

# Akku-Kapazitäts-Meßgerät

**Universelles Akku-Kapazitäts-Meßgerät zur Ermittlung des aktuellen Energieinhaltes (der Kapazität) von 1- bis 12zelligem NC- und NiMH-Akkus sowie 6V- und 12V-Blei- bzw. Blei-Gel-Akkus.**

## Allgemeines

Die gespeicherte Kapazität eines Akkus wird mit dem Akku-Kapazitäts-Meßgerät durch Entladung unter exakt definierten Bedingungen ermittelt. Die aus dem Akku entnehmbare Energie ist jedoch keine konstante Größe, sondern unter anderem vom Entladestrom abhängig. Den Nennkapazitätsangaben eines Akkus liegen daher auch immer definierte Entladestromangaben zugrunde.

Bei NC- und NiMH-Akkus wird häufig eine 10stündige Entladezeit angegeben, während bei Blei- und Blei-Gel-Akkus sich die Nennkapazität meistens nach DIN 72311 auf eine 20stündige Entladung bezieht.

Eine Tiefentladung, d. h. die Entladung des Akkus bis auf 0 V, ist bei allen Akkutypen schädlich und unbedingt zu vermeiden. NC- und NiMH-Akkus werden daher grundsätzlich bis zur sogenannten Entladeschlussspannung von einem Volt je Zelle entladen. Bei Blei- bzw. Blei-Gel-Akkus beträgt die Entladeschlussspannung 1,65 V bis 1,85 V je Zelle.

Die hier vorgestellte Schaltung ermög-

licht die Kapazitätsbestimmung bei NC- und NiMH-Zellen mit einer maximalen Zellenspannung von 14,4 V. Des weiteren ist die Kapazität von 6V- und 12V-Bleiakkus meßbar. Beim ELV-Akku-Kapazitäts-Meßgerät ist der Entladestrom stufenlos von 0 bis 3 A einstellbar.

Der Meßbereich des Akku-Kapazitäts-Meßgerätes kann wahlweise 0 bis 19,99 Ah mit 0,01 Ah Auflösung oder 0 bis 199,9 Ah mit 0,1 Ah Auflösung betragen. Durch die Dimensionierung von nur 2 Kondensatoren und die Position von 3 Drahtbrücken wird der Meßbereich bestimmt.

Die Akku-Spannungserfassung erfolgt grundsätzlich im stromlosen Zustand, so daß Übergangswiderstände an Anschlußklemmen und der Innenwiderstand des

Akkus die Messung nicht beeinflussen.

Zur Messung sind der Akku bzw. der Akkupack mit bis zu 12 in Reihe geschalteten Zellen polaritätsrichtig an die beiden Anschlußbuchsen (Polklemmen) anzuschließen und die gewünschte Zellenzahl sowie der Entladestrom einzustellen. Nach Betätigen der Start-Taste beginnt dann die Kapazitätsmessung automatisch.

Sobald der angeschlossene Akku die der Zellenzahl entsprechende Entladeschlussspannung erreicht hat, erscheint auf dem Display neben der aufsummierten Entladekapazität die Anzeige „Low-Bat“.

Auch nach Abklemmen des Akkus bleibt die Anzeige erhalten und wird erst mit Start einer neuen Kapazitätsmessung auf 0.0 gesetzt.

### Technische Daten: Akku-Kapazitäts-Meßgerät

Meßbare Akkutypen:	NC und NiMH (Einzelzellen sowie 2 bis 12 in Reihe geschaltete Zellen) 6V- und 12V-Blei-Akkus
Entladestrom:	stufenlos von 0 - 3 A einstellbar
Meßbereich:	wahlweise 0 bis 19,99 Ah oder 0 bis 199,9 Ah
Auflösung:	0,01 Ah/0,1 Ah
Schutzschaltung:	elektronische Temperatur-Sicherung mit LED-Anzeige
Versorgungsspannung:	11 V bis 25 V DC, unstabiliert
Stromaufnahme:	max. 150 mA

Tritt während der Entladung eine Überhitzung der Endstufe auf, so wird der gerade laufende Entladevorgang unterbrochen, und die LED „Temperatur“ leuchtet. Sobald sich die Endstufentemperatur wieder normalisiert, wird der Entladevorgang automatisch fortgesetzt.

