

Digitaler Akku-Kapazitätsmeß- und Ladeautomat AK 7000



Diese im ELV-Labor entwickelte Schaltung dürfte eine Sensation auf dem Bereich der Elektronik rund um Energiespeicher (Akkus) sein. Es wurde eine Möglichkeit gefunden, die präzise effektive Kapazität eines Akkus zu messen und digital anzugeben.

Darüber hinaus wird ein angeschlossener Akku vollautomatisch entladen, geladen sowie mit einer Erhaltungsladung versorgt, mit einem Zyklus, der sich automatisch alle vier Wochen wiederholt, so daß sowohl NC- als auch in besonderem Maße Blei-Akkus den Winterschlaf gut überstehen.

Aufgrund des großen Stromeinstellbereiches von 1 mA bis 2500 mA können sowohl Akkus von Motorrädern als auch von Flug-, Schiffs- und Automodellen getestet und gewartet werden.

Allgemeines

Besonders bei Blei-Akkus besteht die Gefahr, daß bei längerer Benutzungspause die Platten „verhärten“ und der Akku Schaden nimmt. Optimale Lagerung von bereits mit Säure gefüllten Blei-Akkus erfordert eine ständige Erhaltungsladung bei zwischenzeitlichem Entladen und Wiederaufladen, möglichst in einem Abstand von ca. 4 Wochen.

Bei NC-Akkus ist es zwar unerheblich, wenn diese längere Zeit unbenutzt bleiben, jedoch sinkt deren Kapazität nach einer längeren Benutzungspause, um allerdings nach einigen Zyklen wieder annähernd den ursprünglichen Wert zu erreichen. Auch hier kann es daher günstig sein, im Abstand von vier Wochen einen kompletten Lade/Entladezyklus zu durchfahren, während in der übrigen Zeit eine Erhaltungsladung dem Akku zugeführt wird.

Mit dem im ELV-Labor entwickelten vollkommen neuen Gerät können sowohl NC- als auch Blei-Akkus automatisch geladen werden, wobei zunächst immer eine optimale Entladung automatisch vorgenommen wird, damit definierte Anfangsbedingungen für den 14stündigen Ladezyklus vorliegen. Nach Beendigung des Ladevor-

ganges schaltet das Gerät selbstdäig auf Erhaltungsladung um. Nach Ablauf von insgesamt vier Wochen setzt das Gerät automatisch den Entlade-/Ladevorgang in Betrieb, um danach wieder auf Erhaltungsladung zu schalten. Dieser Zyklus wiederholt sich alle 28 Tage beliebig oft, d. h. fortlaufend. Ein angeschlossener Energiespeicher unterliegt daher optimalen Lagerungsbedingungen.

Als hochinteressante Besonderheit nimmt der hier vorgestellte Automat eine genaue Kapazitätsmessung der Akku-Kapazität während des Entladevorganges vor. Es kann daher eine exakte Aussage über den Zustand des angeschlossenen Akkus gemacht werden. Der Anwender ist nun nicht mehr auf grobe Schätzungen, den Zustand seines Akkus betreffend, angewiesen.

Bedienung und Funktion

Nach dem Einschalten des links oben auf der Frontplatte angeordneten Netzschalters werden zunächst die beiden Potentiometer zur Grob- und Feineinstellung des Ladestromes auf „0“, d. h. an den linken Anschlag (entgegen dem Uhrzeigersinn) gebracht.

Mit dem rechten Poti wird die Nenn-Span-

Technische Daten:

- Akkutest- und Lademöglichkeit für NC- und Bleiakkus mit einer Kapazität von 50 mA (0,05 A) bis 25 A
- Akku-Kapazitätsmessungen von 0 bis 140,0 %
- Entlade-/Ladestrom: 1 mA bis 2500 mA (max 1500 mA bei Akkus unter 6 V Nennspannung)
- Akkupassungen: 1,2 V bis 12 V
- max. Ausgangsladespannung: ca. 16 V
- max. Leerlaufspannung: ca. 25 V
- Schnellladezyklus: 56 h
- Normalzyklus: 28 Tage

nung des zuschließenden Akkus eingestellt. Erst nachdem diese Einstellungen vorgenommen wurden, sollte der zu ladende Akku angeschlossen werden.

Zunächst ist nun die Start/Reset-Taste zu betätigen, um danach die rechts daneben angeordnete Taste zur Stromanzeige zu drücken.

Der angeschlossene Akku wird jetzt mit einem Strom entladen, der auf der vierstelligen digitalen Anzeige abgelesen und mit den beiden Einstellpotis zur Grob- und Feinregulierung des Ladestroms auf den gewünschten Wert zu bringen ist.

Der korrekte Lade- bzw. Entladestrom muß genau 10 % der Akku-Nennkapazität betragen. Bei einem 50 mA-Akku ist daher der Entlade-/Ladestrom auf 5 mA einzustellen, während ein 2 A-Akku mit 200 mA und ein 25 A-Akku mit 2500 mA, entsprechend 2,5 A, zu laden ist. Die Stromstärke ist beim Entladevorgang genau die gleiche wie die beim Ladevorgang. Lediglich die Erhaltungsladung, die in der übrigen Zeit dem Akku zugeführt wird, beträgt ca. 10 % vom Ladestrom, d. h. ca. 1 % von der Akkukapazität.

Nachdem die Stromstärke genau eingestellt wurde, läuft der Entladevorgang bis zu

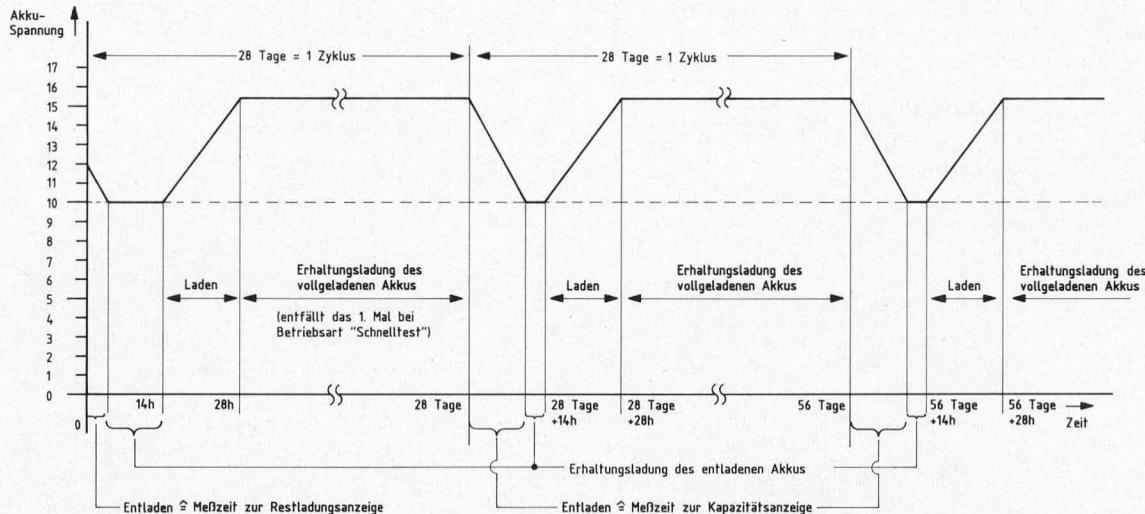


Bild 1: Graphische Darstellung des zeitlichen Ablaufes der Entlade-/Lade-Zyklen mit den dazwischen liegenden Erhaltungsladungsphasen

einer genau definierbaren Entladespannung mit der eingestellten Stromstärke ab. Die Abschaltspannung liegt ca. 20 % unterhalb der Akku-Nennspannung.

Soll während des ersten Entladevorganges bereits eine Kapazitätssmessung zur Ermittlung der im Akku noch enthaltenen Restladung vorgenommen werden, so ist sofort nach Beendigung der Stromeinstellung erneut die Start/Reset-Taste zu betätigen. Hierdurch erfolgt wieder die Umschaltung auf Kapazitätssmessung.

Zur Veranschaulichung der nachfolgend beschriebenen einzelnen Vorgänge ist in Bild 1 der zeitliche Ablauf graphisch dargestellt.

Nach Beendigung des Entladevorganges wird automatisch auf Erhaltungsladung umgeschaltet.

