

# Power-Supply PS 9030: 0-30 V/10 A

0-30 V bei einer Strombelastbarkeit von bis zu 10 A sind markante Daten dieses Leistungs-Labornetzgerätes.

## Allgemeines

Ohne Spannung läuft in der Elektronik nichts. Aus diesem Grund zählt das einstellbare, elektronisch stabilisierte Netzgerät mit zu den ersten Anschaffungen für ein Elektronik-Labor. Für die meisten Einsatzfälle reichen Spannungen bis 30 V und Ströme bis 2 A vollkommen aus. Im Bereich der Leistungselektronik und insbesondere auch in der Computertechnik werden jedoch häufig auch größere Ströme benötigt.

Eine komplette Rechnerplatine mit großem Speicher benötigt schnell 5 A oder gar 10 A bei einer Spannung von 5 V. Ein zu testender 120 W-DC-Motor nimmt bei einer Nennspannung von 12 V 10 A und bei einer Nennspannung von 24 V immerhin noch 5 A auf. Soll ein Kfz-Akku mit einer Kapazität von 90 Ah geladen werden, sind hierfür unter Nennbedingungen ebenfalls immerhin 9 A erforderlich. Diese Aufzählung ließe sich fast beliebig fortsetzen.

In der ELV-Entwicklungsabteilung wurde daher ein Leistungs-Netzgerät konzipiert, das von 0-30 V einstellbar ist und einen Strom von maximal 10 A liefern kann. Bis zu einer Spannung von ca. 15 V stehen die 10 A als Dauerstrom zur Verfügung, während bei höheren Spannungen dauernd 5 A und kurzzeitig 10 A entnehmbar sind. Strom und Spannung können getrennt eingestellt werden, wobei jeweils separate Regler für Grob- und Feineinstellung vorhanden sind.

Damit die hohen zu verarbeitenden Leistungen das Gerät nicht unzulässig aufheizen können, wurde von ELV ein neues Kühlkörperprofil entwickelt, das, zusammengesetzt aus 2 massiven U-förmigen Halbprofilen, eine geschlossene Kontur ergibt, an die einseitig ein Lüfter angeflanscht wird. Das gesamte Aggregat wurde nach thermischen und aerodynamischen Gesichtspunkten sorgfältig optimiert. Des Neuen damit noch nicht genug, wurde von ELV ein größeres Gehäuse konzipiert, welches die Designelemente der neuen 7000er-Gehäuse-Serie aufnimmt, allerdings bei deutlich größeren Abmessungen. Diese sind bei einem entsprechend leistungsfähigen linear-geregelten Netzgerät unvermeidbar.

Da die Arbeiten an den aufwendigen Gehäuse-Formwerkzeugen bei Redaktions-

schluß des hier vorliegenden ersten Teils dieses Artikels noch nicht abgeschlossen waren, können wir Ihnen an dieser Stelle noch keine Abbildung des fertigen Gerätes zeigen. Die Gehäuse werden jedoch rechtzeitig zum abschließenden Teil fertiggestellt, so daß mit dem Erscheinen der betreffenden Ausgabe auch eine kurzfristige Lieferverfügbarkeit der Bausätze und auch der Einzelkomponenten gewährleistet ist.

Die genauen technischen Daten, die sich mit Recht sehen lassen können (nur ca. 1 mV Brummspannung bei 10 A!), sind in Tabelle 1 zusammengefaßt.

## Zur Schaltung

Abbildung 1 zeigt das Hauptschaltbild des ELV-Power-Supply PS 9030. Die 230 V-Netzwechselfspannung wird der Schaltung an den Platinenanschlüßpunkten ST 1 und ST 2 zugeführt und gelangt über die Schmelzsicherung SI 1 und den Netzschalter auf die Primärwicklung des 330 VA-Transformators TR 1.

Die erste Sekundärwicklung gibt eine Spannung von  $2 \times 8$  V bei einer Strombelastbarkeit von 0,6 A ab. Diese Wicklung dient zur Speisung der Steuerelektronik sowie der beiden 3stelligen Digital-Anzeigen. Hierzu wird zunächst eine Gleichrichtung und Pufferung mit D 1 bis D 4 sowie C 1, 2 vorgenommen.

Mit dem Festspannungsregler IC 1 des Typs 7805 wird eine positive Festspannung von 5 V erzeugt, während IC 3 des Typs 7905 eine negative Festspannung von 5 V generiert. Die  $\pm 5$  V-Versorgungsspannungen dienen zur Speisung der Steuerelektronik und der beiden A/D-Wandler (Abbildung 2).

Für die Ansteuerung der Digital-Anzeigen benötigen die A/D-Wandler einen vergleichsweise großen Strom, der zudem, je nach Anzahl der angesteuerten Segmente, in weiten Bereichen schwanken kann. Damit hierdurch keine unnötige Beeinflussung der Steuerelektronik zustandekommt, wurde eine getrennte +5 V-Versorgungsspannung vorgesehen zur Speisung des Lüfters und der Digital-Anzeigen. Hierfür ist der Festspannungsregler IC 2 des Typs 7805 zuständig, der zudem mit einem U-Kühlkörper zur besseren Wärmeabfuhr versehen ist. Am Ausgang (Pin 3) stellt dieses IC die erforderliche 5 V-Betriebsspannung

bereit. Die Kondensatoren C 3 bis C 8 dienen der allgemeinen Stabilisierung und Schwingneigungsunterdrückung.

