

ELV-Serie 7000

Super-Spannungs-Kalibrator SK 7000



Dem Abgleich von elektronischen Meßgeräten ist besondere Aufmerksamkeit zu schenken, da auch das beste Gerät nur so gut wie sein Abgleich sein kann.

Wir haben daher eine Schaltung für das Kalibrieren von Spannungsmessgeräten entwickelt, mit der beliebige Ausgangsspannungen im Bereich von 0–2,000 V eingestellt werden können. Die Anzeige des exakten Wertes erfolgt über eine 4½stellige digitale LED-Anzeige, deren Auflösung 100 µV beträgt.

Allgemeines

Ursprünglich war der Super-Spannungs-Kalibrator für den Einbau in ein Gehäuse der Serie ELV micro-line geplant. Aufgrund der komplexen Schaltung haben wir die Konzeption jedoch geändert und das Gerät in die ELV-Serie 7000 eingefügt. Es steht somit für den Aufbau mehr Platz zur Verfügung, wodurch die Leiterbahnführung und die Bauteileanordnung etwas lockerer gehalten werden konnte und sich der Nachbau vereinfacht. Ein weiterer wesentlicher Punkt ist die größere räumliche Trennung zwischen der eigentlichen Elektronik und dem Streufeld der Netztrafos. Eine Brummeinstreuung ist daher praktisch unmöglich und die Qualität der Ausgangsspannungen nahezu vollkommen.

Neben einer stufenlos einstellbaren Gleichspannung, die im Bereich zwischen 0 V und 2,000 V liegen kann, besitzt der ELV-Super-Spannungs-Kalibrator 3 Festspannungen von 100,00 mV, 1000,0 mV sowie 10 000 mV, entsprechend 10,000 V.

Eine wirklich hervorragende Kompensation der Referenzspannung wird durch den Einsatz einer elektronischen Temperaturregelung erreicht, die vom Prinzip her einem Quarz-Ofen ähnlich ist. Durch die hohe Präzision der hier eingesetzten, im ELV-Labor entwickelten elektronischen Regelung, wird die Temperatur des Spannungs-Referenzelementes sehr genau konstant gehalten. Wechselnde Umgebungstemperaturen spielen daher praktisch keine Rolle mehr und es

wird eine Temperaturdrift von wenigen µV/° C erreicht.

Die Genauigkeit der vom ELV-Super-Spannungs-Kalibrator gelieferten Referenzspannungen liegt bei ca. 10^{-4} , entsprechend 0,01 %, und typisch bei 5×10^{-5} , entsprechend 0,005 % (!). Damit kommt die Genauigkeit in den Bereich von sehr teuren Eichspannungsnormen und dürfte selbst allerhöchsten Ansprüchen gerecht werden.

Die Anzeigegenauigkeit der eingebauten 4½stelligen digitalen Spannungsanzeige beträgt ± 1 Digit ohne zusätzlichen Fehler, so daß sie bei der vorliegenden Ausführung ein Optimum an Genauigkeit darstellt und nicht mehr verbessert werden kann.

Die Einstellung der regelbaren Ausgangsspannung erfolgt mit Hilfe eines Präzisions-10-Gang-Wendelpotentiometers von hoher Linearität und Auflösung bei sehr geringer Temperaturdrift.

Zur Schaltung

Das Herzstück des ELV-Super-Spannungs-Kalibrators stellt das Referenz-IC des Typs SK 1225 dar. Dieses Bauteil wird speziell für den hier vorliegenden Anwendungsfall exklusiv für ELV produziert. In dem 8poligen Gehäuse ist ein hochwertiges Spannungsreferenz-Element mit elektronischer Heizung und Temperaturregierung integriert.

Die Ansteuerung des Heizelementes erfolgt über den als Proportionalregler geschalte-

Technische Daten:

ELV-Super-Spannungs-Kalibrator SK 7000

Ausgangsspannungen:

Festspannungen: 100,00 mV / 1,0000 V / 10,000 V

Einstellbare Spannung: 0,002 V bis 1,9999 V

Restwelligkeit: ca. 0,1 mV_{eff}

Genauigkeit: typ. 0,005 % (!)

