

ELV *journal*

Nr. 48

Mit
Platinenfolien

Fachmagazin der Amateure und Profis für angewandte Elektronik

DM 4,50



8-Kanal-Digital- Light-Processor DLP 1000

In dieser Ausgabe:

**Digitales
8-Kanal-Lichtsteuergerät
NF-Dauerzugbeleuchtung
Low-Cost
3-Kanal-Lichtorgel
Elektronisches Pendel**

**Kfz-Ultraschall-
Alarmanlage**

**Drehzahlregler für
Gleichstrom-
Bohrmaschinen**

**ELV-Serie micro-line:
Elektronik-Wetter-
station WS 1000**

ELV-Serie 7000:

**4,5stelliges
Digitalmultimeter DMM 7001
DCF-synchronisierte
Präzisions-Quarzzeitbasis**

**ELV-Grundlagen:
Gehör-Mikrofon-Kopf-
hörer, Teil 6 b**

Mit
Platinenfolien

Kfz-Ultraschall-Alarmanlage



Speziell zur Raumüberwachung im Kfz-Bereich wurde diese Ultraschall-Alarmanlage konzipiert. Geringe Stromaufnahme und hohe Störsicherheit zeichnen das Gerät u. a. aus.

Allgemeines

Ultraschall-Alarmanlagen sind zur Absicherung des Kfz-Innenraumes besonders geeignet, da sie ohne großen Installationsaufwand den gesamten Fahrgastraum erfassen.

An die Betriebssicherheit entsprechender Anlagen werden jedoch erhöhte Anforderungen gestellt. Man denke allein an die im Fahrzeug auftretenden extremen Temperaturschwankungen. Auch größere Störpegel auf der Versorgungsspannung bzw. durch Einstreuungen muß die Anlage problemlos verkraften können. Zwar befinden sich die meisten Verbraucher während der Überwachungsphase in Ruhe, jedoch können auch externe Störquellen unerwünschte

Einstreuungen ausüben (z. B. die Hupe eines nebenan stehenden Fahrzeuges).

Im ELV-Labor wurde daher eine Ultraschall-Alarmanlage konzipiert, die speziell für den Einsatz im Kfz-Bereich ausgelegt ist.

Zusätzlich bietet die Anlage die Möglichkeit zur Bordspannungsüberwachung, d. h. es wird auch ein Alarm ausgelöst, wenn Verbraucher unbefugt eingeschaltet werden (z. B. Kfz-Innenbeleuchtung durch Öffnen einer Tür). Die Arbeitsweise dieses Schaltungsteiles entspricht im wesentlichen dem ELV-Autoalarmsystem AS 2000, das im „ELV journal“ Nr. 40 vorgestellt wurde.

Ein weiterer Vorteil der ELV-Kfz-Ultraschall-Alarmanlage liegt darin, daß für den

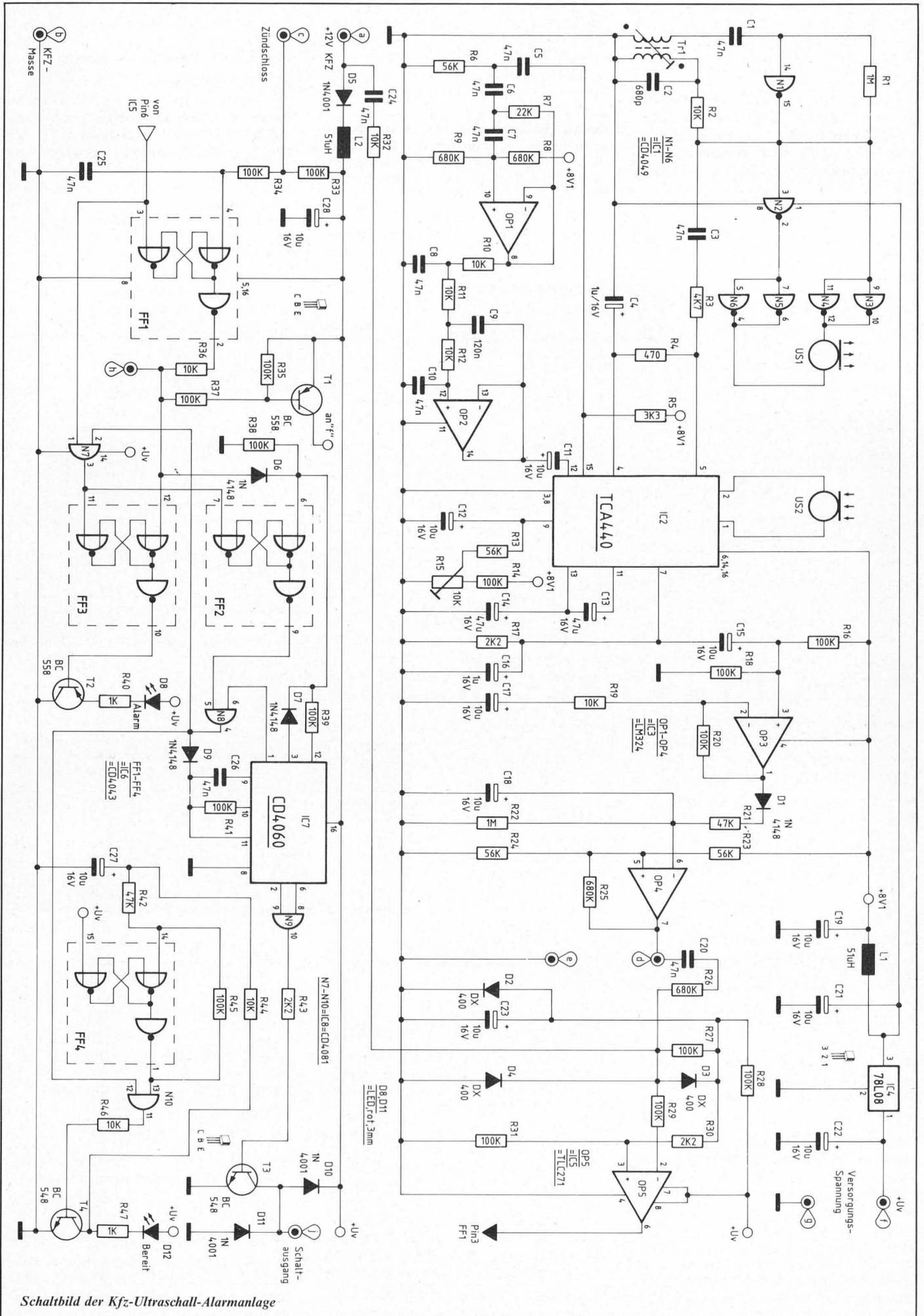
Einsatz im Kfz keinerlei separate Schalter erforderlich sind.

Kurz-Betriebsanleitung

Version A

(Ultraschall- + Tür-Auslösung)

1. Zündung ausschalten.
2. Aussteigen — 15 Sekunden nach dem Öffnen einer Tür ist die Anlage „scharf“.
3. Die erste Leuchtdiode blinkt zum Zeichen, daß die Anlage „scharf“ ist. Dies dient gleichzeitig der Abschreckung.
4. Öffnen der Fahrzeugtür.
5. Innerhalb von 15 Sekunden nach Öffnen einer Fahrzeugtür ist die Zündung wieder einzuschalten, um eine Alarmauslösung zu verhindern.



Schaltbild der Kfz-Ultraschall-Alarmanlage

6. Wird die Zündung nicht rechtzeitig eingeschaltet (bzw. der versteckte Schalter betätigt), beginnt der akustische Alarm (Hupe ertönt intervallartig für 30 Sekunden).

Anzumerken ist noch, daß durch Ausschalten der Zündung kein zeitlich begrenzter Ablauf gestartet wird. Man kann sich beliebig lange im Fahrzeug aufhalten, ohne einen Alarm auszulösen. Erst wenn ein ausreichend großer Verbraucher (z. B. Innenbeleuchtung) eingeschaltet wird, beginnt die „Karenzzeit“ zu laufen, d. h. es stehen noch 15 Sekunden zur Verfügung, in der beliebige Verbraucher eingeschaltet werden können, ohne einen Alarm auszulösen. Später eingeschaltete Verbraucher hätten einen Alarm zur Folge.

Version B (nur Ultraschall-Auslösung)

1. Kurz vor dem Verlassen des Fahrzeuges wird der versteckte Schalter in Stellung „Ein“ gebracht.
2. 15 Sekunden später ist die Anlage „scharf“. Die erste Leuchtdiode blinkt.
3. Öffnen der Fahrzeughuette und einsteigen. Die detektierten Bewegungen werden von der Ultraschall-Alarmanlage registriert.
4. Innerhalb von 15 Sekunden nach dem Registrieren der ersten Bewegung ist über den versteckten Schalter die Anlage auszuschalten, um eine Alarmauslösung zu verhindern.
5. Wird der Schalter nicht rechtzeitig betätigt, beginnt der akustische Alarm (Hupe ertönt intervallartig für 30 Sekunden).

Bedienung und Funktion

Sämtliche Vorgänge dieser Kfz-Alarmanlage laufen voll automatisch ab. Eine Bedienung der Anlage im herkömmlichen Sinne ist überhaupt nicht erforderlich.

Insgesamt besteht die Anlage aus 2 getrennt arbeitenden Systemen.

1. Der Fahrzeuginnenraum wird im aktiven Zustand durch ein Ultraschall-Alarmsystem zuverlässig überwacht.
2. Kontrolle der Kfz-Bordspannung, d. h. sobald unbefugt ein Verbraucher während der Überwachungsphase eingeschaltet wird, registriert die Anlage einen, wenn auch sehr geringen, Spannungseinbruch (z. B. durch Öffnen einer Tür und dem damit verbundenen Einschalten der Innenbeleuchtung) und löst dadurch Alarm aus.

Solange die Zündung des zu überwachenden Kfz eingeschaltet ist, wertet die Alarmanlage dies als erlaubten Betriebszustand des Fahrzeuges, d. h. es wird kein Alarm ausgelöst.

Wird die Zündung ausgeschaltet, beginnt die aktive Überwachungsphase der Alarmanlage.

Durch das Öffnen der Fahrertür und das damit verbundene Einschalten der Innenbeleuchtung erhält die Alarmanlage den ersten Impuls.

Dieser erste, nach dem Ausschalten der Zündung aufgetretene Impuls setzt eine automatische Ablaufsteuerung in Gang,

die für 15 Sekunden alle weiteren Impulse unterdrückt. Hierdurch wird es ermöglicht, daß auch andere Türen geöffnet werden können, einschl. Kofferraum, Heckklappe o. ä. Zwar scheint die Zeitdauer von 15 Sekunden auf den ersten Blick verhältnismäßig kurz, in der Praxis erweisen sie sich jedoch als vollkommen ausreichend, dies um so mehr, da das Schließen der Türen und das damit verbundene Wiederausschalten der Innenbeleuchtung keinen auswertbaren Alarmimpuls liefert. Selbst wenn Verbraucher nach Stunden wieder ausgeschaltet werden, wird hierdurch kein Alarm ausgelöst, d. h. ein Fahrzeug kann in aller Ruhe entladen werden, ohne ungewollten Alarm beim späteren Schließen der Türen auszulösen.

15 Sekunden nach dem ersten Impuls (Öffnen einer Tür — z. B. Fahrertür) ist die Anlage „scharf“. Anzeigt dies durch ein Blinksignal auf der Frontseite der Alarmanlage.

Jeder weitere Impuls löst jetzt einen Alarm aus. Bewirkt wird dies durch das Einschalten eines nahezu beliebigen Verbrauchers, der lediglich einen bestimmten Minimalstrom aufnehmen muß. Bestens geeignet sind hierzu Glühlampen, die im Einschaltmoment ein Vielfaches ihres Nennstromes aufnehmen. So reicht auch das Einschalten einer verhältnismäßig kleinen Glühlampe (z. B. Kfz-Innenbeleuchtung oder Kofferraumbeleuchtung) zum sicheren Auslösen des Alarms aus.

In dem Moment, in dem bei „scharfer“ Alarm-Anlage (Leuchtdiode blinkt) eine Tür geöffnet und die Innenbeleuchtung eingeschaltet wird, registriert die Alarmanlage dies und setzt den eigentlichen Auslösevorgang in Betrieb. Zu erkennen ist es daran, daß die blinkende Leuchtdiode verlischt und eine zweite Leuchtdiode „Alarm“ permanent aufleuchtet.

Nach genau 15 Sekunden wird der Ausgang der Alarmanlage intervallartig im 2-Hz-Rhythmus geschaltet. Im allgemeinen wird der Ausgang ein Kfz-Relais ansteuern, das seinerseits die Fahrzeughupe aktiviert. Um den gesetzlichen Bestimmungen zu genügen, verstummt der Alarm automatisch nach 30 Sekunden.

Nach weiteren 15 Sekunden ist die Anlage automatisch wieder „scharf“, was durch Blinken der ersten LED angezeigt wird. Die zweite LED bleibt weiterhin angesteuert, und zwar solange bis durch Einschalten der Zündung ein Rücksetzen der gesamten Alarmanlage erfolgt. Der rechtmäßige Besitzer kann somit evtl. Einbruchsversuche oder auch einen Fehlalarm (z. B. Wackelkontakt) im nachhinein zuverlässig erkennen.

Öffnet der Besitzer selbst die Fahrzeughuette, so wird auch hier der Alarmvorgang in Betrieb gesetzt. Da das akustische Signal (Hupe) jedoch erst 15 Sekunden später aktiviert wird, hat der Eigentümer genau diese 15 Sekunden Zeit zur Verfügung, um die Zündung einzuschalten. Hierdurch wird augenblicklich die gesamte Alarmanlage in den Ruhezustand zurückversetzt.

Allein aufgrund vorstehend beschriebener

Überwachungsfunktionen ist bereits eine gute Absicherung des Fahrzeuges gegeben. Eine weitere, wesentliche Überwachungsfunktion stellt darüber hinaus der Ultraschall-Teil dieses Alarmsystems dar.

Wird zum Beispiel ein Einbruch in das Fahrzeug durch Zerschlagen oder auch durch ein etwas offenstehendes Fenster bzw. über das Schiebedach versucht, werden die dann auftretenden Bewegungen von dem Ultraschall-Bewegungsdetektor registriert, der seinerseits wieder den Alarm auslöst. Auch hier vergehen bis zum Auslösen genau wie beim Öffnen einer Tür 15 Sekunden, bis die Fahrzeughupe ertönt. Der rechtmäßige Besitzer hat somit genügend Zeit, das Zündschloß zu betätigen, um die Anlage außer Betrieb zu nehmen.

Die Ansprechempfindlichkeit des Ultraschall-Bewegungs-Detektors ist in weiten Grenzen einstellbar.

Aufgrund des ausgereiften Konzeptes dieses Alarmsystems braucht sich der Kfz-Benutzer im allgemeinen um die Funktion dieser Überwachungseinrichtung nicht zu kümmern, da alle Vorgänge voll automatisch ablaufen.

Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, die Anlage von der Betätigung des Zündschlosses unabhängig zu machen, indem ein versteckter Schalter eingebaut wird, mit dem die Anlage ein- und wieder ausgeschaltet werden kann. Diese letztgenannte Version ist jedoch nur in seltenen Fällen einzusetzen, da die Gefahr der Entdeckung des Schalters einen zusätzlichen Unsicherheitsfaktor darstellt.

Um die Anlage universell zu gestalten, wurde auch der Betrieb ohne Bordspannungsüberwachung vorgesehen, wobei die Aktivierung über einen externen Schalter erfolgt. Hierauf gehen wir unter dem Kapitel „Anschluß und Inbetriebnahme“ noch näher ein.

Zur Schaltung

Wie bereits eingangs erwähnt, besteht die ELV-Kfz-Ultraschall-Alarmanlage aus 2 unterschiedlichen, getrennt arbeitenden Alarmauslösesystemen, die jedes für sich schon einmal im „ELV journal“ beschrieben wurden und die jetzt miteinander zu einem Gesamtsystem auf einer einzigen Platine miteinander kombiniert worden sind.

Der mit den ICs 1, 2 und 3 mit Zusatzbeschaltung aufgebaute Ultraschall-Bewegungsdetektor ist in ähnlicher Form bereits im „ELV journal“ Nr. 45 auf den Seiten 29 bis 33 veröffentlicht, so daß wir an dieser Stelle nur kurz auf die grundsätzliche Funktion eingehen wollen.

IC 1 stellt mit seiner Zusatzbeschaltung einen stabilen LC-Oszillator dar, der zur Ansteuerung des Ultraschall-Senders US 1 dient. Die Frequenz beträgt ca. 30 kHz.

Der zweite Ultraschall-Wandler US 2 empfängt das reflektierte Signal.

Im IC 2 erfolgt eine Mischung des Empfangssignals mit dem Oszillatorsignal. OP 1 und OP 2 stellen mit ihrer Zusatzbeschaltung einen niederfrequenten Bandpaß-Filter dar.

Solange in dem zu überwachenden Bereich keine Bewegungen registriert werden, stimmt die Empfangsfrequenz exakt mit der Sendefrequenz überein und es entsteht keine Differenzfrequenz.

Tritt im zu überwachenden Bereich eine Bewegung auf, so verändert sich die Empfangsfrequenz aufgrund des Doppeleffektes geringfügig. Aufgrund der Mischung von Sende- und Empfangsfrequenz entsteht ein Differenzsignal, das über die Filter (OP 1, OP 2) auf die zweite, im IC 2 enthaltene Verstärkerstufe gegeben wird.

Mit R 15 kann die Verstärkung und damit die Empfindlichkeit des Systems angepaßt werden.

Am Ausgang (Pin 7) des IC 2 steht das aufbereitete, den detektierten Bewegungen entsprechende Signal an.

OP 3 nimmt eine weitere Verstärkung und D 1, C 18 und R 21 eine Gleichrichtung vor. OP 4 ist als Komparator geschaltet. Im Ruhezustand ist der Ausgang (Pin 7 des OP 4) auf „high“-Potential (ca. + 7 V). Treten ausreichend große Bewegungen in dem zu überwachenden Bereich auf, wechselt das Potential für die Zeitspanne der Bewegungen auf ca. 0 V.

Über C 20, R 26 wird im selben Moment ein Impuls auf die Alarmauslösestufe (OP 5 mit Zusatzbeschaltung) der zweiten Alarmschaltung gegeben.

Kleine Spannungseinbrüche der Versorgungsspannung von wenigen 10 mV, die durch Einschalten entsprechender Verbraucher entstehen, werden über C 24, R 32 ebenfalls auf die Alarm-Auslöseschaltung gegeben. Hierdurch sinkt das Potential über den Vorwiderstand R 29 an Pin 2 des OP 5 kurzzeitig unterhalb des an Pin 3 des OP 5 anstehenden Potentials und der Ausgang (Pin 6 des OP 5) gibt einen kurzen „high“-Impuls auf Pin 3 des Speichers „FF 1“.

Dieser zweite Schaltungsteil, einschl. der kompletten Ablaufsteuerung, wurde bereits ausführlich im „ELV journal“ Nr. 40 auf den Seiten 18 bis 21 beschrieben („ELV-Autoalarmsystem AS 2000“). Wir wollen daher an dieser Stelle auch diesen Schaltungsteil nur kurz beschreiben.

Vorausgesetzt, die Zündung ist ausgeschaltet (Pin 4 des IC 6/FF 1 liegt auf ca. 0 V), so hat der erste „high“-Impuls des OP 5 über Pin 3 des FF 1 dessen Ausgang (Pin 2) auf „low“ (ca. 0 V) gesetzt.

T 1 ist durchgesteuert und auch der Schaltungsteil des Ultraschall-Bewegungsdetektors wird mit Strom versorgt.

FF 2 wird über Pin 6, FF 3 über Pin 12 sowie IC 7 über R 39, Pin 12 freigegeben.

Nach 15 Sekunden wechselt der Ausgang Pin 1 des IC 7 sein Potential auf „high“ und der Ausgang (Pin 4) des Gatters N 8 nimmt ebenfalls „high“-Potential (ca. + 12 V) an.

Hierdurch wird der Oszillator des IC 7 gestoppt und gleichzeitig die Gatter N 7 und N 10 freigegeben. Letzteres bewirkt das Blinken der Bereitschafts-LED.

Jeder weitere Impuls am Ausgang (Pin 6) des OP 5 führt zum Auslösen des Alarms,

da der Impuls über N 7 die Speicher FF 2 und FF 3 durchschaltet. Die Alarm-LED leuchtet auf und über N 8 und D 9 wird der im IC 7 enthaltene Oszillator wieder freigegeben.

15 Sekunden später wird das Gatter N 9 freigegeben und im 2 Hz-Rhythmus 30 Sekunden lang getaktet. T 3 schaltet ein externes Relais zur Hupenansteuerung. Nach Ablauf des akustischen Alarms wechselt der Ausgang Pin 3 des IC 7 kurzzeitig von „low“ nach „high“ und die Gesamtanordnung geht weiter in ihren Bereitschaftszustand über. Lediglich die Alarm-LED (D 8) bleibt solange aktiviert, bis ein Rücksetzen über das Zündschloß oder den versteckten Schalter erfolgt.

Durch Einschalten der Zündung wird Pin 4 des FF 1 über R 34 auf + 12 V gelegt („high“) und der Ausgang (Pin 2 des FF 1) nimmt ebenfalls „high“-Potential an. T 1 ist gesperrt, der Ultraschall-Bewegungsdetektor stromlos und die gesamte übrige Auswerteschaltung zurückgesetzt.

Die Anlage kann auch ohne den Alarm-Spannungsdetektor betrieben werden, indem der Schaltungspunkt „c“ (Zündschloß-Anschluß) unbeschaltet bleibt, d. h. Pin 4 des FF 1 liegt über R 33, R 34 permanent auf „high“. Über einen externen versteckten Schalter kann jetzt der Platinenanschlußpunkt „h“ mit der Schaltungsmasse (Platinenanschlußpunkt „b“) verbunden werden, wodurch die Anlage in Betrieb genommen wird. 15 Sekunden später (auch ohne Öffnen einer Fahrertür bzw. Einschalten eines Verbrauchers) ist die Anlage „scharf“.

Zum Nachbau

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

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

Die beiden Ultraschall-Wandler des Typs US 89 B (Sender und Empfänger sind gleich) werden über 2 Lötstifte in einem Abstand von ca. 10 mm mit der Platine verbunden. Die genaue Einlötposition (Abstand zur Platine) wird so vorgenommen, daß die Abstrahlfläche der Ultraschall-Wandler genau mit der Frontfläche des verwendeten Kunststoffgehäuses abschließt.

Aufgrund der insgesamt günstigen und praxisorientierten Eigenschaften der verwendeten Ultraschall-Wandler sind keine besonderen Einbaubeschränkungen oder Hinweise zu beachten. Selbst eine Pufferung über Gummihalierungen o. ä. ist nicht erforderlich, d. h. die Wandler können ohne weiteres seitlich oder rückwärtig mechanisch fixiert werden (Berührung mit Gehäuseteilen spielt keine Rolle). Lediglich die Abstrahlfläche nach vorne muß selbstverständlich frei bleiben.

Nachdem die Bestückung nochmals sorgfältig anhand des Bestückungsplanes kontrolliert wurde, steht der Inbetriebnahme nichts mehr im Wege.

Anschluß und Inbetriebnahme

Bevor das Alarmsystem im Fahrzeug installiert wird, empfiehlt es sich, eine erste Überprüfung extern vorzunehmen.

Hierzu wird an die Schaltung eine stabilisierte 12,0 V Versorgungsspannung gelegt (Minuspol am Platinenanschlußpunkt „b“ und Pluspol am Platinenanschlußpunkt „a“). Die übrigen Platinenanschlußpunkte bleiben zunächst unbeschaltet.

Zweckmäßigerweise überprüft man gleichzeitig die Stromaufnahme, die bei ca. 30 mA liegen sollte (in jedem Fall unter 50 mA).

Mit einem Voltmeter werden jetzt zunächst folgende Spannungen gemessen, wobei die Minusklemme des Voltmeters mit der Schaltungsmasse (Platinenanschlußpunkt „b“) verbunden wird. Die angegebenen Spannungswerte dürfen um $\pm 0,5$ V abweichen. Mit dem Plusanschluß werden folgende Meßpunkte geprüft:

1. Pin 16 des IC 6: 12 V
2. Pin 16 des IC 7: 12 V
3. Pin 14 des IC 8: 12 V
4. Pin 2 des IC 6: 12 V
5. Pin 7 des IC 5: 12 V
6. Pin 6 des IC 5: 0 V
7. Pin 3 des IC 4: 0-2 V

Als nächstes wird der Platinenanschlußpunkt „h“ mit dem Platinenanschlußpunkt „b“ über eine kurze Leitung verbunden. Folgende Spannungen sind jetzt zu messen:

8. Pin 1 des IC 4: 12 V
9. Pin 3 des IC 4: 8 V
10. Pin 4 des IC 3: 8 V
11. Pin 7 des IC 3: 6-8 V
12. Pin 16 des IC 2: 8 V
13. Pin 1 des IC 1: 8 V

Nachdem vorstehend beschriebene Spannungsmessungen zur Zufriedenheit verlaufen sind, wird als nächstes die optimale Frequenz des Ultraschall-Senders eingestellt.

Hierzu wird die Platine in einem Abstand von ca. 3 m parallel zu einer gegenüberliegenden Wand fest montiert. Die gesamte Platine, und damit auch die beiden Ultraschall-Wandler, weisen also direkt auf die 3 m entfernte Wandfläche.

Mit einem empfindlichen, hochohmigen Wechselspannungs-Millivoltmeter, mit dem auch Messungen im Bereich von 30 kHz durchführbar sind oder mit einem Oszilloskop, wird jetzt die Spannung direkt am Ausgang des Empfänger-Ultraschall-Wandlers US 2 gemessen (bzw. zwischen den Anschlußbeinchen 1 und 2 des IC 2). Die Abolutgröße der Spannung spielt eine untergeordnete Rolle.

Der Ferritkern des Übertragers Tr 1 wird jetzt langsam in kleinen Schritten verdreht, bis die gemessene Spannung ihr Maximum erreicht hat. Aufgrund der guten Übereinstimmung der einzelnen Ultraschall-Wandler liegt die Frequenz in einem sehr engen Bereich, d. h. zwischen 30,0 kHz und 30,6 kHz (typ. 30,3 kHz). Sicherheitshalber überprüft man die eingestellte Frequenz bei dem gefundenen Spannungsmaximum nochmals mit einem Frequenzzähler.

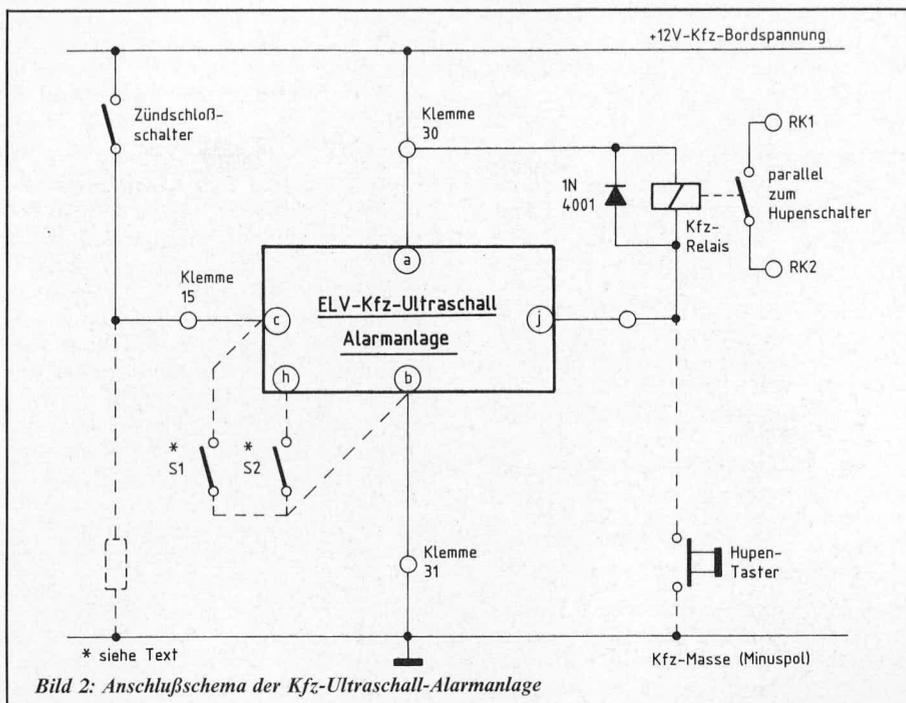
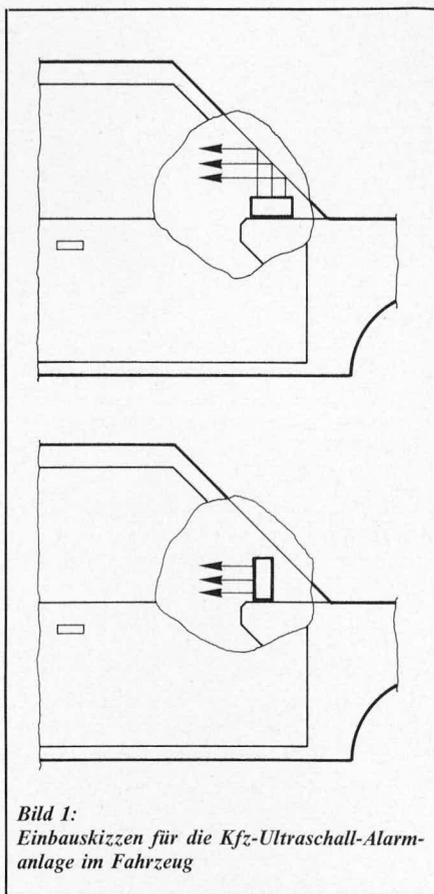
Sollte der Einstellbereich des Ferritkerns nicht ausreichen, kann der Kondensator C2 entsprechend verkleinert (Frequenzerhöhung) oder vergrößert (Frequenzreduzierung) werden.

Durch die hohe Selektivität, d. h. durch die ausgeprägte Resonanzkurve der Ultraschall-Wandler ist der Feinabgleich der Sendefrequenz, wie vorstehend beschrieben, sorgfältig durchzuführen.

Zweckmäßigerweise wird das System später so eingebaut, daß aufgrund von Reflexionen möglichst der gesamte Fahrzeuginnenraum von den Schallwellen erfaßt wird. Bild 1 verdeutlicht die möglichen Einbaulagen.

Die passenden Gehäuse stehen in den Farben schwarz und weiß zur Verfügung. Erfolgt der Einbau so, daß das Alarmsystem vor direkter Sonnenbestrahlung geschützt ist, spielt die Gehäusefarbe eine untergeordnete Rolle. Ist jedoch das Gerät direkt der Sonnenbestrahlung ausgesetzt, empfiehlt es sich, die weiße Gehäusefarbe zu bevorzugen, um extremen Übertemperaturen, hervorgerufen durch die Erhitzung des schwarzen Gehäuses, vorzubeugen.

Mit R 15 kann die Empfindlichkeit (Reichweite) eingestellt werden. 0 V an Pin 9 des IC 2 (Trimmer R 15 im Uhrzeigersinn gedreht — Rechtsanschlag) entspricht maximaler Verstärkung (Empfindlichkeit). Je weiter R 15 entgegen dem Uhrzeigersinn gedreht wird, desto geringer ist die Ansprechempfindlichkeit und damit die Reichweite. Für den Kfz-Einsatz ist im allgemeinen eine Einstellung ungefähr in der Mittelstellung günstig. Eine zu große Empfindlichkeit bedeutet eine Verminderung der Störsicherheit während zu geringe



Empfindlichkeit die Auslösung in der entgegengesetzten Richtung beeinträchtigt. Aufgrund der professionellen Schaltungstechnik ist die Einstellung jedoch unkritisch.

