

# ELV-Serie 7000

## Präzisions-Digital-LCD-Multimeter

### Teil 2



### Wahlweise

DMM 7045 mit 4,5stelliger LCD-Anzeige

oder

DMM 7035 mit 3,5stelliger LCD-Anzeige

*In dem hier vorliegenden zweiten und abschließenden Teil stellen wir Ihnen die Platinenlayouts sowie die Beschreibung von Nachbau und Abgleich vor.*

#### Zum Nachbau

Sobald man etwas Erfahrung im Aufbau von elektronischen Schaltungen gesammelt hat, kann man sich ohne weiteres an den Nachbau dieser interessanten Digital-Multimeter heranwagen.

Zunächst wird die Bestückung der Basisplatine in gewohnter Weise vorgenommen. Die passiven Bauelemente werden als erstes auf die Leiterplatte gesetzt und verlötet, um anschließend mit den aktiven Bauelementen fortzufahren.

Bei den passiven Bauelementen und hier insbesondere bei den Präzisions-Meßwiderständen, ist darauf zu achten, daß die Anschlußdrähte so abgewinkelt werden, daß die Bauelemente später direkt auf der Bestückungsseite der Leiterplatte aufliegen. Dies ist wichtig, da bei den hohen erreichbaren Genauigkeiten die Widerstände der Anschlußdrähte bei den niederohmigen Meßwiderständen berücksichtigt werden müssen, um die Meßwertabweichungen zu minimieren.

Nachdem auch das Tastenaggregat auf die Basisplatine gesetzt und verlötet wurde, kann anschließend die Tastenplatine so auf die Oberseite des Tastenaggregates gesetzt werden, daß die Leiterbahnseite sichtbar ist.

Auf diese Leiterplatte werden außer D 6, D 7, R 63 und Si 2 keine weiteren Bauelemente aufgelötet.

Als nächstes wird wahlweise die 3,5stellige oder 4,5stellige Anzeigenplatine bestückt.

Hier werden zunächst sämtliche Brücken eingesetzt und verlötet.

Anschließend ist das Haupt-IC auf die Leiterbahnseite der Anzeigenplatine zu setzen und vorsichtig anzulöten. Das LC-Display wird dann über dem Haupt-IC plaziert.

Die im Bestückungsplan gestrichelt eingezeichneten Bauelemente werden auf der Leiterbahnseite der Platine angeordnet und verlötet.

Für die LCD-Anzeige wird in beiden Versionen ein Sockel verwendet.

Nachdem die Bestückung der Anzeigenpla-

tine noch einmal sorgfältig überprüft wurde, kann diese Leiterplatte mit der Tastenplatine verbunden werden. Hierzu wird die Anzeigenplatine im rechten Winkel (senkrecht) vor die Tastenplatine gesetzt, und zwar so, daß die Unterkante der Anzeigenplatine mit der Unterseite (die Seite, die zum Tastenansatz hinweist) der Tastenplatine abschließt.

Jetzt werden die entsprechenden Leiterbahnverbindungen zwischen Anzeigenplatine und Tastenplatine fest zusammengelötet. Sorgfältig sollte man hierbei darauf achten, daß sich keine Lötzinnbrücken zwischen den einzelnen Leiterbahnen ergeben.

Die Verbindung der Platinenanschlußpunkte „a“, „b“ sowie „c“, sollte mit kurzen isolierten flexiblen Leitungen erfolgen, die einen Querschnitt von mind. 1,5 mm<sup>2</sup> aufweisen.

Mit einer Laubsäge werden an geeigneter Stelle in die Gehäuserückwand zwei rechteckige Aussparungen mit den Abmessungen 35 mm x 65 mm gesägt, zur Aufnahme der beiden Batteriekästen.

Zusätzlich ist eine 6,5 mm Bohrung in die Gehäuserückwand einzubringen. Diese dient zur Aufnahme der 3,5 mm Klinkenbuchse, die ebenfalls über zwei isolierte flexible Leitungen mit den entsprechenden Punkten auf der Basisplatte zu verbinden ist. Diese Buchse dient später der Wechselspannungszuführung aus dem Steckernetzteil. Sobald das Steckernetzteil Spannung führt, ist das Gerät betriebsbereit, unabhängig vom Schalter S 1, der nur bei Batteriebetrieb das Gerät einschaltet.

## Zum Abgleich

Bevor das Gerät mit Spannung versorgt wird, empfiehlt es sich, die Bestückung und Verdrahtung noch einmal sorgfältig zu überprüfen.

Besonders ist auf die richtige Einbaulage der Dioden D 13 bis D 14 zu achten, da eine falsche Polarität sofort größere Schäden anrichten kann.

