



# Digitales Kapazitätsmeßgerät

**Als Nachfolger des bewährten DCM 7000 erscheint das neue ELV-Kapazitätsmeßgerät DCM 7001 mit noch höherer Auflösung und Genauigkeit sowie durch Einsatz eines Mikrocontrollers mit einer bestechend einfachen Bedienung.**

## Allgemeines

Es ist schon bemerkenswert und keinesfalls alltäglich, wenn sich ein Meßgerät mehr als 10 Jahre am Markt behaupten kann. Das DCM 7000 wurde bereits 1981 im „ELVjournal“ Nr. 14 vorgestellt und hat seitdem, von einigen kleinen Veränderungen einmal abgesehen, bis heute seine Aufgaben zuverlässig erfüllt.

Nach dem jahrelangen Erfolg des DCM 7000 erscheint jetzt eine Neuauflage dieses beliebten Meßgeräts, prozessorgesteuert und mit den technischen Daten eines Profi-Meßgerätes zu einem ELV-typisch günstigen Preis.

Durch den Einsatz eines Mikrocontrollers ist es unseren Ingenieuren gelungen, den Bedienungsaufwand auf den Anschluß des Prüflings zu minimieren. Lediglich zu Messungen im pF-Bereich ist ein Nullabgleich (ein Tastendruck) erforderlich. Der gemessene Wert wird auf einer gut ablesbaren 4stelligen 7-Segment-LED-Anzeige und 4 LEDs zur Bereichsanzeige dargestellt.

Durch die besonders hohe Auflösung von 0,01 pF (!) ist es möglich, selbst Kondensatoren mit einer Kapazität von weniger als 1 pF mit guter Genauigkeit auszu-

messen. Aber auch bei sehr hohen Kapazitätswerten leistet das DCM 7001 Erstaunliches. Elkos mit 100.000 µF und mehr werden präzise ausgemessen, wobei die obere Meßbereichsgrenze von 1.000.000 µF (1F) eher theoretischer Natur ist, da entsprechend große Elkos ungebrauchlich sind. Aufgrund seines riesigen Meßumfangs ist das DCM 7001 für Kapazitätsmessungen selbst extremer Werte bestens geeignet.

## Bedienung

Wie schon erwähnt beschränkt sich die Bedienung auf den Anschluß des Prüflings an die beiden Polklemmen, wobei auf die richtige Polung bei gepolten Kondensatoren zu achten ist. Sofort nach Anschluß des Prüflings, läuft die Messung vollkommen automatisch ab. Auch der Meßbereich wird selbständig gewählt und angezeigt.

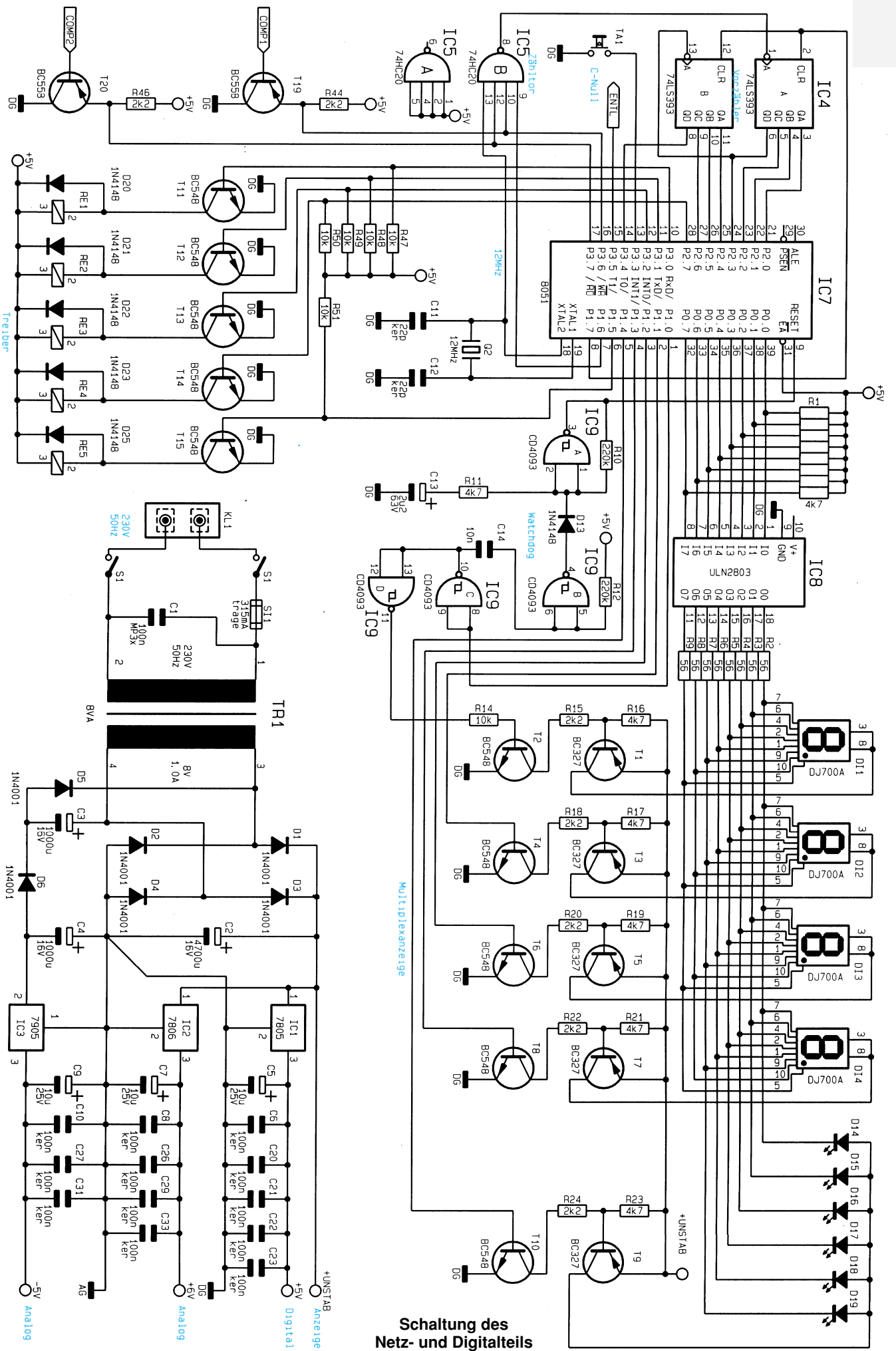
### Technische Daten:

Meßbereich:.. 0,01 pF bis 999.900 µF  
 Genauigkeit: ..... typ. 0,3 %  
 Meßzeit: ..... 0,3 sek. (bei <2.000µF)  
 - automatische Driftkompensation  
 - Nullabgleich auf Tastendruck

Da die Meßzeit direkt abhängig von der Kapazität ist, dauert die Anzeige des Meßwertes bei Elkos >ca. 2000 µF etwas länger. Eine grobe Abschätzung der Meßzeit gibt die Multiplikation der Kapazität mit 90 wieder. Während die Messung eines 1.000µF-Elkos noch nicht einmal 0,1 sek. dauert und das Gerät zum Ausmessen eines 10.000µF-Elkos auch nur 0,9 sek. benötigt, dauert die Messung eines 100.000µF- Elkos ca. 9 sek. ( $\tau = R \cdot C = 90 \Omega \cdot 0,1 F = 9 \text{ sek.}$ )

Bei Messungen sehr kleiner Kapazitäten im pF- und fF-Bereich spielen die parasitären Kapazitäten des Gerätes und der Meßleitungen eine gewichtige Rolle. Zur Elimination dieser unerwünschten Effekte besitzt das DCM 7001 eine Nullabgleich-Taste, nach deren Betätigung alle parasitären Elemente softwaremäßig kompensiert werden. (Beim Nullabgleich darf der Prüfling natürlich nicht angeschlossen sein, da er sonst mitkompensiert würde.)

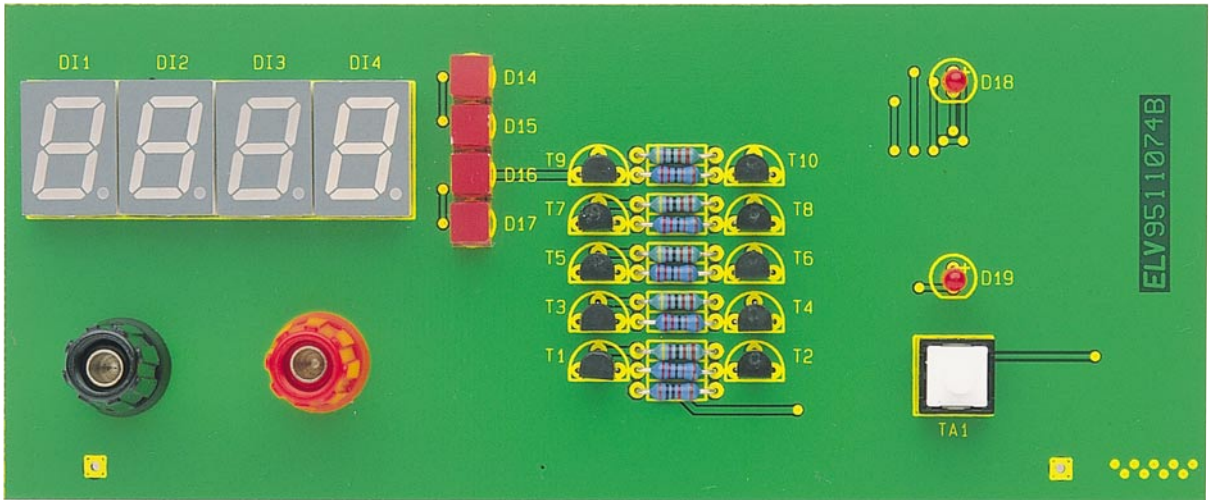
Es können praktisch alle vorkommenden gebräuchlichen Kondensatoren (Keramik-, Folien-, Elektrolyt-Kondensatoren) ausgemessen werden. Einschränkungen bestehen bei „Pseudo“-Kondensatoren. Gold-Caps akzeptiert das DCM 7001 nicht, da hier der Innenwiderstand im Verhältnis zur Kapazität sehr hoch ist.