Doch kommen wir nun zum eigentlichen Anschluß des Alarmsystems im Fahrzeug. In Bild 2 ist das Anschlußschema der ELV-Kfz-Ultraschall-Alarmanlage dargestellt.

Der Platinenanschlußpunkt „b“ ist mit der Kfz-Masse (meistens mit „Klemme 31“ bezeichnet) zu verbinden.

Der Platinenanschlußpunkt „a“ ist an einem Punkt anzuschließen, der permanent, d. h. auch bei ausgeschalteter Zündung, Spannung führt (meist mit „Klemme 30“ bezeichnet).

Der Platinenanschlußpunkt „c“ wird hinter dem Zündschloß angeklemt. Dieser Punkt ist bei den meisten Fahrzeugen die „Klemme 15“.

Beim Platinenanschlußpunkt „j“ handelt es sich um den Alarmausgang mit offenem Kollektor, der während der akustischen Alarmphase intervallartig nach Masse durchgeschaltet wird. Die maximale Strombelastbarkeit liegt bei 200 mA. Dies ist zur Ansteuerung der im Kfz-Bereich üblichen Schaltrelais mehr als ausreichend.

Wird die Fahrzeughupe bereits über ein Relais geschaltet, dessen Steuerwicklung entsprechend Bild 2 permanent an +12 V liegt und nach Masse geschaltet wird (gestrichelter Taster), so kann der Platinenanschlußpunkt „j“ entsprechend Bild 2 direkt an das Relais gelegt werden.

Ist man sich über die im Fahrzeug bereits bestehende Verdrahtung der Hupensteuerung nicht ganz im klaren, empfiehlt es sich, sicherheitshalber ein zusätzliches Kfz-Relais entsprechend Bild 2 einzubauen. Die Relaiskontakte (RK 1 und RK 2) werden direkt parallel zu den Kontakten des bereits bestehenden Hupenrelais geschaltet. Ist kein Relais vorhanden, sondern wird die Hupe direkt von einem Hu-

pentaster angesteuert, so werden RK 1 und RK 2 hierzu parallel geschaltet.

Die flexiblen isolierten Zuleitungen zu den Relaiskontakten „RK 1“ und „RK 2“, über die der volle Hupenstrom fließt, sollten möglichst kurz gehalten werden und einen Querschnitt von mindestens 1,5 mm² (besser 4 mm²) aufweisen.

Für alle übrigen flexiblen isolierten Zuleitungen, die zum Anschluß des Alarmsystems dienen, reicht ein Leitungsquerschnitt von 0,4 mm² vollkommen aus.

Parallel zu dem Kfz-Relais, das über den Platinenanschlußpunkt „j“ angesteuert wird, ist entsprechend Bild 2 eine Diode zu schalten. Diese sollte unmittelbar am Relais befestigt werden und dient zum Ableiten induktiver Spannungsspitzen beim Ausschaltvorgang. Auf korrekte Polarität ist unbedingt zu achten, da ansonsten ein direkter Kurzschluß entsteht (Katode = Pfeilspitze = Farbring).

Soll die Alarmanlage über den Zündschloßschalter ein- und wieder ausgeschaltet werden, entfallen die beiden gestrichelt eingezeichneten Schalter S 1 und S 2 ersatzlos.

Möchte man die Funktionen der Anlage unabhängig vom Zündschloßschalter steuern, entfällt der Anschluß an Klemme 15 ersatzlos. Eingebaut wird jetzt ein versteckt anzuordnender Kippschalter, der zwischen die Platinenanschlußpunkte „c“ und „b“ gelegt wird. Die Anlage ist aktiviert, wenn S 1 geschlossen wird. Die übrigen Funktionen entsprechen der Version mit dem Zündschloßschalter, d. h. nach dem Schließen von S 1 muß zunächst durch Öffnen einer Tür und dem damit verbundenen Einschalten der Kfz-Innenbeleuchtung ein Startimpuls auf die Anlage gelangen, damit sie 15 Sekunden später in ihren Bereitschaftszustand übergeht.

Wünscht man keinerlei Spannungsüberwachungsfunktionen, kann anstelle des Schalters S 1 die Version des Schalters S 2 realisiert werden. Hierbei wird ein ebenfalls

versteckt einzubauender Schalter zwischen die Platinenanschlußpunkte „h“ und „b“ gelegt. Auch hier entfällt der Anschluß der Klemme 15 ersatzlos. 15 Sekunden nach dem Schließen von S2 ist die Anlage in ihrem Bereitschaftszustand, d. h. die LED „Bereit“ blinkt. In diesem Fall ist kein zusätzlicher Startimpuls über das Öffnen einer Tür erforderlich. Bleiben C24 und R32 eingebaut, können auch in dieser Betriebsart beide Versionen, d. h. Ultraschall-Bewegungsdetektor und Spannungs-Auslösung benutzt werden. Es besteht aber auch die Möglichkeit, C24 und R32 ersatzlos zu entfernen. In diesem Fall arbeitet die Anlage ausschließlich als Ultraschall-Bewegungsdetektor, und zwar unabhängig von evtl. auftretenden Spannungssprüngen durch eingeschaltete Verbraucher. Diese letztgenannte Version ist zu bevorzugen für Fahrzeuge, bei denen der nachfolgend beschriebene Betriebsfall auftreten kann.

Wir wollen auf eine Besonderheit hinweisen, die allerdings nur bei einigen wenigen Fahrzeugen mit elektrischem Lüfter für den Kühler auftritt (einige Ford- und VW-Modelle).

Bei diesen Fahrzeugen kann es vorkommen, daß auch bei ausgeschalteter Zündung ca. 1 Minute nach dem Motorstillstand der Lüfter nochmals automatisch eingeschaltet wird. Dies könnte einen un-

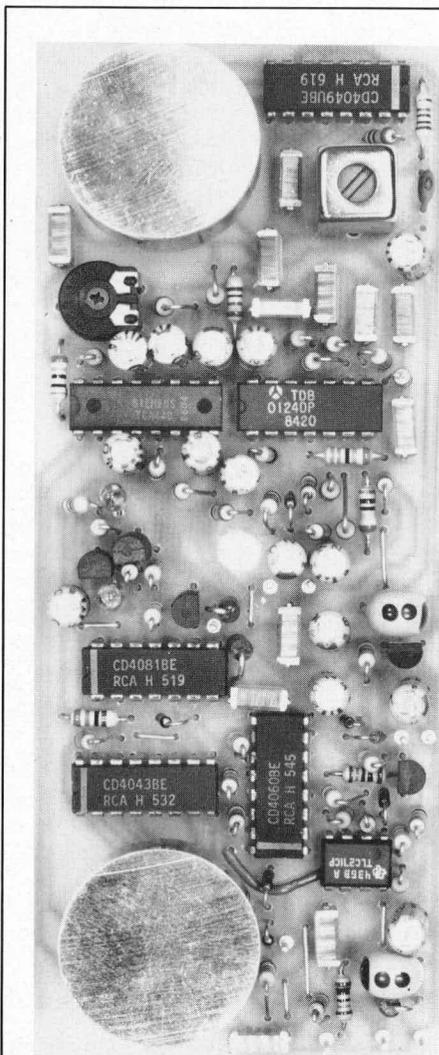
gewollten Alarm auslösen. Es empfiehlt sich daher, entweder auf die Spannungsauslösung zu verzichten oder den Lüfter so zu schalten, daß er bei ausgeschalteter Zündung nicht selbsttätig wieder einschalten kann. Probleme für das Fahrzeug selbst treten hierbei normalerweise nicht auf, da bei allen Fahrzeugen mit herkömmlichem Lüfterantrieb die Kühlung auch im selben Moment ausgeschaltet wird, in dem der Motor zum Stillstand gekommen ist.

Abschließend wollen wir noch darauf hinweisen, daß bei zahlreichen Fahrzeugen die Hupe bzw. die zur Hupe führenden Anschlußleitungen von der Fahrzeugunterseite her zugänglich sind. Professionelle Täter könnten daher leicht eine Unterbrechung dieser Leitungen vornehmen, wodurch die Wirkung der Alarmanlage ausgeschaltet wäre. Wir empfehlen daher, die Hupe bzw. die Zuleitungen möglichst so anzuordnen, daß Eingriffe von außen weitgehend unmöglich sind. Günstig ist selbstverständlich auch eine zweite, vollkommen unabhängige Hupe, die von einem Einbrecher nicht vermutet wird und dadurch einen zusätzlichen Schutz bietet.

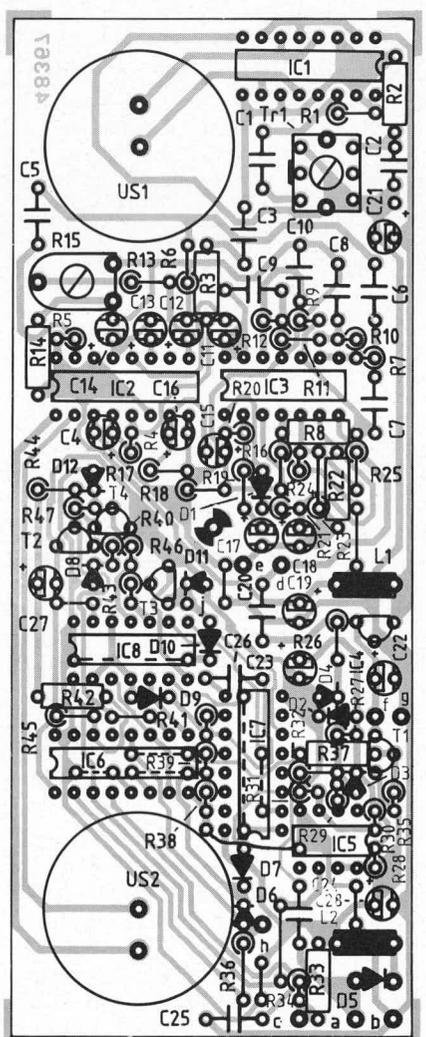
Zuletzt sei noch auf die Stromaufnahme der Schaltung hingewiesen. Im ausgeschalteten Zustand (Schalter S1, S2 geöffnet bzw. Zündschloßschalter geschlossen) beträgt die Stromaufnahme ca. 0,4 mA, d. h.

auch mehrwöchiger Dauerbetrieb hat auf die Entladung des Kfz-Akkus einen vernachlässigbaren Einfluß.

Im aktiven Überwachungsbetrieb (S1 oder S2 geschlossen bzw. Zündschloßschalter geöffnet) beträgt die Stromaufnahme ca. 30 mA. Bleibt das Fahrzeug zum Beispiel eine Woche unbenutzt, entspricht das einem Stromverbrauch von 5 Ah. Auf einen handelsüblichen Fahrzeug-Akku bezogen bedeutet dies eine Stromentnahme, die in der Größenordnung von 10 % der Nennkapazität liegt. Bereits eine verhältnismäßig kurze Fahrstrecke einmal wöchentlich würde bei den meisten Lichtmaschinen eine ausreichende Nachladung bewirken. Wird jedoch ein Fahrzeug 4 Wochen und länger nicht benutzt, so bedeutet dies eine nennenswerte Stromentnahme aus dem Kfz-Bordakku. In diesem Fall empfiehlt es sich, das Alarmsystem außer Betrieb zu nehmen bzw. ganz abzuklemmen. Es sei denn, es erfolgt zwischenzeitlich ein externes Nachladen des Akkus.



Ansicht der fertig bestückten Platine der Kfz-Ultraschall-Alarmanlage



Drehzahlregler für Gleichstrom-Bohrmaschinen

Elektronische, lastunabhängige Stabilisierung der eingestellten Drehzahl, verlustarme Regelung sowie gute Regeleigenschaften, auch im niedrigen Drehzahlbereich, zeichnen diesen elektronischen Regler für Kollektor-Gleichstrommotoren besonders aus, wobei der Nachbau erstaunlich günstig durchgeführt werden kann.

Allgemeines

Mit Niederspannung betriebene Gleichstrommotore, die, von wenigen Ausnahmen einmal abgesehen, fast ausschließlich als Kollektor-Motoren im Einsatz sind, finden in fast allen Bereichen des täglichen Lebens ihre Anwendungen. Morgens beginnend mit der elektrischen Zahnbürste begleiten uns Elektromotoren auf der Fahrt im Auto (Scheibenwischer, Lüfter, Fensterheber usw.) bis hin zur Arbeit (Büromaschinen, kleine Elektrowerkzeuge usw.).

Die hier vorgestellte, im ELV-Labor entwickelte Drehzahlregelung für Kollektor-Gleichstrommotoren ist speziell für Niederspannungs-Elektromotoren ausgelegt, bei denen es auf einen möglichst großen Regelumfang der Drehzahl ankommt. Gleichstrom-Bohrmaschinen bieten hier ein Haupteinsatzgebiet, wobei aber auch Modellbahnen, Modellautos, Kleinwerkzeuge usw., kurz, alles was mit entsprechenden Elektromotoren betrieben wird, angeschlossen werden kann.

In der Grunddimensionierung ist die Schaltung für einen Versorgungsspannungsbereich von 10 bis 15 V (typ. 12 V) ausgelegt. Eine Erweiterung bis auf 25 V durch Verändern eines einzigen Widerstandes ist möglich. Auch in Richtung kleinerer Spannungen (bis auf 5 V) kann die Schaltung mit einfachen Mitteln modifiziert werden.

Aufgrund der guten automatischen Drehzahlnachführung, über einen hochwertigen elektronischen Regler, ergibt sich ein ausgezeichnetes Regelverhalten. Selbst Dreh-

zahlen im Bereich von weniger als 100 Upm sind problemlos einstellbar. Die Regelung arbeitet selbstverständlich im gesamten Drehzahlbereich des angeschlossenen Elektromotors, so daß sie universell einsetzbar ist.

Prinzipielle Funktionsweise

Im einfachsten Fall wird zur Drehzahlregelung eines Elektromotors dessen Betriebsspannung verändert. Je nach Betriebszustand bedeutet dies u. a. hohe Verlustleistungen im Längstransistor.

Günstiger ist da schon die Puls-Breiten-Steuerung, die mit einer Frequenz in der Größenordnung von 100 Hz arbeitet. Bei maximaler Drehzahl ist der Impuls lang und die Pause sehr kurz. Soll der Motor langsamer laufen, wird die Pause verlängert und der Impuls verkürzt. Die Verlustleistung bleibt auf diese Weise selbst bei niedrigen Drehzahlen gering, während das Anlaufverhalten günstig beeinflusst wird.

Besonders bei niedrigen Drehzahlen ist jedoch auch diese Steuerung wenig befriedigend, da die Elektromotoren im unteren Bereich kaum Durchzugsvermögen besitzen.

Um im gesamten Drehzahlbereich, d. h. auch bei niedrigen und niedrigsten Drehzahlen dem Motor ein hohes Durchzugsvermögen zu verleihen, ist eine elektronische Regelung, d. h. eine automatische Nachführung der Ansteuerleistung unumgänglich.

Voraussetzung hierfür ist die Kenntnis der tatsächlichen Drehzahl, damit bei einem Absinken die Ansteuerleistung erhöht

werden kann, um so wieder die gewünschte Drehzahl (Soll-Drehzahl) zu erreichen.

Die Abfrage der tatsächlichen Drehzahl (Ist-Drehzahl) wird häufig über einen Tachogenerator vorgenommen. Für viele Anwendungen ist dies Verfahren jedoch zu aufwendig. Die Ingenieure des ELV-Teams haben daher eine Schaltung entwickelt, die auf einem ähnlichen Verfahren beruht, jedoch keinen separaten Tachogenerator benötigt. Die Funktionsweise ist wie folgt:

Ca. 125 mal in der Sekunde wird der angeschlossene Elektromotor für eine kurze, über den elektronischen Regler variable Zeitdauer eingeschaltet. Nach jedem Ansteuerimpuls wird eine weitere kurze Zeitspanne abgewartet, damit der Induktionsstrom der Wicklung abfließen kann. Danach arbeitet der betreffende Motor als Generator und gibt eine Spannung ab, die seiner momentanen Drehzahl direkt proportional ist. Diese Spannung wird über einen elektronischen Schalter für einen kurzen Moment auf einen Speicherkondensator gegeben, dessen Spannung dann ein Maß für die Ist-Drehzahl des Motors darstellt.

Ein elektronischer Regler vergleicht die über das Poti vorgegebene, der Soll-Drehzahl entsprechende Spannung mit der zurückgeführten, der Ist-Drehzahl entsprechenden Spannung. Die aus diesen beiden Informationen gewonnene Regelspannung dient zur Einstellung der Breite der Ansteuerimpulse. Hierdurch kann die tatsächliche Drehzahl des angeschlossenen Elektromotors von der Belastung weitgehend unabhängig konstant gehalten werden. In Bild 1 ist ein Diagramm der verschiedenen Impulsformen zur besseren Veranschaulichung dargestellt.

Zur Schaltung

OP1 stellt mit seiner Zusatzbeschaltung einen Sägezahngenerator dar, dessen Spannung über C4 abgegriffen und auf die beiden Steuereingänge (Pin 6 und Pin 9) der OPs 2 und 3 gegeben wird.

Durch Vergleichen mit einer an Pin 10 anliegenden Referenzspannung gewinnt OP 3 aus dieser Information die Ansteuerimpulse für den elektronischen Schalter (IC 5).

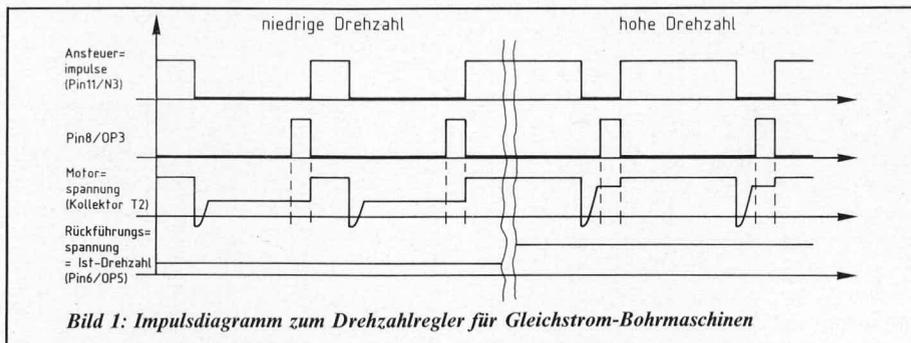
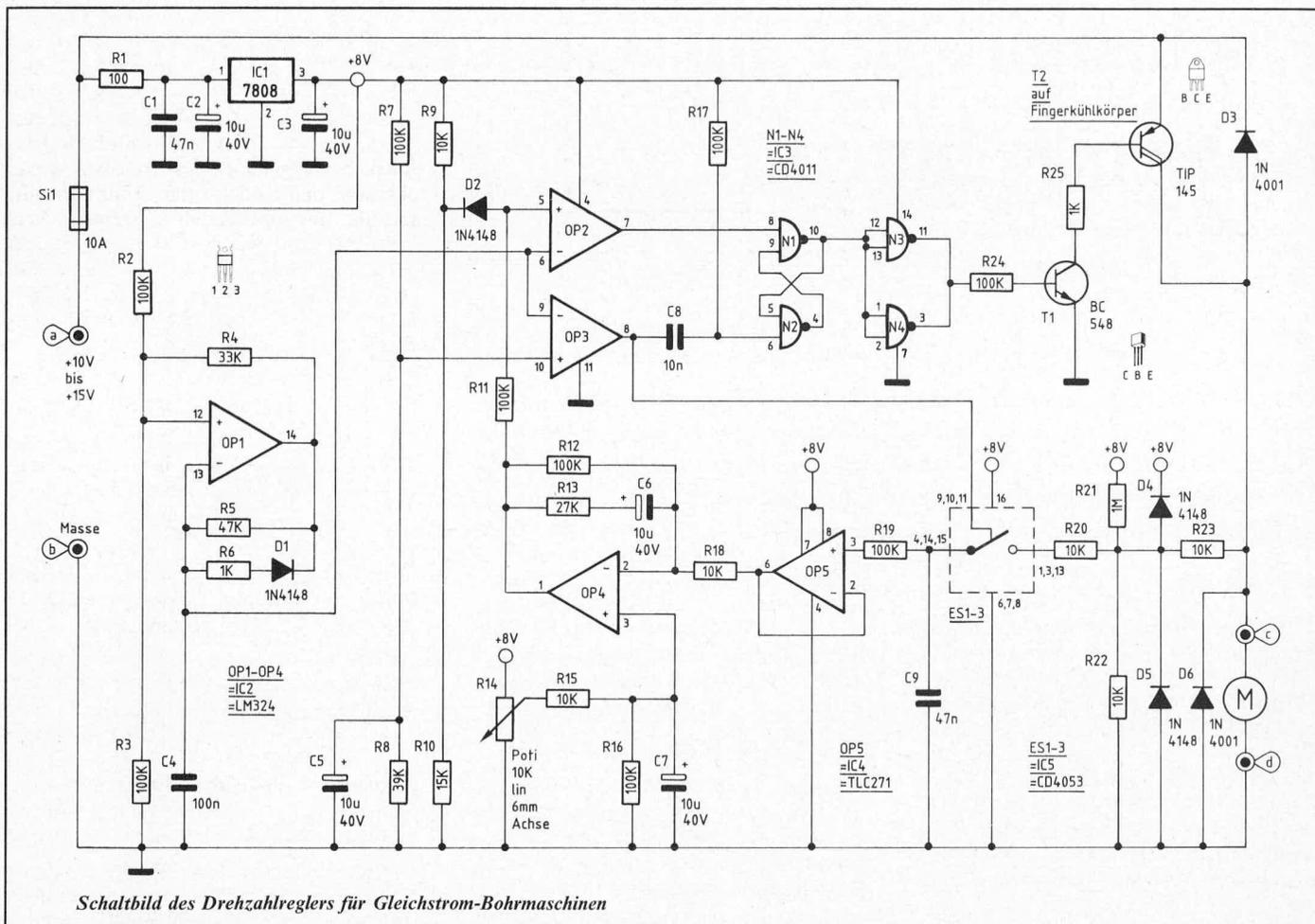


Bild 1: Impulsdiagramm zum Drehzahlregler für Gleichstrom-Bohrmaschinen



Über das Differenzglied C 8, R 17 wird daraus bei jeder negativen Flanke ein Start-Impuls zum Setzen des Speichers N 1/N 2 gewonnen. Dies ist jeweils der Einschaltzeitpunkt eines jeden Ansteuerimpulses für den Elektromotor.

Das Impulsende wird mit OP 2 festgelegt und zwar durch Vergleichen der an Pin 5 (des OP 2) anstehenden Regelspannung mit der Sägezahn-Steuerspannung an Pin 6.

Zur Veranschaulichung sind die einzelnen Kurvenverläufe nochmals in Bild 2 graphisch dargestellt.

Die Gewinnung der Regelspannung geschieht durch Vergleichen von 2 Spannungen

mit Hilfe eines PI-Reglers (OP 4 mit Zusatzbeschaltung), dessen maximale Verstärkung aus Stabilitätsgründen mit R 12 begrenzt ist.

Die erste mit dem Einstellpoti R 14 vorgegebene Spannung steht an Pin 3 der OP 4 an und entspricht der Soll-Drehzahl (gewünschte Drehzahl).

Die zweite Spannung wird im Generatorbetrieb über R 20 bis R 23 vom Motor abgegriffen und auf den elektronischen Schalter (IC 5) gegeben. Jeweils während der Impulspausen (Ansteuerung durch den Ausgang Pin 8 des OP 3) wird die Generatorspannung abgefragt und auf den Speicherkondensator C 9 gegeben. OP 5 dient

hierbei lediglich zur hochohmigen Impedanzanpassung und Pufferung.

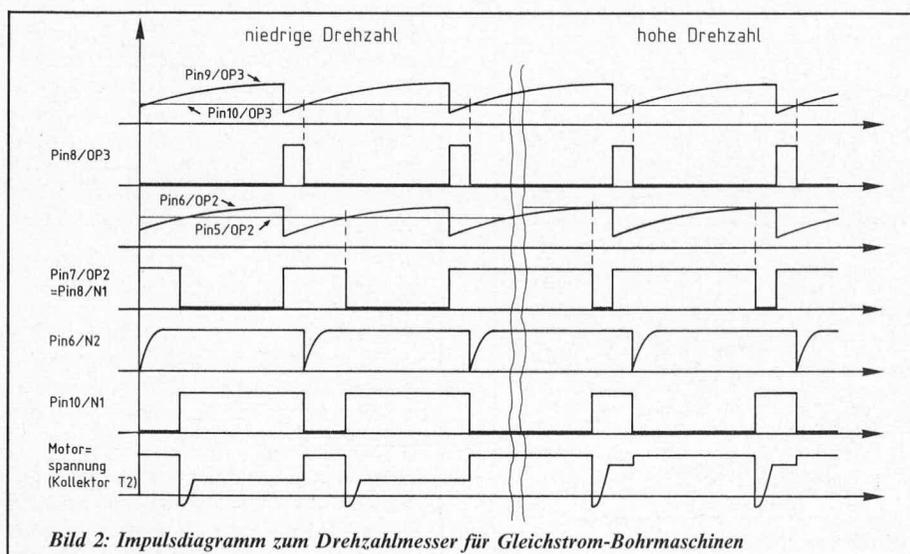
Über R 18 gelangt dann die Generatorspannung, die der Ist-Drehzahl entspricht, auf den zweiten Eingang (Pin 2) des OP 4.

Der Ausgang (Pin 1) des OP 4 stellt sich automatisch so ein, daß die tatsächliche Drehzahl des angeschlossenen Elektromotors weitgehend identisch ist mit der Soll-Drehzahl, die über R 14 als Spannungswert vorgegeben wurde.

Wird bei einer bestimmten Drehzahl die Belastung des Motors erhöht, sinkt die Drehzahl ab und damit die Generatorspannung. Dies bedeutet auch ein Absinken der Spannung an Pin 6 der OP 5, wodurch die Ausgangsspannung an Pin 1 des OP 4 ansteigt. Dies wiederum hat eine Verlängerung der Ansteuerimpulse zur Folge, so daß die dem Motor zur Verfügung gestellte Ansteuerleistung steigt. Die Drehzahl erhöht sich wieder nahezu auf den ursprünglichen Wert.

Je höher die Verstärkung des mit OP 2 aufgebauten Reglers angesetzt wird, desto „steifer“ wird die Regelkennlinie des Elektromotors.

In der vorliegenden Dimensionierung wurde ein Optimum zwischen Stabilität und Nachregelverhalten angestrebt. Durch Vergrößern von R 12 kann das ohnehin schon gute Nachregelverhalten noch weiter verbessert werden, wobei nach oben hin Stabilitätsprobleme eine Begrenzung darstellen (die Drehzahl beginnt zu pumpen). Die Stabilität läßt sich hingegen erhöhen, wenn R 12 verkleinert wird. In der Praxis



sollte für R 12 ein Wert von 10 k Ω nicht unter- und ein Wert von 220 k Ω nicht überschritten werden.

Die an Pin 10 des Speichers N 1/N 2 anstehenden Steuerimpulse werden über N 3, N 4 invertiert und gepuffert, um anschließend über R 24 auf die Basis des Steuertransistors T 1 zu gelangen. Über R 25 steuert dieser den Endstufen-Darlington-Transistor T 2 an.

D 4 bis D 6 dienen zum Schutz der Schaltung vor induktiven Spannungsspitzen. Mit IC 1 wird die Spannung zur Versorgung der gesamten Elektronik stabilisiert.

In der vorliegenden Dimensionierung ist die Schaltung für den Betrieb mit einer 12 V Spannung ausgelegt (10 V bis 15 V).

Ohne weiteres kann die Versorgungsspannung bis auf maximal 25 V erhöht werden, wobei lediglich der Widerstand R 23 entsprechend der Tabelle I zu verändern ist.

Bei Spannungen unterhalb 10 V entfällt der Festspannungsregler IC 1 ersatzlos, d. h. die Plus-Anschlüsse der Kondensatoren C 2 und C 3 sind über eine Brücke miteinander zu verbinden. R 23 ist dann ebenfalls anhand der Tabelle I zu verändern. Der Betrieb kann bis hinab zu einer Versorgungsspannung von 5 V erfolgen. In diesem Fall ist auf eine gute Stabilisierung zu achten.

Die maximale Strom-Impulsbelastbarkeit beträgt 10 A, während der maximale Dauerstrom bei 5 A liegt.

Abschließend sei noch angemerkt, daß

Tabelle I	
U _v [V]	R 23 [k Ω]
5-10 V	1 k Ω
10-15 V	10 k Ω
15-20 V	18 k Ω
20-25 V	27 k Ω

aufgrund der Impulsbreitensteuerung auch bei niedrigen Drehzahlen der Spitzenstrom verhältnismäßig hoch ist. Er liegt in der Größenordnung des Maximalstromes, obwohl der arithmetische Mittelwert viel geringer ist. Dieses Verhalten kann dazu führen, daß bei stabilisierten Netzgeräten mit elektronischer Sicherung bzw. Stromregelung ein vorzeitiges Ansprechen erfolgt. Abhilfe schafft im allgemeinen ein möglichst großer Elko (10 000 μ F/25 V) parallel zur Spannungsversorgung der Schaltung (Platinenanschlußpunkte „a“ und „b“).

Zum Nachbau

Da sämtliche Bauelemente auf einer einzigen Platine untergebracht sind und keinerlei Abgleicherarbeiten auftreten, gestaltet sich der Nachbau recht einfach.

Zunächst werden die niedrigen Bauelemente, wie Brücken, Widerstände und Kondensatoren, anschließend die ICs und zum Schluß die Elkos sowie die restlichen Bauelemente auf die Platine gesetzt und verlötet. Der Leistungs-Darlington-Endstufen-

transistor T 2 wird auf den Kühlkörper gesetzt und mit 2 Schrauben M 3 x 8 mm sowie 2 Muttern M 3 festgeschraubt. Der mittlere Anschluß (Kollektor) von T 2 wird ersatzlos abgekniffen, da die Befestigungsschraube eine leitende Verbindung zwischen Metallgehäuse des Transistors, das ebenfalls den Kollektoranschluß darstellt, und der entsprechenden Leiterbahn, herstellt. Sicherheitshalber sollte die M 3 Mutter mit etwas Lötzinn auf der Leiterbahn festgelötet werden. Emitter und Basisanschluß des Transistors werden zuletzt mit den Leiterbahnen verlötet.

Das Einstellpotentiometer R 14 wird von der Platinenrückseite eingesetzt und auf der Bestückungsseite verschraubt.

Zum Einbau der Platine ins Gehäuse dienen 4 Abstandsrollchen (5 mm lang) sowie 4 Schrauben M 3 x 10 mm.

Nachdem die Bestückung nochmals sorgfältig kontrolliert wurde, steht dem Einsatz dieser interessanten elektronischen Drehzahlregelung mit Stabilisierung nichts mehr im Wege.

