

ELV-Serie 7000:

4,5-stelliges Digital-Multimeter

DMM 7001

Teil 2



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

Zum Nachbau

Beim DMM 7001 handelt es sich um ein hochwertiges Präzisions-Meßgerät, das mit seinen insgesamt 29 Meßbereichen auch professionellen Ansprüchen gerecht wird. Aufgrund der hochwertigen Platinenlayouts sowie der ausgereiften Schaltungstechnik ist der Nachbau weitgehend problemlos möglich, sobald man etwas Erfahrung im Aufbau von elektronischen Schaltungen gesammelt hat.

Zunächst wird die Bestückung der Basisplatte 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 Basisplatte gesetzt und verlötet wurde, kann anschließend die Tastenplatte so auf die Oberseite des Tastenaggregats gesetzt werden, daß die Leiterbahnseite sichtbar ist. Hierbei sollte etwa 2 mm Abstand zwischen Tastenaggregat und Platine bestehen bleiben, damit die Tasten später nicht an der Platine scheitern.

Auf diese Leiterplatte werden außer R 50 bis R 55 und R 76 keine weiteren Bauelemente aufgelötet. Für vorstehend genannte Bauteile sind keine Bohrungen vorgesehen, da sie auf der Leiterbahnseite der Tastenplatte angeordnet sind.

Als nächstes wird die Anzeigenplatte in gewohnter Weise bestückt.

Nachdem die bisherigen Arbeiten nochmals sorgfältig überprüft wurden, kann

die Anzeigenplatte mit der Tastenplatte verbunden werden. Hierzu wird die Anzeigenplatte im rechten Winkel (senkrecht) vor die Tastenplatte gesetzt, und zwar so, daß die Unterkante der Anzeigenplatte mit der Unterseite (die Seite, die zum Tastensatz hinweist) der Tastenplatte abschließt.

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

Nun werden die 10 flexiblen isolierten Verbindungsleitungen zwischen der Basisplatte und der Anzeigenplatte gezogen. Sie dienen zur Verbindung der im Schaltplan mit „d, e, f, g, h, i, k, l, m, n“ bezeichneten Punkte. Diese Bezeichnungen sind gleichfalls in den Bestückungsplänen von Basis- und Anzeigenplatte eingezeichnet, wobei gleiche Punktbezeichnungen miteinander zu verbinden sind (d mit d, e mit e usw.).

Insgesamt ist bei der Verdrahtung darauf zu achten, daß die einzelnen Verbindungsleitungen möglichst kurz gehalten werden, ohne daß sie unter mechanischen Spannungen stehen.

Die 3 Meßbuchsen werden mit kurzen flexiblen isolierten Leitungen mit einem Querschnitt von mindestens 1,5 mm² mit den entsprechenden Platinenanschlußpunkten (a, b, c) verbunden. Anschließend entfernt man die vorderen Kunststoffkappen von den Buchsen, um die Frontplatte über Buchsen und Tasten setzen zu können.

Nach dem Verschrauben der Meßbuchsen mit der Frontplatte wird die fertige Schaltung gleichzeitig mit der Frontplatte in das Gehäuseunterteil eingesetzt. Aufgrund der Gesamtkonstruktion ist im allgemeinen keine zusätzliche Befestigung der Platinen im Gehäuse erforderlich. Gegebenenfalls kann eine Fixierung mit etwas Klebstoff vorgenommen werden.

Die 3adrige Netzzuleitung wird durch die vorher mit der Gehäuserückwand verschraubten Netzkabeldurchführung mit Zugentlastung und Knickschutztülle geführt. Anschließend werden die beiden zur Stromversorgung dienenden Adern mit den Platinenanschlußpunkten „p“ und „q“ verlötet. Der gelb/grüne Schutzleiter wird an alle von außen berührbaren, leitenden Teile fest angeschlossen (hier: Kippschalterhals). Danach erfolgt das Festziehen der Zugentlastung durch Drehen der Knickschutztülle, so daß die Netzzuleitung nicht zurückgezogen werden kann. Hierbei sollte die Leitungslänge innerhalb des Gehäuses so bemessen werden, daß etwas Lose vorhanden ist.

