

PWM-Schaltnetzteil

Wenig Verlustleistung, selbst bei geringen Spannungen und hohen Strömen, sind die Vorteile dieser universell einsetzbaren Netzteilplatine

Allgemeines

Diese neue für die Spannungsversorgung im Laborbereich konzipierte Leiterplatte arbeitet nach dem Prinzip des sekundär getakteten Schaltreglers und ist mit konventionellen Bauelementen realisiert.

Gegenüber linear geregelten Netzgeräten hat der sogenannte Step-Down-Wandler besonders bei der Belastung mit hohen Strömen bei geringer Spannung besondere Vorteile durch seinen hohen Wirkungsgrad.

Die Ausgangsspannung ist stufenlos von 0 - 30 V und die Strombegrenzung von 10 mA bis 4 A einstellbar. Zur Spannungs- und Stromanzeige sind 2 Panelmeter (0-200 mV) direkt an die dafür vorgesehenen Lötstifte anschließbar (nicht im Lieferumfang).

Eine einzige doppelseitig durchkontaktierte Leiterplatte mit den Abmessungen 131 x 112 mm dient zur Aufnahme sämtlicher aktiver und passiver Bauteile inklusive Netz-Gleichrichter und Endstufe, so daß extern nur noch der geeignete Netztransformator anzuschließen ist.

Das Netzgerät kann wahlweise als Spannungs- oder als Stromregler arbeiten, wobei der jeweils aktive Regler durch eine Leuchtdiode angezeigt wird.

Des Weiteren ist auf der Platine sowohl für die Endstufe als auch für den anzuschließenden Netztrafo eine elektronische Temperatursicherung vorhanden. Bei Über-temperatur leuchtet die jeweils zugehörige Leuchtdiode auf, und die Ausgangsspannung wird abgeschaltet.

Wie bei nahezu allen Schaltnetzteilen, ist auch bei der ELV-PWM-Schaltnetzteil-Platine eine minimale Ausgangslast sinnvoll.

Das Netzgerät arbeitet im sogenannten „Burst-Mode“ (Endstufe wird periodisch getaktet), wenn die Ausgangslast 3 VA unterschreitet. Im Gegensatz zu den meisten Schaltnetzteilen (z. B. PC-Netzteile) führt eine geringe Ausgangslast bei dem PWM-Schaltnetzteil zu keiner Beschädigung. Der einzige Nachteil bei weniger als 3 VA Last ist eine höhere Ausgangswelligkeit.

Beim Netztransformator (nicht im Lieferumfang) sind neben der Leistungswicklung noch 2 Hilfswicklungen mit jeweils 8 V/500 mA zur Versorgung der elektronischen Komponenten erforderlich. Natürlich besteht auch die Möglichkeit, 2 getrennte Trafos einzusetzen. Standardmäßig steht für das Netzteil ein Transformator

mit 27 V/3,5 A und 2 x 8 V/500 mA zur Verfügung.

Mit diesem Transformator ist ein 20 V/4 A Netzgerät realisierbar.

Schaltung

Die Schaltung unseres ausschließlich mit Standard-Bauelementen aufgebauten PWM-Schaltnetzteils ist in Abbildung 1 zu sehen. Anhand des P-Kanal-Feldeffekttransistors T 1, der schnellen Schottky-Diode D 1, der Ringkern-Speicherdrossel L 1 und des Puffer-Elkos C 5 betrachten wir zunächst die grundsätzliche Funktionsweise.

Der als Leistungsschalter dienende P-Kanal Feldeffekttransistor T 1 wird von der Steuerelektronik periodisch in den leitenden Zustand versetzt. In der Schaltphase, in der der Transistor durchgesteuert ist, fließt über die Speicherdrossel L 1 der Strom zum Puffer-Elko C 5. Wird nun der Transistor T 1 gesperrt, kann die Speicherdrossel L 1 aufgrund der nun auftretenden Gegeninduktion den Stromfluß über die Schottky-Diode D 1 aufrecht erhalten.

