

ELV *journal*

Nr. 24

Mit
Platinenfolien

Fachmagazin der Amateure und Profis für angewandte Elektronik

DM 4,50

Digitale Weltzeituhr WZ 2000



Schweiz sfr 5,20, Niederlande hfl 5,80, Luxemburg lfr 80, Finnland 17 Fmk

Mit
Platinenfolien

In dieser Ausgabe:

ELV-Serie 7000:
Digitales
Induktivitätsmeßgerät
DIM 7000

Fahrrad-Diebstahlsicherung
Optische Telefon-/Türklingel

ELV-Serie
Amateurfunk:
Digitale Weltzeituhr
WZ 2000

Belichtungstimer BT 2000
Grundlagen für die Elektronik

ELV-Serie
Modelleisenbahn-
Elektronik:
Luxus-Modellbahn-
Fahrpult, Teil II

Diebstahlsicherung für
Weihnachtsbaumbeleuchtung

Fahrrad- Diebstahlsicherung

Mit der hier vorgestellten Schaltung können mehrere Aufgaben gleichzeitig erfüllt werden:

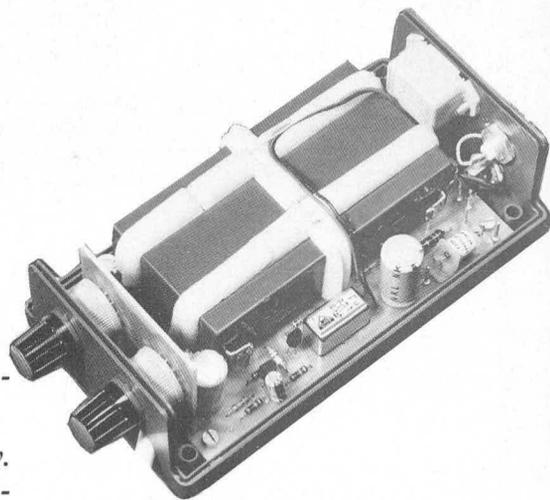
Zum einen dient sie der Absicherung des Fahrrades gegen Diebstahl bzw. unbefugte Benutzung. Zum anderen kann zusätzlich die bereits in unserer Ausgabe Nr. 19 beschriebene automatische Fahrrad-Rücklicht-Umschaltung mit auf dieselbe Platine gesetzt werden, wobei der für die Diebstahl-Sicherungs-Schaltung benötigte Akku auch gleichzeitig das Fahrrad-Rücklicht im Stand versorgen kann. Über eine Ladebuchse kann der Akku jederzeit mit Hilfe eines 9 V bis 14 V-Ladegerätes wieder aufgeladen werden. Darüberhinaus ist es auch möglich, als zusätzlichen Komfort diese Ladebuchse auch als Ausgangsbuchse zur Speisung von Transistorradios bzw. Kassettenrecordern zu verwenden.

Zur Schaltung

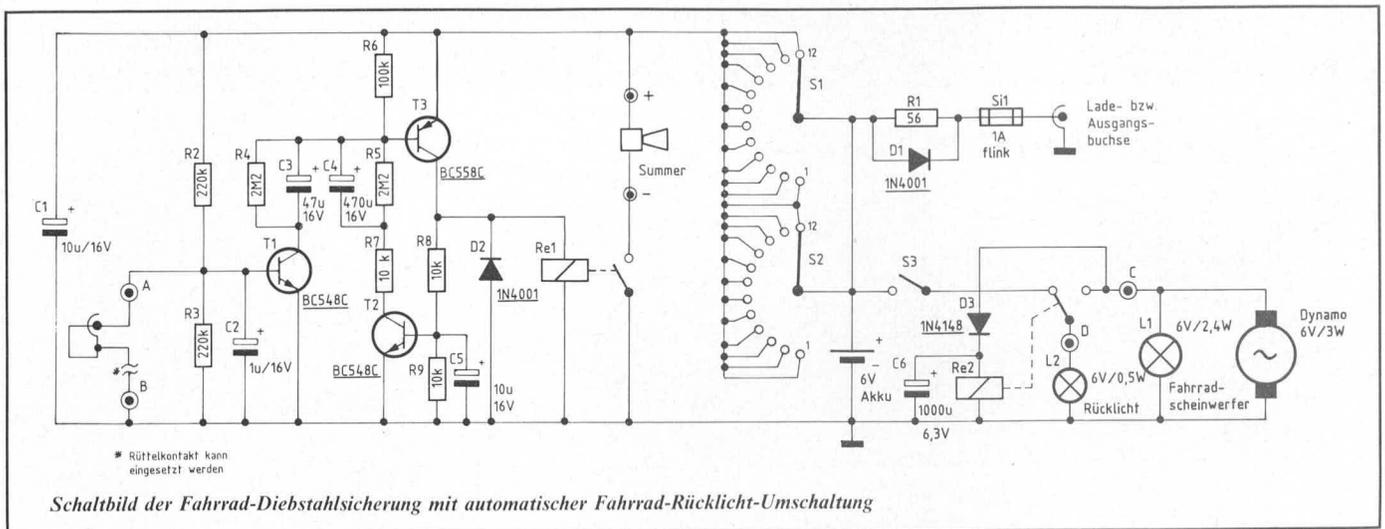
Die Versorgung der Schaltung wird über einen eingebauten 6V Akku mit einer Kapazität von 1,2A vorgenommen.

Der eine Pol der Lade- bzw. Ausgangsbuchse wird mit dem -Pol des Akkus verbunden. Die Parallelschaltung aus D1/R1 in Reihe

mit der Sicherung Si1 verbindet den +Anschluß des Akkus mit dem anderen Pol der Buchse. Die Sicherung dient in diesem Zusammenhang dem Schutz sowohl vor unbeabsichtigten Kurzschlüssen als auch dem Außerkraftsetzen der Diebstahlsicherung durch Kurzschluß der Batterie. Der Vorwiderstand R1 ist als Ladewiderstand gedacht, damit der Akku mit einer Ladespan-



nung zwischen 9 und 14V geladen werden kann, wobei die Ladezeit bei vollkommen entladem Akku bei einer Eingangsspannung von 9 V ca. 24 Stunden und bei einer Eingangsspannung von 12-14 V ca. 12 Stunden geladen werden muß. Noch höhere Eingangsspannungen würden den Vorwiderstand R1 überlasten und könnten dem Akku schaden.



Die eigentliche Diebstahlsicherungsschaltung wird über die beiden Drehschalter S1 und S2 mit der Akkuspannung versorgt.

Solange die Punkte A und B miteinander verbunden sind, ist der Transistor T1 gesperrt, wodurch auch T2 und T3 nicht leitend sind und das Relais abgefallen ist.

Wird der Rüttelkontakt durch Vibration unterbrochen, oder auch die dazu in Reihe geschaltete Drahtverbindungsleitung aufgetrennt, steuert T1 über den Vorwiderstand R2 durch. Der Kondensator C3 entlädt sich über die Basismitterstrecke von T3. Dieser Transistor schaltet und steuert über R8 T2 durch, der über das RC-Glied C4/R7 für eine Zeitdauer von ca. 30 Sekunden eine Selbsthaltung herbeiführt, so daß das Relais Re1 anzieht und der Summer ertönt. Nach ca. 30 Sekunden geht die Schaltung in ihren Ausgangszustand zurück, sofern die Verbindung der Punkte A und B wieder hergestellt wurde. Bleibt die Verbindung geöffnet, verstummt der Summer trotzdem, T1 steuert aber weiterhin durch, kann T3 und T2 jedoch nicht mehr zum Schalten veranlassen, da C3 inzwischen aufgeladen wurde. Erst nachdem die Verbindung A und B wieder hergestellt wurde, und mindestens einige Minuten bestand, kann durch erneutes Auftrennen dieser beiden Verbindungspunkte die Schaltung wieder ein Alarmsignal abgeben.

Bei der Auslegung der Schaltung wurde besonderer Wert auf möglichst geringen Ruhestromverbrauch gelegt, so daß der Akku durch die Schaltung praktisch nicht belastet wird, so lange der Summer nicht ertönt und seine Kapazität für mehr als 1 Jahr Dauerbetrieb ausreichen würde, sofern nicht noch andere Verbraucher wie z. B. die automatische Fahrrad-Rücklichtumschaltung als auch extern angeschlossene Geräte ihn belasten.

Die Funktionsweise der automatischen Fahrrad-Rücklicht-Umschaltung wurde, wie eingangs bereits erwähnt, in unserer Ausgabe Nr. 19 eingehend beschrieben. An dieser Stelle brauchen wir daher nur kurz darauf einzugehen.

Die vom Dynamo kommende Spannung wird mittels D3 gleichgerichtet und auf das Reed-Relais Re2 gegeben, das sich durch einen besonders geringen Eigenstromver-

brauch auszeichnet. C6 dient hierbei der Glättung und Siebung. Wird vom Dynamo keine Spannung abgegeben und ist der Schalter S3 geschlossen (automatische Fahrrad-Rücklicht-Umschaltung in Betrieb), so ist das Reed-Relais Re2 abgefallen und der Kontakt re2 befindet sich in der eingezeichneten Ruhestellung, wodurch das Fahrrad-Rücklicht mit der Akku-Spannung versorgt wird. Sobald der Dynamo eine ausreichende Spannung zur Versorgung der Lampen L1 und L2 bereit stellt, zieht auch das Relais Re2 an und der Kontakt re2 schaltet in die andere Stellung, wodurch das Rücklicht vom Akku getrennt und auf den Dynamo geschaltet wird.

Aufgrund der Kapazität des eingebauten 6V Akku's ist dieser ohne weiteres in der Lage, bei vollgeladenem Zustand das Rücklicht ca. 10 Stunden lang zu speisen. Der Akku muß u. U. nur in größeren Zeitabständen nachgeladen werden. Es sei denn, es werden, wie bereits vorstehend schon erwähnt, noch andere externe Verbraucher angeschlossen, wozu die Möglichkeit durchaus besteht.

Zum Nachbau

Der Nachbau dieser vielseitigen und interessanten Schaltung gestaltet sich weitgehend einfach. Bei der Bestückung hält man sich genau an den abgebildeten Bestückungsplan und an die Stückliste.

Zunächst sind die Widerstände, dann die Kondensatoren, Dioden, Schalter usw. und zuletzt die Relais und Transistoren einzulöten.

Der Akku wird mit einigen Schaumstoffstreifen an seinen Auflageflächen beklebt, bevor er auf die Platine gesetzt, festgelötet und verbunden wird, damit direkte, vom Fahrradrahmen kommende Erschütterungen nicht unmittelbar auf den Akku übertragen werden können.

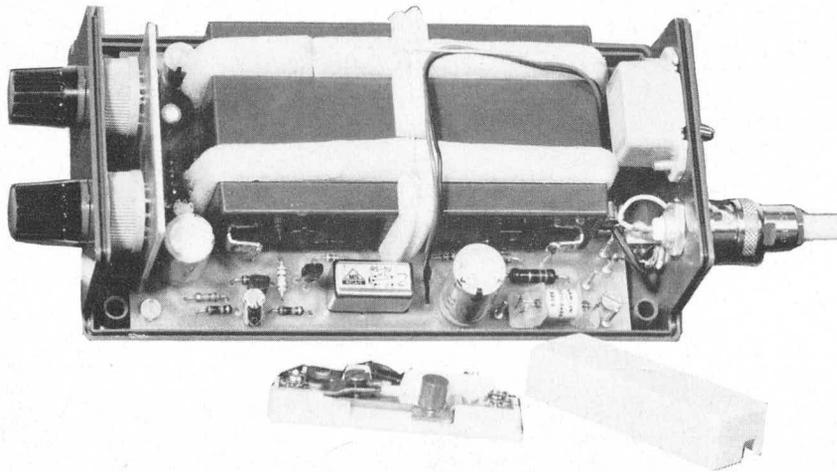
Die Lade- bzw. Entladebuchse wird mit den Platinenanschlußpunkten E und F verbunden.

Die eigentliche Diebstahlsicherung besteht nun aus einem ca. 30 cm langen Koaxkabel, dessen Innenleiter an den Platinenanschlußpunkt A und dessen Abschirmung an den Platinenanschlußpunkt B zu löten sind. Danach wird das Koaxkabel durch die der BNC-Buchse gegenüberliegende Gehäuse-

seite geführt und sein Ende mit einem BNC-Stecker versehen. Am Ende des Koaxkabels ist der Mittelanschluß des BNC-Steckers über den Innenleiter mit dem Punkt A und der Außenanschluß des BNC-Steckers über die Abschirmung mit dem Punkt B der Leiterplatte verbunden.

Plaziert man nun die gesamte Schaltung mit dem dazu passenden Gehäuse direkt über dem Hinterrad des Fahrrades, etwas unterhalb des Sattels, so kann das Koaxkabel durch die Speichen geführt werden und auf der anderen Seite in die BNC-Buchse des Gehäuses gesteckt werden. Die BNC-Buchse, die sich seitlich im Gehäuse befindet, wird nun intern kurzgeschlossen, d.h. der Mittelleiter wird mit dem Außenanschluß der Buchse über einen kurzen Silberdraht verlötet. Steckt man nun den BNC-Stecker, der sich am Ende des Koaxkabels, das durch die Speichen geführt wird, befindet, in die BNC-Buchse, so sind die Punkte A und B der Leiterplatte miteinander verbunden und es wird kein Alarm ausgelöst. Erst in dem Moment, wo das Koaxkabel beschädigt oder die Steckverbindung ausgetrennt wird, ertönt der Alarm. In Reihe zu dem Koaxkabel, d.h. an der Stelle, wo die Abschirmung des Koaxkabels mit dem Platinenanschlußpunkt B verbunden wird, kann noch ein Rüttelkontakt geschaltet werden. Es ist darauf zu achten, daß im Ruhezustand der Kontakt geschlossen ist. Wird der Rüttelkontakt nicht benötigt, ist wie bereits vorstehend beschrieben, die Abschirmung des Koaxkabels mit Punkt B und der Innenleiter des Koaxkabels mit Punkt A der Leiterplatte zu verbinden.

Mit Hilfe der Schalter S1 und S2 kann die Diebstahlsicherung außer Betrieb genommen werden. In dem eingezeichneten Layout sind jedoch alle Leiterbahnen an die einzelnen Schalterpunkte angeschlossen, so daß in jeder Schalterstellung die Diebstahlsicherungsschaltung mit Spannung versorgt wird. Um zu einer individuellen Zahlenkombination zur Entschärfung der Alarmanlage zu kommen, ist von jedem Schalter ein beliebiger Anschlußpunkt aufzutrennen. Wird jetzt sowohl der Schalter S1 als auch der Schalter S2 in diese Position gebracht, ist die Stromzufuhr zur Alarmschaltung unterbrochen und der Steckkontakt über dem Koaxkabel kann aufgetrennt werden, ohne daß der Alarm ausgelöst wird.



Ansicht der fertig bestückten und in die untere Gehäusehalbschale eingebauten Fahrrad-Diebstahlsicherung

Stückliste: Fahrrad-Diebstahl-sicherung mit Fahrrad-Rücklicht-Umschaltung

Halbleiter

| | |
|--------------|----------|
| T1, T2 | BC 548 C |
| T3 | BC 558 C |
| D1, D2 | 1 N 4001 |
| D3 | 1 N 4148 |

Kondensatoren

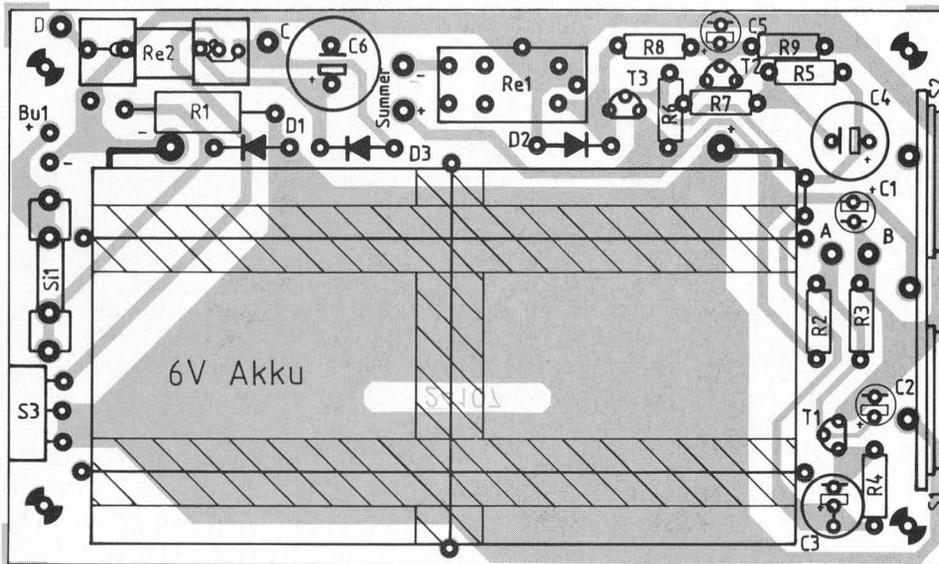
| | |
|--------------|--------------------|
| C1, C5 | 10 μ F/16 V |
| C2 | 1 μ F/16 V |
| C3 | 47 μ F/16 V |
| C4 | 470 μ F/16 V |
| C6 | 1000 μ F/6,3 V |

Widerstände

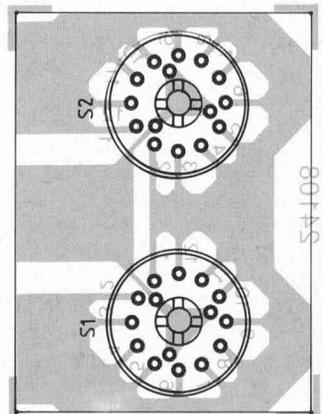
| | |
|------------------|------------------|
| R1 | 56 Ω /1 W |
| R2, R3 | 220 k Ω |
| R4, R5 | 2,2 M Ω |
| R6 | 100 k Ω |
| R7, R8, R9 | 10 k Ω |

Sonstiges

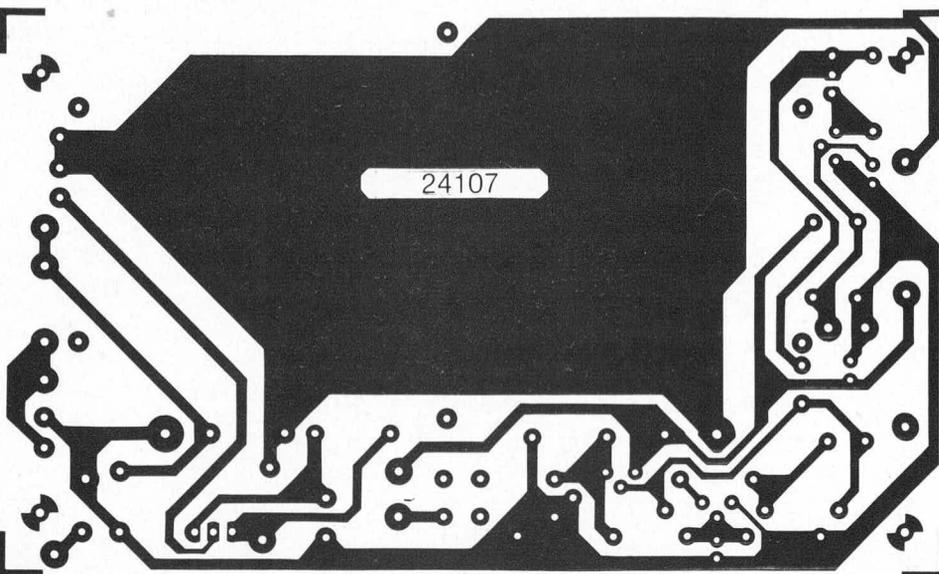
| | |
|-------------------------------|----------------------|
| 2 Präzisionsdrehwähler 1 x 12 | 1 BNC Buchse |
| 1 Kippschalter 1 x um | 1 BNC Stecker |
| 1 Klinkenbuchse | 2 Schrauben M 3 x 10 |
| 1 Platinensicherungshalter | 2 Muttern M 3 |
| Si 1 Sicherung 1 A flink | |
| Re 1 Relais 5 V (M 5) | |
| Re 2 Reedrelais HAMLIN 1 x um | |
| 1 Summer 6 V | |
| 1 Rüttelkontaktschalter | |



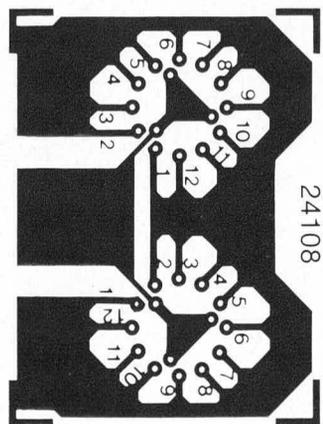
Bestückungsseite der Basisplatte



Bestückungsseite der Schalterplatte

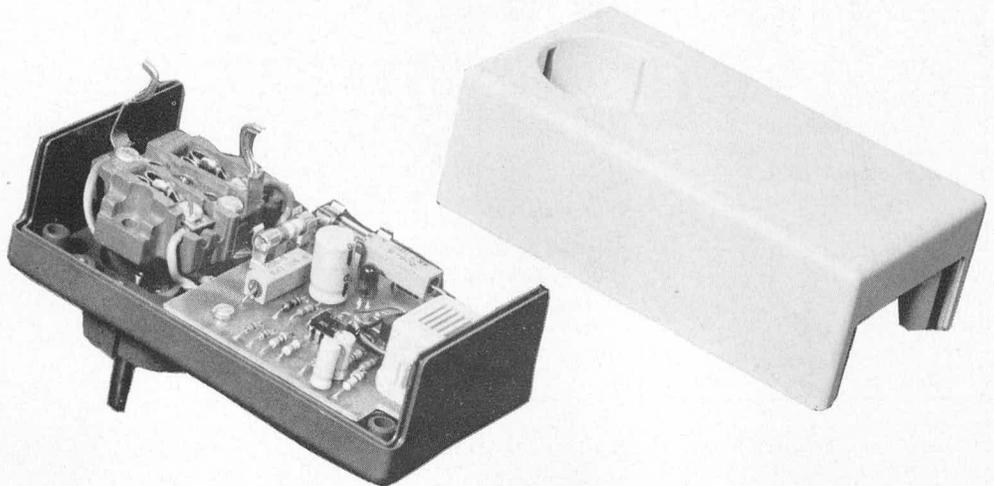


Leiterbahnseite der Basisplatte



Leiterbahnseite der Schalterplatte

Diebstahlsicherung für Weihnachtsbaumbeleuchtung



Damit Sie nicht eines Morgens aufwachen und Ihre im Garten angebrachte Weihnachtsbaumbeleuchtung vermissen, haben wir diese kleine Schaltung für Sie entwickelt.

Allgemeines

Die in einem Steckergehäuse mit Netzstecker und Netzbuchse untergebrachte Schaltung registriert, ob ein Verbraucher angeschlossen und eingeschaltet ist. Sobald der Verbraucher (z. B. die Weihnachtsbaumbeleuchtung) abgeklemmt wird, ertönt ein Summer.

Zur Schaltung

Die für den Betrieb der Schaltung erforderliche Versorgung wird aus der Netzwechselspannung in Verbindung mit der Gleichrichter-Diode D1 und dem Vorwiderstand R1 gewonnen und über D2/D3 sowie C1 stabilisiert und geglättet.

Der angeschlossene Verbraucher verursacht durch den fließenden Strom an R4

einen Spannungsabfall, der über die Widerstände R3 und R5 auf die Eingänge des 1. Operationsverstärkers (OP1) gegeben wird. D4/D5 dienen in diesem Zusammenhang dem Schutz der Eingänge des OP1 vor Überspannung im Kurzschlußfall.

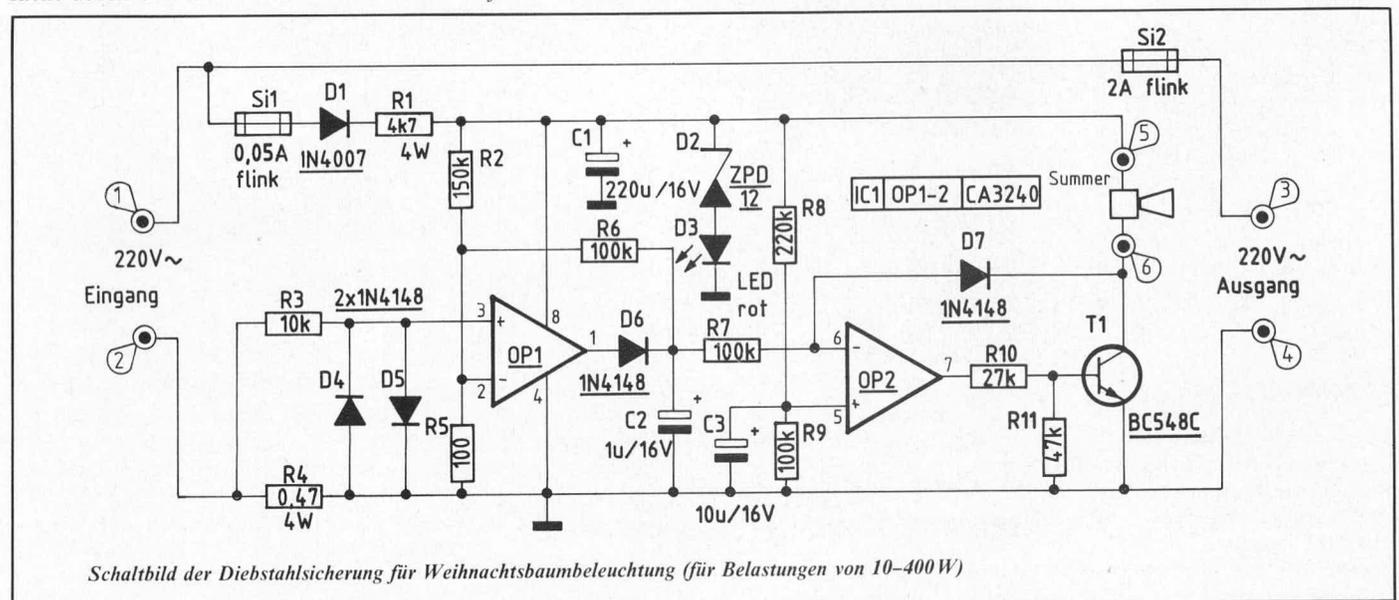
Die Widerstände R5/R6 dienen der Verstärkungsbegrenzung und R2 spannt den invertierenden (-) Eingang des OP1 positiv vor, so daß bei Fortfall des durch den Verbraucher und somit auch durch R4 fließenden Stromes der Ausgang (Pin 1) des OP1 auf ca. 0V geht.

