

Elektronisch stabilisiertes Super-Netzgerät 0-60 V, 0-2 A

mit elektronischer Trafoumschaltung



Mit dem nachfolgend vorgestellten und beschriebenen elektronisch stabilisierten Super-Netzgerät stellen wir dem Hobby-Elektroniker ein Gerät vor, das auch den verwöhntesten Ansprüchen gerecht werden dürfte.

Spannung und Strom werden digital angezeigt und sind über den gesamten Bereich von 0 bis Max. getrennt einstellbar.

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

In unserer Ausgabe Nr. 2 schrieben wir anlässlich des Artikels über unser derzeit vorgestelltes semiprofessionelles Netzgerät:

„Es ist ein Netzgerät in der Erprobung, bei dem keine Kompromisse eingegangen werden und das sogar eine revolutionierende Neuerung auf dem Gebiet der elektronisch stabilisierten Netzgeräte darstellt.“

Immer häufiger wurden wir gefragt: „Wann kommt denn nun endlich euer Super-Netzteil?“

Gut Ding braucht gut Weil — hier ist es nun, und wir meinen, daß sich das Warten gelohnt hat, denn mit diesem Gerät, das sich in der Reihe der absoluten Spitzengeräte weit vorn anstellen kann, haben wir ganz neue Wege beschritten.

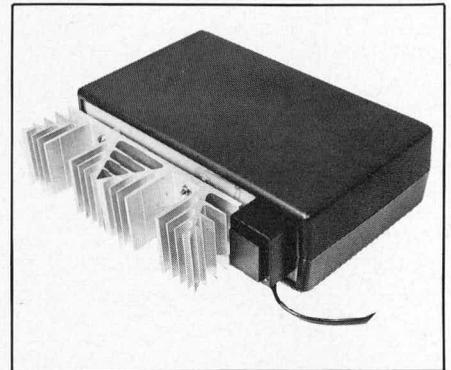
Allein die Überwachungselektronik ist hier aufwendiger als bei vielen Netzgeräten die Gesamtschaltung.

Für die optische Anzeige der Betriebszustände, die einen Meilenstein in der Entwicklung elektronischer Netzgeräte darstellen dürfte, ist eine LED-Zeile von 8 Leuchtdioden vorhanden. Hierfür wurde von uns eine neue Bezeichnung geprägt: „Power Supply Control Unit“, kurz PCU.

Über die PCU wird mittels der oberen vier LED's der jeweilige erlaubte Betriebszustand angezeigt, und zwar:

1. Spannungsregler in Betrieb
2. Stromregler in Betrieb
3. Trafoumschaltung über 30 V
4. Wert des Stromreglers auf elektronische Sicherung übertragen (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 S1).

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



5. Der Ausgang ist über T8 kurzgeschlossen (zum Einstellen des Stromwertes für den Stromkonstanter).
6. Die elektronische Sicherung hat angesprochen, der mit dem Stromreglerpoti eingestellte Wert wurde erreicht, und vorher wurde vom Stromkonstanter auf Sicherung umgeschaltet (siehe auch LED 4).
7. Die Temperatursicherung des Trafos hat angesprochen.
8. Die Temperatursicherung der Endstufe hat angesprochen.

Eine weitere 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 war.

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 Trafoumschaltung eingebaut, die bei Spannungseinstellung über 30 Volt die beiden vorher parallel geschalteten Hauptwicklungen nun in Reihe schaltet.

Hierdurch wird eine doppelte Spannung (60 V) erzielt, allerdings im Dauerbetrieb bei halbiertem Strom (1 A).

Da der Ladekondensator (C1) jedoch ausreichend dimensioniert wurde, ist auch bei 60 V ein kurzzeitiger Strom von 2 A möglich.

Wichtig ist noch anzumerken, daß die Trafoumschaltung bezüglich der Ausgangsspannung ohne Einfluß ist, so daß man mit dem Spannungsreglerpoti durchgehend von 0 bis 60 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 mit zum Schutz dieses hochwertigen Gerätes bei.

Bevor wir nun zur Schaltungsbeschreibung 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 bis-

lang 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).

Zur Schaltung

Die hier vorliegende Schaltung wurde von einem Expertenteam entwickelt, das auf eine mehr als 10jährige Erfahrung im Bau von elektronisch stabilisierten Netzgeräten zurückgreifen kann und hier ein kompromißloses Meisterstück vorstellt.

Aufgrund der Komplexität der Schaltung würde es den Rahmen dieses Artikels und unseres Magazins sprengen, sämtliche Feinheiten und Tricks in allen Einzelheiten zu besprechen.

Wir haben erwogen, den Artikel deshalb in mehreren Fortsetzungen zu veröffentlichen, sind aber zu dem Schluß gekommen, daß wir Ihnen, verehrte Leser, den Nachbau so schnell es geht ermöglichen wollen, da wir ein Magazin für Hobby-Elektroniker, d. h. für Praktiker, sind. Sie finden deshalb den kompletten, abgeschlossenen Artikel in dieser Ausgabe.

Um den Aufbau hinreichend ausführlich beschreiben zu können, ist die theoretische Schaltungsbeschreibung deshalb 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 60 V, 0 bis 2 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 Leistungs-

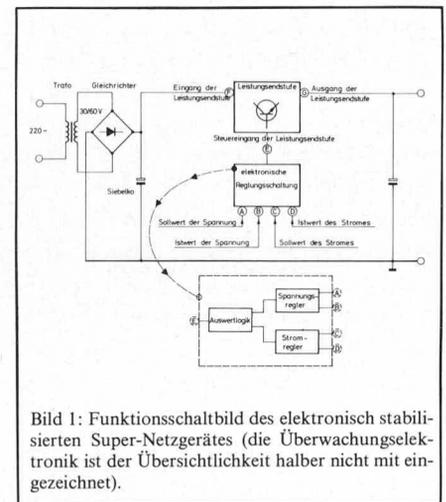


Bild 1: Funktionsschaltbild des elektronisch stabilisierten Super-Netzgerätes (die Überwachungselektronik ist der Übersichtlichkeit halber nicht mit eingezeichnet).

Über die Regler selbst ist nicht viel zu sagen. Sie bestehen im wesentlichen aus den beiden Operationsverstärkern IC 3 und IC 4, 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 R10 und R11 werden die Ausgangswerte des Stromreglers (IC 3) bzw. des Spannungsreglers (IC 4) auf die Eingänge des als Komparator geschalteten IC 5 geführt, wobei R12 zur Erzeugung einer geringen Hysterese dient.

Über R 13 gelangt das so ausgewertete Signal auf den Steuereingang A (Pin 10) des Analogsignalschalters IC 6.

Sofern der Eingang B (Pin 9) dieses IC's nicht über einen der Transistoren T3, T4 oder T6 auf -5 V gezogen wird, sondern über R14 auf +10 V liegt, wird über Eingang A (Pin 10) entweder der I-Regler (über R9 auf Pin 11) oder der U-Regler (über R17 auf Pin 15) nach Pin 13 durchgeschaltet.

