

ELV-Serie 7000:

4 $\frac{1}{2}$ stelliges Digital-Multimeter DMM 7000



Als eines der Spitzengeräte in unserer ELV-Serie 7000 stellen wir Ihnen ein 4 $\frac{1}{2}$ stelliges Digital-Multimeter der Spitzenklasse vor. Nachfolgend die herausragenden Eigenschaften des DMM 7000 in Kurzform:

- 30 Meßbereiche, unter anderem 6 Strombereiche von 1 nA bis 20 A,
- Toleranz des Verteilers wahlweise 0,5 % - 0,1 % - 0,05 % (!),
- Kalibrierung im wesentlichen mit nur einem einzigen Spindeltrimmer,
- AC/DC-Meßgleichrichter ohne Abgleich,
- automatische Anzeige von Meßart und Meßbereich,
- alle Bereiche überlastungsgeschützt,
- eingebautes 220 V Netzteil.

Allgemeines

Die vorstehend kurz beschriebenen wesentlichen Merkmale des DMM 7000 lassen erkennen, um welches außergewöhnliche Meßgerät es sich hier handelt.

Weitere Merkmale, die das DMM 7000 besonders bedienungsfreundlich machen, sind automatische Nullpunkt Korrektur, automatische Polaritäts-, Dezimalpunkt- und Überlaufanzeige sowie die logische Gliederung der Frontplatte, u. a. mit farblich gekennzeichneten Drucktastern.

Besonders hervorzuheben ist auch der klare übersichtliche Aufbau der Schaltung, nicht zuletzt in mechanischer Hinsicht. Auf eine durchkontaktierte Leiterplatte konnte trotz der vielfältigen Schalterstellungen durch einen Kunstgriff verzichtet werden, ohne den Verdrahtungsaufwand unnötig zu erhöhen: Mittels einer zusätzlichen kleinen Leiterplatte, die sich oberhalb des Tastensatzes befindet, so daß sich der Tastensatz praktisch zwischen zwei Leiterplatten befindet, wird derselbe Effekt wie mit einer durchkontaktierten Leiterplatte erzielt, jedoch ohne deren nicht ganz unerhebliche Kosten. Auch der nicht so versierte Hobbyelektroniker darf sich deshalb durchaus zutrauen, das DMM 7000 auf Anrieb fehlerfrei nachbauen zu können – etwas Lötpraxis vorausgesetzt.

Der außerordentlich einfache Abgleich trägt weiter zur Nachbaufreundlichkeit bei. Im Grunde wird das gesamte Gerät mit nur

einem einzigen Trimmer abgeglichen. Lediglich für die Einstellung des 20 A-Bereichs ist noch ein zweiter Trimmer vorgesehen, während mit einem dritten Trimmer die Taktfrequenz des Oszillators zur Steuerung des A/D-Wandlers eingestellt werden kann. Günstig ist eine Frequenz, die einem ganzzahligen Vielfachen der Netzfrequenz entspricht (hier z. B. 100 kHz). Diese Einstellung ist jedoch nicht unbedingt erforderlich und der entsprechende Trimmer wird in Mittelstellung gebracht.

Zur Schaltung

Als Analog/Digitalwandler findet die IC-Kombination TL 501/502 von Texas Instruments, mit einem geradezu sagenhaften Linearitätsfehler von lediglich 0,01 % Verwendung. Dies bedeutet über den gesamten Meßumfang von -20 000 bis +20 000 eine Abweichung von weniger als 1 Digit. Im Meßbereich „200 mV Gleichspannung“ kann diese Genauigkeit sogar direkt genutzt werden. In allen anderen Meßarten und -bereichen muß noch die Toleranz der Vorwiderstände und in den AC-Bereichen der Fehler des AC/DC-Konverters berücksichtigt werden.

Für die Teilerkette kommen im DMM 7000 hochbelastbare Präzisionsmeßwiderstände zum Einsatz. Um den Nachbau so individuell wie möglich zu gestalten, können Meßwiderstände mit einer Genauigkeit von wahlweise 0,5 %, 0,1 % oder 0,05 % (!) eingesetzt werden.

Der Meßwiderstandssatz mit einer Genauigkeit von 0,05 % dürfte wohl eine kleine Sensation darstellen und wird exklusiv für ELV von zwei führenden internationalen Herstellern für Präzisionsmeßwiderstände produziert, wobei diese Genauigkeit bei vertretbarem wirtschaftlichen Aufwand bereits an die Grenzen des technisch Machbaren stößt.

Die Abweichungen des AC/DC-Konverters liegen bei ca. 0,5 % bis zu einer Frequenz von ca. 1 kHz. Auch bei 5 kHz können noch mit ausreichender Genauigkeit Messungen durchgeführt werden.

Eine Gesamtübersicht der Meßbereiche und Fehlergrenzen zeigt die Tabelle der technischen Daten.

Die Stromversorgung

Für die Versorgung des Digitalteils des DMM 7000 und zur Speisung der fünf 7-Segment-Anzeigen des Typs DJ 700 A wird eine stabilisierte Versorgungsspannung von 5 V benötigt, die mittels eines Festspannungsreglers des Typs 7805 erzeugt wird.

Die übrige Schaltung benötigt eine symmetrische Versorgungsspannung von ± 15 V, die mittels zweier Festspannungsregler stabilisiert wird.

An dieser Stelle noch kurz einige Worte zu den 7-Segment-Anzeigen des Typs DJ 700 A:

Es handelt sich hierbei um eine Neuentwicklung von AEG/Telefunken die sich durch besonders hohe Leuchtstärke auszeichnet.

