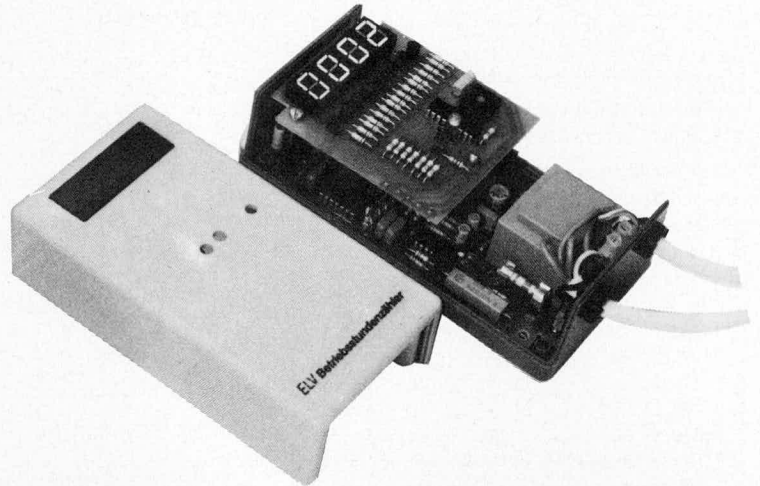


# Elektronischer Betriebsstundenzähler mit Start/Stop-Automatik



Der hier vorgestellte, im ELV-Labor entwickelte elektronische Betriebsstundenzähler zeichnet sich durch folgende Punkte besonders aus:

- Betriebsstundenzählung bis 9999 Stunden
- kleinste Auflösung 1 Stunde
- 4stellige Sieben-Segment-LED-Anzeige
- elektronische Start/Stop-Automatik
- einstellbare Ansprechempfindlichkeit von min. 10 Watt (durch ändern eines Widerstandes: 1 Watt) bis max. 250 Watt
- Maximalbelastung im Dauerbetrieb durch den Verbraucher: 1000 Watt
- Eigenverbrauch ca. 3 Watt
- Notstrombetrieb durch eingebauten, automatisch geladenen 9 V Akku über mehr als 10 Stunden bei ununterbrochenem Netzspannungsausfall
- Bereitschafts-/Betriebsanzeige über zwei LEDs.

## Allgemeines

Betriebsstundenzähler gewinnen wieder zunehmend an Bedeutung durch steigendes Qualitätsbewußtsein von Hifi- und Video-Anhängern. Hochwertige Tonabnehmer-systeme, sowie Tonköpfe in Cassetten-Recordern, Tonbandgeräten und Video-recordern müssen möglichst rechtzeitig in regelmäßigen Abständen gewartet bzw. ausgetauscht werden. Damit die Laufzeit exakt festgestellt werden kann, empfiehlt sich der Einsatz eines Betriebsstundenzählers.

Die „normalen“ im Handel erhältlichen Betriebsstundenzähler sind für vorgenannte Zwecke ungeeignet, da besonders bei Video-recordern der Betriebsstundenzähler nicht über die Einschalttaste angeschlossen werden kann, da die meisten Geräte auch im Stand-by-Betrieb Strom aufnehmen, der Verschleiß der Kopftrommel jedoch erst bei eingefädeltm Kopf auftritt.

Der im ELV-Labor entwickelte Elektronische-Betriebsstundenzähler weist hier ganz entscheidende Vorteile durch die eingebaute elektronische Start/Stop-Automatik auf. Die Automatik mißt ständig den Strom der

in den Verbraucher fließt und entscheidet selbständig, daß z. B. die Betriebsstunden erst dann gezählt werden, wenn die Leistungsaufnahme z. B. 10 Watt übersteigt. Die effektive Ansprechschwelle ist hierbei mit einem Trimmer individuell einstellbar.

Der Anschluß des Betriebsstundenzählers ist denkbar einfach, da er in der Art einer Verlängerungsschnur in die Netzzuleitung des betreffenden Verbrauchers eingefügt wird.

Der Eigenverbrauch liegt bei ca. 3 Watt. Fällt der Strom aus, so übernimmt der eingebaute 9 V Akku die Stromversorgung, wobei im selben Moment des Stromausfalls die Anzeige automatisch ausgeschaltet und die Stromaufnahme auf weniger als 0,1 Watt reduziert wird. Bei wiederkehrender Netzspannung leuchtet die Anzeige sofort wieder auf und der Akku wird geladen.

Soll der Betriebsstundenzähler einer neuen Aufgabe zugeführt werden, kann über eine Reset-Taste die Schaltung auf Null gesetzt werden.