Langzeitkonstanz: typ. 0,01 % pro Monat

Innenwiderstand: 10 Ω

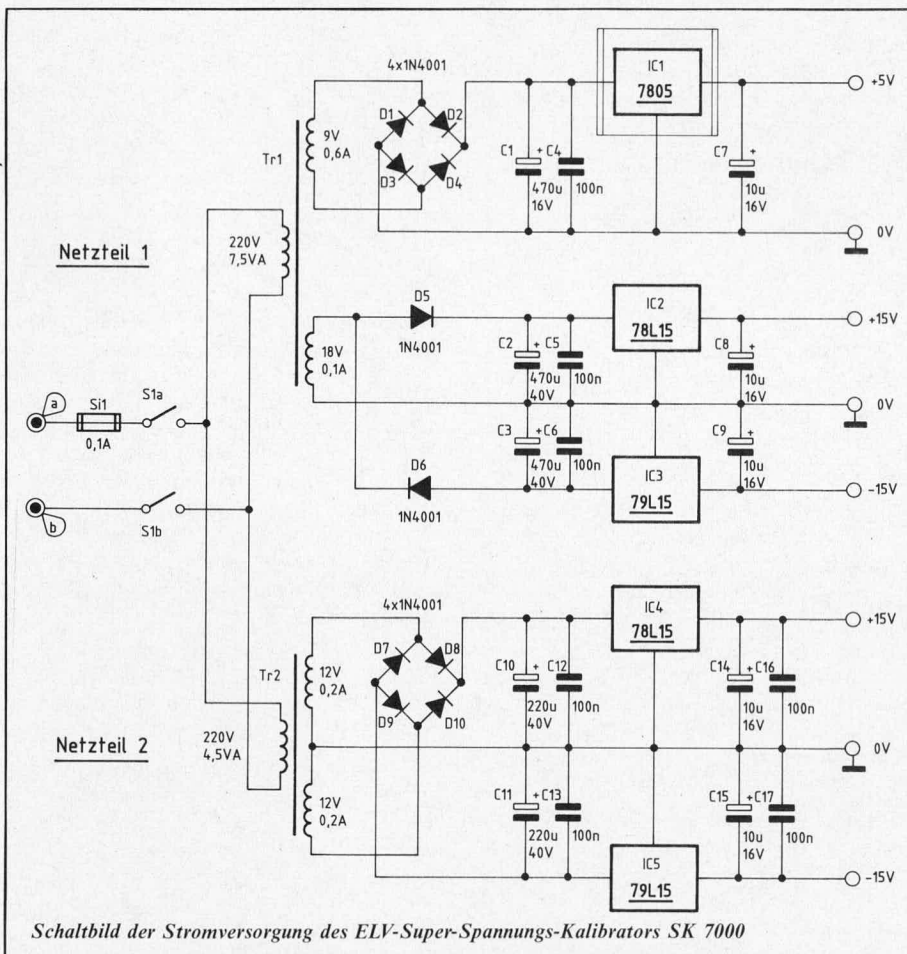