Der aktuell ablaufende Entladevorgang wird auf dem Display durch ein blinkendes Minus-Zeichen angezeigt, dessen Blinkfrequenz sich direkt proportional zum fließenden Entladestrom verhält. Die Größe der Leiterplatte wurde so ausgelegt, daß der Einbau in ein Standard-ELV-7000er-Gehäuse möglich ist.

## Schaltung

In Abbildung 1 ist das Gesamtschaltbild des Akku-Kapazitäts-Meßgerätes zu sehen. Zunächst ist der zu entladende Akku mit dem Pluspol an ST 3 und mit dem Minuspol an ST 4 anzuschließen. Von ST 3 kommt direkt fließt der Entladestrom über die Schmelzsicherung SI 1, den Leistungs-Transistor T 2 und den Strom-Shunt R 23 zur an ST 4 angeschlossenen Polklemme. Der zum Entladestrom proportionale Spannungsabfall am Shuntwiderstand wird mit Hilfe des invertierenden Verstärkers (IC 3 A und externen Komponenten) um den Faktor 18 verstärkt.

Die an Pin 1 von IC 3 A anstehende stromproportionale Spannung (Ist-Wert) wird über R 19 dem invertierenden Eingang (Pin 6) des für die Entladestromregelung zuständigen Operationsverstärkers (IC 3 B) zugeführt. IC 3 B vergleicht den Ist-Wert mit dem an Pin 5 stufenlos einstellbaren Soll-Wert (0 - 3 A) und steuert über T 1 den Entlade-Leistungs-Transistor T 2. Der Regelkreis ist somit geschlossen.

Mit dem Operationsverstärker IC 2 B und externen Komponenten ist eine elektronische Temperatursicherung für die Entlade-Endstufe realisiert. Der Widerstand des am Kühlkörper angeschraubten Temperatursensors wird mit steigender Temperatur größer, so daß auch die Spannung an IC 2 Pin 6 proportional steigt. Sobald die Spannung an Pin 6 die mit Hilfe des Spannungsteilers R 43, R 51 am nicht invertierenden Eingang eingestellte Spannung übersteigt, wechselt der Ausgang (Pin 7) von „high“ nach „low“, und die LED D 5 leuchtet (Temperatur).

R 44 sorgt für eine ausreichend große Schalthysterese, so daß die Temperatursicherung bei ca. 80°C anspricht, jedoch erst bei Unterschreiten von 50°C die Entladeendstufe wieder freigibt. Über IC 2 D wird der Transistor T 5 durchgesteuert, der letztendlich bei Übertemperatur die Endstufe sperrt.

Die zum Entladestrom proportionale Spannung am Ausgang des IC 3 A (Pin 1)

gelangt über R 33 auf den Eingang (Pin 7) des Spannungs-/Frequenzumsetzers IC 8. Der U/f-Wandler setzt die an Pin 7 anstehende Eingangs-Gleichspannung in eine direkt dazu proportionale Ausgangsfrequenz an Pin 3 um.

Der Frequenzbereich wird durch die externe Beschaltung bestimmt, wobei die Einstellung des Meßbereichs, entsprechend Tabelle 1, mit Hilfe des Elkos C 33 und des Folienkondensators C 34 erfolgt.

Tabelle 1		
Meßbereich	C 33	C 34
20 Ah	1 µF	10 nF
200 Ah	10 µF	100 nF

Der Spindel-Trimmer R 36 dient in diesem Zusammenhang zur genauen Einstellung des Skalenfaktors. Am Open-Kollektor-Ausgang ist der Pull-Up-Widerstand R 38 erforderlich.

