

# ELV *journal*

Nr. 38

Mit  
Platinenfolien

Fachmagazin der Amateure und Profis für angewandte Elektronik

DM 4,50



## Profi-Echogerät EG 1000

Verzögerungszeiten von 60 ms bis zu 1 Sekunde (!)

Mit  
Platinenfolien

In dieser Ausgabe:

**ELV-Serie 7000:**  
Präzisions-Digital-  
LCD-Multimeter  
wahlweise  
3,5- oder 4,5stellig

**Energiesparschaltung**  
(Cos  $\phi$ -Regelung)

Bio-Feedback:  
Hautwiderstands-  
Frequenzumsetzer

ELV-Ideen- und  
Schaltungs-Wettbewerb

ELV-Profii-Echo EG 1000

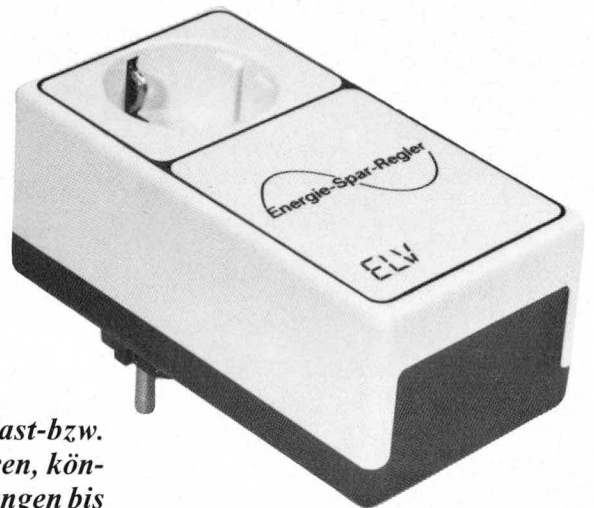
Wechselrichter  
12 V = /220 ~ /80 VA

Digitales Gitarren- und  
Klavierstimmgerät

ELV-Serie Kfz-Elektronik:  
Digital-Kfz-Höhenmesser

# ELV-Energie-Spar-Regler

( $\cos \varphi$ -Regelung)



**Durch eine Optimierung des Phasenwinkels, besonders im Teillast- bzw. Leerlaufbetrieb von Kondensator- und Kurzschlußläufermotoren, können mit Hilfe der hier vorgestellten Schaltung Energieeinsparungen bis zu 40 % erreicht werden. Die Entwicklung basiert auf einer Applikation der Fa. TELEFUNKEN electronic und ist für Motore bis 800 W Leistungsaufnahme geeignet.**

## Allgemeines

Angefangen bei Kühlschränken und Gefriertruhen bis hin zu Ständerbohrmaschinen und Lüftern, werden in weiten Bereichen der elektrischen Antriebstechnik Kondensator- bzw. Kurzschlußläufermotoren eingesetzt, d. h. überall dort, wo es auf ruhigen Lauf sowie lange Lebensdauer ankommt.

Hier bietet sich der Einsatz des ELV-Energie-Spar-Reglers geradezu an. Ein einfaches Zahlenbeispiel mag die mögliche Effektivität kurz verdeutlichen:

Ein Kondensatormotor mit einer Leistungsaufnahme von max. 500 W nimmt im Leerlauf- bzw. Teillastbetrieb z. B. 200 W auf. Bei einer Phasenwinkeloptimierung durch den ELV-Energie-Spar-Regler kann eine Energieeinsparung bis zu 40 % (!) entsprechend 80 W (auf unser Beispiel bezogen) erreicht werden. Bei 50 % Einschalt-dauer ergibt dies pro Jahr eine mögliche Ersparnis von DM 63,- bei einem Strompreis von DM 0,18/kWh. Hinzu kommt die Schonung des Motors durch geringere Erwärmung.

Nicht geeignet ist der ELV-Energie-Spar-Regler für Universalmotoren, die im allgemeinen an hohen Drehzahlen und Laufgeräuschen zu erkennen sind (z. B. Handbohrmaschinen, Staubsauger).

Als Besonderheit besitzt das Gerät eine Sanftanlaufsteuerung, die gerade bei Motoren, die häufiger ein- und wieder ausgeschaltet werden, für ein Lebensdauer verlängerndes, schonendes Anlaufen sorgt.

## Zur Schaltung

Im Leerlauf- bzw. im Teillastbetrieb kann die Stromaufnahme durch eine automatische Optimierung des Phasenwinkels reduziert werden, da der Leistungsbedarf zur Aufrechterhaltung des Betriebes vielfach deutlich geringer ist, als die tatsächlich aufgenommene Leistung.

Von der Firma TELEFUNKEN electronic wird ein IC des Typs U 212 B angeboten, mit dessen Hilfe eine elektronische Schaltung aufgebaut werden kann, die den tatsächlichen Leistungsbedarf von Kondensator- und Kurzschlußläufer-Motoren überwacht. Über eine automatische Regelung wird der Phasenwinkel des zur Leistungsbegrenzung eingesetzten Triacs so gesteuert, daß der angeschlossene Elektromotor gerade soviel Leistung zugeführt bekommt, wie er unbedingt zur Aufrechterhaltung seines einwandfreien Betriebes benötigt.

Durch die Verwendung des U 212 B ist der Aufwand an externen Bauelementen gering.

Die für die Verarbeitung im IC erforderlichen Informationen erhält das IC 1 über seine Steuereingänge Pin 2 (Stromdetektor) und Pin 21 (Spannungsdetektor).

Auf die sehr komplexe Verarbeitung innerhalb des IC 1 wollen wir an dieser Stelle

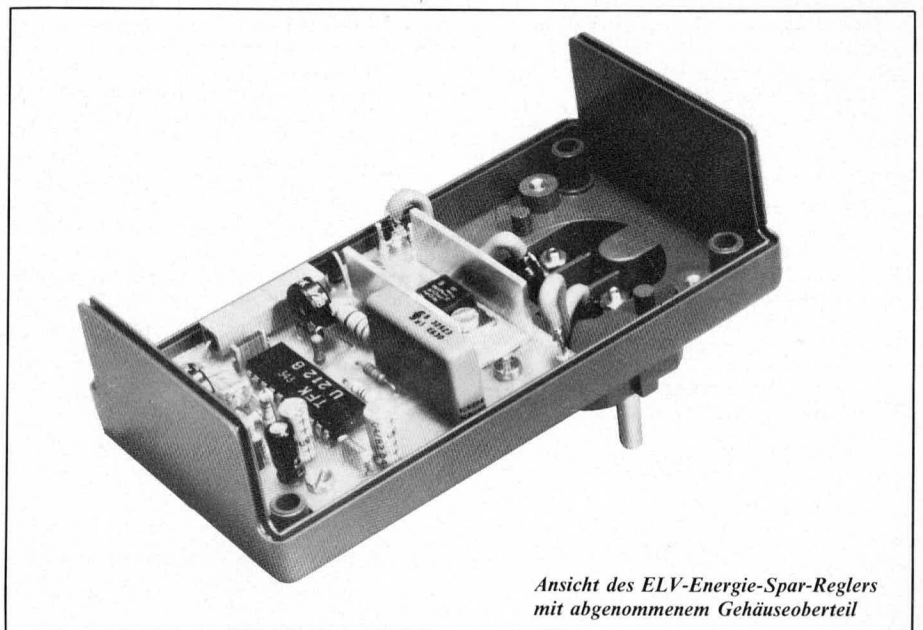
nicht näher eingehen. Für die Profis unter unseren Lesern verweisen wir auf das entsprechende Fachbuch „Phasenanschnittsteuerschaltungen und Nullspannungsschalter“, das von der Firma TELEFUNKEN electronic, Postfach 11 09 in 7100 Heilbronn, herausgegeben wird.

Zusätzlich verfügt die Schaltung über eine Sanftanlauf-Elektronik zur schonenden Einschaltung der angeschlossenen Elektromotoren. Der hierfür zeitbestimmende Kondensator ist C2.

An Pin 6 des IC 1 stehen Zündimpulse für den Triac Tc 1 zur Verfügung, die so gesteuert werden, daß der Phasenwinkel dem Leistungsbedarf des angeschlossenen Elektromotors entspricht.

## Inbetriebnahme

Zunächst ist der Kondensator C2 kurzzuschließen. Mit dem Trimmer R7 wird eine Grundeinstellung vorgenommen, die den



*Ansicht des ELV-Energie-Spar-Reglers mit abgenommenem Gehäuseoberteil*

leerlaufenden Motor im induktiven Bereich mit einem  $\cos \varphi$  von nahezu 1 betreibt. Dies kann an Pin 9 dadurch kontrolliert werden, indem man die Impulsbreite auf ein Minimum reduziert, jedoch nicht zu Null macht. Gemessen wird hierbei zwischen Anschlußpunkt „a“ (Pin 3, 12 des IC1) und Pin 9.

Nach Entfernen der Brücke über C2 stellt man den Sollwert (ebenfalls im Leerlaufbetrieb) an R1 so ein, daß das Potential an Pin 14 ca. 100 mV positiver ist als das Potential an Pin 15.

Der Abgleich dieser interessanten und effektiv arbeitenden elektronischen Schaltung ist damit bereits beendet.

### Nur für Profis

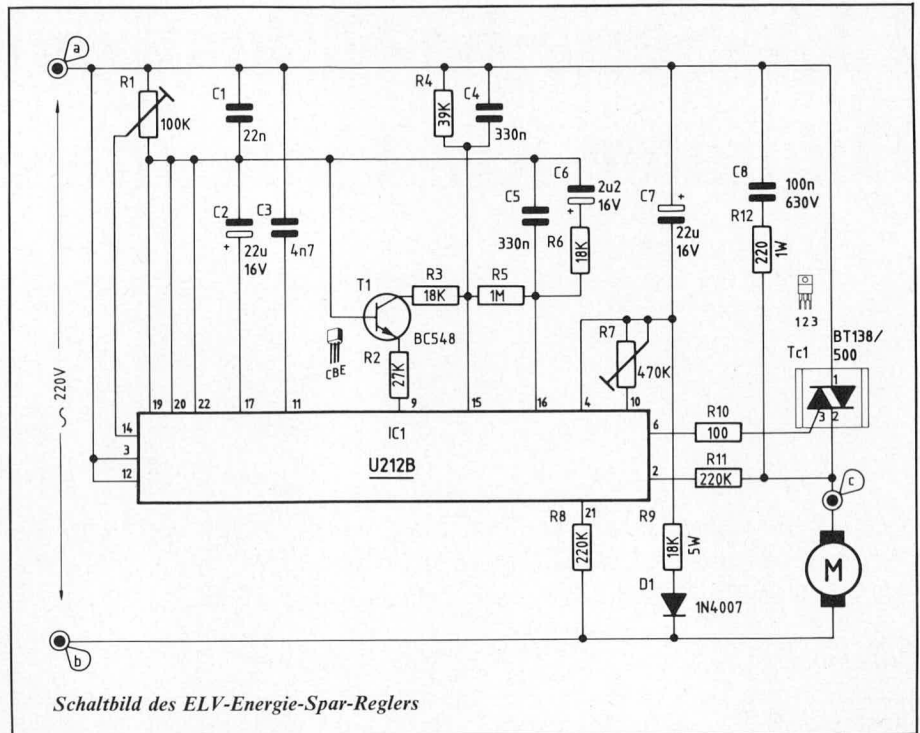
Da es erforderlich ist, während des Betriebes an der Schaltung Messungen vorzunehmen, wollen wir hier ausdrücklich darauf hinweisen, daß diese Schaltung lebensgefährliche Spannungen führt.

Der Nachbau sollte daher ausschließlich von Profis vorgenommen werden, die hinreichend Erfahrungen mit entsprechenden Schaltungen besitzen und mit den einschlägigen Sicherheitsvorschriften vertraut sind. Darüber hinaus dürfen Messungen an der Schaltung nur dann vorgenommen werden, wenn diese über einen Sicherheitstrennrafo mit ausreichender Leistung versorgt wird. Beim Anschluß nicht erdfreier Meßgeräte können bei Nichtbeachten dieser Maßnahme Kurzschlüsse erheblichen Schaden anrichten (Oszilloskope z. B. sind im allgemeinen nicht erdfrei).

### Zum Nachbau

Das Leiterplattenlayout der Schaltung ist so ausgelegt, daß sämtliche Bauelemente auf einer einzigen kleinen Platine untergebracht werden können, die in einem Steckergehäuse mit integrierter Schuko-steckdose Platz findet.

Die Platine wird anhand des Bestückungsplanes in gewohnter Weise bestückt, wobei zunächst die niedrigen und anschließend die hohen Bauelemente auf die Platine gesetzt und verlötet werden. Von den beiden Anschlüssen des im Gehäuseunterteil an-



gespritzten Schuko-Steckers, werden zwei flexible isolierte Leitungen zu den Platinenanschlußpunkten „a“ und „b“ geführt.

Vom Platinenanschlußpunkt „b“ geht eine Leitung weiter zu einem Anschluß der im Gehäuseoberteil integrierten Schuko-Steckdose, während der zweite Anschluß dieser Steckdose mit dem Platinenanschlußpunkt „c“ verbunden wird. Eine weitere direkte Verbindung wird zwischen dem Schutzleiteranschluß der Schuko-Steckdose und dem entsprechenden Schutzleiteranschluß des Schuko-Steckers vorgenommen.

Für alle vorstehend erwähnten flexiblen isolierten Verbindungsleitungen ist ein Mindestquerschnitt von 1,5 mm<sup>2</sup> erforderlich.

Nachdem die Schaltung abgeglichen und in das berührungssichere Gehäuse gesetzt wurde, steht dem Einsatz nichts mehr im Wege.

Auf die Einhaltung der VDE-Bestimmungen ist zu achten.

### Stückliste Energie-Spar-Regler (Cos $\varphi$ -Regelung)

#### Halbleiter

IC1	U 212 B
TC1	BT 138/500
T1	BC 548
D1	1N4007

#### Kondensatoren

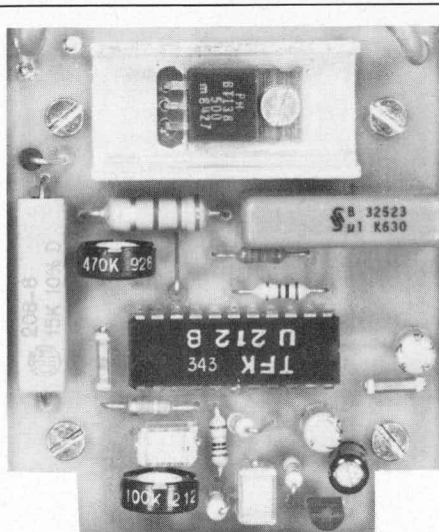
C1	22 nF
C2, C7	22 $\mu$ F/16 V
C3	4,7 nF
C4, C5	330 nF
C6	2,2 $\mu$ F/16 V
C8	100 nF/630 V

#### Widerstände

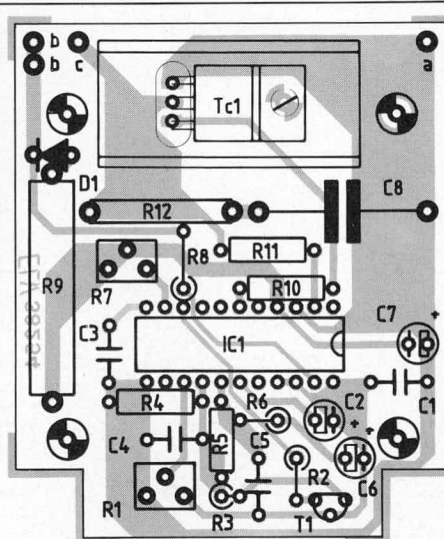
R1	100 k $\Omega$ , Trimmer stehend
R2	27 k $\Omega$
R3, R6	18 k $\Omega$
R4	39 k $\Omega$
R5	1 M $\Omega$
R7	470 k $\Omega$ , Trimmer stehend
R8, R11	220 k $\Omega$
R9	18 k $\Omega$ /5 W, Hochlastwiderstand
R10	100 $\Omega$
R12	220 $\Omega$ /1 W

#### Sonstiges

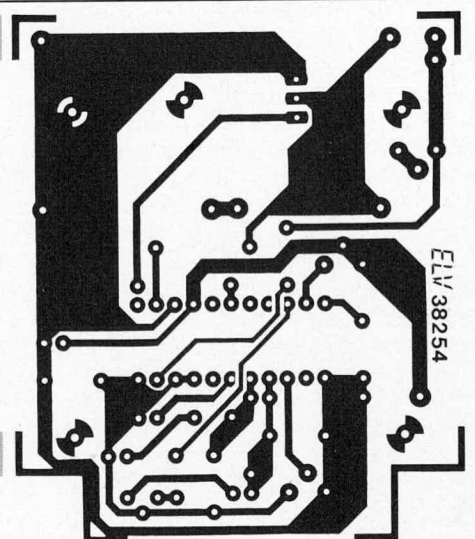
- 1 Kühlkörper SK 13
- 4 Lötstifte
- 4 Schrauben M 3 x 6 mm
- 1 Schraube M 3 x 10 mm
- 1 Mutter M 3
- 30 cm flexible Leitung 1,5 mm<sup>2</sup>



Ansicht der fertig bestückten Platine

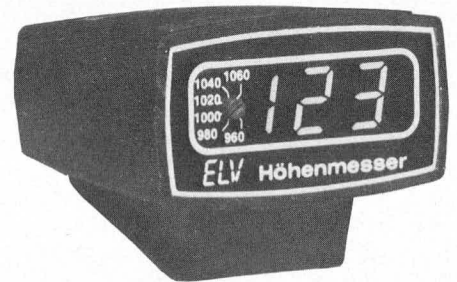
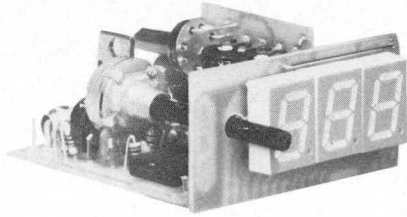


Bestückungsseite der Platine



Leiterbahnseite der Platine

# ELV-Serie Kfz-Elektronik: Digitaler Kfz-Höhenmesser



*Speziell für den Einsatz im Fahrzeug wurde dieser elektronische Höhenmesser mit digitaler LED-Anzeige konzipiert. Der Meßbereich reicht von 0 bis 2000 m, bei einer Auflösung von 10 m.*

## Allgemeines

Als weiteres interessantes und nicht ganz alltägliches Gerät in der ELV-Serie Kfz-Elektronik, stellen wir Ihnen in dem hier vorliegenden Artikel einen digitalen elektronischen Höhenmesser vor.

Das Gerät arbeitet nach dem Prinzip der barometrischen Höhenmeßmethode. Hierbei macht man sich die Tatsache zunutze, daß mit zunehmender Höhe der Luftdruck in erster Näherung linear abnimmt. Für den hier interessierenden Meßbereich kann mit guter Genauigkeit ein linearer Zusammenhang zwischen Luftdruckverlauf und zugehöriger Höhe angenommen werden.

Als Meßwertaufnehmer dient der von der Firma Siemens entwickelte Drucksensor des Typs KPY 10, dessen Ausgangssignal entsprechend aufbereitet (Verstärkung, Temperaturkompensation, Anpassung) und einem digitalen Spannungsmesser zugeführt wird.

Um jederzeit eine genaue Bestimmung der absoluten Höhe, in der sich das Gerät befindet, vornehmen zu können, besitzt die Schaltung als Besonderheit eine Einstellung zur Berücksichtigung des absoluten Luftdruckes (bezogen auf Meereshöhe).

Wird auf der entsprechenden Skala auf der Frontseite des Gerätes mit dem Poti der aktuelle Luftdruck, bezogen auf NN (Meereshöhe) eingestellt, kann man auf der Anzeige direkt die Höhe, in der sich das Gerät befindet ablesen.

Befindet man sich in einer genau bekannten Höhe, kann man andererseits mit diesem Poti die Anzeige auf den entsprechenden Wert einstellen, wenn der aktuelle Luftdruck nicht bekannt ist. Aus der Stellung des Potis kann man auf der entsprechenden Potiskala den aktuellen Luftdruckwert ablesen. Dies allerdings nur mit eingeschränkter Genauigkeit, da die Auflösung der Skala gering ist und wir einen Höhenmesser bauen wollen und kein Barometer.

Die Schaltung besitzt lediglich eine einzige 2adrige Zuleitung für die 12 V-Versorgungsspannung, die im Bereich zwischen 9 V und 15 V schwanken darf.

## Zur Schaltung

Wie bereits weiter vorstehend aufgeführt, besteht die im ELV-Labor entwickelte Schaltung des digitalen elektronischen barometrischen Höhenmessers im wesentlichen aus einem Drucksensor als Meßwertaufnehmer mit nachgeschalteter Aufbereitungselektronik, sowie einem digitalen Spannungsmesser, der in bereits vielfach eingesetzter Form aus dem Wandler-IC des Typs ICL 7107 mit Zusatzbeschaltung und einer dreistelligen LED-Anzeige besteht. Auf letztgenannten Schaltungsteil wollen wir an dieser Stelle nicht näher eingehen, da hierüber ausführliche Beschreibungen in früheren Ausgaben des „ELV journal“ existieren.

Nachfolgend wollen wir uns auf das Herz der Schaltung — den Drucksensor mit nachgeschalteter Elektronik — konzentrieren.

Der Drucksensor des Typs KPY 10 (DS 1) beinhaltet eine Brückenschaltung aus Subminiatur-Dehnungsmeßstreifen. Die an der Brückendiagonale abfallende Meßspannung steht zur Weiterverarbeitung an den Anschlußbeinchen 3 und 7 zur Verfügung, während das Anschlußbeinchen 6 mit der negativen und die Anschlußbeinchen 2 und 8 mit der positiven Versorgungsspannung (hier  $-5\text{ V}$  gegenüber  $+U_B = 12\text{ V}$ ) beaufschlagt werden.

Die an den Anschlußbeinchen 3 und 7 zur Verfügung stehende Meßspannung ist dem Luftdruck direkt proportional, der wiederum der jeweiligen Höhe entspricht.

Da es sich hierbei um eine außerordentlich geringe Spannung von wenigen  $\mu\text{V}/\text{m}$  handelt, müssen an die nachgeschaltete Elektronik zur Weiterverarbeitung hohe Anforderungen gestellt werden.

Mit Hilfe des Kondensators C 4 wird die an Pin 3 und 7 des DS 1 zur Verfügung stehende Meßspannung von Rauschen und Störpulsen befreit und gelangt auf einen Differenzverstärker, der mit den OP's 1 bis 3 aufgebaut ist.

Im Rückkopplungsweig des OP 1 liegt der Temperatursensor TS 1 des Typs SAS 1000,

der in engem thermischen Kontakt mit dem Drucksensor DS 1 steht. Hierdurch wird in Verbindung mit dem im Rückkopplungsweig des OP 2 liegenden Trimmers R 3 der Temperaturgang des Drucksensors ausgeglichen (kompensiert).

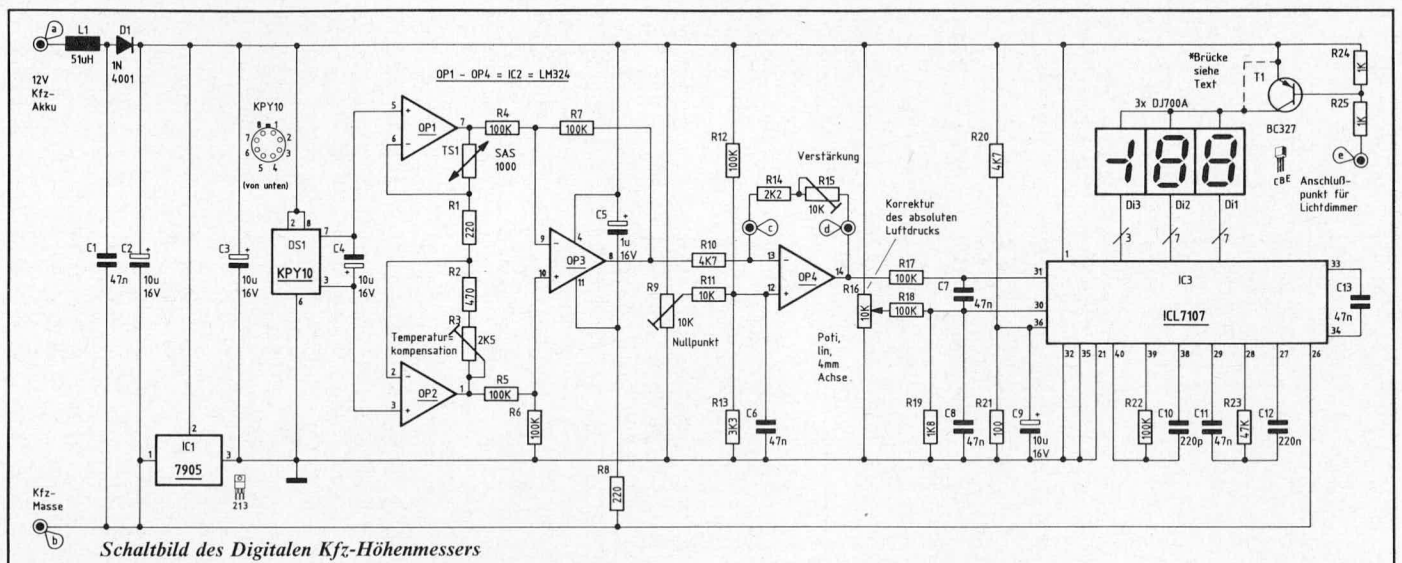
Die Kompensation des Temperaturganges des Drucksensors mit Hilfe des Temperatursensors ist sehr wesentlich, da selbst geringe Temperaturschwankungen eine ungewollte Änderung der Meßspannung zur Folge haben können, wodurch Druckänderungen vorgetäuscht werden, die in Wirklichkeit nicht vorhanden sind. Eine exakte Einstellung von R 3 ist daher unerläßlich. Hierauf wird in dem Kapitel „Abgleich“ noch ausführlich eingegangen.