Exakt 14 Stunden nach Betätigen der Start/Reset-Taste beginnt dann der Ladevorgang mit der eingestellten Stromstärke. Weitere 14 Stunden später ist der Ladevorgang abgeschlossen und das Gerät schaltet wiederum auf Erhaltungsladung, die dann exakt 28 Tage, entsprechend 4 Wochen, bestehen bleibt, gerechnet vom Betätigen der Start/Reset-Taste an. Minutengenau wird dann nach Ablauf eines 28-Tage-Zyklus der angeschlossene Akku wieder entladen. Während dieses Entladevorganges des vorher voll aufgeladenen Akkus, wird die Kapazität des angeschlossenen Energiespeichers exakt gemessen. Hierzu wird die Anzeige automatisch umgeschaltet. Der integrierte 4stellige Dekadenzähler startet automatisch mit Beginn des Entladevorganges und erhält pro Stunde 100 Impulse. Nach Beendigung des Entladevorganges wird der Zähler gestoppt und das Ergebnis in den Speicher übernommen, bei gleichzeitiger Anzeige auf dem vierstelligen LED-7-Segment-Display.

Bei einer genau 100,0%igen Akkukapazität würde die Entladedauer exakt 10 Stunden betragen, so daß 10x100 Impulse auf den Dekadenzähler gelangt sind, d. h. also 1000 Impulse. Die Anzeige steht bei 100,0 %. Besteht die Akkukapazität jedoch nur 78 %, bedeutet dies eine Entladezeitdauer von 7,8 Stunden. Es gelangen lediglich 780 Impulse

auf den Zähler und die Anzeige beträgt 78,0 %.

Im Verlaufe eines „Akku-Lebens“ nimmt die Kapazität bei den ersten Lade-/Entladezyklen zunächst noch etwas zu, während sie anschließend langsam fällt. Es sind durchaus auch Kapazitäten von über 100 % denkbar.

Da für die Akku-Kapazitätssmessung ein voller Entladevorgang erforderlich ist, wird im Normalfall dieses Ergebnis erst nach ca. 4 Wochen geliefert. Das nach der ersten Entladung gelieferte Kapazitätsmeßergebnis zeigt lediglich noch die zu dem Zeitpunkt im Akku vorhandene Kapazität an. Dieser Meßwert stimmt nur dann mit der Akku-Kapazität überein, wenn der Akku vorher auch tatsächlich voll geladen war.

Möchte man möglichst schnell die Kapazität des Akkus wissen, ohne einen vierwöchigen Entlade/Lade-Zyklus zu durchlaufen, besitzt das Gerät eine Taste zum „Schnelltest“. Wird diese Taste zusätzlich betätigt, läuft ein kompletter Meßzyklus ohne die vierwöchige Pause mit der Erhaltungsladung direkt hintereinander ab, und zwar wie folgt:

1. Betätigen der Start/Reset-Taste — der Entladevorgang beginnt.
2. Betätigen der Stromanzeige-Taste.
3. Mit den beiden Stromeinstellpotentiometern den gewünschten Entlade/Ladestrom einstellen.
4. Schnelltest-Taste betätigen.
5. Akku wird entladen und anschließend auf Erhaltungsladung geschaltet.
6. 14 Stunden nach Betätigung der Start/Reset-Taste beginnt ein wiederum 14stündiger Ladevorgang mit der vorher eingestellten Stromstärke, die 10 % der Akku-Nennkapazität betragen sollte.
7. Nach Ablauf der 14 Stunden Ladezeit, also nach insgesamt 28 Stunden, wird jetzt nicht wie im Normalfall auf Erhaltungsladung umgeschaltet, sondern wiederum auf Entladen.
8. Nach Beendigung des Entladevorgangs

ges wird zunächst auf Erhaltungsladung geschaltet, und auf der Anzeige erscheint der Wert der tatsächlichen Akku-Kapazität.

9. Nach insgesamt 42 Stunden wird ein erneuter 14stündiger Ladevorgang eingeleitet, nach dessen Ablauf auf Erhaltungsladung umgeschaltet wird.

10. Das Gerät befindet sich jetzt wieder in dem normalen 28-Tage-Zyklus — die Schnelltest-Funktion ist abgearbeitet.

Der jeweilige Betriebszustand des Gerätes wird über insgesamt 7 Leuchtdioden detailliert angezeigt, so daß der Benutzer auf einen Blick erkennt, an welcher Stelle sich das Gerät in der Bearbeitung seines Programmes befindet. Der Akku kann jederzeit im vollgeladenen Zustand vom Gerät abgenommen werden, wenn die Leuchtdiode „fertig“ aufleuchtet. Dies ist in ca. 93 % der Zeit eines 28-Tage-Zyklus der Fall.

Zur Stromanzeige kann jederzeit die entsprechende Taste betätigt werden, um den gerade fließenden Strom abzulesen. Der Entlade- bzw. Ladestrom kann selbstverständlich nur dann abgelesen werden, wenn auch gerade ein Entlade- bzw. Ladevorgang abläuft. In der übrigen Zeit findet lediglich eine ca. um den Faktor 10 geringere Erhaltungsladung statt. Die Umschaltung auf die Akku-Kapazitätssmessung wird vom Gerät selbsttätig vorgenommen, sobald ein Entladevorgang beginnt, bei dessen Abschluß das Meßergebnis auf der Anzeige erscheint. Wird während eines Entladevorganges die Taste „Stromanzeige“ betätigt, so ist nach Abschluß des Entladevorganges kein Ergebnis zur Kapazitätssmessung vorhanden.

Wird ein bereits weitgehend entladener Akku an den AK 7000 angeschlossen, schaltet die Automatik u. U. bereits sofort oder kurz nach dem Betätigen der Start/Reset-Taste vom Zustand „Entladen“ auf „Erhaltungsladung“ um. Eine Stromeinstellung ist daher anhand der digitalen Anzeige nicht sofort, sondern erst nach 14 Stunden bei Beginn des Ladevorganges möglich. Sofern die Auflösung an der Skala des zur Grobeinstellung dienenden Stromeinstellpotis ausreicht (bei Akku-Kapazitä-

ten ab 5 A, entsprechend Ladeströmen ab 0,5 A), kann hier eine erste Einstellung vorgenommen werden, die dann möglichst nach 14 Stunden gleich zu Beginn des Ladevorganges zu überprüfen ist. Bei kleineren Akkus reicht die Auflösung der Potis nicht aus, um anhand der Skala eine Einstellung des Ladestromes vorzunehmen. Es ist daher empfehlenswert, um den Akku vor Schaden zu bewahren, die Stromregler zunächst auf „0“ zu stellen, um nach 14 Stunden gleich zu Beginn des Ladevorganges anhand der digitalen Anzeige eine genaue Einstellung vorzunehmen.

Ist noch eine gewisse Restladung in dem angeschlossenen Akku vorhanden, kann zur Lade-/Entladestromeinstellung hilfsweise der Spannungsregler auf den halben Wert der Akkuspannung eingestellt werden, um dadurch die Umschaltung von „Entladen“ auf „Erhaltungsladung“ zu verzögern und doch noch gleich zu Beginn eine Stromeinstellung vornehmen zu können. Sofort nach der dann möglichst schnell vorzunehmenden Stromeinstellung ist unbedingt wieder die korrekte Akku-Nenn-Spannung mit dem entsprechenden Poti rechts auf der Frontplatte zu wählen.

Unter Akku-Nenn-Spannung verstehen wir den Nennwert, d. h., bei einem 12 V Akku genau 12,0 V. Obwohl z. B. bei einem 12 V-Akku die Lade-End-Spannung durchaus 14 V betragen kann, bzw. im entladenen Zustand bis auf 10 V sinkt, wird das entsprechende Spannungseinstellpoti immer auf 12,0 V eingestellt. Bei Nickel-Cadmium-Zellen ist pro Zelle eine Spannung von 1,2 V in Ansatz zu bringen, d. h., bei 5 Zellen 6 V.

Zur Schaltung

Bevor wir auf die Schaltung im einzelnen eingehen, wollen wir kurz die prinzipielle Funktionsweise anhand des in Bild 2 dargestellten Blockschaltbildes erläutern, unter gleichzeitiger Zuhilfenahme von Bild 1, in dem die graphische Darstellung der zeitlichen Abläufe aufgezeigt ist.

Wir beginnen mit dem Anschluß des Akkus und dem Betätigen der Start/Reset-Taste.

