

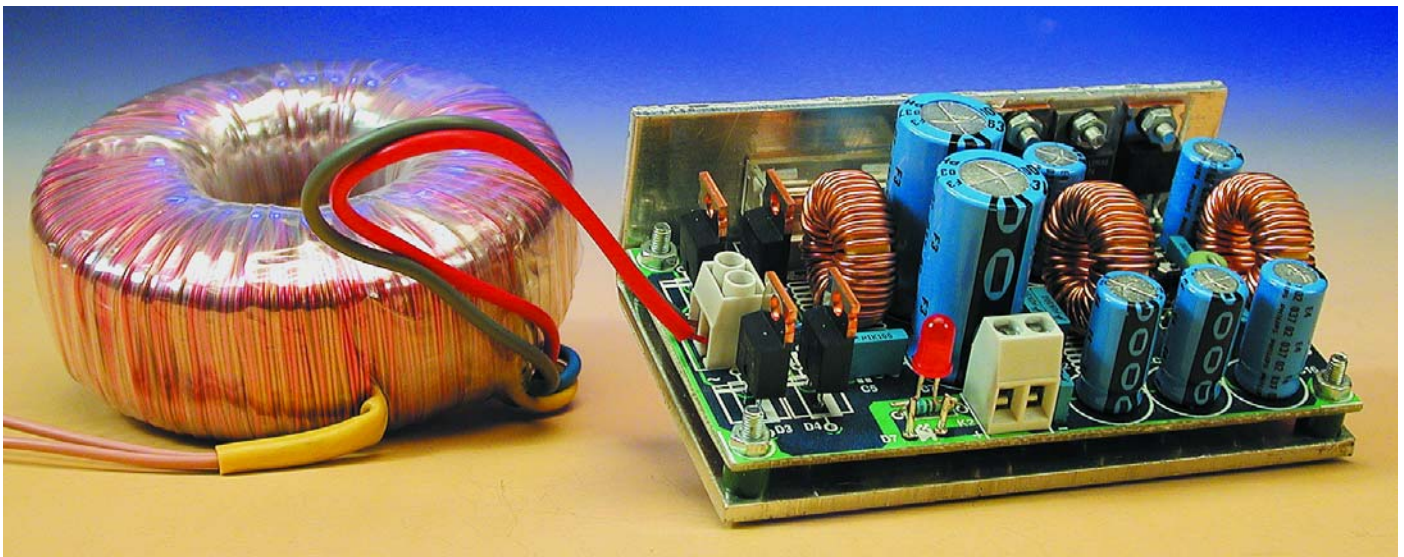
Schaltnetzteil 17 V / 10 A

für den aktiven Subwoofer

Technik: Ton Giesberts

Text: Sjef van Rooij

Dieses kompakte stabilisierte Netzteil wurde für den aktiven Subwoofer maßgeschneidert, der zu unserem "Lautsprecher-System für Multimedia-Anwendungen" gehört. Das Netzteil liefert die für den Subwoofer-Endverstärker ideale Betriebsspannung 17 V, der maximale Strom beträgt 10 A. Der Wirkungsgrad darf als vorbildlich bezeichnet werden.



Der Endverstärker des aktiven Subwoofers kann unbeschadet an einem nicht stabilisierten Netzteil betrieben werden, das lediglich aus Trafo, Brücken-Gleichrichter und Lade-Elko besteht. Vorteile vor allem hinsichtlich der Ausgangsleistung bringt jedoch der Betrieb an einem stabilisiertem Netzteil, das eine Ausgangsspannung von möglichst genau 17 V bei einem Strom von mindestens 6 A liefert.