Solange durch R4 ein Strom von mindestens 50 mA fließt (entspricht einer Leistung von ca. 10 W), wird der dadurch an R4 entstehende Spannungsabfall über OP1 verstärkt, wodurch C2 über D6 regelmäßig in jeder Periode einmal auf- bzw. nachgeladen

wird, und zwar auf eine Spannung von ca. 12V.

Dieser Spannungswert liegt beträchtlich über dem am nichtinvertierenden (+) Eingang des OP2 anliegenden Spannungspotentials von ca. 4V, so daß der Ausgang (Pin 7) des OP2 auf ca. 0V liegt – T1 ist gesperrt; der Summer schweigt.

Fließt durch R4 kein Strom mehr, wird C2 nicht mehr nachgeladen, und entlädt sich innerhalb kürzester Zeit über die Widerstände R5 und R6. Sobald seine Spannung unter 4V sinkt, wechselt der Ausgang des OP2 (Pin 7) von ca. 0V auf ca. +12V und T1 steuert durch – der Summer ertönt. Über die Diode D7 wird eine Selbsthaltung erzeugt, so daß auch bei anschließender Wiedereinschaltung eines Verbrauchers der Summer nicht verstummt.



Zum Nachbau

Der Nachbau dieser Schaltung gestaltet sich recht einfach.

Die Bestückung der Platine wird anhand des Bestückungsplanes und der Stückliste in gewohnter Weise vorgenommen.

Die fertig aufgebaute Platine, bei der das IC1 als letztes eingelötet wird, erhält ihre Befestigung mittels 5 mm langen Abstandsröhrchen und den dazugehörigen 10 mm langen M3 Schrauben, mit deren Hilfe die Platine im Steckergehäuse festgesetzt wird. Zuvor sind selbstverständlich noch die erforderlichen Verbindungen von der Steckdose zur Schaltung und zum Stecker des Gehäuses zu ziehen.

Durch den Verzicht auf einen Netztrafo steht im Betrieb die gesamte Schaltung unter lebensgefährlicher Netzspannung, so daß für Messungen am eingeschalteten Gerät unbedingt ein Trenntrafo zu verwenden ist.

Die VDE-Bestimmungen sind zu beachten.

Inbetriebnahme

Nachdem die Platine noch einem auf richtige Bestückung untersucht und die Verbindungsleitungen kontrolliert wurden, wird der Gehäusedeckel aufgesetzt und verschraubt. Um das Gerät in Betrieb zu nehmen, ist lediglich zuerst der zu überwachende Verbraucher (z. B. Weihnachtsbaumbeleuchtung) anzuschließen (und einzuschalten) und danach erst das Gerät in die Netzsteckdose zu stecken. Wird der in den Verbraucher fließende Strom unterbrochen, ertönt der Summer. Durch Herausziehen der Diebstahlsicherung aus der Netzsteckdose wird der Summer abgeschaltet und die gesamte Schaltung befindet sich bei erneutem Einschalten wieder in ihrem Ausgangszustand, wobei immer zuerst der Verbraucher an das Gerät anzuschließen ist und danach erst die Verbindung zum Netz herzustellen ist.

Stückliste: Diebstahlsicherung für Weihnachtsbaumbeleuchtung

Halbleiter

| | |
|-------|---------------|
| IC1 | CA 3240 |
| T1 | BC 548 |
| D1 | 1 N 4007 |
| D2 | ZPD 12 |
| D3 | LED rt (5 mm) |
| D4-D7 | 1 N 4148 |

Kondensatoren

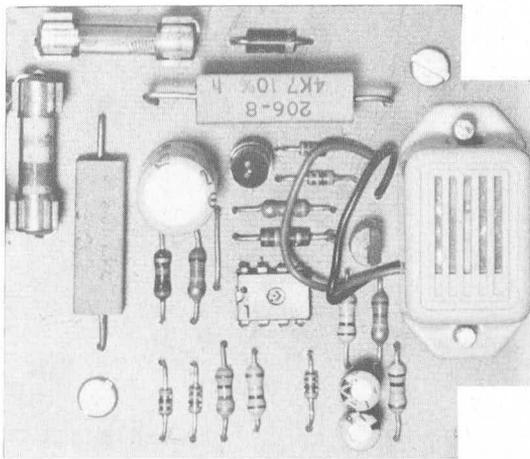
| | |
|----|------------------|
| C1 | 220 µF/16 V Elko |
| C2 | 1 µ/16 V Elko |
| C3 | 10 µ/16 V Elko |

Widerstände

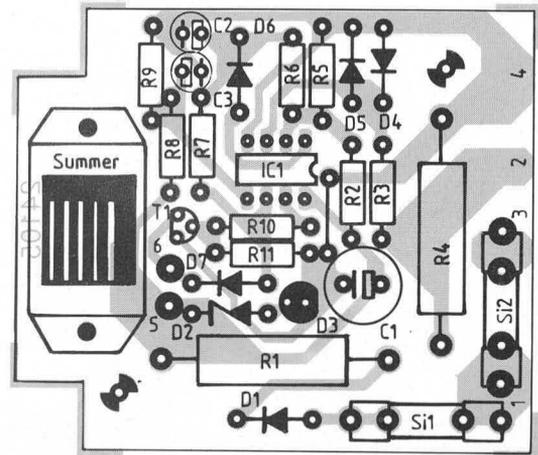
| | |
|------------|------------|
| R1 | 4,7 kΩ 4 W |
| R2 | 150 kΩ |
| R3 | 10 kΩ |
| R4 | 0,47 Ω 4 W |
| R5 | 100 Ω |
| R6, R7, R9 | 100 kΩ |
| R8 | 220 kΩ |
| R10 | 27 kΩ |
| R11 | 47 kΩ |

Sonstiges

| | |
|------|--|
| Si 1 | Sicherung 0,05 A/1kV |
| Si 2 | Sicherung 2 A/1kV |
| 1 | Summer 9 V |
| 2 | Schrauben M 3 x 10 mm (für Summerbefestigung) |
| 2 | Schrauben M 3 x 10 |
| 2 | Abstandsröhrchen 5 mm |



Ansicht der bestückten Platine der Diebstahlsicherung für Weihnachtsbaumbeleuchtung



Bestückungsseite der Platine der Diebstahlsicherung für Weihnachtsbaumbeleuchtung

Optische Tür-/Telefonklingel

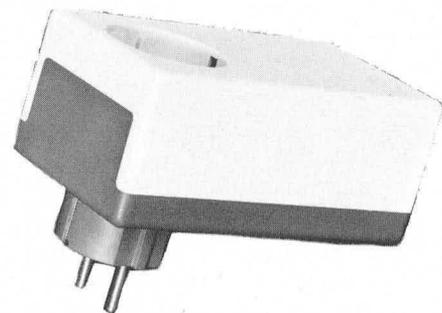
Mit Hilfe dieser kleinen Schaltung können Sie nicht nur hören, ob die Tür- bzw. Telefonklingel angesprochen hat, sondern außerdem auch sehen.

Allgemeines

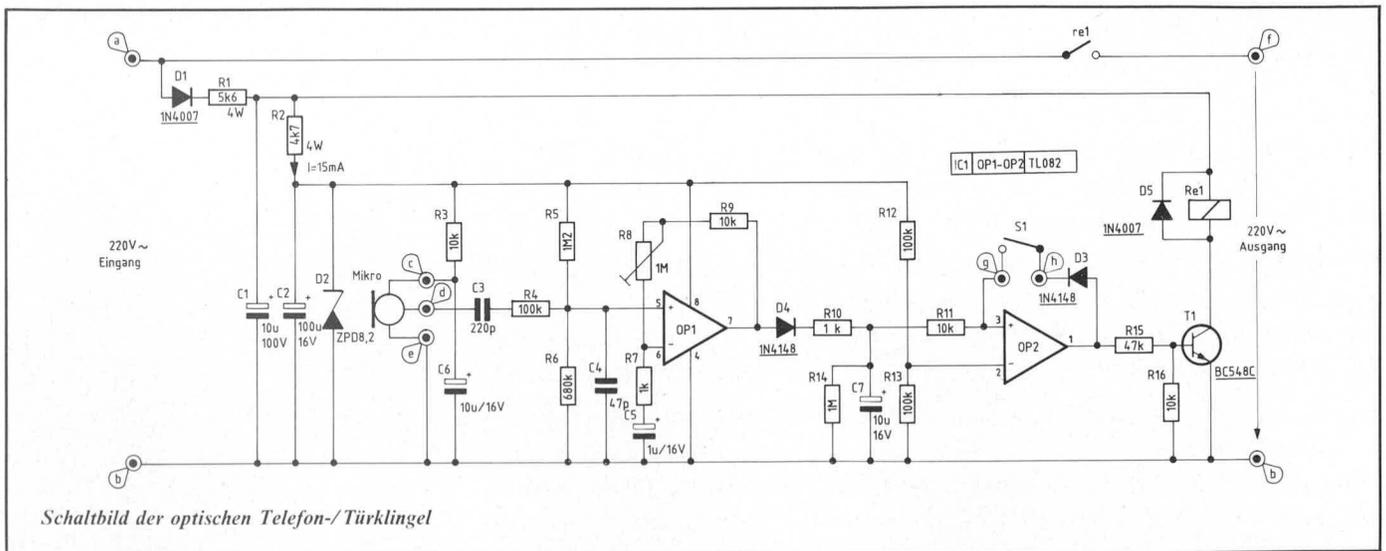
Die in einem Gehäuse mit angespritztem Schukostecker sowie integrierter Schuko-steckdose untergebrachte Schaltung nimmt über ein Mikrophon Klingelsignale entsprechender Lautstärke auf, wodurch ein Relais anzieht, das die Steckdose mit Netzspannung versorgt.

Die Schaltung wird in eine Steckdose gesteckt, die sich in möglichst unmittelbarer Nähe der entsprechenden Signalquelle befindet, damit man die Ansprechempfindlichkeit so unempfindlich wie möglich einstellen kann, um Fehlanschlüsse durch Umweltlärm zu vermeiden.

Mit Hilfe eines eingebauten Kippschalters kann die Schaltung auch eine Selbsthalte-



funktion ausüben, d. h., daß die Steckdose unter Spannung bleibt, auch wenn das Signal, das zur Auslösung dienen soll, nicht mehr vorhanden ist. In der anderen Stellung des Kippschalters wird der Verbraucher (z. B. Stehlampe o. ä.) nur so lange eingeschaltet, wie auch die Signalquelle (Telefonklingel oder Haustürklingel) aktiviert ist.



Schaltbild der optischen Telefon-/ Türklingel

Zur Schaltung

Über die Kombination D1/R1 in Verbindung mit C1 wird eine Gleichspannung erzeugt, die in Verbindung mit R2/C2 und D3 auf 8,2V stabilisiert wird. An dem Verbindungspunkt R1/R2 steht eine Spannung von 50–80V an, solange das Relais Re1 nicht angezogen ist.

Sobald ein Geräusch ausreichender Lautstärke auf das Mikrofon trifft, gelangt eine entsprechende Wechsellspannung über C4/R4 auf den nicht invertierenden (+) Eingang des OP1. R5/R6 stellen in Verbindung mit C4 einen Tiefpaß dar, der die obere Grenzfrequenz festlegt, während C3/R4 als Hochpaß die untere Grenzfrequenz des zur Auswertung kommenden Signals bezeichnen.

Mit Hilfe von R8 kann die Verstärkung des OP1, dessen Arbeitspunkt automatisch festgelegt wird, geregelt werden, wodurch sich die Ansprechempfindlichkeit an die jeweiligen Gegebenheiten anpassen läßt.

Ist das Eingangssignal auf ausreichender Größe, erscheint am Ausgang des OP1 (Pin7) das verstärkte Signal. Dieses wird mit D4 gleichgerichtet und über R10 auf den Kondensator C7 gegeben, dessen Entladezeit mit R14 festgelegt ist.

Mit Hilfe der beiden Widerstände R12 und R13, die als Spannungsteiler geschaltet

sind, wird auf den invertierenden (-) Eingang des OP2 eine Spannung von ca. 4,1V gegeben.

Überschreitet die an C7 anstehende und über R11 auf den nicht invertierenden (+) Eingang geführte Spannung diesen Wert von ca. 4,1V, ändert der Ausgang des OP2 (Pin 1) seine Spannung von ca. 0V auf ca. +8V, so daß T1 durchsteuert und Re1 anzieht. Der Kontakt re1 schließt und die Ausgangsnetzsteckdose speist den angeschlossenen Verbraucher (z. B. Stehlampe).

Zu bemerken ist noch, daß sobald Re1 anzieht, die Spannung über dem Kondensator C1, die im Leerlauf ca. 50–80V beträgt, deutlich kleinere Werte annimmt, die jedoch zur Selbsthaltung von Re1 ausreichen.

Zum Nachbau

Die Bestückung der Leiterplatte wird anhand des Bestückungsplanes und der Stückliste in gewohnter Weise vorgenommen.

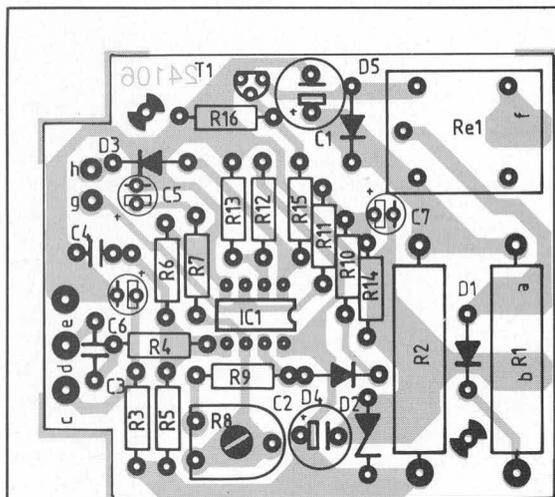
Die fertig aufgebaute Platine, bei der das IC1 als letztes eingelötet wird, erhält ihre Befestigung mittels 5 mm langen Abstandsrollchen und den dazugehörigen 10 mm langen M3 Schrauben, mit deren Hilfe die Platine im Steckergehäuse festgesetzt wird. Vorher sind noch die erforderlichen Verbindungen von der Steckdose zur Schaltung und zum Stecker des Gehäuses zu ziehen.

Der Kippschalter S1 wird in die untere Gehäusehalbschale eingesetzt. Zunächst ist eine Bohrung von 6–6,5 mm Durchmesser an entsprechender Stelle anzubringen. Der Schalter wird mit einer 6 mm Lötöse versehen, durch die Bohrung gesteckt und von außen verschraubt. Die im Inneren des Gehäuses am Schalterhals befindliche Lötöse wird mit dem Schutzleiter des am Gehäuse befindlichen Netzsteckers mit einem isolierten Draht von mind. 1,5 mm² Querschnitt verbunden. Dies ist unbedingt erforderlich, damit der Kippschalter bei evtl. auftretenden Defekten innerhalb der Schaltung niemals unter Spannung stehen kann.

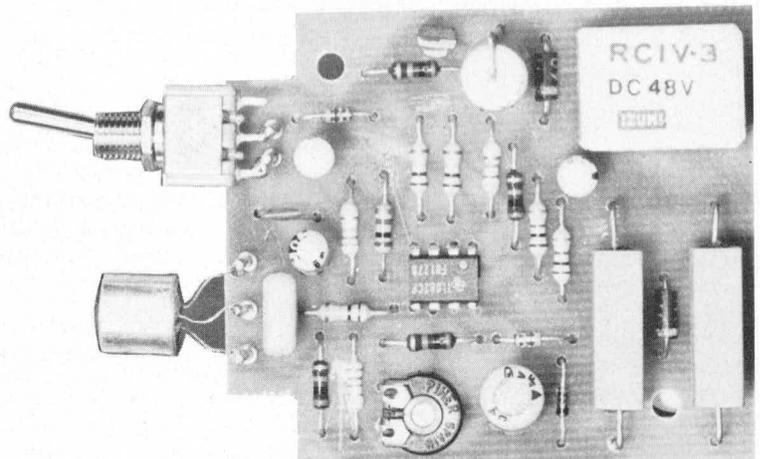
Nun wird der Schalter verdrahtet, indem der mittlere der drei Schalteranschlußstifte mit Punkt h der Leiterplatte und einer der beiden äußeren mit Punkt g verbunden wird. Der dritte Schalteranschlußstift bleibt frei.

Möchte man auf eine Selbsthaltung der Schaltung grundsätzlich verzichten, kann sowohl die Diode D3 als auch der Kippschalter S1 entfallen.

Abschließend möchten wir noch darauf hinweisen, daß durch den Verzicht auf einen Netztrafo, die gesamte Schaltung unter lebensgefährlicher Netzspannung steht, so daß für Messungen am eingeschalteten Gerät unbedingt ein Trenntrafo zu verwenden ist. Die VDE-Bestimmungen sind unbedingt zu beachten.



Bestückungsseite der Platine der optischen Telefon-/ Türklingel



Ansicht der bestückten Platine der optischen Telefon-/ Türklingel

ELV-Serie Amateurfunk

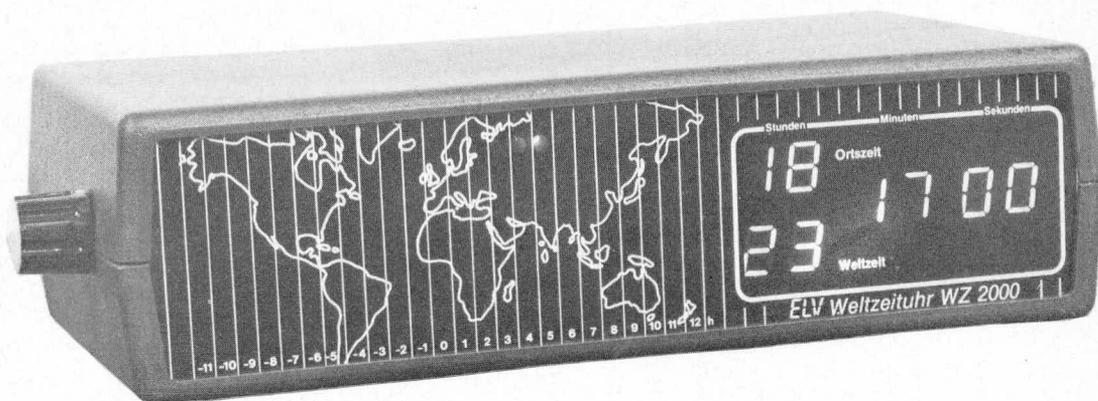
Die vielen Anfragen von KW-UKW und UHF-Amateuren an den Verlag zeigen uns, daß ein echter Bedarf an erprobten Schaltungen und Bauanleitungen in diesen Kreisen besteht.

Die Nachfragen der Amateure beweisen zum anderen aber auch, daß bei ihnen großes Interesse besteht, Geräte selbst zu bauen, die ihnen bei der Ausübung ihres Hobbys nützlich sind. Nicht zuletzt kommen ihnen dabei alle Erfahrungen zugute, die sie auf vielfältige Art sammeln konnten.

An dieser Stelle würde es zu weit führen, alles das, was der Amateurfunker zur effizienten Ausführung seines Hobbys benötigen könnte, aufzuführen. In vielen Fällen ist es gerade der Selbstbau, der durch die erfreulicherweise niedrigen Kosten die Erstellung von interessanten Geräten ermöglicht.

In der hier vorliegenden Ausgabe Nr. 24 des ELV journals beginnen wir mit der ELV-Serie Amateurfunk, indem wir Ihnen eine Digitale Weltzeituhr vorstellen.

Digitale Weltzeituhr WZ 2000



Die hier vorgestellte komfortable Digitale Weltzeituhr dürfte für Amateurfunker besonders interessant sein, jedoch sicherlich auch viele Leser interessieren, die die Uhrzeit in anderen Erdteilen wissen möchten.

Allgemeines

So aufwendig das Innenleben der ELV-Weltzeituhr auch ist — es finden alleine 43 IC's Verwendung — so einfach ist die Bedienung:

Auf der Frontplatte des formschönen mattschwarzen Gehäuses ist die Weltkarte in ihren wesentlichen Umrissen aufgedruckt. Die eingezeichneten 24 Weltzeitzonen sind durch senkrechte dünne weiße Linien gekennzeichnet, wobei jeder der 24 Zeitzonen eine Leuchtdiode zugeordnet ist, so daß sich am oberen Gehäuserand ein Leuchtdiodenband befindet. Mit Hilfe eines ergonomisch günstig an der linken Gehäusesseite angeordneten Drehknopfes läßt sich der Leuchtpunkt schnell und leicht an jede beliebige Zeitzonenposition fahren. Es leuch-

tet also jeweils nur 1 LED auf, und zwar immer diejenige, die zu der angezeigten Zeit gehört, die auf dem rechts daneben befindlichen Display abzulesen ist. Da sich die Weltzeiten im allgemeinen nur in der Stundenzeit unterscheiden, ist die Sekundenanzeige und die Minutenanzeige nur einmal vorhanden, während die Stundenanzeige in doppelter Ausführung auf der Frontplatte erscheint, und zwar die Ortszeit oben und die Weltzeit darunter.

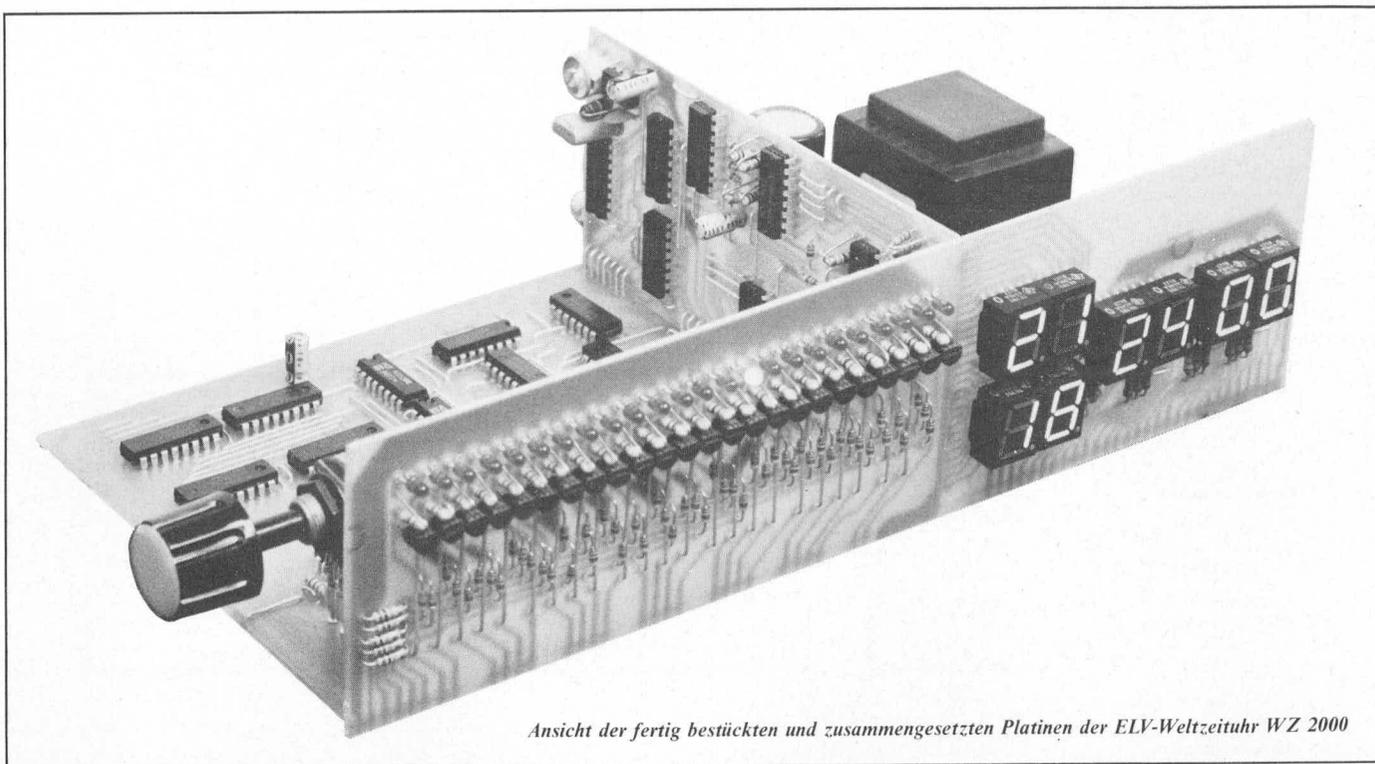
Sowohl Weltzeit als auch Ortszeit werden auf der Rückseite des Gehäuses mittels entsprechender Taster getrennt eingestellt. Die ELV-Weltzeituhr WZ 2000 kann für jedes Land und sogar unabhängig von Sommer- oder Winterzeit ihre Grundeinstellung erfassen.

Zum Einstellen der Uhr wird auf dem oberen Stundendisplay die Ortszeit, d. h. bei uns

die mitteleuropäische Zeit eingestellt (normale Uhrzeit).

Die Grundeinstellung der Weltzeit nimmt man am besten in der Form vor, in dem der Leuchtpunkt mit Hilfe des links am Gehäuse befindlichen Einstellknopfes auf Mitteleuropa, d. h. ebenfalls auf die mitteleuropäische Zeitzone eingestellt wird (Abschnitt „0“). Nun kann mit dem entsprechenden Taster auf der Rückseite des Gehäuses die Weltzeit mit der Ortszeit in Übereinstimmung gebracht werden.

Minuten und Sekunden werden mit den beiden rechten Tastern gesetzt, wobei die Minuten genau wie die Stunden beim Betätigen des entsprechenden Tasters im Sekundenrhythmus fortlaufen, während die Sekunden beim Betätigen des entsprechenden Tasters stoppen. Damit ist die Einstellung der ELV-Weltzeituhr WZ 2000 beendet.



Ansicht der fertig bestückten und zusammengesetzten Platinen der ELV-Weltzeituhr WZ 2000

Möchte man nun die zugehörige Weltzeit zu einer beliebigen Zeitzone wissen, dreht man mit Hilfe des Einstellknopfes an der linken Gehäuseseite den Leuchtpunkt an die Stelle, die zu der betreffenden Zeitzone gehört. Aus dem Display für die Weltzeit kann die zu der eingestellten Zone gehörende Weltzeit dann abgelesen werden.

