

# Elektronisch stabilisiertes Super-Netzgerät SNT 7000 0-50 V, 0-3 A

mit elektronischer Trafoumschaltung



*Mit diesem Super-Netzgerät aus der ELV-Serie-7000 stellen wir unseren Lesern ein ausgereiftes, erprobtes und nachbausicheres Universal-Netzgerät vor, das selbst den verwöhntesten Ansprüchen gerecht wird. Sowohl die Abgabeleistung von 0-25 V/0-3 A bzw. bis 50 V/0-1,5 A (kurzzeitig 3 A), bei getrennter Einstellung von Spannung und Strom, als auch die komfortable Anzeige der Spannungs- und Stromwerte über 2 digitale LED-Anzeige-Instrumente, reihen dieses Gerät in die Spitzenklasse der Netzteile ein.*

*Trotz der hervorragenden Daten und der aufwendigen Schaltung wurde eine hohe Nachbausicherheit durch problemlosen Aufbau fast sämtlicher Bauelemente auf den Platinen bei minimalem Verdrahtungsaufwand erreicht.*

## Allgemeines

Netzgeräte in den verschiedensten Ausführungsformen gibt es wie Sand am Meer. Warum also noch ein weiteres vorstellen? Wir haben uns dazu entschlossen, da das in unserer Ausgabe Nr. 12 vorgestellte NT 7000 auf eine geradezu sagenhafte Resonanz bei unseren Lesern stieß. Zurückzuführen ist dies sicherlich auf die aufwendige Elektronik mit ihren zahlreichen Extras, wie z. B. den 8 Leuchtdioden der PCU (Power Supply Control Unit) für die Betriebszustandsanzeige, der absoluten elektronischen Trennung von Spannungs- und Stromregler sowie vielen anderen elektronischen Featurs, die in dieser Konzentration und Fülle wohl immer noch ihresgleichen suchen.

Aufgrund der mit vorstehend angesprochenem Gerät gemachten Erfahrungen, haben unsere Ingenieure im ELV-Labor ein

Tabelle 1:

### Daten des ELV-Super-Netzgerätes SNT 7000

Spannungsbereich:	0 bis 50 Volt
Strombereich:	0 bis 3 A
Spannung und Strom getrennt einstellbar.	
Brumm und Rauschen	
Spannungskonstanter:	ca. 1 mV <sub>eff</sub>
Stromkonstanter:	ca. 0,01 %
Innenwiderstand	
Spannungskonstanter:	typ. 10 mΩ=0,01 Ω(!)
Stromkonstanter:	typ. 20 kΩ

neues Super-Netzgerät mit der Bezeichnung SNT 7000 entwickelt. Der Vorteil dieser neuen Version liegt im wesentlichen in dem gesteigerten Ausgangsstrom von 3 A, einer erhöhten Nachbausicherheit sowie einigen weiteren betriebstechnischen Verbesserungen, die im Verlauf der Schaltungsbeschreibung näher erläutert werden sollen.

## Bedienungs- und Funktionsbeschreibung

Auf der Frontplatte des Gerätes befinden sich zwei 3-stellige digitale Meßgeräte, das eine für die Messung der Ausgangsspannung, das andere zur Anzeige des entnommenen Ausgangsstromes. Die Spannung wird mit den beiden ganz rechts befindlichen Potentiometern eingestellt, wobei das obere für die Grobeinstellung und das untere zur Feinregelung vorgesehen ist. Der Strom wird mit dem links daneben angeordneten Stromreglerpoti eingestellt. Darunter befinden sich die beiden Ausgangsklemmen (links -, rechts +).

Ungefähr in der Mitte der Frontplatte sind 8 5 mm LED-Anzeigen untereinander angeordnet. Diese Leuchtdiodenzeile, von uns kurz PCU (**P**ower **S**upply **C**ontrol **U**nit) genannt, zeigt die verschiedenen Betriebszustände des SNT 7000 optisch an.

Mittels der oberen 4 LED's der PCU werden die jeweils **erlaubten** Betriebszustände angezeigt und zwar:

1. Spannungsregler in Betrieb
2. Stromregler in Betrieb
3. Trafoumschaltung über 25 V
4. Wert des Stromreglers auf elektronische Sicherung umgeschaltet (bei dem mit dem Stromreglerpoti eingestellten Wert wird nun der Strom nicht mehr wie vorher konstant gehalten, sondern es wird bei Erreichen dieses Wertes abgeschaltet. Die Umschaltung erfolgt durch S 2).

Die unteren 4 LED's zeigen an, wenn die Ausgangsspannung 0 V beträgt und auf welche Gründe dies zurückzuführen ist:

5. Der Ausgang ist über re 2 und T 7 kurzgeschlossen (zum Einstellen des Stromwertes für den Stromkonstanter).
6. Die elektronische Sicherung hat angesprochen, d. h., daß der mit dem Stromreglerpoti eingestellte Wert erreicht und vorher mittels S 2 von Stromkonstanter auf Sicherung umgeschaltet wurde. (Sehen Sie hierzu auch den vorstehend beschriebenen Punkt 4).
7. Die Temperatursicherung des Trafos hat angesprochen.
8. Die Temperatursicherung der Endstufe hat angesprochen.

Der links unten auf der Frontplatte angeordnete Schalter S 2 steuert die Betriebszustände „Si ein“, „Stromkonstanter“ und „Ausgang 0 V“, wobei letzterer Betriebszustand es ermöglicht, mittels des Stromreglerpotis den maximal gewünschten Ausgangsstrom einzustellen und auf der digitalen Anzeige abzulesen. Hierbei wird die positive Ausgangsklemme vom eigentlichen Netzgerät getrennt und der interne Ausgang des Gerätes wird kurzgeschlossen, so daß die Einstellung ermöglicht wird.