Im allgemeinen wird das Digital-Multimeter zur potentialfreien Messung eingesetzt werden, d.h. der Schutzleiter ist nicht mit der Schaltung verbunden. Soll jedoch dieses Meßgerät auf definiertem „Nullpotential“ liegen, so kann der gelb/grüne Schutzleiter der Netzzuleitung zusätzlich mit der Schaltungsmasse verbunden werden. Das Meßgerät ist dann allerdings nicht mehr erdfrei (ähnlich vielen Oszilloskopen).

Auf die Einhaltung der VDE-Bestimmungen ist zu achten.

Zum Abgleich

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

Besonders ist auf die richtige Einbaulage der Dioden D 40 und D 41 zu achten, da eine falsche Polarität sofort größere Schäden anrichten kann.

Gleich nach dem Einschalten sollten folgende Spannungsmeßwerte geprüft werden (der Minusanschluß des verwendeten Voltmeters wird mit der Schaltungsmasse verbunden):

Die Spannung am Eingang des IC 11 (Pin 1) sollte zwischen 12 V und 15 V liegen. Entsprechend beträgt die Spannung am Eingang des IC 13 (Pin 1) -12 V bis -15 V. An den Ausgängen der ICs 11 und

12 (jeweils Pin 3) muß die Spannung zwischen 4,8V und 5,2V liegen und am Ausgang des IC 13 (Pin 3) bei -4,8V bis -5,2V.

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

Zuvor ist jedoch der Nullpunkt des mit dem OP4 mit Zusatzbeschaltung aufgebauten Meßverstärkers einzustellen. Das Meßgerät wird dazu in einen beliebigen Strommeßbereich zur Messung von Gleichströmen gebracht (Taste AC/DC nicht gedrückt). Der Eingang ist somit über ca. 10 k Ω intern abgeschlossen und die Eingangsbuchsen können unbeschaltet bleiben.

Mit dem Trimmer R 39 wird dann die Anzeige auf „0000“ eingestellt. Die Schaltung sollte hierzu mindestens eine halbe Stunde im Dauerbetrieb eingeschaltet sein. Im Anschluß hieran ist der Skalenfaktor mit R 45 einzustellen.

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 45 auf der Digital-Anzeige ein.

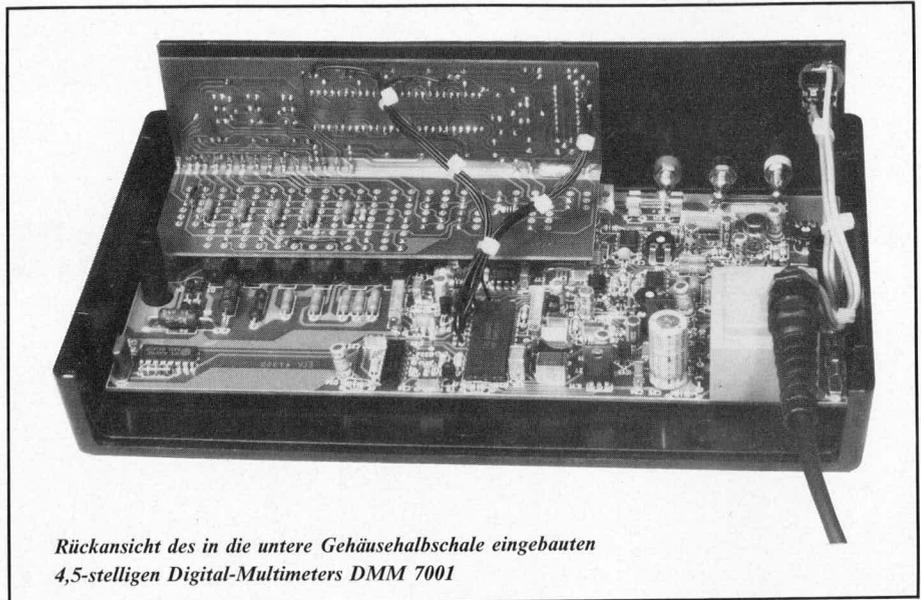
Aufgrund der hohen Auflösung und des Anzeigenumfanges von ± 20000 Digit, kann sich der Nullpunkt des Systems durch geringfügige Drift des Meßverstärkers im Laufe der Zeit etwas verschieben. In diesem Fall empfiehlt es sich, nach einer gewissen Einlaufphase eine zweite Nullpunkteinstellung und gegebenenfalls Skalenfaktorkorrektur 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 Meßbereichsendwert.

