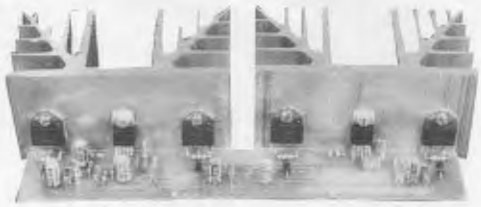
400 Watt-HiFi-Stereo-Power-Verstärker



Große Spitzenleistung und ausgereifte Technik zeichnen diesen Power-Verstärker aus, dessen Nachbau ohne komplizierte Einstellarbeiten leicht möglich ist.

Allgemeines

Der Spitze-Spitze-Spannungswert U_{ss}, der an einem Lastwiderstand von 4 Ω bei einer Leistung von 200 Watt ansteht, beträgt 80 Volt. Rechnet man noch einen zusätzlichen Spannungsabfall an den Endstufentransistoren hinzu, muß die Versorgungsspannung eines entsprechenden 200 Watt Leistungsverstärkers mindestens 85 V betragen — und zwar unter voller Belastung. Der Spitzenstrom im Scheitelwert der Sinuskurve liegt bei 10 A, d. h. im Stereobetrieb mit 2 Endstufen fließen immerhin 20 A.

Begnügt man sich mit einer effektiven Dauerleistung von 2 x 150 W = 300 W, so muß die Leistung des anzusteuernden Transformators unter Berücksichtigung eines mittleren Verstärker-Wirkungsgrades von 60 % immerhin bei mindestens 500 VA liegen. Ringkerntrafos bieten sich hierfür besonders an, da sie einen sehr niedrigen Innenwiderstand besitzen und daher in vielen Fällen auf eine zusätzliche elektronische Spannungsstabilisierung verzichtet werden kann. Setzt man andere Transformatoren mit weniger „steifer" Spannungskennlinie ein und nimmt nach der Brückengleichrichtung und Siebung eine zusätzliche Stabilisierung vor, so erfordert dies eine zusätzliche, vom Trafo bereitzustellende Leistung, die für vorliegenden Anwendungsfall dann bei mindestens 600 VA liegen sollte. Vorstehend ausgeführte grundlegende Tatsachen werden häufig bei der Konzeption von Verstärkeranlagen, besonders in der unteren Preisklasse, vergessen. Die DIN-Norm besagt, daß ein Leistungsverstärker die angegebene Sinus-Dauer-Ausgangsleistung für mindestens 10 Minuten in voller Höhe bereitstellen muß. Seriöse Hersteller halten sich selbstverständlich an diese Angaben. Nicht zuletzt deshalb sind Leistungsverstärker, die sich im oberen Leistungsbereich bewegen und deren Daten auch zuverlässig sind, vom Preisniveau etwas höher angesiedelt.

Da viele Hobby-Akustiker und Musiker sich größere Leistungen wünschen, haben die Ingenieure des ELV-Teams nach einem Optimum zwischen Preis und Leistung gesucht. Heraus kam ein erstaunlich einfach zu erstellendes Verstärkerkonzept, dessen beeindruckende Daten in Tabelle I aufgeführt sind. Durch den Einsatz von Brückenverstärkern konnte die Versorgungsspannung auf den halben Wert reduziert werden. Dies bedeutet allerdings, daß für einen Verstärker zwei in Brücke geschaltete Endstufen erforderlich sind – für den Stereobetrieb also 4 Endstufen. Für eine Dauerleistung von 2 x 150 W und eine Spitzenleistung von 2 x 200 W reicht somit eine Versorgungsspannung von rund 40 V (± 20 V) aus, um diese Daten zuverlässig zu erreichen.

Das vorgesehene Netzteil mit einem Ringkerntrafo von 500 VA liefert im Leerlauf eine Spannung von ca. 42 bis 44 V und unter Last ca. 40 V. Die maximale Spannung an den eingesetzten Treiber-ICs darf auch im Leerlauf 44 V nicht überschreiten.

Zur Schaltung

Kernstück der Schaltung sind die beiden integrierten Leistungsverstärker-ICs 1 und 2 des Typs TDA 2030 der Firma TELEFUNKEN electronic. Alle wesentlichen aktiven Funktionseinheiten zum Aufbau eines NF-Verstärkers sind in diesen ICs integriert.

