

ELV *journal*

Nr. 41

Mit
Platinenfolien

Fachmagazin der Amateure und Profis für angewandte Elektronik

DM 4.50



Atom-Funkuhr DCF 77

Mit
Platinenfolien

In dieser Ausgabe:

ELV-Serie
Kfz-Elektronik:
Kfz-Heizungsautomatik

Aktiv-3-Wege-HiFi-
Baßreflex-Kfz-Box
ABK 30

ELV-Serie micro-line:
Funkuhrensysteem doc 85

Lastunabhängige
Drehzahlregelung für
Bohrmaschinen 0-100 %

Low-cost-Einbauzähler EZ 2

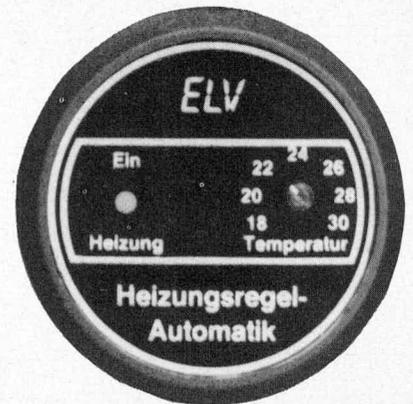
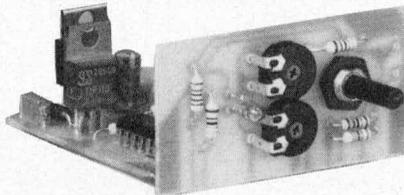
100 MHz-Frequenzähler-Vorteiler

ELV-Serie 7000:
Digital-NF-Stereo-
Leistungsmesser
NFL 7000

ELV-Grundlagen:
Gehör-Mikrofon-
Kopfhörer, Teil 1

ELV-Serie Kfz-Elektronik

Kfz-Heizungsautomatik



Gewünschte Temperatur einstellen und sich wohlfühlen. Die ELV-Kfz-Heizungsautomatik macht es möglich.

Durch Außen- und Innentemperaturfühler wird eine kontinuierliche und präzise Regelung der Innenraumtemperatur des Kfz erreicht. Der Einbau kann in die meisten Fahrzeuge mit wassergekühltem Verbrennungsmotor nachträglich vorgenommen werden.

Allgemeines

In Fahrzeugen der oberen Preisklasse, den sogenannten Luxuslimousinen, zählt eine Klimatisierungsautomatik, d. h. eine selbsttätige Konstanthaltung der Innentemperatur, häufig zur Serienausstattung. Diese Regelsysteme setzen neben der Kfz-Heizung auch ein Kompressoraggregat zur Kühlung voraus und sind deshalb recht aufwendig in ihrer Konstruktion und entsprechend hoch im Preis.

Seit geraumer Zeit sind nun einige Hersteller von Fahrzeugen der gehobenen Preisklasse dazu übergegangen, als interessante Alternative eine Temperaturregelautomatik anzubieten, die das Heizungssystem regelt und auf einen verhältnismäßig kostenintensiven Kompressor zur Kühlung verzichtet.

Bei der Heizungsregel-Automatik wird die gewünschte Fahrzeuginnentemperatur auf einer Skala eingestellt und anschließend vom System selbsttätig auf diesem Wert konstant gehalten. In unseren nordischen, von Sonne und Wärme nicht gerade überschütteten Breitengraden, wird in der überwiegenden Zeit ohnehin die Fahrzeugheizung benutzt, so daß ein System zur automatischen Heizungsregelung ohne zusätzliche Kühlmöglichkeit bereits eine wirkungsvolle Verbesserung gegenüber der manuell einstellbaren Heizung ist.

Im ELV-Labor wurde daher eine Heizungsregel-Automatik entwickelt, die nachträglich in die meisten Fahrzeuge mit wassergekühltem Verbrennungsmotor eingebaut werden kann. Durch die komfortable Regelung, die ihre Informationen von einem Außen- und Innen-Tempersensoren be-

zieht, wird eine ausgezeichnete Regelung und damit Konstanthaltung der Kfz-Innentemperatur erreicht. Durch die getaktete digitale Ansteuerung des Heizungsregelventils wird in Verbindung mit der Trägheit der Fahrzeugheizung eine quasi analoge Regelung erzielt, wodurch ein kontinuierlicher Temperaturverlauf bei guter Konstanthaltung erreicht wird. Selbst in Fahrzeugen, bei denen die manuelle Temperatureinstellung etwas schwierig ist, kann aufgrund dieses Regelverfahrens eine wirkungsvolle Verbesserung mit guten Ergebnissen erfolgen.

Benutzungshinweise

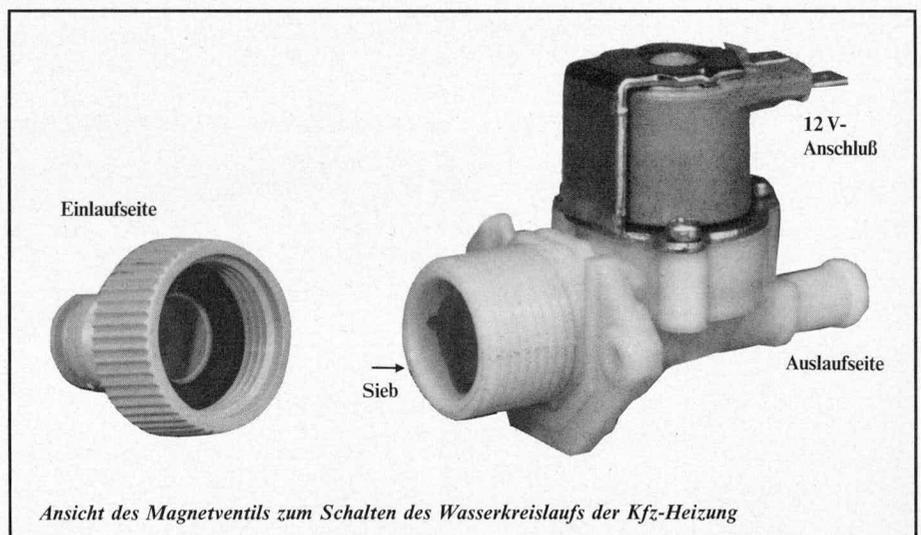
Wurde die Installierung und Einstellung, auf die wir später noch ausführlich

eingehen, ordnungsgemäß durchgeführt, so ist die Bedienung recht einfach.

Sofern überhaupt nicht geheizt werden soll, sind die manuell zu bedienenden Heizungsregler des Fahrzeugs zu schließen. Die ELV-Heizungsregel-Automatik ist damit außer Betrieb gesetzt. Ein Schalten des Magnetventils bleibt wirkungslos.

Für den „normalen“ Heizungsbetrieb sind zunächst die Heizungsregler des Fahrzeugs auf Maximum zu stellen. Mit dem Temperaturwähler der ELV-Heizungsregel-Automatik wird jetzt die gewünschte Innenraumtemperatur vorgegeben.

Damit die einwandfreie Funktion gewährleistet ist, dürfen die Lüftungsklappen nie ganz geschlossen werden. Durch Probieren



ist hier die optimale Luftverteilung, evtl. durch Zuschalten des Gebläses, zu ermitteln. Im allgemeinen werden vorgenannte Einstellungen ähnlich sein wie bei manueller Betätigung der Heizungsregler mit dem einzigen, jedoch wesentlichen Unterschied, daß der für die Wärmemenge zuständige Heizungsregler auf Maximum steht.

Soll die Innenraumtemperatur geändert werden, braucht lediglich am Temperaturwähler der ELV-Heizungsregel-Automatik die gewünschte geänderte Temperatur gewählt zu werden. Die Veränderung der Temperatureinstellung sollte in kleinen Stufen erfolgen, da z. B. 1° Temperaturunterschied vom Menschen als deutliche Änderung wahrgenommen wird und die Automatik unmittelbar auf die geänderte Einstellung reagiert.

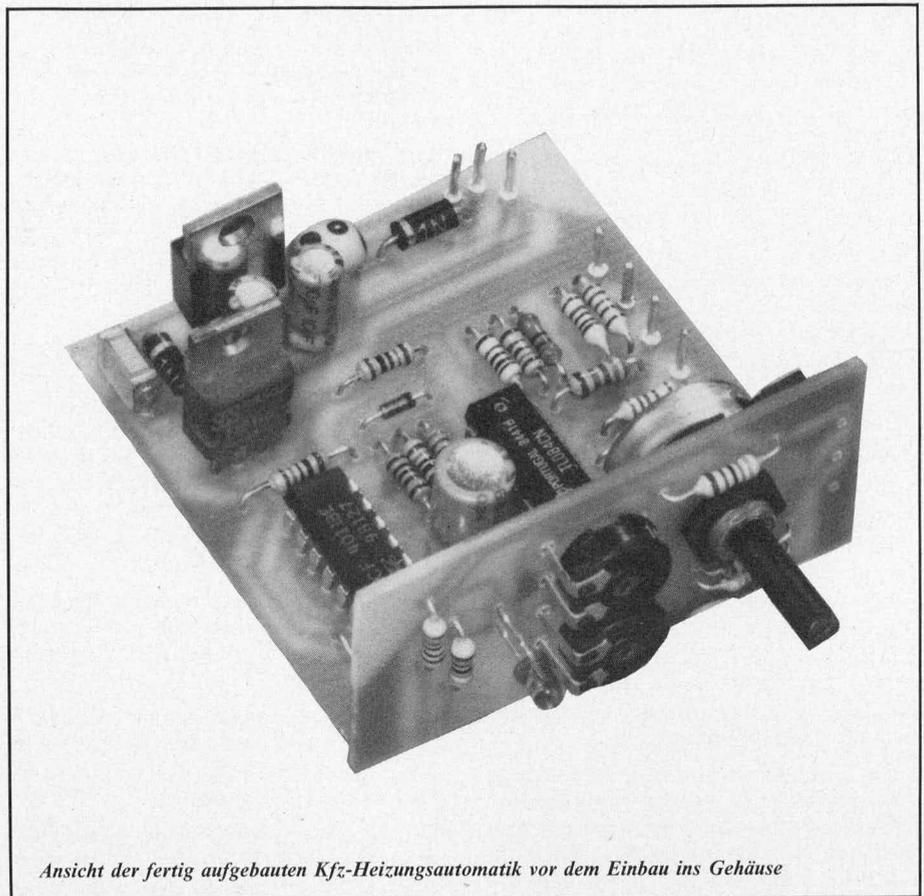
Nun darf man aber von einer Kfz-Heizungsregel-Automatik keine Wunder erwarten. Jedem Fahrzeuginsassen die Idealtemperatur herbeizaubern kann diese Anlage selbstverständlich auch nicht. Jeder von uns hat es sicherlich schon einmal erlebt, daß beim Zusammensein von mehreren Personen in einem Raum, der eine vollkommen gleichmäßige Temperaturverteilung aufweist, dem einen zu warm und dem anderen zu kalt war. Dies ist ganz natürlich, da jeder Mensch die Temperatur anders empfindet. Auch ist es durchaus möglich, daß ein- und dieselbe Person heute eine Temperatur von 21,0°C als zu warm und morgen als zu kalt empfindet. Solche subjektiven Kriterien werden auch von der vorliegenden Schaltung selbstverständlich nicht berücksichtigt.

Um die Möglichkeiten der hier vorliegenden Automatik besser verstehen zu können, wollen wir nachfolgend noch einige grundlegende Betrachtungen anstellen:

In einem kontinuierlich beheizten Raum (z. B. Wohnzimmer), in dem sich eine gleichmäßige dem subjektiven Empfinden des Menschen gut angepaßte Temperaturverteilung eingestellt hat, liegen dennoch nennenswerte Temperaturunterschiede vor. Bei einer mittleren Zimmertemperatur von 21°C liegt die Temperatur in Bodennähe vielleicht bei 19°C, während sie an der Decke ohne weiteres auch 25°C betragen kann. Im Bereich der Wände wird die Temperatur 18°C und in Fensternähe vielleicht nur 15°C betragen. Vorstehende Temperaturangaben sind selbstverständlich nur angenäherte Werte, die an kalten Wintertagen keineswegs ungewöhnlich sind.

Wie man daraus ersehen kann, ist die Temperaturverteilung, obwohl sie vom Menschen als angenehm und gleichmäßig empfunden wird, keineswegs homogen, sondern schwankt um ca. 10°C. Diese Schwankungen werden im Gegensatz zu einer Absenkung der mittleren Raumtemperatur praktisch nicht wahrgenommen. Senkt man hingegen die mittlere Raumtemperatur auch nur um 1°C ab, so wird dies als deutlicher Temperaturabfall sofort registriert.

Im Kfz stellen sich die Heizungsregelprobleme noch deutlich komplexer dar. Stellvertretend für die verschiedensten Einflüsse sei hier folgendes Beispiel angeführt:



Ansicht der fertig aufgebauten Kfz-Heizungsautomatik vor dem Einbau ins Gehäuse

Ohne Sonneneinstrahlung wird im Fahrzeug eine mittlere Temperatur von ca. 21°C als angenehm empfunden. Tritt nun eine starke Sonneneinstrahlung auf, so wird sich das Fahrzeug in erster Linie durch die großflächigen Scheiben mehr oder weniger aufheizen.

Damit die Fahrzeuginsassen nun weiterhin das Gefühl einer angenehmen Innenraumtemperatur haben, die ohne Sonneneinstrahlung bei 21°C lag, ist jetzt eine erheblich niedrigere Innenraumtemperatur von vielleicht 17°C bis max. 19°C erforderlich. Dies beruht auf der Tatsache, daß die Sonneneinstrahlung auch auf die Fahrzeuginsassen trifft und deren Kleidung und im wesentlichen die Hautoberfläche mit erheblicher Wärmeenergie versorgt. Dies muß durch eine abgesenkte Innenraumtemperatur kompensiert werden, damit das subjektive Empfinden des Menschen ein angenehmes Temperaturniveau registriert.

Der interessierte Leser kann sich aufgrund vorgenannter Aussagen leicht vorstellen, daß hier eine besondere Problematik besteht, die beim Einsatz von Kühlaggregaten in Fahrzeugen auch Nachteile mit sich bringt, besonders dann, wenn die Anlagen nicht sachkundig bedient werden. Wie leicht kann man sich im Sommer Erkältungen zuziehen, senkt man die Fahrzeuginnentemperatur zu weit ab, ohne daß dies aufgrund starker Sonneneinstrahlung unmittelbar registriert wird.

Die hier beschriebene Heizungsregel-Automatik ohne zusätzliche Kühlmöglichkeit, bietet hinsichtlich Preis-/Leistungsverhältnis und verhältnismäßig einfachem nachträglichen Einbau, eine gute und sinnvolle Alternative zu den bestehenden, teil-

weise recht aufwendigen Systemen. Eine Fehlbedienung im Hinblick auf zu weite Temperaturabsenkung ist praktisch ausgeschlossen, da die Innenraumtemperatur nicht unterhalb der Außentemperatur abgesenkt werden kann. Die Konstanthaltung erfolgt daher ausschließlich in der Veränderung der Heizungsenergiezufuhr, im Bereich von Null bis Maximum.

Über den Außentemperaturfühler wird eine Grundsteuerung der erforderlichen Heizungsenergiemenge vorgenommen und über den Innentemperaturfühler eine zusätzliche Feinregelung. Der Außentemperaturfühler entspricht hierbei den bekannten witterungsgeführten Regelsystemen für Gebäudeheizungen, während der Innentemperaturfühler dem Raumthermostaten im Haus entspricht. Beide Fühler in Kombination bieten somit die Voraussetzung für eine gute automatische Regelung, wobei nochmals gesagt werden muß, daß die Temperaturverteilungen im Fahrzeug grundsätzlich größeren Schwankungen unterworfen sind und subjektive Einflüsse eine erhebliche Rolle spielen. Hier liegt jedoch ein besonderer Vorteil der ELV-Heizungsregel-Automatik. Zum einen kann durch den Selbsteinbau die Lage der Temperatursensoren nach individuellen Wünschen optimiert werden und zum anderen kann der Einfluß von Außen- und Innentemperatursensor über zwei im Gerät befindliche Trimmer variiert werden. So ist es auch möglich, das Gerät den verschiedensten Fahrzeugtypen und den unterschiedlichsten Heizungsleistungen der Fahrzeuge im allgemeinen gut anzupassen. Die genauen Einbauhinweise und Einstellmöglichkeiten werden im weiteren Verlauf dieses Artikels beschrieben.

Zur Schaltung

In den Wasserkreislauf des Heizkreises zum Wärmetauscher des Fahrzeuges, wird ein elektrisch ansteuerbares zusätzliches Magnetventil eingefügt. Ohne Ansteuerung ist das Ventil geschlossen. Beim Anlegen der 12 V-Versorgungsspannung öffnet das Ventil und gibt den Heißwasserstrom frei.

Da dieses Magnetventil in Reihe zu dem im Fahrzeug bereits vorhandenen manuell zu betätigenden Heizungsregler liegt, muß letztgenannter auf Maximum gestellt werden, damit die ELV Heizungsregel-Automatik einwandfrei arbeiten kann.

Die genaue Funktionsweise ist wie folgt:

Ist sowohl die Außen- als auch die Innentemperatur ausreichend hoch, so bleibt das Magnetventil geschlossen.

Sobald Heizungsenergie benötigt wird, erfolgt eine digitale Ansteuerung des Magnetventils, d. h. es wird die Versorgungsspannung von 12 V angelegt und das Ventil öffnet. Zwischenzustände wie halboffen usw., gibt es bei diesem Ventil nicht, daher auch die digitale Ansteuerung.

Nach kurzer Zeit wird der Steuerstrom wieder abgeschaltet und das Ventil schließt. Dieser Vorgang der impulsartigen Ansteuerung des Magnetventils wiederholt sich fortlaufend. Die Zeitspanne vom ersten Öffnen des Magnetventils zum zweiten Öffnen, beträgt ungefähr 5 Sekunden. Die Zeitspanne selbst bleibt unabhängig von der benötigten Heizungsenergiemenge konstant. Dies ist aber absolut gesehen von untergeordneter Bedeutung. Wichtig allein ist das Verhältnis von Einschalt- zu Ausschaltdauer. Bei geringem Wärmebedarf wird das Magnetventil jeweils nur kurze Zeit öffnen, um den größten Teil der Zeit geschlossen zu sein, während bei wachsendem Bedarf an Heizenergie die Magnetventilöffnungszeit größer wird, bei gleichzeitig sinkender Ausschaltdauer, d. h. es verändert sich das Puls/Pausenverhältnis.

Da die Periodendauer mit einer Länge von ca. 5 Sekunden deutlich unter der Zeitkonstanten der Fahrzeugheizungen liegt, ergibt sich aus diesem Ansteuerverhalten eine quasi kontinuierliche Temperaturregelung. Wie eingangs bereits erwähnt, kann durch dieses Prinzip in manchen Fällen sogar eine manuell etwas schwierig einzustellende Heizung gut geregelt werden, da der analog einzustellende, manuell zu bedienende Heizungsregler ohnehin auf Maximum zu stellen ist und die Regelung jetzt in getakteter Form automatisch abläuft.

Nachdem wir das Prinzip der ELV Heizungsregel-Automatik mit der Ansteuerung des Magnetventils besprochen haben, wollen wir nun die Funktion der eigentlichen Elektronik näher beschreiben.

Der Innentempersensord TS 1 des Typs SAX 1000 registriert die tatsächlich im Fahrzeug vorhandene Innenraumtemperatur und setzt diese in einen äquivalenten Widerstandswert um.

In Verbindung mit dem Vorwiderstand R 1, der zur Speisung und gleichzeitigen Linea-

risierung der Kennlinie dient, wird daraus eine zur Temperatur proportionale Spannung. Diese gelangt über R 2 auf den nicht invertierenden (+) Eingang (Pin 3) des OP 1.

Der invertierende (-) Eingang dieses Verstärkers (Pin 2 von OP 1) liegt am Spannungsteiler R 3 und R 4, der eine Nullpunktverschiebung vornimmt. Im Rückkopplungszweig ist der Widerstand R 6 zur Festlegung der Verstärkung (ca. 50fach) eingefügt.

Mit dem zur Temperaturvoreinstellung dienenden Poti R 8 kann über R 7 eine weitere Verschiebung des Bezugspotentials an Pin 2 des OP 1 vorgenommen werden. Dies entspricht einer Veränderung der Soll-Vorgabe des Regelverstärkers. Durch Verdrehen von R 8 wird auf diese Weise der Elektronik mitgeteilt, welche Innenraumtemperatur gewünscht wird.

Über R 5, R 9 wird jetzt in den Widerstand R 10 ein Strom eingespeist, der von der Höhe der Ausgangsspannung des OP 1 (Pin 1) abhängt.

Durch die Ausgangsspannung des OP 2 (Pin 7) wird über die Widerstände R 11 und R 12 ein weiterer zusätzlicher Strom in den Widerstand R 10 eingespeist.

Die Höhe der Ausgangsspannung des OP 2 ist in gleicher Weise von der Außentemperatur abhängig, wie die Höhe der Ausgangsspannung des OP 1 von der Innentemperatur gesteuert wird.

Aus diesem Grund ist der an R 10 auftretende Spannungsabfall direkt proportional zur Summe von Innen- und Außentemperatur.

Mit den beiden Trimmern R 9 und R 11 kann der Einfluß von Innen- bzw. Außentemperatur auf das Regelverhalten der Elektronik den individuellen Erfordernissen angepaßt werden.

Die an R 10 anstehende temperaturproportionale Spannung gelangt direkt auf den nicht invertierenden (+) Eingang (Pin 12) des OP 4, der als Komparator geschaltet ist. Der zweite, invertierende (-) Eingang (Pin 13) des OP 4 erhält eine sägezahnförmige Steuerspannung mit einer Periodendauer von ungefähr 5 Sekunden. Erzeugt wird diese Spannung durch OP 3 mit Zusatzbeschaltung.

Die sägezahnförmige Spannung selbst steht am Kondensator C 3 an (Pin 9 des OP 3 bzw. Pin 13 des OP 4), während am Ausgang des OP 3 (Pin 8) eine rechteckförmige Impulsspannung anliegt. Während der ca. 5 sekündigen ansteigenden Flanke der Sägezahnspannung, führt der Ausgang des OP 3 (Pin 8) „high“-Potential (ca. 7 V). In der sehr kurzen Zeit der abfallenden Flanke der Sägezahnspannung liegt er auf ca. 0 V.

In dem Moment, in dem die an Pin 13 des OP 4 anstehende, innerhalb von ca. 5 Sekunden langsam ansteigende Sägezahnspannung, denjenigen Spannungswert überschreitet, der an Pin 12 des OP 4 ansteht und der zur Innen-/Außentemperatur proportional ist, wechselt der Ausgang des OP 4 (Pin 14) von „high“ nach „low“. Über Pin 1 des Gatters N 2 wird dadurch der

Speicher N 1/N 2 gesetzt, d. h. der Ausgang des Gatters N 2 (Pin 10) geht von „low“ nach „high“.

Über R 24 und D 3 wird der Endstufentransistor T 1 durchgesteuert und das Magnetventil geöffnet. Dem Fahrzeuginnenraum wird Heizenergie zugeführt.

Auf eine Besonderheit des Speichers N 1/N 2 wollen wir an dieser Stelle noch kurz eingehen:

Zur Erzielung eines höheren Ausgangsstromes zur Ansteuerung des Endstufentransistors T 1 über den Vorwiderstand R 24 und die Diode D 3, wurden zu N 2 noch zwei weitere Gatter (N 3, N 4) unmittelbar parallel geschaltet. Auf die prinzipielle Funktionsweise hat dies jedoch keinerlei Einfluß. Der Ausgangsstrom hingegen verdreifacht sich und reicht sicher zum Betreiben des Endstufentransistors aus. Im Schaltbild sind daher an dem Gatter N 2 die Bezeichnungen der jeweils parallel geschalteten Anschlußbeinchen der Gatter N 3, N 4 in Klammern angegeben.

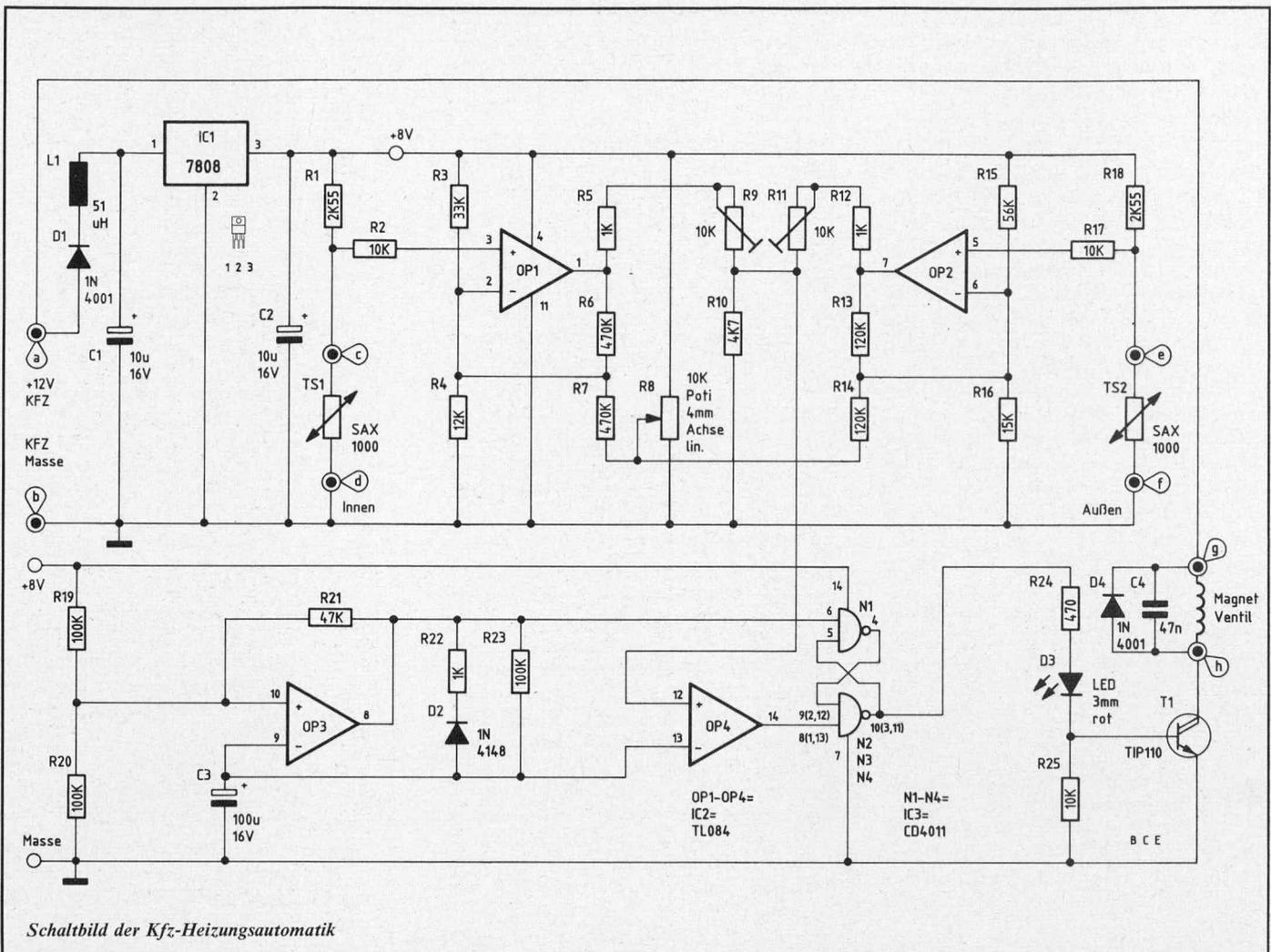
Unabhängig von dem Schaltzeitpunkt des Komparators OP 4 steigt die Sägezahnspannung an C 3 innerhalb von ca. 5 Sekunden auf ihren Maximalwert an, um anschließend in kurzer Zeit wieder auf ca. 2 V abzufallen. Während der kurzen Zeitdauer der abfallenden Flanke der Sägezahnspannung geht der Ausgang des OP 3 (Pin 8), wie bereits erwähnt, auf ca. 0 V, wodurch gleichzeitig über Pin 6 des Gatters N 1 der Speicher (N 1/N 2) wieder zurückgesetzt wird, d. h. der Ausgang des Gatters N 2 (Pin 10) geht auf ca. 0 V zurück. T 1 und demzufolge auch das Magnetventil, sperren.

Bei sehr niedrigen Innen-/Außentemperaturen bzw. bei hocheingestellter Soll-Temperatur (über R 8) kann das Potential an R 10 so weit absinken, daß das Magnetventil permanent geöffnet bleibt und auf diese Weise die maximal mögliche Heizleistung des Fahrzeugs ohne Unterbrechung zur Verfügung steht.

Andererseits kann bei niedrig eingestellter Innenraumtemperatur und hoher Außentemperatur das Potential an R 10 so hoch werden, daß OP 4 keine Steuerimpulse auf den Speicher N 1/N 2 gibt und das Magnetventil permanent geschlossen bleibt.

Durch diese komfortable Art der Regelung ist es möglich, von Null bis Maximum jeden beliebigen Zwischenwert der benötigten Heizenergie quasi analog bereitzustellen. Um die Heizung auszuschalten, ist es daher im allgemeinen lediglich erforderlich, den Temperaturvorwahlregler auf Minimum zu stellen, wodurch das Magnetventil geschlossen bleibt. Ein zusätzliches Zurückregeln des manuell zu bedienenden Fahrzeug-Heizungsreglers ist nicht mehr erforderlich. Erst wenn die Außentemperatur sehr weit absinkt, könnte das Magnetventil wieder einschalten.

