

# DIGITAL-AUDIOVERSTÄRKER CLASS D



Teil 2

**Der in einem massiven Metallgehäuse mit Alu-Frontprofil untergebrachte Digitalverstärker DA 150 zeichnet sich durch einen hohen Wirkungsgrad aus und kann wahlweise als Stereoverstärker oder als Mono-Endstufe im Brückenbetrieb eingesetzt werden. Im zweiten Teil des Artikels wird nun der praktische Aufbau detailliert beschrieben.**

## Nachbau

Im ersten Teil des Artikels zum Class-D-Audioverstärker DA 150 (ELVjournal 2/2007) wurden die grundsätzliche Funktionsweise, die Leistungsmerkmale und die Schaltung detailliert beschrieben. Im hier vorliegenden zweiten Teil des Artikels erfolgt nun ausführlich die Beschreibung des praktischen Aufbaus.

Trotz der außergewöhnlichen Leistungsmerkmale ist der praktische Aufbau des Verstärkers nicht schwierig. Da bei einem Großteil der Schaltungskomponenten in SMD-Ausführung zum Einsatz kommen und diese bereits werkseitig vorbestückt sind, ist der Nachbau schnell erledigt. Bei den von Hand zu verarbeitenden Komponenten in konventioneller Bauweise handelt es sich vorwiegend um die Leistungselektronik.

Abgesehen von der primärseitigen Netzplatine sind alle Komponenten des Verstärkers auf einer einzigen Leiterplatte mit den Abmessungen 143,5 x 126 mm untergebracht.

## Bestückung der Basisplatine

In der üblichen Vorgehensweise beginnen wir die Bestückungsarbeiten an der Platinenoberseite mit den niedrigsten

Komponenten. Das sind in unserem Fall die 1%igen Metallfilmwiderstände. Diese werden auf Rastermaß abgewinkelt, von oben durch die zugehörigen Platinenbohrungen geführt und an der Platinenunterseite (SMD-Seite) leicht angewinkelt, damit die Bauteile nach dem Umdrehen der Platine nicht wieder herausfallen können.

Nach dem Umdrehen der Platine sind dann die Bauteile sorgfältig zu verlöten und die überstehenden Drahtenden direkt oberhalb der Lötstellen abzuschneiden, wie auch bei den nachfolgend zu bestückenden bedrahteten Bauelementen.

Danach werden in der gleichen Weise die zur Störunterdrückung dienenden Ferrite L 5 bis L 8 sowie die beiden UKW-Drosseln L 2 und L 4 eingelötet.

Im nächsten Arbeitsschritt sind die beiden SMD-Filterspulen L 1 und L 3 an der Reihe, die exakt auf den zugehörigen Löt pads aufliegen müssen. Das Festsetzen erfolgt dann mit ausreichend Löt zinn.

Die Folienkondensatoren sind mit beliebiger Polarität einzulöten.

Der Schiebeschalter S 2 und die Stereo-Cinchbuchsen-Einheit BU 1 müssen vor dem Verlöten unbedingt plan aufliegen. Das gleiche gilt auch für die Platinen-Sicherungshalter SI 1 und SI 2, in die gleich nach dem Bestücken die zugehörigen Feinsicherungen einzusetzen sind.

