

ELV-Serie 7000:

NF-Leistungsverstärker NFV 7000

HiFi-Stereo-Leistungsverstärker 2 x 25/40 Watt

umschaltbar auf Monobetrieb 1 x 50/80 Watt



Im Gehäuse der ELV-Serie 7000 stellen wir Ihnen einen hochwertigen HiFi-Stereo-NF-Leistungsverstärker vor, dessen Nachbau günstig zu realisieren ist.

Als besonderes Feature besitzt das Gerät die Möglichkeit zur Leistungsverdoppelung bei Monobetrieb durch Betätigen eines auf der Rückseite angeordneten Kippschalters.

Allgemeines

Leistungsverstärker gibt es bereits in großer Zahl und in den verschiedensten Ausführungsformen. Die Angebote hinsichtlich Preis und Leistung sind hierbei recht differenziert. So kann es vorkommen, daß ein 100 W-Verstärker preisgünstiger angeboten wird, als ein 20 W-Verstärker. Hierbei sollte man jedoch nicht vergessen, daß in vielen Fällen die elektronischen Bauelemente für den reinen Verstärker nur einen Bruchteil des Gesamtpreises eines vollständigen Verstärkers ausmachen. Leistungskühlkörper, Netztransformatoren, Gleichrichtung und Siebung sowie das Gehäuse machen u. U. den weitaus größten Kostenanteil bei der Erstellung eines kompletten Verstärkers aus.

Speziell auch der Kühlung der Endstufen ist Aufmerksamkeit zu schenken, da hier aus Ersparnisgründen leicht zu kleine Kühlflächen vorgesehen werden.

Ein einzelner Fingerkühlkörper kann bei optimaler Anordnung und einer Temperatur von z. B. 100°C vielleicht 10 bis 15 W abstrahlen. Wird er ungünstig eingebaut (schlechte Wärmeabfuhr, geringe Konvektion), kann sich der abstrahlende Wert z. B. auf 5 W reduzieren.

Ein verhältnismäßig großer Kühlkörper wie z. B. der SK 88 (siehe ELV Super-Netzgerät SNT 7000), hingegen kann bei gleicher Temperatur zwischen 60 und 80 W abgeben. Aber auch hier ist eine optimale Anordnung hinsichtlich Belüftung vorausgesetzt. Beim Einsatz eines zusätzlichen Ventilators, kann die Leistungsabgabe erheblich gesteigert werden (100% und mehr).

Vorstehende Ausführungen lassen erkennen, daß die Problematik beim Verstärkerbau vielschichtig ist. Rechnerische, d. h. theoretische Verstärkerleistungen machen noch keinen guten Klang aus. Vielmehr ist ein Verstärkersystem in seiner Gesamtheit einschließlich Netzteil, Kühlung usw. zu bewerten, um zu vergleichbaren Aussagen zu gelangen.

Im ELV-Labor wurde daher ein Leistungsverstärker einschließlich Netzteil, Gleichrichtung, Siebung, Gehäuse usw. entwickelt, bei dem die einzelnen Details aufeinander abgestimmt sind.

Der Verstärker ist so konzipiert, daß wahlweise 4 Ω oder 8 Ω Lautsprecher für Stereo-Betrieb angeschlossen werden können.

Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, die beiden Gegentakt-Stereo-Endstufen über einen an der Rückseite angeordneten Kippschalter zusammen in Brückenschaltung zu betreiben. Hierdurch verdoppelt sich die Ausgangsleistung, wobei dann allerdings ausschließlich Lautsprecher mit einer Mindestimpedanz von 8 Ω (bis 16 Ω) anzuschließen sind.

Die Eingangsempfindlichkeit beträgt ca. 500 mV_{eff} bei einer Eingangsimpedanz von 22 kΩ.

Zur Schaltung

Voraussetzung für das Erreichen einer NF-Ausgangsleistung von 25 W an 4 Ω bei einem HiFi-Verstärker ist eine Spannung von mindestens 30 V (± 15 V) bei einem zu verarbeitenden Spitzenstrom von ca. 4 A pro Endstufe.

Technische Daten (typ.)

