

ELV *journal*

Nr. 37

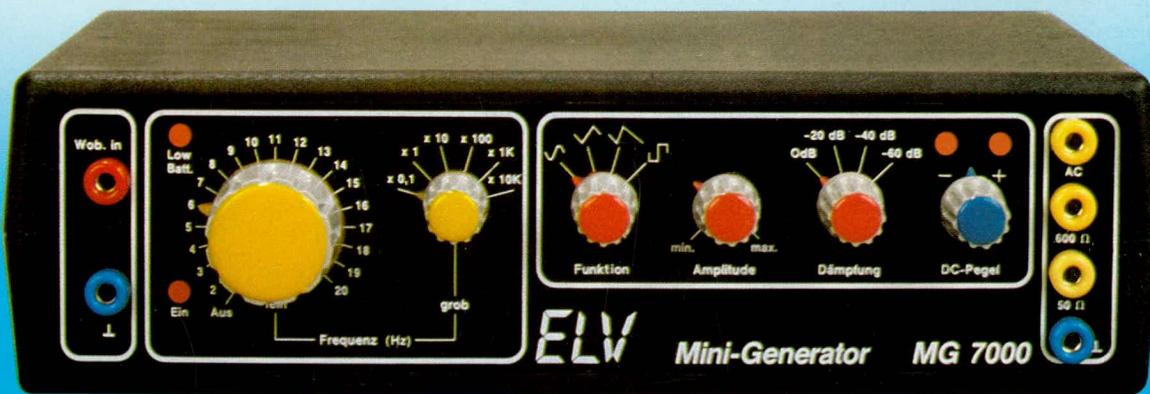
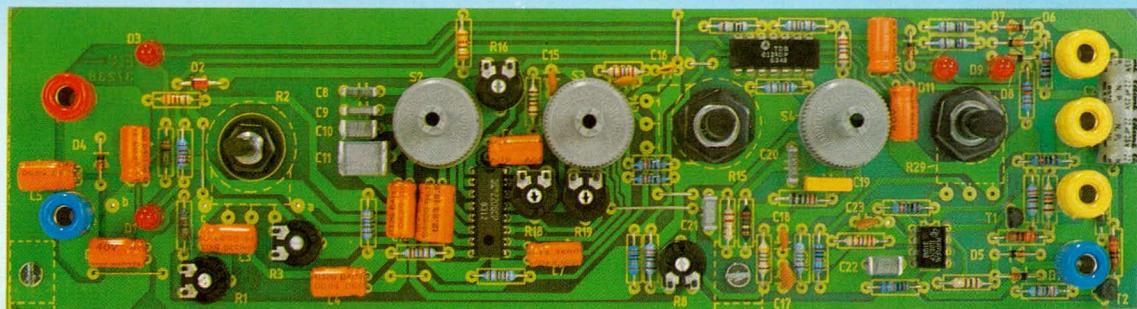
Mit
Platinenfolien

Fachmagazin der Amateure und Profis für angewandte Elektronik

DM 4,50

Neu aus der ELV-Serie 7000 in dieser Ausgabe:

Mini-Funktionsgenerator MG 7000



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

Mit
Platinenfolien

In dieser Ausgabe:

ELV Serie 7000:
ELV-Mini-Funktionsgenerator
MG 7000
4 1/2-stelliges LED-Präzisions-
Thermometer
Echter
Effektivwert-Gleichrichter

ELV-Serie Kfz-Elektronik:
Kfz-Digital-Ölthermometer
Elektronische
Wischerwasser-Heizung

Zeilentrafo-Prüfgerät
Automatik-Lichtdimmer
Briefkastenmelder

Zusätzlich
in dieser Ausgabe:
Digitaler Beleuchtungs-
stärkemesser
ELV Profilux 2000
Hochleistungs-
Membranpumpe
Automatische Helligkeits-
regelung für LED-Anzeigen

Kfz-Digital-Ölthermometer



Aufbau vollkommen ohne Abgleich

Bei leistungsfähigen hochdrehenden Verbrennungsmotoren ist die Überwachung der Öltemperatur interessant, um Leistungsgrenzen rechtzeitig zu erkennen.

Sowohl der Aufbau als auch der Anschluß dieses Digital-Thermometers sind auf einfache Weise und vollkommen ohne Abgleich möglich.

Allgemeines

Als weiteres Gerät in der ELV-Serie Kfz-Elektronik stellen wir Ihnen in dem hier vorliegenden Artikel ein Ölthermometer mit 3stelliger digitaler Anzeige vor, das einen Meßbereich von 0 bis +150° C aufweist.

Von wenigen Ausnahmen einmal abgesehen (z. B. Verbrennungsmotore mit Turbolader), ist dieser Meßbereich für alle Kraftfahrzeuge ausreichend. Im allgemeinen bewegt sich die Öltemperatur, deren Nennwert bei den unterschiedlichen Fahrzeugtypen etwas schwanken kann, im Bereich zwischen 80° C und 120° C.

Durch den Einsatz eines eng tolerierten NTC-Temperatursensors, kann der Nachbau vollkommen ohne Abgleich durchgeführt werden.

Der Anschluß des Gerätes erfolgt lediglich über drei Zuleitungen.

Kfz-Masse/+12 V Bordspannung/Temperatursenzor-zuleitung.

Ein zweiter Anschluß für den Temperatursensor ist nicht erforderlich, da dieser direkt mit der Kfz-Masse (Fahrzeugchassis) verbunden ist.

Zur Schaltung

Als Meßwertaufnehmer dient ein NTC-Widerstand, dessen Nennwert bei 25° C genau 1000 Ω beträgt. Entsprechende, für den Einsatz in der hier vorgestellten Schaltung geeignete Meßwertaufnehmer, werden von der Firma VDO für fast alle Fahrzeuge angeboten. Hierbei handelt es sich um Sensoren, bei denen der NTC-Widerstand je nach Fahrzeugtyp entweder in der Ölablaßschraube oder aber im Ölmeßstab eingebaut wurde.

Aufgrund der guten Übereinstimmung der einzelnen Sensoren der Firma VDO, kann bei hinreichender Genauigkeit auf einen Abgleich der Schaltung verzichtet werden.

Für die Experten unter unseren Lesern, die evtl. auch einen Öltemperaturgeber mit einem NTC-Widerstand einsetzen wollen, der abweichende Meßwerte liefert, wollen wir nachstehend noch kurz auf die dann erforderlichen Schaltungsänderungen eingehen.

Die Widerstände R 4 und R 5 müssen hierbei im gleichen Verhältnis wie der Nennwiderstand bei 25° des verwendeten NTC-Widerstandes geändert werden ($R_{NTC} = 10 \text{ k}\Omega$ bei 25° C ergibt für R 4 = 180 und für R 5 = 820 Ω). Eine Feinanpassung des Skalenfaktors kann über die Veränderung von R 8 (Skalenfaktoreinstellung) erfolgen. Beim Einsatz des VDO-Öltemperaturgebers brauchen vorstehende Ausführungen hinsichtlich der Veränderung von R 4, R 5 und R 8 nicht weiter beachtet zu werden.

Wie vielen unter unseren Lesern bekannt sein wird, weist die Kennlinie (Widerstands-Temperaturverlauf) eines NTC-Widerstandes eine starke Krümmung auf, die zu größeren Nichtlinearitäten führen kann. Im ELV-Labor wurde daher eine Schaltung entwickelt, die eine gute Linearisierung der Kennlinie erlaubt.

Mit OP 1, T 1, R 1 bis R 3 sowie C 5 und C 6, ist eine stabile Referenzspannungsquelle aufgebaut, die auf Masse bezogen, am Emitter von T 1 eine Spannung von 1,8 V zur Verfügung stellt.

Diese über der Reihenschaltung, bestehend aus R 4, R 5 sowie dem Öltemperaturgeber, abfallende Spannung, dient in Verbindung mit den Vorwiderständen R 4, R 5 zur Linearisierung der Kennlinie des Öltemperaturgebers.

Zur Auswertung gelangt der Spannungsabfall über R 4, der dem Strom durch den Öltemperaturgeber direkt proportional ist. Dieser Spannungsabfall gelangt auf die beiden Meßeingänge (Pin 30 und Pin 31) des A/D-Wandlerbausteins des Typs ICL 7107 (IC 3), der eine analoge Eingangsspannung direkt in einen digitalen Wert umsetzt.

Die Referenzspannung wird mit dem Spannungsteiler R 7 bis R 9 erzeugt und steht an den entsprechenden Eingängen des IC 3 (Pin 35 und Pin 36) an. Zur Versorgung der gesamten Schaltung reicht im vorliegenden Fall eine einzige Spannung von +5 V aus, die mit dem Festspannungsregler IC 1 des Typs 7805 erzeugt wird. Auf eine normalerweise zum einwandfreien Arbeiten des ICL 7107 erforderliche zusätzliche negative Versorgungsspannung

konnte verzichtet werden, da sowohl die Meßeingänge als auch die Referenzspannungseingänge des ICL 7107 ungefähr in der Mitte der 5 V Versorgungsspannung liegen.

Abschließend wollen wir noch kurz auf ein neues Schaltungsdetail zur automatischen Helligkeitsregelung der LED-Anzeigen eingehen:

Sollen die drei 7-Segment-LED-Anzeigen des Kfz-Digital-Ölthermometers ungeregelt mit voller Helligkeit aufleuchten, so kann der Transistor T 2 mit den beiden Widerständen R 12 und R 13 ersatzlos entfallen, wobei über eine Brücke die Kollektor-Emitter-Strecke von T 2 verbunden wird.

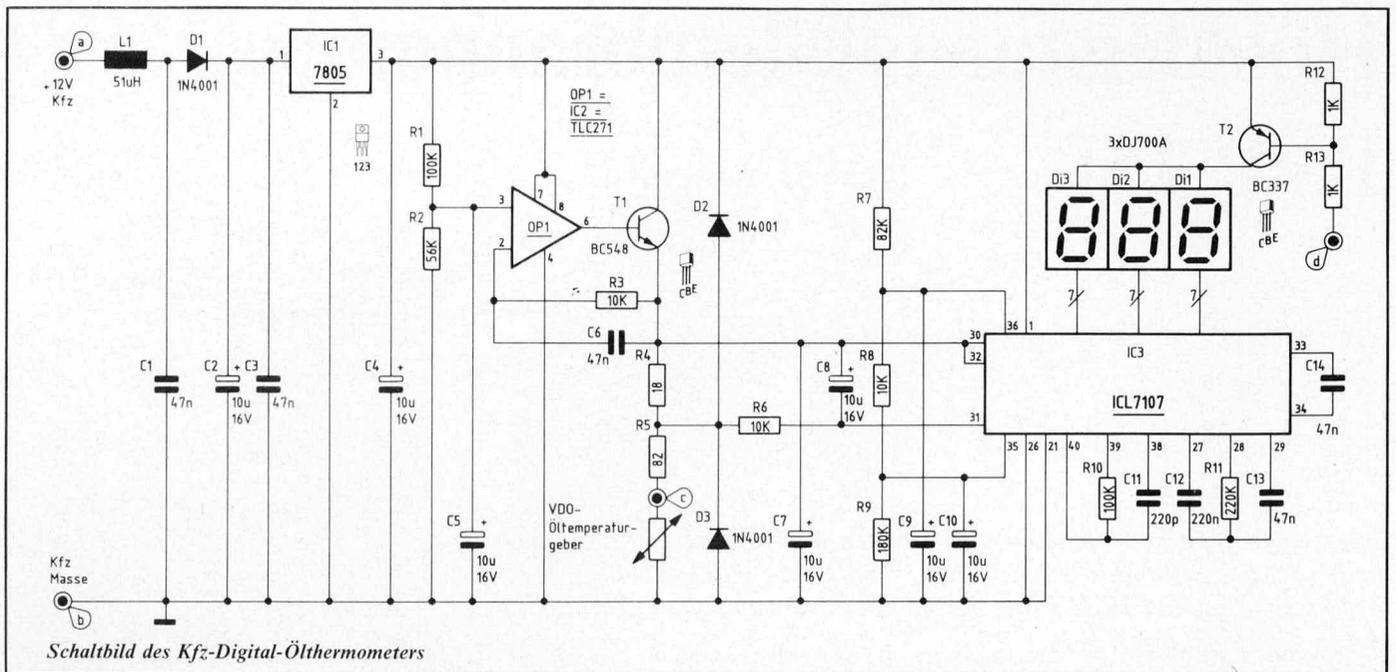
Wird eine Helligkeitsregelung gewünscht, kann hierzu die ebenfalls in dieser Ausgabe beschriebene Schaltung „Automatische Helligkeitssteuerung für LED-Anzeigen“ herangezogen werden. Die Schaltung beinhaltet einen Lichtsensor (LDR 07), der in Abhängigkeit von der Umgebungshelligkeit eine Tastlückensteuerung der Ausgangsimpulse vornimmt. Diese Ausgangsimpulse steuern über R 13 den Schalttransistor T 2 an. Je größer die Umgebungshelligkeit, desto kürzer die Tastlücke und desto heller die LED-Anzeige des Kfz-Digital-Ölthermometers.

Die Schaltung des Automatik-Lichtdimmers wird auf einer separaten kleinen Leiterplatte aufgebaut. Sie kann gleichzeitig bis zu 10 verschiedene digitale LED-Anzeige-Geräte aus der ELV-Serie Kfz-Elektronik ansteuern. Die Bauteile T 2, R 12, R 13 finden auf der Leiterplatte des jeweiligen Anzeigeegerätes Platz. Bei früher veröffentlichten Schaltungen in dieser Reihe, kann durch Auftrennen entsprechender Leiterbahnen dieses Schaltungsdetail auch nachträglich eingebaut werden.

Zum Nachbau

Ebenso wie das in der vorangegangenen Ausgabe „ELV journal“ Nr. 36 vorgestellte Kfz-Digital-Voltmeter ist auch der Aufbau dieser kleinen und interessanten Schaltung weitgehend problemlos.

Zunächst sind die passiven und dann die aktiven Bauelemente einzulöten. Das IC 3



wird zweckmäßigerweise als letztes eingebaut und vorsichtig verlötet.

Nach erfolgter Bestückung der beiden Leiterplatten werden diese im rechten Winkel miteinander verlötet, und zwar so, daß die Anzeigenplatine ca. 1 bis 2 mm unterhalb der Leiterbahnseite der Basisplatte hervorsteht. Wichtig ist hierbei, daß keine Lötzinnbrücken zwischen den einzelnen Verbindungsleitungen auftreten.

Die positive Versorgungsspannung (Schaltungspunkt „a“), die im Bereich zwischen + 8 V und + 15 V schwanken darf, ist hinter einer Fahrzeugsicherung abzunehmen, die über das Zündschloß ein- und wieder ausgeschaltet wird.

Die Schaltungsmasse („b“) sollte möglichst in räumlicher Nähe des Öltemperaturgebers mit der Fahrzeugmasse verbunden werden. Dies ist deshalb nicht ganz un-

wichtig, da die Zuleitung „b“ sowohl zur negativen Stromversorgung des Kfz-Digital-Ölthermometers dient als auch gleichzeitig die Rückleitung des Öltemperaturgebers darstellt.

Die dritte Zuleitung („c“) wird direkt am Öltemperaturgeber angeklemt.

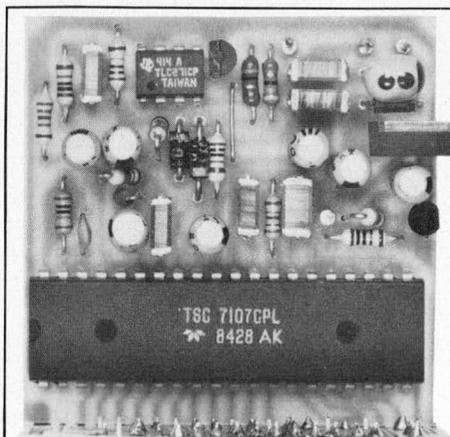
Da auf eine Kalibrierung der Schaltung verzichtet werden kann, ist die Schaltung nach Anschluß der drei Zuleitungen sofort einsatzbereit.

Genauigkeit

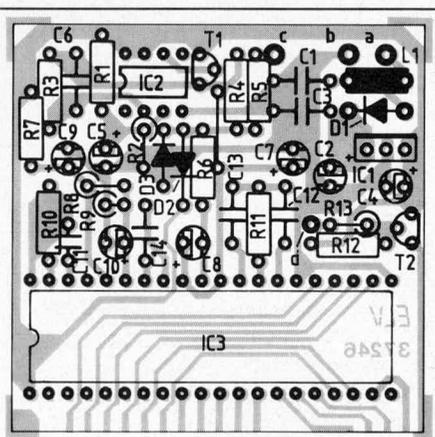
Die Schaltung arbeitet in einem Temperaturbereich von 0 bis + 150° C. Im Bereich zwischen + 50° C und + 150° C liegen die mittleren Abweichungen bei ca. 5° C. Aufgrund der Schaltungskonzeption sind keine negativen Temperaturen meßbar, d. h. auch bei -25° C bleibt die Anzeige zwischen 0 und + 5° C stehen.

Soll eine Überprüfung des Skalenfaktors (und evtl. Korrektur über eine Veränderung von R 8) vorgenommen werden, so ist dies bei einer Sensortemperatur von genau 75° C vorzunehmen, denn in diesem Punkt ist die Meßwertabweichung am geringsten. Wird der Abgleich hingegen bei + 100° C vorgenommen, so ist die Anzeige auf 105° C einzustellen, damit der optimale Kurvenverlauf erreicht wird.

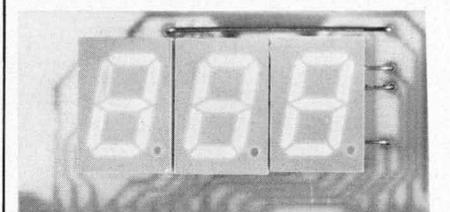
Vom Grundsatz her arbeitet die im ELV-Labor entwickelte Schaltung zwar erheblich genauer, jedoch ergeben sich die vorstehend beschriebenen Abweichungen durch den verwendeten Öltemperaturgeber. Wir meinen jedoch, daß die erzielbaren Genauigkeiten für den praktischen Einsatz durchaus ausreichend sind. Insbesondere ist dem Vorteil der Verfügbarkeit praxisgerechter Öltemperaturgeber Aufmerksamkeit zu schenken.



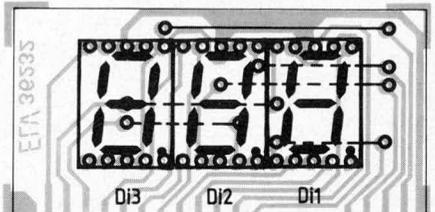
Ansicht der fertig bestückten Basisplatte



Bestückungsseite der Basisplatte



Ansicht der fertig bestückten Anzeigenplatine



Bestückungsseite der Anzeigenplatine

Stückliste: Kfz-Digital-Ölthermometer Halbleiter

IC1	.....	µA 7805
IC2	.....	TLC 271
IC3	.....	ICL 7107
T1	.....	BC 548
T2*	.....	BC 337
D1-D3	.....	1N4001
Di1-Di3	.....	DJ 700 A

Kondensatoren

C1, C3, C6, C13, C14	.....	47 nF
C2, C4, C5, C7-C10	.....	10 µF/16 V
C11	.....	220 pF
C12	.....	220 nF

Widerstände

R1, R10	.....	100 kΩ
R2	.....	56 kΩ
R3, R6, R8	.....	10 kΩ
R4	.....	18 Ω
R5	.....	82 Ω
R7	.....	82 kΩ
R9	.....	180 kΩ
R11	.....	220 kΩ
R12*, R13*	.....	1 kΩ

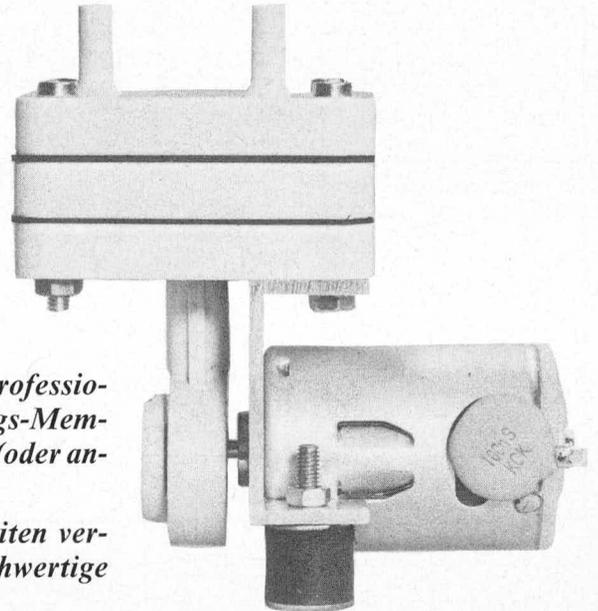
Sonstiges

L1	.....	51 µH Drossel
4 Lötstifte		
20 cm Silberdraht		
3 m flexible Leitung 2 x 0,4 mm ²		
3 m flexible Leitung 1 x 0,4 mm ²		

* nur bei Anschluß von automatischer Helligkeitssteuerung für LED-Anzeigen

Hochleistungs-Membranpumpe

EVP 150



Speziell für den Einsatz in der inzwischen weitverbreiteten professionellen ELV-Entlötstation EES 7000, wurde eine Hochleistungs-Membranpumpe entwickelt, die speziell für die Förderung von Luft (oder anderen Gasen) ausgelegt ist.

Da sich die Pumpe auch für verschiedene andere Möglichkeiten verwenden läßt, haben wir uns entschlossen, Ihnen diese hochwertige Pumpe auch in Form eines Bausatzes vorzustellen.

Allgemeines

Sobald man das Gebiet der Elektronik in Richtung Mechanik verläßt, stellen sich bei manchen nicht elektronischen Anwendungen sowohl dem professionellen Techniker in der Industrie als auch dem Hobby-Elektroniker Probleme in den Weg, die auf den ersten Blick nicht sofort lösbar erscheinen.

Für die Förderung von Luft bzw. Gasen können wir Ihnen mit der hier vorgestellten Hochleistungs-Membranpumpe eine elegante Lösung vorschlagen.

Diese in Zusammenarbeit mit einer namhaften deutschen Maschinenbaufirma entwickelte und produzierte Pumpe ist, wie bereits erwähnt, speziell zur Luftförderung geeignet, wobei auch die am meisten gebräuchlichen Gase gefördert werden können, solange es sich nicht um explosive Medien handelt (der Gleichstrommotor hat eine nicht zu vernachlässigende Funkenbildung).

Die eigentliche Membranpumpe, d. h. der Pumpenkopf, ist sowohl zur Druck- als auch zur Vakuumerzeugung gleichermaßen einsetzbar. Er besteht aus drei in Sandwich-Bauweise aufgebauten speziellen Kunststoffanteilen mit zwei dazwischen liegenden hochwertigen Gummimembranen.

Die obere Gummimembran besitzt im Bereich der Strömungskanäle eine besondere Form und dient in Verbindung mit zwei O-Ringen als Ein- und Auslaßventil, das automatisch über die Luftströmung gesteuert wird.

Die genauen technischen Daten entnehmen Sie bitte der Tabelle.

Zum Nachbau

Der gesamte Pumpenbausatz besteht insgesamt aus 31 Einzelteilen.

Da für die Verbindung des Pleuels (3) über

das Präzisions-Miniatur-Kugellager (2) mit dem Exzenter (1) Spezialwerkzeuge erforderlich sind (zum Einpressen des Lagers), wird diese Funktionseinheit bereits fertig montiert geliefert.

Beim Nachbau geht man zweckmäßigerweise wie folgt vor:

Die Gummimembran (10) wird zwischen das Membranhalterunterteil (9) und das Membranhalteroberenteil (11) eingefügt und über die Senkkopfschraube (12) mit dem Pleuel (3) verschraubt. Die Senkkopfschraube (12) wird hierbei fest angezogen, wobei man jedoch darauf achten muß, daß keine extremen Kräfte angewandt werden sollten, da das Pleuel aus Kunststoff besteht.

Zu beachten ist hierbei, daß eine der vier geraden Seiten der Gummimembran (10) parallel zur Stirnfläche des Pleuels bzw. des Exzenters verläuft. Dies ist wichtig, um Spannungen innerhalb der Gummimem-

bran zu vermeiden. Berücksichtigt man diesen Punkt nicht, stellt man spätestens beim Aufpressen der Motorwelle auf den Exzenter (1) fest, daß das Pleuel noch etwas zu drehen ist. Auch zu diesem Zeitpunkt kann die Ausrichtung zwischen Pleuel und Gummimembran noch etwas korrigiert werden.

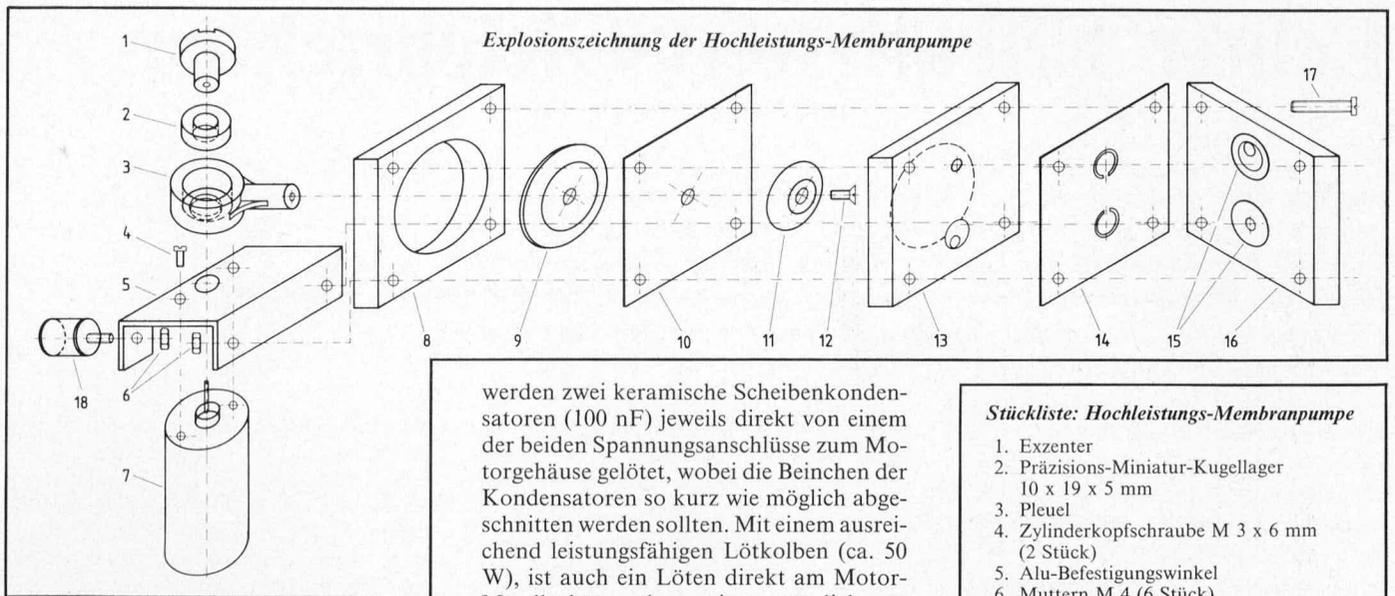
Als nächstes wird das Pleuel (3) durch das Pumpengehäuseunterteil (8) geführt, damit die Gummimembran (10) auf der einen Seite des Pumpengehäuseunterteiles (8) aufliegt.

Nun wird das Pumpengehäusemittelteil (13) auf die Gummimembran (10) gelegt, so daß sich die Gummimembran (10) zwischen dem Pumpengehäuseunterteil (8) und dem Pumpengehäusemittelteil (13) befindet.

In bewährter Sandwich-Bauweise folgt nun die Gummiventilplatte (14), die auf das Pumpengehäusemittelteil (13) gelegt wird.

Technische Daten: Hochleistungs-Membranpumpe

Förderleistung: (Dauerbetrieb bei 12 V):	500 l/h
(Kurzzeitbetrieb max. 1 h bei 18 V):	1000 l/h
Fördermedium	Gase (z. B. Luft)
Druckleistung:	0,7 bar (typ. 1 bar)
Saugleistung (Vakuum):	-0,5 bar (typ. -0,7 bar)
Stromaufnahme (bei 12 V):	
Leerlauf:	0,5 A
bei max. Saugleistung:	0,8 A
bei max. Druckleistung:	1,0 A
Nennspannung:	12 V (Dauerbetrieb)
Betriebsspannungsbereich:	2 V - 18 V (über 12 V max. 1 h)
Lebensdauer (12 V):	1000 h (typ. 2500 h)
Halterung:	über 2 Miniatur-Gummipuffer mit Innengewinde M4
Abmessungen:	94 x 97 x 60 mm
Gewicht:	300 g



Bevor als letztes das Pumpengehäuseober-
teil (16) auf die Gummiventilplatte (14) ge-
legt wird, sind in die dafür vorgesehenen
Nuten zwei O-Ringe (15) zu legen. Falls
die Pumpe bei der Inbetriebnahme nicht
einwandfrei arbeitet, so ist das Pumpen-
gehäuseoberteil (16) um 90° bzw. 180° zu drehen.