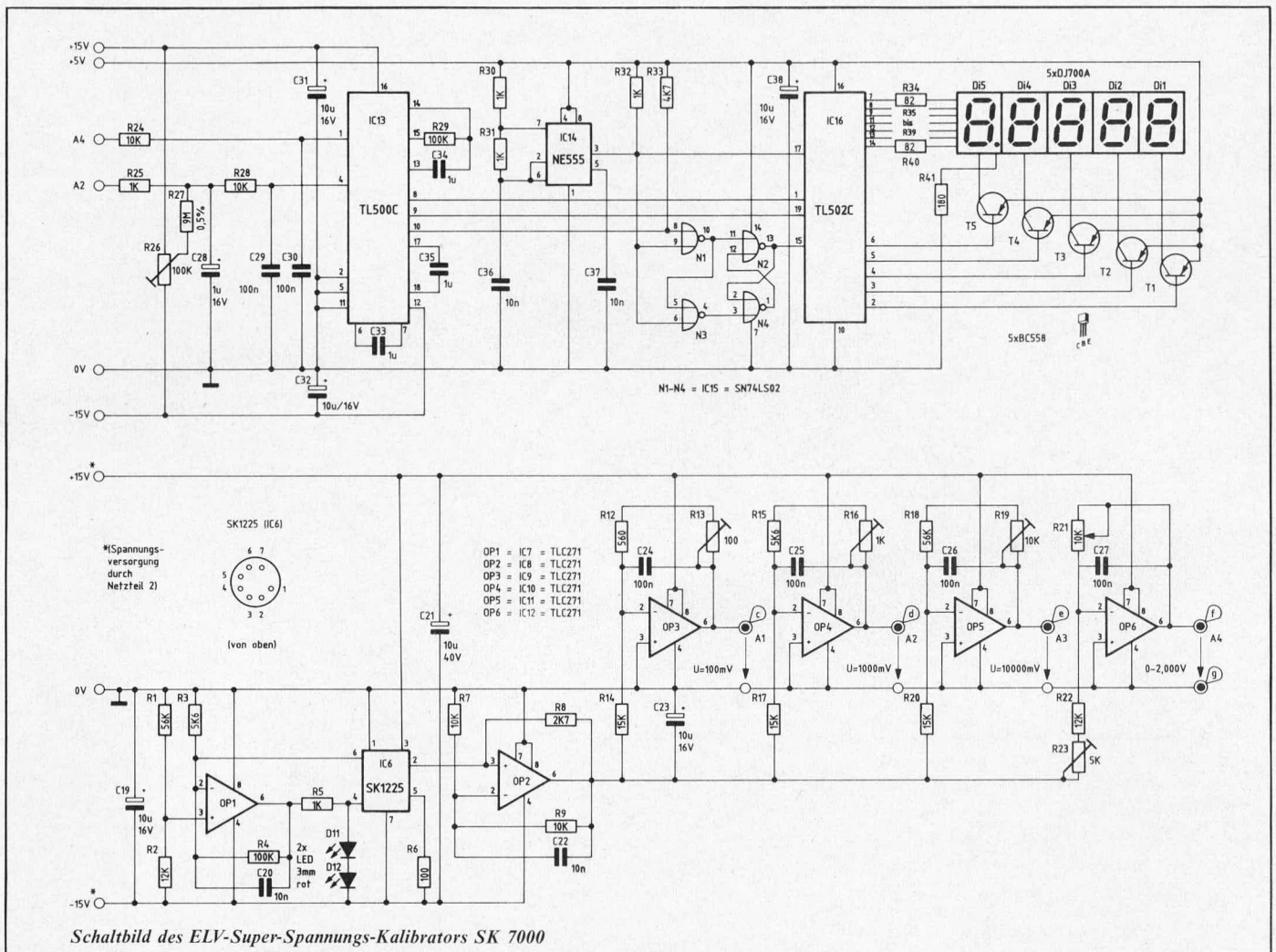
Temp.koeffizient der Refspng. (0 bis 40° C)... typ 0,0001 %/° C = 1 ppm/° C