Abschließend soll nicht unerwähnt bleiben,

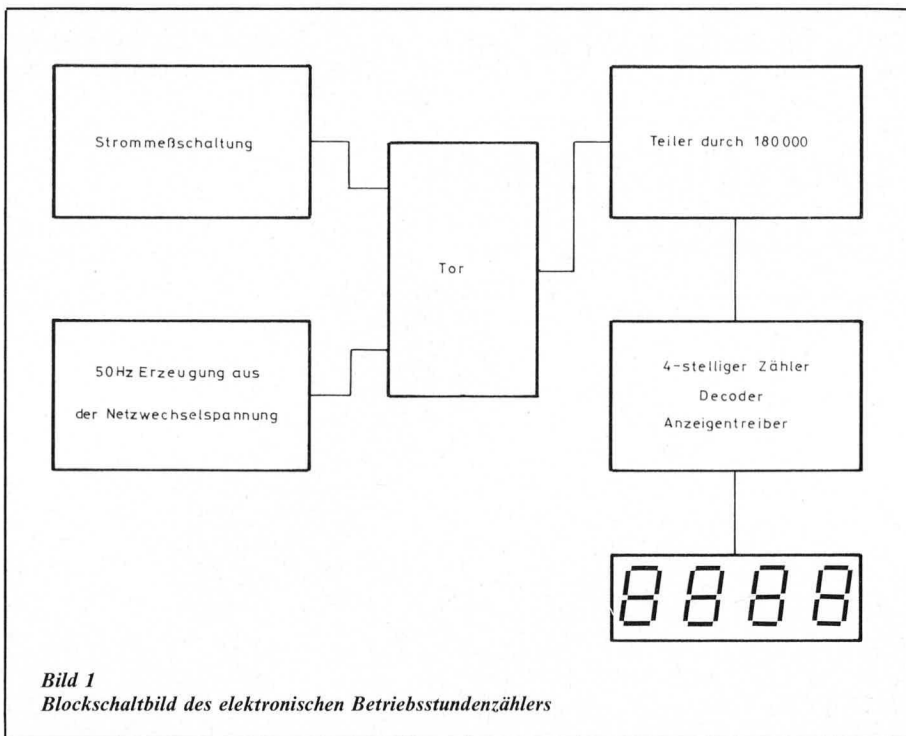
daß besonderer Wert auf eine gute Entstörung der gesamten Schaltung gelegt wurde, damit keine Fehlimpulse das Anzeigergebnis verfälschen.

Vorgenannte Ausführungen lassen erkennen, welch hoher Qualitätsstandard mit der vorliegenden Schaltung eines elektronischen Betriebsstundenzählers erreicht wurde.

## Zur Schaltung

In Bild 1 ist das Blockschaltbild des elektronischen Betriebsstundenzählers dargestellt.

Die aus der Netz-Wechselspannung gewonnenen 50 Hz gelangen auf das Tor, das sich am Eingang eines Teilers der durch 180 000 teilt, befindet. Geöffnet und geschlossen wird das Tor durch die Strommeßschaltung, die die Entscheidung trifft, ab welcher Leistungsaufnahme des Verbrauchers der Betriebsstundenzähler arbeitet. Die Notwendigkeit der Teilung durch 180 000 ergibt sich aus den am Eingang des Tores anstehenden 50 Hz (50 Impulse pro Sekunde) multipliziert mit den 3600 Sekunden, die eine Stunde hat, da der Betriebsstun-



denzähler nur jede Stunde seine Anzeige um 1 erhöhen soll ( $50 \cdot 3600 = 180000$ ).

Der Ausgang des „Teilers durch 180000“ steuert die 4stellige Anzeigeneinheit mit integriertem 4stelligen Zähler direkt an.

Im folgenden wollen wir nun näher auf die schaltungstechnischen Einzelheiten eingehen.

Die 4stellige Anzeigeneinheit mit integriertem Zähler wird durch das IC 7 des Typs 74C926 dargestellt, wobei die 7 Segmente der im multiplex betriebenen 4stelligen Anzeige direkt über die Vorwiderstände R 18 bis R 24 angesteuert werden. Die zugehörigen 4 Digits der Anzeige werden vom IC 7 über die Transistoren T 3, T 5, T 7 und T 9 gesteuert.