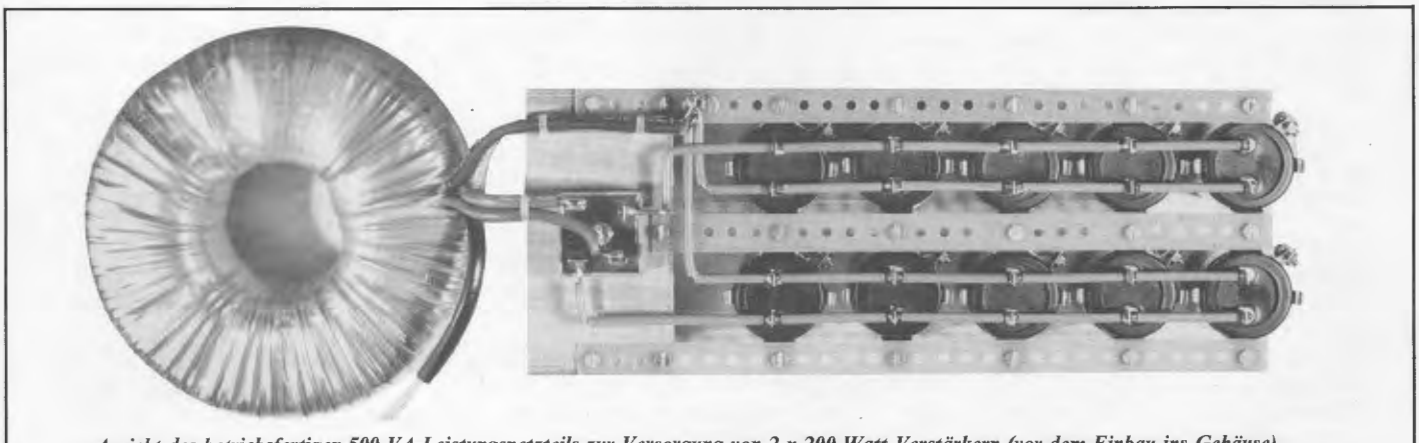
Tabelle I: Technische Daten (typ.)

(Daten 1 Mono-Endstufe bei $U_B = \pm 22$ V)

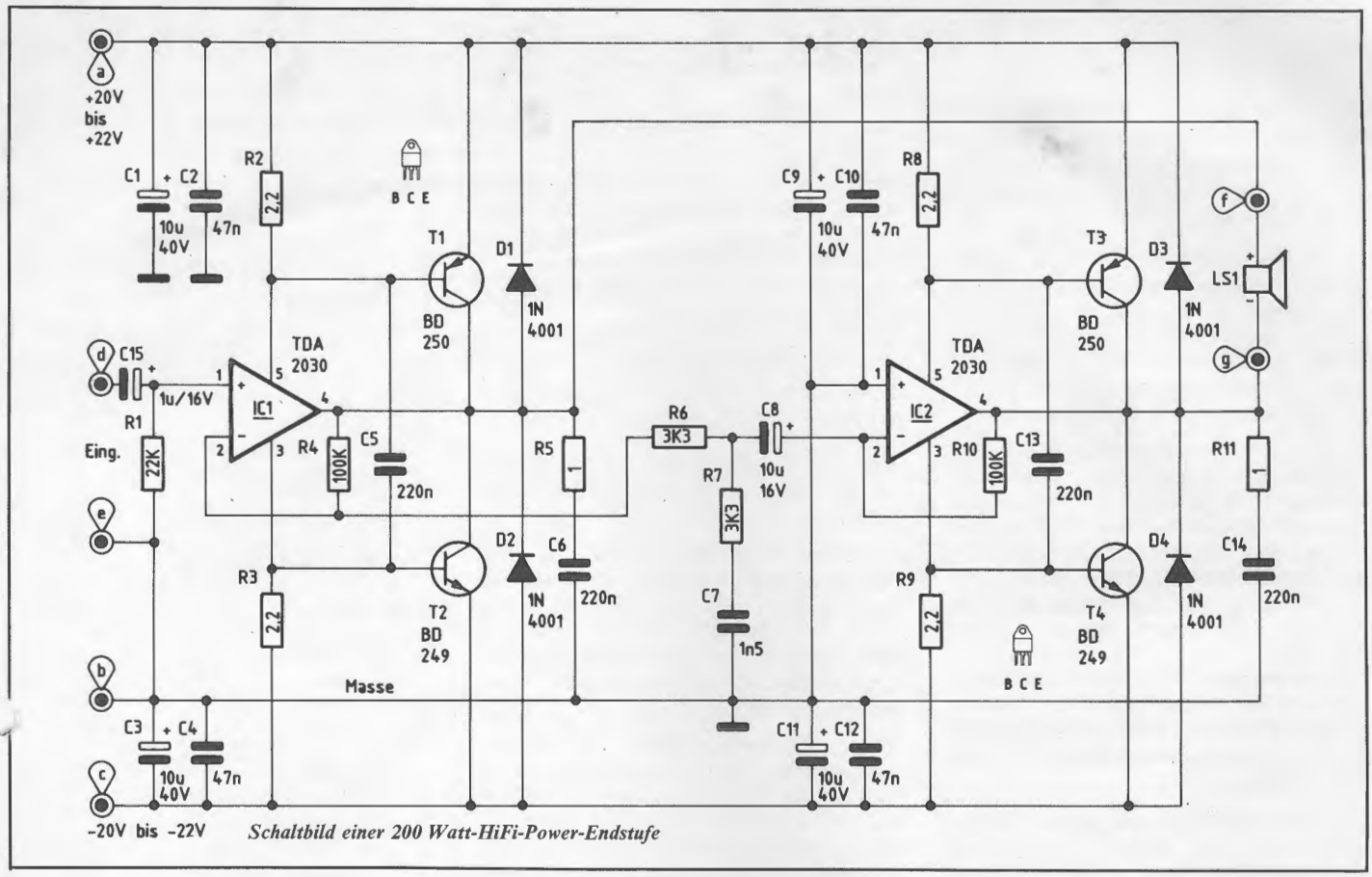
Sinus-Dauerleistung an 4 Ω:	150 W
Spitzenleistung an 4 Ω:	200 W
Bandbreite (- 3 dB):	10 Hz bis 50 kHz
Leistungsbandbreite:	5 Hz bis 100 kHz
Klirrfaktor bei 20 W/1 kHz:	0,22 %
Klirrfaktor bei 100 W/1 kHz:	0,23 %
Klirrfaktor bei 130 W/1 kHz:	0,36 %
Wirkungsgrad bei 150 W:	60 %
Eingangsempfindlichkeit:	500 mV_{eff}
Eingangsimpedanz:	22 kΩ

