

# Digitales Kapazitätsmeßgerät DCM 7000



*Auf das hier vorgestellte, in unserem Labor entwickelte Digitale Kapazitätsmeßgerät dürfen wir wohl zu Recht stolz sein, denn es handelt sich um ein echtes Spitzengerät, mit einem Meßumfang von 0,1 pF (!) bis 100 000  $\mu$ F (!) sowie einem Nullabgleich, um Streu- bzw. Kabelkapazitäten zu kompensieren.*

*Der geradezu sagenhafte Meßumfang von 12 (!) Zehnerpotenzen ist durch eine besonders ausgefeilte Schaltungstechnik ermöglicht, bei der zudem auf optimale Leiterbahnführung großer Wert gelegt wurde, so daß trotz der aufwendigen Schaltung eine hohe Nachbausicherheit erreicht wurde.*

*Die ausgezeichnete Genauigkeit wird zum einen durch Präzisions-Meßwiderstände mit einer Toleranz von 0,5 % und zum anderen durch eine Quarzsteuerung erreicht, so daß auch eine hervorragende Langzeitstabilität gewährleistet ist.*

*Daß dieses Gerät in ein Gehäuse der ELV Serie 7000 eingebaut wird und dadurch ein ansprechendes Äußeres erhält, wird dem Nachbauwunsch sicher entgegenkommen.*

*Bei den vielen aufgeführten Vorteilen und der umfangreichen Schaltung wirkt der absolute Niedrigpreis unseres DCM 7000 schon fast unglaublich. Wir demonstrieren damit deutlich, wie preiswert auch hochqualifizierte Meßgeräte gebaut werden können.*

## **Allgemeines**

Nachdem Sie unser Vorwort gelesen haben, wird vielleicht manch einer in ungläubiges Staunen geraten.

So geschah es zumindest auf unserem „schwer umlagerten“ Stand auf der Hobbytronic in Dortmund, wo sich aber ein jeder (sofern er überhaupt an den Stand herankam) von den phantastischen Eigenschaften unseres DCM 7000 wirklich überzeugen konnte.

Durch den gewaltigen Meßumfang von 0,1 pF bis 100 000  $\mu$ F ist es möglich, vom kleinsten HF-Kondensator

bis zum riesigen Ladeelko alle Kondensatoren auszumessen, die sich bei einem Hobby-Elektroniker im Laufe der Zeit angesammelt haben.

Die hohe Auflösung von 0,1 pF im kleinsten Bereich ist besonders interessant, da die Bezeichnungsvielfalt bei kleinen Kondensatoren derart verwirrend ist, daß selbst Experten ihre liebe Mühe damit haben können und es sicherlich begrüßen, durch einfaches Ausmessen den korrekten Wert angezeit zu bekommen.

Durch den oberen 100 000  $\mu$ F-Bereich ist es andererseits auch möglich, die meistens mit großen Toleranzen (-50 % bis +100 %) behafteten Ladeelkos genau auszumessen.

Erwähnenswert ist in diesem Zusammenhang die kurze Meßzeit, die für Kondensatoren bis 10 000  $\mu$ F im Schnitt unter 1 Sekunde liegt und nur im 100 000  $\mu$ F-Bereich auf ca. 10 Sekunden ansteigt, wenn außergewöhnlich große Kapazitäten von fast 100 000  $\mu$ F gemessen werden.

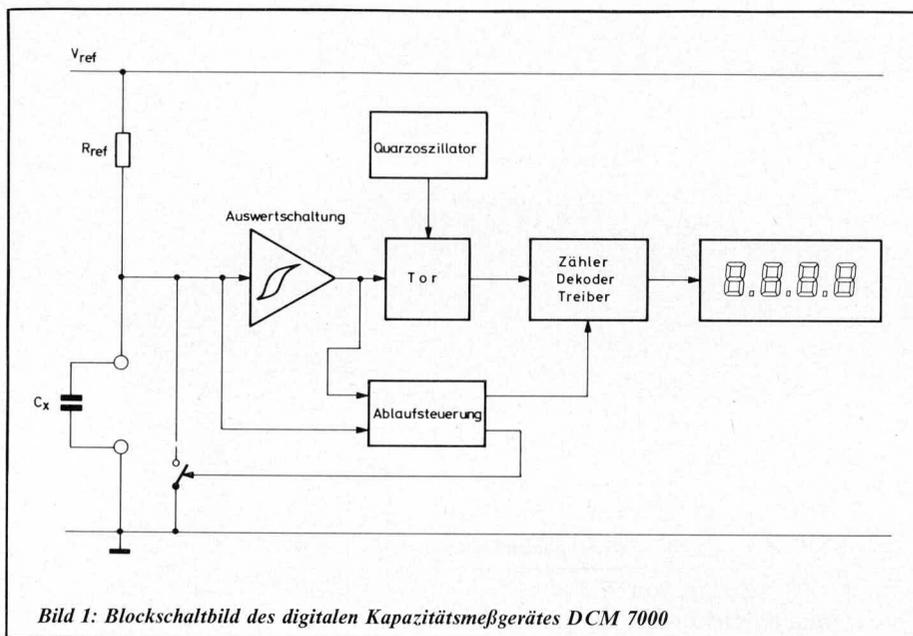


Bild 1: Blockschaltbild des digitalen Kapazitätsmeßgerätes DCM 7000

Daß solch ein großer Meßbereich durchaus seine Berechtigung hat, wird z. B. an dem 10 000  $\mu\text{F}$  Ladeelko im ELV-Leistungs-Netzteil deutlich, das in dieser Ausgabe auf den Seiten 36—40 beschrieben ist.

Die in unserem Labor eingesetzten Ladeelkos mit einem Aufdruck von 10 000  $\mu\text{F}/40\text{ V}$  zeigten Werte zwischen 13 000  $\mu\text{F}$  und 15 000  $\mu\text{F}$ , so daß ein Meßbereichsendwert von 10 000  $\mu\text{F}$  in diesem Fall nicht ausreichend gewesen wäre. Das DCM 7000 macht es jedoch möglich, auch diese Kondensatoren auszumessen.

### Funktionsprinzip

Zum besseren Verständnis ist in Bild 1 das Prinzip der Funktionsweise des Digitalen Kapazitätsmeßgerätes DCM 7000 im Blockschaltbildcharakter dargestellt.

Zweckmäßigerweise beginnen wir bei den nachfolgenden Betrachtungen mit dem ungeladenen Zustand von  $C_x$ .

Über einen Widerstand, der an einer hochkonstanten Referenzspannung liegt, wird der auszumessende Kondensator  $C_x$  aufgeladen.

Die an  $C_x$  anliegende Spannung wird von einer superschnellen, hochpräzisen Auswertschaltung überwacht, die das Tor zum Zähler freigibt, wenn die Kondensatorspannung in einem ganz bestimmten Bereich liegt, d. h., daß zu Beginn des Aufladevorganges, wo die Spannung an  $C_x$  noch fast 0 V beträgt, das Tor gesperrt ist.

Wird während des Ladevorganges eine bestimmte Spannung überschritten (z. B. 1 V), so wird das Tor zum Zähler geöffnet.

