

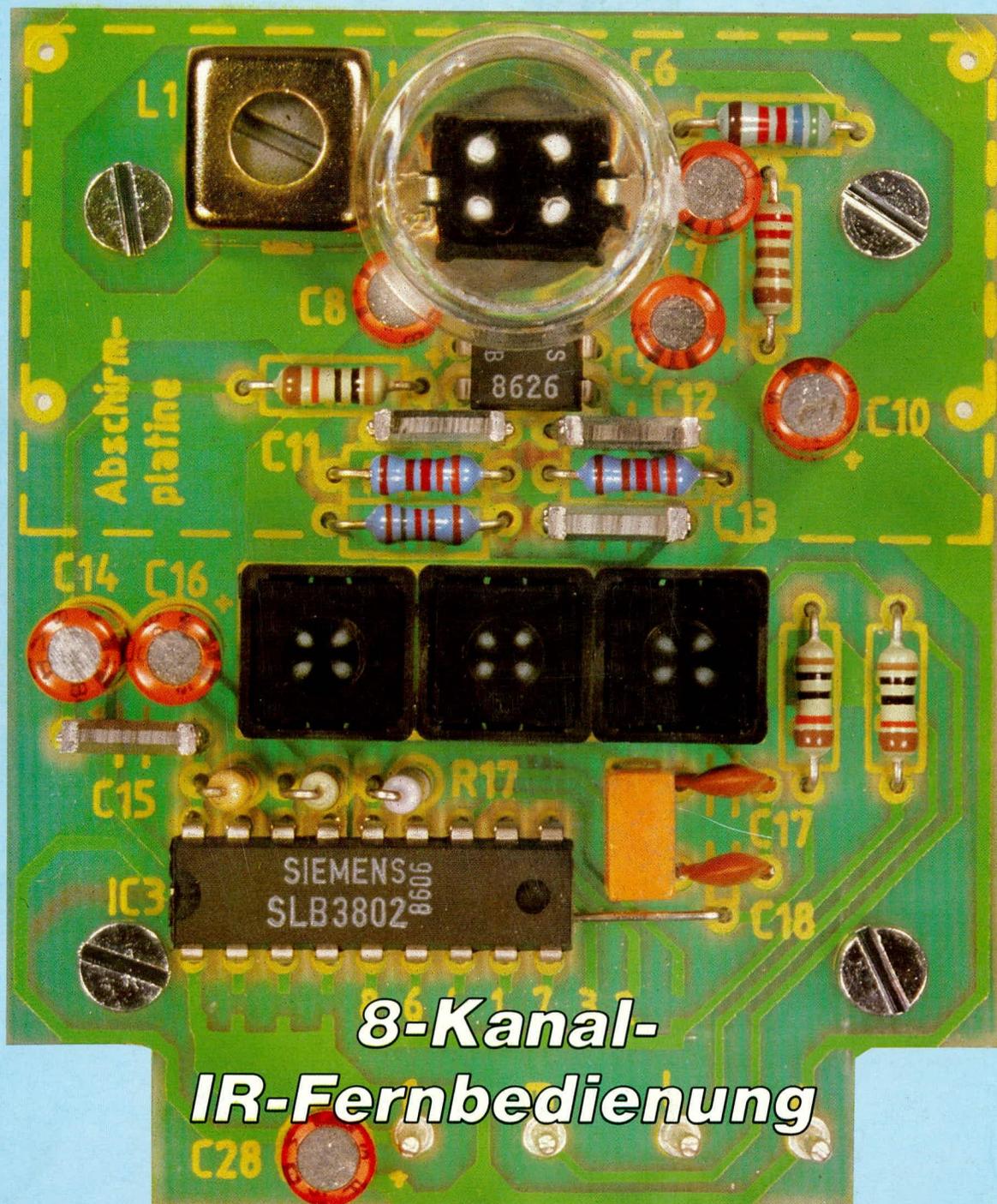
ELV *journal*

Nr. 49

Mit
Platinnenfolien

Fachmagazin der Amateure und Profis für angewandte Elektronik

DM 4,80



8-Kanal- IR-Fernbedienung

In dieser Ausgabe:

8-Kanal-IR-Fernbedienung

Elektronische
LED-Pegelanzeige

4-Kanal-Lauflichtschlauch

ELV-Serie 7000:

Gleichlaufprüfgerät
GLP 7000
DCF-synchronisierte
Präzisions-
Quarzeitbasis
4,5stelliges LCD-
Panelmeter

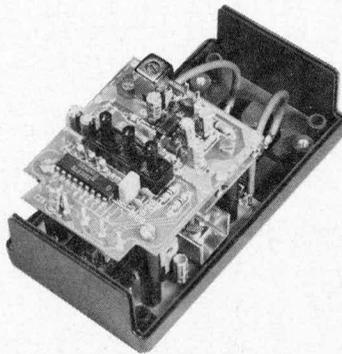
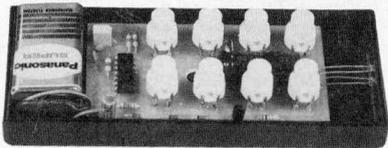
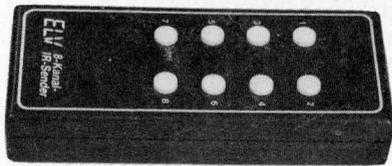
ELV-Serie

Kfz-Elektronik:
Kfz-Ultraschall-
Abstandswarner

ELV-Serie micro-Line:
Elektronik-Wetterstation
WS 1000

Mit
Platinnenfolien

8-Kanal-Infrarot-Fernbedienung



Mit diesem universell einsetzbaren 8-Kanal-IR-Fernbedienungssystem lassen sich die verschiedensten Fernsteueraufgaben lösen. Angefangen bei Stehlampen, Radios, Fernseher über Kaffeemaschinen, Lüfter, Türöffner bis hin zur Garagentorbedienung kann dieses System eingesetzt werden, das sich darüber hinaus durch eine große Reichweite von ca. 15 m (!) bei hoher Störsicherheit auszeichnet. Der Aufbau ist preiswert und einfach durchzuführen.

Allgemeines

Die Möglichkeit verschiedene Geräte drahtlos fernzusteuern trägt wesentlich zum Bedienungskomfort bei. Zur Überwindung größerer Distanzen erfolgt die drahtlose Befehlsübermittlung in der Regel über elektromagnetische Funkwellen. Bei kürzeren Distanzen, wie sie im Wohn- und Arbeitsbereich anzutreffen sind, bietet sich die Übertragung mittels Infrarotstrahlung oder Ultraschall an. Infrarotstrahlung hat aufgrund ihrer deutlichen Vorteile Ultraschall als Übertragungsmedium für Fernbedienungen weitgehend abgelöst sowie neue Anwendungsgebiete erschlossen. Wegen der erheblich höheren Ausbreitungsgeschwindigkeit der Infrarotstrahlung treten keine Störungen durch Interferenzen, Raumreflexionen und Dopplereffekt auf. Auch Klirrgeräusche verursachen keine Beeinträchtigung.

Zwar kann sich durch eine hohe Beleuchtungsstärke am Empfangsort die Reichweite der Übertragung verringern, jedoch gewährleistet die Anwendung der im vorliegenden System eingesetzten Pulsmodulation eine hohe Störsicherheit, so daß keine Fehlfunktionen ausgelöst werden.

Infrarotstrahlung unterliegt im allgemeinen den gleichen Ausbreitungsbedingungen, wie sichtbares Licht. Mit optischen Mitteln (Reflektoren, Sammellinsen) kann das Signal gebündelt werden, um gerichtete Übertragungen mit großer Reichweite zu erzielen.

In geschlossenen Räumen findet die nicht richtungsgebundene, diffuse Abstrahlung Verwendung. So ermöglicht die Ausnutzung von Wandreflexionen auch dann eine Signalübertragung, wenn der Sender den Empfänger nicht direkt bestrahlt, wobei je nach Reflektionsgrad einer Wand o. ä. natürlich Energie verloren geht und die Reichweite abnimmt. Eine Sichtverbindung zwischen Sender und Empfänger er-

gibt immer die größtmögliche Reichweite. Aufgrund der hohen Empfindlichkeit des hier vorgestellten Systems, dürfte die Reichweite von ca. 15 m (bei senkrechter, direkter Bestrahlung des Empfängers durch den Sender) für fast alle Anwendungsgebiete im Wohn- und Arbeitsbereich ausreichen.

Durch den Einsatz einer hochwertigen Sammellinse mit frontalbetonter Richtcharakteristik, ergibt sich eine nahezu optimale Empfindlichkeitsverteilung, d. h. auch eine seitliche Bestrahlung wird mit etwas eingeschränkter Empfindlichkeit einwandfrei ausgewertet.

Nachfolgend sollen die wesentlichen Merkmale dieses Fernsteuersystems in Kurzform beschrieben werden:

- Extrem hohe Anspruchsicherheit durch Pulsmodulation im Biphase-Format, d. h. bisher ist keine Fehlschaltung bekannt, die von einer Störung oder durch Nachbarkanal-Übersprechen ausgelöst wurde (Quelle: Siemens, Veröffentlichung 10/83 sowie Untersuchungen im ELV-Labor).
- Ein 8-Kanal-Sender kann 8 voneinander vollkommen unabhängige Empfänger über Einzeltasten steuern (Funktion: ein — aus — ein — aus ...) oder 4 Empfänger zur Bedienung über je 2 Tasten (Funktion: linke Taste ein, rechte Taste aus). Es sind auch beliebige Kombinationen aus vorstehenden Möglichkeiten denkbar (z. B. 4 Empfänger zur Steuerung über Einzeltasten sowie nochmals 2 Empfänger zur Steuerung über je 2 Tasten).
- Zusätzlich besteht die Möglichkeit sowohl Sender als auch Empfänger über 3 Adressleitungen 8fach zu codieren, d. h. es können insgesamt 8 Sender mit den zugehörigen jeweils 8 Empfängern (also insgesamt $8 \times 8 = 64$) unabhängig voneinander und gleichzeitig betrieben werden.

- Geringe Stromaufnahme, d. h. lange Batterielebensdauer beim Sender. Versorgung über eine 9 V Blockbatterie.
- Minimaler externer Bauelementeaufwand.
- 2 Schaltungsvarianten der Empfänger für 1- und 2-Tastenbetätigung stehen zur Verfügung.
- Platinenabmessungen für den Einbau in ein Stecker-Steckdosengehäuse geeignet.
- Hohe Schaltleistung von 1000 VA, verschleißfrei durch Triac.

Zur Schaltung

Der 8-Kanal IR-Sender

Wesentlicher Bestandteil des Senders ist das IC 1 des Typs SLB 3801 der Firma Siemens. Dieser CMOS-Senderbaustein wandelt die über eine Tastaturmatrix, durch Drücken einer Taste, eingegebenen Befehle in ein 8 bit breites serielles Datentelegramm um. Für den Anschluß von 8 Tasten besitzt das IC 1 6 Anschlüsse, die in Form einer Matrix mit 4 Reihen (Pin 2 bis 5) und 2 Spalten (Pin 6 und Pin 7) angeordnet sind. Zur Eingabe eines Befehls wird mittels einer Taste ein Reihenausgang mit einem Spalteneingang verbunden. Die $4 \times 2 = 8$ Kreuzungspunkte werden über 8 Tasten bedient, denen 8 Kanäle zugeordnet sind.

Der Zustand der einzelnen Tasten wird im Zeitmultiplexverfahren zyklisch abgefragt.

Zusätzlich besitzt der SLB 3801 3 Codiereingänge (Pin 12 bis Pin 14) mit denen 8 verschiedene Adressen eingestellt werden können. Dazu werden diese Eingänge wahlweise mit der positiven Versorgungsspannung (+9 V) verbunden bzw. offen gelassen. Alle Codiereingänge sind intern über einen hochohmigen Widerstand (ca. $2 M\Omega$) auf Masse gelegt (0 V). In der Grundversion sind diese Eingänge sowohl beim Sender (Pin 12 bis Pin 14) sowie beim Empfänger (Pin 2 bis Pin 4) unbeschaltet. Durch Verbinden eines oder mehrerer Ein-

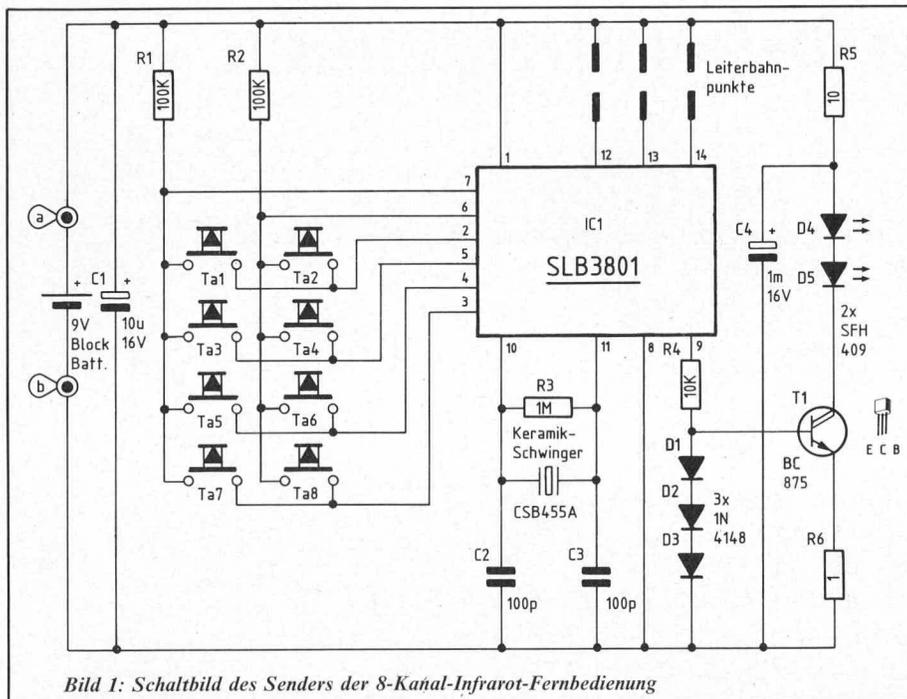


Bild 1: Schaltbild des Senders der 8-Kanal-Infrarot-Fernbedienung

gänge mit der positiven Versorgungsspannung arbeitet das System mit anderen Adressen. Wichtig ist hierbei, daß die Codierung sowohl beim Sender als auch beim Empfänger die gleiche ist.

Beim Drücken einer Taste wird die Versorgungsspannung eingeschaltet, der Oszillator gestartet und ein der entsprechenden Taste zugeordnetes Signal erzeugt. Die Information (Empfängeradresse + Kanal) wird auf eine 25 kHz-Trägerfrequenz aufmoduliert. Die Wiederholfrequenz beträgt etwa 100 Hz.

Kurze Zeit nach dem Loslassen der Taste wird die Versorgungsspannung intern abgeschaltet, und der Baustein geht in Standby-Betrieb.

Werden 2 oder mehrere Tasten gleichzeitig gedrückt, so wird die zuerst erkannte Betätigung ausgewertet. Ein weiterer Kanal kann erst aktiviert werden, wenn der erste Kontakt wieder geöffnet ist.

Bei Anschluß der Versorgungsspannung an den Baustein setzt sich dieser selbst zurück und geht in Standby-Betrieb. Da die Stromaufnahme in dieser Betriebsart unter 1 μ A liegt, kann auf eine zusätzliche Unterbrechung der Stromversorgung verzichtet werden.

Der interne Oszillator arbeitet mit einem preiswerten Keramik-Schwinger des Typs CSB 455 A auf einer Frequenz von 455 kHz.

Der Senderausgang (Pin 9 des IC 1) arbeitet über R 4 auf die Basis des Darlington-Schalttransistors T 1, der in Verbindung mit D 1, D 2, D 3 sowie R 6 als getaktete Konstantstromquelle geschaltet ist. Im Kollektorkreis befinden sich die beiden Sendedioden des Typs SFH 409. Der Betriebsstrom hierfür wird über C 4 gepuffert und durch R 5 entkoppelt.

Der IR-Empfänger

In Bild 2 ist der Empfänger mit den beiden Möglichkeiten der Schaltstufen dargestellt.

Von der Empfangsdiode des Typs BP 104 mit integriertem Infrarotfilter wird das vom Sender kommende IR-Signal aufgenommen und auf den Eingangsschwingkreis L 1/C 5 gegeben. Die Resonanzfrequenz ist genau auf 25 kHz abgestimmt. R 7 sorgt für eine geringe Bedämpfung und damit gleichzeitig Bandbreitenerhöhung.

Über den als Emitterfolger geschalteten Transistor T 2 sowie den daran anschließenden Kondensator C 6 gelangt das gefilterte und gepufferte Signal auf den Eingang (Pin 8) des integrierten IR-Vorverstärkers des Typs TDA 4050, der ebenfalls aus dem Hause Siemens stammt (IC 2). Dieses IC enthält eine automatisch geregelte Vorstufe mit nachfolgender Verstärkerstufe sowie einen Schwellwertverstärker, und zeichnet sich durch folgende Features besonders aus:

- Interne Regelspannungsgewinnung
- Hohe Großsignalfestigkeit
- Kurzschlußfester Signalausgang
- Einfache Beschaltung für ein aktives Bandfilter (R 10 bis R 12 sowie C 11 bis C 13)
- Geringe Außenbeschaltung.

Am Ausgang (Pin 3 des IC 2) steht das aufbereitete Empfangssignal zur Weiterverarbeitung zur Verfügung.

Über R 13 und C 15 gelangt dieses Signal auf den Eingang (Pin 18) des IC 3 des Typs SLB 3802 der Firma Siemens. Dieser CMOS-Empfänger-/Decoderbaustein beinhaltet einen weiteren geregelten Vorverstärker sowie eine komfortable Demodulator- und Auswerteschaltung. Der Komfort geht so weit, daß ein unvollständig übertragenes Empfangssignal im gewissen Rahmen regeneriert wird. Aus den Biphasen-Flanken eines empfangenen Signaltelegramms werden Schiebetakte erzeugt, mit denen die Einlesung und Speicherung in ein Schieberegister erfolgt. Während des Einlesens werden aufwendige Fehlerprüfungen hinsichtlich Startbit, Format, Länge, Frequenz usw.

vorgenommen. Durch die bitweise Überprüfung des Code-Bildungsgesetzes für den Biphasen-Code erreicht der Empfänger eine außerordentlich hohe Ansprechbarkeit gegenüber Störungen und Nebenchannal-Übersprechen.

Wie bereits erwähnt, besitzt auch das Empfänger-IC 3 Codiereingänge (Pin 2, 3, 4), um 8 Systeme mit wiederum jeweils 8 Kanälen gleichzeitig und unabhängig voneinander betreiben zu können. Die Codierung wird in gleicher Weise programmiert wie bei dem zugeordneten Senderbaustein.

Die Erzeugung der Taktfrequenz erfolgt auch hier über einen 455 kHz Keramik-Schwinger, der an die Anschlußbeinchen 13 und 14 angeschlossen wird. Es ist darauf zu achten, daß die Frequenzabweichungen zwischen Sender und Empfänger $\pm 5\%$ nicht übersteigen.

IC 3 besitzt 8 Steuerausgänge, die im Ruhezustand auf „low“-Potential (ca. - 15 V) liegen. Je nachdem, welcher Kanal beim Sender betätigt wird, erscheint an dem zugehörigen Steuerausgang für die Zeit der Tastenbetätigung ein „high“-Impuls. Bis zu diesem Punkt sind die Empfängerschaltungen für alle Betriebsarten und Kanäle identisch.

Im Schaltbild befinden sich rechts neben dem IC 3 eine Gruppe mit 8 Kontakten und eine zweite Gruppe mit 4 Kontakten. Auf der Leiterplatte können die sich gegenüberliegenden Punkte durch einen kleinen Löttröpfchen miteinander verbunden werden.

An dieser Stelle ist die Entscheidung zu treffen, für welchen Kanal und für welche Funktion (1-Taster- oder 2-Taster-Betätigung) die jeweilige Empfängerschaltung ausgelegt werden soll. Nachfolgend wollen wir je ein Beispiel für die beiden Betriebsarten beschreiben:

1-Taster-Betätigung

Bei dieser Version wird ein Zustandswechsel des Schaltausgangs bei jedem Tastendruck vorgenommen (erste Tasterbetätigung: einschalten, zweite Tasterbetätigung: ausschalten, dritte Tasterbetätigung: einschalten ...). Hierbei können 8 Empfängerbausteine unabhängig voneinander betrieben werden, zusätzlich kann dieses 8-Kanal-System nochmals 8fach gleichzeitig betrieben werden, durch den Einsatz weiterer 7 Sender mit zugehörigen Empfängern.

Je nachdem auf welchen Kanal der betreffende Empfänger ansprechen soll, ist jetzt eine Brücke, bestehend aus einem Lötzinntröpfchen an der entsprechenden Stelle (entweder Kanal 1 oder Kanal 2 oder ... Kanal 8) anzubringen.

Über R 18, R 27 gelangt das Signal auf den Steuereingang (Pin 10) des als Dualzähler arbeitenden IC 5 des Typs CD 4040. Der dazugehörige Ausgang (Pin 9) ändert bei jedem Impuls an Pin 10 seinen Zustand an Pin 9. Über R 25 wird T 3 und über R 24 der Triac Tc 1 durchgeschaltet. C 24, R 26 sorgen dafür, daß im Einschaltmoment, d. h. auch nach einem Stromausfall, die Schaltung in einen de-

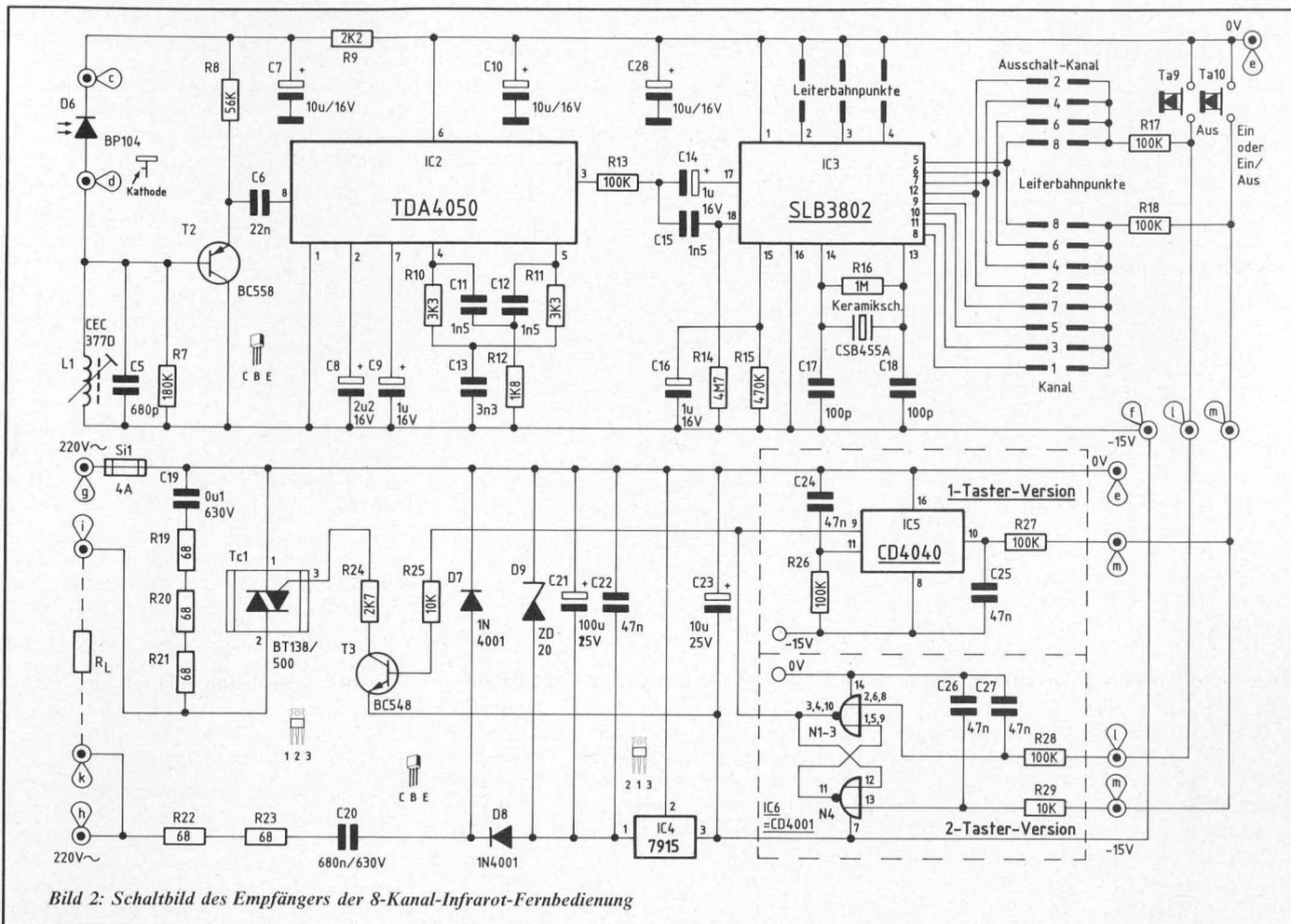


Bild 2: Schaltbild des Empfängers der 8-Kanal-Infrarot-Fernbedienung

finierten Zustand übergeht, d. h. der angeschlossene Verbraucher ist ausgeschaltet (Tc1 gesperrt). Bei dieser Version entfallen die Bauelemente IC6, C26, C27, R28, R29 sowie Ta9 ersatzlos.

2-Taster-Betätigung

Wünscht man die eindeutige Zuordnung eines Schaltzustandes zu einer Taste, so bietet sich die zweite Schaltungsversion an. Hierbei entfallen die Bauelemente IC5, C24, C25 sowie R26 und R27 ersatzlos und IC6 mit Zusatzbeschaltung kommt zum Einsatz.

Von den 8 Ausgängen des IC3 wird jetzt 1 Ausgang (1, 3, 5 oder 7) mit dem Einschaltengang (über R18, R29 auf Pin13 des IC6) verbunden und ein zweiter Ausgang (2, 4, 6 oder 8) mit dem Ausschalt-Eingang (über R17, R28) Pin2 des IC6. Auch hier wird selbstverständlich nur eine Lötzinnbrücke erzeugt, d. h. insgesamt entstehen 2 Verbindungen: Eine zur Wahl des Einschaltkanals und eine zweite zur Wahl des Ausschaltkanals.

Wurden Kanal 1 und 2 gewählt, steht bei Betätigung des 1. Kanals an Pin13 des IC6 ein „high“-Impuls an. Die Gatter N1 bis N4 sind als Speicher-Flip-Flop geschaltet, d. h. die Ausgänge (Pin3, 4 und 10) wechseln ihr Potential von „low“ (ca. -15V) auf „high“.

Genau wie bei der ersten Version schaltet T3 und infolgedessen der Triac Tc1 durch. Der angeschlossene Verbraucher ist aktiviert.

Auch nachdem die Taste des Kanals 1

losgelassen und kein Sendesignal übertragen wird, bleibt dieser Schaltzustand gespeichert.

Erst in dem Moment, in dem Kanal 2 betätigt wird, erscheint an Pin2 des IC6 ein „high“-Impuls, der den Ausgang (Pin3) zurück auf „low“ setzt. T3 und Tc1 sperren. Der angeschlossene Verbraucher ist ausgeschaltet.

Zur Erhöhung des Ausgangssteuerstromes des Flip-Flops wurden die Gatter N1, 2, 3 parallel geschaltet.

Die Zeitkonstanten der RC-Glieder R28, C27 sowie R29, C26 sind so bemessen, daß im Moment des ersten Einschaltens, d. h. auch nach einem Stromausfall, der Ausgang Pin3 des Speicher-Flip-Flops immer „low“-Potential führt und ein angeschlossener Verbraucher ausgeschaltet ist.

Durch die Tasten Ta9 sowie Ta10 kann auch eine Betätigung direkt am Empfänger vorgenommen werden.

Die Stromversorgung der Schaltung erfolgt über R22, R23 sowie C20 in Verbindung mit D7, D8. Mit D9, C21 wird daraus eine vorstabilisierte Gleichspannung gewonnen, die anschließend über den Festspannungsregler IC4 auf 15V stabilisiert wird.

Zum Nachbau Der IR-Sender

Der Aufbau des Senders ist recht einfach. Die Bauelemente werden in ge-

wohnter Weise anhand des Bestückungsplanes auf die Platine gesetzt und verlötet. Im Normalfall wird man beim Sender alle 8 Tasten einbauen. Dies ist nur geringfügig teurer als bei Verwendung nur eines Kanals und hierfür steht ein bereits komplett bearbeitetes und bedrucktes Gehäuse zur Verfügung.

Möchte man jedoch weniger als 8 Kanäle mit Tasten bestücken, kann dies selbstverständlich auch erfolgen. Jede Kanalzahl zwischen 1 und 8 ist möglich. Für diesen Fall steht ein unbearbeitetes Gehäuse zur Verfügung, in das selbst die entsprechenden Bohrungen eingebracht werden können.

Damit die Tasten ca. 2 mm weit aus der Gehäuseoberseite hervortreten, sind pro Taste 4 Lötstifte an den entsprechenden Stellen der Platine einzusetzen. An diese Lötstifte sind dann die Tasten anzulöten.

Die beiden Infrarot-Sendediode werden so eingebaut, daß sie nach dem Abwinkeln (siehe Foto) zur Gehäusestirnwand weisen und in die beiden entsprechenden Bohrungen passen.

Die Einbaulage der beiden Sendediode spielt eine wesentliche Rolle. Die Katode, d. h. die Seite in die die Pfeilspitze des Schaltungssymbolos weist, ist durch Abflachung an der Gehäuseseite gekennzeichnet.

Der Keramik-Schwinger des Typs CSB455A ist genau wie ein Quarz ungepolt.

Nachdem die Platine nochmals sorgfältig überprüft wurde, kann der Einbau ins Gehäuse erfolgen. Hierzu wird die Leiterplatte in die Gehäuseunterhalbschale gesetzt. Nach dem Aufsetzen des Gehäuseoberteiles ist die Leiterplatte automatisch durch den Mittelsteg, in den von außen die Schraube eingedreht wird, festgesetzt.

Der Infrarot-Empfänger

Der Aufbau dieses Schaltungsteiles ist ebenfalls verhältnismäßig einfach möglich. Hierzu tragen nicht zuletzt die beiden übersichtlich gestalteten Leiterplatten bei, auf denen sämtliche Bauelemente Platz finden.

Für die beiden verschiedenen Schaltvarianten des Empfängerteiles wurde ein Platinen-Layout entworfen, das für beide Varianten gleichermaßen einsetzbar ist. Lediglich die Bestückung der Platinen ist geringfügig unterschiedlich. Hierauf wurde in der Beschreibung des Schaltplanes bereits eingegangen. Zur besseren Übersichtlichkeit haben wir für beide Schaltungsvarianten separate Bestückungspläne abgedruckt.

In Bild 3 ist die 1-Taster-Version und in Bild 4 die 2-Taster-Version zu sehen, während Bild 5 die Abbildungen der komplett bestückten Platinen zeigt, die in dieser Form selbstverständlich nicht aufgebaut werden (entweder wird IC 5 mit Zusatzbeschaltung bestückt oder IC 6 mit Zusatzbeschaltung). Die Abbildung soll in erster Linie dazu dienen, sämtliche verwendeten Bauelemente zu zeigen.

Bei der Bestückung der Platinen hält man sich genau an die entsprechenden Bestückungspläne. Zuerst werden die niedrigen und anschließend die höheren Bauelemente auf die Platinen gesetzt und verlötet.

Die Linse mit der darin werksseitig eingegossenen Empfangsdiode wird anschließend von innen in die Gehäuseoberhalbschale eingeklebt. Die Verbindung der Diodenanschlüsse erfolgt über 2 flexible isolierte, möglichst kurz zu haltende Leitungen, wobei auf die Polarität des korrekten Anschlusses zu achten ist. Die Schaltung ist so ausgelegt, daß auch bei falscher Polarität von D 6 kein Defekt auftreten kann. Lediglich das Potential des Platinenanschlußpunktes „c“ wird in Richtung Masse gezogen, da an D 6 bei falscher Polarität ca. 1 V Spannung abfällt. Bei korrekter Einbaulage beträgt die Spannung zwischen „c“ und „d“ ohne direkte Beleuchtung der Diode mehr als 12 V.

Aus Gründen der Störsicherheit wird eine zusätzliche kleine Abschirmplatte unter die Empfängerplatine (mit den Tastern) und zwar im Bereich des Empfänger-ICs 2 des Typs TDA 4050 angeordnet. Die Leiterbahnseiten von Empfänger- und Abschirmplatte weisen hierbei zueinander hin und befinden sich in einem Abstand von ca. 5 mm. Die Verbindung beider Platinen erfolgt, indem 4 Lötstifte von der Leiterbahnseite aus durch die Bohrungen gesteckt werden, die sich am äußeren Rand der Empfängerplatine auf der Masseleitung befinden und dort festgelötet werden. Anschließend sind diese Lötstifte auf ca. 5 mm zu kürzen und stumpf an die daruntergesetzte, verzinnnte Kupferseite der Abschirmplatte zu löten. Die Ansicht der fertigaufgebauten Empfängereinheit vor dem Einbau ins Gehäuse veranschaulicht diese Konstruktion.

Die mechanische Verbindung von Empfänger und Schaltplatine erfolgt über 4 Schrauben M 3 x 45 mm sowie 4 x 2 Stück 20 mm lange Abstandshülsen. Die elektrische Verbindung erfolgt über 4 flexible

isolierte Zuleitungen, die jeweils die Platinenanschlußpunkte „e, f, l, m“ miteinander verbinden, d. h. die auf beiden Platinen mit gleichen Buchstaben bezeichneten Platinenanschlußpunkte gehören jeweils zusammen.

Die Verkabelung des angespritzten Schutzkontakt-Steckers erfolgt mit flexiblen isolierten Leitungen, die einen Querschnitt von mindestens 0,75 mm² aufweisen müssen.

