vocoder
la réalisation





le vocodeur d'Elektor (1)

une première mondiale!

La série d'articles traitant de la théorie des vocodeurs doit avoir suscité un grand nombre de lecteurs enthousiastes, brûlant d'impatience à la perspective d'en construire un.
Quant aux techniciens d'Elektor, le problème est de ceux qu'ils chérissent: tout le monde attend un projet, mais personne n'a réussi jusqu'alors à sortir un système qui convienne.
Eh bien, maintenant, ils l'ont fait! C'est un vocodeur 10 voies, conçu en collaboration avec Synton Electronics, des orfèvres en la matière. L'instrument témoigne de bonnes performances pour un investissement très raisonnable. Voilà qui est idéal pour le musicien rempli d'ardeur, mais qui ne peut se permettre de folles dépenses!

Il ne fait pas de doute que, pour ceux qui manient plus volontiers le fer à souder que la règle à calcul, la théorie du vocodeur aura été abordée, au point où nous en sommes, avec un luxe de détails plus que suffisant. L'année dernière nous avions examiné le "comment" et le "pourquoi", et nous avions décrit les principes de base de quelques rares appareils disponibles sur le marché. L'article du mois dernier avait pour objet la présentation quelque peu abrégée de l'histoire et de la technologie des vocodeurs; mais, en même temps, il constituait comme une sorte d'exercice de "mise en train" pour le projet de construction exposé dans le présent numéro. Nous nous sommes attardés très longuement sur les difficultés inhérentes à la conception d'un vocodeur, lesquelles sont naturellement encore plus perceptibles lorsqu'il s'agit d'un instrument destiné à être réalisé par le constructeur amateur, que lorsqu'on envisage la production commerciale. Les circuits doivent être d'une fiabilité absolue et l'incidence des taux de tolérance des composants doit être réduite au strict minimum. Heureusement, les problèmes ne sont pas insurmontables, nous allons le voir.

Caractéristiques

Nombre de voies:		10
Entrée parole		
sensibilité:	ajustable de 10 mV à	7,7 V
impédance:		10 kΩ
Entrée porteur		
sensibilité:		770 mV
impédance:		100 kΩ
Sortie ligne		
niveau de sortie:		770 mV
Gamme de fréquences	30 . .	16000 Hz

Une fois encore...

Il semble que nous ne nous soyons pas fait faute d'expliquer ce qu'est un vocodeur... Nous n'avons vraiment pas l'intention de nous répéter. Mais, pour ceux qui éprouveraient encore quelque incertitude, malgré nos précédents exposés, nous allons en donner ci-après une brève définition:
Un vocodeur est une "boîte" comportant deux entrées: l'une pour un signal vocal, l'autre pour un signal "porteur" ou de "remplacement" (en

pratique, c'est habituellement quelque type de signal "musical"). A l'intérieur de la "boîte", les caractéristiques du signal vocal (parole) sont superposées au signal porteur. A la sortie, il n'existe plus qu'un signal unique. Celui-ci comporte toutes les caractéristiques (ainsi que l'intelligibilité) du signal vocal d'entrée, mais le son *de base*, émis par celui qui prononce les paroles (le chanteur, qui est en même temps l'instrumentiste), et qui est formé des vibrations des cordes vocales, des résonances créées dans les cavités buccale et nasale, est remplacé par celui du signal musical. Il en résulte quelque chose qui possède une sonorité musicale, mais qui parle également.

Comment cela se fait-il? C'est ce que nous allons expliquer dans nos divers articles. Mais, puisqu'il nous faut aussi bien ménager une transition progressive vers le schéma synoptique et les circuits que nous allons vous présenter, il nous paraît opportun de jeter un rapide coup d'œil au "contenu de la boîte"

La plupart des vocodeurs sont du type "à voies". Bien entendu, il existe d'autres systèmes (à oscillateur hétérodyne, par exemple), mais leur complexité est telle qu'on les utilise rarement dans la pratique. Le vocodeur d'Elektor est, lui aussi, du type à voies et nous ne nous intéresserons donc pas aux autres possibilités. L'article du mois dernier comportait des schémas synoptiques illustrant le principe de base. Un examen rapide du schéma synoptique du vocodeur d'Elektor révèle une identité presque complète (figure 1).

Le vocodeur à voies est formé de deux partie essentielles: la section analyseur et la section synthétiseur. Celles-ci sont très semblables et se caractérisent par un jeu de filtres identique (soit deux groupes de dix, pour le vocodeur d'Elektor).

Dans la section analyseur, les filtres servent à fractionner le signal vocal d'entrée en un nombre correspondant de bandes de fréquences. Le signal de sortie de chaque filtre est redressé, puis appliqué à un filtre passe-bas; il en résulte finalement un ensemble de tensions continues variables, chacune d'entre elles correspondant à "l'enveloppe" du signal vocal pour toute bande de fréquences concernée.

La section synthétiseur divise le signal "porteur" en un nombre de bandes de fréquences identique à celui de la section analyseur. Le niveau du signal de sortie de chaque bande est modifié par un VCA (amplificateur commandé en tension) piloté par l'une des tensions de commande délivrées par la section analyseur. "L'enveloppe" d'amplitude de chaque bande de fréquences découpée dans le signal phonique est donc superposée à la bande de fréquences correspondante du signal porteur. Les sorties de tous les VCA sont ensuite sommées pour que soit délivré le signal de sortie global, lequel se caractérise fondamentalement par la présence des composantes sonores du signal porteur auxquelles est imprimée l'articulation de la parole; en d'autres termes, il s'agit bien de musique qui parle.

Le vocodeur d'Elektor

C'est après que nos services techniques aient pratiqué toute une série d'expériences sur des circuits vocodeurs, que nous en vînmes à entrer en contact avec Synton Electronics, les fabricants des célèbres vocodeurs Syntovox. Un certain nombre d'échanges de vues extrêmement enrichissants auxquels nous avons procédé avec ces spécialistes se sont traduits par le circuit que nous décrivons dans cet article et qui est celui d'un vocodeur conçu tout spécialement à l'intention du constructeur amateur.

Le nombre des voies (constituées par les bandes de fréquences, tant de la section analyseur que de la section synthétiseur) est limité à dix, ce choix étant guidé par quelques bonnes raisons. Il convient en effet à une bonne reproduction musicale ainsi qu'à une intelligibilité satisfaisante de la "parole". En outre, il représente un compromis acceptable entre les performances nécessaires et le prix de revient. Qui songerait à nier que la sonorité d'une version à vingt voies pourrait être encore meilleure, plus "détaillée"; mais, dans la pratique, l'amélioration obtenue justifie rarement la dépense et la complexité sensiblement plus importantes découlant d'une telle réalisation. Car, il ne faudrait pas seulement deux fois plus de filtres; ceux-ci devraient avoir une pente beaucoup plus "raide" (environ 50 dB/octave), ce qui impliquerait une réalisation très précise assortie d'un recours à des composants coûteux. En règle générale, la sélection de ces derniers doit être très stricte pour ce type de filtres, et c'est là une exigence pas toujours à la portée de l'amateur moyen. Par contre, pour un vocodeur à dix voies, des filtres dont la pente est de 24 dB/octave peuvent être utilisés sans inconvénient. Leur complexité est moins grande, et, ce qui compte bien davantage, des résultats tout à fait satisfaisants sont obtenus sans devoir

1

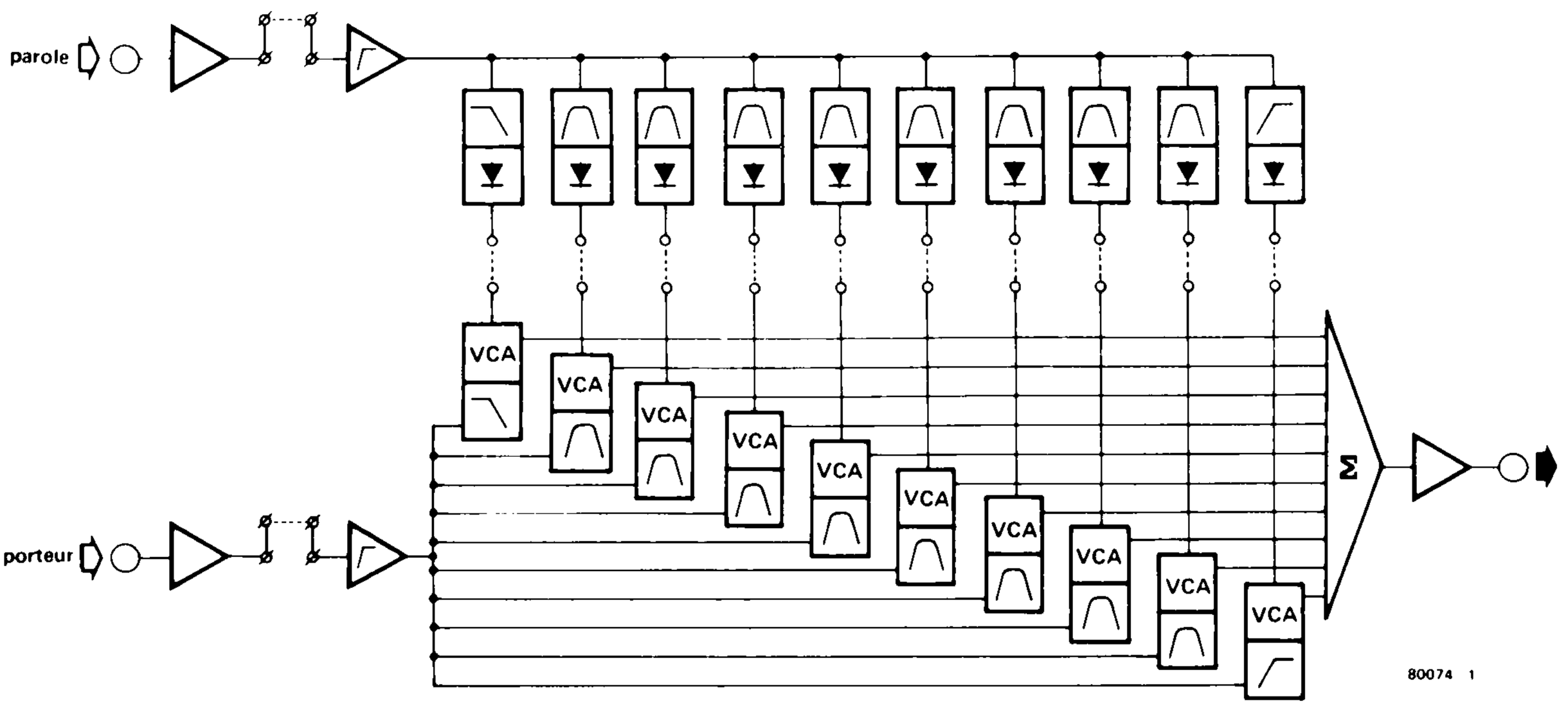


Figure 1. Schéma synoptique du vocodeur d'Elektor.

recourir à des composants ou à des équipements de mesure peu courants.

D'ailleurs, la fiabilité a constitué un facteur décisif dans la conception globale du circuit, et pas seulement des filtres. Partout où cela fut possible, le circuit a été disposé pour que les taux de tolérance des composants ainsi que le câblage restent sans incidence sur le fonctionnement. D'autre part, un grand nombre de points d'ajustement ont été ménagés et ils sont sensiblement plus généreusement distribués que dans les équipements professionnels. C'est ainsi que sont acquis de bons résultats sans que l'on doive pour autant procéder à la sélection sévère des composants, habituellement nécessaire.

2

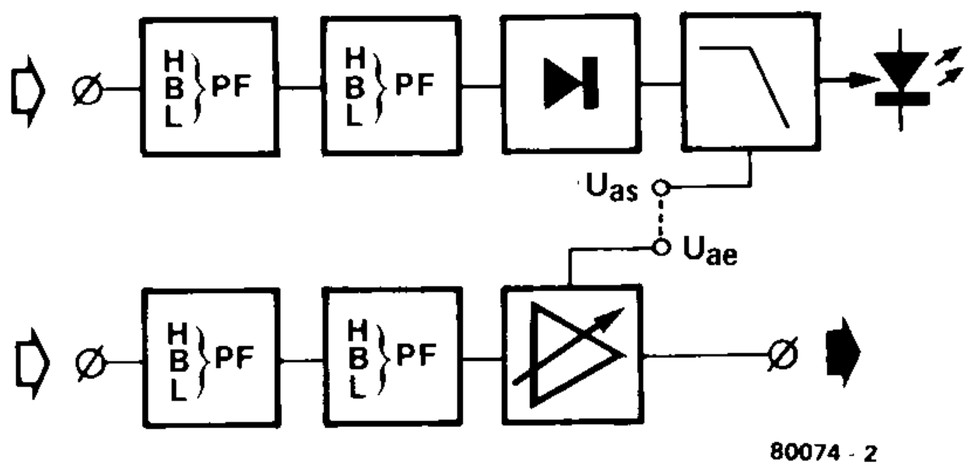


Figure 2. Schéma synoptique d'une unité de filtrage.

Tableau 1

Filtre passe-bande	Fréquence centrale	Gamme de fréquences	C1 . . . C8	C9	C10	C11
BPF–1	265 Hz	210 - 320	82 n	220 n	33 n	330 n
BPF 2	390 Hz	320 - 460	56 n	150 n	22 n	220 n
BPF 3	550 Hz	460 - 640	39 n	100 n	15 n	150 n
BPF 4	800 Hz	640 - 960	27 n	68 n	10 n	100 n
BPF 5	1200 Hz	960 - 1440	18 n	47 n	6 n8	68 n
BPF 6	1770 Hz	1440 - 2100	12 n	47 n	6 n8	68 n
BPF 7	2650 Hz	2100 - 3200	8 n2	47 n	6 n8	68 n
BPF 8	3900 Hz	3200 - 4600	5 n6	47 n	6 n8	68 n

Tableau 1. Pour le circuit de la figure 3, la valeur des condensateurs C1 à C11 doit être choisie dans ce tableau.

3

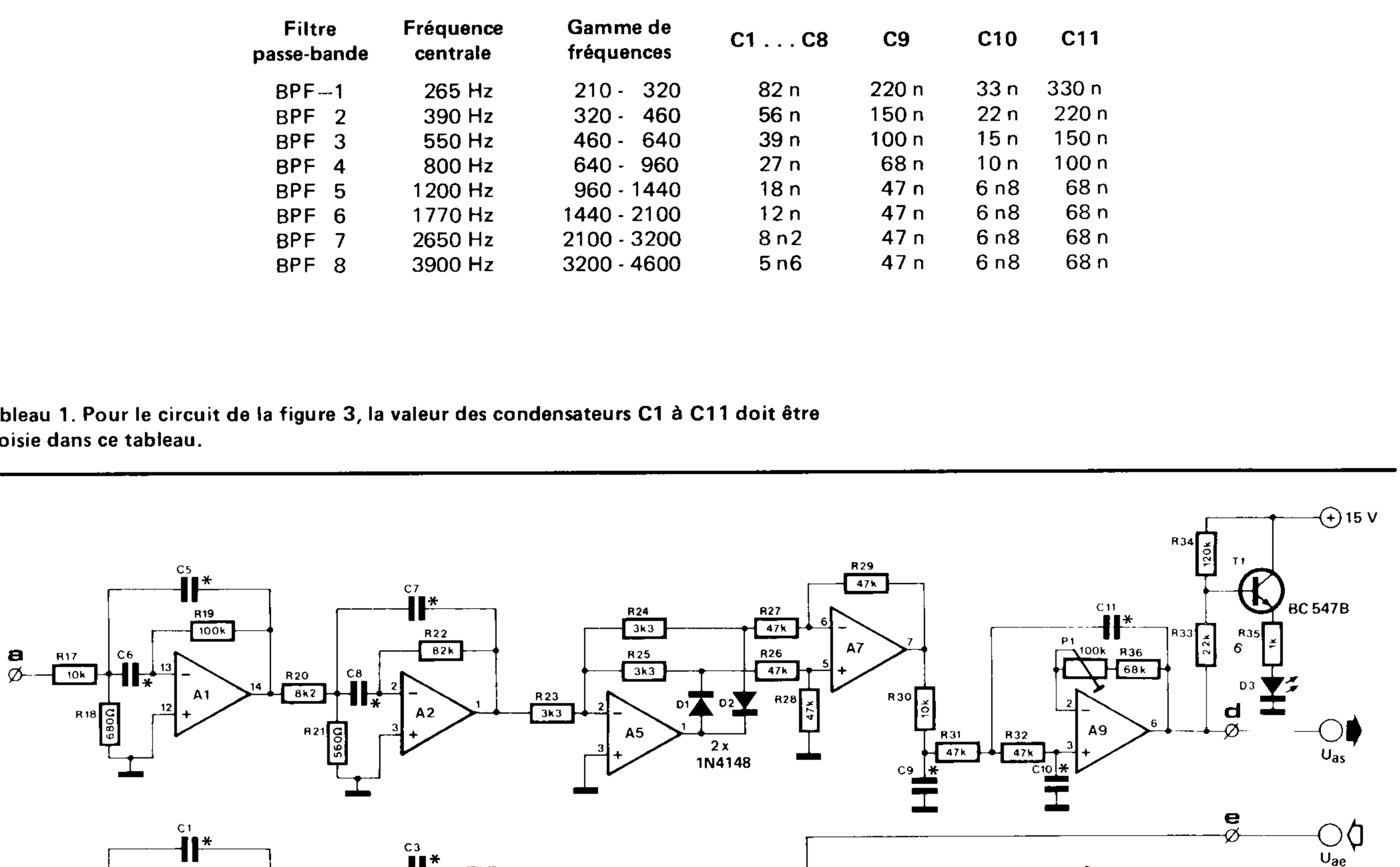


Figure 3. Circuit complet d'une unité de filtre passe-bande.

Deux dispositifs ont été exclus délibérément de la version de base; il s'agit de l'analyseur de spectre et du détecteur de sons voisés/dévoisés. A cela il y a une raison évidente; leur utilité ne fait pas de doute, mais ils coûtent cher! Néanmoins, le circuit de base permet leur adjonction ultérieure et il est très vraisemblable que, dans un avenir assez proche, nous publierons des projets appropriés. Dans le moment même, cependant, nous nous en passerons. Ce qui n'empêche que nous ayons prévu un petit équipement, qui, *lui,* est d'ores et déjà inclus: dix LED, soit une pour chaque voie, donnent une indication de l'évolution du spectre du signal phonique. Ce n'est pas que son utilisation pratique soit constante, mais il reste sans grande incidence sur le prix de revient.

Question primordiale pour un grand nombre d'entre vous, quel investissement tout cela implique-t-il? Un bref examen des figures 3 à 6 fait vite apparaître qu'il y a quand même un certain nombre de composants dans un vocodeur. Pour parler franc, les ampli-ops n'y manquent pas. Ce qui n'arrange rien, il y faut également quelques plaquettes de circuits imprimés, et celles-ci ne sont pas tout à fait aussi bon marché que nous le souhaiterions. Globalement, nous estimons qu'il y a lieu d'envisager une dépense de l'ordre de 1000 FF. C'est évidemment une somme appréciable pour une réalisation d'amateur, mais elle reste très raisonnable pour un bon vocodeur tel que celui-ci.

Et le contenu de la boîte?

La figure 1 présente le schéma synoptique du vocodeur d'Elektor. La partie supérieure constitue la section analyseur tandis que la partie inférieure représente la section synthétiseur.

Occupons-nous d'abord de l'analyseur. Le signal émis par le microphone est appliqué à un préamplificateur approprié. Bien que cela n'apparaisse pas dans le schéma synoptique, la sensibilité de ce point d'entrée est ajustable dans de larges limites afin qu'il puisse également être utilisé en tant qu'entrée de ligne pour un préamplificateur de microphone externe. Le préamplificateur est suivi d'un étage séparateur comportant une coupure des basses dont la fréquence est approximativement inférieure à 30 Hz.

La sortie de cet étage séparateur est appliquée aux filtres qui la divisent en bandes de fréquences au nombre de dix, soit une bande par filtre. Elles ne sont pas toutes identiques, cependant. Ensemble, les filtres couvrent la totalité de la bande audio comprise entre 30 Hz environ et 16 KHz, mais, le premier filtre (passe-bas) et le dixième (passe-haut) traitent une part relativement importante du spectre. C'est ainsi que le filtre passe-bas couvre la gamme des fréquences allant de 30 à 200 Hz; le passe-haut concerne toutes les fréquences supérieures à 4600 Hz. La zone centrale s'étendant de 200 à 4600 Hz est la plus déterminante à l'égard de la parole; elle est divisée en huit bandes par les autres filtres.

Chacun des filtres est suivi par un redresseur de précision et par un filtre passe-bas. Ce dernier ne figure pas en tant que tel dans le schéma synoptique, car il est considéré comme un élément essentiel de l'étage redresseur. Il est évident que, s'agissant d'un vocodeur, ce ne sont pas les fluctuations rapides du signal phonique ou les composantes de la fréquence redressée mono ou bi-alternance subsistantes qui nous intéressent; ce que nous voulons, c'est la tendance générale du niveau de chaque bande de fréquences.

Dans la section synthétiseur, le premier étage est également un préamplificateur, mais du signal porteur, en l'occurence. Cette fois encore, il est suivi par un étage séparateur, semblable à celui de l'analyseur. De là, le signal est appliqué aux filtres, lesquels sont identiques à ceux du premier groupe. La sortie de chaque filtre est acheminée vers un VCA dont la tension de commande est délivrée par le filtre et le redresseur correspondants de la section analyseur. Les signaux de sortie de l'ensemble des dix VCA sont sommés et le signal somme est appliqué à l'étage séparateur de sortie.

Finalement, il nous faut aborder la signification de toutes les lignes pointillées. Tant dans la section analyseur que dans la section synthétiseur, la liaison entre le préamplificateur d'entrée et l'étage redresseur suivant est rendue accessible afin de rendre possible l'adjonction ultérieure d'un détecteur de sons

4

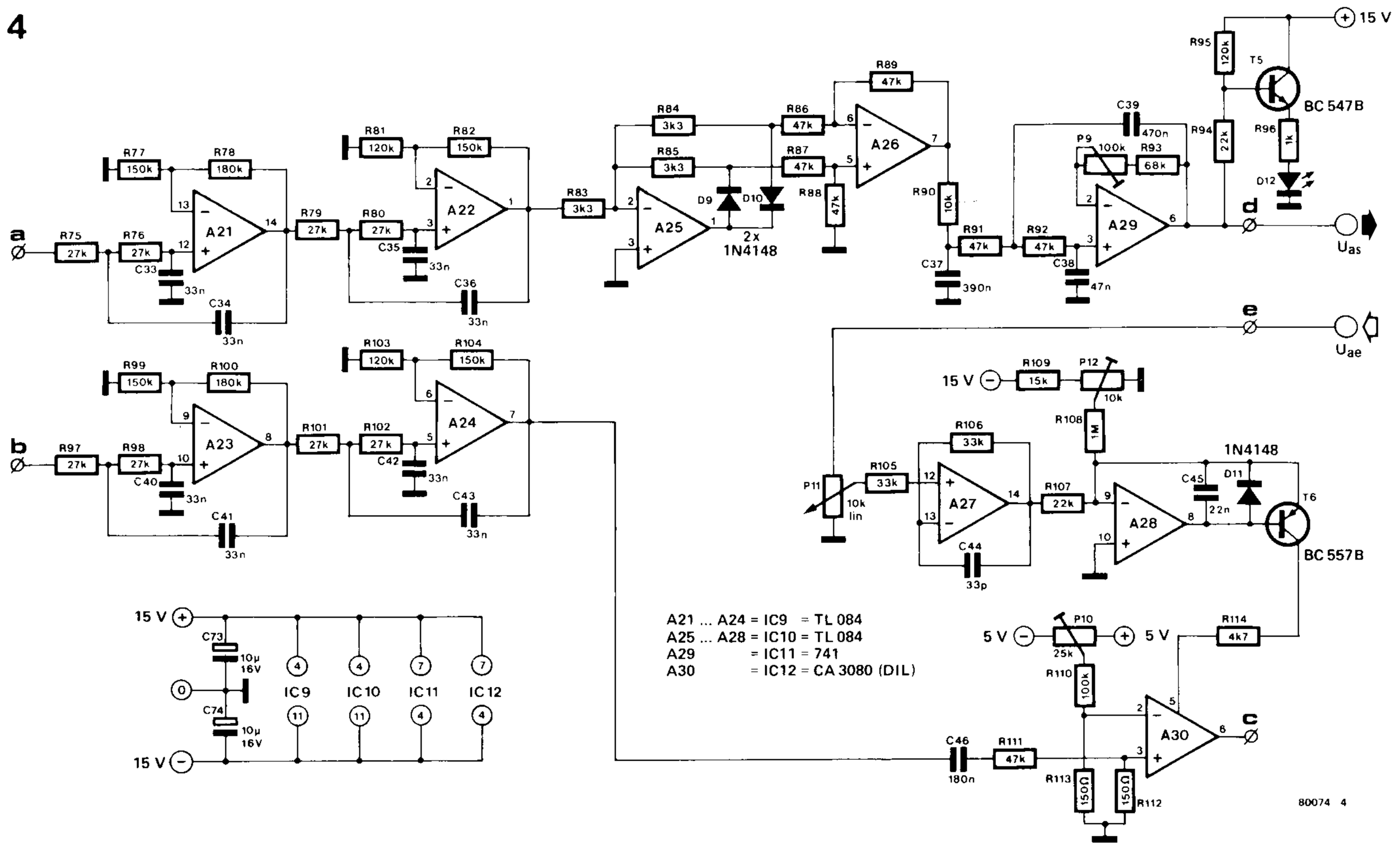


Figure 4. L'unité de filtre passe-bas.

5

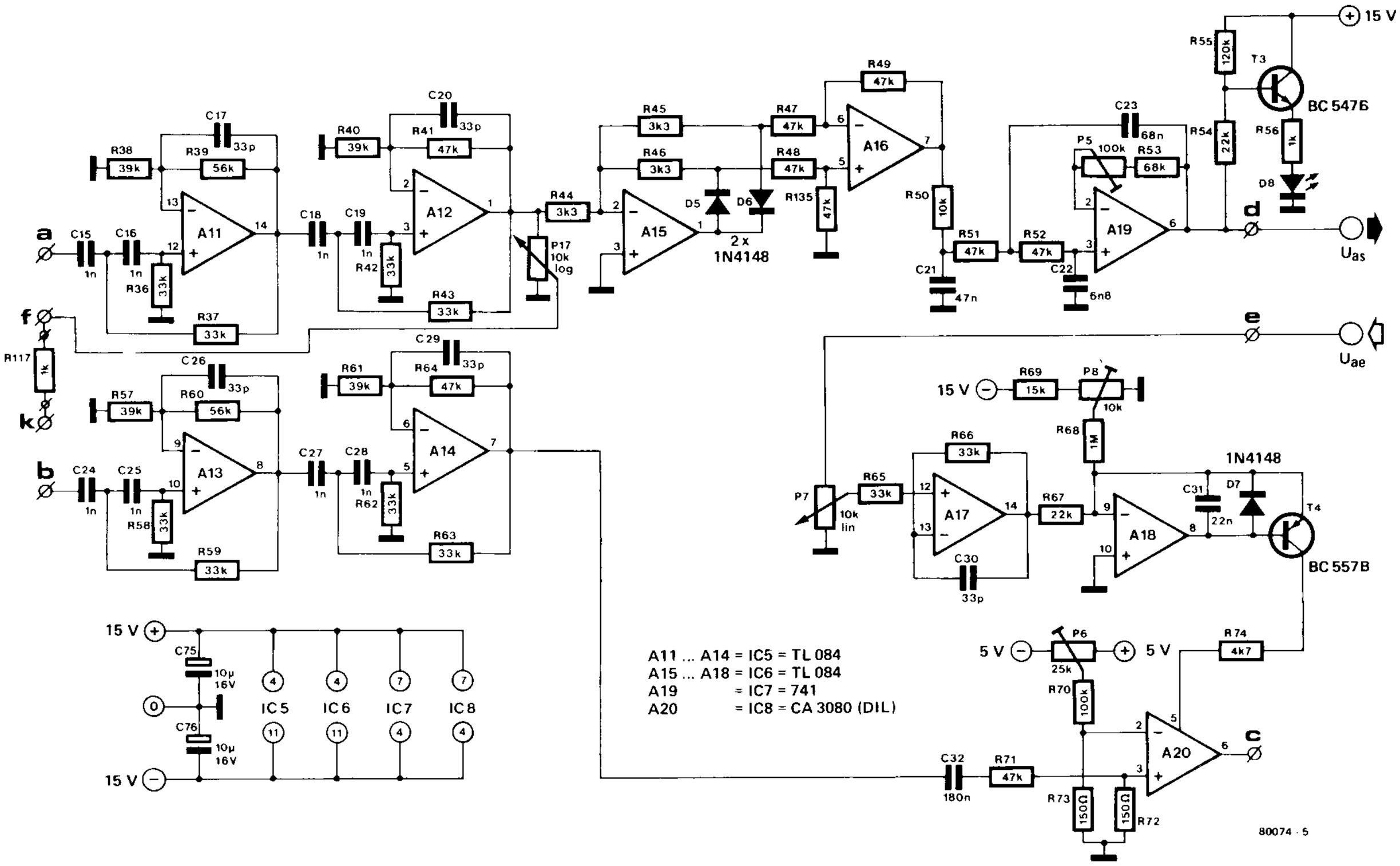


Figure 5. L'unité de filtre passe-haut.

voisés/dévoisés. En fait, aussi bien les sorties que les entrées sont raccordées à un connecteur; de là, elles cheminent le long d'un support de bus jusqu'à un autre connecteur (prévu pour le futur détecteur). Par la même occasion, toutes les pistes cuivrées sont shuntées délibérément afin que chaque sortie d'amplificateur soit connectée à l'entrée de l'étage séparateur correspondante. L'orsqu'il faudra ajouter un détecteur de sons voisés/dévoisés, les shunts entre les pistes seront éliminés.

En outre, la connexion entre chaque sortie de redresseur et l'entrée de commande du VCA correspondant est représentée par une ligne pointillée. Ces points sont ramenés à des douilles placées sur la face avant de l'instrument. Cette disposition présente l'avantage de rendre possible le raccordement délibéré de certaines ou de l'ensemble des sorties à des VCA qui ne conviennent pas normalement, afin d'obtenir des effets spéciaux. C'est une facilité sur laquelle nous reviendrons de manière plus détaillée ultérieurement, lorsque nous aborderons le chapitre traitant de l'utilisation du vocodeur.

Pour le moment, toute notre attention se concentre sur les caractéristiques électroniques des diverses sections révélées par le schéma synoptique et nous en venons donc aux circuits.

Les circuits

Comme nous allons le constater, c'est la construction modulaire qui a été retenue pour la réalisation du vocodeur. Les diverses parties du circuit général sont montées sur des circuits imprimés distincts. Il y en a douze au total, soit un pour l'alimentation, un qui regroupe les amplificateurs et séparateurs d'entrée auxquels s'ajoutent l'amplificateur sommateur et le séparateur de sortie, et enfin un par unité de filtrage. Ce dernier comporte une section complète telle qu'elle est représentée entourée de lignes pointillées dans la figure 1, à savoir deux filtres passe-haut, passe-bas ou passe-bande complets associés au redresseur et au VCA correspondants. La figure 2 montre un schéma synoptique plus détaillé d'un ensemble de filtrage.

Etant donné que le circuit complet du vocodeur atteint des dimensions particulièrement importantes et qu'il serait donc difficile de l'assimiler d'un seul coup (ce qui d'ailleurs rendrait pratiquement impossible son impression sur une page de la revue), il sera plus commode de considérer chacune de ses sections séparément. Nous allons donc commencer par l'élément de base au cœur du vocodeur, l'unité de filtrage. Notre intérêt se tourne en premier lieu vers la version filtre passe-bande, car elle se retrouve huit fois avec seulement quelques modifications mineures des valeurs des composants.

Le filtre passe-bande

Le circuit est donné en figure 3. Ceux d'entre vous qui pensaient que nous exagérions lorsque nous disions que le circuit complet était très étendu changeront sans doute d'avis maintenant. Et songez que tous ces composants ne représentent tout juste qu'une unité de filtrage et qu'il en existe dix comme ça dans notre vocodeur.

Ainsi que nous l'avons déjà mentionné, la version passe-bande illustrée dans le cadre de la figure 3 est présente en huit exemplaires. Chacune d'entre elles traite une bande déterminée située dans la gamme des fréquences allant de 200 à 4600 Hz et ceci se reflète évidemment dans les valeurs des composants. C'est en particulier le cas des condensateurs C1 à C11. Le tableau 1 donne leur valeur précise pour les filtres passe-bande BPF1 à BPF8, et il indique également la fréquence centrale résultante de chaque filtre.