Die zum Entladestrom direkt proportionale Ausgangsfrequenz des RC 4151 gelangt auf den Clock-Eingang des Binär-Zählers IC 9 A, der die Frequenz durch den Faktor 4 teilt. Der Q2-Ausgang des IC 9 A taktet den 14stufigen Binär-Zähler am Clock-Eingang (Pin 10), so daß die dem Entladestrom proportionale Frequenz des U/f-Wandlers insgesamt durch den Faktor 65536 geteilt wird.

Ausgehend von 3 A Entladestrom (im 20Ah-Meßbereich) erhalten wir am Ausgang von IC 3 eine Frequenz von 5,449 kHz, die durch 65.536 geteilt 300 Impulse in der Stunde entsprechend 3,00 Ah ergibt.

Die von IC 10, Pin 3 gelieferten Impulse werden parallel auf die Takteingänge der kaskadierten dekadischen Zähler IC 11 bis IC 13 gegeben.

Sobald der erste Zähler den maximalen Zählerstand (9) erreicht hat, geht das Carry-Out-Signal (Pin 7) für die Dauer eines Zählerstandes auf „Low“-Pegel und taktet den zweiten Zähler (IC 12) einen Zählerstand weiter. In der gleichen Weise wird der dritte Dezimal-Zähler (IC 11) mit dem Carry-Out-Signal von IC 12 gesteuert.

Beim Gesamtzählerstand von 999, entsprechend 9,99 Ah bzw. 99,9 Ah wechselt das Carry-Out-Signal von IC 11 für einen Zählerstand von „high“ nach „low“ und setzt das mit IC 4 A, B realisierte Flip-Flop. Über das EXOR-Gatter IC 7 D erfolgt nun die Ansteuerung des vierten Digit, d. h. die Ziffer 1, des LC-Displays.

Das Backplane-Signal des LC-Displays wird von dem als Oszillator arbeitenden Schmitt-Trigger-Gatter IC 6 B erzeugt.

Abhängig vom gewählten Meßbereich (20 Ah oder 200 Ah) erfolgt die Einstellung des Dezimalpunktes mit den Brücken J 2 und J 3, wobei IC 7 C zur Invertierung

des Backplane-Signals dient.

Kommen wir nun zur Entladesteuerung und zur Überwachung der Entladeschlussspannung. Für diese Aufgabe ist in erster Linie der Operationsverstärker IC 2 C mit den zugehörigen externen Komponenten zuständig.

Im ausgeschalteten Zustand ist der Transistor T 3 durchgesteuert, so daß der Ausgang des als Komparator arbeitenden OPs (IC 2 C) unabhängig von der an Pin 9 eingestellten Referenzspannung „Low“-Pegel führt.

Sobald der Start-Taster (TA 1) betätigt wird, sperrt T 3, und der Komparator vergleicht nun über den Spannungsteiler R 27/ R 28 die Akkuspannung mit der einstellbaren, zellenzahlabhängigen Referenzspannung an Pin 9. Solange die halbe Akkuspannung über der eingestellten Referenzspannung liegt, führt der Ausgang des IC 2 C „High“-Pegel.

Mit dem Wechsel von „low“ nach „high“ am Komparator-Ausgang werden über C 37, D 13 sämtliche Zähler zurückgesetzt und über IC 6 D das mit IC 6 A, C aufgebaute Flip-Flop gesetzt. Dieses Flip-Flop gibt nun über D 3 die Entladeendstufe frei.

Für die Zeit, in der am Ausgang des Komparators IC 2 C „High“-Pegel anliegt, d. h. die halbe Akku-Spannung oberhalb der eingestellten Referenz-Spannung liegt, bleibt der Transistor T 3 über das mit IC 6 A, C aufgebaute Flip-Flop gesperrt. Zurückgesetzt wird das Flip-Flop über C 39, wenn der Ausgang des Komparators von „high“ nach „low“ wechselt.