Bei Überschreiten einer zweiten, höhe-

ren Spannung (z. B. 2 V) wird das Tor von der Auswertschaltung wieder gesperrt.

In der Zeit, in der das Tor geöffnet ist, gelangen die vom Oszillator kommenden Impulse einer hochkonstanten Frequenz auf den Eingang des Zählers.

Die Toröffnungszeit wird von  $C_x$  bestimmt.

Hat  $C_x$  eine kleine Kapazität, geht der Aufladevorgang schnell, das Tor ist nur kurze Zeit geöffnet, es gelangen wenige Impulse auf den Zähler, der deshalb einen kleinen Wert anzeigt.

Ist  $C_x$  größer und das Tor somit länger geöffnet, gelangen auch mehr Impulse aus der Quarzzeitbasis über das Tor auf den Zähler, der dann einen entsprechend größeren Wert anzeigt.

Bemerkenswert ist die Tatsache, daß der auszumessende Kondensator  $C_x$  tatsächlich über einen Widerstand (Präzisionswiderstand, 0,5 %) aufgeladen wird und nicht etwa über eine Konstantstromquelle, die zusätzliche Fehler in sich bergen kann. Es wird ganz bewußt eine nicht lineare Ladekurve erzeugt.

Da die Form der Kurve immer exakt der mathematischen e-Funktion folgt und sich nur eine Größe, nämlich der Zeitmaßstab, ändert, sind die Zusammenhänge zwischen der zu messenden Kapazität  $C_x$  und der Torzeit und dadurch auch dem angezeigten Wert, streng linear.

Der Skalenfaktor wird durch die Oszillatorfrequenz, den Referenzwiderstand sowie die Auswertschaltung (Größe der Spannung, in der das Tor geöffnet ist) festgelegt.

In der hier vorgestellten Schaltung

wurde die Dimensionierung so vorgenommen, daß sich der eingangs erwähnte Meßumfang ergibt, bei direkter Anzeige in pF, nF,  $\mu\text{F}$  oder mF. Je nach eingestelltem Bereich leuchtet eine entsprechende LED auf.

Die quasi intelligente Ablaufsteuerung sorgt dafür, daß nach Beendigung des Meßvorganges der gemessene Wert auf der Anzeige gespeichert wird, der Zähler zurückgesetzt (Anzeigewert bleibt erhalten), der Kondensator entladen und der Vorgang erneut gestartet wird.

Quasi intelligent heißt in diesem Fall, daß die Ablaufsteuerung nicht nach einen „sturen“ Zeitplan vorgeht, sondern zusätzliche Informationen, wie Ladezustand von  $C_x$  und Torzustand, in ihre Entscheidung mit einbezieht, so muß z. B. die Spannung an  $C_x$  u. a. einen entsprechend kleinen Wert aufweisen, damit die Ablaufsteuerung den Ladevorgang freigibt. Außerdem ist eine Minimumverzögerung eingebaut, die ein Flackern der Anzeige bei sehr kurzen Meßzeiten verhindert.

### Zur Schaltung

Nachdem die wesentlichen Merkmale des Grundprinzips der Schaltung des DCM 7000 erläutert wurden, soll auf die schaltungstechnische Realisierung näher eingegangen werden, wobei wegen des Umfangs der Schaltung nicht jede Feinheit detailliert besprochen werden kann, sondern nur die Hauptbestandteile hervorgehoben werden sollen.

Um den eingangs erwähnten großen Meßumfang realisieren zu können, ist der in Bild 1 mit  $R_{\text{ref}}$  dargestellte Ladewiderstand über einen Präzisions-Drehwiderstand auf vier verschiedene Werte ( $R_6$ — $R_{10}$ ) umschaltbar.

Jenachdem, welcher Meßbereich mit S2 eingestellt wurde, erhält der auszumessende Kondensator seinen Strom über  $R_6$ ,  $R_7$ ,  $R_8$  oder  $R_9$  (geschaltet über S2a).

Die Auswertschaltung wird durch die beiden besonders exakt arbeitenden Operationsverstärker OP 1 und OP 2 im Zusammenhang mit den Spannungsteilerwiderständen  $R_{10}$ — $R_{16}$  und dem nachgeschalteten Tor, bestehend aus dem Gatter N1 (1/2 IC 9) realisiert.

Die an  $C_x$  anliegende Spannung wird über  $R_4$  und  $R_5$  auf die Eingänge der Auswertschaltung geführt (Pin 3 und 6 von IC 3).

Liegt die Spannung an  $C_X$  in einem ganz bestimmten Bereich, der dem Spannungsabfall an R 14 entspricht und den wir „Fenster“ der Auswert-schaltung nennen wollen, wird das Tor (Gatter N 1) geöffnet, und die Impulse des Quarzoszillators, bestehend aus dem Quarz, den Gattern N 3 bis N 6 sowie R 35 und C 25, gelangen auf den Eingang des IC 10, das als Teiler durch 4 geschaltet ist.

Die Anzahl der am Ausgang (Pin 9) angelangenden Impulse ist also viermal so niedrig wie die Anzahl der Eingangsimpulse.

Die IC's 11—13 sind als Dezimalteiler (dividiert durch 10) geschaltet.

Je nach eingeschaltetem Meßbereich werden die über das Tor gelangenden Impulse über eines der Gatter N 11 bis N 14 und danach über N 2 auf den Zählereingang des IC 15 (Pin 12) gegeben.

Welches Gatter durchschaltet und welcher dazugehörige Dezimalpunkt der vierstelligen digitalen Anzeige des DCM 7000 aufleuchtet, ist vom eingeschalteten Meßbereich und somit von der Stellung von S 2b abhängig, der über die Diodenmatrix D 17—D 33 die vorgenannte Steuerung ausführt.

Gleichzeitig schaltet S 2a die Referenzwiderstände R 6—R 9 auf den auszumessenden Kondensator  $C_X$ .

Da die Toröffnungszeit in streng linearem Zusammenhang mit der Kondensatorgröße steht, kann durch geeignete Schaltungsdimensionierung eine direkte Anzeige in pF, nF,  $\mu$ F oder mF erzielt werden, wie dies bereits im vorigen Kapitel in der theoretischen Einführung beschrieben wurde.

Die Meßbereichumschaltung erfolgt allerdings in der hier vorliegenden Schaltung nicht ausschließlich durch Umschalten der Referenzwiderstände, sondern, bedingt durch den großen Meßumfang des Gerätes, zusätzlich durch Verändern der Fenstergröße der Auswert-schaltung, indem der Spannungsabfall an R 14, der, wie an anderer Stelle bereits erwähnt, der Spannungsgröße des Fensters entspricht, vergrößert wird.

Dies geschieht, indem die Widerstände R 10 und R 11 über den Transistor T 2 sowie gleichzeitig R 16 über T 3 kurzgeschlossen werden.