Zur Verbindung der Pumpenteile 8 bis 16
dienen vier Schrauben M 4 x 35 mm mit vier
Muttern M 4. Zwei dieser Schrauben werden
gleichzeitig durch die beiden entspre-
chenden Bohrungen des Alu-Befestigungswin-
kels geführt, so daß dieser gleich mit der
eigentlichen Membranpumpe verbunden
ist.

Als nächstes kann der Hochleistungs-
gleichstrommotor mit zwei Schrauben
M 3 x 6 mm mit dem Alu-Befestigungswin-
kel verbunden werden. Das jetzt folgende
Aufpressen des Exzenters (1) auf die Mo-
torwelle muß besonders sorgfältig durchge-
führt werden, da ein schiefes Einpressen zu
unnötigen Vibrationen und Reibungsver-
lusten führen kann. Zunächst werden hier-
für die beiden Schrauben M 4 x 35 mm, die
zur Befestigung des eigentlichen Pumpen-
gehäuses am Aluwinkel dienen, noch ein-
mal gelöst, um anschließend, am besten in
einem Schraubstock, Motor und Exzenter
in gleicher Linie zueinander zu positionie-
ren. Dann wird der Schraubstock ganz
langsam soweit zusammengedreht, daß
immer noch ca. 2 mm Luft zwischen Pleuel
und Motor bestehen bleiben.

Zwar ist im Exzenter zum Einpressen der
Motorwelle eine entsprechende Bohrung
vorgesehen, so daß eine gewisse Führung
beim Einpreßvorgang gegeben ist. Trotz-
dem sollte man sorgfältig darauf achten,
daß während des Einpreßvorganges die
Motorwelle auch tatsächlich sauber dieser
vorgegebenen Bohrung folgt.

Nachdem auch die beiden Verbindungs-
schrauben M 4 x 35 mm zum Alubefesti-
gungswinkel wieder angezogen wurden, ist
die Membranpumpe praktisch schon betriebs-
bereit.

Um unnötige Störungen des verhältnismä-
ßig leistungsfähigen Gleichspannungsmo-
tors auf andere Geräte zu unterdrücken,

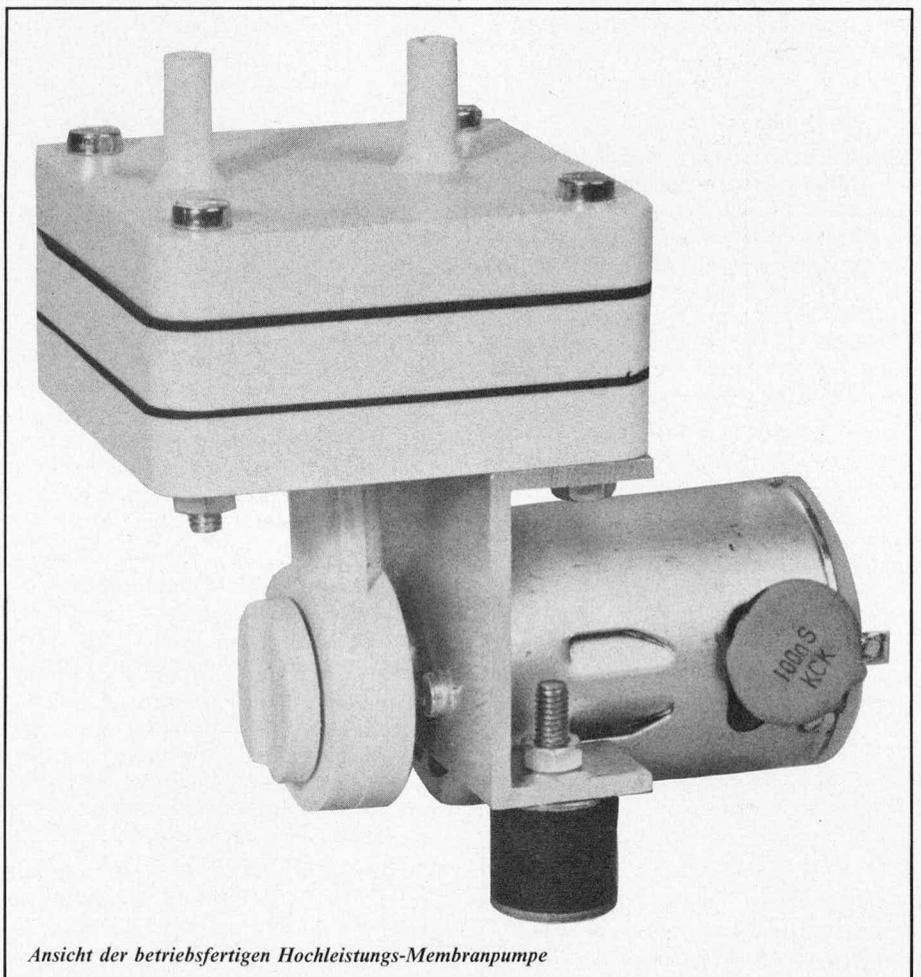
werden zwei keramische Scheibenkondensatoren (100 nF) jeweils direkt von einem der beiden Spannungsanschlüsse zum Motorgehäuse gelötet, wobei die Beinchen der Kondensatoren so kurz wie möglich abgeschnitten werden sollten. Mit einem ausreichend leistungsfähigen LötKolben (ca. 50 W), ist auch ein Löten direkt am Motor-Metallgehäuse ohne weiteres möglich.

Zuletzt werden die beiden Spezialgummipuffer mit zwei Muttern M 4 an den dafür vorgesehenen Bohrungen im Aluwinkelunterteil festgeschraubt. Die Gummipuffer besitzen an ihrer Unterseite jeweils eine Bohrung mit einem Gewinde M 4, über das die gesamte Pumpe mechanisch an ihrem jeweiligen Bestimmungsort befestigt werden kann. Die Gummipuffer selbst sorgen hierbei für einen weitgehend vibrationsfreien Lauf und eine gute Dämpfung.

Damit steht dem Einsatz dieser qualitativ hochwertigen Membran-Pumpe nichts mehr im Wege.

Stückliste: Hochleistungs-Membranpumpe

1. Exzenter
2. Präzisions-Miniatur-Kugellager
10 x 19 x 5 mm
3. Pleuel
4. Zylinderkopfschraube M 3 x 6 mm
(2 Stück)
5. Alu-Befestigungswinkel
6. Muttern M 4 (6 Stück)
7. Mabuchi-12 V Gleichstrommotor
Spezialausführung:
Langsamläufer mit hoher
Standzeit
8. Pumpengehäuseunterteil
9. Membranhalterungsteil
10. Membran
11. Membranhalteroberteil
12. Senkkopfschraube M 4 x 10 mm
13. Pumpengehäusemittelteil
14. Gummiventilplatte
15. O-Ringe 19 x 2 mm
16. Pumpengehäuseoberteil
17. Zylinderkopfschrauben M 4 x 35 mm
(4 Stück)
18. Spezialgummipuffer (2 Stück)
19. Keramische Scheibenkondensatoren
100 nF (2 Stück)



Echter Effektivwert-Gleichrichter

Vielfach besteht der Wunsch, bei Wechselspannungs- und Wechselstrommessungen den echten Effektivwert zu messen, besonders dann, wenn die Kurvenformen der Meßspannungen von der Sinusfunktion abweichen. Mit dieser verhältnismäßig einfach aufzubauenden Zusatzschaltung können die meisten digitalen Multimeter zur Messung des echten Effektivwertes nachgerüstet werden.

Theoretische Grundlagen

Bei Wechselspannungsmessungen ist im allgemeinen der Effektivwert von Interesse — gleiches gilt selbstverständlich ebenso für Wechselstrommessungen.

Der Effektivwert einer Wechselspannung ist deshalb von besonderem Interesse, da er einem Gleichspannungswert identischer Größe entspricht.

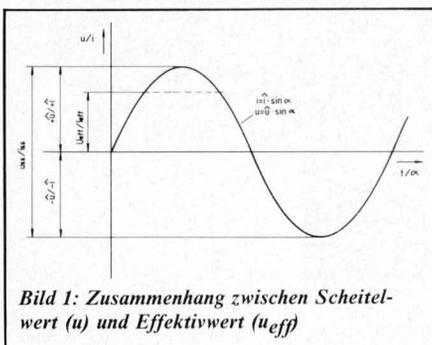
In der Praxis bedeutet dies, daß der echte Effektivwert einer Wechselspannung, die an einem rein Ohmschen Widerstand anliegt, in diesem Widerstand die exakt gleiche Leistung in Wärme umsetzt, die eine gleich große Gleichspannung bewirken würde (jeweils multipliziert mit dem zugehörigen Strom).

Im Prinzip kann der Effektivwert einer Wechselspannung durch die verhältnismäßig einfache Messung des Spitzenwertes ermittelt werden, da die genaue Beziehung zwischen Effektivwert und Spitzenwert bei rein sinusförmigen Wechselspannungen nach der Formel:

$$U_{\text{eff}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \hat{U}$$

festgelegt ist. Dies bedeutet, daß der gemessene Spitzenwert anschließend durch 1,41 geteilt werden muß, um den Effektivwert zu erhalten. Auf einfache Weise wird das bei der Festlegung des Skalenfaktors bei den meisten nach diesem Prinzip arbeitenden Meßgeräten mit einkalibriert. Eine Umrechnung ist selbstverständlich nicht nötig. Auf der Anzeige können die Effektivwerte direkt abgelesen werden.

Vorgenannte Möglichkeit bietet sich jedoch ausschließlich dann an, wenn es sich um rein sinusförmige Kurvenformen handelt. Bei anderen Spannungsverläufen können beliebig große Abweichungen auftreten. Besonders bei Rauschspannungen mit hohen Spitzen ergeben sich Meßfehler extremer Größe, so daß nicht einmal mehr



ein annähernder Bezug auf den tatsächlichen Effektivwert der Spannung aufgrund des angezeigten Meßergebnisses möglich ist.

Eine Verbesserung stellt hier die Messung des arithmetischen Mittelwertes dar, bei dem die Abweichungen im allgemeinen deutlich geringer sind. Entsprechend ausgerüstete Meßgeräte zeigen bei rein sinusförmigem Kurvenverlauf der Meßspannung direkt den Effektivwert an. Bei abweichenden Kurvenformen wird jedoch auch hier der Meßfehler um so größer, je weiter der Kurvenverlauf der Meßspannung von der Sinusform abweicht.

Bei nicht wesentlichen Kurvenformverzerrungen bleibt der Fehler im allgemeinen unter 1 %, während bei der Messung von Rechteckspannungen die Anzeige beispielsweise um 11 % zu groß und bei Dreieckspannungen um 4 % zu klein ist. Die beste Möglichkeit zur Erzielung hoher Genauigkeiten bei den verschiedensten Kurvenformen ist daher die wirkliche Messung des Effektivwertes — in der Meßtechnik häufig auch als „echter Effektivwert“ oder „true RMS“ bezeichnet.

Der Effektivwert ist definiert als:

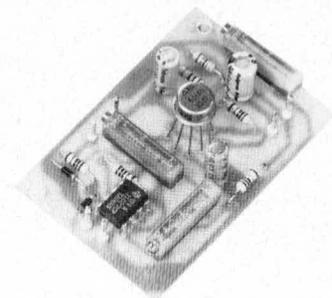
$$U_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{1}{T_0} \int_0^{T_0} u^2 dt}$$

In der meßtechnischen Praxis bedeutet dies, daß die vorstehende mathematische Formel auf elektronische Weise nachgebildet werden muß. Hierzu wird die Meßspannung zunächst quadriert (mit sich selbst multipliziert), um anschließend integriert zu werden. Nach erfolgter Integration (meist mit Hilfe eines Kondensators) wird das Ergebnis radiziert, d. h., es wird daraus die Quadratwurzel gezogen.

Das größte Problem ist hierbei die Radizierung im Bereich sehr kleiner Größen (in der Nähe von 0), da man genau bei 0 auf einen mathematisch (und auch elektronisch) nicht definierten Ausdruck trifft (0:0).

Aus vorgenannten Gründen ist die Messung des echten Effektivwertes über einen ausreichend großen Meßbereich verhältnismäßig aufwendig und wird daher meistens nur für höherwertige elektronische Meßinstrumente eingesetzt.

Inzwischen werden von einigen Herstellern echte Effektivwertwandler in integrierter Bauweise angeboten, wodurch sich der Selbstbau solcher Gleichrichtersysteme erheblich vereinfacht.



Wir stellen Ihnen daher in diesem Artikel die Schaltung eines echten Effektivwert-Gleichrichters vor, die zur Nachrüstung der meisten gebräuchlichen elektronischen Digital-Multimeter geeignet ist. Eine Eingangsspannung im Bereich von 0 bis 200 mV (Effektivwert) wird in eine entsprechende Gleichspannung von ebenfalls 0 bis 200 mV umgesetzt. Die genauen technischen Daten können der Tabelle 1 entnommen werden.

Tabelle 1

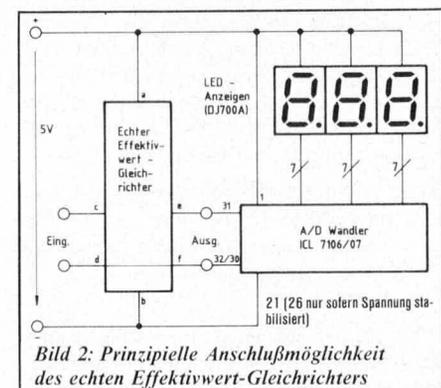
Spannungsvorsorgung:	..... + 2 V bis + 12 V
	Masse
	-2,5 V bis -12 V
	Gesamtspannung max. 16 V
Eingangsspannungsbereich:	..... 0-200 mV _{eff}
Überlastschutz	..... ± 50 V
Crest-Faktor:	..... 6
Genauigkeit:	..... ± 0,3 % ± 0,3 mV
Bandbreite (V _m = 200 mV)	..... 1 MHz (3 dB)
	130 kHz (0,1 dB ± 1 %)

Zur Schaltung

Für ein so komplexes System wie dem hier vorliegenden echten Effektivwert-Gleichrichter, konnte die Schaltung mit erstaunlich geringem Aufwand an Bauelementen realisiert werden. Dies liegt im wesentlichen an der komplexen Funktion des eigentlichen Wandlerbausteins IC 2 des Typs AD 636 von Analog-Devices.

In diesem IC sind alle wesentlichen Funktionseinheiten zur Umsetzung des echten Effektivwertes einer Wechselspannung in eine äquivalente Gleichspannung integriert.

Damit der Eingang der Gesamtschaltung (Punkt „c“) das Meßobjekt bzw. einen hochohmigen Eingangsspannungsteiler nicht unnötig belastet, wurde mit dem OP 1 ein extrem hochohmiger Eingangsverstärker aufgebaut (0 dB ≅ 1:1). Am Ausgang des OP 1 (Pin 6) steht das gepufferte Eingangssignal zur Ansteuerung des Einganges (Pin 4) des IC 2 zur Verfügung.



Mit dem Spindeltrimmer R5 kann eine Feintrimmung des Skalenfaktors (Verstärkung) des IC2 vorgenommen werden.

Am Ausgang des IC2 (Pin 8) kann dann eine Gleichspannung abgegriffen werden, die dem echten Effektivwert der Eingangsspannung entspricht (jeweils bezogen auf Analog-Ground = AG = Punkt „d“ bzw. „f“).

Der Spindeltrimmer R3 dient zur Offsetkompensation des OP1, während R6 zum Nullabgleich des IC2 dient. Hierauf wird im folgenden Kapitel noch näher eingegangen.

Zur Spannungsversorgung der Schaltung sind zwei stabilisierte Festspannungen erforderlich. Die positive Festspannung kann im Bereich von +2 V bis +12 V liegen, während die negative Festspannung -2,5 V bis -12 V betragen darf (jeweils bezogen auf die Schaltungsmasse — auch mit Analog-Ground = AG bezeichnet). Die zwischen den Anschlußpunkten „a“ und „b“ auftretende Spannungsdifferenz darf 16 V nicht überschreiten.

Können die Versorgungsspannungen für diese Schaltung aufgrund von Neuentwicklungen frei gewählt werden, so sollten diese symmetrisch bei ± 5 V liegen.

Kalibrierung

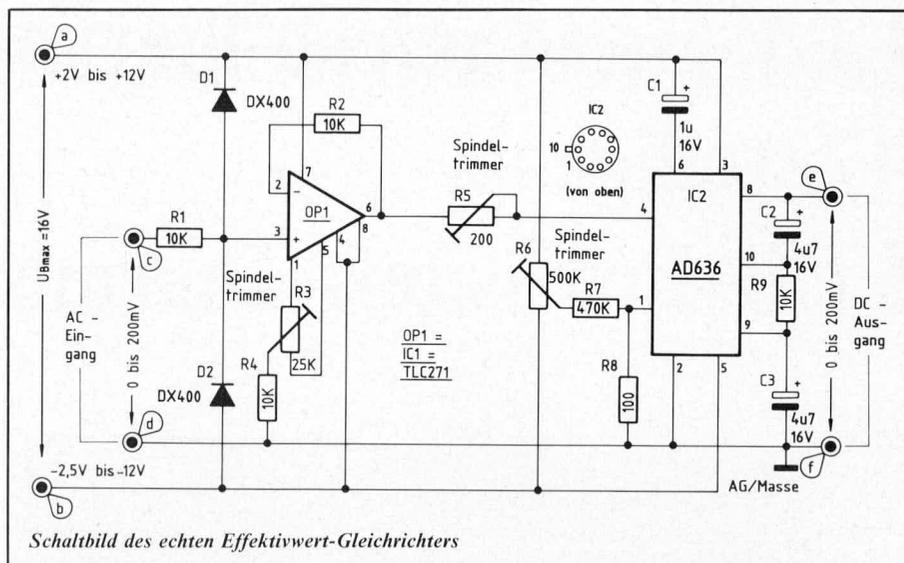
Zunächst sind die Eingangsklemmen „c“ und „d“ über ein kurzes Leitungsstück miteinander zu verbinden.

Mit einem möglichst hoch auflösenden Voltmeter ist jetzt die Ausgangsspannung des OP1 (Pin 6) auf die Schaltungsmasse bezogen (Punkte „d“ bzw. „f“) zu messen.

Der Spindeltrimmer R3 wird so eingestellt, daß die Ausgangsspannung des OP1 0 wird (max. 0,3 mV).

Als nächstes mißt man jetzt die Ausgangsspannung des IC2 (von Pin 8 zur Schaltungsmasse) und stellt den Spindeltrimmer R6 so ein, daß auch hier die Spannung möglichst 0 wird (max. 0,5 mV).

Die Feineinstellung des Skalenfaktors ist auf besonders einfache Weise möglich, da die Schaltung auch Gleichspannungen zu verarbeiten in der Lage ist.



Schaltbild des echten Effektivwert-Gleichrichters

Hierzu wird zunächst der Kurzschluß am Eingang beseitigt und eine bekannte „saubere“ Gleichspannung im Bereich von 100 mV bis 200 mV zwischen die Punkte „c“ und „d“ angelegt. Der Pluspol sollte hierbei an Punkt „c“ anliegen.

Das vorher zur Nullpunkteinstellung verwendete hochauflösende Voltmeter wird jetzt zwischen die Anschlußpunkte „c“ und „e“ angeschlossen, wobei R5 so einzustellen ist, daß sich eine möglichst geringe Spannungsdifferenz zwischen den Punkten „c“ und „e“ ergibt (max. 5 mV).

Ist hier mit R5 eine optimale Übereinstimmung vorgenommen worden, so beträgt das Übersetzungsverhältnis exakt 1:1 und man kann in den angegebenen Genauigkeitsgrenzen davon ausgehen, daß auch bei Anliegen einer Wechselspannung am Ausgang (Punkt „e“) eine äquivalente Gleichspannung zur Weiterverarbeitung ansteht.

Vorgenannte Einstellmethode für den Skalenfaktor mit dem Spindeltrimmer R5 ist jedoch nur dann einsetzbar, wenn am Eingang tatsächlich eine einwandfreie Gleichspannung angelegt wird. Sobald ein geringer Brummanteil vorhanden ist, wird dieser vom IC2 ausgewertet und am Ausgang (Pin 8 des IC2) steht selbstverständlich eine

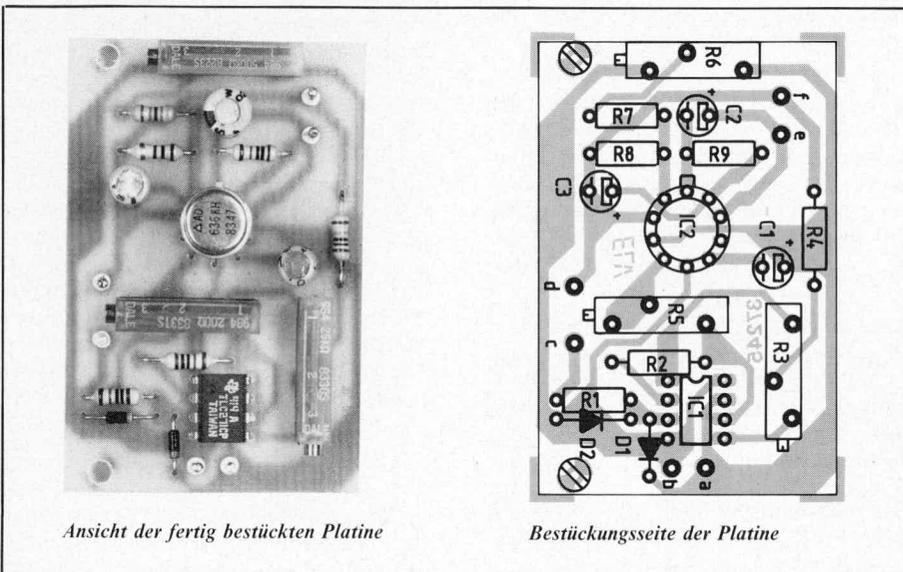
höhere Gleichspannung an (entsprechend der Größe des Brummanteils der Eingangsgleichspannung).

Eine weitere Möglichkeit zur Skaleneinstellung mit R5 besteht darin, daß man die Eingangsgleichspannung, die im Bereich zwischen 100 und 200 mV liegen sollte, mit der Ausgangsgleichspannung (zwischen den Anschlußpunkten „e“ und „f“) vergleicht und mit R5 in Übereinstimmung bringt. Diese letztgenannte Methode sollte dann angewandt werden, wenn die zur Kalibrierung eingesetzte Eingangsgleichspannung einen nicht zu vernachlässigenden Innenwiderstand besitzt, d. h., wenn sie z. B. über einen Spannungsteiler an Punkt „c“ angeschlossen wurde.

Zum Nachbau

In gewohnter Weise sind zunächst die passiven und dann die aktiven Bauelemente auf die Platine zu setzen und zu verlöten.

Der Anschluß der Meß- und Stromversorgungsleitungen ist mit kurzen isolierten, flexiblen Drähten vorzunehmen, um Störeinstreuungen zu vermeiden. Ggf. sind noch zwei Pufferkondensatoren von Anschlußpunkt „a“ zur Schaltungsmasse („f“) sowie von der Schaltungsmasse zum Anschlußpunkt „b“ zu schalten (Elko's ca. 10 µF/16 V).



Ansicht der fertig bestückten Platine

Bestückungsseite der Platine

Stückliste: Echter Effektivwert-Gleichrichter

Halbleiter

IC1	.....	TLC 271
IC2	.....	AD 636
D1, D2	.....	DX 400

Kondensatoren

C1	.....	1 µF/16 V
C2, C3	.....	4,7 µF/16 V

Widerstände

R1, R2, R4, R9	.....	10 kΩ
R3	.....	25 kΩ, Spindeltrimmer
R5	.....	200 Ω, Spindeltrimmer
R6	.....	500 kΩ, Spindeltrimmer
R7	.....	470 kΩ
R8	.....	100 Ω

Sonstiges

6 Lötstifte

ELV-Serie micro-line

4 $\frac{1}{2}$ stelliges

LED-Präzisions-Thermometer



Originalgröße: 131 x 50 x 68 mm

Die immer weiter steigenden Anforderungen hinsichtlich Auflösung und Genauigkeit haben uns veranlaßt, ein 4 $\frac{1}{2}$ stelliges Digital-Thermometer zu entwickeln, dessen Auflösung bei 0,01° C liegt und das eine exzellente Genauigkeit bei guter Langzeitkonstanz aufweist.

Allgemeines

„Präzision ist Trumpf.“ Dies gilt in besonderem Maße für professionelle Anwendungen im Bereich der Industrie, in dem sich ELV-Geräte in zunehmendem Maße, nicht zuletzt aufgrund ihrer Zuverlässigkeit und Preiswürdigkeit, etablieren. Aber auch im Bereich der engagierten Hobby-Elektronik wachsen stetig die Anforderungen.

Wir stellen Ihnen daher in dem hier vorliegenden Artikel ein hochauflösendes Präzisions-Digital-Thermometer mit 4 $\frac{1}{2}$ stelliger LED-Anzeige vor, auf dessen Preis-/Leistungsverhältnis wir wohl zu Recht stolz sein dürfen. Angesichts der Tatsache, daß geeichte Präzisions-Glas-Quecksilberthermometersätze (z. B. 12 Stück für den Temperaturbereich von -5° C bis +105° C) mit einer Auflösung von 0,01 K preislich in der Größenordnung von DM 5000,— liegen, darf man sich an den Nachbau der hier vorgestellten Schaltung erfreut heranwagen.

Der Vollständigkeit halber muß jedoch gesagt werden, daß zwar die Auflösung des hier vorgestellten Gerätes gleichwohl 0,01 K beträgt, die absolute Genauigkeit hingegen im Bereich von 0,1 K liegt. Die Überprüfung der Nullseriengeräte erfolgte im ELV-Labor anhand der vorstehend erwähnten geeichten Präzisions-Glasthermometer. Da uns hinsichtlich Bauteilestreuungen und Langzeitstabilität nur eingeschränkte Erfahrungen in diesem hohen Genauigkeitsbereich zur Verfügung stehen, möchten wir derzeit auf die Angabe

von garantierten Daten verzichten. Die bereits vorliegenden Kenntnisse lassen jedoch Abweichungen von typ. \square 0,05 K als realistisch erscheinen, d. h., daß das vorliegende ELV-Präzisions-Digital-Thermometer durchaus zur Überprüfung und Kalibrierung gängiger elektronischer Thermometer mit einer Auflösung von 0,1 K einsetzbar ist.

Ein weiterer, sehr interessanter Anwendungsbereich ergibt sich durch das schnelle Erkennen von Temperaturschwankungen bzw. Tendenzen. Dies resultiert aus der Tatsache, daß zum einen der Temperaturfühler eine schnelle Ansprechzeit besitzt und zum anderen die Digital-Anzeige eine hohe Auflösung aufweist.

Der bei voller Genauigkeit gesichert überprüfte Temperaturbereich erstreckt sich von -5° C bis +105° C. Darüber hinaus stehen keine Präzisions-Vergleichsthermometer mit so hoher Auflösung zur Verfügung, so daß nur vermutet werden kann, daß die Toleranzen im Bereich von -20° C bis +120° C nur unwesentlich größer werden.