Doch kommen wir nun zur Beschreibung der eigentlichen Steuer- und Regelschaltung dieses anspruchsvollen Leistungs-Netzgerätes.

Die zweite und dritte Sekundärwicklung des Trafos sind vollkommen identisch ausgeführt. Nach der Brückengleichrichtung mit D 5 bis D 8 (bzw. D 9 bis D 12) sowie Siebung mit C 9 (bzw. C 10) werden die so gewonnenen Gleichspannungen je nach Betriebsfall entweder parallel oder in Reihe geschaltet. In der eingezeichneten Stellung von RE 1 A, B liegen die beiden Spannungen parallel, so daß der doppelte Strom entnehmbar ist, während in der entgegengesetzten Position von RE 1 A, B aufgrund der Reihenschaltung die doppelte Spannung zur Verfügung steht.

Die keramischen Kondensatoren C 37 bis C 44 sorgen für eine Störimpulsunterdrückung im Bereich der Schaltschwellen der Gleichrichterdiolen, während die RC-Kombination R 107, C 11 Stabilisierungseigenschaften im Umschaltmoment von RE 1 A, B besitzt.

Die unstabilisierte Betriebsspannung des Netzgerätes steht zwischen der negativen Ausgangsspannungs-Buchse (BU 2) und den Kollektoren der Leistungs-Endstufentransistoren T 2 bis T 7 an. Die Endstufe ist als Längsregler ausgeführt. In den Emitterleitungen sind die Widerstände R 4 bis R 27 eingefügt, wodurch sowohl unterschiedliche Transistordaten ausgeglichen werden als auch eine dem Ausgangsstrom proportionale Meßspannung gewonnen wird. Bei dem maximal möglichen Ausgangsstrom von 10 A beträgt die Höhe der Meßspannung 500 mV.

Über die zur Entkopplung dienenden Vorwiderstände R 28 bis R 33 gelangt diese Meßspannung, die auf die Schaltungsmasse bezogen ist (positive Ausgangsspannung des Netzgerätes, d. h. BU 1), zum einen auf den Meßeingang des digitalen Amperemeters und zum anderen über R 35 auf den invertierenden (-)Eingang (Pin 2) des für die Stromregelung zuständigen Operationsverstärkers IC 4 A. D 13 und D 14 dienen zum Schutz der Elektronik im Kurzschlußfall. Der Rückkopplungskondensator C 33 unterdrückt eventuelle Schwingneigungen dieses OPs.

Seinen Sollwert, d. h. die Vorgabe für den maximal zulässigen Ausgangsstrom, erhält IC 4 A über R 52 an seinem nichtinvertierenden (+)-Eingang (Pin 3). Eingestellt wird der Sollwert mit Hilfe des von der Frontplatte her zugänglichen Stromeinstellers R 46 (grob) und R 104 (fein) in Verbindung mit den Widerständen R 47-R 49, R 51, R 108. Der Trimmer R 48 dient hierbei zur einmaligen Fein Anpassung des Bereichsendwertes (maximaler Ausgangsstrom).

Eine Besonderheit stellt die elektronische Halbierung des maximal möglichen Ausgangsstromes dar. Diese Begrenzung auf 5 A setzt automatisch dann ein, wenn der Leistungs-Netztransformator eine bestimmte für ihn noch zuträgliche Grenztemperatur erreicht hat. Ist ein Strom von über 5 A eingestellt, wird dieser dann automatisch auf maximal 5 A begrenzt.

Im allgemeinen wird die Begrenzung nur dann ansprechen, wenn bei Spannungen über 15 V (Reihenschaltung der beiden Haupt-Sekundärwicklungen) über längere Zeit Ströme über 5 A entnommen werden. Allerdings kann diese Sicherheitsschaltung den Ausgangsstrom auch bei extremen Umgebungstemperaturen begrenzen, ohne daß das Gerät komplett abgeschaltet werden müßte. Auf die Funktionsweise dieses Schaltungsteiles, bestehend aus IC 5 B, IC 6 C sowie IC 4 C mit Zusatzbeschaltung, wird im weiteren Verlauf dieses Artikels noch näher eingegangen. Zunächst wenden wir uns jedoch der eigentlichen Regelelektronik zu.