Stückliste: Drehzahlregler für Gleichstrom-Bohrmaschinen

Widerstände

100 Ω	R 1
1 k Ω	R 6, R 25
10 k Ω	R 9, R 15, R 18, R 20, R 22, R 23
15 k Ω	R 10
27 k Ω	R 13
33 k Ω	R 4
39 k Ω	R 8
47 k Ω	R 5
100 k Ω	R 2, R 3, R 7, R 11, R 12, R 16, R 17, R 19, R 24
1 M Ω	R 21
10 k Ω , Poti, 6 mm, lin	R 14

Kondensatoren

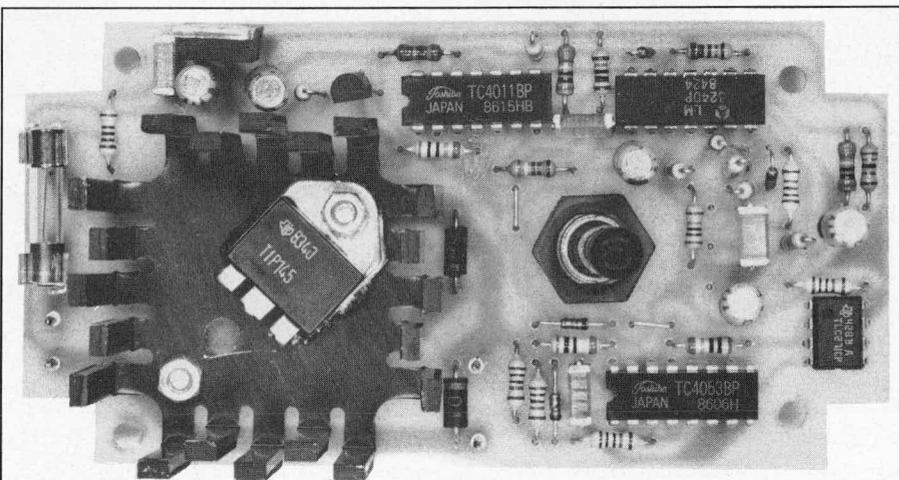
10 nF	C 8
47 nF	C 1, C 9
100 nF	C 4
10 μ F/40 V	C 2, C 3, C 5-C 7

Halbleiter

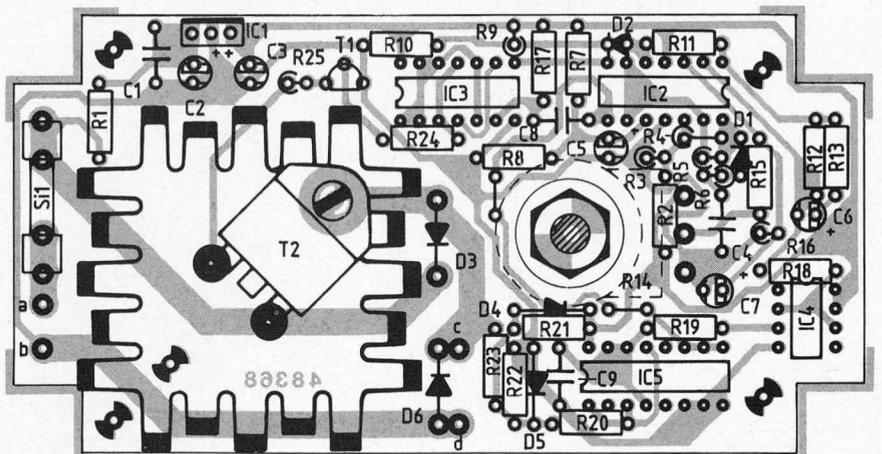
TLC 271	IC 4
LM 324	IC 2
CD 4011	IC 3
CD 4053	IC 5
7808	IC 1
TIP 145	T 2
BC 548	T 1
1 N 4001	D 3, D 6
1 N 4148	D 1, D 2, D 4, D 5

Sonstiges

10 A Sicherung	Si 1
1 Fingerkühlkörper	
1 Platinensicherungshalter	
4 Lötstifte	
4 Abstandsrollchen 5 mm	
4 Schrauben M 3 x 10	
2 Schrauben M 3 x 8	
2 Muttern M 3	
4 Telefonbuchsen	
1 Spannzangendrehknopf, 14 mm \varnothing	
1 Pfeilscheibe, 14 mm \varnothing	
1 Deckel, 14 mm \varnothing	



Ansicht der fertig bestückten Platine des Drehzahlreglers für Gleichstrom-Bohrmaschinen



Bestückungsseite der Platine des Drehzahlreglers für Gleichstrom-Bohrmaschinen

Low-Cost 3-Kanal- Lichtorgel



Wie sich mit preiswerten Mitteln eine 3-Kanal-Lichtorgel mit einer Leistung von über 1000 Watt aufbauen läßt, zeigt diese kleine Schaltung.

Allgemeines

Lampen oder auch Lampengruppen im Rhythmus der Musik aufleuchten zu lassen, ist der Wunsch vieler Musikfreunde, die ihr Hobby auch visuell genießen möchten. Um den verschiedenen in der Musik enthaltenen Frequenzbereichen mehr Ausdruck zu verleihen, nimmt man zweckmäßigerweise eine Aufteilung des Frequenzspektrums in 3 Bereiche vor. Den Bässen werden die roten Lampen, den Mitten die gelben und den Höhen die grünen oder blauen Lampen zugeordnet.

Eine Schaltung zur Realisierung einer entsprechenden Lichtorgel stellen wir Ihnen in diesem Artikel vor, bei der zusätzlich die Möglichkeit der individuellen Empfindlichkeitsregelung jeder der 3 Frequenzbereiche sowie der Gesamtempfindlichkeit besteht. Hervorzuheben ist der minimale Aufwand an Bauelementen und Kosten.

Zur Schaltung

Das vom Lautsprecher Ausgang eines Verstärkers kommende Musiksignal gelangt über die Lautsprecherbuchse (Printausführung) auf den NF-Eingang und somit auf den Einstellregler R 1 zur Gesamtempfindlichkeitseinstellung.

Je nach Einstellung des Trimmers R 1 gelangt mehr oder weniger NF-Signal auf die Primärwicklung des NF-Übertragers Tr 1.

Aufgrund des Übersetzungsverhältnisses von 1 : 4 liegt auf der Sekundärseite von Tr 1 ungefähr die 4-fache NF-Spannung an. Hierdurch können auch verhältnismäßig geringe Eingangsspannungen (bei kleinen Lautstärken) die Lichtorgel ansteuern.

Tr 1 übernimmt aber noch eine weitaus wichtigere Funktion, nämlich die galvanische Trennung zwischen NF-Eingang und dem Leistungsteil, der direkt galvanisch mit der 220 V-Netzwechselspannung verbunden ist. Bei dem Übertrager Tr 1 muß es sich daher um eine Konstruktion handeln, die eine absolute galvanische Trennung von Primär- und Sekundärwicklung gewährleistet. Eine 2-Kammer-Wicklung ist unbedingte Voraussetzung.

Das sekundärseitige NF-Signal gelangt auf 3 Trimmer, mit deren Hilfe die Ansprechempfindlichkeit der Thyristoren eingestellt wird, die zur Ansteuerung der Lampen für Tiefen, Mitten und Höhen dienen.

Dem Trimmer R 2 ist ein Tiefpaß (R 3, C 1) nachgeschaltet, der nur die Bässe passieren läßt.

C 2 stellt in Verbindung mit dem Trimmer R 4 einen Hochpaß dar und R 5, C 3 einen nachgeschalteten Tiefpaß. In ihrer Gesamtheit besitzen C 2, C 3, R 4, R 5 die Charakteristik eines Bandpasses, der nur die mittleren Frequenzen passieren läßt.

C 4, R 6 bilden einen Hochpaß, so daß der 3. Thyristor (Thy 3) nur von den Höhen gezündet werden kann.

Die Schaltung ist insgesamt mit 5 A, entsprechend einer maximalen Gesamtleistung von 1100 W, abgesichert. Jeder einzelne Thyristor kann eine Maximalleistung von 400 VA ansteuern.

Zu berücksichtigen ist in diesem Zusammenhang, daß der Einschaltstrom bei Glühlampen erheblich höher ist als wäh-

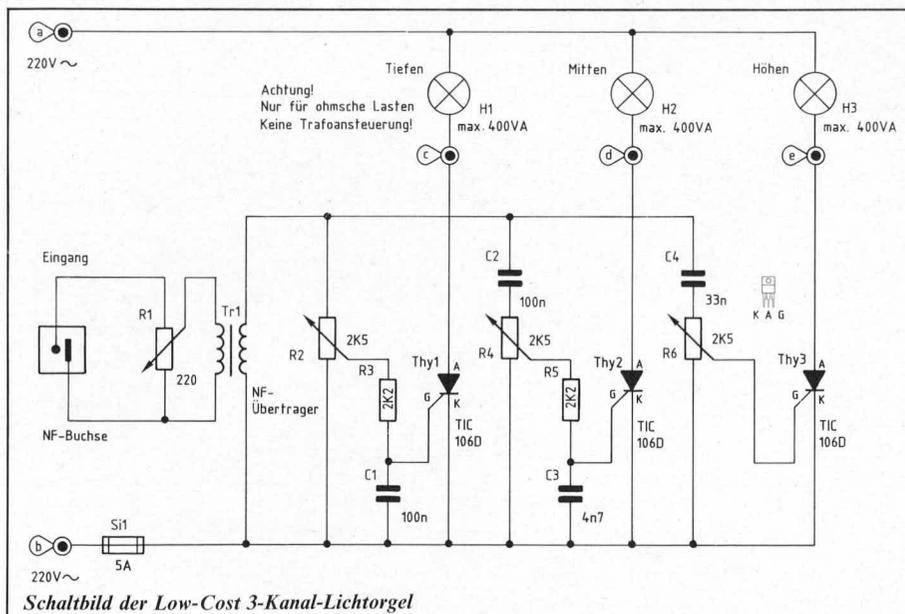
rend des Nennbetriebes, so daß es sich für den Dauerbetrieb empfiehlt, Glühlampen mit einer Nennleistung von 100 bis maximal 200 W pro Kanal zu verwenden. Die Schaltung ist nur zur Ansteuerung von ohmschen Lasten („normale“ Glühlampen) und nicht für Trafos geeignet.

Bei Verstärker-Ausgangsleistungen über 50 Watt ist in Reihe zum Eingang der Lichtorgel ein Widerstand von 1 k Ω /4 Watt zu schalten.

Zum Nachbau

Sämtliche Bauelemente finden auf einer einzigen übersichtlichen Platine Platz. Dies trägt entscheidend zur hohen Nachbausicherheit und zur erfolgreichen Inbetriebnahme bei.

Zunächst werden die niedrigen Bauelemente, d. h. die beiden Widerstände R 3 und R 5 sowie die Kondensatoren C 1 bis C 4 auf die Platine gesetzt und verlötet. Danach werden die Lötstifte, der Sicherungshalter, die 4 Einstelltrimmer und zuletzt die 3 Thyristoren, die Lautsprecher-Printbuchse sowie der NF-Übertrager auf die Platine gesetzt und



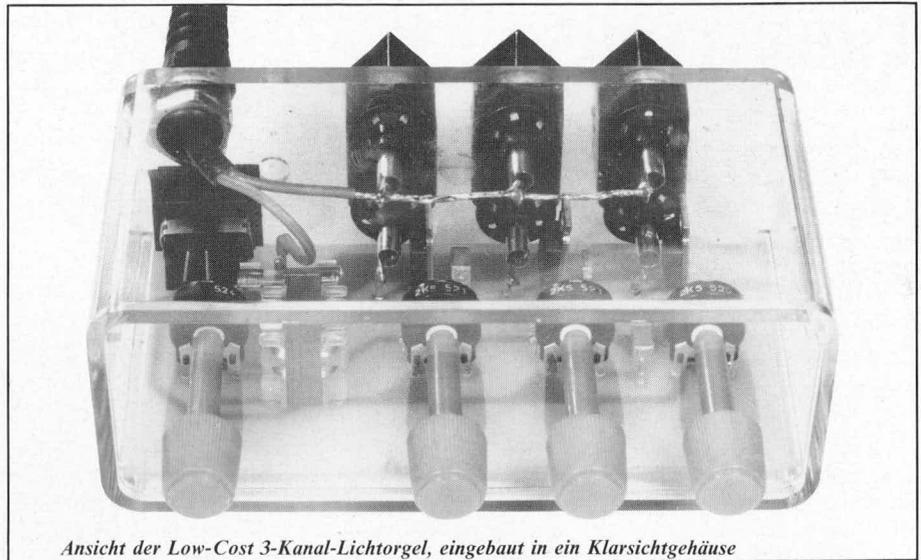
verlötet. Beim Übertrager ist auf die richtige Einbaulage zu achten, d. h. die Farbmarkierung der Primärseite weist zum Gesamt-Einstelltrimmer R 2. Wird der Übertrager Tr 1 um 180 Grad gedreht eingebaut, entsteht hierdurch kein Schaden. Lediglich die Ansprechempfindlichkeit der Lichtorgel bei kleinen NF-Signalamplituden nimmt deutlich ab.

Nachdem die Platine fertig bestückt und nochmals sorgfältig kontrolliert wurde, setzt man sie in ein voll isoliertes, berührungssicheres Kunststoffgehäuse. Hierfür bietet sich das formschöne Gehäuse aus der ELV-Serie micro-line an. Die 3 Euro-Steckdosen werden in je 2 Bohrungen gesteckt und auf der Gehäuseinnenseite mit jeweils 2 Sicherungsringen befestigt. Die Sicherungsringe werden von hinten fest aufgedreht, damit die Euro-Buchsen ohne Spiel in der Gehäuserückwand sitzen.

Das 2-adrige Netzkabel mit angespritztem Euro-Stecker wird auf ca. 60 mm Länge von der äußeren, schwarzen Isolierung befreit.

Die eine Ader der inneren Zuleitung wird anschließend auf ca. 50 mm Länge abisoliert und mit Lötzinn benetzt. Die andere Ader wird lediglich auf ca. 5 mm abisoliert. Anschließend führt man die Netzzuleitung durch die in der Gehäuserückwand festgeschraubte Netzkabeldurchführung mit Zugentlastung und Knickschutztülle und zwar soweit, daß ca. 10 cm Leitung ins Gehäuseinnere ragen. Anschließend wird die Zugentlastung festgezogen.

Die auf 50 mm abisolierte und verzinnte



Ansicht der Low-Cost 3-Kanal-Lichtorgel, eingebaut in ein Klarsichtgehäuse

Ader lötet man anschließend an den oberen Kontakt der 3 Euro-Buchsen. Die zweite Ader der Netzzuleitung, die auf lediglich 5 mm abisoliert wurde, ist an dem Platinenanschlußpunkt „b“ anzulöten (direkt vor dem Sicherungshalter).

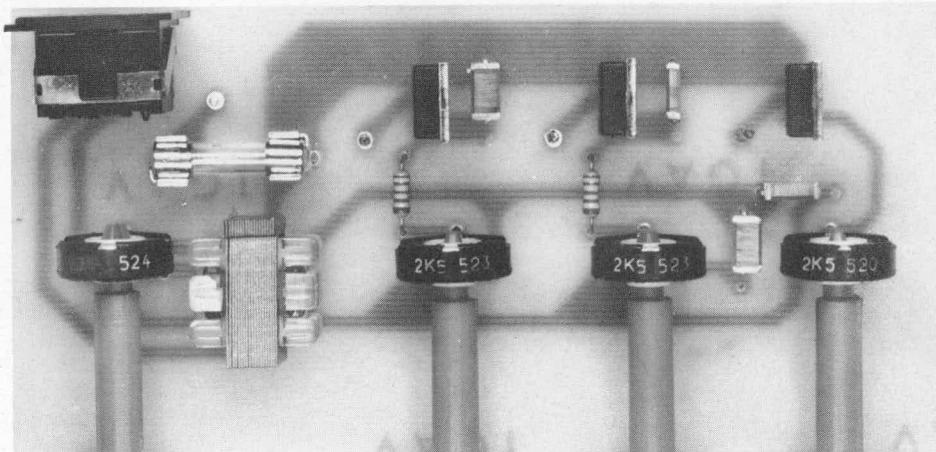
Jetzt kann die Platine ganz ins Gehäuseinnere geschoben werden, um anschließend den unteren Kontakt einer jeden der 3 Euro-Buchsen mit dem zugehörigen Lötstift auf der Platine zu verlöten (c, d, e).

Nachdem die Frontplatte eingesetzt wurde, sind nur noch die 4 Drehknöpfe mit angespritzten Achsen in die entsprechenden Aussparungen der 4 Einstelltrimmer zu stecken, so daß sie einrasten.

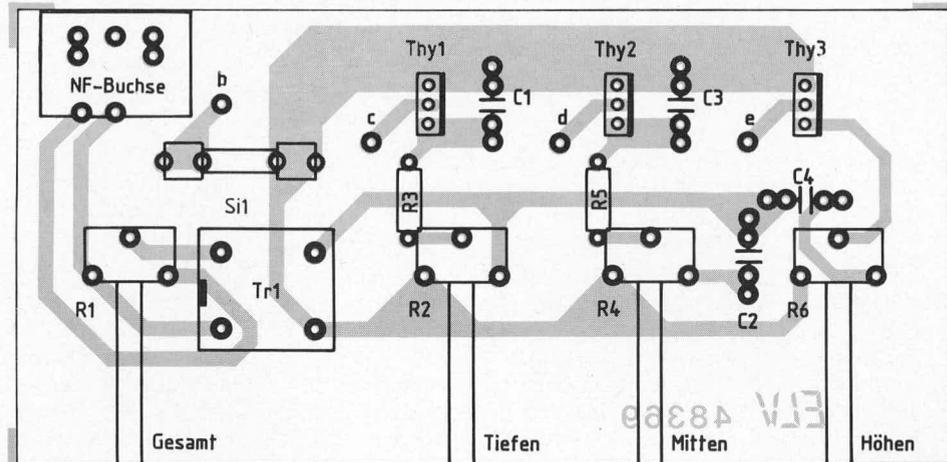
Sehr wichtig ist, beim Nachbau darauf zu achten, daß keine netzspannungsführenden Teile mit der Lautsprecherbuchse, dem Einstelltrimmer R 1 sowie der Primärwicklung des NF-Übertragers Tr 1 in Berührung treten können, da die gesamte übrige Schaltung unter lebensgefährlicher 220 V-Netzspannung steht.

Auf absolute Berührungssicherheit und auf die Einhaltung entsprechender Sicherheitsvorschriften und der VDE-Richtlinien ist zu achten. Das Gerät darf ausschließlich in betriebsfertigem Zustand in Betrieb genommen werden.

Damit steht dem Einsatz dieses interessanten Gerätes nichts mehr im Wege.



Ansicht der fertig bestückten Platine der Low-Cost 3-Kanal-Lichtorgel



Bestückungsseite der Platine der Low-Cost 3-Kanal-Lichtorgel

Stückliste: Low-Cost 3-Kanal-Lichtorgel

Widerstände

2,2 k Ω	R 3, R 5
220 Ω , Trimmer, PT 15	R 1
2,5 k Ω , Trimmer, PT 15	R 2,
	R 4, R 6

Kondensatoren

4,7 nF	C 3
33 nF	C 4
100 nF	C 1, C 2

Halbleiter

TIC 106 D	Thy 1-Thy 3
-----------------	-------------

Sonstiges

NF-Übertrager	Tr 1
5 A Sicherung	Si 1
1 Platinensicherungshalter	
1 NF Einbaubuchse	
5 Lötstifte	
3 Euro-Netzbuchsen	
4 Steckwellen mit Knopf	
1 Zugentlastung m. Knickschutztülle	
1 2adrige Netzkabel	

Elektronisches Pendel

Mit dieser kleinen, für den Betrachter unsichtbar anzuordnenden Schaltung, wird eine Kugel, die an einem Faden aufgehängt ist, in eine pendelnde Bewegung versetzt.

Ein entsprechender mechanischer Ausführungsvorschlag rundet diese Bauanleitung ab, mit deren Hilfe ein höchst interessantes Dekorationsobjekt zu erstellen ist. Die fertige, einfach aufzubauende Konstruktion ist auch als Geschenk geeignet.

Allgemeines

Die im „ELV journal“ veröffentlichten Schaltungen stellen im allgemeinen sinnvolle und nützliche Geräte dar, die für die vielfältigsten Einsatzmöglichkeiten konzipiert wurden. In dem hier vorliegenden Artikel stellen wir Ihnen nun eine kleine, mit wenigen preiswerten Bauelementen zu realisierende Schaltung vor, deren einzige Aufgabe darin besteht, eine einmal angestoßene Metallkugel fortlaufend neu anzuregen, damit sie permanent weiterschwingt. „Sinnlos“ könnte so mancher sagen, „oh, wie interessant“ mancher anderer. Diejenigen, die sich für solche „Spielereien“ wenig interessieren, blättern jetzt einfach weiter, denn es handelt sich auch nur um einen kleinen Artikel. Die anderen finden auf dieser Seite vielleicht ein kleines „Schmuckstück“, das ihnen oder auch ihren Freunden Freude bereitet. An dieser Stelle wollen wir jedoch die Diskussion über Sinn und Unsinn entsprechender Schaltungen nicht weiter betreiben. Für beide Standpunkte gibt es sicherlich viele stichhaltige Argumente.

Damit später das fertige Objekt nicht nur technisch einwandfrei arbeitet, sondern auch optisch „etwas hergibt“, haben wir einen Mechanikbausatz entworfen. Das mattschwarze Gehäuse stellt die Basis dar, in dem auch die Elektronik und die Batterie untergebracht wird.

Ein massiver, 5 mm starker Aluring mit einem Durchmesser von ca. 200 mm ist mit dem Basisgehäuse fest verbunden. An einem dünnen Nylonfaden hängt eine ebenfalls massive Alukugel, mit einem Durchmesser von 25 mm. In diese Kugel ist, für den Betrachter unsichtbar, unten ein kleiner Stabmagnet eingelassen, der später in Verbindung mit der Elektronik die Schwingungen aufrechterhält.

Die Elektronik ist so ausgelegt, daß bei ruhender Kugel keine Ansteuerimpulse abgegeben werden und auch der Stromverbrauch minimal ist (ca. 10 μ A). In dieser Stellung kann die Schaltung mehrere Jahre verharren, um auf ihren Einsatz zu warten.

Wird jetzt die Kugel leicht angestoßen, detektiert die elektronische Schaltung bei jedem Nulldurchgang einen Impuls. Ihrerseits formt die Elektronik daraus einen Ansteuerimpuls, der durch dieselben Spulen geschickt wird und die Kugel antreibt. Hierdurch bleibt die Schwingung der Kugel erhalten. Für den nicht einge-

weihten Betrachter ein bemerkenswertes Phänomen.

Aufgrund der ausgefeilten Schaltungstechnik ist die mittlere Stromaufnahme der Schaltung sehr gering. Sie liegt bei ca. 0,2 mA, so daß ein Dauerbetrieb von 2 bis 3 Monaten (!) mit einer handelsüblichen 9 V Blockbatterie erreicht wird.

Wird die Kugel gestoppt, sinkt auch die Stromaufnahme im selben Moment auf nahezu vernachlässigbare Werte ab (10 μ A).

Ein externer Schalter ist nicht erforderlich.

Zur Schaltung

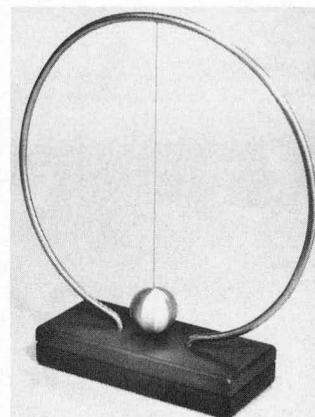
Im unteren Teil der Alu-Kugel, für den Betrachter unsichtbar, befindet sich eine 15 mm tiefe Bohrung mit einem Durchmesser von 5 mm, in die ein Magnet gleicher Größe eingeklebt wurde. Links und rechts der Mitte des Kunststoffgehäuses sind 2 Induktions-Spulen (L 1 und L 2) direkt unter dem Deckel eingeklebt (Bild 2).

Solange sich die Alu-Kugel und damit der Magnet in Ruhestellung befinden, wird in den Spulen keine Spannung induziert und der Eingang (Pin 3) des OP 1 liegt über R 1 sowie dem Innenwiderstand der Spulen L 1 und L 2 auf 0 V. Somit liegt auch der Ausgang (Pin 6) des OP 1 auf ca. 0 V.

Durch die hohe, mit R 2 und R 3 festgelegte Verstärkung des OP 1 (1000fach) kann die Ausgangsspannung (an Pin 6 des OP 1) im Bereich von 0 bis 2 V liegen. Dies beruht auf der möglichen Offsetspannung des OP 1, auf deren Kompensation im vorliegenden Fall verzichtet werden kann.

Sobald die Alu-Kugel in Bewegung versetzt wird, induziert der Magnet in L 1 und L 2 eine Spannung. Diese ist negativ, wenn sich der Magnet auf die Spulen zubewegt und wird im selben Moment positiv, in dem der Magnet die Spulen passiert hat und sich von ihnen fortbewegt.

Eine positive Spannung wird von OP 1 verstärkt und am Ausgang (Pin 6) erscheint ein positiver Spannungsimpuls. N 1 nimmt eine Impulsformung und Invertierung vor. Bei jedem Nulldurchgang der Kugel erscheint am Ausgang des Inverters N 1 (Pin 2) ein negativer Impuls (das Potential wechselt von ca. 9 V auf 0 V). Über D 4 wird der Kondensator



C 1 schlagartig entladen und der Ausgang des Inverters N 2 (Pin 4) wechselt sein Potential von 0 V auf ca. 9 V.

Das Differenzierglied C 2, R 5 überträgt diesen Impuls auf den Eingang (Pin 7) des Inverters N 3, so daß der Ausgang (Pin 6) sein Potential von ca. 9 V auf ca. 0 V wechselt.

Die Ausgänge der 3 parallel geschalteten Inverter/Puffer N 4 bis N 6 wechseln ihr Potential im selben Moment von 0 V auf ca. 9 V. Über D 1 wird in L 1, L 2 ein Strom eingespeist. Die verhältnismäßig hohe Spannung wird ebenfalls von OP 1 verstärkt, so daß der Ausgang (Pin 6 des OP 1) in die Begrenzung geht (ca. +8 V). Der Zustand der Inverter N 1 und N 2 bleibt somit erhalten.

Nach Ablauf der durch C 2 und R 5 bestimmten Zeitkonstanten wechselt das Potential des Ausgangs des Inverters N 3 (Pin 6) wieder auf „high“ (9 V) und die Ausgänge der Inverter/Puffer N 4 bis N 6 gehen wieder auf 0 V.

Der in L 1, L 2 eingespeiste Strom fällt ab, wobei sich die Spannung an den beiden Spulen aufgrund der Eigenschaften der Induktivitäten kurzzeitig umkehrt. Da es beim Ausschalten der Induktivitäten in Verbindung mit der hohen Verstärkung des OP 1 zu kurzen Impulsen am Ausgang (Pin 6) des OP 1 kommen kann, wurde das Verzögerungsglied R 4, C 1 dem Inverter N 1 nachgeschaltet, so daß ein kurzer Ausschaltimpuls (Wechsel des Potentials am Ausgang Pin 2 des Inverters N 1 von 0 V auf ca. 9 V) nicht übertragen wird. Die Spulen L 1, L 2 werden bei jedem Schwingungsnulldurchgang mit einem einzigen, exakt definierten Impuls angesteuert.

Dieser Impuls bewirkt ein Abstoßen des Magnetes und die Kugel wird in ihrer Bewegung unterstützt.

Die gesamte Konstruktion ist so ausgelegt, daß die erforderliche Energie zum Aufrechterhalten einer Schwingung gering gehalten wird. Dies kommt der Batteriebensdauer sehr zugute.

Zum Nachbau

Mit Ausnahme der beiden Spulen finden sämtliche Bauelemente auf einer einzigen kleinen Leiterplatte Platz. Die Bauelemente werden anhand des Bestückungsplanes auf die Platine gesetzt und verlötet.

NF-Dauerzugbeleuchtung



Mit dieser kleinen und einfach aufzubauenden Schaltung ist es möglich, die Beleuchtung der Modellbahn unabhängig von der Fahrspannung zu regeln, d. h. selbst bei stehenden Zügen.

Allgemeines

Bei den besonderen Extras einer jeden Modellbahnanlage dürfte wohl die Dauerzugbeleuchtung mit an erster Stelle stehen.

Die hier vorgestellte Schaltung für eine NF-Dauerzugbeleuchtung stellt eine elegante und universelle Möglichkeit dar, die Züge auf einer Modellbahnanlage unabhängig von der Fahrspannung zu beleuchten.

Über einen leistungsfähigen NF-Generator wird der Fahrstrom „moduliert“, so daß über denselben Stromkreis die Versorgung der Zugbeleuchtung erfolgen kann (also auch im Stand).

Die Speisung der Schaltung erfolgt aus der 14 V-Lichtstromwicklung des Modellbahn-Transformators. Auf ein zusätzliches Netzteil kann daher verzichtet werden. Nicht zuletzt aus diesem Grunde ist der Aufbau besonders günstig möglich.

Zur Schaltung

Die 14 V-Wechselspannung aus der Lichtstromwicklung des Modellbahntrafos wird an die Schaltungspunkte „a“ und „b“ gelegt.

Die positive Halbwelle wird über D 1/C1 und die negative Halbwelle über D 2/C2 gleichgerichtet und gepuffert. Da sich beide Kondensatoren ungefähr auf den Spitzenwert der Wechselspannung aufladen, beträgt die Differenzspannung je nach Belastung des Ausgangs 30 V bis 44 V. Diese Gleichspannung dient unmittelbar zur Versorgung des Leistungs-Verstärker-ICs des Typs TDA 2030 (IC 2).

Über R 1, D 3 sowie R 2, D 4 wird eine symmetrische, stabilisierte Versorgungsspannung erzeugt, die zur Speisung des OP 1 dient. Dieser Operationsverstärker stellt mit seiner Zusatzbeschaltung (R 3 bis R 6, C 5 bis C 7 sowie H 1) einen Wien-Robinson-Oszillator dar. Am Ausgang (Pin 6 des OP 1) steht eine Sinuswechselspannung mit einer Frequenz von ca. 15 kHz an und zwar mit sehr geringem Klirrfaktor. Mit dem Trimmer R 5 wird die Spannungshöhe auf $4 V_{SS}$, entsprechend $1,4 V_{eff}$ eingestellt.

Abweichungen von den 15 kHz spielen nur eine untergeordnete Rolle, wobei zu große Abweichungen nach unten möglichst ver-

mieden werden sollten, nach oben hin technisch gesehen zum Teil sogar günstig sind. Höheren Frequenzen stehen teilweise postalische Bestimmungen entgegen. Die von uns angegebene Dimensionierung der Bauelemente dürfte auch bei dieser Schaltung ein Optimum darstellen.

Über das Einstellpoti R 7 gelangt die 15 kHz NF-Wechselspannung auf den Eingang des Leistungs-Verstärker-ICs 2. Hier wird eine 11-fache Verstärkung vorgenommen. Die Verstärkung selbst wird mit dem Spannungsteiler R 8, R 10 festgelegt.

Mit dem Einstellpoti R 7 kann die Ausgangsspannung im Bereich von 0 bis zum Maximum (ca. $14 V_{eff}$) eingestellt werden.

Zur galvanischen Entkopplung der 15 kHz-NF-Beleuchtungsspannung zur Fahrspannung dienen die 3 parallel geschalteten Ausgangskondensatoren C 11 bis C 13. Die Schaltungspunkte „f“ und „g“ (Masse) werden direkt an die Modellbahngleise angeschlossen.

Damit nun der Fahrstrom auf das gleiche Leitungsnetz gegeben werden kann, ist die Drossel Dr 1 erforderlich, die ihrerseits eine Entkopplung von der 15 kHz-NF-Beleuchtungsspannung vornimmt. Die genaue Beschaltung ist aus Bild 2 ersichtlich.