Das Relais Re 1 mit seinem Kontakt re 1 sowie das Relais Re 2 mit seinen Kontakten re 2a und re 2b befinden sich hierbei in der in Bild 2 gezeigten Stellung.

Schaltungstechnisch bedeutet dies, daß die Konstantstromquelle parallel zum angeschlossenen Akku liegt und diesen mit einem konstanten Strom entlädt. Über die Spannungsauffrage erhält die Ablaufsteuerung die Information über den Entladestand des Akkus. Bei Unterschreiten einer bestimmten Spannung, die ca. 20 % unter der Akku-Nenn-Spannung liegt, gibt die Ablaufsteuerung den Befehl zur Umschaltung auf Erhaltungsladung. Dies bedeutet, daß Re 1 sowie Re 2 umschalten. Hierdurch liegt jetzt die Konstantstromquelle in Reihe zum Akku an der ca. 25 V betragenden Versorgungsspannung. Durch gleichzeitiges Öffnen des Kontaktes re 1 wird der Konstantstrom reduziert, so daß der Akku zunächst mit einer Erhaltungsladung beaufschlagt wird.

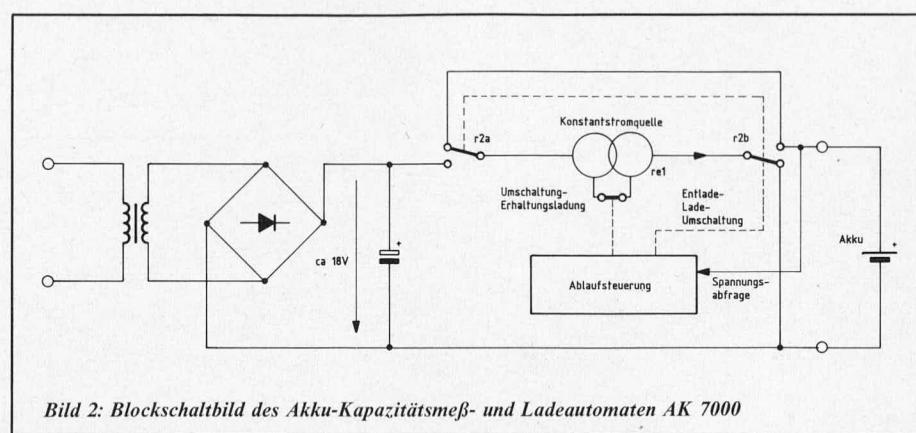


Bild 2: Blockschaltbild des Akku-Kapazitätsmeß- und Ladeautomaten AK 7000

Insgesamt 14 Stunden nach Betätigung der Start/Reset-Taste schaltet die Ablaufsteuerung die Konstantstromquelle um auf „Laden“, d. h., das Relais Re 1 zieht an (Kontakt ist geschlossen).

14 Stunden später, nach insgesamt 28 Stunden, wird wieder auf Erhaltungsladung umgeschaltet. Nach genau 28 Tagen (oder auch nach Betätigen der Start/Reset-Taste) beginnt automatisch ein neuer Entlade/Lade-Zyklus.

In der Funktion „Schnelltest“ laufen zwei Entlade-/Lade-Zyklen direkt hintereinander ab, so daß der nach 28 Stunden beginnende Erhaltungsladungszeitraum das erste Mal entfällt und erst nach 2x28 Stunden beginnt.

Doch kommen wir nun zur eigentlichen Schaltungsbeschreibung.

Die Relaiskontakte re 1, re 2a und re 2b finden wir oben links im Schaltbild wieder. Die dazwischenliegende Schaltung, bestehend aus OP2, OP3, T 10, D 40, C 27 bis C 29, R 34 bis R 46, stellt die umschaltbare Konstantstromquelle dar.

Die Stromeinstellung erfolgt mit den beiden Grob- und Fein-Reglern R 43 und R 44.

Mit OP 3 erfolgt zunächst eine ca. 8fache Verstärkung der an R 35/R 36 abfallenden, dem fließenden Konstantstrom proportionalen Spannung, so daß am Ausgang von OP 3(Pin 6) bei Voll-Last ($2,5\text{ A}$) ca. 10 V anliegen. Diese verhältnismäßig hohe Meßspannung ist sinnvoll, um bei einem Strom von $1,0\text{ mA}$ noch eine verwertbare Spannung zu erhalten, die in diesem Falle immer noch $3,6\text{ mV}$ beträgt. Am Eingang des OP 3 liegen allerdings lediglich noch ca. $400\text{ }\mu\text{V}$ an. Für diesen OP wurde ein Präzisionsverstärker des Typs „OP07“ vorgesehen.

Zum einen gelangt die dem fließenden Konstantstrom proportionale Ausgangsspannung des OP 3 (Pin 6) auf den als Referenzverstärker arbeitenden OP 2, auf dessen zweiten Eingang (Pin 2) die einstellbare Referenzspannung zur Stromeinstellung gegeben wird. Der Ausgang von OP 2 steuert über R 34 den Endstufentransistor T 10 des Typs TIP 140 so an, daß der durch R 35/R 36 fließende Strom entsprechend der Einstellung von R 43/R 44 konstant bleibt.

Zum anderen wird die am Ausgang von OP 3 anstehende Meßspannung über R 47 auf einen Spannungs-/Frequenz-Umsetzer

gegeben, der mit den IC's 12 und 13 sowie Zusatzbeschaltung aufgebaut ist. Das Herzstück stellt hierbei der hochintegrierte Wandlerbaustein des Typs RC 4152 der Firma Raytheon dar. Mit R 50 wird der Skalenfaktor und mit R 51 der Nullpunkt eingestellt. Am Ausgang des IC 13 (Pin 3) steht eine Frequenz an, die der Eingangsspannung proportional ist.

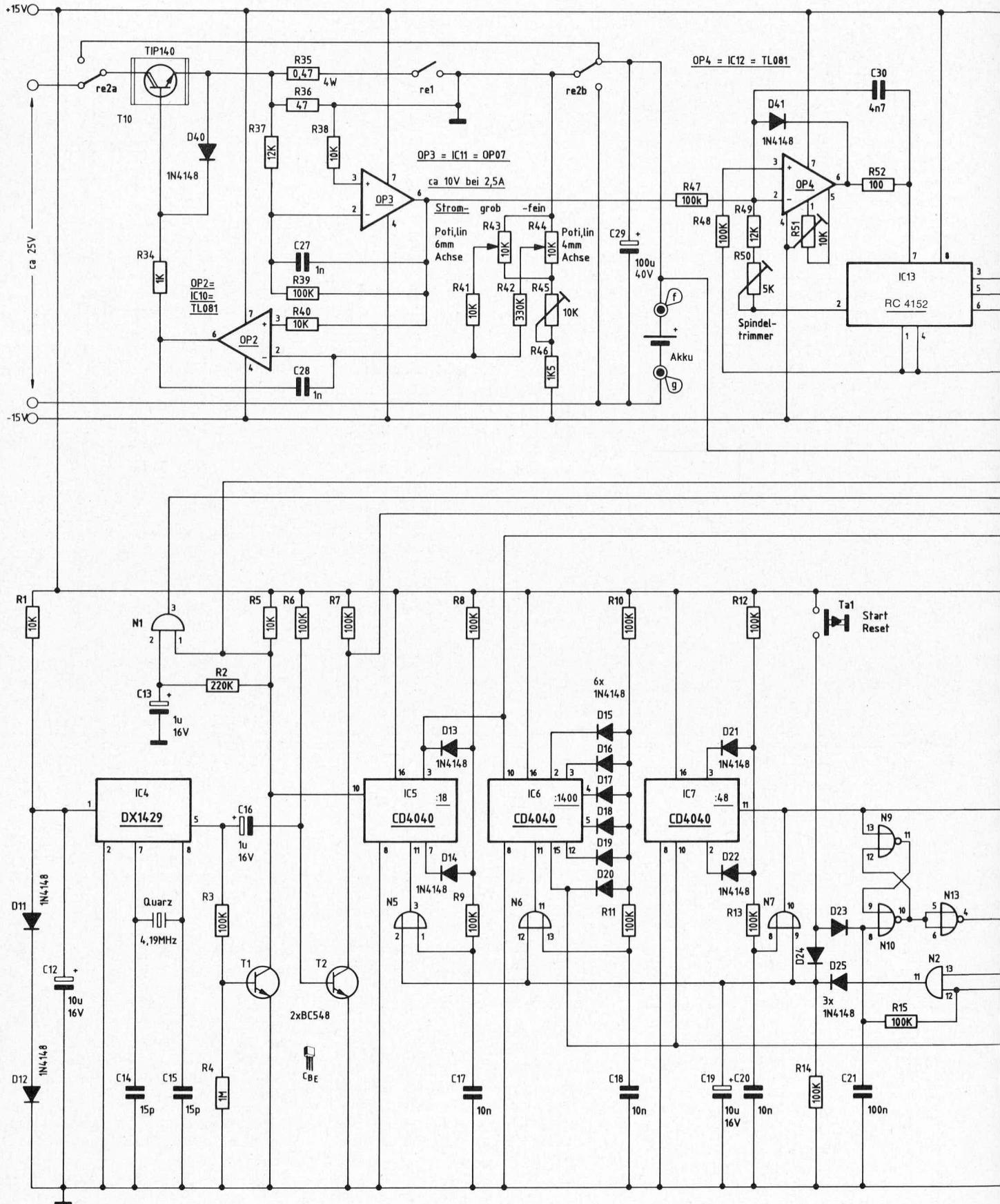
Das Gatter N 8 stellt ein Tor dar, das jeweils über Pin 5 für eine Sekunde geöffnet und für eine Sekunde geschlossen wird. Der Ausgang von N 8 (Pin 4) wird über den Analog-Umschalter auf den Zähleingang des als Frequenzzähler arbeitenden IC 15 mit Zusatzbeschaltung gegeben. Die entsprechenden Speicher- und Reset-Impulse werden jeweils in der Zeit gewonnen, in der das Tor (N 8) geschlossen ist. Zur Ansteuerung dient das mit einem Quarz-Oszillator gesteuerte Teiler-IC 4 des Typs DX 1429, an dessen Ausgang (Pin 5) eine Frequenz von 0,5 Hz ansteht, bei einem Impuls-/Pausenverhältnis von 1:1. Über T 1/T 2 sowie N 1, werden die Steuerimpulse für die Torzeit sowie Speicher- und Reset-Impuls gewonnen.