Durch Umpolen der Eingangsmessspannung erscheint auf der Digitalanzeige ein Minuszeichen, bei ansonsten gleicher Meßwertanzeige. Abweichungen zur positiven Anzeige dürfen bei typ. 5 Digit liegen (± 2 Digit von jedem der beiden Werte).

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 hochbelastbare Meßwiderstand mit einem Wert von 0,01 Ω in der Praxis kaum ohne Abgleich realisierbar ist. Deshalb wurde hierfür ein Widerstandsdraht vorgesehen, dessen Wert geringfügig größer als 0,01 Ω ist (ca. 0,012 Ω). Mit dem Spindeltrimmer R 10 kann eine Teilspannung abgegriffen werden, die den etwas zu großen Spannungsabfall exakt ausgleicht.

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

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



Rückansicht des in die untere Gehäusehalbschale eingebauten 4,5-stelligen Digital-Multimeters DMM 7001

Zunächst wird ein Strom im 2 A-Bereich in der Nähe des Meßbereichsendwertes gemessen (z. B. 1,8500 A). Nun 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). Zu berücksichtigen ist hierbei, daß im 20 A-Bereich der Spannungsabfall geringer als im 2 A-Bereich ist (bei gleichem Strom), so daß das Ergebnis nur dann genau ist, wenn eine Konstantstromquelle den Meßstrom geliefert hat (hier 1,850 A), da anderenfalls durch den geänderten Spannungsabfall am Meßgerät der Strom schwanken könnte.

Die Einstellung der Meßgleichrichter ist ebenfalls verhältnismäßig einfach durchzuführen.

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

OP 1 liegt dann über R 11, S 5d, S 11e sowie R 5 bis R 8 auf Masse (Analogground). Der Trimmer R 15 wird so eingestellt, daß die Ausgangsspannung (an Pin 6 des OP 1) 0 wird. Maximal darf die Restspannung 0,3 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 jetzt die Diode D 7 mit einer Drahtbrücke kurzgeschlossen.

Der Trimmer R 26 ist so einzustellen, daß der Ausgang Pin 6 des OP 2 auf 0 V liegt, wobei auch hier eine maximale Restspannung von 0,3 mV zulässig ist. Die Brücke über D 7 wird jetzt wieder entfernt.

Nun wird D 8 an einer Seite ausgelötet, um die Verbindung des Ausgangs von OP 2 zu den Widerständen R 27, R 29, R 30 zu unterbrechen. Der Verbindungs-

punkt der eben genannten Widerstände ist über ein möglichst kurzes Leitungstück direkt an die Schaltungsmasse anzuschließen (z. B. Fußpunkt der Widerstände R 24 oder R 33).

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

Die Verbindung der Widerstände R 27, R 29, R 30 mit der Schaltungsmasse wird wieder aufgehoben und D 8 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 abgeglichenen 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 typ. 30 Digit. Gegebenenfalls ist der Skalenfaktor mit R 32 so einzustellen, daß der angezeigte Wert bei einer Umpolung der Eingangsmessspannung 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 15, R 26 sowie R 35 zu wiederholen.

Nach Abschluß der gleichspannungsmäßigen 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 der ausgefeil-

ten Schaltungstechnik möglich, da die Verstärkung des OP1 bei Wechselspannungen ab 10 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 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 OP1 erfolgt in der bereits beschriebenen Weise, wobei die Bauelemente R12, R13, R17 sowie C1 ersatzlos entfallen. OP1 arbeitet dadurch als reiner Pufferverstärker zur Impedanzwandlung mit einer Verstärkung von exakt 1.

Nachdem der Nullpunkt des OP1 mit R15 sorgfältig eingestellt wurde, verbindet man den Anschlußpunkt 4 des IC2 über eine kurze Drahtbrücke mit dem Anschlußpunkt 2.