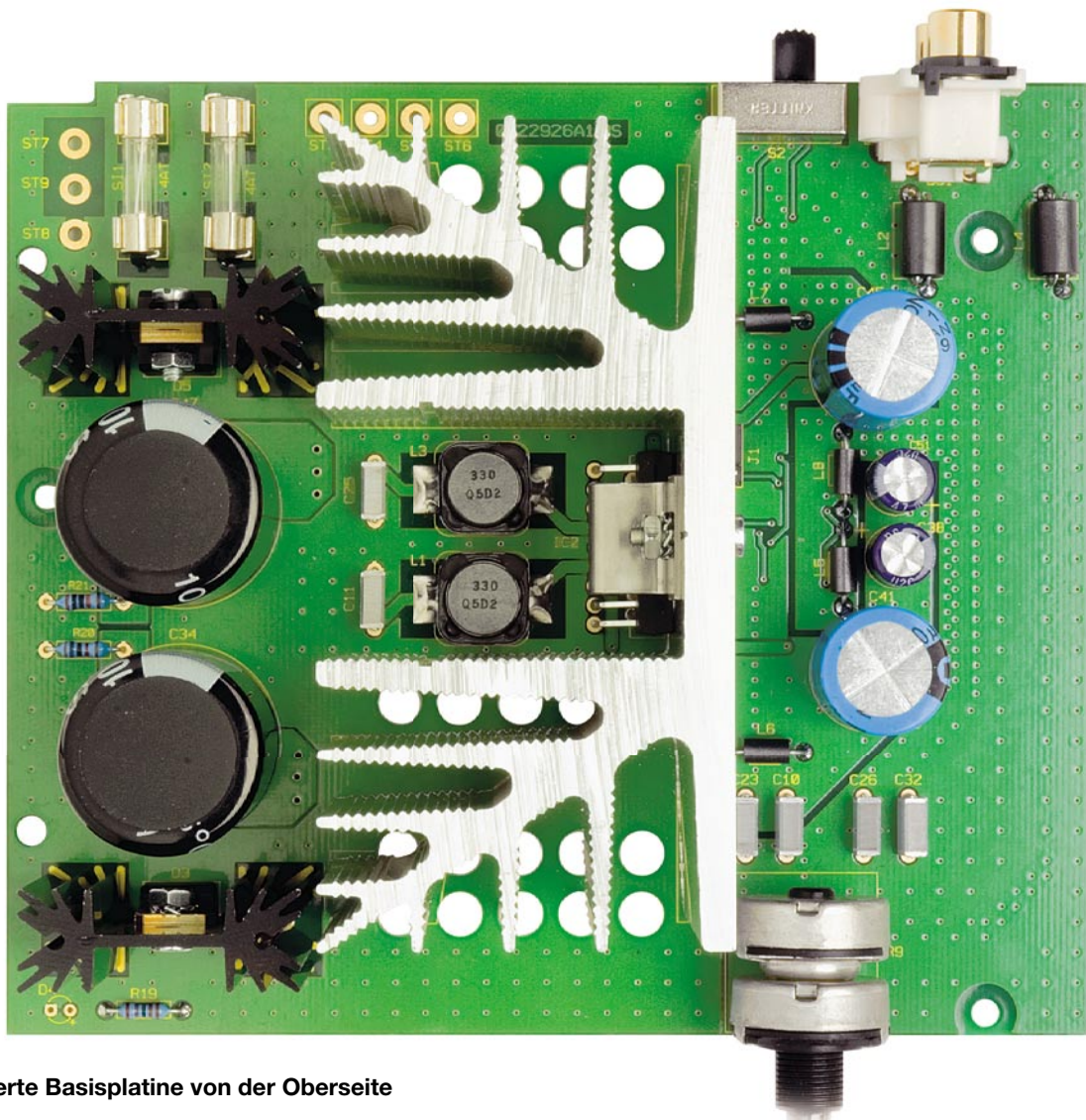
Es folgt das Einlöten der Stiftleiste J 1,

wo der Kodierstecker so aufzusetzen ist, dass Pin 2 und Pin 3 verbunden werden.

Die beiden kleinen Kühlkörper für die Schottky-Gleichrichter-Dioden D 3, D 5 und D 6 werden wie abgebildet von der Platinenoberseite eingesetzt, und an der Platinenunterseite sind die Lötstifte mit reichlich Löt zinn festzusetzen.

Danach erfolgt die Montage der Dioden am Kühlkörper. Während im Gehäuse von D 3 zwei Schottky-Dioden mit gemeinsamer Katode untergebracht sind, bestehen D 5 und D 6 jeweils aus einer Einzeldiode. Für die Befestigung von D 3 am Kühlkörper ist daher hier keine Glimmerscheibe erforderlich. Zur thermischen Kopplung wird die Rückseite des Bauteils (Metallfahne) leicht mit Wärmeleitpaste bestrichen, die Anschlüsse des Bauteils werden durch die zugehörigen Platinenbohrungen geführt, und danach erfolgt die Befestigung mit einer Schraube M3 x 8 mm, Zahnscheibe und Mutter. Zuletzt sind nur noch die Anschlüsse an der Platinenunterseite zu verlöten und die überstehenden Drahtenden abzuschneiden.

Die Dioden D 5 und D 6 benötigen jeweils eine Glimmerscheibe, die zur thermischen Kopplung beidseitig dünn mit Wärmeleitpaste zu bestreichen ist. Mit einer Schraube M3 x 12 mm, zwei Isoliernippeln und einer Mutter M3 erfolgt die Montage am gemeinsamen



Fertig montierte Basisplatine von der Oberseite

Kühlkörper. Auch hier werden nach dem Verlöten die überstehenden Drahtenden abgeschnitten.

Jetzt wird das Stereo-Poti R 9 für den Einbau vorbereitet, indem die Achse auf die Gesamtlänge von 25 mm gekürzt wird. Beim Einlöten ist zu beachten, dass das Bauteil plan auf der Platinenoberfläche aufliegen muss.

Im nächsten Arbeitsschritt wird der Endstufen-Kühlkörper für den Einbau vorbereitet, indem der Endstufen-Baustein IC 2 mit einer Metallklammer am Kühlkörper befestigt wird. Wichtig ist dabei die Isolation des Endstufen-ICs gegenüber dem Kühlkörper.



Bild 9: Montage des Endstufen-ICs TDA 8927 am Kühlkörper

Zur Isolation dient eine Glimmerscheibe mit den Abmessungen von 24 x 12 mm, die an beiden Seiten dünn mit Wärmeleitpaste zu bestreichen ist. Wie in Abbildung 9 zu sehen ist, erfolgt die Befestigung am Kühlkörper mit einer Metallschelle, einer Schraube M3 x 12 mm, einer Zahnscheibe und einer Mutter M3.