NFV 7000:

Stereobetrieb:

Dauerleistung an 4 Ω 2 x 25 W

Musikleistung an 4 Ω 2 x 40 W

Dauerleistung an 8 Ω 2 x 20 W

Musikleistung an 8 Ω 2 x 30 W

Klirrfaktor:

(20 W/4 Ω/1 kHz) 0,2 %

Bandbreite (-3 dB): ... 10 Hz bis 100 kHz

Leistungsbandbreite: ... 5 Hz bis 200 kHz

Eingangsempfindlichkeit: 500 mV_{eff}

Eingangsimpedanz: 22 kΩ

Mono-Betrieb:

(Brückenschaltung/8 Ω bis 16 Ω)

Dauerleistung an 8 Ω: 50 W

Musikleistung an 8 Ω: 80 W

Klirrfaktor:

(35 W/8 Ω/1 kHz) 0,3 %

Bandbreite (-3 dB): ... 10 Hz bis 100 kHz

Leistungsbandbreite: ... 5 Hz bis 200 kHz

Eingangsempfindlichkeit: 500 mV_{eff}

Eingangsimpedanz: 22 kΩ

Damit genügend Sicherheitsreserven und eine erhöhte Musikleistung zur Verfügung stehen, wurde bei der in diesem Artikel beschriebenen Verstärkerversion eine Versorgungsspannung von ± 17,5 V (35 V) gewählt.

Die damit erreichbaren Ausgangsleistungen erfordern einen Netztrafo, der ca. 100 W abzugeben in der Lage sein sollte, damit auch der Dauerbetrieb sichergestellt ist. Einen entsprechenden Transformator im Gehäuse der ELV-Serie 7000 unterzubringen, ist bereits etwas problematisch, zumal innerhalb des Gehäuses noch eine

ausreichende Konvektion möglich sein sollte. Wir haben uns daher für den Einsatz von 2 Transformatoren entschieden, deren Primärwicklungen parallel und deren Sekundärwicklungen in Reihe geschaltet werden. Durch die günstige Bauform ergibt sich nicht nur eine gleichmäßige Wärmeverteilung innerhalb des Gehäuses, sondern außerdem eine günstige Gewichtsverteilung, denn auch dieses ist bei einem so großen Transformator nicht unterzubewerten.

Bei der Gleichrichtung und Siebung sind jeweils 2 Dioden und 2 Kondensatoren parallel geschaltet, um den Innenwiderstand und die Restwelligkeit auch bei voller Belastung gering zu halten.

Damit die Endstufe spannungsmäßig nicht überlastet wird, ist eine elektronische Stabilisierungsschaltung mit T 1, T 3, T 5 mit Zusatzbeschaltung aufgebaut, die die positive Versorgungsspannung auf ca. + 17,5 V konstant hält.

Für die negative Versorgungsspannung von - 17,5 V ist eine „spiegelbildliche“ Stabilisierungsschaltung aufgebaut.

Auf eine Besonderheit soll in diesem Zusammenhang noch kurz eingegangen werden:

Für Impulsbetrieb sowie Belastungen in der Größenordnung von ca. 50 % ist diese Versorgungsspannung exakt stabil. Bei Dauerbelastungen größer als ca. 50 % sinkt diese Spannung geringfügig ab. Auf diese Weise wird die Dauerleistung einer jeden der beiden Endstufen auf ca. 25 W begrenzt. Dies ist ein genauso einfaches wie wirksames Verfahren, Überhitzungen zu vermeiden.

Doch kommen wir jetzt zur Funktionsbeschreibung des eigentlichen Leistungsverstärkers:

Da die beiden Stereoendstufen weitgehend identisch aufgebaut wurden, wollen wir uns zunächst auf die Beschreibung der mit dem IC 1 aufgebauten Endstufe konzentrieren.

Das IC 1 des Typs TDA 2006 der Firma TELEFUNKEN electronic stellt einen kompletten hochintegrierten Leistungsverstärker dar. Als Besonderheit besitzt dieses IC eine automatische Ruhestromeinstellung sowie Schutzschaltungen hinsichtlich Ausgangskurzschluß sowie thermischer Überlastung.

Das NF-Eingangssignal gelangt über C 9 auf den nicht invertierenden (+) Eingang (Pin 1) des IC 1.

Der Ausgang (Pin 4) treibt direkt einen angeschlossenen Lautsprecher. Eine Rückkopplung erfolgt über den Spannungsteiler R 12/R 13 auf den invertierenden (-) Eingang (Pin 2).

Durch die Spannungsteilung im Verhältnis von 22 k Ω zu 680 Ω ergibt sich eine Gesamtverstärkung von 30 dB, so daß eine Eingangsspannung von weniger als 500 mV_{eff} zur Vollaussteuerung der Endstufe ausreicht.

Da das IC 1 des Typs TDA 2006 nicht in der Lage ist die angestrebte Ausgangsleistung von 25/40 W zu liefern, wurde die Schaltung wie folgt erweitert:

In die beiden Versorgungsleitungen des IC 1 ist jeweils ein Widerstand von 1 Ω eingefügt. R 14 ist mit der Basis des Leistungstransistors T 7 und R 15 mit der Basis des Leistungstransistors T 8 verbunden. Die Funktionsweise ist wie folgt:

Bleibt der Ausgangsstrom des IC 1 unterhalb ca. 0,5 A, so ist auch der Spannungsabfall an R 14/R 15 kleiner als 0,5 V. Die beiden Endstufentransistoren T 7 und T 8 sind gesperrt (es fließt auch kein Ruhestrom durch diese beiden Transistoren). Das IC 1 liefert somit die gesamte Ausgangsleistung, und zwar bis zu einer Größenordnung von ca. 1 W.