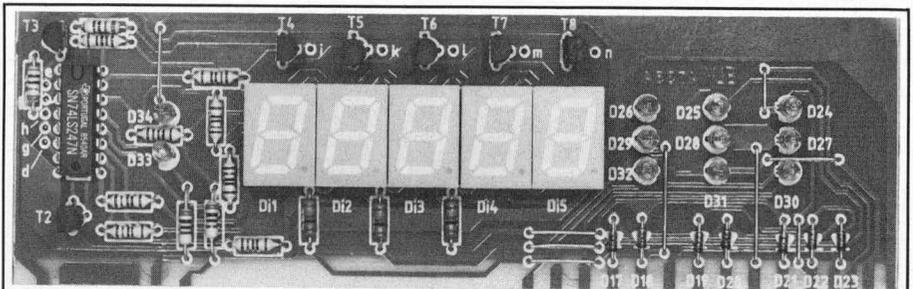
R21 ist so einzustellen, daß die Ausgangsspannung des IC2 (an Pin8) 0V wird. Eine Restspannung von 0,3 mV ist zulässig. Nachdem die Brücke zwischen Pin2 und Pin4 am IC2 wieder entfernt wurde, kann der Skalenfaktor in ganz geringen Grenzen mit dem Spindeltrimmer R18 genau eingestellt werden.

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

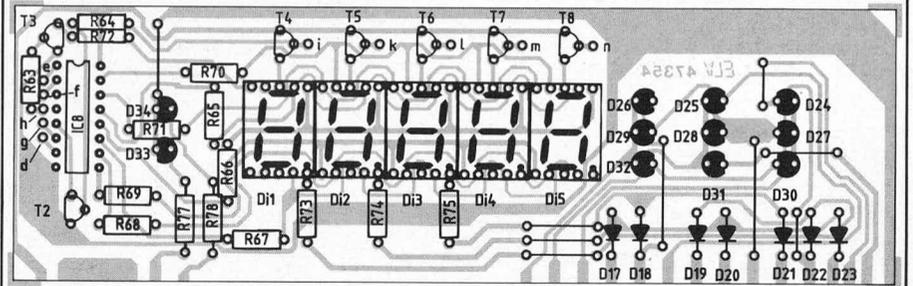
Zur genauen Messung von Gleichspannungen empfiehlt es sich jedoch grundsätzlich, die Schalterstellungen „Gleichspannung“ zu verwenden, da hier die Genauigkeit bei der Messung reiner Gleichspannungen selbstverständlich größer ist, da die Meßunsicherheit der Gleichrichter in dieser Schalterstellung nicht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

Widerstandsmeßbereiche

Dieser Abgleich ist ebenfalls recht einfach durchzuführen. In einem der mittleren Widerstandsmeßbereiche (z. B. 20 k Ω -Bereich) wird ein genau bekannter Meßwiderstand (0,05 % oder besser) mit einem Wert zwischen 10 k Ω und 20 k Ω an die Eingangsbuchsen gelegt. Mit dem Spindeltrimmer R60 wird die Anzeige auf



Ansicht der fertig bestückten Anzeigenplatine des 4,5-stelligen Digital-Multimeters DMM 7001 (Originalgröße: 48 mm x 155 mm)



Bestückungsseite der Anzeigenplatine des 4,5-stelligen Digital-Multimeters DMM 7001

Stückliste: 4,5stelliges Digital- Multimeter DMM 7001

Widerstände

39 Ω	R 59
150 Ω	R 65-R 72
180 Ω	R 73-R 75
470 Ω	R 76-R 78
560 Ω	R 61
680 Ω	R 44
1 k Ω	R 37, R 62
10 k Ω	R 14, R 38, R 41, R 43, R 46, R 63, R 81, R 82, R 85
47 k Ω	R 50, R 64
100 k Ω	R 11, R 16, R 17, R 36, R 40, R 42, R 48, R 57, R 58, R 79, R 80, R 83, R 84
220 k Ω	R 47
820 k Ω	R 13
1 M Ω	R 12, R 56
20 M Ω	R 86
0,012 Ω , Widerstandsdraht	R 9
10 Ω , Spindeltrimmer	R 60
1 k Ω , Spindeltrimmer	R 10, R 45
25 k Ω , Trimmer, liegend	R 15, R 39
PTC	R 49

