

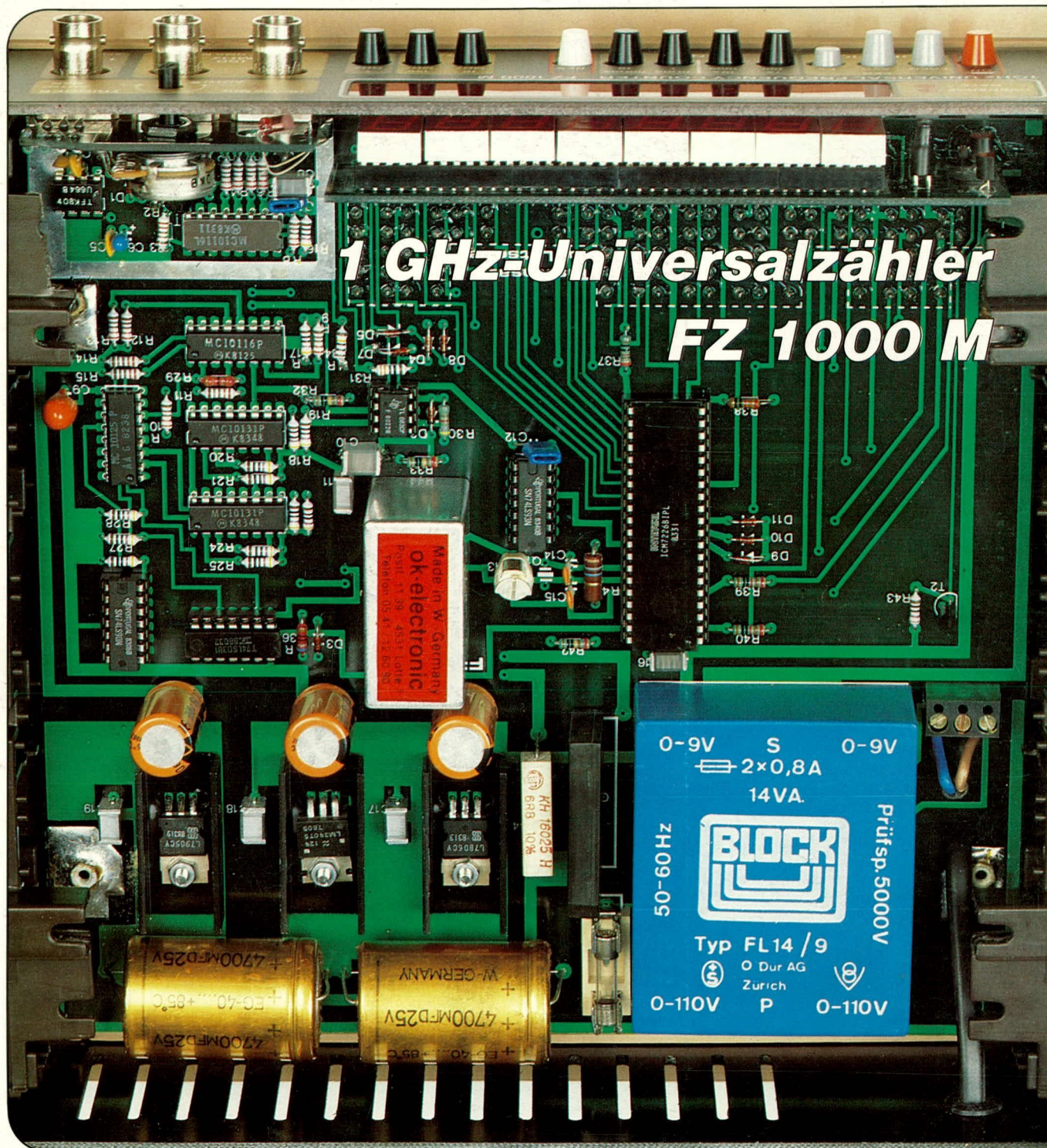
ELV *journal*

Nr. 36

Mit
Platinenfolien

Fachmagazin der Amateure und Profis für angewandte Elektronik

DM 4,50



1 GHz-Universalzähler FZ 1000 M

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

Mit
Platinenfolien

In dieser Ausgabe:

FZ 1000 M
1-GHz-Universalzähler
Prüfstift-Signalverfolger

ELV-Serie micro-line:
Digital-Thermometer
mit LCD-Anzeige für
Batteriebetrieb

ELV-Serie Kfz-Elektronik:
Kfz-Digital-Amperemeter
Kfz-Digital-Voltmeter

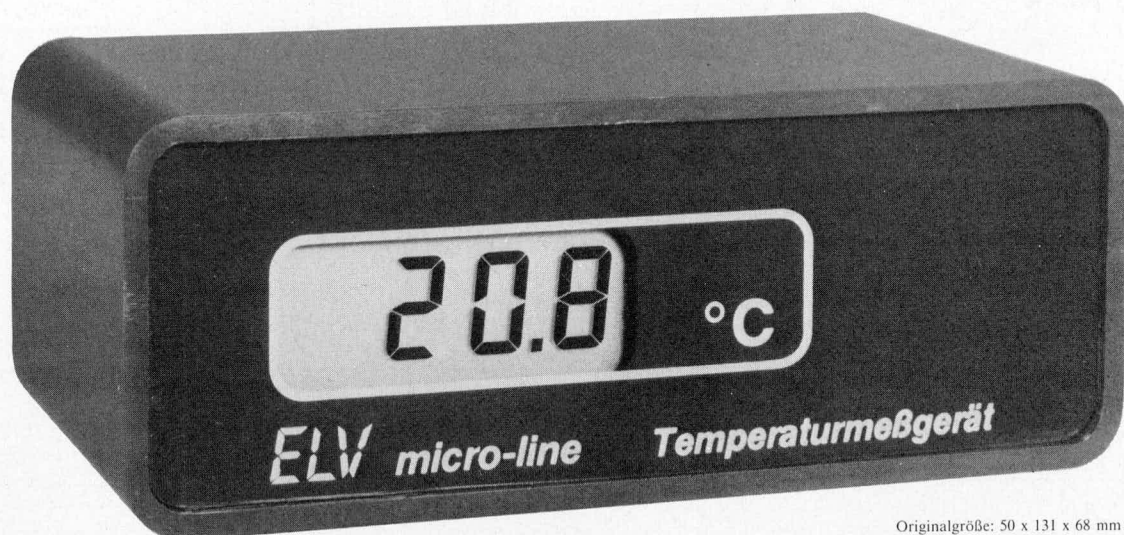
„Einfacher“
Reaktionstester
4 $\frac{1}{2}$ -stelliges
LED-Panelmeter

ELV-Serie 7000:
ELV-Doppelnetzteil
DNT 7000
0 bis ± 25 V/1,5 A

Zusätzlich in dieser
Ausgabe:
Elektronik-Lötstation
ELS 7001
(Aufbau ohne Abgleich)

ELV-Serie micro-line Digital-Thermometer

Mit LCD-Anzeige für Batteriebetrieb



Originalgröße: 50 x 131 x 68 mm

Zur Messung und direkten digitalen Anzeige auf einem LC-Display ist dieses Temperaturmeßgerät konzipiert. Durch eine neue präzise und dabei sehr stromsparende Meßaufnehmerschaltung, ist dieses kostengünstig aufzubauende Digital-Thermometer für Dauerbetrieb mit handelsüblichen Trockenbatterien geeignet.

Allgemeines

Die in diesem Artikel vorgestellte Schaltung eines 3 $\frac{1}{2}$ -stelligen Digital-Thermometers mit LCD-Anzeige, ist zum Einbau in ein formschönes Gehäuse aus der ELV-Serie micro-line konzipiert.

Der Meßbereichsumfang reicht von -20°C bis über $+120^{\circ}\text{C}$. Dieser Bereich kann jedoch nur voll ausgenutzt werden, wenn der Meßfühler über ein Zuleitungskabel von max. 5 m Länge für externe Messungen benutzt wird. Bei Raumtemperaturmessungen ist die max. mögliche Meßtemperatur vom Arbeitsbereich der gesamten Schaltung abhängig, die bei den hier verwendeten Bauelementen im Bereich von 0 bis $+70^{\circ}\text{C}$ liegt.

Eine auf den verwendeten Temperaturfühler abgestimmte besondere Linearisierungstechnik läßt eine Genauigkeit von $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ im Bereich von 0 bis 100°C erreichen. Hierauf wird im Verlauf der Schaltungsbeschreibung noch näher eingegangen.

Durch den Einsatz des besonders stromsparenden A/D-Wandlers des Typs ICL 7126 in Verbindung mit einer low-power-Temperaturmeßwertaufnehmerschaltung,

kommt das fertige Gerät mit einem Strom von ca. 0,1 mA aus. Dies bedeutet eine Batteriebensdauer von fast 1 Jahr Dauerbetrieb, bei Speisung aus einer handelsüblichen 9 V-Alkali-Mangan-Blockbatterie.

Eine zu niedrige Batteriespannung und damit der fällige Batteriewechsel, wird durch einen Pfeil oder ein „B“ im Display automatisch angezeigt.

Zur Schaltung

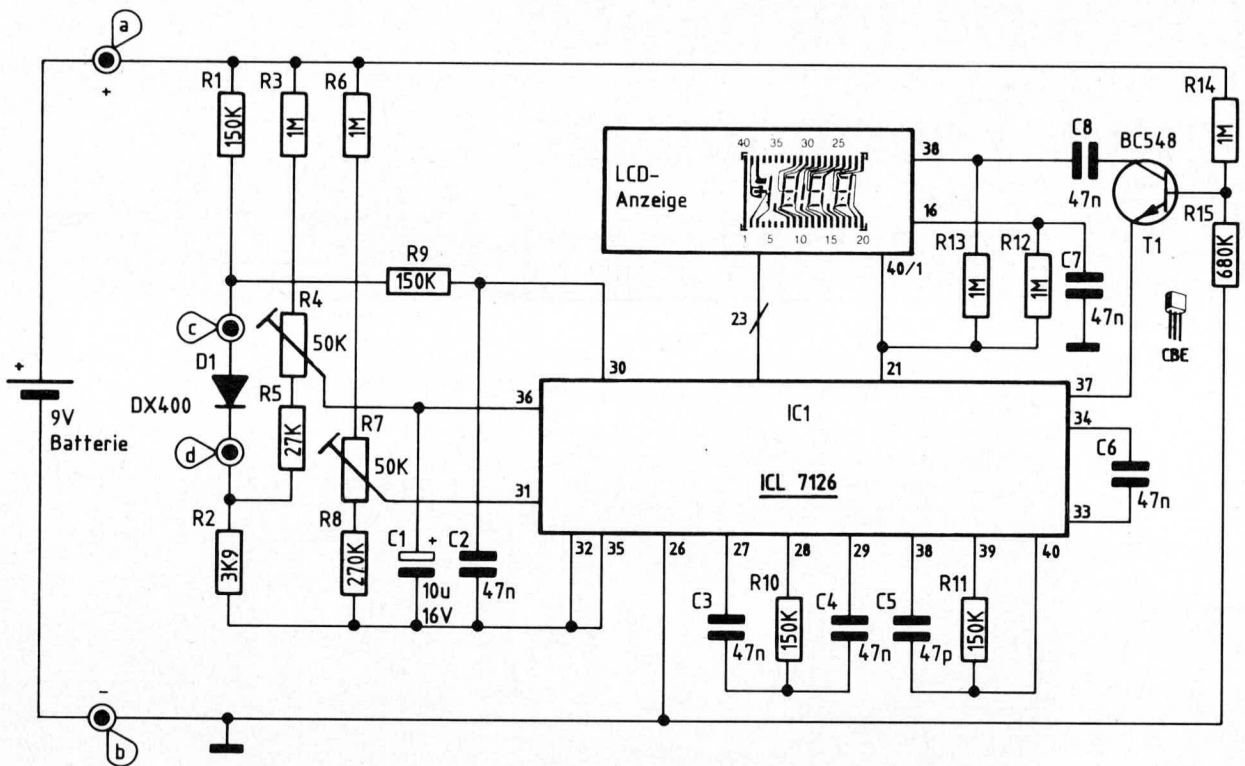
Die wesentlichen Bestandteile der Schaltung sind zum einen die Meßwertaufnehmerschaltung, der wir im weiteren Verlauf dieser Beschreibung noch etwas mehr Raum widmen wollen und zum anderen der A/D-Wandler des Typs ICL 7126. Dieses IC setzt eine analoge Eingangsspannung in ein Digital-Signal um, das direkt zur Ansteuerung einer LCD-Anzeige geeignet ist. Auf die detaillierte Beschreibung dieses Systems wollen wir an dieser Stelle nicht näher eingehen, da die Arbeitsweise mit dem hinreichend bekannten IC des Typs ICL 7106 weitgehend identisch ist. Lediglich die Stromaufnahme des hier verwendeten Schaltkreises ist deutlich geringer und liegt typ. bei 0,08 mA.

Über R 12/C 7 wird eine Phasenverschiebung des Backplane-Signals erreicht, das zur Ansteuerung des erforderlichen Punktes vor der letzten Stelle geeignet ist.

R 13/C 8 bewirken ebenfalls eine Phasenverschiebung des Backplane-Signals, zur Ansteuerung der Unterspannungsanzeige (Pfeil). Dies jedoch nur, wenn der Transistor T 1 durchgesteuert ist. Bei ausreichend großer Versorgungsspannung ist T 1 über den Spannungsteiler R 14/R 15 gesperrt. Erst wenn die Batteriespannung auf zu geringe Werte absinkt, reicht die negative Vorspannung über R 15 nicht aus und T 1 steuert über R 14 durch, so daß C 8 eine Phasenverschiebung bewirken kann. Der Pfeil erscheint im LC-Display.

Kommen wir nun zur Meßwertaufnehmerschaltung.

Als Temperatursensor dient im vorliegenden Fall eine hochsperrende Siliziumdiode des Typs DX 400. Zur eigentlichen Temperaturmessung wird der Halbleitereffekt einer Diode genutzt, deren Flußspannung sich mit ca. $-2,12\text{ mV/K}$ ändert. Dieses Verhalten von PN-Übergängen ist vielen Lesern sicherlich bekannt. Hierzu muß je-



Schaltbild des Digital-Thermometers mit LCD-Anzeige für Batteriebetrieb

doch ergänzend gesagt werden, daß die entsprechende Temperatur-Spannungs-Kennlinie keineswegs so linear ist, wie man sich dies wünscht. Ganz im Gegenteil weist die Kennlinie eine mehr oder weniger starke Krümmung auf, die ein Temperaturmessen nur in einem verhältnismäßig kleinen Bereich ermöglicht und dazu mit größeren Abweichungen. Ohne eine zusätzliche Linearisierung würden sich bei Messung im Bereich von 0 bis 100° Abweichungen von 20° C und mehr ergeben können.

Durch eine besonders fein abgestimmte Dimensionierung in Verbindung mit einer wirkungsvollen Linearisierungstechnik, konnte eine Genauigkeit im gesamten Bereich von $\pm 0,2$ K erreicht werden. Die Funktionsweise ist wie folgt:

Die Meßwertaufnehmerdiode des Typs DX 400 erhält einen Meßstrom über den Vorwiderstand R 1, an dessen Verbindungspunkt mit der Anode der Diode D 1 die eigentliche Meßspannung über R 9 abgegriffen und auf den einen Eingang des IC 1 geführt wird. Der zweite Eingang des IC 1 liegt am Mittelabgriff des Trimmers R 7 zur Nullpunkteinstellung.

Die Katode von D 1 ist nicht direkt auf den Fußpunkt der internen Referenzspannung geführt (Pin 32 des IC 1), sondern über R 2. Am Verbindungspunkt der Katode von D 1 mit dem Widerstand R 2 ist der Fußpunkt der Referenzspannungseinstellung angeschlossen. Die Einstellung der Referenzspannung selbst erfolgt mit dem Trimmer R 4, dessen Mittelabgriff auf den positiven Referenzspannungseingang (Pin 36 des IC 1) geführt ist. Der zweite Referenzspannungseingang liegt auf dem Fußpunkt der internen Referenzspannung (Pin 32 des IC 1).

Bei steigender Temperatur am Temperaturfühler D 1, nimmt die Flußspannung im Mittel um ca. 2,12 mV pro K ab. Hierdurch steigt in gewissem, genau berechneten Maße der Strom durch R 1/R 2, wodurch der Spannungsabfall an R 2 geringfügig zunimmt. Dies wiederum bedeutet eine Zunahme der Referenzspannung an Pin 36 des IC 1.

Aus vorstehend beschriebenem Verhalten ist leicht zu erkennen, daß sich nicht nur die eigentliche Meßspannung über R 9 an Pin 30 des IC 1 mit der Temperatur verändert, sondern darüber hinaus auch die Referenzspannung. Durch eine sorgfältige Schaltungsberechnung und Auslegung, die exakt auf die hochsperrende Siliziumdiode des Typs DX 400 zugeschnitten ist, konnte eine so präzise Linearisierung des Gesamtsystems erreicht werden, daß die Genauigkeit im Bereich von 0 bis 100° C bei $\pm 0,2$ K liegt.

Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang die Stromaufnahme der gesamten Meßwertaufnehmerschaltung einschließlich Referenzspannungseinstellung von 0,02 mA.

Grundsätzlich arbeitet die Schaltung auch mit anderen hochsperrenden Siliziumdioden, wobei zusätzliche Fehler, die leicht im Bereich von 1–2 K liegen können, möglich sind, sofern die Kenndaten der Diode von denen der DX 400 abweichen. Gibt man sich mit noch geringeren Genauigkeitsanforderungen zufrieden, kann grundsätzlich auch eine „ganz normale“ Siliziumdiode (z. B. 1N4148 o. ä.) eingesetzt werden, die aufgrund ihres verhältnismäßig hohen (im Vergleich zur DX 400) Reststromes größere Verfälschungen des Meßwertes, insbesondere hinsichtlich der Langzeitstabilität,

hervorrufen kann. Jedoch auch hier sind Genauigkeiten von 2 bis 3 K durchaus zu erreichen. Möchte man hingegen lediglich im Raumtemperaturbereich zwischen 15 und 30° C messen, sind Werte von $\pm 0,5$ K auch mit einer Diode des Typs 1N4148 realistisch (jedoch bei eingeschränkter Langzeitkonstanz). Wir sehen, daß die von uns vorgeschlagene Diode des Typs DX 400 eine rund 10fach bessere Genauigkeit erreichen läßt, ohne nennenswerten zusätzlichen Kostenaufwand.

Zum Nachbau

Zunächst werden die passiven und dann die aktiven Bauelemente in gewohnter Weise anhand des Bestückungsplanes eingelötet.

Zu beachten ist hierbei zum einen, daß einige der Bauelemente aus Platzgründen auf der Rückseite (Leiterbahnseite) der Platine anzulöten sind und zum anderen, daß die LCD-Anzeige als letztes über das IC 1 gesetzt und mit der Platine verlötet wird.

¹Soll das Gerät zur Messung von Raumtemperaturen eingesetzt werden, empfiehlt es sich, an geeigneter Stelle in der Frontplatte oder aber auch an der Seiten- oder Rückwand des Gerätes eine kleine Bohrung anzubringen, hinter der die zur Temperaturmessung dienende Diode D 1 angeordnet wird.

Soll die Temperatursensordiode zu externen Messungen herangezogen werden, so empfiehlt es sich, eine einadrige abgeschirmte isolierte Leitung von max. 5 m Länge zu verwenden, an deren Ende D 1 angelötet wird. Da die gesamte Schaltung hochohmig aufgebaut ist, sollte die Diode anschließend berührungssicher mit Schrumpfschlauch überzogen werden.

Zum Einbau ins Gehäuse empfiehlt es sich, an den Innenseiten des micro-line Gehäuses genau 15 mm von der Frontkante entfernt einige Kunststoff- bzw. Leiterplattenstückchen einzukleben, an die anschließend die senkrecht hinter der Frontplatte angeordnete Platine angelehnt wird, damit sie nicht in den hinteren Gehäusebereich hineinrutschen kann. Von vorn wird die Leiterplatte durch die Frontplatte selbst gehalten. Kleine Schaumstoffstückchen (z. B. Tesamoll) bewirken zusätzlich einen sicheren Sitz.

Kalibrierung

Hierfür ist es erforderlich, daß der Meßwertempfänger sorgfältig isoliert wird, damit keine Meßwertverfälschung durch evtl. auftretende Kriechströme hervorgerufen wird.

Zunächst wird der Nullpunkt sorgfältig eingestellt, indem der Meßwertempfänger in Eiswasser eingetaucht wird. Anschließend erfolgt die Einstellung des Skalenfaktors z. B. durch Vergleich mit einem Fieberthermometer bei z. B. 37° C. Auch ist der Abgleich mit kochendem Wasser bei 100° C möglich.

Eine detaillierte Kalibrieranweisung wurde bereits mehrfach im ELV beschrieben, u. a. auch anlässlich des Artikels der LED-micro-line-Thermometerversion im ELV journal Nr. 30, Seite 24, so daß wir an dieser Stelle hierauf nicht weiter eingehen wollen.

Wir wünschen Ihnen beim Nachbau und späteren Einsatz dieses interessanten, kostengünstig aufzubauenden Digital-Thermometers viel Erfolg.

Stückliste

Digital-Thermometer mit LCD-Anzeige für Batteriebetrieb

Halbleiter

IC1 ICL 7126
T1 BC 548
D1 DX 400

Kondensatoren

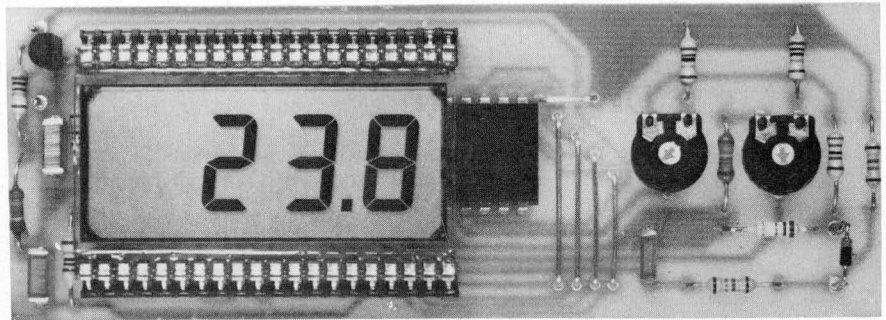
C1 10 µF/16 V
C2, C3, C4 47 nF
C5 47 pF
C6, C7, C8 47 nF

Widerstände

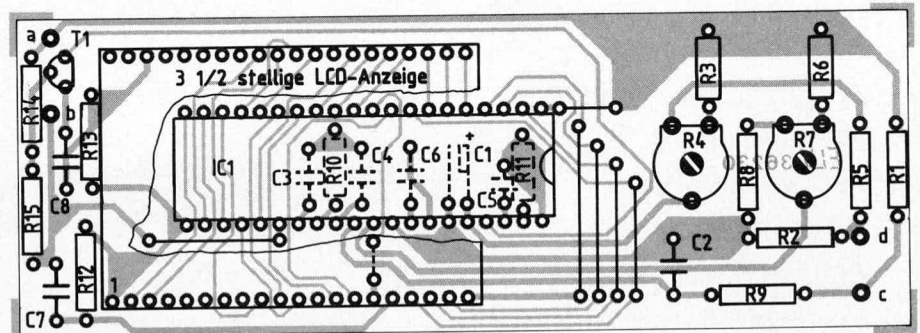
R1, R9 150 kΩ
R2 3,9 kΩ
R3, R6 1 MΩ
R4, R7 ... 50 kΩ, Trimmer liegend
R5 27 kΩ
R8 270 kΩ
R10, R11 150 kΩ
R12, R13, R14 1 MΩ
R15 680 kΩ

Sonstiges

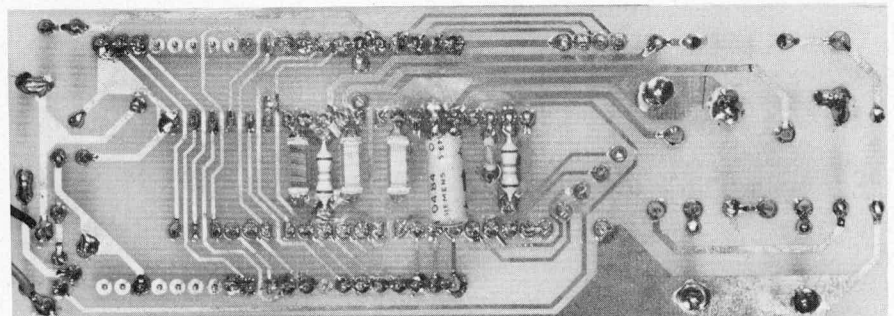
1 LCD-Anzeige 3½stellig
1 9 V-Batterieclip
4 Lötstifte
20 cm Silberdraht



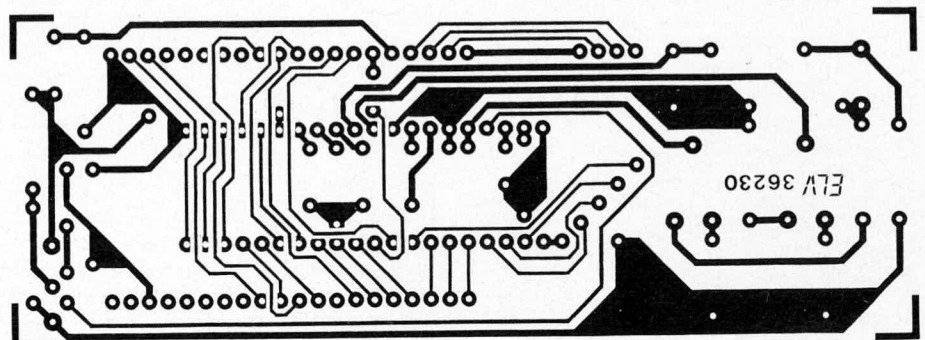
Ansicht der fertig bestückten Platine des Digital-Thermometers mit LCD-Anzeige (Bestückungsseite)



Bestückungsseite der Platine des Digital-Thermometers mit LCD-Anzeige



Rückansicht der fertig bestückten Platine des Digital-Thermometers mit LCD-Anzeige (Leiterbahnseite)



Leiterbahnseite der Platine des Digital-Thermometers mit LCD-Anzeige

1-GHz-Universalzähler FZ 1000 M



Mit dem für professionelle Anwendungen ausgelegten 1-GHz-Universalzähler FZ 1000 M möchten wir das ELV-Frequenzzählerangebot nach oben hin abrunden. Hier die technischen Daten in Kürze:

- Frequenzmessungen von DC bis über 1 GHz (typ. 1,3 GHz)
- Torzeiten: 10 ms, 100 ms, 1 s, 10 s
- Periodendauermessung von 0,5 μ s bis 10 s
- Periodenmittelung aus 10, 100 oder 1000 Perioden
- Ereigniszählung von DC bis 10 MHz
- 3 getrennte Vorverstärker für die verschiedenen Einsatzmöglichkeiten
- quarzstabilisierter 10 MHz-Oszillator
- zusätzlich ist eine temperaturgeregelter Quarzeitbasis zur Erzielung einer extremen Genauigkeit einsetzbar.

Mit freundlicher Unterstützung der Firma ok-elektronik

Allgemeines

Anhand der in Tabelle I aufgeführten technischen Daten, läßt sich die Leistungsfähigkeit des FZ 1000 M in ihren wesentlichen Zügen bereits gut erkennen. Um die vielfältigen Möglichkeiten, die dieser leistungsfähige Universalzähler bietet, jedoch voll ausschöpfen zu können, wollen wir im folgenden die Bedienung und die Funktion genauer betrachten.

Der FZ 1000 M verfügt über drei BNC-Meßeingänge. Zwei Meßeingänge (AC/DC 150 MHz) sind für Messungen von 0 Hz bis 150 MHz vorgesehen — wahlweise gleichspannungs- oder wechsellspannungsgekoppelt —, ein weiterer Meßeingang für einen HF-Vorteiler, der Frequenzen bis über 1 GHz (typisch 1,3 GHz) verarbeitet.

Über Druckschalter auf der Frontplatte können für die jeweilige Meßaufgabe drei Vorverstärker ausgewählt werden, für die Bereiche bis 10 MHz, 150 MHz und 1 GHz. Die Triggerschwelle des Meßsignals, auf die der Zähler anspricht, kann manuell mit einem Poti eingestellt werden oder mit Hilfe der Triggerautomatik auf größte Empfindlichkeit. Eine Kontroll-LED zeigt die gewählte Betriebsart an.

