

ELV *journal*

Nr. 32

Mit
Platinenfolien

Fachmagazin der Amateure und Profis für angewandte Elektronik

DM 4,50

Akku- Tester



In dieser Ausgabe:

ELV Kompakt-
Leistungsmesser

ELV micro-line:

Digitaler Luftfeuchte-
messer

Digitaler
Akku-Kapazitätsmeß-
und Ladeautomat

ELV Motor-Tester
MT 7000 kompakt

Bio-Rhythmus-Anzeiger

Feuchtealarm
ELV Fußballer-Uhr

ELV micro-line

Digitaler Luftfeuchtemesser



Sowohl eine angenehme Temperatur als auch die Einhaltung bestimmter Werte der relativen Luftfeuchte stellen für das menschliche Wohlbefinden wichtige Faktoren dar. Ob und in welchem Maße eine Regulierung der relativen Luftfeuchtigkeit erforderlich ist, kann mit Hilfe des hier vorgestellten Digitalen Luftfeuchtemessers festgestellt werden.

Die in einem Gehäuse der Serie ELV micro-line eingebaute Schaltung zeigt den jeweiligen Wert der relativen Luftfeuchte auf einem dreistelligen, hell leuchtenden LED-Display mit einer hohen Auflösung von 0,1 % an.

Allgemeines

Zu hohe oder zu niedrige Umgebungstemperaturen werden vom Menschen ohne jegliche fremde Hilfsmittel sofort bewußt registriert. Anders dagegen bei der relativen Luftfeuchtigkeit, die ebenfalls eine hohe Bedeutung für das menschliche Wohlbefinden besitzt. Eine zu niedrige relative Luftfeuchte bedeutet einen unnötig hohen Flüssigkeitsbedarf: trockene Haut, spröde Lippen usw., während eine zu hohe Luftfeuchte sich in Form von drückender Schwüle bemerkbar macht.

Diese Merkmale werden jedoch vom Menschen im allgemeinen nicht sofort erkannt, zumal wenn sie nicht so ausgeprägt sind. Dem menschlichen Wohlbefinden hingegen ist eine relative Luftfeuchte im Bereich von 50 bis 70 % am zuträglichsten, so daß die Erfassung und Anzeige dieses Wertes besonders sinnvoll ist, zumal eine Regulierung in Richtung höherer Luftfeuchtwerte mit einfachen Mitteln (Luftbefeuchter) möglich ist.

Auf die Begriffe und Definitionen in der Feuchtetechnik wollen wir an dieser Stelle nicht näher eingehen, da eine entsprechende Beschreibung im ELV journal Nr. 20 anläßlich des Artikels der ELV Wetterstation 2000 (Seiten 40-48) erfolgt ist.

Zur Schaltung

Als Meßwertempfänger dient ein Feuchte-

sensor der Firma VALVO. Dieser besteht aus einem perforierten Kunststoffgehäuse, in das eine beidseitig mit einem Goldfilm bedampfte Spezialfolie eingespannt ist und das für die Montage auf einer Printplatte geeignet ist.

Die Folie stellt das Dielektrikum eines Plattenkondensators dar, während die beiden Goldfilme die Elektroden bilden. Unter dem Einfluß der Luftfeuchte ändert sich die Dielektrizitätskonstante der Folie und damit die Kapazität des Kondensators.

Ein besonderer Vorteil dieses Feuchtesensors ist die verhältnismäßig große Kapazitätsveränderung in bezug auf die relative Luftfeuchte, während ein Nachteil in dem nichtlinearen Kurvenverlauf liegt. Eine direkte Meßwertanzeige erfordert daher eine Linearisierung der Anzeige durch schaltungstechnische Maßnahmen, auf die später noch näher eingegangen werden soll.

Mit den Gattern N 4 bis N 6 ist ein RC-Oszillator aufgebaut, der mit einer Frequenz von ca. 300 kHz schwingt. Diese Frequenz ist jedoch von der Feuchtesensorkapazität abhängig. Ein weiterer Oszillator, der mit den Gattern N 1 bis N 3 desselben IC's aufgebaut ist, schwingt auf einer konstanten Frequenz, die als Referenz dient.

Der Ausgang des Festfrequenzoszillators (Pin 8 des Gatters N 3) steuert den Eingang eines der beiden im IC 6 des Typs CD 4520

Mit freundlicher Unterstützung von Herrn Günter Kramp im Hause VALVO, Hamburg.

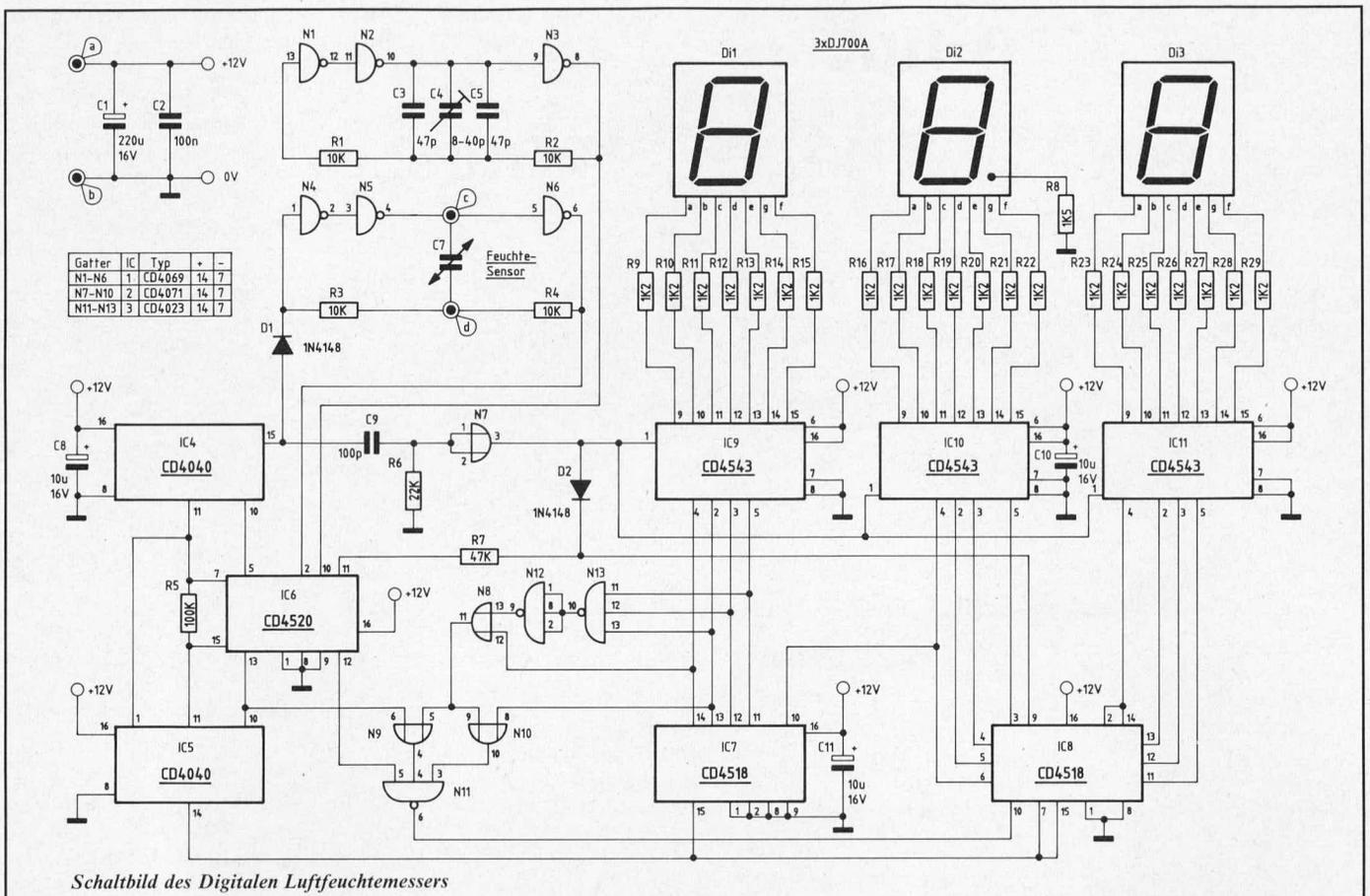
enthaltenen 4stufigen Binärteilers (Pin 10) an.

Der Ausgang der ersten Teilerstufe (Pin 11 des IC 6) ist über R 7 auf den Eingang Pin 9 des IC 8 geschaltet, so daß hier immer eine konstante Frequenz ansteht.

Die IC's 7 und 8 enthalten jeweils zwei (insgesamt also vier) Dekadenzähler, von denen jedoch nur drei benötigt werden. In Verbindung mit den IC's 9 bis 11, die als Zwischenspeicher, Dekoder und Anzeigentreiber dienen, wird ein kompletter Frequenzzähler aufgebaut. Die Anzeige erfolgt über drei hell leuchtende 7-Segment-Anzeigen des Types DJ 700 A.

Die Resetimpulse für den Zähler (IC 7 und 8) stehen nach weiterer Teilung der Festoszillatorfrequenz durch das IC 5 an dessen Ausgang Pin 14 zur Verfügung. Wir haben also einen Frequenzzähler aufgebaut, der mit einer Festfrequenz gespeist und in ebenfalls periodischem Rhythmus zurückgesetzt wird.

Ein Meßergebnis, das der relativen Luftfeuchte proportional ist, wird durch die richtige zeitliche Zuordnung des Speicherimpulses erreicht. Dieser sehr kurze, mit C 9, R 6 sowie N 7 geformte Speicherimpuls wird exakt in dem Moment auf den Speicherübernahmeeingang (Pin 1) der IC's 9 bis 11 gegeben, in dem der Zählerstand der IC's 7 und 8 einen Wert erreicht hat, wel-



Schaltbild des Digitalen Luftfeuchtemessers

cher der relativen Luftfeuchte proportional ist. Ein weiteres Heraufzählen der Zähler der IC's 7 und 8 bleibt ohne Wirkung, da der korrekte Stand in den Speichern der IC's 9 bis 11 erhalten und angezeigt bleibt.

Die richtige zeitliche Auslösung des Speicherimpulses an Pin 15 des IC4 erfolgt durch die Steuerung des Feuchtesensoroszillators, dessen Ausgangsfrequenz (Pin 6 des Gatters N6) zunächst mit Hilfe der zweiten Hälfte des im IC 6 integrierten Zählers und anschließend mit dem IC 4 entsprechend geteilt wird. Der Ausgang Pin 15 des IC 4 gibt dann im richtigen Moment ein Signal über C9 auf das Gatter N7.

Wird die Luftfeuchte größer, steigt die Kapazität des Feuchtesensors, so daß die Frequenz des entsprechenden Oszillators (Gatter N 4 bis N 6) sinkt. Da die IC's 6 und 4 lediglich eine Teilung vornehmen, wird zwangsläufig durch ein Sinken der Oszillatorfrequenz die Periodendauer an Pin 15 des IC 4 größer, wodurch der Speicherimpuls auf die IC's 9 bis 11 zeitlich später eintrifft. Der Zählerstand der IC's 7 und 8 hat zu einem späteren Zeitpunkt jedoch einen höheren Stand. Dies hat zur Folge, daß der in die IC's 9 bis 11 übernommene Wert größer ist. Eine geringere Luftfeuchte hingegen hat eine kleinere Sensorkapazität und somit eine größere Oszillatorfrequenz zur Folge. Dies wiederum bedeutet ein früheres Auftreten des Speicherimpulses und eine kleinere Anzeige.

Damit innerhalb eines Meßzyklus kein zweiter Speicherimpuls auftreten kann, wird gleichzeitig mit Erscheinen des entsprechenden Impulses an Pin 15 des IC 4 über die Diode D 1 der Feuchtesensoroszillator gestoppt und erst bei Beginn einer

neuen Periode durch Rücksetzung der IC's 4 bis 6 wieder freigegeben.

Abschließend wollen wir noch kurz auf die Linearisierung eingehen.

Mit Hilfe der Gatter N 8 bis N 13 wird eine Meßbereichsaufteilung vorgenommen. Überschreitet der Zählerstand 40,0, so wird IC 8 über Pin 10 bei jedem vierten Impuls gesperrt. Bei einer Überschreitung des Zählerstandes von 70,0 erfolgt eine Sperrung bei jedem zweiten Impuls. Um die Anzeige im Bereich von 40,0 bis 70,0 um 30,0 % zu erhöhen, sind daher 400 Impulse erforderlich, während im Bereich über 70,0 % für eine Erhöhung von 10,0 % 200 Impulse benötigt werden. Auf diese elegante Weise wird digital eine ausgezeichnete Linearisierung der gekrümmten Feuchtesensorkennlinie vorgenommen.

Zum Nachbau

Wie bei den meisten im ELV Labor entwickelten Schaltungen können auch hier sämtliche Bauelemente auf den Platinen untergebracht werden, so daß ein unnötiger Verdrahtungsaufwand entfällt. Das Layout ist so ausgelegt, daß die Schaltung in ein Gehäuse der Serie ELV micro-line eingebaut werden kann. Zunächst werden die beiden Platinen in noch unbestücktem Zustand probeweise ins Gehäuse eingepaßt und ggf. etwas nachgearbeitet.

Der Aufbau ist anhand der beiden Bestückungspläne in gewohnter Weise vorzunehmen, wobei zunächst die passiven und dann die aktiven Bauelemente einzulöten sind.

Einige Widerstände sind, wie dies aus dem Bestückungsplan ebenfalls zu entnehmen ist, stehend einzubauen.

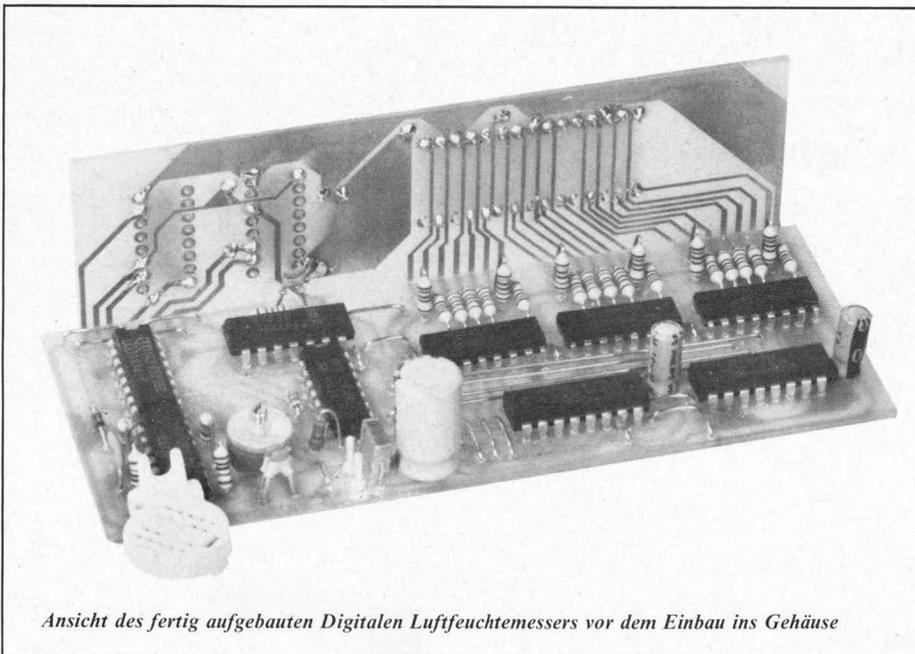
Als letztes Bauelement wird der Feuchtesensor an die beiden dafür vorgesehenen Lötstifte hinten rechts auf der Basisplatte angelötet und zwar so, daß er nach hinten weist, wie dies auch aus der Abbildung ersichtlich ist.

In die Gehäuserückwand ist an entsprechender Stelle ein waagerechter Schlitz mit den Abmessungen 6 x 16 mm einzuarbeiten, durch den später der Kopf des Feuchtesensors geführt wird.

Um die Ansprechempfindlichkeit und die Genauigkeit des Feuchtesensors voll auszuschöpfen, empfiehlt es sich, wie vorstehend erwähnt, den Sensorkopf außerhalb des Gehäuses anzuordnen. Grundsätzlich wäre auch eine Platzierung innerhalb des Gehäuses mit entsprechenden Lüftungsbohrungen möglich. Durch letztere Anordnung ist der Sensor zwar besser geschützt, die Ansprechempfindlichkeit und Genauigkeit durch den schlechteren Kontakt zur Außenluft hingegen beeinträchtigt.

Durch die Absolutkapazität des Feuchtesensors von 110 pF bis 140 pF ist es unbedingt erforderlich, daß der Sensor direkt an die beiden entsprechenden Stifte auf der Basisplatte angelötet wird ohne zusätzliches Verbindungskabel, da selbst kurze zusätzliche Leitungen Eigenkapazitäten aufweisen, die das Meßergebnis gravierend beeinträchtigen können.

Wird eine Anordnung des Feuchtesensors in einigen Metern Abstand vom Basisgerät gewünscht, so ist hierzu eine Schaltungs-konzeption wie in der ELV-Wetterstation 2000 aus der Ausgabe ELV journal Nr. 20 erforderlich, bei der der gesamte Oszillator „ausgelagert“ wurde. Bei der hier vorlie-



Ansicht des fertig aufgebauten Digitalen Luftfeuchtemessers vor dem Einbau ins Gehäuse

genden Konzeption wurde bewußt auf die dezentrale Anordnung des Feuchtesensors verzichtet, um das gelungene Design der formschönen Gehäuse der Serie ELV micro-line nicht durch verhältnismäßig starke Zuleitungskabel für externe Sensorplatinen zu beeinträchtigen.

Nachdem die Bestückung fertiggestellt und noch einmal sorgfältig überprüft wurde, können die beiden Platinen miteinander verlötet werden. Hierbei ist die Basisplatine im rechten Winkel an die Anzeigenplatine zu löten, und zwar so, daß die Anzeigenplatine ca. 2 mm unterhalb der Basisplatine hervorsteht. Besonders darauf zu achten ist in diesem Zusammenhang, daß sich keine Lötzinnbrücken zwischen den einzelnen Leiterbahnen an den Verbindungsstellen bilden.

Bei selbsterstellten Leiterplatten passiert es leicht, daß sich sehr feine Verbindungen an den Platinenrändern bilden, die mit dem Auge kaum sichtbar sind, jedoch die Funktion beeinträchtigen. Dies ist vor dem Zusammenlöten der Platine noch einmal sorgfältig zu überprüfen.

In die Gehäuserückwand ist noch eine 3,5 mm Klinkenbuchse zur 12 V Stromversorgung über ein Steckernetzteil einzubauen und mit flexiblen Leitungen mit den entsprechenden Punkten mit der Basisplatine zu verbinden.

Der Strombedarf der Gesamtschaltung liegt je nach Anzahl der gerade leuchtenden Segmente der LED-Anzeigen zwischen 40 mA und 100 mA.

Kalibrierung

Der Abgleich des Feuchtemessers beschränkt sich auf nur einen einzigen Abgleichpunkt.

Für die Kalibrierung ist eine Klimakammer mit geeichter relativer Luftfeuchte zweckmäßig. Steht diese nicht zur Verfügung, kann der Abgleich ersatzweise auch mit Hilfe einer gesättigten Kochsalzlösung in einem geschlossenen Gefäß erfolgen. Hiermit können durchaus exakte Werte erreicht werden.

Der an die funktionstüchtigen Leiterplatten angelötete Feuchtesensor wird in ein Wasserglas gehängt, wo er sich in der oberen Hälfte befindet. Von oben wird dann das Glas mit einer möglichst luftdicht schließenden, isolierenden Folie (z. B. Frischhaltefolie) abgedichtet, so daß sich nur der Feuchtesensor selbst in dem ansonsten leeren und trockenen Wasserglas befindet.

Zur Erzielung einer definierten relativen Luftfeuchte wird jetzt ein Wattebausch in den Behälter eingebracht, der mit einer gesättigten Kochsalzlösung getränkt wurde. Aufgrund physikalischer und chemischer Gesetzmäßigkeiten stellt sich bei einem konstanten Temperaturbereich zwischen plus 5°C bis plus 20°C eine relative Luftfeuchte von ziemlich exakt 76% ein. Wichtig ist die Temperatur-Gleichheit von Kochsalzlösung und der Luft in dem geschlossenen Gefäß. Eine Temperaturdifferenz von nur 1°C hat eine Abweichung von mehreren Prozenten der relativen Luftfeuchte zur Folge. Dagegen ist die gemeinsame Absoluttemperatur von Kochsalzlösung und Lufttemperatur in den vorstehend genannten Grenzen unerheblich. Es ist daher ratsam, die vorstehend beschriebene Anordnung über mehrere Stunden bei einer möglichst gleichbleibenden Raumtemperatur im Bereich zwischen plus 5° und plus 20°C zu belassen.

Der eigentliche Abgleich beschränkt sich dann lediglich auf die Einstellung des Trimmers C 7 auf einen Wert von 76,0%.

Eine gesättigte Kochsalzlösung stellt man auf einfache Weise selbst her, indem in ein halbes Glas Wasser soviel Kochsalz geschüttet wird, daß nach dem Umrühren sich nach einigen Minuten am Boden des Glases eine Ablagerung bildet. Jetzt taucht man einen Wattebausch bis zur Hälfte in das Glas, ohne mit dem am Boden abgelagerten Salz in Beführung zu kommen, um diesen Wattebausch dann anschließend in den geschlossenen Behälter einzubringen, in dem auch der zum Abgleich kommende Sensor sich befindet.

Bei dem vorstehend beschriebenen Abgleich gehen wir davon aus, daß die Steilheit der Feuchtesensorkennlinie bzw. der Skalenfaktor der Schaltung lediglich einer geringen Streuung unterliegt. In der Praxis konnte dieses bestätigt werden, da der Sensor als wesentliches Bauelement mit verhältnismäßig geringen Streuungen gefertigt wird. Daher genügt ein einziger Abgleichpunkt.

Untersuchungen des Applikationslaboratoriums der Firma VALVO in Hamburg haben bei einer vergleichbaren Schaltung (jedoch nur ganze Prozentauflösung) ergeben, daß der Meßfehler typ. $\pm 1,5\%$ der relativen Luftfeuchte beträgt, wobei an den Bereichsgrenzen im Bereich zwischen 10% bzw. 95% relativer Luftfeuchte der Fehler immer unter $\pm 3\%$ blieb.

Diese Messungen konnten im ELV Labor im wesentlichen bestätigt werden. Wir möchten jedoch anmerken, daß die Messung der relativen Luftfeuchte im allgemeinen verhältnismäßig aufwendig ist, besonders wenn man Temperaturdifferenzen, aggressive Dämpfe sowie Langzeitstabilität berücksichtigt.

Nach den vom ELV-Ingenieur-Team gewonnenen Erkenntnissen im Zusammenhang mit dem VALVO-Feuchtesensor, kann von einer realistischen Genauigkeit im mittleren Bereich in der Nähe des Abgleichpunktes von ca. 1% ausgegangen werden, die sich in Richtung der Bereichsgrenzen jedoch auf 5% und mehr erhöhen kann, im allgemeinen jedoch in der Größenordnung von 2% bleibt, so daß man bei dem vorliegenden Gerät ohne Übertreibung von einem Präzisions-Feuchtemesser sprechen kann.