Meßwiderstände, 0,05 %

0,1 Ω	R 8
0,9 Ω	R 7
9 Ω	R 6
90 Ω	R 5, R 51
900 Ω	R 4, R 52
9 k Ω	R 3, R 53
90 k Ω	R 2, R 54
900 k Ω	R 1, R 55

Kondensatoren

10 pF	C 2
33 pF	C 23, C 24
1 nF	C 22
10 nF	C 20
47 nF	C 9, C 10, C 12, C 16-C 18, C 26, C 30
220 nF	C 1
470 nF	C 14
1 μ F	C 13, C 15
10 μ F/16 V	C 8, C 11, C 19
10 μ F/16 V	C 21, C 27, C 28, C 31
100 μ F/16 V	C 29
1000 μ F/16 V	C 25

Halbleiter

74 LS 247	IC 8
TLC 271	IC 1, IC 5, IC 6
LM 385	D 11, D 15
CD 4011	IC 9
CD 4060	IC 10
ICM 7135	IC 7
7805	IC 11, IC 12

79 L 05	IC 13
BF 245 B	T 1
BC 337	T 4-T 8
BC 548	T 2, T 9
BC 558	T 3
DX 400	D 5, D 6, D 9, D 10, D 13, D 14
DJ 700 A	Di 1-Di 5
1 N 4001	D 40, D 41
1 N 4007	D 1-D 4
1 N 4148	D 12, D 17-D 23, D 35-D 39
LED, 3 mm, rot	D 16, D 24-D 34

Sonstiges

Sicherung 2 A	Si 1
Sicherung 100 mA	Si 2
2 Platinsicherungshalter	
1 Tastensatz	
120 cm isolierter Schaltdraht	
30 cm Silberdraht	
5 Lötstifte	
Tr 1	Trafo prim.: 220 V/3 VA sek.: 9 V/330 mA

Meßgleichrichter I

Widerstände

220 Ω	R 19
10 k Ω	R 22
470 k Ω	R 20
200 Ω , Spindeltrimmer	R 18
100 k Ω , Trimmer, liegend	R 21

Kondensatoren

4,7 μ F/16 V	C 4, C 5, C 6
10 μ F/16 V	C 3

Halbleiter

AD 636	IC 2
--------------	------

Meßgleichrichter II

Widerstände

10 k Ω	R 25
39 k Ω	R 31
47 k Ω	R 24, R 33
90 k Ω /0,5 %	R 23, R 27, R 28, R 29, R 30
100 k Ω	R 34
10 k Ω , Spindeltrimmer	R 32
25 k Ω , Trimmer, liegend	R 26, R 35