Zum Anschluß der beiden Pole des Netzsteckers dienen 2 ca. 50 mm lange Zuleitungsabschnitte, die mit den Platinenanschlußpunkten „g“ und „h“ verlötet werden.

Der Schutzkontakt des Schuko-Steckers wird an den entsprechenden Schutzkontakt der im Gehäuseoberteil integrierten Schutzkontakt-Steckdose gelötet.

Von den beiden Polen der Schuko-Steckdose wird der eine mit dem Platinenanschlußpunkt „k“ und der andere mit dem Platinenanschlußpunkt „i“ verbunden.

Nachdem der Einbau in einem absolut berührungssicheren, den Sicherheitsvorschriften entsprechenden Gehäuse ordnungsgemäß abgeschlossen ist, ist der Nachbau bereits beendet. Vor der Inbetriebnahme ist noch der einfach durchzuführende Abgleich vorzunehmen, den wir im folgenden beschreiben.

Zum Abgleich

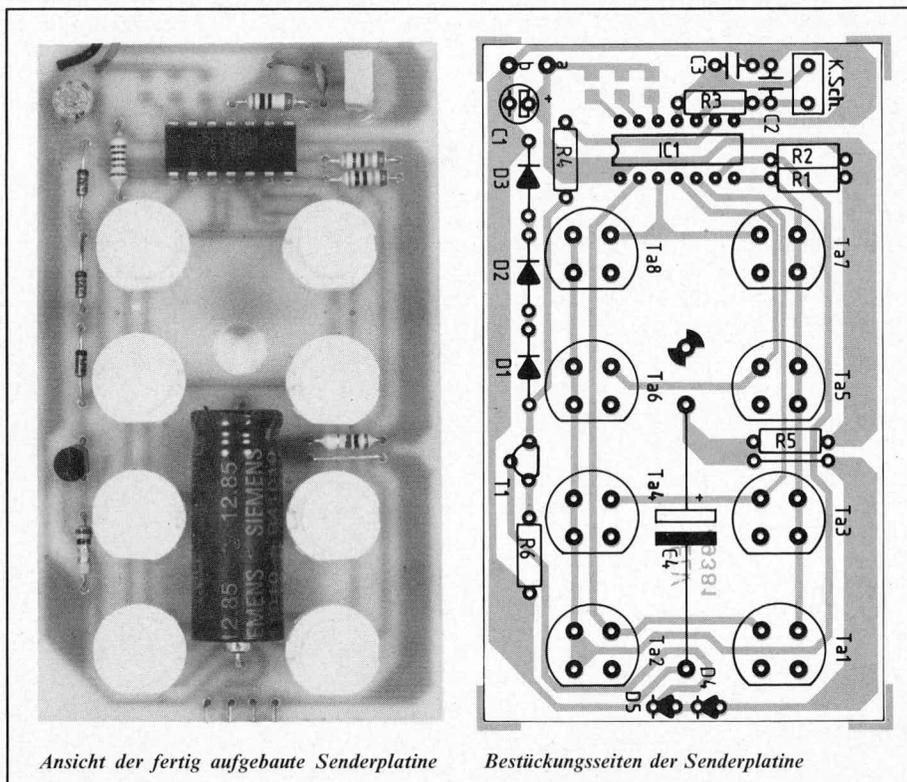
Den einzigen Einstellpunkt dieser Schaltung finden wir im Empfänger. Hier muß die Spule L 1 auf die 25 kHz Empfangsfrequenz abgeglichen werden. Hierzu wird die Empfängerplatine von der Schaltplatine getrennt und einzeln in Betrieb genommen, d. h. an die Platinenanschlußpunkte „f“ (Masse) und „e“ (+ 15 V) wird eine 15 V Gleichspannung aus einem separaten Netzteil angelegt. Dies ist besonders wichtig, da die Schaltung zu Einstell- und Prüfzwecken auf gar keinen Fall mit der lebensgefährlichen Netzwechselspannung verbunden sein darf.

Als nächstes schließt man an einen der Steuerausgänge des IC 3 (wahlweise Kanal 1 bis 8) ein Voltmeter an (z. B. zwischen Pin 8 des IC 3 für Kanal 1 und der Schaltungsmasse).

Nun betätigt man die entsprechende Taste am Sender und richtet diesen auf die angeschlossene Empfängerdiode aus. Der Ferritkern der Spule L 1 wird zweckmäßigerweise von einer zweiten Person langsam verdreht und der Abstand zwischen Sender- und Empfängerdiode immer weiter erhöht. Der einwandfreie Empfang wird durch einen „high“-Pegel am angeschlossenen Voltmeter registriert.

Die Einstellung der Spule L 1 ist optimal bei größtmöglich erzielbarer Reichweite.

Nachdem diese Einstellung sorgfältig durchgeführt wurde, kann die Endmontage entsprechend dem vorangegangenen Kapitel fertiggestellt werden und das Gerät seiner Bestimmung zugeführt werden.



Ansicht der fertig aufgebaute Senderplatine

Bestückungsseiten der Senderplatine

Stückliste:

8-Kanal-IR-Fernbedienung

Sender

Widerstände

1 Ω	.....	R 6
10 Ω	.....	R 5
10 kΩ	.....	R 4
100 kΩ	.....	R1, R 2
1 MΩ	.....	R 3

Kondensatoren

100 pF	.....	C 2, C 3
10 μF/16 V	.....	C 1
1000 μF/16 V, liegend	.....	C 4

Halbleiter

SLB 3801	.....	IC 1
BC 875	.....	T 1
SFH 409	.....	D 4, D 5
1 N 4148	.....	D 1-D 3

Sonstiges

- 1 Keramikschwinger 455 kHz
- 8 D6 Taster
- 34 Lötstifte
- 1 9 V Batterieclip

Empfänger

Widerstände

1,8 kΩ	.....	R 12
2,2 kΩ	.....	R 9

3,3 kΩ	.....	R 10, R 11
56 kΩ	.....	R 8
100 kΩ	.....	R 13, R 17, R 18
180 kΩ	.....	R 7
470 kΩ	.....	R 15
1 MΩ	.....	R 16
4,7 MΩ	.....	R 14

Kondensatoren

100 pF	.....	C 17, C 18
680 pF	.....	C 5
1,5 nF	.....	C 11, C 12, C 15
3,3 nF	.....	C 13
22 nF	.....	C 6
1 μF/16 V	.....	C 9, C 14, C 16
2,2 μF/16 V	.....	C 8
10 μF/16 V	.....	C 7, C 10, C 28

Halbleiter

SLB 3802	.....	IC 3
TDA 4050	.....	IC 2
BC 558	.....	T 2
BP 104, mit Speziallinse	.....	D 6

Sonstiges

- CEC-D 377 S L 1
- Print Taster Ta 9, Ta 10
- 1 Keramikschwinger 455 kHz
- 4 Schrauben M 3 x 45
- 4 Abstandsrollchen 20 mm
- 6 Lötstifte
- 20 cm flexible Leitung

Schaltteil

Widerstände

68 Ω	.....	R 19-R 23
2,7 kΩ	.....	R 24
10 kΩ	.....	R 25, R 29
100 kΩ	.....	R 26-R 28

Kondensatoren

47 nF	.....	C 22, C 24-C 27
10 μF/25 V	.....	C 23
100 μF/25 V	.....	C 21
0,1 μF/630 V	.....	C 19
680 nF/630 V	.....	C 20

Halbleiter

CD 4001	.....	IC 6
CD 4040	.....	IC 5
7915	.....	IC 4
BC 548	.....	T 3
BT 138/500	.....	Tc 1
ZD 20	.....	D 9
1 N 4001	.....	D 7, D 8

Sonstiges

- 1 U-Kühlkörper SK 13
- 1 Schraube M 3 x 8
- 1 Mutter M 3
- 4 Lötstifte
- 30 cm flexible Leitung 0,75 mm²
- 1 Platinensicherungshalter
- 1 Sicherung 4 A

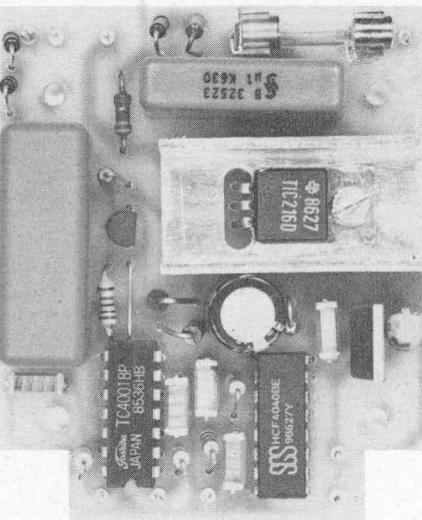
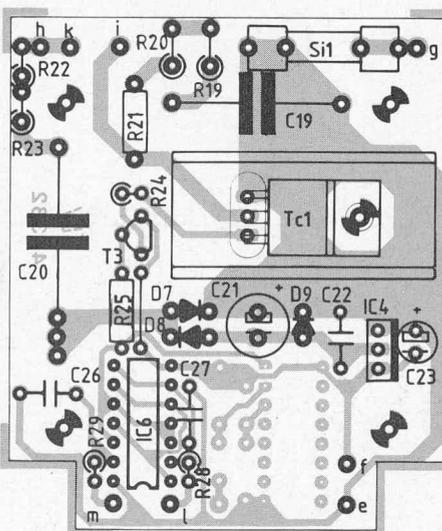
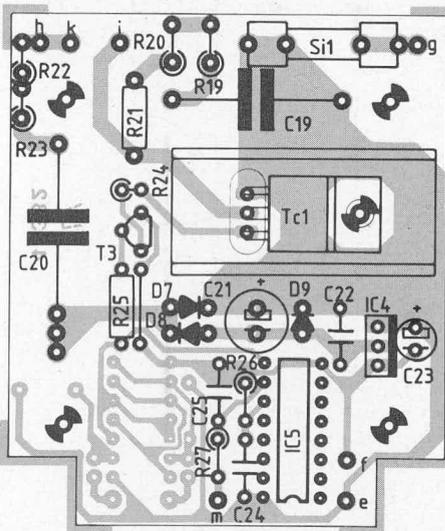
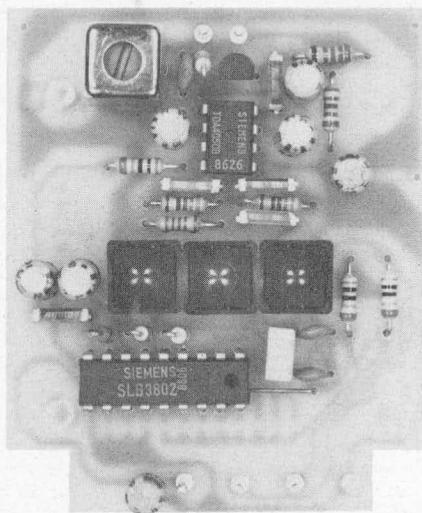
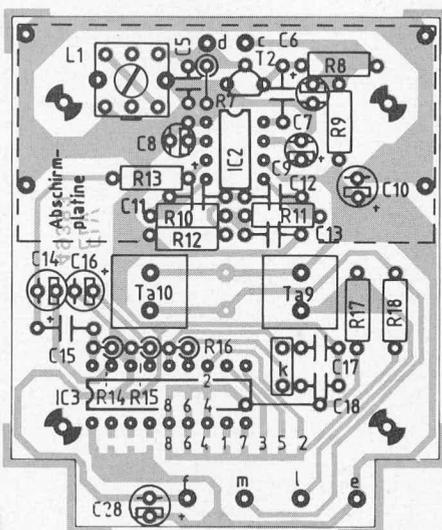
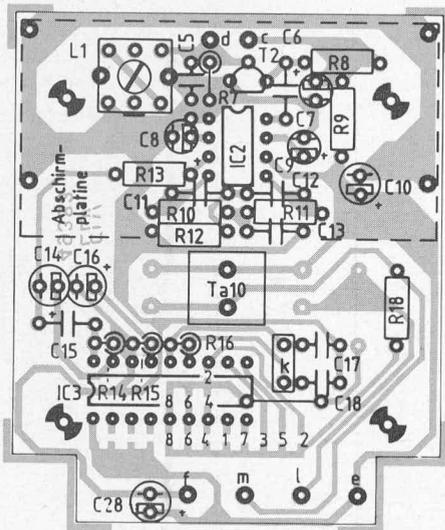


Bild 3: Bestückungsseiten für 1-Taster-Betätigung
oben: Empfängerplatine, unten: Schalterplatine

Bild 4: Bestückungsseiten für 2-Taster-Betätigung
oben: Empfängerplatine, unten: Schalterplatine

Bild 5: Ansicht der komplett bestückten Platinen
oben: Empfängerplatine, unten: Schalterplatine

Elektronik-Wetterstation WS 1000

Teil 2



In diesem zweiten Teil stellen wir Ihnen die Funktionsbeschreibung sowie einen Teil der Sensorschaltungen vor.

Funktionsbeschreibung

Bei der ELV-micro-line Elektronik-Wetterstation WS 1000 handelt es sich um ein komplexes, umfangreiches Schaltungssystem, das aus einer Vielzahl von Teilschaltungen besteht. Zum besseren Verständnis wollen wir daher die grundsätzliche Funktionsweise zunächst anhand des in Bild 1 dargestellten Blockschaltbildes beschreiben.

Die 8 Meßwertaufnehmer teilen sich auf in 3 analog (100, 200, 300) und 5 digital (400 bis 800) arbeitende Sensorschaltungen. Zusätzlich ist der Anschluß eines DCF-Empfängers (1100/1200) möglich. Hierbei befindet sich die Aktiv-Antenne sowie die gesamte Empfängerelektronik gemeinsam in einem Kunststoff-Rohrgehäuse, das zwecks optimaler Stabilität und Witterungsbeständigkeit vergossen werden kann.

Bei den analog arbeitenden Meßwertaufnehmern handelt es sich um die beiden Temperatursensoren sowie den Luftdrucksensor. Die Ausgänge dieser 3 Teilschaltungen werden auf einen 16-Kanal-Analog-Umschalter gegeben, der von dem zentralen Single-Chip-Mikroprozessor gesteuert wird, d. h. der Prozessor bestimmt, welcher der 16 Eingänge auf den Ausgang durchgeschaltet wird.

Weitere 3 der insgesamt 16 Eingänge werden durch verschiedene Referenzspannungen (V_{ref1} bis V_{ref3}) belegt, die zu Korrektur- und Prüfzwecken benötigt werden. Die restlichen 10 Eingänge werden mit dem Spindeltrimmer-Kalibrierfeld beschaltet. Mit insgesamt 10 Spindeltrimmern werden die Meßwertaufnehmerschaltungen 100 bis 500 kalibriert, d. h. jeweils 2 Spindeltrimmer legen Parallelverschiebung und Steigung der Kennlinie eines Sensors fest.

Der Ausgang des 16-Kanal-Analog-Umschalters wird auf einen Spannungs-/Frequenzumsetzer gegeben, der die Analogspannung in eine digital weiter zu verarbeitende Frequenz umsetzt. Dies ist erforderlich, da der zentrale Mikroprozessor ausschließlich digitale Signale verarbeiten kann.

Ein 8-Kanal-Digital-Umschalter, der ebenfalls vom zentralen Mikroprozessor kontrolliert wird, erhält an seinen Eingängen die Informationen der Sensoren 400 bis 600, die Ausgangsfrequenz des Spannungs-frequenzumsetzers sowie des Windgeschwindigkeitsaufnehmers (700). Letzterer gibt seine Digitalinformation in Form einer Frequenz, die zur Windgeschwindigkeit proportional ist, an den Prozessor.

Am Ausgang dieses Umschalters, der auf einen Eingang des Single-Chip-Mikroprozessors geschaltet ist, stehen nun nacheinander die 16 digitalisierten Eingangsinformationen des Analog-Umschalters zuzüglich der von vornherein digital arbeitenden Sensorschaltungen (400 bis 700) zur Verfügung. Je nachdem, welchen der insgesamt 20 Meßwerte der Mikroprozessor benötigt, gibt er seine entsprechenden Steuerbefehle an den Analog- sowie den Digital-Umschalter.

Vom Windrichtungsaufnehmer kommen 3 weitere Signalleitungen, welche direkt auf die Eingänge des zentralen Mikroprozessors zur Positionserkennung gegeben werden.

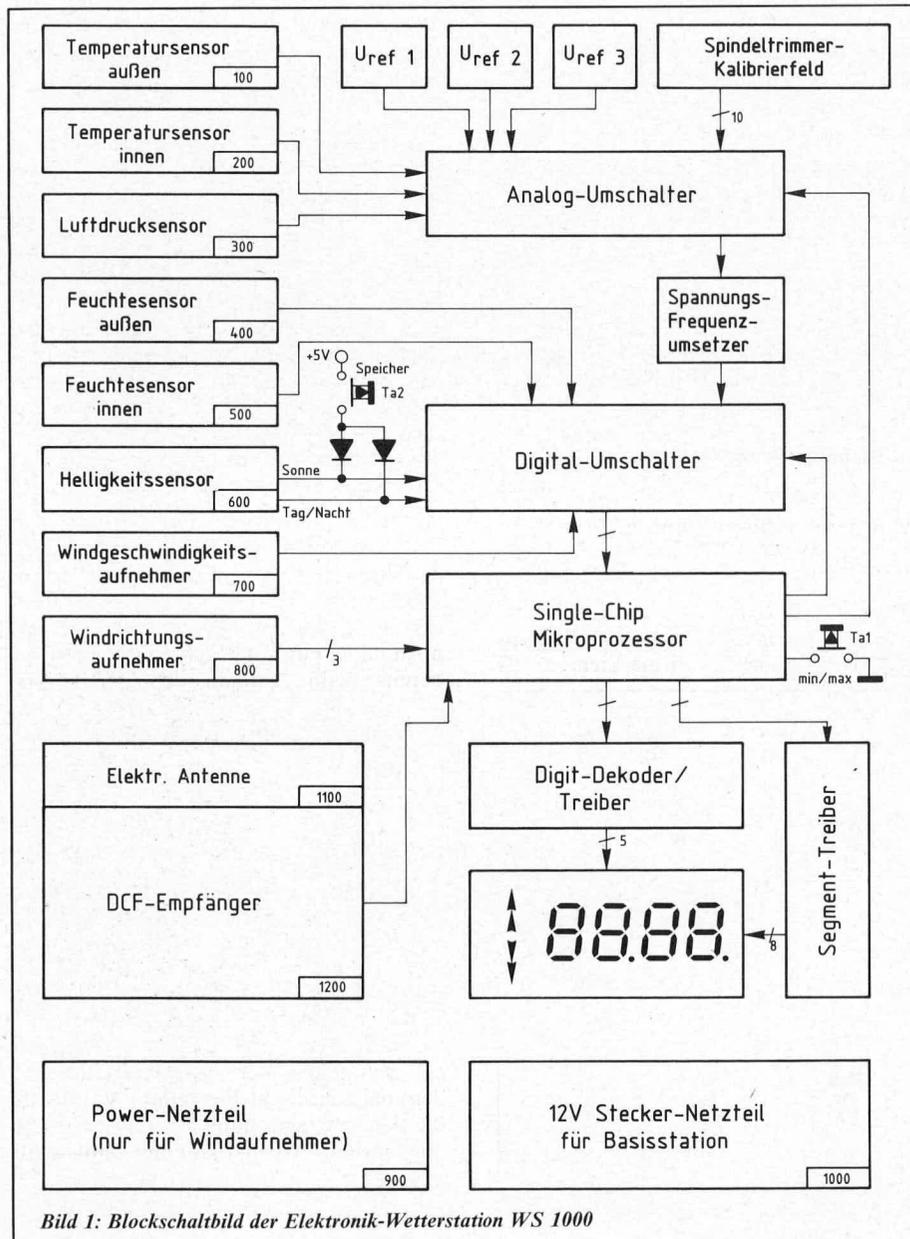


Bild 1: Blockschaltbild der Elektronik-Wetterstation WS 1000

Ebenso gelangt das Steuersignal vom Ausgang des DCF-Empfängers zur Auswertung direkt auf einen Prozessoringang.

Im zentralen Single-Chip-Mikroprozessor werden vorstehend aufgeführte Meßergebnisse ausgewertet und so verarbeitet, daß über entsprechende Dekoder/Treiberstufen die 7-Segment-Anzeigen direkt angesteuert werden können.

Hervorzuheben ist noch, daß sowohl bei den Feuchtesensoren als auch bei dem Windgeschwindigkeitsaufnehmer im Rechner eine Software-Linearisierung vorgenommen wird, die zur Erhöhung der Präzision der Meßergebnisse entscheidend beiträgt. Darüber hinaus erfolgt eine Temperaturkompensation der Feuchtesensorschaltungen über die entsprechenden Temperatursensoren, um so auch bei größeren Temperaturschwankungen zuverlässige Meßergebnisse der relativen Luftfeuchte zu erhalten. Der Temperatursensor „außen“ und der Feuchtesensor „außen“ sollten daher räumlich dicht beieinander angeordnet werden. Gleiches gilt für die Sensoren für „innen“.

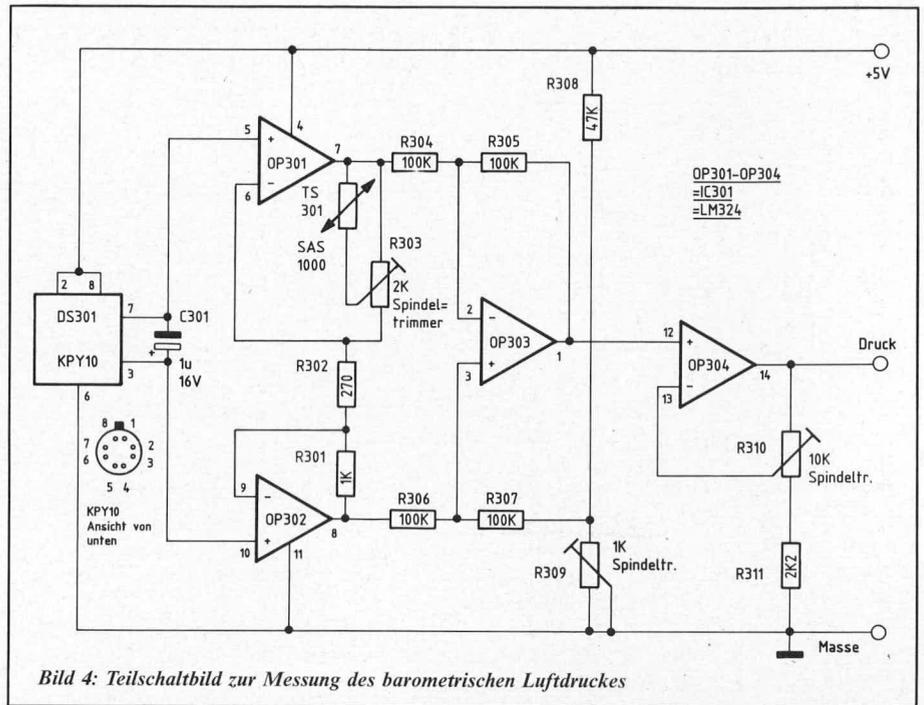
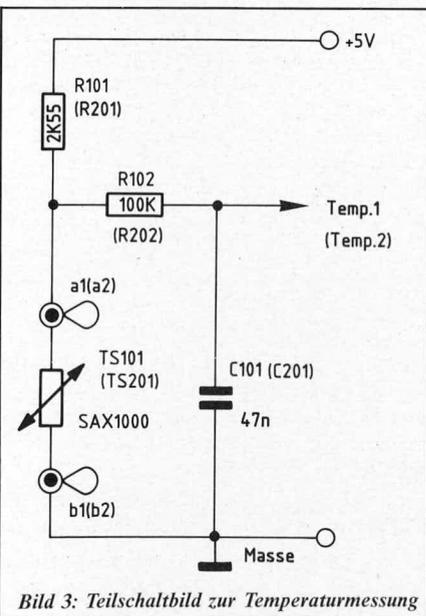
Da sowohl die Sensoren für „außen“ als auch für „innen“ gleiche Meßbereiche aufweisen, kann die Entscheidung, an welchem Ort welcher Sensor anzuordnen ist, selbstverständlich individuellen Erfordernissen angepaßt werden, d. h. es können zum Beispiel auch beide Temperatur- und beide Feuchtesensoren zur Innen-Messung in unterschiedlichen Räumen herangezogen werden.

Die Sensorschaltungen

Temperaturmessung

In Bild 3 sind die Sensorschaltungen der Temperaturmeßstellen für „außen“ und „innen“ (Bezeichnungen in Klammern) dargestellt.

Die Versorgung erfolgt über den Linearisierungs-Vorwiderstand R 101 bzw. R 201, der zur Begradigung des Kennlinienverlaufes beiträgt. Durch die exakte Dimensionierung ist eine anschließende Korrektur des Kurvenverlaufes nicht mehr erforderlich, so daß lediglich Nullpunkt und Skala-



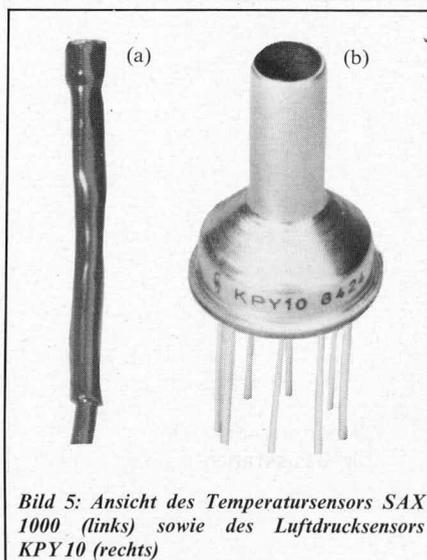
lenfaktor einer jeden Temperaturmeßstelle bei der Kalibrierung eingestellt werden müssen. Der Meßbereich erstreckt sich von ca. -55°C bis ca. $+100^{\circ}\text{C}$ mit einer Auflösung von $0,1^{\circ}\text{C}$. Die Abweichung von typ. $0,2\text{K}$ ist im Bereich zwischen -30°C und $+100^{\circ}\text{C}$ gegeben.

Bild 5a zeigt eine Abbildung des Sensorkopfes, der mit einem ca. 2,5 m langen abgeschirmten Kabel wasserdicht verbunden ist. Die Verlängerung der Zuleitung kann ohne nennenswerte Genauigkeitseinbuße auf 10 Meter und mehr vorgenommen werden. Beachten sollte man lediglich, daß die Zuleitung nicht in die Nähe von Netzleitungen oder sonstigen Störeinstrahlungsquellen verlegt wird.

Luftdruckmessung

Kommen wir als nächstes zur Beschreibung der Schaltung zur Messung des barometrischen Luftdruckes, die in Bild 4 aufzeichnet ist.

Das Herzstück dieses Schaltungsteiles besteht aus dem Drucksensor des Typs KPY 10 (Bild 5b) der Firma Siemens. Es



handelt sich hierbei um ein elektronisches Bauelement, in dessen Gehäuse sich eine Miniatur-Meßbrücke befindet, die mit Dehnungsmessstreifen aufgebaut ist. Über ein Röhrchen kann die Außenluft eintreten.

Die an den Anschlußbeinchen 3 und 7 des KPY 10 anstehende, dem Luftdruck direkt proportionale Brückenspannung, wird mit den OP 301 bis 304 verstärkt. Da der Drucksensor verhältnismäßig temperaturabhängig ist, ist es unbedingt erforderlich, eine exakt dimensionierte Temperaturkompensation einzubauen, damit nicht bei Temperaturänderungen die Anzeige schwankt und dadurch eine Druckänderung vortäuscht, die in Wirklichkeit gar nicht existiert. Eine Kompensation des Temperaturganges des Drucksensors wird mit dem Temperatursensor TS 301 vorgenommen.

Die genaue individuelle Anpassung wird durch die Einstellung des Spindeltrimmers R 303 erreicht. Auf die Einstellung gehen wir im weiteren Verlauf dieses Artikels noch näher ein. Zu beachten ist allerdings bereits beim Aufbau, daß der Sensor TS 301 in direktem thermischen Kontakt mit dem Drucksensor DS 301 steht. Durch Hinzufügen von etwas Wärmeleitpaste kann dieser wichtige thermische Kontakt noch verbessert werden.

Der Spindeltrimmer R 309 dient zur Einstellung einer evtl. Höhenkorrektur und sollte zunächst auf „Null Ohm“ gedreht werden.

Da mit dem Spindeltrimmer R 303 während der Temperaturkompensations-Einstellung auch die Verstärkung des gesamten Systems verändert wird, ist am Ausgang der Spindeltrimmer R 310 eingefügt mit dem nach erfolgter Einstellung von R 303 die Ausgangsspannung auf die Höhe der günstigsten Arbeitsspannung eingestellt wird.

Obwohl sich vorstehende Beschreibung zunächst vielleicht etwas kompliziert an-

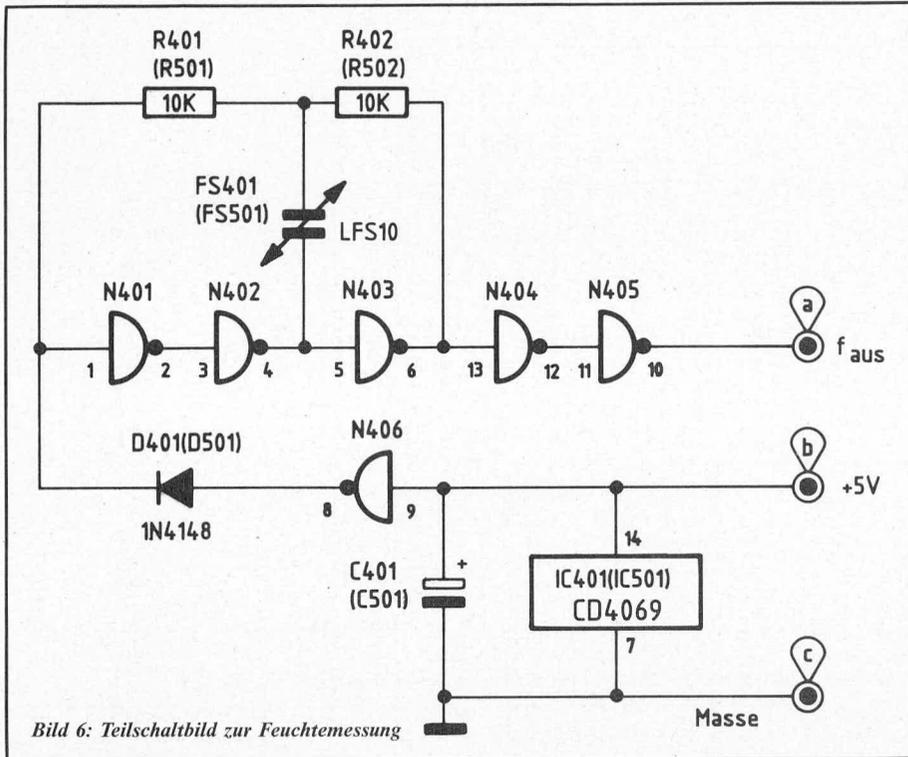


Bild 6: Teilschaltbild zur Feuchtemessung

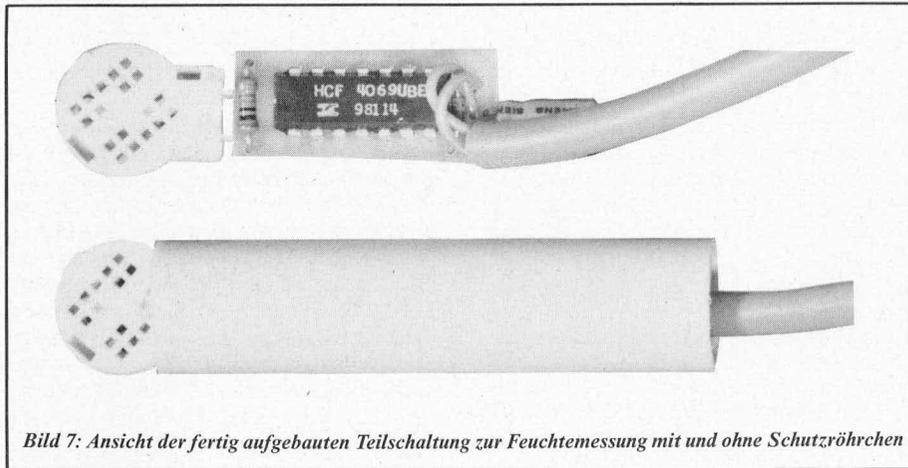


Bild 7: Ansicht der fertig aufgebauten Teilschaltung zur Feuchtemessung mit und ohne Schutzröhrchen

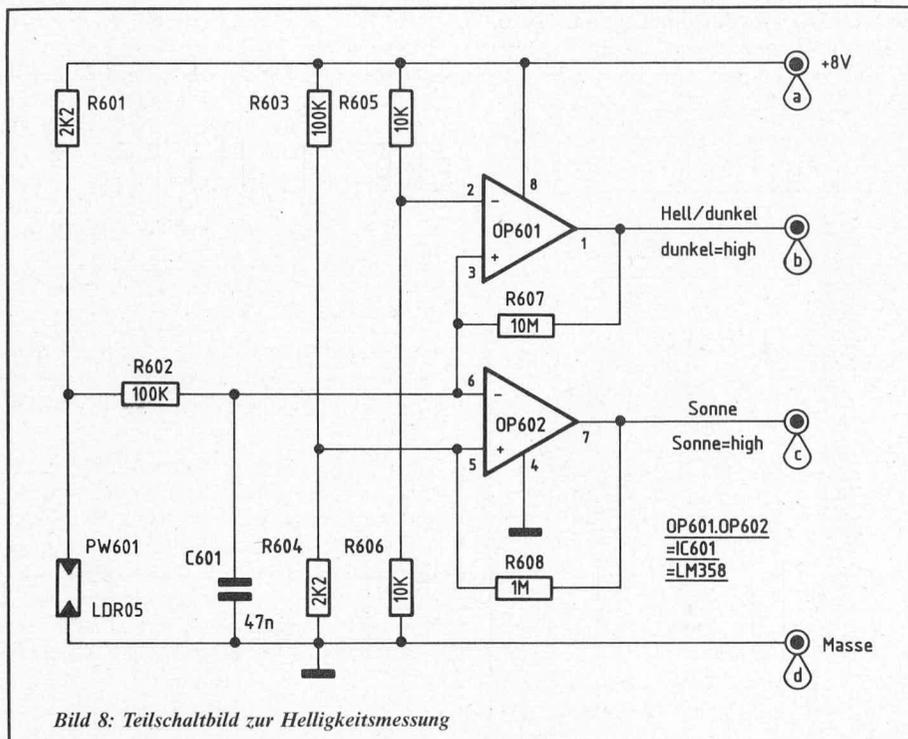


Bild 8: Teilschaltbild zur Helligkeitsmessung

hört, ist sie jedoch mit einfachen Mitteln durchzuführen, wie man auch im weiteren Verlauf dieses Artikels sehen wird.