Stückliste: Digitaler Luftfeuchtemesser

Halbleiter

IC 1	CD 4069
IC 2	CD 4071
IC 3	CD 4023
IC 4, IC 5	CD 4040
IC 6	CD 4520
IC 7, IC 8	CD 4518
IC 9—IC 11	CD 4543/CD 4056
D 1, D 2	1N4148
Di 1—Di 3	DJ 700 A

Kondensatoren

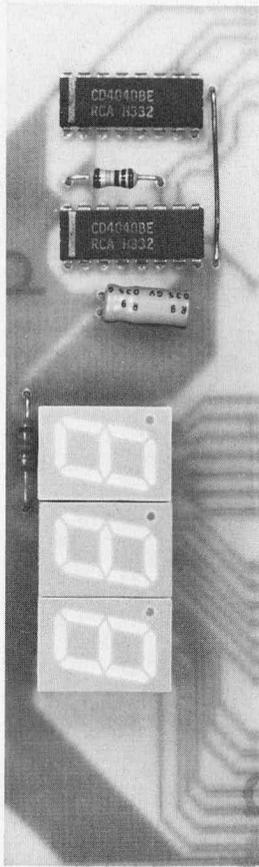
C 1	220 μ F/16 V
C 2	100 nF
C 3, C 5	47 pF
C 4	Trimmer 8—40 pF
C 7 ..	Valvo Luftfeuchtesensor LFS 10
C 8, C 10, C 11	10 μ F/16 V
C 9	100 pF

Widerstände

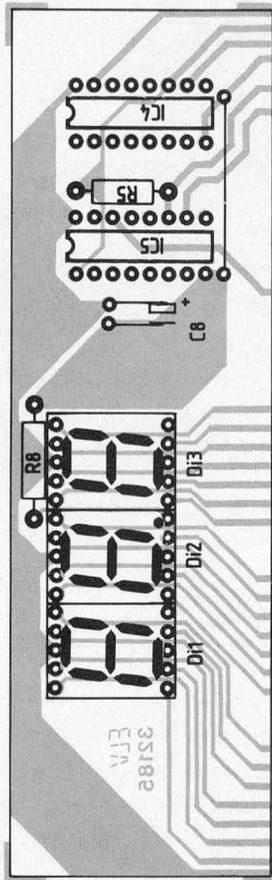
R 1—R 4	10 k Ω
R 5	100 k Ω
R 6	22 k Ω
R 7	47 k Ω
R 8	1,5 k Ω
R 9—R 29	1,2 k Ω

Sonstiges

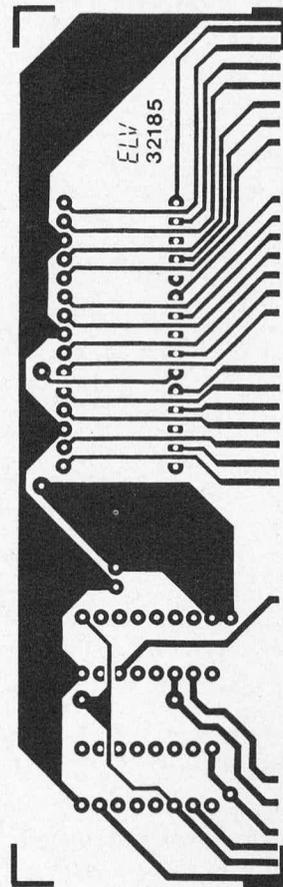
4 Lötstifte
1x3,5 mm Klinkenbuchse
10 cm Schaltdraht
10 cm Silberdraht



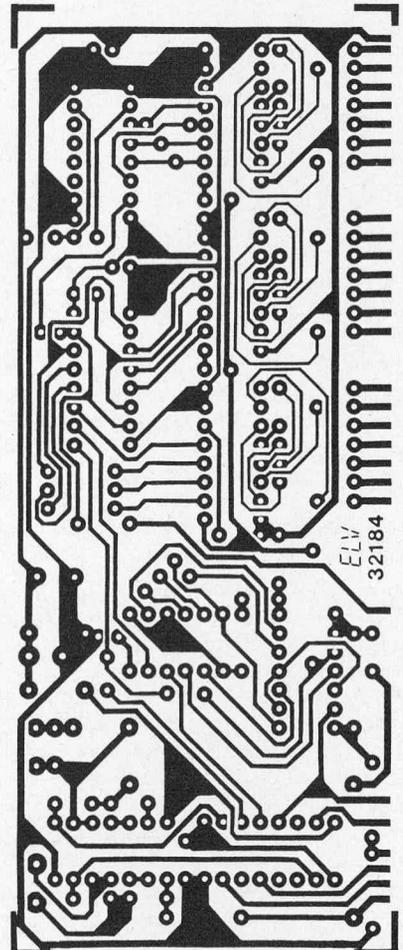
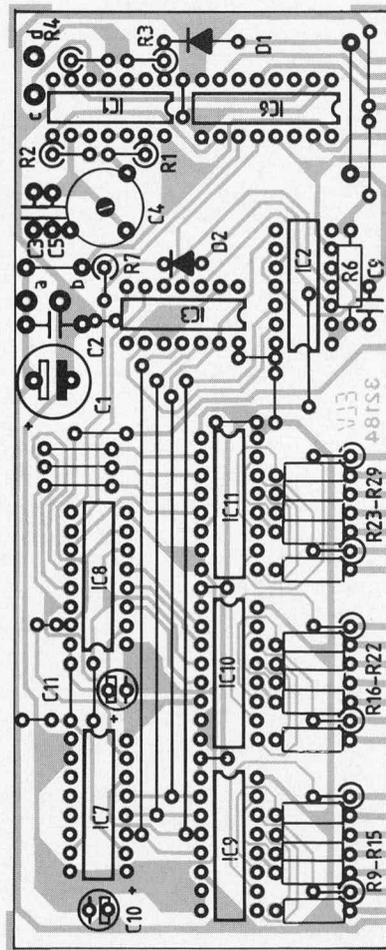
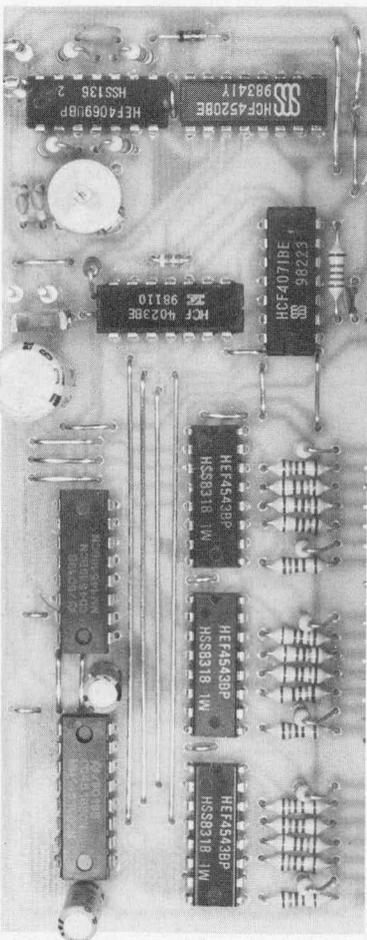
oben: Ansicht der fertig bestückten Anzeigenplatine des Digitalen Luftfeuchtemessers
 links: Ansicht der fertig bestückten Basisplatine des Digitalen Luftfeuchtemessers



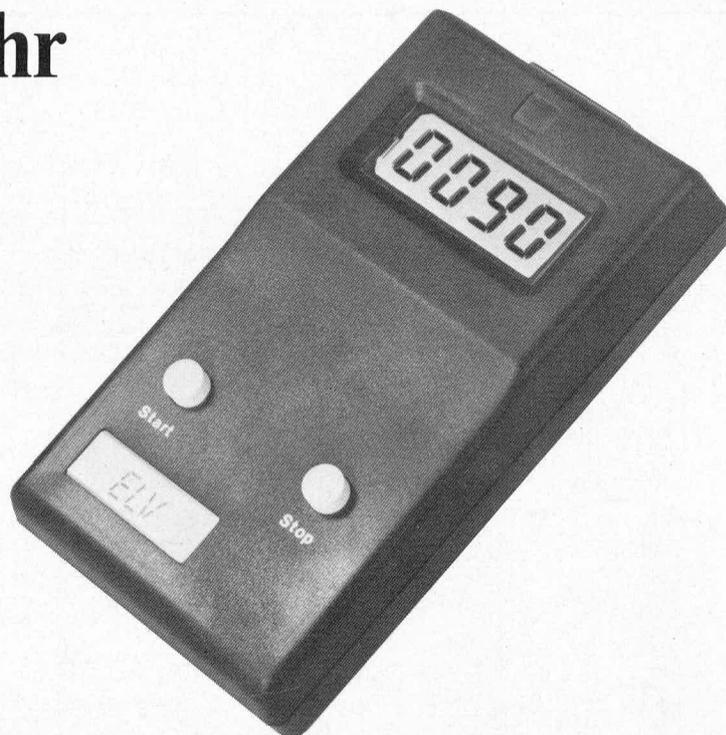
oben: Bestückungsseite der Anzeigenplatine des Digitalen Luftfeuchtemessers
 links: Bestückungsseite der Basisplatine des Digitalen Luftfeuchtemessers



oben: Leiterbahnseite der Anzeigenplatine des Digitalen Luftfeuchtemessers
 links: Leiterbahnseite der Basisplatine des Digitalen Luftfeuchtemessers



ELV Fußballer-Uhr



Diese, in einem handlichen Gehäuse untergebrachte Digital-Uhr ist speziell für den Einsatz auf dem Fußballfeld konzipiert und wird sowohl Schiedsrichtern als auch aktiven und passiven Fußballfreunden ein interessantes und bald unentbehrliches Hilfsmittel sein.

Funktionsbeschreibung

Die ELV-Fußballer-Uhr besitzt eine vierstellige Anzeige.

Die beiden linken Stellen dienen zur Anzeige der bereits gespielten Minuten, d. h., die Anzeige beginnt bei „00“ und endet bei „90“, während die rechte Anzeige bei „90“ startet und bei „00“ endet. Sie gibt also die noch zu spielende Restzeit an.

Mit den beiden auf der Frontseite angeordneten Tastern wird die Uhr bei gleichzeitigem Betätigen beider Taster in ihren Grundzustand gesetzt, d. h. die linke Anzeige zeigt „00“, während die rechte Anzeige „90“ zeigt.

Wird anschließend die Starttaste betätigt, beginnt die Uhr zu arbeiten. Die linke Anzeige zählt aufwärts, während die rechte Anzeige abwärts zählt. Hierbei zeigt die linke Anzeige die bereits gespielte Zeit, während auf der rechten Anzeige die noch verbleibende Spielzeit abzulesen ist.

Nach 45 Minuten ertönt ein Signalton und die Fußballer-Uhr kann mit der Stoptaste angehalten werden, um die Halbzeitpause abzuwarten. Bei Beginn der zweiten Halbzeit wird erneut die Starttaste betätigt und die Uhr nimmt ihre Arbeit wieder auf. Nach Ablauf von insgesamt 90 Minuten stoppt die Uhr automatisch und gibt einen Signalton ab.

Durch Betätigen der Starttaste wird die Uhr gleichzeitig auf „00“ gesetzt und gestartet, um ein neues Spiel zu beginnen bzw. um eine evtl. vorgesehene Nachspielzeit abzulesen zu können.

Darüber hinaus besteht auch die Möglichkeit, bei Spielunterbrechungen diese Spe-

zial-Uhr zu stoppen und anschließend wieder zu starten. Auf diese Weise kann die effektive Spielzeit von 2x45 Minuten direkt abgelesen und dadurch leicht genau eingehalten werden.

Zur Schaltung

Als Referenzoszillator dient das IC 4 des Typs DX 1429 mit einer quarzgesteuerten Oszillatorfrequenz von 4,194304 MHz und einem nachgeschalteten 23stufigen Binärteiler, an dessen Ausgang (Pin 5) eine Frequenz von 0,5 Hz ansteht. Der als Pegelumschalter arbeitende Transistor T 3 steuert dann das als Teiler durch 30 geschaltete IC des Typs CD 4518 an. Am Ausgang (Pin 12) des IC 5 liegt eine Frequenz mit einer Periodendauer von 60 Sekunden an, entsprechend 1 Minute. Das IC 8 enthält 2 Dekadenzähler, die im vorliegenden Fall hintereinandergeschaltet sind und über Pin 1 des IC 8 mit einem Impuls pro Minute beaufschlagt werden. Die Ausgänge des IC 8 steuern dann die Decoder Treiber-IC's 11 und 12 an, so daß auf der LCD-Anzeige der entsprechende Wert abzulesen ist. Wie bereits vorstehend beschrieben wurde, zeigen diese beiden Stellen die gespielte Zeit an, d. h., es wird aufwärts gezählt.

Gleichfalls erhält das Dekadenzähler-IC 6 mit dem nachgeschalteten Zähler-IC 7 über Pin 15 (IC 6) pro Minute einen Impuls. Ein Unterschied zu den beiden im IC 8 enthaltenen Zählern besteht darin, daß mit den IC's 6 und 7 rückwärts gezählt wird, und zwar beim Zählerstand „90“ beginnend, der mit dem Speicherimpuls gleichzeitig gesetzt wird.

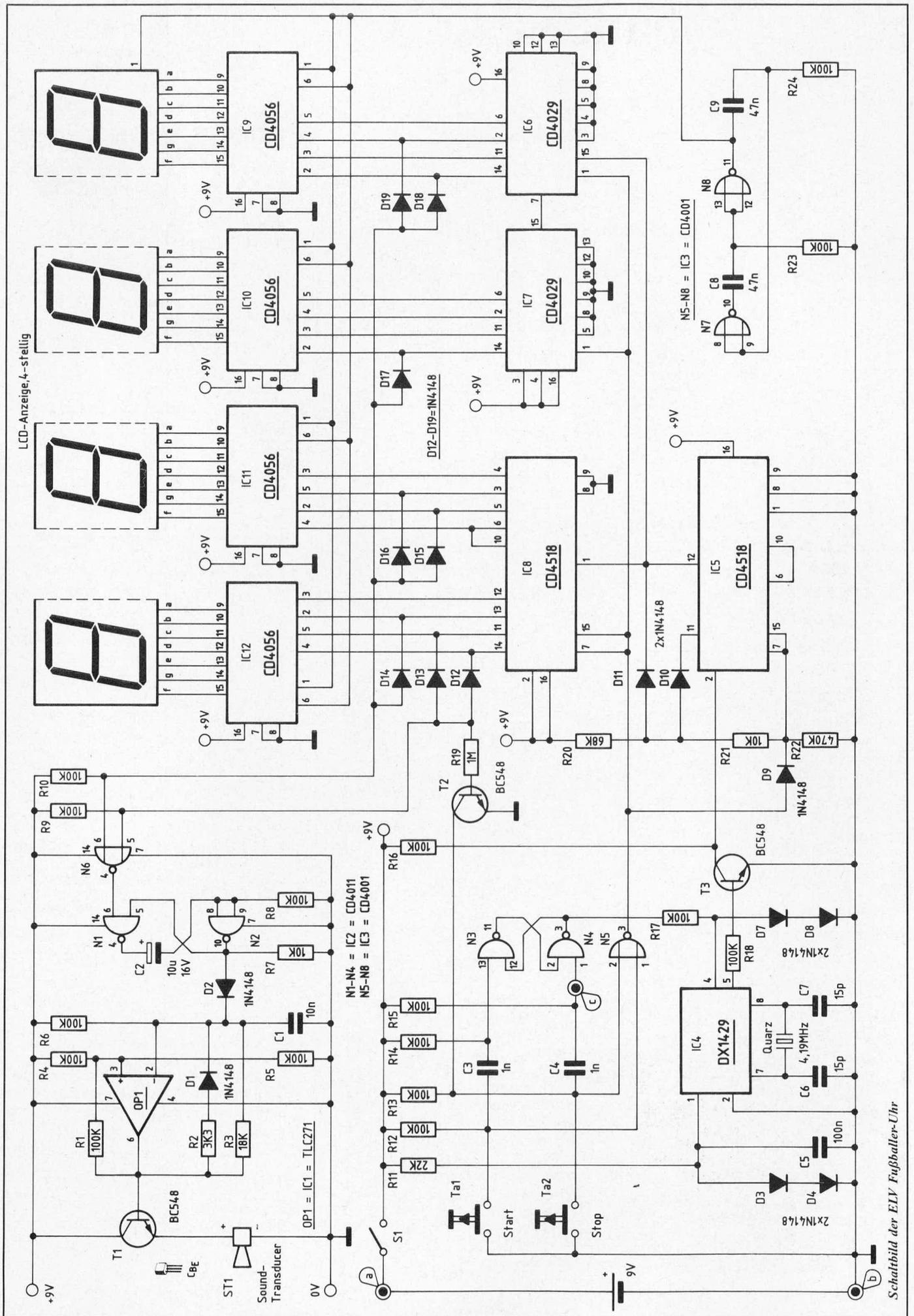
Die Decoder/Treiber sowie die Anzeige arbeiten vollkommen identisch mit den beiden linken Anzeigen.

Zur Erzeugung des Backplane-Signals wird ein niederfrequenter Generator, bestehend aus den Gattern N 7 und N 8 mit Zusatzbeschaltung aufgebaut, der sein Ausgangssignal (Pin 11 von N 8) auf Pin 1 der vierstelligen LCD-Anzeige gibt.

Zum Auslösen des ca. 1 Sekunde andauernden Signaltons nach 45 Minuten sowie nach 90 Minuten, wird über die Dioden D 12 bis D 19 ein Impuls auf Pin 5 bzw. Pin 6 des Gatters N 6 gegeben, das wiederum einen Impuls auf Pin 6 des Gatters N 1 weiterleitet. N 1 ist in Verbindung mit N 2 sowie der Zusatzbeschaltung R 7, R 8 und C 2 als Mono-Flop mit einer Monozeit von ca. 1 Sekunde geschaltet. Über D 2 gibt dieses Mono-Flop dann den 2 kHz-Generator, bestehend aus OP 1 mit Zusatzbeschaltung, für ca. 1 Sekunde frei und der Sound-Transducer ertönt.

Zusätzlich wird nach Ablauf von 90 Minuten über T 2 und R 19 das Flip-Flop, bestehend aus N 3/N 4, gesetzt. Der Ausgang (Pin 3 von N 4) stoppt über R 17 das Oszillator-IC 4 und der Zählvorgang ist unterbrochen.

Die Stromaufnahme der gesamten Schaltung liegt bei ca. 1 mA und erhöht sich im Einschaltmoment des Sound-Transducers für ca. 1 Sekunde auf 100 mA. Da es sich hierbei jedoch um eine außerordentlich kurzzeitige Belastung handelt, wird insgesamt nur eine geringe Leistung der Batterie entnommen. Es kann mit einer Betriebsdauer von mehreren 100 Stunden gerechnet werden.



Schaltbild der ELY Fußballer-Uhr

Zum Nachbau

Das Layout der Platine wurde so angelegt, daß die Schaltung in ein handliches Gehäuse eingebaut werden kann.

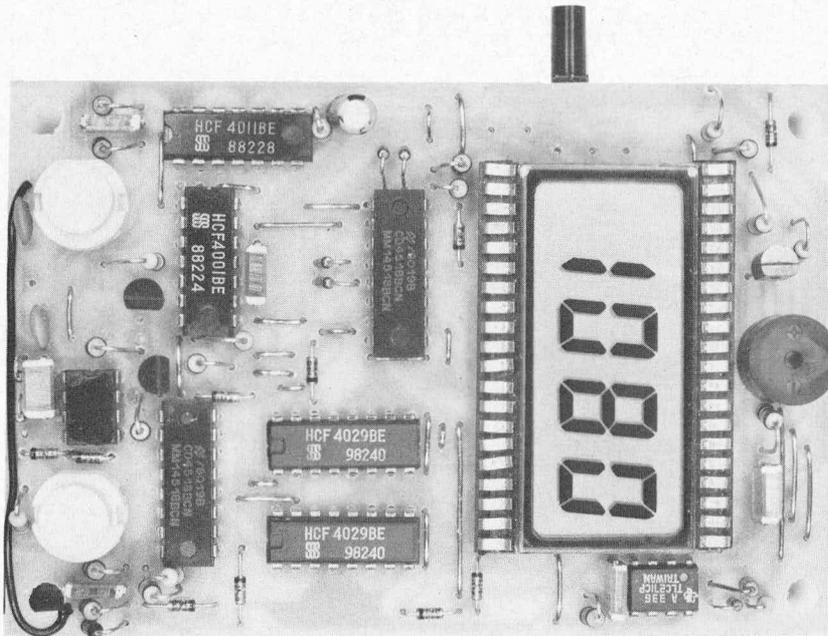
Die Bestückung wird in gewohnter Weise anhand des Bestückungsplanes vorgenommen, wobei zunächst die passiven und dann die aktiven Bauelemente einzulöten sind.

Zu beachten ist, daß aufgrund des verhältnismäßig engen Aufbaues zahlreiche Dioden und Widerstände senkrecht auf der Platine angeordnet sind, wie dies auch aus dem Bestückungsplan ersichtlich ist.

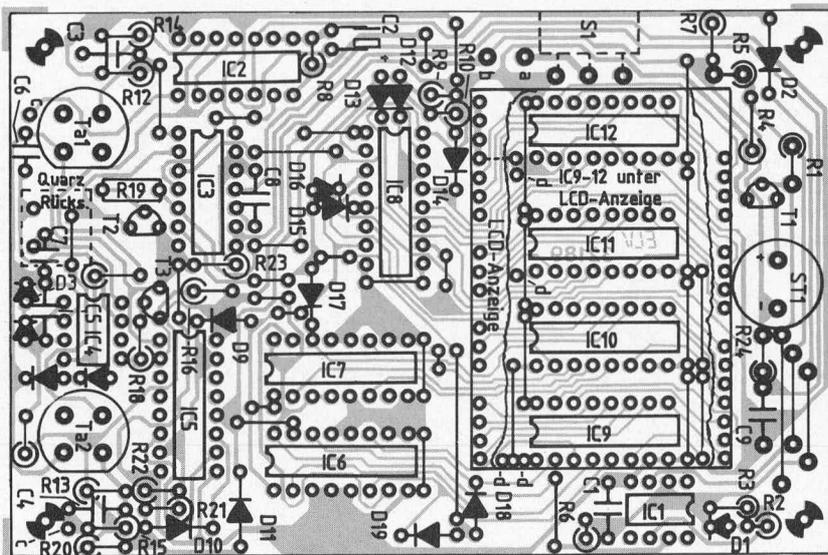
Darüber hinaus ist darauf zu achten, daß die IC's 9 bis 12 und auch verschiedene Brücken unter der LCD-Anzeige angeordnet sind, so daß die vierstellige LCD-Anzeige möglichst erst als letztes Bauelement auf die Platine zu setzen ist, nachdem die gesamte Bestückung noch einmal sorgfältig kontrolliert wurde.

Nach Durchführung der entsprechenden Bohrungen für die Taster Ta 1 und Ta 2 in das Gehäuseoberenteil, kann nach erfolgreicher Funktionskontrolle die Leiterplatte eingebaut werden.

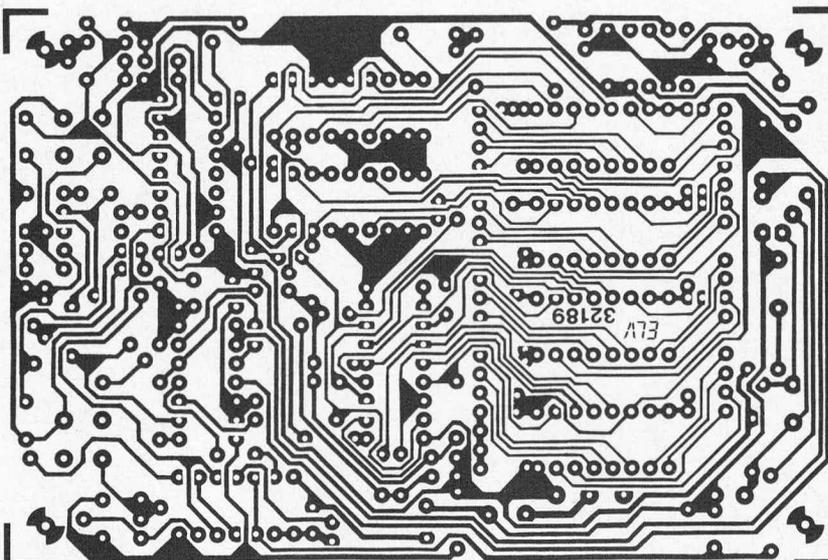
Dem Einsatz dieses interessanten Gerätes steht nun nichts mehr im Wege.



Ansicht der fertig bestückten Platine der ELV Fußballer-Uhr



Bestückungsseite der Platine der ELV Fußballer-Uhr



Leiterbahnseite der Platine der ELV Fußballer-Uhr

Stückliste: ELV Fußballer-Uhr Halbleiter

IC 1	TLC 271
IC 2	CD 4011
IC 3	CD 4001
IC 4	DX 1429
IC 5	CD 4518
IC 6, IC 7	CD 4029
IC 8	CD 4518
IC 9—IC 12	CD 4056
T 1, T 2, T 3	BC 548
D 1—D 4	1N4148
D 7—D 19	1N4148

Kondensatoren

C 1	10 nF
C 2	10 μ F/16 V
C 3, C 4	1 nF
C 5	100 nF
C 6	15 pF
C 7	15 pF
C 8, C 9	47 nF

Widerstände:

R 1	100 k Ω
R 2	3,3 k Ω
R 3	18 k Ω
R 4	100 k Ω
R 5	100 k Ω
R 6	100 k Ω
R 7	10 k Ω
R 8, R 9, R 10	100 k Ω
R 11	22 k Ω
R 12—R 18	100 k Ω
R 19	1 M Ω
R 20	68 k Ω
R 21	10 k Ω
R 22	470 k Ω
R 23, R 24	100 k Ω

Sonstiges

- 1 Sound Transducer
- 1 9 V-Batterieclip
- 1 LCD-Anzeige 4stellig
- Ta 1, Ta 2, ITT-Taster
- 1 Quarz 4,194304 MHz
- 15 cm Schmelzdraht isoliert
- 30 cm Silberdraht
- 1 Schiebesehalter 2 x um

ELV Kompakt-Leistungsmesser



Speziell für die Überwachung der Leistungsaufnahme von Verbrauchern, die an das 220 V-Netz anzuschließen sind, wurde im ELV-Labor ein Leistungsmesser entwickelt, mit zwei Meßbereichen von 200 W sowie 2000 W, bei einer max. Auflösung von 0,1 W. Die gesamte Schaltung findet in einem Steckergehäuse mit integrierter Schuko-Steckdose Platz. Durch die kompakte Bauform ist das Gerät leicht in der Handhabung und wird einfach zwischen die Netzsteckdose und den anzuschließenden Verbraucher eingefügt. Die Anzeige erfolgt über ein großes und gut ablesbares 3 $\frac{1}{2}$ stelliges LC-Display.

Allgemeines

Bei dem ELV Kompakt-Leistungsmessgerät handelt es sich um einen Leistungsmesser, wie ihn auch das komfortable Leistungsmessgerät LMG 7000 darstellt, dessen I. Teil ebenfalls in der hier vorliegenden Ausgabe beschrieben wurde.

Die genauen theoretischen Zusammenhänge zwischen Leistung, Spannung, Strom, Phasenwinkel und Kurvenformverzerrungen, können in dem entsprechenden Artikel nachgelesen werden, so daß an dieser Stelle auf eine theoretische Betrachtung verzichtet werden soll.

Im Gegensatz zum LMG 7000 ist der ELV Kompakt-Leistungsmesser nur für Messungen im Zusammenhang mit Verbrauchern, die an das 220 V-Netz angeschlossen werden, konzipiert. Mit einer max. auswertbaren Leistung von 2000 W dürfte er für die meisten im Haushalt vorkommenden Anwendungsfälle ausreichend Reserve aufweisen.

Zur Schaltung

Das Herz der Schaltung besteht aus dem Präzisions-Multiplizierer der Firma Raytheon des Typs RC 4200 A (IC 2). In Verbindung mit den Widerständen R 18 bis R 40, den Kondensatoren C 11 bis C 14 sowie dem Operationsverstärker OP 4 ist damit ein hochwertiger, besonders linearer Vier-Quadranten-Analog-Multiplizierer aufgebaut.

Am Ausgang (Pin 14) von OP 4 steht eine Gleichspannung zur Verfügung, die der Leistung proportional ist, die sich aus den beiden Eingangsgrößen „U“ multipliziert mit „I“ ergibt.

Besonders hervorzuheben ist in diesem Zusammenhang, daß die Leistung mit hoher Präzision gemessen werden kann, und zwar vollkommen unabhängig von Phasenverschiebungen, überlagerten Gleichspannungsanteilen sowie Kurvenformverzerrungen.

Durch den Kondensator C 14 wird eine Integration der Ausgangsspannung vorgenommen, so daß sich am Ausgang eine Gleichspannung einstellt, die sich zur direkten Anzeige durch den A/D-Wandler des Typs ICL 7106 (IC 3) auf einem LC-Dis-

play eignet. Auf die detaillierte Beschreibung des letztgenannten Schaltungsteiles soll an dieser Stelle verzichtet werden, da das ICL 7106 mit seiner Zusatzbeschaltung bereits häufiger in vorangegangenen Ausgaben des ELV journals beschrieben wurde.

Die in ein Steckergehäuse mit integrierter Schuko-Steckdose eingebaute Schaltung wird direkt aus dem 220 V-Netz versorgt. Der Strom in dem angeschlossenen Verbraucher fließt zum einen über die 10 A-Sicherung Si 1 und zum anderen über die parallelgeschalteten Referenzwiderstände R 1 und R 2. Die hieran abfallende Spannung gelangt über R 3 auf die Schutzdioden D 1 bis D 4 und von dort auf den nicht invertierenden Eingang (Pin 10) von OP 3. Hier wird diese dem Verbraucherstrom proportiona-

Technische Daten des ELV Kompakt-Leistungsmessers:

Meßbereich 1:	0—200 Watt
Auflösung:	0,1 Watt
Meßbereich 2:	0—2000 Watt
Auflösung:	1 Watt
Eingangsspannungsbereich:	0—300 V
Eingangsstrom:	0—10 A
Genauigkeit:	typ. 0,2% (ca. 2% bei eingeschränktem Abgleich). kurzzeitig 50%
Überlastbarkeit:	Schmelzsicherung 10 A
Sicherung:	

le Spannung je nach Schalterstellung von S 1 (200,0 Watt bzw. 2000 Watt) um den Faktor 10 oder um den Faktor 1 verstärkt.