Die Referenz-Spannung für den mit R 1 bis R 12 aufgebauten 12stufigen Spannungsteiler liefert der Operations-Verstärker IC 2 A, der die von der Referenzdiode D 2 gelieferte Spannung um den Faktor 4,9 verstärkt.

Damit die Erfassung der Entladeschlussspannung im stromlosen Zustand erfolgen kann, wird der Entladevorgang zyklisch unterbrochen.

Dazu steuert der mit dem Schmitt-Trigger-Gatter IC 4 C aufgebaute Oszillator den 4stufigen Binärzähler IC 9 B am Clock-Eingang. Beim Zählerstand 15 wechselt der Ausgang des Gatters IC 4 D für einen Takt-Zyklus von „high“ nach „low“ und sperrt über D 10 die Entladeendstufe. Gleichzeitig gelangt über R 55, D 11 kein „High“-Signal mehr auf den nicht invertierenden Eingang von IC 2 C, so daß jetzt der Ist-/Sollwert-Vergleich (Akku-Spannung, Referenz-Spannung) erfolgen kann

Zur Spannungsversorgung des Akku-Kapazitäts-Meßgerätes kann eine beliebige uninstabilisierte Gleichspannung zwischen 11 V und 25 V mit 150mA-Strombelastbarkeit (z. B. Steckernetzteil) dienen, die mit dem Pluspol an ST 1 und mit dem Minuspol an ST 2 anzuschließen ist.