Aufgrund der außerordentlich aufwendigen Schaltungstechnik der ELV-Weltzeituhr WZ 2000 würde eine detaillierte Schaltungsbeschreibung den Rahmen unseres Fachmagazins sprengen.

Wir wollen uns daher auf eine etwas gestraffte Schaltungsbeschreibung beschränken, die allerdings durch ein ausführliches Blockschaltbild ergänzt wird, das zum besseren Verständnis der komplexen Zusammenhänge wesentlich beiträgt.

Zur Schaltung

Die prinzipielle Funktionsweise der ELV-Weltzeituhr WZ 2000 läßt sich aufgrund der hohen Schaltungskomplexität am besten anhand des Blockschaltbildes erkennen.

Da in der Schaltung sowohl TTL als CMOS IC's eingesetzt wurden, stehen zwei verschiedene Versorgungsspannungen zur Verfügung, um eine möglichst hohe Störsicherheit zu erreichen. Für CMOS IC's sowie für den elektronischen Schalter steht eine Spannung von +10 V zur Verfügung, während die TTL IC's mit +5 V bei einem deutlich höheren Strom versorgt werden. Die Treiber-Transistoren in den IC's 1 bis 8 zur Ansteuerung der LED-Anzeigen besitzen einen offenen Kollektorausgang, so daß die Versorgungsspannung hierfür instabilisiert sein kann. Es steht eine Spannung von ca. 8,5 V zur Verfügung.

Realisiert wird das Netzteil im Schaltbild mit dem Transformator Tr1, der eine 9 V-Wicklung mit 400 mA Ausgangsstrom besitzt und eine weitere Wicklung mit 12 V/75 mA. Die Stabilisierung erfolgt zum

einen mit dem IC44 des Typs 78L05 und zum anderen mit dem IC45 des Typs 78L10.

Kommen wir nun zur eigentlichen Uhrenschaltung:

Der Ausgangspunkt unserer Schaltungsbeschreibung soll die Quarzeitbasis sein, die aus einer Quarzfrequenz von 3,579545 MHz mit Hilfe des IC 24, das sowohl einen Oszillator als auch entsprechende Teilerstufen enthält, eine quarzstabilisierte Taktfrequenz von 60 Hz erzeugt.

Der anschließende Teiler durch 60 (im Schaltbild durch IC23 dargestellt), erzeugt die 1 Hz Taktfrequenz zur Ansteuerung des Zählers für die Sekundenanzeige.

Von einigen Sonderfällen einmal abgesehen, ist unsere Erde in 24 Zeitbereiche, auch Zeitzone genannt, aufgeteilt, die sich immer um eine Stunde unterscheiden. Die Minuten und Sekunden sind, wiederum von einigen Ausnahmen einmal abgesehen, auf der gesamten Erde gleich. Aus diesem Grund ist auf dem Anzeigenfeld der WZ 2000 die Sekunden- und auch die Minutenanzeige nur einmal vorhanden. Links neben der Minutenanzeige befinden sich 2 übereinander liegende 7-Segment-Paare, von denen das obere Paar die Stundenanzeige der Ortszeit vornimmt und das untere Paar die Weltzeit je nach eingestellter Zeitzone anzeigt. Die Einstellung erfolgt, wie bereits weiter vorstehend beschrieben, mit dem an der linken Gehäuseseite befindlichen Drehknopf, der einen Leuchtpunkt in die entsprechende Zeitzone der auf der Frontplatte aufgedruckten Weltkarte schiebt. Mit dem Verschieben des Leuchtpunktes auf der Weltkarte erscheint immer gleichzeitig die entsprechende Weltzeit auf dem unteren Stundendisplay.

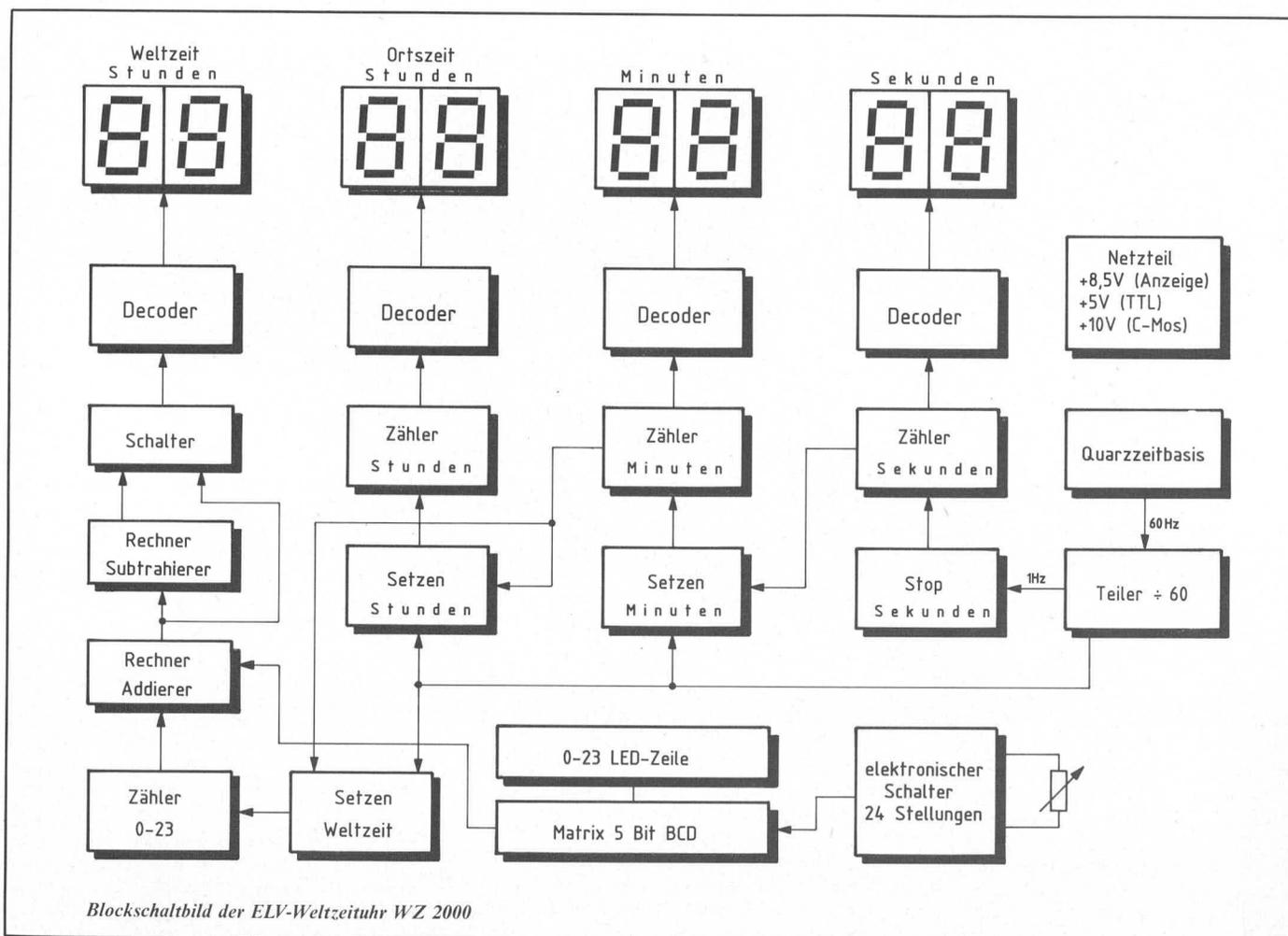
Zunächst wollen wir jedoch die Funktionsweise der Sekunden, Minuten sowie Stundenanzeige weiter beschreiben.

Das aus dem Teiler durch 60 kommende 1 Hz Taktsignal wird über einen Stoptaster auf den 1. Zähler der Sekundenanzeige gegeben (Sekunden-Einer). Der Zählerausgang steuert wiederum den Zählereingang für die Sekunden-Zehner. Der Ausgang dieser beiden für die Sekundenanzeige erforderlichen Zähler, die in dem IC 18 integriert sind, steuern einen Dekoder und Anzeigentreiber, dessen Ausgänge direkt die 7-Segment-Anzeigen ansteuern. Für die Sekunden-Einer-Anzeige wird dies mit Hilfe des IC 8 und für die Sekunden-Zehner-Anzeige mit dem IC 7 realisiert.

Der Ausgang des Zählers für die Sekunden-Zehner-Anzeige steuert dann über einen elektronischen Schalter, der mit einem Taster betätigt werden kann, den Eingang des Zählers an, der für die Minuten-Einer-Anzeige verantwortlich ist. Auf die Funktion dieses elektronischen Schalters wird später noch näher eingegangen. Der Ausgang des Zählers für die Anzeige der Minuten-Einer steuert den Zähler für die Minuten-Zehner an, dessen Ausgang wiederum ebenfalls für die Stunden-Einer ansteuert, der seinerseits wieder die Stunden-Zehner mit entsprechendem Signal versorgt. An die Zähler schließen sich entsprechende Dekoder und Anzeigentreiber an, so daß die für die Versorgung der 7-Segment-Anzeigen erforderlichen Spannungen an diesen zur Verfügung stehen.

Im Schaltbild werden die Anzeigendekodertreiber mit den IC's 3 bis 8 und die Zähler mit den IC's 16 bis 18 realisiert, wobei bei den Zähler-IC's immer 2 Zähler in einem IC-Gehäuse untergebracht sind.

Kommen wir jetzt noch kurz zur Beschreibung der elektronischen Schalter. Diese schalten die Eingänge der Minuten-Einer bzw. der Stunden-Einer-Zähler von ihrem vorhergehenden Zähler ab und auf den 1 Hz Taktimpuls um, und zwar solange, wie der entsprechende Taster betätigt wird. Drückt



Blockschaltbild der ELV-Weltzeituhr WZ 2000

man also den Taster zum Stellen der Stundenanzeige, der im Schaltbild mit Ta 2 bezeichnet ist, so gelangt das 1 Hz-Taktsignal jetzt nicht mehr nur auf den Sekundenzähler, sondern außerdem auf den Zähler für die Stundenanzeige, wodurch sich diese im 1-Sekundenrhythmus jeweils um 1 erhöht und ein Stellen der Uhr ermöglicht wird. Genauso arbeitet der elektronische Schalter für die Minutenanzeige, dessen Taster zum Stellen der Minuten im Schaltbild mit Ta 3 bezeichnet ist. Mit dem Taster Ta 4 läßt sich die Sekundenanzeige stoppen, und zwar so lange, wie dieser Taster betätigt wird.

Der als Monoflop geschaltete IC 22 erzeugt in Verbindung mit dem vorgeschalteten Differenzierglied, bestehend aus C 6 und R 87, sehr schmale 1 Hz-Impulse, die zum Stellen der Uhr günstig sind, da sonst beim Loslassen der Tasten Ta 1 bis Ta 3 evtl. noch ein unerwünschter zusätzlicher Impuls auf die Anzeige gelangen könnte. Aufgrund der extrem kurzen Impulsdauer ist dies jedoch nahezu ausgeschlossen.

Kommen wir nun zum komplizierteren Schaltungsteil, nämlich der Weltzeitanzeige:

Das von dem Zählerausgang für die Minuten-Zehner-Anzeige kommende Signal gelangt nicht nur auf den Zählereingang für die Stundenanzeige der Ortszeit, sondern über einen entsprechenden elektronischen Schalter zum Setzen der Uhr, der mittels Ta 1 auf Sekundentakt umschalten kann, auf den Eingang eines Zählers von 0 bis 23, der einen 5-Bit-BCD-Ausgang besitzt. Am Ausgang dieses Zählers (im Blockschaltbild unten links und im Schaltbild mit dem IC 31 sowie

dem Gatter N 25 aufgebaut), steht ein entsprechendes BCD-codiertes Signal ebenfalls mit den Zahlenwerten 0 bis 23 je nach tatsächlicher Uhrzeit an. Die im BCD-Code hier erscheinende Zahl entspricht der Stundenanzeige der Ortszeit. Diese Zeit gelangt auf den einen Eingang eines als Addierer geschalteten Rechners. Auf den 2. Eingang dieses Rechners, der mit den IC's 29 und 30 aufgebaut wurde, gelangt ebenfalls eine BCD-Zahl zwischen 0 und 23, die mit Hilfe eines elektronischen Schalters und einer entsprechenden Matrix erzeugt wird, auf deren Beschreibung wir später noch näher eingehen wollen.

Am Ausgang des Rechners steht nun eine Zahl an, die sich zwischen 0 und 46 bewegen kann.

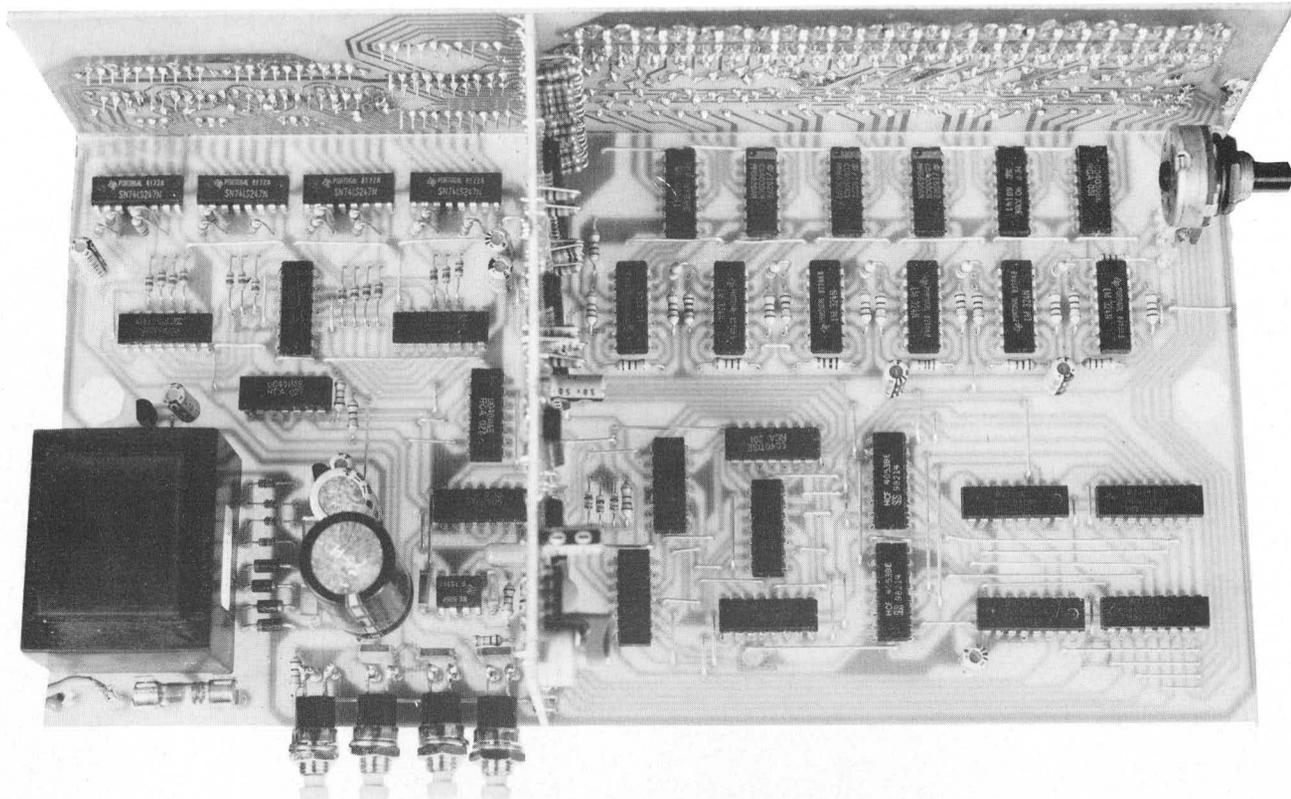
Das Ausgangssignal des Addierers gelangt jetzt auf einen weiteren Rechner, der als Subtrahierer geschaltet ist und von seinem Eingangssignal, das zwischen 0 und 46 liegen kann, immer die feste Zahl 24 abzieht. Dieser Subtrahierer ist mit den IC's 27 und 28 aufgebaut.

Sowohl das Ausgangssignal des als Subtrahierer geschalteten Rechners, als auch das am Eingang des Subtrahierers anstehende Ausgangssignal des als Addierer geschalteten Rechners gelangt auf einen elektronischen Schalter, der je nach Steuersignal entweder das durch den Subtrahierer um 24 verkleinerte Ergebnis auf den anschließenden Dekoder, der sich vor der Weltzeitanzeige befindet, durchschaltet, oder direkt das aus dem als Addierer geschalteten Rechner kommende Signal.

Die Ansteuerung des elektronischen Schalters, der sich vor dem Dekoder für die Weltzeitanzeige befindet, wird aus dem Vorzeichen des als Subtrahierer geschalteten Rechners gewonnen. Solange dieses Vorzeichen positiv ist, wird das um 24 verminderte Signal durchgeschaltet und bei negativem Vorzeichen das direkt vom Addierer kommende Signal dem Dekoder zugeführt. Auf diese Weise erhält der Dekoder, der dem Schalter nachgeschaltet ist, immer ein Eingangssignal, das einer Zahl zwischen 0 und 23 entspricht. Der Dekoder besteht aus den Gattern N 1 bis N 19 sowie N 22 und dient dazu, das BCD-Signal der Zahlen 0-23 in 2 getrennte BCD-Zahlen aufzuteilen, die für die Stunden-Einer- bzw. Stunden-Zehner-Anzeige der Weltzeit erforderlich sind. Mit Hilfe der daran anschließenden BCD zu 7-Segment-Dekoder-/Treiber erfolgt die Ansteuerung der 7-Segment-Anzeigen für die Weltzeit (Di 1 und Di 2).

Abschließend wollen wir jetzt noch den unten rechts im Blockschaltbild eingezeichneten elektronischen Schalter zur Ansteuerung der 24 Leuchtdioden auf der Frontplatte besprechen, von denen immer nur eine LED aufleuchtet, und zwar diejenige, die zu der entsprechenden Zeitzone gehört, deren Stundenzeit auf dem Display der Weltzeitanzeige erscheint.

Mit Hilfe der Widerstände R 91 bis R 115 wird an die nichtinvertierenden (+)Eingänge der OP's 1 bis 24 eine feste Spannung gegeben, die sich von Widerstand zu Widerstand um einen gleichen, jedoch festen Betrag ändert. Die invertierenden (-)Eingänge



Rückansicht der fertig bestückten und zusammengesetzten Platinen der ELV-Weltzeituhr WZ 2000

dieser OP's sind alle zusammengefaßt und auf den Mittelabgriff des Potentiometers R 116 geführt. Je nach Stellung des Potentiometers, das für die Einstellung der Weltzeit benötigt wird und sich an der linken Gehäuseseite befindet, liegt an dem Mittelabgriff dieses Potentiometers eine Spannung an, die sich im Bereich der Spannungen der Widerstände R91 bis R115 befindet. Je nachdem, wie groß diese Spannung am Mittelabgriff des Potis R 116 ist, sind mehr oder weniger der Operationsverstärker OP1 bis OP24 auf „low“ bzw. die übrigen auf „high“. Über nachgeschaltete Exklusiv-Oder-Gatter (N 38 bis N61) wird erreicht, daß immer nur der Gatterausgang auf „high“ liegt, der sich an der Trennungslinie zwischen denjenigen OP-Ausgängen, die auf niedriger Spannung liegen und denjenigen OP-Ausgängen, die auf hohem Spannungspotential liegen, befindet. Alle anderen Gatterausgänge der Exklusiv-Oder-Gatter N38 bis N61 befinden sich auf „low“ also auf niedrigem Potential. Die entsprechenden nachgeschalteten Transistoren sind dadurch gesperrt und nur der eine Transistor, der von dem auf „high“ befindlichen Gatter gesteuert wird, ist durchgeschaltet und die entsprechende am Emitter anliegende LED leuchtet auf. Durch Verdrehen des Potentiometers R 116 und damit durch Veränderung der Spannungsverhältnisse an den OP-Eingängen, kann jedes Gatter N 38 bis N61 auf „high“ gebracht werden, wodurch sich der Leuchtpunkt der auf der Frontplatte aufgedruckten Weltkarte verschieben läßt. Über eine Dioden-Matrix, die aus den Dioden D54 bis D106 besteht, wird je nach dem, welcher der Transistoren T1 bis T24 durchgeschaltet ist, eine Zahl auf die Eingänge des als Addierer geschalteten Rechners gegeben, die zwischen 0 und 23 liegt.

Die Eingänge des als Rechner geschalteten Addierers für die aus der Matrix kommenden Signale, bestehen im Schaltbild aus den Anschlußbeinchen 1, 3, 5 und 7 des IC30 sowie Pin 7 des IC29.

Im wesentlichen ist damit die Beschreibung von Blockschaltbild und Schaltbild der WZ 2000 beendet. Wie bereits zu Beginn dieses Artikels angedeutet, würde eine ins Detail gehende Schaltungsbeschreibung den Rahmen dieses Artikels sprengen, da aus den vorstehenden Zeilen ersichtlich, die Schaltung eine außergewöhnliche Komplexität besitzt.

Selbst Experten, die sich mit der Elektronik befassen, brauchen nicht zu verzagen, wenn sie die Schaltung nicht im Detail nachvollziehen können, denn was ein Ingenieur-Team in langer Entwicklungszeit erdacht hat, kann im allgemeinen nicht auf wenigen Seiten in seinem gesamten Umfang beschrieben werden. Trotzdem wollen wir Ihnen natürlich nicht diese hochinteressante Schaltung vorenthalten, wo doch der Nachbau als solcher keineswegs nennenswerte Probleme aufwirft.

Zum Nachbau

Obwohl die vorstehend beschriebene Digitale Weltzeituhr eine aufwendige Schaltungstechnik besitzt, ist es gelungen, durch eine ausgereifte Konstruktion eine hohe Nachbausicherheit zu erreichen, zu der nicht zuletzt das hochwertige Layout der Leiterplatten beiträgt, auf denen sämtliche Bauelemente Platz finden. Auf jegliche zusätzliche Verdrahtung konnte verzichtet werden.

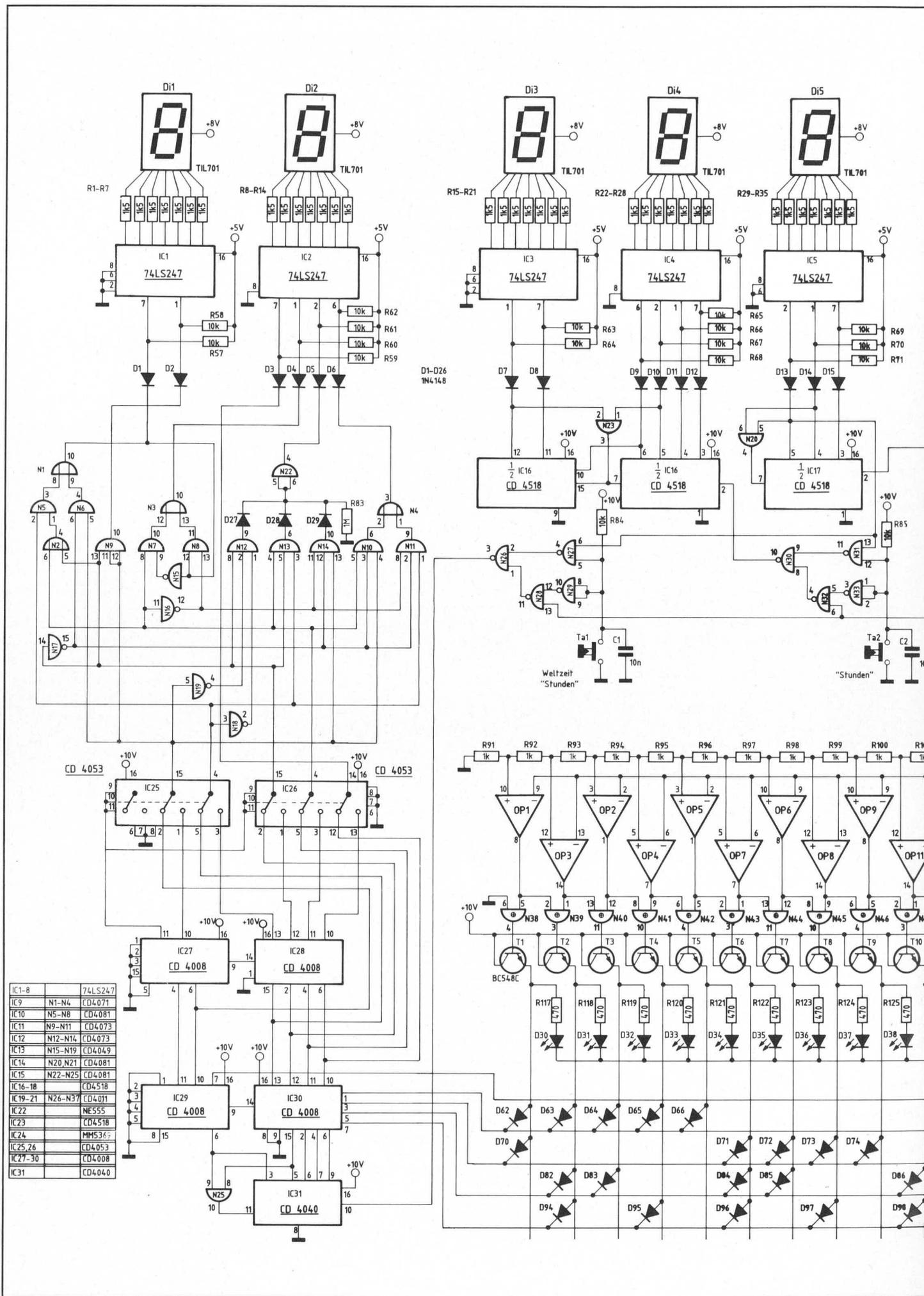
Bevor mit der Bestückung der Platinen begonnen wird, sollten diese in das Gehäuse eingepaßt werden.

Ist ein Probeeinbau der Platinen zur Zufriedenheit verlaufen (Platinen sind noch nicht miteinander verlötet), kann mit der Bestückungsarbeit begonnen werden.