Über den Steuereingang B des IC 6 werden noch weitere Funktionen ausgeführt (elektronische Sicherung sowie Temperaturüberwachung), auf die später näher eingegangen wird.

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 +10 V/-5 V Versorgungsspannung und allem was dazugehört, die Referenzspannung sowie die Erzeugung von Soll- und Istwert haben als gemeinsamen Bezugspunkt die positive Ausgangsspannung. Die +/-5 V für die Versorgung der Überwachungselektronik beziehen sich ebenfalls hierauf.

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 beiden Darlington-Leistungstransistoren T1 und T2, die über Pin 13 des IC 6 direkt von

IC 3 oder IC 4 angesteuert werden, sowie den Emitterwiderständen R24 und R25, die zum Ausgleichen von unterschiedlichen Transistordaten von T1 und T2 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 R6 vorgegeben. R4 dient zur Festlegung des maximal mit R6 einstellbaren Stromes (hier 2 A). Der Istwert wird als Spannungsabfall über die Widerstände R24 und R25 gemessen. Hier sehen wir die zweite Funktion dieser beiden Widerstände. Soll- und Istwert werden über die Widerstände R7 sowie R26, R27 und R8 auf die beiden Differenzeingänge des Operationsverstärkers IC 3 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 R6 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 R22 (Feineinstellung) und R23 (Grob-einstellung) eine Veränderung. Der Sollwert bleibt immer gleich und wird einmal mittels R20 und R21 fest eingestellt, und zwar so, daß bei aufgedrehtem Poti R23 und Mittelstellung von R22 (Fein) die maximale Ausgangsspannung (hier 60 V) erreicht und nicht überschritten wird.

Die Differenz, die von Sollwert und Istwert gebildet wird, steuert den Operationsverstärker IC 4.

Versorgungsspannung der Steuer- und Überwachungselektronik

Über die Erzeugung der +10 V/-5 V Versorgungsspannung für die Steuer-elektronik ist nicht viel zu sagen. Sie wird mit Hilfe der beiden Einweggleichrichter und der nachgeschalteten Stabilisierungsschaltung realisiert.

Die +10 V werden über den integrierten Spannungsregler 723 stabilisiert, der gleichzeitig die Referenzspannung für die Regelungsschaltung des Netzgerätes sowie für die Stromquelle erzeugt.

Die -5 V stabilisiert das IC 2.

Um eine möglichst gute Trennung zwischen dem Herzstück des Netzgerätes (den Reglern IC 3 und IC 4) und der Überwachungselektronik zu erreichen, wurde für letzteres auch eine separate +/-5 V Stromversorgung mit getrenntem Trafo, Gleichrichter und Festspannungsreglern (IC 7 und IC 8) aufgebaut.

Zur Überwachungselektronik

Im wesentlichen wird die Überwachungselektronik durch die Operationsverstärker OP 1 bis OP 4 realisiert, die im gleichen Gehäuse (IC 9) Platz finden.

OP 1 tastet über den Temperatursensor TS 1 des Typs SAA 1000 die Endstufentemperatur ab. Mit R28 wird die maximal zulässige Endstufentemperatur eingestellt. Der Ausgang des OP 1 steuert über R32 den Transistor T3 an, der bei Überschreiten der eingestellten zulässigen Temperatur durchsteuert. Mit Hilfe von D13 wird eine Selbsthaltung erreicht, die ermöglicht, daß der

Ausgangsstrom ausgeschaltet bleibt, wodurch ein ständiges Ein- und Ausschalten verhindert wird.

Um die Temperatursicherung in ihren Grundzustand zu versetzen, muß das Netzgerät kurz ausgeschaltet werden.

Genau wie OP 1 so arbeitet auch OP 2 in Zusammenhang mit TS 2 und T4.

Für die Endstufe sollte eine Temperatur von 80° C und für den Trafo von 60° C nicht überschritten werden. Zweckmäßigerweise werden die Abschalttemperaturen mit Hilfe eines genauen Thermometers, das möglichst in engem Kontakt mit einem Endstufentransistorgehäuse bzw. dem Trafo stehen sollte (evtl. Wärmeleitpaste), gemessen (z. B. LCD-Thermometer aus dem ELV Journal Nr. 7).

Steht keine entsprechende Meßmöglichkeit zur Verfügung, so sind die Einstellregler R28 und R33 zunächst in Mittelstellung zu bringen. Die Dimensionierung der Bauelemente ist so ausgeführt, daß dann eine ungefähre Temperaturüberwachung möglich ist, die jedoch durch Bauteiltoleranzen evtl. sogar stark eingeschränkt ist.

Eine weitere Einstellmöglichkeit liegt darin, das Gerät (im Gehäuse) ca. 10 min. bei kurzgeschlossenem Ausgang mit 2 A zu belasten. Die Auslegung erlaubt diese Belastung normalerweise auf Dauer bei Raumtemperatur (max. 25° C). Die Regler R28 und R33 werden nun so eingestellt, daß die Temperatursicherung gerade noch nicht anspricht (ansprechen lassen und ganz wenig zurückdrehen).

Treten nun irgendwelche Veränderungen auf (z. B. stark erhöhte Umgebungstemperatur), so wird das Netzgerät rechtzeitig ausgeschaltet, wobei eine sorgfältige Einstellung selbstverständlich Voraussetzung ist.

Der OP 3 arbeitet als elektronische Sicherung und bezieht seine Signalspannungen direkt über R50 und R51 vom Stromregler IC 3.

Da R50 und R51 hinreichend hochohmig sind, ist eine Beeinflussung ausgeschlossen.

Sofern S1 geöffnet ist, kann OP 3 seine Information nicht an T6 weitergeben. Wird S1 hingegen geschlossen, so steuert der Ausgang des OP 3 über R49 den Transistor T6 an.

Solange der mit R6 eingestellte Stromwert nicht überschritten wird, bleibt T6 gesperrt.

Überschreitet der Ausgangsstrom die-

sen Wert, geht der Ausgang des OP 3 auf +5 V (Selbsthaltung über D15) und steuert T6 durch.

Gleichzeitig mit Schließen von S1 geht S2 in Stellung 4—5. Daraus folgt, daß D4 (S_{iein}) aufleuchtet und der Eingang A (Pin 10) des IC 6 auf den Spannungsregler umschaltet.

Hierdurch wird erreicht, daß bei Überschreiten des mit R6 eingestellten Stromwertes nicht der Stromregler einschaltet, sondern die elektronische Sicherung den Ausgang ganz abschaltet.

Die Abschaltung der Ausgangsspannung erfolgt mittels der Transistoren T3, T4 oder T6.

Steuert einer dieser drei Transistoren durch, wird der B-Eingang (Pin 9) des IC 6 auf -5 V gezogen.

