

ELV *journal*

Nr. 15

Mit
Platinenfolien

Fachmagazin der Amateure und Profis für angewandte Elektronik

DM 4,50



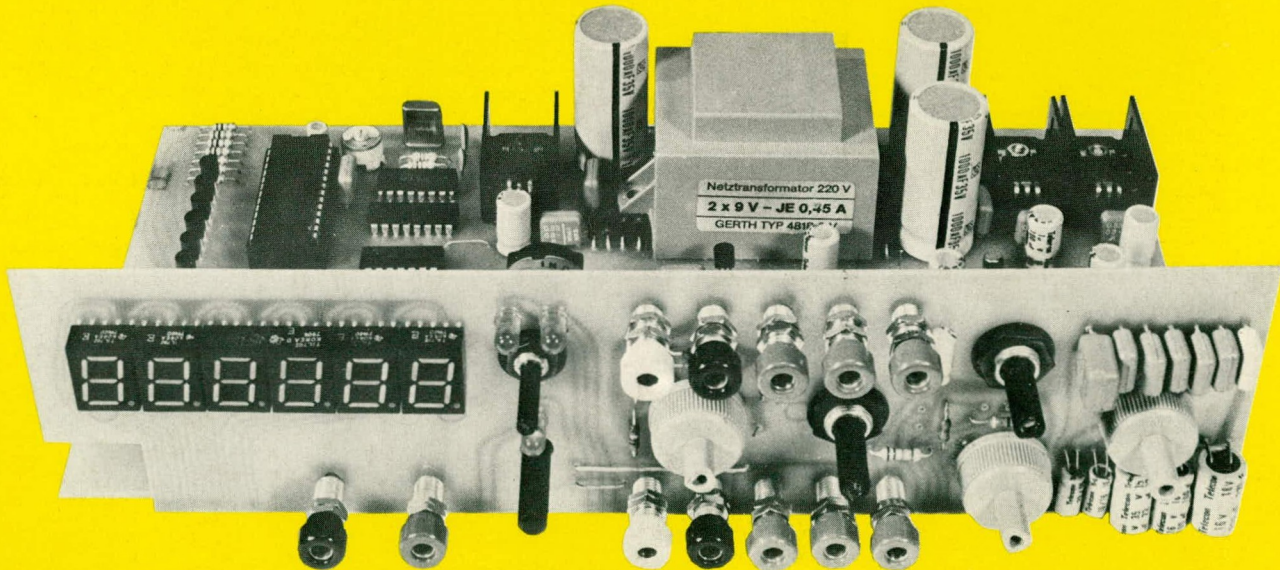
In dieser Ausgabe:

- 1 MHz Funktionsgenerator - FG 7000
- Digitaler Kfz-Drehzahlmesser
- Modellflugzeug-Drehzahlmesser mit LCD-Anzeige
- Telefon-Mithörverstärker
- Tochterblitz
- Spannungsausfall-Speicheranzeige

Serie ELV-HiFi-Labor

- Präzisions-Frequenzweiche mit Individualreglern und aktiver LED-Leistungs-/Übersteuerungsanzeige für HiFi-Lautsprecherbox bis 150 Watt

1 MHz-Funktionsgenerator mit 1 MHz-Frequenzzähler



Österreich öS 40, Schweiz sfr 5,20, Niederlande hfl 5,80, Luxemburg lfr 80, Finnland 17 Fmk

Mit
Platinenfolien

Die Sensation für Elektroniker!

Mit Platinenfolien

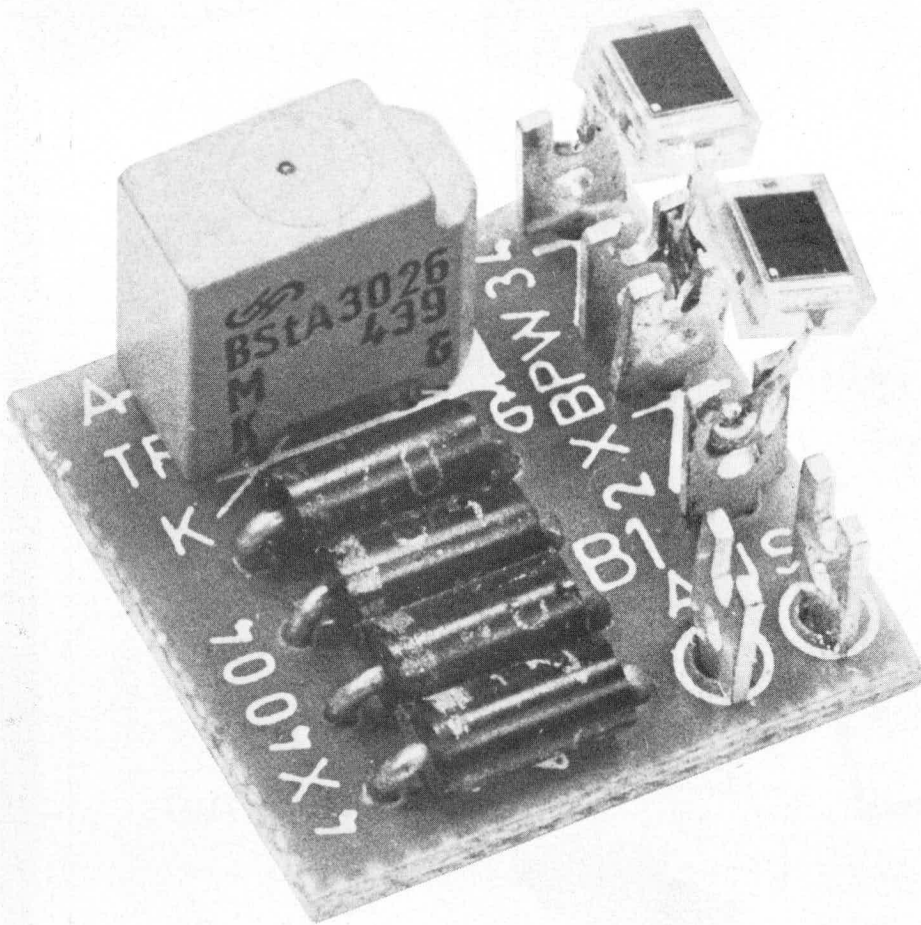
Printentwürfe auf Klarsichtfolie zur problemlosen Herstellung der Platinen

Kostenloser Reparaturservice

für jeweils eine veröffentlichte Schaltung

Tochterblitz

Ein optischer Blitzauslöser für zusätzliche Blitzgeräte



Aus der Sendung „Für Freunde der Elektronik“ der Fernsehreihe „Hobbythek“ von Jean Pütz.
C Verlagsgesellschaft Schulfernsehen, Köln.
Mit freundlicher Unterstützung der Firma
THOMSEN-ELEKTRONIK, D 6349 Nenderoth

Dieser Baustein wurde speziell für den Einsatz in der Fototechnik entwickelt.

Der Blitzauslöser arbeitet opto-elektronisch und kann meterlange Blitzkabel (Synchronkabel) ersetzen, wenn Fotoamateure oder Fotoprofis zur Hintergrundaufhellung oder Effektbeleuchtung einen oder mehrere Foto-Blitze einsetzen wollen.

Funktion der Schaltung

Der hier vorgestellte elektronische Blitzauslöser ist ein optisch steuerbarer Kontakt, der den Kamerakontakt ersetzt. Fällt Licht vom Hauptblitz auf die beiden hintereinander geschalteten Fotodioden BPW 34, dann entsteht an ihnen eine Gesamtspannung von etwa 0,6 Volt, die ausreicht, den Thyristor TR zu zünden. Der TR schaltet damit (über Blitzkabel und Steckkontakt) den Zündkondensator des Zweitblitzes über die Zündspule durch und löst ihn aus. Die vier Dioden 1 N 4004 bilden eine Grectz-Brückenschaltung und dienen zur Gleichrichtung der anlie-

genden Spannung. Das hat den Vorteil, daß man auf die Polarität der Blitzkontakte nicht achten muß.