Beim Entwurf des Subwoofer-Verstärkers

stellte sich die Frage, ob hier wegen der besonderen Eigenschaften des Endverstärker-ICs der Aufwand für ein stabilisiertes Netzteil lohnt. Der TDA7374B entfaltet seine besten Eigenschaften und seine höchste Leistung bei der Betriebsspannung 17 V. Da dies eine in der Leistungselektronik kaum gebräuchliche Spannung ist, lässt sich ein stabilisiertes Netzteil nicht mit gängigen Stan-

dard-Bauteilen realisieren. Wenn ein 12-V-Trafo die Netzteil-Eingangsspannung liefert, bleiben infolge des Spannungsabfalls an den Dioden nach der Gleichrichtung nur etwa 15 V bis 15,5 V übrig. Der TDA7374B ist zwar bei dieser Betriebsspannung voll funktionsfähig, verglichen mit der idealen Betriebsspannung 17 V muss jedoch eine spürbare Minderung der Ausgangsleistung in

Kauf genommen werden. Wenn die maximale Ausgangsleistung das Ziel der Wünsche ist, bleibt nur eins übrig: Der Aufbau eines stabilisierten 17-V-Netzteils.

Nachdem die Entscheidung zu Gunsten eines stabilisierten Netzteils gefallen war, musste als Nächstes überlegt werden, wie ein solches Netzteil am besten zu realisieren ist. Das "klassische" Konzept macht einen leistungsstarken analogen Spannungsregler notwendig, dessen Verlust-Wärme infolge des unvermeidlichen Spannungsabfalls und wegen des hohen maximalen Stroms von 6 A nicht mehr vernachlässigt werden kann. Dieses Konzept hat zwei entscheidende Nachteile: Zum einen ist die Energie-Bilanz ungünstig, da der Gesamt-Wirkungsgrad des Netzteils wegen der Wärme-Verluste niedrig liegt, zum anderen ist der konstruktive Aufwand hoch, denn der Spannungsregler muss mit einem überdimensional großflächigen Kühlkörper gekühlt werden.

Wenn ein Netzteil hohe Ausgangsströme liefern muss und gleichzeitig sparsam mit der elektrischen Energie umgehen soll, gibt es eigentlich nur eine Alternative: Das Schalt-

netzteil. Nach Abwägen des einen und anderen Konzepts für die Realisierung eines 17-V-Schaltnetzteils, das mindestens 6 A liefert, fiel die Wahl auf den in Elektor-Netzteil-Schaltungen schon mehrfach verwendeten Step-Down-Schaltregler LT1074CT von Linear Technology.

Step-Down-Schaltregler

Der LT1074CT ist ein integrierter schaltender Step-Down-Regler, der Ausgangsströme bis 5 A liefert; er braucht nur mit wenigen externen Bauelementen beschaltet zu werden. Dieser Schaltregler wurde zum Beispiel im "DC/DC-Wandler fürs Auto" eingesetzt, den Elektor im Juni 2001 veröffentlichte. Die Stärken des LT1074CT sind unter anderem seine hohe Zuverlässigkeit, die hohe Schalt-Geschwindigkeit sowie die stets willkommene Eigenschaft, dass ihm Überlastung und Kurzschluss kaum etwas anhaben können. Da es sich um einen Schaltregler vom Typ der Step-Down-Regler handelt, kann die Eingangsspannung bei der Ausgangsspannung 17 V im weiten Bereich zwischen 18 V und 30 V liegen. Auf den Wir-

kungsgrad hat die Höhe der Eingangsspannung nur wenig Einfluss. Das Problem, dass der LT1074CT "nur" 5 A liefert, während der Endverstärker des aktiven Subwoofers einen Spitzen-Strombedarf von 6 A hat, lässt sich relativ einfach lösen. Es werden auf intelligente Weise zwei Exemplare des LT1074CT parallel geschaltet!

Starkes Duo

Bereits beim ersten Blick auf die Schaltung in Bild 1 ist nicht zu übersehen, dass der LT1074CT als Paar auftritt und die Anzahl der zugehörigen Bauelemente erstaunlich gering ist. Die Rollen sind unter den beiden Regler-ICs so verteilt, dass IC1 die Funktion des Haupt-Reglers übernimmt, während IC2 erst dann Hilfestellung leistet, wenn der Ausgangsstrom 5 A übersteigt.

