

# ELV-Serie 7000: Hochspannungs-Netzteil HNT 7000 0-500 V, 0-300 mA mit elektronischer Trafoumschaltung



*Als vierzehntes Gerät in der ELV-Serie 7000 stellen wir Ihnen ein Hochspannungs-Netzteil vor, das eine ähnlich komfortable Steuerelektronik besitzt, wie das inzwischen weit verbreitete ELV-Super-Netzgerät SNT 7000.*

*Die Ausgangsspannung des neuen Hochspannungs-Netzgerätes reicht von 0-500 V, bei einem max. entnehmbaren Strom von 300 mA.*

*Achtung: Aufgrund der in diesem Gerät auftretenden und im höchsten Maße lebensgefährlichen Spannungen ist der Nachbau nur für Profis geeignet, die zudem mit den entsprechenden, einschlägigen Sicherheitsvorschriften vertraut sind.*

## Allgemeines

Daß vom Ingenieur-Team des ELV-Labors Maßstäbe gesetzt werden, haben wir bereits mehr als einmal bewiesen, so z. B. beim digitalen Induktivitätsmeßgerät DIM 7000, beim digitalen Kapazitätsmeßgerät ohne Abgleich DCM 7000 sowie beim 1 GHz Frequenzzähler FZ 7000. Ebenfalls in diese der teilweise bahnbrechenden Entwicklungen reiht sich das Super-Netzgerät SNT 7000 ein, das jetzt mit der hier vorgestellten Schaltung einen Bruder für die Hochspannungserzeugung bis 500 V erhält.

Aufbau, Daten und Eigenschaften des in diesem Artikel vorgestellten Hochspannungs-Netzgerätes HNT 7000 sind weitgehend mit denen des SNT 7000, das in unserer Ausgabe Nr. 21 ausführlich beschrieben wurde, identisch. Lediglich der Spannungsbereich erstreckt sich jetzt nicht auf 0-50 V, sondern auf 0-500 V, bei einem max. entnehmbaren Strom von 300 mA.

## Bedienungs- und Funktionsbeschreibung

Auf der Frontplatte des Gerätes befinden sich zwei 3stellige digitale Meßgeräte, das eine für die Messung der Ausgangsspannung, das andere zur Anzeige des entnom-

menen 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 -, recht +).

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 HNT 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 250 V (Anzeige mittels Blink-LED)
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 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.

### Technische Daten des ELV-Hochspannungs-Netzgerätes HNT 7000

Spannungsbereich: 0 bis 500 Volt  
Strombereich: 0 bis 300 mA  
Spannung und Strom getrennt einstellbar.

#### Brumm und Rauschen

Spannungskonstanter: ca. 1 m V<sub>eff</sub>  
Stromkonstanter: ca. 0,01 %

#### Innenwiderstand

Spannungskonstanter: typ. 10 mΩ=0,01 Ω(!)  
Stromkonstanter: typ. 20 kΩ

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.

Um das Gerät vor Schaden zu bewahren, zieht das Kurzschlußrelais Re 2 jedoch nicht sofort an, wenn der Schalter S 2 in Stellung „Ausgang 0 V“ gebracht wird, sondern erst dann, wenn die Ausgangsspannung mittels der Spannungseinstellpotis auf Werte unterhalb 10 V heruntergeregelt wurde.

Sobald das Relais Re 2 geschaltet hat und damit der Ausgang abgetrennt ist, leuchtet die LED „Ausgang 0 V“ zur Bestätigung auf. Vorher liegt jedoch noch die volle eingestellte Spannung an, obwohl S 2 bereits in Stellung „Ausgang 0 V“ war.

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).

Das unser Hochspannungs-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 250 V die vorher in Brückenschaltung betriebenen Gleichrichterioden 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 250 V bis 500 V stehen bei Dauerbetrieb allerdings nur 150 mA zur Verfügung (kurzzeitig 300 mA).

Wichtig ist noch anzumerken, daß die Umschaltung bezüglich der Ausgangsspannung ohne Einfluß ist, so daß man mit dem Spannungsreglerpoti durchgehend von 0 bis 500 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. Trotz des sich hierdurch ergebenden verhältnismäßig einfachen Baues, bleibt der Nachbau dieses Gerätes nur den Profis vorbehalten, die zum einen über eine entsprechende Erfahrung im Umgang mit lebensgefährlichen, hohen Spannungen verfügen, und die zum anderen mit den einschlägigen Sicherheitsvorschriften vertraut sind.

Wie bereits vorstehend beschrieben, ist die hier vorgestellte Schaltung des Hochspannungs-Netzgerätes HNT 7000 weitgehend mit der Schaltung des Super-Netzgerätes SNT 7000, das in unserer Ausgabe Nr. 21 ausführlich beschrieben wurde, identisch. Aus diesem Grund soll auf eine detaillierte Beschreibung der Gesamtschaltung an dieser Stelle verzichtet werden. Wir wollen lediglich auf die wesentlichsten Veränderungen sowie die besonderen Merkmale der hier vorgestellten Schaltung eingehen.

Als erstes muß wohl die ungewöhnliche Anhäufung von teuren Endstufen-Transistoren begründet werden:

Die Transistoren des Typs TIPL 763 A besitzen jeder eine Spitzenstrombelastbarkeit von 14 A und eine Spannungsfestigkeit von 1000 V. Die max. zulässige Verlustleistung liegt bei 120 W.

