

Zusätzlich in dieser Ausgabe:

Digitales Kapazitätsmeßgerät DCM 7000

Die Sensation für Elektroniker:

Nachbau vollkommen ohne Abgleich



Nachdem Sie die Überschrift gelesen haben, wäre es nicht verwunderlich, wenn Sie in ungläubiges Staunen geraten würden.

Tatsächlich ist es dem ELV-Ingenieur-Team gelungen, das ohnehin schon ausgefeilte Meßprinzip des DCM 7000 aus unserer Ausgabe Nr. 14 derart weiter zu entwickeln und zu perfektionieren, daß der Nachbau jetzt völlig ohne Abgleich durchgeführt werden kann. Erstaunlich um so mehr, weil auf den Einsatz von besonders teuren Bauelementen wie supergenauen Referenzspannungen usw. verzichtet werden kann.

Nachfolgend noch kurz die wichtigsten Daten:

- *Meßumfang: 0,1 pF (!) bis 100 000 µF (!) in 5 Bereichen*
- *Nullpunktgleich für Kompensation von Streu- bzw. Kabelkapazitäten*
- *Meßgenauigkeit: ca. 1 %, typ. 0,5 %*
- *Eingebauter Quarzoszillator*
- *Automatische Störunterdrückung durch Netzsynchronisation der Meßzyklen.*

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 (R_{ref1}), der an einer konstanten Referenzspannung liegt, wird der auszumessende Kondensator C_X aufgeladen.

Die an C_X anliegende Spannung wird von einer superschnellen, hochpräzisen Auswertschaltung überwacht und mit einer zweiten von R_{ref2} und R_{ref3} erzeugten Spannung verglichen.

Die Auswertschaltung gibt das Tor zum Zähler frei, 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.

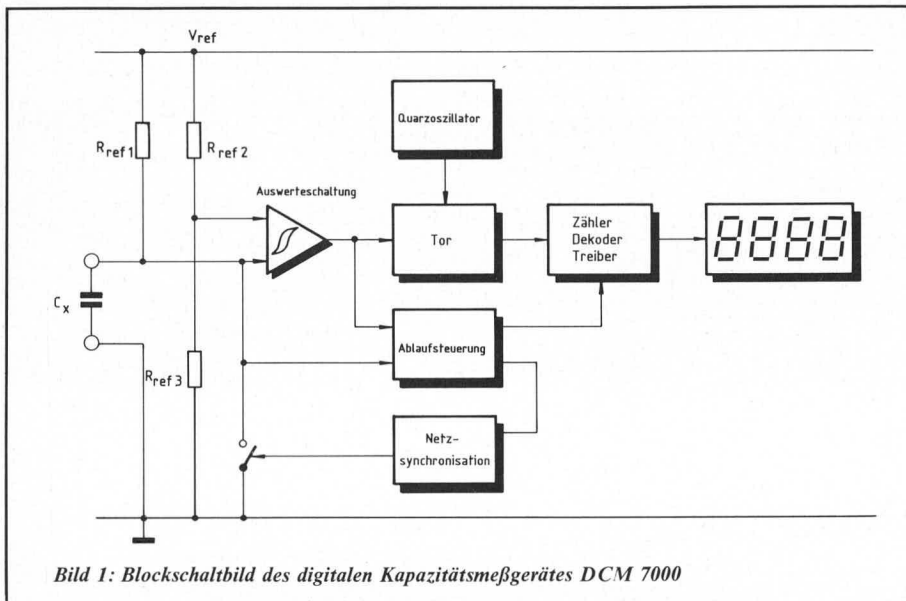


Bild 1: Blockschaltbild des digitalen Kapazitätsmeßgerätes DCM 7000

Bei Überschreiten einer zweiten höheren Spannung (z. B. 3 V) wird das Tor von der Auswerteschaltung wieder gesperrt.

In der Zeit, in der das Tor geöffnet ist, gelangen die vom Oszillator kommenden Impulse einer hochkonstanten quarzstabilisierten 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 (Präzisionsmeßwiderstand 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.