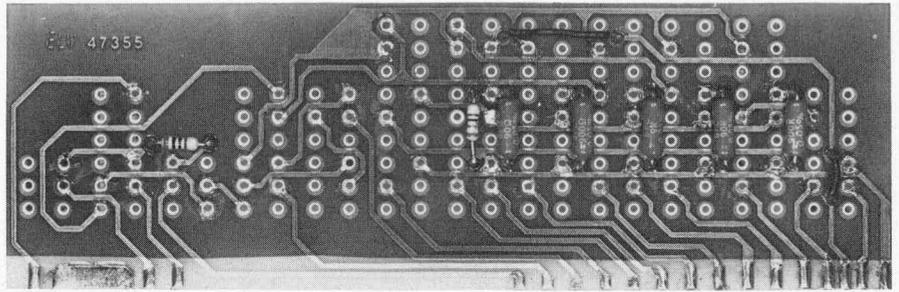
Kondensatoren

10 μ F/16 V	C 7
-----------------------	-----

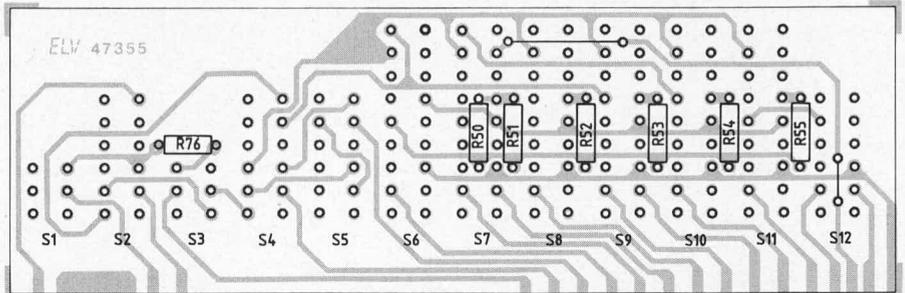
Halbleiter

TLC 271	IC 3, IC 4
DX 400	D 7, D 8

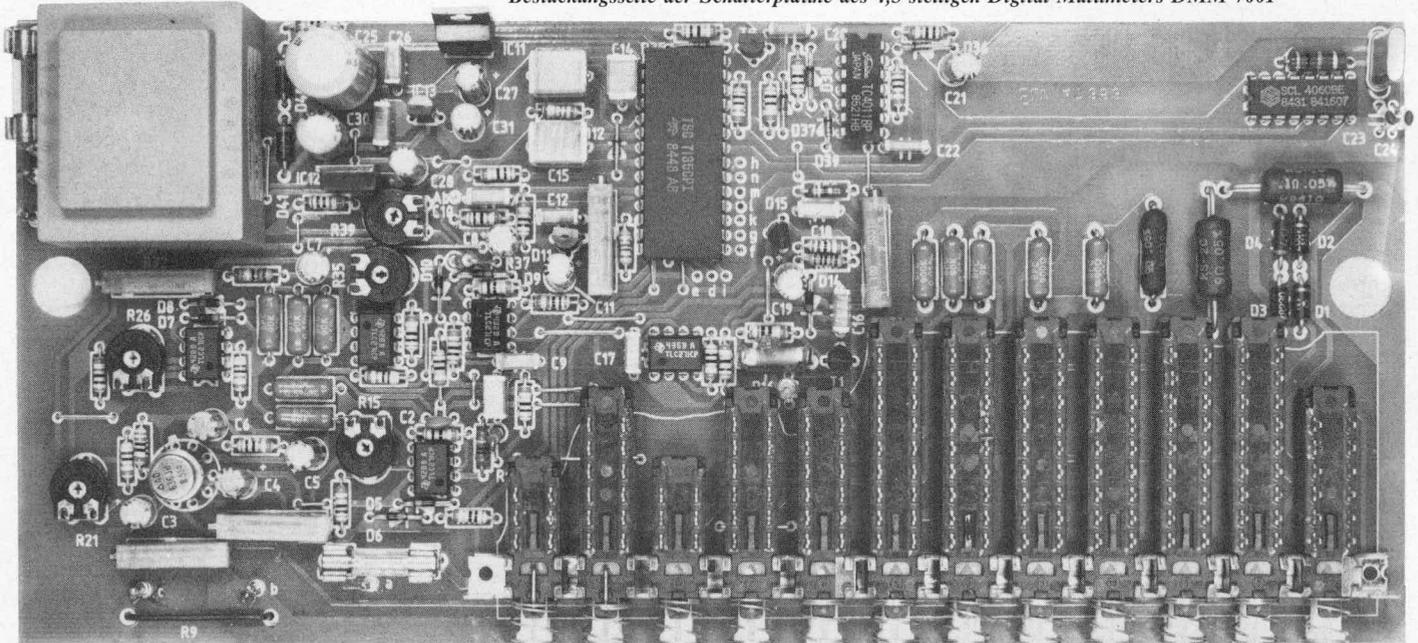
den entsprechenden Wert eingestellt. Steht kein genauer Referenzwiderstand zur Verfügung, kann auch die interne Eingangsteilerkette hierfür herangezogen werden. Der Verbindungspunkt der Widerstände R2 und R3 wird über eine möglichst kurze Zuleitung mit der Eingangsklemme „a“ verbunden. Da die Reihenschaltung der Widerstände R3 bis R8 genau 10,0 k Ω ergibt, bei einer maximalen Toleranz von 0,05 %, muß jetzt dieser Wert auf der Digitalanzeige eingestellt werden (10,000 k Ω). Die Abweichung sollte ± 2 Digit nicht überschreiten. Unter Berücksichtigung von Alterung und Drift der gesamten Anordnung liegt die Genauigkeit über alle Ω -Meßbereiche bei typ. 0,05 %. Ein Abgleich der übrigen Widerstandsmeßbereiche ist nicht erforderlich. Nachdem die Verbindung von R2/R3 mit der Eingangsbuchse „a“ wieder entfernt wurde, kann das Gehäuse ordnungsgemäß zusammengebaut und verschraubt werden. Einem Einsatz des Gerätes steht nun nichts mehr im Wege.



