



Prozessor-Netzteil PS 9530 Teil 2

Im zweiten Teil der Beschreibung zum neuen ELV Prozessor-Netzteil PS 9530 befassen wir uns ausführlich mit den analogen Schaltungskomponenten dieses innovativen Netzgerätes.

Analogteil

Der Analogteil des PS 9530 besteht im Wesentlichen aus der Hochleistungs-Endstufe, der linearen Regelung, der Spannungsversorgung und der automatischen Lüftersteuerung. Im Hauptschaltbild (Abbildung 5) sind diese auf der Basisplatte untergebrachten Baugruppen dargestellt. Über ein 20-poliges Flachbandkabel wird die Analogeneinheit mit der Prozessoreinheit verbunden.

Während die Prozessorplatte vorwiegend mit SMD-Komponenten (Oberflächenmontage) realisiert wurde, kommen auf der großen Basisplatte ausschließlich konventionelle bedrahtete Bauteile zum Einsatz.

Auf Grund der allgemein gehaltenen Architektur könnte die Leistungsendstufe auch mit einer konventionellen Bedieneinheit, d. h. mit Einstell-Potentiometern für Strom und Spannung, gesteuert werden.

Für wichtige technische Daten eines Netzgerätes, wie z. B. den Innenwiderstand, das Brummen und Rauschen und nicht zuletzt die Regeleigenschaften, ist nicht der Schaltungsaufwand, sondern die Leiterbahnführung im Layout von ausschlaggebender Bedeutung. Daher wurde

beim PS 9530 besonders viel Wert auf die Bauteilpositionierung gelegt.

Für die Wärmeabfuhr im Bereich der Leistungsendstufe sorgt ein hochwertiges Lüfteraggregat mit leistungsstarkem Axiallüfter. Da das Lüfteraggregat sich im Inneren des Gehäuses befindet, entfallen an der Geräterückseite störende Kühlkörper. Durch eine temperaturgesteuerte elektronische Drehzahlregelung wird die Geräusentwicklung auf ein Mindestmaß reduziert und bei Übertemperatur die Ausgangsspannung des PS 9530 abgeschaltet. Sobald die Temperatur sich wieder im zulässigen Bereich befindet, aktiviert der Prozessor die Ausgangsspannung automatisch.

Doch nun zum Schaltbild in Abbildung 5. Die 230-V-Netz-Wechselspannung wird an KL 1 zugeführt und gelangt dann über den zweipoligen Netzschalter S 1, die Netzsicherung SI 1 und den NTC-Widerstand R 126 auf die Primärwicklung des 440-VA-Ringkern-Netztransformators TR 1 und den für die serielle Schnittstelle zuständigen Hilfstransformator TR 2.

Unmittelbar nach dem Einschalten begrenzt der NTC-Widerstand R 126 den Eingangsstrom. Nach ca. 20 ms wird das Relais RE 2 von der unten links im Schaltbild eingezeichneten Ansteuerschaltung, bestehend aus T 13, C 71, R 125 und D 46,

durchgeschaltet und der NTC-Widerstand R 126 überbrückt. Der Ringkerntransformator TR 1 und der Hilfstransformator TR 2 liegen nun direkt an der 230-V-Netz-Wechselspannung. Der X-2-Kondensator C 47 dient an der Primärseite des Netztransformators zur Störunterdrückung.

Die obere Sekundärwicklung des Haupttrafos gibt eine Spannung von $2 \times 8 \text{ V}$ mit jeweils 0,6 A Strombelastbarkeit ab. Über die Sicherungen SI 2 und SI 3 gelangen die Spannungen dann auf zwei mit D 1 bis D 4 aufgebaute Mittelpunkt-Zweiweg-Gleichrichterschaltungen.