Damit die Anzeige bei Netzspannungsausfall dunkel gesteuert wird, erfolgt über T 4, T 6, T 8 und T 10 in Verbindung mit dem Ansteuertransistor T 2 die Sperrung der Basen der Digit-Treiber (T 3, T 5, T 7, T 9). Hierbei ist die Funktionsweise wie folgt:

Solange das Netzgerät einwandfrei arbeitet, liegt über den Kondensatoren C 1, C 2 eine Spannung von ca. 12 V an, so daß über R 4 der Akku mit ca. 1 mA geladen wird und die Basis-Emitter-Strecke von T 2 in Sperrrichtung gepolt ist. Bei Netzspannungsausfall fließt der Strom von der Plusseite des Akkus in den Emitter von T 2 über die Basis zum Spannungsregler IC 1, wodurch T 2 in den leitenden Zustand übergeht, d. h., daß die Kollektor-Emitter-Strecke von T 2 leitend wird, und dadurch T 4, T 6, T 8 und T 10 durchschalten.

Ob bei Netzbetrieb oder im Notstrombetrieb wird die positive Ausgangsspannung in jedem Fall mit dem IC 1 auf +5 V stabilisiert. Die negative Versorgungsspannung erhält ihre Stabilisierung auf ca. -5 V über den Vorwiderstand R 5 in Verbindung mit der Z-Diode D 3. Um eine gute Störunterdrückung zu erreichen, wurde eine HF-Drossel (Dr 1) von  $68 \mu\text{H}$  in den Sekundärkreis des 9 V Trafos eingefügt.

Die Erzeugung der 50 Hz für die Ansteuerung der Teilerkette erfolgt mit Hilfe des Transistors T 1 in Verbindung mit den Widerständen R 1, R 2 und R 3. Bei jeder positiven Halbwelle wird T 1 durchgesteuert und bei jeder negativen Halbwelle gesperrt, so daß am Kollektor von T 1 ein Rechtecksignal von exakt 50 Hz ansteht. Bevor dieses 50 Hz Signal auf den Eingang des Tores, bestehend aus dem Gatter N 1 gelangt, wird es über ein R/C-Glied (R 6/C 7) geführt, damit evtl. Störimpulse zuverlässig unterdrückt werden.

Der zweite Eingang des Gatters N 1 (Pin 5) wird ebenfalls über ein R/C-Glied (R 8/C 10) angesteuert und zwar erfolgt hier die Ansteuerung von der Strommeßschaltung, die die Entscheidung trifft, ab welcher Leistungsaufnahme des Verbrauchers der Betriebsstundenzähler zu arbeiten beginnt.

Die Strommeßschaltung besteht im wesentlichen aus den beiden Operationsverstärkern OP 1 und OP 2 mit Zusatzbeschaltung, die beide im IC 6 integriert sind. Der in den Verbraucher hineinfließende Strom wird über den Leistungswiderstand R 10 geführt, an dem somit ein Spannungsabfall entsteht. Der nichtinvertierende (+)Eingang von OP 1 liegt über R 12 an der einen Seite (Punkt B) und der invertierende (-)Eingang liegt über R 9 und R 11 an der anderen Seite (Punkt A) des Leistungswiderstandes R 10, durch den hindurch, wie bereits erwähnt, der Strom des angeschlossenen Verbrauchers fließt. D 4 und D 5 haben in diesem Zusammenhang lediglich eine Schutzfunktion für den Eingang von OP 1 zu übernehmen. Mit dem Trimmer R 11 kann nun in Verbindung mit dem im Rückkoppelungszweig liegenden Widerstand R 13 die Verstärkung von OP 1 im Bereich zwischen 10fach und 220fach eingestellt werden. Das bedeutet in Verbindung mit der übrigen Dimensionierung der Strommeßschaltung eine Leistungsansprechschwelle des Betriebsstundenzählers von minimal 10 Watt bis maximal 250

Watt, d. h., daß je nach Einstellung des Trimmers R 11 der Betriebsstundenzähler erst zu arbeiten beginnt, wenn die Leistungsaufnahme des angeschlossenen Verbrauchers den eingestellten Leistungswert überschreitet.

Benötigt man eine geringere Ansprechschwelle, so kann durch vergrößern des Widerstandswertes von R 10 von  $0,22 \Omega$  auf  $2,2 \Omega$ , die Ansprechempfindlichkeit mit R 11 dann zwischen 1 Watt und 25 Watt eingestellt werden. Die Maximalbelastung der Schaltung durch den Verbraucher verringert sich dadurch allerdings auf ca. 300 Watt.