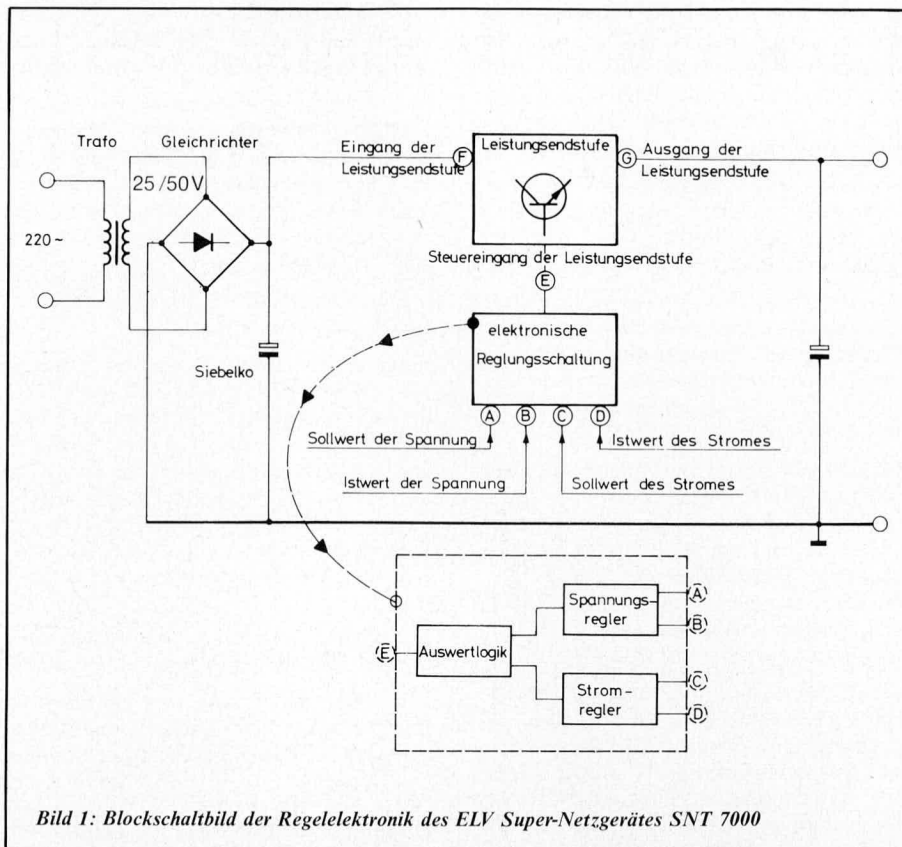


Bild 1: Blockschaltbild der Regelelektronik des ELV Super-Netzgerätes SNT 7000

Mit dem links oben auf der Frontplatte angeordneten Netzschalter wird das Gerät ein- und wieder ausgeschaltet. Sofern eine oder beide Temperatursicherungs-LED's aufleuchten, ist der Netzschalter erneut zu betätigen, um eine Löschung zu erreichen.

## Zur Schaltung

Eine wesentliche Neuerung gegenüber konventionellen Netzgeräten besteht in der absoluten Trennung von Spannungs- und Stromregelung, die über eine aufwendige Abtastschaltung einen elektronischen Analogschalter so ansteuert, daß automatisch immer der richtige Regler in Betrieb ist und selbst im Grenzbereich eine Beeinflussung absolut ausgeschlossen ist, was mit herkömmlichen, selbst aufwendigen und teuren Schaltungen praktisch unmöglich ist.

Unsere Schaltung realisiert es nicht nur vollkommen, sondern zeigt über die PCU den Betriebszustand auch noch an (LED 1 — U-Regler, LED 2 — I-Regler).

Daß unser Super-Netzgerät mit zwei getrennten digitalen Anzeigeinstrumenten für Spannung und Strom ausgerüstet ist, braucht wohl nicht extra betont zu werden und ist selbstverständlich.

Aus Kostengründen können diese Anzeigen natürlich entfallen und später jederzeit auf einfache Weise nachgerüstet werden. Auch ist der Betrieb mit nur einem der beiden Meßgeräte denkbar.

Um das Gerät so kompakt wie möglich und nicht unnötig schwer aufzubauen (Gewicht und Größe werden maßgeblich vom Trafo bestimmt), ist eine elektronische Umschaltung eingebaut, die bei Ausgangsspannungen größer als 25 Volt die vorher in Brückenschaltung betriebenen Gleichrichterdiode D 11–D 14 so umschaltet, daß sich jetzt eine

Spannungsverdopplung ergibt. Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang, daß diese Umschaltung mit nur einem einzigen Relais-Arbeitskontakt möglich gemacht wurde.

Im Bereich von 25 V bis 50 V stehen bei Dauerbetrieb allerdings nur 1,5 A zur Verfügung (kurzzeitig 3 A).

Wichtig ist noch anzumerken, daß die Umschaltung bezüglich der Ausgangsspannung ohne Einfluß ist, so daß man mit dem Spannungsreglerpoti durchgehend von 0 bis 50 V die Ausgangsspannung einstellen kann, und zwar ohne Spannungssprünge und ohne Unterbrechung.

Die elektronische Temperatursicherung sowohl für die Endstufe als auch für den Trafo trägt zum Schutz dieses hochwertigen Gerätes bei.

Bevor wir nun zu den schaltungstechnischen Einzelheiten kommen, wollen wir noch kurz auf die hervorragende Qualität des Spannungs- und Stromreglers eingehen:

Um Spitzenqualität bei den Reglern in elektronischen Netzgeräten zu erzielen, müssen die Regler nicht nur sehr empfindlich, sondern zudem außerordentlich schnell sein. Dies hat zur Folge, daß es ganz genau auf die Leitungsführung ankommt, um Störungen und Schwingneigungen zu unterdrücken.

Da bei hochwertigen Netzgeräten bislang meist eine aufwendige Verdrahtungsarbeit erforderlich war (um möglichst kurze Leitungen zu realisieren), war der Nachbau praktisch nur Profis mit einem umfangreichen Meßgerätepark (Oszillograph etc.) vorbehalten.

Daß es uns gelang, Spitzenqualität zu erzielen bei minimalem Verdrahtungsaufwand (selbst Trafo und Endstufentransistoren sowie Einstellregler befinden sich auf den

Platinen), verdient besonders hervorgehoben zu werden, da hierdurch auch ein Nichtprofi dieses Gerät aufbauen kann (Newcomer sollten allerdings nicht gleich mit einer so aufwendigen Schaltung ihr Hobby beginnen).

Um den Aufbau hinreichend ausführlich beschreiben zu können, ist die theoretische Schaltungsbeschreibung etwas gestrafft dargestellt.

Bei der Konstruktion des Netzgerätes wurde auf eine universelle Anwendbarkeit Wert gelegt. Hierzu trägt nicht zuletzt die getrennte Einstellbarkeit von Spannung und Strom über den gesamten Bereich (0 bis 50 V, 0 bis 3 A) bei.

Um dies verwirklichen zu können, sind zwei völlig getrennte Regler (einer für Spannungs-, der andere für StromEinstellung) notwendig mit einer zusätzlichen, nachgeschalteten Auswertlogik, die entscheidet, welcher der beiden Regler nun tatsächlich die Leistungsendstufe ansteuert (Bild 1).

Über die Regler selbst ist nicht viel zu sagen. Sie bestehen im wesentlichen aus den beiden Operationsverstärkern IC 4 und IC 6, die jeweils den Sollwert mit dem Istwert vergleichen bzw. einen Teil davon (Sollwert ist der Wert, den der Ausgang des Netzteils haben soll, Istwert ist der Wert, den der Ausgang des Netzteils tatsächlich hat, d. h. es wird eine möglichst gute Übereinstimmung von Soll- und Istwert angestrebt).

Kommen wir nun zur Funktion der Auswertlogik. Sie muß, wie vorhin schon erwähnt, die Entscheidung treffen, welcher der beiden Regler nun tatsächlich im Einsatz ist.

Nachfolgendes Beispiel wird zum besseren Verständnis beitragen:

Es soll eine Autobatterie aufgeladen werden:

Zuerst sollte der Strom einen möglichst konstanten Wert aufweisen, und zwar solange, bis die Batterie ihre Sättigungsspannung von ca. 14 V (bei 12-V-Autobatterien) erreicht hat. Der Strom muß dann kleiner werden, damit die Batterie nicht unnötig geladen wird und infolgedessen gast.

Die Forderungen an die Auswertlogik sind derart, daß derjenige Regler im Einsatz ist, der den kleineren Wert der Ausgangsspannung bzw. des Ausgangsstromes vorschreibt.

Bei einer Einstellung der beiden Regler auf z. B. 14 V und 2 A kann nur eine maximale Spannung von 14 V erreicht werden und ein maximaler Strom von 2 A fließen. Wird die Belastung größer, so steigt nicht der Strom an, sondern die Spannung sinkt.