Zu beachten ist, daß die Drossel Dr 1 ihre Induktivität von ca. 5mH auch bei der Strombelastung von 3 A beibehält und nicht etwa in die Sättigung geht, was einen starken Rückgang der Induktivität zur Folge hätte.

Aufgrund der Schaltungsauslegung kann die NF-Dauerzugbeleuchtung sowohl in gleichstrombetriebenen als auch in wechselstrombetriebenen Modellbahnanlagen eingesetzt werden.

Zum Nachbau

Die ELV-NF-Dauerzugbeleuchtung stellt durch ausgereifte Schaltungstechnik in Verbindung mit einem hochwertigen Layout der Platine eine besonders nachbausichere Konstruktion dar. Dies wird nicht zuletzt dadurch unterstützt, daß sämtliche Bauelemente (bis auf das Einstellpoti) auf einer einzigen Platine untergebracht sind.

Zunächst werden die Widerstände, dann die Kondensatoren, Dioden usw. in gewohnter Reihenfolge auf die Platine gesetzt und verlötet. Die hohen Bauelemente werden zuletzt eingebaut.

Das IC 2 wird mit einer Schraube M 3 x 6 mm sowie einer Mutter an die Un-

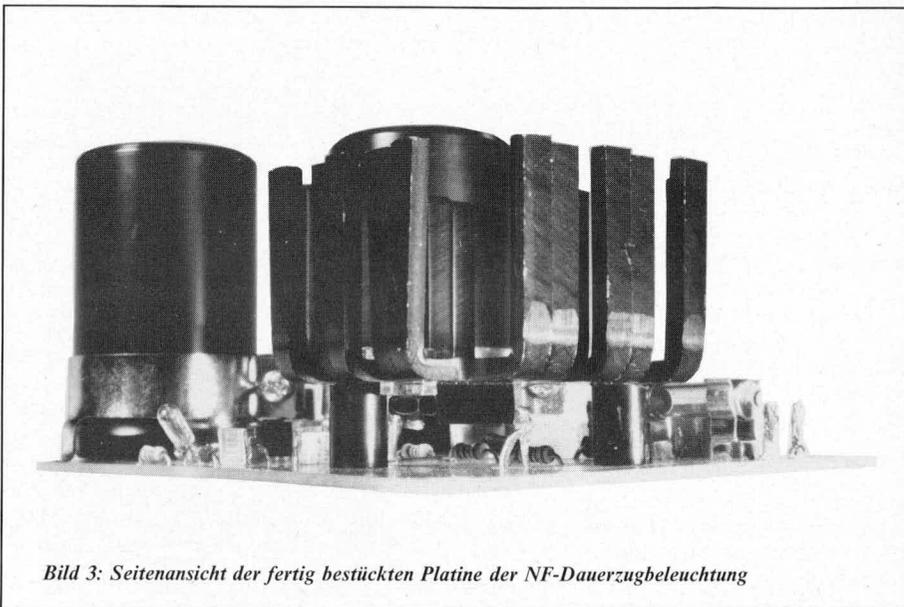
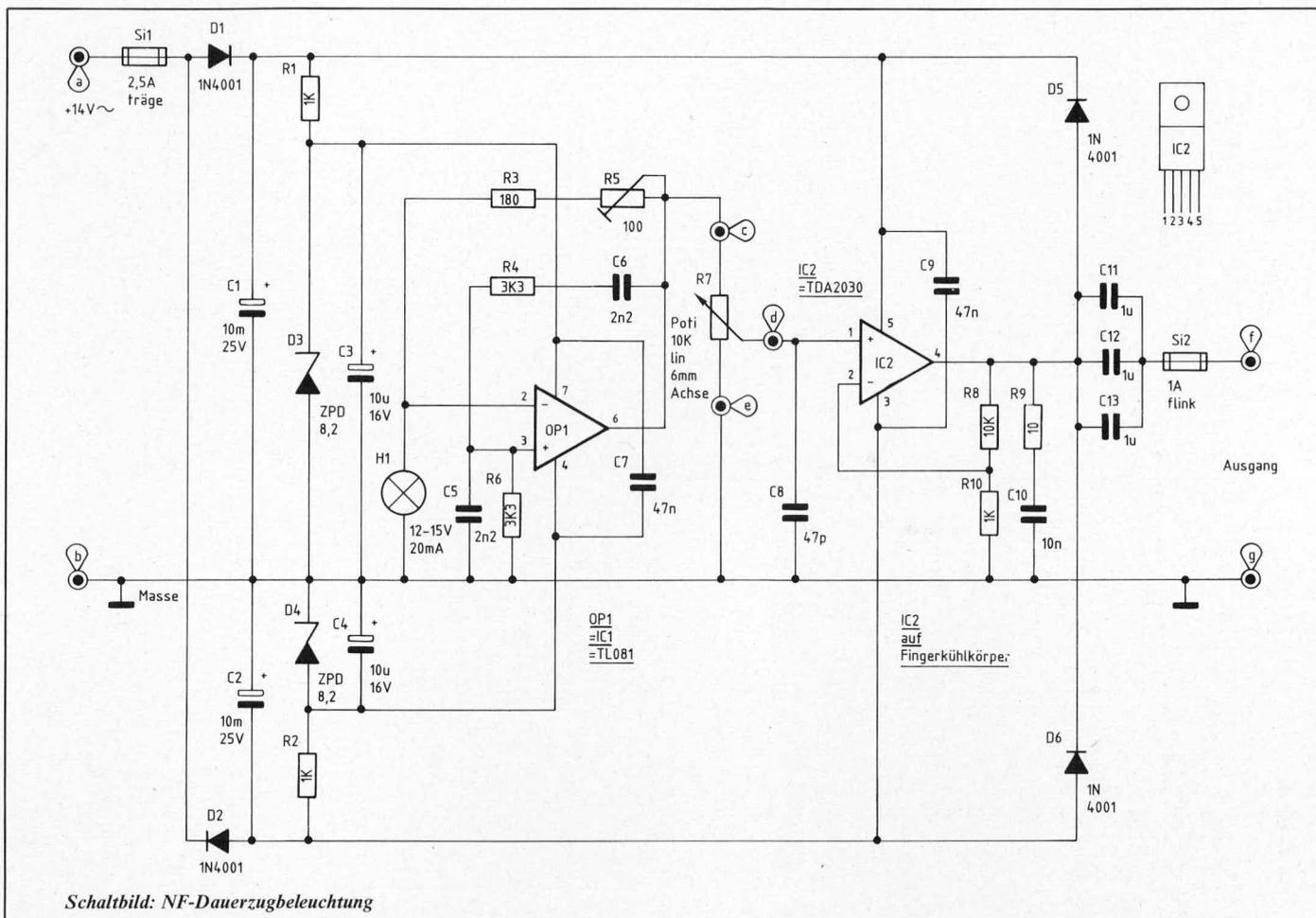


Bild 3: Seitenansicht der fertig bestückten Platine der NF-Dauerzugbeleuchtung



Schaltbild: NF-Dauerzugbeleuchtung

terseite des Fingerkühlkörpers geschraubt, also entgegengesetzt der sonst üblichen Befestigung. Die 5 Anschlußbeinchen sind anschließend abzuwinkeln und zwar so, daß sie von der Kühlkörperunterseite fortweisen. Anschließend wird der Fingerkühlkörper mit dem daran befestigten IC 2 in einem Abstand von 10 mm auf die Platine gesetzt. Die Anschlußbeinchen des IC 2 werden hierbei durch die 5 Leiterplattenbohrungen gesteckt. Die Befestigung des Fingerkühlkörpers erfolgt mit 2 Schrauben M 3 x 16 mm und 2 Muttern M 3. Zur Erzielung des Abstandes zwischen Fingerkühlkörper und Leiterplatte dienen 2 10 mm lange Abstandsröllchen. Näheres ersehen Sie bitte auch aus der Abbildung 3.

Das Einstellpoti R 7 wird über 3 kurze flexible isolierte Leitungen mit den Lötstiften der Platinenanschlüßpunkte „c“, „d“, „e“ verbunden. Eine Umkehrung der Drehrichtung ergibt sich durch Umklempen der Zuleitungen zu den beiden äußeren Anschlußstiften des Potis.

Die Kondensatoren C 1 und C 2 werden zuletzt eingebaut. Die Metallschellen dienen zur mechanischen Befestigung. Sie werden jeweils mit 2 Schrauben M 3 x 6 mm sowie 2 Muttern M 3 mit der Leiterplatte verschraubt. Die Kondensatoren selbst können innerhalb der Befestigungsschellen etwas verschoben werden und zwar so, daß die beiden elektrischen Anschlüsse ca. 1 mm unterhalb der Leiterbahnseite der Platine hervorstehen. Anschließend werden sie verlötet. Hierbei ist darauf zu achten, daß sich die Kondensatoren nicht zu sehr erhitzen.

Zweckmäßigerweise wird die gesamte Platine in ein voll isoliertes Kunststoffgehäuse eingebaut. Es sind 2 Eingangs- und 2 Ausgangsbuchsen in das Gehäuse einzusetzen und über flexible isolierte Leitungen mit einem Querschnitt von mindestens 0,75 mm² mit den entsprechenden Anschlußpunkten der Leiterplatte zu verbinden.

Damit ist der Nachbau dieser Schaltung bereits beendet.

Abschließend sei noch auf die Beachtung der VDE-Bestimmungen hingewiesen.

Anschluß und Bedienung

Die Handhabung dieses Gerätes ist denkbar einfach.

Entsprechend Bild 2 wird in eine Leitung des Fahrpultes die Drossel Dr 1 eingefügt.

Die 14 V-Lichtspannung des Fahrpultes wird zur Versorgung der NF-Dauerzugbeleuchtung herangezogen.

Die beiden Ausgangsbuchsen der NF-Dauerzugbeleuchtung werden anschließend mit dem Schienennetz verbunden.

Damit nun die Zugbeleuchtung unabhängig von der Fahrspannung arbeiten kann ist es erforderlich, jedes einzelne Lämpchen über einen 220 nF-Kondensator zu entkoppeln, d. h. der Kondensator befindet sich in Reihe zu jedem Lämpchen. Ein entsprechendes Anschlußschema ist in Bild 4 gezeigt.

Zusätzlich ist in Bild 4 der Anschluß der NF-Dauerzugbeleuchtung beim Einsatz

von 2 getrennten Fahrpulten dargestellt. In diesem Fall wird lediglich ein weiterer Kondensator mit einer Kapazität von ca. 10 µF benötigt. Zu beachten ist, daß der letztgenannte Kondensator wie auch die zu den Lämpchen in Reihe zu schaltenden Kondensatoren als Folienkondensatoren auszuführen sind. Elkos sind hierfür nicht geeignet.

Über das Einstellpoti R 7 kann die Helligkeit der Zugbeleuchtung von 0 bis Maximum eingestellt werden und zwar völlig unabhängig von der Fahrspannung und damit von der Geschwindigkeit der Züge.

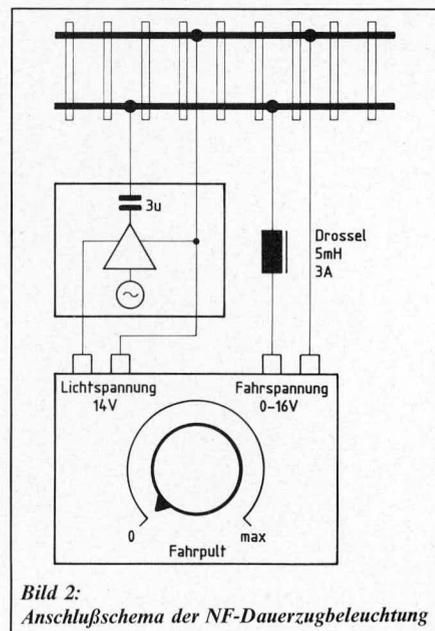
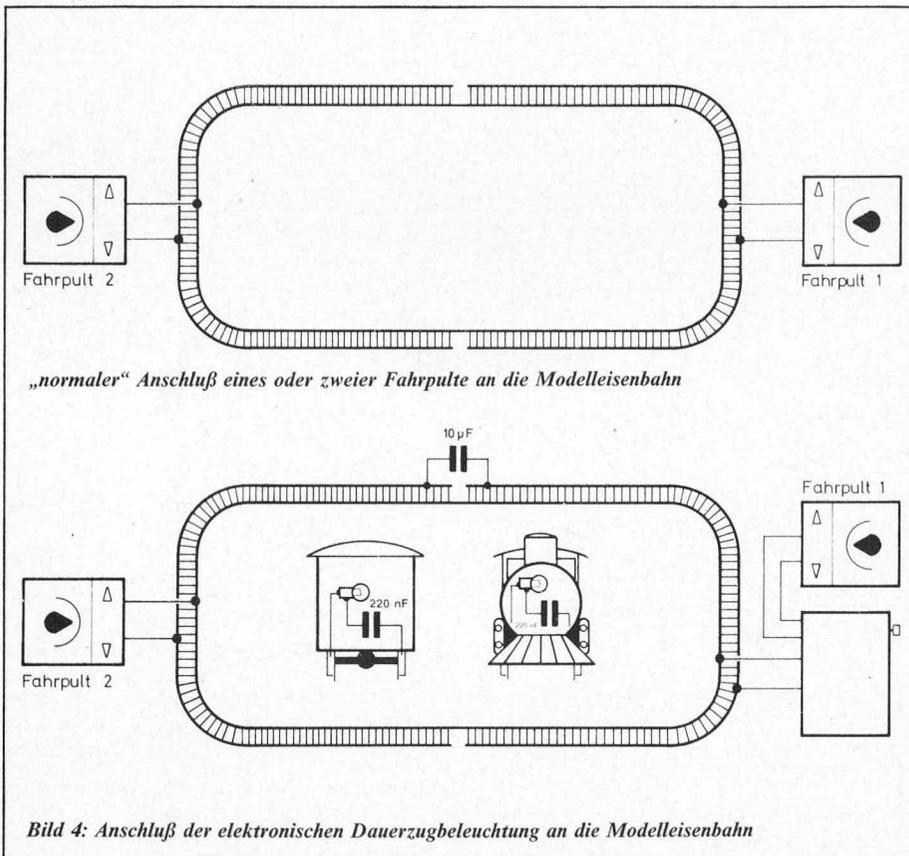


Bild 2: Anschlußschema der NF-Dauerzugbeleuchtung



Stückliste:
NF-Dauerzugbeleuchtung

Widerstände

10 Ω	.....	R 9
180 Ω	.....	R 3
1 kΩ	.....	R 1, R 2, R 10
3,3 kΩ	.....	R 4, R 6
10 kΩ	.....	R 8
100 Ω, Trimmer, liegend	.....	R 5
10 kΩ, Poti, 6 mm, lin	.....	R 7

Kondensatoren

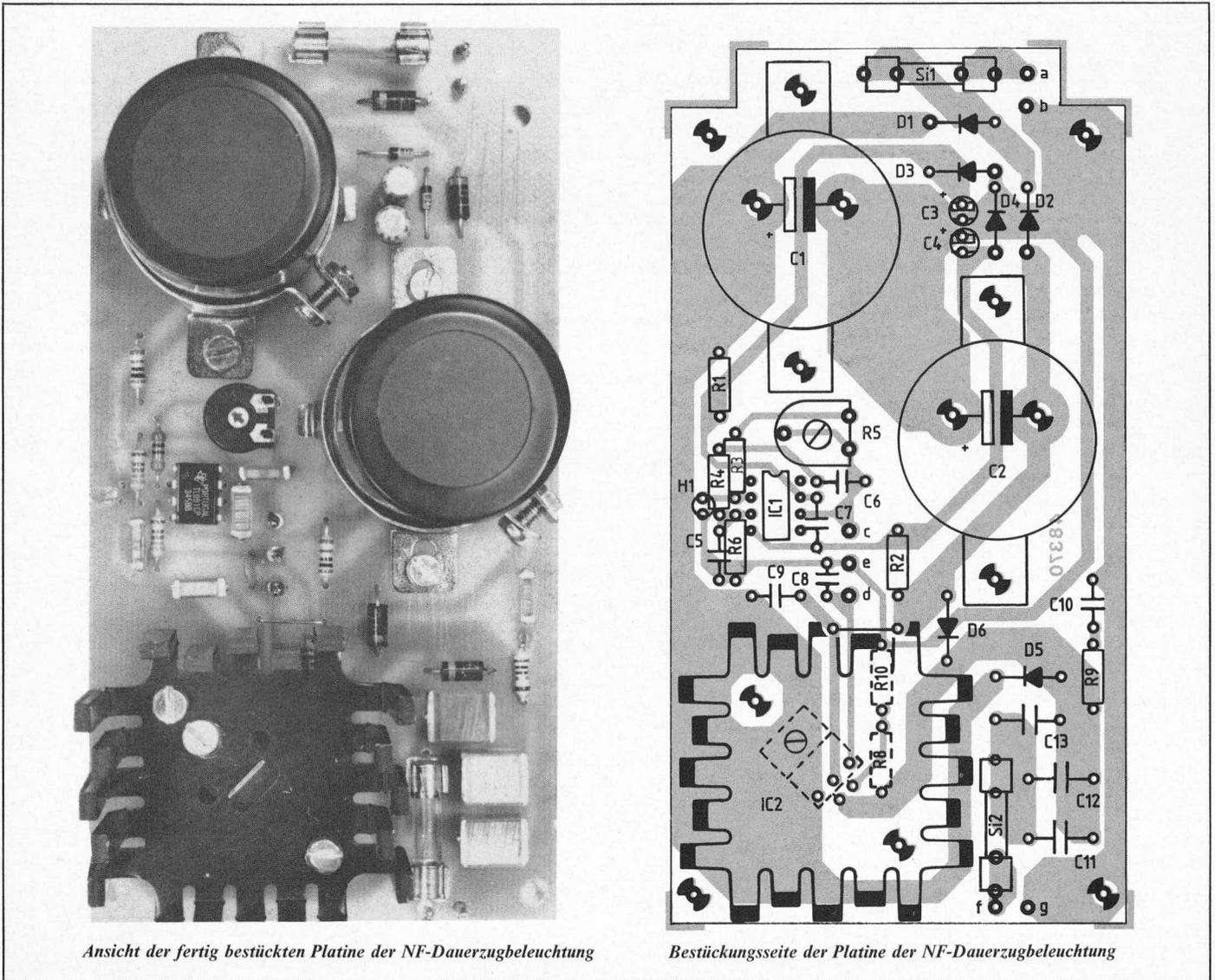
47 pF	.....	C 8
2,2 nF	.....	C 5, C 6
47 nF	.....	C 7, C 9
10 nF	.....	C 10
1 µF	.....	C 11-C 13
10 µF/16 V	.....	C 3, C 4
10 mF/25 V	.....	C 1, C 2

Halbleiter

TL 081	.....	IC 1
TDA 2030	.....	IC 2
ZPD 8,2	.....	D 3, D 4
1 N 4001	.....	D 1, D 2, D 5, D 6

Sonstiges

- 12-15 V/20 mA Glühlampe H 1
- 1 A Sicherung, flink Si 2
- 2,5 A Sicherung, träge Si 1
- 2 Platinensicherungshalter
- 7 Lötstifte
- 1 Fingerkühlkörper
- 2 x 10 mm Abstandsröllchen
- 4 Schrauben M 3 x 5
- 2 Schrauben M 3 x 16
- 5 Schraube M 3 x 6
- 7 Muttern M 3
- 4 Telefonbuchsen
- 1 Spannzangendrehkopf, 21 mm Ø
- 1 Pfeilscheibe, 21 mm Ø
- 1 Deckel, 21 mm Ø
- 60 cm isolierter Schaltdraht
- 40 cm 2adrige Leitung, 0,75 mm²



DCF-synchronisierte Präzisions-Quarzeitbasis

Teil 2



In dem hier vorliegenden zweiten Teil unserer dreiteiligen Artikelserie stellen wir Ihnen die komplette Schaltung vor.

Zur Schaltung

Das ELV-Frequenz-Normal FN 7000 (DCF-synchronisierte Präzisions-Quarzeitbasis) wird auf insgesamt 7 Platinen aufgebaut. Die Schaltungsbeschreibung wollen wir daher zweckmäßigerweise anhand der 7 Teilschaltbilder, die den jeweiligen Platinen entsprechen, vornehmen.

Die Bezeichnung einzelner Platinen- bzw. Schaltungspunkte ist so angelegt, daß Punkte mit gleichen Bezeichnungen miteinander über Brücken bzw. flexible isolierte Leitungen verbunden werden.

Wir beginnen mit unserer Beschreibung der Schaltung mit der 1. Platine und fahren dann chronologisch fort.

1. Platine

Die auf der 1. Platine untergebrachte Teilschaltung stellt die Aktiv-Antenne dar. Sie entspricht genau der tausendfach bewährten Konstruktion in den ELV-Funkuhrensystemen doc 85 und DCF 86.

Die Spule L 101 bildet in Verbindung mit dem eng tolerierten Kondensator C 101 den Eingangsempfangskreis. Dieser ist auf die Resonanzfrequenz von 77,500 kHz abgestimmt.

Über L 102 wird das Empfangssignal aus-

gekoppelt und auf die Basis des ersten Verstärkertransistors T 101 gegeben. Das andere Ende von L 102 liegt über den Spannungsteilerwiderständen R 101 und R 102 auf halber Betriebsspannung. Hierdurch wird der Gleichspannungsarbeitspunkt von T 101 festgelegt.

Der Arbeits-Gleichstrom wird über R 104 bestimmt. C 103 dient zur Maximierung des Wechselspannungs-Verstärkungsfaktors, der für diese Stufe bei ca. 50 liegt.

Am Kollektorwiderstand R 103 steht das entsprechend verstärkte Eingangssignal an.

Eine zweite, mit T 102 und Zusatzbeschaltung ähnlich aufgebaute Stufe, nimmt eine weitere Verstärkung vor, so daß am Kollektor dieses Transistors das ca. 2000-fach verstärkte Eingangssignal zur anschließenden Weiterverarbeitung im Empfänger zur Verfügung steht.

2. Platine

Über 3 kurze Leitungen (wenige Zentimeter lang) werden die Platinenanschlußpunkte „a, b, c“ der 1. und der 2. Platine miteinander verbunden.

Das von der 1. Platine kommende 77,500 kHz-Signal gelangt über C 202 auf den

Eingang (Pin 12) des Empfänger-ICs 201 des Typs TCA 440.

Von diesem verhältnismäßig hoch integrierten IC findet nur der Zwischenfrequenzverstärkerteil, dessen Eingang Pin 12 darstellt, Verwendung. Hierbei handelt es sich um die größte in diesem IC enthaltene Funktionseinheit. Hervorzuheben ist die hohe Verstärkung und der große Regelumfang von über 60 dB.

Der Ausgang (Pin 7) des IC 201 arbeitet auf einen Schwingkreis, bestehend aus Tr 201 und C 208.

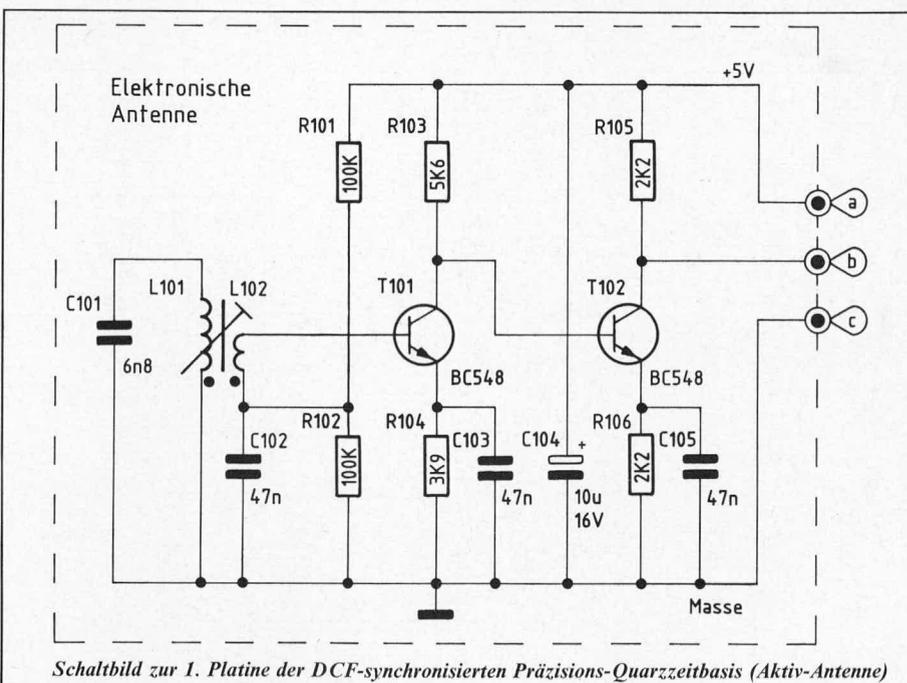
Mit Hilfe von D 201, R 201, R 202, C 205 und C 206 erfolgt eine Gleichrichtung und Pufferung der Ausgangsspannung, die auf den Steuereingang (Pin 9 des IC 201) zurückgeführt wird. Auf diese Weise wird eine automatische Verstärkungsregelung und damit Anpassung an die Höhe des Eingangssignals vorgenommen. Steigt die Ausgangsspannung an Pin 7, so erhöht sich auch die Steuerspannung an Pin 9, wodurch wiederum die Verstärkung und damit die Ausgangsspannung reduziert wird. Es handelt sich somit um ein selbststabilisierendes System. Aufgrund der großen Zeitkonstanten (R 201/C 206) erfolgt die Nachregelung nur verhältnismäßig langsam ($t = 3,3 \text{ sec}$), so daß kurzzeitige Signalschwankungen und Störimpulsspitzen unberücksichtigt bleiben.

C 203 und C 204 dienen zur Verminderung des internen Rauschens.

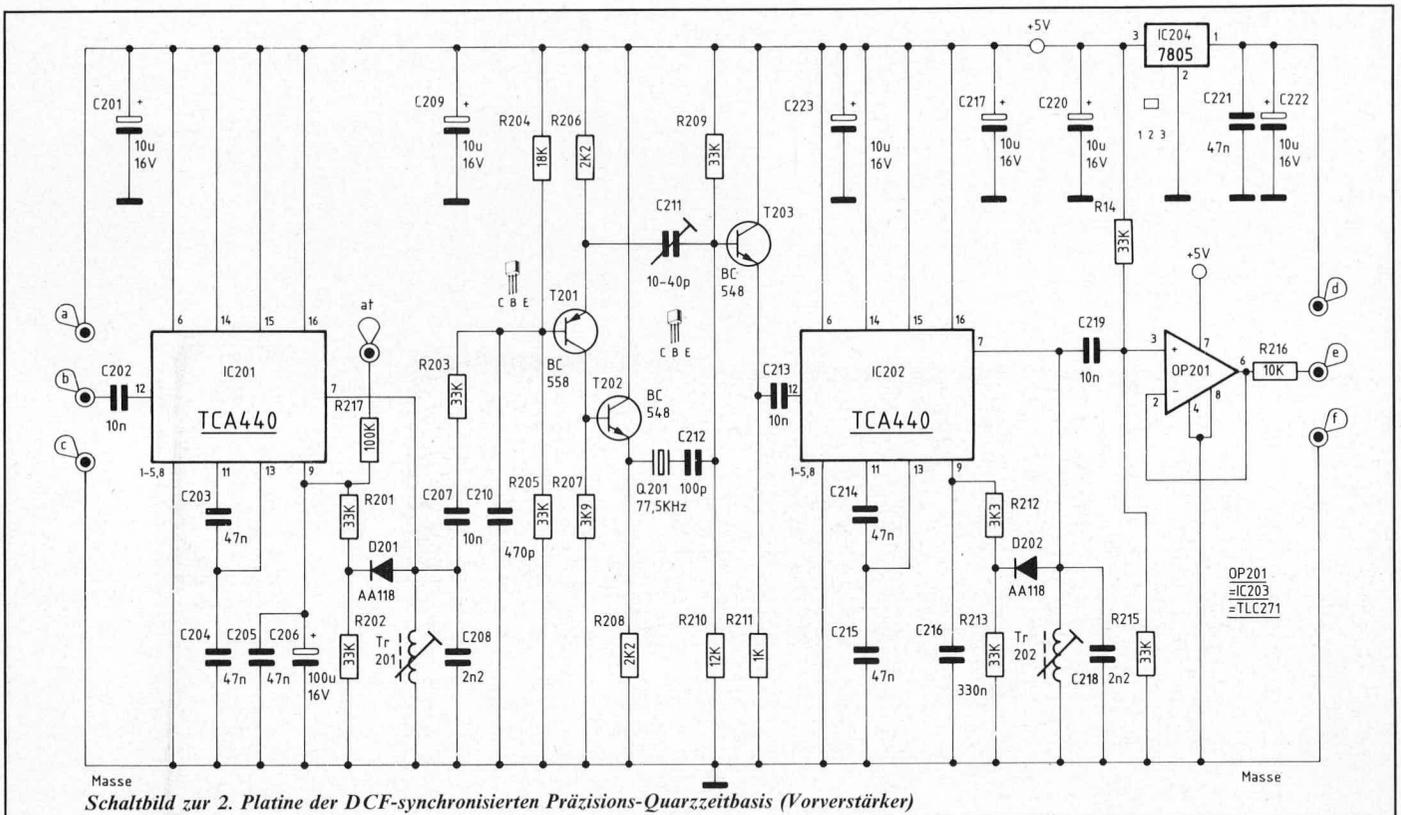
Die Ausgangsspannung an Pin 7 des IC 201 beträgt ca. $2 V_{SS}$.

Die auf die Schaltungsmasse bezogene, an Pin 9 des IC 201 anstehende Regelspannung, ist gleichzeitig ein Maß für die Größe des Eingangssignals. Je größer diese Spannung wird, um so mehr regelt der Verstärker zurück. Voraussetzung für ein Zurückregeln ist jedoch ein gestiegenes Ausgangssignal. Kleinere Signale an Pin 7 bedeuten eine kleinere Regelspannung an Pin 9, wodurch die Verstärkung wieder hochgefahren wird, sofern das Eingangssignal zuvor auf geringere Werte abgefallen ist.

Zweckmäßigerweise führt man Pin 9 des IC 201 sowie die Schaltungsmasse über einen Vorwiderstand (R 217) aus dem Antennengehäuse heraus. Auf diese Weise kann durch einfache (hochohmige) Messung der Regelspannung die Ausrichtung der Antenne optimiert werden.



Schaltbild zur 1. Platine der DCF-synchronisierten Präzisions-Quarzeitbasis (Aktiv-Antenne)



Über C 207, R 203 gelangt das aufbereitete Empfangssignal auf die Basis des als Emitterfolger geschalteten Transistors T 201. In Verbindung mit T 202 sowie der entsprechenden Zusatzbeschaltung wird ein hochwertiger Quarzfilter realisiert, dessen Abstimmung mit C 211 erfolgt.

Mit dem als Emitterfolger geschalteten Transistor T 203 wird das Signal ausgekoppelt und über C 213 auf den Eingang des IC 202 gegeben.

Beim IC 202 handelt es sich um den gleichen Typ wie beim IC 201 mit nahezu identischer Beschaltung. Ein wesentlicher Unterschied liegt jedoch in der Zeitkonstanten der Verstärkungsregelung (R 212, C 216), die hier verhältnismäßig kurz gewählt wurde. Auf diese Weise erfolgt eine gute Ausregelung der Amplitudenmodulation

des Empfangssignals, wobei zuvor der Quarzfilter die Signalform verbessert und die Modulationsübergänge verschliffen hat. Die Regelung kann somit den schwankenden Amplitudenhöhen mühelos folgen.

