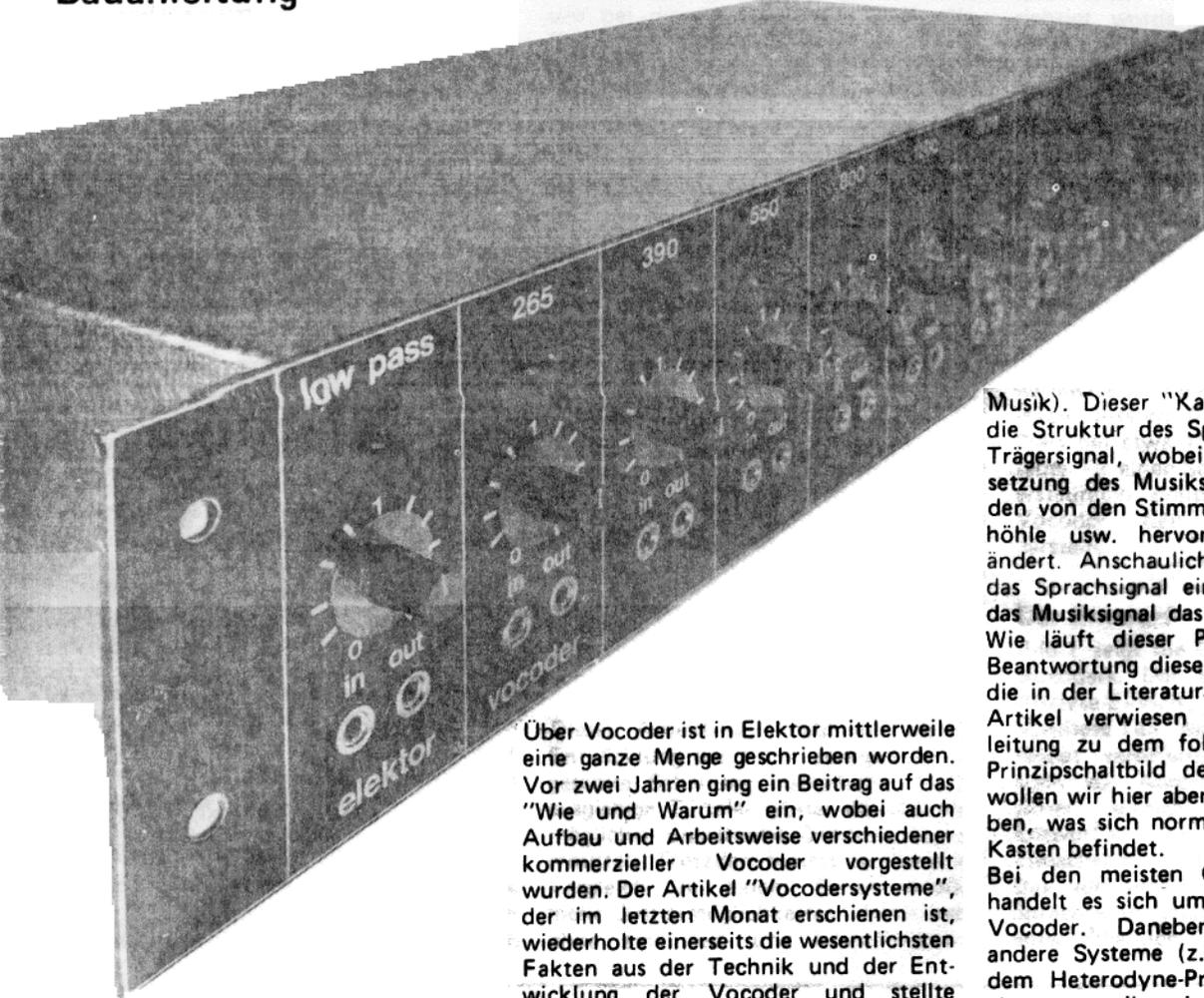


Elektor-Vocoder

(1)

Erstmals:
vollständige
Bauanleitung



Über Vocoder ist in Elektor mittlerweile eine ganze Menge geschrieben worden. Vor zwei Jahren ging ein Beitrag auf das "Wie und Warum" ein, wobei auch Aufbau und Arbeitsweise verschiedener kommerzieller Vocoder vorgestellt wurden. Der Artikel "Vocodersysteme", der im letzten Monat erschienen ist, wiederholte einerseits die wesentlichsten Fakten aus der Technik und der Entwicklung der Vocoder und stellte andererseits eine Einleitung für diese Baubeschreibung dar. Insbesondere wurde dort auch auf die Schwierigkeiten eingegangen, die sich beim Entwurf eines Vocoders ergeben. Wegen der erwünschten Reproduzierbarkeit fallen diese Schwierigkeiten bei einem Selbstbauentwurf noch stärker ins Gewicht als bei kommerziellen Geräten, da im allgemeinen dem Amateur die Prüf- und Fertigungseinrichtungen der Industrie fehlen. Wie wir bald sehen werden, sind diese Probleme aber zum Glück nicht unlösbar.

Eine kleine Gedächtnisstütze

Eigentlich brauchen wir hier über die Frage, was ein Vocoder ist, nicht mehr viel Worte zu verlieren. Nur für diejenigen, die trotz aller Publikationen über dieses Thema noch immer im Dunkeln tappen, hier eine kurze Definition: Ein Vocoder ist ein "Kasten", der zwei verschiedene Signale verarbeitet, und zwar ein Sprachsignal und ein sogenanntes Trägersignal (in der Praxis meist

Musik). Dieser "Kasten" überträgt nur die Struktur des Sprachsignals auf das Trägersignal, wobei er die Zusammensetzung des Musiksignals entsprechend den von den Stimmbändern, der Mundhöhle usw. hervorgerufenen Klängen ändert. Anschaulich ausgedrückt stellt das Sprachsignal einen "Bauplan" und das Musiksignal das "Baumaterial" dar. Wie läuft dieser Prozeß ab? Für die Beantwortung dieser Frage soll hier auf die in der Literaturangabe aufgeführten Artikel verwiesen werden. Als Überleitung zu dem folgenden Block- und Prinzipschaltbild des Elektor-Vocoders wollen wir hier aber ganz kurz beschreiben, was sich normalerweise in diesem Kasten befindet.

Bei den meisten Geräten dieser Art handelt es sich um sogenannte Kanal-Vocoder. Daneben existieren auch andere Systeme (z.B. solche, die nach dem Heterodyne-Prinzip arbeiten), die aber wegen ihres komplexeren Aufbaus kaum verbreitet sind. Da auch der Elektor-Entwurf zu den Kanal-Vocodern zählt, werden die anderen Geräte hier nicht weiter erörtert. In dem Artikel "Vocodersysteme" vom letzten Monat wurde die Arbeitsweise eines Kanal-Vocoders an Hand eines einfachen

Eigenschaften:

Kanäle:	10
Sprache-Eingang:	
Empfindlichkeit:	einstellbar von 10 mV bis 7,7 V
Eingangsimpedanz:	10 kΩ
Träger-Eingang:	
Empfindlichkeit:	0,7 V
Eingangsimpedanz:	100 kΩ
Ausgang:	
Ausgangsspannung:	0,7
Frequenzbereich:	
Insgesamt:	30 - 16.000 Hz
Modulierbar:	200 - 4.600 Hz

Nach den einführenden, mehr theoretischen Betrachtungen über Vocoder möchten sicherlich viele interessierte Leser nun auch die praktische Seite kennenlernen. Elektor wäre nicht Elektor, wenn diesem Wunsch nicht mit einem Schaltungsentwurf für den Eigenbau eines Vocoders Rechnung getragen würde. Es handelt sich dabei um ein 10-Kanal-Gerät, das in Zusammenarbeit mit der Firma Synton Electronics entstanden ist und bei relativ niedrigen Kosten eine durchaus befriedigende Qualität bietet. Wie geschaffen für Musiker, deren Begeisterung für Vocoder nicht in rechtem Einklang zum Inhalt ihres Geldbeutels steht.

Prinzipsch
kurzer Bl
des Elekte
unser Ent
schaltbild
Grundsätz
einen An
Teil glied
einheiten
Gemeinsam
besitzen b
Anzahl id
Vocoder b
In dem A
signal mit
verschiede
Jedem Fi
ein Tiefp
erhält da
Gleichspat
Hüllkurve
erscheinen
dem Synt
durch ents
Frequenz
den Filte
Verstärker
stärkung
erzeugten
wird.
Man "zer
signal in
scheiben"
zugehörig
diese Hül
Frequenz
Addition
VCAs ste
Ergebnis
des Träge
des Sprach
Kürze die
beschrieb

Der Elek
Nachdem
für den V
Vorversuc

1
Sprache

Träger

Bild 1. Das
Sprachsignal

Prinzipschaltbildes dargestellt. Ein kurzer Blick auf den Blockschaltplan des Elektor-Vocoders (Bild 1) zeigt, daß unser Entwurf kaum von diesem Prinzipschaltbild abweicht.

Grundsätzlich läßt sich das System in einen Analyse- und einen Synthese-Teil gliedern. Diese beiden Funktionseinheiten weisen eine Reihe von Gemeinsamkeiten auf, insbesondere besitzen beide Einheiten eine bestimmte Anzahl identischer Filter (der Elektor-Vocoder besitzt 2 x 10 Filter).

In dem Analyse-Teil wird das Sprachsignal mit Hilfe dieser (Kanal-) Filter in verschiedene Frequenzbänder unterteilt. Jedem Filter ist ein Gleichrichter und ein Tiefpaßfilter nachgeschaltet. Man erhält dadurch pro Kanalfilter eine Gleichspannung, deren Verlauf der Hüllkurve des am Kanalfilter-Ausgang erscheinenden Signals entspricht. In dem Synthese-Teil wird das Trägersignal durch entsprechende Filter in ebensolche Frequenzbänder aufgeteilt. Hier sind den Filtern aber spannungsgesteuerte Verstärker nachgeschaltet, deren Verstärkungsfaktor von den im Analyse-Teil erzeugten Gleichspannungen geregelt wird.

Man "zerschneidet" also das Sprachsignal in verschiedene "Frequenzscheiben", ermittelt für jede Scheibe die zugehörige Hüllkurve und überträgt diese Hüllkurve auf die entsprechende Frequenzscheibe des Trägersignals. Nach Addition der Ausgangssignale aller VCAs steht am Vocoderausgang das Ergebnis zur Verfügung: die "Stimme" des Trägersignals mit der Artikulation des Sprachsignals. Damit ist in aller Kürze die Arbeitsweise des Vocoders beschrieben.

Der Elektor-Vocoder

Nachdem im Elektor-Labor bereits alle für den Vocoder-Entwurf notwendigen Vorversuche abgeschlossen waren, ergab

sich zufällig ein Kontakt zu der Firma Synton Electronics, die die bekannten Syntovox-Vocoder herstellt. Natürlich nutzten wir die Möglichkeit zu einem Erfahrungsaustausch mit diesen Routiniers auf dem Gebiet der Vocoder. Aus dem für beide Seiten nützlichen Dialog entwickelte sich sehr bald ein in jeder Hinsicht brauchbarer Entwurf für einen Eigenbau-Vocoder.

Aller Anfang ist schwer. Damit er aber nicht zu schwer wird, beschränken wir uns bei diesem Gerät auf 10 Kanäle. Damit ist eine gute Musikwiedergabe und eine hohe Verständlichkeit sichergestellt und ein brauchbarer Kompromiß zwischen Qualität und Kosten gefunden. Natürlich klingt ein 20-Kanal-Gerät differenzierter, aber in der Praxis wiegen diese Vorteile oft die deutlich höheren Kosten und die erheblichen Schwierigkeiten, die sich aus der größeren Anzahl der Kanäle ergeben, nicht auf. Abgesehen davon, daß doppelt so viele Filter notwendig sind, müssen diese auch noch wesentlich steiler sein (etwa 50 dB/Oktave) als die hier verwendeten. Damit muß man aber an die Bauelemente höchste Anforderungen stellen, die sich meist nur durch strenge Auswahlverfahren befriedigen lassen – was für denjenigen, der sich seinen Vocoder selbst baut, praktisch unmöglich ist. Für unsere 10-Kanal-Version ist eine Filtersteilheit von 24 dB/Oktave völlig ausreichend. Damit bleiben die Schaltungen hinreichend einfach und sind auch mit normalen Mitteln reproduzierbar – was besonders wichtig ist.

Dieser Aspekt war nicht nur für die Entwicklung der Filter, sondern für die gesamte Schaltung maßgebend. Durch ausgiebige Tüftelerei wurde deshalb eine möglichst unkritische Dimensionierung ermittelt. Trotzdem besitzt das Gerät im Vergleich zu einem Serien-Vocoder mehr Justiermöglichkeiten, damit auch ohne eine zeit- und kostenintensive

Selektion der Bauelemente eine gute Qualität erreicht werden kann.

Der vorliegende erste Entwurf verzichtet bewußt auf einen Voiced/Unvoiced-Detektor. Zusammen mit einem dann ebenfalls notwendigen Rauschgenerator würde dieser Detektor den Gerätepreis wesentlich erhöhen. Da wir aber in absehbarer Zeit wieder auf diesen Punkt zurückkommen werden, ist beim Entwurf der Platine bereits eine entsprechende Ausbaumöglichkeit berücksichtigt worden. Vorläufig bleibt der Detektor aber unberücksichtigt. Dagegen besitzt der Elektor-Vocoder einen Satz LEDs (pro Kanal eine), die den Frequenzverlauf des Sprachsignals andeuten. Zwar ist dieser Zusatz nicht so bedeutungsvoll, aber er ist sehr effektiv und kostet nicht viel.

Nun zu einem empfindlichen Punkt: dem Preis. Ein kurzer Blick auf die Schaltbilder (Bild 3... 6) zeigt, daß man nicht gerade wenig Einzelteile für den Vocoder benötigt. Hinzu kommt noch eine stattliche Anzahl von Platinen, die auch kostenmäßig zu Buche schlagen. Nach unseren Berechnungen wird der Preis bei etwa 400 DM liegen. Ziemlich teuer für einen Selbstbauentwurf – aber erstaunlich preiswert für einen guten Vocoder, den dieses Gerät sicher darstellt.

Der Entwurf

Bild 1 zeigt die Blockschaltung unseres Vocoders. Der obere Teil bildet die Analyse-Einheit, der untere den Synthese-Teil. Wenn man das im letzten Monat veröffentlichte Blockschaltbild noch vor Augen hat, wird man sich sicher schnell zurechtfinden. Der Entwurf soll nun kurz erläutert werden. Zunächst der Analyse-Teil.

Das von einem Mikrofon abgegebene Sprachsignal gelangt zunächst auf einen entsprechenden Vorverstärker. Die

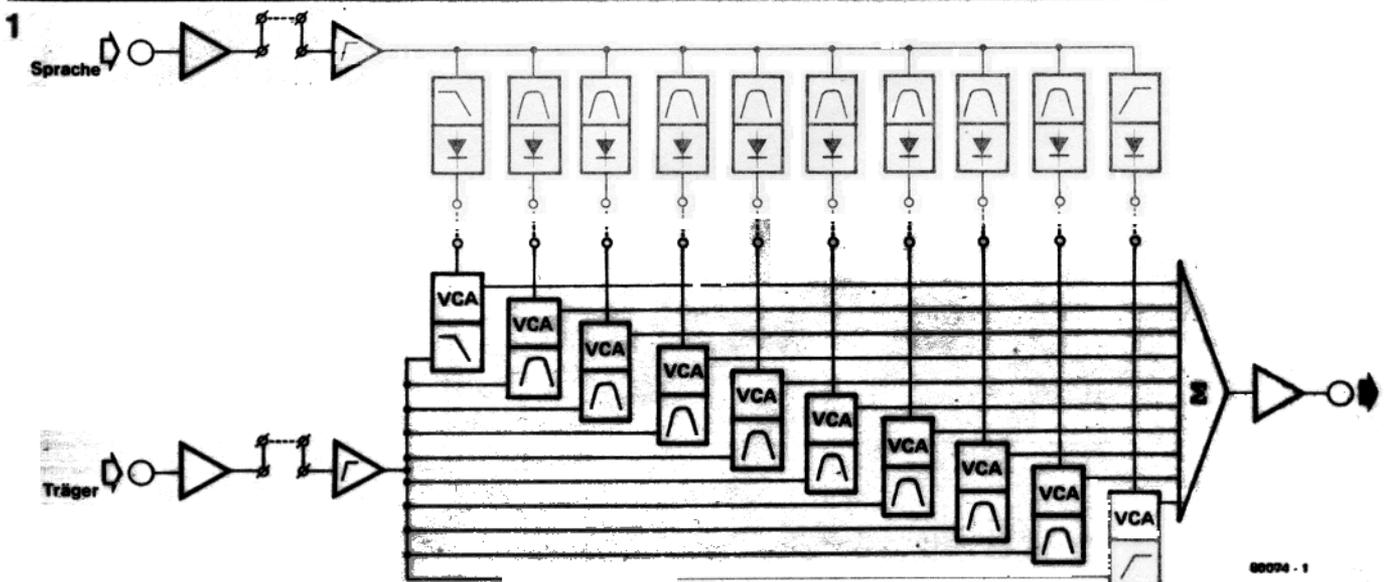
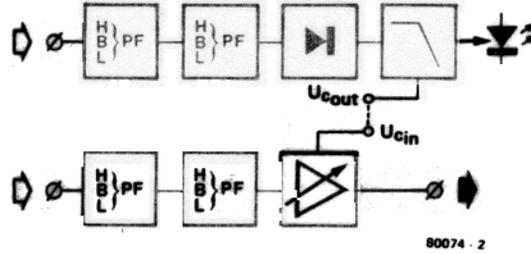


Bild 1. Das Blockschaltbild des Elektor-Vocoders. In der oberen Hälfte der Zeichnung befindet sich der Analyse-Teil, der die Aufteilung des Sprachsignals in die verschiedenen Frequenzbänder übernimmt. In der unteren Hälfte ist der Synthese-Teil dargestellt, der für die Übertragung der Sprachcharakteristik auf das Trägersignal zuständig ist.