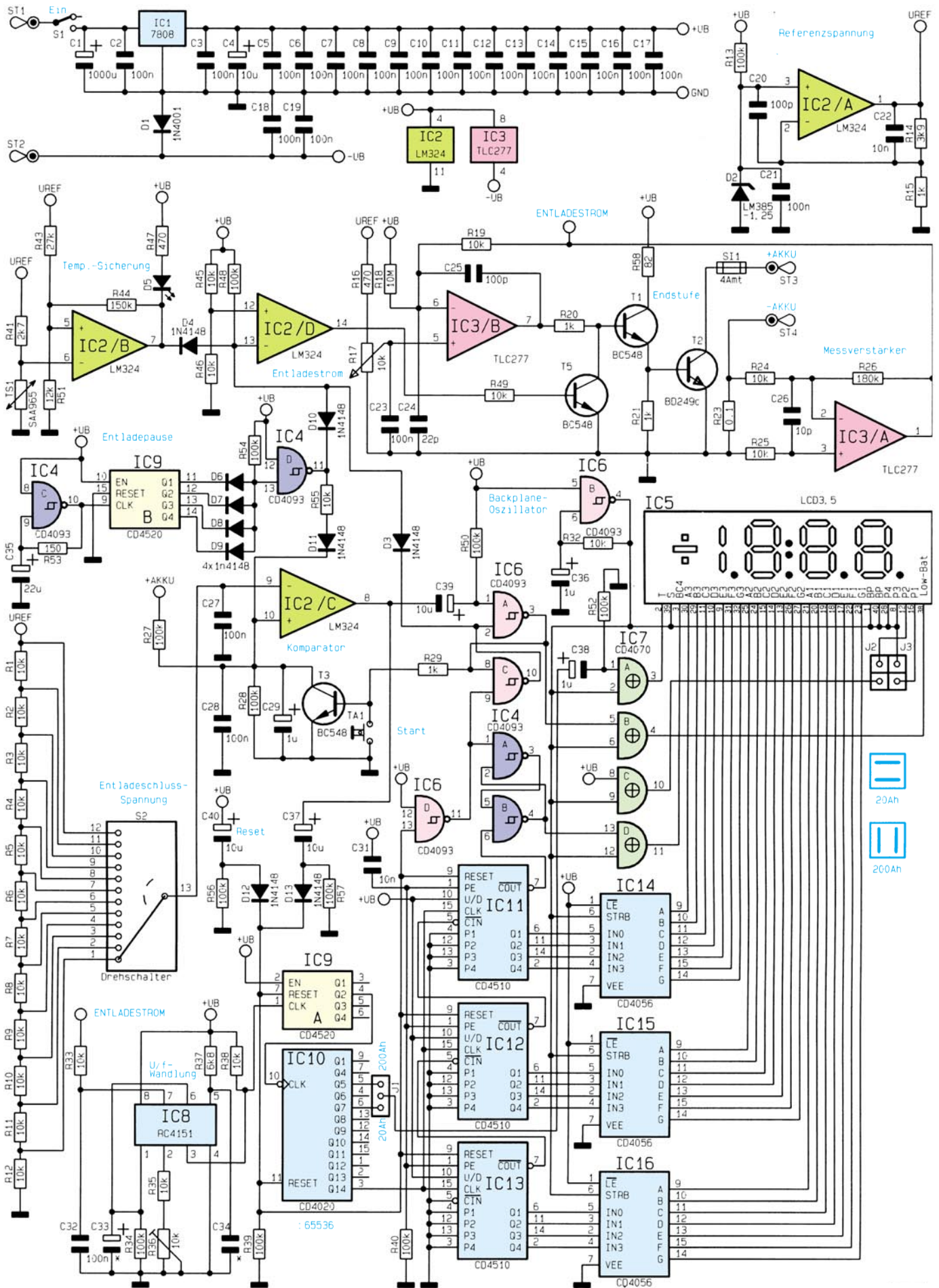


Bild 1: Schaltplan des Akku-Kapazitäts-Meßgerätes

Während IC 1 eine Stabilisierung auf 8 V vornimmt, wird mit D 1 eine kleine negative Hilfsspannung von 0,7 V gewonnen. C 1 dient zur Pufferung der Versorgungsspannung und C 4 zur Schwingneigungs-Unterdrückung am Ausgang des Spannungsreglers.

Die Keramik-Kondensatoren C 5 bis C 17 sind zur Störabblockung direkt an den Versorgungspins der einzelnen ICs positioniert.

## Nachbau

Zum praktischen Aufbau des ELV Akku-Kapazitäts-Meßgerätes steht eine doppel-seitig durchkontaktierte Leiterplatte mit den Abmessungen 230 x 64 mm zur Verfügung, die sämtliche aktiven und passiven Komponenten, einschließlich Schalter, Buchsen und Kühlkörper, aufnimmt.

Die Bestückungsarbeiten werden anhand der vorliegenden Stückliste und des Bestückungsplanes vorgenommen. Als weitere Orientierungshilfe dient der Bestückungsdruck auf der Leiterplatte.

In gewohnter Weise beginnen wir mit dem Einlöten der 1%igen Metallfilm-Widerstände. Die Anschlußbeinchen sind entsprechend dem Rastermaß abzuwinkeln, durch die zugehörigen Bohrungen der Platine zu führen, und leicht anzuwinkeln, damit die Bauteile nach dem Umdrehen der Leiterplatte nicht wieder herausfallen können.

Nach Umdrehen der Platine werden sämtliche Widerstände in einem Arbeitsgang festgelötet und die überstehenden Drahtenden mit einem scharfen Seitenschneider direkt oberhalb der Lötstelle abgeschnitten.

Das Einlöten der Dioden erfolgt in der gleichen Weise, wobei die mit einem Ring gekennzeichnete Katoden-Seite mit der Pfeilspitze im Bestückungsdruck übereinstimmen muß.

Danach sind die Keramik- und Folienkondensatoren mit möglichst kurzen Anschlußbeinchen zu bestücken. Die üblicherweise am Minuspol gekennzeichneten Elektrolyt-Kondensatoren müssen unbedingt polaritätsrichtig eingelötet werden. Außerdem ist zu beachten, daß der Elko C 1 in liegender Position auf die Leiterplatte gesetzt wird.

Die Montage des Festspannungsreglers IC 1 erfolgt mit einer Schraube M 3 x 6 mm und zugehöriger Mutter liegend auf der Platine.