Sobald die erforderlichen Ausgangsströme größere Werte annehmen, steigen die Spannungsabfälle an R 14/R 15 soweit an, daß die Endstufentransistoren T 7/T 8 leitend werden. Fließt in der positiven Halbwelle z. B. ein Spitzenstrom von 3 A, so wird ab ca. 0,6 A (Spannungsabfall an R 14 ca. 0,6 V) T 7 leitend und liefert den über 0,6 A hinausgehenden Strom. T 8 ist hierbei gesperrt, da in der positiven Halbwelle nur durch R 14 und nicht durch R 15 Strom fließt (von einem geringen, zu vernachlässigenden Reststrom durch R 15 einmal abgesehen).

In der negativen Halbwelle sperrt T 7 und T 8 liefert den über ca. 0,6 A hinausgehenden negativen Endstufenstrom.

Da der in die Endstufe fließende Stromanteil des IC 1 in der Größenordnung von ca. 0,6 A liegt, spielen Übernahmeverzerrungen der zusätzlichen Endstufentransistoren T 7 und T 8 praktisch keine Rolle mehr.

Die Kondensatoren C 7, C 10 bis C 13 sowie der Widerstand R 24 dienen zur Schwingneigungsunterdrückung, während D 7 und D 8 reine Schutzfunktion für die Endstufe besitzen.

Auf eine weitere Besonderheit wollen wir in diesem Zusammenhang noch hinweisen:

Die maximal vom IC 1 zu verarbeitende Versorgungsspannung liegt bei 30 V. Im vorliegenden Fall wird das IC spannungsmäßig bis zu 35 V belastet. Dies ist ohne weiteres möglich, da in der vorliegenden Schaltungsversion dem IC nicht die volle Leistung abverlangt wird, wodurch die Spannungsbelastbarkeit steigt.

Die zweite Endstufe ist weitgehend identisch aufgebaut. Das NF-Eingangssignal wird hier über C 14 eingekoppelt.

Sollen beide Endverstärker einen gemeinsamen Brückenverstärker zur Verdoppelung der Ausgangsleistung bilden, so ist der Schalter S 2 (a + b) zu schließen, wobei dann der Eingang 1 (Platinenanschlußpunkt „g“) als Steuereingang dient und der Eingang 2 unbeschaltet bleibt.

Der mit dem IC 1 aufgebaute Verstärker arbeitet jetzt unverändert, während der mit dem IC 2 aufgebaute Verstärker sein Signal vom Ausgang des IC 1 über R 21 zugeführt bekommt.

Da das Verhältnis von R 21 zu R 19 exakt 1 : 1 beträgt, wird hier eine Verstärkung von - 1 vorgenommen, so daß am Ausgang des IC 2 (Pin 4) das um 180° phasenverschobene Ausgangssignal ansteht.

Der Lautsprecher wird nun allerdings nicht von einem Ausgang nach Masse, sondern zwischen beiden Verstärkerausgänge angeschlossen. Hierdurch ergibt sich eine doppelt so große maximale Ausgangsspannung. Bei gleicher Lautsprecherimpedanz würde dies eine Vervierfachung der Ausgangsleistung bedeuten. Dies ist aufgrund der Verstärkerkonzeption weder vom Netzteil noch von den Endstufen zu verkraften, so daß die minimale Lautsprecherimpedanz 8 Ω betragen muß. Daraus resultiert deshalb eine Halbierung des maximal fließenden Stromes. Es bleibt insgesamt eine Leistungsverdoppelung gegenüber Stereobetrieb übrig.

Da der nicht invertierende (+) Eingang des IC 2 in dieser Betriebsart offen bleibt, wird über S 2a zu R 17 ein weiterer niederohmiger Widerstand parallel geschaltet, um Schwingneigungen und Brummeinstreuungen zu unterdrücken.

Der zur Spannungsteilung bei Stereobetrieb verwendete Widerstand R 18 spielt in Brückenschaltung keine Rolle, da die Spannung an Pin 2 beim Betrieb als Inverter ungefähr 0 V beträgt und durch R 18 somit kein Strom nach Masse abfließt. Aus Stabilitätsgründen ist R 18 in jedem Fall erforderlich.