Empfindlichkeit dieses Eingangs ist in einem weiten Bereich einstellbar, so daß man ihn auch dann verwenden kann, wenn das Signal durch einen externen Vorverstärker bereits auf einen höheren Pegel gebracht wurde. Hinter dem Mikrofonverstärker folgt eine einfache Pufferstufe mit einem Hochpaßfilter, das Störgeräusche unter 30 Hz unterdrücken soll.

Hinter der Pufferstufe gelangt das Sprachsignal auf zehn verschiedene Filter und wird entsprechend in zehn Frequenzanteile zerlegt. Zusammen überstreichen die Filter praktisch den gesamten hörbaren Frequenzbereich von etwa 30 Hz bis 16 kHz. Das erste Filter - ein Tiefpaß - ist für die Frequenzen zwischen 30 Hz und 200 Hz und das zehnte Filter - ein Hochpaß - für die Frequenzanteile über 4600 Hz "zuständig". Zwischen diesen beiden Eckfrequenzen liegt das für die Sprachverständlichkeit ausschlaggebende Spektrum, das auf die restlichen acht Bandfilter aufgeteilt ist. Jedem Filter ist ein Präzisionsgleichrichter und ein Tiefpaßfilter nachgeschaltet. Obwohl dieser Tiefpaß nicht in dem Blockschaltbild dargestellt ist, ist er selbstverständlich zur Siebung der Gleichspannung notwendig. Für die Funktion des Vocoder sind weniger kurzzeitige Änderungen als vielmehr ein "mittlerer" Verlauf der Gleichspannungen ausschlaggebend. In dem Synthese-Teil befindet sich für das Trägersignal ebenfalls zunächst eine Vorverstärkerstufe und eine Pufferstufe. Die folgenden Filter sind identisch mit denen des Analyse-Teils. Jedem Filter folgt ein spannungsgesteuerter Verstärker (kurz: VCA - Voltage Controlled

2



80074 - 2

Bild 2. Das Blockschaltbild einer "Filtereinheit". Der Vocoder besitzt insgesamt zehn dieser Einheiten sowie eine Ein- und Ausgangseinheit.

Tabelle 1

Bandpaßfilter (BPF) Nr.	f _R [Hz]	Frequenzbereich [Hz]	C1 ... C8 [nF]	C9 [nF]	C10 [nF]
1	265	210 - 320	82	220	33
2	390	320 - 460	56	150	22
3	550	460 - 640	39	100	15
4	800	640 - 960	27	60	10
5	1200	960 - 1440	18	47	6,8
6	1770	1440 - 2100	12	47	6,8
7	2650	2100 - 3200	8,2	47	6,8
8	3900	3200 - 4600	5,6	47	6,8

$$f_R = \frac{1}{2\pi C} \cdot \sqrt{\frac{R_1 + R_3}{R_1 \cdot R_2 \cdot R_3}}$$

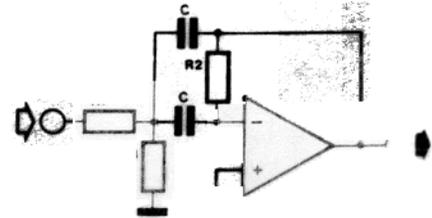
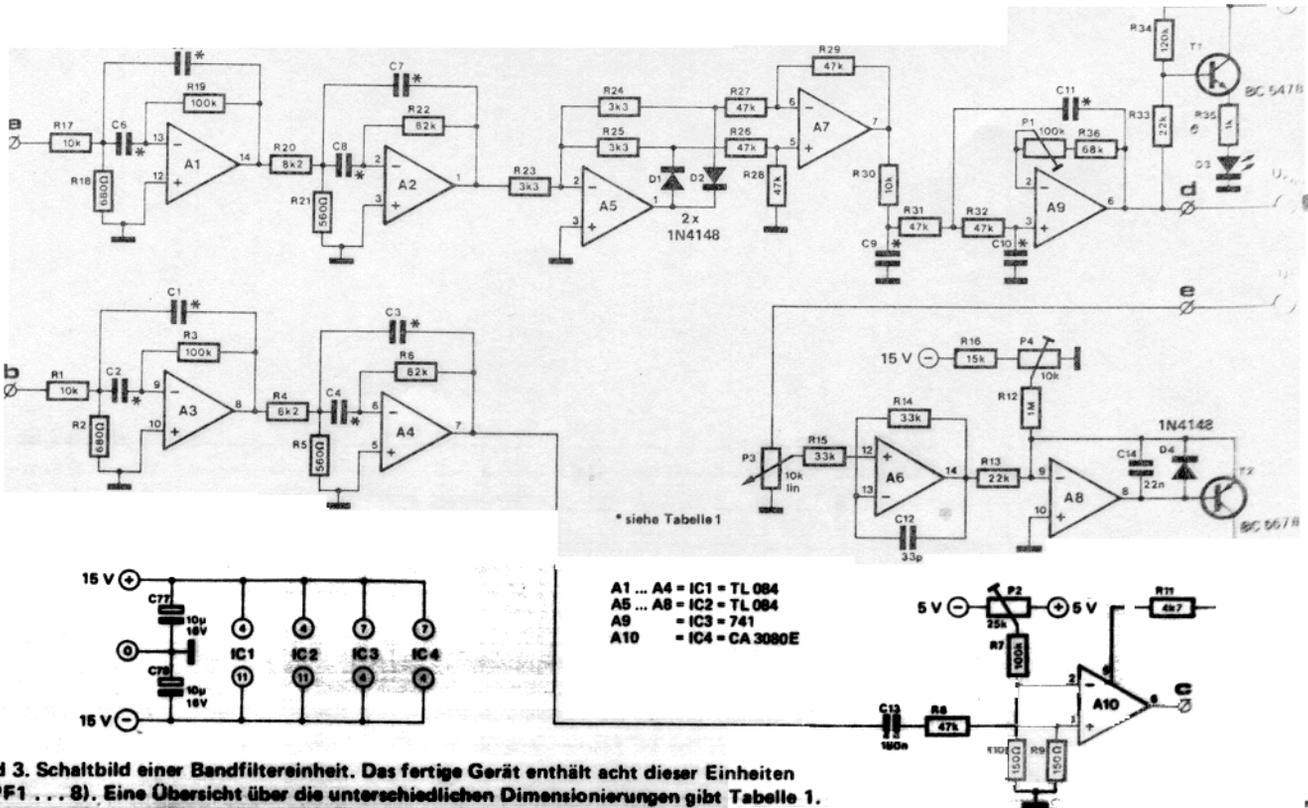


Tabelle 1. Dimensionierung der acht Bandfilter-Einheiten.

Amplifier), dem als Regelspannung das gleichgerichtete Signal des entsprechenden Analyse-Filters zugeführt wird. Die Ausgangssignale der VCAs gelangen auf einen Summierer und von dort über eine

Pufferstufe auf den Ausgang des Geräts. Um etwaige Unklarheiten zu vermeiden soll noch kurz auf zwei Details des Blockschaltbildes eingegangen werden. Das erste ist die Verbindung zwis-

3



* siehe Tabelle 1

A1 ... A4 = IC1 = TL 084
 A5 ... A8 = IC2 = TL 084
 A9 = IC3 = 741
 A10 = IC4 = CA 3080E

Bild 3. Schaltbild einer Bandfiltereinheit. Das fertige Gerät enthält acht dieser Einheiten (BPF1 ... 8). Eine Übersicht über die unterschiedlichen Dimensionierungen gibt Tabelle 1.

Eingangsvorverstärker und Pufferstufe. Auf der Platine ist hier sowohl im Analyse- als auch im Synthese-Teil die Anschlußmöglichkeit für einen bereits erwähnten Voiced/Unvoiced-Detektor vorgesehen. Zunächst werden an diesen Stellen aber nur Drahtbrücken eingesetzt, wie im Blockschaltbild angedeutet. Ferner sind die Verbindungen zwischen den Detektor-Ausgängen und den VCAs gestrichelt eingezeichnet. Sieht man an der Gehäusewand entsprechende Ein- und Ausgangsbuchsen vor, so können diese Verbindungen steckbar ausgeführt werden. Damit lassen sich zur Erzeugung spezieller Effekte auch die Detektor-Ausgänge mit "falschen" VCAs verbinden. Dieses Thema fällt aber unter die Rubrik "Bedienung des Vocoders" und soll hier nicht weiter behandelt werden. Zu einem späteren Zeitpunkt werden wir noch einmal darauf zurückkommen. Zunächst wollen wir auf die Elektronik des Gerätes etwas näher eingehen und die in Bild 1 durch Kästchen angedeuteten Schaltungsteile genauer betrachten.

Die Schaltungen

Das Gerät ist modular aufgebaut und setzt sich aus 12 Platinen zusammen. Alle Teilschaltungen wurden dabei nach Möglichkeit zu gleichartigen Funktionseinheiten zusammengefaßt und jede Einheit auf einer eigenen Platine untergebracht. Eine Platine trägt die Stromversorgung, eine weitere die Eingangsverstärker und Pufferstufen sowie den Summierer und die Ausgangspufferstufe. Auf den zehn übrigen Platinen befindet sich je eine "Filtereinheit". Unter "Filtereinheit" soll diejenige Funktions-

gruppe in Bild 1 verstanden werden, die aus einem Tief-, Hoch- oder Bandpaßfilter, dem zugehörigen Hüllkurven-Detektor, dem entsprechenden Filter des Synthese-Teils und dem VCA besteht. Der Deutlichkeit halber gibt Bild 2 das Blockschaltbild einer vollständigen Filtereinheit wieder. Da die vollständige Schaltung des Vocoders zu umfangreich und zu unübersichtlich ist, als daß sie hier abgedruckt werden könnte, werden wir uns nacheinander mit den einzelnen Teilschaltungen beschäftigen. Zunächst die Bandfiltereinheiten, von denen der Vocoder acht Stück enthält, die sich nur hinsichtlich der Dimensionierung voneinander unterscheiden.

Die Bandfiltereinheit

Bild 3 zeigt die Schaltung dieser Funktionsgruppe. Man sieht unmittelbar, daß die Feststellung, die Gesamtschaltung sei zum Abdrucken zu umfangreich, sicherlich nicht übertrieben war. Immerhin stellt Bild 3 nur eine Filtereinheit dar, und der Vocoder besitzt zehn dieser Einheiten! Die acht Bandfiltereinheiten des Gerätes sind identisch aufgebaut. Da aber jedes Filter innerhalb des Frequenzbereiches von 200 Hz bis 4600 Hz ein anderes Frequenzband überstreichen soll, sind die Kondensatoren C1...C11 für jede Einheit anders dimensioniert. Tabelle 1 gibt an, wie groß diese Kondensatoren der einzelnen Bandfiltereinheiten BPF1...BPF8 sein müssen, und welches Frequenzband jedes Filter bei der angegebenen Dimensionierung durchläßt. In Bild 3 sind die in der Blockschaltung in Bild 2 gezeichneten einzelnen An-

schlußpunkte nicht auf den ersten Blick zu erkennen. Der Deutlichkeit halber soll hier kurz angegeben werden, an welchen Punkten sich die Ein- und Ausgänge der Filtereinheit befinden. Die Punkte a) und b) sind die Filtereingänge für das Sprach- bzw. das Trägersignal; Punkt c) ist der Ausgang der Filtereinheit, also der Ausgang des VCA. Punkt d) ist der Regelspannungsausgang (U_{Cout}) des Analyse-Teils, an dem das gleichgerichtete Signal des Analyse-Filters abgegriffen werden kann, und Punkt e) bildet den Regelspannungseingang (U_{Cin}) des Synthese-Teils. Jedes Bandfilter besteht aus einer Kettenschaltung zweier aktiver Filter. A1 und A2 und die zugehörigen passiven Komponenten bilden das Analyse-Filter, während A3 und A4 zu dem identischen Filter des Synthese-Teils gehören. Als Präzisionsgleichrichter sind A5 und A7 mit den entsprechenden Komponenten eingesetzt, und das folgende Tiefpaßfilter ist mit A9 aufgebaut. A10 bildet den VCA. Damit ist der grundsätzliche Aufbau der Bandfiltereinheit beschrieben. Eine Reihe von Einzelteilen, die hier noch nicht ausdrücklich erwähnt wurden, betrachten wir später noch genauer. Es fällt bei der Schaltung sofort die große Zahl der eingesetzten Opamps auf. Auch die anderen Funktionseinheiten enthalten fast ausschließlich Opamps, da eine aus diskreten Bauelementen aufgebaute Schaltung noch wesentlich komplexer wäre und außerdem mehrere hochwertige Opamps auf dem Markt sind, die sich für unsere Zwecke sehr gut einsetzen lassen. Der größte Teil der verwendeten

4

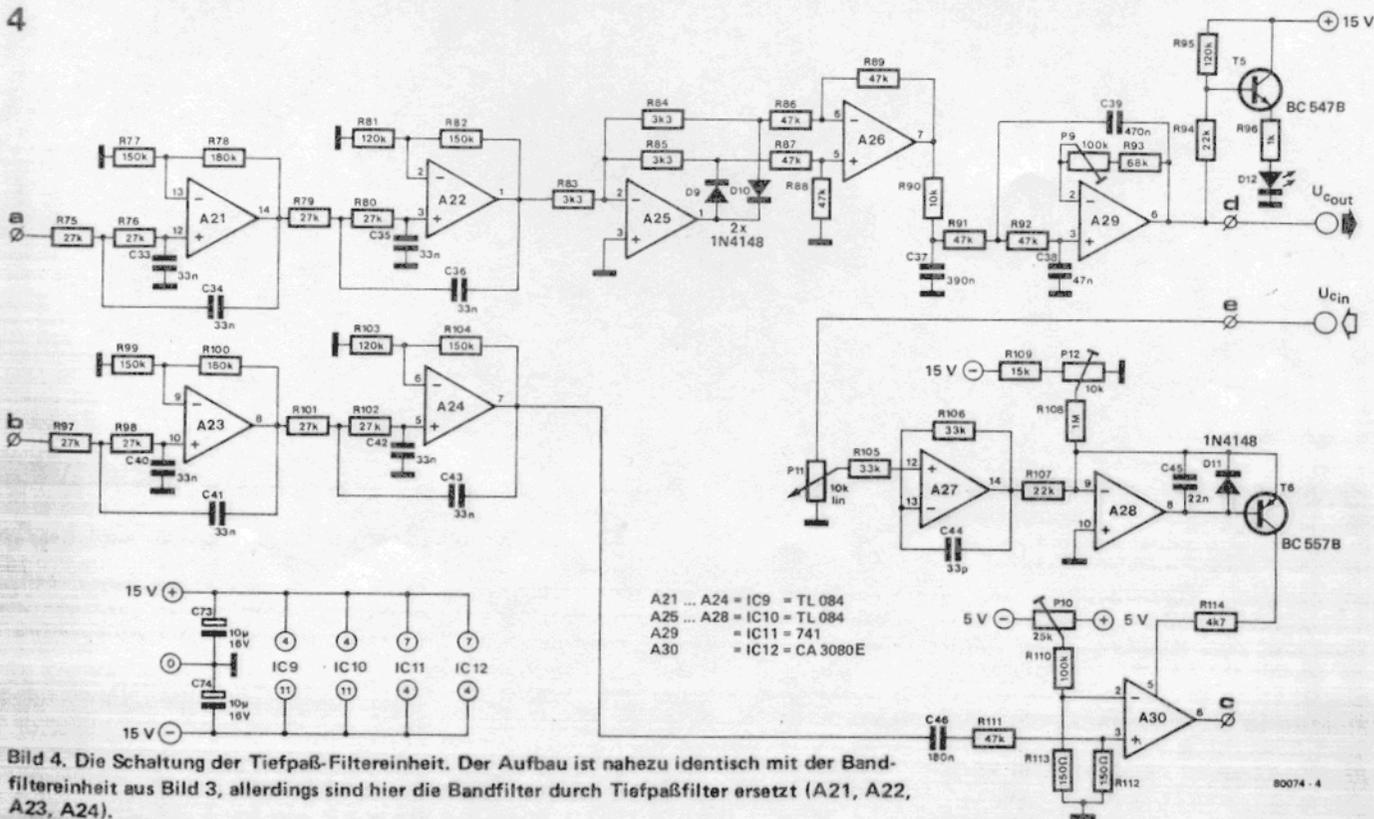


Bild 4. Die Schaltung der Tiefpaß-Filtereinheit. Der Aufbau ist nahezu identisch mit der Bandfiltereinheit aus Bild 3, allerdings sind hier die Bandfilter durch Tiefpaßfilter ersetzt (A21, A22, A23, A24).