Schaltung des Netz- und Digitalteils



Ansicht der fertig aufgebauten Frontplatte



Meßverfahren

Um die Kapazität eines Kondensators zu ermitteln, muß dieser über einen Referenzwiderstand aufgeladen und die Zeit, die er braucht, um 2 Schwellspannungen zu überschreiten, gemessen werden. Aus dieser Zeit, dem Referenzwiderstand sowie den Schwellspannungen kann anschließend ein Prozessor die Kapazität berechnen. Genauigkeitsbestimmend sind hierbei:

1. der Referenzwiderstand, über den geladen wird,
2. der Abstand der Schwellspannungen und
3. die Zeitmessung.

Da die Schwellspannungen mit Hilfe von Spannungsteilern aus der Versorgung des Referenzwiderstandes gebildet werden, ist hierfür keine Genauigkeit, sondern nur eine hohe Stabilität erforderlich. Das heißt, die Höhe der Spannung ist unwichtig, aber sie darf sich bei unterschiedlicher Strombelastung nicht ändern.

Für den Referenzwiderstand werden

Meßwiderstände mit 0,1% Toleranz eingesetzt und diese durch Reed-Relais geschaltet. Die Schwellspannungen werden durch einen Spannungsteiler festgelegt, der ebenfalls aus Meßwiderständen aufgebaut ist und somit auch eine Genauigkeit von 0,1% besitzt. Um die Schwellspannungen nicht übermäßig zu verändern, ist der Einsatz von OPs mit sehr kleiner Eingangsoffsetspannung <math><600 \mu V</math> zwingend erforderlich.

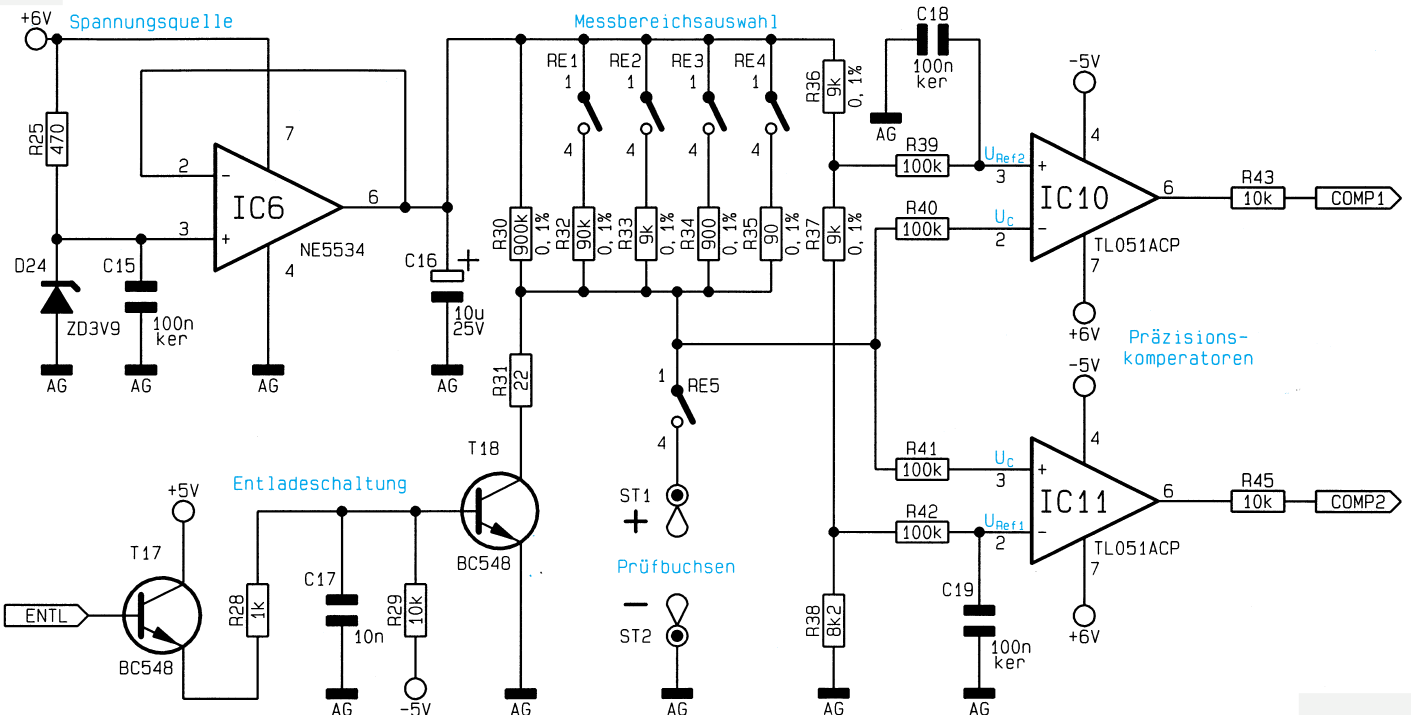
Die Zeitbestimmung erfolgt durch Zählen der Impulse des Quarzoszillators und ist somit auch sehr genau. Es sind also alle Voraussetzungen für eine exakte Kapazitätsbestimmung gegeben.