Hierdurch schaltet der Analogsignalwechsler (IC 6) so, daß die Basis der Endstufentransistoren über Pin 13 des IC 6 auf -5 V gelegt wird, so daß T1 und T2 sperren.

Anzumerken ist noch, daß schaltungstechnisch der B-Eingang über den A-Eingang dominiert, so daß die Endstufe abgeschaltet werden kann unabhängig davon, ob Strom- oder Spannungsregler in Betrieb waren (wichtig bei den Temperatursicherungen, da hier sowohl der Strom- als auch der Spannungsregler eingeschaltet sein können).

Gleichzeitig mit Durchsteuern von T3, T4 oder T6 leuchtet eine der zugehörigen LED's auf (D8, D7 oder D6) und signalisiert dem Anwender den Grund, weshalb der Ausgang abgeschaltet wurde.

Kommen wir nun zu OP 4, mit dessen Hilfe die beiden Haupttrafowicklungen von Parallelbetrieb in Reihenbetrieb umgeschaltet werden.

Sobald die Ausgangsspannung 30 V überschreitet, steuert der Ausgang des OP 4 über R44 den Transistor T5 durch. Hieraus folgt ein Anziehen der Relais Re 1 und Re 2. Gleichzeitig leuchtet die LED D3 auf und signalisiert dadurch die Umschaltung.

Eine leichte Hysterese, die durch R43 erzeugt wird, verhindert ein Flattern der Relais.

Über die Widerstände R15 und R16 werden die Transistoren T7 und T8 durch die 2. Hälfte des Analogschalters IC 6 angesteuert (wird gleichfalls von den Eingängen A und B gesteuert) und zeigen an, ob der Strom- oder der Spannungsregler arbeiten.

Zum Nachbau

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

Bevor allerdings mit der Bestückung der Platinen begonnen wird, sind diese in das Gehäuse einzupassen. Dies ist erforderlich, da das Gehäuse durch die Platinen optimal genutzt wird und die rückwärtige Platine sogar gleichzeitig als Gehäuserückwand dient.

Alle drei 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 sowie die Aussparungen auf der Hauptplatine vorzunehmen.

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

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

Ist die Bestückung (bis auf die eben erwähnten Bauelemente) vollendet, werden die vordere und die hintere Platine senkrecht an die Basisplatine gelötet und zwar so, daß sie ca. 2 mm unter ihr hervorragen.

Die Lötverbindungen der hinteren Platine sind mit möglichst wenig Lötzinn zu versehen, damit die Platine noch in die vorgesehene Aussparung (Nut) des Gehäuses hineinpaßt.

Sind alle Kupferflächen der senkrecht aufeinanderliegenden Platinen miteinander verlötet, kann der Einbau des Haupttrafos vorgenommen werden.

Bevor dieser auf die Platine aufgesetzt, verschraubt und anschließend die Anschlußleisten des Trafos mit den Lötstiften verlötet werden, sind die überstehenden Wandungen des Trafospulenkörpers an der Unterseite um ca. 1,5 mm mit einem Seitenschneider zu kürzen. An der Trafooberseite sind an den Stellen, wo die Gehäusedeckelver-

strebungen verlaufen, entsprechende Einkerbungen im Spulenkörper vorzunehmen. Bei der Bearbeitung des Spulenkörpers ist unbedingt darauf zu achten, daß die Kupferwicklungen, die sich auf dem Spulenkörper befinden, auf gar keinen Fall beschädigt werden, da schon geringe Beschädigungen der Windungen den Trafo unbrauchbar machen können.

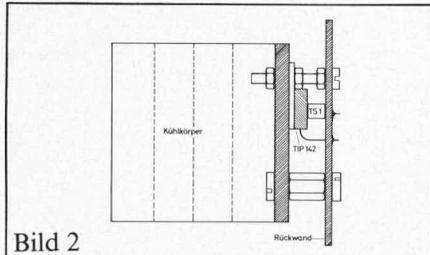
Die durch die Trafobleche hindurchgehenden Schrauben werden direkt in die vier 10 mm langen Abstandsbolzen geschraubt und festgezogen.

Die so am Trafo befestigten Abstandsbolzen werden mittels vier Schrauben M 4 x 6 mm von unten mit der Platine verschraubt.

Durch die zusätzliche Befestigung der Rückplatine in den entsprechenden Nuten für die Gehäuserückwand, sowie durch die beiden seitlichen kegelförmigen Gehäusestützen, sitzen Trafo und Platine fest und sicher im Gehäuse.

Erst jetzt können die Relais eingebaut werden.

Um die Lötverbindungen der rückwärtigen Platine nicht unnötig zu belasten, werden die Kühlkörper erst ganz zum Schluß auf die Endstufentransistoren aufgesetzt.



Gleichzeitig mit dem Einlöten der Leistungstransistoren wird je eine Schraube M3 x 25 mit zwei Muttern durch Platine und Kühlfahne der Transistoren gesteckt (siehe Bild 2).

Die Schraube wird mit der ersten Mutter fest mit der Platine verschraubt. Mit der zweiten Mutter wird der Transistor parallel zur Platine justiert und zwar so hoch wie die gegenüberliegende Distanzbuchse lang ist.

Bei dieser Einstellung ist besonders wichtig, daß nachher, wenn der Kühlkörper angeschraubt wird, der Transistor möglichst mit seiner ganzen Grundfläche am Kühlkörper anliegt und nicht etwa durch eine leichte Schräglage nur an einem Punkt an den Kühlkörper anstößt.

Um die Wärmeableitung (die sehr wesentlich ist) weiter zu verbessern, ist

zwischen jedem der beiden Endtransistoren und der beiden Kühlkörper etwas Wärmeleitpaste einzufügen. Dies geschieht bevor der Kühlkörper aufgesetzt wird.

Bevor der hinter dem Haupttrafo liegende Endstufentransistor festgelötet wird, ist der Temperatursensor TS1 auf richtigen Sitz zu kontrollieren, d. h. er muß mit seiner Stirnfläche, die vorher leicht angefeilt (Kunststoffschweißnaht entfernt) und mit Wärmeleitpaste bestrichen wurde, in möglichst gutem Kontakt mit dem Endstufentransistorgehäuse stehen, wenn dieses in seiner Endposition ist (Bild 2).

Der für den Trafo zuständige Temperaturfühler TS2 wird an geeigneter Stelle zwischen Trafobleche und Wicklungen möglichst weit (ca. 5 bis 10 mm) eingesteckt. Evtl. muß die Halbrundung des Temperaturfühlergehäuses leicht angefeilt werden.

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 mm² Querschnitt an die Buchsenrückseiten an.