Das zusätzlich gepufferte Signal gelangt vom Ausgang des OP 3 (Pin 8) über R 20 auf den einen Multipliziereingang des IC 2.

Gleichzeitig wird die am Verbraucher anliegende Spannung über das Widerstandsteilernetzwerk R 4 bis R 7 auf den 2. Multipliziereingang (über R 21) auf das IC 2 gegeben.

Die Trimmer R 14, R 30, R 34 sowie R 40 dienen zur Nullpunkteinstellung, worauf zu einem späteren Zeitpunkt noch näher eingegangen wird.

Mit R 44 kann der Skalenfaktor des A/D-Wandlers IC 3 festgelegt werden.

Die Stromversorgung der gesamten Schaltung erfolgt über den Kondensator C 1 in Verbindung mit den Gleichrichterdioden D 5 und D 6 sowie den zur Spannungsbegrenzung dienenden Z-Dioden D 7 und D 8.

In diesem Zusammenhang ist es sehr wesentlich zu beachten, daß der Kondensator C 1 die volle Netzwechselspannung verarbeiten muß, d. h., es ist eine Spannungsfestigkeit von 630 V= erforderlich.

Die mit den Z-Dioden D 7 und D 8 auf ± 15 V begrenzte Spannung wird mit den Kondensatoren C 2 bis C 5 gepuffert und von Störimpulsen befreit, um anschließend zur Versorgung des IC 1 mit seinen vier integrierten Operationsverstärkern zu dienen.

Die OP's 1 und 2 sind in Verbindung mit der Präzisionsspannungsreferenz D 9 des Typs ICL 8069 als positiver bzw. negativer Spannungskonstanter geschaltet, der zur gleichspannungsmäßigen Versorgung der übrigen Schaltung mit +11 V und -10 V dient. Auf diese Weise ergibt sich ein Eigenleistungsverbrauch von ca. 0,2 W.

Zum Nachbau

Zunächst werden die beiden Platinen in gewohnter Weise bestückt. Erst werden die passiven und dann die aktiven Bauelemente eingesetzt und verlötet, wobei zu beachten ist, daß das IC 3 unter der LCD-Anzeige angeordnet ist, so daß diese zweckmäßigerweise als letztes Bauelement mit der Platine verlötet werden soll.

Die auf der Anzeigen- und Basisplatine identisch bezeichneten Punkte sind jeweils mit flexiblen isolierten Leitungen untereinander zu verbinden, wie dies auch aus dem Schaltbild und den beiden Bestückungsplänen hervorgeht.

Der Anschluß der Schaltung an den am Gehäuse angespritzten Schuko-Stecker erfolgt über flexible isolierte Leitungen mit einem Querschnitt von mind. 1,5 mm², ebenso wie der Anschluß der Schaltung an die integrierte Schuko-Steckdose. Der gelb-grüne Schutzleiter mit einem Querschnitt von ebenfalls mind. 1,5 mm² wird direkt zwischen den Schutzkontaktanschlüssen von Stecker und Steckdose angeschlossen.

Vor dem Einbau ins Gehäuse sollte die Bestückung noch einmal sorgfältig kontrolliert werden.

Die mechanische Verbindung der beiden Platinen untereinander und die Befestigung im Gehäuse erfolgt mit 2 Schrauben M 3 x 50 mm und entsprechenden Abstandshülse, die eine Länge von 45 mm aufweisen. Zusätzlich sind zwei Schrauben M 3 x 6 mm für die Befestigung vorgesehen.

Damit eine Berührung der unter Netzspannung stehenden Schaltung nach der Fertigstellung des Gerätes ausgeschlossen ist, muß der für die LCD-Anzeige vorgenommene Ausschnitt sorgfältig mit einer 2 mm starken Plexiglasscheibe von innen abgedeckt werden.

Abschließend wollen wir noch besonders nachdrücklich darauf hinweisen, daß bei anliegender Netzspannung am geöffneten Gerät auf gar keinen Fall Untersuchungen vorgenommen werden dürfen.

Es ist daher erforderlich, sowohl bei Einstellarbeiten als auch bei einer evtl. Fehlersuche bzw. Überprüfung, die Schaltung unbedingt vom Netz zu trennen. Die Versorgung wird dann von zwei 15 V Gleichspannungsnetzgeräten übernommen. Hierzu sind die beiden Z-Dioden D 7 und D 8 auszulöten, um dann an die entsprechenden Punkte (+ 15 V/Masse/-15 V) die beiden Netzgeräte anzuschließen.

Der einzige Schaltungsteil der bei dieser Methode nicht überprüft werden kann, ist der Gleichrichterteil, bestehend aus dem Kondensator C 1 sowie den Dioden D 5 bis D 8.

Das Gerät darf nur dann mit Netzspannung in Berührung gebracht werden, wenn es sich im geschlossenen Gehäuse ohne zusätzlich angeklebte Meßgeräte befindet. Dies ist außerordentlich wichtig, da die gesamte Schaltung die volle Netzspannung führt.

Die VDE-Bestimmungen sind zu beachten.

Kalibrierung

Die Einstellung (Kalibrierung) ist mit einfachen Mitteln durchführbar, da sie sich lediglich auf die Nullpunkt- und Skalenfaktoreinstellung beschränkt.

Zunächst wird die Schaltung, wie unter dem Kapitel „Zum Nachbau“ beschrieben wurde, mit den beiden erforderlichen Gleichspannungen von +15 V und -15 V versorgt, wobei zunächst die beiden Z-Dioden D 7 und D 8 auszulöten sind.

Die Stromaufnahme sollte jetzt bei der positiven Versorgungsspannung zwischen 2 mA und 5 mA und bei der negativen Versorgungsspannung zwischen 4 mA und 10 mA liegen, auf keinen Fall jedoch 12 mA überschreiten.

Da im vorliegenden Fall die Schaltung unbedingt vom 220 V-Netz getrennt sein muß, und daher auch kein Verbraucher angeschlossen werden kann, liegt sowohl der Spannungs-Multipliziereingang (über R 7) als auch der Strom-Multipliziereingang (über R 1/R 2 sowie R 3) auf der Schaltungsmasse.

Die Nullpunkteinstellung der Operationsverstärker OP 3 und OP 4 kann daher direkt vorgenommen werden.

Zunächst wird mit einem Multimeter, dessen Minusklemme an die Schaltungsmasse

anzuschließen ist, die Spannung am nicht invertierenden Eingang des OP 3 (Pin 10) gemessen. Sie muß bei 0,00 V liegen.

Auch die weiteren Messungen beziehen sich immer auf die Schaltungsmasse.

Als nächstes wird die Ausgangsspannung von OP 3 bei geöffnetem Schalter S 1 überprüft (Pin 8 von OP 3) und mit dem Trimmer R 14 auf 0,00 V eingestellt, wobei 1 bis 2 mV Abweichung zulässig sind.

Die Trimmer R 30 und R 34 sind jetzt ungefähr in ihre Mittelstellung zu bringen. Anschließend kann mit dem Trimmer R 40 die Ausgangsspannung des OP 4 (Pin 14) auf 0,00 V eingestellt werden, wobei auch hier einige mV Abweichung unerheblich sind.

Möchte man sich mit der für Leistungsmessungen guten Genauigkeit von 2% begnügen, ist die Einstellung des Multiplizierers bereits beendet und es muß lediglich noch der Skalenfaktor des A/D-Wandlers (IC 3) festgelegt werden.

Aufgrund der hohen Präzision des verwendeten Analog-Multiplizierers des Typs RC 4200 A ist es jedoch möglich, eine Genauigkeit von ca. 0,2% zu erreichen. Dies erfordert eine etwas aufwendigere Einstellung der beiden Trimmer R 30 und R 34, die wir im nachfolgenden näher beschreiben wollen.

An den Ausgang (Pin 14) des OP 4 ist hierzu ein Oszilloskop anzuschließen, dessen Abschirmung ebenfalls mit der Schaltungsmasse zu verbinden ist.

Außerdem muß der Integrationskondensator C 14 für die nachfolgenden Einstellungen der beiden Trimmer R 30 und R 34 ausgelötet werden.

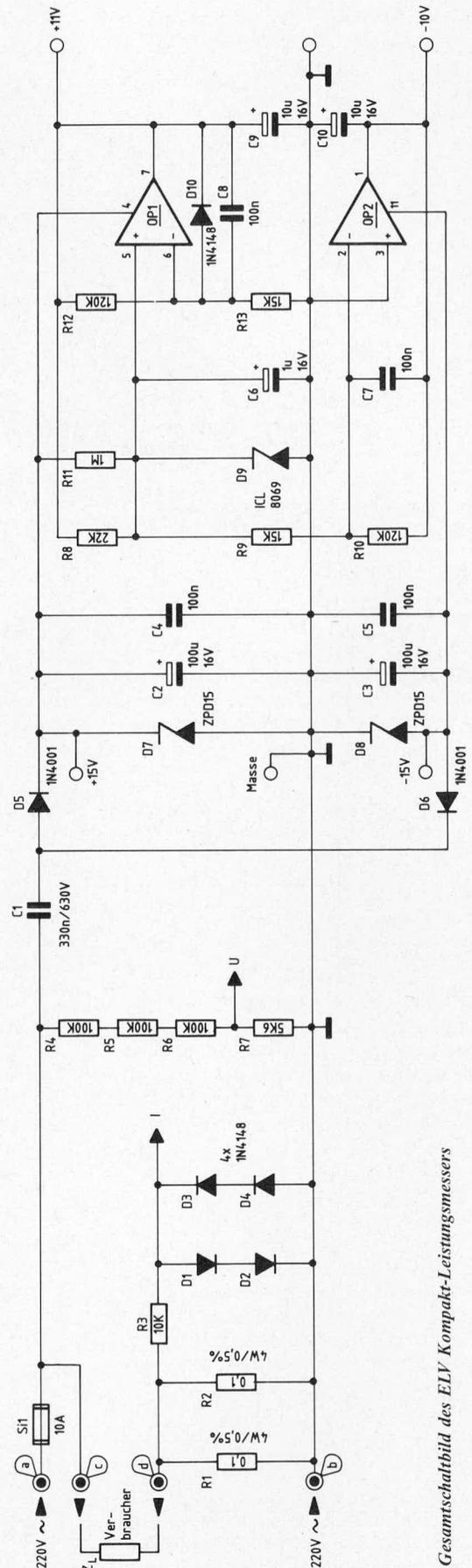
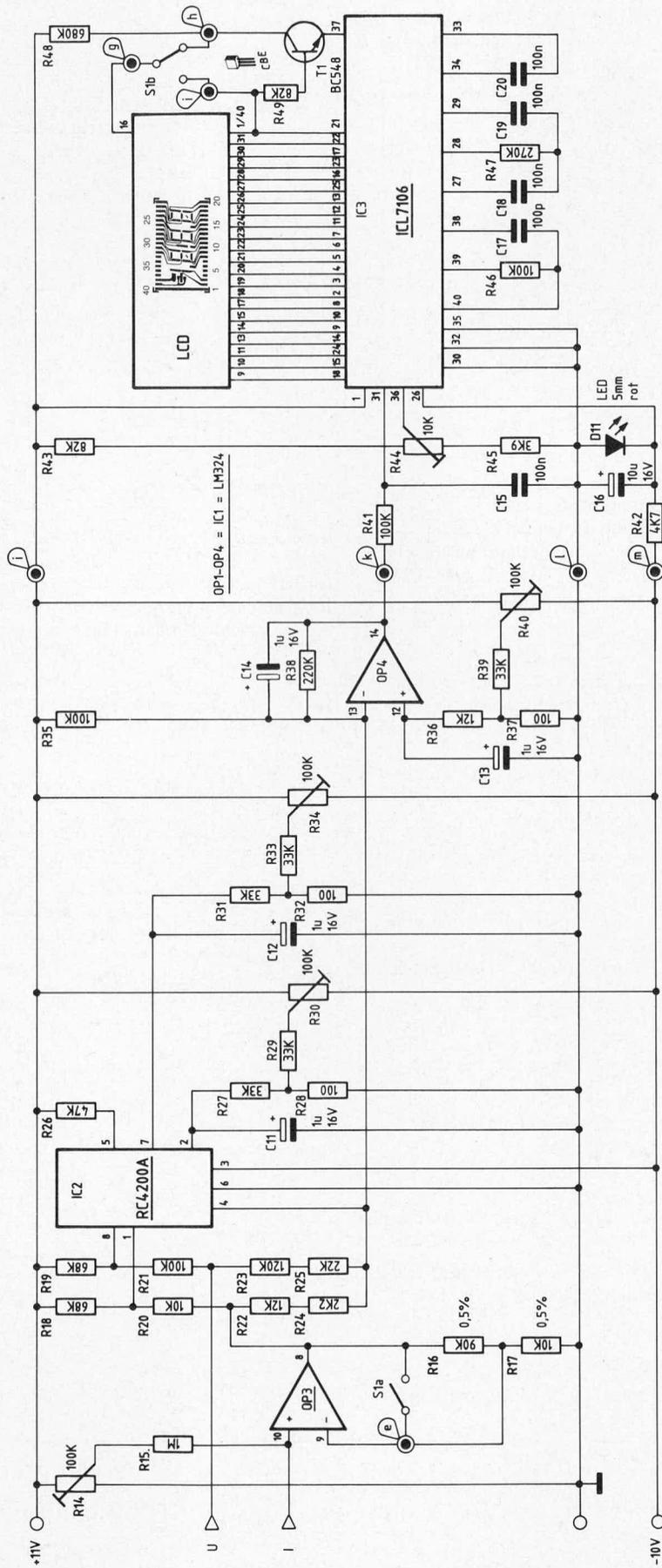
An den Spannungseingang des Multiplizierers, also parallel zum Widerstand R 7, wird jetzt eine Rechteckschwingung mit einer Amplitude von ± 5 V bis 10 V bei einer Frequenz von 100 Hz bis 1 kHz angelegt. Die Schwingung sollte symmetrisch zur Schaltungsmasse, d. h., zur Bezugsspannung, sein, also gleiche Amplitudenhöhe sowohl in positiver Richtung als auch in negativer Richtung aufweisen.

Der Trimmer R 34 ist nun so einzustellen, daß am Ausgang des OP 4 (Pin 14) die Amplitude der Rechteckschwingung sehr klein, d. h. möglichst „0“ wird.

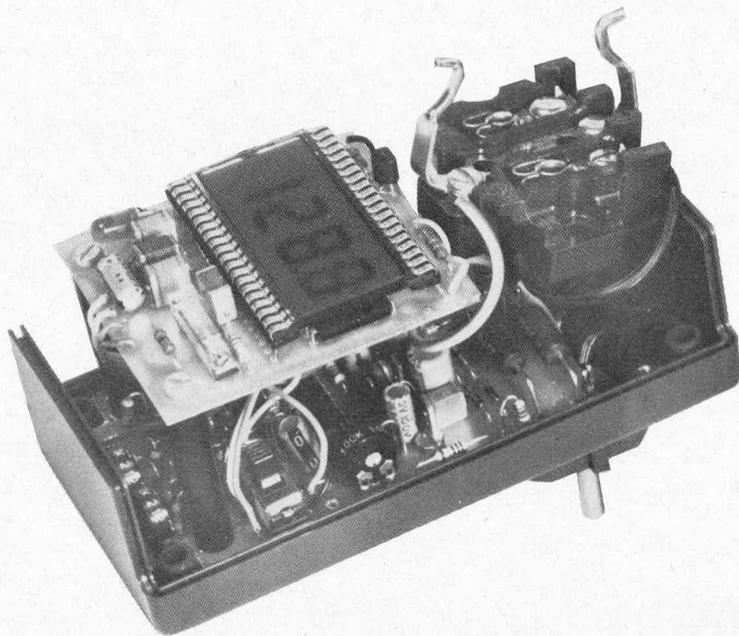
Nun wird das über R 7 angelegte Rechteck dort abgenommen und mit einer verkleinerten Amplitude von $\pm 0,5$ V bis 1 V direkt an den nicht invertierenden Eingang (Pin 10) des OP 3 angeschlossen, d. h., der Massepunkt bleibt mit der Schaltungsmasse verbunden, während der zweite Anschluß zwischen dem Verbindungspunkt der Widerstände R 3 und R 15 angeklemt wird. Der Schalter S 1 ist hierbei in Stellung „2000 W“ zu bringen, d. h. er ist geschlossen.

Mit dem Trimmer R 30 ist nun gleichfalls am Ausgang des OP 4 (Pin 14) die Amplitude des dort anliegenden Rechtecksignals zu minimieren, d. h., möglichst auf „0“ einzustellen.

Nachdem das Rechtecksignal auch von OP 3 abgenommen wurde, kann mit R 40 die gleichspannungsmäßige Nulleinstellung



Gesamtschaltbild des ELV Kompakt-Leistungsmessers



Ansicht des fertig aufgebauten ELV Kompakt-Leistungsmessers bei geöffnetem Gehäuse

von OP4 noch einmal durchgeführt werden, indem mit einem Voltmeter die Ausgangsspannung (Pin 14 von OP 4) gemessen und mit R 40 auf 0,00 eingestellt wird.

Damit ist der Abgleich des Analog-Multiplizierers auf eine Genauigkeit von typ. 0,2 % (!) bereits beendet. Wie weiter vorstehend erwähnt, kann der zuletzt beschriebene Abgleich der Trimmer R 30 und R 34 entfallen, wenn eine Genauigkeit von ca. 2 % ausreicht, wobei diese beiden Trimmer ungefähr in Mittelstellung zu bringen sind.

Bevor die als letztes durchzuführende Einstellung des Skalenfaktors des A/D-Wandlerbausteines (IC 3) vorgenommen wird, ist zunächst der Integrationskondensator C 14 wieder einzulöten, wobei auf die richtige Polarität zu achten ist (Pluspol an Pin 13 von OP 4).

Die Einstellung des Skalenfaktors ist einfach, da aufgrund der ausgefeilten Schaltungstechnik des Vier-Quadranten-Multiplizierers nicht nur Wechselspannungen verarbeitet werden können, sondern genauso Gleichspannungen und Gleichströme. Der Abgleich kann daher mit einer Gleichspannung und einem Gleichstrom erfolgen. Hierzu geht man wie folgt vor:

An die beiden parallelgeschalteten Referenzwiderstände R 1/R 2 wird ein weiteres Netzgerät angeschlossen, das auf einen Strom von ca. 0,9 bis 1 A einzustellen ist.

An die Reihenschaltung, bestehend aus R 4 bis R 7, wird eine Gleichspannung von 190 bis 200 V angelegt. Steht eine entsprechend große Gleichspannung nicht zur Verfügung, sind auch kleinere Werte von z. B. 50 V ausreichend, wobei man sich dann jedoch nicht mehr im Meßbereichswert des Leistungsmessers befindet. Hierdurch

verringert sich die max. erreichbare Genauigkeit nur geringfügig. Man muß allerdings beachten, daß ein Fehler von ± 1 Digit um so größer wird, je weiter man sich vom Meßbereichswert entfernt.

Die Polarität des fließenden Stromes sowie der angelegten Spannung sollte in beiden Fällen gleich sein, d. h., in beiden Fällen positiv oder negativ. Zur Kontrolle nehmen wir eine Messung des Spannungsabfalles an R 1/R 2 sowie R 7 vor, wobei jeweils der Minuspol des Prüfmeßgerätes mit der Schaltungsmasse verbunden wird.

Jetzt kann rechnerisch nach der Formel $P=U \cdot I$ der Leistungswert ermittelt werden, der auf der LCD-Anzeige erscheinen mußte.

Bei einem fließenden Strom von 0,9 A und einer angelegten Spannung von z. B. 180 V, beträgt der korrekte Leistungswert 162,0 W. Auf diesen Wert ist die LCD-Anzeige mit Hilfe des zur Skaleneinstellung dienenden Spindeltrimmers R 44 einzustellen.

Damit ist die Kalibrierung dieses hochwertigen und besonders nützlichen Gerätes beendet.

In diesem Zusammenhang wollen wir noch einmal ausdrücklich darauf hinweisen, daß sämtliche vorstehend beschriebene Messungen nur durchgeführt werden, wenn das Gerät von der Netzspannung vollkommen getrennt ist, d. h. die Elektronik wird mit einem separaten Netzteil mit ± 15 V versorgt (1 Doppelnetzteil bzw. 2 getrennte, in Reihe geschaltete Netzteile).

Erst ganz zum Schluß, wenn alle Prüfungen und Einstellarbeiten abgeschlossen sind, werden die beiden Z-Dioden D 7 und D 8 wieder eingelötet. Die Schaltung ist anschließend wieder in ein entsprechendes be-

Stückliste:

ELV Kompakt-Leistungsmesser

Halbleiter

IC 1	LM 324
IC 2	RC 4200 A
IC 3	ICL 7106
D 1-D 4	1N4148
D 5, D 6	1N4001
D 7, D 8	ZPD15
D 9	ICL 8069
D 10	1N4148
D 11	LED, 5 mm, rot
T 1	BC 548

Kondensatoren

C 1	330 nF/630 V
C 2	100 μ F/16 V
C 3	100 μ F/16 V
C 4, C 5	100 nF
C 6	1 μ F/16 V
C 7, C 8	100 nF
C 9, C 10	10 μ F/16 V
C 11-C 14	1 μ F/16 V
C 15	100 nF
C 16	10 μ F/16 V
C 17	100 pF
C 18-C 20	100 nF

Widerstände

R 1, R 2	0,1 Ω /4 Watt, 0,5 %
R 3	10 k Ω
R 4-R 6	100 k Ω
R 7	5,6 k Ω
R 8	22 k Ω
R 9	15 k Ω
R 10	120 k Ω
R 11	1 M Ω
R 12	120 k Ω
R 13	15 k Ω
R 14	100 k Ω , Trimmer stehend
R 15	1 M Ω
R 16	90 k Ω /0,5 %
R 17	10 k Ω /0,5 %
R 18, R 19	68 k Ω
R 20	10 k Ω
R 21	100 k Ω
R 22	12 k Ω
R 23	120 k Ω
R 24	2,2 k Ω
R 25	22 k Ω
R 26	47 k Ω
R 27	33 k Ω
R 28	100 Ω
R 29	33 k Ω
R 30	100 k Ω , Trimmer stehend
R 31	33 k Ω
R 32	100 Ω
R 33	33 k Ω
R 34	100 k Ω , Trimmer stehend
R 35	100 k Ω
R 36	12 k Ω
R 37	100 Ω
R 38	220 k Ω
R 39	33 k Ω
R 40	100 k Ω , Trimmer stehend
R 41	100 k Ω
R 42	4,7 k Ω
R 43	82 k Ω
R 44	10 k Ω , Spindeltrimmer
R 45	3,9 k Ω
R 46	100 k Ω
R 47	270 k Ω
R 48	680 k Ω
R 49	82 k Ω

Sonstiges

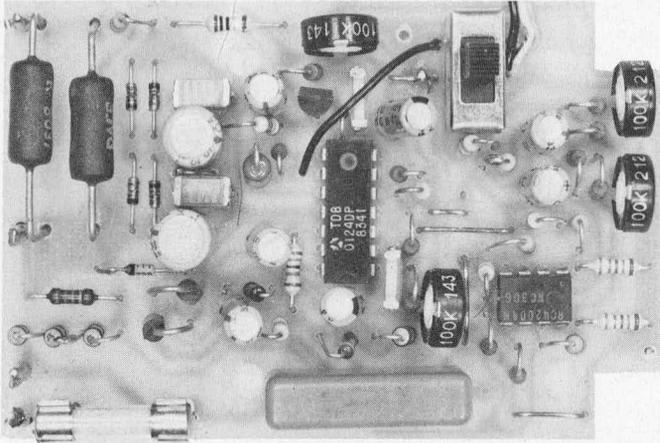
- 1 x LCD 3,5stellig
- 1 x Schiebeschalter 2 x um
- 1 x Si Halter
- 1 x Si 10 A
- 2 x Schrauben M 3 x 50 mm
- 2 x Schrauben M 3 x 6 mm
- 2 x Muttern M 3
- 2 x Abstandshülsen 45 mm
- 4 x Lötstifte
- 20 cm Flachbandleitung 6adrig
- 30 cm Silberdraht
- 30 cm 1,5 mm² flexible Leitung
- 2 Lötflähen 3,2 mm

rührungssicheres Steckergehäuse einzubauen. Eine Verbindung mit der 220 V Netzwechselspannung darf erst in vollkommen betriebsbereitem Zustand, d. h. bei geschlossenem Gehäuse, vorgenommen werden.

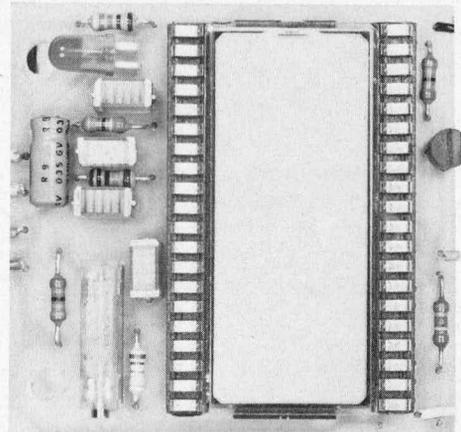
Für die externe Umschaltungsmöglichkeit der beiden Meßbereiche 200,0 W und 2000 W, wäre es erforderlich, einen Kipp-schalter nach außen zu führen, der eine metallisch leitende Verbindung darstellt. Aus Sicherheitsgründen haben wir hierauf be-

wußt verzichtet, so daß das Gehäuse komplett geschlossen bleibt und eine Berührung mit metallischen Teilen, die eine Verbindung zur eigentlichen Schaltung besitzen, ausgeschlossen ist. Für die Umschaltung der beiden Meßbereiche ist es daher erforderlich, das Gerät aus der Netzsteckdose zu ziehen, d. h., also vom Netz zu trennen, um es danach aufzuschrauben und die Umstellung vorzunehmen. Erst nachdem das Gehäuse wieder komplett geschlossen und verschraubt wurde, darf es wieder in Betrieb genommen werden.

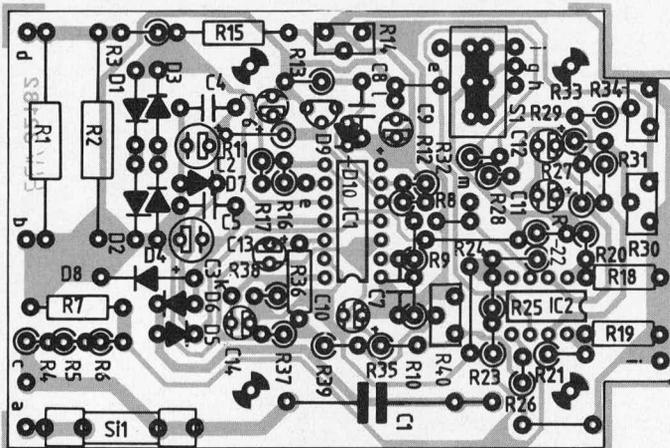
Sollte aufgrund von Bauteilabweichungen der durch C 1 fließende Versorgungsstrom nicht ausreichen, kann der Wert von C 1 auf 470 nF/630 V= erhöht werden. Im allgemeinen reicht jedoch die angegebene Kapazität von 330 nF/630 V= vollkommen aus. Eine unnötige Erhöhung würde lediglich die beiden Z-Dioden D 7 und D 8 zusätzlich belasten. Sofern der Einstellbereich der Trimmer R 30 und R 34 nicht ganz ausreicht, können die Widerstände R 28 und R 32 von 100 Ω auf 150 Ω bzw. 220 Ω erhöht werden.