Das hier vorgestellte Hochspannungs-Netzgerät benötigt eine Gesamtverlustleistung von ca. 90 VA, bei einem Strom von ca. 300 mA und einer Spannung von ca. 350 V. So betrachtet, sollte ein einziger Transistor ausreichen. Hochsperrende Transistoren haben jedoch die Eigenschaft, im Linearbetrieb deutlich leistungsschwächer zu sein, als ihre Daten auf den ersten

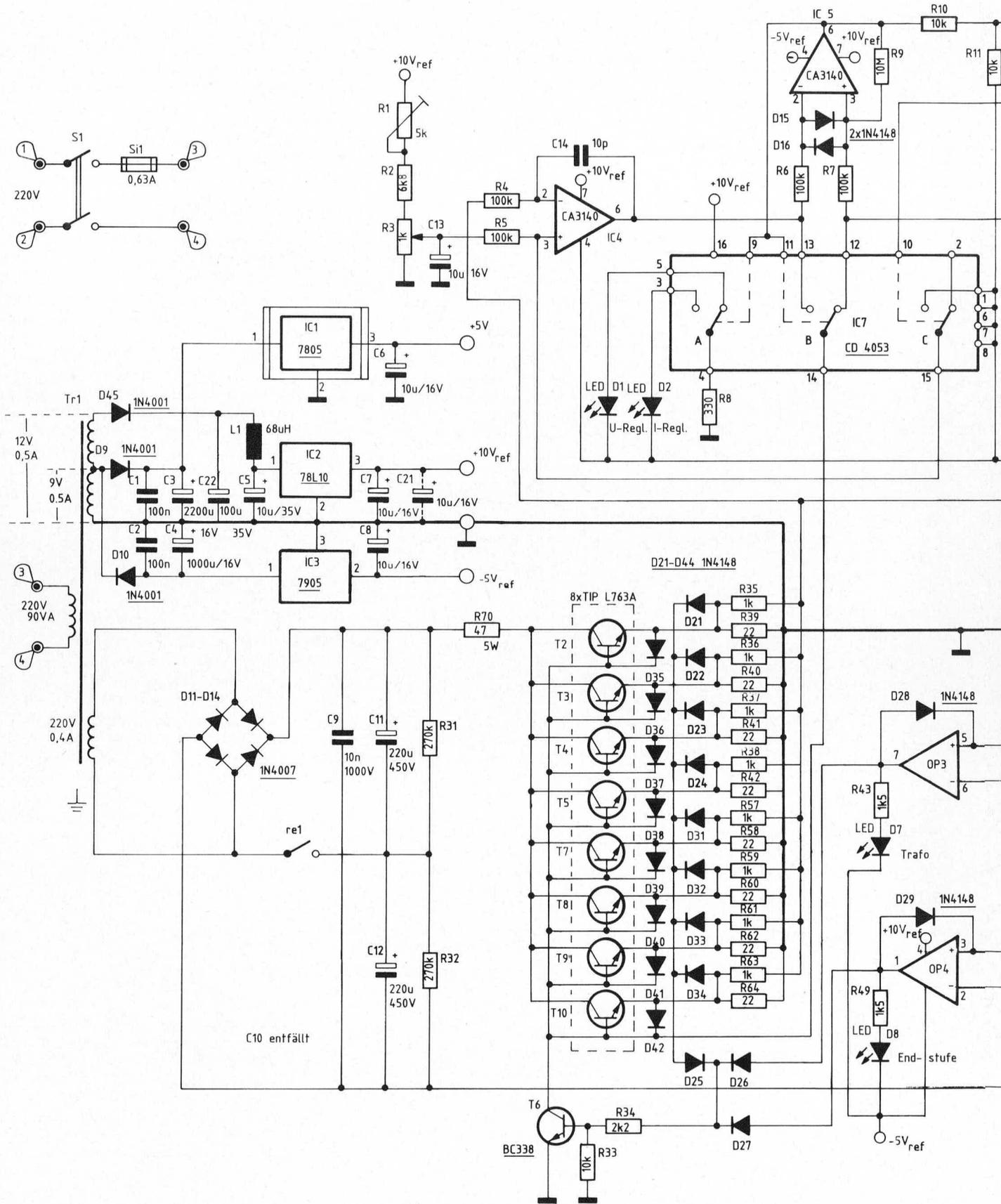
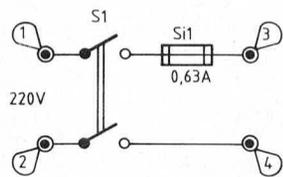
Blick vermuten lassen. Der von uns eingesetzte Transistor besitzt bei einer Kollektor-Emitter-Spannung von 400 V, die im Linearbetrieb gleichzeitig die Grenzspannung darstellt, eine Strombelastbarkeit von weniger als 50 mA, bei einer zulässigen Verlustleistung, die in der Größenordnung von 10 W liegt, unter Berücksichtigung eines realen Temperaturanstieges der Endstufe von einigen 10°K. Die vorstehend beschriebenen Daten lassen nun erkennen, daß bei einer Bestückung der Endstufe mit 8 Transistoren des Typs TIPL 763 A, diese bereits an ihrer Belastungsgrenze eingesetzt werden. In diesem Zusammenhang ist noch anzumerken, daß der Transistor des Typs TIPL 763 A auch als weniger spannungsfester Typ mit der Bezeichnung TIPL 763 (ohne A) erhältlich ist, jedoch aufgrund seiner geringeren Spannungsfestigkeit im Linearbetrieb (Spannungsgrenzwerte 340 V), auf gar keinen Fall geeignet ist.