An Pin 7 des IC 202 steht das 77,500 kHz-Signal mit einer Amplitude von ca. 2,2 V_{SS} bereits in guter Qualität an. Die Amplitudenschwankung liegt in der Größenordnung von ca. 10 %.

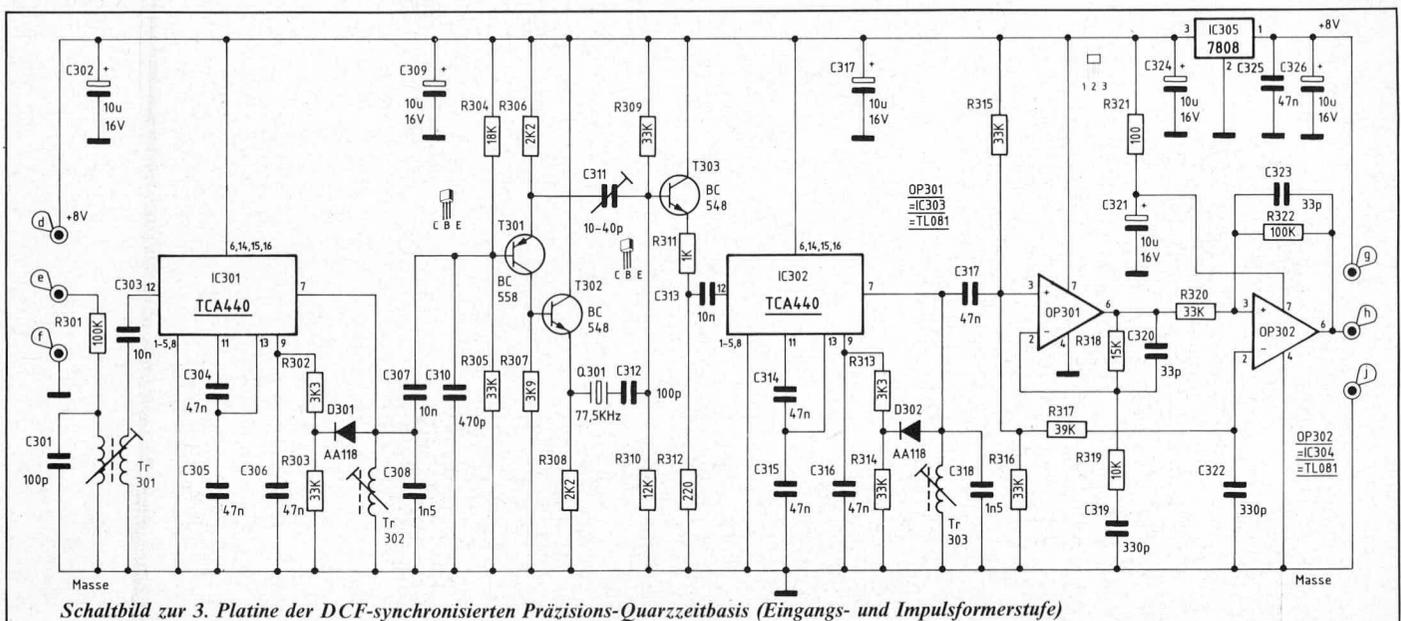
Über C 219 gelangt das Signal auf den nicht invertierenden (+) Eingang des als Impedanzwandler geschalteten OP 201. R 216 dient zur Entkopplung der am Platinenanschlußpunkt „e“ anzuschließenden Verbindungsleitung zum Eingang des Basisgerätes. Diese Verbindungsleitung kann mehrere 10 m Länge aufweisen.

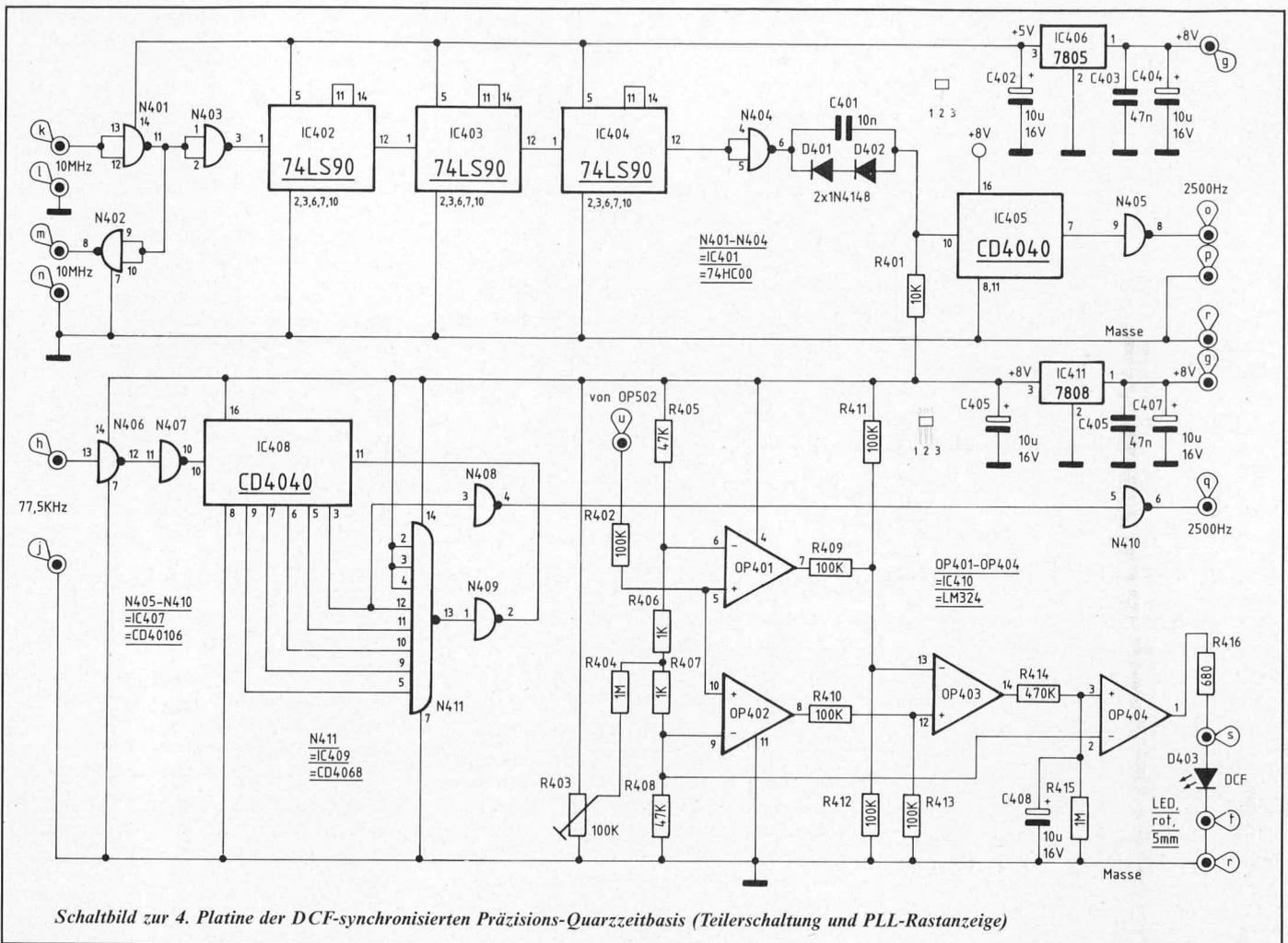
IC 204 stellt eine stabilisierte 5 V Betriebs-

spannung, sowohl für die 2. als auch für die in räumlicher Nähe angeordnete 1. Platine dar. Hierdurch ergibt sich eine optimale Entkopplung zu den Versorgungsspannungen des Basisgerätes.

3. Platine

Über R 301 gelangt das vom Antennenteil kommende 77,500 kHz-Signal auf den Eingangsschwingkreis der im Basisgerät angeordneten 3. Platine. Dieser Schwingkreis besteht aus C 301 sowie der Primärwicklung des Übertragers Tr 301. Die Sekundärwicklung speist über C 303 den Eingang des IC 301. Hierbei handelt es sich ebenfalls um den Typ TCA 440, der eine identische Beschaltung wie das IC 202 aufweist. Am Ausgang (Pin 7) beträgt die Signalhöhe ca. 2,2 V, wobei die Amplitudenschwankungen an dieser Stelle nur noch bei wenigen 10 mV liegen.





Über C 307 wird das Ausgangssignal auf einen weiteren Quarzfilter, bestehend aus T 301, T 302 sowie entsprechender Zusatzschaltung, gegeben. Die Abstimmung erfolgt mit C 311.

Um den Rauschpegel sowie unerwünschte Störimpulse weitgehend zu unterdrücken und um ein möglichst sauberes Signal zu erhalten, wurde an dieser Stelle ein zweites Quarzfilter eingebaut.

Mit T 303 erfolgt die Auskopplung auf den Spannungsteiler R 311, R 312. Über C 313 gelangt dieses Signal auf den Eingang des IC 302, das in gleicher Weise wie das IC 301 beschaltet ist.

Am Ausgang (Pin 7) des IC 302 beträgt die Amplitudenhöhe ebenfalls ca. $2,2 V_{SS}$ mit einer kaum mehr feststellbaren Amplitudenschwankung.

Über C 317 wird dieses Signal auf eine Impedanzwandler/Verstärkerstufe gegeben. An Pin 6 des OP 301 beträgt die Amplitudenhöhe ca. $5 V_{SS}$.

Der nachgeschaltete OP 302 stellt in Verbindung mit R 320, R 322 einen Komparator mit starker Hysterese dar, wobei C 323 sowie R 317, C 322 zur Unterstützung der Hysterese beitragen.

Am Ausgang (Pin 6 des OP 302) steht eine saubere Rechteckspannung mit einer Frequenz von 77,500 kHz an.

R 321, C 321 dienen zur Entkopplung der Versorgungsspannung des Komparators von der Versorgungsspannung der übrigen

Schaltung, um auf diese Weise Störeinflüsse der Komparatorschaltvorgänge zu unterdrücken.

4. Platine

Das am Platinenanschlußpunkt „h“ anstehende 77,500 kHz Rechtecksignal gelangt über 2 Inverter (Impulsformerstufen) auf den Eingang (Pin 10) des IC 408. In Verbindung mit N 411 und dem nachgeschalteten Inverter N 409 arbeitet das IC 408 als Teiler durch 31. Am Ausgang (Pin 3) steht dann eine Frequenz von exakt 2500 Hz an ($77\,500 : 31 = 2500$). Das Tastverhältnis beträgt ungefähr 1 : 1 (exakt 31 : 32). Ausgekoppelt wird das Signal über die Impulsformer/Pufferstufen N 408 und N 410.

Am Platinenanschlußpunkt „q“ steht die hochgenaue, aus der 77,500 kHz-DCF-Frequenz gewonnene Referenzfrequenz von 2500 Hz an.

Am Platinenanschlußpunkt „k“ wird die 10 MHz-Frequenz (von Platine 6) eingespeist und über N 401, N 403 auf den Eingang (Pin 1) der ersten Teilerstufe (IC 402) gegeben.

N 402 dient zur Entkopplung und Pufferung. Am Platinenanschlußpunkt „m“ steht die 10 MHz-Frequenz zur Speisung der Schaltung der 7. Platine an.

Die Teilerkette, bestehend aus den ICs 402 bis 405, nimmt eine Division durch 4000 vor.

Am Ausgang (Platinenanschlußpunkt „o“)

steht ebenfalls eine Frequenz von 2500 Hz an ($10\,000 : 4000 = 2500$ Hz). Diese Frequenz steht mit der 10 MHz-Frequenz des Quarzoszillators in direkter Verbindung, d. h. Schwankungen des Quarzoszillators ändern unmittelbar die am Platinenanschlußpunkt „o“ anstehende 2500 Hz-Frequenz.

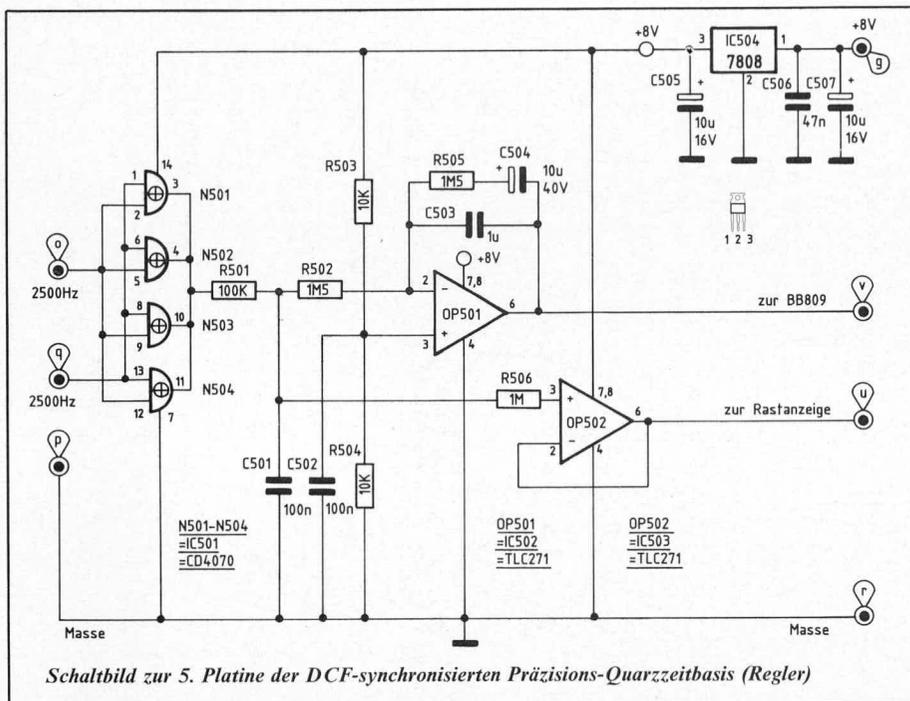
Die Kombination C 401, D 401, D 402 sowie R 401 dient zur Pegelanpassung des mit 5 V betriebenen Schaltungsteiles an die mit 8 V versorgte Schaltung. Den Schnittpunkt stellt der Ausgang des Gatters N 404 sowie der Eingang des IC 405 (Pin 10) dar. Auch die 4. Platine besitzt eine eigene Spannungsstabilisierung, die mit Hilfe der ICs 406 (+ 5 V) und IC 411 (+ 8 V) vorgenommen wird.

Die OPs 401 bis 404 stellen in Verbindung mit ihrer Zusatzbeschaltung einen sehr schmalen Fensterdiskriminator dar. Sofern die vom OP 502 (5. Platine) kommende Spannung exakt bei $U_B/2$ (4 V) liegt, leuchtet D 403 auf, als Zeichen für eine phasenstarke Kopplung zwischen 77,500 kHz und 10 MHz-Quarzoszillator (PLL-Rastanzeige).

Warum die Spannung bei 4,0 V ein Maß für die eingerastete PLL bedeutet, wird im weiteren näher beschrieben.

5. Platine

Genau wie die empfindliche Eingangverstärkerplatine (3. Platine) befindet sich auch die 5. Platine zusammen mit der 6.



Platine in einem abgeschirmten HF-dichten Metallgehäuse, um Störeinstreuungen zu vermeiden.

Die Schaltung der 5. Platine besitzt 2 Eingänge. Der erste Eingang (Platinenanschlußpunkt „o“) wird mit der durch 4000 geteilten 10 MHz-Quarzoszillatorfrequenz (2500 Hz) beaufschlagt, während dem zweiten Eingang (Platinenanschlußpunkt „q“) die durch 31 geteilte 77,500 kHz-DCF-Frequenz (2500 Hz) zugeführt wird.

Beide Frequenzen werden über einen Phasenkomparator miteinander verglichen. Realisiert wird dieser Schaltungsteil durch 4 parallel geschaltete EXOR-Gatter (N 501 bis N 504).

Bei einer Phasenverschiebung von 90 Grad steht am Ausgang dieser Gatter ein Rechtecksignal mit einem Tastverhältnis von ungefähr 1 : 1 und einer Frequenz von exakt 5 kHz an.

Der nachgeschaltete Tiefpaß (R 501, C 501) nimmt eine erste Filterung vor.

OP 501 stellt mit seiner Zusatzbeschriftung R 502, R 505 sowie C 503 und C 504 einen hochwertigen Integrator dar. Er vergleicht die Spannung an C 501 mit der Spannung an C 502 (4,0 V). Immer dann, wenn eine Abweichung dieser beiden Spannungen auftritt, führt dies zu einer Regelabweichung und die Ausgangsspannung an Pin 6 des OP 501 ändert sich.

Nur wenn die Spannung an C 501 exakt den gleichen Wert wie die Spannung an C 502 aufweist, ist die PLL eingerastet.

Da OP 502 lediglich einen Pufferverstärker darstellt, ist die Ausgangsspannung (Pin 6 des OP 502) ein Maß für den Rastzustand der PLL. Der auf der 4. Platine untergebrachte Fensterdiskriminator stellt fest, ob die Spannung am Platinenanschlußpunkt „u“ hinreichend genau auf 4,0 V liegt (± 85 mV).

Am Platinenanschlußpunkt „v“ steht die Steuerspannung zur Nachregelung des 10 MHz-Quarzoszillators an.

Sobald sich eine ungewollte Phasendifferenz zwischen 77,500 kHz Referenzfrequenz und 10 MHz-Quarzoszillatorfrequenz ergibt, ändert sich die Spannung am Platinenanschlußpunkt „v“ in der Weise, daß sich wieder eine Ausregelung der Phasenlage beider Frequenzen ergibt (phasenstarre Kopplung).

Auch diese Platine besitzt eine eigene 8 V-Stabilisierung, die mit dem IC 504 aufgebaut ist.

6. Platine

Mit den Gattern N 601 und N 602, den Kondensatoren C 602 bis C 606 sowie den Widerständen R 604 und R 605 ist ein hochwertiger Oszillator aufgebaut, der durch den eingesetzten Quarz Q 601 auf einer Frequenz von 10 MHz schwingt.

Durch den Einsatz der Kapazitätsdiode D 601 des Typs BB 809 kann die Oszillatorfrequenz in geringen Grenzen mit Hilfe einer Steuerspannung variiert werden.

R 602 legt die Anode von D 601 gleichspannungsmäßig auf Schaltungsmasse, während die Katode über R 601 und R 603 mit der Steuerspannung beaufschlagt wird. C 601 dient zur Rauschunterdrückung.

Ein Ansteigen der Steuerspannung am Platinenanschlußpunkt „v“ bedeutet eine Verringerung der Diodenkapazität von D 601 und somit ein Ansteigen der Oszillatorfrequenz. Sinkt hingegen die Steuerspannung ab, so erhöht sich die Kapazität und die Oszillatorfrequenz sinkt.

Die Steuerspannung selbst wird, wie bereits beschrieben, über die Schaltung der 5. Platine durch Vergleichen der Soll-Frequenz (77,500 kHz : 31 = 2500 Hz) mit der Ist-Frequenz (Oszillatorfrequenz = 10 MHz : 4000 = 2500 Hz) gewonnen.

Auf diese Weise kann die Frequenz des 10 MHz Quarzoszillators in Verbindung mit einem hochwertigen Regler sehr genau konstant gehalten werden.

Mit dem Trimmer C 604 wird eine Grundeinstellung der Oszillatorfrequenz vorgenommen.

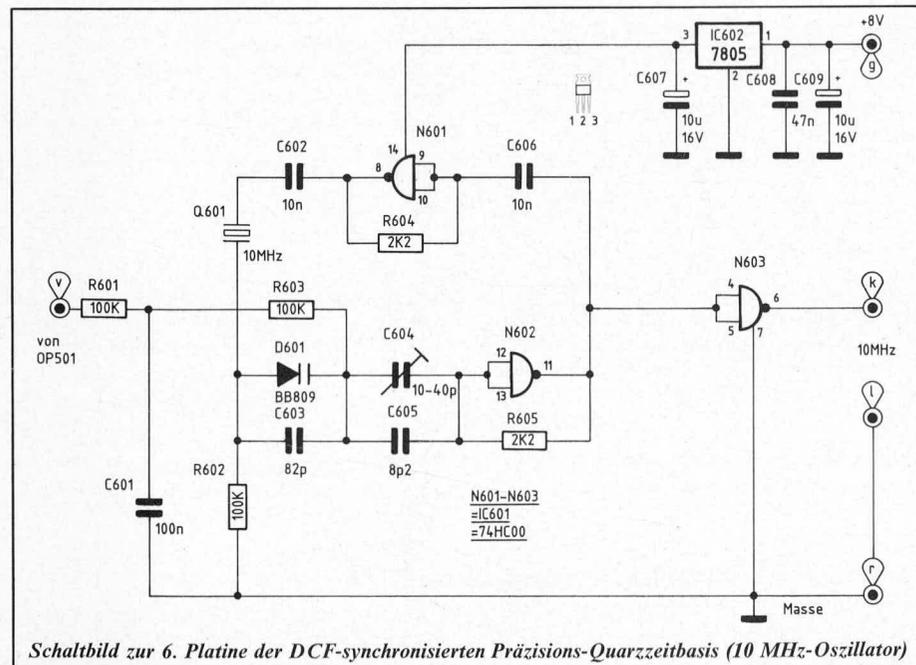
Über das Gatter N 603 wird die Oszillatorfrequenz ausgekoppelt und gepuffert. Am Platinenanschlußpunkt „k“ steht dann eine hochgenaue 10 MHz Rechteckfrequenz zur Verfügung. Diese gelangt zurück auf die 4. Platine an den Platinenanschlußpunkt „k“, um daraus durch Teilung 2500 Hz zu erzeugen, die zu Vergleichszwecken dienen.

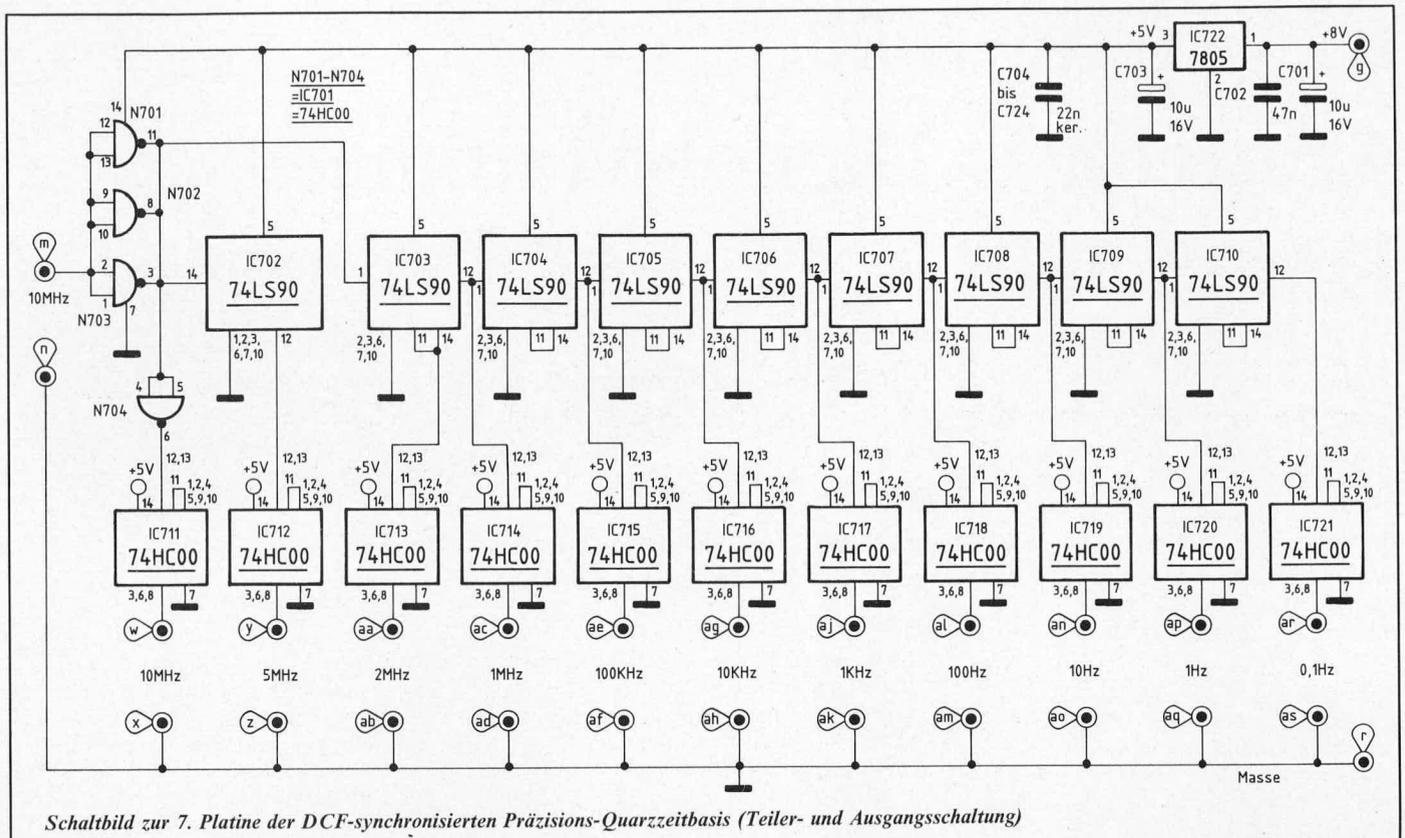
Darüber hinaus wird nach erfolgter Pufferung über die Gatter N 401 und N 402 (auf der 4. Platine) die 7. Platine (Platinenanschlußpunkt „m“) gespeist.

Die Versorgungsspannung der Oszillatorplatine wird separat über einen 5 V-Festspannungsregler stabilisiert, der sich auf derselben Platine befindet.

7. Platine

Der bis zu diesem Punkt getriebene Aufwand dient einzig und allein zur Gewinnung einer hochgenauen 10 MHz-Referenz.





renzfrequenz, die aufgrund ihrer Stabilität für verschiedene Anwendungen bestens geeignet ist. Sei es als eigenständige Oszillatorfrequenz, als Frequenznormal zur Kalibrierung von Frequenzzählern o. ä. oder als Zeitbasis zur Erzeugung verschiedener Torzeiten — für supergenaue Referenzfrequenzen ist ein vielfältiger Bedarf.

Damit sich möglichst universelle Anwendungsvoraussetzungen ergeben, haben wir eine zusätzliche Teilerkette auf einer 7. Platine aufgebaut, mit der dekadische Frequenzen im Bereich zwischen 0,1 Hz und 10 MHz sowie zusätzlich 2 MHz und 5 MHz abgreifbar sind. Jeder Stufe ist ein

Impulsformer/Treiber-IC (IC 711 bis IC 721) nachgeschaltet, um möglichst saubere Rechteckfrequenzen mit extrem schnellen Anstiegsflanken (typ. 3 ns!) zu erhalten.

Die eigentliche Teilerkette besteht aus den ICs 702 bis 710.

Mit Ausnahme der 10 MHz und der 2 MHz, deren Tastverhältnis nur ungefähr 1 : 1 beträgt, liegt das Tastverhältnis aller übrigen Ausgangsfrequenzen bei exakt 1 : 1.

Die Belastbarkeit der Ausgangsfrequenzen mit einer Amplitude von 5 V liegt bei mindestens 10 mA.

Die Stabilisierung erfolgt auch für diese Platine mit einem separaten 5 V Festspannungsregler (IC 722), der auf derselben Platine untergebracht ist.

Obwohl diverse Abgleichpunkte in der Schaltung vorhanden sind, gestaltet sich die Inbetriebnahme verhältnismäßig einfach, etwas Praxis beim Nachbau elektronischer Geräte vorausgesetzt. Dieses Thema wird im weiteren Verlauf des Artikels jedoch noch ausführlich beschrieben.

In der kommenden Ausgabe des „ELV journal“ stellen wir Ihnen das Aufbaubeschreibung des Gerätes vor.

ELV-Serie 7000:

4,5-stelliges Digital-Multimeter

DMM 7001

Teil 2



In dem hier vorliegenden zweiten und abschließenden Teil stellen wir Ihnen die Platinenlayouts sowie die Beschreibung von Nachbau und Abgleich vor.

Zum Nachbau

Beim DMM 7001 handelt es sich um ein hochwertiges Präzisions-Meßgerät, das mit seinen insgesamt 29 Meßbereichen auch professionellen Ansprüchen gerecht wird. Aufgrund der hochwertigen Platinenlayouts sowie der ausgereiften Schaltungstechnik ist der Nachbau weitgehend problemlos möglich, sobald man etwas Erfahrung im Aufbau von elektronischen Schaltungen gesammelt hat.

Zunächst wird die Bestückung der Basisplatte in gewohnter Weise vorgenommen. Die passiven Bauelemente werden als erstes auf die Leiterplatte gesetzt und verlötet, um anschließend mit den aktiven Bauelementen fortzufahren.

Bei den passiven Bauelementen, und hier insbesondere bei den Präzisions-Meßwiderständen, ist darauf zu achten, daß die Anschlußdrähte so abgewinkelt werden, daß die Bauelemente später direkt auf der Bestückungsseite der Leiterplatte aufliegen. Dies ist wichtig, da bei den hohen erreichbaren Genauigkeiten die Widerstände der Anschlußdrähte bei den niederohmigen Meßwiderständen berücksichtigt werden müssen, um die Meßwertabweichungen zu minimieren.

Nachdem auch das Tastenaggregat auf die Basisplatte gesetzt und verlötet wurde, kann anschließend die Tastenplatte so auf die Oberseite des Tastenaggregats gesetzt werden, daß die Leiterbahnseite sichtbar ist. Hierbei sollte etwa 2 mm Abstand zwischen Tastenaggregat und Platine bestehen bleiben, damit die Tasten später nicht an der Platine scheuern.

Auf diese Leiterplatte werden außer R 50 bis R 55 und R 76 keine weiteren Bauelemente aufgelötet. Für vorstehend genannte Bauteile sind keine Bohrungen vorgesehen, da sie auf der Leiterbahnseite der Tastenplatte angeordnet sind.

Als nächstes wird die Anzeigenplatte in gewohnter Weise bestückt.

Nachdem die bisherigen Arbeiten nochmals sorgfältig überprüft wurden, kann

die Anzeigenplatte mit der Tastenplatte verbunden werden. Hierzu wird die Anzeigenplatte im rechten Winkel (senkrecht) vor die Tastenplatte gesetzt, und zwar so, daß die Unterkante der Anzeigenplatte mit der Unterseite (die Seite, die zum Tastensatz hinweist) der Tastenplatte abschließt.

Jetzt werden die entsprechenden Leiterbahnverbindungen zwischen Anzeigenplatte und Tastenplatte fest zusammengeklebt. Sorgfältig sollte man hierbei darauf achten, daß sich keine Lötzinnbrücken zwischen den einzelnen Leiterbahnen ergeben.

Nun werden die 10 flexiblen isolierten Verbindungsleitungen zwischen der Basisplatte und der Anzeigenplatte gezogen. Sie dienen zur Verbindung der im Schaltplan mit „d, e, f, g, h, i, k, l, m, n“ bezeichneten Punkte. Diese Bezeichnungen sind gleichfalls in den Bestückungsplänen von Basis- und Anzeigenplatte eingezeichnet, wobei gleiche Punktbezeichnungen miteinander zu verbinden sind (d mit d, e mit e usw.).

Insgesamt ist bei der Verdrahtung darauf zu achten, daß die einzelnen Verbindungsleitungen möglichst kurz gehalten werden, ohne daß sie unter mechanischen Spannungen stehen.