Grundsätzlich sollte man jedoch den Fühler möglichst selten und dann nur kurzzeitig auf Temperaturen von oberhalb 50° C bringen, damit die allen Bauteilen (also auch dem Fühler) anhaftende Alterung nicht unnötig beschleunigt wird (steigende Temperatur bedeutet schnellere Alterung). Dies bedeutet allerdings nicht, daß das Gerät für Dauermessungen bei 120° C ungeeignet wäre. In letztgenanntem Fall ist

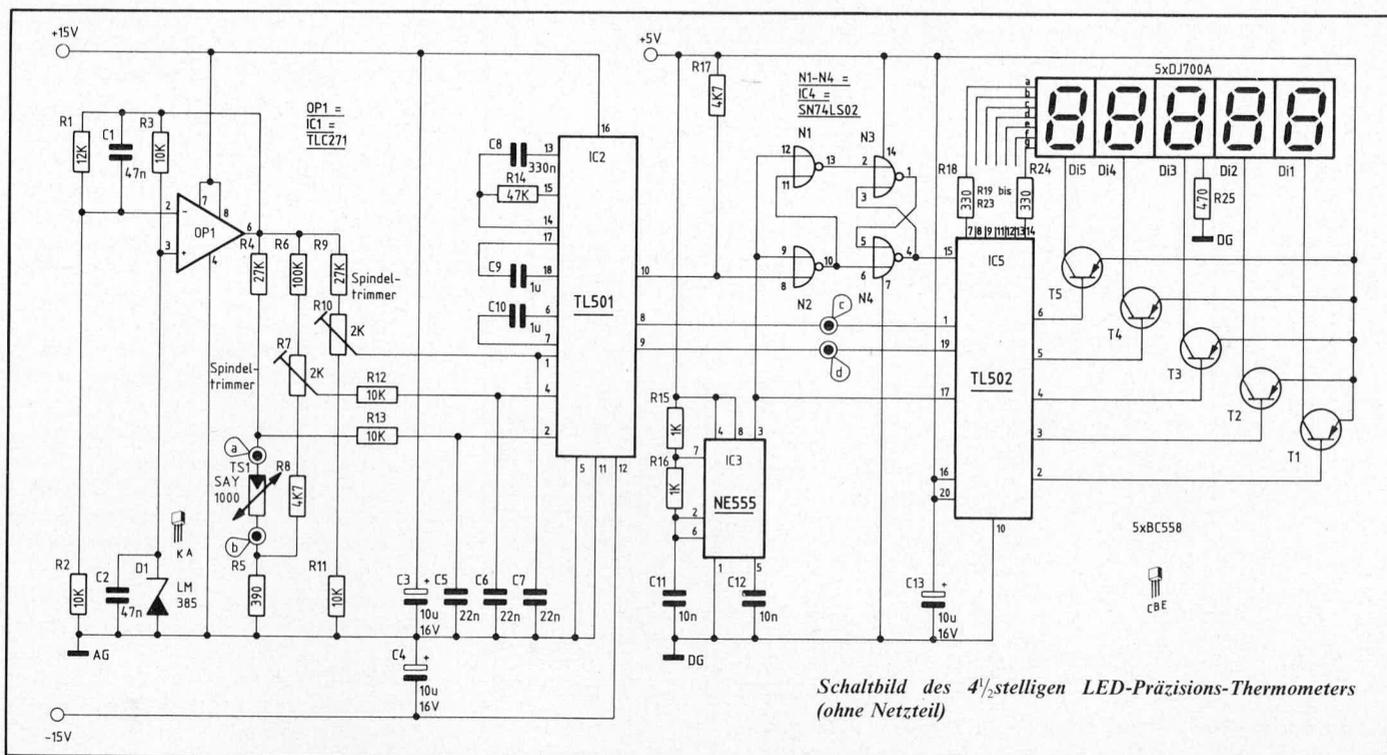
lediglich eine vorzeitige Neukalibrierung erforderlich, die normalerweise nur einmal im Jahr durchzuführen ist.

Aufgrund vorstehender Ausführungen wird der sachkundige Leser jetzt vielleicht sagen:

„Da werden aber doch einige Einschränkungen gemacht.“

Bei genauer Würdigung sämtlicher Randbedingungen wird sicher auch der kritische Leser diesem, im ELV-Labor entwickelten Präzisions-Digital-Thermometer, seine hohe Qualifikation zuerkennen. Auch, oder gerade bei den derzeit genauesten, geeichten Präzisions-Glasthermometern sind diverse, die Genauigkeit einschränkende Faktoren zu berücksichtigen. Wirklich genaue Messungen können damit nach unseren Erfahrungen nur unter Laborbedingungen erzielt werden. Sowohl die genaue Einhaltung der Eintauchtiefe als auch die verhältnismäßig große Zeitkonstante sind wichtige zu berücksichtigende Randbedingungen, die bei falscher Einschätzung und Behandlung zu Meßwertverfälschungen führen können. Darüber hinaus spielen Adhäsionskräfte innerhalb der superengen Kapillarröhren eine nicht zu vernachlässigende Rolle, die zu unkorrekten Meßergebnissen führen können.

Das ELV-Präzisions-Digital-Thermometer stellt somit einen guten Kompromiß hinsichtlich zuverlässiger Ablesbarkeit, einfacher Handhabung sowie hoher Genauigkeit und Langzeitkonstanz dar.



Schaltbild des 4 1/2-stelligen LED-Präzisions-Thermometers (ohne Netzteil)

Zur Schaltung

Kernstück der Schaltung ist ein Halbleiter-Tempersensor mit einer exakt definierten extrem genauen Kennlinie, die einer e-Funktion folgt. Dieser mathematisch genau erfassbare Kurvenverlauf muß von üblicherweise auftretenden „Schmutzeffekten“ weitgehend frei sein, damit die geforderte Genauigkeit auch tatsächlich erreicht wird.

Das von einem namhaften deutschen Halbleiterhersteller exklusiv produzierte Basis-Bauteil wird bei ELV sorgfältig ausgemessen, selektiert und zu dem Endprodukt, dem Präzisions-Temperaturfühler des Typs SAY 1000, weiterverarbeitet.

Die komplette Referenz- und Meßwertaufnehmerschaltung besteht aus den Bauteilen R 4 bis R 8 sowie dem Präzisions-Tempersensor TS 1. Zu beachten ist, daß es sich bei diesem Bauteil um ein gepoltes Halbleiterelement handelt. Bei falschem Einbau wird der Sensor zwar nicht zerstört, er kann jedoch nicht einwandfrei arbeiten. Sofern der Meßsensor außerhalb der hier vorliegenden Aufnehmerschaltung verwendet werden soll, ist zu beachten, daß der max. fließende Strom 0,4 mA nicht überschreiten darf sowie die max. an ihm abfallende Spannung unter 3 V bleiben muß (es gilt jeweils der niedrigere Wert).

Auf der Basis der Präzisionsspannungsreferenz des Typs LM 385 (D 1) ist in Verbindung mit dem OP 1 mit Zusatzbeschaltung eine hochkonstante Versorgungsspannung für die Meßwertaufnehmerschaltung mit Referenzspannung- und Nullpunkteinstellung (R 4 bis R 11 sowie TS 1) aufgebaut. Diese an Pin 6 des OP 1 anstehende hochkonstante Spannung weist einen Wert von 2,7 V auf (min. 2,6 V, max. 2,8 V).

Die am Temperatursensor TS 1 abfallende Spannung (Punkt „a“) gelangt über R 13 auf den invertierenden (-) Eingang des A/D-Wandlerbausteines des Typs TL 501

(IC 2). Allerdings stellt dieser Baustein nur die eine Hälfte (Analogteil) eines kompletten A/D-Wandlersystems dar. Die zweite Hälfte (Digitalteil) wird vom IC 5 des Typs TL 502 dargestellt. Darüber hinaus sind selbstverständlich noch einige passive Bauelemente (C 8 bis C 13 sowie R 14 bis R 17) erforderlich, damit das System arbeiten kann. IC 3 dient lediglich zur Erzeugung einer konstanten Taktfrequenz, während IC 4 zur Störunterdrückung im Bereich des Nullpunktes dient. Auf die weitere Beschreibung dieses Systems wollen wir verzichten, da sie bereits ausführlich in dem 4 1/2-stelligen ELV-Digital-Multimeter DMM 7000 beschrieben wurde. Nur soviel sei noch gesagt:

Beim DMM 7000 wurde der TL 501 inzwischen durch den direkten kompatiblen (austauschbaren) Baustein des Typs TL 500 ersetzt. Dieser zeichnet sich durch eine noch bessere Linearität sowie durch einen sehr geringen Nullpunktfehler aus, was besonders beim DMM 7000 von Bedeutung ist. Für den hier vorliegenden Einsatz ist die Linearität des TL 501 jedoch in jedem Falle ausreichend. Der Nullpunktfehler hingegen spielt überhaupt keine Rolle, da mit dem Spindeltrimmer R 10 der Nullpunkt auf jeden Temperatursensor genau eingestellt wird, wodurch eine zusätzliche Nullpunktverschiebung des TL 501 „sauber“ ausgeglichen werden kann. Wie man sieht, ist der Einsatz des TL 501 vollkommen ausreichend und der teurere TL 500 würde praktisch keine Verbesserung bringen.

Der Mittelabgriff des zur Nullpunkteinstellung dienenden Spindeltrimmers R 10 gelangt direkt auf den nicht invertierenden (+) Eingang des IC 2.

Die Einstellung des Skalenfaktors erfolgt mit dem Spindeltrimmer R 7, dessen Mittelabgriff über R 12 auf den positiven Referenzeingang des IC 2 (Pin 4) gelangt. Der

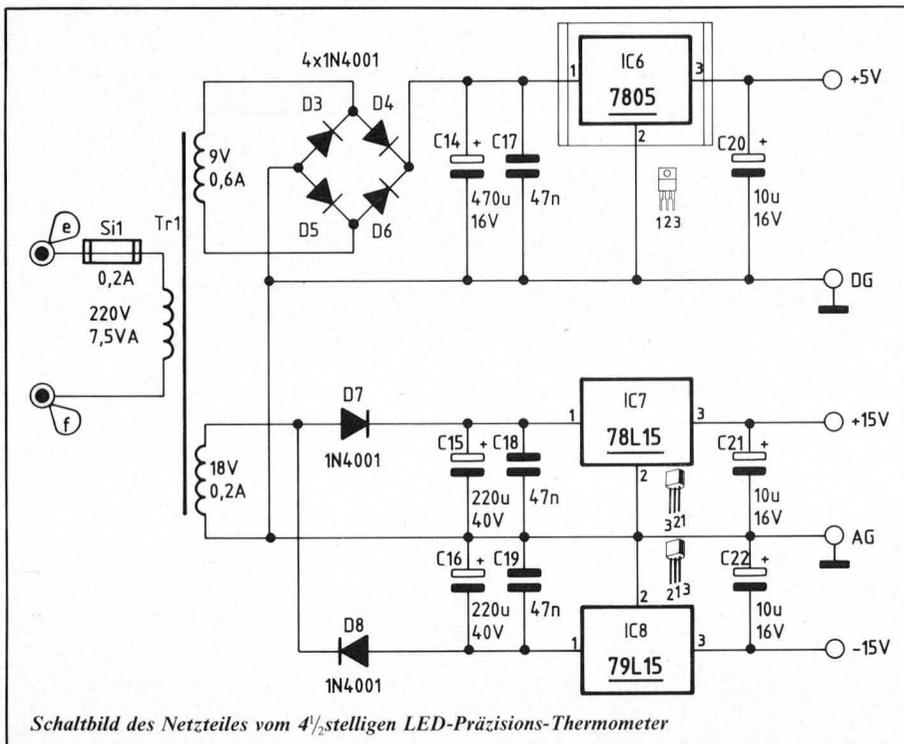
negative Referenzspannungseingang (Pin 5) liegt auf der Schaltungsmasse (Analog-Ground = AG). Die Linearisierung erfolgt u. a. durch die fein abgestimmte Dimensionierung der Widerstände R 4 bis R 8, wobei zu berücksichtigen ist, daß die Referenzspannung je nach Temperatur von der Sensorspannung mitgesteuert wird.

Der Analogteil der Schaltung benötigt zwei Versorgungsspannungen, und zwar ± 15 V.

Der Digitalteil erhält seine Stromversorgung aus dem Festspannungsregler IC 6 des Typs 7805 (+ 5 V). Hierin ist ebenfalls die Versorgung der fünf 7-Segment-Anzeigen enthalten, die einen verhältnismäßig hohen Stromverbrauch aufweisen (daher auch der Kühlkörper für das IC 6).

Analog-Ground (AG) und Digital-Ground (DG) sind innerhalb der Schaltung leitend miteinander verbunden. Damit jedoch Taktimpulse des Digitalteils auf den Analogteil keine störenden Einflüsse ausüben können, ist eine besonders sorgfältige Leiterbahnführung erforderlich, um auch sicherstellen zu können, daß die hohe Auflösung des 4 1/2-stelligen Displays voll genutzt werden kann und die letzte Stelle „ruhig“ steht.

Hierbei darf man sich nicht dadurch irritieren lassen, daß die Anzeige auch bei völlig ruhigen Luft- und konstanten Temperaturverhältnissen langsam etwas driftet. Dies entspricht den tatsächlichen Temperaturschwankungen, da die Anzeige eine extrem hohe Auflösung von hundertstel Grad Celsius besitzt. Es ist schon faszinierend anzusehen, wenn man mit der Handfläche auch nur in die Nähe des Temperatursensors gelangt und alleine aufgrund der geringen Wärmestrahlung die Temperatur langsam hochläuft (einige hundertstel Grad). Selbst wenn die Beleuchtung ein- bzw. ausgeschaltet wird, ergeben sich langsame Temperaturänderungen.



Zum Nachbau

Obwohl es sich um ein technisch hochpräzises und recht aufwendiges Gerät handelt, so ist der Aufbau verhältnismäßig einfach durchführbar. Dies beruht nicht zuletzt darauf, daß sämtliche Bauelemente ohne nennenswerten Verdrahtungsaufwand auf den drei Leiterplatten untergebracht sind. Das Layout der Schaltung ist so ausgelegt, daß die Platinen anschließend in ein Gehäuse der Serie „ELV micro-line“ eingebaut werden können.

Zunächst werden die drei Leiterplatten in noch unbestücktem Zustand probeweise ins Gehäuse eingepaßt und ggf. etwas nachgearbeitet.

Der Aufbau ist anhand der drei Bestückungspläne in gewohnter Weise vorzunehmen, wobei zunächst die passiven und dann die aktiven Bauelemente einzulöten sind. Bevor der 5 V Festspannungsregler (IC 6) eingebaut wird, ist dieser mit einer Schraube M 3 x 6 mm und einer Mutter M 3

an den U-Kühlkörper zu schrauben. Da die Anschlußbeinchen des IC 6 für die vorgesehene Montage zu kurz sind, erfolgt die Verbindung zur Leiterplatte über drei Lötstifte, an die das IC 6 so angelötet wird, daß der U-Kühlkörper an seiner zur Leiterplatte hinweisenden Stirnfläche die Platine berührt. Hierdurch ergibt sich eine gute mechanische Stabilität.

Der Transformator wird mit vier Schrauben M 4 x 35 mm sowie 12 Muttern mit der Platine fest verbunden. Hierzu wird jede der vier Schrauben von der Leiterbahnseite der Basisplatte her durch die entsprechenden Bohrungen gesteckt und mit der ersten Mutter auf der Platine festgezogen, während die zweite Mutter an der Trafounterseite anliegt. Die jeweils dritte Mutter für die vier Schraubverbindungen zieht dann auf der Trafioberseite die ganze Konstruktion fest. Zu beachten ist, daß sich keine unnötigen Spannungen zwischen Transformator und Leiterplatte ergeben. Deshalb empfiehlt es sich auch, die Lötun-

gen für den Transformator als letztes auszuführen, um auch hier unnötige mechanische Spannungen zu vermeiden.

Nachdem die Bestückung fertiggestellt und noch einmal sorgfältig überprüft wurde, kann zunächst die Basisplatte mit der senkrecht darauf angeordneten kleinen Zusatzplatte, auf der sich der Analogteil der Schaltung mit dem IC 2 befindet, verbunden werden. Hierzu lötet man an derjenigen Längsseite der Zusatzplatte, die später zur Basisplatte hinweist, sechs ca. 15 mm lange Silberdrahtstifte ein und biegt diese anschließend im 90° Winkel zur Basisplatte hinweisend ab.

Jetzt können diese Silberdrahtstifte in die dafür vorgesehenen Bohrungen der Basisplatte eingesteckt und auf der Platinenunterseite verlötet werden, und zwar so, daß die kleine Zusatzplatte jetzt senkrecht fest auf der Basisplatte steht.

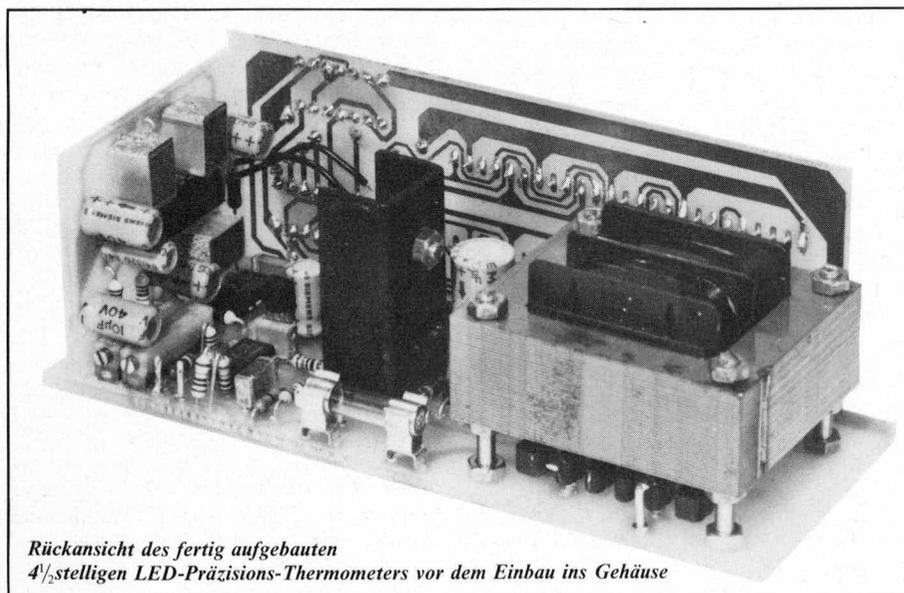
Als nächstes wird die Verbindung zwischen Zusatzplatte und Anzeigenplatte vorgenommen. Der obere der drei Verbindungspunkte erfolgt, wie auch bei der Basisplatte, über einen ca. 15 mm langen Drahtabschnitt. Die beiden unteren Verbindungspunkte (Punkt „c“ und „d“) werden über zwei ca. 30 mm lange isolierte Leitungen mit den entsprechenden Punkten auf der Anzeigenplatte verbunden.

Danach kann die Anzeigenplatte im rechten Winkel an die Basisplatte gelötet werden, und zwar so, daß die Anzeigenplatte ca. 2 mm unterhalb der Basisplatte hervorsteht. Besonders darauf zu achten ist in diesem Zusammenhang, daß sich keine Lötzinnbrücken zwischen den einzelnen Leiterbahnen an den Verbindungsstellen bilden.

Zur Spannungsversorgung des Gerätes dient eine zweiadrige Netzzuleitung, die an die entsprechenden Anschlußpunkte der Platine zu löten ist. In der Gehäuserückwand ist etwas oberhalb des Sicherungshalters eine Bohrung mit einem Durchmesser von 12 mm anzuordnen, in die die Netzkabeldurchführung mit Zugentlastung eingesetzt wird, damit keine unnötigen Kräfte auf die Lötstellen der Netzanschlußleitung wirken können. Es ist dafür Sorge zu tragen, daß auch bei abgerissener Netzzuleitung keine Verbindung des defekten Kabels zur übrigen Schaltung auftreten kann. Der Bereich des Sicherungshalters mit dem entsprechenden Lötstift für die Netzanschlußleitung ist daher mit etwas Isolierband o. ä. von der übrigen Schaltung abzutrennen.

Der Präzisions-Temperatursensor des Typs SAY 1000 wird mit einer abgeschirmten, ca. 1 m langen isolierten Zuleitung geliefert. Wie bereits vorstehend erwähnt, handelt es sich hierbei um ein gepoltes Bauelement, auf dessen richtige Einbaulage zu achten ist. Die Mittelader wird an den Platinenanschlußpunkt „a“ gelötet, während die Abschirmung mit dem Platinenanschlußpunkt „b“ zu verbinden ist. Ein versehentliches Verpolen schadet dem Sensor nicht — auf der Anzeige erscheint lediglich in der linken Ziffer eine „1“, während die übrigen Ziffern dunkel bleiben.

Soll der Sensor zu externen Messungen verwendet werden, empfiehlt es sich, die



Zuleitung in voller Länge bestehen zu lassen, während bei rein stationärem Betrieb zur Überwachung der Raumtemperatur die Zuleitung auf ca. 10 cm gekürzt werden kann. Der Sensorkopf braucht dann lediglich 15 bis 20 mm aus der Gehäuserückwand herauszuragen, damit die Umgebungstemperatur mit hinreichend schneller Ansprechgeschwindigkeit erfaßt werden kann.

Eine Verlängerung der Sensorzuleitung ist mit abgeschirmter Leitung bis auf einige wenige Meter durchführbar. Die maximale Verlängerung hängt vom jeweiligen Standort ab, in Verbindung mit den am Aufstellort vorherrschenden Störfeldern. In dem Moment, in dem die Anzeige in der höchstauflösenden Stelle unruhig wird, kann man auf große Störfelder schließen und der Standort ist zu wechseln bzw. die Sensorleitung zu kürzen.

Auf die Einhaltung der VDE-Bestimmungen ist zu achten.

Künstliche Voralterung

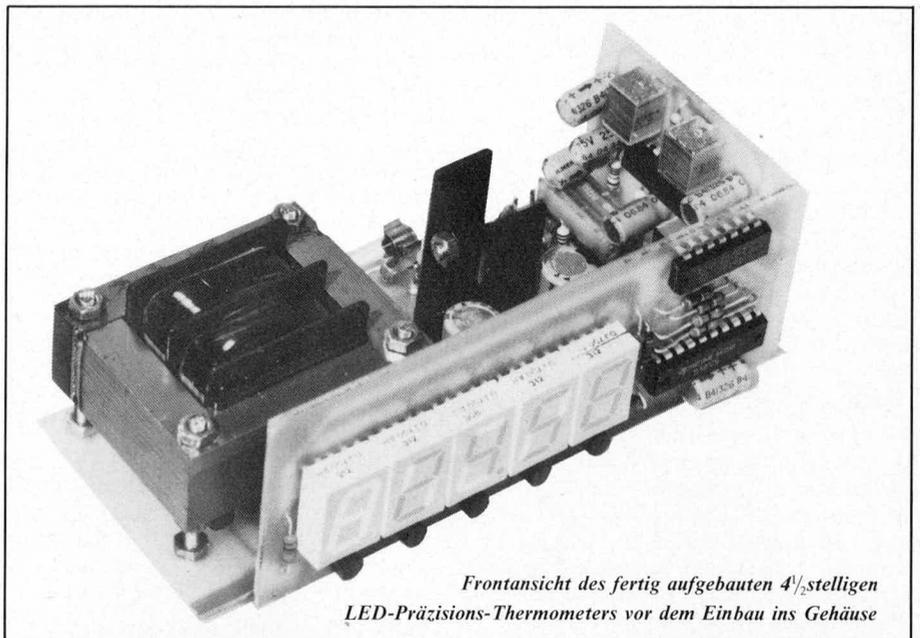
Um eine gute Langzeitstabilität zu erreichen, ist es erforderlich, bei diesen hochpräzisen elektronischen Meßsystemen eine künstliche Voralterung der Bauelemente vorzunehmen.

Nach erfolgreicher Inbetriebnahme bringt man das gesamte Gerät für einige Stunden auf eine möglichst niedrige Temperatur im Bereich zwischen -15°C und -25°C . Damit die Schaltung vor Feuchtigkeit gut geschützt ist, empfiehlt es sich, das gesamte Gerät (ohne Gehäuse) in eine dicht schließende Kunststoff-Folie (z. B. Gefrierbeutel) einzuschließen, so daß lediglich die Netzzuleitung herausführt.

Nach einigen Stunden wird das Gerät, z. B. im Backofen, auf eine Temperatur zwischen $+50^{\circ}\text{C}$ und $+70^{\circ}\text{C}$ aufgeheizt und ca. 1 bis 2 Stunden auf dieser Temperatur belassen (min. 15 Minuten).

Als nächstes wird das Gerät wieder auf die niedrige Temperatur gebracht, um dann wieder erhitzt, abgekühlt, erhitzt usw. zu werden. Zwischen den einzelnen Phasen und immer, wenn das Gerät berührt wird, ist es vorher unbedingt vom Netz zu trennen, d. h., es muß spannungslos sein. Die einzelnen Zyklen brauchen nicht unbedingt unmittelbar aufeinanderfolgend abzulaufen, sondern das Gerät kann ohne weiteres mehrere Stunden oder auch Tage auf Zimmertemperatur gehalten werden, wobei es zwischenzeitlich häufiger ein- und wieder auszuschalten ist. Nachdem 10 bis 20 vorstehend beschriebener Temperaturzyklen durchfahren wurden, kann man von einer hinreichenden Voralterung des Gerätes sprechen. Die Gesamtbetriebszeit, einschließlich der Pausen, in denen das Gerät (im Gehäuse) bei Zimmertemperatur eingeschaltet war, sollte hierbei min. 4 Wochen betragen, bevor die endgültige Kalibrierung vorgenommen wird.

Da der Präzisions-Tempersensor des Typs SAY 1000 jedoch bis $+120^{\circ}\text{C}$ einsetzbar ist, muß dieser separat vorgealtert werden. Hierzu erhitzt man zweckmäßigerweise etwas Öl auf eine Temperatur zwischen 120°C und 150°C in einem feuerfesten Gefäß und taucht den Sensor für einige



Frontansicht des fertig aufgebauten $4\frac{1}{2}$ -stelligen LED-Präzisions-Thermometers vor dem Einbau ins Gehäuse

Stunden ca. 20 mm tief ein. Hierbei kann das Öl durchaus langsam abkühlen, um zwischendurch wieder nachgeheizt zu werden. Temperaturen von über 150°C sind unbedingt zu vermeiden, da der Sensor sonst Schaden nehmen kann. Außerdem ist die Eintauchtiefe von 20 mm nicht zu überschreiten, da nach ca. 40 mm von der Meßspitze an gerechnet, ein Isoliermaterial für die Anschlußleitung Verwendung findet, das bis maximal $+70^{\circ}\text{C}$ Dauertemperaturfest ist und nur kurzzeitig höher belastet werden darf. Nur die ersten ca. 30 mm des Sensors sind bis 120°C Dauertemperaturfest (Grenztemperatur: 150°C).

Nachdem der Sensor einige Stunden der erhöhten Temperatur ausgesetzt wurde, sollte er gleichfalls für mehrere Stunden auf eine niedrige Temperatur zwischen -15°C und -25°C gebracht werden.

Auch hier sind ca. 10 bis 20 Temperaturzyklen zu durchlaufen, um eine gute Voralterung zu erzielen, wobei die Elektronik des Gerätes immer oder zumindest in der überwiegenden Zeit eingeschaltet sein sollte.

Nimmt man z. B. eine erste Vorkalibrierung zu Beginn der künstlichen Alterung vor, so kann man die Temperaturen bereits ungefähr ablesen. Hierbei ist jedoch zu bedenken, daß oberhalb von $+120^{\circ}\text{C}$ starke Nichtlinearitäten auftreten, so daß die Anzeige des Gerätes maximal 130°C betragen darf, um sicherzustellen, daß der Sensor nicht überhitzt wird.

Abschließend wollen wir noch besonders darauf hinweisen, daß während der künstlichen Voralterungsprozesse unbedingt sichergestellt werden muß, daß kein Unbefugter das netzspannungsführende Gerät berühren kann. Diesem Punkt ist besondere Beachtung zu schenken, und man sollte sich seiner Verantwortung unbedingt bewußt sein.

Zur Kalibrierung

Nachdem ein Vorabgleich (Kalibrierung) erfolgte, der im Prinzip genauso durchgeführt wurde, wie die nachfolgend beschrie-

bene Endkalibrierung sowie nach Abschluß der Voralterung, kann die genaue Einstellung von Nullpunkt und Skalenfaktor vorgenommen werden.

Da es sich um ein besonders genaues und hochauflösendes Präzisionsmeßinstrument handelt, kommt dem Abgleich große Bedeutung zu.

Durch die Eigenerwärmung des Gerätes stellt sich innerhalb des Gehäuses eine etwas erhöhte Temperatur ein. Die Endkalibrierung ist daher im geschlossenen Gehäuse vorzunehmen. In der Gehäuserückwand sind dazu an den entsprechenden Stellen für die Einstellung der Spindeltrimmer vor außen Bohrungen von 5 mm \varnothing vorzunehmen.

Vor Beginn der Einstellarbeiten sollte das Gerät min. 5 Stunden bei derjenigen Raumtemperatur betrieben werden, bei der später die Messungen durchgeführt werden sollen. Größere Umgebungstemperaturschwankungen sind zu vermeiden, da dies zu Genauigkeitseinbußen führt. Da die Raumtemperatur normalerweise bei $+20^{\circ}\text{C}$ liegt und im allgemeinen um nicht mehr als $\pm 2\text{ K}$ davon abweicht, wird die volle Genauigkeit unter vorstehenden Bedingungen ca. 30 Minuten nach dem Einschalten erreicht (das Gerät muß seine Betriebstemperatur angenommen haben).