Die Schaltregler werden hier in ihrer Standard-Konfiguration betrieben, die äußeren Beschaltungen von IC1 und IC2 sind bis auf wenige Details identisch. Die an K1 anliegende Trafo-Spannung wird von vier als Brücke geschalteten einzelnen Dioden (D1...D4) gleich gerichtet. Die parallel geschalteten Kondensatoren unterdrücken eventuelle hochfrequente Prassel-Störungen, von denen das Subwoofer-Audio-Signal in Mitleidenschaft gezogen werden könnte. Induktivität L1 verhindert zusammen mit den

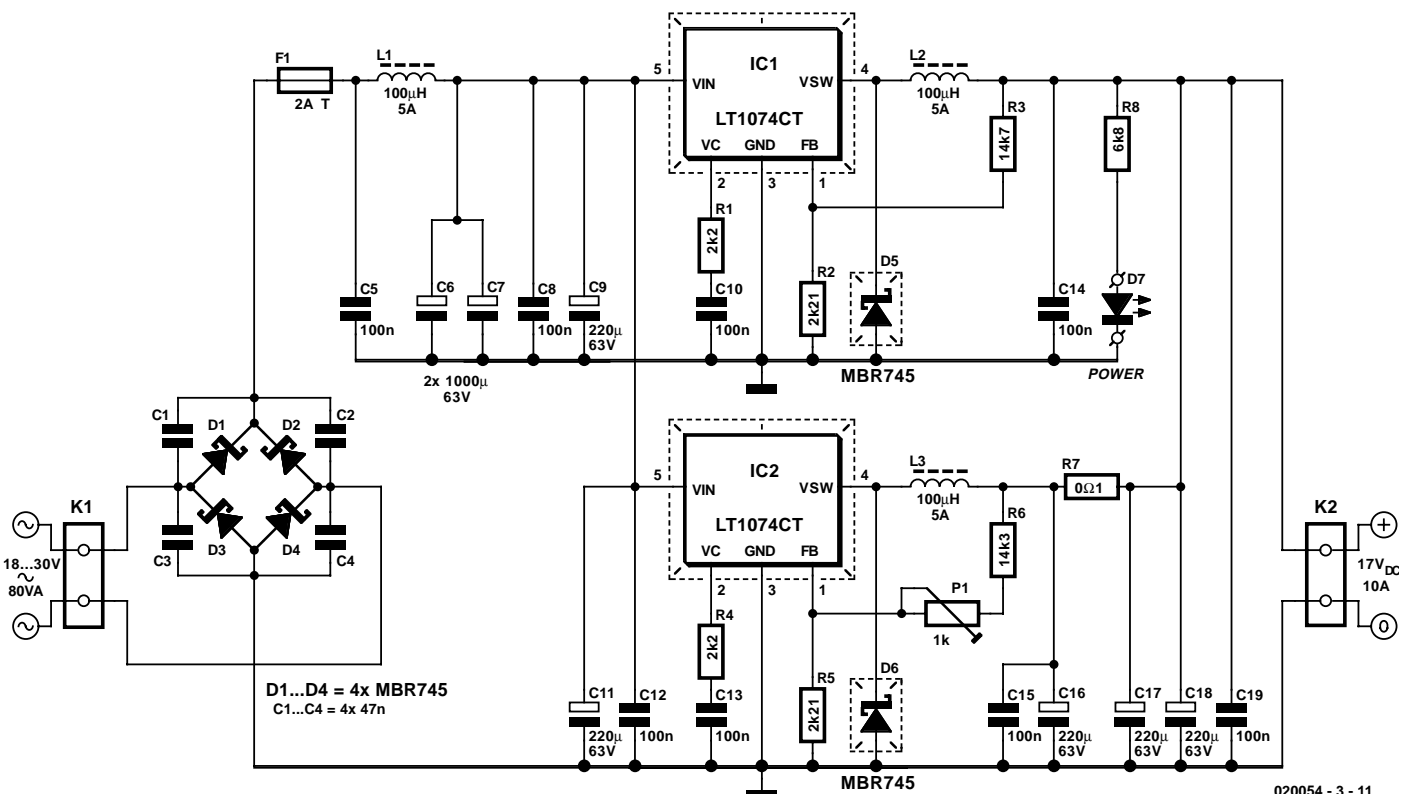


Bild 1. Das 17-V-Netzteil wurde mit zwei Step-Down-Schaltreglern des Typs LT1074CT realisiert.

Kondensatoren C5, C8 und C9, dass unzulässig hohe Impuls-Spitzen von der Regler-Schaltung in das Stromnetz gelangen.

Die Ausgangsspannung hängt von der Dimensionierung der Widerstände R2 und R3 ab, wobei die an Anschluss 1 des LT1074CT anliegende interne Referenz-Spannung (2,21 V) die Basis bildet. Mit den Werten 14,7 k Ω für R3 und 2,21 k Ω für R2 beträgt die Ausgangsspannung rein rechnerisch 16,91 V. R3 greift die Ausgangsspannung hinter der Induktivität L2 ab, denn vor L2 (an Anschluss 4 des LT1074CT) liegt eine pulsweiten-modulierte Spannung. Der Mittelwert dieser rechteckförmigen Spannung entspricht zwar ungefähr der Spannung hinter L2, sie darf jedoch in dieser Form nicht auf den Referenz-Ausgang zurückgeführt werden. Das RC-Glied R1/C10 dient zur Frequenzgang-Kompensation des