Aber auch diese zweite Meßbereichumschaltmöglichkeit reicht bei dem

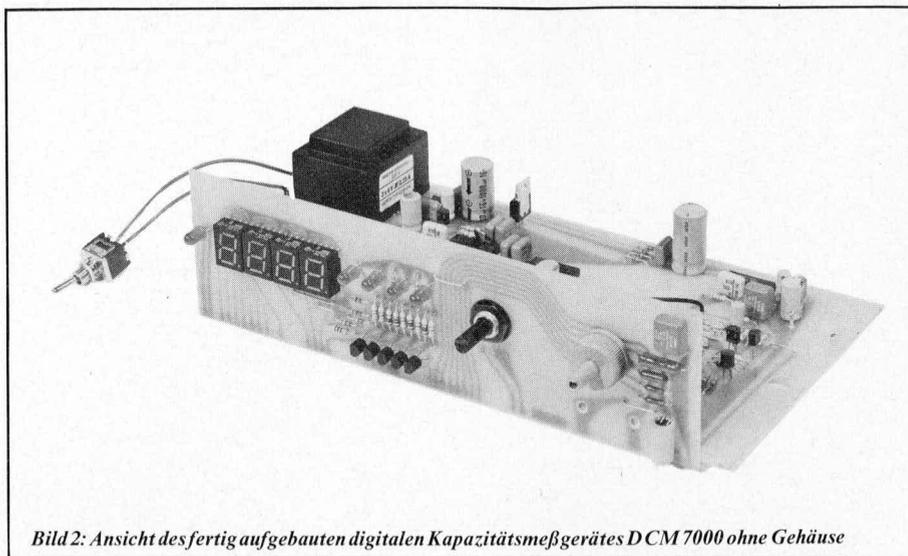


Bild 2: Ansicht des fertig aufgebauten digitalen Kapazitätsmeßgerätes DCM 7000 ohne Gehäuse

riesigen Meßumfang von 12 Zehnerpotenzen noch nicht aus.

Aus diesem Grund wird zusätzlich über die Dezimalteiler-IC's IC 11 bis IC 13 in Verbindung mit den Gattern N 11—N 14 eine wahlweise Teilung der durch das Tor (N 1) gelangenden Meßimpulse vorgenommen — je nach Stellung von S 2b.

Erst durch die Kombination dieser drei Umschaltmöglichkeiten wird der Meßumfang von 0,1 pF bis 100 000 mF erreicht.

Dies ist um so bemerkenswerter, als hierzu nur ein einziger Drehschalter mit einer Ebene und 2 x 6 Stellungen erforderlich ist.

Die Auswertlogik, das Tor sowie der Quarzoszillator wurden besprochen.

Kommen wir nun zur quasi intelligenten Ablaufsteuerung, die die Speicher und Resetimpulse für den Zähler steuert sowie den Lade-/Entladevorgang von  $C_X$  überwacht.

Dieser Schaltungsteil besteht aus dem Speicher (Gatter N 7, N 8), dem als Monoflop geschalteten IC 5a mit dem hiervon angesteuerten und für die Entladung von  $C_X$  über R 4 verantwortlichen Transistor T 1 sowie dem als Komperator geschalteten OP 4, der den Ladezustand von  $C_X$  über R 29 und R 30 abfragt.

Eine zusätzliche Information, und zwar, ob die obere Schwelle des Fensters der Auswert-schaltung überschritten wurde, gelangt vom Ausgang des OP 1 auf den Speicher (Pin 1 von Gatter N 7) der Ablaufsteuerung.

Die Dioden D 9, D 10 sowie D 14, D 15 dienen in diesem Zusammenhang dem Schutz der Schaltung vor einseitigen Überspannungen, hervorgerufen durch einen noch nicht ganz entladenen Kondensator  $C_X$ .

Zum besseren Verständnis wollen wir einen kompletten Funktionsablauf der Schaltung durchspielen.

Wir beginnen mit dem Anlegen eines ungeladenen auszumessenden Kondensators  $C_X$  an die Prüfbuchsen.

Die Spannung von  $C_X$  beträgt also ca. 0 V.

Die Eingänge der Auswert-schaltung (Pin 3 und 6 von IC 3) sowie der Eingang von OP 4 (Pin 5) liegen auf der gleichen Spannung.

Daraus folgt, daß die Ausgänge von OP 2 (Pin 1) und OP 3 (Pin 1) auf „LOW“ (ca. 0 V) liegen und das Tor (N 1) über den Eingang Pin 1 gesperrt ist.

Der Ausgang von OP 1 liegt auf „HIGH“ und dadurch der Eingang Pin 1 des Speichers (N 7, N 8) ebenfalls.

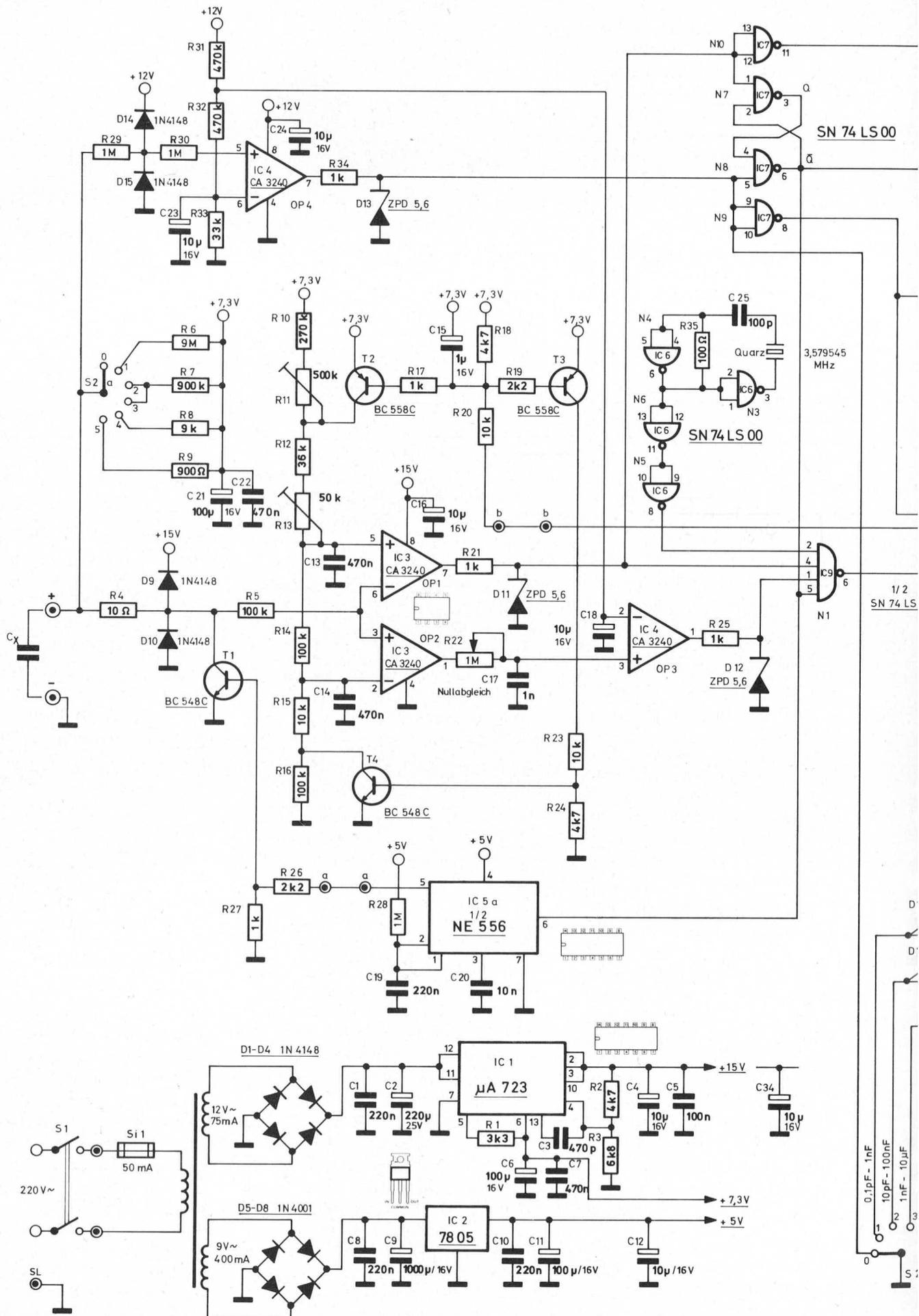
Da der Ausgang des OP 4 auf „0“ liegt und somit der 2. Eingang Pin 5 des Speichers (N 7, N 8) ebenfalls, liegt am Ausgang von N 8 (Pin 6) „HIGH“ (ca. 5 V) und dadurch auch am Eingang IC 5a (Pin 6), dessen Ausgang (Pin 5) deshalb auf ca. 0 V liegt und T 1 sperrt.

