

ELV *journal*

Nr. 31

Mit
Platinenfolien

Fachmagazin der Amateure und Profis für angewandte Elektronik

DM 4,50

Digitales Barometer/Luftdruckmesser

Supergenaue Digital-Uhr

mit elektronisch gesteuertem Quarz-Ofen

Abgas-Tester mit Digitalanzeige



In dieser Ausgabe:

ELV-Serie 7000:

Klirrfaktor-Meßgerät
KMG 7000

Super-Spannungs-
Kalibrator SK 7000

ELV micro-line

Digitales Barometer/
Luftdruckmesser

Digital-LED-Quarz-Uhr

Telefon-Mithörverstärker

Abgastester mit digitaler
Anzeige

1 GHz Vorteiler

Meßverstärker für
Dreheisenmeßwerke

Elektron. stab. Steckernetzteil

Schweiz sfr 5,20, Niederlande hfl 5,80, Luxemburg lfr 80, Finnland 17 Fmk

Mit
Platinenfolien

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 Bauteilanzordnung 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 Brummstreuung 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 10000 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 Temperaturregelung integriert.

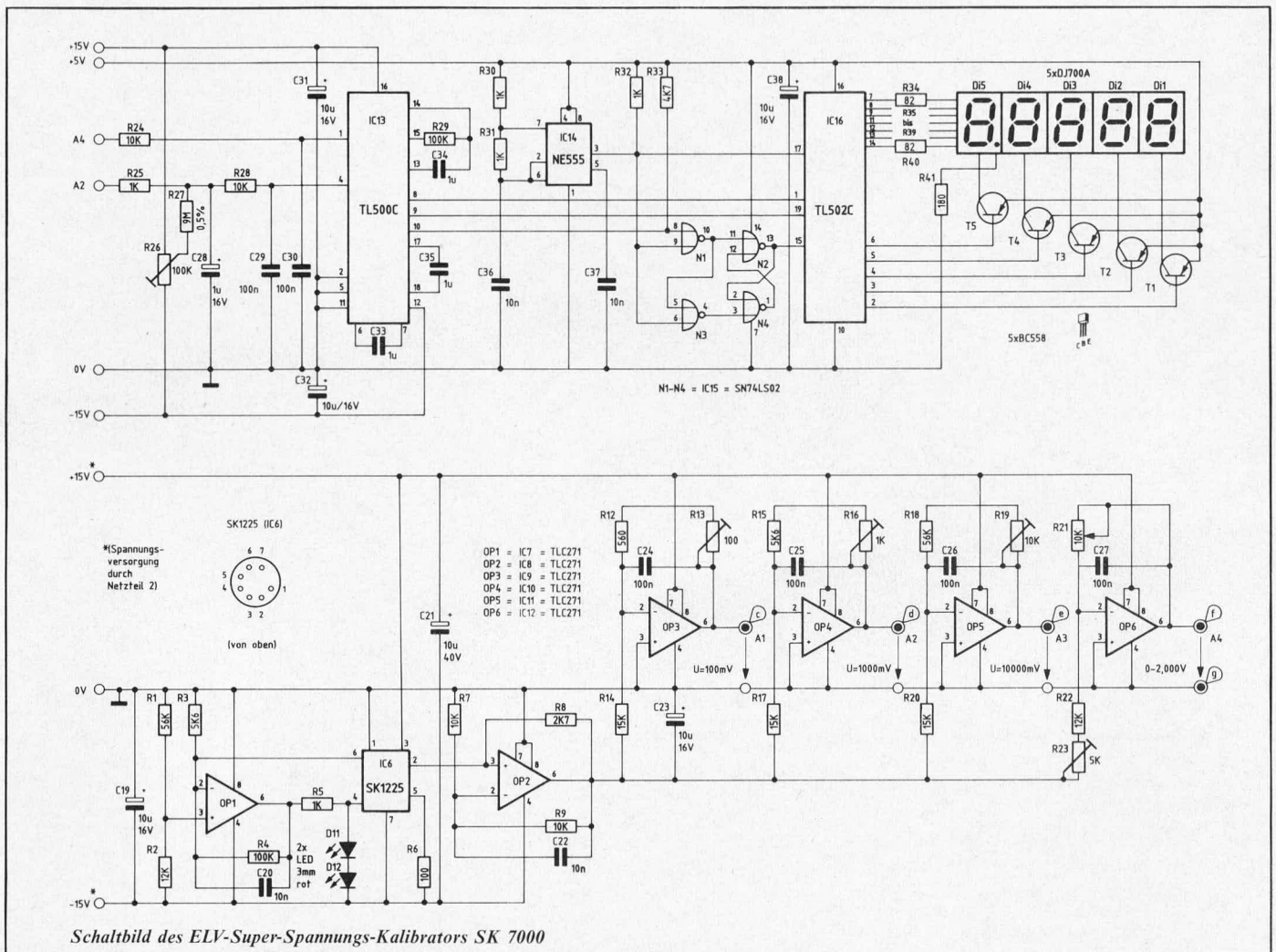
Die Ansteuerung des Heizelementes erfolgt über den als Proportionalregler geschalte-

Technische Daten:

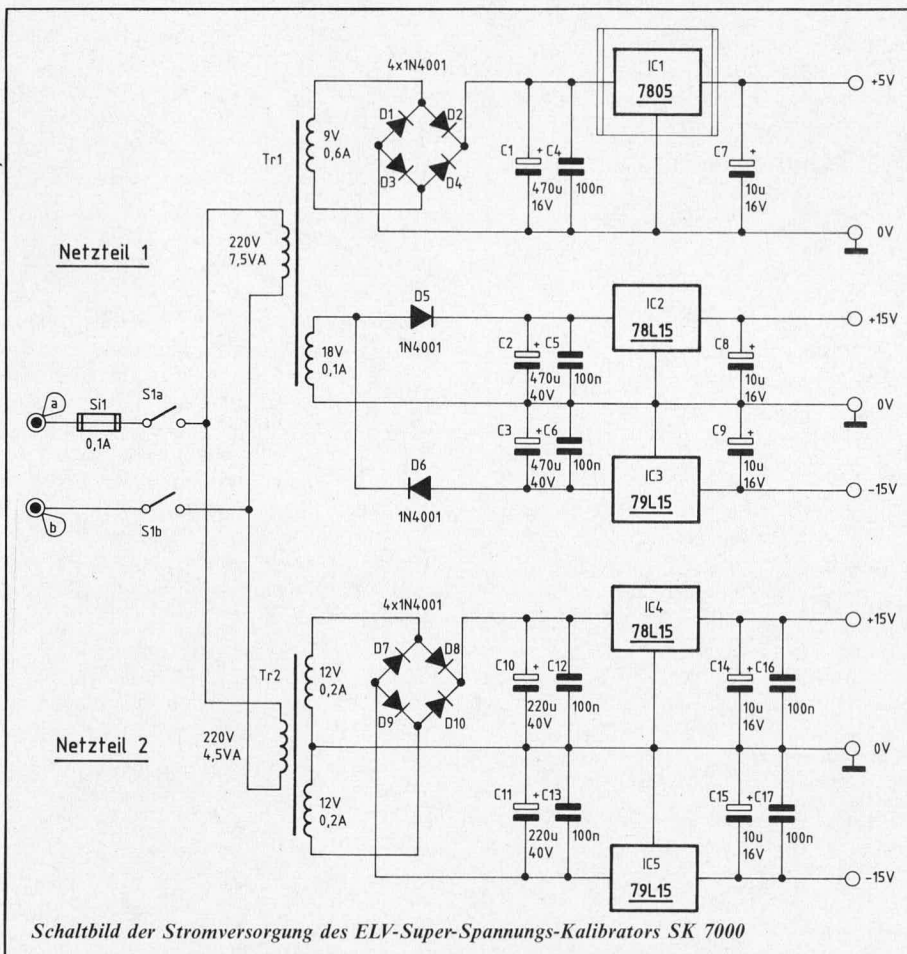
ELV-Super-Spannungs-Kalibrator SK 7000

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 (!)



Schaltbild des ELV-Super-Spannungs-Kalibrators SK 7000



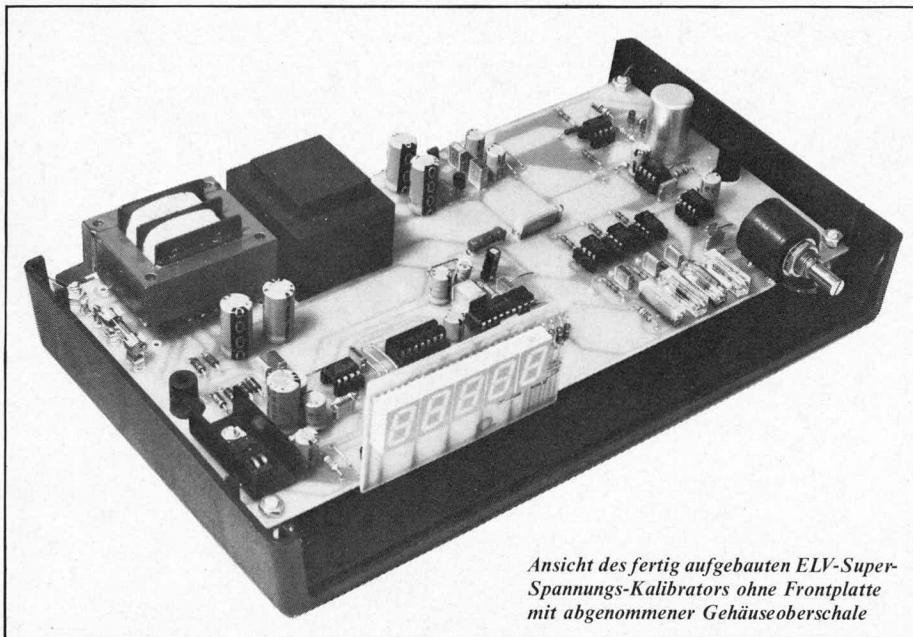
Schaltbild der Stromversorgung des ELV-Super-Spannungs-Kalibrators SK 7000

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 Puffering 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 Beschriftung 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 Rückkopplungszweig 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 Gehäuseboden 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

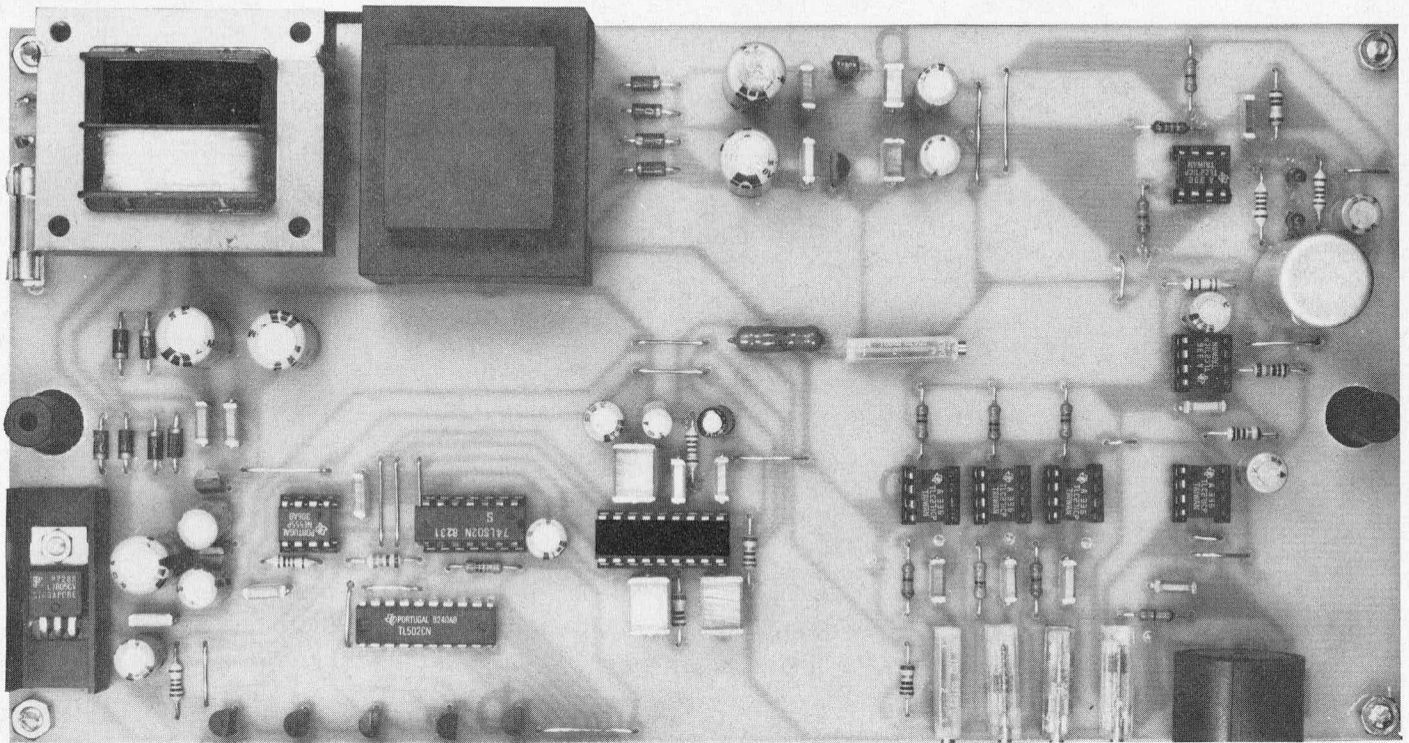
Die Kalibrierung des Gerätes ist sehr wesentlich und vom Prinzip her einfach durchzuführen, besitzt man ein entsprechend genaues Referenzgerät.

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

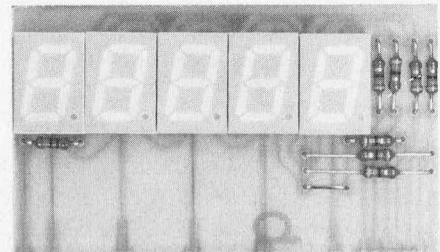
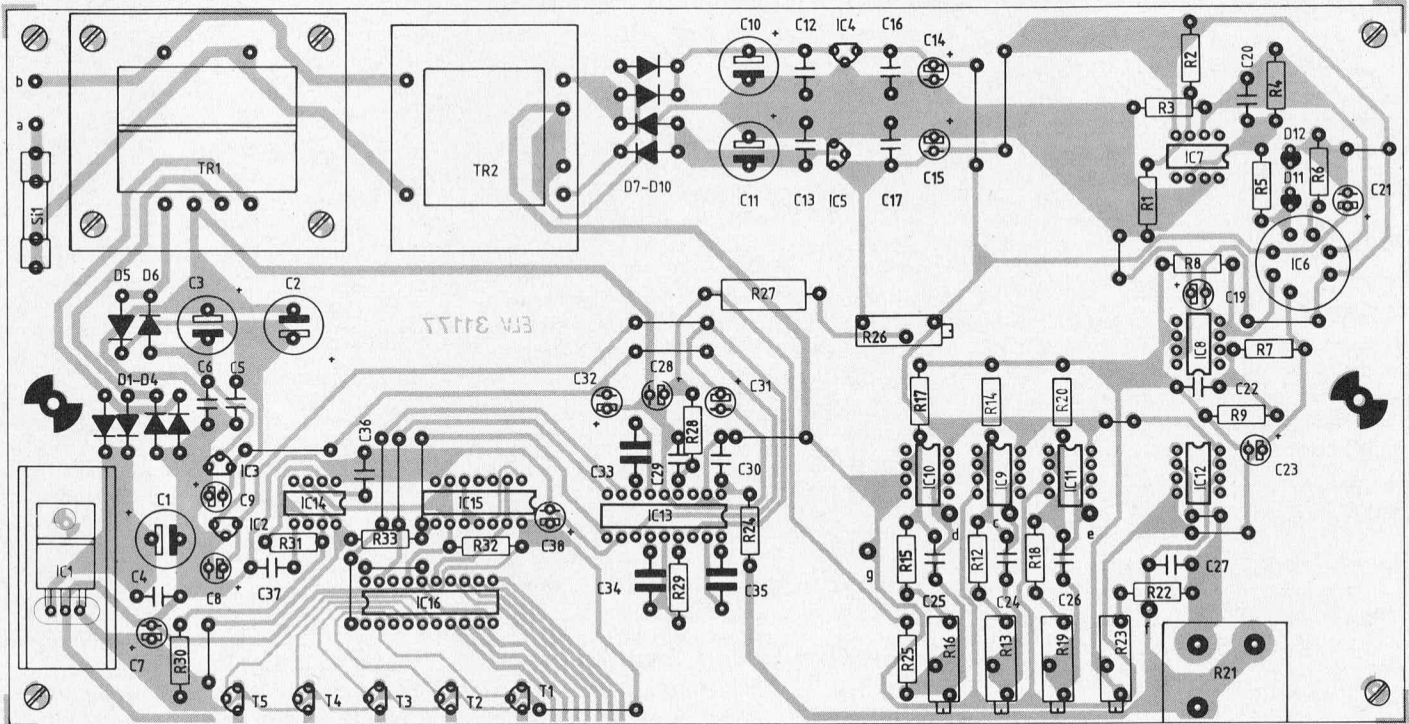
Der Referenzspannungseingang (Pin 4) des A/D-Wandlers TL 500 C ist mit der $1,0000\text{ V}$ Referenzspannung (OP 4) verbunden. Um geringfügige Offsetspannungseinflüsse ausgleichen zu können ist ein Feinabgleich des Skalenfaktors mit dem Spindeltrimmer R 26 vorzunehmen. Hierzu ist die Ausgangsspannung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

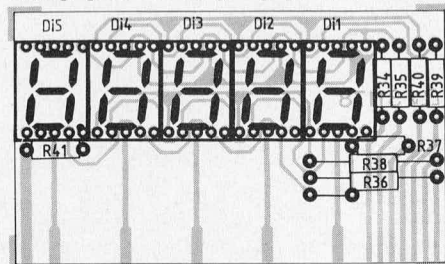
Da die Beschaffung eines geeigneten, hochpräzisen Vergleichsspannungsmessgerätes nicht immer möglich ist, wird vom ELV-Labor ein spezieller Abgleichservice angeboten, der die Kalibrierung des funktionstüchtigen Gerätes vornimmt. Näheres lesen Sie hierzu bitte auf der Seite der entsprechenden Bausatzangebote.



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



Anzeigenplatte — 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

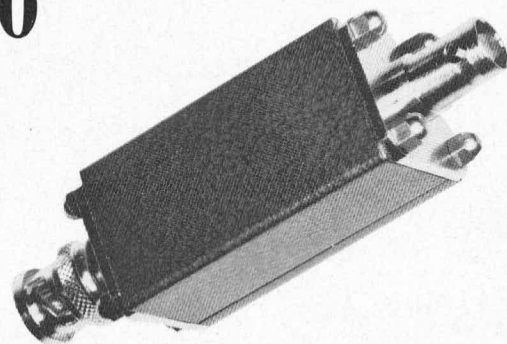
R 1	.....	56 kΩ
R 2	.....	12 kΩ
R 3	.....	5,6 kΩ
R 4	.....	100 kΩ
R 5	.....	1 kΩ
R 6	.....	100 Ω
R 7	.....	10 kΩ
R 8	.....	2,7 kΩ
R 9	.....	10 kΩ
R 12	.....	560 Ω
R 13	.....	100 Ω, Spindeltrimmer
R 14, R 17, R 20	.....	15 kΩ
R 15	.....	5,6 kΩ
R 16	.....	1 kΩ, Spindeltrimmer
R 18	.....	56 kΩ
R 19	.....	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, 0,6A/18 V, 0,1 A
Tr 2	.....	prim: 220 V, 4,5 VA sek: 2 x 12 V, 0,2 A
St 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

1 GHz-Frequenzverteiler mit Teilungsfaktor 1:100



mit freundlicher Unterstützung
der Firma ok-elektronik

Die nachfolgend beschriebene Schaltung zeigt, wie mit Hilfe eines preiswerten HF-Teiler-IC's ein Frequenzteiler aufgebaut werden kann, dessen Frequenzbereich bei hoher Empfindlichkeit weit über 1 GHz hinausreicht und der ohne problematische Abgleicharbeiten auskommt.

Zur Schaltung

Die üblicherweise in der Hochfrequenzmeßtechnik verwendeten Verteiler-IC's weisen den Nachteil auf, daß sie gewöhnlich recht teuer und außerdem schwer beschaffbar sind. Bei der vorliegenden Schaltung fiel die Wahl deshalb auf das IC U 664 B, das aufgrund seines häufigen Einsatzes in Fernsehgeräten vergleichsweise preiswert angeboten wird.

Der Frequenzbereich dieses IC's reicht laut Datenblatt von 30 MHz bis 1 GHz, typisch werden jedoch 20 MHz bis über 1,2 GHz verarbeitet, wobei erst im oberen und unteren Grenzbereich die Empfindlichkeit langsam nachläßt. Messungen im 24 cm-Band sind regelmäßig möglich.

Besonders vorteilhaft erweist sich der empfindliche Eingang des U 664 B, der einen zusätzlichen Vorverstärker erübrigt. Die typische Eingangsempfindlichkeit liegt im Bereich 80 MHz bis 1 GHz bei 5 bis 15 mV_{eff}. Wie das Schaltbild zeigt, gelangt die Meßfrequenz — deren Spannung maximal 5 V_{eff} betragen darf — über Kondensator C 1 direkt auf den Eingang von IC 1 (Pin 2). Der Teilungsfaktor von IC 1 beträgt 1:64. Die durch 64 geteilte Eingangsfrequenz steht an den Differentialausgängen Pin 6 + 7 von IC 1 zur Verfügung. In der vorliegenden Schaltung wird nur ein Ausgang (Pin 6) benötigt.

Der Pegel dieses Signals liegt knapp unterhalb der positiven Versorgungsspannung und hat eine Amplitude von ca. 750 mV (ECL-Pegel). Da dieser Pegel zu gering ist, um TTL-Schaltkreise anzusteuern, ist eine Pegelwandlerstufe erforderlich, die mit T 1 aufgebaut ist. Hierfür ist unbedingt ein schneller Schalttransistor — wie z. B. der Typ 2 N 3906 — erforderlich, da am Ausgang von IC 1 immerhin noch Frequenzen von gut 20 MHz auftreten.

Der von IC 1 gelieferte Teilungsfaktor von 1:64 ist ungünstig, weil auf einem nachfolgend angeschlossenen Frequenzzähler das Meßergebnis nicht ohne umständliches

Umrechnen abgelesen werden könnte. Das Signal muß deshalb noch weiter verarbeitet werden, um auf den gewünschten dezimalen Teilungsfaktor von 1:100 zu kommen. Diese Aufgabe übernehmen IC 2 und IC 3, sogenannte „rate multipliers“ (74167). Mit Hilfe dieser IC's lassen sich aus jeweils 10 Eingangsimpulsen (Pin 9) 0 bis 9 Impulse ausblenden, je nach Beschaltung der Steuereingänge (Pins 2, 3, 14, 15). Werden wie hier Anschluß 3 auf Plus und Anschlüsse 2, 14, 15 auf Masse gelegt, erscheinen von jeweils 10 Eingangsimpulsen nur 8 Impulse am Ausgang Pin 6, d. h., der Teilungsfaktor beträgt 8:10 gleich 4:5 pro IC.

Für die gesamte Teilerkette bestehend aus IC 1, 2 und 3 ergibt sich damit folgender Gesamtteilungsfaktor:

$$\frac{1}{64} \times \frac{4}{5} \times \frac{4}{5} = \frac{1}{100}$$

Die Arbeitsweise von IC 2 und IC 3 läßt sich am besten anhand eines Impulsdigrammes (Bild 1) verdeutlichen. Frequenz A stellt hierbei die Ausgangsfrequenz von IC 1 dar, also die bereits durch 64 geteilte Meßfrequenz. IC 2 unterdrückt von dieser Frequenz jeden 5. Impuls, so daß sich bis hier ein Teilungsfaktor von 1:80 ergibt. Von dieser Frequenz (B) wird von IC 3 wiederum jeder 5. Impuls unterdrückt. Wie das Diagramm zeigt, besteht ein vollständiger Zyklus aus 25 Impulsen von IC 1, die zu 16 Impulsen am Ausgang der Schaltung führen

(Pin 6, IC 3), d. h. 100 Impulse von IC 1 ergeben entsprechend 64 Ausgangsimpulse. Der gesamte Teilungsfaktor wird dadurch 1:100, da IC 1 die Meßfrequenz bereits durch 64 geteilt hat.

Die Versorgungsspannung der Schaltung wird extern über eine 3,5 mm Klinkenbuchse zugeführt und kann ungestabilisiert 7 bis 12 V betragen (220 mA). Geeignet sind zum Beispiel handelsübliche Steckernetzteile. Die Stabilisierung erfolgt mit dem bekannten Festspannungsregler des Typs 7805 (IC 4).

Zum Nachbau

Da Bestückung und Montage einige Besonderheiten aufweisen, sollten die folgenden Hinweise beachtet werden. Bei der Bestückung der Platine müssen alle Bauteile so flach wie möglich montiert werden. Die Verwendung von IC-Fassungen ist auf keinen Fall möglich. Erfahrungsgemäß macht der Tantal C 4 die meisten Schwierigkeiten, er muß notfalls umgebogen werden, damit die Platine ins Gehäuse paßt.

Vor dem Einsetzen der IC's muß zunächst Pin 1 von IC 1 abgeschnitten werden. Pin 2 wird vorsichtig hochgebogen, dieser Anschluß wird später in freier Verdrahtung über C 1 mit der Eingangsbuchse verbunden (siehe Bild 2). Diese etwas eigenwillige Konstruktion ist wegen der hier auftretenden hohen Frequenzen erforderlich.

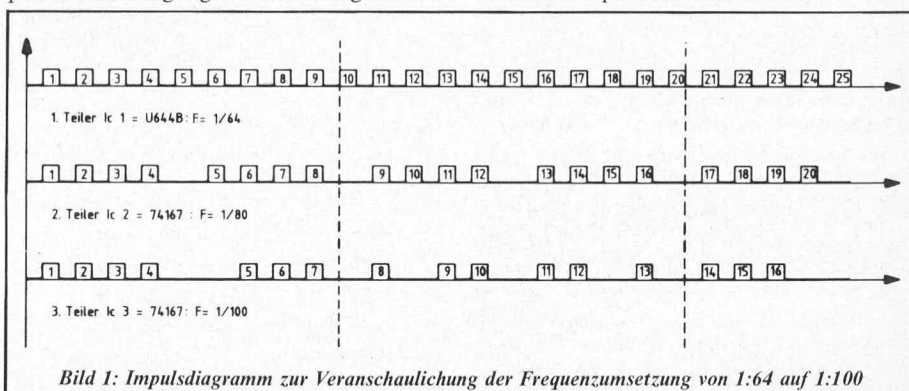
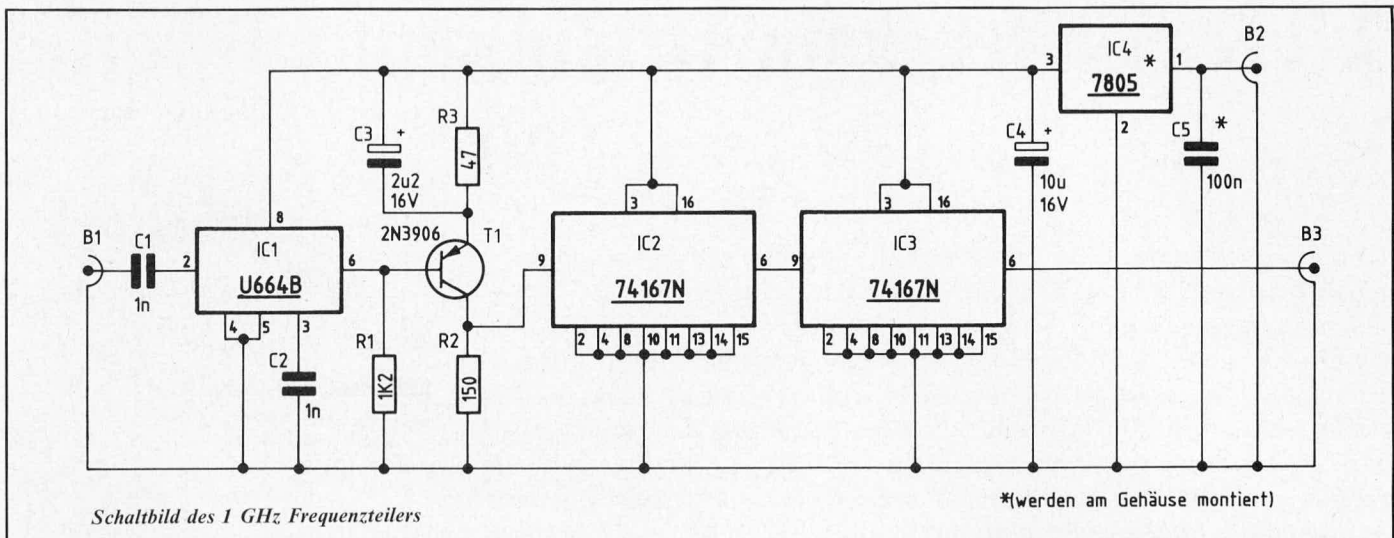


Bild 1: Impulsdigramm zur Veranschaulichung der Frequenzumsetzung von 1:64 auf 1:100



Ebenso wird Pin 6 von IC 3 hochgebogen und später mit einem kurzen Drahtstück an Buchse B 3 angeschlossen. Zum Schluß der Bestückung werden an den beiden Außenseiten der Platine zwei 1 mm Lötnägel eingesetzt.

Als nächstes werden im Gehäuse des Vorteilers die beiden BNC-Anschlüsse auf ca. 1,5 mm gekürzt, so daß die Platine senkrecht stehend dazwischen paßt. Die Buchse B 2, der Spannungsregler IC 4 und der Kondensator C 5 werden so an der Rückwand des Gehäuses montiert, wie in Bild 2 dargestellt. Dazu werden die Anschlüsse 1 und 2 des 7805 so gekürzt, daß sie direkt mit den Buchsenanschlüssen verlötet werden können. C 5 wird an dieselben Anschlüsse angelötet und kann flach auf dem 7805 aufliegen. Pin 3 des 7805 wird nicht gekürzt, sondern direkt am Gehäuse vorsichtig nach vorn gebogen.