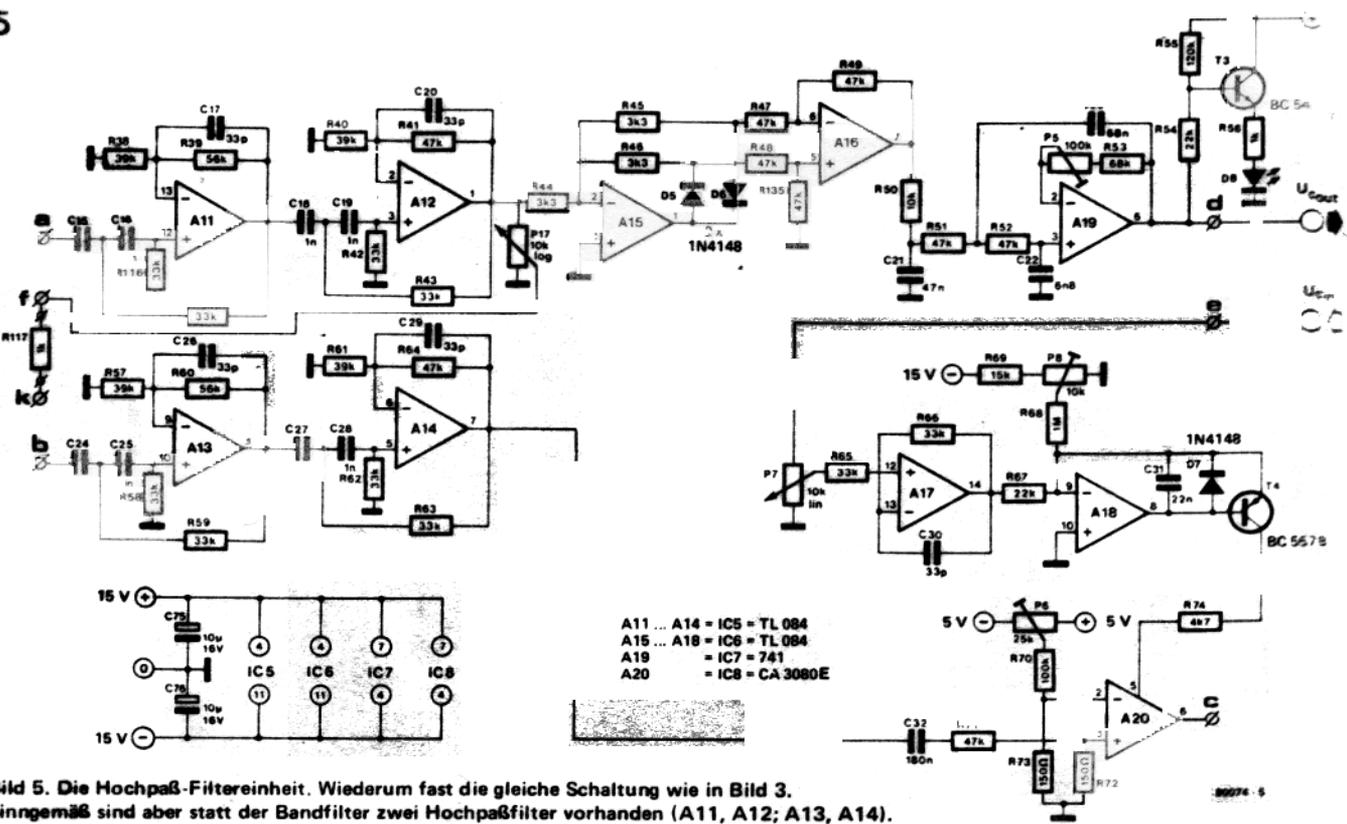


Bild 5. Die Hochpaß-Filtereinheit. Wiederum fast die gleiche Schaltung wie in Bild 3. Sinngemäß sind aber statt der Bandfilter zwei Hochpaßfilter vorhanden (A11, A12; A13, A14).

Opamps besitzt JFET-Eingänge. Eine gute Lösung bildet der Schaltkreis TL084, der vier Opamps enthält und bereits mit Erfolg in mehreren Elektor-Schaltungen getestet wurde. Dieses IC ist im allgemeinen ohne Schwierigkeiten erhältlich und nicht zu teuer. Weiterhin finden der bekannte 741 und – als VCA – ein OTA CA3080 Verwendung, der auch bereits in mehreren Elektor-Entwürfen eingesetzt wurde.

Bei den Bandfiltern handelt es sich um Kettenschaltungen zweier aktiver Filter. Jedes dieser aktiven Filter besteht aus einem sogenannten Rauch-Filter, das mit jeweils einem Opamp aufgebaut ist (A1, A2, sowie A3, A4). Die geringen Dimensionierungsunterschiede zwischen den beiden Filtern einer Kettenschaltung haben zur Folge, daß zwei auf die gleiche Mittenfrequenz abgestimmte und hintereinandergeschaltete Filter sich gegenseitig derart beeinflussen, daß die resultierende Durchlaßkurve der Filter breiter als die "normale" Charakteristik von Bandpaßfiltern wird. Jedes Filter erreicht eine Flankensteilheit von 12 dB/Oktave, entsprechend beträgt die Steilheit eines Bandfilters 24 dB/Oktave. Bei den meisten Filterschaltungen genügt es zur Abschätzung der Flankensteilheit, wenn man die Anzahl der vorhandenen Kondensatoren mit 6 multipliziert. Hier besitzt jedes Teil-Filter zwei Kondensatoren, also ist die Steilheit 12 dB/Oktave. So einfach ist das.

Zurück zu der Schaltung. In dem Analyse-Teil sieht man einen mit zwei Opamps aufgebauten Vollweg-Gleichrichter (A5, A7, D1, D2), der die Bandfilter geschaltet ist. Das

Netzwerk R30/C9 dient zur Glättung der Ausgangsspannung des Gleichrichters. Zur Unterdrückung kurzzeitiger Amplitudenschwankungen gelangt die Gleichspannung danach auf ein Tiefpaßfilter, das den Opamp A9 als aktives Teil enthält. Da es in der Praxis günstig ist, die Eckfrequenz dieses Tiefpaßfilters der Durchlaßkurve des vorgeschalteten Bandfilters anzupassen, besitzen die Kondensatoren C9, C10 und C11 für jede der Platinen 1 bis 8 einen anderen Wert. Über die genaue Zuordnung gibt Tabelle 1 Aufschluß.

Um die Offset-Spannung am Steuerungsausgang U_{Cout} möglichst gering zu halten, ist für den Opamp A9 zur Spannungseinstellung das Potentiometer P1 vorgesehen. Die schon erwähnte LED-Anzeige zur Darstellung des "Frequenzspektrums" ist mit Hilfe einer Transistorstufe (T1) realisiert, in deren Emittierleitung sich die LED (D3) befindet und die von der Steuerungsspannung für die VCAs (V_C) gesteuert wird.

Nun zum Synthese-Teil. Das Filter ist ebenso aufgebaut wie das des Analyse-Teils. Dahinter folgt der spannungsgesteuerte Verstärker (VCA), den hier der OTA A10 bildet.

Eigentlich ist dieser OTA gar kein spannungsgesteuerter, sondern ein stromgesteuerter Verstärker. Aus diesem Grund sind einige zusätzliche Maßnahmen notwendig. Man erkennt, daß die vom Analyse-Teil eingespeiste Steuerungsspannung über eine Pufferstufe (A6) auf eine spannungsgesteuerte Stromquelle gelangt, die mit A8 und T2 aufgebaut ist. Jede Änderung der Eingangsspannung U_C bewirkt eine entsprechende Änderung des Ausgangs-

stromes der Stromquelle, der dann als Steuerstrom für den OTA auf Pin 5 von A10 gegeben wird. Mit P4 läßt sich die Ansprechschwelle der Stromquelle verändern – auf die entsprechende Justierung werden wir später noch zurückkommen. Das gilt auch für die Einstellung des Potentiometers, die dem man den Eingangs-Differenzkern des OTA symmetrieren kann, soll nur kurz der Zweck dieser Maßnahmen angedeutet werden. Hier kein Trägersignal am Eingang des Analyse-Teils keinerlei Einwirkung auf den OTA-Ausgang haben. Diese Bedingung läßt sich nur durch eine exakte Einstellung des OTA erfüllen.

Die Hoch- und Tiefpaßeinheit

Die Bilder 4 und 5 zeigen diese beiden Schaltungen, die einander sehr ähnlich sind und nur hinsichtlich der Filter-schaltungen von den in Bild 3 dargestellten Bandfiltereinheiten abweichend eine detaillierte Betrachtung erübrigt sich daher.

Sowohl bei den Hoch- als auch bei den Tiefpaßfiltern handelt es sich um eine bekannte Variante des Salleney- & Key-Filters, die mit einem OTA realisiert ist. Auch hier findet eine Kettenschaltung aus zwei Oktave steilen Teil-Filtern Verwendung, womit sich in bekannter Weise eine Steilheit von 24 dB/Oktave ergibt. Die Eckfrequenz der beiden Filter nach Bild 4 liegt bei 200 Hz, die Eckfrequenz der beiden

dargestellten Hochpaßfilter beträgt 5600 Hz.

Die Ein- und Ausgangseinheit

Bild 6 enthält die Schaltung von dem "Rest" des Vocoders, die Ein- und Ausgangsschaltungen. Beide befinden sich auf einer gemeinsamen Platine.

Wegen seiner günstigen Eigenschaften hinsichtlich Rauschabstand und Aussteuerbarkeit findet in den Ein- und Ausgangsverstärkern der "Studio-Audio-Opamp" TDA 1034 (NE 5534) Verwendung. In diesem Zusammenhang noch brandaktuell ist der Artikel "Topamp-Vorverstärker" vom November '79, der diesen Opamp "im Einsatz" zeigt.

Bild 6a zeigt den Eingangsverstärker für das Sprachsignal. Als rauscharmer Mikrofonvorverstärker dient Opamp A31. Seine Spannungsverstärkung kann zwischen 1mal bis 100mal eingestellt werden, womit die Eingangsempfindlichkeit zwischen 10 mV und 7,7 V liegt. Auch Mikrofonsignale kann man über diesen Eingang einschleifen. Die Verstärkung der Eingangsstufe läßt sich einfach berechnen, indem man den Wert von P16 durch den Wert von R115 teilt.

Der Ausgang der Eingangsverstärkerstufe liegt über eine Drahtbrücke (an deren Stelle später ein Voiced/Unvoiced-Detektor angeschlossen werden kann) am folgenden Pufferverstärker A32, der zur Unterdrückung von Rumpelgeräuschen mit C54 und C55 als aktives Hochpaßfilter geschaltet ist. Der Ausgang (Punkt a) dieses Opamps wird mit den Punkten a) auf allen Bandfiltereinheiten verbunden.

In Bild 6b ist die Eingangsschaltung für das Trägersignal dargestellt. Über das Potentiometer P14 gelangt dieses Signal auf einen einfachen Vorverstärker mit einem Verstärkungsfaktor von etwa 10. Die folgende Drahtbrücke führt das Signal zu A34. Analog zu der Schaltung in Bild 6a ist auch hier der Ausgang b) des mit A34 aufgebauten aktiven Rumpelfilters mit den Punkten b) aller Bandfiltereinheiten zu verbinden.

Die mit c) gekennzeichneten Ausgänge der Bandfiltereinheiten (siehe Bild 3, 4 und 5) verbindet man mit dem Eingang c) des Summenverstärkers nach Bild 6c. Hier ist ein LM 301 eingesetzt (A35), auf den als Ausgangsstufe (A36) wiederum ein TDA 1034 folgt. Der Ausgang dieses Schaltkreises bildet den Line-Ausgang des Vocoders; er liefert etwa 0,7 V Ausgangsspannung bei einer sehr geringen Ausgangsimpedanz (einige hundert Ohm) aufgrund der "negativen Gegenkopplung". Widerstand R134 ist nur aus Gründen der Stabilität und des Kurzschlußschutzes eingefügt.

Alles Weitere . . .

Soweit zum ersten Teil des Selbstbau-Vocoders. Er ist doch etwas länger geworden als er ursprünglich sein sollte.

6

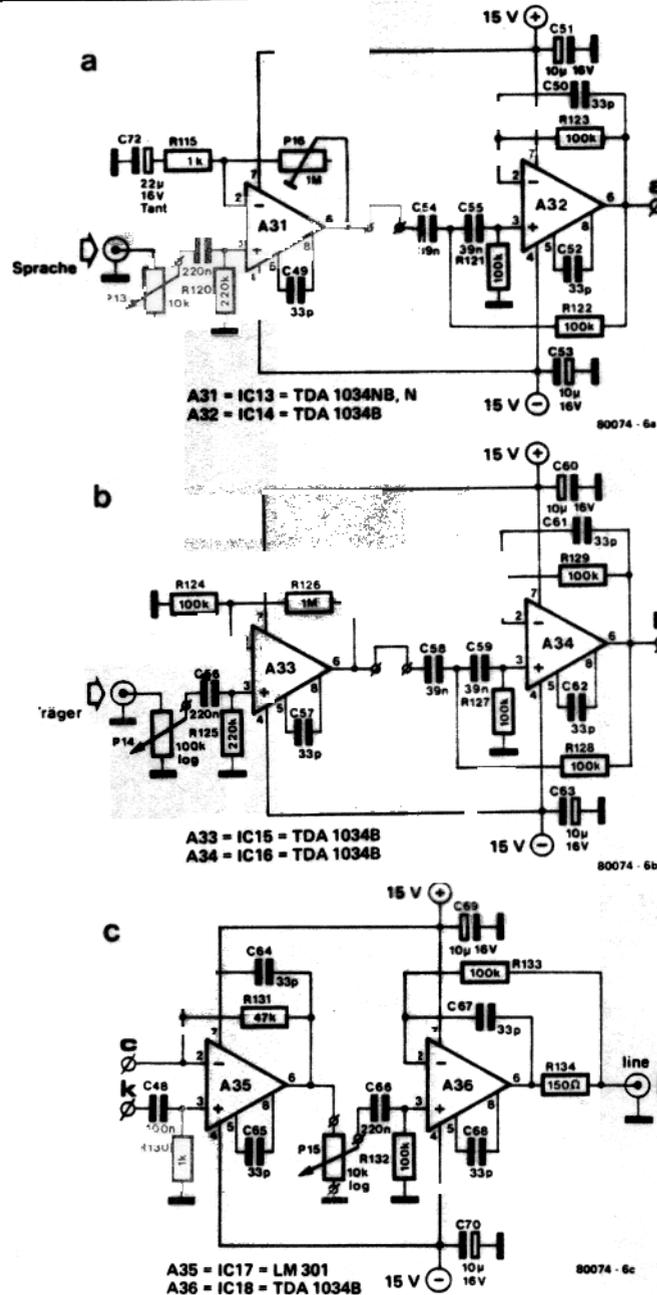


Bild 6. Die Ein- und Ausgangseinheit.

6a: Eingangsschaltung für das Sprachsignal.

6b: Eingangsschaltung für das Trägersignal.

6c: Summen- und Ausgangsverstärker.

Die Punkte a), b) und c) werden mit den entsprechenden Punkten nach Bild 3, 4 und 5 verbunden.

Wie geht es nun weiter? Wir werden demnächst noch die Schaltung der Stromversorgung, die Stücklisten und die Platinen-Layouts veröffentlichen. Dazu geben wir die für den Aufbau notwendigen Erläuterungen und beschreiben die Einstellung des Gerätes. Wir hoffen, das alles bereits im nächsten Heft abdrucken zu können.

Was noch? Geplant ist ein weiterer Artikel, der sich mit der Benutzung des Vocoders befaßt. Geplant ist auch eine Schaltung, mit der man die LED-Anzeige des Vocoders zu einem vollständigen Audio-Spektrum-Analyser ausbauen kann. Wir nehmen an, daß besonders für diese Erweiterungsmöglichkeit ein lebhaftes Interesse besteht.