Dies hat zur Folge, daß der Aufladevorgang von  $C_X$  beginnen kann — die Spannung an  $C_X$  steigt also an, dem Verlauf der e-Funktion folgend.

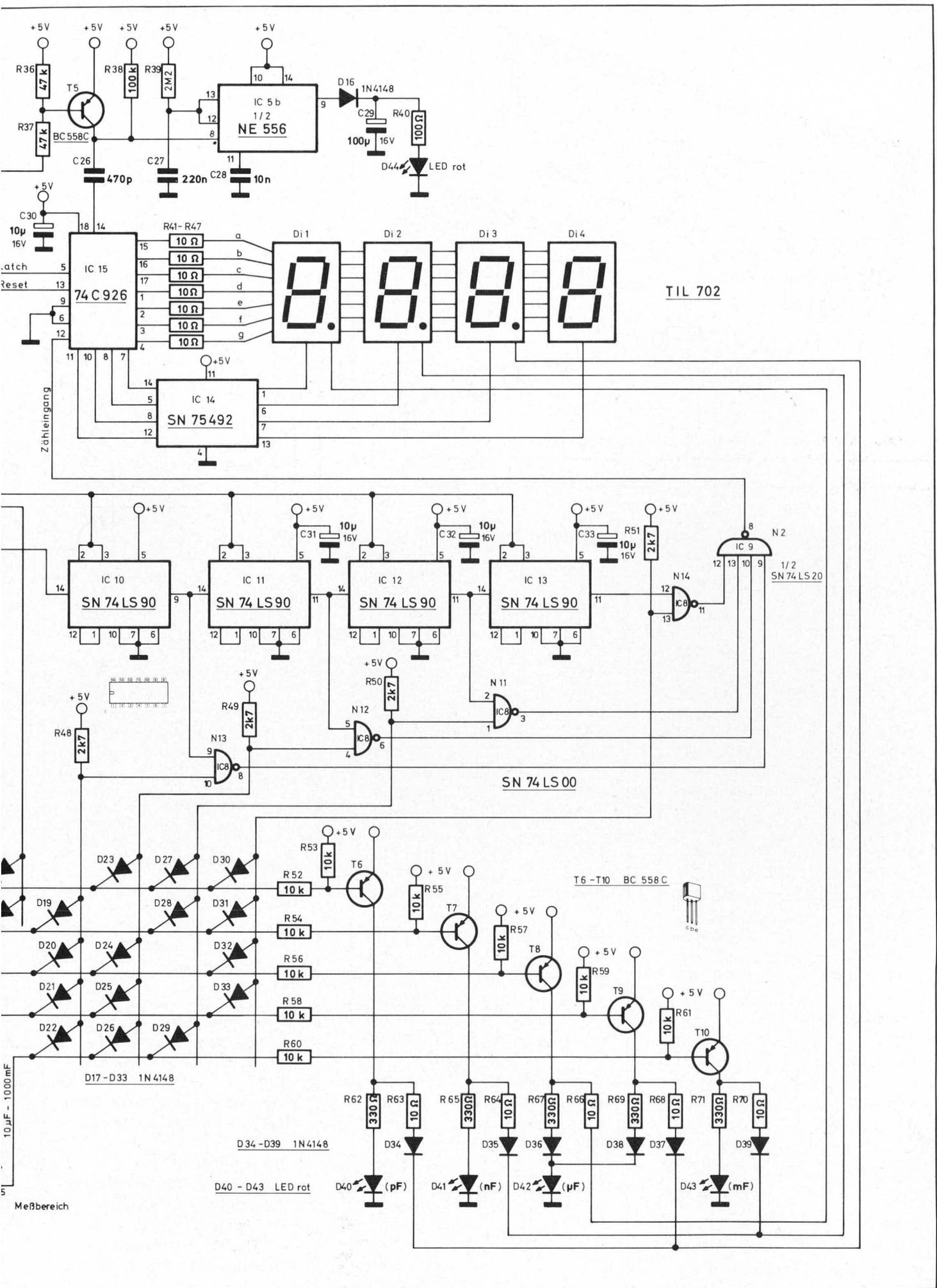
Als erstes schaltet nun der Ausgang von OP 4 von „LOW“ (ca. 0 V) auf „HIGH“, sobald die Spannung von  $C_X$  den Wert von 0,4 V, der dem Spannungsabfall an R 33 entspricht, überschreitet.

Durch den Wechsel von „LOW“ nach „HIGH“ des Ausgangs von OP 4 ändert sich zwar der Eingang Pin 5 des Speichers (N 7, N 8), dessen Ausgang durch den Speichervorgang jedoch nicht.

$C_X$  wird ungehindert weiter aufgeladen.