Die Ausgangsspannung am Elko C 5 entspricht dem arithmetischen Mittelwert

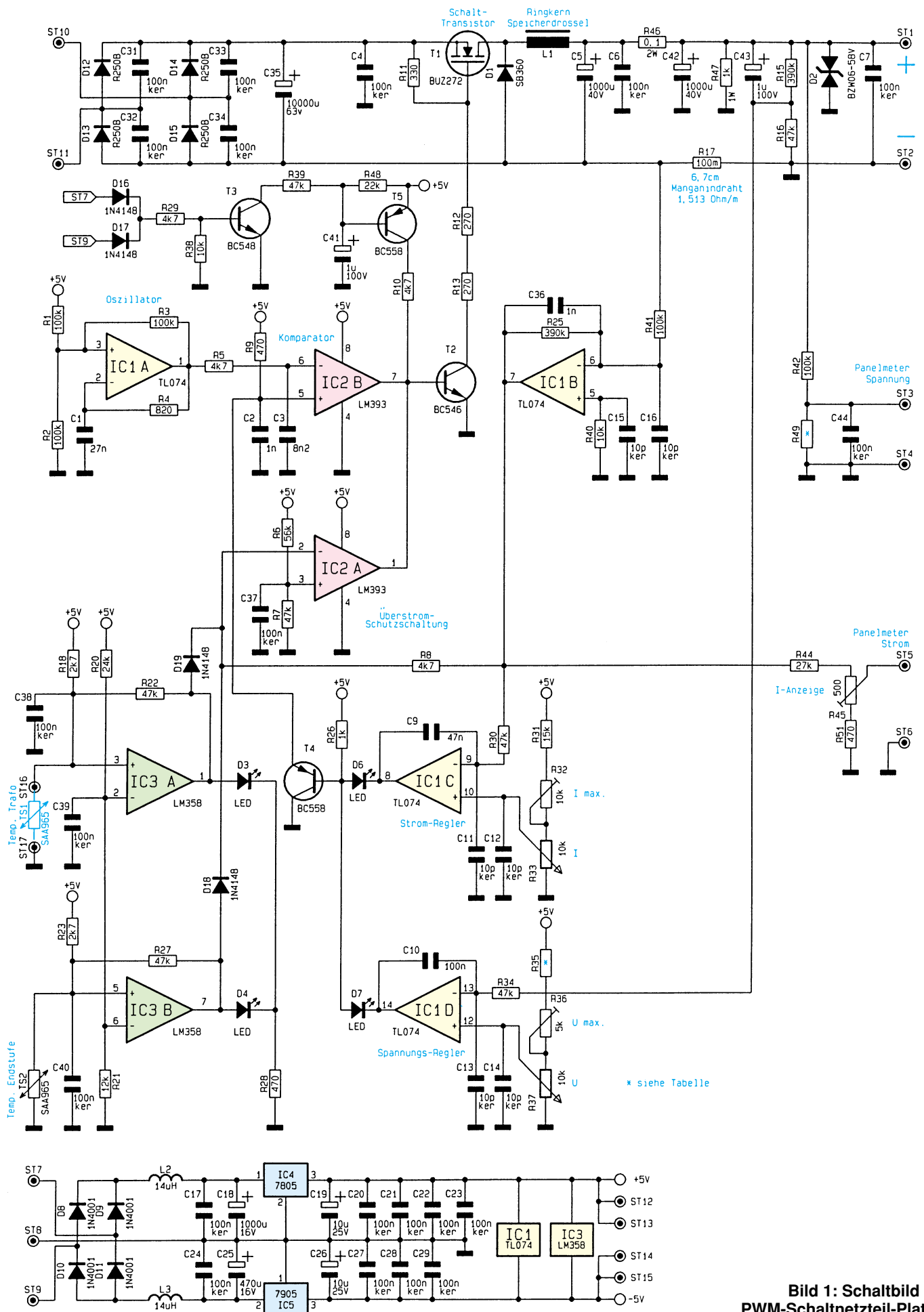
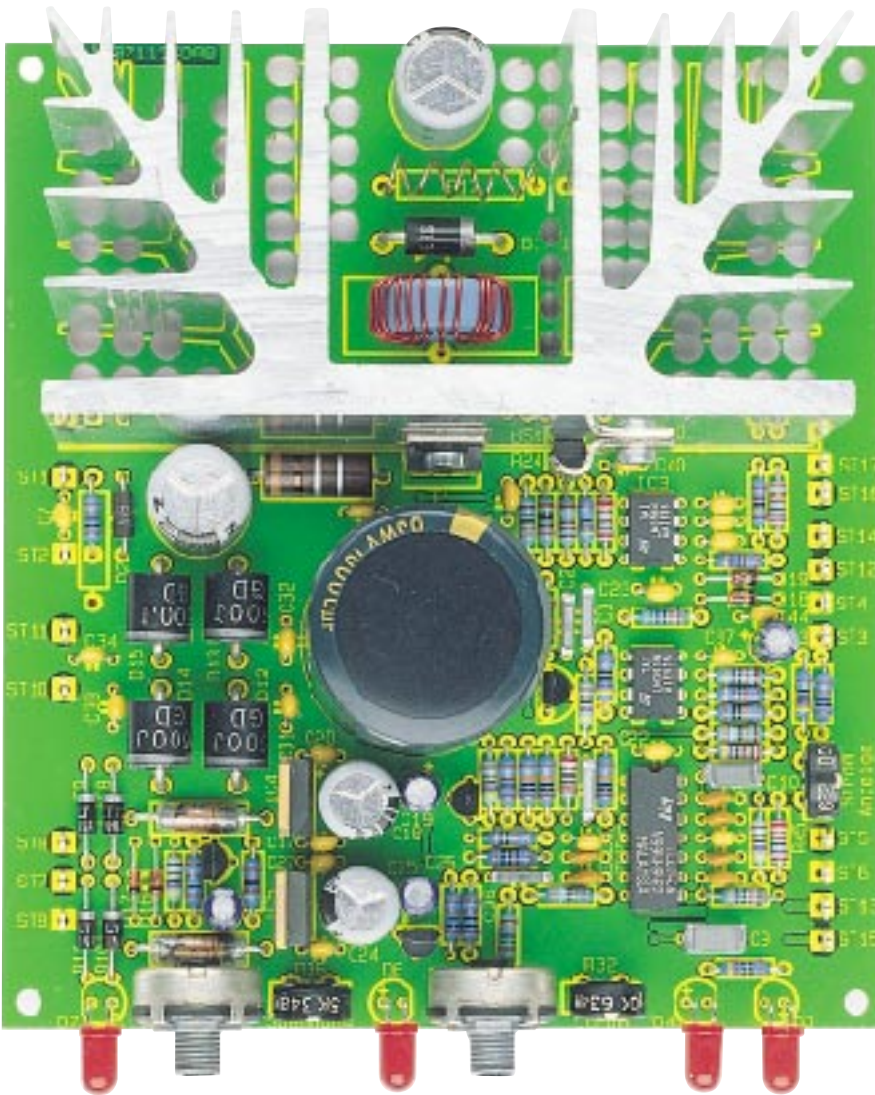