LT1074CT, und Diode D5 arbeitet als Freilauf-Diode für Induktivität L2. Die Lade-Kapazitäten am Eingang und Ausgang (C6, C7 bzw. C16, C17, C18) bestehen absichtlich aus mehreren parallel geschalteten Elkos, so dass sich die impulsförmigen Ströme auf mehrere Elkos verteilen. Das wirkt sich nicht nur vorteilhaft auf die Elko-Lebensdauer aus, sondern hierdurch werden auch der Gesamt-ESR (elektrischer Reihen-Widerstand) und die parasitären Induktivitäten reduziert. Um den ESR noch weiter herabzusetzen, werden als Elkos 63-V-Typen verwendet.

Der zweite LT1074CT (IC2) hat die Funktion eines Spitzenlast-Stromlieferanten; er ist erst dann an der Lieferung des Ausgangsstroms beteiligt, wenn die Ausgangsspannung von IC1 unter einen bestimmten Wert sinkt. Dieses Verhalten wird durch zwei Maßnahmen erreicht: Der Ausgang der zweiten Regler-Schaltung ist über den niederohmigen Reihen-Widerstand R7 mit dem Netzteil-Ausgang verbunden, und die Ausgangsspannung dieses Zweigs lässt sich mit Trimpoti P1 einstellen. Die Einstellung von P1 ist unkompliziert. Bei unbelastetem Netzteil-Ausgang wird P1 im Uhrzeiger-Sinn bis unmittelbar vor den Punkt gestellt, an dem ein Anstieg der Netzteil-Ausgangsspannung messbar ist. Die Ausgangsspannung von IC2 liegt dann um einen geringen Betrag unter der Ausgangsspannung von IC1. Das hat zur Folge, dass IC2 erst dann Strom liefert, wenn IC1 die Ausgangsspannung von IC2 unterschreitet.