Schaltbild des digitalen Kapazitätsmeßgerätes DCM 7000



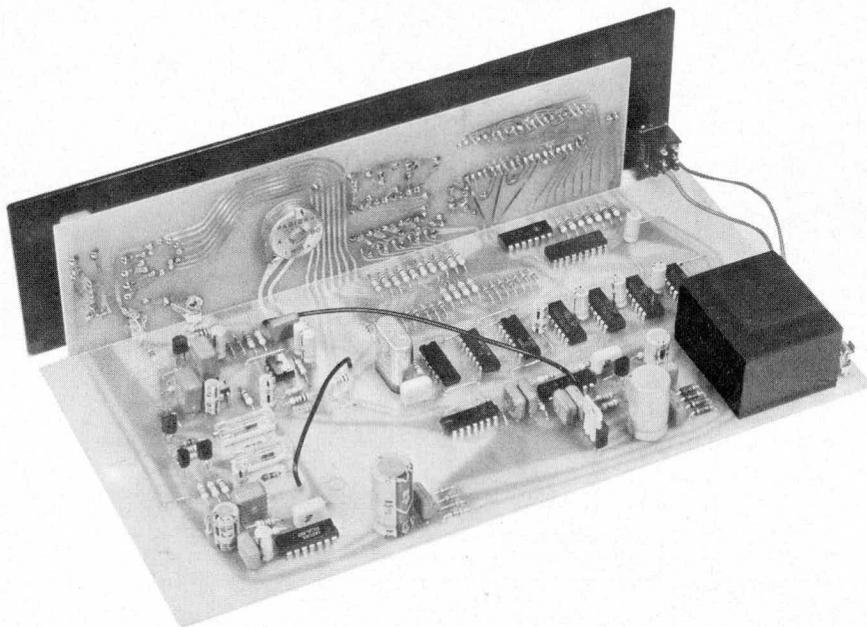


Bild 3: Rückansicht des geöffneten ELV Kapazitätsmeßgerätes DCM 7000

### Stückliste ELV Kapazitätsmeßgerät DCM 7000

#### Halbleiter

IC1	.....	$\mu$ A 723
IC2	.....	7805
IC3, IC4	.....	CA 3240
IC5	.....	NE 556
IC6, IC7, IC8	...	SN 74 LS 00
IC9	.....	SN 74 LS 20
IC10—IC13	.....	SN 74 LS 90
IC14	.....	SN 75 492
IC15	.....	SN 74 C 926
T1	.....	BC 548 C
T2, T3	.....	BC 558 C
T4—T10	.....	BC 548 C
D1-D4	.....	1N 4148
D5-D8	.....	1N 4001
D9-D10	.....	1N 4148
D11-D13	.....	ZPD 5,6
D14-D39	.....	1N 4148
D40-D44	.....	LED rot, 5 mm
Di1-Di4	.....	TIL 702

#### Kondensatoren

C1	.....	220 nF
C2	.....	220 $\mu$ F/25 V
C3	.....	470 pF
C4	.....	10 $\mu$ F/16 V
C5	.....	100 nF
C6	.....	100 $\mu$ F/16 V
C7	.....	470 nF
C8	.....	220 nF
C9	.....	1000 $\mu$ F/16 V
C10	.....	220 nF
C11	.....	100 $\mu$ F/16 V
C12	.....	10 $\mu$ F/16 V

C13, C14	.....	470 nF
C15	.....	1 $\mu$ F/16 V
C16	.....	10 $\mu$ F/16 V
C17	.....	1 nF
C18	.....	10 $\mu$ F/16 V
C19	.....	220 nF
C20	.....	10 nF
C21	.....	100 $\mu$ F/16 V
C22	.....	470 nF
C23, C24	.....	10 $\mu$ F/16 V
C25	.....	100 pF
C26	.....	470 pF
C27	.....	220 nF
C28	.....	10 nF
C29	.....	100 $\mu$ F/16 V
C30—C34	.....	10 $\mu$ F/16 V

#### Widerstände

R1	.....	3,3 k $\Omega$
R2	.....	4,7 k $\Omega$
R3	.....	6,8 k $\Omega$
R4	.....	10 $\Omega$
R5	.....	100 k $\Omega$
R11	..	5000 k $\Omega$ , Wendeltrimmer
R13	...	50 k $\Omega$ , Wendeltrimmer
R17	.....	1 k $\Omega$
R18	.....	4,7 k $\Omega$
R19	.....	2,2 k $\Omega$
R20	.....	10 k $\Omega$
R21	.....	1 k $\Omega$
R22	..	1 M $\Omega$ , Poti, lin, 6 mm Achse
R23	.....	10 k $\Omega$
R24	.....	4,7 k $\Omega$
R25	.....	1 k $\Omega$

R26	.....	2,2 k $\Omega$
R27	.....	1 k $\Omega$
R28, R29, R30	.....	1 M $\Omega$
R31, R 32	.....	470 k $\Omega$
R33	.....	33 k $\Omega$
R34	.....	1 k $\Omega$
R35	.....	100 $\Omega$
R36, R37	.....	47 k $\Omega$
R38	.....	100 k $\Omega$
R39	.....	2,2 M $\Omega$
R40	.....	100 $\Omega$
R41-R47	.....	10 $\Omega$
R48-R51	.....	2,7 k $\Omega$
R52-R61	.....	10 k $\Omega$
R62	.....	330 $\Omega$
R63, R64	.....	10 $\Omega$
R65	.....	330 $\Omega$
R66	.....	10 $\Omega$
R67	.....	330 $\Omega$
R68	.....	10 $\Omega$
R69	.....	330 $\Omega$
R70	.....	10 $\Omega$
R71	.....	330 $\Omega$

#### Metallfilmwiderstände 1 %

R10	.....	270 k $\Omega$
R12	.....	36 k $\Omega$
R14	.....	100 k $\Omega$
R15	.....	10 k $\Omega$
R16	.....	100 k $\Omega$

#### Meßwiderstände 0,5 %

R6	.....	9 M $\Omega$
R7	.....	900 k $\Omega$
R8	.....	9 k $\Omega$
R9	.....	900 $\Omega$