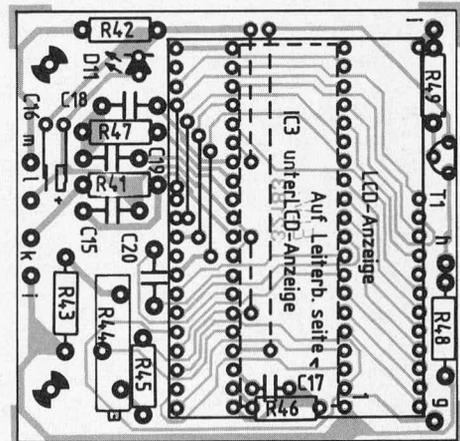
Ansicht der fertig bestückten Basisplatine des ELV Kompakt-Leistungsmessers



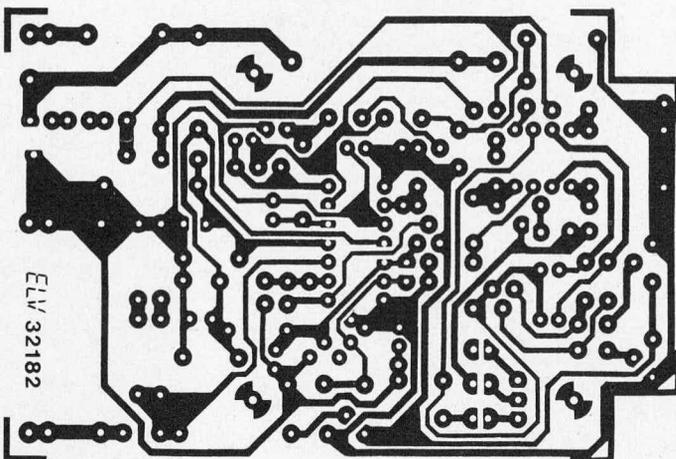
Ansicht der fertig bestückten Anzeigenplatine des ELV Kompakt-Leistungsmessers



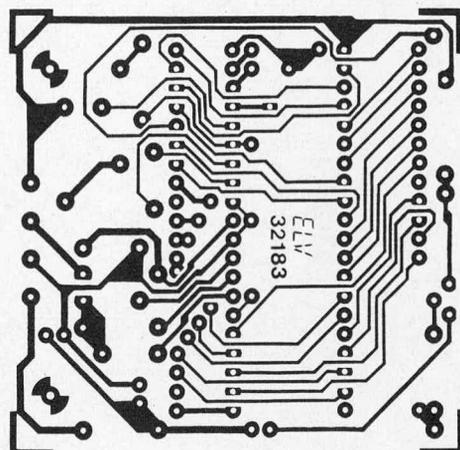
Bestückungsseite der Basisplatine des ELV Kompakt-Leistungsmessers



Bestückungsseite der Anzeigenplatine des ELV Kompakt-Leistungsmessers



Leiterbahnseite der Basisplatine des ELV Kompakt-Leistungsmessers



Leiterbahnseite der Anzeigenplatine des ELV Kompakt-Leistungsmessers

Leistungsmeßgerät LMG 7000

Teil I



Als weiteres interessantes Gerät in der ELV-Serie 7000 stellen wir Ihnen in den Ausgaben ELV journal Nr. 32 und 33 ein Leistungsmeßgerät vor, das die tatsächliche vom angeschlossenen Verbraucher aufgenommene Wirkleistung digital anzeigt. Es können sowohl Gleich- als auch Wechselspannungen und Ströme verarbeitet werden, und zwar vollkommen unabhängig von der Phasenlage und von Kurvenformverzerrungen. Selbst Mischströme werden hierbei eindeutig berücksichtigt.

Darüber hinaus besitzt das Gerät digitale Anzeigen für Spannung und Strom.

Dieses hochinteressante und doch mit verhältnismäßig einfachen Mitteln aufzubauende Gerät stellt einen weiteren Schritt in Richtung eines komfortabel ausgestatteten Hobby-Elektronik-Labors dar.

Allgemeines

Die im Haushalt dem 220 V-Netz entnommene Leistung setzt sich zum einen aus der sogenannten Wirkleistung und zum anderen aus der Blindleistung zusammen. Wirk- und Blindleistung sind gegeneinander um 90° phasenverschoben. Die sich daraus ergebende resultierende Leistung wird Scheinleistung genannt.

Der an das E-Werk zu zahlende Betrag wird ausschließlich aufgrund der Wirkleistung berechnet.

Möchte man nun wissen, wie groß die tatsächliche Wirkleistungsaufnahme eines Verbrauchers ist, so kann man bei Wechselstromverbrauchern nur in den seltensten Fällen nach der Formel verfahren $P = U \cdot I$, ohne dabei sowohl Kurvenformverzerrungen als auch Phasenverschiebungen zu berücksichtigen. Eine einfache Messung des Wechselstromes und der Wechselspannung sowie deren anschließende Multiplikation ergibt je nach Gegebenheit teilweise nicht einmal annähernd richtige Werte hinsichtlich der tatsächlichen Wirkleistung.

Das im ELV-Labor entwickelte Leistungsmeßgerät LMG 7000 berücksichtigt nun nicht nur die Phasenverschiebungen in jeder beliebigen Größenordnung, sondern darüber hinaus auch Kurvenformverzerrungen, so daß in allen üblicherweise vorkommenden Betriebsfällen die tatsächlich vom angeschlossenen Verbraucher aufgenommene Wirkleistung angezeigt wird und dies mit einer außerordentlich hohen Präzision. Durch den Einsatz eines besonders hochwertigen Analog-Multiplizierers wird eine Genauigkeit von typ. 0,1 % (!) erreicht. Wie bereits erwähnt, gilt dies selbstverständlich auch für Gleichspannungen und -ströme.

Bevor wir nun weiter in der technischen Beschreibung des LMG 7000 fortfahren, wollen wir zunächst kurz auf die theoretischen Zusammenhänge zwischen Gleich- und Wechselstrom, Spannung und Leistung näher eingehen.

Bei Gleichstrom und Gleichspannung errechnet sich die Leistung auf einfache

Weise nach der Formel $P = U \cdot I$, d. h., der durch den Verbraucher hindurchfließende Gleichstrom wird einfach mit der am Verbraucher anliegenden Spannung multipliziert.

Bei Wechselströmen und Wechselspannungen sieht die Sache nur in einem besonderen Ausnahmefall gleich aus, und zwar dann, wenn es sich bei dem angeschlossenen Verbraucher um einen rein Ohm'schen Widerstand handelt. Nur dann ergibt sich die vom Verbraucher aufgenommene Leistung nach der Formel $P = U \cdot I$.

In den meisten Fällen handelt es sich jedoch bei Wechselstromverbrauchern um Geräte, in denen sowohl Kapazitäten als auch Induktivitäten enthalten sind. Besonders letztere sind in den meisten Geräten, die an das 220 V-Netz angeschlossen werden, in Form von Netztransformatoren, Vorschalt-drosseln (bei Leuchtstoffröhren) sowie Wicklungsinduktivitäten (bei Motoren) vorhanden. Wir müssen uns daher, bis auf seltene Ausnahmen, in fast allen Fällen bei den an das 220 V-Netz angeschlossen Verbrauchern, mit einer Kombination von Induktivitäten und Ohm'schen Widerständen befassen.

In Bild 1 ist zum besseren Verständnis das Ersatzschaltbild einer Induktivität mit einem in Reihe geschalteten idealen Ohm'schen Widerstand dargestellt sowie das dazugehörige Zeigerdiagramm.

Wie man aus dem Zeigerdiagramm ersehen kann, setzt sich die an dem Verbraucher abfallende Gesamtspannung (U_{gesamt}) aus einer Wirkspannung (U_{wirk}) und einer Blindspannung (U_{blind}) zusammen. Die Blindspannung steht hierbei senkrecht auf der Wirkspannung, d. h., sie ist um 90°

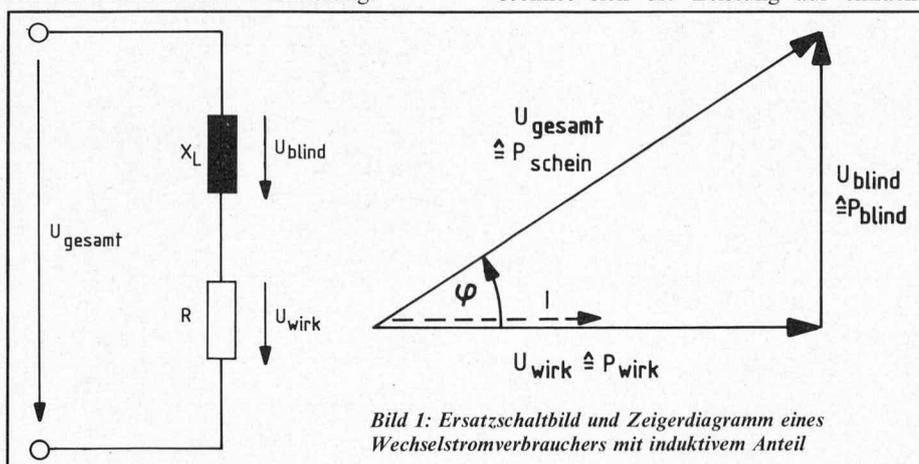


Bild 1: Ersatzschaltbild und Zeigerdiagramm eines Wechselstromverbrauchers mit induktivem Anteil

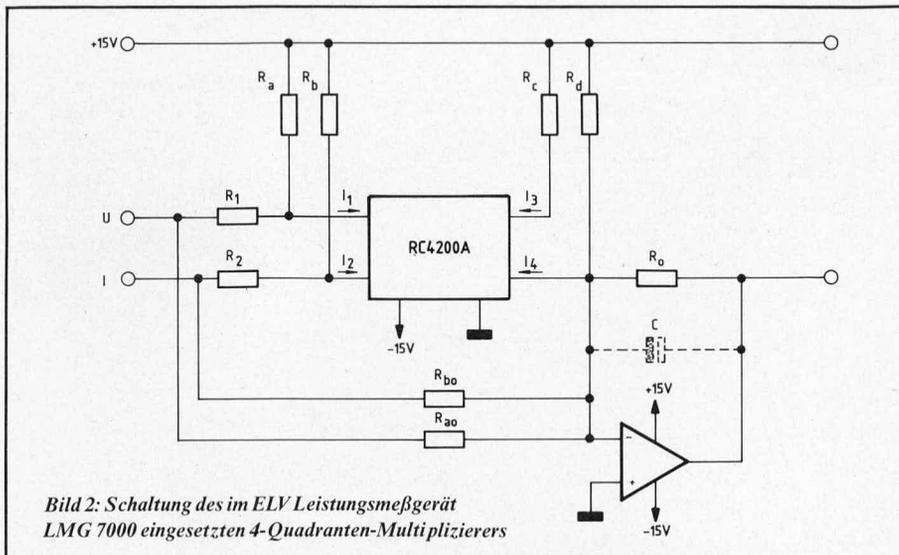


Bild 2: Schaltung des im ELV Leistungsmeßgerät LMG 7000 eingesetzten 4-Quadranten-Multiplizierers

phasenverschoben. Der fließende Strom ist in beiden Bauelementen gleich, da es sich um eine Reihenschaltung handelt und liegt in Phase mit der Wirkspannung.

Bei rein sinusförmigen Wechselspannungen und Wechselströmen kann die Wirkleistung daher unter Berücksichtigung des Phasenwinkels zwischen der Gesamtspannung und dem Strom nach der Formel berechnet werden: $P = U_{\text{gesamt}} \cdot I \cdot \cos \varphi$.

Berücksichtigt man den Phasenwinkel nicht, erhält man als Ergebnis die Scheinleistung, die nur, wie bereits erwähnt, in einem sehr selten auftretenden Spezialfall mit der Wirkleistung übereinstimmt (rein Ohm'scher Verbraucher).

Da vom E-Werk jedoch lediglich die Wirkleistung als Grundlage der Abrechnung dient, ist in den meisten Fällen auch nur diese Leistungsangabe von Interesse.

In der Praxis kommt darüber hinaus bei der Leistungsmessung ein weiteres Erschwerendes durch nicht lineare, d. h. aktive, Bauelemente hinzu. Sowohl Motore als auch in besonderem Maße Halbleiterbauelemente, verfälschen die Kurvenform der Sinusfunktion zum Teil beträchtlich. Der durch einen entsprechenden Verbraucher hindurchfließende Strom weist teilweise nur noch geringe Ähnlichkeit mit einer Sinusfunktion auf, obwohl eine reine Sinusspannung angelegt wurde. In diesem Fall ist eine Leistungsberechnung auch nach der Formel $P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$ nur noch sehr eingeschränkt oder gar nicht mehr möglich. Kommen dann noch Gleichspannungsanteile hinzu, ist die grobe Schätzung „über den Daumen“ oft richtiger als eine Messung oder Berechnung.

Ein korrektes Meßergebnis liefert in allen, in der Praxis üblicherweise vorkommenden Fällen der Leistungsmessung, ein Meßgerät mit integriertem Analog-Multiplizierer. Wichtig ist hierbei, daß der Multiplizierer in allen vier Quadranten arbeiten kann, d. h., es müssen sowohl positive als auch negative Spannungen sowie positive und negative Ströme in jeder Kombination verarbeitet werden können. Eine anschließende Integration liefert dann das gewünschte Meßergebnis der Wirkleistung, unabhängig von der Phasenlage und den Kurvenformverzerrungen.

Funktionsbeschreibung

Das Herzstück des ELV Leistungsmeßgerätes LMG 7000 besteht im wesentlichen aus einem Präzisionsmultiplizierer der Firma Raytheon des Typs RC 4200 A. Besonders ist hierbei auf die Zusatzbezeichnung „A“ zu achten, die besagt, daß es sich um die Präzisionsversion handelt, denn es gibt dieses IC auch in der Standard-Ausführung mit einer deutlich geringeren Genauigkeit.

In Bild 2 ist die im ELV Leistungsmeßgerät LMG 7000 eingesetzte Schaltung eines Vier-Quadranten-Multiplizierers dargestellt.

Von Hause aus arbeitet das IC des Typs RC 4200 A lediglich im ersten Quadranten, d. h., beide zu multiplizierende Eingangsspannungen müßten positiv sein. Darüber hinaus gibt es Stabilitätsprobleme, sobald der Eingangsstrom unter einem bestimmten Minimalwert sinkt. In der vorliegenden Schaltung wurden diese Nachteile dadurch ausgeglichen, indem durch die Widerstände R_a , R_b , R_c und R_d jedem Ein- bzw. Ausgang ein Vorstrom zugeführt wird, dessen exakte Dimensionierung jedoch von ausschlaggebender Bedeutung ist. Für das IC des Typs RC 4200 A gilt die Beziehung:

$$I_1 \cdot I_2 = I_3 \cdot I_4$$

Für die entsprechenden Widerstände ergibt sich hieraus die Formel:

$$R_a \cdot R_b = R_c \cdot R_d$$

Auf die exakte Dimensionierungsbeschreibung der übrigen Widerstände soll an dieser Stelle verzichtet werden, da es sich hierbei um aufwendigere Berechnungen handelt. Nur so viel sei gesagt:

Die Widerstände R_1 und R_2 legen den Eingangsspannungsbereich fest, während die Widerstände R_{a0} und R_{b0} zur Kompensation der entsprechenden Vorströme in den verschiedenen Betriebszuständen dienen, damit auch der Betrieb in allen vier Quadranten sichergestellt ist.

R_0 dient lediglich zur Festlegung des Skalenfaktors.

Für die anschließend erforderliche Integration zur Bildung des arithmetischen Mittelwertes, dient der Kondensator C im Rückkopplungszweig des Operationsverstärkers.

Am Ausgang steht dann eine Spannung zur Verfügung, die dem Produkt $P = U \cdot I$ entspricht, und zwar unabhängig von Phasenverschiebungen und Kurvenformverzerrungen.

In Bild 3 ist zum besseren Verständnis ein Blockschaltbild des Gesamtkonzeptes dargestellt.

Wie daraus ersichtlich ist, besitzt das LMG 7000 sowohl für die Spannungs- als auch für die Strommessung getrennte Digital-Anzeigen. Auf einer weiteren 3 1/2-stelligen 7-Segment-Anzeige kann die vom angeschlossenen Verbraucher aufgenommene Leistung direkt abgelesen werden.

Aufgrund der hochwertigen Schaltungstechnik ist es möglich, sowohl Gleich- als auch Wechselspannungen und -ströme ohne Umschaltung zu messen, wobei insgesamt 6 Meßbereiche zur Verfügung stehen. Der kleinste Meßbereich hat einen Endwert von 2 W mit einer Auflösung von 1 mW, während der Vollausschlag des größten Meßbereiches bei 2000 W liegt.

Die Schaltung sowie das Platinenlayout stellen wir Ihnen dann in der kommenden Ausgabe des ELV journals in dem II. und abschließenden Teil dieses Artikels vor.

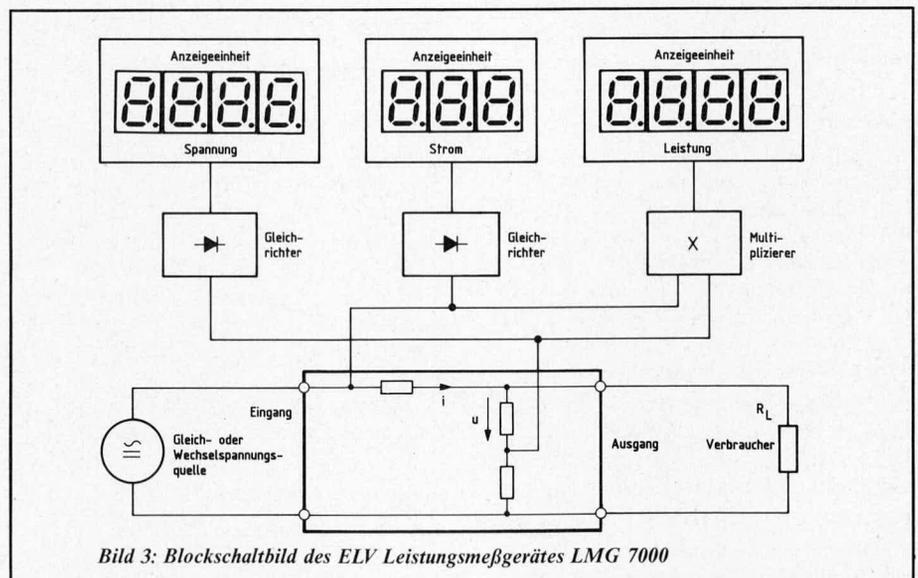


Bild 3: Blockschaltbild des ELV Leistungsmeßgerätes LMG 7000

ELV Motor-Tester MT 2000 kompakt

Mit diesem universellen, in einem handlichen Gehäuse eingebauten Motor-Tester, können alle wesentlichen Messungen an der Zündanlage eines Kfz's auf einfache Weise vorgenommen werden.

Es können Drehzahl, Schließwinkel, Bordspannung, Kontaktübergangswiderstand sowie Zündkabelwiderstand gemessen werden.

Allgemeines

Wartungs- und Einstellarbeiten an der Zündanlage eines Kfz's sind mit Hilfe geeigneter Meßgeräte leicht selbst durchzuführen, bei gleichzeitiger hoher Effektivität. Eine korrekt eingestellte Zündanlage kann Benzineinsparungen bringen, die innerhalb kürzester Zeit die aufgewendeten Kosten für das Meßgerät überschreiten. In diesem Zusammenhang ist es selbstverständlich um so wichtiger, als daß es sich bei den eingesetzten Meßgeräten um präzise arbeitende Schaltungen handelt, die auf die im Kfz vorkommenden Gegebenheiten abgestimmt sind. Besonders ist hierbei der erhebliche Störanteil auf den in dem Kfz vorhandenen Signalen zu berücksichtigen.

Der im ELV-Labor entwickelte Motor-Tester „MT 2000 kompakt“ besitzt eine ausgereifte Schaltungstechnik, die sich in einer hohen Präzision und Störsicherheit der Meßergebnisse niederschlägt.

Drehzahl, Schließwinkel, Spannungs- und Widerstandsmessungen werden mit einer Genauigkeit von ca. 1 % gemessen, bei einer ungewöhnlich hohen Auflösung.

Die mit dem „MT 2000 kompakt“ durchgeführten Einstellarbeiten weisen daher eine besondere Qualität auf.

Bedienung und Funktion

Zur Drehzahlmessung wird das 2adrige Meßkabel einfach direkt an den Unterbrecherkontakt angeschlossen, wobei die Minusklemme mit der Kfz-Masse, d. h. mit dem Minuspol der Batterie, zu verbinden ist. Bei Fahrzeugen mit umgekehrter Polarität, für die der „MT 2000 kompakt“ gleichfalls einsetzbar ist, muß die Polarität der Anschlußkabel vertauscht werden.

Der Meßbereichwahlschalter wird nun in seine erste Stellung „Drehzahl“ gebracht. Auf der Anzeige ist die Drehzahl des Motors mit einer Auflösung von 10 Upm abzulesen.

Bringt man den Drehschalter in die zweite Stellung „Schließwinkel“, kann der Schließwinkel direkt in Prozenten abgelesen wer-

den, bei einer Auflösung von 0,1 %. Ein Umstecken der Anschlußklemmen ist hierbei nicht erforderlich.

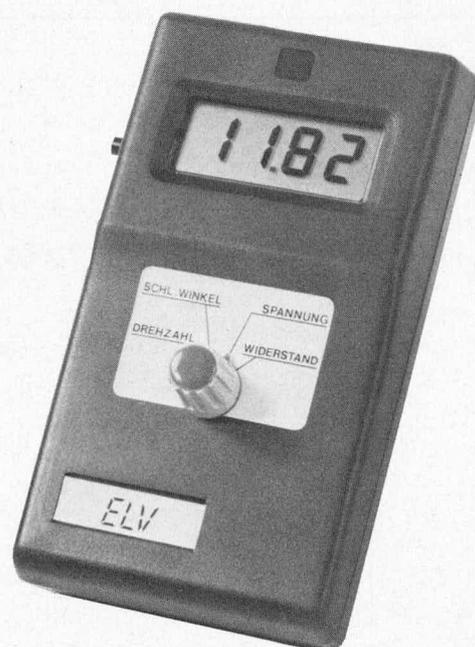
Durch einfaches Umschalten zwischen den beiden Meßbereichen 1 und 2 kann unmittelbar jede beliebige Drehzahl den Schließwinkeln zugeordnet werden.

Um eine universelle Schließwinkelanzeige zu erhalten, unabhängig von der Zylinderzahl der zu testenden Motore, haben wir uns entschlossen, die Anzeige in „%“ vorzunehmen. Hierbei bedeutet ein Schließwinkel von 100 %, daß der Kontakt permanent geschlossen ist, während 0 % eine dauernde Öffnung des Kontaktes anzeigt. Bei einem Tastverhältnis von 1 : 1 ist der Kontakt die halbe Zeit geschlossen und die andere Hälfte der Zeit geöffnet. Dies bedeutet einen Schließwinkel von 50 %.

Um die am Unterbrecherkontakt einzustellende, vom Hersteller gemachte Schließwinkelangabe in Prozent umzurechnen, bedient man sich folgender Formel:

$$\text{Schließwinkel (\%)} = \frac{\text{Zylinderzahl}}{360^\circ} \cdot 100\%$$

Ein vom Hersteller bei einem 4-Zylinder-



Motor angegebener Schließwinkel von 50,0° ergibt nach vorstehender Formel einen Schließwinkel in % von:

$$50,0^\circ \cdot \frac{4}{360^\circ} \cdot 100\% = 55,6\%$$

Die Anzeige wäre also bei einer Herstellerangabe von 50,0° auf 55,6 % bei einem 4-Zylinder-Motor einzustellen.

Dieser Meßbereich ist daher vollkommen unabhängig von der Zylinderzahl des zu testenden Motors einsetzbar.

In der dritten Schalterstellung sind Spannungsmessungen mit einer Auflösung von 0,01 V im Bereich von 0–20 V möglich.

Es kann sowohl die Bordspannung auf ihre richtigen Werte hin überprüft werden, als auch die tatsächlich an den Lampen bzw. an dem Akku anliegende Spannung.

Aufgrund der hohen Auflösung sind darüber hinaus auch Spannungsabfälle an Zuleitungen und Kontakten meßbar, wodurch sich eine Fehlersuche bei Kontaktübergangswiderständen usw. einfach gestaltet.

Als weiteren sehr wichtigen Meßpunkt wird in diesem dritten Bereich der Kontaktübergangswiderstand des Unterbrecherkontaktes gemessen. Er wird sinnvollerweise nicht, wie der Name vielleicht vermuten läßt, in Form eines niederohmigen Widerstandes gemessen, sondern praxisbezogen als effektiver Spannungsabfall über dem Kontakt selbst.