Das HNT 7000 ist nach unseren Tests kurzschlußsicher, solange die Ausgangsspannung 250 V nicht überschritten hat und das Relais Re 1 noch nicht auf den höheren Spannungsbereich umgeschaltet hat. Sobald jedoch im Spannungsbereich zwischen 250 V und 500 V gearbeitet wird, liegt an den Kollektoren der Leistungsendstufe ein Potential von ca. 700 V an. Diese Spannung kann von der Endstufe zwar im statischen Betrieb gesperrt werden, im Linearbetrieb ist eine Verarbeitung jedoch nicht mehr möglich. Daraus folgt, daß im Kurzschlußfall die Endstufe gefährdet ist, da der Linearbetrieb über die Grenzspannung hinaus (400 V) in den verbotenen Bereich gefahren wird. Eine gesicherte Kurzschlußfestigkeit bei direkten Kurzschlüssen ist daher in diesem Bereich nicht mehr gegeben.

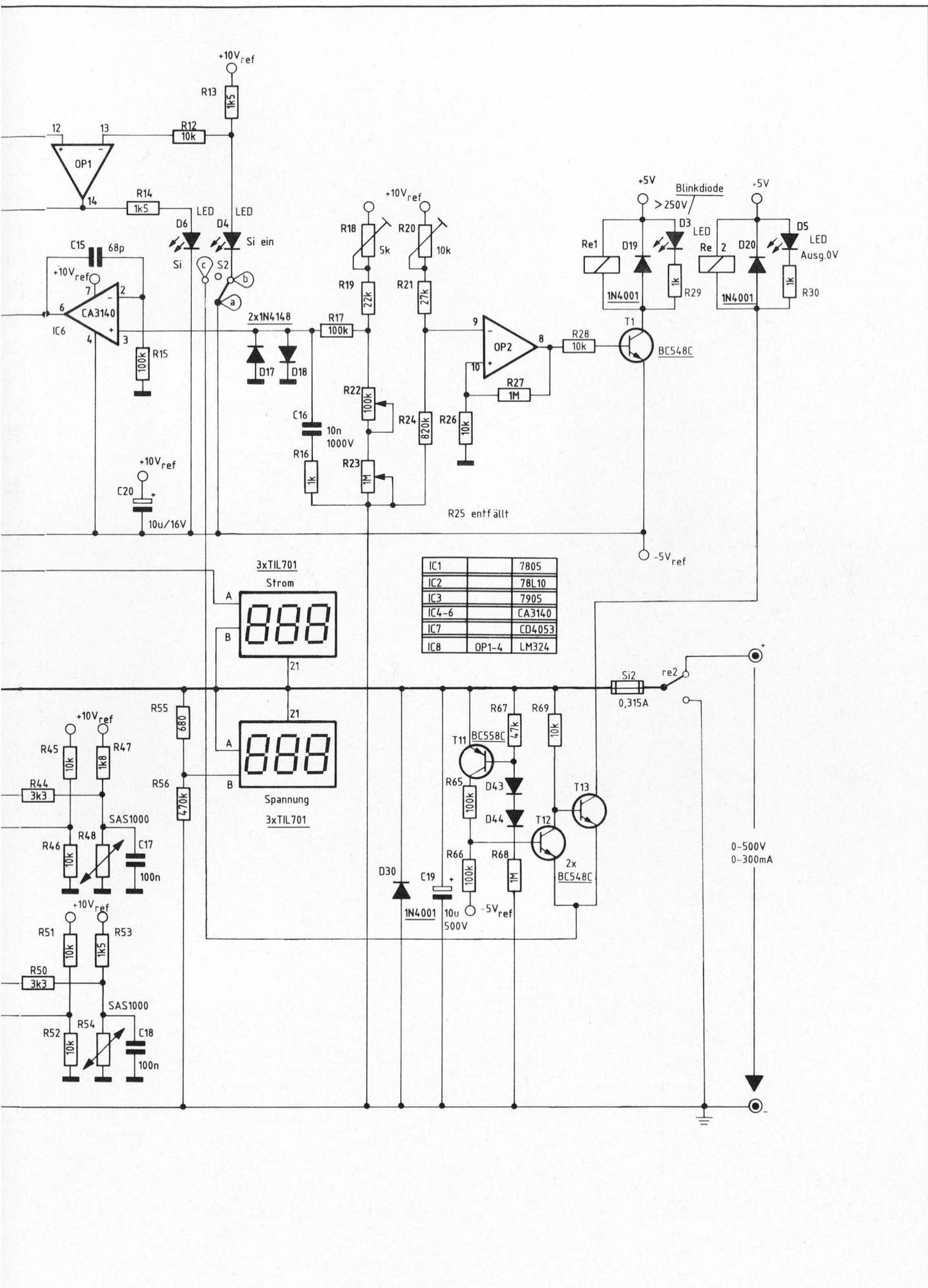
Da es außerordentlich schwierig ist, so große Spannungen, wie sie das HNT 7000 liefert, zu beherrschen, möchten wir trotz umfangreicher, erfolgreich durchgeführter Tests, auch für den unteren Spannungsbereich keine grundsätzliche Kurzschlußsicherheit garantieren. Dies sei an dieser Stelle vorsichtshalber angemerkt.