Um auf den Abgleich vollständig verzichten zu können, sind lediglich jetzt noch einige weitere genaue, jedoch nicht sehr teure Referenzwiderstände erforderlich (im Blockschaltbild mit R_{ref2} und R_{ref3} bezeichnet), die in einem mathematisch exakt nachweisbaren strengen Zusammenhang zu R_{ref1} stehen und damit den Ladevorgang maßgeblich über die Auswerteschaltung und die Ablaufsteuerung beeinflussen.

Auf die detaillierte Schilderung der komplexen Zusammenhänge, die einen Abgleich überflüssig machen, soll an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden, da

das den Rahmen dieser Bauanleitung sprengen würde. Aufgrund einer ausgefeilten schaltungstechnischen Verknüpfung aller in das Meßergebnis eingehenden Faktoren ist das Meßergebnis in der Summe aller Einflüsse völlig unabhängig von den üblicherweise auftretenden Bauteilschwankungen in dem angegebenen Rahmen von ca. 1 %, ohne jeden Abgleich korrekt.

Der Skalenfaktor wird durch die Oszillatorfrequenz, den Referenzwiderstand sowie die Auswerteschaltung festgelegt. In der hier vorgestellten Schaltung wurde die Dimensionierung so vorgenommen, daß sich der eingangs erwähnte Meßumfang ergibt, bei direkter Anzeige in pF, nF, μ 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 einem „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 sowie eine Netzsynchronisation der Meßzyklen, um Störeinflüsse durch Brummeinstreuungen zu unterdrücken.

Zur Schaltung

Nachdem die wesentlichen Merkmale des Grundprinzips der Schaltung des DCM 7000 erläutert wurden, soll auf die schaltungstechnische Realisierung nur noch kurz eingegangen werden, da diese im wesentlichen in unserer Ausgabe Nr. 14 und 15 beschrieben wurde.

In der Schaltung wird der Widerstand R_{ref1} durch die Widerstände R 6 bis R 9 dargestellt, während R_{ref2} und R_{ref3} durch R 10, R 12, R 14, R 15 und R 16 realisiert werden.

Auswerteschaltung und Ablaufsteuerung werden durch die IC's 3, 4, 7 und 5a dargestellt (mit entsprechenden Zusatzbeschaltungen) während die Netzsynchronisation aus dem IC 16 mit Zusatzbeschaltung besteht.

Das Tor wird durch das Gatter N 1 (IC 9) realisiert. Der Quarzoszillator ist mit dem IC 6 aufgebaut.

Den eigentlichen Zähler mit Anzeigentreiber stellt das IC 15 dar, während IC 5b eine Überlaufanzeige realisiert.

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. Von zusätzlicher Verdrahtung kann nicht mehr die Rede sein.

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

Ist ein Probearbeit der Platinen zur Zufriedenheit verlaufen, (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.