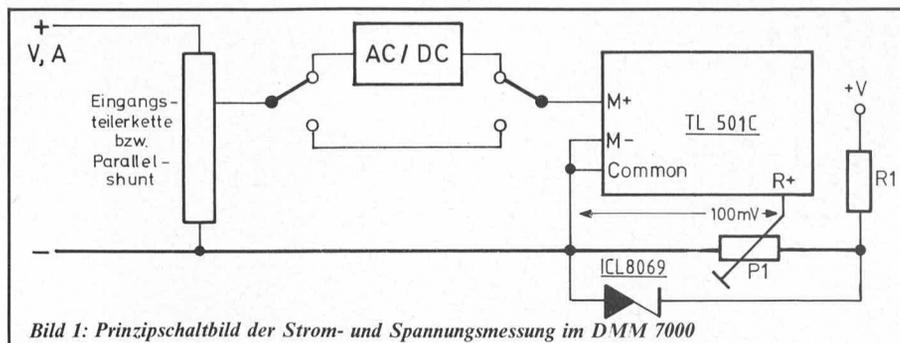


Bild 1: Prinzipschaltbild der Strom- und Spannungsmessung im DMM 7000

Dies bringt bei statischer, besonders aber auch bei gemultiplexer Ansteuerung erhebliche Vorteile. Darüber hinaus weist diese Anzeige ein sehr gelungenes Design auf, d. h. daß die einzelnen Segmente nicht einfach aus „Balken“ bestehen, sondern entsprechend geformt (angeschrägt und abgerundet) sind. Wir werden diese qualitativ hochwertige Anzeige daher in Zukunft häufiger einsetzen – sie ist als Nachfolger der bekannten TIL 701 zu sehen, deren Produktion eingestellt wurde.

Strom- und Spannungsmessung

Die Arbeitsweise in diesen Meßarten zeigt das Prinzipschaltbild (Bild 1). Die Meßspannung gelangt von der Eingangsteilerkette entweder direkt oder über den AC/DC-Wandler auf die Meßeingänge des TL 501 C (Pin 1 und Pin 2), der den Analogteil mit der eigentlichen A/D-Umsetzung darstellt, während der TL 502 C den Steuer- und Digitalteil in Zusammenhang mit den beiden IC's NE 555 (Taktoszillator) und SN 74 LS 02 darstellt.

Die Anzeige erfolgt 4½stellig, d. h., +/-20 000 Meßpunkte.

In weiten Grenzen können Überlastungen keinen Schaden anrichten, da die Schaltung mittels Vorwiderstände und Schutzdioden (FDH 300) abgesichert ist. In den Strombereichen müssen die entsprechenden Verteilerwiderstände vor Überlastung geschützt werden. Dies geschieht entweder mit D 1 oder D 2 – je nach Polarität – indem eine der beiden Dioden die Meßbuchsen kurzschließt, sobald die Spannung innerhalb des Verteilers über 0,7 V ansteigt. Die Dioden verkräften Stoßströme von mehreren 10 A. Damit sie selbst nicht zerstört werden können, ist zusätzlich noch eine 2,5 A-Schmelzsicherung vorhanden. Der 20 A-Shunt benötigt keinen weiteren Schutz.

Der AC/DC-Wandler

Im Prinzip handelt es sich bei diesem Schaltungsteil um einen Einweg-Gleichrichter, bei dem die Schwellenspannung der Diode durch einen OP auf wenige μV reduziert wird.

Durch das Integrationsglied wird die zu messende Spannung geglättet. Die Besonderheit dieses hier vorgestellten Wandlers liegt darin, daß er in weiten Bereichen linear arbeitet, ohne einen Abgleich zu benötigen.

Widerstandsmessung

Für Widerstandsmessungen wird im DMM 7000 ein besonders exaktes Meßprinzip verwendet, das auch schon bei unserem beliebten MM 31 erfolgreich Anwendung fand.

Die Referenzspannung, die mit dem IC des Typs ICL 8069 erzeugt wird, wird hierbei abgeschaltet und stattdessen eine Serienschaltung aus dem zu messenden Widerstand und einem Referenzwiderstand (aus der Teilerkette) an die Meß- und Referenzeingänge des TL 501 C gelegt (Bild 2). Maß für R_x ist das Verhältnis der Spannungen, die über diese beiden Widerstände abfallen. Das Verfahren ist deshalb so genau, weil nur die Genauigkeit des Referenzwiderstandes eine Rolle spielt. Änderungen der Versorgungsspannung gehen nicht in das Meßergebnis ein, da sie keinen Einfluß auf das

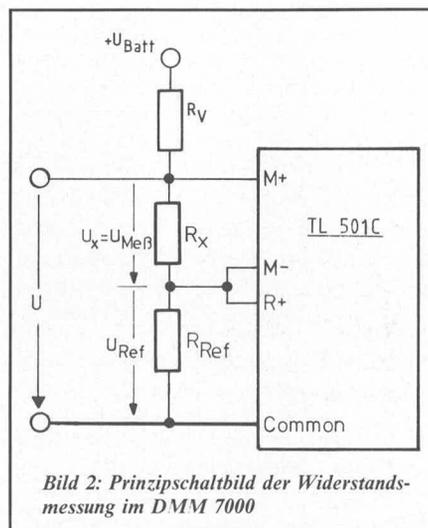
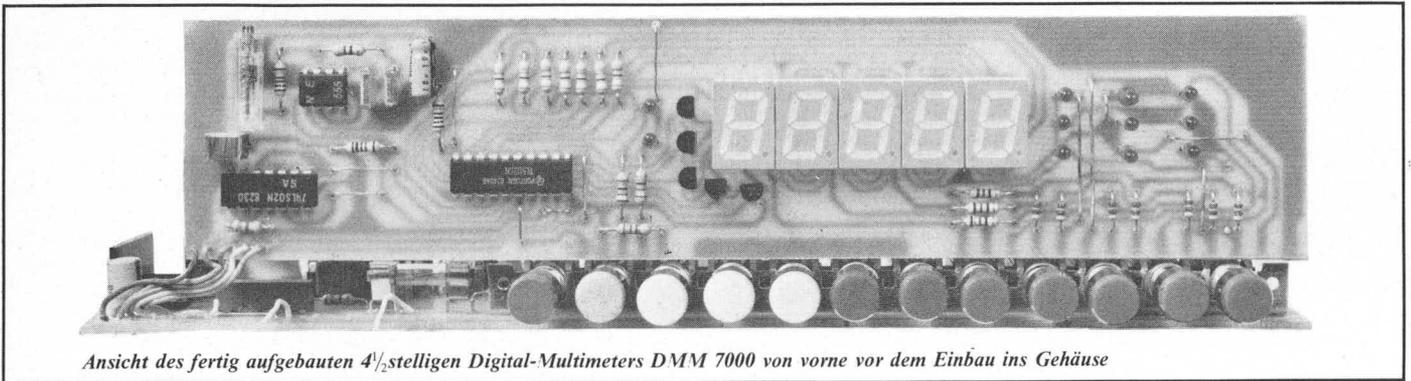