Die wesentlichen Teile der Elektronik werden über eine stabilisierte Spannung versorgt, die mit dem 8 V-Festspannungsregler IC 1 erzeugt wird. D 1, L 1, C 1 dienen zur Entkopplung und Störunterdrückung, wobei D 1 zusätzlich einen Schutz vor Verpolung bietet.



Schaltbild der Kfz-Heizungsautomatik

Das Magnetventil liegt mit einem Anschluß direkt an der positiven 12 V-Kfz-Bordnetzspannung („g“), während der zweite Anschluß über den Kollektor von T1 geschaltet wird (Platinenanschlußpunkt „h“).

Zum Nachbau

Bis auf die beiden Sensoren zur Außen- und Innentemperaturaufnahme sowie das Magnetventil finden sämtliche Bauelemente auf zwei übersichtlich konzipierten Platinen Platz. Die Bestückung wird in gewohnter Weise anhand der Bestückungspläne vorgenommen. Zunächst werden die niedrigen und anschließend die höheren Bauteile auf die Platine gesetzt und verlötet. Auf die richtige Polarität der Elkos, Dioden, ICs und des Transistors, ist zu achten.

Nachdem die Bestückung fertiggestellt und nochmals sorgfältig kontrolliert wurde, kann die Frontplatine im rechten Winkel an die Basisplatine gelötet werden, und zwar so, daß die Frontplatine ca. 1,5 mm unterhalb der Leiterbahnseite der Basisplatine hervorsteht. Wichtig ist, daß keine Lötzinnbrücken zwischen den einzelnen Verbindungsleitungen auftreten.

Die 12 V-Versorgung für die Heizungsregel-Automatik, wird an die Platinenanschlußpunkte „b“ (Masse) sowie „a“ (+ 12 V) angeschlossen. Die letztgenannte, positive Versorgungsspannung ist hinter einer Fahrzeugsicherung abzunehmen, die über das Zündschloß geschaltet wird, damit die

Anlage bei ausgeschalteter Zündung stromlos ist.

Die beiden Temperatursensoren werden mit ihrer mittleren Ader an die Platinenanschlußpunkte „c“ (Innentemperaturfühler) und „e“ (Außentemperaturfühler) angeschlossen, wobei die Abschirmungen jeweils an die zugehörigen Lötunkte „d“ und „f“ gelegt werden. Grundsätzlich ist die Polarität der verwendeten Sensoren des Typs SAX 1000 unwichtig, jedoch ergibt sich aufgrund der hohen Störeinflüsse im Kfz, besonders bei etwas längeren Sensorzuleitungen, eine größere Störsicherheit, wenn die Abschirmung an der Schaltungsmasse liegt

Das Magnetventil wird mit einer 2-adrigen flexiblen isolierten Leitung an die Platinenanschlußpunkte „g“ (entsprechend + 12 V) und „h“ angeschlossen. Die Polarität spielt keine Rolle. Zwar könnte der am Platinenanschlußpunkt „g“ angelötete Magnetventilanschluß auch direkt irgendwo innerhalb des Fahrzeugs mit + 12 V verbunden werden, jedoch ist dies im Hinblick auf induktive Schaltspitzen zu vermeiden. Überschreitet die Zuleitung zum Magnetventil eine Länge von 2 m, so sollte zusätzlich eine Diode und ein Kondensator direkt an die elektrischen Magnetventilanschlüsse angelötet werden, und zwar entsprechend den auf der Leiterplatte parallel zum Magnetventil liegenden Bauelementen D 4 und C 4. Auf die richtige Polarität der parallel geschalteten Diode sowie auf die Polarität

von D 4 ist besonders zu achten (Pfeilspitze = weißer bzw. grauer Ring, = Katode = weist zum Platinenanschlußpunkt „g“ entsprechend + 12 V).

Für den Gehäuseeinbau steht ein Aufbau sowie ein Einbaugehäuse zur Verfügung. In die Rückwand sind entsprechende Aussparungen für die elektrischen Zuleitungen einzubringen. Anschließend kann die Schaltung ohne zusätzliche Befestigung in das jeweilige Gehäuse eingeschoben werden.

Kommen wir nun zum Einbau und Anschluß des Magnetventils:

Der elektrische Anschluß ist denkbar einfach und erfolgt an die Platinenanschlußpunkte „g“ und „h“.

Für den Hobby-Elektroniker nicht unbedingt schwieriger, vermutlich jedoch etwas ungewohnter, wird die Einfügung des Magnetventils in den Wasserkreislauf des Heizungssystems im Fahrzeug sein.

Anders als beim elektrischen Anschluß ist bei der Einfügung in den Wasserkreislauf unbedingt die „Polarität“, d. h. die Einbaurichtung, des Magnetventils zu berücksichtigen. Beim Ventil selbst kann man die Einbaurichtung auf einfache Weise dadurch feststellen, indem man einmal von der einen und einmal von der anderen Seite hineinpusht. Bei falscher Strömungsrichtung der Luft öffnet sich das Ventil selbsttätig auch ohne Anlegen einer Spannung

etwas, während es zuverlässig gesperrt bleibt, pustet man auf der Einströmseite hinein. Häufig ist die Flußrichtung des Wassers auf dem Ventil durch einen Pfeil gekennzeichnet, und die Einströmseite besitzt meistens ein vorgeschaltetes Sieb.

Beim Wasserkreislauf des Fahrzeug-Heizsystems kann man entweder aus vorhandenen Pfeilen bzw. Herstellerangaben, oder auch nach der im folgenden beschriebenen Methode auf die Flußrichtung des Wassers im Heizkreislauf schließen: Der abgekühlte Motor wird bei noch nicht geändertem Heizungssystem und geschlossenem Heizungsreglern gestartet. Nach ca. 5 Minuten öffnet eine zweite Person den (oder die) Heizungsregler. Gleichzeitig fühlt man an den Heizungsschläuchen, aus welcher Richtung das warme Wasser kommt. In die Flußrichtung dieses warmen Wassers muß später der Pfeil (sofern vorhanden) auf dem Magnetventil zeigen.

Ist man sich bezüglich der Einbaurichtung des Magnetventils nicht ganz sicher, kann man dieses auch ohne weiteres erst einmal einbauen, und anschließend prüfen, ob das System einwandfrei arbeitet. Bei entgegengesetzter Einbaulage wird das Magnetventil in den meisten Fällen nicht ganz schließen, so daß ständig ein gewisser Heizstrom fließt, wodurch der Innenraum des Fahrzeugs erwärmt wird. Die Einbaurichtung ist dann umzudrehen. Bei Falscheinbau des Magnetventils können weder Schäden am Ventil noch am Heizsystem des Fahrzeugs auftreten. Lediglich hat man etwas mehr Arbeit durch den doppelten Einbau.

An geeigneter Stelle, z. B. in der Nähe des Ventils zur manuellen Heizungsmengeinstellung, wird bei stehendem Motor und ausgeschalteter Zündung der Wasserschlauch aufgetrennt. Die beiden Enden sind sogleich abzuklemmen, um Wasserverluste zu vermeiden. Der Motor sollte hierbei unbedingt kalt und das Kühlsystem geöffnet sein (Deckel des Wassereinfüllstutzens abgenommen), damit kein unnötig hoher Druck und kein heißes Wasser die Arbeiten beeinträchtigen kann.

Jetzt wird das Magnetventil einfach in die aufgetrennte Schlauchleitung eingefügt. Dies ist im allgemeinen problemlos möglich, da die Anschlüsse des Ventils für die gängigen Schlauchdurchmesser geeignet sind. Sollte dennoch der Durchmesser nicht passend sein, kann u. U. im Kfz- bzw. Sanitärhandel ein entsprechendes Reduzier- oder Verbindungsteil beschafft werden. Abschließend sind zwei Schlauchschellen fest um die Anschlußstutzen zu ziehen, damit eine sichere und dauerhafte Verbindung zwischen Schlauchanschlüssen und Magnetventil gewährleistet ist.

Auf provisorische Befestigungsmöglichkeiten und Experimente mit Klebändern sollte grundsätzlich verzichtet werden, um das Kühl- und Heizungssystem des Fahrzeugs nicht nachhaltig zu stören und eventuell sogar einen Defekt des Motors durch Wassermangel bzw. Überhitzung zu riskieren.

Bei manchen Kfz-Typen (z. B. einige VAG-Modelle) kann das Magnetventil in eine bereits vorgesehene Schlauchunterbrechung

eingefügt werden. Hierzu sind lediglich die Schlauchschellen zu lösen, der Kunststoffverbinder gegen das Magnetventil zu ersetzen und die Schlauchschellen wieder fest anzuziehen.

Anordnung der Temperatursensoren

Bei der ELV-Heizungsregel-Automatik handelt es sich um ein ausgereiftes und präzise arbeitendes elektronisches Regelsystem, das in der Lage ist, die Innenraumtemperatur des Fahrzeugs gut konstant zu halten. Eine wesentliche Voraussetzung hierfür ist allerdings die sorgfältige und korrekte Anordnung der beiden Temperatursensoren für Innen- und Außentemperatur.

Der Sensor für die Außentemperaturmessung sollte wenig Fahrtwind und keiner Sonnen- und Motortemperatur-Einstrahlung ausgesetzt sein. Bei vielen Fahrzeugen ist eine günstige Anordnung im Bereich der Stoßstangeninnenseite.

Der Innentemperaturfühler ist so anzuordnen, daß er sich an einer Stelle im Fahrzeuginnenraum befindet, die repräsentativ für die mittlere Innenraumtemperatur ist. Da die Heizlufttemperatur z. B. 40°C betragen kann, bei einer Innenraumtemperatur von 20°C, ist es verständlich, daß der Sensor keinesfalls dem direkten Heizungsluftstrom ausgesetzt sein darf. Andererseits ist es jedoch auch wichtig, daß im Bereich des Sensors eine gewisse, möglichst kontinuierliche Luftströmung stattfindet, die zum schnellen und präzisen Ansprechen der Regelung beiträgt. Die Anordnung in einem sogenannten toten Winkel, ohne jegliche Konvektion, ist ebenso zu vermeiden, wie direkte Sonneneinstrahlung. Günstige Platzierungsmöglichkeiten bieten sich z. B. im Bereich der Mittelkonsole, im Bereich zwischen den Rücklehnen der beiden Vordersitze, d. h. ungefähr in der räumlichen Mitte des Fahrzeuginnenraumes. Eine weitere Möglichkeit besteht in der Anordnung des Sensors direkt über der Frontscheibe oder in 10 bis 15 cm Abstand vor der Unterkante der Heckscheibe. Welche Platzierung man letztlich wählt, hängt im wesentlichen von den Luftströmungen im zu beheizenden Fahrzeug ab und sollte individuell ausprobiert werden. Die richtige Anordnung der beiden Temperatursensoren ist jedoch eine ganz wesentliche Voraussetzung für das einwandfreie Arbeiten der Automatik.

Einstellung und Inbetriebnahme

Die grundsätzliche Funktionsweise der Schaltung wird zweckmäßigerweise im Hobby-Elektronik-Labor ausprobiert. Hierzu speist man das Gerät mit einem stabilisierten Netzteil, dessen Ausgangsspannung auf 12,0 V eingestellt wurde. Alle weiteren Meßwerte beziehen sich auf diese Versorgungsspannung.

Die beiden Temperatursensoren TS 1 und TS 2 werden jeweils durch 2 in Reihe geschaltete 475 Ω -Widerstände ($2 \times 475 \Omega = 950 \Omega$) ersetzt. Dies entspricht einer Temperatur von ca. 22°C.

Mit einem hochohmigen Volt- bzw. Multimeter, dessen Minusprüfstift an die Schaltungsmasse angeklipmt wird (Platinenan-

schlußpunkt „b“) werden nun folgende Spannungswerte gemessen:

1. Pin 1 des IC 1: 11,0 V bis 11,5 V
2. Pin 3 des IC 1: 7,5 V bis 8,5 V
3. Platinenanschlußpunkt „c“: 2,0 V bis 2,4 V
4. Platinenanschlußpunkt „e“: 2,0 V bis 2,4 V
5. Pin 2 des OP 1: 2,0 V bis 2,4 V
6. Pin 6 des OP 2: 2,0 V bis 2,4 V
7. Pin 4 des OP 1: 7,5 V bis 8,5 V
8. Pin 11 des OP 1: 0 V
9. Pin 8 des OP 3: ca. = 7 V in ungefähr 5 Sekunden Abstand kurze Spannungseinbrüche auf ca. 0 V (mit einem Analog-Multimeter meist nur als kurzer Spannungseinbruch in kleinerer Höhe registrierbar).
10. Pin 14 des IC 3: + 7,5 V bis + 8,5 V
11. Pin 7 des IC 3: 0 V

Bei größeren Abweichungen von den angegebenen Werten ist die Bestückung in den entsprechenden Bereichen nochmals sorgfältig zu überprüfen, wobei auch die Platinen auf Haarrisse und Lötzinnbrücken zu untersuchen sind.

Zeigen alle Messungen die gewünschten Werte, erfolgt die Inbetriebnahme im Hobby-Elektronik-Labor wie folgt:

Die anstelle der beiden Temperatursensoren eingebauten Festwiderstände, deren Reihenschaltung jeweils 950 Ω ergibt, simulieren der Elektronik sowohl für die Außen- als auch für die Innentemperatur einen Istwert von ca. 22°C.

Mit dem Temperaturvorwählpoti R 8, stellt man jetzt einen Wert von ebenfalls 22°C ein.

Die Trimmer R 9 und R 11 befinden sich hierbei zunächst in Mittelstellung. Bleibt das Magnetventil geschlossen, so sind R 9 und R 11 gleichermaßen in Richtung größer werdender Widerstandswerte zu verdrehen. Da die Ansprechzeit der Schaltung bei ungefähr 5 Sekunden liegt, muß das Verdrehen in kleinen Schritten mit entsprechend langen Pausen (mind. 5 Sekunden) erfolgen, um eine Reaktion der Ansteuerung des Magnetventils abzuwarten. Das Öffnen des Magnetventils wird durch gleichzeitiges Aufleuchten der LED 3 signalisiert. Im Fahrzeug bedeutet dies später die Freigabe des Heizungsstromes.

Die Einstellung von R 9 und R 11 ist so lange zu verändern, bis das Magnetventil jeweils für eine Zeitdauer zwischen 0,5 und 1 Sekunde öffnet. Die Wiederholzeit, d. h. der Abstand von einem Öffnen zum nächsten Öffnen des Magnetventils, wird durch R 9 und R 11 nicht beeinflusst, sondern ist durch den mit OP 3 und Zusatzbeschaltung aufgebauten Sägezahngenerator fest vorgegeben.

Werden die Werte von R 9 und R 11 kleiner eingestellt, verkleinert sich die Zeitspanne, in der das Magnetventil geöffnet ist, während bei größer werdenden Widerstandswerten von R 9 und R 11 die Zeitspanne entsprechend größer wird.

Für den Probetrieb sollten R 9 und R 11 immer gleichermaßen verstellt werden, damit sie ungefähr den gleichen Wert aufweisen. Praktisch bedeutet dies, daß der Einfluß des Innentempersensors ca. 5mal größer ist als der des Außentempersensors. Dies ist sinnvoll, da die Innentemperatur im Gegensatz zur Außentemperatur nur geringen Schwankungen unterliegt (nicht zuletzt aufgrund der Regelung). Die mit R 9 und R 11 vorgenommene, eben beschriebene Einstellung, soll als Ergebnis ein jeweils nur kurzes Öffnen des Magnetventils veranlassen, d. h. es wird nur sehr wenig Heizenergie dem Fahrzeuginnenraum zugeführt. Genau das ist aber die korrekte Arbeitsweise der Heizungsregel-Automatik, denn bei der mit R 8 vorgegebenen Soll-Temperatur von 22°C und bei simulierten Ist-Temperaturen (über die Festwiderstände anstelle TS 1 und TS 2) von ebenfalls 22°C, darf in der Tat nur wenig zusätzliche Heizenergie dem Fahrzeuginnenraum zugeführt werden.

Verstellt man jetzt das Poti R 8 von 22°C auf 28°C, so muß die Einschaltzeitdauer des Magnetventils größer werden, während bei einer Veränderung der Einstellung von R 8 auf 18°C die Einschaltzeitdauer des Magnetventils kleiner bzw. Null werden muß. Damit ist der sehr wichtige Vorabgleich der ELV-Heizungsregel-Automatik bereits beendet und das Gerät kann ins Fahrzeug eingebaut werden. Hierzu sind die 475 Ω-Widerstände als Ersatz für TS 1 und TS 2 wieder auszubauen und die Temperatursensoren entsprechend der Beschreibung „Zum Nachbau“ wieder anzulöten.

Bevor man im Fahrzeug die Einstellungen von R 9 und R 11 verändert, sollte man sich die Ausgangspositionen markieren, da diese im allgemeinen einer guten Regelung

und Arbeitsweise der Schaltung sehr nahe kommen.

Durch Verdrehen des Trimmers R 9 in Richtung kleiner werdendem Widerstandswert und gleichzeitiges Verdrehen von R 11 in Richtung größer werdendem Widerstandswert, wird der Einfluß der Außentemperaturregelung kleiner und der Einfluß der Innentemperaturregelung größer. Die Veränderung der Widerstandswerte sollte jedoch in nur kleinen Stufen erfolgen, damit keine größeren Überschwinger der Regelelektronik auftreten.

Wird hingegen der Widerstandswert von R 9 in Richtung größerem Wert verändert und R 11 in Richtung kleinerem Wert, so verringert sich der Einfluß der Innentemperaturregelung und der Einfluß der Außentemperaturregelung wird größer, d. h. bei fallender Außentemperatur erfolgt ein größerer Regelausschlag als bei erstgenannter Trimmereinstellung von R 9 und R 11.

Werden R 9 und R 11 gleichzeitig verkleinert, verschiebt sich dadurch die Skaleneinteilung von R 8 in Richtung kleiner werdender Werte (22°C entspricht dann z. B. nur noch 20°C und umgekehrt). Die symmetrische Verstellung von R 9 und R 11 sollte daher nur einmalig, wie weiter vorstehend beschrieben, unter Verwendung von Festwiderständen, anstelle von TS 1 und TS 2 erfolgen. Spätere Veränderungen sollten zur Vermeidung einer Verschiebung des Skalenfaktors von R 8 nur noch gegenseitig vorgenommen werden, d. h. R 9 ist um den gleichen Betrag zu vergrößern, um den R 11 verkleinert wird und umgekehrt.

Durch die universellen Einstellmöglichkeiten kann die ELV-Heizungsregel-Automatik unterschiedlichste Heizungsleistungen verarbeiten und individuellen Wünschen in weiten Bereichen gerecht werden.

Stückliste Kfz-Heizungsautomatik

Halbleiter

IC 1	.....	µA 7808
IC 2	.....	TL 084
IC 3	.....	CD 4011
T 1	.....	TIP 110
D 1, D 4	.....	1N 4001
D 2	.....	1N 4148
D 3	.....	LED, 3 mm, rot
TS 1, TS 2	.....	SAX 1000

Kondensatoren

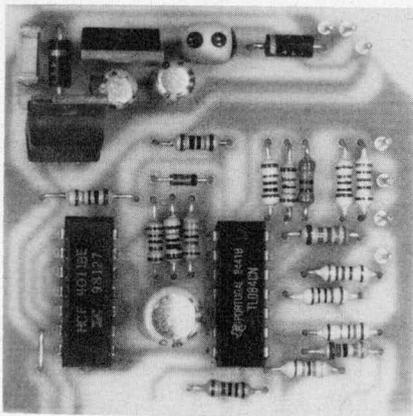
C 1, C 2	.....	10 µF/16 V
C 3	.....	100 µF/16 V
C 4	.....	47 nF

Widerstände

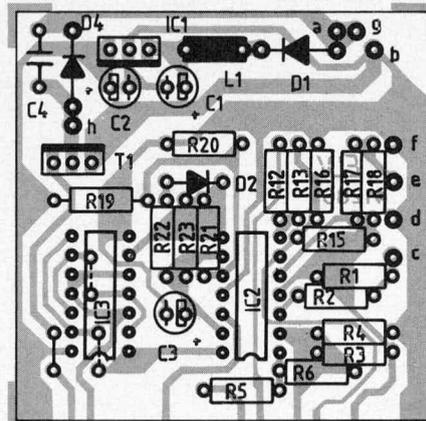
R 1, R 18	.....	2,55 kΩ
R 2, R 17	.....	10 kΩ
R 3	.....	33 kΩ
R 4	.....	12 kΩ
R 5, R 12, R 22	.....	1 kΩ
R 6, R 7	.....	470 kΩ
R 8	.....	10 kΩ, Poti, 4 mm Achse
R 9, R 11	..	10 kΩ, Trimmer, liegend
R 10	.....	4,7 kΩ
R 13, R 14	.....	120 kΩ
R 15	.....	56 kΩ
R 16	.....	15 kΩ
R 19, R 20, R 23	.....	100 kΩ
R 21	.....	47 kΩ
R 24	.....	470 Ω
R 25	.....	10 kΩ

Sonstiges

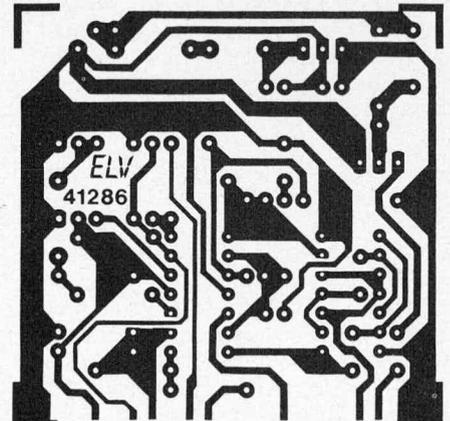
L 1	.....	51 µH
8 Lötstifte		
3 m flexible Leitung 2 x 0,4 mm ²		
1 Magnetventil 12 V		



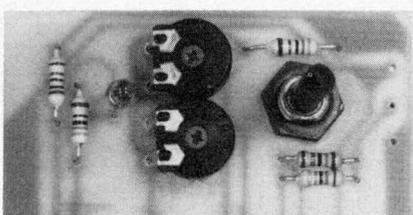
Ansicht der fertig bestückten Basisplatte



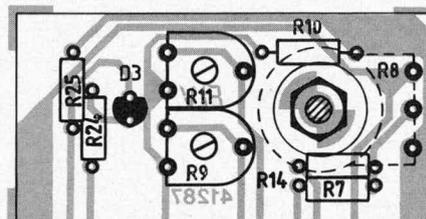
Bestückungsseite der Basisplatte



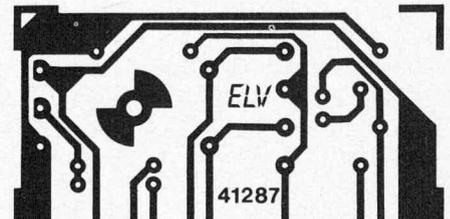
Leiterbahnseite der Basisplatte



Ansicht der fertig bestückten Frontplatte



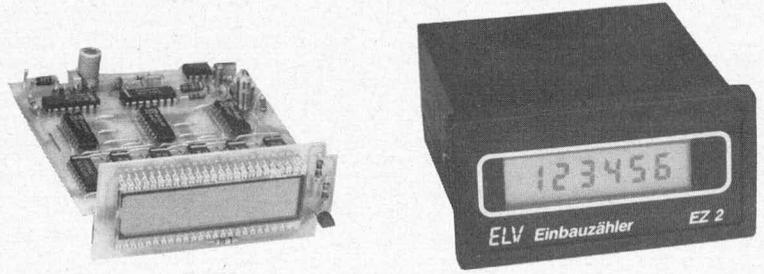
Bestückungsseite der Frontplatte



Leiterbahnseite der Frontplatte

Low-cost-Einbauzähler EZ 2

Mit 6stelligem LC-Display



Frequenzmessungen im Bereich von 0 — 1 MHz sind mit diesem günstig aufzubauenden Frequenzzähler möglich. Die Anzeige erfolgt über ein 6stelliges LC-Display. Nicht zuletzt hierdurch begnügt sich die Schaltung mit einem geringen Betriebsstrom, so daß sie sich gut für Batteriebetrieb eignet.

Allgemeines

Ähnlich aufgebaut wie der im „ELV journal“ Nr. 39 vorgestellte Low-cost-Einbauzähler mit 6stelligem LED-Display, ist auch die hier vorgestellte Schaltung für den Einbau in ein DIN-NORM-Einbaugehäuse geeignet. Der wesentliche Unterschied des EZ 2 zum EZ 1 liegt in der Art der 6stelligen Digitalanzeige, die beim EZ 2 durch ein LC-Display erfolgt. Hieraus ergibt sich zum einen eine geringe Stromaufnahme und die Möglichkeit des Batteriebetriebes und zum anderen ein erweiterter Versorgungsspannungsbereich, der bereits bei 5 V beginnt und bis 15 V reicht.

Durch Zusatzschaltungen wie Teiler, Digital-Multiplizierer oder Vorverstärker, läßt sich der Einsatzbereich universell gestalten.

Zur Schaltung

Das IC 1 des Typs CD 4060 stellt in Verbindung mit dem Quarz sowie R 1, R 2 und C 3, C 4, einen stabilen Oszillator mit nachgeschaltetem Binärteiler dar. An Pin 1 steht eine Frequenz von exakt 8 Hz an, die auf den Eingang (Pin 14) des IC 2 gegeben wird.

Die Ausgänge Pin 1, 5, 6, 12, bilden in Verbindung mit den Dioden D 2 bis D 5 sowie C 5, R 3 die Torsteuerung des eigentlichen 6-Dekaden-Zählers (IC 3 bis IC 5). Das Potential am Steuereingang des ersten Zählers (Pin 10 des IC 3) führt für genau 1 Sekunde „high“-Potential. Dies entspricht einem Öffnen des Tores, d. h. die an Pin 9 des IC 3 anstehenden Impulse werden gezählt.

Nach Ablauf von 1 Sekunde wird das Tor gesperrt (Pin 10 des IC 3 = „low“). Pin 9 des IC 2 geht für 0,25 Sekunden auf „high“. Hierdurch erhalten die IC's 6 bis 11 die Steuerinformation, den Zählerstand der IC's 3 bis 5 zu übernehmen (zu speichern).

Unmittelbar nachdem Pin 9 des IC 2 wieder „low“-Potential führt, geht für ebenfalls 0,25 Sekunden jetzt Pin 11 des IC 2 auf „high“. Hierdurch werden die Zähler IC 3 bis IC 5 wieder zurückgesetzt (auf 0).

Nachdem auch Pin 11 des IC 2 wieder

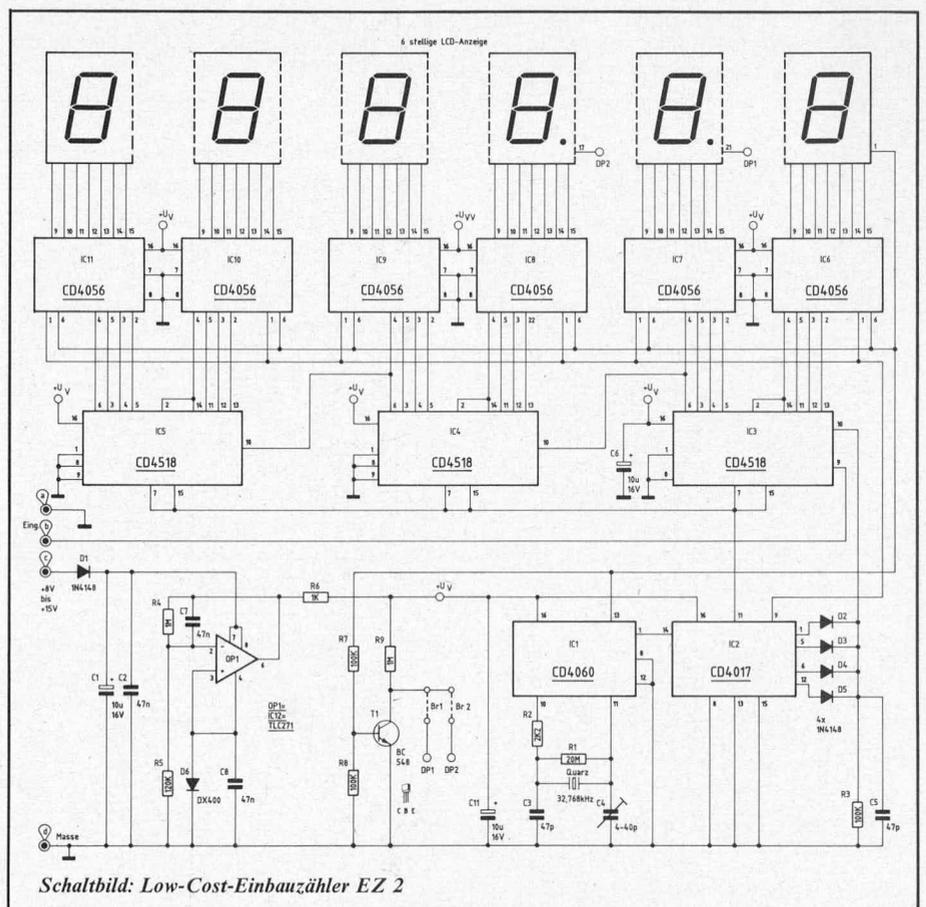
„low“-Potential führt, beginnt der ganze Meßzyklus von vorne, d. h. D 2 bis D 5 steuern Pin 10 des IC 3 wiederum für 1 Sekunde auf „high“, wodurch das Tor für eine erneute Zählung geöffnet wird.

Die jeweils in den Speichern der IC's 6 bis 11 enthaltenen Informationen werden innerhalb der IC's dekodiert, so daß sie zur direkten Ansteuerung eines LC-Displays geeignet sind.

