

# Leistungsoptimierte Labornetzgeräte

für den universellen Einsatz

**PS7215 0 - 15 V / 6 A**

**PS7220 0 - 20 V / 4,5 A**

**PS7230 0 - 30 V / 3 A**

**PS7240 0 - 40 V / 2,2 A**

**4 neue Labornetzgeräte für den universellen Einsatz mit leistungsfähigem Ringkern-Netztransformator und innenliegendem Lüfteraggregat lassen kaum noch Wünsche offen.**

## Allgemeines

Die neue, von ELV entwickelte, leistungsfähige Power-Supply-Serie bietet für fast jeden Einsatzfall das richtige Labornetzgerät. Aufgrund ihrer professionellen Leistungsdaten genügen die Geräte hohen Ansprüchen.

Die Hauptunterscheidungsmerkmale der weitgehend baugleichen Netzteile liegen in der maximalen Ausgangsspannung und der zugehörigen Strombelastbarkeit.

Je nach Anwendungsfall können die Anforderungen an ein Labornetzgerät recht unterschiedlich sein. So werden häufig niedrige Spannungen, dafür aber hohe Ströme benötigt (wie z. B. bei Schaltungen mit TTL-Logik), während andere Anwendungen hingegen zum Teil erheblich höhere Spannungen, dafür aber geringere Ströme erfordern. Die Leistungsklasse liegt bei allen 4 Geräten bei 90 VA.

Spannung und Strombegrenzung sind kontinuierlich einstellbar, wobei eine zusätzliche Spannungs-Feinregulierung eine besonders exakte Einstellung erlaubt.

2 gut ablesbare, 3stellige Digital-Displays zeigen Strom und Spannung jederzeit exakt an.

Ein mit einem Miniatur-Lüfter ausgestattetes Kühlkörperprofil dient zum „Abtransport“ der anfallenden Wärmeleistung. Die automatische, temperaturgeführte Lüftersteuerung mit gleitender Regelung (auf den Kühlungsbedarf abgestimmte Lüfterdrehzahl) sorgt immer für die optimale Kühlung der Endstufe.

Durch den Einsatz eines großzügig dimensionierten Ringkern-Netztransforma-

tors in Verbindung mit dem innenliegenden Lüfteraggregat beträgt die Dauer-Ausgangsleistung bei allen 4 Netzgeräten 90 VA.