Der so weit vorbereitete Kühlkörper wird mit zwei selbstschneidenden Schrauben M3 x 6 mm auf die Leiterplatte montiert. Dabei ist sorgfältig zu beachten, dass alle IC-Pins durch die zugehörigen Platinenbohrungen geführt werden.

Erst nach der Montage des Kühlkörpers werden die Elektrolytkondensatoren bestückt, wobei unbedingt auf die korrekte Polarität zu achten ist. Falsch gepolte Elkos können explodieren oder auslaufen. Üblicherweise ist die Polarität bei Elkos am Minuspol gekennzeichnet.

Nachdem die Platine so weit bestückt ist, erfolgt eine gründliche Überprüfung hinsichtlich Löt- und Bestückungsfehlern. Ist diese erste Überprüfung zur Zufriedenheit ausgefallen, geht es mit dem Aufbau der Netzplatine weiter.

## Bestückung der Netzplatine

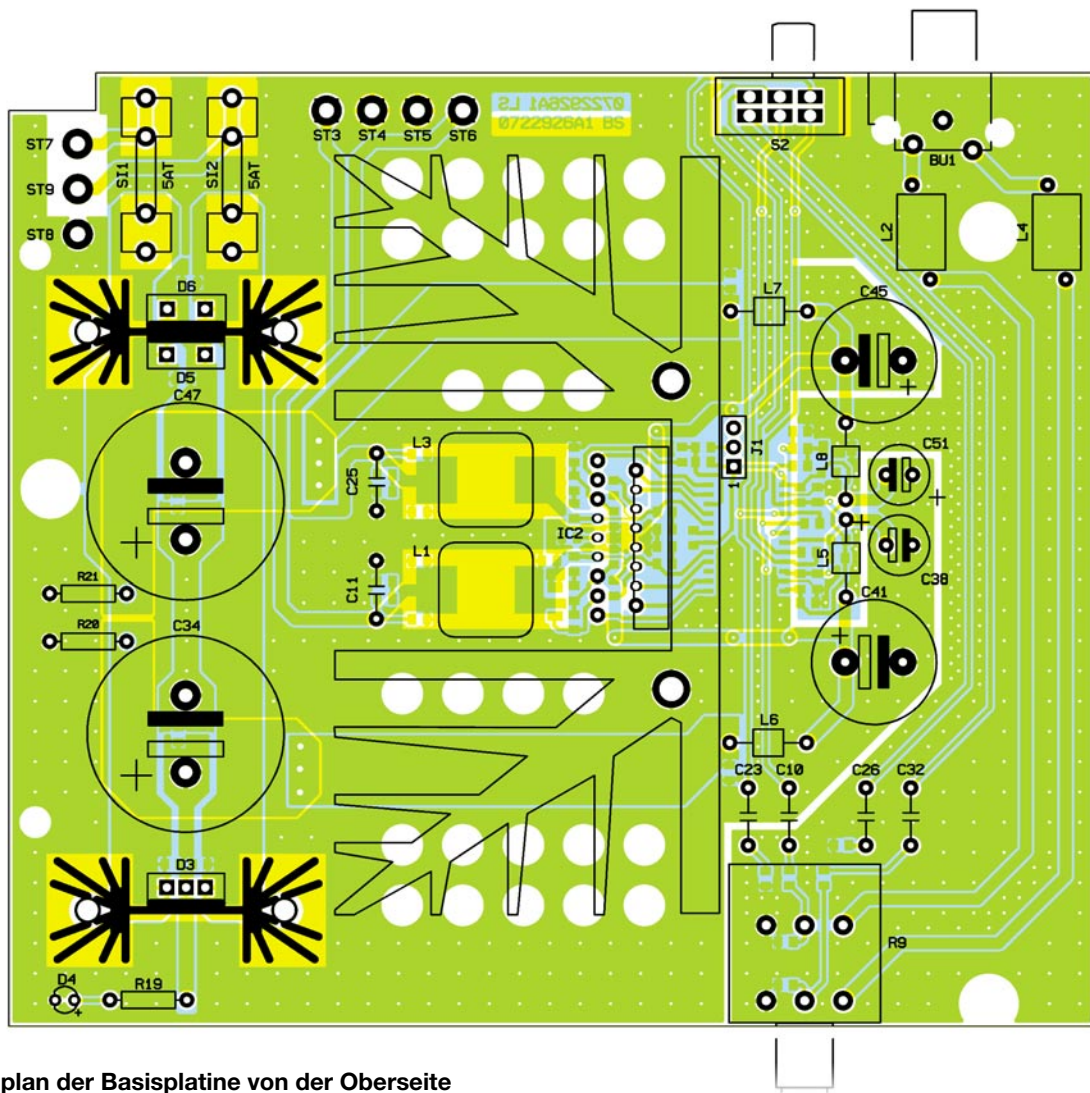
Bei der Netzplatine sind zwar nur wenige Bauelemente zu bestücken, jedoch ist hier höchste Sorgfalt geboten, da später die 230 V Netzwechselfspannung hier anliegen wird.