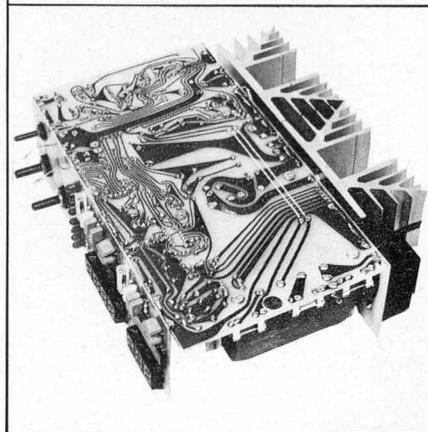
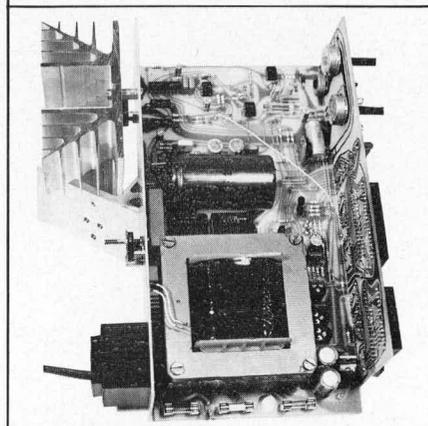
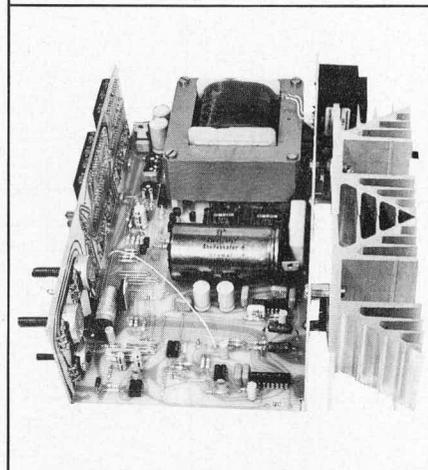
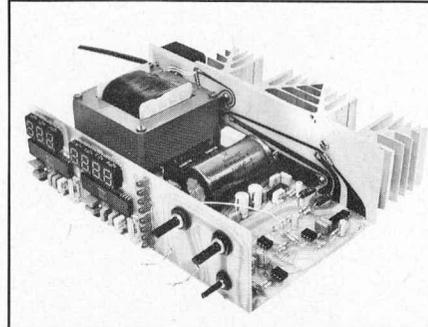
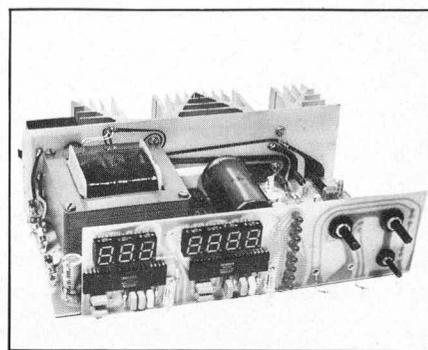
Nun kann die Frontplatte über die Potiachsen geschoben werden, wobei die beiden an die Eingangsbuchsen angelöteten Drähte durch die entsprechenden Bohrungen in der Front-(Anzeigen-)platine geführt und mit den hinter den Bohrungen liegenden Lötstiften auf der Basisplatine verlötet werden.

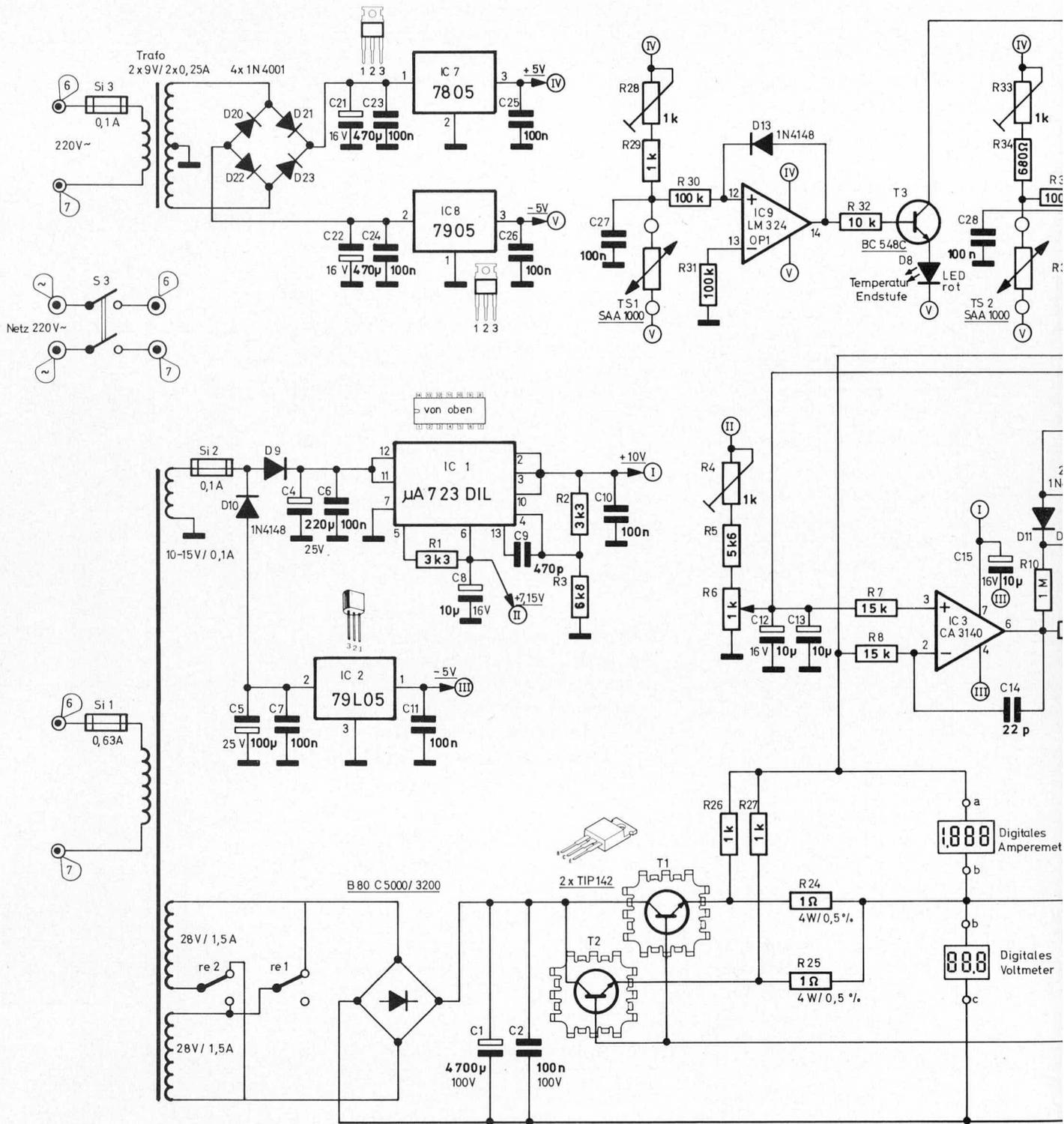
Zuletzt werden die bestückten Platinen von oben in die untere Gehäusehalbschale eingesetzt.