Um bei unserem Beispiel des Autoakkus zu bleiben, würde eine Einstellung von 14 V und 2 A bedeuten, daß der ungeladene Akku, der eine Spannung von ca. 11 V hat, zu Beginn des Ladevorgangs mit vollen 2 A geladen wird. Erst nachdem der Akku nahezu voll aufgeladen wurde und die Spannung 14 V erreicht hat, beginnt der Strom langsam zu sinken und sich auf Werte einzupegeln, die lediglich zu einer Erhaltungsladung führen, d. h. der Akku wird nur mit einem Strom gespeist, der ihn den aufgeladenen Zustand beibehalten läßt.

Die Auswertlogik, die diese Aufgaben übernimmt, wird in der vorliegenden Schaltung in völlig neuartiger Form dargestellt.

Über die beiden Widerstände R 6 und R 7 werden die Ausgangswerte des Stromreglers (IC 4) bzw. die Spannungsregler (IC 6) auf die Eingänge des als Komparator geschalteten IC 5 geführt, wobei R 9 zur Erzeugung einer geringen Hysterese dient.

Das so ausgewertete Signal gelangt auf die Steuereingänge Pin 9 + Pin 11 des Analogschalters IC 7.

Befindet sich beispielsweise der Ausgang des U-Regler-IC's (IC 6) auf niedrigerer Spannung als der des IC 4, so führt auch der + Eingang (Pin 3) des IC 5 niedrigeres Potential und dessen Ausgang (Pin 6 des IC 5) liegt auf ca. -5 V, wodurch sich der mittlere Schalter (B) des IC 7 in der eingezeichneten Position befindet und der Ausgang des U-Regler-IC's (Pin 6 des IC 6) steuert die Endstufe an.

Bevor wir in der Beschreibung des Netzteils fortfahren, soll eine wesentliche Tatsache verdeutlicht werden:

Die Regelungsschaltung „schwimmt“ sozusagen auf der positiven Ausgangsspannung des Netzgerätes, d. h. die Operationsverstärker mit der +5 V/-5 V Versorgungsspannung und allem was dazugehört, die Referenzspannung sowie die Erzeugung von Soll- und Istwert haben als gemeinsamen Bezugspunkt die positive Ausgangsspannung.

Nach dieser wichtigen Feststellung und nachdem wir die Funktion der Auswertlogik besprochen haben, wenden wir uns der Darlington-Endstufe zu.

Diese besteht im wesentlichen aus der Endstufe selbst, mit den 4 Darlington-Leistungstransistoren T 2 bis T 5, die über Pin 14 des IC 7 direkt von IC 4 oder IC 6 angesteuert werden, sowie den Emitterwiderständen R 39 bis R 42, die zum Ausgleichen von unterschiedlichen Transistorarten von T 2 bis T 5 dienen. Sie haben aber noch eine weitere Funktion, auf die im nächsten Abschnitt näher eingegangen werden soll.

### **Erzeugung von Soll- und Istwert von Spannung und Strom**

Bis jetzt haben wir uns mit den Reglern, der Auswertlogik und der Endstufe befaßt.

Wo aber bekommen die Regler für Spannung und Strom die Informationen her, die sie zum Ausüben ihrer Funktion benötigen? Hierauf soll im folgenden eingegangen werden.

Wie aus dem Blockschaltbild in Bild 1 hervorgeht, benötigt jeder der Regler zwei Informationen, nämlich die Information über den Sollwert und den Istwert.

Wie zu Beginn dieses Artikels schon einmal erwähnt, ist der Sollwert der Wert, den der Ausgang des Netzgerätes haben soll (bzw. ein Teil davon), oder anders ausgedrückt, ist der Sollwert der Wert, den wir mittels der Einstellpotis (Spannung oder Strom) vorgeben, d. h. einstellen.

Der Istwert ist der Wert (bzw. ein Teil davon), den der Ausgang des Netzgerätes

tatsächlich hat, d. h. dieser Wert wird am Ausgang abgegriffen.

Für den Stromregler wird der Sollwert mit dem Potentiometer R 3 vorgegeben. R 1 dient zur Festlegung des maximal mit R 3 einstellbaren Stromes (hier 3 A). Der Istwert wird als Spannungsabfall über den Widerständen R 39 bis R 42 gemessen. Hier sehen wir die zweite Funktion dieser beiden Widerstände. Soll- und Istwert werden über die Widerstände R 4, R 5 sowie R 35 bis R 38 auf die beiden Differenzeingänge des Operationsverstärkers IC 4 gegeben, wo sie miteinander verglichen werden. Der Operationsverstärker stellt nun den Ausgangsstrom des Netzteils so ein, daß Soll- und Istwert möglichst gut übereinstimmen, d. h. aber auch so, daß wir den Ausgangsstrom mittels R 3 regeln können.

Tritt eine Störung bzw. eine Laständerung am Ausgang des Netzteils auf, so ändert sich auch der Istwert. Der Operationsverstärker stellt dies fest und regelt automatisch den Ausgangsstrom so nach, daß der ursprüngliche Zustand wieder hergestellt ist.

Beim Spannungsregler ist noch eine kleine Abweichung in der Funktionsweise anzumerken. Hier wird zur Spannungseinstellung nicht der Sollwert verändert, sondern der Teil des Istwertes, der vom Ausgang abgegriffen und auf den Eingang zurückgeführt wird, erfährt mittels der Potis R 22 (Feineinstellung) und R 23 (Grobeinstellung) eine Veränderung. Der Sollwert bleibt immer gleich und wird einmal mittels R 18 fest eingestellt, und zwar so, daß bei aufgedrehten Spannungsreglerpotis (R 22 + R 23) die maximale Ausgangsspannung (hier 50 V) erreicht und nicht überschritten wird.

Die Differenz, die von Sollwert und Istwert gebildet wird, steuert den Operationsverstärker IC 6.