Bild 2: Prinzipschaltbild der Widerstandsmessung im DMM 7000

Technische Daten des 4½stelligem Digital-Multimeters DMM 7000

Funktion	Bereiche	Auflösung	Meßfehler (typ.)*	Überlastschutz
Gleichspannung	200 mV	10 μV	$\pm(0,01\% \text{ v. Meßwert} + 2 \text{ Digit})$	300 V~/ 750 V~ss
	2 V	100 μV	$\pm(0,05\% \text{ v. Meßwert} + 2 \text{ Digit})$	1200 V~/ 1200 V~ss
	20 V	1 mV	$\pm(0,05\% \text{ v. Meßwert} + 2 \text{ Digit})$	1200 V~/ 1200 V~ss
	200 V	10 mV	$\pm(0,05\% \text{ v. Meßwert} + 2 \text{ Digit})$	1200 V~/ 1200 V~ss
Wechselspannung	200 mV	10 μV	$\pm(0,6\% \text{ v. Meßwert} + 5 \text{ Digit})$	300 V~/ 750 V~ss
	2 V	100 μV	$\pm(0,6\% \text{ v. Meßwert} + 15 \text{ Digit})$	1200 V~/ 1200 V~ss
	20 V	1 mV	$\pm(0,6\% \text{ v. Meßwert} + 5 \text{ Digit})$	1200 V~/ 1200 V~ss
	200 V	10 mV	$\pm(0,6\% \text{ v. Meßwert} + 5 \text{ Digit})$	1200 V~/ 1200 V~ss
Gleichstrom und Wechselstrom	200 μA	10 nA	wie Spannungsbereiche	Dioden und 2,5 A Schmelzsicherung
	2 mA	100 nA		
	20 mA	1 μA		
	200 mA	10 μA		
	2000 mA	100 μA		
Widerstand	20 Ω	1 m Ω	$\pm(0,1\% \text{ v. Meßwert} + 2 \text{ Digit})$ für DC $\pm(1\% \text{ v. Meßwert} + 5 \text{ Digit})$ für AC	entfällt
	200 Ω	10 m Ω		
	2 k Ω	100 m Ω		
	20 k Ω	1 Ω		
	200 k Ω	10 Ω		
2000 k Ω	100 Ω	$\pm(0,05\% \text{ v. Meßwert} + 5 \text{ Digit})$	300 V~/ 750 V~ss	

* bei Einsatz der Präzisions-Meßwiderstands-Teilerkette mit einer Toleranz von 0,05%



Ansicht des fertig aufgebauten 4 1/2-stelligen Digital-Multimeters DMM 7000 von vorne vor dem Einbau ins Gehäuse

Verhältnis der beiden Teilspannungen zueinander haben.

Im Gesamtschaltbild fällt in diesem Schaltungsteil der 2 k-PTC-Widerstand auf. Er verhindert eine Zerstörung der IC's sowie der Teilerwiderstände, falls bei Ohmmessungen versehentlich Spannung an die Meßbuchsen gelegt wird. Dieses Bauteil wird bei einem Strom von 7 mA schlagartig hochohmig, aber nicht zerstört, sondern ist nach Fortfall der Überlastung wieder betriebsbereit. Hierdurch ergibt sich ein außerordentlich wirksamer Überlastschutz.

Zum Nachbau

Zunächst werden die Basisplatine und die Anzeigenplatine in gewohnter Weise bestückt, wobei die Positionierung der einzelnen Bauelemente aus dem Bestückungsplan hervorgeht.

Anschließend wird die dritte Platine, mit der Kupferseite nach oben zeigend, von oben auf den Schaltersatz gesetzt und festgelötet. Die Anschlußspießer des Schaltersatzes sollten nur ca. 1 mm aus der Kupferseite der Schalterplatine herausragen, denn bei zu tiefem Einbau dieser Leiterplatte können die Schalter blockieren. An diese Platine wird dann in rechtem Winkel die Anzeigenplatine angelötet.

Zuletzt sind die Meßwiderstände R 3 bis R 8 mit möglichst kurzen Drähten an den entsprechenden Stellen laut Bestückungsplan von der Leiterbahnseite her auf der Schalterplatine anzulöten.

Nach dem Verschrauben der Meßbuchsen mit der Frontplatte wird die fertige Schaltung gleichzeitig mit der Frontplatte in das Gehäuseunterteil eingesetzt. Die Meßbuchsenanschlüsse sind nun mit den entsprechenden Punkten auf der Leiterplatte zu verbinden.