Im ersten Arbeitsschritt wird die primärseitige Netzbuchse mit zwei Schrauben M3 x 10 mm, Zahnscheiben und Muttern auf die Platine montiert. Danach erfolgt das Verlöten der Platinenanschlüsse.

Der Netzschalter S 100 und der X2-Kondensator C 100 müssen vor dem Verlöten plan aufliegen.

Beim Einlöten der beiden Hälften des Platinensicherungshalters ist eine einwandfreie Ausrichtung zu beachten. Gleich nach dem Einlöten werden die Feinsicherung eingesetzt und eine Kunststoffabdeckung als Berührungsschutz aufgesetzt. Die Bauteilbestückung ist damit bereits abgeschlossen.

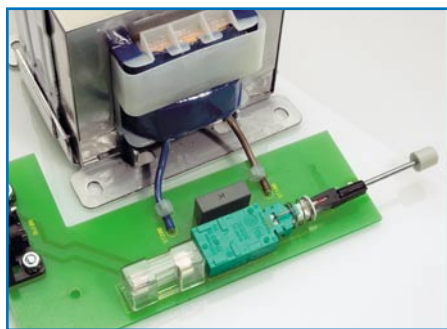
Die primärseitigen Anschlüsse des 160-VA-Netztransformators werden auf 50 mm Gesamtlänge gekürzt, auf 5 mm



**Bestückungsplan der Basisplatte von der Oberseite**

Länge abisoliert, verdrillt und vorverzinkt. Danach sind die Leitungen von der Platinenoberseite durch die Bohrungen von ST 100 und ST 200 zu führen und an der Platinenunterseite sorgfältig zu verlöten. Zur doppelten Sicherheit werden die Leitungen jeweils mit einem Kabelbinder, wie in Abbildung 10 zu sehen ist, gesichert.

Kommen wir nun zum Einbau der Komponenten in das Gehäuse. Dazu werden zuerst die Gehäusefußmodule mit Schrauben M3 x 16 mm montiert (Abbildung 11)



**Bild 10: Die primärseitigen Anschlüsse des Netztrafos werden jeweils mit einem Kabelbinder zusätzlich gesichert**

und die selbstklebenden Gummifüße in die Fußmodule eingeklebt.

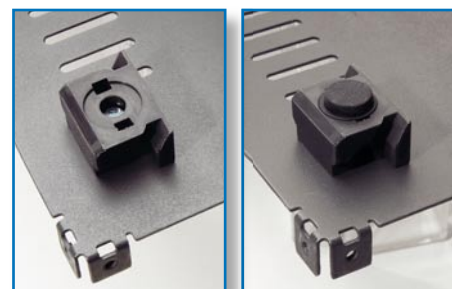
Entsprechend Abbildung 12 ist im Gehäuseunterteil eine Isolierplatte aus unbeschichtetem Leiterplattenmaterial einzusetzen. Darauf wird dann der Netztrafo mit vier Schrauben M4 x 10 mm, Zahnscheiben und Muttern montiert.

Die Netzplatine ist in das Gehäuseunterteil einzusetzen und mit zwei Zahnscheiben und zwei Muttern M3 fest zu verschrauben.