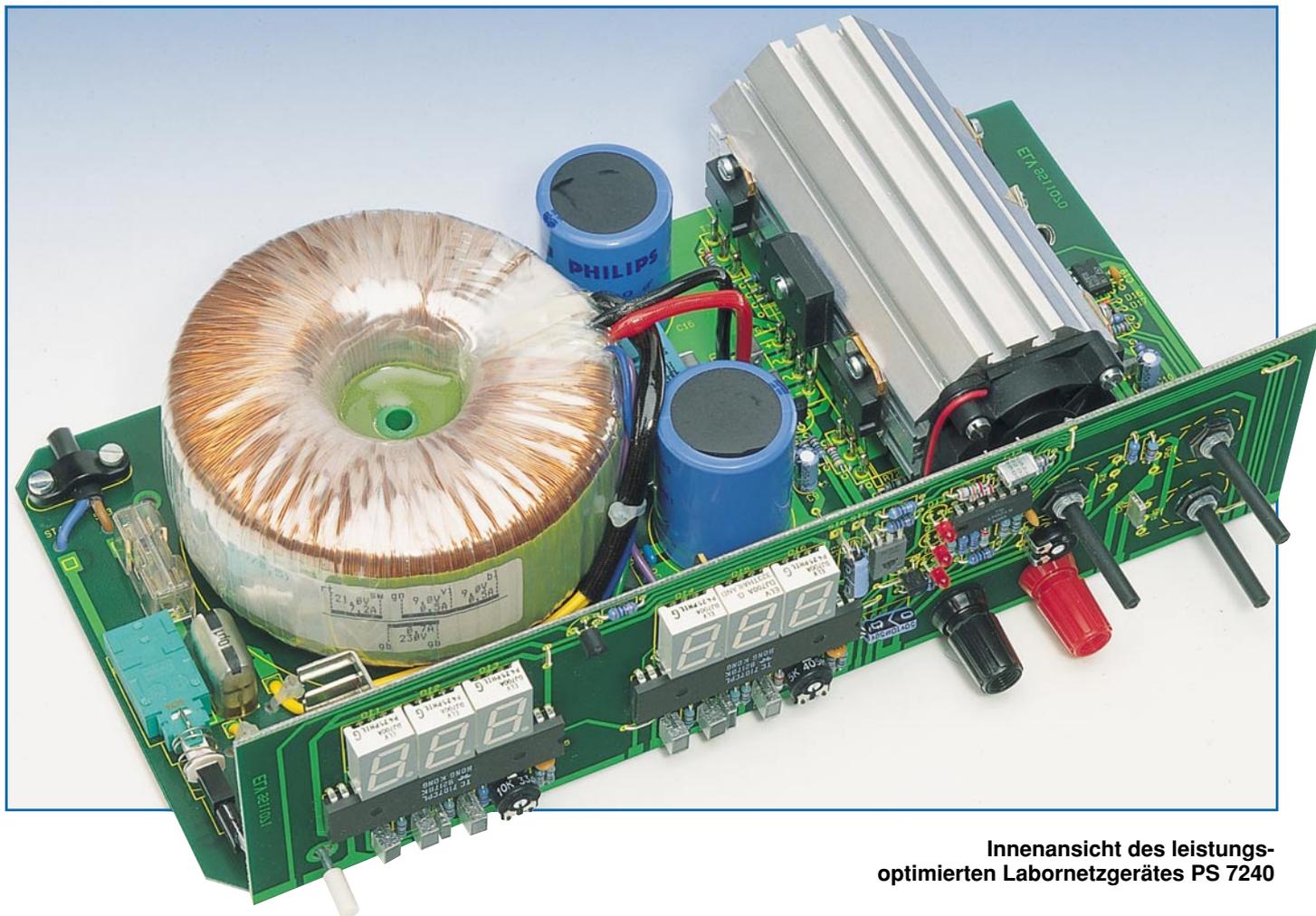
Als weitere herausragende Features sind neben der hohen Dauerbelastbarkeit die aktive Anzeige des Strom- oder Spannungs-

**Tabelle 1: Technische Daten: ELV-Power-Supply PS 72xx**

Bezeichnung	Ausgangs-spannung	Ausgangs-strom
PS 7215	0 - 15 V	0 - 6,0 A
PS 7220	0 - 20 V	0 - 4,5 A
PS 7230	0 - 30 V	0 - 3,0 A
PS 7240	0 - 40 V	0 - 2,2 A

### Gemeinsame Daten:

- Ausgangsspannung kontinuierlich von 0 - max. grob und fein einstellbar
- Strombegrenzung kontinuierlich von 0 - max. einstellbar
- 3stellige Digital-Displays getrennt für Spannungs- und Stromanzeige
- Endstufen-Temperatur-Schutzschaltung mit Anzeige
- Anzeigen für Strom- und Spannungsregler
- Innenliegendes Lüfteraggregat mit temperaturgeführter, gleitender Lüftersteuerung
- Brummen und Rauschen:  
Spannungskonstanter: <math><1\text{ mV}\_{\text{eff}}</math>  
Stromkonstanter: <math><0,1\text{ \%}</math>
- Innenwiderstand (Spannungskonstanter): <math>0,005\ \Omega (!)</math>
- kurzschlußfester Ausgang



**Innenansicht des leistungs-  
optimierten Labornetzgerätes PS 7240**

reglers, die Anzeige einer aktivierten Endstufen-Temperatur-Schutzschaltung sowie der kurzschlußfeste Ausgang zu nennen.

Die Leistungsmerkmale der 4 unterschiedlichen Netzteilvarianten sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Die Labornetzteilserie besteht aus einem Grundtyp mit verschiedenen Transformatoren und Puffereinheiten. Weitere Anpassungen beschränken sich lediglich auf wenige unterschiedliche Widerstandswerte und einen Elektrolyt-Kondensator unter Beachtung der Spannungsfestigkeit.