Bild 1: Schaltbild der PWM-Schaltnetzteil-Platine



Ansicht der fertig bestückten Platine

des Tastverhältnisses, mit dem der Schalttransistor durchgesteuert wird.

Zur Verringerung der Ausgangswelligkeit dienen das mit R 46 und C 42 aufgebaute Siebglied, wobei hochfrequente Störspitzen mit C 4, C 6 und C 7 weitestgehend eliminiert werden.

Kommen wir nun zur Ansteuerung des Leistungsteils. Über den mit R 15, R 16 aufgebauten Spannungsteiler wird die Ausgangsspannung abgegriffen und über R 34 dem mit IC 1 D aufgebauten Spannungsregler zugeführt, der die Ausgangsspannung (Ist-Wert) mit dem Soll-Wert am nicht invertierenden Eingang des Operationsverstärkers IC 1 D vergleicht. Die Soll-Wert-Vorgabe erfolgt mit Hilfe des Einstellreglers R 37, wobei mit dem Einstelltrimmer R 36 der Maximalwert festgelegt wird.

Am Shunt-Widerstand R 17 erhalten wir einen zum Ausgangsstrom proportionalen Spannungsabfall, der mit Hilfe des invertierenden Verstärkers IC 1 B um den Faktor 3,9 verstärkt wird.