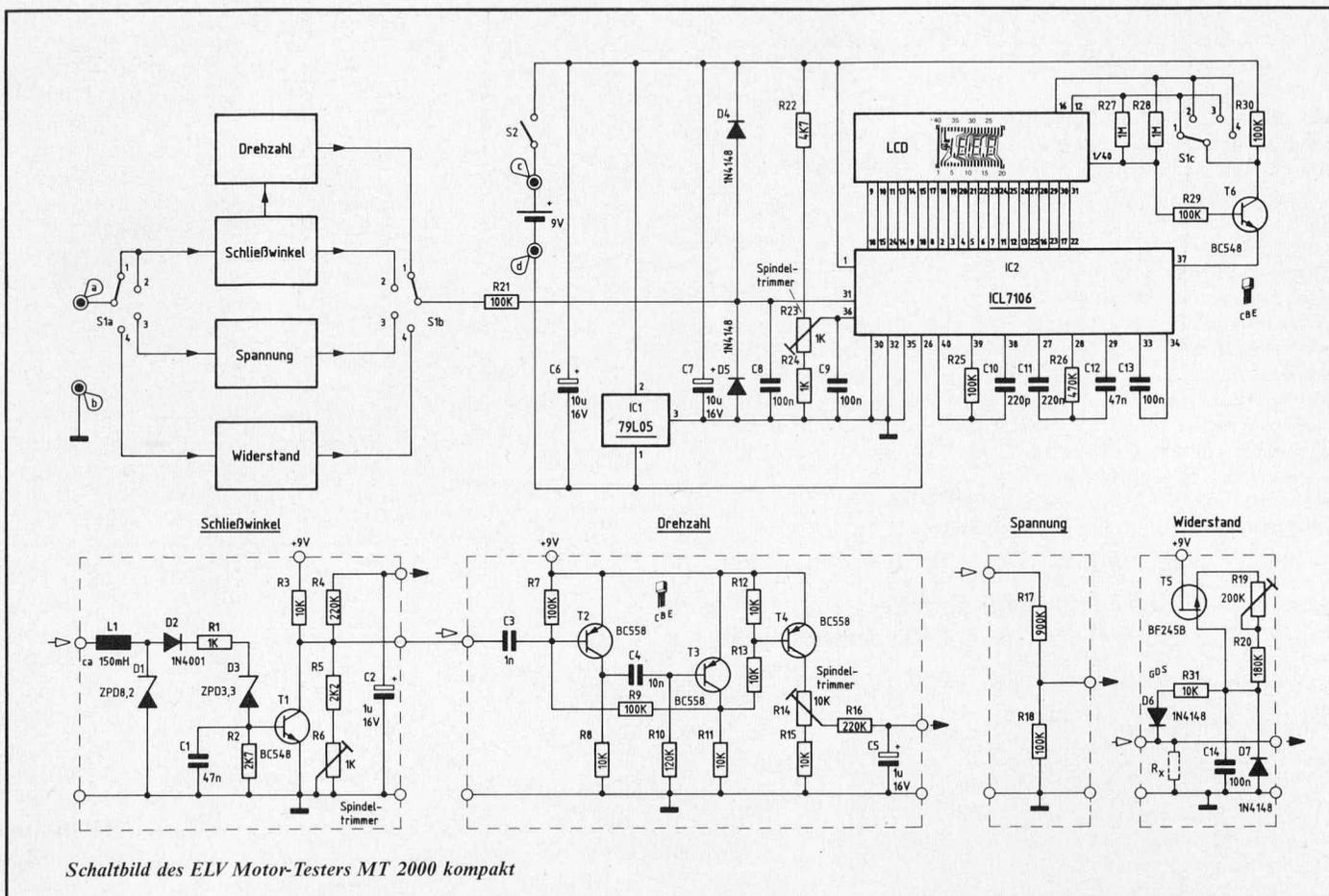
Aufgrund der unterschiedlichen Ströme, die bei den verschiedenen Typen von Zündspulen fließen können, ist eine Widerstandsaussage weitgehend uninteressant. Was tatsächlich zählt, ist der Spannungsabfall am geschlossenen Unterbrecherkontakt bei eingeschalteter Zündung.

Als gute Werte können Spannungsabfälle unter 0,20 V gewertet werden, wobei ein max. Spannungsabfall nicht über 1,0 V liegen sollte. Bei höheren Werten ist der Kontakt auszutauschen.

In der vierten Schalterstellung werden Widerstände im Bereich von 0–100 kΩ bei einer

Technische Daten:

Drehzahlmeßbereich:	10 – ca. 15000 Upm
Auflösung:	10 Upm
Genauigkeit:	ca. 1 %
Meßpunkte:	Unterbrecherkontakt – Masse
Schließwinkelmessung:	0 – 100 %
Auflösung:	0,1 % (!)
Genauigkeit:	ca. 1 %
Meßpunkte:	wie 1.
Spannungsmessung:	0 – 19,99 V
Auflösung:	0,01 V = 10 mV
Genauigkeit:	0,1 %
Widerstandsmessung:	0 – 100,0 kΩ
Auflösung:	0,1 kΩ = 100 Ω
Genauigkeit:	ca. 1 %



Schaltbild des ELV Motor-Testers MT 2000 kompakt

Auflösung von 0,1 k Ω , entsprechend 100 Ω , gemessen.

In diesem Meßbereich werden z. B. die Widerstände innerhalb der Zündanlage wie folgt überprüft.

- Bei eingebauten Widerständen im Verteilerfinger muß der Widerstand zwischen Verteilerfingermitte und Verteilerfingerausgang 5 k Ω betragen.
- Von der Verteilerkappe bis zum Ausgang des Zündkerzensteckers muß der Widerstand bei nicht entstörten Leitungen 1 k Ω betragen und bei entstörten Zündkerzensteckern 5 k Ω .

Die Entstörung des Fahrzeuges wird um so besser, je hochohmiger dieser Widerstand ist. Es können auch durchaus Werte von über 5 k Ω bis in die Größenordnung von 10 k Ω gewählt werden. Zu beachten ist allerdings in diesem Zusammenhang, daß die Entstörung bei zunehmendem Widerstand zwar größer wird, dies jedoch zu Lasten der Motorleistung und des Benzinverbrauches geht, da nicht mehr die volle Zündenergie zur Verfügung steht. Grundsätzlich sind auch Werte von 50 k Ω denkbar, die eine ausgezeichnete Entstörung ermöglichen, andererseits aber auf die Grenze des Sinnvollen im Hinblick auf den Benzinverbrauch stoßen.

Darüber hinaus sind in diesem Meßbereich hochohmige Übergangswiderstände und Kriechströme überprüfbar.

Zur Schaltung

Für alle vier Meßbereiche werden Wandler-schaltungen eingesetzt, die ein entsprechendes Eingangssignal in eine proportionale Spannung umsetzen.

So entspricht z. B. eine Spannung von 1,0 V in der ersten Schalterstellung einer Drehzahl von 10000 Upm, während in der zweiten Schalterstellung ein Schließwinkel von 100,0% eben dieser Spannung entspricht.

Bevor wir nun auf die nähere Beschreibung der vier Wandler-schaltungen für die vier Meßbereiche eingehen, wollen wir kurz die weitere Verarbeitung besprechen.

Die von den Wandler-schaltungen gelieferte, den jeweiligen Eingangssignalen proportionale Ausgangsspannung, wird mit dem Umschalter S1b angewählt und über R21 auf den Eingang des A/D-Wandlers IC2 des Typs ICL7106 mit nachgeschalteter LCD-Anzeige gegeben. Auf die detaillierte Beschreibung dieses IC's wollen wir an dieser Stelle verzichten, da eine ausführliche Beschreibung bereits in früheren Ausgaben des ELV journals vorgenommen wurde. Wichtig ist in diesem Zusammenhang lediglich die Tatsache, daß eine an Pin 31 des IC2 anliegende Eingangsspannung im Bereich von 0–2,000 V in eine äquivalente digitale Anzeige auf dem LC-Display umgesetzt wird.

S1c dient in diesem Zusammenhang lediglich zur Punkteumschaltung.

Die Versorgung des IC2 erfolgt direkt aus der 9V-Block-Batterie, während die übrige Schaltung sowie der Schaltungsteil zur Referenzspannungseinstellung (R22–R24) mit dem Festspannungsregler IC1 des Typs 79L05 vorgenommen wird. Als Besonderheit ist darauf zu achten, daß es sich um einen Negativ-Festspannungsregler handelt, dessen Ausgangsspannung gegenüber der positiven Versorgungsspannung von +9V stabil ist.

Kommen wir jetzt zur Beschreibung der vier Wandler-schaltungen für die einzelnen Meßbereiche:

Zweckmäßigerweise beginnen wir hierbei mit dem zweiten Meßbereich zur Schließwinkel-messung, die in Prozenten vorgenommen wird.

Über die Induktivität L1 gelangt das vom Unterbrecherkontakt kommende Eingangssignal zunächst auf die Z-Diode D1, die eine erste Begrenzung vornimmt. Der Induktivität L1 kommt hierbei eine besondere Bedeutung zu, da es unbedingt erforderlich ist, das extrem stark verzerrte, vom Unterbrecherkontakt kommende Eingangssignal möglichst optimal zu filtern, ohne dabei größere Schaltverzögerungszeiten in Kauf nehmen zu müssen.

Die normalerweise am Unterbrecherkontakt geschaltete Spannung im Bereich von 0–12V ist mit Störspitzen überlagert, die mehrere 100 V sowohl in positiver als auch in negativer Richtung aufweisen können, wobei zusätzlich Einschwingvorgänge bei nicht sachgemäßer Filterung ein Meßergebnis vollkommen unbrauchbar machen können.

Durch die Induktivität L1 mit extrem großem Luftspalt, wird eine optimale Filterung erreicht. Das anschließend mit D1 begrenzte Signal gelangt über D2, R1 sowie D3 auf die Basis des Schalttransistors T1.

Zur weiteren Störimpulsunterdrückung dient die R/C-Kombination R2/C1.

Am Kollektor von T1 steht dann ein verhältnismäßig sauberes Rechtecksignal an, mit einer Amplitude von exakt 1,0 V, die mit R6 eingestellt wird.

Die anschließende Integration über R4/C2 liefert eine dem Schließwinkel proportionale Ausgangsspannung.

Für die Drehzahlmessung in der ersten Schalterstellung wird das am Kollektor von T1 anstehende Rechtecksignal weiterverarbeitet. Die Frequenz ist der Drehzahl direkt proportional. Für die Drehzahlmessung ist ein Wandler erforderlich, der eine Eingangsfrequenz in eine proportionale Ausgangs-Gleichspannung umwandelt. Hierzu dient das Mono-Flop, bestehend aus den Transistoren T2 und T3 mit Zusatzbeschaltung. Unabhängig von der Ansteueramplitudenhöhe über C3 sowie der Periodendauer, steht am Ausgang des Mono-Flops (Kollektor von T3) ein Rechtecksignal mit konstanter Impulszeit an. T4 dient hierbei der Pegelumsetzung, so daß sich von der Schaltungsmasse aus gesehen, immer ein positiver Impuls mit konstanter Länge ergibt. Die anschließende Integration mit R16/C5 ergibt auch hier eine Ausgangsgleichspannung, die der Eingangsfrequenz, d. h. der Drehzahl, proportional ist.

Die dritte Schalterstellung dient der Gleichspannungsmessung. Hierzu ist eine Umsetzung von 20,00 V auf 2,000 V erforderlich, was mit einem einfachen Spannungsteiler (R17/R18) bewerkstelligt wird. Die vierte Schalterstellung dient der Widerstandsmessung. Hierfür ist lediglich eine konstante Stromquelle erforderlich, die einen Strom von 10 μ A liefert. Hierdurch fällt an einem 100 k Ω Widerstand eine Spannung von 1,00 V ab, entsprechend 100,0 k Ω .

Bei einer Gate/Source-Spannung des FET von ca. 2,2 V reicht der Meßbereich von 0 bis 200 k Ω , während bei größeren Gate/Source-Spannungen der Meßbereich etwas eingeschränkt wird. Die zur Verfügung stehende Versorgungsspannung von 5 V muß stets größer sein, als die Gate/Source-Spannung + U_{R31} + U_{Diode} + Meßspannung (bei 200 k Ω -2 V). Bei Gate/Source-Spannungen von 3 V und mehr wird der Ω -Meßbereich daher etwas eingeschränkt. Es steht jedoch immer ein ausreichender Bereich bis 100 k Ω zur Verfügung.

Zum Nachbau

In den meisten Fällen soll die fertig bestückte Platine in ein Gehäuse eingebaut werden, zumal hierfür schon eine entsprechende Möglichkeit vorgesehen ist.

Zweckmäßigerweise geht man beim Aufbau deshalb wie folgt vor:

Zuerst wird die noch unbestückte Platine in das Gehäuse eingepaßt. Dies ist ratsam, da man immer mit gewissen Toleranzen seitens des Platinenmaterials oder der Gehäuseabmessungen rechnen muß. Ggf. ist die Platine an den Kanten etwas nachzuarbeiten.

Sobald dies erledigt ist, kann mit dem eigentlichen Aufbau in gewohnter Weise begonnen werden.

Als erstes werden die Brücken, danach die Widerstände, Trimmer und Kondensatoren eingelötet.

Bevor wir nun zum Einpassen der LCD-Anzeige kommen, sind noch die IC's einzu-

setzen und eine sorgfältige Kontrolle vorzunehmen.

Dies ist besonders wichtig, da sich das Haupt-IC unter der LCD-Anzeige befindet und nachträgliche Änderungen schwierig sind.

Die richtige Einbaulage der LCD-Anzeige erkennt man, indem man die Anzeige schräg gegen das Licht hält. Die Segmente der einzelnen Zahlen sind dann etwas sichtbar, auch ohne Anlegen einer Spannung.

Im allgemeinen lassen sich die Segmente einer LCD-Anzeige auch kurzzeitig zum Aufleuchten bringen, wenn man vorsichtig mit der Lötkolbenspitze an den Anschlüssen entlang fährt, um so die richtige Einbaulage zu erkennen.

Ist die Bestückung der Platine fertiggestellt und noch einmal überprüft, sollte der Abgleich vor Einbau in das Gehäuse vorgenommen werden. Hierzu ist lediglich noch die Batterie anzuschließen.

Kalibrierung

Die Einstellung, d. h. die Kalibrierung, ist ohne aufwendige Hilfsmittel auf einfache Weise möglich.

Zunächst wird in Schalterstellung 3 (Spannungsmessung) eine bekannte Spannung im Bereich von 10–20 V an die Eingangsbuchsen gelegt und der Spindeltrimmer R23 zur Grundkalibrierung auf diesen Wert eingestellt.

Zu beachten ist, daß vorstehend beschriebener Abgleich zur Einstellung des Spindeltrimmers R23 unbedingt als erster Abgleichschritt durchzuführen ist.

Als nächstes bringen wir den Drehschalter in Stellung 4 und legen einen bekannten Widerstand im Bereich von 80–100 k Ω an die Meßbuchsen. Da es sich um einen verhältnismäßig hochohmigen Meßbereich handelt, darf der Widerstand während des Meßvorganges nicht berührt werden, um zusätzliche Kriechströme auszuschließen.

Mit R19 wird jetzt die Anzeige auf den entsprechenden Wert eingestellt. Sollte der Einstellbereich des Trimmers nicht ausreichen, kann durch Vergrößern oder Verkleinern von R20 eine Anpassung vorgenommen werden.

Jetzt wird der Meßbereichswahlschalter in Stellung 2 (Schließwinkel) gebracht. Mit R6 wird auf der Anzeige ein Wert von 100,0% eingestellt, wobei einige Digit Abweichung in dem Bereich der Toleranz liegen, da das Gerät eine Auflösung von 0,1% (!) besitzt. Die Eingangsklemmen sind hierbei unbeschaltet.

Tabelle I	Multiplikator	
	Viertakt	Zweitakt
1	4	2
2	2	1
3	1,33	0,667
4	1	0,5
5	0,8	–
6	0,667	–
8	0,5	–
12	0,333	–

Wird an die Eingangsklemmen eine Spannung von 8–15 V gelegt, muß die Anzeige auf „00,0“ gehen. Eine Abweichung von 5–10 Digit ist zulässig. Bei einer Verpolung nimmt das Gerät keinen Schaden, die Anzeige bleibt jedoch auf 100,0% stehen.

Die Kalibrierung der Drehzahl in Schalterstellung 1 wird als letzte Einstellung vorgenommen. Ausgehend von einem 4-Zylinder-Viertakt-Motor wird hierzu eine bekannte Frequenz im Bereich von 100 Hz bis 500 Hz an den Eingang gelegt und die Anzeige auf den mit 30 multiplizierten Wert mit R14 eingestellt.

Eine entsprechende, zur Drehzahleinstellung geeignete Frequenz von 100 Hz gewinnt man z. B. aus einer brückengleichgerichteten Netzwechselspannung im Bereich zwischen 5 V und 15 V, wie dies aus Bild 2 ersichtlich ist.

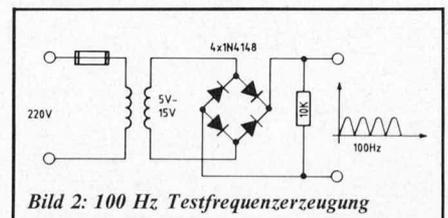


Bild 2: 100 Hz Testfrequenzzeugung

Sollte der Einstellbereich des Trimmers R14 nicht ausreichen, kann der Wert von R15 ggf. geringfügig verkleinert werden.

Die vorstehend beschriebene Einstellung bezieht sich, wie bereits erwähnt, auf 4-Zylinder-Viertakt-Motore, so daß bei anderen Zylinderzahlen entweder eine Umrechnung oder eine Umdimensionierung erforderlich wird. Aus der Tabelle I ist ersichtlich, mit welchen Faktoren die Anzeige zu multiplizieren ist, wenn die Grundeinstellung auf einen 4-Zylinder-Viertakt-Motor zugeschnitten ist.

Möchte man hingegen bei einer anderen Zylinderzahl Messungen durchführen und das Ergebnis direkt ablesen, ist eine Dimensionierungsänderung des Kondensators C4 vorzunehmen, um anschließend die Anzeige bei einer Eingangsfrequenz von 100 Hz auf den in der Tabelle II angegebenen Drehzahlwert mit R14 einzustellen.

In Tabelle II sind sowohl für die unterschiedlichen Zylinderzahlen als auch getrennt nach 4-Taktern und 2-Taktern die entsprechenden Werte angegeben.

Die genaue Kalibrierung wird in jedem Falle mit R14 vorgenommen, wobei dann der Drehzahlmesser auf den entsprechenden Motortyp festgelegt ist.

Tabelle II	Viertakt		Zweitakt	
	C 4	Drehzahl bei $f_{in} = 100$ Hz	C 4	Drehzahl bei $f_{in} = 100$ Hz
1	39 nF	12.000	18 nF	6.000
2	18 nF	6.000	10 nF	3.000
3	10 nF	4.000	6,8 nF	2.000
4	10 nF	3.000	4,7 nF	1.500
5	6,8 nF	2.400	–	–
6	6,8 nF	2.000	–	–
8	4,7 nF	1.500	–	–
12	3,3 nF	1.000	–	–

Stückliste:

ELV Motor-Tester MT 2000 kompakt

Halbleiter

IC1	79L05
IC2	ICL 7106
T1, 6	BC 548
T2—T4	BC 558
T5	BF 245
D1	ZPD 8,2 V
D2, D4—D7	1N4148
D3	ZPD 3,3 V

Kondensatoren

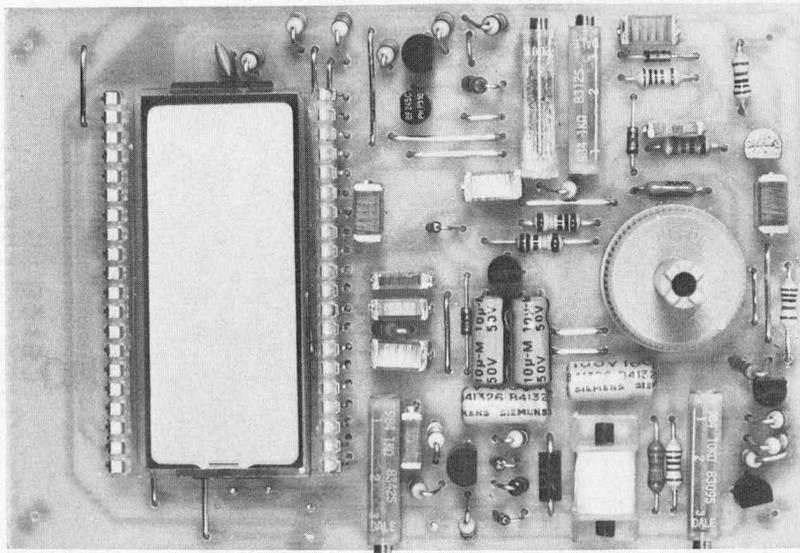
C1	47 nF
C2	1 μ F/16 V
C3	1 nF
C4	10 nF
C5	1 μ F/16 V
C6, C7	10 μ F/16 V
C8, C9, C13, C14	100 nF
C10	220 pF
C11	220 nF
C12	47 nF

Widerstände

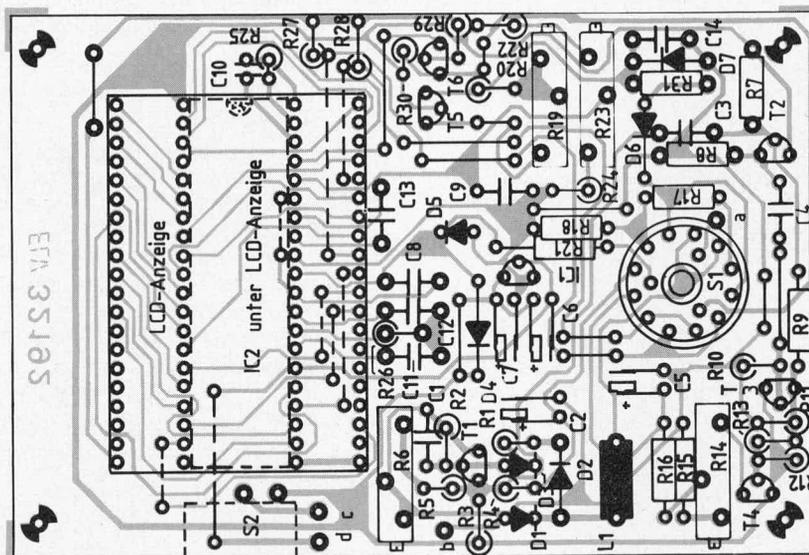
R1	1 k Ω
R2	2,7 k Ω
R3	10 k Ω
R4, R16	220 k Ω
R5	2,2 k Ω
R6	1 k Ω , Spindeltrimmer
R7	100 k Ω
R8, R11—R13, R15, R31	10 k Ω
R9	100 k Ω
R10	120 k Ω
R14	10 k Ω , Spindeltrimmer
R17	900 k Ω , 0,5 %
R18	100 k Ω
R19	200 k Ω , Spindeltrimmer
R20	180 k Ω
R21	100 k Ω
R22	4,7 k Ω
R23	1 k Ω , Spindeltrimmer
R24	1 k Ω
R25	100 k Ω
R26	470 k Ω
R27, R28	1 M Ω
R29, R30	100 k Ω

Sonstiges

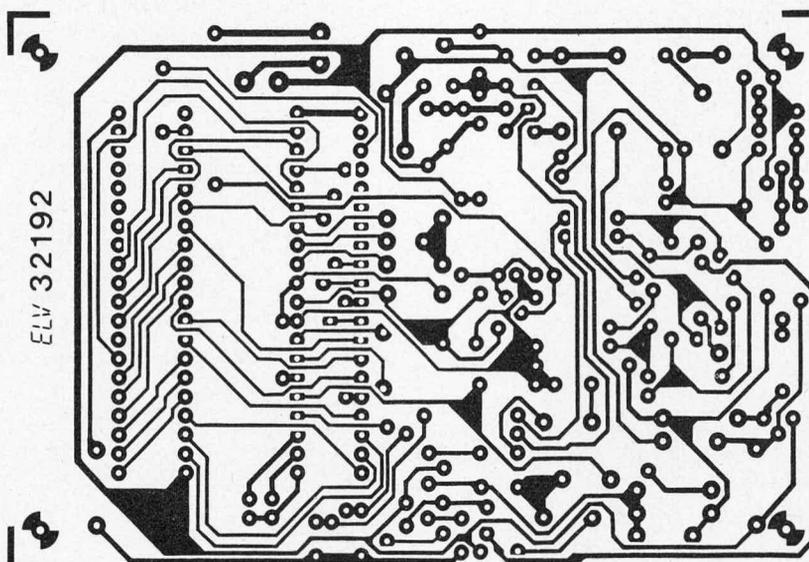
L1	ca. 100 mH/500 Ω
S1	ITT-Präzisionsdrehesalter 4,3 S
	1 x 3 $\frac{1}{2}$ stellige LCD-Anzeige
	2 x Bananenbuchsen
	20 cm Schaltdraht
	1 x Schiebeschalter
	1 x Spannzangendrehkopf (14 mm) mit Deckel und Pfeilscheibe
	1 9 V Batterieclip



Ansicht der fertig bestückten Platine des ELV Motor-Testers MT 2000 kompakt



Bestückungsseite der Platine des ELV Motor-Testers MT 2000 kompakt



Leiterbahnseite der Platine des ELV Motor-Testers MT 2000 kompakt

Feuchtealarm



Häufig ist es wünschenswert, feuchtigkeitsgefährdete Räume wie Keller, Küchen, Waschräume usw. zu überwachen. Der gerissene Schlauch einer Geschirrspül- oder Waschmaschine wird genauso zuverlässig angezeigt wie Regenwasser im Keller. Selbst geringe Bodenfeuchtigkeit wird durch einen intervallartigen lauten Signalton gemeldet.

Allgemeines

Die hier vorgestellte Schaltung kann sowohl zum Erkennen von Bodenfeuchtigkeit als auch von Wassereinbrüchen eingesetzt werden. Zwei Silberschaltdrähte dienen als Meßwertaufnehmer. Das Gehäuse, in dem sich die Schaltung des Feuchtealarms befindet, ist einfach auf den Boden des zu überwachenden Raumes zu legen. Werden die beiden Silberschaltdrähte bis unter den Gehäuseboden geführt, spricht der Alarm bereits an, wenn der mit den Silberschaltdrähten in Kontakt befindliche Boden feucht wird, so daß ein entsprechender Kriechstrom zwischen den beiden Schaltdrähten auftritt. Ordnet man hingegen die beiden Silberschaltdrähte derart an, daß sie sich ca. 1 mm über dem Gehäuseboden an der Gehäuseaußenseite befinden, so muß der Wasserspiegel zunächst diesen Stand erreicht haben, bevor ein entsprechender Kriechstrom fließen kann, der zum Auslösen des Alarms dient.