Die mit C 1 gepufferte positive Spannung wird dann auf den Eingang des Festspannungsreglers IC 1 gegeben, und die mit C 2 gepufferte negative Betriebsspannung gelangt auf den Eingang des Negativreglers IC 3. Am Ausgang der Festspannungsregler stehen dann $+5 \text{ V}$ und -5 V zur Versorgung der Steuerelektronik und der Prozessoreinheit zur Verfügung. C 3, C 4 sowie C 48 und C 50 dienen in diesem Bereich zur hochfrequenten Störunterdrückung, während die Elkos C 6 und C 8 Schwingneigungen am Ausgang der Spannungsregler verhindern.

Die beiden unteren Sekundärwicklungen des Netztransformators mit jeweils 16 V und 13,5 A Strombelastbarkeit ver-

sorgen den Leistungsteil des PS 9530. Mit den beiden am Kühlkörperprofil montierten Leistungs-Brückengleichrichtern D 5 und D 6 erfolgt dann die Gleichrichtung. C 37 bis C 44 sind über die in den Gleichrichtern integrierten Dioden geschaltet und dienen im Bereich der Schaltschwellen zur Störunterdrückung. Die Siebung der beiden galvanisch getrennten unstabilisierten Spannungen in Höhe von ca. 22 V übernehmen die beiden großen Elektrolyt-Kondensatoren C 9 und C 10.

Je nach gewünschter Ausgangsspannung des PS 9530 werden diese Spannungen entweder parallel oder in Reihe geschaltet. Zuständig für diese Aufgabe ist das Leistungsrelais RE 1. In der ein-

gezeichneten Schalterstellung von RE 1 sind beide Spannungen parallelgeschaltet, sodass wir zur Versorgung der Endstufe ca. 22 V erhalten. In der entgegengesetzten Schalterstellung des Relais wird auf Grund der Reihenschaltung hingegen die doppelte unstabilisierte Betriebsspannung erzeugt.

Besonders gute technische Daten sind auch auf die Ausführung der Endstufe als Linear-Längsregler zurückzuführen. Im Prinzip sind die Leistungs-Transistoren T 2 bis T 7 parallel geschaltet, wobei in den Emitter-Leitungen die Widerstände R 4 bis R 27 eingeführt sind. An diesen Widerständen wird eine ausgangstrom-proportionale Messspannung gewonnen, die über die zur Entkopplung dienenden Widerstände R 28 bis R 33 zu einem Messpunkt zusammengeführt werden. Sowohl die Emitter-Widerstände als auch die Basis-Vorwiderstände R 116 bis R 121 gleichen durch Exemplarstreuung bedingte unterschiedliche Transistordaten aus.

Die stromproportionale Messspannung ist auf Schaltungsmasse (positive Ausgangsklemme des Netzgerätes) bezogen und wird über R 35 auf den invertierenden Eingang des für die Stromregelung zuständige Operationsverstärkers IC 10 A gegeben. Des Weiteren wird diese Spannung zur Messung und Anzeige des Ausgangsstromes auf die Prozessoreinheit geführt. C 72 dient in diesem Zusammenhang zur Störunterdrückung und D 13, D 14 schützen im Fehlerfall die nachgeschaltete Elektronik.

Die Funktionsweise der Regelung ist anhand eines Regelzyklus am einfachsten zu verdeutlichen, wobei wir mit dem Stromregler beginnen.

Stromregler

Die Sollwertvorgabe für den Ausgangsstrom kommt von der Prozessoreinheit und gelangt über ST 310, Pin 12 und Pin 14 auf den mit R 108 und R 49 aufgebauten Span-

nungsteiler. Vom Spannungsteiler-Abgriff wird die Sollwertvorgabe dann über R 51 und R 52 auf den nicht invertierenden Eingang (Pin 3) von IC 10 A gegeben. R 122 stellt in diesem Zusammenhang sicher, dass auch bei einem Offset des Operationsverstärkers die Einstellung des Ausgangsstromes auf 0 möglich ist. C 67, C 68 verhindern HF-Einkopplungen auf die OP-Eingänge, und C 33 dient zur Unterdrückung von Schwingneigungen am Stromregler.