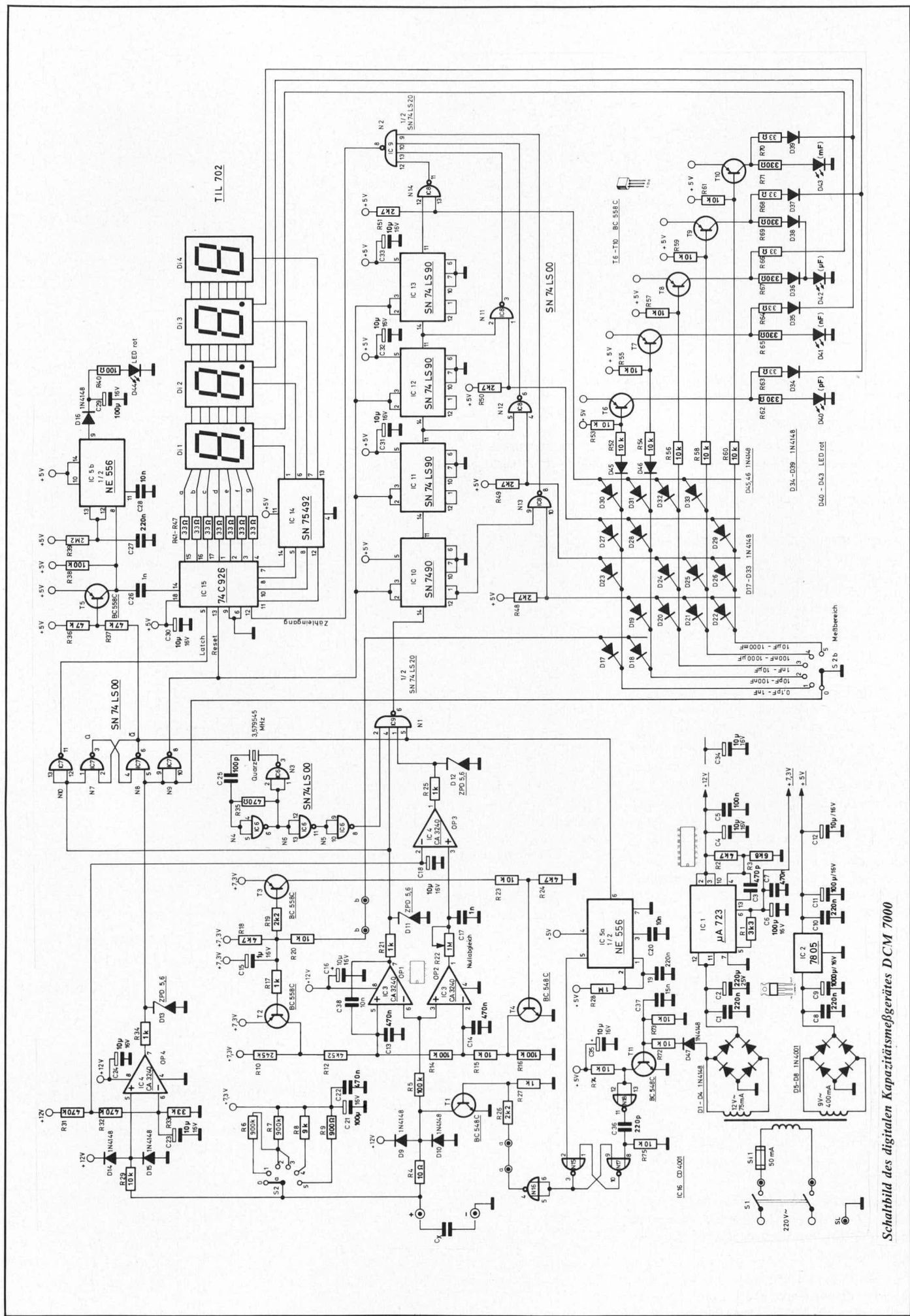
Der Schutzleiter des Netzkabels ist sowohl mit der Schaltung (Massepunkt) als auch mit dem Befestigungshals des Netzschalters zu verbinden.

Die VDE-Bestimmungen sind zu beachten.