Frequenzmessungen können mit vier Torzeiten erfolgen: 10 ms, 100 ms, 1 s und 10 s. Damit erreicht der Zähler eine maximale Auflösung von 0,1 Hz bis 10 MHz Meßfrequenz bzw. 1 Hz bis 100 MHz Meßfre-

quenz. Besonders vorteilhaft ist die kurze Zykluszeit zwischen zwei Messungen, die bei allen Torzeiten lediglich 0,2 s beträgt. Das heißt, daß z. B. bei einer Torzeit von 1 s ein gesamter Meßzyklus nur 1,2 s lang dauert.

Abhängig von der Torzeit wird in der Anzeige der Dezimalpunkt automatisch gesetzt, so daß das Meßergebnis in kHz abgelesen werden kann. Im 1 GHz-Bereich erfolgt der besseren Übersichtlichkeit halber die Anzeige in MHz.

Periodendauermessungen sind direkt bis 2 MHz möglich, mit den Vorteilern von Vorverstärker II und III bis max. 400 MHz. Es können einzelne Perioden oder — gemittelt — 10, 100 und 1000 Perioden ausgemessen werden. Aufgrund der Mittelwertbildung ist das Auflösungsvermögen außerordentlich hoch und erreicht den Bereich von Nanosekunden. Der Dezimalpunkt wird stets so gesetzt, daß das Meßergebnis in μ s ablesbar ist.

In der Betriebsart Ereignismessung zählt der FZ 1000 M fortlaufend die anliegenden Eingangsimpulse. Beginn und Ende einer Messung erfolgen durch Ein- und Ausschalten des Vorverstärkers, Rücksetzung auf Null mittels der Resettaste.

Die Schaltung

Die Beschreibung der Schaltung besteht

aus drei Teilen, der Zähler- und Funktionssteuerung, den Vorverstärkern und dem Netzteil. Bild 1a zeigt den Zähler- und Steuerungsteil, in dessen Mittelpunkt der hochintegrierte Schaltkreis ICM 7226 B (IC 11) steht. Pin 40 dieses IC's stellt den Zähleringang dar, der Frequenzen bis 10 MHz (typ. 14 MHz) verarbeiten kann. Höhere Frequenzen müssen von den Vorverstärkern herabgeteilt und soweit verstärkt werden, daß sie mindestens TTL-Pegel aufweisen.

Neben den Steuerungsfunktionen enthält das Zähler-IC einen achtstufigen Zähler mit Zwischenspeicher und Siebensegmentdekoder und ist imstande, eine achtstellige LED-Anzeige ohne zusätzliche Treiber direkt anzusteuern. Eine interne Oszillatorschaltung erlaubt den unmittelbaren Anschluß des Zeitbasisquarzes (Pin 35, 36). Die Auswahl der Meßbereiche (Torzeiten bzw. Zyklen) erfolgt über Pin 21, die der Funktionen über Pin 4. Daneben steht noch ein „Control“-Eingang (Pin 1) zur Verfügung, mit dem verschiedene Sonderfunktionen angesprochen werden können.

Die Auswahl der verschiedenen Funktionen erfolgt in einem Multiplexverfahren, indem bestimmte Treiberausgänge für die LED-Anzeige (d0-d7) mit den genannten Steuerungseingängen verbunden werden. So befindet sich das IC z. B. im Modus

„Frequenzmessung“, wenn der Funktionseingang Pin 4 mit dem Treiberausgang d 0 (Pin 8) verbunden wird. Oder die Torzeit 1 s/100 Perioden wird z. B. dadurch eingeschaltet, daß der Bereichseingang Pin 21 mit d 2 (Pin 9) verbunden wird. Tabelle II gibt einen Überblick über die erforderlichen Verbindungen.

Tabelle II: Funktionsauswahl

Verbindung	mit Digit	Funktion
Funktions- eingang Pin 4	d 0 (Pin 8)	Frequenzmessung
	d 7 (Pin 16)	Periodenmessung
	d 3 (Pin 11)	Ereignismessung
Bereichs- eingang Pin 21	d 0 (Pin 8)	10 ms/1 Periode
	d 1 (Pin 10)	100 ms/10 Perioden
	d 2 (Pin 9)	1 s/100 Perioden
	d 3 (Pin 11)	10 s/1000 Perioden
Control- eingang Pin 1	d 7 (Pin 16)	Anzeigentest
	d 1 (Pin 10)	1 MHz-Select
	d 0 (Pin 8)	Externer Oszillator
	d 2 (Pin 9)	Externe Dezimalpunktsteuerung

Im Schaltbild sind die Digit- und Segmentleitungen nicht einzeln eingezeichnet, sondern als Busleitungen zusammengefaßt, um das Schaltbild übersichtlicher zu halten.

Die Funktionen und Bezeichnungen des Tastensatzes sind in Tabelle III noch einmal zusammengefaßt dargestellt.

Tabelle III: Schalterbezeichnungen

S =	Ein/Ausschalter	
F =	Funktion Frequenzmessung	
P =	Funktion Periodenmessung	
E =	Funktion Ereignismessung	
A =	Torzeit 1 s/ 100 Perioden	
B =	Torzeit 10 s/1000 Perioden	
C =	Torzeit 10 ms/ 1 Periode	
D =	Torzeit 100 ms/ 10 Perioden	
R =	Reset	
X =	Vorverstärker I	(10 MHz)
Y =	Vorverstärker II	(150 MHz)
Z =	Vorverstärker III	(1 GHz)

Wird der Schalter $F_{2/3}$ geschlossen, wird über R 39 Pin 4 des Haupt-IC's mit d 0 verbunden und damit die Frequenzmessung eingeschaltet. Entsprechend mit $P_{2/3}$ und $E_{2/3}$ die Periodendauermessung bzw. Ereigniszählung. Die Meßbereiche werden durch die Schalter $A_{2/3}$, $B_{2/3}$, $C_{2/3}$ und $D_{2/3}$ bestimmt.

Ein Anzeigentest läßt sich durchführen, wenn d 7 mit dem Control-Eingang Pin 1 verbunden wird. Dies geschieht durch gleichzeitiges Drücken der Funktionsschalter für Periode und Ereignis ($P_{10/11} + E_{4/5}$). Es müssen dann sämtliche Segmente der Anzeige und die rechten sieben Dezimalpunkte aufleuchten.

Mit den Funktionen „1 MHz Select“ und „Externer Oszillator“ (Tabelle II) hat es folgende Bewandnis: Vorverstärker II teilt die Meßfrequenz durch 16, Vorverstärker III durch 160. Dementsprechend müssen auch die Torzeiten um den Faktor 1,6 verlängert werden, um wieder zu einem dezimalen Teilungsfaktor zu kommen. Hierfür sind zwei Schritte erforderlich. Zum einen muß die 10 MHz-Oszillatorfrequenz durch 16 geteilt werden (IC 10), zum anderen muß

Tabelle I: Technische Daten

Versorgungsspannung	: 220 V, $\pm 10\%$, 50 Hz
Zeitbasis	: 10 MHz Quarzoszillator
Toleranz	: ohne Thermostat : 10×10^{-6} mit Thermostat : typ. 5×10^{-8}
Meßfehler	: $\pm (1 \text{ Digit} + \text{Zeitbasisfehler} + \text{Triggerfehler})$
Frequenzbereiche	: DC — 10 MHz, max. Auflösung 0,1 Hz 1 kHz — 150 MHz, max. Auflösung 1 Hz 30 MHz — 1,2 GHz, max. Auflösung 10 Hz
Empfindlichkeit	: VV 1: typ. 30 mV _{eff} VV 2: typ. 30 mV _{eff} VV 3: typ. 10–20 mV _{eff}
Periodendauer- meßbereiche	: 0,5 μ s — 10 s 1, 10, 100 oder 1000 Perioden
Ereigniszählung	: DC — 10 MHz
Torzeiten	: 10 ms, 100 ms, 1 s, 10 s
Eingangsimpedanz	: AC/DC-Eingang: 1 M Ω /25 pF HF-Eingang : 50 Ω
Überlastschutz	: AC/DC-Eingang: 250 V _{eff} , abfallend auf 10 V _{eff} oberhalb 10 MHz HF-Eingang : 5 V _{eff}
Abmessungen	: 233 mm x 72 mm x 230 mm (B x H x T)
Gewicht	: ca. 1640 g

dem Haupt-IC „mitgeteilt“ werden, daß es jetzt nicht mehr den 10 MHz-Takt, sondern den externen Takt an Pin 33 verwenden soll. Das ist wichtig, da unter anderem die von der Taktfrequenz abhängige Multiplexfrequenz für die LED-Anzeige angepaßt werden muß.

Entsprechend Tabelle II werden deshalb d 0 und d 1 mit dem Control-Eingang verbunden. Da sich durch den geänderten Takt die Stellung der Dezimalpunkte verschiebt, muß außerdem d 2 mit dem Control-Eingang verbunden werden, um auf externe Dezimalpunktsteuerung umzuschalten. Wie aus dem Schaltbild ersichtlich, sind diese Funktionen immer dann eingeschaltet, wenn entweder Vorverstärker II ($Y_{2/3}$) oder Vorverstärker III ($Z_{2/3}$) eingeschaltet ist und außerdem entweder Frequenzen ($F_{7/8}$) oder Perioden ($P_{5/6}$) gemessen werden. Die drei Dioden D 9, D 10 und D 11 dienen dabei zur Entkoppelung der Digitleitungen.

Die externe Dezimalpunktsteuerung erfolgt je nach eingeschaltetem Vorverstärker über die Schalter $A_{5/6}$ bis $D_{5/6}$ bzw. $A_{7/8}$ bis $D_{7/8}$. Es leuchtet jeweils der Dezimalpunkt, dessen Digitleitung mit Pin 20 des Haupt-IC's verbunden ist.

Im Falle eines Überlaufes werden von IC 11 die Leitungen d. p und d 7 eingeschaltet. Die Transistoren T 3 und T 4 haben lediglich die Aufgabe, die Helligkeit der Over-range-Led zu erhöhen.

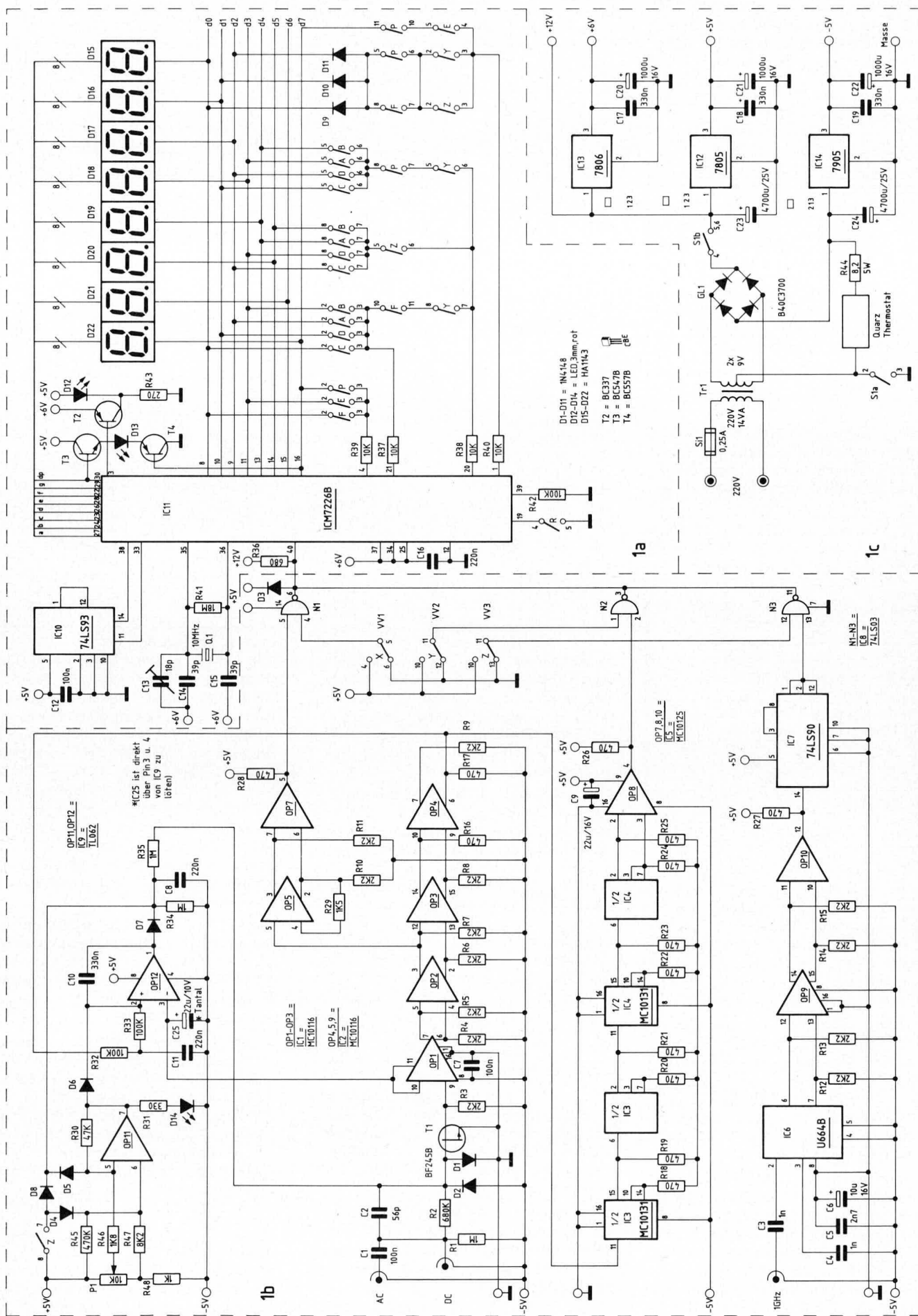
Am Anschluß 3 des IC's liegen in invertierter Form die Torzeitsignale, mit denen über Transistor T 2 die Gate-LED geschaltet wird.

Bild 1b zeigt die Schaltung der Vorverstärker und der Triggerpunkteinstellung. Die Meßfrequenzen für Vorverstärker I und II gelangen über die beiden AC/DC-Eingangsbuchsen auf den Impedanzwandler T 1. Diese beiden Eingänge sind hochohmig — ca. 1 M Ω Eingangsimpedanz — und aufgrund der beiden Schutzdioden D 1 und D 2 mindestens netzspannungsfest. Am Sourceanschluß des FETs steht das Signal niederohmig zur Verfügung. Für die folgende Verstärkung werden integrierte Differenzverstärker in ECL-Technik eingesetzt.

Diese IC's (IC 1 + 2, MC 10116) benötigen eine negative Versorgungsspannung (–5 V) und weisen eine hohe Grenzfrequenz bis zu 200 MHz auf. Es sind jeweils zwei Ausgänge herausgeführt, die sich stets in Gegenphase befinden.

Nach der zweiten Verstärkerstufe teilt sich der Signalweg. Im oberen Zweig — Vorverstärker I, bis 10 MHz — folgt eine mit R 29 rückgekoppelte Verstärkerstufe, im 150 MHz-Zweig folgen zwei weitere Differenzverstärker (Signalausgang: Pin 6, IC 2). Anschließend wird die Meßfrequenz von Vorverstärker II von vier Flipflops durch 16 geteilt. Auch hier handelt es sich wieder um ECL-Typen (MC 10131, IC 3, 4).

Der Spannungshub am Ausgang von ECL-IC's beträgt lediglich ca. 800 mV. Um den erforderlichen TTL-Pegel zu erhalten, folgen deshalb allen Vorverstärkern Pegelwandler des Typs MC 10125 (IC 5). Pin 5 liefert den TTL-Ausgangspegel von Vorverstärker I, Pin 4 den von Vorverstärker II.



Schaltbild des 1 GHz-Universalzählers FZ 1000 M

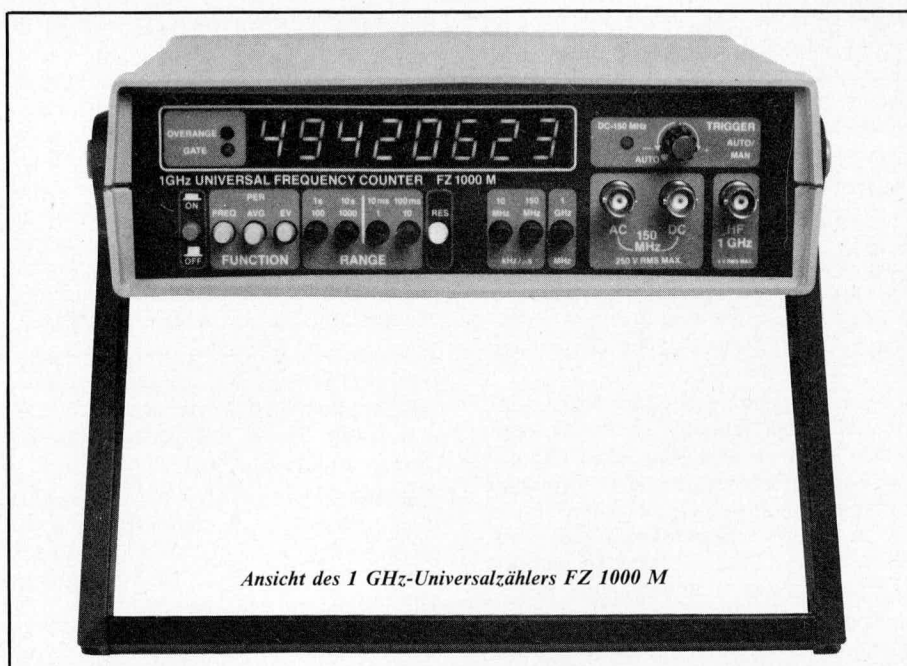
Die Eingangsstufe des dritten Vorverstärkers ist mit einem HF-Vorteiler des Typs U 664 B (IC 6) aufgebaut, der eine ausgezeichnete Eingangsempfindlichkeit aufweist. Die Grenzfrequenz beträgt typisch 1,3 GHz. Auf eine Schutzschaltung am Eingang wurde verzichtet, es dürfen deshalb keine höheren Spannungen als 5 Volt angelegt werden. IC 6 teilt die Eingangsfrequenz durch 64, die anschließend noch von einem Differenzverstärker (IC 2) weiterverstärkt wird und dann von dem Pegelwandler MC 10125 auf TTL-Pegel gebracht wird.

IC 7 (74LS90) ist als 2:5 Teiler geschaltet. Da IC 6 die Meßfrequenz bereits durch 64 teilt, beträgt der Gesamtteilungsfaktor am Ausgang von IC 7 (Pin 2) $1/64 \times 2/5 = 1/160$. Trotz dieses „krummen“ Teilungsfaktors ergibt sich eine korrekte, dezimale Anzeige, da — wie bereits erwähnt — auch die Torzeit um den Faktor 1,6 gestreckt wird, wenn Vorverstärker II oder III eingeschaltet ist.

Mit Hilfe dreier Nand-Gatter (IC 8) und den drei Schaltern X, Y und Z wird der gewünschte Vorverstärker auf den Zählereingang geschaltet. Der Pull-up-Widerstand R 36 an den offenen Kollektorausgängen der Nand-Gatter wurde nicht wie üblich auf + 5 V gelegt, sondern auf + 12 V. Diode D 3 begrenzt den Spannungspegel auf ca. 5 V. Auf diese Weise wird der TTL-Pegel stärker auf Pluspotential gezogen, was sich positiv auf die Grenzfrequenz des Hauptzähler-IC's auswirkt.

Die Triggerpunkteinstellung, die mit zwei Operationsverstärkern aufgebaut ist (IC 9), wirkt nur auf Vorverstärker I und II. Zunächst soll die automatische Triggerpunkteinstellung besprochen werden, die immer dann eingeschaltet ist, wenn Poti P 1 am linken Anschlag liegt. Die erste Verstärkerstufe, die beiden Vorverstärkern gemeinsam ist, erreicht immer dann ihren empfindlichsten Punkt, wenn ihre beiden Eingänge (Pin 9 + 10, IC 1) denselben Gleichspannungspegel aufweisen. Dieser Punkt ist nicht stabil, so daß bei fehlendem Eingangssignal (offener Eingang) und eingeschalteter Automatik der Vorverstärker schwingt, da die Automatik keinen Ansatzpunkt findet. Eingang 10 von IC 1 ist mit Anschluß 11 verbunden, der eine stabilisierte Spannung liefert. Dennoch wird diese Spannung auch in die Regelung mit einbezogen, da sie aufgrund thermischer Einflüsse geringfügig schwankt. Die eigentliche Regelung erfolgt in der Weise, daß der Operationsverstärker IC 9 über D 7 und R 35 die Vorspannung des Gateanschlusses von T 1 verschiebt. Der Sourceanschluß folgt dieser Spannung und bestimmt dadurch den Gleichspannungspegel an Pin 9 von IC 1.

Die Rückkoppelung des Regelkreises arbeitet wie folgt: Die Ausgangsfrequenz der vierten Verstärkerstufe (Pin 6, IC 2) wird mit R 32 und C 11 integriert und dem invertierenden Eingang von IC 9, Pin 2 zugeführt. Der OP vergleicht fortwährend diese Spannung mit der Spannung von Anschluß 10 des ersten Verstärkers und regelt die Gatespannung von T 1 solange nach, bis beide Eingänge denselben Pegel aufweisen.



Ansicht des 1 GHz-Universalzählers FZ 1000 M

Der Regelkreis arbeitet selbst bei sehr langsamen Frequenzen von ca. einem Hertz noch einwandfrei. Bei noch kleineren Frequenzen sollte auf Handtriggerung umgeschaltet werden, da dann das Integrationsglied R 32/C 11 nicht mehr ausreichend integriert.

Die manuelle Triggerung setzt ein, sobald Potentiometer P 1 betätigt wird. Eingang 5 von IC 9 wird dadurch positiver als Eingang 6 und der Ausgang des OP's springt auf Pluspotential und schaltet die Kontroll-LED D 14 ein (= Handtriggerung). Gleichzeitig wird Diode D 6 leitend und legt den Ausgang Pin 1 des zweiten OP's auf Minuspotential. Dadurch sperrt D 7 und die automatische Triggerung ist ausgeschaltet. Die Gatespannung von T 1 und damit die Triggerschwelle kann jetzt mit P 1 über R 46, D 5 und R 35 eingestellt werden.

Wenn Vorverstärker III eingeschaltet ist, ist der Schalter $Z_{1/8}$ geschlossen, der über D 8 und R 35 T 1 sperrt, d. h. Vorverstärker I und II sind außer Betrieb.

Das Netzteil ist mit den bekannten Spannungsreglern der Reihe 78.../79... aufgebaut (Bild 1c). Die negative Spannung -5 Volt wird für die ECL-IC's benötigt, die übrige Schaltung wird mit + 5 Volt versorgt. + 5 Volt würden eigentlich auch für das Haupt-IC ICM 7226 genügen. Um jedoch eine größere Helligkeit der Anzeigen zu erreichen, wurde für dieses IC eine eigene Spannungsversorgung mit + 6 Volt vorgesehen. Die unstabilisierte + 12 Volt Spannung ist lediglich mit R 36 verbunden (siehe Beschreibung Vorverstärker).

Wie aus dem Schaltbild ersichtlich, wird mit dem Ein/Ausschalter S lediglich die Elektronik sekundärseitig aus- und eingeschaltet. Der Transformator liegt stets am Netz. Dies hat seinen Grund darin, daß der als Option lieferbare Quarzthermostat ständig eingeschaltet bleiben soll. Häufiges Aufheizen und Abkühlen erhöht die Alterungsrate des Zeitbasisquarzes. Zudem benötigt der Thermostat mehrere Minuten, um seine Betriebstemperatur zu erreichen.

Sofern der Thermostat eingebaut ist, sollte deshalb der Zähler nur dann vom Netz getrennt werden, wenn er mehrere Tage oder länger nicht benötigt wird. Der Stromverbrauch im Stand-by-Betrieb ist minimal und liegt bei ein bis zwei Watt.

Aufbau der Schaltung

Da mehrere IC's ohne Fassungen eingebaut werden müssen, ist es zweckmäßig, zuerst das Netzteil aufzubauen und die Spannungen zu überprüfen. Die Anschlüsse der Spannungsregler werden so abgebogen, daß sie mittig durch die Bohrungen der Kühlkörper passen. Erst nach dem Festschrauben auf der Platine werden die Anschlüsse verlötet, wobei darauf zu achten ist, daß die Beinchen nirgendwo die Kühlkörper berühren.

Der Transformator wird nach dem Einsetzen auf der Rückseite mit vier Schrauben festgeschraubt, erst dann werden die Anschlüsse verlötet.

Im Bereich der Vorverstärker sind alle Bauelemente so flach wie möglich zu bestücken. Alle ECL-IC's werden unbedingt ohne Sockel eingebaut: MC 10116, 10125, 10131 und U 664 B. Für Anschluß 2 des U 664 B ist keine Bohrung auf der Platine vorhanden. Dieser Anschluß wird vorsichtig hochgebogen und etwas gekürzt. Kondensator C 3 wird freischwebend und so kurz wie möglich an diesen Pin angelötet und später mit der BNC-Buchse verbunden.

Für die beiden anderen BNC-Anschlüsse werden zwei 1,3 mm Lötnägel auf die Hauptplatine gelötet. Kondensator C 1 wird ebenfalls in freier Verdrahtung an die Lötnägel angelötet.

Der Tastensatz wird von der Rückseite der Platine bestückt. Die Schiene soll nicht flach auf der Platine aufliegen, sondern ca. 0,5 mm Abstand haben.

Anschließend können die vier 20 mm Abstandsbolzen — mit denen später die Schaltung im Gehäuse befestigt wird — von der

Unterseite her in die Platine eingesetzt und mit M3-Muttern festgeschraubt werden. Die Muttern müssen mit der Platine verlötet werden, damit sie sich später nicht unbeabsichtigt lösen. Danach die Abstandsbolzen wieder heraus-schrauben.

Bei der Bestückung der Anzeigenplatine ist zu beachten, daß für die acht LED-Anzeigen zwei DIL 40 Fassungen als Sockel vorgesehen sind. Von den beiden Leuchtdioden wird zunächst nur je ein Anschluß angelötet, damit später eine exakte Ausrichtung auf die Frontplatte leichter möglich ist.

Die Anzeigenplatine wird im rechten Winkel auf die Hauptplatine gesetzt und von beiden Seiten an allen vorgesehenen Punkten festgelötet. Sie soll dabei so weit nach vorn geschoben werden, daß die Oberfläche der Siebensegmentanzeigen in einer Ebene mit den Enden der Tastenkappen liegt (bei ungedrückten Schaltern).

Auf der Buchsenplatine werden als erstes die drei BNC-Buchsen festgeschraubt. Die Anschlüsse des Potentiometers werden nach dem Festschrauben nach unten gebogen und stumpf mit der Platine verlötet. Die Leuchtdiode wird bis ca. zur Hälfte in die vorgesehene Bohrung geschoben, die Anschlüsse werden umgebogen und mit der Platine verlötet.

Mit der Hauptplatine wird die Buchsenplatine wie folgt verbunden: Die Buchsenplatine wird im rechten Winkel so auf die Hauptplatine gesetzt, daß die Teflonisolierung der BNC-Buchsen plan auf der Hauptplatine aufliegt. Die rückwärtigen BNC-Anschlüsse stoßen dabei von rechts gegen die beiden Lötnägel. Kontrolle: Die vier auf der Unterseite miteinander zu verlötenden Leiterbahnen müssen passend übereinander liegen.

Nachdem die BNC-Anschlüsse an die beiden Lötnägel angelötet wurden, wird noch einmal der korrekte Sitz der Platine überprüft und versuchsweise die Frontplatte aufgesetzt. Wenn alles paßt, werden die schon erwähnten vier Leiterbahnen auf der Unterseite miteinander verlötet und Kondensator C 3 mit der HF-Buchse verbunden.

Abschließend sind alle Masseflächen zwischen Haupt- und Buchsenplatine auf beiden Seiten mit einem kräftigen LötKolben zusammenzulöten. Hier darf nicht mit Löt-zinn gespart werden. Die Verbindung muß stabil sein, da die Buchsen starken Zug- und Druckbelastungen standhalten müssen.