Ist der zuvor bereits angesprochene Stromregler IC 4 A aktiviert, leuchtet die betreffende LED D 30 auf, wobei die Funktion dieses Regelkreises im Detail wie folgt aussieht:

Die Endstufentransistoren T 2 bis T 7 erhalten an ihren Basen einen Steuerstrom, bereitgestellt durch eine mit T 1 und Zusatzbeschaltung aufgebaute Stromquelle. Diese liefert einen Konstantstrom von ca. 8 mA. Sind D 30 und D 31 gesperrt, fließt der gesamte Steuerstrom in die Basen der Endstufentransistoren, d. h. sie sind komplett durchgesteuert. Zur Veranschaulichung wollen wir die weitere Funktion des Stromreglers an einem kompletten Regelzyklus beschreiben. Hierzu nehmen wir an, daß der Ausgang kurzgeschlossen bzw. hinreichend niederohmig belastet ist, die Stromeinstell-Potis R 46, R 104 am Rechtsanschlag stehen (entsprechend 10 A) und der Stromregler IC 4 A somit an Pin 3 eine Sollspannung von 0,5 V vorgegeben erhält.

Überschreitet nun der Ausgangsstrom einen Wert von 10 A, entspricht dies einem Spannungsabfall an den Emitterwiderständen R 4 bis R 27, der ebenfalls 0,5 V übersteigt. Am invertierenden Eingang (Pin 2) des IC 4 A stellt sich somit ein höheres Potential als an Pin 3 ein, und der Ausgang

(Pin 1) strebt in Richtung negativer Spannung. Hierdurch wird D 30 leitend und zieht einen Teil des Basisstromes aus der mit T 1 aufgebauten Stromquelle von den Endstufentransistoren ab. Der von T 1 gelieferte Konstantstrom teilt sich somit auf und fließt sowohl in die Basen der Endstufentransistoren als auch über D 30 ab. Wir gehen hierbei davon aus, daß D 31 gesperrt ist, da der Ausgang des IC 4 B (Pin 7) High-Potential führt.

Doch kehren wir zum Stromregler IC 4 A zurück. Der Ausgang (Pin 1) wird soweit negativ, daß durch den Endstufen-Steuerstrom der Netzgeräte-Ausgangsstrom über R 4 - R 27 einen Spannungsabfall in Höhe der Vorgabespannung am (+)-Eingang hervorruft. Wird z. B. mit den beiden Stromeinstellreglern R 46, R 104 ungefähr der halbe Maximal-Strom eingestellt, bewirkt dies an Pin 3 des IC 4 A eine Soll-Vorgabespannung von 0,25 V, und der Ausgang (Pin 1) des IC 4 A stellt sich nun so ein, daß

te Vorgabewert über dem tatsächlichen Netzgeräte-Ausgangsstrom liegt und Pin 1 somit High-Potential führt (D 30 ist gesperrt).

Der invertierende (-)-Eingang (Pin 6) des Spannungsreglers IC 4 B liegt über R 36 an der Schaltungsmasse, entsprechend der positiven Netzgeräte-Ausgangsspannung (BU 1). Die mit R 42 bis R 44 erzeugte Referenzspannung gelangt über R 45 auf den gemeinsamen Summenpunkt (dort, wo sich R 45 und R 37 treffen), auf den auch die negative Ausgangsspannung über die Spannungs-Einstellregler R 40, R 41 geführt wird. R 37 verbindet nun diesen gemeinsamen Summenpunkt mit dem nichtinvertierenden (+)-Eingang des IC 4 B, dessen Ausgang über D 31 (sofern leitend) einen Teil des Basis-Steuerstroms von den Endstufentransistoren abzweigt.

Nehmen wir an, R 40, R 41 sind auf maximalen Widerstand eingestellt und die Ausgangsspannung ist kleiner als mit den Spannungs-Einstellpotis vorgegeben. Dies

**Tabelle 1:**

Technische Daten PS 9030		Gehäuseabmessungen: 350 x 210 x 110 mm Gewicht: 5,5 kg
Ausgangsspannung:	0-30 V	Spannung und Strom mit jeweils 2 Reglern getrennt grob und fein einstellbar
Ausgangsstrom:*	0-10 A	
Brummen und Rauschen:		Digitale Anzeige von Spannung und Strom auf zwei 3stelligen Displays
Spannungskonstanter:	1mV <sub>eff</sub>	Elektronische Lüftersteuerung
Stromkonstanter:	0,01%	
Innenwiderstand:		* Bei Ausgangsspannungen unter 15 V beträgt die Dauer-Strombelastbarkeit 10 A. Über 15 V können dauernd 5 A und kurzzeitig 10 A entnommen werden
Spannungskonstanter:	0,005 Ω (!)	
Stromkonstanter:	20 kΩ	

ein gleicher Spannungsabfall an R 4 bis R 27 entsteht, entsprechend einem Netzgeräte-Ausgangsstrom von 5 A. Auf diese Weise kann der Ausgangsstrom von 0 bis Maximum vorgewählt werden. Der Einfluß von R 104 ist aufgrund der unterschiedlichen Gewichtung von R 47 zu R 108 deutlich geringer (ca. 10 %), so daß R 104 zur Feineinstellung und R 46 zur Grobeinstellung dient.

Wird am Ausgang des Netzgerätes der Wert des angeschalteten Belastungswiderstandes erhöht, hält der Stromregler den eingestellten Stromwert konstant, d. h. die Ausgangsspannung steigt. Sobald jedoch der mit den Spannungseinstellreglern vorgewählte Spannungswert erreicht wird, kann der Stromregler nicht weiter hochregeln, und der Spannungsregler übernimmt die Kontrolle, indem er die Ausgangsspannung auf den eingestellten Wert konstant hält.