Dès que l'on examine un peu plus attentivement le circuit de la figure 3,

6a

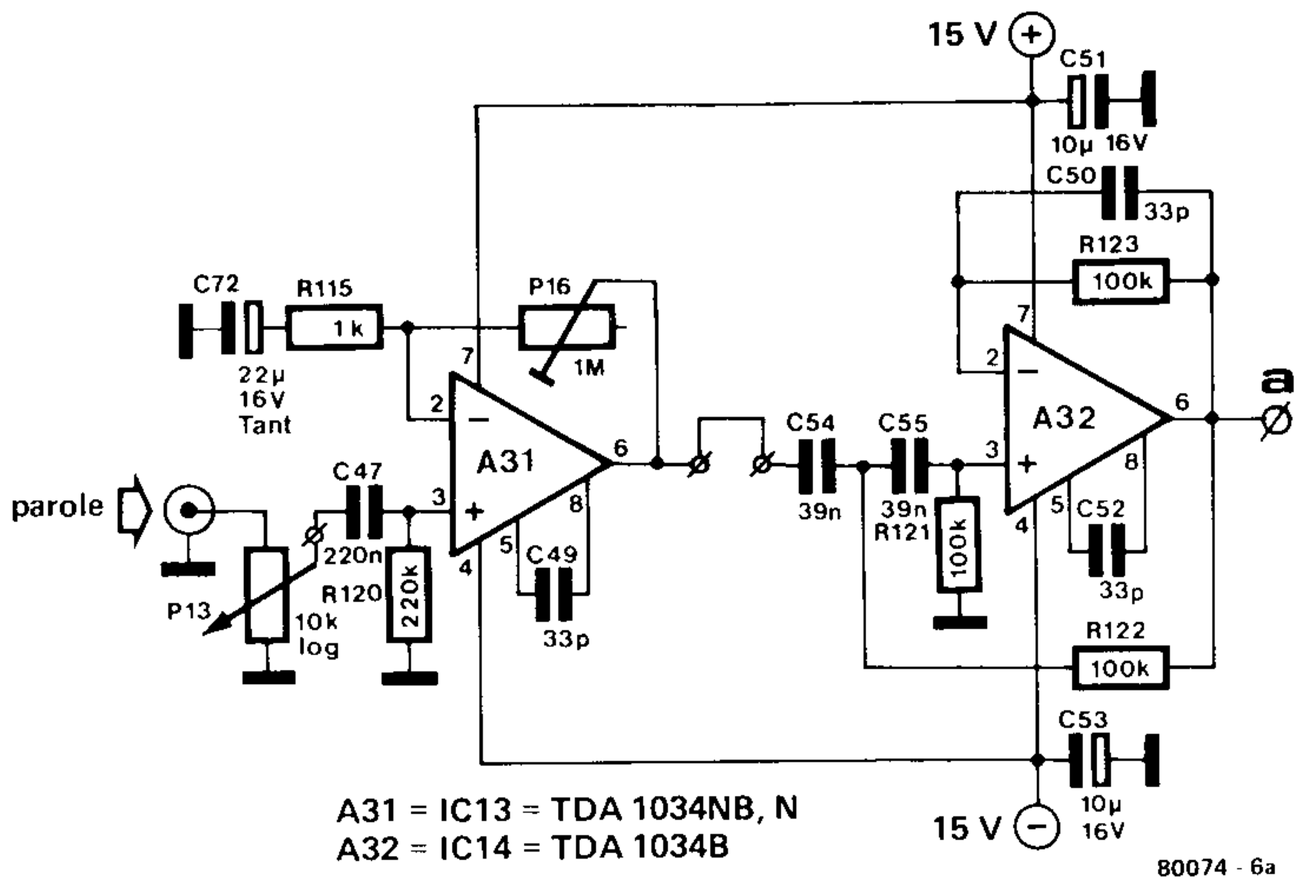


Figure 6a. Amplificateur d'entrée "parole" pour micro.

6b

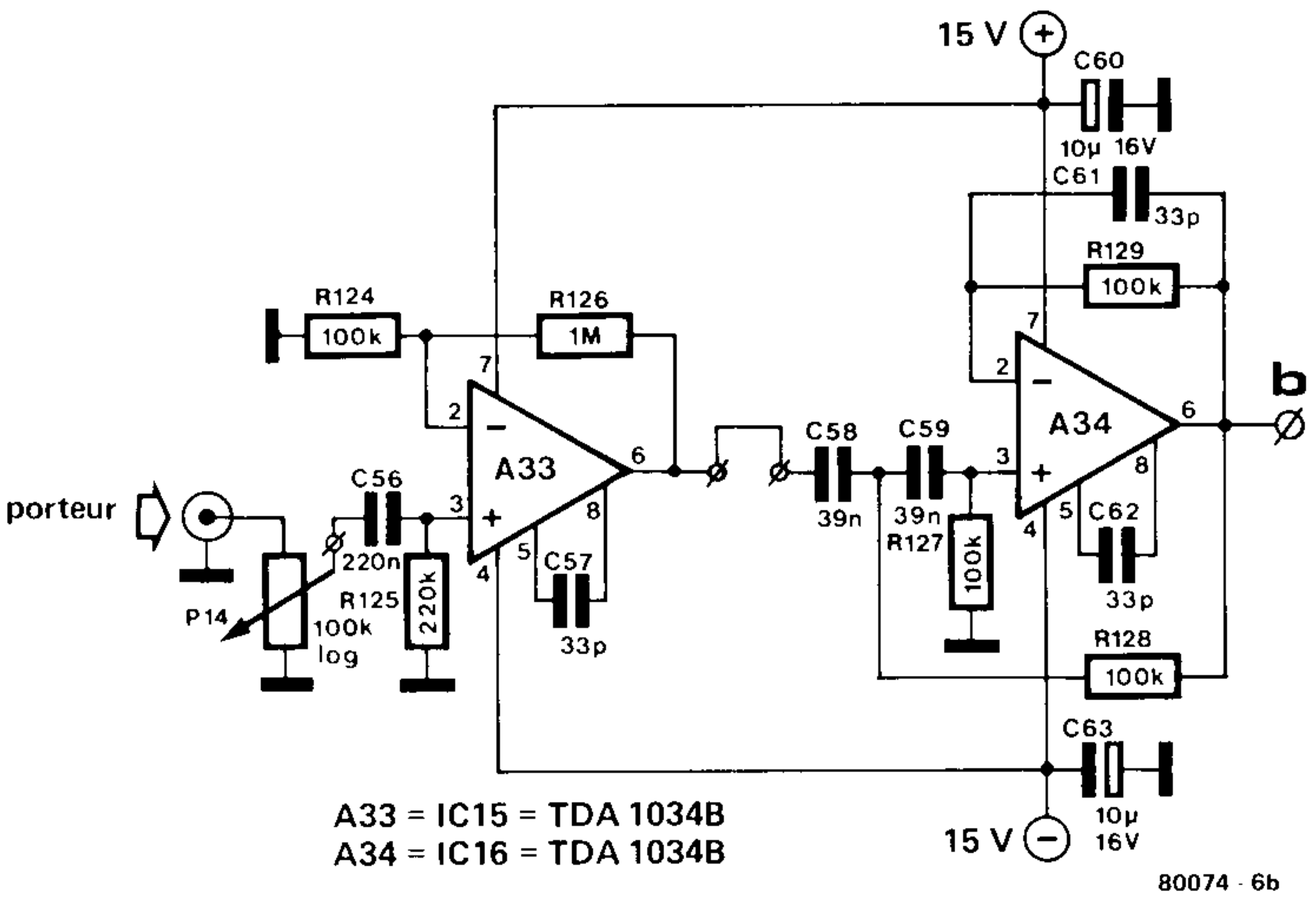


Figure 6b. Amplificateur d'entrée pour le signal "porteur".

6c

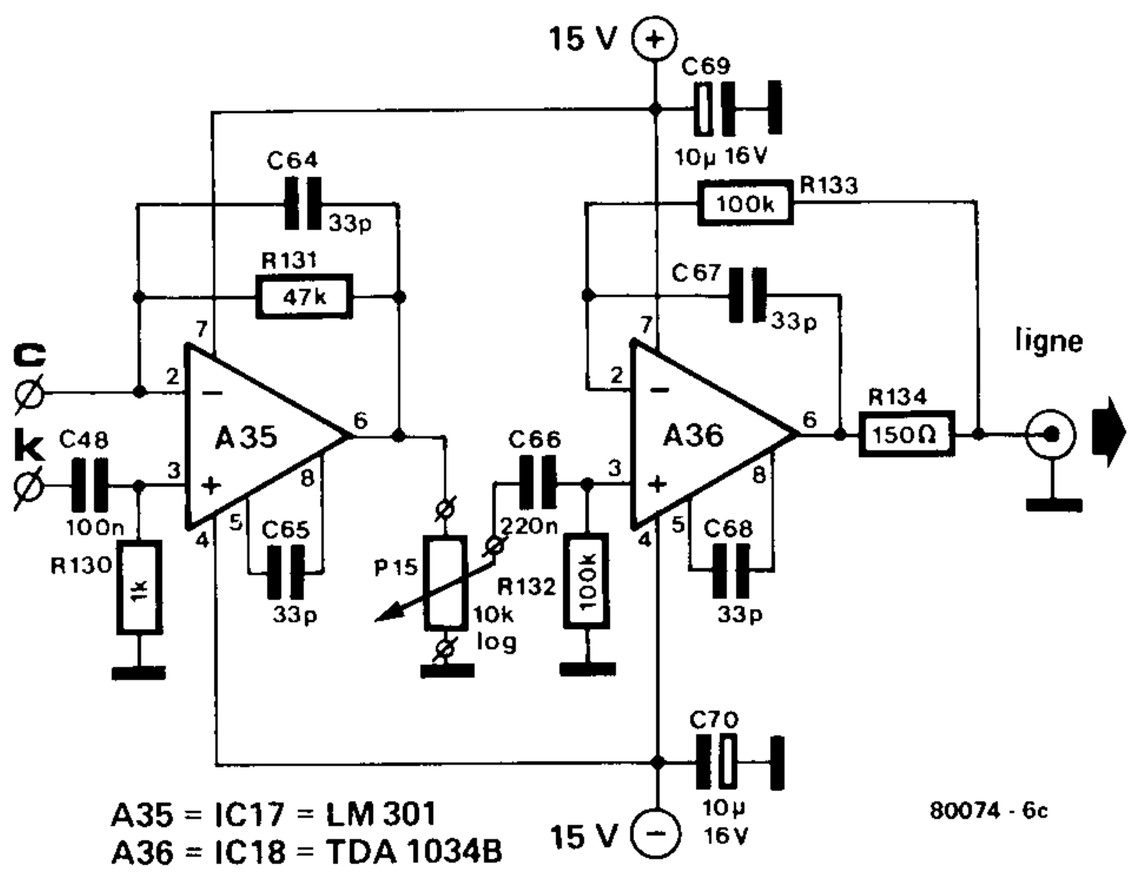


Figure 6c. Amplificateur de sortie.

il n'est plus très difficile de distinguer les diverses sections qui composent le schéma synoptique de la figure 2. Et d'abord, repérons les entrées et les sorties. Les points "a" et "b" sont les entrées respectives du filtre analyseur (parole) et du filtre synthétiseur (signal porteur); "c" est la sortie du signal, en d'autres termes, la sortie du VCA. Le point "d" est la sortie de la tension de commande provenant du redresseur (plus exactement, provenant du filtre passe-bas final) de la section analyseur: U_{as}; quant à "e", c'est l'entrée de la tension de commande, U_{ae}, du VCA de la section synthétiseur. A1 et A2 associés à leurs composants constituent le filtre passe-bande de la section analyseur. Une configuration identique regroupant A3 et A4, joue le même rôle dans la section synthétiseur. Le redresseur de précision est organisé autour de A5 et A7; il est suivi par le filtre passe-bas construit avec A9. Enfin, A10 est l'amplificateur commandé en tension (VCA). Bien sûr, il existe quelques autres ampli-ops, mais cette question sera abordée ultérieurement.

Une chose apparaît très clairement: ce circuit comporte un grand nombre d'amplificateurs opérationnels. Et ce n'est pas le seul, d'ailleurs; tous les circuits du vocodeur font appel aux ampli-ops. La raison essentielle de cette disposition est d'obtenir, dans l'ensemble, un circuit aussi simple que possible; si nous utilisions des transistors, nous arriverions à créer un véritable imbroglio ... Heureusement, les ampli-ops de haute qualité, facilement disponibles sur le marché actuellement, sont tout à fait appropriés au traitement de la bande audio.

La plupart des amplificateurs opérationnels utilisés dans ce filtre sont du type J-FET d'entrée (TEC à jonction). Un TL084 en comporte quatre. Il est également possible de se servir d'un 4741, ce qui procure l'avantage supplémentaire d'une consommation en courant inférieure. Ces deux types ont déjà figuré dans des projets publiés antérieurement dans Elektor, et ce avec des résultats satisfaisants; l'approvisionnement, quant à lui, ne pose pas de problème. Leur prix unitaire est de moins de 20 F. Un 741 tous usages prend place également dans le circuit; un OTA du type CA3080 est prévu pour le VCA. Tout cela est bien connu des lecteurs d'Elektor!

Les filtres passe-bande sont d'un type très connu; dans chaque section, deux filtres de Rauch sont connectés en cascade. Les valeurs légèrement différentes des composants du premier et du second garantissent l'obtention d'une caractéristique totale quelque peu "nivelée" au lieu de la pointe aiguë que délivrerait un filtre unique. Chaque filtre a une pente de 12 dB/octave, ce qui fait que, les deux filtres étant connectés en cascade, la pente composée est de 24 dB/octave. Il peut être intéressant de noter au passage que

la pente de n'importe quel filtre correctement conçu peut faire l'objet d'une estimation en multipliant le nombre des condensateurs "actifs" par 6. Par exemple, dans ce circuit, un seul filtre comporte deux condensateurs, ce qui, multiplié par 6, donne bien 12 dB/octave.

Mais, revenons-en au circuit. Dans la section analyseur, le filtre passe-bande est suivi par deux ampli-ops du circuit redresseur bi-alternance (A5, A7, D1, D2) et par un circuit RC (R30 et C9) qui "nettoie" le signal obtenu. Un filtre passe-bas actif (A9) accomplit l'essentiel du lissage. Il faut adapter le filtre passe-bas à la gamme de fréquences sélectionnée par le filtre passe-bande précédent. C'est pour cette raison qu'on affecte à C9, C10 et C11 des valeurs différentes dans chaque section, ainsi que le montre le tableau 1.

En l'absence de signal, la composante en courant continu de la tension de commande U_{as} devrait être nulle dans le cas idéal. C'est pour cela qu'un ajustement d'offset (potentiomètre ajustable P1) est inséré pour le réglage de A9. La visualisation du "spectre phonique" à l'aide d'un ensemble de LED, dont nous avons fait mention dans un paragraphe précédent, est réalisée en se servant de la même tension de commande pour piloter une LED (D3) par l'intermédiaire d'un transistor (T1).

Dans la section synthétiseur, les deux premiers ampli-ops (A3 et A4) sont utilisés dans un agencement du filtre identique à celui de la section analyseur. Vient ensuite le VCA dans lequel on se sert d'un OTA (A10). Puisqu'un OTA (Amplificateur opérationnel à transconductance) est en fait un amplificateur commandé en courant, il est nécessaire de prévoir un petit circuit supplémentaire. L'amplificateur A6 sépare l'entrée du reste du montage, et la tension U_{ae} est appliquée à un convertisseur tension-courant formé de A8 et T2. Ce dernier est essentiellement une source de courant commandée en tension; les variations de la tension de commande U_a sont converties en variations du courant de polarisation de l'OTA (à la broche 5 de A10). P4 sert à fixer le seuil d'intensité de ce courant; nous en décrirons ultérieurement la procédure d'étalonnage. Les mêmes observations s'appliquent à l'étalonnage de P2 dont la présence est prévue pour équilibrer l'amplificateur différentiel d'entrée de l'OTA, précaution destinée à empêcher que les variations du courant de polarisation n'interfèrent sur la sortie, en l'absence d'un signal "porteur".

Filtres passe-bas et passe-haut

Les circuits des figures 4 et 5 témoignent d'une forte analogie avec celui de la figure 3. Ce n'est guère surprenant puisque la seule réelle différence entre l'unité passe-bande (figure 3), l'unité passe-bas (figure 4) et l'unité passe-haut (figure 5) réside dans le circuit de filtrage même. Et, même à ce niveau, les différences sont accessoires. Les filtres passe-haut et passe-bas sont des variantes tout à fait classiques du filtre Sallen & Key, bien connu de chacun. Comme déjà vu antérieurement, les deux sections sont connectées en cascade pour obtenir une pente de filtre totale de 24 dB/octave (souvenez-vous: quatre condensateurs, et l'on multiplie par 6). Pour le filtre passe-bas, la fréquence de coupure est fixée à 200 Hz; pour le filtre passe-haut, c'est 4600 Hz.

Module d'entrée-sortie

La figure 6 montre le reste du vocodeur constitué par les circuits d'entrée et de sortie, tous regroupés sur une seule plaquette de circuit imprimé.

Un bon rapport signal/bruit et une possibilité d'attaque suffisante sont d'extrême importance pour ces deux circuits. Dans ces conditions, l'amplificateur opérationnel "idéal" n'est autre que le célèbre TDA1034 (ou NE5534). S'il existe des difficultés d'approvisionnement, on peut se servir (temporairement) d'un LF357, mais alors le rapport signal/bruit en pâtira.

La figure 6a présente le circuit d'entrée parole. L'ampli-op A31 sert de préamplificateur de microphone à très faible bruit. Le gain en tension est susceptible d'être ajusté entre l'unité et 1000 pour toute sensibilité d'entrée située entre 10 mV et 7,7 V. Le potentiomètre P13 sert à régler la sensibilité. L'impédance d'entrée est d'environ 10 kΩ et l'on peut donc en pratique se servir de microphones de n'importe quelle impédance. Il existe également une entrée ligne utilisable pour les signaux provenant d'un préamplificateur de microphone externe; dans ce cas, le gain est ajusté à 12 environ. La sortie de A31 est amenée, par l'intermédiaire de la plaquette de bus, jusqu'à un connecteur de réserve. Ainsi qu'on l'a déjà mentionné cette disposition a été adoptée pour offrir la possibilité d'ajouter ultérieurement un détecteur de sons voisés/dévoisés qui sera suivi de l'étage séparateur/amplificateur, A32. L'adjonction de C54 et C55 permet de l'utiliser en tant que filtre de ronflement actif. La sortie "a" de A32 est connectée à la totalité des dix entrées "a" des unités de filtrage. La commande de sensibilité P14 est suivie d'un préamplificateur d'entrée (A33) dont le gain est environ de 10. Comme en sortie de A31, le signal fait ensuite un détour par le connecteur de réserve. Enfin, A34 sert de filtre de coupure des basses combinant un étage séparateur/amplificateur actif, identique à celui de la figure 6a. A son tour, la sortie "b" est connectée à la totalité des dix entrées "b" des unités de filtrage. Les sorties de toutes les plaquettes de filtres (point "c" des figures 3, 4 et 5) sont connectées à l'entrée "c" de la figure 6c, qui n'est autre que l'entrée de l'amplificateur sommateur. Le premier étage (A35, dans le LM301) est suivi d'un potentiomètre de commande de niveau de sortie (P15) et d'un étage séparateur de sortie (A36). Pour des raisons déjà signalées (faible bruit et puissance d'attaque de sortie élevée) on se sert d'un TDA1034 pour cet étage final. Le niveau de sortie (ligne) nominal du vocodeur est d'environ 700 mV; l'impédance de sortie est très basse (quelques ohms) en raison de la contre-réaction: l'action de R134 est annulée (cette résistance est incluse pour la stabilité et la protection contre les court-circuits).

Et ensuite...?

Nous parlerons du circuit d'alimentation, des circuits imprimés et des listes des composants. Ensuite, naturellement, viendront les détails de construction et les procédures d'étalonnage. Cela représente encore beaucoup de choses, mais nous espèrons pouvoir le faire dans notre prochain numéro.

Quoi d'autre encore? Un article consacré à l'utilisation du vocodeur est d'ores et déjà prévu, puis nous envisageons de perfectionner la visualisation par LED, qui n'est guère plus qu'un gadget dans sa version actuelle, afin que le vocodeur puisse être employé comme un analyseur de spectre simple. Ce sera là une extension très utile.

Les projets ultérieurs restent encore un peu vagues, mais il est certain que nous espérons bien vous proposer une solution intéressante pour le détecteur de sons voisés/dévoisés ainsi que pour le générateur de bruit qui lui est associé, dans un avenir pas très lointain. Une chose est sûre, nous n'avons pas fini de vous parler des vocodeurs... Il s'en faut de beaucoup! ◀

Bibliographie:
Elektor, numéros 5/6 et 7: Vocodeurs
Elektor, numéro 19: Vocodeur, Top-préamp.



le vocodeur d'Elektor (2)

réalisation et réglage

Le mois dernier, nous avons exposé les principes de base du vocodeur d'Elektor. Le mode de fonctionnement de l'instrument apparaît clairement à l'examen des schémas synoptiques et circuits présentés, et la confirmation en sera apportée par la réalisation de l'appareil. Ce dernier point va faire l'objet du présent article, qui montre les circuits imprimés et dissèque complètement les opérations de construction ainsi que les procédures d'étalonnage. Au stade de la conception, aucun effort n'a été épargné pour rendre accessible la réalisation de ce projet à tout constructeur amateur. L'abondance des explications relatives à la construction du vocodeur est destinée à fournir le "support logiciel" nécessaire.

D'abord, nous voudrions procéder à une rectification. Dans notre précédent article, nous vous annoncions que les circuits imprimés étaient au nombre de douze. En fait, nous avions péché par défaut, car l'ampleur prise par le câblage reliant les douze plaquettes initiales nous a conduit à décider de les enficher toutes dans une carte de bus disposée longitudinalement à l'arrière du coffret. Mais la longueur de cette carte était telle qu'il nous a semblé préférable de la scinder en deux parties pour tenir compte des contraintes imposées par les dimensions maximales autorisées des colis postaux. A l'exception du bloc d'alimentation, tous les autres circuits imprimés sont enfichés sur les connecteurs de la carte de bus. Voilà qui devrait simplifier aussi bien l'assemblage que les interventions éventuelles, ce qui nous permet d'espérer que personne ne formulera d'objection au sujet de ces deux plaquettes supplémentaires...

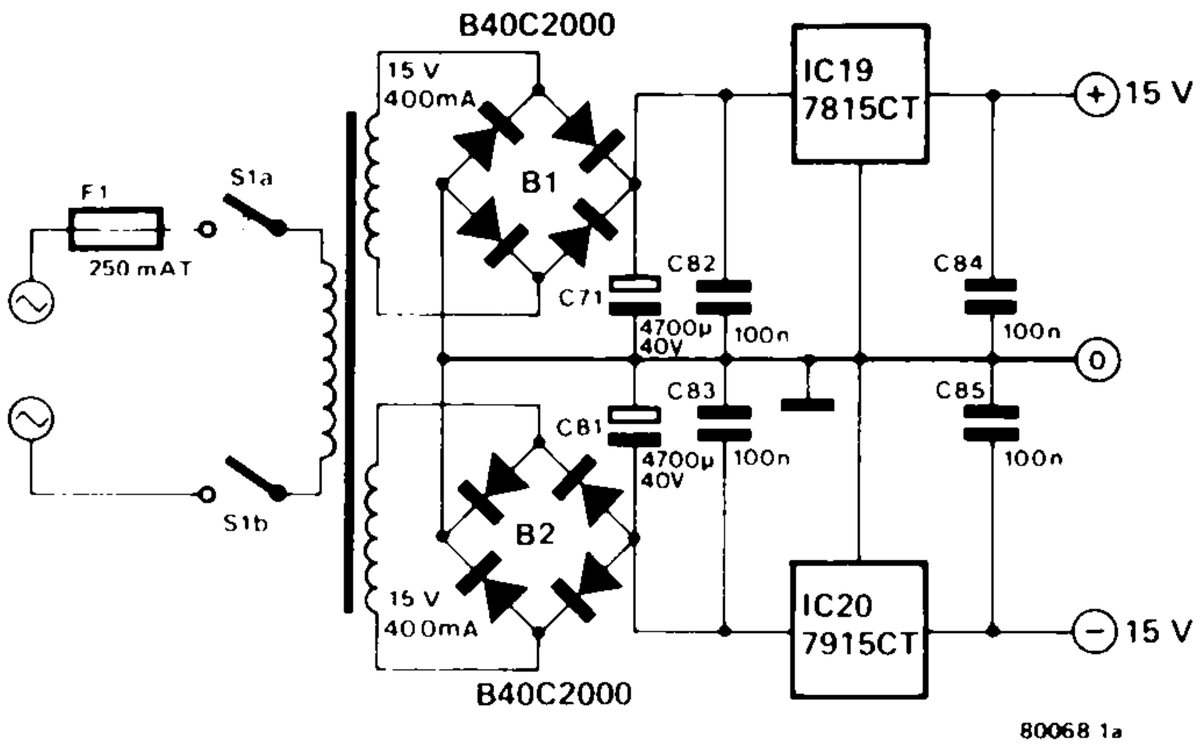
Alimentation

Avant d'en venir à l'implantation des composants des divers circuits, il nous faut nous préoccuper en premier lieu de l'alimentation. Ainsi que le montre la figure 1, c'est un circuit tellement simple qu'il n'exige pas d'explications approfondies. L'alimentation ± 15 V symétrique est obtenue de la manière la plus facile par l'utilisation de deux régulateurs de tension intégrés (IC19, IC20). Le courant absorbé n'est que de 200 mA au total et les 400 mA débités par le transformateur secteur seront donc plus que suffisants. Naturellement, il est possible de se servir d'un transfo de capacité supérieure, à condition qu'il se loge dans la partie arrière du coffret, ce qui permettra de ne rien changer à l'alimentation lorsque d'éventuelles extensions seront opérées.

Il est nécessaire de disposer d'une autre tension d'alimentation ± 5 V symétrique pour la polarisation des OTA. Ainsi qu'il ressort de la figure 1b, ces tensions seront dérivées de l'alimentation (stabilisée) à ± 15 V, à l'aide de deux autres stabilisateurs de tension intégrés (IC21, IC22). Les deux électrolytiques au tantale, C86 et C87, ainsi que les condensateurs 100 n, C84 et C85, jouent un rôle déterminant dans ce type de régulateur, car ils éliminent sa tendance à entrer spontanément en oscillation.

La figure 2 montre le circuit imprimé de l'alimentation. Plus précisément, celui-ci ne concerne que la partie du circuit présentée en figure 1a; l'alimentation en

1a



b

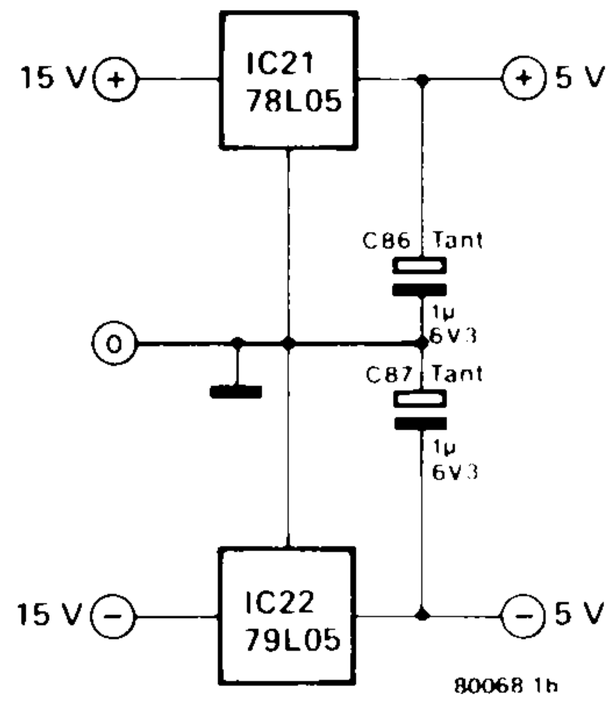


Figure 1. Circuit très simple pour l'alimentation du vocodeur. Bien que largement suffisant pour l'application présente, le transformateur secteur peut être remplacé par un modèle plus puissant, en vue d'autres applications ultérieures.

Liste des composants pour le circuit de la fig. 2 (alimentation)

Condensateurs:
C71,C81 4700 µ/40 V
C82 . . . C85 100 n

Semiconducteurs:
B1,B2,
B40C2000 – pont redresseur
IC19 = 7815 CT
IC20 = 7915 CT

Divers:
Transfo secteur, 2 x 15 V
ou 2 x 20 V/400 mA
S1 = interrupteur secteur
bipolaire avec fusible, 250 mA
(fusion lente)

2

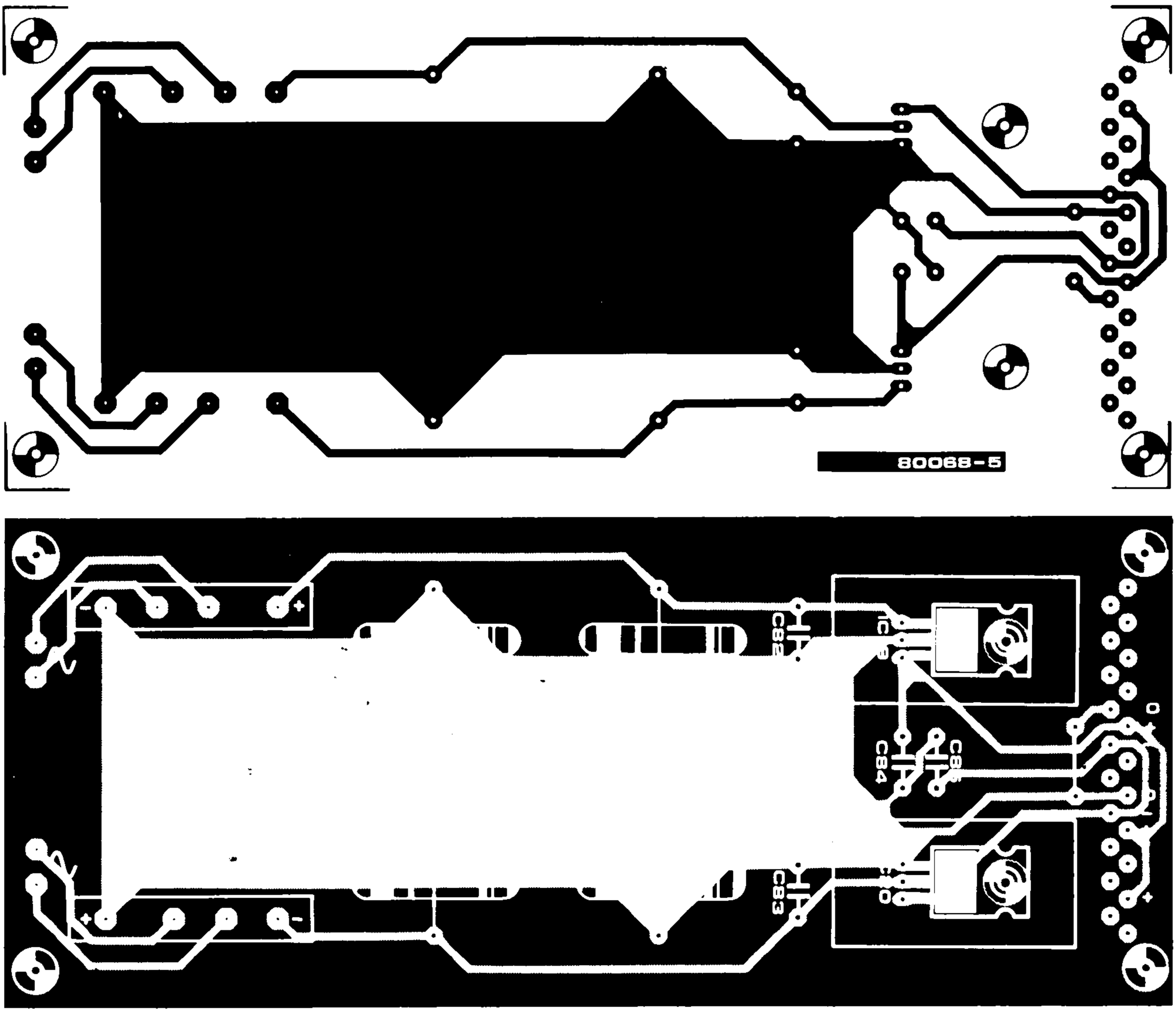


Figure 2. Circuit imprimé pour l'alimentation. Comme précisé dans le texte, seule l'alimentation en · 15 V est montée sur cette platine; l'alimentation en · 5 V est installée sur la carte de bus.