OP 3 mit Zusatzbeschaltung setzt das an den Ausgängen von OP 1 und OP 2 anstehende Differenzsignal auf das Massepotential der Schaltung um ( $-5\text{ V}$  gegenüber positiver Versorgungsspannung). Diese schaltungstechnische Maßnahme ist ebenfalls wichtig, da das an Pin 3 und Pin 7 des DS 1 anstehende Meßsignal ohne exakten Bezugspunkt ist und lediglich als Differenzsignal der Weiterverarbeitung zugeführt werden kann.

Der Ausgang des OP 3 (Pin 8) steuert über R 10 OP 4 an. Dieser ist mit seiner Zusatzbeschaltung R 10, R 14, R 15, als invertierender Verstärker geschaltet. Der im Rückkopplungsweig liegende Trimmer R 15 dient zur Einstellung der Verstärkung dieser Stufe und damit zur Anpassung an den Skalenfaktor des nachfolgenden A/D-Wandlers-IC 3.

Zunächst wird jedoch über den nicht invertierenden (+) Eingang (Pin 12) des OP 4 eine NullpunktKompensation vorgenommen. Hierzu dienen der Trimmer R 9 sowie die Widerstände R 11 bis R 13.

Am Ausgang des OP 4 (Pin 14) steht eine Spannung zur Verfügung, die der jeweiligen Höhe entspricht. Über R 17 wird diese Spannung auf den positiven Meßspannungseingang des A/D-Wandlers-IC 3 gegeben.



Schaltbild des Digitalen Kfz-Höhenmessers

Vorstehend beschriebene Meßspannung ist allerdings noch von atmosphärischen Druckschwankungen abhängig. Für genaue Messungen empfiehlt es sich daher, den absoluten barometrischen Druck zu berücksichtigen. Dies erfolgt über die Einstellung des von der Frontseite her zugänglichen Potis R 16 in Verbindung mit R 18 und R 19.

Eine entsprechende, mit R 16 eingestellte Kompensationsspannung wird auf diese Weise auf den negativen Meßspannungseingang des IC 3 gegeben.

Hierdurch kann der absolute atmosphärische Druck erfaßt und kompensiert werden.

Da die Verstärkung des Systems mit R 15 dem Skalenfaktor des IC 3 angepaßt werden kann, ist hier eine zusätzliche Einstellung nicht erforderlich, so daß der Referenzspannungseingang (Pin 36 des IC 3) über R 20, R 21 auf ein festes Potential von ca. 104 mV gelegt werden konnte.

Sollen die drei 7-Segment-LED-Anzeigen des Höhenmessers unregelt mit voller Helligkeit aufleuchten, so kann der Transistor T 1 mit den beiden Widerständen R 24 und R 25 ersatzlos entfallen, wobei über eine Brücke die Kollektor-Emitter-Strecke von T 1 verbunden wird.

Wird eine automatische Helligkeitsregelung gewünscht, kann hierzu die im „ELV journal“ Nr. 37 beschriebene Schaltung „Automatische Helligkeitsregelung für LED-Anzeigen“ herangezogen werden.

### Zum Nachbau

Da es sich um eine verhältnismäßig aufwendige Schaltung handelt, ist der Aufbau aufgrund des geringen zur Verfügung stehenden Raumbedarfes etwas gedrängt auf drei Leiterplatten vorgenommen. Zunächst sind die passiven und dann die aktiven Bauelemente anhand der Bestückungspläne in gewohnter Weise einzulöten.

Der Drucksensor DS 1 wird im rechten Winkel an die Sensorplatte gelötet, und zwar so, daß beim späteren Einbau ins Gehäuse die Öffnung des Sensorkopfes zur Gehäuserückwand weist, in die eine entsprechende Aussparung vorgenommen wird.

DS 1 und TS 1 sollten in direktem thermischen Kontakt miteinander stehen, wobei etwas Wärmeleitpaste den Übergang noch verbessert.

In manchen Fahrzeugen steigt der Luftdruck im Innenraum mit zunehmender Geschwindigkeit durch die Belüftung etwas an. Um Meßwertverfälschungen in diesen Fällen zu vermeiden, empfiehlt es sich, den Drucksensoranschlußstutzen über einen flexiblen PVC-Schlauch an geeigneter Stelle nach außen zu führen. Die Schlauchlänge ist hierbei unbedeutend.

Nach erfolgter Bestückung der drei Leiterplatten werden zunächst in die Sensorplatte 8 Silberdrahtabschnitte mit einer Länge von ca. 10 mm zur späteren Verbindung mit der Basisplatte gesteckt und verlötet. Diese Drahtabschnitte werden anschließend auf der Bestückungsseite senkrecht nach unten abgewinkelt und durch die entsprechenden Bohrungen auf der Basisplatte geführt und auf der Leiterbahnseite verlötet. Die Sensorplatte steht somit senkrecht fest auf der Basisplatte.

Die mit „c“ und „d“ bezeichneten Punkte stellen jeweils eine isolierte flexible Verbindung zwischen Basis- und Sensorplatte dar (Verbindung „c“ mit „c“ und „d“ mit „d“).

Anschließend wird die Anzeigenplatte im rechten Winkel mit der Basisplatte verlötet, und zwar so, daß die Anzeigenplatte ca. 1 bis 2 mm unterhalb der Leiterbahnseite der Basisplatte hervorsteht. Wichtig ist hierbei, daß keine Lötzinnbrücken zwischen den einzelnen Verbindungsleitungen auftreten.

Die positive Versorgungsspannung (Schaltungspunkt „a“), die im Bereich zwischen +9 V und +15 V schwanken darf, ist hinter einer Fahrzeugsicherung abzunehmen, die über das Zündschloß ein- und wieder ausgeschaltet wird.

Die Schaltungsmasse („b“) wird an geeigneter Stelle mit der Fahrzeugmasse verbunden.

### Abgleich der Temperaturkompensation

Wie bereits vorstehend angesprochen, ist der Drucksensor des Typs KPY 10 verhält-

nismäßig temperaturempfindlich, d. h., daß nicht nur Druckänderungen eine Spannungsänderung an den Anschlußbeinchen 3 und 7 hervorrufen, sondern auch Temperaturänderungen die Ausgangsspannung beeinflussen. In der hier vorliegenden Schaltung ist eine Temperaturkompensation des Drucksensors durch einen im Rückkopplungszweig des OP 1 liegenden Temperatursensors, der in engem thermischen Kontakt mit dem Drucksensor steht, vorgenommen.

Mit Hilfe des Trimmers R 3 wird der Einfluß des Temperatursensors TS 1 auf den Drucksensor eingestellt. Je sorgfältiger diese Einstellung ausgeführt wird, desto unempfindlicher ist das Gerät gegenüber Temperaturschwankungen.

Sollte der Einstellbereich von R 3 nicht ganz ausreichen, so ist R 2 entsprechend zu vergrößern bzw. zu verkleinern.

Da der Drucksensor einen negativen Temperaturkoeffizienten besitzt, d. h., daß er bei steigender Temperatur bei konstanten Druckverhältnissen eine kleiner werdende Ausgangsspannung an den Anschlußbeinchen 3 und 7 abgibt, muß der zur Kompensation dienende Temperatursensor einen positiven Temperaturkoeffizienten aufweisen, da hierdurch bei steigender Temperatur in Verbindung mit der gewählten Schaltungstechnik die Verstärkung des OP 1 erhöht und damit ein Ausgleich geschaffen wird.

Eine sorgfältige Übereinstimmung des Einflusses des Temperatursensors und des Temperaturganges des Drucksensors ist daher, wie bereits erwähnt, sehr wesentlich. Diese Einstellung mit R 3, die noch vor der eigentlichen Kalibrierung der übrigen Schaltung vorgenommen wird, geschieht wie folgt:

Zunächst ist der Trimmer R 3 ungefähr in Mittelstellung zu bringen, da dies in den meisten Fällen bereits der richtigen Einstellung nahe kommt.

Mit R 9 ist die Anzeige des digitalen Höhenmessers auf „00“ einzustellen, bei ungefährer Mittelstellung von R 15. Diese Einstellung ist bei Raumtemperatur durchzuführen. Anschließend wird das Gerät zwecks Erzeugung einer niedrigeren Tem-

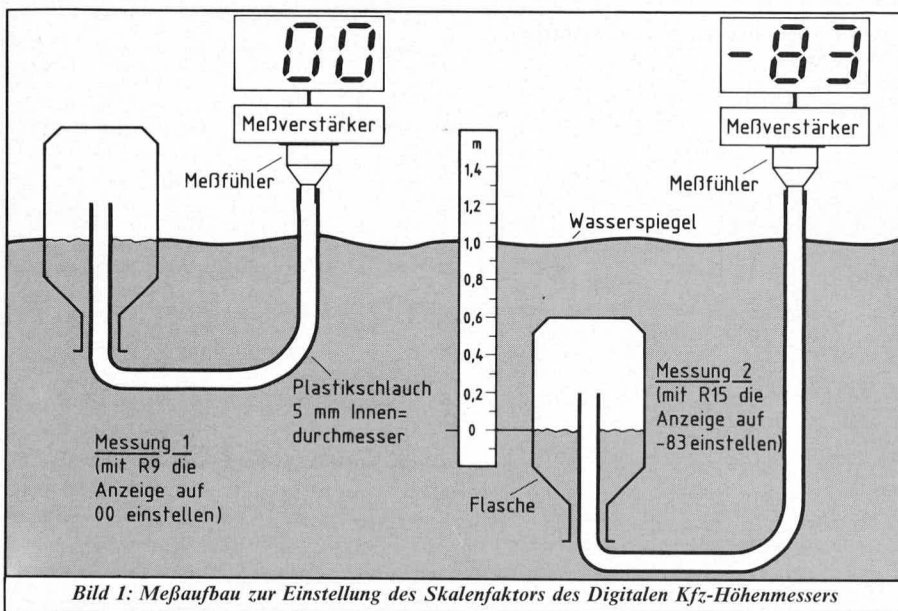


Bild 1: Meßaufbau zur Einstellung des Skalenfaktors des Digitalen Kfz-Höhenmessers

peratur in den Kühlschrank gelegt, ohne es jedoch auszuschalten, wobei zweckmäßigerweise das Gerät ohne Gehäuse in eine möglichst luftdicht schließende, durchsichtige Plastikhülle eingebettet wird. Dies ist sinnvoll, um Kondensierungs- bzw. Tauvorgänge, die sich störend auf die Funktion des Gerätes auswirken können, zu vermeiden.

Nach ca. 2 bis 3 Stunden wird der Kühlschrank vorsichtig geöffnet und die Anzeige auf dem Display abgelesen. Nachdem dieser Wert notiert wurde, kann das Gerät aus dem Kühlschrank genommen und wieder der normalen Raumtemperatur ausgesetzt werden. Nach weiteren 2 bis 3 Stunden müßte sich die Anzeige wieder auf „00“ eingestellt haben, wobei diese Zeitspanne u. U. auch kürzer sein kann.

Abweichungen von einigen wenigen Digit sollten zulässig sein.

Wurde auf der Anzeige, als sich das Gerät im Kühlschrank befand, ein negativer Wert abgelesen, bedeutet dies, daß der Einfluß des Temperatursensors noch zu gering ist und der Trimmer R 3 auf einen kleineren Wert eingestellt werden muß. Hierzu ist R 3 im Uhrzeigersinn zu drehen, und zwar so, daß sich die Anzeige um etwa den halben Betrag des vorher im Kühlschrank abgelesenen Wertes in positiver Richtung ändert. Wurde im Kühlschrank z. B. ein Wert von -22 abgelesen, ist jetzt, nachdem das Gerät wieder auf Raumtemperatur gebracht und die Anzeige auf „00“ gedreht wurde, ein Wert von +11 mit R 3 einzustellen.

Jetzt wird ein neuer Temperaturzyklus durchfahren. Dazu ist mit 9 die Anzeige zunächst wieder auf „00“ einzustellen. Nachdem das Gerät wieder in die durchsichtige Kunststoff-Folie gelegt wurde, kann es wieder im Kühlschrank placiert werden. Nach ca. 2 bis 3 Stunden liest man jetzt den neuen Wert auf der LCD-Anzeige ab, der dann zu notieren ist.

Dieser Wert müßte jetzt geringer sein als der Wert, der beim ersten Temperaturzyklus, als sich das Gerät im Kühlschrank befand, abgelesen wurde. Nachdem das Gerät wiederum 2 bis 3 Stunden der normalen Raumtemperatur ausgesetzt wurde,

müßte sich die LCD-Anzeige, wieder von geringen Schwankungen einmal abgesehen, auf „00“ einstellen. R 3 ist jetzt wiederum so zu verdrehen, daß die Anzeige bei Raumtemperatur um ca. den halben Betrag des vorher im Kühlschrank abgelesenen Wertes verschoben wird, und zwar immer in die umgekehrte Richtung als das Vorzeichen bei Kühlschranktemperatur anzeigte.

Betrag die Anzeige bei Kühlschranktemperatur + 14, so ist bei anschließendem Erreichen der Raumtemperatur und nachdem die Anzeige wieder auf „00“ eingestellt wurde, jetzt ein Wert von ungefähr -7 mit R 3 einzustellen.

Vorstehend beschriebene Einstellungen sind mehrfach durchzuführen, bis sich die Anzeige bei Temperaturschwankungen von Raumtemperatur und Kühlschranktemperatur möglichst wenig ändert, wobei Werte von besser als 5 Digit bei sorgfältiger Einstellung erreichbar sind.

Damit durch kondensierende Feuchtigkeit die Funktionsweise des Gerätes nicht beeinträchtigt wird, sollte beim Abgleich die Schaltung lediglich aus der Klarsichtfolie genommen werden, nachdem sich das Gerät wieder der Raumtemperatur angepaßt hat.

### Abgleich des Skalenfaktors

Mit dem Poti R 16 kann in Verbindung mit der auf der Frontplatte aufgedruckten Skala der absolute atmosphärische Luftdruck bei der Höhenmessung berücksichtigt werden. Auf diese Weise kann jederzeit bei bekanntem Luftdruck die entsprechende Höhe abgelesen werden. Damit der Einfluß dieses Potis exakt definiert werden kann, ist es erforderlich, den Skalenfaktor des A/D-Wandlers IC 3 entsprechend der auf der Frontplatte aufgedruckten Skala festzulegen. Dies wurde mit den Festwiderständen R 20/R 21 vorgenommen. An Pin 36 (positiver Referenzspannungseingang) des IC 3 steht eine Referenzspannung von 104 mV bezogen auf Schaltungsmasse (Pin 21, 32, 35 des IC 3) an. Aufgrund von Bauteilabweichungen kann diese Spannung um  $\pm 5$  mV vom Nennwert abweichen.

Da der Skalenfaktor auf diese Weise bereits festgelegt ist, muß die Anpassung des Ausgangssignales des Drucksensors über die Einstellung des Verstärkungsfaktors von OP 4 erfolgen — allerdings erst, nachdem mit R 3 die genaue Temperaturkompensation vorgenommen wurde.

Zunächst lötet man den Widerstand R 19 an der zu R 18 hinweisenden Seite aus. Anschließend wird R 18 an der gegenüberliegenden Seite (die Seite, die zur R 16 hinweist) ausgelötet und über eine flexible isolierte Leitung mit Pin 12 des OP 4 verbunden.

Der Trimmer R 9 ist so einzustellen, daß auf der Anzeige „00“ erscheint.

Eine recht genaue und mit einfachen Hilfsmitteln realisierbare Einstellmöglichkeit des Verstärkungsfaktors der Schaltung mit dem Trimmer R 15 ist in Bild 1 dargestellt.

Man nimmt hierzu eine etwa zur Hälfte mit Wasser gefüllte Kunststoff-Flasche, in die ein Plastikschauch eingeführt wird, wobei die Flasche unten immer offen bleibt, damit ein Wasseraustausch stattfinden und sich ein Druck aufbauen kann.

Während das eine Schlauchende in die Flasche hineinragt, die dann auf dem Kopf stehend in ein Wasserbassin zu tauchen ist, ragt das andere, freie Schlauchende aus der Wasseroberfläche heraus und wird auf den Drucksensoranschluß gestülpt. Zu beachten ist, daß auch in das in die Flasche hineinragende Schlauchende niemals Wasser eindringt, damit der Drucksensor nicht durch Feuchtigkeit zerstört wird.

Zunächst ist nun die Flasche soweit in das Wasserbassin einzutauchen, daß der in der Flasche befindliche Wasserspiegel genau mit der Wasseroberfläche des Bassins übereinstimmt.

Auf der Anzeige des Höhenmessers sollte jetzt „00“ abgelesen werden können. Evtl. ist der Schlauch noch einmal vom Drucksensor abzuziehen, um einen Druckausgleich herbeizuführen und die Anzeige mit R 9 nochmals auf „00“ einzustellen.

Anschließend bringt man die Flasche in eine Position unterhalb der Wasseroberfläche, und zwar so, daß der Abstand der in die Flasche eindringenden Wasserlinie exakt 1 m unter der Wasseroberfläche liegt.

Auf diese Weise hat man dem Drucksensor exakt 100 mbar gegeben. Die Anzeige ist deshalb mit Hilfe von R 15 auf -83 bis -84 einzustellen. An der Nullpunkteinstellung ist hierbei selbstverständlich nicht zu drehen, da sonst die Kalibrierung verfälscht würde.

Grundsätzlich sind auch kleinere Abstände vom Wasserstand in der Flasche zur Wasseroberfläche denkbar. Z. B. Einstellung der Anzeige auf -42 bei 0,5 m Abstand, wobei jedoch bei kleineren Abständen die Genauigkeit der Kalibrierung aufgrund von Meßfehlern bei der Abstandseinstellung usw. etwas nachläßt.

Jetzt wird die Verbindung von R 18 mit Pin 12 des OP 4 wieder entfernt und R 18 sowie R 19 können entsprechend dem Bückungsplan wieder eingelötet werden.

Abschließend bringt man das von der Frontplatte her zugängliche Poti R 16 in die Stellung, die dem aktuellen absoluten Luftdruck bezogen auf Meereshöhe entspricht. Mit R 9 wird dann auf der Anzeige diejenige Höhe eingestellt, auf der sich das Gerät zum Abgleichzeitpunkt befindet.

### Hinweis zur Inbetriebnahme

Sollten bei der Inbetriebnahme Probleme auftauchen, nehmen Sie bitte einige Spannungsüberprüfungen vor. Der Minusanschluß des zu Testzwecken herangezogenen Multimeters wird an die Schaltungsmasse angeschlossen (z. B. Pin 3 des IC 1 oder Pin 21, 32, 35 des IC 3).

Mit der Plusklemme des Multimeters werden jetzt folgende Spannungen überprüft:

1. Pin 1 des IC 3: 4,7 V bis 5,3 V
2. Pin 26 des IC 3: -3 bis -10 V
3. Pin 11 des IC 2: ca. 0,2 V höher als Pin 26 des IC 3
4. Pin 4 des IC 2: 4,7 V bis 5,3 V
5. Pin 8 des IC 2: 0,3 V bis 1,5 V
6. Pin 31 des IC 3 = Pin 14 des IC 2
7. Pin 12 des OP 4: 0,12 bis 1,3 V, je nach Stellung von R 9
8. Pin 36 des IC 3: 99 mV bis 109 mV (typ. 104 mV)
9. Pin 30 des IC 3: 0 bis 88 mV, je nach Stellung von R 16

Die einwandfreie Funktion des A/D-Wandlers IC 3 kann auf einfache Weise überprüft werden, indem die Anschlußbeinchen 30 und 31 direkt miteinander ver-

bunden werden. Auf der Anzeige muß dann „00“ erscheinen.

Sind vorstehende Messungen zur Zufriedenheit ausgefallen, müßte das System einwandfrei arbeiten. Ggf. ist noch einmal die Bestückung der Leiterplatte sorgfältig zu überprüfen und auf Lötzinnbrücken bzw. Haarrisse hin zu untersuchen.

Reicht der Einstellbereich des zur Temperaturkompensation dienenden Trimmers R 3 nicht aus, kann der Reihenwiderstand R 2 bis auf 220  $\Omega$  verkleinert oder bis auf 3,3 k $\Omega$  vergrößert werden. Sofern eine Vergrößerung von R 2 (in seltenen Fällen) erforderlich sein sollte, ist R 1 sicherheitshalber von 220  $\Omega$  auf 470  $\Omega$  zu erhöhen, damit OP 1 und OP 2 nicht in die Begrenzung fahren können.

Reicht der Einstellbereich des Trimmers R 9 bei der Nullpunkteinstellung nicht aus, so kann R 13 zwischen 1 k $\Omega$  und 10 k $\Omega$  den Erfordernissen angepaßt werden.

Ist die Verstärkungseinstellung mit R 15 nicht möglich, kann der Eingangswiderstand R 10 des OP 4 zwischen 2,2 k $\Omega$  (Verstärkung wird erhöht) und 10 k $\Omega$  (Verstärkung wird verringert) variiert werden.

Vorstehend beschriebene Maßnahmen sind im allgemeinen nicht erforderlich, könnten jedoch in Einzelfällen bei größeren Bauteilsteuerungen angebracht sein.

Wir wünschen Ihnen beim Aufbau dieses interessanten und hochwertigen Gerätes viel Erfolg.