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

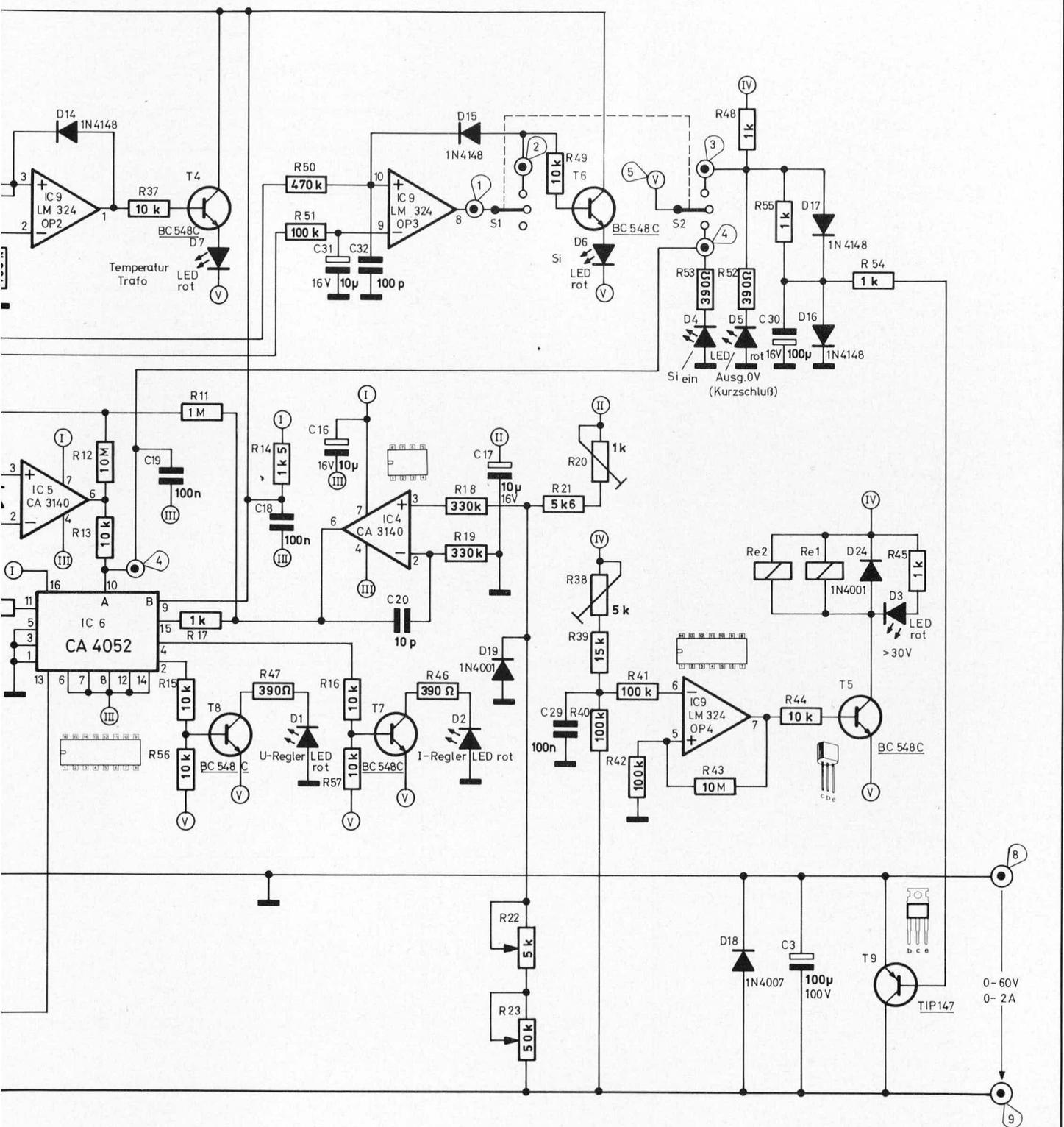
Zu beachten ist noch, daß sobald der Trafo mit der Basisplatine verbunden wurde, zum Bewegen der Platine immer beide Hände benutzt werden, wobei die eine Hand immer den Trafo festhält (grundsätzlich vorher Netzstecker ziehen!).

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





Schaltbild des elektronisch stabilisierten Super-Netzgerätes



Stückliste: Elektronisch stabilisiertes Super-Netzgerät

Stückliste (ohne Anzeigeneinheit)

Halbleiter

IC1	..... uA 723 DIL
IC2	..... 79L05
IC3	..... CA 3140
IC4	..... CA 3140
IC5	..... CA 3140
IC6	..... CD 4052
IC7	..... 7805
IC8	..... 7905
IC9	..... LM 324
T1	..... TIP 142
T2	..... TIP 142
T3	..... BC 548 C
T4	..... BC 548 C
T5	..... BC 548 C
T6	..... BC 548 C
T7	..... BC 548 C
T8	..... BC 548 C
T9	..... TIP 147
TS1	Temperatursensor SAA 1000
TS2	Temperatursensor SAA 1000
D1 bis D8	..... LED rot, 5mm
D9 bis D17	..... 1N 4148
D18	..... 1N 4007
D19 bis D24	..... 1N 4001

Kondensatoren

C1	..... 4700 uF/100 V
C2	..... 100 nF/100 V
C3	..... 100 uF/100 V
C4	..... 220 uF/25 V
C5	..... 100 uF/25 V
C6	..... 100 nF
C7	..... 100 nF
C8	..... 10 uF/16 V
C9	..... 470 pF
C10	..... 100 nF
C11	..... 100 nF
C12	..... 10 uF/16 V
C13	..... 10 uF/16 V
C14	..... 22 pF
C15	..... 10 uF/16 V
C16	..... 10 uF/16 V
C17	..... 10 uF/16 V
C18	..... 100 nF
C19	..... 100 nF
C20	..... 10 pF
C21	..... 470 uF/16 V
C22	..... 470 uF/16 V
C23 bis C29	..... 100 nF
C30	..... 100 µF/16 V
C31	..... 10 µF/16 V
C32	..... 100 pF

Widerstände

R1	..... 3,3 kΩ
R2	..... 3,3 kΩ
R3	..... 6,8 kΩ
R4	..... 1 kΩ, Wendeltrimmer
R5	..... 5,6 kΩ
R6	..... 1 kΩ, Poti, 6mm Achse
R7	..... 15 kΩ
R8	..... 15 kΩ
R9	..... 1 kΩ
R10	..... 1 MΩ
R11	..... 1 MΩ
R12	..... 10 MΩ
R13	..... 10 kΩ
R14	..... 1,5 kΩ
R15	..... 10 kΩ
R16	..... 10 kΩ
R17	..... 1 kΩ
R18	..... 330 kΩ
R19	..... 330 kΩ
R20	..... 1 kΩ, Wendeltrimmer
R21	..... 5,6 kΩ