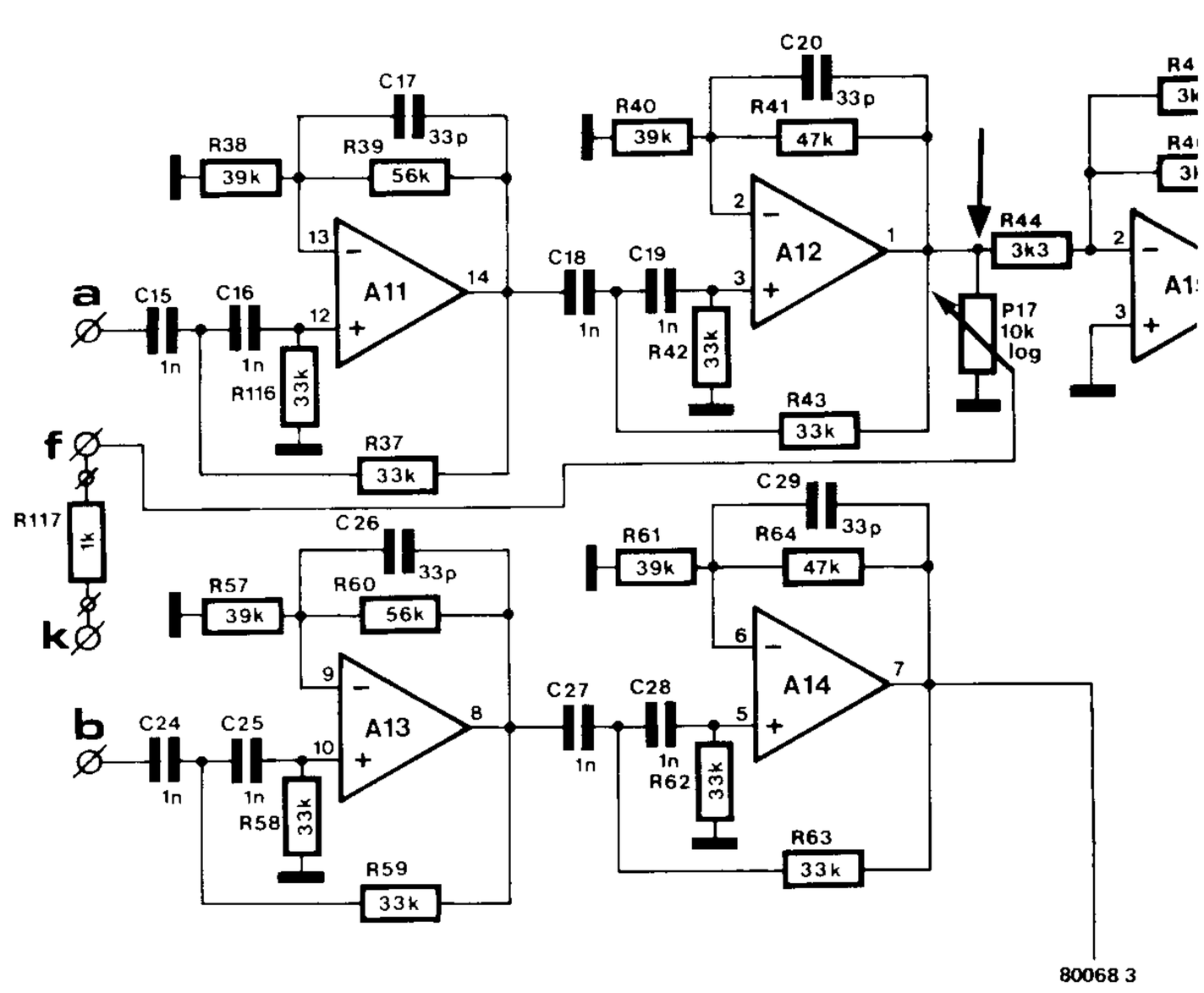


Figure 3. Vue partielle du circuit du filtre passe-haut. P17 et R117 ont été ajoutés pour qu'une petite fraction du signal vocal initial soit superposée au signal de sortie final. Ce "dosage" des hautes fréquences est très utile lorsque le signal porteur en est dépourvu.

± 5 V (figure 1b) est montée sur la plaquette de bus.

Un nouvel élément

Un autre point mérite quelques explications, bien qu'il soit douteux qu'il ait retenu l'attention de nombreux lecteurs!

Tout juste avant de passer à la mise en page de l'article du mois dernier, nos distingués "concepteurs" proposèrent un complément de circuit, modeste certes, mais très utile. C'est donc à la dernière minute qu'il fut inclus dans les circuits du filtre passe-haut et du module d'entrée-sortie (voir "le vocodeur d'Elektor (1)", figures 5 et 6), mais il ne nous fut pas possible d'en faire mention explicite dans le texte, et cela surtout parce que nous avions été fort occupés auparavant à tenter de déterminer s'il nous était *permis* d'en faire usage! L'ennui venait de ce que notre merveilleuse "trouvaille" se révélait avoir fait l'objet d'un dépôt de brevet par Bode. Nous étions encore en train de supputer dans quelle mesure ce fait pouvait avoir une influence sur nos projets (grâce au ciel, il s'avère qu'il n'en a aucune), lorsque le numéro fut confié à l'impression. Par conséquent, certains détails du circuit restèrent inexpliqués dans notre texte. Evidemment, c'est là un incident banal dans l'industrie, mais, nous avons le sentiment que ce n'est pas très digne d'une revue technique comme la nôtre, très soucieuse de ses responsabilités à l'égard de ses lecteurs. Aussi, vous présentons-nous toutes nos excuses.

De quel complément de circuit s'agit-il? La figure 3 du présent article reprend une partie du schéma du filtre passe-haut. Vous remarquerez la présence d'un potentiomètre P17 et d'une résistance série (R117). Si nous vous faisons observer que l'extrêmité inférieure de cette résistance est connectée à la seconde entrée "k" de l'amplificateur sommateur (voir 1ère partie, figure 6), il est vraisemblable que l'idée de base vous paraîtra immédiatement. Une certaine fraction du signal présent à la sortie du filtre passe-haut (A11, A12) est prélevée, par l'intermédiaire de P17, et additionnée, "sans vocodage", au signal de sortie final.

De cette manière, il est possible de dissimuler, dans une certaine mesure, l'absence du détecteur de sons voisés/dévoisés et du générateur de bruit associé. La "mesure" est même si large que les résultats se révèlent étonnamment bons! Lorsque les composantes à haute fréquence sont absentes du signal porteur, la proportion du "signal de remplacement" nécessaire à l'articulation des sons "sifflants" dévoisés du langage (les "s", par exemple) est insuffisante. Grâce à notre montage, il est donc possible d'ajouter au signal de sortie les composantes à haute fréquence présentes dans le signal vocal initial. Le "dosage" approprié se fait grâce à P17. L'expérience montre que, très souvent, cette méthode améliore considérablement l'intelligibilité du signal vocodé.

Un emplacement a été réservé pour permettre le montage du potentiomètre P17 sur la platine des modules de filtrage. La connexion de masse et celle du curseur ("f") sont toutes deux à l'extrêmité de cette platine; "l'extrêmité chaude" du potentiomètre est raccordée à un complément de ligne en cuivre noté "x" situé sur le côté cuivré de la plaquette. La résistance R117 est montée sur la carte de bus. La connexion reliant l'extrêmité inférieure de cette résistance à l'entrée de l'amplificateur sommateur (points "k") est constituée par une piste cuivrée de la carte de bus.

Circuits imprimés des filtres et circuit d'entrée-sortie

Comme il serait vraiment fastidieux de reprendre par le menu la description des circuits publiée dans la première partie, nous vous suggérons tout simplement d'ouvrir votre numéro de février 1980 (No 20) et de vous y reporter chaque fois que cela sera nécessaire.

Eh bien, nous supposons que c'est chose faite et que vous avez sous les yeux l'article "Le vocodeur d'Elektor (1)". La figure 2 présente un schéma général des unités de filtrage, tandis que les figures 3, 4 et 5 illustrent les circuits complets respectifs des filtres passe-bande, passe-bas et passe-haut. Dans le texte qui s'y rapportait, on mentionnait l'adoption de la construction modulaire comportant un circuit imprimé pour chaque unité de filtrage complète. Ainsi qu'on pouvait l'imaginer, notre concepteur de circuits imprimés a sans plus attendre réalisé une plaquette universelle convenant au montage des trois types de filtres: passe-bande, passe-bas et passe-haut. La figure 4 du présent article (No 21) montre le tracé des pistes cuivrées de cette carte universelle tandis que la figure 5 en détaille l'implantation des

Tableau 1

Filtre passe-bande	Fréquence centrale	Gamme de fréquences	C1 . . . C8	C9	C10	C11
BPF 1	265 Hz	210 - 320	82 n	220 n	33 n	330 n
BPF 2	390 Hz	320 - 460	56 n	150 n	22 n	220 n
BPF 3	550 Hz	460 - 640	39 n	100 n	15 n	150 n
BPF 4	800 Hz	640 - 960	27 n	68 n	10 n	100 n
BPF 5	1200 Hz	960 - 1440	18 n	47 n	6 n8	68 n
BPF 6	1770 Hz	1440 - 2100	12 n	47 n	6 n8	68 n
BPF 7	2650 Hz	2100 - 3200	8 n2	47 n	6 n8	68 n
BPF 8	3900 Hz	3200 - 4600	5 n6	47 n	6 n8	68 n

Tableau 1. Les valeurs des condensateurs C1 à C11 des huit filtres passe-bande sont choisies dans ce tableau.

4

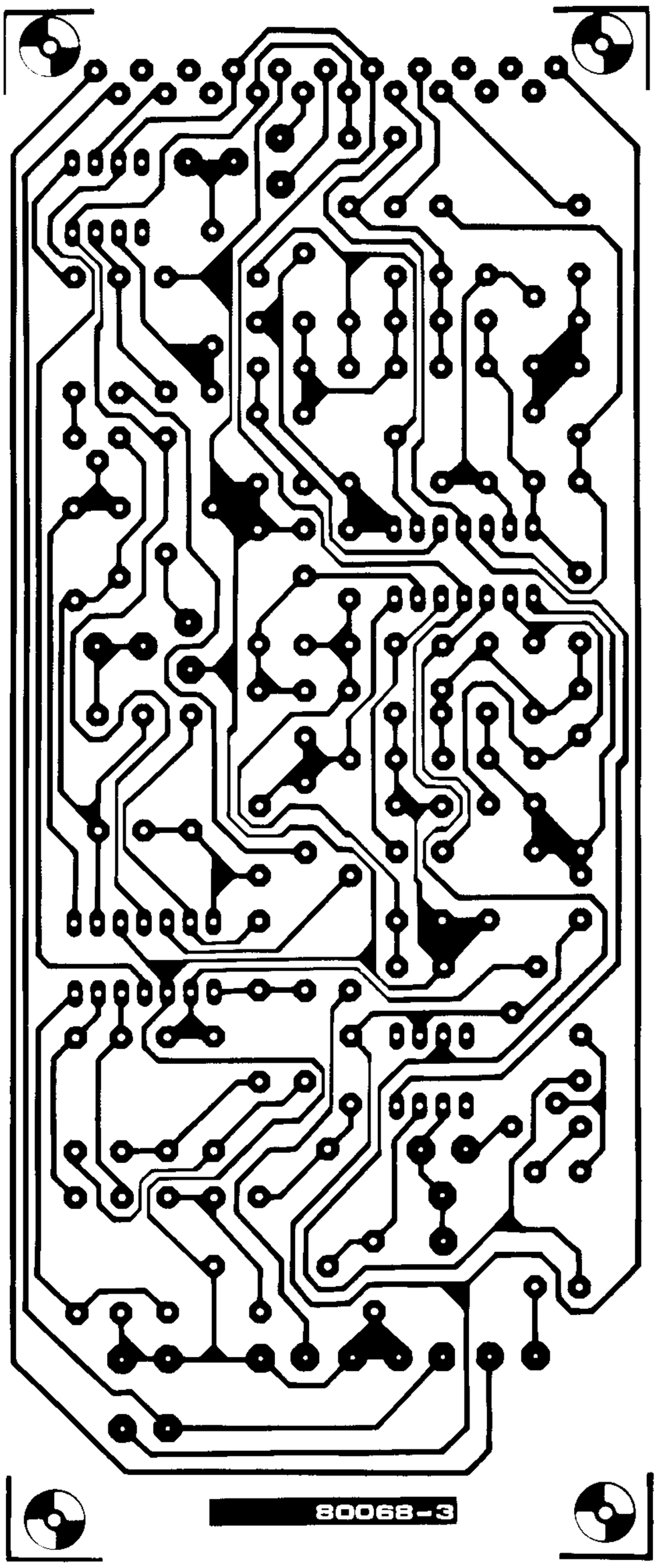


Figure 4. Tracé des pistes cuivrées du circuit imprimé de filtre universel.

5a

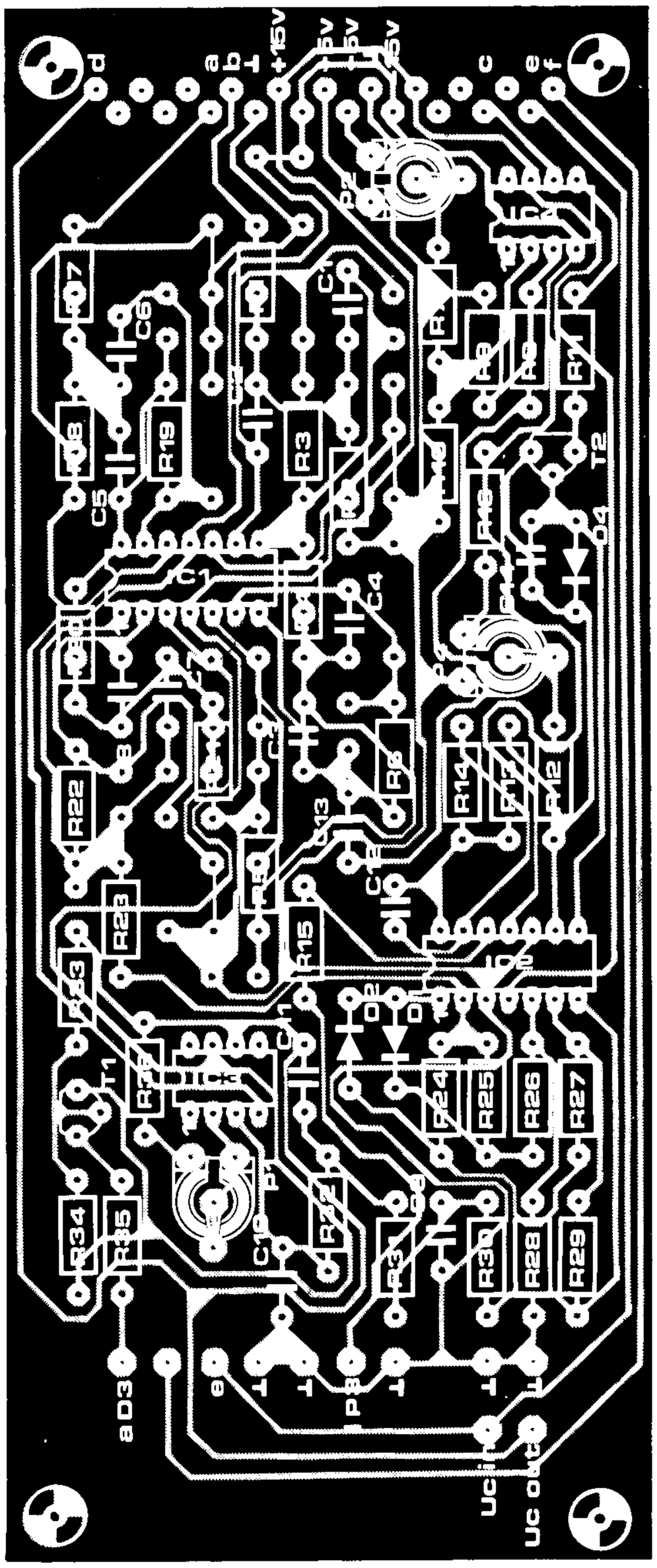


Figure 5. Trois implantations des composants différentes suivant qu'il s'agit du filtre passe-bande (figure 5a), du filtre passe-bas (figure 5b) ou du filtre passe-haut (figure 5c).

composants, suivant qu'il s'agit du passe-bande (figure 5a), du passe-bas (figure 5b) ou du passe-haut (figure 5c), avec, à chaque fois, la liste correspondante. Le tableau 1 donne la liste des valeurs affectées aux condensateurs C1 à C11 dans les huit unités de filtrage passe-bande. Ce tableau figurait déjà dans la première partie (N° 20), mais, pour des raisons de commodité, nous le reproduisons dans le présent article en compagnie des autres listes de composants. Nos lecteurs n'auront pas manqué de remarquer que les condensateurs de découplage de l'alimentation (C73 à C76, les 8 C77 et les 8 C78, montrés dans le cadre des figures 3, 4 et 5 de la première partie) sont absents des schémas d'implantation des figures 5a, 5b et 5c de la seconde partie. Qu'ils se rassurent, tous ces composants ont

Liste des composants pour le circuit de la figure 5a (filtre passe-bande)

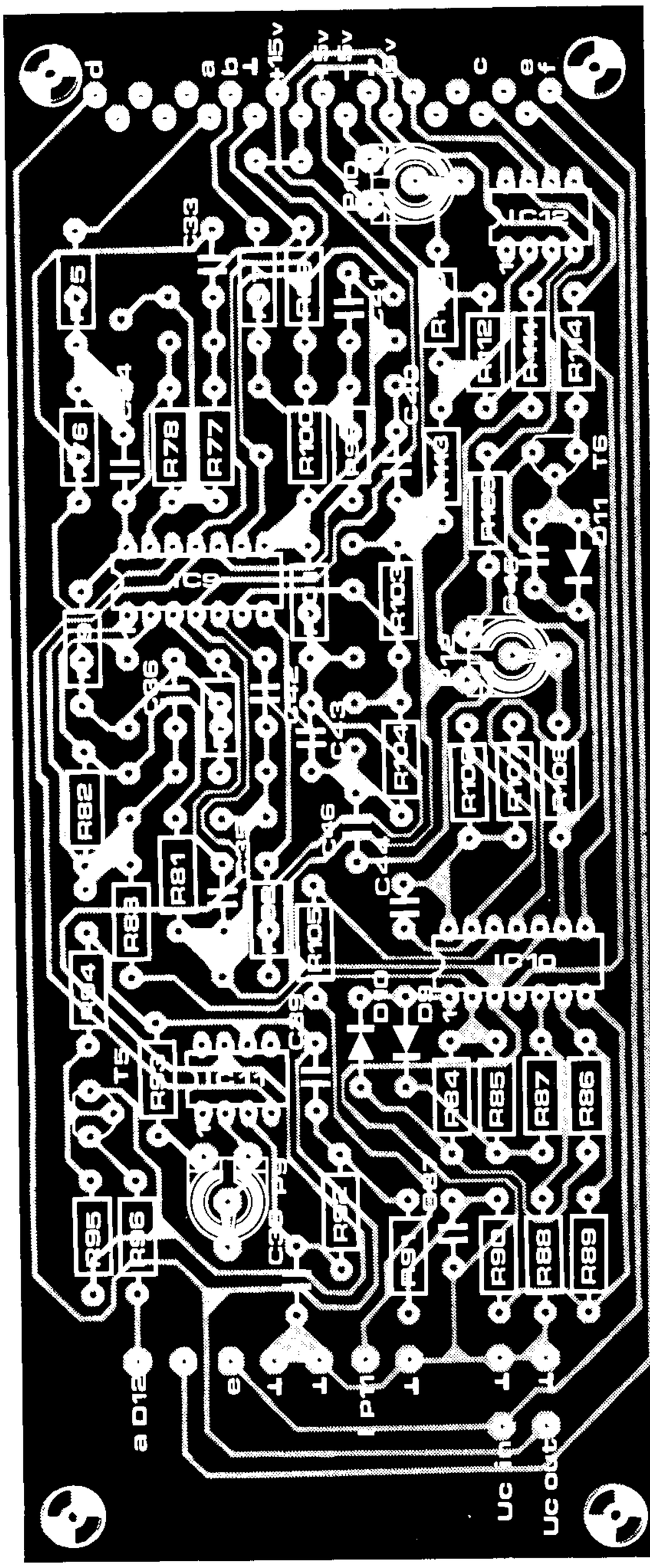
Résistances:
R1,R17,R30 = 10 k
R2,R18 = 680 Ω
R3,R7,R19 = 100 k
R4,R20 = 8k2
R5,R21 = 560 Ω
R6,R22 = 82 k
R8,R26 . . . R29,R32,R32 = 47 k
R9,R10 = 150 Ω
R11 = 4k7
R12 = 1 M
R13,R33 = 22 k
R14,R15 = 33 k
R16 = 15 k
R23,R24,R25 = 3k3
R34 = 120 k
R35 = 1 k
R36 = 68 k

Condensateurs:
C1 . . . C11 : voir tableau 1
C12 = 33 p
C13 = 180 n
C14 = 22 n

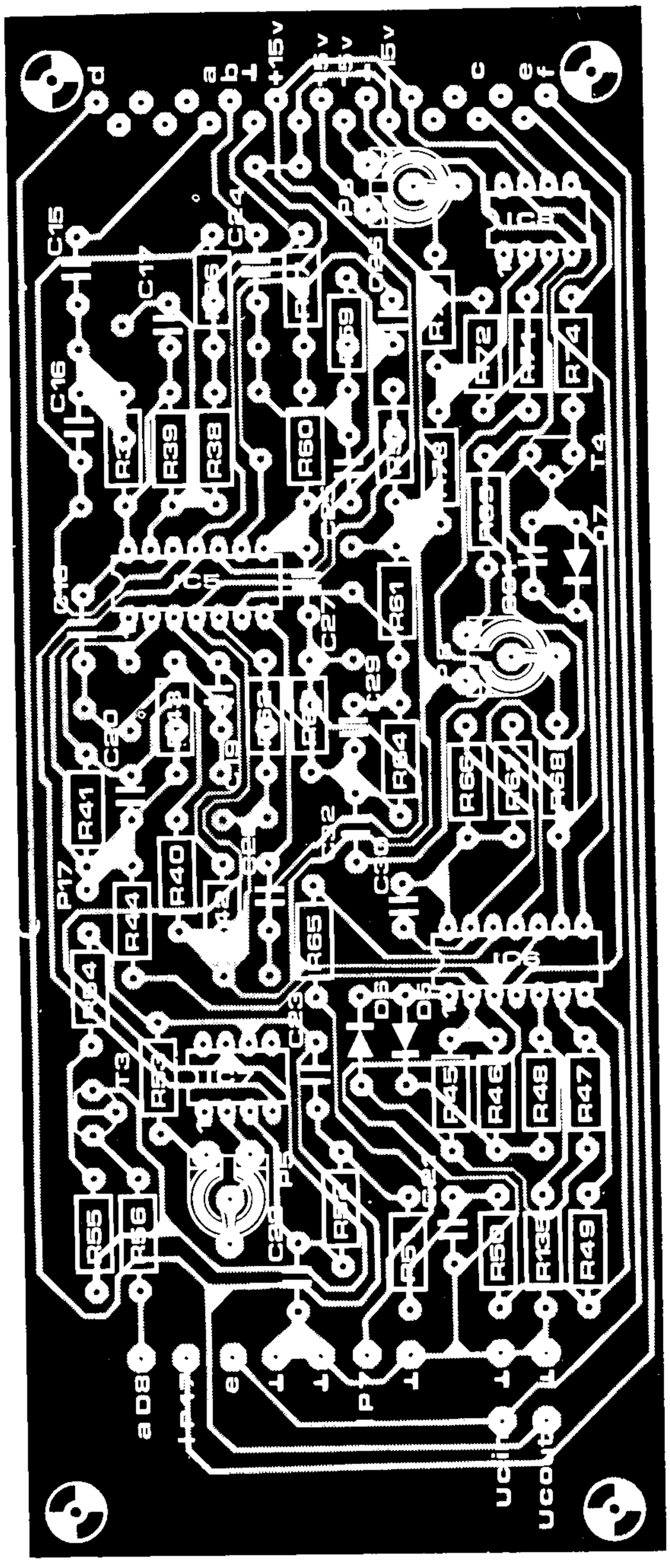
Semiconducteurs:
T1 = BC 547 B
T2 = BC 557 B
D1,D2,D4 = 1N4148
D3 = LED
IC1,IC2 = TL 084
IC3 = 741
IC4 = CA 3080

Divers:
P1 = 100 k ajustable
P2 = 25 k ajustable
P3 = 10 k lin.
P4 = 10 k ajustable
connecteur 21 broches — voir liste combinée des composants

5b



5c



Liste des composants pour le circuit de la figure 5b (filtre passe-bas)

Résistances:
R75,R76,R79,R80,R97,R98, R101,R102 = 27 k
R77,R82,R99,R104 = 150 k
R78,R100 = 180 k
R81,R95,R103 = 120 k
R83,R84,R85 = 3k3
R86 . . . R89,R91,R92, R111 = 47 k
R90 = 10 k
R93 = 68 k
R94,R107 = 22 k
R96 = 1 k
R105,R106 = 33 k
R108 = 1 M
R109 = 15 k
R110 = 100 k
R112,R113 = 150 Ω
R114 = 4k7

Condensateurs:
C33 . . . C36, C40 . . . C43 = 33 n
C37 = 390 n
C38 = 47 n
C39 = 470 n
C44 = 33 p
C45 = 22 n
C46 = 180 n

Semiconducteurs:
T5 = BC 547B
T6 = BC 557B
D9,D10,D11 = 1N4148
D12 = LED
IC9,IC10 = TL 084
IC11 = 741
IC12 = CA 3080

Divers:
P9 = 100 k ajsutable
P10 = 25 k ajustable
P11 = 10 k lin.
P12 = 10 k ajustable
connecteur 21 broches — voir liste combinée des composants

Liste des composants pour le circuit de la figure 5c (filtre passe-haut)

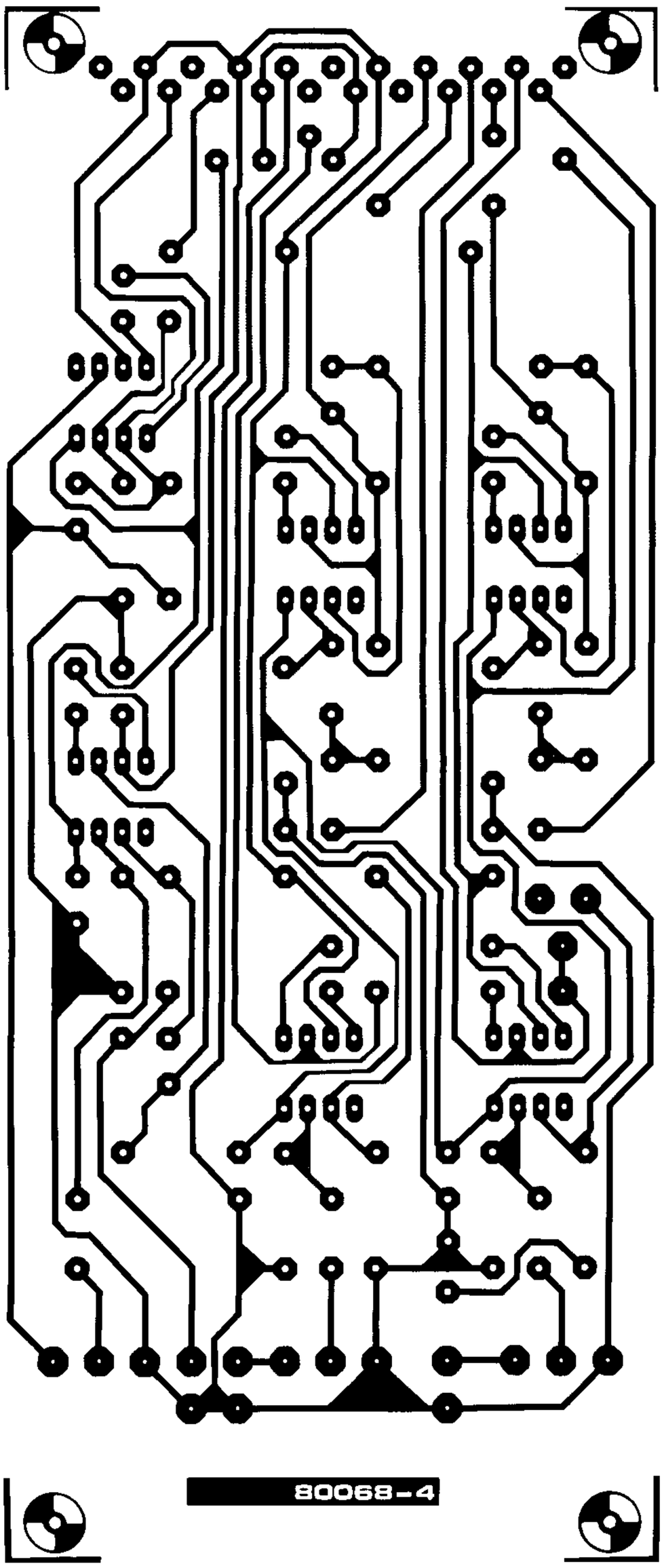
Résistances:
R36,R37,R42,R43,R58,R59, R62,R63,R65,R66 = 33 k
R38,R40,R57,R61 = 39 k
R39,R60 = 56 k
R41,R47,R48,R49,R51,R52, R64,R71,R135 = 47 k
R44,R45,R46 = 3k3
R50 = 10 k
R53 = 68 k
R54,R67 = 22 k
R55 = 120 k
R56,R117 = 1 k
R68 = 1 M
R69 = 15 k
R70 = 100 k
R72,R75 = 150 Ω
R74 = 4k7

Condensateurs:
C15,C16,C18,C19,C24,C25, C27,C28 = 1 n
C17,C20,C26,C29,C30 = 33 p
C21 = 47 n
C22 = 6 n8
C23 = 68 n
C31 = 22 n
C32 = 180 n

Semiconducteurs:
T3 = BC 547B
T4 = BC 557 B
D5,D6,D7 = 1N4148
D8 = LED
IC5,IC6 = TL 084
IC7 = 741
IC8 = CA 3080

Divers:
P5 = 100 k ajustable
P6 = 25 k ajustable
P7 = 10 k lin.
P8 = 10 k ajustable
P17 = 10 k log (voir texte)
connecteur 21 broches — voir liste combinée des composants

6



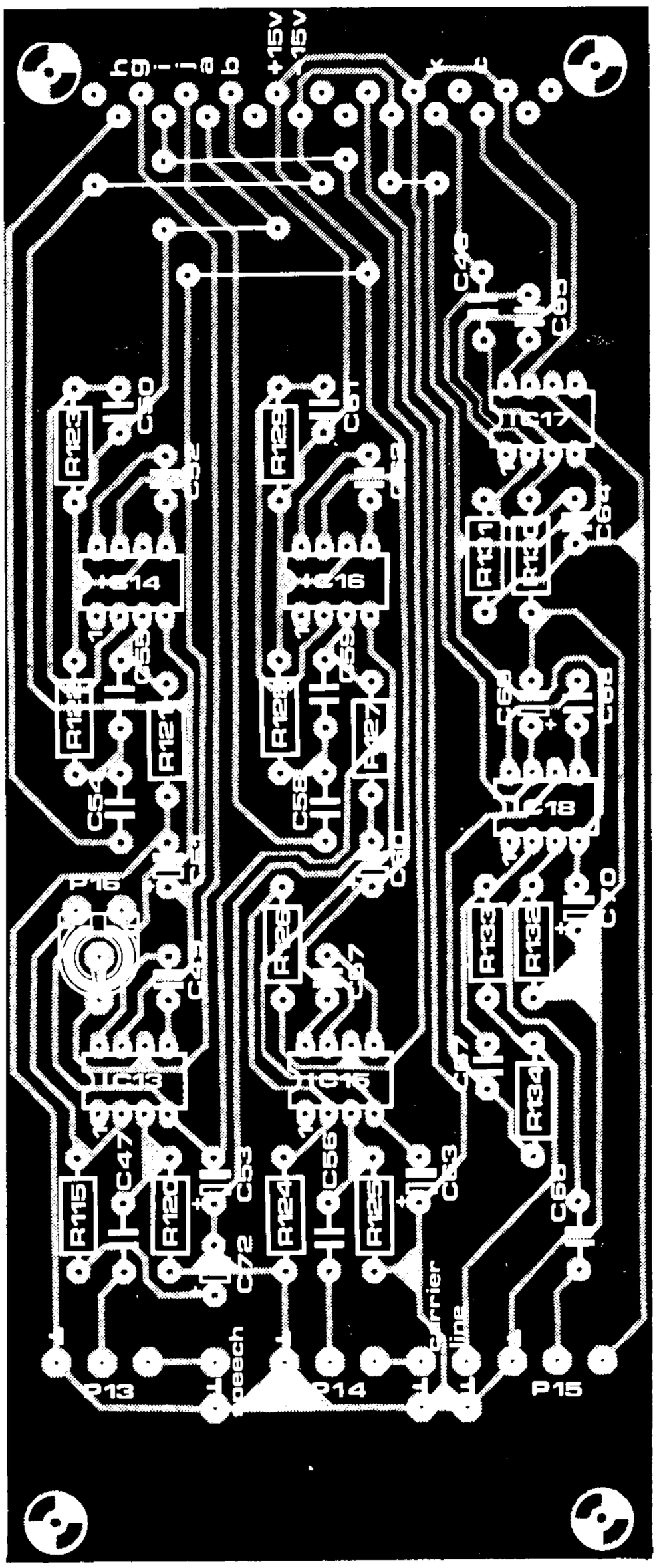


Figure 6. Circuit imprimé et implantation des composants du module d'entrée-sortie.