Inbetriebnahme und Abgleich

Beim Hantieren mit dem offenen Gerät wird dringend empfohlen, einen Trenntrafo zum Netz zu benutzen und darüber hinaus größte Aufmerksamkeit walten zu lassen, da im hinteren Teil der Platine netzspannungsführende Leiterbahnen liegen. Zu leicht kommt es vor, daß man die Schaltung am Trafo ergreifen will und dabei z. B. die spannungsführende Sicherung berührt. Am besten ist es, die Schaltung bei Versuchen gar nicht aus dem Netz, sondern aus einem separaten Doppelnetzteil zu speisen (z. B. ± 9 Volt DC). Die separaten Spannungen

lassen sich sehr bequem an den Siebelkos anklammern.

Sofern keine Löt- oder Bestückungsfehler vorliegen, müßte der Zähler nach dem Einschalten sofort betriebsbereit sein. Als erstes kann ein Anzeigentest durchgeführt werden: Taste „PER AVG“ (Period Average) und Taste „EV“ (Event) gleichzeitig drücken, es müssen alle Segmente und sieben Dezimalpunkte aufleuchten. Sofern dies in Ordnung ist, können die einzelnen Meßarten und -bereiche geprüft werden.

Die Leuchtdiode der Triggerpegel-einstellung muß aufleuchten, wenn das Poti nach rechts gedreht wird (Vorverstärker I oder II eingeschaltet) und verlöschen, wenn das Poti am linken Anschlag liegt.

Der Abgleich des Zählers beschränkt sich auf die Einstellung der Zeitbasis. Ohne Abgleich beträgt der Meßfehler ca. 20–50 ppm, d. h. ca. 20 bis 50 Hz bei einer Meßfrequenz von 1 MHz. Um den Abgleich durchzuführen, d. h. den Kondensatortrimmer C 13 einzustellen, wird ein Zeitnormal (z. B. Droitwich-Empfänger) oder ein entsprechend genauer Vergleichszähler benötigt.

Eine wesentliche Steigerung der Meßgenauigkeit und Stabilität um ein bis zwei Zehnerpotenzen läßt sich durch Einsatz des zusätzlich lieferbaren Quarzthermostaten erzielen. Der Thermostat hält den eingebauten Quarz beständig auf einer Temperatur von 70 Grad Celsius mit einer Regelgenauigkeit von besser als $\pm 0,1$ Grad Celsius. Dies verbessert die Stabilität der Quarzfrequenz auf typisch 0,05 ppm (5×10^{-8}). Wenn der Thermostat eingesetzt wird, entfällt natürlich der freistehende Quarz.

Einbau ins Gehäuse

Das Gehäuse ist mechanisch komplett bearbeitet und wird vormontiert geliefert. Die beiden Seitenteile sind fest mit dem Ober- teil des Gehäuses zu verschrauben, da diese Schrauben nach Einsetzen der Schaltung nicht mehr zugänglich sind.

Anschließend wird die Durchführung in die Gehäuserückwand eingesetzt, das Netzkabel hindurchgezogen und mit den Anreihklemmen verbunden. Das Netzkabel wird dabei durch die beiden großen Platinenbohrungen gezogen (Zugentlastung).

Nach der Montage des Tragegriffs wird die Schaltung ohne Abstandsbolzen und ohne Frontplatte von vorn in das Gehäuse eingeschoben. Danach wird die Frontplatte aufgesetzt und zuerst auf der Seite des Ein/Ausschalters in die Gehäusenut eingeführt. Die Schaltung wird jetzt etwas angehoben und das Seitenteil auf der Buchsenseite etwas zur Seite gebogen, so daß auch hier die Frontplatte in die Nut geschoben werden kann.

Anschließend werden die Abstandsbolzen eingeschraubt, festgezogen und die Rückwand eingesetzt. Das Bodenteil muß seitlich eingesetzt werden (auf die Zapfen in den vier Ecken achten). Die Verschraubung erfolgt zusammen mit den Gehäusefüßen. Sollten die Schrauben nicht fassen, kann die Platine durch die Lüftungsschlitze etwas angehoben werden.

Stückliste FZ 1000 M

Metallfilmwiderstände 1 %:

R1	.....	1 M
R2	.....	680 k
R3-R15	.....	2,2 k
R16-R28	.....	470 Ω
R29	.....	1,5 k
R30	.....	47 k
R31	.....	330 Ω
R32, R33	.....	100 k
R34, R35	.....	1 M
R36	.....	680 Ω
R37-R40	.....	10 k
R41	.....	18 M Kohle 5 %
R42	.....	100 k
R43	.....	270 Ω
R44	.....	8,2 Ω Draht, 5 W, 10 %
R45	.....	470 k
R46	.....	1,8 k
R47	.....	8,2 k
R48	.....	1 k
PI	.....	Poti 10 k log, 4 mm Achse

Kondensatoren:

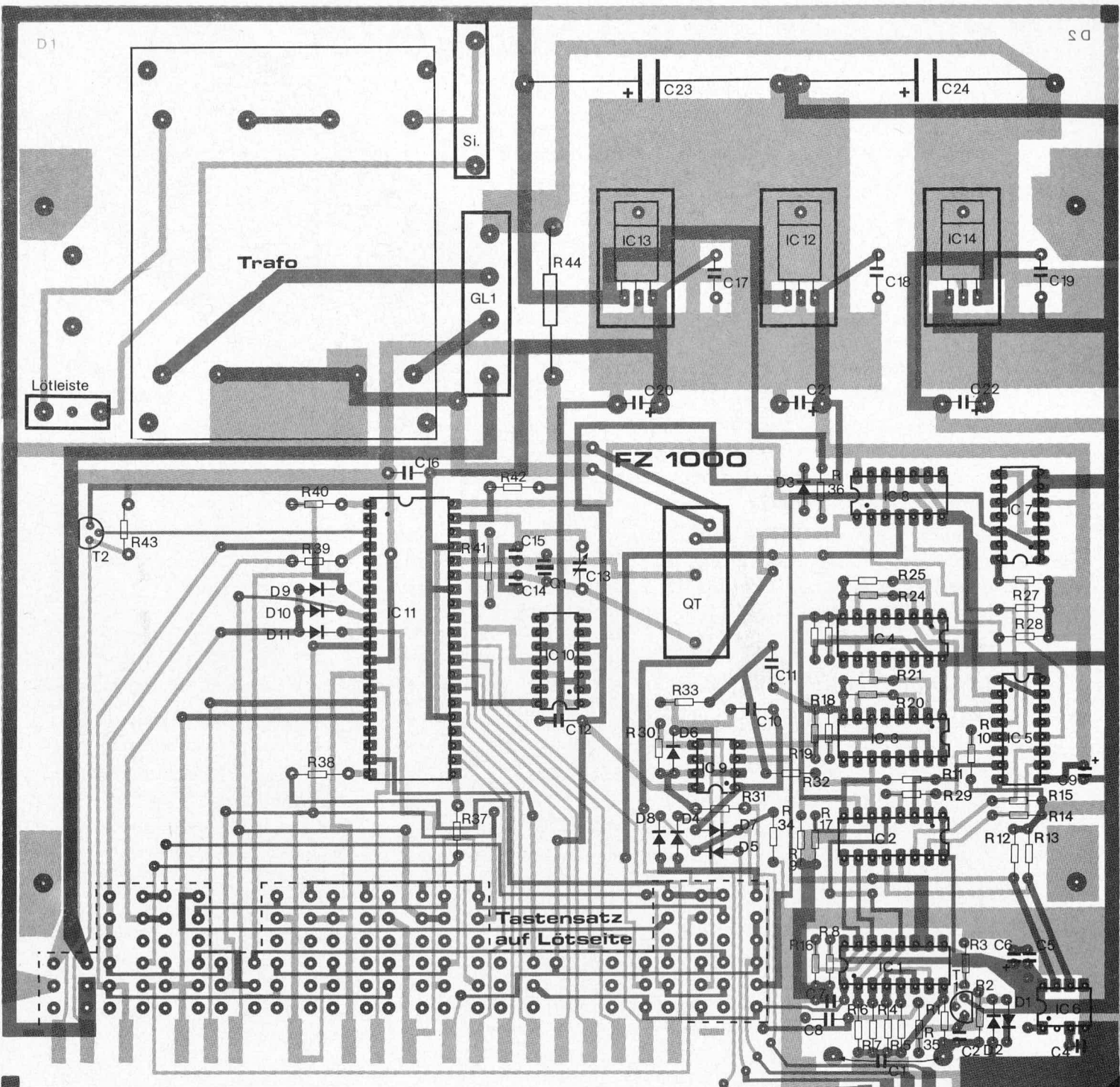
C1	.....	100 nF ker.
C2	.....	56 pF ker.
C3, C4	.....	1 nF ker.
C5	.....	2,7 nF ker.
C6	.....	10 μ F 16 V
C7	.....	100 nF ker.
C8	.....	220 nF
C9	.....	22 μ F 16 V
C10	.....	330 nF
C11	.....	220 nF
C12	.....	100 nF ker.
C13	.....	18 pF Trimmer
C14, C15	.....	39 pF ker.
C16	.....	220 nF
C17-C19	.....	330 nF
C20-C22	.....	1000 μ F 16 V radial
C23, C24	.....	4700 μ F 25 V axial
C24	.....	22 μ F/10 V Tantal

Halbleiter:

D1-D11	.....	1 N 4148
D12-D14	.....	LED 3 mm rot
D15-D22	.....	HA 1143 Anzeige
GL1	.....	B 40 C 3700
T1	.....	BF 245 B
T2	.....	BC 337
T3	.....	BC 547 B
T4	.....	BC 557 B
IC1, IC2	.....	MC 10116
IC3, IC4	.....	MC 10131
IC5	.....	MC 10125
IC6	.....	U 664 B
IC7	.....	74 LS 90
IC8	.....	74 LS 03
IC9	.....	TL 062
IC10	.....	74 LS 93
IC11	.....	ICM 7226 B
IC12	.....	7805
IC13	.....	7806
IC14	.....	7905

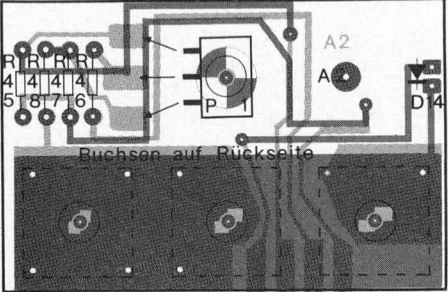
Mechanikteile:

3 UG 290 U BNC-Flanschbuchsen
62,5 x 3 mm Zyl. Kopschrauben
1 Anreihklemme 3polig
2 Lötnägel 1,3 mm
1 DIL 8 IC-Fassung
3 DIL 14 IC-Fassungen
3 DIL 40 IC-Fassungen
1 FZ 1000 M Schaltersatz
1 Knopf 10 mm schwarz
1 Knopfdeckel 10 mm rot
1 Pfeilscheibe 10 mm rot
1 10 MHz Quarz HC 18/U oder alternativ
1 VQ 71-10 MHz SP Quarzthermostat
1 Sicherungshalter
1 Sicherung 0,25 A flink
1 Flachtrafo 14 VA 2 x 9 Volt
4 Trafoschrauben 3 x 7 mm selbstschneidend
3 Kühlwinkel TO 220
3 Kühlwinkelschrauben 3 x 10 mm, Zyl.-Kopf
1 Europasnur zweiadrig
1 FZ 1000 M Platinensatz 3teilig
1 FZ 1000 M Frontplatte
1 FZ 1000 M Rückwand
1 6 mm Kabeldurchführung
4 Abstandsbolzen 3 x 20 mm
1 Gehäuse mit Griff
4 Seitenteilschrauben 3 x 12 mm mit U-Scheiben
2 Griffschrauben 4 x 10 mm mit U-Scheiben
4 Gehäusefüße
4 Gehäuseschrauben 3 x 16 mm
7 Muttern M3

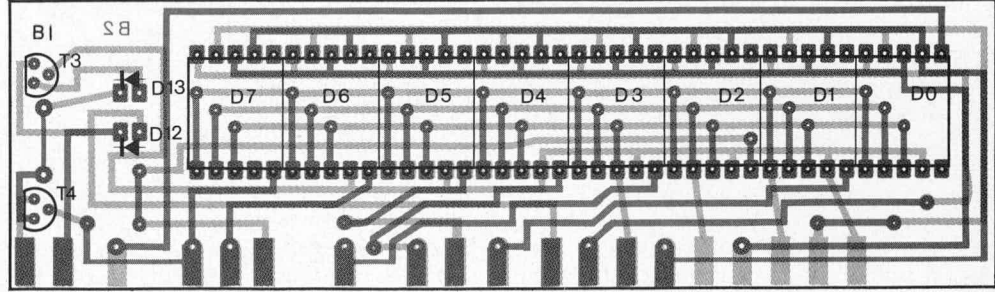


oben: Bestückungsplan der Basisplatte des 1 GHz-Universalzählers FZ 1000 M. Es handelt sich um eine doppelseitig-durchkontaktierte Leiterplatte. Die auf der Bestückungsseite befindlichen Leiterbahnen sind in hellgrau abgedruckt, während die Leiterbahnen auf der Platineunterseite in dunkelgrau abgedruckt sind

unten: Bestückungsseite der Vorverstärkerplatine



unten: Bestückungsseite der Anzeigenplatine des 1 GHz-Universalzählers FZ 1000 M



„Einfacher“ Reaktionstester



Ein Reaktionstester ist ein Gerät, das bei Freunden und Bekannten reges Interesse auslöst, selbst dann, wenn diese für die Elektronik ansonsten kaum etwas übrig haben.

Auf einem vierstelligen LC-Display wird diejenige Reaktionszeit mit einer Auflösung von eintausendstel Sekunden digital angezeigt, die ein Benutzer benötigt, vom Aufleuchten einer roten LED an gerechnet, bis zum Betätigen der Stop-Taste.

Die Bezeichnung „einfacher“ Reaktionstester bezieht sich weniger auf die komfortable Schaltung, als auf die in der Tat einfache Bedienung mit nur einem einzigen Taster. Die gesamte Ablaufsteuerung wird weitgehend automatisch quartzgesteuert vorgenommen.

Allgemeines

Einmal vorgeführt ist es kaum möglich, diesen komfortablen Reaktionstester vor Ablauf einer halben Stunde wieder „einzusammeln“, da jeder sich und den anderen beweisen möchte, welches gute Reaktionsvermögen er besitzt.

In einigen Situationen hat das Gerät evtl. sogar einen erzieherischen Effekt:

Reaktionszeiten, die deutlich über den üblichen Durchschnittswerten von 0,2 Sekunden liegen, zeigen Fahruntüchtigkeit an.

Der umgekehrte Schluß — wer eine gute Reaktionszeit besitzt, ist nüchtern oder fahrtüchtig — ist hingegen leider falsch. U. a. weiß man normalerweise weder vorher, daß eine „Ausnahmesituation“ auf einen zukommt noch was in diesem Moment zu tun ist. Die durchschnittlichen Reaktionszeiten im Straßenverkehr liegen daher selbst im ausgeschlafenen Zustand in der Größenordnung von einer ganzen Sekunde.

Bedienung und Funktion

Die Bedienung erfolgt nur über einen einzigen Taster, da die gesamte Ablaufsteuerung weitgehend automatisch vorgenommen wird.

Im Ruhezustand ist das Gerät bis auf die IC's 1 und 2 stromlos, d. h. auch die Anzeige ist deaktiviert (erloschen). Bei den IC's 1 und 2 handelt es sich, wie auch bei den übrigen verwendeten integrierten Schaltkreisen, um CMOS-Bausteine, deren Stromaufnahme im statischen Betrieb extrem gering ist. Die Batterie wird hierdurch mit einem so geringen Strom belastet, der unterhalb der Selbstentladung liegt und damit vollkommen vernachlässigbar ist.

Sobald die Taste Ta 1 das erste Mal kurz betätigt wird, schaltet sich das Gerät ein. Gleichzeitig erfolgt ein Zurücksetzen des LC-Displays auf „0000“.

Nach einer Wartezeit von einigen Sekunden, die u. a. von einem Zufallsgenerator gesteuert wird, leuchtet die LED (D 1) auf und die vierstellige Digital-Anzeige läuft mit einer Frequenz von 1000 Hz hoch.

Im selben Moment, in dem die Taste Ta 1 erneut betätigt wird, stoppt der Zählvorgang. Auf der Anzeige kann jetzt die Verzögerungszeit mit einer Auflösung von eintausendstel Sekunden abgelesen werden, die der Anwender benötigt hat, um das Aufleuchten der roten LED zu registrieren und die Taste Ta 1 zu betätigen.

Nach einer Speicherzeit von mehreren Sekunden (kann mit R 1 variiert werden — 100 k Ω bis 1 M Ω) wird die Anzeige auf „0000“ zurückgesetzt. Bis zu diesem Moment ist die Ablaufsteuerung zeitlich genau festgelegt. Vom Zurücksetzen der Anzeige an gerechnet, arbeitet jetzt ein Zufallsgenerator in einem Bereich von 0,5 bis 4,5 Sekunden bis die rote LED aufleuchtet und ein weiterer Zählvorgang startet.

Durch erneutes Betätigen der Taste Ta 1 wird dann die neue Reaktionszeit gemessen.

Vorstehend beschriebener Zyklus kann beliebig oft wiederholt werden.

Das Gerät schaltet sich automatisch aus, wenn nicht innerhalb von ca. 10 Sekunden nach Aufleuchten der roten LED die Taste Ta 1 gedrückt wird.

Während des Betriebes liegt der Stromverbrauch im Mittel bei ca. 1 mA.

Wie aus vorstehender Funktionsbeschreibung ersichtlich ist, handelt es sich bei dem Reaktionstester um ein wirklich einfach zu bedienendes und damit komfortables Gerät.

Zur Schaltung

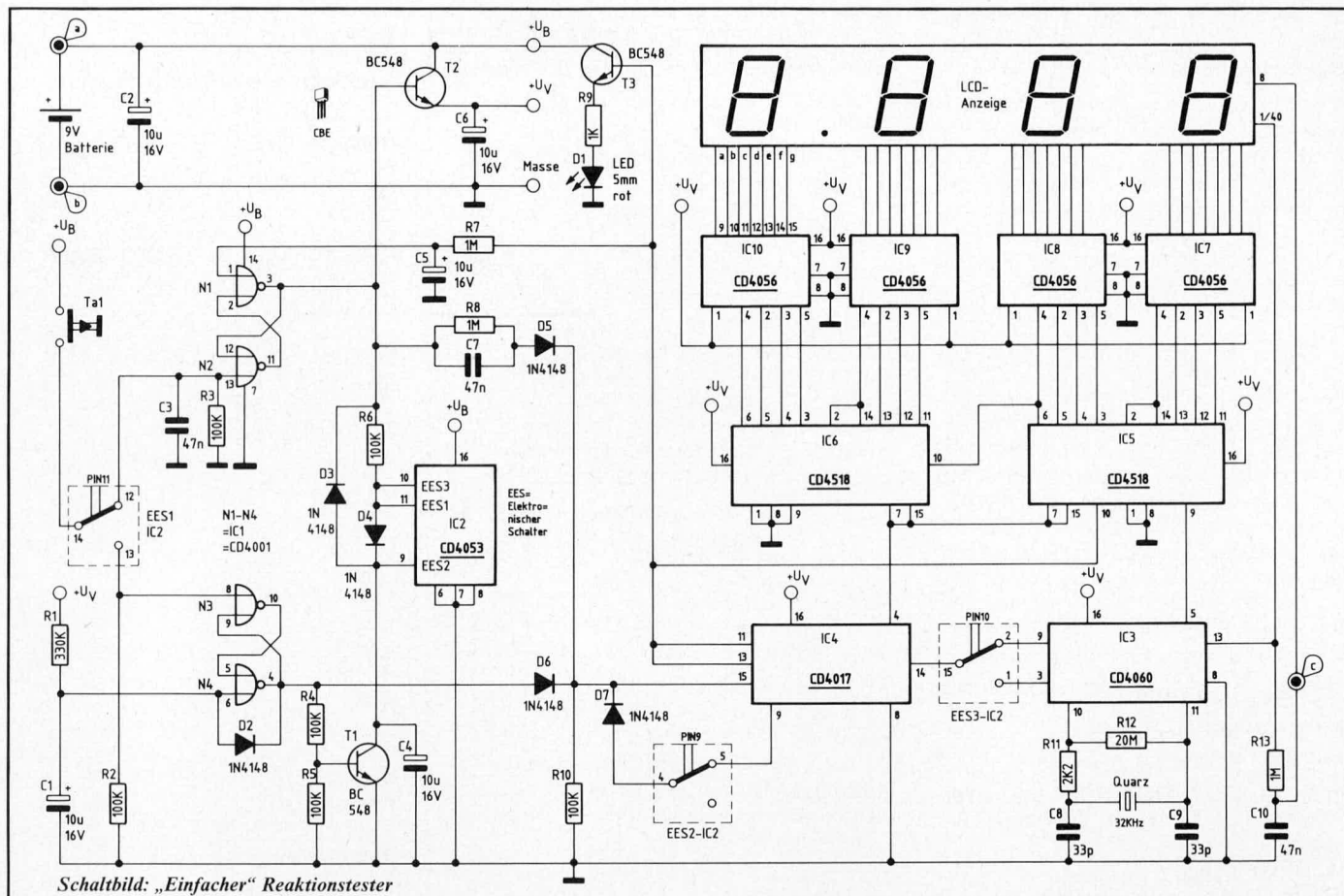
Im Ruhezustand befinden sich die drei im IC 2 integrierten elektronischen Umschalter, in der im vorliegenden Schaltbild eingezeichneten Position.

IC 1 und 2 sind auch im Ruhezustand mit der Versorgungsspannung verbunden. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß CMOS-Bauelemente im statischen Betriebsfall einen kaum meßbaren Strom aufnehmen, der im vorliegenden Fall vollkommen vernachlässigt werden kann.

Der Ausgang (Pin 3) des Speichers N 1/N 2 befindet sich auf „low“, wodurch der Transistor T 2 gesperrt ist. Wie es zu diesem Speicherzustand kommt, wird während der Beschreibung des Ausschaltvorganges zu einem späteren Zeitpunkt erläutert.

Betätigt man die Taste Ta 1, so erhält der Speicher N 1/N 2 an seinem Eingang Pin 13 einen „high“-Impuls, der den Ausgang (Pin 3) ebenfalls auf „high“ setzt. T 2 schaltet durch und legt die gesamte Schaltung an die Versorgungsspannung.

Gleichzeitig beginnt die Aufladung von C 4 über R 6 und D 4. D 4 dient in diesem Zusammenhang lediglich zur Erzeugung eines definierten Spannungsabfalles zwischen den Steuereingängen Pin 9 und Pin 10/11 der im IC 2 enthaltenen elektronischen Schalter. Hierdurch wird bewirkt, daß der Schalter EES 2 geringfügig verzögert gegenüber den beiden anderen Schaltern seinen Zustand wechselt.



An den Anschlußbeinchen 3 und 9 des IC 3 stehen Frequenzen von 32,768 kHz (Pin 9) bzw. 2 Hz (Pin 3) zur Verfügung, die je nach Stellung des elektronischen Schalters EES 3 (drei Stück im IC 2 enthalten) auf den Zählereingang (Pin 14) des IC 4 gelangen.

IC 4 stellt einen 10stufigen Ringzähler dar (0–9), der in der eingezeichneten Stellung des Schalters EES 2 (Schalter geschlossen) lediglich von 0–7 zählt. In dem Moment, in dem der Zählerausgang „8“ (Pin 9 des IC 4) auf „high“ geht, wird der gesamte Zähler über seinen Reset-Eingang (Pin 15) zurückgesetzt.

Der Ausgang „9“ (Pin 13) bleibt daher solange auf „low“, bis durch Öffnen des Schalters EES 2 dem Zähler-IC 4 die Möglichkeit gegeben wird, auch die letzte Position („9“) zu erreichen.

Die Zufälligkeit des Wartezeitpunktes für das Aufleuchten der roten LED ist durch den Zeitpunkt des Umschaltens des elektronischen Schalters gegeben. Dies beruht wiederum auf der leicht schwankenden Ladekurve des Kondensators C 4.

In dem Moment, in dem die elektronischen Schalter in die entgegengesetzte Position umschalten, wird der jeweilige Zählerstand nicht mehr mit 32 kHz, sondern mit 2 Hz fortgeschaltet. Betrag der Zählerstand im Umschaltmoment der elektronischen Schalter z. B. „0“, so wird eine Zeit von 4,5 Sekunden benötigt, bis die rote LED aufleuchtet (gerechnet vom Rücksetzzeitpunkt des LC-Displays an). Betrag der Zählerstand hingegen im Umschaltzeitpunkt gerade „7“, so erfolgt das Aufleuchten der roten LED bereits nach 0,5 bis 1 Sekunde

(je nach internem Zählerstand des IC 3 im Umschaltmoment).

Sobald ein Zählerstand von „9“ des IC 4 erreicht wird, wechselt der Zustand des betreffenden Ausganges (Pin 11) von „low“ nach „high“. Über den Enable-Eingang (Pin 13 des IC 4) werden weitere Eingangsimpulse an Pin 14 unwirksam und der Zählerstand bleibt zunächst erhalten. Gleichzeitig wird der als Tor dienende Eingang Pin 10 des IC 5 freigegeben und die an Pin 9 des IC 5 anliegende 1 kHz-Frequenz läßt den vierstelligen Zähler (IC 5/IC 6) hochlaufen.

Der komplette vierstelligen Zähler mit Decodern und Anzeigentreibern besteht aus den IC's 5 bis 10, wobei jeweils zwei Dezimalzähler in einem der beiden IC's 5 und 6 integriert sind. Am Eingang der Zählerkette (Pin 9 des IC 5) liegt eine konstante Frequenz von 1 kHz an, die mittels des Oszillator-/Teiler-IC's 3 in Verbindung mit dem Quarz und seiner Zusatzbeschaltung erzeugt wird.

Genaugenommen müßte die quarzgesteuerte Oszillatorfrequenz 32,000 kHz betragen. Ein entsprechender Quarz ist jedoch nicht ohne weiteres zu beschaffen, so daß wir ersatzweise einen Quarz mit einer Frequenz von 32,768 kHz eingesetzt haben. Hierdurch ergibt sich eine geringe Abweichung, die jedoch für den vorliegenden Anwendungsfall praktisch vernachlässigbar ist. Darüber hinaus sind Frequenzschwankungen, wie sie einem RC-Oszillator anhaften, ausgeschlossen. Eine „runde“ Sache also, die mit wenig Aufwand realisiert wurde.

Über R 7 wird der Kondensator C 5 innerhalb von ca. 10 Sekunden langsam aufgeladen, wodurch der Speicher N 1/N 2 über seinen Eingang Pin 1 nach 10 Sekunden zurückgesetzt wird. Der Ausgang (Pin 3) geht auf „low“ und T 2 sperrt — die Schaltung ist deaktiviert.

Um die Reaktionszeit zu messen, betätigt man jedoch möglichst schnell die Taste Ta 1, nachdem die rote LED aufleuchtet.

Da sich auch der elektronische Schalter EES 1 in der entgegengesetzten Position befindet, wird durch Betätigen von Ta 1 der Speicher N 3/N 4 über seinen Eingang Pin 8 gesetzt. Der Ausgang Pin 4 geht auf „high“. Über D 6 gelangt dieser Impuls auf den Reset-Eingang (Pin 15) des IC 4, wodurch auch das Signal an Pin 11 von „high“ nach „low“ wechselt.

Gleichzeitig wird das Tor (Pin 10) des IC 5 gesperrt und der Zählerstand hierdurch gespeichert. Die Reaktionszeit (Verzögerungszeit) kann abgelesen werden.

Durch ein „low“-Signal an Pin 11 des IC 4 wird der Aufladevorgang des Kondensators C 5 (über R 7) abgebrochen. Der Speicher N 1/N 2 behält seine ursprüngliche Information bei und das Gerät schaltet nicht aus.

Durch die Betätigung der Taste Ta 1 und das damit verbundene „high“-Signal am Ausgang (Pin 4) des Speichers N 3/N 4, wird über R 4 der Transistor T 1 durchgesteuert. Der Kondensator C 4 entlädt sich über dessen Kollektor-Emitter-Strecke und an den Steuer-Eingängen für die drei elektronischen Schalter (9, 10, 11 des IC 2) liegt

ein „low“-Signal. Die Schalter befinden sich dadurch wieder in der im Schaltbild eingezeichneten Stellung.