Wird das Gerät über die beiden 9 V-Blockbatterien in Betrieb genommen, so muß die Spannung über den Kondensatoren C 8 und C 9 im Bereich zwischen 8,0 V und 9,0 V liegen.

Beim Betrieb über ein Wechselspannungs-Steckernetzteil, dessen Ausgangsspannung im Bereich von 8 V bis 12 V liegen darf, kann die Spannung über den Kondensatoren C 8 und C 9 zwischen 10 V und max. 20 V schwanken (Spitzenwertgleichrichtung). Bei Spannungen oberhalb 20 V sind die beiden Festspannungsregler IC 5 und IC 6 gefährdet, was wiederum auch eine Gefährdung der übrigen Schaltung nach sich ziehen kann.

Als nächstes sind die beiden Ausgangsspannungen der Festspannungsregler zu überprüfen. Diese dürfen im Bereich von +4,8 bis +5,2 sowie -4,8 bis -5,2 V schwanken.

Sind diese Messungen zur Zufriedenheit verlaufen, kann mit dem Abgleich begonnen werden.

Als erstes wird die Referenzspannung, die zur Festlegung des Skalenfaktors dient, mit dem Spindeltrimmer R 41 eingestellt.

Hierzu wird das Multimeter in den Gleichspannungsbereich „200 mV“ gebracht und an die Eingangsbuchsen „a“ und „b“ eine genau bekannte Vergleichsspannung von 100 mV bis 200 mV gelegt.

Mit dem Spindeltrimmer R 41 wird jetzt der auf dem Display angezeigte Meßwert in Übereinstimmung mit der tatsächlich anliegenden Spannung gebracht. Zur Kontrolle kann zusätzlich die Referenzspannung zwischen den Punkten „B“ und „D“ gemessen werden. Bei der 3,5stelligen Version muß sie 100,0 mV betragen (R 40 = 27 k $\Omega$  und R 42 = 2,2 k $\Omega$ ), während sie bei der 4,5stelligen Version bei 1,000 V liegt (R 40 = 2,2 k $\Omega$  und R 42 = 10 k $\Omega$ ).

Durch Umpolen der Eingangsspannung erscheint auf der LCD-Anzeige ein Minuszeichen, bei ansonsten gleicher Meßwertanzeige. Abweichungen zur positiven Anzeige dürfen bei der 3,5stelligen Version bei 2 Digit liegen und bei der 4,5stelligen Version bei 5 Digit.

### Stückliste Präzisions-Digital-LCD-Multimeter (Grundversion ohne Anzeigeneinheit, Meßwiderstandsverteiler, Meßgleichrichter)

Halbleiter	
IC 1	TLC 271
IC 5	78L05
IC 6	79L05
D 1-D 2a	1N4007
D 3	ZPD 3,3
D 6, D 7	8,2 V/1,3 W
D 8, D 9	DX 400
D 10	LM 385
D 11-D 14	1N4001

Kondensatoren	
C 1	220 nF
C 2	10 pF
C 6	100 nF
C 7, C 10-C 13	47 nF
C 8*	1000 $\mu$ F/40 V
C 9	100 $\mu$ F/35 V
C 14, C 15	10 $\mu$ F/16 V

Widerstände 0,05 %	
R 1	900 k $\Omega$
R 2	90 k $\Omega$
R 3	9 k $\Omega$
R 4	900 $\Omega$
R 5	90 $\Omega$
R 6	9 $\Omega$
R 7	0,9 $\Omega$
R 8	0,1 $\Omega$
R 9	0,012 $\Omega$ , Widerstandsdraht

Widerstände	
R 10	100 k $\Omega$ , Spindeltrimmer
R 11, R 15	10 k $\Omega$
R 12	1 M $\Omega$
R 13	820 k $\Omega$
R 14	25 k $\Omega$ , Trimmer, liegend
R 16, R 17	100 k $\Omega$
R 37	2,2 k $\Omega$
R 38	PTC-Widerstand
R 39	15 k $\Omega$
R 41	1 k $\Omega$ , Spindeltrimmer
R 40	2,2 k $\Omega$ /27 k $\Omega$
R 42	10 k $\Omega$ /2,2 k $\Omega$
R 43-R 45*	100 k $\Omega$
R 46	100 $\Omega$
R 47, R 63	1 k $\Omega$

Sonstiges	
Si 1 2 A	
Si 2 50 mA	
2 Platinensicherungshalter	
1 Tastensatz	
20 cm Silberdraht 0,8 mm $\varnothing$	
7 Lötstifte	
40 cm isolierter Schalterdraht	
2 9 V-Batterieclips	
1 Klinkenbuchse 3,5 mm	