Für die Betrachtung eines Regelzyklus

Das PS 9530 mit Prozessorsteuerung und hinterleuchtetem LC-Display bietet Leistungsmerkmale, die kaum bei einem anderen Netzteil zu finden sind.

nehmen wir nun an, dass das Netzgerät mit einem Verbraucher relativ stark belastet wird oder die Ausgangsklemmen kurzgeschlossen sind, so dass der Stromregler aktiv ist. Außerdem nehmen wir an, dass vom Mikrocontroller der Maximalstrom vorgegeben wird und somit 500 mV am nicht invertierenden Eingang des Operationsverstärkers IC 10 A anliegen.

Überschreitet der Ausgangsstrom den eingestellten Maximalwert von 10 A auch nur geringfügig, entspricht dies einem Spannungsabfall an den Emitterwiderständen (R 4 bis R 27) der Endstufe, der ebenfalls 500 mV übersteigt. Am invertierenden Eingang (Pin 2) des OPs stellt sich dadurch eine höhere Spannung als am nicht invertierenden Eingang (Sollwertvorgabe) ein und der Ausgang (Pin 1) strebt in Richtung negative Spannung. D 30 wird leitend und ein Teil des Stromes der mit T 1 und externen Komponenten aufgebauten Konstantstromquelle fließt nicht mehr über die Basen der Endstufentransistoren, sondern über den Ausgang von IC 10 A ab. Der Ausgang des OPs wird jedoch nur soweit negativ, dass der Spannungsabfall an den Emitterwiderständen R 4 bis R 27 wieder gerade 500 mV erreicht. Der Ausgangsstrom stellt sich auf 10 A ein, und an den beiden Eingängen des IC 10 A erhalten wir ein Spannungsgleichgewicht.

Die Bauelemente L 3, C 65 und R 123 verhindern im Bereich des Stromreglers eine Störeinkopplung auf den OP-Ausgang.

Durch Verändern der Sollspannungsvorgabe an Pin 3 des OPs ist nun jeder beliebige Ausgangsstrom einstellbar, der dann vom Stromregler konstant gehalten wird.

Solange der Stromregler aktiv arbeitet, befindet sich D 31 im gesperrten Zustand, da der Ausgang von IC 5 B (Pin 7) in diesem Betriebszustand High-Pegel führt.

D 41 bis D 43 begrenzen die Maximalspannung an den Anoden von D 30 und D 31 auf ca. 2,1 V, sodass der nicht aktive

Regler keinen Einfluss auf die Steuerung nehmen kann.

Spannungsregler

Wird nun ausgehend von der Funktion als Stromregler der Belastungswiderstand erhöht, hält der Stromregler den eingestellten Stromwert konstant und die Ausgangsspannung steigt an. Sobald der vom Prozessor-System vorgewählte Spannungswert erreicht wird, kann der Stromregler den Ausgangsstrom nicht mehr kon-

stant halten und der mit IC 10 B aufgebaute Spannungsregler übernimmt die Kontrolle, indem die Ausgangsspan-

nung auf den Sollwert begrenzt wird.

Für die detaillierte weitere Beschreibung des Spannungsreglers nehmen wir nun an, dass die Ausgangsklemmen des Netzteils weitestgehend unbelastet sind. Zumindest soll die Stromvorgabe grundsätzlich höher sein als der „Ist-Strom“, so dass wir am Ausgang von IC 10 A einen High-Pegel erhalten und die Diode D 30 gesperrt ist.