Zur Erzielung des erforderlichen Ausgangsstromes sind jedem IC 2 Leistungstransistoren nachgeschaltet, deren Arbeitsweise genauso einfach wie wirkungsvoll ist. Anhand der linken Brückenhälfte einer Endstufe (aufgebaut mit IC 1 und Zusatzbeschaltung) wollen wir die Funktion beschreiben:

Solange der Ausgangsstrom des IC 1 kleiner als 0,3 A ist, fällt über den Widerständen R 2 (positive Halbwelle) bzw. R 3 (negative Halbwelle) eine Spannung ab, die unterhalb der zur Ansteuerung von T 1 und T 2 erforderlichen Basis-Emitter-Spannung liegt (U = R x I = 2,2 Ω x 0,3 A = 0,66 V). Hierzu muß man wissen, daß der aus dem Anschluß 4



Ansicht des betriebsfertigen 500 VA-Leistungsnetzteils zur Versorgung von 2 x 200 Watt Verstärkern (vor dem Einbau ins Gehäuse)



Schaltbild einer 200 Watt-HiFi-Power-Endstufe

(Ausgang) herausfließende Strom je nach Polarität entweder durch R 2 (Pin 5) oder aber durch R 3 (Pin 3) fließen muß. In diesem Bereich arbeitet das IC 1 also ohne die Hilfe von T 1 und T 2. Sobald die Ausgangsspannung und damit der Ausgangsstrom größere Werte annehmen, steigt der Spannungsabfall an R 2 bzw. R 3 entsprechend an, so daß ein Teilstrom über die Basis von T 1 oder T 2 fließen kann. Je nachdem, ob es sich um die positive oder die negative Halbwelle einer Sinuskurve handelt, steuert dann entweder T 1 oder T 2 der Kurvenform entsprechend durch und unterstützt somit die Aufgabe des IC 1. Je größer der erforderliche Ausgangsstrom, desto höher wird der von den Transistoren beigesteuerte Anteil am Ausgangssignal.

Die Verstärkung wird über das Widerstandsverhältnis R 4/R 6 festgelegt, während die Verstärkung des IC 2 um 180 Grad phasenverschoben über das Widerstandsverhältnis R 10/R 6 bestimmt wird. C 8 dient zur gleichspannungsmäßigen Entkopplung.