4½stellige digitale Anzeige 20000 Digit

Linearität: typ. 0,001 %

Genauigkeit: typ. 0,001 %* ± 1 Digit

* im gesamten Bereich kleiner als 1 Digit und damit praktisch vernachlässigbar (!)

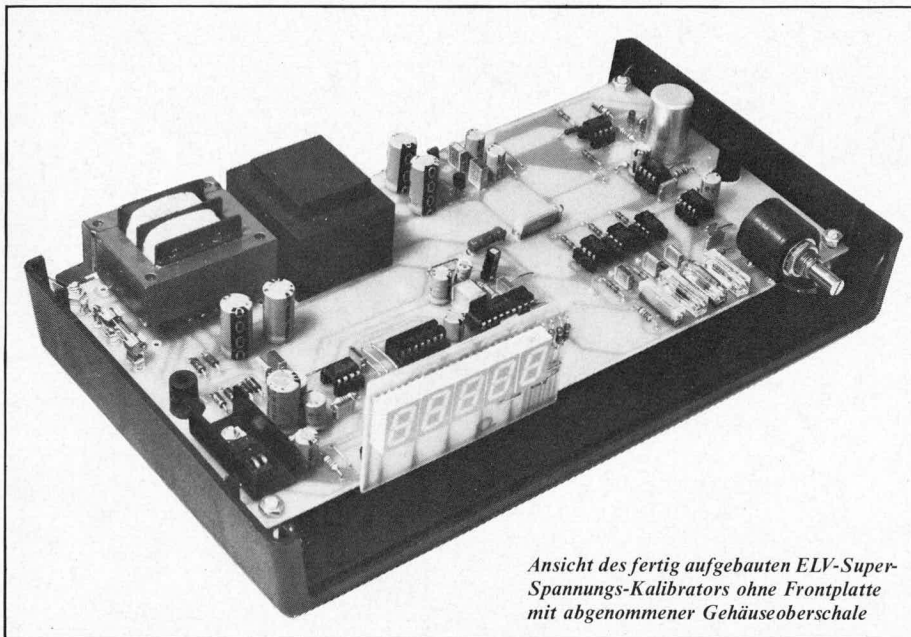


ten OP 1 mit seiner Zusatzbeschriftung. Im Einschaltmoment leuchten die Begrenzungsdioden D 11 und D 12 auf und erlöschen, sobald die Betriebstemperatur erreicht wird (meist schon nach wenigen Sekunden). Damit die volle Genauigkeit der Referenzspannungen genutzt werden kann, empfiehlt es sich jedoch, das Gerät möglichst eine halbe Stunde vor dem eigentlichen Einsatz einzuschalten. Hierdurch wird auch den übrigen Bauelementen ausreichend Zeit gegeben, ihre Betriebstemperatur anzunehmen, obwohl hier der Einfluß lediglich von untergeordneter Bedeutung ist.

Eine Lastunabhängigkeit des im IC 6 integrierten Referenzspannungs-Elementes erreicht man durch Pufferung mit dem OP 2, an dessen Ausgang auf Masse bezogen eine Spannung von ca. -2,45 V ansteht.

Diese extrem stabile, gepufferte Referenzspannung gelangt über die Widerstände R 14, R 17 sowie R 20 auf die Operationsverstärker OP 3, OP 4 sowie OP 5, an dessen Ausgängen aufgrund der vorliegenden Beschaltung die drei Ausgangsspannungen von 100,00 mV, 1,0000 V sowie 10,000 V entnommen werden können. Zur Einstellung des genauen Wertes dienen die drei Spindeltrimmer R 13, R 16 sowie R 19.

Die im Bereich von 0 V bis 2,0000 V einstellbare Ausgangsspannung kann am Ausgang des OP 6 (Pin 6) entnommen werden. Im Rückkopplungsweig dieses Operationsverstärkers liegt das zur Einstellung dienen-



Ansicht des fertig aufgebauten ELV-Super-Spannungs-Kalibrators ohne Frontplatte mit abgenommener Gehäuseoberseite

de Präzisions-10-Gang-Wendelpotentiometer R 21. Die am Ausgang des OP 2 (Pin 6) anliegende gepufferte und temperaturkompensierte Referenzspannung von ca. $-2,45\text{ V}$ wird über R 21 und R 23 auf den invertierenden Eingang des OP 6 gegeben. Mit R 23 kann später bei Rechtsanschlag von R 21 der genaue Endwert von $2,0000\text{ V}$ eingestellt werden.

Die digitale Anzeige des mit R 21 stufenlos einstellbaren Spannungswertes erfolgt über ein $4\frac{1}{2}$ stelliges digitales Spannungsmeßgerät, das mit den A/D-Wandlern des Typs TL 500 C/TL 502 C mit Zusatzbeschaltung aufgebaut wurde.

Diese beiden Bausteine wurden bereits in dem von ELV entwickelten $4\frac{1}{2}$ stelligen Digital-Multimeter DMM 7000 eingesetzt, das in der Ausgabe ELV journal Nr. 26 ausführlich beschrieben wurde, so daß an dieser Stelle auf eine detaillierte Funktionsbeschreibung verzichtet werden soll. Der einzige Unterschied besteht darin, daß beim DMM 7000 anstelle des TL 500 C mit einer Linearität von typ $0,001\%$ im DMM 7000 der Typ TL 501 C eingesetzt wurde, dessen Linearität bei $0,01\%$ liegt. Ansonsten unterscheiden sich diese beiden Bauelemente nicht wesentlich. Die eigentliche Funktion ist identisch.