Zum Nachbau

Die Bestückung der Platine sollte zweckmäßigerweise in folgender Reihenfolge vorgenommen werden:

1. Anschlußstifte für das Blitzkabel
2. Dioden 1 N 4004
3. Thyristor TR; achten Sie auf die Einbaulage: Die Kerbe auf dem Gehäuse muß mit dem schwarzen Balken übereinstimmen.
4. Fotodioden BPW 34; identifizieren Sie zunächst anhand der Maßskizze

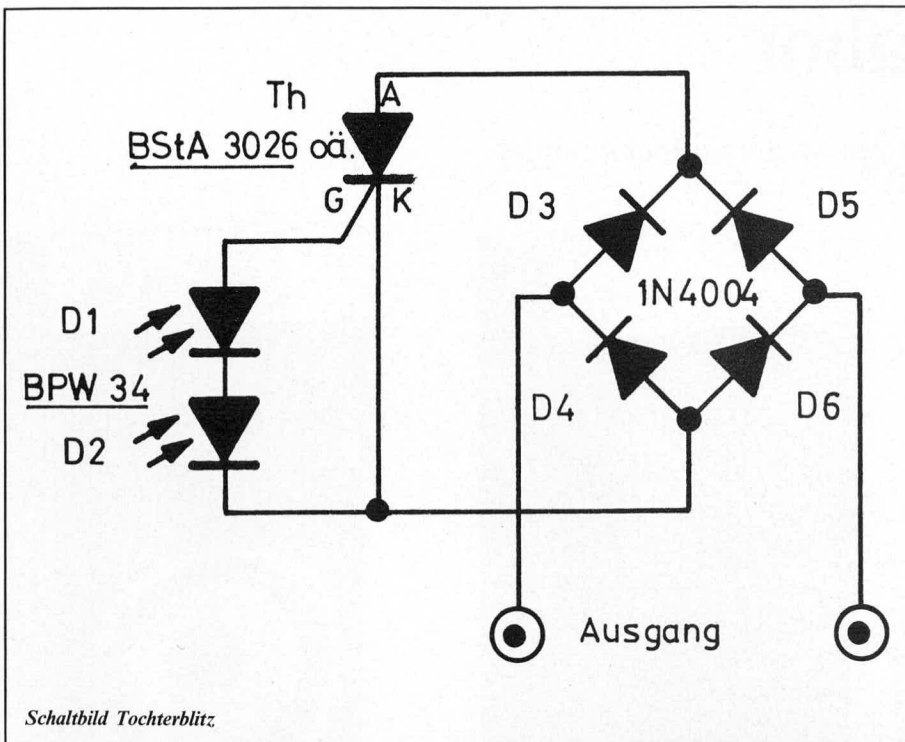
die Kathode und bauen Sie die Kathode so ein, daß die Kathode in Pfeilrichtung zeigt.

Es ist empfehlenswert, die Schaltung mit gut durchsichtigem Gießharz zu vergießen.

Inbetriebnahme

Als nächstes entfernen Sie den Stecker des Blitzkabels, das zu dem Zweitblitzgerät mitgeliefert wird und löten es an die Anschlüsse auf der Platine an. Die Polung des Blitzkabels ist dabei unbedeutend.

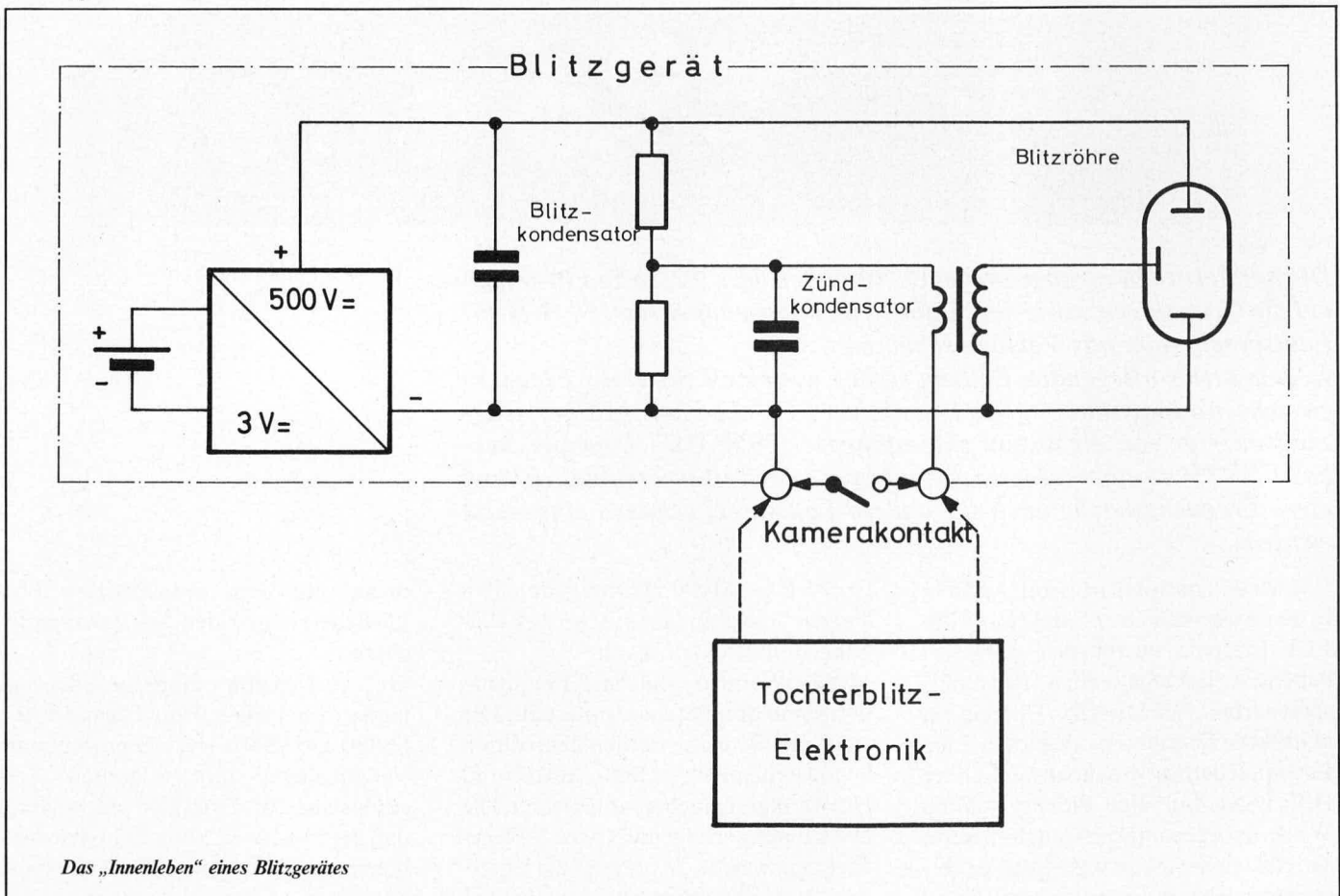
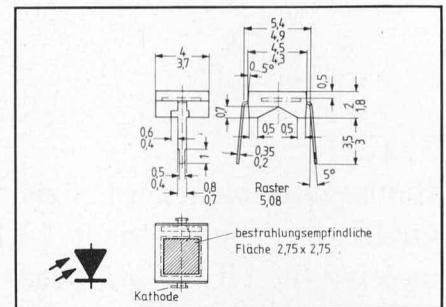
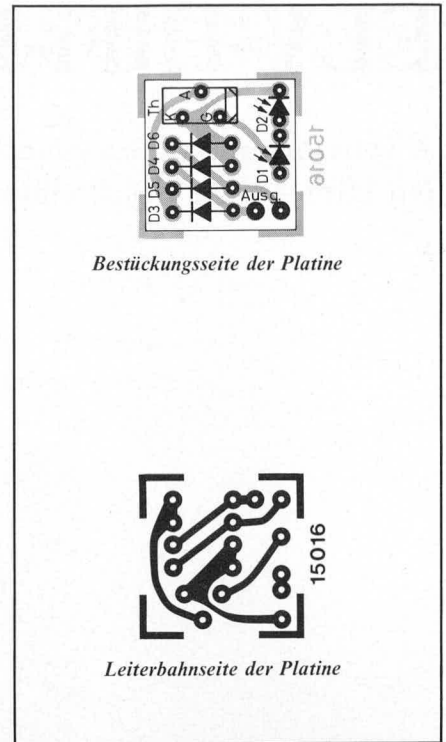
Wenn Sie jetzt ein Blitzgerät am Anschluß einstecken und unseren Toch-



terblitz mit einem anderen Blitzgerät anblitzen, dann sollte es blitzen. Wenn nicht, dann untersuchen Sie die Schaltung, ob auch alle Bauelemente richtig eingesetzt und eingelötet sind. Es ist weiterhin darauf zu achten, daß keine Zinnbrücken beim Aufbau entstanden sind. Nach Beseitigung eventueller Fehler dieser Art arbeitet die Schaltung in der Regel.