### Stückliste Kfz-Digital-Höhenmesser

#### Halbleiter

IC 1	.....	$\mu$ A 7905
IC 2	.....	LM 324
IC 3	.....	ICL 7107
T 1	.....	BC 327
D 1	.....	1N4001
DS 1	.....	KPY 10
TS 1	.....	SAS 1000
DI 1-D 3	.....	DJ 700 A

#### Kondensatoren

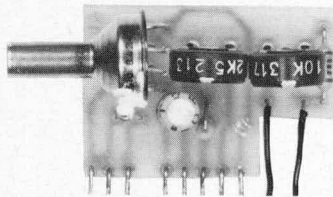
C 1	.....	47 nF
C 2-C 4	.....	10 $\mu$ F/16 V
C 5	.....	1 $\mu$ F/16 V
C 6-C 8	.....	47 nF
C 9	.....	10 $\mu$ F/16 V
C 10	.....	220 pF
C 11	.....	47 nF
C 12	.....	220 nF
C 13	.....	47 nF

#### Widerstände

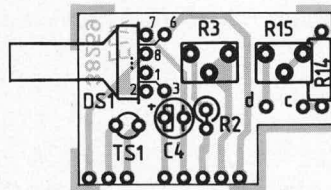
R 1	.....	220 $\Omega$
R 2	.....	470 $\Omega$
R 3	.....	2,5 k $\Omega$ , Trimmer stehend
R 4-R 7	.....	100 k $\Omega$
R 8	.....	220 $\Omega$
R 9	.....	10 k $\Omega$ , Trimmer stehend
R 10	.....	4,7 k $\Omega$
R 11	.....	10 k $\Omega$
R 12	.....	100 k $\Omega$
R 13	.....	3,3 k $\Omega$
R 14	.....	2,2 k $\Omega$
R 15	.....	10 k $\Omega$ , Trimmer stehend
R 16	.....	10 k $\Omega$ , Poti, 4 mm, lin
R 17, R 18	.....	100 k $\Omega$
R 19	.....	1,8 k $\Omega$
R 20	.....	4,7 k $\Omega$
R 21	.....	100 $\Omega$
R 22	.....	100 k $\Omega$
R 23	.....	47 k $\Omega$
R 24, R 25	.....	1 k $\Omega$

#### Sonstiges

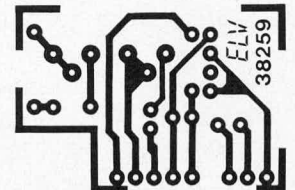
L 1	.....	51 $\mu$ H Drossel
3 Lötstifte		
2 m flexible Leitung 2 x 0,4 mm <sup>2</sup>		
20 cm Silberdraht		



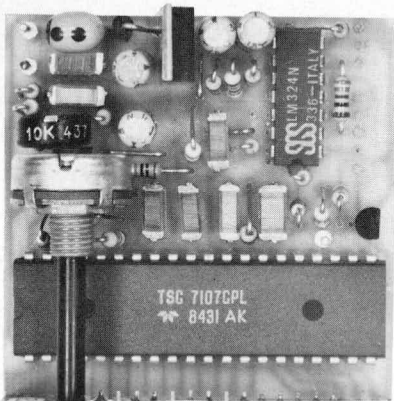
Ansicht der fertig bestückten Sensorplatine



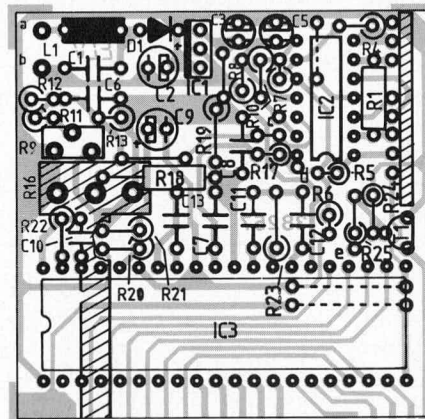
Bestückungsseite der Sensorplatine



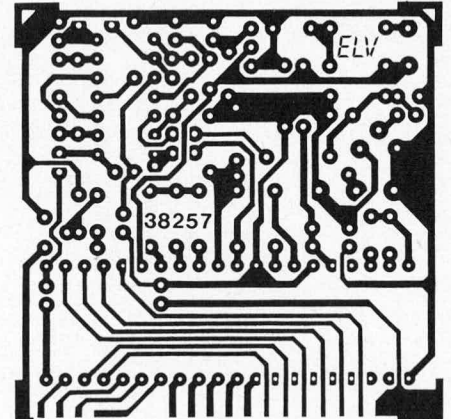
Leiterbahnseite der Sensorplatine



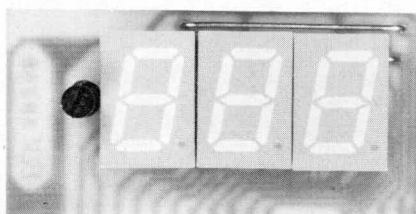
Ansicht der fertig bestückten Basisplatine



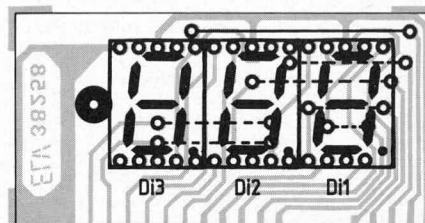
Bestückungsseite der Basisplatine



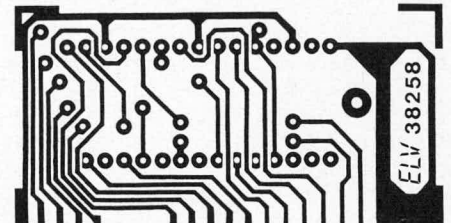
Leiterbahnseite der Basisplatine



Ansicht der fertig bestückten Anzeigenplatine



Bestückungsseite der Anzeigenplatine



Leiterbahnseite der Anzeigenplatine

# ELV-Serie 7000

## Präzisions-Digital-LCD-Multimeter

Teil 1



Wahlweise

oder DMM 7045 mit 4,5stelliger LCD-Anzeige  
oder DMM 7035 mit 3,5stelliger LCD-Anzeige

*Nach langer Entwicklungs- und ausgedehnter Erprobungszeit stellen wir Ihnen in einem zweiteiligen Artikel ein Digital-Multimeter-System vor, mit dem jeder Hobby-Elektroniker ein Multimeter aufbauen kann, das seinen individuellen Anforderungen und Vorstellungen entspricht.*

*Von einer preiswerten und doch hochwertigen 3,5stelligen Version bis hin zum 4,5stelligen Digital-Multimeter mit echtem Effektivwert-Gleichrichter, können insgesamt 12 verschiedene Varianten aufgebaut bzw. auch zu einem späteren Zeitpunkt umgerüstet werden.*

*Nachfolgend die herausragenden Daten der höchsten Ausbaustufe in Kurzform:*

- wahlweise 3,5- oder 4,5stellige Ausführung
- 30 Meßbereiche, u. a. 6 Strombereiche von 1 nA bis 20 A
- Toleranz des Vorteilers wahlweise 0,5 % - 0,1 % - 0,05 %
- hochwertiger AC/DC-Meßgleichrichter, wahlweise als arithmetischer Mittelwert- oder echter Effektivwert-Gleichrichter
- alle Bereiche (bis auf 20 A) überlastgeschützt
- Betrieb wahlweise über 9 V-Blockbatterien oder Steckernetzteil
- jede Version kann auch zu einem späteren Zeitpunkt problemlos auf- bzw. umgerüstet werden.

### Allgemeines

Zu den wichtigsten Meßgeräten im Elektronik-Labor sowohl im professionellen als auch im Hobby-Bereich, zählt ein Digital-Multimeter. Am weitesten verbreitet dürften hierbei wohl die 3,5stelligen Multimeter sein, die mit den IC's der Typen ICL 7106/07 einfach und preiswert aufbaubar sind. Je nach Präzision des verwendeten Eingangsspannungsteilers und Meßgleichrichters, lassen sich hiermit Digital-Multimeter aufbauen, die auch höheren Ansprüchen genügen, zumal die Grundgenauigkeit des ICL 7106/07 bei typ. 0,05 % liegt.

Bei wachsenden Ansprüchen oder für professionellen Einsatz, werden jedoch immer häufiger 4,5stellige Präzisions-Digital-Multimeter eingesetzt. Aufgrund der hohen Auflösung können damit besonders genaue Messungen durchgeführt werden. Voraussetzung hierfür ist allerdings, daß auch die übrige Beschaltung (Referenzspannung, Eingangsvorteiler, AC/DC-

Wandler usw.) und nicht zuletzt das Leiterplattenlayout entsprechend hohen Anforderungen genügen.

Bei der Konzeption der hier vorliegenden Schaltung wurde neben dem Erreichen einer hohen Präzision besonderer Wert darauf gelegt, daß jeder Hobby-Elektroniker, der etwas Erfahrung im Aufbau elektronischer Schaltungen besitzt, sich ein Digital-Multimeter aufbauen kann, das seinen individuellen Wünschen und Anforderungen entspricht.

So steht wahlweise eine 3,5stellige bzw. 4,5stellige LCD-Anzeige mit entsprechendem A/D-Wandler zur Verfügung.

Bei den Meßgleichrichtern (AC/DC-Wandlern) kann zwischen einer preiswerten, jedoch hochwertigen Version, die den arithmetischen Mittelwert bildet, gewählt werden und einem echten Effektivwert-Gleichrichter, der selbst professionellen Ansprüchen genügt.

Darüber hinaus stehen für den Meßwiderstands-Vorteiler drei verschiedene Genauigkeitsklassen zur Verfügung (0,5 % - 0,1 % - 0,05 %).

Allen Ausführungen gemeinsam ist die aufwendige Schaltungstechnik, die mit jedem dieser Digital-Multimeter ein komfortables und genaues Arbeiten ermöglicht. Hierzu trägt u. a. das komfortable Tastenaggregat mit farbig gestalteten Druckknöpfen sowie die Präzisions-Spannungsreferenz bei, die auch in der Grundversion Bestandteil dieser Digital-Multimeter sind.

### Zur Schaltung

Die Gesamtschaltung besteht aus dem Hauptschaltbild, in dem sämtliche wesentliche Komponenten eingezeichnet sind sowie den beiden zusätzlichen Schaltbildern für die 3,5stellige und 4,5stellige LCD-Anzeige mit zugehörigem A/D-Wandlerbaustein, die wahlweise eingesetzt werden können.



Das Gerät besitzt drei Eingangsbuchsen. Bis auf den 20 A-Meßbereich, für den die Eingangsbuchsen „b“ und „c“ zuständig sind, werden für alle übrigen Messungen die Eingangsbuchsen „a“ und „b“ benutzt.

Über das 12stufige Spezial-Tastenaggregat (S 1 bis S 12) werden je nach Meßart und Meßbereich entsprechende Funktionen sowie die benötigten Meßwiderstände (R 1 bis R 9) eingeschaltet. Die Referenzspannung wird mit einem externen, auf der Basisplatte angeordneten Präzisions-Spannungsreferenzelement des Typs LM 385 erzeugt, das einen besonders niedrigen Temperatur-Koeffizienten von typ. 20 ppm aufweist und entscheidend mit zur hohen Genauigkeit eines jeden nach dieser Schaltungsvorlage aufgebauten Digital-Multimeters beiträgt.

Für die 4,5stellige Version wird eine Referenzspannung von 1,000 V benötigt, während für die 3,5stellige Version eine Referenzspannung von 100,0 mV erforderlich ist. Im letzteren Fall sind für R 40 und R 42 die in Klammern angegebenen Widerstandswerte einzusetzen. Der exakte Wert wird später mit dem Spindeltrimmer R 41 eingestellt.

Die Dioden D 3, D 6 bis D 9, der PTC-Widerstand R 38 sowie Si 2 dienen in den Ohm-Bereichen dem Schutz der Schaltung vor Fremdspannungen.

Bei Messungen von Wechsel- und Mischspannungen (Gleichspannungen mit Wechselspannungsanteil) kommen die beiden hochwertigen Meßgleichrichter zum Einsatz, von denen je nach Anforderung selbstverständlich nur einer eingebaut wird. Das Leiterplattenlayout ist von vornherein für beide Versionen ausgelegt.

OP 1 stellt mit seiner Zusatzbeschaltung eine Vorstufe zur Pufferung und Meßwertanpassung dar, die für beide Gleichrichter-Versionen erforderlich ist.

Meßgleichrichter I ist ein echter Effektivwert-Gleichrichter, der im wesentlichen aus dem integrierten AC/DC-Wandler des Typs AD 636 (IC 2) besteht, mit nur wenigen zusätzlichen externen Bauelementen. Dieses IC setzt eine am Eingang (Pin 4) anliegende Spannung mit nahezu beliebiger Kurvenform in eine äquivalente Ausgangsgleichspannung (Pin 8) um, die dem echten Effektivwert der Eingangsspannung entspricht.

Da die Schaltung neben dem Betrieb über ein Steckernetzteil auch mit zwei 9 V-Blockbatterien versorgt werden kann und das IC 2 eine Stromaufnahme von 5 bis 10 mA aufweist, wird der Meßgleichrichter I über S2b nur dann eingeschaltet, wenn er auch tatsächlich für Wechselspannungsmessungen benötigt wird. Hierzu werden zusätzlich die Bauelemente R 19, R 20, D 15, C 3 und T 1 benötigt.

Beim Einsatz des Meßgleichrichters I dient OP 1 lediglich zur Pufferung der Eingangsspannung, bei einer Verstärkung von 0 dB (1fach). Aus diesem Grunde entfallen die Bauelemente R 12, R 13, R 17 sowie C 1 ersatzlos.

Wird der Meßgleichrichter II eingebaut, so ist die gesamte Zusatzbeschaltung des OP 1 erforderlich. Bei Gleichspannungen, die auch verarbeitet werden können, wird die Verstärkung des OP 1 mit den Widerständen R 16/R 17 (2fach) festgelegt, da der Parallelzweig mit den Widerständen R 12/R 13 durch den Kondensator C 1 unterbrochen ist.

Sobald die über den OP 1 verstärkte Frequenz 10 Hz und mehr beträgt, stellt C 1 praktisch einen Kurzschluß für diese Frequenzen bei der vorliegenden Dimensionierung dar, wodurch sich der Verstärkungsfaktor dieser Stufe soweit erhöht, daß die Differenz zwischen arithmetischem Mittelwert und echtem Effektivwert exakt ausgeglichen wird. Am Ausgang des OP 1 (Pin 6) steht nun ein Signal zur Verfügung, das direkt von Meßgleichrichter II verarbeitet werden kann, und zwar so, daß an dessen Ausgang (Pin 6 des OP 3) eine dem Effektivwert entsprechende Gleichspannung abgenommen werden kann.

Die Trimmer R 14, R 23, R 26 sowie R 35 dienen der Offset-Korrektur (Nullpunkt-einstellung), während der Spindeltrimmer R 18 im Meßgleichrichter I bzw. R 32 im Meßgleichrichter II zur Feineinstellung des Skalenfaktors dient.

Die genaue Beschreibung des Abgleiches, der verhältnismäßig einfach durchzuführen ist, wird im weiteren Verlauf dieses Artikels noch eingehend beschrieben.

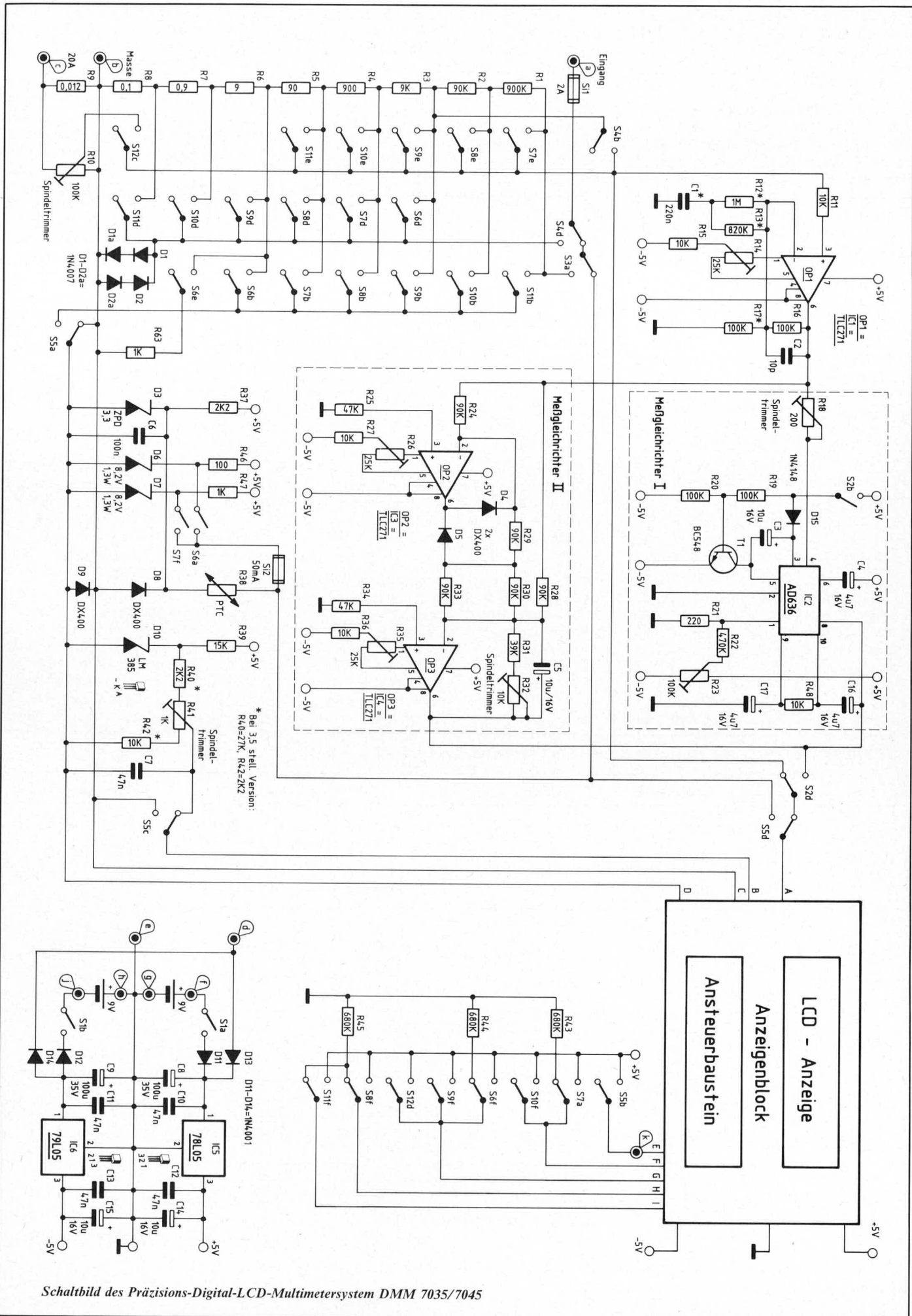
Gleichwohl für welchen der beiden Meßgleichrichter man sich entscheidet, in jedem Fall wird nur einer der beiden in der gestrichelten Umrandung befindlichen Schaltungsteile eingebaut. Die jeweils in der anderen Umrandung eingezeichneten Bauelemente müssen unbedingt ersatzlos entfallen.

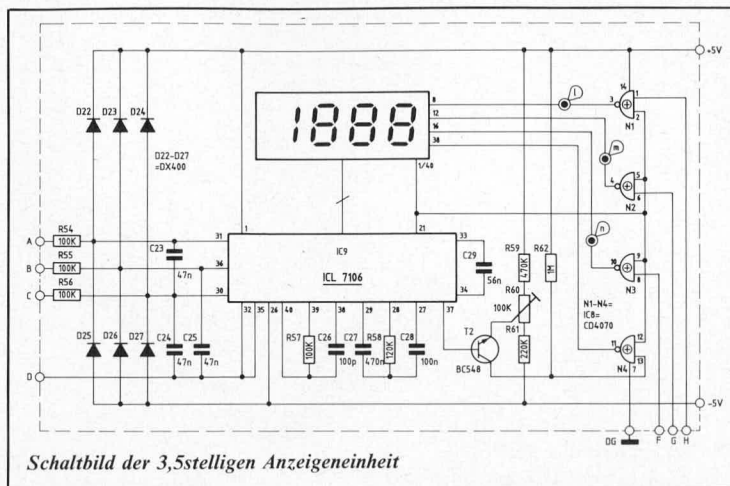
Abschließend soll nicht unerwähnt bleiben, daß beide Meßgleichrichter sowohl für Wechselspannungs-, Mischspannungs- als auch für Gleichspannungsmessungen geeignet sind. Um eine ruhige Anzeige zu gewährleisten und den Meßfehler klein zu halten, sollte die Frequenz der Wechsel-

Technische Daten des 4,5stelligen Präzisions-Digital-LCD-Multimeters DMM 7035/7045

Funktion	Bereiche	Auflösung	Meßfehler (typ.)*	Überlastschutz
Gleichspannung	200 mV	10 $\mu$ V	$\pm (0,01 \% \text{ v. Meßwert} + 2 \text{ Digit})$	300 V $\approx$ / 750 V <sub>SS</sub> ~
	2 V	100 $\mu$ V	$\pm (0,05 \% \text{ v. Meßwert} + 2 \text{ Digit})$	1200 V $\approx$ / 1200 V <sub>SS</sub> ~
	20 V	1 mV	$\pm (0,05 \% \text{ v. Meßwert} + 2 \text{ Digit})$	1200 V $\approx$ / 1200 V <sub>SS</sub> ~
	200 V	10 mV	$\pm (0,05 \% \text{ v. Meßwert} + 2 \text{ Digit})$	1200 V $\approx$ / 1200 V <sub>SS</sub> ~
	1000 V	100 mV	$\pm (0,05 \% \text{ v. Meßwert} + 2 \text{ Digit})$	1200 V $\approx$ / 1200 V <sub>SS</sub> ~
Wechselspannung Frequenzbereich: DC + 10 Hz bis 10 kHz	200 mV	10 $\mu$ V	$\pm (0,3 \% \text{ v. Meßwert} + 0,3 \text{ mV})$	300 V $\approx$ / 750 V <sub>SS</sub> ~
	2 V	100 $\mu$ V	$\pm (0,3 \% \text{ v. Meßwert} + 3 \text{ mV})$	1200 V $\approx$ / 1200 V <sub>SS</sub> ~
	20 V	1 mV	$\pm (0,3 \% \text{ v. Meßwert} + 30 \text{ mV})$	1200 V $\approx$ / 1200 V <sub>SS</sub> ~
	200 V	10 mV	$\pm (0,3 \% \text{ v. Meßwert} + 0,3 \text{ V})$	1200 V $\approx$ / 1200 V <sub>SS</sub> ~
	400 V	100 mV	$\pm (0,3 \% \text{ v. Meßwert} + 3 \text{ V})$	1200 V $\approx$ / 1200 V <sub>SS</sub> ~
Gleichstrom und Wechselstrom	20 $\mu$ A	1 nA	$\pm (0,05 \% \text{ v. Meßwert} + 2 \text{ Digit})$ für DC $\pm (0,3 \% \text{ v. Meßwert} + 0,15 \% \text{ v. Endwert})$ für AC	Dioden und 2,5 A Schmelzsicherung
	200 $\mu$ A	10 nA		
	2 mA	100 nA		
	20 mA	1 $\mu$ A		
	200 mA	10 $\mu$ A		
2000 mA	100 $\mu$ A			
Frequenzbereich: DC + 10 Hz bis 10 kHz	20 A	1 mA	$\pm (0,1 \% \text{ v. Meßwert} + 2 \text{ Digit})$ für DC $\pm (0,3 \% \text{ v. Meßwert} + 0,03 \text{ A})$ für AC	entfällt
	20 $\Omega$ 200 $\Omega$	1 m $\Omega$ 10 m $\Omega$	$\pm (0,05 \% \text{ v. Meßwert} + 0,05 \Omega)$ <small>Innenwiderstand des Meßkreises = Anzeige bei kurzgeschlossenem Eingang: max. 0,2 <math>\Omega</math> (typ. 0,1 <math>\Omega</math>) Der bei kurzgeschlossenem Eingang angezeigte Wert ist vom jeweiligen Meßwert abzuziehen.</small>	300 V $\approx$ / 750 V <sub>SS</sub> ~
2 k $\Omega$ 20 k $\Omega$ 200 k $\Omega$ 2000 k $\Omega$	100 m $\Omega$ 1 $\Omega$ 10 m $\Omega$ 100 $\Omega$	$\pm (0,05 \% \text{ v. Meßwert} + 0,02 \% \text{ v. Endwert})$		

\* bei Einsatz der Präzisions-Meßwiderstands-Teilerkette mit einer Toleranz von 0,05% und echtem Effektivwert-Meßgleichrichter  
bei Einsatz des arithmetischen Mittelwert-Meßgleichrichters erhöht sich die Grundtoleranz in den AC-Bereichen von 0,3% auf 0,5%





Schaltbild der 3,5stelligen Anzeigeneinheit

spannungen bzw. eines evtl. Wechselspannungsanteiles mindestens 20 Hz betragen. Die volle Genauigkeit wird im Bereich von 40 Hz bis 10 kHz erreicht (bei geringen Genauigkeitsabstrichen bis 15 kHz).

Die Spannungsversorgung erfolgt entweder über zwei 9 V-Blockbatterien, die über die Schalter S1a und S1b eingeschaltet werden, oder über ein 9 V-Wechselspannungsnetzteil (8 V bis 12 V), das die Schaltung kontinuierlich unabhängig von der Stellung des Schalters S1 versorgt. Hier genügt eine Strombelastbarkeit von 100 mA.

Die Spannungsstabilisierung erfolgt über die beiden Festspannungsregler IC 5 und IC 6 mit Zusatzbeschaltung, die eine stabile  $\pm 5$  V Versorgungsspannung sicherstellen.

Die Stromaufnahme der Gesamtschaltung liegt in den Gleichspannungs- und Gleichstrombereichen bei einigen wenigen mA.

Bei Einsatz des Meßgleichrichters I kommen bei Wechselspannungsmessungen noch einige mA für das IC 2 hinzu.

Lediglich während der Widerstandsmessungen in den beiden niedrigen Ohm-Bereichen fließen etwas höhere Versorgungsströme. In Schalterstellung „200  $\Omega$ “ fließen zusätzlich ca. 4 mA und in Schalterstellung „20  $\Omega$ “ zusätzlich ca. 40 mA. Dies jedoch auch nur dann, wenn ein entsprechender Meßwiderstand an den Eingängen anliegt.

Im allgemeinen reicht ein Batteriesatz jedoch für ca. 100 Stunden Dauerbetrieb, so daß diese Multimeter durchaus auch für Batteriebetrieb im Service-Bereich einsetzbar sind. Für stationären Betrieb empfiehlt sich jedoch der Einsatz eines Steckernetzteiles.

Anzumerken ist noch, daß das verwendete Steckernetzteil unbedingt eine Wechselspannung abgeben muß, da im Gerät hieraus sowohl die positive als auch die negative Versorgungsspannung generiert wird. Es ist also die positive und negative Halbwelle erforderlich.

Die rechts im Schaltbild unterhalb des Anzeigenblockes angeordneten Schalter dienen in Verbindung mit den Widerständen R 43 bis R 45 der Punkte-Umschaltung, so daß automatisch zu jedem gewählten Meßbereich der entsprechend zugehörige Dezimalpunkt im LC-Display erscheint, wodurch eine hohe Zuverlässigkeit der Ableitung erreicht wird.

