

# 4<sup>1</sup>/<sub>2</sub>stelliges 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 4<sup>1</sup>/<sub>2</sub>stelliger 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.*

- 4<sup>1</sup>/<sub>2</sub>stellige 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.

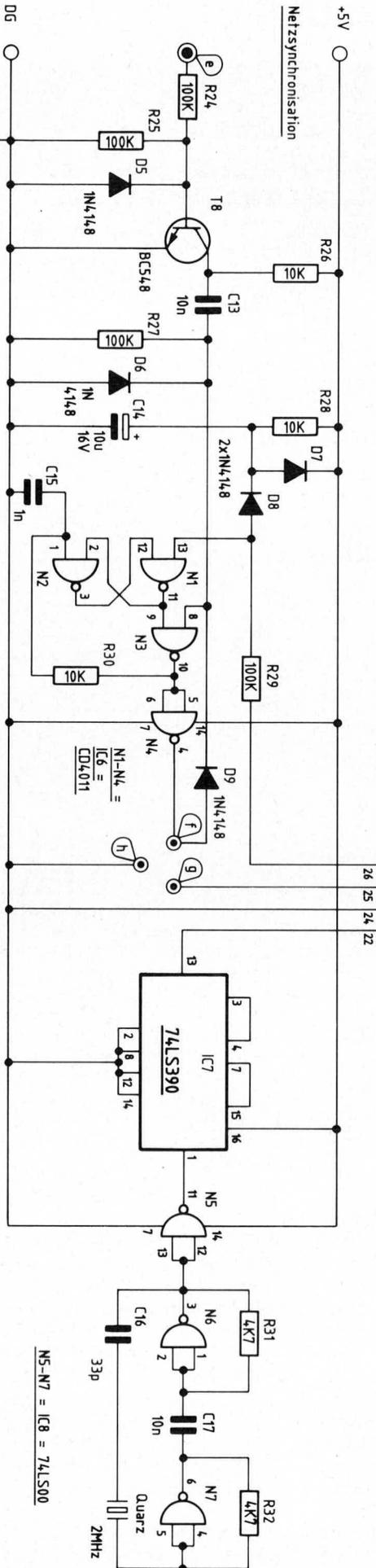
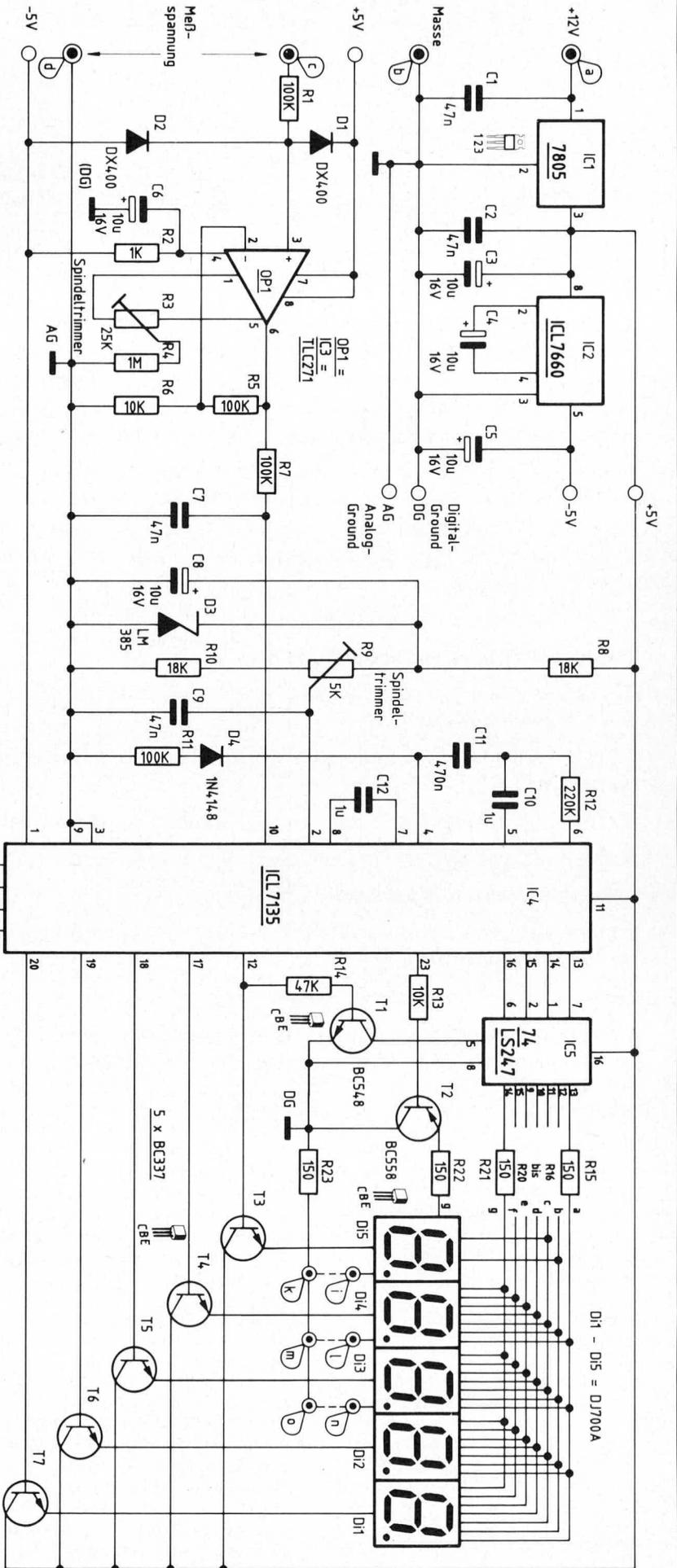
## Zur Schaltung