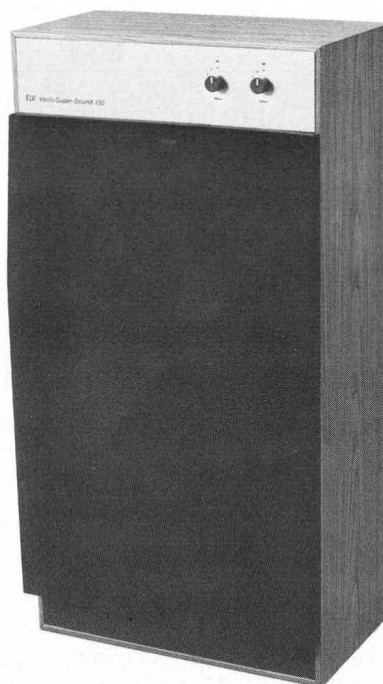
Anwendung

Die Reichweite der Schaltung beträgt bis zu 20 m. Wenn die Umgebungshelligkeit zu groß ist, verringert sich die Reichweite oder die Schaltung arbeitet gar nicht mehr. In normal beleuchteten Räumen — selbst bei Tag in hellen Räumen — funktioniert alles einwandfrei.



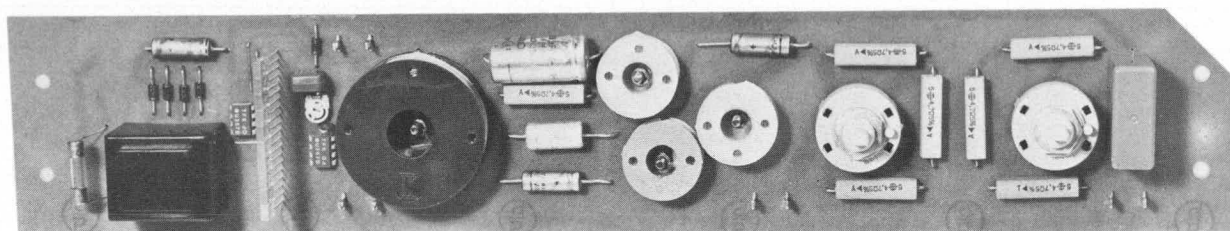
ELV-HiFi-Labor

3. Teil einer Serie, die ausführlich den Nachbau einer kompletten HiFi-Anlage beschreibt



3. Teil:

Baubeschreibung der Präzisions-Frequenzweiche mit Individualreglern und aktiver LED-Leistungs-/Übersteuerungsanzeige für HiFi-Lautsprecherbox bis 150 W.



Die Artikel in den vorangegangenen Ausgaben ELV Nr. 13 und 14 gingen auf die Grundlagen sowie den Aufbau einer phasenlinearen 150 W HiFi-Lautsprecherbox mit Varioeinschub ein.

In dem hier vorliegenden Beitrag stellen wir eine Präzisions-Frequenzweiche mit Individualreglern und aktiver LED-Leistungs-/Übersteuerungsanzeige vor, die unsere phasenlineare 150 W HiFi-Lautsprecherbox VSS 150 zu einer echten Spitzenbox macht. Selbstverständlich kann diese Frequenzweiche auch für andere Lautsprecherboxen eingesetzt werden.

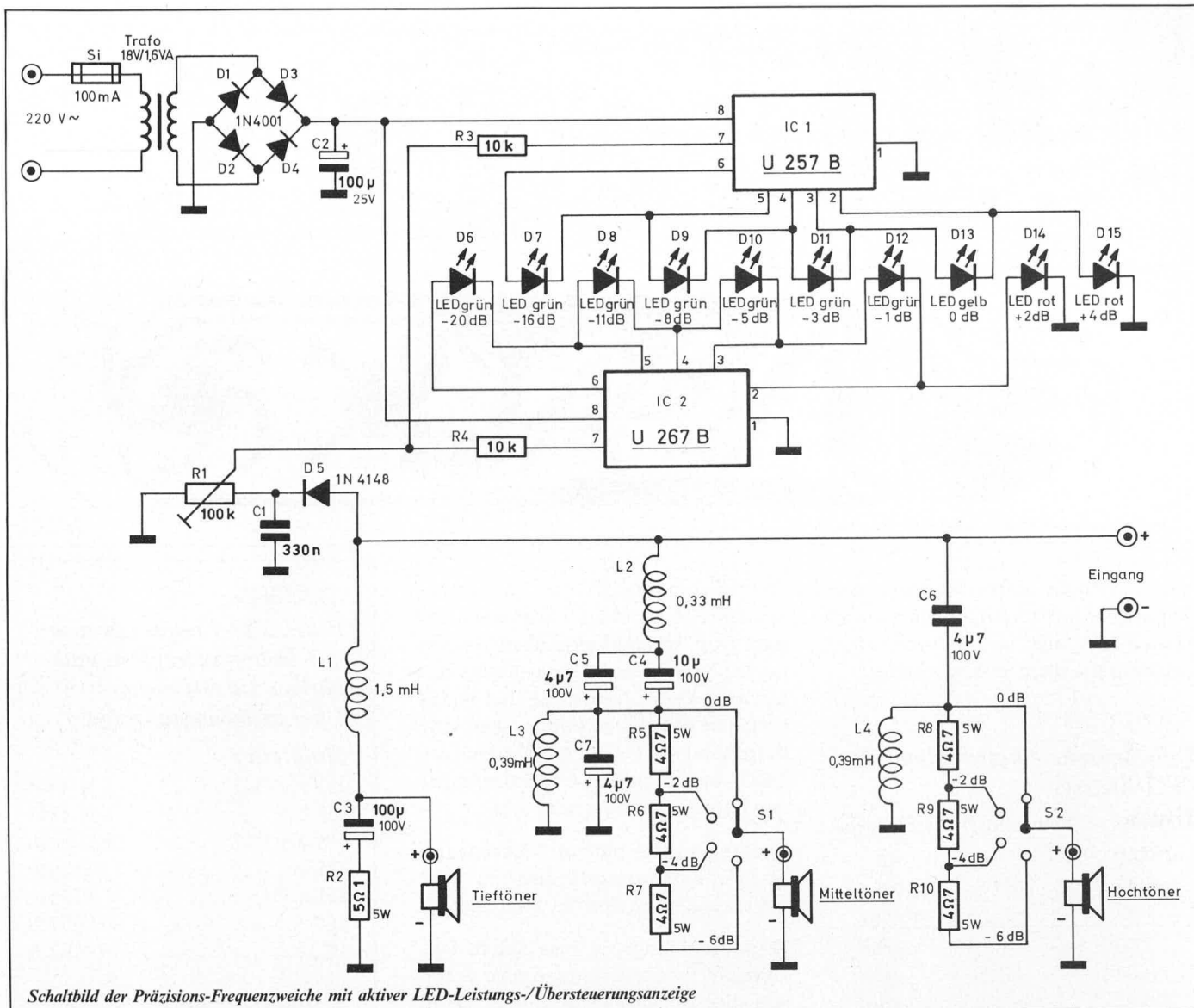
Wie wir bereits in den früheren Artikeln in den Ausgaben Nr. 13 und Nr. 14 des ELV-Journals ausführlich dargelegt haben, ist die Aufgabe einer HiFi-Lautsprecherbox, elektrische Energie in akustische Energie umzuwandeln. Eine Lautsprecherbox wird hochwertig oder HiFi (Abk. für High Fidelity = hohe Wiedergabegenauigkeit) genannt, wenn sie elektrische Schwingungen im gesamten hörbaren Frequenzbereich von

ca. 20 Hz—20 000 Hz mit minimalen Verzerrungen in akustische Schwingungen umwandeln kann.

Meistens wird der hörbare Frequenzbereich in drei Bereiche unterteilt. Die einzelnen Bereiche werden dann durch Speziallautsprecher (Baß-, Mittel- und Hochtonlautsprecher) abgestrahlt. Die Unterteilung erfolgt durch eine 3-Wege-Frequenzweiche. Je präziser die Unterteilung erfolgt, um so weniger Leistung

dringt aus dem benachbarten Frequenzbereich zu den Speziallautsprechern.