Nachfolgend wollen wir nun die Funktion des Spannungsreglers IC 4 B detailliert beschreiben. Hierzu nehmen wir an, daß der Netzgeräteausgang (BU 1, BU 2) weitgehend unbelastet ist, so daß der dem Stromregler IC 4 A an Pin 3 bereitgestell-

bedeutet, daß der nicht invertierende (+)-Eingang des IC 4 B über R 45 und R 37 höheres Potential führt als der invertierende (-)-Eingang. Der Ausgang (Pin 7) strebt somit in Richtung positiver Spannung, und die Endstufentransistoren werden über den Konstantstrom (aus T 1) durchgesteuert. Hierdurch erhöht sich die Netzgeräte-Ausgangsspannung, d. h. die Spannung an BU 2 wird bezogen auf die Schaltungsmasse (BU 1) negativer. Der Strom durch R 40, R 41 nimmt dabei so lange zu, bis die Spannung an Pin 5 des IC 4 B leicht unter die Spannung an Pin 6 absinkt. Pin 7 strebt dann sofort in Richtung negativer Spannung und zieht über die nun leitende LED D 31 soviel Basisstrom von den Endstufentransistoren ab, daß sich ein Spannungsgleichgewicht an den beiden Eingängen des IC 4 B einstellt. (Die Dämpfungs- und Regelparameter sind aber über Kondensatoren natürlich so eingestellt, daß sich die Vorgabespannung gleitend, ohne Oszillieren, einstellt und nachregelt.) Dieses Gleichgewicht ist dann vorhanden, wenn die Netzgeräte-Ausgangsspannung denjenigen Wert aufweist, der sich durch Multi-