Liste des composants pour le circuit de la figure 6

Résistances:
R115,R130 = 1 k
R120,R125 = 220 k
R121 . . . R124,R127,R128,
R129,R132,R13 = 100 k
R126 = 1 M
R131 = 47 k
R134 = 150 Ω

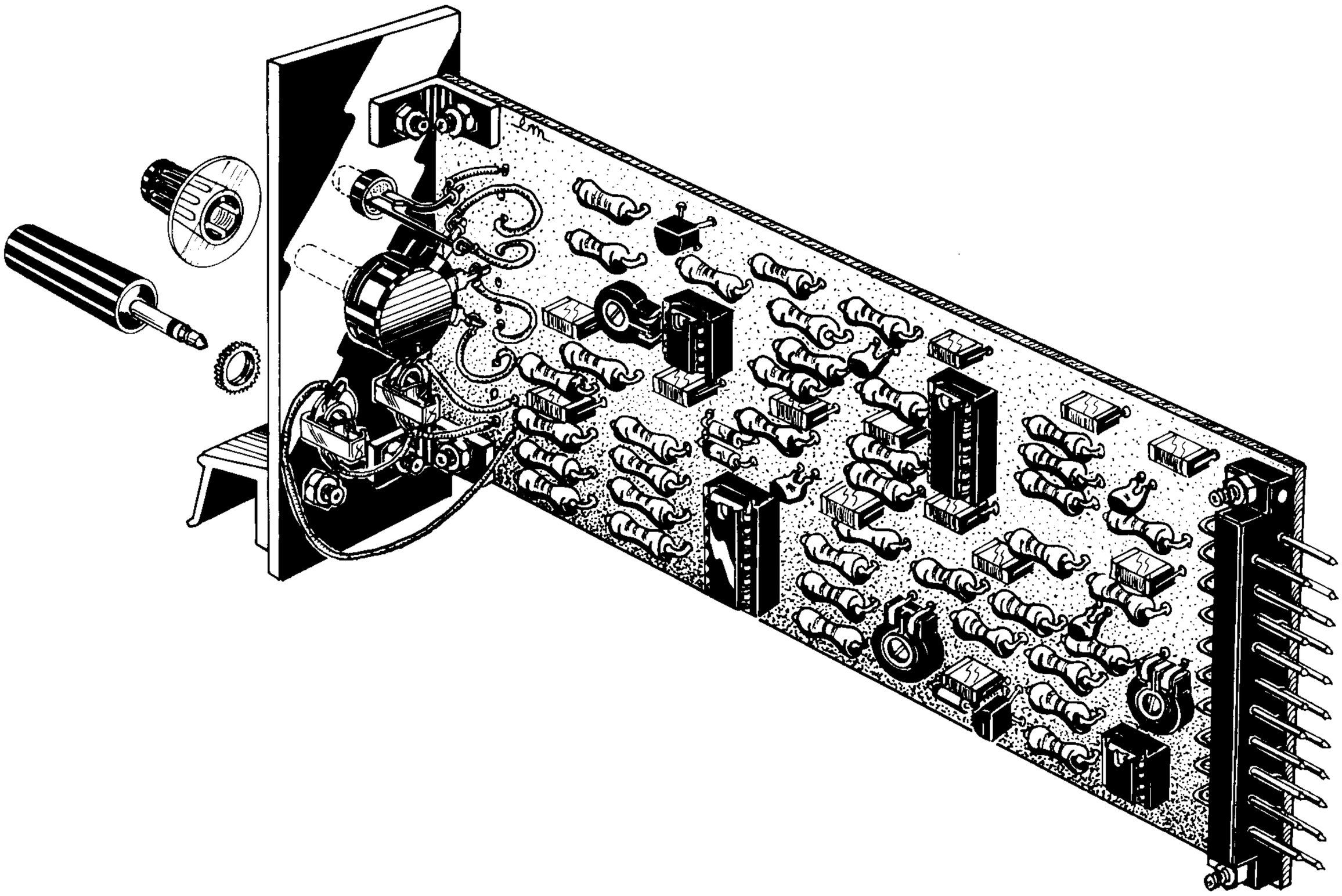
Condensateurs:
C47,C56,C66 = 220 n
C48 = 100 n
C49,C50,C52,C57,C61,C62,
C64,C65,C67,C68 = 33 p
C51,C53,C60,C63,C69,
C70 = 10 µ/16 V tantale
C54,C55,C58,C59 = 39 n
C72 = 22 µ/16 V tantale

Semiconducteurs:
IC13 = TDA 1034NB, N
IC14,IC15,IC16,
IC18 = TDA 1034B
IC17 = LM301

Divers:
P13,P15 = 10 k log
P14 = 100 k log
P16 = 1 M ajustable
connecteur 21 broches — voir liste combinée des composants

été transférés sur la carte de bus.
Voyons maintenant le module d'entrée-sortie (se reporter au circuit de la figure 6, première partie). Le tracé du circuit imprimé et l'implantation des composants sont représentés en figure 6 de la seconde partie. Il a exactement les mêmes dimensions que celles de chaque filtre (70 x 168 mm). D'ailleurs, le circuit d'alimentation a un format identique, bien que nous n'ayons pas l'intention, pour le moment, de le présenter sous la forme d'un module enfichable. Cette fois, les condensateurs de découplage du module d'entrée-sortie (C79 et C80) sont montés sur le circuit imprimé du module et non sur le bus.
Examinons maintenant d'un peu plus près les circuits imprimés. La mise en place des composants ne devrait pas poser de problème, pourvu que vous ne confondiez pas malencontreusement les

7



80068 7

Figure 7. Vue d'un module filtre complet assemblé. Aucun câblage complémentaire ne sera nécessaire puisque toutes les connexions s'effectuent au moyen du connecteur 21 broches.

diverses dispositions d'implantation prévues pour le filtre. Et, surtout, n'oubliez pas les connexions en fil de câblage; bien qu'elles ne figurent pas dans les listes de composants, elles n'en jouent pas moins un rôle capital. Toutes les connexions entre platines sont alignées le long de chacun des plus petits côtés. A l'une des extrêmités se trouvent les points de connexion destinés à être reliés aux composants de la plaque frontale, et à l'autre extrêmité sont disposées les fiches connectrices.

S'agissant des filtres, cela signifie que l'extrêmité "avant" du circuit imprimé regroupe les connexions des tensions de commande, repérées par les notations U_{as} et U_{ae} (points "d" et "e" des circuits), la sortie vers la LED et les connexions vers le potentiomètre de commande de la tension U_C in (soit, 8 x P3, P7, P11). L'extrêmité "arrière" du circuit imprimé regroupe toutes les connexions "internes", c'est-à-dire, les entrées du signal vocal et du signal porteur (points "a" et "b"), la sortie du signal vocodé (point "c"), les connexions correspondant à l'alimentation, et, en vue d'applications spéciales (qui seront décrites ultérieurement), un second ensemble de connexions de tensions de commande (U_{as} et U_{ae}).

De manière analogue, sur le circuit imprimé du module d'entrée-sortie, les connexions destinées à être reliées à la plaque frontale sont regroupées à l'une des extrêmités: prises jacks d'entrée et de sortie avec les potentiomètres de commande de niveau associés (P13, P14, P15). L'extrêmité "connecteur" reçoit les points de connexion des tensions d'alimentation ainsi que les points d'entrée et de sortie internes "a", "b", "c" et "k".

Grâce à cette méthode, il est possible d'équiper chaque circuit imprimé séparément et d'en faire un module enfichable indépendant. Un connecteur 21 broches est monté, sur la face non cuivrée, et à l'extrêmité "arrière" de chacun des circuits imprimés des filtres et de celui du module d'entrée-sortie (Siemens en fabrique un modèle tout à fait approprié). La plaque frontale est fixée à l'extrêmité opposée; elle comporte le(s) potentiomètre(s) de commande, les prises jacks et la LED. La figure 7 illustre l'assemblage par le biais d'un croquis d'une unité de filtrage complète. La fiche et la douille de jack pour écouteur (petit format: 3 mm) sont tout indiquées pour réaliser les connexions d'entrée.

Si l'on veut ajouter le "dosage" des composantes à haute fréquence, illustré par la figure 3 du présent article, il est évident qu'il faudra prévoir le montage d'un second potentiomètre sur la face avant de l'unité de filtrage passe-haut. La plaque frontale du module d'entrée-sortie témoigne, elle aussi, d'un taux d'implantation plus dense, puisqu'elle accueille trois potentiomètres et trois prises de jack grand format pour casque-écouteur, ces dernières étant destinées respectivement au signal porteur, au signal vocal d'entrée, et au signal de sortie vocodé.

Assemblage final

Nous voici arrivés au point où il va falloir combiner ce jeu de circuits imprimés (ou modules) indépendants pour réaliser un vocodeur à 10 voies complet. Le principe de l'opération est illustré par le schéma synoptique de la figure 8 de ce numéro. Il montre tous les modules enfichables et le bloc d'alimentation; comme on peut le constater, la carte de bus joue un rôle déterminant et simplificateur. Sans elle, le câblage serait particulièrement embrouillé.

Les lettres a, b, c, d, e, et k inscrites en figure 8 sont également celles portées sur les divers circuits imprimés; elles correspondent aux indications men-

8

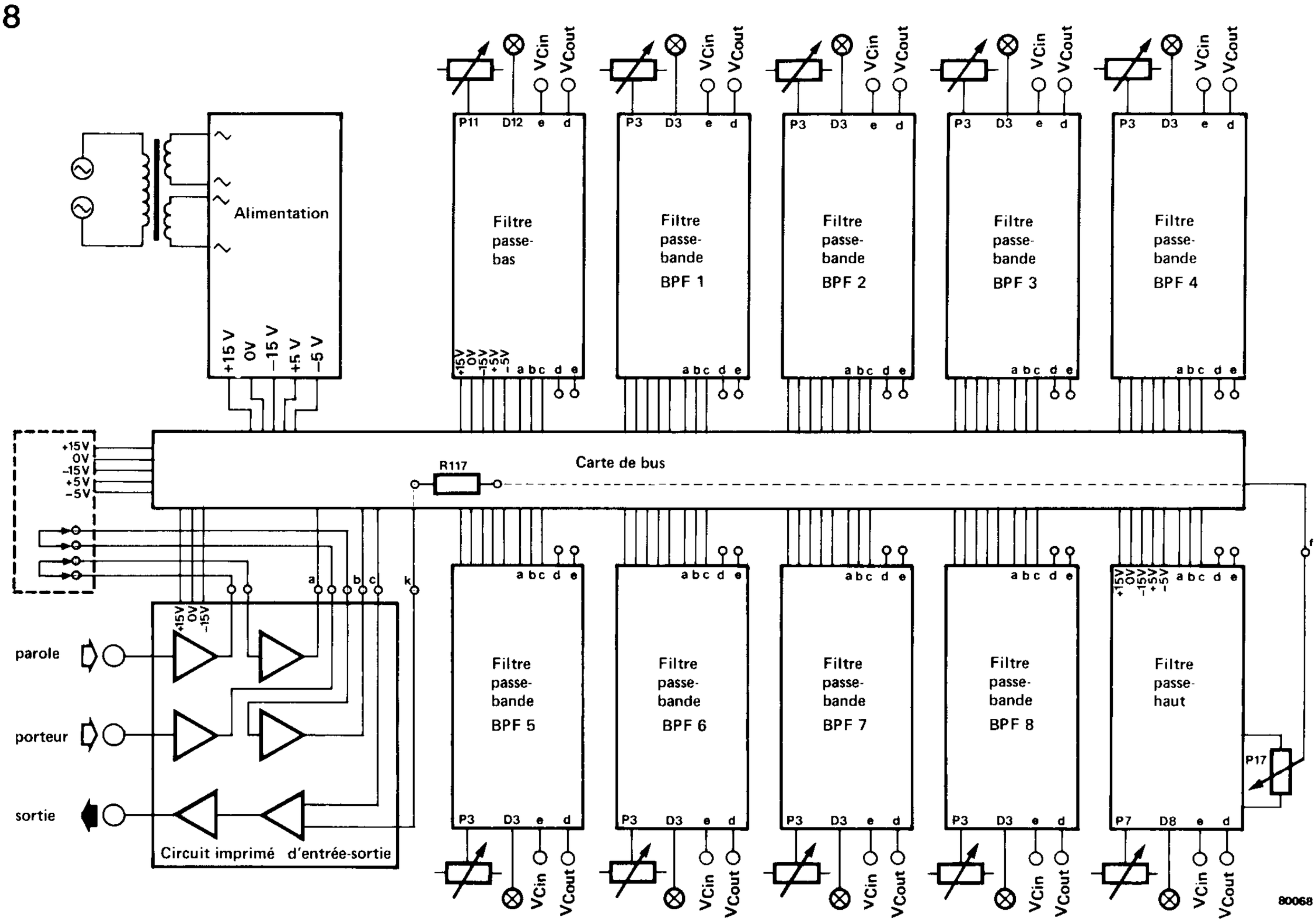


Figure 8. Schéma synoptique du vocodeur complet. Les notations a, b, c, d, e et k correspondent à celles indiquées dans les schémas des circuits de la première partie. On les retrouve aussi sur les circuits imprimés. $V_{c\,in}$ et $V_{c\,out}$ correspondent à U_{ae} et U_{as}.

tionnées sur les circuits présentés dans la première partie (Nº 20). Pour clarifier la présentation de la figure 8 du présent article, le bloc d'alimentation est symboliquement montré sous la forme d'un circuit imprimé unique associé au transformateur. En fait, ainsi que nous l'avons expliqué antérieurement, l'alimentation en ± 5 V est installée sur la carte de bus. P17 et R117 figurent également dans ce schéma synoptique; ils ne seront effectivement montés que si l'on envisage la possibilité du dosage des hautes fréquences.

Représentés aussi en figure 8, et encadrés par un rectangle de lignes pointillées situé du côté gauche, se trouvent les points de connexion des tensions d'alimentation ainsi que les deux fils de raccordement au sujet desquels nous sommes restés volontairement discrets jusqu'à présent.

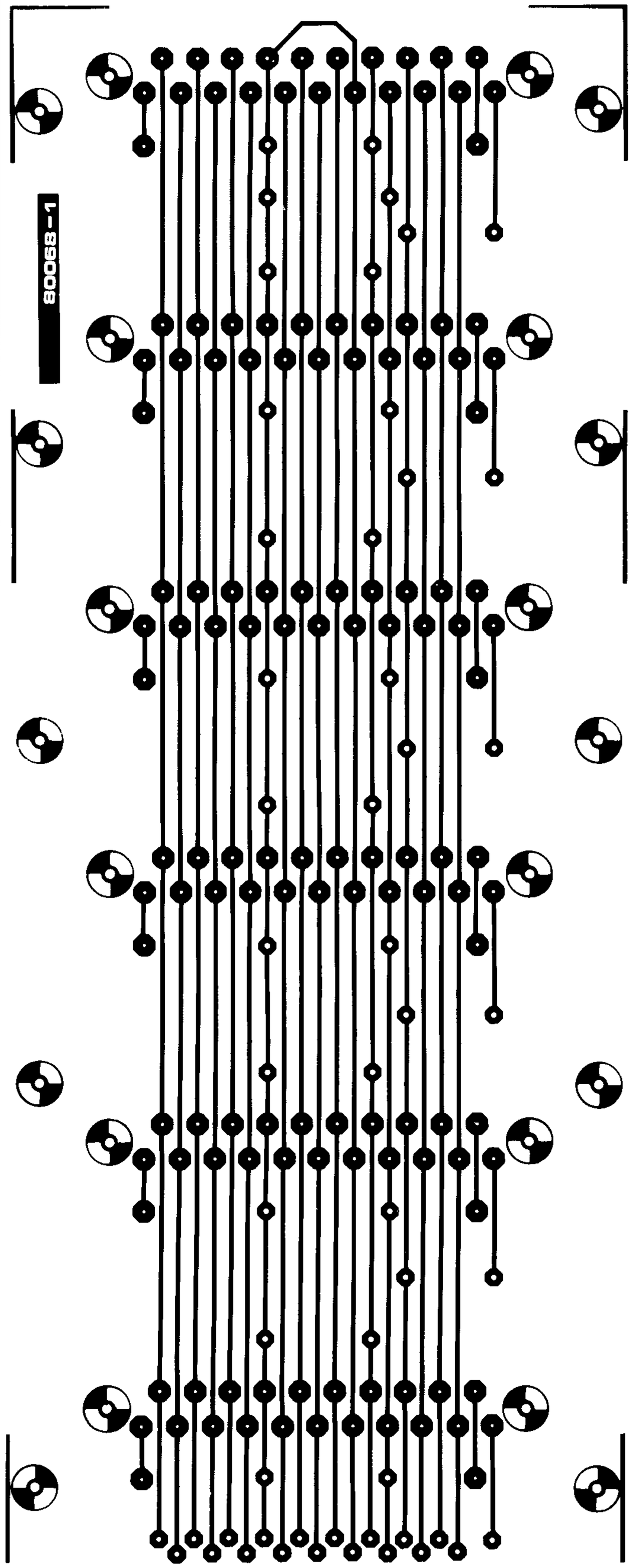
Ceux-ci concernent neuf connexions situées sur la carte de bus, dans lesquelles les broches du connecteur peuvent être enfichées. Dans l'avenir, elles procureront un moyen commode d'ajouter un détecteur de sons voisés/dévoisés et le générateur de bruit qui lui est associé. Dans ce groupe de connexions, toutes les tensions d'alimentation sont disponibles, de sorte que le dispositif pourra être alimenté à partir du bloc d'alimentation principal du vocodeur. Les fils de connexion entre deux paires de contact sont, en fait, ceux représentés dans le circuit du module d'entrée-sortie (figure 6 de la première partie) à la sortie de chacun des amplificateurs A31 et A33. En réalité, ces lignes de raccordement existent déjà sous la forme de pistes cuivrées imprimées sur la platine; lorsqu'un détecteur de sons voisés/dévoisés devra être ajouté, les pistes seront éliminées par grattage afin que les signaux vocaux et porteurs puissent circuler au travers du module.

Nous avons tellement parlé de cette carte de bus qu'il devient urgent que nous vous la présentions de manière plus détaillée. N'oubliez pas qu'elle a été scindée en deux parties, ainsi que nous l'avons précisé en tête de cet article, et que celles-ci devront être réunies par des fils de câblage. La figure 9 représente les deux parties du circuit imprimé ainsi que l'implantation des composants. Ainsi qu'on le découvre à l'examen, la place ne manque pas entre les onze connecteurs "femelles" à 21 broches et elle permet donc d'y installer l'alimentation en ± 5 V, les condensateurs de découplage et divers autres composants.

Un point n'a pas encore été mentionné (et pas davantage illustré en figure 8, afin de ne pas susciter de confusion) et c'est le fait que, à côté de chaque connecteur, il existe deux connexions pour les tensions de commande U_{ae} et U_{as} destinées à chaque module de filtrage. Elles ont été ajoutées en prévision d'éventuelles extensions ultérieures. Dans un système complet, par exemple, il pourrait s'avérer utile de réaliser les interconnexions de la tension de commande au travers d'un circuit imprimé constituant une matrice d'enfichage, au lieu de se servir de câbles souples enfichés sur les panneaux frontaux.

Les différents modules et la carte de bus sont conçus pour s'adapter exactement dans un coffret identique à celui que présente la figure 10. Un coffret standard de 19 pouces (483 mm) équipé de traverses guides destinées à maintenir les circuits imprimés, pourrait très bien convenir. Divers constructeurs en présentent un certain nombre de modèles. La largeur de 19 pouces permet précisément le montage des onze modules selon l'espacement imposé par les caractéristiques de la carte de bus, ce qui n'est évidemment pas une coïncidence! Le transformateur secteur et le circuit imprimé de l'alimentation seront montés sur la face arrière du coffret, ainsi que le suggère la figure 10. L'utili-

9



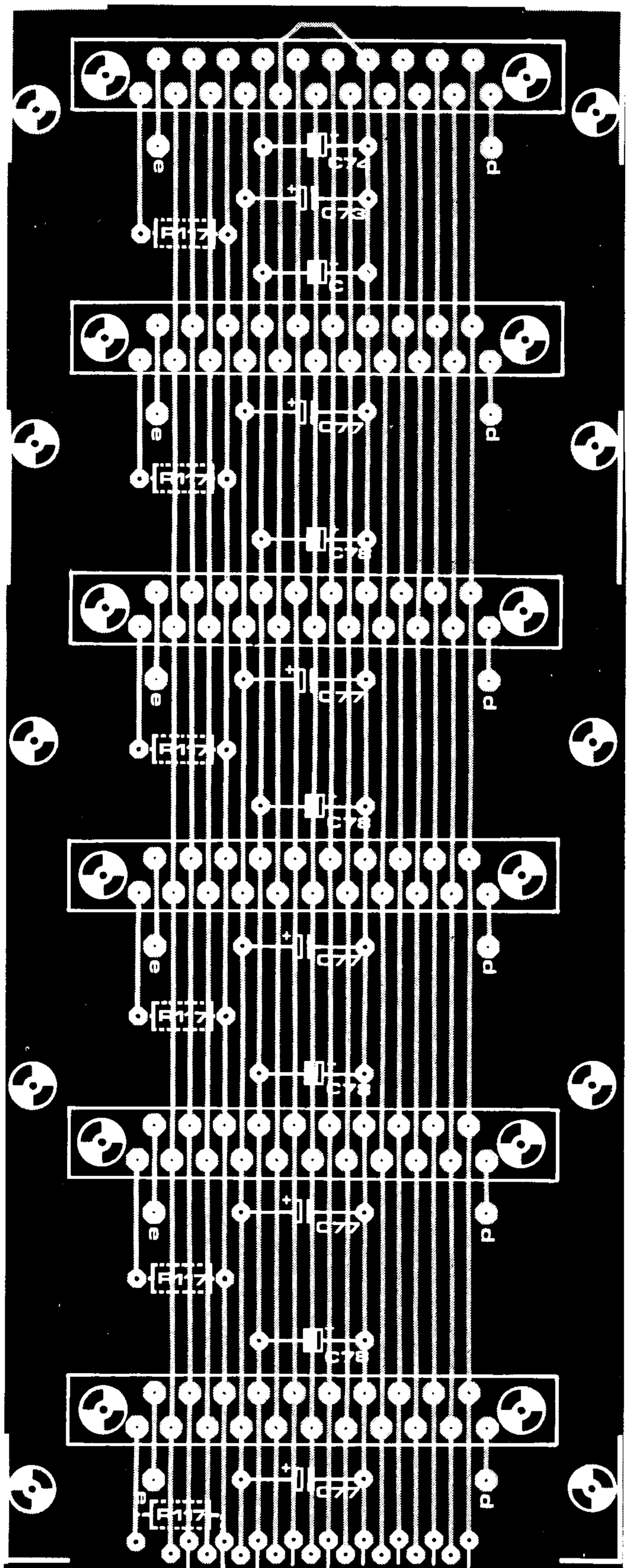
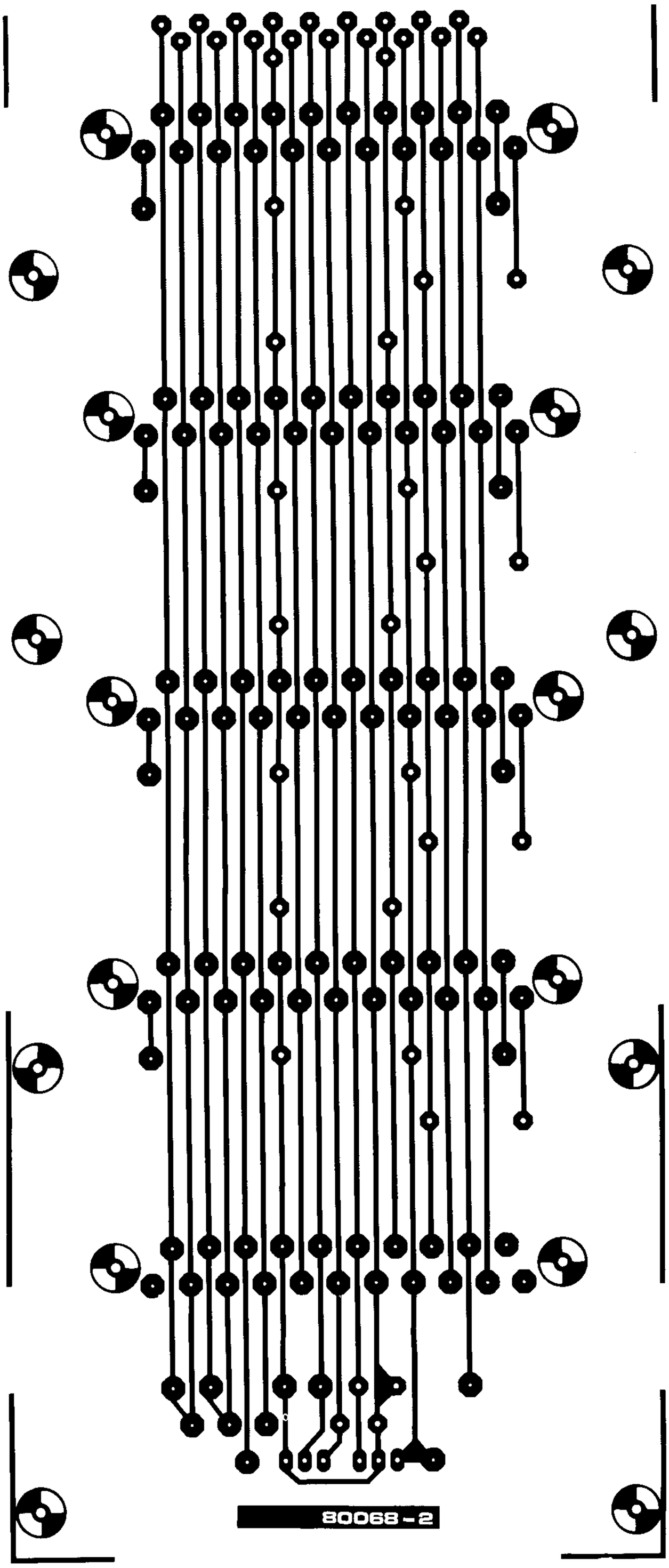
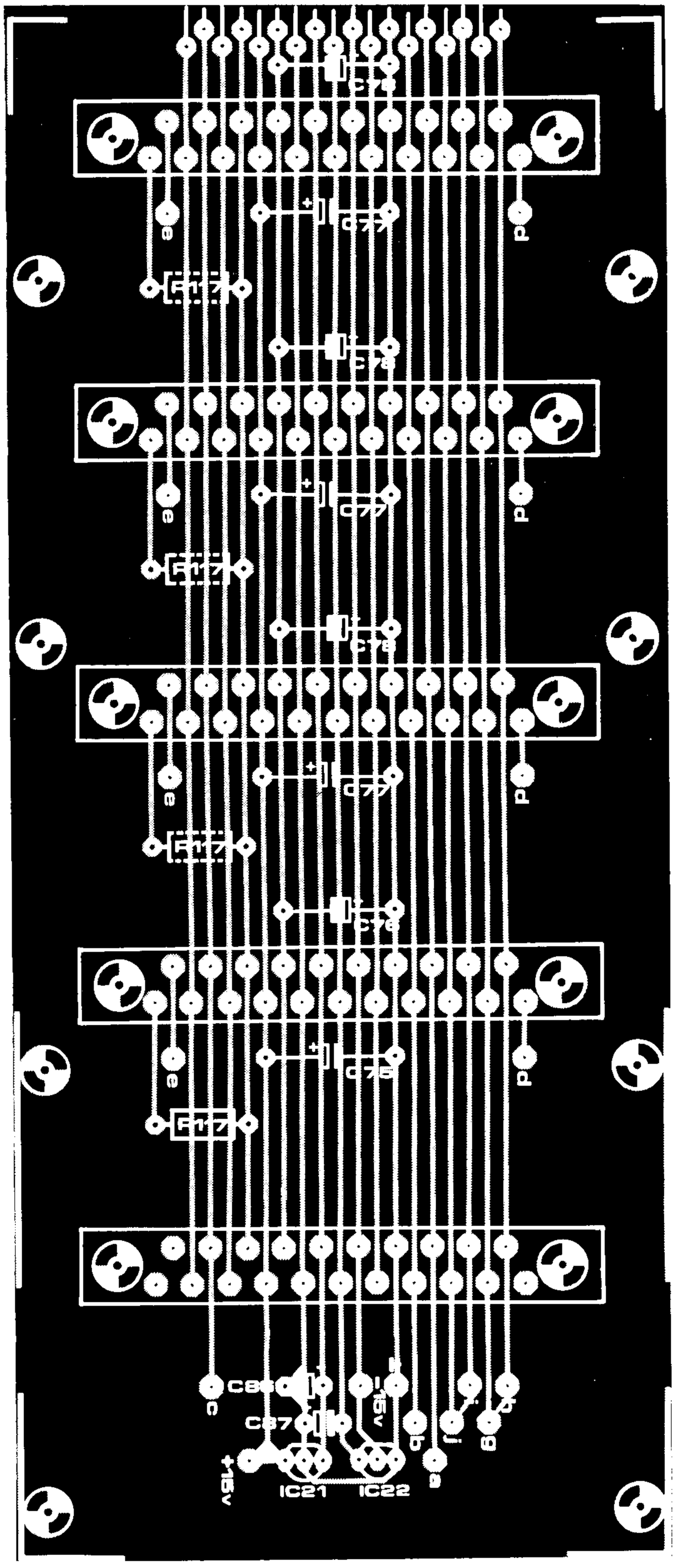


Figure 9. La carte de bus est réalisée en deux parties connectées l'une à l'autre à l'aide de straps en fil de câblage. Ce circuit regroupe les 11 connecteurs "femelles", ainsi que l'alimentation en + 5 V, les condensateurs de découplage et plusieurs points de connexion ménagés en vue d'extensions ultérieures.



80068-2



Liste des composants pour le circuit de la figure 9 (carte de bus)

Résistances:
R117 = 1 k (voir texte)

Condensateurs:
C73 . . . C76 = 10 µ/16 V
8 x C77 et 8 x C78 = 10 µ/16 V
C86,C87 = 1 µ/6 V3 tantale

Semiconducteurs:
IC21 = 78L05
IC22 = 79L05

Divers:
11 connecteurs à 21 broches "femelles" – voir liste combinée des composants

Liste combinée des composants pour le vocodeur complet

Résistances:
150 Ω →21
560 Ω →16
680 Ω →16
1 k →13
3k3 →30
4k7 →10
8k2 →16
10 k →26
15 k →10
22 k →21
27 k → 7
33 k →27
39 k → 4
47 k →73
56 k → 2
68 k →10
82 n → 8
100 n → 7
120 k →12
150 k → 4
180 k → 2
220 k → 2
1 M →11

Condensateurs:
33p →24
1 n → 8
5 n6 → 8
6 n8 → 5
8 n2 → 2
10 n → 1
12 n → 8
15 n → 1
18 n → 8
22 n →11
27 n → 8
33 n → 9
39 n →10
47 n → 6
56 n → 8
68 n → 6
82 n → 8
100 n → 7
150 n → 2
180 n →10
220 n → 5
330 n → 1
390 n → 1
470 n → 1
1 µ/6V3 tant. → 2
10 µ/16 V →20
22 µ/16 V tant. → 1
4700 µ/40 V → 2
10 µ/16 V → 6

Potentiomètres:
Ajustables:
100 k →10
25 k →10
10 k →10
1 M → 1

Linéaires:
10 k →10

log:
10 k → 3
100 k → 1

Semiconducteurs:
BC 547B →10
BC 557B →10
1N4148 →30
LED →10
B40C2000 → 2
TL 084 →20
741 →10
CA 3080 →10
TDA1034 NB, N → 1
TDA 1034 B → 4
LM 301 → 1
7815 → 1
78L05 → 1
7915 → 1
79L05 → 1

Divers:
transfo secteur 2 x 15 V 400 mA → 1
interrupteur secteur bipolaire → 1
jacks 3 mm + prises →20
jacks 6,3 mm + prises → 3
connecteurs 21 broches
Siemens type C42334-A54-A63 →11
ou type C42334-A54-A64
connecteurs 21 broches
Siemens type C42334-A53-A608
ou type C42334-A53-A8 →11
ou type C42334-A53-A407
ou type C42334-A53-A408

Coffret VERO 19":
chassis: 33.2200 B → 1
guide plaque 114 mm 33.0438 A → 4
guide plaque 101 mm 33.0437 F → 4

Circuits imprimés:
EPS 80068-1 + 2, (carte de bus)
EPS 80068-3, (10 circuits filtre)
EPS 80068-4 (circuit entrée-sortie)
EPS 80068-5 (circuit d'alimentation)

sation de câble en nappe permet de réaliser élégamment les connexions entre le circuit de l'alimentation et la carte de bus.
Les prises de jacks conviennent parfaitement aux entrées et sorties des tensions de commande; on se servira du petit modèle (3 mm) pour toutes les connexions des tensions U_{ae} et U_{as}, et d'un modèle plus grand (6 mm) pour les signaux d'entrée et de sortie. Des câbles souples équipés d'une fiche jack à chaque extrêmité permettent de réaliser toutes les connexions de tension de commande désirables sur la face avant. Le commutateur secteur et la LED signalant la mise en et hors tension de l'instrument seront montés sur la plaque frontale du module d'entrée-sortie. La figure 10 présente une variante de cette disposition sous la forme d'un potentiomètre secteur incorporé. Mais attention: il arrive parfois que l'isolement galvanique entre le commutateur et le potentiomètre ne soit pas parfait, ce qui donne naissance à un ronflement désagréable.