Die Spannungsversorgung erfolgt über 5 Festspannungsregler in Verbindung mit 2 Netztransformatoren. Hierdurch wird eine exakte Trennung zwischen Referenzspannungserzeugung und digitalem Anzeigeteil erreicht. Störeinflüsse sind praktisch ausgeschlossen. IC 1 erzeugt die zur Versorgung der digitalen Anzeige erforderlichen $+5\text{ V}$ mit der entsprechenden Strombelastbarkeit, während IC 2 und IC 3 den Analogteil des A/D-Wandlers sowie im wesentlichen die Referenzspannungselektronik mit $+15\text{ V}$ und -15 V versorgen.

Eine weitere vollkommen getrennte Spannungsversorgung ist mit dem 2. Netztransformator Tr 2 in Verbindung mit den beiden Festspannungsreglern IC 4 und IC 5 aufgebaut. Diese Spannungsversorgung dient ausschließlich zur Speisung des Referenzspannungsteiles der Schaltung.

Zum Nachbau

Durch die besonders hochwertige Schaltung ist es von Vorteil, daß sämtliche Bauelemente auf den beiden Platinen untergebracht werden können und die Leiterbahnführung dadurch genau festgelegt ist. Unkalkulierbare Spannungsabfälle auf flexiblen Drahtverbindungen sind daher ausgeschlossen. Die Bestückung der Platinen ist anhand der Bestückungspläne in gewohnter Weise vorzunehmen. Zunächst werden die passiven und dann die aktiven Bauelemente eingelötet.

Nachdem die Bestückung der Platinen noch einmal sorgfältig kontrolliert wurde, kann die Anzeigenplatine im rechten Winkel an die Basisplatine gelötet werden und zwar so, daß sie ca. 2 mm unterhalb der Basisplatinenunterseite hervorsteht.

In die untere Gehäusehalbschale sind jetzt 4 Bohrungen mit einem Durchmesser von 3 mm einzubringen und zwar so, daß sie sich mit den in der Basisplatine befindlichen Befestigungsbohrungen decken. Die Ausmessung der Positionen ist möglichst sorgfältig vorzunehmen.

Von der Gehäuseunterseite werden jetzt 4 Schrauben M $3 \times 30\text{ mm}$ durch den Gehäusoboden geführt.

Bevor die Schrauben mit 4 Muttern festgesetzt werden, ist jeweils eine Lötöse einzufügen, an die später der Schutzleiter der Netzzuleitung anzulöten ist.

Auf jede der 4 von unten in das Gehäuse hineinragenden Schrauben wird jetzt eine weitere Mutter ca. 5 mm weit aufgeschraubt. Anschließend kann die Basisplatine in die Gehäuseunterschale eingesetzt werden, so daß sie auf den soeben aufgeschraubten Muttern aufliegt. Vier weitere Muttern dienen dann der endgültigen Befestigung der Basisplatine.

Geringfügige Höhenkorrekturen der Basisplatine sind durch Verdrehen der Muttern leicht vorzunehmen. Wichtig ist, daß sowohl die digitale Anzeige als auch die Bohrung des Präzisions-10-Gang-Wendelpotentiometers in der richtigen Höhe liegen.

Die Basisplatine ist jetzt noch einmal zu lockern, damit die Frontplatte in die untere Gehäusehalbschale eingesetzt werden kann, nachdem sie über die Potiachse geschoben wurde.

Abschließend sind die Ausgangsbuchsen sowie der Netzschalter S 1 mit flexiblen isolierten Leitungen mit den entsprechenden Anschlußpunkten auf der Basisplatine zu verbinden.

Die 3adrige Netzzuleitung mit angespritztem Schuko-Stecker wird durch die Zugentlastung in der Gehäuserückwand geführt, um dann mit den beiden Kippschalteranschlüssen des Netzschalters verbunden zu werden. Von den beiden Mittelabgriffen des Kippschalters führt die Zuleitung zu den beiden links neben den Netztrafos angeordneten Anschlußpunkten.

In diesem Zusammenhang ist es sehr wesentlich zu beachten, daß sämtliche von außen berührbaren Metallteile, wie Schrauben, Muttern usw. mit dem Schutzleiter der Netzzuleitung zu verbinden sind. Hierzu ist über jede Schraube vor dem Aufsetzen der Mutter, eine Lötöse zu legen, an die später die gelb-grüne Anschlußleitung des Schutzleiters der Netzzuleitung mit einem Querschnitt von mind. $0,75\text{ mm}^2$ angelötet wird.