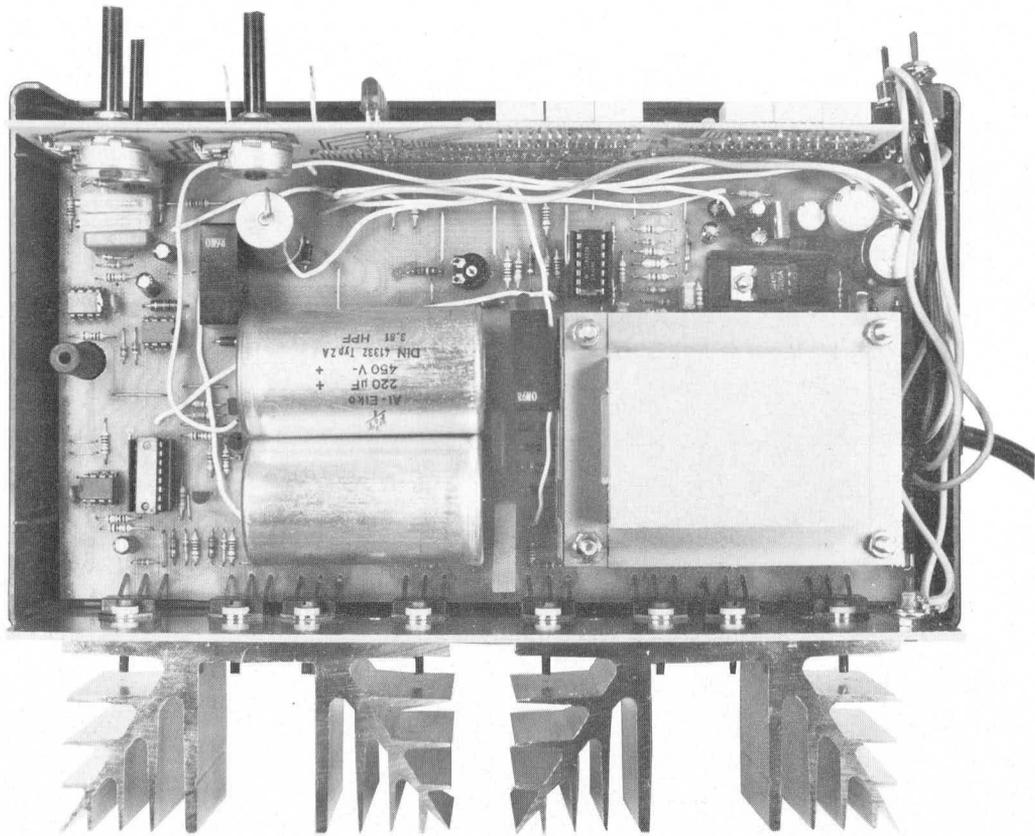
Eine besonders wichtige Maßnahme zum Schutze der Endstufentransistoren, stellen die zusätzlich eingefügten Dioden D 35 bis D 42 dar, die die Basis-Emitter-Strecken vor negativen Rückspannungen schützen. Auf die richtige Einbaulage dieser Dioden ist daher besonders großer Wert zu legen. Andernfalls werden die Endstufentransistoren unweigerlich zerstört.

Bei den Endstufentransistoren handelt es sich nicht wie beim SNT um Darlington-Transistoren, sondern um einstufige „normale“ Transistoren, die daher einen erhöhten Basis-Strom benötigen. Damit die verwendeten Ansteuer-Operationsverstärker (IC 4 für Strombereich bzw. IC 6 für Spannungsbereich) den entsprechenden Strom liefern können, wurde es erforderlich, deren + Versorgungsspannung von 5 V auf 10 V zu erhöhen. Dies machte eine zusätzliche Trafoanzapfung von 12 V erforderlich. Zwar hätte man auch die beiden anderen Spannungsregler IC's (IC 1 und IC 3) mit der erhöhten Spannung versorgen können, jedoch wäre dann die Verlustleistung besonders im IC 1 zu groß geworden.



Schaltbild des ELV Hochspannungs-Netzgerätes HNT 7000





Ansicht des fertig aufgebauten und in die untere Gehäusehalbschale eingesetzten ELV (von oben)

### Stückliste:

#### Hochspannungsnetzteil HNT 7000

##### Halbleiter

IC 1	.....	7805
IC 2	.....	78L10
IC 3	.....	7905
IC 4, IC 5, IC 6	.....	CA 3140
IC 7	.....	CD 4053
IC 8	.....	LM 324
T 1	.....	BC 548
T 2-T 5, T 7-T 10	.....	TIPL 763 A
T 6	.....	BC 338
T 11	.....	BC 558
T 12, T 13	.....	BC 548
D 1, D 2, D 4-D 8	.....	LED, rot, 5 mm
D 3	.....	Blinkdiode, rot, 5 mm
D 9, D 10, D 19, D 20, D 30,	.....	
D 45	.....	1N 4001
D 11-D 14	.....	1N 4007
D 15-D 18, D 21-D 29,	.....	
D 31-D 44	.....	1N 4148