Die räumliche Anordnung der IC's 1 und 2 sollte so erfolgen, daß sie in guter thermischer Verbindung zur jeweils zugehörigen Endstufe stehen. Auf diese Weise wird ein zusätzlicher thermischer Schutz der gesamten Endstufe durch das betreffende IC bewirkt. Erfolgt nämlich eine Überhitzung von z. B. T 7 und T 8, so erhitzt sich auch das dazwischen angeordnete IC 1 und schaltet ab.

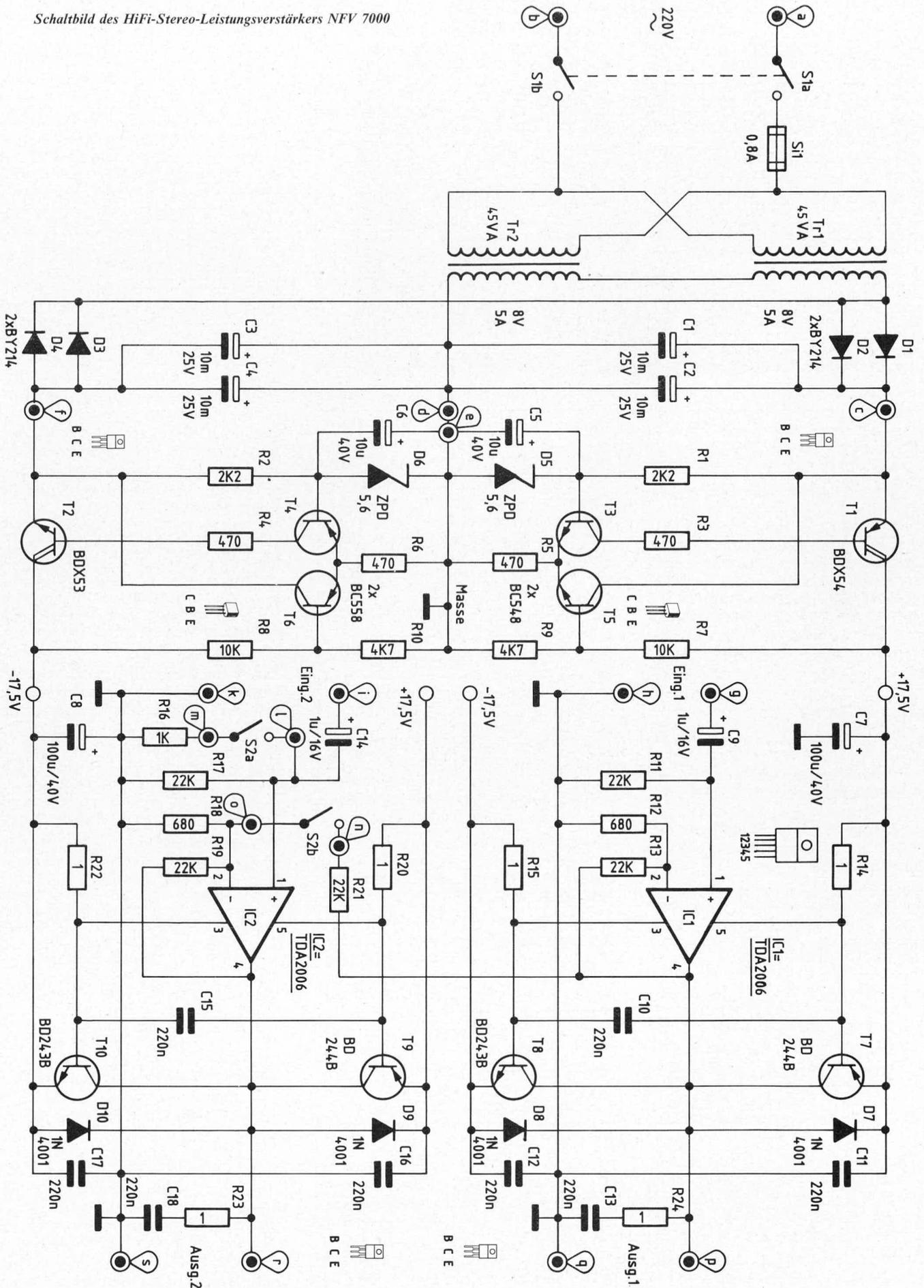
Abschließend soll noch erwähnt werden, daß zwar das IC 1 eine Kurzschlußsicherung besitzt, die jedoch aufgrund der gewählten Schaltungstechnik nicht für die Endstufentransistoren T 7 und T 8 gilt. Hier besteht kein Kurzschlußschutz. Der Vorteil liegt aber in einem sehr geringen Innenwiderstand der Endstufe unter Ausnutzung der gesamten Versorgungsspannung.