Jetzt kann der 20 A Shunt-Widerstand montiert werden, d. h. er wird direkt zwischen die Eingangsmessbuchsen „0“ und „20 A“ gelötet. Es handelt sich hierbei um einen ca. 3 cm langen Widerstandsdraht, mit einem Querschnitt von 1,2 mm und einem Innenwiderstand von 0,4 Ω pro Meter. Dies entspricht einem Widerstand von 0,012 Ω bei 3 cm.

Der Netztransformator ist möglichst dicht an der Rückwand im hinteren Gehäuseeteil an der unteren Gehäusehalbschale mit 4 Schrauben und Muttern festzuschrauben. Zwecks Konvektionsmöglichkeit sollte ein Abstand vom Trafo zur Rückwand von ca. 3–5 mm eingehalten werden. Alle von außen berührbaren Metallteile, wie Schrauben und Kippschalter müssen mit dem Schutzleiter der 3adrigen Netzzuleitung verbunden werden.

Um das Meßgerät vor Störeinflüssen zu schützen, sollte das gesamte Gehäuse, einschließlich Front- und Rückplatte innen mit einem leitenden Überzug versehen werden (z. B. Graphitspray), der dann mit dem Massepunkt des DMM 7000 zu verbinden ist. Hierbei ist zu beachten, daß die Gehäuse- bzw. Frontplattenstellen, an denen sich Metallteile befinden, die mit dem Schutzleiter verbunden sind, vom Graphitspraysorgfältig befreit bleiben. Eine Verbindung des Schutzleiters mit der Meßgerätemasse würde zum Verlust der Potentialfreiheit führen, was unbedingt zu vermeiden ist. Sicherheitshalber sollte bei fertiggestelltem Gerät mit einem Ohmmeter (2 MΩ- oder 20 MΩ-Bereich) eine Kontrollmessung zwischen dem Massepunkt des DMM 7000 und dem Schutzleiter durchgeführt werden. Bei dieser Messung muß das Ohmmeter „Überlauf“ anzeigen.

Um einen Kontakt der Basisplatine mit dem eingesprühten Gehäuseunterteil zu vermeiden und auch um Spannungsüberschlägen zwischen den unten aus der Basisplatine herausragenden Spießern des Tastensatzes und dem Gehäuseunterteil vorzubeugen, empfiehlt es sich, eine weitere Platine in der Größe der Basisplatine mit der ungeätzten Kupferfläche nach unten weisend, zwischen Basisplatine und Gehäuseunterteil anzuordnen. Die Kupferfläche dieser Zusatzplatine sollte ebenfalls mit dem Masseanschluß des DMM 7000 verbunden werden. Vorgenannte Abschirmmaßnahmen sind keineswegs unbedingt erforderlich, tragen allerdings erheblich zu einer stabilen Anzeige bei.

Abgleich

Für den Abgleich muß entweder ein genaues Vergleichsmultimeter zur Verfügung stehen oder eines der im Handel befindlichen Eichmodule, die eine hochkonstante Ausgangsspannung abgeben. Die bekannte Vergleichsspannung wird an das DMM 7000 gelegt und mit dem Trimmer R 21 auf gleiche Anzeige eingestellt. Am günstigsten ist es im 200 mV-Bereich abzugleichen, denn hier spielt die Toleranz des Vorteilers noch keine Rolle und man kann so in diesem Bereich die max. Genauigkeit bis auf den Wandlerfehler von 0,01 % erreichen.

Ein weiterer Abgleich betrifft den 20 A-Shunt-Widerstand, dessen Wert exakt 0,01 Ω betragen sollte. Solch niederohmige und gleichzeitig hochbelastbare Widerstandswerte sind in der Praxis ohne Abgleich kaum realisierbar. Deshalb wurde hierfür ein Widerstandsdraht vorgesehen, der so bemessen ist, daß sein Widerstandswert etwas größer als 0,01 Ω ist (0,012 Ω).

Das ist wichtig, um mit R 10 abgleichen zu können. 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:

Man mißt zunächst einen Strom im 2 A-Bereich (z. B. 1,850 A) und führt anschließend dieselbe Messung im 20 A-Bereich durch (nicht vergessen das Meßkabel in die 20 A-Buchse umzustecken) und gleicht mit R 10 ab. Dabei gibt man 2 Digit in der letzten Stelle zu, denn bei sonst gleicher Meßordnung fließt jetzt tatsächlich etwas mehr Strom, weil der Innenwiderstand des DMM 7000 im 20 A-Bereich nur 0,01 Ω beträgt, gegenüber 0,1 Ω im 2 A-Bereich.

Eine Einstellung des Meßgleichrichters ist aufgrund der besonderen Schaltungstechnik nicht erforderlich.

Mit dem Trimmer R 25 kann die Taktfrequenz des zur Ansteuerung des IC 4 dienenden Oszillators in gewissen Grenzen geändert werden. Wie weiter vorstehend bereits erwähnt, sollte die Frequenz ein ganzzahliges Vielfaches der Netzfrequenz betragen, wodurch Störeinflüsse, z. B. in Form von Netzbrummen usw. unterdrückt werden. Günstig ist z. B. eine Frequenz von 100 kHz, die mit einem Frequenzzähler an Pin 3 des IC 3 gemessen und mit R 25 eingestellt werden kann.

Steht keine entsprechende Meßmöglichkeit zur Verfügung, so kann eine Einstellung dadurch erfolgen, indem eine schlecht gesiebte Gleichspannung, z. B. nach einem Aufbau anhand von Bild 3, gemessen wird. R 25 ist nun so einzustellen, daß der Anzeigewert möglichst langsam schwankt. Im Zweifelsfall kann R 25 auch in Mittelstellung gebracht werden.