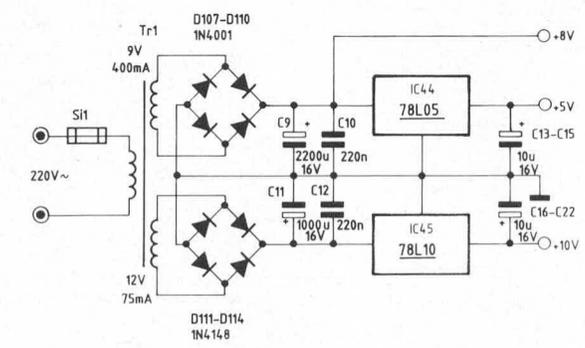
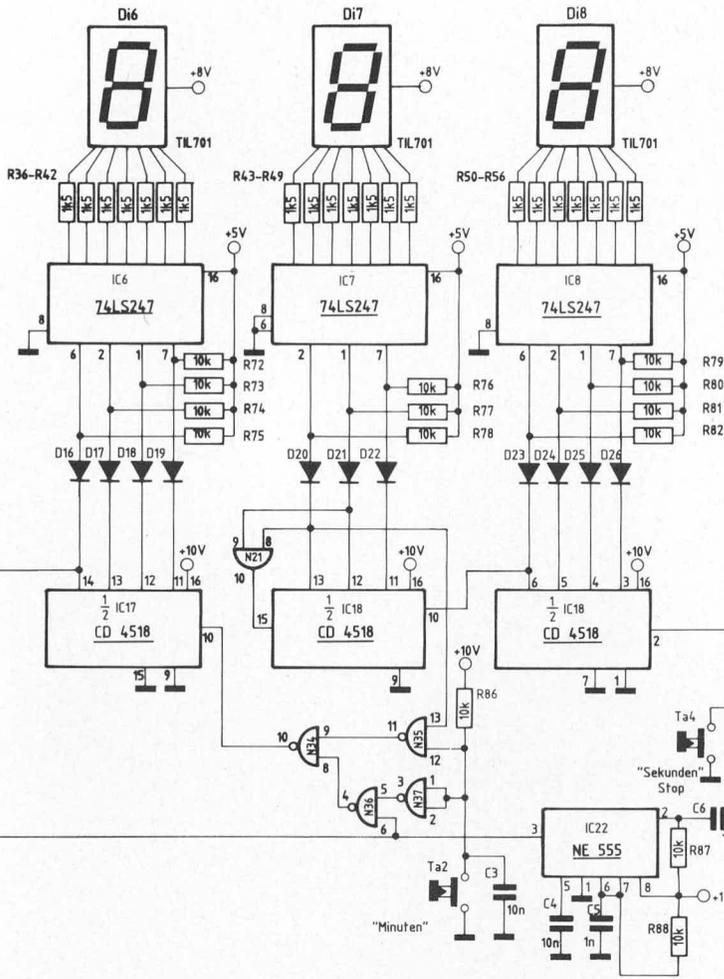
Zunächst werden die Brücken, dann die Widerstände, Kondensatoren, Dioden usw. anhand der Bestückungspläne in gewohnter Weise eingelötet.

Ist die Bestückung nach Einsetzen der IC's vollendet, kann mit der Verbindung der drei Leiterplatten begonnen werden. Zunächst ist hierzu die kleinste Leiterplatte (Oszillatorplatte) mit der Basisleiterplatte (größte Platinen) über Silberschalt draht zu verbinden. Hierzu lötet man in die entsprechenden Bohrungen der Oszillatorplatte ca. 15 mm lange Silberdrähte ein, die senkrecht nach unten abzuwinkeln sind und durch die entsprechenden Bohrungen in der Basisleiterplatte geführt werden. Die Oszillatorplatte wird senkrecht zur Basisleiterplatte ausgerichtet und die Verbindungen auf der Leiterbahnseite der Basisplatte vorsichtig miteinander verlötet. Die Lötstellen sollten nicht zu heiß werden, damit durch Wärmeleitung über den Silberschalt draht nicht die auf der Oszillatorplatte befindlichen Lötstellen schmelzen.

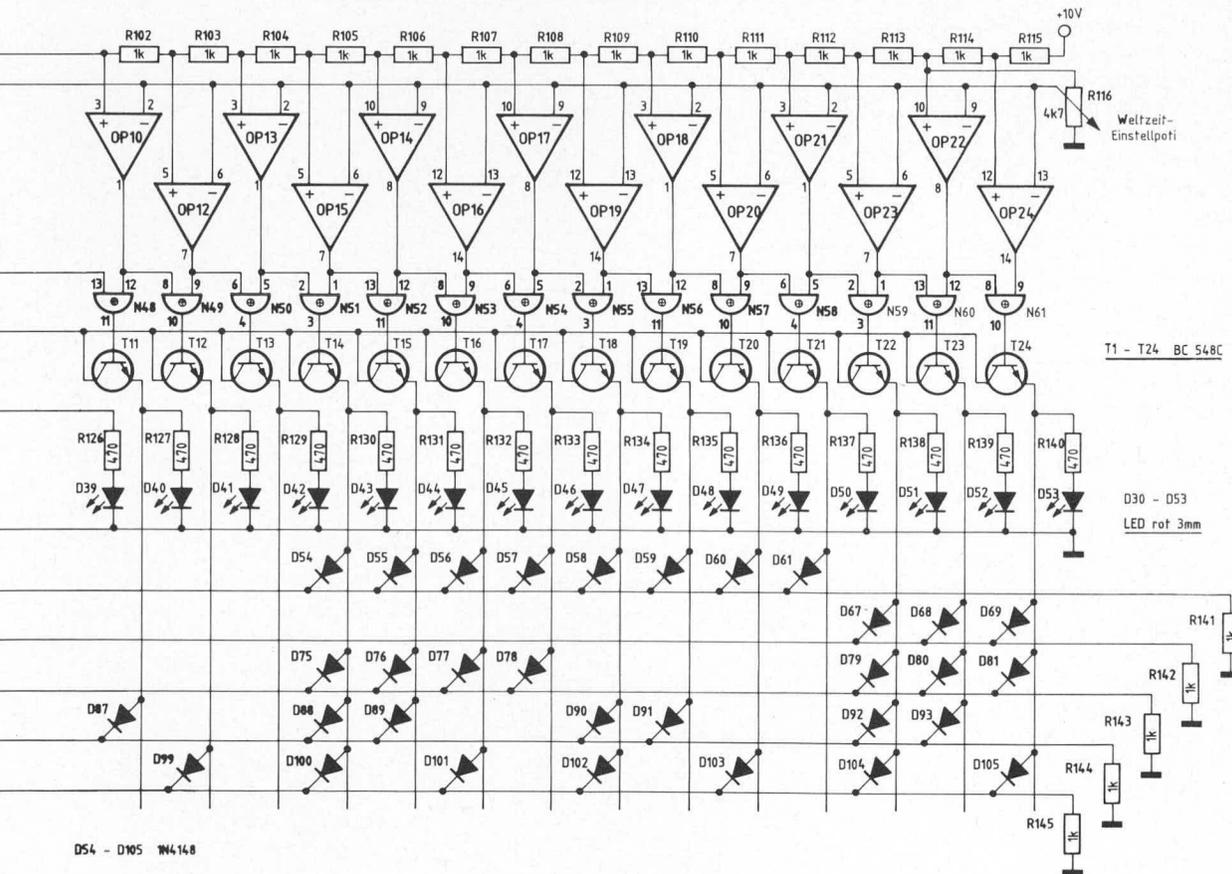
Als nächstes wird die Anzeigenplatte senkrecht an die Basisplatte angelötet, und zwar so, daß sie ca. 3 mm unter ihr hervorragt, wobei das wesentliche Kriterium die Übereinstimmung der Leiterbahnen ist, die von der Oszillatorplatte senkrecht an die Anzeigenplatte führen. Ist eine entsprechende Ausrichtung erfolgt, können alle Lötstellen sowohl der Verbindungen von Basisleiterplatte zur Anzeigenplatte als auch von der Anzeigenplatte zur Oszillatorplatte erfolgen. Hierbei ist besonders sorgfältig vorzugehen, damit keine Löt-

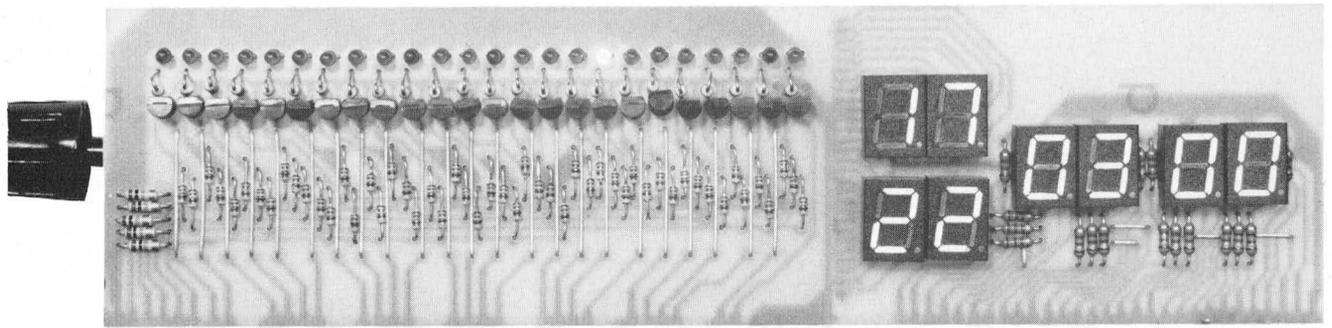


| | | |
|----------|----------|---------|
| IC1-8 | | 74LS247 |
| IC9 | N1-N4 | CD4071 |
| IC10 | N5-N8 | CD4081 |
| IC11 | N9-N11 | CD4073 |
| IC12 | N12-N14 | CD4073 |
| IC13 | N15-N19 | CD4049 |
| IC14 | N20, N21 | CD4081 |
| IC15 | N22-N25 | CD4081 |
| IC16-18 | | CD4518 |
| IC19-21 | N26-N37 | CD4011 |
| IC22 | | NE555 |
| IC23 | | CD4518 |
| IC24 | | MMS36 |
| IC25, 26 | | CD4053 |
| IC27-30 | | CD4008 |
| IC31 | | CD4040 |



| | | |
|------|---------|--------|
| IC32 | OP1-4 | LM324 |
| IC33 | OP5-6 | LM324 |
| IC34 | OP9-12 | LM324 |
| IC35 | OP13-16 | LM324 |
| IC36 | OP17-20 | LM324 |
| IC37 | OP21-24 | LM324 |
| IC38 | N38-41 | CD4030 |
| IC39 | N42-45 | CD4030 |
| IC40 | N46-49 | CD4030 |
| IC41 | N50-53 | CD4030 |
| IC42 | N54-57 | CD4030 |
| IC43 | N58-61 | CD4030 |
| IC44 | | 78L05 |
| IC45 | | 78L10 |



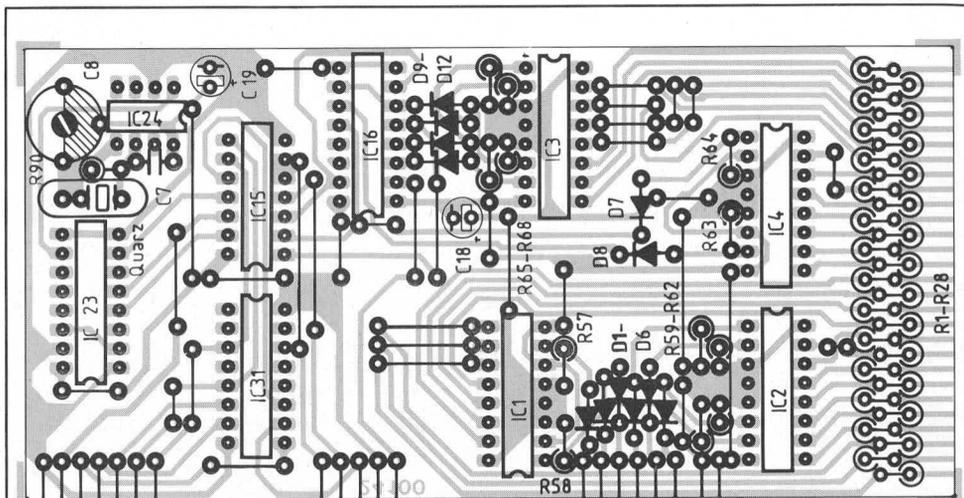


Ansicht der ELV-Weltzeituhr WZ 2000 ohne Gehäuse

zinnbrücken zwischen den eng nebeneinander verlaufenden Leiterbahnen entstehen können.

In diesem Zusammenhang wollen wir noch auf eine leicht auftretende Fehlerquelle hinweisen, die sich bei Selbsterstellung der Leiterplatten dadurch bemerkbar machen kann, in dem sehr feine Kupferrückstände an den äußeren Platinenrändern stehen bleiben und dann für das Auge kaum sichtbare elektrisch leitende Verbindungen verursachen. Besondere Aufmerksamkeit ist daher bei der Selbsterstellung von Leiterplatten auf die Platinenränder zu legen, die sorgfältig von Kupferrückständen zu reinigen sind. Die vier zum Stellen der ELV-Weltzeituhr dienenden Drucktaster werden an die entsprechenden Lötstifte gelötet, wobei jeder der vier Taster mit einer Lötöse von 6 mm Durchmesser versehen wird, bevor er durch die entsprechenden Bohrungen in der Rückwand geführt wird. An die Lötösen ist der Schutzleiter des dreiadrigen Netzkabels anzuschließen. Die beiden anderen Netzkabeladern sind mit den entsprechenden ganz rechts oben auf der Leiterplatte direkt neben der Sicherung befindlichen Punkten zu verlöten. Vor dem Anlöten des Netzkabels ist dieses selbstverständlich durch die Rückwand mit der Netzkabeldurchführung mit Zugentlastung zu führen.

In die linke Gehäusesseite ist eine Aussparung für die Welle des Potis, das der Zeitzoneneinstellung dient, anzubringen. Möchte man das Poti direkt in die Basisleiterplatte einlöten, ist eine entsprechende Bohrung in der unteren Gehäusehalbschale vorzunehmen. Eine ergonomisch günstigere Anordnung ist im allgemeinen jedoch ein etwas erhöhter Einbau des Potentiometers, so daß sich die Bohrung in der oberen Gehäusehalbschale befindet. Damit das Poti in eine entsprechende Höhe gebracht werden kann, sind in die Basisleiterplatte Kupferdrähte von 1–1,5 mm Durchmesser zu löten, an denen das Poti befestigt wird. Auch ist es denkbar, das Poti direkt in eine der Gehäusehalbschalen einzuschrauben und über flexible Leitungen mit der Basisleiterplatte zu verbinden. In diesem Fall ist der Metallhals des Potis ebenfalls mit dem Schutzleiter mittels isolierter Leitung von 1,5 mm² Querschnitt zu verbinden.
Auf die Einhaltung der VDE-Bestimmung ist zu achten.



Bestückungsseite der Oszillatorplatine der ELV-Weltzeituhr WZ 2000

Stückliste:

Digitale Weltzeituhr

WZ 2000

Halbleiter

| | |
|-----------------------------|----------------|
| IC1-IC8 | 74 LS 247 |
| IC9 | CD 4071 |
| IC10, IC14, IC15 | CD 4081 |
| IC11, IC12 | CD 4073 |
| IC13 | CD 4049 |
| IC16-IC18, IC23 | CD 4518 |
| IC19-IC21 | CD 4011 |
| IC22 | NE 555 |
| IC24 | MM 5369 |
| IC25, IC26 | CD 4053 |
| IC27-IC30 | CD 4008 |
| IC31 | CD 4040 |
| IC32-IC37 | LM 324 |
| IC38-IC43 | CD 4030 |
| IC44 | 78 L 05 |
| IC45 | 78 L 10 |
| T1-T24 | BC 548 |
| D1-D29, D54-D105, D111-D114 | 1 N 4148 |
| D30-D53 | LED rot (3 mm) |
| D107-D110 | 1 N 4001 |
| Di1-Di8 | TIL 701 |

Kondensatoren

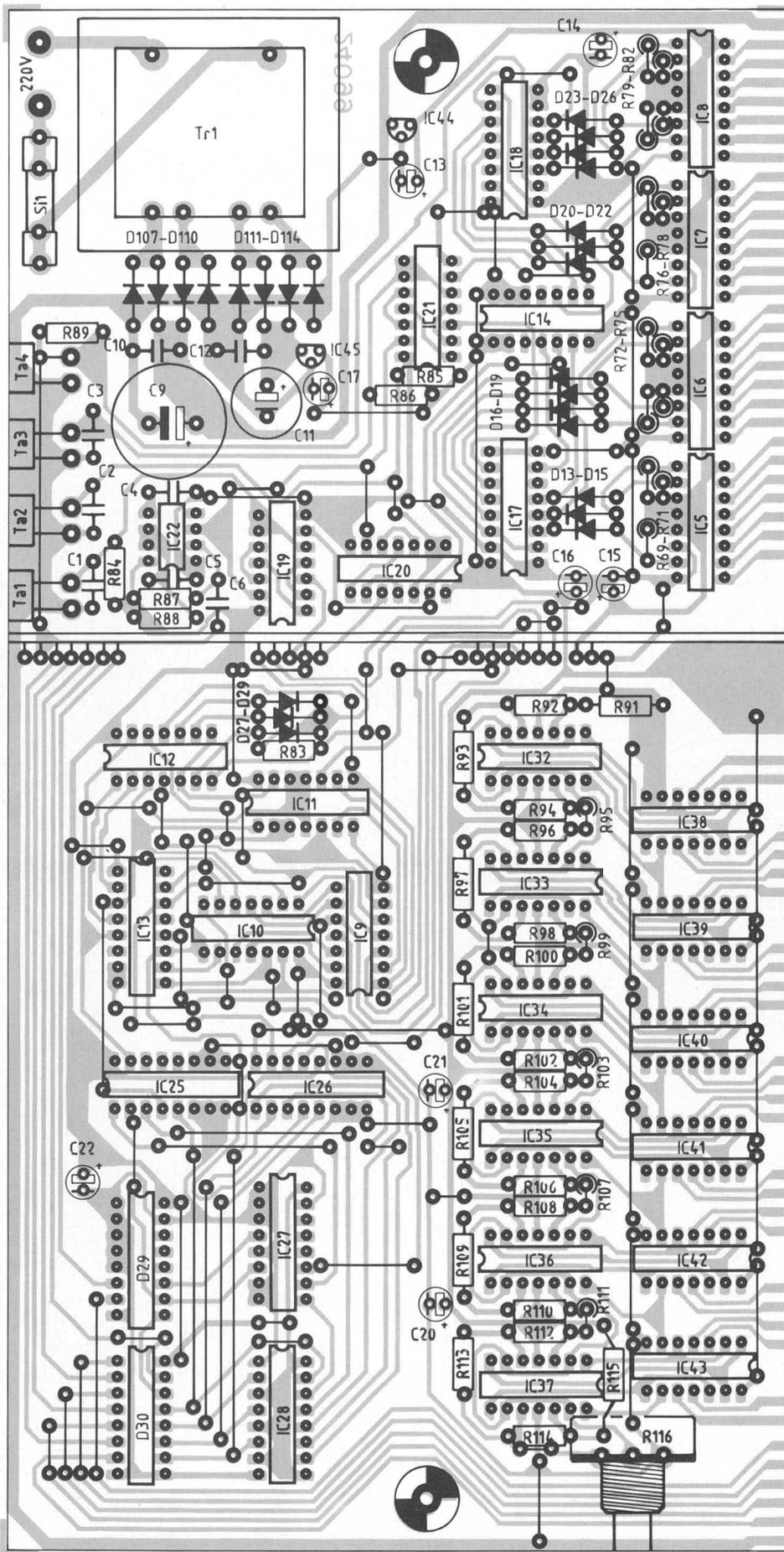
| | |
|----------|-------------------|
| C1-C4 | 10 nF |
| C5 | 1 nF |
| C6 | 100 pF |
| C7 | 30 pF |
| C8 | 6-30 pF |
| C9 | 2200 µF/16 V Elko |
| C10, C12 | 220 nF |
| C11 | 1000 µF/16 V Elko |
| C13-C22 | 10 µF/16 V Elko |

Widerstände

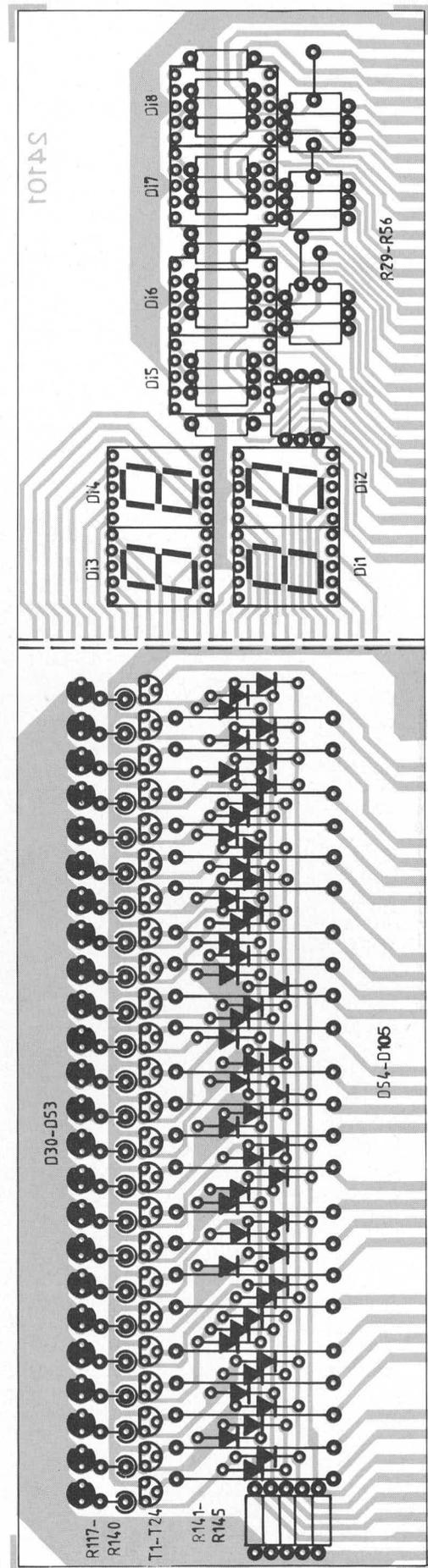
| | |
|---------------------|--------------------------|
| R1-R56 | 1,5 kΩ |
| R57-R82, R84-R89 | 10 kΩ |
| R83 | 1 MΩ |
| R90 | 20 MΩ |
| R91-R115, R141-R145 | 1 kΩ |
| R116 | 4,7 kΩ Poti (6 mm Achse) |
| R117-R140 | 470 Ω |

Sonstiges

| | |
|---------|---|
| Ta1-Ta4 | Taster (ein) |
| Tr1 | Trafo prim. 220 V sek 12 V/75 mA 9 V/400 mA |
| Si1 | Sicherung 0,05 A/flink |
| | 1 Quarz 3,579545 MHz |
| | 1 Platinensicherungshalter |
| | 13 Lötstifte, 5 Steckschuhe |
| | 4 Lötösen, 6 mm |



Ansicht der Basisplatte der ELV-Weltzeituhr WZ



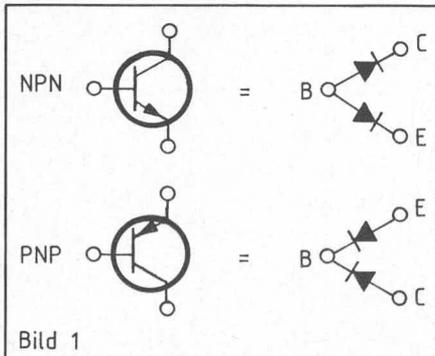
Ansicht der Anzeigenplatte der ELV-Weltzeituhr WZ 2000

Si oder Ge, NPN oder PNP — schnell zu unterscheiden

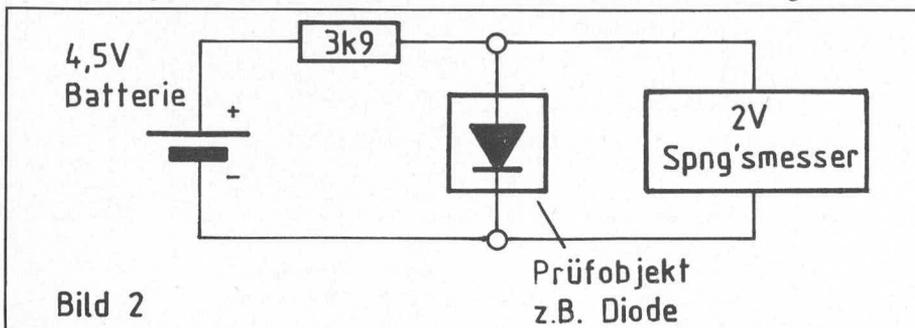
Dr.-Ing. K. H. Hauck

Die Notwendigkeit, Dioden, Transistoren und FETs zu identifizieren, besteht nicht nur in dem „Unglücksfall“, daß einem die Schachtel mit den sortierten Bauelementen auf den Fußboden gefallen, wobei alles durcheinander gekommen ist, sondern auch dann, wenn die Beschriftungen unleserlich geworden oder nicht vorhanden sind. Außerdem ist es oft sinnvoll, gebrauchte Bauelemente vor dem erneuten Einbau noch einmal auf ordnungsgemäße Funktion zu überprüfen, um sich eine spätere Fehlersuche zu ersparen.

Hier soll eine einfache Methode vorgestellt werden, zu deren Anwendung nur ein Digital-Multimeter erforderlich ist, das in einem der Ω -Meßbereiche einen Meßstrom von 1 mA verwendet. Das ist z. B. beim ELV DVM 7107 der Fall wie auch bei dem LCD-Meßgerät „Supertester 680 D“, das auch die Bezeichnung „Multimeter 600 D“ trägt – jeweils in ihrem 2 k Ω -Bereich. Bei einem Strom von 1 mA, der in Durchlaßrichtung fließt, zeigen nämlich alle Dioden und auch die in Transistoren zu denkenden Dioden (Bild 1), schließlich auch Selen (Se)- und Kupferoxydul (Cu₂O)-Gleichrichter gerade in etwa die Schleusenspannung an. Was wir also am Multimeter – als k Ω angezeigt – ablesen, entspricht in diesem Falle ziemlich genau der Schleusenspannung der Diode.