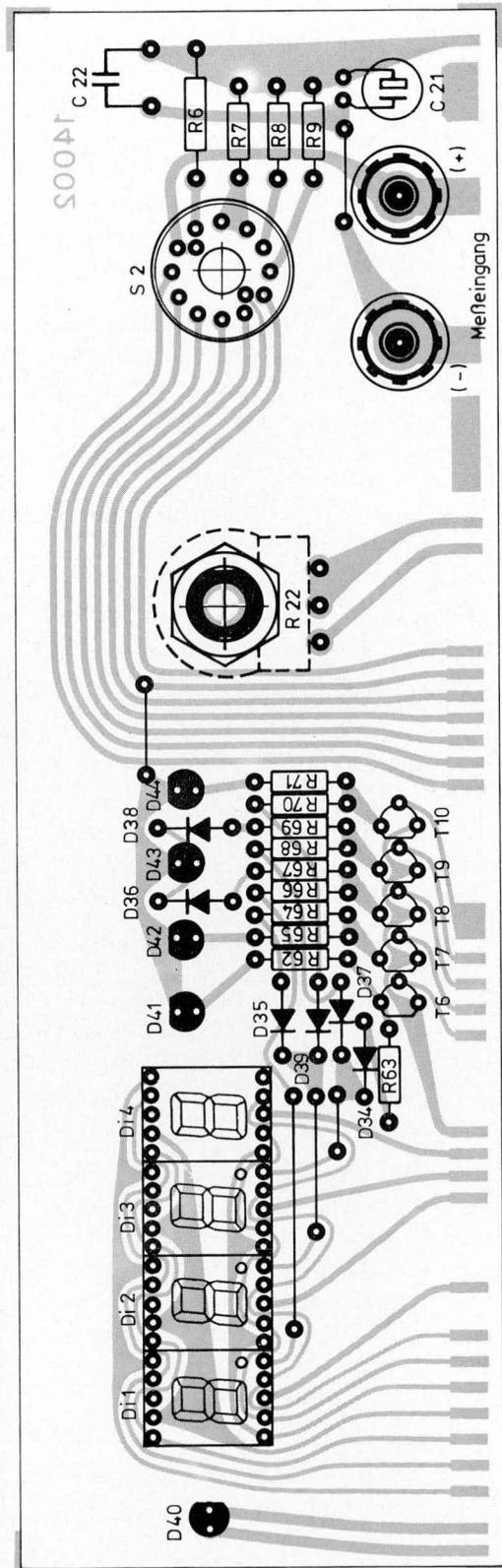
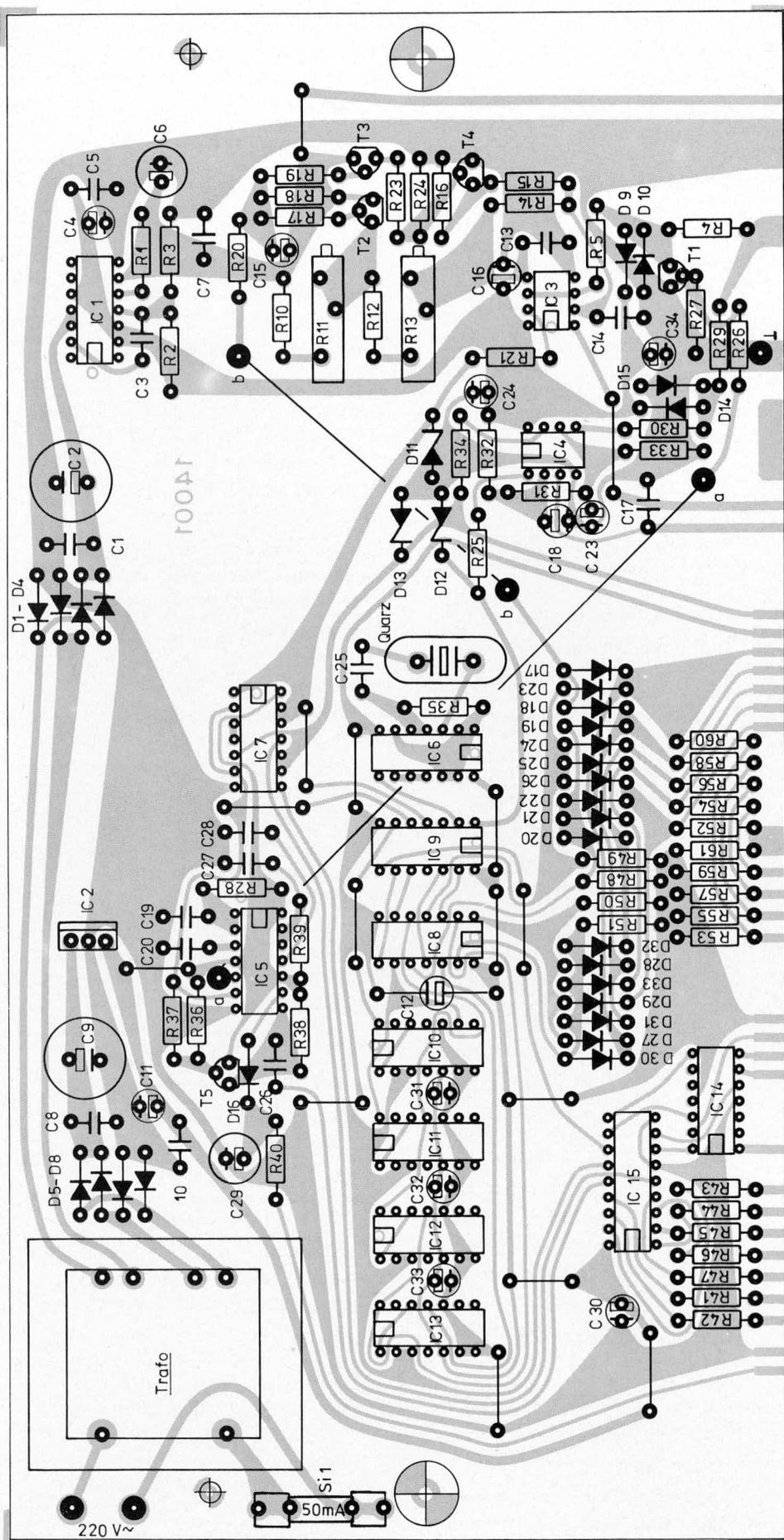
#### Diverses

1 Trafo Typ 42-071  
 prim: 220 V/4,5 VA  
 sek.: 1 x 9 V/400 mA  
 1 x 12 V/ 75 mA

1 Quarz 3,579 545 MHz  
 1 Kippschalter, 2-polig  
 1 Präzisions-Drehschalter  
 2 x 6 Stellungen  
 1 Platinensicherungshalter  
 1 Sicherung 50 mA  
 7 Lötstifte

#### Gehäusebausatz

1 Gehäuse aus der Serie 7000  
 1 bedruckte und gebohrte Frontplatte  
 2 Gehäusebefestigungsschrauben  
 2 Platinenbefestigungsschrauben  
 M 3 x 15  
 6 Muttern M3  
 1 3-adriges Netzkabel mit Stecker  
 2 Polklemmen (rot/schwarz)  
 1 Drehknopf 22 mm  $\varnothing$   
 mit Deckel und Pfeilscheibe  
 1 Drehknopf 15 mm  $\varnothing$  mit Deckel



Bestückungsseite der Basisplatte des ELV Kapazitätsmeßgerätes DCM 7000

Bestückungsseite der Anzeigenplatte des ELV Kapazitätsmeßgerätes DCM 7000

Bei Überschreiten einer zweiten Schwelle, nämlich der unteren Fensterspannung der Auswertschaltung, die der Spannung an Pin 2 des OP 2 entspricht, geht der Ausgang (Pin 1) von „LOW“ nach „HIGH“, ebenso der Ausgang (Pin 1) von OP 3.

Demzufolge liegt auch an Pin 1 des Gatters N 1 (Tor „HIGH“ an (Pin 4 und 5 waren schon auf „HIGH“), und die an Pin 2 von N 1 anliegenden Impulse des Quarzoszillators gelangen ungehindert auf den Eingang der Teilerkette (Pin 14 von IC 10).

Je nach eingestelltem Meßbereich (mit S 2) werden die Impulse von einem der Gatter N 11—N 14 auf den Eingang des IC 15 gegeben, das den Zähler, die Speicher sowie die Anzeigensteuerung beinhaltet.

Das IC 14 dient als Digitrtreiber zur Ansteuerung der Anzeige, die im Multiplexbetrieb arbeitet.

Kommen wir nun zu dem Zeitpunkt, in dem die an  $C_X$  anliegende Spannung die obere Fensterspannung überschreitet, die der Spannung an Pin 5 von OP 1 entspricht.

Im selben Moment schaltet der Ausgang des OP 1 von „HIGH“ nach „LOW“, und das Tor (N 1) wird über Pin 4 gesperrt — es gelangen keine Impulse mehr auf den Zähler.