Die Qualität der Referenzspannungen kann noch weiter verbessert werden, wenn sowohl die Gehäusehalbschalen als auch die Front- und Rückplatte mit Graphitspray eingesprüht und mit der Schaltungsmasse verbunden werden. Damit keine Verbindung zum Schutzleiter der Netzzuleitung entsteht, ist der Bereich um den Netzschalter und die Metallbefestigungsschrauben in einigen Millimetern Umkreis auszusparen.

Kalibrierung

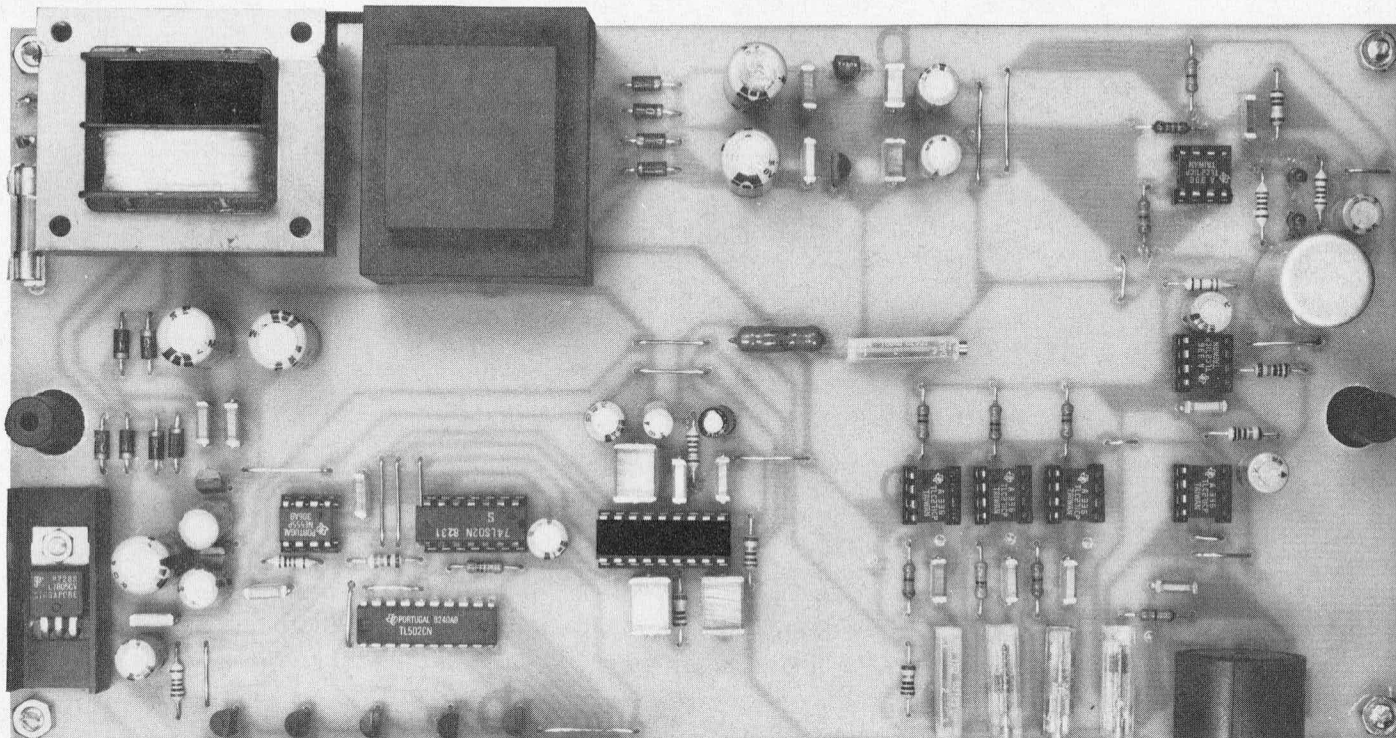
Die Kalibrierung des Gerätes ist sehr wesentlich und vom Prinzip her einfach durchzuführen, besitzt man ein entsprechend genaues Referenzgerät.