Für den Betrieb des LC-Displays eignen sich Spannungen um 5 V, jedoch nicht über 9 V. Aus diesem Grund wurde eine zusätzliche elektronische Stabilisierungsschaltung mit dem OP 1 mit Zusatzbeschaltung aufgebaut. Eine Versorgungsspannung zwi-

schen 8 V und 15 V wird in eine stabilisierte Betriebsspannung umgesetzt, deren Wert bei 5 V bis 6 V liegt. Als Referenzdiode dient hierbei D 6 des Typs DX 400, durch die der Versorgungsstrom des OP 1 fließt und einen Spannungsabfall von ca. 0,6 V hervorruft. Über den im Rückkopplungszweig liegenden Spannungsteiler R 4, R 5 wird eine Verstärkung auf ca. 5 V bis 6 V vorgenommen. R 6, C 11 dienen der zusätzlichen Siebung.

Wird die Schaltung hingegen mit Versorgungsspannungen unterhalb 8 V betrieben, die eine hinreichende Stabilität aufweisen, ist die interne Stabilisierung entbehrlich. Folgende Bauteile können ersatzlos entfallen: IC 12, D 6, C 7, C 8, R 4, R 5.



Schaltbild: Low-Cost-Einbauzähler EZ 2

Zusätzlich ist eine kleine Brücke von Pin 6 nach Pin 7 des nicht mehr erforderlichen IC 12 zu löten.

Wird eine Versorgungsspannung zum Betrieb der Schaltung eingesetzt, die unter 6 V, d. h. zwischen 5 V und 6 V liegt, empfiehlt es sich, zusätzlich die Diode D 1 durch eine Brücke zu ersetzen. Hierdurch entfällt zwar der Verpolungsschutz, aber die Schaltung erhält die volle Versorgungsspannung, ohne zusätzlichen Abfall der Diodenflußspannung von D 1 (ca. 0,65 V).

Zur Ansteuerung der Dezimalpunkte ist ein gegenüber Backplane phasenverschobenes Signal erforderlich. Dieses steht am Kollektor von T 1 an. Soll ein Dezimalpunkt erscheinen, so ist dieser mit dem Kollektor von T 1 zu verbinden (z. B. einlöten von Brücke Br 1 bedeutet: DP 1 erscheint).

Zum Nachbau

Sämtliche Bauteile finden auf zwei kompakt aufgebauten Platinen Platz. Die Bestückung wird in gewohnter Weise vorgenommen. Zunächst sind die passiven und dann die aktiven Bauelemente anhand der Bestückungspläne auf die Leiterplatten zu setzen und zu verlöten.

Anschließend wird die Anzeigenplatine senkrecht an die Basisplatine gelötet, und zwar so, daß die Anzeigenplatine ca. 15 mm unterhalb der Leiterbahnseite der Basisplatine hervorsteht. Die genaue Positionie-

rung ergibt sich auch aus dem Bestückungsplan der Anzeigenplatine.

Das Layout ist so konzipiert, daß der fertige Baustein in ein DIN-NORM-Einbaugesetz werden kann. Diese Gehäuse sind zum Einbau in genormte Schalttafel-ausschnitte mit den Abmessungen 48 mm Höhe x 96 mm Breite geeignet.

Kalibrierung

Die Einstellung des Frequenzzählers beschränkt sich auf den Abgleich des Quarzoszillators.

Zu diesem Zweck wird an den Eingang des Frequenzzählers eine genau bekannte Referenzfrequenz im Bereich zwischen 100 kHz und 1 MHz angelegt.

Der Trimmer C 4 wird so eingestellt, daß genau dieser bekannte Wert auf der 6stelligen Digital-Anzeige erscheint. Der Abgleich des eingebauten Referenz-Quarzoszillators ist damit beendet.

Zu beachten ist in diesem Zusammenhang, daß der interne Quarzoszillator zwar eine hohe Stabilität aufweist, trotzdem aber seine Frequenz bei größeren Versorgungsspannungsschwankungen geringfügig ändert. Sofern die Schaltung nicht über die interne Spannungsstabilisierung betrieben wird, empfehlen wir daher, den Abgleich bei derjenigen Versorgungsspannung vorzunehmen, bei der später dieser Einbauzähler arbeitet.

Stückliste Einbau-Frequenzzähler EZ 2 mit sechsstelliger LCD-Anzeige

Halbleiter

IC 1	.....	CD 4060
IC 2	.....	CD 4017
IC 3-IC 5	.....	CD 4518
IC 6-IC 11	.....	CD 4056
IC 12	.....	TLC 271
T 1	.....	BC 548
D 1-D 5	.....	1N 4148
D 6	.....	DX 400

Kondensatoren

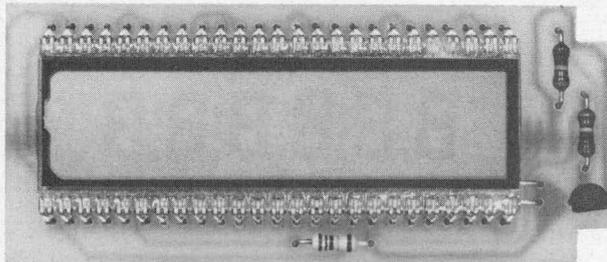
C 1, C 6, C 11	.....	10 µF/16 V
C 2, C 7, C 8	.....	47 nF
C 3, C 5	.....	47 pF
C 4	.....	4-40 pF, Trimmer

Widerstände

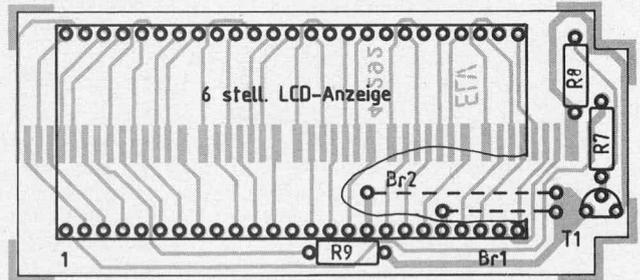
R 1	.....	20 MΩ
R 2	.....	2,2 kΩ
R 3, R 7, R 8	.....	100 kΩ
R 4, R 9	.....	1 MΩ
R 5	.....	120 kΩ
R 6	.....	1 kΩ

Sonstiges

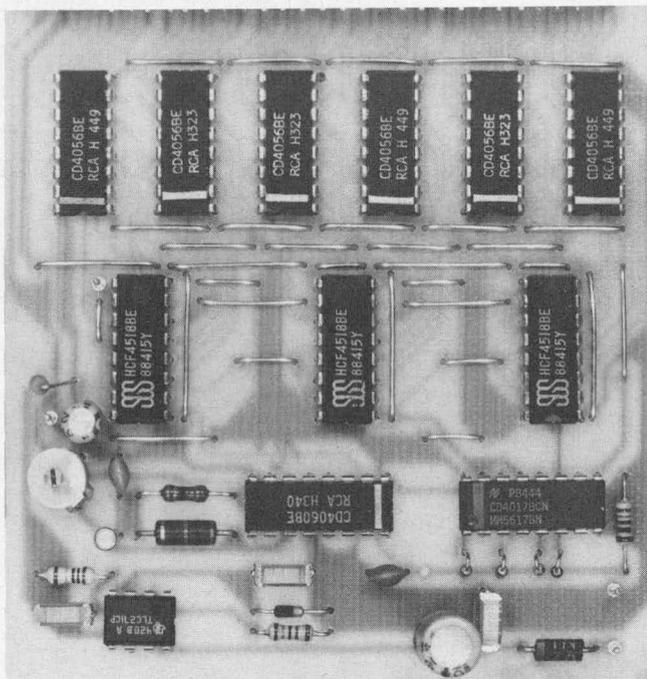
- 1 sechsstellige LCD-Anzeige
- 1 Quarz 32,768 kHz
- 4 Lötstifte
- 50 cm Silberdraht



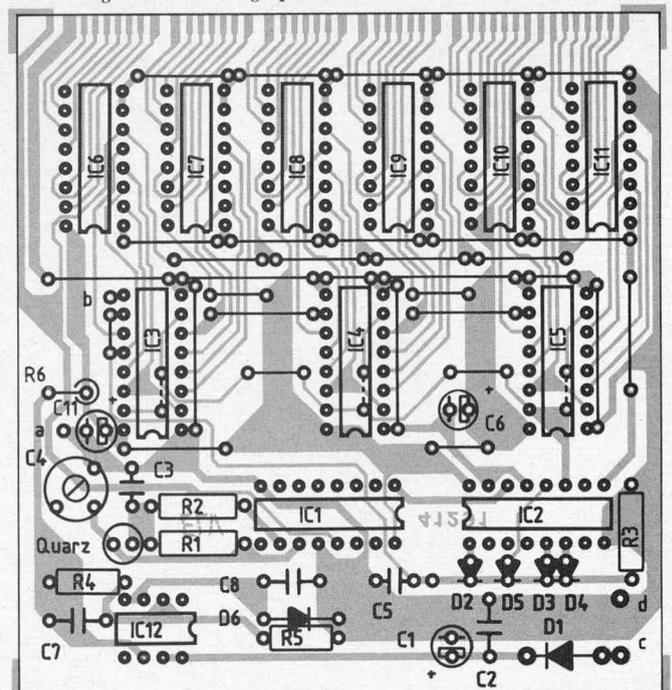
Ansicht der fertig bestückten Anzeigenplatine



Bestückungsseite der Anzeigenplatine

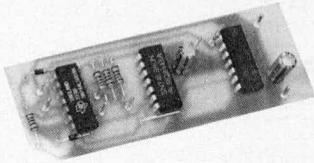


Ansicht der fertig bestückten Basisplatine



Bestückungsseite der Basisplatine

100 MHz-Frequenzzähler-Vorteiler



Durch diesen Vorteiler wird der Frequenzbereich von einfachen Frequenzzählern erweitert. Es stehen drei elektronisch anzuwählende Teilungsverhältnisse von 1:1, 10:1 und 100:1 zur Verfügung.

Allgemeines

Digitale elektronische Frequenzzähler können sehr preiswert aufgebaut werden, besonders dann, wenn man sich auf die wesentlichen Funktionsmerkmale beschränkt und einen Meßbereich wählt, der keine „ausgefallenen Bauelemente“ erfordert. Der Frequenzbereich bei den Low-cost-Versionen reicht meist nur bis 1 MHz, was in zahlreichen Anwendungsfällen aber durchaus praxisgerecht ist.

Tritt der Wunsch nach einem erweiterten Frequenzbereich auf, so bietet sich der Einbau eines Frequenzvorteilers an, wie er in diesem Artikel beschrieben wird.

Zur Schaltung

Unter Verwendung des im ELV-Labor entwickelten Platinenlayouts ist der Nachbau außerordentlich einfach, da die gesamte Schaltung nur aus 3 IC's, 2 Kondensatoren, 4 Widerständen und 2 Dioden besteht.

Das IC 1 des Typs SN 74S196 ist ein Dezimalzähler. Die am Eingang Pin 8 des IC 1 anliegende Eingangsfrequenz, wird digital durch 10 geteilt und steht am Ausgang Pin 2 mit einem Tastverhältnis von 2:3 zur Verfügung.

Die garantierte Eingangsfrequenz, die das IC 1 des Typs SN 74S196 verarbeiten kann, liegt bei 100 MHz, wobei in vielen Fällen sogar 120 MHz und mehr verarbeitet werden.

Die durch 10 geteilte und an Pin 2 des IC 1 anstehende Frequenz wird zur Weiterverarbeitung auf den Eingang Pin 1 des IC 2 (SN 74LS90) gegeben, wo eine weitere Teilung durch 10 vorgenommen wird. Am Ausgang dieses IC's (Pin 12) steht dann das zweimal durch 10 (also durch 100) geteilte

Eingangssignal an. Das Tastverhältnis beträgt 1:1.

Am Eingang Pin 9 des Gatters N 1 steht das ungeteilte Originalsignal an, während es am Eingang Pin 5 des Gatters N 2 durch 10 und am Eingang Pin 1 des Gatters N 3 durch 100 geteilt wurde.

Der jeweils zweite Eingang dieser drei Gatter (Pin 2, Pin 4 Pin 10) liegt über die Widerstände R 1, R 2, R 3 auf „low“-Potential (0 V), d. h. alle drei Gatter sind gesperrt und die entsprechenden Ausgänge (Pin 3, Pin 6, Pin 8) führen „high“-Potential (+5 V). Der Ausgang des Gatters N 4 (Pin 11) liegt auf „low“, da die zugehörigen Eingänge „high“-Potential führen.

Soll nun eine der drei zur Verfügung stehenden Frequenzen auf den Ausgang durchgeschaltet werden, so ist der entsprechende Steuereingang der Gatter N 1, N 2 oder N 3 auf „high“-Potential (+5 V) zu legen. Dies kann entweder über eine elektronische Ansteuerung (IC, Transistor o. ä.) oder auch einen mechanischen Schalter (gestrichelt eingezeichnet S 1) erfolgen.

Wird z. B. der Steuereingang Pin 2 des Gatters N 3 auf +5 V gelegt, so wird die durch 100 geteilte und an Pin 12 des IC 2 anstehende Eingangsfrequenz auf den Ausgang (Pin 3) des Gatters N 3 durchgeschaltet. Anschließend wird das Signal über D 1 auf den Eingang Pin 13 des Gatters N 4 gegeben. Hier wird es direkt auf den Ausgang Pin 11 weitergeschaltet, da die Ausgänge der Gatter N 1 und N 2 „high“-Potential führen.

Soll hingegen nicht durch 100, sondern durch 10 oder durch 1 geteilt werden, so ist der entsprechende Steuereingang Pin 4 des Gatters N 2 bzw. Pin 10 des Gatters N 1 auf „high“ zu legen. Die beiden anderen

Technische Daten

Eingangsfrequenzbereich:	0 (DC) bis 100 MHz (typ. 120 MHz)
Eingangsspannung:	TTL-Pegel (ca. 4 V)
Eingangsstrom:	ca. 2 mA
Ausgangsspannung:	TTL-Pegel
Ausgangsstrom:	16 mA (sink)
Betriebsspannung:	4,75 V bis 5,25 V
Stromaufnahme:	ca. 100 mA

Steuereingänge führen dann „low“-Potential (0 V).

Der Eingangsfrequenzbereich der Schaltung reicht, unabhängig vom eingestellten Teilungsfaktor, von 0 (DC) bis mind. 100 MHz typ. 120 MHz (TTL-Pegel).

Die Stromaufnahme beträgt ca. 100 mA, wobei der Hauptanteil von dem schnell schaltenden IC 1 benötigt wird.

Zum Nachbau

Bedingt durch die hohen zu verarbeitenden Frequenzen ist dem Aufbau, besonders hinsichtlich des Leiterbahnverlaufes große Aufmerksamkeit zu schenken. Wir empfehlen daher, nach Möglichkeit das im ELV-Labor entwickelte Platinenlayout ohne Änderungen zu verwenden. Die Bestückung der wenigen Bauelemente ist anhand des Bestückungsplanes schnell erledigt. Auf die richtige Polarität der IC's, Dioden und Kondensatoren ist zu achten. Nach Anlegen einer stabilisierten 5 V-Festspannung steht dem Einsatz dieses hochwertigen und universellen Vorteilers nichts mehr im Wege.

Stückliste:

100 MHz-Frequenzzähler-Vorteiler

Halbleiter

IC 1	SN 74S196
IC 2	SN 74LS90
IC 3	74ALS00
D 1, D 2	DX 400

Kondensatoren

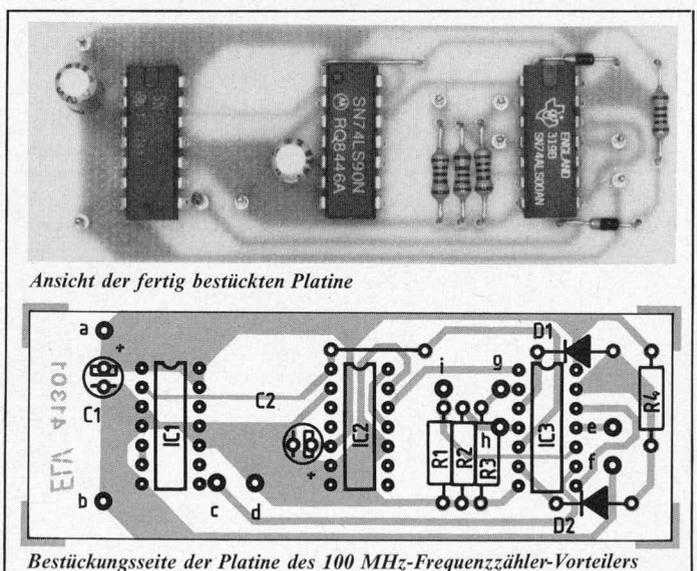
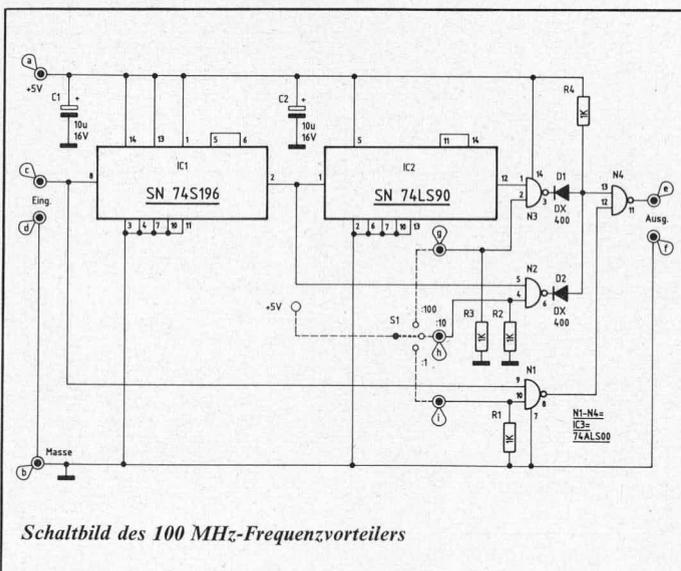
C 1, C 2	10 µF/16 V
----------------	------------

Widerstände

R 1-R 4	1 kΩ
---------------	------

Sonstiges

9 Lötstifte



ELV-Serie 7000: Digital-NF-Stereo-Leistungsmesser NFL 7000



Mit dem NFL 7000 kann die von einem Verstärker abgegebene und von der Lautsprecherbox aufgenommene NF-Leistung gemessen werden. Durch den Einsatz schneller und breitbandiger Analog-Multiplizierer ist eine echte, vollkommen frequenz- und kurvenformunabhängige Leistungsmessung über 6 Dekaden (!) möglich.

Allgemeines

In einfachster Form ist die Messung der Ausgangsleistung eines NF-Verstärkers möglich, indem man die Spannung an dem angeschlossenen Belastungswiderstand mißt. Nach der Formel

$$P = \frac{U^2}{R}$$

kann anschließend die abgegebene Leistung berechnet werden. Aus der Formel erkennt man jedoch, daß bei einer Spannungsverdopplung sich die Leistung vervierfacht. Dies erklärt auch, daß ein nach vorgenanntem Prinzip arbeitender einfacher Leistungsmesser eine stark nicht lineare, d. h. für unseren Fall eine quadratische Skala besitzt. Entsprechende Anzeigen werden in einigen handelsüblichen Verstärkern bereits in integrierter Form eingebaut.

Betrachtet man die Art der Messung etwas genauer, so sind hinsichtlich der Glaubwürdigkeit der angezeigten Meßwerte folgende Einschränkungen zu machen:

1. Die Meßergebnisse sind nur dann aussagekräftig, wenn der angeschlossene Belastungswiderstand rein ohm'sch ist. Da eine angeschlossene Lautsprecherbox aufgrund der Frequenzweiche mit ihren Induktivitäten und Kapazitäten und nicht zuletzt auch die Lautsprecher selbst (Schwingspulen) von der rein ohm'schen Belastung teilweise sogar recht weit entfernt sind, ist die Leistungsmessung in dieser Form als Maß

für die von der Lautsprecherbox aufgenommene Leistung absolut ungeeignet. Der Meßfehler kann mehrere 100 % (!) betragen.

2. Da für die Spannungsmessung meistens Spitzenwert- oder Mittelwertgleichrichter eingesetzt werden, ist für einwandfreie Meßergebnisse nur ein rein sinusförmiges Ausgangssignal des Verstärkers verwendbar. Für den praktischen Einsatzfall (Sprache, Musik) ist dies nicht der Fall, so daß dieses Meßprinzip allein deshalb für die NF-Leistungsmessung ungeeignet ist.

Um alle Faktoren zu berücksichtigen, die für eine echte NF-Leistungsmessung relevant sind, ist es erforderlich, sowohl die an dem angeschlossenen Verbraucher abfallende Spannung als auch den zuhörigen, fließenden Strom unter Berücksichtigung von Kurvenformverzerrungen und Phasenlage zu messen und beide Werte miteinander zu multiplizieren ($P = U \times I$). Für die Multiplikation muß ein schneller und breitbandiger Analogmultiplizierer eingesetzt werden, der dem Kurvenverlauf praktisch verzögerungsfrei folgen kann. Das Ausgangssignal ist dann ein direktes Maß für die vom Verstärker abgegebene bzw. von der angeschlossenen Lautsprecherbox aufgenommene Wirkleistung. Hierbei ist es dann egal, ob zur Ausmessung eines Verstärkers als Verbraucher ein rein ohm'scher Belastungswiderstand oder aber eine Lautsprecherbox mit ihren Filter- und Laut-

Teil 1

sprecherinduktivitäten und Kapazitäten angeschlossen wird.

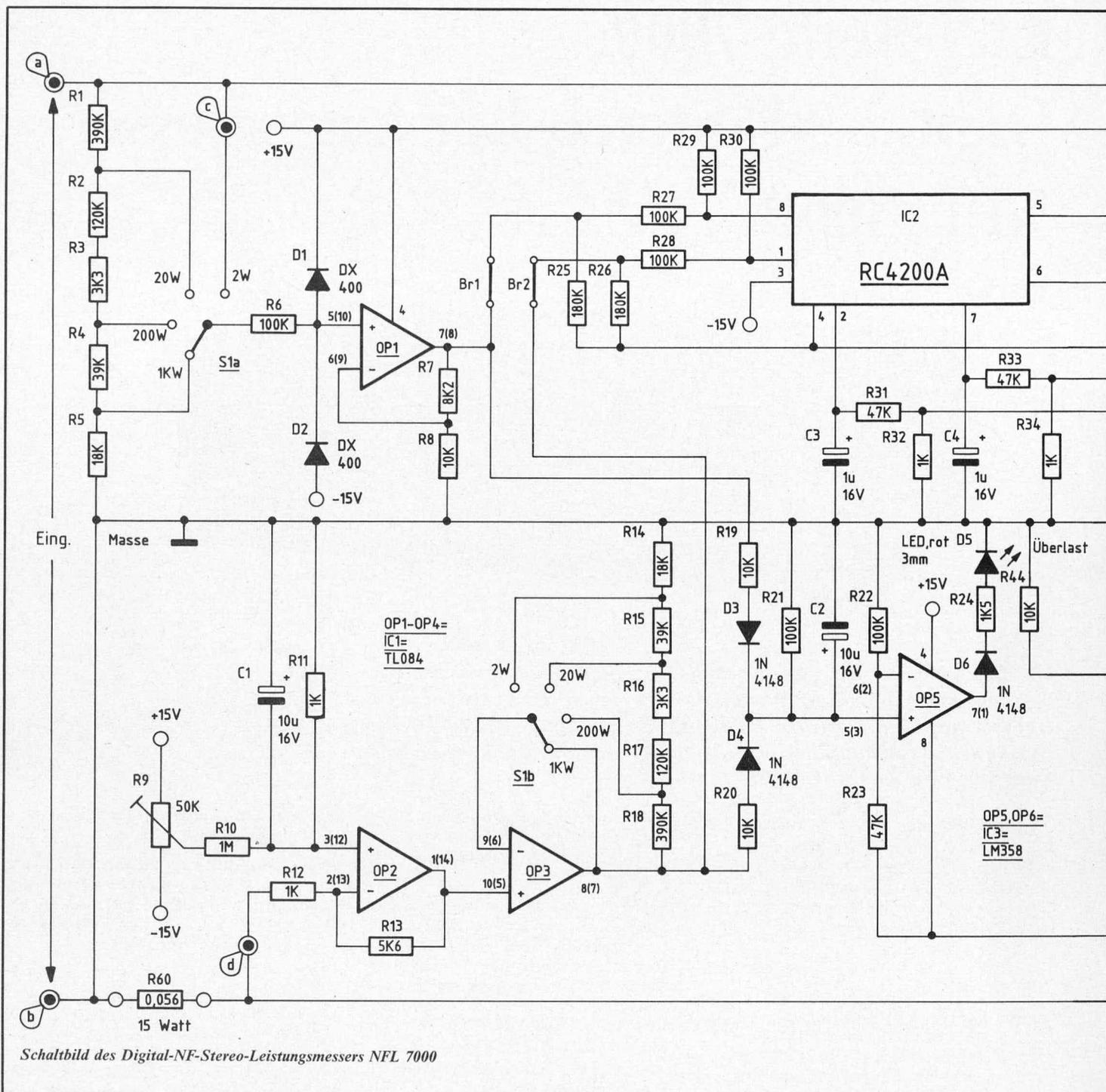
Nach vorstehend beschriebenem und für die echte NF-Wirkleistungsmessung hervorragend geeigneten Meßverfahren, arbeitet auch der ELV Digital-NF-Stereo-Leistungsmesser NFL 7000.

Soll z. B. die Ausgangsleistung eines NF-Verstärkers gemessen werden, die an einen 4Ω Widerstand abgegeben wird, so ist der Verstärkerausgang an den Eingang des NFL 7000 anzuschließen. An den Ausgang des NFL 7000 wird ein entsprechend belastbarer, möglichst induktivitätsarmer 4Ω Widerstand gelegt. Auf der 3,5stelligen Digital-Anzeige kann dann die echte NF-Leistung abgelesen werden, die vom Verstärker dem Widerstand zugeführt wird.

Aufgrund der Konzeption des NFL 7000 können selbstverständlich auch Belastungswiderstände mit anderen Werten eingesetzt werden.

Soll die Leistungsaufnahme einer angeschlossenen Lautsprecherbox gemessen werden, so ist anstelle des Belastungswiderstandes die Lautsprecherbox an den Ausgang des NFL 7000 anzuklemmen. Die jetzt gemessenen Werte können, wie eingangs bereits erwähnt, von den Meßwerten beim rein ohm'schen Belastungswiderstand deutlich abweichen.

Als Besonderheit besitzt das NFL 7000 einen 3stelligen Wahlschalter, mit dem die Meßgeschwindigkeit der Art des NF-Si-



Schaltbild des Digital-NF-Stereo-Leistungsmessers NFL 7000

gnals individuell angepaßt werden kann. Im allgemeinen wird die linke Schalterstellung ($T = 1\text{ s}$) gewählt, bei der die Anzeige nahezu trägheitslos geänderten Leistungsabgaben folgt. Bei stark schwankenden Meßergebnissen wählt man zur Beruhigung der Anzeige die Mittelstellung. Als dritte Möglichkeit können in der rechten Schalterstellung die Spitzenwerte gemessen werden. Auf diese Weise können auch kurzzeitig auftretende Impulsleistungen abgelesen werden. Bei einer konstanten Sinusleistung muß das Meßergebnis in allen drei Schalterstellungen gleich sein, wobei geringfügige Abweichungen (1 % vom Meßbereichsendwert) zulässig sind.

Zur Schaltung

Damit das NFL 7000 universell eingesetzt werden kann, besitzt es vier verschiedene Meßbereiche, die mit dem Drehschalter S 1

stellbar sind. Die Umschaltung von Spannungs- und Strommeßbereich erfolgt hierbei gleichzeitig, wobei davon ausgegangen wurde, daß als Belastungswiderstand entweder $4\ \Omega$ oder $8\ \Omega$ in Frage kommen. Grundsätzlich sind jedoch auch andere Belastungswiderstände im Bereich zwischen $1\ \Omega$ und $100\ \Omega$ einsetzbar, wobei dann allerdings die Meßbereichsendwerte nicht voll erreicht werden, da entweder die Spannungsmessung (Widerstände über $8\ \Omega$) oder die Strommessung (Widerstände unter $4\ \Omega$) vorzeitig in die Begrenzung gehen. Um Fehlmessungen zu vermeiden, besitzt das NFL 7000 eine Überlaufanzeige, damit rechtzeitig in den nächst höheren Meßbereich umgeschaltet werden kann.