\* gegenüber Schaltbild geändert

### Meßgleichrichter I

Halbleiter	
IC 2	AD 636
T 1	BC 548
D 15	1N4148

Kondensatoren	
C 3	10 $\mu$ F/16 V
C 4, C 16, C 17	4,7 $\mu$ F/16 V

### Widerstände

R 18	200 $\Omega$ , Spindeltrimmer
R 19, R 20	100 k $\Omega$
R 21	220 $\Omega$
R 22	470 k $\Omega$
R 23	100 k $\Omega$ , Trimmer, liegend
R 48	10 k $\Omega$

### Meßgleichrichter II

Halbleiter	
IC 3, IC 4	TLC 271
D 4, D 5	DX 400

### Kondensatoren

C 5	10 $\mu$ F/16 V
-----	-----------------

### Widerstände

R 24, R 28-R 30, R 33	90 k $\Omega$
R 25, R 34	47 k $\Omega$
R 26, R 35	25 k $\Omega$ , Trimmer, liegend
R 27, R 36	10 k $\Omega$
R 31	39 k $\Omega$
R 32	10 k $\Omega$ , Spindeltrimmer

### 4,5stellige Anzeigeneinheit

Halbleiter	
IC 7	ICL 7129
D 16-D 21	DX 400

### Kondensatoren

C 18	100 nF
C 19	47 pF
C 20	1 $\mu$ F
C 21, C 22	47 nF

### Widerstände

R 49-R 51	100 k $\Omega$
R 52	150 k $\Omega$
R 53	82 k $\Omega$
R 63*	3,3 k $\Omega$
R 64*	6,8 k $\Omega$

### Sonstiges

1 LCD-Display 4,5stellig	
1 40polige IC-Fassung	

\* nicht im Schaltplan eingezeichnet

### 3,5stellige Anzeigeneinheit

Halbleiter	
IC 8	CD 4070
IC 9	ICL 7106
T 1	BC 548
D 22-D 27	DX 400

### Kondensatoren

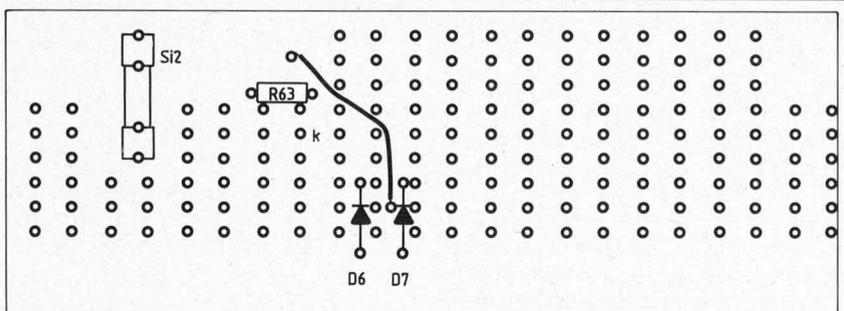
C 23-C 25	47 nF
C 26	100 pF
C 27	470 nF
C 28	100 nF
C 29	56 nF

### Widerstände

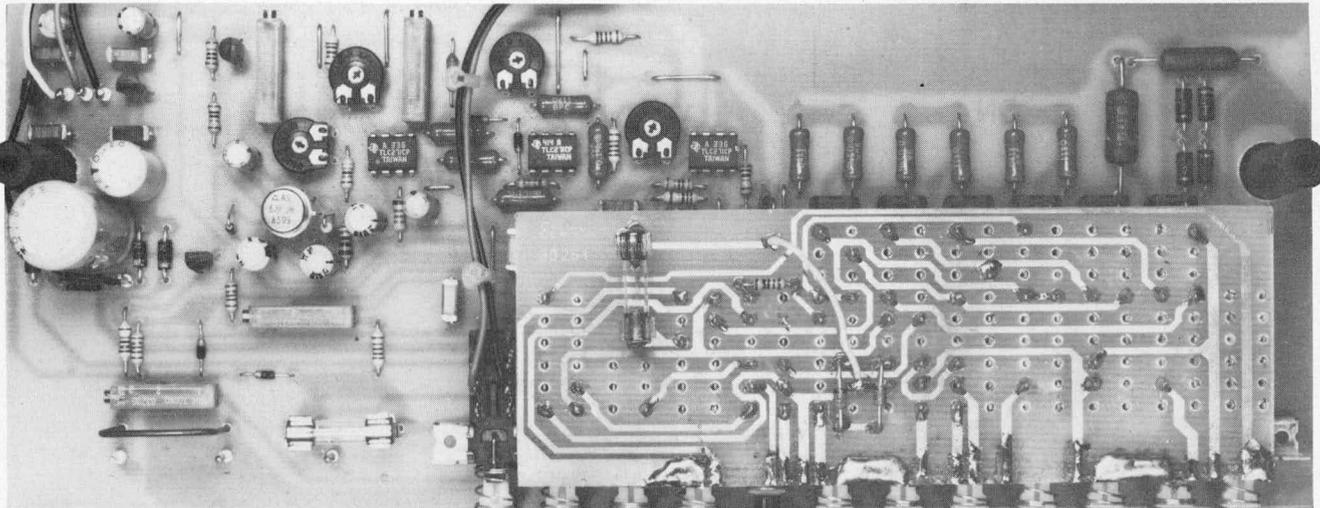
R 54-R 57	100 k $\Omega$
R 58	120 k $\Omega$
R 59	470 k $\Omega$
R 60	100 k $\Omega$ , Trimmer, liegend
R 61	220 k $\Omega$
R 62	1 M $\Omega$