Bei 1 mA Meßstrom ist die Ablesung des Widerstandswertes gleich dem Spannungsabfall an der gemessenen Diodenstrecke:



$$\begin{aligned} \text{Nach } U &= I \cdot R \\ \text{mit } I &= 1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A und} \\ R &= 0,700 \text{ k}\Omega \text{ (als Ablesebeispiel)} \\ &= 0,7 \cdot 10^3 \Omega \text{ ergibt sich:} \\ U &= 1 \cdot 10^{-3} \cdot 0,7 \cdot 10^3 = 0,7 \text{ V} \end{aligned}$$

Besitzt man ein Multimeter, das auch bei Widerstandsmessungen lediglich mit Spannungen von max. 0,2 Volt arbeitet, kann der Ohmbereich zur Messung nicht eingesetzt werden. In diesem Fall muß hilfsweise eine getrennte Spannungsquelle (z. B. 4,5 V-Batterie) mit einem entsprechenden Vorwiderstand herangezogen werden. Spannungen über 5 V sollten bei Messungen an Transistoren nicht zum Einsatz kommen, da die Basis-Emitter-Strecken in Sperrichtung hier empfindlich reagieren können. Wie gemessen wird, zeigt die nachstehende kleine Schaltung. Der Vorwiderstand beträgt bei Einsatz einer 4,5 V-Batterie ca. 3,9 k Ω , wobei die an dem zu prüfenden Bauelement (z. B. Diode) abfallende Spannung im 2 V-Bereich gemessen wird.

Auch wenn der abgelesene Wert nicht supergenau mit der wirklichen Schleusenspannung übereinstimmt, gab es bei zahlreichen Messungen in keinem Fall einen Zweifel, um welches Gleichrichtermaterial es sich handelte.

Ohnehin sind die Angaben in der Literatur über die Schleusenspannungen von Dioden recht unterschiedlich! Zur weiteren „Verwirrung“ werden sie außerdem auch noch als Diffusionsspannungen, Schwellspannungen oder Durchlaßspannungen bezeichnet. Hier eine Zusammenstellung der gelesenen Literaturangaben und eigener Messungen nach vorstehend beschriebener Methode (Tabelle 1):

Die Tabelle zeigt, daß nur bei der Unterscheidung von Ge- und Se-Dioden ähnliche und darum nicht direkt auswertbare Meßwerte erhalten wurden. Da aber in Sperrichtung für Ge-Dioden ein unendlich großer und für Se-Dioden ein noch gut meßbarer

Widerstand zu unterstellen ist, sind auch diese beiden Typen zu unterscheiden. Das kann mit demselben Digital-Multimeter festgestellt werden, das dann auf den größeren Bereich von 200 k Ω umzuschalten ist: Man mißt dann in Sperrichtung bei der Se-Ldiode (z. B. in einem handelsüblichen Brückengleichrichter) etwa 150 k Ω , während die Germaniumdiode in Sperrichtung einen unendlich großen Ohmwert (Überlauf) zur Anzeige bringt. Bild 3 zeigt, welche Anschlüsse z. B. bei einem Brückengleichrichter zu benutzen sind, wenn die Schleusenspannung bestimmt werden soll. Mit umgekehrter Polung findet man den Widerstand in Sperrichtung.

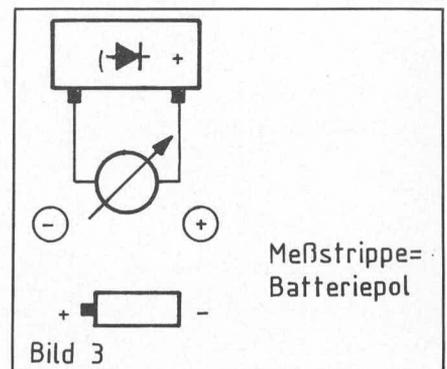


Bild 3 weist sicherheitshalber noch einmal auf die bekannte Regel hin, daß bei den meisten Multimetern (mit eingebauter Batterie) an der Meßstripe – (meist schwarz) der + Pol der Batterie und an der Meßstripe + (meist rot) der - Pol der Batterie liegt, woran man bei allen Messungen und ihren Deutungen immer wieder denken muß.

Anode und Katode von Dioden und die Basis von Transistoren sind bei der Typprüfung (Feststellung der Schleusenspannung) daher schnell gefunden. Im Sinne von Bild 1 sind nur von der Basis eines Transistors aus zwei Schleusenspannungen (B-E und B-C) zu messen, wogegen der C-E- und der E-C-Übergang einen sehr großen Ohmwert zeigen sollen. Aber auch Collector und Emitter sind bei dieser Messung interessanterweise schon zu orten.

Da die Collectorschicht eines Transistors immer einen etwas größeren Querschnitt hat als die Emitterschicht, muß der kleinere Durchlaßwiderstand immer zum B-C-Übergang und der größere Durchlaßwiderstand immer zum B-E-Übergang gehören. Das bestätigen dieselben Messungen mit genauer Ablesung am Multimeter im 2 k Ω Meßbereich (1 mA Meßstrom). Die in Tabelle 2 eingetragenen Werte sind mit drei Stellen hinter dem Komma abgelesen, wäh-

Tabelle 1:
Schleusenspannungen in V

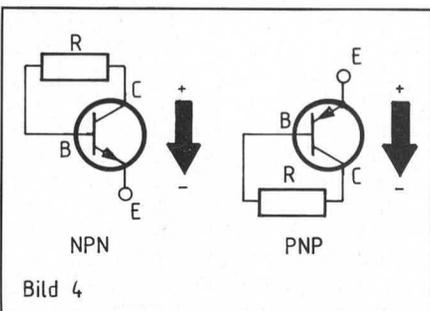
| Diodenmaterial | Literaturangaben | eigene Messungen | |
|-------------------|----------------------|------------------|--------------|
| | | Dioden | Transistoren |
| Cu ₂ O | 0,2 | 0,26-0,29 | 0,15-0,16 |
| Ge | 0,2-0,25-0,3-0,4-0,5 | 0,24 | |
| Se | 0,4-0,5-0,6-1,5 | 0,54-0,62 | 0,69-0,72 |
| Si | 0,5-0,6-0,7-0,8-1,1 | 1,54 | |
| GaAs | 1,5-1,6-2,2 | | |

Tabelle 2:
Schichtübergangswiderstände in kΩ
(Meßbereich 2 kΩ, Meßstrom 1 mA)

| angelegte Spannung | + | | - | | + | | - | | + | | - | |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---|--|---|--|---|--|
| | | | | | | | | | | | | |
| Übergang | B - E | B - C | E - B | C - B | C - E | E - C | | | | | | |
| Si - NPN | 0,698 | 0,694 | 0,715 | 0,711 | | | | | | | | |
| Si - PNP | | | | | | | | | | | | |
| Ge - NPN | 0,152 | 0,146 | 0,155 | 0,148 | | | | | | | | |
| Ge - PNP | | | | | | | | | | | | |

rend in Tabelle 1 aus Gründen der Übersichtlichkeit nur die gerundeten Werte aufgeführt wurden. Bei der gleichen Messung an Transistoren muß man also zunächst „in Volt denken“, um die Schleusenspannung zu ermitteln, dann muß man „in Ω denken“, um den hochohmigeren B-E-Übergang (bei NPN-Typen) bzw. E-B-Übergang (bei PNP-Typen) zu finden.

Die abzulesenden Differenzen sind – insbesondere bei Si-Transistoren – nicht sehr groß, zur E- und C-Ortung aber doch meist ausreichend. Wem das nicht genügt, oder auch in Zweifelsfällen, der kann sich nach der bekannten Methode Sicherheit verschaffen, bei der ein Si-Transistor durch hochohmige Überbrückung der B-C-Strecke etwas in den Leitzustand gebracht wird. Dieser Überbrückungswiderstand R kann entweder ein 1 MΩ Widerstand oder auch der Finger sein (Bild 4).



Ge-Transistoren haben diesen Überbrückungswiderstand nicht nötig, denn bei ihnen ist schon durch einen einfachen Widerstandsvergleich festzustellen, daß der E-C-Übergang bei PNP-Transistoren und der C-E-Übergang bei NPN-Transistoren weit besser leitend ist, als in umgekehrter Richtung gemessen. Für die Ge-Transistoren AC 187 K (= NPN) und AC 188 K (= PNP) ergaben sich mit dem Digital-Multimeter im Meßbereich 200 kΩ (Meßstrom = 10 μA) folgende Werte (Tabelle 3):

Tabelle 3 am Schluß

Tabelle 3:
Übergangswiderstände in kΩ bei Ge-Transistoren
(Meßbereich 200 kΩ, Meßstrom 10 μA)

| angelegte Spannung | + | | - | |
|--------------------|-------|-------|---|--|
| Übergang | E - C | C - E | | |
| NPN | 2,5 | 1,3 | | |
| PNP | 1,1 | 2,0 | | |

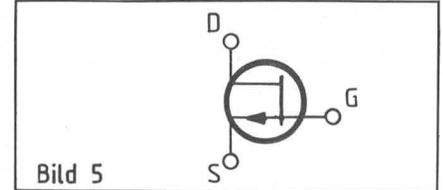
Si-Transistoren mit Überbrückungswiderstand R werden besser im 2000 kΩ Meßbereich des Digital-Multimeters untersucht (Meßstrom 1 μA), wobei sich z. B. folgende Werte an den Typen BC 172 B (= NPN) und BC 252 B (= PNP) ergaben (Tabelle 4):

Tabelle 4:
Übergangswiderstände in kΩ bei Si-Transistoren
(Meßbereich 2000 kΩ, Meßstrom 1 μA)

| angelegte Spannung | R = 1 MΩ | | R = Finger | |
|--------------------|----------|-------|------------|-------|
| | + | - | + | - |
| Übergang | E - C | C - E | E - C | C - E |
| NPN | | 473 | | 415 |
| PNP | 454 | | 460 | |

Nachdem Halbleitermaterialien in Dioden, Gleichrichtern und Transistoren und die Anschlüsse der Transistoren behandelt sind, noch einige Worte zu Feldeffekttransistoren:

Zwischen G(+)-S(-) und G(+)-D(-) (siehe Bild 5) ist mit dem Digital-Multimeter im Meßbereich 2 kΩ ebenfalls die Schwellenspannung der in G befindlichen Si-Diode meßbar (~0,770 V = 0,770 kΩ Ablesung), wenn die - Strippe des Meßgerätes = +Pol der Batterie an G gelegt wird.



Da in der S-D-Strecke keine Diode vorhanden ist, wird hier in beiden Richtungen S-D und D-S der Widerstand des Halbleitermaterials meßbar, der im Laufe der Messung fallende Tendenz zeigt. (Beim Typ BF 245 B z. B. von 0,4 kΩ abfallend auf 0,2 kΩ). Die Anschlüsse von S und D sind aber nicht zu unterscheiden, dagegen ist dieses Verhalten anders als bei E-C- und C-E-Messungen an Transistoren, so daß FETs leicht erkennbar sind.

Zusammenfassung der Testmöglichkeiten mit dem Digital-Multimeter

(Meßbereich: 2kΩ, Meßstrom: 1 mA)

1. Schleusenspannung

In Flußrichtung von Dioden (auch von solchen, die in Transistoren, FETs oder Brückengleichrichtern zu denken sind) wird der in kΩ abgelesene Wert als Schleusenspannung in V gedeutet.

- + Batterie (= - Meßstrippe) an Anodenseite, bzw. an Basis von NPN-Transistoren oder das Gate von n-Kanal FETs
- Batterie (= + Meßstrippe) an Katodenseite, bzw. an Basis von PNP-Transistoren

Zu erwartende Werte etwa:

- Germanium (Ge) 0,15-0,3
- Selen (Se) 0,2-0,3
- Silicium (Si) 0,5-0,75
- Galliumarsenid (GaAs) 1,5 (= LEDs)

In Zweifelsfällen – ob Ge- oder Se-Dioden vorliegen – evtl. Kontrolle im 200 kΩ Meßbereich (siehe Text).

2. Emittor und Collector von Transistoren

Der B-E-Übergang bei NPN-Typen bzw. der E-B-Übergang bei PNP-Typen bringt größere Werte als die entsprechenden B-C-Übergänge. (Nachkontrolle evtl. entsprechend Beschreibung zu Bild 4).

3. n-Kanal FETs

Nach Messung der Schleusenspannung zwischen G-D bzw. G-S (0,5-0,8 V für Silicium) wird zwischen D-S bzw. S-D ein während der Messung abfallender, aber nicht signifikanter Wert ablesbar. Das ist anders als bei der Messung an Transistoren, wo zwischen C-E bzw. E-C ein „Überlauf“ im Ablesefeld erscheint. Drain und Source von FETs sind nicht zu orten.

ELV-Serie-Modelleisenbahn-Elektronik



Luxus-Modellbahn-Fahrpult Teil II

In dem hier vorliegenden abschließenden 2. Teil stellen wir Ihnen die Bauanleitung mit Schaltplan und Platinenlayouts des ELV-Luxus-Modellbahn-Fahrpultes vor.

Zur Schaltung

Bedienung als auch Blockschaltbild wurden bereits in der vorangegangenen Ausgabe ELVjournal Nr. 23 ausführlich beschrieben.

Die einzelnen Komponenten des Blockschaltbildes finden wir in dem Gesamtschaltbild des ELV-Luxus-Modellbahn-Fahrpultes wieder.

Mit dem Drehschalter S 1 werden die drei Geschwindigkeitsbereiche umgeschaltet. Die Bereichsgrenzen werden mit den Spindeltrimmern R 1 bis R 3 und R 8 bis R 10 in Verbindung mit den Vorwiderständen R 4–R 6 eingestellt.

R 7 stellt das Fahrtreglerpoti dar.

Mit R 11 wird die Anfahr- bzw. Bremsverzögerung eingestellt. Dies Poti arbeitet in Verbindung mit dem Verzögerungskondensator C 1.

Mit Hilfe der Not-Halt-Taste Ta 1 kann der Kondensator C 1 über den recht niederohmigen Widerstand R 12 kurzzeitig aufgeladen werden, wodurch die Gate-Spannung am Transistor T 1 schlagartig ansteigt. Das Wandler-IC 1 erhält eine erhöhte Eingangsspannung, wodurch der Strom über den Vorwiderstand R 13 in den Kondensator C 2 ebenfalls steigt und die Impulsdauer des mit der einen Hälfte des IC 2 aufgebauten Monoflops sehr kurz wird. Diese sehr kurzen Impulse werden über eine Auswerteschal-

tung, die noch an anderer Stelle näher beschrieben wird, unterdrückt. Dadurch wird der Ausgang über T 4 kurzgeschlossen und der Zug abrupt gestoppt.

Kurz noch einige Worte zum IC 1 des Typs EF 2106. Dieser Baustein wandelt eine Eingangsspannung in einen potential unabhängigen, von der Versorgungsspannung jedoch abhängigen Ausgangstrom um. Hiermit kann die Aufladezeit des Kondensators C 2 gesteuert werden. Dieser Kondensator ist für die Monozeit des mit einer Hälfte des IC 2 aufgebauten Monoflops verantwortlich.

Getriggert wird das Monoflop über einen Multivibrator mit extrem kurzen Impulszeiten und einer Frequenz von ca. 80 Hz.

Dieser Multivibrator wird mit der 2. Hälfte des IC 2 aufgebaut. Die Frequenz bestimmenden Glieder sind hier der Widerstand R 14 bzw. R 15 sowie der Kondensator C 5.

Über den Ausgang Pin 5 des IC 2 werden die in ihrer Breite mit R 7 veränderbaren Impulse zur Weiterverarbeitung auf zwei RC-Glieder gegeben (R 17/C 6 sowie R 16/C 7).

Bevor wir jedoch an dieser Stelle mit der Beschreibung fortfahren, wollen wir noch kurz die Schritte von der mit R 7 eingestellten Spannung bis hin zur Impulsweitensteuerung rekapitulieren:

Wie schon gesagt, wird mit R 7 eine Spannung eingestellt, die sich in den mit den Trimmern R 1 bis R 3 und R 8 bis R 10 vorgegebenen Grenzen bewegen kann. Diese Spannung gelangt, je nach eingestelltem Widerstandswert von R 11, der eine mehr oder weniger große Verzögerung in Verbindung mit C 1 bewirkt, auf das Gate des Feldeffekttransistors T 1. An dem Source-Anschluß dieses Transistors steht nun eine um ca. 1–2 V höhere Spannung an, als am Gate. Der Steueranschluß des IC 1 erhält also eine mit R 7 veränderbare Eingangsspannung. Am Ausgang des IC 1 wird nun in den Widerstand R 13 ein von dieser Spannung abhängiger Strom eingepreßt, der, wie weiter vorstehend bereits beschrieben, die Ladezeitdauer des Kondensators C 2 beeinflusst, der wiederum unmittelbar die Impulsdauer der an Pin 5 erscheinenden Impulse reguliert.

Mit Hilfe des aus R 16 und C 7 bestehenden RC-Gliedes wird der Gleichrichtwert der Ausgangsspannung (Pin 5) des IC 2 gebildet. Sind die Impulse sehr schmal und der Gleichrichtwert daher sehr niedrig, steuert der Ausgang des OP 1 auf ca. + 10 V, wodurch T 2 schaltet und den Kondensator C 6 überbrückt. Hierdurch können keine Impulse über die RC-Kombination, bestehend aus R 17/C 6 auf die Eingänge der OP's 2 und 3 (Pin 2 und Pin 6) gelangen, so daß die

Endstufentransistoren T3/T4 den Ausgang des Fahrpultes abgeschaltet haben.

Sobald ein zum Anfahren der Züge geeignetes Impuls-/Pausenverhältnis an Pin 5 des IC 2 ansteht, wird T 2 über OP 1 freigegeben. Die über R 17/C 6 abfallenden Impulse gelangen auf die Eingänge der OP's 2 und 3, wodurch diese wechselseitig die Transistoren T 3 und T 4 ansteuern. Die Widerstände R 29 und R 32 dienen der Strombegrenzung.

Mit Hilfe der Transistoren T 9 und T 10 mit Zusatzbeschaltung wird eine Kurzschlußsicherung mit Signalgebung realisiert, die bei Überlastung des Ausgangs den Transistor T 3 sperrt, wodurch keine Ausgangsspannung mehr ansteht.

Durch Betätigen des Tasters T a3 (vorwärts) kann bei vorheriger Entfernung der Kurzschlußursache das Fahrpult wieder in Betrieb gesetzt werden.

Damit ein impulsförmiges Ausgangssignal auf die Schienen gelangt, wäre normalerweise als Endstufe lediglich der Transistor T 3 erforderlich. Durch das Hinzufügen des Transistors T 4, der in den Impulspausen den Ausgang kurzschließt, wird eine größere Schaltdifferenz vom „high“-Zustand zum „low“-Zustand des Ausgangssignals erreicht und die Züge „laufen sauberer“.

Mit den Transistoren T 6 bis T 8 mit Zusatzbeschaltung ist die Vorwärts-/Rückwärts-Umschaltung des Fahrpultes realisiert. Sobald die Rückwärtstaste betätigt wird, ziehen die Relais Re 1 und Re 2 an, wodurch die Ausgangsbuchsen verpolt werden. Über T 7 wird eine Selbsthaltung herbeigeführt – der Zug fährt rückwärts. Durch Bestätigen der Taste Ta 3 wird die Selbsthaltung aufgehoben und die Relais fallen ab – der Zug fährt wieder vorwärts.

Durch Betätigen des Schalters S 2 (entgegengesetzte Stellung als die eingezeichnete) wird das Fahrpult von Gleichstrom auf Wechselstrombetrieb umgeschaltet. Die Überbrückung der Dioden D 3/D 4 wird aufgehoben und die Versorgungsspannung von ca. 15 V steigt auf ca. 18 V an. Gleichzeitig wird über S 2b die Basis-Emitter-Strecke des Transistors T 6 kurzgeschlossen, so daß nun bei Betätigen der Taste Ta 2 die Relais Re 1 und Re 2 nur so lange anziehen, wie auch die Betätigungszeit dauert. Über S 2a wird ein Relaiskontakt von Re 2 von der +Ausgangsklemme (Punkt C) auf den Kondensator C 15 (Punkt D) gelegt, so daß beim Anziehen der Relais nun die Kondensatorspannung C 15 auf den Ausgang gelangt. Diese Spannung liegt bei ca. 20 V und ist geeignet, bei Betätigen der Taste Ta 2 (Rückwärts/Polwender) bei Wechselstrombahnen einen Fahrtrichtungswechsel herbei zu führen. Vorher ist im allgemeinen die Lok anzuhalten.

Mit den Dioden D 14 bis D 16 wird der jeweils eingestellte Fahrgeschwindigkeitsbereich angezeigt, während die Dioden D 11 bzw. D 13 Vorwärts- bzw. Rückwärtsfahrt signalisieren (nur bei Gleichstrombetrieb).

Einstellarbeiten

Um die 7 auf der Leiterplatte angeordneten Spindeltrimmer richtig einstellen zu können,

sollte die nachfolgende Abgleichanweisung sorgfältig beachtet werden.

Grundeinstellung zum Abgleich:

1. Verzögerungspoti R 11 auf „0“ drehen (entgegen dem Uhrzeigersinn).
2. Geschwindigkeitsregler auf „0“ drehen.
3. R 1 bis R 3 und R 8 bis R 10 auf Rechtsanschlag (im Uhrzeigersinn) drehen.
4. Trimmer R 19 auf Linksanschlag (entgegen dem Uhrzeigersinn) drehen.
5. Mit S 1 Bereich 1 einschalten (voller Bereich).
6. R 1 soweit aufdrehen, daß die Lok gerade noch nicht brummt.
7. Geschwindigkeitsregler jetzt auf „voll“ drehen.
8. Trimmer R 10 auf größte Geschwindigkeit einstellen.
Hierbei ist darauf zu achten, daß bei zu weitem Aufdrehen von R 1 die Lok zunächst wieder langsamer und bei noch weiterem Drehen wieder schneller fährt.
R 1 darf also von „0“ beginnend nur soweit aufgedreht werden, daß die Lok bei anschließendem Regeln mit dem Geschwindigkeitseinstellpoti kontinuierlich von „0“ beginnend immer schneller bis zu ihrer max. Geschwindigkeit „läuft“.
9. Der Abgleich ist mehrmals zu wiederholen, da sich die Trimmer gegenseitig beeinflussen.
10. Bereich 2 einschalten.
11. Geschwindigkeitsregler auf „0“ drehen.
12. R 2 soweit aufdrehen, daß die Lok gerade noch nicht brummt.
13. Geschwindigkeitsregler auf „voll“ drehen.
14. Trimmer R 9 von „0“ an beginnend auf die gewünschte Höchstgeschwindigkeit einstellen (ca. 60 %).
15. Auch dieser Abgleich ist mehrmals zu wiederholen, da sich die Trimmer gegenseitig beeinflussen.
16. Bereich 3 einschalten.
17. Geschwindigkeitsregler auf „0“ drehen.
18. R 3 soweit aufdrehen, daß die Lok eine Geschwindigkeit aufnimmt, die bei ca. 40 % liegt, wobei R 11 zunächst auf Linksanschlag (entgegen dem Uhrzeigersinn) steht.
19. Geschwindigkeitsregler auf „voll“ drehen.
20. R 8 von „0“ aus beginnend auf höchste Geschwindigkeit einstellen.
21. Auch dieser Abgleich ist mehrmals zu wiederholen, da sich die Trimmer gegenseitig beeinflussen.
22. Geschwindigkeitsregler auf „0“ drehen.
23. R 19 so einstellen, daß die Lok keine Impulse mehr erhält.

Damit ist der Abgleich beendet.

Zum Nachbau

Trotz der aufwendigen Schaltungstechnik konnte auch bei dieser Schaltung ein hohes Maß an Nachbausicherheit erreicht werden, da bis auf den Netztransformator und die beiden Kippschalter S 1 und S 2 sowie der Sicherungshalter sämtliche Bauelemente auf den Platinen Platz finden.

Beim Bestücken der Leiterplatten hält man

sich genau an die Bestückungspläne. Zuerst werden die Brücken, dann die Widerstände, Kondensatoren, Dioden, Transistoren und zum Schluß die IC's eingelötet. Auf sorgfältige, saubere Lötungen ist besonders zu achten, damit keine Zinnbrücken entstehen.

Bei den Elektrolytkondensatoren sowie bei den Dioden und Transistoren ist auf die richtige Einbaulage besonders zu achten. Durch die einseitige Kerbe an den IC's ist auch hier die Einbaulage leicht festzustellen. Bei den Dioden erkennt man die Kathodenseite (das ist die Seite, in die die Pfeilspitze weist) an dem schwarzen, grauen bzw. gelben Ring. Die Kathodenseite von Leuchtdioden ist im allgemeinen durch eine Abflachung an der betreffenden Seite gekennzeichnet. Sollte einmal eine Leuchtdiode verkehrt herum eingelötet werden, ist mit einem Ausfall des Bauelementes im allgemeinen nicht zu rechnen und die Diode wird einfach umgedreht, so daß sie bei einem fließenden Strom aufleuchtet.

Nachdem die Platinen bestückt sind, werden die beiden kleineren Leiterplatten, wie aus der Abbildung ersichtlich, zusammengesetzt und die entsprechenden Leiterbahnen mit Hilfe von ca. 5 mm langen und 0,8 mm bis 1 mm dicken Kupferdrähten miteinander verlötet.