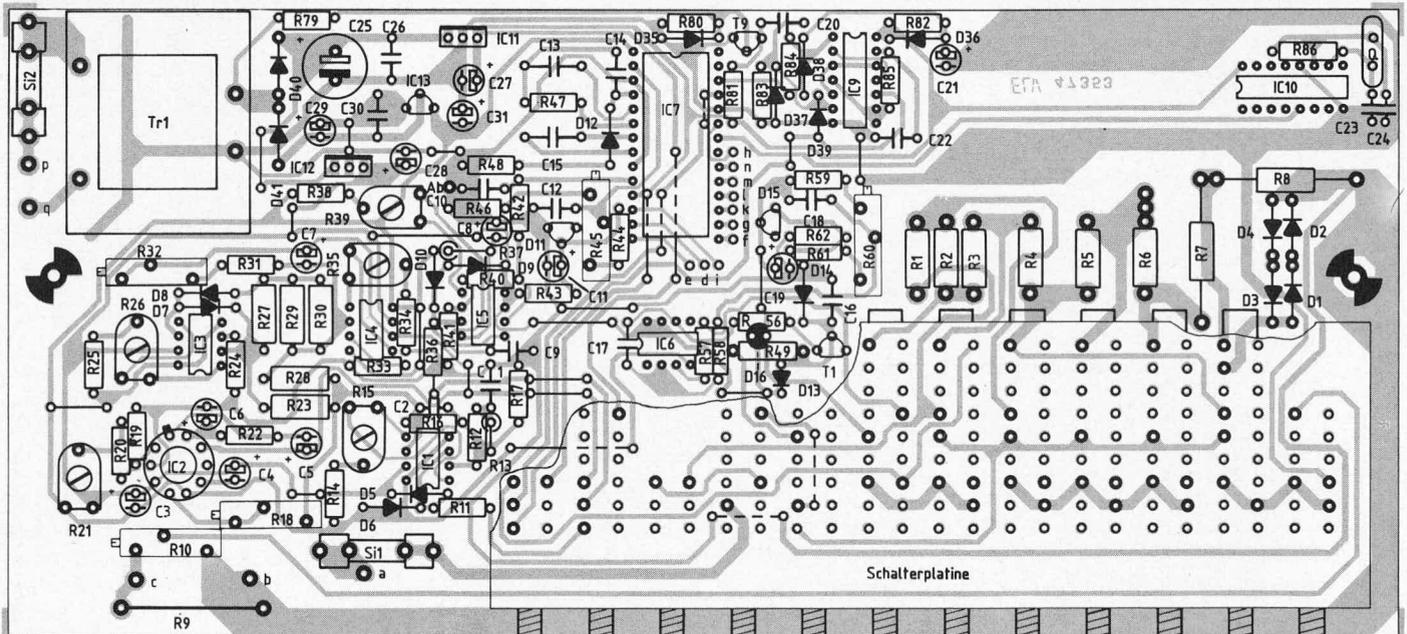
Ansicht der fertig bestückten Schalterplatine des 4,5-stelligen Digital-Multimeters DMM 7001 (Originalgröße: 50 mm x 155 mm)



Bestückungsseite der Schalterplatine des 4,5-stelligen Digital-Multimeters DMM 7001



Ansicht der fertig bestückten Basisplatine des 4,5-stelligen Digital-Multimeters DMM 7001 (Originalgröße: 110 mm x 245 mm)



Bestückungsseite der Basisplatine des 4,5-stelligen Digital-Multimeters DMM 7001