Feuchtemessung

In Bild 6 wird das Teilschaltbild der Feuchtemeßschaltung gezeigt. Als Meßwertnehmer dient ein Feuchtesensor der Firma VALVO. Dieser besteht aus einem perforierten Kunststoffgehäuse, in das eine beidseitig mit einem Goldfilm bedampfte Spezialfolie eingespannt ist. Die Folie stellt das Dielektrikum eines Plattenkondensators dar, während die beiden Goldfilme die Elektroden bilden. Unter dem Einfluß der Luftfeuchte ändert sich die Dielektrizitätskonstante der Folie und damit die Kapazität des Kondensators. Ein besonderer Vorteil dieses Feuchtesensors ist die verhältnismäßig große Kapazitätsveränderung in bezug auf die relative Luftfeuchte, während ein Nachteil in dem nicht linearen Kurvenverlauf und einer gewissen Temperaturabhängigkeit liegt. Für Präzisionsmessungen ist daher zur Meßwertanzeige eine vorhergehende Temperaturbereinigung sowie anschließende Linearisierung der Kennlinie erforderlich. Die komplette Verarbeitung erfolgt bei der WS 1000 in dem zentralen Mikroprozessor.

Um ein Höchstmaß an Präzision der Anzeigergebnisse zu erreichen, wurden bereits für die ELV-Komfort-Wetterstation WS 7000 umfangreiche Untersuchungen in aufwendigen Meßreihen vorgenommen, um Berechnungsformeln zu entwickeln, mit deren Hilfe der Rechner der WS 7000 die erforderlichen Operationen vornehmen kann. Die Ergebnisse kommen nun in dem hier vorgestellten System ebenfalls im vollen Umfang zur Geltung. Der Benutzer der WS 1000 kann der Überzeugung sein, daß die angezeigten Meßergebnisse mit einem Minimum an Fehlern behaftet sind, und dies in einem weiten Temperaturbereich.

Die Funktionsweise der Schaltung selbst ist wie folgt:

Mit den Gattern N 401 bis N 403 ist ein RC-Oszillator aufgebaut, der mit einer Frequenz von ca. 250 kHz schwingt. Die genaue Frequenz ist von der Kapazität des Feuchtesensors abhängig.

Die Gatter N 404 und N 405 nehmen eine Impulsformung und Pufferung vor, so daß am Ausgang eine Frequenz zur Verfügung steht, die der relativen Luftfeuchte proportional ist (allerdings nicht linear). Die anschließende softwaremäßige Linearisierung und Temperaturbereinigung erfolgt im Prozessor.

Die in Klammern in dem Schaltbild angegebenen Bezeichnungen stehen für die zweite Feuchte-Meßschaltung.

In Bild 7 ist der praktische Aufbau dieser Teilschaltung mit und ohne Schutzröhrchen abgebildet.

Helligkeitsmessung

Als nächstes wollen wir die Schaltung des Helligkeitssensors beschreiben (Bild 8):

Zur Registrierung der Umgebungshelligkeit wird der Fotowiderstand des Typs LDR 05 herangezogen.

Im Lastkreis des Fotowiderstandes PW 601 liegt der Arbeitswiderstand R 601. Je nach einfallender Lichtstärke bewegt sich der Spannungsabfall am LDR 05 im Bereich von 0 bis 8 V.

0 V entspricht hierbei starker Sonneneinstrahlung, während 8 V Dunkelheit signalisiert.

Über R 602 gelangt die Spannung auf je einen Eingang der beiden OPs 601 und 602. C 601 dient lediglich der Unterdrückung kurzer Störspitzen.

Die OPs 601 und 602 sind als Komparatoren mit geringer Hysterese geschaltet. Die Schwellen sind so dimensioniert, daß sie in Verbindung mit dem Arbeitswiderstand R 601 die gewünschten Ausgangssignale liefern. Im einzelnen bedeutet dies:

OP 601 schaltet, sobald eine gewisse Grundhelligkeit vorhanden ist, wobei Dunkelheit einem „high“-Signal und Helligkeit einem „low“-Signal entspricht. Bei Sonnenschein oder vergleichbarer großer Helligkeit geht der bis dahin auf „low“ liegende Ausgang des OP 602 (Pin 7) ebenfalls auf „high“. Im selben Moment beginnt die Zeitählung zur Messung der Sonnenscheindauer.



Bild 9: Ansicht der fertig aufgebauten Teilschaltung zur Helligkeitsmessung

Bild 9 zeigt die praktische Realisierung dieses Schaltungsteiles vor dem Einbau in ein Schutzröhrchen (wie bei der Feuchtemeßschaltung). Die spätere Anordnung dieses Sensors sollte so erfolgen, daß der Sonnenscheineinfall von allen Seiten gut gewährleistet ist, der Sensor aber trotzdem vor stärkerer Verschmutzung geschützt ist.

Windgeschwindigkeit, Windrichtung

Die zu den interessantesten Details der ELV-micro-line Elektronik-Wetterstation WS 1000 zählende Messung der Windgeschwindigkeit und der Windrichtung erfolgt in identischer Weise wie bei der ELV-Komfort-Wetterstation WS 7000. Die Beschreibung ist ausführlich bereits im „ELV journal“ Nr. 42 bis 44 veröffentlicht. Da zudem dieser Schaltungsteil ohne den umfangreichen Mechanikbausatz, dem selbstverständlich eine ausführliche Bauanleitung beiliegt, nicht aufgebaut werden kann, wollen wir an dieser Stelle gleich mit der Beschreibung neuer Schaltungsteile fortfahren.

Für den Fall, daß die Windmeßaufnehmer mitangeschlossen werden, erfolgt die Stromversorgung des gesamten Gerätes, d. h. Basisstation und Windmeßaufnehmereinheit aus einem speziell hierfür aufzubauenden Power-Netzteil (wie WS 7000). Andernfalls wird die Basisstation über ein 12 V-Steckernetzteil versorgt.

DCF-Empfänger

In Bild 12 ist das Teilschaltbild der Aktiv-Antenne zum DCF-Empfänger dargestellt. Bild 13 zeigt das Teilschaltbild der eigent-

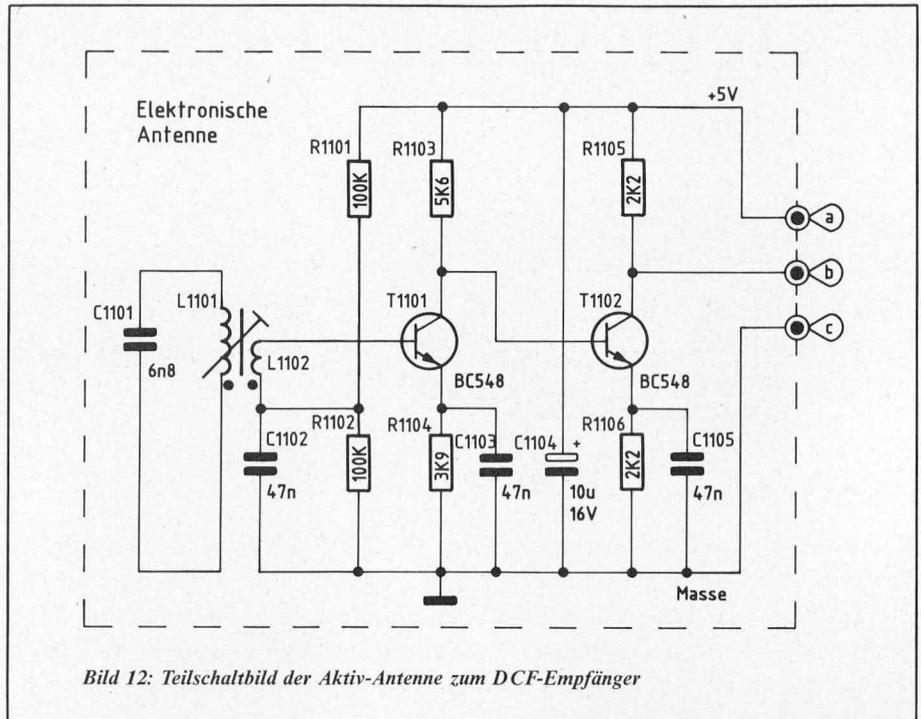


Bild 12: Teilschaltbild der Aktiv-Antenne zum DCF-Empfänger

chen Empfangsschaltung. Beide Schaltungen werden zusammen mit einem Abstand von ca. 3 cm in ein Kunststoff-Panzerrohr eingebaut. Die Verbindung mit der Basisstation erfolgt lediglich über eine 2adrige, abgeschirmte, isolierte Leitung, deren Länge ohne weiteres 10 m und mehr betragen kann.

Da sowohl die in Bild 12 als auch die in Bild 13 dargestellte Schaltung bereits ausführlich im Rahmen des Artikels „Funkuhrensystem DCF 86“ im „ELV journal“ Nr. 45 bis 47 beschrieben wurde, wollen wir die wesentliche Funktion in Kurzform aufzeigen.

Die Spule L 1101 bildet in Verbindung mit dem engtolerierten Kondensator C 1101 den Eingangsempfangskreis für das 77,500 kHz DCF-Signal.

Über L 1102 wird das Empfangssignal ausgekoppelt und auf die nachfolgenden Ver-

stärkerstufen gegeben. Anschließend gelangt das Signal über C 1201 auf den HF-Eingang des IC 1201, das eine weitere Verstärkung vornimmt. Es folgt eine Mischung zur Erzielung einer 700 Hz Zwischenfrequenz, eine Filterung (OP 1, OP 2 mit Zusatzbeschaltung) sowie eine weitere Verstärkung. An Pin 7 verläßt das so aufbereitete Empfangssignal das IC 1201. OP 3 und OP 4 sind als Verstärker und Komparator geschaltet. Am Ausgang des OP 4 (Pin 8) steht das demodulierte Empfangssignal an, und zwar als Rechteck-Sekundenimpuls mit unterschiedlichen Tastverhältnissen, die der senderseitigen Modulation entsprechen. Dieses Signal wird vom zentralen Single-Chip-Prozessor direkt verarbeitet.

In der kommenden Ausgabe des „ELV journal“ stellen wir Ihnen im dritten Teil dieser Artikelserie das komplette Hauptschaltbild der Elektronik-Wetterstation WS 1000 vor.

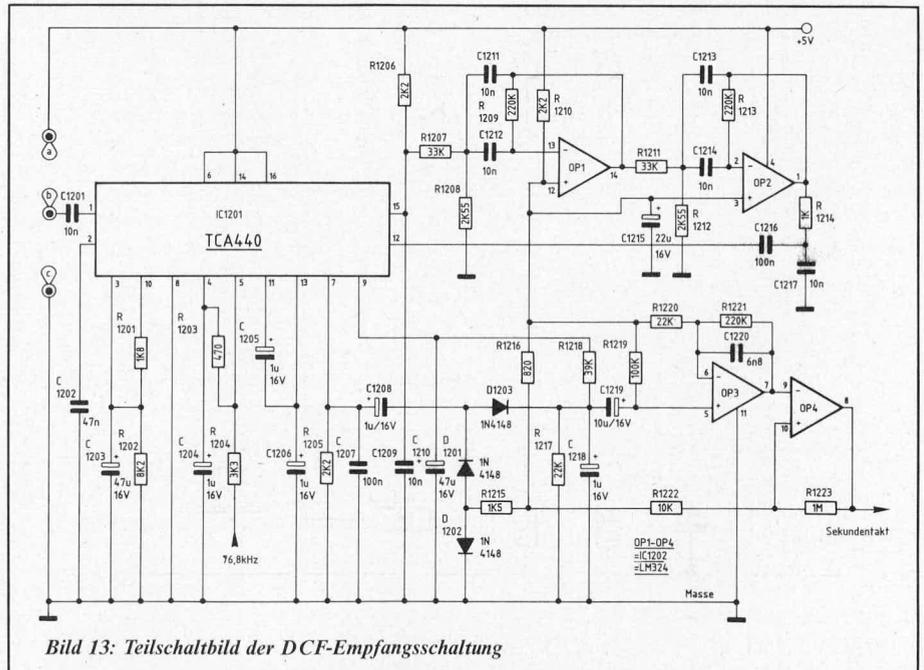
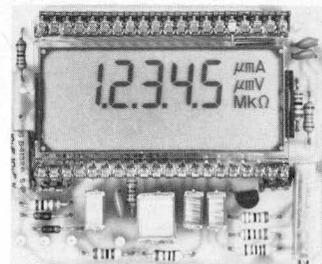
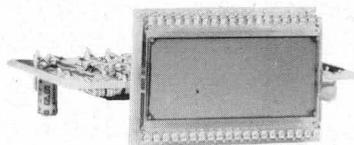


Bild 13: Teilschaltbild der DCF-Empfangsschaltung

4,5stelliges LCD-Panelmeter



Wir stellen Ihnen in diesem Artikel den Aufbau eines hochwertigen Voltmeters mit LCD-Anzeige vor, dessen Meßbereichsumfang $\pm 20\,000$ Digit beträgt. Durch verschiedene Vorwiderstände bzw. Shunts sind sowohl Spannungs- als auch Strommessungen in weiten Bereichen möglich. Nachfolgend die wesentlichen Daten in Kürze:

- 4,5stellige LCD-Anzeige
- zahlreiche Sonderzeichen im Display ansteuerbar
- Versorgung über eine einzige Gleichspannung im Bereich zwischen 7 V und 15 V (typ. 9 V)
- geringe Stromaufnahme von nur ca. 1,4 mA, daher auch für Batteriebetrieb gut geeignet
- „Low Batt.“-Anzeige bei zu geringer Versorgungsspannung
- extrem ruhige und konstante Anzeige auch der letzten Stelle
- integrierte, hochkonstante Präzisions-Spannungsreferenz (20 ppm)
- quarzgesteuerter, integrierter Taktoszillator
- Hold-Funktion zur Meßwertspeicherung
- separate, getrennte Steuersignale für Meßbereichsüber- bzw. -unterschreitung
- extrem hohe Genauigkeit von ± 2 Digit über den gesamten Meßbereich, entsprechend 0,01 % vom Meßbereichsendwert
- 2 Leiterplattenversionen stehen für universelle Einsatzmöglichkeiten zur Verfügung.

Allgemeines

Die vorstehend beschriebenen Leistungsdaten des im ELV-Labor entwickelten LCD-Panelmeters verdeutlichen den professionellen Charakter dieses Gerätes. Besonders hervorzuheben ist die Möglichkeit, das Gerät in 2 mechanisch verschiedenen Versionen aufzubauen, deren elektrische Eigenschaften jedoch vollkommen identisch sind.

- 1-Platinen-Version. Es befinden sich sämtliche Bauelemente auf einer einzigen kompakt aufgebauten Leiterplatte. Diese ist zum Einbau hinter Frontplatten o. ä. geeignet.
- 2-Platinen-Version. Das LC-Display befindet sich auf einer separaten Leiterplatte, die im rechten Winkel an die Basisplatine gelötet wird. Diese Konstruktion ist zum Einbau in ein DIN-NORM-Einbaugeschäft geeignet. Das Gehäuse ist für Schalttafeln bzw. Frontplatten-Ausschnitte mit den Abmessungen 48 mm x 96 mm konzipiert, und zwar so, daß auch individuelle

Zusatzschaltungen, wie Meßwertwandler, Stromversorgungseinheiten o. ä. zusätzlich eingebaut werden können.

Zur Schaltung

Den zentralen Baustein zur Analog-Digital-Wandlung stellt das IC1 des Typs ICL 7129 dar. Es beinhaltet alle wesentlichen Elemente, um eine Eingangsspannung, die zwischen Pin 32 und 33 anliegt, in einen digitalen Wert umzuwandeln. Die Ausgänge Pin 4 bis Pin 19 steuern ein 4,5stelliges LC-Display direkt an. Zu beachten ist hierbei, daß es sich um ein Display mit 3 Backplane handelt (abweichend von den üblicherweise verwendeten LC-Displays mit einem Backplane-Anschluß).

Da der Meßbereichsumfang $\pm 20\,000$ Digit umfaßt, bezeichnet man die Anzeige des Gesamtsystems als 4,5stellig.

Die Referenzspannung wird mit dem hochkonstanten Präzisions-Referenzelement des Typs LM 385 (D 1) in Verbindung mit dem Vorwiderstand R 1 erzeugt.

Über R 2 bis R 4 wird ein Teilbetrag dieser Referenzspannung abgegriffen und auf den positiven Referenzspannungseingang des IC 1 (Pin 34) gegeben. Der genaue Abgleich, der an anderer Stelle dieses Artikels beschrieben wird, erfolgt mit dem Spindeltrimmer R 3.

Damit der Eingangsspannungsbereich möglichst universell genutzt werden kann, besteht die Möglichkeit der Umschaltung zwischen einem Meßbereichsendwert von 200 mV bzw. 2 V. Wird Pin 37 des IC 1 über eine Brücke an die positive Versorgungsspannung gelegt, beträgt die Eingangsempfindlichkeit 2 V. Entfällt die Brücke, wird Pin 37 über R 11 auf Masse gezogen, und die Eingangsempfindlichkeit liegt bei 200 mV. Eine Umschaltung der Referenzspannung ist hierbei nicht erforderlich. Sie beträgt in beiden Fällen 1,000 V.

Eine zu messende Eingangsspannung wird an die Platinenanschlußpunkte „c“ und „d“ angelegt, wobei eine Dauer-Überlastsicherung von 100 V und kurzzeitig 250 V

Stückliste: 4,5stelliges LCD-Panelmeter

Widerstände

1,2 k Ω	R 13
2,2 k Ω	R 2
10 k Ω	R 1, R 4
12 k Ω	R 7
27 k Ω	R 6
47 k Ω	R 5, R 8-R 11
150 k Ω	R 14
270 k Ω	R 12
1 k Ω , Spindeltrimmer	R 3

Kondensatoren

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

Halbleiter

ICL 7129	IC 1
LM 385	D 1
DX 400	D 2, D 3

Sonstiges

- 1 Quarz 100 kHz
- 1 4,5stellige LCD-Anzeige
- 5 Lötstifte

unterhalb des IC 1 2 Brücken angeordnet sind, die selbstverständlich vor der Bestückung des IC 1 einzusetzen sind. Für die Pins 3-18 des LC-Displays sind in der Leiterplatte keine Bohrungen vorhanden. Die Pins sind daher um ca. 5 zu kürzen.

Durch die ausgereifte Schaltungstechnik in Verbindung mit einem hochwertigen Layout, konnte eine ruhige und kontinuierliche Anzeige erreicht werden, die selbst in der letzten Stelle absolut ruhig steht. Lediglich der unvermeidbare Digitalfehler von 1 Digit bleibt bestehen. Aufgrund der hohen Auflösung der Anzeige ist allerdings zu bedenken, daß diese nur dann einwandfreie Meßergebnisse liefern kann, wenn auch die angelegte Meßspannung eine entsprechende Qualität aufweist.

Das Layout der 2-Platinen-Version ist so konzipiert, daß der fertige Baustein in ein DIN-NORM-Einbaugeschloß gesetzt werden kann. Diese Gehäuse sind zum Einbau in genormte Schalttafelabschnitte mit den Abmessungen 48 mm x 96 mm geeignet. Die Schalttafelstärke kann hierbei zwischen 1 mm und 20 mm variieren, ohne daß hierfür komplizierte zusätzliche

Befestigungsmaterialien erforderlich sind.

Die 1-Platinen-Version, die sich besonders durch kompakte Abmessungen auszeichnet, kann aufgrund ihrer geringen Bauhöhe z. B. direkt hinter Frontplatten o. ä. angeordnet werden.

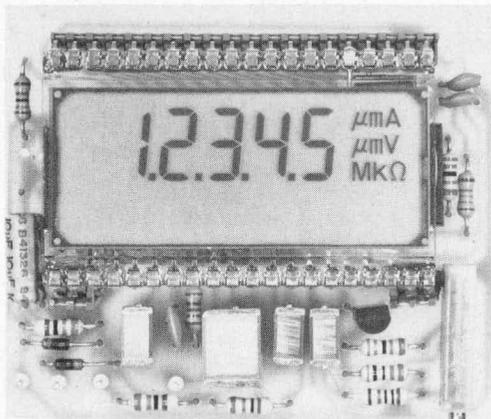
Für welche der beiden elektrisch identischen Versionen man sich entscheidet, hängt letztlich von den mechanischen Gegebenheiten des späteren Einsatzfalles ab.

Abgleich

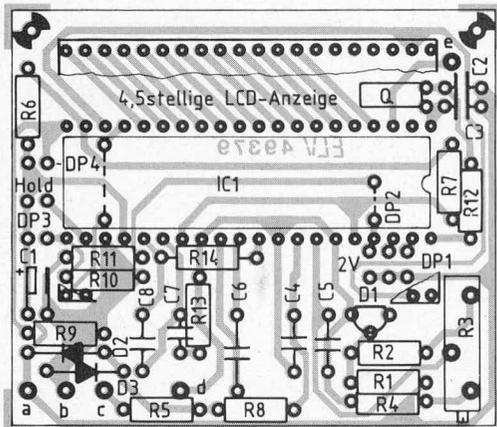
Die Einstellung des Skalenfaktors, d. h. der Abgleich ist auf einfache Weise möglich.

Entweder bedient man sich hierzu einer exakt bekannten Referenzspannung oder aber man mißt eine Spannung im Bereich zwischen 100 mV und 200 mV mit einem hochgenauen Multimeter und stellt dann diesen Wert mit R 3 auf der Digital-Anzeige ein.

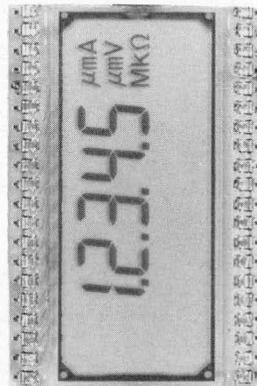
Ein Nullpunkt-Abgleich ist nicht erforderlich, da dieser vor jeder neuen Messung automatisch von dem System vorgenommen wird.



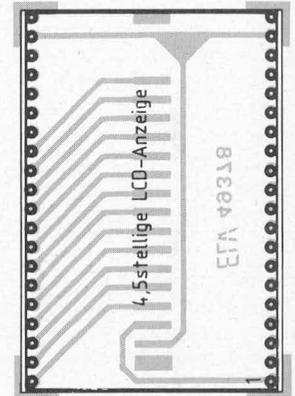
Ansicht der fertig bestückten 1-Platinen-Version



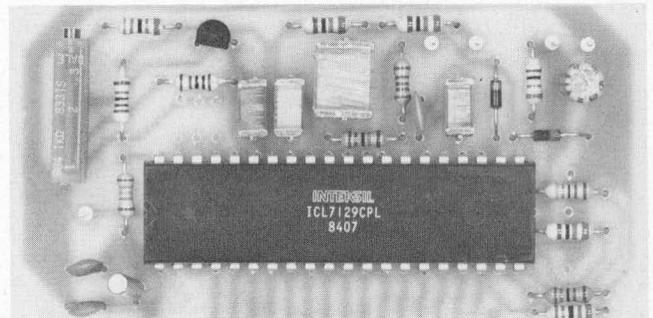
Bestückungsseite der 1-Platinen-Version



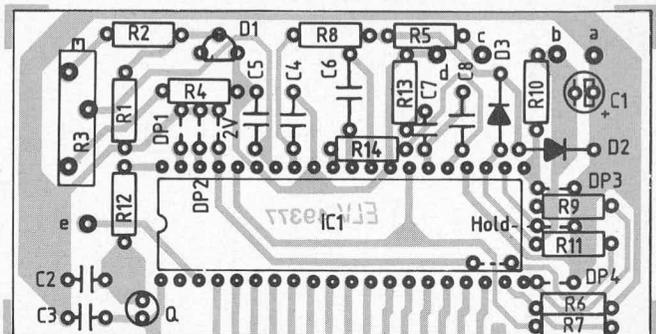
Ansicht der Frontplatte der 2-Platinen-Version



Bestückungsseite der Frontplatte der 2-Platinen-Version



Ansicht der fertig bestückten Basisplatte der 2-Platinen-Version



Bestückungsseite der 2-Platinen-Version

DCF-synchronisierte Präzisions-Quarzeitbasis

Teil 3



In dem hier vorliegenden dritten und damit letzten Teil dieser Artikelserie stellen wir Ihnen ausführlich den Nachbau sowie die Inbetriebnahme vor.

Zum Nachbau

Bild 1 zeigt die Innenansicht des komplett aufgebauten ELV-Frequenz-Normals FN 7000. Bevor wir auf die Verschaltung der einzelnen Platinen näher eingehen, wollen wir uns zunächst mit der Bestückung der Platinen befassen.

Entsprechend den im zweiten Teil dieses Artikels vorgestellten 7 Teilschaltbildern, sind auch die Platinenlayouts konzipiert. Jedem Teilschaltbild ist eine Platine zugeordnet.

Die Bestückung der einzelnen Platinen wird in gewohnter Weise anhand der Bestückungspläne vorgenommen. Zuerst werden die niedrigen und anschließend die höheren Bauelemente bestückt und verlötet. Die mechanisch empfindlichen Bauelemente, wie Übertrager, Quarze und in gleicher Weise die elektrisch empfindlichen ICs werden zuletzt bestückt. Auf folgende Besonderheiten ist zu achten:

1. Platine

Bei der Schaltung der Aktiv-Antenne, die auf der 1. Platine untergebracht wird, ist die fertiggewickelte und mit einem Sockel versehene Ferrit-Antenne mit besonderer Vorsicht zu behandeln. Sie wird als letztes auf die Leiterplatte gesetzt. Zu beachten ist, daß die Spulen L 101/L 102 abzugleichen sind. Durch geringfügiges Verschieben auf dem Ferrit-Stab (Vorsicht, daß die Zuleitungen nicht abreißen) kann ein Feinabgleich des Empfangskreises auf die Sendefrequenz von 77,500 kHz vorgenommen werden. Hierauf gehen wir zu einem späteren Zeitpunkt noch näher ein.

2. Platine

Bis auf den 77,500 kHz-Quarz sowie die beiden Übertrager Tr 201 und Tr 202, die mit besonderer Vorsicht zu behandeln sind (nicht hart stoßen und nicht zu lange löten) handelt es sich bei der Bestückung um Standardbauelemente, die weitgehend problemlos in der Handhabung sind.

Beim Quarz, von dem in diesem Gerät 2 Stück enthalten sind, handelt es sich um eine Sonderanfertigung eines führenden Quarzherstellers, die in gewisser Weise

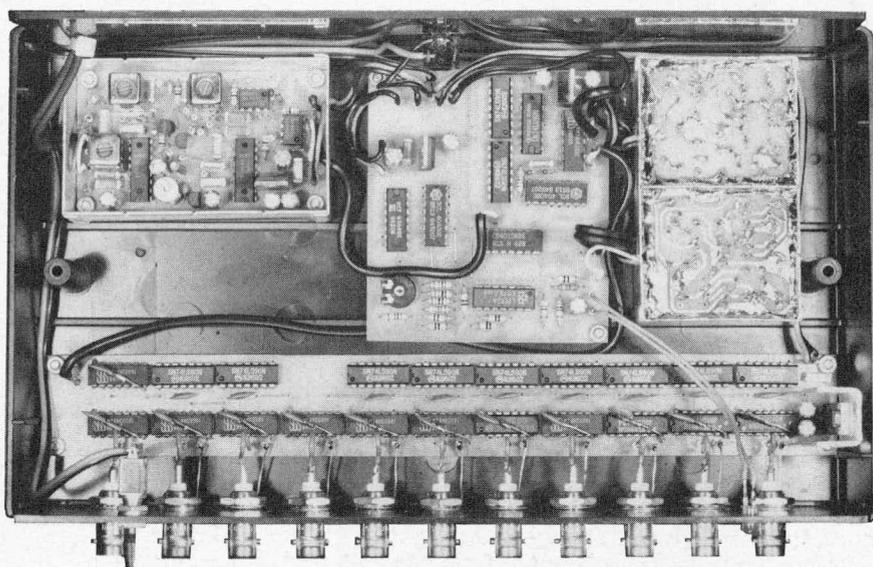
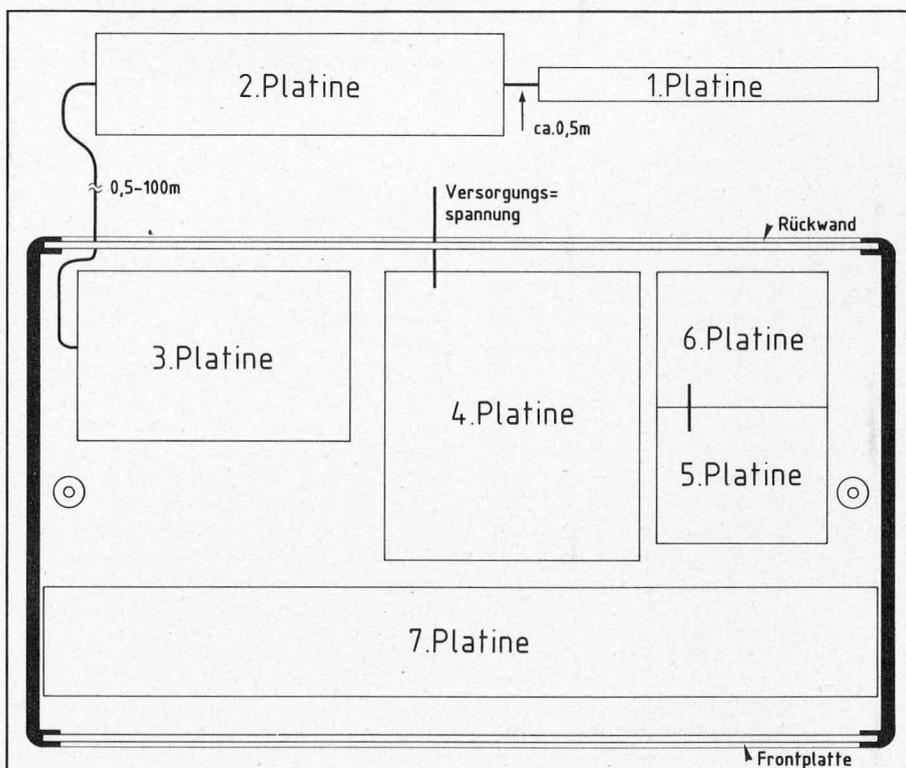
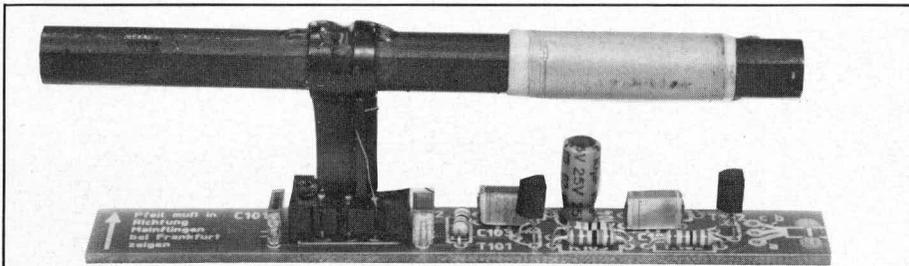


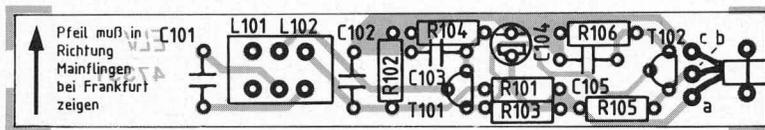
Bild 1: Innenansicht des komplett aufgebauten ELV-Frequenz-Normals FN 7000



Seitenansicht der fertig aufgebauten Aktiv-Antenne



Ansicht der fertig bestückten Aktiv-Antennenplatine (ohne Ferritstab)



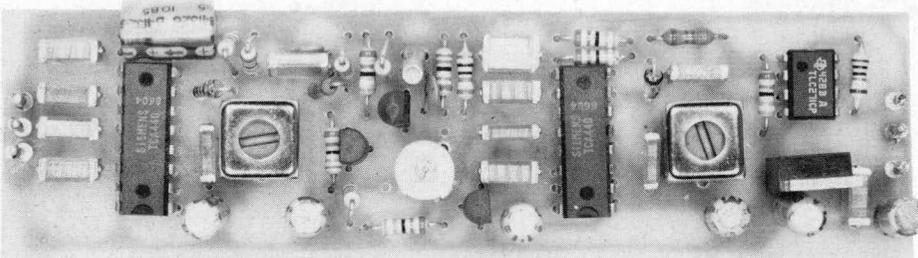
Bestückungsseite der Aktiv-Antennenplatine

eine technische Meisterleistung darstellt. Üblicherweise werden die Abmessungen von Quarzen größer bei niedrigeren Frequenzen. So ist es z. B. nicht mehr möglich, einen 1 MHz-Quarz in ein Gehäuse des Typs HC 18 einzubauen, in dem Quarze mit Frequenzen ab 2 MHz Platz finden. Ein 100 kHz-Quarz ist nochmals deutlich größer, als ein 1 MHz-Quarz, bedingt durch die mechanisch größeren Quarzabmessungen bei dieser verhältnismäßig niedrigen Frequenz. Bei den hier erforderlichen 77,500 kHz-Quarzen ergeben sich ähnliche Abmessungen. Dies bedeutet, daß die Schaltung entsprechend mehr Platz benötigt. Zudem sind große Quarze besonders stoßempfindlich.