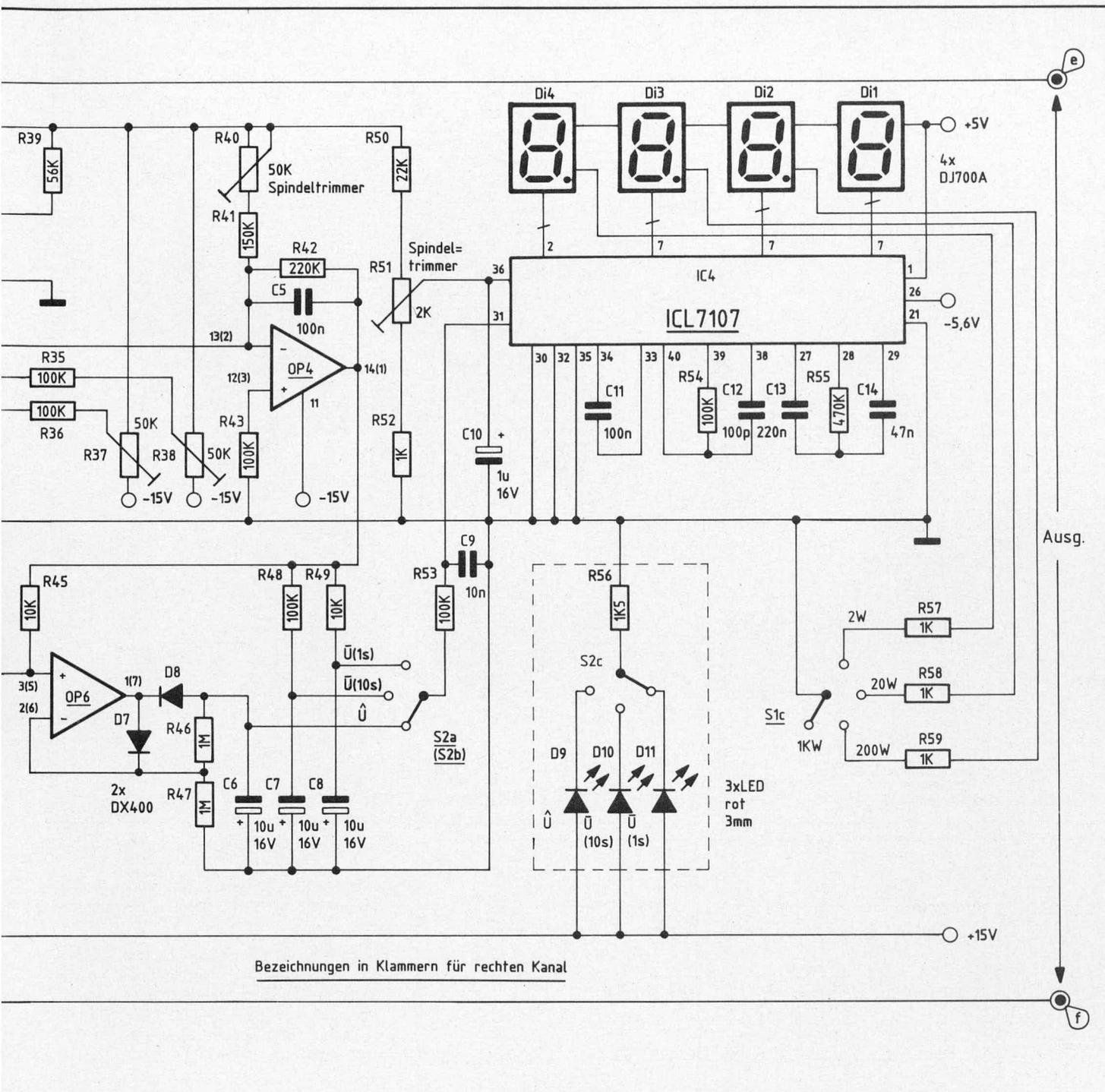
Der in den angeschlossenen Verbraucher hineinfließende Strom wird in Form eines Spannungsabfalles an dem Widerstand R 60 gemessen. Da dieser Widerstandswert

mit $0,056\ \Omega$ sehr niedrig liegt, ist der entsprechende Spannungsabfall praktisch vernachlässigbar gering. Über R 12 gelangt der entsprechende Spannungsabfall auf den invertierenden (-) Eingang des mit OP 2 aufgebauten DC-Verstärkers. Am Ausgang (Pin 1) steht ein 5,6fach verstärktes Signal an.

Anschließend wird eine weitere Verstärkung mit dem OP 3 vorgenommen, in dessen Rückkopplungszweig, der zur Verstärkungsumschaltung dienende Drehschalter S 1 b eingefügt wurde.

Das Ausgangssignal des OP 3 (Pin 8) gelangt dann auf den Strommultiplizier-Eingang des Analog-Multiplizierers des Typs RC 4200 A (Punkt „Br 2“).

OP 1 dient zur Impedanzwandlung und gleichzeitig zur Signalverstärkung für den Spannungseingang. Am Ausgang des OP 1



Bezeichnungen in Klammern für rechten Kanal

(Pin 7) steht die verstärkte und gepufferte Eingangssignalspannung an, die über den Meßpunkt „Br 1“ auf den Spannungsmeßeingang des Analog-Multiplizierers gelangt. Sowohl vom Ausgang des OP 1 (Pin 7) als auch vom OP 3 (Pin 8) wird über je einen Widerstand und eine Diode (R 19/D 3, R 20/D 4) ein Signal auf den nicht invertierenden (+) Eingang des OP 5 gegeben, der mit seiner Zusatzbeschaltung zur Erkennung von Meßbereichsüberschreitungen eingesetzt wird.

Der Analog-Multiplizierer

Das Herz der Schaltung besteht aus dem Präzisions-Analog-Multiplizierer der Firma Raytheon des Typs RC 4200 A (IC 2). In Verbindung mit den Widerständen R 25 bis R 43, den Kondensatoren C 3 bis C 5 sowie dem Operationsverstärker OP 4, ist damit ein hochwertiger, besonders linearer

Vier-Quadranten-Analog-Multiplizierer aufgebaut. Wie bereits in dem Artikel „Leistungsmeßgerät LMG 7000“ (ELV journal Nr. 32 und 33) ausführlich beschrieben, arbeitet das IC nach der Gleichung $I_1 \times I_2 = I_3 \times I_4$.

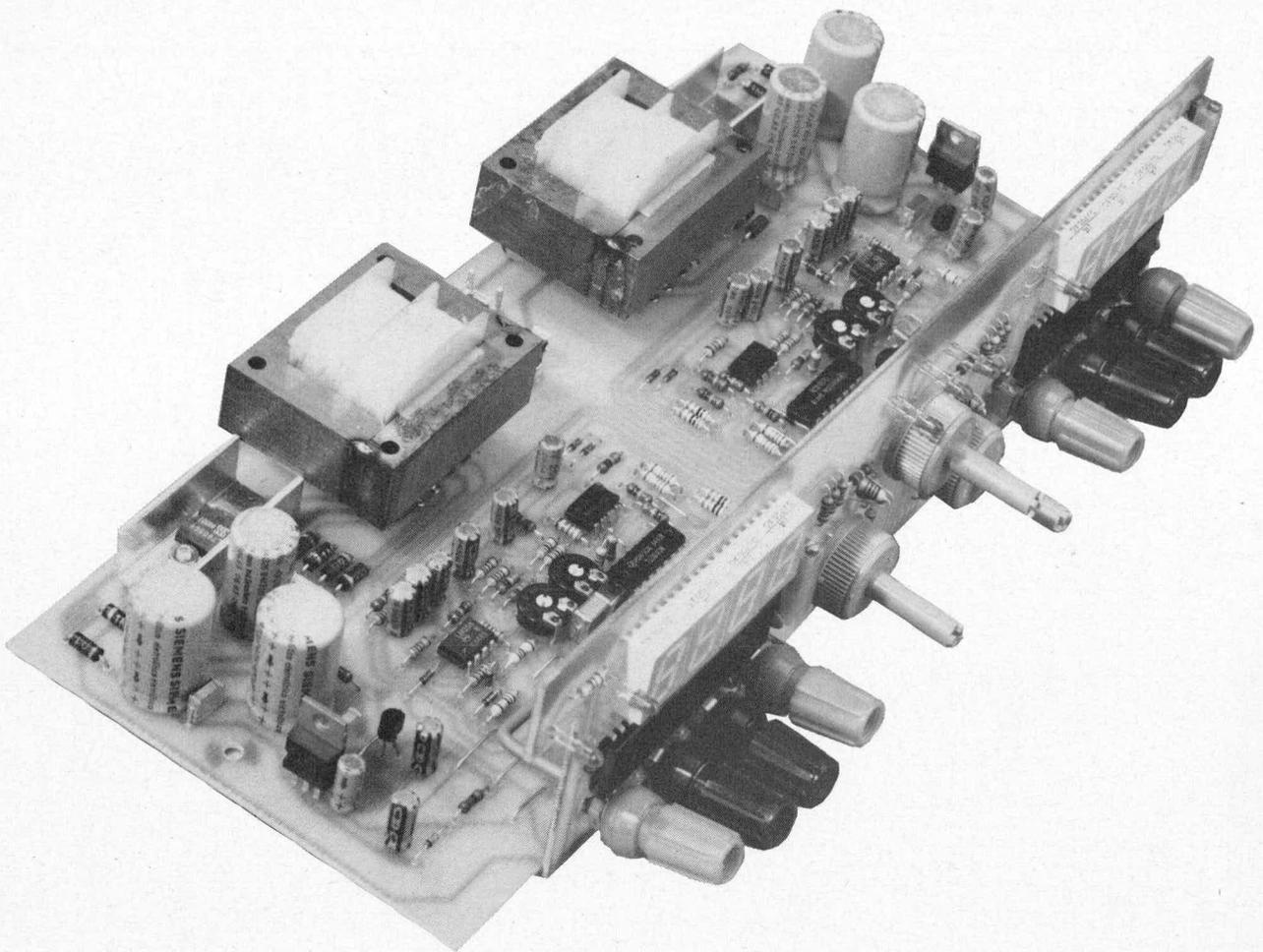
Am Ausgang (Pin 14) von OP 4 steht eine Gleichspannung zur Verfügung, die der Leistung proportional ist und die sich aus den beiden Eingangsgrößen „U“ multipliziert mit „I“ ergibt.

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

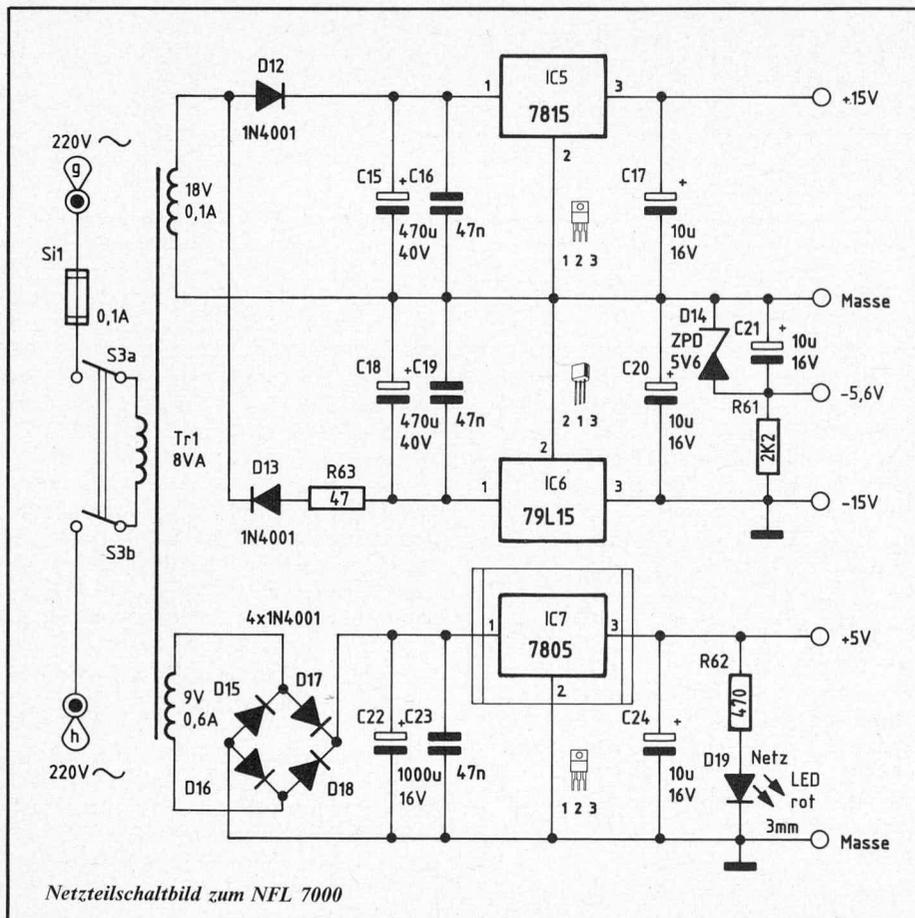
Durch den Kondensator C 5 wird eine Integration der Ausgangsspannung vorge-

nommen. Hierdurch stellt sich am Ausgang des OP 4 eine Gleichspannung ein, die sich zur direkten Anzeige durch den A/D-Wandler des Typs ICL 7107 (IC 4) eignet. Letztgenanntes IC setzt eine Eingangsspannung (zwischen Pin 30 und Pin 31) in eine proportionale Digitalanzeige um. Mit den Trimmern R 37 und R 38 wird ein Feinabgleich des Analog-Multiplizierers vorgenommen. R 40 dient zur Nullpunkteinstellung.

Mit dem Schalter S 2 wird die Umschaltung der Meßgeschwindigkeit vorgenommen. Befindet sich der Schalter in der eingezeichneten Stellung, wird über OP 6 mit Zusatzbeschaltung eine Spitzenwertmessung vorgenommen, d. h. C 6 wird in kurzer Zeit aufgeladen (bereits kurze Impulse genügen), während er über R 46, R 47, langsamer entladen wird, wodurch der aufgetretene Spitzenwert auf der Digital-Anzei-



Ansicht des fertig aufgebauten Digital-NF-Stereo-Leistungsmessers NFL 7000 vor dem Einbau ins Gehäuse



Netzschaltbild zum NFL 7000

ge gut abgelesen werden kann. In den beiden anderen Schalterstellungen wird das Meßergebnis gemittelt und kann mehr oder weniger schnell sich ändernden Werten folgen.

Bis auf S2 ist die vorstehend beschriebene Schaltung zweimal vorhanden, d. h. für jeden der beiden Stereo-Kanäle ist ein vollkommen separates Meßgerät vorhanden (einschließlich Netzteil). Mit S2 a wird die Anzeigegeschwindigkeit des linken Kanals, mit S2 b die des rechten Kanals gewählt, während S2 c die drei zugehörigen Leuchtdioden über R 56 (nur einmal vorhanden) ansteuert.

Netzteil

Die zweimal vollkommen getrennt aufgebaute Stromversorgung der Schaltung erfolgt über je einen Netztransformator mit jeweils 2 getrennten Sekundärwicklungen.

Die zur Versorgung erforderlichen Gleichspannungen werden mit drei Festspannungsreglern stabilisiert. Eine zusätzliche negative Spannung für den A/D-Wandlerbaustein des Typs ICL 7107, wird mit Hilfe der Z-Diode D 14 und dem Vorwiderstand R 61 erzeugt.

In der nächsten Ausgabe des ELV journals (Nr. 42) wird im zweiten und abschließenden Teil dieses Artikels der Nachbau und die Kalibrierung ausführlich beschrieben.

In der vorliegenden Ausgabe des ELV journals beginnen wir mit einer mehrteiligen Artikelserie, die grundlegende und gleichermaßen wissenschaftliche Dinge über unser Gehör sowie über verschiedene Arten und Ausführungen von Schallwandlern vermittelt. Neben dem Aufbau und der Funktion unseres Ohres wird über dessen akustische Aufnahme- und Bewertungsfähigkeit einschließlich diverser psychoakustischer Effekte berichtet. Die Betrachtung der Schallwandler wird sich in der Hauptsache auf Mikrofone und Kopfhörer konzentrieren. — Die Einzelbeiträge erscheinen mit folgenden Teilüberschriften:

1. Grundlegende Begriffe aus der Akustik; 2. Aufbau und Funktion des menschlichen Gehörs; 3. Psychoakustische Eigenschaften unseres Gehörs; 4. Elektroakustische Wandler; 5. Mikrofone; 6. Kopfhörer

Einleitung

Zur elektronischen Übertragung von Schalleignissen (z. B.: Sprache, Musik ...) benötigt man stets a) Mittel für die Schallaufnahme (z. B.: Mikrofone), b) eine elektroakustische Übertragungsstrecke (z. B.: Verstärker, Mischer ... usw.) und c) Mittel für die Schallwiedergabe (z. B.: Lautsprecher, Kopfhörer — Bild 1.1). Während Mikrofone Schallenergie in elektrische Energie umwandeln, sorgen Lautsprecher und Kopfhörer für eine Energieumwandlung in umgekehrter Richtung, sie setzen elektrische Energie in akustische Energie um. Wegen ihrer energieumwandelnden Funktion bezeichnet man sie auch als elektroakustische Wandler oder einfach als Schallwandler. Die Güte einer elektroakustischen Übertragung, wie wir sie letztlich mit unseren Ohren beurteilen, hängt in entscheidendem Maße von der Übertragungsqualität der Schallwandler ab.

1. Grundlegende Begriffe aus der Akustik

In den einschlägigen Lehrbüchern wird die Akustik i. a. als die Lehre von den mechanischen Schwingungen in festen, flüssigen

und gasförmigen Medien definiert. Damit derartige Schwingungen auftreten und sich ausbreiten können, muß in jedem Falle Materie — gleichgültig in welchem Aggregatzustand — vorhanden sein. Im Vakuum finden keine akustischen Vorgänge statt.

Eine wichtige Größe zur Kennzeichnung einer Schwingung ist u. a. ihre Frequenz, d. h. ihre Schwingungszahl pro Zeiteinheit. Ausgehend von demjenigen Schwingfrequenzbereich, den wir mit unserem Gehör wahrnehmen können und den wir gewohnt sind als (Hör-)Schall zu bezeichnen, hat sich für die von uns nicht mehr hörbaren Frequenzbereiche eine analoge Bezeichnungswiese eingebürgert: Extrem niederfrequente, nicht mehr hörbare Schwingungen mit Frequenzen unterhalb von etwa 16 Hz bezeichnet man als Infraschall, während sehr hochfrequente, ebenfalls nicht mehr wahrnehmbare Schwingungen mit Frequenzen oberhalb von etwa 16 kHz als Ultraschall bezeichnet werden.

Entsprechend dem Medium, in dem Schall auftritt und sich ausbreitet, unterscheidet man generell zwischen Körperschall, Flüssigkeitsschall und Luftschall. Da das Wasser von allen flüssigen Medien für die Aku-

stik die größte Bedeutung hat, spricht man in der Praxis auch dann noch von Hydroakustik, wenn es sich in Wirklichkeit um Schallvorgänge in ganz anderen Flüssigkeiten handelt; genauso wird der Begriff Luftschall — quasi stellvertretend — auch für akustische Ereignisse in jedem anderen gasförmigen Medium verwendet. Hydroakustische Vorgänge spielen sich z. B. auch in unserem menschlichen Innenohr ab. Davon wird im nächsten Beitrag noch die Rede sein. Die in dieser Aufsatzreihe insgesamt behandelten Themen werden sich zu einem überwiegenden Teil mit Vorgängen aus dem Bereich des Luftschalls befassen.

Die einfachste Art Schall zu erzeugen besteht darin, einen festen Körper (z. B. eine Glocke, eine Stimmgabel oder eine Lautsprechermembran) zu Schwingungen anzuregen, der diese an die umgebende Luft weitergibt. Der Akustiker bezeichnet das als Schallabstrahlung. Gegenstände oder Vorrichtungen, mit denen das möglich ist oder die speziell dafür geschaffen sind, nennt man Schallquellen oder Schallsender.

Bei der Schallabstrahlung in Luft werden die kleinsten Partikel des Mediums, d. h. die Luftmoleküle, zu Schwingungen um ihre Ruhelage herum angeregt, wobei diese wiederum die ihnen jeweils benachbarten Luftpartikel anregen, usw. Die schwingenden Luftmoleküle wandern während eines derartigen Erregungszustandes nicht weiter, sondern führen lediglich Schwingbewegungen um ihre Ruhelage aus. Bild 1.2 veranschaulicht das anhand einer schwingenden Membran, die in der dort gezeigten Modelldarstellung eine Reihe von elastisch gelagerten Masseteilchen (= Luftmoleküle) zu Schwingungen anregt. — Die auf diese Weise von einer punktförmig angenommenen Schallquelle ausgehende Erregung breitet sich wellenförmig nach allen Seiten des Raumes aus, und zwar mit einer Geschwindigkeit, die in Luft bei Raumtemperatur 343 m/s beträgt. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Erregung nennt man Schallgeschwindigkeit (Symbol: c). In einem Raum, in dem sich Schallwellen ausbreiten, entsteht ein Schallfeld, das man meßtechnisch nachweisen und in Maß und Zahl beschreiben kann.

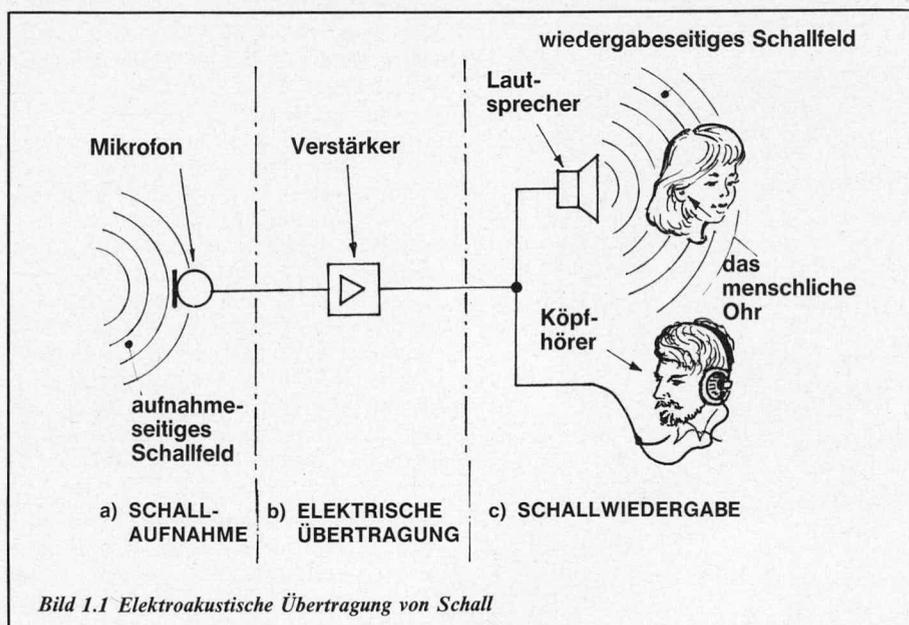


Bild 1.1 Elektroakustische Übertragung von Schall

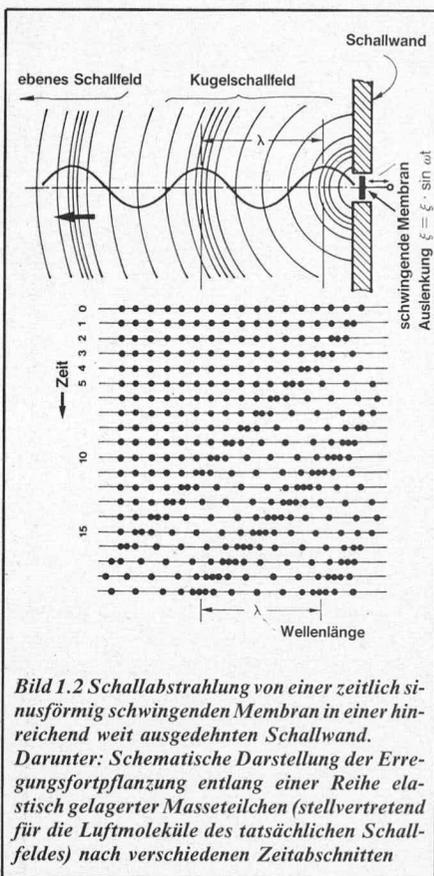


Bild 1.2 Schallabstrahlung von einer zeitlich sinusförmig schwingenden Membran in einer hinreichend weit ausgedehnten Schallwand.
 Darunter: Schematische Darstellung der Erregungsförpflanzung entlang einer Reihe elastisch gelagerter Masseiteilchen (stellvertretend für die Luftmoleküle des tatsächlichen Schallfeldes) nach verschiedenen Zeitabschnitten

Die in der akustischen Meßtechnik am häufigsten gemessene Größe ist der sogenannte Schalldruck (Symbol: p) bzw. Schalldruckpegel (Symbol: L). Unter dem Schalldruck versteht man den sich zeitlich mit der Schallfrequenz und räumlich mit der Schallgeschwindigkeit ändernden Luftdruck (= Wechseldruck) bezogen auf einen bestimmten Beobachtungsort des Schallfeldes. Da der Schalldruck eine „Wechselgröße“ ist, kann man ihn genauso wie eine elektrische Wechselspannung oder einen elektrischen Wechselstrom als Momentanwert, Scheitelwert oder Effektivwert darstellen und angeben. Den Schall(wechsel)druck kann man sich als eine dem normalen atmosphärischen Luftdruck (= 101325 N/m^2) überlagerte Druckschwankung vorstellen. — Es hat sich aus

verschiedenen Gründen als sehr sinnvoll erwiesen, statt des Schalldrucks den sogenannten Schalldruckpegel

$$L = 20 \cdot \lg \frac{\tilde{p}}{\tilde{p}_0} \quad \text{in Dezibel (dB)}$$

$$\tilde{p}_0 = 20 \mu\text{N/m}^2$$

zu messen und damit zu arbeiten. Die Messung erfolgt i. a. mit einem schalldruckempfindlichen Mikrofon, dessen abgegebene elektrische Signalspannung ein direktes Maß für den gemessenen effektiven Schalldruck \tilde{p} ist. Das nachfolgende Meßgerät bildet daraus den durch die obige Formel definierten Schalldruckpegel L (in dB), indem es den gemessenen Schalldruck \tilde{p} ins Verhältnis setzt zu einer Bezugsgröße \tilde{p}_0 (= Effektivwert des kleinsten Schalldrucks, den unser Gehör gerade noch wahrzunehmen vermag), den erhaltenen Quotienten logarithmiert und mit dem Faktor 20 multipliziert. Derartige Meßgeräte gibt es sowohl als eigens nur für diesen Zweck gebaute Schallpegelmesser oder auch als universell konzipierte Pegel-Meßgeräte (Bild 1.3).

Neben dem Schalldruck gibt es noch eine weitere Größe zur quantitativen Beschreibung eines Schallfeldes, nämlich die sogenannte Schallschnelle (Symbol: v). Man versteht darunter die Wechselgeschwindigkeit, mit der die schwingenden Luftmoleküle sich um ihre Ruhelage bewegen; die Schallschnelle darf nicht verwechselt werden mit der Schallgeschwindigkeit!

Das Produkt aus dem Schalldruck und der Schallschnelle — gemessen an einem bestimmten Punkt des Schallfeldes — ergibt die Schallintensität (Symbol: I) an diesem Ort.

Der Quotient aus dem Schalldruck und der Schallschnelle ergibt die spezifische Schallimpedanz (Symbol: Z). Mit wachsender Entfernung von einer Schallquelle nehmen die Schallwellen — bezogen auf das Rauminhalt eines Meßortes — zunehmend ebenen Charakter an (s. a. Bild 1.2). In diesem Bereich des Feldes, den man auch als ebenes Schallfeld bezeichnet, ist der Quotient aus Schalldruck und Schallschnelle an jedem Ort gleich groß, d. h. die spezifische Schallimpedanz geht hier über in die konstante Schallkennimpedanz (Symbol: Z_0),

die gewissermaßen eine Materialkonstante für das jeweilige Medium darstellt und sich aus dem Produkt von Schallgeschwindigkeit und Mediumdichte errechnet. Für Luft beträgt die Schallkennimpedanz $Z_0 = 408 \text{ N s/m}^3$. Früher bezeichnete man diese Größe auch als Wellenwiderstand.

In der unmittelbaren Nähe einer punktförmigen Schallquelle haben die Schallwellen noch eine deutlich erkennbare kugelförmige Geometrie, s. Bild 1.2. Man bezeichnet daher die in diesem Teil des Schallfeldes auftretenden Schallwellen als Kugelschallwellen. Das ebene Schallfeld und das Kugelschallwellen-Schallfeld unterscheiden sich akustisch durch eine Reihe von grundlegenden Eigenschaften. Das kugelförmige Schallfeld läßt sich ferner noch unterteilen in ein sogenanntes Nahfeld und Fernfeld. Auch zwischen diesen beiden Schallfeldbereichen gibt es prinzipielle Unterschiede, die insbesondere bei akustischen Messungen beachtet werden müssen. Im Fernfeldbereich der sich frei ausbreitenden Kugelschallwellen nimmt der Schalldruck umgekehrt proportional mit der Entfernung von der Schallquelle ab. Mißt man im Fernfeld den Schalldruckpegel, so stellt man demzufolge eine Pegelabnahme von 6 dB pro Entfernungsverdopplung fest. Wo das nicht der Fall ist, hat man es mit keinem freien Kugelschallfeld zu tun. Hier können Reflexionen im Spiel sein, die den resultierenden Schalldruckpegel entsprechend beeinträchtigen. Auf diesen Punkt kommen wir noch zurück. — Im ebenen Schallfeld ist der Schalldruck und somit auch der Schalldruckpegel unabhängig von der Schallquellenentfernung. Schalldruck und Schallschnelle sind im ebenen Feld phasengleich; im Nahfeld der Quelle strebt der Phasenwinkel zwischen Schalldruck und Schallschnelle gegen 90° .

Die in einem Abstand Δx zwischen zwei Punkten eines Schallfeldes auftretende Schalldruckänderung Δp wird in der Akustik durch den sogenannten Schalldruckgradienten (= $\Delta p / \Delta x$) ausgedrückt. Es gibt beispielsweise Mikrofone, die nur auf den Druckgradienten reagieren. Davon wird im speziellen Aufsatzteil über Mikrofone noch die Rede sein.