Gleichrichter und Trafo

Der Aufbau des Brücken-Gleichrichters aus einzelnen Dioden (D1...D4) kommt dem Gesamt-Wirkungsgrad des Netzteils zu Gute. Verwendet wird die Schottky-Leistungsdioden MBR745, an der auch bei hohen Strömen ein

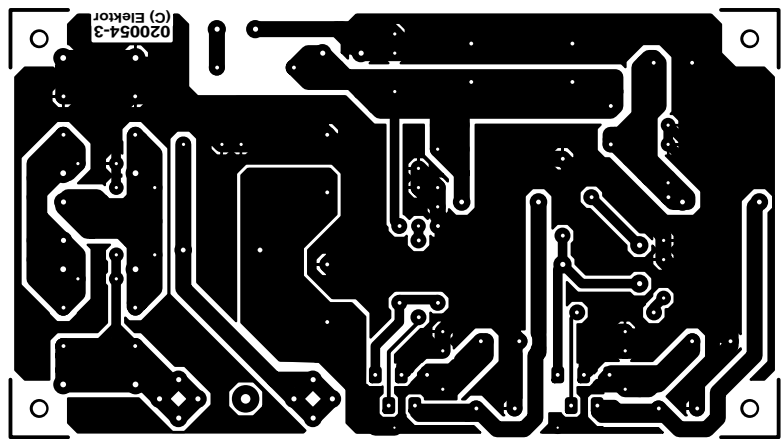
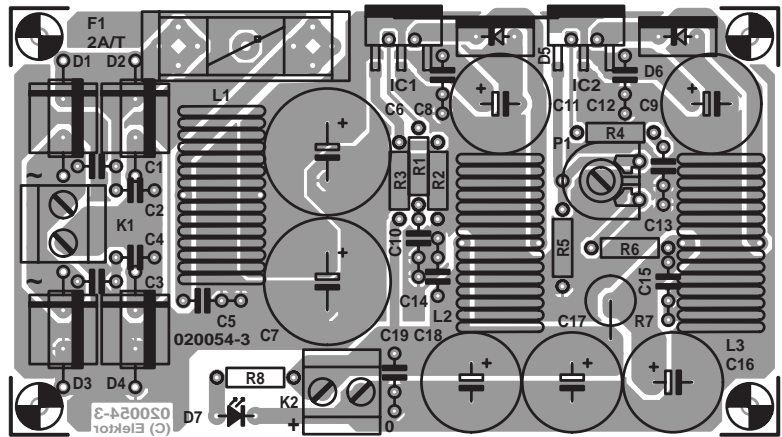


Bild 2. Trotz des beachtlichen maximalen Stroms 10 A sind die Platinen-Abmessungen niedrig.

wesentlich niedrigerer Spannungsabfall als an Standard-Dioden auftritt. Auf dem Bauelemente-Markt sind Schottky-Leistungsdioden mit

noch niedrigerer Durchlass-Spannung erhältlich (z. B. 20TQ045 von IRF, ebenfalls ein 45-V-Typ); solche Dioden können natürlich ebenfalls

Stückliste

Widerstände:

- R1, R4 = 2k Ω
- R2, R5 = 2k21
- R3 = 14k7
- R6 = 14k3
- R7 = 0 Ω 1 / 5 W
- R8 = 6k8
- P1 = 1 k Trimpoti

Induktivitäten:

- L1...L3 = 100 μ H / 5 A, z.B. SFT12-50 TDK

Kondensatoren:

- C1...C4 = 47 n
- C5, C8, C10, C12...C15, C19 = 100 n MKT
- C6, C7 = 1000 μ / 63 V stehend

- C9, C11, C16...C18 = 220 μ / 63 V stehend

Halbleiter:

- D1...D6 = MBR745 (Schottky-Diode 7,5 A / 45 V)
- D7 = LED, Low-Current
- IC1, IC2 = LT1074CT (Linear Technology)

Außerdem:

- K1, K2 = 2-poliger Schraubklemm-Verbinders, Raster 5 mm
- F1 = 2 A träge + Sicherungshalter für Platinenmontage
- Platine EPS 020054-3 (siehe Service-Seiten in der Heft-Mitte)

Das Platinen-Layout steht auch auf der Elektor-Website www.elektor.de zum Download bereit.