Über R 1 lädt sich nun der Kondensator C 1 langsam auf. Nach einigen Sekunden reicht das Potential an Pin 6 des Speichers N3/N4 aus, um diesen zurückzusetzen. Der Ausgang (Pin 4) geht von „high“ auf „low“. Durch D 2 wird zusätzlich C 1 wieder entladen, damit der Speicher N3/N4 an seinem Steuereingang Pin 8 für ein erneutes Signal über Ta 1 freigegeben wird.

T1 sperrt und der Aufladevorgang des Kondensators C 4 über R 6 und D 4 beginnt von neuem. Mit einer kaum meßbaren Verzögerung erhält der mit den IC's 5 und 6 aufgebaute 4stellige Dezimalzähler über Pin 4 des IC 4 seinen Reset-Impuls. Die Anzeige des LC-Displays geht auf „0000“. Dieser Reset-Impuls tritt bei jedem Durchlauf des Ringzählers IC 4 erneut auf. Dies ist jedoch nicht von Bedeutung, da das IC 4 auch über Pin 11 die Torsteuerung des IC 5 (über Pin 10) vornimmt und im selben Moment, in dem das Tor geöffnet wird, der Eingang des IC 4 (Pin 14) über seinen Enable-Eingang (Pin 13) sich selbst sperrt und damit auch keine unerwünschten Reset-Impulse (an Pin 4) erzeugen kann.

Die Kombination R 8, C 7, D 5 dient zum Rücksetzen des Zählers IC 4 im Einschaltmoment.

Mit R 13/C 10 wird eine Phasenverschiebung des Backplane-Signals erreicht, das zur Ansteuerung des Punktes auf dem LC-Display geeignet ist.

Die rote LED wird im selben Moment über T 3 und R 9 angesteuert, in dem das Tor des IC 5 (Pin 10) ein „high“-Signal erhält.

Hierdurch findet also eine direkte Zuordnung zwischen Beginn der Verzögerungszeit und dem Öffnen des Zählertores statt.

Zum Nachbau

Die Bestückung der verhältnismäßig kleinen Platine erfolgt in gewohnter Weise.

Die Lötungen sind besonders sorgfältig vorzunehmen, da sich auf der Platine immerhin 10 IC's und eine Vielzahl von weiteren Bauelementen befinden, die alle verhältnismäßig eng placiert sind. Erleichternd ist jedoch zu bemerken, daß sämtliche Bauelemente trotz des Schaltungsumfanges auf einer einzigen Platine untergebracht werden konnten. Lediglich der Kondensator C 5 ist auf der Platinenrückseite anzulöten.

Die IC's 7 bis 10 sind unterhalb des LC-Displays angeordnet, so daß die Anzeige als letztes einzubauen ist.

Damit die erforderliche Bauhöhe der LCD-Anzeige erreicht wird, sollte diese auf einen 40poligen Sockel gesetzt werden (z. B. DIL 40, der in der Mitte getrennt wird).

Vor dem Einbau in ein passendes Gehäuse, sind in die Frontplatte zwei Bohrungen für die rote LED und für den Taster Ta 1 vorzunehmen. Da es sich hierbei um runde Aussparungen handelt, sind diese auf einfache Weise anzufertigen.

Nachdem die Schaltung überprüft und getestet wurde, kann sie im Gehäuse festgeschraubt oder auch mit etwas Klebstoff festgeklebt werden.

Wir wünschen unseren Lesern und ihren Freunden und Bekannten viel Freude mit diesem interessanten Reaktionstester.

Stückliste Einfacher Reaktionstester

Halbleiter

IC1	.....	CD 4001
IC2	.....	CD 4053
IC3	.....	CD 4060
IC4	.....	CD 4017
IC5, IC6	.....	CD 4518
IC7-IC10	.....	CD 4056
T1, T2, T3	.....	BC 548
D1	.....	LED, rot, 5 mm
D2-D7	.....	1N4148

Kondensatoren

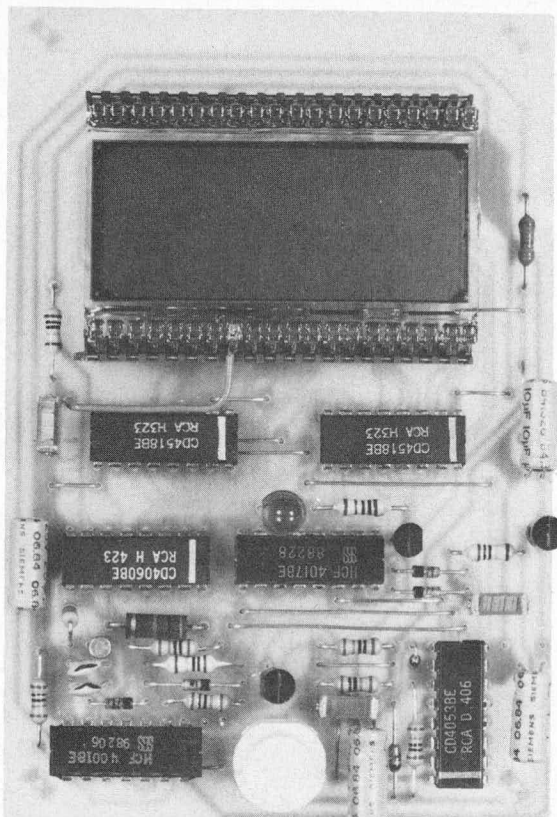
C1, C2	.....	10 µF/16 V
C3, C7, C10	.....	47 nF
C4-C6	.....	10 µF/16 V
C8, C9	.....	33 pF

Widerstände

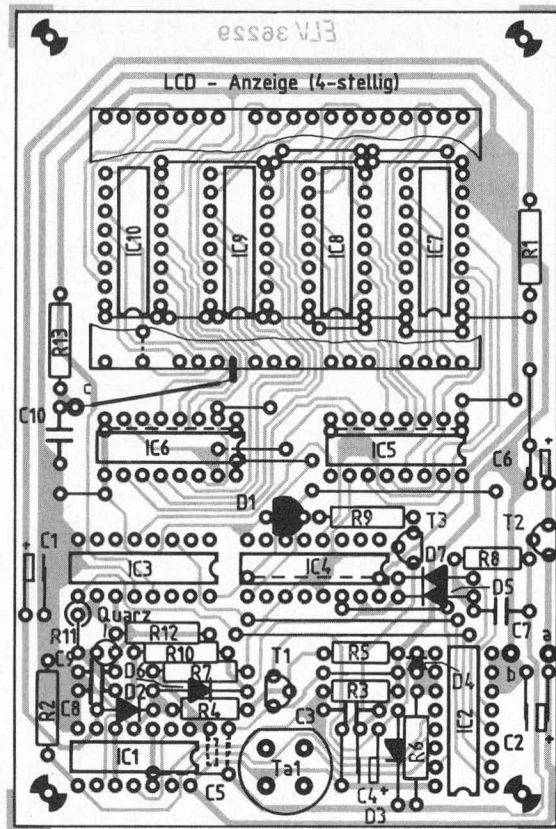
R1	.....	330 kΩ
R2-R6	.....	100 kΩ
R7, R8	.....	1 MΩ
R9	.....	1 kΩ
R10	.....	100 kΩ
R11	.....	2,2 kΩ
R12	.....	20 MΩ
R13	.....	1 MΩ

Sonstiges

- 1 LCD-Anzeige 4-stellig
- 1 Taster D 6
- 1 9 V-Batterieclip
- 1 Quarz 32,768 kHz
- 1 DIL 40 IC-Fassung
- 20 cm Silberdraht



Ansicht der fertig bestückten Platine des „Einfachen“ Reaktionstesters



Bestückungsseite der Platine des „Einfachen“ Reaktionstesters

4¹/₂stelliges LED-Panelmeter



Spitzentechnik ohne Kompromisse für professionelle Anwendungen und industriellen Einsatz zeichnen diese neue Einbau-Meßgeräte-Serie aus dem ELV-Labor aus. Durch ihr günstiges Preis-/Leistungsverhältnis sind die für den Einbau in DIN-NORM-Einbaugehäuse geeigneten Geräte auch für den anspruchsvollen Hobby-Elektroniker einsetzbar.

Als erstes Gerät stellen wir Ihnen ein Digital-Voltmeter mit 4¹/₂stelliger LED-Anzeige vor, dessen herausragende Daten nachfolgend näher spezifiziert sind. Durch verschiedene Vorwiderstände bzw. Shunts sind sowohl Spannungs- als auch Strommessungen in weiten Bereichen möglich.

- 4¹/₂stellige hell-leuchtende LED-Anzeige
- Eingangsspannungs-Grundmeßbereich: $\pm 200 \text{ mV}$
- Versorgung über eine einzige Gleichspannung (5 V stabilisiert oder 8–15 V unstabilisiert)
- Geringe Stromaufnahme für ein Gerät mit LED-Anzeige von nur ca. 100 mA.
- Extrem ruhige und konstante Anzeige auch der letzten Stelle.
- Integrierte, hochkonstante Präzisions-Spannungsreferenz (20 ppm)
- Quarzgesteuerter, integrierter Taktoszillator.
- Externe digitale Netzsynchrosation der Ablaufsteuerung (für Batteriebetrieb abschaltbar).
- Hold-Funktion zur Meßwertspeicherung.
- Extrem hohe Genauigkeit von $\pm 2 \text{ Digit}$ über den gesamten Meßbereich, entsprechend 0,01 % vom Meßbereichsendwert.

Allgemeines

Die vorstehend beschriebenen Leistungsdaten des ELV-Panelmeters PM 4500 verdeutlichen den professionellen Charakter dieses Gerätes. Schaut man sich die Schaltung einmal näher an, so erkennt der engagierte Hobby-Elektroniker leicht, daß der Aufwand zur Erzielung der vorstehend beschriebenen Leistungsdaten in erster Linie im know-how der Schaltungstechnik steckt, während der Bauteileaufwand für eine Schaltung dieser Qualität verhältnismäßig gering ist. Die Schaltung ist also durchaus auch für den Einsatz im Hobby-Bereich geeignet.

Durch einen eingebauten Präzisions-Vorverstärker konnte der Eingangsspannungsbereich von $\pm 200 \text{ mV}$ realisiert werden. Hierdurch ist die Schaltung auch für Strommessungen über einen Shunt geeignet.

Ein neu entwickeltes DIN-NORM-Ein-

baugehäuse gibt dem Gerät den passenden Rahmen. Das Gehäuse ist für Schalttafel- bzw. Frontplatten-Ausschnitte mit den Abmessungen 48 mm x 96 mm konzipiert und wird in verschiedenen Tiefen lieferbar sein, so daß auch individuelle Zusatzschaltungen wie Meßwertwandler, Stromversorgungseinheiten o. ä. zusätzlich eingebaut werden können.

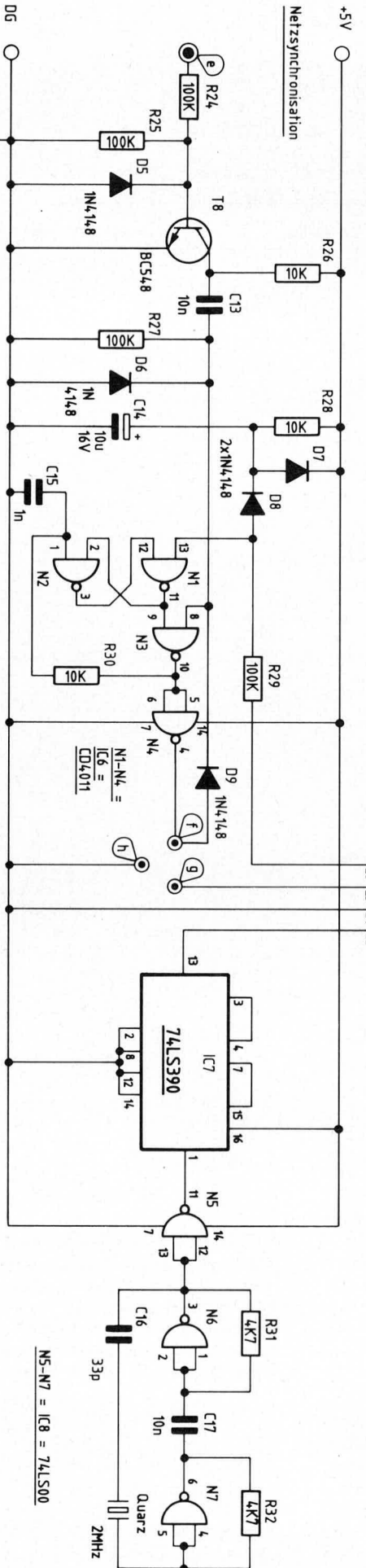
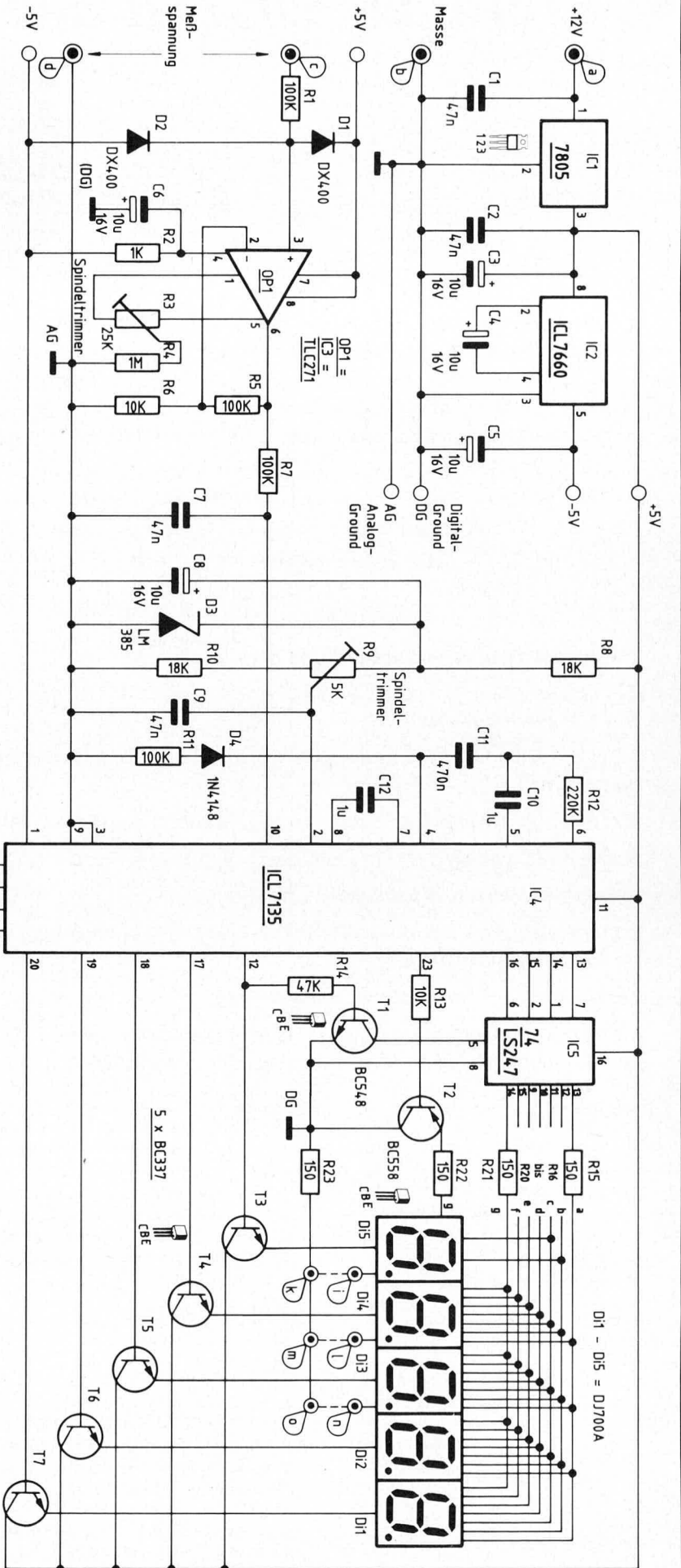
Zur Schaltung

Der zentrale Baustein zur Analog-Digital-Wandlung ist das IC 4 des Typs ICL 7135. Es beinhaltet alle wesentlichen Elemente, um eine Eingangsspannung, die zwischen den Pin's 9 und 10 anliegt, in einen digitalen Wert umzuwandeln. Mit Hilfe des IC 5 (Segment-Decodierer/Treiber) sowie der Transistoren T 1 bis T 7 erscheint ein der Eingangsspannung direkt proportionaler digitaler Zahlenwert auf der fünfstelligen LED-Anzeige. Da der Meßbereichsumfang $\pm 20\,000 \text{ Digit}$ umfaßt, bezeichnet man die Anzeige des Gesamtsystems als 4¹/₂stellig.

Die Referenzspannung wird mit dem hochkonstanten Präzisions-Referenzelement des Typs LM 385 (D 3) in Verbindung mit dem Vorwiderstand R 8 und dem zur Rauschunterdrückung dienenden Kondensator C 8 erzeugt.

Über R9/R 10 wird ein Teilbetrag dieser Referenzspannung abgegriffen und auf den positiven Referenzspannungseingang des IC 4 (Pin 2) gegeben. Der genaue Abgleich, der an anderer Stelle dieses Artikels beschrieben wird, erfolgt mit dem Spindeltrimmer R 9.

Damit der Eingangsspannungsbereich des ELV-Panelmeters PM 4500 möglichst universell genutzt werden kann, wurde ein hochwertiger Präzisions-Vorverstärker mit dem OP 1 mit Zusatzbeschaltung aufgebaut. Dieser Meßverstärker ist dem Analog-Eingang (Pin 9 und Pin 10 des IC 4) vorgeschaltet, da das IC des Typs ICL 7135 für einen Eingangsspannungsbereich von $\pm 2 \text{ V}$ ausgelegt ist. Würde man die Referenz-



Schaltbild: 4/5-stelliges LED-Panelmeter

spannung an Pin 2 des IC 4 auf 100 mV reduzieren, so ergäbe sich ein Schwanken und Springen der letzten Stelle von typ. 5 bis 9 Digit — d. h. die Anzeige ist praktisch unbrauchbar. Zwar ist das Prinzip der Referenzspannungsreduzierung auf 100 mV bei den bekannten A/D-Wandlerbausteinen der Typen ICL 7106/07 durchaus gebräuchlich, jedoch muß man berücksichtigen, daß hierbei lediglich ein Anzeigenumfang von ± 2000 Digit zur Verfügung steht und die höchste Auflösung 0,1 mV beträgt. Ähnlich sieht es bei dem hier eingesetzten A/D-Wandlersystem des Typs ICL 7135 aus. Auch hier sollte die höchste Auflösung bei einem Wert von 0,1 mV liegen, um die Leistungsfähigkeit des Systems nicht zu beeinträchtigen. Bei einem Meßbereichsumfang von 20 000 Digit ergibt sich zwangsläufig ein Meßbereichsendwert von 2 V.

In der im ELV-Labor entwickelten Schaltung beträgt der Verstärkungsfaktor des vorgeschalteten Meßverstärkers

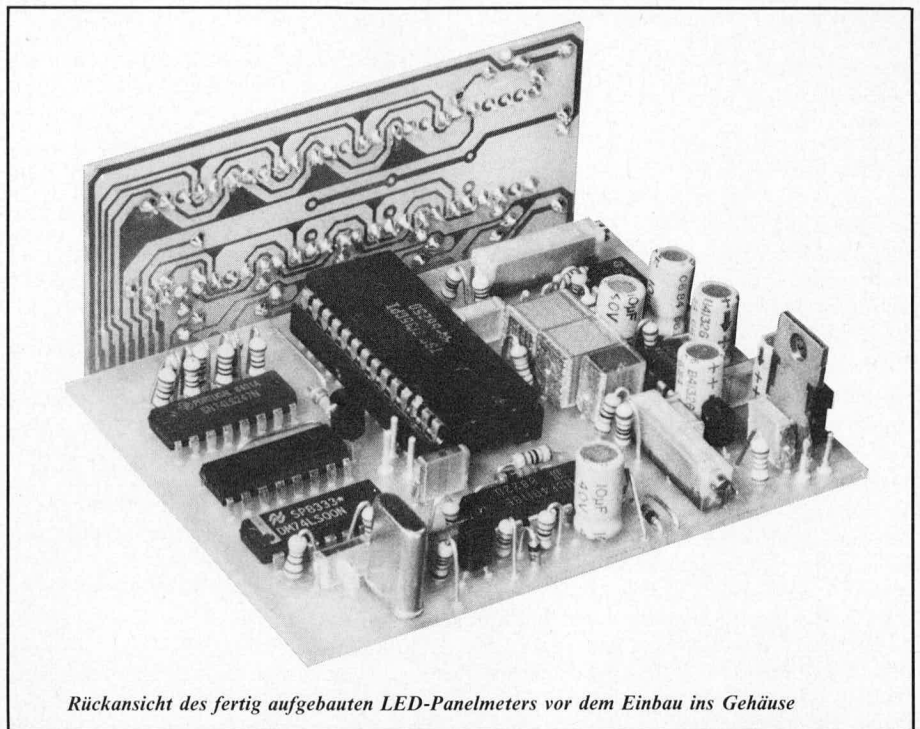
$$V = \frac{R_5 + R_6}{R_6} = 11,$$

so daß der Eingangsspannungsbereich des IC 4 sogar noch etwas über 2 V, nämlich bei 2,2 V, liegt, um auf einen Gesamtgleichspannungsbereich von ± 200 mV zu kommen.

Eine zu messende Eingangsspannung im Bereich zwischen $\pm 200,00$ mV wird an die Eingangsbuchsen „c“ und „d“ angelegt, wobei eine Überlastsicherung von dauernd 100 V und kurzzeitig 250 V vorgesehen ist. Damit unerwünschte Frequenzstreuungen, besonders im 50- und 100 Hz-Bereich wirksam unterdrückt werden, besitzt die Schaltung einen quartzesteuerten Taktoszillator, der mit den Gattern N 6 und N 7 mit Zusatzbeschaltung aufgebaut wurde. N 5 dient zur Entkoppelung und Pufferung des Oszillatorsignals. Mit Hilfe des IC 7 wird das 2 MHz-Signal durch 20 geteilt, so daß am Ausgang (Pin 13 des IC 7) eine hochkonstante Frequenz von 100 kHz zur Verfügung steht, die den digitalen Takt für das A/D-Wandler-IC 4 bereitstellt. Durch die genaue Festlegung der Taktfrequenz ergibt sich eine Meßrate von 2,5 Messungen pro Sekunde.

Für eine Schaltung mit einer $4\frac{1}{2}$ -stelligen LED-Anzeige nimmt das Gerät einen erstaunlich niedrigen Strom von lediglich 100 mA auf. Hierdurch ist auch der Betrieb über Trockenbatterien oder NC-Akkus möglich. In diesem Fall bleibt der Anschlußpunkt „g“, der mit Pin 25 des IC 4 verbunden ist, unbeschaltet. Ebenso kann der gesamte Schaltungsteil zur Netzsynchrisation, bestehend aus dem Transistor T 8 sowie den Gattern N 1 bis N 4 nebst Zusatzbeschaltung, entfallen.

In den meisten Fällen wird die Schaltung über ein Netzteil versorgt. In diesem Fall empfiehlt es sich, zur zusätzlichen besonders wirkungsvollen Störunterdrückung eine Netzsynchrisation vorzunehmen. Dies bedeutet, daß die Ablaufsteuerung der Meßzyklen exakt phasenstarr mit der Netzwechselspannung gekoppelt wird. Auf diese Weise werden Störeinstreuungen, die im Bereich der 50 bzw. 100 Hz-Brummeinstreuungen liegen, praktisch unwirksam.



Rückansicht des fertig aufgebauten LED-Panelmeters vor dem Einbau ins Gehäuse

Schaltungstechnisch wurde dies im ELV-Labor wie folgt gelöst:

Der Anschlußpunkt „e“ wird direkt mit einer Seite derjenigen Sekundärwicklung des Transformators verbunden, die über einen nachgeschalteten Brückengleichrichter und Pufferkondensator zur Versorgung des Panelmeters dient (Anschlußpunkte „a“ und „b“).

Am Kollektor des Transistors T 8 steht dann ein 50 Hz-Rechtecksignal an, das mit Hilfe des Differenzglieders C 13/R 27 Impulse auf den Eingang des Gatters N 3 (Pin 8) gibt. Wirksam können diese Impulse nur dann sein, wenn vorher der Speicher N 1/N 2 durch einen „low“-Impuls an Pin 13 gesetzt wurde, so daß an Pin 11 „high“-Potential liegt. Dieses Speichersetzen kann entweder im Einschaltmoment über R 28, C 14, D 8 oder im Betriebsfall über Pin 26 des IC 4 und R 29 erfolgen.

Ein „high“-Impuls an Pin 8 des Gatters N 3 hat zur Folge, daß am Ausgang des Gatters N 4 (Pin 4) ebenfalls ein definierter „high“-Impuls ansteht, der über eine Verbindung zwischen den Punkten „f“ und „g“ auf Pin 25 des IC 4 gelangt. Hierdurch wird im IC 4 der Meßzyklus gestartet. Über R 30/C 15 wird der Speicher N 1/N 2 wieder zurückgesetzt, damit weitere Impulse an Pin 8 von N 3 wirkungslos bleiben. Wenige msec nach Beendigung eines kompletten Meßzyklus des IC 4 erscheinen an Pin 26 (IC 4) mehrere „low“-Impulse, die über R 29 auf den Eingang (Pin 13) des Speichers N 1/N 2 wirken, wodurch über Pin 11 das Gatter N 3 (Pin 9) wieder freigegeben wird.

Der nächste über die Netzwechselspannung synchronisierte Impuls am Kollektor von T 8, löst über C 13/R 27 am Eingang (Pin 8) des Gatters N 3 einen weiteren „high“-Impuls aus, der wiederum an Pin 25 (IC 4) einen neuen Meßzyklus in Gang setzt. Mit Hilfe von D 9 erreicht man einen gut definierten Steuerimpuls mit voller Amplitudenhöhe.

Durch vorstehend beschriebene Schaltungstechnik wird eine phasenstarre Kopplung der Meßzyklen des A/D-Wandlersystem erreicht, mit einer wirkungsvollen Störunterdrückung.

Die Platinenanschlußpunkte „f“ und „g“ sind über eine Brücke miteinander zu verbinden.

Darüber hinaus besteht auch die Möglichkeit, einen Umschaltkontakt einzubauen. Sind die Punkte „f“ und „g“ miteinander verbunden (bei Netzsynchrisation) bzw. offen (Batteriebetrieb), arbeitet das System kontinuierlich. Wird die Taste betätigt und die Punkte „g“ und „h“ werden miteinander verbunden, so bleibt der soeben angezeigte Meßwert auf der Anzeige gespeichert (hold-Funktion).

Die Versorgung der gesamten Schaltung erfolgt über nur eine einzige Gleichspannung. Im einfachsten Fall kann hierzu eine unstabilierte Gleichspannung verwendet werden, die im Bereich von 8 bis 15 V schwanken darf, da auf der Platine des ELV-Panelmeters PM 4500 ein integrierter Festspannungsregler vorgesehen ist, der eine stabilisierte Ausgangsgleichspannung von 5 V liefert.

Zusätzlich wird eine zweite negative Versorgungsspannung von ebenfalls 5 V zum Betrieb des A/D-Wandlers benötigt, deren Strombelastung jedoch lediglich bei einigen wenigen mA liegt. Um mit einer einzigen positiven Versorgungsspannung für die Gesamtschaltung auszukommen, wird diese negative Versorgungsspannung mit Hilfe des IC 2 sowie den Kondensatoren C 3 bis C 5 aus der positiven 5 V Festspannung erzeugt. Mit Hilfe des IC's des Typs ICL 7660 ist dies eine einfache und wirkungsvolle Methode.

Steht eine stabilisierte 5 V Festspannung zur Versorgung der Schaltung zur Verfügung, kann auf den Einsatz des IC 1 verzichtet werden. In diesem Fall werden die

stabilisierten 5 V an die Eingangsklemmen „a“ und „b“ angelegt, wobei die Anschlußpunkte „1“ und „3“, an denen sonst das IC 1 angeschlossen wird, mit einer Brücke zu verbinden sind.

Zum Nachbau

Sämtliche Bauteile finden auf 2 kompakt aufgebauten Platinen Platz. Die Anzeigenplatine wird hierbei im 90° Winkel an die Basisplatine gelötet, und zwar so, daß die Anzeigenplatine ca. 1 mm unterhalb der Leiterbahnseite der Basisplatine hervorsteht.