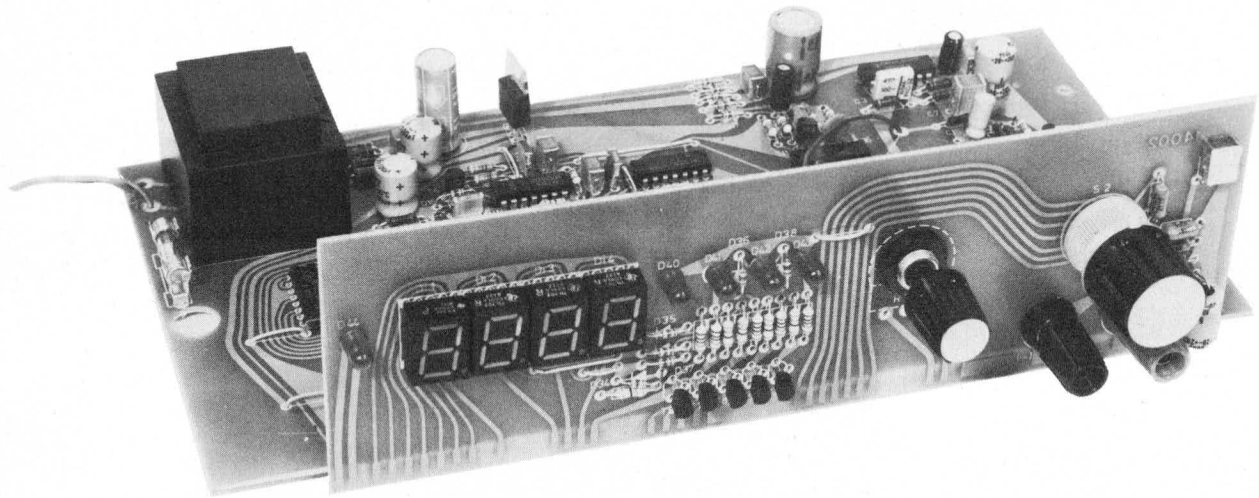
Meßgenauigkeit

Durch die eingesetzten Präzisions-Meßwiderstände mit einer Toleranz von max. 0,5 % (typ. 0,25 %) 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.



Schaltbild des digitalen Kapazitätsmeßgerätes DCM 7000



Ansicht der bestückten und zusammengesetzten Platinen des digitalen Kapazitätsmeßgerätes DCM 7000 vor dem Einbau ins Gehäuse

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 allerdings 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, 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 keinesweg 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, je nachdem, 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.

Stückliste: ELV Kapazitätsmeßgerät DCM 7000

Halbleiter:

IC1	.....	μA 723
IC2	.....	7805
IC3, IC4	.....	CA 3240
IC5	.....	NE 556
IC6-IC8	.....	SN 74 LS 00
IC9	.....	SN 74 LS 20
IC10	.....	SN 7490
IC11-IC13	.....	SN 74 LS 90
IC14	.....	SN 75492
IC15	.....	SN 74 C 926
IC16	.....	CD 4001
T1, T4, T11	.....	BC 548 C
T2, T3, T6-T10	.....	BC 558 C
D1-D4, D9, D10, D14-D39,	.....
D45-D47	.....	1N 4148
D5-D8	.....	1N 4001
D11-D13	.....	ZPD 5,6
D40-D44	.....	LED, rot, 5 mm
Di1-Di4	.....	TIL 702

Kondensatoren

C1, C8, C10, C19, C27	.....	220 nF
C2	.....	220 $\mu F/25$ V
C3	.....	470 pF
C4, C12, C16, C18, C23, C24, C30-35	.....	10 $\mu F/16$ V
C5	.....	100 nF
C6, C11, C21, C29	.....	100 $\mu F/16$ V
C7, C13, C14, C22	.....	470 nF
C9	.....	1000 $\mu F/16$ V
C15	.....	1 $\mu F/16$ V
C17, C26	.....	1 nF
C20, C28, C38	.....	10 nF
C25	.....	100 pF
C36	.....	220 pF
C37	.....	15 nF

Widerstände:

R1	.....	3,3 k Ω
R2, R18, R24	.....	4,7 k Ω
R3	.....	6,8 k Ω
R4	.....	10 Ω
R5, R38	.....	100 k Ω

R17, R21, R25, R27, R34	.....	1 k Ω
R19, R26	.....	2,2 k Ω
R20, R23, R29, R52-R61, R72-R75	.....	10 k Ω
R22	.....	1 M Ω , Poti lin, 6 mm Achse
R28	.....	1 M Ω
R31, R32	.....	470 k Ω
R33	.....	33 k Ω
R35	.....	470 Ω
R36, R37	.....	47 k Ω
R39	.....	2,2 M Ω
R40	.....	100 Ω
R41-R47, R63, R64, R66, R68, R70	.....	33 Ω
R48-R51	.....	2,7 k Ω
R62, R65, R67, R69, R71	.....	330 Ω