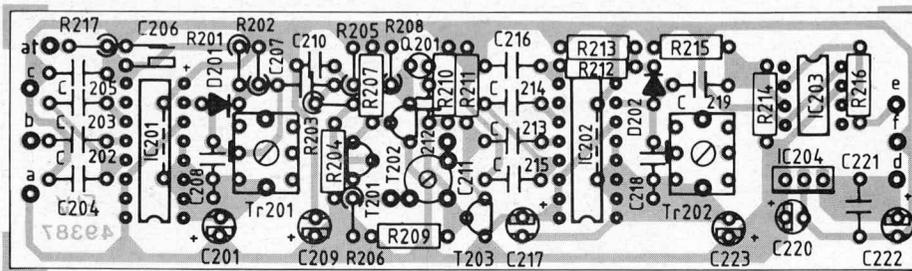
Häufig ist eine kompakte Bauweise speziell bei hochwertigen und empfindlichen Schaltungen von entscheidender Bedeutung. Wir haben daher nach einer Möglichkeit gesucht, einen 77,500 kHz-Quarz in einem Miniaturgehäuse zu erhalten.

Durch die Verwendung eines anderen Quarzschnittes gibt es bereits Miniaturquarze, die sich jedoch im allgemeinen bei einer Frequenz um 30 kHz bewegen. Die Anfertigung von Miniaturquarzen mit höheren Frequenzen (hier 77,500 kHz), war technisch recht anspruchsvoll. Die Mühen haben sich jedoch gelohnt und ein namhafter Quarzhersteller hat exklusiv für ELV diese Miniaturquarze mit einer Frequenz von exakt 77,500 kHz produziert. Erfreulich ist in diesem Zusammenhang, daß diese Quarze im Preis eher noch etwas günstiger sind, als die Standardversion. Trotzdem stellen diese beiden Quarze einen wesentlichen Kostenanteil in diesem professionellen Gerät dar. Sie sind aber unverzichtbar.

Bei den verwendeten Übertragern Tr 201 und Tr 202 sowie Tr 301 bis Tr 303 handelt es sich um identische Bauteile des Typs CEC D 377. Mit Ausnahme von Tr 301 sind sie jedoch nicht als Übertra-



Ansicht der fertig bestückten 2. Platine (Vorverstärker)



Bestückungsseite der 2. Platine (Vorverstärker)

Stückliste:
DCF-synchronisierte
Präzisions-Quarzeitbasis

Aktiv-Antenne

Widerstände

2,2 kΩ	.....	R 105, R 106
3,9 kΩ	.....	R 104
5,6 kΩ	.....	R 103
100 kΩ	.....	R 101, R 102

Kondensatoren

6,8 nF	.....	C 101
47 nF	.....	C 102, C 103, C 105
10 µF/16 V	.....	C 104

Halbleiter

BC 548	T 101, T 102
--------	-------	--------------

Sonstiges

L 101/L 102	.....	Ferritantenne
3 Lötstifte		
1 PG 29 Rohr		
0,5 m 2adrige, abgeschirmte Leitung		

ger, sondern als Schwingkreisinduktivität geschaltet, d. h. es wird nur eine Hälfte des Übertragers genutzt. Die andere Wicklung bleibt unbeschaltet. Die Anschlußbelegung sowie weitere Daten dieses Übertragers sind in Bild 2 dargestellt.

Auf die richtige Einbaulage der Übertrager ist zu achten.

3. Platine

Die Schaltung, die auf der 3. Platine aufgebaut wird, ist in ihren wesentlichen Zügen ähnlich der vorstehend beschriebenen. Es sind daher die gleichen Kriterien beim Aufbau zu berücksichtigen.

4. Platine

Hier sind keine Besonderheiten zu beachten.

Stückliste:
Vorverstärker

Widerstände

1 kΩ	.....	R 211
2,2 kΩ	.....	R 206, R 208
3,3 kΩ	.....	R 212
3,9 kΩ	.....	R 207
10 kΩ	.....	R 216
12 kΩ	.....	R 210
18 kΩ	.....	R 204
33 kΩ	.....	R 201-R 203, R 205, R 209,
		R 213-R 215
100 kΩ	.....	R 217

Kondensatoren

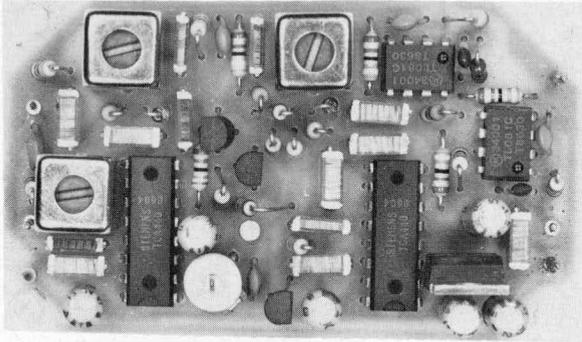
100 pF	.....	C 212
470 pF	.....	C 210
2,2 nF	.....	C 208, C 218
10 nF	.....	C 202, C 207, C 213, C 219
47 nF	.....	C 203-C 205, C 214,
		C 215, C 221
330 nF	.....	C 216
10 µF/16 V	.....	C 201, C 209,
		C 217, C 220, C 222, C 223
100 µF/16 V	.....	C 206
10-40 pF, Trimmer	.....	C 211

Halbleiter

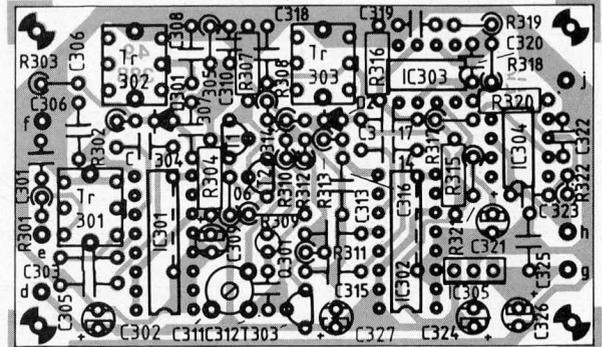
TLC 271	.....	IC 203
TCA 440	.....	IC 201, IC 202
7805	.....	IC 204
BC 548	.....	T 202, T 203
BC 558	.....	T 201
AA 118	.....	D 201, D 202

Sonstiges

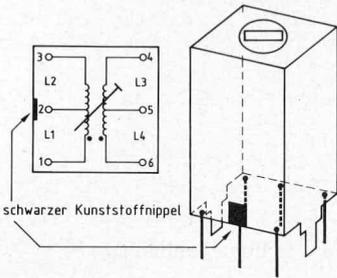
77,5 kHz, Quarz	.....	Q 201
CEC-D 377 S	.....	Tr 201, Tr 202
1 PG 36 Rohr		
1 PG 29 Rohr		
2 O-Ringe		
10 g Silicagel		
2 Bananenbuchsen		
5 m 2adrige, abgeschirmte Leitung		
6 Lötstifte		



Ansicht der fertig bestückten 3. Platine (Eingangs- und Impulsformerstufe)



Bestückungsseite der 3. Platine (Eingangs- und Impulsformerstufe)



Pin 1,2 = L 1 = 200 Wdg/ 2 mH
 Pin 2,3 = L 2 = 200 Wdg/ 2 mH
 Pin 1,3 = L 1+L 2 = 400 Wdg/ 8 mH
 Pin 4,5 = L 3 = 400 Wdg/ 8 mH
 Pin 5,6 = L 4 = 400 Wdg/ 8 mH
 Pin 4,6 = L 3+L 4 = 800 Wdg/32 mH

Die Induktivitäten sind durch den Ferritkern um ca. 20% veränderbar (Hinweis: $L \sim N^2 \rightarrow$ die Induktivität L ändert sich quadratisch zur Windungszahl).

Übersetzungsverhältnisse:

(L 1 + L 2) : L 3 = 1 : 1
 (L 1 + L 2) : L 4 = 1 : 1
 (L 1 + L 2) : (L 3 + L 4) = 1 : 2
 L 1 : L 4 = 1 : 2
 L 2 : L 3 = 1 : 2
 L 1 : (L 3 + L 4) = 1 : 4
 L 2 : (L 3 + L 4) = 1 : 4

Bild 2: Anschlußbelegung und Daten des Übertragers CEC D 377

Stückliste: Eingangs- und Impulsformerstufe

Widerstände

100 Ω R 321
 220 Ω R 312
 1 kΩ R 311
 2,2 kΩ R 306, R 308
 3,3 kΩ R 302, R 313
 3,9 kΩ R 307
 10 kΩ R 319
 12 kΩ R 310
 15 kΩ R 318
 18 kΩ R 304
 33 kΩ .. R 303, R 305, R 309,
 R 314-R 316, R 320
 39 kΩ R 317

100 kΩ R 301, R 322

Kondensatoren

33 pF C 320, C 323
 100 pF C 301, C 312
 330 pF C 319, C 322
 470 pF C 310
 1,5 nF C 308, C 318
 10 nF ... C 303, C 307, C 313
 47 nF C 304-C 306,
 C 314-C 317, C 325
 10 µF/16 V C 302, C 309,
 C 317, C 321,
 C 324, C 326, C 327
 10-40 pF, Trimmer C 311

Halbleiter

TL 081 IC 303, IC 304
 TCA 440 IC 301, IC 302
 7808 IC 305
 BC 548 T 302, T 303
 BC 558 T 301
 AA 118 D 301, D 302

Sonstiges

77,5 kHz, Quarz Q 301
 CEC-D 377 S .. Tr 301-Tr 303
 1 abgeschirmtes Gehäuse
 4 Schrauben M 3 x 15
 8 Muttern M 3
 6 Lötstifte

Stückliste: Teilerschaltung und PLL-Rastanzeige

Widerstände

680 Ω R 416
 1 kΩ R 406, R 407
 10 kΩ R 401
 47 kΩ R 405, R 408
 100 kΩ .. R 402, R 409-R 413
 470 kΩ R 414
 1 MΩ R 404, R 415
 100 kΩ, Trimmer R 403

47 nF C 403, C 406
 10 µF/16 V C 402, C 404,
 C 405, C 407, C 408

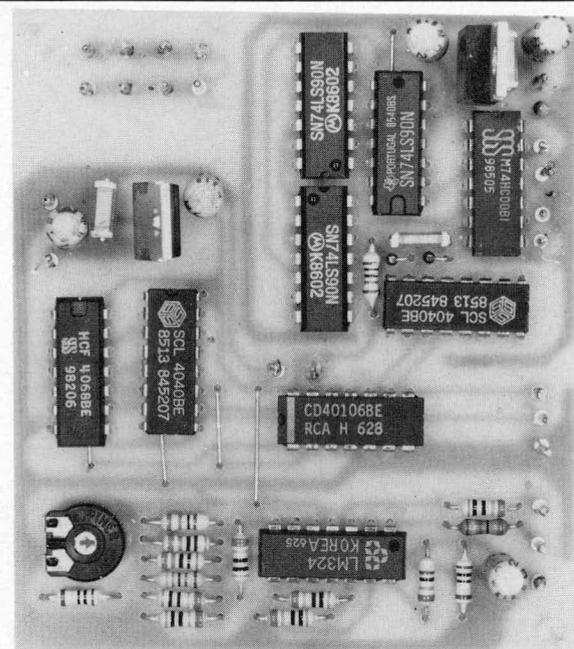
Halbleiter

LM 324 IC 410
 CD 4040 IC 405, IC 408
 CD 4068 IC 409
 74 HC 00 IC 401
 74 LS 90 IC 402-IC 404
 7805 IC 406
 7808 IC 411

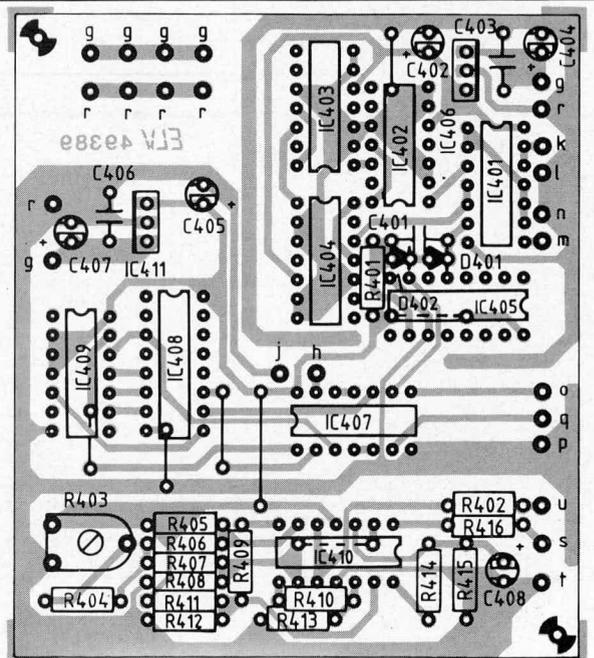
CD 40106 IC 407
 1 N 4148 D 401, D 402
 LED, 5 mm, rot D 403

Sonstiges

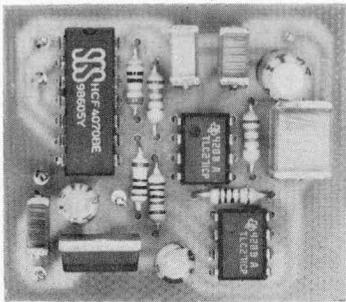
15 Lötstifte
 2 Schrauben M 3 x 15
 4 Muttern M 3
 50 cm 2adrige Leitung
 30 cm 1adrige, abgeschirmte
 Leitung



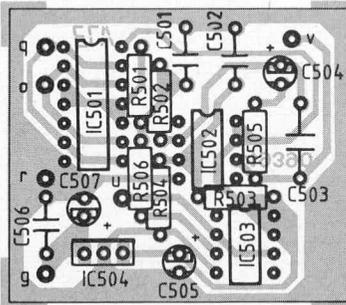
Ansicht der fertig bestückten 4. Platine (Teilerschaltung und PLL-Rastanzeige)



Bestückungsseite der 4. Platine (Teilerschaltung und PLL-Rastanzeige)



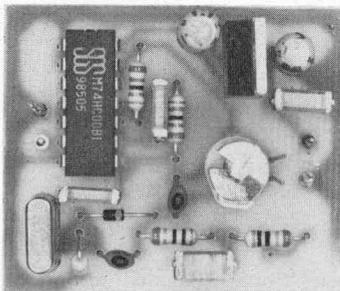
Ansicht der fertig bestückten 5. Platine



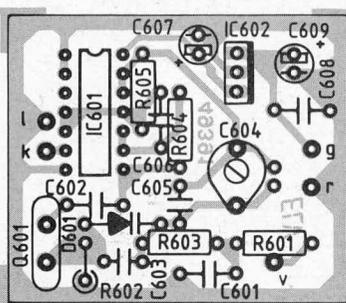
Bestückungsseite der 5. Platine

5. und 6. Platine

Diese beiden Platinen werden später gemeinsam in einem Abschirmgehäuse mit Trennwand untergebracht. Mit Ausnahme des 10 MHz-Quarzes sowie der Kapazitätsdiode D601 handelt es sich um Standardbauelemente. D601 des Typs BB 809 ist mit einem Ring gekennzeichnet, der die Katode darstellt (Pfeilspitze). Auf die richtige Einbaulage ist zu achten.



Ansicht der fertig bestückten 6. Platine



Bestückungsseite der 6. Platine

Regler

Widerstände

10 kΩ	R 503, R 504
100 kΩ	R 501
1 MΩ	R 506
1,5 MΩ	R 502, R 505

Kondensatoren

47 nF	C 506
100 nF	C 501, C 502
1 μF	C 503
10 μF/16 V	C 505, C 507
10 μF/40 V	C 504

Halbleiter

TLC 271	IC 502, IC 503
CD 4070	IC 501
7808	IC 504

Sonstiges

7 Lötstifte

7. Platine

Die Teiler- und Ausgangsschaltung, die sich auf der 7. Platine befindet, ist durch eine größere Anzahl von keramischen Scheibenkondensatoren gekennzeichnet (C 704 bis C 724). 9 davon werden in gewohnter Weise auf die Platine gesetzt und verlötet. Die übrigen 12 Stück lötet man direkt über die Anschlußbeinchen 7 und 14 (Versorgungsspannungsanschlüsse) der ICs 701 sowie 711 bis 721. Hierdurch wird eine optimale Pufferung erreicht und die gegenseitige Beeinflussung durch Schaltspitzen minimiert. Sind die Anschlußbeinchen der Scheibenkondensatoren zu kurz, wird eine Seite mit Silberschaltendraht entsprechend verlängert.

10 MHz-Oszillator

Widerstände

2,2 kΩ	R 604, R 605
100 kΩ	R 601-R 603

Kondensatoren

8,2 pF	C 605
82 pF	C 603
10 nF	C 602, C 606
47 nF	C 608
100 nF	C 601
10 μF/16 V	C 607, C 609
10-40 pF, Tonsen-Trimmer ..	C 604

Halbleiter

74 HC 00	IC 601
7805	IC 602
BB 809	D 601

Sonstiges

10 MHz, Quarz	Q 601
5 Lötstifte	
1 abgeschirmtes Gehäuse	
2 Schrauben M 3 x 10	
2 Muttern M 3	

Der Festspannungsregler dieser Platine (IC 722 des Typs 7805) wird als einziger Spannungsregler mit einem U-Kühlkörper versehen, der senkrecht nach oben weisend an das IC 722 angeschraubt wird. Die Kühlung ist erforderlich, da je nach Belastung der 11 Ausgänge die Stromaufnahme dieses Schaltungsteiles über 200 mA betragen kann.

Abschirmung

Die Vor- und Eingangsverstärker des FN 7000 besitzen eine extrem hohe Eingangsempfindlichkeit, um auch in ungünstigen Empfangslagen eine hohe Regelgenauigkeit sicherzustellen. Dies hat allerdings eine entsprechende Sensibilität in bezug auf Störeinstrahlungen zur Folge. Die empfindlichen Schaltungsteile, wie Vorverstärker (2. Platine), Eingangsverstärker (3. Platine), Regler (5. Platine) sowie 10 MHz-Quarz-Oszillator (6. Platine) müssen daher gegen störende Einstrahlungen abgeschirmt werden.

Die Eingangs- und Impulsformerstufe (3. Platine) wird in ein HF-dichtes Metallgehäuse eingebaut. Hierzu werden ca. 4 mm von den 4 Eckpunkten des Metallgehäuses entfernt, Bohrungen mit einem Durchmesser von 3,5 mm eingebracht. Ebenso an den entsprechenden Stellen der Kunststoff-Gehäuseunterhalschale des 7000er Gehäuses (Positionierung siehe Bild 1).

Von der Gehäuseunterseite aus werden jetzt 4 Schrauben M 3 x 15 mm durch die Bohrungen gesteckt, um anschließend das Metallgehäuse direkt darüber zu setzen. Die Unterseite des Abschirmgehäuses liegt somit direkt an der Innenseite der Kunststoff-Gehäuseunterhalschale an. Mit je einer Mutter M 3 erfolgt eine feste Verbindung. Diese Muttern bilden gleichzeitig den Abstand zwischen der anschließend einzusetzenden 3. Platine und dem Metallgehäuseboden. Nachdem die Platine eingesetzt wurde, erfolgt die mechanische Fixierung mit weiteren 4 Muttern M 3.

In der Nähe der Platinenanschlüsse d, e, f, an der Stirnseite des Abschirmgehäuses, wird eine 5 mm Bohrung eingebracht. An der gegenüberliegenden Stirnseite sind 3 weitere Bohrungen anzubringen. 2 Bohrungen mit einem Durchmesser von 2,5 mm in der Nähe der Platinenanschlüsse „g“ (positive Versorgungsspannungszuführung) und „j“ (negative Versorgungsspannungszuführung - Masse) sowie eine 3. Bohrung mit einem Durchmesser von 3,5 mm zur Durchführung der ladigen, abgeschirmten Ausgangssignalleitung (innere Ader an Platinenanschlußpunkt „h“ und Abschirmung an Platinenanschlußpunkt „j“). Die Bohrungen werden zweckmäßigerweise zusammen mit den Bohrungen für die Gehäuseunterseite eingebracht, bevor die Platine eingebaut wurde, um diese vor Metallspänen und mechanischer Beanspruchung zu schützen.

Der Gehäusedeckel wird erst nach erfolgreichem Abgleich aufgesetzt.

Die Schaltungen der 5. und 6. Platine finden in einem gemeinsamen Abschirm-

gehäuse Platz. Die Anordnung der Platinen erfolgt anhand von Bild 1. Zuvor sind in der Gehäuseseitenwand, die zur 4. Platine hinweist, Bohrungen für die entsprechenden Zuleitungen einzubringen. Der Durchmesser der einzelnen Bohrungen sollte so klein wie möglich gehalten werden, damit die jeweiligen Zuleitungen genau hindurchpassen und die Abschirmwirkung des Metallgehäuses nicht beeinträchtigt wird.

Zusätzlich werden im Gehäuseboden vier 3,5 mm Bohrungen in der Nähe der Eckpunkte eingebracht sowie eine weitere Bohrung, die sich im Gehäuseboden an der Stelle befindet, durch die später der Trimmer C 604 positioniert wird.

Da die Platinen 5 und 6 auf dem Kopf stehend in das Gehäuse eingelötet werden, ist es erforderlich, die Bedienung des Trimmers C 604 von der Gehäuseunterseite aus vorzunehmen.

Die Befestigungsbohrungen werden ebenfalls im Gehäuseboden der Gehäuseunterhalbschale des 7000er-Gehäuses vorgesehen — nicht aber die Bohrung zur Einstellung des Trimmers C 604.

Auf der Gehäuseinnenseite des Abschirmgehäuses werden 4 Muttern M 3 über die 4 Befestigungsbohrungen gelötet (notfalls auch geklebt), und zwar so, daß später bei geschlossenem Gehäuse die Befestigung mit 4 Schrauben M 3 x 10 mm von außen möglich ist.

Die Platinen 5 und 6 werden jetzt mit den entsprechenden nach außen zuführenden Anschlußleitungen versehen und von oben mit der Bestückungsseite nach unten weisend in das Abschirmgehäuse gesetzt.

An den Platinenrändern befindet sich eine durchgehende Masseleitung, die an möglichst vielen Stellen mit den Wandungen des Abschirmgehäuses verlötet wird, und zwar so, daß sich zwischen Leiterbahnseite der Platinen sowie der Gehäuseoberkante ein Abstand von ca. 4 mm ergibt.

Die Positionierung der Platinen wird erleichtert, indem vor dem Einsetzen ins

Stückliste:

Teiler und Ausgangsschaltung

Kondensatoren

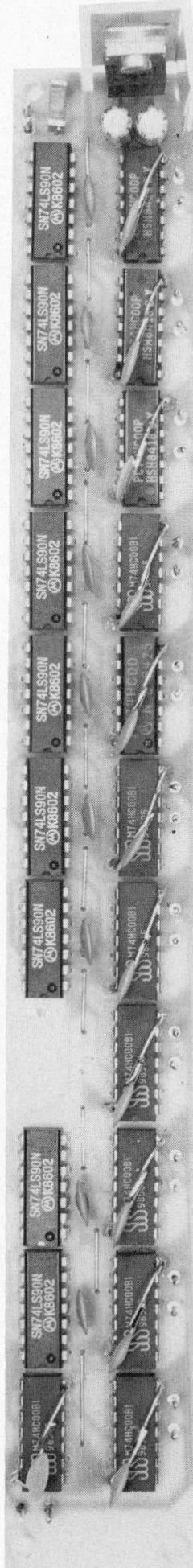
22 nF, Keramik C 704–C 724
47 nF C 702
10 µF/16 V C 701, C 703

Halbleiter

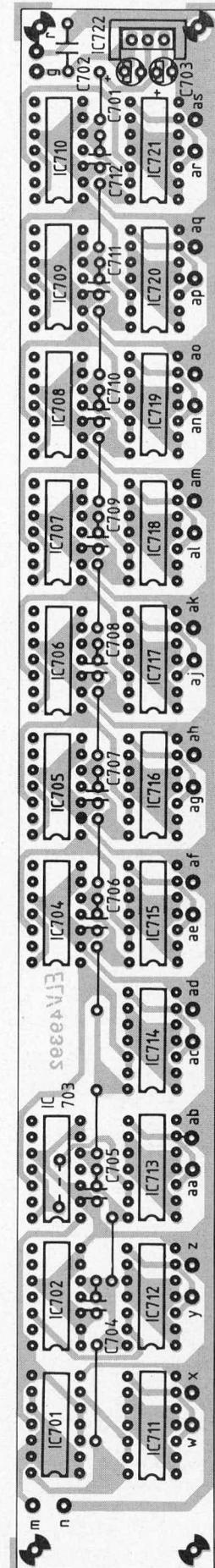
74 HC 00 .. IC 701, IC 711–IC 721
74 LS 90 IC 702–IC 710
7805 IC 722

Sonstiges

26 Lötstifte
1 Schraube M 3 x 6
4 Schrauben M 3 x 15
9 Muttern M 3
20 cm ladrlge, abgeschirmte Leitung
40 cm Silberdraht
1 U-Kühlkörper SK 13



Ansicht der fertig aufgebauten 7. Platine (Teiler- und Ausgangsschaltung)



Bestückungsseite der 7. Platine (Teiler- und Ausgangsschaltung)

Gehäuse beide Platinen an den Metallmittelsteg des Abschirmgehäuses angelötet werden, der dann zusammen mit den Platinen eingesetzt wird und den Abstand festlegt. Hierdurch ist eine erste mechanische Fixierung gegeben.

Innerhalb des Abschirmgehäuses wird lediglich eine einzige, möglichst kurz zu haltende Verbindung gezogen, und zwar zwischen den Platinen-Anschlußpunkten „v“. Hierzu besitzt der Mittelsteg des Abschirmgehäuses einen Durchbruch.

Der Gehäusedeckel wird aufgesetzt, wobei darauf zu achten ist, daß die Lötunkte der Leiterbahnseiten keinen Kontakt zum Gehäusedeckel bekommen (evtl. etwas hervorstehende Bauteileanschlußdrähte kürzen).

Gleichfalls wichtig ist die Abschirmung des Vorverstärkers, der sich auf der 2. Platine befindet. Diese Abschirmung wollen wir bereits jetzt besprechen, obwohl sie erst zu einem späteren Zeitpunkt erfolgt, wenn die Schaltung bereits fertig abgeglichen ist. Die Schaltung wird in ein Kunststoff-Panzerrohr mit einem Innendurchmesser von 33 mm eingebaut. Zur Befestigung der Platine dient etwas Zwei-Komponenten-Kleber.

Damit bei starken Temperaturschwankungen sich kein Kondenswasser auf den Bauelementen bildet, bringt man zusätzlich in das Rohr eine kleine Menge (ca. 10 g) Trockenmittel ein, das sich in einem Stoffsäckchen befindet (z. B. aus dem Rest eines Taschentuches — notfalls reicht auch ein Papiertaschentuch).

Von der auf jeder Seite herausgeführten Zuleitung, abgeschirmten Zuleitung wird die Isolierung der Abschirmung so weit entfernt, daß die Abschirmung noch ca. 20 mm nach dem Austritt aus dem Kunststoffrohr blank ist.

Zwei dünne, flexible isolierte Leitungen werden mit dem Platinenanschlußpunkt „at“ sowie mit der Schaltungsmasse verlötet und an der Seite aus dem Kunststoffrohr herausgeführt, die zum Basisgerät weist.

Anschließend wird das Kunststoffrohr mit mehreren Lagen Alu-Folie umwickelt, die an beiden Seiten ca. 30 mm über das Kunststoffrohr hinausragt. Zur Fixierung werden 2 O-Ringe mit einem Abstand von 50 bis 100 mm über das Kunststoffrohr geschoben. Diese O-Ringe bilden später auch die Abdichtung für die Vergußmasse.

Jetzt wird die Alu-Folie auf beiden Seiten zur Mitte hin fest an die noch blanke Abschirmung gedrückt und mit Silberdraht umwickelt, um einen guten mechanischen und elektrischen Kontakt zwischen abschirmender Alu-Folie und der Schaltungsmasse sicherzustellen.

Danach wird die Konstruktion in ein zweites Kunststoff-Panzerrohr eingeschoben, dessen Innendurchmesser wenige Millimeter größer ist als der Außendurchmesser des ersten Rohres. Eine Abdichtung und Fixierung beider Rohre erfolgt durch die beiden O-Ringe. Die ge-

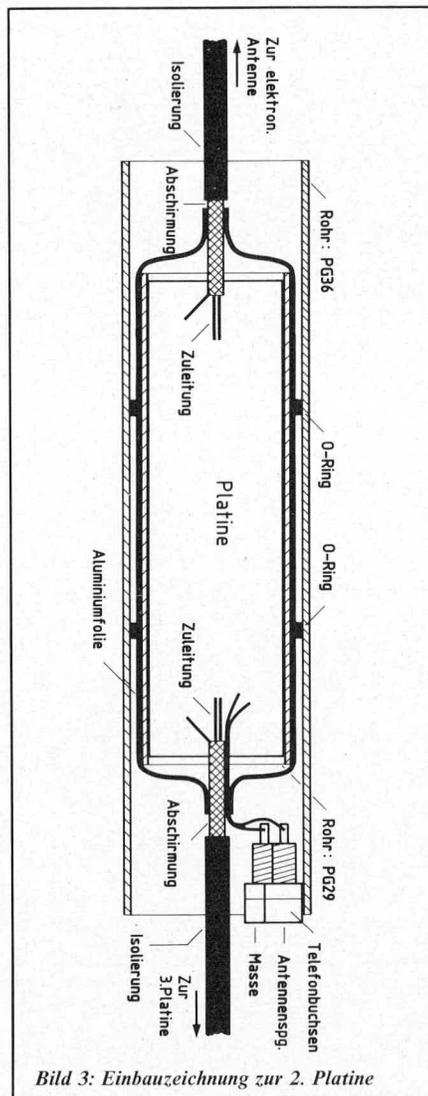


Bild 3: Einbauzeichnung zur 2. Platine

naue Position kann der Abbildung 3 entnommen werden.

Als nächstes lötet man sowohl an die vom Platinenanschlußpunkt „at“ kommende Leitung als auch an die mit der Schaltungsmasse verbundene Leitung je eine isolierte Bananenbuchse an, um diese anschließend mitzungsvergießen. Hierzu wird die ganze Konstruktion senkrecht gestellt, d. h. die Seite, an der die Zuleitung zur Basisstation austritt, zeigt nach oben. Die beiden Bananenbuchsen sind zunächst mit etwas Uhu-Hart zu fixieren, damit sie keinen direkten Kontakt zur Abschirmung aufweisen und nach dem Vergießen nur ca. 1 mm aus der Vergußmasse herausragen. Versehentliches Berühren leitender Teile, was zu Störeinstreuungen führen könnte, ist damit ausgeschlossen. Jetzt kann diese Seite der Konstruktion vergossen werden.

Nach erfolgter Aushärtung wird das Kunststoffrohr um 180 Grad gedreht, d. h. die Seite, mit der zur Aktiv-Antenne führenden Zuleitung weist jetzt senkrecht nach oben. Der anschließende Gießvorgang füllt auch diese Seite bis zum oberen Rand mit Gießharz aus.

Zu beachten ist, daß die auf beiden Seiten aus dem Kunststoffrohr heraustretenden Zuleitungen nur soweit abisoliert werden, daß nach dem Vergießen keine blanken Stellen zu sehen sind.

Die vorstehend beschriebene, etwas aufwendige Konstruktion wurde deshalb gewählt, da die Schaltung der 2. Platine in möglichst räumlicher Nähe zur Aktiv-Antenne angeordnet werden sollte.

Im einfachsten Fall befindet sich die Aktiv-Antenne zwar im selben Raum wie die Basisstation, jedoch kann es durchaus erforderlich sein, in ungünstigen Empfangslagen die Aktiv-Antenne auf dem Dachboden oder sogar außerhalb des Hauses anzuordnen. Witterungsbeständigkeit ist daher gefordert. Da Aktiv-Antenne und Vorverstärker nur ca. 0,5 m auseinander liegen, gilt diese Bedingung für beide Schaltungen gleichermaßen, wobei eine vergossene Schaltung einen besonders guten Schutz gegenüber Witterungseinflüssen bietet. Das Vergießen der 1. und 2. Platine erfolgt, wie bereits erwähnt, erst nach der erfolgreichen Inbetriebnahme und nachdem das Gerät komplett abgeglichen wurde.

Einbau ins Gehäuse

Die Befestigung der beiden Abschirmgehäuse in der Unterhalbschale des 7000er-Gehäuses wurde bereits im vorhergehenden Kapitel beschrieben.

Als nächstes wird die Platine der 4. Schaltung entsprechend der Abbildung 1 zwischen den beiden Abschirmgehäusen angeordnet. Die Befestigung mit der Gehäuseunterhalbschale erfolgt über 2 Schrauben M 3 x 15 mm, die von unten durch den Gehäuseboden, durch vorher angebrachte Bohrungen, gesteckt und mit 2 Muttern M 3 auf der Gehäuseinnenseite verschraubt werden. Diese beiden Muttern dienen gleichzeitig zur Erzielung eines 3 mm Abstandes zwischen Platinenunterseite und Gehäuseboden. Nachdem die 4. Platine darüber gesetzt wurde, nehmen 2 weitere Muttern M 3 die endgültige Fixierung vor.

In gleicher Weise erfolgt die Befestigung der 7. Platine, allerdings mit 4 Schrauben M 3 x 15 mm sowie 8 Muttern M 3. Die genaue Anordnung ist auch hier der Abbildung 1 zu entnehmen.

In die Gehäuserückwand des 7000er-Gehäuses werden 2 Bohrungen eingebracht. Eine Bohrung mit einem Durchmesser von 6,5 mm dient zur Aufnahme einer 3,5 mm Klinkenbuchse, die für die Stromversorgung über ein 12 V/500 mA-Stecker-Netzteil erforderlich ist.

Diese Buchse wird über eine Doppelleitung mit den Platinenanschlußpunkten „g“ und „r“ auf der 4. Platine verbunden. Von hieraus erfolgt die Weiterverteilung zu den Platinen 3 bis 7.