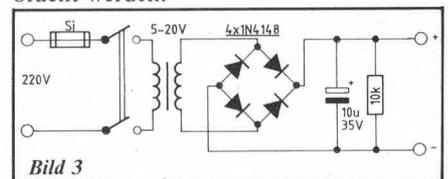
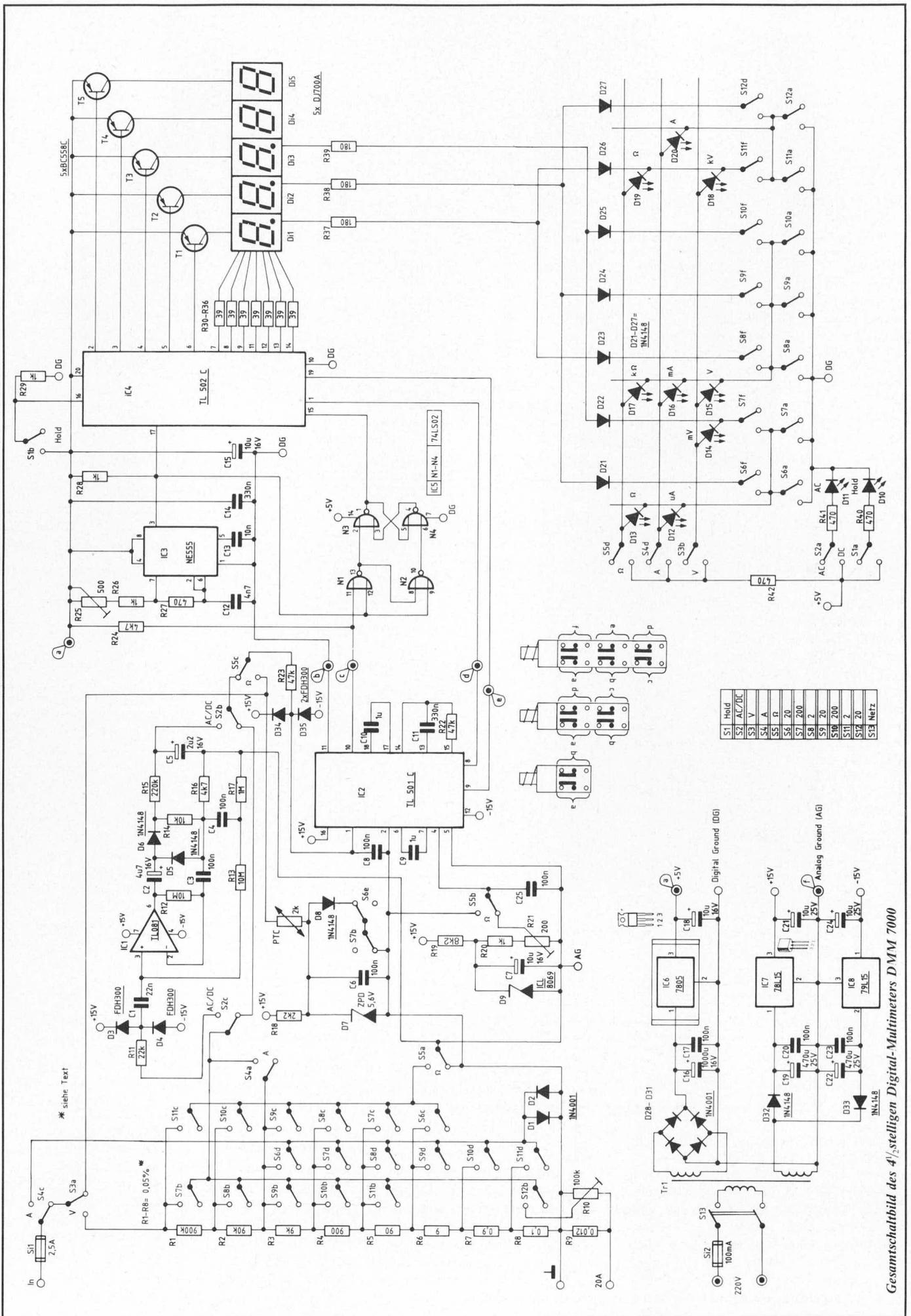