Über R 30 gelangt dann der Ist-Wert des Stromes auf den invertierenden Eingang des Operationsverstärkers IC 1 C. Der zum

Ausgangsstrom proportionale Spannungswert wird mit der Strom-Soll-Wert-Vorgabe an IC 1 C Pin 10 verglichen, wobei R 33 zur Einstellung des Ausgangsstromes und R 32 zur Maximalwert-Begrenzung auf 4 A dienen.

Bei aktiver Stromregelung leuchtet die Leuchtdiode D 6, während D 7 leuchtet, wenn eine Spannungsregelung erfolgt.

Die Schaltfrequenz des PWM-Schaltreglers (Step-Down-Wandler) wird durch den mit IC 1 A und externer Beschaltung aufgebauten Oszillator bestimmt. Durch die Beschaltung mit den Widerständen R 1 bis R 3 arbeitet IC 1 A zunächst als Inverter mit Schmitt-Trigger-Funktion. Durch den Widerstand R 4 im Gegenkopplungsweig und den Kondensator C 1 entsteht daraus ein Rechteck-Oszillator, der mit ca. 22 kHz schwingt.

Das rechteckförmige Oszillator-Ausgangssignal wird mit Hilfe des Widerstandes R 5 und des Kondensators C 3 zu einem sägezahnförmigen Signal integriert und dem invertierenden Eingang des Komparators IC 2 B zugeführt.

Der Gleichspannungspegel am nicht invertierenden Eingang des Komparators

bestimmt nun die Schaltschwelle. In Verbindung mit dem sägezahnförmigen Signal am nicht invertierenden Eingang erhalten wir am Komparator-Ausgang (IC 2 Pin 7) ein pulsweiten-moduliertes Rechtecksignal. Dieses PWM-Signal steuert über den Treibertransistor T 2 den selbstsperrenden P-Kanal-Leistungs-FET T 1.

Mit Hilfe des Komparators IC 2 A wurde eine Schutzschaltung realisiert. Sobald die über R 8 zugeführte stromproportionale Meßspannung an IC 2 A Pin 2, die mit R 6, R 7 an IC 2 Pin 3 eingestellte Spannung übersteigt, wird schlagartig die Endstufe an der Basis des Transistors T 2 gesperrt. T 3 und T 5 mit den zugehörigen externen Komponenten verhindern Spannungsspitzen im Ausschaltmoment.

Die an ST 7, ST 9 anstehende Wechselspannung gelangt über D 16, D 17 auf die Basis des Transistors T 3, an dessen Kollektor wir dann netzfrequente Rechteckimpulse erhalten. Solange die Impulse anliegen, wird T 5 über die mit R 39 und C 41 realisierte Zeitkonstante im leitenden Zustand gehalten.

Im Ausschaltmoment wird durch diese Schaltung die Endstufe bereits gesperrt, bevor die Betriebsspannungen des Netzteils zusammenbrechen.

Die Temperaturüberwachung der Endstufe und des Netztransformators erfolgt mit IC 3 und den zugehörigen externen Bauelementen.

Während der Sensor TS 1 (ST 16, ST 17), mit einer zweiadrig isolierten Leitung verlängert, direkt am Trafo zu befestigen ist, überwacht TS 2 die Endstufentemperatur.

Über den Spannungsteiler R 20, R 21 liegen die nicht invertierenden Eingänge von IC 3 A und IC 3 B auf ca. 1,67 V.

Betrachten wir zunächst die mit IC 3 A aufgebaute Schaltung. Der am nicht invertierenden Eingang angeschlossene Temperatursensor wird über R 18 mit Spannung versorgt. Mit steigender Temperatur wird der Widerstandswert des Sensors größer, und der Spannungsabfall steigt proportional. Übersteigt die Spannung den am invertierenden Eingang vorgegebenen Wert, wechselt der Ausgang (Pin 1) von „LOW“ nach „HIGH“. Die Endstufe wird nun über D 19 abgeschaltet, und die Leuchtdiode D 3 signalisiert Übertemperatur. Für eine ausreichende Schalthysterese sorgt in diesem Zusammenhang der Widerstand R 22.