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 4<sup>1</sup>/<sub>2</sub>stellig.

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-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  $\pm 2000$  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

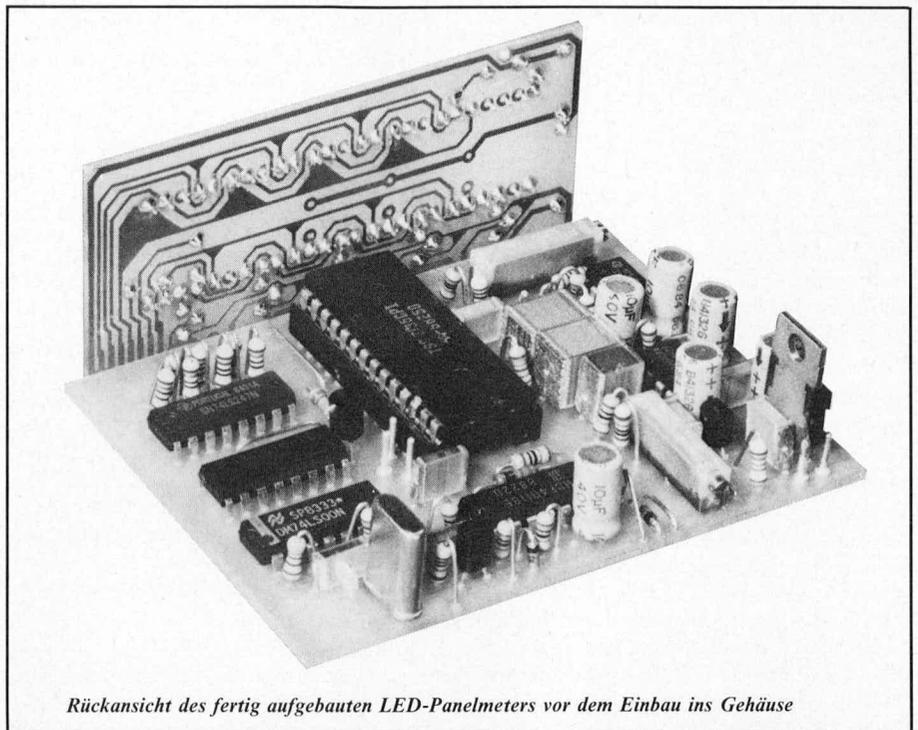
$$V = \frac{R_5 + R_6}{R_6} = 11,$$

so daß der Eingangsspannungsbereich des IC 4 sogar noch etwas über 2 V, nämlich bei 2,2 V, liegt, um auf einen Gesamtgleichspannungsbereich von  $\pm 200$  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 Differenzglied 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 Gehäuse 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.  $\pm 2$  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