Alle übrigen Vorhaben sind eigentlich noch nicht recht spruchreif, aber wir wollen zumindest in absehbarer Zeit einen Voiced/Unvoiced-Detektor mit einem entsprechenden Rauschgenerator entwickeln. Kurzum, das Thema "Vocoder" wird noch einige Zeit in Elektor auftauchen.

Literatur:

Elektor, November 1977 und Januar 1978:

"Vocoder", "Technik und Anwendung".

Elektor, Dezember 1979:

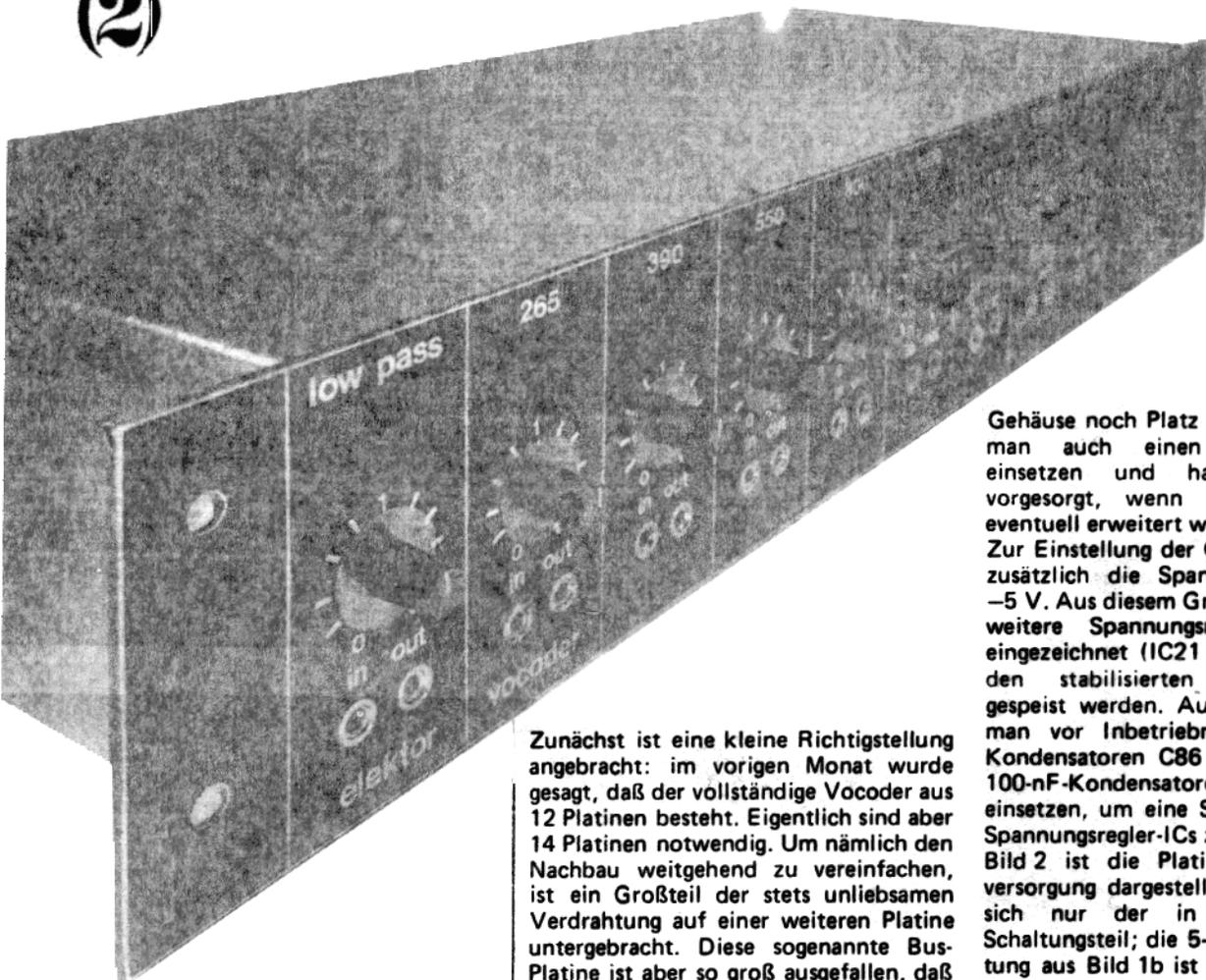
"Vocoder-Systeme".

Elektor, November 1979:

"Topamp-Vorverstärker".

Elektor-Vocoder

(2)



Aufbau und Einstellung

Dieser Artikel setzt das Vocoder-Projekt fort. Der vorige Teil behandelte die Block- und Prinzipschaltbilder des Gerätes. Damit ist die Arbeitsweise der Schaltung hoffentlich deutlich geworden, die ausführliche Bauanleitung enthält der vorliegende Teil. Damit haben wir versucht, den Selbstbau so einfach wie nur möglich zu machen.

Zunächst ist eine kleine Richtigstellung angebracht: im vorigen Monat wurde gesagt, daß der vollständige Vocoder aus 12 Platinen besteht. Eigentlich sind aber 14 Platinen notwendig. Um nämlich den Nachbau weitgehend zu vereinfachen, ist ein Großteil der stets unliebsamen Verdrahtung auf einer weiteren Platine untergebracht. Diese sogenannte Bus-Platine ist aber so groß ausgefallen, daß wir sie in zwei kleinere Platinen unterteilen mußten, um Schwierigkeiten beim Versand aus dem Wege zu gehen. Alle anderen Platinen (mit Ausnahme der Stromversorgung) können mit Stiftleisten an die Bus-Platine angeschlossen werden. Ein kleiner Kunstgriff, der nicht nur die Montage erleichtert, sondern auch die "Servicefreundlichkeit" des Gerätes wesentlich erhöht. Wir nehmen an, daß dieser Zusatz allgemein willkommen ist.

Die Stromversorgung

In dem vorigen Teil blieben die Platinen-Layouts und die Schaltung der Stromversorgung unberücksichtigt. Allerdings ist der Versorgungsteil recht einfach aufgebaut und benötigt keine umfangreichen Erläuterungen. Bild 1 zeigt die Schaltung.

Zwei integrierte Spannungsregler (IC19, IC20) liefern die beiden benötigten Spannungen von +15 V und -15 V; eine einfache und betriebssichere Lösung. Die gesamte Stromaufnahme des Vocoders liegt bei 200 mA. Mit dem angegebenen 400-mA-Transformator hat die Schaltung genügend Reserven. Ist in dem

Gehäuse noch Platz vorhanden, so kann man auch einen größeren Trafo einsetzen und hat damit bereits vorgesorgt, wenn das Gerät später eventuell erweitert werden soll.

Zur Einstellung der OTAs benötigt man zusätzlich die Spannungen +5 V und -5 V. Aus diesem Grund sind noch zwei weitere Spannungsregler in Bild 1b eingezeichnet (IC21 und IC22), die mit den stabilisierten 15-V-Spannungen gespeist werden. Auf jeden Fall sollte man vor Inbetriebnahme die Tantal-Kondensatoren C86 und C87 und die 100-nF-Kondensatoren C84 und C85 einsetzen, um eine Schwingneigung der Spannungsregler-ICs zu unterdrücken. In Bild 2 ist die Platine für die Stromversorgung dargestellt. Auf ihr befindet sich nur der in Bild 1a gezeigte Schaltungsteil; die 5-V-Stabilisator-Schaltung aus Bild 1b ist auf der Bus-Platine untergebracht.

Nachtrag

Noch ein weiterer Punkt kam im letzten Artikel nicht mehr zur Sprache, was jetzt schnellstens nachgeholt werden soll. In Bild 3 ist der betreffende Teil der Hochpaß-Filtereinheit noch einmal dargestellt. Es dreht sich hier um die Komponenten P17 und R117. Wie man sofort sieht, ist der Punkt k mit einem zusätzlichen Eingang k des Summenverstärkers verbunden (Teil 1, Bild 6). Damit kann man auch schon die Wirkungsweise erahnen. Hinter dem Hochpaßfilter A11/A12 kann man nämlich mit P17 den Anteil des "hochfrequenten" Teils des Sprachsignals einstellen, der über R117 direkt an den Ausgang geleitet, also nicht "vocodiert" wird.

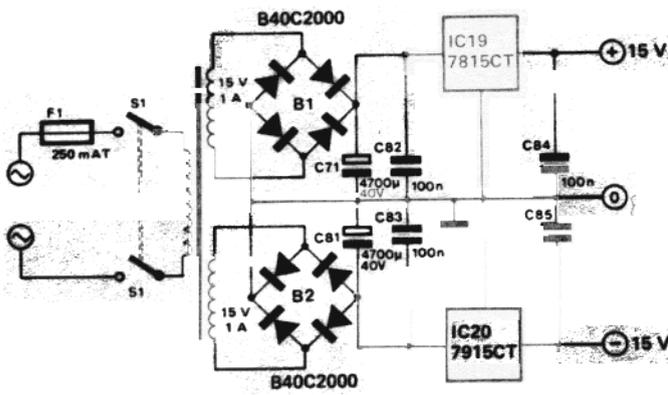
Auf diese Weise lassen sich die Nachteile, die sich aus dem Fehlen eines Voiced/Unvoiced-Detektors und eines Rauschgenerators ergeben, zu einem erheblichen Teil wieder ausgleichen. Wenn nämlich das Trägersignal nur einen relativ geringen Anteil hoher Frequenzen aufweist, so lassen sich unter Umständen

Bild 1. Die S
das Gerät sp

2

Bild 2. Lei
Die 5-V-Sp

1a



1b

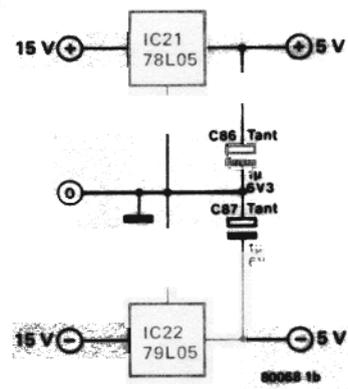


Bild 1. Die Schaltung der (sehr einfachen) Stromversorgung des Vocoders. Man kann auch einen etwas größeren Transformator einsetzen, wenn das Gerät später noch erweitert werden soll.

Stückliste für Bild 1a und 2

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

Halbleiter:
 B1, B2 = B40C2000
 IC19 = 7815 CT
 IC20 = 7915 CT

Sonstiges:
 Netztrafo 2 x 15 V oder
 2 x 20 V/400 mA
 S1 = doppelpoliger Netzschalter
 F1 = Feinsicherung 250 mA

2

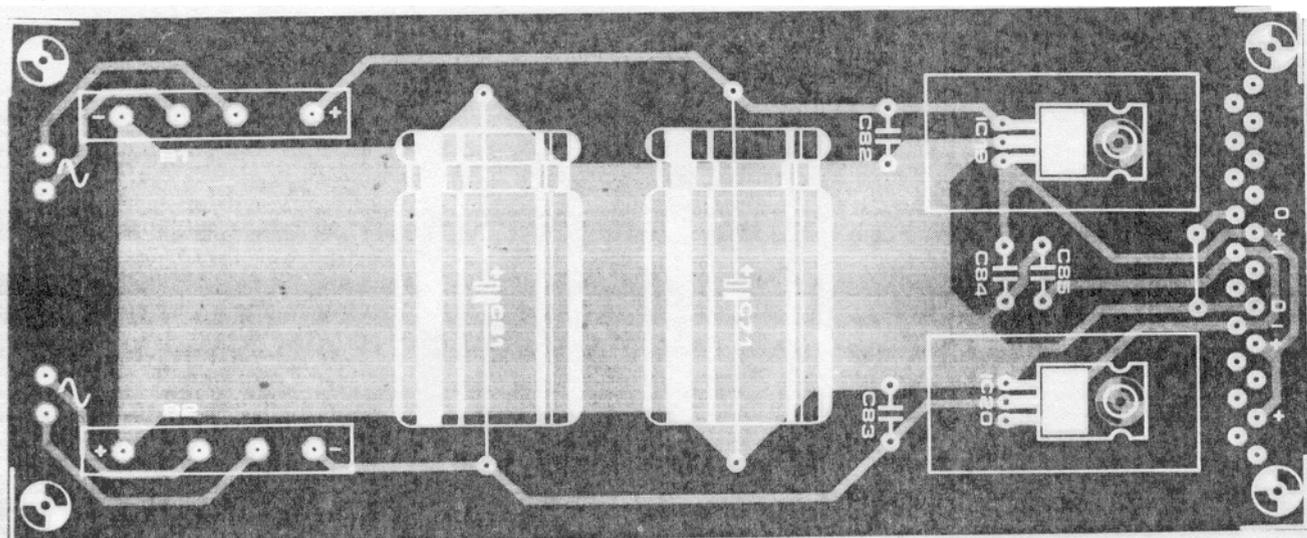
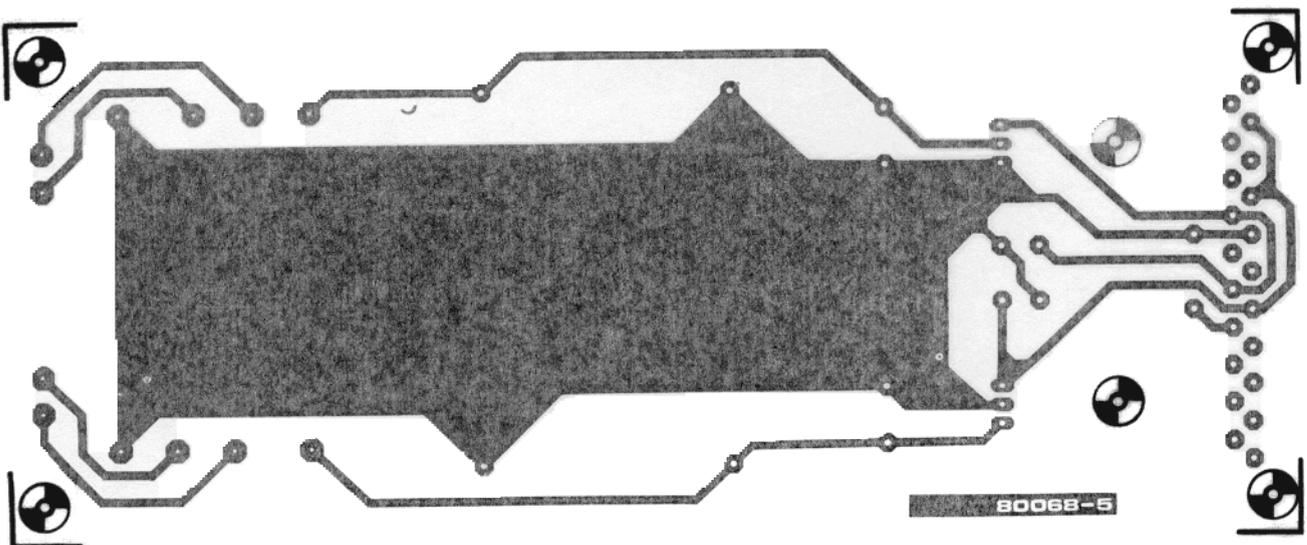


Bild 2. Löt- und Bestückungsseite der Versorgungsplatine. Die Platine enthält nur die 15-V-Stabilisatorschaltung nach Bild 1a. Die 5-V-Stabilisatoren befinden sich auf der Bus-Platine.

3

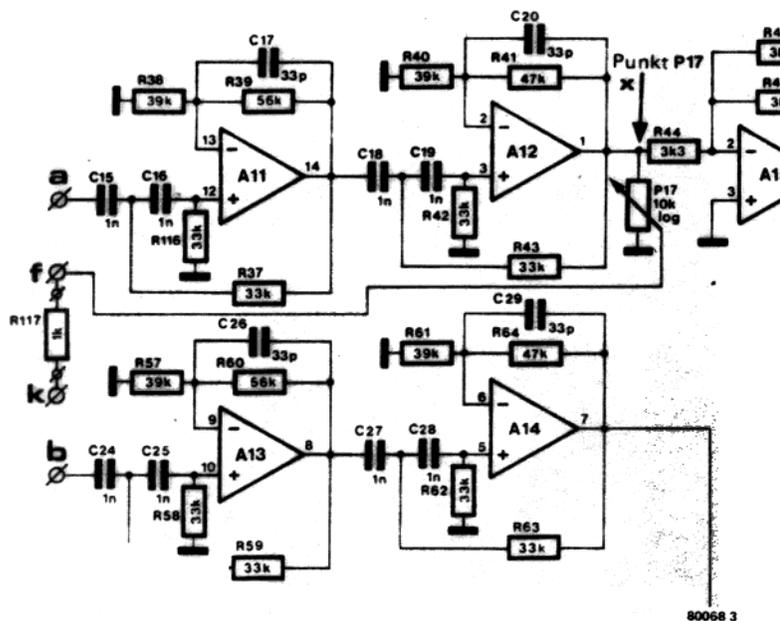


Bild 3. Ein Ausschnitt der Schaltung für die HPF-Einheit. Über P17 und R117 gelangen die hohen Frequenzanteile des Sprachsignals direkt auf den Summenverstärker, falls das Trägersignal nur einen geringen Anteil hoher Frequenzen aufweist.

die in dem Sprachsignal vorkommenden Zisch- und Verschlusslaute nicht mehr zufriedenstellend auf das Trägersignal übertragen. In diesem Fall kann man mit P17 diese fehlenden, hohen Frequenzen direkt dem Sprachsignal entnehmen und in der gewünschten Intensität dem Ausgangssignal des Vocoders beimischen. Durch diesen Kunstgriff läßt sich die Verständlichkeit des Ausgangssignals meist beträchtlich erhöhen.