Die 3 Meßbuchsen werden mit kurzen flexiblen isolierten Leitungen mit einem Querschnitt von mindestens 1,5 mm² mit den entsprechenden Platinenanschlußpunkten (a, b, c) verbunden. Anschließend entfernt man die vorderen Kunststoffkappen von den Buchsen, um die Frontplatte über Buchsen und Tasten setzen zu können.

Nach dem Verschrauben der Meßbuchsen mit der Frontplatte wird die fertige Schaltung gleichzeitig mit der Frontplatte in das Gehäuseunterteil eingesetzt. Aufgrund der Gesamtkonstruktion ist im allgemeinen keine zusätzliche Befestigung der Platinen im Gehäuse erforderlich. Gegebenenfalls kann eine Fixierung mit etwas Klebstoff vorgenommen werden.

Die 3adrige Netzzuleitung wird durch die vorher mit der Gehäuserückwand verschraubten Netzkabeldurchführung mit Zugentlastung und Knickschutztülle geführt. Anschließend werden die beiden zur Stromversorgung dienenden Adern mit den Platinenanschlußpunkten „p“ und „q“ verlötet. Der gelb/grüne Schutzleiter wird an alle von außen berührbaren, leitenden Teile fest angeschlossen (hier: Kippschalterhals). Danach erfolgt das Festziehen der Zugentlastung durch Drehen der Knickschutztülle, so daß die Netzzuleitung nicht zurückgezogen werden kann. Hierbei sollte die Leitungslänge innerhalb des Gehäuses so bemessen werden, daß etwas Lose vorhanden ist.

Im allgemeinen wird das Digital-Multimeter zur potentialfreien Messung eingesetzt werden, d.h. der Schutzleiter ist nicht mit der Schaltung verbunden. Soll jedoch dieses Meßgerät auf definiertem „Nullpotential“ liegen, so kann der gelb/grüne Schutzleiter der Netzzuleitung zusätzlich mit der Schaltungsmasse verbunden werden. Das Meßgerät ist dann allerdings nicht mehr erdfrei (ähnlich vielen Oszilloskopen).

Auf die Einhaltung der VDE-Bestimmungen ist zu achten.

Zum Abgleich

Bevor das Gerät mit Spannung versorgt wird, empfiehlt es sich, die Bestückung und Verdrahtung nochmals sorgfältig zu überprüfen.

Besonders ist auf die richtige Einbaulage der Dioden D 40 und D 41 zu achten, da eine falsche Polarität sofort größere Schäden anrichten kann.

Gleich nach dem Einschalten sollten folgende Spannungsmeßwerte geprüft werden (der Minusanschluß des verwendeten Voltmeters wird mit der Schaltungsmasse verbunden):

Die Spannung am Eingang des IC 11 (Pin 1) sollte zwischen 12 V und 15 V liegen. Entsprechend beträgt die Spannung am Eingang des IC 13 (Pin 1) -12 V bis -15 V. An den Ausgängen der ICs 11 und

12 (jeweils Pin 3) muß die Spannung zwischen 4,8V und 5,2V liegen und am Ausgang des IC 13 (Pin 3) bei -4,8V bis -5,2V.

Sind vorgenannte Messungen zur Zufriedenheit verlaufen, kann mit dem Abgleich begonnen werden.

Zuvor ist jedoch der Nullpunkt des mit dem OP4 mit Zusatzbeschaltung aufgebauten Meßverstärkers einzustellen. Das Meßgerät wird dazu in einen beliebigen Strommeßbereich zur Messung von Gleichströmen gebracht (Taste AC/DC nicht gedrückt). Der Eingang ist somit über ca. 10 k Ω intern abgeschlossen und die Eingangsbuchsen können unbeschaltet bleiben.

Mit dem Trimmer R 39 wird dann die Anzeige auf „0000“ eingestellt. Die Schaltung sollte hierzu mindestens eine halbe Stunde im Dauerbetrieb eingeschaltet sein. Im Anschluß hieran ist der Skalenfaktor mit R 45 einzustellen.

Entweder bedient man sich hierzu einer exakt bekannten Referenzspannung oder aber man mißt eine Spannung im Bereich zwischen 100 mV und 200 mV mit einem hochgenauen Multimeter und stellt dann diesen Wert mit dem Spindeltrimmer R 45 auf der Digital-Anzeige ein.

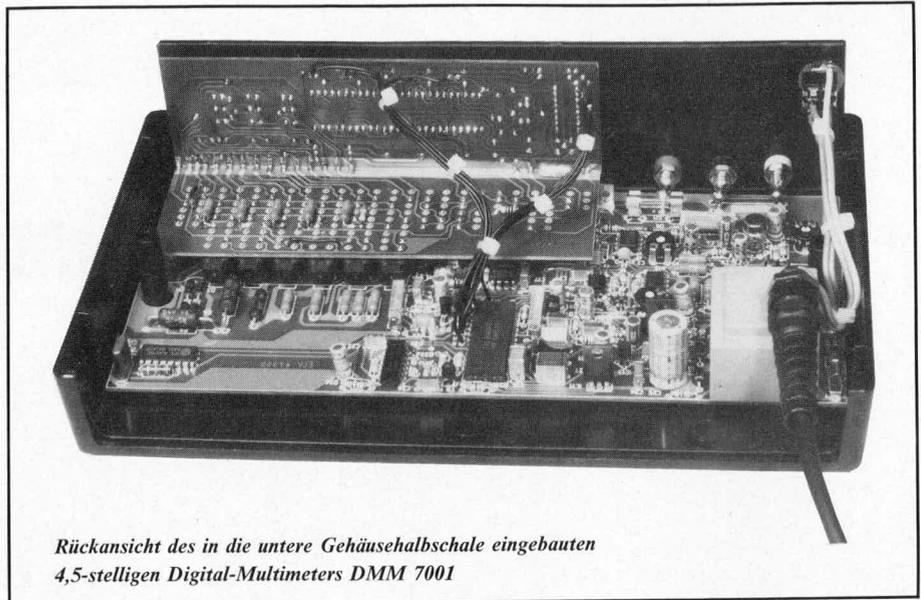
Aufgrund der hohen Auflösung und des Anzeigenumfanges von ± 20000 Digit, kann sich der Nullpunkt des Systems durch geringfügige Drift des Meßverstärkers im Laufe der Zeit etwas verschieben. In diesem Fall empfiehlt es sich, nach einer gewissen Einlaufphase eine zweite Nullpunkteinstellung und gegebenenfalls Skalenfaktorkorrektur vorzunehmen. Durch die Verwendung von besonders hochwertigen, für diese Einsatzzwecke geeigneten Bauelemente, ist die Drift der Gesamtschaltung jedoch im Raumtemperaturbereich praktisch vernachlässigbar und das Meßergebnis liegt, wie bereits eingangs erwähnt, bei einer Genauigkeit von typ. ± 2 Digit, entsprechend 0,01 % vom Meßbereichsendwert.

Durch Umpolen der Eingangsmessspannung erscheint auf der Digitalanzeige ein Minuszeichen, bei ansonsten gleicher Meßwertanzeige. Abweichungen zur positiven Anzeige dürfen bei typ. 5 Digit liegen (± 2 Digit von jedem der beiden Werte).

Als nächstes wird der 20 A-Meßbereich mit dem Spindeltrimmer R 10 eingestellt. Dies ist erforderlich, da der für R 9 benötigte, sehr genaue und hochbelastbare Meßwiderstand mit einem Wert von 0,01 Ω in der Praxis kaum ohne Abgleich realisierbar ist. Deshalb wurde hierfür ein Widerstandsdraht vorgesehen, dessen Wert geringfügig größer als 0,01 Ω ist (ca. 0,012 Ω). Mit dem Spindeltrimmer R 10 kann eine Teilspannung abgegriffen werden, die den etwas zu großen Spannungsabfall exakt ausgleicht.

Sollte der Abgleichbereich zu klein sein, ist mit Sicherheit der Widerstandsdraht zu kurz bemessen worden, d. h. er ist kleiner als 0,01 Ω .

Sofern kein genaues Vergleichsgerät verfügbar ist, kann man beim Abgleich wie folgt vorgehen:



Rückansicht des in die untere Gehäusehalbschale eingebauten 4,5-stelligen Digital-Multimeters DMM 7001

Zunächst wird ein Strom im 2 A-Bereich in der Nähe des Meßbereichsendwertes gemessen (z. B. 1,8500 A). Nun führt man dieselbe Messung im 20 A-Bereich durch (nicht vergessen das Meßkabel in die 20 A-Buchse umzustecken) und gleicht mit R 10 die Anzeige auf den entsprechenden Wert ab (Anzeige jetzt 1,850 A). Zu berücksichtigen ist hierbei, daß im 20 A-Bereich der Spannungsabfall geringer als im 2 A-Bereich ist (bei gleichem Strom), so daß das Ergebnis nur dann genau ist, wenn eine Konstantstromquelle den Meßstrom geliefert hat (hier 1,850 A), da anderenfalls durch den geänderten Spannungsabfall am Meßgerät der Strom schwanken könnte.

Die Einstellung der Meßgleichrichter ist ebenfalls verhältnismäßig einfach durchzuführen.

Als erstes bringt man das Multimeter in den Wechselstrombereich „2 A“.

OP 1 liegt dann über R 11, S 5d, S 11e sowie R 5 bis R 8 auf Masse (Analogground). Der Trimmer R 15 wird so eingestellt, daß die Ausgangsspannung (an Pin 6 des OP 1) 0 wird. Maximal darf die Restspannung 0,3 mV betragen.

Um Meßfehler auszuschließen, legt man den Minusanschluß des zu Testzwecken herangezogenen Multimeters direkt an die Eingangsklemme „b“, während mit dem Plusanschluß die Spannung an dem jeweils interessierenden Meßpunkt direkt abgegriffen wird. Für die vorstehend beschriebene Einstellung war dies der Anschluß Pin 6 des OP 1.

Beim Einsatz von Meßgleichrichter II wird jetzt die Diode D 7 mit einer Drahtbrücke kurzgeschlossen.

Der Trimmer R 26 ist so einzustellen, daß der Ausgang Pin 6 des OP 2 auf 0 V liegt, wobei auch hier eine maximale Restspannung von 0,3 mV zulässig ist. Die Brücke über D 7 wird jetzt wieder entfernt.

Nun wird D 8 an einer Seite ausgelötet, um die Verbindung des Ausganges von OP 2 zu den Widerständen R 27, R 29, R 30 zu unterbrechen. Der Verbindungs-

punkt der eben genannten Widerstände ist über ein möglichst kurzes Leitungstück direkt an die Schaltungsmasse anzuschließen (z. B. Fußpunkt der Widerstände R 24 oder R 33).

R 35 ist so einzustellen, daß der Ausgang des OP 3 (Pin 6) auf 0 V liegt. Auch hier ist eine maximale Restspannung von 0,3 mV zulässig.

Die Verbindung der Widerstände R 27, R 29, R 30 mit der Schaltungsmasse wird wieder aufgehoben und D 8 eingelötet. Als letzte, jedoch nicht minder wichtige Einstellung des Meßgleichrichters II erfolgt der Abgleich des Skalenfaktors mit dem Spindeltrimmer R 32.

Dies ist auf einfache Weise möglich, da der Meßgleichrichter II nicht nur sinusförmige Wechselspannungen, sondern ebenso reine Gleichspannungen verarbeiten kann.

Das Multimeter wird hierzu in den Wechselspannungs-Meßbereich „200 mV“ gebracht und eine Gleichspannung an die Eingangsbuchsen „a“ und „b“ gelegt, die genau bekannt ist (sie kann z. B. vorher in dem bereits abgeglichenen Gleichspannungs-Meßbereich gemessen werden).

R 32 wird so eingestellt, daß auf der Anzeige der korrekte Wert erscheint. Wird die Eingangsspannung umgepolt, muß der gleiche Wert auf der Anzeige abzulesen sein, mit einer maximalen Abweichung von typ. 30 Digit. Gegebenenfalls ist der Skalenfaktor mit R 32 so einzustellen, daß der angezeigte Wert bei einer Umpolung der Eingangsmessspannung um den korrekten Wert „pendelt“, d. h. er ist einmal etwas zu groß und einmal zu klein.

Sollten größere Abweichungen auftreten, empfiehlt es sich, die Nullpunkteinstellungen mit den Trimmern R 15, R 26 sowie R 35 zu wiederholen.

Nach Abschluß der gleichspannungsmäßigen Einstellung des Meßgleichrichters II kann man zuverlässig davon ausgehen, daß ohne weiteren Abgleich auch sinusförmige Wechselspannungen mit einer typ. Genauigkeit von 0,5 % verarbeitet werden. Dies ist aufgrund der ausgefeil-

ten Schaltungstechnik möglich, da die Verstärkung des OP1 bei Wechselspannungen ab 10 Hz elektronisch mit großer Genauigkeit automatisch angepaßt wird. Zu beachten ist hierbei, daß die volle Genauigkeit mit dem Meßgleichrichter II nur dann erreicht wird, wenn der Kurvenverlauf der angelegten Meßspannung exakt sinusförmig ist. Abweichungen hiervon erhöhen den Meßfehler. Da es sich bei der vorliegenden Schaltung um einen hochwertigen arithmetischen Mittelwert-Meßgleichrichter handelt, bleiben die zu erwartenden Meßfehler, auch bei Kurvenformverzerrungen, im allgemeinen erheblich unter den möglichen Fehlern bei Meßgleichrichtern, die nach dem Prinzip der Spitzenwertgleichrichtung arbeiten.

Möchte man weitgehend von der Kurvenform unabhängige Wechselspannungsmessungen durchführen, empfiehlt sich der Einsatz eines echten Effektivwert-Meßgleichrichters.

Dieser wahlweise zur Verfügung stehende Meßgleichrichter I setzt eine Eingangsspannung mit nahezu beliebiger Kurvenform in eine äquivalente Ausgangsgleichspannung um, die dem echten Effektivwert der Eingangsspannung entspricht.

Der Abgleich des als Pufferverstärker dienenden OP1 erfolgt in der bereits beschriebenen Weise, wobei die Bauelemente R12, R13, R17 sowie C1 ersatzlos entfallen. OP1 arbeitet dadurch als reiner Pufferverstärker zur Impedanzwandlung mit einer Verstärkung von exakt 1.

Nachdem der Nullpunkt des OP1 mit R15 sorgfältig eingestellt wurde, verbindet man den Anschlußpunkt 4 des IC2 über eine kurze Drahtbrücke mit dem Anschlußpunkt 2.

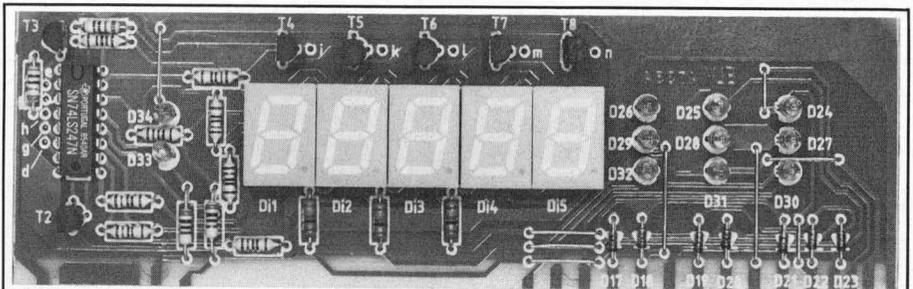
R21 ist so einzustellen, daß die Ausgangsspannung des IC2 (an Pin8) 0V wird. Eine Restspannung von 0,3 mV ist zulässig. Nachdem die Brücke zwischen Pin2 und Pin4 am IC2 wieder entfernt wurde, kann der Skalenfaktor in ganz geringen Grenzen mit dem Spindeltrimmer R18 genau eingestellt werden.

Dies erfolgt wie bei Meßgleichrichter II in dem Wechselspannungsbereich „200 mV“, bei gleichzeitigem Anlegen einer genau bekannten Gleichspannung. Auch beim Meßgleichrichter I ist die Verarbeitung von Gleichspannungen ohne weiteres möglich.

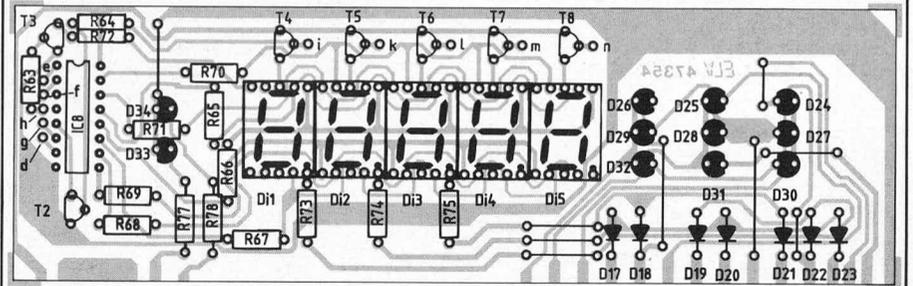
Zur genauen Messung von Gleichspannungen empfiehlt es sich jedoch grundsätzlich, die Schalterstellungen „Gleichspannung“ zu verwenden, da hier die Genauigkeit bei der Messung reiner Gleichspannungen selbstverständlich größer ist, da die Meßunsicherheit der Gleichrichter in dieser Schalterstellung nicht zum Tragen kommt.

Widerstandsmeßbereiche

Dieser Abgleich ist ebenfalls recht einfach durchzuführen. In einem der mittleren Widerstandsmeßbereiche (z. B. 20 k Ω -Bereich) wird ein genau bekannter Meßwiderstand (0,05 % oder besser) mit einem Wert zwischen 10 k Ω und 20 k Ω an die Eingangsbuchsen gelegt. Mit dem Spindeltrimmer R60 wird die Anzeige auf



Ansicht der fertig bestückten Anzeigenplatine des 4,5-stelligen Digital-Multimeters DMM 7001 (Originalgröße: 48 mm x 155 mm)



Bestückungsseite der Anzeigenplatine des 4,5-stelligen Digital-Multimeters DMM 7001

Stückliste: 4,5stelliges Digital- Multimeter DMM 7001

Widerstände

39 Ω	R 59
150 Ω	R 65-R 72
180 Ω	R 73-R 75
470 Ω	R 76-R 78
560 Ω	R 61
680 Ω	R 44
1 k Ω	R 37, R 62
10 k Ω	R 14, R 38, R 41, R 43, R 46, R 63, R 81, R 82, R 85
47 k Ω	R 50, R 64
100 k Ω	R 11, R 16, R 17, R 36, R 40, R 42, R 48, R 57, R 58, R 79, R 80, R 83, R 84
220 k Ω	R 47
820 k Ω	R 13
1 M Ω	R 12, R 56
20 M Ω	R 86
0,012 Ω , Widerstandsdraht	R 9
10 Ω , Spindeltrimmer	R 60
1 k Ω , Spindeltrimmer	R 10, R 45
25 k Ω , Trimmer, liegend	R 15, R 39
PTC	R 49

Meßwiderstände, 0,05 %

0,1 Ω	R 8
0,9 Ω	R 7
9 Ω	R 6
90 Ω	R 5, R 51
900 Ω	R 4, R 52
9 k Ω	R 3, R 53
90 k Ω	R 2, R 54
900 k Ω	R 1, R 55

Kondensatoren

10 pF	C 2
33 pF	C 23, C 24
1 nF	C 22
10 nF	C 20
47 nF	C 9, C 10, C 12, C 16-C 18, C 26, C 30
220 nF	C 1
470 nF	C 14
1 μ F	C 13, C 15
10 μ F/16 V	C 8, C 11, C 19
10 μ F/16 V	C 21, C 27, C 28, C 31
100 μ F/16 V	C 29
1000 μ F/16 V	C 25

Halbleiter

74 LS 247	IC 8
TLC 271	IC 1, IC 5, IC 6
LM 385	D 11, D 15
CD 4011	IC 9
CD 4060	IC 10
ICM 7135	IC 7
7805	IC 11, IC 12

79 L 05	IC 13
BF 245 B	T 1
BC 337	T 4-T 8
BC 548	T 2, T 9
BC 558	T 3
DX 400	D 5, D 6, D 9, D 10, D 13, D 14
DJ 700 A	Di 1-Di 5
1 N 4001	D 40, D 41
1 N 4007	D 1-D 4
1 N 4148	D 12, D 17-D 23, D 35-D 39
LED, 3 mm, rot	D 16, D 24-D 34

Sonstiges

Sicherung 2 A	Si 1
Sicherung 100 mA	Si 2
2 Platinsicherungshalter	
1 Tastensatz	
120 cm isolierter Schaltdraht	
30 cm Silberdraht	
5 Lötstifte	
Tr 1	Trafo prim.: 220 V/3 VA sek.: 9 V/330 mA

Meßgleichrichter I

Widerstände

220 Ω	R 19
10 k Ω	R 22
470 k Ω	R 20
200 Ω , Spindeltrimmer	R 18
100 k Ω , Trimmer, liegend	R 21

Kondensatoren

4,7 μ F/16 V	C 4, C 5, C 6
10 μ F/16 V	C 3

Halbleiter

AD 636	IC 2
--------------	------

Meßgleichrichter II

Widerstände

10 k Ω	R 25
39 k Ω	R 31
47 k Ω	R 24, R 33
90 k Ω /0,5 %	R 23, R 27, R 28, R 29, R 30
100 k Ω	R 34
10 k Ω , Spindeltrimmer	R 32
25 k Ω , Trimmer, liegend	R 26, R 35

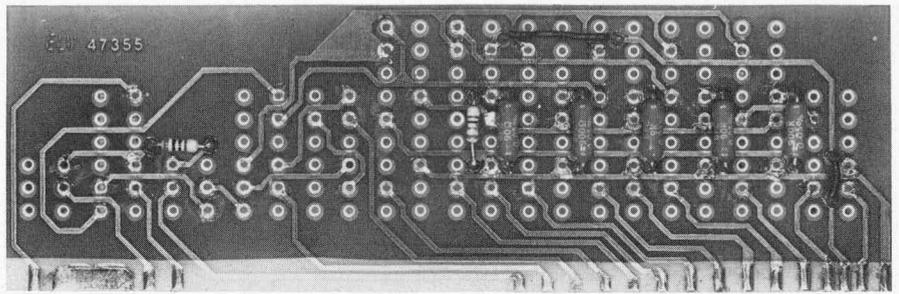
Kondensatoren

10 μ F/16 V	C 7
-----------------------	-----

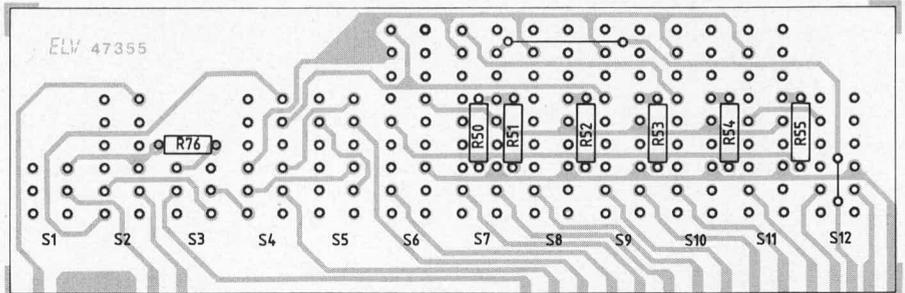
Halbleiter

TLC 271	IC 3, IC 4
DX 400	D 7, D 8

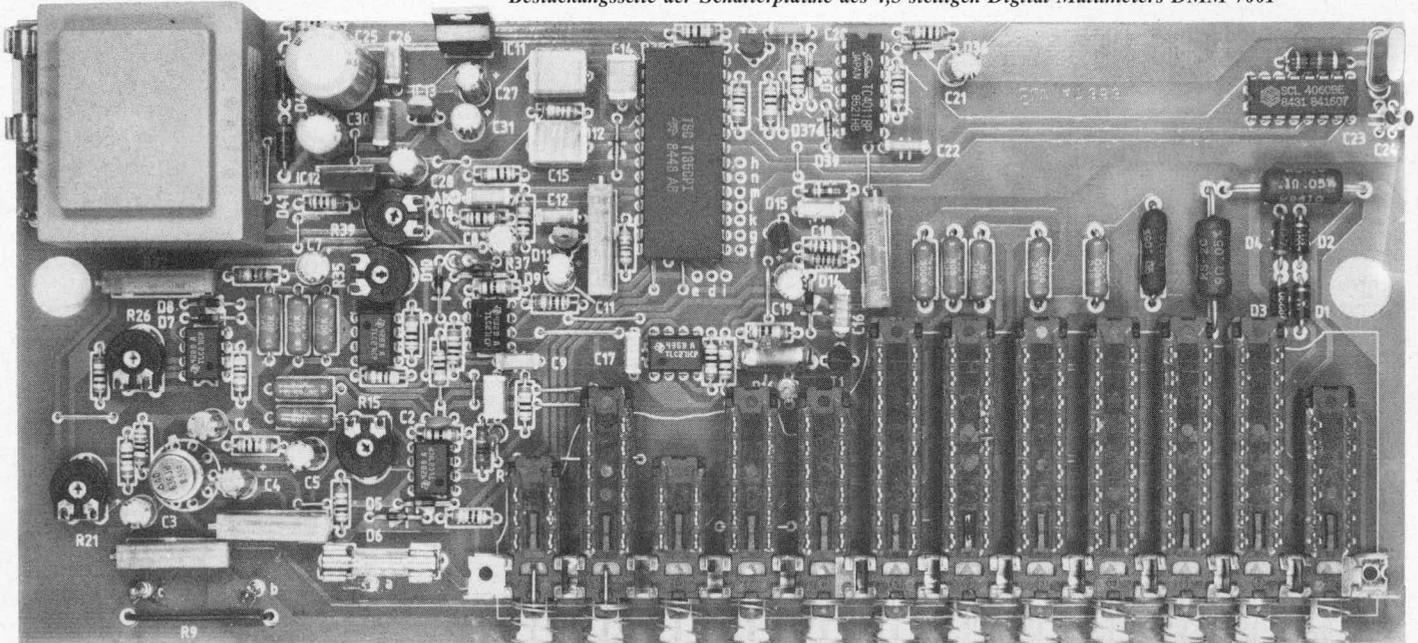
den entsprechenden Wert eingestellt. Steht kein genauer Referenzwiderstand zur Verfügung, kann auch die interne Eingangsteilerkette hierfür herangezogen werden. Der Verbindungspunkt der Widerstände R2 und R3 wird über eine möglichst kurze Zuleitung mit der Eingangsklemme „a“ verbunden. Da die Reihenschaltung der Widerstände R3 bis R8 genau 10,0 k Ω ergibt, bei einer maximalen Toleranz von 0,05 %, muß jetzt dieser Wert auf der Digitalanzeige eingestellt werden (10,000 k Ω). Die Abweichung sollte ± 2 Digit nicht überschreiten. Unter Berücksichtigung von Alterung und Drift der gesamten Anordnung liegt die Genauigkeit über alle Ω -Meßbereiche bei typ. 0,05 %. Ein Abgleich der übrigen Widerstandsmeßbereiche ist nicht erforderlich. Nachdem die Verbindung von R2/R3 mit der Eingangsbuchse „a“ wieder entfernt wurde, kann das Gehäuse ordnungsgemäß zusammengebaut und verschraubt werden. Einem Einsatz des Gerätes steht nun nichts mehr im Wege.



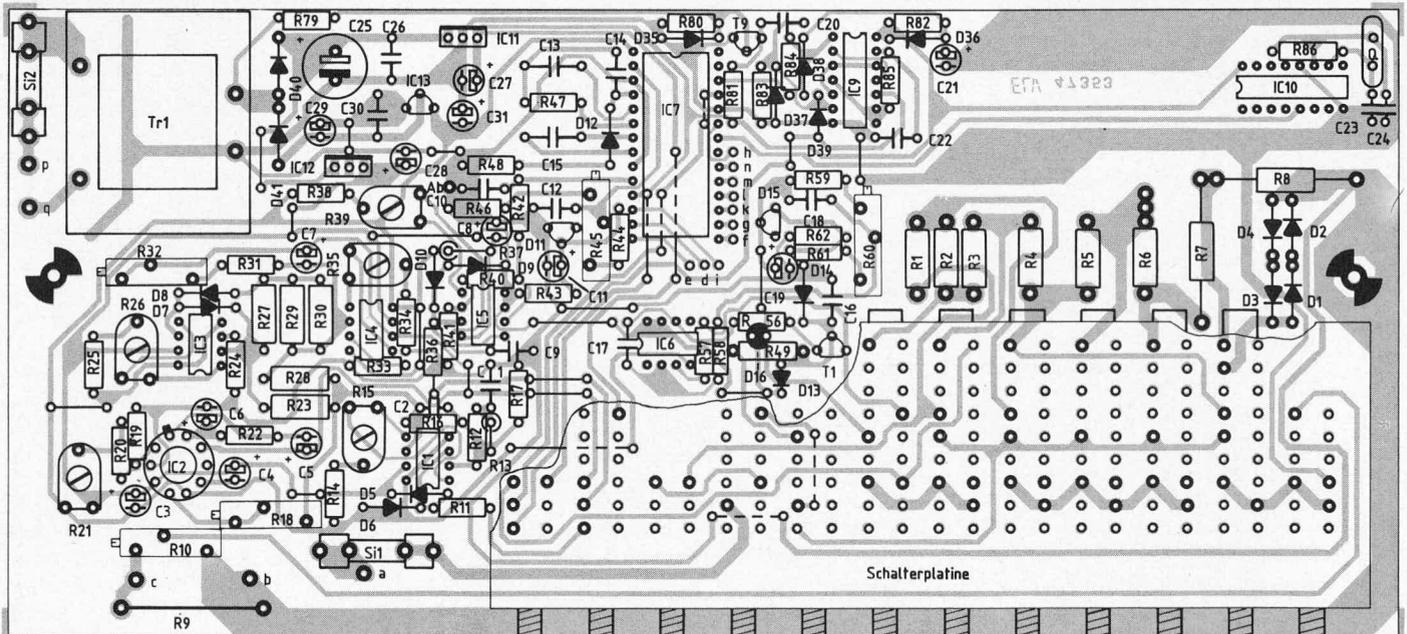
Ansicht der fertig bestückten Schalterplatine des 4,5-stelligen Digital-Multimeters DMM 7001 (Originalgröße: 50 mm x 155 mm)



Bestückungsseite der Schalterplatine des 4,5-stelligen Digital-Multimeters DMM 7001



Ansicht der fertig bestückten Basisplatine des 4,5-stelligen Digital-Multimeters DMM 7001 (Originalgröße: 110 mm x 245 mm)



Bestückungsseite der Basisplatine des 4,5-stelligen Digital-Multimeters DMM 7001

6.3. Messung und Beurteilung des Übertragungsverhaltens von Kopfhörern

Die elektroakustischen Übertragungseigenschaften von Kopfhörern werden in erster Linie durch ihren elektroakustischen Übertragungsfaktor (Symbol bzw. Formelzeichen: **B** oder auch **T**) oder besser noch durch ihr elektroakustisches Übertragungsmaß beschrieben und ausgewiesen, s. Abschnitt 4.2. Der Übertragungsfaktor **B** eines Kopfhörers ist definiert als Quotient aus dem — nach einem noch näher zu beschreibenden Verfahren gemessenen — Schalldruck \tilde{p} und der ihn erzeugenden elektrischen Größe (Effektivwert!). Im Gegensatz zum Mikrofon, dessen Übertragungsfaktor ausschließlich eine elektrische Spannung \tilde{u} als Folge einer Beschallung mit einem bestimmten Schalldruck \tilde{p} angibt (s. Abschnitt 5.1), kann beim Kopfhörer die anregende elektrische Größe eine Spannung \tilde{u} , ein Strom \tilde{i} oder auch die Wurzel aus der elektrischen Leistung $\sqrt{P_e}$ sein (s. dazu DIN 45580*). Die Kopfhörereigenschaften können somit durch drei verschiedene Übertragungsfaktoren ausgedrückt werden. In der Praxis bevorzugt man i. a. jedoch die elektrische Spannung als Eingangsgröße und bekommt für den Übertragungsfaktor somit die folgende Beziehung:

$$B_{pu} = \frac{\tilde{p}}{\tilde{u}} \quad (\text{in Pa/V})$$

Das dazugehörige elektroakustische Übertragungsmaß ergibt sich damit zu

$$G_{pu} = 20 \cdot \lg \frac{B_{pu}}{B_0}, \quad (\text{in dB})$$

wobei $B_0 (= 1 \text{ Pa/V})$ den Bezugs-Übertragungsfaktor darstellt. — Lediglich bei der Bestimmung des sogenannten Kennschalldruckpegels (s. Fußnote zu Abschnitt 6.1) speist man in den Kopfhörer eine definierte elektrische Leistung (1 mW bei 1 kHz) ein. Die Angabe des Übertragungsmaßes kann entweder nur für eine einzige Frequenz oder auch für einen ganzen Frequenzbereich geschehen. Im letzteren Falle erhält man einen Kurvenzug, der den Frequenzgang des i. a. frequenzabhängigen elektroakustischen Übertragungsmaßes darstellt. Für die meßtechnische Ermittlung des Übertragungsmaßes gibt es verschiedene Methoden, die in den einschlägigen DIN-Normen *) dokumentiert und nachzulesen sind. Die einzelnen Methoden unterscheiden sich voneinander durch die ihnen zugrundeliegenden Meßbedingungen. Je nach dem gewählten Meßverfahren erhält man auch entsprechend unterschiedliche Ergebnisse. In den Abschnitten 4.2, 6.1 und 6.2 dieser Aufsatzreihe wurden bereits Begriffe erwähnt wie: Kuppler-Frequenzgang, Freifeld-Frequenzgang, Diffusfeld-Frequenzgang und Lautheits-Diffusfeld-Frequenzgang; darauf soll nachfolgend näher eingegangen werden.