Die Leiterplatten und auch das Gehäuse sind, abgesehen von der Frontplattenbeschriftung, völlig identisch.

Aufgrund der hervorragenden technischen Daten sind die Netzgeräte im gesamten Labor- und Werkstattbereich einsetzbar. Neben dem industriellen Einsatz bietet sich aufgrund des günstigen Preis-/Leistungsverhältnisses nicht zuletzt der Einsatz im privaten Bereich an.

Sämtliche Bauelemente inkl. Ringkerntransformator und Lüfteraggregat sind auf 2 übersichtlich gestalteten Leiterplatten untergebracht, so daß der Nachbau vergleichsweise einfach möglich ist.

## Schaltung

Das Hauptschaltbild der übersichtlichen Schaltung der Labornetzteilserie PS72xx ist in Abbildung 1 zu sehen, während Abbildung 2 die Analog-Digital-Wandler für die Strom- und Spannungsmessung zeigt.

Weniger der Schaltungsaufwand, sondern vielmehr die Leiterbahnführung im Layout sind für die Regeleigenschaften, den Innenwiderstand sowie das Brummen und Rauschen eines Netzteils von ausschlaggebender Bedeutung. Auf diese Punkte wurde daher bei der Netzteilserie besonders viel Wert gelegt.

Zunächst gelangt die an ST 3 und ST 4 zugeführte Netz-Wechselspannung über die Schmelzsicherung SI 1 und den 2poligen Netzschalter S 1 auf die Primärwicklung des hochwertigen Ringkerntransformators, der mit einer Leistung von 160 VA besonders großzügig dimensioniert ist. Störungen durch einen beim Ausschaltvorgang eventuell am Netzschalter entstehenden Abreißfunken werden mit Hilfe des Entstörkondensators C 23 verhindert.

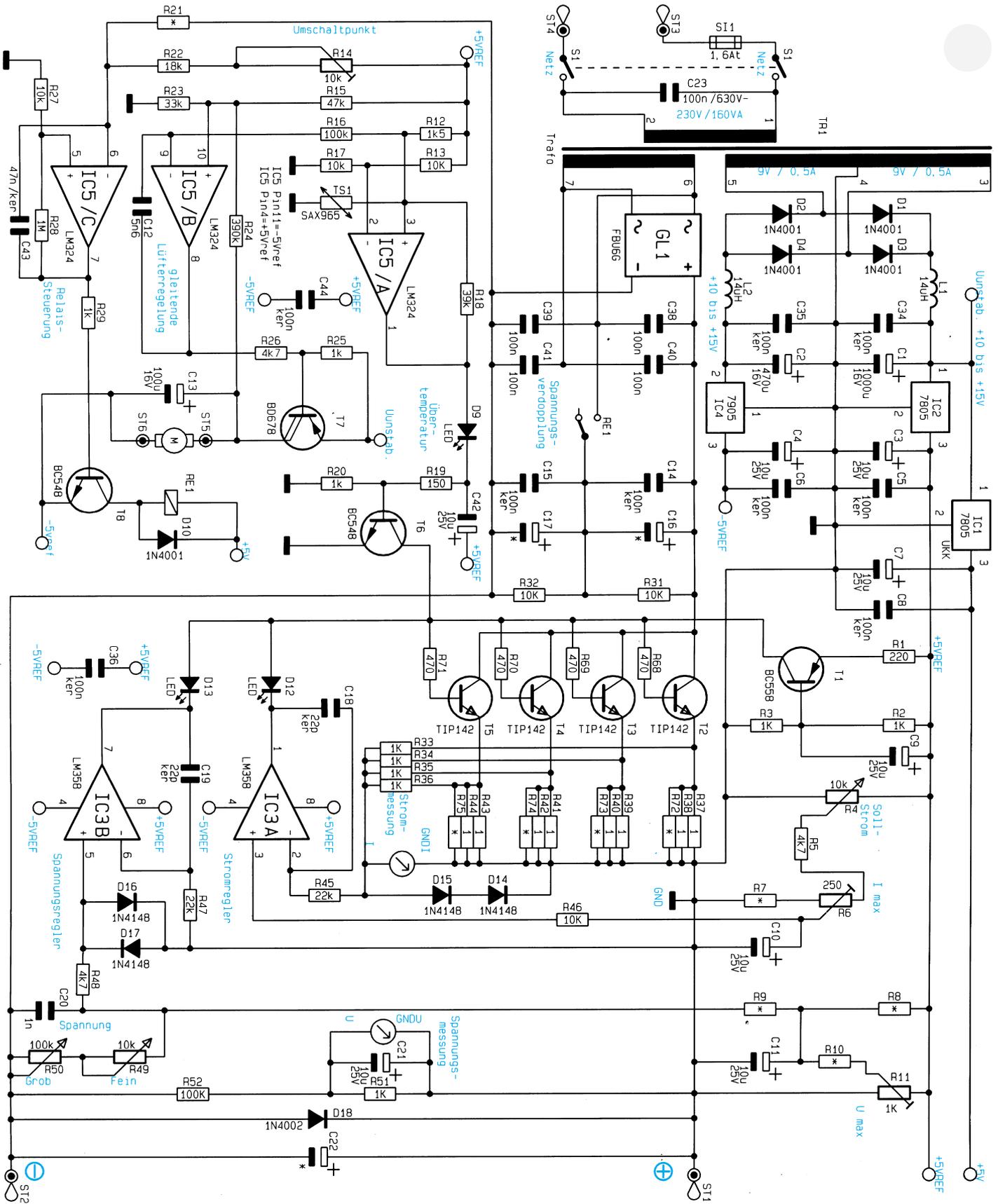
Die erste, im oberen Bereich des Schaltbildes dargestellte Trafowicklung mit Mittelanzapfung (2 x 9 V, 0,5 A) dient zur