Die untere Darstellung im Bild 1.2 zeigt schematisch ein Momentanbild des Erregungszustandes der Mediumpartikel im Schallfeld. Die dort dargestellte periodische Anregung durch eine zeitlich sinusförmig schwingende Membran läßt eine ebenfalls periodische Folge von Teilchenverdichtungen und Teilchenverdünnungen entstehen. Bei gleichbleibender Anregungsfrequenz (Symbol: f) sind die Abstände zwischen je zwei aufeinander folgenden, gleichartigen Erregungszuständen (Verdichtung oder Verdünnung) gleich groß; man nennt sie die Wellenlänge (Symbol: λ) der Schwingung. Das Produkt aus der anregenden Frequenz und der Wellenlänge ergibt die Schallgeschwindigkeit:

$$c = f \cdot \lambda$$

Wir hatten bisher nur von einer punktförmigen Schallquelle gesprochen, bei der man voraussetzt, daß sie den Schall gleichmäßig nach allen Seiten des Raumes abstrahlt. Ein anderes Beispiel für einen

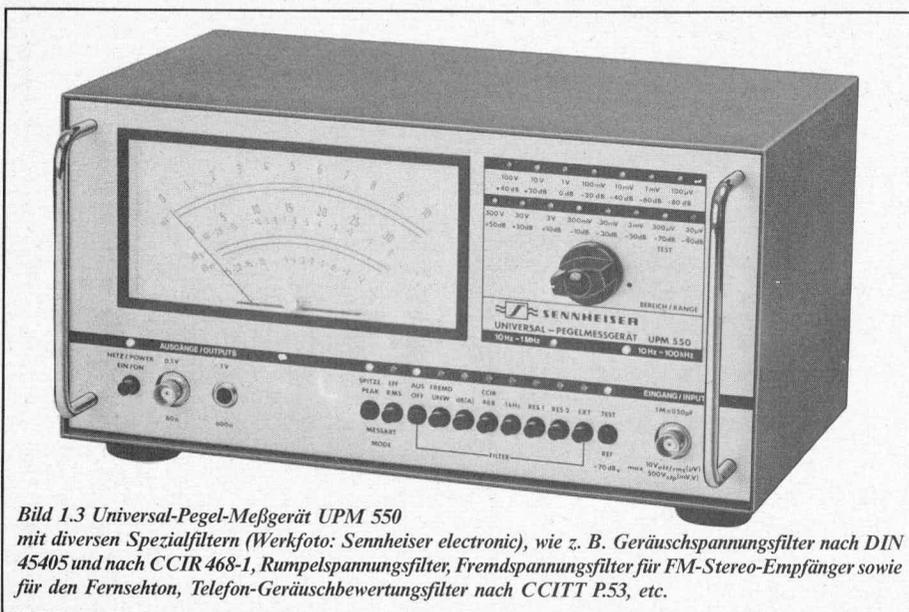


Bild 1.3 Universal-Pegel-Meßgerät UPM 550
 mit diversen Spezialfiltern (Werkfoto: Sennheiser electronic), wie z. B. Geräuschspannungsfilter nach DIN 45405 und nach CCIR 468-1, Rumpelspannungsfilter, Fremdspannungsfilter für FM-Stereo-Empfänger sowie für den Fernsehon, Telefon-Geräuschbewertungsfiler nach CCITT P.53, etc.

derartigen Schallstrahler ist die „atmende“ Kugel. In der Akustik bezeichnet man Schallquellen dieser Art auch als Kugelstrahler 0. Ordnung (= nullte Ordnung) oder als Monopole. Auch ein Lautsprecher mit rückseitig geschlossenem Gehäuse kann ein Monopolstrahler sein, sofern seine Abmessungen klein gegenüber der Wellenlänge sind. Daneben gibt es auch noch Strahler höherer Ordnung, z. B. Dipole, Quadrupole, deren gemeinsames Kennzeichen darin besteht, daß sie den Schall gerichtet, d. h. in bestimmte Vorzugsrichtungen abstrahlen. Zur Charakterisierung der Abstrahleigenschaften einer Schallquelle gehört in jedem Falle auch eine Aussage über ihre Richtwirkung und deren Frequenzabhängigkeit. Stellt man sich die Schallquelle als Mittelpunkt einer gedachten Kugel vor, deren Radius so groß sei, daß sich jeder Punkt auf der Kugeloberfläche im Fernfeld der Quelle befindet, so herrscht in jedem dieser Punkte ein ganz bestimmter Schalldruck \tilde{p} . Jeder Punkt auf der Kugeloberfläche ist durch seinen Abstand r vom Kugelmittelpunkt (= Schallquelle) sowie durch seinen Azimutwinkel φ und seinen Polarwinkel ϑ — gemessen gegen eine ganz bestimmte Bezugsrichtung der Quelle — geometrisch eindeutig definiert (Bild 1.4). Trägt man die gemessenen oder berechneten Werte des Schalldrucks \tilde{p} in Abhängigkeit von den Parametern ($r = \text{konst.}, \varphi, \vartheta$) als Radiusvektoren mit gemeinsamen Ursprung im Kugelmittelpunkt auf, so beschreiben die Vektorendpunkte eine räumliche Fläche, die man als Richtcharakteristik der Schallquelle bezeichnet. Jeder Schnitt dieser dreidimensionalen Fläche mit einer durch den Kugelmittelpunkt hindurchgehenden Ebene ergibt als Schnittkurve ein Richtdiagramm.

Die Richtwirkung einer Schallquelle kann entweder grafisch durch Angabe ihrer Richtcharakteristik bzw. ihres Richtdiagramms, oder numerisch durch Angabe ihres Richtungsfaktors (Symbol: Γ) oder ihres Richtungsmaßes (Symbol: D) beschrieben werden. Der Richtungsfaktor ist durch die folgende Beziehung definiert:

$$\Gamma = \frac{\tilde{p}(r, \varphi, \vartheta)}{\tilde{p}(r, \varphi_0, \vartheta_0)}$$

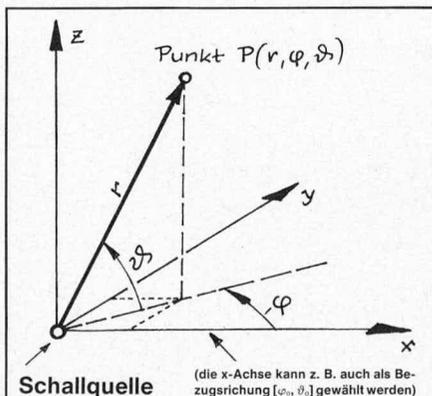


Bild 1.4 Kennzeichnung eines Raumpunktes P durch seinen Abstand r von der Schallquelle sowie durch seinen Azimutwinkel φ und seinen Polarwinkel ϑ bezogen auf eine bestimmte Bezugs-Abstrahlrichtung (φ_0, ϑ_0)

Darin sind $\tilde{p}(r, \varphi, \vartheta)$ der gemessene oder berechnete effektive Schalldruck in Richtung (φ, ϑ) und $\tilde{p}(r, \varphi_0, \vartheta_0)$ der Bezugsschalldruck in einer gewählten Bezugsrichtung (i. a. wählt man dafür die Hauptabstrahlrichtung der Quelle), und zwar bei gleicher Entfernung r zur Schallquelle (Bild 1.4).

Anstelle des Richtungsfaktors Γ verwendet man in der Praxis häufig auch das Richtungsmaß

$$D = 20 \cdot \lg \Gamma = L(r, \varphi, \vartheta) - L(r, \varphi_0, \vartheta_0) \quad (\text{in Dezibel}).$$

L = Schalldruckpegel

Es ist definiert als der zwanzigfache Logarithmus des Richtungsfaktors Γ oder — was das gleiche ist — als Pegeldifferenz zwischen den beiden zueinander ins Verhältnis gesetzten Schalldruckwerten.

Die obigen Ausführungen zum Verhalten des Schalldruckes im kugelförmigen Schallfeld galten nur für den Fall des freien Kugelschallfeldes, d. h. eines Schallfeldes, in dem nur von der Schallquelle forteilende Schallwellen existieren. Man spricht in dem Zusammenhang auch von fortschreitenden Wellen. In der Praxis begegnet man wirklich freien Schallfeldern allerdings nur sehr selten. Ein annähernd freies Schallfeld kann man z. B. auf dem Gipfel eines sehr hohen Berges erzeugen, von wo aus eine Schallquelle nur fortschreitende Schallwellen aussendet und reflektierte Wellenanteile praktisch nicht auftreten. Will man sich beispielsweise für akustische Meßzwecke ein freies Schallfeld unter Laborbedingungen schaffen, so gibt es dafür den sogenannten reflexionsfreien Raum (in der Umgangssprache auch „schalltoter“ Raum genannt). Die Begrenzungsflächen eines solchen Raumes sind lückenlos mit schallabsorbierendem Material, meist keilförmiger Geometrie ausgekleidet, wobei die Keilspitzen in den Raum hineinragen und auf diese Weise zusätzlich zur Vermeidung von Schallreflexionen beitragen. — Treffen Schallwellen — aus dem Medium Luft kommend — auf eine Raumbegrenzung oder ein anderes Hindernis, dessen Schallkennimpedanz Z_0 wesentlich größer ist als die Kennimpedanz von Luft, so werden die Wellen an der Grenzfläche zwischen beiden Medien zu einem mehr oder weniger großen Teil zurückgeworfen oder reflektiert.

Kann sich der Schall nur in einer Raumrichtung ausbreiten, wie das z. B. bei Schallvorgängen in Rohren der Fall ist, so interferieren im Falle eines nicht reflexionsfreien Rohrabschlusses die hinlaufenden und reflektierten Schallwellen miteinander, und es kommt zur Ausbildung von stehenden Wellen. — Befindet sich dagegen die Schallquelle in einem allseits von reflektierenden Begrenzungsflächen umgebenen Raum, so erfahren die zunächst nur fortschreitenden Wellen an diesen Flächen eine Vielzahl von nacheinander stattfindenden Reflexionen, so daß sich nach einer sehr kurzen Zeit — gemessen vom Augenblick der Inbetriebnahme der Schallquelle — eine völlige „Durchmischung“ des Raumes mit Schallwellen aus jeder beliebigen Raumrichtung ausgebildet hat. Die Wahrscheinlichkeit für einen Schalleinfall aus

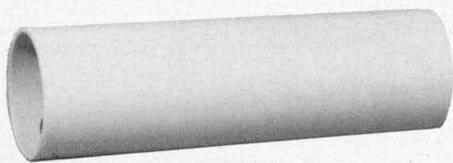
jeder Richtung des Raumes ist an jedem Raumpunkt gleich groß. Es herrscht ein sogenanntes diffuses Schallfeld, in dem die Schallintensität und mit ihr auch der Schalldruck konstant sind. Lediglich in der unmittelbaren Umgebung um die Schallquelle herum tritt ein räumlich begrenztes Direktschallfeld (= Feld der von der Quelle ausgesandten Wellen) auf. Die räumliche Ausdehnung des direkten und des diffusen Schallfeldes wird durch die Raumeigenschaften um die Schallquelle herum bestimmt, wobei die Grenze zwischen beiden Schallfeldern durch den sogenannten Hallradius gegeben ist. Diffusen Schallfeldern kommt in der akustischen Meßtechnik eine große Bedeutung zu. Zu ihrer Erzeugung gibt es eigens dafür geschaffene Räume, sogenannte Hallräume. — Sowohl im freien als auch im diffusen Schallfeld werden u. a. die Übertragungseigenschaften von elektroakustischen Wandlern meßtechnisch bestimmt. Darüber wird noch in einem späteren Aufsatz dieser Reihe berichtet. Abschließend sei ein Begriff noch erwähnt und erläutert, ohne den viele Erscheinungen bei der Schallausbreitung nicht zu verstehen wären, nämlich die Schallbeugung. Aus der Optik ist uns bekannt, daß jeder lichtundurchlässige Gegenstand, der im Strahlengang des Lichts steht, einen seinen Umrissen entsprechenden Schatten wirft, bzw. daß jede Blende in einer lichtundurchlässigen Wand nur einen solchen Lichtstrahl hindurchläßt, der genau der Form der Blendenöffnung entspricht. Eine derartige Schattenwirkung kann man bei der Schallausbreitung nur unter ganz bestimmten Bedingungen beobachten. Wie wir aus Erfahrung wissen, kennen wir normalerweise keine akustische Schattenbildung im streng optischen Sinne; wir sind gewohnt, auch Schallereignisse quasi „um die Ecke“ herum zu hören. Die Ursache dafür sind Beugungserscheinungen. Hindernisse oder Blenden, die man dem Licht entgegenstellt, sind i. a. sehr viel größer als die Lichtwellenlängen. In der Akustik ist das anders. Betrachtet man nur den Frequenzbereich zwischen 100 Hz und 10 kHz, so entspricht dem ein Wellenlängenbereich von etwa 3,4 m bis 3,4 cm. Das ist aber genau der Bereich, in dem sich die Abmessungen sehr vieler Gegenstände unserer unmittelbaren Umgebung bewegen. Infolgedessen wird die Ausbreitung von Schall entscheidend durch die Gesetze der Beugung bestimmt.

Läßt man z. B. ebene Schallwellen gegen eine Wand laufen, die eine Blende besitzt, wobei die Blendenöffnung sehr viel größer als die Schallwellenlänge ist, so ist das hindurchtretende Schallwellenbündel tatsächlich ein Abbild der Blendengeometrie. Sind die Blendenabmessungen dagegen gleich groß oder gar noch kleiner als die Schallwellenlänge, so erfährt das ursprünglich hindurchtretende Schallwellenbündel eine so starke Beugung nach allen Seiten, daß daraus wieder Kugelschallwellen entstehen, die sich nach allen Richtungen des hinter der Blende befindlichen Halbraumes gleichmäßig ausbreiten.

In der nächsten Folge beschäftigen wir uns mit dem Aufbau und der Funktion unseres Gehörs.

ELV-Serie micro-line

Funkuhrensystem doc 85



Die doc 85 ist ein komplettes Uhrensystem, das seine Zeitinformation von dem PTB-Sender DCF 77 in Mainflingen bei Frankfurt erhält. Die amtliche Uhrzeit für die Bundesrepublik Deutschland wird von diesem Sender mit einer maximalen Abweichung von einer Sekunde in 300 000 Jahren (!) ausgestrahlt. Die Uhr braucht daher niemals gestellt zu werden, da sie ständig, ähnlich einem Rundfunk-Empfänger, die Uhrzeit empfängt.

Die ausgereifte Entwicklung ermöglicht einen besonders einfachen und sehr kostengünstigen Nachbau. Zusätzlich besitzt die Funkuhr eine Vielzahl Features, die im weiteren Verlauf dieses Artikels ausführlich beschrieben werden.

Allgemeines

Die doc 85 aus der ELV-Serie micro-line ist ein komplettes Funkuhrensystem, das seine Zeitinformation von dem PTB-Sender DCF 77 in Mainflingen bei Frankfurt erhält. Die ausgestrahlten Zeitsignale genügen extrem hohen Genauigkeitsanforderungen. Der Sender strahlt rund um die Uhr einmal pro Minute die amtliche Uhrzeit der Bundesrepublik Deutschland aus. Die doc 85 braucht also niemals gestellt zu werden. Auch bei gestörtem Empfang oder bei vorübergehendem Senderausfall zeigt sie, aufgrund einer eingebauten Quarzuhr, stets die korrekte Uhrzeit an. Aufwendige Filter- und Auswerte-Algorithmen gewährleisten unter allen Betriebsumständen, auch bei stark gestörtem Empfang, die richtige Uhrzeit. Sie führt automatisch die Umschaltung zwischen Sommer- und Winterzeit aus.

Die Zeitanzeige erfolgt in zwei unterschiedlichen Betriebsarten auf einem 6stelligen LED-Display:

1. Statische Anzeige von Zeit, Datum oder Wochentag.
2. Alternierende Darstellung von Zeit und Datum im Verhältnis 8 : 2 oder statische Anzeige von Datum und Wochentag.

Die doc 85 ist in der Lage, vier Schaltzeiten wahlweise als Ein- oder Ausschalttermine zu bearbeiten. Mit Hilfe der Tasten „Programm“ und „Setzen“ werden die Schalttermine festgelegt.

Über die Taste „Ein/Aus“ kann darüber

hinaus der Schaltausgang bzw. der Signalgeber aktiviert bzw. deaktiviert werden.

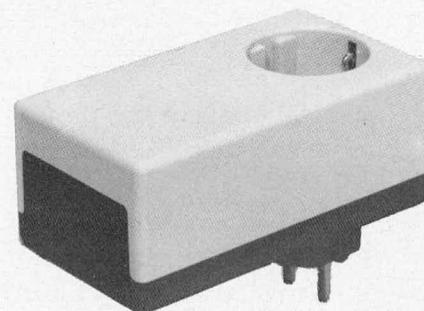
Ein eingebautes Testprogramm erlaubt das Testen des Uhrensystems und der Anzeige.

Auf der Anzeige der doc 85 sind zusätzlich folgende Informationen ablesbar:

1. LED für Sommer- und Winterzeiterkennung.
2. LED für DCF 77- oder Quarzuhrbetrieb.
3. LED für Zustandsanzeige des Schaltausganges.
4. Sekundentaktanzeige über den rechten Punkt des 6stelligen Displays.
5. Zusätzlich besitzt der zentrale Uhrenbaustein des Typs „GDS DCF 1.0“ einen Sekundentakt zum Steuern von mechanischen Uhrwerken.

Funktions- und Schaltungsbeschreibung

Der PTB-Sender DCF 77 in Mainflingen bei Frankfurt/Main sendet im Langwellenbereich auf 77,500 kHz ständig die amtliche Uhrzeit der Bundesrepublik Deutschland. Die Trägerfrequenz ist eine hochstabile Normalfrequenz, die von einer Gruppe von Cäsiumnormalen (Atomfrequenznormale) durch ständigen Vergleich hergeleitet wird. Damit ist eine Langzeitabweichung von weniger als 1 : 2.000.000.000.000 gewährleistet. Das entspricht einer Abweichung von weniger als einer Sekunde in 300 000 Jahren. Auch die dekodierte



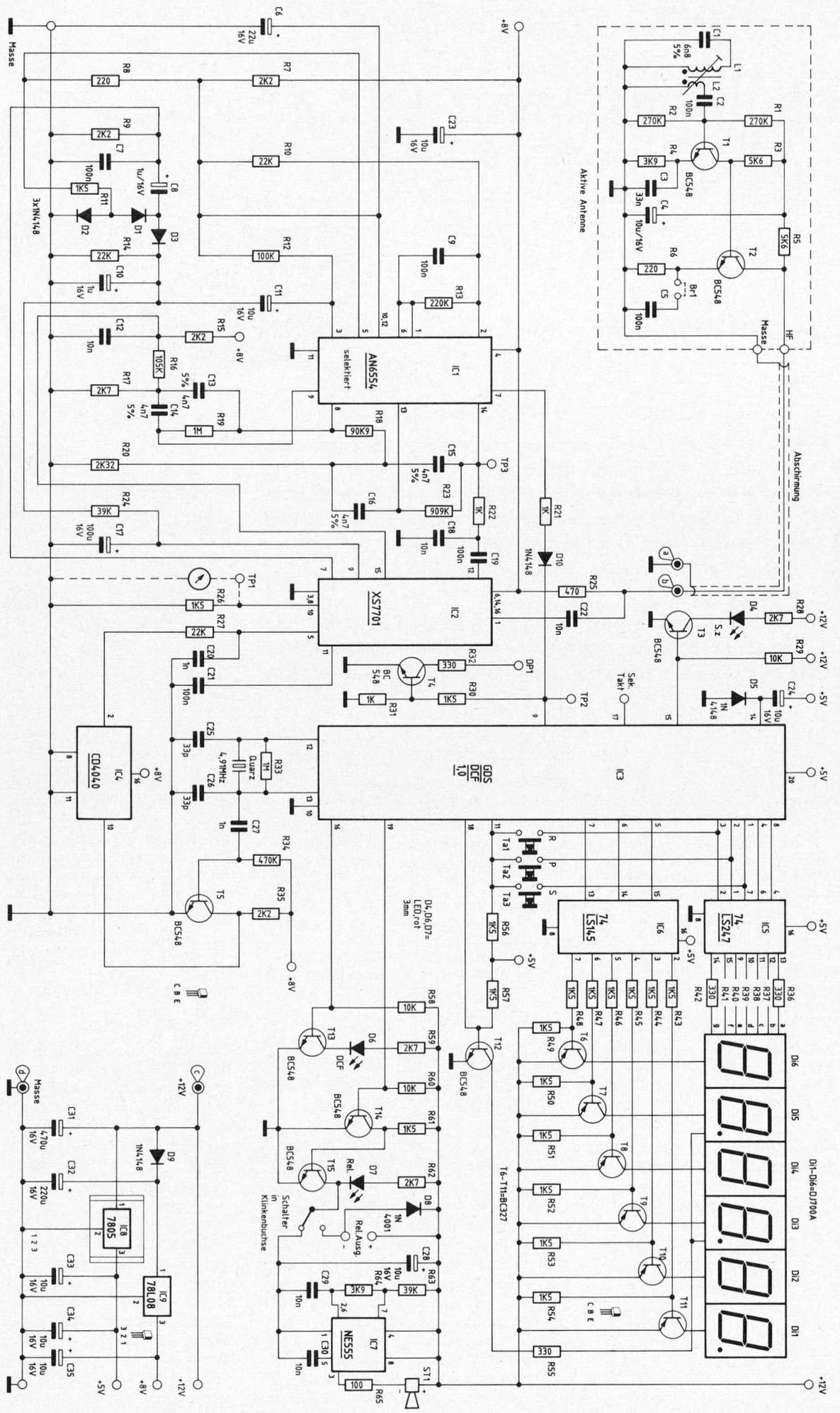
Zeitinformation besitzt nur diese geringe Abweichung.

Die Trägeramplitude wird einmal pro Sekunde auf ca. 25 % für 0,1 bzw. 0,2 Sekunden abgesenkt. Diese Absenkungen tragen die digitale Zeitinformation. Eine Absenkung über 0,1 Sekunden entspricht einer logischen „0“, eine Absenkung von 0,2 Sekunden einer logischen „1“. In der 59. Sekunde einer jeden Minute entfällt diese Kennung. Damit wird der bevorstehende Minutenwechsel angekündigt. Es stehen also in jeder Minute 59 Bit für die Zeitinformation zur Verfügung.

Antennenverstärker

Die aktive Antenne zum Empfang des 77,500 kHz-Signals, ist auf einer separaten Antennenverstärker-Platine aufgebaut und wird über eine ca. 2,5 m lange abgeschirmte Leitung mit der Empfängerplatine (im ELV micro-line Gehäuse) verbunden.

Die Spule L 1 bildet in Verbindung mit dem eng tolerierten Kondensator C 1 den Eingangsempfangskreis. L 2 koppelt das Signal aus, das anschließend über C 2 auf die erste mit T 1 und Zusatzbeschaltung aufgebaute Transistorverstärkerstufe gelangt. Eine weitere Verstärkung erfolgt mit T 2. In ungünstigen Empfangslagen wird die Empfindlichkeit des HF-Vorverstärkers um ca. 20 dB vergrößert, indem der Kondensator C 5 parallel zum Widerstand R 6 geschaltet wird. Hierzu wird einfach die Brücke Br 1 eingesetzt.



Zum Feinabgleich des Antennenkreises sind die Spulen L 1, L 2 verschiebbar auf dem Ferrit-Stab angebracht.

Die Stromversorgung und Signalübertragung erfolgt gemeinsam auf einer Zweidrahtleitung, wobei die Trennung des Nutzsignals von der Versorgungsspannung durch R 5, C 4 sowie R 25, C 22 erfolgt.

Superhet-Empfänger

Der Superhet-Empfänger befindet sich auf einer zusätzlichen Leiterplatte, auf der außerdem der Signalgeber und der Spannungsstabilisator untergebracht sind.

Über C 22 gelangt das HF-Eingangssignal auf den im IC 2 des Typs XS 7701 integrierten regelbaren HF-Vorverstärker (Pin 1 des IC 2). Dieser stellt dem Mischer den notwendigen Signalpegel zur Verfügung. Im Mischer wird dem Empfangssignal eine Frequenz von 66,800 kHz zugemischt, so daß sich eine Zwischenfrequenz von 700 Hz ergibt. Auch dieser Schaltungsteil ist im IC 2 integriert. Am Testausgang „TP 1“ (Pin 10 des IC 2) kann über ein hochohmiges Voltmeter eine Gleichspannung gemessen werden, die der Größe des Eingangssignals proportional ist, d. h. je besser die Antenne ausgerichtet und je größer das Eingangssignal des IC 2 ist, desto höher liegt die Gleichspannung an „TP 1“ an.

Im nachfolgenden IC 1 sind vier Operationsverstärker enthalten, die mit ihrer Zusatzbeschaltung folgende Aufgaben übernehmen:

Ein passives einpoliges Tiefpaßfilter mit einer Grenzfrequenz von ca. 1 kHz, filtert zunächst unerwünschte hohe Frequenzanteile aus. Damit wird verhindert, daß die Verstärker des nachfolgenden aktiven 4poligen Bandpaß-Filters unnötig breitbandig sein müssen. Dieses Bandpaß-Filter beeinflusst ganz wesentlich die Empfangsgüte des gesamten Empfängers.

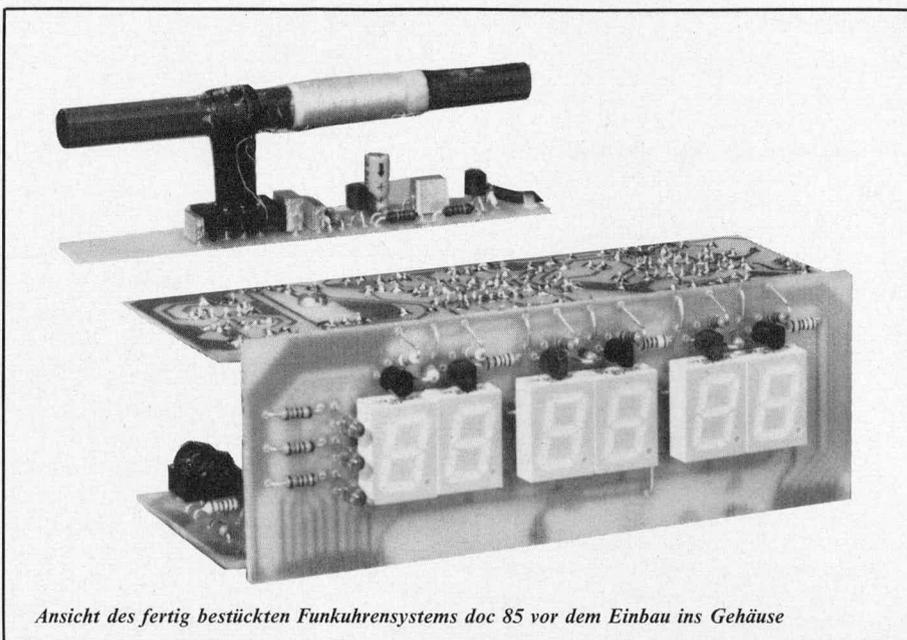
Im Demodulator werden die Zeitimpulse von der Zwischenfrequenz getrennt.

Das demodulierte Signal wird über ein sehr niederfrequentes Tiefpaß-Filter mit einer Grenzfrequenz von ca. 0,05 Hz dem HF-Vorverstärker (im IC 2) zur Amplitudenregelung zugeführt.

Ein Komparator mit Schmitttrigger-Eigenschaft regeneriert die Sekundenimpulse des Senders DCF 77. Vom Ausgang (Pin 7) des vierten im IC 1 integrierten Operationsverstärkers gelangt das Sekunden-Taktsignal über R 21 und D 10 auf den Steuereingang des Haupt-ICs des Typs GDS DCF 1,0.

Anzumerken ist noch, daß es sich beim IC 1 um eine Sonderversion des Typs AN 6554 handelt, die auf geringes Rauschen und geringen Offset von max. 0,25 mV selektiert wurde. Grundsätzlich kann auch die Normalversion eingesetzt werden, wobei dann in manchen Fällen die Empfangsqualität etwas geringer ist.

Zur optischen Empfangskontrolle wird der rechte Dezimalpunkt der 6stelligen Digitalanzeige über R 30 bis R 32 sowie T 4 im Sekundenrhythmus angesteuert. Bei ungenügendem Empfang flackert der Punkt unrhythmisch.



Ansicht des fertig bestückten Funkuhrensystems doc 85 vor dem Einbau ins Gehäuse

Digitale Signalaufbereitung

Die weitere Verarbeitung, d. h. die digitale Signalaufbereitung, wird in dem von der Firma Valvo hergestellten kundenspezifischen Schaltkreis des Typs „GDS DCF 1,0“ vorgenommen. Er besteht im wesentlichen aus 5 Stufen:

1. Störimpulsbefreiung
2. Sekundentaktgenerierung
3. Signalauswertung
4. Autonome Quarzuhr
5. Schaltzeitauswertung.

Da die in diesem IC intern ablaufenden Vorgänge außerordentlich komplex sind und eine detaillierte Beschreibung den Rahmen dieses Artikels überschreiten würde, wollen wir hierauf im folgenden nur in Kurzform eingehen:

1. Die Störimpulsbefreiung arbeitet mit einem rekursiven digitalen Tiefpaß-Filter, mit einer Grenzfrequenz von 25 Hz. Damit werden Störimpulse mit einer Länge bis zu 20 ms sicher unterdrückt. Ein Schmitttrigger am Filterausgang sorgt für einwandfreie Rechteckimpulse.
2. Die Sekundentaktgenerierung arbeitet mit einer geschalteten digitalen PLL-Schaltung. Ein interner Teiler erzeugt aus dem 4,9152 MHz-Quartztakt den internen Sekundentakt.
3. Eine aufwendige Signalauswerteschaltung gewährleistet einen sicheren Empfang der DCF 77-Zeit. Mit Hilfe von komplexen digitalen Prüfverfahren werden die zur Verarbeitung gelangenden Eingangsinformationen bearbeitet und dekodiert. An den Ausgängen des IC 3 des Typs GDF DCF 1,0 stehen die entsprechenden Impulse an, die über die nachgeschalteten Dekodertreiber-IC 5 und 6 die 6stellige LED-Anzeige steuern.