Im nächsten Arbeitsschritt werden die vier Kleinsignal-Transistoren so tief wie möglich bestückt. Die integrierten Schaltkreise sind so einzulöten, daß die Gehäusekerbe des Bauelements mit dem Symbol im Bestückungsdruck übereinstimmt.

Alsdann sind zwei 20polige Buchsenlei-

## Stückliste: Akku-Kapazitätsmeßgerät

### Widerstände:

0,1Ω/0,5%	R23
470Ω	R21, R47
1kΩ	R15, R16, R20, R29
2,7kΩ	R41
3,9kΩ	R14
6,8kΩ	R37
10kΩ	R1-R12, R19, R24, R25, R32, R33, R35, R38, R45, R46, R49, R55
12kΩ	R51
27kΩ	R43
100kΩ	R13, R27, R28, R34, R39, R40, R48, R50, R52, R54, R56, R57
150kΩ	R44
180kΩ	R26, R53
10MΩ	R18
Spindeltrimmer, 10kΩ	R36
Poti, 4mm, 10kΩ	R17
SAS965	R42

### Kondensatoren:

10pF/ker	C26
22pF/ker	C24
100pF/ker	C20, C25
10nF	C22, C31, C34
100nF	C32
100nF/ker	C2, C3, C5-C19, C21, C23, C27, C28
1µF/100V	C33, C36, C38
10µF/25V	C4, C29, C37, C39, C40
22µF/16V	C35
1000µF/16V	C1

### Halbleiter:

7808	IC1
LM324	IC2
TLC277	IC3
CD4093	IC4, IC6
CD4070	IC7

RC4151	IC8
CD4520	IC9
CD4020	IC10
CD4510	IC11-IC13
CD4056	IC14-IC16
BC548	T1, T3, T5
BD249C	T2
1N4001	D1
LM385	D2
1N4148	D3, D4, D6-D13
LED, 3mm, grün	D5
LC-Display, 3,5stellig	IC5

### Sonstiges:

Minatur-Kippschalter, 1 x um	S1
Minatur-Präzisionsdreh-schalter, 1 x 12 polig	S2
Taster, B3F-4050	TA1
Polklemme, 4mm, rot	ST3
Polklemme, 4mm, schwarz	ST4
Sicherung, 4A, träge	SI1
Lötstifte mit Lötöse	ST1, ST2
1 Platinensicherungshalter (2 Hälften)	
4 IC-Buchenleisten, 20 polig	
1 Tastkappe, 18mm	
1 Glimmerscheibe, TO-3P	
1 Isolierbuchse	
1 Zylinderkopfschraube, M3 x 6mm	
1 Zylinderkopfschraube, M3 x 8mm	
1 Zylinderkopfschraube, M3 x 12mm	
2 Zylinderkopfschrauben, M3 x 20mm	
5 Mutter, M3	
1 Sensorschelle	
1 Kühlkörper, SK88, gebohrt	
2 Distanzrollen, M3 x 10mm	
2 Drehknopf, 12mm, grau	
2 Knopfkappe, 12mm, grau	
2 Pfeilscheibe, 12mm, grau	
1 Knopfreduzierstück	
15cm Schaltdraht, blank, versilbert	

sten zur Aufnahme des LC-Displays einzulöten.

Beim Einlöten des Print-Tasters, des Spindel-Trimmers und des 12stufigen Drehschalters ist unbedingt eine zu große Hitze einwirkung zu vermeiden. Das gleiche gilt auch für den Kippschalter (S 1), der unbedingt mit dem Gehäuse auf der Platinenoberfläche aufliegen muß.

Nach dem Einlöten der beiden Hälften des Platinen-Sicherungshalters wird gleich die 4A-Feinsicherung eingesetzt.

Während die Lötstifte ST 1 und ST 2 von der Bestückungsseite einzusetzen sind, werden ST 3 und ST 4 von der Lötseite bestückt.

Die beiden Polklemmen können wahlweise in die Leiterplatte oder in die Frontplatte geschraubt werden.