Die an R 10 abfallende Spannung wird mit OP 1 verstärkt, über D 6 gleichgerichtet und gelangt dann auf den Siebkondensator C 11, dessen Spannungswert über den als Komparator geschalteten OP 2 abgefragt wird. Der Ausgang des OP 2 (Pin 7) steuert das Tor (Gatter N 1) an, wobei D 8 den Eingang (Pin 5) vor negativer Spannung schützt. Gleichzeitig werden die LEDs D 9 und D 10 über den Vorwiderstand R 41 mit angesteuert. Ist das Tor geschlossen, leuchtet D 10 rot (Spannung an Pin 7 des OP 2 ca. -5 V), während bei geöffnetem Tor am Ausgang von OP 2 ca. +5 V anstehen und D 9 grün leuchtet.

Ist das Tor geöffnet, stehen am Ausgang des Gatters N 1 (Pin 4) die aus der Netzfrequenz gewonnenen 50 Hz-Impulse an. Der Kondensator C 13 dient in diesem Zusammenhang wiederum zur Störsicherheit der Schaltung.

Die IC's 2-4 sind doppelte Dekadenzähler, die in Verbindung mit den Gattern N 2-N 4 einen „Teiler durch 180000“ darstellen. N 3 und N 4 haben in diesem Zusammenhang die Funktion eines Monoflops, das jeweils bei Erreichen des Zählerstandes von 180000 eine Minimumlänge des Reset-Impulses sichert, so daß das IC 7 jede Stunde einen zuverlässigen Impuls an seinem Eingang (Pin 12) erhält.

### Zum Nachbau

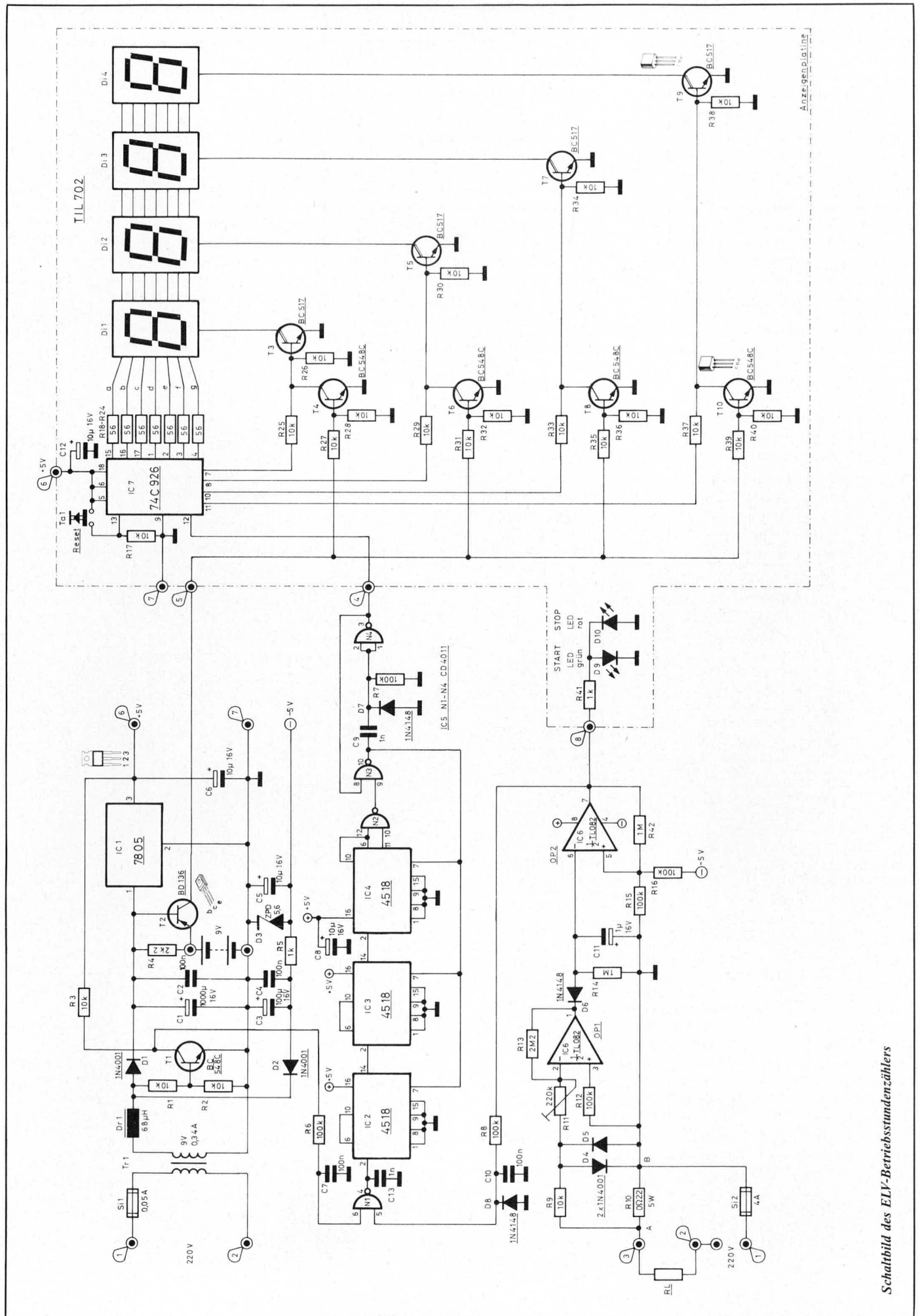
Damit das Gerät trotz der umfangreichen Schaltung nicht unnötig groß wird, haben wir uns für eine Sandwich-Bauweise mit zwei übereinanderliegenden Platinen entschlossen. Die untere Platine beinhaltet sämtliche elektronischen Baugruppen, bis auf den 4stelligen Anzeigenteil, der komplett einschließlich Ansteuerung auf der oberen Platine aufgebaut wurde.