Schaltungsbeschreibung

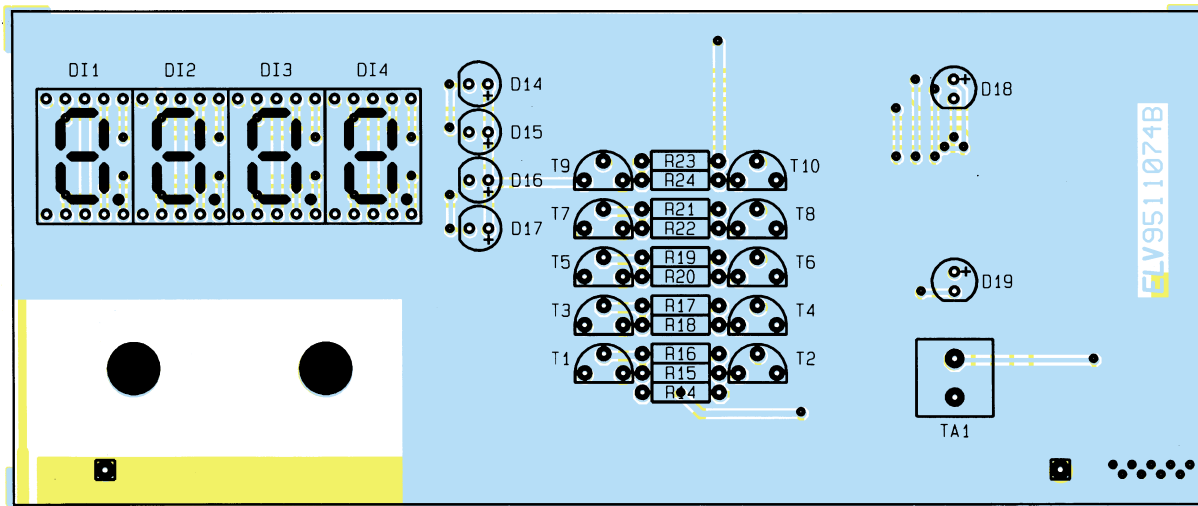
Im wesentlichen besteht das DCM 7001 aus den 3 Bereichen Netz-, Digital- und

Analogteil. Im Netzteil werden die 4 benötigten Spannungen UNSTAB für die Anzeigen, +5 V für den Digitalteil, +6 V sowie -5 V für den Analogteil bereitgestellt. Bemerkenswert ist dabei, daß alle Spannungen einschließlich der negativen aus einer einzigen Sekundärwicklung des Transformators TR 1 generiert werden.

Den Kern des Gerätes bildet der Mikrocontroller IC 7 des Typs 87C51. Er steuert über seine Portpins sämtliche Aktionen innerhalb der Schaltung. Über P0 und den Low-Side-Treiber IC 8 (ULN2803) sowie über P1.0 bis P1.4 und die High-Side-Treiberstufen T 1 bis T 10 sowie R 14 bis R 24 werden die vier 7-Segment-Anzeigen und die 6 Leuchtdioden im Multiplexbetrieb angesteuert. Die Funktionsüberwachung wird von einer Watchdog-Schaltung bestehend aus IC 9 und Umgebung



Schaltbild des Analogteils des DCM 7001



**Bestückungsplan der Frontplatte des DCM 7001**

durchgeführt. Bleiben Impulse der Multiplexsteuerung aus, so wird ein Reset am Prozessor ausgeführt, um einen Neustart zu erzwingen.