Vorstehend beschriebener Ablauf zur Strommessung und digitalen Anzeige erfolgt, wenn sich das IC 14 in der eingezeichneten Stellung befindet, d. h., wenn vorher die Taste „Strom-Anzeige“ betätigt wurde.

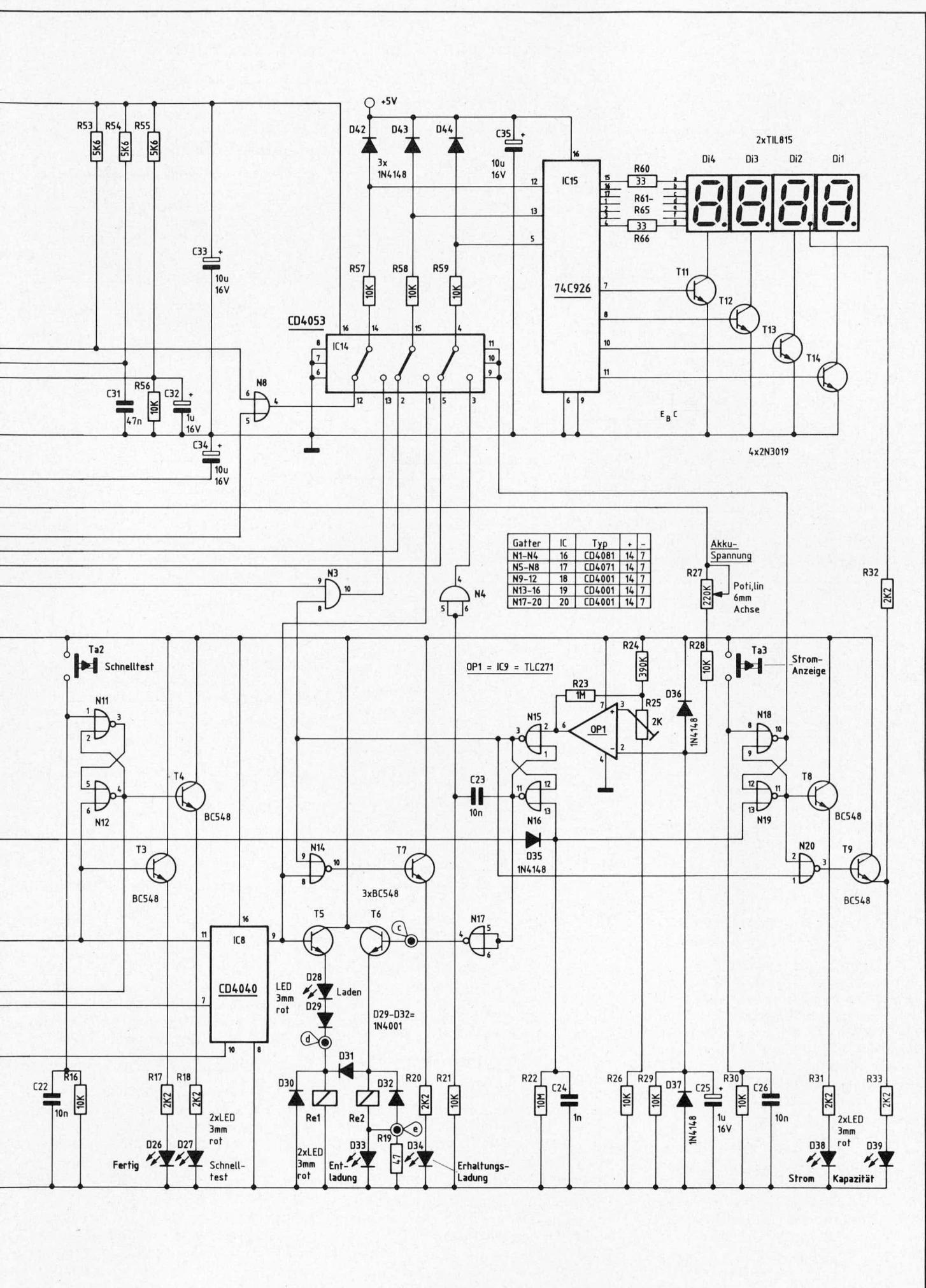
Die Umschaltung zur Messung der Akku-Kapazität erfolgt automatisch immer dann, wenn ein Entladevorgang beginnt. Dies ist sofort beim Betätigen der Start/ Reset-Taste der Fall und immer nach Ablauf eines 28-Tage-Zyklus. In jedem Fall steht am Ausgang des Gatters N 7 (Pin 10) ein „high“-Impuls an, der entweder durch Auslösen der Taste Ta 1 über D 24 auf den einen Eingang des Gatters N 7 (Pin 9) gegeben wird oder aber durch einen Rücksetz-Impuls der Teilerkette IC 5 bis IC 7 nach Ablauf von 28 Tagen, über D 21 und D 22 sowie R 13 auf den anderen Eingang (Pin 8) des Gatters N 7 gelangt.