Durch den Umfang der Schaltung und die unbedingt erforderliche saubere Arbeit beim Aufbau, sollten sich nur die etwas erfahreneren Hobby-Elektroniker unter unseren Lesern an den Nachbau heranwagen.

Die Bestückung der beiden Platinen erfolgt in gewohnter Weise.

Der Widerstand R 10 sollte zwecks einer besseren Wärmeabfuhr nicht direkt, sondern in ca. 5 mm Abstand von der Basisplatine eingelötet werden.

Damit der 9 V Akku einen besseren Halt hat, kann der Batterieclip zerlegt werden, so daß lediglich die beiden Anschlußkronen mit der kleinen Trägerplatte übrig bleiben, die dann an zwei Lötstifte der Akku-



Schaltbild des ELY-Betriebsstundenzählers

Spannungsversorgung angelötet werden. Zusätzlich kann der Akku noch auf der Platine fixiert werden, indem man zwei ca. 2 mm große Bohrungen links und rechts etwa in der Mitte neben dem Akku auf der Platine anordnet, und einen isolierten Schaltdraht in der Art einer Schlaufe um den Akku und durch die Platine führt.

Die beiden Platinen werden nun über drei Schrauben M 3 x 35 mm mit 30 mm Abstandsbolzen verbunden, wobei die in der Mitte befindliche Schraube auf der Rückseite der Basisplatine mit einer Mutter festgesetzt wird, und die beiden neben der Anzeige befindlichen Schrauben direkt in den Gehäuseboden eingedreht werden. Zwei weitere ca. 4 mm lange M3 Schrauben (evtl. längere Schrauben etwas kürzen), die sich in der Nähe des Transformators befinden und ebenfalls direkt in den Gehäuseboden gedreht werden, dienen der zusätzlichen Verbindung der Platinen mit dem Gehäuse.

Die Anzeigenplatine wird nun über fünf flexible Leitungen mit der Basisplatine verbunden.

Als letztes werden die beiden Netzkabel für Versorgung und Ausgang an die entsprechenden Punkte der Platine angeschlossen und mit Zugentlastungen in den beiden

Gehäusebohrungen an der Stirnseite festgesetzt. Wichtig ist, daß auf keinen Fall der Anschluß des Schutzleiters vergessen wird. Wir möchten an dieser Stelle erneut an die VDE-Bestimmungen erinnern, auf deren Einhaltung sorgfältig Wert zu legen ist.

In den Gehäusedeckel sind Aussparungen einzubringen — für die LED-Anzeige, die mit einer roten Plexiglasscheibe hinterlegt wird, eine weitere für den Reset-Taster, mit dessen Hilfe der Zähler wieder auf Null gesetzt werden kann, sowie zwei Bohrungen für die beiden LEDs. Die Bohrung für den Reset-Taster sollte einen Durchmesser von ca. 2 mm haben, damit der Taster nur mit einem spitzen Gegenstand betätigt werden kann, und eine Fehlbedienung ausgeschlossen ist.

Dem Einsatz dieser interessanten Schaltung steht jetzt nichts mehr im Wege.

### Meßpunkte

Die vorgestellte Schaltung ist recht umfangreich. Beim Nachbau kann es daher schon einmal zu einer kleinen Panne kommen. Nachfolgend wollen wir Ihnen deshalb einige Hinweise für eine evtl. Fehlersuche geben, damit Sie Ihr Gerät schnell in funktionstüchtigem Zustand einsetzen können.