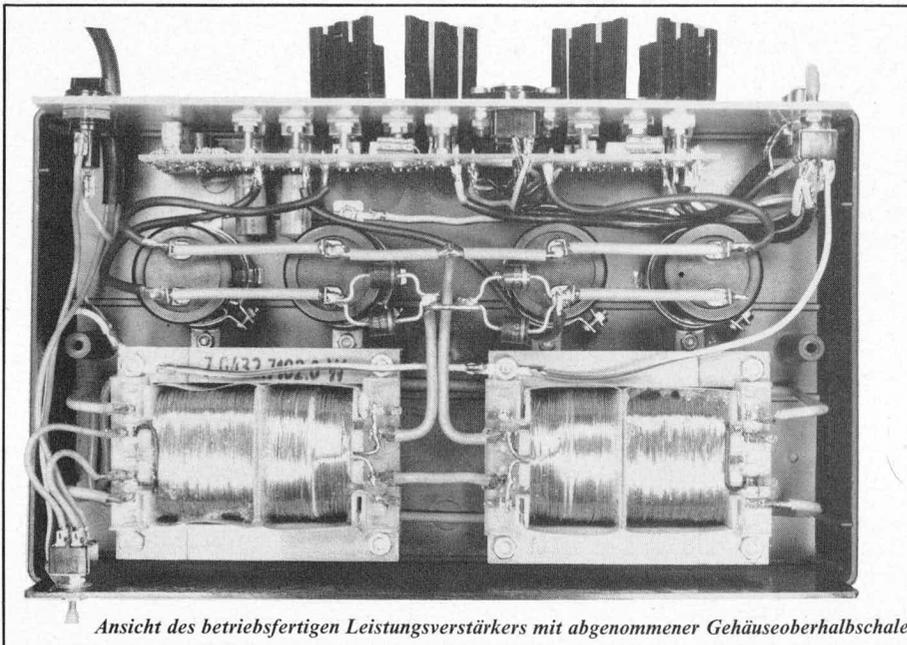
Zum Nachbau

An den Nachbau dieses hochwertigen Leistungsverstärkers sollten sich aufgrund der aufwendigen Gestaltung nur die etwas erfahreneren Elektroniker unter unseren Lesern heranwagen.

Zunächst wird die Platine anhand des Bestückungsplanes in gewohnter Weise bestückt, wobei allerdings die Leistungshalbleiter (T 1, T 2, T 7 bis T 10 sowie IC 1 und IC 2) in umgekehrter Form eingelötet werden, und zwar so, daß ihre Rückseite beim späteren Ansetzen der Leiterplatte an die Alu-Rückwand mit dieser in direktem thermischen Kontakt stehen. Bevor diese Halbleiter mit der Platine verlötet werden, sind 8 Schrauben M 3 x 20 mm von der Leiterbahnseite her durch die entsprechenden Bohrungen zu stecken und auf der Bestückungsseite fest zu verschrauben. Anschließend werden 8 weitere Muttern bis zu einer Distanz von ca. 10 mm aufgeschraubt. 8 Isoliernippel folgen. Als nächstes werden die entsprechenden Leistungshalbleiter mit ihrer Rückseite von der Bestückungsseite der Platine fortweisend über

Schaltbild des HiFi-Stereo-Leistungsverstärkers NFV 7000





Ansicht des betriebsfertigen Leistungsverstärkers mit abgenommener Gehäuseoberhalbschale

die Schrauben gesetzt und die Beinchen durch die zugehörigen Bohrungen auf der Platine gesteckt.

Nachdem die Bestückung nochmals sorgfältig kontrolliert wurde, kann die Platine unter Zwischenfügen von 8 Isolierscheiben (zwischen Leistungshalbleitern und Alu-Rückwand) an die Alu-Rückwand gesetzt und mit ihr verschraubt werden. Direkt hinter eine jede Endstufe (IC 1, T 7, T 8 sowie IC 2, T 9, T 10) wird ein Fingerkühlkörper entsprechend der Abbildung zur besseren Kühlung angesetzt.

Vorher sind noch die entsprechenden Schalter und Buchsen an der Alu-Rückwand zu montieren.

Die beiden Netztransformatoren werden jeweils über 4 Schrauben M 4 x 40 mm sowie 12 Muttern, die von unten durch die Gehäuseunterhalbschale gesteckt werden, mit dem Gehäuse verbunden. Hierzu sind vorher an den entsprechenden Stellen Bohrungen in die Gehäuseunterhalbschale einzubringen.

In ähnlicher Weise werden die 4 10 000 μ F Elkos mit je 2 Schrauben M 3 x 6 mm und 2 Muttern M 3 mit der Gehäuseunterhalbschale verbunden.

Damit ist der mechanische Aufbau schon fast beendet, d. h. die Verdrahtung muß noch sorgfältig ausgeführt werden.