Procédure de réglage

Sans doute chacun d'entre vous a-t-il encore sous les yeux les circuits initiaux présentés dans la première partie (Nº 20); c'est une sage précaution puisque nous y ferons référence fréquemment... Trois potentiomètres ajustables faisant partie de chacun des circuits de filtrage devront être réglés très précisément. Cela revient à dire que, pour chaque circuit, il faudra faire trois ajustements distincts, selon la procédure indiquée ci-dessous:
1. On commence d'abord par le potentiomètre ajustable déterminant la tension continue de polarisation appliquée à l'entrée inverseuse de l'OTA de chaque unité de filtrage, c'est-à-dire, P2, pour chaque filtre passe-bande, P10, pour le filtre passe-bas, et P6, pour le filtre passe-haut. L'objectif de ce réglage est de garantir que les tensions continues de polarisation variables, prélevées sur la tension de commande à la sortie de l'analyseur, lorsqu'un signal phonique d'entrée y est présent ne puissent cheminer jusqu'à la sortie du signal "vocodé". En langage plus simple, cela veut dire qu'un signal présent au point "e" ne doit pas pouvoir se manifester à la sortie "c". Voici comment procéder à cet ajustement:

- A l'aide de cordons de liaison, on relie les douilles IN et OUT de la face avant.
- Tous les potentiomètres de réglage de la tension de commande, sur les plaques frontales (8 x P3, P7 et P11), sont positionnés à fond vers la butée gauche, à l'exception du potentiomètre du module dont on fait le réglage, et qui, lui, est positionné à fond vers la butée droite (ouverture maximum).

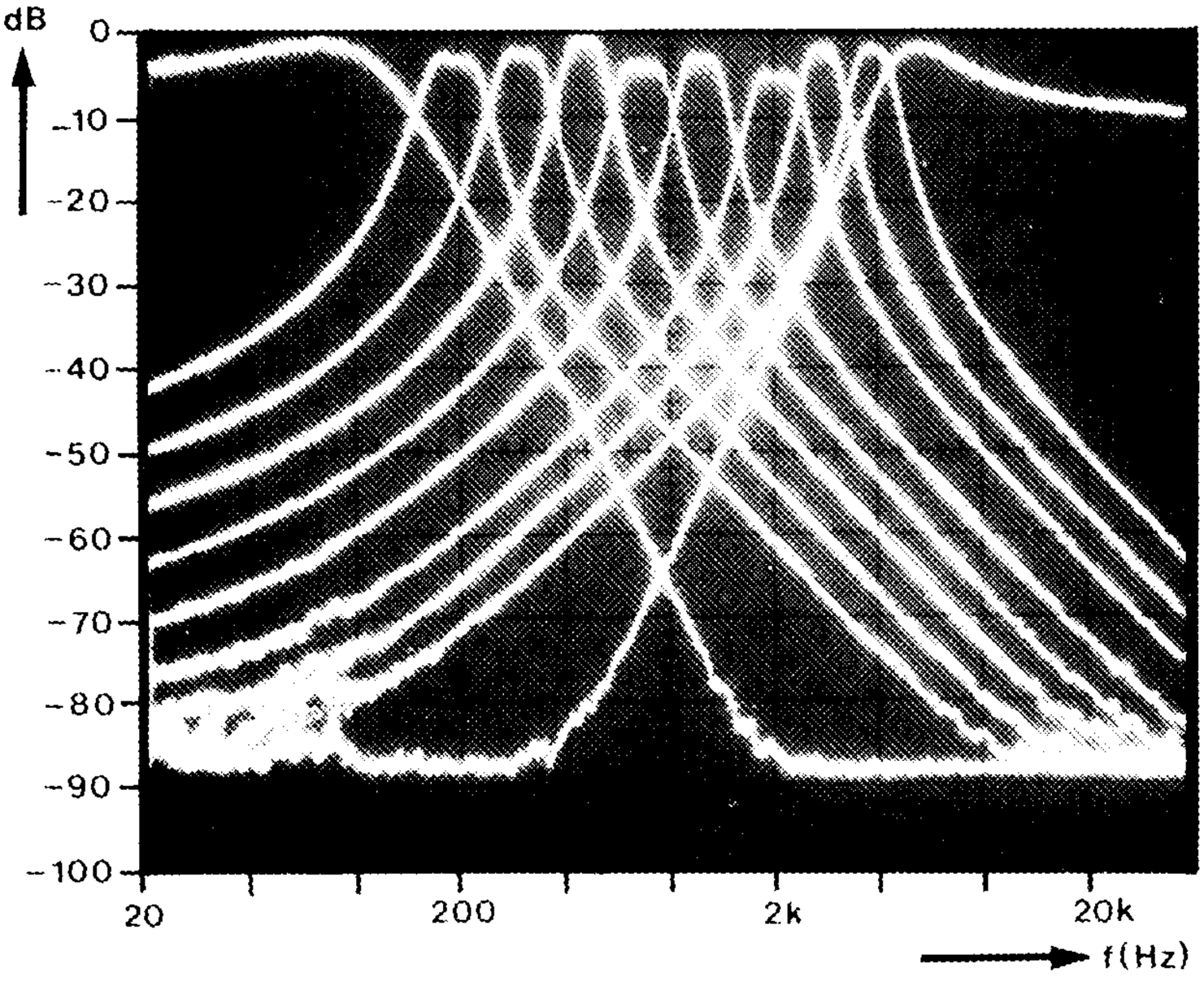
- Un signal de bruit de valeur constante est appliqué à l'entrée "parole"; il suffit tout simplement de souffler doucement à l'entrée du microphone.
- Le potentiomètre de réglage de polarisation du module concerné (P2, pour un filtre passe-bande, par exemple) est ajusté pour un signal de sortie du vocodeur, de valeur minimale.

Si l'on dispose d'un équipement de mesure, il est possible d'envisager un réglage plus précis. Au lieu de souffler sur le microphone, on applique directement un signal test à l'entrée U_{ae} du module; on se sert, par exemple, d'une sinusoïde à basse fréquence (500 Hz, ou moins) superposée à une tension continue fixe. Le signal de sortie du vocodeur est alors observé sur l'écran d'un oscilloscope et l'on règle le potentiomètre ajustable pour obtenir un signal de sortie basse fréquence minimal.

le point initial de la tension de commande. La procédure se déroule comme suit:

- Un signal test approprié est appliqué à l'entrée "porteur"; ce peut être un bruit blanc, par exemple.
- Une tension continue très basse (environ 200 mV) est appliquée à l'entrée U_{ae} du module concerné. Cette tension d'étalonnage peut être prélevée sur l'alimentation en ± 5 V, grâce à un montage atténuateur dans le rapport 25/1 (par exemple, une résistance de 22 k en série avec une de 1 k).
- Le potentiomètre de commande de niveau, situé sur la plaque frontale du module (P3, P7 ou P11), est tourné à fond vers la butée droite.
- Le potentiomètre ajustable (P4, P8 ou P12) est ensuite réglé pour qu'un signal de sortie apparaisse tout juste à la sortie principale.
- S'il s'avère que la tension test soit

11



80068 11

Figure 11. Toutes les caractéristiques des filtres du vocodeur sont regroupées sur une seule photo.

Il se pourrait que, pour certains modules, il soit impossible de réduire le taux d'interférence à un niveau suffisamment acceptable. Dans un tel cas, l'OTA est presque certainement le coupable; il s'en trouve toujours quelques-uns dont le taux de fuite depuis l'entrée de commande jusqu'à la sortie soit excessif. Il n'existe pas d'autre solution que de les remplacer.

2. L'étape suivante consiste à régler le potentiomètre ajustable du convertisseur tension-courant de l'OTA, P4 dans les filtres passe-bande, P12 dans le filtre passe-bas, et P8 dans le filtre passe-haut. Cet ajustement sert à fixer au même niveau, pour tous les modules, située en dehors de la gamme d'ajustement d'un ou de plusieurs modules, il faut augmenter ou diminuer légèrement sa valeur et recommencer l'ensemble de la procédure de réglage.
3. Enfin, nous en venons au réglage le plus facile. Il s'agit de celui de P1, P5 et P9, concernant respectivement les filtres passe-bande, passe-haut et passe-bas. Ces potentiomètres ajustables déterminent la tension continue d'offset du filtre passe-bas actif constituant le dernier étage de la section analyseur pour chaque module.

Sans signal (parole) d'entrée, chaque ajustable est réglé pour l'obtention d'une tension de sortie U_{as} minimale du module correspondant.

En conclusion

Nous avons réservé pour la fin une photo qui ne manquera pas de vous intéresser. Armés d'un analyseur de spectre et d'une bonne dose de patience, nous avons réussi à enregistrer séparément chacune des caractéristiques de filtrage et à les regrouper toutes sur un seul cliché. La figure 11 vous présente le résultat de nos efforts. A gauche de la photo, vous trouverez la caractéristique de l'un des deux filtres passe-bas (identiques); elle est suivi de la série bien ordonnée des caractéristiques des huit passe-bande, après quoi, vous distinguez celle du filtre passe-haut.

Les très légères différences des amplitudes maximales sont provoquées par d'inévitables inégalités dans les taux de tolérance des composants. Dans la pratique, elles n'ont pas d'incidence appréciable puisqu'il est possible de les compenser à l'aide des potentiomètres de réglage des tensions de commande de la face avant.

Ainsi que vous pouvez le vérifier, les filtres assurent un fractionnement très régulier de la bande des fréquences audio. Leur facteur Q est pratiquement identique, ce qui ressort à l'examen des "largeurs" de bande passante quasiment équivalentes sur cette échelle de fréquences logarithmique.

Ne croyez pas qu'avec ce dernier paragraphe nous ayons clos le chapitre des vocodeurs; ce n'est certes pas le cas. Nous n'avons pas encore tout à fait arrêté la forme non plus que la date de parution de nos prochains articles, et nous ne vous ferons donc pas de promesses. Quoi qu'il en soit, dès cet instant, tous ceux qui nous ont suivis passionnément vont avoir des moments bien remplis... ◀

faites parler le vocodeur d'elektor

F. Visser

Elektor a publié, il y a plusieurs mois (Février et Mars 1980, numéros 20 et 21), la description d'un vocodeur à 10 canaux. Lorsqu'on s'attaque à la réalisation d'un tel vocodeur, il faut compter avec quelques obstacles. Les lecteurs qui en ont déjà construit un et qui l'ont bien en main, découvriront que cet article leur donne toute information utile sur la façon d'apporter des améliorations aux performances du vocodeur. Pour commencer, il serait bon de vérifier le réglage initial.

Chaque canal du vocodeur contient trois potentiomètres ajustables. Deux d'entre eux servent à éliminer le passage des signaux de Voix et de Porteuse vers la sortie du vocodeur; le troisième situe la gamme dynamique du circuit de commande (dans l'étage analyseur, où l'on scinde en petites bandes les signaux audio et où on les convertit en tensions continues de commande).
Ceci est important si le vocodeur doit répondre à une large gamme de niveaux du signal d'entrée et reproduire aussi précisément que possible les phonèmes. Soit dit en passant, il faut noter que cette sensibilité peut produire un effet parasite lorsqu'on utilise le vocodeur en scène, où habituellement le niveau d'interférences est élevé. Lorsqu'il en est ainsi, le vocodeur analysera et synthétisera tout le complexe sonore, produisant ainsi une indésirable cacophonie. Nous vous proposerons ultérieurement dans cet article des méthodes qui vous permettront de supprimer ces effets parasites.

Encore des réglages

Pour le moment occupons-nous d'effectuer un réglage correct du vocodeur.
La meilleure façon de procéder consiste à effectuer le réglage des potentiomètres P1, P5 et P9 situés respectivement dans les filtres passe-bande, passe-haut et passe-bas. Ces potentiomètres ajustables compensent l'offset de sortie des filtres qui suivent les redresseurs dans l'étage analyseur. C'est ce qui détermine en grande partie la gamme dynamique du vocodeur.
La tension d'offset à la broche 6 de l'ampli-op ne doit pas excéder 5 mV. Si l'on ne peut pas obtenir ce résultat, il est conseillé de retoucher légèrement la compensation d'offset, comme on peut le voir à la figure 1. Initialement, nous avions utilisé des amplificateurs opérationnels du type HA 4741, car ils se caractérisent par une tension d'offset plus basse que la série TL. Malheureusement, il est plus difficile de se les procurer et ils coûtent plus cher. Si l'on connecte maintenant toutes les lignes U_{out} aux lignes U_{in}, il n'y a plus de danger que des tensions d'offset indésirables mettent en service les OTA de l'étage synthétiseur (ou les mettent hors service si l'offset est négatif).
Le comportement dynamique du vocodeur dépend en outre du réglage

1

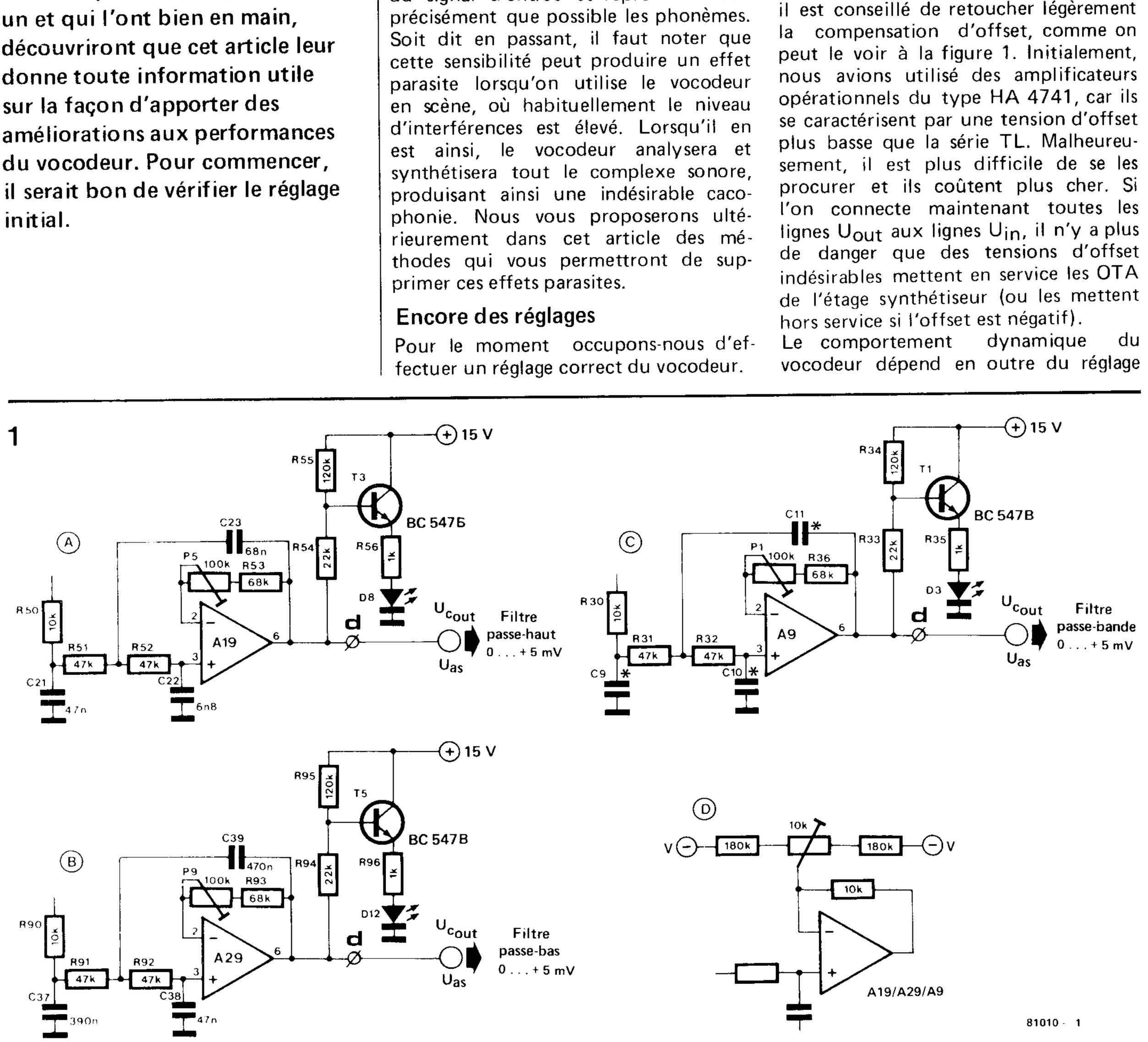


Figure 1. Si les tensions d'offset en sortie des filtres de lissage ne peuvent être maintenues dans une plage de 0 à 5 mV, il faudra modifier la compensation d'offset comme indiqué ci-dessus.

2

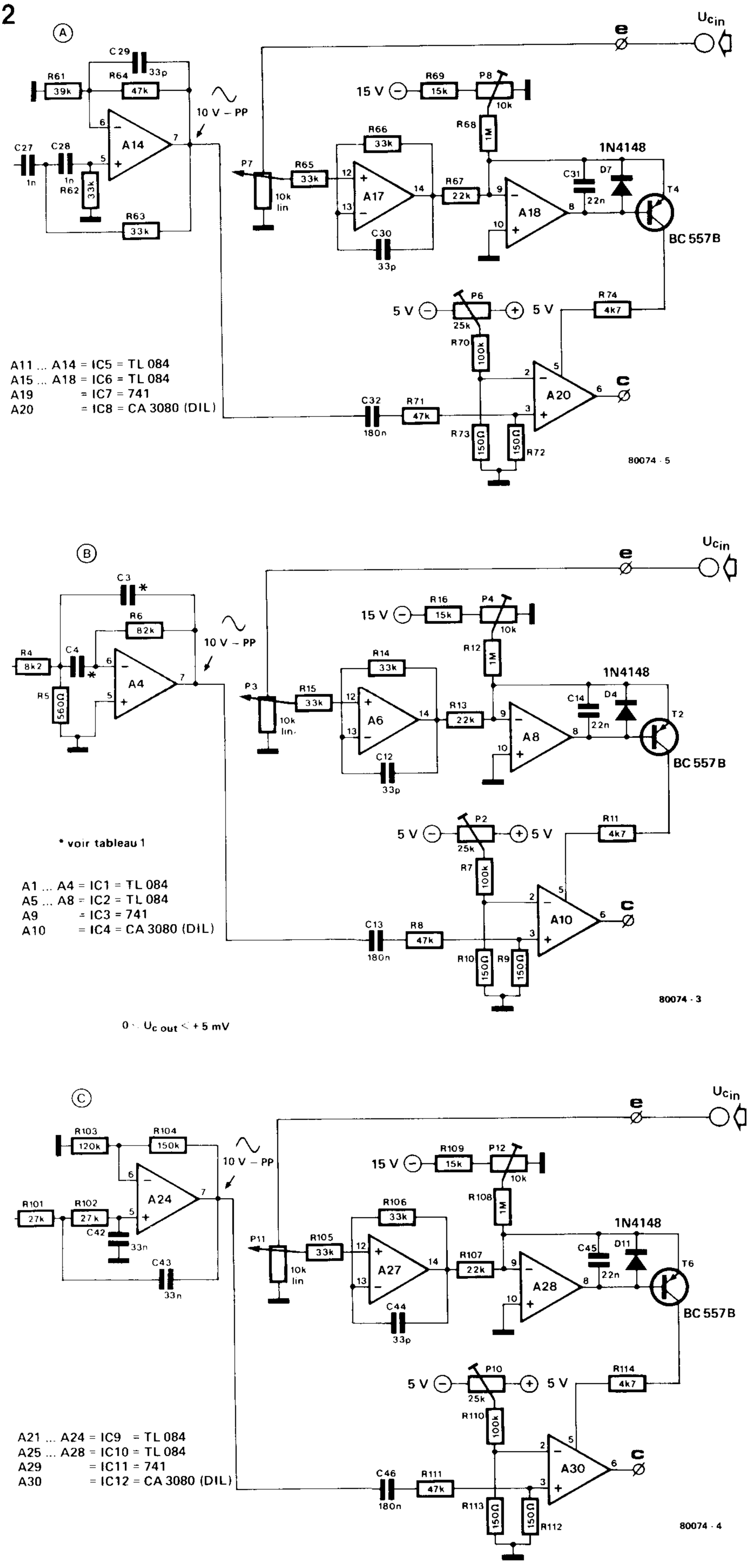


Figure 2. Les ajustables P4, P8 et P12 sont réglés de telle sorte que le signal de sortie ne décroisse plus.

suivant: le point de coupure des OTA. Ce réglage sera facilement réalisé si l'on dispose d'un oscillateur et d'un oscilloscope ou d'un millivoltmètre alternatif. On connecte l'oscillateur (sinusoïdal) à l'entrée porteuse et on le règle successivement sur la fréquence centrale de chaque filtre de l'étage synthétiseur. On ajuste la tension du signal à environ 10 V crête-à-crête, que l'on mesure à la broche 7 des amplificateurs opérationnels A4, A14 et A24. On tourne complètement à fond le potentiomètre U_{in} situé sur la face avant, et on se sert maintenant de l'oscilloscope ou du millivoltmètre pour contrôler la sortie des amplificateurs opérationnels A10, A20 ou A30. On règle les potentiomètres ajustables P4, P8 et P12 jusqu'au moment où le signal de sortie cesse de décroître (voir figure 2).

Enfin, il faut réduire au minimum le passage de l'entrée de commande vers la sortie audio des OTA. Il ne sera généralement pas possible de l'éliminer complètement – mais cela vaut la peine d'essayer (même en changeant les OTA, si nécessaire), puisque l'interférence du signal vocal et de la sortie du vocodeur affecte sérieusement les performances de l'ensemble. La figure 3 représente le montage de mesure; on règle les potentiomètres P2, P6 et P10 de façon à obtenir une interférence minimale. On obtiendra les meilleurs résultats lorsque le passage du signal sinusoïdal redressé monoalternance, appliqué aux entrées parole, n'excède pas 5 mV en sortie du vocodeur. En pratique, cela ne sera pas facile à obtenir. On a trouvé que seulement 200 OTA sur 1000 y par viennent!

Si l'on dispose d'un oscilloscope et d'un oscillateur, il serait bon de contrôler la bande passante et le gain de tous les filtres. Il est évident que si l'on s'écarte de ces considérations particulières, on peut obtenir une coloration indésirable. Si l'on utilise toutefois de bons composants (et correctement montés!), le risque d'erreur est faible, voire négligeable.

Que faire du vocodeur ?

Et comment y parvenir

Maintenant que nous avons correctement réglé le vocodeur, la question que l'on peut se poser est ce que nous allons en faire. Son application la plus fréquente est le "processeur vocal". Un "tube" récent au hit-parade est "Funky Town" de Lipps Inc., dans lequel les voix de deux membres du groupe sont transformées par un synthétiseur. Il est difficile de comprendre (même pour des Américains!) les paroles d'introduction. L'une des raisons à cela pourrait être que le registre choisi pour la mélodie est assez aigu, et comme nous l'avions signalé dans notre article précédent sur le vocodeur, il est important que le spectre de fréquence des signaux de la porteuse re-

couvre celui de l'entrée parole. Si la porteuse n'est pratiquement constituée que de composantes aiguës et si le signal de modulation (dans ce cas, la voix) est situé dans une gamme de fréquence plus basse, seules les harmoniques les plus élevées de la voix seront superposées au signal de la porteuse. C'est ce que l'on peut voir à la figure 4. En outre, il semble qu'il soit utilisé dans cet enregistrement, une voix de femme comme signal de modulation, avec un spectre harmonique qui convient moins bien à un vocodeur classique ayant un nombre relativement faible de canaux. Un peu plus loin, toujours dans "Funky Town", la mélodie est jouée dans un registre plus grave et c'est une voix d'homme qui chante les paroles. On remarque alors très bien que l'intelligibilité est améliorée!

Le vocodeur Elektor possède l'avantage de pouvoir offrir une solution raisonnable au problème des spectres de fréquence qui ne se recouvrent pas. En connectant les sorties de commande de tension de l'analyseur vers les canaux un ou deux rangs plus haut dans le spectre au lieu de les connecter à l'entrée de commande du canal correspondant du synthétiseur, on déplace vers le haut, pour ainsi dire, l'information spectrale, vers une gamme qui inclut les fréquences les plus élevées de la porteuse. Nous reviendrons sur cette technique, connue sous le nom de "décalage du formant", de façon plus approfondie, ultérieurement dans cet article.

En plus de l'emploi du vocodeur comme processeur vocal, il existe beaucoup d'autres manières de superposer des sons à différentes sortes de signaux de porteuse. La meilleure façon d'arriver à connaître le vocodeur consiste à faire

3

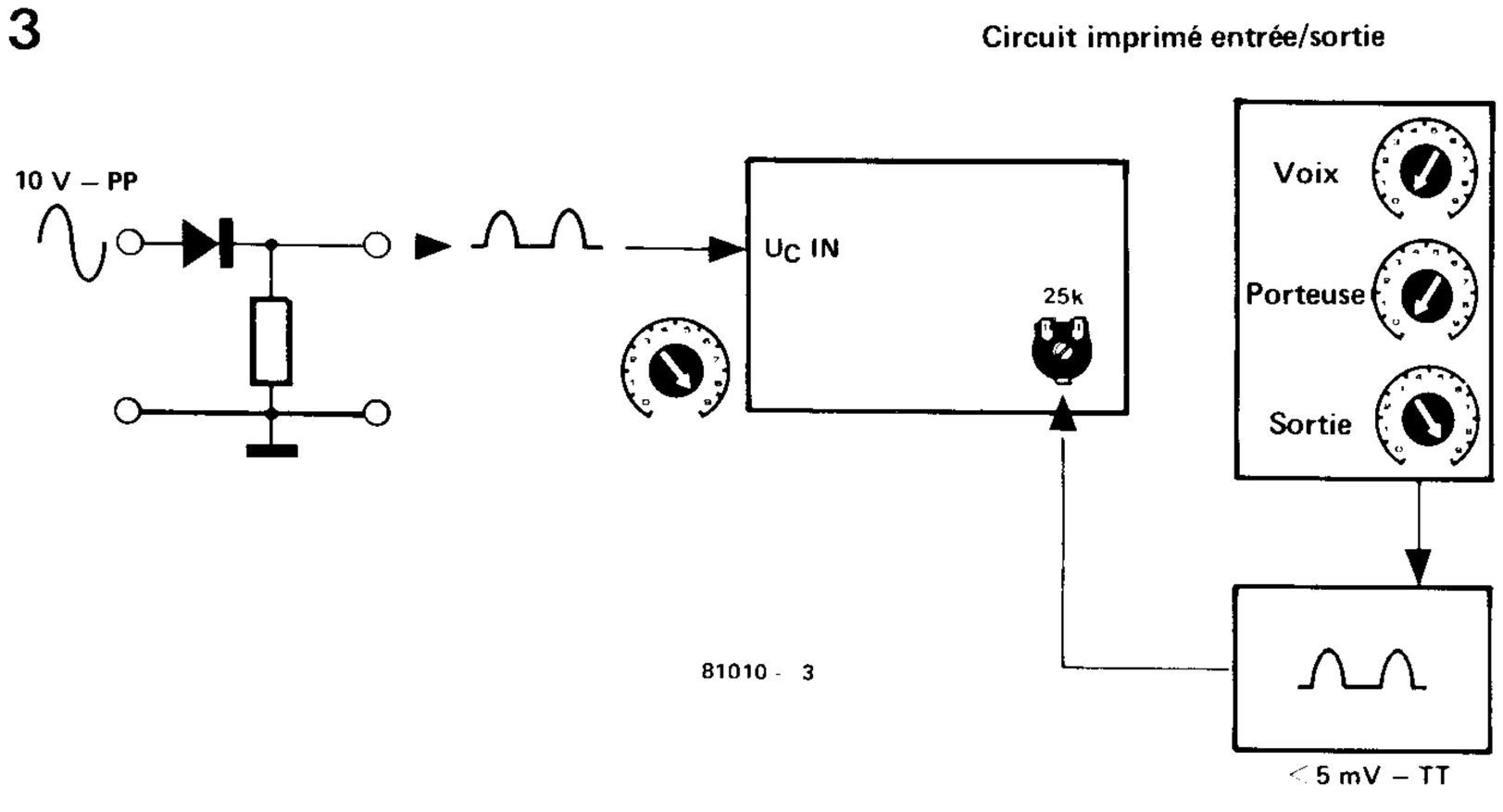


Figure 3. Suppression du signal de commande à la sortie des OTAs.

des expériences systématiques avec un microphone et un simple générateur de dents de scie ou d'impulsions.

Le micro

En ce qui concerne le micro, il vaut mieux en utiliser un de très haute qualité: si le spectre de modulation est exempt de coloration, le résultat final sera également bon. Tout le monde ne peut pas évidemment s'offrir un tel micro très onéreux, aussi peut-il être utile de donner quelques suggestions pour obtenir de bons résultats lorsqu'on utilise un micro de qualité moyenne.

Tout d'abord, on pourra effectuer une pré-correction du micro — en d'autres termes accentuer certaines fréquences, là où c'est nécessaire, ou les atténuer. Cela se fait à l'aide de correcteurs de tonalité ou de filtres séparés. L'une des corrections les plus importantes qu'il faille effectuer, est l'atténuation de la gamme basse fréquence. Il est difficile de donner à ce sujet des chiffres exacts, puisque cela dépend évidemment du type de micro utilisé et également de la distance qui sépare la bouche et le micro. Plus celui-ci est près de la bouche, plus il y aura des composantes basses fréquences qui atteindront l'analyseur, sans parler du bruit de la respiration ni des consonnes explosives (comme le p, le k, etc...).

Quelquefois, cela dépend du spectre haute fréquence des signaux de porteuse, il peut être souhaitable d'accentuer ou d'atténuer la gamme des aigus. Normalement, un correcteur de tonalité standard Baxandall ayant une fréquence de coupure aux alentours de 1 kHz, conviendra très bien.

La porteuse

Pour la porteuse, on peut utiliser

4

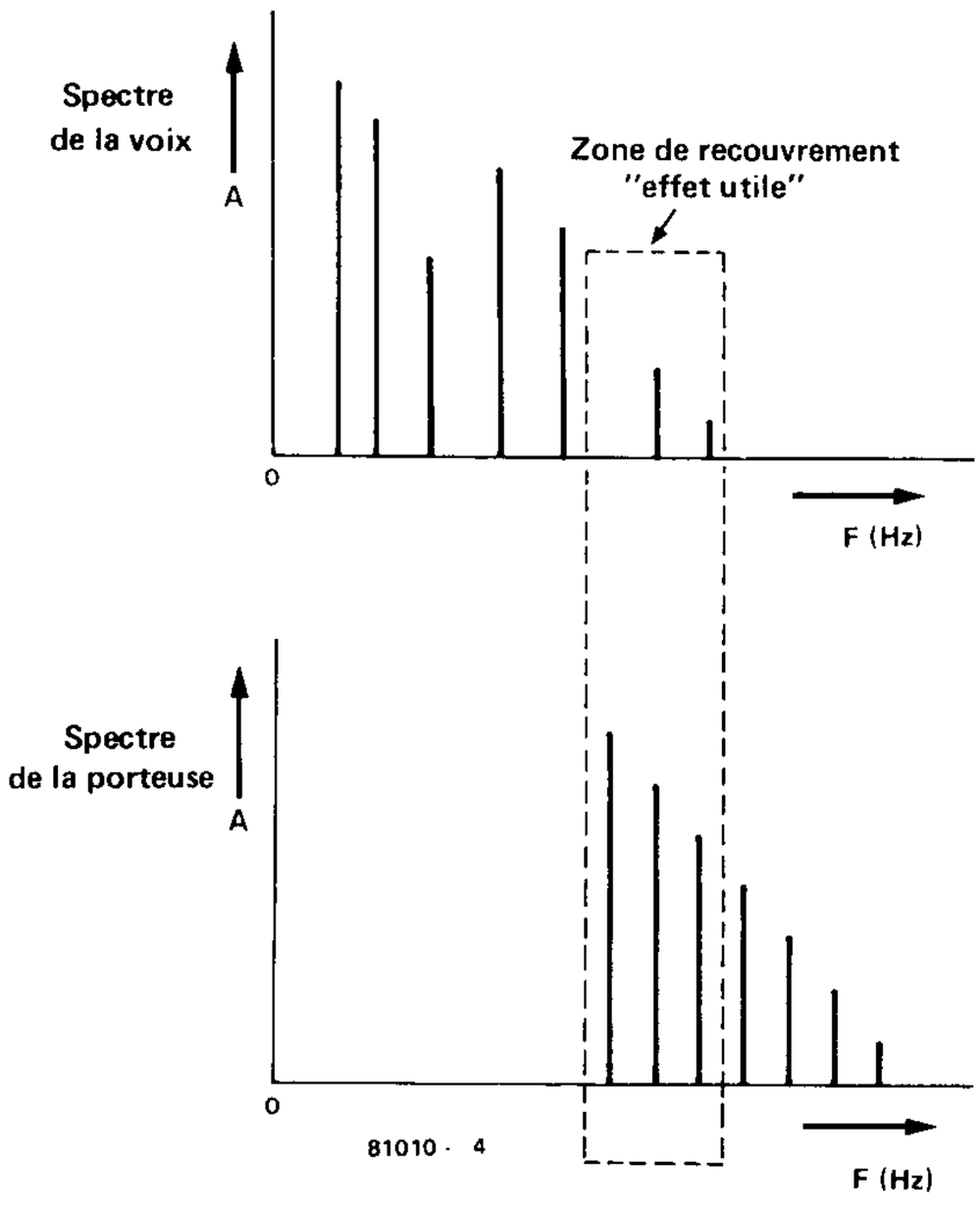


Figure 4. Une mauvaise adéquation du signal de commande (voix) au signal porteuse conduit à une efficacité médiocre.