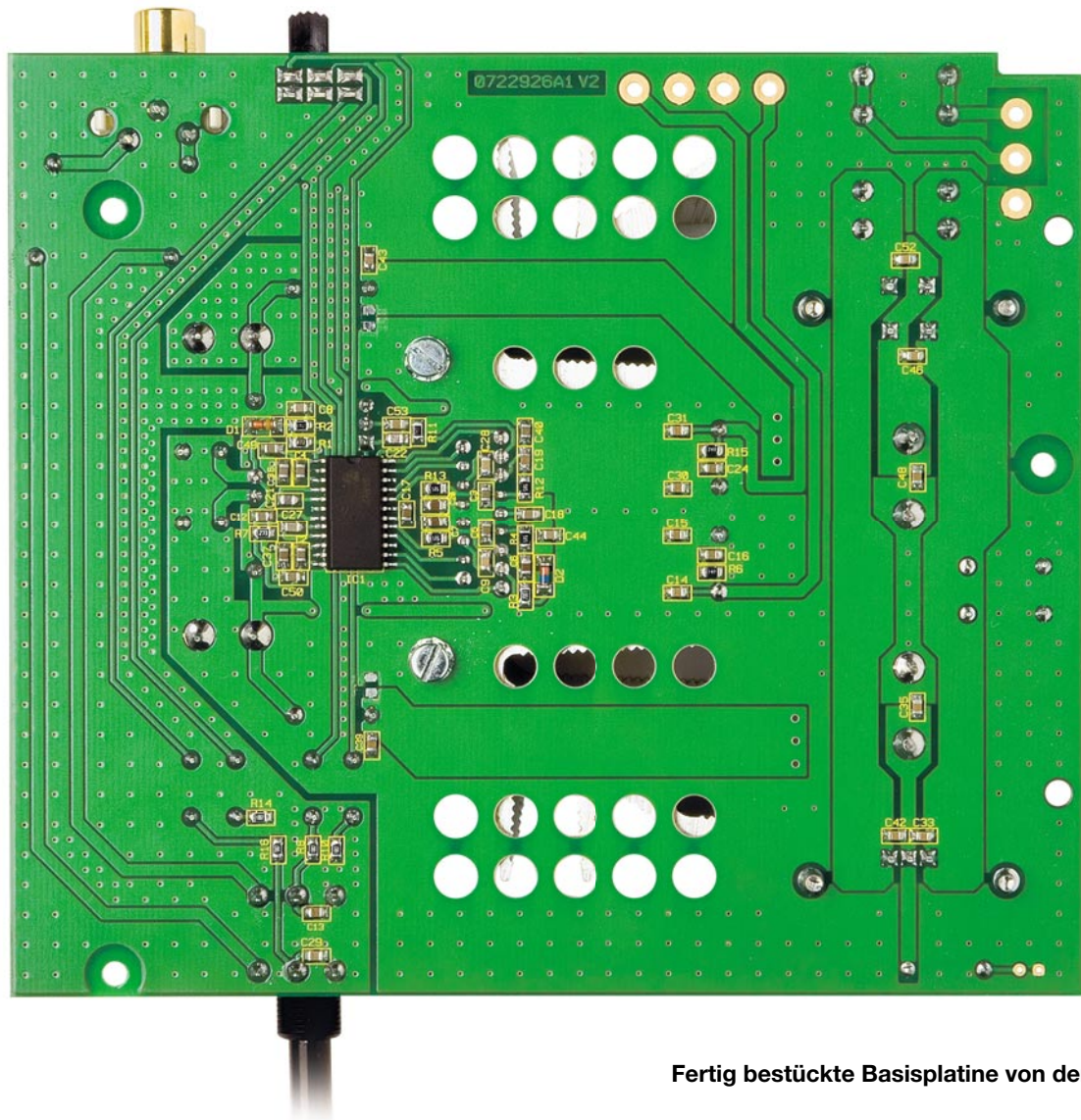
Zum Anschluss der Power-LED D 4 sind jeweils eine rote und eine schwarze flexible Leitung von 160 mm Länge mit 0,22 mm<sup>2</sup> Querschnitt erforderlich. Diese Leitungsabschnitte werden an beiden Enden auf 5 mm Länge abisoliert, verdrillt und vorverzinkt. Das rote Leitungsende ist an den Anodenanschluss (+, längerer Anschluss) und das schwarze Leitungsende an den Katodenanschluss der Power-LED anzulöten, wobei zuvor die LED-Anschlüsse jeweils auf 5 mm Länge gekürzt werden. Nach dem Verlöten erfolgt die Isolation der Anschlüsse mit Schrumpfschlauchabschnitten von 1 cm Länge entsprechend

Abbildung 13. Die Leitungen werden verdrillt und die freien Enden von oben durch die zugehörigen Platinenbohrungen geführt und verlötet. Die LED ist von innen durch die zugehörige Bohrung des Frontprofils zu führen und mit Klebstoff festzusetzen.

Kommen wir nun zur Verbindung der Lautsprecheranschlüsse ST 3 bis ST 6 mit der Lautsprecherklemmleiste. Dazu dienen einadrig isolierte Leitungen mit einem Querschnitt von 0,75 mm<sup>2</sup>, die beidseitig auf 5 mm Länge abisoliert, verdrillt und vorverzinkt werden. Eine 130 mm lange rote Leitung ist an ST 3, eine 120 mm lange



**Bild 11: Montage der Gehäuse-Fußmodule**



Fertig bestückte Basisplatine von der SMD-Seite

schwarze Leitung an ST 4, eine 110 mm lange schwarze Leitung an ST 5 und eine 110 mm lange rote Leitung an ST 6 anzulöten. Über die Leitungen wird gemeinsam ein 70 mm langer Gewebeisolierschlauch geschoben.

Die von ST 3, ST 4 kommenden Leitungen sind an die Klemmleisten des linken Kanals und die von ST 5, ST 6 kommenden Leitungen an die Klemmleisten des rechten Kanals anzulöten. Grundsätzlich gilt dabei die Zuordnung: rotes Kabel an die rote Klemmleiste und schwarzes Kabel

an die schwarze Klemmleiste. Die sekundärseitigen Trafoanschlüsse werden auf 140 mm Länge gekürzt, 5 mm abisoliert, verdreht und vorverzinkt. Danach sind die roten Leitungen an ST 7 und ST 9 und die schwarze Trafoleitung an ST 8 der Basisplatine anzulöten.

Es folgt die Montage der Basisplatine im Gehäuseunterteil mit einer Schraube M3 x 5 mm und zwei Muttern M3. Es ist jeweils eine M3-Zahnscheibe unterzulegen.