# Netzgeräte und Stromversorgungen

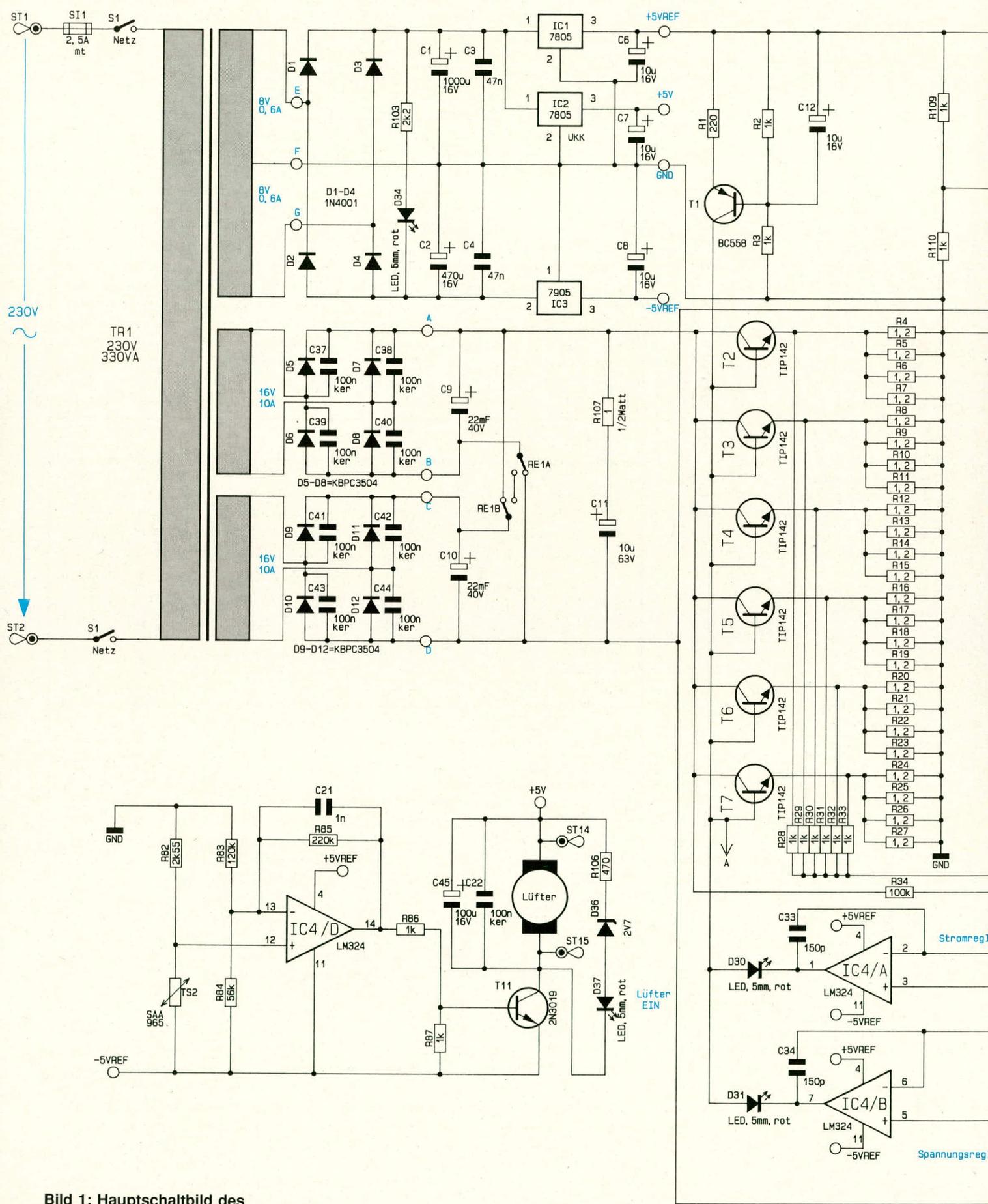
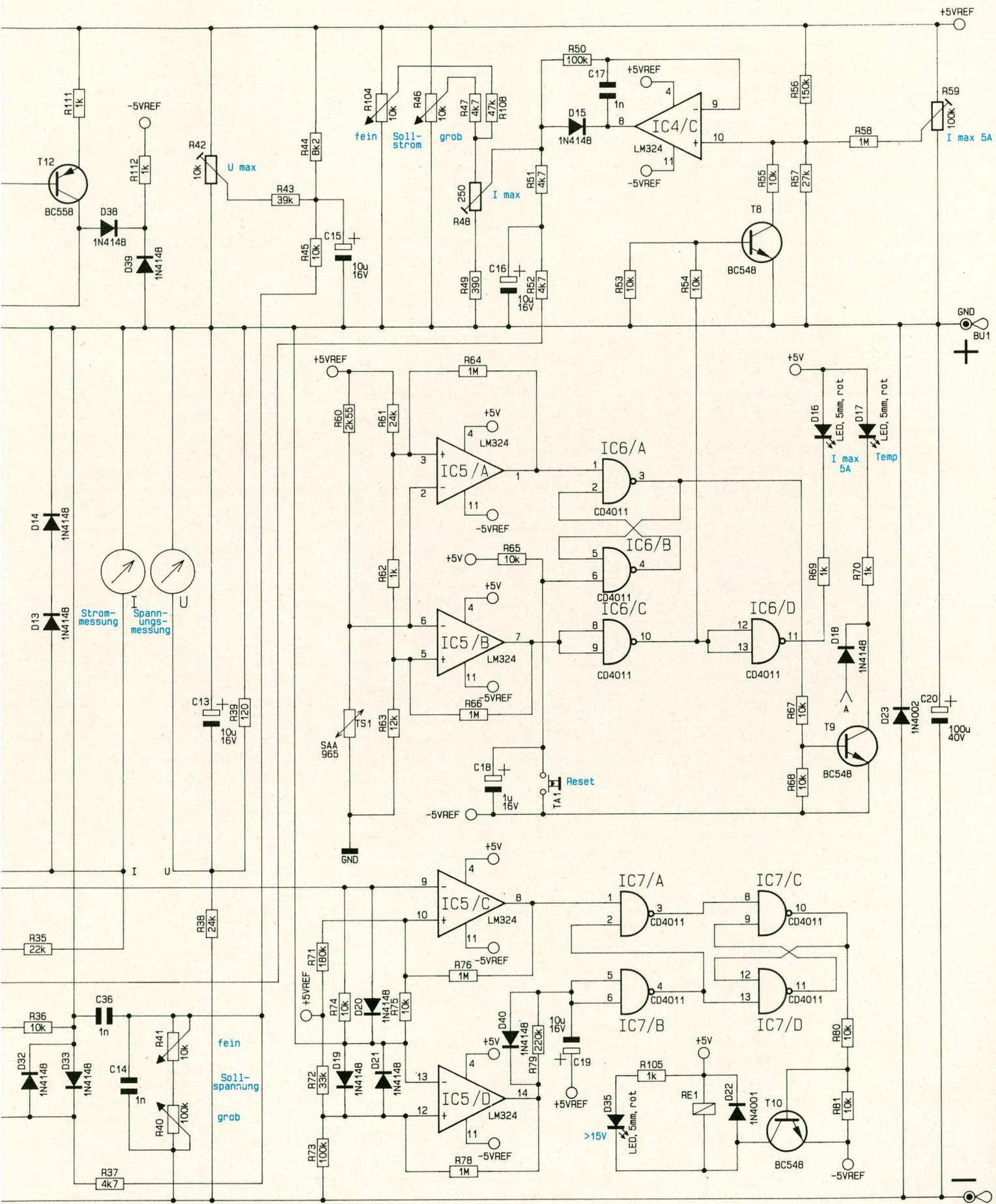


Bild 1: Hauptschaltbild des ELV-Power-Supply PS 9030 0-30 V/10 A



plikation des durch R 45 eingepprägten Stromes mit dem durch R 40, R 41 vorgeählten Widerstandswert ergibt. Auf diese Weise ist mit R 40, R 41 die Ausgangsspannung von 0 V bis 30 V linear einstellbar.

Aufgrund der unterschiedlichen Gewichtung erfolgt mit R 40 die Grob- und mit R 41 die Feineinstellung.