Hochentwickelte moderne Speziallautsprecher wie z. B. die Typen SS 300, SS 130 und SS 80 verursachen minimale Verzerrungen im „erlaubten Leistungsbereich“. Es ist also sehr wichtig, daß man im Betrieb von Lautsprecherboxen darauf achtet, daß die maximal zugelassene Leistung — auch kurzfri-



Schalbild der Präzisions-Frequenzweiche mit aktiver LED-Leistungs-/Übersteuerungsanzeige

stig — keinesfalls überschritten wird. Denn ähnlich wie beim Verstärker nehmen die Verzerrungen bei den Lautsprechern nach Überschreitung der Leistungsgrenze extrem stark zu. So kann eine Überlastung von 2—5% die Verzerrung verdoppeln. Was nützen die „Traumdaten“ einer hochwertigen Anlage, wenn durch Übersteuerung die Verzerrungen, also der Klirrfaktor 10—20% beträgt?

Ein weiterer Nachteil der Überlastung von Lautsprecherboxen liegt in den möglichen mechanischen Schäden, die dadurch entstehen: überhöhte Leistung führt zu starker Erwärmung der Schwingspule und zu übergroßen Schwingungen der Membrane. Dort entstandene Schäden können eine Funktionsunfähigkeit des Lautsprechers zur Folge haben.

Sowohl von der hochwertigen Wiedergabe als auch von der langen Lebensdauer der Systeme her gesehen, ist es also entscheidend, daß die maximale zugelassene Leistung auch kurzfristig

nicht überschritten wird. Um dies zu verhindern, muß die jeweilige augenblickliche Leistung durch geeignete Meßinstrumente kontrolliert werden. Da die Impedanz der Lautsprecher konstant ist, erfolgt die Leistungsüberwachung durch die Kontrolle der Spannung an den Lautsprechern. Dabei ist es sehr wichtig, daß auch kurzfristige Leistungsspitzen erfaßt und angezeigt werden. Somit scheidet Zeigerinstrumente wegen der Trägheit des Zeigers als geeignetes Meßinstrument aus. Sowohl aus technischer, als auch wirtschaftlicher Sicht sind LED-Ketten mit elektronischer Ansteuerung als Leistungsspitzenwertanzeigen am besten geeignet.

Um den vorhin beschriebenen Forderungen gerecht zu werden, wurde der erste Aufbau-Bausatz des HiFi-Entwicklungssystems SS 150

- mit logarithmischer LED-Kettenanzeige
- mit einer Präzisions-Frequenzweiche sowie

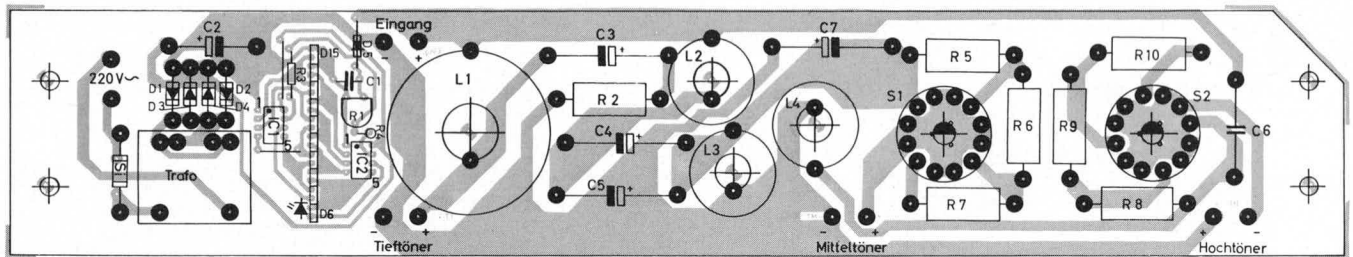
- mit Individualreglern für den Mittel- und Hochtonbereich ausgestattet.

Das LED-Anzeigenfeld besteht aus 10 viereckigen Leuchtdioden.

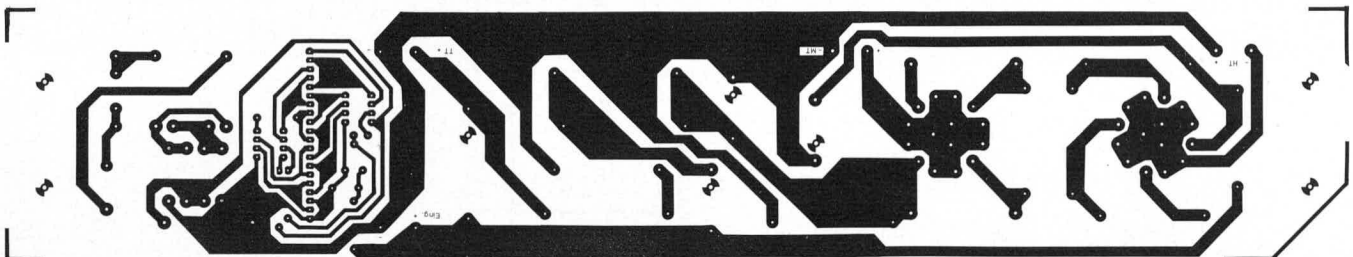
Beim Betrieb im erlaubten Bereich leuchten grüne LEDs auf. Eine orange leuchtende Diode zeigt an, daß der Grenzbereich erreicht ist. Bei Überschreitung der maximalen Leistung leuchten rote LEDs auf.

Die Anzeige ermöglicht somit das Ablesen der Anzeigen auch von größeren Entfernungen.

Die LEDs werden von den ICs U 257 B und U 267 B der Firma AEG-Telefunken angesteuert. Diese ICs sind so konzipiert, daß sie Spannungsschwellen erkennen, diese sofort anzeigen, den angezeigten Wert kurz speichern und dann löschen. Mit anderen Worten heißt das, daß die LED-Anzeige eine kurze Anlaufzeit und eine lange Abklingzeit hat. Auch Impulse mit einer Dauer von 1—10mSekunden, welche ausreichen würden, die Systeme zu zer-



Bestückungsseite der Platine (Originalgröße: 380 x 70 mm)



Leiterbahnseite der Platine (verkleinert dargestellt)

stören, werden 100—150mSekunden lang angezeigt, d. h. lange genug für das menschliche Auge, welches sonst kurze Lichtimpulse nicht erfassen kann.

Tabellarische Skalenteilung der LED-Anzeige

Schwelle (V)	Schwelle(dB)	LED-Farbe
2,00	+ 6	rot
1,41	+ 3	rot
1,19	+ 1,5	orange
1,00	0	grün
0,84	- 1,5	grün
0,71	- 3	grün
0,50	- 6	grün
0,32	- 10	grün
0,18	- 15	grün
0,10	- 20	grün

Die in der tabellarischen Skalenteilung der LED-Anzeige angegebenen Werte beziehen sich auf die Eingänge der ICs (Pin 7). Die Anzeige wird mit dem Stellwiderstand R1 geeicht. Die Eichung erfolgt bei abgeklemmten Lautsprechern mit einer sinusförmigen Wechselspannung von $24,5 V_{eff} = 0dB$. Die Wechselspannung mit einer Frequenz von 50 Hz—500 Hz wird am Eingang der Frequenzweiche angelegt. Die Stromversorgung der LED-Anzeige erfolgt aus dem 220 V-Netz über einen Netztrafo. Da die Leistungsaufnahme eines ICs maximal 0,6 Watt beträgt, haben wir auf einen Netzschalter verzichtet. Abschließend möchten wir noch auf den besonderen Vorteil der aktiven Leistungs-/Übersteuerungsanzeige hinweisen.

Der Leistungsbedarf der Anzeigeeinheit mittels Leuchtdioden ist zwar nicht sehr groß, bedenkt man aber, daß im normalen Betrieb die Lautsprecherboxen mit wesentlich weniger als 1 W angesteuert werden, so kommt man sehr schnell mit der Leistungsaufnahme der LEDs in die gleiche Größenordnung der Lautsprechersysteme.

Dies führt aufgrund von Nichtlinearitäten in der Anzeigeeinheit zu mehr oder weniger großen Verzerrungen.

Setzt man hingegen eine aktive Leistungs-/Übersteuerungsanzeige ein, wie dies im vorliegenden Fall getan wurde, ist durch Verwendung von integrierten Schaltkreisen (IC1, IC2), die einen hohen Eingangswiderstand besitzen, die Belastung der dem Lautsprecher zugefügten Leistung vernachlässigbar.