Die Filterplatine ist so ausgeführt, daß man das Potentiometer P17 problemlos anschließen kann. Am Rand der Platine sind Lötstützpunkte vorgesehen, die mit dem Masseanschluß und dem Schleifer (Punkt f) des Potis verbunden werden; das "heiße Ende" des Potis schließt man an die kleine Insel auf der Platine an, die mit "P17" gekennzeichnet ist. Für den Widerstand R117 ist auf der Bus-Platine Platz vorhanden. Außerdem enthält die Bus-Platine die Verbindung zwischen dem Widerstand und dem entsprechenden Eingang des Summenverstärkers (also die Verbindung zwischen den beiden Punkten k).

Die Platinen für die Ein/Ausgangseinheit und die Filtereinheiten

Wir können an dieser Stelle auf zwei verschiedene Arten vorgehen. Entweder drucken wir alle Entwürfe aus dem Teil 1 hier noch einmal ab, oder wir bitten den Leser, die entsprechenden Schaltungen im Januarheft nachzuschlagen. Der letztgenannte Weg erscheint uns sinnvoller. In Teil 1 ist in Bild 1 das Blockschaltbild einer Filtereinheit dargestellt; die Bilder 3, 4 und 5 enthalten jeweils die Schaltung einer Bandpaß-, Tiefpaß- bzw. Hochpaß-Filtereinheit. In dem zugehörigen Text wurde bereits erwähnt, daß beim Entwurf der Platinen die Forderung

nach einem möglichst einfachen und übersichtlichen Aufbau des Gerätes maßgebend war. Aus diesem Grund ist die Platine so ausgelegt, daß alle Filtertypen (also sowohl BPF-, als auch HPF- und LPF-Einheiten) auf ihr aufgebaut werden können. In Bild 4 ist das Layout dieser universellen Filtereinheiten-Platine wiedergegeben. Der "universelle" Bestückungsaufdruck gilt aus technischen Gründen leider nur für die BPF-Einheit. Den Bestückungsplan und die Einzelteilliste für die Ausführung als Bandfiltereinheit (a), Tiefpaßfiltereinheit (b) und Hochpaßfiltereinheit (c) findet man in Bild 5. Tabelle 1 enthält eine Liste der Kondensatoren C1...C11, die in den 8 BPF-Einheiten jeweils unterschiedliche Werte aufweisen. Zwar ist diese Tabelle schon in Teil 1 enthalten, aber wir haben sie hier der Einfachheit halber mit aufgenommen. In der Einzelteilliste aus Bild 5 wird man vergeblich nach den Entkoppel-elkos für die Stromversorgung suchen, die in Teil 1 in den Bildern 3, 4 und 5 eingezeichnet sind (C73...C76 und 8 x C77 und C78); diese sind nämlich auch auf der Bus-Platine untergebracht. Nun folgt die Platine für die Ein/Ausgangseinheit (Teil 1, Schaltung Bild

Tabelle 1

Bandpaßfilter (BPF) Nr.	f_R [Hz]	Frequenzbereich [Hz]	C1 [nF]	C8 [nF]	C9 [nF]	C10 [nF]	C11 [nF]
1	265	210 - 320	82	220	33	330	
2	390	320 - 460	56	150	22	220	
3	550	460 - 640	39	100	15	150	
4	800	640 - 960	27	60	10	100	
5	1200	960 - 1440	18	47	6,8	68	
6	1770	1440 - 2100	12	47	6,8	68	
7	2650	2100 - 3200	8,2	47	6,8	68	
8	3900	3200 - 4600	5,6	47	6,8	68	

Tabelle 1. Die Werte der Kondensatoren C1 C11 für die acht verschiedenen BPF-Einheiten

6). Das Layout und der Bestückungsplan dafür finden sich in Bild 6. Um einen einheitlichen Aufbau des Gerätes zu erreichen, wurden hier ebenso wie bei der Platine für die Stromversorgung die relativ geringen Abmessungen (70 x 168 mm) der übrigen Platinen beibehalten. Auch die zur Ein/Ausgangseinheit gehörenden Entkoppelkondensatoren (C79 und C80) sind auf der Bus-Platine untergebracht und daher nicht im Bestückungsplan in Bild 6 enthalten.

Noch ein Wort zu den Platinen. Die Bestückungsarbeit wird etwas übersichtlicher, wenn man bei den Filtereinheiten zunächst die Bauteile einlötet, die in allen Einheiten gleich sind; man muß dann nicht kreuz und quer in den verschiedenen Bestückungsplänen aus Bild 5 herumsuchen. Weiterhin darf man nicht die Drahtbrücken vergessen, die natürlich nicht in den Einzelteillisten aufgeführt sind. Auf den Platinen für die Hoch- und Tiefpaßfiltereinheiten befinden sich zwei Brücken, auf jeder Bandfilter-Platine sitzen sechs und auf der Ein/Ausgangs-Platine fünf Drahtbrücken. Die Anschlüsse für die Bedienelemente und die Verdrahtung befinden sich entsprechend getrennt an den beiden Schmalseiten der Platinen. Folglich befinden sich auf den Filterplatinen an der Seite, die zur Gerätefront zeigt, die Anschlüsse für die Regelspannung U_{out} und U_{cin} (in den Schaltungen sind das die Punkte d und e), für die LEDs und die Pegelsteller (8 x P3, P7 und P11) für U_{cin} . Auf der entgegengesetzten Seite sind die Anschlüsse für das Sprach- und das Trägersignal (also die Punkte a und b) und für das modulierte Ausgangssignal (c) jeder Einheit angebracht. Außerdem finden sich hier die Anschlußpunkte für die Versorgungsspannungen und (für spezielle Anwendungen - wir kommen später darauf zurück) noch einmal für U_{cin} und U_{out} . Ganz entsprechend ist die Anordnung auf der Ein/Ausgangsplatine. Zur Frontseite hin sind die Anschlüsse für die beiden Eingangsbuchsen und die zugehörigen Potentiometer (P13, P14) sowie die Buchse und das Potentiometer für das Ausgangssignal (P15) vorgesehen. Auf der entgegengesetzten Seite liegen die in der Schaltung mit a, b, c und k gekennzeichneten Punkte und die Anschlüsse

Bild 4. Löt

für die St...
In dieser...
ein vollst...
der rück...
gewandte...
kleinen S...
leiste (...
Kontakte...
punkten...
Auf der...
die Ein/A...
platinen...
kleine F...
Diese Fr...
nen Bedi...
lichung z...
aufgebaut...
 U_{cin} -Ans...
hören la...
buchsen...

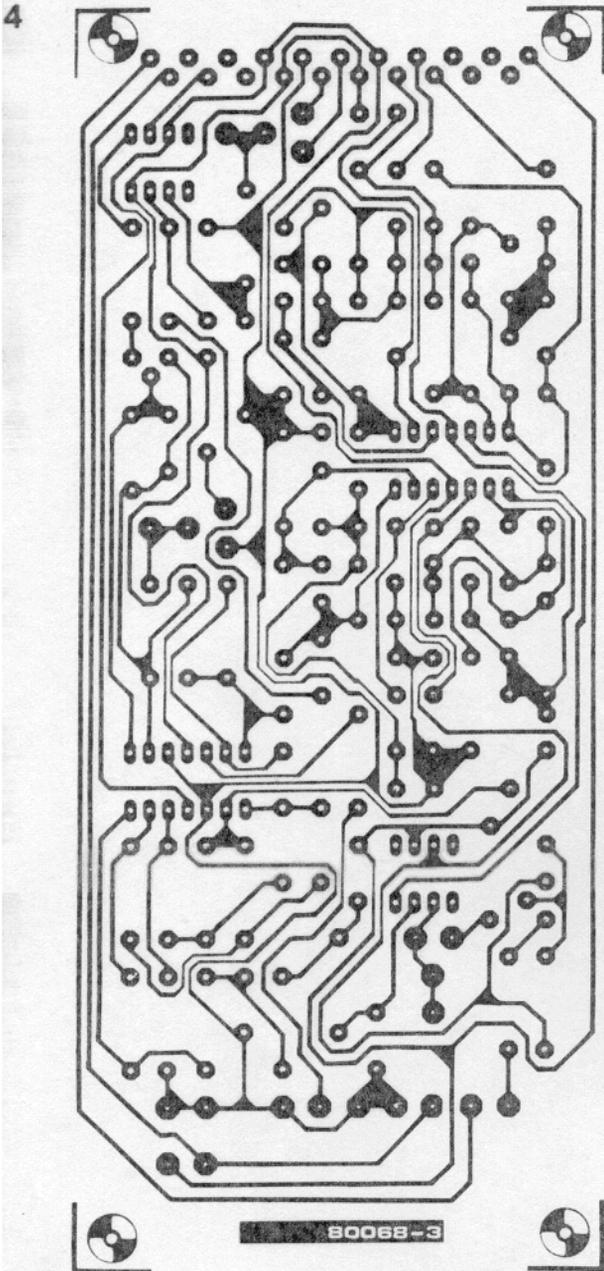


Bild 4. Lötseite der Platine für die Filtereinheiten.

5a

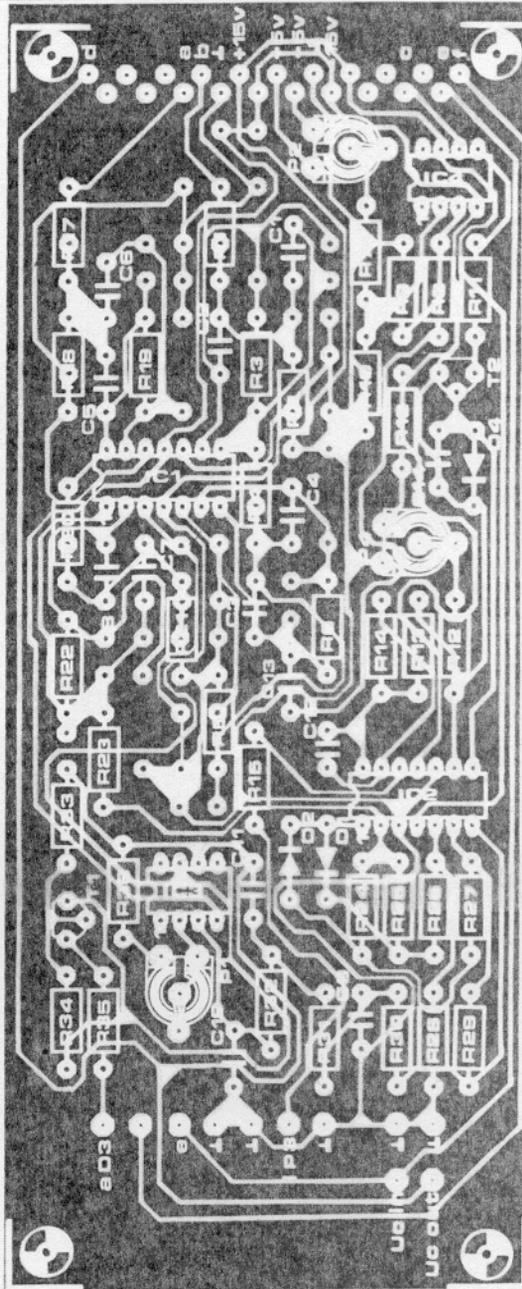


Bild 5. Drei verschiedene Bestückungspläne für die Platine der Filtereinheiten zum Aufbau der Bandfiltermodule (a), des Tiefpaßfilter-Moduls (b) und des Hochpaßfilter-Moduls (c).

für die Stromversorgung.
 In dieser Ausführung stellt jede Platine ein vollständiges Steck-Modul dar: auf der rückwärtigen, also zur Bus-Platine gewandten Seite kann man mit zwei kleinen Schrauben eine 21-polige Stiftleiste (Siemens) anbringen, deren Kontaktstifte direkt mit den Anschlußpunkten auf der Platine verlötet werden.
 Auf der anderen Schmalseite erhalten die Ein/Ausgangsplatine und alle Filterplatinen zwei kleine Winkel, an die eine kleine Frontplatte geschraubt wird. Diese Frontplatte trägt nun die einzelnen Bedienungselemente. Zur Verdeutlichung zeigt Bild 7 eine als Steck-Modul aufgebaute Filter-Platine. Als U_{Cout} - und U_{Cin} -Anschlüsse sind hier die von Ohrhörern her bekannten 3,5-mm-Klinkenbuchsen vorgesehen. Will man bei der

Stückliste für Bild 5a (BPF-Einheit)

Widerstände:

- 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, R31, 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
- P1 = 100-k-Trimpoti

- P2 = 25-k-Trimpoti
- P3 = 10-k-Poti lin
- P4 = 10-k-Trimpoti

Kondensatoren:

- C1 . . . C11 = siehe Tabelle 1
- C12 = 33 p
- C13 = 180 n
- C14 = 22 n

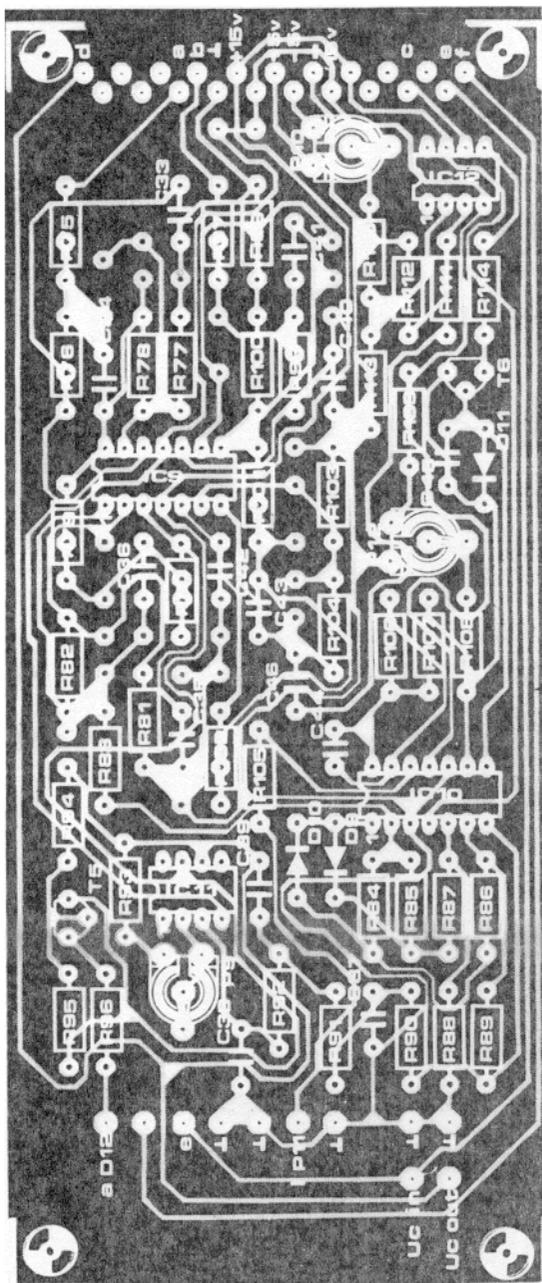
Halbleiter:

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

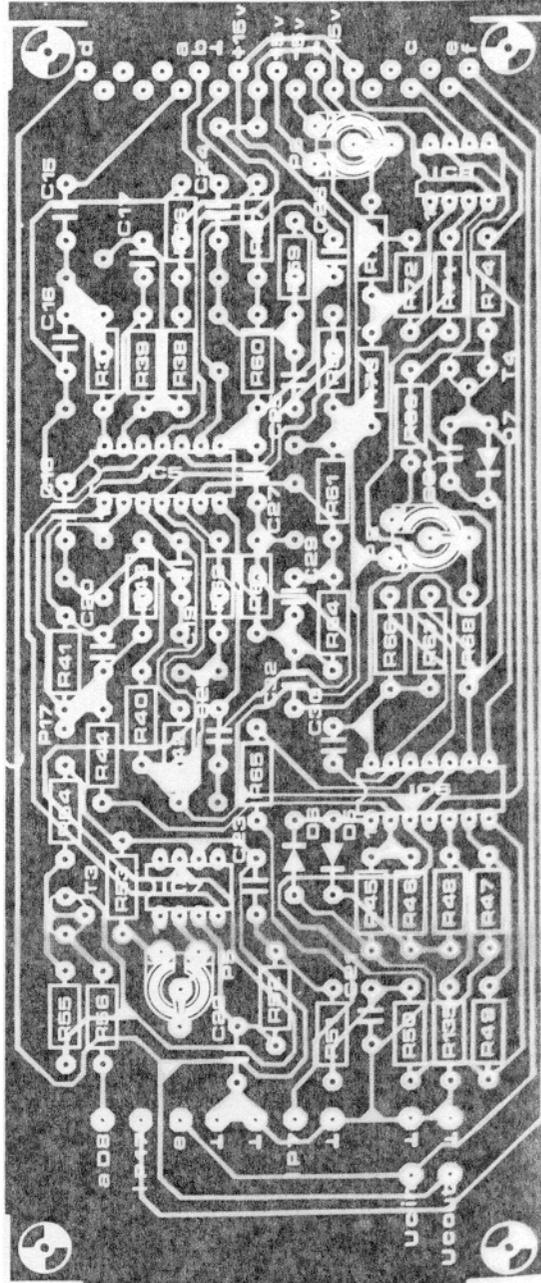
Sonstiges

21-polige Stiftleiste - siehe Gesamt-Stückliste

5b



5c



Stückliste für Bild 5b (LPF-Einheit)

Widerstände:

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 = 47k
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
P9 = 100-k-Trimmpoti
P10 = 25-k-Trimmpoti

P11 = 10-k-Poti lin.
P12 = 10-k-Trimmpoti

Kondensatoren:

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

Halbleiter:

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

Sonstiges:

21-polige Stiftleiste - siehe
Gesamt-Stückliste

Stückliste für Bild 5c (HPF-Einheit)

Widerstände:

R37, R42, R43, R58, R59, R62,
R63, R65, R66, R116 = 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, R73 = 150 Ω
R74 = 4k7
P5 = 100-k-Trimmpoti
P6 = 25-k-Trimmpoti
P7 = 10-k-Poti lin.