Entsprechend Abbildung 14 ist die Lautsprecher-Klemmleiste mit zwei Schrauben M3 x 12 mm, Muttern und Zahnscheiben in die Gehäuserückwand zu montieren. Mit drei Inbusschrauben M3 x 6 mm wird die Rückwand am Gehäuseunterteil

befestigt. Zum Festsetzen der Cinchbuchsen-Einheit dient eine Knippingschraube 2,9 x 6,5 mm.

Danach erfolgt die Befestigung des Alu-Frontprofils am Gehäuseunterteil mit sechs Senkkopfschrauben M3 x 6 mm. Auf die Potiachse ist gleich im Anschluss der Drehknopf aufzupressen.

Der Netzschalter wird mit einem Adapterstück, der zugehörigen Schubstange und dem Druckknopf bestückt. Abbildung 15 zeigt die Innenansicht des so weit fertig gestellten Class-D-Verstärkers.

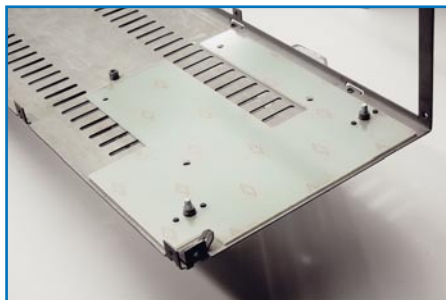


Bild 12: Sehr wichtig ist die Isolierplatte unter der Netzplatine und dem Netztrafo.



Bild 13: Anschluss der zugehörigen Leitungen an die Power-LED

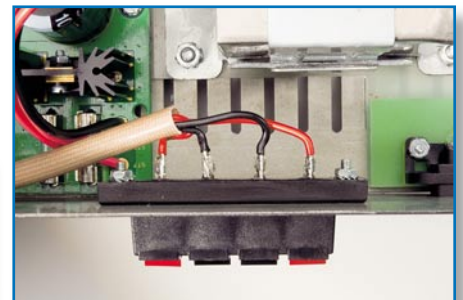
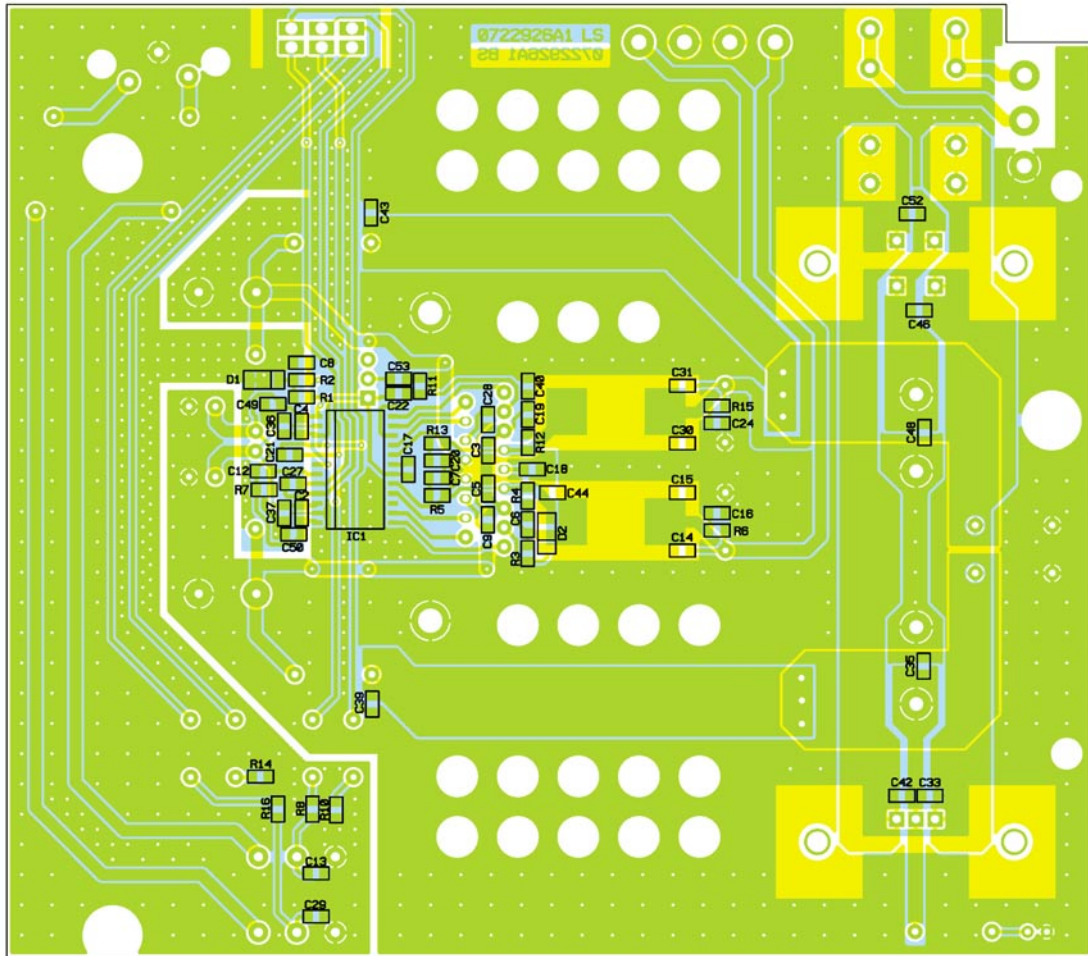