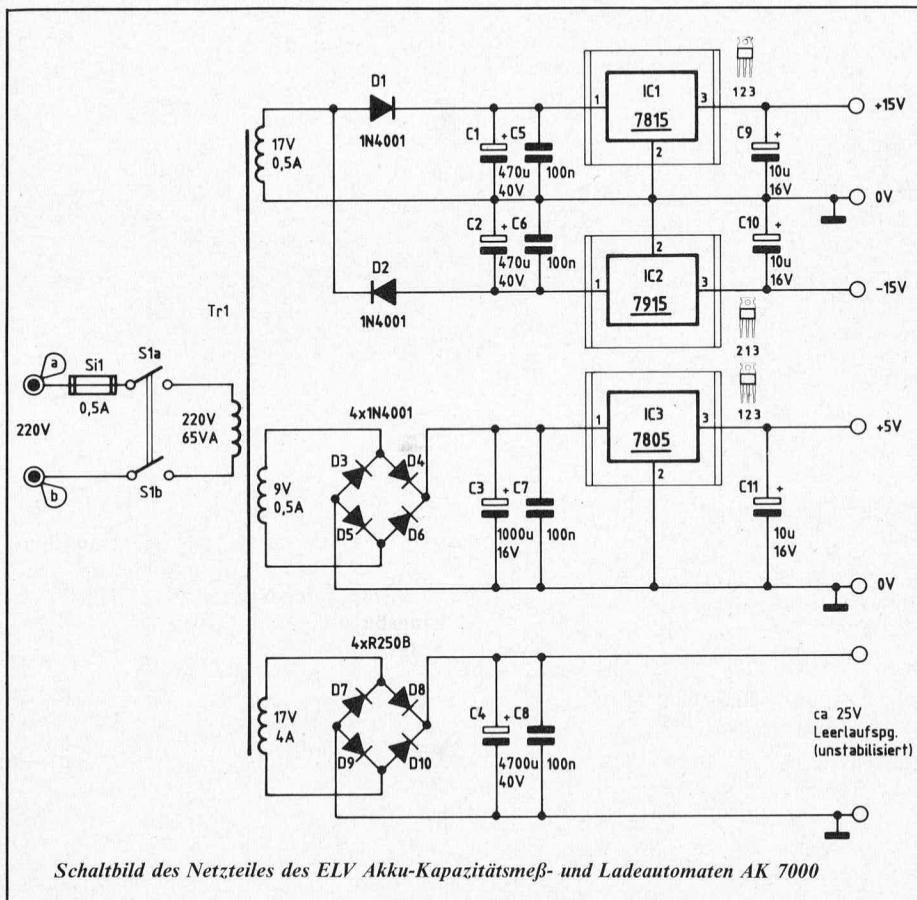
Der entweder nach 28 Tagen, also nach Ablauf eines kompletten Zyklus, oder beim Betätigen der Start/Reset-Taste Ta 1 am Ausgang des Gatters N 7 (Pin 10) anstehende Impuls, setzt den Speicher N9/N10 und über D 35 die Speicher N15/N16 sowie N18/N19.

Der Speicher N 9/N 10 gibt über das Gatter N 13 den Reset-Eingang (Pin 11) des IC 8 frei, das an seinem Eingang (Pin 10) alle 14



Schaltbild des ELV Akku-Kapazitätsmeß- und Ladeautomaten AK 7000





Schaltbild des Netzteiles des ELV Akku-Kapazitätsmeß- und Ladeautomaten AK 7000

Stunden vom IC 6 (Pin 15) einen Impuls erhält.

Die IC's 5, 6 und 7 sind derart beschaltet, daß an ihren Ausgängen die jeweils benötigten Frequenzen anstehen, und zwar wie folgt:

Die Frequenz des Quarz-Oszillators von 4,194304 MHz wird im IC 4 auf 0,5 Hz heruntergeteilt, so daß am Ausgang (Pin 5) eine Sekunde „high“- und eine Sekunde „low“-Signal ansteht. Mit dem IC 5 wird diese Frequenz soweit heruntergeteilt, daß an dessen Ausgang eine Frequenz mit einer Periodendauer von 36 Sekunden ansteht, entsprechend 100 Impulsen pro Stunde. Diese werden während des Entladevorganges vom Ausgang des IC 5 (Pin 3) über das Gatter N 3 sowie den Analog-Schalter IC 14 auf den Zähleingang des IC 15 gegeben.

Am Ausgang des IC 6 (Pin 15) steht eine Frequenz an, die einer Periodendauer von 14 Stunden entspricht. Wie bereits erwähnt, wird alle 14 Stunden ein Impuls auf den Eingang (Pin 10) des IC 8 gegeben. Durch den Beginn des Entladevorganges wird dieses als Teiler durch 4 geschaltete IC 8 über das Gatter N 13 freigegeben. Nach 14 Stunden setzt der erste Impuls den Ausgang (Pin 9) auf „high“. Es erfolgt eine Umschaltung auf „Laden“. Ein weiterer Impuls, der nach Ablauf der 14ständigen Ladezeit am Eingang des IC 8 auftritt, beendet den Ladevorgang wieder. Über den zweiten Ausgang des IC 8 (Pin 7) wird über R 15 der Speicher N 9/N 10 zurückgesetzt und das IC 8 bleibt in seinem Grundzustand, da der Ausgang des Gatters N 13 (Pin 4) auf „high“ liegt, wodurch der Reset-Eingang (Pin 11) des IC 8 gesperrt wird.

Erst wenn nach insgesamt 28 Tagen am Ausgang von IC 7 (Pin 11) ein neuer Reset-Impuls (high) auftritt, wird das IC 8 wieder freigegeben und ein weiterer Entladevorgang eingeleitet.

Wir wollen nun mit der Beschreibung des Ablaufes bei dem gerade begonnenen Entladevorgang fortfahren.

Der Entladevorgang wird nicht erst nach 14 Stunden beendet, sondern vorzeitig unterbrochen. Ausgelöst wird dies durch die Abfrage der jeweils aktuellen Akku-Spannung über das Poti R 27, mit dem die Akku-Nenn-Spannung eingestellt wird. Unterschreitet der angeschlossene Akku die festgelegte Entladespannung, gibt der Ausgang des als Komparator geschalteten OP 1 einen Impuls auf den Eingang (Pin 2) des Speichers N 15/N 16, dessen Ausgang (Pin 3) das für diese Messung dienende Tor, Gatter N 3, sperrt. Gleichzeitig wird über den zweiten Ausgang des Speichers N 15/N 16 (Pin 11) über das Gatter N 17 das Relais Re 2 zurückgeschaltet und über D 31 ebenso Re 1. Dies bedeutet eine Umschaltung auf Erhaltungsladung.

Außerdem ist bei vorgenanntem Schaltungsablauf über C 23 auf die Eingänge des Gatters N 4 ein Impuls gegeben worden, der auf den Speichereingang des IC 15 gelangt und den gerade aktuellen Wert des Zählers in den Speicher übernimmt und zur Anzeige bringt. Die Akku-Kapazität kann jetzt abgelesen werden.

Nach Ablauf von 14 Stunden seit Beginn der Entladung gelangt ein weiterer Impuls auf den Eingang (Pin 10) des IC 8, der den Ausgang (Pin 9) auf „high“ gehen läßt, so daß Re 1 anzieht und der Ladevorgang beginnt.

14 Stunden später erhält der Eingang (Pin 10) des IC 8 einen weiteren Impuls und der Ausgang (Pin 9) nimmt wieder „low“-Potential an, was eine Umschaltung auf Erhaltungsladung bedeutet. Gleichzeitig wird über den zweiten Ausgang des IC 8 (Pin 7) über R 15 der Speicher N 9/N 10 zurückgesetzt und über N 13 der Reset-Eingang des IC 8 (Pin 11) gesperrt.

Erst nach Ablauf von insgesamt 28 Tagen erscheint an Pin 11 des IC 7 wieder ein Impuls, der den Speicher N 9/N 10 sowie (über D 35) N 15/N 16 und N 18/N 19 wieder setzt. Ein neuer Zyklus kann beginnen.

Abschließend wollen wir noch kurz auf die Funktion „Schnelltest“ eingehen.

Wird die entsprechende Taste Ta 2 gedrückt, geht der Ausgang des Speichers N 11/N 12 (Pin 4) auf „high“. Über T 4 leuchtet die entsprechende LED „Schnelltest“ auf. Gleichzeitig wird das Gatter N 2 über seinen Eingang (Pin 13) freigegeben. Erfolgt jetzt nach Ablauf eines Entlade-/Lade-Zyklus über den Ausgang (Pin 7) des IC 8 ein Rücksetzen des Speichers N 9/N 10 (über R 15), so wird gleichzeitig durch den Ausgang des Gatters N 2 (Pin 11) über D 25 sowie das Gatter N 7 der Speicher N 9/N 10 erneut gesetzt. Dieses Setzen dominiert, da die Zeitkonstante R 14/C 19 größer ist als die R 15/C 21. Auf diese Weise läuft ein weiterer Entlade-/Lade-Zyklus ab, wobei nach Beendigung des ersten Zyklus über das Gatter N 13 der Speicher N 11/N 12 wieder gelöscht wird.

Das Netzteil

Die Versorgung der gesamten Schaltung erfolgt über einen Netztransformator mit drei getrennten Sekundärwicklungen.

Die Haupt-Leistung wird dem Transformator zum Aufladen des Akkus entnommen. Hierzu dient die 17-V-Wicklung mit der großzügig dimensionierten Strombelastbarkeit von max. 4 A.