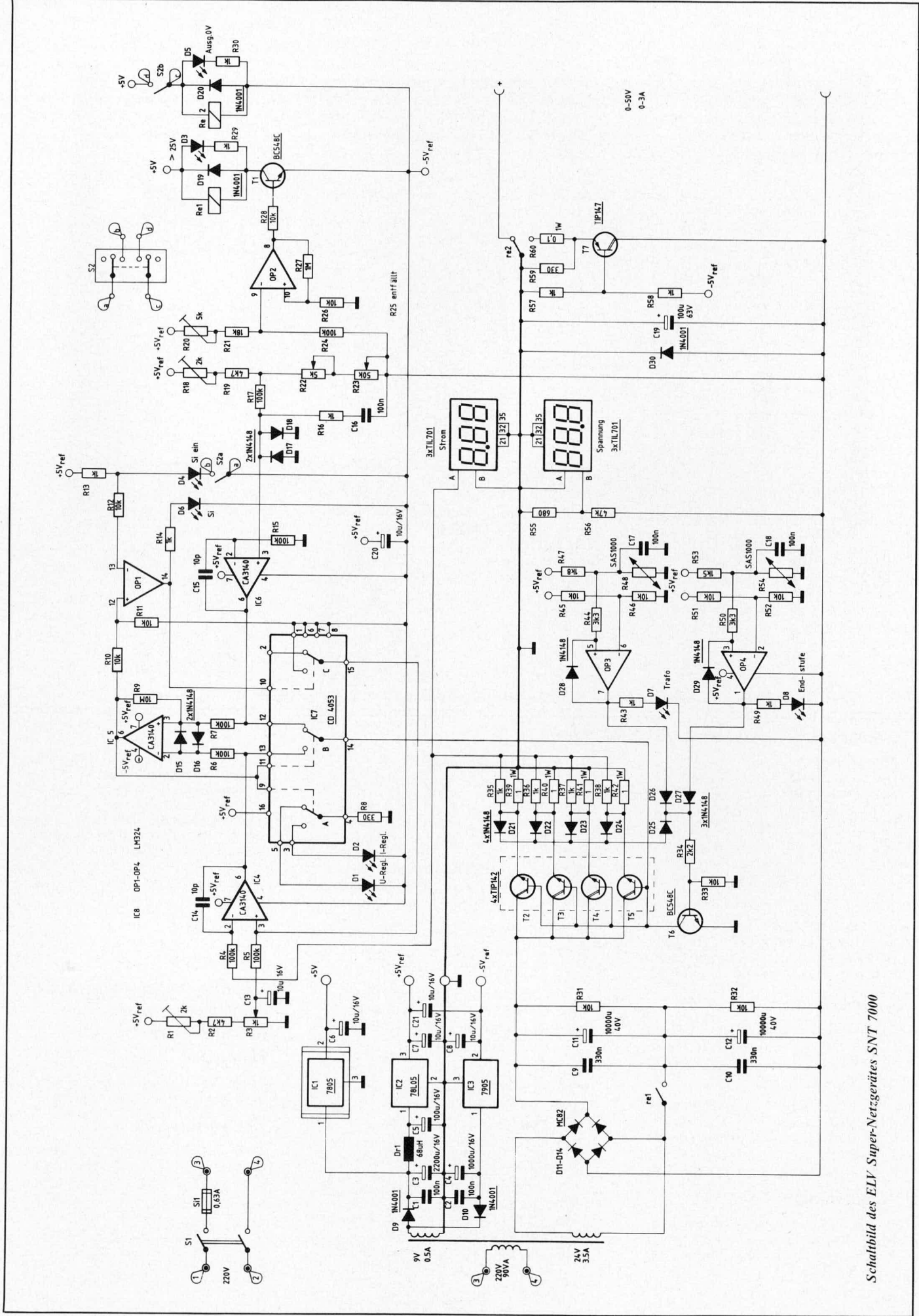
### **Versorgungsspannung der Steuer- und Überwachungselektronik**

Über die Erzeugung der +5 V/-5 V Versorgungsspannung für die Steuerelektronik ist nicht viel zu sagen. Sie wird mit Hilfe der beiden Einweggleichrichter D 9 und D 10 sowie der nachgeschalteten Stabilisierungsschaltung, im wesentlichen bestehend aus den IC's 1 bis 3, realisiert.

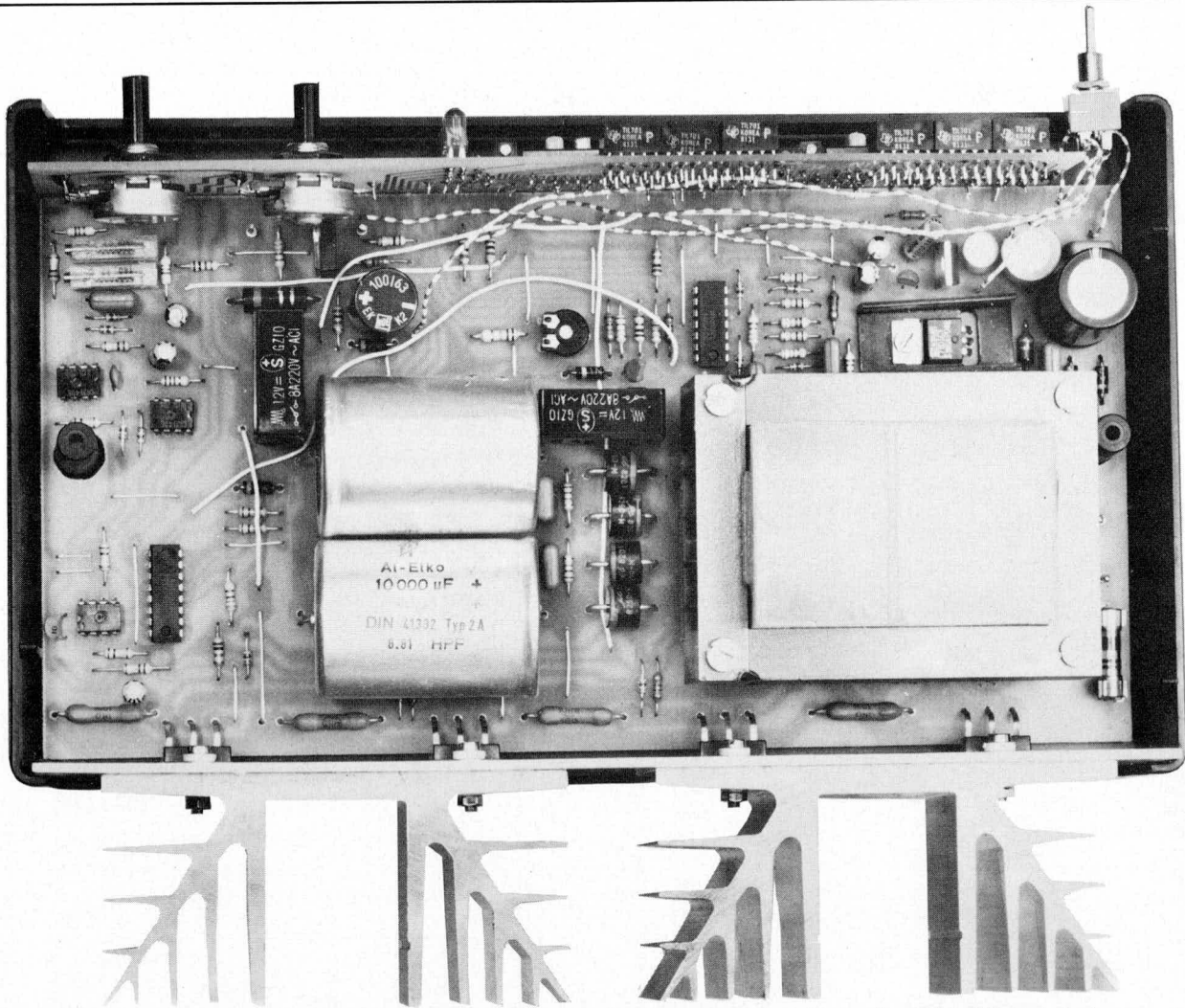
Um eine möglichst gute Trennung zwischen dem Herzstück des Netzgerätes (den Reglern IC 4 und IC 6) und der Überwachungselektronik zu erreichen, wurde für Erstgenanntes eine separate +5 V Stromversorgung mit getrenntem Festspannungsregler (IC 2) aufgebaut, aus der auch gleichzeitig alle innerhalb der gesamten Schaltung benötigten Referenzspannungen gewonnen werden, einschließlich der Referenzspannungen für die beiden Digital-Displays. Die HF-Drossel Dr 1 sorgt in diesem Zusammenhang für eine gute Entkopplung zu den anderen Spannungsreglern. Die Drossel kann ggf. auch durch einen 10  $\Omega$  Widerstand ersetzt.

### **Zur Überwachungselektronik**

Im wesentlichen wird die Überwachungselektronik durch die Operationsverstärker OP 1 bis OP 4 realisiert, die im gleichen Gehäuse des IC 8 Platz finden.