Bild 14: Anschluss der Lautsprecher-Anschlussleitungen an die zugehörigen Klemmleisten



Bestückungsplan der Basisplatte von der SMD-Seite



Bild 15: Innenansicht des fertig aufgebauten Class-D-Verstärkers



Im letzten Arbeitsschritt ist das Gehäuseoberteil im hinteren Bereich mit 5 Inbusschrauben M3 x 5 mm und im Bereich des Frontprofils mit 4 Inbusschrauben M3 x 16 mm zu verschrauben (Abbildung 16). Der praktische Aufbau des DA 150 ist damit vollständig abgeschlossen und dem Einsatz steht nun nichts mehr entgegen. **ELV**

Bild 16: Montage des Gehäusedeckels mit Inbusschrauben

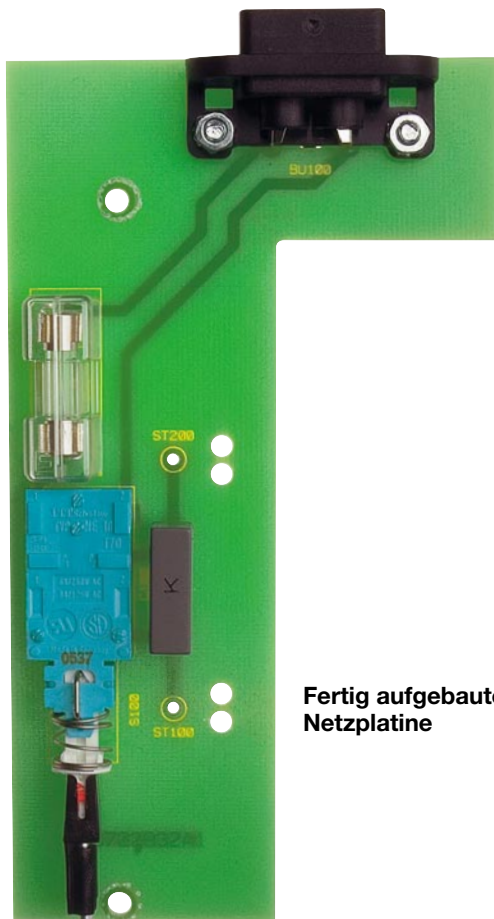
### Stückliste: Digital-Audioverstärker DA 150 Netzteilereinheit

#### Kondensatoren:

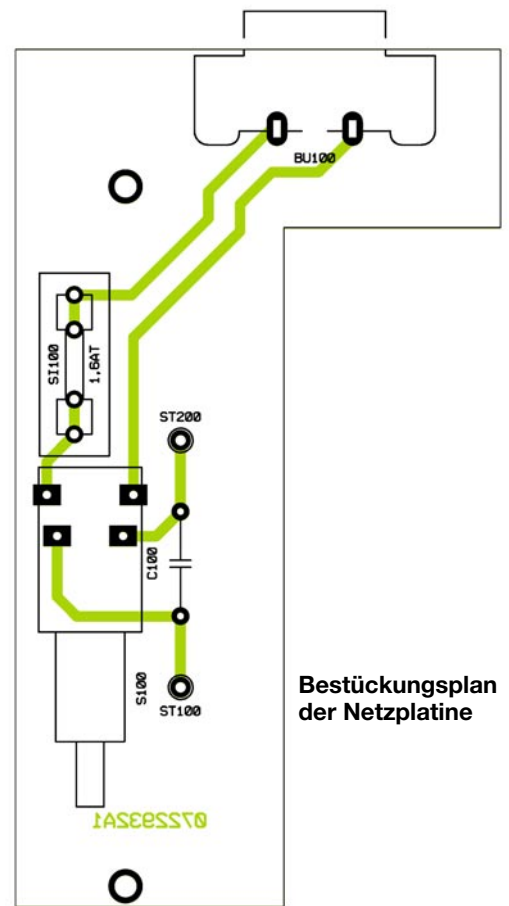
100 nF/250 V~/X2 ..... C100

#### Sonstiges:

- Kleingeräte-Netzbuchse, 2-polig, winkelprint ..... BU100
- Sicherung, 1,6 A, träge ..... SI100
- Platinensicherungshalter (2 Hälften), print ..... SI100
- Sicherungsabdeckhaube ..... SI100
- Schadow-Netzschalter, print ..... S100
- Adapterstück ..... S100
- Verlängerungsachse, 42 mm ..... S100
- Drückknopf, ø 7,2 mm ..... S100
- 1 Trafo, 2 x 18,5 V/4,3 A
- 2 Zylinderkopfschrauben, M3 x 10 mm
- 4 Zylinderkopfschrauben, M4 x 10 mm
- 4 Muttern, M3
- 4 Muttern, M4
- 4 Fächerscheiben, M3
- 4 Zahnscheiben, M4
- 2 Kabelbinder, 90 mm
- 1 Netzteil-Isolierplatte, bearbeitet