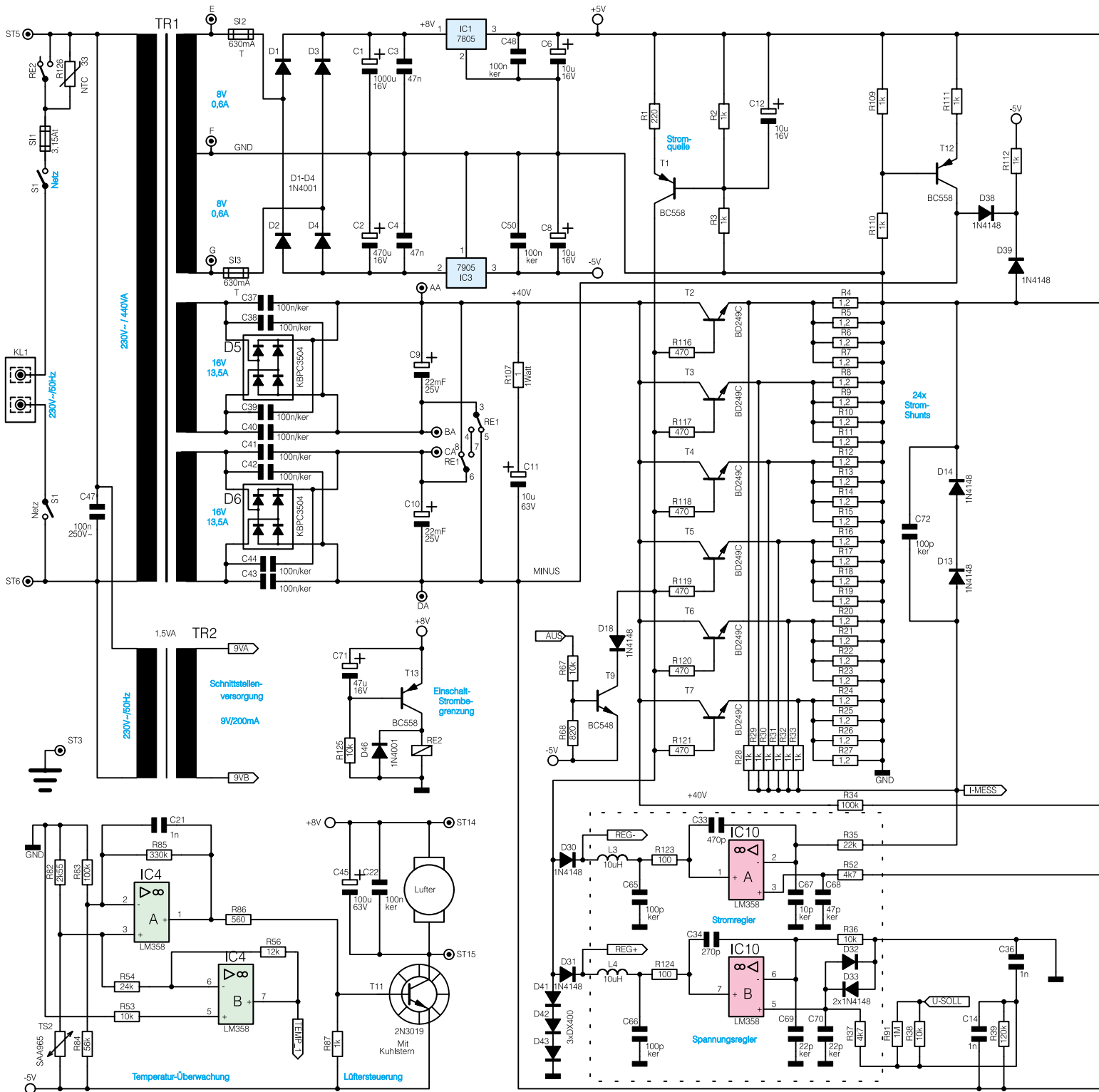
Über R 36 ist der invertierende Eingang von IC 10 B (Pin 6) direkt mit der Schaltungsmasse (positive Ausgangsklemme des Gerätes) verbunden. Die von der Prozessorplatine über ST 310, Pin 8 und Pin 10 kommende Spannungs-Sollwert-Vorgabe wird über R 38, R 91 zusammen mit der negativen Ausgangsspannung über R 39 auf einen gemeinsamen Summenpunkt gegeben.