Die Ausgangsspannungen der drei Festspannungen sind zu messen und mit den entsprechenden Spindeltrimmern auf ihren exakten Wert einzustellen.

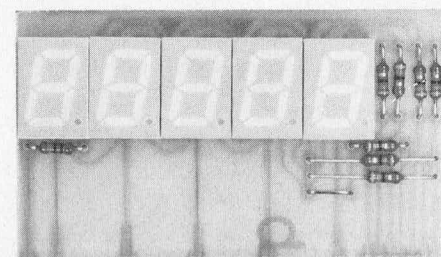
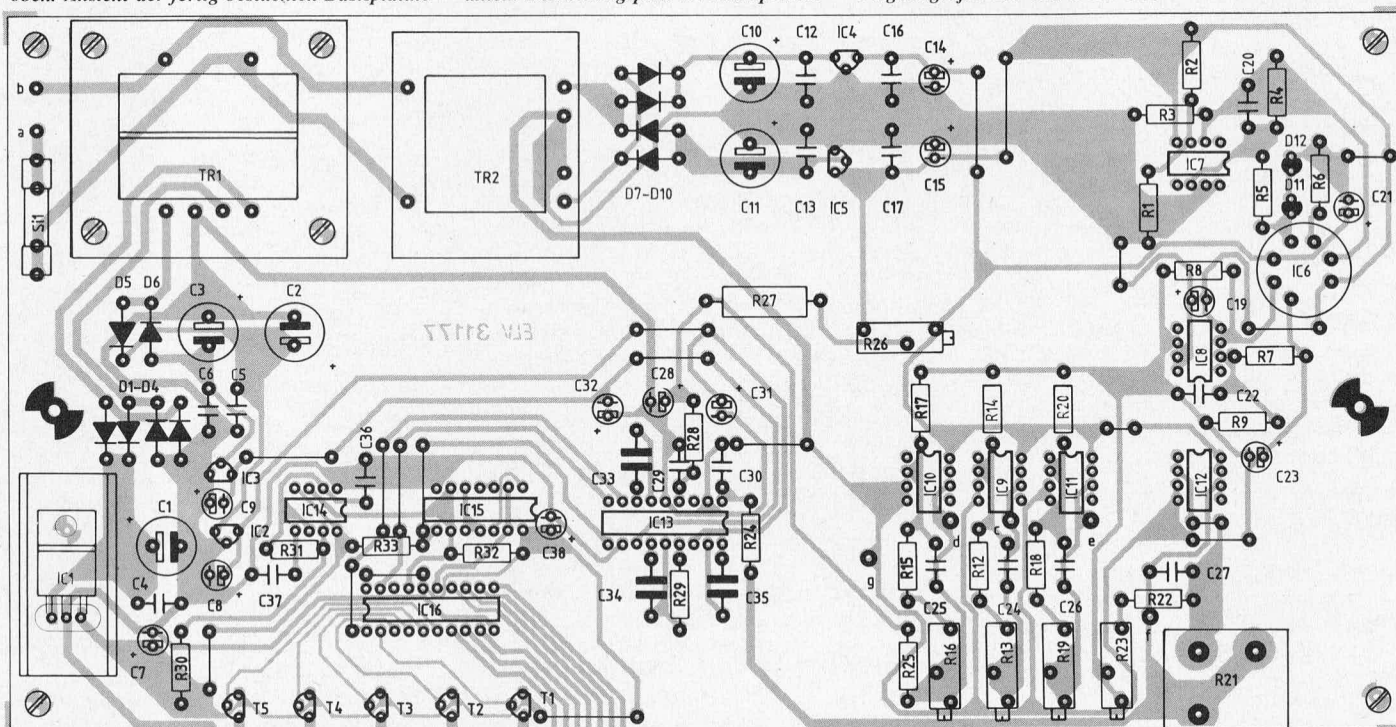
Der Referenzspannungseingang (Pin 4) des A/D-Wandlers TL 500 C ist mit der $1,0000\text{ V}$ Referenzspannung (OP 4) verbunden. Um geringfügige Offsetspannungseinflüsse ausgleichen zu können ist ein Feinabgleich des Skalenfaktors mit dem Spindeltrimmer R 26 vorzunehmen. Hierzu ist die Ausgangsspannung mit einem entsprechend genauen Referenzgerät zu messen und die digitale Anzeige mit R 26 auf diesen Wert einzustellen.