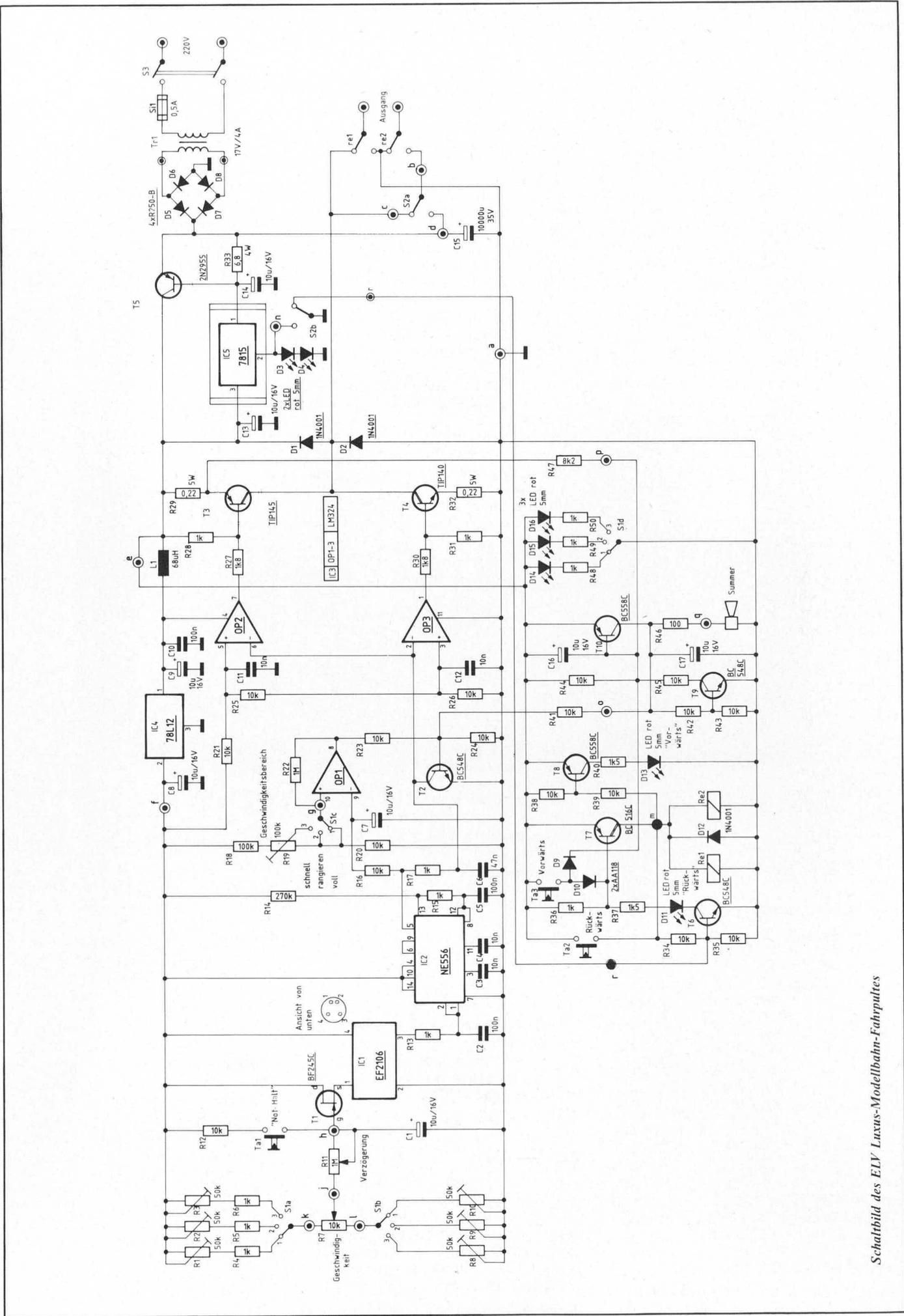
Jetzt können die beiden kleineren inzwischen miteinander verbundenen Leiterplatten über ca. 10 cm lange flexible Drähte mit der Basisleiterplatte (größte Platine) verbunden werden. Die kleinen Platinen werden später in ca. 30 bis 40 mm Abstand über der Basisleiterplatte angeordnet.

Ist auch der Schalter für die Gleich-/Wechselspannungsumschaltung über flexible Drähte mit den Leiterplatten verbunden, kann die Basisleiterplatte ins Gehäuse eingebaut und festgeschraubt werden, wobei die beiden kleineren Platinen mittels Schrauben so darüber angeordnet werden, daß die Abstände der beiden kleineren Leiterplatten zur Frontplatte ca. 15 mm betragen.

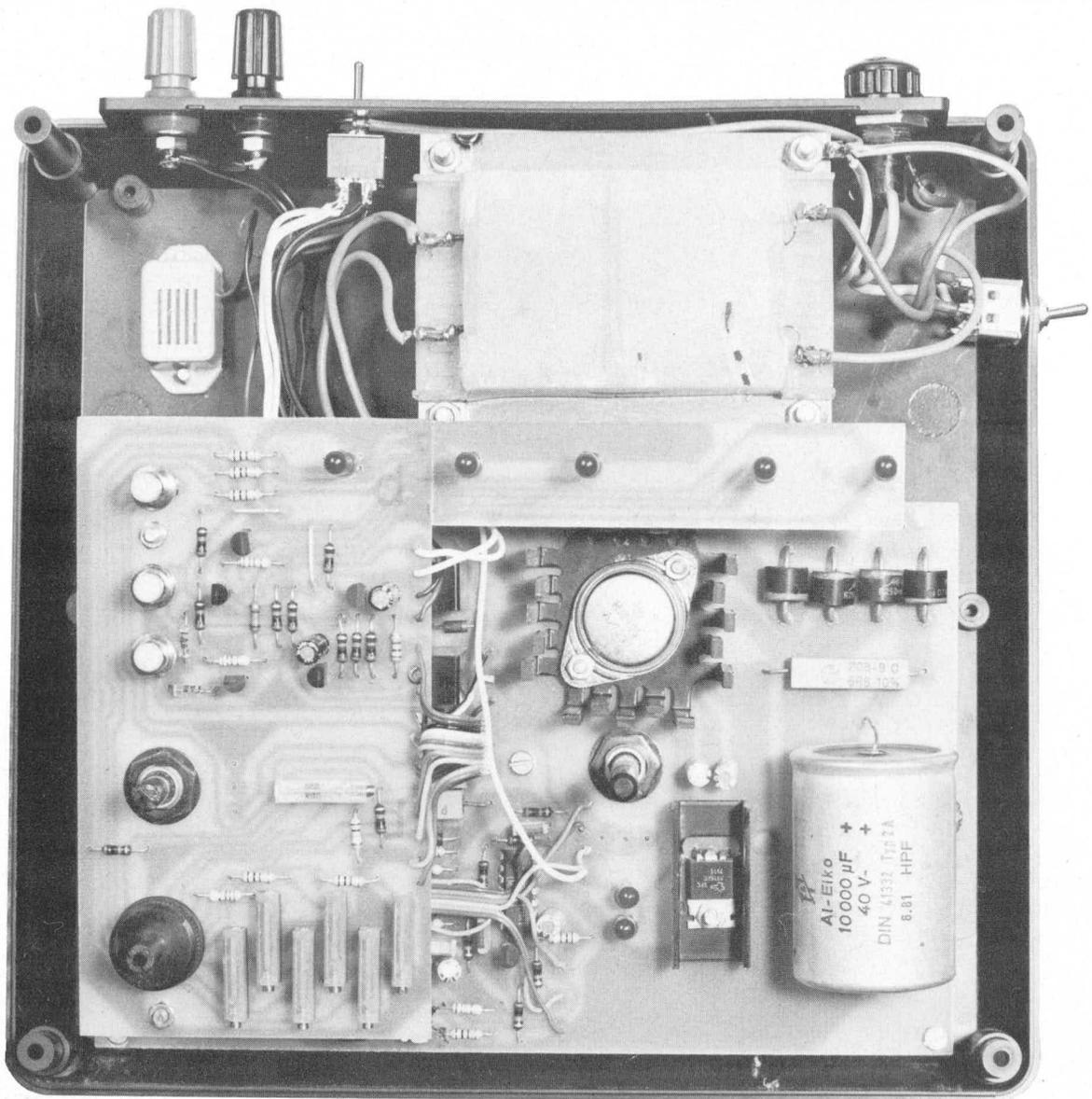
Der genaue Abstand wird durch die Drucktaster festgelegt.

Da die Gehäusefrontplatte leicht geneigt ist, die beiden miteinander verlöteten kleinen Platinen jedoch parallel zur Basisplatte angeordnet und mit dieser verschraubt sind, ist es erforderlich, die Basisplatte entsprechend der Gehäusefrontplatte ebenfalls zu neigen, d. h. schräg einzubauen. Dies geschieht am besten, indem die Basisplatte mit den beiden unten links und rechts befindlichen Bohrungen direkt mit dem Gehäuseboden verschraubt wird.

Ungefähr in der Mitte der Basisplatte befindet sich eine weitere Befestigungsbohrung, durch die eine Schraube M 3 x 16 gesteckt und mit dem Gehäuseboden verschraubt wird. Damit die erforderliche Neigung erzielt wird, ist ein 10 mm langes Distanzröllchen über die Schraube zu stecken, das sich dann zwischen dem Gehäuseboden und der Basisleiterplatte befindet. Damit die Platine gut auf dem Distanzröllchen aufliegt, sollte dieses auf der zur Platine hinweisenden Seite mit einer Feile leicht angeschrägt werden — entsprechend der Frontplattenneigung.



Schaltbild des ELV Luxus-Modellbahn-Fahrpultes



Ansicht der fertig bestückten und in die untere Gehäusehalbschale eingebauten Platinen des ELV-Luxus-Modellbahn-Fahrpultes

Stückliste:

ELV-Luxus-Modellbahn-Fahrpult

Halbleiter

| | |
|----------------------|-----------------|
| IC1 | EF 2106 |
| IC2 | NE 556 |
| IC3 | LM 324 |
| IC4 | 78 L 12 |
| IC5 | 7815 |
| T1 | BF 245 C |
| T2, T6, T9 | BC 548 C |
| T3 | TIP 145 |
| T4 | TIP 140 |
| T5 | 2 N 2955 |
| T7 | BC 516 |
| T8, T10 | BC 558 C |
| D1, D2, D12 | 1 N 4001 |
| D3, D4, D11, D13-D16 | LED rot 5 mm |
| D5-D8 | R 250 - B |
| D9, D10 | AA 118 |

Kondensatoren

| | |
|-------------------------------|---------------------|
| C1, C7-C9, C13, C14, C16, C17 | 10 μ F/16 V |
| C2, C5, C10 | 100 nF |
| C3, C4, C11, C12 | 10 nF |
| C6 | 47 nF |
| C15 | 10 000 μ F/35 V |

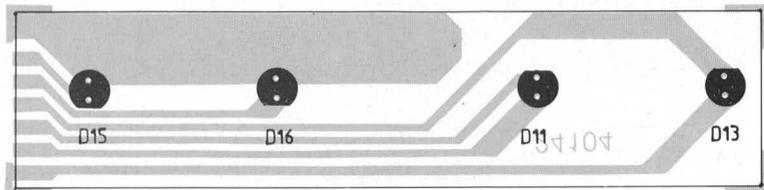
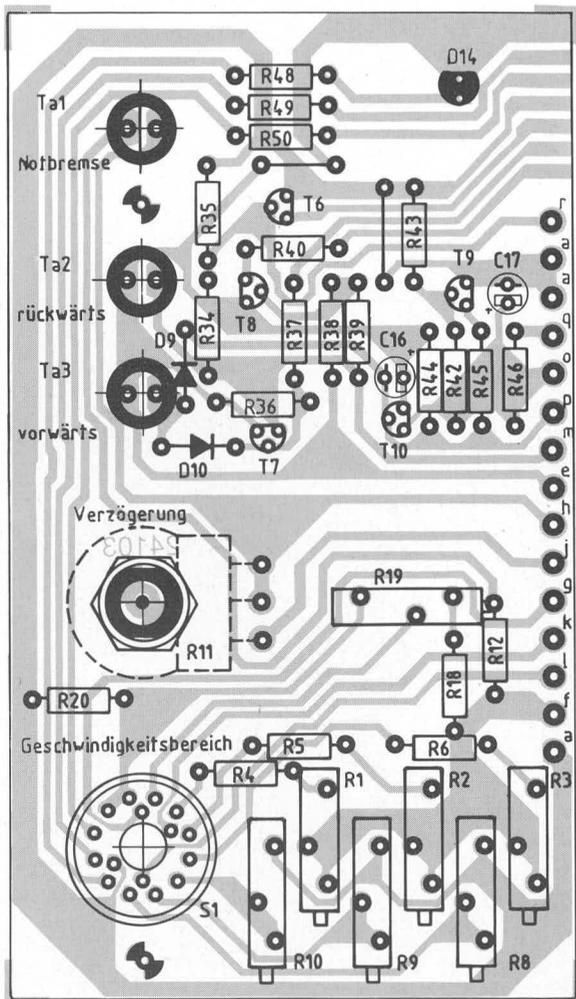
Widerstände

| | |
|--|---------------------------------|
| R1-R3, R8-R10 | 50 k Ω Spindeltrimmer |
| R4-R6, R13, R15, R17, R28, R31, R36, R48-R50 | 1 k Ω |
| R7 | 10 k Ω Poti |
| R11 | 1 M Ω Poti |
| R12, R16, R20, R21, R23-R26, R34, R35, R38, R39, R41-R45 | 10 k Ω |
| R14 | 270 k Ω |
| R18 | 100 k Ω |
| R19 | 100 k Ω , Spindeltrimmer |
| R22 | 1 M Ω |
| R27, R30 | 1,8 k Ω |
| R29, R32 | 0,22 Ω /5 W |
| R33 | 6,8 Ω /5 W |

| | |
|----------|----------------|
| R37, R40 | 1,5 k Ω |
| R46 | 100 Ω |
| R47 | 8,2 k Ω |

Sonstiges

| | |
|--|--|
| Tr1 | Netztrafo prim. 220 V/ sek. 17 V, 4 A |
| Si1 | 0,5 A |
| L1 | 68 μ H |
| Re1, Re2 | Kartenrelais 12 V, stehend, 1 x um, 8 A |
| 1 U-Kühlkörper | |
| 2 Fingerkühlkörper | |
| 1 Gehäusesicherungshalter | |
| 3 Taster (Schließer) | |
| 1 Präzisionsdreheschalter 4 x 3 | |
| 7 Schrauben M 3 x 10 | |
| 2 Schrauben M 3 x 40 | |
| 11 Muttern M 3 | |
| 4 Schrauben M 4 x 55 | |
| 12 Muttern M 4 | |
| 1 Schraube M 3 x 20 | |
| 2 Schrauben M 3 x 5 | |
| 15 cm Flachbandleitung 11adrig | |
| 1 m Leitung 1,5 mm ² flexibel | |



An dieser Stelle werden die beiden kleinen Platinen (obere Platinen) miteinander über ca. 10 mm lange Silberschaltdrähte verlötet.

oben: Bestückungsseite der kleinsten Platine, die 4 Leuchtdioden trägt

links: Bestückungsseite der Tastenplatine

unten: Bestückungsseite der Basisplatine, die am Gehäuseboden befestigt wird.

Nachdem die Basisleiterplatte wie vorstehend beschrieben mit der Gehäuseunterhalbschale verschraubt wurde, kann der genaue Abstand zwischen dieser und den beiden miteinander verlöteten kleinen Platinen festgelegt und eingestellt werden. Hierzu wird die Gehäuseoberhalbschale mit der gebohrten Alufontplatte vorsichtig aufgesetzt und dann der Abstand der Platinen zueinander mit Hilfe der Verbindungsschrauben so eingestellt, daß die Gewindehülse der Drucktasten ca. 3 mm aus der Gehäusefrontplatte hervortreten.

Die Höhe der Leuchtdioden ist nachträglich ggfls. etwas zu korrigieren.

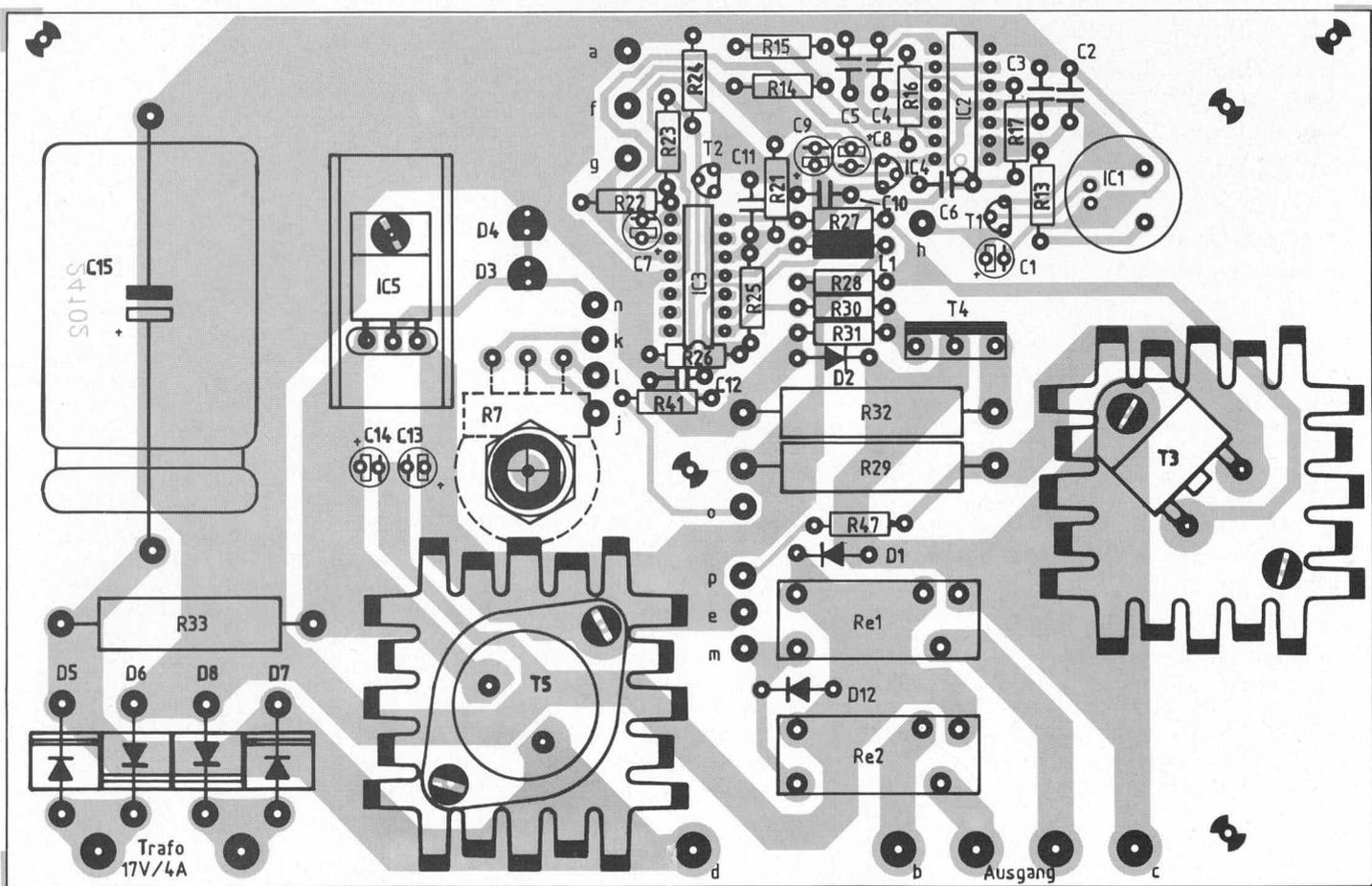
Eine zusätzliche Schraubenverbindung für die kleine, die Leuchtdioden tragende Platine ist nicht erforderlich, da die Lötverbindung zur seitlich

daran anschließenden Platine ausreichenden Halt bieten.

Als letztes sind die Befestigungsmuttern für die Drucktasten aufzusetzen und das Gehäuseoberteil mit der unteren Halbschale zu verschrauben. Zuvor ist allerdings noch der Netztransformator im hinteren Teil des Gehäuses am Boden mittels vier Schrauben M 4x 60 mm und zugehörigen Muttern zu befestigen.

Es ist darauf zu achten, daß sowohl der Blechkern des Transformators, als auch die Hülse der Drucktaster und damit die gesamte Alufontplatte ebenso wie die Befestigungshülse der beiden Kippschalter in der Gehäuserückseite mit dem Schutzleiter des Netzkabels verbunden werden.

Auf die Einhaltung der VDE-Bestimmungen ist besonderer Wert zu legen.



Digitales Induktivitätsmeßgerät DIM 7000



Mit dem hier vorgestellten, im ELV-Labor entwickelten, Digitalen Induktivitätsmeßgerät können in 4 Meßbereichen Induktivitäten von wenigen μH bis hin zu 2H gemessen werden und das bei einer Auflösung von $1\mu\text{H}$ im kleinsten Bereich.

Damit auch der Widerstandsanteil von Spulen und Drosseln zu ermitteln ist, stehen darüber hinaus 3 Widerstandsmeßbereiche bis max. $2\text{k}\Omega$ bei einer Auflösung von $10\text{m}\Omega$ im kleinsten Bereich zur Verfügung.

Ebenso wie bei der besonders erfolgreichen Entwicklung des Digitalen Kapazitätsmeßgerätes DCM 7000, das wir in unserer vorangegangenen Ausgabe ELV journal Nr. 23 vorstellten, wurden auch bei der Konstruktion des Digitalen Induktivitätsmeßgerätes DIM 7000 vom ELV-Ingenieur-Team neue Wege beschritten. Wir können daher ein Gerät vorstellen, daß sich durch besonders einfache Bedienung bei einem Höchstmaß an Meßkomfort auszeichnet.

Digitales Induktivitätsmeßgerät oder Hochspannungsnetzteil? Das war die Frage, die wir Ihnen, verehrte Leser in unserer vorangegangenen Ausgabe stellten. Ihre Entscheidung war eindeutig, so daß wir Ihrem Wunsch entsprechend, Ihnen heute ein Digitales Induktivitätsmeßgerät, das sich durch eine besonders ausgefeilte schaltungstechnische Konstruktion auf angenehmste Weise bedienen läßt.

Zum einen können mit dem DIM 7000 Induktivitäten und zum anderen auch Widerstände gemessen werden, damit der teilweise nicht unerhebliche Ohmsche Anteil einer Spule bzw. Drossel ermittelt werden kann.

Bedienung

Wie bereits vorstehend erwähnt, ist das Arbeiten mit dem DIM 7000, d. h., die Bedienung sehr einfach.

Auf der Frontplatte befinden sich 2 Drehschalter. Mit dem linken Drehschalter werden die 3 Ohmbereiche (20Ω , 200Ω und

$2\text{k}\Omega$) umgeschaltet. Befindet sich dieser Schalter in seiner 4. Position, können Induktivitätsmessungen durchgeführt werden, wobei dann der entsprechende Bereich (2mH , 20mH , 200mH bzw. 2H) mit dem rechten Drehschalter gewählt wird.

Die zu messende Induktivität, die in den meisten Fällen auch einen entsprechenden Widerstandsanteil beinhaltet, wird an die beiden vorne an der Frontplatte angeordneten Eingangsbuchsen angeschlossen.

Für Induktivitätsmessungen wird der linke Drehschalter in die Position „L“ gebracht und mit dem rechten Drehschalter kann der geeignete Meßbereich eingestellt werden, wobei dann der Meßwert auf dem $3\frac{1}{2}$ stelligen Anzeigendisplay erscheint.

Möchte man den Widerstandsanteil des Prüflings ermitteln, ist lediglich der linke Drehschalter auf den gewünschten Ohmbereich einzustellen. Die Stellung des rechten Drehschalters spielt hierbei keine Rolle.

Vollständigkeitshalber wollen wir noch erwähnen, daß auch ganz normale Widerstände für entsprechende Ohmmessungen an die Eingangsklemmen des DIM angeschlossen werden können.

Auf eine außergewöhnliche Besonderheit des DIM 7000 wollen wir an dieser Stelle noch hinweisen:

Obwohl die meisten Induktivitäten einen nennenswerten Widerstandsanteil besitzen, der ersatzschaltbildmäßig zur reinen Induktivität in Reihe geschaltet zu sehen ist, wird nicht, wie man vielleicht vermuten könnte, der Scheinwiderstand des Prüflings gemessen, sondern tatsächlich die reine Induktivität ohne Berücksichtigung des ohmschen Anteiles. Dies ist durch eine im ELV-Labor entwickelte, schaltungstechnische Besonderheit möglich geworden, auf die wir bei der anschließenden Beschreibung des Blockschaltbildes noch näher eingehen werden.

Funktionsbeschreibung

Anhand des Blockschaltbildes ist die prinzipielle Funktionsweise des DIM 7000 zu erkennen.

Ein besonders klirrarmer und stabil arbeitender Wien-Robinson-Generator erzeugt eine in 4 Stufen (50 Hz, 500 Hz, 5 kHz und 50 kHz) umschaltbare rein sinusförmige Wechselspannung hoher Ausgangskonstanz.

Über den Vorwiderstand R_V wird aus dieser im Verhältnis zur eigentlichen Meßspannung sehr hohen Wechselspannung ein konstanter Wechselstrom in den Prüfling eingepreßt, sofern der linke Drehschalter sich in Stellung „L“ befindet.

An dem Prüfling (Induktivität) fällt nun eine verhältnismäßig kleine Wechselspannung ab, die in ihrer Größe von der eingestellten Frequenz (mit dem rechten Meßbereichsdrehschalter), dem mittels R eingepreßten Strom sowie der Induktivität abhängig ist.

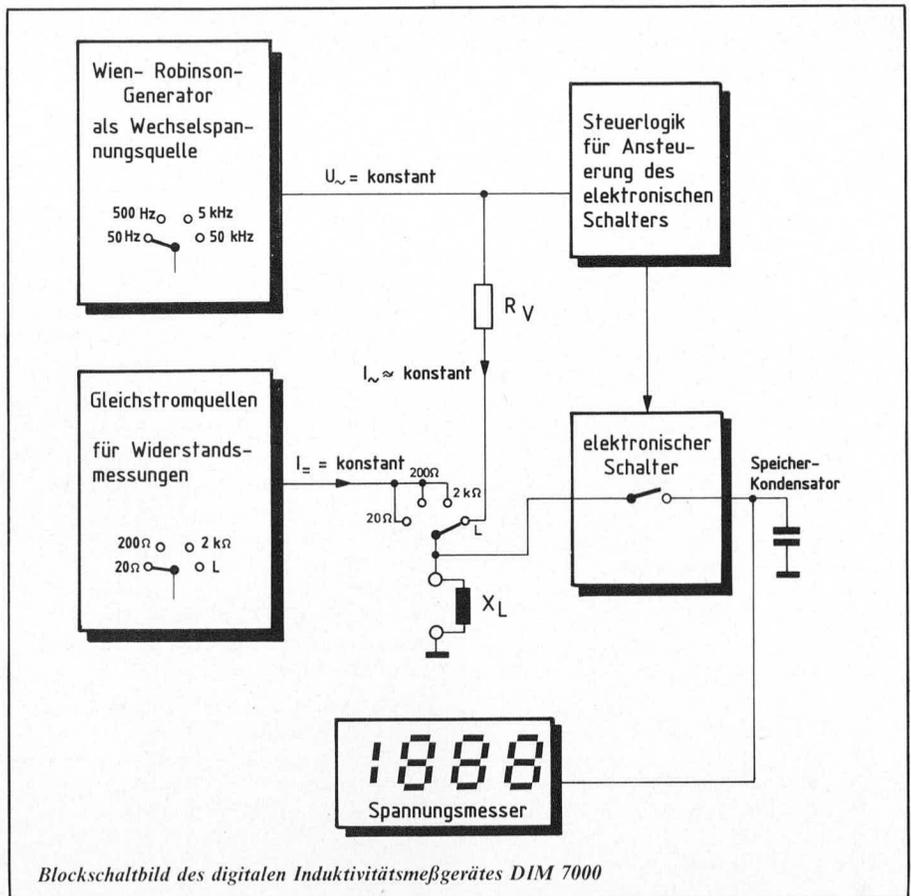
Aufgrund der physikalischen Gesetzmäßigkeiten ist die an der reinen Induktivität des Prüflings ohne Berücksichtigung des ohmschen Anteils abfallende Spannung um 90° phasenverschoben, gegenüber der aus dem Wien-Robinson-Generator entnommenen Wechselspannung.