R 37 verbindet nun diesen gemeinsamen Summenpunkt mit dem nicht invertierenden Eingang (Pin 5) des IC 10 B.

Sobald die Spannung an Pin 5 die Sollwertvorgabe an Pin 6 unterschreitet, strebt der Ausgang (Pin 7) in Richtung negativer Spannung, und ein Teil des von der Konstantstromquelle, aufgebaut mit T 1 und externen Komponenten, zur Verfügung gestellten Stromes fließt nicht über die Basen der Endstufentransistoren, sondern über D 31, L 4, R 124 und den Ausgang von IC 10 B ab. Die Ausgangsspannung des Netzteils sinkt nun soweit, bis die Spannung an IC 10 B, Pin 5 den Wert der Sollwertvorgabe an Pin 6 erreicht.

An den beiden OP-Eingängen stellt sich auch hier ein Spannungsgleichgewicht ein, und die Netzteil-Ausgangsspannung wird konstant gehalten. Wird vom Prozessor-System die Sollwertvorgabe an Pin 5 verändert (z. B. erhöht), so erhöht sich im gleichen Maße die Ausgangsspannung des Netzteils.

Eventuell auftretende Schwingneigungen des Reglers werden mit C 34 unterdrückt und das mit L 4, C 66, R 124



aufgebaute Filter sowie die Keramik-Kondensatoren C 69, C 70 verhindern hochfrequente Störeinflüsse auf den OP.

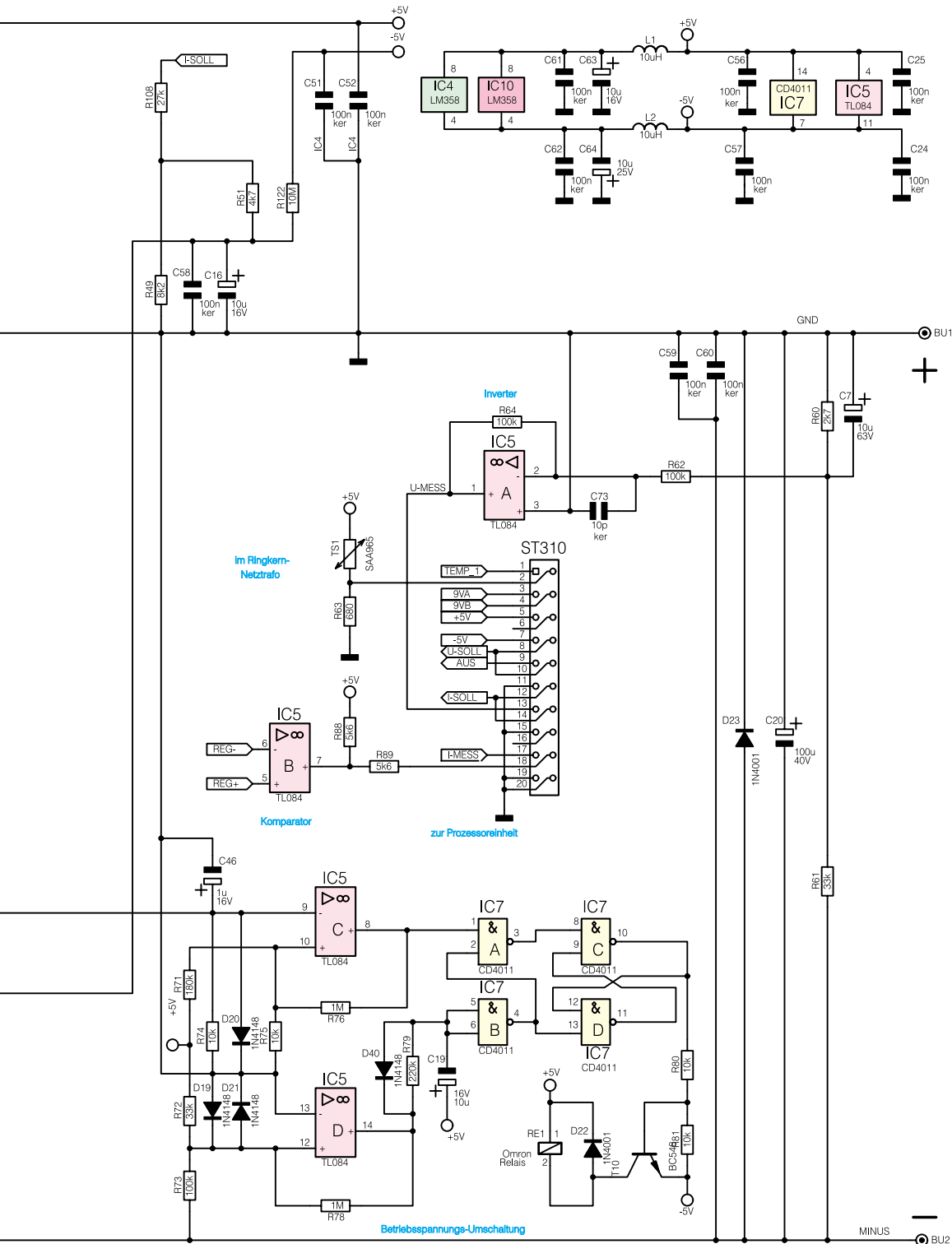
Die weiteren Kondensatoren in diesem Bereich (C 14, C 36) beeinflussen die Dämpfungs- und Regelparameter des Netzteils, so dass eine möglichst schnelle und dennoch stabile Regelung entsteht.