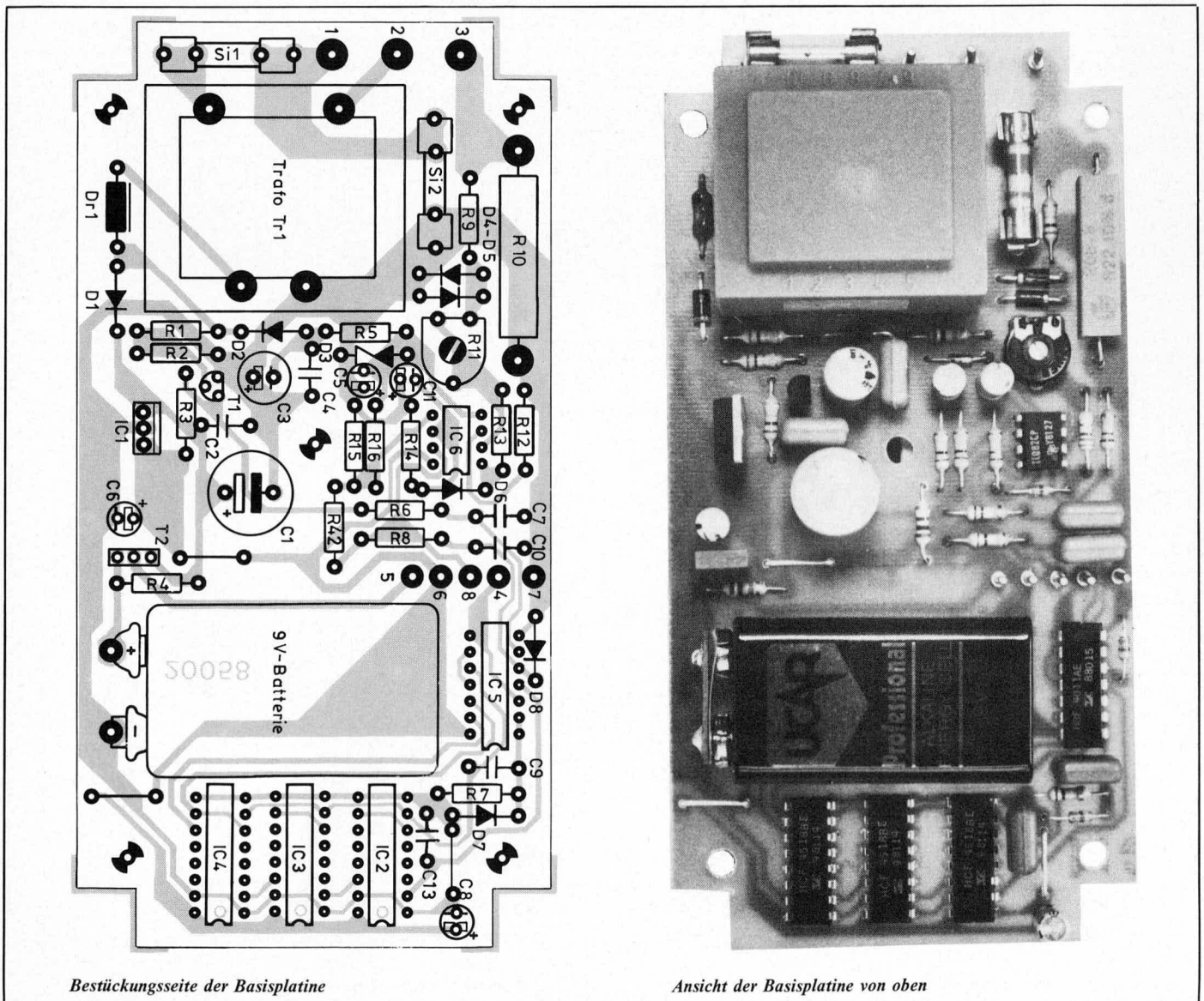
Als erstes überprüfen Sie bitte die Spannung über den Kondensatoren C1 (ca. 12 V) und C3 (ca. -12 V).

Als nächstes sollte die Versorgungsspannung von +5 V und -5 V überprüft werden, wobei die +5 V um ca. 0,5 V und die -5 V um ca. 1 V abweichen darf.

Alle durchgeführten Messungen beziehen sich auf die Masse der Schaltung, das ist z. B. der Mittelpunkt des Spannungsreglers 7805 (IC 1).

Steht ein Oszilloskop bzw. ein Frequenzzähler zur Verfügung, messen wir jetzt am Kollektor von T1, ob dort die aus der Netzwechsellspannung gewonnenen 50 Hz-Impulse anstehen. Diese Impulse sollten ebenfalls in leicht abgeschrägter Form an Pin 6 des Gatters N1 anstehen.