Bei der regelbaren Referenzspannung ist das Präzisions-10-Gang-Wendelpotentiometer auf Rechtsanschlag zu bringen und mit R 23 ein Wert von $1,9999\text{ V}$ einzustellen.

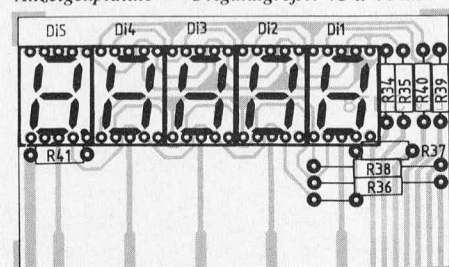
Da die Beschaffung eines geeigneten, hochpräzisen Vergleichsspannungsmeßgerätes nicht immer möglich ist, wird vom ELV-Labor ein spezieller Abgleichservice angeboten, der die Kalibrierung des funktionstüchtigen Gerätes vornimmt. Näheres lesen Sie hierzu bitte auf der Seite der entsprechenden Bausatzangebote.



oben: Ansicht der fertig bestückten Basisplatte — unten: Bestückungsplan der Basisplatte — Originalgröße: 245 mm x 125 mm



Anzeigenplatine — Originalgröße: 75 x 44 mm



Stückliste: Super-Spannungs-Kalibrator SK 7000

Halbleiter

IC 1	7805
IC 2, IC 4	78L15
IC 3, IC 5	79L15
IC 6	SK 1225
IC 7—IC 12	TLC 271
IC 13	TL 500C
IC 14	NE 555
IC 15	SN74LS02
IC 16	TL 502 C
T 1—T 5	BC 558
D 1—D 10	1N4001
D 11, D 12	LED, 3 mm, rot
Di 1—Di 5	DJ 700 A

Kondensatoren

C 1	470 µF/16V
C 2, C 3	470 µF/40V
C 4—C 6	100 nF
C 7—C 9	10 µF/16V
C 10, C 11	220 µF/40V
C 12, C 13	100 nF
C 14, C 15	10 µF/16V
C 16, C 17	100 nF
C 19	10 µF/16V
C 20	10 nF
C 21	10 µF/40V
C 22	10 nF

C 23	10 µF/16V
C 24—C 27	100 nF
C 28	1 µF/16V
C 29, C 30	100 nF
C 31, C 32	10 µF/16V
C 33—C 35	1 µF
C 36, C 37	10 nF
C 38	10 µF/16V

Widerstände

R 1	56 kΩ
R 2	12 kΩ
R 3	56 kΩ
R 4	100 kΩ
R 5	1 kΩ
R 6	100 Ω
R 7	10 kΩ
R 8	2,7 kΩ
R 9	10 kΩ
R 12	560 Ω
R 13	100 Ω, Spindeltrimmer
R 14, R 17, R 20	15 kΩ
R 15	5,6 kΩ
R 16	1 kΩ, Spindeltrimmer
R 18	56 kΩ
R 19	10 kΩ, Spindeltrimmer
R 21	10 kΩ, 10 Gang-Poti
R 22	12 kΩ

R 23	5 kΩ, Spindeltrimmer
R 24	10 kΩ
R 25	1 kΩ
R 26	100 kΩ, Spindeltrimmer
R 27	9 MΩ, 0,5%
R 28	10 kΩ
R 29	100 kΩ
R 30—R 32	1 kΩ
R 33	4,7 kΩ
R 34—R 40	82 Ω
R 41	180 Ω

Sonstiges

Tr 1	prim: 220 V, 7,5 VA sek: 9 V, 0,6 A/18 V, 0,1 A
Tr 2	prim: 220 V, 4,5 VA sek: 2 x 12 V, 0,1 A
Si 1	0,1 A
S 1	Kippschalter 2 x UM
1	Kühlkörper Sk 13
1	Platinensicherungshalter
8	Schrauben M 3 x 40 mm
1	Schraube M 3 x 8 mm
25	Muttern M 3
4	Lötösen 3,2 mm
1	Lötöse 6,2 mm
40	cm flexible Leitung
20	cm Silberdraht