Jetzt kann die Platine senkrecht stehend ins Gehäuse eingesetzt werden. Die Lötseite liegt dabei flach auf der Klinkenbuchse auf. Anschluß 3 des 7805 wird von der Lötseite der Platine durch die Bohrung neben IC 1 gesteckt, umgebogen und direkt mit Pin 8 von IC 1 verlötet. Dies stellt die Plusversorgung der Platine dar.

Die beiden Massefahnen an den Stirnseiten des Gehäuses werden mit den beiden Lötnägeln der Platine verbunden. Danach werden die Anschlüsse zu den Buchsen B 1 und B 3 hergestellt. Pin 6 von IC 3 wird unmittelbar mit Buchse B 3 verbunden. Zwischen Buchse B 1 und Pin 2 von IC 1 wird Kondensator C 1 eingelötet. Diese Verbindung soll so kurz wie möglich sein.

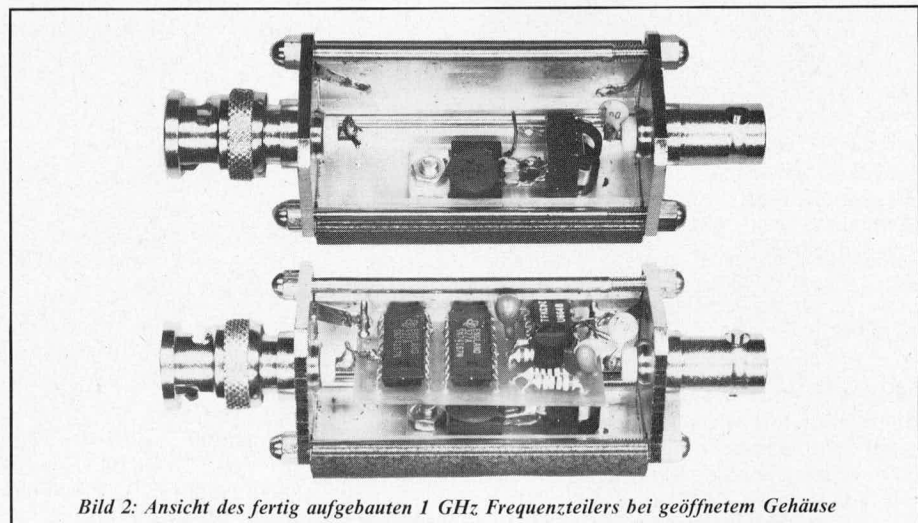
Inbetriebnahme

Nach Anschluß einer geeigneten Versorgungsspannung (7-12 V, 220 mA) an die Klinkenbuchse kann der Vorteiler in Betrieb genommen werden. Grundsätzlich kann der Vorteiler an jeden Frequenzzähler angeschlossen werden, der imstande ist, $\frac{1}{64}$ der zu messenden Frequenz zu verarbeiten. Dies liegt daran, daß die Folgefrequenz der Ausgangsimpulse des Vorteilers $\frac{1}{64}$ der Meßfrequenz beträgt, obwohl nur $\frac{1}{100}$ der Impulse durchgelassen werden (siehe auch Impulsdigramm). So können mit einem 10 MHz-Zähler — wie z. B. dem FZ 10 M

Taschenfrequenzzähler — Frequenzen bis 640 MHz gemessen werden:
 $640 \text{ MHz} / 64 = 10 \text{ MHz}$

In der Praxis werden jedoch Werte über 800 MHz erreicht (in Verbindung mit dem FZ 10 M). Um den vollen Frequenzbereich des Vorteilers auszuschöpfen, sollte der angeschlossene Frequenzzähler bis mindestens 20 MHz messen können.

Nach Möglichkeit sollte der 1 GHz-Vorteiler immer direkt auf die Eingangsbuchse des Frequenzzählers aufgesteckt werden. Verbindungskabel stören hier nur, weil unter Umständen durch Leitungsreflexionen eine Verdoppelung des Meßergebnisses auftreten kann. Ist ein Direktanschluß nicht möglich, sollte der verwendete Zähler über einen Eingangsabschwächer verfügen, um diesen Effekt zu unterbinden.



Stückliste: 1 GHz-Vorteiler

Halbleiter:

IC 1	.....	U664B
IC 2	.....	SN74167N
IC 3	.....	SN74167N
IC 4	.....	7805
T 1	.....	2N3906

Kondensatoren:

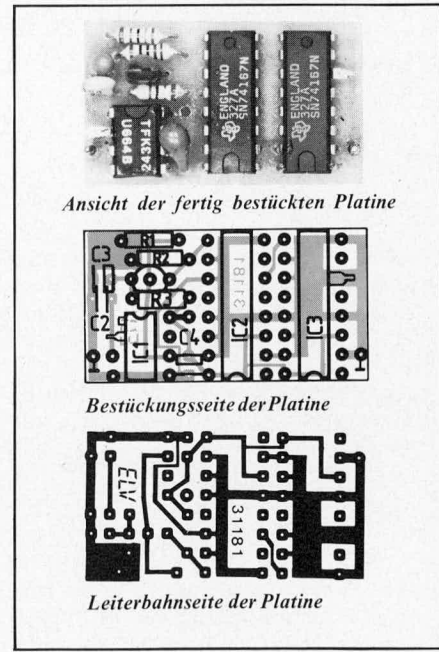
C 1	.....	1 nF keramisch
C 2	.....	1 nF keramisch
C 3	.....	2,2 µF/16 V Tantal
C 4	.....	10 µF/16 V Tantal
C 5	.....	100 nF keramisch

Metallfilmwiderstände 1 %

R 1	.....	1,2 k
R 2	.....	150 Ω
R 3	.....	47 Ω

Sonstiges:

- 1 HF-Gehäuse mit integrierten BNC-Anschlüssen
- 1 3,5 mm Klinkenbuchse
- 1 Schraube 3 x 6 mm
- 1 Mutter M 3
- 2 Lötnägel 1 mm



Meßverstärker für Dreheisenmeßwerke

Dreheisenmeßwerke weisen den besonderen Vorteil auf, daß sie den echten Effektivwert einer Spannung oder eines Stromes messen. Selbst Gleichspannungen oder Ströme mit überlagertem AC-Anteil sowie groben Kurvenformverzerrungen werden korrekt bewertet. Ein Nachteil der Dreheisenmeßwerke liegt darin, daß sie einen verhältnismäßig hohen Leistungsbedarf aufweisen. Durch den Einsatz des vorgestellten Meßverstärkers für Dreheisenmeßwerke wird der Vorteil der echten Effektivwertanzeige mit einem niedrigen Leistungsbedarf, d. h. mit einem hochohmigen Eingang, verbunden.

Es kann der echte Effektivwert von Gleichströmen, Wechselströmen als auch Mischströmen sowie Spannungen vollkommen kurvenform unabhängig gemessen werden.

Allgemeines

Bevor wir mit der Beschreibung des Meßverstärkers für Dreheisenmeßwerke beginnen, wollen wir uns kurz mit den Dreheisen selbst beschäftigen, die früher als Weicheisenmeßwerke bezeichnet wurden und auch heute noch oft so genannt werden. Bekannt ist, daß diese Meßwerke für Gleich- und Wechselstrom gleichermaßen geeignet sind. Selbst Mischströme, d. h., Gleichströme mit überlagertem Wechselstromanteil, werden korrekt ausgewertet. Auch bei einer groben Verzerrung der Kurvenform wird stets der echte Effektivwert angezeigt.

Dreheisenmeßwerke sind sowohl in modernen als auch in älteren Bauformen erhältlich, die keineswegs schlechter sein müssen. Sie kommen häufig sehr preiswert in den Handel, nachdem sie aus Industrieanlagen „ausgeschlachtet“ wurden. Besonders günstig sind hierbei vielfach auch Dreheisen-schalttafelinstrumente, die den Vorteil aufweisen, daß sie an der Wand befestigt oder auf eine Konsole gestellt werden können, weil sie wegen ihrer Größe von weither ablesbar sind. Auf diese Weise kann der normalerweise gut gefüllte — um nicht zu sagen überfüllte — Arbeitsplatz des Hobby-Elektronikers etwas entlastet werden.

Dreheisenmeßwerke haben den Vorteil, sehr robust und weitgehend überlastbar zu sein. Ihr Nachteil besteht in der schon erwähnten geringen Empfindlichkeit und in ihrer hohen Leistungsaufnahme, die normalerweise bei 0,5 bis 1 Watt liegt. Man vergleiche ein billiges Multimeter mit der nur geringen Empfindlichkeit von z. B. 10000 Ω/V für Wechselspannungsmessungen, das dennoch nur eine Leistungsaufnahme von etwa 1 mW hat und damit ca. um den Faktor 1000 geringer ist, als bei einem Dreheisenmeßwerk.

In der Leistungselektronik sind Dreheisenmeßwerke auch ohne Umrüstung vorteilhaft, daran sei hier erinnert, weil sie den echten Effektivwert von zu messenden Strömen oder Spannungen, unabhängig von der Kurvenform anzeigen. Man denke an die Phasenanschnittsteuerung, bei der

die Sinuswelle der Netzspannung nur noch stückchenweise an den Lastwiderstand weitergegeben wird. Dabei sind die sonst in der elektronischen Meßtechnik üblichen Drehpultinstrumente mit Meßgleichrichtern nicht mehr brauchbar, weil ihre Kalibrierung auf eine genaue Sinusform des Wechselstromes oder der Wechselspannung ausgerichtet ist.

Die Abweichungen können daher so groß werden, daß sie nicht einmal mehr annähernd korrekt sind.

Zum Abschluß dieser Einführung soll noch kurz auf den Unterschied von Strom- und Spannungsmessungen mit Dreheisenmeßwerken eingegangen werden.

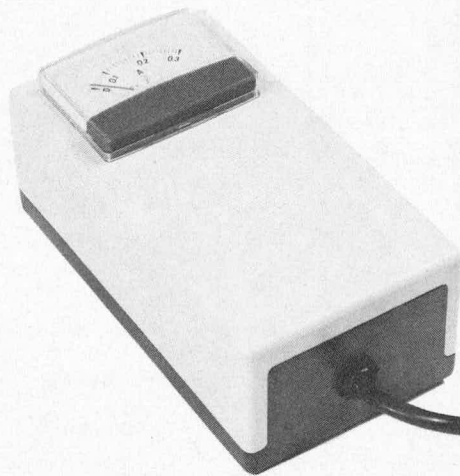
Unter Berücksichtigung der physikalischen Gesetzmäßigkeiten mißt ein Dreheisenmeßwerk grundsätzlich einen Strom. Soll jetzt eine Spannung gemessen werden, ist dies durch Vorschalten von Vorwiderständen ebenfalls möglich. Aufgrund unterschiedlicher Temperaturkoeffizienten von Meßwerk und Vorwiderstand, wird der Meßfehler bei unterschiedlichen Umgebungstemperaturen bei Spannungsmessungen jedoch größer als bei reinen Strommessungen, da hierbei der Innenwiderstand und seine temperaturabhängige Änderung keine Rolle spielt, denn nur der tatsächlich fließende Strom wird ausgewertet und angezeigt.

Zur Schaltung

Die gesamte Schaltung, einschließlich des angeschlossenen Dreheisenmeßwerkes, wird über einen Netztrafo mit einer Leistung von 8,5 VA mit 2 Sekundärwicklungen à 6 V/0,7 A versorgt.

Die vom Trafo abgegebene Wechselspannung wird mit den Dioden D1 bis D4 gleichgerichtet und mit Hilfe der Kondensatoren C1 bis C4 gesiebt.

OP1 ist im Zusammenhang mit den Widerständen R3 bis R5 als nicht invertierender (–) Verstärker geschaltet, dessen Verstärkung in geringem Maße mit R4 zum Aus-



gleich von Bauteiltoleranzen eingestellt werden kann.

OP2 ist in Verbindung mit den Transistoren T1 bis T6 mit Zusatzbeschaltung als Stromquelle geschaltet. Der im Ausgang fließende Strom wird über den Referenzwiderstand R15 abgefragt und über die Widerstände R7 und R9 auf die beiden Referenzeingänge des OP2 zurückgeführt. R6 dient hierbei der Vorgabe des Soll-Wertes, während R8 den Fußpunkt, in diesem Falle den Schaltungsmittelpunkt, für die Stromquelle festlegt.

Der Ausgang des OP2 (Pin 1) steuert über R11 die Basis von T1 an, dessen Kollektorkreis wiederum die Treibertransistoren T2 bis T4 ansteuert, die ihrerseits die beiden Endstufentransistoren T5 und T6 schalten.

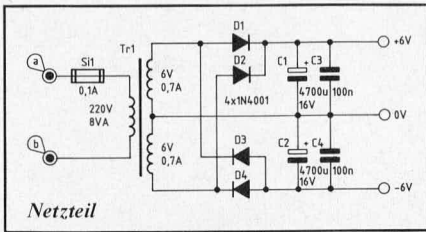
An den Ausgang der Schaltung können Dreheisenmeßwerke mit einem max. Strombedarf von 1 A angeschlossen werden, wobei kurzzeitig auch 1,5 A fließen können. Die Ausgangsspannung kann max. 6 V betragen. Für die Speisung von Spannungs-Dreheisenmeßwerken ist dies in vielen Fällen zu gering, hingegen bei Strom-Dreheisenmeßwerken liegt der Spannungsabfall im allgemeinen unter 1 V.

Die Schaltung eignet sich daher für Strom-Dreheisenmeßwerke mit einem max. Strombedarf von 1 A. Es können selbstverständlich auch Meßwerke mit einem Vollauschlag von 100 mA betrieben werden.

Die gesamte Schaltung ist gleichspannungsmäßig gekoppelt. Es können daher Kurvenformen, einschließlich Verzerrungspunkte, im Bereich von 0 (DC) bis ca. 2 kHz gemessen werden, wobei auch echte Gleichspannungsmessungen eingeschlossen sind.

Zum Nachbau

Die Schaltung kann mit einfachen Mitteln auf einer einzigen Leiterplatte aufgebaut werden. Hält man sich genau an den Bestückungsplan, sollten keine Schwierigkeiten auftreten. Auf eine detaillierte Beschreibung wird daher an dieser Stelle verzichtet.



Kalibrierung

Die Einstellung erfolgt mit Hilfe des Trimmers R4 und kann auf einfache Weise als Gleichspannungs- bzw. Gleichstrommessung vorgenommen werden.

Soll die Schaltung mit einem festen Übertragungsfaktor von z.B. 1 A-Ausgangsstrom pro 1 V-Eingangsspannung arbeiten, empfiehlt es sich, an den Ausgang ein Gleichstrommeßwerk mit einem Vollausschlag von min. 1 A zu legen und den Eingang einmal mit +1 V und einmal mit -1 V gegenüber Masse zu beaufschlagen.

R4 ist so einzustellen, daß am Ausgang der entsprechende Strom von 1 A gemessen wird.

Eine Nullpunktverschiebung ist nicht vorgesehen, da die Genauigkeit der Schaltung von Hause aus auch ohne separate Nullpunkteinstellung besser ist als die eines angeschlossenen Dreheisenmeßwerkes.

Wird die Schaltung für ein ganz bestimmtes Dreheisenmeßwerk eingesetzt, kann R3 bzw. R4 so dimensioniert und eingestellt werden, daß sich der gewünschte Skalenfaktor ergibt. Je größer R3 gewählt wird, desto höher wird die Eingangsempfindlichkeit, d.h., geringere Eingangsspannungen reichen aus, um einen entsprechend großen Strom am Ausgang zu treiben.

Alles in allem also eine universell für Dreheisenmeßwerke einsetzbare Schaltung.

Stückliste: Meßverstärker für Dreheisenmeßwerke

Halbleiter:

IC 1, 2	.....	MC 1458
T 1, T 2	.....	BC 558
T 3, T 4	.....	BD 135
T 5	.....	BD 237
T 6	.....	BD 238
D 1-D 4	.....	1N4001
D 5-D 8	.....	1N4148

Kondensatoren:

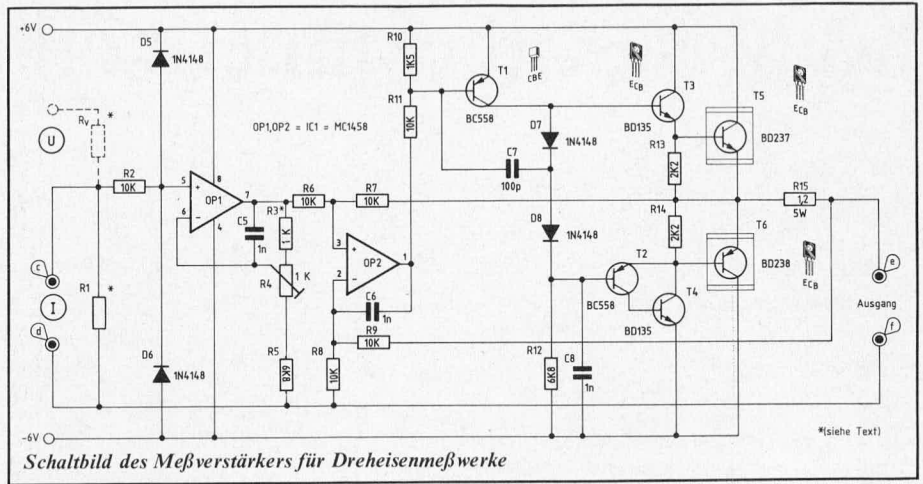
C 1, C 2	.....	4700 µF/16 V
C 3, C 4	.....	100 nF
C 5, C 6, C 8	.....	1 nF
C 7	.....	100 pF

Widerstände:

R 2, R 3	.....	10 kΩ
R 4	.....	1 kΩ, Trimmer, stehend
R 6-R 9	.....	10 kΩ
R 10	.....	1,5 kΩ
R 11	.....	10 kΩ
R 5, R 12	.....	6,8 kΩ
R 13, R 14	.....	2,2 kΩ
R 15	.....	1,2 Ω, 5 Watt

Sonstiges:

- 1 x Trafo 220 V, 8 VA
- 2 x 6 V, 0,7 A
- 1 Sicherung 0,1 A
- 1 Platinensicherungshalter
- 6 Lötstifte
- 2 U-Kühlkörper SK 12
- 4 Schrauben 3 x 8 mm
- 4 Muttern M 3
- 4 Schrauben 3 x 6 mm

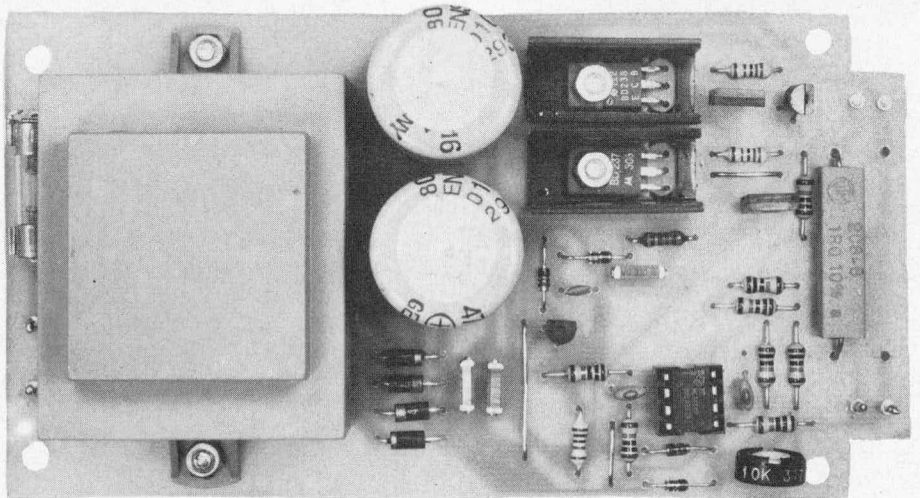


Spannungsmessungen (über zusätzlichen R_v nach Punkt „d“ gemessen)

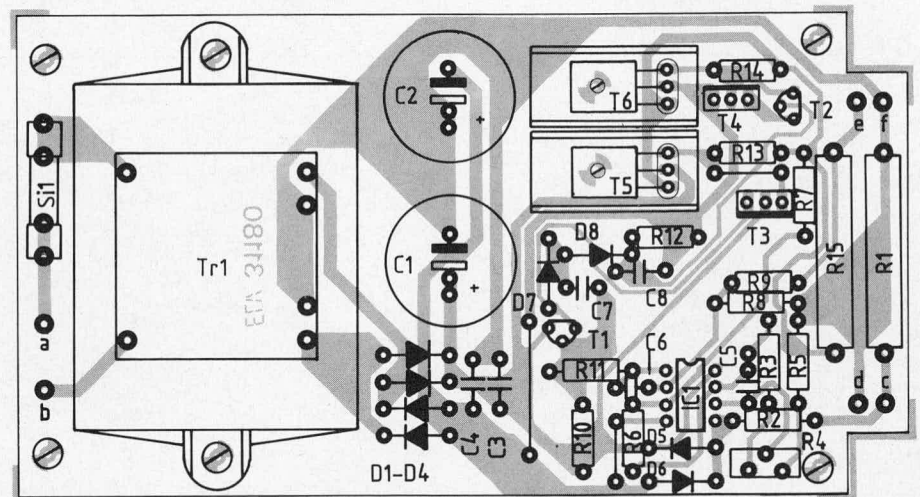
U_1	I_{AUS}	R_1	R_3	R_v
0,1 V	0,1 A	1 MΩ	1 k	0
0,1 V	1 A	1 MΩ	82 k	0
1 V	0,1 A	100 k	1 k	900 k
1 V	1 A	1 MΩ	1 k	0
10 V	0,1 A	10 k	1 k	1 MΩ
10 V	1 A	100 k	1 k	900 k
100 V	0,1 A	1 k	1 k	1 MΩ
100 V	1 A	10 k	1 k	1 MΩ
1000 V	0,1 A	100 Ω	1 k	1 MΩ
1000 V	1 A	1 k	1 k	1 MΩ

Strommessungen $U_{ein} = 0,1 V$ $R_i = R_1$

I_{ein}	I_{aus}	R_1	R_3
1 mA	0,1 A	100 Ω	1 k
1 mA	1 A	100 Ω	82 k
10 mA	0,1 A	10 Ω	1 k
10 mA	1 A	10 Ω	82 k
100 mA	0,1 A	1 Ω	1 k
100 mA	1 A	1 Ω	82 k
1 A	0,1 A	0,1 Ω	1 k
1 A	1 A	0,1 Ω	82 k
10 A	0,1 A	0,01 Ω	1 k
10 A	1 A	0,01 Ω	82 k

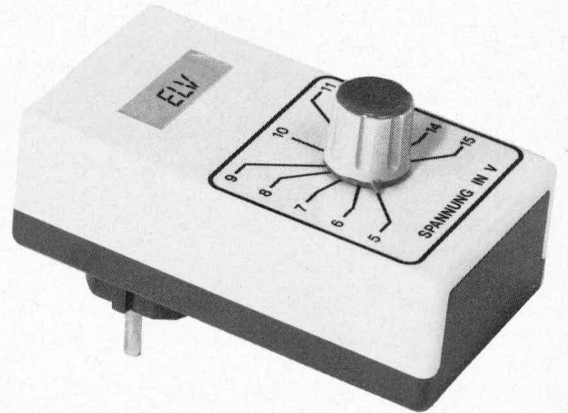


Ansicht der fertig bestückten Platine des Meßverstärkers für Dreheisenmeßwerke



Bestückungsseite der Platine des Meßverstärkers für Dreheisenmeßwerke

Komfort-Steckernetzteil 5 V bis 15 V



Stufenlos einstellbares Schaltnetzteil mit hohem Wirkungsgrad

Eingebaut in ein kompaktes Gehäuse mit integriertem Schuko-Netzstecker, liefert dieses komfortable Netzteil eine elektronisch geregelte, stufenlos einstellbare Ausgangsspannung im Bereich von 5 V bis 15 V.

Aufgrund des hier angewandten Schaltreglerverfahrens kann bei einer Ausgangsspannung von 5 V ein Strom von 400 mA entnommen werden, der linear abfallend bei einer Ausgangsspannung von 15 V auf 200 mA sinkt. Dieses Verhalten ist im allgemeinen sehr günstig, da bei kleineren Spannungen (z. B. TTL-Schaltungen) der Stromverbrauch größer ist als z. B. bei 15 V (CMOS).

Allgemeines

Die meisten im Handel befindlichen, größtenteils recht preiswerten Steckernetzteile weisen im allgemeinen keine elektronische Stabilisierung auf. Der Brummanteil der Ausgangsspannung kann daher im Bereich von 1,0 V und mehr liegen.

Für die Speisung empfindlicher elektronischer Geräte, ist häufig eine elektronische Stabilisierung unverzichtbar. Wir stellen daher die besonders interessante Schaltung eines elektronisch stabilisierten Steckernetzteiles vor, das nach dem Schaltreglerprinzip arbeitet. Neben der stufenlosen Einstellbarkeit der Ausgangsspannung zwischen 5 V und 15 V, bietet sich hierbei der Vorteil eines hohen Wirkungsgrades und damit einer geringen Erwärmung. Besonders erfreulich ist in diesem Zusammenhang, daß bei kleineren Spannungen der maximal entnehmbare Strom größer wird, wodurch sich diesem Komfort-Steckernetzteil ein besonders weites Anwendungsfeld eröffnet.

Zur Schaltung

Mit den Dioden D 1 bis D 4 wird die vom Trafo gelieferte Wechselspannung gleichgerichtet und durch den Kondensator C 1 gepuffert.

Am Emitter des Schalttransistors T 1 steht somit eine gesiebte Gleichspannung an, die je nach Belastungszustand des Steckernetzteiles zwischen 18 V und 25 V schwanken kann.

Das Prinzip des hier angewandten Schaltreglerverfahrens beruht nun darauf, daß die

Ausgangsspannung überwacht wird und sowohl die Schaltfrequenz als auch das Tastverhältnis des Schalttransistors T 1 entsprechend dem Leistungsbedarf am Ausgang des Steckernetzteiles gesteuert wird.

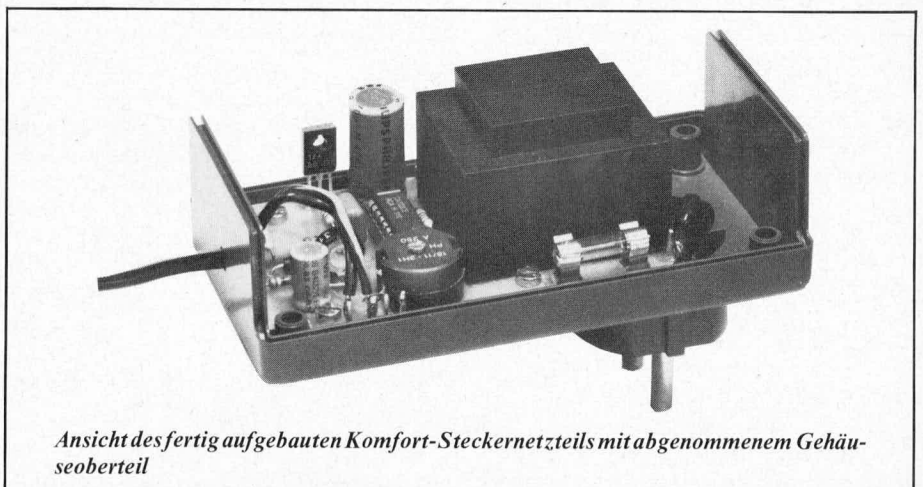
In der Zeit, in der T 1 gesperrt ist, übernimmt die Induktivität L 1 über die in ihr gespeicherte Energie den Stromfluß, der dann über D 5 fließt. Eine Induktivität ist immer bestrebt, den durch sie hindurch fließenden Strom unabhängig von der anliegenden Spannung, konstant zu halten. In den Schaltphasen von T 1 wechselt daher die Polarität an L 1, so daß D 5 leitend wird und der Stromfluß durch L 1 erhalten bleibt.

Aufgrund der extrem hohen Spannungsanstiegsgeschwindigkeit ist für D 5 eine besonders schnell schaltende Diode erforderlich, die zudem einen Strom von mindestens

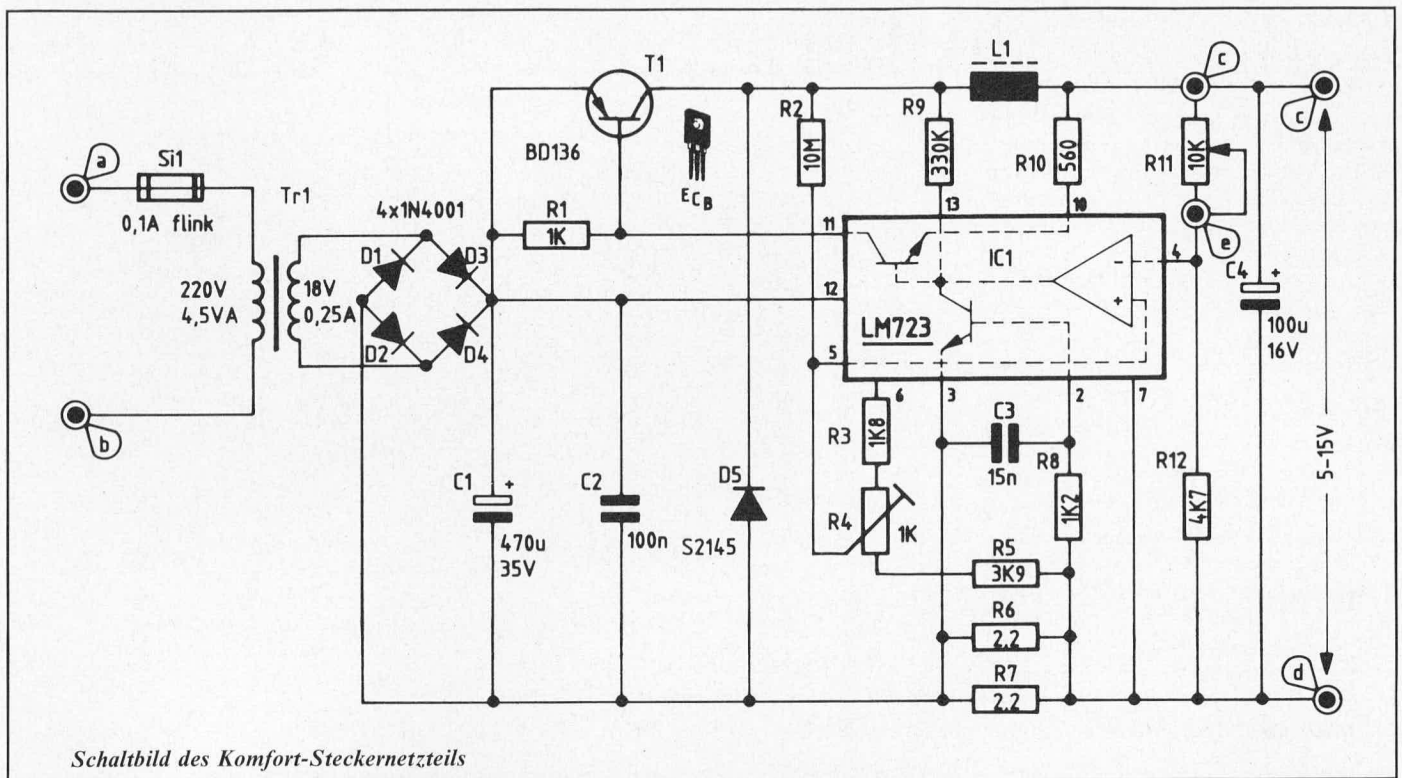
1 A verarbeiten muß. Beim Einsatz einer normalen Gleichrichterdiode, z. B. des Typs 1N4001, ist der Betrieb eines Schaltreglers nicht mehr sichergestellt.