Ein elektronischer Schalter wird nun von einer Steuerlogik derart betätigt, daß er immer in dem Moment schaltet, indem er durch den angeschlossenen Prüfling fließende Strom gleich Null wird. Die Spannung an der Induktivität ist in diesem Moment jedoch aufgrund der physikalischen Gesetzmäßigkeiten keineswegs gleich Null, und der momentane Spannungswert bei dem Strom $I = 0$ wird über den geschlossenen elektronischen Schalter auf den Speicherkondensator übertragen. Ein daran anschließender digitaler Spannungsmesser läßt diesen Wert auf der Anzeige erscheinen. Der Skalenfaktor wird so eingestellt, daß der angezeigte Wert ohne weitere Umrechnung direkt dem Induktivitätswert des angeschlossenen Prüflings entspricht.

Aufgrund der Tatsache, daß der elektronische Schalter immer dann für einen kurzen, jedoch ausreichenden Moment geschlossen wird, wenn der durch den Prüfling fließende Strom gleich Null ist, kann selbstverständlich an dem Widerstandsanteil des Prüflings keine Spannung abfallen, die durch diese schaltungstechnische Besonderheit unberücksichtigt bleibt und der reine Induktivitätswert angezeigt wird.

Die zur Ansteuerung des elektronischen Schalters erforderlichen Impulse werden mittels einer Steuerlogik erzeugt, die ihre Informationen wiederum aus der Phasenlage des Wien-Robinson-Generators bezieht.

Für Widerstandsmessungen wird durch den Prüfling ein reiner Gleichstrom geschickt, der jetzt lediglich an dem Widerstandsanteil des Prüflings einen Spannungsabfall hervorruft, der über den elektronischen Schalter auf den Speicherkondensator übernommen und von dem Spannungsmesser in Ω angezeigt wird. Die Schaltfolge des elektronischen Schalters, der auch in den Ohmbereichen arbeitet, spielt hierbei überhaupt



keine Rolle, da durch den Prüfling, wie bereits erwähnt, ein reiner Gleichstrom fließt und die an dem Prüfling abfallende Gleichspannung ebenfalls konstant ist.

Zur Schaltung

Der Wien-Robinson-Generator, der zur Erzeugung der Sinus-Schwingungen dient, ist mit einem Operationsverstärker (OP1) mit Zusatzbeschaltung aufgebaut. Dieser OP befindet sich zusammen mit 3 weiteren Operationsverstärkern in einem IC des Typs XS004 A. Der Einsatz dieser besonders hochwertigen Operationsverstärker ist erforderlich, da zum einen ein besonders geringer Klirrfaktor erzielt werden muß, damit die Induktivitätsmessungen nicht durch Oberwellen verfälscht werden und zum anderen die Offsetspannungswerte und die Driftneigungen extrem gering sein müssen. Dies gilt besonders für den OP4. Zu all diesen Eigenschaften kommt noch die Forderung nach einem hohen Eingangswiderstand hinzu. Vorgenannte Anforderungen sind jedoch nur durch extreme Selektion bei schärfsten Testvorgängen zu erzielen, die bei dem IC des Typs XS 004 A in nahezu vollkommener Weise erfüllt werden. Grundsätzlich könnte allerdings auch ein IC des etwas bekannteren Typs LM 124 Verwendung finden, das auch verhältnismäßig niedrige Offsetspannungswerte besitzt, aber in den höherfrequenten kleineren Meßbereichen zu keinen brauchbaren Ergebnissen mehr führt.

An dieser Stelle wollen wir die Betrachtungen des IC's XS 004 A abschließen und die Schaltungsbeschreibung fortsetzen.

Die frequenzbestimmenden Glieder des Wien-Robinson-Generators sind zum einen die Kondensatoren C1 bis C8, in Verbin-

dung mit dem Widerstand R1 sowie die Kondensatoren C9 bis C16 in Verbindung mit dem Parallelwiderstand R2. Die 2. Brückenhälfte wird mit den Widerständen R3 und R4 in Zusammenhang mit dem FET des Typs BF245 C (T1) aufgebaut. Dieser Transistor wird über eine Linearisierungsschaltung, bestehend aus C17 sowie R5 und R6 von einer phasenkompensierten Gleichrichterschaltung, bestehend aus R7 bis R9 sowie C18 bis C20 und den beiden Dioden D1 und D2 realisiert. Am Ausgang des OP1 (Pin 14) steht ein sinusförmiges Signal zur Verfügung, das je nach Schalterstellung von S1 die Frequenzen 50 Hz, 500 Hz, 5 kHz und 50 kHz aufweisen kann.

Über R10 gelangt das Signal auf den OP2, der lediglich zur Auskoppelung dient, und wird daran anschließend auf die Steuerelektronik gegeben, die zur Ansteuerung des als Schalter arbeitenden FET's T2 dient. Die Steuerelektronik besteht aus den IC's 2 und 3 mit Zusatzbeschaltung, die den Schalter (T2) immer gerade in dem Moment ansteuern (schließen) wenn die am Prüfling (zu messende Induktivität) anstehende Spannung dem Wert entspricht, der zu der entsprechend anliegenden Induktivität gehört, unter weitgehendem Ausschluß des ohmschen Anteils des Prüflings.

Darüber hinaus versorgt der Wien-Robinson-Generator über R20 den Eingang des OP3, dessen Ausgang mit Hilfe des Vorwiderstandes R23 einen rein sinusförmigen Wechselstrom mit den vom Generator kommenden Frequenzen in die zu messende Induktivität einprägt. Zwischen dem Platinenprüfpunkt A (Pin 8 des IC1) und dem Masseanschluß (linke Eingangsbuchse auf der Frontplatte) ist mittels R22 eine Spannung von $5,35 V_{\text{eff}}$ einzustellen.

Befindet sich der Schalter S 2 in Stellung „4“ (L-Messung), so fließt durch den angeschlossenen Prüfling (X_L) ein Strom von ca. 1,6 mA_{eff}, der einen entsprechenden Spannungsabfall je nach eingestelltem Frequenzbereich und Größe der zu messenden Induktivität hervorruft.

Dieser Spannungsabfall wird über R 24 auf den nichtinvertierenden (+) Eingang des OP4 gegeben, der als Verstärker 1:1 mit dem Rückkoppelwiderstand R 25 geschaltet ist. Dieser OP ist zur Entkoppelung außerordentlich wichtig, darf jedoch keine nennenswerte Eingangsoffsetspannung besitzen. Darüber hinaus müssen auch hier Drift- und Klirrfaktor besonders gering und der Eingangswiderstand selbstverständlich besonders hoch sein, wobei selbst bei Eingangsfrequenzen von 50 kHz und Eingangsspannungen von wenigen mV keine meßbaren Phasenverschiebungen auftreten dürfen. Besonders durch diesen OP 4, der ebenfalls in dem IC des Typs XS 004 A integriert ist, wurde der Einsatz eines speziell für diese Anforderungen selektierten IC's erforderlich.

Am Ausgang des OP 4 (Pin 7) steht nun das gepufferte Meßsignal an, das zu den bestimmten von der Steuerelektronik festgelegten Zeitpunkten über T 2 auf den Speicherkondensator C 29 und von dort auf den Meßeingang des IC 8 gegeben wird. Da sich am Source-Anschluß von T 2, bedingt durch die Schaltzeitpunkte eine Gleichspannung befindet, kann diese direkt von dem Gleichspannungsmesser, der mit dem IC 8 mit Zusatzbeschaltung aufgebaut wurde, gemessen werden. Da dieser Baustein hinreichend bekannt sein dürfte, soll auf eine nähere Beschreibung an dieser Stelle verzichtet werden.

Für die Widerstandsmessungen ist mit Hilfe des IC 4 in Verbindung mit dem Transistor T 3 und dessen Zusatzbeschaltung eine Stromquelle aufgebaut, die über die Schalterebene S 2 b in drei Bereichen geschaltet werden kann (50 mA, 5 mA und 0,5 mA). Die Einstellung des Konstantstromes erfolgt mit Hilfe des Spindeltrimmers R 37.

Die Stromversorgung des DIM 7000 erfolgt mit Hilfe des Netztransformators Tr 1 in Verbindung mit den Gleichrichterdiolen D 20 bis D 25 und den Festspannungsreglern IC 5 bis IC 7 sowie den entsprechenden Lade- und Filterkondensatoren.

Zum Nachbau

Der Nachbau des Digitalen-Induktivitätsmeßgerätes DIM 7000 gestaltet sich weitgehend problemlos, da sämtliche Bauelemente bis auf den Netzschalter auf den beiden Leiterplatten Platz finden. Von zusätzlicher Verdrahtung kann nicht mehr die Rede sein.

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

Ist ein Probeeinbau der Platinen zur Zufriedenheit verlaufen (Platinen sind noch nicht miteinander verlötet), kann mit der Bestückungsarbeit begonnen werden.

Zunächst werden die Brücken, dann die Widerstände, Kondensatoren, Dioden usw. in gewohnter Weise eingelötet.

Ist die Bestückung nach dem Einsetzen der

IC's vollendet, wird die Anzeigenplatine senkrecht an die Basisplatine gelötet und zwar so, daß sie ca. 3 mm unter ihr hervorragt.

Sind alle Kupferflächen der senkrecht aufeinanderliegenden Platinen miteinander verlötet, kann der Einbau ins Gehäuse vorgenommen werden.

Der Schutzleiter des Netzkabels ist sowohl mit der Schaltung (Massepunkt) als auch mit dem Befestigungshals des Netzschalters zu verbinden. Die VDE-Bestimmungen sind zu beachten.

Inbetriebnahme und Abgleich

Nachdem die Bestückung der Platinen noch einmal sorgfältig kontrolliert wurde, kann das Gerät in Betrieb genommen werden. Zum Abgleich des Gerätes ist zum einen ein möglichst genaues Gleich- und Wechselspannungsmessgerät mit einem Eingangswiderstand von mindestens 1 M Ω , als auch ein Frequenzzähler erforderlich, wobei ein Oszilloskop ebenfalls gute Dienste leisten kann.

Zuerst ist mit Hilfe des Gleichspannungsmessers die Referenzspannung des eingebauten digitalen Voltmeters mit dem Spindeltrimmer R 29 auf exakt 500 mV einzustellen. Gemessen wird diese Spannung zwischen den Platinentestpunkten „B“ und „C“.

Als nächstes ist der Wien-Robinson-Generator in Betrieb zu nehmen. Sollte er nicht einwandfrei Sinusschwingungen erzeugen, kann evtl. der Widerstand R 3 um max. 2 k Ω erhöht (Reihenschaltung eines Widerstandes bis max. 2 k Ω), bzw. falls erforderlich verkleinert werden (durch Parallelschaltung von 270 k Ω bis 2,7 M Ω). Der genaue Wert ist, falls überhaupt erforderlich, auszuprobieren.

Da die Frequenz des Wien-Robinson-Generators direkt in die Genauigkeit des Meßergebnisses eingeht, sind die mit dem rechten Drehschalter umschaltbaren 4 Frequenzen, mit denen die Meßbereiche gewechselt werden, möglichst genau auf die angegebenen Werte einzustellen.

Im kleinsten Meßbereich sollte die Oszillator-Frequenz des Wien-Robinson-Generators 50 kHz betragen, im 20 mH-Bereich 5 kHz, im 200 mH-Bereich 500 Hz und im 2 H-Bereich 50 Hz.

Die hierfür erforderlichen Arbeiten erfordern ein wenig Geduld, da die Frequenzen nicht mit einem Potentiometer, sondern mit Festkondensatoren einzustellen sind, wobei jeweils immer 2 Kondensatorpaare, die zu einem Frequenzbereich gehören, den gleichen Wert aufweisen müssen.

Im kleinsten Meßbereich (2 mH) beträgt die Meßfrequenz 50 kHz.

Durch Parallelschaltung der beiden Kondensatoren C 7 (ca. 220 pF) und C 8 (ca. 68 pF) deren Summe ca. 300 pF betragen muß sowie der beiden Kondensatoren C 15 (68 pF) und C 16 (220 pF) ist die Frequenz auf diesen Wert (50 kHz) festzulegen. An dieser Stelle sei nochmals darauf hingewiesen, daß die Kapazitätssumme sowohl von C 7 und C 8, als auch von C 15 und C 16 ca. 300 pF betragen muß und außerdem beide

Summen gleich sein müssen, d. h. C 7 und C 8 = C 15 und C 16 ~ 300 pF (für 50 kHz). Ist die Frequenz zu hoch, sind die Kapazitätswerte zu niedrig und müssen daher erhöht werden, während bei zu geringer Frequenz die Kapazitätswerte zu verkleinern sind.

Im 20 mH-Bereich muß die Oszillator-Frequenz des Wien-Robinson-Generators 5 kHz betragen, im 200 mH-Bereich 500 Hz und im 2 H-Bereich 50 Hz.

Stimmen die Frequenzen gut mit den angegebenen Werten überein (Abweichungen möglichst unter 1%), kann mit Hilfe eines Wechselspannungsmessers die Spannungshöhe des an Pin 8 des IC 1 anstehenden Wechselspannungswertes gemessen und mit R 22 eingestellt werden.

Da die meisten gebräuchlichen Wechselspannungsmesser ihre beste Genauigkeit bei 50 Hz Sinuswechselspannung aufweisen, stellt man die Ausgangswechselspannung mit R 22 am besten bei eingeschaltetem 2 H-Meßbereich ein, indem der Oszillator mit diesen 50 Hz schwingt. Mit R 22 ist die zwischen Pin 8 (Platinentestpunkt „A“) und Masse (linke Eingangsbuchse auf der Frontplatte) einzustellende Spannung dann auf 5,35 V_{eff} einzustellen. Mit Hilfe eines Oszilloskopes könnte man auch den Spitzenwert einstellen, der in diesem Falle 7,56 V beträgt, d. h. von der oberen Spitze zur unteren 7,56 V x 2 = 15,12 V. Dies entspricht einem Effektivwert, wie bereits erwähnt, von 5,35 V.

Die Spannungen in den anderen Frequenzbereichen liegen durch die eingebaute elektronische Stabilisierung des Wien-Robinson-Generators bei dem gleichen Wert.

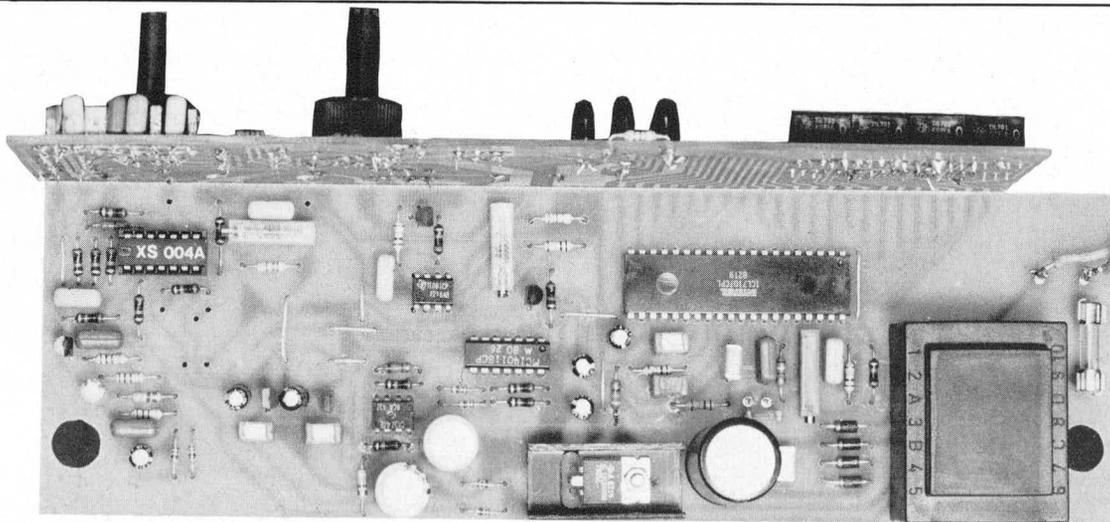
Der Abgleich für die Induktivitätsmessungen ist damit beendet.

Für die Widerstandsmessungen ist lediglich ein einziger Trimmer einzustellen. Zweckmäßigerweise schaltet man hierzu den linken Drehschalter in die Stellung 200 Ω , schließt die Eingangsbuchsen des DIM 7000 über ein möglichst genaues Strommeßgerät kurz und stellt mit dem Trimmer R 37 einen Strom von 5 mA ein.

Zu Kontrollzwecken kann im 20 Ω -Bereich ein Strom von 50 mA und im 2 k Ω -Bereich ein Strom von 0,5 mA gemessen werden. Bei Abweichungen von mehr als 1% liegt entweder ein Fehler vor, oder aber die Widerstände R 33 bis R 35 sind geringfügig zu verändern (entweder durch Reihenschaltung eines sehr kleinen Widerstandes, der eine Stromreduzierung herbeiführt, oder durch Parallelschaltung eines sehr großen Widerstandes, der eine Stromerhöhung zur Folge hat). R 32 besitzt eine bei „L“-Messungen günstige, stabilisierende Wirkung auf das IC 4 und hat bezüglich der Genauigkeit keinerlei Einfluß. Damit ist auch der Abgleich der Ohmmessbereiche vollzogen und das DIM 7000 ist einsatzbereit.

Meßgenauigkeit

Durch eine ausgereifte Schaltungstechnik sowie durch Einsatz von hochwertigen Bauelementen besitzt das DIM 7000 eine Grundgenauigkeit von ca. 1%. Wir weisen an dieser Stelle jedoch ausdrücklich darauf hin, daß bei Messungen an Induktivitäten



Ansicht der bestückten und zusammengesetzten Platinen des digitalen Induktivitätsmeßgerätes DIM 7000 vor dem Einbau ins Gehäuse

durch die vielfältigsten Umstände und Erscheinungen, deren ausführliche Erläuterung den Rahmen dieses Artikels bei weitem sprengen würden, die Meßfehler z. T. ganz erheblich größer werden können.

Beschränkt man sich auf die Messung von reinen Induktivitäten ohne Eisenanteil, die zudem noch eine hohe Güte aufweisen, ist mit einer Genauigkeit von wenigen Prozenten zu rechnen.

Kommen hingegen sehr große Widerstandsanteile zur reinen Induktivität beim Prüfling hinzu, so kann die Steuerelektronik den hierfür erforderlichen exakten Meßzeitpunkt, der teilweise bis auf wenige μ -Sekunden genau festgelegt werden muß, nur noch bedingt genau realisieren und dem elektronischen Schalter zuführen. Hier können die Abweichungen dann schon in der Größenordnung von 5–10% liegen.

Noch ungenauer werden die Messungen, wenn es sich um Prüfbjekte handelt, die einen Ferrit- bzw. Eisenkern besitzen. Solange die Eisenverluste nicht extrem hoch sind und der Kern nicht in Sättigung fährt, können auch hier Genauigkeiten von wenigen Prozenten erzielt werden. In dem Moment, wo aber Sättigungserscheinungen des Kernmaterials auftreten (bei Drosseln für extrem kleine Spannungen), werden die Meßfehler schlagartig größer. Induktivitätsbauelemente, die nur für max. Spannungen von wenigen 100 mV ausgelegt sind, können auf diese Weise zu vollkommen falschen Meßwerten führen.

Da die verwendeten Meßspannungen im DIM 7000 jedoch max. $0,8 V_{\text{eff}}$ betragen, kann in aller Regel davon ausgegangen werden, daß für die meisten gebräuchlichen Induktivitäten sowohl die Spannungen als auch die eingesetzten Frequenzen günstig sind und eine gute Anzeigegenauigkeit erreicht werden kann.

Abschließend wollen wir noch darauf hinweisen, daß sich die Induktivitäten auch mit den verschiedenen Meßfrequenzen ändern können, so daß eine Induktivität von 1 mH gemessen im 2 mH-Bereich, sich im 20 mH-Bereich durchaus um 10% und mehr verändern kann. Dies ist ebenfalls physikalisch bedingt und muß keineswegs ein Meßfehler des DIM 7000 sein.

Stückliste:

Digitales Induktivitätsmeßgerät DIM 7000

Halbleiter

| | |
|------------------|--------------|
| IC1 | XS 004 A |
| IC2 | CA 3240 |
| IC3 | CD 4011 |
| IC4 | TL 081 |
| IC5 | 78 L 12 |
| IC6 | 79 L 12 |
| IC7 | 7905 |
| IC8 | ICL 7107 |
| T1, T2 | BF 245 C |
| T3 | BC 558 C |
| Di1–Di4 | TIL 701 |
| D1–D16, D20, D21 | 1 N 4148 |
| D17–D19 | LED rot 5 mm |
| D22–D25 | 1 N 4001 |

Kondensatoren

| | |
|---------------|---------------------|
| C1, C13 | 220 nF |
| C2, C14 | 68 nF |
| C3, C11 | 22 nF |
| C4, C12 | 6,8 nF |
| C5, C9 | 2,2 nF |
| C6, C10 | 680 pF |
| C7, C15 | 220 pF |
| C8, C16 | 68 pF |
| C17 | 220 nF |
| C18 | 2,2 μ F/16 Volt |
| C19 | 220 nF |
| C20 | 10 μ F/16 V |
| C21, C22, C23 | 100 pF |
| C24, C25 | 220 nF |
| C26 | 10 nF |
| C27 | 100 nF |
| C28 | 100 nF |
| C29 | 10 μ F/16 V |
| C30 | 100 pF |
| C31, C35 | 220 nF |
| C32, C36 | 10 μ F/16 V |
| C33, C34 | 470 μ F/25 V |
| C37 | 2200 μ F/16 V |
| C38 | 330 nF |
| C39 | 10 μ F/16 V |
| C40 | 100 μ F/16 V |

Widerstände

| | |
|------------|----------------|
| R1, R2, R4 | 100 k Ω |
| R3 | 24 k Ω |

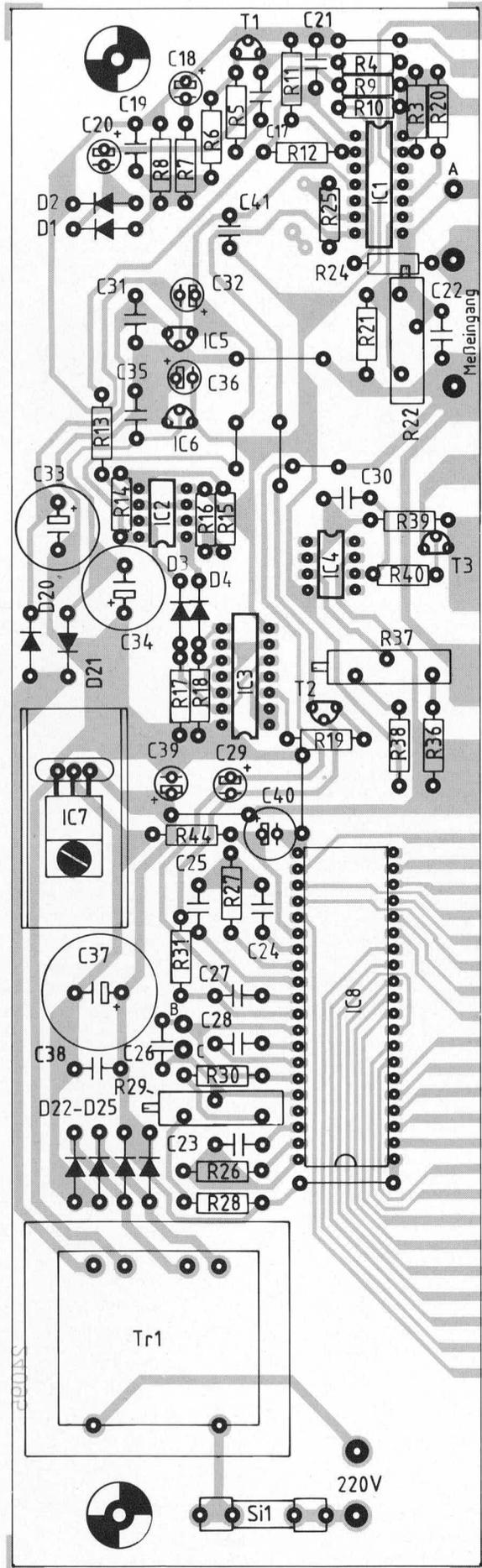
| | |
|--------------|---------------------------------|
| R5, R6, R8 | 1 M Ω |
| R7 | 4,75 k Ω |
| R9, R10, R12 | 10 k Ω |
| R11 | 47 k Ω |
| R13 | 4,75 k Ω |
| R14, R16 | 10 k Ω |
| R15 | 1,5 k Ω |
| R17–R20 | 10 k Ω |
| R21 | 22 k Ω |
| R22 | 100 k Ω , Spindeltrimmer |
| R23 | 4,75 k Ω |
| R24, R25 | 10 k Ω |
| R26, R27 | 100 k Ω |
| R28 | 10 k Ω |
| R29 | 1 k Ω , Spindeltrimmer |
| R30 | 1,8 k Ω |
| R31 | 100 k Ω |
| R32 | 1 k Ω |
| R33 | 2,2 k Ω |
| R34 | 220 Ω |
| R35 | 220 Ω |
| R36 | 5,6 k Ω |
| R37 | 2 k Ω , Spindeltrimmer |
| R38, R39 | 100 k Ω |
| R40 | 22 k Ω |
| R41–R46 | 330 Ω |

Sonstiges

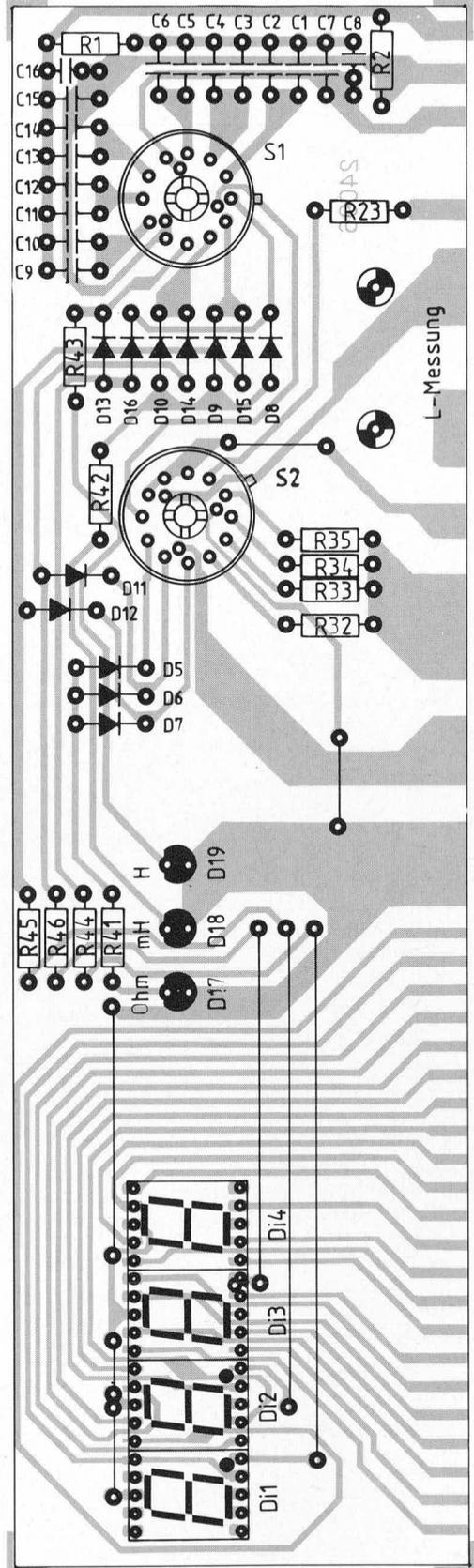
| | |
|-----|--------------------------------|
| Tr1 | Typ 042-071 |
| | prim: 220 V/4,5 VA |
| | sek.: 1 x 9 V/400 mA |
| | 1 x 12 V/75 mA |
| 2 x | Präzisions-Drehwähler |
| | 2 x 4 Stellungen |
| 1 x | U-Kühlkörper für TD220 (SK 13) |
| 1 x | Platinensicherungshalter |
| Si1 | 0,05 A |
| 7 x | Lötnägel |

Gehäusebausatz

| | |
|---|------------------------------------|
| 1 | Gehäuse aus der Serie 7000 |
| 1 | bedruckte und gebohrte Frontplatte |
| 2 | Gehäusebefestigungsschrauben |
| | M 3 x 15 mm |
| 1 | 3adriges Netzkabel mit Stecker |
| 1 | Kippschalter 2polig |
| 2 | Polklemmen (rot/schwarz) |
| 2 | Drehknöpfe mit Deckel und |
| | Pfeilscheibe |



Bestückungsseite der Basisplatte



Bestückungsseite der Anzeigenplatte

Belichtungstimer BT 2000



Mit dieser Schaltung wenden wir uns an alle Fotoamateure, die sich seit langem einen komfortablen Belichtungstimer, der digital einstellbar ist, wünschen.