Die Versorgung der Platinen 1 und 2 erfolgt über die Abschirmung und die 2. Ader der 2adrigen abgeschirmten Zuleitung aus der stabilisierten Spannung der 3. Platine.

Durch die 2. in der Rückwand angeordnete Bohrung mit einem Durchmesser von ca. 5 mm wird die Verbindungsleitung zwischen 2. und 3. Platine gezogen. Auf der Gehäuseinnenseite wird die Zuleitung mit einem Knoten versehen, der zur Zugentlastung dient.

Zusätzlich zu den Stromversorgungsleitungen sind die Platinen 3 bis 7 mit Signalleitungen untereinander verbunden. Hierzu dienen flexible, abgeschirmte, isolierte Leitungen, die anhand der Schaltbilder auf möglichst kurzem Wege die Platinen verbinden. Alle Punkte mit gleicher Buchstabenbezeichnung werden miteinander verbunden, wobei die Abschirmung der Leitungen jeweils an die Schaltungsmasse anzulöten ist.

In die Gehäusefrontplatte werden 11 BNC-Buchsen eingesetzt und auf der Rückseite fest verschraubt. Unter jede Befestigungsmutter wird kreisförmig ein Stück Silberdraht gelegt, dessen Länge so bemessen wird, daß er ca. 15 mm senkrecht nach hinten weist. Auf der 7. Platine sind 22 Lötstifte auf der zur Frontplatte hinweisenden Seite angeordnet, und zwar in 11 Zweiergruppen. Jeweils an den rechten Lötstift, der die Schaltungsmasse darstellt, wird jeder der 11 Silberdrahtabschnitte der BNC-Buchsen angelötet.

Der Mittelanschluß der 11 BNC-Buchsen wird ebenfalls über kurze Silberdrahtabschnitte an den linken Lötstift einer jeden Zweiergruppe angeschlossen.

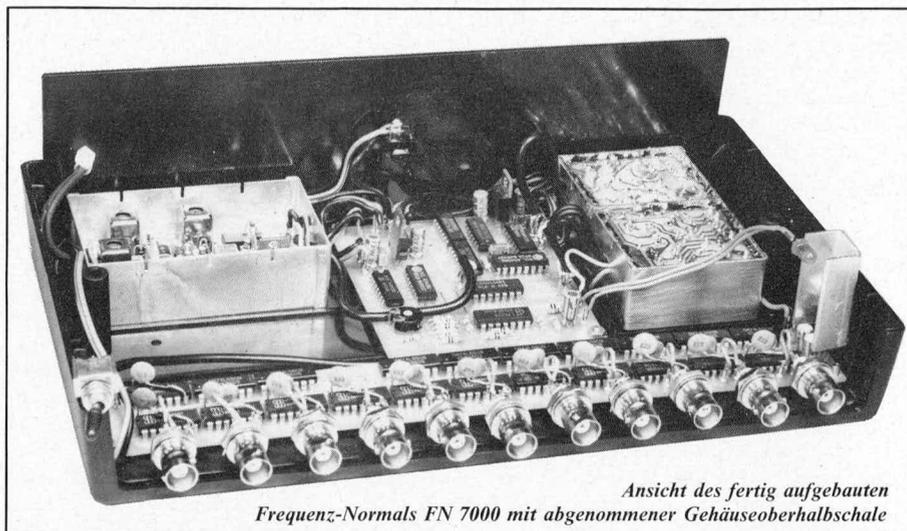
Bevor nun auch das 2. Abschirmgehäuse festgeschraubt und die Gehäuseoberhalbschale aufgesetzt wird, muß die 1. Inbetriebnahme sowie der Abgleich sorgfältig durchgeführt werden.

Inbetriebnahme

Ein Steckernetzteil, das eine Gleichspannung von ca. 12 V bei einer minimalen Strombelastbarkeit von 500 mA liefert, dient zur Versorgung des FN 7000. Die Spannung kann im Bereich von 11 V bis 15 V schwanken, so daß auf eine elektronische Stabilisierung des Netzteils verzichtet werden kann, da die einzelnen Teilschaltungen des FN 7000 eigene elektronische Spannungsstabilisatoren besitzen. Zur Versorgung kann daher ein preiswertes Standard-Steckernetzteil dienen.

Gleichzeitig mit dem ersten Anlegen der Versorgungsspannung empfiehlt es sich, die Stromaufnahme der Gesamtschaltung zu überprüfen. Sie sollte im Bereich zwischen 150 mA und 260 mA liegen. Die 11 Frequenzgänge sind hierbei unbelastet. Liegt die Stromaufnahme über 300 mA empfiehlt es sich, das Gerät sofort auszuschalten und die Stromaufnahme der einzelnen Platinen zu überprüfen. Nacheinander wird in jede positive Versorgungsspannungszuleitung ein Amperemeter eingeschleift und durch kurzes, wenige Sekunden andauerndes Einschalten der Versorgungsspannung die Stromaufnahme gemessen. Folgende Werte treten hierbei auf:

1. Platine einzeln: 1,0 mA bis 1,5 mA
1. und 2. Platine gemeinsam: 15 mA bis 30 mA
1. bis 3. Platine gemeinsam: 25 bis 40 mA mehr als bei vorstehend beschriebener Messung
4. Platine, 5 V-Spannung: 30 mA bis 50 mA
4. Platine, 8 V-Spannung: 4 mA bis 20 mA



5. Platine einzeln: 3 bis 10 mA
6. Platine einzeln: 10 bis 20 mA
7. Platine einzeln: 80 bis 120 mA (ohne Ausgangsbelastung).

Fällt die Stromaufnahme einer bestimmten Platine aus dem vorgenannten Rahmen, sollte die Platine ausgebaut und separat nochmals auf Bestückungsfehler sowie Lötbrücken o. ä. untersucht werden.

Als nächstes werden sämtliche Versorgungsspannungen der Platinen und der darauf angeordneten ICs kontrolliert. Hierzu legt man den Minusanschluß eines Spannungsmessers an die Schaltungsmasse der zu überprüfenden Platine. Vorzugsweise bietet sich hier das Metallgehäuse des jeweiligen Festspannungsreglers an (Schaltungsmasse). Mit dem Plusanschluß eines Voltmeters wird anschließend jeder Masseanschluß aller ICs auf den einzelnen Platinen abgetastet. Die gemessene Spannung muß im Bereich zwischen 0 V und 10 mV liegen (entsprechend empfindlichen Meßbereich einschalten). Anschließend wird in gleicher Weise die positive Versorgungsspannung jedes einzelnen ICs gemessen. Bei den Schaltungsteilen, die mit 5 V versorgt werden, müssen die einzelnen Meßwerte im Bereich zwischen 4,75 V und 5,25 V liegen, und bei den Schaltungsteilen, die mit + 8 V versorgt werden, zwischen + 7,6 V und + 8,4 V.

Sind vorstehend beschriebene Messungen zur Zufriedenheit ausgefallen, kann mit dem eigentlichen Abgleich des Gerätes begonnen werden.

Abgleich

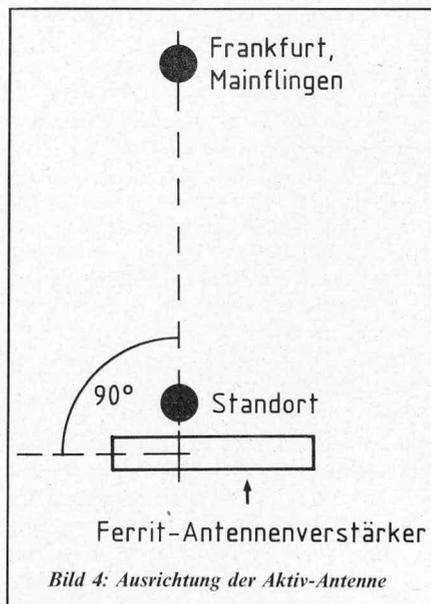
Nachdem die im vorstehenden Kapitel beschriebene elektrische Inbetriebnahme erfolgreich abgeschlossen wurde, wenden wir uns jetzt dem Abgleich des Gerätes zu. Im einfachsten Fall reicht als Hilfsmittel ein digitales Voltmeter aus, wobei Oszilloskop und Frequenzzähler diesen Teil des Nachbaus zusätzlich erleichtern. Hält man sich genau an die folgende Abgleichanleitung, so ist die erfolgreiche Durchführung verhältnismäßig einfach.

Das Gerät wird in einem komplett betriebsfertigen Zustand mit Spannung versorgt.

Der Spannungsmesser, dessen Eingangswiderstand mindestens 1 M Ω besser jedoch 10 M Ω betragen sollte, wird an die Vorverstärkerplatine angeschlossen, und zwar an die Punkte „at“ und „f“ (Schaltungsmasse), die später auch, nach dem Vergießen, von außen zugänglich sind.

Der Ferrit-Antennenstab wird so ausgerichtet, daß er sich senkrecht zur gedachten Linie befindet, die von Frankfurt/Mainflingen aus durch den Standort des Gerätes läuft (Bild 4). Je weiter sich der Standort von Frankfurt entfernt befindet, desto größere Bedeutung kommt dem Aufstellort der Ferrit-Antenne zu. Betonhochhäuser und Tiefgaragen wirken nicht zuletzt aufgrund ihrer Stahlbewehrungen wie ein Faraday'scher Käfig, der den Empfang unmöglich machen kann. Beim Aufstellort der Ferrit-Antenne ist daher für ungehinderten Empfang zu sorgen. Nachdem die Antenne ausgerichtet wurde, erfolgt der Abgleich der Empfangsspule L 101. Hierzu wird der Spulenträger langsam in sehr kleinen Schritten (weniger als 1 mm) auf dem Ferrit-Stab bewegt. Gleichzeitig überwacht man die Spannung am Platinenanschlußpunkt „at“.

Der Spulenkörper wird auf dem Ferrit-Stab genau an der Stelle fixiert, an der



die Spannung an „at“ ihr Maximum aufweist. Die Fixierung kann mit einem kleinen, dreieckförmigen Pappkeil, einem Streichholzstückchen oder auch mit etwas Klebstoff erfolgen.

Jetzt wird die Spule Tr201 abgeglichen. Hierzu wird mit einem nichtmagnetischen Schraubenzieher (Kunststoff o. ä.) der Ferritkern langsam verdreht. Die Stellung ist optimal, wenn die Spannung an „at“ ihr Maximum erreicht hat. Steht kein entsprechender Schraubenzieher zur Verfügung, reicht notfalls auch eine Metallversion. In diesem Fall wird der Ferritkern in sehr kleinen Schritten verdreht und nach jedem Positionswechsel der Schraubendreher entfernt, um die Anzeige des Spannungsmessers zu beobachten.

Zweckmäßigerweise wird bereits jetzt der Abgleich des Eingangskreises (L101) und anschließend der Spule Tr201 wiederholt, um eine maximale Spannung an „at“ zu erhalten. Im allgemeinen bewegt sich diese Regelspannung im Bereich zwischen 250 mV und 350 mV, d. h. je günstiger die Empfangseigenschaften, desto höher die Spannung.

Steht ein Oszilloskop zur Verfügung, kann an Pin7 des IC201 bereits eine 77,500 kHz-Frequenz mit einer Amplitude von ca. $2 V_{ss}$ gemessen werden, die allerdings stark verrauscht ist. Der Masseanschluß des Oszilloskops liegt hierbei, wie auch bei allen anderen Messungen, auf der Schaltungsmasse (bei der 2. Platine ist dies der Platinenanschlußpunkt „f“). Für die Messung empfiehlt sich ein 10:1 Tastkopf, der kapazitätsarm ist.

Nun wird der Spannungsmesser an „at“ abgeklemmt und mit Pin9 des IC202 verbunden. Das Oszilloskop kann auch hier an Pin7 (des IC202) angeschlossen werden.

Mit dem Trimmer C211 wird die Spannung an Pin9 des IC202 auf Maximum eingestellt. Anschließend geht man in gleicher Weise mit dem Ferritkern der Spule Tr202 vor. Bei optimaler Einstellung beider Werte beträgt die Spannung an Pin7 des IC202 ca. $2,2 V_{ss}$ und an Pin9 des IC202 300 mV bis 600 mV. Auch hier gilt: Je besser der Empfang bzw. je kürzer der Abstand zum Sender, desto höher die Spannung an Pin9.

Zur Kontrolle kann mit einem Oszilloskop das Signal am Emitter von T203 überprüft werden. Hier, d. h. nach dem Quarzfilter, steht bereits eine saubere 77,500 kHz-Sinusfrequenz mit einer Amplitude von ca. $150 mV_{ss}$ an. Im Sekundenrhythmus der senderseitigen Amplitudenmodulation schwankt die Amplitude um ca. $20 mV_{ss}$.

Zu Kontrollzwecken kann der Trimmer C211 nochmals langsam über den gesamten Einstellbereich bewegt werden. Man wird feststellen, daß nur in einem bestimmten Einzelbereich eine einwandfreie Schwingung am Emitter von T203 auftritt. Die günstigste Einstellung, die gleichzeitig mit dem sehr flach verlaufenden Spannungsmaximum an Pin9 des IC202 zusammenfällt, liegt ungefähr in

der Mitte des möglichen Einstellbereiches von C211, in dem der Filter einwandfrei arbeitet. Außerhalb dieses Bereiches schwingt die Schaltung auf unkontrollierten Frequenzen. Die Einstellung ist also unkritisch und eindeutig.

In diesem Zusammenhang ist es sehr wesentlich darauf zu achten, daß die Eingangsfrequenz von 77,500 kHz im Sekundenrhythmus taktet. Diese rhythmischen Amplitudenschwankungen werden von den ICs 201, 202 sowie 301 und 302 weitgehend ausgeregelt, d. h. je mehr dieser 4 Regelstufen durchlaufen wurden, desto geringer ist die Amplitudenschwankung. Am Ausgang (Pin7) des IC201 kann die Schwankung bis zu 400 mV betragen, während sie am Ausgang des IC202 nur noch im Bereich von wenigen 10 mV bis zu maximal 300 mV liegt. Am Ausgang des IC301 treten nur noch Amplitudenschwankungen von einigen mV auf, die nach Durchlaufen des IC302 kaum mehr registrierbar sind.

Nachdem der Abgleich soweit fortgeschritten ist, wird die Zuleitung zwischen der Schaltung der 2. Platine und der Schaltung der 3. Platine auf eine Länge gebracht, die dem zu erwartenden späteren Einsatzfall entspricht. Das Voltmeter wird mit seiner Masse an den Platinenanschlußpunkt „j“ angeschlossen und mit der positiven Meßspitze an Pin9 des IC301.

Der Ferritkern des Übertragers Tr301 wird langsam verdreht, d. h. in eine Stellung gebracht, in der die Spannung an Pin9 des IC301 ihr Maximum aufweist. Der Verlauf ist auch hier sehr flach, d. h. die Änderungen betragen wenige mV. Anschließend erfolgt der Abgleich von Tr302 in gleicher Weise. Der gemessene Spannungswert liegt hier zwischen 350 mV und 600 mV. Die 77,500 kHz-Wechselspannung an Pin7 des IC301 liegt im Bereich zwischen $1,2 V_{ss}$ und $2,2 V_{ss}$.

Als nächstes wird der Spannungsmesser an Pin9 des IC302 angeschlossen und zunächst der Trimmer C311 und anschließend die Spule Tr303 auf Spannungsmaximum an Pin9 abgeglichen. Die Spannung wird hier zwischen 400 mV und 650 mV liegen. An Pin7 beträgt die Amplitude ca. $1,8 V_{ss} \pm 300 mV$.

Zu Kontrollzwecken kann am Verbindungspunkt der beiden Widerstände R311/R312 mit dem Oszilloskop die Spannung überprüft werden. Sie liegt in der Größenordnung von $200 mV_{ss}$. Die Stellung des Trimmers C311 kann ebenfalls anhand des vorstehend beschriebenen Oszilloskop-Meßsignals nochmals überprüft werden, wobei auf eine möglichst große Amplitude abzugleichen ist. Die optimale Stellung wird auch hier im allgemeinen mit dem Spannungsmaximum an Pin9 des IC302 übereinstimmen. Die Einstellung des Trimmers C311 ist jedoch deutlich unkritischer, als die Einstellung des Trimmers C211, da die Eingangsamplitude beim 2. Quarzfilter nennenswert größer ist, als die beim 1. Quarzfilter.

Sind alle Einstellungen bis zur Spule

Tr303 sorgfältig und zur Zufriedenheit durchgeführt, empfiehlt es sich, den gesamten Kalibriervorgang nochmals zu wiederholen, um evtl. Rückwirkungen, seien sie auch noch so geringfügig, auszuschließen und um anschließend die optimalen Einstellwerte zu erhalten.

Zu beachten ist beim gesamten Abgleich, daß der Vorverstärker (2. Platine) in einem Abstand von mindestens 0,5 m zur Aktiv-Antenne (1. Platine) angeordnet wird, um eine Beeinflussung beider Platinen zu vermeiden. Dies ist um so wichtiger, solange die 2. Platine noch nicht abgeschirmt ist. Von gleicher Bedeutung ist ein ausreichender Abstand zwischen den beiden vorstehend genannten Platinen und der Basisstation, da auch hier die Abschirmungen noch nicht fertiggestellt sind. Als Minimum gilt hier ein Wert von 0,5 m. Das Vergießen der 1. und 2. Platine sollte auch jetzt noch nicht erfolgen. Günstig ist es, das Gerät zunächst einige Wochen zu betreiben, um erste Alterungen der Bauelemente abzuschließen. Anschließend empfiehlt sich kompletter Neuabgleich, um erst danach zu vergießen.

Am Platinenanschlußpunkt „h“ steht nach erfolgtem Abgleich ein sauberes Rechtecksignal mit einer Frequenz von exakt 77,500 kHz an.

Anhand der Spannung zwischen „at“ und „Masse“ kann auch nachträglich jederzeit die optimale Ausrichtung der Aktiv-Antenne überprüft werden.

Steht ein Frequenzzähler zur Verfügung, kann bereits zu diesem Zeitpunkt eine Überprüfung der Empfangsfrequenz vorgenommen werden, indem am Platinenanschlußpunkt „h“ die Frequenz gemessen wird (der Masseanschluß des Frequenzzählers wird mit dem Platinenanschlußpunkt „j“ verbunden).

Liegt kein einwandfreier Empfang vor bzw. ist das Eingangssignal zu gering, schwingt die Schaltung auf einer Frequenz, die nicht exakt 77,500 kHz beträgt, sondern nur in der Nähe angesiedelt ist (\pm einige Hz bis max. ± 500 Hz). In diesem Fall müßte ein günstigerer Aufstellort für die Aktiv-Antenne gefunden werden. Auch ist der komplette Abgleich zu überprüfen.

Der zweite Teil des Abgleichs bezieht sich auf die Grundeinstellung des 10 MHz-Quarzoszillators. Der Regelbereich durch die Kapazitätsdiode D601 liegt bei ca. ± 25 ppm entsprechend ± 250 Hz.

Mit steigender Steuerspannung am Platinenanschlußpunkt „v“ sinkt die Kapazität der Diode D601. Dies hat zur Folge, daß die Frequenz des Oszillators ansteigt. Da die Kapazität von D601 mit fallender Steuerspannung überproportional zunimmt, der Kapazitätsverlauf also keinen linearen Zusammenhang zur Steuerspannung darstellt, wird letztere so gewählt, daß sie im Mittel unterhalb der halben Versorgungsspannung liegt (bei ca. 1,8 V), um auf diese Weise einen möglichst symmetrischen Frequenz/Steuerungsverlauf zu erhalten.

Steht ein Frequenzzähler mit hinreichender Genauigkeit zur Verfügung, wird der

Verbindungspunkt der beiden Widerstände R 601/R 603 über eine kurze Verbindungsleitung mit der positiven Versorgungsspannung von + 8 V verbunden (Pin 3 des IC 504. Zur Erläuterung: Zwar wird die Schaltung, in der D 601 arbeitet, mit + 5 V versorgt, jedoch wird die Steuerspannung zur Frequenzeinstellung mit Hilfe des OP 501 gewonnen, dessen Speisespannung bei + 8 V liegt).

Durch das Anlegen der maximal möglichen Steuerspannung arbeitet der Oszillator jetzt auf seiner höchsten Frequenz. Diese wird mit dem Frequenzzähler am Platinenanschlußpunkt „k“ gemessen und mit dem Trimmer C 604 auf 10 000 250 Hz (± 50 Hz) eingestellt. Anschließend wird die Verbindung zur positiven 8 V Spannung aufgehoben und jetzt der gleiche Punkt an Masse gelegt (entspricht einem Kurzschluß von C 601). Die Ausgangsfrequenz muß jetzt bei 9 999 750 Hz (± 100 Hz) liegen. Die Einstellung mit C 604 erfordert etwas Fingerspitzengefühl.

Nachdem der Kurzschluß wieder beseitigt wurde, kann der Ausgang des Regel-OPs (Pin 6 des OP 501) über R 601 und R 603 die Frequenz des 10 MHz-Quarzoszillators phasenstarr an die Eingangsfrequenz (77,500 kHz) anbinden. Aufgrund der Zeitkonstanten R 502, C 503 sowie R 505, C 504 kann dies ca. 1 Minute dauern.

Der Einschwingvorgang der Steuerspannung bis zur phasenstarreren Einrastung nach dem Einschalten des Gerätes ist in Bild 5 dargestellt. Je nachdem mit welcher Phasenlage der Quarzoszillator in bezug auf die Eingangsfrequenz springt,

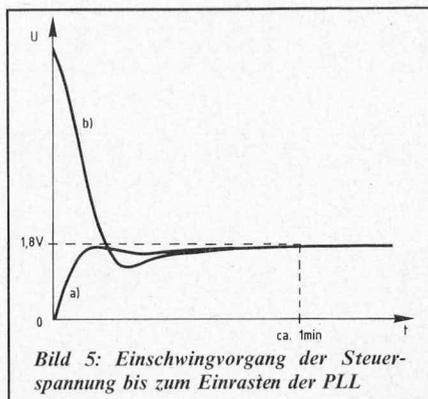


Bild 5: Einschwingvorgang der Steuerspannung bis zum Einrasten der PLL

ergibt sich ein Spannungsverlauf ähnlich der Abbildung 5 a oder 5 b.

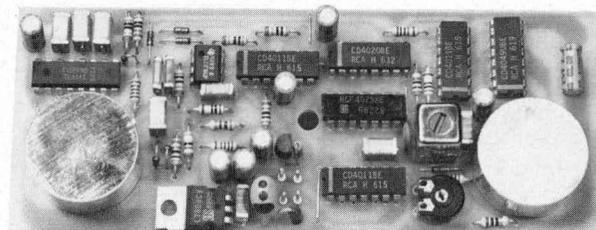
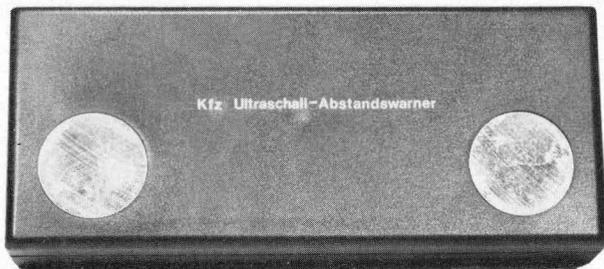
Steht kein hinreichend genauer Frequenzzähler zur Verfügung, wird gleichfalls die Steuerspannung am Platinenanschlußpunkt „v“ gemessen und mit Fingerspitzengefühl sowie etwas Geduld, der Trimmer C 604 in sehr kleinen Stufen soweit verdreht, bis sich die Steuerspannung auf einen Wert von ca. 1,8 V ($\pm 0,25$ V) einpegelt. Zwischen den einzelnen kleinen Einstellschritten des Trimmers C 604 müssen Pausen von 1 bis 2 Minuten liegen, um dem Regler die Möglichkeit zum Einschwingen zu bieten. Die Zeitkonstanten sind deshalb so groß gewählt, damit — aufgrund von atmosphärischen Störungen — die Genauigkeitseinbußen gering gehalten und eine hohe Kurzzeitstabilität erreicht wird.

Nachdem die Schaltung einwandfrei synchronisiert und die Spannung am Platinenanschlußpunkt „v“ nur geringfügig

und sehr langsam (einige 100 mV pro Minute) schwankt, und auf keinen Fall auch nach längerer Zeit an die untere bzw. obere Versorgungsspannungsgrenze anstößt, ist der eigentliche Abgleich beendet. Es bleibt noch die Einstellung des Trimmers R 403 zur optischen PLL-Rastanzeige. Hierzu verdreht man R 403 vom linken zum rechten Anschlag und schaut sich den Bereich an, in dem die LED D 403 („DCF“) aufleuchtet. Anschließend wird R 403 ungefähr in die Mittelstellung des Leuchtbereiches von D 403 gebracht. Hierbei kann es durchaus sein, daß die LED bereits leuchtet, wenn sich R 403 an einem der beiden Anschläge befindet und bereits nach kurzer Drehung erlischt. Auch hier wird dann R 403 ungefähr in die Mitte des Leuchtbereiches von D 403 gebracht. Anzumerken ist noch, daß bei allen vorstehend beschriebenen Einstellungen sich das Gerät in einem möglichst luftzugfreien Raum bei konstanter Raumtemperatur befinden sollte, um thermische Schwankungen bei der Oszillatorkalibrierung auszuschließen. Als letztes wird im Abschirmgehäuse, in dem sich auch der 10 MHz Quarzoszillator befindet, die Kalibrieröffnung mit einem Stück Tesafilm o. ä. verschlossen und auch dieses Gehäuse von außen mit 4 Schrauben M 3 x 10 mm verschraubt.

Nachdem alle mechanischen Arbeiten abgeschlossen sind und auch die Oberhalbchale des 7000er Gehäuses verschraubt wurde, steht dem Einsatz dieses interessanten, professionellen Anforderungen genügenden Gerätes nichts mehr im Wege.

ELV-Serie Kfz-Elektronik: Kfz-Ultraschall-Abstandswarner



Zur rechtzeitigen Anzeige eines kritischen Abstandes zum rückwärtig parkenden Fahrzeug dient diese Schaltung. Sobald der vorgewählte Mindestabstand unterschritten wird, ertönt intervallartig ein 2 kHz Signalton.

Allgemeines

An ein Abstandsmeßsystem, das für den Einsatz im rauen Kfz-Alltag geeignet ist, sind hohe Anforderungen zu stellen. Bei der Entwicklung dieses Gerätes wurde daher auf folgende Punkte besonderer Wert gelegt:

1. Hohe Zuverlässigkeit und Störsicherheit
2. Großer Temperatur-Betriebsbereich
3. Witterungsbeständig
4. Weitgehend unempfindlich gegen Schmutz und Spritzwasser
5. Großer Abstandsmeßbereich
6. Breite Abstrahlcharakteristik

Die grundsätzliche Funktionsweise des am Fahrzeugheck montierten Gerätes beruht darauf, daß ein Ultraschallsender ca. fünfmal pro Sekunde kurze Impulspakete aussendet. Diese werden an einem hinter dem eigenen Fahrzeug befindlichen Objekt (parkendes Fahrzeug, Hauswand o. ä.) reflektiert und erreichen nach einer gewissen Zeit den direkt neben dem Sender angeordneten Empfänger. Aus der Laufzeit, d. h. aus der Differenz zwischen Sendepuls und Empfangssignal, läßt sich in Verbindung mit der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Schallwellen in der Luft der Abstand zwischen dem Abstandswarner und dem schallreflektierenden Objekt nach der Formel bestimmen:

$$s = v \cdot \frac{t}{2}$$

s = Abstand

t = Laufzeit

v = Schallgeschwindigkeit (ca. 340 m/s)

Zwar ändert sich die Ausbreitungsgeschwindigkeit geringfügig mit den Schwankungen der Lufttemperatur, jedoch spielt

dies im Rahmen der hier geforderten Genauigkeit keine Rolle, da die Abweichungen lediglich bei wenigen Prozent liegen (es dürfte unerheblich sein, ob der Warnton z. B. bei 52,1 cm oder bei 52,8 cm einsetzt).

Bei jedem Sendepuls wird gleichzeitig ein Zeitfenster geöffnet, dessen Länge einstellbar ist. Unterschreitet der Abstand zum schallreflektierenden Objekt einen gewissen Wert, der dem Alarmabstand entspricht, so fällt das Empfangssignal in den Bereich des vorgewählten Zeitfensters und ein kurzer, 2 kHz Signalton wird abgegeben. Da sich dieser Vorgang ca. fünfmal pro Sekunde wiederholt, ertönt somit ein intermittierendes 2 kHz Signal. Der Signalgeber selbst wird zweckmäßigerweise im Fahrzeuginnenraum angeordnet.

Der einstellbare Minimalabstand liegt bei ca. 40 cm, während auch größere Distanzen bis über 5 m ausgewertet werden können (z. B. Rangierabstand bei Lkws mit Hebebühne o. ä.).

Damit sich die Handhabung des Gerätes besonders komfortabel gestaltet, empfiehlt sich eine Spannungsversorgung direkt parallel zu den Glühlampen der Rückfahrcheinwerfer, wodurch sich eine Bedienung praktisch erübrigt. Sobald der Rückwärtsgang eingelegt wird, beginnt das Gerät zu arbeiten. Nähert sich nun das rückwärts fahrende eigene Fahrzeug im Erfassungsbereich des Abstandswarngerätes einem Hindernis soweit, daß der vorgewählte Alarmabstand unterschritten wird, beginnt im Fahrzeuginnenraum der 2 kHz Signalgeber

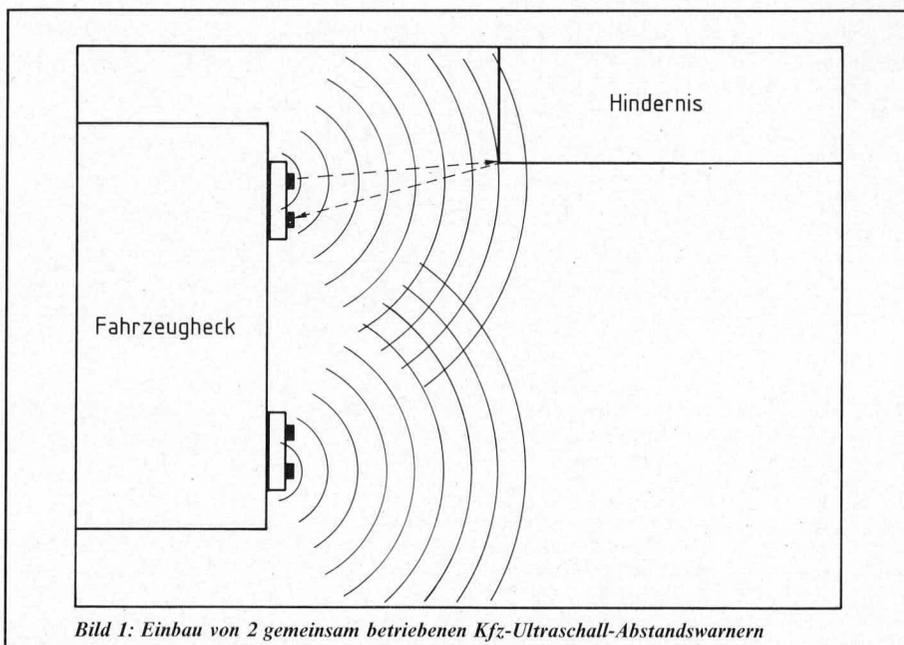


Bild 1: Einbau von 2 gemeinsam betriebenen Kfz-Ultraschall-Abstandswarnern

intermittierend zu ertönen. Der Fahrzeugführer hat auf diese Weise auch bei ungünstigen Sichtverhältnissen im Heckbereich eine zusätzliche Information.

In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, daß man sich niemals „blind“ auf das Gerät verlassen sollte, sondern es grundsätzlich als zusätzliches Informationsmittel einstuft. Dünne Pfeiler, kurze Pflöcke, Begrenzungssteine o. ä. werden vom Gerät nicht in jedem Fall registriert. Auch ist zu berücksichtigen, daß der „Sichtbereich“ nicht unbedingt die gesamte Fahrzeugbreite überstreicht, so daß sich speziell bei größeren Fahrzeugen der Einsatz von 2 Geräten, entsprechend der Abbildung 1, empfiehlt. Diese müssen allerdings synchronisiert werden. Es wird noch darauf hingewiesen, daß, wie bei allen technischen Geräten, auch dieser Abstandswarner ausfallen kann und allein aus diesem Grunde nur als zusätzliche, wenn auch höchst nützliche, niemals jedoch als einzige Informationsquelle beim rückwärtigen Einparken dienen kann.

Zur Schaltung

In Bild 2 ist das Blockschaltbild und in Bild 3 sind die wesentlichen Signalimpulse des Ultraschall-Abstandswarnsystems dargestellt.

Über einen zentralen Oszillator/Taktgeber erfolgt die Ablaufsteuerung der Schaltung.

Ca. fünfmal pro Sekunde strahlt der Ultraschall-Sender ein 30 kHz-Impulspaket für die Dauer von ca. 0,5 ms Sekunden ab. Gleichzeitig mit jedem Sendeimpulspaket wird ein Monoflop gestartet. Der Ausgang dieses Monoflops öffnet sofort für die eingestellte Zeitdauer (Monozeit) das Tor N 2. Trifft innerhalb der Toröffnungszeit ein vom Ultraschallempfänger registriertes Empfangssignal auf den zweiten Eingang des Tor-Gatters N 2, so gibt der Signalgeber einen kurzen 2 kHz-Ton ab. Dieser Vorgang entspricht der linken Hälfte der in Bild 3 gezeigten Impulsverläufe.

Ist der Abstand zum schallreflektierenden Objekt so groß, daß die Laufzeit größer ist als die Monozeit (von N 3/N 4), ist das Tor N 2 bereits wieder gesperrt, bevor der Empfangsimpuls auf den zweiten Eingang von N 2 gelangt. Der Signalgeber bleibt verstummt.

Durch Verändern der Monozeit kann die zeitliche Ansprechschwelle und damit der Abstand, bei dessen Unterschreitung das Warnsignal ertönen soll, eingestellt werden.