Die Sicherung Si 1 dient in den Strombereichen dem Schutz der Schaltung und insbesondere der Meßwiderstände im Fall einer Fehlbedienung. Im Überlastfall fließt der Haupt-Strom über die vier Schutzdioden D 1 bis D 2a ab und der Meßkreis wird durch Si 1 aufgetrennt.

### 3,5stelliger Anzeigeneinheit

Die Verbindung des 3,5stelligen Anzeigenblockes mit der übrigen Schaltung erfolgt über 9 Leiterbahnen. Im einzelnen haben diese folgende Funktion:

- A: positive Meßspannungszuführung
- B: positive Referenzspannungszuführung
- C: negative Meßspannungszuführung
- D: negative Referenzspannungszuführung und gleichzeitig Analog Ground (AG)
- E, F, G: Punktteststeuerung

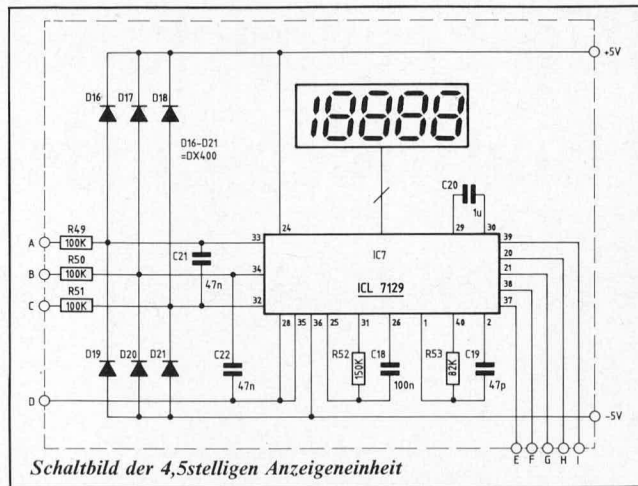
Zusätzlich werden noch die  $\pm 5$  V Versorgungsspannungen und Digital Ground (DG) zugeführt.

Auf die detaillierte Beschreibung des IC 9 des Typs ICL 7106 soll an dieser Stelle verzichtet werden, da diese Bausteine schon mehrfach im „ELV journal“ ausführlich behandelt wurden. Neu ist lediglich die Versorgungsspannungsüberwachung über die Widerstände R 59 bis R 61 sowie T 2. R 60 wird später so eingestellt, daß die Unterspannungsanzeige im LC-Display aufleuchtet, sobald die zwischen der +5 V- und -5 V-Versorgungsspannung gemessene Gleichspannung auf Werte unterhalb 9 V absinkt. Zwar arbeitet das IC 9 auch noch bei 8 V, jedoch empfiehlt es sich, bereits bei insgesamt 9 V die Batterien auszutauschen, da die Stabilisierung über die beiden 5 V-Festspannungsregler dann nicht mehr gewährleistet ist.

Die Gatter N 1 bis N 3 dienen der Ansteuerung der entsprechenden Dezimalpunkte, während das Gatter N 4 die Unterspannungsanzeige treibt.

### 4,5stellige Anzeigeneinheit

Wie bereits erwähnt, kann mit dem hier beschriebenen Multimetersystem auch ein besonders genaues, hochauflösendes Multimeter mit 4,5stelliger Digital-Anzeige aufgebaut werden. Hierzu wird lediglich anstelle der 3,5stelligen Anzeigeneinheit die nachfolgend beschriebene 4,5stellige An-



Schaltbild der 4,5stelligen Anzeigeneinheit

zeigeneinheit eingesetzt. Die übrigen Schaltungskomponenten bleiben bis auf die beiden Widerstände R 40 und R 42 zur Referenzspannungserzeugung unverändert bestehen.

Das IC 7 des Typs ICL 7129 zur A/D-Wandlung und direkten Ansteuerung eines 4,5stelligen LC-Displays, macht den Aufbau dieses hochwertigen Digital-Multimeters bei besonders günstigem Preis-/Leistungsverhältnis möglich.

Mit nur wenigen externen Bauelementen wird hier, ähnlich dem ICL 7106, eine Analog-Digital-Wandlung vorgenommen. Eine Eingangsgleichspannung, die an den Anschlußbeinchen 33 und 34 anliegt, wird in Verbindung mit einer entsprechenden Referenzspannung in ein digitales Signal umgewandelt, das direkt zur Ansteuerung eines LD-Displays geeignet ist. Der angezeigte Wert ist bei einem Meßumfang von  $\pm 20.000$  Digit der Eingangsgleichspannung mit hoher Linearität direkt proportional.

Die Funktion der Verbindungspunkte A, B, C und D ist mit der 3,5stelligen Version identisch.

Die Punktteststeuerung erfolgt über die Verbindungsleitungen F, G, H, I, während über Punkt E eine interne Bereichsumschaltung vorgenommen wird, die lediglich in der vorliegenden Konzeption in den Ohm-Bereichen erfolgt.

Die Versorgung erfolgt über die beiden  $\pm 5$  V-Zuleitungen. Eine separate Leitung für Digital Ground (DG) ist nicht erforderlich, da der entsprechende Bezugspunkt von der 4,5stelligen Anzeigenplatine nicht fortgeführt wird.

Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang, daß die 4,5stellige LCD-Anzeige über 3 Backplane-Anschlüsse verfügt, wodurch die Anzahl der Steuerleitungen zwischen IC- und Anzeige reduziert werden konnte. Die Verwendung der allgemein gebräuchlichen LCD-Anzeigen mit nur einem einzigen Backplane-Anschluß ist im Zusammenhang mit dem ICL 7129 nicht möglich.

In der kommenden Ausgabe des „ELV journal“ (Nr. 39) stellen wir Ihnen den zweiten, abschließenden Teil dieses Artikels vor, mit der Veröffentlichung der Platinenlayouts und der Beschreibung von Nachbau und Abgleich.

# Bio-Feedback: Hautwiderstands- Frequenzumsetzer



*Die hier vorgestellte Schaltung mißt den Hautwiderstand und setzt diesen in eine hörbare Frequenz um. Hautwiderstandsänderungen haben somit eine Frequenzänderung zur Folge, die ihrerseits über das Gehör aufgenommen und vom menschlichen Gehirn verarbeitet werden kann. Auf diese Weise wird über die Elektronik ein Regelkreislauf geschaffen, mit dessen Hilfe in manchen Fällen eine Beeinflussung des Hautwiderstandes möglich ist.*

## Allgemeines

Der menschliche Körper ist mit seinen vielfältigen Funktionen ein außerordentlich aufwendiges Gebilde. Unzählige Vorgänge laufen teils automatisch, teils bewußt im wachen und im ruhenden Zustand ständig ab.

Jeder weiß, daß man seine Bewegungen oder auch seine Gedanken gezielt steuern und koordinieren kann.

Darüber hinaus gibt es aber auch viele Körperfunktionen, die weitgehend automatisch ablaufen, wie z. B. das Atmen, das Öffnen und Schließen der Augen usw. Vorgenannte Funktionen sind jedoch ohne weiteres bewußt steuerbar, d. h. die Augen können z. B. länger geschlossen bleiben, wenn man dies wünscht oder aber man kann ohne Anstrengung schneller oder langsamer atmen, solange man sich darauf konzentriert.

Eine dritte Gruppe von Funktionsabläufen kann normalerweise nicht ohne weiteres beeinflußt werden. Hierzu zählen u. a. der Herzschlag, der Blutdruck sowie der Hautwiderstand.

Vorgenannte Funktionen laufen vollkommen automatisch ab und passen sich im allgemeinen den jeweiligen „Betriebszuständen“ des Körpers selbsttätig an.

Zwar werden diese Vorgänge registriert ausgewertet und verarbeitet, jedoch hat die Natur auf eine Weiterleitung in unser Bewußtsein verzichtet, und dies aus gutem Grund, da eine zusätzliche Steuerung und Einflußnahme weder erforderlich noch sinnvoll ist.

Zur Erforschung des eigenen Körpers wünscht man sich jedoch in manchen Fällen über den eigenen Willen mehr Einfluß auf die einzelnen Körperfunktionen zu nehmen. Hierbei können externe Hilfsmittel nützliche Dienste leisten.

Mit der in diesem Artikel vorgestellten Schaltung zur Umsetzung des Hautwiderstandes in eine proportionale Frequenz, kann eine Rückkopplung zwischen Haut-

widerstand und Gehirn vorgenommen werden. Als Zwischenschritte dienen hierbei die Frequenz und das Gehör.

Die beiden Schaltungspunkte „a“ und „b“ werden über zwei flexible isolierte Leitungen mit dem zu messenden Hautwiderstand verbunden.

Zweckmäßigerweise wickelt man zunächst ein flexibles Leitungsstück, das am Ende auf ca. 5 cm von der Isolierung befreit wurde, z. B. um den Zeigefinger (Vorsicht: nicht zu stramm), um anschließend das zweite Leitungsstück in einem Abstand von 1 bis 2 cm um denselben Finger zu wickeln.

Mit dem Trimmer R 2 kann nun eine mittlere Frequenz eingestellt werden, nachdem die Schaltung über eine 9 V-Blockbatterie versorgt wurde.

Zur Versorgung sollte grundsätzlich aus Sicherheitsgründen nur eine 9 V-Blockbatterie herangezogen werden und niemals ein Netzteil.

Konzentriert man sich jetzt auf die Stelle des Fingers, an der die beiden Abgriffe vorgenommen wurden, kann man über das bewußte Aufnehmen der Frequenz dieses Hautwiderstands-Frequenzumsetzers evtl. eine Änderung des Hautwiderstandes vornehmen.

Hierzu ist verständlicherweise viel Geduld und Übung erforderlich. Keinesfalls sollte man jedoch annehmen, daß dies erzwungen werden kann.

Auf dem Gebiet des „Bio-Feedback“ gibt es sicherlich noch vieles zu erforschen, und wir würden uns daher freuen, wenn Sie uns Ihre Erfahrungen hierzu mitteilen.

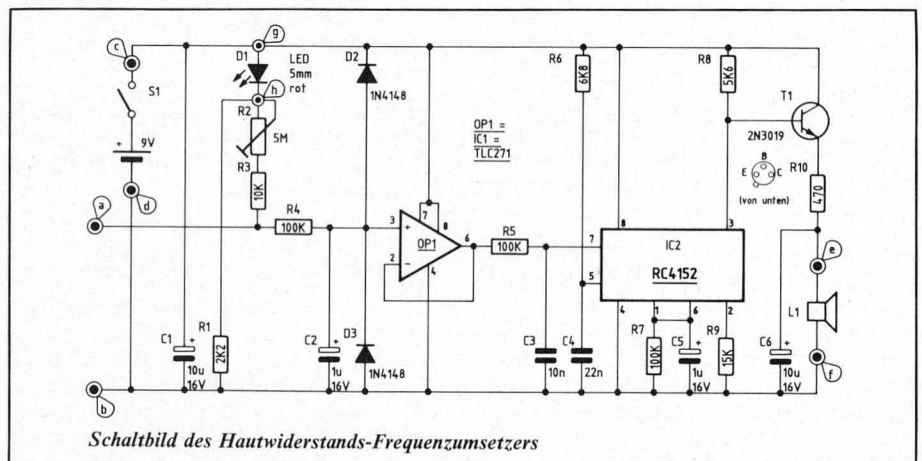
## Zur Schaltung

R 2 und R 3 stellen in Verbindung mit dem zu messenden Hautwiderstand eine Reihenschaltung dar, die als Spannungsteiler arbeitet. Über R 4 wird eine dem Hautwiderstand proportionale Spannung abgegriffen und dem nicht invertierenden (+) Eingang (Pin 3) des OP 1 zugeführt. Dieser OP arbeitet als reiner Pufferverstärker.

Der Ausgang des OP 1 (Pin 6) steuert über R 5 den Spannungseingang (Pin 7) des IC 2 an.

Dieses IC des Typs RC 4152 ist so beschaltet, daß am Ausgang (Pin 3) eine Frequenz ansteht, die der Eingangsspannung und damit dem Hautwiderstand direkt proportional ist.

T 1 ist als Emitterfolger geschaltet, um ausreichend Leistung für den angeschlossenen Lautsprecher zur Verfügung stellen zu können.



Schaltbild des Hautwiderstands-Frequenzumsetzers

Eine Lautstärkeerhöhung erreicht man, wenn R 10 verkleinert wird (minimal 10  $\Omega$ ), während eine Lautstärkeverminderung durch Vergrößerung von R 10 (beliebig) erfolgt.

Der Frequenzbereich des IC 2 erstreckt sich bei der vorliegenden Dimensionierung von wenigen Hz bis hinauf zu ca. 10 kHz.

In welchem Gebiet des Frequenzbereiches man am liebsten arbeiten möchte, kann durch die Einstellung des Trimmers R 2 bestimmt werden.

Anstelle des IC 2 des Typs RC 4152 kann auch der etwas preiswertere Typ RC 4151 eingesetzt werden, da an die Präzision hinsichtlich der Linearität im vorliegenden Fall keine hohen Anforderungen gestellt werden. Beim RC 4151 liegt die minimale Versorgungsspannung jedoch mit 8 V um 1 V höher als beim RC 4152. Die Batterie muß daher nicht zuletzt aufgrund der Belastung durch T 1 und den Lautsprecher, beim Einsatz des RC 4151 stets „frisch“ sein, während das RC 4152 auch noch bei einer etwas geschwächten Batterie einwandfrei arbeitet.

## Zum Nachbau

Die Bestückung der kleinen Leiterplatte kann problemlos in gewohnter Weise anhand des Bestückungsplanes vorgenommen werden.

Zunächst werden die niedrigen und anschließend die etwas höheren Bauelemente auf die Platine gesetzt und verlötet.

Die Batterie wird über die beiden Anschlüsse des Batterieclips an die Platinenanschlußpunkte „c“ und „d“ angeschlossen.

Der Lautsprecher wird mit den Anschlußpunkten „e“ und „f“ verbunden.

Zwei ausreichend lange flexible isolierte Leitungen werden an die Platinenanschlußpunkte „a“ sowie „b“ angelötet und später mit der zu messenden Stelle (z. B. Finger) in Verbindung gebracht. Die Enden sind vorher auf ausreichender Länge (ca. 5 cm) von der Isolierung zu befreien.

Der Inbetriebnahme steht nun nichts mehr im Wege.

## Stückliste Bio-Feedback Hautwiderstands-Frequenzumsetzer

### Halbleiter

IC 1	.....	TLC 271
IC 2	.....	RC 4152
T 1	.....	2N3019
D 1	.....	LED, 5 mm, rot
D 2, D 3	.....	1N4148

### Kondensatoren

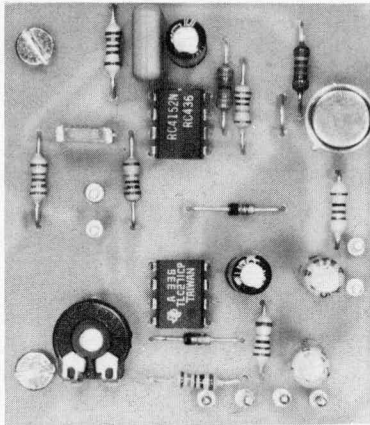
C 1, C 6	.....	10 $\mu$ F/16 V
C 2, C 5	.....	1 $\mu$ F/16 V
C 3	.....	10 nF
C 4	.....	22 nF

### Widerstände

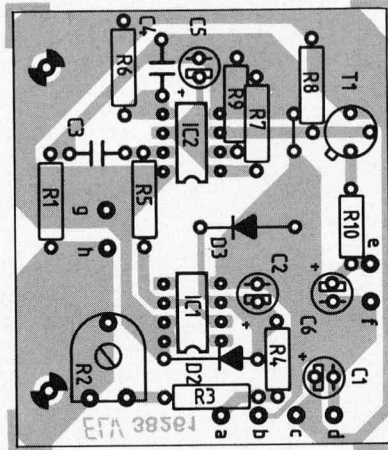
R 1	.....	2,2 k $\Omega$
R 2	.....	5 M $\Omega$ , Trimmer liegend
R 3	.....	10 k $\Omega$
R 4, R 5	.....	100 k $\Omega$
R 6	.....	6,8 k $\Omega$
R 7	.....	100 k $\Omega$
R 8	.....	5,6 k $\Omega$
R 9	.....	15 k $\Omega$
R 10	.....	470 $\Omega$

### Sonstiges

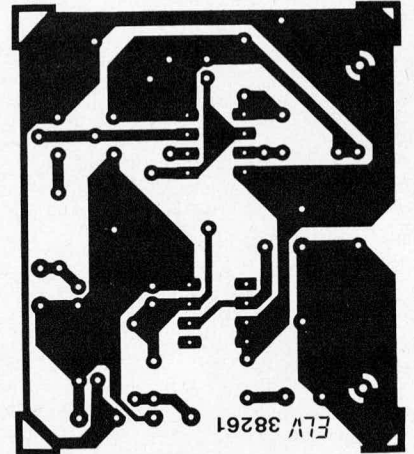
- 1 Lautsprecher 57 mm  $\varnothing$
- 8 Lötstifte
- 1 Kippschalter 1 x um
- 1 Batterieclip 9 V
- 30 cm isolierter Schelddraht
- 2 Schrauben M 3 x 6 mm



Ansicht der fertig bestückten Platine



Bestückungsseite der Platine



Leiterbahnseite der Platine

# Wechselrichter der vierten Generation

## 12 V =/220 V ~/80 VA



**Mit einer Leistung von 60/80 VA deckt dieser voll elektronische, digital geregelte Wechselrichter bei gutem Wirkungsgrad einen großen Teil der im Camping- und Freizeitbereich anfallenden Versorgungsaufgaben ab.**

### Allgemeines

Wechselrichter, die eine Eingangsspannung von meistens 12 V (z. B. Autoakku) in eine Wechselspannung von 220 V umsetzen, gibt es bereits seit mehreren Jahrzehnten.

In der ersten Generation wurden die Wechselrichter über einen mechanischen Kontakt gesteuert, der in der gewünschten Frequenz von meistens 50 Hz elektrisch erregt wurde. Die hohen auftretenden Schaltströme haben die Lebensdauer der Schaltkontakte stark begrenzt, worunter auch die Zuverlässigkeit entsprechender Geräte zu leiden hatte.

Die zweite Generation war dann schon erheblich zuverlässiger, dank dem Einsatz der Halbleitertechnik, die seit ca. 2 Jahrzehnten entsprechende Schalttransistoren zur Verfügung stellt. Die Ansteuerung erfolgt im einfachsten Fall dabei über eine zusätzliche Rückkopplungswicklung, die auf dem Transformator aufgebracht wurde. Sowohl die Frequenz- als auch die Ausgangsspannungskonstanz sind bei diesem Verfahren jedoch von eingeschränkter Stabilität.

Durch den Einsatz moderner Elektronik wurde es dann bald möglich, eine dritte Generation von Wechselrichtern ins Leben zu rufen, die über eine elektronische Steuerung zur Frequenzstabilisierung und ggf. sogar Spannungsstabilisierung verfügen.

In der vierten, neuesten Generation gibt es nun zwei unterschiedliche Techniken.

Zum einen sind dies die qualitativ besonders hochwertigen Sinus-Wechselrichter, die eine aufwendige elektronische Steuerung und Regelung besitzen, mit deren Hilfe eine annähernd sinusförmige Ausgangsspannung erzeugt wird, die sowohl hinsichtlich Frequenz- als auch Spannungskonstanz professionellen Anforderungen genügt.

Aus technischer Sicht gesehen bieten diese Geräte praktisch nur Vorteile. Ein Wertmispotenzial liegt jedoch in ihrem Preis. Da

nicht nur ein Wandlertransformator, sondern zusätzlich eine Spezialdrossel entsprechender Größe sowie hohe Kapazitätswerte erforderlich sind, ist die Produktion dieser Wechselrichter verhältnismäßig teuer. Das Ergebnis ist allerdings auch entsprechend hochwertig. Wird die Leistung ausreichend gewählt, sind die Anwendungsmöglichkeiten dieser Geräte praktisch unbegrenzt.

Eine weitere, vollkommen andere Möglichkeit, einen Wechselrichter der neuesten vierten Generation aufzubauen, besteht nach dem Prinzip der Tastlückensteuerung, ebenfalls unter Einsatz modernster komfortabler Elektronik. Mit Hilfe dieses Schaltungsprinzips ist die Möglichkeit gegeben, den echten Effektivwert der Ausgangsspannung elektronisch sehr gut konstant zu halten, wobei eine zusätzliche Quarzsteuerung zur exakten Konstanthaltung der Ausgangsfrequenz dient.

Der Vorteil in dieser Schaltungstechnik liegt darin, daß außer dem Wandlertrafo weder eine Spezialinduktivität (Drossel) noch teure Kapazitäten benötigt werden. Die Schaltung ist daher verhältnismäßig günstig aufzubauen. Ein Nachteil gegenüber den Sinus-Wechselrichtern liegt jedoch darin, daß der Kurvenverlauf der Ausgangsspannung nicht sinusförmig ist, sondern einen nennenswerten Oberwellengehalt besitzt.

In weiten Anwendungsbereichen, wie z. B. bei Glühlampen, Elektromotoren sowie zahlreichen elektronischen Geräten, spielt dies keine Rolle, zumal der echte Effektivwert der Ausgangsspannung konstant gehalten wird. Dies macht sich u. a. angenehm bemerkbar, da z. B. Glühlampen unabhängig von dem Belastungszustand des Wechselrichters immer mit konstanter Helligkeit leuchten. Lediglich bei Geräten, die unbedingt zur Versorgung eine sinusförmige Wechselspannung benötigen, können mit diesen Wechselrichtersystemen nicht

betrieben werden. Dies dürfte jedoch eine zu vernachlässigende Minderheit der für den privaten Gebrauch zum Einsatz kommenden Geräte sein.

### Funktionsweise

Erstmals wurde das Prinzip der automatischen Tastlückensteuerung von ELV beim großen 300/400 VA-Wechselrichter („ELV Journal“ Nr. 21) vor ca. 3 Jahren angewandt und hat sich inzwischen tausendfach bewährt.

Ein Teilbetrag der Ausgangsspannung wird über den echten Effektivwertkoppler des Typs EF 2105 abgegriffen und in einen äquivalenten Strom umgesetzt. Mit Hilfe dieses Steuergleichstromes wird über einen nachgeschalteten Regelverstärker die Impulsbreite der Ansteuerimpulse für die Endstufe geregelt. Anders ausgedrückt bedeutet dies, daß die Tastlücke zwischen den Impulsen für die Aussteuerung der positiven und negativen Halbwelle automatisch geregelt wird.

Würde z. B. durch steigende Belastung die Ausgangsspannung sinken, so hätte dies automatisch eine Korrektur der Regelelektronik zur Folge, die die Tastlücke verkleinert und somit die Ansteuerimpulsbreite sowohl der positiven als auch der negativen Halbwelle erhöht. Hierdurch ergäbe sich wiederum eine Erhöhung der Ausgangsspannung, so daß der ursprüngliche Zustand wieder hergestellt wäre. Da die Regelvorgänge sehr schnell ablaufen, ist für das menschliche Auge die Helligkeitsänderung einer angeschlossenen Glühlampe praktisch kaum wahrnehmbar.

Mit drei Leuchtdioden wird die Eingangsspannung überwacht (Unterspannung, Normalspannung, Überspannung). In gleicher Weise erfolgt auch die Überwachung der Ausgangsspannung hiervon vollkommen unabhängig.

Darüber hinaus besitzt das Gerät auf der Frontplatte vier weitere Leuchtdioden, die

einen evtl. Störfall signalisieren (Übertemperatur der Elektronik, Übertemperatur des Transformators, Überlastung der Endstufe sowie Störung der Elektronik).

Zwei weitere Leuchtdioden dienen der Betriebszustandskontrolle (Ein, Stand-by).

Zur Inbetriebnahme wird zunächst der Schalter „Ein-Aus“ in Stellung „Aus“ gebracht und der Stand-by-Schalter in Stellung „Stand-by“.

Jetzt kann die Versorgungsspannung im Bereich von 10 V bis 15 V an die Eingangsklemmen angeschlossen werden.

Es fließt jetzt bereits ein Strom von einigen wenigen mA. Nach einer kurzen Pause von mindestens 5 Sekunden nach Anlegen der Betriebsspannung, kann das Gerät über den Schalter „Ein-Aus“ in Betrieb genommen werden. Auf der Anzeige muß dann die LED zur Eingangsspannungskontrolle „Normal“ aufleuchten, die LED „Stand-by“ sowie die LED „Unterspannung“ der Ausgangsspannungskontrolle. Alle übrigen LED's müssen erloschen sein.

In diesem Zustand liegt die Stromaufnahme der gesamten Schaltung bei ca. 20 bis 30 mA.

Wird der Stand-by-Schalter nun in Stellung „Ein“ gebracht, erlischt die LED „Stand-by“ und die LED „Ein“ leuchtet auf.