Gleichzeitig wird der Speicher (N 7, N 8) über den Eingang Pin 1 gesetzt, so daß der Ausgang Q (Pin 6) auf „HIGH“ und  $\bar{Q}$  somit auf „LOW“ (ca. 0 V) geht, wodurch über das Gatter N 10 der Wert des Zählers von IC 15 in dessen Speicher übernommen wird.

Mit dem Zustandswechsel von  $\bar{Q}$  auf „LOW“ startet das als Monoflop geschaltete IC 5a, dessen Ausgang (Pin 5) geht auf „HIGH“, T 1 steuert durch und entlädt über R 4 den Prüfling  $C_X$ .

Durch den so eingeleiteten Eintladevorgang sinkt die Spannung an  $C_X$ .

Als erstes geht der Ausgang von OP 1 (Pin 7) bei Unterschreiten der oberen Fensterspannung wieder auf „HIGH“, was aber keine weiteren Folgen hat, da der vorherige Wert über N 7, N 8 gespeichert wurde und das Tor durch den Ausgang des Speichers (Pin 6 von N 7, N 8) über den Eingang Pin 5 von N 1 gesperrt bleibt.

Wird die untere Fensterspannung unterschritten, gehen auch die Ausgänge von OP 1 und OP 3 auf „LOW“, so daß das Tor nun zusätzlich über

Pin 1 von N 1 gesperrt ist und der Zustand der anderen Eingänge nicht mehr von Bedeutung ist.

Die Spannung an  $C_X$  sinkt aber noch weiter.

Bei Unterschreiten der an R 33 anliegenden Spannung von ca. 0,4 V wechselt der Ausgang des OP 4 von „HIGH“ nach „LOW“, und der Speicher (N 7, N 8) wird über dessen Eingang Pin 5 zurückgesetzt.

Der Ausgang Q geht auf „LOW“ und  $\bar{Q}$  auf „HIGH“.

Über N 9 erhält der Zähler des IC 15 (Pin 13) den Reset-Impuls und wird somit auf 0 gesetzt.

Der angezeigte Wert bleibt jedoch durch den eingebauten Speicher im IC 15 erhalten, so daß der anschließende erneute Zählvorgang nicht sichtbar wird und erst nach Ablauf der Messung der neue (evtl. gleiche) Wert angezeigt wird.

Da durch den Wechsel von  $\bar{Q}$  auf „HIGH“ auch der Eingang des Monoflops IC 5a (Pin 6) wieder auf „HIGH“ gegangen ist, kann nach Ablauf der Monozeit der Ausgang (Pin 5) wieder auf „0“ gehen und T 1 sperren, wodurch automatisch ein neuer Meßzyklus (Ladevorgang) gestartet wird.

Der Vorteil des hier eingesetzten Monoflops liegt darin, daß die Monozeit ein Minimum darstellt, sofern der Eingangsimpuls (Triggerimpuls) kürzer als die Monozeit ist.

Bei längeren Eingangsimpulsen kehrt der Ausgang (Pin 5) erst dann auf „0“ zurück, nachdem der Eingangsimpuls beendet wurde (kommt bei sehr großen Werten von  $C_X$  vor), so daß sichergestellt ist, daß der Prüfling  $C_X$  auch einwandfrei entladen wurde und eine Fehlmessung somit ausgeschlossen ist.

Über den Ausgang (Pin 8) des Gatters N 9 werden der Zähler des IC 15 und die Zähler IC 10—13 auf „0“ gesetzt, wenn sich Pin 7 von OP 4 auf „LOW“ befindet.

Der Resetimpuls endet, wenn der Ladevorgang des  $C_X$  nach Sperren von T 1 erneut beginnt und der Ausgang des OP 4 (Pin 7) wieder auf „HIGH“ geht, rechtzeitig, bevor das Tor (N 1) wieder freigeschaltet werden kann.

Durch die vorstehend beschriebene aufwendige quasi intelligente Ablaufsteuerung ist es möglich, über den gesamten Meßumfang von 12 Zehnerpotenzen dieses Gerätes zuverlässige

Meßergebnisse bei möglichst kurzen Meßzeiten zu erhalten.

Abschließend wollen wir noch kurz auf die Nullpunkteinstellung zur Kompensation von Streu- bzw. Kabelkapazitäten eingehen.

Über die R-C-Kombination, bestehend aus dem Potentiometer R 22 und dem Kondensator C 17, läßt sich eine Verzögerung einstellen, die geeignet ist, in den beiden unteren Meßbereichen das Tor entsprechend später zu öffnen, so daß die ersten Impulse eliminiert werden, wodurch der Effekt der Nullpunkteinstellung realisiert ist.

Eine Überlaufanzeige erfolgt über den Ausgang 14 des IC 15 in Verbindung mit T 5 sowie IC 5b mit Zusatzbeschaltung, so daß bei Meßbereichüberschreitung ein Blinksignal durch die LED D 44 erfolgt.

Nach diese umfangreichen schaltungstechnischen Erläuterungen wollen wir nun den Nachbau des Gerätes in der Praxis beschreiben.

### Zum Nachbau

Obwohl das vorstehend beschriebene Digitale Kapazitätsmeßgerät DCM 7000 eine aufwendige Schaltungstechnik besitzt, ist es gelungen, durch eine ausgereifte Konstruktion eine hohe Nachbausicherheit zu erreichen, zu der nicht zuletzt das hochwertige Layout der Leiterplatten beiträgt, auf denen bis auf den Netzschalter sämtliche Bauelemente Platz finden, so daß von zusätzlicher Verdrahtung nicht mehr die Rede sein kann.

Bevor allerdings mit der Bestückung der Platinen begonnen werden kann, sind diese in das Gehäuse einzupassen.

Nachdem ein Probeeinbau der Platinen zur Zufriedenheit verlaufen ist (Platinen sind noch nicht miteinander verlötet), kann mit der Bestückungsarbeit begonnen werden.

Zunächst werden die Brücken, dann die Widerstände, Kondensatoren, Dioden usw. in gewohnter Weise eingelötet.

Ist die Bestückung nach Einsetzen der IC's vollendet, wird die Anzeigenplatine senkrecht an die Basisplatine gelötet, und zwar so, daß sie ca. 5 mm unter ihr hervorragt.

Sind alle Kupferflächen der senkrecht aufeinander liegenden Platinen miteinander verlötet, kann der Einbau ins Gehäuse vorgenommen werden.