Schaltbild des ELY Super-Netzgerätes SNT 7000



Ansicht des fertig aufgebauten und in die untere Gehäusehalbschale eingesetzten ELV Super-Netzgerätes SNT 7000 (von oben)

## Stückliste: Super-Netzgerät SNT 7000

### Halbleiter

IC 1	.....	7805
IC 2	.....	78 L05
IC 3	.....	7905
IC 4, IC 5, IC 6	.....	CA 3140
IC 7	.....	CD 4053
IC 8	.....	LM 324
T 1, T 6	.....	BC 548 C
T 2 - T 5	.....	TIP 142
T 7	.....	TIP 147
D 1 - D 8	.....	LED, rot, 5 mm
D 9, D 10, D 19, D 20, D 30	.....	1 N4001
D 11 - D 14	.....	R 250 B
D 15 - D 18, D 21 - D 29	.....	1 N4148

### Kondensatoren

C 1, C 2, C 16 - C 18	.....	100 nF
C 3	.....	220 C µF/16 V
C 4	.....	1000 µF/16 V
C 5	.....	100 µF/16 V
C 6 - C 8, C 13, C 20,	.....	
C 21	.....	10 µF/16 V
C 9, C 10	.....	330 nF
C 11, C 12	.....	10 000 µF/40 V
C 14, C 15	.....	10 pF
C 19	.....	100 µF/63 V

### Widerstände

R 1	.....	2 k, Spindeltrimmer
R 2, R 19	.....	4,7 k
R 3	.....	1 kΩ Poti, lin
R 4 - R 7, R 15, R 17	.....	100 kΩ,
R 8, R 59	.....	330 Ω
R 9	.....	10 MΩ

R 10 - R 12, R 26, R 28, R 31 - R 33,	.....	
R 45, R 46, R 51, R 52	.....	10 kΩ
R 13, R 14, R 16, R 29, R 30, R 35 - R 38,	.....	
R 43, R 49, R 57, R 58	.....	1 kΩ
R 18	.....	2 kΩ, Spindeltrimmer
R 20	.....	5 kΩ, Trimmer
R 21	.....	18 kΩ
R 22	.....	5 kΩ, Poti, lin, 6 mm Achse
R 23	.....	50 kΩ, Poti, lin, 6 mm Achse
R 24	.....	100 kΩ
R 27	.....	1 MΩ
R 34	.....	2,2 kΩ
R 39 - R 42	.....	1 Ω, 1 W
R 44, R 50	.....	3,3 kΩ
R 47	.....	1,8 kΩ
R 48*, R 54	.....	SAS 1000
R 53	.....	1,5 kΩ
R 55	.....	680 Ω
R 56	.....	47 kΩ
R 60	.....	0,1 Ω/1 W

### Sonstiges

Dr 1	.....	HF 68 µH
S 1	.....	Netzschalter, 2-polig
S 2	.....	Kippschalter, 2 x um mit Mittelstellung
Tr 1	.....	Netztrafo prim: 220 V, 90 VA sek: 24 V/3,5 A 9 V/0,5 A mit eingebautem Temperaturfühler
Re 1, Re 2	.....	Kartenrelais 12 V, stehend, 1 x um, 8 A

Si 1	.....	0,63 A, Mittelreihe
	.....	1 Platinensicherungshalter
10 Lötstifte	.....	
	.....	1 m isolierter Schaltdraht
	.....	1 m Silberschaltdraht, 0,8 mm Ø
	.....	1 U-Kühlkörper für TO 220 (SK 13)
	.....	2 Leistungskühlkörper SK 88
	.....	4 Glimmerscheiben für TO 3P
	.....	4 Isoliernippel dazu
	.....	1 Schraube M 3 x 6 mm
	.....	4 Schrauben M 3 x 16 mm
	.....	5 Muttern M 3
	.....	4 Schrauben M 4 x 55 mm
	.....	12 Muttern M 4

### Digitales Anzeigeninstrument (Spannungs- oder Strommesser)

#### Halbleiter

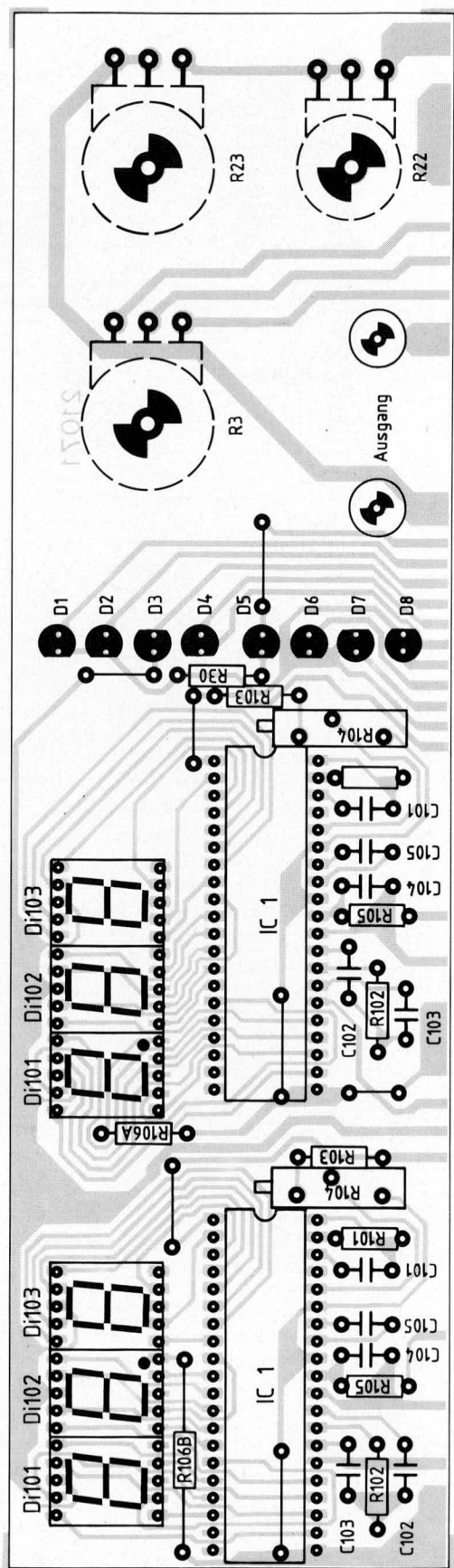
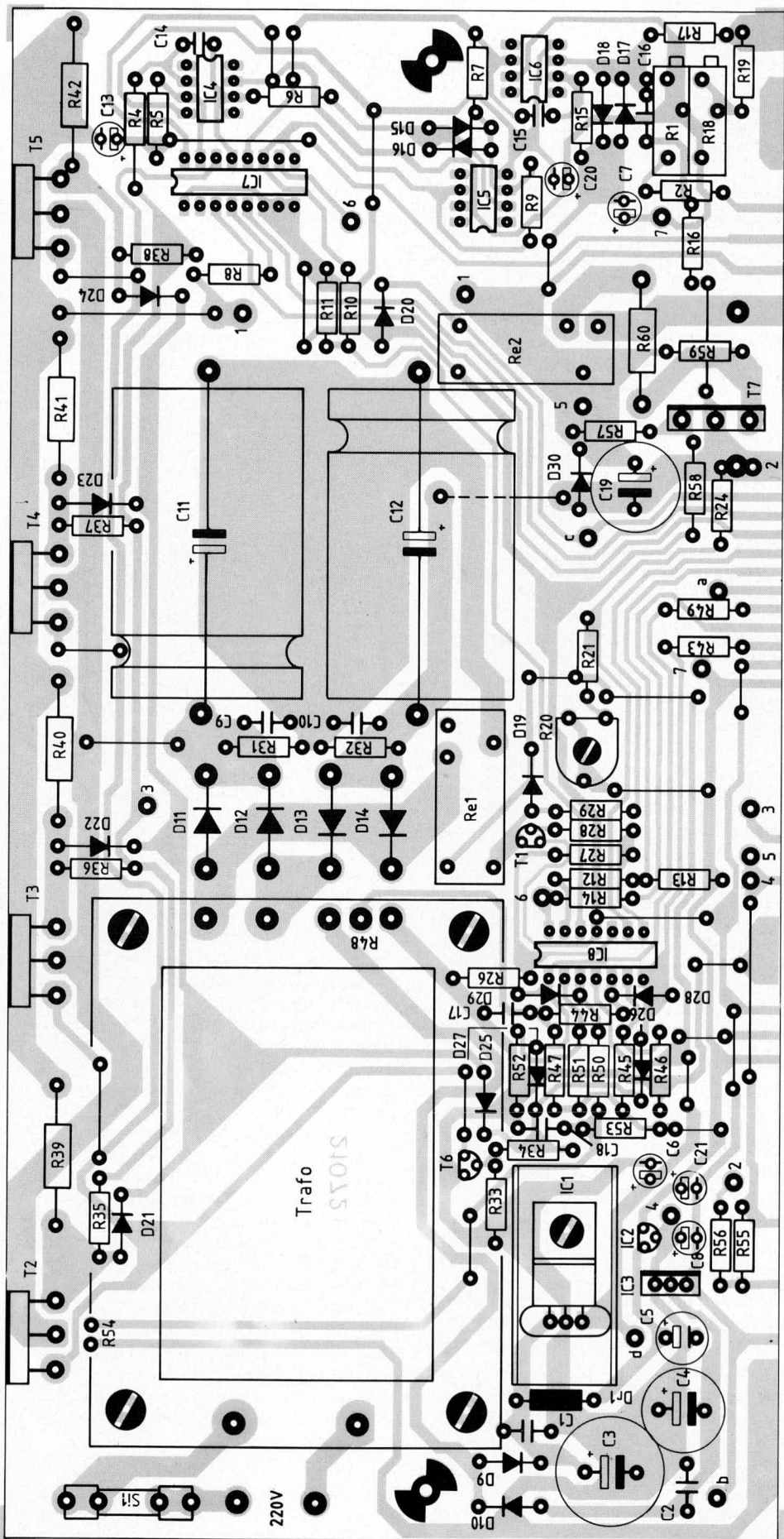
IC 101	.....	ICL 7107
Di 101 - Di 103	.....	TIL 701