Welcher der beiden Regler gerade aktiv ist, richtet sich nach dem Geräte-Ausgangsstrom relativ zum vorgeählten Maximalstrom. Bleibt der Geräte-Ausgangsstrom bei Soll-Ausgangsspannung unter dem vorgegebenen Maximalwert, so arbeitet allein 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 genau fließt (Stromkonstanter). Wenn nun die externe Last wieder abnimmt, d. h. der Stromregler eine Ausgangsspannung in Höhe der Vorgabespannung oder darüber ausgeben will, übernimmt wieder der Spannungsregler das Regiment. Auf diese Weise werden beide eingestellten Werte nie überschritten.

T 12 stellt in Verbindung mit R 109-R 111 eine 2 mA-Konstantstromquelle dar. Hierdurch wird der Ausgang des PS 9030 geringfügig vorbelastet, damit auch im Leerlauf die Ausgangsspannung auf ca. 0 V eingestellt werden kann.

Nachdem wir die elektronische Regelung ausführlich beleuchtet haben, wollen wir im folgenden auf weitere schaltungstechnische Details näher eingehen.

Zunächst ist da die bereits kurz angesprochene, von der Temperatur des Netztransformators abhängige Reduzierung des maximalen Ausgangsstromes auf 5 A.

Hierzu fragt der Temperatursensor TS 1 des Typs SAA 965 die Trafotemperatur ab. Sobald die für den Netztransformator zulässige Betriebstemperatur erreicht wurde, schaltet der Komparator IC 5 B seinen Ausgang (Pin 7) von High nach Low (ca. -5 V), und der Ausgang des nachfolgenden Inverters IC 6 C (Pin 10) wechselt auf High-Potential. Über R 54 wird T 8 durchgesteuert. Daraufhin reduziert sich die Spannung am nichtinvertierenden (+)-Eingang (Pin 10) des elektronischen Reglers IC 4 C auf 250 mV. Über R 50 wird dem invertierenden (-)-Eingang (Pin 9) des IC 4 C die Referenzspannung vom Mittelpunkt des Trimmers R 48 zugeführt, welche maximal 500 mV betragen kann, entsprechend einem Ausgangsstrom-Vorgabewert von 10 A. Ist nun mit R 46, R 104 eine Spannung von mehr als 250 mV eingestellt, so wird diese nun über D 15 und den Ausgang des IC 4 C (Pin 8) auf 250 mV begrenzt, da der OP seinen Ausgang so einstellt, daß die beiden

Eingänge gleiches Potential aufweisen.

Aufgrund der Eigenschaften dieses Schaltungsteiles erfolgt die Begrenzung auf 5 A (entsprechend 250 mV am Schleifer von R 48) nur dann, wenn mit R 46, R 104 größere Ströme als 5 A vorgegeben werden. Ist ohnehin nur ein Strom von z. B. 2 A eingestellt, folgt keine Reduzierung des Stromes.

Sobald der Transformator etwas abgekühlt ist, wird die Strombegrenzung automatisch wieder aufgehoben, und ein erhöhter Ausgangsstrom ist möglich.

Über den Inverter IC 6 D und den Vorwiderstand R 69 signalisiert die LED D 16 die maximale Stromentnahmemöglichkeit von 5 A (I/2).

Eine weitere Sicherheitsschaltung ist mit IC 5 A in Verbindung mit dem Trafotemperatursensor TS 1 realisiert. Steigt die Temperatur des Transformators auch nach erfolgter Strombegrenzung weiter an, so schaltet beim Erreichen der Grenztemperatur der Komparator IC 5 A seinen Ausgang (Pin 1) von High nach Low (ca. -5 V), und der Speicher IC 6 A, B wird über Pin 1 gesetzt, d. h. der Ausgang (Pin 3) führt High-Potential. Über R 67 wird T 9 durchgesteuert. Daraufhin werden die Basen der 6 Endstufentransistoren T 2 bis T 7 über D 18 auf negatives Potential gezogen, d. h. die Endstufe ist komplett gesperrt. Signalisiert wird das Ansprechen der Temperatursicherung durch Aufleuchten der LED D 17 („Temp.“).

Durch Betätigen der Taste TA 1 kann die Temperatursicherung zurückgesetzt werden, allerdings nur dann, wenn der Transformator zuvor auf zuträgliche Temperaturwerte abgekühlt ist. Über den Kondensator C 18 erfolgt automatisch ein Reset der Temperatursicherung unmittelbar nach dem Einschalten des Netzgerätes.

Nachdem wir uns ausführlich mit den temperaturgesteuerten Umschalt- und Sicherungsmaßnahmen im PS 9030 befaßt haben, wollen wir nun die wichtige Kühlung in Verbindung mit einem elektronisch gesteuerten DC-Lüfter näher betrachten. Hierzu dient der im Hauptschaltbild unterhalb des Netztransformators eingezeichnete Schaltungsteil.

Ein zweiter Temperatursensor (TS 2) des Typs SAA 965 fragt die Temperatur des Leistungs-Kühlkörpers für die Endstufentransistoren ab.