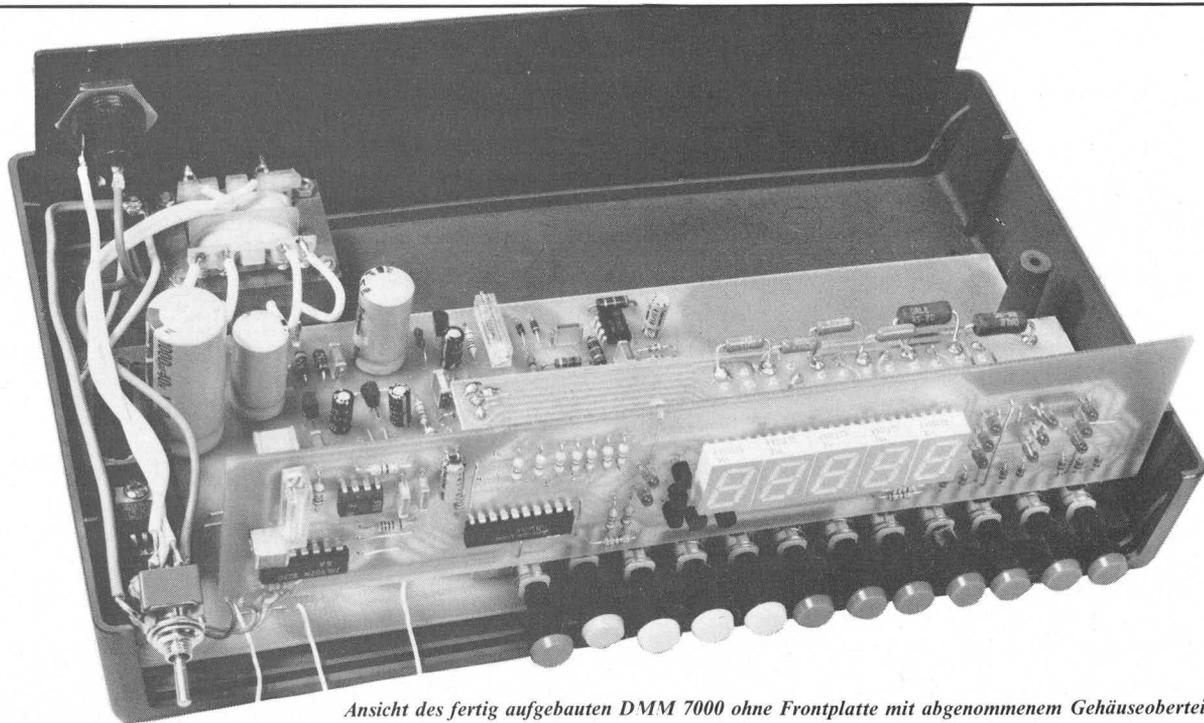
Bild 3

Auf die Meßgenauigkeit hat R 25 praktisch keinen Einfluß. Lediglich in den AC-Bereichen kann durch entsprechende Einstellung von R 25 die Anzeige weiter „beruhigt“ werden, während in den CD- und Ω-Bereichen ohnehin eine „sehr schön stehende“ Anzeige (typ. ±1–2 Digit) erreicht wird, was bei der hohen Auflösung und einem Anzeigenumfang von ±20 000 Digit ganz beachtlich ist.

Dem Einsatz dieses hochwertigen Vielfachmeßgerätes steht nun nichts mehr im Wege.



Gesamtschaltbild des 4 1/2-stelligen Digital-Multimeters DMM 7000



Ansicht des fertig aufgebauten DMM 7000 ohne Frontplatte mit abgenommenem Gehäuseoberteil

Stückliste: DMM 7000

Halbleiter:

IC1	TL 081
IC2	TL 501
IC3	NE 555
IC4	TL 502 C
IC5	74 LS 02
IC6	7805
IC7	78 L 15
IC8	79 L 15
T1-T5	BC 558
D1, D2	1 N 4007
D3, D4, D34, D35	FDH 300
D5, D6, D8, D21-27	
D32, D33	1 N 4148
D7	ZPD 5,6 V
D9	ICL 8069
D10-D20	LED, rot, 3 mm
D28-D31	1 N 4001
Di1-Di5	DJ 900 AF

Meßwiderstände 0,05 %

R1	900 k Ω
R2	90 k Ω
R3	9 k Ω
R4	900 Ω
R5	90 Ω
R6	9 Ω
R7	0,9 Ω
R8	0,1 Ω
R9	0,012 Ω Widerstandsdraht

Widerstände

R10	100 k Ω , Spindeltrimmer
R11	22 k Ω
R12, R13	10 M Ω
R14	10 k Ω
R15	220 k Ω
R16	4,7 k Ω
R17	1 M Ω
R18	2,2 k Ω
R19	8,2 k Ω
R20	1 k Ω
R21	200 Ω , Spindeltrimmer
R22, R23	47 k Ω
R24	4,7 k Ω
R25	500 Ω , Spindeltrimmer
R26, R28, R29	1 k Ω
R27	470 Ω
R30-R36	39 Ω
R37-R39	180 Ω
R40-R42	470 Ω

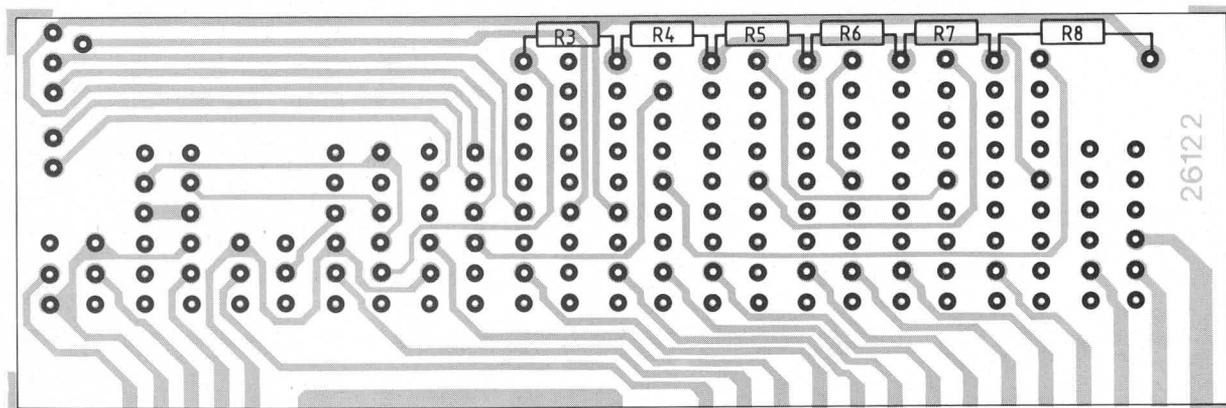
Kondensatoren

C1	22 nF
C2	4,7 μ F/16V
C3, C4, C6, C8, C17, C20, C23	
C25	100 nF
C5	2,2 μ F/16V
C7, C15, C18	10 μ F/16V
C9, C10	1 μ F
C11, C14	330 nF