Die zum besseren Verständnis der Schaltung erforderlichen wesentlichen, im IC 1 des Typs LM 723 enthaltenen Komponenten, sind in dem vorliegenden Schaltbild gestrichelt im IC-Kästchen eingezeichnet.

Der invertierende Eingang (-) des im IC 1 integrierten Operationsverstärkers (Pin 4) vergleicht die über den Spannungsteiler R 11/R 12 zurückgeführte Ausgangsspannung mit einer Referenzspannung die am nicht invertierenden Eingang (Pin 5) ansteht. Diese Referenzspannung wird im LM 723 erzeugt und über einen einstellbaren Spannungsteiler auf Pin 5 geführt. R 2 dient in diesem Zusammenhang zur Erzeu-



Ansicht des fertig aufgebauten Komfort-Steckernetzteiles mit abgenommenem Gehäuseteil



Schaltbild des Komfort-Steckernetzteils

gung einer geringen Hysterese, die für ein sicheres und definiertes Schaltverhalten dienlich ist. Eine entsprechende Wirkung besitzt auch der Widerstand R9.

Der Ausgang des im IC 1 integrierten Operationsverstärkers steuert dann den ebenfalls im IC 1 enthaltenen Treibertransistor an, der wiederum mit seinem Kollektor (Pin 11) auf die Basis des Schalttransistors T 1 arbeitet. Der Emittor dieses Treiber-Transistors (Pin 10) liegt über den Vorwiderstand R 10 an der Ausgangsseite der Induktivität L 1, wodurch ein sicheres Schalten von T 1 gewährleistet ist.

Ein weiterer im IC 1 integrierter Transistor dient der Begrenzung des Ausgangsstromes. Seine Basis-Emitter-Strecke (Pin 2, 3) überwacht den Ausgangs-Stromfluß in Form eines Spannungsabfalles an den beiden Parallelwiderständen R 6, R 7. R 8 und C 3 dienen in diesem Zusammenhang der Störimpulsunterdrückung.

Gleichfalls werden Störimpulse mit Hilfe von C 2 auf der Versorgungsspannung unterdrückt, während C 4 eine zusätzliche Pufferung und Glättung der Ausgangs-Gleichspannung vornimmt.

Zum Nachbau

Bis auf das Potentiometer R 11 finden sämtliche Bauelemente einschließlich des Transformators auf einer einzigen Platine Platz.

Das Einsetzen und Verlöten der Bauelemente wird anhand des Bestückungsplanes in gewohnter Weise vorgenommen, wobei als erstes die passiven und dann die aktiven Bauelemente einzusetzen sind. Der Transformator wird zweckmäßigerweise aufgrund seines Gewichtes als letztes eingesetzt, um die Handhabung der Leiterplatte nicht zu erschweren.

Als einziges, vielleicht nicht ganz so bekanntes Bauelement, soll auf die Induktivität L 1 näher eingegangen werden:

L 1 besteht aus 2 Schalenkernhälften mit einem Außendurchmesser von 18 mm und einer Gesamtbauhöhe von 11 mm. In unserem Fall haben wir den Valvo-Schalenkern des Typs P 18/11 mit einem A_L -Wert von 250 eingesetzt, bei dem ein Luftspalt zur Erzielung des gewünschten A_L -Wertes gleich eingebracht ist. Es können jedoch auch ähnliche Schalenkerne anderer Firmen eingesetzt werden.

Auf den für diesen Schalenkern-Typ vorgesehenen Wickelkörper sind jetzt 80 Windungen Kupferlackdraht mit einem Durchmesser von 0,4 mm aufzubringen. Dies entspricht einer Länge von 320 cm. Zu beachten ist, daß die Windungen sauber nebeneinander und übereinander angeordnet sind und nicht „wild“ gewickelt werden. Nur durch sorgfältiges Aufbringen der Windungen findet die volle Anzahl auf dem Spulenkörper Platz.

Nachdem das Wicklungsende mit einem dünnen Streifen Tesafilm festgeheftet wurde, können die beiden Schalenkernhälften über die Spule gestülpt werden und mit einer Schraube M 2 x 20 mm mit der Platine verschraubt werden.

Bei manchen Schalenkernhälften ist zum Einbringen eines im vorliegenden Falle nicht erforderlichen Abgleichstiftes, die Zentralbohrung zur Durchführung der Schraube M 2 x 20 mm mit Kunststoff verengt. Dieser Kunststoff kann jedoch mit einem kleinen Bohrer oder auch mit einem Schraubenzieher vorsichtig leicht entfernt werden, wobei zu beachten ist, daß keine zu großen Kräfte auf den Schalenkern ausgeübt werden dürfen, damit dieser nicht springt.

Auch beim Festziehen der Mutter auf der Platinenunterseite zur Befestigung des Schalenkernes, ist keine zu große Kraft anzuwenden, da der Schalenkern in der Mitte einen Luftspalt besitzt und somit nur wenig Widerstand einer mechanischen Belastung

entgegenzusetzen in der Lage ist bevor er springt.

Nachdem der Schalenkern auf der Platine festgeschraubt wurde, kann die Induktivität, vor dem Einlöten der beiden Anschlußdrähte in die Leiterplatte, gemessen werden, sofern ein entsprechendes Induktivitätsmeßgerät zur Verfügung steht. L 1 sollte im Bereich von 1,0 mH bis 1,5 mH liegen.

Das Potentiometer zur Einstellung der Ausgangsspannung wird direkt in das Gehäuseoberteil eingeschraubt und mit 2 flexiblen isolierten Leitungen mit den entsprechenden Punkten auf der Platine verbunden, wobei einer der beiden äußeren Anschlüsse des Potentiometers mit dem mittleren Anschluß verbunden wird. Sollte sich die Drehrichtung beim späteren Einsatz des Steckernetzgerätes als falsch erweisen, sind die beiden äußeren Anschlüsse des Potentiometers miteinander zu vertauschen, wodurch sich die Drehrichtung umkehrt.

Aufgrund des guten Wirkungsgrades und der damit verbundenen geringen Verlustleistung des gesamten Gerätes, kann auf eine Kühlung selbst des Schalttransistors verzichtet werden.

Als letztes sind die beiden Netzanschlußleitungen von den Steckeranschlußstiften zur Platine zu führen und zu verlöten, wobei diese Zuleitungen möglichst kurz gehalten werden sollten. Falls eine oder beide Zuleitungen abreißen, dürfen keine elektrisch leitende Teile der Niederspannungsseite berührt werden.

Der Ausgang des Komfort-Steckernetzteiles kann beliebig über eine 2adrige isolierte Leitung an einen passenden Stecker oder an eine Buchse angeschlossen werden, wobei auch die Möglichkeit einer Einbaubuchse (z. B. 3,5 mm Klinkenbuchse) im Gehäuse besteht.

Auf die Einhaltung der VDE-Vorschriften ist zu achten.

Einstellung

Die Einstellung der Ausgangsspannung ist mit einfachen Mitteln schnell durchgeführt.

An den Ausgang wird ein Spannungsmeßgerät angeschlossen und das Potentiometer R 11 an den rechten Anschlag (15 V) gebracht. Mit dem Trimmer R 4 kann nun die Ausgangsspannung auf einen Wert von 15,0 V eingestellt werden. Dies ist mit Hilfe des angeschlossenen Spannungsmeßinstrumentes zu überprüfen.

Probeweise sollte R 11 jetzt an den linken Anschlag gebracht werden (5 V), wobei die Ausgangsspannung nun einen Wert von 4,5 bis 5 V aufweist. Sollte die Ausgangsspannung Werte unterhalb 4,5 V annehmen, so ist in Reihe zum Widerstand R 12 ein weiterer Widerstand von 560 Ω zu schalten.

Nachdem die Platine in das entsprechende Gehäuse eingebaut und verschraubt wurde, kann nach einem abschließenden Test das Gerät seiner Bestimmung übergeben werden.

Stückliste: Steckernetzteil

Halbleiter:

IC 1	LM 723
T 1	BD 136
D 1-D 4	1N4001
D 5	1 S 2145

Kondensatoren:

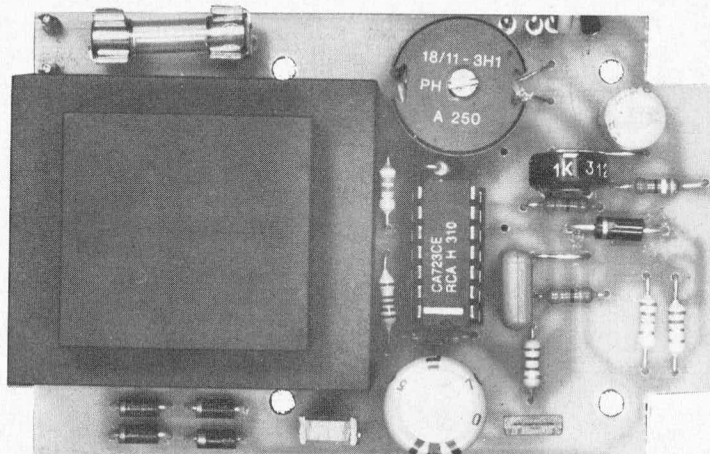
C 1	470 μ F/40 V
C 2	100 nF
C 3	15 nF
C 4	100 μ F/16 V

Widerstände:

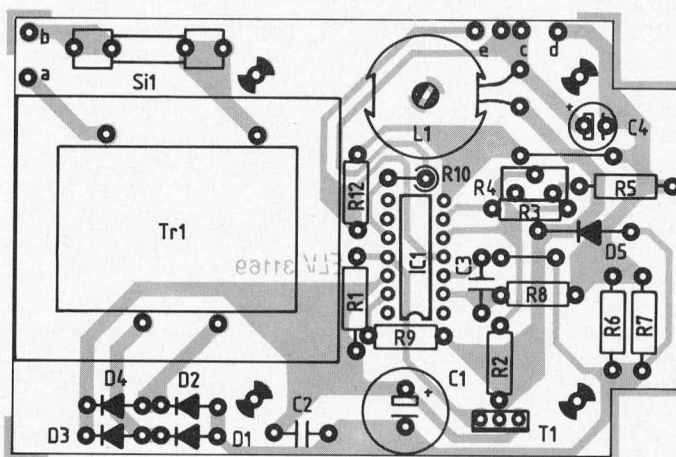
R 1	1 k Ω
R 2	10 M Ω
R 3	1,8 k Ω
R 4	1 k Ω , Trimmer, stehend
R 5	3,9 k Ω
R 6/R7	2,2 Ω
R 8	1,2 k Ω
R 9	330 k Ω
R 10	560 Ω
R 11	10 k Ω , Poti lin, 6 mm Achse
R 12	4,7 k Ω

Sonstiges:

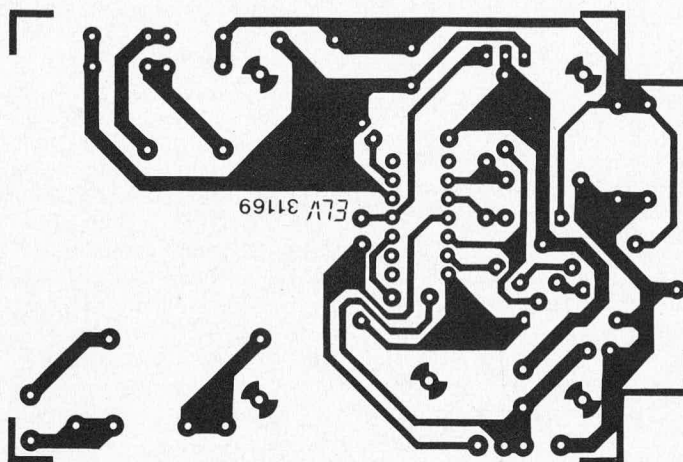
TR 1	prim.: 220 V, 4,5 VA sek.: 18 V, 0,25 A
Si 1	0,1 A, flink
L 1	Valvo Schalenkern (P 18/11, A _L 250) mit Spulenkörper
6 x	Lötnägel
1 x	Schraube M 2 x 20 mm
4 x	Schraube M 3 x 6 mm
1 x	Mutter M 2
1 x	Platinensicherungshalter
3,20 m	CuI \varnothing 0,4 mm
30 cm	flexible Leitung
5 cm	Silberdraht
1 x	Spannzangendrehknopf (\varnothing 21 mm) mit Deckel und Pfeilscheibe



Ansicht der fertig bestückten Platine des Komfort-Steckernetzteils



Bestückungsseite der Platine des Komfort-Steckernetzteils



Leiterbahnseite der Platine des Komfort-Steckernetzteils

ELV-Serie 7000

Klirrfaktor-Meßgerät KMG 7000



Mit digitaler Anzeige sowie eingebautem extrem klirrarmen Referenzoszillator

Dem zunehmenden Wunsch unserer Leser Rechnung tragend, Geräte für den Audio-Bereich zu veröffentlichen, haben wir ein Klirrfaktor-Meßgerät mit digitaler Anzeige entwickelt, das in ein Gehäuse aus der ELV-Serie 7000 eingebaut werden kann.

Besonders hervorzuheben ist der integrierte, extrem klirrarmer Signal-generator sowie die leichte Bedienbarkeit des Gerätes. Es können Klirrfaktoren bis zu 20 %, bei einer Auflösung von 0,01 % (!), gemessen werden.

Allgemeines

Eine der wichtigsten Angaben im Bereich der Audio-Technik ist die des Klirrfaktors. Sowohl bei der Klassifikation von NF-Verstärkern oder -Generatoren als auch beim Service, bei der Fertigung oder gar Neuentwicklung, stellt er ein wesentliches Kriterium dar. Selbstverständlich spielen die Bandbreite und bei Endverstärkern die Ausgangsleistung gleichfalls eine bedeutende Rolle, doch ist der Klirrfaktor zur Beschreibung eines Gerätes für den Audio-Bereich unentbehrlich.

Daneben gibt es auch noch ergänzende Meßverfahren, z. B. für Intermodulations-Verzerrungen, die jedoch mehr einen ergänzenden Charakter aufweisen und die Klirrfaktormessung als solche immer einen dominierenden Stellenwert besitzen wird.

Die Angabe des Klirrfaktors kann nun für verschiedene Frequenzen vorgenommen werden. Als besonders charakteristisch hat sich hierbei die Messung des Klirrfaktors bei 1000 Hz herauskristallisiert, so daß im allgemeinen diese Angabe für sich allein betrachtet schon eine gute Beschreibung der in einer Audio-Anlage auftretenden Verzerrungen darstellt. Liegt der Klirrfaktor bei dieser Frequenz, die im mittleren Hörbereich angesiedelt ist, bei den gewünschten bzw. erwarteten Werten, so kann man im allgemeinen davon ausgehen, daß sich die Werte bei anderen Frequenzen nicht nennenswert ändern.

Die sehr wichtigen Einstellarbeiten an Übertragungsanlagen hinsichtlich der Arbeitspunkte ist durch die Messung des Klirrfaktors möglich, wobei auch hier die Messung bei 1 kHz im allgemeinen vollkommen ausreicht.

Definition des Klirrfaktors

Gibt man einen vollkommen reinen Sinuston, der den Klirrfaktor 0 besitzt, auf einen Verstärker, so erscheint am Ausgang dieser Sinuston in seiner reinen Form und zusätzlich Verzerrungsprodukte, die dem Grundton überlagert sind. Die Frequenzen dieser Verzerrungen können nur ganzzahlige Vielfache der Grundfrequenz, also der Frequenz des am Eingang anliegenden reinen Sinustones sein. Beträgt die Frequenz der Grundwelle (Grundton) 1000 Hz, so ist die niedrigste Frequenz eines Verzerrungsproduktes, das der Grundwelle überlagert ist,

2000 Hz, die nächsthöhere Frequenz 3000 Hz usw.

Die Definition des Klirrfaktors lautet wie folgt:

$$K_{ges} = \frac{\text{Effektivwert der gesamten Kurvenform ohne die Grundwelle}}{\text{Effektivwert der gesamten Kurvenform einschließlich Grundwelle}} = \text{Gesamtklirrfaktor}$$

Zusätzlich zum Gesamtklirrfaktor können darüber hinaus die einzelnen Bestandteile separat aufgeführt werden, d. h., es kann der Anteil der ersten Oberwelle z. B. 2000 Hz, der zweiten Oberwelle (3000 Hz) usw. angegeben werden. Da dies jedoch nur in seltenen, besonderen Fällen gewünscht wird, haben wir uns auf die Messung des Gesamtklirrfaktors konzentriert, da diesem die Hauptaussagekraft beigemessen werden kann.

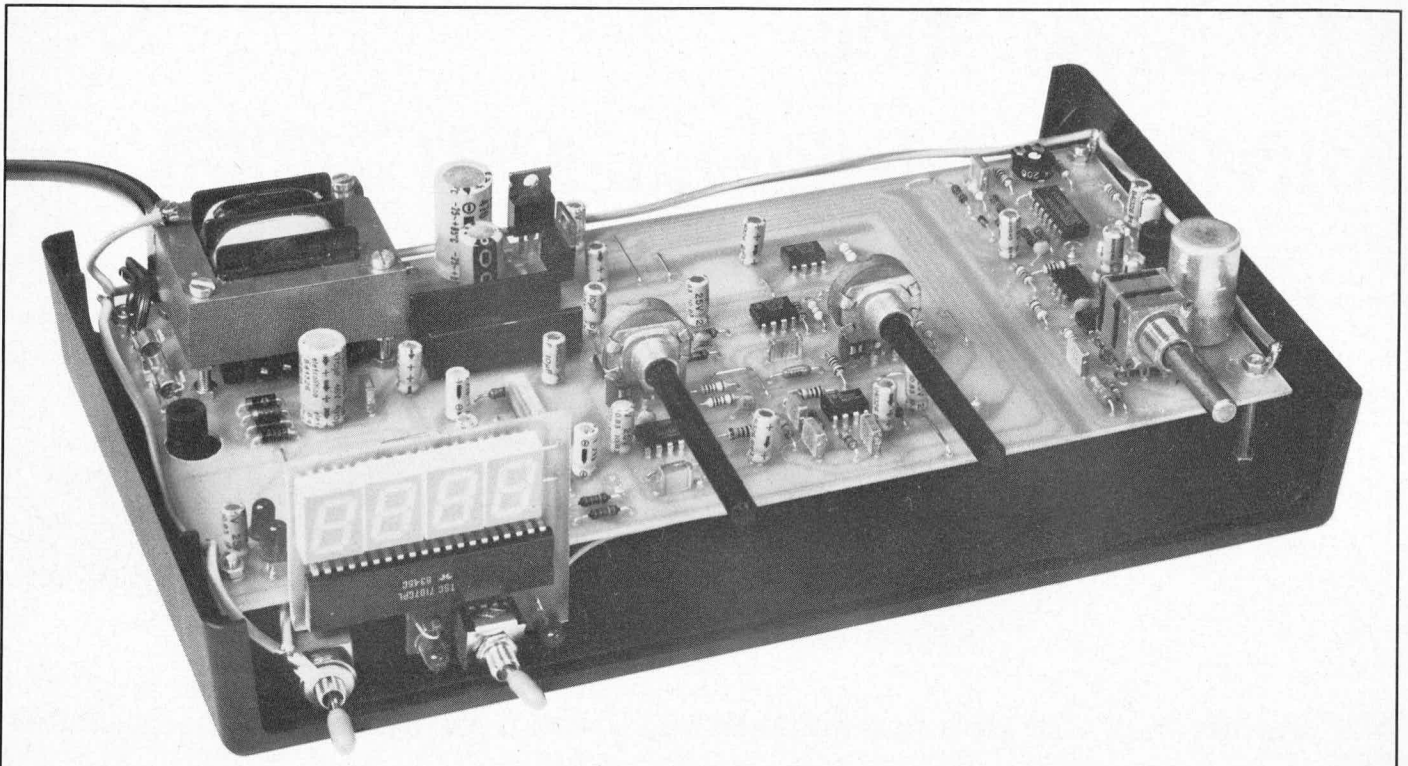
Technische Daten des ELV Klirrfaktor-Meßgerätes KMG 7000

Klirrfaktormesser:

Klirrfaktor-Meßbereich:	0-20,00 %
Auflösung:	0,01 %
Genauigkeit:	ca. ± 5 % (typ. 3 %)
Verstärkungsmessung:	-20 dB bis +6 dB

Referenzoszillator:

Ausgangsamplitude:	2,000 V _{SS} = 0,707 V _{eff}
Klirrfaktor:	0,005 % typ. (!)
Mittenfrequenz:	1000 Hz, ± 5 %
Frequenzeinstellbereich:	± 1 %
Mittenfrequenzübereinstimmung Oszillator-Filter	± 0,5 %



Ansicht des in die untere Gehäusehalbschale eingebauten ELV Klirrfaktor-Meßgerätes KMG 7000

Bedienung und Funktion

Die von dem ELV-Klirrfaktor-Meßgerät zu verarbeitenden Eingangsspannungen, können im Bereich von $0,2 V_{SS}$, entsprechend $70 \text{ mV}_{\text{eff}}$, bis hinauf zu $4 V_{SS}$, entsprechend $1,4 V_{\text{eff}}$, liegen.

Für Messungen an Verstärkern besitzt das ELV-Klirrfaktormeßgerät KMG 7000 einen extrem klirrarmen eingebauten 1 kHz -Signalgenerator, der die normgerechte Ausgangsspannung von $707 \text{ mV}_{\text{eff}}$, entsprechend $2,000 V_{SS}$, abgibt.

Diese Spannung wird auf den Eingang des zu prüfenden Verstärkers gegeben. Der Ausgang dieses Verstärkers wird wiederum auf den Eingang des Klirrfaktor-Meßgerätes geleitet.

Da die Massen des Referenzoszillators und der eigentlichen Klirrfaktor-Meßschaltung identisch und innerhalb des Gerätes miteinander verbunden sind, ist besonders darauf zu achten, daß keine Verpolung beim Anschluß an den zu testenden Verstärker stattfindet. Die Masse des Referenzoszillators ist mit der Masse des Verstärkers zu verbinden, während gleichfalls eine Verbindung von der Masse des Verstärkers zu Eingangsmasse der Klirrfaktor-Meßschaltung erfolgen muß. Durch Vertauschen von zwei Leitungen ergibt sich ein Kurzschluß des Referenzoszillators, wodurch eine Messung nicht mehr möglich ist.

Den auf der Frontplatte angeordneten Kippschalter S 2 bringt man in Stellung „100,0 %“.

Mit dem der Verstärkungseinstellung dienenden, auf der Frontplatte links angeordneten Potentiometer R 27, stellt man jetzt auf der Anzeige möglichst genau den Wert „100,0 %“ ein. Abweichungen von ± 10 Digit, entsprechend 1 %, liegen im Bereich der zulässigen Toleranz.

Auf der Skala des Potentiometers R 27 kann jetzt die Verstärkung des zu überprüfenden Verstärkers abgelesen werden.

Sollte die Verstärkung des zu testenden Verstärkers über 20 dB liegen, ist eine zusätzliche Abschwächung vom Ausgangssignal des Referenzoszillators erforderlich. Dies kann auf einfache Weise um weitere 20 dB nach Bild 1a bzw. um 40 dB nach Bild 1b vorgenommen werden. In diesem Fall kann der abgelesene Verstärkungsfaktor auf der Skala des linken Potentiometers nicht direkt verwendet werden, sondern es sind jeweils 20 dB bzw. 40 dB zu addieren. Stünde das Poti z. B. ganz am linken Anschlag (20 dB), würde die Verstärkung des zu testenden Verstärkers unter Verwendung von Schaltung 1a 40 dB und unter Verwendung von Schaltung 1b 60 dB betragen.

Jetzt bringt man den Kippschalter S 2 in Stellung „0–20 %“.

Durch langsames und gefühlvolles abwechselndes Verdrehen des mittleren und rechten Potentiometers, ist nun der auf der digitalen Anzeige erscheinende Wert auf sein Minimum zu bringen (kleinstmöglicher Wert).

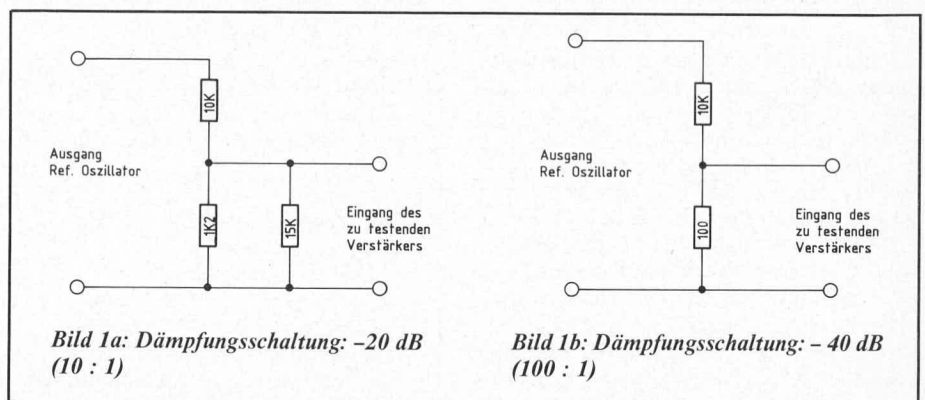
Dieser Wert stellt den Klirrfaktor des zu überprüfenden Verstärkers mit einer Auflösung von 0,01 % (!) dar.

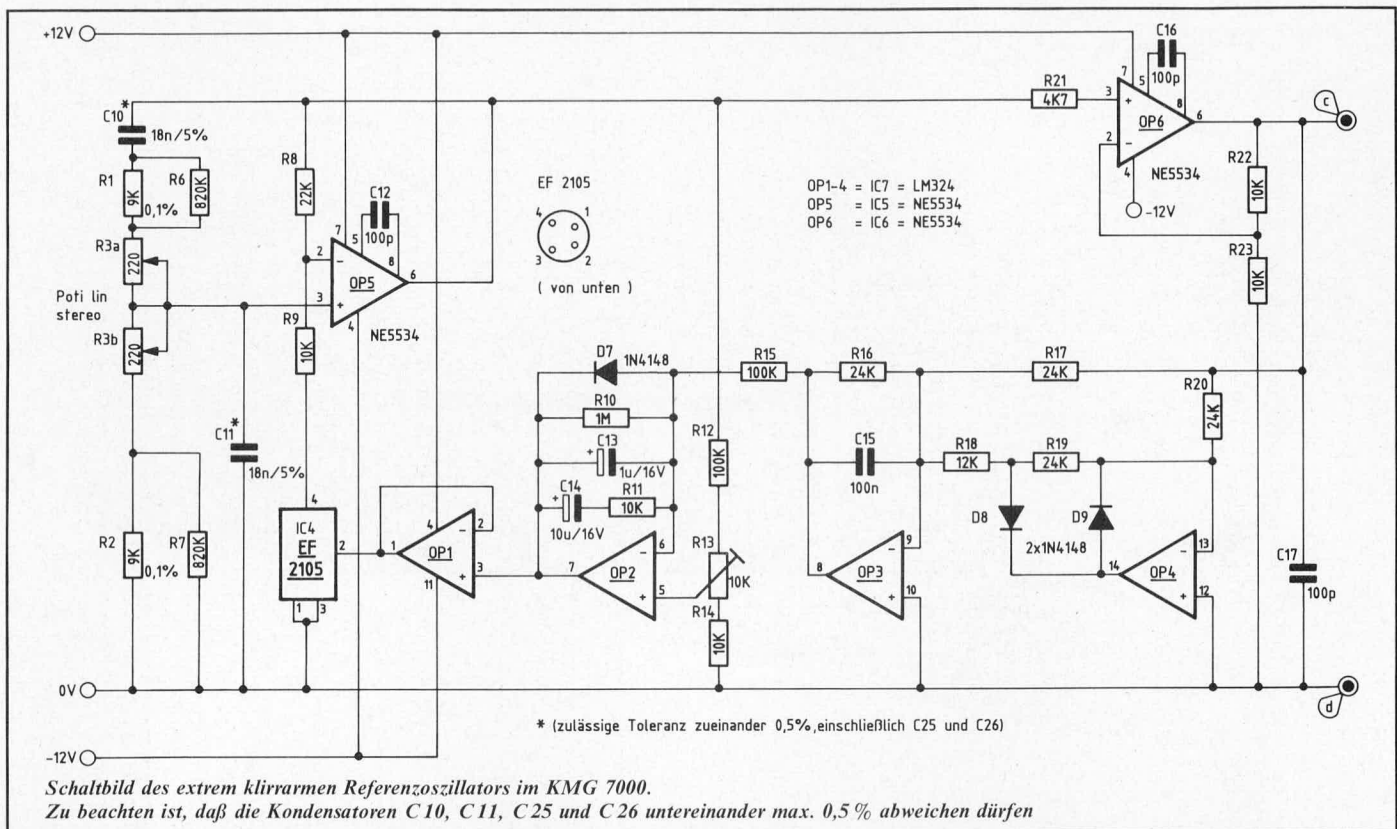
Der technische Zusammenhang, warum dieser Wert den Klirrfaktor darstellt, soll im folgenden erläutert werden:

Mit der Verstärkungseinstellung am linken Poti R 27, wurde auf der Anzeige der Bezugswert von „100,0 %“ eingestellt, auf den sich auch die daran anschließende Klirrfaktormessung bezieht.