Die Funktionsweise des mit IC 3 B aufgebauten Schaltungsteiles ist völlig identisch.

An ST 3 und ST 4 ist das Panelmeter zur Spannungsanzeige anzuschließen, und an ST 5 steht eine auf Schaltungsmasse (ST 6) bezogene stromproportionale Spannung für die Stromanzeige zur Verfügung.

Die Bestückung der Widerstände R 35 und R 49 ist entsprechend Tabelle 1 vom

gewünschten Maximalwert der Ausgangsspannung abhängig.

Bei 20 V Ausgangsspannung beträgt die Auflösung dann 0,01 V und bei 30 V Ausgangsspannung 0,1 V.

Ausgangsspannung	R 35	R 49
20 V	10 k	1 k
30 V	2 k 7	100 Ω

Zur Spannungsversorgung der Steuer-elektronik ist eine sekundärseitige Trafo-wicklung mit Mittelanzapfung (2 x 8 V/500 mA) erforderlich, die an die Lötstifte ST 7 bis ST 9 anzuschließen ist. Mit D 8 und D 9 ist eine Mittelpunkt-Zweiweg-Gleichrichter-Schaltung aufgebaut, wobei die unstabilierte Gleichspannung über L 2 auf den Puffer-Elko C 18 und Pin 1 des Positiv-Spannungsreglers IC 4 gelangt. Am Ausgang des Reglers steht dann eine stabilierte Spannung von +5V zur Verfügung.

Eine weitere mit D 10 und D 11 aufgebaute Zweiweg-Gleichrichter-Schaltung versorgt über L 3 den Eingang des Negativ-Spannungsreglers IC 5 mit der unstabilierten Versorgungsspannung, wobei C 25 zur ersten Glättung dient. Während die Keramik-Kondensatoren C 20 bis C 23 und C 27 bis C 29 direkt an den Versorgungspins der einzelnen ICs angeordnet sind, dienen C 19 und C 26 zur Schwingneigungsunterdrückung an den Festspannungsreglern.

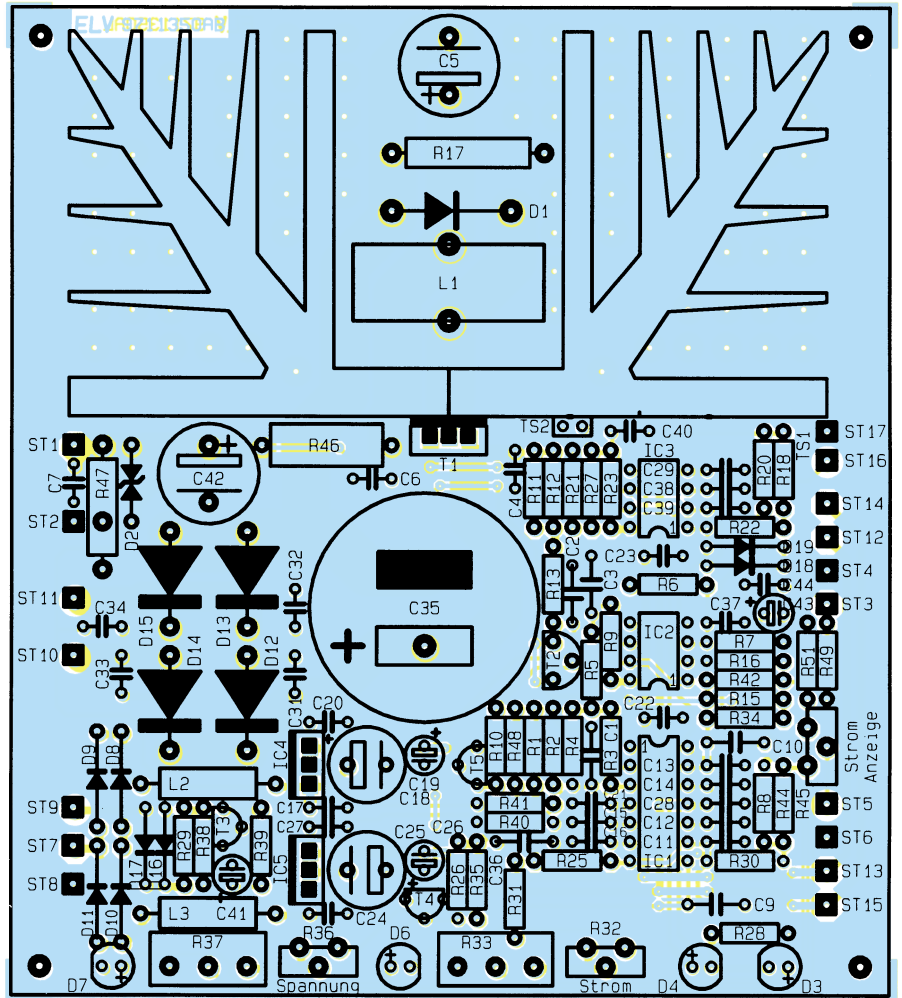
Eine weitere sekundärseitige Trafo-wicklung ist zur Versorgung des Leistungsteils (Endstufe) erforderlich. Die Gleichrichtung der an ST 10 und ST 11 zugeführten Wechselspannung erfolgt mit Hilfe der zum Brückengleichrichter geschalteten Dioden D 12 bis D 15. Störspitzen werden mit C 31 bis C 34 unterdrückt, und C 35 dient zur Pufferung der unstabilierten Spannung.