Zur Schaltung

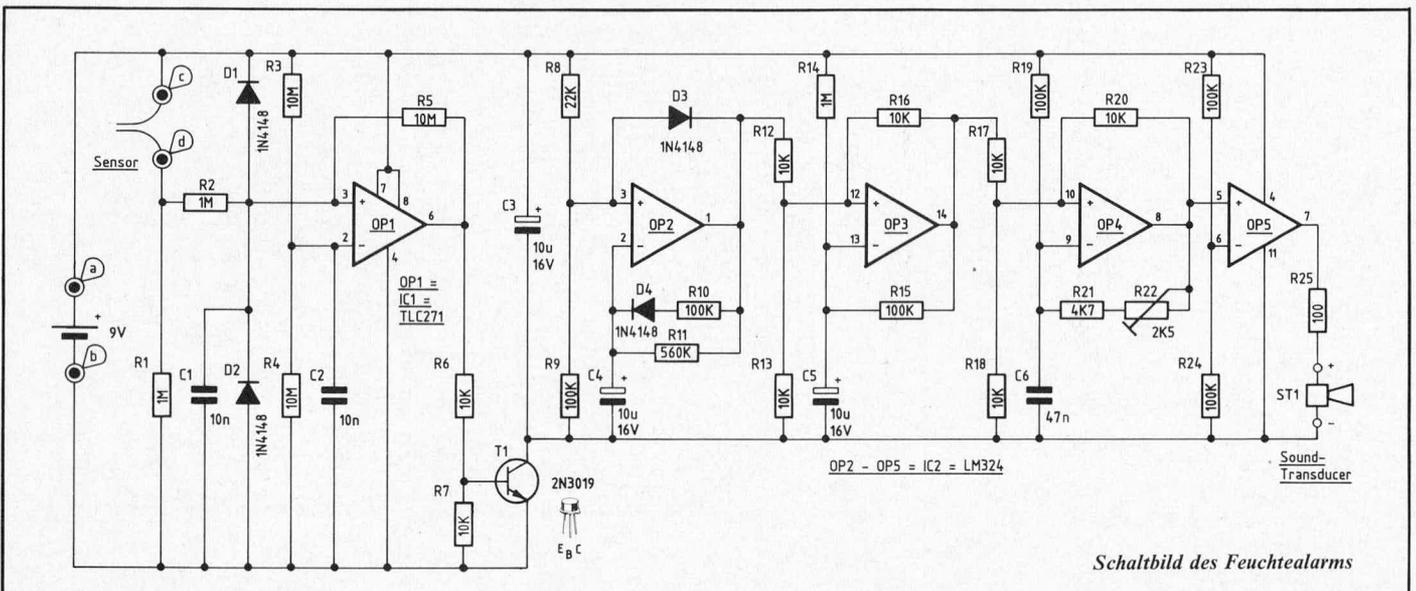
Als Meßwertaufnehmer dienen im vorliegenden Fall zwei Silberschaltdrähte, die im Abstand von ca. 5 mm an der Gehäuseaußenseite angeordnet werden. Bei trockener Umgebung ist der zwischen diesen Stiften fließende Strom vernachlässigbar. Der nichtinvertierende Eingang des OP 1 (Pin 3) liegt daher über die Widerstände R 1 und R 2 auf Masse (negative Versorgungsspannung - 9 V). Der invertierende Eingang (Pin 2) des OP 1 liegt über dem Spannungsteiler R 3/R 4 auf halber Batteriespannung und damit potentialmäßig über dem nicht invertierenden Eingang. Hieraus folgt, daß der Ausgang des OP 1 (Pin 6) annähernd auf 0 V liegt, wodurch T 1 sperrt und die nachfolgende Schaltung, bestehend aus OP 2 bis OP 5 mit Zusatzbeschaltung, stromlos bleibt.

Sobald zwischen den beiden an den Punkten „c“ und „d“ angeschlossenen Silberschaltdrähten ein ausreichender Kriech-

strom fließt, steigt das Potential am nicht invertierenden Eingang (Pin 3) des OP 1 über das am invertierenden Eingang (Pin 2) anliegende Potential, wodurch der Ausgang des OP 1 (Pin 6) in Richtung positiver Versorgungsspannung strebt. R 5 dient in diesem Zusammenhang zur Erzeugung einer geringen Hysterese.

Der Schalttransistor T 1 steuert durch und versorgt die nachfolgende Schaltung (OP 2 bis OP 5 mit Zusatzbeschaltung) mit Strom.

Die Operationsverstärker OP 2 bis OP 4 sind jeweils als Oszillator geschaltet. OP 2 schwingt mit einer Periodendauer von ca. 30 Sekunden bei einem Impuls/Pausenverhältnis von 1:5, während OP 3 mit einer Frequenz von 5 Hz und OP 4 mit ca. 2 kHz schwingen, jeweils bei einem Tastverhältnis von 1:1. OP 5 dient lediglich zum Puffern des Ausgangssignals von OP 4.



Schaltbild des Feuchtealarms

Stückliste: Feuchtealarm

Halbleiter

IC1	TLC271
IC2	LM324
T1	2N3019
D1—D4	1N4148

Kondensatoren

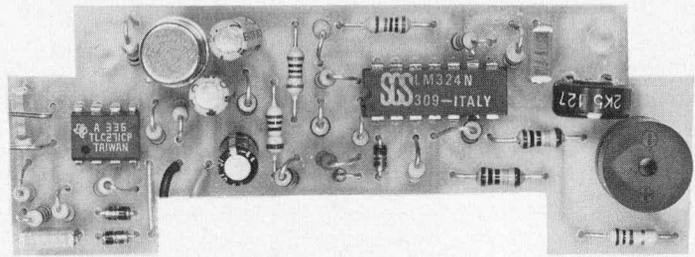
C1, C2	10 nF
C3—C5	10 μ F/16 V
C6	47 nF

Widerstände

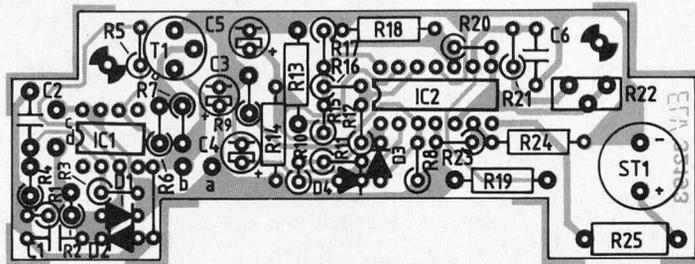
R1, R2	1 M Ω
R3, R4, R5	10 M Ω
R6, R7	10 k Ω
R8	22 k Ω
R9, R10	100 k Ω
R11	560 k Ω
R12, R13	10 k Ω
R14	1 M Ω
R15	100 k Ω
R16—R18	10 k Ω
R19	100 k Ω
R20	10 k Ω
R21	4,7 k Ω
R22	Trimmer stehend 2,5 k Ω
R23, R24	100 k Ω
R25	100 Ω

Sonstiges

1 Sound Transducer
4 Lötstifte
1 9 V-Batterieclip



Ansicht der fertig bestückten Platine des Feuchtealarms



Bestückungsseite der Platine des Feuchtealarms

Auf diese Weise wird der Sound-Transducer über R 25 in einem ca. 30 Sekunden andauernden Abstand für ca. 5 Sekunden mit einem impulsartigen 2 kHz-Ton versorgt.

Im Ruhezustand beträgt der Stromverbrauch der Schaltung ca. 10 bis 20 μ A, während im Alarmfall im Mittel ca. 8 mA der Batterie entnommen werden.

Mit einer 9 V-Alkali-Mangan-Batterie ist die Versorgung daher für zwei bis drei Jahre im Ruhezustand sichergestellt.

Die Frequenzen der drei Oszillatoren können durch die Kondensatoren C 4 bis C 6

geändert werden, wobei der mit dem OP4 aufgebaute Oszillator möglichst auf die Resonanzfrequenz des angeschlossenen Sound-Transducer eingestellt werden sollte, d. h. R 22 ist auf größte Lautstärke einzustellen.

Zum Nachbau

Die Bestückung der kleinen Leiterplatte ist in gewohnter Weise vorzunehmen, wobei darauf zu achten ist, daß einige Widerstände stehend eingebaut werden, wie dies auch aus dem Bestückungsplan hervorgeht. Das Platinenlayout ist so ausgelegt, daß die

Schaltung in ein dazu passendes Gehäuse eingebaut werden kann, wobei eine Ausparung für den sicheren Halt der 9 V Batterie vorgesehen ist.

Sofern Wasserstände von über 5 mm auftreten können, empfiehlt es sich, das Gehäuse möglichst gut abzudichten, damit kein Wasser eindringen kann, wobei die Bohrung für die Schallöffnung des Sound-Transducers ggf. mit einer dünnen, wasserdichten Folie abzukleben ist. Die Verschraubungen an der Gehäuseunterseite können z. B. mit Wachs abgedichtet werden.

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 anzuzeigen.

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 selbsttätig 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:

- Akkustest- 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)
- Akkuspannungen: 1,2 V bis 12 V
- max. Ausgangsladepannung: 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 Ladestromes 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

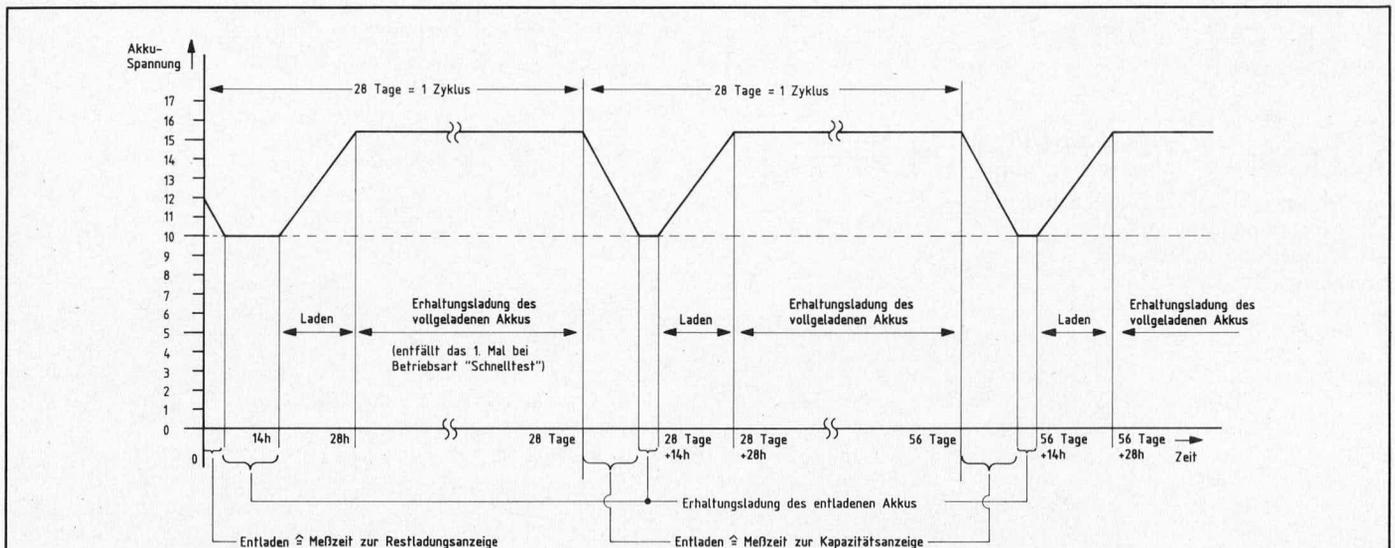


Bild 1: Graphische Darstellung des zeitlichen Ablaufes der Entlade-/Lade-Zyklen mit den dazwischen liegenden Erhaltungsladungsphasen

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 Kapazitätsmessung 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 Kapazitätsmessung.

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%. Beträgt die Akkukapazität jedoch nur 78%, bedeutet dies eine Entladedauer 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-Kapazitätsmessung 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 Entladevorganges

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-Kapazitätsmessung 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 Kapazitätsmessung 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-Kapazität

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-Nennspannung 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 Spannungsabfrage erhält die Ablaufsteuerung die Information über den Entladezustand 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.

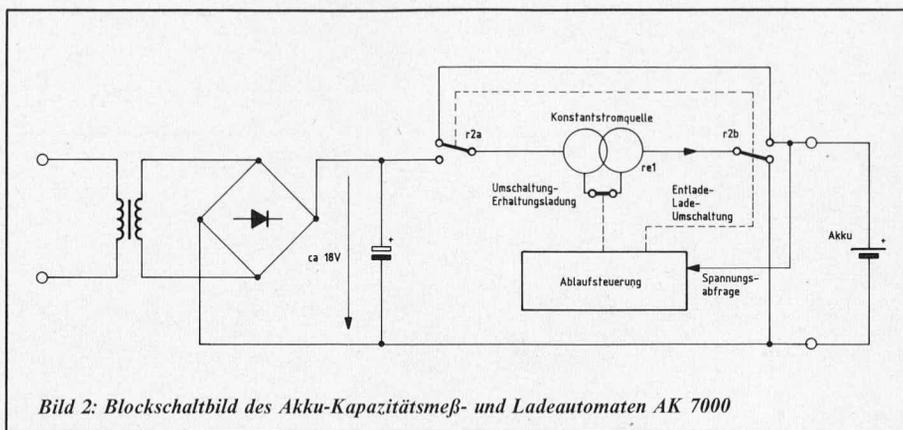


Bild 2: Blockschaltbild des Akku-Kapazitätsmeß- und Ladeautomaten AK 7000

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 OP 2, OP 3, 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 A) ca. 10 V anliegen. Diese verhältnismäßig hohe Meßspannung ist sinnvoll, um bei einem Strom von 1,0 mA noch eine verwertbare Spannung zu erhalten, die in diesem Falle immer noch 3,6 mV beträgt. Am Eingang des OP 3 liegen allerdings lediglich noch ca. 400 μ 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 RC4152 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.

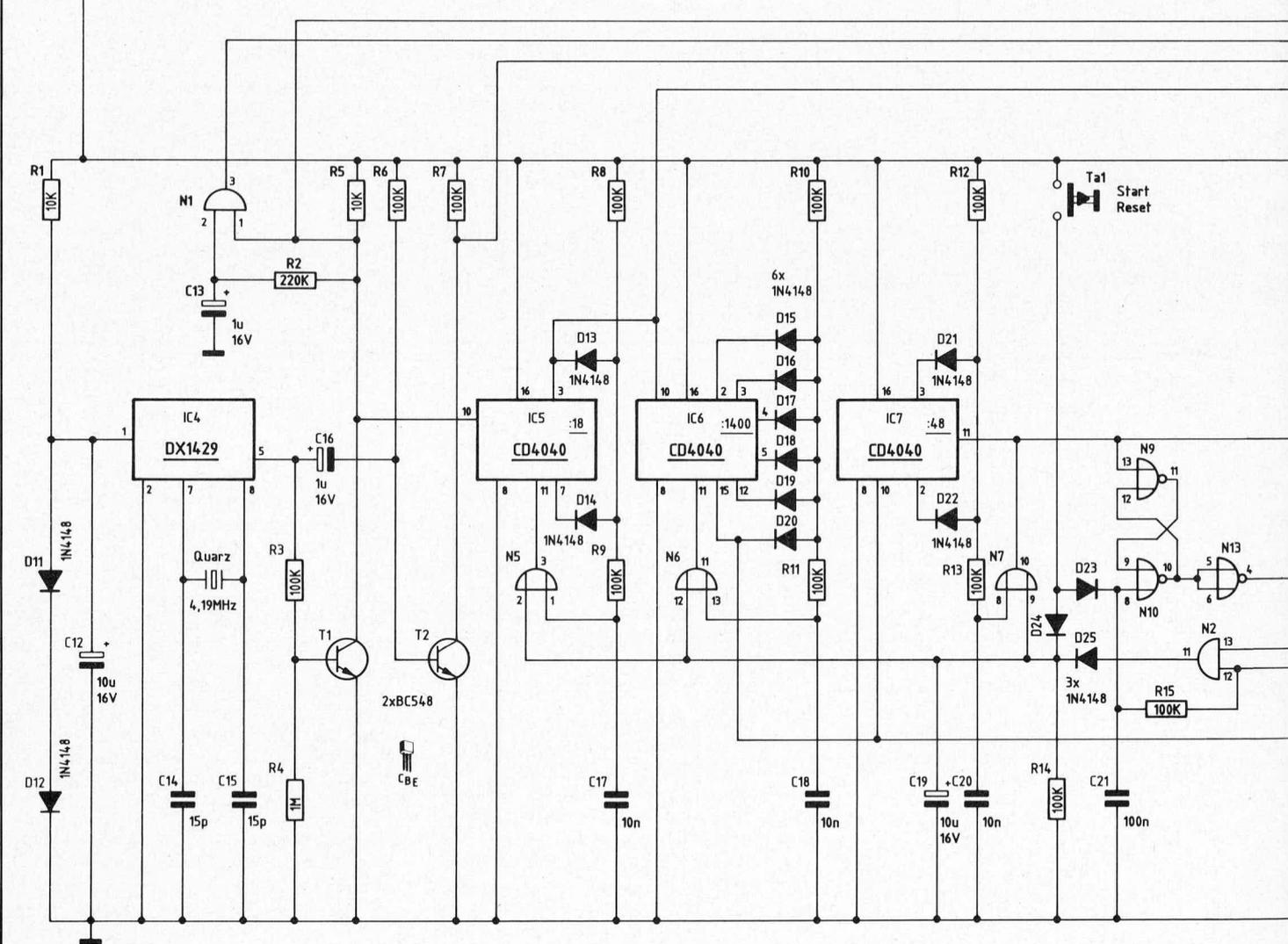
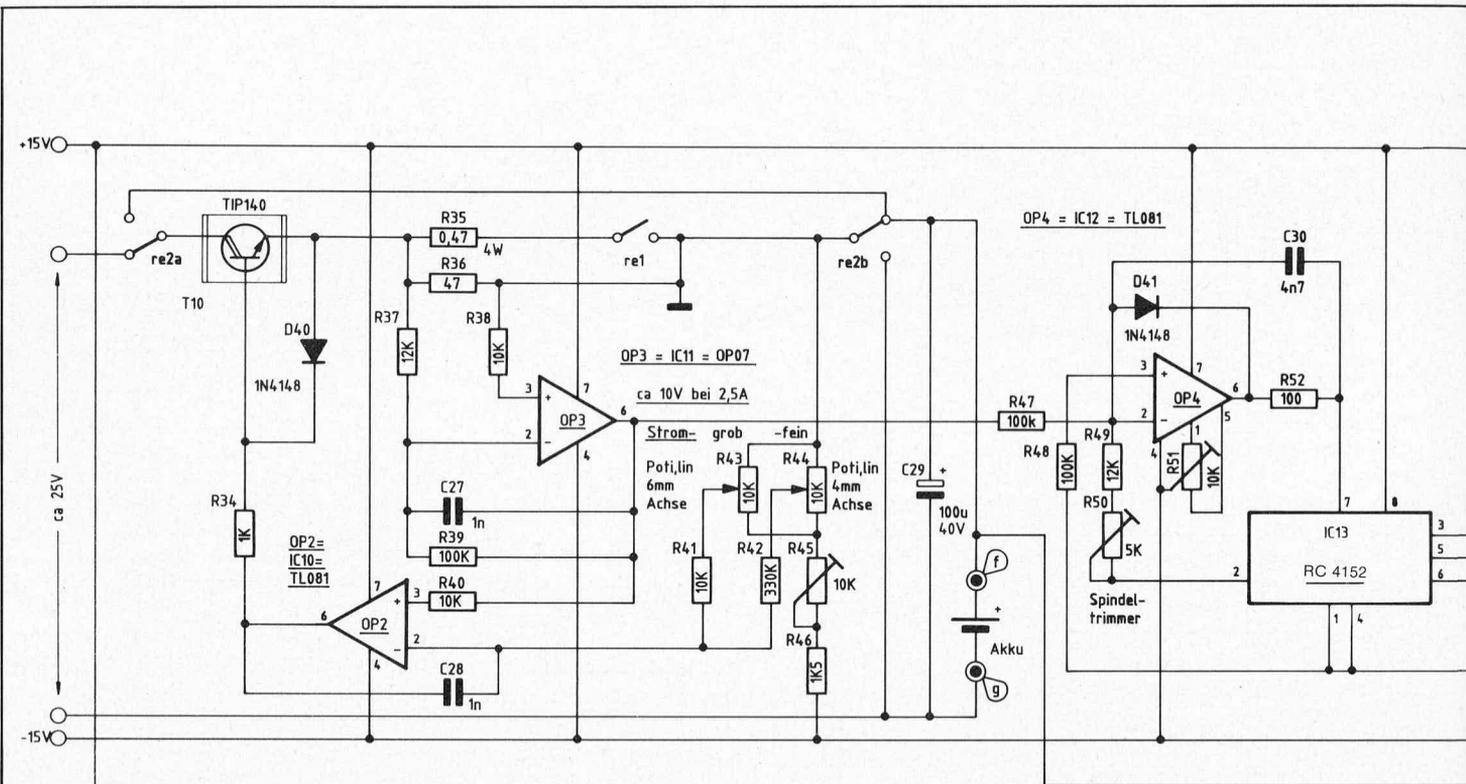
Das Gatter N 8 stellt ein Tor dar, das jeweils über Pin 5 für eine Sekunde geöffnet und für eine Sekunde geschlossen wird. Der Ausgang von N 8 (Pin 4) wird über den Analog-Umschalter auf den Zählengang des als Frequenzzähler arbeitenden IC 15 mit Zusatzbeschaltung gegeben. Die entsprechenden Speicher- 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.

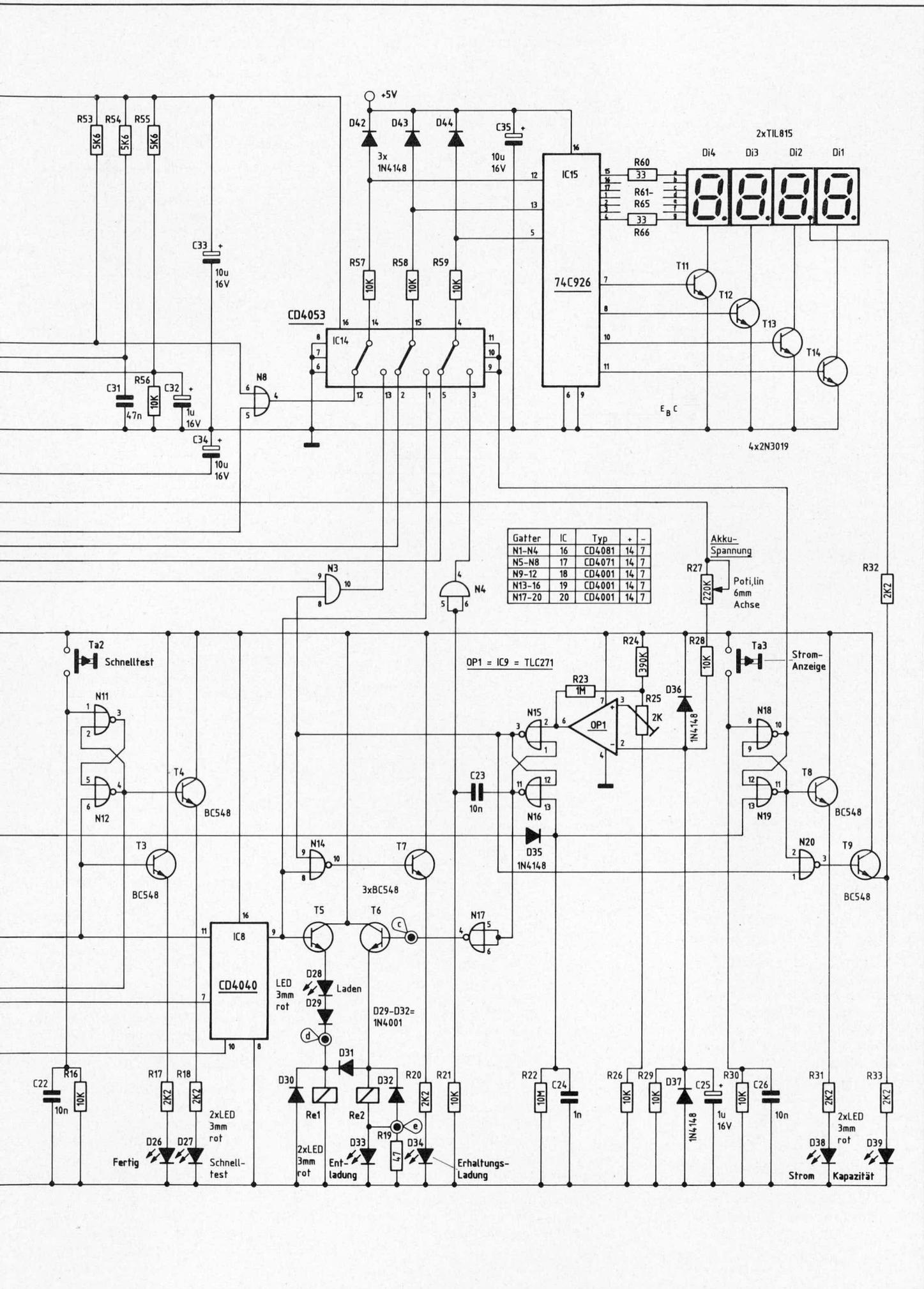
Die Umschaltung zur Messung der Akku-Kapazität erfolgt automatisch immer dann, wenn ein Entladevorgang beginnt. Dies ist sofort beim Betätigen der Start/Reset-Taste der Fall und immer nach Ablauf eines 28-Tage-Zyklus. In jedem Fall steht am Ausgang des Gatters N 7 (Pin 10) ein „high“-Impuls an, der entweder 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 N 9/N 10 und über D 35 die Speicher N 15/N 16 sowie N 18/N 19.

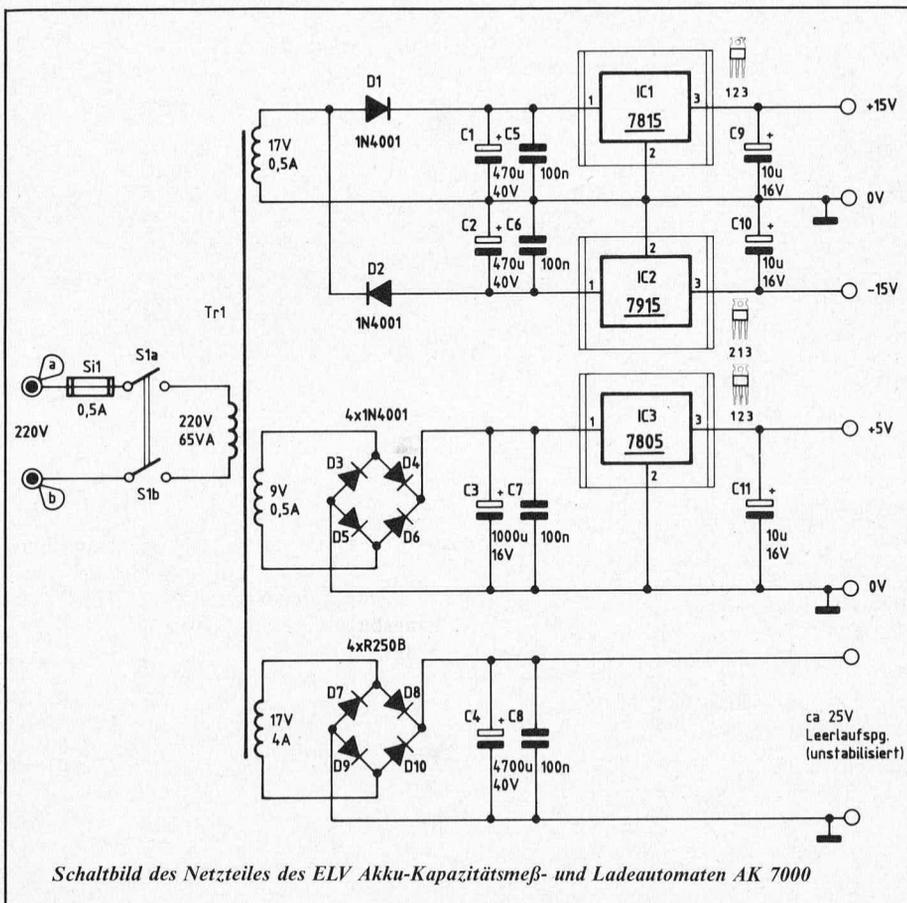
Der Speicher N 9/N 10 gibt über das Gatter N 13 den Reset-Eingang (Pin 11) des IC 8 frei, das an seinem Eingang (Pin 10) alle 14



Schaltbild des ELV Akku-Kapazitätsmeß- und Ladeautomaten AK 7000



Gatter	IC	Typ	+	-
N1-N4	16	CD4081	14	7
N5-N8	17	CD4071	14	7
N9-12	18	CD4001	14	7
N13-16	19	CD4001	14	7
N17-20	20	CD4001	14	7



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 Zählengang 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 14stündigen 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.