Die beiden Sekundärwicklungen der Transformatoren sind in Reihe zu schalten, während jeweils 2 Elkos und 2 Dioden parallel

liegen. Von dem einen Trafoanschluß führt eine Verbindungsleitung zu 2 Plus- und 2 Minusanschlüssen der 10 000 μ F Elkos (dieser Punkt ist die Schaltungsmasse). Von dem anderen Trafoanschluß gehen 2 parallel geschaltete Dioden zum Minusanschluß und 2 Dioden zum Plusanschluß der Ladeelkos. Hier ist auf die Polarität größter Wert zu legen, da bei vertauschten Anschlüssen die Elkos explodieren können (die Gefahr ist nicht zu unterschätzen).

Als nächstes werden die Elkos mit den entsprechenden Platinenanschlußpunkten über flexible isolierte Leitungen verbunden. Die positive Versorgungsspannung gelangt an den Platinenanschlußpunkt „c“, die negative Versorgungsspannung an „f“ und die Schaltungsmasse an den Platinenanschlußpunkt „d“. Letztgenannter Schaltungspunkt stellt die Verbindung von 2 negativen und 2 positiven Elkoanschlüssen sowie eines Trafoanschlusses dar.

Danach werden die Eingangs- und Ausgangsleitungen mit den entsprechenden Schaltern und Buchsen entsprechend dem Schaltbild verbunden.

Die dritte, für Brückenbetrieb ausgelegte Lautsprecherbuchse wird nicht wie die beiden übrigen mit einem Anschluß an die Schaltungsmasse angeschlossen, sondern an den Platinenpunkt „p“ und mit dem zweiten an „r“, während die Lautsprecherbuchse für den Verstärker Ausgang 1 mit ihrem Mittelpunkt an Platinenpunkt „q“ und mit dem zweiten Anschluß an „p“ an-

zuschließen ist. Der Mittelpunkt der Lautsprecherbuchse für Verstärker 2 wird an den Platinenpunkt „s“ und der zweite Anschluß an „r“ gelegt.

Die Sekundärwicklungen der beiden Transformatoren sind in der Mitte miteinander zu verbinden.

Bei den Primärwicklungen ist der Anschluß „überkreuz“ erforderlich, damit die Reihenschaltung der Sekundärwicklungen später die doppelte Spannung ergibt. Bei verkehrter Polarität bzw. Phasenlage ist die Ausgangsspannung der beiden in Reihe geschalteten Sekundärwicklungen ca. 0 V, so daß in diesem Falle eine der beiden Primärwicklungen umzupolen ist.

Die dreiadrige Netzzuleitung wird durch die Netzkabeldurchführung mit Zugentlastung durch die Alu-Rückplatte geführt. Eine der beiden netzspannungsführenden Adern wird zunächst über den ebenfalls in der Gehäuserückwand angeordneten Sicherungshalter und anschließend an den auf der Frontplatte befindlichen Ein/Ausschalter gelötet. Die zweite spannungsführende Ader wird direkt an den Netzschalter gelegt. Vom Netzschalter abgehend gelangen beide Adern auf die Primärwicklung der beiden Netztransformatoren.

Der Schutzleiter der Netzzuleitung ist mit sämtlichen von außen berührbaren Metallteilen zu verbinden (Alu-Rückwand, Verschraubungen von Netztransformatoren, Elkos, Kippschaltherhäse usw.).

Inbetriebnahme

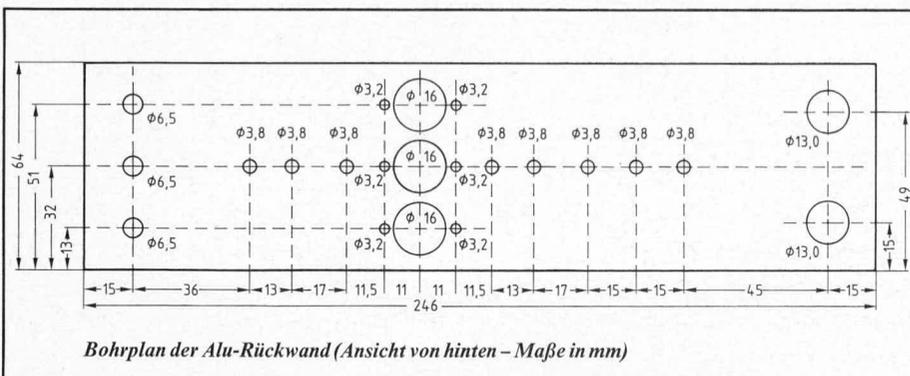
Bei korrektem Aufbau ist die Inbetriebnahme des Verstärkers recht einfach, da keinerlei Abgleichpunkte vorhanden und keinerlei Abgleicharbeiten auszuführen sind.