Zum Einsatz kommt ein hochwertiger DC-Lüfter mit elektronischer Kommutierung, was den Vorteil einer außerordentlich hohen Lebensdauer in Verbindung mit völligem Wegfall elektromagnetischer Störungen (Funkenbildung) besitzt. Dieser Lüfter ist räumlich vor dem Lufteintritt des massiven Kühlkörperprofils angeordnet und drückt die Luft durch das Kühlkörperinnere. Durch die Gehäusegröße der neuen ELV-

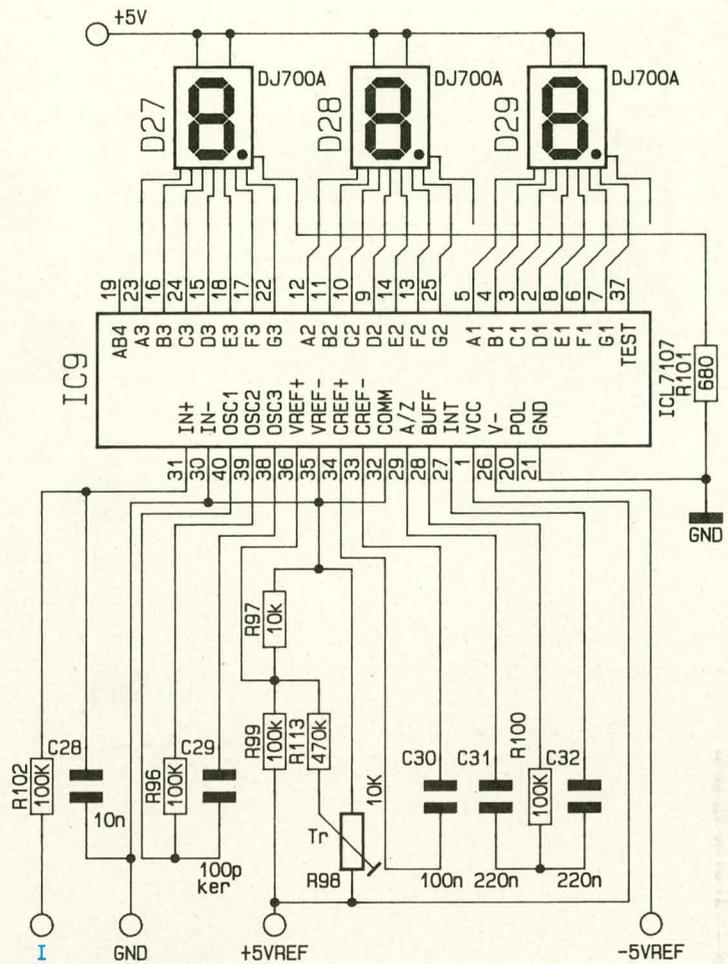
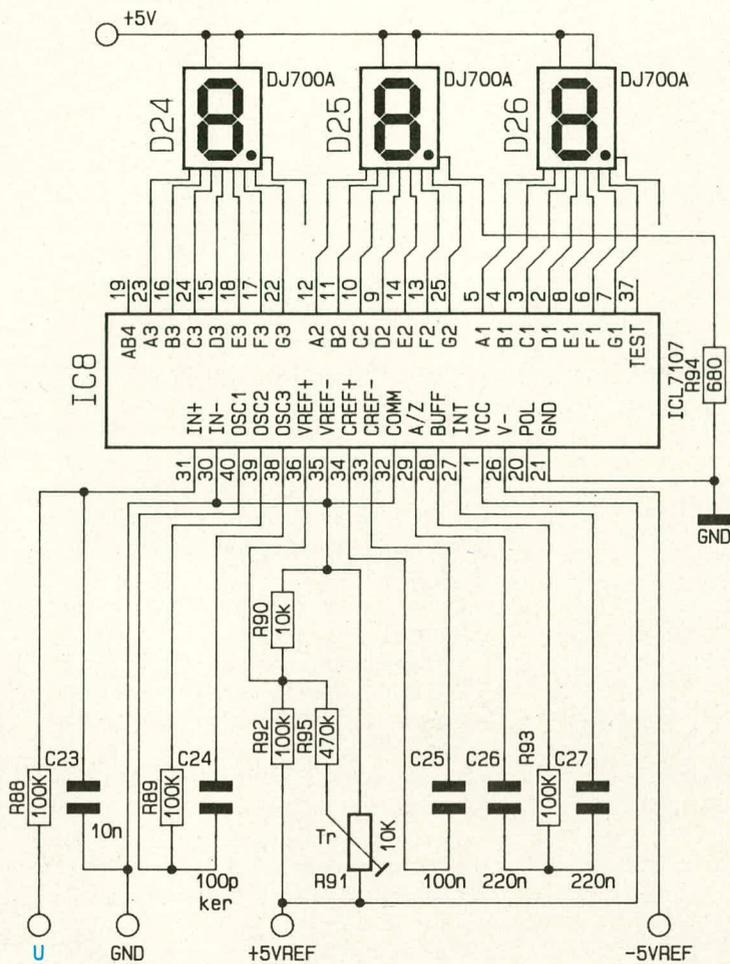
Serie 90 konnte sowohl der Lüfter als auch der komplette Leistungs-Kühlkörper im Gehäuseinneren angeordnet werden, was zudem den Vorteil hat, daß der angesaugte und später durch den Leistungs-Kühlkörper geführte Luftstrom zusätzlich auch den Netztransformator kühlt. Der erwärmte Luftstrom tritt an der Gehäuserückseite aus.