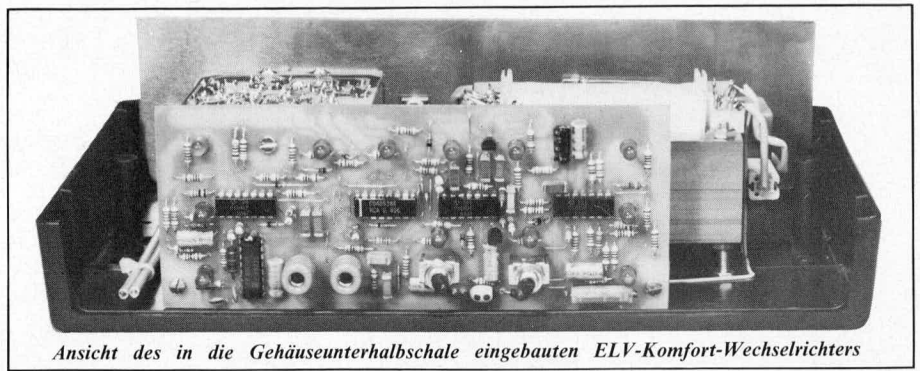
Bei korrekter Funktion des Gerätes stellt sich am Ausgang sofort eine 50 Hz-Wechselspannung mit einem echten Effektivwert von 220 V ein. Die LED „Unterspannung“ zur Ausgangsspannungskontrolle erlischt und die LED „Normal“ leuchtet auf. Das Gerät ist betriebsbereit.

Ohne angeschlossene Belastung liegt die Stromaufnahme der Schaltung bei ca. 0,5 A. Erreicht werden konnte dieser niedrige Wert über eine elektronisch geregelte Basis-Stromzuführung der Endstufentransistoren. Durch eine im ELV-Labor entwickelte neue Schaltung wird den Endstufentransistoren nur soviel Basisstrom zugeführt, wie sie zum einwandfreien Schalten benötigen, und zwar für jeden auftretenden Betriebszustand optimiert. Das Durchschalten der Endstufentransistoren ist bei der hier angewandten Schaltungstechnik kein einfacher Steuervorgang, sondern es findet in einem hochwertigen geschlossenen Regelkreis zu jedem Zeitpunkt eine Optimierung des Basisstromes statt. Auf diese Weise konnte zum einen der Leistungsverbrauch des Wechselrichters, besonders im Teillast- und Leerlaufbetrieb erheblich gesenkt und zum anderen die Erwärmung und die Geräuschbildung vermindert werden.

Alles in allem also ein komfortables Gerät.

### Zur Schaltung

Auf den ersten Blick sieht das Schaltbild recht aufwendig aus. In der Tat ist für den Aufbau des hier vorgestellten vollelektronisch, digital gesteuerten Wechselrichters verhältnismäßig viel Elektronik erforderlich, besonders dann, wenn man berücksichtigt, daß ein Wechselrichter mit zwei Transistoren, einem Transformator sowie einigen wenigen zusätzlichen passiven Bauelementen aufbaubar ist.



Ansicht des in die Gehäuseunterhalbschale eingebauten ELV-Komfort-Wechselrichters

Sieht man sich die Sache jedoch genauer an, stellt man fest, daß die wesentlichen Kosten, die einen praxisgerechten Wechselrichter ausmachen, im Transformator, in der Endstufe sowie im Gehäuse stecken. Selbst ein Einsatz von 16 Operationsverstärkern wie in dem hier vorliegenden Gerät, ergibt nur einen geringen Kostenanteil (16 OP's entsprechen 4 Stück LM 324, die zusammen noch nicht einmal DM 10,00 kosten).

Da der gesamte Elektronik-Teil fast ausschließlich mit sehr preiswerten Bauelementen bestückt wurde, ist der Nachbau dieses besonders hochwertigen elektronischen Wechselrichters verhältnismäßig preiswert.

Ein Teilbetrag der Ausgangsspannung gelangt auf den Eingang des echten Effektivwert-Wandlers des Typs EF 2105. Der Ausgang ist in Reihe zu den Vorwiderständen R 94, R 95 geschaltet und liefert einen Steuerstrom, der über den elektronischen Schalter EES 3 sowie R 84 auf den Eingang (Pin 13) des OP 14 gelangt.

In Verbindung mit der entsprechenden Zusatzbeschaltung steuert der Ausgang des OP 14 (Pin 14) über R 75 das Gate des FET des Typs 2N5460 so an, daß die mit OP 11 und OP 12 jeweils erzeugte Impulsbreite den Erfordernissen entspricht. Hierauf gehen wir zu einem späteren Zeitpunkt noch näher ein.

Die beiden letztgenannten Operationsverstärker arbeiten als Komparatoren und vergleichen die an ihren Eingängen Pin 13 bzw. Pin 10 anliegende und über T 1 gesteuerte Referenzspannung mit einer sägezahnförmigen an Pin 9 bzw. Pin 12 anliegenden 50 Hz-Wechselspannung.

Je nach Größe der an Pin 10 bzw. Pin 13 anliegenden Referenzspannung, schalten die Komparatoren OP 11 bzw. OP 12 früher oder später, wodurch sich eine Änderung der Impulsbreite ergibt.

Die sägezahnförmige 50 Hz-Steuerspannung wird mit Hilfe des Oszillator-/Teiler-IC 1 des Typs CD 4060 erzeugt. Die quartzgesteuerte Oszillatorfrequenz von 25,6 kHz wird soweit heruntergeteilt, daß an Pin 13 eine 50 Hz-Rechteckspannung mit einem Tastverhältnis von exakt 1:1 ansteht.

Über R 75/C 26 wird daraus die bereits erwähnte 50 Hz-Wechselspannung, die einen sägezahnförmigen Verlauf aufweist. Genaugenommen folgt der Kurvenverlauf einer e-Funktion. Dies ist jedoch für die korrekte Funktion der Schaltung vollkommen unerheblich.

Über OP 11 und OP 12 werden die elektronischen Schalter EES 1 und EES 2 im 50 Hz-Rhythmus entsprechend der erforderlichen Impulsbreite angesteuert.

Diese beiden Schalter finden wir im oberen Teil des Schaltbildes wieder, und zwar in Verbindung mit den OP's 4 und 6.

Da die Funktionsweise von OP 2, 5, 6 mit Zusatzbeschaltung vollkommen identisch ist mit der Funktionsweise von OP 1, 3, 4, wollen wir uns auf die Beschreibung der letztgenannten OP's beschränken.

In der eingezeichneten Stellung von EES 1 und EES 2 liegen die beiden nicht invertierenden Eingänge der OP's 4 und 6 über dem jeweiligen Vorwiderstand und dem entsprechenden elektronischen Schalter auf Massepotential (0 V).

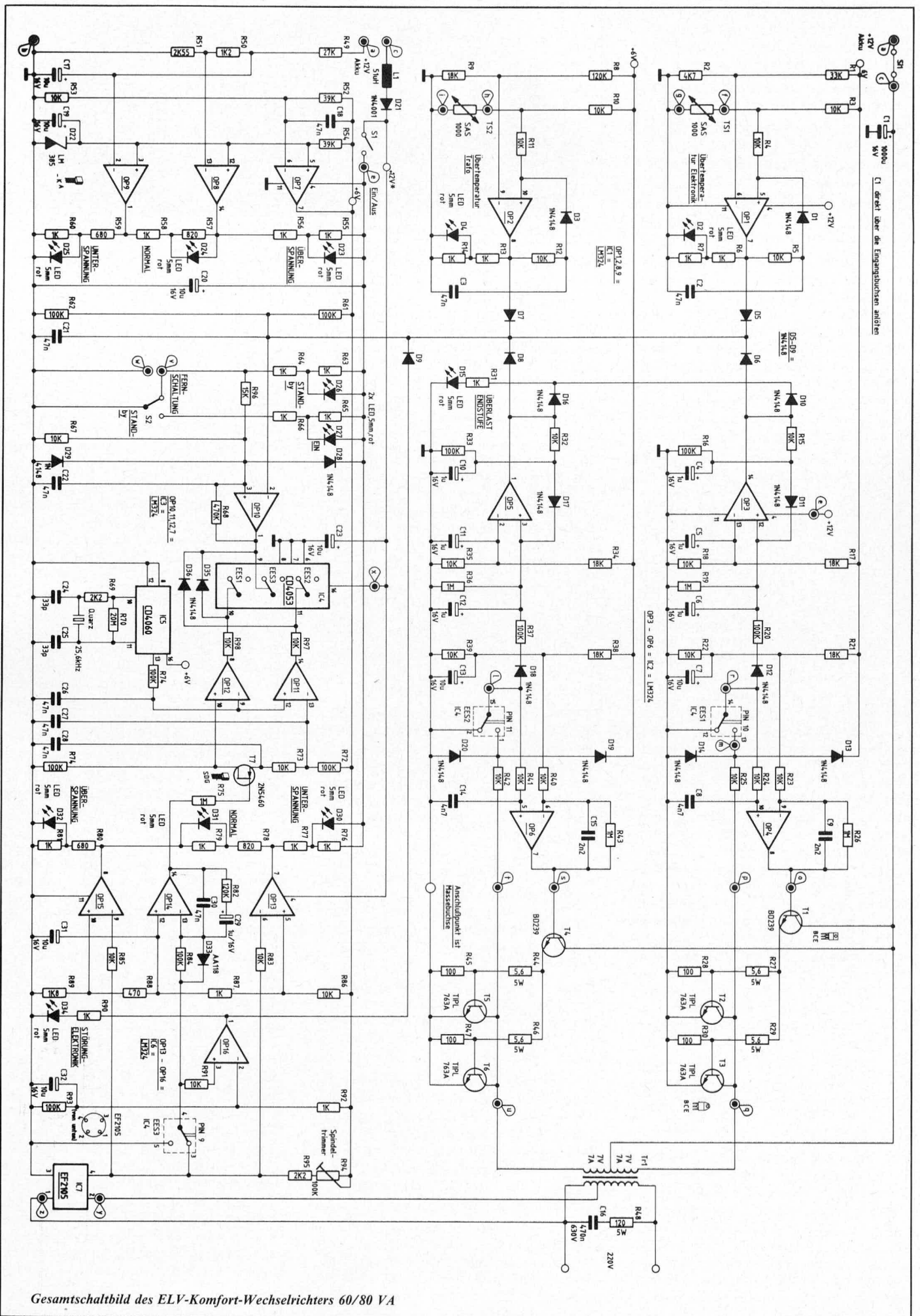
Über R 23 wird die mit R 21/R 22 erzeugte Referenzspannung von ca. 2 V auf den invertierenden (-) Eingang des OP 4 (Pin 9) gegeben. Dieser Eingang ist somit positiver als der nicht invertierende (+) Eingang (Pin 10 des OP 4). Der Ausgang des OP 4 (Pin 8) führt daher ca. 0 V, so daß der Treiber-Transistor gesperrt ist und die Endstufentransistoren keinen Basisstrom erhalten. Sie sind ebenfalls gesperrt.

Wird durch einen Steuerimpuls des OP 12 (Pin 8 auf ca. + 10 V) der Schalter EES 1 in die entgegengesetzte Position gebracht, gelangt die auf hohem Potential befindliche Kollektorspannung der gesperrten Endstufentransistoren über R 25, EES 1 sowie R 24 auf den nicht invertierenden (+) Eingang des OP 4 (Pin 10). D 13 und D 14 stellen hierbei einen zuverlässigen Schutz vor Überspannungsspitzen dar.

Durch das Umschalten von EES 1 wird jetzt ein Regelvorgang eingeleitet, der zur Folge hat, daß sich der Ausgang OP 4 (Pin 8) so einstellt, daß die über R 25, EES 1 sowie R 24 auf Pin 10 des OP 4 gelangende Kollektorspannung der Endstufentransistoren T 2 und T 3 gleich groß wird wie die über R 23 in Verbindung mit R 21 und R 22 an Pin 9 des OP 4 anliegende Referenzspannung (ca. 2 V).

Bei geringen Kollektorströmen reicht demzufolge auch ein kleiner Basisstrom aus, um eine Kollektor-Emitter-Restspannung von 2 V zu erzielen. Der Ausgang des OP 4 wird daher im Leerlaufbetrieb während der Einschaltphasen bei ca. 2 V liegen, während im Vollastbetrieb die Ausgangsspannung des OP 4 während der Einschaltphasen auf ca. 10 V ansteigt.

Sobald der Steuerimpuls des OP 12 an Pin 10 des Schalter-IC's 4 beendet ist (Aus-



Gesamtschaltbild des ELV-Komfort-Wechselrichters 60/80 VA



gang des OP 12 Pin 8 wieder auf ca. 0 V), nimmt der elektronische Schalter EES 1 wieder die eingezeichnete Position ein.

Hierdurch wird Pin 10 des OP 4 über R 24 auf Masse gelegt und der Ausgang des OP 4 (Pin 8) schaltet auf ca. 0 V. Hierdurch werden sowohl der Treiber-Transistor T 1 als auch die Endstufentransistoren T 2 und T 3 gesperrt.

Es folgt eine kurze Pause (Tastlücke) bis für die zweite Halbwelle der Ausgang des OP 11 (Pin 14) den Schalter EES 2 (Pin 11 des IC 4) ansteuert und die zweite Hälfte der Endstufe über OP 6 durchsteuert.

Das wechselweise Durchschalten mit entsprechenden Einschaltpausen (Tastlücken) erfolgt im 50 Hz-Rhythmus, d. h. 50 x pro Sekunde veranlaßt EES 1, die obere Hälfte der Endstufe zum Durchsteuern, während jeweils darauffolgend ebenfalls 50 x pro Sekunde EES 2 die untere Hälfte der Endstufe durchsteuern läßt.

Die Regelung der Impulsbreite (Tastlücke + Impulsbreite = 10 ms) erfolgt in Abhängigkeit des echten Effektivwertes der Ausgangsspannung, die über den echten Effektivwert-Wandler des Typs EF 2105 rückgekoppelt und dem Regelkreis, bestehend aus OP 14 mit Zusatzbeschaltung, zugeführt wird.

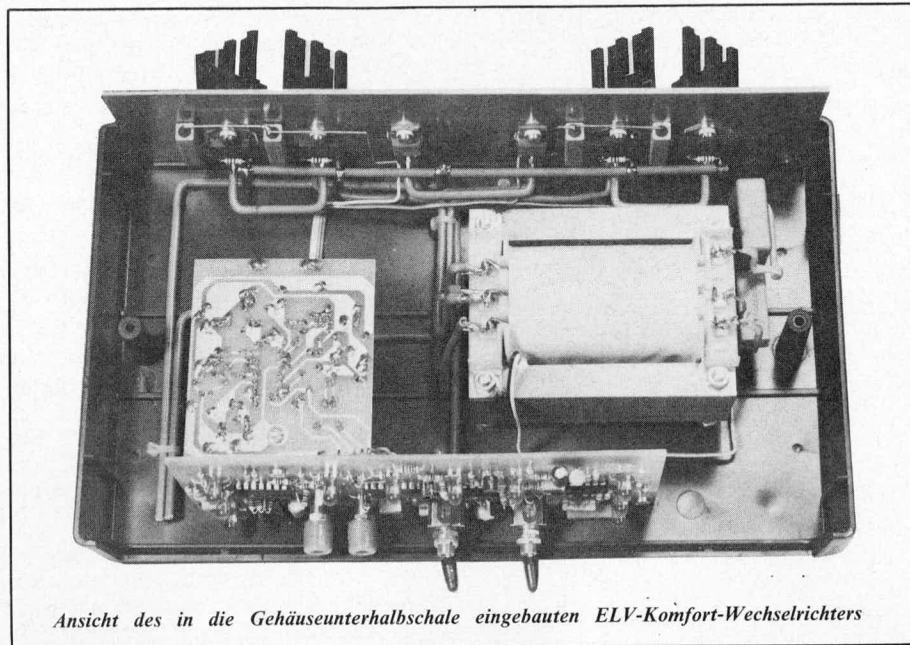
Eine Vergrößerung der Belastung des Ausgangs hätte im allgemeinen ein Absinken der Ausgangsspannung zur Folge. Dies wird über den EF 2105 registriert und an den Regelverstärker weitergeleitet, der daraufhin über R 75 den FET T 7 etwas weiter durchsteuern läßt, wodurch die Komparatoren OP 11, 12 ihre Schaltschwellen dahingehend verändern, daß die Impulsbreite erhöht wird und die Ausgangsspannung wieder ansteigt.

Durch die präzise und schnelle Regelung der Elektronik wird die Ausgangsspannung exakt konstant gehalten.

OP 3 (und für die zweite Endstufe OP 5) dient in Verbindung mit seiner Zusatzbeschaltung zur Überwachung des Restspannungsabfalles an der Kollektor-Emitter-Strecke der Endstufentransistoren T 2 und T 3. Sobald die über OP 4 vorgegebene Restspannung an den Endstufentransistoren um ca. 1 V oder mehr überschritten wird, schaltet der Ausgang des OP 3 (Pin 14) von ca. 0 V auf ca. 10 V und steuert über D 6 den invertierenden (-) Eingang des OP 10 (Pin 2) auf „high“, wodurch der Ausgang (Pin 1) auf ca. 0 V geht. Der Schalter EES 3 wird in die entgegengesetzte Position gebracht und der Regelkreis im Eingang des OP 14 wird auf Masse geschaltet. Dies bewirkt eine Unterbrechung der Steuerimpulse, da über OP 14 T 7 vollständig gesperrt wird.

In gleicher Weise kann OP 5, der zur Überwachung der zweiten Endstufenhälfte dient, über D 8 die Sperrung der Elektronik auslösen.

OP 1 dient in Verbindung mit seiner Zusatzbeschaltung sowie dem Temperatursensor TS 1 der Temperaturüberwachung der Gehäuseinnentemperatur. Sobald hier durch Sonneneinstrahlung oder Überhitzung der sonstigen Elektronik die Tempe-



Ansicht des in die Gehäuseunterhalbschale eingebauten ELV-Komfort-Wechselrichters

raturen unzulässig hohe Werte annehmen, wird über D 5, OP 10 und damit die Steuer-elektronik gesperrt.

In gleicher Weise überwacht OP 2 mit seiner Zusatzbeschaltung in Verbindung mit dem Temperatursensor TS 2 die Transformortemperatur und löst ggf. über D 7 die Sperrung aus.

Eine weitere Kontrollfunktion übernimmt OP 16 mit seiner Zusatzbeschaltung, der eine Fehlfunktion der Regelelektronik oder auch eine Unterbrechung des EF 2105 registriert und über D 9 eine Sperrung auslöst.

Mit dem Schalter S 1 wird die gesamte Elektronik mit Ausnahme der IC's 4 und 6, die ständig an der Versorgungsspannung liegen, eingeschaltet.

Mit dem Schalter S 2 kann anschließend entweder die Schaltung in Betrieb genommen oder aber in den stromsparenden Stand-by-Betrieb gebracht werden. In letztgenannter Betriebsversion sind sämtliche Überwachungs- und Kontrollfunktionen der Schaltung in Betrieb. Lediglich die Endstufe ist gesperrt.

Die Anschlußbuchsen „v“ und „w“ dienen der externen Fernsteuerung, d. h. der Umschaltung zwischen Normal- und Stand-by-Betrieb.

S 2 ist hierzu in Stellung „Ein“ zu bringen. Sobald die Anschlußpunkte „v“ und „w“ überbrückt werden, geht die Schaltung automatisch in „Stand-by“. Nach Öffnen der Verbindung arbeitet die Schaltung augenblicklich wieder im Normalbetrieb.

Die Stabilisierung der 6 V-Versorgungsspannung erfolgt über das Präzisions-Referenzspannungselement des Typs LM 385 in Verbindung mit OP 7. Die Beschaltung ist so gewählt, daß sich am Ausgang des OP 7 (Pin 7) eine zur Versorgung der Elektronik geeignete temperaturkonstante Spannung von ca. 6 V einstellt.

OP 8 und OP 9 sind als Komparatoren zur Eingangsspannungsüberwachung geschaltet, während OP 13 und OP 15 ebenfalls als Komparatoren die Ausgangsspannung überwachen. Dies erfolgt allerdings nicht

direkt am Ausgang, sondern über den echten Effektivwert-Umsetzer EF 2105, an dessen Ausgangsseite die Regelspannung als Maß für die Ausgangsspannung abgefragt wird.

Der Ausgang des Wandlertrafos ist mit einer RC-Kombination beschaltet, die den Oberwellenanteil dämpft.

### Zum Nachbau

Obwohl es sich um eine aufwendige Schaltungstechnik handelt, gestaltet sich der Nachbau verhältnismäßig einfach.

Zunächst werden die beiden Leiterplatten anhand der Bestückungspläne in gewohnter Weise bestückt.

Die Verbindung der beiden Platinen erfolgt über einen kleinen Alu-Winkel sowie zwei Schrauben M 3 x 8 mm mit zwei Muttern M 3. Zu beachten ist, daß der kleine Alu-Winkel keine Leiterbahnen kurzschließt.

Anschließend werden die entsprechenden zueinander gehörenden Leiterbahnen der Platinen miteinander verlötet.

Anhand des Fotos der Innenansicht des fertig aufgebauten Gerätes läßt sich die Positionierung der Endstufen und Treiber-Transistoren auf der Aluminium-Rückplatte gut erkennen. Beide Endstufentransistoren einer jeden Endstufenhälfte werden jeweils so angeordnet, daß die Bohrungen mit den beiden Befestigungsbohrungen des dahinterliegenden Fingerkühlkörpers übereinstimmen. Hierdurch wird eine gute Kühlung der Transistoren gewährleistet.

In diesem Zusammenhang ist besonders darauf zu achten, daß sämtliche Transistoren, die an der leitenden Aluminium-Rückwand befestigt werden, sorgfältig über Glimmerscheiben und Isoliernippel von der Rückwand elektrisch getrennt sind.

Vor der Inbetriebnahme des Gerätes empfiehlt es sich hier, mit einem Ohmmesser sich Gewißheit zu verschaffen, ob nicht versehentlich eine leitende Verbindung zwischen Transistoren und Rückwand aufgetreten ist.

Die 5 W-Basis-Vorwiderstände sowie die

100 Ohm-Basis-Emitter-Ableitwiderstände, werden direkt an der Gehäuserückwand verdrahtet.

Anschließend werden alle vier Emittoren der Endstufentransistoren über möglichst kurze flexible isolierte Leitungen mit der negativen Eingangsspannung-Versorgungsbuchse verbunden. Von dieser Buchse wird ebenfalls eine flexible isolierte Leitung zum Platinenanschlußpunkt „b“ geführt.

Von der positiven Versorgungsspannungsbuchse geht eine möglichst kurze flexible isolierte Leitung an den Platinenanschlußpunkt „a“.

Vom Platinenanschlußpunkt „c“ wird dann eine flexible isolierte Leitung direkt zur Mittelanzapfung der Transformatorrenniederspannungswicklung geführt.

Alle vorstehend beschriebenen Leitungen sollten einen Querschnitt von mindestens 1,5 mm<sup>2</sup> (eher mehr) aufweisen.

Die Platinenanschlußpunkte „a“ und „c“ sind über eine ca. 15 mm lange Drahtbrücke miteinander verbunden. Diese Drahtbrücke besteht aus einem einfachen Draht mit einem Durchmesser von 0,5 mm, der als Kurzschlußsicherung dient. Der Einfachheit halber schneidet man ein ca. 20 mm langes entsprechendes Drahtstück von einer Diode des Typs IN4148 ab, das einen entsprechenden Drahtdurchmesser besitzt. Durch diese etwas ungewöhnliche Absicherung erreicht man im Gegensatz zum Einbau eines Sicherungshalters einen reduzierten Innen- und Übergangswiderstand.

Ein einfaches Auswechseln dieser ungewöhnlichen Sicherung ist nicht erforderlich, da die Schaltung aufgrund ihrer aufwendigen Elektronik sowohl vor Fehlbedienungen als auch Überlastungen weitgehend geschützt ist. Sollte aufgrund eines Defektes die vorstehend beschriebene Sicherung tatsächlich einmal ansprechen, muß das Gerät ohnehin von einem sachkundigen Fachmann überprüft und instandgesetzt werden, da der Sicherungsdraht normalerweise nur dann schmilzt, wenn ein echter Schaltungsdefekt vorliegt. Beide Kollektoren einer jeden Endstufenhälfte werden jeweils miteinander verbunden und über eine ebenfalls möglichst kurze flexible isolierte Leitung mit ausreichendem Querschnitt an die Niederspannungsseite des Wandlertrafos angeschlossen. Welche Endstufenhälfte an welche Wicklungsseite angelegt wird, ist hierbei gleichgültig.