Zwei zusätzliche Ausgänge erlauben die externe Anzeige der Empfangsgüte. Pin 16 zeigt an, ob die angezeigte Zeit vom DCF 77-Sender gerade nachgeladen wurde, oder ob die Uhr als Quarzuhr läuft. Pin 15 zeigt an, ob es sich um Sommer- oder Winterzeit handelt.

4. Im IC 3 ist darüber hinaus eine Quarzuhr integriert, die selbst bei lang anhaltenden Störungen mit dem internen Sekundentakt autonom weiterläuft. Sie kennt unterschiedliche Monatslängen ebenso, wie 29 Tage beim Februar im Schaltjahr. Der gesamte Empfänger ist so ausgelegt, daß die Quarzuhr als interne Referenz läuft, die nur bei wirklich einwandfreiem Empfang mit der DCF 77-Zeit nachgeladen wird. Bei schlechtem Empfang wird sie mit Hilfe der Sekundentakt-PLL ständig synchronisiert. Diese beiden Maßnahmen bewirken einen sicheren und störungsfreien Betrieb.
5. Vier Schaltzeitspeicher erlauben den Betrieb als Schaltuhr. Mit Hilfe eines Stellwerkes lassen sich vier Schaltzeiten über die beiden Tasten „Programm“ und „Setzen“ einstellen. Eine genaue Beschreibung wird im weiteren Verlauf dieses Artikel gegeben.

Die Stromversorgung

Der Digitalteil der Schaltung wird mit einer 5 V-Gleichspannung versorgt, die über den Festspannungsregler IC 8 des Typs 7805 erzeugt wird.

Der Empfängerteil (IC 1, 2 sowie die aktive Antenne) erhält seine Spannung über das IC 9 des Typs 78L08, dessen Ausgang eine stabilisierte 8 V-Festspannung liefert. Die 7-Segment-Anzeigen Di 1 bis Di 6 sowie der Signalgeber (IC 7 mit Zusatzbeschaltung) werden direkt aus der unstabilierten 12 V-Gleichspannung versorgt.

Das gesamte Funkuhrensysteem enthält die zum Betrieb erforderliche unstabilierte 12 V-Gleichspannung aus einem Stecker-Netzteil, dessen Dauerstrombelastbarkeit 400 mA betragen muß.

An die Schaltbuchse „Relaisausgang“ kann über einen 3,5 mm Klinkenstecker ein 12 V-Relais angeschlossen werden, das zum Schalten von 220 V-Wechselspannungsverbrauchern direkt aus dem 220 V-Netz geeignet ist. Der interne Signalgeber wird hierbei automatisch abgeschaltet.

Bedienung

Einschalten der Uhr

Die erste Zeitanzeige nach dem Einschalten der Uhr erfolgt bei störungsfreiem Empfang nach drei bis fünf Minuten. Davon vergehen ein bis zwei Minuten beim Einlaufen der digitalen Sekundentakt-PLL und zwei bis drei Minuten beim Auswerten der ersten Zeitinformation.

Grundsätzlich können mit der doc 85 zwei Betriebsarten gewählt werden:

1. Statische Anzeige von Zeit, Datum oder Wochentag. In diese Betriebsart geht die Uhr selbsttätig beim Einschalten.
2. Alternierende Darstellung von Zeit und Datum im Verhältnis 8 : 2, anstelle der statischen Zeitanzeige. Hierbei wird in den Sekunden 0 bis 7 die Zeit und in den Sekunden 8 und 9 das Datum angezeigt. Diese Betriebsart wird durch Drücken der Taste „Setzen“ während des Einschaltens der Uhr gewählt.

Umschalten der Anzeige

Mit Hilfe der Taste „Setzen“ wird die Anzeige umgeschaltet. Beim ersten Betätigen dieser Taste wird das Datum, beim zweiten der Wochentag dargestellt. Eine dritte Betätigung bringt die Anzeige in die ursprüngliche Betriebsart der Zeit- oder alternierenden Zeit/Datumsdarstellung zurück.

Relaisumschaltung

ohne Schaltzeitprogrammierung

Das Relais bzw. der Signalgeber läßt sich mit der Taste „Ein/Aus“ unabhängig von den Schaltzeiten jederzeit ein- oder ausschalten. Jede Betätigung der Taste „Ein/Aus“ verändert den Schaltzustand des Relais. Für Überwachungsfunktionen kann z. B. das Relais durch eine Schaltzeit eingeschaltet und durch manuelle Betätigung der Taste „Ein/Aus“ wieder ausgeschaltet werden.

Anzeigenfeld

Auf der Anzeigenplatte befindet sich eine 6stellige 7-Segment-Anzeige sowie drei Einzel-LEDs.

Zur Zeitanzeige werden alle 6 Stellen der Digital-Anzeige genutzt. Links befinden sich die Stunden, in der Mitte die Minuten und rechts die Sekunden.

Die Datumsanzeige zeigt links den Tag, in der Mitte den Monat und rechts das Jahr. Als Datumserkennung erscheint hinter dem Tag und dem Monat jeweils ein Dezimalpunkt.

Der Wochentag wird durch eine einzelne Ziffer in der rechten Stelle dargestellt. Die Wochentage sind dabei wie folgt kodiert: Montag \triangleq 1, Dienstag \triangleq 2, Mittwoch \triangleq 3, Donnerstag \triangleq 4, Freitag \triangleq 5, Sonnabend \triangleq 6, Sonntag \triangleq 7.

Die drei senkrecht übereinander, links neben der Digital-Anzeige angeordneten Leuchtdioden zeigen den Zustand des Schaltausganges bzw. des Signalgebers, die Sommerzeit sowie den DCF 77-Betrieb an. Letztgenannte LED verlischt, sobald kein einwandfreier Empfang mehr möglich ist. Die Uhr läuft dann als Quarzuhr weiter.

Einstellen der Schaltzeit

Zum Einstellen der vier Schaltzeiten werden die Tasten „Programm“ und „Setzen“ benötigt. Die Taste „Programm“ schaltet zwischen den jeweils zu stellenden Zeitteilen um. Mit der Taste „Setzen“ wird der Zeitteil auf den gewünschten Wert gebracht.

Beim Stellen der Schaltzeiten erscheinen auf der Anzeige drei Zahlengruppen:

Linke Stelle: Nummer der Schaltzeit (1 bis 4)

Mittlere Stelle: Codezahl für den Zeitteil:
Code 1 kennzeichnet das Stellen der Minuten.
Code 2 kennzeichnet das Stellen der Stunden.
Code 3 kennzeichnet das Stellen des Wochentags.
Code 4 kennzeichnet das Stellen der Schaltart (Ein oder Aus).

Rechte Stelle: Anzeige des jeweiligen Wertes des Zeitteiles.

Der Wertebereich der Minuten reicht von 0 bis 59. Eine dunkle Anzeige bedeutet Neutralcode, d. h. die Minuten werden beim Zeitvergleich nicht berücksichtigt.

Der Wertebereich der Stunden reicht von 00 bis 23. Eine dunkle Anzeige bedeutet Neutralcode, d. h. die Stunden werden beim Zeitvergleich nicht berücksichtigt. Damit lassen sich z. B. Schalttermine realisieren, die sich stündlich wiederholen.

Der Wertebereich des Wochentages reicht von 1 bis 7. Die Wochentage sind dabei wie folgt codiert:

Montag \triangleq 1, Dienstag \triangleq 2, Mittwoch \triangleq 3, Donnerstag \triangleq 4, Freitag \triangleq 5, Sonnabend \triangleq 6, Sonntag \triangleq 7.

Eine dunkle Anzeige bedeutet Neutralcode, d. h. der Wochentag wird beim Zeitvergleich nicht berücksichtigt. Damit lassen sich z. B. täglich wiederholende Schalttermine realisieren.

Die Schaltart kennt drei Zustände:

Dunkle Anzeige: Diese Schaltzeit wird nicht berücksichtigt.

Anzeige auf 0: Zu diesem Wecktermin wird der Schaltausgang bzw. der Signalgeber ausgeschaltet.

Anzeige auf 1: Zu diesem Wecktermin wird der Schaltausgang bzw. der Signalgeber eingeschaltet.

Ohne Anschluß eines externen Relais ertönt bei aktiviertem Schaltausgang der Signalgeber in einem 2 kHz-Ton.

Über einen 3,5 mm-Klinkenstecker kann der Signalgeber ausgeschaltet und ein 12 V-Schaltrelais angeschlossen werden. Dieses Relais sollte sich zweckmäßigerweise in einem Steckergehäuse mit integrierter Schuko-Steckdose befinden. Auf diese Weise kann, sofern gewünscht, ein Verbraucher, der direkt aus dem 220 V-Wechselspannungsnetz gespeist wird, geschaltet werden. Zum einfachen Aufbau steht eine kleine Zusatzplatte zur Verfügung, die ein entsprechendes 12 V-Printrelais sowie

einen Platinensicherungshalter aufnimmt und über 2 M3-Schrauben mit einem entsprechenden Steckergehäuse verbunden wird.

Möchte man nun z. B. das Radio oder eine Stehlampe über die doc 85 schalten, wird der 3,5 mm-Klinkenstecker in die entsprechende Buchse auf der Basisplatte der Funkuhr gesteckt.

Beispiele zum Einstellen der Schaltzeiten

Montag morgen um 6.30 Uhr soll das Relais einschalten:

Taste	Anzeige	Bedeutung
---	*****	Derzeitige Uhrzeit
PROGRAMM	1 1	Schaltzeit 1, Minuten nicht auswerten
SETZEN	1 100	Schaltzeit 1, Minuten sind 0
SETZEN	1 130	Taste SETZEN so oft drücken, bis Minuten = 30
PROGRAMM	1 2	Schaltzeit 1, Stunden nicht auswerten
SETZEN	1 206	Taste SETZEN so oft drücken, bis Stunden = 6
PROGRAMM	1 3	Schaltzeit 1, Wochentag nicht auswerten
SETZEN	1 3 1	Wochentag = 1, das heißt Montag
PROGRAMM	1 4	Schaltzeit 1, Relaiscode neutral
SETZEN	1 4 0	Relaiscode = 0, d. h. Relais ausschalten
SETZEN	1 4 1	Relaiscode = 1, d. h. Relais einschalten
PROGRAMM	*****	PROGRAMM so oft drücken, bis Uhrzeit erscheint

Das Ausschalten des Relais kann entweder über eine zweite Schaltzeit oder durch Drücken der Taste RELAIS erfolgen.

Das Relais soll für die ersten 5 Minuten einer jeden Stunde eingeschaltet werden:

Taste	Anzeige	Bedeutung
---	*****	Derzeitige Uhrzeit
Schaltzeit 1 schaltet das Relais in Minute 00 ein:		
PROGRAMM	1 1	Schaltzeit 1, Minuten nicht auswerten
SETZEN	1 100	Minuten auf 0
PROGRAMM	1 2	Stunden nicht auswerten
PROGRAMM	1 3	Wochentag nicht auswerten
PROGRAMM	1 4	Neutraler Relaiscode
SETZEN	1 4 1	Taste SETZEN so oft drücken, bis 1 (einschalten)
Schaltzeit 2 schaltet das Relais in Minute 5 aus:		
PROGRAMM	2 1	Schaltzeit 2, Minuten nicht auswerten
SETZEN	2 105	Taste SETZEN so oft drücken, bis Minute = 5

PROGRAMM	2 2	Stunden nicht auswerten
PROGRAMM	2 2	Wochentag nicht auswerten
PROGRAMM	2 4	Neutraler Relaiscode
SETZEN	2 4 0	Relaiscode = 0, d. h. Ausschalten
PROGRAMM	****	Taste PROGRAMM so oft drücken, bis Uhrzeit

Sind mehrere Schalttermine zur gleichen Zeit aktiv, so wird der mit der größeren Schaltzeitnummer bevorzugt behandelt.

So kann ein Einschalten an allen Wochentagen außer Sonnabend und Sonntag folgendermaßen aussehen:

Schaltzeit 1: Einschalten an allen Wochentagen zur Zeit X

Schaltzeit 2: Ausschalten am Sonnabend zur Zeit X

Schaltzeit 3: Ausschalten am Sonntag zur Zeit X

Schaltzeit 4: bleibt unbenutzt oder wird zum Ausschalten an allen Wochentagen zur Zeit X + Y verwendet.

Da Schaltzeit 2 und 3 eine höhere Nummer besitzen, haben sie Vorrang vor Schaltzeit 1. Damit wird das Relais am Sonnabend und am Sonntag nicht eingeschaltet, jedoch an allen anderen Wochentagen.

Ausrichten der aktiven Antenne

Die Ferritantenne befindet sich zusammen mit einem HF-Vorverstärker auf der Antennenplatine. Sie wird mit einem abgeschirmten Kabel (normales Diodenkabel ist ausreichend) mit dem Antennenschluß der doc 85 verbunden. Die Montage der Antenne sollte waagrecht mit mindestens 2 Meter Abstand zur doc 85 erfolgen. Ebenso ist ein ausreichender Abstand zu Netzleitungen, Leuchtstofflampen, Fernsehgeräten, Microcomputern etc. einzuhalten. Die Ausrichtung der Antenne erfolgt so, daß die Breitseite des Ferritstabes bzw. der Pfeil auf der Platine in Richtung Frankfurt zeigt.

Testprogramm für den Funktionstest

Ein eingebautes Testprogramm erlaubt den Test des Uhrensystems ohne aufwendige Meßmittel.

Das Testprogramm wird gestartet, wenn beim Einschalten der Stromversorgung die Taste „PROGRAMM“ ca. 3 Sekunden lang betätigt wird.

Direkt nach dem Einschalten ist die Anzeige dunkel. Beim Einsprung in das Testprogramm erscheint in der Anzeige 00 00 00. Von rechts nach links wechseln die Ziffern in schneller Reihenfolge von 0 auf 1. Nach einer kurzen Pause wiederholt sich der Vorgang mit den Ziffern, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 und 9. Während in der rechten Anzeigestelle die Ziffern 2, 3, 6 oder 7 erscheinen, leuchtet die LED links unten.

Nach Ablauf dieses Displaytestes erscheint 01 01 00 in der Anzeige. Die Dezimalpunkte blinken. Das Relais bzw. der Signalgeber

wird periodisch ein- und ausgeschaltet. Die zugehörige Leuchtdiode blinkt. Das Blinken der Dezimalpunkte und der Kontrollleuchte für das Relais erfolgt mit einem kleinen Zeitversatz.

Die Prüfroutine wird durch Abschalten der Stromversorgung abgebrochen.

Zum Nachbau

Der Aufbau des eigentlichen Funkuhrensystems doc 85 erfolgt auf drei Leiterplatten, die in ein Gehäuse der ELV-Serie micro-line eingebaut werden können. Es sind dies

1. die Anzeigenplatine
2. die Basisplatine mit dem Haupt-IC des Typs GDS DCF 1,0 sowie
3. die Empfängerplatine

Darüber hinaus ist eine kleine Leiterplatte für die aktive Empfangsantenne erforderlich, die über eine ca. 2,5 m lange flexible, isolierte, 1adrige, abgeschirmte Leitung mit der eigentlichen Funkuhr verbunden wird.

Außerdem besteht die Möglichkeit, das Funkuhrensystem doc 85 zum Schalten von Verbrauchern, die aus dem 220 V-Netz betrieben werden, einzusetzen. Hierzu steht eine weitere kleine Relaisplatine zur Verfügung, die in ein Steckergehäuse mit integrierter Schuko-Steckdose eingebaut werden kann. Sie wird über eine 2adrige, mit einem 3,5 mm Klinkenstecker versehene Zuleitung, nach Bedarf an die eigentliche Funkuhr angekoppelt. Auf der Gehäuserückseite besitzt die doc 85 hierzu eine 3,5 mm Klinkenbuchse.

Der Aufbau wird in gewohnter Weise vorgenommen. Zunächst werden die passiven und anschließend die aktiven Bauelemente anhand der Bestückungspläne auf die Platinen gesetzt und verlötet. Da sämtliche Bauelemente einschließlich Antennenstab (über Sockel), Printtaster und Buchse auf den Platinen untergebracht sind, ist der Aufbau recht einfach durchzuführen.

Nachdem die Bestückung nochmals sorgfältig kontrolliert wurde, wird die Anzeigenplatine senkrecht an die Basisplatine gelötet, und zwar so, daß die Anzeigenplatine ca. 1,5 mm unterhalb der Leiterbahnseite der Basisplatine hervorsteht.

Die Empfängerplatine, auf der sich auch der Festspannungsregler mit dem U-Kühlkörper sowie der 2 kHz-Signalgeber befinden, wird über 8 Silberdrahtstücke in einem Abstand von 36 mm mit der Basisplatine verbunden. Die Bestückungsseiten beider Platinen weisen hierbei zueinander, d. h. die Bauelemente der oberen, Empfängerplatine, weisen nach unten. Die Silberdrahtabschnitte stehen hierbei senkrecht auf den beiden Platinen.

In die Gehäuserückwand werden 7 Bohrungen an den entsprechenden Stellen für die 3 Taster, die 3,5 mm Klinkenbuchse, die Schallöffnung für den 2 kHz Signalgeber sowie für die Antennenzuleitung und die Stromversorgungszuleitung eingebracht.

Die abgeschirmte Antennenzuleitung wird an die Platinenanschlußpunkte „a“ (Abschirmung) und „b“ angelötet. Bei der Stromversorgungsleitung für die vom

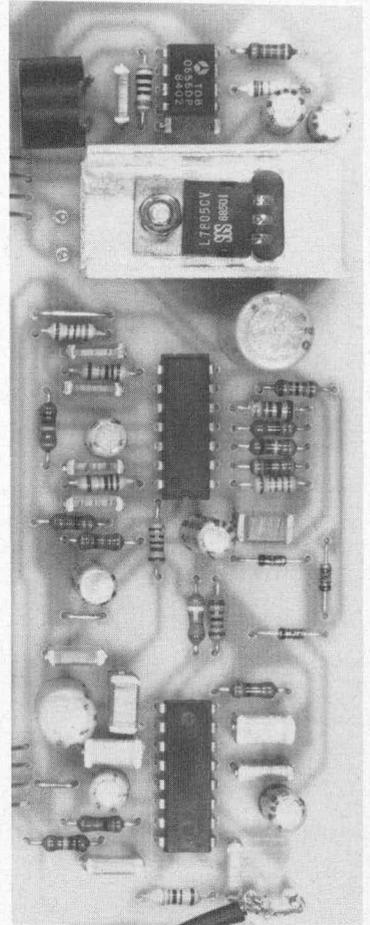
Steckernetzteil kommende 12 V-Gleichspannung, wird zunächst der eventuell vorhandene Klinkenstecker entfernt, um anschließend die Zuleitung direkt mit den Platinenanschlußpunkten „d“ (Masse) und „c“ (+ 12 V) zu verbinden. Auf die richtige Polarität ist hierbei zu achten.

In diesem Zusammenhang möchten wir darauf hinweisen, daß es sich bei diesem Funkuhrensystem um ein sehr hochwertiges und komplexes Gerät handelt, das trotz des verhältnismäßig großen schaltungstechnischen Aufwandes recht einfach nachzubauen ist. Hierbei sollte man sich jedoch unbedingt an die vorgegebenen Dimensionierungen und Aufbauhinweise halten. Besonders wichtig ist auch der Einsatz von hochwertigen und eng tolerierten Bauelementen, wie z. B. Widerstände und Kondensatoren. Es sollten ausschließlich Metallfilmwiderstände mit einer Toleranz von 1 % und einem Temperaturkoeffizienten (Tk) von 50 ppm sowie Kondensatoren mit einer Toleranz von 10 % eingesetzt werden. Für C 1 und C 13 bis C 16 ist eine Toleranz von 5 % vorzusehen.

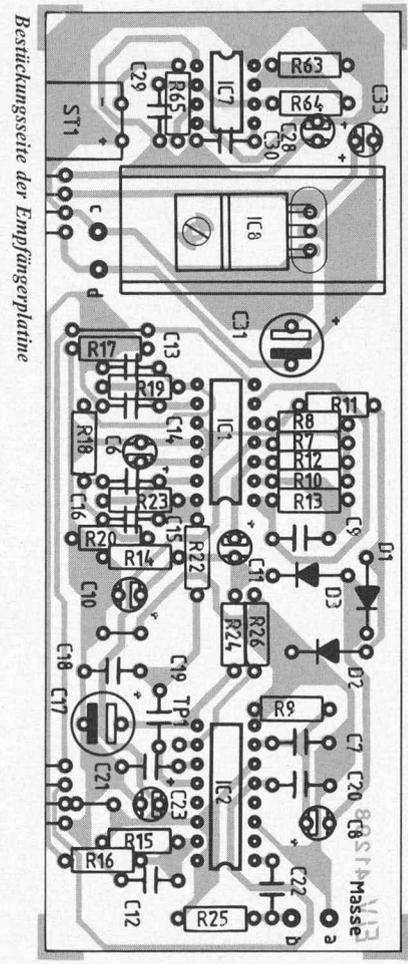
Durch geringfügiges Verschieben der Spulen L 1, L 2 auf dem Ferritstab (Vorsicht, Zuleitungen nicht abreißen) kann ein Feinabgleich des Empfangskreises auf die Sendefrequenz von 77,500 kHz vorgenommen werden. Man erkennt dies an einer möglichst hohen Spannung am Testpunkt 1 (Pin 10 des IC 2). Aufgrund der hohen Empfindlichkeit des Empfängers kann dieser Feinabgleich im allgemeinen jedoch entfallen. In ungünstigen Empfangslagen kann zusätzlich die Verstärkung erhöht werden, indem die Brücke Br 1 eingebaut wird. Hierdurch liegt der Kondensator C 5 parallel zum Widerstand R 6, wodurch die Verstärkung der Transistorstufe T 2 entsprechend größer wird.

Die fertig aufgebaute Aktivantenne kann anschließend in ein Kunststoffrohr eingebaut werden. Hierzu wird sie mit etwas Schaumstoff umwickelt, um anschließend vorsichtig in das Rohr geschoben zu werden. Die Rohrenden können mit 2 kreisrunden Leiterplattenausschnitten abgedeckt und verklebt werden.

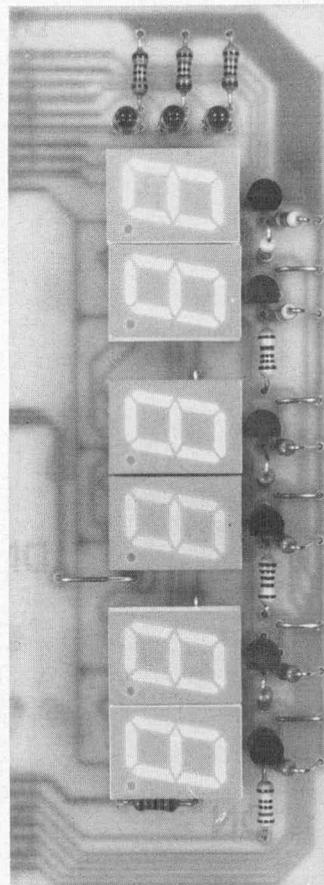
Die kleine Relaisplatine mit dem Sicherungshalter wird in ein Steckergehäuse mit integrierter Schuko-Steckdose eingebaut und in dem Gehäuse mit zwei Schrauben M 3 x 6 mm verschraubt. Die Verbindung von Schuko-Stecker zu Schuko-Steckdose erfolgt über flexible isolierte Leitungen mit einem Querschnitt von 1,5 mm². Der Schutzleiter (gelb/grün) wird direkt verbunden sowie ein Pol von Stecker und Steckdose. Der zweite Pol des integrierten Schuko-Steckers wird mit dem Platinenanschlußpunkt „e“ und der zweite Pol der Schuko-Steckdose mit dem Platinenanschlußpunkt „f“ verbunden. An die Platinenanschlußpunkte „g“ und „h“ wird eine 2adrige flexible isolierte Zuleitung gelötet, an deren Ende sich der 3,5 mm Klinkenstecker befindet. Die Polarität spielt hierbei keine Rolle. Auf letztgenannten Schaltungsteil kann verzichtet werden, sofern die Uhr nicht als Schaltuhr, sondern lediglich als Weckuhr über den 2 kHz Signalton eingesetzt werden soll.



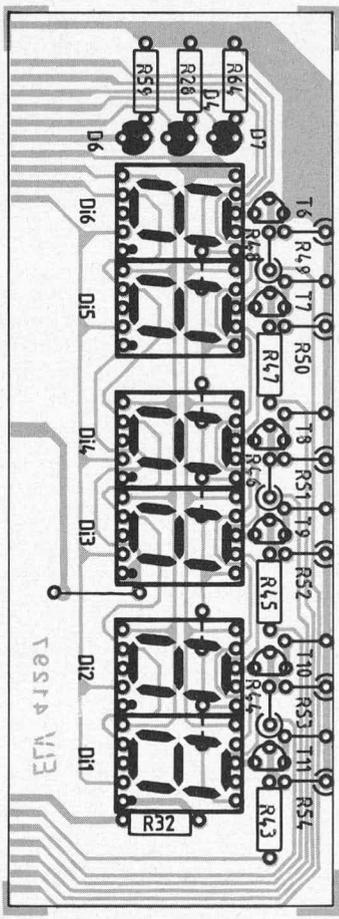
Ansicht der fertig bestückten Empfängerplatine



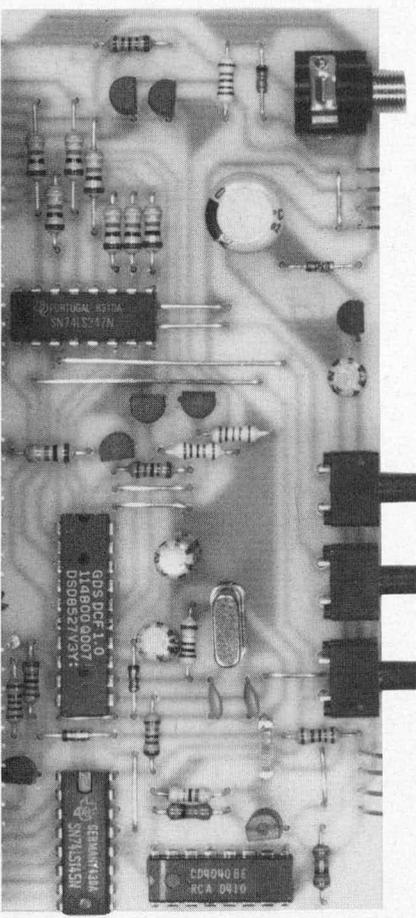
Bestückungsseite der Empfängerplatine



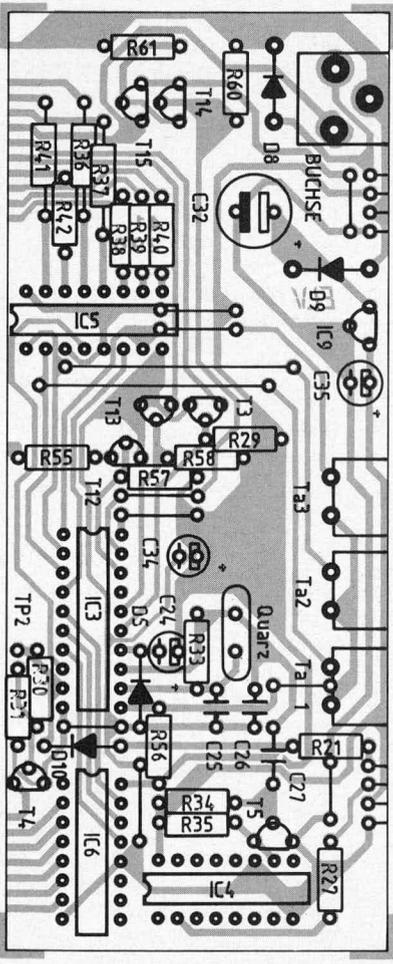
Ansicht der fertig bestückten Anzeigenplatine



Bestückungsseite der Anzeigenplatine



Ansicht der fertig bestückten Hauptplatine



Bestückungsseite der Hauptplatine

Stückliste
Atom-Funkuhr-doc 85

Halbleiter

IC 1	.....	AN 6554 selektiert
IC 2	.....	XS 7701
IC 3	.....	GDS DCF 1,0
IC 4	.....	CD 4040
IC 5	.....	74 LS 247
IC 6	.....	74 LS 145
IC 7	.....	NE 555
IC 8	.....	μ A 7805
IC 9	.....	μ A 78L08
T 1-T 5, T 12-T 15	.....	BC 548
T 6-T 11	.....	BC 327
D 1-D 3, D 5, D 10	.....	1N 4148
D 4, D 6, D 7	.....	LED 3 mm rot
D 8	.....	1N 4001
D 9	.....	1N 4148
Di 1-Di 6	.....	DJ 700 A

Kondensatoren

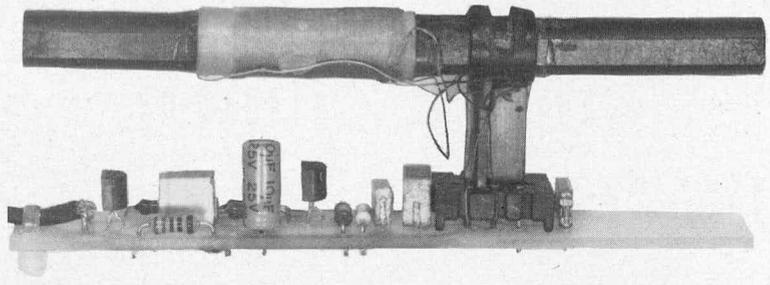
C 1	.....	6,8 nF/5%
C 2, C 5, C 7, C 9, C 19, C 21	...	100 nF
C 3	.....	33 nF
C 4, C 11, C 23, C 24, C 28	...	10 μ F/16V
C 6	.....	22 μ F/16V
C 8, C 10	.....	1 μ F/16V
C 12, C 18, C 22, C 29, C 30	...	10 nF
C 13-C 16	.....	4,7 nF/5%
C 17	.....	100 μ F/16V
C 20, C 27	.....	1 nF
C 25, C 26	.....	33 pF
C 31	.....	470 μ F/16V
C 32	.....	220 μ F/16V
C 33-C 35	.....	10 μ F/16V