Solange an der Endstufe nur eine geringe Verlustleistung entsteht, ist der Lüfter deaktiviert. Steigt die Temperatur am Leistungs-Kühlkörper, erhöht sich die Spannung am nichtinvertierenden (+)-Eingang (Pin 12) des IC 4 D, und die Spannung am Ausgang (Pin 14) 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 bewerkstelligte optimale Wärmeabfuhr im Kühlkörper wirkt einer weiteren Erwärmung entgegen, so daß sich nach kurzer Zeit ein gleitendes Gleichgewicht zwischen Lüfterdrehzahl und benötigter Energieabfuhr einstellt. Es erfolgt also eine stetige, automatische elektronische Nachregelung des Lüfters.

Als nächstes wenden wir uns der elektronischen Trafoumschaltung zu. Dieser mit den ICs 5 C, D und IC 7 aufgebaute Schaltungsteil übernimmt die Ansteuerung von RE 1 zur Parallel- bzw. Reihenschaltung der beiden getrennten unstabilisierten Betriebsspannungen, die an C 9 bzw. C 10 anstehen. Die Funktionsweise sieht im einzelnen wie folgt aus:

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 Ladeelkos C 9 und C 10, sind nun parallelgeschaltet, und es steht ein entsprechend großer Strom zur Verfügung (doppelter Ausgangsstrom wie bei einer Wicklung).

Über den Spannungsteiler R 34, R 74 wird der Spannungsabfall an der Leistungs-Endstufe abgefragt und auf den invertierenden (-)-Eingang (Pin 9) des Komparators IC 5 C gegeben. Je größer die eingestellte Ausgangsspannung des PS 9030 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 auf High. 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 High-Potential an. Über R 80 wird T 10 durch-



gesteuert, das Relais RE 1 zieht an, und die beiden Haupt-Betriebsspannungen, erzeugt in den beiden Haupt-Trafo-Sekundärwicklungen, werden in Reihe geschaltet. Dieser Vorgang wird durch die LED D 35 auf der Frontplatte signalisiert.

Durch die Umschaltung steht nun an den Kollektoren der Endstufentransistoren eine erheblich höhere Spannung an, d. h. der Ausgang (Pin 8) des IC 5 C wechselt unmittelbar darauf wieder auf Low-Potential (es sei denn, Ausgangsspannung und Strom des PS 9030 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, weshalb das Relais aktiviert bleibt.

Wird nun mit den Spannungs-Einstellpotis R 40, R 41 eine Ausgangsspannung unter ca. 14 V eingestellt, so erfährt dies über den Spannungsteiler R 72, R 73 auch der Komparator IC 5 D, welcher bei einer Netzgeräteausgangsspannung unterhalb von ca. 14 V seinen Ausgang Pin 14 von ursprünglich Low auf High 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) daraufhin Low-Potential annimmt und den Spei-

## Bild 2: Schaltbild der beiden A/D-Wandler zur Spannungs- und Stromanzeige

cher IC 7 C, D über Pin 13 zurücksetzt. Der Transistor T 10 sperrt und das Relais RE 1 fällt ab, d. h. die Hauptbetriebsspannungen werden wieder parallelgeschaltet, und es steht der erhöhte Ausgangsstrom zur Verfügung.

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-Potential). 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, 17 V oder gar 18 V Ausgangsspannung erfolgt, da die parallelgeschalteten Haupt-Betriebsspannungen bei geringer Last eine höhere unstabilierte Spannung abgeben und der Rest-Spannungsabfall an den Leistungs-Endstufentransi-

storen höher ist (d. h. die Notwendigkeit eines vorzeitigen Umschaltens ist nicht gegeben, und die Verlustleistung in der Endstufe wird somit optimal gering gehalten).

Diese auf den ersten Blick etwas kompliziert erscheinende Verfahrensweise hat sich in umfangreichen Untersuchungen und Dauertests im ELV-Labor ausgezeichnet bewährt, so daß wir diese Schaltungstechnik erstmals in einen entsprechenden ELV-Leistungsnetzgerät einsetzen.

## Digitales Volt-/Amperemeter

Die im PS 9030 eingesetzten digitalen Anzeigergeräte mit jeweils 3 Digit sind vollkommen identisch aufgebaut. In Abbildung 2 ist die Schaltung dargestellt, wobei die Bauteilnumerierung für den Spannungsmesser in der linken und die für den Strommesser in der rechten Hälfte gezeigt ist.

Die eingesetzten A/D-Wandler des Typs ICL 7107 setzen eine an ihren Eingangs-Pins 30, 31 anliegende Meßspannung in einen digitalen Anzeigewert um, wobei 7-Segment-LED-Anzeigen direkt angesteuert werden.

In der kommenden Ausgabe des ELV journal stellen wir Ihnen den Nachbau dieses anspruchsvollen und leistungsfähigen Labornetzgerätes vor.