Als erstes wird der Nullpunkt eingestellt. Hierzu wird eine Thermoskanne aus einem Gemisch von kleinstoßenen Eiswürfeln und Wasser mindestens bis zur Hälfte gefüllt. Der Wasseranteil darf hierbei maximal ein Drittel betragen. D. h., der Anteil der kleinstoßenen Eiswürfel muß unbedingt überwiegen. Wird dieses Eis-Wasser-Gemisch kontinuierlich, d. h. nicht zu schnell, gerührt, kann man davon ausgehen, daß sich eine Temperatur von sehr exakt $0,00^{\circ}\text{C}$ einstellt (zu schnelles Rühren ist zu vermeiden, da dies wiederum Reibung und Wärmezeugung bedeutet).

In diesem kontinuierlich gerührten Eis-Wasser-Gemisch wird nun der Präzisions-Tempersensor mindestens 5 cm eingetaucht, wobei man sorgfältig darauf achten

muß, daß er keinen direkten Kontakt zum Rand der Thermoskanne bekommt.

Nachdem der Sensor mindestens 10 Minuten in diesem Eis-Wasser-Gemisch eingetaucht war, kann mit dem Spindeltrimmer R 10 zur Nullpunkteinstellung die Anzeige auf exakt 0,00° C eingestellt werden. Schwankungen von maximal ± 2 Digit (0,02 K) sind zulässig, während größere Schwankungen auf eine ungleichmäßige Temperatur innerhalb des Eis-Wasser-Gemisches hindeuten. Anzumerken ist noch, daß unsere Testgeräte sich alle „sauber“ auf 0,00° C bei maximalen Abweichungen von 1 Digit einstellen ließen.

Möchte man besonders präzise Messungen durchführen, ist es empfehlenswert, den Nullpunkt wie vorstehend beschrieben, vor jeder neuen Messung zu überprüfen und ggfs. mit R 10 nachzustellen. Hierdurch wird eine geringfügige Nullpunktdrift zuverlässig ausgeglichen. Wichtig ist, daß der Skalenfaktor hierbei unverändert bleibt und lediglich der Nullpunkt korrigiert wird, der mit verhältnismäßig einfachen Mitteln genau reproduzierbar und einstellbar ist.

Der zweite Meßpunkt wird zur Einstellung des Skalenfaktors benötigt und sollte im vorliegenden Fall bei 100,00° C liegen. Diese Temperatur erreicht kochendes Wasser, bei einem mittleren vorherrschenden atmosphärischen Luftdruck von 1013,5 mbar (= 1013,5 hP). Bei den normalerweise mit Standardthermometern erzielbaren Genauigkeiten, spielt der Luftdruck zur Überprüfung der Genauigkeit anhand des Siedepunktes des Wassers nur eine untergeordnete Rolle. Bei den hier zu erwartenden Genauigkeiten dieses 4½stelligen Präzisions-Thermometers hingegen, ist der Einfluß nicht mehr zu vernachlässigen.

Zweckmäßigerweise wartet man also einen Zeitpunkt ab, in dem der örtliche Luftdruck, der z. B. aus dem Radio oder von einem nahegelegenen Flugplatz zu erfahren ist, einen Wert zwischen 1013 und 1014 mbar aufweist.

Der Temperatursensor wird jetzt ca. 2 Minuten ungefähr 30 mm tief in das kochende Wasser eingetaucht. Hierbei ist zu beachten, daß das Wasser richtig sprudelnd kochen muß (Vorsicht: Verbrennungsgefahr). Der Sensor darf den Topfboden nicht berühren, da dieser u. U. noch heißer ist und das Ergebnis dadurch verfälschen kann. Die Anzeige ist nun mit dem Spindeltrimmer R 7 auf 100,00° C anzugleichen.

Zur Überprüfung kann man anschließend den Sensor nochmals in das Eis-Wasser-Gemisch einbringen und kontrollieren, ob sich der Nullpunkt wieder „sauber“ einstellt. Wurde die Voralterung sorgfältig durchgeführt, so dürfen die Abweichungen maximal bei 5 Digit, entsprechend 0,05 K, liegen (typ. 0,02 K). Treten größere Abweichungen auf, so sollte das Gerät nach einigen Wochen Dauerbetrieb erneut kalibriert werden.

Grundsätzlich besteht allerdings auch die Möglichkeit, daß man den Abgleich mit Hilfe eines Fieberthermometers durchführt, das immerhin eine Genauigkeit von $\pm 0,1$ K besitzt. Hierzu geht man wie folgt vor:

Nachdem sowohl das Fieberthermometer als auch der Temperatursensor desinfiziert und gereinigt wurden, mißt man zunächst seine eigene Körpertemperatur, am besten im Mund, mit dem Fieberthermometer.

Nehmen wir einmal an, daß sich eine Anzeige von z. B. 36,9° C einstellt. Der Temperatursensor wird dann in den Mund genommen. Nach 1 bis 2 Minuten kann die Anzeige mit dem Spindeltrimmer R 7 auf diesen Wert eingestellt werden. Zu Kontrollzwecken empfiehlt es sich, gleichzeitig die Temperatur noch einmal mit dem Fieberthermometer zu überprüfen.

Letztgenannte Kalibrierungsmethode ist für die vorliegende hohe erreichbare Genauigkeit nur eingeschränkt geeignet, da zum einen sowohl Ablesegenauigkeit als auch absolute Genauigkeit des Fieberthermometers nicht den hier gestellten Anforderungen entsprechen und zum anderen der Kalibrierungspunkt (Größenordnung 37° C) wesentlich dichter am Nullpunkt (1. Kalibrierungspunkt) liegt als der vorgeschlagene Wert bei 100° C (im allgemeinen ist es günstig, den zweiten Kalibrierungspunkt ins obere Drittel des Meßbereiches zu legen — hier: 100° C).

Abschließend wollen wir noch auf die Möglichkeit hinweisen, Ihr Gerät im ELV-Labor anhand von geeichten Präzisions-Glasthermometersätzen kalibrieren zu lassen. Hierbei erfolgt die Zweipunktkalibrierung zum einen bei 0° C und zum anderen bei 100° C. Zusätzlich wird hierbei ein Meßprotokoll angefertigt, in dem die absoluten Abweichungen im Bereich zwischen 10° C und 90° C im Abstand von jeweils 10 K angegeben sind, so daß Sie die Gewähr haben, ein wirkliches Präzisions-Thermometer zu besitzen.

Stückliste: 4½-stelliges LED- Präzisions-Thermometer

Halbleiter

IC1	.....	TLC 271
IC2	.....	TL 501
IC3	.....	NE 555
IC4	.....	SN 74LS02
IC5	.....	TL 502
IC6	.....	μ A 7805
IC7	.....	μ A 78L15
IC8	.....	μ A 79L15
T1-T5	.....	BC 558
D1	.....	LM 385
D3-D8	.....	1N4001
Di1-Di5	.....	DJ 700 A
TS1	.....	SAY 1000

Kondensatoren

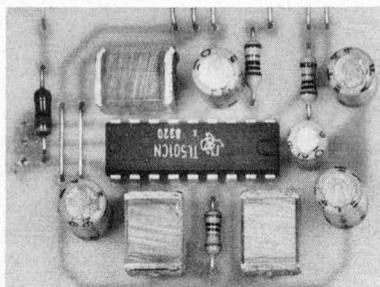
C1, C2, C17-C19	.....	47 nF
C3-C4, C13, C20-C22	.....	10 μ F/16 V
C5-C7	.....	22 nF, Ker
C8	.....	0,33 μ F
C9, C10	.....	1 μ F
C11, C12	.....	10 nF
C14	.....	470 μ F/16 V
C15, C16	.....	220 μ F/40 V

Widerstände

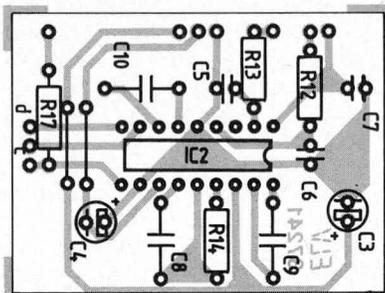
R1	.....	12 k Ω
R2, R3, R11, R12, R13	.....	10 k Ω
R4, R9	.....	27 k Ω
R5	.....	390 Ω
R6	.....	100 k Ω
R7, R10	.....	2 k Ω , Spindeltrimmer
R8	.....	4,7 k Ω
R14	.....	47 k Ω
R15, R16	.....	1 k Ω
R17	.....	4,7 k Ω
R18-R24	.....	330 Ω
R25	.....	470 Ω

Sonstiges

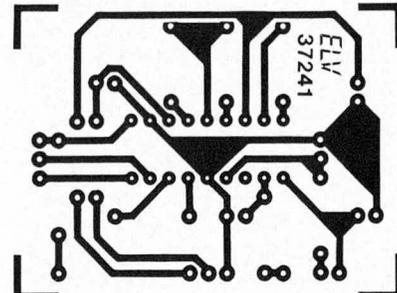
Tr1	.....	prim: 220 V/7,5 VA sek: 9 V/0,6 A 18V/0,2 A
Si1	.....	0,2 A
1	Platinensicherungshalter	
1	Kühlkörper SK 13	
13	Muttern M3	
1	Schraube M3 x 6 mm	
4	Schrauben M3 x 35 mm	
7	Lötstifte	
25	cm Silberdraht	
10	cm isolierter Schaltdraht	
1	2-adriges Netzkabel	
1	Zugentlastung	



Ansicht der fertig bestückten Zusatzplatine

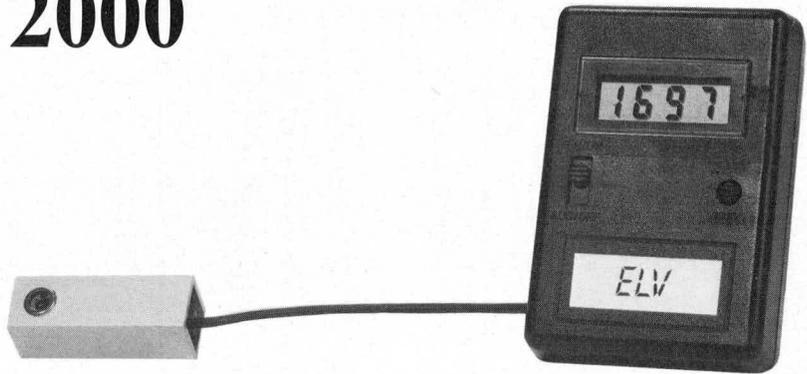


Bestückungsseite der Zusatzplatine



Leiterbahnseite der Zusatzplatine

ELV-Profilux 2000



Zusätzlich in dieser Ausgabe: Digitaler Beleuchtungsstärkemesser/Luxmeter

In weiten Bereichen der Technik ist die zuverlässige und genaue Messung der Beleuchtungsstärke, d. h. der Helligkeit, erforderlich. Der hier vorgestellte kleine und handliche digitale Luxmesser erfüllt diese Anforderungen in professioneller Weise.

Allgemeines

„Auf die richtige Beleuchtung kommt es an.“ Dies ist nicht nur wichtig für Architekten, Bauingenieure, Designer, Raumgestalter, Lichtplaner, Fotografen und Künstler, sondern auch in besonderem Maße für den privaten Bereich.

Wenn sich Zierfische und Heimpflanzen nicht wohlfühlen oder wenn Ihnen bei der Arbeit oder beim Lesen die Augen schmerzen, so ist dies häufig eine Ursache für falsche bzw. unzureichende Beleuchtung. Für die verschiedenen Arbeiten und die unterschiedlichen Räume, sowohl im privaten als auch im kommerziellen Bereich, gibt es optimale Beleuchtungswerte, bei denen sich der Mensch behaglich fühlt (nicht zu helle Beleuchtung) und den Augen eine hinreichend große, den jeweiligen Tätigkeitsverhältnissen angepaßte Beleuchtung zur Verfügung gestellt wird.

Dies subjektiv zu beurteilen ist praktisch unmöglich, da das menschliche Auge sowohl bei Sternenlicht (Beleuchtungsstärke kleiner als 0,1 Lux) als auch bei strahlender Sonne (Beleuchtungsstärke ca. 100 000 Lux) noch zu sehen in der Lage ist. Das menschliche Auge kann also über mehr als 6 Dekaden (1 000 000:1) Helligkeitsunterschiede verarbeiten. Für den Wohn- und Arbeitsbereich hingegen ist lediglich ein schmaler Bereich von 250 Lux bis 2000 Lux günstig — je nach Tätigkeitsmerkmal.

In den Tabellen I und II sind einige Beispiele für die Beleuchtungsstärke angegeben. Wie man daraus ersieht, ist der in der Natur vorkommende Helligkeitsbereich extrem groß. Dies resultiert aus der Tatsache, daß die Empfindlichkeit des menschlichen Auges keineswegs linear ist.

Wird z. B. die Beleuchtungsstärke um 100 % erhöht (also verdoppelt), so wäre unsere subjektive Empfindung derart, daß wir sagen würden: „Es ist ein klein wenig heller geworden.“ Wir müssen also schon wesentlich mehr an Beleuchtungsstärke aufbieten, damit unsere Empfindung sagt: „Es ist doppelt so hell.“

Aus dieser Tatsache heraus ergeben sich auch völlig andere Genauigkeitsanforderungen an das Meßgerät.

Eine Genauigkeitsforderung von 1 % könnte man schlicht als baren Unsinn bezeichnen, sehen wir doch erst Unterschiede in der Größenordnung von -50 bzw. +100 %, einmal ganz abgesehen davon, daß dies technisch auch kaum realisierbar wäre, denn wir haben es hier mit einer meßtechnischen Größe (dem Licht) zu tun, bei der wir die Messung über einen gewissen Frequenzbereich des Lichtes durchführen müssen und sich die Empfindlichkeit des Auges mit der Frequenz ändert.

Aufgrund der guten Anpassung der relativen spektralen Empfindlichkeit des verwendeten Fotoelementes an die des menschlichen Auges, sind Genauigkeiten bei der Beleuchtungsstärkemessung mit der hier vorgestellten Schaltung von einigen % erreichbar, obwohl Abweichungen von 10 % selbst für hohe Anforderungen im allgemeinen durchaus vertretbar sind.

Mit der hier vorgestellten Schaltung kann der Hobby-Elektroniker ein professionell arbeitendes und dabei günstig aufzubauendes Beleuchtungsstärkemessgerät erstellen, das ihn in die Lage versetzt, überall die Beleuchtungsstärke prüfen zu können. Auf

diese Weise kann Energie gespart (große Leuchtstärke benötigt viel Leistung) und die Augen geschont werden.

Der Anzeigebereich des ELV-Profilux 2000 reicht von 0 bis 2000 Lux, mit einer Auflösung von 1 Lux, der im allgemeinen für alle vorkommenden künstlichen Beleuchtungszwecke ausreicht. Zusätzlich kann durch eine Taste der Meßbereich verzehnfacht werden, so daß auch Messungen bis 20 000 Lux möglich sind — allerdings dann mit einer Auflösung von 10 Lux.

Abschließend soll noch erwähnt werden, daß die professionelle Messung der Beleuchtungsstärke auf einfache Weise möglich geworden ist, seitdem die Firma Siemens einen neuartigen Lichtsensor des Typs BPW 21 auf den Markt gebracht hat, der bereits einen Spezialfilter integriert hat, dessen Filtercharakteristik dem menschlichen Auge sehr nahe kommt.

Erst hierdurch sind zuverlässige, reproduzierbare und genaue, dem menschlichen Auge entsprechende Beleuchtungsstärkemessungen möglich.

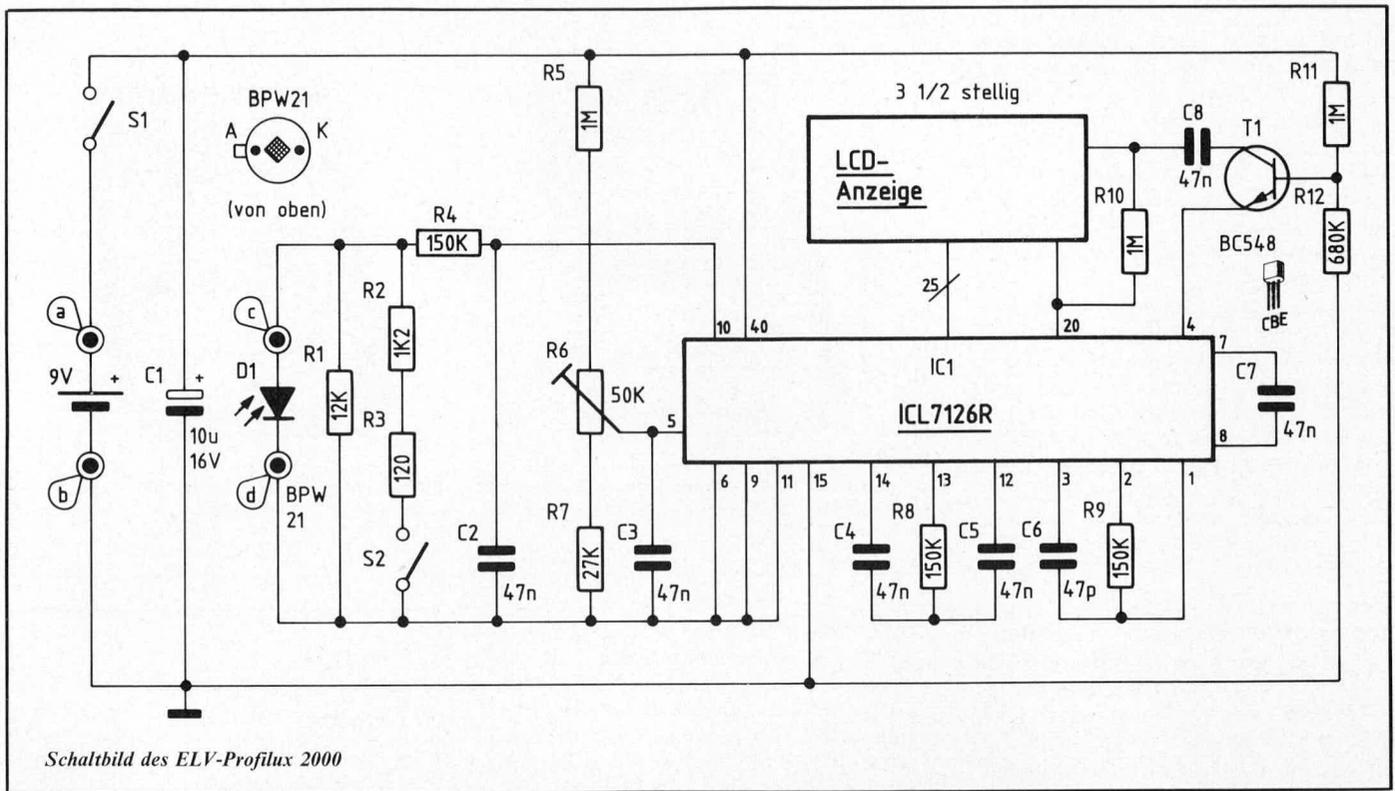
Vom dem ELV-Profilux 2000 kann man daher sagen, daß es sich wirklich um ein Präzisionsmeßgerät auf diesem Sektor handelt.

Tabelle I: Beispiele für Beleuchtungsstärke (ca. Werte)

Sternenlicht (kl. Neumondnacht)	<0,1 Lux
Vollmondnacht	0,3 Lux
Kerzenlicht (1 m Abstand)	1 Lux
Gute Straßenbeleuchtung	20 bis 40 Lux
Küche	250 Lux
Schularbeitsplatz	500 Lux
Büroarbeitsplatz	750 Lux
Technisches Zeichnen	1000 Lux
Olympiastadion München	1800 Lux
Goldschmied	2000 Lux
trüber Wintertag	3000 Lux
im Schatten (bei Sonne)	10 000 Lux
trüber Sommertag	20 000 Lux
bei strahlender Sonne	100 000 Lux

Tabelle II: Beleuchtungswerte für Räume und Tätigkeiten

Treppen, Keller, Dachboden	30 Lux
Garage, Flur, Abstellraum	60 Lux
Diele, Garderobe, WC, Bad,	
Kinderzimmer, Vorratsraum	120 Lux
Küche, Hobbyraum, Wohn- und Speisezimmer, Hausarbeits-, Warter.	250 Lux
Essen-, Küchen- und Hobbyarbeiten,	
Büro-, Labor- und Praxisarb.	500 Lux
Lesen, Schreiben, Schul- und Handarbeiten, Basteln, Malen, Kosmetik	750 Lux
Techn. Zeichnen, Präzisionsarbeiten, genaues Prüfen (Messen, Diagnostizieren), Sammeln (Briefmarken, Münzen), Farben beurteilen.	1000 Lux.



Schaltbild des ELV-Profilux 2000

Zur Schaltung

Als Meßwertaufnehmer dient bei der hier vorliegenden Schaltung der Lichtsensor (Fotodiode) des Typs BPW 21. Der Kurzschlußstrom dieses Bauelementes ist mit guter Linearität direkt der Beleuchtungsstärke proportional.

Schließt man also die beiden Anschlüsse der Fotodiode D 1 über ein niederohmiges Amperemeter kurz, so steigt der gemessene Strom mit wachsender Beleuchtungsstärke (Helligkeit). Das zur Auswertung kommende Meßsignal ist also der Kurzschlußstrom und keinesfalls die an der Diode sich aufbauende Spannung.

Um den Kurzschlußstrom mit hinreichend guter Genauigkeit messen zu können, ist es erforderlich, daß der angeschlossene Belastungswiderstand so niederohmig bemessen wird, daß die an ihm abfallende zur Weiterverarbeitung dienende Meßspannung ganz erheblich unter der Leerlaufspannung der Fotodiode bleibt.

Bei der vorliegenden Schaltungsdimensionierung dient R 1 als Belastungswiderstand. Die an ihm maximal abfallende Meßspannung beträgt im Meßbereichsendwert ungefähr 200 mV. Sie liegt somit weit genug unterhalb der Leerlaufspannung von ca. 500 mV. Nicht lineare Einflüsse sind praktisch ausgeschlossen.

Mit dem Taster S 2 kann der Meßbereich verzehnfacht werden, indem R 2 und R 3 parallel zu R 1 geschaltet werden, so daß dann der Gesamtwiderstand 10 % von R 1 entsprechend 1,2 k Ω beträgt.

Der invertierende (-) Eingang des A/D-Wandlers des Typs ICL 7126 R (Pin 11), ist an die Katode (Pfeilspitze) der Fotodiode mit dem Belastungswiderstand R 1 angeschlossen, während der nicht invertierende (+) Eingang des IC 1 (Pin 10) über R 4 mit der Anode (Punkt „c“) und der anderen

Seite des Belastungswiderstandes R 1 verbunden ist. C 2 dient hierbei zur Rauschunterdrückung, ebenso wie auch C 3.

Mit dem Spannungsteiler R 5 bis R 7 wird aus der internen Referenzspannung des IC 1 eine mit dem Trimmer R 6 einstellbare Referenzspannung erzeugt, die an den entsprechenden Referenzeingängen (zwischen Pin 5 und Pin 6) des IC 1 anliegt.

Auf die detaillierte Beschreibung des ICL 7126 R wollen wir an dieser Stelle nicht näher eingehen, da die Arbeitsweise mit dem hinreichend bekannten IC des Typs ICL 7106 R weitgehend identisch ist. Lediglich die Stromaufnahme des hier verwendeten Schaltkreises ist deutlich geringer und liegt typ. bei 0,08 mA.

R 10/C 8 bewirken eine Phasenverschiebung des Backplane-Signales zur Ansteuerung der Unterspannungsanzeige (linker Punkt erscheint im Display). Dies jedoch nur, wenn der Transistor T 1 durchgesteuert ist. Bei ausreichend großer Versorgungsspannung ist T 1 über den Spannungsteiler R 11/R 12 gesperrt. Erst wenn die Batteriespannung auf zu geringe Werte absinkt, reicht die negative Vorspannung über R 12 nicht aus und T 1 steuert über R 11 durch. Hierdurch kann C 8 eine Phasenverschiebung bewirken. Der Punkt erscheint im LC-Display.

Zum Nachbau

Da die Schaltung von ELV für einen namhaften deutschen Hersteller zur Großserienfertigung entwickelt wurde, sind beim Nachbau einige Besonderheiten zu beachten. In diesem Zusammenhang muß allerdings angemerkt werden, daß die kommerziellen Nutzungsrechte für diese Schaltung bereits vergeben sind, der private Nachbau in Einzelstücken jedoch selbstverständlich, wie bei allen ELV-Schaltungen, gestattet ist. Wir möchten Ihnen, verehrte Leser,

diese interessante Schaltung nicht vorenthalten.

Als erstes fällt dem interessierten Leser sicherlich auf, daß die LCD-Anzeige weder Anschlußbeinchen noch einen Sockel besitzt. Sie wird, wie bei Großserienfertigungen heutzutage vielfach üblich, über einen speziellen Leitgummistreifen mit der Leiterplatte verbunden. Hierzu später jedoch mehr.

Zunächst wird die Platine in gewohnter Weise bestückt. Sämtliche Bauelemente finden auf der Bestückungsseite Platz, mit Ausnahme des Lichtsensors der beiden Kontaktstreifen sowie der LCD-Anzeige.

Eine weitere Besonderheit der Schaltung liegt im Aufbau der beiden Schalter S 1 und S 2. Die beiden zugehörigen Schalterknöpfe befinden sich jeweils im Gehäuseoberteil und sind mechanisch nicht direkt mit den zugehörigen Kontaktstreifen verbunden.

Bei den Schalterkontakten handelt es sich um zwei Federmetallstreifen, die in einen kleinen Schlitz jeweils an entsprechender Stelle auf der Leiterbahnseite fest eingelötet werden, so daß sie ca. 1 bis 2 mm von der zugehörigen zweiten Kontaktstelle entfernt sind. Durch Betätigen der Schalterknöpfe wird der Federmetallstreifen auf die Leiterplatte gedrückt und der Kontakt hergestellt.

Nachdem die bestückte und gelötete Platine noch einmal sorgfältig kontrolliert und auch der Batterie-Clip angeschlossen wurde, kann nun die LCD-Anzeige in die dafür vorgesehene Aussparung ins Gehäuseoberteil lose eingelegt werden. Das Gehäuseoberteil liegt hierbei zweckmäßigerweise mit der Frontseite nach unten weisend auf der Arbeitsplatte. Die einseitige Kontaktierungsleiste des LC-Displays weist hierbei zur Gehäusestirnseite (entgegengesetzte Seite zum Batteriefach).

Als nächstes legt man vorsichtig den Leitgummistreifen der Länge nach auf die Kontaktierungsleiste des LC-Displays, und zwar so, daß eine der beiden schmalen Längsseiten auf dem LC-Display aufliegt. Im unteren Drittel des LC-Displays wird zusätzlich ein Stückchen Schaumstoff aufgebracht, wodurch später über die Leiterplatte ein leichter Druck auf das LC-Display ausgeübt wird, damit es gut am Gehäuseoberteil anliegt.

Jetzt kann die Leiterplatte in das Gehäuseoberteil eingelegt und mit den drei entsprechenden kleinen Knipping-Schrauben festgezogen werden. Zu beachten ist hierbei, daß sich der Leitgummistreifen nicht verschiebt. Die zweite der beiden schmalen Längsseiten dieses Leitgummistreifens drückt jetzt auf die Leiterbahnseite der Platine, und zwar genau an den Stellen, an denen sich die entsprechenden Ansteuerkontakte für das LC-Display befinden.

Zum besseren Verständnis muß hierzu noch gesagt werden, daß es sich bei dem Leitgummistreifen um ein verhältnismäßig kompliziertes, in Sandwich-Bauweise gefertigtes Gebilde handelt, das aus hauchdünnen Schichten sich abwechselnd leitender und nicht leitender Zonen besteht, wodurch sich die Übertragung der Steuersignale von Leiterplatte zum LC-Display ergibt (aus diesem Grunde sind entsprechende Leitgummistreifen verhältnismäßig teuer).

Sollte sich beim späteren Betrieb des Gerätes ein Ausfall einiger Segmente zeigen, so ist die Leiterplatte noch einmal zu lösen und die LCD-Anzeige nachjustieren (etwas verschieben). Es schadet dem Leitgummistreifen nicht, wenn er mehrfach ein- und wiederausgebaut bzw. neu positioniert wird.

Der Lichtsensor wird in ein gezogenes ca. 50 mm langes Stück Aluminium-Vierkantrohr eingebaut und mit einem ca. 1 m langen abgeschirmtem Zuleitungskabel an die Platine gelötet. Das Alu-Rohr sollte zweckmäßigerweise an den Stirnseiten mit Klebstoff, Vergußmasse o. ä. abgedichtet bzw. komplett vergossen werden.