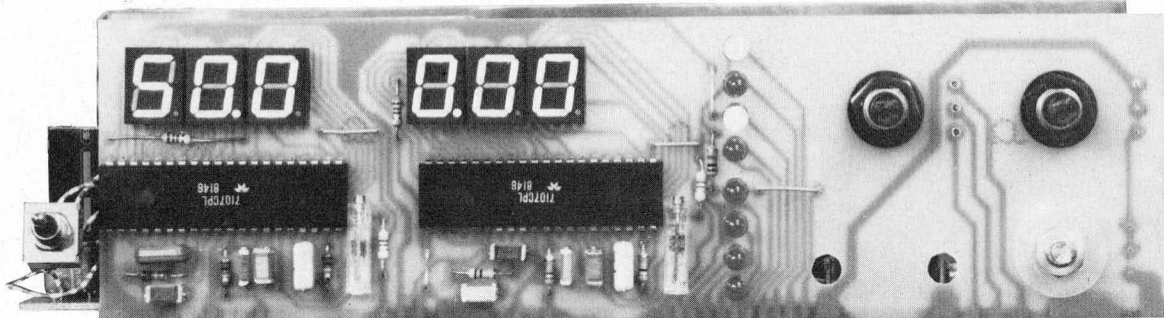
#### Kondensatoren

C 101	.....	100 p
C 102, C 103	.....	220 n
C 104	.....	10 n
C 105	.....	100 nF

#### Widerstände

R 101, R 102, R 105	.....	100 k
R 103	.....	4k7
R 104	.....	10 k, Spindeltrimmer
R 106	.....	680 Ω





Ansicht des ELV Super-Netzgerätes SNT 7000 von vorne (ohne Gehäuse)

Mit Hilfe des OP 1 wird über den Schalter S 2a der mit dem IC 4 aufgebaute Stromkonstanter zu einer elektronischen Sicherung umfunktioniert. Befindet sich S 2a in Stellung „Si ein“, so liegt der -Eingang des OP 1 über R 12 auf -5 V, zuzüglich der an D 4 abfallenden Diodenspannung. Sobald nun das IC 5 den Stromkonstanter (IC 4) einschaltet, indem der Ausgang (Pin 6 des IC 5) auf ca. +5 V geht, wird über den Widerstand R 10 der +Eingang (Pin 12) des IC 8 auf ca. 0 V gelegt, wodurch der Ausgang (Pin 14) auf ca. +5 V geht, und der im IC 7 enthaltene Schalter C umschaltet, und Pin 1 mit Pin 15 des IC 7 verbindet, wodurch Pin 3 des IC 4 auf -5 V gezogen wird. Der Ausgang des IC 4 (Pin 6) springt dadurch ebenfalls auf -5 V und die Endstufe sperrt vollständig — die elektronische Sicherung hat angesprochen. Dieser vorstehend beschriebene Funktionsablauf passiert natürlich in sehr kurzer Zeit, d. h. in wenigen  $\mu\text{sec}$ .

Befindet sich S 2 in einer anderen Stellung als „Si ein“, so liegt der -Eingang (Pin 13) des OP 1 über R 12 und R 13 auf +5 V und die Sicherung kann nicht ansprechen.

Die elektronische Gleichrichterumschaltung erfolgt mit Hilfe des OP 2, der über die Widerstandskombination R 20, R 21 sowie R 24 die Ausgangsspannung abfragt, und bei Überschreiten von 25 V automatisch das Relais Re 1 anziehen läßt, wodurch eine Spannungsverdopplung mit Hilfe der Gleichrichterdioden D 11 bis D 14 erzielt wird.

Die Temperaturüberwachung, sowohl der Endstufe als auch des Transformators geschieht mit Hilfe der Temperatursensoren des Typs SAS 1000. Es handelt sich hierbei um die gleiche Bauform wie die des Sensors SAK 1000, der in unserem LCD-Thermometer T 100 Einsatz findet. Der Unterschied liegt lediglich darin, daß der SAS 1000 eine eingengte Toleranz, d. h. eine höhere Genauigkeit aufweist, wodurch sich ein Einstellen des Ansprechwertes der Temperatur erübrigt. Trotz der etwas höheren Kosten des SAS 1000 haben wir uns hierzu entschlossen, da diese Einstellung bei dem Vorläufer des hier vorgestellten SNT 7000 Probleme aufwarf.