Widerstände

R 1, R 2	.....	270 k Ω
R 3, R 5	.....	5,6 k Ω
R 4, R 64	.....	3,9 k Ω
R 6, R 8	.....	220 Ω
R 7, R 9, R 15, R 35	.....	2,2 k Ω
R 10, R 14, R 27	.....	22 k Ω
R 11, R 26, R 30, R 43-R 54	.....	1,5 k Ω
R 12	.....	100 k Ω
R 13	.....	220 k Ω
R 16	.....	105 k Ω
R 17, R 28, R 59, R 62	.....	2,7 k Ω
R 18	.....	90,9 k Ω
R 19, R 33	.....	1 M Ω
R 20	.....	2,32 k Ω
R 21, R 22, R 31	.....	1 k Ω
R 23	.....	909 k Ω
R 24, R 63	.....	39 k Ω
R 25	.....	470 Ω
R 29, R 58, R 60	.....	10 k Ω
R 32, R 36-R 42, R 55	.....	330 Ω
R 34	.....	470 k Ω
R 56, R 57, R 61	.....	1,5 k Ω
R 65	.....	100 Ω

Sonstiges

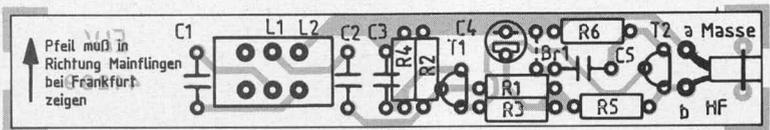
- ST 1 Sund-Transducer
- Ta 1-Ta 3 Print-Taster
- 1 Ferritantenne kpl. mit Sockel
- 1 Quarz 4,9152 MHz
- 1 Klinkenbuchse, 3,5 mm
- 1 U-Kühlkörper SK 13
- 2 Schrauben M 3 x 6
- 1 Schraube M 3 x 8
- 1 Mutter M 3
- 50 cm Silberdraht
- 2,5 m 1-adrige abgeschirmte Leitung
- 12 cm Plastikrohr PG 35
- 1 Siemens Kartenrelais 12 V, stehend
- 1 Platinensicherungshalter
- 1 Sicherung 4 A
- 8 Lötstifte



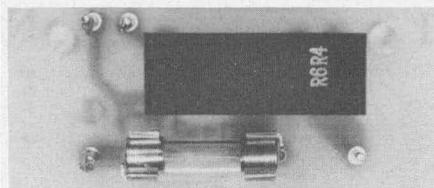
Seitenansicht der fertig aufgebauten Aktiv-Antenne des Funkuhrensystems doc 85



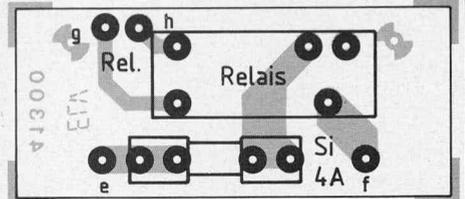
Ansicht der fertig bestückten Aktiv-Antennenplatine (ohne Ferritstab)



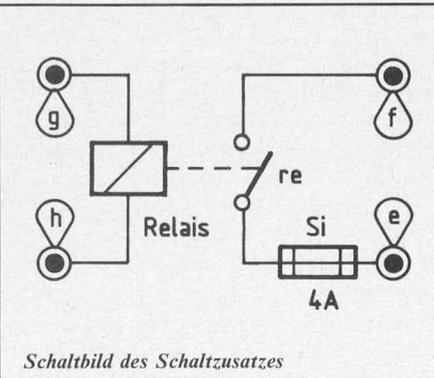
Bestückungsseite der Aktiv-Antennenplatine



Ansicht der fertig bestückten Schalterplatine



Bestückungsseite der Schalterplatine



Schaltbild des Schaltzusatzes



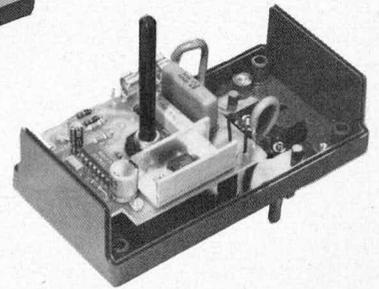
Betriebsfertiger und ins Gehäuse eingebauter Schaltzusatz mit abgenommenem Gehäuse-oberteil



Rückansicht des Funkuhrensystems doc 85 vor dem Einbau ins Gehäuse

Lastunabhängige Drehzahlregelung für Bohrmaschinen

0 bis 100 %



Mit dieser, in einem Steckergehäuse untergebrachten Zusatzschaltung, kann die Drehzahl von Bohrmaschinen im Bereich von sehr niedrigen Drehzahlen bis zum Maximum eingestellt werden. Als Besonderheit weist die Schaltung ein drehzahlstabilisierendes Verhalten auf, d. h. die Drehzahl wird weitgehend lastunabhängig automatisch nachgeregelt.

Allgemeines

Von Synchron-Elektromotoren einmal abgesehen, weisen alle Motorarten ein mehr oder weniger stark lastabhängiges Drehzahlverhalten auf — so auch die im allgemeinen für Handbohrmaschinen eingesetzten Universal-Motoren. Je stärker die Belastung, desto mehr sinkt die Drehzahl ab. Dies meist unerwünschte Verhalten wird um so ausgeprägter, je niedriger die Drehzahl eingestellt wird. Im Bereich von wenigen 100 Umdrehungen ist ohne drehzahlstabilisierende Maßnahme ein sinnvoller Einsatz kaum mehr möglich.

Eine konventionelle Möglichkeit Drehzahlen elektronisch zu regeln und zu stabilisieren besteht darin, daß der Ist-Wert der Drehzahl über einen Tachogenerator gewonnen und mit einem Soll-Wert unter Verwendung eines Regelverstärkers verglichen wird. Der so gewonnene Differenzwert wird als Steuergröße zur Regelung des Elektromotors verwendet. Mit diesem Regelprinzip lassen sich hochwertige elektronische Drehzahlstabilisierungen aufbauen, die aber aufgrund des großen Aufwandes verhältnismäßig teuer sind.

Von der Firma TELEFUNKEN-ELEKTRONIK wurde ein IC entwickelt mit einer Applikation, die es erlaubt, auf einfachste Weise, ohne Tachogenerator o. ä. eine Motor-Ansteuerschaltung mit guten drehzahlstabilisierenden Eigenschaften aufzubauen. Im ELV-Labor wurde daraus ein komplettes Gerät entwickelt, mit einem Schaltungslayout, das den Einbau der Gesamtschaltung in ein passendes Steckergehäuse mit integrierter Schuko-Steckdose ermöglicht, wodurch sich eine einfache Handhabung ergibt.

Die gewünschte Drehzahl im Bereich zwischen 0 und 100 % wird auf der entsprechenden Skala eingestellt. Beim Einschalten der Bohrmaschine wird diese dann sofort erreicht und auch bei Belastungen in weiten Grenzen konstant gehalten. Selbstverständlich kann auch während des Betriebes der Bohrmaschine die Drehzahl stufenlos verändert werden.

Einschränkenderweise wollen wir an dieser Stelle jedoch anmerken, daß man von der hier vorgestellten Schaltung allerdings

nicht die gleichen Ergebnisse erwarten darf, wie von einer erheblich aufwendigeren, mit einem Tachogenerator arbeitenden Stabilisierungs-Elektronik. Die im ELV-Labor erzielten Ergebnisse zeigten ein deutliches und gut ausgeprägtes Nachregelverhalten der Schaltung bei sich ändernden Belastungsverhältnissen der Bohrmaschine. Eine gewisse Drehzahlveränderung muß hierbei jedoch in Kauf genommen werden. Im Vergleich zu einer „normalen“ Drehzahleinstellschaltung, bei der der Phasenwinkel nicht automatisch nachgeregelt wird, ergibt sich jedoch eine erhebliche Verbesserung in Richtung „steifer“ Motor-drehzahl.

Zur Schaltung

Im IC 1 des Typs U 210 B der Firma TELEFUNKEN-ELEKTRONIK sind sämtliche aktiven Funktionen zur Ansteuerung des Triacs Tc 1 integriert. Durch die ausgereifte und in ihren Daten sehr kontinuierlich ausfallende IC-Entwicklung, ist der Aufbau dieser Schaltung recht einfach.

Auf die verhältnismäßig komplexen Funktionsabläufe innerhalb des IC's wollen wir an dieser Stelle nicht näher eingehen, sondern nachfolgend kurz das wesentliche Funktionsprinzip der Schaltung aufzeigen:

Die 220 V-Versorgungswechselspannung wird zum einen dem Motor der angeschlossenen Handbohrmaschine über Si 1 direkt zugeführt (Platinenanschlußpunkt „c“) und zum anderen über einen Shunt-Widerstand (R 11) und einem dazu in Reihe liegenden Triac (Tc 1) dem zweiten Motoranschluß („d“).

Dem IC 1 werden folgende, für die Regelung benötigten Informationen zugeführt:

1. Über R 3 gelangt an Pin 14 des IC 1 die Information der Phasenlage der anliegenden Versorgungswechselspannung.
2. Über R 9 gelangt an Pin 1 des IC 1 die Information der am Motor anstehenden Versorgungsspannung.
3. Über R 10 gelangt an Pin 11 des IC 1 die Information der Stromaufnahme des angeschlossenen Motors (Stromaufnahme ist proportional dem Spannungsabfall an R 11).
4. Soll-Wert-Vorgabe durch R 6 über R 8.

Bei Belastungsänderungen verändert sich auch die Stromaufnahme des angeschlossenen Universalmotors der Handbohrmaschine. Hierdurch erhalten die Steuereingänge des IC 1 ebenfalls entsprechend geänderte Eingangsinformationen. Die daraus gewonnene Regelgröße wird unmittelbar zur Korrektur, d. h. zur Verschiebung des Zündzeitpunktes für den Triac Tc 1 verwendet.

Damit die Schaltung universell einsetzbar ist und auch große Handbohrmaschinen treiben kann, wurde der Triac des Typs BT 138/500 eingesetzt, woraus sich eine maximal mögliche Belastung von 800 VA ergibt. Bei Einsatz eines größeren Kühlkörpers, der hier aus Platzgründen nicht verwendet werden kann, ist sogar noch eine erhebliche Leistungssteigerung möglich. Der maximale Dauerstrom des BT 138/500 liegt immerhin bei 12 A.

Für R 3 wurden aus Gründen der Spannungsfestigkeit zwei und für R 12 drei in Reihe geschaltete Widerstände eingesetzt, die in der vorliegenden Konzeption als „normale“ Metallfilm-Widerstände kleiner Bauform ausreichen. R 1 muß ein 2 W, besser 4 W, Typ sein, der in Verbindung mit D 1 und C 1 die Gleichspannungsversorgung des IC 1 aus der 220 V-Netzwechselspannung sicherstellt.

C 5 und R 12 dienen zur Störunterdrückung, während es sich bei R 11 um einen 3 cm langen Widerstandsdraht handelt, der direkt in die beiden zugehörigen Bohrungen der Leiterplatte gelötet wird (u-förmig gebogen).

Anzumerken ist noch, daß mit dieser Schaltung nur Bohrmaschinen betrieben werden können, bei denen noch keine Triac-Regelung oder -Steuerung eingebaut ist.

Zum Nachbau

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

Die Platine wird anhand des Bestückungsplanes in gewohnter Weise bestückt. Zu-

nächst sind die niedrigen und anschließend die hohen Bauelemente auf die Platine zu setzen und zu verlöten. Die Enden des Widerstandsdrahtes sind vor dem Einsetzen blank zu kratzen.

Von den beiden Anschlüssen des im Gehäuseunterteil angespritzten Schuko-Steckers, werden zwei flexible isolierte Leitungen zu den Platinenanschlußpunkten „a“ und „b“ geführt.

Von den beiden Platinenanschlußpunkten „c“ und „d“ geht je eine Leitung zu den beiden Anschlüssen der im Gehäuseoberteil integrierten Schuko-Steckdose. Eine weitere direkte Verbindung wird zwischen dem Schutzleiteranschluß der Schuko-Steckdose und dem entsprechenden Schutzleiteranschluß des Schuko-Steckers vorgenommen.

Für alle vorstehend erwähnten flexiblen isolierten Verbindungsleitungen ist ein Mindestquerschnitt von 1,5 mm² erforderlich.

Über 4 Schrauben M 3 x 20 mm wird die Platine mit dem Gehäuseunterteil verschraubt.

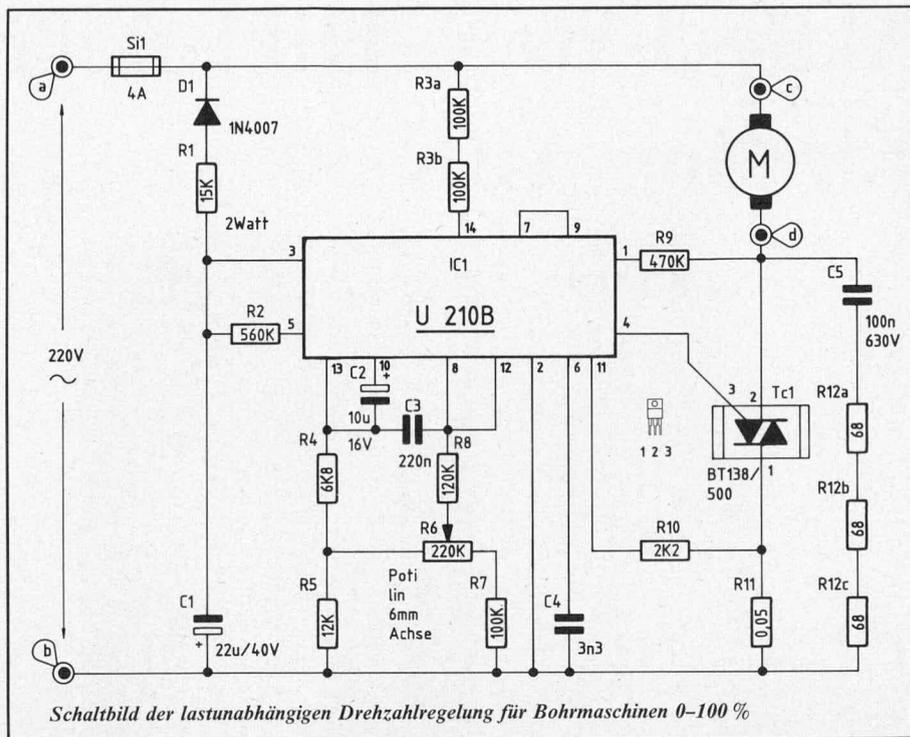
Ein Abgleich der Schaltung ist nicht erforderlich.

Die Inbetriebnahme darf grundsätzlich erst dann erfolgen, wenn sich die Schaltung in einem ordnungsgemäß geschlossenen berührungssicheren Gehäuse befindet.

Auf die VDE-Bestimmungen ist zu achten.

In diesem Zusammenhang weisen wir ausdrücklich darauf hin, daß diese Schaltung lebensgefährliche Spannungen führt.

Sollen an der unter Spannung stehenden betriebsfertigen Schaltung Messungen durchgeführt werden, so ist unbedingt ein Sicherheits-Trenn-Trafo zwischenschalten. Auf gar keinen Fall dürfen an der Schaltung Messungen vorgenommen werden, wenn sich diese direkt am Netz findet. Darüber hinaus sollte diese Schaltung, obwohl sie einfach im Nachbau ist, nur von denjenigen unter unseren Lesern aufgebaut und in Betrieb genommen werden, die auf-



grund ihrer Ausbildung bzw. ihres Berufes im Umgang mit Netzspannung betriebenen Geräten sowie mit den einschlägigen Sicherheitsbestimmungen hinreichend vertraut sind.

Abschließend noch ein Hinweis zur Änderung des Regelverhaltens der Schaltung:

Die vorliegende Schaltungsdimensionierung ist so ausgelegt, daß sie sowohl für kleinere als auch für leistungsstärkere Universalmotoren geeignet ist. Um Schwingneigungen, d. h. einen unregelmäßigen Lauf des angeschlossenen Motors zu vermeiden, haben wir uns bei der Bemessung einzelner Bauteilwerte jeweils auf die sichere Seite gelegt. Dies geht allerdings etwas zu Lasten des Nachregelverhaltens der Elektronik.

Setzt man die Schaltung immer oder überwiegend zur Regelung des gleichen Motors ein, kann die Regelcharakteristik des Gerä-

tes optimiert, d. h. speziell auf diesen Motor abgestimmt werden.

Durch Vergrößern des Widerstandes R 8 (bis max. 150 kOhm), können die Regeleigenschaften verbessert werden. Wird der Widerstandswert zu groß gewählt, merkt man dies sofort daran, daß der angeschlossene Motor zu „pumpen“ beginnt, d. h. er läuft unregelmäßig. Außerdem kann ein abruptes Zurückdrehen des Regelpotis R 6 von 100 % auf 0 % dazu führen, daß die Regelung trotz des Zurückdrehens weiterhin voll durchsteuert. In diesem Fall muß R 8 wieder verkleinert werden. Der Minimalwert liegt bei 10 kOhm.

Wie weiter vorstehend bereits erwähnt, darf die Inbetriebnahme der Schaltung jedoch ausschließlich dann erfolgen, wenn sie sich in einem ordnungsgemäßen, geschlossenen, berührungssicheren Gehäuse befindet.

Stückliste: Lastunabhängige Drehzahlregelung für Bohrmaschinen

Halbleiter

IC1	U 210 B
D1	1N 4007
TC1	BT 138/500

Kondensatoren

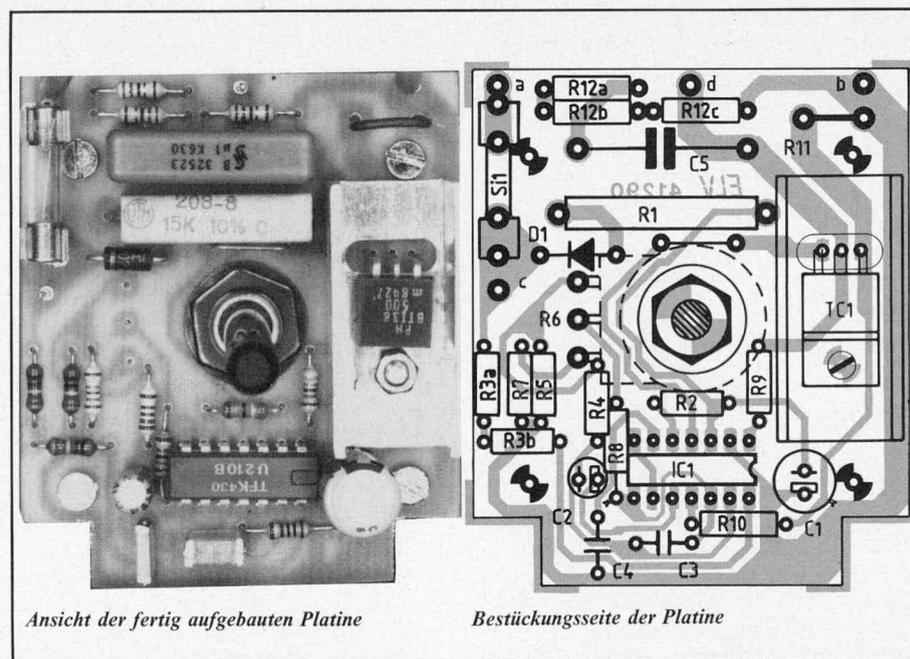
C1	22 µF/40V
C2	10 µF/16V
C3	220 nF
C4	3,3 nF
C5	100 nF/630V

Widerstände

R1	15 kΩ/2 Watt
R2	560 kΩ
R3a, R3b, R7	100 kΩ
R4	6,8 kΩ
R5	12 kΩ
R6	220 kΩ, Poti, 6 mm Achse
R8	120 kΩ
R9	470 kΩ
R10	2,2 kΩ
R11	0,05 Ω, 3 cm Widerstandsdraht
R12a-R12c	68 Ω

Sonstiges

- 1 Platinensicherungshalter
- 1 Sicherung 4 A
- 4 Lötstifte
- 1 U-Kühlkörper SK 13
- 1 Schraube 3 x 8 mm
- 4 Schrauben M 3 x 20
- 4 Abstandsröllchen, 15 mm
- 30 cm flexible Leitung 1,5 mm²
- 1 2ler Spannungs-Drehknopf
- 1 Pfeilscheibe
- 1 Deckel
- 1 Mutter M 3

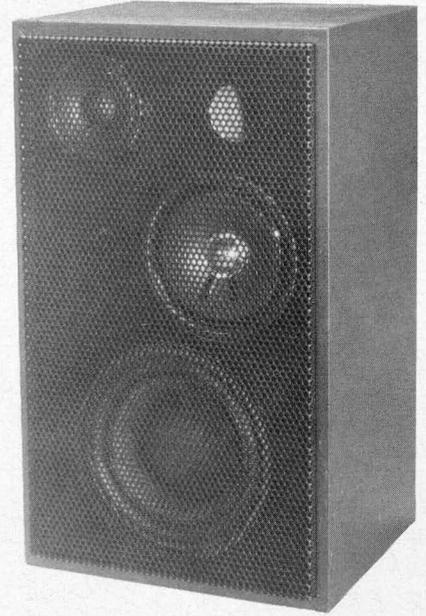


Ansicht der fertig aufgebauten Platine

Bestückungsseite der Platine

Aktiv-3-Wege-HiFi-Baßreflex- Kfz-Box ABK 30

(Kfz-Version der ABR 30 aus ELV Nr. 40)



Durch dieses NF-Kraftpaket mit drei eingebauten Leistungs-Endstufen, kann jedes Kraftfahrzeug in eindrucksvoller Weise beschallt werden. Die Spannungsversorgung erfolgt direkt aus dem 12 V-Kfz-Bordnetz.

Allgemeines

In der vorangegangenen Ausgabe des ELV journals (Nr. 40) stellten wir in einem ausführlichen, 7-seitigen Artikel die neue „Aktiv-3-Wege-HiFi-Baßreflex-Regalbox ABR 30“ mit drei integrierten Leistungs-Endstufen und eingebautem 220 V-Netzteil vor. In dieser Ausgabe des ELV journals (Nr. 41) veröffentlichen wir nun das Gegenstück zur vorgenannten Box, nämlich die Kfz-Version des Typs ABK 30. Obwohl die Kfz-Version der 220 V-Version sehr ähnlich ist (von der Art der Stromversorgung einmal abgesehen), wollen wir der Vollständigkeit halber nachfolgend alle relevanten technischen Daten aufzeigen:

- 3 unabhängige HiFi-Lautsprechersysteme,
- 3 unabhängig voneinander arbeitende Leistungsendstufen, davon 2 in Brückenschaltung,
- elektronische aktive Frequenzweiche, bestehend aus 3 hochwertigen elektronischen Filtern,
- zusätzlicher vorgeschalteter Gesamtfrequenzbereichsfilter,
- Stromversorgung direkt aus dem 12 V-Kfz-Bordnetz,
- Versorgungsspannungsbereich von 10 V bis 15 V,
- eingebaute 8 V-Spannungsstabilisierung zur Versorgung des Eingangsverstärkers und der aktiven elektronischen Filter,
- Gesamtsinusdauerleistung der Endstufen: ca. 30 W bei 13,6 V,
- integrierter Überlastungsschutz,
- integrierter Überhitzungsschutz,

- integrierter Kurzschlußschutz,
- Leistungsbandbreite der Gesamtbox: 60 Hz bis 18 kHz,
- eingebauter Baßreflexkanal zur Steigerung der Klangfülle im Baßbereich,
- 3 eingebaute Klangregler zur individuellen Anpassung der Lautstärke von Baß-, Mittel- und Hochtonbereich,
- Ansteuerung der ABK 30 direkt durch einen Lautsprecherausgang (z. B. vom Autoradio), der durch die ABK 30 nur minimal belastet wird,
- Abmessungen: Breite: 155 mm, Höhe: 260 mm, Tiefe: 130 mm,
- Gewicht ca. 2,5 kg,
- Bruttovolumen: 5,2 l,
- Nettovolumen: ca. 3,0 l.

Aus vorstehenden Ausführungen ist ersichtlich, daß es sich bei der ABK 30 genau wie bei der ABR 30 um eine außergewöhnliche Lautsprecherbox handelt, die speziell im Kfz-Bereich ihresgleichen sucht.

Im Gegensatz zur ABR 30, die drei Endstufen gleicher Leistung besitzt, weist die ABK 30 eine etwas schwächere, jedoch vollkommen ausreichend dimensionierte Hochtonstufe und zwei weitere Leistungsendstufen mit erhöhter Ausgangsleistung für den Mittel- und Tieftonbereich auf, so daß die Gesamtleistung ebenfalls 30 W beträgt.

Die prinzipielle Funktionsweise einer Aktiv-Box sowie der Aufbau einer Passiv-Version, wurden bereits ebenfalls ausführlich im ELV journal Nr. 40 beschrieben, so daß wir an dieser Stelle darauf nicht näher ein-

gehen wollen. Vielmehr möchten wir uns bei der nachfolgenden Beschreibung auf die wesentlichen Unterschiede dieser neuen Kfz-Version zur 220 V-Version konzentrieren.

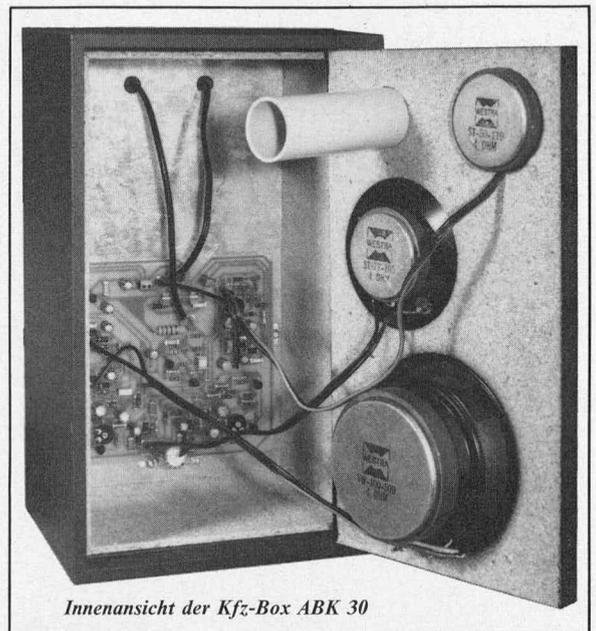
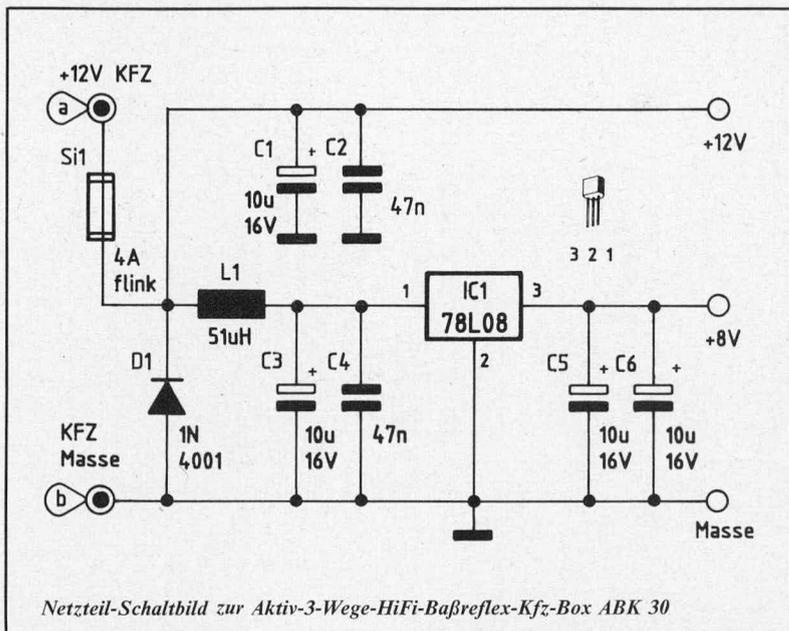
Zur Schaltung

Das vom Lautsprecherausgang des zur Ansteuerung dienenden Verstärkers kommende NF-Signal gelangt auf die beiden Eingangsanschlüsse „d“ sowie „e“ (Masse). Durch den parallel geschalteten Widerstand R 2 wird eine kleine Belastung für den ansteuernden Verstärker bewirkt, die gerade so groß gewählt wurde, um einen möglichst geringen Klirrfaktor zu erzielen (ohne jegliche Belastung würde bei manchen der zur Ansteuerung eingesetzten Autoradio-Endstufen der Klirrfaktor ansteigen).

Über R 3, C 9 und R 7 gelangt das Eingangssignal auf die Basis des ersten Verstärkertransistors T 1.

Aufbau und Funktionsweise dieser Stufe wie auch der folgenden Verstärkerstufen einschließlich der aktiven, elektronischen Filter, sind vollkommen identisch mit der Schaltung der ABR 30. Wir wollen mit der Beschreibung daher bei den Leistungsendstufen fortfahren, die in geänderter Technik aufgebaut wurden.

Alle 3 Endstufen werden mit einer unsymmetrischen Spannung versorgt, d. h. sie werden direkt von der Kfz-Bordnetzspannung gespeist (Masse und + 12 V).



Die Leistung einer im Gegentaktbetrieb arbeitenden Endstufe mit einer für den Kfz-Bereich typischen Versorgungsspannung von 13,6 V, ist hierdurch auf ca. 4 bis 5 W begrenzt (unter Berücksichtigung diverser in der Praxis auftretender zusätzlicher Spannungsabfälle).