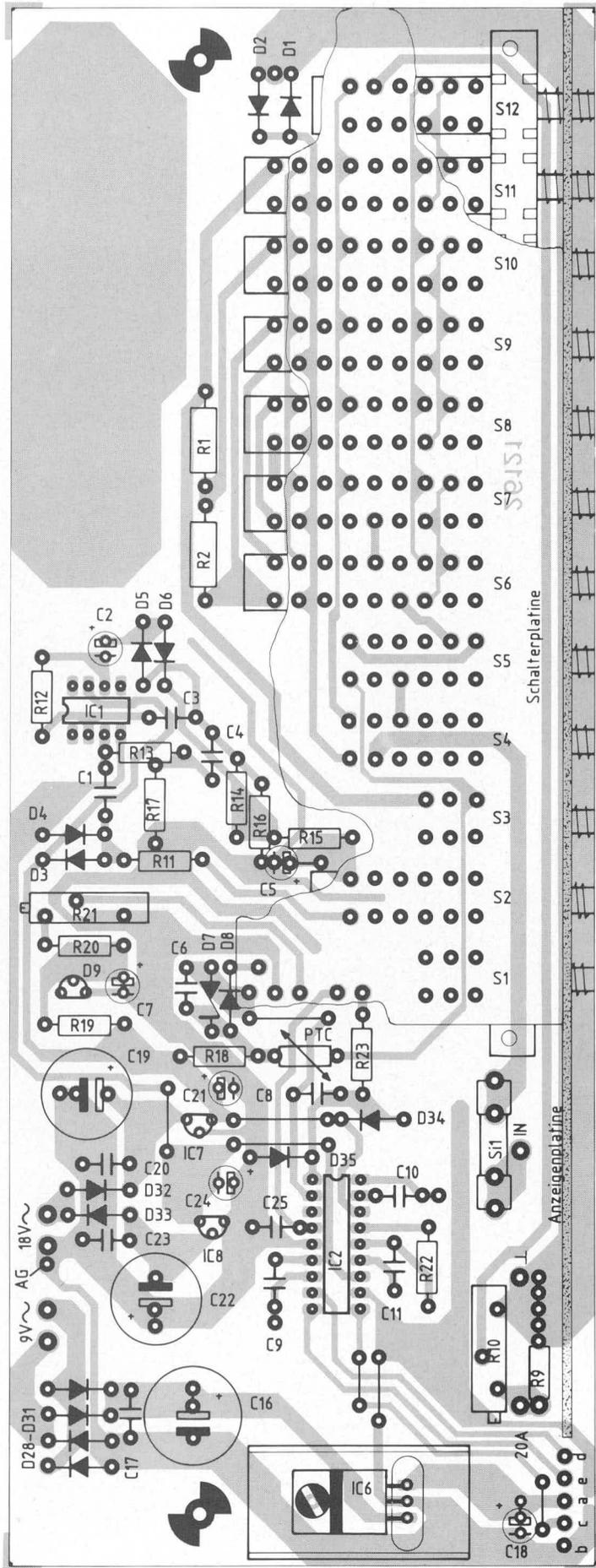
C12	4,7 nF
C13	10 nF
C16	1000 μ F/16V
C19, C22	470 μ F/25V
C21, C24	10 μ F/25V

Sonstiges:

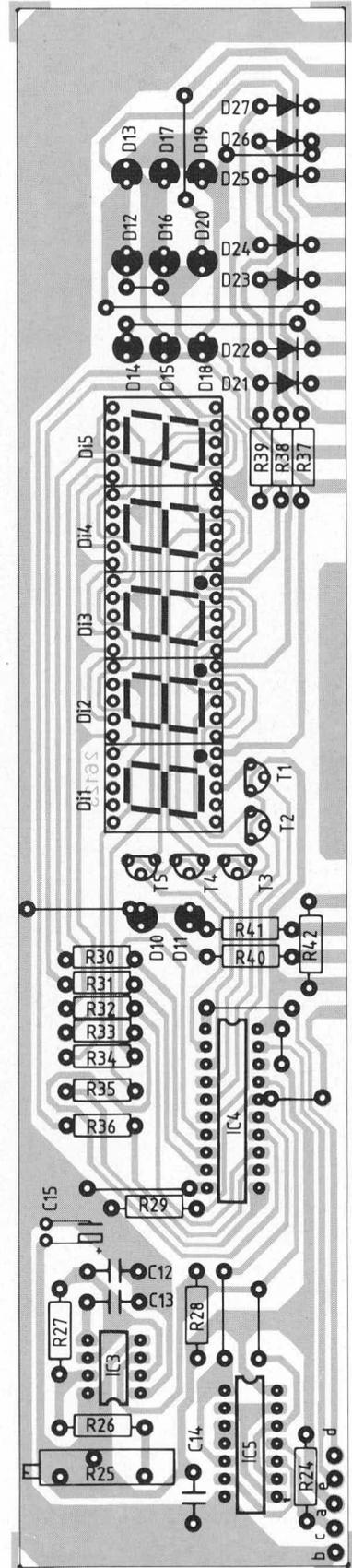
- Tr1
- prim. 220 V
- sek. 9V/600 mA
- 18 V/100 mA
- Si1
- 2,5 A
- Si2
- 100 mA
- 1 Platinensicherungshalter
- 1 Einbausicherungshalter
- 1 x PTC-Widerstand 2 k Ω
- 1 x Kühlkörper für TO 220 (SK 13)
- 1 x Schraube M 3 x 6 mm
- 5 x Muttern M 3
- 1 x Plastikschaublen M 3 x 6 mm
- 4 Schrauben M 3 x 25 mm
- 1 Plastikmutter M 3
- 2 Lötflächen 3 mm
- 8 Lötstifte
- 0,5 m Silberdraht 0,9 mm
- 5 cm 5adrige Flachbandkabel
- 1 Tastenaggregat