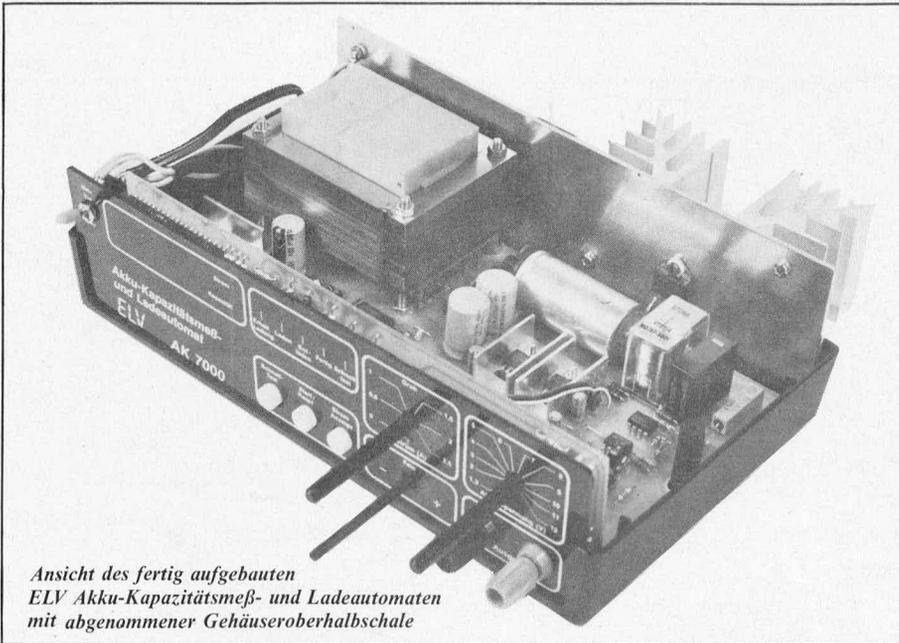
Die Gleichrichtung erfolgt mit Hilfe der Leistungsdioden D 7 bis D 10 des Typs R 250 B. Eine Pufferung und Siebung nehmen die Kondensatoren C 4 und C 8 vor.

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 Gehäuseoberhalbschale

Nachdem die Bestückung der Platinen noch einmal sorgfältig kontrolliert wurde, kann die Anzeigenplatine im rechten Winkel an die Basisplatte angelötet werden, und zwar so, daß sie ca. 2 mm unterhalb der Basisplattenunterseite 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 mm² angeschlossen werden.

Die 3adrige Netzleitung mit angespritztem Schuko-Stecker wird durch die Zugentlastung in der Gehäuserückwand geführt, und dann mit den beiden Kippschalteranschlüssen des Netzschalters 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 Netzleitung zu verbinden sind. Hierzu ist über jede Schraube vor dem Aufsetzen der Mutter eine Lötöse zu legen, an die später die gelb-grüne Anschlußleitung des Schutzleiters der Netzleitung mit einem Querschnitt von mind. 0,75 mm² angelötet wird. Dies gilt selbstverständlich auch in besonderem Maße für den Kippschalterhals des Netzschalters.

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 getrennt, 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 ± 15 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 ± 2 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 zweckmäßigerweise 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.

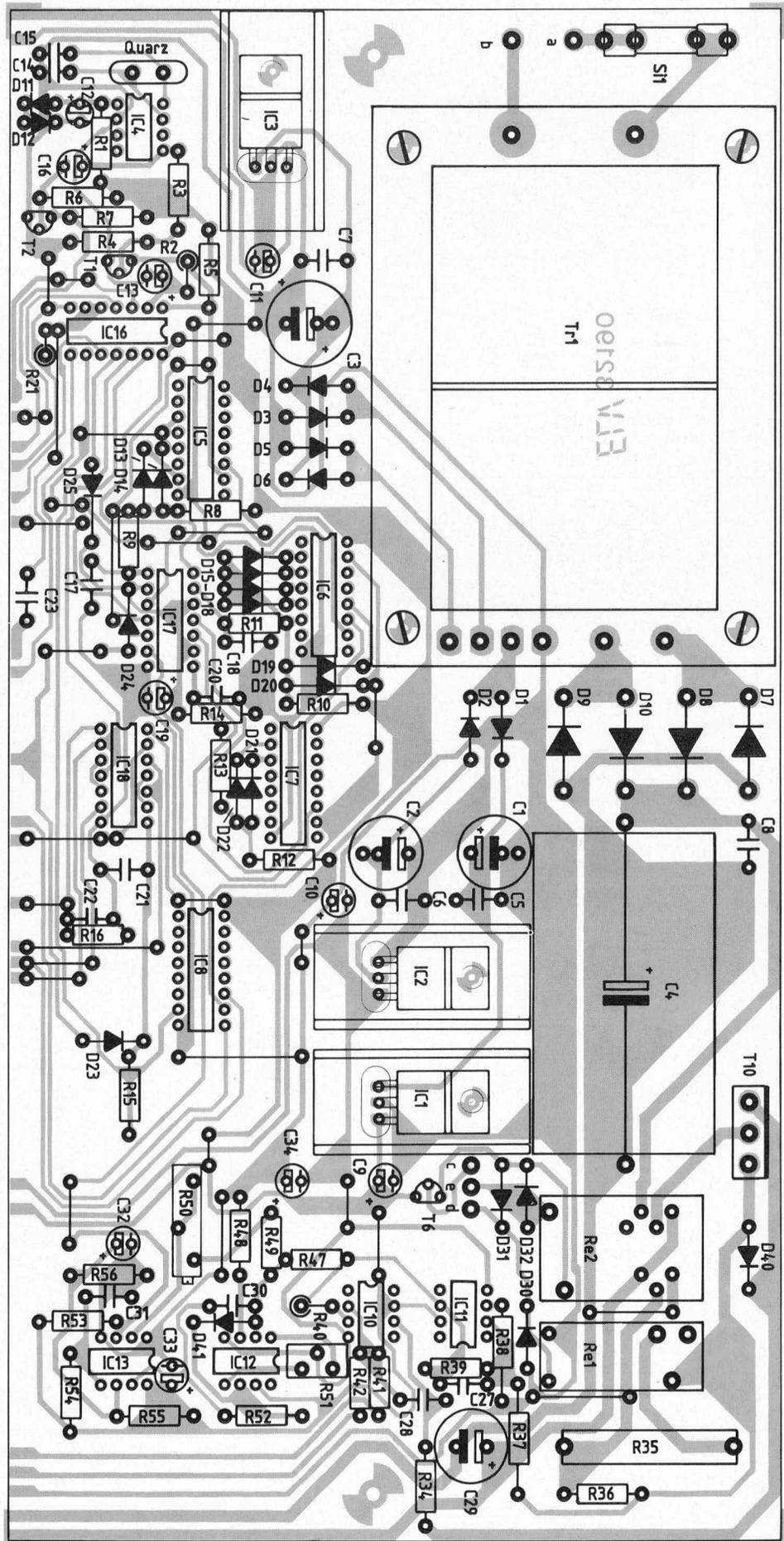
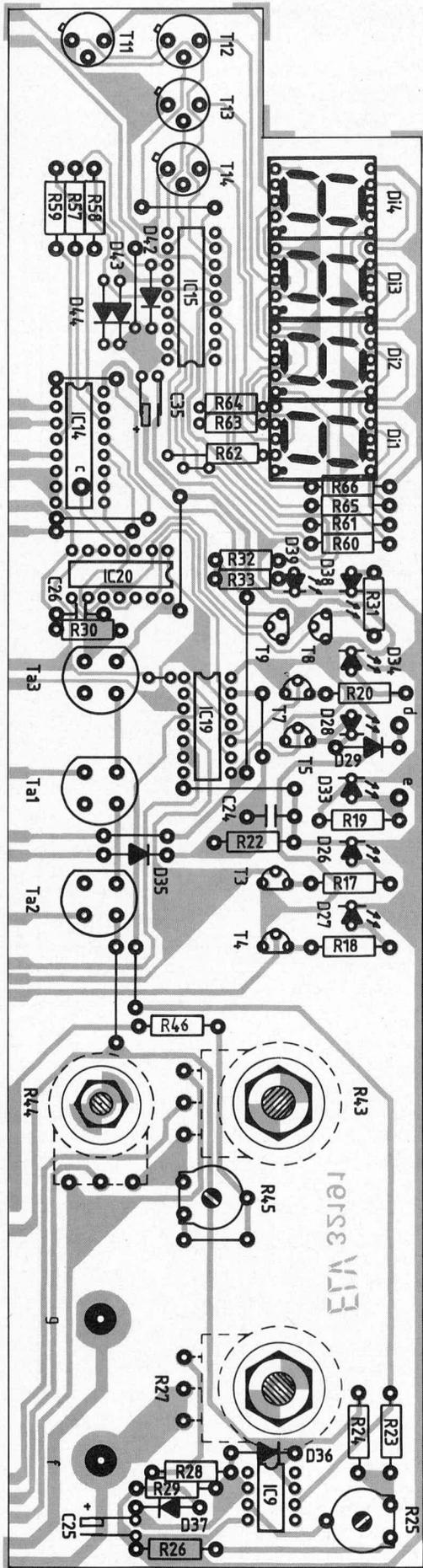
Hinweise zur Inbetriebnahme

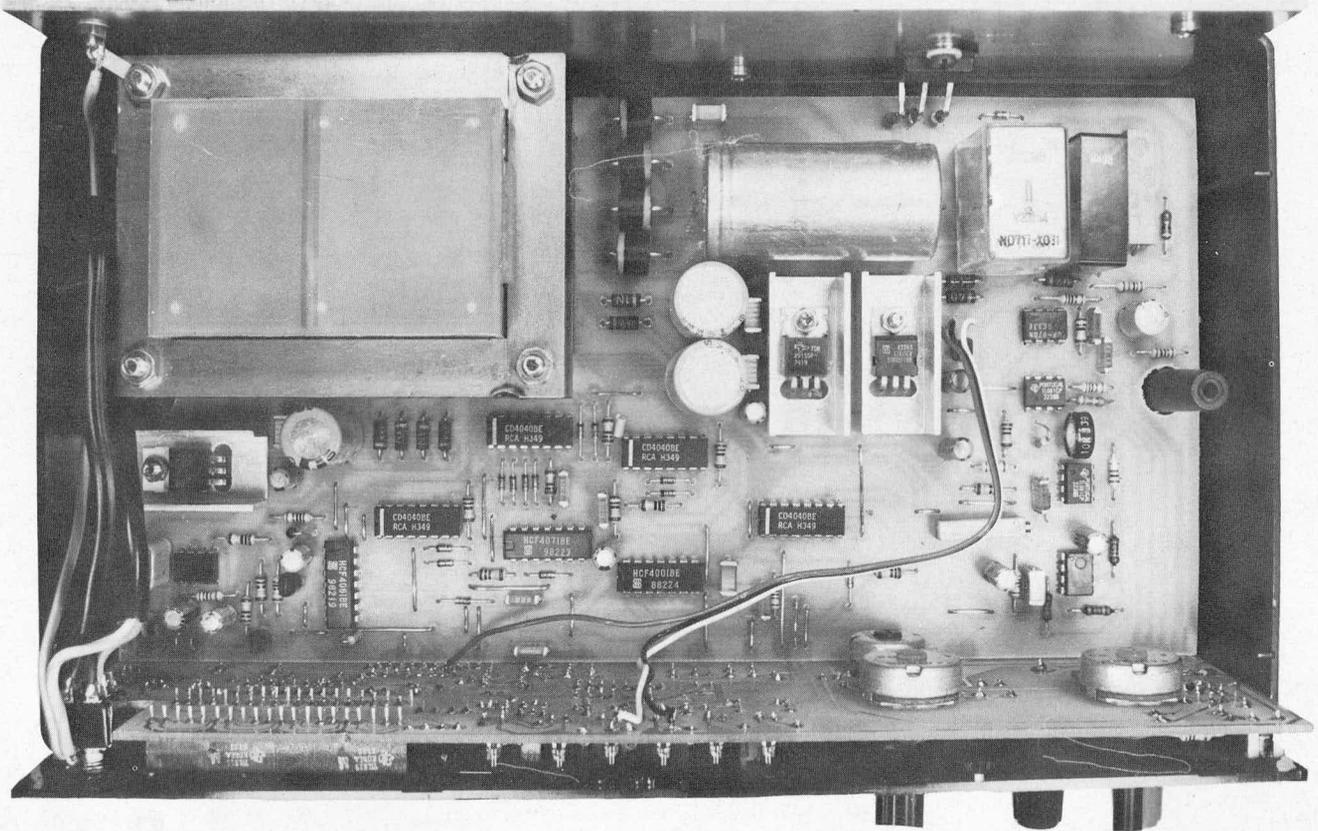
Zur Überprüfung der Schaltung ist es verhältnismäßig mühsam, jeweils einen 28-Tage-Zyklus abzuwarten. Zum Test der Ablaufsteuerung kann daher der Eingang des IC 5 (Pin 10) abgetrennt werden, um hier eine höhere Frequenz anzulegen. Eine Prüfung der Stromanzeige ist hierbei allerdings nicht möglich. Bei 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 R9/C17. 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 N9/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.





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

Stückliste: Digitaler Akku-Kapazitätsmeß- und Ladeautomat AK 7000

Halbleiter

IC1	7815
IC2	7915
IC3	7805
IC4	DX 1429
IC5—IC8	CD 4040
IC9	TLC 271
IC10	TL 081
IC11	OP 07
IC12	TL 081
IC13	RC 4152
IC14	CD 4053
IC15	74C926
IC16	CD 4081
IC17	CD 4071
IC18—IC20	CD 4001
T1—T9	BC 548
T10	TIP 140
T11—T14	2N3019
D1—D6	1N4001
D7—D10	R 250 B
D11—D25	1N4148
D29—D32	1N4001
D35—D37	1N4148
D40—D44	1N4848
D26—D28	LED, rot, 3 mm
D33, D34	LED, rot, 3 mm
D38, D39	LED, rot, 3 mm
Di 1—Di 4	2 Stück TIL 815

Kondensatoren

C1, C2	470 μ F/40 V
C3	1000 μ F/16 V
C4	4700 μ F/40 V
C5—C8	100 nF
C9—C12	10 μ F/16 V
C13	1 μ F/16 V
C14, C15	15 pF
C16	1 μ F/16 V

C17, C18, C20	10 nF
C19	10 μ F/16 V
C21	100 nF
C22, C23	10 nF
C24	1 nF
C25	1 μ F/16 V
C26	10 nF
C27, C28	1 nF
C29	100 μ F/40 V
C30	4,7 nF
C31	47 nF
C32	1 μ F/16 V
C33—C35	10 μ F/16 V

Widerstände

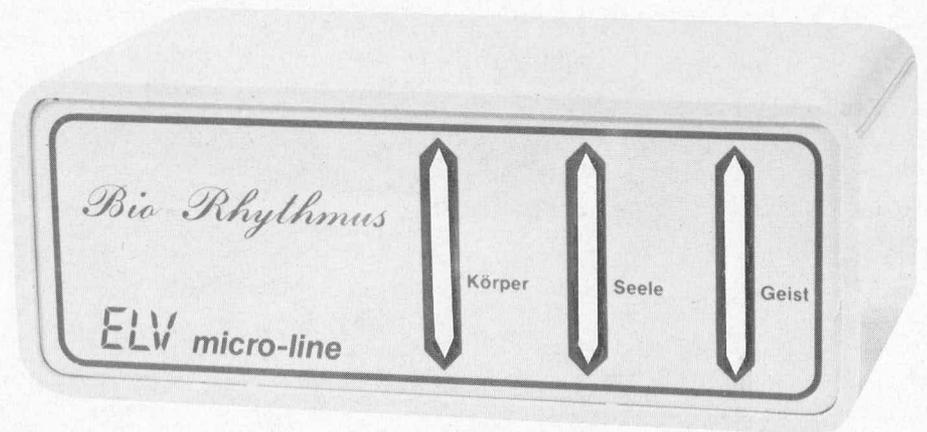
R1	10 k Ω
R2	220 k Ω
R3	100 k Ω
R4	1 M Ω
R5	10 k Ω
R6—R15	100 k Ω
R16	10 k Ω
R17, R18	2,2 k Ω
R19	47 Ω
R20	2,2 k Ω
R21	10 k Ω
R22	10 M Ω
R23	1 M Ω
R24	390 k Ω
R25	2 k Ω Trimmer liegend
R26	10 k Ω
R27	220 k Ω , Poti, lin, 6 mm Achse
R28—R30	10 k Ω
R31—R33	2,2 k Ω
R34	1 k Ω
R35	0,47 Ω /4 Watt
R36	47 Ω
R37	12 k Ω
R38	10 k Ω
R39	100 k Ω
R40	10 k Ω
R41	10 k Ω
R42	330 k Ω

R43	10 k Ω Poti, lin, 6 mm Achse
R44	10 k Ω Poti, lin, 4 mm Achse
R45	10 k Ω Trimmer liegend
R46	1,5 k Ω
R47, R48	100 k Ω
R49	12 k Ω
R50	5 k Ω Spindeltrimmer
R51	10 k Ω Trimmer stehend
R52	100 Ω
R53, R54, R55	5,6 k Ω
R56—R59	10 k Ω
R60—R66	33 Ω

Sonstiges

Tr1	prim: 220 V/ sek: 17 V, 4 A 17 V, 0,5 A 9 V, 0,5 A
Re1	Siemens-Kartenrelais, 12 V stehend, 1 x EIN
Re2	Siemens-Kammrelais, 2 x UM
S1	Schalter 2 x UM
Si1	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 M3 x 10 mm	
1 x Schraube M3 x 16 mm	
6 x Muttern M3	
1 x Glimmerscheibe TO 3P	
1 x Isoliernippel	
30 cm isolierter Schaltaht	
40 cm Silberdraht	
5 x Lötstifte	
2 x Polklemmen (rot und schwarz)	
1 x Lötmaschine 3,2 mm	
1 x Lötmaschine 4,2 mm	
1 x Lötmaschine 6,2 mm	

ELV micro-line Bio-Rhythmus-Anzeiger



Diese auf anerkannten wissenschaftlichen Untersuchungen basierende Schaltung zeigt auf 3 unabhängigen Leuchtdiodenzeilen den persönlichen Stand für die körperliche, seelische sowie geistige Verfassung an.

Allgemeines

Biorhythmik ist ein verhältnismäßig junger Zweig der Biologie, obwohl er sich mit Erscheinungen befaßt, die uns allen bekannt sind. Wohl jeder weiß, daß man gute oder schlechte Tage haben kann. Bei genauerer Untersuchung stellt man fest, daß eine Aufteilung nach körperlicher, seelischer sowie geistiger Verfassung hinsichtlich der persönlichen Form und Leistungsbereitschaft vorgenommen werden kann.

Wissenschaftlichen Untersuchungen auf dem Gebiet der Biorhythmik zur Folge, gibt es im wesentlichen drei sinusförmig verlaufende Kurven, die der körperlichen, seelischen und geistigen Verfassung individuell zugeordnet sind. Durch die Kenntnis des genau berechenbaren Kurvenverlaufes, kann zu jedem Zeitpunkt eine Aussage über persönliche „Hochs“ oder „Tiefs“ gemacht werden, da die drei Periodendauern

der vorstehend erwähnten sinusförmigen Kurvenverläufe exakt definiert sind. Die Periodendauer für die körperliche Verfassung beträgt 23 Tage, für die seelische 28 Tage und für die geistige Verfassung 33 Tage.

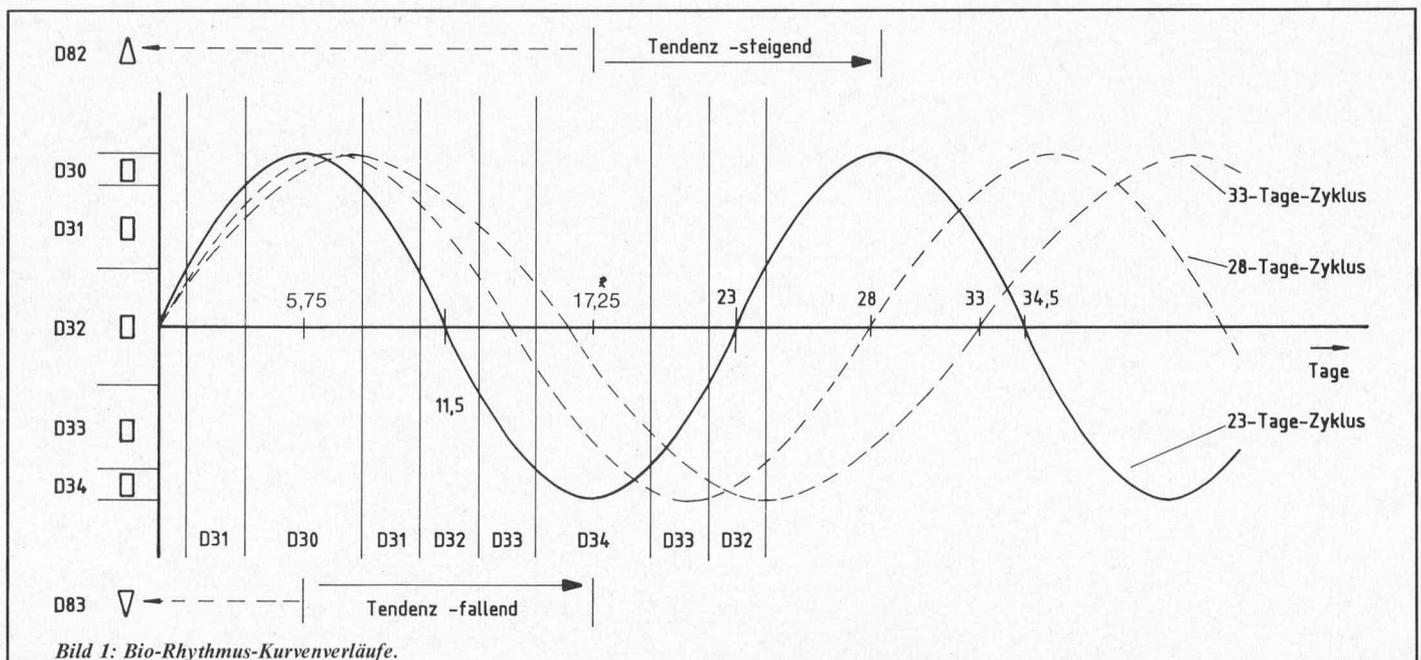
Der ELV-Biorhythmus-Anzeiger läßt die persönlichen aktuellen Werte mit Hilfe dreier, grüner Leuchtdiodenbänder auf einen Blick erkennen, wobei eine Tendenzanzeige zusätzlich wertvolle Informationen liefert.

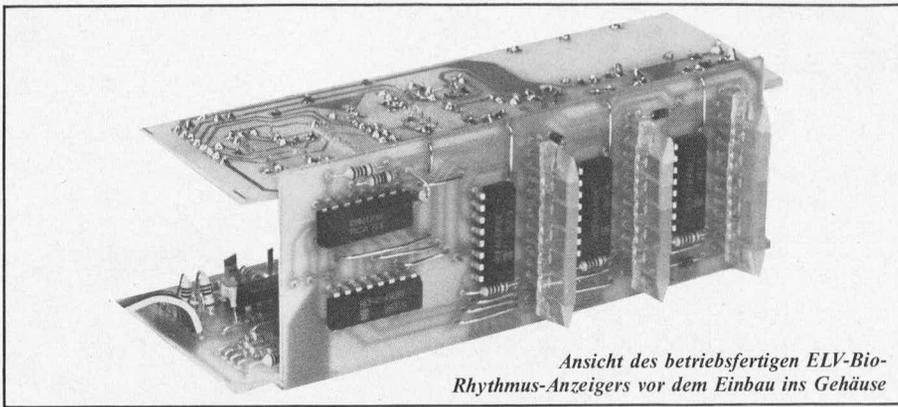
Die drei voneinander unabhängigen Leuchtdiodenzeilen bestehen jeweils aus 7 grünen Leuchtdioden, von denen 5 rechteckförmige Leuchtdioden den jeweils gerade aktuellen Stand des Kurvenverlaufes anzeigen, während die obere und untere pfeilförmige Leuchtdiode eine steigende bzw. fallende Tendenz erkennen läßt.

Alle drei Kurvenverläufe beginnen mit der

Stunde der Geburt und sind daher für jeden Menschen individuell berechenbar, da die Periodendauer immer exakt gleich sind. In Bild 1 sind die entsprechenden Kurvenverläufe zum besseren Verständnis dargestellt. Wie man daraus entnehmen kann, ist von der Stunde der Geburt an gerechnet, das erste körperliche Hoch nach 5,75 Tagen, während das seelische Hoch nach 7 und das geistige Hoch nach 8,25 Tagen auftritt. Der erste Nulldurchgang erfolgt nach 11,5, 14 bzw. 16,5 Tagen. Es leuchtet dann jeweils die mittlere LED, während beim oberen Kurvenscheitelpunkt die obere und beim unteren Kurvenscheitelpunkt die untere LED leuchtet. Insgesamt wird der jeweilige Stand des entsprechenden Kurvenverlaufes durch 5 rechteckförmige grüne Leuchtdioden dargestellt.