P8 = 10-k-Trimmpoti
P17 = 10-k-Poti lin.

Kondensatoren:

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

Halbleiter:

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

Sonstiges:

21-polige Stiftleiste
Gesamt-Stückliste

6

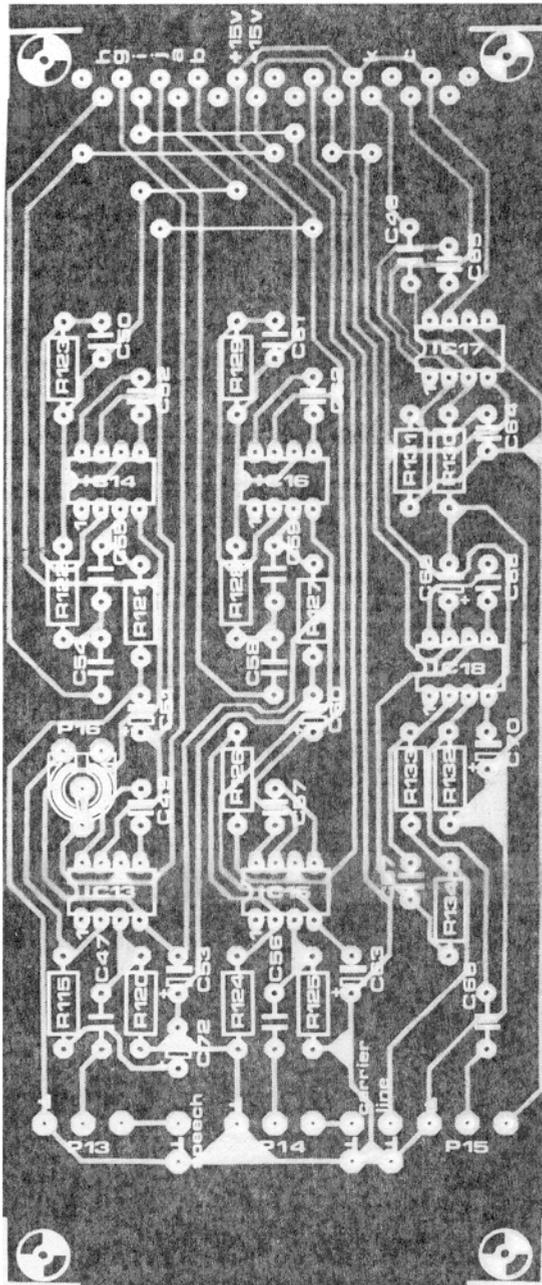
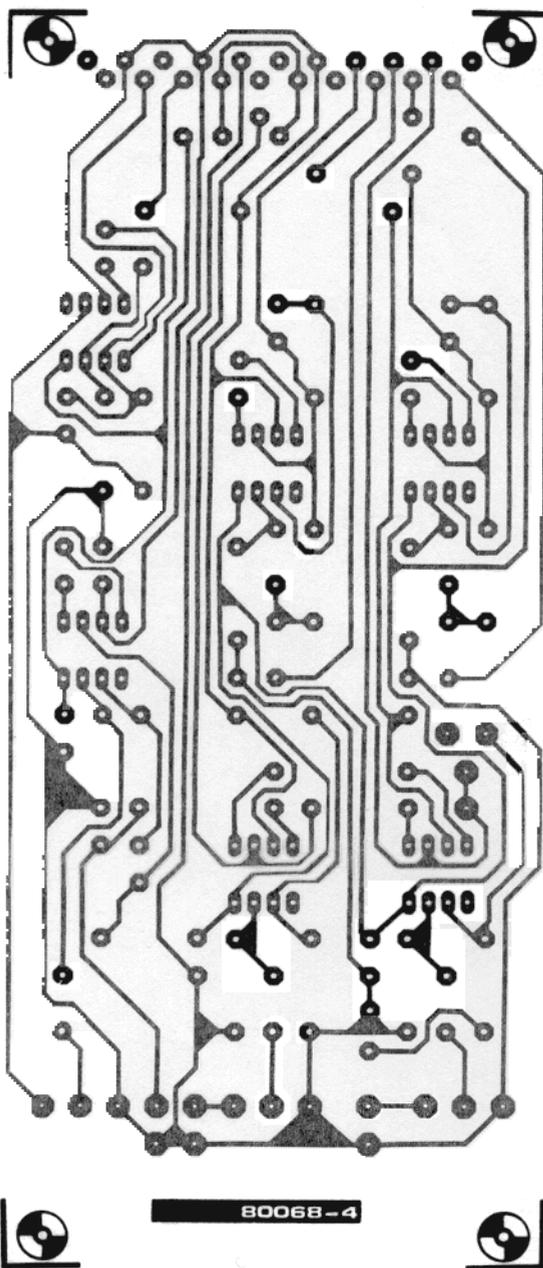


Bild 6. Löt- und Bestückungsseite der Platine für die Ein/Ausgangseinheit.

Stückliste für Bild 6
(Ein- und Ausgangsverstärker)

Widerstände:

- R115, R130 = 1 k
- R120, R125 = 220 k
- R121 ... R124, R127, R128,
R129, R132, R133 = 100 k
- R126 = 1 M
- R131 = 47 k
- R134 = 150 Ω
- P13, P15 = 10-k-Poti log.
- P14 = 100-k-Poti log.
- P16 = 1-M-Trimpoti

Kondensatoren:

- 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 Tantal
- C54, C55, C58, C59 = 39 n
- C72 = 22 µ/16 V Tantal

Halbleiter:

- IC13 = TDA 1034NB, N
- IC14, IC15,
IC16, IC18 = TDA 1034B
- IC17 = LM 301

Sonstiges:

- 21-polige Stiftleiste - siehe
Gesamt-Stückliste

HPF-Einheit den bereits beschriebenen Kunstgriff anwenden, so erhält die Frontplatte ein zusätzliches Potentiometer. Auf der Bedienungsseite der Ein/Ausgangseinheit werden, anders als in Bild 7 dargestellt, drei Potentiometer und drei große (Kopfhörer-) Klinkenbuchsen für den Sprache- und den Trägereingang und für das Ausgangssignal angebracht.

Zusammenbau

Wir können jetzt damit beginnen, aus den einzelnen Platinen, bzw. Steck-Modulen, den vollständigen 10-Kanal-Vocoder zusammenzustellen. In Bild 8 ist der Aufbau schematisch dargestellt. Man erkennt die verschiedenen Steck-Module und die Stromversorgung. Hier zeigt sich auch deutlich der Sinn und Zweck der Bus-Platine: ihr Einsatz erspart die Verdrahtung der Platinen untereinander und sorgt damit für einen

7

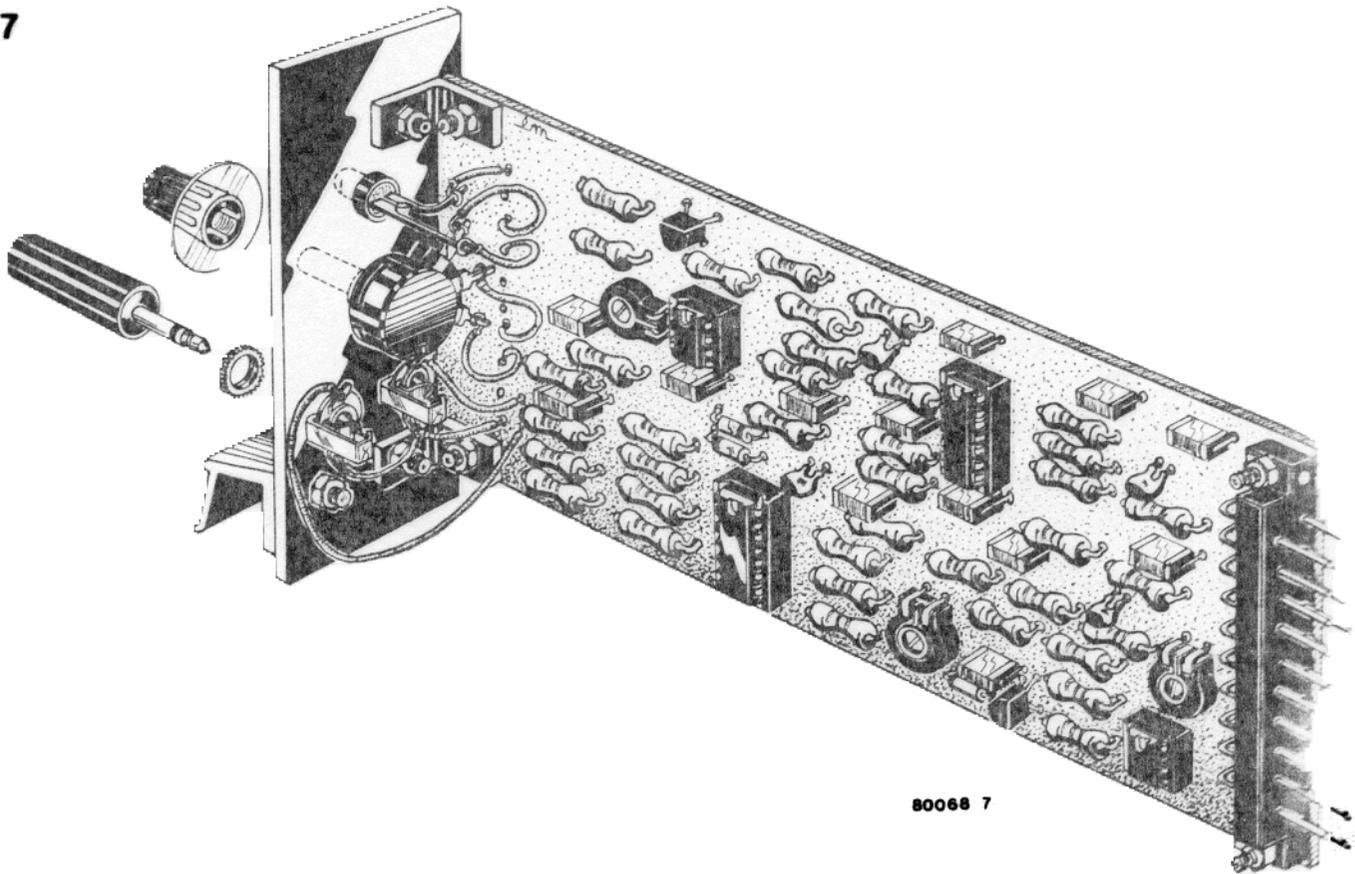


Bild 7. Eine als fertiges Steck-Modul ausgebaute Filtereinheit. Das Bild zeigt bereits die notwendige Verdrahtung, alle übrigen Verbindungen gehen von der 21-poligen Stiftleiste her.

problemlosen, fehlerfreien Aufbau des Gerätes.

Noch einige Bemerkungen zu Bild 8. Die Buchstaben a, b, c, d und e stehen auch auf den Platinen und entsprechen den in den Schaltbildern aus Teil 1 ebenso gekennzeichneten Punkten. Um die Darstellung übersichtlich zu halten, ist in Bild 8 die Stromversorgung als eine einzelne Einheit eingezeichnet; in der Praxis befindet sich die 5-V-Stabilisator-schaltung nicht auf der Versorgungs-platine, sondern, wie bereits erwähnt, auf der Bus-Platine. Man erkennt auch die Anordnung des Potentiometers P17 und des Widerstandes R117, die auch in Bild 3 eingezeichnet sind und die man einbauen kann, wenn man von der beschriebenen Mischmöglichkeit Gebrauch machen will.

Noch ein weiteres Detail: in Bild 8 sind durch ein gestrichelt eingezeichnetes Kästchen eine Reihe von Anschlußpunkten hervorgehoben. Diese Punkte befinden sich auf der Bus-Platine und bieten eine Anschlußmöglichkeit für einen Voiced/Unvoiced-Detektor, der später veröffentlicht werden soll. Bei Bedarf kann man hier kleine Lötstützpunkte einsetzen. Da die Versorgungsspannungen auch an diese Reihe geführt sind, kann der Detektor später von außen mit dem Vocoder verbunden werden. In Teil 1 Bild 6a und 6b waren Brücken eingezeichnet, die nur für den Betrieb ohne Detektor benötigt wurden. Diese Brücken sind auf der Bus-Platine als Leiterbahnen vorhanden und müssen

beim Einsatz eines Detektors entfernt werden, um den Signalweg für das Sprach- und das Trägersignal zu unterbrechen.

Nun wird es langsam Zeit, daß wir uns der schon so oft angesprochenen Bus-Platine – oder besser den Bus-Platinen – widmen. Es handelt sich dabei um zwei Platinen, deren Leiterbahnen mit Drahtbrücken miteinander verbunden werden. In Bild 9 sind die Layouts und die Bestückungspläne dieser beiden Hälften nebeneinander abgedruckt. Da genügend Platz vorhanden ist, trägt die Bus-Platine noch einige Bauelemente, wie aus der Einzelteilliste zu ersehen ist. In der Hauptsache dient sie aber zur Aufnahme der 11 21-poligen Federleisten, die die Gegenstücke zu den auf den Filterplatinen angebrachten Stiftleisten bilden.

Was noch auf der Bus-Platine vorgesehen, in Bild 8 aber nicht dargestellt ist (um die Sache nicht noch komplizierter zu machen, als sie ohnehin schon ist), sind die Anschlußpunkte für U_{cin} und U_{cout} , die sich neben der Buchsenleiste für jede Filtereinheit befinden. Damit kann man die Verbindungen zwischen den jeweiligen U_{cin} - und U_{cout} -Anschlüssen über eine gesonderte Matrix herstellen und braucht dann nicht die Buchsen auf der Frontseite zu verwenden.

Bild 10 zeigt, wie man die Elektronik in einem Gehäuse unterbringen kann. Vorgesehen für das Gehäuse ist eine Standard-Breite von 19 Zoll (48,3 cm)

und eine Höhe von zwei Einheiten (88,9 mm). Um die Module problemlos herausnehmen und wieder einsetzen zu können, sollte man entsprechende Führungsschienen anbringen. Die Gehäuse sind in verschiedenen Ausführungen im Handel erhältlich. Wir legen uns daher nicht auf einen bestimmten Typ fest. In der Auflistung der verwendeten Bauelemente ist zum Beispiel ein geeignetes Gehäuse genannt. Eine Breite von 19 Zoll ist gerade ausreichend, um alle 11 Steck-Module nebeneinander unterzubringen. Der Netztrafo und die Versorgungsplatte kann man, wie in Bild 10 gezeigt, an der Gehäuserückwand anbringen. Die Versorgungsplatte mit den entsprechenden Anschlüssen der Bus-Platine zu verbinden, verwendet man am besten Flachband-Kabel.