5

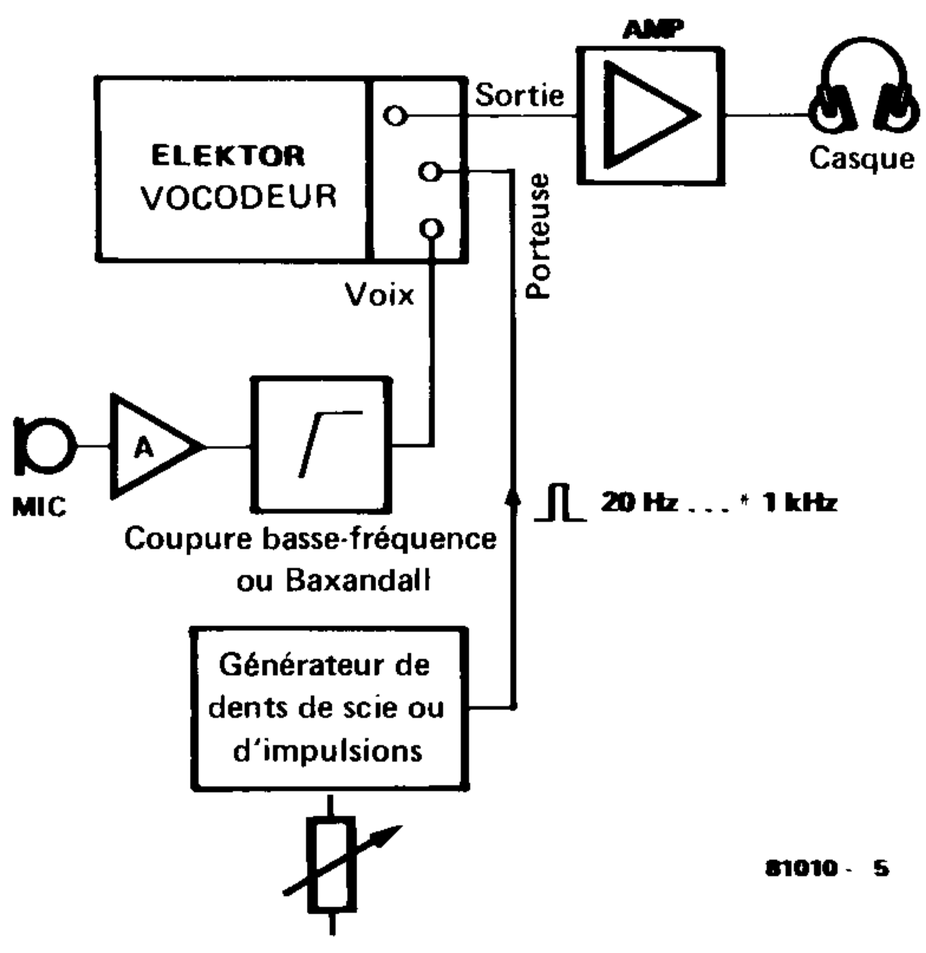


Figure 5. Voici un dispositif qui permet une exploration systématique des possibilités du vocodeur.

de nombreuses sources sonores, mais pour les premières expériences, un simple générateur de fonction, de 20 Hz à 1 kHz, fera parfaitement l'affaire. Les formes d'onde qui conviendront le mieux pour l'expérimentation sont les triangles, les carrés, les dents de scie et les impulsions. Au cas où vous ne pourriez pas avoir à votre disposition un tel générateur, vous avez toujours la ressource d'en réaliser un en vous basant sur l'une des nombreuses réalisations Elektor.

Contrôle des résultats

La meilleure façon de juger des résultats obtenus, consiste à utiliser un casque. On peut également se servir du système pour attaquer un système basse fréquence conventionnel avec des baffles, mais il est préférable d'employer un casque afin de s'affranchir des problèmes de contre-réaction acoustique.

Quelques exemples simples

Une fois que l'on a connecté le micro, le générateur et le casque (voir figure 5) et tout mis en route, on peut réaliser les premières expériences. Si vous ne voulez pas vous contenter de phrases du style "Test. . . un. . . deux. . . trois. . .", il est peut-être intéressant d'avoir sous les yeux un texte quelconque. L'expérience nous a enseigné, qu'en de tels moments, personne n'a la langue bien pendue! On règle la fréquence du générateur à environ 50-60 Hz; on utilise des impulsions. Il en résultera une voix synthétisée, distincte et sonore. Si la fréquence reste inchangée, le son ressemblera à "l'effet Cylon". Les Cylons sont des créatures semblables à des robots qui peuplent les séries de télévision américaines et le film de la "Guerre des Etoiles". En fait, un vocodeur était utilisé pour produire la voix des robots.

Lorsqu'on augmente la fréquence de la porteuse pendant qu'on continue à parler, on force la voix synthétisée à changer de hauteur. Au-dessus de 500-600 Hz, elle deviendra moins compréhensible; nous avions mentionné ce point précédemment, en discutant de l'enregistrement Funky Town.

Il faut que ce soit clair: la hauteur du son synthétisé par le vocodeur ne dépend que de la hauteur de la porteuse. Le prochain test que nous allons décrire va vous le prouver.

On règle la fréquence à une valeur faible, par exemple 100 Hz, et maintenant on modifie la hauteur de la voix en chantant au lieu de parler, ou en produisant tout autre son dont la hauteur varie. Vous remarquerez que le timbre résultant changera, comme si l'on utilisait un filtre passe-bande, mais que la fréquence fondamentale restera inchangée. C'est parce que le générateur est encore positionné à une fréquence fixe. Néanmoins, il s'agit d'une source d'erreurs fréquentes. Témoin, le fait que le vocodeur est souvent comparé à un harmoniseur ou à un système qui décale la hauteur — équipement employé pour décaler la fréquence fondamentale et le spectre de la parole ou de la musique.

Si l'on désire la même bonne intelligibilité à des fréquences plus élevées, on peut utiliser le "décalage du formant", ou "décalage du spectre" — Le vocodeur Elektor est l'un des quelques vocodeurs que l'on trouve sur le marché professionnel qui offre cette possibilité intéressante. Décalage du formant signifie littéralement décalage de l'information intelligibilité vers une gamme de fréquence plus haute ou plus basse. En couplant les tensions de sortie de l'analyseur aux entrées de commande des filtres du synthétiseur qui n'ont pas la même fréquence centrale, les formants mesurés sont transposés à un autre endroit du spectre. Si, par exemple, la voix à l'entrée parole est beaucoup plus grave que la fréquence fondamentale du signal porteuse, on force le résultat à être plus intelligible en décalant les formants vers un spectre plus élevé de la porteuse. La voix synthétisée deviendra plus distincte et en même temps prendra un aspect totalement différent. On peut se servir de ce phénomène avec un succès garanti pour produire des voix cocasses!

Plus le spectre de l'analyseur sera déplacé vers le haut, plus la voix ressemblera à celle de Donald. Si le spectre de l'analyseur est transposé vers le bas, on entendra la voix de la personne qui parle comme si elle mangeait des pommes de terre brûlantes. Une façon tout à fait différente de manipuler les formants: c'est "l'inversion de formant". Pour obtenir cet effet, on couple en les croisant les canaux de l'analyseur et du synthétiseur.

Le résultat devrait être des plus intéressants, mais que l'on n'attende pas une grande intelligibilité d'une telle mixture. Tous les sons dévoisés, comme K, P, T et les sons sifflants seront superposés à l'extrémité inférieure du spectre de la porteuse, alors que l'information basse fréquence du signal de parole commandera l'extrémité supérieure du spectre de la porteuse. De plus, évidemment, les formants seront parfaitement mélangés. Ainsi le son "0" deviendra un "U". En dépit du fait que le résultat est pratiquement incompréhensible, on peut se servir de cet effet pour réaliser des effets musicaux complexes. C'est ce qu'illustre la figure 6.

Les résultats obtenus jusqu'ici grâce à la synthèse de la parole ressembleront tous à des voix de robots. Cela est dû, en premier lieu à l'emploi d'impulsions comme porteuse: ce signal contient un grand nombre d'harmoniques élevées, ce qui crée un son métallique, grinçant. Si l'on utilise une dent de scie au lieu d'une impulsion pour la porteuse, le résultat sera plus doux. Ceci montre bien que la complexité de la porteuse affecte le timbre. Pour atténuer davantage le son métallique, il y a toutes sortes d'autres astuces.

On obtient une voix beaucoup plus "humaine" en modulant le signal de porteuse, par exemple avec un signal sinusoïdal ou triangulaire basse fréquence. Si l'on veut d'autres effets de modulation, on peut être amené à utiliser un signal de commande issu de la fréquence fondamentale du signal vocal initial. On peut effectuer une simulation en réglant le générateur à la hauteur de la parole et en la réglant ensuite à la main pour suivre les inflexions. Lorsqu'on utilise un convertisseur fréquence/tension précis

6

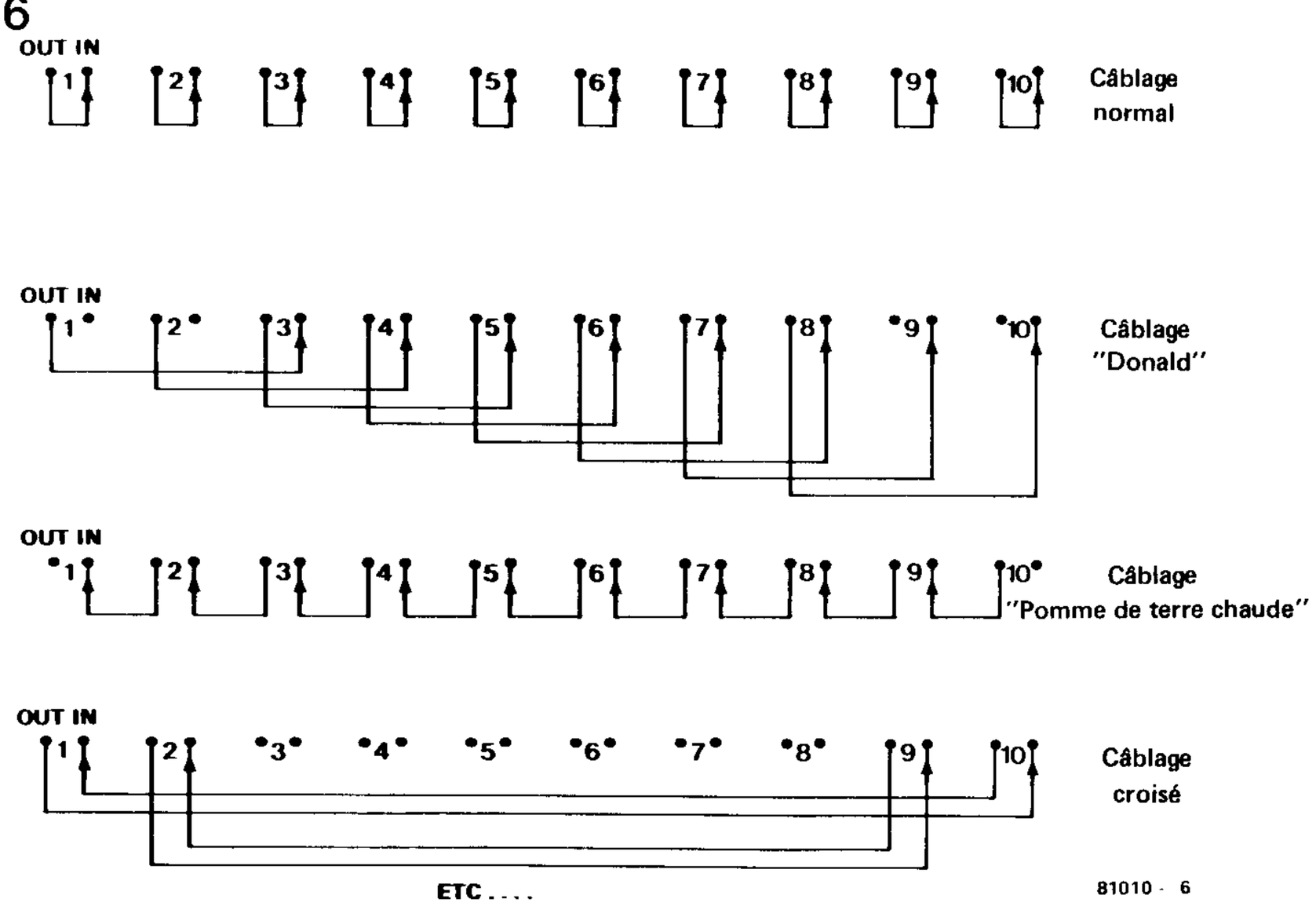


Figure 6. La possibilité de relier à volonté n'importe quelle sortie à n'importe quelle entrée permet de diversifier les effets.

(''extracteur de hauteur''), on peut synthétiser une voix très naturelle, ce qui prouve que l'intonation de la voix est un élément essentiel de la parole humaine. On donne à la figure 7 quelques suggestions qui permettront d'obtenir une modulation de la porteuse.

Sons dévoisés

Jusqu'à présent, nous avons négligé les sons dévoisés (S, SH, SK, SY, K, T, P, F etc...). On ne peut pas pleinement les reproduire en n'utilisant qu'une dent de scie ou une impulsion comme porteuse.
Pour les synthétiser, il faut un système de détection à l'aide duquel on peut additionner quand il le faut, du bruit au signal de porteuse. Puisque le vocodeur Elektor ne dispose pas (encore) dans l'état actuel des choses, d'un tel détecteur de sons voisés/dévoisés, il faut utiliser une autre astuce.
Harold Bode, fabricant de vocodeurs, a développé un expédient très astucieux, qui est maintenant protégé par un brevet. Bode a réalisé une sorte de circuit de ''découplage'' pour les hautes fréquences issues de l'étage analyseur. On a réalisé ceci, dans le cas du vocodeur Elektor, au moyen du potentiomètre P17 sur le filtre passe-haut. Il agit sur la gamme haute fréquence du spectre de la parole, où sont produites la plupart des consonnes. En ajoutant directement ce signal à la sortie, on peut obtenir un signal de ''parole'' relativement complet.
Néanmoins, cela vaut le coup d'écouter les consonnes sourdes telles qu'elles sont reproduites lorsqu'on utilise pour la porteuse une impulsion ou une dent de scie. Lorsqu'on produit des sons sifflants et des ''ploc'' dans le micro tout en commutant le générateur de la position triangle, sur carré, puis sur dent de scie, puis sur impulsion, on peut se rendre compte à quel point il est important de disposer d'un large spectre de porteuse pour les sons dévoisés. Lorsqu'on utilise un triangle, qui n'a que des harmoniques paires, le résultat sera très pauvre, alors que l'impulsion qui contient toutes les harmoniques produira quelque chose qui ressemble vaguement à un S ou à un F.
Lorsqu'on siffle dans le microphone avec comme porteuse un signal en impulsions, de fréquence fixe, on verra également l'énergie importante disponible pour la reproduction de fréquences élevées.

Le vocodeur pour les musiciens

Les expériences que nous venons de réaliser peuvent sembler un peu trop simplistes, mais elles ont le mérite de mettre l'accent sur le fonctionnement fondamental du vocodeur. Une fois que l'utilisateur sentira réellement qu'il comprend parfaitement ce qui se passe, le nombre d'applications ne sera limité que par son imagination.

7a

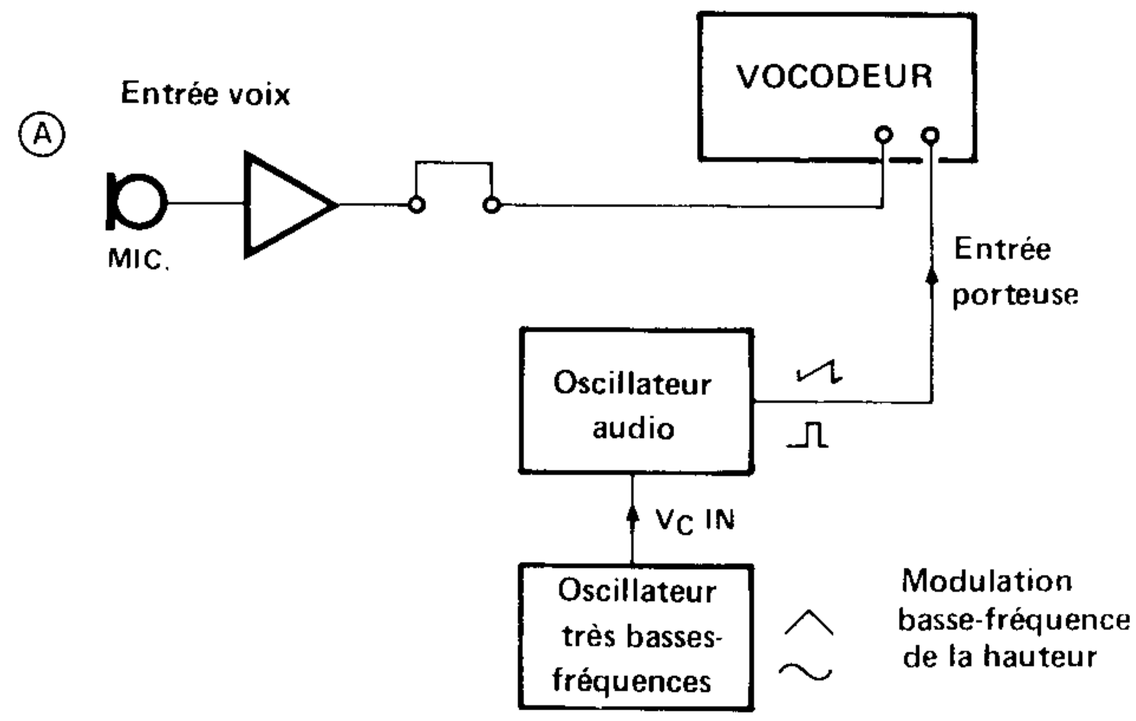
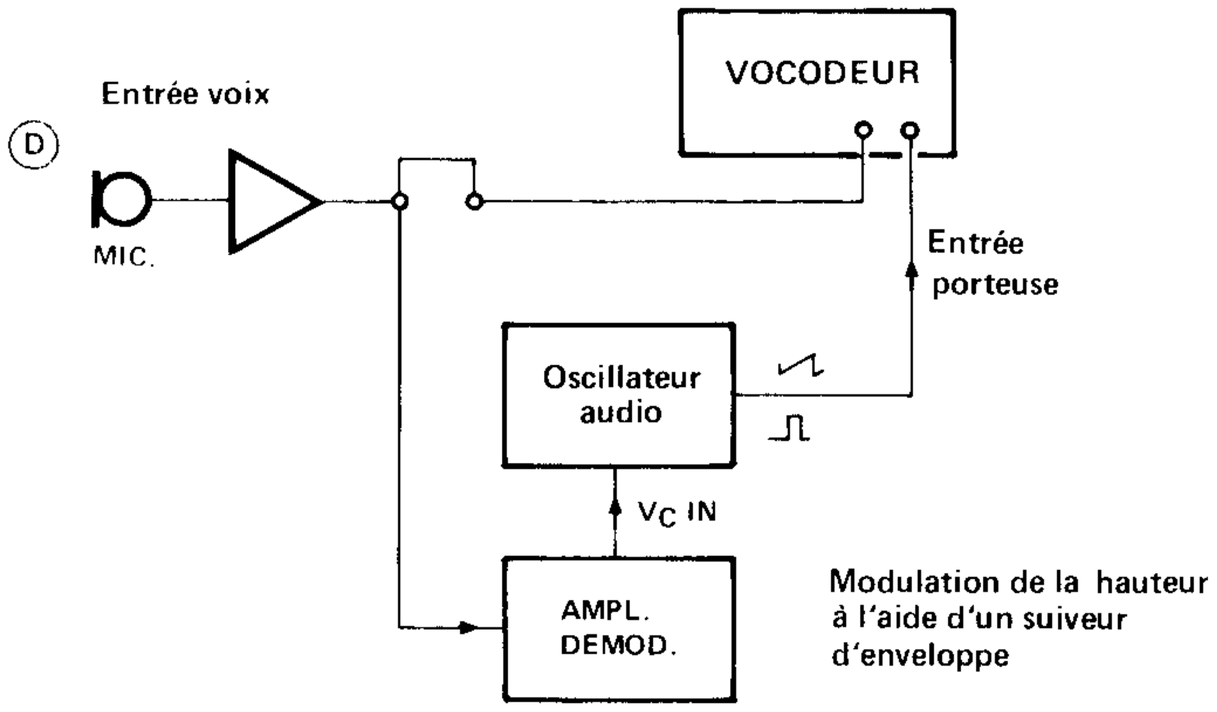


Figure 7. La modulation du signal de porteuse produit essentiellement des sons à caractère robotique.

Lorsqu'il sera destiné à des applications musicales, on serait tenté de limiter l'emploi du vocodeur aux seuls instruments à clavier et à cordes. Après tout, on imagine mal un saxophoniste souffler, chanter et parler, le tout en même temps! Et pourtant, écoutez Portal ou Globokar, ils y arrivent bien!
Les joueurs de guitare ou de guitare basse découvriront que plus souvent qu'ils ne le pensent, la gamme dynamique de leur instrument n'est pas suffisamment large pour générer des sons intelligibles ou parfaitement distincts. Suivant l'effet qu'ils souhaitent obtenir, il peut être judicieux de brancher des boîtes d'effets sonores entre leur instrument et l'entrée porteuse du vocodeur. Ils ajouteront ainsi des composantes haute fréquence supplémentaires à leur son initial. On peut citer comme exemples de tels systèmes, les phasers, les flangers, les boosters, les générateurs de distorsion, les fuzzers, les doubleurs de fréquence, etc...
Il peut être également intéressant de connecter la guitare à l'entrée parole du vocodeur, tout en utilisant un orgue, un quatuor à cordes ou un synthétiseur comme signal de porteuse. Cela nécessite évidemment une bonne synchronisation entre les divers instrumentistes.
On jouera sur l'instrument à clavier des accords ou une mélodie, pendant qu'on se servira de la guitare pour jouer une mélodie ou un motif rythmique — de préférence monophonique, aussi sans accord.

7b



instruments à vent comme le tuba, le trombone, etc... Les synthétiseurs électroniques, tel le Formant Elektor, offrent une gamme de possibilités particulièrement vaste. On peut utiliser le synthétiseur, non seulement pour la production de sons de porteuse, mais également pour générer des signaux permettant de commander directement les entrées synthétiseur du vocodeur, et on peut utiliser les sorties du vocodeur pour commander de nombreux modules du synthétiseur.

Le vocodeur utilisé sur scène

Lorsqu'on utilise le vocodeur sur scène au cours d'un concert, il est des détails à ne pas négliger. Il y a essentiellement deux caractéristiques du vocodeur, qui peuvent conduire à une catastrophe certaine.

Nous citerons tout d'abord sa sensibilité ou sa "très bonne réaction" dont nous avons déjà parlé. De même que dans de nombreux ensembles, il faudra rechercher le Grand Compromis. Le vocodeur possédant une vaste gamme dynamique, on peut aboutir au chaos dans les environnements bruyants. Cela est dû au fait que le vocodeur n'effectue pas de distinction entre ce qu'il *entend* et ce qu'il *devrait* entendre. ("Pas en face du vocodeur !"). Tout ce qui entre dans l'analyseur est traité de la même façon et apparaît synthétisé en sortie: et ceux d'entre vous qui ont fait l'expérience du résultat savent ce que peut être un "boucan monstre"!

La seule méthode qu'il convient d'employer pour supprimer une telle sensibilité aux bruits indésirables, consiste à se servir d'un microphone hautement directionnel dans lequel on parle aussi près que possible, ou à employer deux microphones en opposition de phase. La figure 8 illustre cette dernière méthode.

Lorsqu'on utilise ainsi deux microphones identiques il est important de parler ou de chanter aussi près que possible de l'un d'entre eux. Il est indispensable de posséder une protection contre les accrochages et un filtre

Les sons nouvellement créés auront la forme d'enveloppe et quelques unes des caractéristiques spectrales de la guitare. On peut très bien combiner beaucoup d'autres instruments musicaux, ce qui sans être un critère de qualité permettra de faire des découvertes inouïes le plus souvent! Ce que nous avons dit pour la guitare s'applique également aux pianos électroniques. Ici aussi, il est recommandé d'utiliser des boîtes d'effets sonores.

Les joueurs d'orgue et de synthétiseur s'amuseront encore plus. Un effet que l'on peut reproduire sur la plupart des instruments à clavier est l'effet de basse: on produit avec la bouche, des bruits explosifs divers. Avec un peu d'habitude, on peut aussi imiter des

8

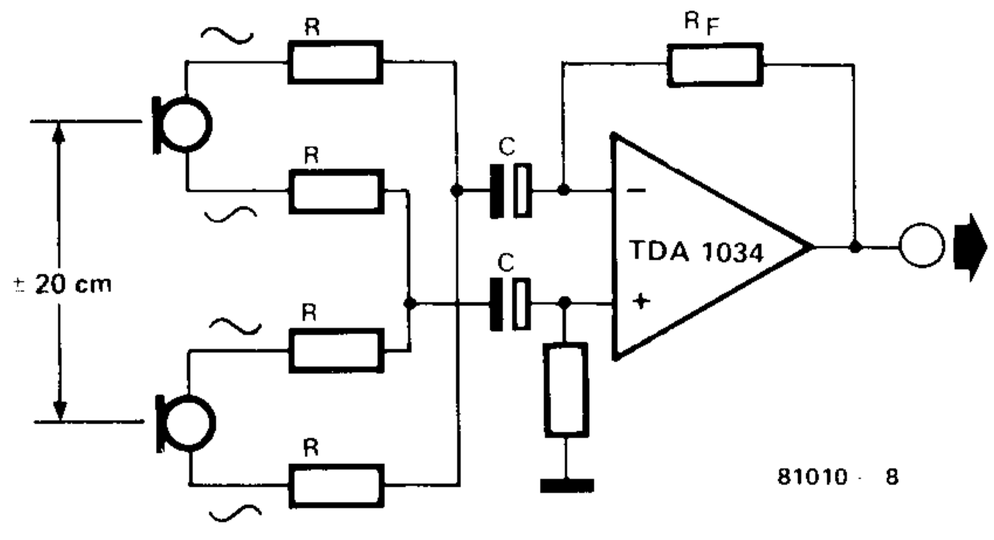
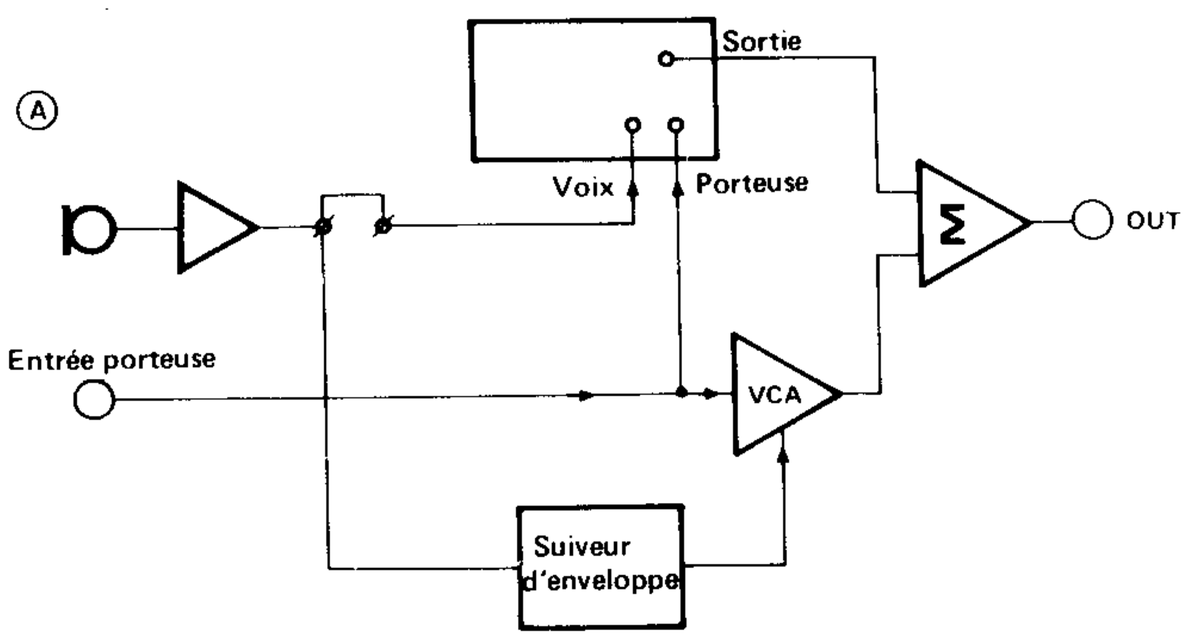
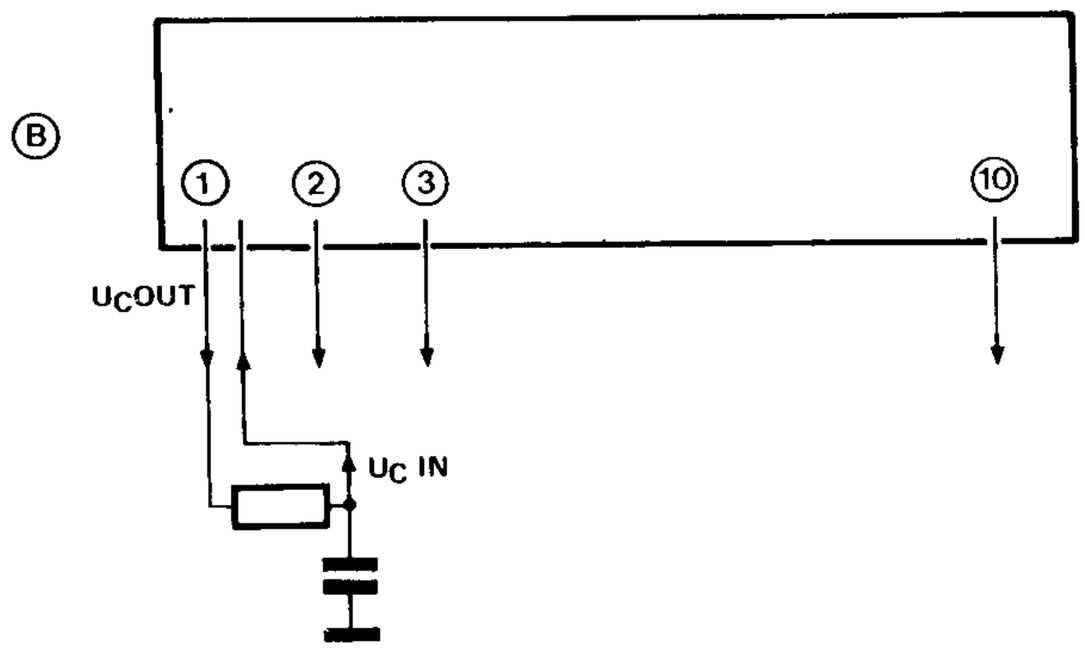


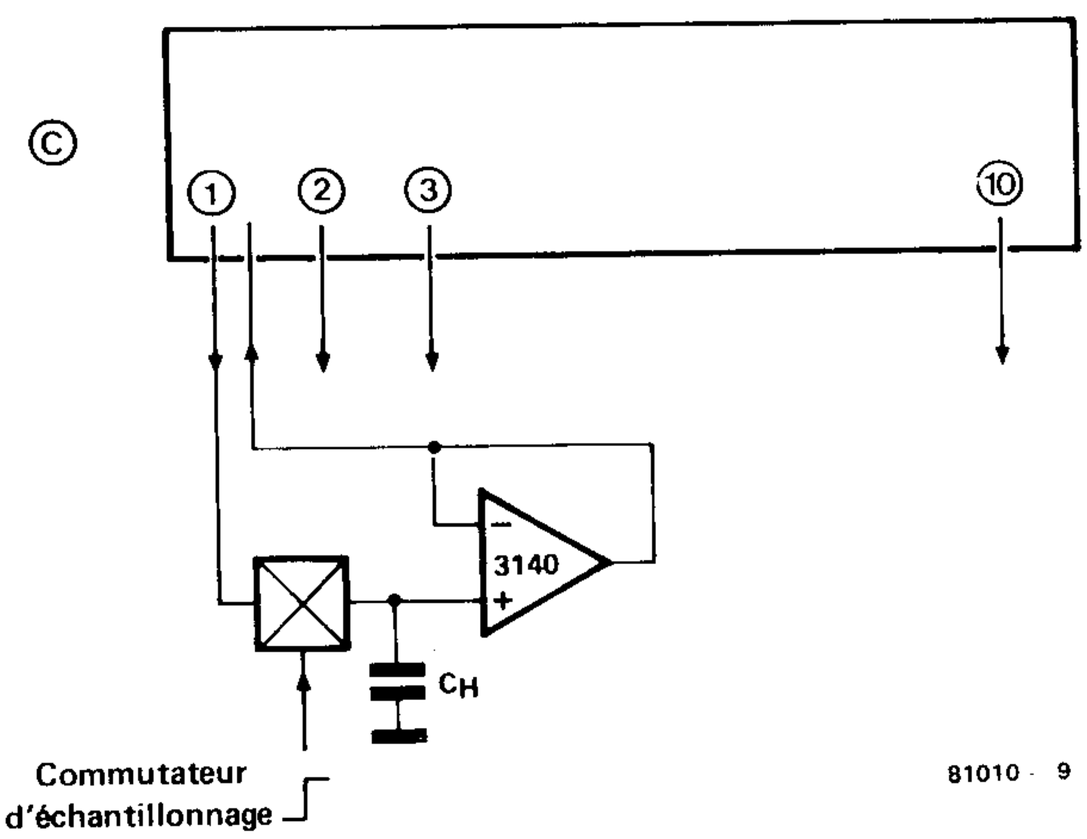
Figure 8. L'utilisation de 2 micros en opposition de phase permet une grande sélectivité à l'entrée voix du vocoder.