##### Kondensatoren

C 1, C 2, C 17, C 18	.....	100 nF
C 3	.....	2200 µF/16 V
C 4	.....	1000 µF/16 V
C 5	.....	10 µF/35 V
C 6, C 8, C 13, C 20, C 21	.....	10 µF/16 V
C 9, C 16	.....	10 nF/1000 V
C 11, C 12	.....	220 µF/450 V
C 14	.....	10 pF
C 15	.....	68 pF
C 19	.....	10 µF/500 V/550 V
C 22	.....	100 µF/35 V

##### Widerstände

R 1, R 18	.....	5 kΩ Spindeltrimmer
R 2	.....	6,8 kΩ
R 3	.....	1 kΩ, Poti, Lin, 6 mm Achse
R 4-R 7, R 15, R 17, R 65, R 66	.....	100 kΩ
R 8	.....	330 Ω

R 9	.....	10 MΩ
R 10-R 12, R 26, R 28, R 33, R 45, R 46,	.....	
R 51, R 52, R 69	.....	10kΩ
R 13, R 14, R 43, R 49, R 53	.....	1,5 kΩ
R 16, R 29, R 30, R 35-R 38, R 57, R 59,	.....	
R 61, R 63	.....	1 kΩ
R 19	.....	22 kΩ
R 20	.....	10 kΩ Trimmer
R 21	.....	27 kΩ
R 22	.....	100 kΩ,
		Poti, 4 mm Achse,
R 23	.....	1 MΩ,
		Poti, 6 mm Achse,
R 24	.....	820 kΩ
R 27, R 68	.....	1 MΩ
R 31, R 32	.....	270 kΩ
R 34	.....	2,2 kΩ
R 39-R 42, R 58, R 60, R 62, R 64	.....	22 Ω
R 44, R 50	.....	3,3 kΩ
R 47	.....	1,8 kΩ
R 48*, R 54	.....	SAS 1000
R 55	.....	680 Ω
R 56	.....	470 kΩ
R 67	.....	47 kΩ
R 70	.....	47 Ω/5 W

\* bereits im Netztrafo enthalten

##### Sonstiges

L 1	.....	HF 68 µH
S 1	.....	Kippschalter, 2 x um
S 2	.....	Kippschalter, 1 x um
		mit Mittelstellung
Tr	.....	Netztrafo
		prim: 220 V/90 VA
		sek.: 220 V/0,4 A
		12 V/0,5 A
		mit eingebautem Temperaturfühler
Re 1, Re 2	.....	Kartenrelais, stehend, 1 x um, 8 A

Si 1	.....	0,63 A, Mittelträge
Si 2	.....	0,315 A flink
		2 Platinensicherungshalter
		10 Lötstifte
		1 m isolierter Schalt draht
		1 m Silberschalt draht, 0,8 mm Ø
		1 U-Kühlkörper für TO 220 (SK 13)
		2 Leistungskühlkörper SK 88
		8 Glimmerscheiben für TO 3P
		8 Isoliernippel dazu
		2 Schrauben M 3 x 6 mm
		8 Schrauben M 3 x 16 mm
		10 Muttern M 3
		4 Schrauben M 4 x 55 mm
		12 Muttern M 4
		2 Lötösen 6,5 mm
		1 Lötöse 3 mm
		1 Lötöse 4 mm