Speisung der Steuerelektronik sowie der AD-Wandler für die Strom- und Spannungsmessung. Diese Sekundärwicklung ist bei allen Netzteilvarianten gleich.

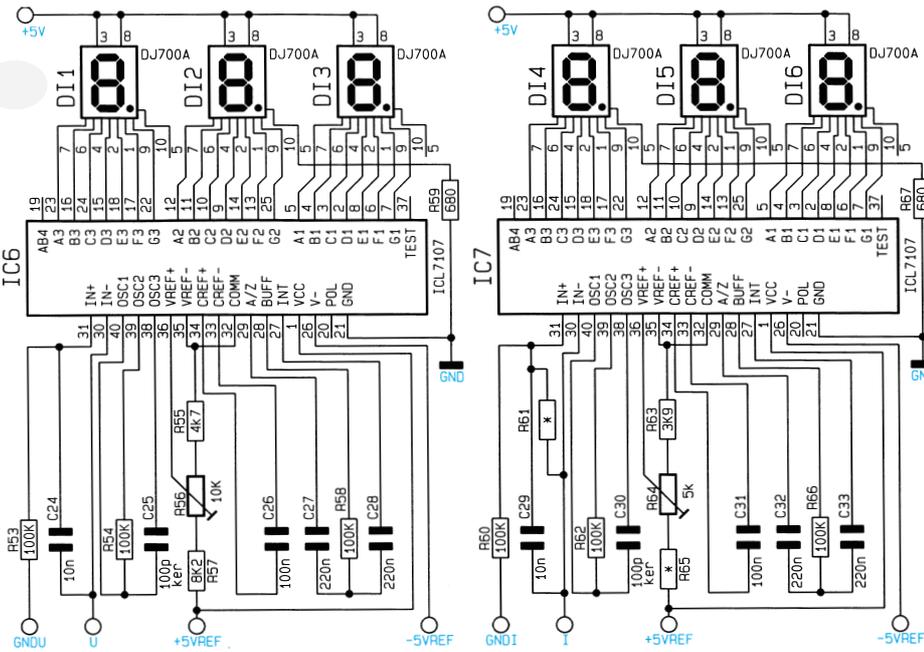
Mit den Dioden D 1 bis D 4 wurde sowohl für den positiven als auch für den negativen Spannungszweig eine 2-Weg-Gleichrichtung realisiert. Jeweils über eine Entstördrossel (L 1, L 2) gelangen die Spannungen auf die Ladeelkos C 1 und C 2 sowie die Eingänge der Festspannungsregler IC 1, IC 2 und IC 4.