Vorher sind die Bauteile in gewohnter Weise anhand der Bestückungspläne auf die Leiterplatten zu setzen und zu verlöten.

Durch die ausgereifte Schaltungstechnik in Verbindung mit einem hochwertigen Layout, konnte eine ruhige und kontinuierliche Anzeige erreicht werden, die selbst in der letzten Stelle absolut ruhig steht. Lediglich der unvermeidbare Digitalfehler von 1 Digit bleibt bestehen. Aufgrund der hohen Auflösung der Anzeige muß man allerdings bedenken, daß diese nur dann einwandfreie Meßergebnisse liefern kann, wenn auch die angelegte Meßspannung eine entsprechende Qualität aufweist. Das Layout ist so konzipiert, daß der fertige Baustein in ein DIN-NORM-Einbaugesetz gesetzt werden kann. Diese Gehäuse sind zum Einbau in genormte Schalttafelabschnitte mit den Abmessungen 48 mm Höhe x 96 mm Breite geeignet. Die Schalttafelstärke kann bei diesen neu konzipierten Gehäusen zwischen 1 mm und 20 mm variieren, ohne daß hierfür komplizierte zusätzliche Befestigungsmaterialien erforderlich sind.

Kalibrierung

Die Einstellung des Skalenfaktors, d. h. die Kalibrierung ist auf einfache Weise möglich.

Entweder bedient man sich hierzu einer exakt bekannten Referenzspannung oder aber man mißt eine Spannung im Bereich zwischen 100 mV und 200 mV mit einem hochgenauen Multimeter und stellt dann diesen Wert mit dem Spindeltrimmer R 9 auf der Digital-Anzeige ein.

Zuvor ist jedoch der Nullpunkt des mit dem OP 1 mit Zusatzbeschaltung aufgebauten Meßverstärkers einzustellen. Hierzu schließt man die Eingangsklemmen „c“ und „d“ direkt kurz und stellt mit dem Spindeltrimmer R 3 die Anzeige auf „0000“ ein. Die Schaltung sollte hierzu mindestens eine halbe Stunde im Dauerbetrieb eingeschaltet sein. Im Anschluß hieran ist der Skalenfaktor, wie vorstehend bereits beschrieben, mit R 9 einzustellen.

Aufgrund der hohen Auflösung und des Anzeigenumfangs von $\pm 20\,000$ Digit, kann sich der Nullpunkt des Systems durch geringfügige Drift des Meßverstärkers im Laufe der Zeit etwas verschieben. In diesem Fall empfiehlt es sich, nach einer gewissen Einlaufphase eine zweite Nullpunkteinstellung und ggf. Skalenfaktor Korrektur vorzunehmen. Durch die Verwendung von besonders hochwertigen, für diese Einsatzzwecke geeigneten Bauelemente, ist die Drift der Gesamtschaltung jedoch im Raumtemperaturbereich praktisch vernachlässigbar und das Meßergebnis liegt, wie bereits eingangs erwähnt, bei einer Genauigkeit von typ. ± 2 Digit entsprechend 0,01 % vom Meßbereichendwert.

Stückliste 4 1/2-stelliges Panelmeter

Halbleiter

IC1	.....	7805
IC2	.....	ICL 7660
IC3	.....	TLC 271
IC4	.....	ICL 7135
IC5	.....	74LS247
IC6	.....	CD 4011
IC7	.....	74LS390
IC8	.....	74LS00
T1, T8	.....	BC 548
T2	.....	BC 558
T3-T7	.....	BC 337
D1, D2	.....	DX 400
D3	.....	LM 385
D4-D9	.....	1N4148
Di1-Di5	.....	DJ 700 A

Kondensatoren

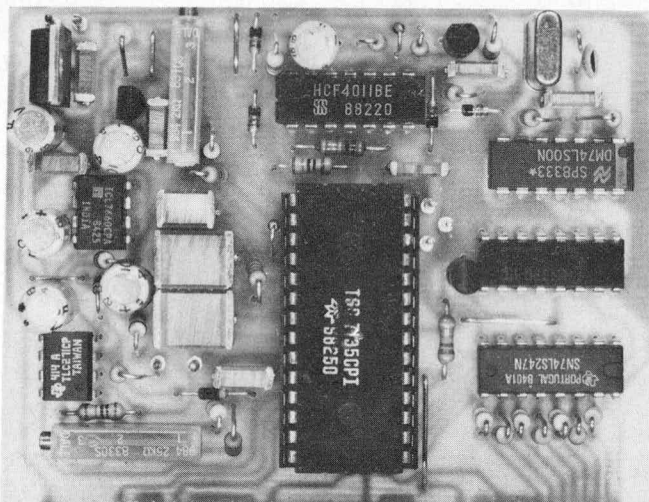
C1, C2, C7, C9	.....	47 nF
C3-C6, C8, C14	.....	10 μ F/16 V
C10, C12	.....	1 μ F
C11	.....	470 nF
C13, C17	.....	10 nF
C15	.....	1 nF
C16	.....	33 pF

Widerstände

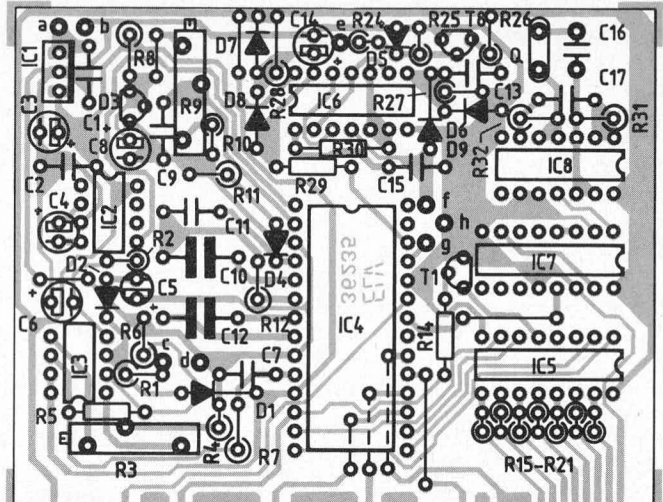
R1, R5, R7, R11	.....	100 k Ω
R2	.....	1 k Ω
R3	.....	25 k Ω , Spindeltrimmer
R4	.....	1 M Ω
R6, R13, R26, R28, R30	.....	10 k Ω
R8, R10	.....	18 k Ω
R9	.....	5 k Ω , Spindeltrimmer
R12	.....	220 k Ω
R14	.....	47 k Ω
R15-R23	.....	150 Ω
R24, R25, R27, R29	.....	100 k Ω
R31, R32	.....	4,7 k Ω

Sonstiges

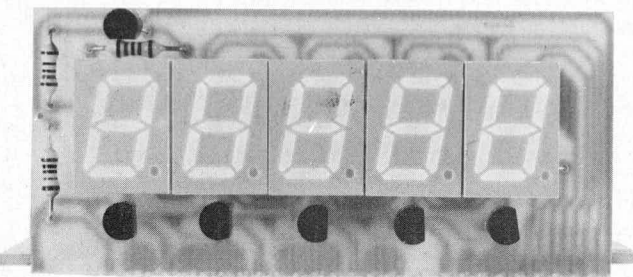
- 1 Quarz 2 MHz
- 8 Lötstifte
- 10 cm Silberdraht



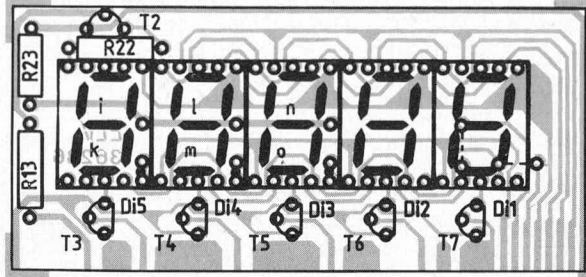
Ansicht der fertig bestückten Basisplatine des 4 1/2-stelligen LED-Panelmeters



Bestückungsseite der Platine des 4 1/2-stelligen LED-Panelmeters



Ansicht der fertig bestückten Anzeigenplatine des 4 1/2-stelligen LED-Panelmeters



Bestückungsseite der Anzeigenplatine des 4 1/2-stelligen LED-Panelmeters

Prüfstift-Signalverfolger



Eingebaut in ein handliches Tastkopfgehäuse leistet dieser einfache Signalverfolger nicht nur dem Hobby-Elektroniker, sondern auch dem Service-Techniker gute Dienste.

Allgemeines

Besondes im Audio-Bereich ist es vielfach hilfreich, ein NF-Signal über die verschiedenen Verstärkerstufen vom Eingang bis zum Ausgang einer Übertragungskette zu verfolgen. Wie der Name bereits sagt, dient hierzu ein Signalverfolger.

Die hier vorgestellte Schaltung ist besonders servicefreundlich, da sie einschließlich der Versorgungsbatterie in einem kleinen und handlichen Tastkopfgehäuse untergebracht werden konnte.

Die Verstärkungseinstellung reicht von -20 dB bis +80 dB und wird mit 2 jeweils dreistelligen Schiebeschaltern in 20 dB-Stufen umgeschaltet.

Das Ausgangssignal steuert einen kleinen Kristallohrhörer direkt an.

Zur Schaltung

Befindet sich der Schalter S 1 in der eingezeichneten Stellung (2), so ist die Schaltung stromlos.

Bringt man S 1 in Stellung „1“ oder „3“, so erhält die Schaltung über S 1b ihren Versorgungstrom.

In Schalterstellung „1“ gelangt das Eingangssignal über C 1 und S 1a direkt über R 1 auf den nicht invertierenden (+) Eingang des ersten Operationsverstärkers OP 1 (Pin 3). Hier wird es um exakt 26,7 dB (21,6fach) verstärkt.

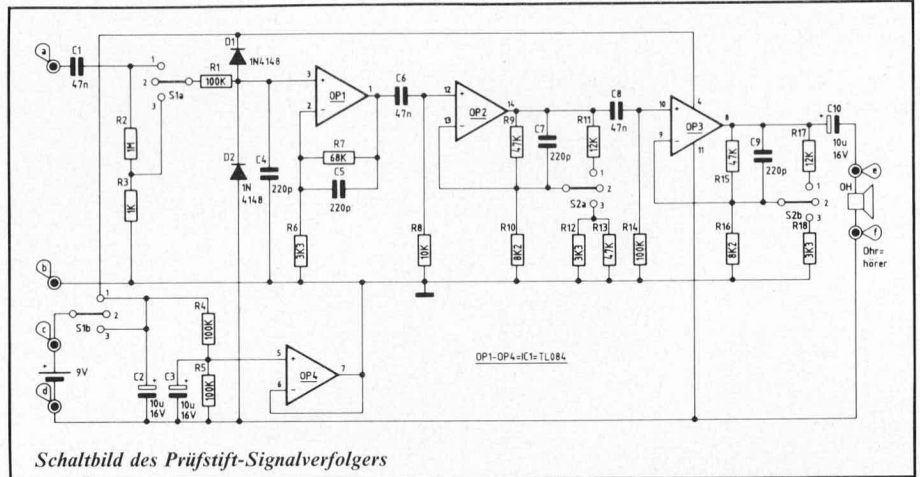
Die Verstärkung der beiden weiteren Verstärkerstufen, bestehend aus OP 2 und OP 3 mit Zusatzbeschaltung, ist abhängig von der jeweiligen Stellung des Schalters S 2 (a und b werden gleichzeitig geschaltet).

In Stellung „1“ beträgt die Verstärkung von OP 2 und OP 3 zusammen 13,4 dB (4,7fach), wodurch sich eine Gesamtverstärkung (OP 1 bis OP 3) von 40 dB (100fach) ergibt.

In Stellung „2“ (Mittelstellung) liegt die Verstärkung von OP 2 und OP 3 zusammen bei 33,1 dB (45,3fach), entsprechend einer Gesamtverstärkung von OP 1 bis OP 3 von 60 dB (1000fach).

In der dritten Stellung hingegen liegt die Verstärkung von OP 2 und OP 3 zusammen bei 53,3 dB (461fach), woraus sich eine Verstärkung von 80 dB (10000fach) ergibt. Aufgrund der einfachen Schaltung tritt dann allerdings ein deutlich hörbares Rauschen auf.

Bringt man nun den Schalter S 1 in Stellung „3“, so wird über R 2/R 3 eine Abschwächung von 60 dB (1/1000) herbeigeführt,



Schaltbild des Prüfstift-Signalverfolgers

die wiederum multipliziert mit den Verstärkungen der OP's 1 bis 3 (100-, 1000-, 10 000fach) zu insgesamt 6 verschiedenen Verstärkereinstellungen führen.

In Tabelle I sind der Übersichtlichkeit halber noch einmal sämtliche möglichen Verstärkereinstellungen mit den zugehörigen Schalterstellungen aufgeführt.

OP 4 erzeugt in Verbindung mit R 4/R 5 sowie C 3 einen künstlichen Massepunkt, der sich genau in der Versorgungsspannungsmitte befindet, wodurch eine symmetrische Verstärkersteuerung erreicht wird.

Zum Nachbau

Sämtliche Bauelemente sind auf einer kleinen Leiterplatte untergebracht, die in gewohnter Weise bestückt wird. Zunächst sind die passiven und dann die aktiven Bauelemente anhand des Bestückungsplanes auf die Platine zu setzen und zu verlöten.

Der Schaltungseingang „a“ wird direkt mit der Tastkopfspitze verbunden, während die Schaltungsmasse „b“ über eine isolierte flexible Leitung aus dem Gehäuse herausgeführt wird, an die später z. B. eine Krokoklemme angeschlossen werden kann. Dieser Punkt ist bei Messungen jeweils mit der Schaltungsmasse des zu testenden Gerätes zu verbinden.

Tabelle I			
Schalterstellung		Verstärkung	
S 1	S 2	dB	-fach
3	1	-20	1/10
3	2	0	1
3	3	+20	10
1	1	+40	100
1	2	+60	1000
1	3	+80	10000
2	Schaltung stromlos		

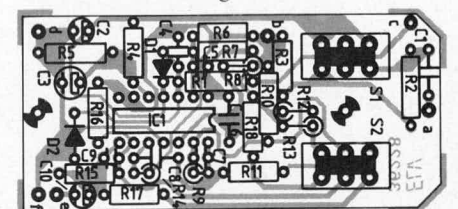
Eine 9 V-Blockbatterie, die ebenfalls in dem Tastkopfgehäuse untergebracht wird, ist an die Platinenpunkte „c“ und „d“ anzuschließen. Durch eine Bohrung in der rückwärtigen Stirnfläche des Tastkopfgehäuses wird die Zuleitung für den Kristallohrhörer geführt und mit den Platinenpunkten „e“ und „f“ verbunden.

Der Versorgungsstrom der Gesamtschaltung liegt bei ca. 10 mA, so daß die Betriebszeit mit einer handelsüblichen 9 V-Blockbatterie bei mehreren 10 Stunden liegt.

Sofern überwiegend an besonders empfindlichen Schaltungen mit hoher Verstärkung gemessen werden soll, empfiehlt es sich, das Tastkopfgehäuse innen mit etwas Graphit-spray auszusprühen und eine Verbindung zur Schaltungsmasse („b“) herzustellen. Zu beachten ist hierbei lediglich, daß keine leitende Verbindung zur Tastkopfspitze hergestellt wird.

Eine Kalibrierung der Schaltung ist nicht erforderlich. Bei der gewählten Dimensionierung stimmt die einstellbare Verstärkung in allen Bereichen auf 0,2 dB (ca. 2%) mit den angegebenen Werten überein und liegt damit deutlich über den Erfordernissen, die an einen Signalverfolger dieser Art gestellt werden.

Wir wünschen Ihnen viel Erfolg beim Nachbau und Einsatz dieser kleinen und nützlichen Schaltung.



Bestückungsseite der Platine des Prüfstift-Signalverfolgers (Originalgröße 70 mm x 31 mm)

ELV-Serie 7000:

ELV-Doppelnetzteil DNT 7000

0 bis ± 25 V/1,5 A



Für die Versorgung elektronischer Schaltungen benötigt man häufig zwei Spannungen, die auf Masse bezogen vom Betrag gleich sind, mit unterschiedlichem Vorzeichen (z. B. $+15$ V / 0 / -15 V). Mit dem hier vorgestellten Doppelnetzteil lassen sich auf einfache und preiswerte Weise entsprechende Spannungspaare im Bereich von 0 bis ± 25 V erzeugen.

Allgemeines

Um das Netzgeräteprogramm in der ELV-Serie 7000 abzurunden, stellen wir Ihnen im vorliegenden Artikel ein low-cost Doppelnetzteil vor, dessen Aufbau ohne großen Aufwand durchführbar ist.

Es stehen somit insgesamt 4 verschiedene elektronisch stabilisierte Netzgeräte zur Verfügung, wobei jedes Gerät seine besonderen Vorzüge und damit seine Existenzberechtigung hat.

Bei dem SNT 7000 handelt es sich wohl um das begehrteste Netzgerät aus dieser Serie, das selbst den verwöhntesten Ansprüchen von engagierten Hobby-Elektronikern gerecht wird.

Für Spezialisten steht das Hochspannungs-Netzteil HNT 7000 mit einer max. Ausgangsspannung bis zu 500 V zur Verfügung.

Das LNT 7000 stellt die preisgünstigere Alternative zum SNT 7000 dar, bei ebenfalls ausreichenden Leistungsdaten. Hier können kurzzeitig sogar Ströme bis zu 5 A entnommen werden.

Das neue Doppelnetzteil DNT 7000 stellt gleichzeitig zwei symmetrische Spannungen zur Verfügung, d. h. die beiden Ausgangsspannungen sind vom Betrag her gleich, jedoch mit unterschiedlichem Vorzeichen. Beide Spannungen beziehen sich auf dieselbe Schaltungsmasse.

Mit einem Einstellknopf für die Span-

nungsgrobeinstellung und einem zweiten Einstellknopf für die Spannungseinstellung, werden die beiden zur Verfügung stehenden Ausgangsspannungen gemeinsam eingestellt. Es steht ein Bereich von 0 bis ± 25 V zur Verfügung. Die Stromentnahme beider Wicklungen gleichzeitig, kann im Dauerbetrieb jeweils 1 A und im Kurzzeitbetrieb bis zu 1,5 A betragen.

Auf eine separate einstellbare Strombegrenzung wurde bewußt verzichtet, da die Ausführung so preiswert wie möglich nachbaubar sein sollte. Eine elektronische Sicherung zur Begrenzung des Ausgangsstromes bei Kurzschlüssen ist hingegen selbstverständlich eingebaut, da dies mit geringem Aufwand schaltungstechnisch realisiert werden kann.

Darüber hinaus stehen auch bei diesem Gerät sowohl eine digitale Spannungsanzeige als auch eine digitale Stromanzeige zur Verfügung. Während die Spannungsanzeige lediglich an einer Ausgangsspannung fest angeschlossen ist (da beide Spannungen gleich sind), ist die Stromanzeige mit einem Kippschalter umschaltbar. Die Stromentnahme kann daher sowohl in der Plus- als auch in der Minus-Versorgungsleitung wahlweise gemessen werden.

Vorstehend beschriebene Eigenschaften des DNT 7000 lassen erkennen, daß es sich um eine praxisorientierte Entwicklung handelt, die dem Hobby-Elektroniker in seinem Labor nützliche Dienste leisten kann.

Zur Schaltung

Aus den beiden Sekundärwicklungen III und IV (je 28 V/1,5 A) wird in Verbindung mit den in Brückenschaltung betriebenen Gleichrichterdiode D 9 bis D 16 sowie den Pufferkondensatoren C 19 und C 27 eine positive und eine negative Versorgungsspannung erzeugt.

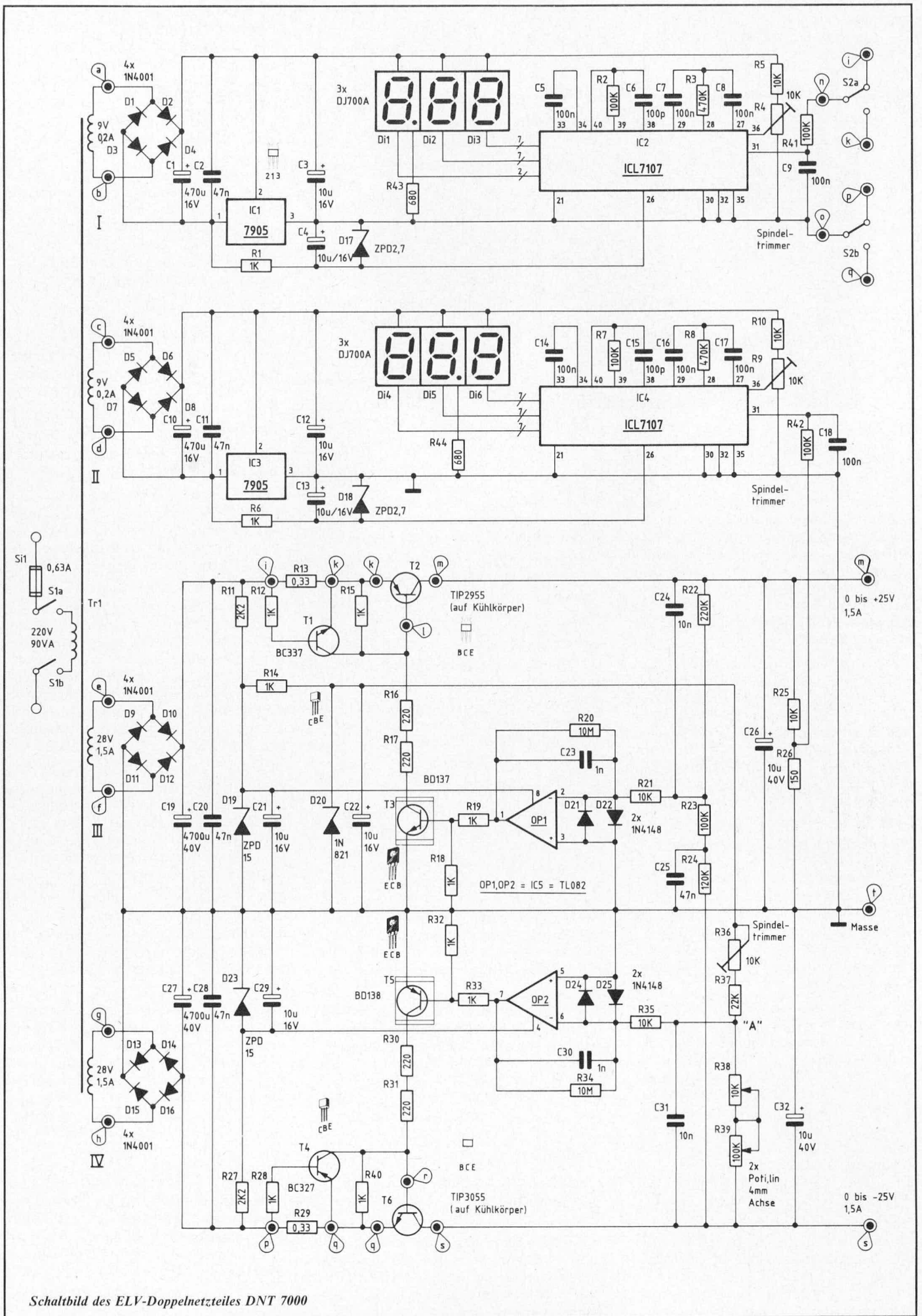
Mit R 11, D 19, C 21 wird daraus eine positive 15 V-Festspannung und mit R 27, D 23, C 29 eine negative 15 V-Festspannung gewonnen. Diese ± 15 V-Spannungen dienen zur Versorgung der eigentlichen Regelelektronik. Zusätzlich wird mit R 14, D 20, C 22 eine Referenzspannung von 6,2 V generiert.

Ein Netzteil kann nur so gut sein, wie seine interne Referenzspannung. Im vorliegenden Fall haben wir daher eine spezielle, temperaturkompensierte Referenzdiode des Typs 1N821 eingesetzt, die dem Gerät eine gute Stabilität und Temperaturkonstanz verleiht.

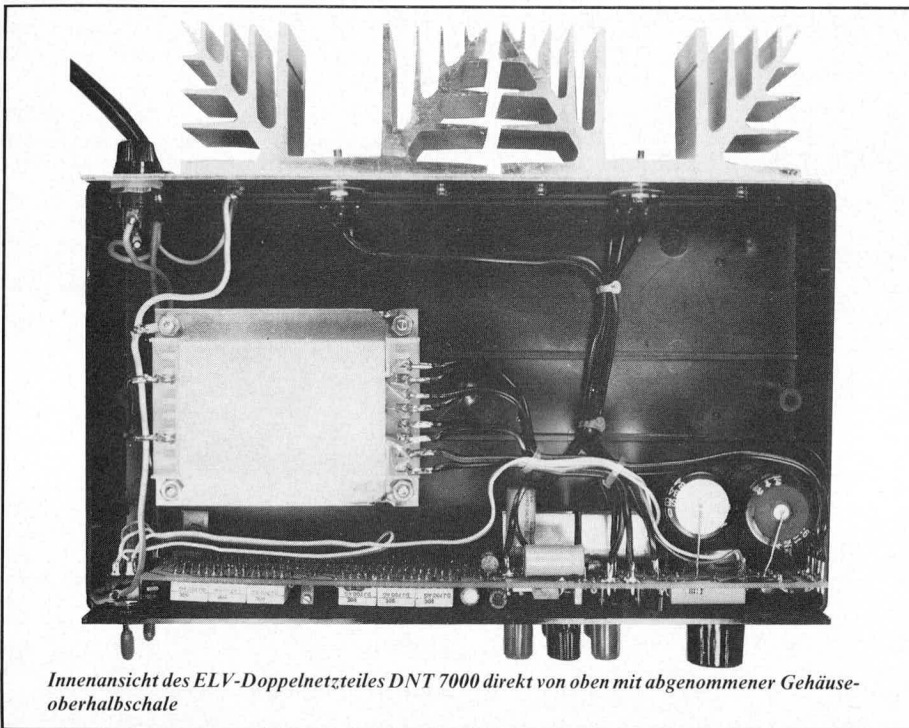
Über R 36/R 37 fließt ein genau definierter Strom zum Referenzpunkt „A“. Ein weiterer Strom fließt von diesem Punkt in Richtung negativer Ausgangsspannung ab.

Aufgrund des hochohmigen Einganges von OP2 ist der durch R 35 fließende Strom praktisch vernachlässigbar. Hieraus folgt, daß die Ströme durch R 36/R 37 und R 38/R 39 genau gleich sein müssen.

Der Ausgang des OP2 steuert nun den Endstufentransistor T 6 über den Treiber-



Schaltbild des ELV-Doppelnetztes DNT 7000



Innenansicht des ELV-Doppelnetztes DNT 7000 direkt von oben mit abgenommener Gehäuseoberhalbschale

transistor T 5 so an, daß sich eine negative Ausgangsspannung einstellt, deren Betrag die Spannung am Referenzpunkt „A“ zu Null werden läßt. Dies folgt aus der zusätzlichen Bedingung, daß die Spannungen am invertierenden (-) Eingang des OP 2 (Pin 6) und am nicht invertierenden (+) Eingang (Pin 5) gleich sein müssen und das Pin 5 auf Masse (0 V) liegt.

Mit R 38/R 39 kann auf diese Weise die negative Ausgangsspannung von 0 V bis -25 V stufenlos eingestellt werden, da der durch R 36 + R 37 hindurchfließende Konstantstrom nach der Formel $U = I \times R$ einen Spannungsabfall an R 38 + R 39 hervorruft, der dem eingestellten Widerstandswert direkt proportional ist (z. B. ein Widerstandswert R 38 + R 39 = 0 Ω ergibt ebenfalls eine Ausgangsspannung von 0 V).

Die Einstellung und Regelung der positiven Ausgangsspannung erfolgt in ähnlicher Weise wie die der negativen. Auch hier steuert der Operationsverstärker (OP 1) über T 3 den Endstufentransistor T 2 derart an, daß sich die Eingangsspannung an Pin 2 des OP 1 zu Null ergibt. Dies ist dann der Fall, wenn die Spannungen an R 22 sowie R 23 + R 24 gleich sind.