### Sonstiges

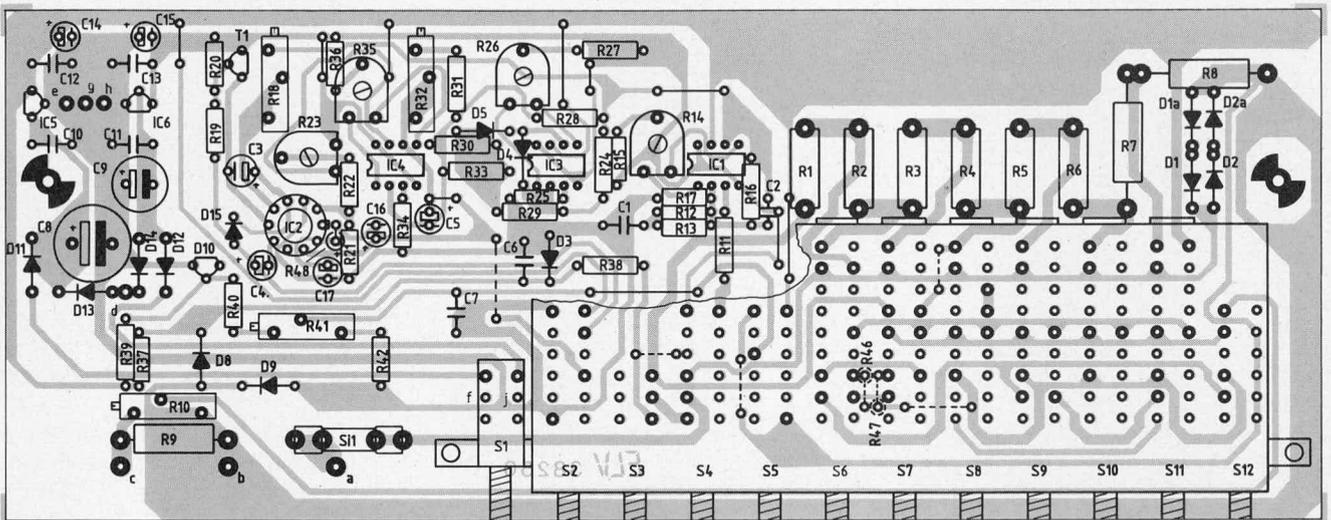
1 LCD-Display 3,5stellig	
1 40polige IC-Fassung	



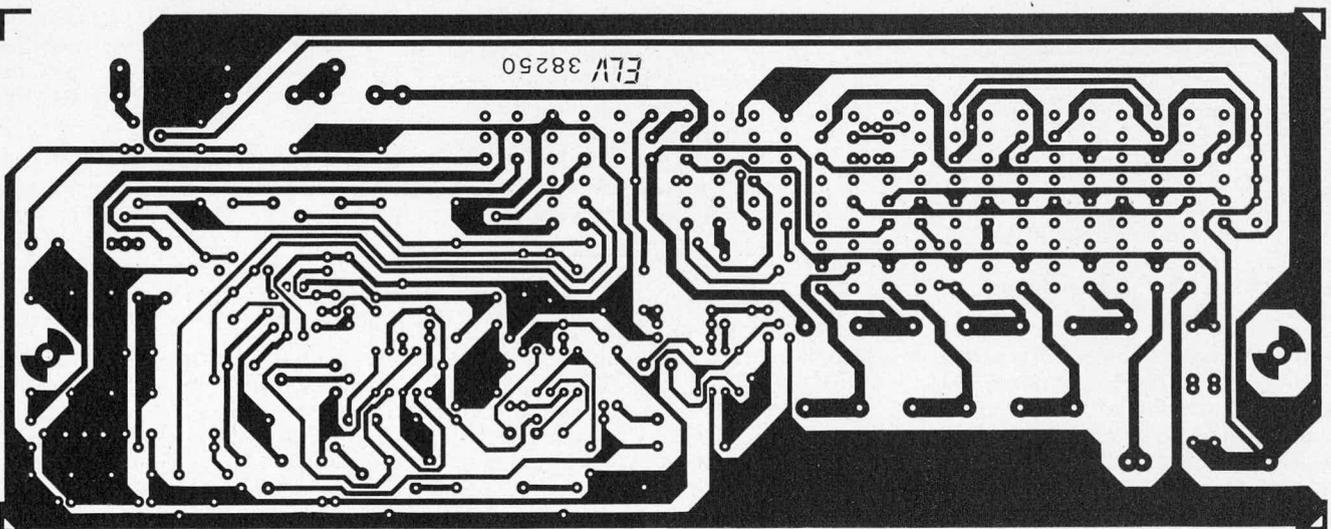
Bestückungsplan der Schalterplatte zum Präzisions-Digital-LCD-Multimeter (Originalgröße: 135 mm x 50 mm)