Am Ausgang des Spannungsreglers IC 2 steht eine stabilisierte Spannung von +5 V und am Ausgang des IC 4 eine negative Spannung in gleicher Höhe zur Versorgung der Regelelektronik zur Verfügung. Diese Spannungen tragen die Bezeichnungen +5 V<sub>Ref</sub> und -5 V<sub>Ref</sub> und dienen als Referenzspannungen für die U- und I-Regler.

Für die Ansteuerung der 7-Segment-Anzeigen benötigen die AD-Wandler (Abbildung 2) einen vergleichsweise großen Strom, der zudem je nach Anzahl der angesteuerten Segmente erheblich schwanken kann. Um einen Einfluß auf die Steuerelektronik und somit auf die Regelung zu vermeiden, wurde zur Speisung der AD-Wandler und der Digital-Anzeigen ein se-



**Bild 1: Hauptschaltbild des ELV-Power-Supply PS 72xx.**  
 Die mit \* gekennzeichneten Bauelemente sind in Tabelle 2  
 aufgeführt und entsprechend dem jeweiligen Gerätetyp einzusetzen.



**Bild 2: Schaltbild des digitalen Spannungsmessers (links) und des digitalen Strommessers (rechts)**

parater Spannungsregler mit U-Kühlkörper (IC 1) eingesetzt.

Die Kondensatoren C 3, C 4 und C 7 dienen jeweils am Ausgang der Festspannungsregler zur Stabilisierung und Schwingneigungsunterdrückung, während C 5, C 6 und C 8 hochfrequente Störanteile eliminieren.

Betrachten wir als nächstes die eigentliche Steuer- und Regelschaltung sowie die Leistungsstufe dieser Netzteilserie.

Von der zweiten Sekundärwicklung, deren Ausgangsspannung und Strombelastbarkeit dem jeweiligen Netzgerätetyp angepaßt ist, gelangt die Wechselspannung auf den Brückengleichrichter GL 1. In der eingezeichneten Relaisstellung liefert die Schaltung eine Gleichspannung, die in etwa der halben Maximalspannung entspricht, während bei geschlossenem Relaiskontakt die Schaltung als Spannungsverdoppler arbeitet. Die Leerlaufspannung steigt dann etwa auf den doppelten Wert an.

Die Umschaltung mit nur einem Relais-Arbeitskontakt erfolgt vollautomatisch, so daß die Einstellung der Ausgangsspannung kontinuierlich durchgehend von 0 bis Maximum möglich ist.

Die Werte der Ladeelkos C 16 und C 17 sowie einiger weiterer Bauelemente, die je nach Netzgerätetyp unterschiedlich sind, zeigt Tabelle 2.

Die mit den Darlington-Leistungstransistoren T 2 bis T 5 aufgebaute Endstufe ist als Längsregler ausgeführt. In den Emitterleitungen sind die Widerstände R 37 bis R 44 sowie R 72 bis R 75 eingefügt, um zum einen unterschiedliche Transistordaten der parallelgeschalteten Endstufentransistoren auszugleichen und zum anderen eine stromproportionale Meßspannung für den I-Regler und die Strommessung zu gewinnen. Als weiteres Ausgleichselement ist jeweils in die Basisleitung der Endstufentransistoren ein Widerstand (R 68 bis R 71) geschaltet.

Die auf die Schaltungsmasse bezogene positive Meßspannung gelangt über die zur Entkopplung dienenden Widerstände R 33 bis R 36 einerseits auf den Meßeingang des digitalen Amperemeters und andererseits auf den invertierenden Eingang (Pin 2) des für die Stromregelung zuständigen Operationsverstärkers IC 3 A.