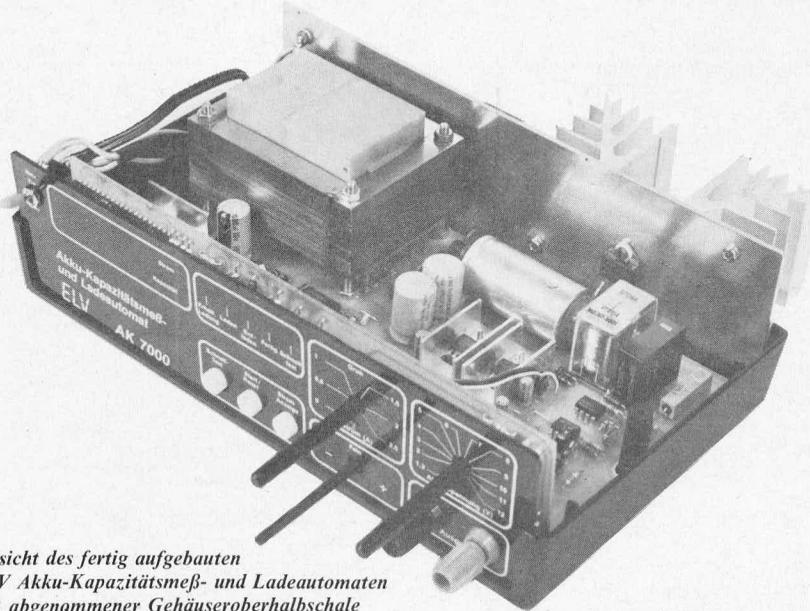
Die Gleichrichtung erfolgt mit Hilfe der Leistungsdioden D 7 bis D 10 des Typs R 250 B. Eine Pufferung und Siebung nehmen die Kondensatoren C 4 und C 8 vor.

Die Versorgung der Elektronik für die Ablaufsteuerung sowie zur digitalen Anzeige erfolgt zum einen über das ± 15 V-Netzteil, aufgebaut mit den Festspannungsreglern IC 1 und IC 2 mit Zusatzbeschaltung und zum anderen über eine getrennte 9 V-Wicklung zur Erzeugung einer festen Ausgangsspannung von + 5 V, die zur Versorgung des Digital-Zählers aufgebaut mit dem IC 15 und Zusatzbeschaltung dient.

Zum Nachbau

Durch die verhältnismäßig umfangreiche und deshalb nicht ganz leicht verständliche Schaltung, ist es besonders von Vorteil, daß sämtliche Bauelemente auf den beiden Platinen untergebracht werden können, wodurch Fehler weitgehend vermieden werden.

Die Bestückung der Platinen ist anhand der Bestückungspläne in gewohnter Weise vorzunehmen. Zunächst werden die passiven und dann die aktiven Bauelemente eingelötet.



*Ansicht des fertig aufgebauten
ELV Akku-Kapazitätsmeß- und Ladeautomaten
mit abgenommener Gehäuseroberhalbschale*

Nachdem die Bestückung der Platinen noch einmal sorgfältig kontrolliert wurde, kann die Anzägenplatine im rechten Winkel an die Basisplatine angelötet werden, und zwar so, daß sie ca. 2 mm unterhalb der Basisplatinenunterseite hervorsteht.

Gleiche Punktebezeichnung auf den Platinen bedeutet, daß diese Punkte mit flexiblen isolierten Leitungen untereinander zu verbinden sind.

Die beiden Ausgangsbuchsen sollten mit flexiblen isolierten Leitungen mit einem Querschnitt von mind. $0,75 \text{ mm}^2$ angeschlossen werden.

Die 3adrige Netzzuleitung mit angespritztem Schuko-Stecker wird durch die Zugentlastung in der Gehäuserückwand geführt, und dann mit den beiden Kippschalteranschlüssen des Netzschatlers verbunden. Von den beiden Mittelgriffen des Kippschalters führt die Zuleitung zu den beiden links neben dem Netztrafo angeordneten Anschlußpunkten.

In diesem Zusammenhang ist es sehr wesentlich zu beachten, daß sämtliche von außen berührbaren Metallteile, wie Schrauben, Muttern usw. mit dem Schutzleiter der Netzzuleitung zu verbinden sind. Hierzu ist über jede Schraube vor dem Aufsetzen der Mutter eine Lötose zu legen, an die später die gelb-grüne Anschlußleitung des Schutzleiters der Netzzuleitung mit einem Querschnitt von mind. $0,75 \text{ mm}^2$ angelötet wird. Dies gilt selbstverständlich auch in besonderem Maße für den Kippschalterhals des Netzschatlers.

Da auch an die Alu-Gehäuserückwand mit dem Alu-Kühlkörper der Schutzleiter anzuschließen ist, muß der entsprechende Endstufentransistor T 10 über eine Glimmerscheibe mit Isoliernippeln gegenüber der Rückwand sorgfältig isoliert werden. Um einen besseren Wärmeübergang zu erzielen, kann etwas Wärmeleitpaste hilfreich sein.

Einstellung

Die Kalibrierung (Einstellung) des ELV Akku-Kapazitätsmeß- und Ladeautomaten

ten kann mit einfachen Mitteln leicht durchgeführt werden.

Zunächst werden die beiden Stromeinstellpotis zur Grob- und Feinregulierung auf „0“ gedreht, um anschließend den Ausgang über ein Amperemeter (min 3A) kurzzuschließen.

Die Verbindungsleitung „c“ wird aufgetrennt, während die Seite der Verbindungsleitung „d“, die an das Relais Re 1 geführt ist, mit + 15 V zu verbinden ist.

Die Schaltung befindet sich dadurch im Zustand „Laden“, ohne Berücksichtigung des tatsächlichen Zustandes der elektronischen Ablaufsteuerung.

Kurzzeitig werden jetzt beide Stromeinstellpotis auf Rechtsanschlag gebracht.

Die Anzeige des den Ausgang des Ladegerätes kurzschließenden Amperemeters wird jetzt mit dem Trimmer R 45 auf genau 2500 mA eingestellt.

Diese Einstellung ist möglichst innerhalb von weniger als 1 Minute vorzunehmen, um die Endstufe nicht unnötig zu belasten.

Als nächstes wird ein Spannungsmeßgerät mit der Schaltungsmasse verbunden, die nicht zu verwechseln ist mit dem + oder - Anschluß des Akkus. Am besten wird der Minuspol des Prüfspannungsmessers an den spannungsmäßigen Mittelpunkt (0 V) des $\pm 15 \text{ V}$ -Netzteiles (IC 1/IC 2) gelegt. Dieser Punkt entspricht der Schaltungsmasse.

Bei einem fließenden Strom von 2,5 A ist jetzt an Pin 6 des OP 3 eine Spannung von ca. -10 V zu messen, die um $\pm 2 \text{ V}$ schwanken darf.

Am Ausgang des IC 13 (Pin 3) kann mit einem Frequenzzähler jetzt eine Frequenz von exakt 2500 Hz gemessen werden. Eine genaue Einstellung ist mit dem Spindeltrimmer R 50 möglich, nachdem vorher im Ruhezustand mit R 51 0 Hz bis 2 Hz eingestellt wurden. Diese 0-Einstellung ist unbedingt vor R 50 vorzunehmen, um eine Skalenfaktorverschiebung auszuschließen.

Da keine negativen Frequenzen am Ausgang möglich sind, sollte im 0-Zustand sicherheitshalber eine Frequenz von 1—2 Hz, entsprechend 1—2 Digit, belassen werden.

Selbstverständlich ist nicht unbedingt ein Frequenzzähler erforderlich, da nach Inbetriebnahme der Ablaufsteuerung durch Wiederherstellen der aufgetrennten Verbindungen zwischen den beiden Punkten c und anschließend zwischen den beiden Punkten d, das IC 15 mit seiner Zusatzbeschaltung ebenfalls als Frequenzzähler dient, der keine externe Kalibrierung benötigt. Lediglich ist zusätzlich die Taste „Stromanzeige“ zu betätigen.

Als letzte Einstellung ist die Spannung zwischen den beiden Referenzeingängen des OP 1 (Pin 2 und Pin 3) zu messen. Hierzu wird R 27 zunächst auf Rechtsanschlag (12 V) gebracht, um anschließend mit einem separaten Netzteil zwischen die Ausgangsbuchsen eine Spannung von exakt 12,0 V anzulegen. Die beiden Stromeinstellpotis befinden sich hierbei zweckmäßigerverweise in Stellung „0“. R 25 ist nun so einzustellen, daß die Spannung an den beiden Differenzeingängen „0“ wird. Einige wenige mV Restspannung sind durchaus zulässig.