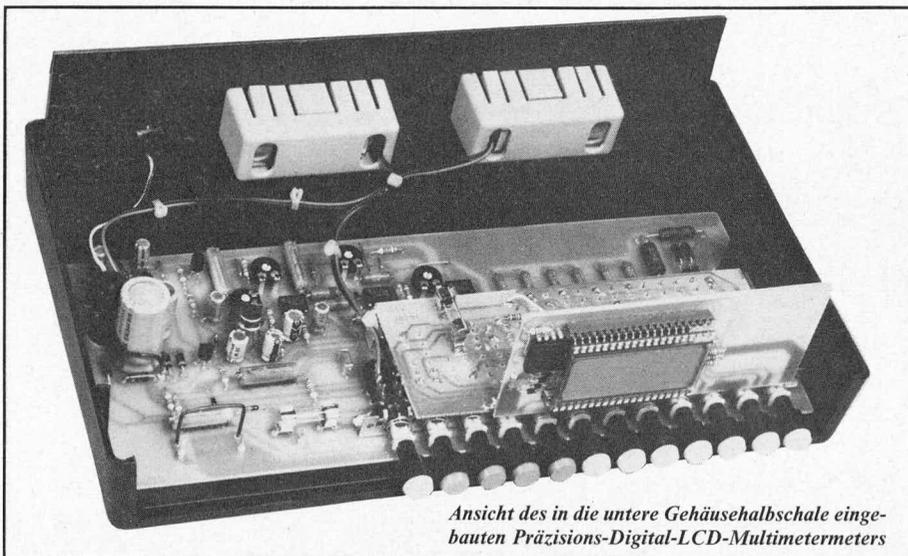
Ansicht der fertig bestückten Basis- und Schalterplatine des Präzisions-Digital-LCD-Multimeters



Bestückungsseite der Basisplatine des Präzisions-Digital-LCD-Multimeters



Leiterbahnseite der Basisplatine des Präzisions-Digital-LCD-Multimeters



Ansicht des in die untere Gehäusehalbschale eingebauten Präzisions-Digital-LCD-Multimetermeters

Als nächstes wird der 20 A-Meßbereich mit dem Spindeltrimmer R 10 eingestellt. Dies ist erforderlich, da der für R 9 benötigte, sehr genaue und hoch belastbare Meßwiderstand mit einem Wert von  $0,01 \Omega$  in der Praxis kaum ohne Abgleich realisierbar ist. Deshalb wurde hierfür ein Widerstandsdraht vorgesehen, dessen Wert geringfügig größer als  $0,01 \Omega$  ist (ca.  $0,012 \Omega$ ). Mit dem Spindeltrimmer R 10 kann eine Teilspannung abgegriffen werden, die den etwas zu großen Spannungsabfall exakt berücksichtigt.

Sollte der Abgleichbereich zu klein sein, ist mit Sicherheit der Widerstandsdraht zu kurz bemessen worden, d. h., er ist kleiner als  $0,01 \Omega$ .

Sofern kein genaues Vergleichsgerät verfügbar ist, kann man beim Abgleich wie folgt vorgehen:

Zunächst wird ein Strom im 2 A-Bereich (z. B. 1,8500 A) gemessen. Anschließend führt man dieselbe Messung im 20 A-Bereich durch (nicht vergessen das Meßkabel in die 20 A-Buchse umzustecken) und gleicht mit R 10 die Anzeige auf den entsprechenden Wert ab (Anzeige jetzt 1,850 A).

Die Einstellung der Meßgleichrichter ist ebenfalls verhältnismäßig einfach durchzuführen.