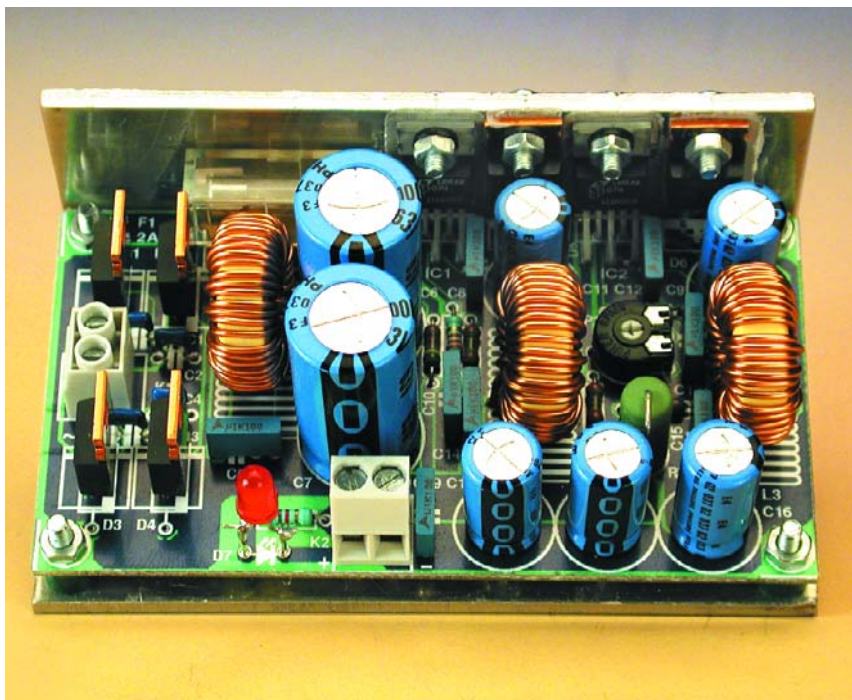


Bild 3. Das abgewinkelte Kühlblech für die Schaltregler dient gleichzeitig als Platinen-Träger.

verwendet werden. Mit vier Dioden MBR745 als Gleichrichter und einer Eingangsspannung von 30 V wurde ein Gesamt-Wirkungsgrad von über 85 % gemessen. Der Nulllast-Strom der Spannungsregler-Schaltung liegt bei 23 mA.

Die erforderliche Größe des Netztrafos hängt sowohl vom Strombedarf des Subwoofer-Endverstärkers als auch vom Wirkungsgrad des Netzteils ab. Es wird empfohlen, als Netztrafo einen 80-VA-Typ zu verwenden. Wenn man zwei Subwoofer aufbauen und an einer gemeinsamen Stromversorgung betreiben möchte, kann man einen 160-VA-Ringkern-Trafo einsetzen. An diesen Trafo müssen zwei Schaltregler-Platinen angeschlossen werden. Ringkern-Trafos verfügen häufig über zwei identische Sekundär-Wicklungen, was den Vorteil hat, dass die Regler-Schaltungen galvanisch voneinander getrennt sind. Masse-Schleifen über die Audio-Leitungen sind dadurch von vornherein ausgeschlossen.

Schaltungsaufbau

Für das Schaltregler-Netzteil konnte eine Platine mit erstaunlich niedrigen Abmessungen entworfen werden; **Bild 2** zeigt das Layout und

den Bestückungsplan. Nach bewährtem Muster werden zuerst die niedrigen Bauelemente und anschließend die höheren Komponenten montiert. Dabei ist darauf zu achten, dass die Drahtbrücke nicht vergessen wird, die sich hinter den Anschlüssen von IC1, D5 und IC2 am Platinen-Rand befindet.

Bei den drei Induktivitäten L1, L2 und L3 handelt es sich um gewöhnliche Triac-Entstördrosseln; sie sind normaler Weise im einschlägigen Fachhandel vorrätig. Der Wert 100 μH ist nicht kritisch, die Drosseln müssen jedoch für Ströme von mindestens 5 A ausgelegt sein.