Ein sehr bekanntes Meßverfahren für Kopfhörer ist die sogenannte Kuppler-Methode. Hierbei wird der zu messende Kopfhörer gegen eine ebene Metallscheibe gedrückt, die in ihrer Mitte eine Öffnung besitzt. An diese Öffnung schließt sich das sogenannte Kuppler-Volumen an, das seiner-

seits mit einem Kondensator-Meßmikrofon abgeschlossen ist. Speist man den Kopfhörer beispielsweise mit einer konstanten Leistung, so kann mit Hilfe des Meßmikrofons der im Kuppler erzeugte Schalldruck bzw. Schalldruckpegel gemessen werden. Ursprünglich bestand die Absicht, mit einer solchen Kuppleranordnung die akustischen Verhältnisse des menschlichen Ohres nachzubilden. Dieser Wunsch hat sich bislang jedoch nicht — oder zumindest nicht uneingeschränkt — verwirklichen lassen, so daß die mit dieser Methode erzielten Meßergebnisse keine eindeutigen Rückschlüsse auf die vom Ohr wahrnehmbaren Eigenschaften eines Kopfhörers zulassen. Die Kupplermessung findet ihren bevorzugten Einsatz mehr im Bereich der Kopfhörerherstellung, und zwar als Mittel zur laufenden Fertigungsüberwachung und Qualitätssicherung. So lassen sich z. B. Exemplarstreuungen am Kuppler sehr schnell und einfach feststellen.

Zur Messung und Beurteilung von Kopfhörern auf der Grundlage ihrer tatsächlichen ohrbezogenen Eigenschaften wurden daher andere Verfahren geschaffen. Gemeinsam ist all diesen Verfahren der Umstand, daß das Kopfhörer-Übertragungsmaß durch einen subjektiven Lautstärkevergleich ermittelt wird, der mit einer statistisch ausreichenden Anzahl von Versuchspersonen durchgeführt wird.

Da gibt es zunächst das sogenannte Freifeld-Übertragungsmaß eines Kopfhörers (DIN 45 500, Teil 10), dessen Bestimmung in DIN 45 619 beschrieben wird. Bei dieser Messung vergleicht eine Versuchsperson, die man zu diesem Zweck in einen reflexionsarm ausgekleideten Meßraum setzt, in zeitlich wechselnder Folge die Lautstärke eines von einem frontal aufgestellten Lautsprecher abgestrahlten Schallsignals konstanten Schalldrucks mit derjenigen Lautstärke, die vom Kopfhörer erzeugt wird. Die elektrische Signalspannung des Kopfhörers wird dabei so lange verändert, bis die Lautstärkeindrücke von beiden Quellen gleich groß erscheinen. Die für diese Messung verwendeten Schallsignale können entweder Sinustöne oder auch Terzbandrauschen sein. Bei jeder Frequenz bzw. in jedem Terzbandbereich ist die Messung mit mindestens acht normalhörenden Versuchspersonen zu wiederholen, wobei die Ergebnisse gemittelt werden.

Neben dem Freifeld-Übertragungsmaß gibt es eine weitere, ebenfalls auf das Gehör bezogene Kopfhörer-Übertragungskenngröße, und zwar das sogenannte Diffusfeld-Übertragungsmaß. Wie es der Name schon andeutet, erfolgt die Bestimmung des Diffusfeld-Übertragungsmaßes in einem diffusen Schallfeld. Bei diesem Verfahren läßt man den Schall aus sämtlichen Raumrichtungen auf die Versuchspersonen einfallen. Man versucht dadurch den bei vielen natürlichen Schallereignissen auftretenden diffusen Anteil bei der Beurteilung eines Kopfhörers mit zu berücksichtigen. Der Meßvorgang selbst, bei dem Versuchspersonen wiederum einen Lautstärkevergleich durchzuführen haben, ist sonst der gleiche wie beim Freifeld-Verfahren. Zur praktischen Durchführung einer solchen Mes-

sung setzt man die Versuchsperson in einen Hallraum.

Bestimmt man von ein und demselben Kopfhörer sowohl das Freifeld- als auch das Diffusfeld-Übertragungsmaß, so zeigt der Vergleich beider miteinander lediglich zwischen 2—5 kHz einen charakteristischen Unterschied. Ist der Diffusfeld-Frequenzgang eines Kopfhörers beispielsweise völlig ausgeglichen und geradlinig (= diffusfeldentzerrter Kopfhörer), so zeigt der korrespondierende Freifeld-Frequenzgang in dem genannten Frequenzbereich eine Senke.

Ein Hinweis scheint an dieser Stelle noch notwendig zu sein: Bei der Durchsicht der Kopfhörer-Fachliteratur stellt man bedauerlicherweise fest, daß der Begriff des „Diffusfeld-Übertragungsmaßes“ nicht von allen Autoren einheitlich für die gleiche Meßmethode verwendet wird. In zahlreichen Veröffentlichungen wird auch noch ein anderes Verfahren beschrieben, bei dem der Versuchsperson, die sich im Hallraum befindet, ein Sondenmikrofon in den äußeren Gehörgang eingeführt wird, um so den Schalldruck in unmittelbarer Nähe vor dem Trommelfell zu messen. Das auf diesem Wege erzielte Meßergebnis wird fälschlicherweise auch als Diffusfeld-Übertragungsmaß bezeichnet. Richtiger wäre es, hier vom Sonden-Diffusfeld-Übertragungsmaß zu sprechen. Da bei der Diffusfeldmessung durch Lautstärkevergleich letztlich eine Lautheitsbeurteilung vorgenommen wird, bezeichnet man das dabei gewonnene Übertragungsmaß auch als Lautheits-Diffusfeld-Übertragungsmaß**, s. a. Bild 6.5 Damit wird begrifflich eine saubere Abgrenzung gegenüber dem Sonden-Diffusfeld-Übertragungsmaß vollzogen.

- *) DIN 45 500 Teil 10, Heimstudio-Technik (Hi-Fi) — Mindestanforderung an Kopfhörer
 DIN 45 500 Teil 11, Heimstudio-Technik (Hi-Fi) — Mindestanforderungen an planardynamische, piezo-polymere und elektrostatische Kopfhörer
 DIN 45 580 Kopfhörer — Begriffe, Formelzeichen, Einheiten
 DIN 45 581 Kopfhörer — Meßbedingungen und Meßverfahren für Typprüfungen
 DIN 45 582 Kopfhörer — Prüfung der Nennbelastbarkeit
 DIN 45 583 Kopfhörer — Austauschbarkeit, Kontaktbelegung der Steckverbinder, Kennzeichnung
 DIN 46 619 Teil 1 und Teil 2, Kopfhörer-Bestimmung des Freifeld-Übertragungsmaßes durch Lautstärkevergleich mit einer fortschreitenden Schallwelle (Teil 1) und mit einem Bezugskopfhörer (Teil 2)

**) Siehe dazu auch: V. Rhenius, „Entwicklung eines diffusfeldentzerrten Kopfhörers“, Fernseh- & Kino-Technik, Nr. 5, Mai 1986, S. 202

6.4 Hör-/Sprechgarnitur

Hör-/Sprechgarnituren entstehen aus der Kombination eines Kopfhörers mit einem Mikrofon. Die Anwendungsgebiete für derartige Garnituren sind sehr vielfältig. Man findet sie in den Cockpits von Flugzeugen, bei Dolmetscher- und Kommando-Anlagen, bei Sprechfunkeinrichtungen, in Telefonzentralen und Gegensprechanlagen, bei Rundfunkreportern und in Sprachschulen gleichermaßen, kurzum in nahezu allen Berufszweigen, die auf eine ständige Kommunikation angewiesen sind.



Bild 6.6
Ausführungsbeispiel für eine Hör-/Sprechgarnitur: Typ HME 410 von Sennheiser electronic



Bild 6.7
Hör-/Sprechgarnitur mit offenen Hörsystemen und beidseitig angeordneten Kompensationsmikrofonen für eine aktive Lärmkompensation (Werkfoto: Sennheiser electronic)

Es versteht sich somit von selbst, daß derartige Garnituren sich durch ein möglichst niedriges Gewicht, eine geringe Andruckkraft am Kopf und eine insgesamt angenehme Trageweise auszeichnen müssen, so daß sie auch nach längerem Tragen nicht als lästig empfunden werden. Genauso selbstverständlich sind auch die hohen Ansprüche, die man an ihre Übertragungsqualität stellt.

Die bei Hör-/Sprechgarnituren verwendeten Mikrofone arbeiten vorzugsweise nach dem elektrodynamischen oder nach dem elektrostatischen Wandlerprinzip (= Elektretmikrofone). Die Mikrofonbefestigung ist meist drehbar vorgesehen (bis zu 360°), was sowohl ein links- als auch rechtsseitiges Tragen der Garnitur ermöglicht. Durch leichtes Biegen am Mikrofonarm läßt sich das Mikrofon bei den meisten Ausführungen so ausrichten, daß es sich dicht neben dem Mundwinkel befindet. Dadurch entzieht man das Mikrofon dem direkten Luftstrom (= Luftstöße) des Sprechers und schützt es vor der Aufnahme unliebsamer Popp- und Atemgeräusche. Gibt man dem Mikrofon außerdem noch eine seitlich zum Mund hin „schielende“ Richtcharakteristik, so lassen sich die Vorteile der Nah-Besprechung auch bei Richtmikrofonen voll nutzen, ohne Poppstörungen befürchten zu müssen. Eine derartige Richtcharakteristik gewährleistet auch noch in lärmereicher Umgebung eine Sprachübertragung von hoher Verständlichkeit.

Hörerseitig verwendet man heute auch bei Hör-/Sprechgarnituren sehr gern offene Hörsysteme, die den geschlossenen Systemen gegenüber den Vorteil bieten, den Benutzer nicht völlig von seiner akustischen Umwelt abzuschließen, und ihm zudem noch die Möglichkeit lassen, die Lautstärke seiner eigenen Stimme zu kontrollieren und erforderlichenfalls dem Umgebungspegel anzupassen.

Bild 6.6 zeigt als praktisches Ausführungsbeispiel für eine Hör-/Sprechgarnitur den Typ HME 410 von Sennheiser. Es handelt sich hierbei um eine Garnitur mit offenen, elektrodynamischen Hörsystemen, von denen sich ein System vor vorn bzw. hinten wegschwenken läßt. Die beiden Hörer befinden

sich rastend verstellbar auf einem geteilten Kopfbügel (= Spreizbügel) und können durch einfaches Verschieben entlang der Rastung jeder Kopfform angepaßt werden. Der Übertragungsfrequenzbereich der Hörer ist mit 20—18 000 Hz angegeben. Die elektrische Impedanz beträgt 600 Ω je Hörer-System, entsprechend 300 Ω in Parallel- und 1200 Ω in Serienschaltung. Der Kopfhörer erreicht einen Kennschalldruckpegel von ca. 100 dB. Mit einer Andruckkraft des Spreizbügels von ca. 2,5 N und einem Gesamtgewicht der Garnitur von ca. 130 g (einschl. Kabel) erfüllt die Garnitur HME 410 wichtige Voraussetzungen zur Gewährleistung eines sehr großen Tragekomforts.

Der Mikrofonarm enthält ein kleines Elektretmikrofon, dessen Übertragungsfrequenzbereich ebenfalls mit 20—18 000 Hz angegeben ist. Zur Speisung des in der Mikrofonkapsel eingebauten Impedanzwandlers (FET) wird eine Speisespannung von etwa + 3 bis + 15 V (extern) benötigt. Der Feld-Leerlauf-Übertragungsfaktor beträgt 10 mV/Pa. Die elektrische Abschlußimpedanz sollte $\geq 4,7$ k Ω sein.

Weiter oben wurde davon berichtet, daß man auch bei Hör-/Sprechgarnituren sehr gern offene Hörsysteme benutzt. Nun gibt es aber Arbeitsbereiche, die durch einen sehr hohen Umgebungslärmpegel gekennzeichnet sind. Infolge des offenen Hörerprinzips kann dieser Lärm mit einem mehr oder weniger reduzierten Pegel auch bis vor die Ohren des Kopfhörerträgers vordringen. Wenn dann auch noch die Schallübertragung durch den Kopfhörer hinzukommt, kann in extremen Sonderfällen der resultierende Schallpegel eine Höhe erreichen, die den betreffenden Arbeitsplatz letztlich als „lärmgefährdet“ ausweist. Einer solchen Situation sehen sich beispielsweise Cockpit-Besatzungen von Verkehrsflugzeugen ausgesetzt. Einerseits herrscht im Cockpit ein permanenter, flugzeugspezifischer Geräuschpegel, dessen Höhe und spektrale Verteilung sich je nach Flugphase ändern, andererseits kommt noch der Flugzeug-Sprechfunkverkehr hinzu, dessen Verständlichkeit zu keiner Zeit gefährdet sein darf. Um den meist auch noch von atmosphärischen Störungen überlagerten Sprechfunk deutlich zu ver-

stehen, bleibt den Piloten meist nichts anderes übrig, als die Lautstärke der Kopfhörerübertragung drastisch zu erhöhen. Um wenigstens den Außenlärm von den Ohren fernzuhalten, könnte man im Cockpit die Benutzung von extrem dicht geschlossenen Kopfhörern vorschreiben, deren Schalldämmung fast schon Gehörschutzkappen gleichkommt. Dadurch würden die Piloten allerdings auch solche Geräusche nicht mehr wahrnehmen, die für die Flugsicherheit sehr bedeutsam sein können. Zum anderen möchte man im Cockpit auf die Vorzüge und Annehmlichkeiten offener Hörsysteme nicht mehr verzichten, insbesondere bei langen Überseeflügen. Um aus dieser Situation einen Ausweg zu finden, ist im Hause Sennheiser electronic in jüngster Zeit eine aktive elektronisch-akustische Lärmkompensation entwickelt worden, die auf der Grundlage des sogenannten „Antischalls“ arbeitet und auf die Belange des Flugbetriebs ausgerichtet ist. Die gesamte Kompensationsanlage besteht aus einem offenen Kopfhörer mit beidseitig angebrachten Kompensationsmikrofonen (s. Bild 6.7) und einer individuell einstellbaren elektronischen Kompensationschaltung. Die Idee, nicht gewünschten Schall durch Interferenz mit amplitudengleichem, jedoch gegenphasigem (Anti-)Schall möglichst weitgehend auszulöschen, ist nicht neu. Dennoch, so einfach und bestechend diese Methode auch vom Prinzip her erscheinen mag, die Problematik steckt im Detail. Am wirkungsvollsten arbeitet das Antischall-Verfahren verständlicherweise bei der Bekämpfung monofrequenter Schallereignisse, z. B. bei großen, brummen den Netztransformatoren. Am schwierigsten hingegen gestaltet sich die Nutzbarmachung des Antischalls bei der Kompensation sehr breitbandiger Schallereignisse, und das vor allem dann, wenn diese stochastischer oder gar transients Natur sind und das gesamte Schallgeschehen sich zudem noch in einem akustisch nicht in sich abgeschlossenen System (= Raum) abspielt. Im hier vorliegenden speziellen Fall, für den eine elektronisch arbeitende (Anti-)Lärmkompensation entwickelt wurde, waren die Voraussetzungen für eine Anwendung dieses Verfahrens verhältnismäßig günstig. Die Abstrahlung des unge-

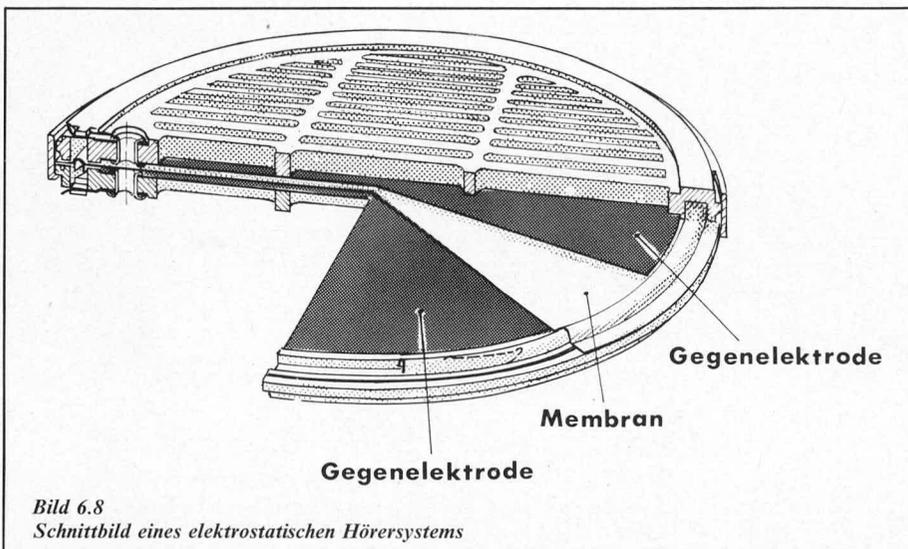


Bild 6.8
Schnittbild eines elektrostatischen Hörsystems

schwächt zu übertragenden Nutzschalls (= Sprechfunkverkehr) erfolgte von einem beidohrig getragenen offenen Kopfhörer, während der aus der unmittelbaren Umgebung kommende und zu kompensierende Störschall (z. B.: Triebwerkgeräusche etc.) hauptsächlich im tiefen bis mittelfrequenten Bereich angesiedelt war. In diesem Frequenzbereich kann davon ausgegangen werden, daß der Schalldruckpegel innerhalb und außerhalb eines offenen Kopfhörers nahezu gleich groß ist, so daß man das für die Aufnahme des anschließend in Antischall umzuwandelnden Störschalls benötigte Mikrofon (= Kompensationsmikrofon) auch an einer geeigneten Stelle an der Außenseite (Bild 6.7) des Kopfhörers anbringen kann. Damit schließt man von vornherein aus, daß auch das zu übertragende Nutzsignal mitkompensiert wird. Der Abstand zwischen Nutz- und Störsignal wird dadurch beachtlich vergrößert. Das zur Lösung dieser Aufgabe gewählte Grundkonzept sieht im Prinzip folgendermaßen aus: An jeder der beiden offenen Hörerkapseln eines elektrodynamischen Kopfhörers ist außen an geeignetem Ort je ein kleines (Elektret-)Kompensationsmikrofon angebracht (s. Bild 6.7), das über jeweils eine eigene Amplituden- und Phasenabgleichschaltung mit nachfolgendem Endverstärker elektrisch mit dem seitenentsprechenden Hörsystem verbunden ist. Die hierfür verwendeten Mikrofone sind im übrigen die gleichen (Typ KE 4), wie man sie auch in den Sennheiser-Ansteckmikrofonen MKE 2 (s. Bild 4.5) vorfindet. An den beiden Endverstärkereingängen wird lediglich noch das Sprechfunk-Nutzsignal eingeschleift, das von den Kopfhörerkapseln unkompensiert übertragen wird. Bei sorgfältigem Amplituden- und Phasenabgleich bietet ein so ausgestatteter offener Kopfhörer eine verblüffend gute Unterdrückung des Umgebungslärms, während das über die gleichen Hörerkapseln übertragene Nutzsinal mit unverminderter Lautstärke hörbar ist. Im tieffrequenten Bereich erreicht man mit diesem Lärmkompensationssystem eine Kompensationswirkung bis zu 18 dB (!).

*) Siehe dazu auch: P. F. Warning, „Hörsprechgarnitur mit offenem Hörer“, radio mentor, Heft 5, 1971, S. 308—311

6.5 Spezielle Kopfhörer-Ausführungen

Kopfhörer lassen sich in einer Fülle von verschiedenen Abwandlungen und Ausführungsvariationen herstellen und einsetzen. Es würde den Rahmen dieses Beitrages sprengen, wollte man sie alle einzeln und ausführlich abhandeln. Zum Schluß dieses sechsten und letzten Teils dieser Aufsatzreihe soll daher nur noch über zwei sehr interessante Varianten berichtet werden, und zwar über den elektrostatischen Kopfhörer und über eine drahtlose Kopfhörerausführung.

6.5.1 Der elektrostatische Kopfhörer

Elektrostatische Kopfhörer arbeiten nach dem elektrostatischen Wandlerprinzip (s. a. Abschnitt 4.1.4). Als solche benötigen sie genauso wie elektrostatische Lautsprecher

eine Polarisationsgleichspannung von einigen hundert Volt. Moderne Ausführungen arbeiten heute mit einer Elektretmembran und machen somit die Bereitstellung einer gesonderten Polarisations-Hochspannung überflüssig.

Den grundsätzlichen Aufbau eines „Elektrostaten“ zeigt das Bild 6.8. Genau in der Mitte zwischen zwei perforierten (meist gitterförmigen) Gegenelektroden ist eine dünne, elektrisch leitende Membran gespannt. Legt man an die Membran und an die beiden Gegenelektroden eine Tonfrequenz-Wechselspannung ausreichender Größe, so entstehen im Zusammenwirken mit dem elektrostatischen Feld ziehende und abstoßende Kräfte, durch die die dünne Membran im Rhythmus der Tonfrequenz in eine schwingende Bewegung versetzt wird. Die extrem dünne und leichte Membran gehorcht den auf sie einwirkenden Wechselkräften mit einer so großen Genauigkeit, daß der erzeugte Schall praktisch frei von (Impuls-)Verzerrungen ist. Die mit derartigen Kopfhörern erzielbare Hochtonauflösung ist exzellent. Elektrostatische Kopfhörer besitzen innerhalb ihres gesamten Übertragungsfrequenzbereiches eine sehr ausgeglichene Wiedergabekurve.

Als ein gewisser Nachteil mag vielleicht die Tatsache gewertet werden, daß elektrostatische Kopfhörer grundsätzlich ein zusätzliches Regie- oder Steuergerät benötigen, in dem die elektrische Signalspannung auf die für die Aussteuerung des Hörers erforderliche Höhe gebracht wird. Falls das Hörsystem noch in „klassischer Weise“, d. h. ohne Elektretmembran, aufgebaut ist, enthält dieses Gerät auch noch ein Netzteil zur Erzeugung der notwendigen Polarisations-Vorspannung. Das alles wirkt sich verständlicherweise auf den Gesamtpreis für einen solchen Kopfhörer aus. Elektro-



Bild 6.9
Offener elektrostatischer Hi-Fi-Stereo-Kopfhörer „Unipolar 2000“ mit dazugehöriger Regieeinheit HER 2000 (Werkfoto: Sennheiser electronic)



Bild 6.10
Drahtloser Infrarot-Stereo-Kopfhörer Typ HDI 234 HiDyn (Werkfoto: Sennheiser electronic)

staten bieten unbestritten eine sehr hohe Übertragungsqualität; man muß dafür aber auch etwas „tiefer in die Tasche“ greifen.

Bild 6.9 zeigt als Ausführungsbeispiel eines offenen elektrostatischen Kopfhörers den Typ „Unipolar 2000“ von Sennheiser mit der dazugehörigen Regieeinheit HER 2000. Der Hörer arbeitet mit einem Elektretsystem. Sein Übertragungsbereich erstreckt sich von etwa 16 Hz bis zu 22 kHz. Bei 1 kHz und 110 dB ist der Klirrfaktor $\leq 0,1\%$. Die maximal zulässige Steuerungspannung beträgt 35 V_{eff} (bei stationärem Betrieb). Bei einer Signalspannung von 5 V erzeugt der Unipolar 2000 einen Schalldruckpegel von ca. 103 dB.

6.5.2 Drahtloser Infrarot-Kopfhörer

Bei der Benutzung herkömmlicher, leistungsgebundener Kopfhörer im häuslichen Bereich, z. B. beim Musikgenuß aus der eigenen Stereo-Anlage oder auch einfach bei der Übertragung des Fernsehtons, hat sicher schon jeder einmal den Wunsch verspürt, sich ohne Behinderung durch das Kopfhörerkabel frei im Raum bewegen zu können. Dieser Wunsch ist erfüllbar, und zwar zu einem erschwinglichen Preis. Das Lösungswort heißt: Infrarot-Technik. Diese Technik hat ihre Bewährungsprobe bereits seit längerem in der Theater-, Konferenz- und ELA-Technik bestanden. Es war daher naheliegend, die Möglichkeiten, die die Infrarot-Technik für eine drahtlose Übertragungstechnik bietet, auch für Kopfhörer nutzbar zu machen. Neben einer sehr reichhaltigen Palette an anderen Infrarot-Übertragungsanlagen bietet das Haus Sennheiser jetzt auch einen drahtlosen Infrarot-Stereo-Kopfhörer (Typ HDI 234 HiDyn, s. Bild 6.10) an, der eine sehr luxu-

riöse Art des Musik-Genusses bietet. Von den technischen Daten dieses Kopfhörers soll zum Schluß noch die Rede sein. Zuvor aber noch einige Erläuterungen zur Infrarot-Übertragungstechnik selbst:

Infrarotlicht läßt sich heute sehr elegant auch mit Hilfe von (modulierbaren!) Halbleiterbauelementen erzeugen; es unterliegt den gleichen Ausbreitungsgesetzen der Optik wie sichtbares Licht. Gegenüber letzterem hat das IR-Licht den Vorzug, nicht sichtbar und somit bei übertragungstechnischem Einsatz nicht störend zu sein. Um infrarotes Licht für eine drahtlose Übertragung zu nutzen, muß es lediglich in geeigneter Weise moduliert werden. Das geschieht heutzutage in der Weise, daß man das IR-Licht zunächst in seiner Intensität amplitudenmoduliert, und zwar mit einer ganz bestimmten (Hilfs-)Trägerfrequenz (= Hell-Dunkel-Modulation, s. Bild 6.11 b). Für einkanalige Übertragungen benutzt man dafür derzeit einheitlich 95 kHz. Bei einer zweikanaligen Übertragung verwendet man für den zweiten Träger 250 kHz. Die so erzeugte Trägerfrequenz wird ihrerseits mit dem zu übertragenden NF-Signal frequenz-moduliert, s. Bild 6.11 d. Mit anderen Worten: Die IR-Übertragungstechnik bedient sich einer doppelten AM/FM-Modulation. Da alle lichtundurchlässigen Raumbegrenzungen (z. B.: Wände, raumabteilende Vorhänge etc.) auch für Infrarotlicht undurchdringbar sind, bleiben die auf diese Weise ausgesendeten, modulierten IR-Signale nur innerhalb des betreffenden Raumes. Empfangsseitig kann das IR-Signal ebenfalls mit dafür geeigneten Halbleiterbauelementen (spezielle Silizium-PIN-Dioden) empfangen und anschließend demoduliert werden. Die in derartigen Empfangsdioden üblicherweise vorhandene fotoempfindliche Fläche ist i. a. sehr klein (ca. 7 mm²), so daß man sie in der Praxis

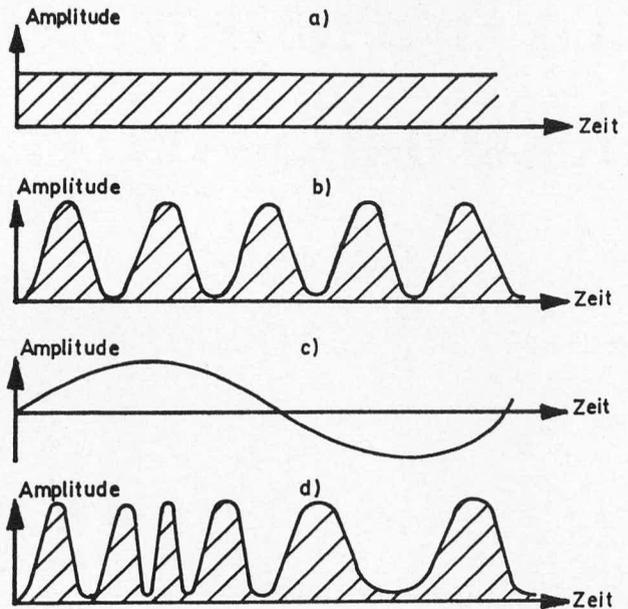


Bild 6.11
Modulationstechnik bei Infrarotlicht-Übertragungsanlagen
 a) nichtmoduliertes Infrarotlicht
 b) amplitudenmoduliertes Infrarotlicht mit einer Hilfs-Trägerfrequenz (= Hell-Dunkel-Modulation)
 c) zu übertragendes Tonfrequenzsignal
 d) Infrarotlicht-Träger frequenzmoduliert durch das Tonfrequenzsignal

meist in Verbindung mit einer optischen Sammellinse betreibt. Diese an Frosch-äugen erinnernden Linsen sind inzwischen schon ein Erkennungszeichen für Infrarot-Empfangsgeräte, s. a. Bild 6.10 (vorderer Rand des Kopfhörers).

Der im Bild 6.10 dargestellte IR-Stereo-Kopfhörer arbeitet zweikanalig mit den Trägerfrequenzen 95 kHz und 250 kHz. Für die FM wird ein Nennhub von ± 35 kHz und ein Spitzenhub von ± 50 kHz angegeben. Der niederfrequente Übertragungsbereich liegt zwischen 20 Hz und 20 kHz. Die Hörer enthalten elektrodynamische Systeme. Bei einer Frequenz von 1 kHz und ± 50 kHz Hub ist der Klirrfaktor $\leq 1\%$. Der Kopfhörer arbeitet mit einer 9-Volt-Batterie (IEC 6F22). Der maximal erreichbare Schalldruckpegel liegt bei ca. 110 dB. Das Gewicht des Hörers beträgt ca. 380 g. Als dazugehöriger Sender ist der Stereo-Infrarot-Sender SI 234 zu empfehlen, der mühelos an jede HiFi-Anlage oder auch an jeden Stereo-Fernsehempfänger angeschlossen werden kann.