Durch das besondere Echo, das diese wirklich hervorragende Lautsprecherbox hervorgerufen hat, haben wir uns entschlossen, nicht nur die neue Frequenzweiche einzeln sondern auch einen Aufbau-Bausatz anzubieten, mit dessen Hilfe unter Verwendung der Bauteile aus der Frequenzweiche in unserer Ausgabe ELV Nr. 14 nun die neue Präzisionsfrequenzweiche mit aktiver LED-Leistungs-/Übersteuerungsanzeige zu erstellen ist.

Selbstverständlich sind auch von dieser neuen HiFi-Lautsprecherkombination mit Box und der neuen Frequenzweiche Bausätze und Fertigboxen lieferbar, die aufgrund ihrer qualitativ hochwertigen Verarbeitung und ihrer Leistung, wohl in die Spitzenklasse einzureihen sind.

Stückliste:

Präzisions-Frequenzweiche mit Individualreglern und aktiver LED-Leistungs-/Übersteuerungsanzeige

Halbleiter

- D1 bis D4 1 N 4001
- D5 1 N 4148
- D6 bis D12 LED grün
- D13 LED gelb
- D14, D15 LED rot
- IC1 U 257 B
- IC2 U 267 B

Kondensatoren

- C1 MKS 0,33 μF RM 7,5
- C2 ELKO 100 μF /25 V
- C3 ELKO 100 μF /100 V
- C4 ELKO 10 μF /100 V
- C5 ELKO 4,7 μF /100 V
- C6 MKC 4,7 μF /100 V Wima
- C7 ELKO 4,7 μF /100 V

Induktivitäten (Spulen)

- L1 1,5 mH
- L2 0,33 mH
- L3, L4 0,39 mH

Widerstände

- R1 100 k Ω /8 mm
- R2 5,1 Ω /5 W
- R3, R4 10 k Ω /0207
- R5 bis R10 4,7 Ω /5 W

Sonstiges

- 1 Trafo 1,6 VA/18 V
- 1 Sicherung 100 mA, T
- 1 Platinensicherungshalter
- S 1, Drehschalter 1 x 4 Stellung
- S 2, Drehschalter 1 x 4 Stellung

Digitaler Kfz-Drehzahlmesser



Aufgrund der großen Resonanz bezüglich unseres Kfz-Außen-/Innen-Thermometers (ELV Nr. 12), stellen wir hier im gleichen formschönen Gehäuse einen dazu passenden digitalen Kfz-Drehzahlmesser vor, der sich durch seine hohe Auflösung (10 Upm), seine gute Genauigkeit (Präzisionswandler) sowie hervorragende Stabilität (Integrationsverfahren) besonders auszeichnet — kurzum, eine völlige Neukonstruktion auf dem Gebiet der digitalen Kfz-Drehzahlmesser.

Kfz-Drehzahlmesser werden im allgemeinen als Frequenzzähler aufgebaut, die die vom Unterbrecherkontakt kommenden Impulse auszählen. Setzt man noch eine Quarzzeitbasis ein, so ergibt sich ein idealer Drehzahlmesser mit hoher Genauigkeit — sollte man zumindest meinen.

Diese Vermutung trifft jedoch nicht zu. Durch die im Kfz vorhandene außerordentlich stark „verschmutzte“ Bordspannung sowie die „unsauberen“ Unterbrecherkontakt-Impulse, kann der Zähler u. U. allen möglichen Unfug anzeigen, nur nicht das, was man gerne hätte.

Abhilfe schafft man durch ein mehr oder weniger aufwendiges Eingangsfilter, welches aber häufig nicht den gewünschten Erfolg bringt. Nur so ist es auch zu erklären, daß man sich normalerweise mit einer zweistelligen Anzeige zufriedengeben muß.

Nicht so bei dem von uns entwickelten Digitalen Kfz-Drehzahlmesser, der nach einem vollkommen anderen Prinzip arbeitet.

Was kann der ELV-Leser erwarten?

Einen Drehzahlmesser mit vierstel-

liger (!) Anzeige — es braucht nicht mehr mit 10 oder 100 multipliziert zu werden — von denen die drei linken Stellen „aktiv“ sind (Tausender-, Hunderter- und Zehner-Stelle) und die rechte (Einer-) Stelle als Dummy immer eine Null anzeigt, damit eine zusätzliche Multiplikation entfällt.

Eine Auflösung bei einem Kfz-Drehzahlmesser von 10 Upm dürfte wohl eine bemerkenswerte Leistung darstellen, besonders, da die Stabilität der Anzeige „sehr sauber“ ist.

Den Luxus, einen derart exklusiven digitalen Kfz-Drehzahlmesser mit den vorgenannten entscheidenden Vorteilen zu besitzen, muß man sich zwar nicht teuer erkaufen, ein wenig mehr als üblich, ist aber schon zu investieren.

Unser Entwicklungsteam hat sich aber gesagt:

Wir wollen unseren Lesern keine alten Hüte servieren (was bei manchen, besonders interessanten und ausgereiften Schaltungen durchaus auch seine Berechtigung haben kann), sondern aufgrund der uns zu Verfügung stehenden technischen Möglichkeiten Ihnen etwas Besonderes bieten — aber überzeugen Sie sich selbst.

Funktionsbeschreibung

Die vom Unterbrecherkontakt kommenden Impulse werden mittels R2 und C4 „entschärft“ und anschließend über den als Komparator geschalteten Operationsverstärker OP1(1/2IC3) in Rechteckimpulse mit konstanter Amplitude umgeformt.

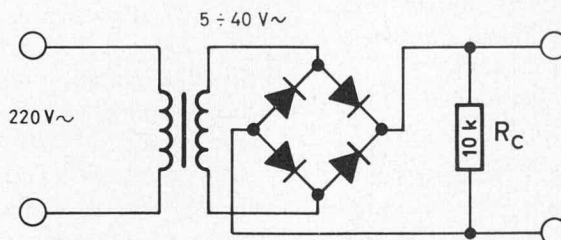


Bild 1: Einfache Hilfsschaltung zur Einstellung des digitalen Kfz-Drehzahlmessers

Im allgemeinen wird für C4 der angegebene Wert von 6,8 nF günstig sein. Soll die Schaltung jedoch sehr hohe Drehzahlen bei evtl. sogar 8-zylindrigen Motoren auswerten, so daß die Eingangsfrequenz sehr hoch liegt, ist C4 ggfs. auf 2,2 nF zu verkleinern, entsprechend gilt für 1-zylindrige Motoren und etwas geringeren Höchstdrehzahlen, daß C4 unter Umständen auf 15 nF und mehr vergrößert werden kann.

R3 dient zur Erzeugung einer Hysterese, die bei der angegebenen Dimensionierung ($R3 = 1 \text{ M}\Omega$) sehr gering ist.

Sollten die Eingangsimpulse stark „verschmutzt“ sein, so ist durch Verkleinern von R3 auf Werte bis hinunter zu 100 k Ω die Störungsempfindlichkeit zu verbessern.

Dem als Komparator arbeitenden Op1 ist ein Differenzglied, bestehend aus C5/R6 nachgeschaltet, das die Impulse aufbereitet für den Frequenzspannungs-Umsetzer, der mit dem IC4 des Typs 4151 aufgebaut wurde.

Dieses IC beinhaltet bis auf wenige extern anzuschließende Bauelemente, alle Komponenten, die zur Realisierung eines präzisen U/f-Wandlers erforderlich sind.

Die Dimensionierung der externen Bauelemente ist so ausgelegt, daß von 1-zylindrigen Motoren mit 3000 Upm bis hin zum großen 8-Zylinder mit 10000 Upm alle Motoren angeschlossen werden können.

Die Einstellung des Skalenfaktors erfolgt mit dem Wendeltrimmer R10. Näheres hierzu im Abschnitt „Einstellung.“

An den Ausgang (Pin 1) des IC4 schließen sich zwei R/C-Glieder (R13/C8 sowie R14/C9) an, mit zwischengeschaltetem Buffer-Verstärker (OP2 = 1/2 IC3), um die an Pin 1 des IC4 anstehende Meßspannung noch besser zu glätten, die der Eingangsfrequenz und damit der Drehzahl des Motors proportional ist.

Die so gewonnene Meßspannung steht nun am Kondensator C9 an, der auf 33 $\mu\text{F}/16 \text{ V}$ vergrößert werden kann, sofern eine etwas trägere Anzeige gewünscht wird.

Über R16 gelangt sie auf den + Eingang (Pin 31) des IC2, dessen -Eingang auf -8 V liegt (gleich Minuspol von C9).

Das IC2 stellt mit seiner Zusatzschaltung (R16 bis R20 sowie C10 bis C14) einen kompletten digitalen Spannungsmesser dar, wie er schon häufig in

unserem Fachmagazin beschrieben wurde.