Um das korrekte Teilen der Teilerkette (IC 2 bis IC 4 sowie Gatter N 2 bis N 4) zu überprüfen, legen wir Pin 5 des Gatters N1 auf +5 V. Jetzt ist das Tor unabhängig von der Strommeßschaltung permanent geöffnet und die 50 Hz-Impulse gelangen auf den „Teiler durch 180 000“. Jeweils nach exakt einer Stunde muß an Pin 3 des Gatters N 4 ein kurzer Impuls auftreten, der auf den Eingang des Zählers IC 7 (Pin 12) ge-



Bestückungsseite der Basisplatine

Ansicht der Basisplatine von oben

langt und so die Anzeige um 1 erhöht. Der Impuls selbst läßt sich nur schwer mit einem Oszilloskop darstellen, weil es sich um einen sehr kurzen Impuls handelt. In Stellung Ereigniszählung eines Frequenzzählers müßte sich jedoch auch hier die Anzeige um 1 erhöhen.

Ist ein korrektes Zählen festgestellt worden, kann die Verbindung von Pin 5 nach +5 V aufgehoben werden, und mit der Überprüfung der Strommeßschaltung begonnen werden.

An der Verbindungsstelle zwischen R 9 und R 11 schließen wir einen 1 k $\Omega$  Widerstand an, dessen anderes Ende wir einmal auf +5 V und einmal auf -5 V legen. Bei Anlegen des Widerstandes an -5 V muß der Ausgang des OP 1 (Pin 1) auf ca. +4 V gehen und der Ausgang von OP 2 (Pin 7) auf ca. -4 V. Wird der 1 k $\Omega$  Widerstand jetzt auf +5 V gelegt, so schaltet der Ausgang des OP 1 (Pin 1) nach ca. -4 V und der Ausgang des OP 2 (Pin 7) nach +4 V, wo-

durch das Tor geöffnet wird. Ist das Verhalten als einwandfrei erkannt, so wird der hinzugefügte 1 k $\Omega$  Widerstand wieder entfernt.

Bei einwandfreiem Anliegen der Versorgungsspannung muß der Transistor T 2 gesperrt sein, das heißt, an seinem Kollektor steht eine Spannung von 0 V an (immer gemessen gegen Masse), so daß auch an den Basis-Emitter-Strecken der Transistoren T 4, T 6, T 8 und T 10 0 V anstehen. Damit sind diese Transistoren ebenfalls gesperrt und die Digit-Treiber (T 3, T 5, T 7 und T 9) der Anzeige können ungehindert arbeiten. Würde T 2 die Transistoren T 4, T 6, T 8 und T 10 ansteuern, so bliebe die Anzeige auch im normalen Betrieb dunkel. T 2 darf erst dann durchsteuern, wenn die Versorgungsspannung vom Netz ausfällt und der 9 V Akku die Versorgung übernimmt.

Anhand der vorstehenden Hinweise sollte eine schnelle Fehlereinkreisung möglich sein.

**Abschließend möchten wir ausdrücklich darauf hinweisen, daß die Schaltung nicht galvanisch vom Netz getrennt ist, obwohl ein Transformator eingebaut ist.** Da es erforderlich ist, den Strom, der in den Verbraucher hinfließt zu messen, wurde die Masse der Schaltung direkt mit dem Netz verbunden. Für den späteren Betrieb ist dieses zwar unerheblich, bei den Messungen jedoch ergibt sich ein ganz wesentlicher Aspekt: da viele Meßgeräte (z. B. Oszilloskope) nicht immer erdfrei sind, ist bei Messungen an der Schaltung unbedingt darauf zu achten, daß das Netzkabel so angeschlossen wird, daß die Phase an Platinenklemme 2 und der Mittelpunktleiter (MP) an Platinenpunkt 1 (rechte Seite von R 10 Punkt B) angeklemt wird. Bei verdrehtem Anschließen der Netzzuleitung würde es unweigerlich zu einem heftigen Kurzschluß kommen.