#### Digitales Anzeigeeinstrument (Spannungs- oder Strommesser)

##### Halbleiter

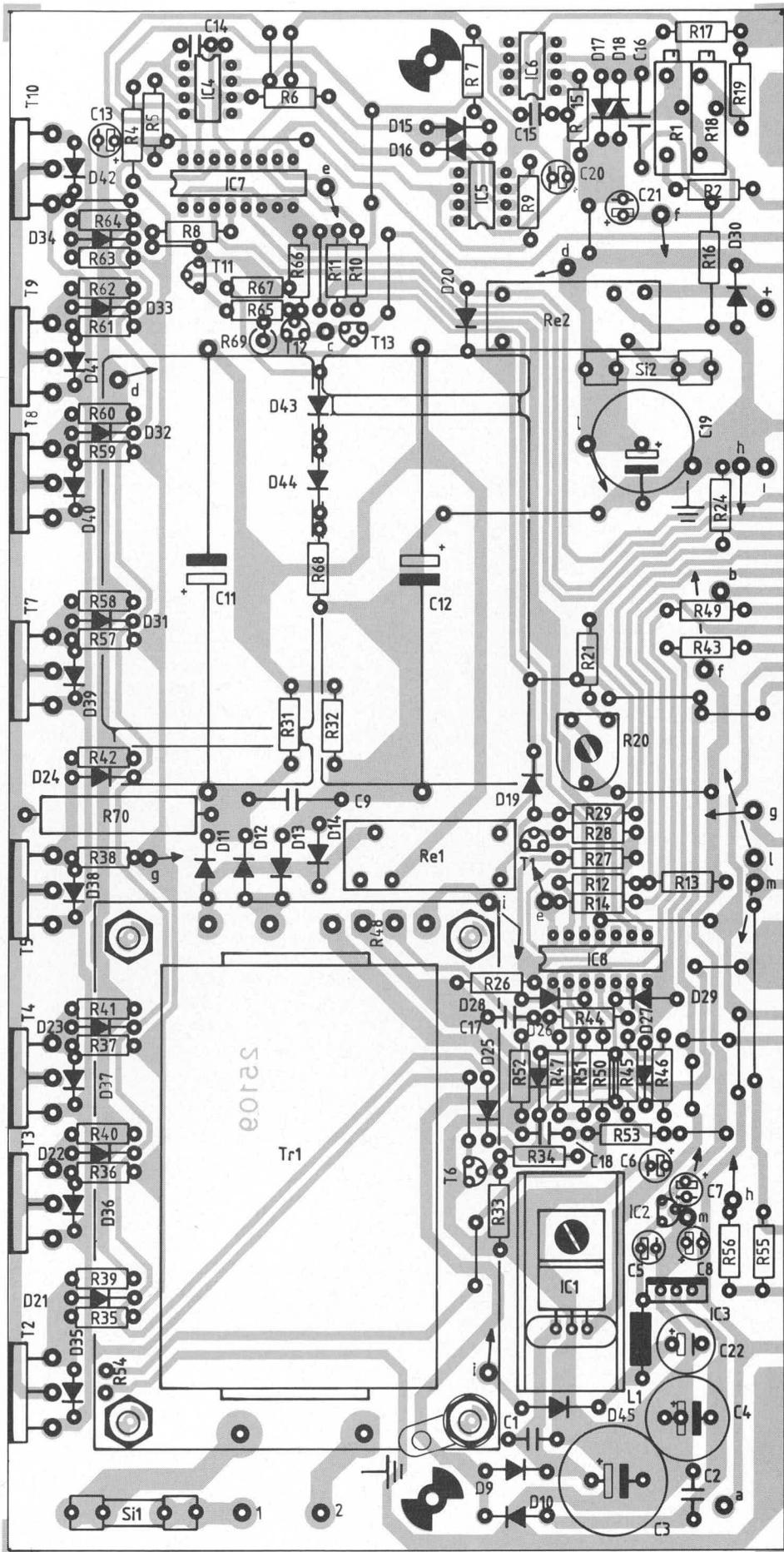
IC 101	.....	ICL 7107
Di 1010-Di 103	.....	TIL 701

##### Kondensatoren

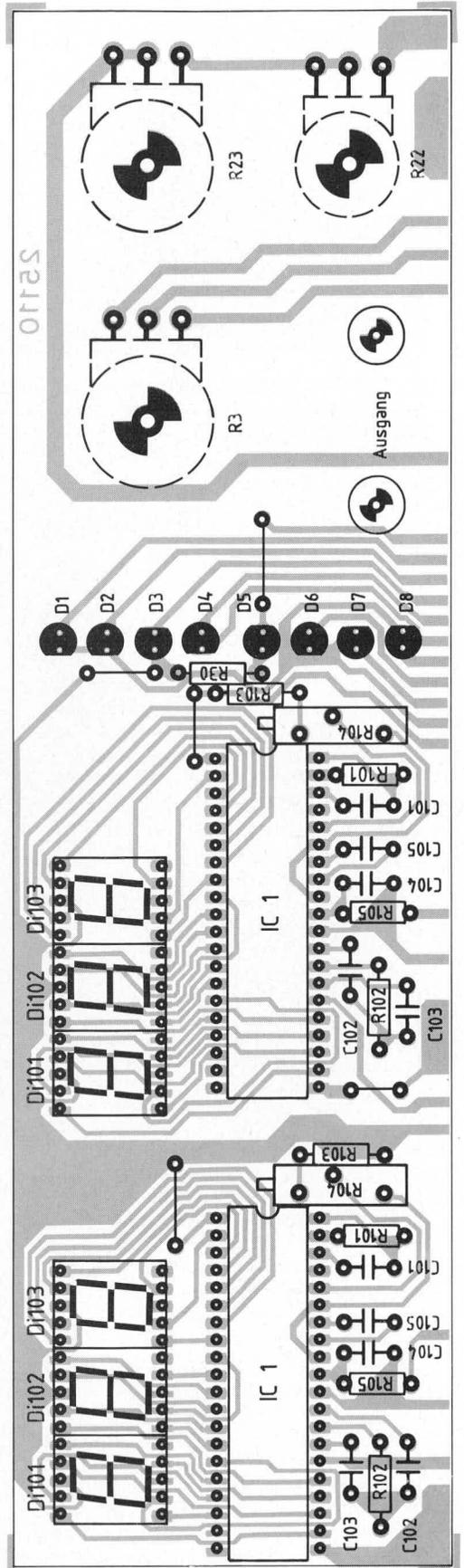
C 101	.....	100 pF
C 102, C 103	.....	220 nF
C 104	.....	10 nF
C 105	.....	100 nF