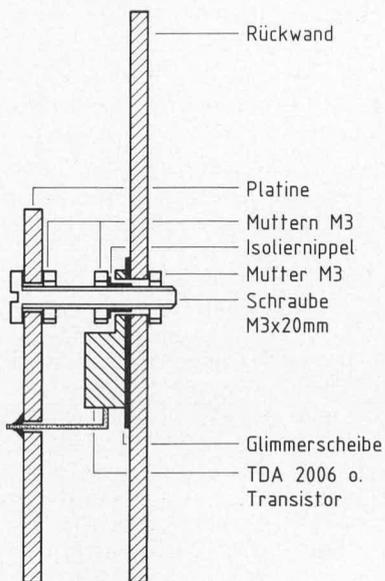
Es empfiehlt sich jedoch unbedingt, das erste Einschalten nur für einige wenige Sekunden vorzunehmen, um anschließend nach unmittelbar wieder ausgeschaltetem Gerät evtl. thermische Überhitzungen von Gleichrichterioden, Ladeelkos oder Leistungshalbleitern festzustellen und die korrekte Einbaulage nochmals sorgfältig zu überprüfen.

Ist der Test zur Zufriedenheit verlaufen, sollten sicherheitshalber einige Spannungswerte gemessen werden. Hierzu wird der Minusanschluß eines Multimeters mit der Schaltungsmasse verbunden und folgende Messungen durchgeführt:

1. Platinenanschlußpunkt „c“: + 20 V bis + 24 V
2. Platinenanschlußpunkt „f“: - 20 V bis - 24 V
3. Basis von T 3: + 5,0 V bis + 6,2 V
4. Basisanschluß von T 4: - 5,0 V bis - 6,2 V
5. Pin 5 des IC 1: + 16,0 V bis + 19,0 V
6. Pin 3 des IC 1: - 16,0 V bis - 19,0 V
7. Pin 4 des IC 1: $\pm 0,1$ V (typ. 0 V)
8. Pin 5 des IC 2 = Pin 5 des IC 1
9. Pin 3 des IC 2 = Pin 3 des IC 1
10. Pin 4 des IC 2: $\pm 0,1$ V (typ. 0 V)

Sind alle Messungen zur Zufriedenheit verlaufen, steht dem Einsatz dieses hochwertigen Leistungsverstärkers nichts mehr im Wege.





Montageskizze zur Verbindung zwischen Leiterplatte, Leistungshalbleitern und Alu-Rückwand

Stückliste: NF-Leistungsverstärker

Halbleiter

IC 1, IC 2	.....	TDA 2006
T 1	.....	BDX 54
T 2	.....	BDX 53
T 3, T 5	.....	BC 548
T 4, T 6	.....	BC 558
T 7, T 9	.....	BD 244 B
T 8, T 10	.....	BD 243 B
D 1-D 4	.....	BY 214
D 5, D 6	.....	ZPD 5,6
D 7-D 10	.....	1 N 4001

R 11, R 13, R 17	.....	22 k Ω
R 12, R 18	.....	680 Ω
R 14, R 15	.....	1 Ω
R 16	.....	1 k Ω
R 19, R 21	.....	22 k Ω
R 20, R 22-R 24	.....	1 Ω

Sonstiges

S 1, S 2	.....	Kippschalter, 2 x Um
Si 1	.....	0,8 A
Tr 1, Tr 2	.....	prim: 220 V/45 VA sek: 8 V/5 A

Kondensatoren

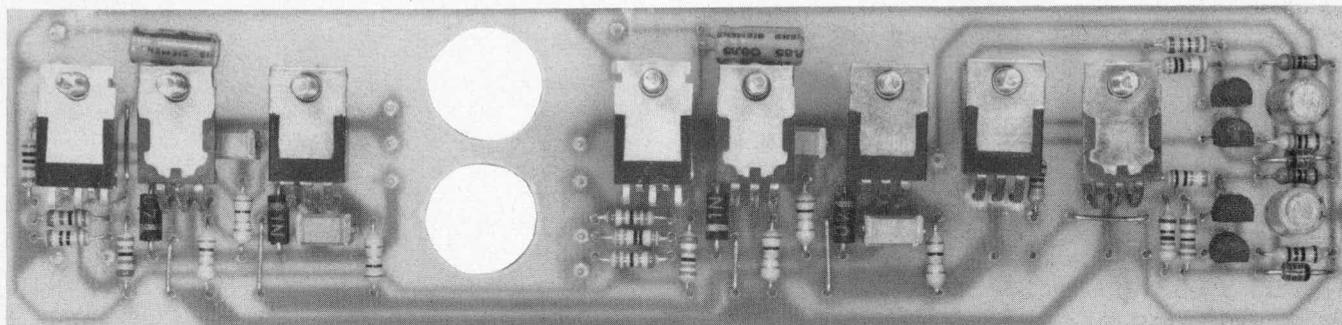
C 1-C 4	.....	10 mF/25 V
C 5, C 6	.....	10 μ F/40 V
C 7, C 8	.....	100 μ F/40 V
C 9, C 14	.....	1 μ F/16 V
C 10-C 13	.....	220 nF
C 15-C 18	.....	220 nF