Nachbau

Der praktische Aufbau des PWM-Schalt-netzteils ist dank einer doppelseitig durchkontaktierten Leiterplatte besonders einfach und schnell möglich. Mit Ausnahme des Netztrafos finden hier sämtliche passi-ven und aktiven Bauelemente Platz.

Achtung: Aufbau und Inbetriebnahme des Schaltnetzteils dürfen aufgrund der darin frei geführten Netzspannung ausschließlich von Fachleuten durchgeführt werden, die hierzu aufgrund ihrer Ausbildung befugt sind. Die geltenden VDE- und Sicherheitsvorschriften sind zu beachten.

Die Bestückungsarbeiten werden ent-sprechend der Stückliste und des Bestük-kungsplanes vorgenommen, wobei es sinn-voll ist, mit den niedrigsten Komponenten zu beginnen. Daher werden zuerst die An-schlußbeinchen der 1%igen Metallfilmwi-



Bestückungsplan der PWM-Schaltnetzteil

derstände entsprechend dem Rastermaß abgewinkelt, durch die zugehörigen Boh-rungen der Platine geführt und an der Pla-tinenunterseite leicht angewinkelt.

Als dann ist die Platine umzudrehen, auf eine ebene Unterlage zu legen (z. B. Schaumgummiplatte) und alle Anschluß-beinchen der Widerstände nacheinander zu verlöten. Die überstehenden Drahten-der werden mit einem scharfen Seiten-schneider, wie auch bei den nachfolgend einzusetzenden bedrahteten Bauelementen, direkt oberhalb der Lötstelle abgeschnit-ten.

Insgesamt 17 Lötstifte mit Öse sind stramm in die dafür vorgesehenen Boh-rungen der Platine zu pressen und anschlie-ßend unter Zugabe von ausreichend Löt-zinn festzusetzen. Danach folgen die Ker-amik- und Folien-Kondensatoren mit belie-biger Polarität.

Beim Einlöten der Dioden ist darauf zu achten, daß die Leistungsdioden D 12 bis D 15 und die schnelle Schottky-Diode D 1 mit einem Abstand von 10 mm zur Plati-nenoberfläche angelötet werden.

Die nachfolgend einzusetzenden Elek-trolyt-Kondensatoren sind gepolte Bauele-

mente und üblicherweise am Minuspol ge-kennzeichnet. Danach werden die beiden zur HF-Abblockung dienenden Spulen L 2 und L 3 sowie die Speicherdrossel L 1 eingelötet.

Die Kleinsignaltransistoren sind mit möglichst kurzen Anschlußbeinchen zu bestücken, und die Einstelltrimmer dürfen beim Lötvorgang nicht zu heiß werden. Die beiden Festspannungsregler IC 4 und IC 5 werden stehend eingelötet.