Da der Widerstand R 22 gleich der Reihenschaltung R 23 + R 24 ist, ergibt sich für die positive Ausgangsspannung genau der gleiche Wert wie für die negative. Es reicht daher aus, wenn nur eine Ausgangsspannung (hier die negative) einstellbar ist (über R 38 + R 39), da sich die zweite Ausgangsspannung aufgrund der Schaltung vom Betrag her gleich einstellt — lediglich mit umgekehrtem Vorzeichen.

Mit R 12, R 13, T 1 sowie mit R 28, R 29, T 4 wird jeweils eine Kurzschlußsicherung aufgebaut, die die Endstufen vor Zerstörung bei direkten Kurzschlüssen schützt. Als Dauer Kurzschlußsicherung ist diese Absicherung jedoch nicht geeignet, da der dann fließende Strom über dem im Dauerbetrieb zulässigen Maximum liegt.

Falls gewünscht, kann zusätzlich eine Spannungs- sowie eine Stromanzeige auf derselben Platine aufgebaut werden.

Die beiden je dreistelligen Digitalanzeigen werden mit den bekannten A/D-Wandlerbausteinen des Typs ICL 7107 aufgebaut, die einen analogen Spannungswert in einen Digitalwert umsetzen, der auf einem LED-Display abgelesen werden kann. Auf die detaillierte Beschreibung wollen wir an dieser Stelle verzichten.

Mit dem zweipoligen Kippschalter S 2 kann die Stromanzeige wahlweise zur Messung des Stromes in der Plus- oder Minus-Ausgangsleitung verwendet werden.

Zum Nachbau

Im Gegensatz zu den übrigen elektronisch stabilisierten Netzgeräten aus der ELV-Serie 7000 konnte beim DNT 7000 die gesamte Elektronik einschließlich der beiden digitalen Anzeigen, auf einer einzigen Leiterplatte untergebracht werden. Lediglich Netztransformator, Netzschalter, Einbausicherungshalter sowie die beiden Endstufenleistungstransistoren werden über flexible isolierte Leitungen angeschlossen.

Die beiden Leistungstransistoren werden zwecks ausreichender Kühlung an die Aluminiumrückplatte mit dahinter angeordneten Leistungskühlkörpern über Glimmerscheiben und Isoliernippel angeschraubt und dann mit der Basisplatine über flexible isolierte Leitungen verbunden.

Zu beachten ist, daß folgende Bauelemente auf der Leiterbahnseite anzulöten sind:

C 1, C 3, C 4, C 10, C 19, C 27, T 3, T 5.

Darauf zu achten ist, daß T 3 und T 5 auf einen U-Kühlkörper gesetzt werden. Zwischen Leiterplatte und Kühlkörper sind jeweils zwei Muttern einzufügen, wodurch ein entsprechender Abstand erzielt wird, damit die beiden Kühlkörper keine Leiterbahnen kurzschließen.

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

Der Transformator wird mit 4 Schrauben M 4 x 55 mm direkt mit der Gehäuseunterseite verschraubt. Die Lötschwerter zeigen hierbei in Richtung Gehäusedeckel. Anschließend sind die entsprechenden Verbindungspunkte zwischen Transformator und Leiterplatte sowie Transformator und Netzschalter herzustellen. Das 3adrige Netzkabel wird mit einer Ader direkt an den Netzschalter und mit der anderen Ader zunächst über einen Einbausicherungshalter geführt, um dann erst an den Netzschalter zu gelangen.

Der Schutzleiter des Netzkabels ist mit sämtlichen von außen berührbaren Metallteilen zu verbinden (Alu-Rückwand, Schrauben, Muttern, usw.).

Kalibrierung

Die Einstellung des Gerätes ist einfach durchführbar.

Zunächst werden sämtliche in dem Gerät vorhandenen Trimmer ungefähr in Mittelstellung gebracht. Die beiden Potis zur Spannungsgrob- und -feineinstellung dreht man an den rechten Anschlag (im Uhrzeigersinn).

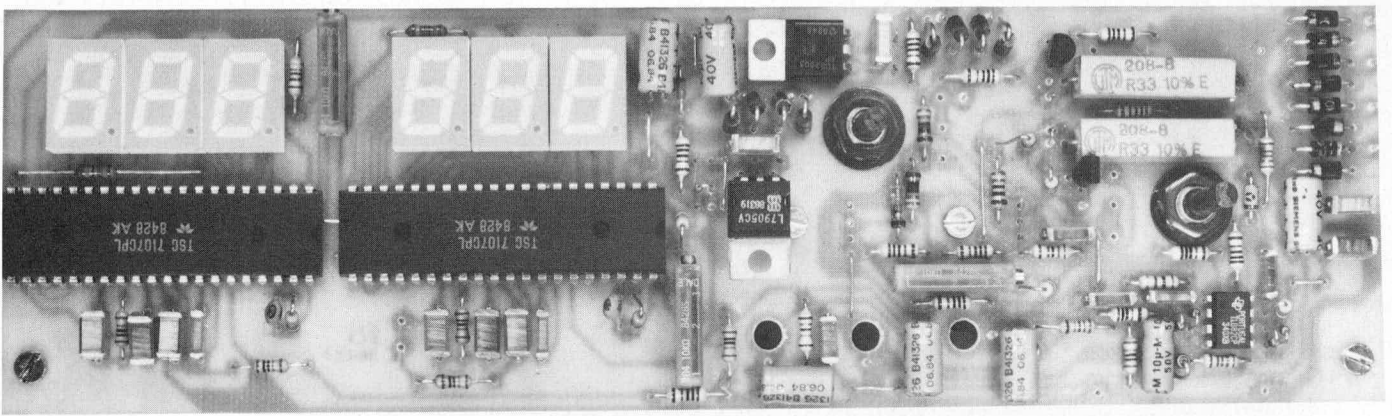
An die Ausgangsklemmen ist jetzt ein Vergleichsspannungsmeßgerät anzuschließen. Mit R 36 ist die Ausgangsspannung des Netzgerätes auf genau 25,0 V einzustellen. An welcher Seite der beiden symmetrischen Ausgangsspannungen das Vergleichsspannungsmeßgerät angeklemt ist, spielt hierbei keine Rolle, da beide Spannungen max. um 10 bis 20 mV voneinander abweichen dürfen.

Ist bereits das Digital-Voltmeter mit eingebaut, so kann mit Hilfe des entsprechenden Spindeltrimmers (R 9) die Anzeige ebenfalls auf 25,0 V gebracht werden. Damit ist die Kalibrierung des Spannungsteiles des DNT 7000 bereits beendet.

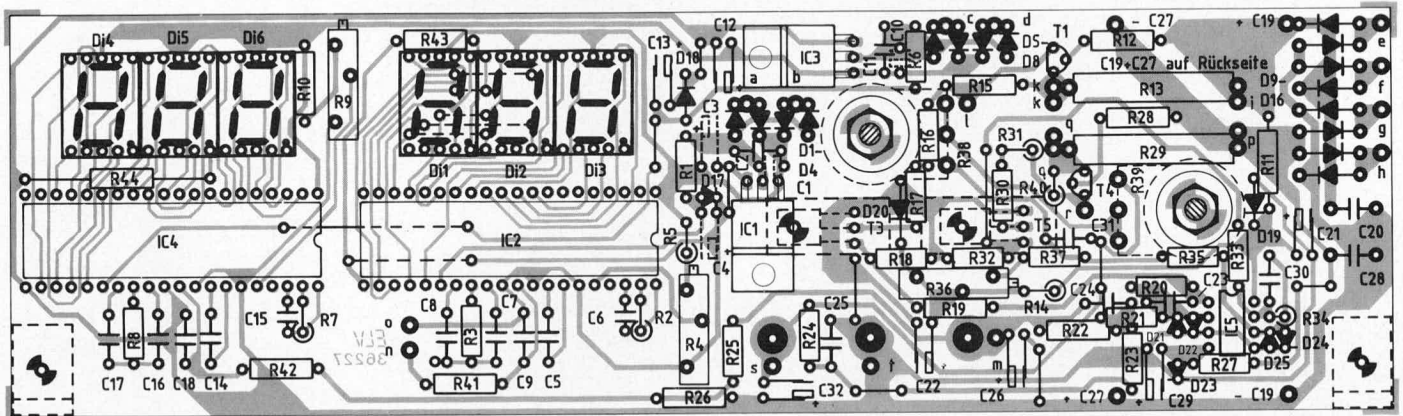
Eine Einstellung der Strombegrenzung braucht nicht vorgenommen zu werden, da diese nur im Kurzschlußfall einsetzt. Sofern der digitale Strommesser mit eingebaut wurde, ist dessen Kalibrierung wie folgt vorzunehmen:

An eine der beiden Ausgangsspannungen wird ein Belastungswiderstand (1 Ω bis 10 Ω/5 Watt) in Reihe mit einem externen Amperemeter angeschlossen. Die zuvor auf 0 gedrehten Spannungsregler werden so eingestellt, daß sich ein Strom zwischen 1,0 und 1,5 A einstellt. Mit dem Spindeltrimmer R 4 wird die digitale Stromanzeige des DNT 7000 in Übereinstimmung mit der Anzeige des externen Amperemeters gebracht. Zu beachten ist hierbei, daß diese Einstellung möglichst wenig Zeit in Anspruch nimmt, um weder das Netzteil (falls der Strom über 1,0 A beträgt) noch den angeschlossenen Belastungswiderstand zu überlasten.

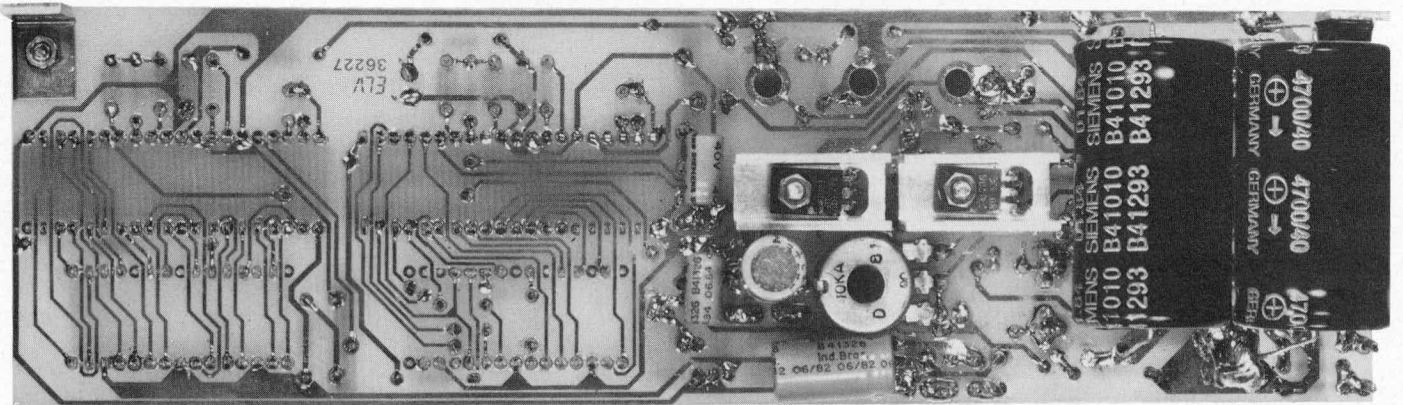
Damit ist der Abgleich des DNT 7000 bereits beendet.



Ansicht der fertig bestückten Platine des ELV-Doppelnetztes DNT 7000



Bestückungsseite der Platine des ELV-Doppelnetztes DNT 7000 (Originalgröße: 225 mm x 65 mm)



Rückansicht der fertig bestückten Platine (Leiterbahnseite) des ELV-Doppelnetztes DNT 7000

Stückliste
ELV-Doppelnetzteil DNT 7000

Halbleiter

IC1, IC3	uA 7905
IC2, IC4	ICL 7107
IC5	TL 082
T1	BC 337
T2	TIP 2955
T3	BD 137
T4	BC 327
T5	BD 138
T6	TIP 3055
D1-D16	1N4001
D17, D18	ZPD 2.7
D19, D23	ZPD 15
D20	1N821
D21, D22	1N4148
D24, D25	1N4148
Di1-Di6	DJ 700 A

Kondensatoren

C1, C10	470 µF/16 V
C2, C11	47 nF
C3, C12	10 µF/16 V
C4, C13	10 µF/16 V
C5, C14	100 nF

C6, C15	100 pF
C7, C16	100 nF
C8, C17	100 nF
C9, C18	100 nF
C19, C27	4700 µF/40 V
C20, C28	47 nF
C21, C29	10 µF/16 V
C22	10 µF/16 V
C23, C30	1 nF
C24, C31	10 nF
C25	47 nF
C26, C32	10 µF/40 V

Widerstände

R1, R6	1 kΩ
R2, R7	100 kΩ
R3, R8	470 kΩ
R4, R9	10 kΩ, Spindeltrimmer
R5, R10	10 kΩ
R11, R27	2.2 kΩ
R12, R28	1 kΩ
R13, R29	0.33 Ω/5 W, Hochlastwiderstand
R14	1 kΩ
R15, R40	1 kΩ
R16, R17, R30, R31	220 Ω
R18, R32	1 kΩ
R19, R33	1 kΩ
R20, R34	10 MΩ

R21, R35	10 kΩ
R22	220 kΩ
R23	100 kΩ
R24	120 kΩ
R25	10 kΩ
R26	150 Ω
R36	10 kΩ, Spindeltrimmer
R37	22 kΩ
R38	10 kΩ, Poti, lin. 4 mm Achse
R39	100 kΩ, Poti, lin. 4 mm Achse
R41	100 kΩ
R42	100 kΩ
R43, R44	680 Ω

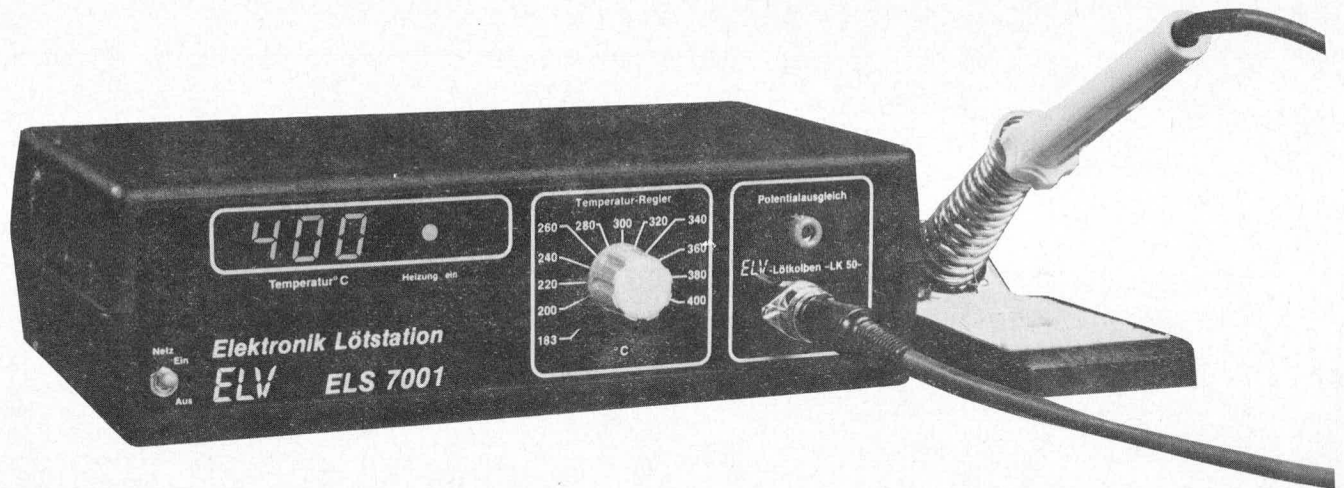
Sonstiges

Tr 1	prim.: 220 V/90 VA
	sek.: 2 x 28 V/1.5 A
	2 x 8 V/0.2 A
1	Sicherung 0.63 A
1	Einbausicherungshalter
2	U-Kühlkörper SK 12
2	Kühlkörper SK 88
2	Kippschalter 2 x um
3	Polklemmen (blau, schwarz, rot)
4	Schrauben M 3 x 6 mm
8	Schrauben M 3 x 16 mm
4	Schrauben M 4 x 55 mm
16	Muttern M 3
12	Muttern M 4
2	Lötflächen 6.2 mm
1	Lötfläche 4.2 mm
1	Lötfläche 3.2 mm
2	Befestigungswinkel
2	Isolierrippel
2	Glimmerscheiben TO 3 P
200	cm flexible Leitung
20	cm Silberdraht
28	Lötstifte

Zusätzlich in dieser Ausgabe:

Elektronik-Lötstation ELS 7001

Aufbau vollkommen ohne Abgleich



Professionelle Technik, großer Temperaturbereich, hohe Leistungsreserven sowie digitale Temperaturanzeige zeichnen diese neue, im ELV-Labor entwickelte Elektronik-Lötstation aus, die die Nachfolge der beliebten ELS 7000 antritt.

Besonders hervorzuheben ist die inzwischen mit großem Erfolg erprobte Schaltungstechnik, die einen Abgleich sowohl der Temperatureinstellung als auch der digitalen Temperaturanzeige vollkommen entbehrlich macht. Der Nachbau dieser leistungsfähigen Elektronik-Lötstation ist daher besonders einfach nach dem Motto durchführbar: aufbauen — einschalten — löten.

Allgemeines

Erstmals in der inzwischen weit verbreiteten Mini-Lötstation aus der Serie ELV micro-line angewendet, wurde vom ELV-Ingenieurteam eine Schaltungstechnik entwickelt, die einen Abgleich von Elektronik-Lötstationen mit Thermo-Fühlerelement vollkommen entbehrlich macht. Inzwischen wurde diese Technik darüber hinaus bei der ELV-Elektronik Entlötstation EES 7000 erfolgreich eingesetzt.

In der hier vorgestellten Elektronik-Lötstation ELS 7001 kommt diese neue Technik auch zur Anwendung. Der Nachbau kann ohne komplizierten Abgleich einfach durchgeführt werden.

Obwohl die Schaltung von ihren professionellen Leistungen her gesehen den höchsten Anforderungen der engagierten Elektroniker gerecht wird, so ist sie vom Nachbau aus betrachtet auch für den Newcomer geeignet, zumal auch dieser Leserkreis hinsichtlich der Qualität der Lötungen keine Kompromisse eingehen wird.

Als Lötkolben kommt auch hier wieder der inzwischen 1000fach bewährte ELV LK 50 zum Einsatz. Eine präzise Temperaturführung über ein hochwertiges Thermo-Fühler-element in Verbindung mit einem hochwertigen Heizkörper bei schlankem und leichtem Aufbau, haben ihn innerhalb von kur-

zer Zeit zu einem begehrten Lötwerkzeug gemacht.

Für die digitale Temperaturanzeige über ein dreistelliges LED-Display, ist ebenfalls kein Abgleich erforderlich. Dieser Schaltungsteil kann wahlweise gleich oder zu einem späteren Zeitpunkt aufgebaut werden. Die Platine ist von vornherein auch für diesen Schaltungsteil ausgelegt.

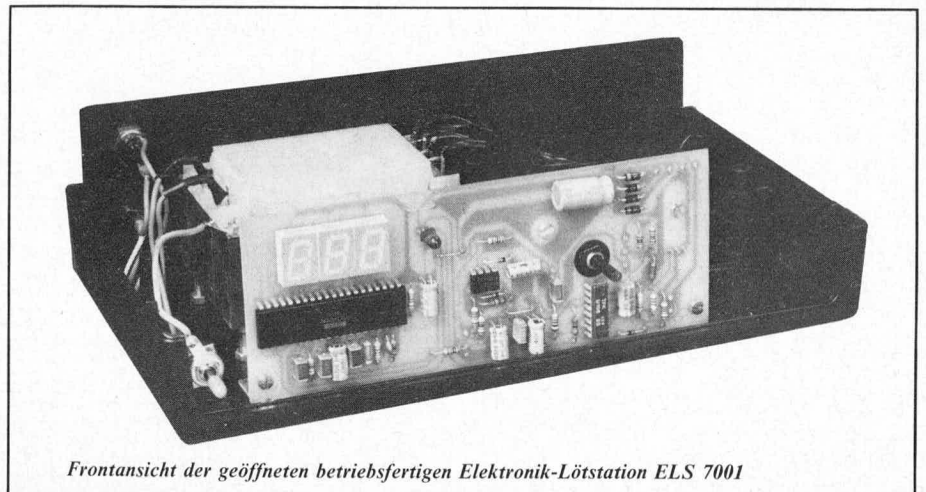
Zur Schaltung

Die Versorgung der Schaltung erfolgt über 2 galvanisch voneinander getrennten Se-

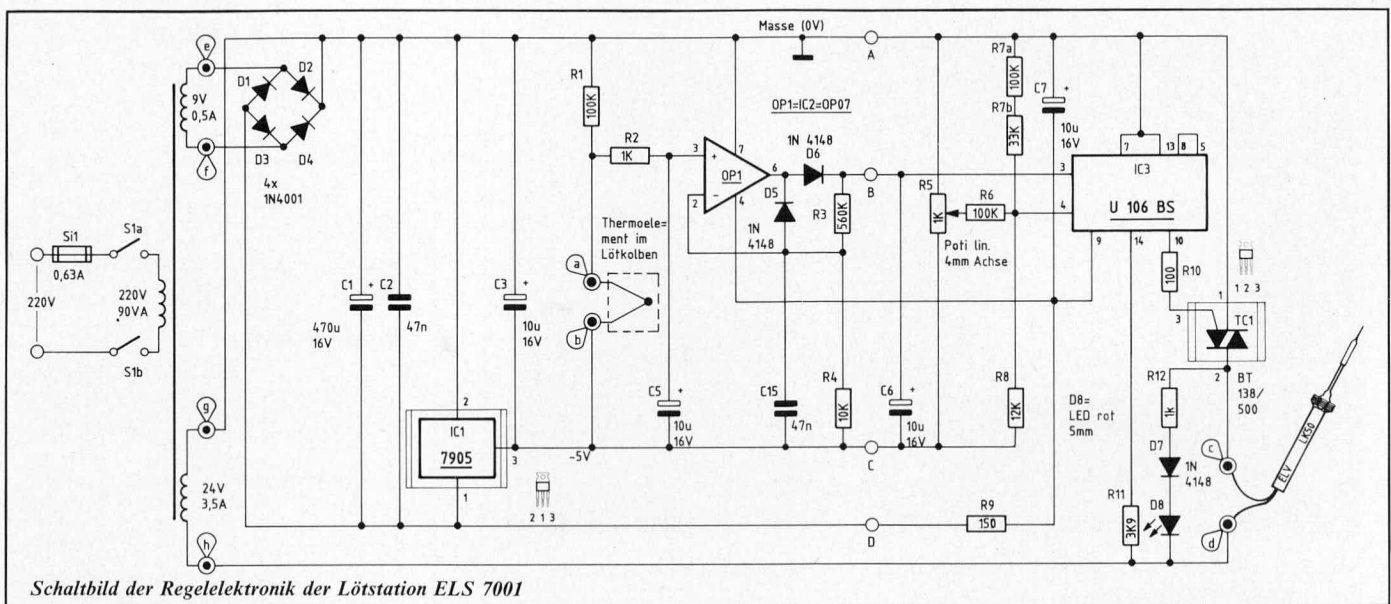
kundärwicklungen, die auf einem Transformator aufgebracht sind.

Eine 24 V-Leistungswicklung mit einem max. entnehmbaren Strom von 3,5 A dient zur Versorgung der Heizwicklung des Löt-kolbens. Gleichzeitig wird hieraus über R 11 ein Referenzsignal zur Nullspannungserkennung für die Vollwellensteuerung des IC 3 hergeleitet.

Die Versorgung der Elektronik erfolgt über eine zweite Sekundärwicklung mit einer



Frontansicht der geöffneten betriebsfertigen Elektronik-Lötstation ELS 7001



Schaltbild der Regelelektronik der Lötstation ELS 7001

Spannung von 9 V und einer Strombelastbarkeit von 0,4 A. Die mit D1 bis D4 brückengleichgerichtete Spannung gelangt auf den Pufferkondensator C1, um von dort zur Versorgung des Festspannungsreglers IC1 sowie über R9 zur Versorgung des IC3 zu dienen.

Am Ausgang des IC1 steht eine stabilisierte 5 V-Spannung zur Verfügung, die gegenüber der Schaltungsmasse negativ gerichtet ist. Als Besonderheit ist in der vorliegenden Schaltung erwähnenswert, daß der Bezugspunkt (Schaltungsmasse) die Plusseite der Versorgungsspannung ist (höchster positiver Spannungspegel).

Kommen wir nun zur Funktionsbeschreibung der eigentlichen Regelelektronik:

Vorn in der Lötkolbenspitze ist ein Thermoelement integriert, das eine Spannung von ca. 40 µV pro K abgibt. Der genaue Spannungs/Temperaturverlauf dieses Thermoelements, das der Regelelektronik als Eingangsinformation zur Temperaturüberwachung und Konstanzhaltung dient, ist noch von verschiedenen anderen Randbedingungen abhängig, wie z. B. Temperaturabfall zwischen Thermoelement und Lötkolbenspitze usw., auf die wir an dieser Stelle jedoch nicht näher eingehen wollen. Nur soviel sei gesagt: die genaue Schaltungsdimensionierung ist anhand von umfangreichen Berechnungen und Untersuchungen im praktischen Betrieb erfolgt, so daß sich eine genaue Temperatureinstellung, Regelung und Anzeige ergibt.

Der Anschluß des Thermoelements an die Schaltung erfolgt an den Punkten „a“ und „b“.

Über den Widerstand R2 gelangt die vom Thermoelement abgegebene und zur Temperatur proportionale Spannung auf den nicht invertierenden (+) Eingang des OP1 (Pin 3), der als Spitzenwertgleichrichter mit einer Verstärkung von 35 dB (57fach) geschaltet ist. Für die Gleichrichtung sorgt die Diode D6 in Verbindung mit dem Kondensator C6, während die Verstärkung von den Widerständen R3 und R4 festgelegt wird. D5 dient im Falle einer negativen Halbwelle zur Amplitudengren-

zung des OP1. Der Kondensator C5 filtert am Eingang von OP1 Störspitzen heraus.

Durch die Spitzenwertgleichrichtung erreicht die Schaltung eine hohe Störsicherheit. Brummeinstreuungen und andere Störeinflüsse werden wirksam unterdrückt, falls der Lötkolben starken Fremdfeldern ausgesetzt wird (z. B. große Transformatoren usw.).

Die an C6 anliegende entsprechend verstärkte Thermoelement-Spannung, wird auf den invertierenden (-) Eingang des im IC3 des Typs U106 BS integrierten Operationsverstärkers geführt. Der nicht invertierende (+) Eingang dieses Verstärkers (Pin 4 von IC3) liegt auf einer mit R5 zwischen 370 mV und 870 mV einstellbaren Spannung (gemessen über R8) Dies entspricht einer Spitzentemperatur des Lötkolbens von 183° C bis 400° C.

Die beiden Differenzeingänge des IC3 (Pin 3 und Pin 4) verglichen nun die mit R5 an Pin 4 voreingestellte Spannung mit der vom Thermoelement kommenden und mit OP1 verstärkten Spannung. Am Ausgang des IC3 (Pin 10) erscheinen immer dann Zündimpulse für den Triac Tc1, wenn

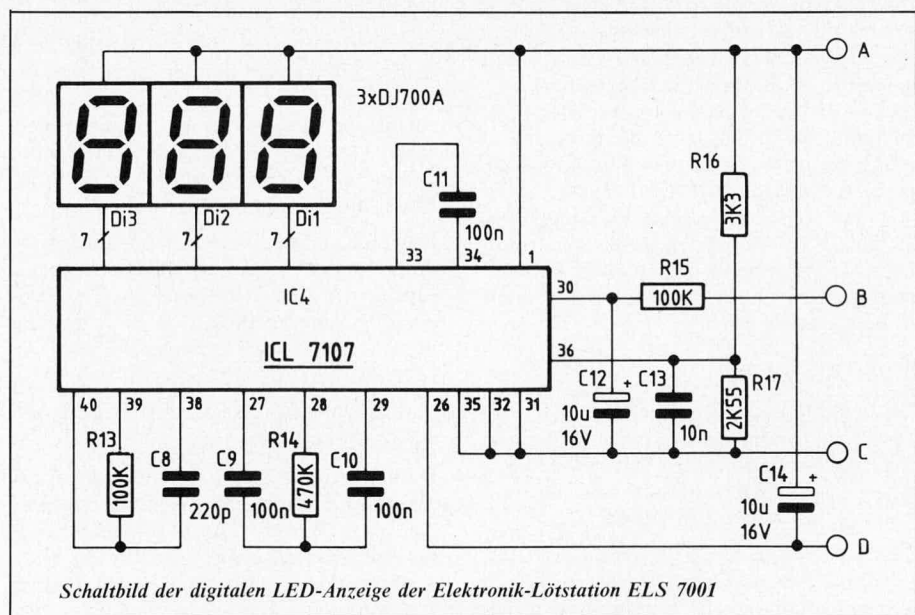
die Temperatur des Lötkolbens den mit R5 an Pin 4 des IC3 eingestellten Wert noch nicht erreicht hat. Hingegen bleiben die Impulse aus, sobald die Temperatur entsprechend hoch ist. Da die Spannung am Thermoelement direkt proportional der Temperatur des Lötkolbens ist, kann mit Hilfe der vorstehend beschriebenen Regelung die Temperatur sehr genau konstant gehalten werden.