Zunächst bringt man das Multimeter in den Wechselstrombereich „2 A“.

OP 1 liegt dann über R 11, S 11e sowie R 5 bis R 8 auf Masse (Analog Ground). Der Trimmer R 14 wird so eingestellt, daß die Ausgangsspannung (an Pin 6 des OP 1) Null wird. Maximal darf die Restspannung  $0,3 \text{ mV}$  betragen.

Um Meßfehler auszuschließen, legt man den Minusanschluß des zu Testzwecken herangezogenen Multimeters direkt an die Eingangsklemme „b“, während mit dem Plusanschluß die Spannung an dem jeweils interessierenden Meßpunkt direkt abgegriffen wird. Für die vorstehend beschriebene Einstellung war dies der Anschluß Pin 6 des OP 1.

Beim Einsatz von Meßgleichrichter II, wird nun als nächstes die Diode D 4 mit einer Drahtbrücke kurzgeschlossen.

Der Trimmer R 26 ist so einzustellen, daß der Ausgang Pin 6 des OP 2 auf  $0 \text{ V}$  liegt, wobei auch hier eine maximale Restspannung von  $0,3 \text{ mV}$  zulässig ist. Die Brücke über D 4 wird jetzt wieder entfernt.

Nun wird D 5 an einer Seite ausgelötet, um die Verbindung des Ausgangs von OP 2 (Pin 6) zu den Widerständen R 29, R 30, R 33 zu unterbrechen. Der Verbindungspunkt der eben genannten Widerstände ist über ein möglichst kurzes Leitungstück direkt an die Schaltungsmasse anzuschließen (z. B. Fußpunkte der Widerstände R 25 oder R 34).

R 35 ist so einzustellen, daß der Ausgang des OP 3 (Pin 6) auf  $0 \text{ V}$  liegt. Auch hier ist eine maximale Restspannung von  $0,3 \text{ mV}$  zulässig.

Die Verbindung der Widerstände R 29, R 30, R 33 mit der Schaltungsmasse wird wieder aufgehoben und D 5 eingelötet. Als letzte, jedoch nicht minder wichtige Einstellung des Meßgleichrichters II, erfolgt der Abgleich des Skalenfaktors mit dem Spindeltrimmer R 32.

Dies ist auf einfache Weise möglich, da der Meßgleichrichter II nicht nur sinusförmige Wechselspannungen, sondern ebenso reine Gleichspannungen verarbeiten kann.

Das Multimeter wird hierzu in den Wechselspannungs-Meßbereich „200 mV“ gebracht und eine Gleichspannung an die Eingangsbuchsen „a“ und „b“ gelegt, die genau bekannt ist (sie kann z. B. vorher in dem bereits abgegleichen Gleichspannungs-Meßbereich gemessen werden).

R 32 wird so eingestellt, daß auf der Anzeige der korrekte Wert erscheint. Wird die Eingangsspannung umgepolt, muß der gleiche Wert auf der Anzeige abzulesen sein, mit einer maximalen Abweichung von 3 Digit bei der 3,5stelligen Version bzw. 30 Digit bei der 4,5stelligen Version. Ggf. ist der Skalenfaktor mit R 32 so einzustellen, daß der angezeigte Wert bei einer Umpolung der Eingangsspannung um den korrekten Wert „pendelt“ (d. h. er ist einmal etwas zu groß und einmal zu klein).

Sollten größere Abweichungen auftreten, empfiehlt es sich, die Nullpunkteinstellungen mit den Trimmern R 14, R 26 sowie R 35 zu wiederholen.

Nach Abschluß der gleichspannungsmaßi- gen Einstellung des Meßgleichrichters II kann man zuverlässig davon ausgehen, daß ohne weiteren Abgleich auch sinusförmige Wechselspannungen mit einer typ. Genauigkeit von  $0,5 \%$  verarbeitet werden. Dies ist aufgrund einer ausgefeilten Schaltungstechnik möglich, da die Verstärkung des OP 1 bei Wechselspannungen ab  $10 \text{ Hz}$  elektronisch mit großer Genauigkeit automatisch angepaßt wird.

Zu beachten ist hierbei, daß die volle Genauigkeit mit dem Meßgleichrichter II nur dann erreicht wird, wenn der Kurvenverlauf der angelegten Meßspannung exakt sinusförmig ist. Abweichungen hiervon erhöhen den Meßfehler. Da es sich bei der vorliegenden Schaltung um einen hochwertigen arithmetischen Mittelwert-Meßgleichrichter handelt, bleiben die zu erwartenden Meßfehler auch bei Kurvenformverzerrungen im allgemeinen erheblich unter den möglichen Fehlern bei Meßgleichrichtern, die nach dem Prinzip der Spitzenwertgleichrichtung arbeiten.

