6



7

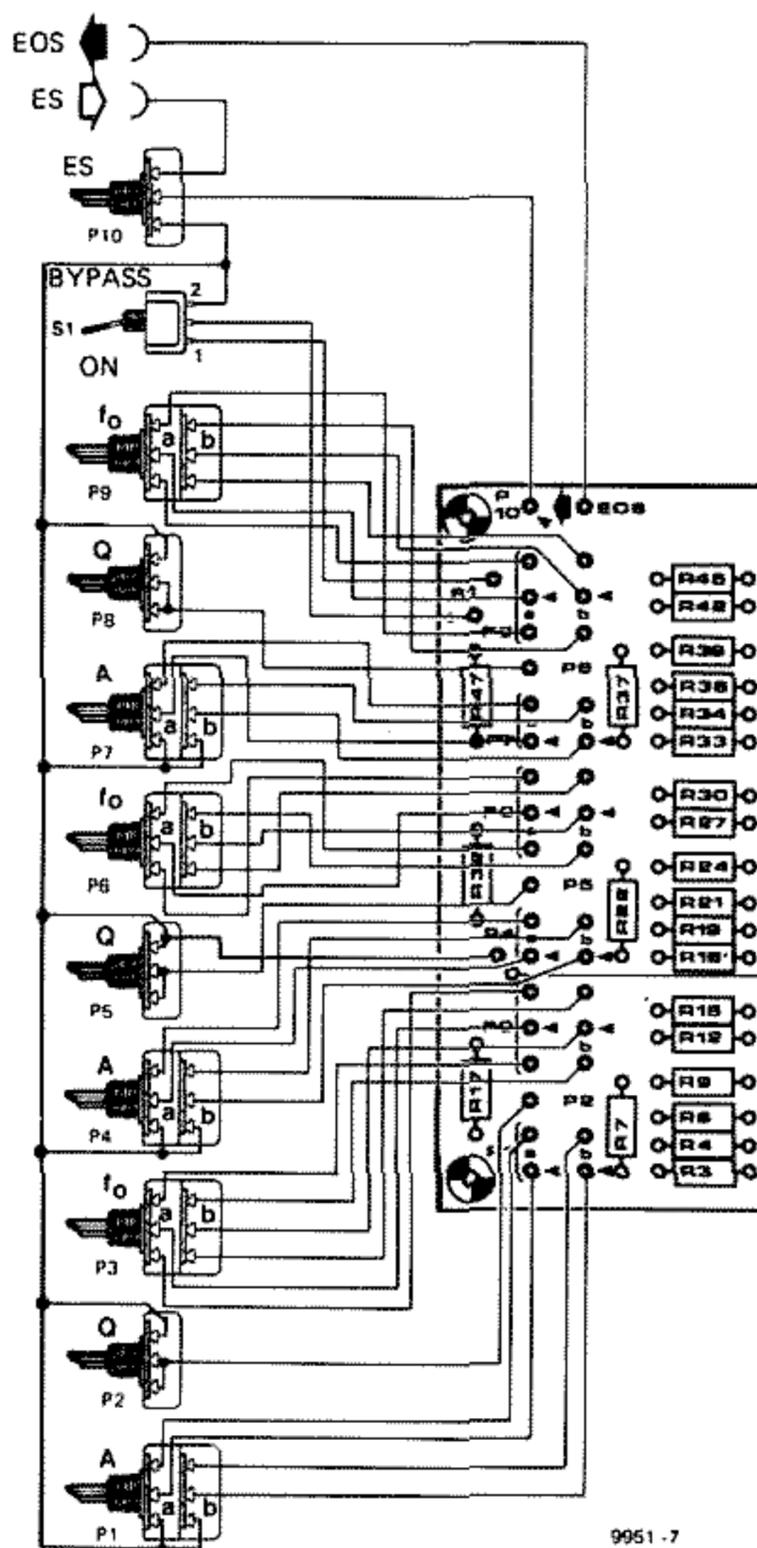


Figure 6. Face avant du module. Il est indispensable d'utiliser des potentiomètres miniaturisés, sinon la surface disponible ne sera pas suffisante.