Die Kondensatoren C 1 bis C 5 sowie C 9 bis C 13 dienen der Schwingneigungsunterdrückung, ebenso wie die R/C-Glieder R 5/C 6, R 7/C 7, R 11/C 14.

D 1 bis D 4 besitzen Schutzfunktionen im Hinblick auf Überspannungsspitzen, die vom Ausgang eingeprägt werden.

Ein wesentlicher Vorteil des hier verwendeten Brückenverstärker-Konzeptes liegt darin, daß der Laststromkreis von negativen Einflüssen des Versorgungsstromkreises gut entkoppelt ist, da jeder Brückenzweig seine eigene Störunterdrückung besitzt. Ein weiterer Vorteil liegt darin, daß die angeschlossene Belastung (Lautsprecher) direkt zwischen die beiden Brückenhälften geschaltet wird und somit keine Störungen auf die Schaltungsmasse geben kann. Besonders hervorzuheben ist darüber hinaus, daß kein Ausgangselko erforderlich ist, so daß ohne Probleme auch sehr niedrige Frequenzen bei voller Ausgangsleistung übertragen werden können.

Das Netzteil

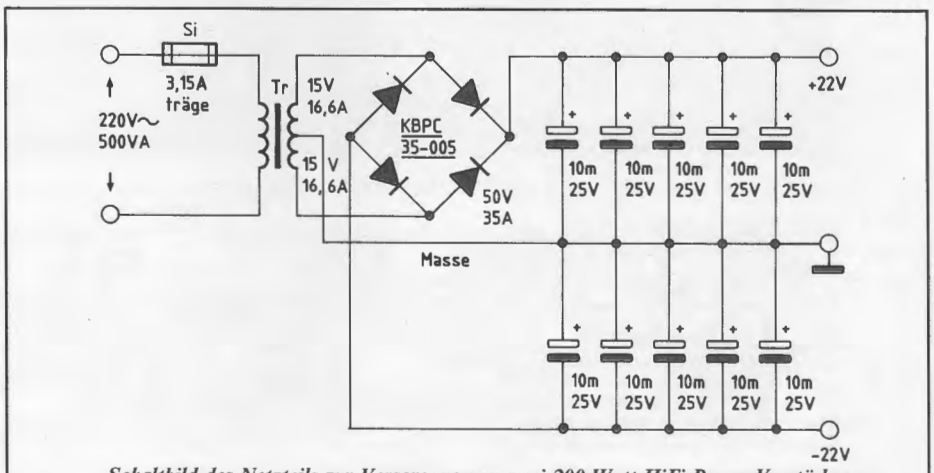
Eine wesentliche Voraussetzung zur Erzielung der gewünschten Ausgangsleistung ist die ausreichende Dimensionierung des Netzteils. Wir haben uns für einen Ringkern-Transformator entschieden, der sich u. a. durch einen sehr geringen Innenwiderstand auszeichnet.

Ein nachgeschalteter Brückengleichrichter (50 V/35 A) speist daraus die Ladekondensatoren, die mit insgesamt 10 x 10 000 µF reichlich dimensioniert sind. Jeweils 50 000 µF dienen zur Pufferung der positiven und weitere 50 000 µF zur Pufferung der negativen Betriebsspannung. Hierdurch wird eine gute Glättung der Ausgangsspannung auch unter voller Belastung erreicht, so daß auf eine weitere Stabilisierung verzichtet werden kann — insgesamt also ein Konzept mit gutem Wirkungsgrad.

Beim Brückengleichrichter ist für ausreichende Kühlung zu sorgen. Hierzu dient z. B. ein Kühlkörper des Typs SK 88 oder auch eine entsprechende wärmeableitende Fläche eines Metallchassis.

Zum Nachbau

Anhand des Bestückungsplanes werden zunächst die Widerstände, dann die Dioden und anschließend die Lötstifte, Folienkondensatoren und Elkos in gewohnter Weise auf die Platine gesetzt und verlötet.



Schaltbild des Netzteils zur Versorgung von zwei 200 Watt-HiFi-Power-Verstärkern

Als letztes werden die beiden ICs 1 und 2 mit ihren 5 Anschlußbeinchen sowie die Transistoren T 1 bis T 4 eingelötet.