Die Temperaturanzeige

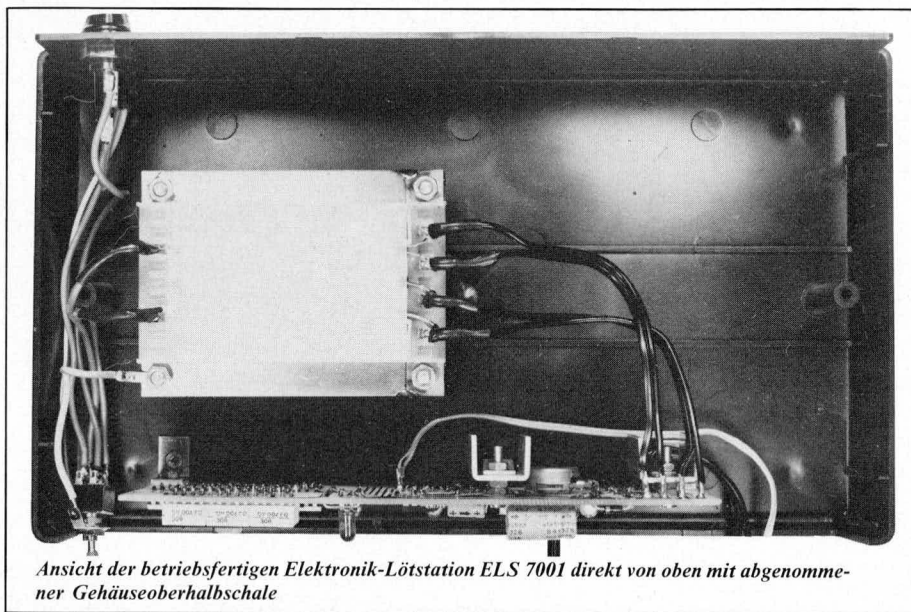
Hierzu wird der bereits häufig eingesetzte und beschriebene A/D-Wandlerbaustein des Typs ICL7107 herangezogen.

Die vom Thermofühler im Lötkolben abgegebene und mit OP1 verstärkte Spannung, die der Temperatur direkt proportional ist, gelangt auf die Anschlußbeinen Pin 30 und Pin 31 des IC4.

Durch einen mehr oder weniger umfangreichen Funktionsablauf, auf dessen Beschreibung wir hier verzichten wollen, werden die einzelnen Segmente der LED-Anzeige so angesteuert, daß der auf der dreistelligen digitalen Anzeige erscheinende Wert der Eingangsspannung (Pin 30 und



Schaltbild der digitalen LED-Anzeige der Elektronik-Lötstation ELS 7001



Ansicht der betriebsfertigen Elektronik-Lötstation ELS 7001 direkt von oben mit abgenommener Gehäuseoberhalbschale

31) proportional ist, die wiederum ein direktes Maß für die Temperatur des Lötkolbens darstellt.

In unserem Fall ist der Umsetzfaktor so festgelegt, daß sich in Kombination mit der Thermospannung von ca. $40 \mu\text{V}$ pro K eine direkte Anzeige in $^{\circ}\text{C}$ ergibt. Dies bedeutet für unseren Fall, daß die zwischen den Anschlußbeinchen 35 und 36 anliegende Referenzspannung einen Wert von 2,14 V aufweisen muß, wobei die Widerstände R 16 und R 17 die entsprechend erforderliche Spannungsteilung vornehmen. Auf eine Kalibrierung kann daher verzichtet werden.

Durch geeignete schaltungstechnische Maßnahmen konnte erreicht werden, daß trotz der allen Bauteilen anhaftende Fehler sich im statistischen Mittel so auswirkt, daß sowohl die Regelelektronik als auch die digitale Anzeige eine Abweichung von nur wenigen $^{\circ}\text{C}$ aufweist. Dies ist in bezug auf die Elektronik-Lötstation eine Präzision, wie sie durch einen manuellen Abgleich nur sehr schwer zu realisieren ist, zumal auch dann mit Bauteilalterung und -schwankung gerechnet werden muß.

Zu beachten ist allerdings in diesem Zusammenhang, daß es sehr wesentlich ist, nur ausgesuchte Bauelemente erster Wahl einzusetzen. Besonderes Augenmerk ist hierbei auf den Festspannungsregler IC 1 zu legen. Seine Ausgangsspannung sollte möglichst im Bereich von 4,9 bis 5,1 V liegen, um die gewünschte Genauigkeit zu erreichen. Keinesfalls darf die Spannung kleiner als 4,8 V oder größer als 5,2 V sein. Diese Werte werden jedoch von den führenden Halbleiterherstellern im allgemeinen zuverlässig erreicht.

Zum Nachbau

Die gesamte Elektronik wird auf einer einzigen Leiterplatte untergebracht. Lediglich Netztransformator, Netzschalter sowie Einbausicherungshalter werden über flexible isolierte Leitungen verdrahtet.

Die Bestückung der Leiterplatte kann in gewohnter Weise anhand des Bestückungsplanes vorgenommen werden. Zunächst

sind die passiven und dann die aktiven Bauelemente auf die Platine zu setzen und zu verlöten. Der Anschluß des Lötkolbens an die Elektronik-Lötstation ELS 7001 erfolgt über eine vierpolige Diodenbuchse, in die der entsprechende Stecker des Lötkolbens paßt.

Auf der Rückseite der Diodenbuchse sind die Zahlen von 1 bis 4 aufgeprägt, die wie folgt mit der Platine zu verbinden sind:

Diodenbuchse Pin 1: Platine „c“
 Diodenbuchse Pin 2: Platine „b“
 Diodenbuchse Pin 3: Platine „a“
 Diodenbuchse Pin 4: Platine „d“

An die Abschirmung kann über einen $100 \text{ k}\Omega$ Widerstand die Potentialausgangsbuchse angeschlossen werden. Beim Anschluß des Lötkolbens an den entsprechenden Diodenstecker ist allerdings darauf zu achten, daß die gelb/grüne Leitung, die mit der Lötspitze verbunden ist, auch an die Steckerabschirmung zu legen ist. Hierdurch wird eine Verbindung zwischen Lötstation und der Schaltung, an der gelötet wird, ermöglicht. Statische Aufladungen, die besonders bei CMOS-Schaltkreisen schädlich sein können, werden dadurch abgebaut.

Der Transformator wird mit 4 Schrauben M 4 x 55 mm direkt mit der Gehäuseunterschale verschraubt. Anschließend sind die entsprechenden Verbindungspunkte zwischen Transformator und Leiterplatte sowie Transformator, Netzschalter und Einbausicherungshalter herzustellen.

Das 3adrige Netzkabel wird mit einer Ader direkt an den Netzschalter und mit der anderen Ader zunächst über einen Einbausicherungshalter geführt, um dann erst an den Netzschalter zu gelangen.

Der Schutzleiter des Netzkabels ist mit sämtlichen von außen berührbaren Metallteilen zu verbinden.

Da keinerlei Einstellarbeiten an der Elektronik-Lötstation vorgenommen zu werden brauchen, ist damit der Nachbau bereits beendet und das Gerät kann nach nochmaliger sorgfältiger Kontrolle seiner Bestimmung übergeben werden.

Stückliste ELS 7001

Halbleiter

IC	uA 7905
IC2	OP 07
IC3	U 106 BS
TC1	BT 138/500
D1-D4	1N4001
D5-D7	1N4148
D8	LED, rot, 5 mm

Kondensatoren

C1	470 $\mu\text{F}/16\text{V}$
C2, C15	47 nF
C3, C5, C6, C7	10 $\mu\text{F}/16\text{V}$

Widerstände

R1	100 k Ω
R2	1 k Ω
R3	560 k Ω
R4	10 k Ω
R5	1 k Ω , Poti, lin, 4 mm Achse
R6	100 k Ω
R7a	100 k Ω
R7b	33 k Ω
R8	12 k Ω
R9	150 k Ω
R10	100 Ω
R11	3,9 k Ω
R12	1 k Ω

Sonstiges

1 Trafo	prim.: 220 V 90 VA, sek.: 24 V 3,5 A/9 V 0,5 A
1 Einbausicherungshalter	
1 Sicherung 0,63 A	
1 Kippschalter 2 x um	
2 U-Kühlkörper SK 13	
2 Alu-Befestigungswinkel	
2 Schrauben M3 x 16 mm	
4 Schrauben M3 x 6mm	
4 Schrauben M4 x 55 mm	
12 Muttern M4	
10 Muttern M3	
1 Lötflanne 6,2 mm	
1 Lötflanne 4,2 mm	
6 Lötstifte	
10 cm Silberdraht	
100 cm flexible Leitung	
1 Elektronik-Lötkolben 50	

Temperaturanzeige für ELS 7001

Halbleiter

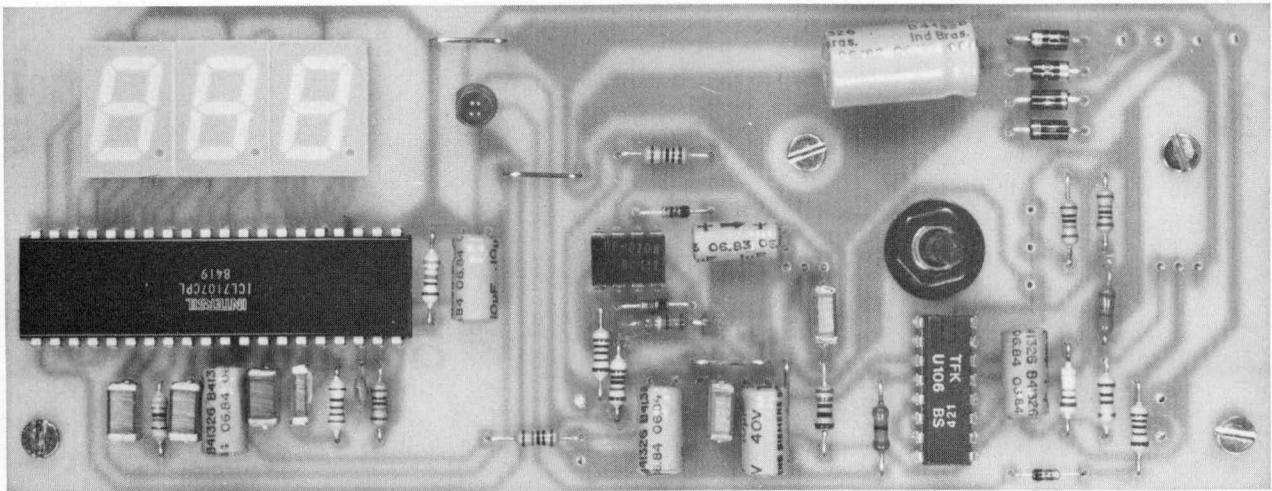
IC 4	ICL 7107
Di1-Di3	DJ 700 A

Kondensatoren

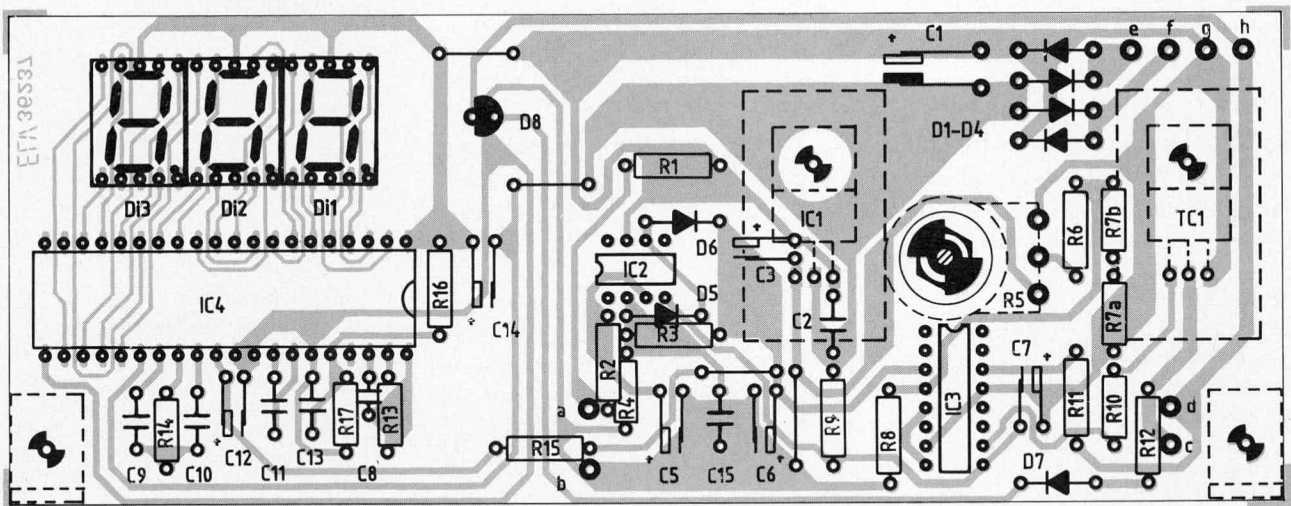
C8	220 pF
C9, C10, C11	100 nF
C12, C14	10 $\mu\text{F}/16\text{V}$
C13	10 nF

Widerstände

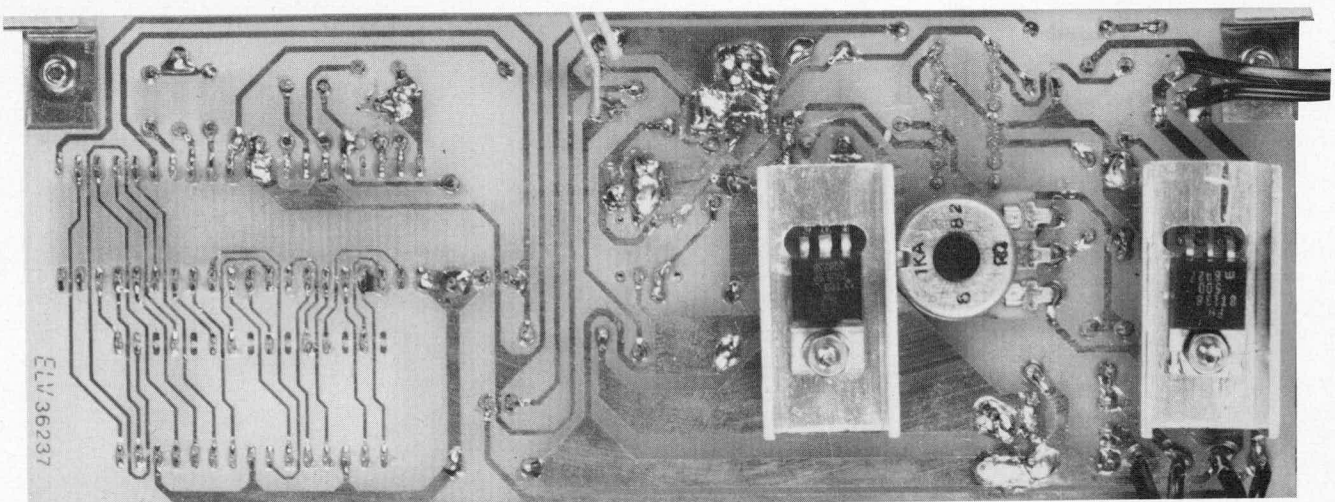
R13, R15	100 k Ω
R14	470 k Ω
R16	3,3 k Ω
R 17	2,55 k Ω



Ansicht der fertig bestückten Platine der Elektronik-Lötstation ELS 7001

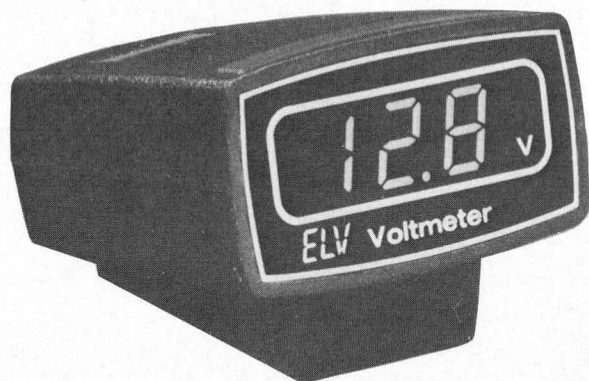
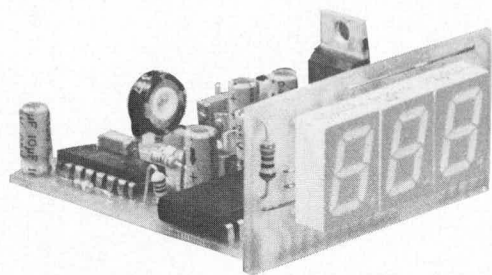


Bestückungsseite der Platine der Elektronik-Lötstation ELS 7001



Rückansicht der fertig bestückten Platine (Leiterbahnseite) der Elektronik-Lötstation ELS 7001

Serie Kfz-Elektronik: Kfz-Digital-Voltmeter



Mit einem Meßbereichsumfang von 8 V bis 15 V bei einer Auflösung von 0,1 V, eignet sich dieses Kfz-Voltmeter speziell für den Einsatz in 12 V-Bordnetzen. Der Anschluß erfolgt lediglich über eine 2adrige flexible Zuleitung.

Allgemeines

Ursprünglich auch für 6 V und 24 V Kfz-Bordnetze geplant, haben wir die Schaltung in der vorliegenden Form speziell auf die am weitesten verbreiteten 12 V-Bordnetzen zugeschnitten. So ist mit geringem Bauteilaufwand eine präzise Messung der Kfz-Bordnetzen im Bereich von 8 V bis 15 V möglich. Kurzzeitig ist auch die Anzeige bis zu 20 V möglich.

Die Auflösung der dreistelligen Digital-Anzeige beträgt 0,1 V und ist damit optimal auf die Erfordernisse im Kfz-Bordnetz angepaßt. Noch höhere Auflösungen bieten keinen sinnvollen Informationsgehalt, sondern mindern die Übersichtlichkeit. In der vorliegenden Version ergibt sich eine ruhige und kontinuierliche Anzeige der Kfz-Bordnetzen mit einer Genauigkeit von besser als 1%. Für den praktischen Gebrauch liegt dies im allgemeinen deutlich über den tatsächlichen Erfordernissen.

Daß die Anzeige von Bordspannung und Lade-/Entladestrom des Kfz-Akkus sinnvoll und nützlich ist, wurde in dem Artikel „Kfz-Digital-Amperemeter“ näher erläutert, so daß wie an dieser Stelle darauf nicht weiter eingehen wollen. Grundsätzlich kann man sicherlich sagen, daß die Überwachung von wesentlichen Meßwerten sowohl im Kfz- als auch in anderen Bereichen zur Erhöhung der Betriebssicherheit dient. Dies ist nicht zu verwechseln mit einer Anhäufung von unwichtigen oder gar sinnlosen Meßwerten, die einer Übersichtlichkeit eher abträglich sind.

Zur Schaltung

Angeschlossen wird das Gerät lediglich über eine zweiadrige Leitung. Damit keine unnötigen Spannungsabfälle hieraus entstehen, empfiehlt es sich, einen Zuleitungsquerschnitt von mind. 0,4 mm² vorzusehen. Bis zu 5 m Leitungslänge ist der Meßfehler dann praktisch vernachlässigbar.

Die Kfz-Bordnetzen werden zunächst über L1/C1 gefiltert, um anschließend über D1/C2 entkoppelt zu werden. Gleichfalls bietet D1 einen wirksamen Schutz vor Verpolung.

Mit dem Festspannungsregler IC1 wird die Spannung dann auf 5 V stabilisiert und dient zur Versorgung des zentralen Bausteins dieser Schaltung: des Analog-Digital-Wandlers des Typs ICL 7107 (IC2).

Eine zwischen den Eingängen Pin 30 und Pin 31 des IC2 anliegende Gleichspannung wird in einen proportionalen digitalen Wert umgewandelt, der im vorliegenden Fall auf einer dreistelligen LED-Anzeige abgelesen werden kann.

Mit Hilfe des Spannungsteilers R1/R2 wird die Kfz-Bordnetzen auf $\frac{1}{11}$ ihres Wertes heruntergeteilt und über die Filterkombination C7, R7, C8 auf den positiven Eingang des IC2 gegeben.

Die Referenzspannung wird dem IC2 an Pin 36 über den Spannungsteiler R5/R6 zugeführt, wobei eine Feineinstellung mit dem Trimmer R3 über den Vorwiderstand R4 erfolgen kann.

Damit der Wandlerbaustein des Typs ICL 7107 eine auf Masse bezogene Eingangsspannung verarbeiten kann, ist es erforderlich, eine separate negative Versorgungsspannung an Pin 26 (IC2) zur Verfügung zu stellen. Diese wird mit Hilfe des IC3 in Verbindung mit C13, C14 sowie D2 und D3 aus der positiven 5 V-Versorgungsspannung erzeugt.

Kalibrierung

Zur Kalibrierung wird an die Punkte „a“ und „b“ eine bekannte Spannung von ca. 10 V angelegt und mit R3 die Anzeige auf diesen Wert eingestellt.

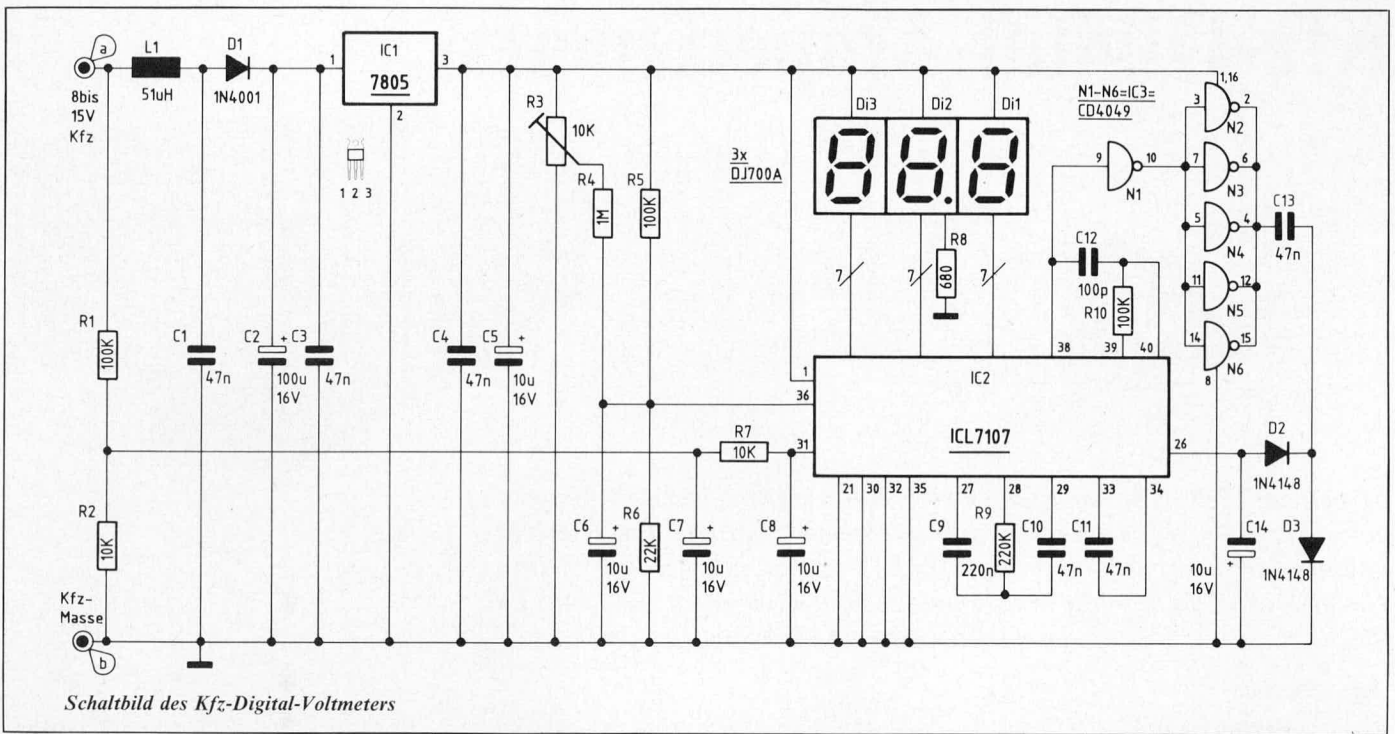
Die Kalibrierung ist damit bereits beendet.

Anzumerken ist noch, daß der Anschluß der Punkte „a“ und „b“ an einer Stelle im Kfz-Bordnetz erfolgen sollte, die relevant für den tatsächlich vorhandenen Spannungspegel ist. Eine möglichst direkte Zuleitung zum Kfz-Akku ist hierfür z. B. gut geeignet. Der Anschluß sollte trotzdem immer hinter einer Sicherung erfolgen, da keine Ströme ohne Zwischenschaltung einer Sicherung im Kfz-Bordnetz fließen sollten.

Zum Nachbau

Der Aufbau dieser kleinen und interessanten Schaltung gestaltet sich weitgehend problemlos.

Zunächst sind die passiven und dann die aktiven Bauelemente einzulöten. Das IC2 ist zweckmäßigerweise als letztes einzulöten und vorsichtig festzulöten.



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 Basisplatine hervorsteht. Wichtig ist hierbei, daß keine Lötzinnbrücken zwischen den einzelnen Verbindungsleitungen auftreten.

Bei selberstellten Leiterplatten ist zudem darauf zu achten, daß an den Platinenrändern keine Kupferreste stehen bleiben, die sich dort leicht als sehr feine Haar-Verbindungen ausbilden und den einwandfreien Betrieb des Gerätes später stören können.

Beim Aufbau und der Inbetriebnahme dieser interessanten und nützlichen Schaltung wünschen wir unseren Lesern viel Erfolg.