Auf eine detaillierte Schilderung soll an dieser Stelle daher verzichtet werden.

Für diejenigen unter unseren Lesern, die dieses IC des Typs ICL 7107 noch gar nicht kennen, wollen wir kurz die Wirkungsweise darstellen.

Die zu messende Spannung wird zwischen die Anschlußbeinchen Pin 30 und Pin 31 angelegt.

Durch einen mehr oder weniger umfangreichen Funktionsablauf, auf dessen Beschreibung wir hier verzichten wollen, werden die Sieben-Segment-Anzeigen des Typs TIL 701 (gemeinsame Anode) so angesteuert, daß der angezeigte Wert der Eingangsspannung (Pin 30/31) proportional ist.

Mit dem Wendeltrimmer R18 wird eine Referenzspannung eingestellt und dem Punkt (Pin) 36 zugeführt, die den Umsetzfaktor (Skalenfaktor) festlegt.

So kann man bei Anlegen von 2 V Eingangsspannung eine Anzeige von 2000 erhalten (bei 1 V würde dann 1000 angezeigt) oder je nach Bedarf und Einstellung der Referenzspannung (mit R18) ein anderer Wert (z. B. 0,2 V Eingangsspannung-Anzeige 2000 oder auch Zwischenwerte wie 0,3 V Eingangsspannung-Anzeige 1500).

In unserem Fall wird der Umsetzfaktor so eingestellt, daß sich bei einer Drehzahl von z. B. 3000 Upm eine direkte Anzeige von 3000 ergibt, entsprechend 9999 Upm-Anzeige 9999 — näheres hierzu unter dem Kapitel Einstellung.

Stromversorgung

Beim Studieren des Schaltbildes werden Ihnen sicher die Bezeichnungen 0 V, -5 V, -8 V und -12 V auffallen. Dies hat folgende Bewandnis:

Die Gesamtschaltung wird aus der ungestabilisierten, stark „verschmutzten“ Kfz-Bordspannung versorgt, die im Extremfall zwischen 10 V und 15 V schwanken kann.

Um eine gute Genauigkeit zu erzielen, ist eine Stabilisierung notwendig.

Das IC2 benötigt eine stabilisierte Spannung von +5 V und eine zweite negative Spannung, die ungestabilisiert sein kann. Die erste, stabilisierte Spannung, wird mittels des IC1 erzeugt. Die zweite, negative Spannung, ist dann automatisch die Differenz der Eingangsversorgungsspannung (ca. 12 V) abzüglich der stabilisierten 5 V — also ca. 7 V.

Eine weitere stabilisierte Spannung von 8 V, die zur Versorgung des IC4 dient, wird mittels der Z-Diode D1 im Zusammenhang mit dem Widerstand R1 erzeugt.

Da alle stabilisierten Spannungen als gemeinsamen Bezugspunkt den +12 V Kfz-Bordspannungsanschluß haben, wurde dieser Punkt mit 0 V bezeichnet und alle anderen Spannungen darauf bezogen.

Die -5 V, -8 V und -12 V liegen also mit ihrem gemeinsamen +Pol alle am 0 V-Anschluß, während die zugehörigen Minusspannungen entsprechend weit unter 0 V liegen.

Zum Nachbau

Durch die ausgereifte Schaltung gestaltet sich der Nachbau zwar recht einfach, sollte aber aufgrund der besonderen Feinheit des Schaltungsaufbaus nur von versierten Hobby-Elektronikern in Angriff genommen werden, denen auch ein entsprechender LötKolben mit sehr feiner Spitze zur Verfügung steht.

In den meisten Fällen soll die fertig bestückte Platine in ein Gehäuse eingebaut werden, zumal hierfür schon eine entsprechende Möglichkeit vorgesehen ist.

Zweckmäßigerweise geht man beim Aufbau deshalb wie folgt vor:

Zuerst wird die noch unbestückte Platine in das Gehäuse eingepaßt. Dies ist ratsam, da man immer mit gewissen Toleranzen seitens des Platinenmaterials oder der Gehäuseabmessungen rechnen muß.

Ggfs. müssen die Platine und evtl. auch das Gehäuse und die rote Filterscheibe an den Kanten etwas nachgearbeitet werden.

Sobald dies erledigt ist, kann mit dem eigentlichen Aufbau in gewohnter Weise begonnen werden.

Als erstes werden die Brücken, danach die Widerstände, Trimmer und Kondensatoren eingelötet.

Nun werden die Halbleiter (Dioden, IC's und Sieben-Segment-Anzeigen) bis auf das IC2 eingelötet.

Nachdem beide Platinen, bis auf besagtes IC2, fertig bestückt sind, können sie miteinander verlötet werden.

Es ist darauf zu achten, daß die Basisplatine so an die Anzeigenplatine angelötet wird, daß die Bestückungsseite der