Da die Meßfolgefrequenz ca. 5 Hz beträgt, ertönt der Signalgeber bei Unterschreiten des Warnabstandes fünfmal pro Sekunde.

Der Einstellbereich des Monoflops wurde so gewählt, daß der Abstandseinstellbereich von knapp 40 cm bis hin zu 5 m reicht und dadurch dem Gerät universelle Einsatzmöglichkeiten eröffnet.

Im einzelnen sieht die Schaltung wie folgt aus:

Der mit dem Gatter N 18 und Zusatzbeschaltung aufgebaute Oszillator schwingt auf einer Frequenz von ca. 60 kHz. Fre-

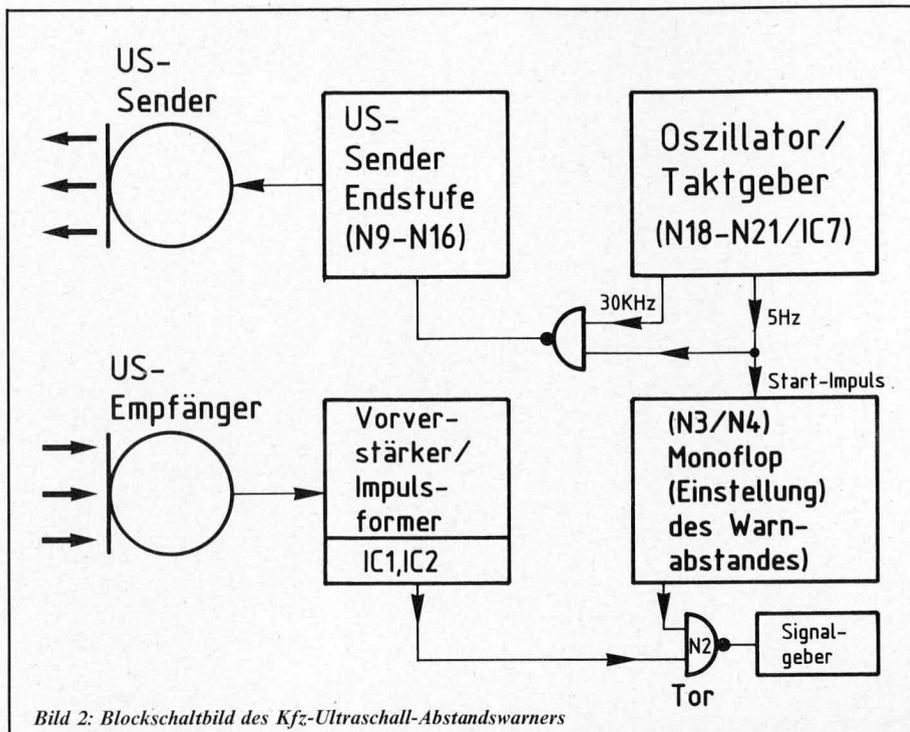


Bild 2: Blockschaltbild des Kfz-Ultraschall-Abstandswarners

quenzbestimmend ist hierbei der Schwingkreis C 15/L 1, wobei ein Feinabgleich mit dem Ferritkern des Übertragers Tr 1 erfolgt. Durch die Verwendung eines LC-Oszillators ergibt sich eine besonders gute Frequenzstabilität, gerade auch im Hinblick auf größere Temperaturschwankungen, wie sie im „rauen Kfz-Alltag“ auftreten können.

Der Ausgang von N 18 (Pin 11) arbeitet auf den Eingang (Pin 10) des Teiler-ICs 7 des Typs CD 4020. Nach der ersten Teilerstufe wird eine Frequenz von 30 kHz an Pin 9 des IC 7 ausgekoppelt und über N 15 auf die obere Endstufenhälfte, bestehend aus N 9 bis N 11, gegeben.

Über N 16 wird die zweite Endstufenhälfte, bestehend aus N 12 bis N 14, mit einem invertierten, d. h. um 180 Grad phasenverschobenen Signal angesteuert. Hierdurch ergibt sich eine Amplitudenverdoppelung. Die beiden Gatter N 15 und N 16 haben eine weitere Funktion, und zwar bilden sie eine Torschaltung. Über den Ausgang (Pin 10) des als Inverter arbeitenden Gat-

ters N 17 können N 16 (über Pin 1) und N 15 (über Pin 5) gesperrt werden.

Alle 200 ms geht der Ausgang des Gatters N 21 (Pin 6) für ca. 0,5 ms auf „low“. Infolgedessen wechselt das Potential am Ausgang von N 17 (Pin 10) für ca. 0,5 ms auf „high“ und N 15, N 16 lassen die von Pin 9 des IC 7 kommenden 30 kHz-Impulse auf die Endstufe gelangen. Der als Sender geschaltete Ultraschall-Wandler US 2 strahlt das Signal ab.

Die Gatter N 19 bis N 21 sind so geschaltet, daß in Verbindung mit dem IC 7 die Impulsfolge sich fünfmal pro Sekunde wiederholt.

Die genaue, mit Tr 1 einstellbare Sendefrequenz ist auf die Resonanzfrequenz der beiden Ultraschall-Wandler US 1 und US 2 einzustellen (siehe Kapitel „Abgleich“).

Gleichzeitig mit dem Start des Sendeimpulses wird über Pin 9, das aus den Gattern N 3, N 4 mit Zusatzbeschaltung bestehende Monoflop, getriggert. Für eine mit R 15 einstellbare Zeitspanne zwischen ca. 2 ms

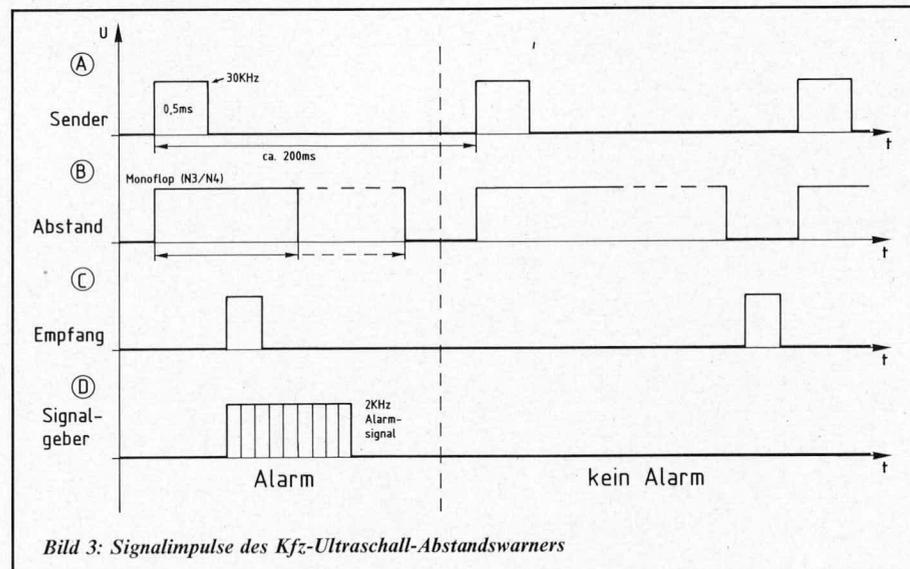
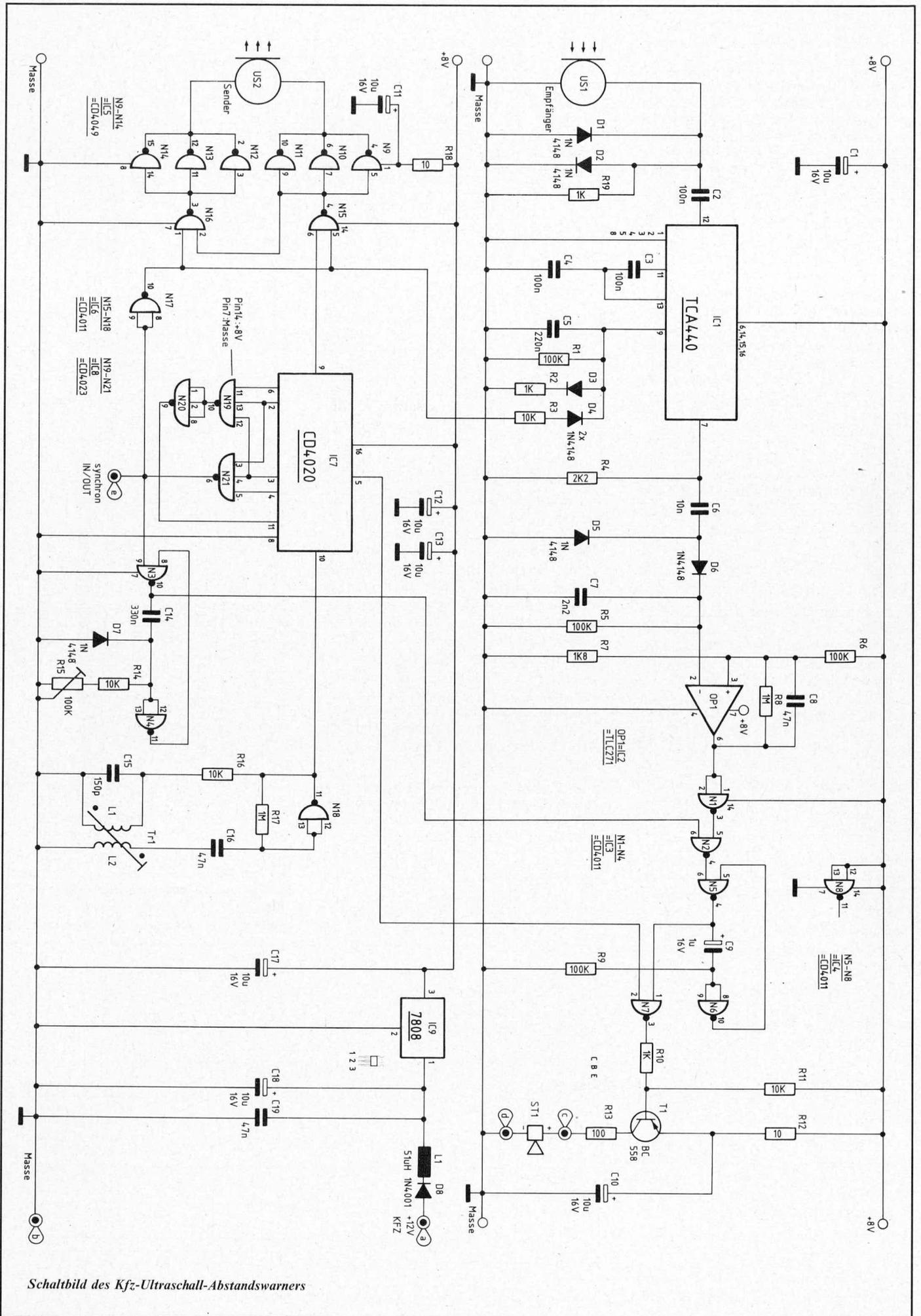


Bild 3: Signalimpulse des Kfz-Ultraschall-Abstandswarners



Schaltbild des Kfz-Ultraschall-Abstandswarner

und 25 ms geht der Ausgang des Gatters N 3 (Pin 10) auf „high“ (ca. 8 V) und gibt das Tor-Gatter N 2 (über Pin 6) frei.

Falls nun das abgestrahlte Ultraschall-Sendesignal innerhalb des Erfassungsbereiches auf ein Hindernis trifft und reflektiert wird, gelangt dieses Signal auf den Ultraschall-Empfänger US 1.

Die Verzögerung (Laufzeit) zwischen Sendepuls und Empfangssignal ist dabei dem Abstand zum reflektierenden Objekt direkt proportional. 1 ms entspricht einer vom Schall zurückgelegten Strecke von ca. 34 cm, d. h. der Abstand beträgt ca. 17 cm (Hin- und Rücklaufstrecke).

Über C 2 gelangt das Empfangssignal auf den Eingang (Pin 12) des automatisch regelbaren Vorverstärkers IC 1 des Typs TCA 440. Je größer die Spannung am Steuerungseingang Pin 9 des IC 1 ist (0 bis max. 1 V), desto niedriger ist die Verstärkung.

Jeweils mit Beginn des Sendesignals wird über D 4, R 3 der Kondensator C 5 aufgeladen, wodurch die Verstärkung während des Sendesignals auf einem minimalen Wert liegt. Direkt nach Abbruch des Sendepulses erfolgt zunächst über D 3, R 2 eine teilweise Schnellentladung von C 5, um bereits nach kurzer Zeit eine ausreichende Ansprechempfindlichkeit des Vorverstärkers zu erhalten (nach ca. 1 ms). Die weitere Entladung von C 5 erfolgt über R 1 mit einer Zeitkonstanten von ca. 10 ms. Hierdurch wird die Verstärkung automatisch so angepaßt, daß bei größerem Abstand und dadurch geringerem Empfangssignal die Verstärkung steigt. Dies bedeutet eine hohe Störsicherheit bei großer Reichweite.

Am Ausgang (Pin 7) des IC 1 steht das verstärkte Empfangssignal zur Verfügung. Die Amplitude liegt in der Größenordnung von ca. 2 V_{ss}.

Es erfolgt eine Signalauskopplung über C 6 sowie eine anschließende auf Masse bezogene Spitzenwertgleichrichtung mit D 5, D 6 sowie C 7.

OP 1 stellt mit seiner Zusatzschaltung einen Komparator dar, an dessen Ausgang (Pin 6) ein sauberes Rechtecksignal zur Verfügung steht.

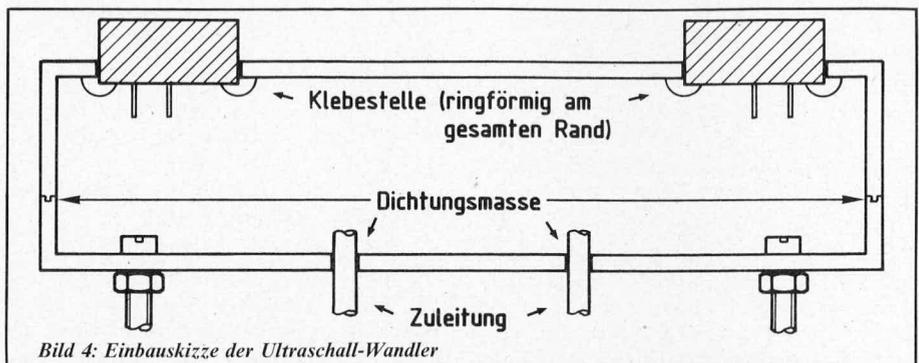
Dieses mit N 1 invertierte Signal liegt im Ruhezustand auf „low“-Potential. Sobald ein Empfangssignal registriert wird, erfolgt im selben Moment ein Wechsel des Ausgangs (Pin 3) von N 1 auf „high“ (+8 V).

Nur wenn beide Eingänge des Tor-Gatters N 2 (Pin 5 und Pin 6) auf „high“-Potential liegen, wechselt der Ausgang (Pin 4 von

N 2) auf „low“ und das Monoflop, bestehend aus N 5, N 6 mit Zusatzbeschaltung, wird getriggert.

Die Monozeit liegt bei ca. 100 ms. Genau für diese Zeitspanne werden die 2 kHz-Impulse, die an Pin 2 des Gatters N 7 anliegen, über Pin 1 von N 7 freigegeben und der Sound-Transducer ST 1 wird über R 13 und T 1 angesteuert.

Die Versorgung der gesamten Schaltung erfolgt mit Hilfe des Festspannungsreglers IC 9 aus der Kfz-Bordspannung. D 8, L 1, C 18, C 19 dienen dem Verpolungsschutz



und der Entkopplung sowie zur Störunterdrückung.

Werden 2 Abstandswarner parallel betrieben, so ist es erforderlich, die Sendepulse gleichzeitig abzustrahlen, d. h. beide Systeme müssen miteinander synchronisiert werden. Dies erfolgt auf einfache Weise dadurch, indem beim zweiten Gerät das IC 8 des Typs CD 4023 ersatzlos entfällt und eine Steuerleitung vom Hauptgerät zum zweiten Gerät gezogen wird, die bei beiden Leiterplatten jeweils die mit „e“ bezeichneten Punkte miteinander verbindet. Hierzu verwendet man eine isolierte, ladrige, abgeschirmte Leitung, wobei die Abschirmung mit der Schaltungsmasse („b“) zu verbinden ist.

Durch diese Maßnahme läuft das IC 7 im zweiten Gerät kontinuierlich. Die Sendepulsabstrahlung mit den daran angeknüpften weiteren Funktionsbedingungen erfolgt jetzt synchron zum Hauptgerät.

Die übrigen Funktionen des Gerätes werden genauso beibehalten wie beim Einsatz eines einzelnen Gerätes, d. h. auch beide Signalgeber sind zu installieren.

Zum Nachbau

Sämtliche Bauelemente finden auf einer einzigen Platine mit den Abmessungen 135 mm x 53,5 mm Platz. Der Aufbau wird dadurch besonders einfach.

Zunächst werden die niedrigen und anschließend die höheren Bauelemente auf die Platine gesetzt und verlötet. Auf die korrekte Einbaulage des Übertragers Tr 1 ist zu achten. Am Übertragergehäuse befindet sich zur Kennzeichnung ein schwarzer Kunststoffnippel, der im Bestückungsplan durch einen Punkt markiert ist.

Die beiden Ultraschall-Wandler des Typs US 89 B (Sender und Empfänger sind gleich) werden über 2 kurze, flexible isolierte Leitungen an die direkt darunterliegenden Platinenanschlüsse gelötet. Vorher sind jedoch die Wandler selbst entsprechend der Abbildung 4 in das Gehäuseoberenteil einzukleben. Als Klebstoff eignet sich Zwei-Komponenten- oder auch Heißkleber.

Nachdem der im folgenden beschriebene Abgleich durchgeführt wurde, erfolgt der Einbau ins Gehäuse. In der Rückwand befinden sich 2 Bohrungen, deren Durchmesser so bemessen wird, daß die beiden jeweils ladrigen, abgeschirmten Zuleitungen stramm hindurchpassen. Der Anschluß der Zuleitungen erfolgt direkt an der Platinenunterseite.

Die Mittelader der ersten Zuleitung wird mit dem Platinenanschlußpunkt „a“ (+ 12 V) und die zugehörige Abschirmung mit dem Platinenanschlußpunkt „b“ (Masse) verbunden. Das andere Ende dieser Leitung wird parallel zu den Rückfahrcheinwerfern angeschlossen. Selbstverständlich ist es auch möglich, das Abstandswarnsystem vom Fahrzeugarmaturenbrett aus über einen Kippschalter zu aktivieren. In diesem Fall empfiehlt sich das Parallelschalten einer Kontroll-LED mit einem 1 k Ω -Vorwiderstand.

Die Mittelader der zweiten Zuleitung wird an den Platinenanschlußpunkt „c“ und die zugehörige Abschirmung an den Platinenanschlußpunkt „d“ angeschlossen und in den Kfz-Innenraum verlegt. Das Ende dieser Zuleitung speist den Signalgeber.

Damit die Schaltung vor Feuchtigkeit geschützt ist, wird vor dem endgültigen Zusammenschrauben der beiden Gehäusehalbschalen in die Verbindungsnut etwas Siliconpaste oder ersatzweise Uhu-Alleskleber eingestrichen. In gleicher Weise erfolgt ein zusätzliches Verkleben der beiden Austrittsöffnungen für die Zuleitungen.

Damit auch bei extremen Temperaturschwankungen kein Feuchtigkeitsfilm auf der Schaltung gebildet wird, legt man ohne besondere Befestigung ein kleines Säckchen mit Trockenmittel in das Gehäuse. Hierzu wird etwa 10 Gramm des Trockenmittels in ein Stückchen Tuch (Reste eines Taschentuches, notfalls auch eines Papiertaschentuches) gegeben und mit Bindfäden oder Nähgarn verschürzt. Da das Gehäuse weitgehend luftdicht verschlossen ist, schützt das Trockenmittel die Schaltung dauerhaft vor Feuchtigkeit.

Zum Schluß sei noch darauf hingewiesen, daß die Abstrahlfläche der Ultraschall-Wandler von Zeit zu Zeit gereinigt werden sollte. Ein stärkerer Schmutzfilm kann die Ansprechempfindlichkeit der Schaltung beeinträchtigen.

Der Abgleich

Die Frequenz des Oszillators (N 18 mit Zusatzbeschaltung) muß sich im Bereich zwischen 60,0 und 61,2 kHz bewegen. Sie kann an Pin 11 gemessen werden. Die Ankopplung muß jedoch kapazitätsarm erfolgen, da sich sonst durch den Meßvorgang die Frequenz verstellen kann.

Da die beiden Ultraschall-Wandler eine sehr ausgeprägte Resonanzkurve besitzen, ist es erforderlich, die Oszillatorfrequenz darauf anzupassen. Für die Einstellung selbst sind jedoch keine Meßinstrumente

erforderlich. Man geht auf einfache Weise wie folgt vor:

Pin 12 oder 13 des Gatters N 4 werden über eine kurze Verbindungsleitung mit der +8 V-Versorgungsspannung verbunden. Dies bewirkt, daß jeder empfangene Ultraschall-Impuls einen Signalton zur Folge hat.

Ultraschall-Sender und -Empfänger werden nun 1 bis 2 m von einer davorliegenden Wand entfernt positioniert. Durch vorsichtiges Verdrehen des Ferritkerns des Übertragers Tr 1 verändert man die Oszillatorfrequenz, bis sich ein einwandfreies Empfangssignal ergibt (Signalgeber ertönt ca. fünfmal pro Sekunde).

Anschließend vergrößert man den Abstand zur Wand und stellt gleichzeitig die Oszillatorfrequenz nach. Je weiter man sich von der schallreflektierenden Wand entfernt, desto kleiner wird der mögliche Einstellbereich des Übertragers. Die Einstellung ist optimal bei größtmöglicher Reichweite, die mindestens 4 m beträgt.

Ist die Einstellung zur Zufriedenheit verlaufen, kann die Verbindung des Einganges von Gatter N 4 mit der positiven 8 V-Ver-

sorgungsspannung wieder aufgehoben werden.

Mit dem Trimmer R 15 kann jetzt die Einstellung des Ansprechabstandes im Bereich von ca. 0,4 m bis 5 m vorgenommen werden.

Montage am Fahrzeug

Zweckmäßigerweise wird der Ultraschall-Abstandswarner am Heck des Fahrzeugs oberhalb der Stoßstange montiert. Hierdurch ist das Gerät sowohl mechanisch als auch vor unnötiger Verschmutzung geschützt.

Die Befestigung selbst erfolgt, indem 2 Schrauben M 4 x 25 mm (oder nach Bedarf auch länger) von der Gehäuseinnenseite durch entsprechende Bohrungen in der Rückwand gesteckt und von außen mit 2 Muttern fest verschraubt werden. Der Abstand der beiden Befestigungsschrauben sollte zwischen 50 und 100 mm liegen. Zu beachten ist, daß die Schraubköpfe im Innern des Gehäuses keinen Kurzschluß von Leiterbahnen verursachen. Es empfiehlt sich daher, die Schraubköpfe zu isolieren (Isolierband).

Die beiden Schrauben werden anschließend durch 2 Bohrungen im Fahrzeugheck gesteckt und von der Fahrzeuginnenseite her verschraubt.

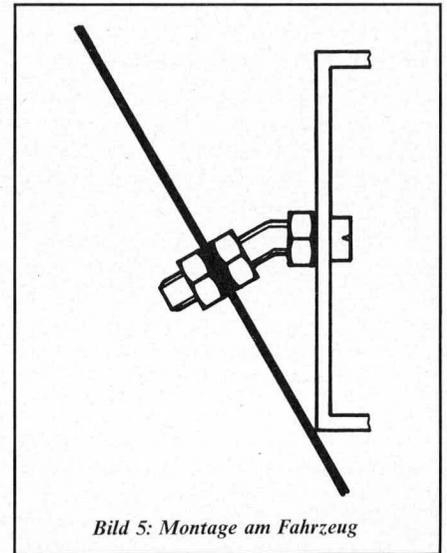


Bild 5: Montage am Fahrzeug

Es ist darauf zu achten, daß die Abstrahlfläche der Ultraschallwandler möglichst senkrecht zur Fahrbahndecke weist, um eine optimale Ausnutzung des reflektierten Ultraschall-Signals zu erzielen. Ist dies aufgrund eines schräg stehenden Fahrzeughecks nicht möglich, kann die Montage auch entsprechend der Abbildung 5 erfolgen, indem die Befestigungsschrauben nach erfolgter Montage leicht abgewinkelt werden.

Stückliste:

Kfz-Ultraschall-Abstandswarner

Widerstände

10 Ω	.....	R 12, R 18
100 Ω	.....	R 13
1 kΩ	.....	R 2, R 10, R 19
1,8 kΩ	.....	R 7
2,2 kΩ	.....	R 4
10 kΩ	.....	R 3, R 11, R 14, R 16
100 kΩ	.....	R 1, R 5, R 6, R 9
1 MΩ	.....	R 8, R 17
100 kΩ, Trimmer, liegend	...	R 15

Kondensatoren

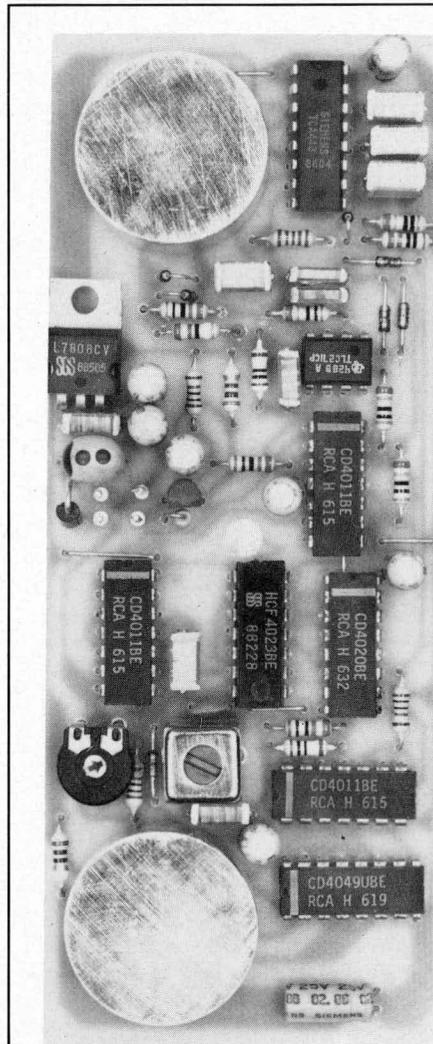
150 pF	.....	C 15
2,2 nF	.....	C 7
10 nF	.....	C 6
47 nF	.....	C 8, C 16, C 19
100 nF	.....	C 2, C 3, C 4
220 nF	.....	C 5
330 nF	.....	C 14
1 µF/16 V	.....	C 9
10 µF/16 V	.....	C 1, C 10-C 13, C 17, C 18

Halbleiter

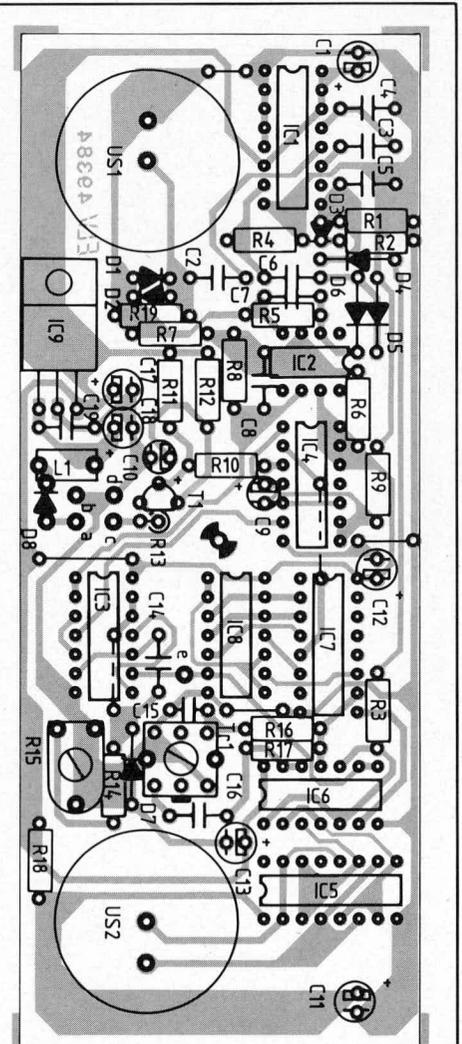
TLC 271	.....	IC 2
TCA 440	.....	IC 1
CD 4011	.....	IC 3, IC 4, IC 6
CD 4020	.....	IC 7
CD 4023	.....	IC 8
CD 4049	.....	IC 5
7808	.....	IC 9
BC 558	.....	T 1
1 N 4001	.....	D 8
1 N 4148	.....	D 1-D 7

Sonstiges

CEC-D 377 S	.....	Tr 1
US 89 B	.....	US 1, US 2
51 µH, Spule	.....	L 1
Sound Transducer	.....	ST 1
5 m ladrige abgeschirmte Leitung		
9 Lötstifte		
10 g Silicagel		



Ansicht der fertig bestückten Platine



Bestückungsseite der Platine

ELV-Serie 7000:

Gleichlaufprüfgerät GLP 7000



Gute Gleichlaufeigenschaften sind ein wesentliches Qualitätsmerkmal für Kassetten-Recorder, Spulen-Tonbandgeräte und auch Video-Recorder.

Mit dem hier vorgestellten Gleichlauf-Prüfgerät können sowohl die Schwankungen (Wow und Flutter) als auch die absoluten Abweichungen (Drift) genau und schnell gemessen werden.

Allgemeines

Bei der Beurteilung und Einstellung von Speichergeräten des Audio- und Video-Bereiches spielen die Gleichlaufeigenschaften neben dem Frequenzgang und dem Geräuschspannungsabstand eine herausragende Rolle. Diese werden verursacht durch den nicht vollkommen gleichmäßigen Transport des Magnetbandes, was sich durch mehr oder weniger Tonhöhen-schwankungen bemerkbar macht.

Grundlage der Gleichlaufmessungen ist die nach DIN genormte Referenzfrequenz von 3150 Hz. Eine zweite nach CCIR genormte Referenzfrequenz beträgt 3000 Hz. Diese ist jedoch zumindest in Europa wenig gebräuchlich. Durch einen Umschalter kann das ELV-Gleichlauf-Prüfgerät GLP 7000 auf beiden Grundfrequenzen arbeiten.

Grundsätzlich wird nun zwischen 2 Meßarten unterschieden:

1. Abweichung von der Soll-Geschwindigkeit und Drift:

Für diese Messung ist eine Testkassette erforderlich, auf der sich mit hinreichender Genauigkeit die Referenzfrequenz (3150 Hz bzw. 3000 Hz) befindet. Es kann sowohl die absolute Geschwindigkeitsabweichung als auch die Drift gemessen werden. Letztere kommt z. B. durch unterschiedliche Reibung des Antriebssystems über längere Zeit (zwischen Anfang und Ende des Bandwickels) und dem damit verbundenen unterschiedlichen Schlupf gegenüber dem Antriebsmotor zustande. Die genaue Bedienung des Gerätes wird im folgenden Kapitel noch ausführlich beschrieben.

2. Gleichlaufschwankungen (Wow und Flutter):

Hierbei werden sowohl sehr langsam ablaufende Tonhöhen-schwankungen im Bereich von 0,3 Hz bis 6 Hz, die als Jaulen (Wow) empfunden werden, gemessen

als auch höherfrequente Anteile bis hin zu 100 Hz, die sich durch Rauigkeit des Tones (Flutter) bemerkbar machen. Beim GLP 7000 stehen hierfür 3 Meßbereiche zur Verfügung.

Je nach eingeschaltetem Meßbereich mißt das Gerät die prozentuale Abweichung der Momentangeschwindigkeit (Wow und Flutter) bzw. die prozentuale Abweichung der Durchschnittsgeschwindigkeit (Drift) vom Soll-Wert, wobei letzteres, wie bereits erwähnt, nur mit Hilfe eines entsprechenden Testbandes möglich ist.

Bedienungsanleitung

Die Stromversorgung des ELV-Gleichlauf-Prüfgerätes GLP 7000 erfolgt über ein handelsübliches 9 V/200 mA-Steckernetzteil, das auf der Rückseite des Gehäuses angeschlossen wird.

Rechts auf der Frontplatte befindet sich ein Schalter zum Einschalten des Gerätes. Eine darüber angeordnete Kontroll-LED zeigt die Betriebsbereitschaft an.

In der Mitte der Frontplatte wird jetzt mit dem entsprechenden Wahlschalter die gewünschte Betriebsart eingestellt (3150 Hz nach DIN oder 3000 Hz nach CCIR).

Darunter sind die Eingangs- und Ausgangsbuchsen angeordnet. Es steht wahlweise eine Dioden-Buchse, die Anschlüsse für Aufnahme und Wiedergabe besitzt oder 2 Cinch-Buchsen für Aufnahme und Wiedergabe getrennt zur Verfügung.

Gleichlaufschwankungen (Wow und Flutter)

Bei einer Messung ohne Testkassette ist zunächst die Aufzeichnung der Referenzfrequenz mit dem zu überprüfenden Gerät auf ein beliebiges Band erforderlich. Hierzu liefert das GLP 7000 eine hochstabile Referenzfrequenz von 3150 Hz (bzw. 3000 Hz), die aus einem Quarzoszillator hergeleitet wird. Durch ein aufwendiges Filter wird aus der ursprünglichen Rechteckkurvenform ein Sinus mit einem Klirrfaktor von typ. kleiner 1% erzeugt.

Nach erfolgter Aufnahme wird das Band zurückgespult und im Wiedergabemodus gestartet. Die Gleichlaufmessung kann nun wahlweise mit dem Testband oder dem selbst aufgenommenen Band durchgeführt werden. Beim Abspielen der Eigenaufnahme sind die Meßergebnisse im Mittel ca. 40% höher, als beim Abspielen einer professionellen Testkassette, da auch die Gleichlaufschwankungen bei der Aufnahme mitbewertet werden.