Eventuelle Schwingneigungen des Operationsverstärkers werden mit C 18 unterdrückt. Die beiden Dioden D 14 und D 15

schützen im Kurzschlußfall die Elektronik.

Die Sollwertvorgabe für den maximal zulässigen Ausgangsstrom erfolgt über R 46 am nicht-invertierenden (+)-Eingang (Pin 3) des OPs. Mit Hilfe des auf der Frontplatte befindlichen Stromeinstellers R 4 kann in Verbindung mit den Widerständen R 5 bis R 7 der Sollwert exakt eingestellt werden. R 6 dient in diesem Zusammenhang zur Anpassung des Bereichsendwertes (maximaler Ausgangsstrom) vom jeweiligen Netzgerätetyp.

Sobald der Stromregler aktiviert ist, leuchtet die zugehörige Kontroll-LED (D 12) auf.

Die Funktion des Stromreglers sieht im Detail wie folgt aus:

Die als Längsregler arbeitenden Endstufentransistoren T 2 bis T 5 erhalten an ihren Basen einen Steuerstrom, der durch eine Stromquelle bereitgestellt wird, die mit T 1 und Zusatzbeschaltung aufgebaut ist.

Die Stromquelle liefert einen Konstantstrom von ca. 8 mA. Wenn wir jetzt annehmen, daß die Leuchtdioden D 12 und D 13 gesperrt sind, fließt der gesamte Strom der Stromquelle über die Basen der Endstufentransistoren ab. In diesem Fall wären die Leistungstransistoren maximal durchgesteuert.

## Stromregler

Anhand eines kompletten Regelzyklus kann die Funktionsweise des Stromreglers am besten verdeutlicht werden.

Wir nehmen nun an, daß die Ausgangsklemmen des Netzteils kurzgeschlossen sind oder durch einen Verbraucher hinreichend niederohmig belastet werden und daß weiterhin das Stromeinstellpoti R 4 am Rechtsanschlag (maximaler Strom, in der 30V-Version entsprechend 3 A) steht. An Pin 3 des Stromreglers IC 3 A wird somit eine Sollspannung von ca. 375 mV vorgegeben.

Überschreitet nun der Ausgangsstrom den eingestellten Maximalwert von 3 A, entspricht dies einem Spannungsabfall an den Emitterwiderständen R 37 bis R 44, der ebenfalls 375 mV übersteigt. Am invertierenden Eingang (Pin 2) des OPs IC 3 A stellt sich dadurch ein höherer Spannungswert als die 375 mV Sollspannungsvorgabe an Pin 3 ein. Der Ausgang (Pin 1) strebt in Richtung negative Spannung, D 12 wird leitend, und ein Teil des Stromes der Konstantstromquelle (T 1) fließt nicht mehr über die Basen der Längstransistoren, sondern über den Ausgang des OPs IC 3 A ab.

Der Ausgang (Pin 1) wird aber nur so weit negativ, daß der Endstufensteuerstrom gerade so groß bleibt, daß der Ausgangsstrom einen Spannungsabfall an R 37 bis R 44 von 375 mV hervorruft. An den beiden Eingängen des OPs erhalten wir

**Tabelle 2**

	R7	R8	R9	R10	R21	R61	R65	R72 - R75	C16 / C17	C22
PS7215	390Ω	12kΩ	18kΩ	68kΩ	33kΩ	68kΩ	47kΩ	1Ω	22.000µF/16V	100µF/40V
PS7220	270Ω	10kΩ	12kΩ	47kΩ	47kΩ	68kΩ	47kΩ	1Ω	22.000µF/16V	100µF/40V
PS7230	270Ω	6,8kΩ	8,2kΩ	33kΩ	68kΩ	56kΩ	33kΩ	entfallen	10.000µF/25V	100µF/40V
PS7240	220Ω	4,7kΩ	5,6kΩ	33kΩ	82kΩ	56kΩ	33kΩ	entfallen	10.000µF/25V	47µF/63V

somit ein Spannungsgleichgewicht.