**Da die gesamte Schaltung vom Netz nicht getrennt ist, steht diese außerdem permanent unter voller Spannung, so daß entsprechende Vorsichtsmaßnahmen zu treffen sind.**

## Stückliste ELV Betriebsstundenzähler

### Halbleiter

IC1 .....	7805
IC2—IC4 .....	CD 4518
IC5 .....	CD 4011
IC6 .....	TL 082
IC 7 .....	74 C 926
T1, T4, T6, T8, T10 .....	BC 548 C
T2 .....	BD 136
T3, T5, T7, T9 .....	BC 517
Di1—Di4 4xTIL702 od. 2xTIL815	
D1, D2, D4, D5 .....	1N 4001
D3 .....	ZPD 5,6
D6—D8 .....	1N 4148
D9 .....	LED, 5 mm, grün
D10 .....	LED, 5 mm, rot

\* siehe Text

### Kondensatoren

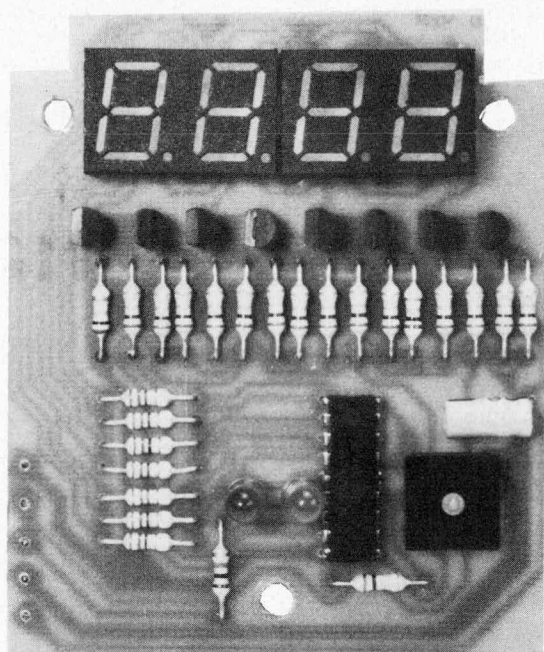
C1 .....	1000 $\mu$ F/16 V
C2, C4, C7, C10 .....	100 nF
C3 .....	100 $\mu$ F/16 V
C5, C6, C8, C12 .....	10 $\mu$ F/16 V
C9, C13 .....	1 nF
C11 .....	1 $\mu$ F/16 V

### Widerstände

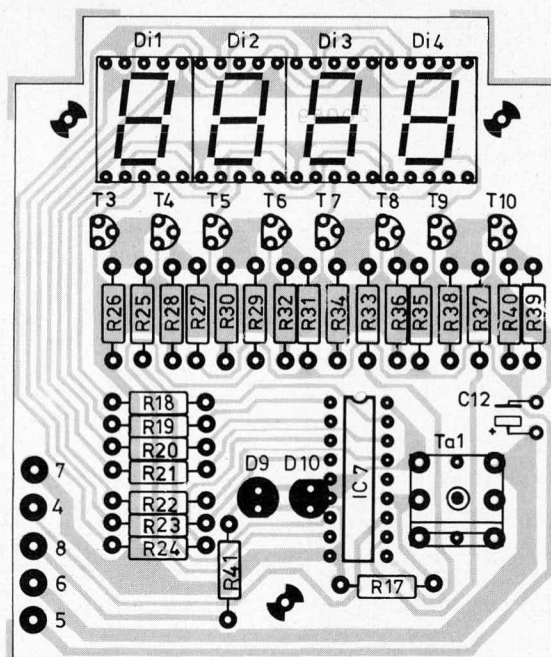
R1—R3, R9, R17, R25—R40	10 k $\Omega$
R4 .....	2,2 k $\Omega$
R5, R41 .....	1 k $\Omega$
R6—R8, R12, R15, R16 ...	100 k $\Omega$
R10* .....	0,22 $\Omega$ , 5 Watt
R11 .....	220 k $\Omega$ , Trimmer
R13 .....	2,2 M $\Omega$
R14, R42 .....	1 M $\Omega$
R18—R24 .....	56 $\Omega$

### Sonstiges

Dr1 .....	HF-Drossel, 68 $\mu$ H
Tr1 .....	Netztrafo: prim: 220 V/3 VA sek: 9 V/0,34 A
Ta1 ...	Taste, Digitast-mini (Kappe muß ggfls. entfernt werden)
Si1 .....	Sicherung 0,05 A
Si2 .....	Sicherung 4 A
2 Platinensicherungshalter	
1 Batterieclip	
10 Lötstifte, 8 Lötstecker	
5 cm Flachbandleitung 5adrig	
3 Abstandsrollchen 30 mm	
3 Schrauben M3 x 35 mm	
1 Mutter M3	
2 Schrauben M3 x 6 mm (auf ca. 4 mm kürzen)	



Ansicht der Anzeigenplatine von oben



Bestückungsseite der Anzeigenplatine