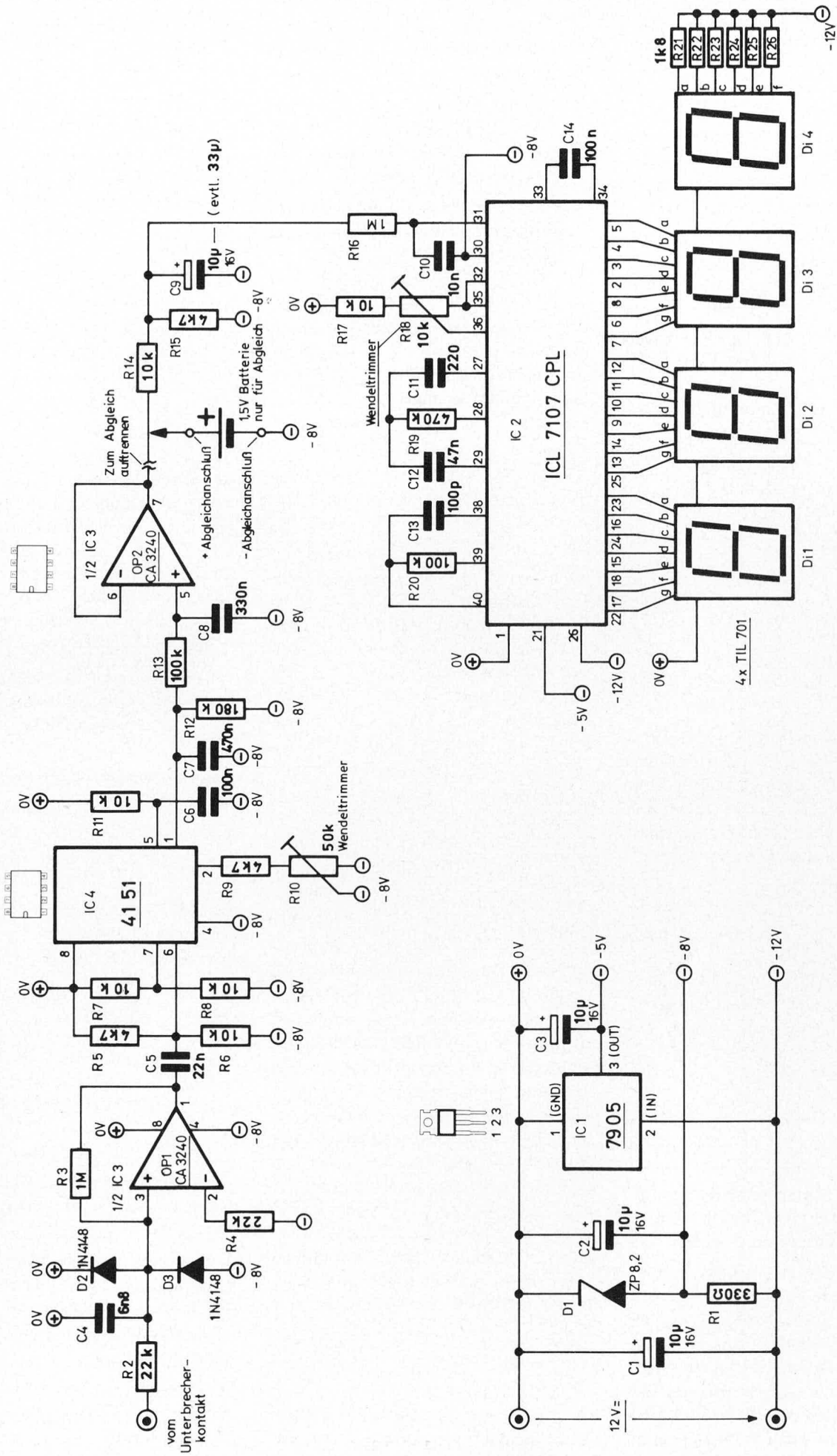


Bild 2: Schaltbild Digitaler Kfz-Drehzahlmesser

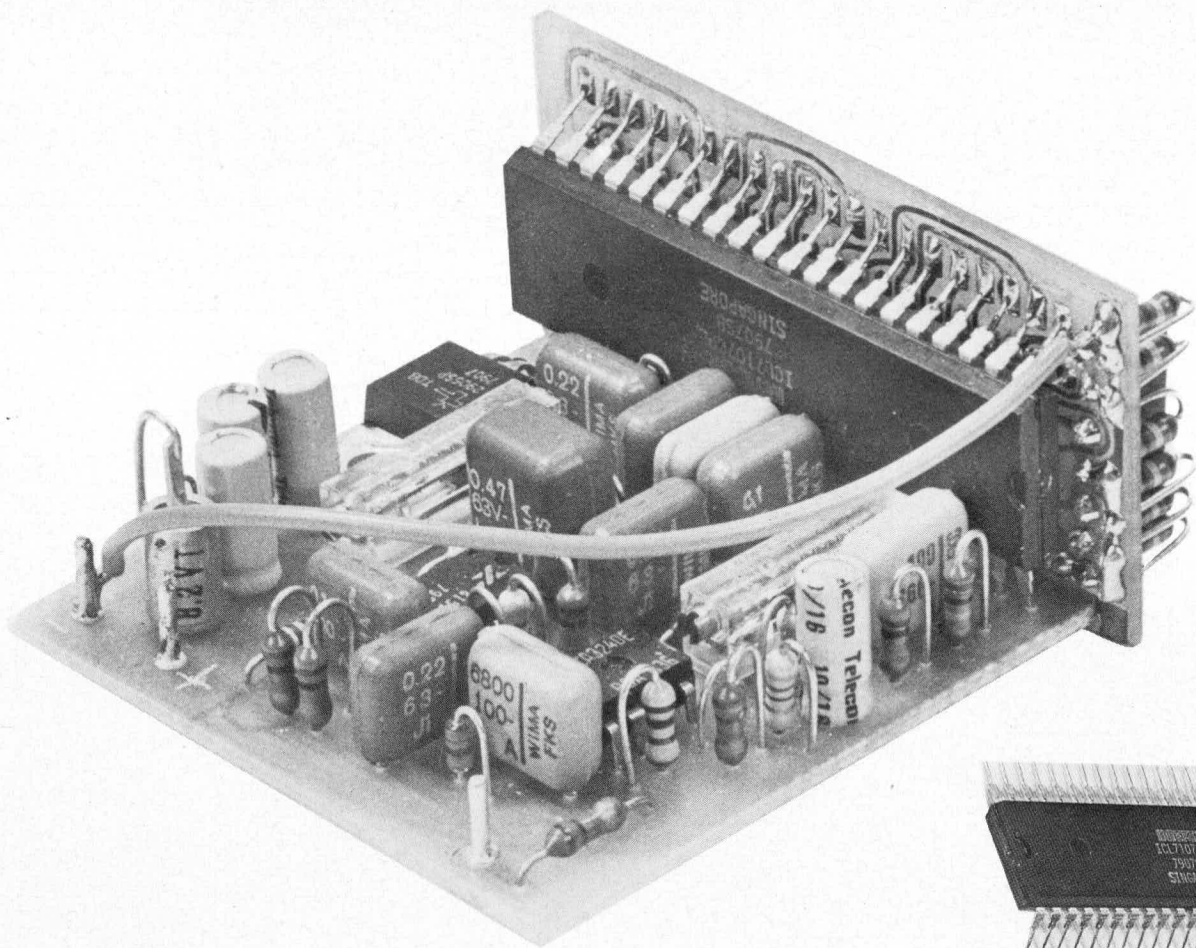


Bild 4: Ansicht der bestückten Platinen des digitalen Kfz-Drehzahlmessers



So müssen die Beinchen des IC 2 vor dem Einbau gebogen werden

Basisplatine später beim Einbau in das Gehäuse nach unten zeigt (Bauteile stehen auf dem Kopf).

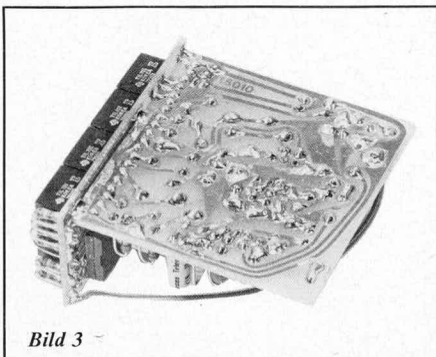


Bild 3

Bild 3 verdeutlicht diesen Arbeitsgang, in dem die bereits verlöteten Platinen von hinten, oben gezeigt werden.

Besondere Beachtung ist dem Einbau des IC 2 zu widmen, dessen Anschlußbeine leicht zurückgebogen werden müssen, bevor das IC mit seinen Anschlüssen 1—20 in die senkrechte (Anzeigen-) Platine eingelötet wird und mit den Anschlüssen 21—40 in die Basisplatine, wie dies auch in Bild 4 gezeigt ist.

Bevor das IC 2 jedoch eingelötet wird, sollten die einzelnen Segmente der Anzeige geprüft werden, da ein Auslöten einer defekten Anzeige mit Schwierigkeiten verbunden ist, wenn das IC 2 bereits eingebaut wurde. Das Prüfen geschieht zweckmäßigerweise mit einer kleinen 9 V Batterie, die über einen 1 kOhm Vorwiderstand an jedes einzelne Segment der Reihe nach angeschlossen wird, um nachzuschauen, ob das betreffende Segment auch aufleuchtet. Der Pluspol der Batterie ist hierbei an die gemeinsame Anode der einzelnen Anzeigenbausteine Di 1 bis Di 4 anzuschließen, der Minuspol über den 1 kOhm-Widerstand der Reihe nach an die einzelnen Segmente. Die Anschlußbelegung der Sieben-Segment-Anzeigen des Typs TIL 701 ist in Bild 5 dargestellt.

Bevor nun das Gerät in Betrieb genommen werden kann, ist noch der Ein-/Ausschalter zu verdrahten.

Zwar wird das Gerät durch die Zündung automatisch ausgeschaltet, es sollte jedoch auch die Möglichkeit be-

stehen, während der Fahrt das Gerät zu deaktivieren, damit z. B. bei Dunkelheit die Anzeige nicht irritieren kann.

Einstellung

Eine genaue Einstellung ist mit einfachsten Mitteln durchzuführen.

Nachdem die Versorgungsspannung angelegt wurde (+12 V an 0 V-Anschluß, -12 V an -12 V-Anschluß), ist zunächst der Widerstand R 14 mit einem Bein auszulöten, und zwar an der Seite, die zum Ausgang (Pin 7) des OP 2 geht.

An diesen ausgelöteten Widerstandsanschluß ist der Pluspol einer 1,5 V Batterie mit einem Draht anzuschließen.

Der Minuspol der Batterie wird mit -8 V verbunden (irgendein Punkt der Schaltung, der mit -8 V bezeichnet wurde — z. B. der Punkt der Schaltung, wo sich die Z-Diode D 1 und der Widerstand R 1 treffen).

Mit dem Wendeltrimmer R 18 wird die Anzeige nun auf einen Wert zwischen 4500 und 5000 eingestellt (Vorabgleich).

Der zweite, genaue Abgleich erfolgt mittels des Wendeltrimmers R 10, nachdem die 1,5 V Batterie abgeklemmt und R 14 wieder ganz eingelötet wurde, wie folgt:

Mit Hilfe der Schaltung nach Bild 1 wird aus der vorhandenen 220 V/50 Hz Netzwechselspannung ein 100 Hz Meßsignal gewonnen, das dann auf den Unterbrecherkontakteingang unserer Schaltung gegeben wird. Der 2. Anschluß wird an -12 V gelegt.

Wichtig bei dieser Meßschaltung ist, daß auf keinen Fall ein Kondensator parallel zum Ausgang geschaltet werden darf, da sonst keine Impulse, sondern eine Gleichspannung anliegt.

R 10 wird nun folgendermaßen eingestellt:

Bei Viertakt-Motoren erfolgt eine Zündung (also ein Impuls) bei jeder zweiten Umdrehung.