Abschließend wird das Gehäuseunterteil mit einer Knipping-Schraube an das Gehäuseoberteil geschraubt. Nach Einsetzen der Batterie und durchgeführter Kalibrierung ist das Gerät betriebsbereit.



Innenansicht der Gehäusefrontheilshälfte mit eingelegter LCD-Anzeige und darüber angeordnetem Leitgummi

Rückansicht des ELV-Profilux 2000 mit abgenommenen Gehäuserückhalbschale

Kalibrierung

Steht eine Referenzlichtquelle bzw. ein Vergleichsluxmesser mit hinreichender Präzision zur Verfügung, kann die Kalibrierung bei einer Beleuchtungsstärke zwischen 1000 und 2000 Lux vorgenommen werden, indem mit dem Trimmer R 6 die Anzeige des ELV-Profilux 2000 auf den entsprechenden Wert eingestellt wird. Zu beachten ist hierbei, daß die spektrale Zusammensetzung der Referenzlichtquelle als auch die relative spektrale Empfindlichkeit des Vergleichsluxmessers den Anforderungen entsprechen, d. h., daß der Bewertungsfilter im Vergleichsluxmesser dem Kurvenverlauf des menschlichen Auges angepaßt sein muß (ansonsten können sich extreme Abgleichfehler ergeben).

Als zweite Möglichkeit bieten wir unseren Lesern die Möglichkeit an, einen bereits ausgemessenen Lichtsensor direkt von ELV zu beziehen, bei dem die Angabe der einzustellenden Referenzspannung (zwischen den Anschlußpunkten 5 und 6 des IC 1) mitgeliefert wird. Es ist dann lediglich mit einem hochohmigen Voltmeter (mindestens 10 M Ω Eingangswiderstand) diese Spannung zwischen den Anschlußpunkten 5 und 6 des IC 1 zu messen und mit R 6 genau auf den angegebenen Wert einzustellen. Die Kalibrierung ist damit genau und zuverlässig ausgeführt.

Stückliste: ELV-Profilux 2000 Halbleiter

IC1 ICL 7126 R
T1 BC 548
D1 kpl. im Alurohr mit
1 m Anschlußkabel BPW 21

Kondensatoren

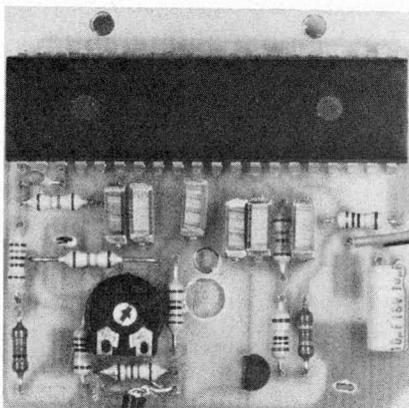
C1 10 μ F/16 V
C2-C5, C7, C8 47 nF
C6 47 pF

Widerstände

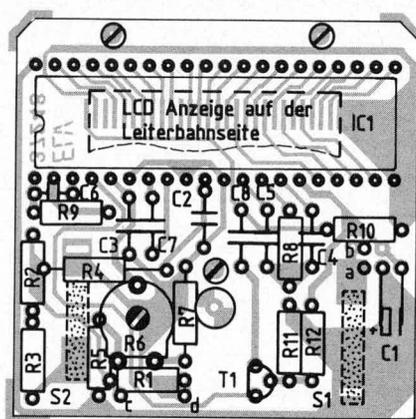
R1 12 k Ω
R2 1,2 k Ω
R3 120 Ω
R4, R8, R9 150 k Ω
R5, R10, R11 1 M Ω
R6 50 k Ω , Trimmer, liegend
R7 27 k Ω
R12 680 k Ω

Sonstiges

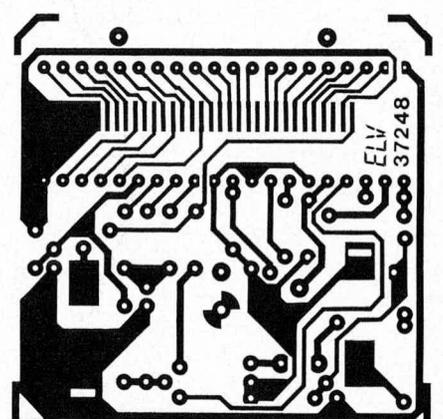
1 9V-Batterieclip
1 3 $\frac{1}{2}$ stellige LCD-Anzeige, einseitig kontaktiert
1 Leitgummi
2 Federmetallstreifen



Ansicht der fertig bestückten Platine des ELV-Profilux 2000



Bestückungsseite der Platine des ELV-Profilux 2000



Leiterbahnseite der Platine des ELV-Profilux 2000

ELV-Serie 7000: ELV-Mini-Funktionsgenerator MG 7000



Zur Abrundung des ELV-Niederfrequenz- und Funktionsgenerator-Programmes stellen wir Ihnen eine besonders günstig nachzubauende Version vor, die den kleineren Bruder zum WFG 7000 darstellt. Der Aufbau erfolgt auf einer einzigen Leiterplatte und ist auch für Newcomer geeignet.

Allgemeines

Der Funktionsgenerator zählt mit zu den wichtigsten Geräten, die einem Elektroniker zur Verfügung stehen sollten. Auf dem Markt sind daher auch zahlreiche Geräte, die bei entsprechend guter Ausstattung jedoch den Geldbeutel eines Hobby-Elektronikers sehr strapazieren können.

Das ELV-Ingenieurteam hat daher nach einer Möglichkeit gesucht, einen Funktionsgenerator zu konzipieren, der alle wesentlichen Anforderungen, die an ein gutes Gerät gestellt werden, erfüllt und trotzdem mit geringem Aufwand nachbaubar ist.

In dem vorliegenden Artikel stellen wir Ihnen die Schaltung eines netzunabhängig betriebenen Funktionsgenerators vor, die speziell auf den Einsatz im Hobby-Elektronik-Labor zugeschnitten ist. Obwohl das Gerät recht komfortabel ausgestattet und für universelle Einsatzmöglichkeiten geeignet ist, konnte der Materialaufwand für ein Gerät dieser Klasse sehr gering gehalten werden.

Bedienung und Funktion

Das links auf der Frontplatte angeordnete Potentiometer dient zur Frequenzfeineinstellung innerhalb einer Dekade (1:10). Gleichzeitig ist hiermit der Ein-/Ausschalter verbunden, der dem Gerät die Betriebsspannung zuführt.

Rechts daneben ist der 6-stufige Präzisionsdrehwähler zur dekadischen Einstellung der Frequenz (grob) angeordnet. Mit dem dort angegebenen Faktor ist die mit dem Feineinstellpoti gewählte Frequenz zu multiplizieren.

Ungefähr in der Frontplattenmitte befindet sich der Drehschalter zur Funktionswahl. Hier stehen vier verschiedene Ausgangskurvenformen zur Verfügung (Sinus, Dreieck, Sägezahn, Rechteck).

Rechts daneben liegt der Amplitudenregler zur kontinuierlichen Einstellung der Ausgangsspannungshöhe.

Es folgt der in 20 dB-Stufen einstellbare Abschwächer, dessen Dämpfung von Stufe

zu Stufe die Größe des Ausgangssignales um den Faktor 10 (-20 dB) abschwächt. Innerhalb der Stufen kann selbstverständlich mit dem Amplitudenfeinregler kontinuierlich geregelt werden.

Mit dem rechten Potentiometer läßt sich der DC-Pegel des Ausgangssignales um ca. ± 4 V verschieben. Dies gilt selbstverständlich nicht für den AC-Ausgang.

Zur Entnahme des Ausgangssignales stehen auf der rechten Frontplattenseite 4 Buchsen zur Verfügung, d. h. eine Massebuchse (schwarz) sowie drei Ausgangsbuchsen mit einem Innenwiderstand von 50 Ω bzw. 600 Ω sowie einem AC-Ausgang (gleichspannungsfrei).

Die beiden auf der linken Frontplattenseite angeordneten Buchsen bieten eine Wobelmöglichkeit, d. h. durch Anlegen einer externen Spannung bzw. Frequenz, kann die Ausgangsfrequenz dieses Funktionsgenerators extern gesteuert werden. An die untere Buchse ist der Minuspol und an die obere Buchse der Pluspol der externen

Steuerspannung anzuschließen, die im Bereich von 0 bis max. 3 V liegen darf.

Die maximale Ausgangsspannungshöhe beträgt $10 V_{SS}$ entsprechend $\pm 5 V$ um die Mittellage, wobei eine zusätzliche DC-Pegelverschiebung, wie bereits erwähnt, von $\pm 4 V$ vorgenommen werden kann. Sobald das Signal zu weit aus der Mittellage herausgeschoben wird und an die obere bzw. untere Versorgungsspannung stößt, beginnt rechtzeitig die Übersteuerungsanzeige (D9 bzw. D11) aufzuleuchten.

Ebenfalls wird eine zu niedrige Batterieverorgung über D3 signalisiert, während D1 der Einschaltkontrolle dient.

Wie aus vorstehenden kurzen Ausführungen bereits ersichtlich ist, kann mit der vorliegenden Schaltung ein nützliches und universell einsetzbares Gerät für das Hobby-Elektronik-Labor aufgebaut werden.

Zur Schaltung

Die Versorgung der gesamten Schaltung erfolgt über zwei 9-V-Blockbatterien, die einen Dauerbetrieb von 10 bis 20 Stunden erlauben (je nach Batterietyp). Da beide Batterien gleichmäßig belastet werden und die Unterspannungsanzeige lediglich die Gesamtspannung erfaßt, empfiehlt es sich, immer gleichwertige Batterien einzusetzen, die auch gleichzeitig ausgetauscht werden sollten.

Mit der Z-Diode D2 wird eine hinreichende stabile Referenzspannung erzeugt, die zum einen in Verbindung mit dem OP1 zur Spannungsüberwachung dient. D3 leuchtet auf, sobald die Versorgungsspannung 16 V ($\pm 8 V$) unterschreitet. Zum anderen wird aus der Referenzspannung mit Hilfe des Spannungsteilers R1 bis R4 eine Steuerspannung erzeugt, die mit dem Poti R2 zur Frequenzfeineinstellung dient.

Das Herz der Schaltung besteht aus dem seit mehreren Jahren auf dem Markt erhältlichen IC des Typs XR2206, das auch bei dem hochwertigen ELV Wobbel-Funktions-Generator WFG 7000 (ELV Journal Nr. 27) eingesetzt wurde. Es handelt sich hierbei um einen integrierten Baustein, in dem sämtliche zur Erzeugung der verschiedenen Kurvenformen benötigten aktiven Funktionsgruppen enthalten sind. Um daraus einen praxisingerechten, anwendungsfreundlichen Funktionsgenerator aufbauen zu können, sind jedoch noch zahlreiche zusätzliche Bauelemente und Funktionsgruppen erforderlich, die bei der vorliegenden Schaltungskonzeptionierung allerdings weitgehend minimiert werden konnten.

Mit dem Poti R15 wird die kontinuierliche Amplitudenregelung vorgenommen, mit Ausnahme der Rechteckspannung, die nur in dekadischen Stufen (mit S4) einstellbar ist.

Die frequenzbestimmenden Kondensatoren für die 6 Frequenzbereiche werden durch C8 bis C13 dargestellt. Die Umschaltung erfolgt über den Drehschalter S2, wodurch die Frequenzbereiche in dekadische (10er) Schritte aufgeteilt sind.

Die analoge (stufenlose) Einstellung der Frequenz innerhalb der einzelnen mit S2 schaltbaren Bereiche erfolgt mit dem Frequenzeinstellpoti R2, dessen Potential über R10 bzw. R11 auf die Steuereingänge Pin7 und Pin8 des IC1 gelangt.

In den Schalterstellungen Sinus, Dreieck, Rechteck ist für die Frequenzbestimmung der Widerstand R11 in Verbindung mit dem Steuereingang Pin7 maßgebend.

Wird zwischen die Anschlußpunkte „d“ und „e“ (links auf der Frontplatte) eine Steuerspannung gelegt, kann damit die Ausgangsfrequenz des IC1 und damit des Funktionsgenerators extern gesteuert werden. Hierbei ist darauf zu achten, daß die Spannung an Punkt „d“ stets positiv gegenüber der Spannung an Punkt „e“ ist und im Bereich von 0 bis maximal 3 V liegt.

Mit dem Drehschalter S3 erfolgt die Umschaltung der vier bei diesem Gerät möglichen Kurvenformen, wobei alle drei Ebenen des Schalters benötigt werden.

In Schalterstellung „Sägezahn“ sind über den Schalter S3b die Anschlußpunkte 9 und 11 des IC1 miteinander verbunden, wodurch eine interne Umschaltung der Steuereingänge Pin7 und Pin8 jeweils im Scheitelpunkt des Kurvenverlaufes erfolgt. Durch die unterschiedliche Dimensionierung von R10 und R11 ergibt sich somit ein unsymmetrischer, von der reinen Dreieckfunktion abweichender Kurvenverlauf, dessen Frequenz ungefähr halb so groß ist wie die Frequenz der übrigen drei möglichen Kurvenverläufe.

Mit dem Drehschalter S4 kann eine in dB kalibrierte Dämpfung in dekadischen Schritten vorgenommen werden. In der ersten Schalterstellung gelangt die volle Amplitude zum Ausgang, während in Stellung 2 um den Faktor 10 (-20 dB), in Stellung 3 um den Faktor 100 (-40 dB) und in Stellung 4 um den Faktor 1000 (-60 dB) abgeschwächt wird. Die analoge (kontinuierliche) Dämpfung (Abschwächung) ist selbstverständlich mit dem Poti R15, wie bereits beschrieben, möglich.

Damit eine hohe Ausgangsspannungs-Amplitude erreicht wird, die auch eine entsprechende Last treiben kann, müssen entsprechende Leistungsverstärker nachgeschaltet werden, an die allerdings hohe Anforderungen zu stellen sind.

Mit den Operationsverstärkern OP2 und OP3 in Verbindung mit den Endstufentransistoren T1 und T2 mit Zusatzbeschaltung, wurde ein qualitativ guter Verstärker konzipiert, der Signale im Bereich von DC bis über 200 kHz verarbeitet.

Damit auch die Rechtecksignale bei unterschiedlichen Amplituden ohne nennenswerte Verfälschung übertragen werden können, ist es erforderlich, die wesentlichen, zur Verstärkung und Abschwächung dienenden Widerstände, mit entsprechenden Kondensatoren zu überbrücken, um gleiche Zeitkonstanten zu erhalten und Störspitzen zu vermeiden. Durch eine sehr sorgfältige Dimensionierung der Schaltung konnte hier eine gute Übertragungsqualität bis hin zum Ausgangssignal erzielt werden.

Damit die Endstufentransistoren T1 und T2 nicht überlastet werden können, wurden verhältnismäßig hochohmige Emittterwiderstände eingefügt (R38/R39), die zwar auf den Innenwiderstand keinen Einfluß haben (Rückkoppelung über R34), jedoch auf den maximal entnehmbaren Strom auf ca. 30 mA begrenzen.

Der Innenwiderstand wird je nach gewähltem Ausgang durch R46 bzw. R47 festgelegt oder aber bei wechsellastmässiger (AC) Auskoppelung über C26 frequenzabhängig bestimmt.

Mit den beiden OP's 4 und 5 mit Zusatzbeschaltung wurde eine Übersteuerungsanzeige realisiert, die D9 bzw. D11 aufleuchten läßt, wenn das Ausgangssignal aufgrund der DC-Pegelverschiebung mit R29 in die Begrenzung gerät, d. h., zu dicht an die positive oder negative Versorgungsspannung heranreicht.

Zum Nachbau

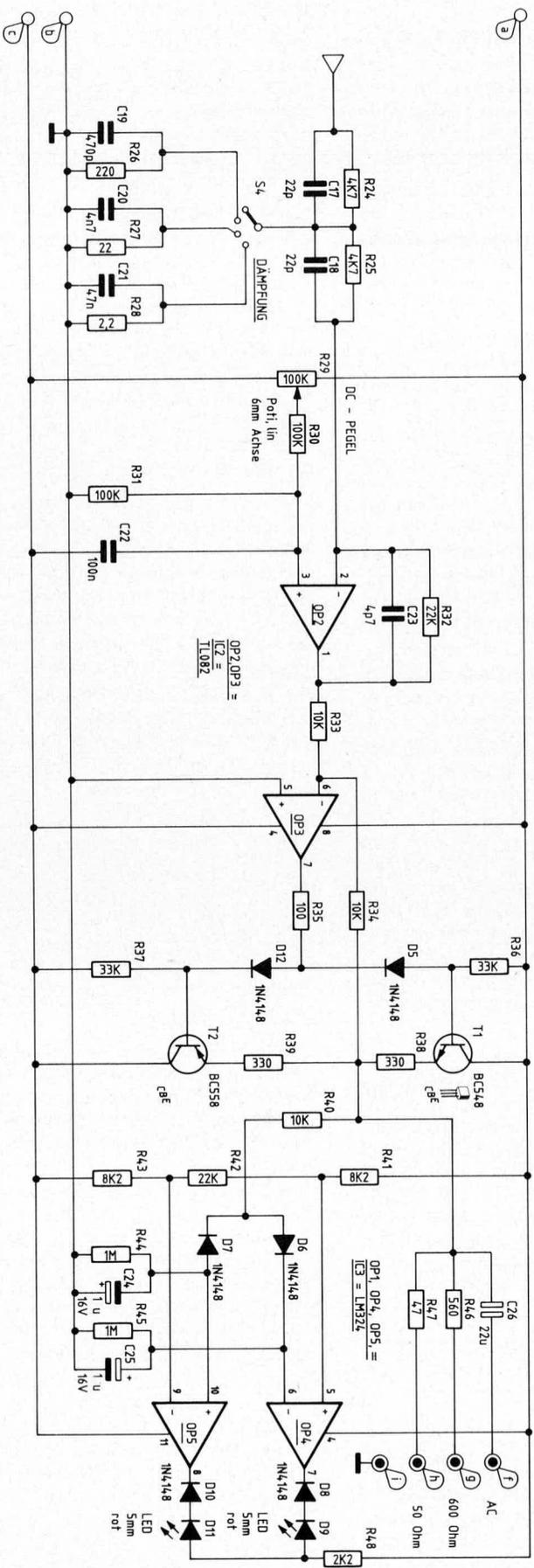
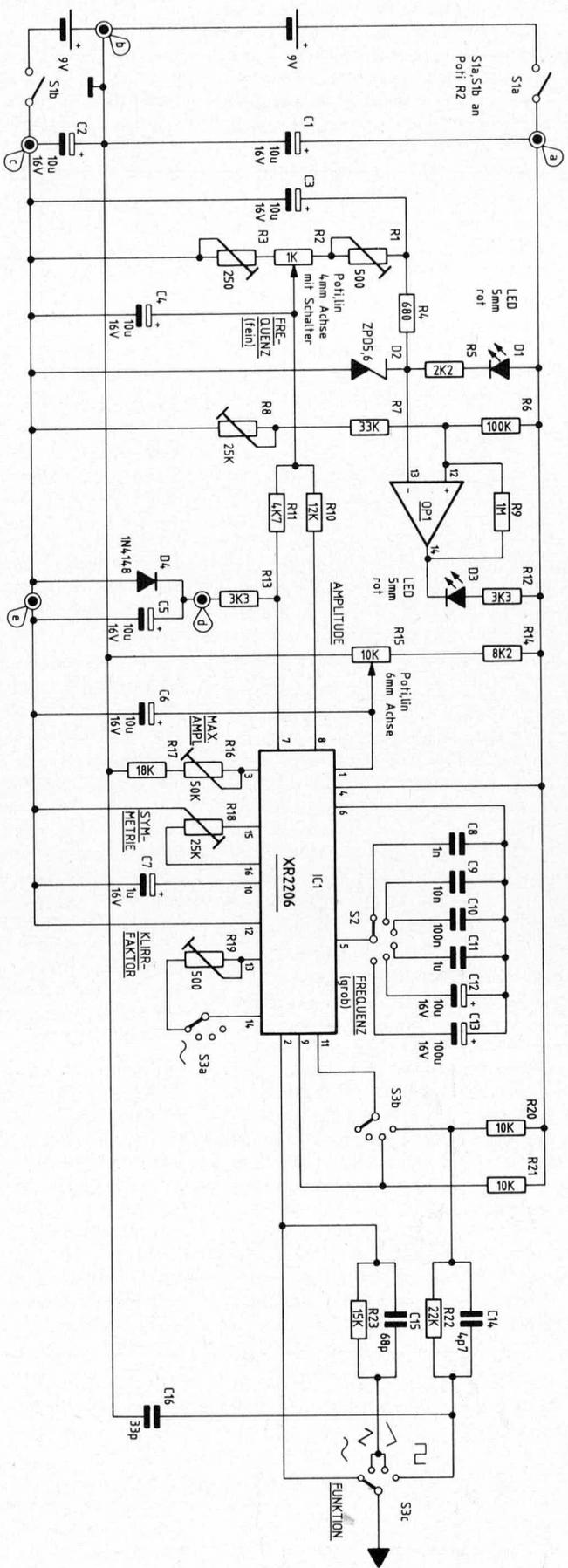
Da sämtliche Bauelemente auf einer einzigen Platine Platz finden und in dem Gerät nur Niederspannungen auftreten, gestaltet sich der Nachbau besonders einfach und ist auch für die Newcomer weitgehend problemlos durchzuführen.

Zunächst werden die Brücken, Widerstände, Kondensatoren, Dioden usw. in gewohnter Reihenfolge eingelötet. Beim Einbau der Halbleiter, besonders der IC's, ist entsprechende Vorsicht geboten, damit keine Zerstörung durch Überhitzung oder statische Aufladung auftreten kann.

Befestigt wird die Platine, indem sie über die sechs isolierten Bananbuchsen mit der Frontplatte fest verbunden wird. Schiebt man die Frontplatte anschließend in die entsprechende Nut der Gehäuseunterhalbschale, ist die Schaltung bereits weitgehend fixiert. Zusätzlich können zwei Alu-Befestigungswinkel mit der Platine verschraubt werden, um anschließend zwei weitere Schrauben mit Muttern an entsprechender Stelle durch die Gehäuseunterhalbschale zu führen. Hierdurch wird die endgültige Befestigung der Leiterplatte vorgenommen.

Technische Daten des ELV-Mini-Funktionsgenerators MG 7000 (ca. Werte)

Frequenzbereich: 0,2 Hz bis 200 kHz (Sinus, Dreieck, Rechteck)
0,1 Hz bis 100 kHz (Sägezahn)
Funktionen: Sinus, Dreieck, Sägezahn, Rechteck
Ausgangsspannung: max. $10 V_{SS}$ (über Abschwächer einstellbar)
Klirrfaktor: 0,5 % (1 kHz)
Versorgungsspannungen: $\pm 8 V$ bis $\pm 10 V$ (Zwei 9 V-Blockbatterien)
Stromaufnahme: ca. ± 20 bis ± 30 mA (symmetrisch)



Schaltbild des ELV-Mini-Funktionsgenerators MG 7000

Kalibrierung

Damit das Gerät später sinnvoll eingesetzt werden kann, ist eine sorgfältige Einstellung der erforderlichen Kalibrierungspunkte unvermeidlich, um auch die volle Leistung des Funktionsgenerators erreichen zu können. Diese Einstellarbeiten sind nicht besonders schwierig und können mit einfachen Hilfsmitteln durchgeführt werden.

Unentbehrliches Hilfsmittel ist hierbei ein Multimeter. Weitere hilfreiche Meßgeräte sind ein Frequenzzähler, ein Oszilloskop und evtl. noch ein Klirrfaktormeßgerät. Diese letztgenannten Meßgeräte sind jedoch nicht unbedingt erforderlich.

Zunächst wird der mit R 2 kontinuierlich einstellbare Frequenzbereich einer jeden Bereichsstufe eingestellt. Dies erfolgt mit Hilfe der Trimmer R 1 und R 3, wobei R 1 die untere und R 3 die obere Frequenz festlegt. S 2 bringen wir hierzu in eine der beiden mittleren Bereichsstellungen. Die unteren Bereiche sind aufgrund der erhöhten Toleranzen der Elektrolyt-Kondensatoren und die beiden oberen Bereiche aufgrund der Eigenkapazität weniger gut für die Einstellung geeignet. R 2 wird jetzt zunächst auf Rechtsanschlag gebracht (im Uhrzeigersinn).

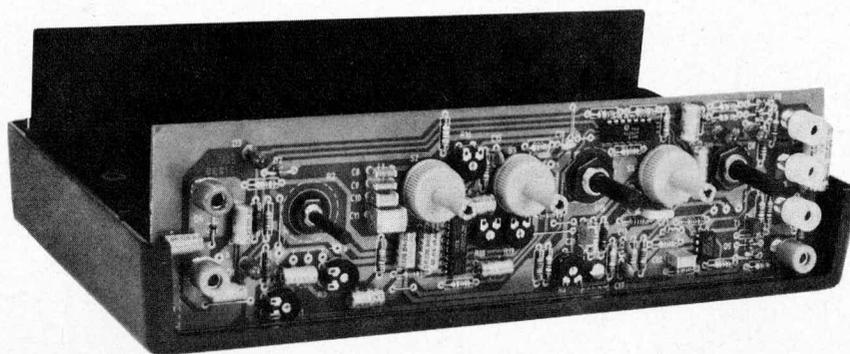
Mit R 3 wird die obere Grenzfrequenz des mit S 2 eingestellten Bereiches von 200 Hz bzw. 2,0 kHz eingestellt. Anschließend ist R 2 auf Linksanschlag zu bringen (entgegen dem Uhrzeigersinn). Mit R 1 wird nun die untere Grenzfrequenz von 20 Hz bzw. 200 Hz einjustiert.

Da sich jeweils bei der zweiten Einstellung die erste geringfügig mitverschiebt, ist dieser Vorgang ggf. mehrmals zu wiederholen. Durch Verdrehen von S 2 müßten die übrigen Frequenzbereiche jetzt ebenfalls in den entsprechenden Grenzen kontinuierlich mit R 2 einstellbar sein. Ist ein mit S 2 einstellbarer Bereich zu höheren Frequenzen hin verschoben, so kann der entsprechende Kondensator durch Parallelschalten eines weiteren Kondensators angepaßt werden, während bei einer Frequenzverschiebung nach unten hin ggf. der betreffende Kondensator gegen einen etwas kleineren zu tauschen ist. Besonders bei Elektrolyt-Kondensatoren sind die Toleranzen zum Teil nennenswert — in den meisten Fällen sind die Werte 20 bis 50 % zu groß.

Zur Einstellung der max. Ausgangsamplitude von $10 V_{SS}$ geht man wie folgt vor:

Zunächst wird der Präzisionsdreheschalter S 4 in Stellung „0 dB“ und R 15 auf Rechtsanschlag gebracht (im Uhrzeigersinn). Vorher ist mit Hilfe des DC-Pegeleinstellers der Ausgangspegel gleichspannungsfrei zu machen, d. h. man mißt die Ausgangsspannung mit einem Gleichspannungsmesser und dreht vorher R 15 kurz auf 0 (entgegen dem Uhrzeigersinn), wobei dann mit R 29 die Ausgangsspannung auf 0 V einzustellen ist. Anschließend ist R 15 wieder auf Rechtsanschlag zu bringen.

In einem der mittleren Frequenzbereiche kann nun der Amplitudenregler R 16 so eingestellt werden, daß die Ausgangsspannung gerade $10 V_{SS}$ beträgt. Dies erkennt man daran, daß die beiden Begrenzungs-



Ansicht des betriebsfertigen ELV-Mini-Funktionsgenerators MG 7000 bei abgenommener Gehäuseoberhälfte

leuchtdioden D 9 und D 11 noch nicht aufleuchten.

Bei den unterschiedlichen Kurvenformen können auch die max. Ausgangsamplituden geringfügig schwanken. Dies ist jedoch schaltungstechnisch bedingt und nur mit größerem Aufwand (wie z. B. beim WFG 7000) zu ändern. R 16 ist daher so einzustellen, daß die größte vorkommende Amplitude $10 V_{SS}$ nicht überschreitet.