Die genaue Positionierung muß so erfolgen, daß diese Bauteile anschließend ohne mechanische Verspannungen an die erforderlichen Leistungskühlkörper geschraubt werden können.

In die Kühlkörper werden an den erforderlichen Stellen 3 Bohrungen mit einem Durchmesser von jeweils 4 mm eingebracht. Die ICs 1 und 2 sowie die Transistoren T 1 bis T 4 werden anschließend über Glimmerscheiben, Isoliernippel sowie Schrauben und Muttern befestigt.

Da ein guter Wärmeübergang zwischen Halbleitern und Kühlkörper wesentliche Voraussetzung für einwandfreie Funktion ist, empfiehlt es sich, etwas Wärmeleitpaste zwischen Halbleiter, Glimmerscheibe und Kühlkörper einzufügen. Hierbei reichen jedoch sehr kleine Mengen aus, um eine hohe Effektivität zu erzielen.

Vor der endgültigen Inbetriebnahme prüft man mit Hilfe eines Ohmmeters die einwandfreie Isolation zwischen dem Metallgehäuse der ICs, den Transistoren und dem Kühlkörper.

Die Inbetriebnahme selbst erfolgt sicherheitshalber nicht direkt aus dem leistungsstarken Netzteil, sondern über ein regelbares Doppelnetzteil oder 2 in Reihe geschaltete Einzelnetzteile, deren Spannung langsam von 0 V (bzw. ± 5 V) beginnend bis zur maximalen Spannung hochgefahren wird. Die positive und negative Versorgungsspannung sollte hierbei zu jedem Zeitpunkt ungefähr gleich sein. Im Ruhezustand, d. h. ohne Eingangssignal, liegt der Ruhestrom bei rund 100 mA (50 mA bis 150 mA bei ± 20 V).

Bevor das Leistungsnetzteil eingeschaltet wird, vergewissert man sich nochmals sorgfältig, daß die Polarität des Brückengleichrichters und die Polarität der angeschlossenen Elkos korrekt ist. Ohne einwandfrei dimensionierte vorgeschaltete Sicherung darf dieses Netzteil niemals in Betrieb genommen werden, da im Störfall extrem hohe Ströme fließen könnten, mit entsprechenden Folgen. Wer schon einmal einen kleinen 10 µF Elko hat explodieren sehen, mag sich vorstellen, welche Auswirkungen es haben kann, wenn ein 10 000 µF Elko bei falscher Polarität mit maximalem Strom beaufschlagt wird.

Aufgrund der großen Leistung des Netzteils ist es jedoch normal, wenn bei entladenen Elkos im Einschaltmoment das Licht etwas flackert. Wen dies stört, der greife zur „Einschaltoptimierung für Großverbraucher", die im ELV journal Nr. 45 beschrieben wurde.

Die Leiterbahnen zwischen den Einspeisungspunkten der Versorgungsspannung und den Kollektor- bzw. Emitteranschlüssen der Endstufentransistoren sowie die Leiterbahnen von den Lautsprecher-Ausgangspunkten zu den Endstufentransistoren sollten reichlich verzinnt werden. Noch besser ist es, wenn diese Leiterbahnen mit Kupferdrähten, deren Querschnitt mindestens 0,75 mm² betragen sollte, verstärkt werden. Hierdurch wird der Wirkungsgrad aufgrund des herabgesetzten Innenwiderstandes weiter erhöht.

Stückliste: 400 Watt-HiFi-Stereo-Power-Verstärker

Halbleiter

IC 1, IC 2 ..... TDA 2030
T 1, T 3 ..... BD 250
T 2, T 4 ..... BD 249
D 1–D 4 ..... 1 N 4001

Kondensatoren

C 1, C 3, C 9, C 11 ..... 10 µF/40 V
C 2, C 4, C 10, C 12 ..... 47 nF
C 5, C 6, C 13, C 14 ..... 220 nF
C 7 ..... 1,5 nF
C 8 ..... 10 µF/16 V
C 15 ..... 1 µF/16 V