Möchte man hingegen weitgehend von der Kurvenform unabhängige Wechselspannungsmessungen durchführen, empfiehlt sich der Einsatz eines echten Effektivwert-Meßgleichrichters.

Dieser wahlweise zur Verfügung stehende Meßgleichrichter I, setzt eine Eingangsspannung mit nahezu beliebiger Kurvenform in eine äquivalente Ausgangsgleichspannung um, die dem echten Effektivwert der Eingangsspannung entspricht.

Der Abgleich des als Pufferverstärker dienenden OP 1, erfolgt in der bereits beschriebenen Weise, wobei die Bauelemente R 12, R 13, R 17 sowie C 1 ersatzlos entfallen.

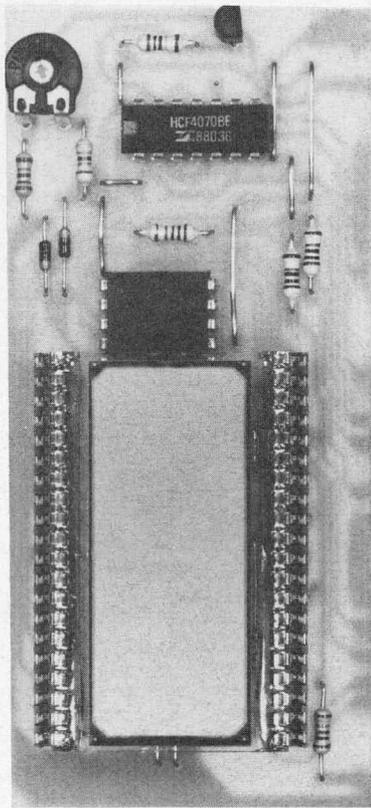
Nachdem der Nullpunkt des OP 1 mit R 14 sorgfältig eingestellt wurde, verbindet man den Anschlußpunkt 4 des IC 2 über eine kurze Drahtbrücke mit dem Anschlußpunkt 2.

R 23 ist so einzustellen, daß die Ausgangsspannung des IC 2 (an Pin 8)  $0 \text{ V}$  wird. Eine Restspannung von  $0,3 \text{ mV}$  ist zulässig. Nachdem die Brücke zwischen Pin 2 und Pin 4 am IC 2 wieder entfernt wurde, kann der Skalenfaktor in ganz geringen Grenzen mit dem Spindeltrimmer R 18 fein eingestellt werden.

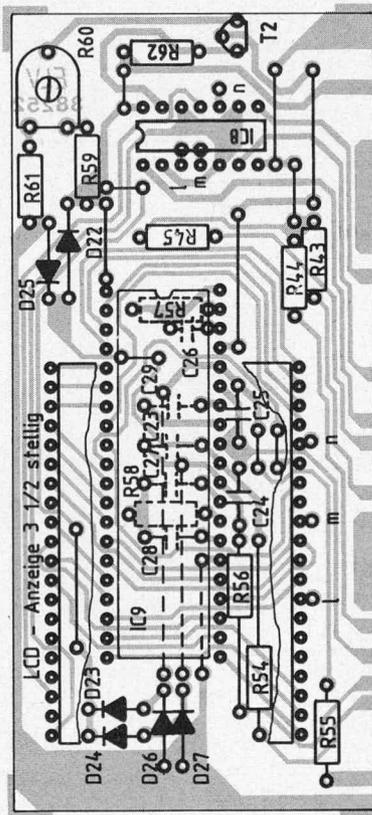
Dies erfolgt genau wie beim Meßgleichrichter II in dem Wechselspannungsmeßbereich „200 mV“, bei gleichzeitigem Anlegen einer genau bekannten Gleichspannung. Auch beim Meßgleichrichter I ist die Verarbeitung von Gleichspannungen ohne weiteres möglich.

Zur genauen Messung von Gleichspannungen empfiehlt es sich jedoch grundsätzlich, die Schalterstellungen „Gleichspannung“ zu verwenden, da hier die Genauigkeit bei der Messung reiner Gleichspannungen selbstverständlich größer ist, da die Meßunsicherheit der Gleichrichter in dieser Schalterstellung nicht zum Tragen kommt.