##### Widerstände

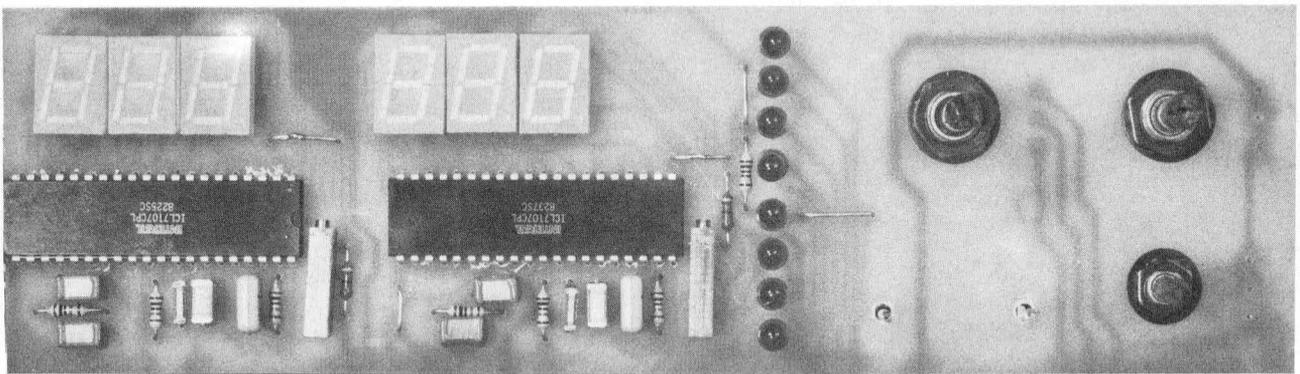
R 101, R 102, R 105	.....	100 kΩ
R 103	.....	4,7 kΩ
R 104	.....	10 kΩ Spindeltrimmer



Bestückungsseite der Basisplatine des ELV Hochspannungs-Netzgerätes HNT 7000



Bestückungsseite der Anzeigenplatine des ELV Hochspannungs-Netzgerätes HNT 7000



Ansicht des ELV Hochspannungs-Netzgerätes HNT 7000 von vorne (ohne Gehäuse)

Eine weitere Veränderung der Transformatordaten ergibt sich zwangsläufig aus den Anforderungen für die Versorgungsspannung, so daß die Wicklung jetzt nicht mehr 24 V bei 3,5 A, sondern 220 V bei 0,4 A liefern muß.

Als letzte wesentliche Änderung ist die Ausgangs-Kurzschlußschaltung zu nennen. Das Relais Re 2 zieht jetzt nicht mehr sofort an, wenn der Schalter S 2 in Stellung „Ausgang 0 V“ gebracht wird, sondern erst dann, wenn die Überwachungsschaltung, die im wesentlichen aus T 11 bis T 13 besteht, eine ausreichend niedrige Ausgangsspannung festgestellt hat. Erst wenn die Ausgangsspannung mit Hilfe der Spannungseinstell-Potentiometer auf Werte von kleiner als 10 V gesunken ist, kann das Relais Re 2 anziehen und den Ausgang der Schaltung von der Ausgangsklemme abtrennen und kurzschließen. Signalisiert wird dies durch Aufleuchten der LED „Ausgang 0 V“. Auch an dieser Stelle wollen wir noch einmal ausdrücklich darauf hinweisen, daß allein die Betätigung des Schalters S 2 in Stellung „Ausgang 0 V“ keine Garantie dafür darstellt, daß der Ausgang der Schaltung kurzgeschlossen wurde.

Als letzter, jedoch sehr wesentlicher Punkt, in bezug auf das hier vorgestellte Hochspannungs-Netzgerät HNT 7000, sei angemerkt, daß der Minuspol der Ausgangsklemme mit dem Schutzleiter des Netzkabels verbunden ist. Das Gerät ist also **nicht erdfrei**. Darüber hinaus sind die Kühlkörper, die von den Endstufen-Transistoren durch Glimmerplättchen isoliert sind, ebenfalls mit dem Schutzleiter verbunden. Sobald nun die Kollektoren der Endstufen-Transistoren zu den Kühlkörpern durchschlagen und die Kühlkörper damit eine Spannung von ca. 700 V führen können, besteht im selben Moment ein Kurzschluß, da die Minus-Ausgangsbuchse ebenfalls, wie bereits erwähnt, mit dem Schutzleiter verbunden ist. Die im Eingangskreis des Transformators eingesetzte Schmelzsicherung spricht an und das Gerät ist außer Betrieb. Würden nicht sowohl die Kühlkörper als auch die Minus-Ausgangsklemme mit dem Schutzleiter gleichermaßen verbunden, bestünde die Möglichkeit, daß entweder die Kühlkörper lebensgefährliches Potential führen, oder aber, daß die Minus-Ausgangsklemme ein Potential von ca. -700 V unterhalb des Erdpotentials an-

nehmen könnte (ebenso die Plus-Ausgangsklemme, je nach Stellung des Spannungsregler-Potis). Beide Situationen sind in höchstem Maße lebensgefährlich, so daß auf die Maßnahme der Verbindung der Minus-Ausgangsklemme als auch der Endstufen-Kühlkörper mit dem Schutzleiter nicht verzichtet werden kann.

In diesem Zusammenhang wollen wir ausdrücklich darauf hinweisen, daß selbstverständlich alle erforderlichen Schutzmaßnahmen beim Arbeiten an und mit diesem Gerät getroffen werden müssen, da Spannungen ab 42 V lebensgefährlich sind. Die hier in diesem Gerät auftretenden Spannungen von teilweise über 700 V stellen daher eine besondere Bedrohung für Ihr Leben dar, sofern nicht umsichtig und vorschriftsmäßig gearbeitet wird.

### 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 probe-weise 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.