Solange das Netzteil als Stromkonstanter arbeitet, ist die Leuchtdiode D 13 gesperrt, da Pin 7 des IC 3 B High-Pegel führt.

Durch Verändern der Spannungsvorgabe an Pin 3 des Stromreglers IC 3 A kann jeder beliebige Strom zwischen 0 und Maximum eingestellt werden. Wird z. B. an Pin 3 eine Spannung von 37,5 mV vorgegeben, so darf an den Emitterwiderständen der Endstufentransistoren auch nur dieser Spannungsabfall entstehen, d. h. der Ausgangsstrom stellt sich auf 300 mA ein.

## Spannungsregler

Das Netzgerät arbeitet als Spannungs-konstanter, solange der Ausgangsstrom den mit R 4 eingestellten, maximal zulässigen Strom nicht erreicht. An Pin 1 des ICs stellt sich dann ein High-Signal ein, und die Leuchtdiode D 12 ist gesperrt.

Über R 47 liegt der invertierende

Eingang des für die Spannungsregelung zuständigen Operationsverstärkers IC 3 B an der Schaltungsmasse, entsprechend der positiven Netzgeräte-Ausgangsklemme (ST 1).

Eine mit R 8 bis R 11 generierte Referenzspannung und die über die zur Spannungseinstellung dienenden Einstellpotis R 50 (grob) und R 49 (fein) kommende Spannung werden auf einen gemeinsamen Summationspunkt (Verbindung R 9, R 48, R 49) geführt. Über R 48 gelangt die aufsummierte Spannung direkt auf den nicht-invertierenden Eingang des Operationsverstärkers IC 3 B.

Solange der Spannungspegel am nicht-invertierenden Eingang positiver als am invertierenden Eingang (Pin 6) ist, strebt der Ausgang in Richtung positiver Spannung. Hierdurch erhöht sich die Netzgeräteaussgangsspannung, d. h. die Spannung an ST 2 wird, bezogen auf die Schaltungsmasse (ST 1), negativer.

Dadurch erhöht sich auch der Strom durch die beiden in Reihe geschalteten Einstellpotis, und zwar so weit, bis die Spannung an Pin 5 des IC 3 B leicht unterhalb der Spannung an Pin 6 (Massepotential) absinkt. Daraufhin strebt der Ausgang sofort wieder in negativer Richtung und zieht über die nun leitende Diode D 13 einen Teil des Basisstromes von den Endstufentransistoren ab, bis sich an den beiden Eingängen des OPs ein Spannungsgleichgewicht einstellt.

Durch Verändern des Widerstandswertes der beiden in Reihe geschalteten Spannungseinstellelemente ist die Ausgangsspannung von 0 bis Maximum veränderbar.

Damit sind nun sowohl der Spannungsregler als auch der Stromregler detailliert beschrieben. Grundsätzlich ist immer der Regler mit dem geringeren Ausgangswert in Betrieb.

## Temperaturüberwachung der Endstufe

Die Temperaturüberwachung der Endstufe erfolgt mit IC 5 A und externer Beschaltung. Über den Spannungsteiler R 13, R 17 liegt der invertierende Eingang des IC 5 A auf ca. 2,5 V, und der am nicht-invertierenden Eingang angeschlossene Temperatursensor wird über R 12 mit Spannung versorgt. Zur thermischen Kopplung ist der Sensor (TS 1) direkt am Lüfteraggregat angeschraubt.

Mit steigender Temperatur wird der Sensor hochohmiger, und die Spannung am

zum Lüfter liegenden Längstransistor T 7, so daß der Regelkreis geschlossen ist.

## Relaissteuerung

Das Umschalt-Relais der Spannungsverdopplerschaltung wird mit dem als Schmitt-Trigger (Komparator mit Hysteresis) geschalteten Operationsverstärker IC 5 C gesteuert. Der nicht-invertierende Eingang des OPs ist über R 27 direkt mit der Schaltungsmasse (positive Ausgangsklemme des Netzgerätes) verbunden.