Fertig aufgebaute Netzplatine



Bestückungsplan der Netzplatine

**Stückliste: Digital-Audioverstärker DA 150 – Basiseinheit**

**Widerstände:**

- 5,6 Ω/SMD/0805 ..... R4, R5, R12, R13
- 24 Ω/SMD/0805 ..... R6, R15
- 1 kΩ/SMD/0805 ..... R2, R11
- 2,7 kΩ ..... R19
- 4,7 kΩ/SMD/0805 ..... R1
- 4,7 kΩ ..... R21
- 5,6 kΩ ..... R20
- 10 kΩ/SMD/0805 ..... R8, R10, R14, R16
- 27 kΩ/SMD/0805 ..... R7
- 200 kΩ/SMD/0805 ..... R3
- Poti, 6 mm, stereo, 47 kΩ ..... R9

**Kondensatoren:**

- 180 pF/SMD/0805 ..... C22
- 330 pF/SMD/0805 ..... C21, C27
- 560 pF/SMD/0805 .. C6, C7, C19, C20
- 1 nF/SMD/0805 ..... C13–C15, C29–C31, C39, C43
- 15 nF/SMD/0805 ..... C9, C28
- 47 nF/SMD/0805 ..... C53
- 100 nF/SMD/0805 ..... C33, C35, C42, C46, C48, C52
- 220 nF/SMD/0805 ... C2–C5, C8, C12, C16–C18, C24, C36, C37, C40, C44, C49, C50
- 470 nF/100 V ..... C10, C11, C23, C25, C26, C32
- 47 µF/63 V ..... C38, C51
- 2200 µF/35 V ..... C41, C45
- 10 000 µF/35 V ..... C34, C47

**Halbleiter:**

- TDA8929T/SMD ..... IC1
- TDA8927J ..... IC2
- ZPD5.6/SMD ..... D1
- ZPD7.5V/SMD ..... D2
- STPS1545CT ..... D3
- STPS10L60D ..... D5, D6
- LED, 3 mm, Rot ..... D4

**Sonstiges**

- Speicherdrossel, SMD, 33 µH/3,0 A ..... L1, L3
- UKW-Breitbanddrossel, 2,5 Windungen ..... L2, L4
- Dämpfungsperte, bedrahtet, 6 mm ..... L5–L8
- Cinch-Anschlussplatte, 2-polig... BU1
- Schiebeschalter, 2 x um, winkelprint ..... S2
- Sicherung, 5 A, träge ..... SI1, SI2
- Platinensicherungshalter (2 Hälften), print ..... SI1, SI2
- Stiftleiste, 1 x 3-polig, gerade, print ..... J1
- Jumper ..... J1
- 1 Lautsprecher-Klemmanschluss, Lötanschluss, 4-polig ..... ST3–ST6
- 1 Alu-Drehknopf mit Steckeinsatz und Markierung, 28 mm
- 2 Glimmerscheiben, TO-220
- 1 Glimmerscheibe, 24 x 12 mm
- 2 Isolierbuchsen, TO-220

- 1 Knippingschrauben, 2,9 x 6,5 mm, Schwarz
- 1 Zylinderkopfschraube, M3 x 5 mm
- 8 Innensechskant-Schrauben, M3 x 5 mm
- 6 Senkkopfschrauben, M3 x 6 mm
- 2 Zylinderkopfschrauben, selbstschneidend, M3 x 6 mm
- 1 Zylinderkopfschraube, M3 x 8 mm
- 4 Zylinderkopfschrauben, M3 x 12 mm
- 4 Zylinderkopfschrauben, M3 x 16 mm
- 4 Innensechskant-Schrauben, M3 x 16 mm
- 9 Muttern, M3
- 7 Fächerscheiben, M3
- 1 Transistorhaltefeder, 1 fach, Metall
- 2 Kühlkörper SK104, 38,1 mm mit Lötstiften
- 1 Kühlkörper SK88, bearbeitet
- 1 Tube Wärmeleitpaste
- 1 Gehäuse, komplett, lackiert, bearbeitet und bedruckt
- 1 Netzleitung mit Euro- und Kleingerätestecker, schwarz
- 7 cm Gewebeisolierschlauch, ø 6 mm
- 2 cm Schrumpfschlauch, 1/16", Schwarz
- je 1 16 cm flexible Leitung, ST1 x 0,22 mm<sup>2</sup> in Rot und Schwarz
- 24 cm flexible Leitung, ST1 x 0,75 mm<sup>2</sup>, Rot
- 23 cm flexible Leitung, ST1 x 0,75 mm<sup>2</sup>, Schwarz