Figure 7. Câblage des composants montés sur la face avant.

les filtres à "vibrer" à leur fréquence de résonance et produit des effets de percussion. Pour R_7 (R_{22} , R_{37}) = 470Ω , on obtient un facteur Q de 11,3; avec 330Ω , le facteur Q est de 15,8 et avec 220Ω , il est de 23,4.

Réalisation

Le circuit présenté en figure 4 est réalisé pratiquement sur le circuit imprimé de la figure 5.

Pour la sélection des composants, il y a lieu de s'inspirer des conseils souvent répétés au cours de la présentation des modules du FORMANT. La seule différence vient de la présence d'un grand nombre d'organes de commande (10 potentiomètres) sur la face avant du module, justifiant la recommandation d'utiliser des composants miniaturisés qui permettront alors l'alignement des boutons de réglage en rangées de trois parfaitement fonctionnelles.

La figure 6 montre la face avant et la figure 7 le câblage des composants installés sur ce panneau. A l'inverse des autres modules du FORMANT, le module filtres à résonance n'exige aucune procédure d'étalonnage ou d'alignement. Pour vérifier le fonctionnement du circuit, on peut lui injecter un bruit blanc provenant du module NOISE. Des modifica-

tions de réglage des trois paramètres doivent se traduire par une évolution du son résultant nettement audible. Simultanément, on observera que des rotations rapides des potentiomètres, Q et f_0 en particulier, ont pour conséquence la production d'effets semblables au phasing. On peut donc produire également du phasing, manuellement, grâce à ce module complémentaire.

L'échelle circulaire de chaque potentiomètre f_0 de la face avant est partagée linéairement bien que les potentiomètres de réglage soient logarithmiques. Dans la pratique, ce qui importe est de se fier surtout à la position relative de la flèche du bouton de réglage, la connaissance précise de la fréquence de résonance n'étant pas indispensable. En particulier la position médiane doit être considérée comme une indication d'orientation car la courbe de résistance d'un potentiomètre logarithmique est susceptible d'évoluer dans des limites de tolérance assez larges.

Il est souhaitable de placer le module filtres à résonance entre le module COM et l'amplificateur de puissance. Si l'on veut faire usage de la sortie de casque écouteur sur le COM, le module filtres peut être connecté directement avant ce dernier.

Annexe

Gamme des fréquences des filtres à résonance

Compte tenu des valeurs indiquées dans le diagramme du circuit, et qui déterminent la plage de réglage des filtres à résonance, celle-ci peut évoluer entre 50 Hz ($f_0 \text{ min}$) environ et 2340 Hz ($f_0 \text{ max}$) environ. Pour modifier la limite inférieure ($f_0 \text{ min}$), on procède comme suit:

D'abord, déterminer à partir de la limite supérieure désirée ($f_0 \text{ max}$) la valeur de $C_2 = C_3 = C_4 = C_5 = C_6 = C_7 = C$, grâce à l'équation:

$$C = \frac{16}{f_0 \text{ max}}$$

dans laquelle C est exprimé en nanofarads et f_0 en kHz.

Ensuite, on calcule la valeur de la résistance R (voir figure 2) sur la base de la limite inférieure désirée ($f_0 \text{ min}$):

$$R = \frac{16}{C \cdot f_0 \text{ min}}$$

dans laquelle C a la valeur tirée de la première équation, R est exprimée en $k \Omega$, f_0 en kHz et C en nanofarads.

La valeur de $R_0 = R_{11} = R_{14} = R_{26} = R_{29} = R_{41} = R_{44}$ se calcule à partir de:

$$R_0 = \frac{10}{R - 2}$$

dans laquelle R et R_0 sont exprimées en $k \Omega$.

Ces équations peuvent servir à contrôler les valeurs indiquées dans le circuit de la figure 4.