Ein letztes Wort noch zu dem ebenfalls in diesem Kopfhörer eingebauten Breitband-Kompandersystem „HiDyn“. Darunter versteht man eine sehr wirkungsvolle Stör- unterdrückung, die auch unter sehr ungünstigen Empfangsbedingungen arbeitet. Hierzu wird das Tonfrequenz-Signal im Infrarot-Sender (z. B.: SI 234) zuvor komprimiert und im Infrarot-Empfangsteil spiegelbildlich expandiert. Man gewinnt dabei die Originaldynamik wieder bei gleichzeitiger Reduzierung der (pegelmäßig schwächeren) Störsignale. Um dem Empfänger die Möglichkeit zu geben, auch mit anderen Infrarot-Sendern (ohne HiDyn-Kompressor) zusammenzuarbeiten, ist der Expander im Infrarot-Kopfhörer HDI 234 abschaltbar.

ELV-Serie micro-line

Elektronik-Wetterstation WS 1000

Teil I



Bei der Elektronik-Wetterstation WS 1000 handelt es sich um ein komfortables, mikroprozessorgesteuertes Wetter-Meßsystem. Beginnend mit der preiswert aufzubauenden Version zur Messung von zwei Temperaturen mit Min-/Max-Speichermöglichkeit kann das System nachträglich weiter aufgerüstet werden. Hier die Maximalmöglichkeiten in Kürze:

- zwei Temperaturmeßstellen mit einer Auflösung von 0,1 K und einer Genauigkeit von typ. 0,2 K
- zwei Luftfeuchtemeßstellen mit einer Auflösung von 0,1 % und einer Genauigkeit von typ. 1 %
- Luftdruckanzeige in Millibar mit einer Auflösung von 1 mbar und einer Genauigkeit von typ. 1 mbar
- Luftdrucktendenzanzeige über 4 Leuchtdioden
- Sonnenscheindauer-Anzeige in Stunden mit einer Auflösung von 0,1 h
- Windgeschwindigkeits-Anzeige in km/h mit einer Auflösung von 0,1 km/h
- Windrichtungsanzeige von 0 bis 360 Grad mit einer Auflösung von 10 Grad
- DCF-77 gesteuerte Uhrzeitanzeige, d. h. die Uhr braucht niemals gestellt zu werden
- DCF-77 gesteuerte Datums-Anzeige.

Die verschiedenen Werte werden über einen 12stelligen Drehschalter eingestellt und auf einer 4stelligen rot leuchtenden Digitalanzeige dargestellt.

Allgemeines

In den Ausgaben Nr. 42 bis 44 des „ELV journal“ stellten wir Ihnen die ELV-Komfort-Wetterstation WS 7000 vor. Dieses professionelle Wettermeßsystem fand sowohl bei unseren aus den Reihen der Endverbraucher kommenden Lesern als auch gleichermaßen bei professionellen Anwendern aus Forschung und Industrie eine große Resonanz. Wir haben uns daher entschlossen, zur WS 7000 einen kleinen Bruder zu entwickeln, die Elektronik-Wetterstation WS 1000. „Klein“ ist

hierbei weniger im Hinblick auf Preis und Leistung als hinsichtlich der kompakten Abmessungen der WS 1000 zu sehen.

Im Gehäuse der weit verbreiteten form-schönen ELV-Serie micro-line können auf einem 4stelligen LED-Display über einen Wahlschalter die verschiedenen Meßdaten entsprechend der Schalterstellung zur Anzeige gebracht den. Ein Gerät also, das auch von weniger technik-begeister-ten Familienangehörigen im Wohnzimmer akzeptiert wird.

Vorteilhaft ist bei diesem System, daß

man den Nachbau verhältnismäßig preiswert beginnen kann, indem das System zunächst nur mit den beiden Temperaturmeßstellen bestückt wird. Da für alle anzuzeigenden Meßwerte dasselbe Display dient, bleiben auch in der Grundversion keine Digitalanzeigen unbestückt. Möchte man auf die Temperaturmessung verzichten und nur eine oder zwei Feuchtemeßstellen in Betrieb nehmen, so bietet die WS 1000 auch diese Möglichkeit. Kurz gesagt, das Gerät ist zur Anzeige beliebiger Kombinationen innerhalb des Gesamtpaketes geeignet, wobei auch sämtliche

Möglichkeiten in einem Gerät realisiert werden können.

Nachfolgend wollen wir zunächst die Meßmöglichkeiten und die Bedienung des Gesamtsystems näher beschreiben.

Meßmöglichkeiten und Bedienung

Auf 4 Sieben-Segmentanzeigen sowie 4 Einzel-Leuchtdioden können über einen 12stufigen Drehschalter insgesamt 10 verschiedene Anzeigewerte abgerufen werden. Die Schalterstellungen haben folgende Funktion:

1. Außentemperatur in °C mit einer Auflösung von 0,1 K und einer Genauigkeit von typ. 0,2 K.
2. Innentemperatur in °C mit einer Auflösung von 0,1 K und einer Genauigkeit von typ. 0,2 K.
3. Relative Luftfeuchte „Außen“ mit einer Auflösung von 0,1 % und einer Genauigkeit von typ. 1 % im mittleren Bereich.
4. Relative Luftfeuchte „Innen“ mit einer Auflösung von 0,1 % und einer Genauigkeit von typ. 1 % im mittleren Bereich.
5. Luftdruck in Millibar mit einer Auflösung von 1 mbar und einer Genauigkeit von typ. 1 mbar (!).
6. Sonnenscheindauer in Stunden mit einer Auflösung von 0,1 h.
7. Windgeschwindigkeit in km/h mit einer Auflösung von 0,1 km/h.
8. Windrichtung von 0 bis 360 Grad mit einer Auflösung von 10 Grad.
9. Automatisch wechselnde Anzeige von Temperatur 1 und Temperatur 2 im 5-Sekunden-Rhythmus.
10. Automatischer Wechsel von Feuchte 1 und Feuchte 2 im 5-Sekunden-Rhythmus.
11. Uhrzeitanzeige in Stunden und Minuten. Die Zeitinformation wird aus dem Empfangssignal des Senders DCF 77 gewonnen, d. h. die Uhr braucht niemals gestellt zu werden.
12. Datumsanzeige in Tag und Monat. Die Gewinnung der Datumsinformation erfolgt genau wie bei der Uhrzeit aus dem Signal des Senders DCF 77. Auch das Datum braucht daher niemals gestellt zu werden.

Durch einmalige Betätigung des auf der Rückseite angeordneten Tasters „Min/Max“ können für die Meßwerte 1 bis 7 die Minimalwerte und durch zweimalige Betätigung des Tasters die Maximalwerte des vorangegangenen Tages angezeigt werden. Beim Meßwert 6 fallen Minimum und Maximum zusammen, so daß die Anzeige beider Werte gleich ist.

Bei den Temperaturmeßstellen wird eine zusätzliche Unterscheidung vorgenommen, in dem die tiefste Temperatur der vorangegangenen Nacht und die höchste Temperatur des vorangegangenen Tages abgespeichert wird. Die Unterscheidung zwischen Tag und Nacht erfolgt hierbei über den Lichtsensor, der für die Registrierung

der Sonnenscheindauer ohnehin erforderlich ist, so daß lediglich eine zusätzliche Schaltschwelle hinzugefügt werden brauchte (abgestuft nach dunkel, hell, Sonnenschein). Ist es Tag, so steht als Speicherwert die tiefste Temperatur der vorangegangenen Nacht und die höchste Temperatur des vorangegangenen Tages zur Verfügung. Bricht die folgende Nacht an, so wird das höchste Temperaturmeßergebnis des soeben beendeten Tages gespeichert und das Ergebnis des davorliegenden Tages automatisch gelöscht.

Das Ergebnis der Sonnenscheindauer wird an jedem Abend abgespeichert und am nächsten Morgen gelöscht, so daß die Zählung bei Null beginnend, den ganzen Tag über den aktuellen Stand anzeigt. Durch Betätigen des Tasters erscheint das Ergebnis des Vortages.

Bei den Meßstellen 3, 4, 5, 7 werden die Minimal- und Maximalwerte einer kompletten, zusammenhängenden Tag/Nacht-Periode gespeichert. Die Abspeicherung selbst folgt ca. 1 Stunde nach jedem Sonnenaufgang (dunkel/hell-Wechsel), so daß ab diesem Zeitpunkt sowohl Minimal- als auch Maximalwerte der vorangegangenen Nacht einschl. des davorliegenden Tages zur Verfügung stehen. Erhalten bleiben diese Werte bis zum nächsten Sonnenaufgang (+ ca. 1 Stunde). Für die aktuelle, gerade laufende Tag/Nacht-Periode stehen die Momentanwerte permanent zur Verfügung, während die Minimalwerte bei einmaliger und die Maximalwerte bei zweimaliger Tastenbetätigung bereitstehen.

Als zusätzliche Erkennungsunterstützung bei der Anzeige der Minimalwerte leuchtet bei der Tendenzanzeige der untere Pfeil, während die Anzeige der Maximalwerte durch Aufleuchten des oberen Pfeiles der Tendenzanzeige signalisiert wird.

10 Sekunden nach der letzten Tasterbetätigung geht die WS 1000 automatisch in den Anzeigemodus der aktuellen Werte über.

Wird der Helligkeitssensor nicht angeschlossen, so arbeitet ein interner 24-Stundenzähler, der die Umschaltung der einzelnen Speicherzyklen vornimmt. Ob ein Helligkeitssensor angeschlossen ist oder nicht, erkennt das Prozessorsystem automatisch dadurch, daß innerhalb von 24 Stunden kein hell/dunkel-Wechsel erfolgt ist.

Damit die Umschaltung von Tag auf Nacht um 20.00 Uhr und die Umschaltung von Nacht auf Tag um 8.00 Uhr vorgenommen wird, muß die erste Inbetriebnahme, d. h. das Anlegen der Versorgungsspannung möglichst genau um 20.00 Uhr erfolgen. Ist das System aufgrund von Netzspannungsstörungen o. ä. nicht mehr im Rhythmus, muß die Versorgungsspannung für ca. 1 Minute ausgeschaltet werden, um sie anschließend um 20.00 Uhr wieder einzuschalten.

Abschließend sei noch auf die Möglichkeit hingewiesen, auch Minimal- und Maximalwerte über längere Zeitspannen hinweg zu ermitteln. In diesem Fall wird

die automatische, täglich sich wiederholende Speicherumschaltung außer Betrieb genommen. Dies geschieht mit Hilfe eines zweiten, ebenfalls von der Rückseite des Gerätes zu bedienenden Tasters. Durch Betätigen dieses Tasters erfolgt die Abspeicherung der bis zu diesem Zeitpunkt ermittelten Minimal- und Maximalwerte (für Temperaturen nur Maximalwerte), wobei gleichzeitig eine neue Meßperiode gestartet wird. Beim nächsten Tastendruck erfolgt die Abspeicherung der für diese Meßperiode ermittelten Werte. Die Meßzeiträume, d. h. die Zeitspanne zwischen 2 Tasterbetätigungen ist nahezu beliebig. Voraussetzung ist lediglich, daß während des Speicherzeitraumes kein Stromausfall eintreten darf, da die Station keine Notstromversorgung besitzt.

Zur Umschaltung auf manuelle Speicheraktivierung wird zunächst die Taste „Min/Max“ zweimal betätigt, um die Station in den Betriebsmodus zur Anzeige der Maximalwerte zu bringen. Innerhalb der 10 Sekunden dieser Anzeigeperiode ist anschließend der Taster „Speicher“ zu betätigen und mindestens 2 Sekunden festzuhalten.

Nachdem die Anzeige der WS 1000 wieder auf „aktuell“ geschaltet hat, ist die automatische, sich täglich wiederholende Min/Max-Speicherung außer Betrieb und mit der Taste „Speicher“ können die Speicherzeiträume manuell festgelegt werden. Jedoch ist auch hier zu beachten, daß die Taste bei einer Betätigung mindestens 2 Sekunden lang festgehalten wird, bevor dies von der Station registriert wird. Auf diese Weise können Fehlspeicherungen weitgehend vermieden werden.

Um wieder zurück in den automatischen Speichermodus zu gelangen, wird die Station mit der Min/Max-Taste durch einmaliges Betätigen in den Betriebszustand zur Anzeige der Minimalwerte gebracht. In den 10 Sekunden dieses Betriebszustandes muß jetzt die Speichertaste 2 Sekunden lang betätigt werden. Geht die WS 1000 anschließend wieder zur Anzeige der aktuellen Meßergebnisse über, so werden die Minimal- und Maximalwerte automatisch täglich abgespeichert und die Funktion der Speichertaste ist wirkungslos.

Sämtlich beschriebene Meß- und Anzeigemöglichkeiten können auch einzeln oder in beliebiger Kombination aufgebaut werden, so daß sich eine besonders preiswerte Realisierung verschiedener Meßarten ergibt.

In der kommenden Ausgabe des „ELV journal“ folgt die Funktionsbeschreibung des Systems.

Abschließend sei noch erwähnt, daß für dieses System ein maskenprogrammierter, hochintegrierter CMOS-Single-Chip-Mikroprozessor entwickelt wurde, der eine verhältnismäßig lange Produktionszeit benötigt. Der Liefereinsatz dieses Systems wird daher mit dem Erscheinen des dritten Teils dieses Artikels im „ELV journal“ Nr. 50 Anfang März 1987 erfolgen.

8-Kanal-Digital-Light-Processor

DLP 1000

Programmgesteuertes
digitales
8-Kanal-
Licht-Steuergerät



Bei dem Digital-Light-Processor DLP 1000 handelt es sich um ein programmgesteuertes Lichteffektgerät, das die Ansteuerung von 8 Lampen bzw. Lampengruppen mit einer großen Vielfalt unterschiedlicher Lichtmuster ermöglicht.

Insgesamt können 100 Programme mit jeweils 8 Schritten in 10 verschiedenen Geschwindigkeitsstufen abgerufen werden.

Allgemeines

Mit dem Unterschied zu einer Lichtorgel, die über Musiksignale die Lampenansteuerung vornimmt, arbeitet der Digital-Light-Processor DLP 1000 vollkommen selbstständig. Seine 8 Thyristor-Ausgänge steuern 8 Lampen bzw. Lampengruppen an und zwar jede einzelne Lampe vollkommen getrennt von den übrigen.

Jedes der 100 über Drucktaster einstellbaren Programme besitzt 8 Programmschritte, die nacheinander ablaufen. Die Taktgeschwindigkeit ist hierbei wiederum digital in 10 Stufen einstellbar.

Im einfachsten Fall übernimmt der DLP 1000 z. B. beim Programm Nr. „01“ die Funktion eines 8-Kanal-Lauflichtes. Im ersten Schritt leuchtet die Lampe Nr. 1 und die übrigen Lampen sind verloschen. Im zweiten Schritt leuchtet die Lampe Nr. 2, im dritten Schritt die Lampe Nr. 3... bis hin zum achten Schritt, in dem die Lampe Nr. 8 angesteuert wird. Anschließend startet das Programm ohne Verzögerung sofort wieder mit dem ersten Schritt. Optisch ergibt sich somit ein Durchlaufen eines Leuchtpunktes von links nach rechts in ununterbrochener Folge.

In Tabelle 1 sind zur Veranschaulichung die ersten der 100 Programme graphisch dargestellt. Aus Platzgründen konnten nicht sämtliche Programme aufgelistet werden. Von unten nach oben sind die einzelnen Programmschritte und von links nach rechts die 8 Lampen dargestellt. Die jeweils leuchtenden Lampen sind als „x“ gekennzeichnet.

Bedienung und Funktion

Nachdem der Netzstecker des Digital-Light-Processors DLP 1000 mit der Netzspannung verbunden wurde, geht das Gerät sofort in seinen Grundzustand, d. h. auf dem 3stelligen Display erscheint als Anzeige „000“.

Der Programmstand „00“ bedeutet hierbei, daß sämtliche Ausgänge desaktiviert sind, d. h. alle 8 angeschlossenen Lampen bzw. Lampengruppen sind ausgeschaltet.

Die Geschwindigkeitsanzeige (Speed) „0“ bedeutet hierbei einen langsamen Taktzyklus, entsprechend ungefähr einem Wechsel pro Sekunde. Durch Betätigen des Tasters „Speed“ erhöht sich bei jedem Tastendruck die Anzeige um „1“ und damit auch die Geschwindigkeit. Bei der Anzeige „9“ beträgt der Taktzyklus ca. 10 Wechsel pro Sekunde. Die Programmschritte folgen in Stellung „9“ zehnmal so schnell aufeinander wie in Stellung „0“. Durch nochmalige Betätigung des Tasters „Speed“ beginnt die Anzeige wieder bei „0“.

Mit den beiden Tastern „Programm“ können die einzelnen Programme in Einer- und Zehnerschritten eingestellt werden, wobei auch hier nach dem Programmstand „99“ wieder „00“ folgt.

Auf der Rückseite des Gerätes befinden sich 8 Euro-Buchsen — für jeden der 8 Kanäle eine. Hier können die Lampen über entsprechende Euro-Stecker direkt angeschlossen werden.

Der Anschlußwert für jeden der 8 Ausgänge beträgt 400 Watt. Insgesamt darf der Nennanschlußwert aller Lampen 2200 Watt nicht überschreiten.

Sehr wesentlich ist es in diesem Zusammenhang zu beachten, daß von dem DLP 1000 ausschließlich Glühlampen direkt angesteuert werden können und zwar ohne Zwischenschalten von Transformatoren (wie z. B. bei manchen Halogenlampen) usw. Es muß sich also in jedem Fall um rein ohmsche Belastungen handeln, wie sie „normale“ Glühlampen darstellen.

Zur Schaltung

Zentrales Bauteil des 8-Kanal-Digital-Light-Processors DLP 1000 ist der EPROM-Speicherbaustein des Typs TMS 2764. Dieser Typ wird von verschiedenen Herstellern unter ähnlichen Bezeichnungen produziert, wobei meistens die Ziffernfolge „2764“ identisch ist.

Von ELV wird ein bereits fertig programmiertes EPROM angeboten, in dem bereits das komplette Programm zur Ansteuerung der Lampen enthalten ist. Grundsätzlich ist es natürlich auch möglich, selbst ein individuelles Ansteuerprogramm zu erstellen, sofern man hierzu die Möglichkeiten hat.

Die 8 Ausgänge des IC2 (Pin 11 bis 13 sowie Pin 15 bis 19) steuern über R 56 bis R 63 die 8 Thyristoren Thy 1 bis Thy 8 an, die ihrerseits wieder zur Ansteuerung der 220 V-Glühlampen dienen.

Das IC 2 besitzt 13 Adress-Eingänge (A 0 bis A 12), von denen wir allerdings nur 11 benötigen.

A 0, A 1, A 2 (Pin 10, 9, 8) werden vom Zähler-IC 3 (1/2 CD 4518) fortlaufend zur Adressierung der 8 Schritte eines jeden Programmes bedient.

Mit Hilfe von R 12 wird erreicht, daß dieser Zähler nicht von 0 bis 9, sondern von 0 bis 7 zählt, um nach dem Stand „111“ wieder bei „000“ zu beginnen.

Die Geschwindigkeit wird hierbei vom Ausgang des Spannungs-Frequenz-Umsetzers IC 4 (Pin 4) vorgegeben (ca. 1 Hz bis 10 Hz). Die Oszillatorfrequenz des IC 4 entspricht hierbei dem Taktzyklus des IC 3.

Der Steuereingang des IC 4 (Pin 9) wird mit einer Spannung zwischen ca. 1,5 und 3,5 V beaufschlagt. Diese Spannung wird mit Hilfe der Widerstandskombination R 15 bis R 26 in Verbindung mit dem zweiten im IC 3 enthaltenen Digitalzähler erzeugt. Die

Spannung an Pin 9 des IC 4 steigt somit in 10 Schritten entsprechend des Zählerstandes des IC 3. Der Stand dieses Zählers erhöht sich bei jeder Tasterbetätigung von Ta 3 (Speed).

Im IC 1 des Typs CD 4518 sind ebenfalls 2 Dezimalzähler enthalten, deren jeweils 4 Ausgänge die Adress-Eingänge A 3 bis A 10 des IC 2 ansteuern. Gleichzeitig wird mit den ICs 5 und 6 der jeweils eingestellte Zählerstand digital über 2 Sieben-Segment-Anzeigen ausgegeben. In gleicher Weise erfolgt die Ansteuerung einer 3. Sieben-Segment-Anzeige über IC 7, das seine Information vom Zählerausgang des IC 3 zur Geschwindigkeitseinstellung erhält.

Über die Adress-Eingänge A 3 bis A 10 wird ein Programm aus einer Auswahl von 100 Programmen aufgerufen (00 bis 99).

Die Ansteuerung der beiden im IC 1 enthaltenen Dezimalzähler erfolgt über die Tasten Ta 1 und Ta 2. R 1 bis R 4 sowie C 1 und C 2 dienen zur Unterdrückung von Tastenprellen.

Damit die angeschlossenen Glühlampen schonend betrieben werden und darüber hinaus das Gerät möglichst wenig Oberwellen und damit Netzstörungen produziert, erfolgt das Einschalten der Glühlampen jeweils im Spannungsnulldurchgang der 220 V-Sinus-Netzwechselspannung. Erreicht wird dies durch Synchronisierung der Ausgangsimpulse des IC 2 mit der Netzwechselspannung. Über R 64 wird die Basis des Transistors T 1 im Rhythmus der Netzwechselspannung angesteuert. In Verbindung mit T 2 und der entsprechenden Zusatzbeschaltung wird daraus ein Impuls gewonnen, der nur im Bereich des Nulldurchganges der Netzwechselspannung die Anschlußpins 20 und 22 des IC 2 auf „low“ (ca. 0 V) zieht. Hierdurch werden die Ausgänge des IC 2 aktiviert. In der übrigen Zeit liegen Pin 20 und 22 des IC 2 auf „high“ (ca. + 5 V) und die Ausgänge des IC 2 sind gesperrt. Das ganze wiederholt sich 100 mal pro Sekunde.

Die Versorgung der Schaltung erfolgt über ein Netzteil, dessen Spannung über einen

Festspannungsregler (IC 8) auf + 5 V stabilisiert wird.

Zu beachten ist, daß die gesamte Schaltung unter lebensgefährlicher 220 V-Netzwechselspannung steht (daran ändert auch der Trafo Tr 1 nichts), da die Elektronik die Thyristoren direkt ansteuert und somit eine galvanische Verbindung zum Netz besteht.

Auf die einschlägigen Sicherheits- und VDE-Bestimmungen ist zu achten.

Zum Nachbau

Der Nachbau gestaltet sich recht einfach, zumal sämtliche Bauelemente mit Ausnahme der 8 Euro-Einbaubuchsen auf 2 übersichtlich gestalteten Leiterplatten untergebracht sind.

Zunächst werden die Bauelemente entsprechend den beiden Bestückungsplänen auf die Platinen gesetzt und verlötet.

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

Anschließend kann der fertige Baustein in die Unterhalbschale des Kunststoffgehäuses gesetzt werden.

Die 2adrige Netz-zuleitung wird durch die in die Gehäuserückwand eingeschraubte Netzkabeldurchführung mit Zugentlastung und Knickschutztülle geführt und an die Platinenanschlüßpunkte „a“ und „b“ gelötet. Anschließend wird die Zugentlastung festgeschraubt, damit die Netz-zuleitung nicht mehr aus dem Gehäuse herausgezogen werden kann.

Die 8 Euro-Einbaubuchsen werden von der Gehäuserückseite durch die entsprechenden Bohrungen gesteckt. Von der Gehäuseinnenseite werden jetzt auf jeden der beiden Anschlüsse der Euro-Buchsen ein Befestigungsring aufgesetzt und fest bis an die

Stückliste: 8-Kanal-Digital-Light-Processor DLP 1000

1 kΩ	R 27-R 55
2,2 kΩ	R 56-R 63
10 kΩ	R 1-R 8, R 10, R 11, R 64, R 65
22 kΩ	R 16-R 26
27 kΩ	R 15
56 kΩ	R 14
100 kΩ	R 12
220 kΩ	R 9

Kondensatoren

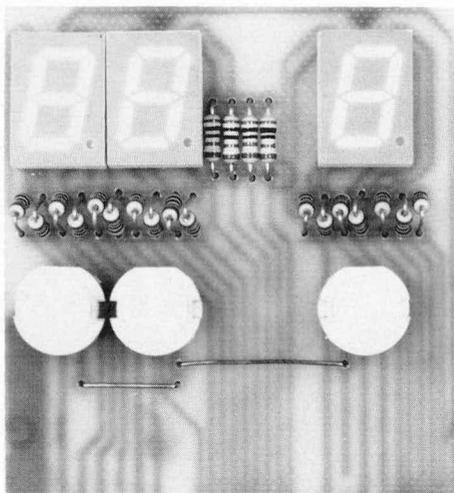
47 nF ..	C 1, C 2, C 4, C 5, C 11
1 µF/16 V	C 3, C 6
10 µF/16 V	C 7-C 10
470 µF/16 V	C 12

Halbleiter

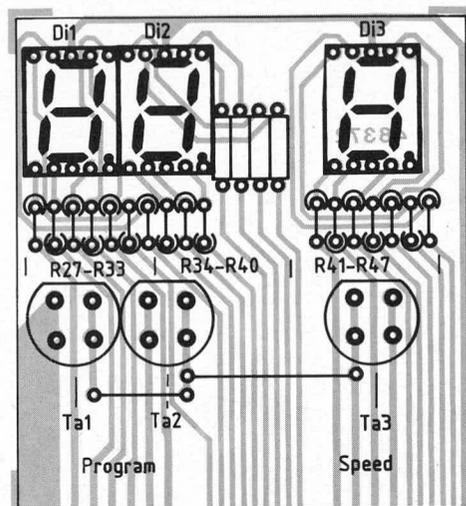
2764	IC 2
CD 4046	IC 4
CD 4518	IC 1, IC 3
74 LS 247	IC 5-IC 7
7805	IC 8
TIC 106 D	Thy 1-Thy 8
BC 548	T 1, T 2
1 N 4001	D 1-D 5
DJ 700 A	Di 1-Di 3

Sonstiges

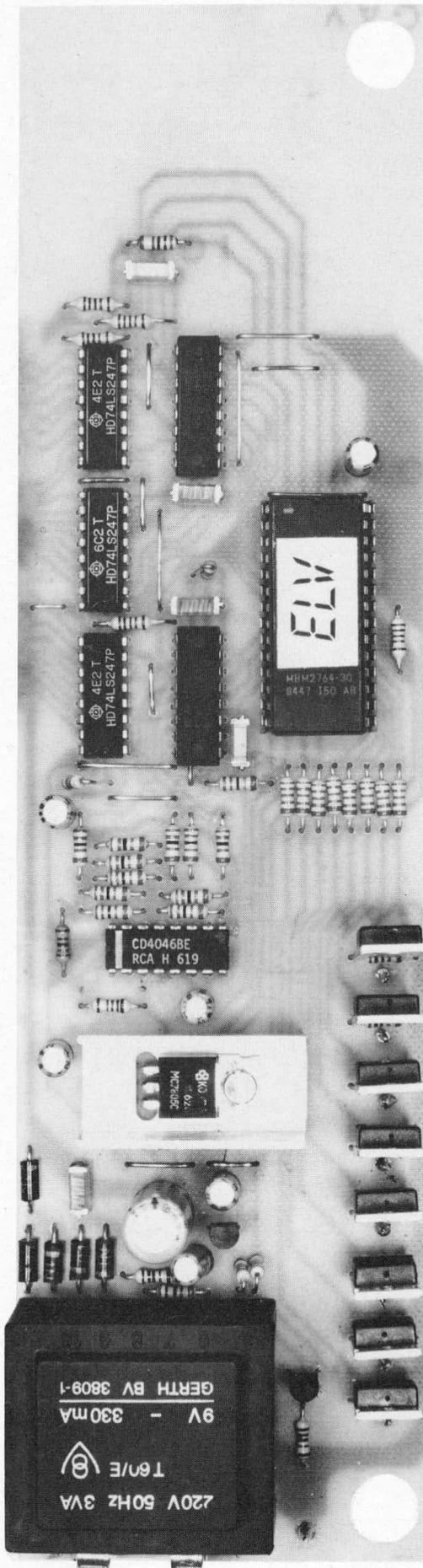
D 6-Taster	Ta 1-Ta 3
Trafo, prim.: 220 V/3 VA ...	Tr 1
sek.: 9 V/330 mA	
10 A Sicherung	Si 1
1 Platinensicherungshalter	
11 Lötstifte	
1 U-Kühlkörper	
1 Schraube M 3 x 6	
1 Mutter M 3	
200 cm flexible Leitung 1,5 mm ²	



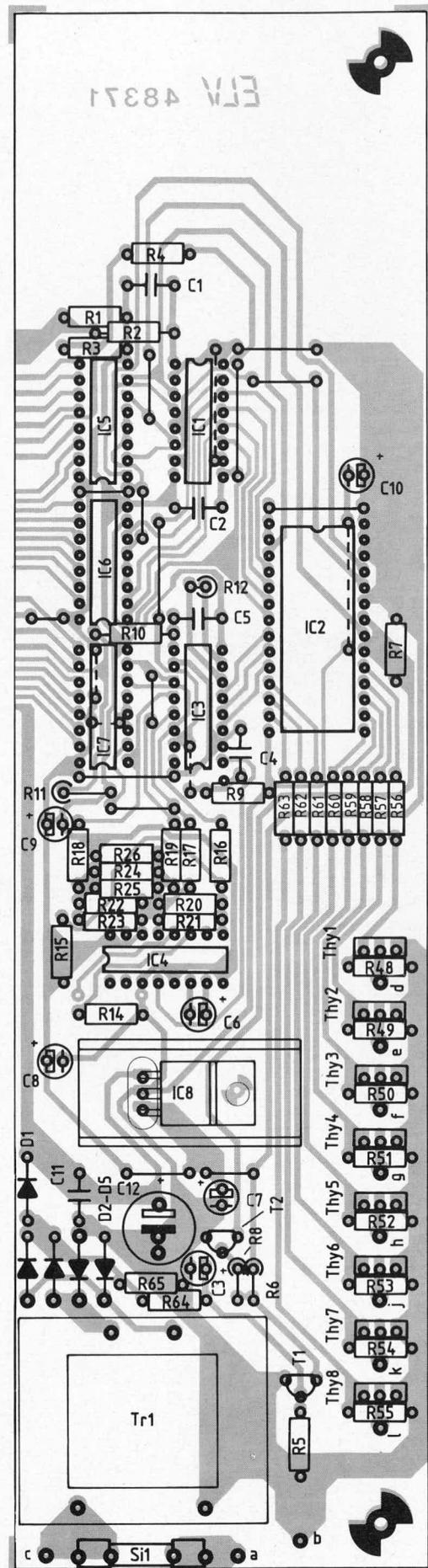
Ansicht der fertig aufgebauten Anzeigenplatine des Digital-Light-Processors DLP 1000



Bestückungsseite der Anzeigenplatine des Digital-Light-Processors DLP 1000



Ansicht der fertig bestückten Basisplatte
des Digital-Light-Processors DLP 1000



Bestückungsseite der Basisplatte
des Digital-Light-Processors DLP 1000