Für den Hochtonlautsprecher reicht diese Leistung im allgemeinen gut aus, wobei sogar noch reichliche Sicherheitsreserven eingeplant sind.

Die drei aktiven, elektronischen Filter werden durch die Transistoren T 3 (Hochton, T 4 und T 5 (Mittelton) sowie T 6 (Tief-ton) jeweils mit Zusatzbeschaltung realisiert.

Vom Ausgang des Filters für den Hochtonbereich (Mittelabgriff von R 15) gelangt das NF-Signal über R 16 und C 14 auf den Eingang des Leistungsverstärkers (OP 1 mit Zusatzbeschaltung) für den Hochtonlautsprecher.

Da keine symmetrische Versorgungsspannung zur Verfügung steht, muß ein künstlicher Spannungsmittelpunkt erzeugt werden. Dies wird mit dem Spannungsteiler R 1 und R 56 bewirkt. C 33 dient zur Brummunterdrückung. Über R 17 wird diese Mittenspannung zur Einstellung des Gleichspannungs-Arbeitspunktes auf den Eingang des Leistungsverstärkers OP 1 gegeben, wo auch das NF-Signal für den Hochtonbereich ansteht.

Da der Ausgang des Leistungsverstärkers (Pin 4 von OP 1) nun ebenfalls gleichspannungsmäßig auf halber Betriebsspannung liegt, muß der Hochtonlautsprecher durch einen zusätzlichen Elko (C 19) vom Ausgang des Verstärkers entkoppelt werden. Hierdurch wird der Gleichspannungsanteil vom Ausgangssignal entfernt und der Lautsprecher wird nur mit dem verstärkten NF-Signal beaufschlagt. Für den Hochtonlautsprecher ist diese Art der Ankopplung problemlos, da ein verhältnismäßig kleiner Elko, der zudem nicht einmal ungepolt zu sein braucht (normale Standardausführung), für diesen Zweck ausreicht. Bei Baß-

lautsprechern und teilweise auch bei Mitteltönern, ist eine direkte, elkolose Ankopplung des Lautsprechers an den Verstärkerausgang unbedingt vorzuziehen, um unnötige Verluste und Beeinflussungen im unteren Frequenzbereich zu vermeiden. Wie dies in der vorliegenden Schaltungsentwicklung erreicht wurde, soll nachfolgend anhand des in Brückenschaltung aufgebauten Leistungsverstärkers für den Baßbereich detailliert beschrieben werden.

Dieser Verstärker besteht aus den beiden integrierten Leistungs-Endstufen OP 4 und OP 5. Die Einstellung des Gleichspannungs-Arbeitspunktes auf halbe Betriebsspannung, wird hier, genau wie beim Einzelverstärker OP 1, mit einem entsprechenden Spannungsteiler mit Pufferkondensator (R 47, R 48, C 39) vorgenommen. Über R 46 wird diese Gleichspannung dem Eingang des für die linke Brückenhälfte verantwortlichen OP 4 zugeführt und über R 52 dem Eingang des OP 5 der für die rechte Brückenhälfte zuständig ist. Somit liegen beide Ausgänge (jeweils Pin 4 von OP 4 und OP 5) auf halber Betriebsspannung, d. h. die Differenzspannung (von einem Ausgang zum anderen gemessen), beträgt 0 V. Ein angeschlossener Lautsprecher erhält keinen Gleichspannungsanteil (von einigen mV Offsetspannung einmal abgesehen).

Wird dem OP 4 über C 38 ein NF-Signal zugeführt, arbeitet diese Brückenhälfte genau wie der OP 1 für den Hochtonbereich, d. h. am Ausgang steht die verstärkte und zur Ansteuerung eines Lautsprechers geeignete NF-Spannung an, die auch unmittelbar auf den einen Anschluß des Baßlautsprechers gegeben wird.

Ein Brückenverstärker zeichnet sich nun dadurch aus, daß der zweite Lautsprecheranschluß nicht wie sonst üblich auf einem festen Bezugspotential liegt, sondern daß er gegenphasig angesteuert wird. Dies bedeutet nichts anderes, als daß das NF-Signal am zweiten Lautsprecheranschluß in genau gleicher Größe und Form zur Verfügung steht, jedoch mit dem einzigen, aber wesentlichen Unterschied, daß es um 180° phasenverschoben ist.

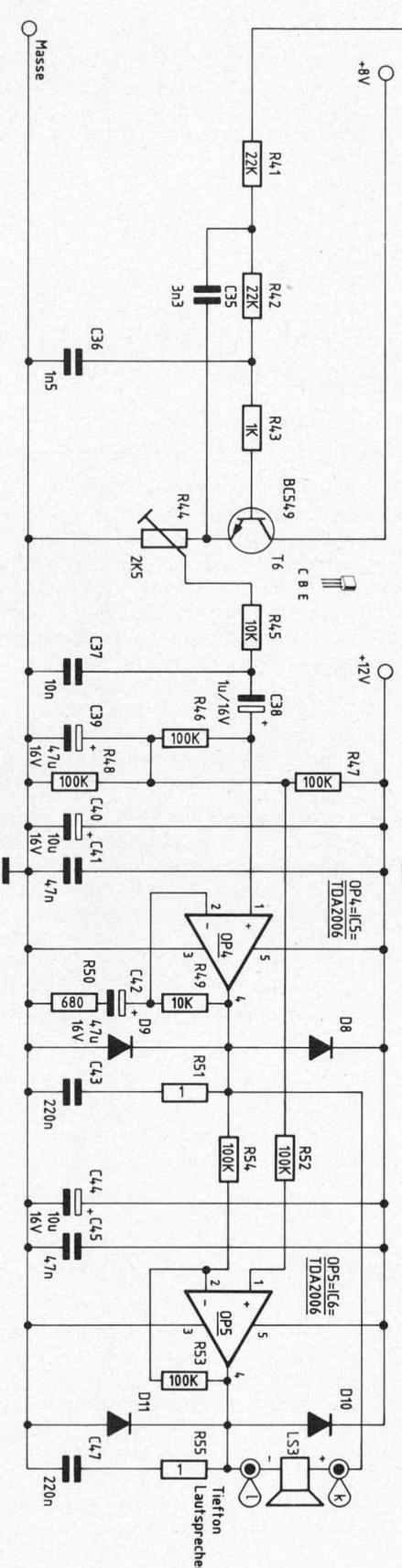
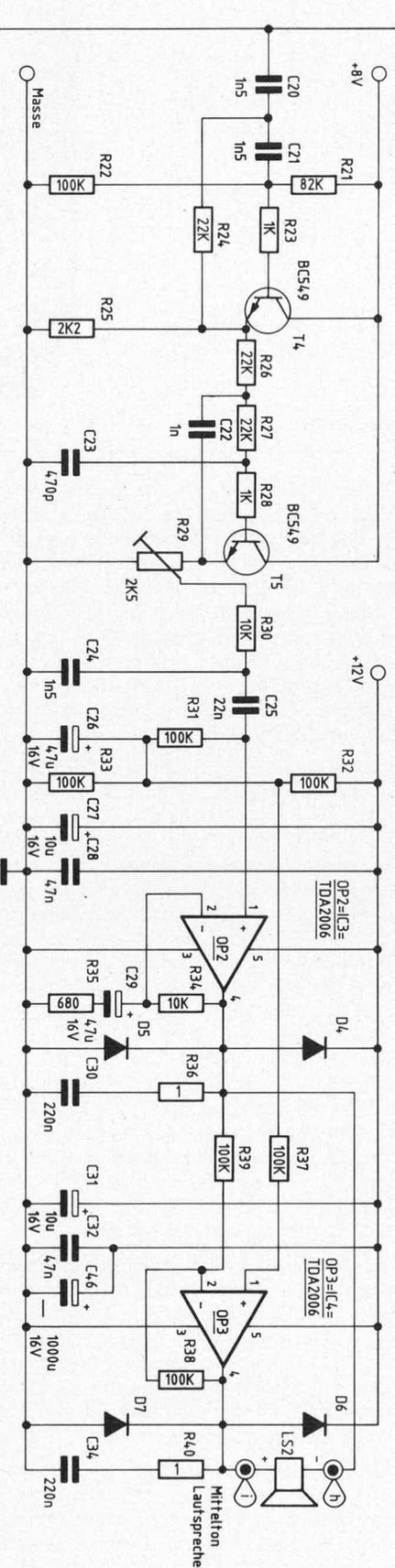
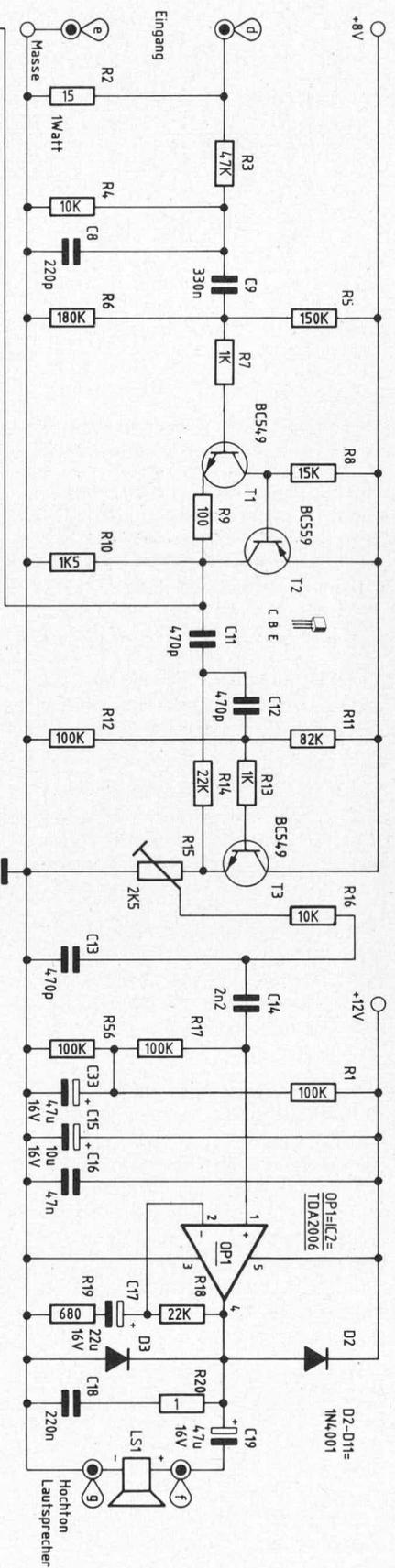
Steigt zum Beispiel die Ausgangsspannung des OP 4 (an Pin 4) 2 V über die Mittenspannung ($6\text{ V} + 2\text{ V} = 8\text{ V}$), so würde die Ausgangsspannung des OP 5 um den gleichen Betrag gegenüber der Mittenspannung abfallen ($6\text{ V} - 2\text{ V} = 4\text{ V}$). Die Spannung am Lautsprecherausgang beträgt nun nicht 2 V (wie von OP 4 abgegeben), sondern 4 V, da der angeschlossene Lautsprecher die Differenzspannung, die zwischen den beiden Ausgängen der Leistungsverstärker ansteht, zugeführt bekommt.

Die bei gleich großer Versorgungsspannung maximal am Lautsprecher anstehende NF-Ausgangsspannung ist somit beim Brückenverstärker doppelt so groß, wie bei einer „normalen“ Gegentakt-Endstufe. Eine Verdoppelung der Spannung entspricht aber einer 4mal so großen Leistung bei gleichem Belastungswiderstand (Lautsprecherimpedanz). Aus vorstehenden Ausführungen ist leicht ersichtlich, daß Brückenverstärker trotz des etwas erhöhten schaltungstechnischen Aufwandes diverse Vorteile bringen, besonders im Hinblick auf höhere Ausgangsleistungen.

Kommen wir nun zur Beschreibung der rechten, mit OP 5 mit Zusatzbeschaltung aufgebauten, Brückenhälfte. Die Einstellung des Gleichspannungs-Arbeitspunktes über R 52 erfolgt über denselben Spannungsteiler (R 47, R 48), wie die des OP 4.

Die Steuerspannung (NF-Eingangssignal) wird jetzt aber nicht auf den positiven Eingang (Pin 1 des OP 5) gegeben, sondern über R 54 auf den invertierenden (-) Eingang (Pin 2 des OP 5). Da der im Rückkopplungszweig liegende Widerstand R 53 die gleiche Größe besitzt wie R 54, ergibt sich die gewünschte Verstärkung von genau 1 bei 180° Phasenverschiebung. Pin 1 des OP 5 liegt über R 52 auf derselben Bezugsspannung wie Pin 1 des OP 4 (über R 46).

Von geringfügigen, dem mittleren Frequenzbereich angepaßten Dimensionierungsunterschieden einmal abgesehen, ist der Brückenverstärker für den mittleren Fre-



Schaltbild der Aktiv-3-Wege-HiFi-Baßreflex-Kfz-Box ABK 30

quenzbereich vollkommen identisch aufgebaut.

Durch den vorgeschalteten Bandpaß-Filter (T 4 und T 5 mit Zusatzbeschaltung), muß zur Erzielung einer gleichen Phasenlage aller Endstufen, die Polarität des angeschlossenen Mitteltöners gedreht werden, wie dies aus dem Schaltbild ersichtlich ist.

Die Stromversorgung erfolgt direkt aus dem Kfz-Bordnetz. Zunächst wird die Spannung über die Sicherung Si 1 geführt und anschließend von den Kondensatoren C 1, C 2 gesiebt. Ohne weitere Stabilisierung dient diese Spannung dann zur direkten Versorgung der 3 Leistungsendstufen, d. h. der OP's 1 bis 5.

Da die Vorstufen und aktiven, elektronischen Filter sehr kleine Eingangsspannungen verarbeiten müssen, reagieren diese auf Störspannungen, resultierend aus der Versorgungsspannung, entsprechend empfindlicher. Hierfür wurde eine separate Stabilisierung vorgenommen, aufgebaut mit dem Festspannungsregler IC 1 mit Zusatzbeschaltung.

Zum Schutz gegen eine Verpolung der Versorgungsspannung dient die Diode D 1, die in Sperrrichtung geschaltet ist. Bei einem versehentlichen Verpolen stellt D 1 einen Kurzschluß dar, der die Sicherung Si 1 auslöst. Fragt man sich, warum die Diode nicht in Reihe zur Sicherung geschaltet wurde, so ist dies folgendermaßen zu begründen:

Aufgrund der ohnehin für die angestrebten Ausgangsleistungen geringen Versorgungsspannung, würde eine in Reihe geschaltete Schutzdiode einen zusätzlichen Spannungsabfall von ca. 1 V bei entsprechender Strombelastung durch die Endstufen verursachen. Dies entspricht einer Reduzierung der Ausgangsleistung von mehr als 10 %. Bei der vorliegenden Schutzschaltung muß im Kurzschlußfall allerdings die Sicherung erneuert werden. Im „normalen“ Betrieb hingegen hat man den Vorteil der vollen Versorgungsspannung, ohne Abzug einer Diodenflußspannung.

Zum Nachbau

Bei der ELV-Aktiv-3-Wege-HiFi-Baßreflex-Box des Typs ABK 30, finden sämtliche Bauelemente auf einer einzigen, großzügig ausgelegten Platine Platz. Da kein extern aufzubauendes Netzteil benötigt wird, gestaltet sich der Aufbau besonders einfach und ist bis auf den Fortfall des Netzteiles genauso vorzunehmen wie bei der 220 V-Version des Typs ABR 30.

Inbetriebnahme

Zweckmäßigerweise sollte die erste Inbetriebnahme der ABK 30 im Hobby-Elektronik-Labor an einem stabilisierten Netzgerät erfolgen, das möglichst über eine einstellbare Strombegrenzung verfügt. Die Spannung wird hierbei auf ca. 12 V eingestellt und der max. mögliche Strom auf ca. 0,5 A.

Bevor das erste Mal eingeschaltet wird, ist die Bestückung der Leiterplatte nochmals sorgfältig zu kontrollieren. Besonderes Augenmerk ist auf die korrekte Polarität der Dioden und Elkos zu legen.

Außerdem ist vor der ersten Inbetriebnahme sicherheitshalber über ein Ohmmeter zu überprüfen, daß die IC's 2 bis 5 auch tatsächlich galvanisch von der Metallrückplatte getrennt, d. h. isoliert eingebaut wurden. Zu diesem Zweck wird ein Anschluß des Ohmmeters an die Metallrückplatte angeklemt und der zweite Anschluß an jede der drei Kühlfahnen der IC's gehalten. Es darf keinesfalls eine leitende Verbindung auftreten. Der Übergangswiderstand muß deutlich über 1 M Ω liegen.

Ist die Überprüfung zur Zufriedenheit verlaufen, kann die Stromversorgung eingeschaltet werden. Bei kurzgeschlossenen Eingangsklemmen sollte die Stromaufnahme zwischen 100 mA und 200 mA liegen. Bei höherer Stromaufnahme überprüft man ohne größere Zeitverzögerung, ob sich ein Endstufen-IC besonders stark erwärmt. Liegt die Stromaufnahme sogar über 0,5 A und regelt das Netzgerät die Ausgangsspannung auf kleinere Werte zurück, ist die Schaltung sofort von der Versorgungsspannung zu trennen und die Bestückung nochmals zu überprüfen. Auch ist die Leiterplatte auf mögliche Unterbrechungen und besonders auf Kurzschlüsse (Lötzinnverbindungen, Ätzfehler usw.) zu untersuchen.

Bewegt sich die Stromaufnahme in dem angegebenen Rahmen, sind die wichtigsten Betriebsspannungen zu überprüfen.

Der Minuspol eines Spannungsmessers bzw. Multimeters, wird hierzu an die Schaltungsmasse gelegt (0 V). Folgende Spannungen sind jetzt zu messen:

1. Platinenanschlußpunkt „a“: 12,0 V
Sollte vorgenannte Spannung geringfügig abweichen, ist das Netzgerät entsprechend nachzuregulieren, damit genau 12,0 V gemessen werden. Alle weiteren Spannungsangaben beziehen sich auf diesen Wert von 12,0 V.
2. Pin 1 des IC 1: + 11,8 V bis + 12,0 V
Pin 3 des IC 1: + 7,5 V bis + 8,5 V.
3. Pin 1 der IC's 2 bis 6 (OP's 1 bis 5): 5,8 V bis 6,2 V (bei diesen Messungen muß der Innenwiderstand des verwendeten Meßgerätes mindestens 10 M Ω betragen).
4. Pin 3 der IC's 2 bis 6 (OP's 1 bis 5): 0 V bis max. 10 mV.
5. Pin 4 der IC's 2 bis 6 (OP's 1 bis 5): 5,8 V bis 6,2 V.

Bei vorstehenden Messungen ist der Eingang der Aktiv-Box kurzzuschließen.

Mit den Trimmern R 15, R 29 und R 44 kann die Verstärkung der drei Frequenzbereiche individuell eingestellt werden. Zunächst sind sie jedoch auf Linksanschlag zu bringen (volle Verstärkung).

Nachdem alle Messungen zur Zufriedenheit ausgefallen sind, kann der Kurzschluß am Verstärkereingang der Aktiv-Box beiseiteitig werden und die Ansteuerung über eine Signalquelle erfolgen.

Bei größeren Ausgangsleistungen ist die Strombegrenzung zu entfernen, da die Stromaufnahme Spitzenwerte bis zu 10 A aufweisen kann. Im Mittel liegt sie jedoch

unter Zugrundelegung einer Gesamtausgangsleistung von 30 W, bei ca. 3 bis 4 A. Im Bereich der Zimmerlautstärke bleibt die Stromaufnahme unterhalb 0,5 A.

Einbau ins Kfz

Die Stromzuführung (Platinenanschlußpunkte „a“ und „b“) sollte über eine 2adrige flexible isolierte Leitung mit einem Querschnitt von mindestens 1,5 mm² erfolgen. Bei Leitungslängen über 4 m, ist der Querschnitt möglichst auf 2,5 mm² zu erhöhen. Der Masseanschluß (- 12 V) sollte in der Nähe des Kfz-Massebandes (vom Akku zur Karrosserie) abgenommen werden, während die Zuführung der +12 V hinter einer Fahrzeugsicherung, die über das Zündschloß geschaltet wird, abgenommen wird.

Ist die Verwendung eines ausreichend starken Leitungsquerschnittes nicht möglich, kann man sich mit 0,75 mm² zufrieden geben, sollte jedoch direkt parallel zu den Platinenanschlußpunkten „a“ und „b“ einen zusätzlichen Elko mit einer Kapazität von 10 000 μ F (oder mehr) anlöten (Pluspol an „a“), um Schwingneigungen und Übersprechen der Endstufen zu unterdrücken.

Für die Zuführung des NF-Eingangssignals verwendet man zweckmäßigerweise eine ladrige abgeschirmte Mikrofonleitung. Die Abschirmung wird mit dem Platinenanschlußpunkt „e“ und die innere, isolierte Ader mit dem Platinenanschlußpunkt „d“ verbunden.

Beim Anschluß an die Endstufe des Autoradios ist auch dort auf die richtige Polarität zu achten, d. h. der Masseanschluß Aktiv-Box („e“) muß mit dem Masseanschluß des Lautsprecherausganges des Autoradios verbunden werden. Eine kurzzeitige Falschpolung kann bereits Schäden verursachen.

Sofern die Verlegung der abgeschirmten Signal-Leitung nicht gerade in der Nähe der Zündspule im Motorraum erfolgt, kann die Länge ohne weiteres 5 bis 10 m betragen, ohne Beeinträchtigung der Übertragungsqualität.

Abschließend wollen wir noch kurz auf die Befestigung der Lautsprecherbox eingehen:

Bei der ABK 30 handelt es sich um eine für Kfz-Verhältnisse besonders leistungsfähige und große Lautsprecherbox mit eingebauten Filtern und Verstärkern. Das Gewicht ist entsprechend groß. Die Befestigung im Fahrzeug muß daher sorgfältig und gewissenhaft durchgeführt werden, damit sich die Lautsprecherbox nicht zu einem Bumerang entwickelt.

So kann z. B. über einen u-förmig gebogenen Metallbügel, der an die Seitenwände zu schrauben ist, die Box mit dem Fahrzeug verbunden werden. Die Schraubverbindungen müssen eine gute Stabilität und Festigkeit aufweisen. Auch besteht die Möglichkeit, die Box direkt über ihre Rückwand mit dem Fahrzeug zu verschrauben. Auf gar keinen Fall darf sie „lose“ im Fahrzeug angeordnet werden.

Wir wünschen Ihnen viel Freude beim Nachbau und späteren Einsatz dieser hochwertigen HiFi-Aktivbox.

Stückliste
Aktiv-3-Wege-HiFi-
Baßreflex-
Kfz-Box ABK 30

Halbleiter

IC1	μ A 78L08
IC2-IC6	TDA 2006
T1, T3-T6	BC 549
T2	BC 559
D1-D11	1N 4001

Kondensatoren

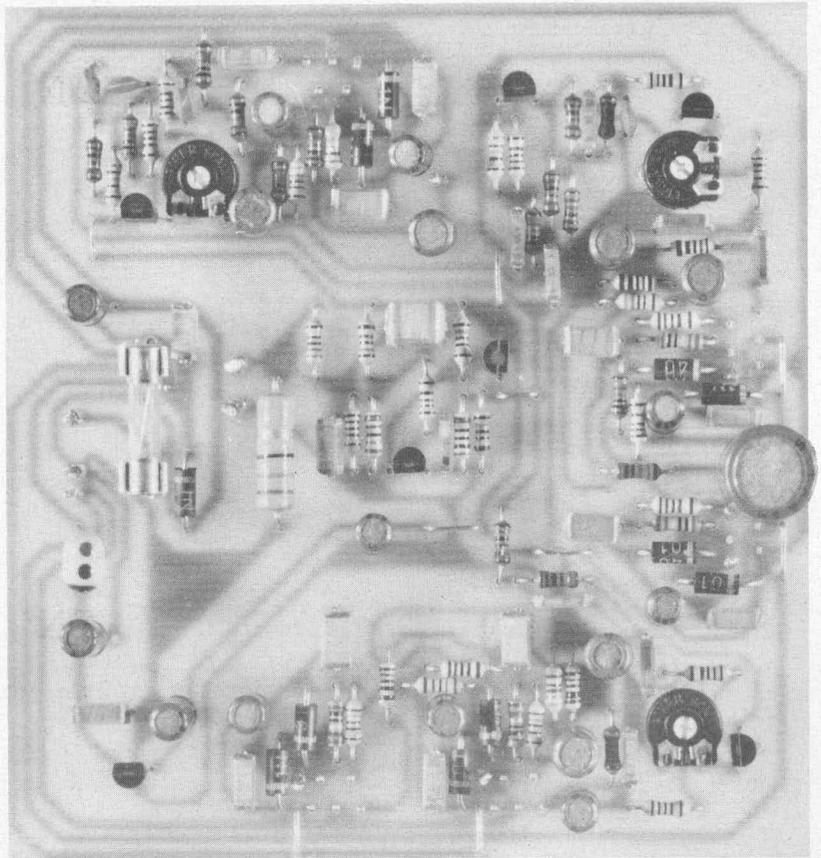
C1, C3, C5, C6	10 μ F/16V
C2, C4, C16	47 nF
C8	220 pF
C9	330 nF
C11-C13, C23	470 pF
C14	2,2 nF
C15, C27, C31	10 μ F/16V
C17	22 μ F/16V
C18, C30, C34	220 nF
C19, C26, C29	47 μ F/16V
C20, C21, C24	1,5 nF
C22	1 nF
C25	22 nF
C28, C32, C41	47 nF
C33, C39, C42	47 μ F/16V
C35	3,3 nF
C36	1,5 nF
C37	10 nF
C38	1 μ F/16V
C40, C44	10 μ F/16V
C43, C47	220 nF
C45	47 nF
C46	1000 μ F/16V

Widerstände

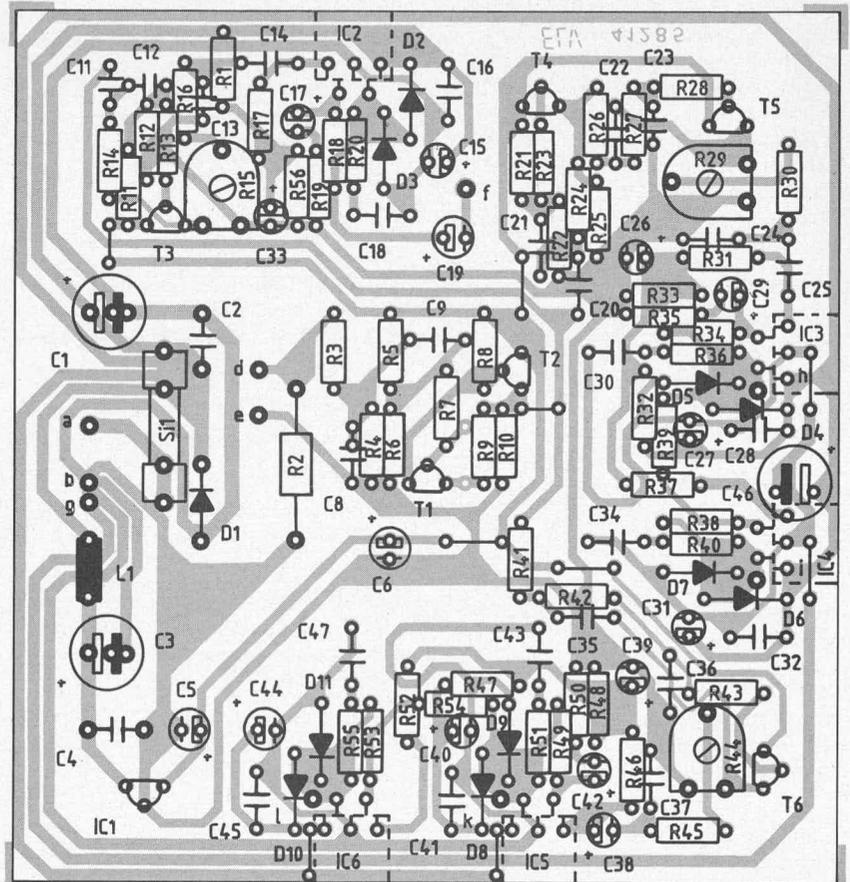
R1, R12, R17	100 k Ω
R2	15 Ω /1 Watt
R3	47 k Ω
R4, R16, R30, R34	10 k Ω
R5	150 k Ω
R6	180 k Ω
R7, R13, R23	1 k Ω
R8	15 k Ω
R9	100 Ω
R10	1,5 k Ω
R11	82 k Ω
R14, R18, R24	22 k Ω
R15, R29, R44	2,5 k Ω , Trimmer
R19	680 Ω
R20, R36, R40	1 Ω
R21	82 k Ω
R22, R31-R33, R38, R39	100 k Ω
R25	2,2 k Ω
R26, R27	22 k Ω
R28, R43	1 k Ω
R35, R50	680 Ω
R37, R46-R48, R53, R54	100 k Ω
R41, R42	22 k Ω
R45, R49	10 k Ω
R51, R55	1 Ω
R52, R56	100 k Ω

Sonstiges

L1	51 μ H
Si1	Sicherung 4 A
1 Platinensicherungschalter	
5 Schrauben M 3 x 8	
5 Muttern M 3	
12 Holzschrauben	
5 Glimmerscheiben	
5 Isoliernippel	
10 Lötstifte	
10 cm Silberdraht	
2,5 m abgeschirmte Leitung, 1-adrig	
1 gestanzte und bedruckte Rückplatte	



Ansicht der fertig aufgebauten Platine der Aktiv-3-Wege-HiFi-Baßreflex-Kfz-Box ABK 30



Bestückungsseite der Aktiv-3-Wege-HiFi-Baßreflex-Kfz-Box ABK 30