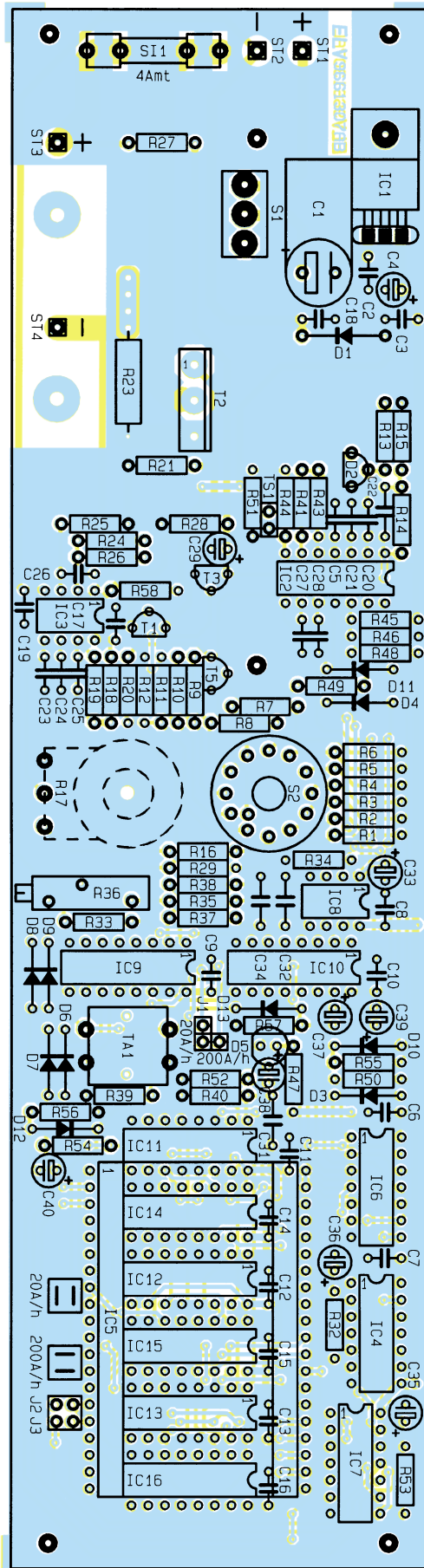
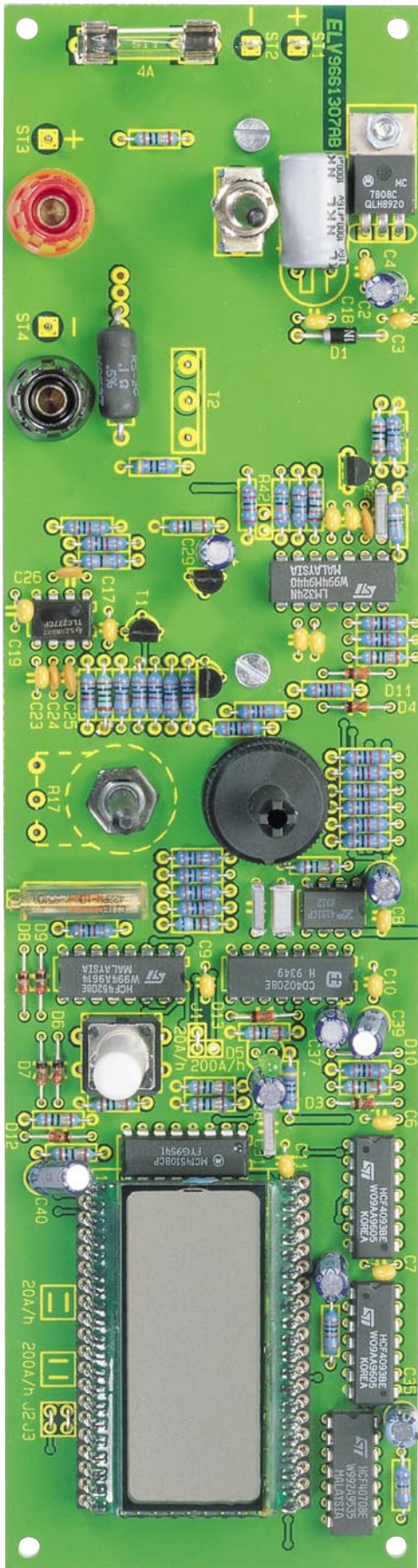
Zur elektrischen Verbindung der Polklemmen mit ST 3 und ST 4 dienen Silberdraht-Abschnitte entsprechender Länge.