Aufgrund der Dimensionierung ist die Ausgangsspannung von 0 bis 30 V linear einstellbar.

Welcher der beiden Regler gerade aktiv ist, richtet sich nach dem Geräteausgangsstrom relativ zum vorgewählten Maximalstrom. Bleibt der Geräte-Ausgangsstrom bei der Soll-Ausgangsspannung unter dem vorgegebenen Maximalwert, so arbeitet alleine der Spannungsregler und hält den Sollwert aufrecht. Erreicht jedoch, als Folge eines verringerten Lastwiderstandes am Netzteil, der Ausgangsstrom den eingestellten Grenzwert, so

übernimmt nun der Stromregler die Arbeit. Er senkt die Ausgangsspannung jeweils so tief ab, dass der eingestellte Maximalstrom fließt (Stromkonstanter). Wenn nun die externe Last wieder abnimmt, d. h., der Stromregler eine Ausgangsspannung in Höhe der Vorgabespannung oder darüber ausgibt, übernimmt wieder der Spannungsregler die Stabilisierung. Auf diese Weise werden beide eingestellten Werte nie überschritten.

Bild 5: Hauptschaltbild des Prozessor-Netzteils PS 9530



T 12 stellt in Verbindung mit R 109, R 110 und R 111 eine Konstantstromquelle mit ca. 2 mA Strom dar. Dadurch wird der Ausgang geringfügig vorbelastet, so dass in Verbindung mit den Dioden D 38, D 39 sowie R 112 die Ausgangsspannung auf genau 0 V einstellbar ist. Welcher Regler gerade aktiv ist, wird mit Hilfe des Komparators IC 5 B erfasst und über die zur Pegelanpassung dienenden Widerstände R 88, R 89 der Prozessorplatine mitgeteilt.

Die an den Ausgangsklemmen des PS 9530 anliegende Spannung gelangt direkt auf den mit R 60, R 61 aufgebauten Spannungsteiler und von dessen Abgriff auf den mit IC 5 A aufgebauten invertierenden Verstärker. Am Ausgang dieses Verstärkers erhalten wir dann eine auf Schaltungsmasse bezogene positive Spannung, die proportional zur Ausgangsspannung des PS 9530 ist. Die gemessene Spannung wird vom Ausgang des Operations-

verstärkers IC 5 A (Pin 1) über ST 310, Pin 13 zur Mikrocontroller-Platine geführt.