Durch die Umschaltung des Kippschalters S 2 wurde ein besonders hochwertiger aktiver Filter in den Meßkreis eingeschaltet. Dieser Filter dient der vollständigen Unterdrückung der Grundwelle von 1000 Hz . Zur Anzeige kommen also lediglich die Verzerrungsprodukte ohne Grundwelle, deren Anzeige direkt in „%“ erfolgt.

Damit eine Auflösung von 0,01 % erreicht werden kann, ist eine sehr hohe Qualität des verwendeten Sperrfilters erforderlich. Die Unterdrückung der Grundwelle muß bei mindestens 80 dB, entsprechend 10 000fach, liegen. Darüber hinaus darf die erste Oberwelle bei 2 kHz nicht mehr nennenswert abgeschwächt werden, woraus eine Güte von





ca. 3 resultiert. Vorgenannte Forderungen werden zweckmäßigerweise durch den Einsatz von hochwertigsten aktiven Filtern erfüllt.

Beim Aufbau entsprechender Filter ist besonders großer Wert auf eine enge Toleranz der frequenzbestimmenden Bauelemente zu legen. Je enger die Bauteile toleriert sind, desto einfacher ist der Abgleich mit dem Filter-Poti (mittleres Einstellpotentiometer).

Auf eine Feinabstimmung des Filters kann grundsätzlich nie ganz verzichtet werden, da eine sehr hohe Dämpfung der Grundwelle gefordert wird und auch eng tolerierte Bauelemente Abweichungen besitzen, seien sie auch noch so gering. Dies auszugleichen ist die Aufgabe des Potentiometers R 42, das auf der Frontplatte in der Mitte angeordnet ist.

Geringe Abweichungen sowohl der Filterfrequenz als auch des 1 kHz-Referenzoszillators werden durch das rechts auf der Frontplatte angeordnete Frequenz-Fein-Einstellpoti ausgeglichen.

Wie man aus vorstehender Beschreibung ersehen kann, ist es erforderlich, mit 2 Potentiometern sowohl die Oszillatorfrequenz als auch das eingebaute Sperrfilter so einzustellen, daß sich eine optimale Unterdrückung der Grundwelle ergibt und auf der digitalen Anzeige lediglich noch der Wert der Verzerrungsprodukte erscheint, wie dies auch per Definition des Klirrfaktors erforderlich ist.

Zu Kontrollzwecken kann der Kippschalter S 2 noch einmal in Stellung „100,0%“ gebracht werden, um zu sehen, ob sich dieser Wert nicht nennenswert geändert hat. Ggf. ist die Messung noch einmal zu wiederholen.

Auf eine Besonderheit bei dem hier vorliegenden ELV-Klirrfaktor-Meßgerät wollen wir an dieser Stelle noch hinweisen:

Bei Klirrfaktormessungen hat ein evtl. vorhandener Brumm-Anteil u. U. störenden Einfluß, d. h., er kann einen zu hohen Klirrfaktor vortäuschen. Besonders bei sehr geringen Klirrfaktoren können hier vollkommen falsche Werte angezeigt werden.

Die im ELV Labor entwickelte Schaltung besitzt daher einen zusätzlichen Hochpaß, der sämtliche Frequenzen unterhalb der Grundwelle stark abschwächt. Brummeinstreuungen im Bereich von 50 und 100 Hz werden um ca. 20 dB gedämpft. Ihr Einfluß ist daher praktisch ausgeschlossen.

Damit eine hohe Güte und Flankensteilheit des Hochpasses erreicht werden konnte, wurde auch hier ein aktiver Filter eingesetzt.

Zur Sichtbarmachung der Verzerrungsprodukte besitzt das ELV-Klirrfaktor-Meßgerät KMG 7000 zusätzlich einen Ausgang zum Anschluß eines Oszilloskopes. Durch die Sichtbarmachung der Verzerrungsprodukte auf dem Bildschirm, kann auch die Einstellung des mittleren und rechten Potentiometers einfacher werden, da man jede Reaktion bei der Einstellung des minimalen Wertes direkt auf dem Bildschirm verfolgen kann.

Zur Schaltung

Bei der Beschreibung der Schaltung des Klirrfaktor-Meßgerätes KMG 7000 beginnen wir zweckmäßigerweise bei der Erzeugung des klirrfarmen 1 kHz-Sinustones.

Als Oszillator dient eine Wien-Robinson-Brücke, in Verbindung mit dem OP 5. Die Brücke selbst besteht aus den beiden Kondensatoren C 10 und C 11, die möglichst gut übereinstimmen sollten, sowie aus den Widerständen R 1 bis R 9.

Da ein Wien-Robinson-Oszillator nicht selbst stabilisierend ist, muß die Ausgangsamplitude ständig überwacht und in Form

einer Verstärkungsregelung auf einen Brückenast des Oszillators zurückgeführt werden.

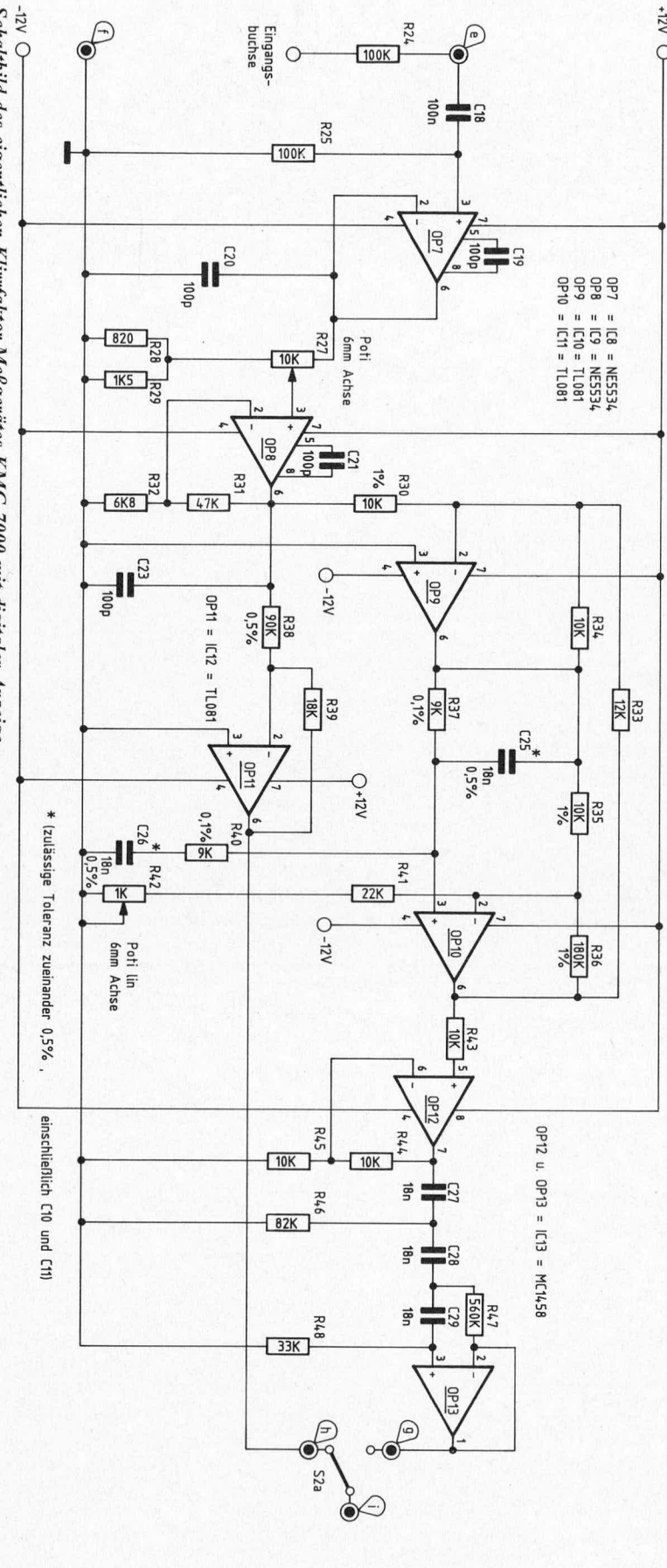
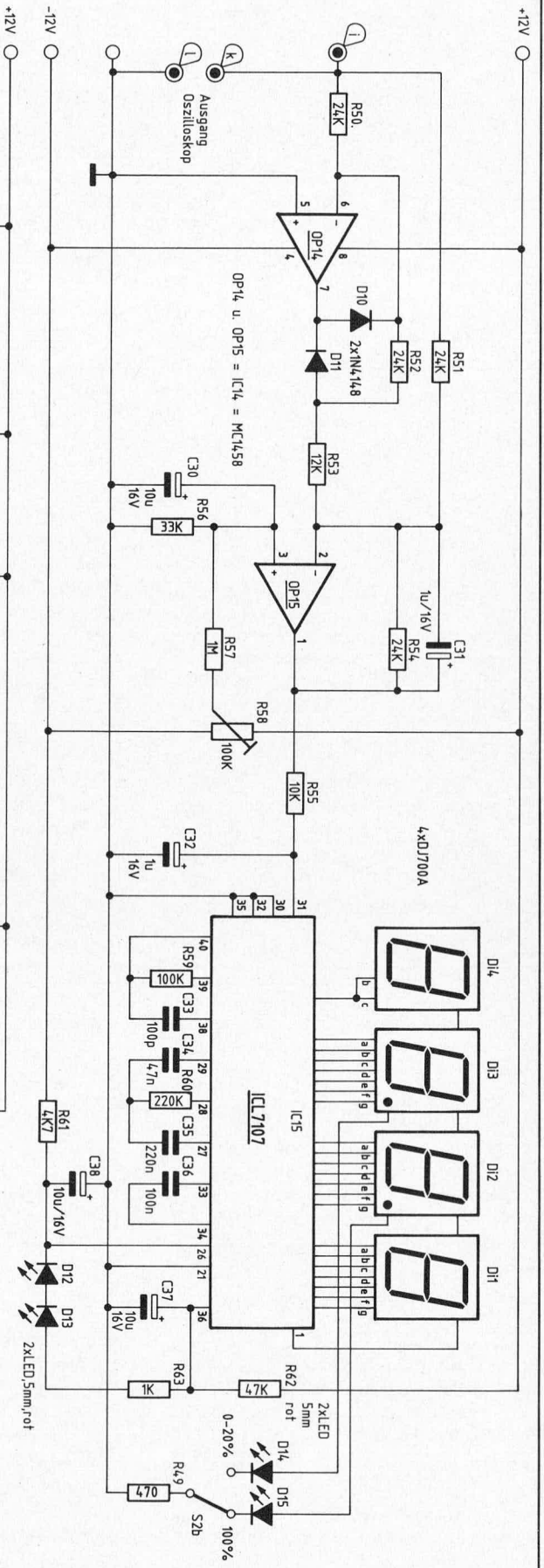
Der Klirrfaktor des Oszillators ist in erheblichem Maße von dieser Rückführung abhängig. Als nahezu ideales Bauelement zur Steuerung eines Brückenastes des Wien-Robinson-Oszillators, hat sich der Effektivwertwandler des Typs EF 2105 bestens bewährt, der den regelmäßigen ELV-Lesern sicherlich aus den Wechselrichter-Schaltungen bekannt ist. Im hier vorliegenden Fall läßt sich der Klirrfaktor in nahezu idealer Weise minimieren.

Eine Regelung und damit eine Stabilisierung des Oszillators kommt dadurch zustande, daß die Ausgangsamplitude, die über OP 6 gepuffert wird, mit Hilfe der OP's 3 und 4 abgefragt und gleichgerichtet wird. Der nachfolgende OP 2 mit nachgeschaltetem Pufferverstärker OP 1, dient dem Vergleich der Amplitude mit einem Referenzwert, der mit R 13 einzustellen ist. Gleichzeitig findet eine Integration statt, so daß der Ausgang des OP 1 den Eingangskreis des EF 2105 derart ansteuert, daß sich eine Amplitudenstabilisierung der Ausgangsspannung ergibt.

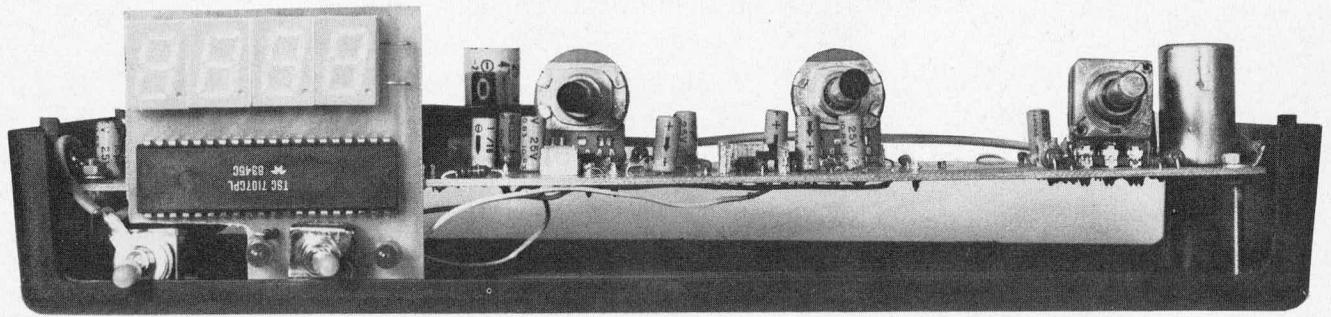
Aufgrund der besonders präzisen Regelung wird die Ausgangsamplitude unabhängig von Temperatur- und Lastschwankungen auf wenige mV konstant gehalten.

Mit Hilfe des Tandem-Potentiometers R 3 kann die Frequenz des Oszillators um +/- 1% variiert werden, um sie auf den im Klirrfaktor-Meßgerät enthaltenen Sperrfilter optimal einzustellen.

In diesem Zusammenhang ist es wichtig darauf hinzuweisen, daß ein möglichst guter Gleichlauf der beiden Schleifer des Stereo-Potentiometers gewährleistet sein muß (möglichst besser 1 dB).



Schaltbild des eigentlichen Klirrfaktor-Meßgerätes KMG 7000 mit digitaler Anzeige



Frontansicht des ELV-Klirrfaktor-Meßgerätes KMG 7000 ohne Frontplatte mit abgenommener Gehäuseoberschale

Kommen wir nun zur Beschreibung des eigentlichen Klirrfaktor-Meßgerätes.

Die beiden Operationsverstärker OP7 und OP8 nehmen eine Grundverstärkung des Eingangssignales vor, so daß ein ausreichender Einstellbereich für das der Verstärkungseinstellung dienende Poti R27 vorhanden ist.

Am Ausgang des OP8 (Pin 6) steht nach korrekter Einstellung von R27 ein Pegel von $4,000 V_{SS}$, entsprechend $1,414 V_{eff}$, an.

Mit dem invertierenden OP11 wird dieser Pegel um den Faktor 5 geschwächt und gelangt dann über den Schalter S2a auf das eigentliche Meßgerät, bestehend aus dem Meßgleichrichter (OP14 und OP15 mit Zusatzbeschaltung) sowie dem A/D-Wandlerbaustein ICL7107 mit Digital-Anzeige.

Befindet sich der Schalter S2a in der unteren Stellung, d. h. am Ausgang des OP11 (Pin 6), so zeigt die Digital-Anzeige einen Wert von „100,0 %“, wenn das Poti R27 korrekt eingestellt ist und am Ausgang von OP8 (Pin 6) die weiter vorstehend erwähnte Spannung von $4 V_{SS}$ ansteht.

Wird der Schalter S2a in die andere Lage gebracht, so daß er am Ausgang von OP13 (Pin 1) liegt, erscheint auf der Anzeige bei korrekter Einstellung der Potis R3 (Frequenz) und R42 (Filter) der Klirrfaktor, d. h., der Wert der Verzerrungsprodukte.

Hierzu durchläuft das am Ausgang von OP8 (Pin 6) anstehende Signal den Sperrfilter, bestehend aus OP9 und OP10, die in Verbindung mit der Zusatzbeschaltung einen Wien-Robinson-Filter darstellen. Der Filterfeinabgleich erfolgt mit dem Poti R42. Durch dieses Poti können geringe Toleranzen der frequenzbestimmenden Bauelemente R37, R40, C25, C26 ausgeglichen werden. Die an diesen Bauelementen angegebenen Toleranzen sollten jedoch sorgfältig eingehalten werden, wobei besonders die Übereinstimmung von C25 und C26 wichtig ist.

Am Ausgang des OP10 (Pin 6) steht nun das von der Grundwelle befreite Eingangssignal an. Mit OP12 erfolgt eine weitere Verstärkung um den Faktor 2.

Wie bereits weiter vorstehend erläutert, ist es sinnvoll, evtl. störende Brummanteile aus dem Eingangssignal heraus zu filtern. Dies geschieht mit einem steilflankigen, aktiven

Hochpaß, der mit OP13 und Zusatzbeschaltung (C27 bis C29 sowie R46 bis R48) aufgebaut wurde. Am Ausgang von OP13 (Pin 1) stehen dann die reinen Verzerrungsprodukte als Maß für den Klirrfaktor zur Verfügung.

Damit die eigentliche Klirrfaktormessung um den Faktor 10 empfindlicher und in ihrer Auflösung besser ist als die Einstellung des Grundwertes von „100,0 %“, müssen sich die beiden Signalzweige entsprechend unterscheiden. Dies wird dadurch erreicht, indem der OP12 im Signalzweig zur Klirrfaktormessung eine zusätzliche Verstärkung von 2 aufweist, während in dem anderen Signalzweig der OP11 eine Abschwächung um den Faktor 5 vornimmt, wodurch sich der Unterschied um den Faktor 10 ergibt.

Der Mittelpunkt des Kippschalters S2a wird auf den Eingang des Vollwellenmeßgleichrichters, bestehend aus OP14 und OP15 mit Zusatzbeschaltung, geführt. Der Ausgang von OP15 steuert über R55 den A/D-Wandlerbaustein des Typs ICL7107 so an, daß sich auf der digitalen Anzeige in Verbindung mit der an Pin 36 anliegenden Referenzspannung der direkte Wert des Klirrfaktors in Prozenten ablesen läßt. Auf die Funktionsweise des ICL7107, der von

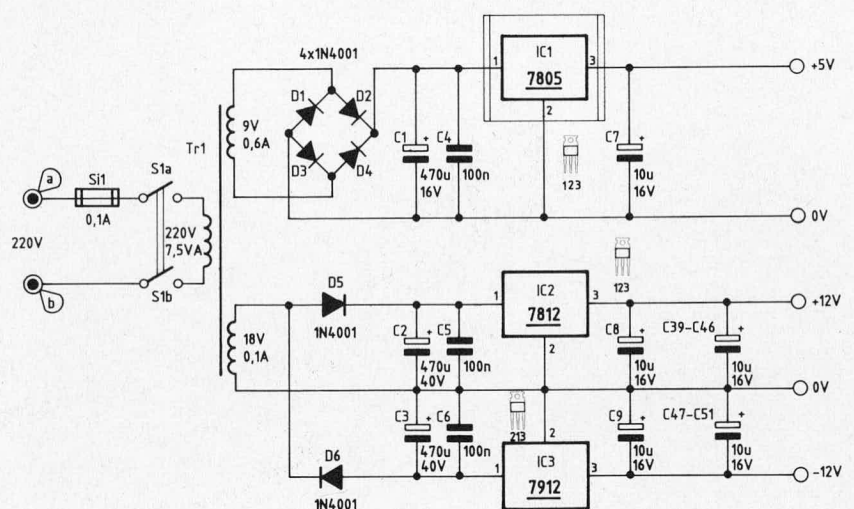
uns bereits häufiger eingesetzt wurde, soll an dieser Stelle verzichtet werden.

Der Trimmer R58 dient der Offset-Spannungs-Kompensation der OP's 13 bis 15, d. h., zur Nullpunkteinstellung. Diese ist jedoch nur einmalig vorzunehmen.

Die Versorgung des A/D-Wandlers und der digitalen Anzeige erfolgt über den 5 V-Festspannungsregler IC1, während die eigentliche Stromversorgung sowohl des Referenzoszillators als auch der übrigen Meßelektronik mit Hilfe eines +12 V und eines -12 V Festspannungsreglers vorgenommen wird.

Abschließend ist noch anzumerken, daß alle Operationsverstärker, die das zu messende NF-Signal vor und während der eigentlichen Filterung verarbeiten, extrem klirrfreie Typen sein sollten, damit das Meßergebnis nicht durch den Eigenklirrfaktor der Schaltung verfälscht wird.

Darüber hinaus kommt der Ausführung des Platinenlayouts besondere Bedeutung zu, damit die erforderliche Grundwellendämpfung von über 80 dB erreicht werden kann und nicht etwa Einstreuungen und Übersprechen die guten Filtereigenschaften vermindern. Dies ist bei dem vorliegenden Layout jedoch in bester Weise gelöst worden.



Netzteil des ELV-Klirrfaktor-Meßgerätes KMG 7000

Stückliste: KMG 7000

Halbleiter:

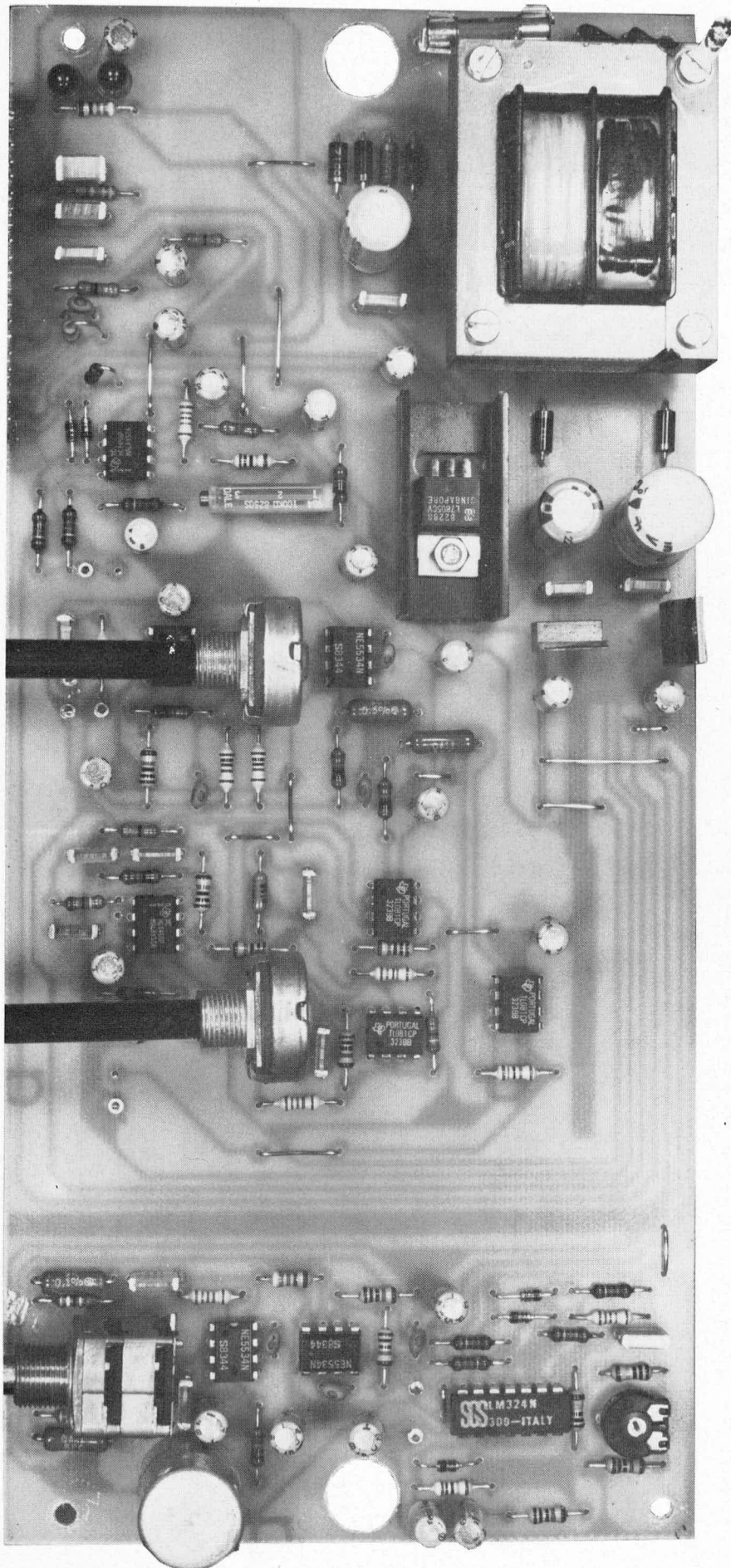
IC 1	.....	7805
IC 2	.....	7812
IC 3	.....	7912
IC 4	.....	EF 2105
IC 5, IC 6	.....	NE 5534
IC 7	.....	LM 324
IC 8, IC 9	.....	NE 5534
IC 10-IC 12	.....	TL 081
IC 13, IC 14	.....	MC 1458
IC 15	.....	ICL 7107
D 1-D 6	.....	1N4001
D 7-D 11	.....	1N4148
D 12-D 15	.....	LED, rot, 5 mm
Di 1-Di 4	.....	DJ700A

Kondensatoren:

C 1	.....	470 μ F/16 V
C 2, C 3	.....	470 μ F/40 V
C 4-C 6	.....	100 nF
C 7-C 9	.....	10 μ F/16 V
*C 10, *C 11	.....	18 nF, 5%
C 12	.....	100 pF
C 13	.....	1 μ F/16 V
C 14	.....	10 μ F/16 V
C 15	.....	100 nF
C 16, C 17	.....	100 pF
C 18	.....	100 nF
C 19-C 21	.....	100 pF
C 23	.....	100 pF
*C 25, *C 26	.....	18 nF, 5%
C 27-C 29	.....	18 nF
C 30	.....	10 μ F/16 V
C 31, C 32	.....	1 μ F/16 V
C 33	.....	100 pF
C 34	.....	47 nF
C 35	.....	220 nF
C 36	.....	100 nF
C 37-C 51	.....	10 μ F/16 V

Widerstände:

R 1, R 2	.....	9 k, 0,1%
R 3	.....	220 Ω , Tandempoti
R 6, R 7	.....	820 k Ω
R 8	.....	22 k Ω
R 9	.....	10 k Ω
R 10	.....	1 M Ω
R 11	.....	10 k Ω
R 12	.....	100 k Ω
R 13	.....	10 k Ω , Trimmer, liegend
R 14	.....	10 k Ω
R 15	.....	100 k Ω



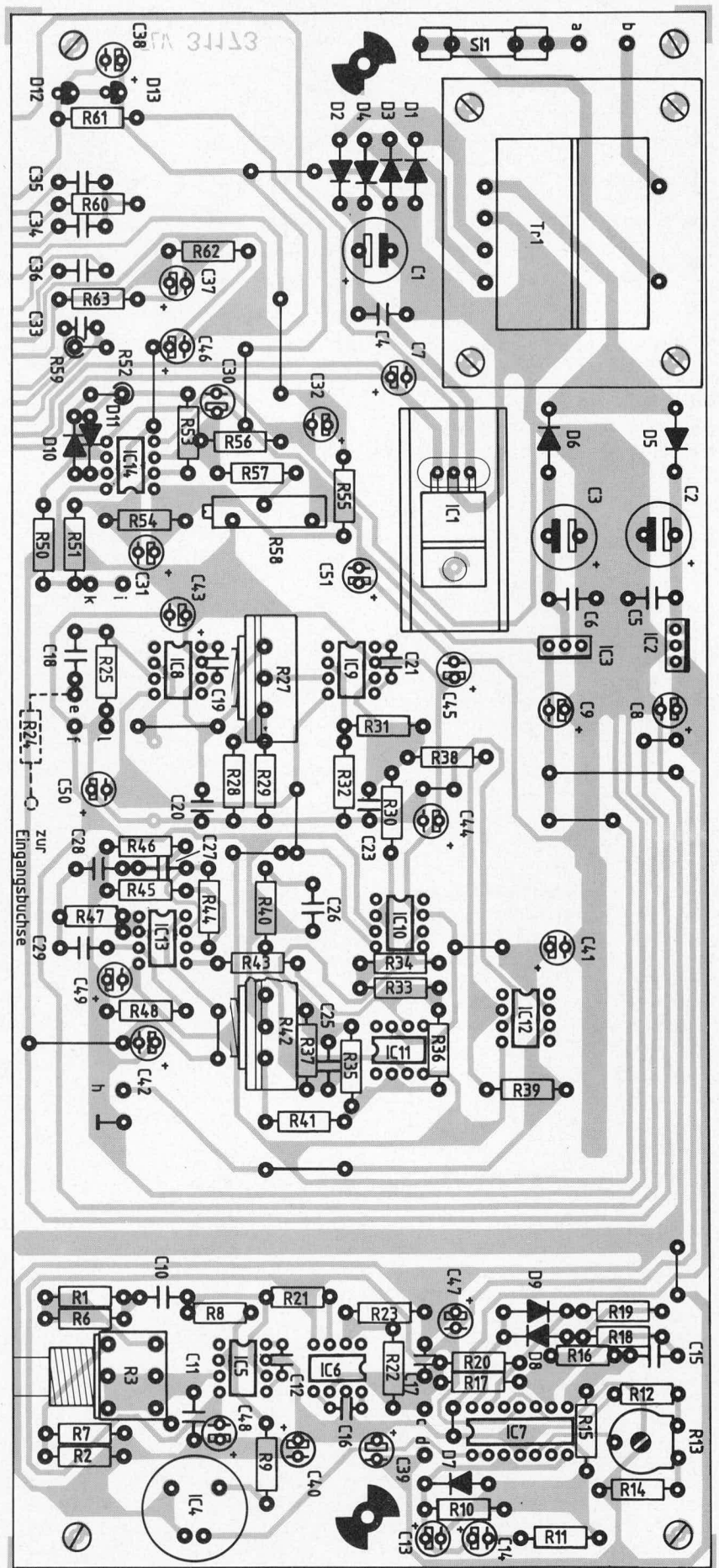
Ansicht der fertig bestückten Basisplatine des ELV-Klirrfaktor-Meßgerätes KMG 7000

R 16, R 17, R 19, R 20	.....	24 k Ω
R 18	.....	12 k Ω
R 21	.....	4,7 k Ω
R 22, R 23	.....	10 k Ω
R 24, R 25	.....	100 k Ω
R 27	.....	10 k Ω , Poti, lin, 6 mm Achse
R 28,	.....	820 Ω
R 29	.....	1,5 k Ω
R 30	.....	10 k Ω
R 31	.....	47 k Ω
R 32	.....	6,8 k Ω
R 33	.....	12 k Ω
R 34, R 35	.....	10 k Ω
R 36	.....	180 k Ω , 1 %
R 37	.....	9 k Ω , 0,1 %
R 38	.....	90 k Ω , 0,5 %
R 39	.....	18 k Ω
R 40	.....	9 k Ω , 0,1 %
R 41	.....	22 k Ω
R 42	.....	1 k Ω , Poti, lin, 6 mm Achse
R 43	.....	10 k Ω
R 44, R 45	.....	10 k Ω
R 46	.....	82 k Ω
R 47	.....	560 k Ω
R 48	.....	33 k Ω
R 49	.....	470 Ω
R 50-R 52, R 54	.....	24 k Ω
R 53	.....	12 k Ω
R 55	.....	10 k Ω
R 56	.....	33 k Ω
R 57	.....	1 M Ω
R 58	.....	100 k Ω , Spindeltrimmer
R 59	.....	100 k Ω
R 60	.....	220 k Ω
R 61	.....	4,7 k Ω
R 62	.....	47 k Ω
R 63	.....	1 k Ω

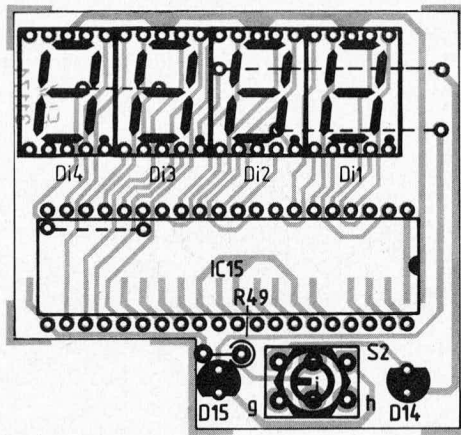
Sonstiges:

- Tr 1 prim.: 220 V, 7,5 VA
- sek.: 18 V, 0,1 A
- 9 V, 0,6 A
- Si 1 0,1 A
- S1, S2 Schalter, 2 x um
- 1 Platinensicherungshalter
- 1 Kühlkörper SK 13
- 1 Schraube M 3 x 10 mm
- 4 Schrauben M 4 x 30 mm
- 4 Schrauben M 3 x 30 mm
- 13 Muttern M 4
- 1 Mutter M 3
- 4 Lötösen 4,2 mm
- 2 Lötösen 6,2 mm
- 8 Lötstäbe
- 60 cm flexible Leitung
- 20 cm Silberdraht

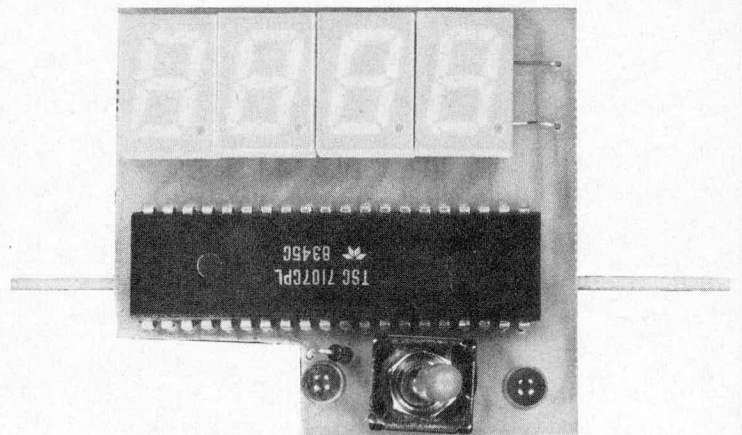
* Abweichung vom Nennwert $\pm 5\%$
 Abweichung untereinander max.
 $\pm 0,5\%$



Bestückungsseite der Basisplatte des ELV-Klirrfaktor-Meßgerät KMG 7000



Bestückungsseite der Anzeigenplatine des ELV-Klirrfaktor-Meßgerätes KMG 7000



Ansicht der fertig bestückten Anzeigenplatine des ELV-Klirrfaktor-Meßgerätes KMG 7000

Zum Nachbau

Die ausgezeichneten Meßdaten des ELV Klirrfaktor-Meßgerätes KMG 7000 lassen sich nur unter Verwendung qualitativ hochwertiger, eng tolerierter Bauelemente in Verbindung mit einer optimalen Leiterbahnführung realisieren. Um so wichtiger ist es, daß keine wichtigen Signalwege über lange flexible Leitungen geführt werden brauchen.