Allgemeines

Die Entwicklung des vorliegenden Timers erfolgte aus der Überlegung heraus, daß ein derartiges Gerät zum einen sehr universell einsetzbar sein sollte und zum anderen auch Forderungen von professionellen Anwendern gerecht werden müsse. Aus diesem Grunde wurden zwei Zeitbereiche eingerichtet, von denen der erste das Intervall von 0,1 bis 999,9 Sekunden überstreicht und im Abstand von 0,1 Sek. einstellbar ist. Der zweite Bereich liegt in den Grenzen von 1 bis 9999 Sekunden, wobei eine Auflösung von 1 Sek. erreicht werden kann.

Die Überwachung des Zeitablaufes wird auf einem 4stelligen 7-Segment-Display ermöglicht, was, besonders bei langen Zeiten, sehr nützlich ist. Am Zyklusende erfolgt ein kurzes akustisches Signal.

Die Schaltung

Zwischen den Dioden D1/2 wird die Netzfrequenz von 50 Hz entnommen, die über D5 und R1 an die Eingänge des 74LS13 gelangt. R1/R2 und D6 sind an dieser Stelle notwendig, um die Überschreitung des TTL-Pegels zu verhindern.

Der 74LS13 enthält zwei Schmitt-Trigger, von denen hier nur einer Verwendung findet. Er formt aus dem ankommenden Signal eine Rechteckschwingung mit genügender Steilheit, um die ordnungsgemäße Ansteuerung der nachfolgenden Schaltkreise zu gewährleisten.

IC3 und IC4 sind in der vorliegenden Form als Frequenzteiler beschaltet, wobei IC3 als Teiler durch 5, IC4 als Teiler durch 10 fungiert. Somit stehen sowohl 10 Hz, als auch 1 Hz zur Verfügung, die als Takt für die zwei Zeitbereiche benötigt werden.

Der Takt wird mit der Schalterebene a des

Präzisionsdreherschalters S3 über einen 100 K Ω Widerstand auf den Zählengang des 7217 AIPI geführt und ist zudem mit den Nand-Gattern N1/N2 verbunden. Deren Aufgabe ist es, die LED's (D71 erhält über N3 ein invertiertes Signal) anzusteuern, die dann, nach dem Starten des Zeitzyklus und Freigabe durch ein Flip-Flop in IC7, im Takt des gewählten Zeitbereiches abwechselnd aufleuchten.

Über die Schalterebene b des S3 wird der Anzeige Ein/Aus Modus geschaltet. Die Dezimalpunktzuschaltung erfolgt vom Ausgang IQ des IC8 (Pin6) und wird durch Relais 2, bei Dunkelsteuerung der Anzeige, getrennt.

Das Herz der Schaltung

Als solches kann man den verwendeten hochintegrierten Intersil Baustein ICM 7217 AIPI ohne weiteres bezeichnen, da er genau genommen fast alle Aufgaben übernimmt. Grundsätzlich handelt es sich hier um einen Up/Down Counter mit angegliederter BCD Decoder und Treiber für vier 7-Segmentanzeigen mit gemeinsamer Kathode. Außerdem beinhaltet er ein Register, das extern angelegte BCD-Daten zu übernehmen vermag und die Gleichheit mit dem aktuellen Zählerstand durch Pegelwechsel anzeigt. Da es für das Verständnis der Schaltung unerlässlich ist, sollen in der Folge die Funktionen und Zustände der einzelnen Anschlüsse beschrieben werden.

ICM 7217 AIPI

Pin1 Übertrag

Beim Übergang des Zählers von 9999 nach 0000 oder 0000 nach 9999 wird ein 500 ns langer positiver Impuls erzeugt, der es ermöglicht, mehrere Zähler zu einer Einheit mit mehr als 4 Stellen zu verbinden.

Mit freundlicher Unterstützung der Firma J. D. Arhelger

Pin2 Nulldurchgang

Der Ausgang springt bei einem Nulldurchgang kurzzeitig auf Null.

Pin3 Gleichheit Zähler/Speicher

Der Ausgang geht bei Gleichheit von Zähler und Speicher auf Null.

Pin8 Zählereingang

Hier werden Impulse mit einer Amplitude von etwa 2V bis zu einer Frequenz von 2 MHz gezählt.

Pin9 Speichern

Ein Low Level an diesem Pin bedingt, daß der sich verändernde Zählerstand dargestellt wird.

+5V oder ein offener Eingang schließen den Speicher, so daß ein Zurücksetzen erfolgen kann, ohne daß dies auf dem Display angezeigt würde.

Pin10 Auf/Ab

+5V - bzw. offen = aufwärts zählen, OV = abwärts zählen.

Pin12 Zählerstand laden

Mit einem +5V Pegel werden die extern angelegten Daten geladen.

Pin13 Scan-Pin

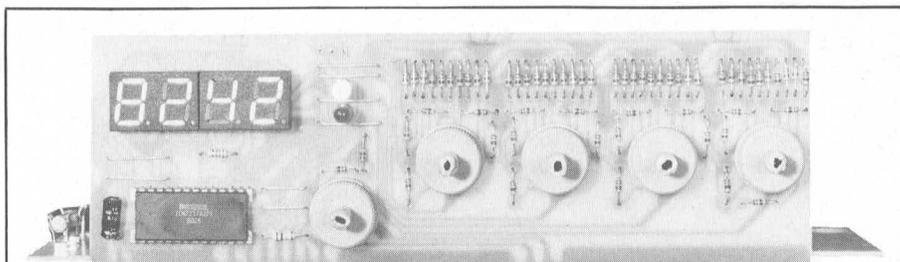
Durch Beschaltung mit einer Kapazität (20-90 pF) gegen Masse, kann die interne Multiplexfrequenz von 10 kHz reduziert werden.

Pin14 Zurücksetzen

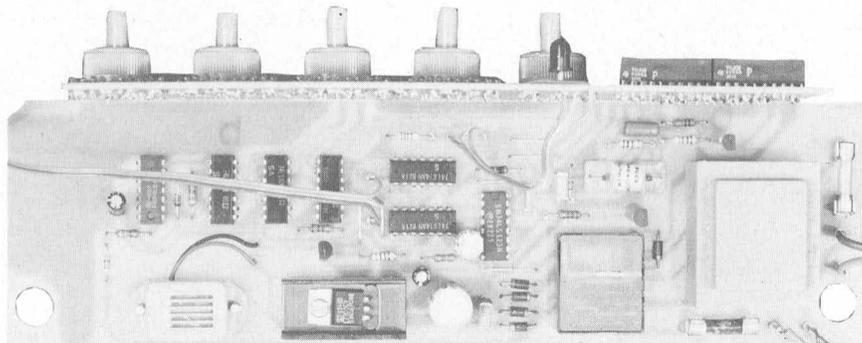
Bei offenem Eingang oder +5V kann der Zähler arbeiten. OV bewirkt einen Reset und Verharren in diesem Zustand bis wieder ein High Level anliegt.

Pin20 Display Steuerung

Sofern dieser Eingang offen bleibt, werden führende Nullen unterdrückt. OV bedingt die Anzeige aller Stellen, während +5V die Anzeige völlig abschaltet.



Frontansicht des fertig aufgebauten Belichtungstimers BT 2000, vor dem Einbau ins Gehäuse



Ansicht des fertig aufgebauten Belichtungstimers BT 2000 von oben, vor dem Einbau ins Gehäuse

Funktionsbeschreibung

Die Betätigung der Starttaste bewirkt ein Kippen des FF 1 in IC7, das wiederum FF2 in IC8 schaltet. Der Ausgang 2 Q (Pin 8) in IC8 setzt den Zähler im 7217 AIPI auf 0 und verhindert ein Anlaufen des Zählvorganges, solange sein logischer Pegel Low ist. Dieser Impuls gelangt auch auf den Clear des FF 1 in IC8 (Pin 1), das wiederum FF2 in IC7 anstößt. In der Folge wird Pin 11 (Clear) des Monoflops 2 im 74LS123 auf Low gelegt, damit keine Signaländerung an Ausgang 2 Q (Pin 5) erscheint. Dies bedingt, daß der Summer beim Start nicht ertönen kann.

Zur gleichen Zeit wird das Monoflop 1 (im 74LS123) vom FF2 des IC8 gekippt und legt High-Level auf Pin 12 des 7217 AIPI, der dadurch die mit den Schaltern S4 bis S7 vorgewählten Zahlenwerte in den Zähler lädt. Jetzt ergibt sich an den Pins 6/8 des IC8 ein High-Level, der auf Pin 14 (7217 AIPI) gelangt und den Zähler aktiviert. Dadurch wird der Zählerstand ungleich 0 und Pin 2 des 7217 AIPI geht von Low nach High. Dadurch wird der Transistor T1 leitend geschaltet und Relais Re1 zieht an. Weil Pin 10 fest auf Masse gelegt ist, zählt der Zähler jetzt abwärts, so daß immer die aktuelle noch verbleibende Einschaltzeit auf dem Display angezeigt wird.

Bei Erreichen der Null erhält der Preset (Pin 10) des FF2 in IC8 einen Low-Level, was bewirkt, daß an Pin 14 (7217 AIPI) ebenfalls eine Null erscheint und weiteres Zählen unterbindet sowie ein Abfallen des Relais Re1 bewirkt. Dieses Signal gelangt auch an Monoflop 1 (74LS123), das, — weil es jetzt nicht mehr gesperrt ist — an Pin 5 einen High-Level erzeugt und damit T2 durchschaltet, der den Summer für ca. 3 Sekunden ertönen läßt. (Sofern ein längeres Signal gewünscht wird, ersetzt man einfach C6 durch eine höhere Kapazität!). Außerdem wird noch der Pegel an Pin 5 des IC7 umgeschaltet, so daß das Blinken der LED's aufhört.

Der zuvor beschriebene Vorgang spielt sich auch bei Betätigung der StopTaste ab, weil hier genau genommen das Erreichen des Zählerstandes Null simuliert wird, indem Pin 14 des 7217 AIPI auf Masse gezogen wird.

Zum Nachbau

Der Nachbau des Belichtungstimers BT2000 gestaltet sich weitgehend problemlos, da sämtliche Bauelemente bis auf den Netzschalter auf den beiden Leiterplatten Platz finden. Von zusätzlicher Verdrahtung kann nicht mehr die Rede sein.

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

Ist ein Probeeinbau der Platinen zur Zufriedenheit verlaufen, (Platinen sind noch nicht miteinander verlötet) kann mit der Bestückungsarbeit begonnen werden.

Zunächst werden die Brücken, dann die Widerstände, Kondensatoren, Dioden usw. in gewohnter Weise eingelötet.

Der Summer wird mit zwei Schrauben M3 x 10 mm, die direkt von der Platinenunterseite aus in die Summerbefestigungslöcher geschraubt werden, festgesetzt (ohne Muttern).

Ist die Bestückung nach dem Einsetzen der IC's vollendet, wird die Anzeigenplatine senkrecht an die Basisplatine gelötet und zwar so, daß sie ca. 3 mm unter ihr hervorragt.

Sind alle Kupferflächen der senkrecht aufeinanderliegenden Platinen miteinander verlötet, kann der Einbau ins Gehäuse vorgenommen werden.

Der Schutzleiter des Netzkabels ist sowohl mit der Schaltung (Massepunkt) als auch mit dem Befestigungshals des Netzschalters zu verbinden. Die VDE-Bestimmungen sind zu beachten.

Stückliste

Belichtungstimer BT 2000

Halbleiter

| | | |
|------------|-------|---------------|
| IC1 | ..... | 7805 |
| IC2 | ..... | 74 LS 13 |
| IC3, IC4 | ..... | 74 LS 90 |
| IC5 | ..... | 74 LS 00 |
| IC6 | ..... | 74 LS 123 |
| IC7, IC8 | ..... | 74 LS 74 |
| IC9 | ..... | ICM 7217 AIPI |
| T1, T2 | ..... | BC 548 C |
| T3 | ..... | BC 558 C |
| D1-D4, D7 | ..... | 1 N 4001 |
| D5, D8-D70 | ..... | 1 N 4148 |
| D71, D72 | ..... | LED rot 5 mm |
| D6 | ..... | ZPD 4,7 V |
| Di1-Di4 | ..... | TIL 702 |

Kondensatoren

| | | |
|------------|-------|-------------|
| C1, C8 | ..... | 100 n |
| C2 | ..... | 470 µF/16 V |
| C3, C4, C9 | ..... | 10 µF/16 V |
| C5 | ..... | 10 nF |
| C6 | ..... | 22 µF/16 V |
| C7 | ..... | 33 nF |

Widerstände

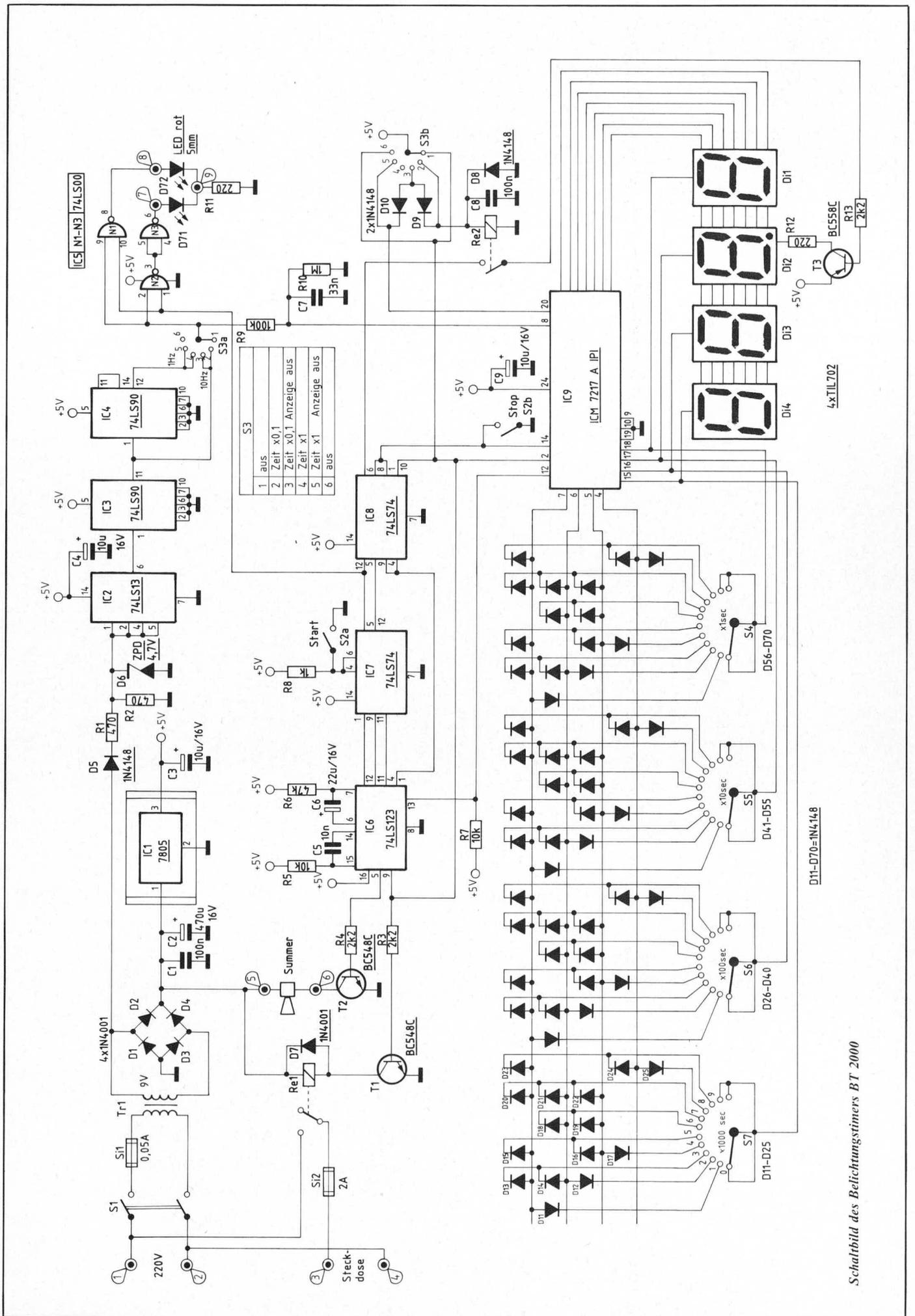
| | | |
|-------------|-------|--------|
| R1, R2 | ..... | 470 Ω |
| R3, R4, R13 | ..... | 2,2 kΩ |
| R5, R7 | ..... | 10 kΩ |
| R6 | ..... | 47 kΩ |
| R8 | ..... | 1 kΩ |
| R9 | ..... | 100 kΩ |
| R10 | ..... | 1 MΩ |
| R11, R12 | ..... | 220 Ω |

Sonstiges

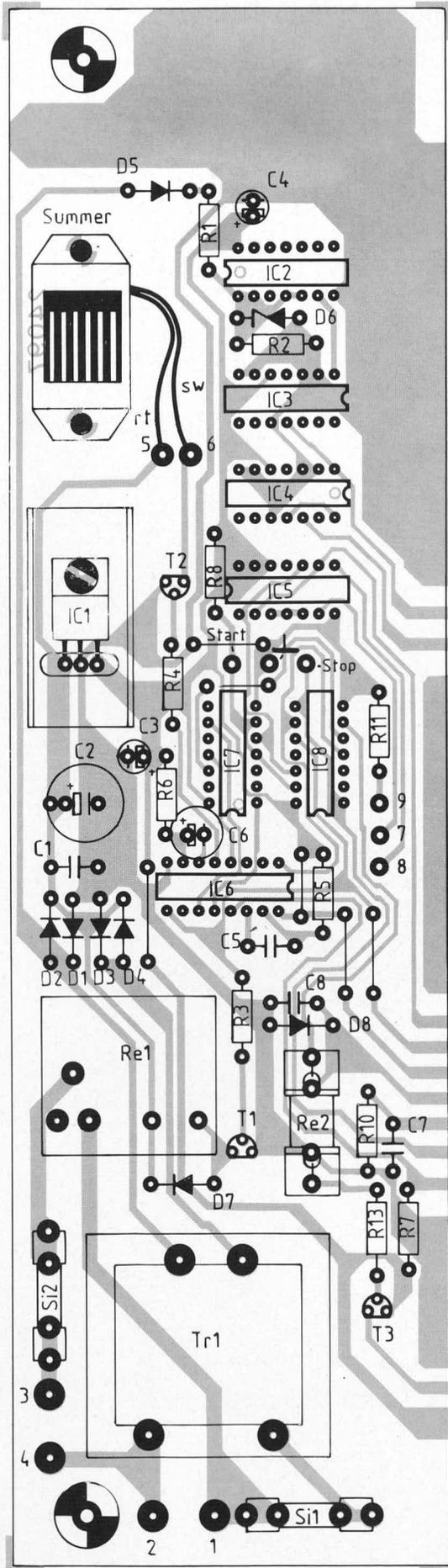
| | | |
|-------|--|--|
| Tr1 | ..... | Netztransformator 220 V/ 9 V, 0,5 A |
| 1 | Summer 6 V | |
| 1 | U-Kühlkörper | |
| 2 | Platinensicherungshalter | |
| Si1 | ..... | Sicherung 0,05 A |
| Si2 | ..... | Sicherung 2 A |
| Re1 | ..... | Kartenrelais 12 V, liegend, 1 x um, 8 A |
| Re2 | ..... | Reedrelais |
| 1 | Spezialsteckdose (Mertens) | |
| S2 | ..... | Kippschalter 1 x um mit Mittelstellung Tast-Mittel-Tast |
| S3 | ..... | Präzisionsdreheschalter 2 x 6 |
| S4-S7 | ..... | Präzisionsdreheschalter 1 x 12 |
| 7 | Lötstifte | |
| 1 | Lötfahne 4 mm | |
| 7 | Schrauben M 3 x 10 | |
| 5 | Muttern M 3 | |
| 30 | cm 3 x 1,5 mm ² flexibel | |
| 30 | cm Litze 0,8 mm ² 30 cm Silberdraht 0,8 mm Ø | |

Gehäusebausatz

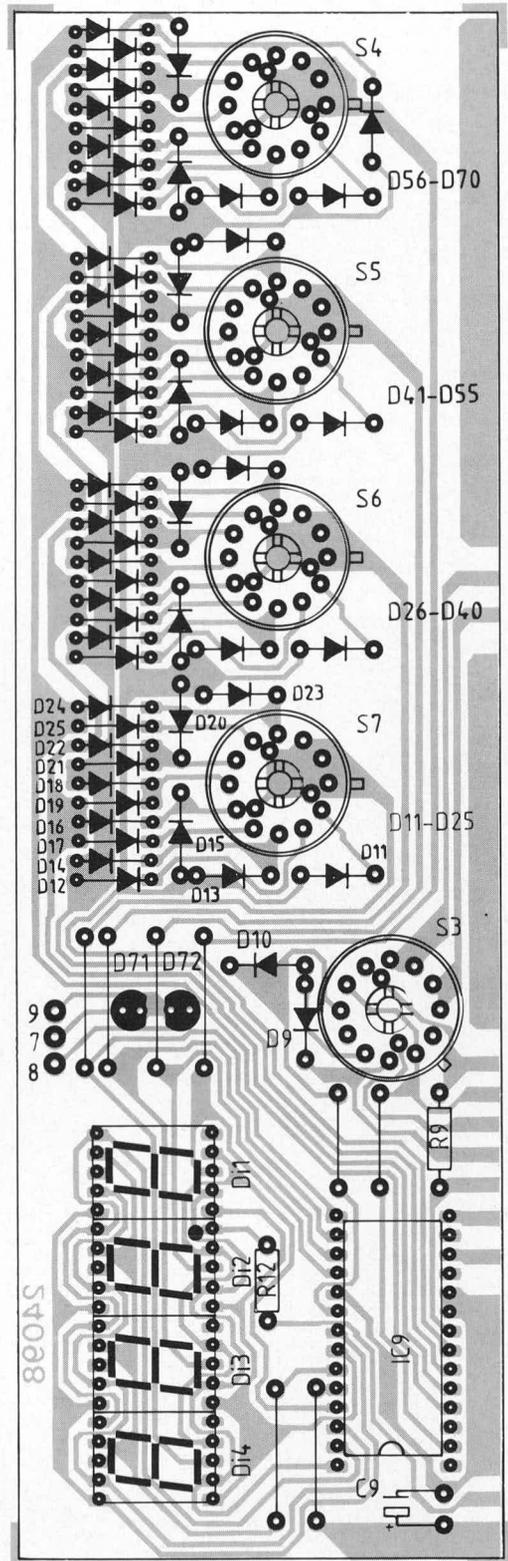
| | | |
|----|--|---------------------|
| 1 | Gehäuse aus der Serie 7000 | |
| 1 | bedruckte und gebohrte Frontplatte | |
| 1 | 3adriges Netzkabel mit Stecker | |
| S1 | | Netzschalter 2polig |
| 5 | Spannzangendrehköpfe 14 mm Ø mit Deckel und Pfeilscheiben | |



Schaltbild des Belichtungsstimmers BT 2000



Bestückungsseite der Basisplatine
des Belichtungstimers BT 2000



Bestückungsseite der Anzeigenplatine
des Belichtungstimers BT 2000