Über die Ports P2.7, P3.0, P3.1 und P3.2 und die Schalttransistoren T 11 bis T 14 werden die 4 Reed-Relais RE 1 bis RE 4 zur Bereichswahl geschaltet. Solange die beiden Ausgangsleitungen des Analogteils logisch „high“ führen (d.h. Kondensatorspannung über Schaltschwelle 1 aber unter Schaltschwelle 2), werden die Oszillatorimpulse über das Zähltor IC 5 zum Vorzähler IC 4 geleitet, der bei einem Überlaufen den internen Zähler des Prozessors über P3.4/T 0 erhöht.

Nach Beendigung der Messung sperrt der Prozessor das Zähltor und kann aus dem Stand des internen Zählers sowie durch Abfrage des Vorzählers über P2.0 bis P2.6 und P3.4 die Kapazität des Prüflings ermitteln. Über den Port-Pin P3.5 sowie T 17 kann der Löscht transistor T 18 betätigt werden, der den Prüfling entlädt.

Zur Erzeugung der zur Messung benötigten Konstantspannung dient eine mit einem Konstantstrom belegte Z-Diode D 24, wobei der als Puffer geschaltete OP IC 6 die Z-Diode von der Last entkoppelt.

Mit dieser Spannung wird der Prüfling über einen mit den Reed-Relais wählbaren Referenzwiderstand R 30 bis R 35 geladen. Zusätzlich erzeugt der Spannungsteiler aus R 36 bis R 38 die beiden Schwellspannungen, die den als Komparator genutzten OPs IC 10 und IC 11 zugeführt werden.

Die Komparatoren vergleichen die an dem invertierenden bzw. nicht invertierenden Eingang anliegende Kondensatorspannung mit den Schwellspannungen und teilen über die Pegelanpassung T 19 und T 20 den Zustand dem Digitalteil mit.

Zum internen Abgleich und zur Driftkompensation kann der Prüfling mittels RE 5 vom Meßzweig abgeschaltet werden.

## Nachbau

Der Nachbau gestaltet sich vergleichsweise einfach. Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang, daß zum Abgleich

## Stückliste: Digitales-Kapazitätsmeßgerät

### Widerstände:

22Ω	.....	R31
56Ω	.....	R2 - R9
90Ω/0,1%	.....	R35
470Ω	.....	R25
900Ω/0,1%	.....	R34
1kΩ	.....	R28
2,2kΩ	.....	R15, R18, R20, R22, R24, R44, R46
4,7kΩ	.....	R11, R16, R17, R19, R21, R23
4,7kΩ/Array	.....	R1
8,2kΩ	.....	R38
9kΩ/0,1%	.....	R33, R36, R37
10kΩ	.....	R14, R29, R43, R45, R47 - R51
90kΩ/0,1%	.....	R32
100kΩ	.....	R39 - R42
220kΩ	.....	R10, R12
900kΩ/0,1%	.....	R30

### Kondensatoren:

22pF/ker	.....	C11, C12
10nF	.....	C14, C17
100nF/ker	.....	C6, C8, C10, C15, C18 - C23, C26, C27, C29, C31, C33
100nF/250V~, MP3X	.....	C1
2,2μF/63V	.....	C13
10μF/25V	.....	C5, C7, C9, C16
1000μF/16V	.....	C3, C4
4700μF/16V	.....	C2

### Halbleiter:

7805	.....	IC1
7806	.....	IC2
7905	.....	IC3
74LS393	.....	IC4
74HC20	.....	IC5
NE5534	.....	IC6
ELV9592	.....	IC7
ULN2803	.....	IC8
CD4093	.....	IC9
TL051ACP	.....	IC10, IC11
BC327	.....	T1, T3, T5, T7, T9
BC548	.....	T2, T4, T6, T8, T10 - T15, T17, T18
BC558	.....	T19, T20
1N4001	.....	D1 - D6
1N4148	.....	D13, D20 - D23, D25
ZD3,9V	.....	D24
LED, 3mm, rot	.....	D18, D19
LED, 5x5 mm, rot	.....	D14 - D17
DJ700A	.....	D11 - D14

### Sonstiges:

Quarz, 12MHz	.....	Q2
Sicherung, 315mA, träge	.....	SI1
Schraubklemmleiste, 2pol	.....	KL1
Trafo, 8V/1A	.....	TR1
Print-Taster, weiß	.....	TA1
Reedrelais, 1 x ein	.....	RE1 - RE5
2 Lötstifte mit Lötöse	.....	
1 Platinensicherungshalter (2 Hälften)	.....	
1 Kunststoffhaube für Sicherung	.....	
1 ITT-Netzschalter	.....	
1 Adapterstück	.....	
1 Verlängerungsachse	.....	
1 Druckknopf	.....	
3 Zylinderkopfschrauben, M3 x 5mm	.....	
5 Muttern, M3	.....	
1 Polklemme, rot	.....	
1 Polklemme, schwarz	.....	
1 Sockel, 40polig	.....	
1 Netzkabel, 2adrig	.....	
1 Frontplatte, bedruckt und gefräst	.....	
1 Rückplatte, bedruckt und gebohrt	.....	
1 Gehäusezubehörsatz	.....	
2 7000er Gehäusehalbschalen	.....	
1 Kabeldurchführung	.....	
1 Kabelschelle	.....	
2 Schrauben M4 x 6 mm	.....	
2 Muttern M4	.....	
2 Schrauben M3 x 8 mm	.....	
2 Lötösen 4,2 mm	.....	