9

Porteuse automatique · Celle-ci passe même en l'absence de signal voix.



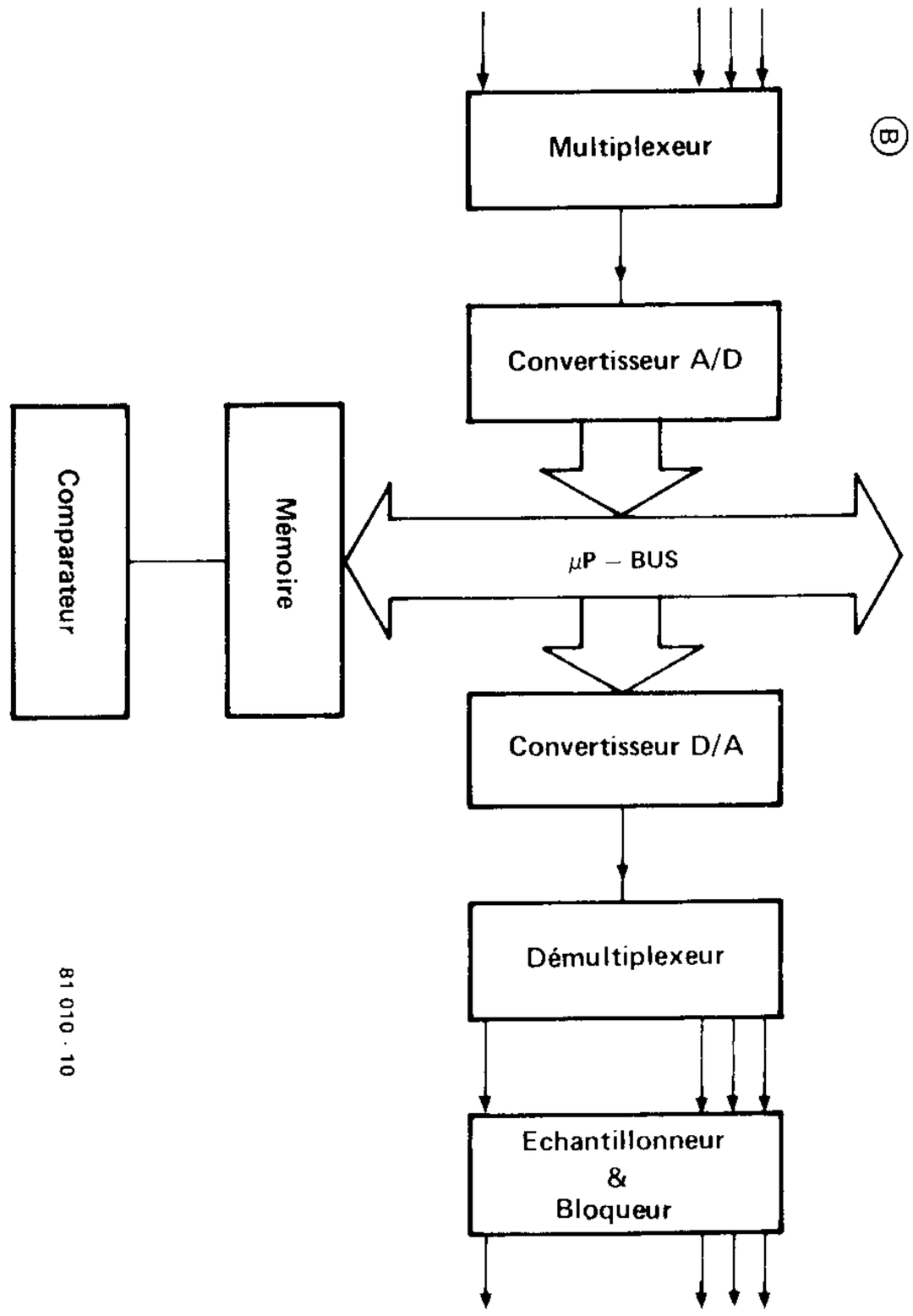




81010 - 9

Figure 9. Un circuit de "porteuse automatique" (a), un circuit de lissage des sorties de commande par réseau d'intégration RC et/ou un circuit échantillonneur-bloqueur (c) constituent autant d'extensions pleines de ressources.

10



81 010 - 10

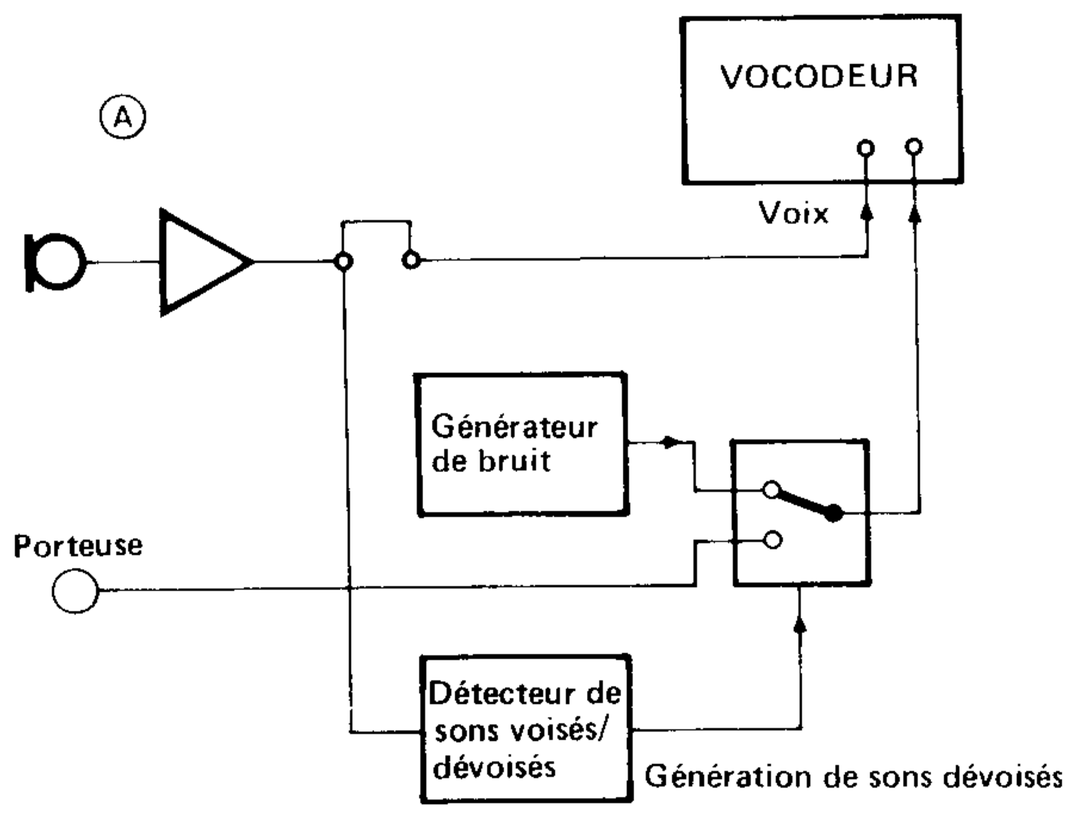


Figure 10. Deux exemples de périphériques: (a) un détecteur de sons voisés/dévoisés, (b) une unité d'entrée et sortie de voix pour ordinateur.

éliminateur des basses-fréquences. Cette méthode présente un autre avantage: la contre-réaction acoustique peut être notablement réduite. Il arrive que la sensibilité de contre-réaction soit un autre inconvénient du vocodeur; cela est dû aux décalages de phase dans les gammes où les filtres du synthétiseur se recouvrent.

Le vocodeur en studio

Les précautions que nous préconisons pour réduire les effets parasites désagréables, sont évidemment moins importantes dans un studio d'enregistrement et peuvent être même totalement inutiles. Le vocodeur est un instrument qui convient parfaitement bien dans un studio, à condition que l'on tienne compte de quelques détails — en particulier quand on a affaire à des enregistrements existants. Le vocodeur n'est pas une machine miracle possédant un "bouton talent" ou un "filtre succès", mais un instrument dont il faut apprendre à se servir, de préférence dès le début d'une production musicale!

Si l'on ajourne le "vocoding" jusqu'à ce que tout le morceau soit enregistré sur un enregistreur multi-pistes, il se peut que l'ensemble ne soit pas spectralement adéquat et que la synchronisation entre les signaux Voix et Porteuse ne soit pas suffisante.

Comme un peu partout ailleurs, dans un studio le "temps, c'est de l'argent", aussi un producteur sera-t-il quelquefois impatient si le vocodeur ne donne pas du premier coup des résultats époustouflants. Le "vocoding" est alors ajourné jusqu'à l'étape finale du mixage, et là, il est souvent beaucoup plus difficile d'obtenir les effets souhaités.

Il faut jouer du vocodeur, comme d'un autre instrument et cet apprentissage peut prendre du temps. Prenez-le! Puisque c'est de l'argent...

Enfin, la figure 9 donne quelques exemples de combinaisons dans lesquelles le vocodeur peut jouer un rôle intéressant, surtout si l'on dispose d'encore plus de matériel de commande de tension. La figure 10 suggère quelques périphériques qui rendront le vocodeur plus universel. Nous avons en particulier programmé, pour un proche avenir, la publication du détecteur de sons voisés/dévoisés. Soyez patients!

La touche de finition pour le vocodeur Elektor

le détecteur de sons voisés/dévoisés

Cet article aborde le détecteur de sons voisés/dévoisés si longuement attendu; c'est aussi le dernier de la série portant sur le vocodeur Elektor. En combinaison avec le générateur de bruit, le détecteur permet de synthétiser les sons dévoisés (tels que le s, le k, etc...), avec facilité. Il efface avec succès une petite imperfection du vocodeur, qui n'était en fait qu'un compromis à court terme.

A première vue, le détecteur peut ne pas sembler indispensable. Mais il suffit que l'on cherche à supprimer, même momentanément, du schéma synoptique du vocodeur de la figure 1, les circuits additionnels que nous proposons, pour que leur utilité devienne évidente. Dans la partie supérieure, le signal vocal est découpé en tensions de commande pour attaquer les VCA (Voltage Controlled Amplifier = Amplificateur contrôlé en tension) de la partie synthétiseur. On fournit donc aux VCA un signal d'entrée constitué d'un signal porteur découpé en tranches identiques. Alors, tout va bien! Dans une certaine mesure, car dans la pratique le signal synthétisé s'avère être moins satisfaisant que l'on s'y attend. Cela est dû au signal porteur qui est loin d'être idéal.

La plupart des signaux synthétisés ont parfois un spectre incomplet. Cela signifie que les sons dévoisés tels que le s, le t, le k et le p ne "sortent" pas très bien, en fait ils sont souvent inaudibles. Le remède, à la fois simple et efficace à cet état de fait a consisté à ajouter le "mélangeur haute fréquence" que fournit P17, et qui apparaît en pointillés à la figure 1. Une partie de la "haute fréquence" du signal vocal est issue du filtre passe-haut qui se trouve dans la partie analyseur et elle est mélangée directement au signal synthétisé. C'est précisément ce que fait Harald Bode dans son synthétiseur.

Dans la pratique, cela résoud pas mal de problèmes. Du moins, pour les signaux dévoisés que l'on veut synthétiser correctement, faut-il cependant un circuit capable de faire au cours de l'analyse la distinction entre sons voisés et dévoisés. Les spécialistes nomment ce circuit détecteur de sons voisés/dévoisés, mais on le trouve dans assez peu de vocodeurs à ce jour. La raison en est, pour une bonne part, que les composants requis sont assez complexes, et de ce fait cela augmente considérablement le prix du vocodeur. Sur le plan technique, il n'est pas facile à concevoir et cela fait naturellement hésiter plus d'un constructeur. S'il est combiné avec un générateur de bruit, un détecteur de sons voisés/dévoisés de bonne qualité apporte une grande amélioration au dispositif mélangeur cité précédemment. Ce dernier ne pourrait guère fonctionner s'il s'agissait, par exemple, de faire une synthèse de la voix sans signal vocal au départ. Autrement dit, un microprocesseur et un convertisseur D/A (digital/analogique)

1

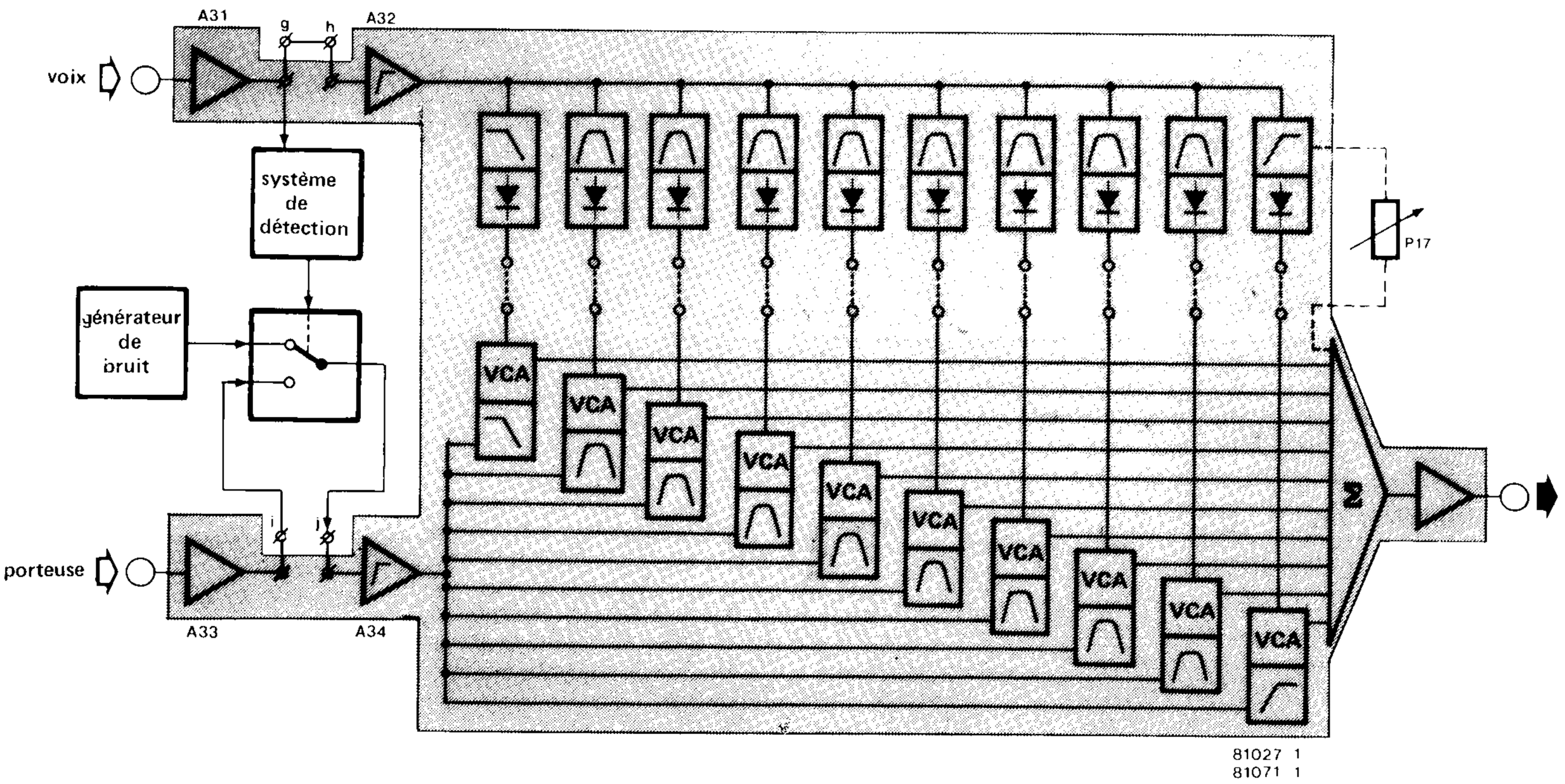


Figure 1. Le schéma synoptique du vocodeur comprennant l'extension décrite ici. Le potentiomètre P17 sera ici inutile.

sont incapables de produire un spectre de parole artificiel, complet. En revanche, le système de détection décrit ici peut le faire. Il permet à un signal de bruit d'attaquer tous les filtres de la partie synthétiseur du vocodeur chaque fois qu'il y a un son dévoisé dans le signal vocal. C'est à l'aide des tensions de commande issues de la partie analyseur que l'on peut produire le bruit "coloré" désiré. De plus, le détecteur est assez rapide pour effectuer une synthèse des sonorités s, t, k et p, d'un réalisme étonnant.

Comment cela fonctionne-t-il?

Si la réalisation pratique est plutôt compliquée, en revanche, le schéma synoptique d'un détecteur de sons voisés/dévoisés est assez simple. La figure 1 en montre le principe général. Le signal vocal est injecté à un système de détection approprié qui peut faire la distinction entre les sons voisés et dévoisés. Ce détecteur commande un circuit de commutation qui interrompt le signal porteur en présence de sons dévoisés et remplace momentanément par le signal de sortie d'un générateur de bruit.

On peut voir clairement que le système de détection est au cœur du sujet, mais le petit bloc du schéma synoptique ne donne qu'une faible idée de sa fonction. Que fait-il exactement? La figure 2 illustre les bandes de fréquence que le détecteur "examine" avant de décider si le signal est voisé ou dévoisé. Le simple fait qu'il y ait un taux élevé de hautes fréquences dans le signal phonique ne signifie pas que le signal

2

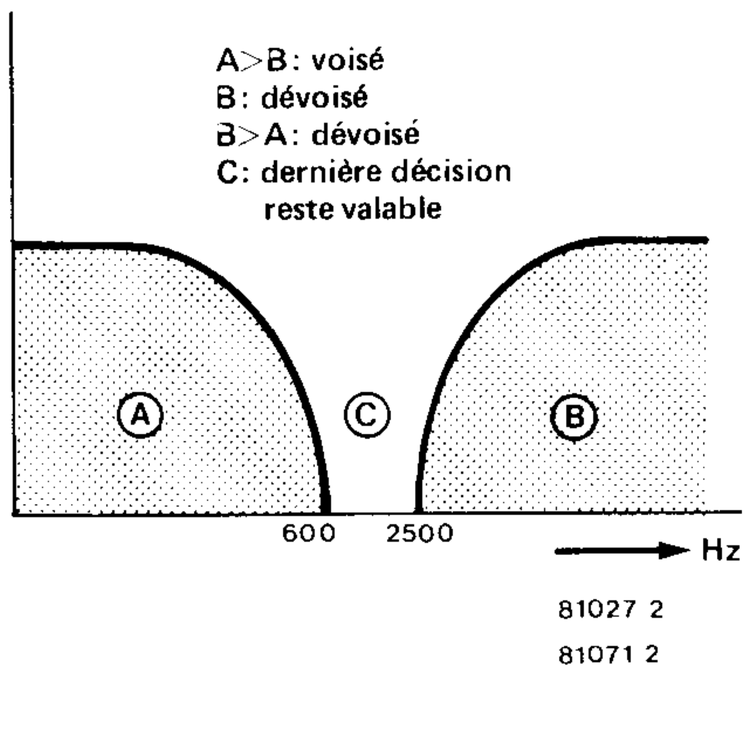


Figure 2. C'est seulement en présence de fréquences élevées dominantes dans le signal vocal et aussi avec des fréquences très basses que le détecteur décidera que le signal est dévoisé.

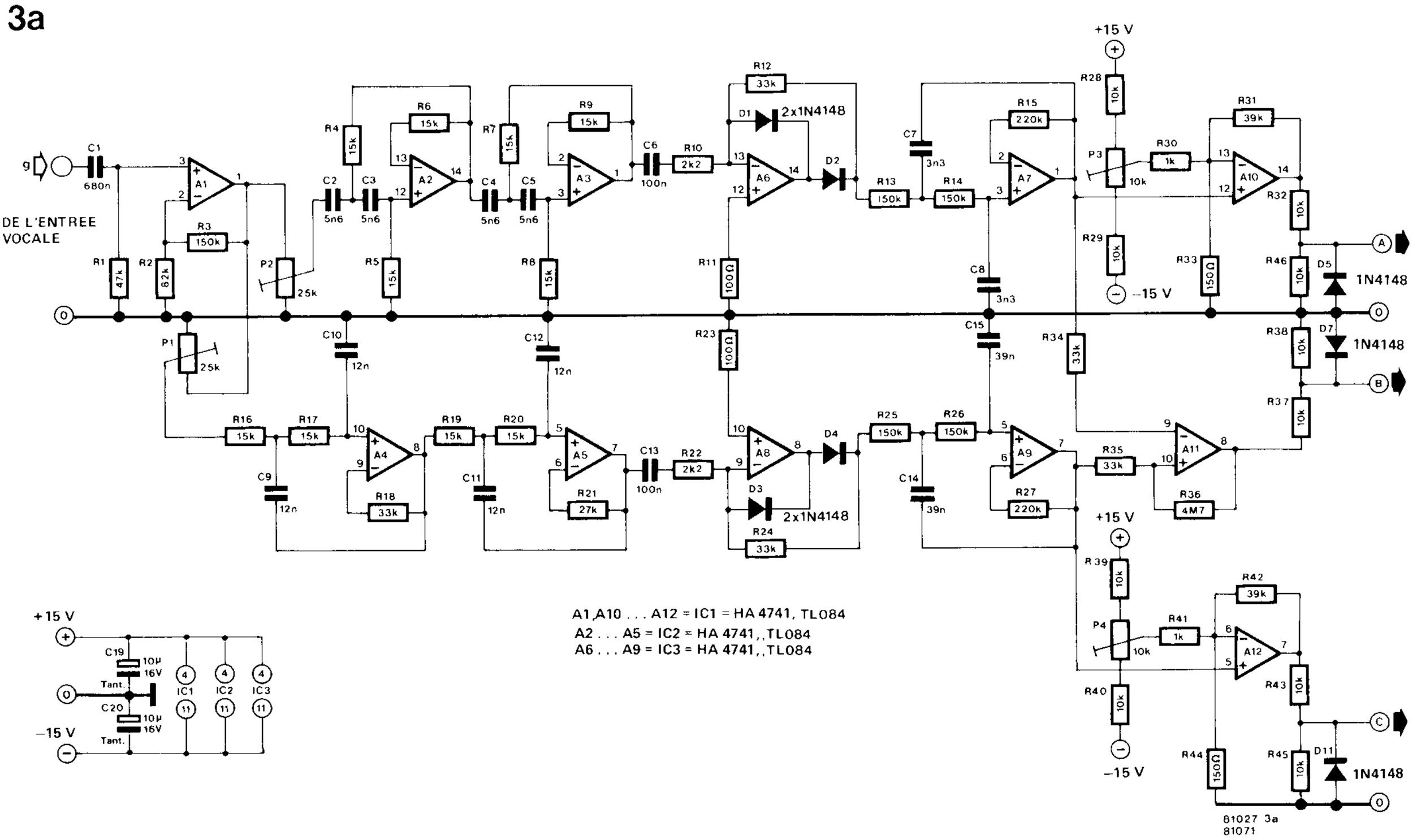
phonique soit dévoisé à ce moment là. Cette supposition est d'autant plus erronée que les hautes fréquences mesurées peuvent bien n'être qu'un élément d'un signal complexe ayant pour fréquence fondamentale une fréquence si basse qu'au bout du compte c'est en fait un signal voisé. C'est pourquoi le détecteur vérifie également la bande basse fréquence (vers le bas jusqu'à 600 Hz). Si à ce moment là la bande ne comporte pas de signal, ou si le signal est beaucoup plus faible que sa contrepartie en haute fréquence, il y a des chances que le son soit effectivement dévoisé. Il faut donc deux éléments dans le système de détection: un filtre passe-haut avec une fréquence de coupure de 2500 Hz environ et un filtre passe-bas avec une fréquence de coupure autour de 600 Hz.

Le détecteur de sons voisés/dévoisés

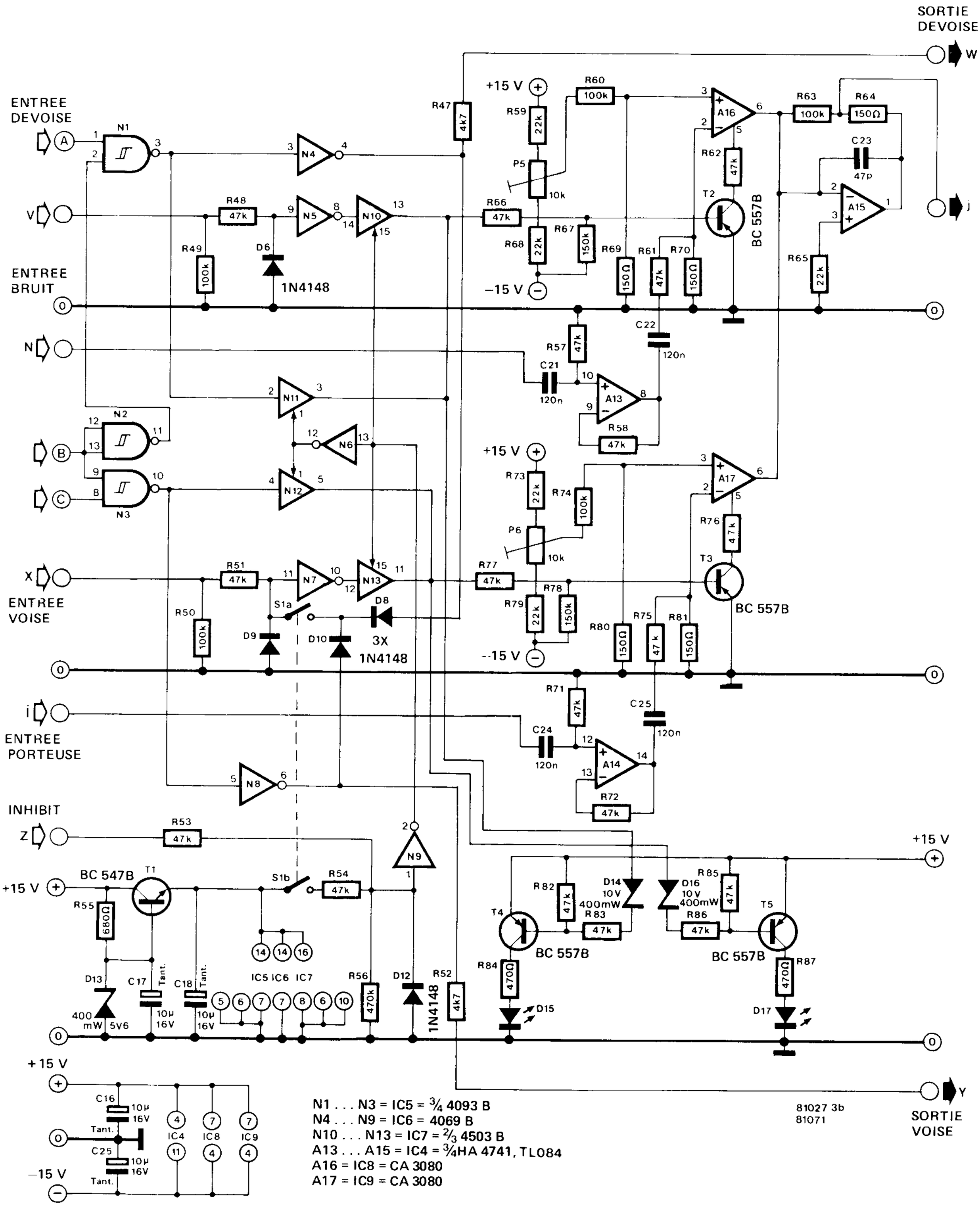
Le schéma complet du circuit du détecteur est donné à la figure 3. Les points A, B, et C des figures 3a et 3b sont reliés. Globalement, (sans entrer dans les détails) le schéma de la figure 3a constitue le système de détection, et celui de la figure 3b illustre la partie qui est représentée comme un commutateur dans le schéma synoptique. Les deux circuits sont montés sur des circuits imprimés séparés. Le générateur de bruit fait partie d'une troisième carte, que l'on verra plus tard. Regardons d'abord plus en détail la figure 3. On peut voir que le signal vocal issu du vocodeur attaque d'abord l'ampli-tampon A1 et qu'il est ensuite divisé en deux signaux, chacun d'entre eux attaquant les filtres cités précédemment. Le filtre passe-haut est monté autour de A2 et A3 et le filtre passe-bas autour de A4 et A5. Leurs valeurs de coupure sont respectivement de 2500 Hz et 600 Hz. Les deux filtres ont une pente de 24 dB par octave pour obtenir la meilleure séparation possible. Ils sont suivis chacun d'un redresseur (A6 et A8) et d'un filtre égalisateur à 12 dB par octave (A7 et A9). Les fréquences de coupure de ces derniers sont d'environ 300 Hz pour le passe-haut et 30 Hz pour le passe-bas.

Les signaux de sortie rectifié et calibrés sont alors injectés à trois amplificateurs ou comparateurs (A10, A11, A12)

3a



3b



N1 . . . N3 = IC5 = ¾ 4093 B
N4 . . . N9 = IC6 = 4069 B
N10 . . . N13 = IC7 = ⅔ 4503 B
A13 . . . A15 = IC4 = ¾HA 4741, TL084
A16 = IC8 = CA 3080
A17 = IC9 = CA 3080

Figure 3. Schéma complet du circuit du détecteur de sons voisés/dévoisés. Schématiquement, la figure 3a représente le système de détection et la figure 3b, la carte de commutation.

4

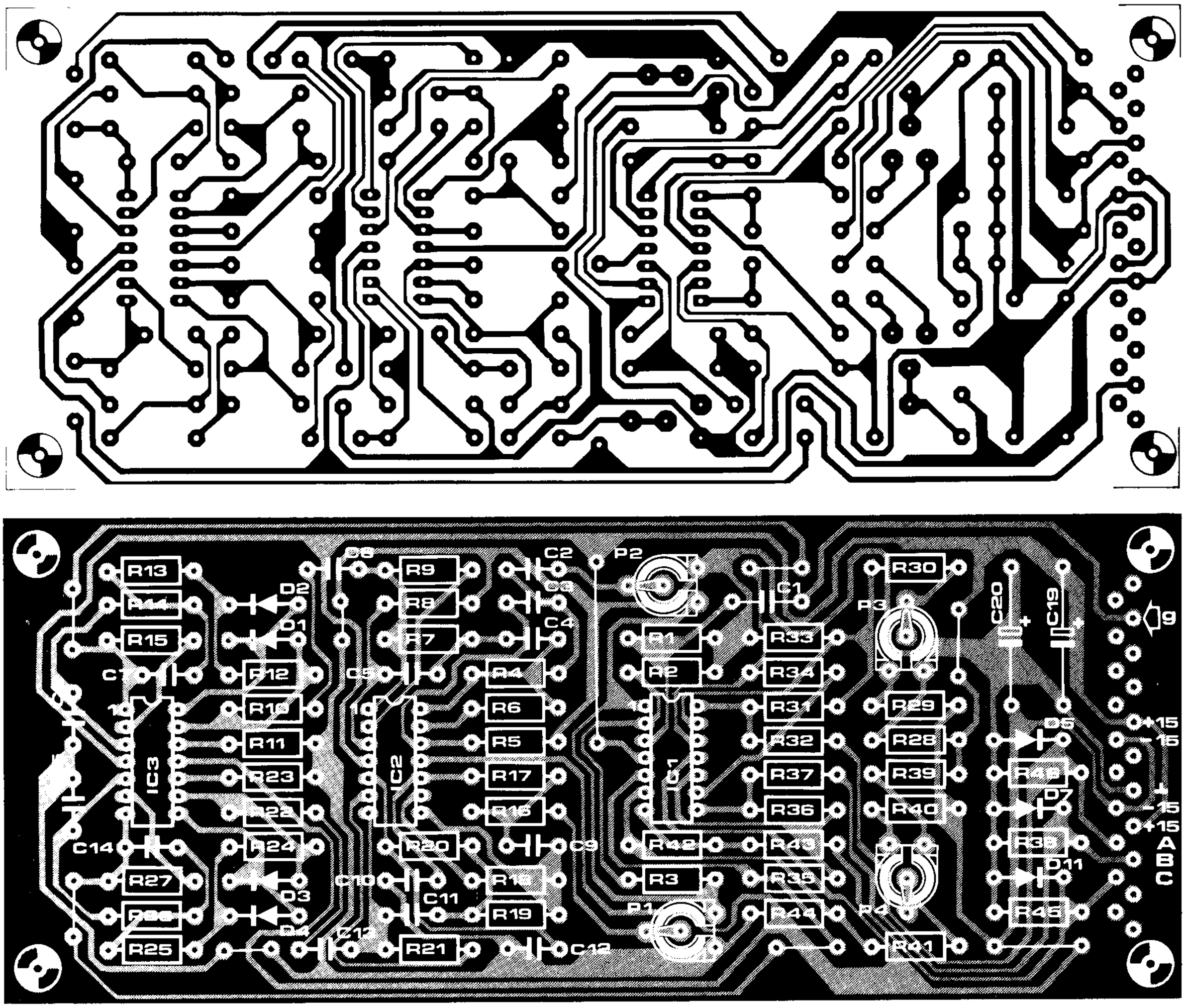


Figure 4. La carte "détecteur". Circuit imprimé et implantation des composants de la partie représentée à la figure 3a.