Die obere pfeilförmige Leuchtdiode zeigt einen steigenden Kurvenverlauf an, d. h., sie leuchtet, sobald der untere Kurven-





Ansicht des betriebsfertigen ELV-Bio-Rhythmus-Anzeigers vor dem Einbau ins Gehäuse

scheitelpunkt überschritten wurde und erlischt erst wieder, wenn der obere Kurvenscheitelpunkt erreicht ist. Dies ist auch noch einmal separat anhand des Kurvenverlaufes für die körperliche Verfassung dargestellt. Gleichfalls ist die Zuordnung der Anzeige-LED's 30 bis 34 zum Kurvenverlauf aufgezeigt. Wie man daraus ersieht, ist eine volle Periodendauer in 10 Abschnitte eingeteilt. Jeweils im Nulldurchgang, d. h. bei Beginn, nach 11,5 Tagen sowie am Ende, also nach 23 Tagen des Kurvenverlaufes für die körperliche Verfassung, leuchtet die mittlere LED (32). Zum besseren Verständnis wollen wir kurz einen kompletten Zyklus durchspielen:

Zur Stunde der Geburt würde die LED 32 leuchten. Da der Kurvenverlauf steigend ist, leuchtet gleichzeitig die obere pfeilförmige LED zur Tendenzanzeige. Nach 2,3 Tagen (23:10-Teilschritte) erlischt LED 32 und LED 31 leuchtet. Nach weiteren 2,3 Tagen leuchtet LED 30. Da der Sinusverlauf sowohl am oberen als auch am unteren Scheitelpunkt abgeflacht ist, wird dies in der vorliegenden Schaltung angenähert, indem die LED 30 die doppelte Zeitspanne leuchtet ($2 \times 2,3$ Tage entsprechend $\frac{2}{10}$ der gesamten Periodendauer). Nach der halben Leuchtzeit der LED 30, also 2,3 Tage, nachdem die LED 30 eingeschaltet wurde, erfolgt zusätzlich ein Wechsel der Tendenzanzeige auf „fallend“. Als nächstes leuchtet wieder die LED 31, dann 32 im Kurvennulldurchgang, dann 33 sowie 34. Letztgenannte LED leuchtet wieder die doppelte Zeitspanne, wobei auch hier in der Mitte der Leuchtzeit von LED 34 ein erneuter Wechsel der Tendenzanzeige jetzt in Richtung „steigend“ erfolgt. Zuletzt leuchtet erneut die LED 33 auf, womit ein kompletter Zyklus, d. h. eine Periodendauer von insgesamt 23 Tagen durchlaufen wurde. Ein erneuter Beginn erfolgt mit Aufleuchten der LED 32. Die Anzeige der Kurvenverläufe für seelische und geistige Verfassung erfolgt mit Hilfe der LED's D 54 bis D 58 sowie D 77 bis D 81. Während die Tendenzanzeige mit den LED's 84 und 85 sowie 86 und 87 erfolgt.

Damit ein aufwendiger Setz- und Stellmechanismus entfallen kann, wurde bei der vorliegenden Schaltungskonzeption ein einfaches Stellen dadurch vorgesehen, indem die Kurve durch Verbinden von jeweils zwei Lötstiften für jeden der drei Kurvenverläufe getrennt auf Null, d. h. auf den Kurvenanfang gesetzt werden kann. Es leuchtet dann jeweils die mittlere LED 32, 56 bzw. 79

Biorhythmus-Berechnung

Nachfolgend soll nun kurz beschrieben werden, wie der Zeitpunkt zu berechnen ist, an dem die entsprechenden Kurvenverläufe gestartet werden müssen.

Wie bereits vorstehend erwähnt, beträgt die Periodendauer der drei Kurvenverläufe 23, 28 bzw. 33 Tage. Es ist nun auszurechnen, wann der nächste Beginn einer Periodendauer einer jeden der drei Kurven erfolgt, wobei selbstverständlich jede Kurve für sich separat gestartet werden kann.

In diesem Zusammenhang ist anzumerken, daß der ELV-Biorhythmus-Anzeiger nur für einen einzigen Menschen individuell eingestellt werden kann, es sei denn, Geburtstag und Geburtsjahr sind identisch.

Zunächst werden die Lebenstage seit der Geburt ausgerechnet, wobei die Schaltjahre selbstverständlich mit $365 + 1 = 366$ Tagen zu berücksichtigen sind. Die errechneten Lebenstage werden jetzt durch 23, 28 bzw. 33 geteilt. Von den drei Ergebnissen wird die jeweils hinter dem Komma stehende Zahl wieder mit der jeweils zugehörigen Periodendauerlänge, also mit 23, 28 bzw. 33 multipliziert. Auf diese Weise erhält man diejenige Anzahl der Tage, die bereits seit Beginn der letzten Periodendauer vergangen ist. Durch Bildung der Differenz zu 23, 28 bzw. 33 erhält man die Anzahl der Tage, die man warten muß, bis der entsprechende Kurvenverlauf auf 0 zu setzen, d. h. zu starten ist.

Um die Berechnung besser zu verdeutlichen, wollen wir nachstehend ein Beispiel durchrechnen.

Der Geburtstag der gedachten Person ist der 01.04.1964. Möchten wir den Stand der Kurvenverläufe am 20.04.1984 errechnen, sind zunächst die Lebenstage seit der Geburt zu ermitteln.

Hierzu gehen wir wie folgt vor:

1. Am 01.04.84 waren 20 Lebensjahre vollendet.
Multiplikation $20 \times 365 = 7300$ Tage
2. In den Zeitraum der Jahre ab Geburt fallen 5 Schaltjahre. 5 Tage
3. Vom letzten Geburtstag (01.04.84) bis zum gesuchten Tag (20.04.84) sind 20 Tage (beide Tage einschl.) hinzuzurechnen. 20 Tage
4. Die Summe der Schritte $1 - 3$ ergibt 7325 Tage

Zur Ermittlung des Standes des 23-Tage-Rhythmus wird nun die Anzahl der Le-

benstage (7325) durch 23 geteilt. Von dem Ergebnis von 318,47826 wird lediglich die Zahl hinter dem Komma, also 0,47826, benötigt. Diese Zahl wird wieder mit der Periodendauer von 23 Tagen multipliziert ($0,47826 \times 23 = 11,0$). Seit Beginn des letzten 23-Tage-Zyklus sind also bereits 11 Tage vergangen, d. h. wir müssen noch 23 minus 11 = 12 Tage warten, bevor wir den Kurvenverlauf der Anzeige für die körperliche Verfassung auf 0 setzen, d. h. starten.

Gleichfalls verfahren wir bei der Berechnung der Kurvenverläufe für die seelische und die geistige Verfassung, lediglich mit dem Unterschied, daß anstelle der Zahl 23, die Zahl 28 bis 33 einzusetzen ist. In Tabelle 1 sind die Schaltjahre, in denen $365 + 1 = 366$ Tage in Ansatz zu bringen sind, aufgeführt.

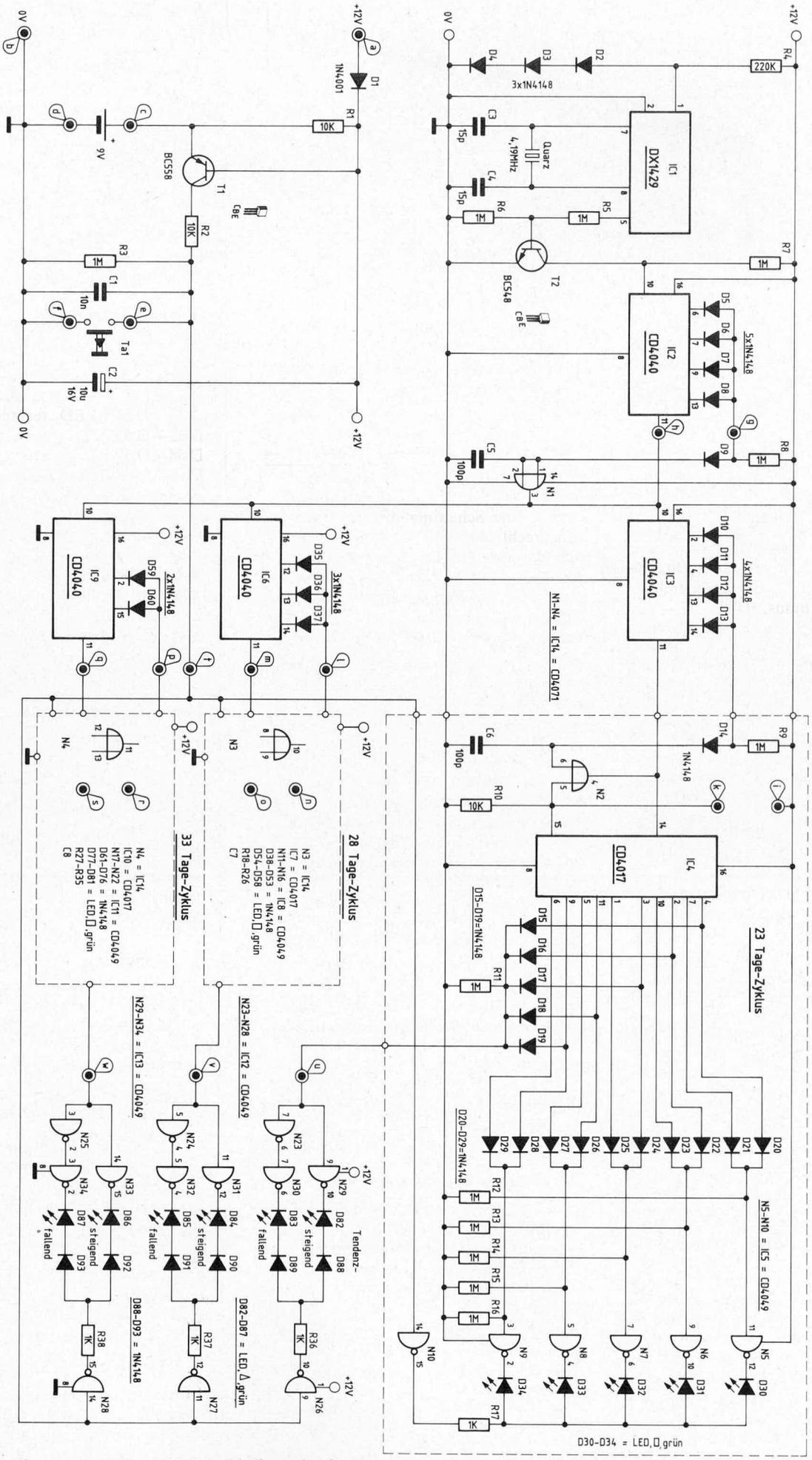
Jede der drei Kurven ist in 10 Abschnitte eingeteilt, — wie bereits vorstehend beschrieben — die beim 23-Tage-Rhythmus zur Anzeige der körperlichen Verfassung durch die LED's 30 bis 34 angezeigt werden. Da die LED 32 immer im Nulldurchgang aufleuchtet und die gesamte Leuchtdauer $23:10 = 2,3$ Tage beträgt, müßte sie genau genommen, $2,3:2 = 1,15$ Tage vor Beginn des Nulldurchgangs aufleuchten und 1,15 Tage nach dem Nulldurchgang verlöschen. Dies bedeutet, daß das Rücksetzen der jeweiligen Kurven, d. h. der Startvorgang, jeweils etwas vor dem eigentlichen Beginn einer neuen Periode gestartet wird. Beim 23-Tage-Rhythmus müßte der Startvorgang 1,15 Tage vor dem eigentlichen Beginn des Kurvenverlaufes ausgelöst werden, während beim 28-Tage-Rhythmus 1,4 Tage und beim 33-Tage-Rhythmus 1,65 Tage vorher zu starten wäre. Um die genauen Stunden zu berechnen, braucht die Zahl lediglich mit 24 multipliziert zu werden ($1,65 \times 24 = 39,6$). Da es sich bei den Kurvenverläufen um sehr langsam ablaufende Vorgänge handelt, spielt diese verhältnismäßig geringe Zeitspanne nur eine untergeordnete Rolle und kann ggf. vernachlässigt werden.

Zur Schaltung

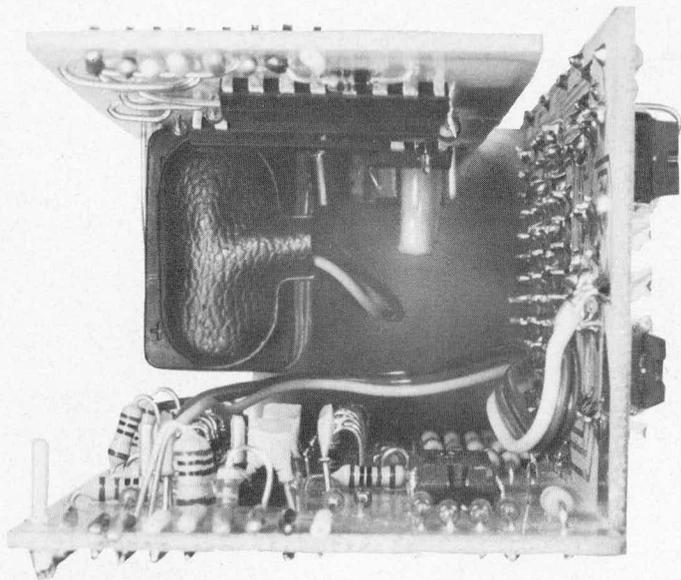
Auf den ersten Blick sieht die mit 14 IC's aufgebaute Schaltung verhältnismäßig aufwendig aus. Bei näherem Hinschauen ist sie jedoch keineswegs so kompliziert, wie man zunächst meint.

Der ELV-Biorhythmus-Anzeiger besitzt 3 voneinander unabhängige grüne LED-Zeilen zur Anzeige der jeweiligen Zustände für die körperliche, seelische und geistige Verfassung. Da nennenswerte Teile der Elektronik für die drei Anzeigen identisch sind, wollen wir die Schaltungsbeschreibung zunächst auf den 23-Tage-Rhythmus konzentrieren.

Im IC 1 des Typs DX 1429 ist ein quartzgesteuerter Oszillator integriert, mit einem nachgeschalteten 23-stufigen Binärteiler, so daß am Ausgang eine Frequenz von 0,5 Hz zur Verfügung steht, die den Transistor T 2 ansteuert. Eine Weiterverarbeitung erfolgt mit dem IC 2, das eine Teilung durch 135 vornimmt. Am Ausgang des IC 2 (Pin 11) steht dann eine Frequenz mit einer Periodendauer von 270 Sek. zur Verfügung, die als Basisfrequenz für alle drei Perioden-



Gesamtschaltbild des ELV Bio-Rhythmus-Anzeigers



Seitenansicht des fertig aufgebauten ELV Bio-Rhythmus-Anzeigers vor dem Einbau ins Gehäuse

dauer dient. Zur Erzielung einer Periodendauer von 23 Tagen nimmt das IC 3 eine weitere Teilung durch 736 vor, so daß am Ausgang (Pin 11) eine Periodendauer von 198720 Sek. entsprechend 2,3 Tagen, entsteht. Dies ist genau $\frac{1}{10}$ der Periodendauer des 23-Tage-Rhythmus, da das IC 4 eine Aufteilung in 10 Schritte, also eine erneute Teilung durch 10, vornimmt. Der Ausgang des IC 4 besitzt 10 nacheinander schaltbare Ausgänge, die über die Dioden D 20 bis D 29 decodiert und auf die Treiber N 5 bis N 9 gegeben werden. Diese steuern die 5 rechteckigen, grünen Leuchtdioden zur Anzeige des Kurvenstandes des 23-Tage-Rhythmus für die körperliche Verfassung an.

Die Tendenzanzeige wird mit Hilfe der Dioden D 15 bis D 19 sowie der Gatter N 23, N 29 und N 30 decodiert.

Die IC's 6 und 9 nehmen eine Teilung vor, damit an deren Ausgängen (Pin 11) jeweils eine Frequenz ansteht, deren Periodendauer zu einem Zehntel der Kurvenverläufe für die seelische und geistige Verfassung entspricht. Es steht also eine Periodendauer von 2,8 Tagen bzw. 3,3 Tagen an. Die gestrichelt eingerahmten Schaltungsteile sind in ihrer Funktion identisch mit dem Schaltungsteil, das vorstehend näher beschrieben wurde, und aus dem IC 4 des Typs CD 4017 mit anschließender Codierung, besteht. An dieser Stelle soll daher der Übersichtlichkeit halber auf eine vollständige Schaltungsaufzeichnung verzichtet werden.

Die Gatter N 10 sowie N 26 bis N 28 dienen der automatischen Anzeigenabschaltung über den Transistor T 1 im Falle eines Netzteilversagens. Die Speisung erfolgt dann über den eingebauten 9 V-Block-Akku bei einer stark reduzierten Stromaufnahme. Für kurzzeitiges Aufleuchten der Anzeigen kann die Taste Ta 1 vorgesehen werden. Die Stromaufnahme beträgt bei erloschener Anzeige ca. 0,2 mA, so daß eine Notstromversorgung mit einem handelsüblichen 9 V-Block-Akku ca. 3 Wochen möglich ist, während bei Einsatz einer Alkali-Mangan-Batterie die Schaltung ca. $\frac{1}{2}$ Jahr arbeitet.

Zum Nachbau

Obwohl die Schaltung mit insgesamt 14 IC's recht aufwendig ist, so gestaltet sich der Nachbau doch verhältnismäßig einfach.

Das Layout ist so konzipiert, daß die Schaltung in ein ansprechendes Gehäuse der Serie ELV micro-line eingebaut werden kann. Hierzu wurde der Aufbau auf 3 Leiterplatten erforderlich, von denen 2 in bereits bekannter Weise direkt miteinander verlötet werden, während die dritte Leiterplatte mit einem 8-adrigen Flachbandkabel mit der Basisplatine sowie einer zusätzlichen flexiblen Leitung mit der Anzeigenplatine zu verbinden ist.

Zur Bestückung der Platinen kann man in gewohnter Weise vorgehen. Zunächst werden die passiven, dann die aktiven Bauelemente eingelötet.

Die Anzeigenplatine wird so mit der Basisplatine verlötet, daß die Anzeigenplatine ca. 1,5 mm unter der Basisplatine hervorsteht.

Nachdem die Bestückung abgeschlossen und noch einmal sorgfältig kontrolliert wurde, sind die entsprechenden zusätzlichen Verbindungen zwischen den Leiterplatten mit Hilfe von flexiblen isolierten Leitungen vorzunehmen. Die entsprechenden Punkte sind im Schaltplan gekennzeichnet, die auf der Platine bzw. im Bestückungsplan wiederzufinden sind. Punkte mit der gleichen Bezeichnung müssen untereinander verbunden werden.

Der 9 V-Block-Akku wird mit 3 Silberschaltdrähten an der oberen Platine fixiert, indem die Silberschaltdrähte u-förmig über den Akku geführt und auf der Platinenunterseite verlötet werden.

Das Starten bzw. Nullsetzen der einzelnen Teiler der 3 Kurvenverläufe für die körperliche, seelische und geistige Verfassung erfolgt durch Kurzschließen entweder von Punkt „i“ und „k“ bzw. „n“ und „o“ bzw. „r“ und „s“.

Damit ist der Nachbau bereits beendet und dem Einsatz des Gerätes steht nun nichts mehr im Wege.

Stückliste: ELV micro-line Bio-Rhythmus-Anzeiger

Halbleiter

IC 1	DX 1429
IC 2, IC 3	CD 4040
IC 4	CD 4017
IC 5	CD 4049
IC 6	CD 4040
IC 7	CD 4017
IC 8	CD 4049
IC 9	CD 4040
IC 10	CD 4017
IC 11	CD 4049
IC 12, IC 13	CD 4049
IC 14	CD 4071
T 1	BC 558
T 2	BC 548
D 1	1N4001
D 2—D 29	1N4148
D 30—D 34 LED, rechteckig, grün	
D 35—D 53	1N4148
D 54—D 58 LED, rechteckig, grün	
D 59—D 76	1N4148
D 77—D 81 LED, rechteckig, grün	
D 82—D 87 LED, pfeilförmig, grün	
D 88—D 93	1N4148

Kondensatoren

C 1	10 nF
C 2	10 μ F/16 V
C 3, C 4	15 pF
C 5—C 8	100 pF

Widerstände

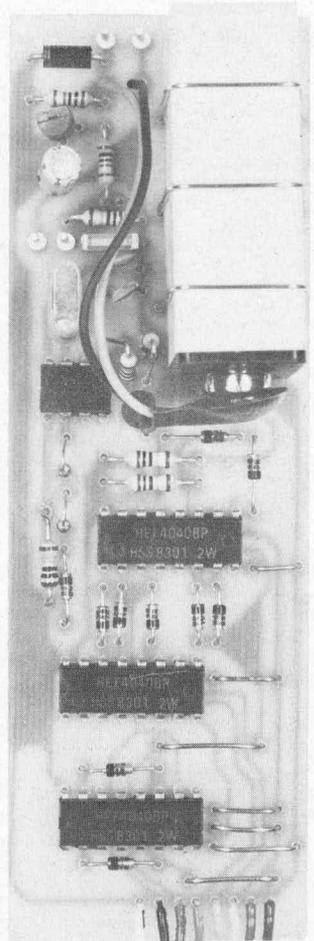
R 1, R 2	10 k Ω
R 3	1 M Ω
R 4	220 k Ω
R 5—R 9	1 M Ω
R 10	10 k Ω
R 11—R 16	1 M Ω
R 17	1 k Ω
R 18	1 M Ω
R 19	10 k Ω
R 20—R 25	1 M Ω
R 26	1 k Ω
R 27	1 M Ω
R 28	10 k Ω
R 29—R 34	1 M Ω
R 35—R 38	1 k Ω

Sonstiges

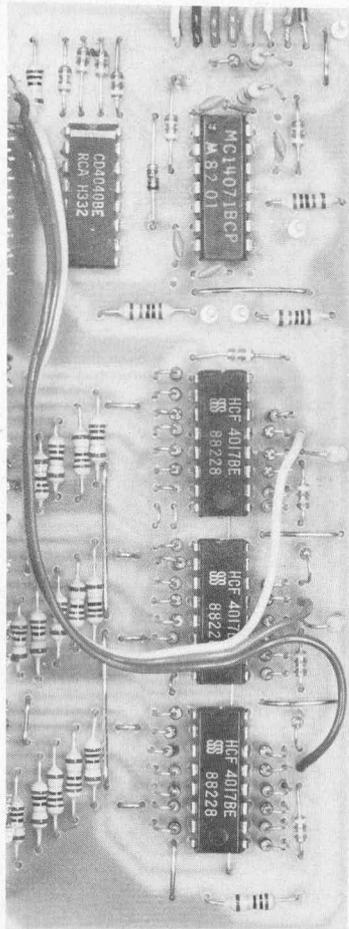
- 1 Quarz 4,194304 MHz
- 10 cm 8adrige Flachbandleitung
- 1 x 9 V-Batterieclip
- 50 cm isolierter Schaltdraht
- Ta 1—Ta 4 Taster, Schließer
- 30 cm Silberdraht
- 1 Klinkenbuchse 3,5 mm
- 8 Lötstifte

Tabelle 1
Bio-Rhythmus

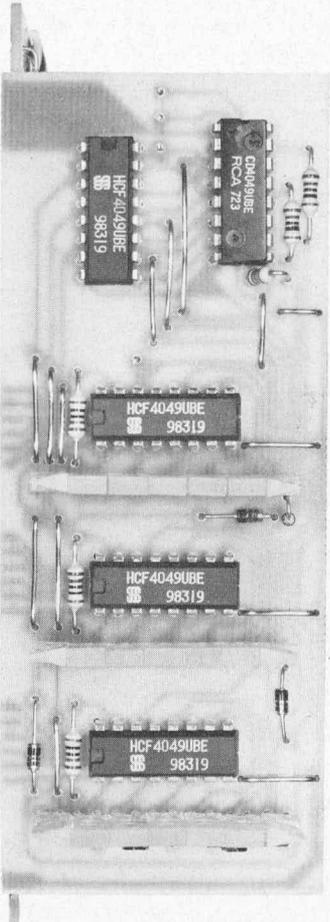
1904	1932	1960
1908	1936	1964
1912	1940	1968
1916	1944	1972
1920	1950	1976
1924	1954	1980
1928	1958	1984



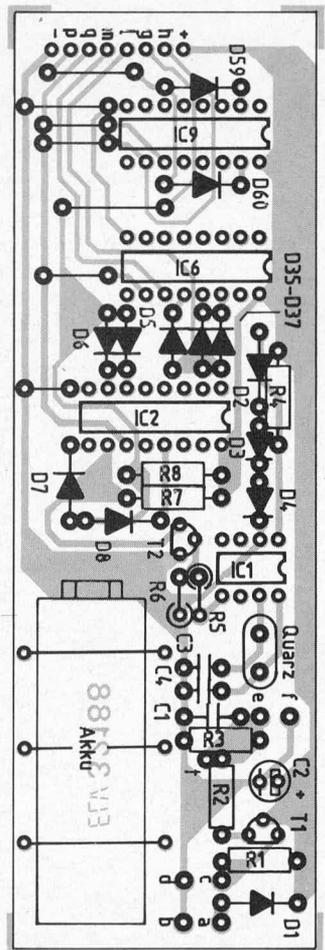
Ansicht der fertig bestückten oberen Platine des ELY Bio-Rhythmus-Anzeigers



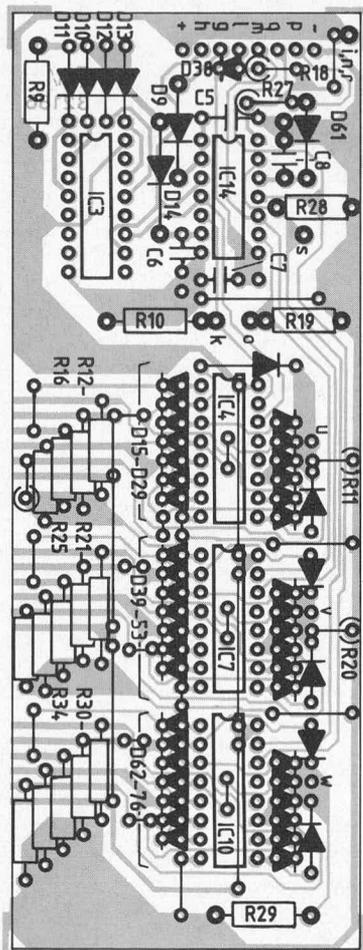
Ansicht der fertig bestückten Basisplatte des ELY Bio-Rhythmus-Anzeigers



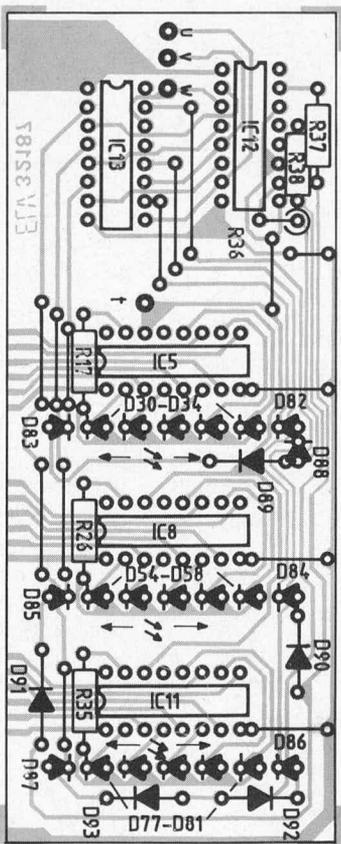
Ansicht der fertig bestückten Anzeigplatine des ELY Bio-Rhythmus-Anzeigers



Bestückungsseite der oberen über flexible Leitungen verbundenen Platine des ELY Bio-Rhythmus-Anzeigers



Bestückungsseite der Basisplatte des ELY Bio-Rhythmus-Anzeigers



Bestückungsseite der Anzeigplatine des ELY Bio-Rhythmus-Anzeigers