keinerlei Meßequipment erforderlich ist. Dies beruht darauf, daß an den entscheidenden Stellen der Schaltung entsprechend präzise Referenzelemente eingesetzt sind.

Begonnen wird der Aufbau des Gerätes mit der Bestückung der Frontplatte, wobei anhand des Bestückungsplanes sowie der Stückliste in gewohnter Weise zuerst die Widerstände eingesetzt und verlötet werden. Es folgen darauf die Transistoren, die 7-Segment-Anzeigen und die Taste. Sind auch diese verlötet, so können die 4 quadratischen LEDs der Bereichsanzeige und die beiden 3mm-LEDs so eingesetzt werden, daß sie die gleiche Höhe wie die 7-Segment-Anzeigen haben.

Der Aufbau der Frontplatte ist damit schon abgeschlossen, und wir wenden uns der Hauptplatte zu. Auch hier werden anhand des Bestückungsplanes sowie der Stückliste zuerst die Widerstände und die Dioden eingesetzt und verlötet, wobei bei den Dioden auf korrekte Polung zu achten ist.

Als nächstes folgen die Kondensatoren, Elkos und der Quarz sowie anschließend die Transistoren und die 5 Reed-Relais.

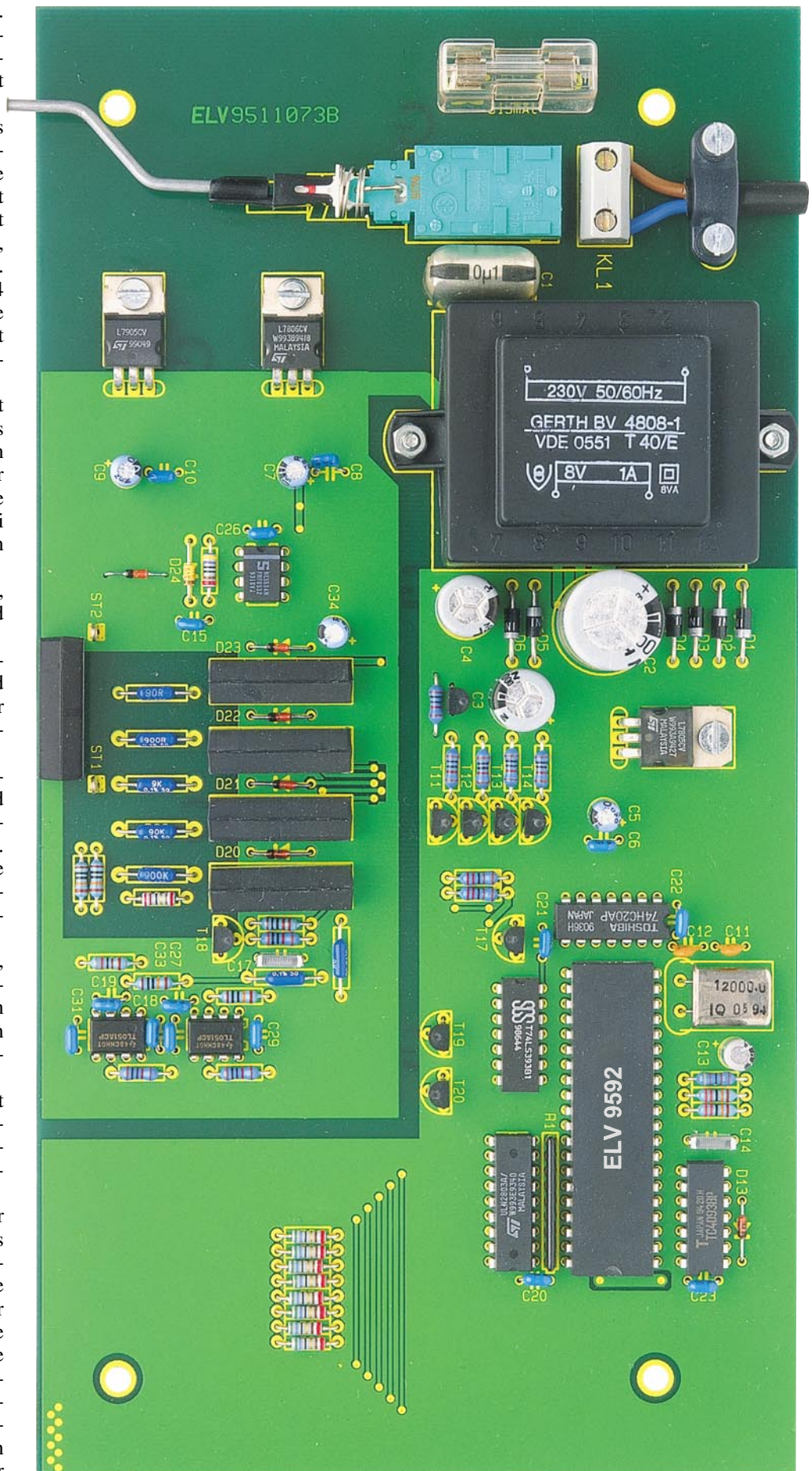
Sind alle bisherigen Komponenten bestückt und verlötet, können der Einsatz und die Verlotung der ICs unter Beachtung der richtigen Einbaulage vorgenommen werden.