Stückliste Kfz-Digital-Voltmeter

Halbleiter

- IC1 uA 7805
- IC2 ICL 7107
- IC3 CD 4049
- D1 1N4001
- D2, D3 1N4148
- Di1-Di3 DJ 700 A

Kondensatoren

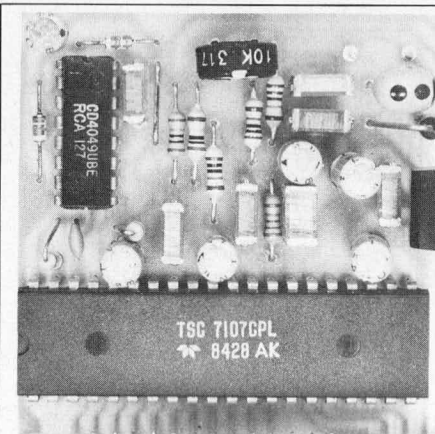
- C1, C3, C4, C10, C11, C13 47 nF
- C2 100 µF/16 V
- C5-C8, C14 10 µF/16 V
- C9 220 nF
- C12 100 pF

Widerstände

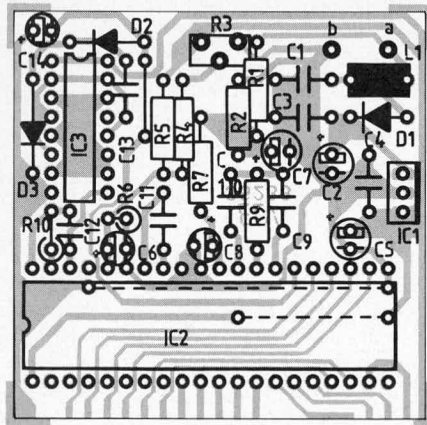
- R1, R5, R10 100 kΩ
- R2, R7 10 kΩ
- R3 10 kΩ, Trimmer stehend
- R4 1 MΩ
- R6, R9 220 kΩ
- R8 680 Ω

Sonstiges

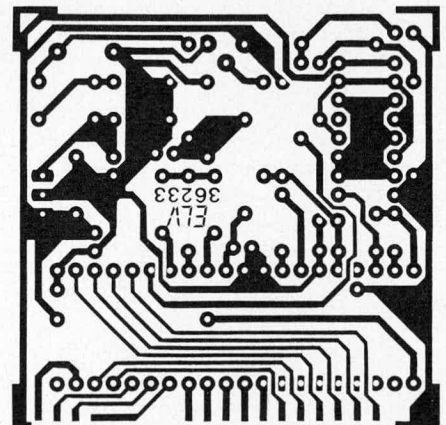
- L 1 Drossel 51 µH
- 2 Lötstifte
- 20 cm Silberdraht
- 3 m Kabel 2 x 0,4 mm²



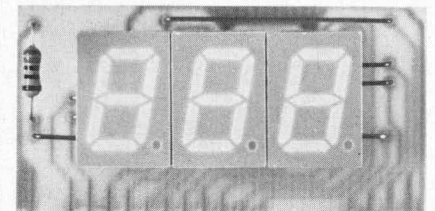
Ansicht der fertig bestückten Basisplatine des Kfz-Digital-Voltmeters



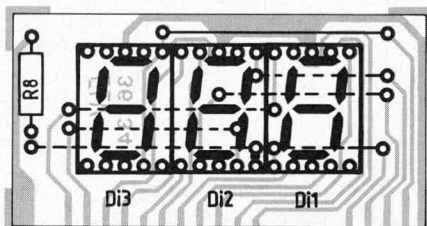
Bestückungsseite der Basisplatine



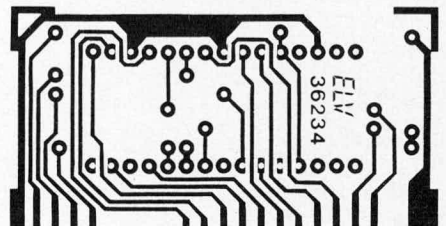
Leiterbahnseite der Basisplatine



Ansicht der fertig bestückten Anzeigenplatine des Kfz-Digital-Voltmeters

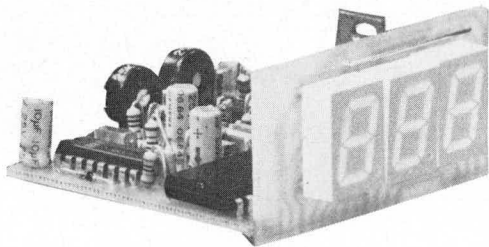


Bestückungsseite der Anzeigenplatine



Leiterbahnseite der Anzeigenplatine

Kfz-Digital-Amperemeter



Mit einem Meßbereichsumfang von ± 200 A stellt dieser Strommesser eine wertvolle Ergänzung der Instrumentierung im Kfz dar. Hinsichtlich der Meßwertaufnahme wurde im ELV-Labor eine besonders einfache, jedoch wirkungsvolle und genaue Möglichkeit entwickelt. Das Ergebnis wird digital auf einem 3stelligen LED-Display angezeigt.

Allgemeines

Strommessungen im Auto sind besonders sinnvoll. Hierbei interessiert weniger der absolute Stromverbrauch, als vielmehr der dem Kfz-Akku entnommene Strom bzw. der Ladestrom. Besonders im Winter kann man hierdurch rechtzeitig erkennen, wenn die Lichtmaschine eine nicht ausreichende Leistung zum Laden der Batterie bereitstellt, weil ohnehin bereits mehrere größere Verbraucher eingeschaltet sind (z. B. Fahrlicht, Heckscheibenheizung, Scheibenwischer, Nebelscheinwerfer). Darüber hinaus wird auch ein Defekt von Lichtmaschine oder Akku schnell erkannt, insbesondere dann, wenn außerdem ein möglichst genaues Voltmeter gleichzeitig zur Verfügung steht.

Bei geringem Ladestrom und zu hoher Bordspannung ist auf einen Defekt des Akkus zu schließen (Innenwiderstand ist stark angestiegen), während ein extrem hoher Ladestrom in Verbindung mit einer hohen Bordspannung, einen Defekt des Reglers erkennen läßt (volle Ladeleistung, ohne Berücksichtigung der Bordspannung). Ein großer Ladestrom bei einer mittleren bis geringen Bordspannung (11 V bis 12 V) deutet auf einen weitgehend entladenen Akku hin, der ggf. dann über ein Netzladegerät zusätzlich über Nacht aufgeladen werden sollte, damit man nicht eines Morgens das Fahrzeug vergeblich zu starten versucht. Besonders im Winter, wenn viele Kurzstreckenfahrten in der Dunkelheit bei eingeschaltetem Fahrlicht vorgenommen werden, ist eine Überwachung des Kfz-Akkus nützlich.

Darüber hinaus können mit einem Kfz-Amperemeter Veränderungen im „Stromhaushalt“ des Kfz-Bordnetzes leicht erkannt werden, so daß frühzeitig evtl. aufgetretene Mängel behoben werden können.

Ein Amperemeter mit digitaler Anzeige und hoher Auflösung ist besonders im Kfz-Bereich einem analog anzeigenden Meßwerk deutlich überlegen, da ein großer Strommeßbereich überstrichen wird. So ist es durchaus nicht unmöglich, wenn Ströme

von mehr als 50 Ampere in den Akku hineinfließen oder auch diesem entnommen werden. Beim Starten des Fahrzeuges können sogar mehrere 100 Ampere fließen. Andererseits ist es ebenso von Interesse, kleinere Ströme ab 1 A zu registrieren, da eine kontinuierliche Entladung mit z. B. 2 A einen Akku mittlerer Kapazität innerhalb von 24 Stunden vollkommen entleert. Bei einem analog anzeigenden Amperemeter mit einem Vollausschlag von z. B. ± 30 A, führt ein Strom von 1 bis 2 A zu einem kaum ablesbaren Ausschlag. Bei dem hier vorgestellten digitalen Amperemeter hingegen werden Ströme ab 1 A eindeutig registriert und das bei einem Meßbereichsendwert von ± 200 A (!) mit zusätzlichem extremen Überlastschutz. Eine Zerstörung durch zu hohe Ströme ist praktisch ausgeschlossen.

Als Besonderheit ist in diesem Zusammenhang erwähnenswert, daß kein separater „Shunt“ in die Akku-Zuleitung eingefügt zu werden braucht, da durch die neue Schaltungstechnik der Spannungsabfall auf dem Masseband (vom Minuspol des Akkus zum Fahrzeugchassis) ausreicht, um eine „saubere“ und ruhige Anzeige zu erzielen.

Die Experten unter unseren Lesern werden jetzt sicherlich sagen, daß der Temperaturkoeffizient des aus Kupfer bestehenden Massebandes verhältnismäßig groß ist, so daß im Zusammenhang mit den hohen Temperaturschwankungen im Motorraum die Genauigkeitsanzeige eingeschränkt ist. In der Tat würde sich bei einer Temperaturänderung von -20°C auf $+80^\circ\text{C}$ ein Meßfehler von ca. 40% (!) ergeben. Die Strommessung in Form eines Spannungsabfalles am Masseband wäre praktisch sinnlos.

Hier kommt nun die Besonderheit der vorliegenden im ELV-Labor entwickelten Schaltung zum Tragen:

Über einen hochwertigen Temperatursensor wird die tatsächliche Temperatur des Massebandes abgefragt. In Verbindung mit einer exakten Schaltungsauslegung und

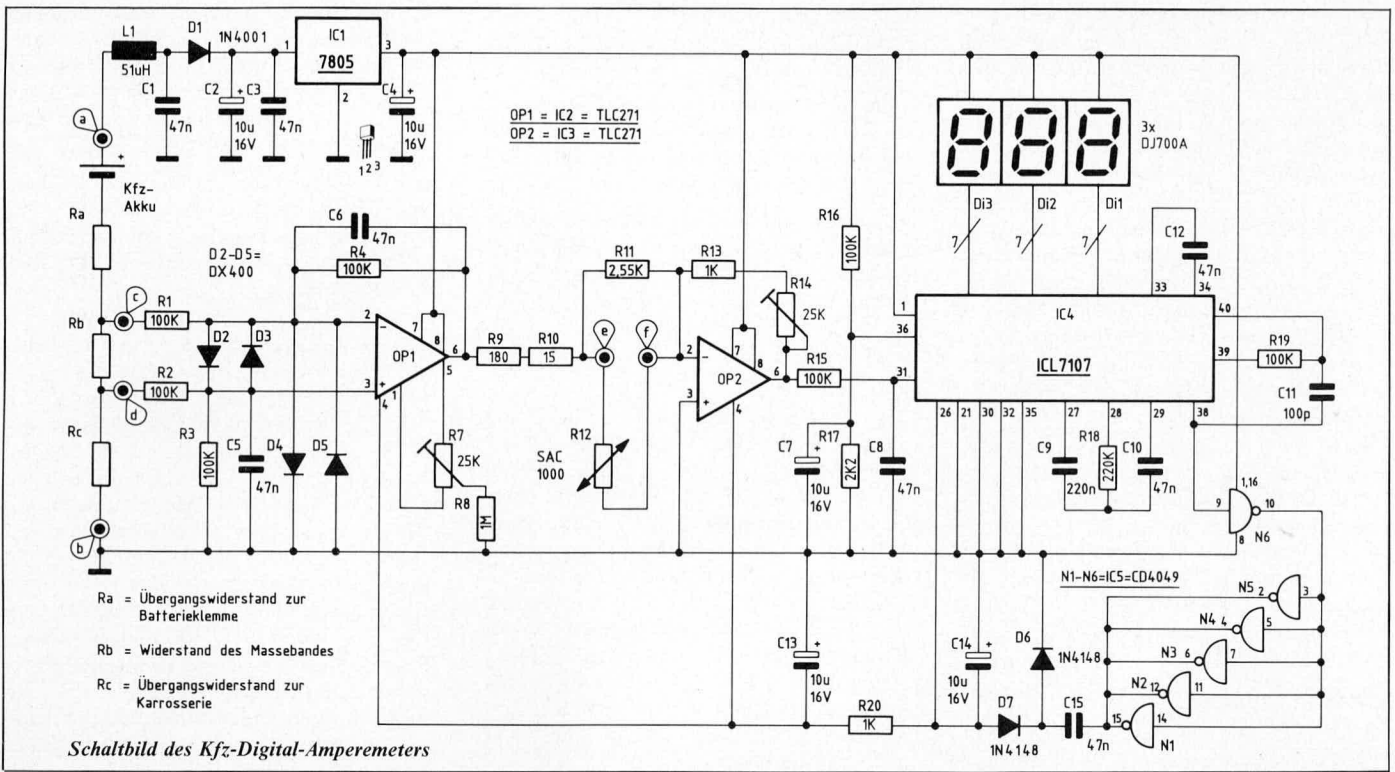
Dimensionierung konnte erreicht werden, daß der Temperaturgang des als „Shunt“ verwendeten Massebandes sehr genau kompensiert wurde. Der rein rechnerisch ermittelte Anzeigenfehler liegt unter Berücksichtigung aller vorkommenden Bauteiltoleranzen im Bereich von 0,1% (!). Die Toleranzen der meisten Bauelemente werden ohnehin durch Einstellung der Verstärkung des Systems einkalibriert. Durch verschiedene äußere Einflüsse bei der mechanischen Ausführung der Meßanordnung (Temperatursensorkontakt zum Masseband usw.), ist jedoch mit einer realistischen Genauigkeit von ca. 1% zu rechnen. Dies ist eine Genauigkeit, die im vorliegenden Anwendungsfall im allgemeinen erheblich über den Erfordernissen liegt.

In diesem Zusammenhang soll noch erwähnt werden, daß aufgrund der hochwertigen Schaltungstechnik das Gerät durchaus in der Lage ist, eine Auflösung von 0,1 A zuverlässig anzuzeigen. Wir haben uns jedoch nach Abschluß unserer praktischen Tests in verschiedenen Fahrzeugen entschlossen, auf diese hohe Auflösung zu verzichten, da auch bei kontinuierlichem Stromverbrauch im Fahrzeug der Lade- bzw. Entladestrom des Akkus um mehrere 100 mA schwankt, was wiederum zu einer schwankenden Anzeige führt. Eine ruhige und kontinuierliche Anzeige ist jedoch im allgemeinen eine wesentliche Voraussetzung für ein brauchbares Meßgerät. Dies wurde in der vorliegenden Konzeption bei einer praxisorientierten Auflösung von 1 A voll erreicht.

Zur Schaltung

Als Analog/Digital-Wandler wird das bekannte IC des Typs ICL 7107 (IC 4) verwendet. Eine zwischen den Anschlußbeinen 30 und 31 anliegende Meßspannung wird in einen entsprechenden Digitalwert umgesetzt, der im vorliegenden Fall auf einem dreistelligen LED-Display angezeigt wird.

Damit das IC 4 eine auf Masse bezogene Meßspannung verarbeiten kann, wird mit



Hilfe des IC5 und den Bauteilen D6, D7 sowie C14 und C15 eine zusätzliche negative Versorgungsspannung erzeugt, die an Pin 26 des IC4 anliegt. Über R20/C13 wird eine weitere Siebung vorgenommen, um die beiden Operationsverstärker OP1 und OP2 mit einer negativen Spannung zu versorgen.

Bevor das Meßsignal an Pin 31 des IC4 zur Verfügung steht, durchläuft es die beiden Verstärkerstufen OP1 und OP2 mit Zusatzbeschaltung. Die Arbeitsweise dieser beiden Stufen ist wie folgt:

Bei fast allen Fahrzeugen (von wenigen Ausnahmen einmal abgesehen), ist der Minuspol des Kfz-Akkus mit der Fahrzeugmasse, d. h. mit dem Chassis verbunden. Diese Verbindung ist im allgemeinen mit einem starken, flexiblen Kupferband ausgeführt. Am Akku erfolgt die Befestigung über eine kräftige Metallschelle, während am Chassis ein starker Bolzen für sicheren Halt und gute Kontaktgabe sorgt.

Im vorliegenden Schaltbild ist der Übergangswiderstand vom Minuspol des Kfz-Akkus zur Anschlussstelle und zum eigentlichen Kupferband mit dem Widerstand „Ra“ bezeichnet. Das eigentliche Kupfermasseband trägt die Bezeichnung „Rb“, während die Verbindung vom Kupfermasseband zum Fahrzeug-Chassis mit „Rc“ bezeichnet ist.

Die beiden Anschlußleitungen „c“ und „d“ werden nun in einem möglichst großen Abstand voneinander an das Kupfermasseband angelötet. Hierbei ist der Punkt „c“ an der Seite des Massebandes anzulöten, die zum Kfz-Akku hinweist, während der Punkt „d“ in Richtung Fahrzeug-Chassis anzulöten ist. Auf diese Weise erhält man später auf der Digital-Anzeige ein Minuszeichen, wenn der Akku entladen wird, während das Minuszeichen entfällt, wenn ein Ladestrom in den Akku hineinfließt.

Vertauscht man die Positionen der Anschlußpunkte „c“ und „d“ auf dem Masseband miteinander, würde sich damit die Polarität der Anzeige ändern.

Der Abstand dieser beiden Meßpunkte sollte so gewählt werden, daß bei einer Stromentnahme aus dem Kfz-Akku von ca. 12 A (Motor ausgeschaltet, Fahrlicht eingeschaltet) ein Spannungsabfall von ca. 1,0 mV zwischen diesen beiden Punkten mit einem separaten Multimeter gemessen wird.

Durch die Verstärkungseinstellmöglichkeit auf der Platine des Kfz-Amperemeters in verhältnismäßig weiten Bereichen, kann vorstehend genannter Spannungsabfall durchaus im Bereich von 0,2 mV bis 1,1 mV schwanken. Grundsätzlich kann auf diese Messung zunächst auch verzichtet werden, wobei dann ein Abstand der beiden Meßpunkte von ca. 20 cm gewählt werden sollte. Dieser Abstand kann ohne weiteres etwas schwanken. Ein Minimum von 10 cm sollte jedoch möglichst nicht unterschritten werden, da sonst der auswertbare Spannungsabfall zu gering wird. Auf die genaue Kalibrierung wird im weiteren Verlauf dieses Artikels noch näher eingegangen.

Anzumerken ist noch in diesem Zusammenhang, daß der im Schaltbild mit „Rb“ bezeichnete Widerstand denjenigen Teilwiderstand des Kupfermassebandes darstellt, der zwischen den Anschlußpunkten „c“ und „d“ liegt.

Über die Widerstände R1 und R2 gelangt das Meßsignal auf die beiden Differenzeingänge des Operationsverstärkers OP1. In Verbindung mit den Rückkoppelwiderständen R3 und R4 sowie den zur Stabilisierung dienenden Kondensatoren C5 und C6, ist dieser Verstärker als linearer Differenzverstärker geschaltet, dessen Eingangssignal unabhängig von einer evtl. Potentialverschiebung am Ausgang des OP1

(Pin 6) zur Verfügung steht, und zwar auf die Schaltungsmasse bezogen.

Mit Hilfe dieses Schaltungsteiles werden unerwünschte Spannungsabfälle sowohl auf den verschiedenen Zuleitungen als auch an Übergangswiderständen sorgfältig eliminiert.

Am Ausgang (Pin 6) des OP1 steht daher das von verschiedenen Störeinflüssen befreite Meßsignal an. Diese Spannung ist dem Spannungsabfall zwischen den Meßpunkten „c“ und „d“ direkt proportional. Zur Messung des Lade- bzw. Entladestromes des Kfz-Akkus ist vorgenannte Spannung noch keineswegs geeignet, da der verhältnismäßig große Temperatureinfluß des Kupfermassebandes das Meßergebnis erheblich verfälschen kann.

Zum elektronischen Ausgleich dieses Temperatureinganges durchläuft das an Pin 6 des OP1 anstehende Meßsignal eine weitere Verstärkerstufe, die mit dem OP2 mit Zusatzbeschaltung aufgebaut ist. Ein Teil dieser Verstärkerstufe wird durch den Präzisionstemperaturfühler des Typs SAC 1000 gebildet, der sich ungefähr in der Mitte der beiden Meßanschlüsse „c“ und „d“ auf dem Masseband befindet. Für einen guten thermischen Kontakt ist Sorge zu tragen.

Durch eine exakte Schaltungsdimensionierung wird im vorliegenden Fall erreicht, daß die Verstärkung der mit OP2 gebildeten Stufe derart gesteuert wird, daß das Ausgangssignal des OP2 (Pin 6) vom Temperatureingang des Referenzzweckes herangezogenen Kupfermassebandes befreit ist.

Wenn sich jetzt bei gleicher Stromentnahme aus dem Kfz-Akku der Spannungsabfall zwischen den Anschlußmeßpunkten „c“ und „d“ aufgrund von Temperaturschwankungen ändert, so wird dies von

dem Präzisionstemperatursensor des Typs SAC 1000 registriert und ausgeglichen. Obwohl sich die Spannung am Ausgang des OP 1 (Pin 6) gleichfalls ändert, bleibt die Spannung am Ausgang des OP 2 (Pin 6) konstant, sofern der aus dem Kfz-Akku entnommene Strom ebenfalls konstant bleibt.

Über R 15/C 9 wird das aufbereitete und verstärkte Meßsignal, das dem Lade- bzw. Entladestrom des Kfz-Akkus direkt proportional ist, gefiltert und dem Meßeingang (Pin 31) des IC 4 zugeführt. Der zweite Meßeingang des IC 4 (Pin 30) liegt auf der Schaltungsmasse, auf die auch das Meßsignal bezogen ist.

Die Stromversorgung der Gesamtschaltung erfolgt über einen Festspannungsregler (IC 1). Zur Entkoppelung und zum Verpolungsschutz ist die Diode D 1 vorgeschaltet. Durch den im allgemeinen hohen Störpegel auf der Kfz-Bordspannung ist zusätzlich die Induktivität L 1 zur Unterdrückung von extremen Störspitzen in die Zuleitung eingefügt.

Zum Nachbau

Auf den beiden kleinen Leiterplatten befindet sich verhältnismäßig viel Elektronik. Die gesamte Ausführung der Schaltung ist daher in sehr kompakter Form vorgenommen. Dies bedingt u. a. eine sehr enge und feine Leiterbahnführung, die sorgfältiges und sauberes Löten voraussetzt, damit die Schaltung später einwandfrei arbeitet.

So ist z. B. darauf zu achten, daß sich die Folienkondensatoren nicht berühren, da diese an ihren Anschlüssen häufig nicht isoliert sind.

Der Aufbau wird ansonsten in gewohnter Weise vorgenommen. Die fertig bestückten Platinen werden anschließend im rechten Winkel miteinander verlötet, und zwar so, daß die Anzeigenplatine ca. 1 bis 2 mm unterhalb der Leiterbahnseite der Basisplatine hervorsteht.

Für den Anschluß der Schaltung im Kfz stehen 3 doppeladrige Leitungen zur Verfügung.

Zum einen werden die Anschlußpunkte „a“ (+) und „b“ (minus/Masse) zur Versorgung der gesamten Schaltung mit entsprechenden Punkten im Kfz verbunden.

Zum anderen werden die beiden Anschlußpunkte „c“ und „d“ an zwei ca. 20 cm auseinanderliegenden Punkten auf dem Kupfermasseband, das vom Minuspol des Kfz-Akkus zum Fahrzeugchassis führt, angelötet (wie bereits weiter vorstehend näher beschrieben).

An einer Stelle, die ungefähr in der Mitte dieser beiden Punkte liegt, wird jetzt der Sensorkopf des Präzisionstemperaturfühlers des Typs SAC 1000 angebracht. Hierbei ist auf einen guten thermischen Kontakt zwischen Sensor und Kupfermasseband Wert zu legen. Keinesfalls darf jedoch ein elektrisch leitendes Teil der Sensorzuleitung (z. B. beschädigtes Kabel) mit dem Kupfermasseband in leitenden Kontakt treten. Ein Defekt der Schaltung würde hierdurch zwar nicht entstehen, ein einwandfreies Arbeiten wäre jedoch nicht mehr gewährleistet.

Die Sensorzuleitung selbst wird an die Anschlußpunkte „e“ und „f“ angelötet.

Für die Kalibrierung wird zunächst das Kupfermasseband direkt am Kfz-Akku (Minuspol) abgenommen, damit sichergestellt ist, daß kein Strom fließt.

Damit die Schaltung weiterhin mit Strom versorgt wird, ist für die Zeit, in der das Masseband vom Akku getrennt ist, der Minuspol der Schaltung, direkt mit dem Minuspol des Akkus zu verbinden.

Der Trimmer R 14 wird auf Rechtsanschlag (im Uhrzeigersinn gedreht) gebracht, um anschließend den Trimmer R 7 so einzustellen, daß auf der dreistelligen Digital-Anzeige ein Wert von „00“ erscheint (bei einem

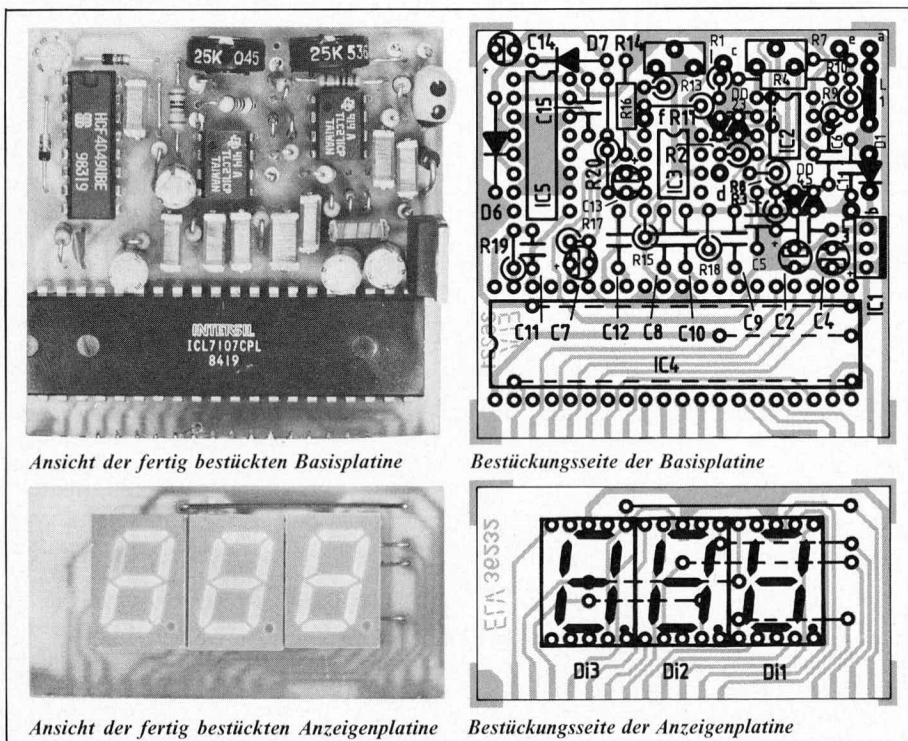
Strom unter 100 A leuchten nur 2 Stellen der digitalen Anzeige). Zur Kontrolle kann am Ausgang des OP 2 (Pin 6) ein Voltmeter angeschlossen werden, dessen Anzeige ebenfalls 0,0 mV zeigt (zur Schaltungsmasse hin gemessen — Pin 3 des OP 2).

Als nächstes verbindet man das Kupfermasseband über ein Amperemeter, das einen Meßbereichsendwert von mind. 10 A aufweisen sollte, wieder mit dem Minuspol des Kfz-Akkus.

Jetzt schaltet man so viele Verbraucher im Kfz ein, daß der fließende Strom möglichst nahe am Meßbereichsendwert des eingefügten Amperemeters liegt. Mit dem Trimmer R 14 wird die Verstärkung des OP 2 so eingestellt, daß der auf der Digital-Anzeige des Kfz-Amperemeters erscheinende Wert mit dem Wert übereinstimmt, den das eingefügte Amperemeter anzeigt. Reicht der Einstellbereich von R 14 nicht aus, so kann der Festwiderstand R 13 durch einen anderen Wert ersetzt werden, der zwischen 100 Ω und 47 k Ω liegen darf.

Sollte ein noch größerer Verstärkungsfaktor erforderlich sein, empfiehlt es sich, den Anschluß der beiden Meßpunkte „c“ und „d“ zu überprüfen und ggf. etwas weiter auseinander zu legen. Bei sehr kurzen Kupfermassebändern muß ein zusätzliches Stückchen Masseband eingefügt werden, das überall im Kfz-Zubehörhandel erhältlich ist. Im allgemeinen dürfte jedoch die vorliegende Dimensionierung der Schaltung für die allermeisten Einsatzvarianten günstig sein.

Abschließend soll noch darauf hingewiesen werden, daß eine korrekte Anzeige selbstverständlich nur dann erfolgen kann, wenn vom Minuspol des Kfz-Akkus nur eine einzige Leitung — nämlich das Kupfermasseband zum Chassis — abgeht. Dies ist bei fast allen Fahrzeugen der Fall (ansonsten müßte ein Stückchen Kupfermasseband direkt vom Minuspol des Kfz-Akkus abgehend zwischengefügt werden).



Stückliste Kfz-Digital-Strommesser (Amperemeter)

Halbleiter

IC1	.....	μ A 7805
IC2, IC3	.....	TLC 271
IC4	.....	ICL 7107
IC5	.....	CD 4049
D1	.....	1N4001
D2-D5	.....	DX 400
D6, D7	.....	1N4148
Di1-Di3	.....	DJ 700 A

Kondensatoren

C1, C3, C5, C6	.....	47 nF
C2, C4, C7, C13, C14	.....	10 μ F/16 V
C8, C10, C12, C15	.....	47 nF
C9	.....	220 nF
C11	.....	100 pF

Widerstände

R1-R4, R 15, R 16, R 19	.....	100 k Ω
R7, R 14	.....	25 k Ω , Trimmer stehend
R8	.....	1 M Ω
R9	.....	180 Ω
R10	.....	15 Ω
R11	.....	2,55 k Ω
R12	.....	Sensor SAC 1000
R13, R20	.....	1 k Ω
R17	.....	2,2 k Ω
R18	.....	220 k Ω

Sonstiges

- L1 Drossel 51 μ H
- 6 Lötstifte
- 20 cm Silberdraht
- 6 m Kabel 2 x 0,4 mm²