Meßwiderstände 0,5%

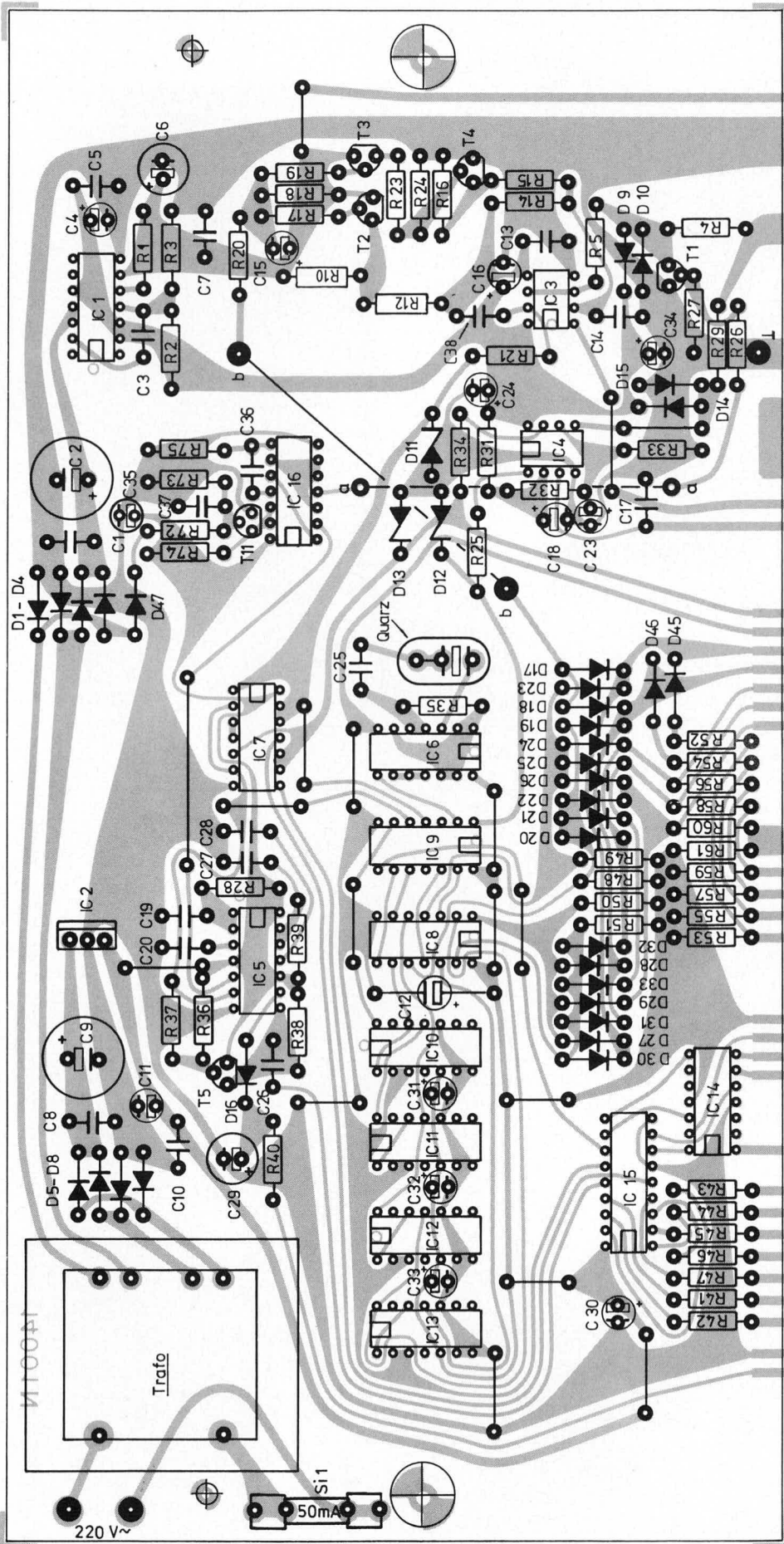
R6, R7	.....	900 k Ω
R8	.....	9 k Ω
R9	.....	900 Ω
R10	.....	245 k Ω
R12	.....	4,52 k Ω
R14, R16	.....	100 k Ω
R15	.....	10 k Ω