Die Schaltregler IC1 und IC2 sowie die beiden Gleichlauf-Dioden D5 und D6 wurden am Platinen-Rand angeordnet, was die Montage auf dem gemeinsamen Kühlkörper erleichtert. Der Wärme-Widerstand des Kühlkörpers darf maximal 5 K/W betragen, und die zu montierenden Bauelemente (IC1, IC2, D5 und D6) müssen natürlich isoliert befestigt werden. Das Auftragen von Wärme-Leitpaste auf die Montage-Flächen gewährleistet guten thermischen Kontakt. Ferner ist wichtig, dass die Anschlüsse der auf dem Kühlkörper montierten Bauelemente möglichst frei von mecha-

nischen Spannungen mit der Platine verlötet werden. Anderenfalls ist nicht auszuschließen, dass sich früher oder später Löt-Verbindungen lösen. Aus dem gleichen Grund sind die Anschlüsse von D5 und D6 etwas weiter vom Platinen-Rand angeordnet. Die Zuleitungen der Dioden müssen leicht abgelenkt werden, was zur mechanischen Entlastung der Lötstellen beiträgt.

An Stelle eines käuflichen Kühlkörpers kann auch ein 3 mm starkes Alu-Blech verwendet werden, das wie **Bild 3** zeigt zu einem L-Profil gebogen wird. Die Praxis hat ergeben, dass der Wärme-Widerstand genügend niedrig ist, um den Subwoofer-Verstärker problemlos am Schaltregler-Netzteil betreiben zu können. Die Platine wird mit vier Schrauben und Abstandsrollen auf dem Kühlkörper-Blech montiert. Die Abstandsrollen müssen aus nicht leitendem Material bestehen, da anderenfalls Kurzschlüsse zwischen Platine und Kühlkörper-Blech nicht auszuschließen sind. Wenn man das Kühlkörper-Blech elektrisch mit Masse verbindet (z. B. Masse-Anschluss von K2), hat es zusätzlich auch noch abschirmende Wirkung. Die Platine ist so ausgelegt, dass als Gleichrichter-Dioden (D1...D4) unter Umständen auch Standard-Dioden (axiale Bauform, z. B. FR606) montiert werden können. Der Gesamtwirkungsgrad der Schaltung liegt dann allerdings niedriger, denn die Wärme-Verluste dieser Dioden sind deutlich höher. Damit die Induktivitäten im Betrieb keine störenden Geräusche von sich geben, können sie mit Zweikomponenten-Kleber auf der Platine fixiert werden. LED D7 hat die Funktion der Einschalt-Anzeige; sie muss bei Einbau der Schaltung in ein Gehäuse natürlich so montiert werden, dass sie von außen sichtbar ist. Der Wert von Sicherung F1 (2 A, träge) erscheint auf den ersten Blick als zu niedrig bemessen. Maßgebend ist hier jedoch nicht der Spitzenwert, sondern der Mittelwert des vom Subwoofer-Verstärker aufgenommenen Stroms. Der mit 10 A angegebene, vom Schaltregler-Netzteil lieferbare maximale Strom ist ebenfalls als Spitzenwert zu verstehen, wenn die Schaltung mechanisch wie beschrieben aufgebaut wird. Einen Dauerstrom von 10 A kann das Schaltregler-Netzteil zwar liefern, jedoch müssen dann der Kühlkörper und die Sicherung entsprechend angepasst werden. Für den Betrieb des Subwoofer-Verstärkers sind der Alu-Blech-Kühlkörper und die Sicherung genau passend dimensioniert.

Es wird empfohlen, den Netztrafo auch auf der Primärseite abzusichern. Der Richtwert für diese Sicherung ist 200 mA träge, der Wert hängt jedoch vom Typ des verwendeten Netz-Trafos ab.

(020054-3)gd