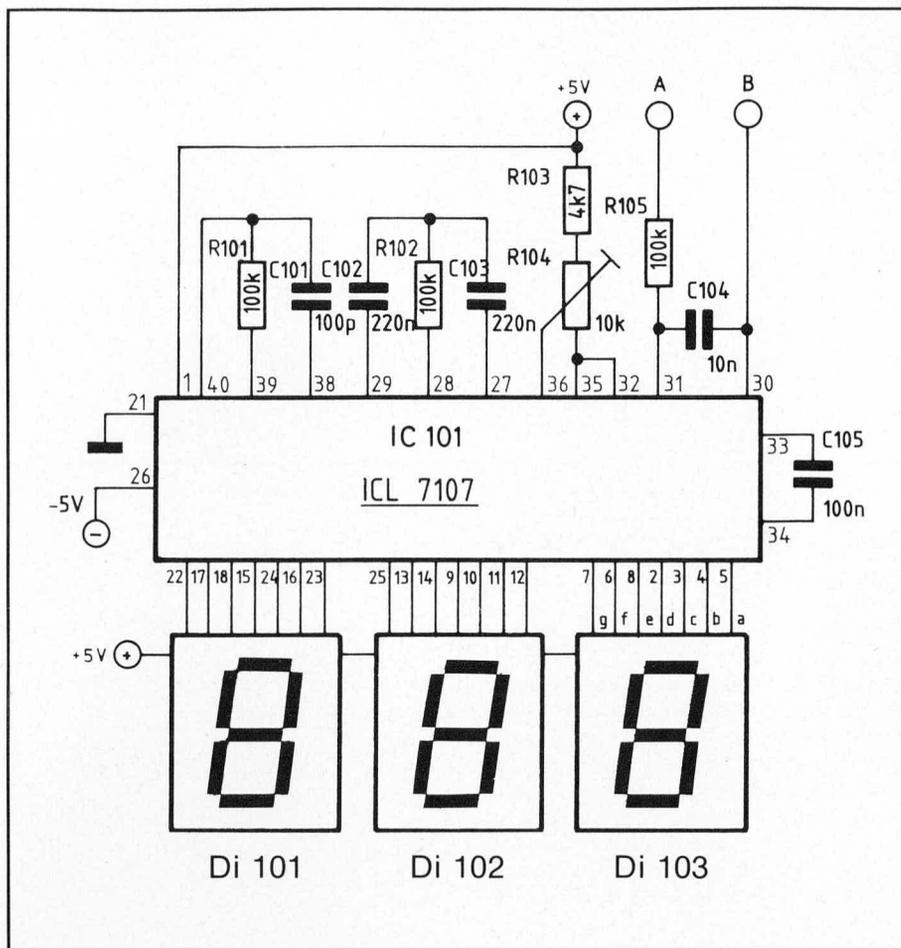
Zunächst werden die Brücken, dann die Widerstände, Kondensatoren, Dioden etc. in gewohnter Reihenfolge eingelötet, bis auf den Haupttrafo und die Kühlkörper, die erst später eingebaut werden.

Ist die Bestückung (bis auf die eben erwähnten Bauelemente) vollendet, wird die Anzeigenplatine senkrecht an die Basisplatine gelötet, und zwar so, daß sie ca. 3 mm unter ihr hervorragt.

Sind alle Kupferflächen der senkrecht aufeinanderliegenden 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 sowie T 7 bis T 10 können jetzt mit der in Aluminium ausgeführten Gehäuserückwand verschraubt werden, wobei zwischen Rückwand und Transistor jeweils eine Isolierscheibe (Glimmerscheibe) mit zugehörigem Isolierknippel gelegt wird. Die für die Durchführung der Schrauben M 3 in Verbindung mit den Isoliernippeln erforderlichen 8 Bohrungen in der Größe von 4 mm werden in die Alu-Rückwand gebohrt. Anschließend werden die beiden Aluprofilkörper 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 8 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. Anschließend 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.

Besonders wichtig ist in diesem Zusammenhang, daß sowohl die Minus-Ausgangsklemme als auch die Alu-Rückwand mit den beiden Kühlkörpern mit dem Schutzleiter des Netzkabels zu verbinden sind. Darüber hinaus sind die Befestigungshälse der beiden Kippschalter S 1 und S 2 an den Schutzleiter anzuschließen.

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 HNT 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 vornherein 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.

### **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 weiteres Spannungsmessgerät an, und stellen mit dem Spannungseinstellpoti eine Spannung zwischen 100 und 200 V ein. Mit dem Spindeltrimmer R 104 wird nun die digitale Anzeige des im Hochspannungs-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 200 mA–300 mA fließen zu lassen. Mit dem Spindeltrimmer R 104, für das im HNT 7000 enthaltene digitale Amperemeter, wird nun auf der digitalen Anzeige der gleiche Wert eingestellt, wie er auf dem an die Ausgangsklemmen angeschlossen Vergleichsamperemeter abzulesen ist.

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 300 mA eingestellt, was auch auf der digitalen Anzeige ablesbar ist.

Sofern die digitale Anzeige für den Stromwert nicht im HNT 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 500 V ein.

Als letztes wird die Umschaltsschwelle, die bei 250 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 250 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 250 V geringfügig über der Spannung liegen, die sich bei der Zurückschaltung auf Spannungswerte von unter 250 V ergibt.

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