18 Lötstifte

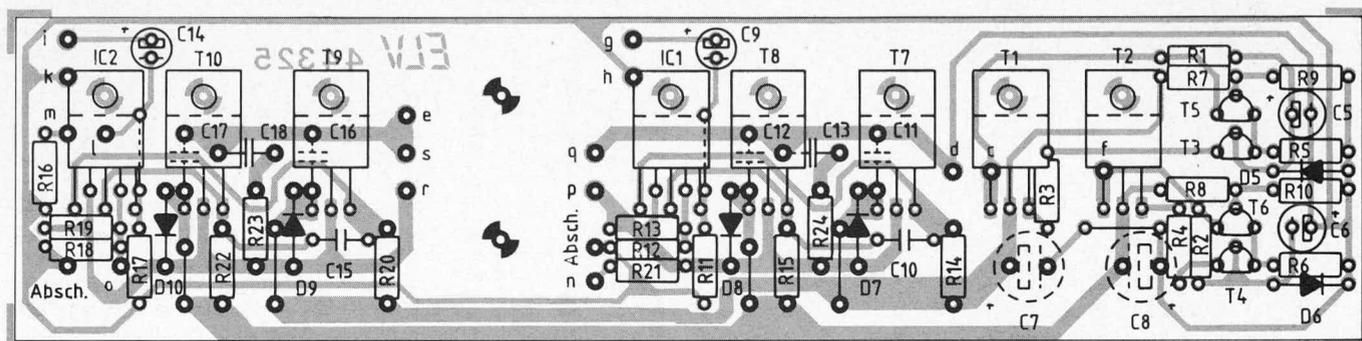
8 Schrauben M 4 x 40
8 Schrauben M 3 x 20
8 Schrauben M 3 x 6
38 M 3 Muttern
24 M 4 Muttern
8 Glimmerscheiben TO 220
8 Isolierringe TO 220
1 Lötflanke 6,2 mm
2 Lötflanken 4,2 mm
7 Lötflanken 3,2 mm
1 m flexible Leitung 2 x 0,4 mm ²
80 cm flexible Leitung 1,5 mm ²
2 Fingerkühlkörper

Widerstände

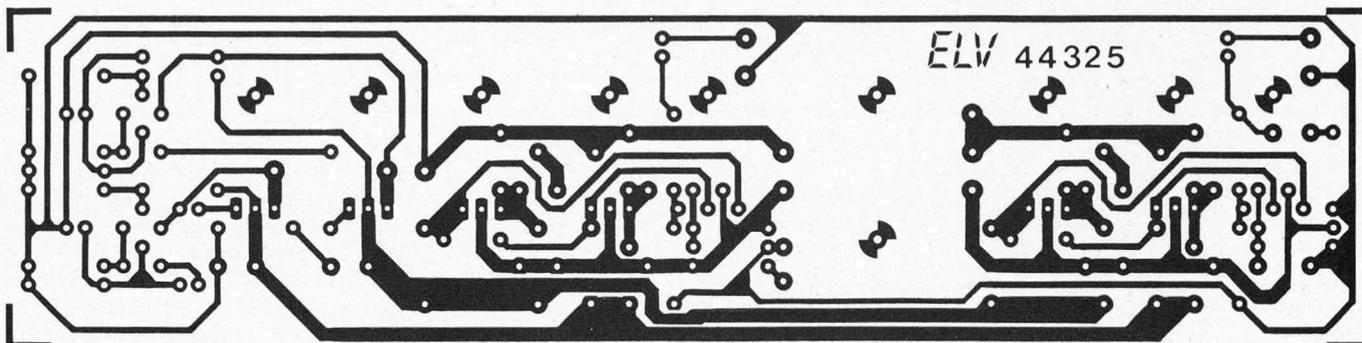
R 1, R 2	.....	2,2 k Ω
R 3-R 6	.....	470 Ω
R 7, R 8	.....	10 k Ω
R 9, R 10	.....	4,7 k Ω



Ansicht der fertig bestückten Platine des HiFi-Stereo-Leistungsverstärkers NFV 7000



Bestückungsseite der Platine des HiFi-Stereo-Leistungsverstärkers NFV 7000



Leiterbahnseite der Platine des HiFi-Stereo-Leistungsverstärkers NFV 7000