Sofern für die Einstellung der Frequenzgruppen des Analog-Einstellpotis R 2 kein Frequenzzähler zur Verfügung steht, kann im niedrigeren Frequenzbereich die Einstellung von R 1 und R 3 mit Hilfe der Begrenzungs-LED's folgen, indem auf Rechteck geschaltet wird und mit dem DC-Pegeleinsteller der Ausgangsgleichspannungspegel verschoben wird. Bei max. eingestellter Amplitude (mit R 15 und S 4) blinkt eine der beiden Pegel-LED's rhythmisch auf, im Takt der Frequenz, die im Bereich von 0,2 Hz (Periodendauer 5 Sekunden) bzw. 2,0 Hz (Periodendauer ca. 0,5 Sekunden) liegt. Aufgrund der niedrigen Blinkfolge kann relativ zuverlässig auf die Frequenz geschlossen werden. Wie bereits erwähnt, ist die Einstellung von R 1 und R 3 ggf. mehrfach zu wiederholen und evtl. Toleranzen der beiden großen Kondensatoren für die niedrigsten Frequenzbereiche zu berücksichtigen.

Die Einstellung der höheren Frequenzbereiche ist mit dieser Methode selbstverständlich nicht möglich, und man muß sich auf die Genauigkeit der Kondensatoren verlassen, es sei denn, man verfügt über ein entsprechend genaues Kapazitätsmeßgerät. In diesem Falle kann man durch Ausmessen der einzelnen Kondensatoren auch in höheren Frequenzbereichen auf eine entsprechende Frequenzübereinstimmung mit der Skala schließen, sofern sich diese Kondensatoren immer um den Faktor 10 von dem Wert des Kondensators im untersten Frequenzbereich unterscheiden, d. h. wenn C 13 eine Kapazität von z. B. $105,3 \mu F$ aufweist und R 1 bzw. R 3 so eingestellt wurden, daß mit R 2 die Frequenzeinstellung von 0,2 Hz bis 2,0 Hz reicht, müßte C 12 einen Wert von $10,53 \mu F$ aufweisen, damit die Frequenz mit R 2 von 2 Hz bis 20 Hz in diesem Bereich eingestellt werden kann. Für den nächstfolgenden Bereich würde die Kapazität $1,053 \mu F$ betragen müssen usw.

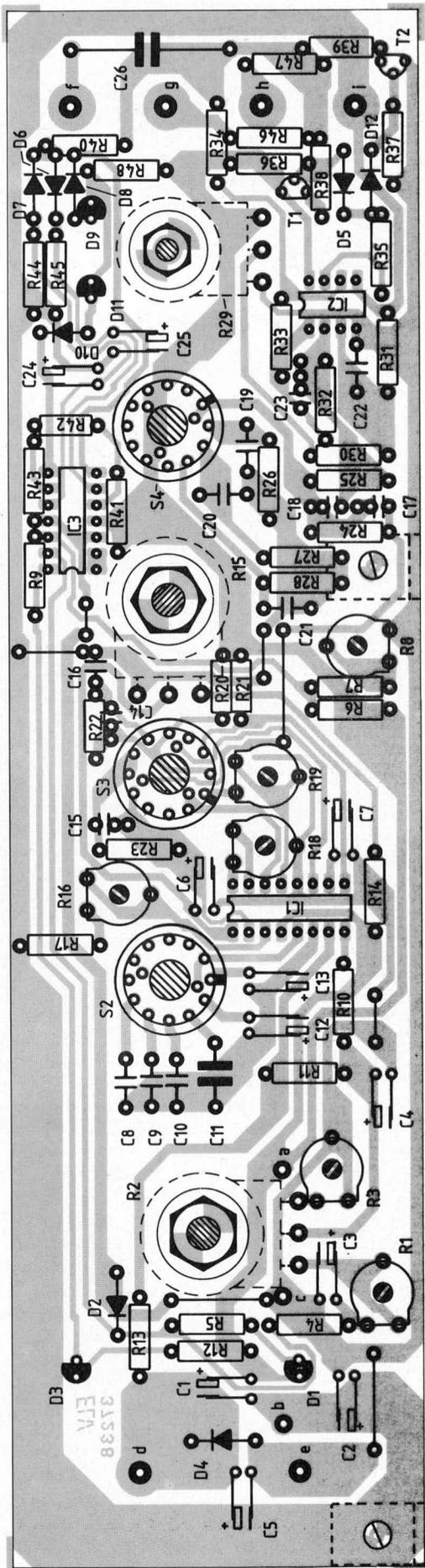
Die Feineinstellung der Sinusfunktion erfolgt mit dem Trimmer R 19, wobei der Funktionsdreheschalter S 3 in Stellung „Sinus“ gebracht wird. Im einfachsten Fall dreht man S 2 und R 2 auf niedrigste Frequenz und schließt an den Ausgang einen Analogmultimeter (Zeigerinstrument) an und verfolgt den Zeigerausschlag, der möglichst einen sinusförmigen Spannungsverlauf haben sollte, wozu allerdings ein Gerät mit Skalenmittelpunkt erforderlich ist. Bei sinusförmigem Spannungsverlauf muß die Zeigergeschwindigkeit im Nulldurchgang der Sinuskurve, also im Skalenmittelpunkt, am größten sein und bei den beiden Endausschlägen (Spannungsminimum und Spannungsmaximum), wo der Umkehrpunkt der Sinuskurve liegt, sehr langsam sein. Der Zeigerausschlag sollte jedoch nicht an den Endpunkten für kurze Zeit stehenbleiben. Tut er dies doch, deutet dies auf eine Abplattung an den Scheitelpunkten der Sinuskurve hin. Mit etwas Gefühl läßt sich auch auf diese einfache Weise R 19 so einjustieren, daß der Kurvenverlauf sinusförmig ist. Bei den anderen Frequenzbereichen stimmt der Verlauf dann automatisch.

Besser kann man den Kurvenverlauf selbstverständlich anhand eines Oszilloskopes einstellen, während unter Zuhilfenahme einer Klirrfaktormeßbrücke der Kurvenverlauf optimiert werden kann, wobei zusätzlich mit R 18 ein Feinabgleich möglich ist. Ansonsten befindet sich R 18 in Mittelstellung.

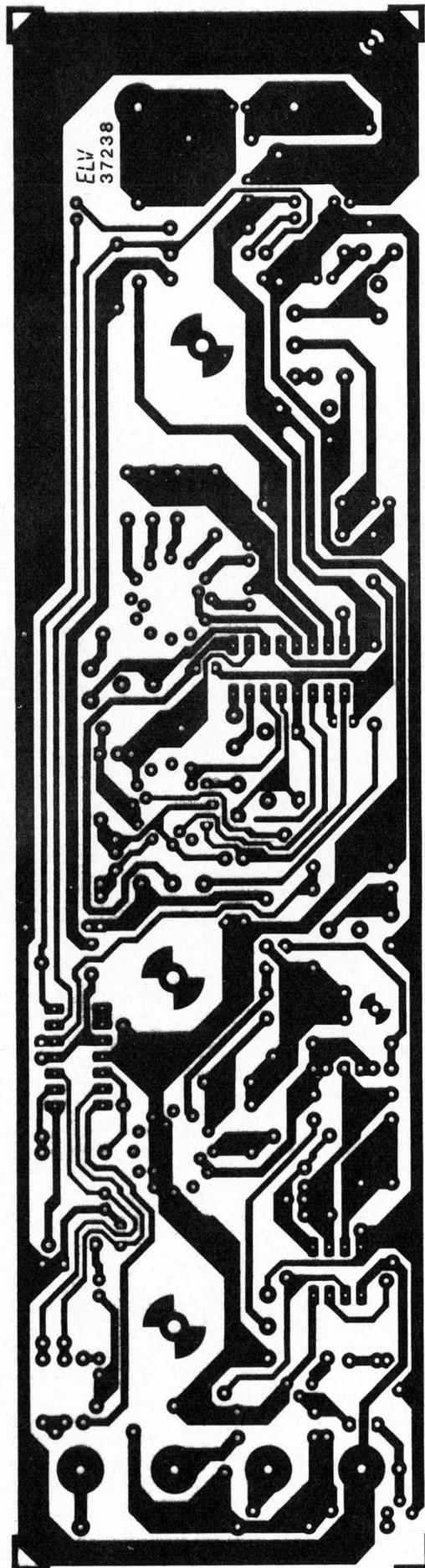
Das Ansprechen der Unterspannungsanzeige wird mit dem Trimmer R 8 eingestellt. D 3 sollte aufleuchten, sobald die Gesamtversorgungsspannung unterhalb 16 V absinkt. Hierzu kann entweder die Speisung über ein Doppelnetzteil erfolgen oder aber man wartet einfach ab, bis die Spannung des ersten Batteriesatzes entsprechend weit gesunken ist, wobei man allerdings häufiger die Spannung mit einem Multimeter überprüfen muß, um anschließend R 8 einzustellen.

Sind die vorstehend beschriebenen Kalibrierungspunkte sorgfältig durchgeführt, steht dem meßtechnischen Einsatz dieses vielseitigen Gerätes nichts mehr im Wege.

Die Gesamtstromaufnahme liegt bei 20 bis 30 mA.



Bestückungsseite der Platine des ELY-Mini-Funktionsgenerators MG 7000



Leiterbahnseite der Platine des ELY-Mini-Funktionsgenerators MG 7000

Stückliste:
ELV-Mini-Funktions-
generator MG 7000

Halbleiter

IC1	XR 2206
IC2	TL 082
IC3	LM 324
T1	BC 548
T2	BC 558
D1, D3, D9, D11 ..	LED, rot, 5 mm
D2	ZPD 5,6
D4-D8, D10, D12	1N4148

Kondensatoren

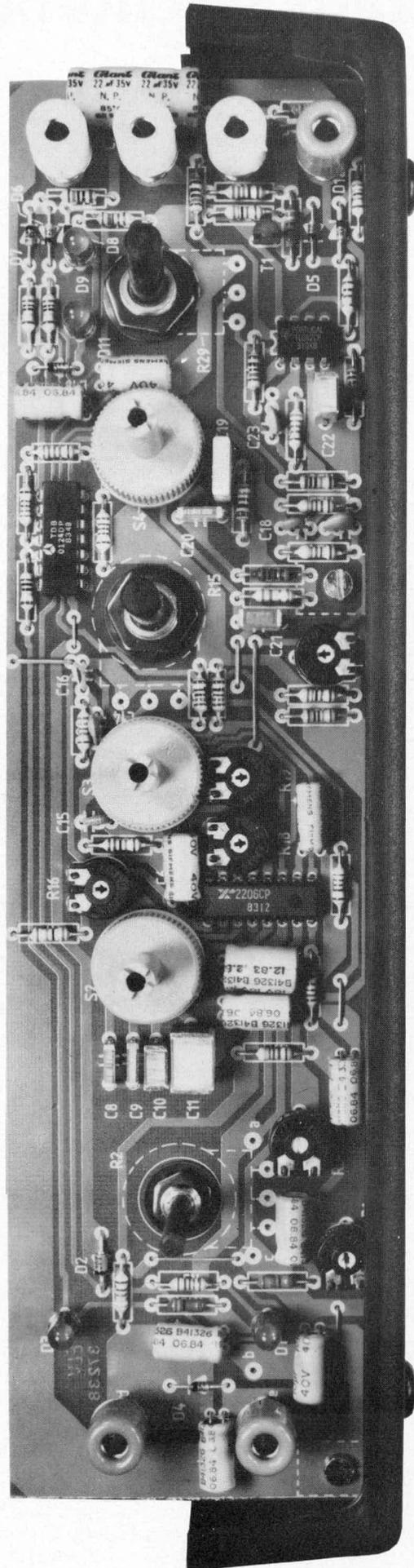
C1-C6, C12	10 μ F/16 V
C7, C24, C25	1 μ F/16 V
C8	1 nF
C9	10 nF
C10, C22	100 nF
C11	1 μ F
C13	100 μ F/16 V
C14, C23	4,7 pF
C15	68 pF
C16	33 pF
C17, C18	22 pF
C19	470 pF
C20	4,7 nF
C21	47 nF
C26	22 μ F bipolar

Widerstände

R1	500 Ω , Trimmer, liegend
R2 ...	1 k Ω , Poti, lin, 4 mm Achse mit Schalter
R3	250 Ω , Trimmer, liegend
R4	680 Ω
R5	2,2 k Ω
R6, R30, R31	100 k Ω
R7, R36, R37	33 k Ω
R8	25 k Ω , Trimmer, liegend
R9, R44, R45	1 M Ω
R10	12 k Ω
R11, R24, R25	4,7 k Ω
R12, R13	3,3 k Ω
R14, R41, R43	8,2 k Ω
R15 ...	10 k Ω , Poti, lin, 6 mm Achse
R16	50 k Ω , Trimmer, liegend
R17	18 k Ω
R18	25 k Ω , Trimmer, liegend
R19	500 Ω , Trimmer, liegend
R20, R21, R33, R34, R40 ..	10 k Ω
R22, R42	22 k Ω
R23	15 k Ω
R26	220 Ω
R27	22 Ω
R28	2,2 Ω
R29 ..	100 k Ω , Poti, lin, 6 mm Achse
R32	22 k Ω
R35	100 Ω
R38, R39	330 Ω
R46	560 Ω
R47	47 Ω
R48	2,2 k Ω

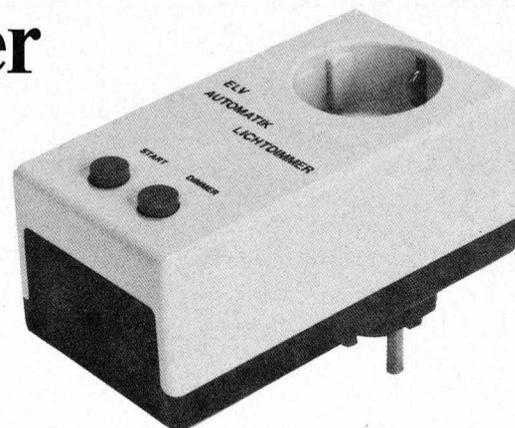
Sonstiges

- S2 ITT Präzisionsschalter 6.2S
- S3, S4 ITT Präzisionsschalter 4.3S
- 2 9V-Batterieclips
- 2 Alubefestigungswinkel
- 4 Schrauben M 3 x 8 mm
- 4 Muttern M 3



Ansicht der fertig bestückten und in die untere Gehäusehälfte eingebauten Platine des ELV-Mini-Funktionsgenerators MG 7000

Automatik-Lichtdimmer



Eingebaut in ein Steckergehäuse mit integrierter Schuko-Steckdose, kann dieser Dimmer sowohl zur automatischen als auch zur manuellen Helligkeitssteuerung Verwendung finden.

Allgemeines

Für zahlreiche Anwendungsfälle ist es wünschenswert, die Beleuchtung nicht abrupt ein- bzw. auszuschalten, sondern eine langsame und für das Auge kontinuierlich und angenehm wirkende Helligkeitssteigerung bzw. -minderung vorzunehmen. Hierbei gelten für den Einschaltvorgang nicht unbedingt die gleichen Bedingungen wie für den Ausschaltvorgang.

Beim morgendlichen Erwachen oder auch beim Betreten eines Raumes, möchte man nach vorheriger Dunkelheit möglichst schnell, jedoch keineswegs abrupt, die Beleuchtung einschalten. Eine optimale Lösung stellt hier eine Helligkeitssteuerung dar, die die Beleuchtung von 0 bis zu einem bestimmten gewünschten Helligkeitswert innerhalb von einigen Sekunden „hochlaufen“ läßt.

Für den Ausschaltvorgang wollen wir drei Möglichkeiten unterscheiden:

1. Beim Verlassen eines Raumes kann im allgemeinen die Beleuchtung plötzlich ausgeschaltet werden.
2. Beim Schlafengehen soll die Beleuchtung zum Vermeiden eines plötzlichen Überganges innerhalb von wenigen Sekunden vom eingestellten Wert auf „0“ gesteuert werden.
3. Zur Erzeugung eines künstlichen Sonnenunterganges für Ziervögel u. v. a. m. oder auch besonders als Einschlafhilfe für Kleinkinder, wird die Helligkeit von einem eingestellten Wert beginnend, innerhalb einer größeren Zeitspanne (z. B. 15 Minuten) auf „0“ gesteuert.

Hierdurch hat das Auge hinreichend Zeit, sich langsam an die einsetzende Dämmerung bzw. Dunkelheit zu gewöhnen. Besonders für Kleinkinder ist dies eine wertvolle, nicht zu unterschätzende Hilfe, die das Einschlafen erleichtert.

Bedienung und Funktion

Die Schaltung besitzt 2 Taster zur Bedienung sämtlicher vorstehend beschriebener Funktionen.

Der Taster Ta 1 dient zur Steuerung der manuellen Funktionen.

1. Kurzes Betätigen von Ta 1 und eine angeschlossene Lampe schaltet sofort auf max. Helligkeit.
2. Ein erneuter kurzer Tastendruck schaltet die Beleuchtung wieder aus.
3. Wird Ta 1 betätigt und festgehalten, so beginnt die Helligkeit bei vorher ausgeschalteter Beleuchtung langsam anzusteigen bis zum Maximum, um danach langsam wieder abzufallen, wieder anzusteigen, wieder abzufallen...

Im selben Moment, in dem Ta 1 losgelassen wird, bleibt der zu dem Zeitpunkt vorhandene Helligkeitswert bestehen. Bei erneutem längeren Festhalten von Ta 1 beginnt sich der Helligkeitswert wieder langsam zu verändern, bis Ta 1 wieder losgelassen wird. Bei jedem beliebig eingestellten Helligkeitswert läßt ein kurzes Betätigen von Ta 1 die Beleuchtung abrupt verlöschen.

4. Durch kurzes Betätigen von Ta 2 wird ein „künstlicher Sonnenuntergang“ eingeleitet, d. h., daß ein langsamer Helligkeitsabfall gestartet wird, und zwar beginnend mit dem gerade eingestellten Helligkeitswert, bis hin zum vollkommenen Ausschalten der Beleuchtung. Zuvor muß jedoch mit Ta 1 der Dimmvorgang etwas eingeleitet worden sein, da sonst beim ersten Steuerimpuls an Pin 2 (IC 1) ganz ausgeschaltet wird.

Mit dem Trimmer R 8 kann eine Zeitdauer von ca. 10 bis 30 Minuten gewählt werden.

Zur Schaltung

Zur Versorgung der Schaltung wird eine Gleichspannung von 15 V benötigt. Diese wird über R 3, R 4 sowie C 3 in Verbindung mit D 1 aus der Restspannung gewonnen, die über dem Triac Tc 1 sowie der Entstördrossel L 1 ansteht. Ist die angeschlossene Lampe ausgeschaltet, ist der Spannungsabfall an der Lampe praktisch „0“, so daß die gesamte 220 V Wechselspannung an der Reihenschaltung Tc 1 und L 1 ansteht. Bei max. Helligkeit hingegen ist der Spannungsabfall an Tc 1 und L 1 sehr gering. Damit jedoch noch eine ausreichende Versorgungsspannung für die Schaltung zur Verfügung steht, kann der Phasenwinkel

mit dem IC 1 auf minimal 30° heruntergeregelt werden (0° = max. Helligkeit — 180° = Aus). Der sich hierdurch ergebende geringe Leistungsverlust ist auf die max. Helligkeit bezogen für das menschliche Auge praktisch nicht wahrnehmbar.

Über D 2 erfolgt eine Gleichrichtung, so daß immer in der negativen Halbwelle der Pufferkondensator C 4 auf- bzw. nachgeladen wird.

Wegen der sehr geringen Stromaufnahme der gesamten Schaltung kann man dabei mit einem kleinen Elektrolytkondensator (10 µF) auskommen.

Der Kondensator C 1 und die Drossel L 1 bewirken eine Funk-Entstörung.

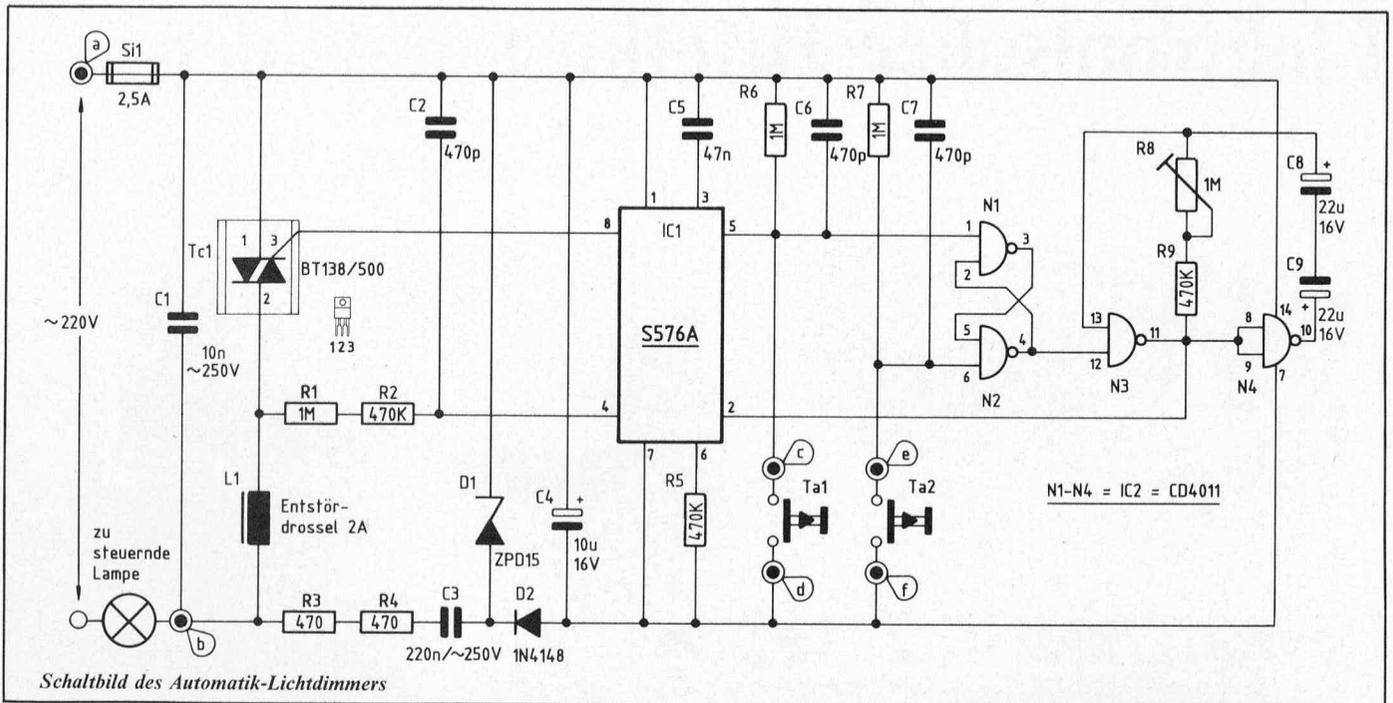
Die Synchronisation mit der Netzfrequenz erfolgt mit der am Triac liegenden Wechselspannung, die über R 1, R 2 zu Pin 4 des IC 1 geführt wird. C 2 filtert die darin enthaltenen Störsignale aus.

C 5 gehört zum internen Regelkreis des IC 1. Auf die interne komplexe Funktionsschaltung des hier verwendeten IC's des Typs S 576 A wollen wir hier nicht näher eingehen.

Pin 5 des IC 1 stellt den Steuereingang für die manuellen Funktionen über die Taste Ta 1 dar. Im nicht betätigten Zustand von Ta 1 hält R 6 diesen Eingang auf positiver Versorgungsspannung.

Die Ansteuerung des Triacs erfolgt direkt über Pin 8 des IC 1. Der max. durch den Verbraucher fließende Dauerstrom, ist durch den Gesamtaufbau der Schaltung bestimmt und sollte 2 A nicht überschreiten. Zu berücksichtigen ist hierbei, daß Glühlampen im Einschaltmoment den 5- bis 6fachen Nennstrom aufnehmen können. Diese Stromspitzen schaden der Schaltung jedoch nicht, da der verwendete Triac ohne weiteres auch 12 A verarbeiten kann. Hieraus folgt, daß die Aufnahmeleistung der angeschlossenen Glühlampen zwischen 40 und 400 W liegen darf.

Durch Betätigen der Taste Ta 2 wird der aus den Gattern N 1/N 2 bestehende Speicher gesetzt. Der Ausgang (Pin 4 von N 2) geht auf „high“ und gibt den Eingang des Gatters N 3 (Pin 12) frei. Im selben Moment beginnt der aus den Gattern N 3/N 4



aufgebaute Oszillator zu schwingen. Mit dem Trimmer R 8 ist die Frequenz im Bereich von 0,03 bis 0,1 Hz einstellbar. Der Ausgang des Gatters N 3 (Pin 11) ist mit dem Automatik-Steuereingang des IC 1 (Pin 2) verbunden. Jedesmal, wenn innerhalb einer Oszillatorschwingung der Ausgang des Gatters N 3 (Pin 11) von „high“ nach „low“ geht, erhöht das IC 1 den Phasenwinkel zur Ansteuerung des Triacs Tc 1 um einen geringen Betrag, so daß die Helligkeit in diesem Moment etwas abnimmt. Für das Auge ist dieser Vorgang jedoch kaum merkbar. Es entsteht der subjektive Eindruck, daß die Helligkeit ganz langsam abnimmt (bis zum vollständigen Ausschalten).

Durch Betätigen von Ta 1 kann die Beleuchtung wieder eingeschaltet werden, wobei gleichzeitig über Pin 1 des Gatters N 1 der Speicher zurückgesetzt und der Oszillator (N 3/N 4) gestoppt wird.

Zu beachten ist, daß die gesamte Schaltung unter Netzspannung steht und eine Berührung lebensgefährlich ist. Die Inbetriebnahme darf grundsätzlich nur erfolgen, wenn die Schaltung in einem absolut berührungssicheren Isoliergehäuse eingebaut ist (z. B. Steckergehäuse).

Auf die Einhaltung der VDE-Bestimmungen ist zu achten.

Sollen an der unter Spannung stehenden betriebsfertigen Schaltung Messungen durchgeführt werden, so ist unbedingt ein Sicherheits-Trenn-Trafo zwischenschalten. Auf gar keinen Fall dürfen an der Schaltung Messungen vorgenommen werden, wenn sich diese direkt am Netz befindet. Darüber hinaus sollte diese Schaltung, obwohl sie einfach im Nachbau ist, nur von denjenigen unter unseren Lesern aufgebaut und in Betrieb genommen werden, die aufgrund ihrer Ausbildung bzw. ihres Berufes im Umgang mit Netzspannung betriebe-

nen Geräten sowie mit den einschlägigen Sicherheitsbestimmungen hinreichend vertraut sind.

Zum Nachbau

Der Nachbau ist in gewohnter Weise vorzunehmen. Die bestückte Leiterplatte muß nach Fertigstellung vor der Inbetriebnahme unbedingt in ein absolut berührungssicheres Gehäuse eingebaut werden. Lediglich die beiden Tastenknöpfe ragen 1 - 2 mm aus dem Gehäuse heraus. Bei Verwendung des vorgeschlagenen Steckergehäuses wird die Platine über vier 5 mm lange Abstandsrollchen mit dem Gehäuseunterteil verschraubt.

Für die Verdrahtung innerhalb des Steckergehäuses sind für die Netzspannung Leitungen mit einem Querschnitt von mind. 0,75 mm² einzusetzen. Gleiches gilt für die direkte Verbindung der beiden Schutzkontakte des Steckers und der Steckdose.