Diverses

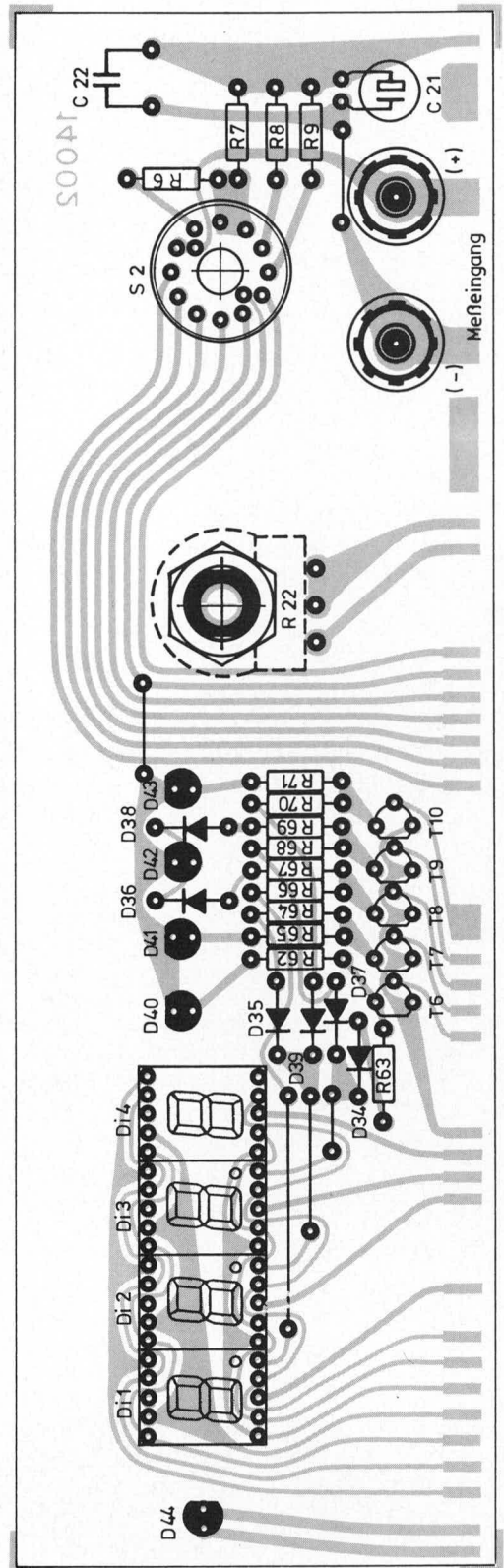
- 1 Trafo Typ 42-071
prim: 220 V/4,5 VA
sek: 1 x 9 V/400 mA
1 x 12 V/75 mA
- 1 Quarz 3,579 545 MHz
- 1 Präzisions-Drehschalter
2 x 6 Stellungen
- 1 Platinensicherungshalter
- 1 Sicherung 50 mA
- 7 Lötstifte

Gehäusebausatz

- 1 Gehäuse aus der Serie 7000
- 1 bedruckte und gebohrte Frontplatte
- 2 Gehäusebefestigungsschrauben
M 3 x 15
- 6 Muttern M 3
- 1 3-adriges Netzkabel mit Stecker
- 1 Kippschalter, 2-polig
- 2 Polklemmen (rot/schwarz)
- 1 Drehknopf 21 mm \varnothing
mit Deckel und Pfeilscheibe
- 1 Drehknopf 14 mm \varnothing mit Deckel



Bestückungsseite der Basisplatte des ELV Kapazitätsmeßgerätes DCM 7000



Bestückungsseite der Anzeigenplatte des ELV Kapazitätsmeßgerätes DCM 7000