Die Anschlußbeine der 3 Spannungsregler sind nach hinten abzuwinkeln und danach die Bauteile an den dafür vorgesehenen Stellen der Platine einzusetzen. Mit je einer Schraube M3 x 5 mm sowie einer M3-Mutter werden die Spannungsregler verschraubt und erst danach verlötet.

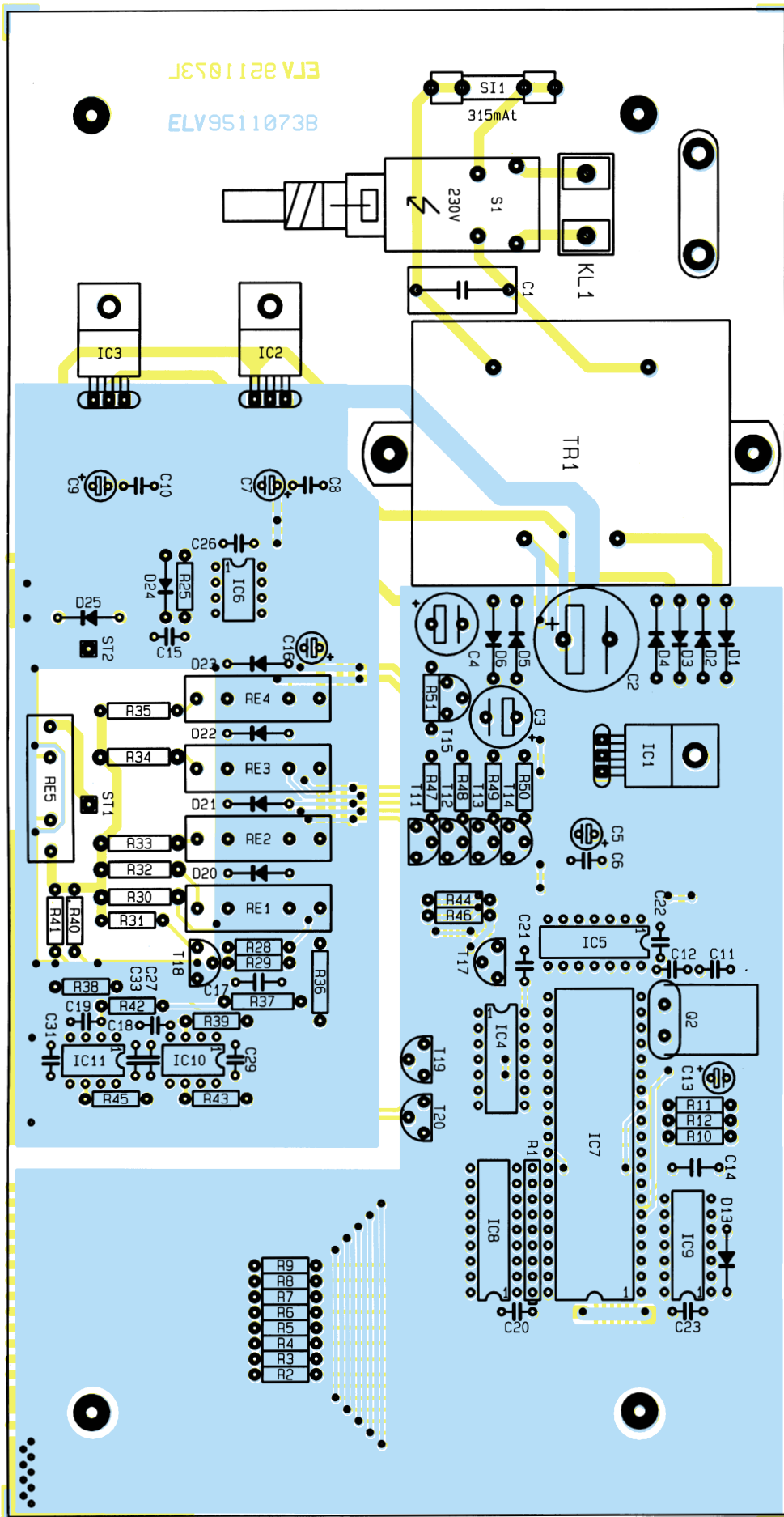
Es folgt der Einbau des Netzschalters, der Sicherung und der Netzanschlußklemmen. Sind auch diese Teile eingesetzt, kann der Trafo mit 2 Schrauben M4 x 5 mm sowie 2 M4-Muttern verschraubt und anschließend verlötet werden.