Der Kippschalter „Test/Messen“ wird in Stellung „Messen“ gebracht und der Meßbereichswahlschalter in Stellung „1%“. Das Poti-„Kalibrieren“ ist hierbei ohne Einfluß.

Auf dem gut ablesbaren, großen Zeigermeßwerk können jetzt die Gleichlaufschwankungen (Wow und Flutter) abgelesen werden, wobei der Meßbereichswert 1% entspricht. Bei hochwertigen Kassetten-Recordern mit geringen Gleichlaufschwankungen kann je nach Erfordernis auf einen kleineren Meßbereich mit einem Endwert von 0,3% bzw. 0,1% umgeschaltet werden.

Geschwindigkeitsabweichungen und Drift

Für diese Messungen ist in jedem Fall eine Testkassette erforderlich, auf der die Referenzfrequenz von 3150 Hz (bzw. 3000 Hz) mit hinreichender Genauigkeit aufgezeichnet wurde.

Zur Messung der absoluten Geschwindigkeitsabweichung wird zunächst der Schalter „Test/Messen“ in Stellung „Test“ gebracht.

Der Meßbereichswahlschalter wird in Stellung „Drift 5%“ gebracht.

Mit dem Einstellregler „Kalibrieren“ wird das Meßwerk genau in Mittelstellung gedreht (Drift: 0%).

Nachdem der Schalter „Test/Messen“ in Stellung „Messen“ gebracht wurde, kann auf

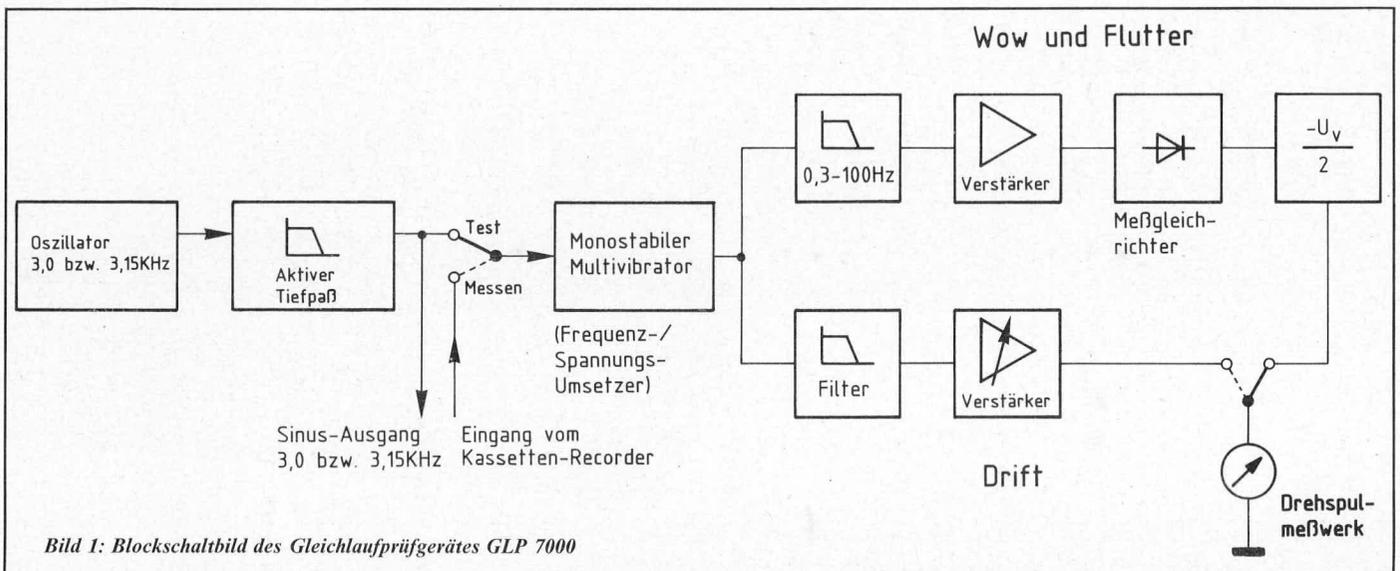


Bild 1: Blockschaltbild des Gleichlaufprüfgerätes GLP 7000

dem Meßwerk die absolute Geschwindigkeitsabweichung des Testgerätes im Bereich von $\pm 5\%$ abgelesen werden.

Anhand der Service-Unterlagen des zu überprüfenden Gerätes kann die Geschwindigkeit bei den meisten Geräten nachgestellt werden, und zwar so, daß die Abweichungen möglichst gering werden (ca. $0,5\%$ und besser).

Neben der absoluten Geschwindigkeitsmessung kann die Drift eines angeschlossenen Gerätes überprüft werden. Hierzu bringt man das Band an den Anfang und stellt in Stellung „Messen“ mit dem Einstellregler „Kalibrieren“ das Meßwerk auf 0% ein. Über den gesamten Bereich der Testkassette kann beobachtet werden, wie sich die Bandgeschwindigkeit verhält. Durch unterschiedlichen Bandzug, bedingt durch sich ändernde Wickelgrößen des Tonträgers, kann sich ein mehr oder weniger großer Driftfehler einstellen. Durch geeignete Korrekturen an Tonrolle bzw. Wickelteller läßt sich hier anhand der Service-Unterlagen ggf. eine Verbesserung vornehmen.

Zur Schaltung

Zur Veranschaulichung des Meßprinzips ist in Bild 1 das Blockschaltbild dargestellt.

Ein Quarzoszillator mit nachfolgendem Digital-Teiler gibt eine Frequenz von 3150 Hz bzw. 3000 Hz ab. Der nachgeschaltete Tiefpaß vierter Ordnung erzeugt daraus ein Sinussignal mit einem Klirrfaktor von typ. kleiner 1% . Für die hier vorliegenden Messungen ist dies mehr als ausreichend, da im wesentlichen die Frequenzgenauigkeit und Stabilität im Vordergrund steht.

In Stellung „Test“ gelangt das stabile Oszillatorsignal auf einen monostabilen Multivibrator, der in Verbindung mit den nachgeschalteten Filtern als Frequenz-/Spannungs-Umsetzer arbeitet.

Das Impulsverhältnis ist so gewählt, daß sich bei der Driftmessung mit Hilfe des Kalibrier-Potis der Meßbereichsmittelpunkt einstellen läßt.

Wird anschließend der Kippschalter in Stellung „Messen“ gebracht, gelangt die tatsächliche vom zu überprüfenden Gerät

kommende Frequenz auf den monostabilen Multivibrator. Ist die absolute Bandgeschwindigkeit größer als der Nennwert, so liegt in gleichem Verhältnis die Ausgangsfrequenz höher, als der eingestellte Sollwert von 3150 Hz (bzw. 3000 Hz). Der monostabile Multivibrator wird häufiger getriggert, d. h. in Verbindung mit dem nachgeschalteten Tiefpaß ergibt sich eine höhere Ausgangsspannung. Das Meßwerk schlägt nach rechts aus und die prozentuale Abweichung kann abgelesen werden. Analog dazu bewegt sich der Zeiger nach links, bei Bandgeschwindigkeitsabweichungen nach unten.

Die Wow- und Flutter-Messungen werden in ähnlicher Weise durchgeführt, lediglich mit dem wesentlichen Unterschied, daß ein zusätzlicher Meßgleichrichter die kurzfristigen Frequenz- und damit Geschwindigkeitsschwankungen festhält. Da hierbei keine positiven und negativen Abweichungen zu erfassen sind, kann die gesamte Skala von 0 beginnend genutzt werden (also kein Skalenmittelpunkt). Hierzu dient ein Differenzverstärker, der einen entsprechenden Spannungsabzug vornimmt.

Im einzelnen sieht die Schaltung wie folgt aus:

Ein Quarzoszillator, der mit dem Gatter N1 und Zusatzbeschaltung aufgebaut ist, schwingt auf einer Frequenz von $3,2768\text{ MHz}$. Über den Inverter N2 gelangt diese Frequenz auf den Eingang (Pin 10) des Teiler-ICs 2 des Typs CD 4040. In Verbindung mit den Gattern N5 bis N7 sowie dem Schalter S1a kann das Teilungsverhältnis von 1040 auf 1092 umgeschaltet werden. Im ersten Fall beträgt die an Pin 14 des IC 2 abgegebene Ausgangsfrequenz 3150 Hz , und im zweiten Fall 3000 Hz .

R4, R5, R6 sowie C3 bilden einen passiven Tiefpaß erster Ordnung, während R7, R8, R9 sowie C4 bis C6 in Verbindung mit OP1 einen aktiven Tiefpaß dritter Ordnung mit einer Grenzfrequenz von ca. $3,5\text{ kHz}$ darstellen. Hierdurch erfolgt ein starkes Herausfiltern der Oberwellenanteile, so daß an Pin 7 des OP 1 ein „ordentliches“ Sinussignal mit einer Frequenz von 3000 Hz bzw. 3150 Hz zur Verfügung steht. Mit OP 1 und Zusatzbeschaltung wird eine

Pegelanpassung auf $0\text{ dBm} = 775\text{ mV}$ ($2,2\text{ V}_{SS}$) vorgenommen. Die Einstellung erfolgt mit R11.

Dieses Signal wird sowohl zu Aufnahmezwecken auf die Ausgangsbuchsen gegeben (Pin 1 und Pin 4 der Diodenbuchse sowie auf die Cinch-Aufnahmebuchse) als auch zu Referenzzwecken bei der Driftmessung im Gerät weiterverarbeitet.

Mit S2a kann wahlweise auf das Meßsignal bzw. auf das interne Testsignal umgeschaltet werden. Über C9, R13 gelangt das Signal auf einen Verstärker (OP3 mit Zusatzbeschaltung), um anschließend mit Hilfe des Komparators OP4 mit Zusatzbeschaltung in ein sauberes Rechtecksignal umgewandelt zu werden.

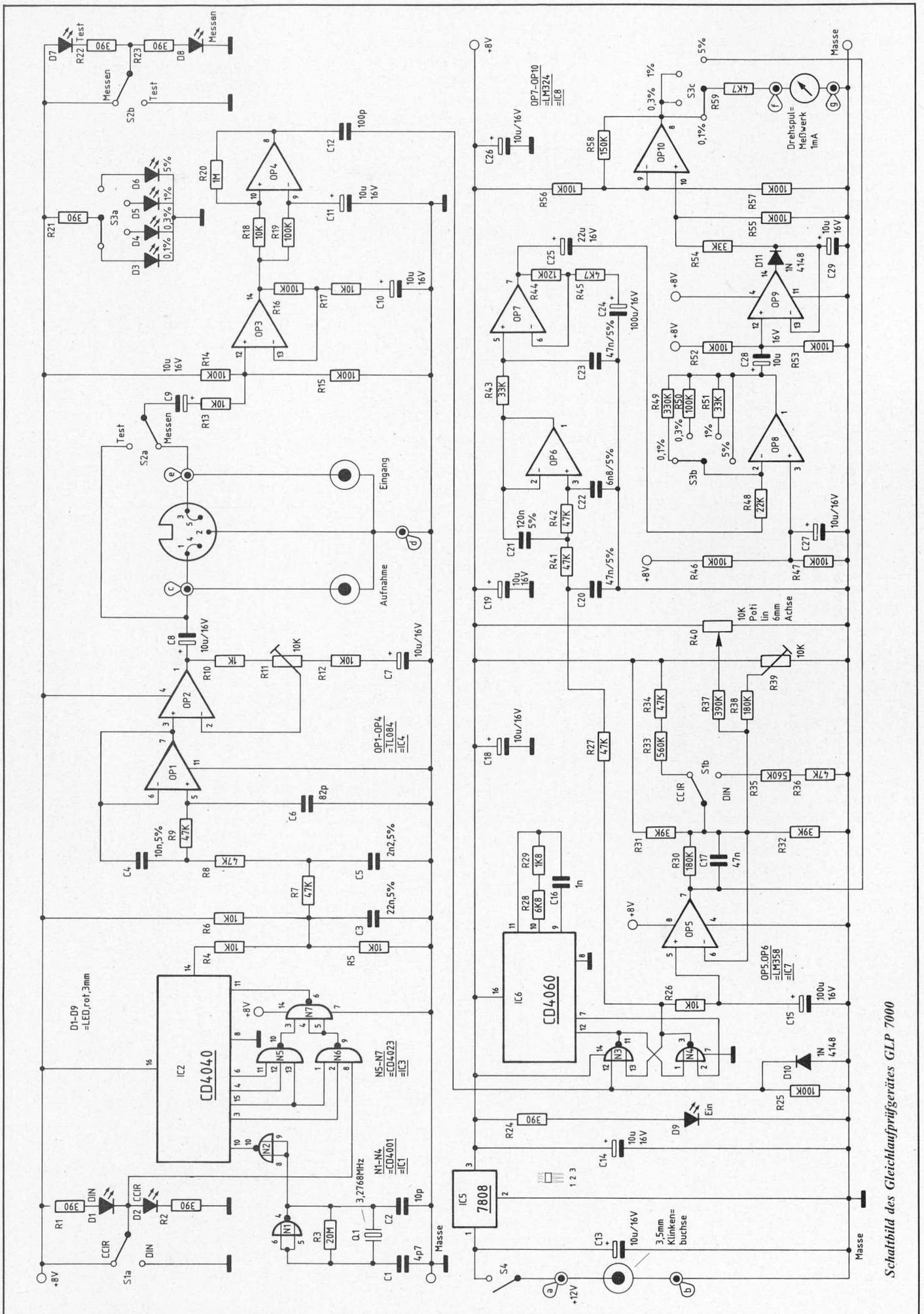
Mit C12, R25 wird daraufhin bei jeder steigenden Impulsflanke das Monoflop (monostabiler Multivibrator) über Pin 12 des Gatters N3 getriggert.

Im einfachsten Fall könnte dieses Monoflop aus zwei Gattern und einem RC-Glied bestehen. Dies hätte jedoch einen entsprechenden Phasen-Jitter zur Folge, so daß im empfindlichsten Meßbereich ($0,1\%$ Meßbereichsendwert) bereits ein nennenswerter Ausschlag aufgrund der eigenen systembedingten Schwankungen erfolgen würde.

Wir haben uns daher für einen etwas aufwendigeren monostabilen Multivibrator entschieden, der aus den Gattern N3, N4 sowie dem IC6 mit Zusatzbeschaltung besteht. Die Funktionsweise ist wie folgt:

Sobald ein positiver Impuls an Pin 12 des Gatters N3 registriert wird, wechselt der Ausgang (Pin 11) von „high“ nach „low“, wobei dieser Zustand aufgrund der Speicherfunktion der Gatter N3, N4 zunächst erhalten bleibt. IC6 wird über Pin 12 freigegeben, d. h. der interne mit R28 und R29 sowie C16 aufgebaute Oszillator beginnt zu schwingen. Nach genau 8 Zyklen wechselt der Ausgang Pin 7 des IC 6 von „low“ auf „high“ und der Speicher N3/N4 wird über Pin 2 zurückgesetzt. Der Ausgang des Gatters N3 (Pin 11) sperrt gleichzeitig das IC 6 und die Schaltung befindet sich wieder in ihrem Grundzustand.

Exakt für die Zeit der Oszillatorschwingung steht an Pin 3 des Gatters N4 ein



Schaltbild des Gleichlaufprüfgerätes GLP 7000

„high“-Impuls an, der zur Weiterverarbeitung dient. Dieser Impuls zeichnet sich durch eine sehr hohe Gleichmäßigkeit in bezug auf die Impulsbreite aus.

In Verbindung mit dem nachgeschalteten, hochwertigen, aktiven Filter dritter Ordnung, bestehend aus R 27, R 41, R 42, C 20 bis C 22 sowie OP 6 und dem nachgeschalteten Tiefpaß erster Ordnung (R 43, C 23), wird die Möglichkeit eröffnet, selbst Gleichlaufschwankungen bis hinab zu 0,01 % (!) zu messen.

OP 7 sowie OP 8 nehmen mit ihrer Zusatzbeschaltung eine weitere Verstärkung vor. S 3 b schaltet hierbei die entsprechenden Meßbereiche um.

OP 9 ist mit D 11 und C 29 als Spitzenwertgleichrichter geschaltet, während OP 10 die Umsetzung des auf halber Betriebsspannung liegenden Signals auf die Schaltungsmasse vornimmt. Bei den Gleichlaufschwankungsmessungen beginnt daher die Anzeige am Skalenanfang bei 0 %.

Für die Messung der Absolutabweichung wird die Anzeige auf die Skalenmitte gezogen. Hierzu erfolgt mit R 26, C 15 eine Integration mit einer nachfolgenden Verstärkung durch OP 5 mit Zusatzbeschaltung. Mit R 39 (grob) und R 40 (fein) wird die Anzeige in Meßbereichsstellung „Test“ auf Mitte einjustiert. Der Meßbereich beträgt hier $\pm 5\%$.

Zum Abgleich

Die Einstellung des Gerätes ist mit einfachen Mitteln durchführbar.

Zunächst wird an Pin 1 des OP 2 mit Hilfe des Trimmers R 11 die Ausgangsspannung auf $775\text{ mV}_{\text{eff}}$ eingestellt. Je nach individuellen Erfordernissen kann selbstverständlich hier auch auf einen anderen Ausgangsspannungswert abgeglichen werden.

Nun wird der Einstellregler „Kalibrieren“ in Mittelstellung gebracht. In Stellung „Test“ des Schalters S 2 wird anschließend mit dem Trimmer R 39 die Anzeige des Meßwerkes auf $\pm 0\%$ entsprechend Skalenmittelpunkt eingestellt. S 3 befindet sich hierbei in Stellung „Drift 5 %“.

Reicht der Einstellbereich von R 39 nicht aus, so ist die Abweichung der Oszillatorfrequenz des IC 6 zu groß. Sie muß typ. bei 49,2 kHz liegen mit einer maximalen Abweichung von $\pm 10\%$. Gemessen werden kann diese Frequenz an Pin 9 des IC 6, während gleichzeitig Pin 12 des Gatters N 3 über eine kurze Verbindungsleitung mit der positiven 8 V-Versorgungsspannung zu verbinden ist. Durch Verändern von R 29 und ggf. R 28 kann die Frequenz angepaßt werden. Wir haben an dieser Stelle bewußt auf einen Trimmer verzichtet, um den kapazitiven Einfluß so gering wie möglich zu halten, und anstelle dessen 2 in Reihe geschaltete Widerstände zur feineren Abstimmung vorgesehen. Der Minimalwiderstand dieser Reihenschaltung, bestehend aus R 28 und R 29, sollte 6,8 k Ω nicht unterschreiten und der Maximalwiderstand höchstens 22 k Ω betragen. Anschließend wird die Verbindung zur positiven Versorgungsspannung an Pin 12 des Gatters N 3 wieder entfernt.

Steht kein Frequenzzähler zur Verfügung, kann auch durch Verändern von R 28 bzw. R 29 in 1 k Ω Schritten die Frequenz in den gewünschten Einstellbereich des Trimmers R 39 verlegt werden.

Vorstehende Maßnahmen sind jedoch im allgemeinen nicht erforderlich, da die Schaltung so ausgelegt wurde, daß R 39 den erforderlichen Einstellbereich überstreicht. Wir haben aber die ergänzende Maßnahme der Frequenzeinstellung des IC 6 der Vollständigkeit halber angesprochen.

Damit ist der Abgleich dieses interessanten Meßgerätes bereits beendet.

Zum Nachbau

Die gesamte Schaltung wird auf 2 übersichtlich gestalteten Leiterplatten aufgebaut. Anhand der beiden Bestückungspläne werden die Platinen in gewohnter Weise mit den niedrigen und anschließend mit den höheren Bauelementen bestückt, die auf der Leiterbahnseite zu verlöten sind.

Auf der Hauptplatine werden einige Bauelemente auf der Rückseite, d. h. auf der Leiterbahnseite angeordnet (IC 5, C 15, C 24, C 25 sowie sämtliche Lötstifte).

Nachdem die Bestückung beider Platinen nochmals sorgfältig kontrolliert wurde, kann die Oszillatorplatine im rechten Winkel an die Hauptplatine gesetzt werden, und zwar so, daß die zusammengehörenden Lötflächen aneinanderstoßen. Mit reichlich Lötzinn werden dann die elektrischen und damit auch gleichzeitig die mechanischen Verbindungen hergestellt. Da es sich bei der Oszillatorplatine um eine verhältnismäßig kleine und leichte Baugruppe handelt, ist eine zusätzliche mechanische Fixierung nicht erforderlich.

Die beiden Cinch- sowie die Diodenbuchse werden in die Frontplatte geschraubt.

Die Befestigung der Platine erfolgt an der Frontplatte. Hierzu wird über jeden der 3 Kippschalter 1 Mutter aufgeschraubt sowie 1 Unterlegscheibe darübergesetzt. Nun kann die Platine von der Frontplattenrückseite aus angesetzt werden, d. h. die 3 Kippschalterhülse werden durch die dazugehörigen Bohrungen in die Frontplatte gesteckt. Die Verschraubung erfolgt auf der Frontseite.

Jetzt müssen nur noch die Achsen von Drehschalter und Einstellregler gekürzt und mit den passenden Drehknöpfen versehen werden.

Zum Abschluß wird die Verkabelung der Buchsen entsprechend dem Schaltbild vorgenommen sowie der Anschluß des Meßwerkes und der Versorgungsspannung. Für letztere befindet sich in der Gehäuserückwand eine 3,5 mm Klinkenbuchse zum Anschluß an ein 9 V Steckernetzteil.

Das Meßwerk wird von innen an die Frontplatte gesetzt. Hierzu muß zunächst der innere Gehäuserand von Gehäuseober- und -unterhalbschale im Bereich des Meßwertes gekürzt werden, damit das Meßwerk auch direkt an der Frontplatte anliegt. Die Befestigung erfolgt mit seitlich aufgebrachtem 2-Komponenten-Kleber.

Stückliste: Gleichlauf-Prüfgerät GLP 7000

Widerstände

390 Ω	R 1, R 2, R 21-24
1 k Ω	R 10
1,8 k Ω	R 29
4,7 k Ω	R 45, R 59
6,8 k Ω	R 28
10 k Ω	R 4-R 6, R 12, R 13, R 17, R 18, R 26
22 k Ω	R 48
33 k Ω	R 43, R 51, R 54
39 k Ω	R 31, R 32
47 k Ω	R 7-R 9, R 27, R 34, R 36, R 41, R 42
100 k Ω	R 14-R 16, R 19, R 25, R 46, R 47, R 50, R 52, R 53, R 55-R 57
120 k Ω	R 44
150 k Ω	R 58
180 k Ω	R 30, R 38
330 k Ω	R 49
390 k Ω	R 37
560 k Ω	R 33, R 35
1 M Ω	R 20
20 M Ω	R 3
10 k Ω , Trimmer, stehend	
.....	R 11, R 39
10 k Ω , Poti, 6 mm, lin	R 40

Kondensatoren

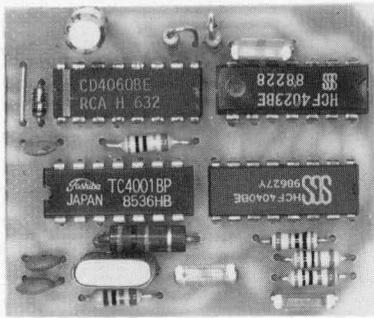
4,7 pF	C 1
10 pF	C 2
82 pF	C 6
100 pF	C 12
1 nF	C 16
2,2 nF/5 %	C 5
6,8 nF/5 %	C 22
10 nF/5 %	C 4
22 nF/5 %	C 3
47 nF/5 %	C 17, C 20, C 23
120 nF/5 %	C 21
10 $\mu\text{F}/16\text{ V}$	C 7-C 11, C 13, C 14, C 18, C 19, C 26-R 28, C 29
22 $\mu\text{F}/16\text{ V}$	C 25
100 $\mu\text{F}/16\text{ V}$	C 15, C 24

Halbleiter

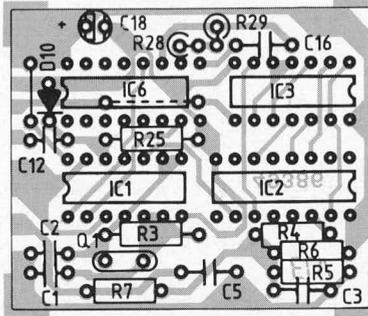
TL 084	IC 4
LM 324	IC 8
LM 358	IC 7
CD 4001	IC 1
CD 4023	IC 3
CD 4040	IC 2
CD 4060	IC 6
7808	IC 5
1 N 4148	D 10, D 11
LED, 3 mm, rot	D 1-D 9

Sonstiges

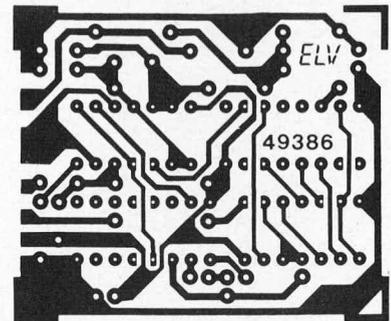
Quarz 3,2768 MHz	Q 1
Präzisionsdrehschalter 4.3	S 3
Schalter 2 x um	S 1, S 2
Schalter 1 x um	S 4
10 Lötstifte	
30 cm Ladrig abgeschirmte Leitung	
20 cm 2adrige Leitung 0,4 mm ²	



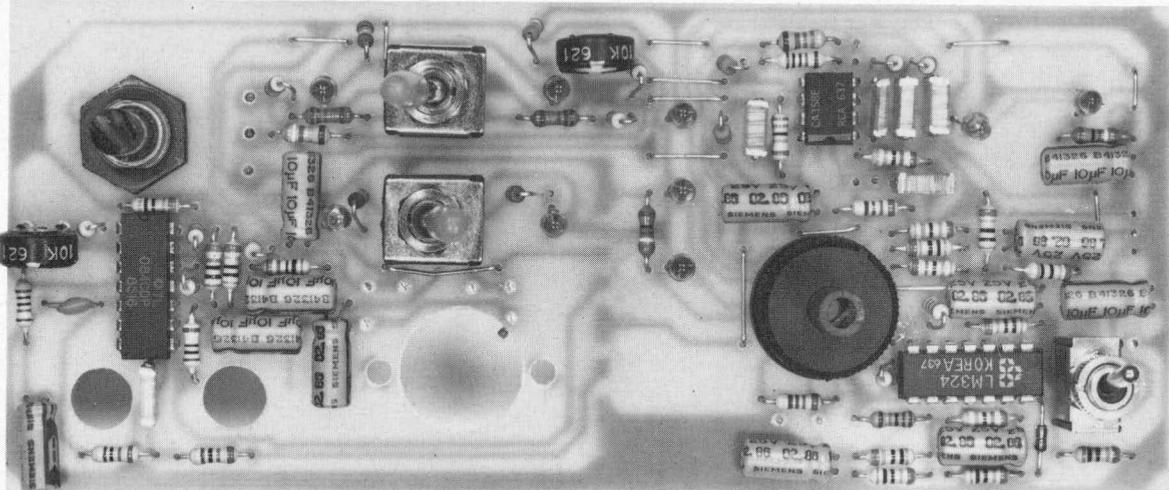
Ansicht der fertig bestückten Zusatzplatine



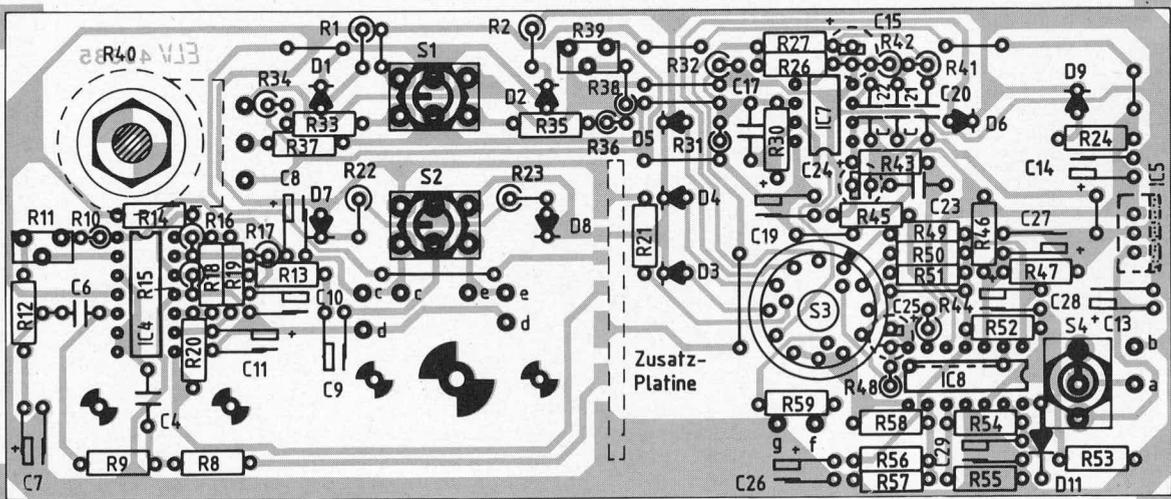
Bestückungsplan der Zusatzplatine



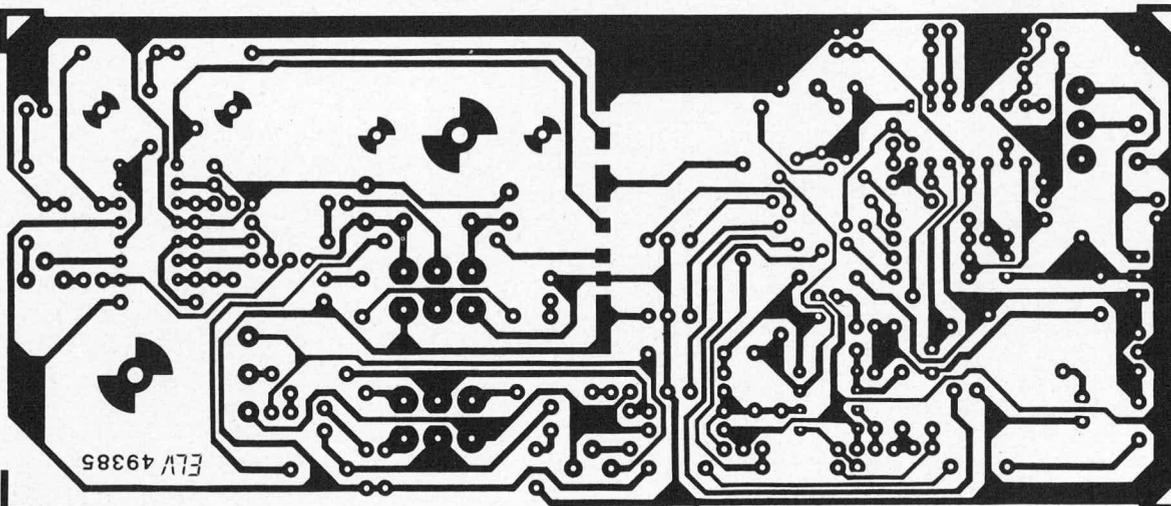
Leiterbahnseite der Zusatzplatine



Ansicht der fertig bestückten Basisplatine des Gleichlaufprüfgerätes GLP 7000



Bestückungsplan der Basisplatine des Gleichlaufprüfgerätes GLP 7000



Leiterbahnseite der Basisplatine des Gleichlaufprüfgerätes GLP 7000

Elektronische LED-Pegelanzeige

Wie sich mit einfachen Mitteln eine komfortable Pegelanzeige zur Aussteuerungsmessung von Verstärkern, Kassettenrecordern o. ä. aufbauen läßt, zeigt dieser Artikel

Allgemeines

Meßgeräte, die zur Anzeige eine LED-Reihe besitzen und häufig als Pegelanzeige zur Aussteuerungskontrolle sowohl bei Aufnahme als auch bei Wiedergabegeräten eingesetzt werden, unterscheidet man in zwei Grundtypen:

1. Leuchtpunktanzeigen, bei denen in Abhängigkeit von der angelegten Meßspannung eine LED aufleuchtet.
2. Leuchtbandanzeigen, bei denen analog zur Eingangsspannung die LEDs in Form eines Leuchtbandes ähnlich einer Themometerskala angesteuert werden.

Bei der ersten Version ist der Versorgungsstrom weitgehend konstant, da immer nur eine LED aufleuchtet, während bei der zweiten Version je nach Aussteuerungsgrad und damit Anzahl der leuchtenden Dioden die Stromaufnahme relativ hoch sein kann. Es ergibt sich aber eine höhere Ablesesicherheit, da nicht die Position eines Punktes innerhalb eines bestimmten Bereiches, sondern lediglich die Länge eines Leuchtbandes erfaßt zu werden braucht.

Da je nach Einsatzfall sowie individuellem Wunsch beide Versionen ihre Vorzüge besitzen, stellen wir in dem hier vorliegenden Artikel für jede der beiden Möglichkeiten eine Schaltung vor mit dem zusätzlichen Feature zur automatischen oder manuellen Helligkeitseinstellung.

Zur Schaltung

LED-Leuchtpunktanzeige

Hauptbestandteil der in Bild 1 dargestellten Schaltung ist das IC1 des Typs UAA 170 der Firma Siemens.

Hierbei handelt es sich um eine integrierte Schaltung zur Ansteuerung von 16 Leuchtdioden. In Abhängigkeit von der Eingangsspannung werden die einzelnen LEDs innerhalb einer Zeile in Form eines Leuchtpunktes angesteuert.

Das Verhältnis von Steuerspannung zur Ansteuerung einer diskreten LED ist linear. Aus diesem Grunde eignet sich die Skalanzeige in Form eines wandernden Leuchtpunktes besonders für die Erfassung von Richtwerten. Anwendungen dieser Art ergeben sich neben der schon erwähnten Aussteuerungsanzeige z. B. bei Füllstandsmessern, Tachometern, Rundfunkskalen, Kfz-Bordspannungsüberwachungen, Drehzahlmessern usw. Bei einem Einsatz in Meßgeräten bietet sich eine Bereichseingrenzung durch verschiedenfarbige LEDs an.