R22 5kΩ, Poti, lin, 4mm Achse
R23 50kΩ, Poti, lin, 6mm Achse
R24, R25 . 1 Ohm/4 Watt, 0,5 %
..... Meßwiderstände

R26	..... 1 kΩ
R27	..... 1 kΩ
R28	..... 1 kΩ, Trimmer
R29	..... 1 kΩ
R30	..... 100 kΩ
R31	..... 100 kΩ
R32	..... 10 kΩ
R33	..... 1 kΩ, Trimmer
R34	..... 680Ω
R35	..... 100 kΩ
R36	..... 100 kΩ
R37	..... 10 kΩ
R38	..... 5 kΩ, Trimmer
R39	..... 15 kΩ
R40	..... 100 kΩ
R41	..... 100 kΩ
R42	..... 100 kΩ
R43	..... 10 MΩ
R44	..... 10 kΩ
R45	..... 1 kΩ
R46	..... 390Ω
R47	..... 390Ω
R48	..... 1 kΩ
R49	..... 10 kΩ
R50	..... 470 kΩ
R51	..... 100 kΩ
R52	..... 390Ω
R53	..... 390Ω
R54	..... 1 kΩ
R55	..... 1 kΩ
R56	..... 10 kΩ
R57	..... 10 kΩ

Diverses

- 1 Transformator 2 x 28V, 2 x 1,5A
1 x 10 bis 15 V, o, 1 A
- 1 Transformator 2 x 9V, 2 x 0,25 A
- 1 2-poliger Kippschalter mit Mittelstellung für S1, S2
- 1 2-poliger Kippschalter für Netzspannung
- 2 Kartenrelais 1 x um, 10 A
- 1 Brückengleichrichter B80C5000
- 18 Lötstifte
- 3 Platinensicherungshalter
- 3 Sicherungen (2x0,1 A, 1x0,63 A)

Stückliste

Mechanikbauteile

- 2 Kühlkörper mit Wärmeableitung von 1,25 K/W Grundfläche 100 mm x 50 mm, Höhe 50 mm
- Zur Trafobefestigung:
- 4 Abstandsbolzen 10mm, M4 Innengewinde
- 4 Schrauben M4 x 6
- Zur Transistor- und Kühlkörperbefestigung:
- 2 Schrauben M3 x 25
- 6 Muttern M3
- 2 Abstandsbolzen 10mm, M4 Innengewinde
- 4 Schrauben M4 x 6

Gehäusebausatz

- 1 Gehäuse aus der ELV 7000 Serie
- 1 bedruckte und gebohrte Frontplatte
- 2 Gehäuse-Befestigungsschrauben
- 1 Netzkabel mit Stecker
- 1 Netzkabeldurchführung mit Zugentlastung
- 2 Polklemmen

Stückliste Digitaler Spannungsmesser

Halbleiter

IC10	..... ICL 7107
Di1 bis Di3	..... TIL 701

Kondensatoren

C101	..... 100 pF
C102	..... 100 nF
C103	..... 10 nF
C104	..... 47 nF
C105	..... 220 nF

Widerstände

Meßwiderstände, 1 %

R101	..... 100 kΩ
R102	..... 10 kΩ, Wendeltrimmer
R103	..... 10 kΩ
R104	..... 1 MΩ
R105	..... 470 kΩ
R106	..... 1,2 kΩ
R107	..... 1 kΩ
R108	..... 100 kΩ