Stückliste: Automatik-Lichtdimmer Halbleiter

IC1	.....	S 576 A
IC2	.....	CD 4011
TC1	.....	BT 138/500
D1	.....	ZPD 15
D2	.....	1N4148

Kondensatoren

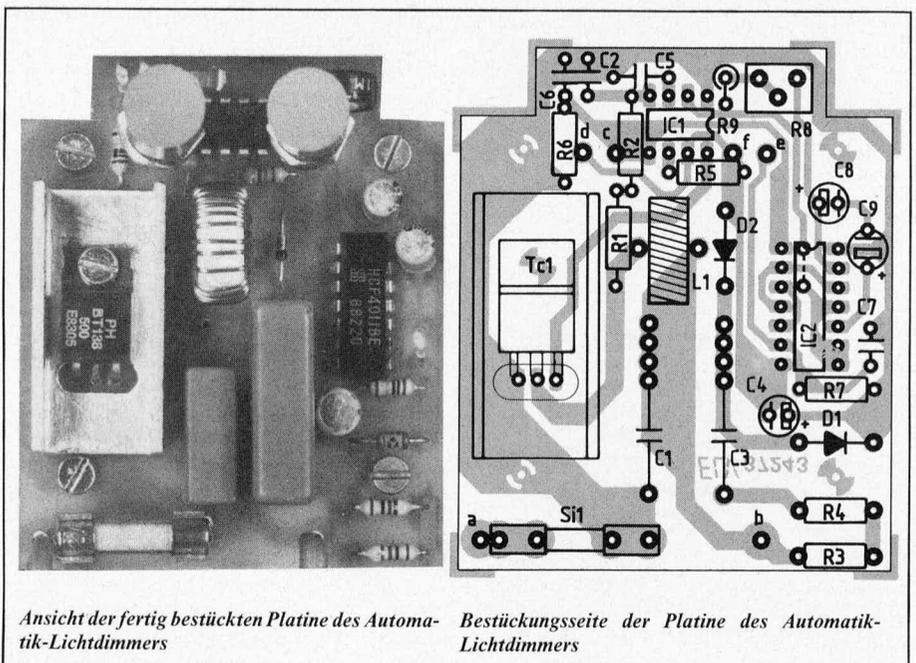
C1	.....	10 nF/250 V~
C2, C6, C7	.....	470 pF
C3	.....	220 nF/250 V~
C4	.....	10 µF/16 V
C5	.....	47 nF
C8, C9	.....	22 µF/16 V

Widerstände

R1, R6, R7	.....	1 MΩ
R2, R5, R9	.....	470 kΩ
R3, R4	.....	470 Ω
R8	.....	1 MΩ, Trimmer, stehend

Sonstiges

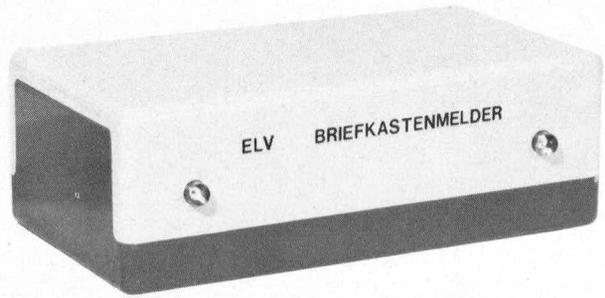
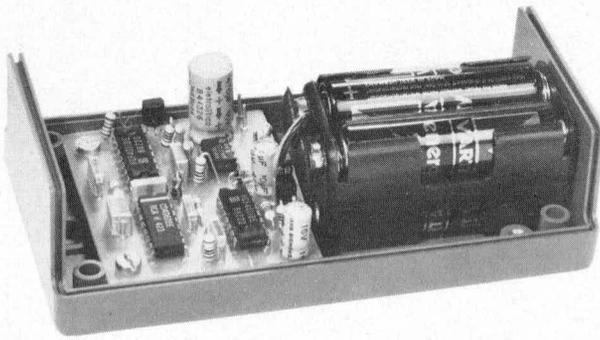
L1	.....	Entstördrossel 2A
Si1	.....	2,5A
Ta1, Ta2	.....	Taster mit Knopf, Schließer
1 Platinensicherungshalter		
1 U-Kühlkörper SK 13		
1 Schraube M3 x 6 mm		
4 Schrauben M3 x 10 mm		
1 Mutter M3		
6 Lötstifte		
30 cm flexible Leitung 0,75 mm ²		
4 Abstandsrollchen 5 mm		



Ansicht der fertig bestückten Platine des Automatik-Lichtdimmers

Bestückungsseite der Platine des Automatik-Lichtdimmers

Elektronischer Briefkastenmelder



Bei zahlreichen Briefkastenkonstruktionen kann der Besitzer von außen vielfach nicht erkennen, ob etwas darin enthalten ist. Hier schafft dieser elektronische Briefkastenmelder Abhilfe, der vollkommen netz-unabhängig arbeitet und ein Blinksignal abgibt, sobald der Briefkasten gefüllt wird.

Funktions- und Schaltungsbeschreibung

Die für netzunabhängige, d. h., für Batteriebetrieb konzipierte Schaltung eines elektronischen Briefkastenmelders nimmt im Ruhezustand nur ca. 100 μA auf.

Im Abstand von jeweils ca. 1 Minute wird über das IC 4 (Pin 3) auf die Basis des Darlington-Schalttransistors T 1 ein ca. 5 ms langer Impuls gegeben, der die beiden Infrarot-Leuchtdioden D 1 und D 2 aktiviert.

Diese beiden Sendedioden befinden sich z. B. in dem Gehäuse, in dem auch die übrige Schaltung sowie die Batterien untergebracht sind. Das Gehäuse wird zweckmäßigerweise am Boden des Briefkastens angebracht, wobei D 1 und D 2 senkrecht nach oben strahlen sollten.

Die beiden Infrarot-Empfangsdioden des Typs BP 104 (D 3 und D 4) werden z. B. an der Briefkastenoberseite angeordnet, und zwar so, daß die Sendediode D 1 auf die Empfangsdiode D 3 und die Sendediode D 2 auf die Empfangsdiode D 4 (oder umgekehrt) gerichtet ist.

OP 1 fragt nun über seinen nicht invertierenden (+) Eingang (Pin 3) den Zustand der beiden Empfangsdioden D 3 und D 4 ab.

Im Ruhezustand, d. h. bei ausgeschalteten Sendedioden, bzw. bei unterbrochenem Lichtstrahl von einer oder beiden Sendedioden zu den Empfangsdioden, wird über D 5 und/oder D 6 Pin 3 des OP 1 auf höhere Spannung gezogen als Pin 2. Der Ausgang des OP 1 (Pin 6) geht auf „high“.

Solange kein Impuls von Pin 3 des IC 4 den Eingang Pin 6 des Gatters N 1 freigibt, bleibt der Ausgang (Pin 4 von N 1) auf „high“. Der Speicher (N 2/N 3) verharrt in seinem Ruhezustand (Pin 10 von N 2 = „low“).

In dem Moment, in dem die Sendedioden aktiviert werden (Pin 3 des IC 4 gibt einen „high“-Impuls ab), erhält auch das Gatter N 1 über Pin 6 einen Freigabeimpuls. Der Ausgang des OP 1 wird über das Gatter N 1 auf das Speicher-Flip-Flop (N 2/N 3) durchgeschaltet.

Befindet sich der Ausgang des OP 1 aufgrund eines unterbrochenen Lichtstrahles weiterhin auf „high“, so wechselt der Ausgang des Gatters N 1 (Pin 4) von „high“ auf „low“. Nach einer kurzen, mit R 9/C 4 festgelegten Verzögerungszeit gelangt das „low“-Signal auf den Eingang (Pin 8) des Speichers N 2/N 3, dessen Ausgang (Pin 10) daraufhin von „low“ nach „high“ wechselt. Der Eingang (Pin 1) des Gatters N 5 wird dadurch freigegeben, und die an Pin 2 von N 5 anstehenden kurzen Impulse (ca. 0,5 Hz) werden durchgeschaltet und von N 6 gepuffert. Die rote Signal-LED D 7 blinkt ungefähr im 0,5-Hz-Rhythmus auf. Dies ist ein Hinweis auf einen gefüllten Briefkasten.

D 7 sollte daher gut sichtbar außen am Briefkasten angeordnet werden.

Werden hingegen die beiden Lichtstrahlen von den Sendedioden zu den Empfangsdioden nicht unterbrochen, wechselt in dem Moment, in dem an Pin 3 des IC 4 der Steuerimpuls (ca. 5 ms) ansteht das Potential an Pin 3 des OP 1 von „high“ nach „low“, da die beiden Empfangsdioden D 3 und D 4 aufgrund des auftretenden Infrarotlichtes höheren Strom ziehen. Hierdurch wechselt ebenfalls der Ausgang des OP 1 (Pin 6) von „high“ nach „low“. Auch wenn jetzt das Gatter N 1 über Pin 6 freigegeben wird, bleibt der Ausgang (Pin 4 von N 1) auf „high“.

Um aufgrund von Phasenverschiebungen und Störimpulsen hervorgerufene Schaltspitzen zu unterdrücken, wurde das R/C-Glied R 9/C 4 eingefügt, damit die Schaltung zuverlässig arbeitet.

Bleibt der Ausgang (Pin 4) des Gatters N 1 also auf „high“, so bleibt ebenfalls der Ausgang (Pin 10) des Gatters N 2 in seinem ursprünglichen Zustand („low“) und das Gatter N 5 ist über Pin 1 gesperrt. Die rote Signal-LED D 7 bleibt erloschen (der Briefkasten ist leer).

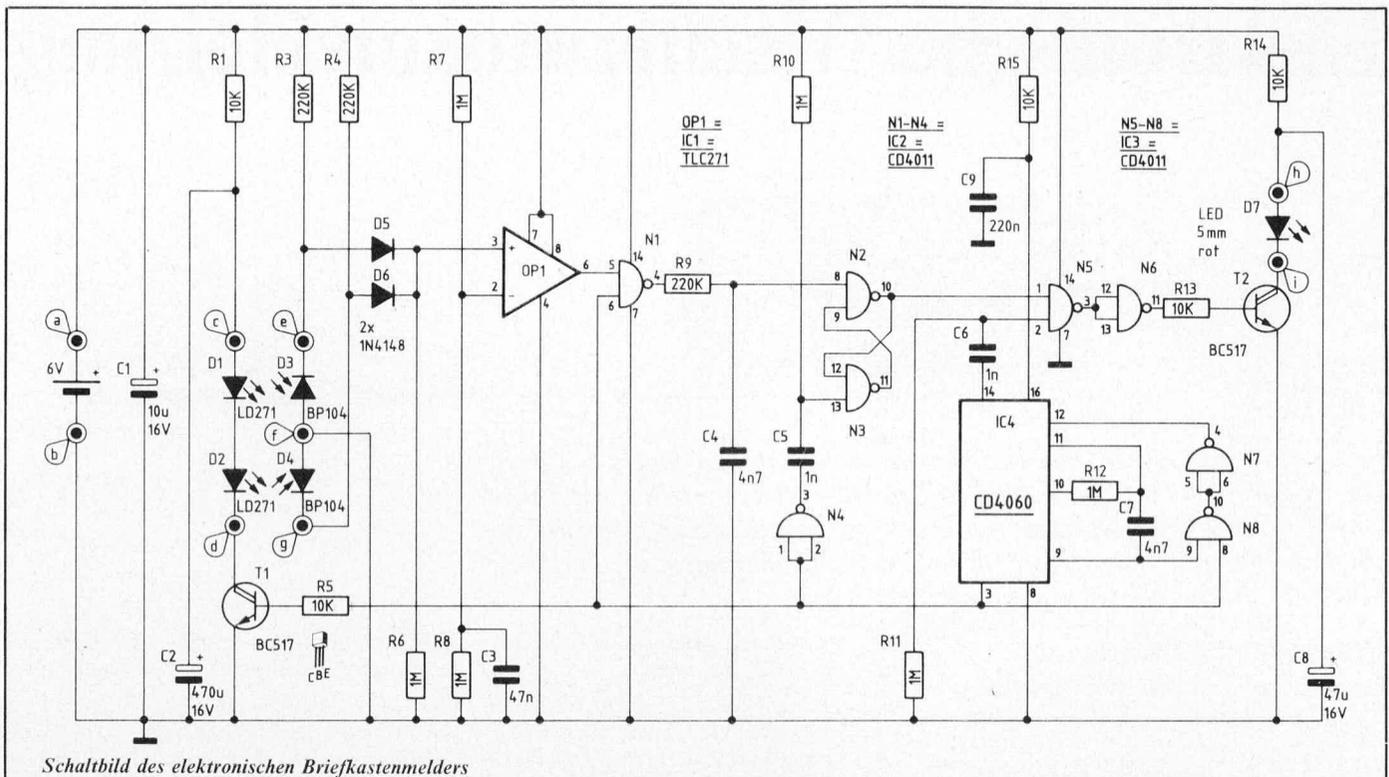
Zu Beginn eines jeden ca. 5 ms dauernden Abfragezyklusses wird über N 4, C 5 und R 10 der Speicher N 2/N 3 zurückgesetzt und der Ausgang (Pin 10 von N 2) bleibt bzw. geht auf „low“. Da dieser Vorgang jedoch ca. alle 60 Sekunden für lediglich 5 ms (entspricht 0,005 Sekunden) abläuft, blinkt die rote Signal-LED D 7 kontinuierlich weiter, solange der Briefkasten gefüllt ist. Wird die Post entnommen, erfolgt automatisch eine Rücksetzung von N 2/N 3 und D 7 verlischt. Ein manuelles Rücksetzen ist somit nicht erforderlich (die Verzögerung bis zum Ausschalten von D 7 kann allerdings bis zu einer Minute nach Postentnahme betragen).

Die Ablaufsteuerung erfolgt über das IC 4. Die Taktfrequenz des internen Oszillators wird mit R 12/R 7 festgelegt, wobei N 7/N 8 zur Erzeugung eines definierten, an Pin 3 anstehenden Taktimpulses mit einer Länge von ca. 5 ms dienen.

Die mittlere Stromaufnahme ohne aktivierte Signal-LED beträgt ca. 0,2 mA. Dies ergibt sich aus der Ruhestromaufnahme von ca. 100 μA in Verbindung mit dem verhältnismäßig hohen, jedoch sehr kurzen Impulsstrom für die Sende-LED's.

Bei aktivierter Signal-LED (D 7) erhöht sich die Stromaufnahme um ca. 0,2 bis 0,3 mA.

Mit 4 handelsüblichen Alkali-Mangan-Mignon-Zellen arbeitet die Schaltung im Dauerbetrieb ungefähr 1 Jahr. Dies ist allerdings in nicht unerheblichem Maße von der Dauer der Aktivierung der Signal-LED (D 7) abhängig.



Schaltbild des elektronischen Briefkastenmelders

Zum Nachbau

Obwohl für eine so kleine Schaltung verhältnismäßig viel Elektronik eingesetzt wurde, ist der Aufbau mit einfachen Mitteln durchführbar. Hierzu trägt nicht zuletzt das übersichtliche Leiterplattenlayout bei.

Die Bestückung ist in gewohnter Weise anhand des Bestückungsplanes vorzunehmen. Zunächst werden die passiven und dann die aktiven Bauelemente auf die Platine gesetzt und verlötet.

Nachdem die Platine noch einmal sorgfältig kontrolliert wurde, kann sie in ein passendes Gehäuse gesetzt werden, in dem auch gleichzeitig die Batteriehalterung für 4 Mignonzellen Platz findet. Die Sendedioden sind zweckmäßigerweise in den Gehäusedeckel einzuarbeiten, und zwar so, daß sie einen möglichst großen Abstand zueinander haben, um den Briefkasteninhalt bestmöglichst zu überwachen.

Die Empfangsdioden werden auf der entgegengesetzten Seite des Briefkastens angeordnet und dabei so ausgerichtet, daß sie

von den Sendedioden direkt angestrahlt werden. Auch hier empfiehlt sich der Einsatz eines kleinen Gehäuses, das mit drei flexiblen Zuleitungen mit dem Basisgehäuse (Punkte „e, f, g“) verbunden wird.

Da die gesamte Schaltung nur einen sehr geringen Stromverbrauch aufweist, was nicht zuletzt auf einen hochohmigen Aufbau zurückzuführen ist, sollte sie besonders gut vor Feuchtigkeit (Kriechströme) geschützt werden.

Die rote Signal-LED (D 7) sollte gut sichtbar außen am Briefkasten angeordnet werden.

Sobald nun der Briefkasten mit einem Inhalt versehen wird, der einen oder beide Infrarot-Lichtstrahlen unterbricht, beginnt mit einer maximalen Verzögerungszeit von ca. 60 s die rote Signal-LED zu blinken. Die Verzögerungszeit muß aufgrund des Stromsparkonzeptes in Kauf genommen werden, da die Überprüfung durch die Steuerelektronik, wie bereits erwähnt, nur alle 60 Sekunden erfolgt.

Stückliste Elektronischer Briefkastenmelder Halbleiter

IC1	.....	TLC 271
IC2, IC3	.....	CD 4011
IC4	.....	CD 4060
T1, T2	.....	BC 517
D1, D2	.....	LD 271
D3, D4	.....	BP 104
D5, D6	.....	1N4148
D7	.....	LED, rot, 5 mm

Kondensatoren

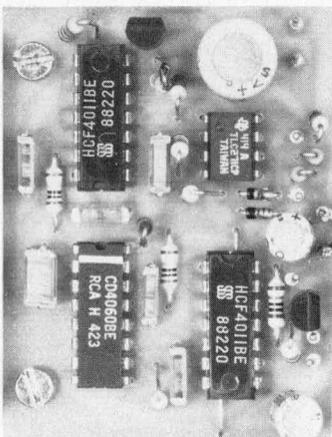
C1	.....	10 µF/16 V
C2	.....	470 µF/16 V
C3	.....	47 nF
C4, C7	.....	4,7 nF
C5, C6	.....	1 nF
C8	.....	47 µF/16 V
C9	.....	220 nF

Widerstände

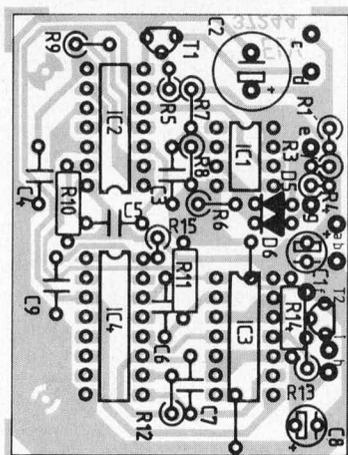
R1, R5, R13-R15	.....	10 kΩ
R3, R4, R9	.....	220 kΩ
R6, R7, R8, R10-R12	.....	1 MΩ

Sonstiges

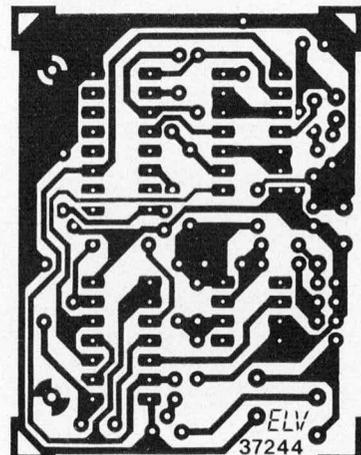
- 1 Batteriekasten für 4 Mignon-Zellen
- 8 Lötstifte
- 50 cm isolierter Schaldraht
- 1 9 V-Batterieclip
- 2 Abstandsrollchen 5 mm
- 2 Schrauben M3 x 8 mm



Ansicht der fertig bestückten Platine

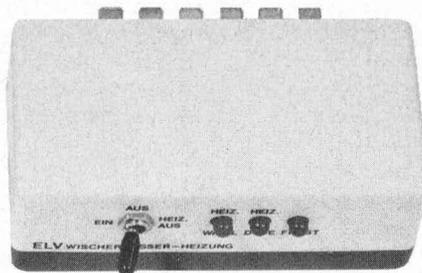
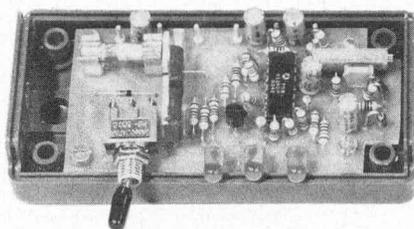


Bestückungsseite der Platine



Leiterbahnseite der Platine

Elektronische Wischerwasser-Heizung



In den Wintermonaten wird die Scheibenwaschanlage häufig benötigt. Damit das Wischerwasser bei Frost nicht einfriert, stellen wir Ihnen eine Wischerwasser-Heizung mit elektronischer Regelung vor, die zusätzlich über eine Schaltstufe für heizbare Sprühdüsen sowie über eine Leuchtdiode zur Frostwarnung verfügt.

Bedienung und Funktion

Ein besonderer Sicherheitsfaktor beim Autofahren ist die gute Sicht. Dies ist um so wichtiger, je ungünstiger die allgemeine Witterungslage ist. Bei Autofahrten in der Dunkelheit, bei Regen, Schnee und Glatt-eis werden an den Autofahrer erhöhte Anforderungen gestellt. Eine einwandfrei funktionierende Scheibenwaschanlage stellt hier ein wichtiges und nützliches Hilfsmittel zur sicheren Teilnahme am Straßenverkehr dar.

Seit einiger Zeit sind im Kfz-Zubehörhandel sowohl kleine Wischerwasser-Heizboiler als auch beheizbare Sprühdüsen erhältlich.

Durch eine elektronische Steuerung, wie sie im hier vorliegenden Artikel beschrieben ist, können diese nützlichen Zusatzaggregate den jeweiligen Witterungsverhältnis-

sen entsprechend automatisch ein- und wieder ausgeschaltet werden.

Darüber hinaus macht diese Schaltung den Autofahrer durch Blinken einer roten LED auf kritische Temperaturen aufmerksam (unterhalb von ca. $+3^{\circ}\text{C}$).

Über einen außen am Fahrzeug anzubringenden, mit einem 3 m langen 2-adrigen Zuleitungskabel versehenen Temperatursensor wird die Außentemperatur kontinuierlich abgefragt.

Sobald die Temperatur unterhalb von ca. $+15^{\circ}\text{C}$ absinkt, wird der erste Schaltausgang aktiviert, an den die Wischerwasser-Heizung anzuklemmen ist.

Bei diesem, wie bereits erwähnt, im Kfz-Zubehörhandel erhältlichen Heizsystem handelt es sich um einen kleinen, elektrisch beheizbaren Wasserboiler, der dicht an den Sprühdüsen angeordnet wird (also unmittelbar vor den Düsenanschlußstutzen). Die in diesem Boiler enthaltene Wassermenge ist groß genug, um die Scheiben einmalig ausreichend mit warmem bis heißem Wasser zu besprühen. Bis zum nächsten Einsatz des Wischerwassers ist das nachströmende Kaltwasser in dem kleinen Boiler wieder erhitzt. Damit der Autoakku nicht zu stark belastet wird, wurde die Leistung den üblicherweise auftretenden Erfordernissen mit ca. 15 W gut angepaßt.

Daß die Wischerwasser-Heizung bereits bei Temperaturen unterhalb $+15^{\circ}\text{C}$ einsetzt, ist nicht in erster Linie aus Frostschutzgründen vorgesehen, sondern um die

Effektivität der Scheibenreinigung bei niedrigeren Temperaturen zu erhöhen.

Tauscht man in seinem Fahrzeug die „normalen Sprühdüsen“ gegen elektrisch beheizbare, ebenfalls im Kfz-Zubehörhandel erhältliche Sprühdüsen aus, so kommt der zweite Schaltungsteil zum Tragen. Bei Temperaturen unterhalb ca. $+3^{\circ}\text{C}$ wird die Sprühdüsenheizung eingeschaltet, da diese ausschließlich dem Frostschutz dient.

Darüber hinaus blinkt gleichzeitig eine rote LED kontinuierlich auf, um den Autofahrer auf kritische Temperaturen aufmerksam zu machen. Diese LED (D7) sollte daher gut sichtbar placiert werden.

Zwei weitere rote Leuchtdioden (D4 und D6) dienen zur Einschaltkontrolle der Düsen- bzw. Wischerwasser-Heizung.

Befindet sich der Kippschalter in Mittelstellung, so ist die gesamte Schaltung stromlos, während sie aktiviert ist, wenn sich der Kippschalter in der oberen Position befindet.

In der unteren Position (Heizung aus) ist lediglich der Eiswarner in Betrieb, damit bei Temperaturen unterhalb $+3^{\circ}\text{C}$ die LED D7 aufblinken kann. Beide Heizkreise sind jedoch über die Dioden D3 und D5 gesperrt. Der Stromverbrauch der Schaltung bleibt in der Größenordnung von 10 mA.

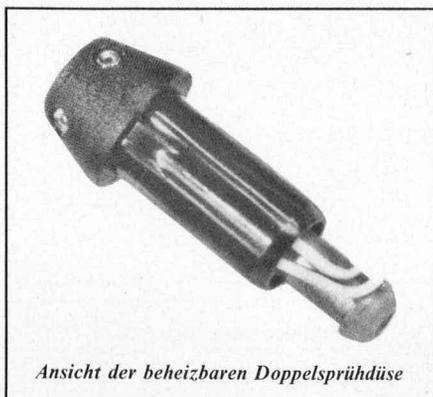
Zur Schaltung

Die prinzipielle Arbeitsweise der Schaltung wurde bereits im vorstehenden Kapitel ausführlich beschrieben. Die schaltungstechnische Realisierung stellt sich wie folgt dar:

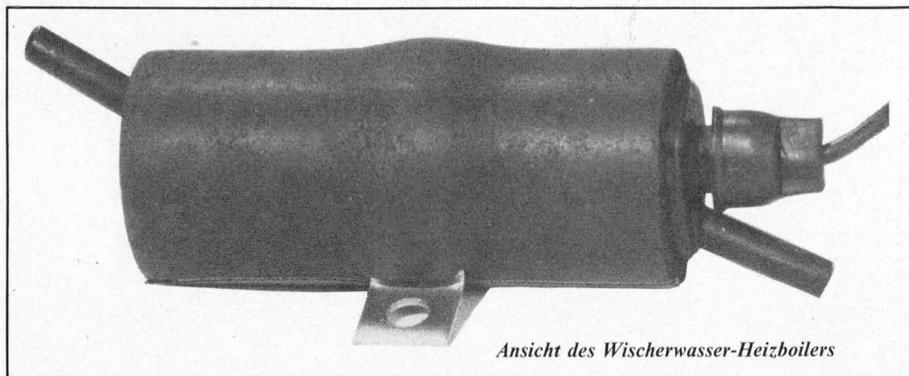
Zur Referenzspannungserzeugung dient die Z-Diode D2, die in Verbindung mit dem OP1 mit Zusatzbeschaltung eine konstante Spannung von ca. 8 V erzeugt (von Pin 14 des OP1 nach Masse hin gemessen).

Diese Konstantspannung speist die Meßbrücke, bestehend aus R4 bis R11 sowie dem Temperatursensor TS1.

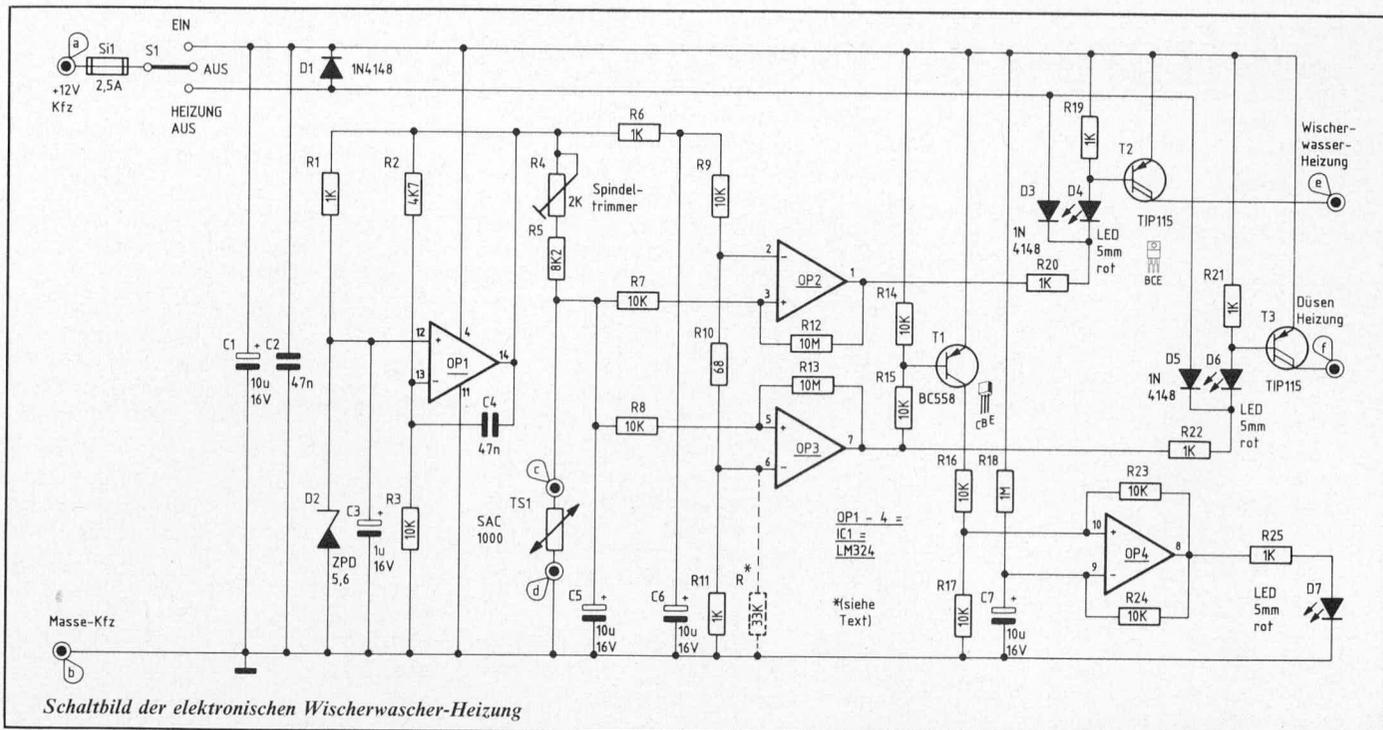
Die als Komparatoren mit geringer Hysterese arbeitenden OP's 2 und 3 vergleichen die an TS1 anstehende, der Außentemperatur proportionale Spannung mit einer



Ansicht der beheizbaren Doppelsprühdüse



Ansicht des Wischerwasser-Heizboilers



Referenzspannung, die über den Spannungsteiler R 6 bis R 11 erzeugt wird.