Es folgen die Einstellpotis (R 33, R 37) und die 4 Leuchtdioden, deren Einbauhöhe sich nach den individuellen Gegebenhei-ten richtet.

Der untere Gehäusekragen der Leucht-dioden ist an der Katodenseite abgeflacht (diejenige Seite, in welche die Pfeilspitze des Schaltungssymbols weist).

Vor der Montage des Leistungskühlkör-pers ist der Schalttransistor T 1 und der Temperatursensor TS 2 anzuschrauben. Zur elektrischen Isolation ist der Transistor mit Glimmerscheibe und Isolierbuchse zu mon-tieren, wobei die Glimmerscheibe zur bes-seren thermischen Kopplung auf beiden Seiten mit Wärmeleitpaste dünn zu be-streichen ist. Die Montage erfolgt mit einer

Schraube M3 x 12 mm und zugehöriger Mutter.

Die abgeflachte Seite des Endstufen-Temperatursensors ist ebenfalls mit Wärmeleitpaste zu versehen und an die vorgesehene Stelle auf den Kühlkörper zu drücken. Mit Hilfe einer Metallschelle und einer gewindschneidenden Schraube erfolgt die mechanische Befestigung am Kühlkörper. Danach wird der Kühlkörper mit den vormontierten Bauteilen auf die Leiterplatte gesetzt, mit 2 gewindschneidenden Schrauben mechanisch befestigt und die Anschlußbeinchen des Leistungstransistors und des Temperatursensors unter Zugabe von ausreichend Lötzinn festgesetzt.

Der Strom-Shunt R 17 ist aus 7 cm Manganindraht mit 1,513 Ω/m herzustellen, der auf den Schaft eines M4-Bohrers gewickelt eine „Widerstandswendel“ mit 4 Windungen ergibt. Nach dem Einlöten bleiben dann ca. 6,6 bis 6,7 cm des Widerstandsdrahtes wirksam, wobei unbedingt darauf zu achten ist, daß keine Windung die Platinenoberfläche berührt.

Nun kommen wir zum Anschluß des 230V-Netztransformators. Während die sekundärseitigen Anschlüsse der 2 x 8 V/500mA-Wicklung zur Spannungsversorgung der Regelelektronik an ST 7 bis ST 9 (Mittelanzapfung an ST 8) anzulöten sind, werden die Sekundäranschlüsse der Leistungswicklung an ST 10 und ST 11 ange­lötet. Die einstellbare Ausgangsspannung des Netzgerätes steht an den Lötstiften ST 1 (Pluspol) und ST 2 (Minuspol) zur Verfügung. Zur Strom- und Spannungsanzeige können Standard-LED-Panelmeter eingesetzt werden. Über die Lötstifte ST 12 bis ST 15 erfolgt die Spannungsversorgung der Panelmeter mit ±5 V. ST 3 ist mit dem positiven Meßeingang (+V_{in}) des Panelmeters zur Spannungsanzeige und ST 5 mit dem entsprechenden Meßeingang der Stromanzeige zu verbinden.

Die vorgesehenen LED-Panelmeter sind üblicherweise für Anwendungen konzipiert, wo das Eingangssignal keinen Bezug zur Spannungsversorgung hat. Da die vom PWM-Schaltnetzteil gelieferten strom- und spannungsproportionalen Meßspannungen sich auf Schaltungsmasse beziehen, ist nicht der negative Meßeingang (-V_{in}) mit der Schaltungsmasse des PWM-Schaltnetz­teils (ST 4, ST 6) zu verbinden, sondern jeweils Pin 30 der beiden Panelmeter-Chips des Typs ICL 7107. Zur Modifikation der beiden Panelmeter ist einfach der Chip mit einem Schraubendreher aus dem Sockel zu hebeln, Pin 30 des ICL 7107 vorsichtig nach oben umzubiegen und nach Einsetzen an Pin 30 eine flexible Leitung anzulöten. Diese Leitung wird dann mit dem Masseanschluß des PWM-Schaltnetz­teils (ST 4, ST 6) verbunden.

Die fertig bestückte Leiterplatte ist nach

eigenen Vorstellungen in ein geeignetes voll isoliertes Gehäuse einzubauen, da ohne ein entsprechendes Gehäuse der Betrieb nicht zulässig ist.