Der invertierende Eingang (Pin 6) stellt den Summationspunkt zwischen Soll- und Ist-Spannung für die Relaisumschaltung dar. Dazu ist der mit R 21, R 22 und R 14 aufgebaute, einstellbare Spannungsteiler mit +5 V<sub>Ref</sub> als Bezug (R 14) und an der anderen Seite mit der negativen Ausgangsklemme des Netzgerätes (ST 2) verbunden.

Proportional zur steigenden Ausgangsspannung des Netzgerätes fällt die Spannung am Summations-

punkt, d. h. an Pin 6 des IC 5 C ab. Sobald die Spannung am invertierenden Eingang unterhalb die an Pin 5 anliegende Spannung fällt, wechselt der Ausgang des Komparators von „low“ nach „high“.

Über R 29 wird der Relaisstreiber (T 8) durchgesteuert und das im Kollektorkreis liegende Relais aktiviert.

Während der Widerstand R 28 für eine Schalthysteresis sorgt, dient C 43 zur Störunterdrückung.

## Digitales Volt-/Amperemeter

Die Labornetzgeräteserie PS72xx verfügt über zwei 3stellige Digital-Displays für die Strom- und Spannungsanzeige. Abbildung 2 zeigt die Schaltung der weitgehend identisch aufgebauten Strom- und Spannungsmesser. Die Unterschiede liegen ausschließlich in der Dimensionierung des an V<sub>Ref+</sub> und V<sub>Ref-</sub> angeschlossenen Spannungsteilers, dem zusätzlich beim Strommesser vorhandenen Widerstand R 61 und in der Ansteuerung der Dezimalpunkte (R 59, R 67).

Zur digitalen Anzeige der Meßwerte setzen die AD-Wandler des Typs ICL 7107 die an den Eingangspins 30, 31 anliegende Meßspannung in einen digitalen Anzeigewert um. Die 7-Segment-LED-Anzeigen werden von den AD-Wählern direkt angesteuert, während die Dezimalpunkte über die Widerstände R 59 und R 67 fest verdrahtet sind.

Damit ist die Schaltungsbeschreibung dieser anspruchsvollen Netzteilserie abgeschlossen. Der zweite Teil dieses Artikels beschreibt ausführlich Nachbau und Inbetriebnahme.

ELV

## Labor-Netzgeräte-Serie mit Ringkern-Netztransformator, innenliegendem Lüfteraggregat und professionellen Leistungsdaten

nicht-invertierenden Eingang steigt proportional zur Temperatur an. Übersteigt die Temperatur den Wert von 105°C, so führt der nicht-invertierende Eingang (Pin 3) positives Potential gegenüber dem invertierenden Eingang (Pin 2). Der Ausgang des als Komparator geschalteten Operationsverstärkers (Pin 1) wechselt von „low“ nach „high“ und steuert über D 9 und R 19 den Transistor T 6 durch. T 6 entzieht wiederum der Endstufe den Basisstrom, so daß der Stromfluß des Netzteils unterbrochen wird.

Eine aktivierte Temperatur-Schutzschaltung wird mit D 9 signalisiert. R 18 sorgt für eine Hysteresis von ca. 20°C, d. h. die Temperatur-Schutzschaltung wird bei Erreichen von ca. 85°C wieder deaktiviert.

## Temperaturgeführte Lüftersteuerung

Mit IC 5, T 7 und externer Beschaltung ist eine temperaturgeführte Lüftersteuerung mit gleitender Regelung realisiert. Eine auf den Kühlungsbedarf abgestimmte Lüfterdrehzahl sorgt immer für die optimale Kühlung der Endstufe.

Über den Widerstand R 16 gelangt die am Temperatursensor (TS 1) anliegende Spannung auf den invertierenden Eingang des als Regler geschalteten Operationsverstärkers IC 5 B. Diese Spannung stellt für die Lüfterregelung die Soll-Größe dar, während über den im Rückkopplungs-zweig liegenden Widerstand R 24 die Ist-Größe auf den nicht-invertierenden Eingang (Pin 10) des Reglers geführt wird.

Der Ausgang des IC 5 B steuert über den Spannungsteiler R 25, R 26 den in Reihe