Temperatur-Überwachung

Das PS 9530 ist mit einer temperaturgeführten Lüftersteuerung und einer Über-temperatur-Überwachung ausgestattet. Von den beiden im PS 9530 vorhandenen Temperatursensoren befindet sich TS 1 im Ringkern-Netztransformator und übermit-

telt eine zur Trafotemperatur proportionale Spannung über ST 310, Pin 2 zur Prozessorplatine.

Der Temperatursensor (TS 2) des Typs SAA 965 ist direkt am Leistungs-Kühlkörperprofil montiert und dient gleichzeitig als Führelement für die Lüftersteuerung und sorgt im Falle einer zu hohen Endstufentemperatur für das Abschalten des Netzgerätes.

Betrachten wir zuerst die mit IC 4 A aufgebaute Lüftersteuerung.

Wie bereits erwähnt ist das Hochleistungs-Kühlkörperprofil dieses Netzgerätes mit einem DC-Lüfter mit elektronischer Kommutierung ausgestattet. Der Lüfter ist direkt vor dem Lufteintritt des Kühlkörperprofils montiert und drückt die Luft durch das mit Kühlrippen ausgestattete Kühlkörperinnere.

Solange an der Endstufe nur eine geringe Verlustleistung entsteht, ist der Lüfter deaktiviert. Steigt die Temperatur am Leistungskühlkörper (Sensor wird hochohmiger), erhöht sich die Spannung am nicht invertierenden Eingang (Pin 3) des IC 4 A, und die Spannung am Ausgang (Pin 1) steigt an. Mit zunehmender Erwärmung von TS 2 steigt auch die Durchsteuerung von T 11, bis bei etwa 3,5 V der Lüfter sanft anläuft. Die hierdurch erreichte Wärmeabfuhr im Kühlkörper wirkt einer weiteren Erwärmung entgegen, so dass sich nach kurzer Zeit ein Gleichgewicht zwischen Lüfterdrehzahl und benötigter Energiezufuhr einstellt. Es erfolgt also eine stetige, automatische elektronische Nachregelung des Lüfters.

Der Elko C 45 und der Keramik-Kondensator C 46 dienen zur Störunterdrückung.

Des Weiteren ist der Temperatursensor T 2 für die Temperatur-Überwachung der Endstufe durch den Mikroprozessor zuständig. Mit steigender Temperatur steigt die Spannung am Temperatursensor (TS 2), d. h. die negative Spannung am Abgriff R 82, TS 2 wird kleiner. Mit Hilfe des als Inverter arbeitenden Operationsverstärkers IC 4 B wird die Spannung um den Faktor 2 heruntergeteilt, in der Polarität gedreht und über ST 310, Pin 1 zur Mikroprozessorplatine geführt. Dieser steuert dann beim Überschreiten der max. zulässigen Kühlkörpertemperatur den Transistor T 9 durch, der wiederum die Endstufe des Netzgerätes sperrt.

Betriebsspannungs-Umschaltung

Wie bereits erwähnt, werden die beiden unstabilisierten Betriebsspannungen der Endstufe je nach gewünschter Ausgangsspannung parallel oder in Reihe geschaltet. Die Ansteuerung des Umschalt-Relais RE 1 übernimmt dabei die mit IC 5 C, D, IC 7

und externe Komponenten realisierte Schaltung.

Bei niedrigen Ausgangsspannungen bis ca. 16 V ist das Relais RE 1 deaktiviert, d. h. die Kontakte nehmen die im Schaltbild eingezeichnete Position ein. Die über die beiden Haupt-Sekundärwicklungen in Verbindung mit den nachgeschalteten Gleichrichtersätzen erzeugten Betriebsspannungen, einschließlich der großen Lade-Elkos C 9 und C 10, sind nun parallel geschaltet.