Stückliste

Digitaler Strommesser

Halbleiter

IC11	..... ICL 7107
Di4 bis Di7	..... TIL 701

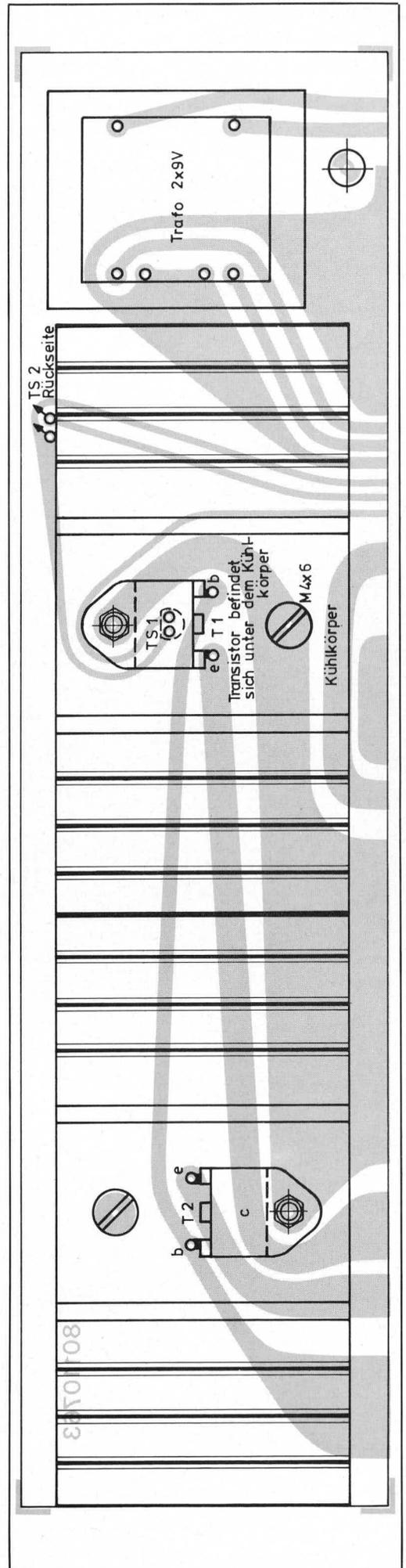
Kondensatoren

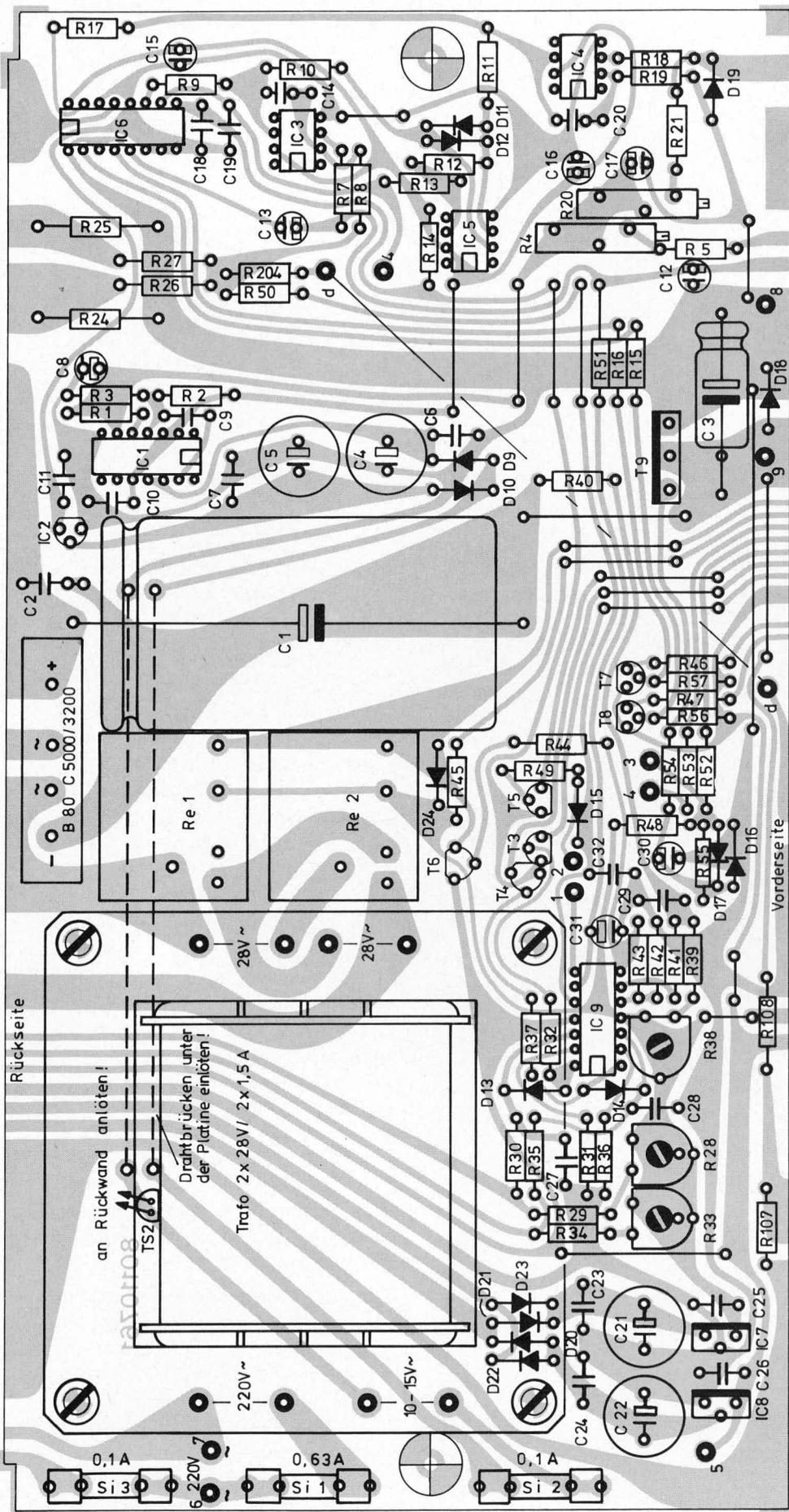
C201	..... 100 pF
C202	..... 100 nF
C203	..... 10 nF
C204	..... 47 nF
C205	..... 220 nF

Widerstände

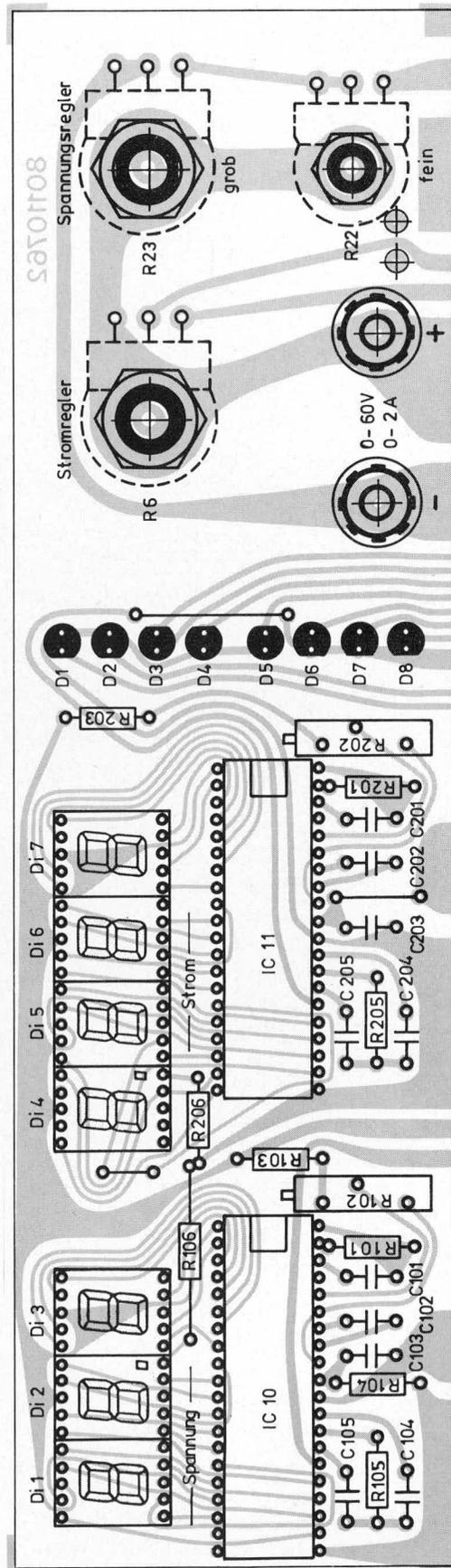
Meßwiderstände, 1 %

R201	..... 100 kΩ
R202	..... 10 kΩ, Wendeltrimmer
R203	..... 47 kΩ
R204	..... 1 MΩ
R205	..... 470 kΩ
R206	..... 1,2 kΩ