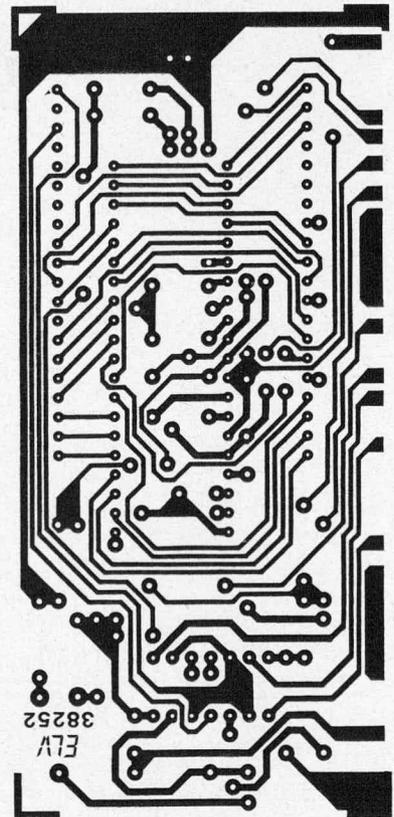
Der Abgleich des hier vorgestellten Digital-Multimeter-Systems ist damit beendet und dem Einsatz steht nichts mehr im Wege.



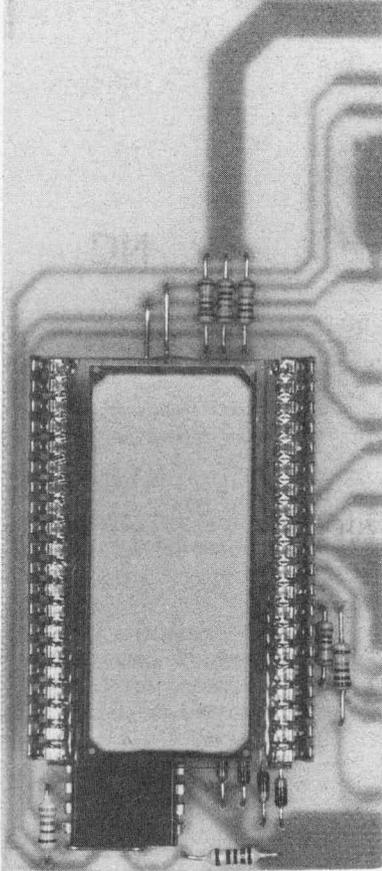
Ansicht der fertig bestückten Anzeigenplatine für die 3,5stellige Version



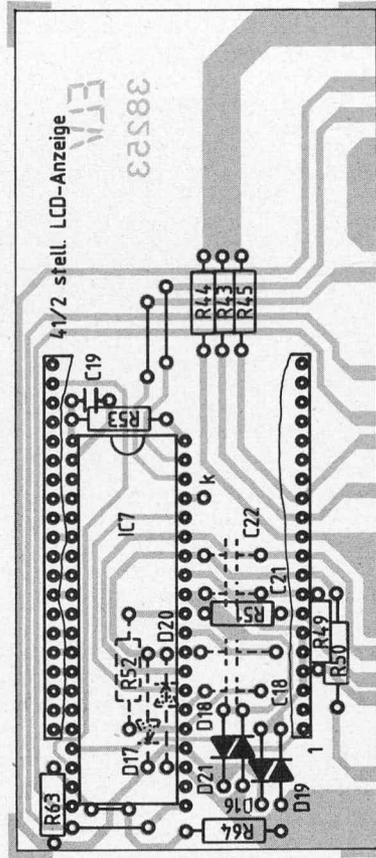
Bestückungsseite der Anzeigenplatine für die 3,5stellige Version



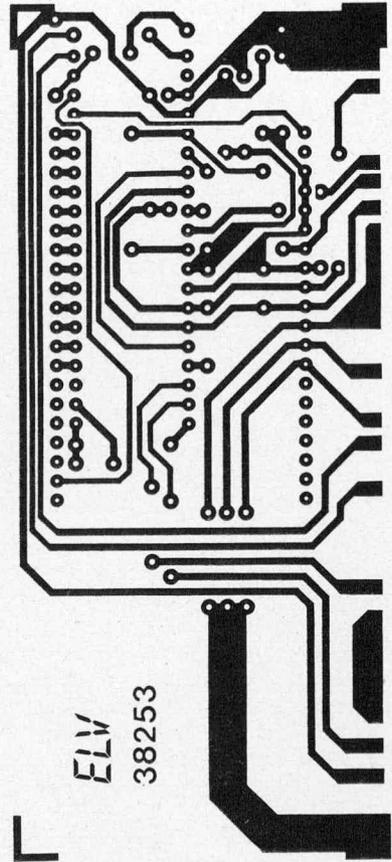
Leiterbahnseite der Anzeigenplatine für die 3,5stellige Version



Ansicht der fertig bestückten Anzeigenplatine für die 4,5stellige Version



Bestückungsseite der Anzeigenplatine für die 4,5stellige Version



Leiterbahnseite der Anzeigenplatine für die 4,5stellige Version