Widerstände

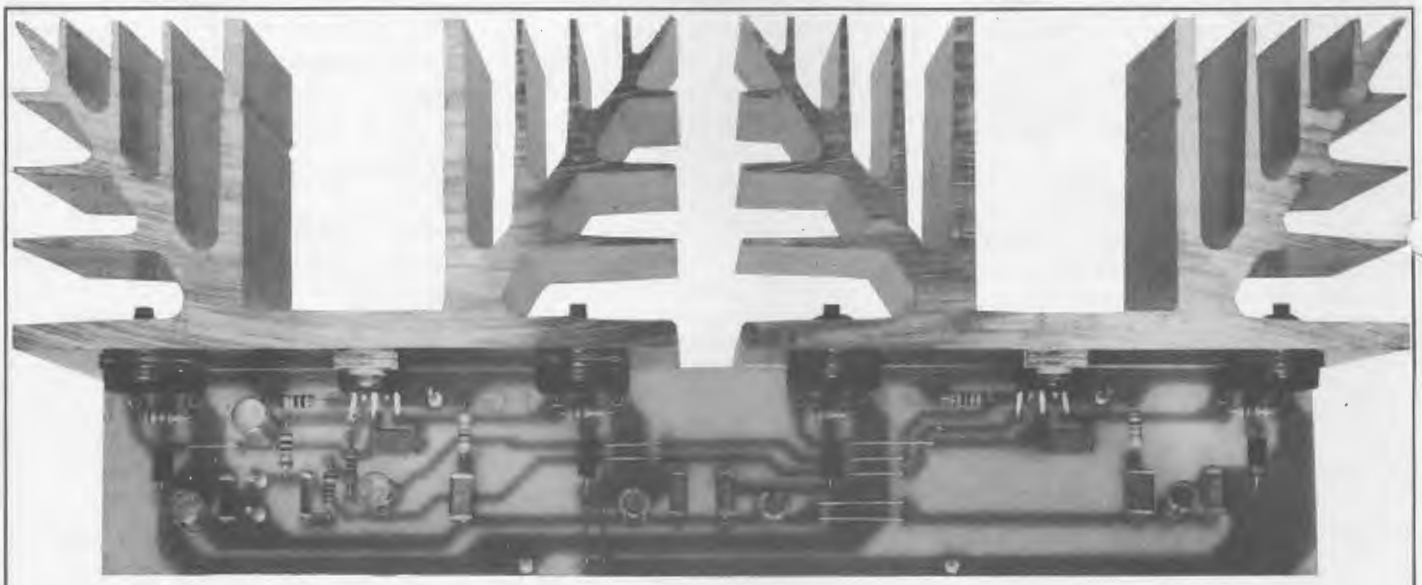
R 1 ..... 22 kΩ
R 4, R 10 ..... 100 kΩ
R 2, R 3, R 8, R 9 ..... 2,2 Ω
R 5, R 11 ..... 1 Ω
R 6, R 7 ..... 3,3 kΩ

Sonstiges

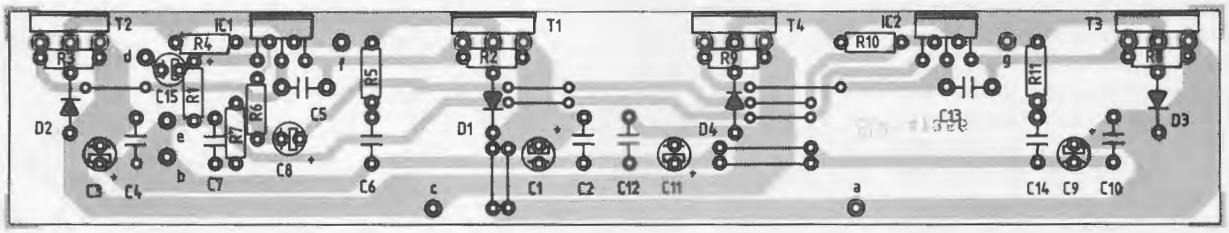
7 Lötstifte
20 cm Silberdraht
6 Isoliernippel
6 Schrauben M 3 x 16
6 Muttern M 3
4 Glimmerscheiben TO 3 P
2 Glimmerscheiben TO 220
2 Kühlkörper SK 88

Netzteil

1 Ringkerntrafo: prim.: 220 V/500 VA
sek.: 2 x 15 V/16,6 A
10 10 nF/25 V
1 Brückengleichrichter KBPC 35-005
1 Sicherung 3,15 träge
1 Einbausicherungshalter



Ansicht einer fertig aufgebauten 200 Watt-HiFi-Power-Endstufe (vor dem Einbau ins Gehäuse)



Bestückungsplan der Verstärkerplatine einer 200 Watt-HiFi-Power-Endstufe

EUV 4735
EUV 4736
EUV 4737
EUV 4738
EUV 4739
EUV 4740
EUV 4741
EUV 4742