Damit ist der Abgleich der Schaltung bereits beendet und dem Einsatz steht nichts mehr im Wege.

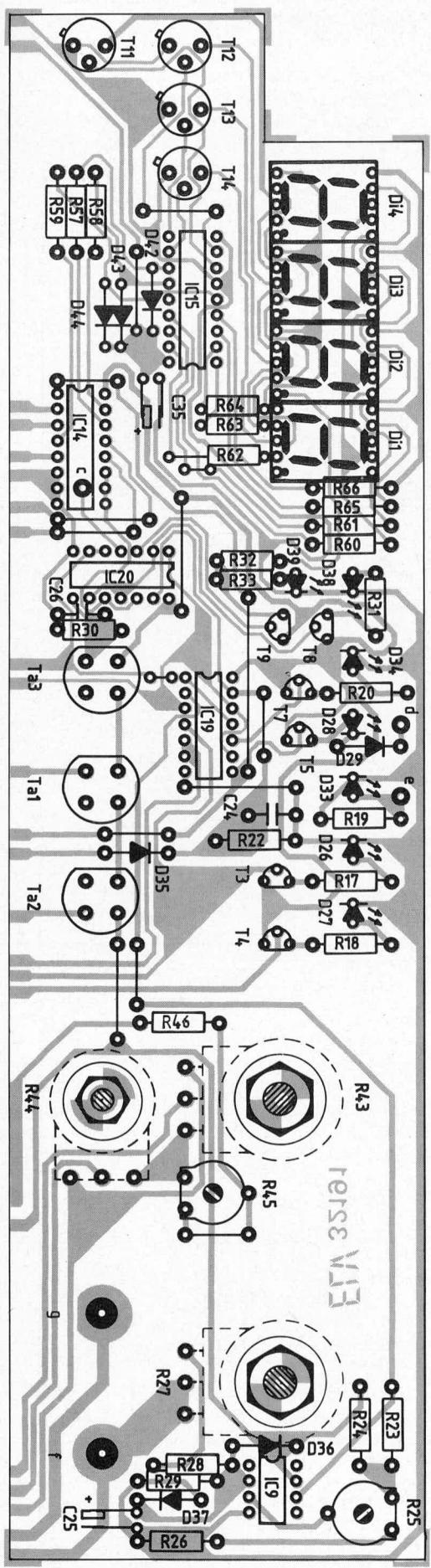
Hinweise zur Inbetriebnahme

Zur Überprüfung der Schaltung ist es verhältnismäßig mühsam, jeweils einen 28-Tage-Zyklus abzuwarten. Zum Test der Ablaufsteuerung kann daher der Eingang des IC 5 (Pin 10) abgetrennt werden, um hier eine höhere Frequenz anzulegen. Eine Prüfung der Stromanzeige ist hierbei allerdings nicht möglich. Bei 500 Hz beschleunigt sich der Vorgang insgesamt um den Faktor 1000, so daß ein 14-Stunden-Zyklus lediglich noch ca. 50 Sekunden dauert. Noch höhere Frequenzen am Eingang von IC 5 ergeben eine Verfälschung des Teilverhältnisses aufgrund der Zeitkonstanten R 9/C 17. Eine weitere Beschleunigung des Ablaufvorganges ist daher nur durch Auftrennen der Eingangsleitung (Pin 10) des IC 6 möglich, um hier eine entsprechende Frequenz anzulegen. Dies ergibt eine weitere Beschleunigung des Ablaufes um den Faktor 18, da das IC 5 durch 18 teilt.

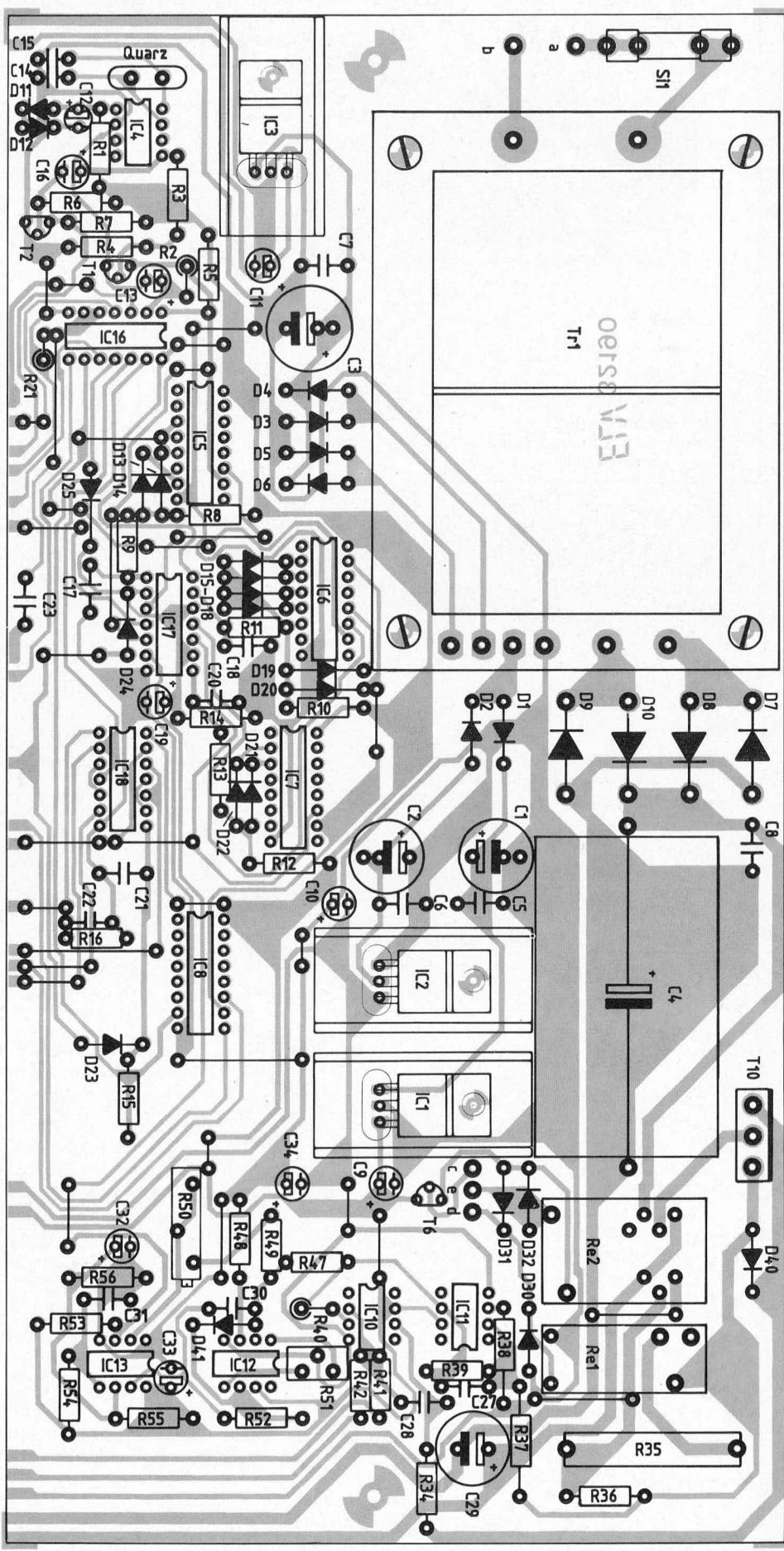
Damit am Ausgang (Pin 15) des IC 6 eine Periodendauer von 14 Stunden entsteht, muß das Teilverhältnis des IC 6 1400 betragen, während das Teilverhältnis des IC 7 mit 48 festgelegt ist, damit am Ausgang (Pin 11) ein Impuls pro 28 Tage erscheint.

Durch die entsprechende Beschleunigung des Ablaufes ist eine Kontrolle der Teilverhältnisse und der korrekten Funktionsweise der IC's 5 bis 7 auf einfache Weise möglich, wobei auch die Speicher N 9/N 10, N 11/N 12, N 15/N 16, N 18/N 19 sowie das IC 8 ebenfalls getestet werden können.