Sobald, bedingt durch die auf die Sensoren einwirkende Temperatur, der Sensor R 48 bzw. 54 einen höheren Widerstandswert annimmt als R 47 bzw. 53, gehen die Ausgänge der OP 3 bzw. 4 auf ca. +5 V, wodurch T 6 durchsteuert und die Endstufe sperrt. Gleichzeitig leuchtet jeweils die entsprechende LED (D 7 bzw. D 8) auf. Damit eine möglichst objektive Messung der Trafo-

temperatur erreicht wird, ist der Sensor R 48 bereits im Trafo eingebaut und zwar unterhalb der Wicklungen, direkt am Kern. In diesem Zusammenhang wollen wir noch auf eine weitere Neuerung in dem hier vorgestellten SNT 7000 hinweisen:

Über die Dioden D 21 bis D 25 wird ständig direkt und ohne Verzögerung der gerade fließende Strom überwacht. Sobald ein Wert von ca. 10 A überschritten wird, schaltet ohne nennenswerte Verzögerung im Bruchteil einer  $\mu\text{sec}$  über T 6 die Endstufe zurück, so daß auch bei „krassen“ Kurzschlüssen eine Zerstörung des Netzgerätes mit Sicherheit ausgeschlossen ist.

Der Transistor T 7 ist in Verbindung mit den Widerständen R 57 bis R 60 als Konstantstromquelle geschaltet, die in der eingezeichneten Relaisstellung von re 2 einen Strom von ca. 3 mA fließen läßt. Wird der Schalter S 2 b in Stellung „Ausgang 0 V“ gebracht, zieht Re 2 an und der Widerstand R 60 wird über re 2 zum Widerstand R 59 parallel geschaltet und der Ausgang praktisch kurzgeschlossen, wobei im Einschaltmoment über R 60 der Strom auf unkritische Werte (ca. 10 A) begrenzt wird. Als Dauerstrom können selbstverständlich nur Werte von maximal 3 A mit dem Stromreglerpoti R 3 eingestellt werden. Der vorstehend genannte höhere Wert ist also lediglich, wie bereits erwähnt, ein Spitzenwert, der aufgrund von Schaltungsverzögerungen innerhalb der Endstufe und Entladungsströmen (z. B. C 19) auftreten kann.

### Zum Nachbau

Obwohl das vorstehend beschriebene Netzgerät eine ausgezeichnete Leistung hat, ist es gelungen, fast sämtliche Bauelemente, einschließlich Trafo, Brückengleichrichter, Siebelkos, Endstufe sowie Einstellregler, auf den Platinen unterzubringen.

Bevor allerdings mit der Bestückung der Platinen begonnen wird, sind diese in das Gehäuse einzupassen.

Die beiden Platinen werden direkt miteinander verlötet, so daß keine zusätzlichen Verbindungsleitungen erforderlich sind.

Zum Einpassen werden die Platinen probeweise auf die Platinenfolie (bzw. auf den im Magazin abgedruckten Bestückungsplan) gelegt und die Maße dadurch kontrolliert. Ggf. sind leichte Nacharbeiten durchzuführen.

Nachdem ein Probeeinbau der Platinen ins Gehäuse zur Zufriedenheit verlaufen ist (die Platinen sind noch nicht miteinander verlötet), kann mit der Bestückungsarbeit begonnen werden.

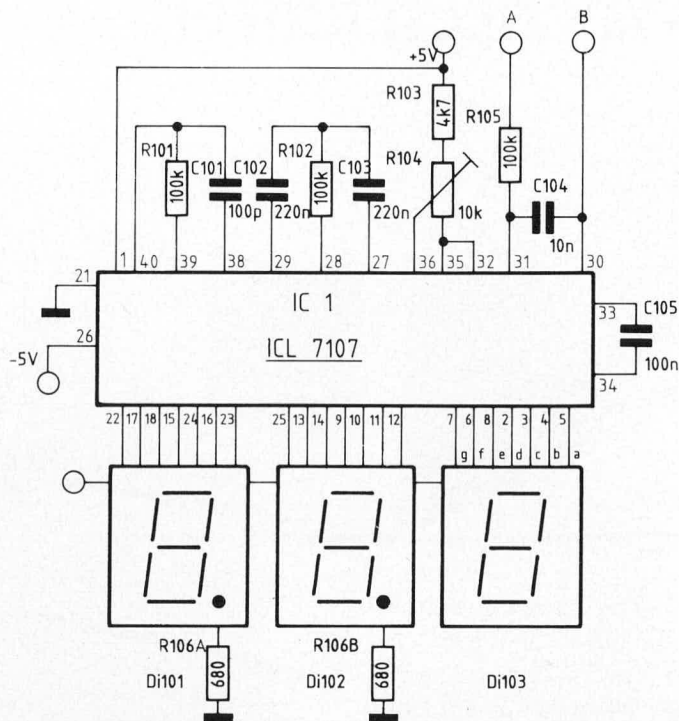
Zunächst werden die Brücken, dann die Widerstände, Kondensatoren, Dioden etc. in gewohnter Reihenfolge eingelötet, bis auf den Haupttrafo und die Kühlkörper, die erst später eingebaut werden.

Ist die Bestückung (bis auf die eben erwähnten Bauelemente) vollendet, wird die Anzeigenplatine senkrecht an die Basisplatine gelötet, und zwar so, daß sie ca. 2 mm unter ihr hervorragte.

Sind alle Kupferflächen der senkrecht aufeinander liegenden Platinen miteinander verlötet, kann der Einbau des Transformators vorgenommen werden. Hierzu steckt man zunächst 4 Schrauben M 4 x 55 mm von oben (entgegen der Lötstiftseite) durch die Befestigungslöcher des Transformators und verschraubt diese mit 4 Muttern M 4. Danach werden 4 weitere Muttern M 4 auf die Schrauben gesetzt, und zwar so, daß deren Unterseite eine Ebene mit dem tiefsten Punkt des Spulenkörpers bilden. Jetzt kann der Transformator auf die Basisplatine aufgesetzt und mit 4 weiteren Muttern von der Leiterbahnseite her verschraubt werden. Abschließend verlötet man die Anschlußstifte mit der Leiterbahnseite.

Die mit ungekürzten Anschlußbeinchen möglichst weit aus der Basisplatine herausragenden Endstufentransistoren T 2 bis T 5 können jetzt mit der in Aluminium ausgeführten Gehäuserückwand verschraubt werden, wobei zwischen Rückwand und Transistor jeweils eine Isolierscheibe (Glimmerscheibe) mit zugehörigem Isoliernippel gelegt wird. Die für die Durchführung der Schrauben M 3 in Verbindung mit den Isoliernippeln erforderlichen 4 Bohrungen in der Größe von 4 mm werden in die Alu-Rückwand gebohrt. Anschließend werden die beiden Aluprofilkühlkörper symmetrisch auf die Rückwand aufgesetzt, um hierin ebenfalls die Löcher zu bohren. Sowohl zwischen Transistoren und Rückwand, als auch zwischen Rückwand und Kühlkörpern ist eine dünne, gleichmäßige Schicht Wärmeleitpaste aufzubringen, um einen möglichst guten Wärmeübergang zu gewährleisten. Als letztes werden die Transistoren mit der Alurückwand und den Kühlkörpern mit Hilfe von 4 Schrauben M 3 x 16 mm und dazugehörigen Muttern M 3 verschraubt.