Der Bereich, der zu messenden Eingangsspannung kann mit den Trimmern R2 und R3 in weiten Bereichen eingestellt werden. Hierbei dient R3 zur Festlegung der unteren Ansprechschwelle und R2 zur Begrenzung des Skalendwertes. Die Differenz beider Spannungen, die minimal 1,4V und maximal 4,0V betragen sollte, legt somit den Skalenausschnitt fest.

Wird z. B. R3 auf 0V eingestellt und R2 auf 1,6V, so kann sich die Eingangsspannung, die zwischen den Platinenanschlußpunkten „c“ und „d“ anliegt, im Bereich von 0 bis 1,6V bewegen. Im Bereich von ca. 0 bis 0,1V leuchtet D1, von ca. 0,1V bis 0,2V leuchtet D2, bis hin zu 1,5V bis 1,6V D16 angesteuert wird. Der Übergang zwischen den einzelnen LEDs ist hierbei fließend, d. h. der Leuchtpunkt gleitet kontinuierlich auf der Skala entlang. Mit zunehmender Spannungsdifferenz zwischen Pin 12 und

13 des IC1 wird der Übergang abrupter bis bei einer Differenz von ungefähr 4V der Leuchtpunkt von Diode zu Diode springt.

Eingangsspannungen außerhalb des gewählten Anzeigenbereichs bringen die Dioden D1 bzw. D16 zum Leuchten, so daß hierbei eine Bereichsüberschreitung festgestellt werden kann. Die zulässige Eingangsspannung an den Anschlußbeinchen 11, 12 und 13 beträgt 0 bis 6V, wobei Pin 14 eine interne Referenzspannung ausgibt (typ. 5V), die zur Einstellung der Skalenbereichsbegrenzung dient.

Mit dem Trimmer R5 kann eine Helligkeitseinstellung vorgenommen werden. Durch zusätzlichen Anschluß eines Fototransistors an die Platinenanschlußpunkte „e“ und „f“ besteht die Möglichkeit der automatischen Helligkeitsregelung in Abhängigkeit von der Umgebungshelligkeit.

Die Versorgung der Schaltung, die zwischen 11V und 18V schwanken darf, wird an die Platinenanschlußpunkte „a“ (+) und „b“ (Masse) angelegt.

LED-Leuchtbandanzeige

Das Prinzip und die Einsatzmöglichkeiten dieser Schaltung sind ähnlich wie bei der vorhergehenden Schaltung mit dem Hauptunterschied, daß die Anzeige in Form eines Leuchtbandes erfolgt.

Die Spannungsdifferenz zwischen den Anschlüssen 16 und 3 entspricht dabei dem möglichen Anzeigebereich. Gleichzeitig wird die Art des Leuchtüberganges von 2 Dioden festgelegt. Das Leuchtband gleitet bei einer Differenzspannung ab 1V kontinuierlich entlang der LED-Reihe. Mit zunehmender Spannungsdifferenz wird der Übergang abrupter, bis bei ca. 4V das Leuchtband von Diode zu Diode springt.

Mit R4 wird der Skalenanfang und mit R3 der Skalendwert festgelegt. Die Eingangsspannungen an den Anschlußpins 3, 16, 17 dürfen im Bereich zwischen 0V und 6V liegen.

Die Versorgungsspannung der Schaltung beträgt + 10V bis + 18V.

Von dem verwendeten IC1 des Typs UAA 180 der Firma Siemens werden 12 Dioden (D2 bis D13) angesteuert.

Da bei einer Eingangsspannung von ca. 0V keine LED angesteuert wird, haben wir eine zusätzliche Leuchtdiode (D1) eingefügt, die am Skalenanfang gleichzeitig zur Einschaltkontrolle dient.

Das hier verwendete IC besitzt keine interne Referenzspannung, daher wird über

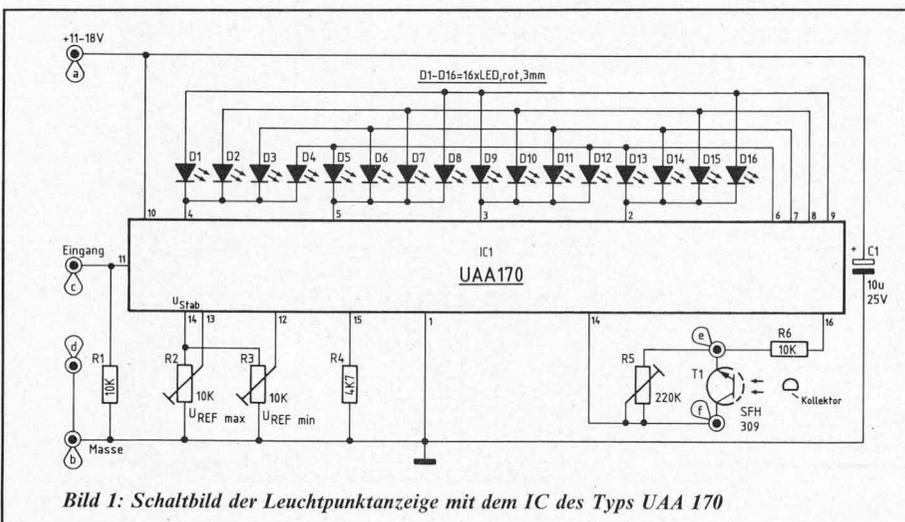


Bild 1: Schaltbild der Leuchtpunktanzeige mit dem IC des Typs UAA 170

R2 in Verbindung mit D14 und C1 eine Referenzspannung erzeugt, um mit R3 und R4 den Skalenbereich festlegen zu können.

R7 dient zur Einstellung der Helligkeit der Dioden D2 bis D13, während beim zusätzlichen Einsatz eines Fototransistors an die Platinenanschlußpunkte „e“ und „f“ auch eine automatische Helligkeitsregelung mit einer Voreinstellung durch R7 erfolgen kann. D1 leuchtet allerdings unregelmäßig. Wird dies als störend empfunden, kann D1 entfallen und durch eine Brücke ersetzt werden. Eine Anpassung der Helligkeit von D1 kann durch Veränderung des Vorwiderstandes R2 im Bereich von 560 Ω bis 2,2 kΩ bei einer Versorgungsspannung von 10 V und bis hinauf zu 6,8 kΩ bei einer Versorgungsspannung von 18 V erfolgen.

Zum Nachbau

Der Aufbau beider Schaltungen ist denkbar einfach. Die Bauelemente werden anhand des jeweiligen Bestückungsplanes auf die Platine gesetzt und verlötet.

Wird auf eine automatische Helligkeitsregelung verzichtet, kann der Fototransistor ersatzlos entfallen.

Bei der Inbetriebnahme ist darauf zu achten, daß die Referenzspannungseinstellung zur Festlegung des Skalenwertes immer so erfolgt, daß die Spannung zur Festlegung des Skalenendwertes (Pin 13 beim UAA 170 und Pin 3 beim UAA 180) größer ist als die Spannung, die am zweiten Referenzeingang anliegt, mit dem der Skalenanfangswert festgelegt wird.

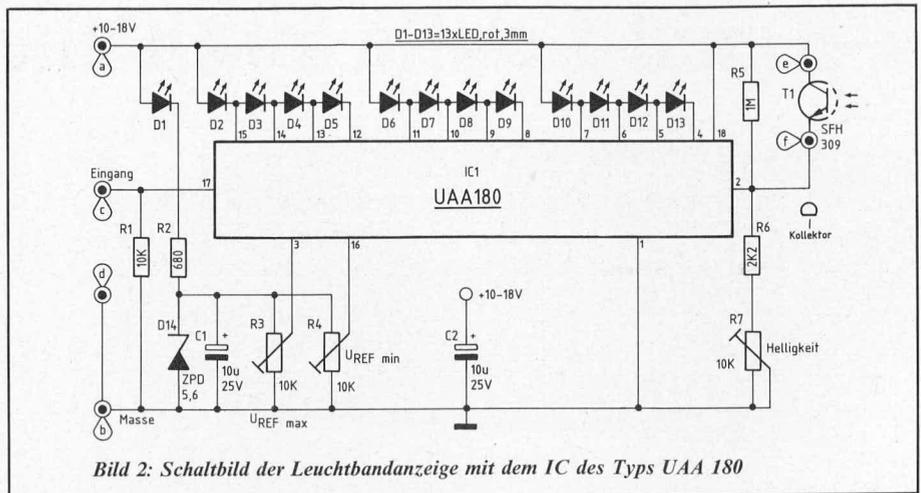


Bild 2: Schaltbild der Leuchtbandanzeige mit dem IC des Typs UAA 180

Stückliste:

LED-Pegelanzeige

LED-Leuchtbandanzeige

Widerstände

680 Ω	.....	R 2
2,2 kΩ	.....	R 6
10 kΩ	.....	R 1
1 MΩ	.....	R 5
10 kΩ, Trimmer, liegend	.....	R 3, R 4, R 7

Kondensatoren

10 µF/25 V	C 1, C 2
------------	-------	----------

Halbleiter

UAA 180	.....	IC 1
SFH 309	.....	T 1
ZPD 5,6	.....	D 14
LED, 3 mm, rot	.....	D 1-D 13

Sonstiges

6 Lötstifte

LED-Leuchtpunktanzeige

Widerstände

4,7 kΩ	.....	R 4
10 kΩ	.....	R 1, R 6
220 kΩ, Trimmer, liegend	.....	R 5
10 kΩ, Trimmer, liegend	.....	R 2, R 3

Kondensatoren

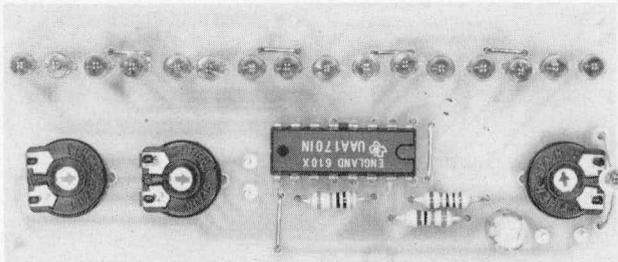
10 µF/25 V	C 1
------------	-------	-----

Halbleiter

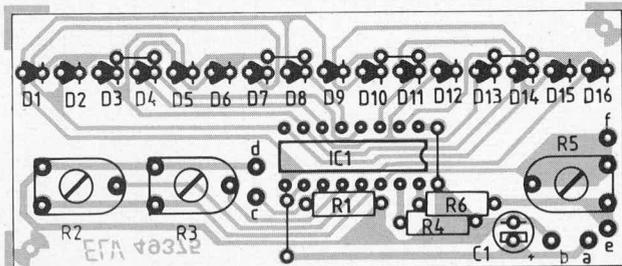
UAA 170	.....	IC 1
SFH 309	.....	T 1
LED, 3 mm, rot	.....	D 1-D 16

Sonstiges

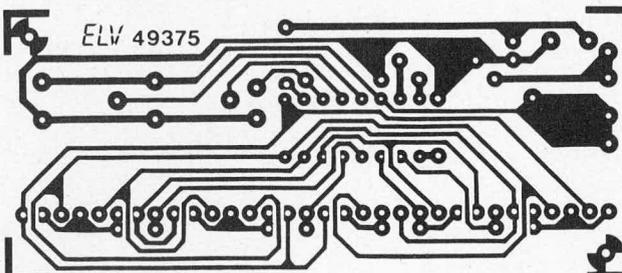
6 Lötstifte



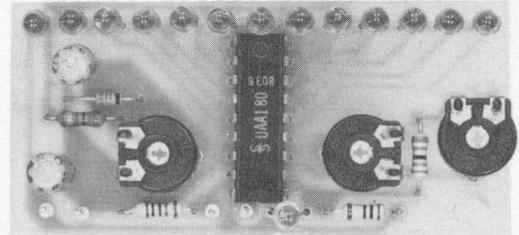
Ansicht der fertig bestückten Platine der Leuchtpunktanzeige



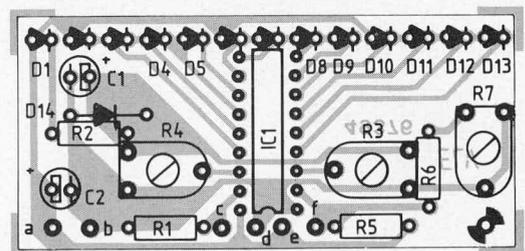
Bestückungsplan der Leuchtpunktanzeige



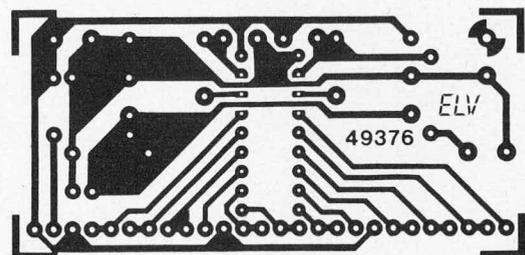
Leiterbahnseite der Leuchtpunktanzeige



Ansicht der fertig bestückten Platine der Leuchtbandanzeige



Bestückungsplan der Leuchtbandanzeige



Leiterbahnseite der Leuchtbandanzeige

4-Kanal-Lauflichtschlauch



Insgesamt 100 Lampen (!) in 4 Farben ergeben ein laufendes Lichtspiel, dessen Geschwindigkeit regelbar ist. Die Lampen befinden sich in einem ca. 6 m langen, flexiblen, transparenten Schlauch, der gerade, in Schlangenform oder mit mehreren zusammen verlegt werden kann. Hierdurch ergibt sich ein faszinierender Effekt für Partykeller, Discotheken, Schaufenster usw. Die Laufgeschwindigkeit ist stufenlos regelbar.

Allgemeines

Mit der in diesem Artikel beschriebenen Schaltung können 4. Lampengruppen in Form eines Lauflichtes angesteuert werden. Jede Lampengruppe besteht im vorliegenden Fall aus 25 Einzellampen, so daß der Lauflichtschlauch insgesamt 100 Glühlampen beinhaltet, die lediglich über 5 Leitungen angesteuert werden.

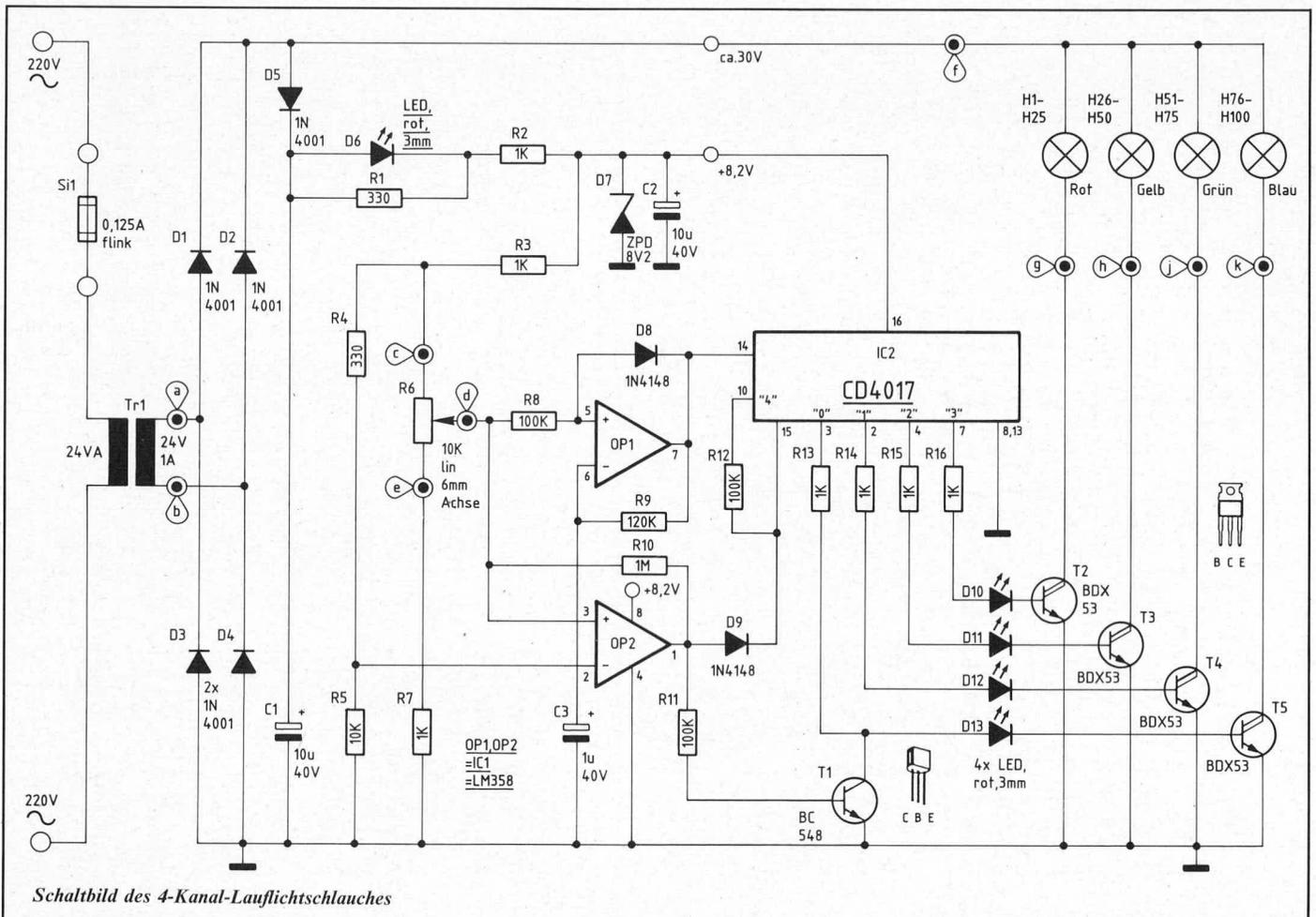
Bis auf den Netztransformator und den Sicherungshalter finden sämtliche Bauelemente auf einer einfach zu bestückenden Leiterplatte Platz.

Mit einem Potentiometer kann die Wechselgeschwindigkeit, d. h. die Geschwindigkeit des Lauflichtes eingestellt werden.

Zur Schaltung

Über den Netztransformator Tr1 mit einer Leistung von 24 VA wird die Netzwechselspannung von 220 V auf 24 V heruntertransformiert.

D1 bis D4 nehmen eine Brückengleichrichtung vor. Am Platinenanschlusßpunkt „f“ steht dann eine ungepufferte Versorgungsspannung für die Glühlampen zur



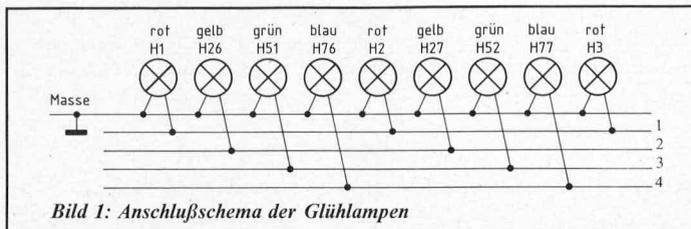


Bild 1: Anschlußschema der Glühlampen

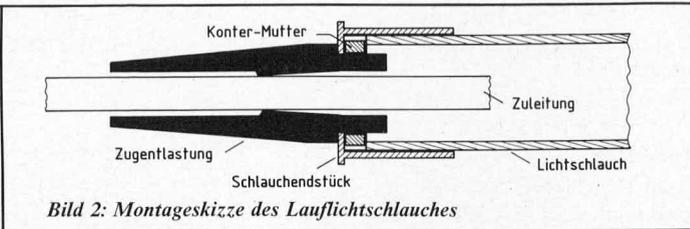


Bild 2: Montageskizze des Lauflichtschlauches

Verfügung mit einem Effektivwert von 24 V und einem Spitzenwert von 34 V (im Leerlauf bis zu 40 V). Eine Pufferung über einen entsprechend großen Elko ist nicht erforderlich, da die Glühlampen sowohl mit Gleich-, Wechsel- als auch Mischspannungen gleichermaßen versorgt werden können.

Die Ansteuerlektronik der Schaltung, die einen wesentlich geringeren Strombedarf aufweist, muß hingegen mit Gleichspannung betrieben werden. Hierzu nimmt D 5 eine Entkopplung vor, und der Elko C 1 die entsprechende Pufferung.

Anschließend gelangt die Versorgungsspannung über D 6, R 1 und R 2 auf die Z-Diode D 7 des Typs ZPD 8 V 2, die eine Stabilisierung auf 8,2 V ($\pm 0,5$ V) vornimmt. C 2 dient auch hier zur Pufferung.

Die eben beschriebene Maßnahme der Entkopplung über D 5 zwischen der Hauptbetriebsspannung für die Lampen und der 8,2 V Versorgungsspannung für die Elektronik bietet den entscheidenden Vorteil, daß nur ein kleiner Pufferkondensator (C 1) zur Siebung erforderlich ist. Würde man die Gesamtspannung glätten, so wäre ein zusätzlicher Elko mit einer Kapazität von mindestens 2200 μ F/40 V erforderlich, der nun gespart werden kann.

Die Steuerelektronik selbst besteht im wesentlichen aus einem Oszillator mit nachgeschaltetem 4stufigen Teiler sowie 4 Schalt-Endstufen.

Der Oszillator ist mit OP 1 und Zusatzbeschaltung aufgebaut. Die Frequenz kann mit dem Poti R 6 im Bereich von ca. 1 Hz bis 10 Hz eingestellt werden. Der Ausgang des Oszillators (Pin 7 des OP 1) steuert den Eingang (Pin 14) des Teilers IC 2. Bei diesem IC des Typs CD 4017 handelt es sich um einen Dezimalzähler mit 10 getrennten Ausgängen (0 bis 9). Hiervon werden lediglich die Ausgänge 0, 1, 2 und 3 zur Ansteuerung der Endstufentransistoren T 2 bis T 5 verwendet sowie der Ausgang „4“ zum vorzeitigen Rücksetzen. Durch letztgenannten Anschluß (Pin 10) arbeitet die Schaltung als Teiler durch 4. T 2 bis T 5 werden nun nacheinander fortlaufend angesteuert.

Ein zweiter Operationsverstärker (OP 2) ist als Komparator geschaltet, mit dessen Hilfe die Elektronik deaktiviert werden kann. Befindet sich das Poti R 6 am linken Anschlag (Mittelabgriff befindet sich am Schaltungspunkt „c“), so liegt das Potential des nichtinvertierenden (+) Eingangs (Pin 3) des OP 2 oberhalb des an Pin 2 anstehenden Potentials, und der Ausgang des OP 2 (Pin 1) setzt über D 9 des IC 2 auf „0“. Zusätzlich wird über R 11 der Transistor T 1 durchgesteuert, so daß auch der Ausgang „0“ deaktiviert ist. Sämtliche Lampen sind erloschen.

Sobald das Poti R 6 etwas aufgedreht wird, sinkt das Potential an Pin 3 unterhalb des Potentials an Pin 2 des OP 2 und der Ausgang (Pin 1) wechselt von „high“ auf „low“ (ca. 0 V). D 9 gibt den Reset-Eingang des IC 2 und T 1 den Ausgang „0“ frei. Die Schaltung beginnt zu arbeiten.

Im Takt des mit OP 1 aufgebauten Oszillators werden die Endstufentransistoren in der Reihenfolge T 5-T 4-T 3-T 2 angesteuert. Die in Reihe zu den Vorwiderständen R 13 bis R 16 geschalteten Leuchtdioden (D 10 bis D 13) signalisieren auf der Frontplatte die jeweils angesteuerte Lampengruppe.

Der Einstellbereich des Potentiometers R 6 (Geschwindigkeit des Lauflichtes), der in der vorliegenden Dimensionierung 1 Hz bis 10 Hz beträgt, kann nach oben oder unten verschoben werden, je nach individuellen Wünschen. Hierzu ist lediglich der Widerstand R 9 zu vergrößern (max. 470 k Ω) oder zu verkleinern (min. 10 k Ω). Bei kleiner werdendem Widerstand R 9 erhöht sich die Wechselgeschwindigkeit, während bei größerem Wert die Lauflichtgeschwindigkeit sinkt.

Zum Nachbau

Anfertigen des Lauflichtschlauches

Die Erstellung des Lauflichtschlauches selbst ist verhältnismäßig leicht durchzuführen, allerdings etwas zeitaufwendig. Zunächst werden 5 isolierte Kupferdrähte mit einem Querschnitt von ca. 0,22 mm² und einer Länge von 6 m in 5 verschiedenen Farben nebeneinander aufgespannt. Es empfiehlt sich, die Drähte lose miteinander zu verflechten, d. h. auf der gesamten Länge von 6 m ca. 10 x umeinander legen. Den 5 farbigen Drähten werden nun die Funktionen „Steuerleitung für Kanal 1, 2, 3, 4“ sowie „Masseleitung“ zugeordnet.

Beginnend mit der Glühlampe H 1 und endend mit H 100 werden jetzt die 100 Lampen entsprechend der Abbildung 1 angeschlossen. Der Abstand zwischen einer jeden Lampe soll ca. 6 cm betragen. Dies bedeutet, daß der Abstand zwischen 2 Lampen einer gleichen Farbe, die an der selben Steuerleitung angeschlossen werden, 24 cm beträgt (4 x 6 cm = 24 cm).

Die Glühlampe H 1 wird an die Masseleitung und an die Steuerleitung 1 angelötet. In einem Abstand von 6 cm wird die Lampe H 26 ebenfalls an die Masseleitung und mit dem zweiten Beinchen jetzt aber an die Steuerleitung 2 angeschlossen. Es folgt H 51 (Masse- und Steuerleitung 3) sowie H 76 (Masse- und Steuerleitung 4). Als nächstes kommt die Lampe H 2, die nun wieder an die Masse-

leitung sowie an die Steuerleitung 1 anzulöten ist. Der Abstand dieser Lampe zur ersten (H 1) beträgt 24 cm. Es folgt H 27 (Masse und Steuerleitung 2), H 52 (Masse und Steuerleitung 3) bis hin zu H 100 (Masse und Steuerleitung 4).

Zweckmäßigerweise werden die Lampen erst zu dem Zeitpunkt eingefärbt, wenn die mechanischen Arbeiten weitgehend abgeschlossen sind. Hierdurch vermeidet man ein unnötiges Strapazieren des Farbüberzuges.

In dem noch aufgespannten Zustand werden alle Lampen, die an die Steuerleitung 1 angeschlossen sind (H 1 bis H 25) in roten Tauchlack eingetaucht. In gleicher Weise verfährt man mit den Lampen, die von der Steuerleitung 2 betrieben werden (H 26 bis H 50), nur mit dem Unterschied, daß jetzt für den Tauchvorgang eine andere Farbe verwendet wird (z. B. grün).

Nachdem auch die Lampen H 51 bis H 75 (gelb) sowie H 76 bis H 100 (blau) eingefärbt wurden, läßt man den Tauchlack über Nacht aushärten.

Das Ende der Steuerleitungen wird isoliert, während an den Anfang eine 5adrige, flexible isolierte Zuleitung anzulöten ist, deren Lötstellen ebenfalls zu isolieren sind. Die Länge der Zuleitung kann je nach individuellem Bedarf zwischen 0,5 m und mehreren Metern liegen. Je größer die Länge, desto höher sollte der Leitungsquerschnitt sein (typ. 0,22 mm²). An den Anfang wird ein 5poliger DIN-Stecker gesetzt, zum Anschluß an das Steuergerät.

Zuvor wird die Zuleitung durch ein Schlauchendstück mit zentral in der Mitte darin angeordneter Kabeldurchführung mit Zugentlastung und Knickschutzülle gesteckt (Bild 2).

Das Schlauchendstück wird mit dem transparenten Schlauch verklebt, nachdem die Lichtkette eingezogen wurde. Hierzu eignet sich PVC-Kleber oder auch Zwei-Komponenten-Kleber.

Zum Einziehen der Lichtkette in den Schlauch wird zunächst ein massiver Kupfer- bzw. besser Stahldraht durch den Schlauch geschoben, um daran das Ende der Lichtkette anzubinden und langsam in den Schlauch zu ziehen.

Steht kein entsprechender fester Draht zur Verfügung, kann auch der Schlauch senkrecht nach unten hängend (z. B. vom Balkon) festgehalten und ein Bindfaden mit einem kleinen Gewicht hindurch gelassen werden.

Zum Schluß wird die zweite Seite des Schlauches mit einem Schlauchendstück sowie etwas Klebstoff verschlossen.

Aufbau der Schaltung

Bis auf den Netztransformator und den Sicherungshalter finden sämtliche Bauelemente auf einer einzigen, übersichtlichen Leiterplatte Platz. Hierdurch gestaltet sich der Nachbau besonders einfach.

Zunächst werden die niedrigen und anschließend die höheren Bauelemente in gewohnter Weise anhand des Bestückungsplanes auf die Platine gesetzt und verlötet. Zu beachten ist hierbei, daß die 5 Leuchtdioden D6 sowie D10 bis D13 auf der Leiterbahnseite angelötet werden.

Der Abstand zwischen Leuchtdiodenunterseite und Platine soll ca. 3 mm betragen. Beim Verlöten ist daher Vorsicht geboten, um die Leuchtdioden nicht zu überhitzen (möglichst kurze Lötzeit).

Das Potentiometer R6 wird ebenfalls auf der Leiterbahnseite der Platine angesetzt (über Lötstifte).

Der Potentiometerhals bildet die linke Befestigung der Platine an der Frontplatte. Die linke Befestigungsschraube der 5poligen DIN-Ausgangsbuchse ist etwas länger und stellt den 2. Befestigungspunkt der Platine dar. Zunächst wird die Ausgangsbuchse in die Frontplatte gesetzt und mit einer Schraube M 3 x 16 mm (links) und einer zweiten Schraube M 3 x 6 mm sowie jeweils einer Mutter mit der Frontplatte verschraubt. Anschließend wird auf die längere der beiden Schrauben eine weitere Mutter aufgesetzt, die

den Abstand zwischen Platine und Frontplatte festlegt (10 mm).

Nachdem die Platine über die Schraube geführt wurde, erfolgt die endgültige Befestigung mit einer weiteren Mutter M 3, die fest anzuziehen ist.

Das Poti, das die linke Befestigung der Anordnung bildet, wird zuletzt mit einer entsprechenden Mutter an der Frontplatte festgeschraubt.

Sowohl Potentiometer als auch Ausgangsbuchse werden jeweils mit einer Lötöse versehen, an die der Schutzleiter der Netzzuleitung anzulöten ist. Sämtliche von außen berührbaren elektrisch leitenden Teile müssen mit dem Schutzleiter verbunden werden. Hierzu zählen auch die Transformatorbefestigungsschrauben, auf die wir im folgenden eingehen.

Der Netztransformator wird mit 4 Schrauben M 3 x 40 mm, entsprechend der Abbildung mit der Gehäuseunterschale verschraubt. Hierzu werden in den Gehäuseboden 4 Bohrungen mit einem Durchmesser von 3,5 mm eingebracht und von der Unterseite die Schrauben durchgesteckt. Mit je einer Mutter M 3 werden die Schrauben an der Gehäuseinnenseite verschraubt. Als nächstes wird je eine weitere Mutter soweit aufgeschraubt, daß der anschließend eingesetzte Transformator wenige Millimeter Abstand zum Gehäuseboden besitzt. Den Abschluß bilden 4 Muttern zum Festsetzen des Transformators. Unter jede dieser Muttern wird

ebenfalls eine Lötöse gesetzt, damit auch hier der Schutzleiter der Netzzuleitung (gelbgrün) angelötet werden kann. Zu beachten ist, daß alle Trafo-Befestigungsschrauben in leitender Verbindung zum Schutzleiter stehen.

Die 3adrige Netzzuleitung wird durch die Netzkabeldurchführung mit Zugentlastung und Knickschutzhülle, die sich in der Gehäuserückwand befindet geführt. Eine der beiden spannungsführenden Adern wird direkt an einen der beiden primärseitigen Transformatoranschlüsse gelötet, während die 2. Ader zunächst über den Einschraub-Sicherungshalter (in der Gehäuserückwand) und von dort erst an den 2. primärseitigen Trafoanschluß gelangt. Der gelbgrüne Schutzleiter wird an sämtliche von außen berührbaren elektrischen Teile angeschlossen. Jetzt kann die Zugentlastung festgezogen werden, und zwar so, daß die Netzzuleitung innerhalb des Gehäuses noch etwas Spielraum hat (sie darf nicht unter mechanischer Spannung stehen).

Nachdem auch die Sekundärseite des Transformators (Niederspannung, dickerer Wicklungsdraht) sowie die Ausgangsbuchse mit der Platine verbunden wurde (flexible isolierte Leitungen mit einem Querschnitt von mindestens 0,4 mm²), kann das Gehäuse verschraubt werden. Zuletzt wird die Sicherung in den auf der Gehäuserückseite angeordneten Sicherungshalter eingesetzt.

Stückliste:

4-Kanal-Lauflichtschlauch

Widerstände

330 Ω	.....	R 1, R 4
1 kΩ	.....	R 2, R 3, R 7, R 13-R 16
10 kΩ	.....	R 5
100 kΩ	.....	R 8, R 11, R 12
120 kΩ	.....	R 9
1 MΩ	.....	R 10
10 kΩ, Poti, 6 mm, lin	.....	R 6

Kondensatoren

1 µF/40 V	.....	C 3
10 µF/40 V	.....	C 1, C 2

Halbleiter

LM 358	.....	IC 1
CD 4017	.....	IC 2
BC 548	.....	T 1
BDX 53	.....	T 2-T 5
ZPD 8,2	.....	D 7
1 N 4001	.....	D 1-D 5

1 N 4148	.....	D 8, D 9
LED, 3 mm, rot	.....	D 6, D 10-D 13

Sonstiges

TR 1	.....	prim: 220 V/24 VA
		sek: 24 V/1 A
Si 1	.....	0,125 A
7 Lötstifte		
6 m PVC Schlauch		
2 Schlauchendkappen		
1 Kabelzugentlastung		
100 Glühlampen 28 V/40 mA		
1 5poliger Diodenstecker		
32 m flexible Leitung 0,22 mm ²		
2 m 5adrige Leitung		
30 cm flexible Leitung 0,75 mm ²		
4 Schrauben M 3 x 40		
1 Schraube M 3 x 16		
1 Schraube M 3 x 6		
16 Muttern M 3		
2 Lötösen 3,2 mm		
1 Lötöse 10,2 mm		