Nachdem alle Komponenten sachgerecht eingelötet sind, empfiehlt es sich, die beiden Platinen sorgfältig auf eventuell vorhandene Bestückungsfehler und Lötbrücken zu überprüfen.

Alsdann wenden wir uns dem Anbau der Frontplatte zu. Dazu wird zunächst das Eckblech an die dafür vorgesehene Position der Grundplatte gelötet. Durch die beiden dafür vorgesehenen Bohrungen der Frontplatte sind nun von der Frontseite aus 2 Lötstifte zu stecken. Danach wird die Frontplatte so an die Hauptplatte gesetzt, daß diese Lötstifte auf der Bestückungsseite der Hauptplatte plan aufliegen. Nachdem alle zueinander gehörenden Leiterbahnen beider Platinen miteinander verlötet sind, kann man die beiden vorgenannten Lötstifte wieder entfernen und das



Ansicht der fertig aufgebauten Hauptplatte



Eckblech vollständig festlöten.

Die 2 Polklemmen sind mit je einer Lötöse in der Frontplatte (nicht Frontplatte) zu montieren, wobei die rote Klemme den „+“-Anschluß bildet.

Die Zugentlastung wird in die Rückwand eingebaut und die Netzleitung so weit hindurchgeschoben, daß sie 100 mm weit ins Gehäuseinnere ragt. Mit Festdrehen der Zugentlastung wird die Netzleitung dann fixiert.

Jetzt werden die beiden Anschlüsse der Netzzuleitung an der Anschlußklemme der Hauptplatine verschraubt und die Netzleitung mit der Kabelschelle sowie zwei M3-Schrauben und zwei M3-Muttern an der Platine befestigt.

Zum Einbau ins Gehäuse wird eine Halbschale mit vier M4x70mm-Schrauben versehen und so auf den Tisch gelegt, daß sich die Lüftungsschlitze vorne befinden. Über jede Schraube wird dann eine 1,5mm starke Polyamid-Scheibe gesetzt und die Hauptplatine mit Frontplatine, Rückplatte und Frontplatte über die Schrauben in die Gehäusehalbschale abgesenkt.

Befinden sich Rück- und Frontplatine ordnungsgemäß in ihren Führungsnuten, werden die Polklemmen mit den Lötösen der Hauptplatine über einen kurzen Leitungsabschnitt verbunden.

Das Verbindungsstück zwischen Netzschalter und Schubstange wird auf den Netzschalter aufgesetzt und die Tastkappe auf das Schaltgestänge geschoben. Anschließend ist die Schubstange durch die Bohrung in der Frontplatte zu führen und in das vorgenannte Verbindungsstück zu stecken, so daß eine Betätigung des Schalters möglich ist.

Nachdem das Gestänge des Netzschalters montiert ist, wird über jede Gehäuse-schraube eine 60mm-Distanzrolle gesetzt. Nun kann die obere Gehäusehalbschale mit den Lüftungsschlitzen nach hinten weisend aufgesetzt und mit 4 Muttern M4 verschraubt werden. Nachdem auch die 4 Abdeckungen und die 4 Gehäusefüße eingesetzt sind, ist das Gerät betriebsbereit.

#### Achtung:

Innerhalb des Gerätes wird die lebensgefährliche Netzspannung an einigen Stellen frei geführt. Aufbau und Inbetriebnahme dürfen daher nur von Profis durchgeführt werden, die aufgrund ihrer Ausbildung dazu befugt und hinreichend mit den entsprechenden Sicherheits- und VDE-Bestimmungen vertraut sind. Ein Anschluß an die 230V-Netzversorgung darf daher erst nach dem ordnungsgemäßen Zusammenbau und der kompletten Fertigstellung des Gerätes erfolgen. Die geltenden Sicherheits- und VDE-Bestimmungen sind zu beachten.



Bestückungsplan der Hauptplatine des DCM 7001