Besonders beim Anschluß und Einbau des Netztransformators sind sämtliche geltenden VDE- und Sicherheitsvorschriften unbedingt zu beachten. Im Primärkreis des Netztransformators ist eine Feinsicherung (1 A-träge) erforderlich. Des weiteren ist es sinnvoll, einen Netzschalter zum Ein- und Ausschalten des Netzgerätes einzufügen.

Abgleich

Mit einem Multimeter ist der Abgleich des PWM-Schaltnetz­teils schnell und einfach durchzuführen. Zuerst wird der Einstellregler für die Ausgangsspannung an den Rechtsanschlag gebracht und die Span-

nung mit dem Multimeter gemessen. Mit dem Trimmer R 36 ist nun die Ausgangsspannung auf den gewünschten Endwert (z. B. 30 V) einzustellen.

Danach wird das Netzgerät über das Multimeter im Strombereich (10 A oder 20 A) kurzgeschlossen, R 33 an den Rechtsanschlag gebracht, und der maximal zulässige Ausgangsstrom von 4 A mit R 32 eingestellt. Im letzten Abgleichschritt sind die Anzeigen der beiden Panelmeter (sofern angeschlossen) abzugleichen.

Während die korrekte Anzeige des Ausgangsstromes mit R 45 einzustellen ist, erfolgt die Einstellung der Spannungsanzeige direkt am entsprechenden Panelmeter.

Nach erfolgreich durchgeführtem Abgleich steht dem Einsatz dieses sekundärgetakteten Netzgerätes mit geringer Verlustleistung nichts mehr entgegen. **ELV**

Stückliste: PWM-Schaltnetzteil

Widerstände:

7 cm Manganindraht 1,513 Ω/m ...	R17
0,1Ω/2W	R46
100Ω	R49*
270Ω	R12, R13
330Ω	R11
470Ω	R9, R28, R51
820Ω	R4
1kΩ	R26, R49*
1 kΩ/1W	R47
2,7kΩ	R18, R23, R35*
4,7kΩ	R5, R8, R10, R29
10kΩ	R35*, R38, R40
12kΩ	R21
15kΩ	R31
22kΩ	R48
24kΩ	R20
27kΩ	R44
47kΩ	R7, R16, R22, R27, R30, R34, R39
56kΩ	R6
100kΩ	R1-R3, R41, R42
390kΩ	R15, R25
PT10, stehend, 500Ω	R45
PT10, stehend, 5kΩ	R36
PT10, stehend, 10kΩ	R32
Poti, 4mm, 10kΩ	R33, R37
Temperatursensor, SAS965	TS 1, TS 2

Kondensatoren:

10pF/ker	C11-C16
1nF	C2, C36
8,2nF	C3
27nF	C1
47nF	C9
100nF/ker	C4, C6, C7, C17, C20-C24, C27-C29, C31-C34, C37-C40, C44

100nF	C10
1µF/100V	C41, C43
10µF/25V	C19, C26
470µF/16V	C25
1000µF/16V	C18
1000µF/40V	C5, C42
10000µF/63V	C35

Halbleiter:

TL074	IC1
LM393	IC2
LM358	IC3
7805	IC4
7905	IC5
BUZ272	T1
BC546	T2
BC548	T3
BC558	T4, T5
SB360	D1
BZW06-58V	D2
1N4001	D8-D11
R250B	D12-D15
1N4148	D16-D19
LED, 5mm, rot	D3, D4, D6, D7

Sonstiges:

Speicherdrossel, 40µH, 3,15A	L1
Entstörspule, 14µH	L2, L3
Lötstifte mit Lötöse	ST1-ST17
1 Kühlkörper, SK88, bearbeitet	
1 Isolierbuchse	
1 Glimmerscheibe, TOP66	
1 Zylinderkopfschraube, M3 x 12 mm	
3 Zylinderkopfschrauben, selbstschneidend, M3 x 6mm	
1 Mutter, M3	
1 Sensorschelle	
4cm Schrumpfschlauch, 1mm Ø	
60cm Schalllitze, ST1 x 0,22mm, grün	

* siehe Tabelle 1