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 19 mm unterhalb der Basisplatinenunterseite hervorsteht.

In die untere Gehäusehalbschale sind jetzt 4 Bohrungen mit einem Durchmesser von 4 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 4 x 30 mm durch den Gehäuseboden 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 Bohrungen für die drei Potentiometer 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 Potiachsen geschoben wurde.

Abschließend sind die Eingangs- und Ausgangsbuchsen sowie der Kippschalter S 2 mit flexiblen isolierten Leitungen mit den entsprechenden Anschlußpunkten auf der Basisplatine zu verbinden, wobei als Besonderheit der nicht auf der Platine befindliche Widerstand R 24 die Verbindung zwischen Punkt „e“ der Basisplatine und der linken Eingangsbuchse darstellt.

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 dem Netztrafo angeordneten Anschlußpunkten.

Sämtliche von außen berührbaren leitenden Metallteile, wie Kippschalterhülse und Befestigungsschrauben am Gehäuseboden, sind mit dem Schutzleiter der Netzzuleitung zu verbinden. Hierzu sind entsprechende flexible isolierte Leitungen mit einem Querschnitt von mindestens 0,75 mm² an die vorher an Schrauben und Kippschaltern befestigten Lötösen anzulöten.

Auf die Einhaltung der VDE-Vorschriften ist zu achten.

Einstellung und Inbetriebnahme

Zur Kalibrierung des KMG 7000 sind keine besonderen Hilfsmittel und Meßgeräte erforderlich.

Zweckmäßigerweise mißt man direkt nach dem Einschalten die einzelnen Versorgungsspannungen. Hierzu ist der Minusanschluß eines Spannungsmeßgerätes mit der Schaltungsmasse zu verbinden, während mit der Plusklemme nachfolgende Messungen durchgeführt werden sollten:

1. Am Ausgang des IC 1, d. h. an der Plusseite des Kondensators C 7, ist eine Spannung zwischen 4,5 und 5,5 V zu messen. Die gleiche Spannung muß ebenfalls an Pin 1 des IC 15 liegen.
2. Am Ausgang des IC 2 an der Plusseite des Kondensators C 8 muß eine Spannung anliegen, die sich möglichst im Bereich zwischen 11,5 und 12,5 V bewegen sollte. Werte zwischen 11,0 und 13,0 V sind noch zulässig, gehen jedoch schon zu Lasten der Anzeigegenauigkeit des KMG 7000. Bei größeren Abweichungen liegt entweder ein Defekt in der Schaltung vor (Lötfehler oder defektes

Bauteil) oder aber der Spannungsregler bewegt sich außerhalb seines Toleranzbereiches und ist durch einen anderen zu ersetzen.

3. Am Ausgang des IC 3 an der Minusseite des Kondensators C 9 ist eine Spannung zwischen -11,0 und -13,0 V zu messen. Diese Spannung trägt nur in sehr eingeschränktem Maße zur Genauigkeit des KMG 7000 bei und kann daher ohne Bedenken um +/- 1 V schwanken.

Sind vorstehend beschriebene Messungen zur Zufriedenheit verlaufen, wird das Poti R 27 zur Verstärkungseinstellung auf Linksanschlag gebracht.

Die Eingangsklemmen des Klirrfaktor-Meßgerätes sind mit einer kurzen Leitung zu überbrücken.

Mit Hilfe des Trimmers R 58 ist die Digital-Anzeige auf 0,00 einzustellen, wobei sich der Kippschalter S 2 in Stellung „0-20 %“ befindet. Die Nullpunkteinstellung ist damit bereits abgeschlossen, wobei Abweichungen von 1 bis 2 Digit im Bereich der Toleranz liegen.

Als nächstes ist der Kurzschluß am Eingang aufzuheben, und der Ausgang des Referenzoszillators wird mit dem Eingang des eigentlichen Klirrfaktor-Meßgerätes verbunden. Hierzu ist lediglich eine kurze Leitung erforderlich, da die beiden Masseklemmen bereits intern im Gerät verbunden sind.

Der Trimmer R 13 ist nun so einzustellen, daß auf der Anzeige ein Wert von 199,0 bis 199,9 erscheint. Der Schalter S 2 steht hierbei in Stellung „100,0 %“. Steht ein Oszilloskop zur Verfügung, kann gleichzeitig an Pin 6 des OP 8 das Signal überprüft werden. Die Amplitude sollte einen Wert von 8,000 V_{SS} aufweisen, entsprechend 2,828 V_{eff}.

Die Ausgangsamplitude des Referenzoszillators muß jetzt 2,000 V_{SS}, entsprechend 0,707 V_{eff}, betragen.

Liegen die Abweichungen bei den beiden letztgenannten Meßwerten über 5 % empfiehlt es sich, die Bauteildimensionierung im Bereich der Widerstände R 25 bis R 32 zu überprüfen sowie den Spannungswert am IC 2, der möglichst zwischen 11,5 und 12,5 V liegen sollte.

Damit ist der Nachbau und Abgleich dieses qualitativ hochwertigen Audio-Meßgerätes bereits beendet.

ELV micro-line

LED-Quarz-Uhr

Supergenau, durch elektronisch gesteuerten Quarz-Ofen



Originalgröße 131 x 50 x 68 mm

Eingebaut in ein Gehäuse der neuen Serie ELV micro-line, zeichnet sich die Schaltung dieser Digital-Uhr durch folgende Spezifikationen aus:

- *hell leuchtende 6stellige LED-Anzeige,*
- *eingebaute Notstromversorgung mit automatischer Anzeigenabschaltung,*
- *elektronisch gesteuerter Quarz-Ofen zur Erzielung einer extrem hohen Ganggenauigkeit.*

Allgemeines

Die bereits im Vorwort angesprochenen Spezifikationen der Schaltung lassen erkennen, daß es sich hier um eine außergewöhnliche, supergenau arbeitende Digital-Uhr handelt.

Die Abweichungen können bis auf ganz wenige Sekunden im Jahr reduziert werden, womit sie ca. um den Faktor 100(!) besser als bei „normalen“ Quarz-Uhren liegt.

Darüber hinaus besteht auch die Möglichkeit, die Schaltung ohne Quarz-Ofen, mit einem handelsüblichen Standardquarz zu betreiben, wobei jederzeit die Möglichkeit der nachträglichen Umrüstung besteht.

Zur Schaltung

Die eigentliche Digital-Uhr besteht im wesentlichen aus dem IC 5 des Typs MM 5314, in dem sämtliche Uhrenfunktionen integriert sind sowie aus der 6stelligen Anzeige (Di 1 bis Di 6) mit den Ansteuertransistoren T 2 bis T 8 (Segmentansteuerung) und T 9 bis T 14 (Digit-Ansteuerung).

Mit R 10/C 7 wird die Multiplex-Frequenz zur Ansteuerung der LED-Anzeige festgelegt. Die Leuchtdioden D 6 bis D 9 stellen jeweils zwei Trennpunkte zwischen der Stunden-, Minuten- und Sekundenanzeige dar.

Mit den Tastern Ta 1 bis Ta 3 wird die Uhr schnell und langsam gesetzt bzw. gestoppt. Der Quarzoszillator mit nachgeschaltetem Frequenzteiler zur Ansteuerung des Uhren-

IC's MM 5314 (Pin 16), besteht aus dem IC 4 des Typs MM 5369 dem Transistor T 15, den beiden Kondensatoren C 5 und C 6, den Widerständen R 9, R 34 und R 35 sowie einem Quarz mit der Frequenz von 3,579545 MHz, der entweder als separates Bauteil oder aber in Verbindung mit dem Quarz-Ofen (IC 3) eingebaut werden kann.

Im IC 3 befinden sich außer dem entsprechenden Quarz, die Elemente zur elektronischen Beheizung sowie Temperaturkonstanthaltung. Die elektronische Ansteuerung des IC 3 erfolgt mit Hilfe eines Proportional-Reglers, der aus dem OP 1 mit Zusatzbeschaltung aufgebaut ist. Die vorliegende Temperaturregelschaltung ermöglicht eine Konstanthaltung der Quarztemperatur auf Bruchteile eines Grades genau, woraus die hervorragende Genauigkeit dieser Quarz-Uhr resultiert.

Die Notstromversorgung besteht aus einem 9V-Block-Akku, der im normalen Betrieb über den Widerstand R 1 ständig mit einem geringen Strom nachgeladen wird. Der Transistor T 1 ist hierbei gesperrt.

Fällt die Versorgungsspannung unter einen Wert von ca. 9 V ab, also auch bei vollständigem Stromausfall, steuert der Transistor T 1 durch und legt das Anschlußbeinchen Pin 1 des IC 5 auf Masse. Im IC 5 führt die Verarbeitung dieser Information zum sofortigen Abschalten der Segment-Treiber-Transistoren T 2 bis T 8. Die 6stellige LED-Anzeige erlischt. Da auch die Dioden D 6 bis D 9 über D 4 und D 5 an die Segment-

Treiber-Transistoren angeschlossen sind, verlöschen auch sie.

Die ebenfalls nicht unwesentlich zur Gesamtstromaufnahme beitragende Beheizung des Quarzofens, wird über die Entkopplungsdiode D 1 im Falle des Notstrombetriebes mit ausgeschaltet.

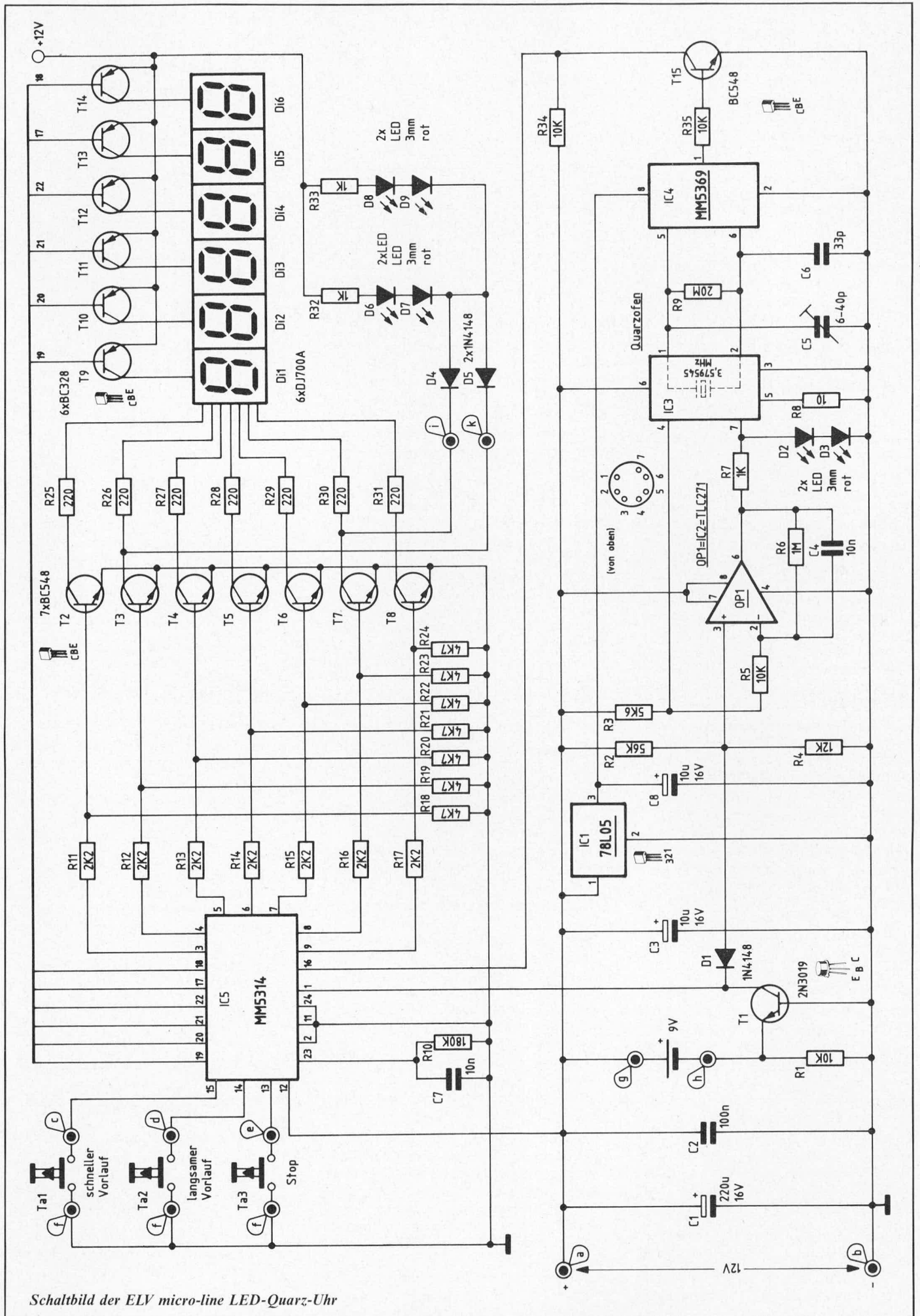
Die im Notstrombetrieb noch verbleibende, stark reduzierte Reststrom-Aufnahme der Quarz-Uhr, fließt über die Basis-Emitter-Strecke des Transistors T 1 zum Akku zurück, der jetzt den Betrieb für ca. 10 Stunden aufrecht erhält. Ein längerer Notstrombetrieb ist ohnehin wenig sinnvoll, da aufgrund der fehlenden Quarzbeheizung die Abweichung pro Tag in der Größenordnung von 1 Sekunde liegen kann und der Aufwand des Quarz-Ofens dann nicht mehr gerechtfertigt wäre.

Wird der Quarz-Ofen nicht mit eingebaut, können nachfolgende aufgeführte Bauelemente ersatzlos entfallen:

IC 2, IC 3, D 1 bis D 3, C 4, R 2 bis R 8.

Zusätzlich einzubauen ist dann ein Quarz mit der Frequenz 3,579545 MHz, der dort einzulöten ist, wo die Anschlußbeinchen 1 und 2 des IC 3 vorgesehen sind. Der Quarz liegt also direkt parallel zum Widerstand R 9, wie dies auch aus der Schaltung ersichtlich ist.

Der C-Trimмер C 5 dient zum Kalibrieren der Quarz-Frequenz.



Zum Nachbau

Das Layout der Schaltung ist so ausgelegt, daß die beiden Platinen zur Aufnahme sämtlicher Bauelemente in ein Gehäuse der Serie ELV micro-line eingebaut werden können. Zunächst werden die beiden Platinen in noch unbestücktem Zustand probe-weise ins Gehäuse eingepaßt und ggf. etwas nachgearbeitet.

Der Aufbau ist anhand der beiden Bestückungspläne in gewohnter Weise vorzunehmen, wobei zunächst die passiven und dann die aktiven Bauelemente einzulöten sind.

Nachdem die Bestückung fertiggestellt und noch einmal sorgfältig überprüft wurde, können die beiden Platinen miteinander verlötet werden. Hierbei ist die Basisplatine im rechten Winkel an die Anzeigenplatine zu löten und zwar so, daß die Anzeigenplatine ca. 2 mm unterhalb der Basisplatine hervorsteht. Besonders darauf zu achten ist in diesem Zusammenhang, daß sich keine Lötzinnbrücken zwischen den einzelnen Leiterbahnen an den Verbindungsstellen bilden.

Bei selbsterstellten Leiterplatten passiert es leicht, daß sich sehr feine Verbindungen an den Platinenrändern bilden, die mit dem Auge kaum sichtbar sind, jedoch die Funktion beeinträchtigen. Dies ist vor dem Zusammenlöten der Platinen noch einmal sorgfältig zu überprüfen.

Wie bereits in dem Kapitel „Zur Schaltung“ beschrieben wurde, kann zur Ansteuerung des Oszillators wahlweise ein einzelner Quarz oder aber der Quarz-Ofen eingebaut werden, wobei im ersteren Fall auch noch die weiter vorstehend erwähnten Bauteile entfallen können.

Mit flexibler isolierter Leitung sind jetzt noch zwei Verbindungen von der Anzeigenplatine zur Basisplatine zu ziehen, mit deren Hilfe die beiden Punkte „i“ und außerdem die beiden Punkte „k“ verbunden werden.

An die beiden Anschlußpunkte „g“ und „h“ ist der Batterieclip für den zur Notstromversorgung dienenden 9 V-Block-Akku anzulöten. Der Akku selbst wird mit einem Stück Silberdraht festgesetzt, der über den 9 V-Block-Akku geführt und von unten mit der Platine zu verlöten ist.

Die drei Taster Ta 1 bis Ta 3 sind in die Rückwand einzuschrauben, in die vorher an geeigneter Stelle drei Bohrungen einzubringen sind. Der Durchmesser sollte 6,5 mm bis 7 mm betragen, genauso wie für die Bohrung der Klinkenbuchse zur Spannungsversorgung über ein 12 V/0,3 A-Steckernetzteil.

Die Klinkenbuchse zur Spannungsversorgung ist mittels flexibler Leitungen an die Platinenanschlußpunkte „a“ und „b“ anzuschließen, während die Tasten an die Platinenanschlußpunkte „c“ (schnell), „d“ (langsam), „e“ (stop) sowie „f“ (Masse) anzulöten sind.

Kalibrierung

Die exakte Einstellung des Quarzoszillators, d. h., die Ganggenauigkeit der Uhr, ist ohne fremde Hilfe auf einfachste Weise möglich.

Hierzu wird die Uhr mit Hilfe der Taster Ta 1 bis Ta 3 anhand einer Referenz-Uhr (z. B. Tagesschau-Gong) auf die exakte Uhrzeit eingestellt. Nach einem genau festgelegten Zeitraum registriert man die Abweichung (z. B. Tagesschau-Gong am nächsten Tag).

Der C-Trimmer C 5 wird jetzt um ein kleines Stückchen verdreht, das man sich möglichst genau merkt. Wieder einen Tag später stellt man erneut die Abweichung fest. Ist sie größer geworden, wird der Trimmer jetzt in die entgegengesetzte Richtung geringfügig verdreht, im anderen Fall in die gleiche Richtung.

Dieser Vorgang ist so häufig zu wiederholen, bis die Abweichungen der Quarz-Uhr praktisch nicht mehr meßbar sind. Verständlicherweise sind die Zeiträume zur Überprüfung und Feststellung einer Abweichung bei zunehmender Genauigkeit größer zu wählen, wobei der Trimmer C 5 nur noch ganz wenig verdreht werden darf. Sollte der Einstellbereich des C-Trimmers nicht ausreichen, kann der Kondensator C 6 ggf. geändert werden. Geht die Uhr zu schnell, ist C 6 zu vergrößern (z. B. 47 pF), während bei zu langsam gehender Uhr C 6 zu verkleinern ist (z. B. 22 pF).

Sind die Gangabweichungen der Digital-Uhr schon sehr gering geworden, kann die Einstellung des Trimmerkondensators bedingt durch die kleinen Änderungen, schwierig werden. Zur Erleichterung einer genauen Einstellung sind neben C 5 zwei Bohrungen in einem Abstand von 5 mm vorgesehen. Hier können zwei ca. 20 mm lange Silberschalldrähte, senkrecht nach obenweisend, eingelötet werden. Durch die Änderung des Abstandes dieser beiden parallel zueinander angeordneten Drähte, kann deren Kapazität und damit die Ganggenauigkeit der Digital-Uhr eingestellt werden. Die beiden Drähte wirken als Platten eines sehr kleinen Kondensators mit der Umgebungsluft als Dielektrikum. Der Abstand der Drähte sollte nur wenige Millimeter betragen. Eine Verringerung des Abstandes bedeutet eine Erhöhung der Kapazität, d. h. die Uhr geht langsamer. Auf diese Weise ist ein Feinabgleich leichter möglich. Selbstverständlich ist auch eine Kalibrierung der Oszillatorfrequenz des Quarzoszillators möglich, so daß der vorstehende etwas zeitaufwendige Abgleich entfallen kann. Hierzu muß jedoch gesagt werden, daß der Referenzzähler eine Genauigkeit von 0,03 ppm aufweisen muß, um eine Abweichung von +/- 1 Sekunde pro Jahr zu realisieren. Da ein entsprechend genauer Zähler in den meisten Fällen nicht zur Verfügung stehen wird, haben wir die etwas zeitaufwendige, jedoch sehr einfach durchzuführende Abgleichmethode beschrieben.

Darüber hinaus ist beim Abgleich über einen entsprechend genauen Referenzzähler zu beachten, daß die Oszillatorfrequenz nicht direkt gemessen werden kann, da der Quarz-Oszillator nicht belastet werden darf. Zu messen ist lediglich die Periodendauer am Ausgang des IC 4 (Pin 1). Diese muß exakt 16666,66667 μ s betragen, wobei der verwendete Zähler mindestens eine Auflösung von 8 Stellen aufweisen muß, die auch voll zur Anzeige zu bringen sind.

Stückliste: micro-line Digital-Quarz-Uhr

Halbleiter:

IC 1	.....	78L05
IC 2*	.....	TLC 271
IC 3*	.....	SQ 3,57
IC 4	.....	MM 5369
IC 5	.....	MM 5314
T 1	.....	2N3019
T 2-T 8, T 15	.....	BC 548
T 9-T 14	.....	BC 328
D 1*, D 4, D 5	.....	1N4148
D 2*, D 3*, D 6-D 9	...	LED, rot, 3 mm
Di 1-Di 6	.....	DJ 700 A

Kondensatoren:

C 1	.....	220 μ F/16 V
C 2	.....	100 nF
C 3, C 8	.....	10 μ F/16 V
C 4*, C 7	.....	10 nF
C 5	.....	6-40 pF, Trimmer-Kondensator
C 6	.....	33 pF

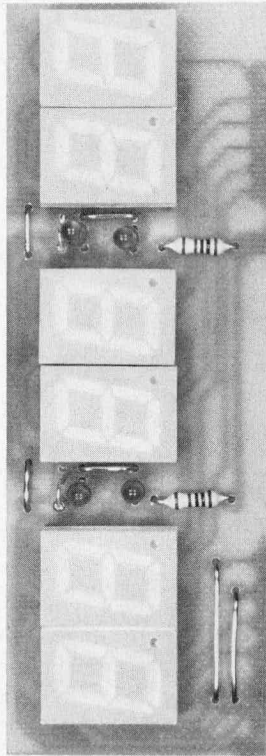
Widerstände:

R 1	.....	10 k Ω
R 2*	.....	56 k Ω
R 3*	.....	5,6 k Ω
R 4*	.....	12 k Ω
R 5*	.....	10 k Ω
R 6*	.....	1 M Ω
R 7*	.....	1 k Ω
R 8*	.....	10 Ω
R 9	.....	20 M Ω
R 10	.....	180 k Ω
R 11-R 17	.....	2,2 k Ω
R 18-R 24	.....	4,7 k Ω
R 25-R 31	.....	220 Ω
R 32, R 33	.....	1 k Ω
R 34, R 35	.....	10 k Ω

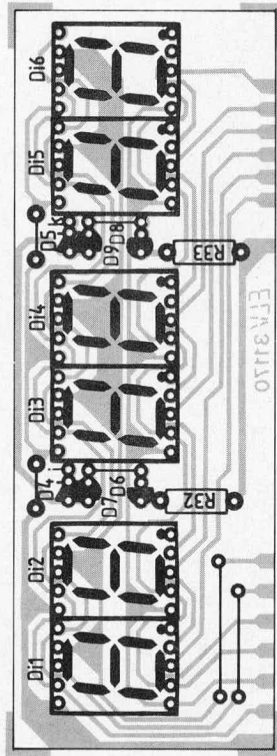
Sonstiges

Ta 1-Ta 3	.....	Taster, Schließer
1 Batterieclip	.....	9 V
1 Klinkenbuchse	.....	3,5 mm
8 Lötstifte	.....
60 cm flexible Leitung	.....
10 cm Silberdraht	.....