An den linken, hinter dem Transformator befindlichen Endstufentransistor, wird der Temperaturfühler R 54 angebracht, indem der Fühler soweit aus der Leiterplatte hervorsteht, daß der Sensorkopf sich ungefähr in der gleichen Höhe befindet, wie der Mittelpunkt des betreffenden Transistors. An-



Schaltbild des digitalen Volt- bzw. Amperemeters. Der Unterschied besteht nur darin, daß entweder der Widerstand R 106 A oder R 106 B eingesetzt wird.

schließend wird der Sensor mit Wärmeleitpaste eingestrichen und an das Kunststoffgehäuse des Transistors herangedrückt. Aufgrund der geringen Wärmekapazität des Fühlers ist eine weitere wärmeleitende Verbindung nicht erforderlich.

Der für den Trafo zuständige Temperaturfühler R 48 ist bereits in dem Transformator eingebaut und über die entsprechenden Anschlußstifte herausgeführt.

Kommen wir nun zum Einbau der Eingangsbuchsen (Polklemmen):

Nachdem diese mit der bedruckten und gebohrten Frontplatte verschraubt wurden, lötet man je einen ca. 2 cm langen Draht von mindestens 1,5 mm<sup>2</sup> Querschnitt an die Buchsenrückseiten an.

Nun kann die Frontplatte über die Potiachsen geschoben werden, wobei die beiden an die Eingangsbuchsen angelöteten Drähte durch die entsprechenden Bohrungen in der Front-(Anzeigen-)platine geführt und mit den hinter den Bohrungen liegenden Lötstiften auf der Basisplatine verlötet werden.

Zuletzt werden die bestückten Platinen von oben in die untere Gehäusehalbschale eingesetzt.

Nachdem der im folgenden beschriebene Abgleich durchgeführt wurde, kann die obere Gehäusehalbschale (Deckel) aufgesetzt und von unten verschraubt werden.

Zu beachten ist noch, daß sobald der Trafo mit der Basisplatine verbunden wurde, zum Bewegen der Platine immer beide Hände benutzt werden, wobei die eine Hand immer den Trafo festhält (grundsätzlich vorher Netzstecker ziehen!).

Wird das Gerät häufig über längere Zeit mit Vollast gefahren, sollten in das Gehäuse an geeigneter Stelle (Seiten und Deckel) Belüftungsbohrungen angebracht werden.

## Digitales Voltmeter und digitales Amperemeter

Das ELV-Super-Netzgerät SNT 7000 kann wahlweise mit oder ohne die beiden digitalen Anzeigeeinstrumente betrieben werden. Auch ist der Einsatz nur eines der beiden Meßgeräte möglich. Die Stromversorgung der Steuer- und Überwachungselektronik ist von vorn herein so ausgelegt, daß beide digitalen Anzeigeeinstrumente davon mit versorgt werden können.

Die beiden Anzeigeeinstrumente sind weitgehend identisch mit dem ICL 7107 aufgebaut. Eine detaillierte Beschreibung dieses Schaltungsteils soll hier nicht erfolgen, da dieses IC mit seiner Zusatzbeschaltung bereits an verschiedenen anderen Stellen des ELV-Journals beschrieben wurde. Die äußere Beschaltung des IC's wurde so optimiert, daß sie für die vorliegenden Eingangsspannungen eine „saubere“ und ruhige Anzeige ergibt.

Die Schaltung des digitalen Strommeßgerätes unterscheidet sich lediglich in der Ansteuerung des Punktes von der Schaltung des digitalen Spannungsmessgerätes. Bei der erstgenannten Schaltung befindet sich der Punkt rechts neben der linken Stelle (R 106 A), während beim Spannungsmesser der Punkt vor der rechten Stelle aufleuchtet (R 106 B).

## Abgleich/Einstellung

Es hat sich als zweckmäßig erwiesen, zunächst die beiden Strom- und Spannungsmessgeräte zu kalibrieren, da hiermit anschließend auch die für das eigentliche Netzgerät erforderlichen Einstellungen durchführbar sind.

Für die Kalibrierung des digitalen Spannungsmessgerätes schließen wir zunächst an den Ausgang zu Kontrollzwecken ein weite-

res Spannungsmeßgerät an, und stellen mit dem Spannungseinstellpoti eine Spannung zwischen 40 und 50 V ein. Mit dem Spindeltrimmer R 104 wird nun die digitale Anzeige des im Super-Netzgerät enthaltenen Spannungsmessers auf den gleichen Wert eingestellt.

Für die Kalibrierung des digitalen Amperemeters, wird jetzt zunächst der Spannungsregler auf 0 gedreht, und ein Strommeßgerät zu Vergleichszwecken an die beiden Ausgangsklemmen des Netzgerätes angeschlossen. Das Spannungseinstellpoti wird jetzt wieder ein wenig aufgedreht, um dann mit dem Stromreglerpoti einen Ausgangsstrom von 2 bis 3 A fließen zu lassen. Mit dem Spindeltrimmer R 104, für das im SNT 7000 enthaltene digitale Amperemeter, wird nun auf der digitalen Anzeige der gleiche Wert eingestellt, wie er auf dem an die Ausgangsklemmen angeschlossenen Vergleichsamperemeter abzulesen ist.

Die Kalibrierung des Spannungs- und Strommeßgerätes im SNT 7000 ist damit beendet, da der 0-Abgleich beider Meßgeräte automatisch erfolgt.

Die Einstellung des maximal möglichen Ausgangsstromes geschieht mit Hilfe des Spindeltrimmers R 1. Hierzu wird der Schalter S 2 in Stellung („Ausgang 0 V“ gebracht, und das Stromreglerpoti R 3 ganz nach rechts (im Uhrzeigersinn) gedreht. Damit auch der Stromregler einwandfrei arbeiten kann, sollte das Spannungsreglerpoti R 23 nicht gerade auf 0, sondern mindestens etwas aufgedreht sein. Mit dem Spindeltrimmer R 1 wird jetzt der Ausgangsstrom auf 3,00 A eingestellt, was auch auf der digitalen Anzeige ablesbar ist.

Sofern die digitale Anzeige für den Stromwert nicht im SNT 7000 eingebaut wurde, ist für den Abgleich der Schalter S 2 in Mittelstellung zu bringen und der Ausgang über ein Amperemeter kurzzuschließen, auf dem der fließende Strom abgelesen werden kann.

Für die Einstellung des maximalen Ausgangsspannungswertes werden die beiden Spannungsreglerpotis R 22 (fein) und R 23 (grob) ganz nach rechts gedreht (im Uhrzeigersinn). Die Ausgangsklemmen sind hierbei offen, bzw. es kann ein Vergleichsspannungsmeßgerät angeschlossen werden. Mit dem Spindeltrimmer R 18 stellt man jetzt die Ausgangsspannung auf 50,0 V ein.

Als letztes wird die Umschaltswelle, die bei 25 V liegen sollte, mit dem Trimmer R 20 eingestellt. Hierzu bringt man mit den Spannungseinstellpotis R 22 und R 23 die Ausgangsspannung auf einen Wert von 25,0 V und verdreht R 20 so, daß das Relais re 1 gerade schaltet. Da sich über R 21 eine geringe Hysterese ergibt, wird die Umschaltung für Spannungswerte über 25 V einige 10tel V über der Spannung liegen, die sich bei der Zurückschaltung auf Spannungswerte von unter 25 V ergibt.

Damit ist die Einstellung des gesamten Super-Netzgerätes beendet, da, wie schon an anderer Stelle beschrieben, durch Einsatz von besonders eng tolerierten Temperaturfühlern des Typs SAS 1000 eine Kalibrierung der Temperaturansprechschwellen für den Transformator und die Endstufen nicht mehr erforderlich sind.