Darüber hinaus werden die beiden miteinander verbundenen Kollektoren einer jeden Endstufenhälfte mit flexiblen isolierten Leitungen, deren Querschnitt von untergeordneter Bedeutung ist, an die zugehörigen Platinenanschlußpunkte „p“ sowie „t“ geführt. Wichtig ist hierbei, daß die Verbindungen nicht miteinander vertauscht werden und daß T 2/T 3 an den Platinenanschlußpunkt „p“ und nicht versehentlich an den Platinenanschlußpunkt „t“ gelegt werden.

Nun ist noch die Verbindung der Platinenanschlußpunkte „o“ mit der Basis von T 1 sowie „s“ mit der Basis von T 4 erforderlich.

Nachdem alle Verbindungen ordnungsgemäß durchgeführt wurden, ist noch der Temperatursensor TS 2 über zwei flexible isolierte Leitungen am Wandlertrafo anzubringen, und zwar so, daß sich ein möglichst guter Wärmekontakt (evtl. mit Hilfe von etwas Wärmeleitpaste) ergibt (am besten zwischen Wicklungspaket und Metallschenkel).

Der Temperatursensor TS 1 zur Überwachung der Temperatur der Elektronik, wird nach hinten ins Gehäuse weisend direkt auf die Platine gelötet.

Nachdem auch die übrige Verdrahtung mittels flexibler isolierter Leitungen vorgenommen wurde (Trafo, Steckdose, EF 2105), ist lediglich noch der Eingangs- und Ausgangskondensator mit Vorwiderstand anzuschließen.

Der zur Pufferung dienende Eingangselko (1.000 µF/16 V) wird direkt über die beiden Eingangsspannungsklemmen gelötet, während der Ausgangskondensator (470 nF/630 V) an der einen Seite direkt und an der anderen Seite über einen 120 Ω/5 W-Widerstand mit der Ausgangsseite des Wandlertrafos verbunden wird.

### Ableich

Nachdem der Aufbau nochmals sorgfältig kontrolliert und überprüft wurde, kann die Schaltung mit Spannung versorgt werden.

Zweckmäßigerweise befinden sich die Schalter S 1 und S 2 zunächst in Stellung „Aus“ bzw. „Stand-by“.

Über ein Amperemeter wird der Schalter S 1 überbrückt.

Die Stromaufnahme sollte im Bereich von 20 bis 30 mA liegen (kleiner 50 mA).

Als nächstes empfiehlt es sich, die Versorgungsspannung der Elektronik an Pin 7 des OP 7 zu überprüfen. Sie sollte zwischen 5,8 V und 6,2 V liegen.

Sofern auch die Leuchtdioden keine Störung anzeigen, kann der Schalter S 2 in Stellung „Ein“ gebracht werden.

Sollte einmal eine Stör-LED aufleuchten, so ist S 1 in Stellung „Aus“ zu bringen und erst nach einer Pause von ca. 5 Sekunden erneut einzuschalten.

Die LED's zur Ausgangsspannungsüberwachung müßten jetzt „Normalspannung“ anzeigen.

Eine Glühlampe mit einer Leistung von 15 bis 40 W, sollte jetzt probeweise an den Ausgang gelegt werden.

Mit dem Spindeltrimmer R 94 wird die Helligkeit dieser Lampe so eingestellt, daß sie gleiche Werte annimmt, wie beim Anschluß direkt an die 220 V-Netzwechsellspannung. Zur objektiven Kontrolle der Helligkeit kann hier ein Luxmesser gute Dienste leisten. Aber auch die subjektive Beurteilung gleicher Helligkeit ist mit guter Genauigkeit möglich, da sich schon bei geringen Schwankungen der Ausgangsspannung größere Helligkeitsunterschiede ergeben.

Dem Einsatz dieses qualitativ hochwertigen, außergewöhnlichen Wechselrichters steht nun nichts mehr im Wege.

### Stückliste Wechselrichter 12 V =/220 V~/60/80 VA

#### Halbleiter

IC 1-IC 3, IC 6	LM 324
IC 4	CD 4053
IC 5	CD 4060
IC 7	EF 2105
T 1, T 4	BD 239
T 2, T 3, T 5, T 6	TIPL 763 A
T 7	2N5460
D 1, D 3	IN4148
D 2, D 4	LED, 5 mm, rot
D 5-D 14	IN4148
D 15, D 23-D 27	LED, 5 mm, rot
D 16-D 20	IN4148
D 21	IN4001
D 22	LM 385
D 28, D 29	IN4148
D 30-D 32, D 34	LED, 5 mm, rot
D 33	AA 118
D 35, D 36	IN4148
TS 1, TS 2	SAS 1000

#### Kondensatoren

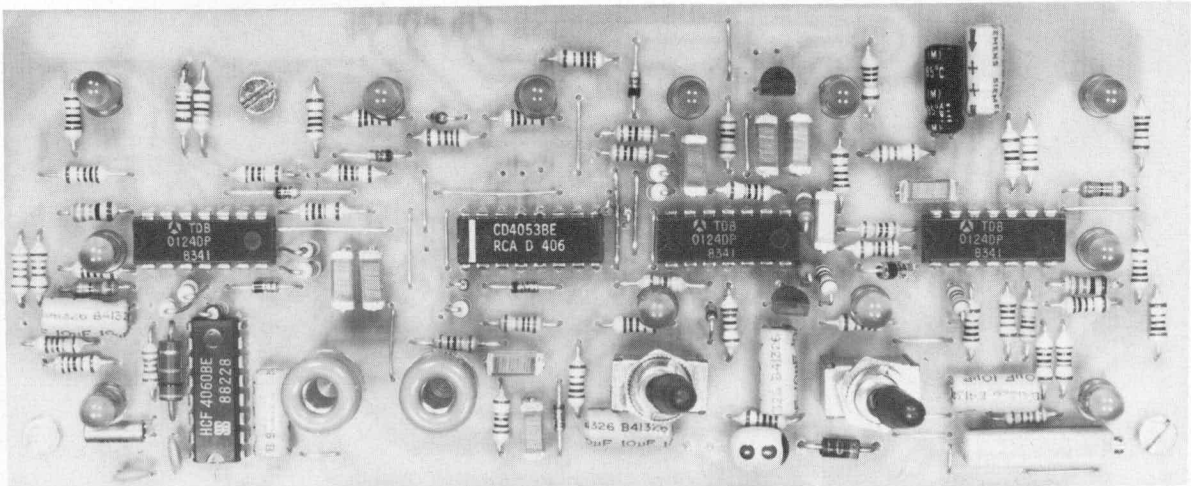
C 1	1000 µF/16 V
C 2, C 3	47 nF
C 4-C 6, C 10-C 12	1 µF/16 V
C 7, C 13	10 µF/16 V
C 8, C 14	4,7 nF
C 9, C 15	2,2 nF
C 16	470 nF/630 V
C 17, C 19, C 20	10 µF/16 V
C 18	47 nF
C 21, C 22	47 nF
C 23, C 31, C 32	10 µF/16 V
C 24, C 25	33 pF
C 26-C 28, C 30	47 nF
C 29	1 µF/16 V

#### Widerstände

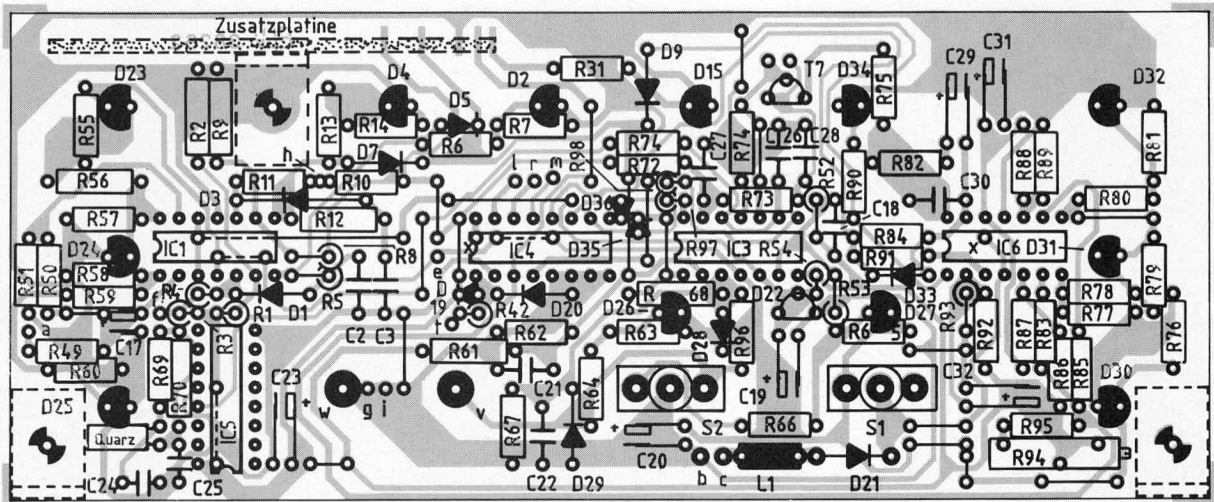
R 1	33 kΩ
R 2	4,7 kΩ
R 3-R 5, R 10-R 12	10 kΩ
R 6, R 7, R 13, R 14	1 kΩ
R 8	120 kΩ
R 9, R 17, R 21	18 kΩ
R 15, R 18, R 22	10 kΩ
R 16, R 20	100 kΩ
R 19, R 26, R 36, R 43	1 MΩ
R 23-R 25	10 kΩ
R 27, R 29, R 44, R 46	5,6 Ω/5 W, Hochlastwiderstand
R 28, R 30, R 45, R 47	100 Ω
R 31	1 kΩ
R 32, R 35	10 kΩ
R 33, R 37	100 kΩ
R 34, R 38	18 kΩ
R 39-R 42	10 kΩ
R 48	120 Ω/5 W, Hochlastwiderstand
R 49	27 kΩ
R 50	1,2 kΩ
R 51	2,55 kΩ
R 52, R 54	39 kΩ
R 53	10 kΩ
R 55, R 56, R 58, R 60	1 kΩ
R 57	820 Ω
R 59	680 Ω
R 61, R 62, R 72, R 74	100 kΩ
R 63-R 66	1 kΩ
R 67, R 73	10 kΩ
R 68	470 kΩ
R 69	2,2 kΩ
R 70	20 MΩ
R 75	1 MΩ
R 76, R 77, R 79, R 81	1 kΩ
R 78	820 Ω
R 80	680 Ω
R 82	120 kΩ
R 83, R 85, R 86	10 kΩ
R 84, R 93	100 kΩ
R 87, R 90, R 92	1 kΩ
R 88	470 Ω
R 89	1,8 kΩ
R 91	10 kΩ
R 94	100 kΩ, Spindeltrimmer
R 95	2,2 kΩ
R 96	15 kΩ
R 97, R 98	10 kΩ

#### Sonstiges

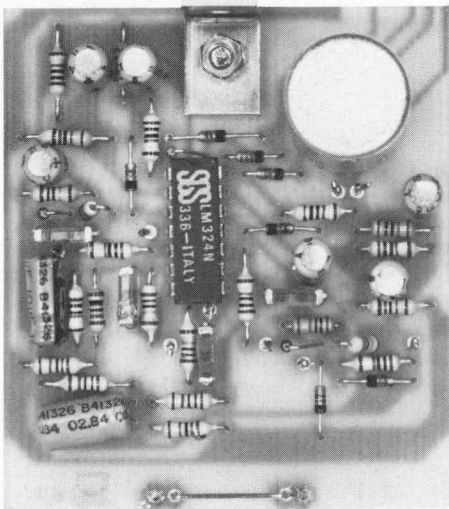
1 Trafo	prim: 2 x 7 V/7 A sek: 220 V/80 VA mit 5 V-Anzapfung
2 Kippschalter	1 x um
1 Drossel	51 µH
1 Quarz	25,6 kHz
3 Befestigungswinkel	
6 Isolierrippel	
4 Glimmerscheiben	TOP 3
2 Glimmerscheiben	TO 220
20 Lötstifte	
4 Schrauben	M 4 x 55 mm
12 Muttern	M 4
4 Schrauben	M 3 x 6 mm
10 Schrauben	M 3 x 10
14 Muttern	M 3
30 cm isolierter Schaltdraht	2,5 mm <sup>2</sup>
100 cm flexible Leitung	2,5 mm <sup>2</sup>
50 cm Silberdraht	
150 cm isolierter Schaltdraht	
2 Lötösen	4,2 mm Ø



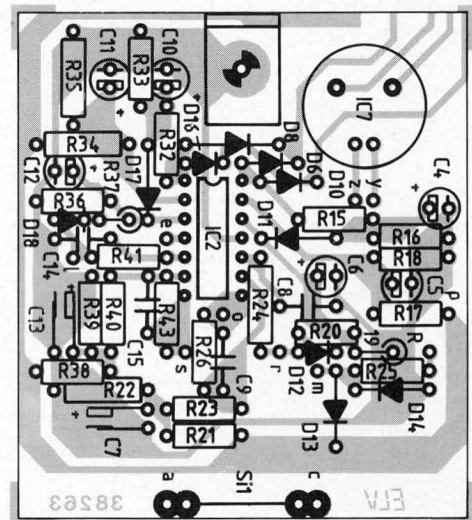
Ansicht der fertig bestückten Hauptplatine des ELV-Komfort-Wechselrichters 60/80 VA



Bestückungsseite der Hauptplatine des ELV-Komfort-Wechselrichters 60/80 VA



Ansicht der fertig bestückten Steuerplatine des ELV-Komfort-Wechselrichters 60/80 VA



Bestückungsseite der Steuerplatine des ELV-Komfort-Wechselrichters 60/80 VA

# ELV-Digital-Profi-Echogerät EG 1000



*Für die Musikbegeisterten unter unseren Lesern stellen wir Ihnen ein außergewöhnliches, professionellen Ansprüchen genügendes Echogerät vor, das aufgrund seines günstigen Preis-/Leistungsverhältnisses in Verbindung mit herausragenden technischen Daten sicherlich viele Freunde finden wird. Das Gerät arbeitet nach dem Delta-Modulations-Prinzip auf digitaler Basis und ermöglicht Verzögerungszeiten bis zu einer Sekunde bei hoher Bandbreite und großem Signal-/Rauschabstand.*

## Allgemeines

Mit dem ELV-Profi-Echogerät EG 1000 gehen die Wünsche vieler Leser, die ein preiswertes und doch hochwertiges Echogerät erwerben möchten, in Erfüllung.

Zunächst sei jedoch der Unterschied zwischen Echo und Hall kurz erläutert, da es hier immer wieder zu Mißverständnissen kommt:

Bei Echo wird eine vom Klang unveränderte Zwischenspeicherung vorgenommen und ebenso wiedergegeben, d. h. auch Sprache wird als solche in verständliche Form zurückgewandelt. Bei Hall hingegen werden Signale unterschiedlicher Laufzeiten wiedergegeben, wodurch Sprache nur noch als Geräusch oder Klang empfunden wird. Mit dem EG 1000 läßt sich auch ein hallähnlicher Effekt erzeugen, indem die Schalterstellung „Mehrfachecho“ in Verbindung mit einer Verzögerungszeit von ca. 80 bis 100 ms gewählt wird. Hierbei entstehen nach jedem Zeitdurchlauf immer wieder neue, sich aufaddierende Zeiten (z. B. 80 + 80 → 160 + 80 → 240 ms usw.).

Der Vergangenheit dürften Echogeräte mit Magnetbandaufzeichnungen sowie Hallgeräte mit langen Federspiralen (bis zu einem Meter) angehören. Auch hier hat die Digitaltechnik Einzug gehalten. Genau wie bei den elektromechanischen Vorgängern sind die Einsatzmöglichkeiten des EG 1000 nahezu unbegrenzt, wie z. B. für:

- Profi- und Hobby-Musiker, die Gesang und Musik akustisch verschönern möchten,
- Filmamateure, die ihren Aufnahmen

- eine besondere Note verleihen wollen,
- Einsatz in Diskotheken oder auch im eigenen Partykeller,
- nachträglicher Anschluß an eine einfache Heimorgel,
- Stimm- und Tonlageveränderungen, was jeder schon durch Drehen an einem Plattenspieler vonhand probiert hat und dabei mickymausähnliche Stimmen hörte.

Mit dem ELV-Profi-Echogerät EG 1000 können Tonsignale von ca. 60 ms bis zu 1 Sekunde verzögert und als einfaches oder mehrfaches Echo wiedergegeben werden. Bei mehrfachem Echo können Signale auch noch länger gehalten werden.

Das Gerät verfügt über zwei getrennt regelbare Eingänge. Eingang 1 ist von der Frontplatte zugänglich und zum Anschluß von dynamischen Mikrofonen geeignet. Eingang 2 ist an der Geräterückseite zugänglich und kann z. B. an Tonbandgeräte, Tuner, Musikinstrumente o. ä. angeschlossen werden. Dieser Eingang hat einen zusätzlichen Schalter (Verzögerung Ein/Aus), mit dem das anliegende Signal wahlweise mit oder ohne Echo zum Ausgang gelangt, während das vom Eingang 1 kommende Signal (Mikrofon) immer als Echo übertragen wird.

Die beiden Eingangspegel werden mit Hilfe der zugehörigen Frontplattenpotis eingestellt. Bei dieser Einstellung ist die Pegel-Leuchtdiode zu beachten. Sie soll rhythmisch zum Ton, aber keineswegs immer aufleuchten, um den bestmöglichen Ar-

beitspunkt des Analog-Digital-Wandlers auszunutzen.

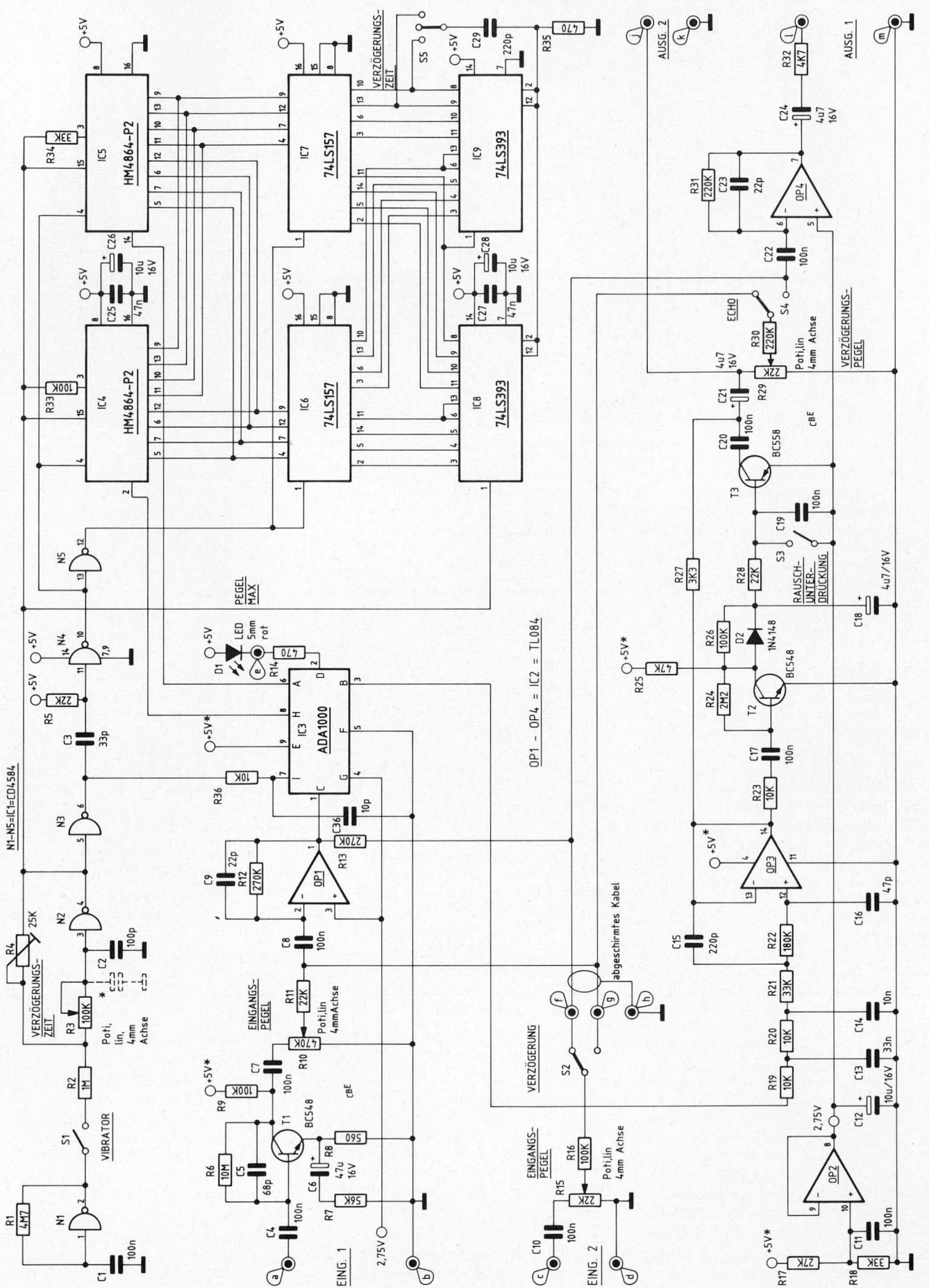
Die Ausgangsbuchse 1 befindet sich ebenso wie Eingang 2 an der Geräterückseite und kann an jeden handelsüblichen Verstärker angeschlossen werden.

Zusätzlich befindet sich die Ausgangsbuchse 2 an der Rückseite, die das einfach verzögerte Signal bei voller Amplitude abgibt.

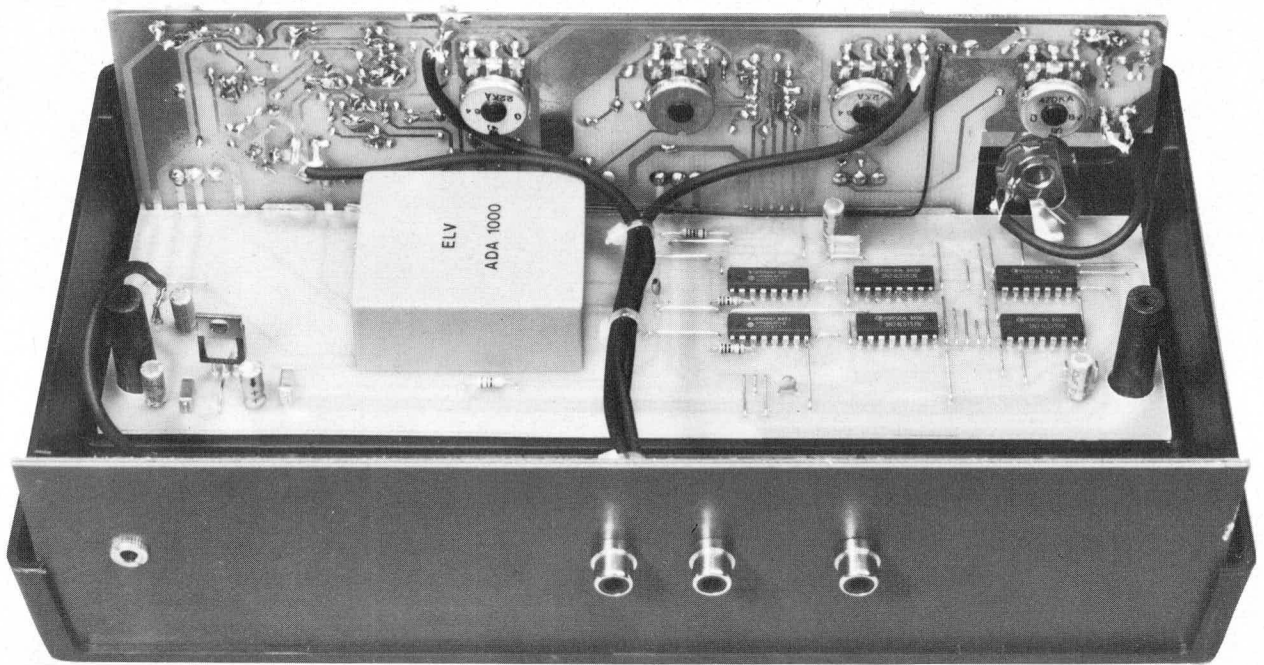
Die Echoverzögerungszeit kann grob, mit dem dreistufigen Schalter 62,5 - 250 - 125 ms und fein mit dem Poti 1-4 im Bereich von 62,5 bis 1000 ms eingestellt werden. Mit dem Poti „Verzögerungspegel“ wird die Stärke des Echos auf den Ausgang eingestellt. Mit dem Schalter-„Vibrator“ kann eine Frequenzmodulation des zu übertragenden Signales vorgenommen werden. Bei Sprache oder Musik ist dies allerdings kaum hörbar, daher dient diese Betriebsart hauptsächlich dafür, um frequenzstabile Signale, wie sie z. B. von einer einfachen Heimorgel geliefert werden, in ihrer Klangfülle zu bereichern.