Als Steckbuchsen auf der Frontseite sagten uns die sogenannten Klinkenbuchsen am meisten zu; für die U_{cin} und U_{cout} -Anschlüsse ist die 3,5-mm-Ausführung, für die Ein- und Ausgangssignale die 6,3-mm-Ausführung (Kopfhörer-Stecker) vorgesehen. Mit 11 kurzen, flexiblen Kabeln, die an beiden Seiten mit entsprechenden Steckern versehen sind, lassen sich dann auf der Frontseite die gesonderten U_{cin}/U_{cout} -Verbindungen herstellen. Eventuell kann man auf der Frontseite der Ein/Ausgangseinheit noch einen Netzschalter und eine LED anbringen; in unserem Prototyp ist der Netzschalter mit dem

Einstellu
An...
nach...
liegen, d...
Schalt...
Auf jede...
drei Trä...
bietet v...
müssen w...
drei versch...
wie es jet...
balk wird...
1) Zunäch...
Trimm...
die Gleich...
enden E...
würden k...
ist das P2...
auf der...
Zweck die...
Steuerp...
aus dem...
nicht ein...
geeign...
geht jetzt...
Auf...
U_{cin}...
Kabel mit...
Alle...
Front...
werden a...



Ausgangssignal-Einsteller P15 kombiniert.

Einstellung

An dieser Stelle sollte das Januar-Heft noch immer aufgeschlagen in Griffweite liegen, da wir recht häufig auf die Schaltbilder in Teil 1 verweisen werden. Auf jeder Filterplatine befinden sich drei Trimpotentiometer, die nun justiert werden müssen. Entsprechend müssen wir jede Filtereinheit für sich an drei verschiedenen Punkten so einstellen, wie es jetzt Schritt für Schritt beschrieben wird.

1) Zunächst widmen wir uns den Trimpotentiometern, mit denen der Gleichspannungspegel am invertierenden Eingang der OTAs eingestellt werden kann. Auf den 8 BPF-Einheiten ist das P2, auf der HPF-Einheit P6 und auf der LPF-Einheit P10. Sinn und Zweck dieser Einstellung ist der, daß die Steuerspannung, die vom Analyseteil aus dem Sprachsignal erzeugt wird, nicht einen Übersprecheffekt im Ausgangssignal des Vocoders erzeugt. Man geht jetzt in folgender Weise vor:

- Auf der Frontseite werden die U_{out} - und U_{in} -Buchsen mit einem Kabel miteinander verbunden.
- Alle Eingangspegel-Steller auf der Frontseite (8 x P3, P7 und P11) werden auf Minimum gedreht; nur den

OTAs geschalteten Spannungs-Strom-Umsetzern befinden; also P4 auf den BPF-Einheiten, P8 auf der HPF-Einheit und P12 auf der LPF-Einheit. Wir gehen dabei folgendermaßen vor:

- Der Sprach-Eingang bleibt offen, und auf den Träger-Eingang wird ein geeignetes Träger-Signal gegeben (am besten eignet sich weißes Rauschen).
- Auf den U_{in} -Anschluß der betreffenden Filter-Einheit gibt man eine kleine Gleichspannung von ca. 200 mV (diese kann man zum Beispiel mit einem Spannungsteiler aus der 5-V-Versorgungsspannung erzeugen).
- Auf der Frontseite dreht man den Eingangspegelsteller der Filter-Einheit (P3, P7 oder P11) auf Maximum.
- Jetzt stellt man P4, P8 oder P12 so ein, daß am Vocoder-Ausgang gerade noch kein Signal erscheint.
- Eventuell kann man den Vorgang mit einer größeren oder kleineren Gleichspannung wiederholen.

3) Zum Schluß kommt das Einfachste. Es geht nun um P1, P5 und P9 auf den BPF-Einheiten, der HPF- bzw. der LPF-Einheit. Mit diesen Trimpotentiometern stellt man den Offset des aktiven Tiefpaßfilters ein, das das letzte Glied im Analyseteil jedes Kanals bildet. Die Einstellung ist dann korrekt, wenn ohne Sprachsignal (Sprache-Eingang offen) die U_{out} -Spannung des jeweiligen Kanals minimal ist.

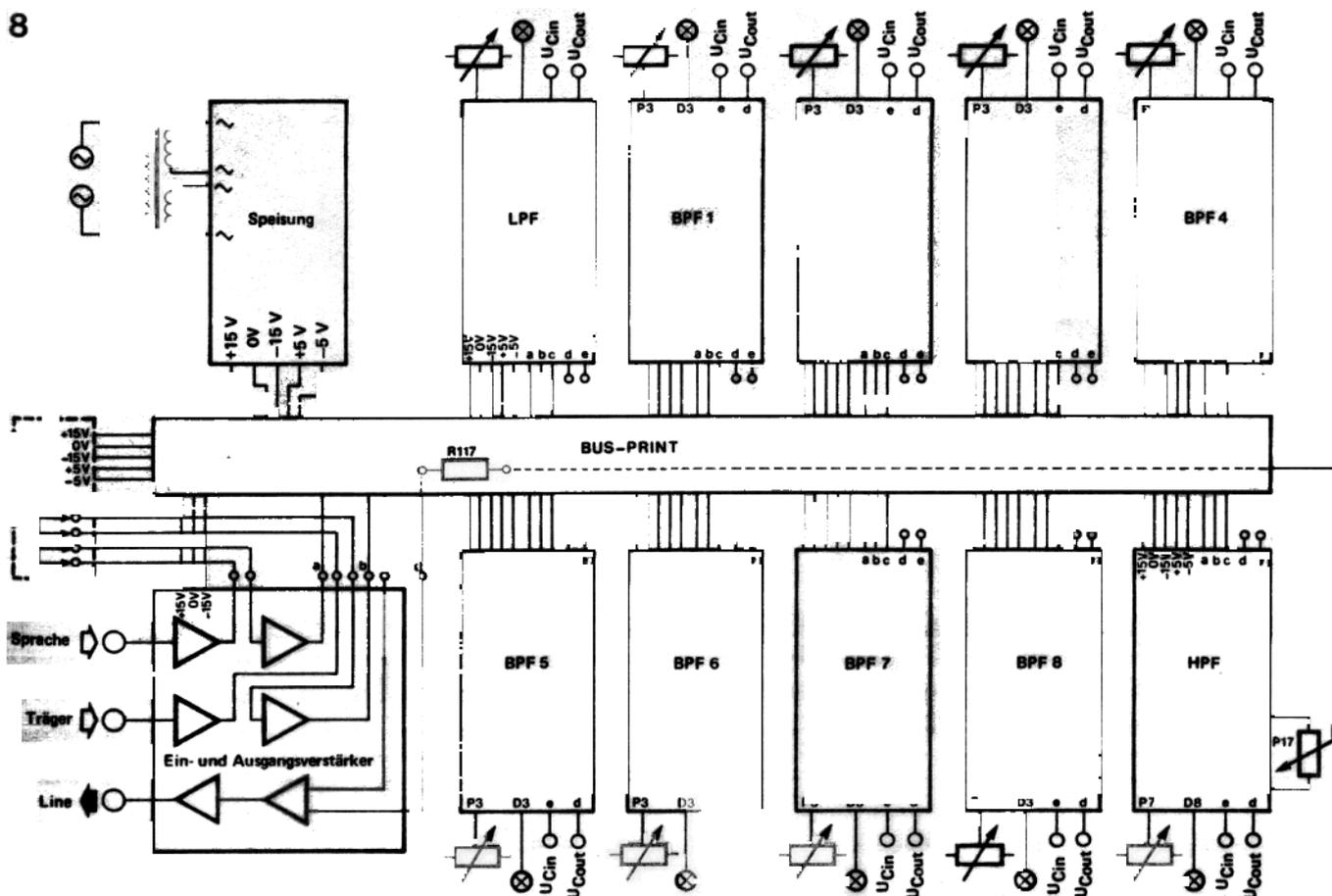


Bild 8. Der vollständige Vocoder in Blockdarstellung. Die Buchstaben (a, b, c, d und e) korrespondieren mit den entsprechenden Kennzeichnungen in den Schaltbildern aus Teil 1.

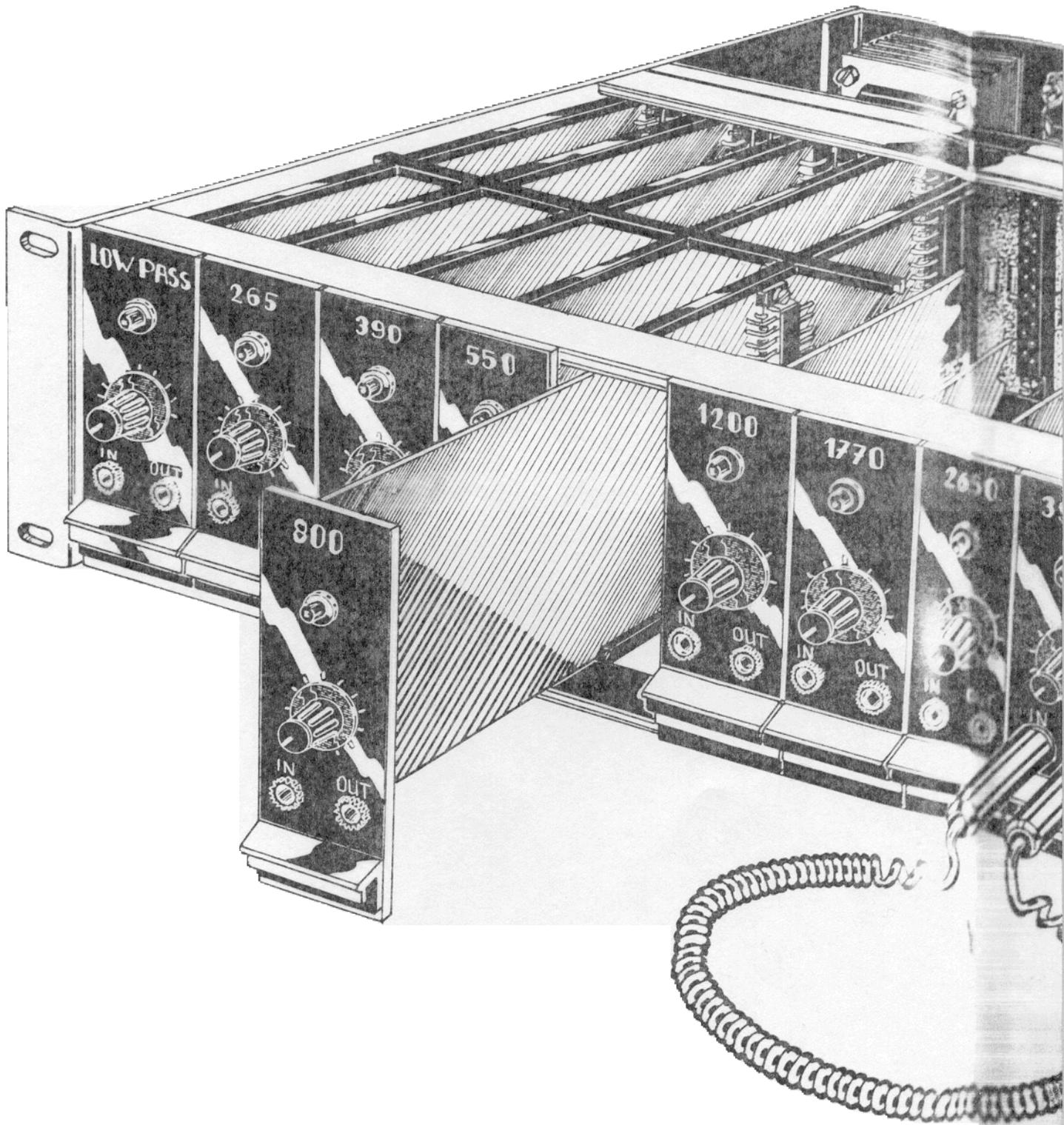
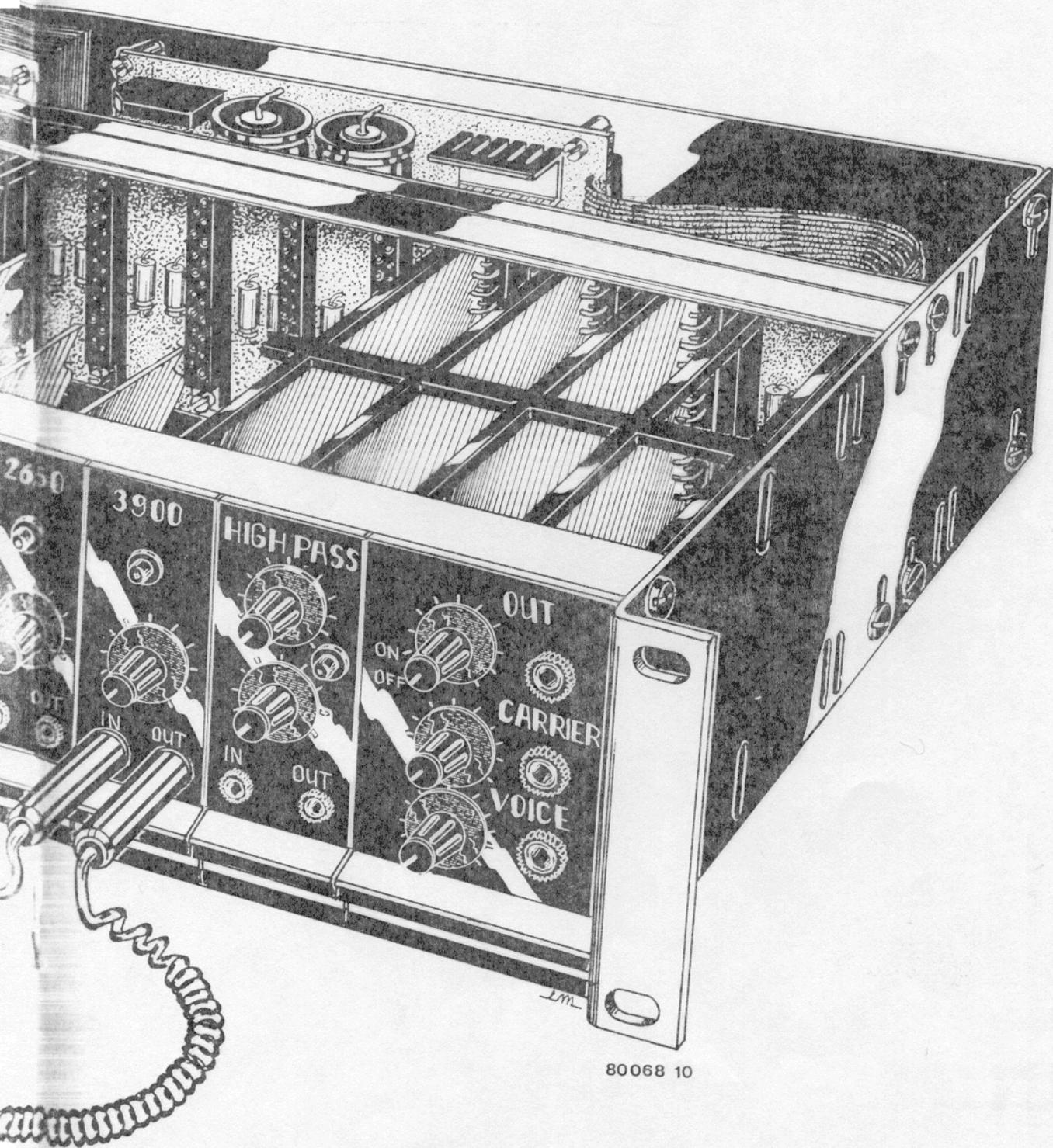


Bild 10. Das Gerät ist für den Einbau in ein 19-Zoll-Gehäuse vorgesehen. Die 11 Module sind steckbar nebeneinander angeordnet. Den Traf^o die Versorgungsplatine kann man an der Gehäuserückwand anbringen.