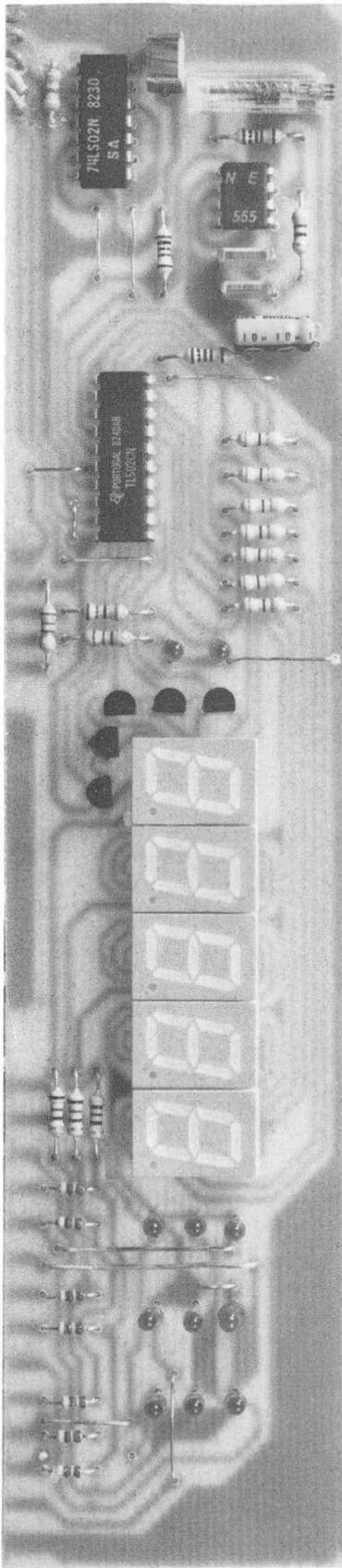
Leiterbahnseite der von oben auf den Schaltersatz gelöteten Schalterplatine



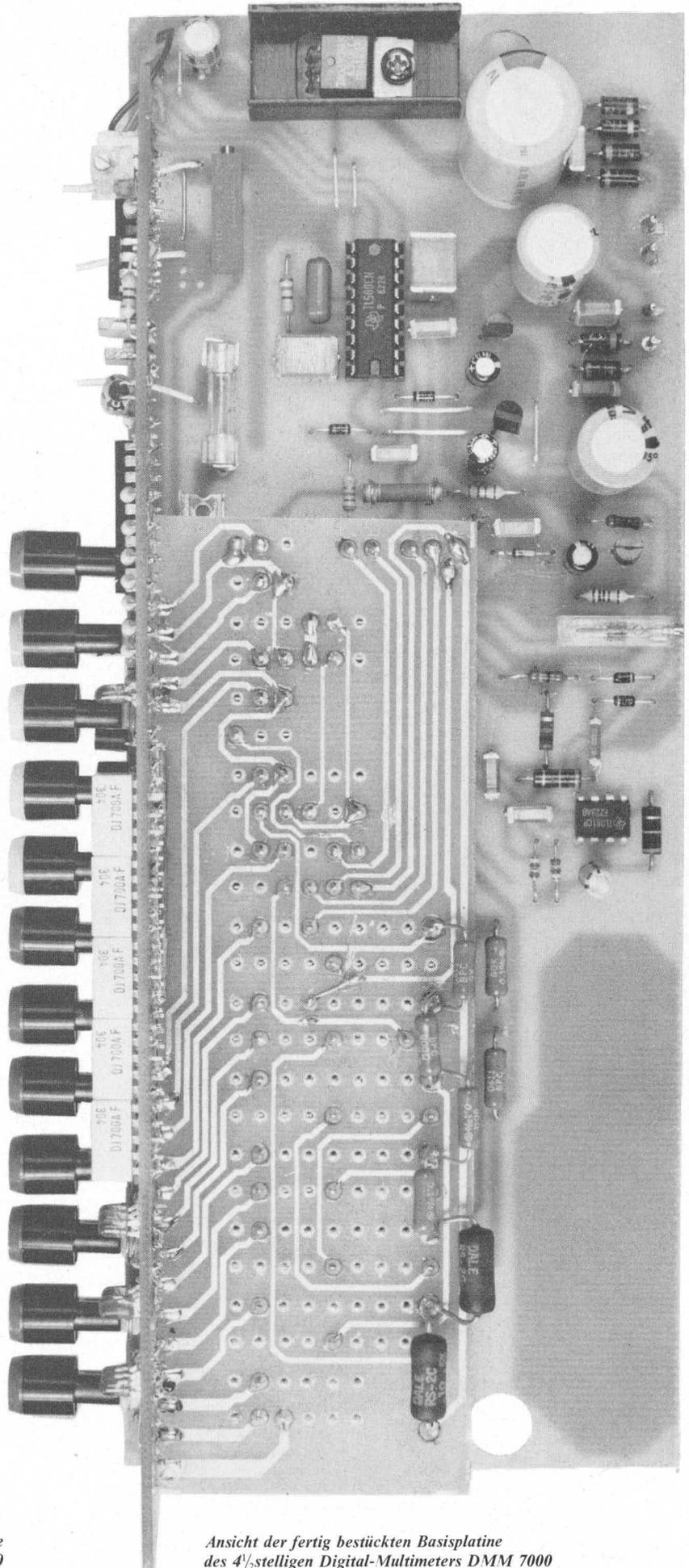
Bestückungsseite der Basisschaltplatte
des 4 1/2-stelligen Digital-Multimeters DMM 7000



Bestückungsseite der Anzeigepfanne des
4 1/2-stelligen Digital-Multimeters DMM 7000



*Ansicht der fertig bestückten Anzeigenplatine
des 4 1/2-stelligen Digital-Multimeters DMM 7000*



*Ansicht der fertig bestückten Basisplatine
des 4 1/2-stelligen Digital-Multimeters DMM 7000*