Die Echoart kann mittels Schalter auf Einfach- oder Mehrfachecho gewählt werden. In Stellung „Mehrfach“ wird das Echosignal immer wieder auf den Eingang zurückgeführt, bis es allmählich abgeklungen ist. Die Stärke der Rückführung ist abhängig von der Stellung des Verzögerungspegelpotis. Wird dieses zuweit aufgedreht, so kann es zu einer Übersteuerung des Einganges führen.

Die Rauschunterdrückungsschaltung kann



Schaltbild des ELV-Digital-Profi-Echogerätes EG 1000



Rückansicht des in die untere Gehäusehalbschale eingebauten ELV-Digital-Prof-Echogerätes EG 1000

mit dem zugehörigen Schalter aktiviert werden. Bei großen Lautstärkeunterschieden sollte diese immer im Betrieb sein, da sie den Signal-Rauschabstand erheblich verbessert. Die Schaltung greift nur in Tonpausen ein, wodurch bei einer Signalübertragung die volle Qualität erhalten bleibt. Oft zeigt es sich, daß sogar alte Tonbandaufnahmen hierdurch verbessert werden.

### Funktionsprinzip

Die zu verarbeitenden Tonsignale werden immer über einen Vorverstärker dem Wandlermodul IC 3 zugeführt und dort in serielle Digital-Information umgewandelt. Eine am Wandlermodul angeschlossene Leuchtdiode zeigt den richtigen Arbeitspunkt an, um eine Übersteuerung zu vermeiden. Zwei dynamische Ram's (digitale Speicherbausteine), die hier als eine Art Schieberegister verwendet werden, übernehmen die gewünschte zeitliche Zwischenspeicherung. Beide Speicher besitzen jeweils 65 536 Speicherplätze, welche durch eine Zählerkette angesprochen werden. Zu jedem Arbeitstakt (Adresse) wird dem Speicher zunächst die alte Information entnommen, um anschließend den neuesten Wert einschreiben zu können. Erst nach Durchlauf aller 131 072 Adressen wird diese Information als verzögertes Signal wieder ausgelesen. Diese verzögerte Digital-Information wird auch dem bereits erwähnten Wandlermodul zugeführt, um dort in die eigentliche Analog-Information (Tonsignal) zurückgewandelt zu werden. Das Wandlermodul hat daher eine Doppelfunktion. Das zurückgewandelte Tonsignal wird dann einem aktiven Tiefpaßfilter zugeführt, um es dort von dem im Wandler entstandenen Oberwellenanteil zu befreien.

Zur zusätzlichen Verbesserung des Signal-Rauschabstandes passiert das Signal noch eine zuschaltbare Rauschunterdrückungsstufe, welche nur in Tonpausen aktiv ist. Von dort gelangt das Signal über einen Verstärker zur Ausgangsbuchse auf der

Geräterückseite, um einem externen Verstärker zugeführt werden zu können.

### Schaltungsprinzip

Wie bereits erwähnt, verfügt das Gerät über zwei getrennt regelbare Eingänge. Bevor die beiden Eingänge am Mischer und Vorverstärker OP 1 miteinander verbunden werden, wird Eingang 1 über die Transistorstufe T 1 auf den erforderlichen Pegel verstärkt.

Eingang 2 kann durch Schalter S 2 entweder an OP 1 (verzögert) oder an OP 4 (unverzögert) wahlweise betrieben werden. Das unverzögerte Gemisch von Eingang 1 mit Eingang 2 gelangt über R 13 zum Ausgangsverstärker OP 4, während das verzögerte Gemisch über R 29 (Verzögerungspotentiometer) und R 30 zu OP 4 gelangt. Weiterhin gelangt das verzögerte Signalgemisch von OP 1 in das Wandlermodul IC 3. Das Wandlermodul IC 3 hat insgesamt 3 Aufgaben: Es wandelt das am Eingang C liegende Analog-Signal in digitale Informationen um und gibt diese am Ausgang H ab.

Eine Eingangsspannungsüberwachung signalisiert am Ausgang D, wenn das Analog-Signal 75% seiner max. zulässigen Amplitude überschreitet.

Weiterhin wandelt das IC 3 das verzögerte Digital-Signal in die ursprüngliche analoge Form zurück.

Die Digital-Information von IC 3 (Ausgang „H“) gelangt zu den beiden hintereinandergeschalteten Speichern IC 4 und IC 5. Diese werden von den Zählern IC 8 und IC 9 adressiert. Erst nach Durchlauf aller 131 072 Speicherplätze gelangt die verzögerte Digital-Information zum Wandler (IC 3 - Eingang „A“) zurück.

Die Adressierung der Speicher (Ram's) erfolgt in zwei Stufen. Es werden nacheinander je 8 Zeilen- und 8 Spaltenadressen angelegt, wobei IC 6 und IC 7 die Aufgabe haben, die 16 Zählerausgänge in 2 x 8 umzuschalten.

N 2 ist der Taktoszillator des gesamten Systems und arbeitet im Frequenzbereich von 130 kHz bis 520 kHz, je nach Stellung der Verzögerungszeitpotis.

N 3, N 4 und N 5 erzeugen die für den Wandler und den Speicher erforderlichen Steuersignale.

N 1 ist ein Niederfrequenzoszillator und moduliert bei geschlossenem Schalter 1 den Taktoszillator N 2, wodurch eine Frequenzmodulation entsteht.

Das verzögerte Tonsignal gelangt von Ausgang B (IC 3) zum aktiven Tiefpaßfilter OP 3. Dieser Filter besitzt eine Eckfrequenz von ca. 12 kHz und soll den hochfrequenten Oberwellenanteil des Wandlers IC 3 abblocken.

Die Transistorstufe T 2, T 3 stellt, wie bereits erwähnt, eine Rauschunterdrückungsschaltung dar. T 2 dient als Vorverstärker und steuert den Schalter T 3.

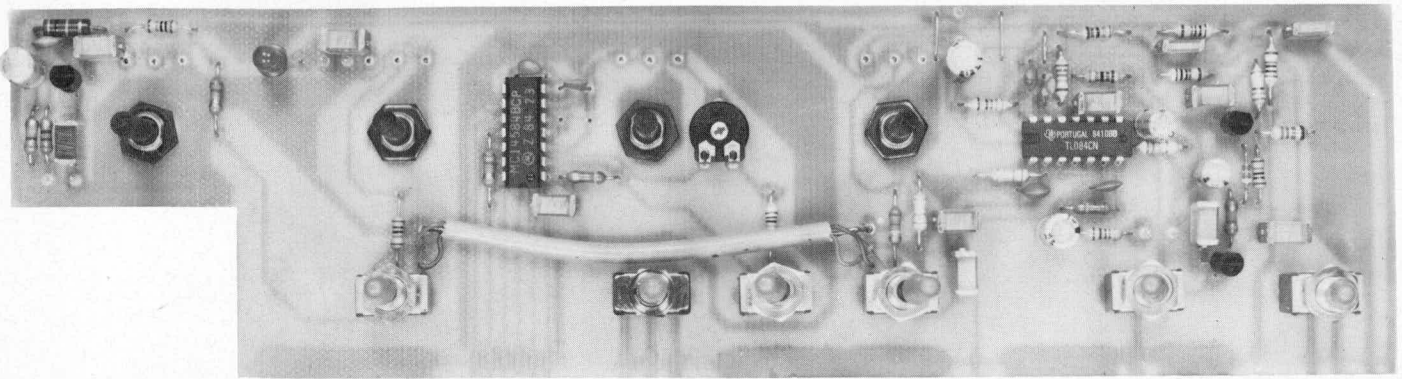
In Tonpausen wird T 3 leitend und führt über C 20 einen Großteil des Rauschsignales ab.

Als Ausgangsverstärker wird OP 4 verwendet. Er liefert genügend Spannung zum Ansteuern eines normalen Leistungsverstärkers.

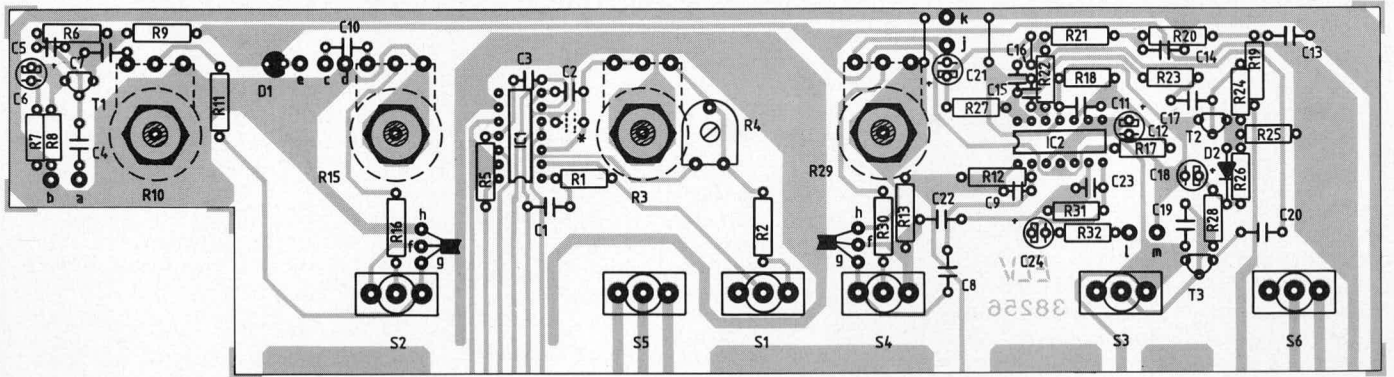
Die Kondensatoren C 5, C 9 sowie C 23 dienen zur Gegenkopplung und sollen verhindern, daß Hochfrequenz die Verstärker passieren kann.

Mit OP 2 wird eine künstliche Mittenspannung von 2,75 V erzeugt. Sie dient als Bezugspotential für OP 1, OP 3 und OP 4 und erspart somit eine zweite Versorgungsspannung des Gerätes.

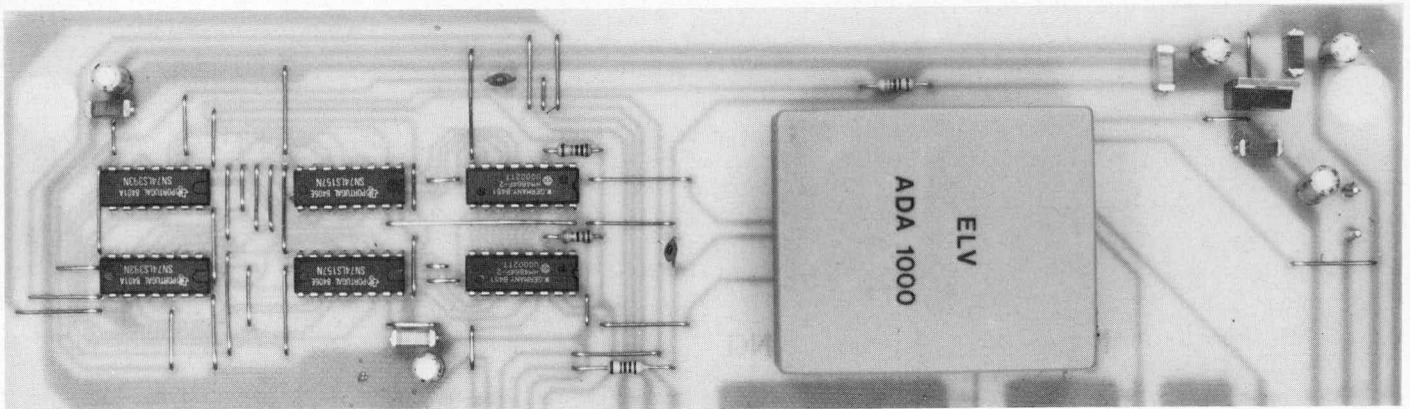
Schalter S 5 wird zur Wahl der Speicherbreite und somit auch zur Verzögerungszeit genutzt. Je nach Stellung dieses Schalters werden die Adresszähler IC 8 und IC 9 bei  $\frac{1}{4}$  oder  $\frac{1}{2}$  der Zählerbreite zurückgesetzt. Bei offenem Schalter S 5 wird die gesamte Speicherbreite ausgenutzt und die maximale Zeit erreicht.



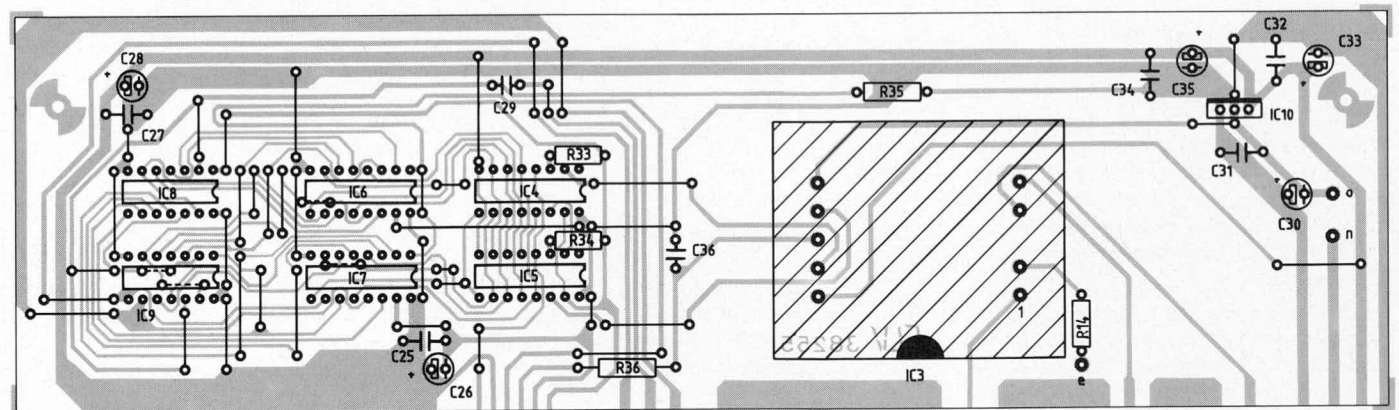
Ansicht der fertig bestückten Frontplatine des ELV-Digital-Profi-Echogerätes EG 1000



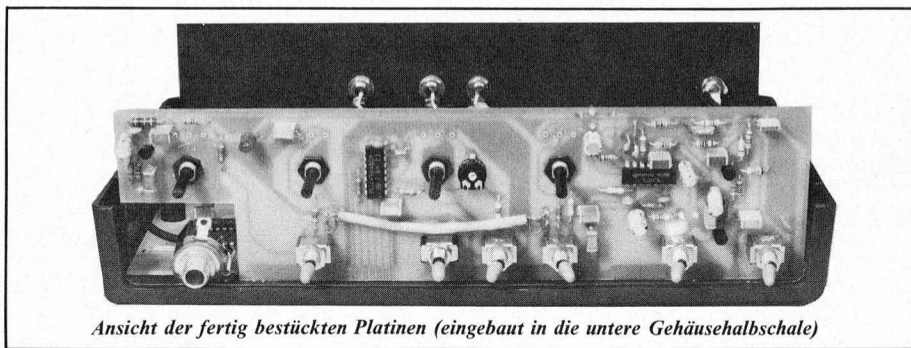
Bestückungsseite der Platine des ELV-Digital-Profi-Echogerätes EG 1000 (Originalgröße: 245 mm x 65 mm)



Ansicht der fertig bestückten Basisplatine des ELV-Digital-Profi-Echogerätes EG 1000



Bestückungsseite der Platine des ELV-Digital-Profi-Echogerätes EG 1000 (Originalgröße: 245 mm x 70 mm)



Ansicht der fertig bestückten Platinen (eingebaut in die untere Gehäusehalbschale)

## Zum Nachbau

Obwohl es sich um eine völlig neuartige und besonders anspruchsvolle Schaltungskonzeption handelt, gestaltet sich der Nachbau verhältnismäßig einfach.

Zum einen ist dies auf das ausgereifte Leiterplattenlayout zurückzuführen und zum anderen auf den Einsatz eines Fertigungsmoduls, in dem der sensible Analog/Digital-Digital/Analog-Wandler bereits fertig abgeglichen enthalten ist.

An dieser Stelle wollen wir noch einige Worte zur Leiterbahnführung anmerken:

Durch die mit dieser Schaltung erreichbaren großen Verzögerungszeiten bei voller Bandbreite des zu übertragenden NF-Signals, ist eine besonders aufwendige und schnelle Schaltungstechnik in bezug auf Speicherung und Signalumsetzung erforderlich, die nur dann einwandfrei arbeiten kann, wenn auch die Signalwege, d. h. die Leiterbahnführung exakt definiert ist. Beim Nachbau dieser Schaltung sollte daher unbedingt das vorliegende Layout der Leiterplatten verwendet werden, da selbst geringe Layoutänderungen im ungünstigen Fall die Schaltung funktionsuntüchtig machen können. In der vorliegenden Version ist die gesamte Schaltung jedoch nachbausicher und kann von jedem Elektroniker, der bereits etwas Erfahrung im Aufbau elektronischer Schaltungen gesammelt hat, problemlos in Angriff genommen werden.

Die Versorgung des gesamten Gerätes erfolgt über ein unstabiliertes Gleichspannungs-Steckernetzteil, dessen Ausgangsspannung im Bereich von 9 V bis 15 V liegen kann, bei einer Stromentnahme, die kleiner als 50 mA ist. Da das Gerät selbst ausschließlich Kleinspannungen führt, ist die Handhabung auch bei geöffnetem Gehäuse ungefährlich.

Beim Nachbau der Schaltung geht man zweckmäßigerweise wie folgt vor:

Zunächst werden die Bauelemente anhand der Bestückungspläne in gewohnter Weise auf die Leiterplatten gesetzt und verlötet. Günstig ist es hierbei, wenn man zunächst die niedrigen Bauteile wie Brücken, Widerstände usw. auf die Platine setzt und anschließend die höheren Bauelemente. Die empfindlichen IC's sollten als letztes eingebaut werden.

Damit das Wandlermodul keinen Schaden nimmt, ist hier besonders auf kurze, jedoch ausreichende Lötzeit Wert zu legen. Sicherheitshalber sollte man zwischen jeder der neun am IC 3 vorzunehmenden Lötungen eine Pause von 5 Sekunden einlegen.

Die im Schaltplan mit „f“, „g“ sowie „h“ bezeichneten Punkte befinden sich auf der Frontplatte. Diese Punkte sind über eine zweiadrige ca. 10 cm lange abgeschirmte isolierte Leitung miteinander zu verbinden, wobei der Punkt „h“ die Abschirmung darstellt und die Punkte „f“ und „g“ die beiden innerhalb der Abschirmung befindlichen isolierten Leitungen sind.

Nachdem die beiden Leiterplatten fertig bestückt und verlötet wurden, empfiehlt es sich, die Lötstellen noch einmal sorgfältig zu überprüfen. Besonders im Bereich der IC's 4 bis 9 sind die Leiterbahnen sehr dicht gedrängt und die Lötstellen entsprechend klein. Im Zweifelsfall sollte man lieber mit einer Lupe nach evtl. Lötzinnbrücken „fahnden“, als daß später wertvolle IC's ersetzt werden müssen.

Jetzt können die beiden Leiterplatten senkrecht miteinander verlötet werden, und zwar so, daß die Frontplatte ca. 2 mm unterhalb der Leiterbahnseite der Basisplatte hervorsteht.

Als nächstes können die Eingangs- und Ausgangsbuchsen über flexible isolierte abgeschirmte Leitungen mit der Platine verbunden werden. Die Leitungslänge sollte möglichst kurz, jedoch nicht zu knapp gewählt werden.

Die beiden Versorgungsspannungsleitungen können ohne Abschirmung von der Leiterplatte zur 3,5 mm Klinkenbuchse geführt werden, die auf der Rückseite des Gehäuses angeordnet ist.

## Zum Abgleich

Aufgrund der Verwendung eines bereits abgeglichenen Wandlermoduls, das unter Verwendung von selektierten, sorgfältig aufeinander abgestimmten Bauelementen produziert wird, beschränkt sich der Abgleich lediglich auf die einfache Einstellung eines einzigen Trimmers (R 4).

Vor der Erstinbetriebnahme wird R 4 an den rechten Anschlag (im Uhrzeigersinn) gebracht sowie weitere Einstellungen vorgenommen.

- R 3 in Stellung „1“
- R 29 in Stellung „100 %“
- R 10 und R 15 auf „0 %“
- Schalter S 4 auf „mehrfach“
- Schalter S 3 auf „Aus“

Das eingehend geprüfte Gerät wird nun an einer Verstärkeranlage in Betrieb genommen. R 4 wird soweit verkleinert bis im Lautsprecher ein Pfeifton zu hören ist. Anschließend wird R 4 soweit zurückgedreht, daß der Pfeifton verstummt, wenn R 29 von 100 % kurz auf 0 % und wieder auf 100 % gedreht wurde. Damit ist der Abgleich des Gerätes bereits beendet.

## Stückliste Profi-Echo EG 1000

### Halbleiter

IC 1	.....	CD 4584
IC 2	.....	TL 084
IC 3	.....	ADA 1000
IC 4, IC 5	.....	HM 4864-P2
IC 6, IC 7	.....	74LS157
IC 8, IC 9	.....	74LS393
IC 10	.....	µA 7805
T 1, T 2	.....	BC 548
T 3	.....	BC 558
D 1	.....	LED, 5 mm, rot
D 2	.....	1N4148

### Kondensatoren

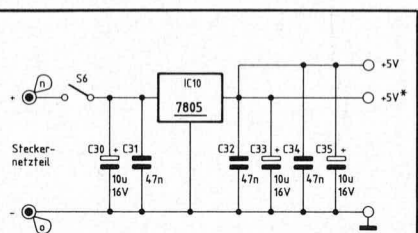
C 1, C 4, C 7	.....	100 nF
C 2	.....	100 pF
C 3	.....	33 pF
C 5	.....	68 pF
C 6	.....	47 µF/16 V
C 8, C 10, C 11	.....	100 nF
C 9, C 23	.....	22 pF
C 12	.....	10 µF/16 V
C 13	.....	33 nF
C 14	.....	10 nF
C 15, C 29	.....	220 pF
C 16	.....	47 pF
C 17	.....	100 nF
C 18, C 21, C 24	.....	4,7 µF/16 V
C 19, C 20, C 22	.....	100 nF
C 25, C 27	.....	47 nF
C 26, C 28	.....	10 µF/16 V
C 30, C 33, C 35	.....	10 µF/16 V
C 31, C 32, C 34	.....	47 nF
C 36	.....	10 pF

### Widerstände

R 1	.....	4,7 MΩ
R 2	.....	1 MΩ
R 3	.....	100 kΩ, Poti, lin, 4 mm Achse
R 4	.....	25 kΩ, Trimmer liegend
R 5, R 11	.....	22 kΩ
R 6	.....	10 MΩ
R 7	.....	56 kΩ
R 8	.....	560 Ω
R 9, R 16	.....	100 kΩ
R 10	.....	470 kΩ, Poti, lin, 4 mm Achse
R 12, R 13	.....	270 kΩ
R 14	.....	470 Ω
R 15	.....	22 kΩ, Poti, lin, 4 mm Achse
R 17	.....	27 kΩ
R 18, R 21	.....	33 kΩ
R 19, R 20, R 23	.....	10 kΩ
R 22	.....	180 kΩ
R 24	.....	2,2 MΩ
R 25	.....	47 kΩ
R 26, R 33	.....	100 kΩ
R 27	.....	3,3 kΩ
R 28	.....	22 kΩ
R 29	.....	22 kΩ, Poti, lin, 4 mm Achse
R 30, R 31	.....	220 kΩ
R 32	.....	4,7 kΩ
R 34	.....	33 kΩ
R 35	.....	470 Ω
R 36	.....	10 kΩ

### Sonstiges

- 5 Schalter 1 x um
- 1 Schalter 1 x um mit Mittelstellung
- 1 Klinkenbuchse 6,3 mm
- 1 Klinkenbuchse 3,5 mm
- 3 Cinchbuchsen
- 10 Lötstifte
- 60 cm abgeschirmte Leitung 1adrig
- 20 cm flexible Leitung 2 x 0,4 mm<sup>2</sup>
- 80 cm Silberdraht
- 10 cm abgeschirmte Leitung 2adrig



Schaltbild der 5 V-Stabilisierung auf der Platine



# Digitales Gitarren- und Klavierstimmgerät



**Zur genauen Einstellung von Gitarren und Klavieren dient dieses quartzgesteuerte Stimmgerät mit 4stelliger LCD-Anzeige.**

## Allgemeines

Die Einstellung von Gitarren, Klavieren und Flügeln stellt an den Musiker hohe Anforderungen. Genau wie bei einem elektronischem Meßgerät, kann ein Musikinstrument nur so gut arbeiten (klingen), wie auch der Abgleich vorgenommen wurde.

Mit dem hier vorgestellten digitalen elektronischen Stimmgerät wird über eine komplexe Ablaufsteuerung die Tonhöhe einer angeschlagenen Saite umgesetzt und auf einem vierstelligen LC-Display quartzgenau angezeigt. Die Meßunsicherheit liegt lediglich bei  $\pm 1$  Digit.