Liste des composants de la figure 3

Résistances:

R1,R48,R51,R53,R54,R57,R58,
R61,R62,R66,R71,R72,R75,
R76,R77,R82,R83,R85,R86 = 47 k
R2 = 82 k
R3,R13,R14,R25,
R26,R67,R78 = 150 k
R4 . . . R9,R16,R17,R19,R20 = 15 k
R10,R22 = 2k2
R11,R23 = 100 Ω
R12,R18,R24,R34,R35 = 33 k
R15,R27 = 220 k
R21 = 27 k
R28,R29,R32,
R37 . . . R40,R43,R45,R46 = 10 k
R30,R41 = 1 k
R31,R42 = 39 k
R33,R44,R64,R69,
R70,R80,R81 = 150 Ω
R36 = 4M7
R47,R52 = 4k7
R49,R50,R60,R63,R74 = 100 k
R55 = 680 Ω
R56 = 470 k
R59,R65,R68,R73,R79 = 22 k
R84,R87 = 470 Ω
P1,P2 = 25 k ajustable
P3 . . . P6 = 10 k ajustable

Condensateurs:

C1 = 680 n
C2 . . . C5 = 5n6
C6,C13 = 100 n
C7,C8 = 3n3
C9 . . . C12 = 12 n
C14,C15 = 39 n
C16,C17,C18,C26 = 10 µ/16 V tantale
C19,C20 = 10 µ/16 V
C21,C22,C24,C25 = 120 n
C23 = 47 p

Semiconducteurs:

D1 . . . D12 = 1N4148
D13 = diode zener 5V6/400 mW
D14,D16 = diode zener 10 V/400 mW
D15,D17 = LED
T1 = BC 547B
T2 . . . T5 = BC 557B
IC1 . . . IC4 = HA 4741, TL 084
IC5 = 4093B
IC6 = 4069B
IC7 = 4503B
IC8,IC9 = CA 3080

Divers:

S1a/1b = interrupteur bipolaire

suivis d'un certain nombre d'opérateurs logiques. Tout ce que l'on peut dire sur ces derniers c'est qu'ils prennent en charge les signaux d'excitation dont on aura besoin ensuite pour injecter le signal porteur ou le signal de bruit aux filtres du synthétiseur, et cela au bon moment.

La décision "voisé, dévoisé?" prise en considération de la figure 2 est assumée par les comparateurs A10 . . . A12. Supposons qu'un signal dévoisé arrive à l'entrée, la sortie de A10 passera au niveau haut et celle de A11 au niveau bas. En d'autres termes, la sortie de la porte N1 sera basse, celle de N4 sera haute et celle de N11 basse également. Dans le cas où le signal est dévoisé la sortie du filtre passe-bas sera ou bien zéro ou pour le moins plus faible que celle du filtre passe-haut. Cela signifie que la sortie de A11 restera basse faisant ainsi que celle de la porte N2 sera haute et N1 basse. Le verdict final sera alors: dévoisé.

En revanche, si le filtre passe-bas produit un signal supérieur à celui du passe-haut, la sortie de N1 ne sera plus basse et les sorties de A11 et A12 seront

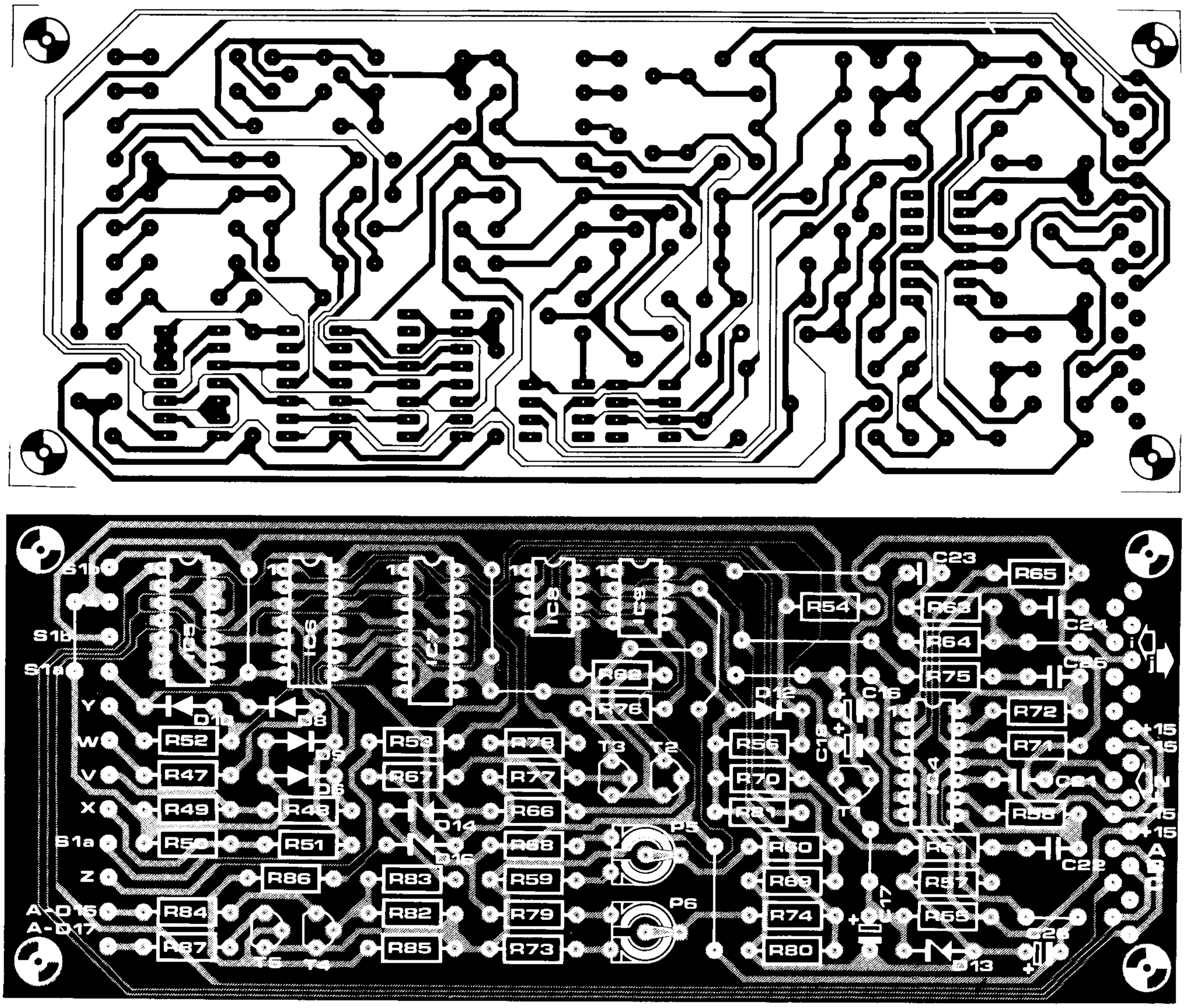


Figure 5. La carte de "commutation" comprend le circuit de la figure 3b.

hautes toutes les deux. Le détecteur décide alors: voisé. Les autres portes à trois états (N10 . . . N13) de la figure 3b servent à couper le détecteur si celui-ci est destiné à être piloté au moyen d'un calculateur ou d'un microprocesseur. Les deux indicateurs LED, D15 (dévoisé) et D17 (voisé), affichent l'état du détecteur. Naturellement, si on ne la trouve pas indispensable, la partie qui se situe autour de T4, T5 peut toujours être supprimée.

Le commutateur représenté dans le schéma est constitué en fait de deux VCA, A16 et A17. Ces derniers font en sorte qu'en fin de chaîne ce soit ou bien la porteuse ou bien le signal de bruit qui soit injecté aux filtres du synthétiseur.

Autres particularités

Les potentiomètres préréglables P1 et P2 assurent un réglage prédéterminé sur la position voisée ou dévoisée, selon le besoin. On y parvient en prononçant alternativement des sons "A" et "S" dans le microphone. En fonction des résultats obtenus, on peut au besoin réajuster la sensibilité. P3 et P4 règle le point de déclenchement des comparateurs A10 et A12. Réglage que l'on effectue simultanément avec celui de P1 et P2. Le commutateur S1ab joue le rôle d'un commutateur de sélection pour l'état voisé. On l'a rajouté pour permettre à des instruments de musique de servir également de modulateurs. Chaque fois que de la musique se trouve introduite à l'entrée vocale, on pourra, en fermant S1, éviter qu'un bruit soudain ne soit injecté dans les filtres à chaque forte. Ainsi, quel que soit le signal le détecteur décidera toujours qu'il est voisé.

L'entrée inhibition (Z) peut servir à "bloquer" toute décision du détecteur. Bien entendu, il faut qu'alors les entrées de commande (V, X) soient dotées d'une information. Ici encore, cette fonction trouvera son utilisé lorsque l'on pilotera l'appareil par (micro)-calculateur. Les OTA A16 et A17 (operational transconductance amplifier = amplificateur opérationnel à transconductance) du circuit porteur/bruit doivent être étalonnés avec le plus grand soin au moyen de P7 et P8. On effectue ce réglage en injectant un signal redressé à l'entrée de commande (R66, R77). Cette méthode est expliquée dans notre édition de mars de l'année dernière, les réalisateurs de vocodeurs se souviendront sans doute des détails. Si l'appareil n'est pas étalonné correctement, des claquements irritants se produiront lorsque le détecteur est commuté, ce qui se produit habituellement lors d'une alternance de paroles et de chansons.

Les figures 4 et 5 représentent le circuit imprimé et l'implantation des composants des cartes circuits du détecteur de sons voisés/dévoisés. Le circuit de détection de la figure 3a se trouve monté sur la carte représentée à la figure 4, quant au reste du circuit (figure 3b), il est installé sur la carte de la figure 5.

Le générateur de bruit

Les figures 6 et 7 montrent respectivement le schéma du circuit et le circuit imprimé du générateur de bruit. Le générateur de bruit ne convient pas seulement au vocodeur mais se prête aussi à diverses autres mesures audio et acoustiques qui nécessitent un signal de bruit de qualité. La sortie peut être commutée de bruit rose à bruit blanc et

réciproquement. L'unité de bruit comprend 7 circuits intégrés courants et quelques composants passifs.
La description détaillée de son fonctionnement ne s'impose guère ici, car Elektor a déjà publié récemment plusieurs générateurs de bruit. Pour chacun d'entre eux, il y a du pour et du contre, mais celui que nous vous proposons peut être considéré comme une combinaison de ceux-là, avec en plus une inhibition de zéro. Il s'agit d'un bruit pseudo-aléatoire généré à l'aide d'un registre à décalage à 31 bits (IC3 . . . IC6). Le principe de fonctionnement a été décrit dans l'article de février 1981 "swinging poster", où les mêmes circuits intégrés se trouvaient utilisés.
N1 et N2 constituent ensemble un générateur d'horloge d'une fréquence de 500 Hz environ. Il faut 70 minutes environ pour dérouler tous les états d'un registre à décalage à 31 bits à cette fréquence d'horloge. Cela devrait rendre le bruit suffisamment "aléatoire". Les diodes D1 . . . D31 fournissent, en combinaison avec N3, l'inhibition de zéro. Dès que l'état "000 . . . 0" se produit, un "1" se trouve introduit dans le registre à décalage au moyen de N5. La porte N6 assurre que les sorties 28 et 31 du registre à décalage sont renvoyées à l'entrée par un couplage OU EXclusif.
Le buffer N4 est suivi d'un filtre commutable sur bruit rose ou sur bruit blanc, selon le cas. Le filtre de bruit blanc est un filtre passe-bas à 23 kHz avec une pente de 6 dB par octave. IC7 sert à amplifier le signal. Le bruit rose doit subir une amplification légèrement supérieure à celle du bruit blanc, car ses fréquences hautes ont déjà été supprimées par filtrage et ne peuvent donc plus agir. P1 sert à égaliser les tensions de sortie pour les bruits roses et blancs. La valeur indiquée pour l'alimentation est basée sur celle du vocodeur (± 15 volts). Cependant, le générateur de bruit fonctionnera tout aussi bien à ± 12 volts.

Les liaisons

Nous avons donc trois nouvelles cartes qu'il nous faut relier au vocodeur existant.
Le schéma de la figure 1 doit nous inspirer la solution. Il y a deux possibilités: 1. prendre une "carte demi-bus" supplémentaire (EPS-80068-2). Les trois nouvelles cartes sont exactement de la même dimension que les autres cartes du vocodeur et peuvent toutes être équipées d'un connecteur identique. Chacune d'elles étant dotée d'un connecteur, elles peuvent être enfichées directement dans la carte de bus, laquelle assure toutes les interconnexions. C'est tout. La (ou les) tension(s) d'alimentation et les points i, j et g sont bien sûr issus de la carte de bus du vocodeur. La figure 8 montre comment cela est fait. En même temps, la carte demi-bus supplémentaire fournit une liaison simple pour la carte d'alimentation existante, qui appartient au vocodeur. C'est un avantage, car il n'y avait pas de place prévue pour cela sur la carte de bus d'origine. On peut maintenant enficher la carte d'alimentation dans la carte demi-bus additionnelle et les connexions demeurent celles qui sont indiquées à la figure 8.

Deux remarques supplémentaires

1. Conformément aux illustrations de la figure 1, la liaison qui existait déjà entre les points i et j du vocodeur devra être coupée dans le cas où le détecteur de sons voisés/dévoisés est connecté. Les connexions i-j devront donc être coupées aussi bien sur l'"ancienne" carte que sur la "nouvelle". Enfin, afin d'éviter tout mal entendu: pour la représentation des liaisons de la figure 8, on a repris les schémas de l'ancienne carte de bus. Surtout ne pas monter de composants sur la nouvelle carte demi-

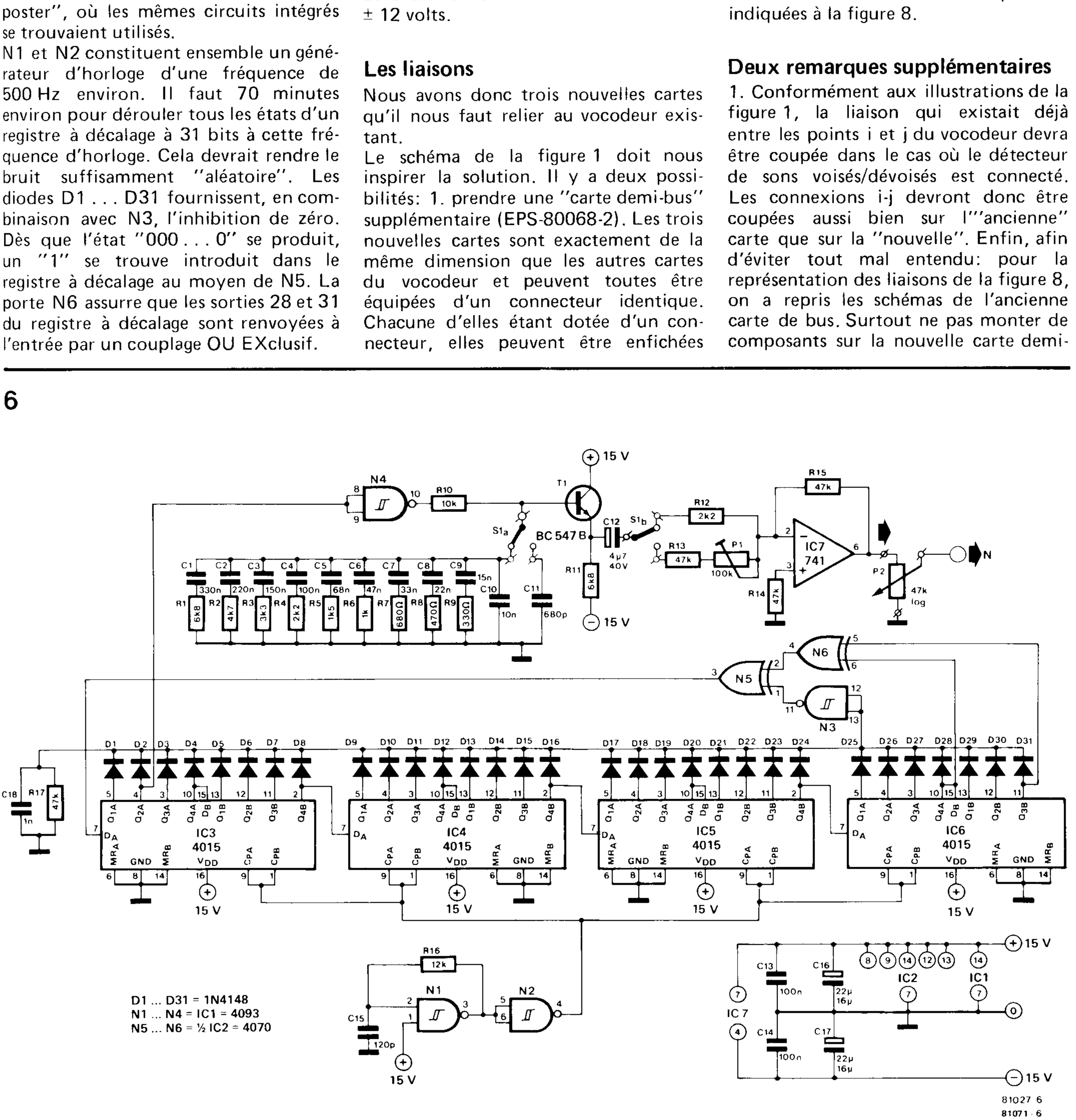


Figure 6. Le générateur de bruit. S1 effectue la sélection sur bruit rose ou sur bruit blanc.

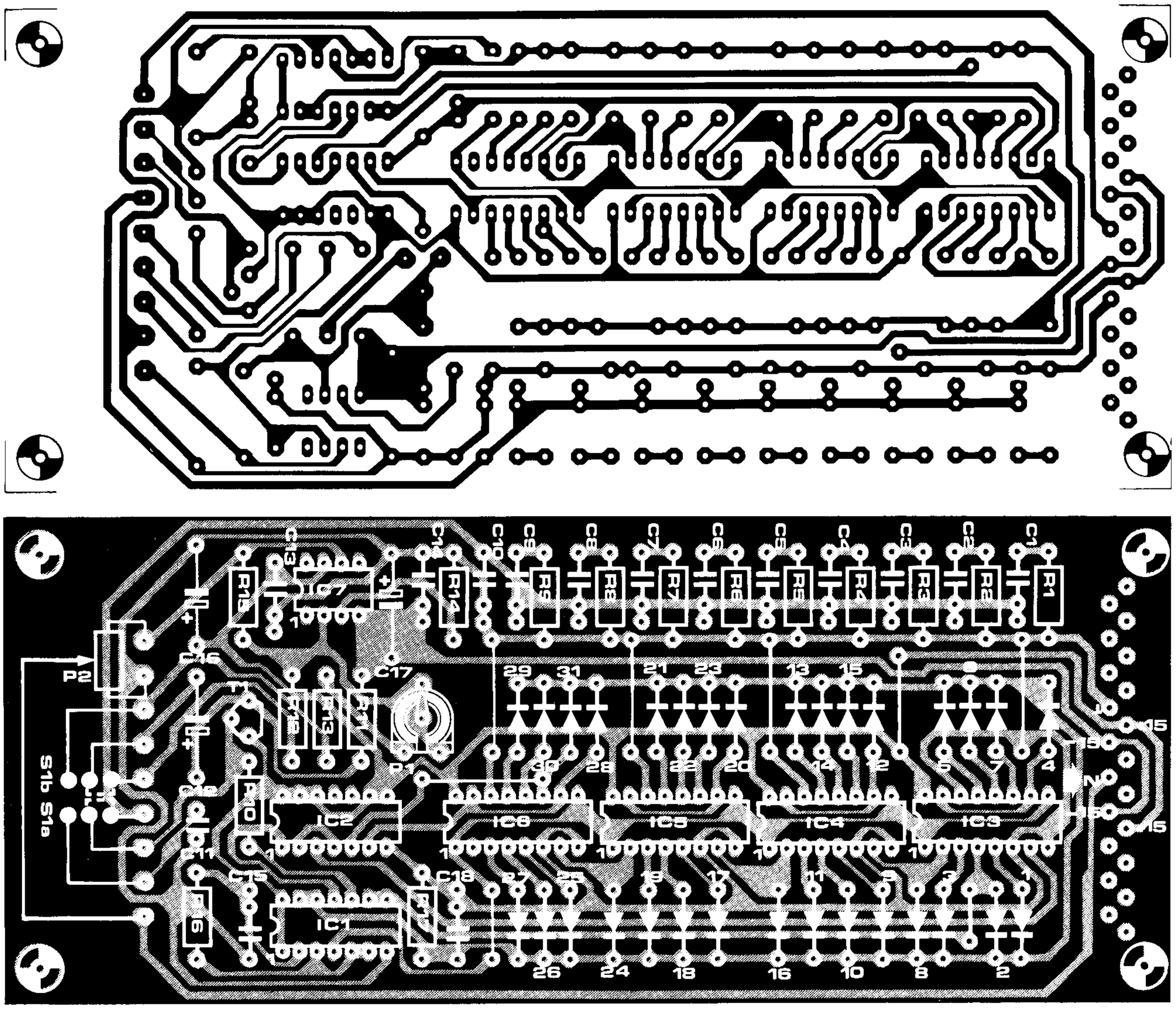


Figure 7. La carte générateur de bruit. Ses dimensions sont les mêmes que celles des autres cartes du vocodeur et des cartes des figures 4 et 5.

Liste des composants de la figure 6

Résistances:
R1,R11 = 6k8
R2 = 4k7
R3 = 3k3
R4,R12 = 2k2
R5 = 1k5
R6 = 1 k
R7 = 680 Ω
R8 = 470 Ω
R9 = 330 Ω
R10 = 10 k
R13,R14,R15,R17 = 47 k
R16 = 12 k
P1 = 100 k ajustable
P2 = 47 k logarithmique

Condensateurs:
C1 = 330 n
C2 = 220 n
C3 = 150 n
C4,C13,C14 = 100 n
C5 = 68 n
C6 = 47 n
C7 = 33 n
C8 = 22 n
C9 = 15 n
C10 = 10 n
C11 = 680 p
C12 = 4μ7/40 V
C15 = 120 p
C16,C17 = 22 μ/16 V
C18 = 1 n

Semiconducteurs:
D1 . . . D31 = 1N4148
T1 = BC 547B
IC1 = 4093
IC2 = 4070
IC3 . . . IC6 = 4015
IC7 = 741

Divers:
S1 = inverseur bipolaire

bus, en dépit des indications de la figure 8.

2. Ne pas utiliser de cartes demi-bus supplémentaires — faire les connexions soi-même. Cela sera nécessaire si le coffret n'est pas assez large pour placer côte à côte trois autres cartes de liaisons, car dans ce cas les cartes d'extension devront être montées à un autre endroit du coffret. Le câblage requis est indiqué dans le schéma de la figure 9. Ici aussi, la liaison i-j de la carte de bus devra être coupée.

Notes finales

Les liaisons "calculateur" repérées sur le schéma telles que: entrée dévoisée (V), sortie dévoisée (W), entrée voisée (X), sortie voisée (Y), et inhibition (Z) sont toutes situées sur le devant des "cartes de commutation" présentées à la figure 5. Si besoin est, ces points peuvent être "sortis" sans difficulté vers un connecteur. Cela devrait permettre de faire des essais de commande de l'appareil par calculateur, sans avoir à résoudre des problèmes compliqués de câblage.

Comme le montrent les schémas de liaisons des figure 8 et 9, le détecteur de sons voisés/dévoisés ainsi que le générateur de bruit peuvent tirer leur tension d'alimentation de l'alimentation du vocodeur existant. La consommation en courant des trois cartes d'extension s'élève au total à 100 mA environ pour la tension +15 V, et à environ 50 mA pour le −15 V. Comme le vocodeur était prévu avec un transformateur de 400 mA, la consommation supplémentaire ne risque pas de surcharger le circuit. On nous a signalé que la partie −15 V de l'alimentation du vocodeur d'origine peut présenter des problèmes de stabilité. On peut y remédier en remplaçant C83 par un condensateur électrolytique au tantale de 2,2 μF/25 V et C85 par un 1 μF/25 V.

8

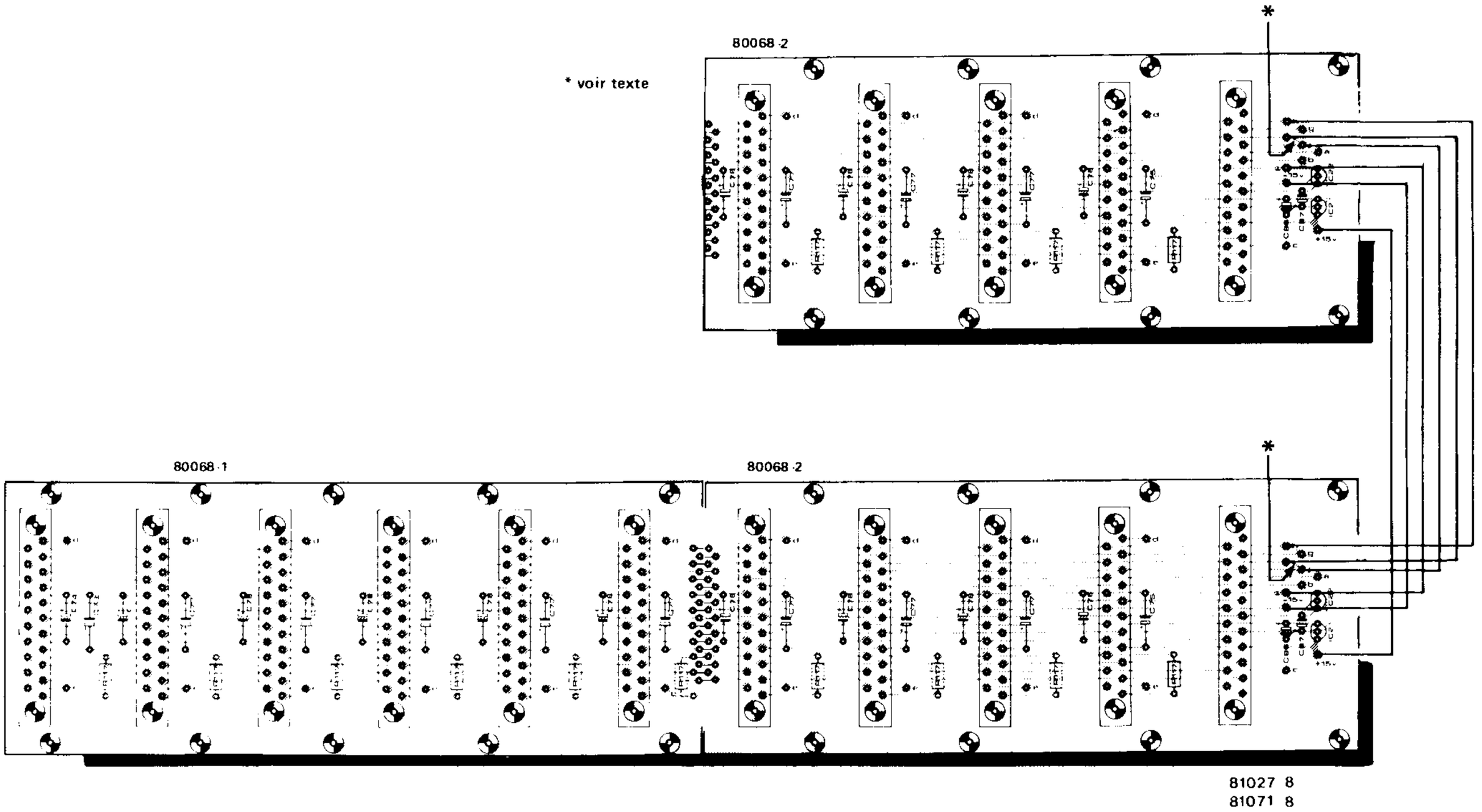


Figure 8. Si on utilise une carte demi-bus supplémentaire pour relier les trois cartes d'extension, il y aura lieu de la relier à la grande carte de bus du vocodeur. La piste cuivre entre les points i-j devra être coupée sur les deux cartes.

9

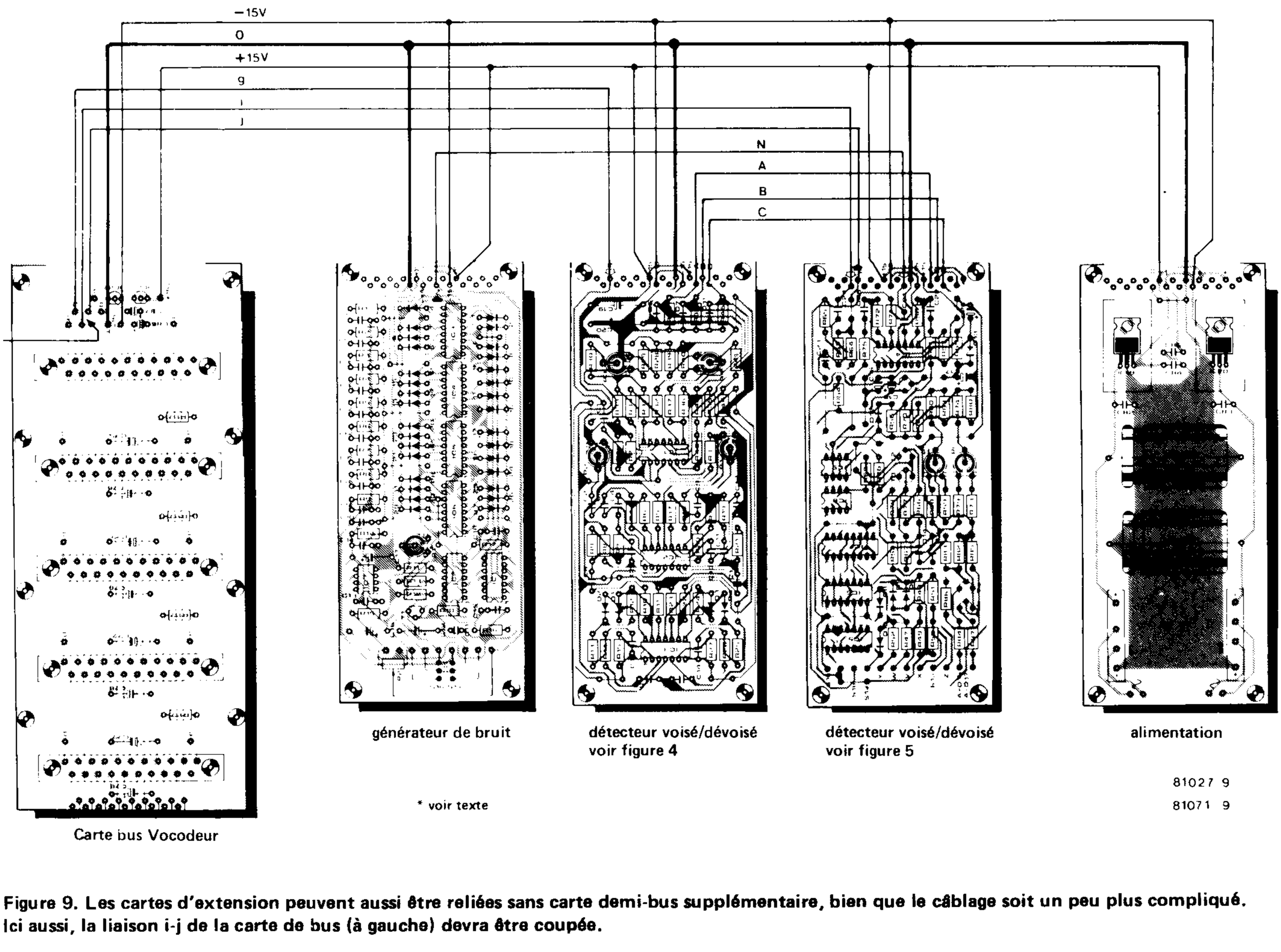


Figure 9. Les cartes d'extension peuvent aussi être reliées sans carte demi-bus supplémentaire, bien que le câblage soit un peu plus compliqué. Ici aussi, la liaison i-j de la carte de bus (à gauche) devra être coupée.