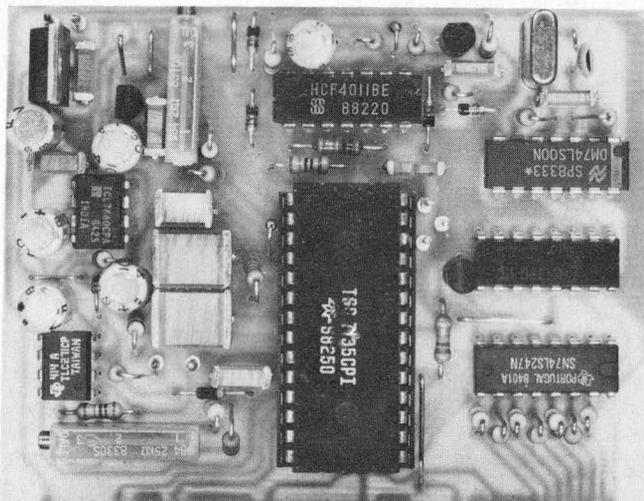
C1, C2, C7, C9	.....	47 nF
C3-C6, C8, C14	.....	10 $\mu$ F/16 V
C10, C12	.....	1 $\mu$ F
C11	.....	470 nF
C13, C17	.....	10 nF
C15	.....	1 nF
C16	.....	33 pF

#### Widerstände

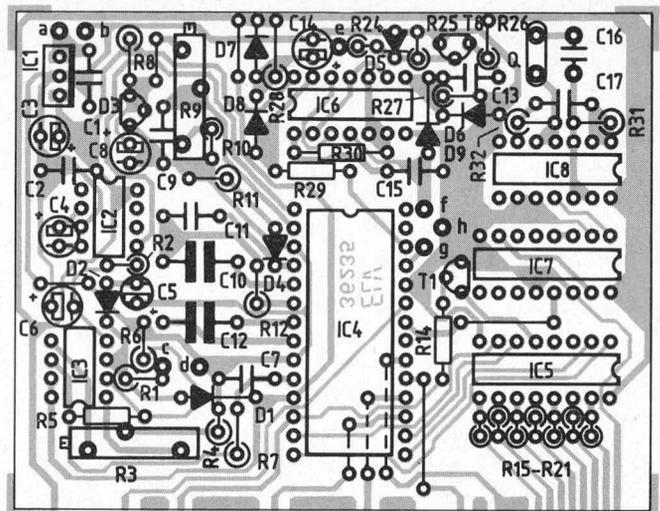
R1, R5, R7, R11	.....	100 k $\Omega$
R2	.....	1 k $\Omega$
R3	.....	25 k $\Omega$ , Spindeltrimmer
R4	.....	1 M $\Omega$
R6, R13, R26, R28, R30	.....	10 k $\Omega$
R8, R10	.....	18 k $\Omega$
R9	.....	5 k $\Omega$ , Spindeltrimmer
R12	.....	220 k $\Omega$
R14	.....	47 k $\Omega$
R15-R23	.....	150 $\Omega$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

#### Sonstiges

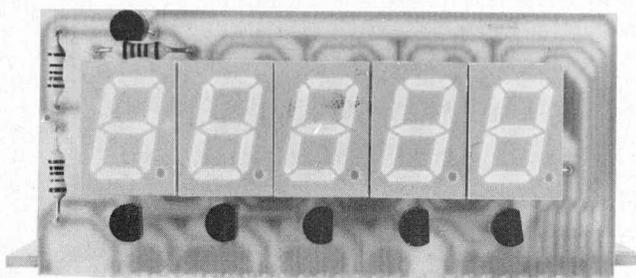
- 1 Quarz 2 MHz
- 8 Lötstifte
- 10 cm Silberdraht



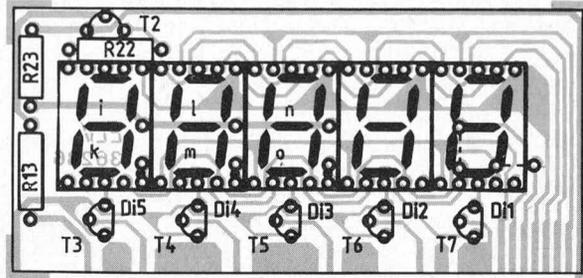
Ansicht der fertig bestückten Basisplatine des 4 1/2-stelligen LED-Panelmeters



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