Bei Messungen an sehr kleinen Kon-

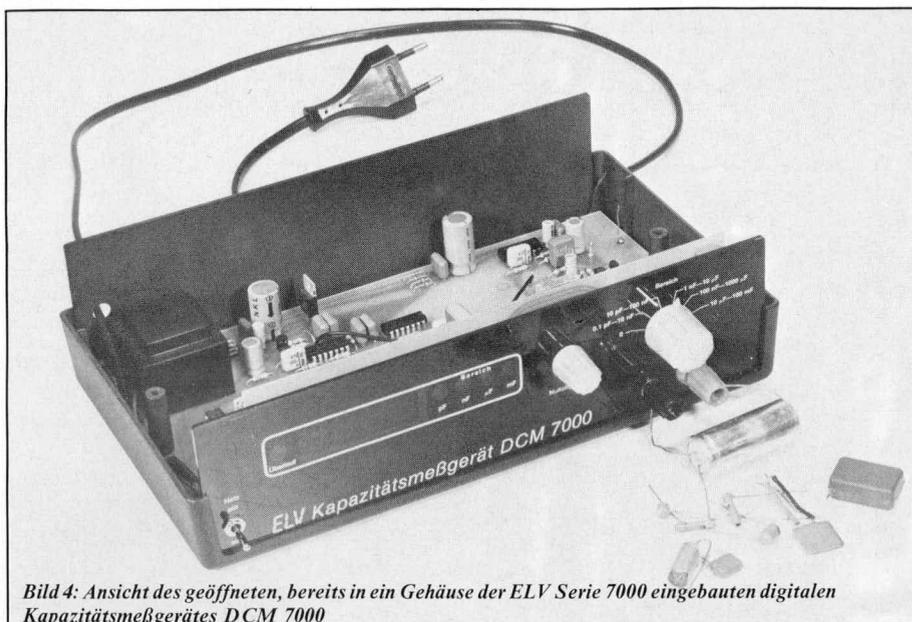


Bild 4: Ansicht des geöffneten, bereits in ein Gehäuse der ELV Serie 7000 eingebauten digitalen Kapazitätsmeßgerätes DCM 7000

densatoren im pF-Bereich kann die Anzeige leicht springen. Dies ist zu unterdrücken, indem das Gehäuse abgeschirmt wird, wobei es im allgemeinen ausreicht, wenn die untere Gehäusehalbschale mit Graphitspray ausgesprüht wird oder eine Aluminiumfolie (mit einer Isolierschicht, damit keine Kurzschlüsse entstehen) unter die Basisplatte gelegt wird, die dann mit Masse zu verbinden ist, an die wiederum der Schutzleiter (SL) des 3adrigen Netzkabels angeschlossen wird.

Die VDE-Bestimmungen sind zu beachten.

### Abgleich

Da die Schaltung mit einem Quarzoszillator sowie mit Präzisions-Meßwiderständen ausgestattet ist, bezieht sich der Abgleich nur auf zwei Punkte, die über einen Referenzkondensator (im Bausatz enthalten) leicht einzustellen sind.

Beim Abgleich geht man folgendermaßen vor:

1. Der Bereichswahlschalter S 2 wird in Stellung 10 pF—100 nF gebracht.
2. Das Nullabgleichpoti wird ganz nach links gedreht, also entgegen dem Uhrzeigersinn.
3. Der Referenzkondensator wird an die Prüfklemmen angeschlossen (möglichst direkt oder mit sehr kurzen Leitungen).
4. Mit R 13 wird der aufgedruckte Wert auf der Anzeige eingestellt.
5. Referenzkondensator wieder entfernen und mit dem Nullabgleich die Anzeige so einstellen, daß gerade 0 oder 0001 angezeigt wird.

6. Referenzkondensator wieder an-klemmen und die Einstellung unter Punkt 4 wiederholen.

Mit Einstellung des 10 pF—100 nF-Bereichs ist der darunter liegende kleinste Bereich gleichzeitig mit kalibriert.

7. Meßbereichsschalter S 2 auf 1 nF bis 10  $\mu$ F drehen.
8. Nullabgleichpoti ganz nach links drehen (entgegen dem Uhrzeigersinn).
9. Referenzkondensator an-klemmen und jetzt mit R 11 den aufgedruckten Wert auf der Anzeige einstellen.

Mit dieser Einstellung sind gleichzeitig alle höheren Meßbereiche automatisch mit kalibriert.

Die Genauigkeit der Einstellung kann erhöht werden, indem mehrere (ca. 10) Kondensatoren im 10 pF—100 nF-Bereich nach dessen Einstellung mit R 13 ausgemessen, dann parallel geschaltet und der errechnete Wert (einfache Addition) mit R 11 auf der Anzeige im 1 nF—10  $\mu$ F-Bereich eingestellt wird.

Damit ist das Gerät abgeglichen.

### Meßgenauigkeit

Durch die eingesetzten Präzisions-Meßwiderstände mit einer Toleranz von max. 0,5 % (typ. 0,1 %) sowie durch Verwendung eines hochstabilen Quarzoszillators liegt die Grundgenauigkeit der Schaltung bei ca. 0,5 %.

Je nach Bauteilestreuung, Aufbau, Abgleich, Abschirmung sowie eingeschaltetem Meßbereich sollte man mit einer Genauigkeit von ca. 1 % zufrieden sein, wobei speziell im kleinsten

Bereich mit einer Auflösung von 0,1 pF einige Digits zusätzlich in Kauf genommen werden müssen, was bei der enormen Auflösung jedoch unwesentlich erscheint.

### Bedienungshinweise

Um das vorstehend beschriebene Digitale Kapazitätsmeßgerät DCM 7000 sinnvoll nutzen zu können, sollten einige wesentliche Punkte bei der Messung von Kondensatoren berücksichtigt werden.

1. Die auszumessenden Kondensatoren sollten vor Anschluß an die Prüfklemmen entladen werden. Zwar hat das DCM 7000 einen guten Überlastungsschutz, der jedoch auch seine Grenzen hat.

2. Vor Beginn der Messung ist zu prüfen, ob das Nullabgleichpoti am linken Anschlag steht (entgegen dem Uhrzeigersinn).

3. Soll eine Messung in den beiden unteren Meßbereichen vorgenommen werden, so ist mit Hilfe des Nullabgleichpotis die Anzeige vor Anschluß des Prüfkondensators  $C_x$  auf 0000 oder 0001 einzustellen.

Wichtig ist hierbei, daß das Poti nicht zu weit gedreht wird, sondern nur so weit, daß die Anzeige gerade 0000 oder einige Digits (einen sehr kleinen Wert) anzeigt.

Wird das Poti noch weiter gedreht, so kann eine Verfälschung des Meßergebnisses auftreten, indem ein gewisser Betrag von  $C_x$  abgezogen wird.

Für die drei oberen Meßbereiche ist kein Nullabgleich erforderlich.

4. Bei Messungen von Elektrolyt-Kondensatoren kann der Meßwert geringfügig schwanken, so auch bei Meßbereichsumschaltung.

Dies liegt keineswegs am Gerät, sondern an der Unzulänglichkeit der Elkos, die zum Teil mit Toleranzen von -50 % bis +100 % behaftet sind und ihren Wert schon in kurzer Zeit geringfügig ändern bzw. etwas unterschiedliche Werte zeigen, jenachdem ob eine etwas kürzere oder längere Meßzeit gewählt wird.

5. Bei gepolten Kondensatoren (Elkos) ist der +Pol an die rote (rechte) Klemme und der -Pol an die schwarze (linke) Klemme anzuschließen.

Wir wünschen Ihnen beim Nachbau und Einsatz dieses hochqualifizierten und interessanten Meßgerätes viel Erfolg.