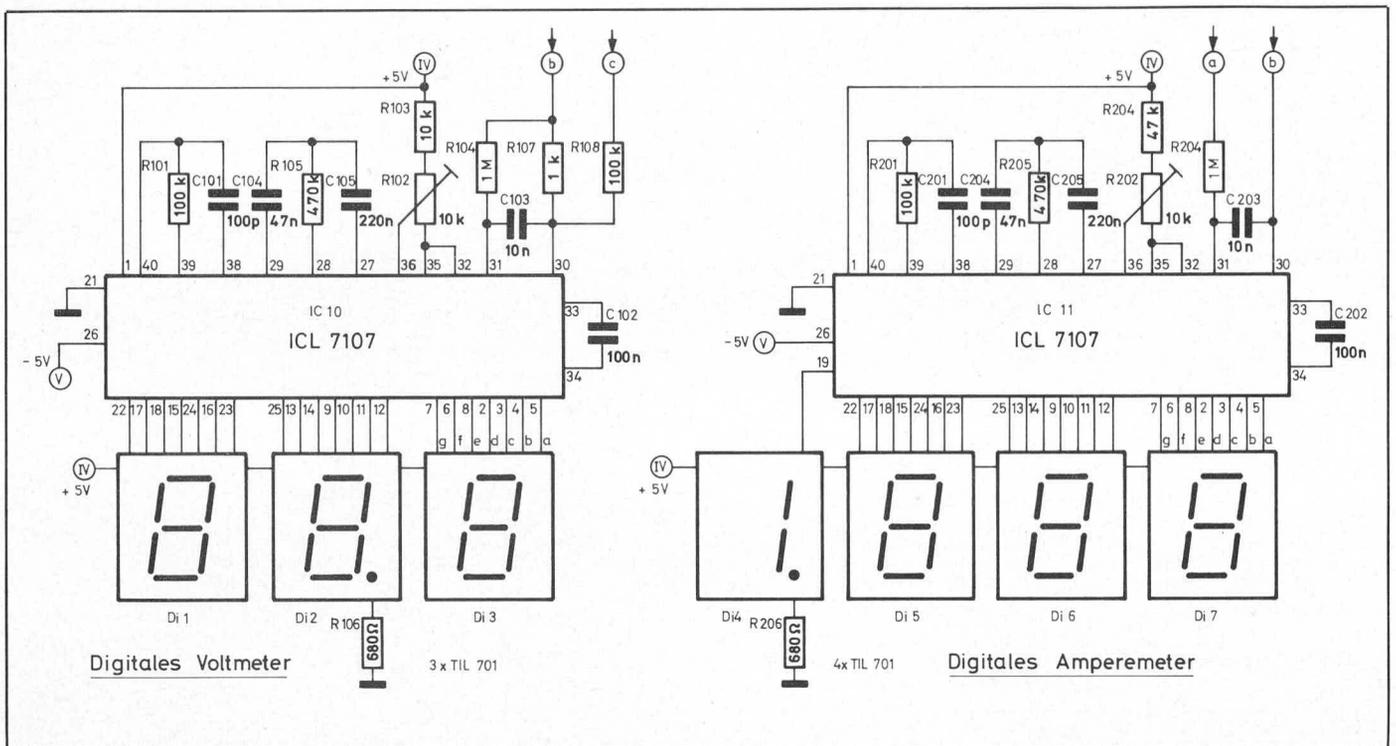




Bestückungsseite der Basisplatte



Bestückungsseite der Anzeiger-(Front-)Platine



Ableich/Einstellung

Die Einstellung der Trimmerpotis R4, R20, R28 und R33 wurde bereits in einem vorstehenden Abschnitt beschrieben, soll aber der Übersichtlichkeit halber an dieser Stelle noch einmal kurz wiederholt werden.

Das Einstellen von R4 und R20 wird durch entsprechende Bohrungen in der Anzeigenplatine hindurch vorgenommen.

- Bei kurzgeschlossenem Ausgang und voll aufgedrehtem Poti R6 wird R4 so eingestellt, daß sich ein Ausgangsstrom von 2A (evtl. Anzeige 1.999) ergibt.
- Bei Mittelstellung von R22 (fein) und voll aufgedrehtem Poti R23 (grob) wird R20 so eingestellt, daß sich eine Ausgangsspannung von 60.0V ergibt (Ausgangsklemmen offen, d. h. unbelastet).
- R28 und R33 werden so eingestellt, daß eine Abschaltung bei ca. 80 °C (R28) bzw. bei 60 °C (R33) erfolgt (siehe auch ausführliche Einstellung weiter vor in diesem Artikel).
- Mit R 102 wird der digitale Spannungsmesser eingestellt. Hierzu legt man an die Ausgangsbuchsen ein möglichst genaues Vergleichsmeßinstrument, stellt das Netzgerät auf eine Ausgangsspannung von 50 bis 60 Volt ein und bringt nun mit R 102 eine Übereinstimmung der eingebauten Anzeige mit der des Vergleichsinstrumentes zustande.

— Mit R 202 wird der digitale Strommesser eingestellt. Hierzu wird das Netzgerät zunächst auf 0 Volt gesteuert und dann werden die Ausgangsklemmen über einen Vergleichsstrommesser kurzgeschlossen. Nun stellt man einen Strom von 1 bis 2 A ein und bringt mit R 202 eine Übereinstimmung der eingebauten Anzeige mit der des Vergleichsinstrumentes zustande.

Sowohl beim Spannungs- als auch beim Strommesser erfolgt der Nullabgleich automatisch und braucht deshalb nicht extra durchgeführt zu werden.

Das im normalen Betrieb der Strommesser einige Digits anzeigt (001, 002 o. ä.) hat seine Richtigkeit, da dies der fließende Basisstrom der Endstufendarlingtons ist, der sich jedoch nur in der Größenordnung von einigen mA bewegt.

Kommen wir nun zum Abgleich der eigentlichen Regelelektronik.

Sofern kein Oszillograph zur Verfügung steht, sind für die Kompensationskondensatoren C14 bzw. C20 die im Schaltplan angegebenen Werte einzubauen und Ihr Gerät wird im Normalfall auf Antrieb arbeiten und dies bei ausgezeichneten Daten.

Da es sich hier bei den in der Regelelektronik eingesetzten Operationsverstärkern um außerordentlich schnelle und präzise arbeitende Typen handelt, können durch „Auskitzeln“ der Beschaltung für die beiden Operations-

verstärker IC3 und IC4 die Daten noch weiter verbessert werden.

Beim Spannungsregler-IC (IC4) kann der Kondensator C20 ggf. bis auf 1pF verkleinert werden, um die Regelung noch schneller zu machen.

Hierzu ist aber unbedingt ein Oszillograph erforderlich, um bei verschiedenen Ausgangsspannungen und Belastungszuständen die Qualität der Ausgangsspannung zu kontrollieren und sicherzustellen, daß das Gerät nicht schwingt.

Beim Stromregler kann R8 vorläufig durch einen Trimmerwiderstand (ca. 100 k) ersetzt werden, dessen Wert man so verändert, bis der Ausgangsstrom sein Optimum an Qualität (Brumfreiheit etc.) erreicht hat.

Die vorstehend beschriebenen Abgleichmaßnahmen sind jedoch, und das wollen wir hier ausdrücklich betonen, keinesfalls unbedingt erforderlich. Durch eine ausgefeilte Konstruktion ist das Gerät auch ohne diese Maßnahmen im Normalfall bei ausgezeichneten Daten betriebsbereit.

Die Daten des Gerätes (Qualität der Ausgangsspannung) sind unter Umständen noch weiter zu verbessern, wenn man unter die Reglerplatine eine Alufolie legt, die gut isoliert sein muß, damit keine Kurzschlüsse auftreten, und die dann mit der +Ausgangsbuchse verbunden werden kann.

Die zu erreichenden weiteren Verbesserungen sind zum Teil allerdings auch „Glaubenssache“.