Von den technischen Gegenbenheiten her arbeitet das Gerät zuverlässig in einem Frequenzbereich, der unterhalb 50 Hz beginnt und sich bis über 5000 Hz erstreckt.

In der Praxis ist dieser große Frequenzbereich mit diesem Gerät jedoch nicht voll ausschöpfbar, da Töne oberhalb ca. 1000 Hz im allgemeinen eine zu kurze „Standzeit“ aufweisen und Töne unterhalb 100 Hz (bei Klavieren und Flügeln unterhalb ca. 250 Hz) in Verbindung mit einem ausgeprägten Resonanzboden Partialschwingungen aufweisen, die eine einwandfreie digitale Verarbeitung erschweren bzw. unmöglich machen.

Darüber hinaus darf man das Problem eines ausgeprägten Resonanzbodens nicht unterschätzen. Auch im mittleren gut zu verarbeitenden Frequenzbereich können bei vereinzelt Frequenzen, die in einem bestimmten Verhältnis zur Resonanzbo-

denfrequenz stehen, Messungen unmöglich sein.

Vorstehend beschriebene Einschränkungen bzw. Fehlermöglichkeiten sind der Vollständigkeit halber aufgeführt, die jedoch keineswegs in jedem Fall auftreten müssen.

Bei den von ELV vorgenommenen Praxistests haben sich gute Arbeitsmöglichkeiten mit diesem Gerät gezeigt. Bei Gitarren empfiehlt es sich, das Mikrofon direkt in den Resonanzkörper hineinzuhalten, während sich bei Klavieren und Flügeln das Mikrofon in möglichst kleinem Abstand zur „Anschlagstelle“ befindet.

Die Stelle des Anschlages sowie die Einstellung der Ansprechempfindlichkeit sind den individuellen Erfordernissen anzupassen.

Mit der Empfindlichkeitseinstellung wird die Ansprechschwelle eingestellt, bei der der Meßvorgang automatisch ausgelöst wird. Eine Beeinflussung der Verstärkung des Systems erfolgt nicht.

In der Mitte der Anzeige befindet sich ein Doppelpunkt, der erscheint, sobald der Meßvorgang ausgelöst wird. Eine halbe Sekunde nach Erscheinen dieses Doppelpunktes beginnt die Frequenzmessung, die wiederum ebenfalls für 0,5 Sekunden andauert. Aufgrund einer elektronisch vorgenommenen Frequenzverdoppelung erscheint dann das Meßergebnis eine Sekunde nach Meßbeginn auf dem vierstelligen LC-Display.

Nach insgesamt 5 Sekunden erlischt der Doppelpunkt. Dies ist ein Zeichen für die Bereitschaft des Gerätes zu einer neuen Messung.

Wird keine ausreichend hohe Lautstärke auf das Mikrofon gegeben, bleibt das ursprüngliche Meßergebnis bis zum Ausschalten des Gerätes erhalten.

**Tabelle I**

Grundfrequenzen von Gitarrensaiten

Ton	Frequenz
E	82 Hz
A	110 Hz
d	147 Hz
g	196 Hz
h	247 Hz
e <sup>1</sup>	330 Hz
Weitere markante Frequenzen:	
A	110 Hz
a	220 Hz
a <sup>1</sup>	440 Hz
a <sup>2</sup>	880 Hz

Der international festgelegte Kammer-ton a<sup>1</sup> liegt bei exakt 440 Hz. Die jeweils hierzu korrespondierenden „a“-Töne liegen um den Faktor 2 (eine Oktave) darüber oder darunter, entsprechend vorstehender Tabelle.

Wird erneut eine Saite angeschlagen, mit einer Lautstärke, die über dem eingestellten Trigger-Pegel liegt, startet das Gerät automatisch einen neuen Meßvorgang und bringt das Ergebnis zur Anzeige.

Wie bereits erwähnt, kann eine Messung nur dann gestartet werden, wenn der Doppelpunkt auf dem LC-Display erloschen ist. Dies erfolgt jeweils exakt 5 Sekunden nach Beginn einer Messung.

## Zur Schaltung

Das IC 2 des Typs 4060 beinhaltet einen Oszillator mit nachgeschaltetem mehrstufigen Binärteiler. Der Oszillator schwingt in Verbindung mit seiner Zusatzschaltung und dem Quarz auf einer Frequenz von exakt 32,768 kHz. Der nachgeschaltete Teiler setzt diese Frequenz auf exakt 2 Hz herab, die an Pin 3 des IC 2 zur Verfügung steht und auf den Steuer-Eingang (Pin 14) des nachgeschalteten IC 3 gelangt.

Im IC 3 des Typs CD 4017 werden die 2 Hz-Eingangsimpulse innerhalb eines insgesamt 5 Sekunden andauernden Meßablaufes in 10 Teilimpulse á 0,5 Sekunden aufgeteilt.

Sobald ein Freigabeimpuls, auf dessen Erzeugung wir im weiteren Verlauf dieser Beschreibung noch näher eingehen wollen, an Pin 13 des IC 3 ansteht, startet der nächstfolgende, von IC 2 kommende 2 Hz-Impuls den 5 Sekunden andauernden Meßzyklus.

Gekennzeichnet wird der Beginn des Meßzyklus durch Erscheinen des Doppelpunktes auf dem LC-Display.

0,5 Sekunden später wird über Pin 4 des IC 3 der vierstellige Dekadenzähler, bestehend aus IC 4 und IC 5, über Pin 10 (IC 4) freigegeben (das Tor wird geöffnet).

Jetzt können die an Pin 9 des IC 4 anstehenden, der Eingangsfrequenz proportionale Impulse gezählt werden. Sowohl im IC 4 als auch im IC 5 sind jeweils 2 Dekadenzähler integriert, deren Ausgänge die Speicher/Treiber-IC's 6 bis 9 (CD 4056) ansteuern, die ihrerseits wieder die LCD-Anzeige betreiben.

0,5 Sekunden nach Torfreigabe (an Pin 10 des IC 4) wird das Tor wieder gesperrt. Der anschließende Speicherimpuls übernimmt den gültigen Zählerstand in die Speicher der IC's 6 bis 9, die ihrerseits den entsprechenden Frequenzwert auf der Anzeige erscheinen lassen.

Kurze Zeit später erfolgt über Pin 3 des IC 3 eine automatische Rücksetzung des IC's 4 und 5, ohne daß dabei die Anzeige beeinträchtigt wird. Das Ergebnis bleibt weiterhin sichtbar. Lediglich ist jetzt das Gerät für einen neuen Meßzyklus bereit. Angezeigt wird dies durch Verlöschen des Doppelpunktes auf dem LC-Display.

Alles in allem hat der eben beschriebene Meßzyklus 5 Sekunden andauert, wobei das Ergebnis bereits nach ca. 1 Sekunde nach Meßbeginn angezeigt wird.

Die Meßfrequenz wird über ein Mikrofon dem Eingang des Meßverstärkers über C 1 zugeführt. Hier erfolgt eine ca. 470fache Verstärkung, die mit den Widerständen

R 3, R 4 festgelegt wurde. C 4 dient zur gleichspannungsmäßigen Entkopplung, die bei einer so hohen Verstärkung sinnvoll ist. Gleichzeitig wird hierdurch eine Begrenzung der unteren Frequenz vorgenommen, so daß die Empfindlichkeit bei Frequenzen unterhalb 50 Hz kontinuierlich abnimmt, um sehr niederfrequente Störeinflüsse auszuschließen.

Die obere Grenzfrequenz wird durch C 3 und in gewissem Maße auch durch C 9 (Rückkopplungsweig des OP 2) festgelegt.

Das am Ausgang des OP 1 (Pin 8) anstehende hochverstärkte Eingangssignal gelangt zur Weiterverarbeitung auf den nachgeschalteten, als Komparator mit Schmitt-Trigger-Charakteristik arbeitenden OP 2, an dessen Ausgang (Pin 1) „saubere“ Rechtecksignale mit voller Amplitude (ca.  $\pm 4$  V) zur Verfügung stehen.

In Verbindung mit R 14, R 15, C 10, C 11 sowie N 1, N 2, werden diese Rechteckimpulse in ihrer Frequenz verdoppelt. Dies geschieht, indem die positive Flanke des Rechteckimpulses über C 11/R 14 und die negative Flanke über N 1 sowie C 10/R 15 differenziert und dadurch an jeder Flanke über N 2 ein kurzer Impuls generiert wird.

Mit Hilfe dieser einfachen Frequenzverdoppelung konnte die Meßzeit ohne größeren Aufwand auf 0,5 Sekunden reduziert werden.

Um Störeinflüsse während des Anschlages einer Saite auszuschließen, beginnt die eigentliche Frequenzmessung 0,5 Sekunden, nachdem die Schaltung getriggert wurde.

Zum Auslösen des Meßvorganges (Triggern) wird vom Ausgang des OP 1 (Pin 8) das verstärkte Signal nicht nur dem Komparator OP 2 zugeführt, sondern zusätzlich über R 21 auf den positiven Eingang (Pin 5) des OP 4 gegeben. Dieser arbeitet in Verbindung mit R 22 ebenfalls als Komparator mit geringer Hysterese.

Sobald das an Pin 8 des OP 1 anstehende Meßsignal den mit R 19 eingestellten Trigger-Pegel überschreitet, wechselt der Ausgang des OP 4 (Pin 4) von ca.  $-4$  V auf  $+4$  V, wodurch der Speicher N 3/N 4 über Pin 1 gesetzt wird.

Dies bedeutet, daß der Ausgang (Pin 3 von N 3) auf „low“ geht und über Pin 13 des IC 3 die Ablaufsteuerung in Betrieb setzt.

Gleichzeitig wird über Pin 4 des Gatters N 4 der Transistor T 1 durch ein „high“-Signal angesteuert, und der Doppelpunkt erscheint auf dem LC-Display.

Dies ist das optische Zeichen für den Meßbeginn. Wie bereits erwähnt, erfolgt die eigentliche Messung exakt 0,5 Sekunden später, d. h., von 0,5 Sekunden bis 1,0 Sekunden nach Erscheinen des Doppelpunktes.

Nach insgesamt 5 Sekunden wird über Pin 3 des IC 3 ein Rücksetzen der Zähler-IC's 4 und 5 vorgenommen. Gleichzeitig erfolgt über Pin 6 des Gatters N 4 ein Rücksetzen dieses Speichers, so daß auch der auf dem LC-Display befindliche Doppelpunkt erlischt. Die Schaltung ist für einen neuen Meßzyklus bereit.

Die Spannungsversorgung erfolgt über eine 9 V-Blockbatterie, die je nach Kapazi-

tät für eine Betriebszeit von 10 bis 50 Stunden ausreicht.

Mit dem OP 3 wird in Verbindung mit R 16 und R 17 ein künstlicher Spannungsmittelpunkt (Schaltungsmasse) erzeugt.

Der Analog-Teil arbeitet mit der Gesamtversorgungsspannung von 9 V und bezieht sich jeweils auf die Schaltungsmasse, während der Digital-Teil lediglich mit der oberen Hälfte der Versorgungsspannung betrieben wird. Die Spannungangaben beziehen sich immer auf die Schaltungsmasse (Pin 14 des OP 3).

## Zum Nachbau

Damit die Schaltung in ein handliches kleines Gehäuse eingebaut werden kann, steht für die praktische Realisierung eine Leiterplatte mit den Abmessungen 72 mm x 108 mm zur Verfügung. Angesichts der umfangreichen Schaltung mit insgesamt 10 IC's sowie zahlreicher Zusatzbeschaltung, ist dies eine kleine Fläche, zumal wir bemüht sind, wenn irgend möglich, nur einseitig beschichtete Leiterplatten zu verwenden und auf den Einsatz von doppelseitig-durchkontaktierten Platinen zu verzichten. Wir wissen, daß ein großer Teil unserer Leser die Platinen gerne selbst herstellt.

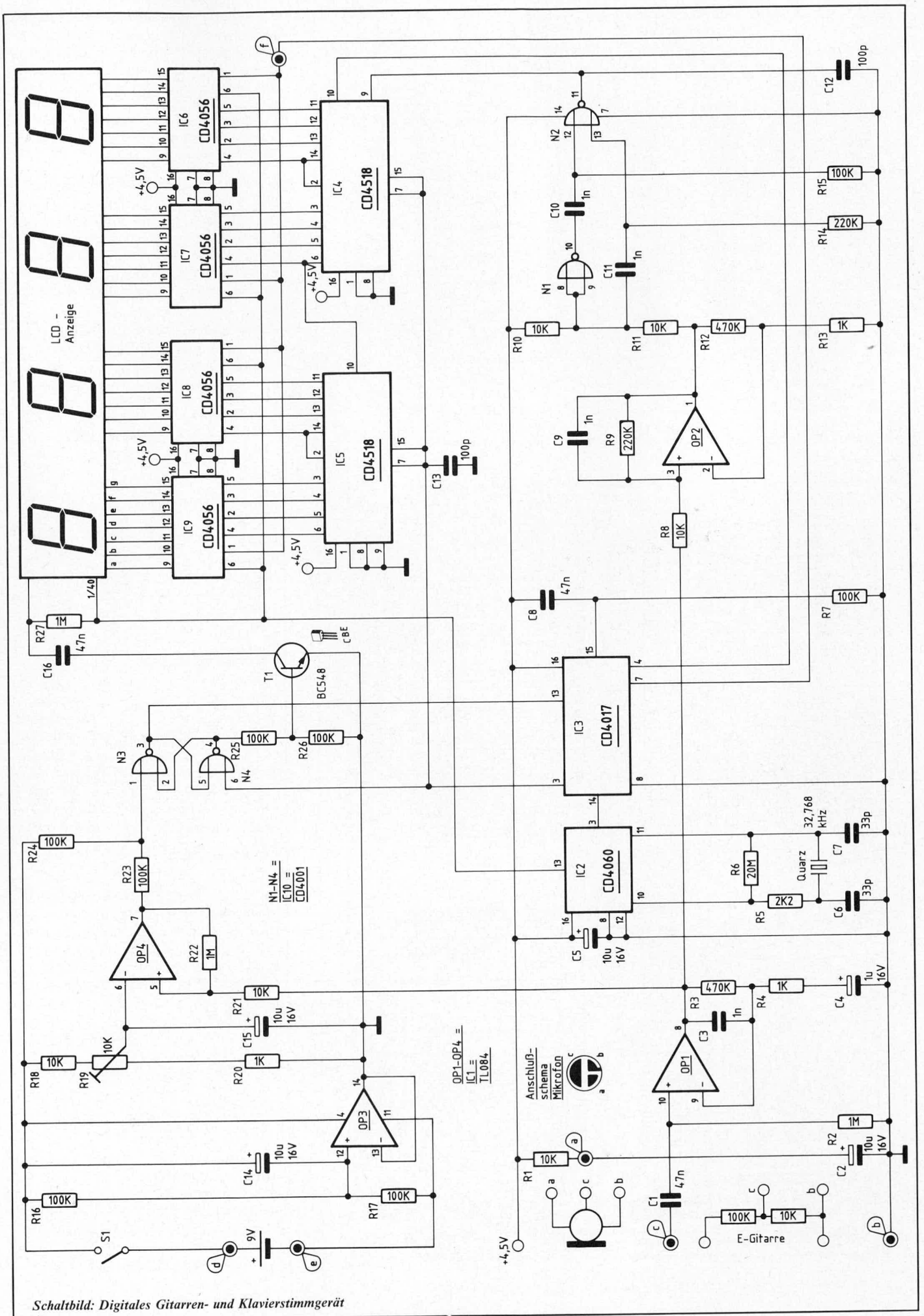
Im vorliegenden Fall konnte, wenn auch mit einiger Mühe, die gesamte Schaltung auf einer Platine mit einseitiger Leiterbahnführung untergebracht werden. Dies hat allerdings eine sehr enge und feine Leiterbahnführung zur Folge. Zur einwandfreien Funktion der Schaltung ist daher ein besonders sauberes und feines Löten erforderlich, damit keine Lötzinnbrücken entstehen. Auch auf Haarrisse oder feine Leiterbahnkurzschlüsse ist zu achten.

Die Bestückung wird in gewohnter Weise anhand des Bestückungsplanes vorgenommen, wobei zunächst die passiven und anschließend die aktiven Bauelemente auf die Platine zu setzen und zu verlöten sind. Die beiden Sockelhälften für die spätere Befestigung der LCD-Anzeige werden zuletzt auf die Leiterplatte gesetzt, wobei an einigen Stellen die Kontakte zu entfernen sind. Für nicht benötigte Anschlüsse der LCD-Anzeige wurden auch keine Bohrungen auf der Platine vorgesehen. Dies hat den Vorteil, daß an den entsprechenden Stellen mehr Platz für Leiterbahndurchführungen ist, ohne daß diese unnötig schmal gemacht werden müssen.

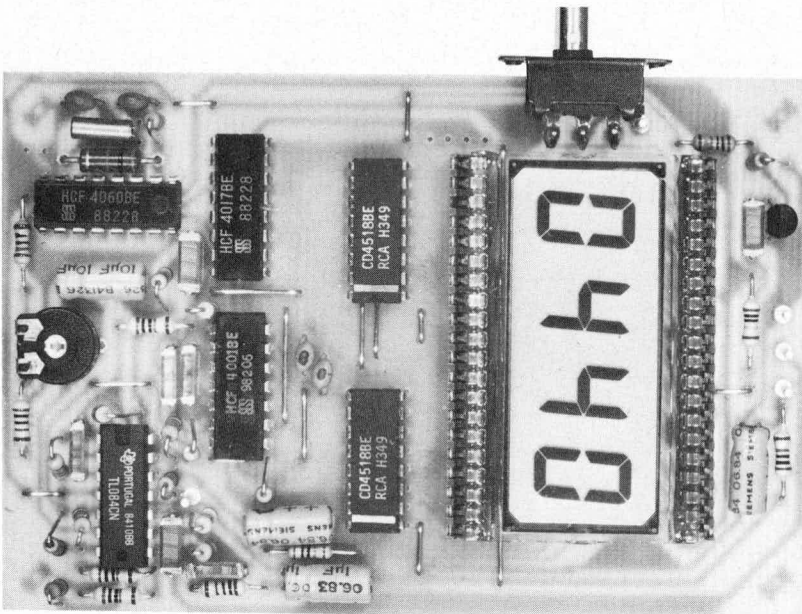
Auf der Leiterbahnseite der Platine sind jeweils die Anschlußbeinchen 1 der IC's 6 bis 9 mit dem Platinenanschlußpunkt „f“ mit isolierten Drähten zu verbinden.

Außerdem wird der Kondensator C 5 auf der Leiterbahnseite angebracht.

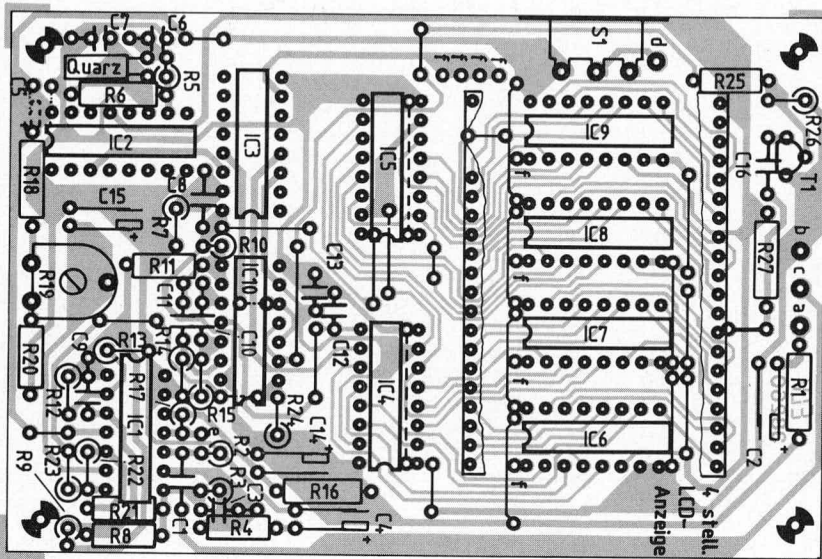
Als letztes wird eine 2adrige abgeschirmte isolierte Zuleitung an die Platinenanschlußpunkte „a“, „b“ sowie „c“ angelötet und an der Stirnseite des Gehäuses herausgeführt („b“ = Abschirmung = Masse). An das Ende der ca. 1 m langen Zuleitung kann das Mikrofon entsprechend der Anschlußbelegungsskizze angelötet und ggf. mit einem ca. 3 cm langen Schrumpfschlauchabschnitt fixiert und geschützt werden.



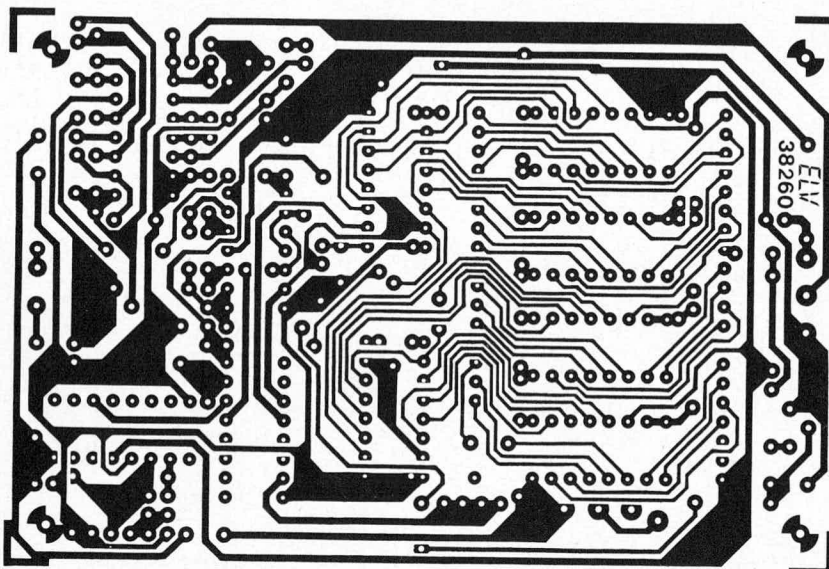
Schaltbild: Digitales Gitarren- und Klavierstimmgerät



Ansicht der fertig bestückten Platine des Digitalen Gitarren- und Klavierstimmergerätes



Bestückungsseite der Platine des Digitalen Gitarren- und Klavierstimmergerätes



Leiterbahnseite der Platine des Digitalen Gitarren- und Klavierstimmergerätes

Wahlweise besteht auch die Möglichkeit, den Eingang („c“ und „b“) direkt an den Ausgang einer E-Gitarre oder eines äquivalenten Vorverstärkeranschlusses anzuschließen. Hierbei empfiehlt es sich, eine Pegelanpassung mit Hilfe des eingezeichneten Spannungsteilers vorzunehmen, der zwischen Vorverstärkeranschlüssen und Stimmgerät-Eingang geschaltet wird.

Eine Kalibrierung der Schaltung ist nicht erforderlich.

Die Einstellung des Trigger-Pegel-Potis R 19 erfolgt experimentell, indem der günstigste Wert für das jeweilige Musikinstrument gewählt wird, wobei die Lage des Mikrofons von ausschlaggebender Bedeutung ist.

Wir wünschen Ihnen beim Aufbau und späteren Einsatz dieses interessanten Gerätes viel Erfolg.

### Stückliste Digitales Gitarren- und Klavierstimmergerät

#### Halbleiter

IC 1	TL 084
IC 2	CD 4060
IC 3	CD 4017
IC 4, IC 5	CD 4518
IC 6-IC 9	CD 4056
IC 10	CD 4001
T 1	BC 548

#### Kondensatoren

C 1, C 8	47 nF
C 2, C 5	10 $\mu$ F/16 V
C 3	1 nF
C 4	1 $\mu$ F/16 V
C 6, C 7	33 pF
C 9-C 11	1 nF
C 12, C 13	100 pF
C 14, C 15	10 $\mu$ F/16 V
C 16	47 nF

#### Widerstände

R 1, R 8	10 k $\Omega$
R 2, R 22, R 27	1 M $\Omega$
R 3, R 12	470 k $\Omega$
R 4, R 13, R 20	1 k $\Omega$
R 5	2,2 k $\Omega$
R 6	20 M $\Omega$
R 7, R 15-R 17	100 k $\Omega$
R 9, R 14	220 k $\Omega$
R 10, R 11, R 18	10 k $\Omega$
R 19	10 k $\Omega$ , Trimmer liegend
R 21	10 k $\Omega$
R 23-R 26	100 k $\Omega$

#### Sonstiges

- 1 LCD-Anzeige 4stellig
- 1 40pol. IC-Sockel
- 1 Elektretmikrofon
- 1 Quarz 32,768 kHz
- 1 Schiebeschalter 1 x um
- 1 Batterieclip 9 V
- 100 cm 2adriges abgeschirmtes Kabel
- 20 cm isolierter Schaltaht
- 20 cm Silberdraht
- 5 Lötstifte