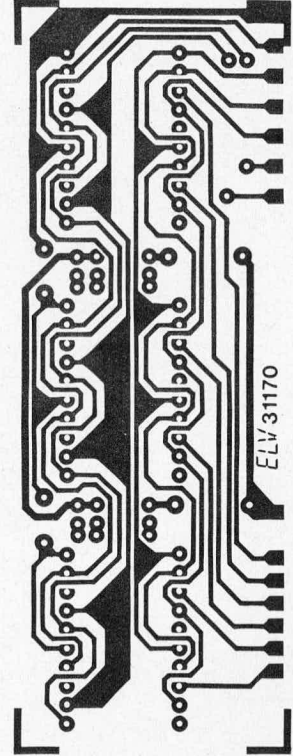
* Bauteile für den elektronisch gesteuerten Quarz-Ofen



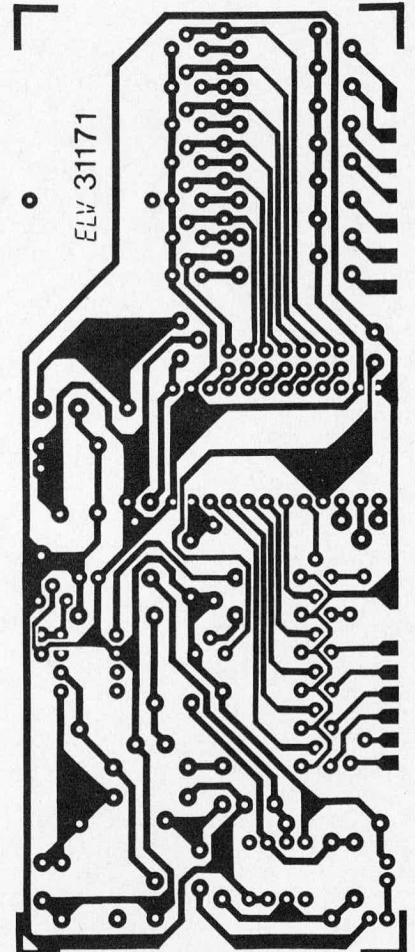
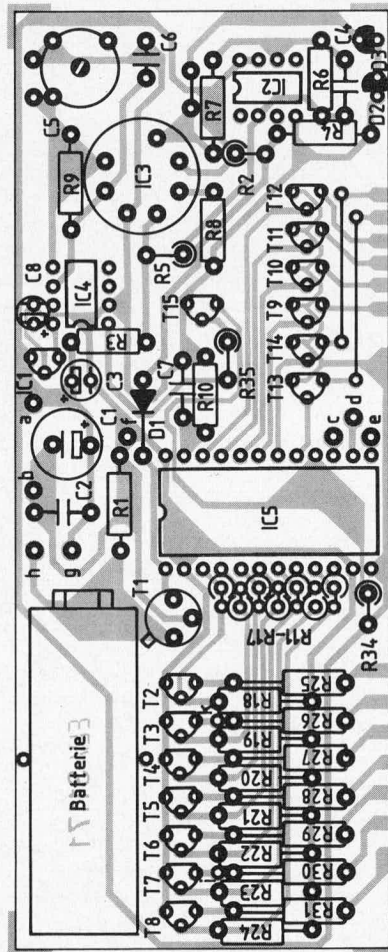
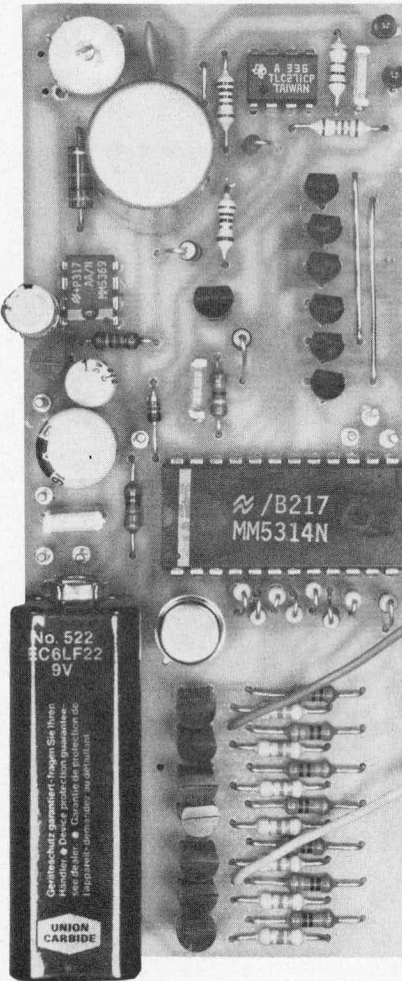
oben: Ansicht der fertig bestückten Anzeigenplatine der ELY micro-line LED-Quarz-Uhr
 links: Ansicht der fertig bestückten Basisplatine der ELY micro-line LED-Quarz-Uhr



oben: Bestückungsseite der Anzeigenplatine der ELY micro-line LED-Quarz-Uhr
 links: Bestückungsseite der Basisplatine der ELY micro-line LED-Quarz-Uhr



oben: Leiterbahnseite der Anzeigenplatine der ELY micro-line LED-Quarz-Uhr
 links: Leiterbahnseite der Basisplatine der ELY micro-line LED-Quarz-Uhr



ELV micro-line Telefon-Mithörverstärker



Mit 8 Min.-Timer für Telefon-Zeittakt

Die hochwertige Schaltung eines Telefon-Mithörverstärkers, kombiniert mit einem 8 Min.-Timer, dazu ein Gehäuse der Serie ELV micro-line, ergibt ein ansprechendes und praktisches Gerät für den Telefon-Alltag.

Allgemeines

Durch die immer besser werdenden, im Telefonapparat eingebauten Übertrager ist es sehr schwierig geworden, ohne Eingriffe in das Telefon vornehmen zu müssen, allein mit Hilfe einer induktiven Ankopplung an das Telefon, einen Mithörverstärker aufzubauen, der trotzdem gute Qualität liefert.

Mit der hier vorliegenden Schaltungskonzeption dürften wir in bezug auf Wiedergabequalität, Störsicherheit, Geräuschspannungsabstand und Bauteilaufwand ein Optimum erreicht haben. Selbstverständlich darf man keine HiFi-Qualität erwarten, da der Übertragungsbereich innerhalb des Telefonnetzes lediglich von 300 Hz bis ca. 3000 Hz reicht und der Frequenzbereich des hier vorgestellten Telefon-Mithörverstärkers hieran angepaßt wurde. Durch die hohe Dämpfung von Signalen außerhalb des Übertragungsbereiches, werden im unteren Frequenzbereich die Brummeinstreuungen und im oberen Frequenzbereich die Rauschteile herausgefiltert. Unter Berücksichtigung der erforderlichen, sehr hohen Verstärkung von nahezu 10 000 (ca. 80 dB) ergibt sich eine wirklich gute Übertragungscharakteristik.

Der zusätzlich auf derselben Platine mit aufgebaute Digitalteil, beinhaltet einen 8 Min.-Timer für den Telefon-Zeittakt sowie eine Abschaltautomatik.

Nach Betätigen der Starttaste wird der Telefon-Mithörverstärker eingeschaltet.

Nach genau 6 Min. beginnt die eingebaute LED für die Restzeitanzeige zu blinken. Der Telefonierende sieht hieran, daß die letzten 2 Min. des ersten 8 Min. Zeittaktes laufen. Wird innerhalb dieser 2 Min. Restzeit die Start-Taste erneut betätigt, so verlängert sich nach Ablauf der ersten 8 Min. die Einschaltdauer um weitere 8 Min. Jeweils 2 Min. vor Ablauf eines weiteren 8 Min. Zeittaktes beginnt die LED der Restzeitanzeige wieder zu blinken.

Wird die Starttaste innerhalb der 2 Min.-Restzeit nicht betätigt, so schaltet sich das Gerät am Ende eines 8 Min. Zyklus automatisch aus.

Durch Betätigen der Starttaste kann es selbstverständlich zu jedem beliebigen Zeitpunkt wieder eingeschaltet werden, wobei ein vorzeitiges Ausschalten mit Hilfe der Stop-Taste möglich ist.

Zur Schaltung

Die Schaltung besteht aus dem Analog-Teil, d.h. dem eigentlichen Telefon-Mithörverstärker, sowie einem Digital-Teil, der die zeitliche Ablaufsteuerung vornimmt.

Beginnen wir zunächst mit der Beschreibung des eigentlichen Telefon-Mithörverstärkers.

Die Spule L 1 stellt einen gebräuchlichen Telefon-Adapter dar, wie er allgemein im Handel angeboten wird. Zur Erleichterung der Montage besitzen die meisten Telefon-Adapter einen Saugnapf, der die Induktionsspule an geeigneter Stelle festhält.

Im Gehäuse des Telefonapparates befindet sich ein Übertrager für die NF-Signale, der ein gewisses Streufeld aufweist.

Der Telefonadapter besteht im wesentlichen aus einer Spule, die über das Streufeld des Übertragers im Telefonapparat induziert wird. In der Praxis bedeutet dies, daß die NF-Signale des Übertragers im Telefonapparat über die Spule im Telefonadapter auf den Eingang des Mithörverstärkers gegeben werden.

Der Telefon-Mithörverstärker besteht aus drei AC-gekoppelten Verstärkerstufen. Die Einstellung des Gleichstrom-Arbeitspunktes erfolgt mit dem OP 4 in Verbindung mit R 15, R 16 sowie C 5 und C 6 und liegt genau bei der halben Versorgungsspannung. Je ein Eingang der Differenz-Verstärker der OP's 1, 2, 3 ist zur gleichspannungsmäßigen Festlegung hierauf bezogen (Anschlußbeinchen 2, 5, 12 des IC 3).

Das Eingangssignal gelangt über R 14 auf den invertierenden (-) Eingang des OP 1 (Pin 6). Die Rückkopplung erfolgt über R 17. C 7 dient zur Begrenzung des oberen Frequenzbereiches sowie zur Schwingneigungsunterdrückung. Die Verstärkung dieser Stufe liegt bei 33.

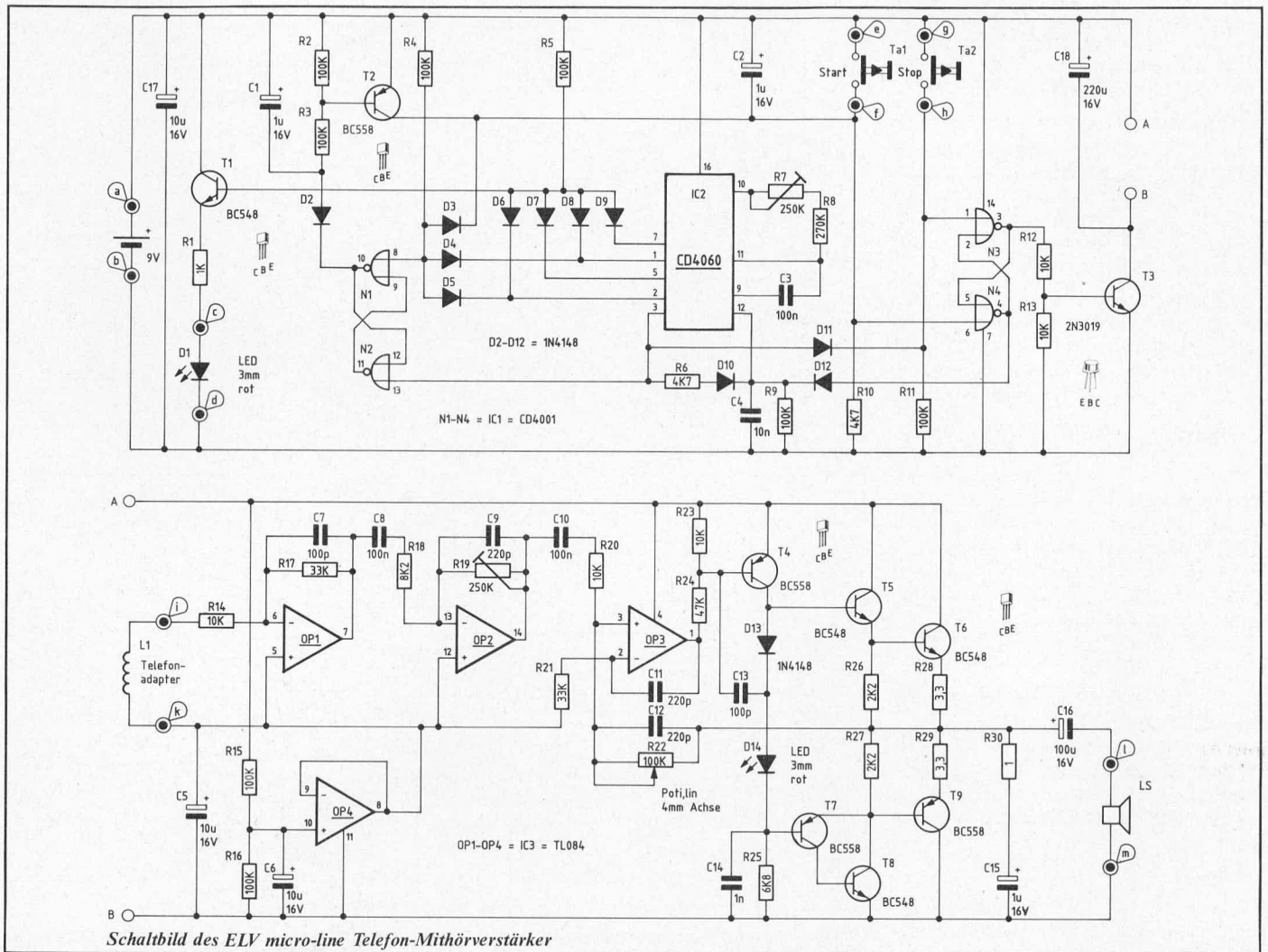
Die zweite Verstärkerstufe ist mit OP 2 mit Zusatzbeschaltung prinzipiell gleich aufgebaut, wobei R 19 zur Einstellung einer Grundverstärkung dient.

Die wechsellastmässige Entkopplung zwischen OP 1 und OP 2 erfolgt über C 8, während die Ankopplung an die dritte Verstärkerstufe über C 10 vorgenommen wird.

Die dritte Verstärkerstufe besteht aus OP 3, den Transistoren T 4 bis T 9 sowie deren Zusatzbeschaltung. Der Ausgang von OP 3 (Pin 1) steuert über R 24 T 4 an, der wiederum die Treiber-Transistoren T 5, T 7 sowie T 8 speist, die ihrerseits die Endstufentransistoren T 6 und T 9 ansteuern.

Das über OP 1 und OP 2 vorverstärkte Eingangssignal gelangt über R 20 auf Pin 3 des OP 3. Die Rückkopplung sowie die Verstärkungseinstellung erfolgt über R 22 direkt vom Ausgang der Endstufe auf Pin 3 des OP 3. Pin 3 ist der nicht invertierende (+) Eingang des Operationsverstärkers. Da jedoch die Rückkopplung und Verstärkungseinstellung nicht vom Ausgang des OP 3 (Pin 1) vorgenommen wird, sondern direkt vom Ausgang der Endstufe (T 6/T 9) über R 22 erfolgt, ist diese Stufe als Gesamtheit zu betrachten (OP 3 einschl. T 4 bis T 9). Die Transistorstufen T 4 bis T 9 verschieben die Phasenlage des Signals um 180°. Bezogen auf die Gesamtheit der Verstärkerstufe, OP 3 einschl. T 4 bis T 9 ist die Polarität der Differenzeingänge (Pin 2 und Pin 3) des OP 3 gedanklich zu vertauschen, so daß auch diese Stufe als invertierender Verstärker geschaltet ist.

Die R/C-Kombination R 21/C 11 dient zur



Schaltbild des ELV micro-line Telefon-Mithörverstärker

Schwingneigungsunterdrückung des OP 3 als Teil der gesamten dritten Verstärkerstufe.

Das an der Endstufe anliegende Ausgangssignal wird über C 16 entkoppelt und auf den Lautsprecher gegeben.

Kommen wir jetzt zum Digital-Teil der Schaltung.

Das IC 2 stellt in Verbindung mit R 7, R 8 sowie C 3 einen Oszillator mit anschließendem 14stufigen Binärteiler dar.

Durch kurzes Betätigen der Starttaste Ta 1 wird der Speicher, bestehend aus den Gattern N 3/N 4, über Pin 6 gesetzt. Am Ausgang von N 3 (Pin 3) liegt im selben Moment „high“-Signal an. Der Schalttransistor T 3 steuert durch und der Analog-Teil der Schaltung, d. h. der eigentliche Telefon-Mithörverstärker, wird mit Spannung versorgt.

Der zweite Ausgang des Speichers N 3/N 4 (Pin 4) gibt über D 12 „low“-Signal auf den Reset-Eingang des IC 2. Hierdurch wird der Oszillator mit den nachgeschalteten Binärteilerstufen im IC 2 freigegeben.

Nach Ablauf von 6 Min. wird die Basis des Transistors T 1 impulsartig freigegeben. Die Leuchtdiode D 1, zur Anzeige der 2 Min. Restzeit, beginnt zu blinken.

Nach Ablauf von insgesamt 8 Min. erscheint an Pin 3 des IC 2 ein „high“-Signal, das den Speicher N 1/N 2 sowie über D 11 den Speicher N 3/N 4 zurücksetzt. Gleichzeitig wird

über R 6/D 10 der Reset-Eingang (Pin 12) des IC 2 mit einem „high“-Signal beaufschlagt, so daß die im IC 2 integrierten Zähler zurückgesetzt werden und der Oszillator stoppt.

Zwar geht auch das Signal an Pin 3 des IC 2 beim Rücksetzvorgang wieder auf „low“, jedoch wird Pin 12 des IC 2 wieder auf „high“ gehalten, durch den Ausgang des Speichers N 3/N 4 (Pin 1) über die Diode D 12.

Innerhalb der restlichen 2 Min. (LED blinkt), wird der Eingang des Gatters N 1 (Pin 8) über D 4 und D 5 freigegeben. Wird innerhalb dieser Zeit erneut die Start-Taste Ta 1 betätigt, erfolgt auch die noch fehlende Freigabe über die Diode D 3, so daß der Eingang des Gatters N 1 (Pin 8) auf „high“ geht. Der Speicher N 1/N 2 ist gesetzt und der Ausgang (Pin 10) geht auf „low“, wodurch der Transistor T 2 durchsteuert.

Erfolgt jetzt nach Ablauf der 8 Min. über Pin 3 des IC 2 ein Rücksetzen der Speicher N 1/N 2, N 3/N 4 sowie der im IC 2 enthaltenen Teilerkette, so wird der Oszillator gleich wieder freigegeben, da der Transistor T 2 für kurze Zeit über den Kondensator C 1 durchgesteuert bleibt, so daß N 3/N 4 sofort wieder gesetzt werden. Ein zweiter 8 Min. Zyklus beginnt.

Auch hier kann jetzt innerhalb der letzten 2 Min. die Start-Taste erneut betätigt werden, um N 1/N 2 zu setzen und einen weiteren 8 Min. Zyklus vorzugeben.

Wird die Start-Taste nicht innerhalb der letzten 2 Min. betätigt, so schaltet das Gerät nach Ablauf des gerade laufenden 8 Min.-Zeittaktes ab.

Durch Betätigen der Stop-Taste Ta 2 kann der Speicher N 3/N 4 und das IC 2 vorzeitig zurückgesetzt und gestoppt werden.

Die Ruhestromaufnahme liegt im ausgeschalteten Zustand bei ca. 20 bis 30 μ A und ist damit praktisch vernachlässigbar. Im eingeschalteten Zustand nimmt die Schaltung ohne Eingangssignal einen Strom von ca. 10 bis 20 mA auf, der im wesentlichen durch die Stromaufnahme des Telefon-Mithörverstärkers selbst bestimmt wird (IC 3 sowie Ruhestrom der Endstufe).

Je nach eingestellter Lautstärke kann die Stromaufnahme kurzzeitig um einige 10 mA ansteigen.

Zum Nachbau

Bis auf die beiden Taster, den Lautsprecher und die Klinkenbuchse, finden sämtliche Bauelemente auf einer einzigen Platine Platz.

Die Bestückung wird in gewohnter Weise anhand des Bestückungsplanes vorgenommen.

Die 3,5 mm Klinkenbuchse für den Anschluß des Telefon-Adapters, wird in die Gehäuserückwand gesetzt. Die beiden Taster Ta 1 und Ta 2 zum Ein- und Ausschalten, können wahlweise ebenfalls in die Gehäuse-

rückwand oder in die Gehäuseoberseite eingebaut werden. Die Bohrungen sowohl für die Klinkenbuchse als auch für die Taster sollten 6,0 bis 6,5 mm betragen.

Der Lautsprecher wird mit etwas Klebstoff von innen an die Gehäuseoberseite geklebt, wobei vorher, für den besseren Schalldurchtritt, einige Löcher mit einem Durchmesser zwischen 2 und 3,5 mm zu bohren sind. Bereits wenige Löcher reichen für eine einwandfreie Verständigung aus.

Die Taster werden mit flexibler isolierter Leitung mit der Platine verbunden. Lediglich die Klinkenbuchse zum Anschluß des Telefonadapters ist mittels einer abgeschirmten Leitung an die Platine anzulöten.

Damit das Lautstärke-Einstellpoti die nötige Höhe für die Bohrung in der Frontplatte aufweist, sind in die entsprechenden Bohrungen zunächst drei Lötstifte einzusetzen, an die dann das Potentiometer angelötet wird. Ähnliches gilt auch für die LED zur 2 Min.-Restzeitanzeige. Hierfür sind zunächst zwei ca. 20 mm lange Silberschalt-drähte an entsprechender Stelle in die Platine einzulöten, an die dann die LED festgelötet wird.

Zur Befestigung der Batterie dient ein Silberschalt-draht, der von oben über diese geführt und auf der Platinenunterseite festgelötet wird, wobei auf einen strammen Sitz zu achten ist, damit die Batterie nicht herausrutscht. Damit ist der Nachbau bereits beendet.

Einstellung

Der Trimmer R19 dient zur Grundeinstellung der Verstärkung des Telefon-Mithörverstärkers.

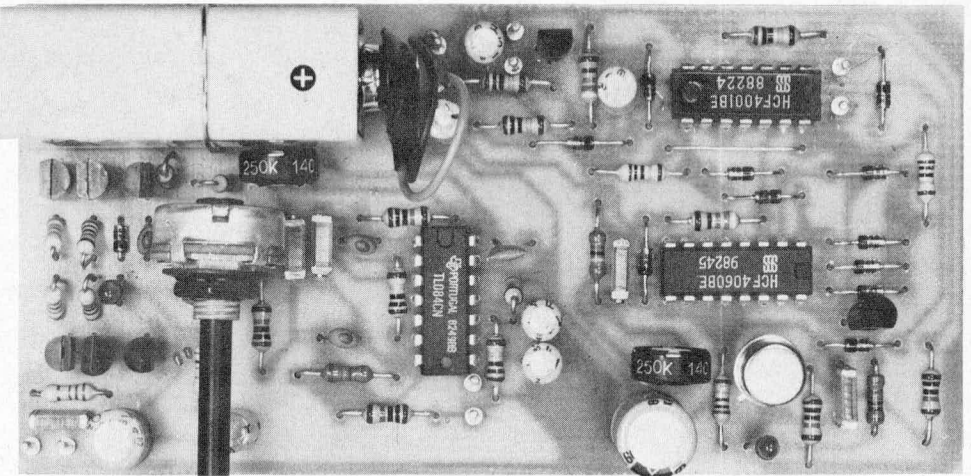
Da das Streufeld des Übertragers im Telefon bei den meisten Telefonen neuerer Bauart sehr gering ist, sollte mit R19 die max. mögliche Verstärkung eingestellt werden. Hierzu ist dieser Trimmer von vorne gesehen, auf Linksanschlag zu bringen (entgegen dem Uhrzeigersinn drehen).

Bei Telefonen älterer Bauart (z. B. W 48) ist dieser Regler so einzustellen, daß sich mit Hilfe des Lautstärke-Einstellpotis R22 ein ausreichender Einstellbereich ergibt, d. h., daß R22 im Normalbetrieb ungefähr in Mittelstellung steht.

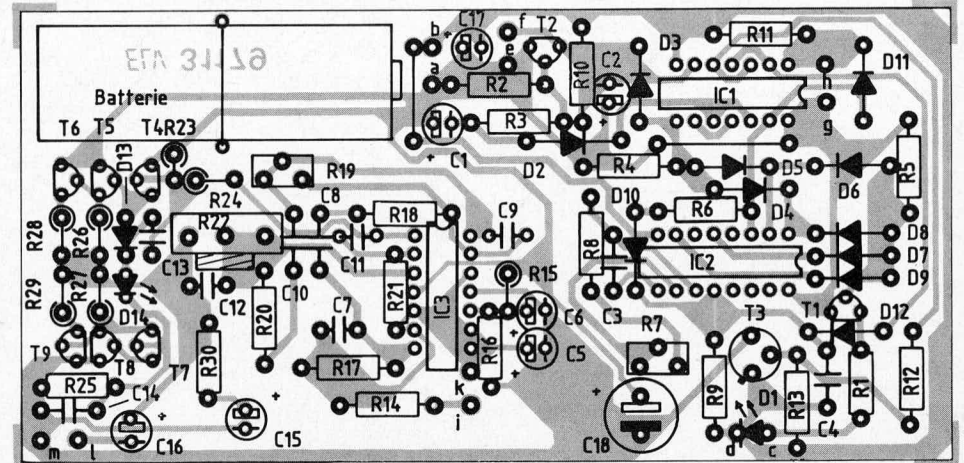
Bevor die vorgenannten Einstellungen durchgeführt werden, ist der Saugnapf des Telefonadapters so am Telefonapparat zu plazieren, daß die Lautstärke möglichst groß wird. Bei vielen Telefonen ist die günstigste Stelle im hinteren Bereich.

Beim Digital-Teil beschränkt sich der Abgleich auf die Einstellung der korrekten Oszillatorfrequenz.

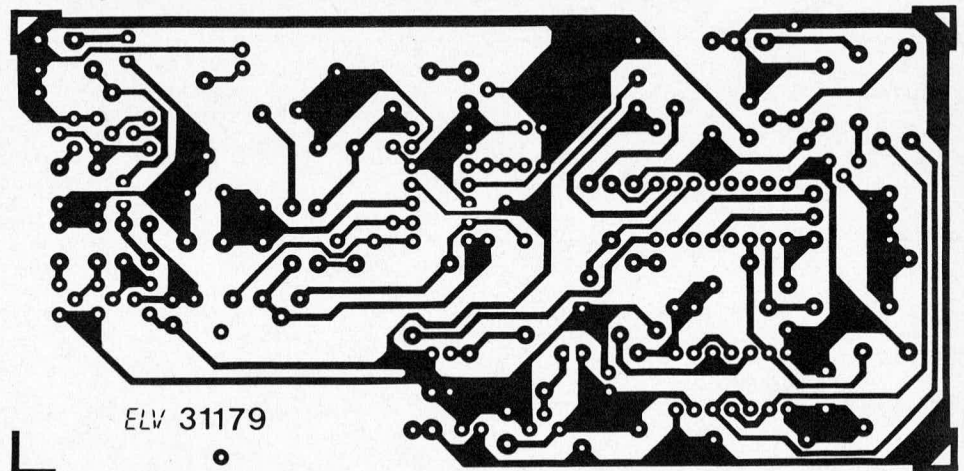
An Pin 9 des IC2 ist mit Hilfe des Trimmers R7 eine Frequenz von 17.07 Hz, entsprechend einer Periodendauer von 58,6 ms einzustellen. Ist dies korrekt vorgenommen, muß exakt 6 Min. nach Betätigen der Starttaste Ta1 die LED zur 2 Min.-Restzeitanzeige blinken und nach weiteren 2 Min., d. h., nach insgesamt 8 Min., wieder verlöschen, wobei gleichzeitig der Telefon-Mithörverstärker automatisch abschaltet. Ggf. ist R7 noch einmal geringfügig nachzustellen.



Ansicht der fertig bestückten Platine des ELV micro-line Telefon-Mithörverstärkers



Bestückungsseite der Platine des ELV micro-line Telefon-Mithörverstärkers



Leiterbahnseite der Platine des ELV micro-line Telefon-Mithörverstärkers

Stückliste: ELV micro-line Telefon-Mithörverstärker

Halbleiter

IC 1	CD 4001
IC 2	CD 4060
IC 3	TL 084
T 1	BC 548
T 2	BC 558
T 3	2N3019
T 4, T 7, T 9	BC 558
T 5, T 6, T 8	BC 548
D 1, D 14	LED 3 mm, rot
D 2—D 13	IN4148

Kondensatoren

C 1, C 2, C 15	1 µF/16 V
C 3, C 8, C 10	100 nF
C 4	10 nF
C 5, C 6, C 17	10 µF/16 V
C 7, C 13	100 pF
C 9, C 11, C 12	220 pF
C 14	1 nF
C 16	100 µF/16 V
C 18	220 µF/16 V

Widerstände

R 1	1 kΩ
R 2—R 5, R 9, R 11	100 kΩ

R 6, R 10	4,7 kΩ
R 7	250 kΩ, Trimmer, stehend
R 8	270 kΩ
R 12—R 14, R 20, R 23	10 kΩ
R 15, R 16	100 kΩ
R 17, R 21	33 kΩ
R 18	8,2 kΩ
R 19	250 kΩ, Trimmer, stehend
R 22	100 kΩ, Poti lin, 4 mm Achse
R 24	47 kΩ
R 25	6,8 kΩ
R 26, R 27	2,2 kΩ
R 28, R 29	3,3 Ω
R 30	1 Ω

Sonstiges

- 1 x 9 V-Batterieclip
- 1 x Miniaturlautsprecher
- 8Ω, 58 mm Ø
- 1 x Telefonadapter
- 2 x Taster Schließer
- 1 Klinkenbuchse, 3,5 mm
- 12 x Lötstifte
- 10 cm Kabel einadrig, abgeschirmt
- 15 cm Silberdraht

ELV micro-line

Digitaler Luftdruckmesser/Barometer



Originalgröße 131 x 50 x 68 mm

Hohe Genauigkeit und Langzeitkonstanz sowie geringe Temperaturempfindlichkeit zeichnen dieses elektronische Barometer mit 4stelliger digitaler LED-Anzeige aus. Nachbau und Abgleich sind ohne besondere Hilfsmittel einfach durchführbar.

Allgemeines

Anders als bei der Raumtemperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit kann man auf den Luftdruck keinen Einfluß nehmen. Trotzdem liefert ein Luftdruckmesser oder auch Barometer wertvolle Hinweise auf die allgemeine Wetterlage sowie auf die weitere Entwicklung des Wetters.

Durch die hohe Auflösung von 1 mbar in Verbindung mit der Präzision des Meßwertaufnehmers und des Meßverstärkers, ist eine sehr exakte Messung des Luftdruckes und den daraus resultierenden weiteren Informationen möglich.

Hoher Luftdruck signalisiert im Sommer schönes Wetter, während im Winter Frost angesagt ist.

Bei niedrigem Luftdruck wird das Wetter im Sommer schlechter, während es im Winter bei etwas steigenden Temperaturen milder wird.

Der mittlere Luftdruck liegt in Deutschland ungefähr bei 1012 mbar.

Zur Schaltung

Das Herzstück des digitalen Luftdruckmessers besteht aus dem Drucksensor des Typs KPY 10 der Firma Siemens. Es handelt sich hierbei um ein Bauelement, in dessen Gehäuse sich eine Miniatur-Meßbrücke befindet, die mit Dehnungsmeßstreifen aufge-

baut ist. Über ein Röhrchen kann die Außenluft eintreten.

Die an den Anschlußbeinchen 3 und 7 der Meßbrücke auftretende Spannung, ist dem Luftdruck direkt proportional.

Bei der Weiterverarbeitung gilt es nun, zwei wesentliche Punkte zu beachten.

Zum einen ist die Spannung, die der Drucksensor abgibt, außerordentlich gering (es werden nur wenige $\mu\text{V}/\text{mbar}$ abgegeben), wodurch besondere Qualitätsanforderungen an die nachgeschaltete Auswertung gestellt werden.

Zum anderen ist der Drucksensor verhältnismäßig temperaturabhängig. Es ist daher unbedingt erforderlich, eine exakt dimensionierte Temperaturkompensation einzubauen, damit nicht bei Temperaturänderungen die Anzeige schwankt und so eine Druckänderung vortäuscht, die in Wirklichkeit gar nicht existiert.