Über den Spannungsteiler R 34, R 74 wird der Spannungsabfall an der Leistungsendstufe abgefragt und auf den invertierenden Eingang (Pin 9) des Komparators IC 5 C gegeben. Je größer die eingestellte Ausgangsspannung des Netzgerätes eingestellt wird, desto geringer ist der Spannungsabfall an der Endstufe. Unterschreitet dieser Spannungsabfall einen Wert von ca. 2,5 V, so wechselt der Ausgang (Pin 8) von vormals Low-Pegel auf High-Pegel. Vorausgesetzt, die Ausgangsspannung beträgt mindestens 15 V (mit IC 5 D detektiert), liegen nun beide Eingänge (Pin 1 und Pin 2) des Gatters IC 7 A auf High-Potential, und der Ausgang (Pin 3) wechselt auf Low. Hierdurch wird der Speicher IC 7 C, D, über Pin 8 gesetzt, und Pin 10 nimmt Highpotential an. Über R 80 wird T 10 durchgesteuert, das Relais RE 1 zieht an und die beiden Haupt-Betriebsspannungen, erzeugt in den beiden Haupttrafo-Sekundärwicklungen, werden in Reihe geschaltet.

Durch die Umschaltung steht nun an den Kollektoren der Endstufentransistoren nahezu die doppelte Spannung an, d. h. der Ausgang (Pin 8) des IC 5 C wechselt unmittelbar darauf auf Low-Potential (es sei denn, Ausgangsspannung und Strom des Netzgerätes sind annähernd auf die Maximalwerte eingestellt). Dieses Umschalten des IC 5 C und damit des nachgeschalteten Gatters IC 7 A ist jedoch unerheblich, da der Vorgang mit Hilfe von IC 7 C, D abgespeichert wurde, wodurch das Relais aktiviert bleibt.

Wird nun eine Ausgangsspannung unter ca. 14 V eingestellt, so gelangt diese Information über den Spannungsteiler R 72, R 73 auf den Komparator IC 5 D, welcher bei einer Netzgeräte-Ausgangsspannung unterhalb von 14 V seinen Ausgang (Pin 14) von ursprünglich Low-Potential auf High-Potential umschaltet.

Über R 79 gelangt dieses Potential auf die Eingänge Pin 5, 6 des als Inverter geschalteten Gatters IC 7 B, dessen Ausgang (Pin 4) nimmt daraufhin Low-Potential an und der Speicher IC 7 C, D wird über Pin 13 zurückgesetzt. Der Transistor T 10 sperrt und das Relais RE 1 fällt ab, die Haupt-Betriebsspannungen werden wieder parallel geschaltet.

Mit R 79, C 19 wird beim Herunterschalten eine Verzögerung von ca. 2 Sek. erreicht, während über D 40 das Heraufschalten nahezu verzögerungsfrei erfolgt.

Im unteren Spannungsbereich ist zudem der zweite Eingang (Pin 2) des Gatters IC 7 A gesperrt (Low-Pegel). Ein Heraufschalten (Reihenschaltung) bei höheren Ausgangsspannungen kann erst dann erfolgen, wenn IC 5 D ab einer Ausgangsspannung von ca. 15 V Pin 2 des IC 7 A freigegeben hat und danach IC 5 C einen Spannungsabfall von weniger als 2,5 V an den Endstufentransistoren detektiert. Diese Schaltungsweise hat den Vorteil, dass bei geringen Ausgangsströmen ein Umschalten erst bei 16 V bis 18 V Ausgangsspannung erfolgt, da die parallel geschalteten Betriebsspannungen bei geringerer Last eine höhere unstabilisierte Spannung abgeben und der Rest-Spannungsabfall an der Leistungsendstufe des Transistors höher ist. Unter allen Betriebsbedingungen wird somit die Verlustleistung in den Endstufentransistoren gering gehalten.

Die Schaltungsbeschreibung dieses innovativen Netzgerätes ist damit abgeschlossen, und im dritten Teil dieses Artikels („ELVjournal“ 6/2000 erfolgt die Beschreibung des praktischen Aufbaus und der Inbetriebnahme. **ELV**)