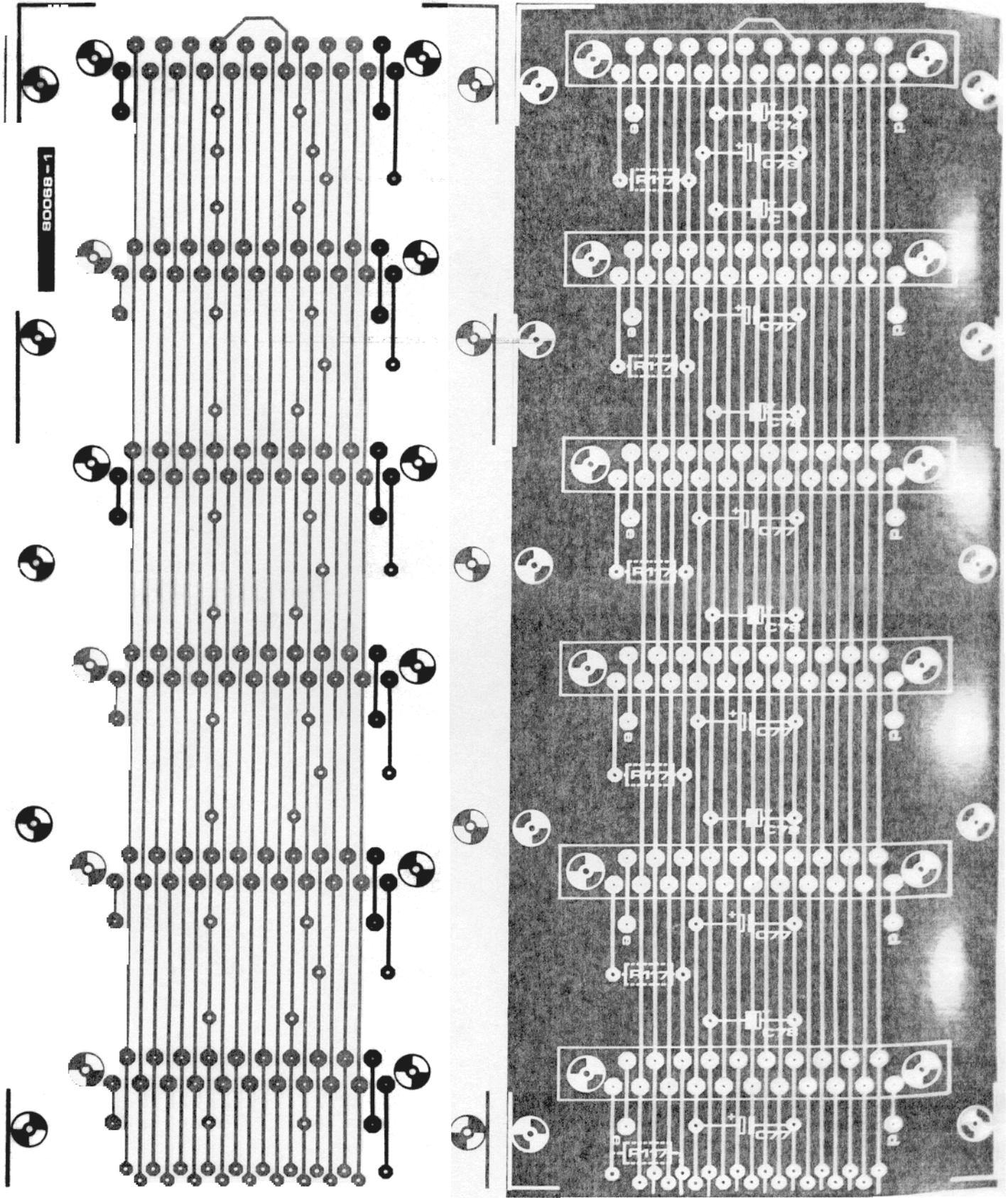
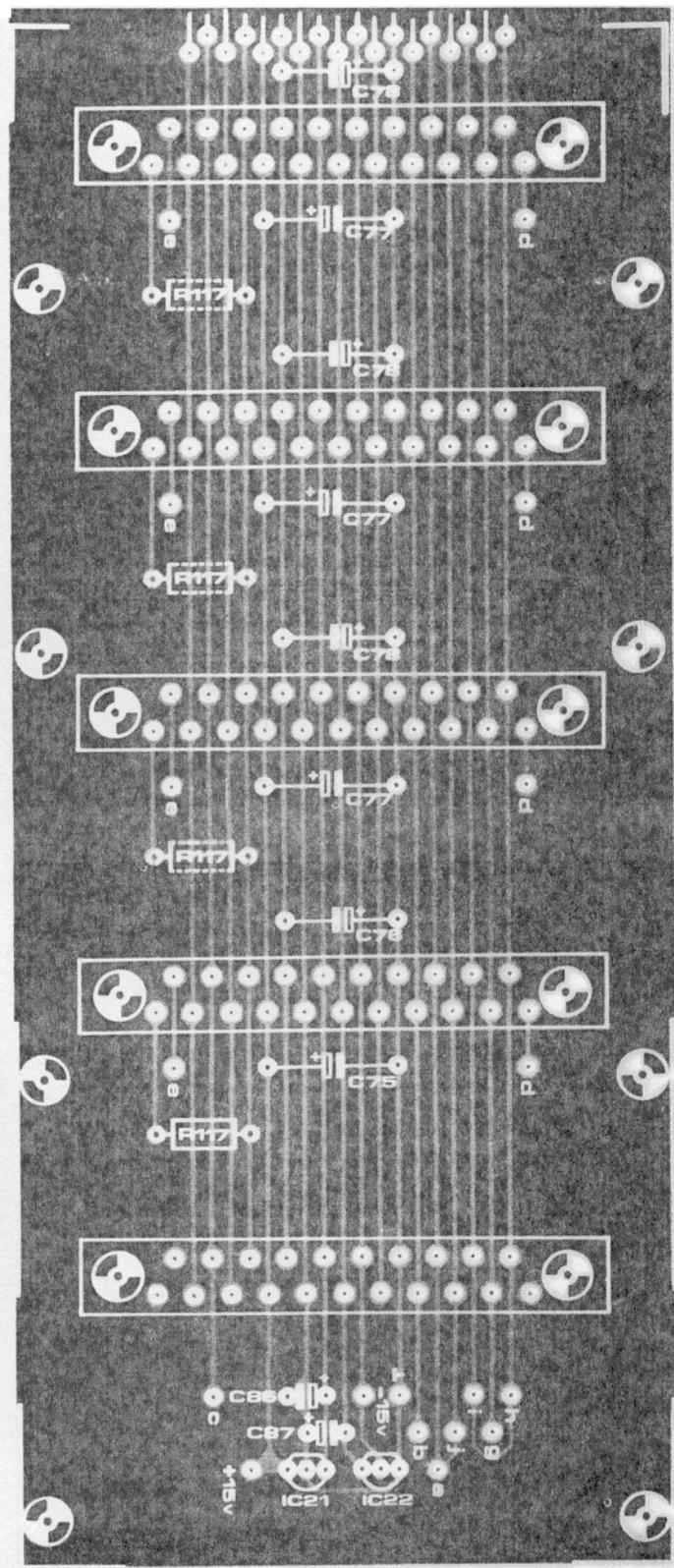
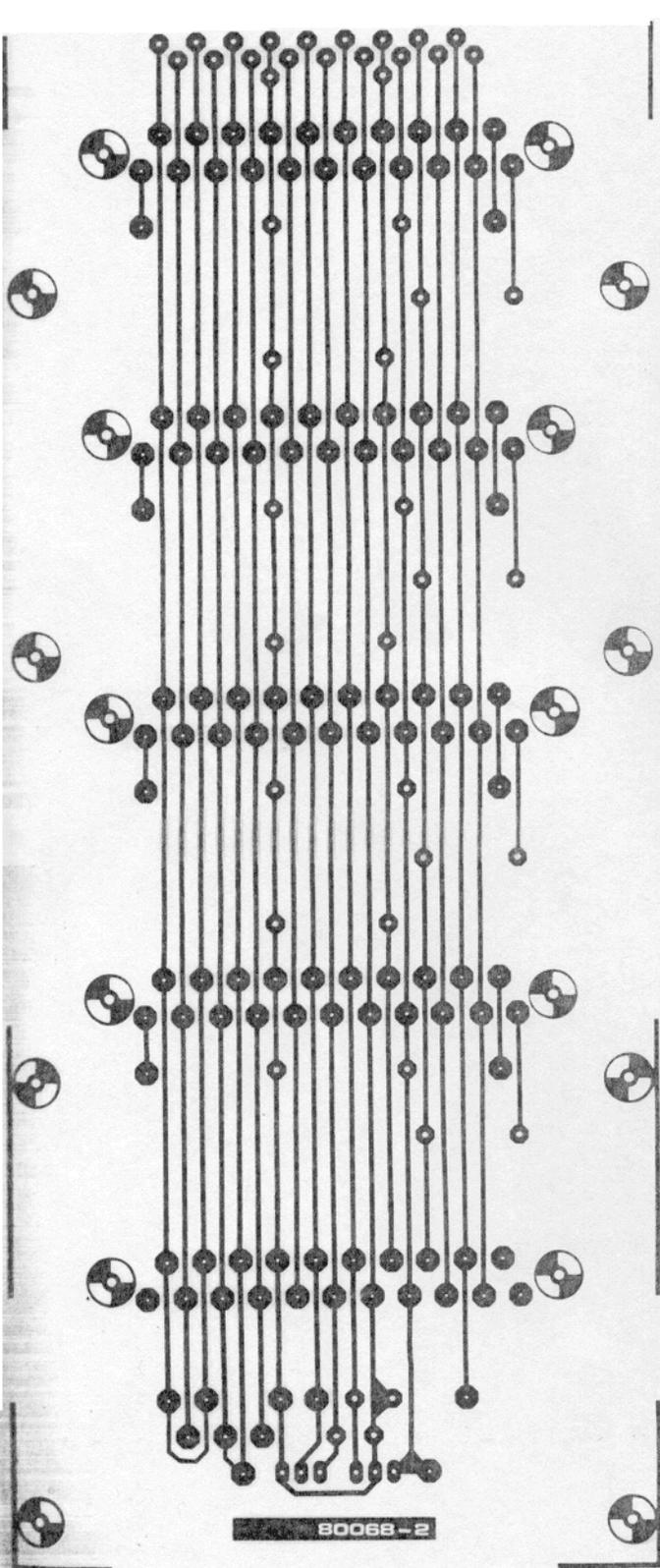


Bild 9. Die Bus-Platine besteht aus zwei Halfen, deren Leiterbahnen zum Beispiel mit Drahtbrücken miteinander verbunden sind. Die Platine trägt auch die 5-V-Stabilisatorschaltung und die Entkoppelkondensatoren für die Stromversorgung.

Beleg
Wider
R117
Kondens
C73



Stückliste für Bild 9 (Bus-Platine)

- Widerstände:
R117 = 1 k — siehe Text
- Kondensatoren:
C73 . . . C76 = 10 µ/16 V

- 8 x C77 und 8 x C78 = 10 µ/16 V
- C86, C87 = 1 µ/6V3 Tantal

- Halbleiter:
IC21 = 78L05
IC22 = 79L05

- Sonstiges:
11 Stück 21-polige Federleiste
siehe Gesamt-Stückliste



Gesamt-Stückliste

Widerstände:

150 Ω	→ 21 Stück
560 Ω	→ 16 Stück
680 Ω	→ 16 Stück
1 k	→ 13 Stück
3k3	→ 30 Stück
4k7	→ 10 Stück
8k2	→ 16 Stück
10 k	→ 26 Stück
15 k	→ 10 Stück
22 k	→ 21 Stück
27 k	→ 7 Stück
33 k	→ 28 Stück
39 k	→ 4 Stück
47 k	→ 73 Stück
56 k	→ 2 Stück
68 k	→ 10 Stück
82 k	→ 16 Stück
100 k	→ 35 Stück
120 k	→ 12 Stück
150 k	→ 4 Stück
180 k	→ 2 Stück
220 k	→ 2 Stück
1 M	→ 11 Stück

Kondensatoren:

33 p	→ 24 Stück
	→ 8 Stück
5n6	→ 8 Stück
6n8	→ 5 Stück
8n2	→ 2 Stück
10 n	→ 1 Stück
12 n	→ 8 Stück
15 n	→ 1 Stück
18 n	→ 8 Stück
22 n	→ 1 Stück
27 n	→ 1 Stück
33 n	→ 1 Stück
39 n	→ 1 Stück
47 n	→ 1 Stück
56 n	→ 1 Stück
68 n	→ 1 Stück

82 n	→ 8 Stück
100 n	→ 7 Stück
150 n	→ 2 Stück
180 n	→ 10 Stück
220 n	→ 5 Stück
330 n	→ 1 Stück
390 n	→ 1 Stück
470 n	→ 1 Stück
1 μ/6V3 Tant.	→ 2 Stück
10 μ/16 V	→ 20 Stück
22 μ/16 V Tant.	→ 1 Stück
4700 μ/40 V	→ 2 Stück
10 μ/16 V	→ 6 Stück

Potentiometer:

Trimmpotis:

100 k	→ 10 Stück
25 k	→ 10 Stück
10 k	→ 10 Stück
1 M	→ 31 Stück

near

0 k	→ 10 Stück
-----	------------

logarithmisch:

10 k	→ 3 Stück
100 k	→ 1 Stück

Halbleiter:

BC 547B	→ 10 Stück
BC 557B	→ 10 Stück
1N4148	→ 30 Stück
LED	→ 10 Stück
B40C2000	→ 2 Stück
TL 084	→ 20 Stück
741	→ 10 Stück
CA 3080	→ 10 Stück
TDA 1034NB, N	→ 1 Stück

TDA 1034B	4 Stück
LM 301	1 Stück
7815	1 Stück
78L05	1 Stück
7915	
79L05	

Sonstiges:

Trafo 2 x 15 V/400 mA	1 Stück
doppelpoliger Netzschalter	1 Stück
3,5-mm-Klinkenbuchsen	20 Stück
6,3-mm-Klinkenbuchsen	3 Stück

Stiftleiste 21-polig

Siemens Typ C42334-A54-A63	
oder Typ C42334-A54-A64	St

Federleiste 21-polig

Siemens Typ C42334-A53-A1	
oder Typ C42334-A53-A1	
oder Typ C42334-A53-A1	
oder Typ C42334-A53-A1	

19"-Gehäuse VERO:

Best.-Nr.:	
33-7105A	→ 1 Stück
33-0438A	→ 4 Stück
33-0437F	→ 4 Stück

1

2

Ausklang

Einem Bild haben wir uns bis jetzt noch nicht gewidmet. Mit Hilfe eines Spektrum-Analysers und viel Geduld haben wir die Durchlaßkurven aller Filter nacheinander ausgemessen und auf einem Foto festgehalten. Das Ergebnis dieser Bemühungen ist in Bild 11 zu sehen. Ganz links die Durchlaßkurven der beiden Tiefpaßfilter der LPF-Einheit, nach rechts schließen sich die Kurven der einzelnen Bandfilter aus den BPF-Einheiten 1 bis 8 an, und ganz rechts die Charakteristik der Hochpaßfilter. Infolge der Exemplarstreuung der Widerstände und Kondensatoren kommt es zu geringen Abweichungen in den Amplituden der Kurven. Praktisch ist dieser Effekt bedeutungslos, da mit den Pegelstellern auf der Frontseite die Abweichungen ausgeglichen werden können. Man erkennt sehr deutlich, wie regelmäßig der gesamte hörbare Frequenzbereich zwischen den Filtern aufgeteilt ist. Dem Foto ist auch zu entnehmen, daß sich die Q-Werte der einzelnen Bandfilter kaum voneinander unterscheiden; die relative Bandbreite aller Filter ist nahezu gleich.

Sicher ist dies nicht der letzte Artikel über das Thema "Vocoder" gewesen.

Wir wollen hier nicht zu viel versprechen, da wir noch nicht wissen, womit sich der nächste Artikel genau beschäftigt, und wann er erscheint. Für die nächste

Zeit sind wahrscheinlich auch alle Selbstbauer ausreichend mit Arbeit eingedeckt. Es bleibt uns also im Moment nur noch übrig, allen viel Erfolg zu wünschen. ■

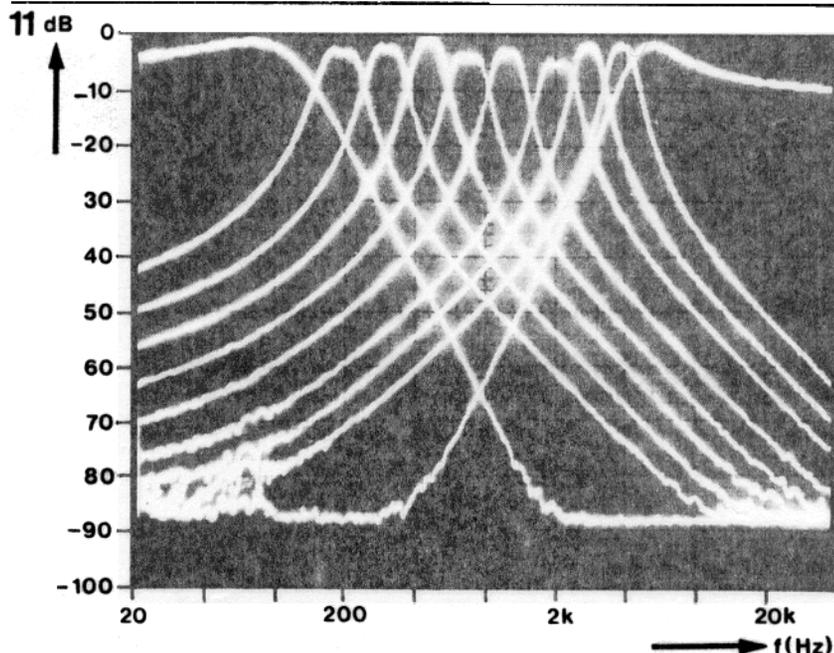


Bild 11. Die Durchlaßkurven aller Filter des Vocoders auf einen Blick.

80068 11

Die Frage
Schaltung
Antrieb
Die Idee
oder an
sein. Na
eignet sich
von Digi
die Spat
zu beach
werden