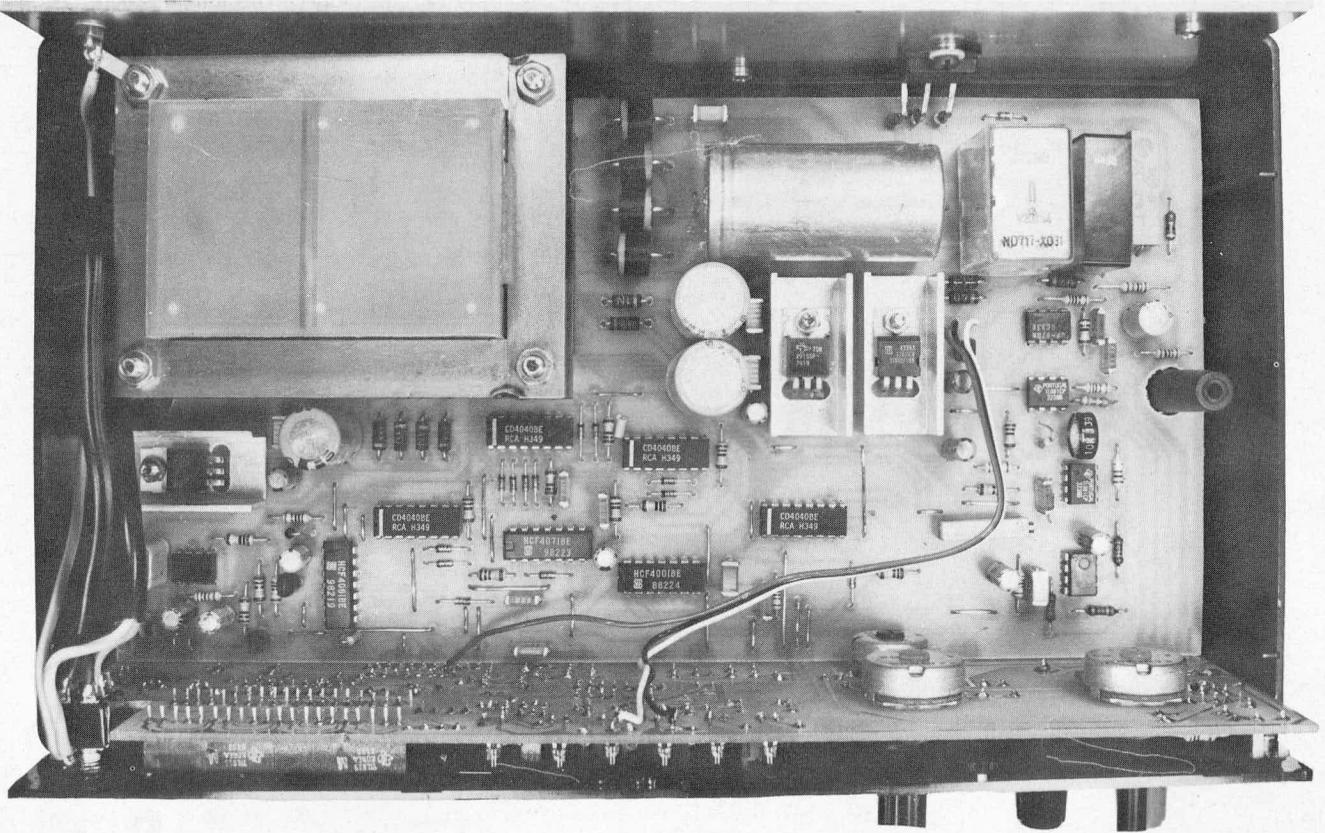
Abschließend wollen wir noch darauf hinweisen, daß auf die Einhaltung der VDE-Bestimmungen besonderer Wert zu legen ist.



Bestückungsseite der Anzeigenplatine des ELV Akku-Kapazitätsmeß- und Ladeautomaten AK 7000



Bestückungsseite der Basisplatine des ELV Akku-Kapazitätsmeß- und Ladeautomaten AK 7000



Ansicht des fertig aufgebauten ELV Akku-Kapazitätsmeß- und Ladeautomaten direkt von oben mit abgenommener Gehäuseoberhalbschale

Stückliste: Digitaler Akku-Kapazitätsmeß- und Ladeautomat AK 7000

Halbleiter

IC 1	7815
IC 2	7915
IC 3	7805
IC 4	DX 1429
IC 5—IC 8	CD 4040
IC 9	TLC 271
IC 10	TL 081
IC 11	OP 07
IC 12	TL 081
IC 13	RC 4152
IC 14	CD 4053
IC 15	74C926
IC 16	CD 4081
IC 17	CD 4071
IC 18—IC 20	CD 4001
T 1—T 9	BC 548
T 10	TIP 140
T 11—T 14	2N3019
D 1—D 6	1N4001
D 7—D 10	R 250 B
D 11—D 25	1N4148
D 29—D 32	1N4001
D 35—D 37	1N4148
D 40—D 44	1N4848
D 26—D 28	LED, rot, 3 mm
D 33, D 34	LED, rot, 3 mm
D 38, D 39	LED, rot, 3 mm
Di 1—Di 4	2 Stück TIL 815

Kondensatoren

C 1, C 2	470 μ F/40 V
C 3	1000 μ F/16 V
C 4	4700 μ F/40 V
C 5—C 8	100 nF
C 9—C 12	10 μ F/16 V
C 13	1 μ F/16 V
C 14, C 15	15 pF
C 16	1 μ F/16 V

C 17, C 18, C 20	10 nF
C 19	10 μ F/16 V
C 21	100 nF
C 22, C 23	10 nF
C 24	1 nF
C 25	1 μ F/16 V
C 26	10 nF
C 27, C 28	1 nF
C 29	100 μ F/40 V
C 30	4,7 nF
C 31	47 nF
C 32	1 μ F/16 V
C 33—C 35	10 μ F/16 V

Widerstände

R 1	10 k Ω
R 2	220 k Ω
R 3	100 k Ω
R 4	1 M Ω
R 5	10 k Ω
R 6—R 15	100 k Ω
R 16	10 k Ω
R 17, R 18	2,2 k Ω
R 19	47 Ω
R 20	2,2 k Ω
R 21	10 k Ω
R 22	10 M Ω
R 23	1 M Ω
R 24	390 k Ω
R 25	2 k Ω Trimmer liegend
R 26	10 K Ω
R 27	220 k Ω , Poti, lin, 6 mm Achse
R 28—R 30	10 k Ω
R 31—R 33	2,2 k Ω
R 34	1 k Ω
R 35	0,47 Ω /4 Watt
R 36	47 Ω
R 37	12 k Ω
R 38	10 k Ω
R 39	100 k Ω
R 40	10 k Ω
R 41	10 k Ω
R 42	330 k Ω

R 43	10 k Ω Poti, lin, 6 mm Achse
R 44	10 k Ω Poti, lin, 4 mm Achse
R 45	10 k Ω Trimmer liegend
R 46	1,5 k Ω
R 47, R 48	100 k Ω
R 49	12 k Ω
R 50	5 k Ω Spindeltrimmer
R 51	10 k Ω Trimmer stehend
R 52	100 Ω
R 53, R 54, R 55	5,6 k Ω
R 56—R 59	10 k Ω
R 60—R 66	33 Ω

Sonstiges

Tr 1	prim: 220 V/ sek: 17 V, 4 A 17 V, 0,5 A 9 V, 0,5 A
Re 1	Siemens-Kartenrelais, 12 V stehend, 1 x EIN
Re 2	Siemens-Kammrelais, 2 x UM
S 1	Schalter 2 x UM
Si 1	0,5 A
	1 x Quarz 4,194304 MHz
	3 x Taster ITT
	1 x Si-Halter
	3 x U-Kühlkörper SK 13
	1 x Kühlkörper SK 88
	4 x Schrauben M 4 x 55 mm
	12 x Muttern M 4
	6 x Schrauben M 3 x 10 mm
	1 x Schraube M 3 x 16 mm
	6 x Muttern M 3
	1 x Glimmerscheibe TO 3P
	1 x Isoliernippel
	30 cm isolierter Schaltdraht
	40 cm Silberdraht
	5 x Lötstifte
	2 x Polklemmen (rot und schwarz)
	1 x Lötfahne 3,2 mm
	1 x Lötfahne 4,2 mm
	1 x Lötfahne 6,2 mm