Kommen wir nun zum Einbau des Einstell-Potis R 17. Die Anschlußschwerter des von der Lötseite einzusetzenden Potis sind vor dem Einlöten des Bauteils im rechten Winkel, d. h. in Richtung der Poti-Achse, abzuwinkeln. Erst nach dem Festschrauben erfolgt das Anlöten der Anschlußschwerter.

Nun wird das LC-Display in die dafür vorgesehenen Buchsenleisten eingesetzt. Durch vorsichtiges kurzes Berühren der Anschlußpins mit einer heißen Lötspitze ist die Einbaulage schnell und einfach festzustellen.

Die Drahtbrücken J 1 bis J 3 sind entsprechend des gewünschten Meßbereichs





Ansicht der fertig bestückten Platine und des zugehörigen Bestückungsplanes

einzulöten.

Vor der Montage des Leistungskühlkörpers sind der Entladetransistor T 2 und der Temperatursensor mit der zugehörigen Montage-Schelle anzuschrauben.

Die Kühlfläche des Transistors und die abgeflachte Seite des Temperatursensors sind zur besseren thermischen Kopplung dünn mit Wärmeleitpaste zu bestreichen.

Als dann erfolgt die Montage des Kühlkörpers mit 2 Distanzröllchen von 1 cm Länge und den zugehörigen Schrauben auf der Lötseite der Leiterplatte.

Die Anschlußbeinchen des Leistungstransistors und des Temperatursensors werden dabei jeweils in einem Bogen in die zugehörigen Bohrungen geführt und von der Bestückungsseite angelötet.

Nach einer gründlichen Überprüfung hinsichtlich Löt- und Bestückungsfehler können die erste Inbetriebnahme und der einfach durchzuführende Abgleich erfolgen.

Zum Abgleich ist ein zu entladender Akku mit in Reihe geschaltetem Ampere-Meter an die Anschlußklemmen des Akku-Kapazitäts-Meßgerätes anzuschließen und der Entladevorgang per Tastendruck zu starten.

Die Frequenz an IC 8, Pin 3 verhält sich direkt proportional zu dem mit R 17 eingestellten Entladestrom.

Je Ampere-Entladestrom ist im 20Ah-Meßbereich mit R 36 eine Frequenz von 1,8253 kHz einzustellen. Fließt z. B. ein Entladestrom von 2 A, so muß die Frequenz an IC 8, Pin 3, 3,6507 kHz betragen.

Im 200Ah-Meßbereich sind die an IC 8, Pin 3 anliegenden entladestromproportionalen Frequenzen um den Faktor 10 geringer.

Steht zum Abgleich weder ein Frequenz-Zähler noch ein Oszilloskop zur Verfügung, ist der Abgleich etwas zeitaufwendiger.

Die Korrektur wird dann einfach anhand der aufsummierten Kapazität durchgeführt.

Bei einem Entladestrom von 1 A muß im 20Ah-Meßbereich nach 60 Minuten 1,00 Ah auf dem Display aufsummiert sein.

Wird zu wenig angezeigt, so ist der Spindel-Trimmer im Uhrzeigersinn zu drehen, während bei zu hoher Anzeige R 36 entgegen dem Uhrzeigersinn zu korrigieren ist.

Nach erfolgreich durchgeführtem Abgleich ist der Energieinhalt von NC-, NiMH- und Blei-Akkus schnell und komfortabel zu ermitteln. **ELV**