Die Temperaturkompensation wird direkt am Drucksensor vorgenommen. Parallel zum Drucksensor liegt eine Reihenschaltung, bestehend aus den beiden Temperatursensoren TS 1 und TS 2, dem Widerstand R 2 sowie dem Spindeltrimmer R 3. Die Temperatursensoren sind so angeordnet, daß sie sich direkt links und rechts neben dem Drucksensor auf der Platine befinden und die Sensorköpfe das Metallgehäuse des Drucksensors berühren. Durch Hinzufü-

gen von etwas Wärmeleitpaste kann der wichtige thermische Kontakt noch verbessert werden.

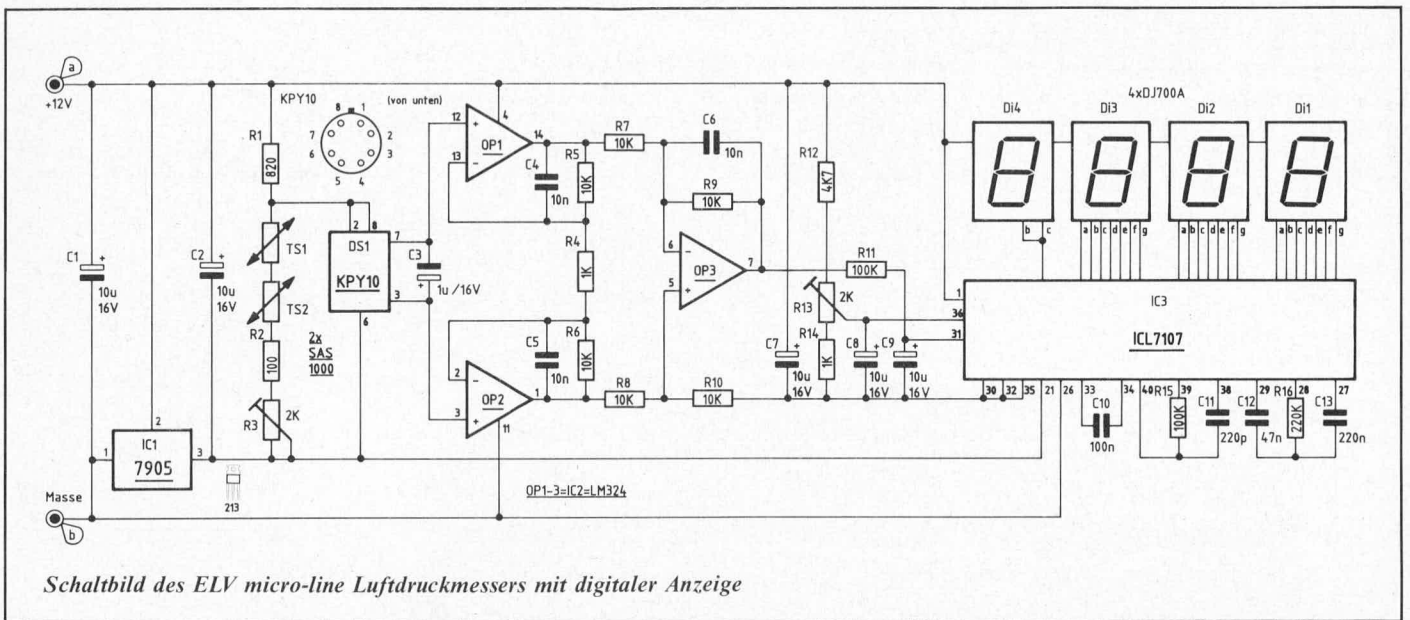
Mit dem Spindeltrimmer R 3 wird später die Temperaturkompensation optimiert. Eine detaillierte Beschreibung erfolgt unter dem Kapitel „Kalibrierung“.

Die Weiterverarbeitung der an den Anschlußbeinchen 3 und 7 anliegenden Spannung der Meßbrücke des Drucksensors, erfolgt über drei als Differenzverstärker geschaltete Operationsverstärker (OP 1 bis OP 3). Die Verstärkung ist durch das Verhältnis der beiden Widerstände R 5, R 6 zum Widerstand R 4 festgelegt und beträgt im hier vorliegenden Falle 20.

Der Bezugspunkt des Ausgangs des Differenzverstärkers wird durch den Fußpunkt von R 10 festgelegt und ist mit dem nicht invertierenden (+) Eingang des Analog-/Digital-Wandlerbausteines IC 3 des Typs ICL 7107 verbunden.

Der invertierende (-) Eingang liegt über der R/C-Kombination R 11/C 9 am Ausgang (Pin 7) des OP 3, der gleichzeitig den Ausgang des Differenzverstärkers darstellt (OP 1 bis OP 3 mit Zusatzbeschaltung).

Eine Nullpunkteinstellung ist nicht erforderlich, da es sich bei dem Drucksensor des Typs KPY 10 um einen Absolutdrucksensor handelt.



Schaltbild des ELV micro-line Luftdruckmessers mit digitaler Anzeige

Die Kalibrierung des Skalenfaktors erfolgt mit dem zur Referenzspannungseinstellung dienenden Spindeltrimmer R 13.

Auf die weitere Beschreibung des Analog-/Digital-Wandlers des Typs ICL 7107 soll an dieser Stelle verzichtet werden, da dieses Bauteil schon häufig von uns eingesetzt und beschrieben wurde. Wichtig ist in diesem Zusammenhang nur, zu wissen, daß eine an den Anschlußbeinchen 30 und 31 anliegende Gleichspannung in einen digital angezeigten Wert umgewandelt wird.

Zum Nachbau

Die gesamte Schaltung findet auf einer einzigen kleinen Platine mit den Abmessungen 120 mm x 43 mm Platz.

Vor der Bestückung wird die Platine probe-weise ins Gehäuse eingebaut und ggf. geringfügig nachgearbeitet.

Anhand des Bestückungsplanes ist der Aufbau auf einfache Weise möglich. Zuerst werden die passiven, dann die aktiven Bauelemente in gewohnter Weise eingelötet.

Zu beachten ist, daß DS 1, IC 3 sowie TS 1 und TS 2 auf der Rückseite angelötet werden.

Die Stromversorgung erfolgt über eine 12 V/0,3 A-Steckernetzteil. Zu diesem Zweck ist in die Gehäuserückwand eine Klinkenbuchse einzubauen, die mit den Platinenanschlußpunkten „a“ und „b“ über zwei flexible, isolierte Leitungen zu verbinden ist.

Nachdem die im folgenden beschriebene Kalibrierung abgeschlossen wurde, kann die Platine in ein Gehäuse der Serie ELV micro-line eingebaut werden. Mit etwas Klebstoff ist sie so fest zu heften, daß sich die Anzeigen nach erfolgtem Einbau der Frontplatte direkt hinter derselben befinden, möglichst ohne größeren Abstand.

Kalibrierung

Zunächst werden die Spindeltrimmer R 13, zur Einstellung des Skalenfaktors, sowie R 3, zur Einstellung der Temperaturkompensation, ungefähr in Mittelstellung gebracht.

Bevor nun die Kalibrierung des Skalenfaktors vorgenommen wird, ist die Einstellung der Temperaturkompensation erforderlich. Mit Hilfe des Spindeltrimmers R 3 wird der Einfluß der Temperatursensoren TS 1 und TS 2 auf den Drucksensor eingestellt. Je sorgfältiger dies ausgeführt wird, desto unempfindlicher ist das Gerät gegenüber Temperaturschwankungen. Sollte der Einstellbereich von R 3 nicht ganz ausreichen, ist R 2 entsprechend zu vergrößern bzw. zu verkleinern.

Über eine 2–3 m lange, 2adrige flexible Leitung, wird die funktionstüchtige Platine mit Spannung versorgt. Zweckmäßigerweise ist die Schaltung in eine möglichst luftdicht schließende, durchsichtige Plastikhülle einzubetten, um Kondensierungs- bzw. Tauvorgänge, die sich störend auf die Funktion auswirken können, zu vermeiden.

Der angezeigte Wert ist zu notieren.

Anschließend wird das Gerät bei ständig angeschalteter Versorgungsspannung in den Kühlschrank gelegt. Nach ca. 2 bis 3 Stunden ist der Kühlschrank vorsichtig zu öffnen und die Anzeige auf dem Display abzulesen. Nachdem dieser Wert notiert wurde, kann das Gerät aus dem Kühlschrank genommen und wieder der normalen Raumtemperatur ausgesetzt werden. Nach weiteren 2 bis 3 Stunden müßte sich die Anzeige wieder auf den ursprünglichen Wert eingestellt haben, wobei diese Zeitspanne u. U. auch kürzer sein kann. Abweichungen von einigen wenigen Digit sollten zulässig sein.

Wurde auf der Anzeige, als sich das Gerät im Kühlschrank befand, ein größerer Wert abgelesen, bedeutet dies, daß der Einfluß der Temperatursensoren noch zu gering ist und der Spindeltrimmer R 3 auf einen kleineren Wert eingestellt werden muß. Hierzu ist R 3 im Uhrzeigersinn zu drehen, und zwar so, daß sich die Anzeige um etwa den halben Betrag des Differenzwertes in Richtung kleinerer Werte ändert. Betrug der ursprüngliche Wert z. B. 1030 mbar und im Kühlschrank 1050 mbar, so ist R 3 so zu verstellen, daß sich die Anzeige 2 bis 3 Stunden nach Herausnahme des Gerätes aus dem Kühlschrank jetzt auf 1040 mbar befindet.

Jetzt wird ein neuer Temperaturzyklus durchfahren. Dazu ist der bei Raumtemperatur angezeigte Wert wieder zu notieren und das Gerät anschließend in den Kühlschrank zu legen. Nach ca. 2 bis 3 Stunden liest man jetzt den neuen Wert auf der Anzeige ab, der dann zu notieren ist.

Der Unterschied zum angezeigten Wert vor dem Hineinlegen in den Kühlschrank müßte jetzt geringer sein, als im ersten Temperaturzyklus. Nachdem das Gerät wiederum 2 bis 3 Stunden der normalen Raumtemperatur ausgesetzt wurde, müßte sich die Anzeige wieder, von geringen Schwankungen einmal abgesehen, auf den ursprünglichen Wert vor dem Hineinlegen in den Kühlschrank, einstellen. R 3 ist jetzt wiederum so zu verdrehen, daß sich die Anzeige ungefähr auf einem Mittelwert befindet, der sich zwischen dem Wert bei Raumtemperatur und dem Wert bei der Platzierung des Gerätes im Kühlschrank befindet.

Vorstehend beschriebene Einstellungen sind mehrfach durchzuführen, bis sich die Anzeige bei Temperaturschwankungen von Raumtemperatur und Kühlschranktemperatur möglichst wenig ändert, wobei Werte von besser als 10 Digit bei sorgfältiger Einstellung durchaus erreichbar sind.

Damit durch kondensierende Feuchtigkeit die Funktionsweise des Gerätes nicht beeinträchtigt wird, sollte bei vorstehend beschriebenem Abgleich die Schaltung lediglich aus der Klarsichtfolie genommen werden, nachdem sich das Gerät wieder der Raumtemperatur angepaßt hat.

Auf den Abgleich der Temperaturkompensation kann vollständig verzichtet werden, wenn das Gerät kontinuierlich bei wenig schwankender Raumtemperatur betrieben wird, wobei R 3 dann ungefähr in Mittelstellung zu bringen ist.

Zur Kalibrierung des Skalenfaktors ist es erforderlich, den möglichst genauen Wert des gerade herrschenden Luftdruckes zu kennen, den man regelmäßig aus dem Radio erfährt.

Mit R 13 ist dann dieser Wert auf der Anzeige des digitalen Luftdruckmessers einzustellen.

Da die Werte für den Luftdruck im allgemeinen in Meereshöhe (NN = Normalnull) angegeben werden, kann man diese Einstellung auch vornehmen, wenn der Aufstellort in einigen hundert Metern Höhe liegt.

Möchte man hingegen den Luftdruckwert angezeigt bekommen, der tatsächlich, unter Berücksichtigung der Aufstellhöhe, vorliegt, so ist folgende Korrektur der Einstellung vorzunehmen:

Der Luftdruck nimmt pro 8,33 m um 1 mbar ab. Befindet man sich z. B. in einer Höhe von 833 m, ist der Luftdruck um 100 mbar geringer als in Meereshöhe. Lautet der im Radio durchgesagte Luftdruckwert auf 1030 mbar, so ist die Anzeige mit R 13 auf 930 mbar einzustellen. Befindet man sich in einer Höhe von 500 m, so ist die Druckdifferenz zwischen Meereshöhe und 500 m entsprechend $500 : 8,33 = 60$, gemessen in mbar. Die Anzeige ist deshalb um 60 mbar niedriger als der angesagte Wert in Meereshöhe einzustellen.

Die sich hieraus ergebende geringfügige Verschiebung des Skalenfaktors ist aufgrund der geringen Luftdruckdifferenzen praktisch vernachlässigbar.

Damit ist die Kalibrierung des digitalen Luftdruckmessers bereits beendet.

Stückliste:

ELV micro-line Digitaler Luftdruckmesser

Halbleiter:

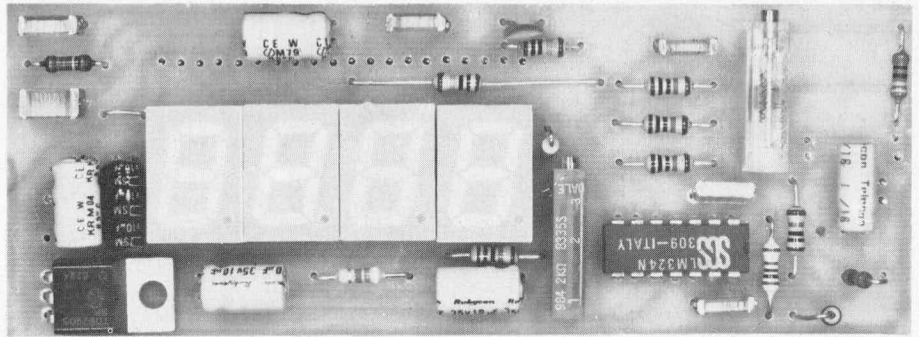
IC 1	.....	7905
IC 2	.....	LM 324
IC 3	.....	ICL 7107
DS 1	.....	KPY 10
TS 1	.....	SAS 1000
TS 2	.....	SAS 1000
Di 1 bis Di 4	.....	DJ 700 A

Kondensatoren:

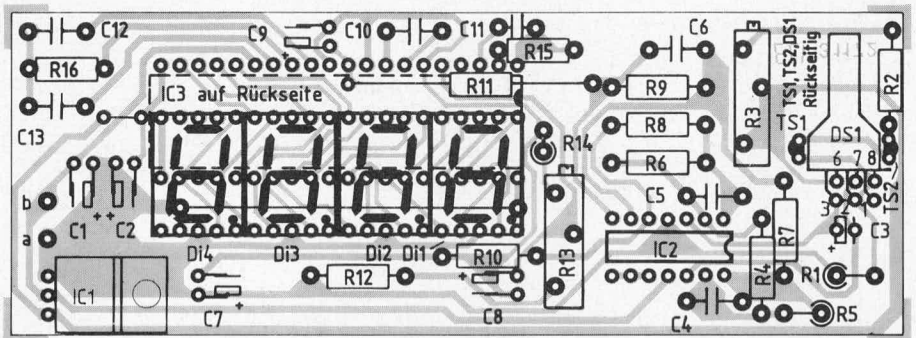
C 1, C 2	.....	10 μ F/16 V
C 3	.....	1 μ F/16 V
C 4 bis C 6	.....	10 nF
C 7 bis C 9	.....	10 μ F/16 V
C 10	.....	100 nF
C 11	.....	220 pF
C 12	.....	47 nF
C 13	.....	220 nF

Widerstände:

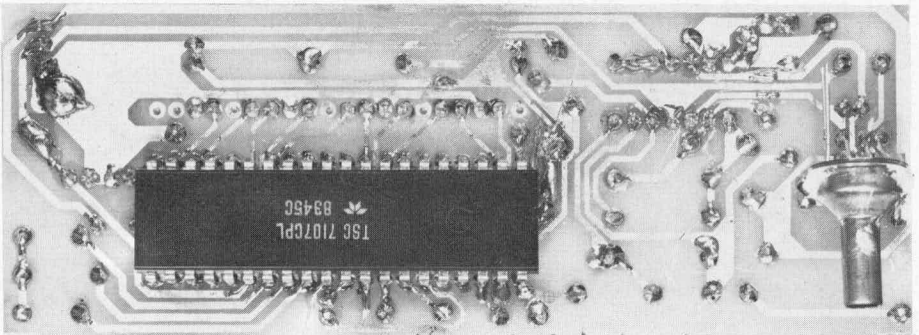
R 1	.....	820
R 2	.....	100 Ω
R 3	.....	2 k, Spindeltrimmer
R 4	.....	1 k
R 5 bis R 10	.....	10 k
R 11	.....	100 k
R 12	.....	4,7 k
R 13	.....	2 k, Spindeltrimmer
R 14	.....	1 k
R 15	.....	100 k



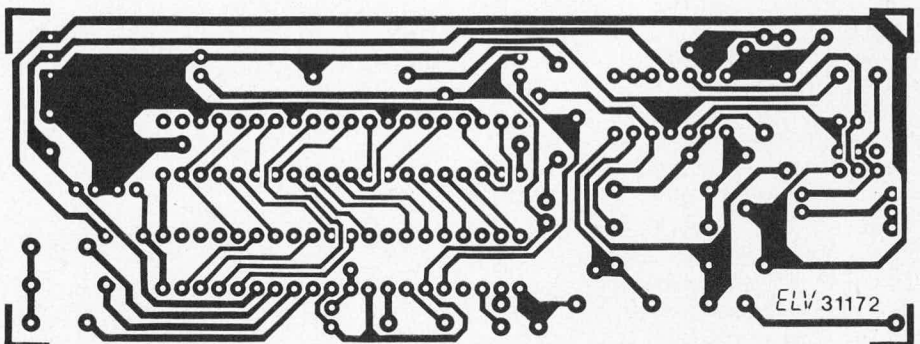
Ansicht der fertig bestückten Platine des digitalen Luftdruckmessers (Bestückungsseite)



Bestückungsseite der Platine des digitalen Luftdruckmessers



Rückansicht der fertig bestückten Platine des digitalen Luftdruckmessers (Leiterbahnseite)



Leiterbahnseite der Platine des digitalen Luftdruckmessers

ELV-Serie Kfz-Elektronik

Abgastester mit digitaler Anzeige



Durch die Messung des CO-Anteiles in den Abgasen von Verbrennungsmotoren, ist die optimale Vergaser-Einstellung möglich, da bei 1 Vol%-Anteil Kohlenmonoxyd (CO) im Abgas die bestmögliche Verbrennung im Motor erfolgt. Der max. vom TÜV zulässige Wert liegt bei 4,5 Vol %.

Allgemeines

Auch im Bereich des Kfz-Service schreitet die Technik immer weiter fort. Wir können Ihnen daher in diesem Artikel einen Präzisions-Abgastester mit 3stelliger, digitaler LED-Anzeige vorstellen, der den Kohlenmonoxyd (CO)-Anteil in den Abgasen von Verbrennungsmotoren präzise mißt. Der Meßbereich erstreckt sich von 0 bis 10 %, bei einer Auflösung von 0,01 % (!).

Als Besonderheit besitzt der ELV-Abgastester eine elektronisch gesteuerte automatische Nullpunkteinstellung, wodurch sich die Anwendung und Handhabung des Gerätes besonders einfach gestaltet.

Funktionsweise

In Bild 1 ist der Zusammenhang zwischen Benzin-Luft-Gemisch und dem CO-Gehalt des Abgases dargestellt. Die zweite Kurve zeigt den Verlauf des Kohlenwasserstoff-Anteiles (HC).

Bei einer Vergasereinstellung, die dem Motor nicht genügend Sauerstoff zuführt, wird ein Teil des durch die Verbrennung entstehenden Kohlenstoffs (CO_2) zu giftigem Kohlenmonoxyd (CO) umgewandelt. In geringen Mengen entstehen zusätzlich Kohlenwasserstoffe (HC).

Wird hingegen eine Vergasereinstellung gewählt, die einen Sauerstoffüberschuß im Benzin-Luft-Gemisch erzeugt, sinkt zwar der CO-Gehalt weiter ab (Gemisch zu mager), jedoch steigt dann der Anteil an den schädlichen, krebserregenden Kohlenwasserstoffen (HC) plötzlich steil an.

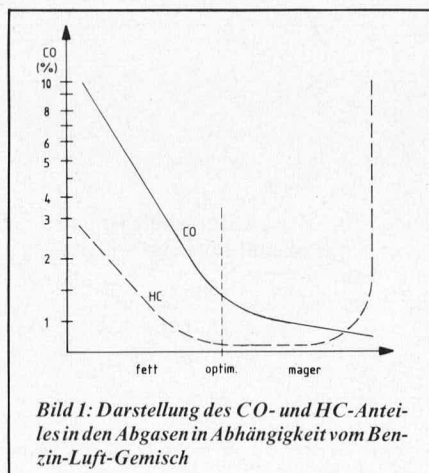


Bild 1: Darstellung des CO- und HC-Anteiles in den Abgasen in Abhängigkeit vom Benzin-Luft-Gemisch

Eine optimale Verbrennung im Motor wird bei einem Anteil von 1 Vol% Kohlenmonoxyd (CO) erreicht.

Besonders wichtig ist hierbei zu wissen, daß durch eine optimale Vergasereinstellung mit Hilfe der Messung des Kohlenmonoxid-Gehaltes in den Abgasen, nicht nur die schädlichen Abgase reduziert werden, sondern durch die optimale Verbrennung so-

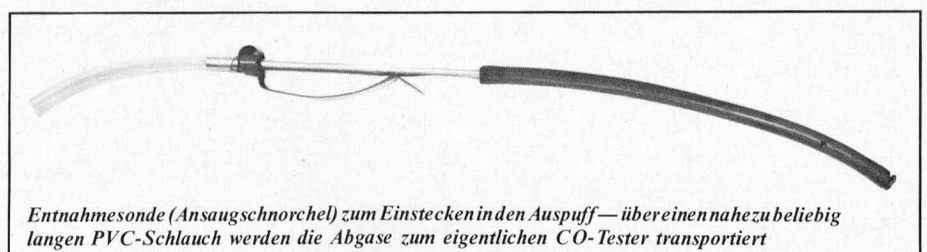
wohl die Leistung des Motors steigt als auch der Benzinverbrauch gleichzeitig sinkt. Besonders durch letztgenannten Punkt kann sich die Investition eines Abgastester schnell gelohnt haben.

Das hier angewandte Meßprinzip beruht auf dem Wärmeton-Verfahren. Hierbei werden die im Abgas enthaltenen Schadstoffanteile über einen Meßsensor geleitet. Sowohl die Kohlenmonoxyd als auch die Kohlenwasserstoff-Anteile sind brennbar. Diese Schadstoffe werden katalytisch mit Luftüberschuß in einer Reaktionskammer verbrannt. Die aus reinem Platin bestehende Meßwendel des Meßsensors, dient hierbei zum einen als Katalysator und zum anderen als Meßwertaufnehmer.

Durch die auftretende Verbrennung in der Reaktionskammer entsteht zusätzliche Wärme, die der Platin-Meßsensor in eine Widerstandsänderung umsetzt.

Zur genauen Anzeige der Widerstands- und damit Temperaturänderung der Platinwendel des Meßsensors, ist dieser in eine Meßbrücke eingefügt.

Der eine Brückenarm besteht aus der Rei-



Entnahmesonde (Ansaugschnorchel) zum Einstecken in den Auspuff — über einen nahezu beliebig langen PVC-Schlauch werden die Abgase zum eigentlichen CO-Tester transportiert

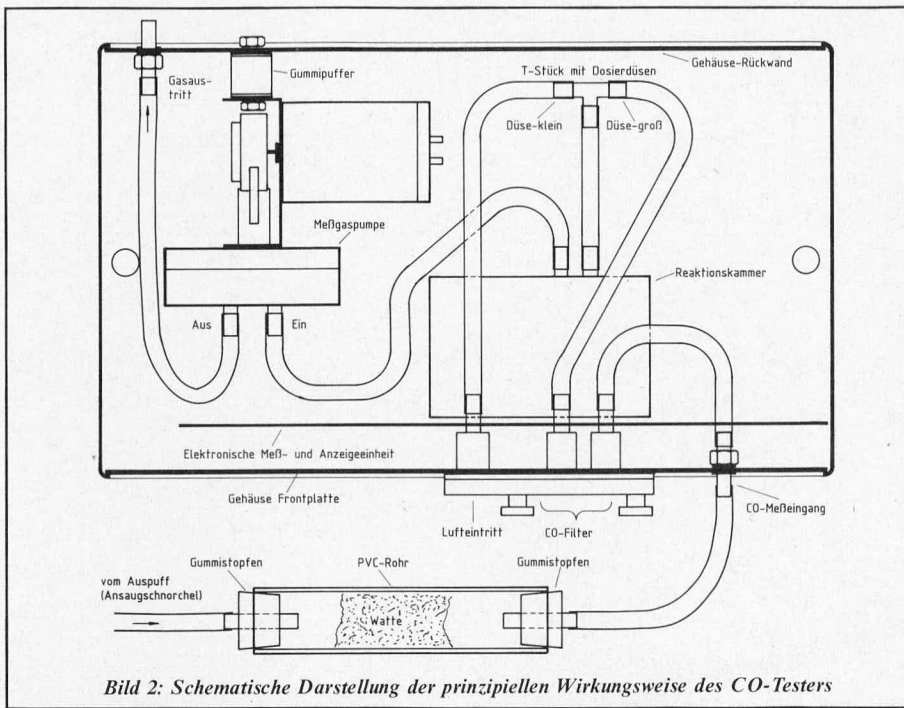


Bild 2: Schematische Darstellung der prinzipiellen Wirkungsweise des CO-Testers

henschaltung eines Referenzsensors und des eigentlichen Meßsensors. Beide befinden sich in einem Aluminiumblock mit einer geschlossenen Kammer (Referenzkammer) und einer Meßkammer, durch die die Abgase hindurchgeleitet werden. Damit Gasströmungen keinen Einfluß auf das Meßergebnis haben, ist der Meßsensor mit luftdurchlässigem Filterpapier umwickelt.

Der zweite Brückenweig besteht aus den Widerständen R 10 bis R 12, wobei R 11 einem Vorabgleich des später automatisch eingestellten Nullpunktes dient.

Die Meßspannung wird zwischen den beiden Sensoren sowie am Mittelabgriff von R 11 abgenommen und über das R/C-Glied R 44/C 15 auf die Meßeingänge des A/D-Wandlers IC 5 des Typs ICL 7107 (Pin 30 und Pin 31) gegeben. R 48 ist später so einzustellen, daß die Anzeige direkt in Vol%-CO erfolgt. Hierauf wird zu einem späteren Zeitpunkt jedoch noch näher eingegangen.

Je höher der CO-Anteil bei der Verbrennung ist, desto höher die Wärme am Platin-Meßsensor. In den interessierenden Meßbereichen haben die unverbrannten Kohlenwasserstoffe (HC) praktisch keinen Einfluß auf das Meßergebnis, da sie größenordnungsmäßig erheblich unter dem Anteil des Kohlenmonoxyds liegen.

Zur genauen Dosierung des zugeführten Frischluftanteils zur Abgasmenge, ist in die Zuleitungen von Frischluft und Abgasen je eine Zumeßdüse eingefügt, die sich in einem T-Stück befinden.

Die prinzipielle Wirkungsweise ist in Bild 2 zum besseren Verständnis schematisch dargestellt.

Bedienung

Die Bedienung des ELV-Abgastesters ist denkbar einfach.

Die Stromversorgungsleitung wird mit den beiden Klemmen an die Kfz-Batterie angeschlossen. Gegen eine Verpolung ist die Schaltung durch eine Schutzdiode gesichert.

Die Abgase gelangen über einen Schlauchanschluß vom Auspuff zum eigentlichen Abgastester, der sich die benötigte Menge Abgase durch eine eingebaute Pumpe selbstständig ansaugt.

Zunächst ist jedoch zur Durchführung des automatischen Nullpunktgleiches der Ansaugschlauch mit dem am Ende daran befestigten Ansaugschnorchel noch nicht in das Auspuffrohr zu stecken, sondern in möglichst frischer Luft zu halten.

Nachdem das Gerät angeschlossen wurde, erscheint auf der Anzeige ein Wert von 35 bis 40 Digit, entsprechend 0,35 bis 0,40 %.

Sofort nach dem Anschließen wird die Elektronik für den automatischen Nullpunkt-Abgleich in Betrieb gesetzt.

Für ein genaues Meßergebnis ist eine Anheizzeit von ca. 5 Minuten erforderlich, die mit dem automatischen Nullpunkt-Abgleich gekoppelt ist, der innerhalb dieser Zeit vorgenommen und abgeschlossen wird.

Die Betriebsbereitschaft des ELV-Abgastesters wird durch eine entsprechende Leuchtdiode auf der Frontplatte angezeigt.

Jetzt kann der Ansaugschnorchel in den Auspuff des laufenden Motors geführt werden. Die eingebaute Membran-Pumpe saugt nun die Abgase an und führt sie der Meßkammer im Abgastester zu.

Da die Abgase durch den Schlauch zur Meßkammer transportiert werden müssen, erfolgt die Anzeige erst nach ca. 10 Sekunden.

Der Wert kann direkt in Vol% Kohlenmonoxyd (CO)-Anteil auf der digitalen Anzeige abgelesen werden.

Der in den Abgasen enthaltene Wasserdampf wird durch den in der Ansaugleitung eingesetzten Wasserabscheider herausgefiltert. Zur eigentlichen Filterung dient ein einfacher Wattebausch, der bei Bedarf zu erneuern ist.

Darüber hinaus ist der ELV-Abgastester mit

einer Sicherheitsautomatik ausgestattet, die folgendermaßen arbeitet:

In der Filterplatte auf der Frontplatte des Gerätes sind sowohl für die Frischluftzufuhr als auch zur nochmaligen Filterung der angesaugten Abgase je ein Filter angeordnet. In dem Filter für die Abgase sind zwei Silberstifte eingebracht, die eine evtl. auftretende Feuchtigkeit sofort registrieren und die Meßgaspumpe elektronisch abschalten. Dies ist sehr wichtig, da auf keinen Fall Feuchtigkeit in die eigentliche Meßkammer mit dem darin eingebauten Platinsensor eindringen darf.