Mit R 4 wird der im weiteren Verlauf dieses Artikels noch genauer beschriebene Abgleich so vorgenommen, daß der Ausgang des OP 2 von „high“ nach „low“ geht, sobald die Temperatur einen Wert von ca. + 15° C unterschreitet — D 4 leuchtet auf und T 2 steuert durch (Wischerwasser-Heizung ist aktiviert).

Unterschreitet die Temperatur einen Wert von ca. + 3° C, schaltet auch der Ausgang des OP 3 (Pin 7) von „high“ nach „low“ und D 6 leuchtet auf, bei gleichzeitigem Durchschalten von T 3 (Düsen-Heizung ist eingeschaltet).

Über R 15 steuert gleichzeitig T 1 durch, der daraufhin über R 16 den als Rechteckoszillator geschalteten OP 4 freigibt. Die rote Signal-LED D 7 beginnt zu blinken.

Vorstehender Funktionsablauf erfolgt, wenn sich der Kippschalter S 1 in der oberen Stellung („EIN“) befindet. Wird die entgegengesetzte Schaltstellung gewählt, so bleiben die beiden Schalttransistoren T 2 und T 3 über die Dioden D 3 und D 5 gesperrt, so daß lediglich die Frostwarnschaltung aktiviert werden kann. Sobald jetzt die Temperatur unter ca. + 3° C absinkt, beginnt D 7 zu blinken, während die Düsen- und Wischerwasser-Heizung ausgeschaltet bleiben. In Mittelstellung von S 1 ist die gesamte Schaltung stromlos.

Stückliste: Elektronische Wischerwasser-Heizung

Halbleiter

IC1	.....	LM 324
T1	.....	BC 558
T2, T3	.....	TIP 115
D1, D3, D5	.....	1N4148
D2	.....	ZPD 5,6
D4, D6, D7	.....	LED, rot, 5 mm
TS1	.....	SAC 1000

Kondensatoren

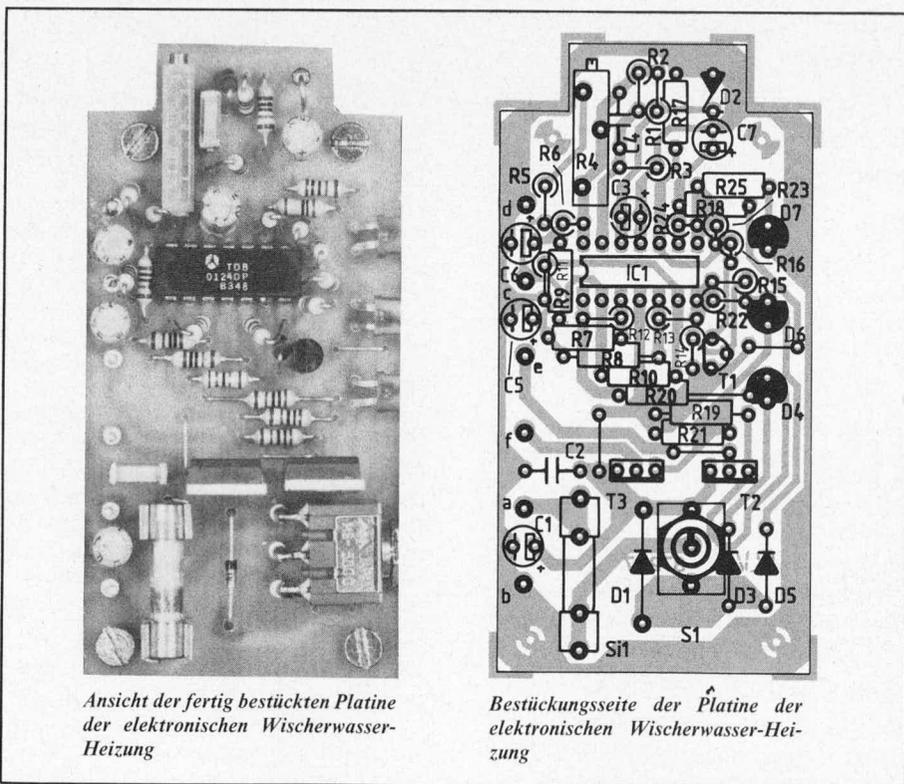
C1, C5-C7	.....	10 µF/16 V
C2, C4	.....	47 nF
C3	.....	1 µF/16 V

Widerstände

R1, R6, R11, R19-R22, R25	.....	1 kΩ
R2	.....	4,7 kΩ
R3, R7-R9, R14-R17,	.....
R23, R24	.....	10 kΩ
R4	.....	2 kΩ, Spindeltrimmer
R5	.....	8,2 kΩ
R10	.....	68 Ω
R12, R13	.....	10 MΩ
R18	.....	1 MΩ

Sonstiges

- Si 2,5 A
- 1 Platinsicherungshalter
- 1 Kippschalter 1 x um mit Mittelstellung
- 9 Lötstifte
- 6 m Anschlußkabel 0,75 mm²
- 4 Schrauben M3 x 10 mm
- 4 Abstandsrollchen 5 mm
- 6 Kfz-Flachstecker
- 6 Lötösen 3,2 mm Ø
- 6 Schrauben M 3 x 8 mm
- 6 Muttern M 3



Zum Nachbau

Das Layout der Schaltung ist so ausgelegt, daß die Leiterplatte in ein kleines, dafür passendes Gehäuse eingebaut werden kann.

Die Befestigung der Kfz-Flachstecker mit Hilfe der Schrauben und Muttern M 3 erfolgt anhand von Bild 1. Eine Verbindung

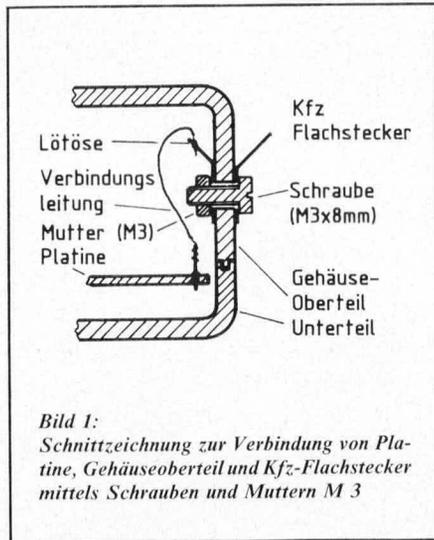


Bild 1:
Schnittzeichnung zur Verbindung von Platine, Gehäuseoberteil und Kfz-Flachstecker mittels Schrauben und Muttern M 3

zur Platine wird mit flexiblen, isolierten Leitungen (mind. 0,4 mm²) vorgenommen.

Die Stromversorgung der Schaltung wird zum einen an die Kfz-Masse (Minuspol — „b“) angeschlossen und zum anderen hinter dem Zündschloß an die positive Bordspannung (Punkt „a“). Wichtig ist, daß bei ausgeschalteter Zündung auch die Schaltung der elektronischen Wischerwasser-Heizung mit ausgeschaltet ist, damit Sie nicht eines Morgens aufgrund eines leeren Autoakkus vergeblich versuchen, Ihr Fahrzeug zu starten.

Der Anschluß des Temperatursensors TS 1 des Typs SAC 1000 erfolgt über das ca. 3 m lange Anschlußkabel an die Platinenanschlußpunkte „c“ und „d“. Die Placierung des Sensors ist so vorzunehmen, daß weder Fahrtwind noch Wärmestrahlung des Motors einen nennenswerten Einfluß ausüben können (z. B. innerhalb der Innenseite der Stoßstange).

Die beiden Anschlüsse der Düsenheizung werden mit dem Schaltungspunkt „f“ und mit der Fahrzeugmasse verbunden.

Bei der Wischerwasser-Heizung ist der eine Anschlußpunkt durch die Schraubverbindung zum Fahrzeugchassis gegeben (auf gute Leitfähigkeit achten), während der

andere Anschlußpunkt mit dem Schaltungspunkt „e“ zu verbinden ist.

Kalibrierung

Die Einstellung der Schaltschwellen ist mit verhältnismäßig einfachen Mitteln möglich.

Zunächst wird parallel zum Widerstand R 11, der im Schaltbild gestrichelte Widerstand R = 33 k Ω angelötet.

Der Spindeltrimmer R 4 ist so einzustellen, daß sich der Ausgang des OP 3 (Pin 7) auf „high“ befindet (ca. 10 bis 12 V), d. h. die LED D 6 leuchtet nicht auf. Der Kippschalter S 1 befindet sich hierbei in der oberen Stellung („EIN“).

Der Temperatursensor TS 1 ist in ein Eis-Wasser-Gemisch aus kleinstoßenen Eiswürfeln und Wasser einzutauchen. Der Wasseranteil sollte unter 50% liegen. Unter ständigem Rühren wird der Spindeltrimmer R 4 langsam verdreht, bis D 6 plötzlich aufleuchtet. In dieser Stellung wird R 4 dann belassen.

Entfernt man anschließend den im Schaltbild gestrichelten 33 k Ω Widerstand (R), kann man davon ausgehen, daß die Schaltschwellen ungefähr bei +15° C und +3° C liegen. Der Abgleich ist damit beendet.

Automatische Helligkeitssteuerung für LED-Anzeigen

In Abhängigkeit der Umgebungshelligkeit, steuert diese kleine Zusatzschaltung die Leuchtstärke von LED-Anzeigen.

Allgemeines

In der elektronischen Meßtechnik, gleich ob im professionellen oder im Hobby-Bereich, besteht bei elektronischen Meßgeräten die Forderung nach möglichst guter Ablesbarkeit. Bei Meßgeräten mit LED-Anzeigen bedeutet dies u. a. eine große Helligkeit der Displays. Eine Helligkeitsregelung, sei es automatisch oder auch manuell, ist hierbei im allgemeinen nicht erwünscht, da die Displays meist von vornherein auf maximale Helligkeit eingestellt sind.

Ganz anders hingegen sieht es im Wohnbereich aus, wo größere Schwankungen der Umgebungshelligkeit auftreten können und häufig gewünscht sind. Bei feinen Handwerksarbeiten wird z. B. eine ganz andere (viel größere) Helligkeit benötigt als z. B. beim Lesen eines Buches oder gar beim beschaulichen Plausch bei Kerzenschein.

Eine Helligkeitsregelung der LED-Anzeigen in Abhängigkeit von der Umgebungshelligkeit, kann für gleichmäßig gute Ablesbarkeit der Anzeige sorgen, ohne daß

eine zu große Leuchtstärke (z. B. beim Dämmerlicht) sich störend auswirkt.

Auf ein wesentliches Einsatzgebiet im Kfz-Bereich wollen wir noch besonders hinweisen:

Gerade in Fahrzeugen, wo die Kenntnis nützlicher Meßwerte besonders wichtig ist, können extreme Schwankungen der Umgebungshelligkeit auftreten — angefangen von direkter Sonneneinstrahlung bis hin zu Nachtfahrten bei völliger Dunkelheit. Hier bietet sich eine automatische Helligkeitsregelung der Leuchtstärke der LED-Anzeigen besonders an, da zum einen auf eine gute Ablesbarkeit Wert gelegt wird, zum anderen eine große Leuchtstärke der Displays bei Fahrten in der Dunkelheit nicht stören und den Fahrer ablenken darf.

Vorgenannte kurze Ausführungen lassen die sinnvollen Einsatzmöglichkeiten dieser kleinen Schaltung gut erkennen.

Zur Schaltung

Die Stromversorgung dieser kleinen Zusatzschaltung erfolgt direkt aus der Spannungsversorgung, die auch zum Betrieb der

LED-Displays dient. Der Spannungswert kann im Bereich von 5 bis 15 V liegen, wobei unterhalb 6 V D 1 durch eine Brücke ersetzt werden sollte. Der Einsatz der zur Entkoppelung und Entstörung dienenden Bauteile L 1, C 1 und D 1 ist ohnehin nur erforderlich, wenn die Schaltung in Kraftfahrzeugen eingesetzt wird, da hier die Bordspannung im allgemeinen „unsauber“ ist. Im IC 1 des Typs NE 556 sind zwei Timer enthalten (NE 556 entspricht 2 x NE 555). Der erste ist als astabiler Multivibrator geschaltet, dessen Frequenz durch R 4, R 5 und C 5 auf ca. 500 Hz festgelegt ist. Durch den großen Unterschied der Widerstandswerte von R 4/R 5 ergibt sich ein stark unsymmetrisches Tastverhältnis, so daß am Ausgang des Multivibrators (Pin 5) sehr kurze Impulse anstehen, die den zweiten im IC 1 integrierten Timer über Pin 8 ansteuern.

Dieser Timer ist durch die äußere Beschaltung als monostabiler Multivibrator geschaltet, dessen Auslösung, wie bereits erwähnt, über die Impulse des ersten Multivibrators erfolgt. Durch die Änderung der



Umgebungshelligkeit ändert sich auch der Widerstand des LDR 07 (R1). Dies wiederum hat zur Folge, daß sich das Tastverhältnis des monostabilen Multivibrators ändert. Am Ausgang (Pin 9) steht daher eine konstante Frequenz von ca. 500 Hz an, dessen Puls-/Pausenverhältnis sich mit der Umgebungshelligkeit ändert.

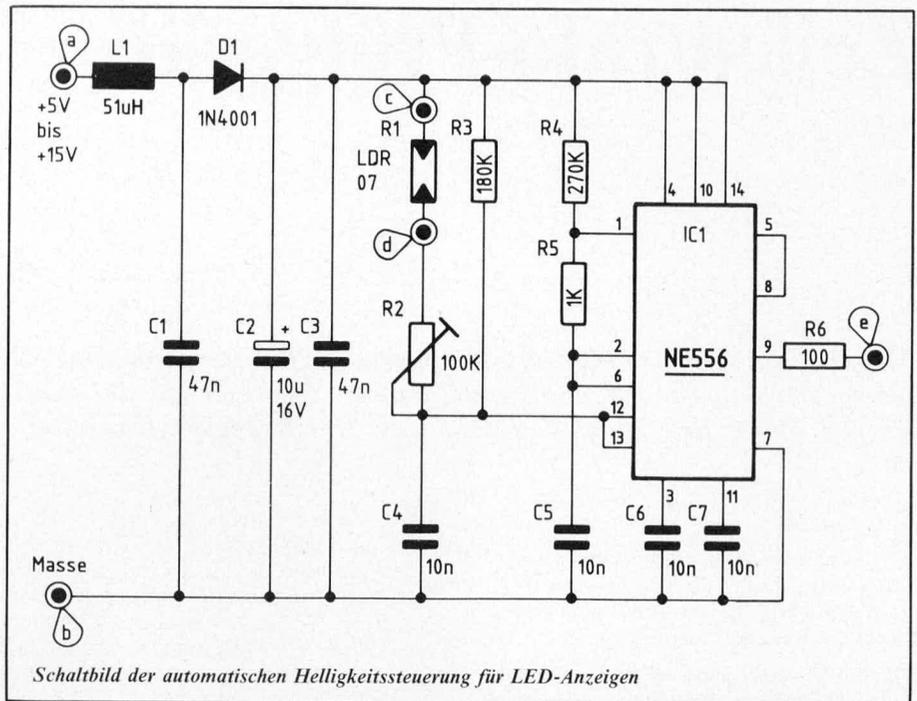
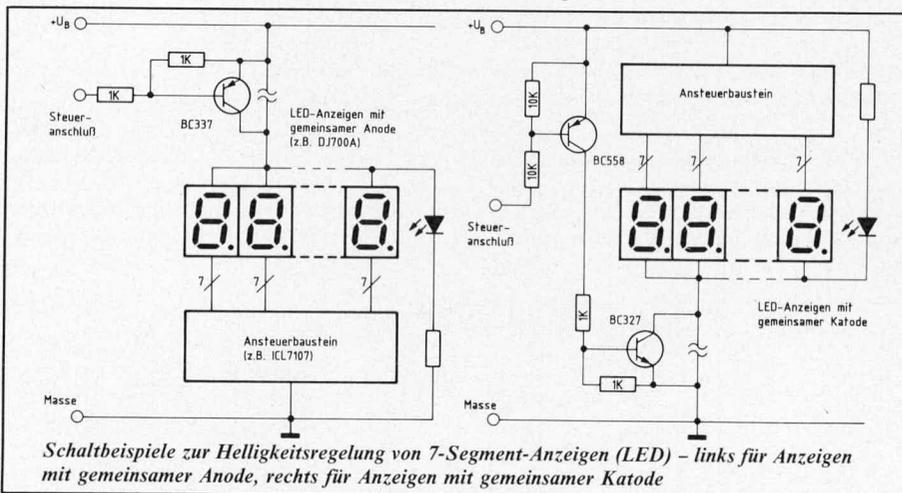
Der Schaltungsausgang (Punkt „e“) ist zum Schutz des IC 1 über R 6 mit Pin 9 verbunden.

Je größer die Umgebungshelligkeit wird, desto höher soll auch die Leuchtstärke der LED-Displays sein. Dies bedeutet, daß die Zeitspanne in der das Ausgangssignal ca. 0 V führt, größer ist als der Zeitraum, in dem das Ausgangssignal auf „high“ liegt, so daß der nachfolgende Schalttransistor überwiegend durchgesteuert ist. Letztgenannter Transistor (Bild 1 + 2) einschließlich der beiden Ansteuerwiderstände befindet sich nicht mehr auf der kleinen Zusatzplatine, sondern muß zusätzlich im jeweiligen Gerät eingebaut werden.

Je geringer die Umgebungshelligkeit, desto geringer sollte auch die Leuchtstärke der LED-Displays sein, wodurch sich eine Reduzierung der Zeitspanne ergibt, in der der Ausgang der Schaltung (Punkt „e“) auf ca. 0 V liegt.

Zum Nachbau

Die Bestückung der kleinen Platine ist recht einfach, zumal keine empfindlichen Bauelemente Verwendung finden, und ist in gewohnter Weise vorzunehmen. Sowohl die Versorgungsspannungsleitungen als auch die Steuerleitung (Punkt „e“) dürfen mehrere Meter lang sein.



Der lichtempfindliche Widerstand (R 1 = LDR 07) sollte möglichst in der Nähe derjenigen LED-Displays angeordnet werden, deren Helligkeit zu steuern ist. Die Verbindungsleitungen zur Schaltung (Punkt „c“ und „d“) sind kurz (weniger als 1 m) zu halten und notfalls abzuschirmen, da dieser Schaltungsteil verhältnismäßig hochfrequent und damit nicht ganz störungsempfindlich ist. Insgesamt handelt es sich bei der vorliegenden Schaltung um eine robuste und zuverlässig arbeitende nützliche Zusatzeinrichtung.

Stückliste: Automatische Helligkeitssteuerung für LED-Anzeigen

Halbleiter

IC1 NE 556
D1 1N4001

Kondensatoren

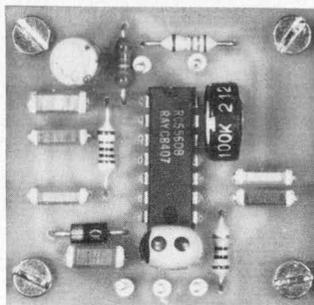
C1, C3 47 nF
C2 10 µF/16V
C4-C7 10 nF

Widerstände

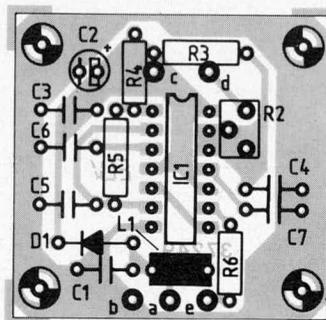
R1 LDR 07
R2 100 kΩ, Trimmer, stehend
R3 180 kΩ
R4 270 kΩ
R5 1 kΩ
R6 100 Ω

Sonstiges

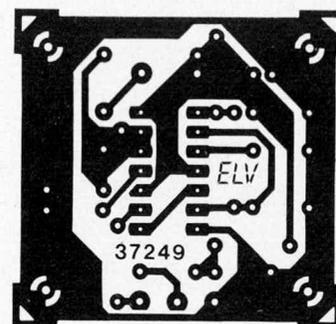
L 1 51 µH Drossel
5 Lötstifte
4 Schrauben M 3 x 6 mm



Ansicht der fertig bestückten Platine

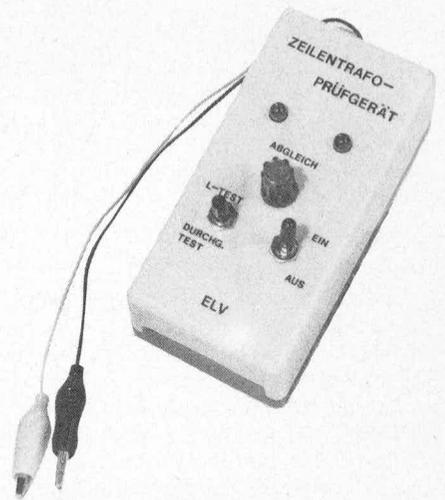


Bestückungsseite der Platine



Leiterbahnseite der Platine

Zeilentrafo-Prüfgerät



Mit dieser kleinen und einfach aufzubauenden Schaltung können Zeilentransformatoren auf ihre grundsätzliche Funktion hin überprüft werden. Zusätzlich ist das Gerät auch als Durchgangsprüfer einsetzbar.

Allgemeines

Vielfach sind es gerade die kleinen und einfachen Hilfsmittel, die den Servicetechnikern oder Hobbyelektronikern nützliche Dienste erweisen.

So zum Beispiel auch die hier vorgestellte, mit wenigen preiswerten Bauelementen aufzubauende Prüfschaltung.

Je nach Stellung des Kippschalters S2, kann das Gerät entweder zur Durchgangsprüfung oder aber zum Test von Zeilentransformatoren dienen.

Zur Schaltung

Befindet sich S2 in der eingezeichneten Stellung, leuchtet die rote LED (D3), wenn die Eingangsprüfklammern „c“ und „d“ offen sind bzw. der dort anliegende Widerstand größer als 1 M Ω ist. Werden hingegen die beiden Meßeingänge mit einem Widerstand verbunden, dessen Wert zwischen 0 Ω (Kurzschluß) und 100 k Ω liegt, erlischt die rote LED und die grüne LED (D2) leuchtet.

Bringt man den Kippschalter S2 in die entgegengesetzte Position, so arbeitet die Schaltung als Zeilentrafo-Prüfgerät.

Die Funktionsweise ist wie folgt:

Die Transistoren T1 und T2 stellen mit

ihrer Zusatzbeschaltung einen selbst schwingenden Oszillator dar. Die im Bereich von 5 bis 10 kHz liegende Frequenz wird über C4 auf den Verstärkertransistor T3 gegeben. Über D1 zieht der Kollektor von T3 bei jeder positiven Halbwelle des Oszillators den Punkt „c“ auf Masse (der Schalter S2 befindet sich, wie bereits erwähnt, in der entgegengesetzten Position). Während der negativen Halbwelle sorgt der Kondensator C5 dafür, daß die Spannung nicht „hochläuft“. Über R10 gelangt die an Punkt „c“ anstehende Meßspannung auf den nicht invertierenden (+) Eingang des als Komparator arbeitenden OP1 (Pin 3), der über R12 stark mitgekoppelt ist (große Hysterese).

Solange der Oszillator schwingt, befindet sich Punkt „c“ ungefähr auf Massepotential (ca. 1 V), so daß die Spannung am invertierenden (-) Eingang (Pin 2) des OP2 größer ist als die Spannung am nicht invertierenden Eingang (Pin 3). Der Ausgang des OP1 (Pin 6) liegt damit annähernd auf Massepotential und die grüne LED (D2) leuchtet.

Die Rückkoppelung des Oszillators wird nun mit R1 so eingestellt, daß ohne angeschlossenen Zeilentrafo die Schwingung gerade nicht abreißt (grüne LED leuchtet). Mit R2 wird eine einmalige Voreinstellung

vorgenommen, damit der Regelbereich von R1 sich um die Mittellage herum bewegt.

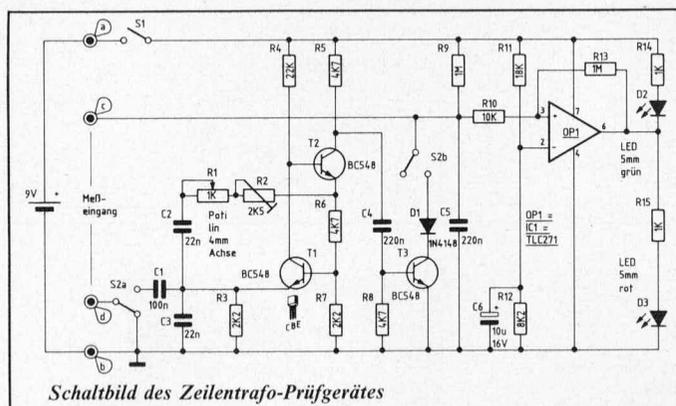
Wird ein Zeilentrafo an die Meßeingänge (Punkt „c“ und „d“) angeschlossen, schwingt der Oszillator einwandfrei weiter, sofern der Prüfling keinen internen Verbindungsschluß aufweist (geringe Dämpfung des Oszillators durch die Induktivität des Zeilentrafos). Ist hingegen der Zeilentrafo defekt, d. h. liegt ein Windungsschluß vor, so stellt die Induktivität des Zeilentrafos mit ihren durch den Windungsschluß bedingten höheren Verlusten eine stärkere Bedämpfung des Oszillators dar, wodurch die Schwingung abreißt.

T3 wird über R8 gesperrt und die Spannung an Punkt „c“ steigt an.

Sobald der Spannungswert an Pin 3 des OP1 den Wert an Pin 2 übersteigt, schaltet der Ausgang des OP1 (Pin 6) auf „high“ — die rote LED leuchtet (Zeilentransrafo defekt).

Zum Nachbau

Die kleine Platine wird in gewohnter Weise zunächst mit den passiven und dann mit den aktiven Bauelementen bestückt. Nachdem alle Lötungen durchgeführt und die Leiterplatte noch einmal überprüft wurde, kann sie in ein kleines passendes Gehäuse eingebaut werden.



Stückliste: Zeilentrafo-Prüfgerät

Halbleiter

IC1 TLC 271
T1-T3 BC 548
D1 1N4148
D2 LED, grün, 5 mm
D3 LED, rot, 5 mm

Kondensatoren

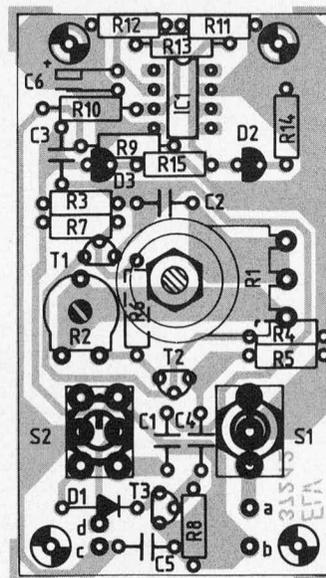
C1 100 nF
C2, C3 22 nF
C4, C5 220 nF
C6 10 μ F/16 V

Widerstände

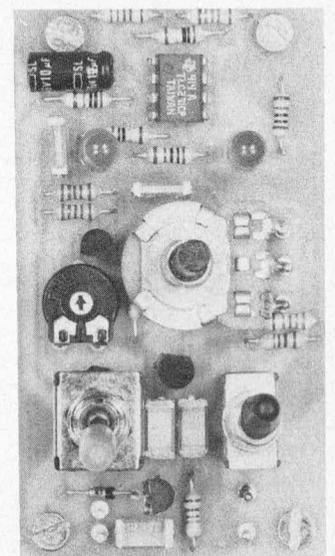
R1 1 k Ω , Poti, lin, 4 mm Achse
R2 2,5 k Ω , Trimmer, liegend
R3, R7 2,2 k Ω
R4 22 k Ω
R5, R6, R8 4,7 k Ω
R9, R13 1 M Ω
R10 10 k Ω
R11 18 k Ω
R12 8,2 k Ω
R14, R15 1 k Ω

Sonstiges

1 9 V-Batterieclip
7 Lötstifte
4 Abstandsrollchen 16 mm
4 Schrauben M3 x 20 mm
1 Kippschalter 1 x um
1 Kippschalter 2 x um
1 Spannzangendrehkopf \varnothing 10 mm mit Deckel und Plefischeibe
2 Miniatur-Krokoklemmen



Bestückungsseite der Platine des Zeilentrafo-Prüfgerätes



Ansicht der fertig bestückten Platine des Zeilentrafo-Prüfgerätes