Sollte die Sicherheitsautomatik einmal ansprechen, sind folgende Schritte durchzuführen:

1. Gerät ausschalten (Batterieklemmen abnehmen)
2. Wattebausch in Wasserabscheider wechseln
3. Filter in der Filterplatte auf der Frontseite des Gerätes wechseln.
4. Gerät wieder einschalten und ca. 5 Minuten warten, bis die Bereitschaftsanzeige wieder aufleuchtet.

Zu beachten ist noch, daß die Filterplatte auf keinen Fall mit Zigarettenfiltern bestückt werden darf, da die Automatik hiermit nicht einwandfrei arbeitet.

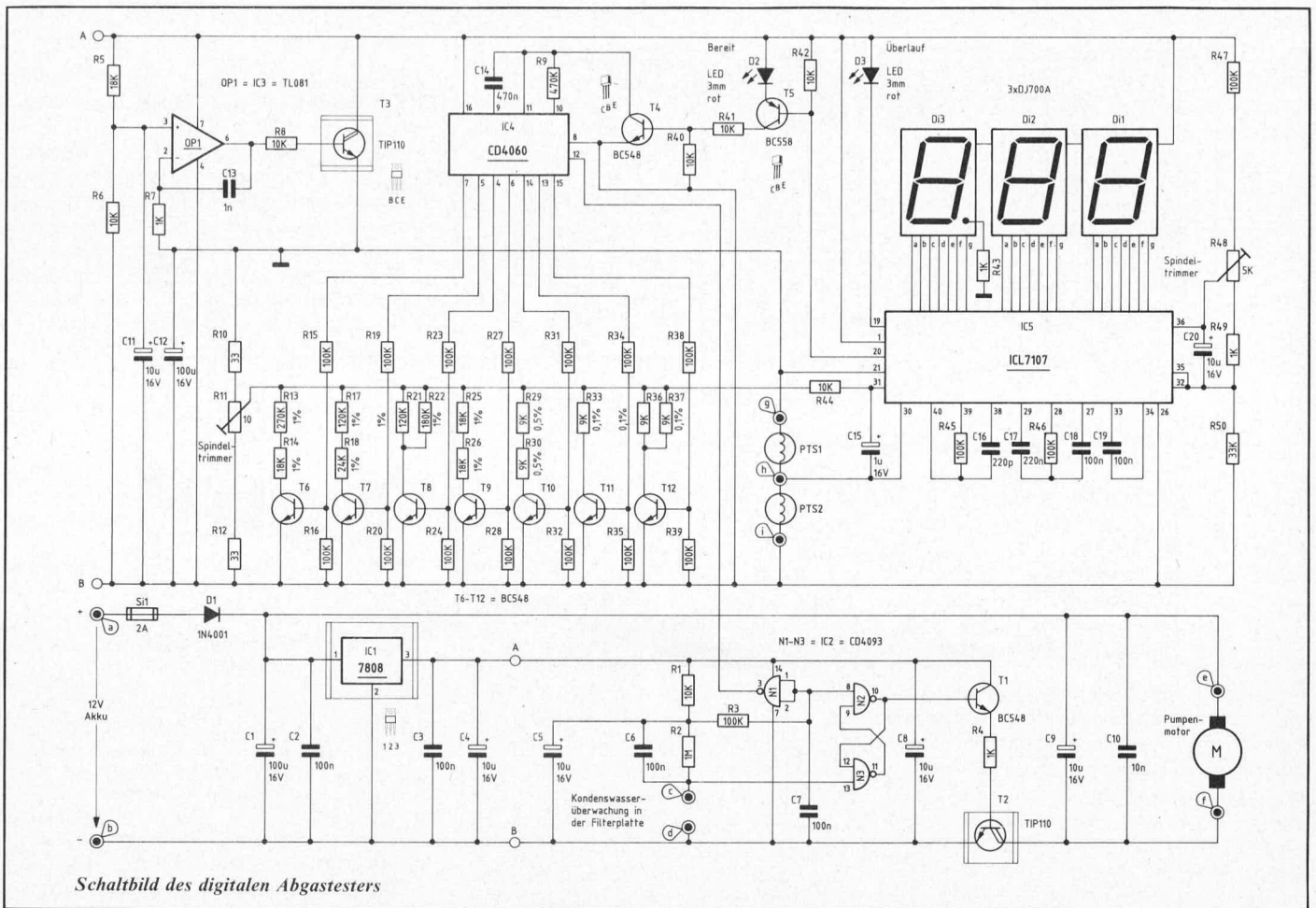
Zur Schaltung

Die eigentliche Meßbrücke mit dem Meßsensor PTS 2. Der eigentliche Meßwert wird in der Brückendiagonalen zwischen den beiden Sensoren PTS 1 und PTS 2 sowie am Mittelabgriff von R 11 abgenommen und über R 44/C 15 auf die Meßeingänge (Pin 30 und Pin 31) des IC 5 geführt. Dieses IC setzt die an seinen beiden Eingängen anliegende Meßspannung direkt in einen digital angezeigten Wert um. Der Skalenfaktor wird mit dem Spindeltrimmer R 48 eingestellt.

Je höher der CO-Anteil in den Abgasen ist, desto größer wird die Spannung am Meßsensor PTS 2. Der eigentliche Meßwert wird in der Brückendiagonalen zwischen den beiden Sensoren PTS 1 und PTS 2 sowie am Mittelabgriff von R 11 abgenommen und über R 44/C 15 auf die Meßeingänge (Pin 30 und Pin 31) des IC 5 geführt. Dieses IC setzt die an seinen beiden Eingängen anliegende Meßspannung direkt in einen digital angezeigten Wert um. Der Skalenfaktor wird mit dem Spindeltrimmer R 48 eingestellt.

Die automatische Nullpunkteinstellung erfolgt mit Hilfe des IC 4 in Verbindung mit den Transistoren T 6 bis T 12 mit Zusatzbeschaltung.

Das als Zähler mit integriertem Oszillator arbeitende IC 4 steuert T 6 bis T 12, im BCD-Code aufwärts zählend, an. In den Kollektorleitungen der Transistoren T 6 bis T 12 sind Widerstände eingefügt, deren Wert der Gewichtung der entsprechenden BCD-Stelle eines jeden Ausganges entspricht. Je größer der Zählerstand des IC 4, desto größer wird der Gesamtstrom, der durch die Transistoren T 6 bis T 12 hindurchfließt. Sobald die Eingangsspannung am IC 5 gleich 0 wird, bzw. einen ganz geringfügigen negativen Wert annimmt, wird über Pin 20 ein Steuersignal auf die Basis von T 5 gegeben, der daraufhin durchschaltet. Die im Emitterkreis liegende LED zur Betriebsanzeige leuchtet auf. Gleichzeitig wird T 4 über einen Vorwiderstand angesteuert, wodurch der im IC 4 integrierte Oszillator stoppt. Die automatische Einstellung des Nullpunktes ist damit abgeschlossen.



Schaltbild des digitalen Abgastesters

Die Sicherheitsschaltung gegen auftretende Feuchtigkeit in der Filterplatte zum Schutze des Meßsensors ist mit den Gattern N 2/N 3 mit Zusatzbeschaltung aufgebaut. Sobald an den beiden in die Filterplatte eingebrachten Silberstifte Feuchtigkeit auftritt, steuert das Gatter N 3 durch. Eine Selbsthaltung erfolgt im Zusammenhang mit N 2. T 1 und T 2 werden gesperrt. Der Pumpenmotor der Meßgaspumpe stoppt.

Durch kurzes Ab- und Wiederanklemmen der Betriebsspannung erfolgt eine automatische Rücksetzung über R 3/C 7. Gleichzeitig wird auch der Zähler im IC 4 wieder auf 0 gesetzt und ein neuer automatischer Nullpunktabgleich beginnt.

Die Versorgung der eigentlichen Elektronik, mit Ausnahme des Pumpenmotors, wird über den Festspannungsregler IC 1 des Typs 7808 stabilisiert. Für das IC 5 ist eine Spannung von ca. 5 V gegenüber der positiven Versorgungsspannung erforderlich, während die Meßbrücken mit den beiden Platinsensoren eine Spannung von 2,85 V erfordert, die gegenüber der negativen Versorgungsspannung (Masse) stabilisiert werden muß. Mit Hilfe des OP 1 in Verbindung mit dem Leistungstransistor T 3 sowie den Widerständen R 5 bis R 8, erfolgt eine Aufspaltung der 8 V-Versorgungsspannung der Elektronik in 5,15 V (für die Versorgung des IC 5) + 2,85 V (zur Versorgung der Meßbrücke). Durch die Reihenschaltung dieser beiden Spannungen ergibt sich ein besonders geringer Stromverbrauch der Gesamtschaltung, der zwischen 1,0 und 1,5 A liegt, einschließlich des Antriebes der Meßgaspumpe.

Kalibrierung

Die Einstellung des ELV-Abgastesters ist denkbar einfach.

Sofort nach dem Einschalten wird der Spindeltrimmer in diejenige Endstellung gebracht, in der die LED zur Bereitschaftsanzeige aufleuchtet.

Danach ist das Gerät kurzzeitig ab- und wieder anzuklemmen, um den Zähler im IC 4 wieder auf 0 zu setzen.

Direkt nach dem Wiedereinschalten ist jetzt R 11 zügig soweit zu verdrehen, daß zunächst die Bereitschaftsanzeige verlischt, wobei die Anzeige ungefähr bei „000“ liegt, um dann langsam größer zu werden. Bei einem Wert zwischen 35 und 40 Digit, entsprechend 0,40 %, sollte der Trimmer belassen werden. Zu Kontrollzwecken ist das Gerät erneut kurz ab- und wieder anzuklemmen, um zu überprüfen, ob die Anzeige auch diesen Wert beibehält und nicht etwa aufgrund eines zu lang andauernden Einstellvorganges beim Verdrehen von R 11 die Nullpunkt-Automatik bereits gearbeitet hat.

Für die vorstehend beschriebene Einstellung ist der Spindeltrimmer R 48 ungefähr in Mittelstellung zu bringen.

Als nächstes wartet man nun ca. 5 Minuten, bis die Elektronik den automatischen Nullpunkt-Abgleich vorgenommen hat und die Bereitschaftsanzeige aufleuchtet.

Auf der Anzeige erscheint jetzt ein Wert von 0 bis 2 Digit. Sollte die Bereitschaftsanzeige hin und wieder blinken, ist dies ohne Bedeutung.

Der CO-Meßeingang ist bei vorstehend beschriebenen Einstellarbeiten frei, d. h., er ist nicht mit dem Ansaugschlauch verbunden, so daß auch in diesen Meßeingang nur Frischluft gelangt.

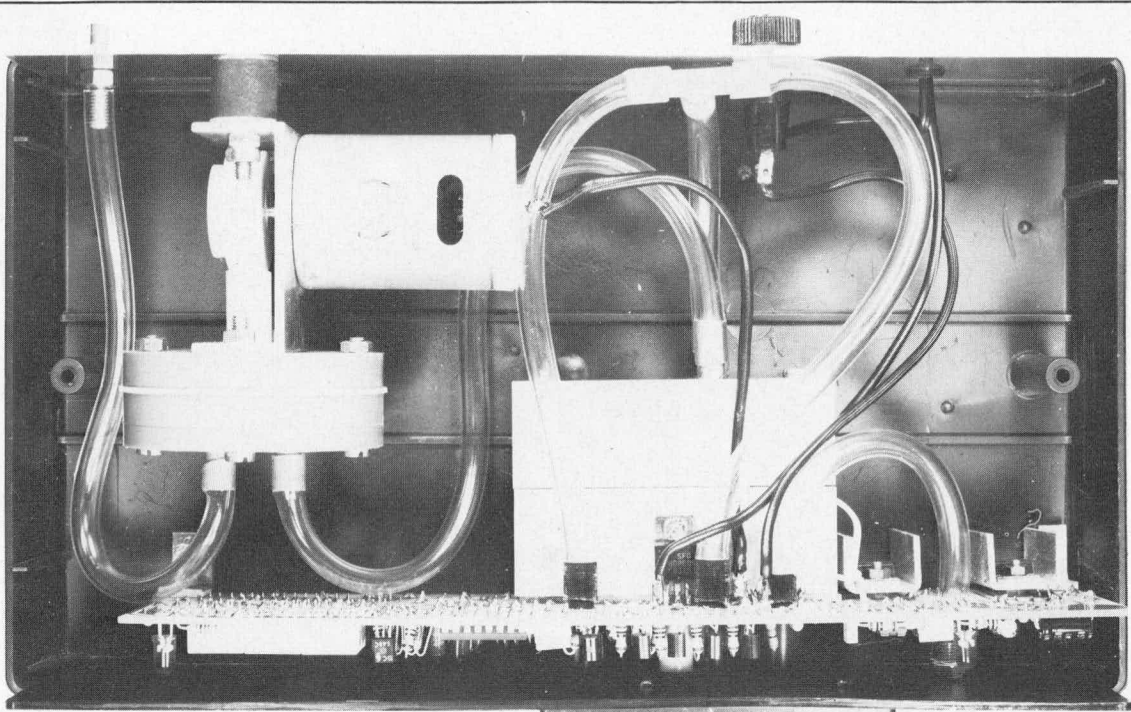
Die eigentliche Kalibrierung des ELV-Abgastesters erfolgt nun dadurch, daß auf den CO-Meßeingang ein Referenzgas gegeben wird, dessen CO-Gehalt genau bekannt ist.

Das von ELV in einem Plastikbeutel lieferbare Referenzgas besitzt einen CO-Anteil von exakt 5 %. Der Ausblassechlauch dieses Plastikbeutels wird direkt auf den CO-Meßeingang des ELV-Abgastesters gegeben. Die Pumpe saugt nun das Referenzgas an, wobei sich der Beutel langsam zusammenzieht.

Mit Hilfe des Spindeltrimmers R 48 wird auf der digitalen Anzeige ein Wert von 5,00 % eingestellt. Diese Einstellung ist zügig vorzunehmen, da der Gasvorrat in dem Plastikbeutel nur begrenzte Zeit ausreicht.

Damit ist die Kalibrierung des ELV-Abgastesters bereits beendet und das Gerät kann seiner eigentlichen Bestimmung zugeführt werden.

Wie bei jedem anderen CO-Meßgerät — gleich welchem Systems — muß eine Nachkalibration von Zeit zu Zeit durchgeführt werden, damit die Genauigkeit gewährleistet bleibt. Wir empfehlen eine Neueinstellung mindestens 1 x jährlich, bei ständigem Gebrauch möglichst alle 2 Monate, vorzunehmen, wobei darauf zu achten ist, daß direkt nach dem Einschalten die Anzeige zwischen 0,35 bis 0,40 % liegen sollte, damit die Nullpunktautomatik arbeiten kann.



Ansicht des fertig aufgebauten digitalen Abgastesters mit abgenommener Gehäuseoberseite

Zum Nachbau

Die Bestückung der Platine wird in gewohnter Weise vorgenommen. Hierbei ist zu beachten, daß der Festspannungsregler IC 1 sowie die beiden Transistoren T 2 und T 3 auf der Rückseite (Leiterbahnseite) der Platine einzulöten sind. Die beiden Transistoren werden zusätzlich auf U-Kühlkörper gesetzt. Zunächst ist von der Bestückungsseite her je eine Schraube M 3 x 16 mm durch die Platine zu stecken und auf der Leiterbahnseite mit jeweils 2 Muttern M 3 festzusetzen. Diese Muttern dienen gleichzeitig zum Erreichen des erforderlichen Abstandes zwischen U-Kühlkörper und Leiterbahnen. Danach werden die beiden U-Kühlkörper mit den beiden Transistoren darübergelötet und mit Hilfe je einer weiteren Mutter M 3 festgesetzt. Zu beachten ist, daß die Kühlkörper keinen Kontakt zu den Leiterbahnen und Lötstellen haben.

Bevor der untere Alu-Block mit den beiden durchgehenden großen Bohrungen für die Platinsensoren auf der Leiterbahnseite festgeschraubt wird, ist eine Isolierplatte zwischen Leiterbahnseite und Alu-Block zu legen, damit durch den leitenden Alu-Block die darunter befindlichen Leiterbahnen nicht kurzgeschlossen werden.

Die Brennkammer für den Meßsensor PTS 2 ist sowohl nach unten hin zur Leiterplatte als auch in der Mitte, wo der Abdeck-Alu-Block ansetzt, jeweils mit einem O-Ring abzudichten.

Zur Beheizung der Brennkammern und gleichzeitig zur Kühlung des Festspannungsreglers IC 1, wird dieser mit Hilfe einer Schraube M 3 x 5 mm an dem unteren Alu-Block der Brennkammer festgeschraubt. Eine elektrische Isolierung zwischen Alu-Block und Festspannungsregler ist nicht erforderlich.

Die Meßgaspumpe wird auf 2 Gummipuffer mit Befestigungsschrauben gesetzt und über

diese Gummipuffer an der Gehäuserückwand verschraubt, wie dies auch aus dem Foto ersichtlich ist.

Die elektrische Verbindung des Pumpenmotors der Meßgaspumpe erfolgt über zwei flexible isolierte Leitungen mit einem Querschnitt von min. 0,4 mm² mit den entsprechenden Punkten auf der Platine.

Zur Versorgung der gesamten Schaltung wird eine ca. 3 m lange Zuleitung durch die Gehäuserückwand geführt, die ebenfalls einen Querschnitt von min. 0,4 mm² aufweisen sollte. In dem Gerät erfolgt der Anschluß direkt an der Leiterplatte, während an der anderen Seite zwei Batterieklemmen für den Anschluß an den Kfz-Akku anzulöten sind (rot für „+“ und schwarz für „-“).

Die Filterplatte wird mit ihren drei Stutzen durch die entsprechenden Bohrungen auf der Frontplatte geführt und von hinten mit zwei Schrauben M 3 x 20 mm verschraubt. Die entsprechenden Muttern M 3 befinden sich auf der Frontseite der Filterplatte.

Die noch herausragenden Gewindestücke der beiden Schrauben M 3 x 20 dienen zur Befestigung der Filterplattenabdeckung aus Acryl-Glas, die mit zwei Kunststoffrändel-Muttern festgesetzt wird.

Der Ansaugstutzen für die Abgase ist von vorne durch die Frontplatte zu führen und auf der Rückseite mit einer Mutter M 5 zu verschrauben.

Zum Ausblasen wird ein zweiter Stutzen in die Rückwand gesetzt und verschraubt.

Die Luft- und Gasführung ist mit Hilfe von Klarsichtschläuchen wie folgt vorzunehmen:

Vom Frischluftzugang der Filterplatte (links) wird ein 14 cm langes Stück PVC-Schlauch auf die Seite des T-Stückes geführt, das die kleinere Öffnung besitzt. Auf die Seite mit der größeren Öffnung des T-

Stückes wird ein ca. 17 cm langes Stück PVC-Schlauch gesteckt, das im Bogen zum mittleren Stutzen der Filterplatte geführt wird. Der Mittelabgriff des T-Stückes gelangt über ein weiteres ca. 8 cm langes Stück PVC-Schlauch auf den einen Stutzen des Alu-Blockes, in dem sich die Platinsensoren befinden. Hierbei ist es gleichgültig, welcher der beiden Stutzen des Alu-Blocks als Einlaß- und welcher als Auslaß-Öffnung dient.

Der zweite Stutzen des Alu-Blockes ist mit der Ansaugöffnung der Meßgaspumpe zu verbinden, während die Ausblasöffnung an den Stutzen in der Gehäuserückwand zu legen ist.

Als letzte Verbindung wird der in der Frontplatte rechts angeordnete Stutzen des CO-Meßeinganges mit dem entsprechenden Stutzen auf der Filterplatte verbunden (rechts).

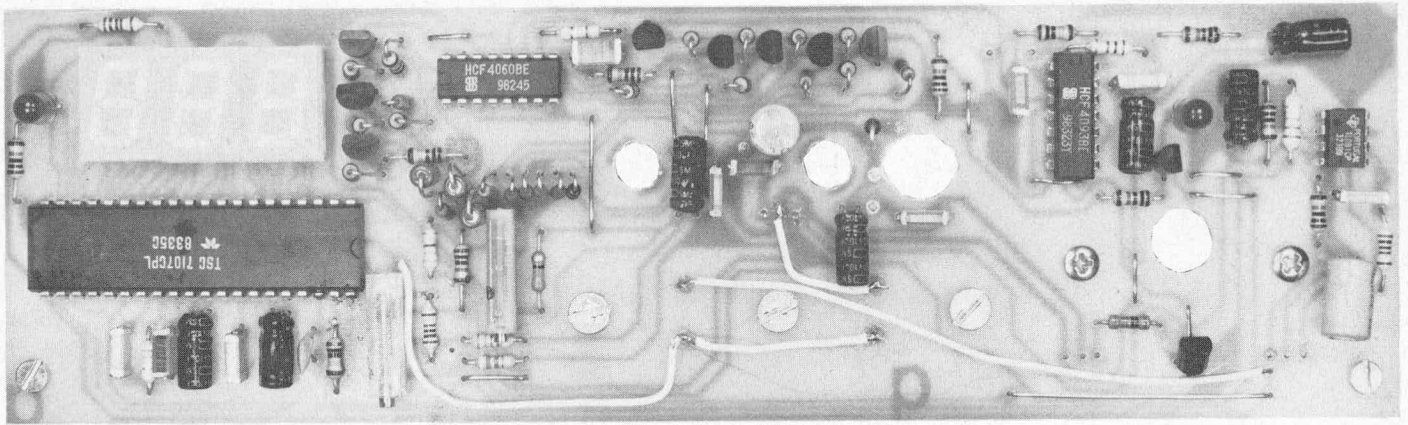
In diesen, etwas kürzeren Stutzen, sind die beiden Silberstifte eingebracht, die über zwei flexible isolierte Leitungen mit der Platine zu verbinden sind.

Entsprechende Filter werden nur in die beiden äußeren Stutzen von vorne eingeführt, während der mittlere Stutzen frei bleibt.

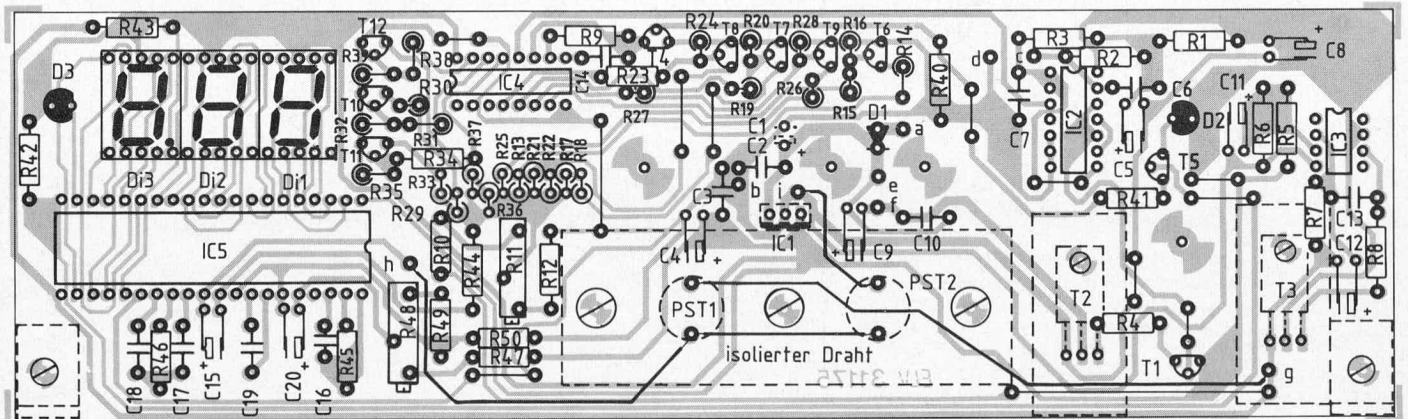
Bevor die Abdeckplatte der Filterplatte aufgesetzt wird, ist in die entsprechende kreisrunde Nut ein O-Ring zu legen.

Die Kunststoffrändel-Muttern zur Befestigung der Abdeckplatte sind nicht zu stramm anzuziehen, damit sich die Abdeckplatte nicht verbiegt.

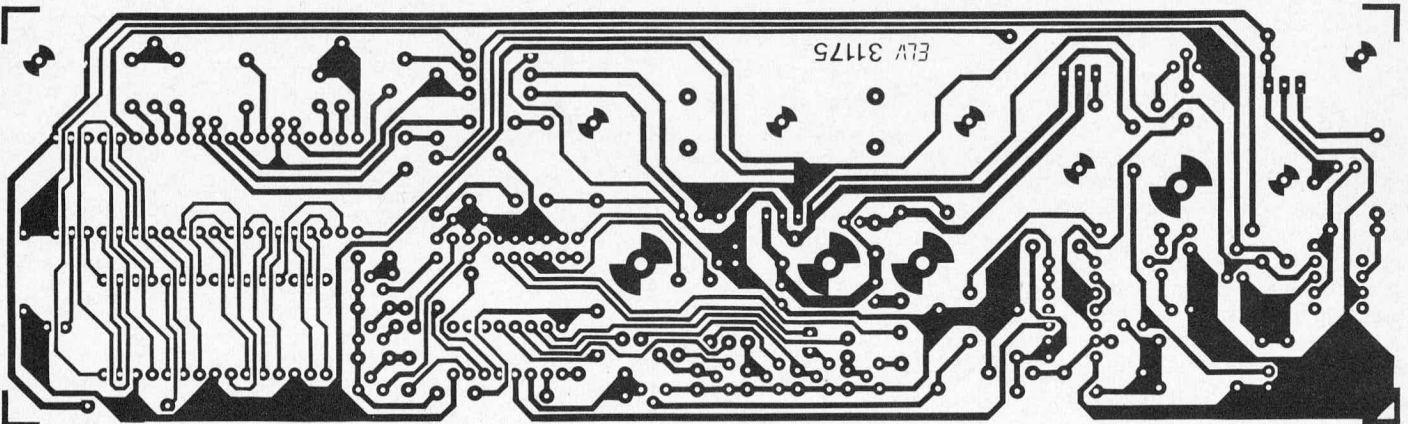
Der ca. 5 m lange Ansaugschlauch für die Abgase wird in der Mitte geteilt, um dort den Wasserabscheider einzufügen. An einem Ende dieses Schlauches wird dann der Ansaugschnorchel befestigt, während das zweite Ende am Meßeingangsstutzen auf der Frontplatte des Abgastesters anzuschließen ist.



Ansicht der fertig bestückten Platine des digitalen Abgastesters



Bestückungsseite der Platine des digitalen Abgastesters



Leiterbahnseite der Platine des digitalen Abgastesters — Originalgröße: 220 mm x 65 mm

Stückliste: Abgastester mit digitaler Anzeige AT 7000

Halbleiter

IC 1	.....	µA 7808
IC 2	.....	CD 4093
IC 3	.....	TL 081
IC 4	.....	CD 4060
IC 5	.....	ICL 7107
T 1, T 4, T 6-T 12	.....	BC 548
T 2, T 3	.....	TIP 110
T 5	.....	BC 558
D 1	.....	1N4001
D 2, D 3	.....	LED, 3 mm, rot
Di 1-Di 3	.....	DJ 700 A
PTS 1, PTS 2	.....	Platinsensor

Kondensatoren

C 1	.....	100 µF/16
C 2, C 3, C 6, C 7, C 18, C 19	.....	100 nF
C 4, C 5, C 8, C 9, C 11, C 20	.....	10 µF/16
C 10	.....	10 nF
C 12	.....	100 µF/16
C 13	.....	1 nF
C 14	.....	470 nF
C 15	.....	1 µF/16V
C 16	.....	220 pF
C 17	.....	220 nF

Widerstände:

R 1, R 6, R 8	.....	10 k Ω
R 2	.....	1 M Ω
R 3	.....	100 k Ω

R 4, R 7	.....	1 k Ω
R 5	.....	18 k Ω
R 9	.....	470 k Ω
R 10, R 12	.....	33 Ω
R 11	.....	10 Ω, Spindeltrimmer
R 13	.....	270 k Ω, 1%
R 14	.....	18 k Ω, 1%
R 15, R 16, R 19, R 20	.....	100 k Ω
R 17	.....	120 k Ω, 1%
R 18	.....	24 k Ω, 1%
R 21	.....	120 k Ω, 1%
R 22	.....	180 k Ω, 1%
R 23, R 24, R 27, R 28	.....	100 k Ω
R 25, R 26	.....	18 k Ω, 1%
R 29, R 30	.....	9 k Ω, 0,5%
R 31, R 32, R 34, R 35	.....	100 k Ω
R 33, R 36, R 37	.....	9 k Ω, 0,1%
R 38, R 39, R 45-R 47	.....	100 k Ω
R 40-R 42, R 44	.....	10 k Ω
R 43, R 49	.....	1 k Ω
R 48	.....	5 k Ω, Spindeltrimmer
R 50	.....	33 k Ω

Sonstiges

Si 1	.....	Sicherung 2 A
1 x Vakuum-Pumpe		
2 x Alu-Befestigungswinkel		
2 x U-Kühlkörper SK 13		
1 x Einbausicherungshalter		
1 x Alu-Block-Unterteil		

1 x Alu-Block-Oberteil		
1 x Filterplatte		
1 x Filterplattenabdeckung aus Acrylglas		
2 x Schraubfassungen für Sensoren		
2 x Ansaugstützen		
1 x Schrauben 3 x 5 mm		
2 x Schrauben 3 x 8 mm		
2 x Schrauben 3 x 10 mm		
5 x Schrauben 4 x 16 mm		
2 x Schrauben 3 x 20 mm		
2 x Schrauben 4 x 30 mm		
12 x Muttern M 3		
8 x Muttern M 4		
2 x Muttern M 5		
2 x Kunststofffrändelschrauben M 3		
1 x O-Dichtungsring 30 mm Ø		
1 x O-Dichtungsring 20 mm Ø		
6 x Lötstifte		
2 x Gummipuffer		
80 cm Klarsichtschlauch		
1 T-Dosierstück		
5 m Ansaugschlauch		
1 Wasserabscheider		
1 Schnorchel		
3 m Anschlußkabel zweidrig, flexibel, 0,4 mm ²		
2 Batterieklemmen (rot und schwarz)		
30 cm isolierter Scheldraht		
15 cm zweidriges flexibles Kabel		
15 cm Silberdraht		
1 Neoprentülle		