Bei 2-Zylinder-Motoren wird vom Unterbrecherkontakt also 1 Impuls pro Umdrehung erzeugt.

Bei 4-Zylinder-Motoren werden dementsprechend zwei Impulse und bei 8-Zylinder-Motoren 4 Impulse pro Umdrehung abgegeben.

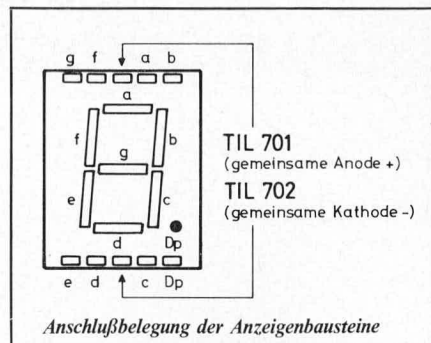
Eine Drehzahl von 3000 Upm entspricht bei 4-Zylinder-Viertaktmotoren, also 6000 Impulsen pro Minute, gleich 100 Impulsen pro Sekunde.

Da unsere Schaltung nach Bild 1 ebenfalls 100 Impulse pro Sekunde erzeugt, ist mit R 10 also eine Anzeige von 3000, entsprechend einer Drehzahl von 3000 Upm, einzustellen (für 4-Zylinder-Viertaktmotoren).

Da bei 8-Zylinder-Motoren doppelt so viele Impulse pro Umdrehung anfallen, wäre hierfür bei Anlegen der Referenzfrequenz aus unserer Meßschaltung mit R 10 nur eine Drehzahl von 1500 Upm einzustellen — bei 2-Zylinder-Motoren entsprechend 6000 Upm.

Damit ist die Einstellung des Gerätes abgeschlossen.

Wir wünschen Ihnen beim Nachbau und späteren Einsatz dieser interessanten Schaltung viel Erfolg.



Stückliste Kfz-Drehzahlmesser Halbleiter

IC1	.....	7905
IC2	.....	ICL 7107 CPL
IC3	.....	CA 3240
IC4	.....	4151
D1	.....	ZP 8,2
D2, 3	.....	1 N 4148
Di1-Di4	.....	TIL 701

Kondensatoren

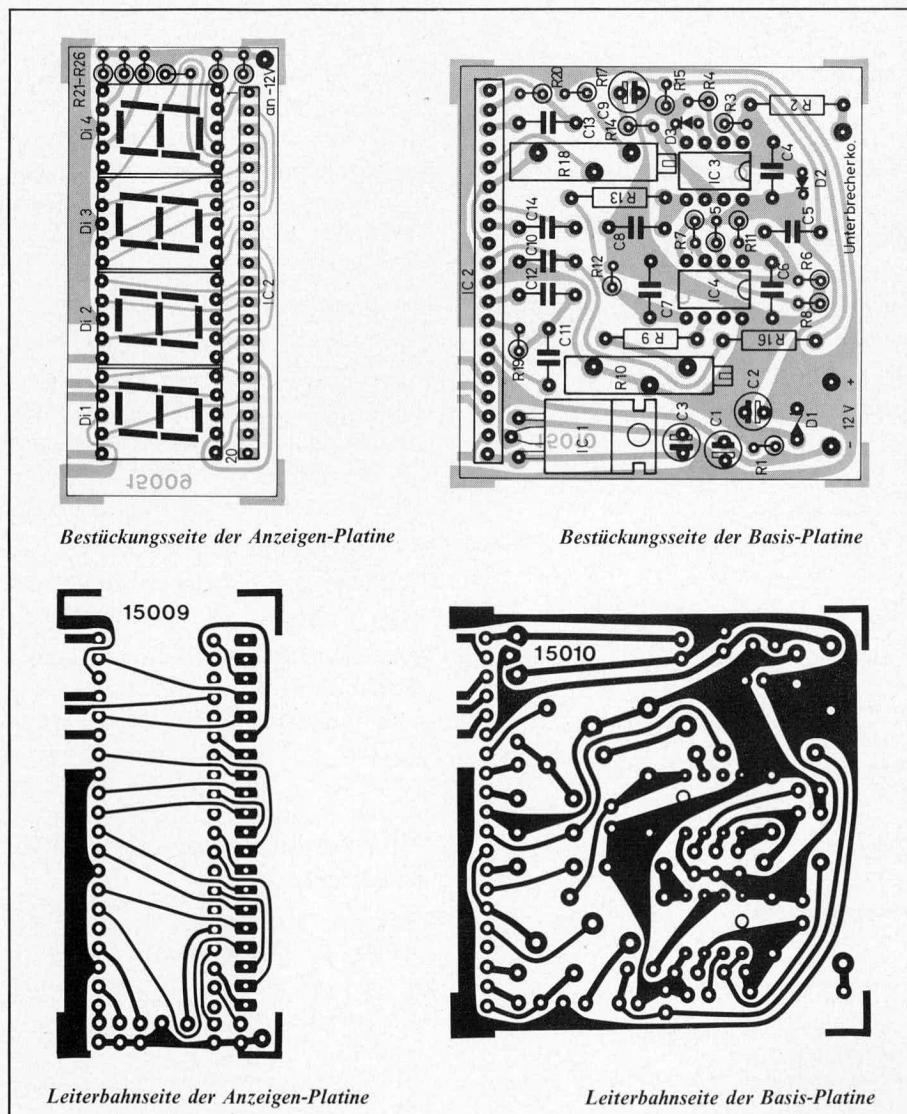
C1-C3	.....	10 μ F/16 V
C4	.....	6,8 nF
C5	.....	22 nF
C6	.....	100 nF
C7	.....	470 nF
C8	.....	330 nF
C9	.....	10 μ F/16 V (evtl. 33 μ F/16 V)
C10	.....	10 nF
C11	.....	220 nF
C12	.....	47 nF
C13, 14	.....	100 pF

Widerstände

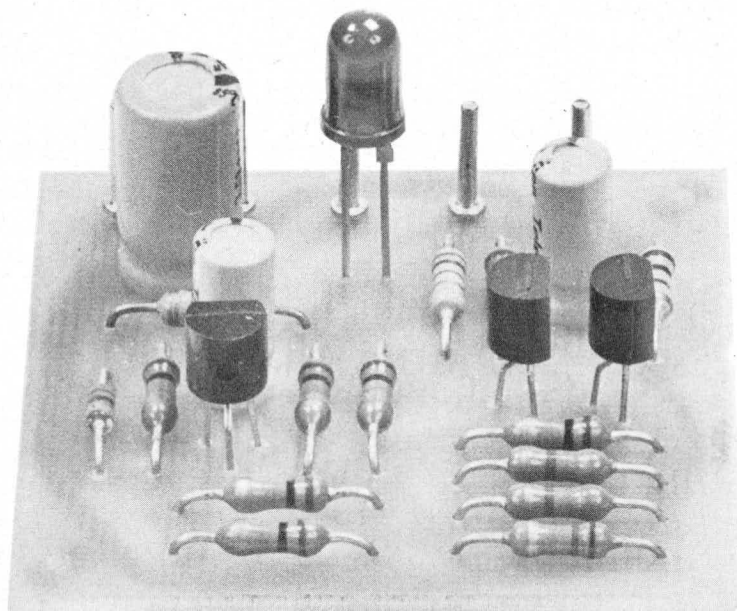
R1	.....	330 Ω
R2	.....	22 k Ω
R3	.....	1 M Ω
R4	.....	22 k Ω
R5	.....	4,7 k Ω
R6-R8	.....	10 k Ω
R9	.....	4,7 k Ω
R10	.....	50 k Ω , Trimmer
R11, R14	.....	10 k Ω
R12	.....	180 k Ω
R13	.....	100 k Ω
R15	.....	4,7 k Ω
R16	.....	1 M Ω
R17	.....	10 k Ω
R18	...	10 k Ω , Wendeltrimmer
R19	.....	470 k Ω
R20	.....	100 k Ω
R21-R26	.....	1,8 k Ω

Sonstiges

- 1 Gehäuse
- 1 Filterscheibe
- 3 Lötnägel



Spannungsausfall-Speicheranzeige



Manche Schaltungen und Geräte reagieren empfindlich zum Teil schon auf kurze Spannungsausfälle.

Die hier vorgestellte Schaltung registriert und speichert einen aufgetretenen Spannungsausfall oder Spannungseinbruch und zeigt dieses über eine Leuchtdiode an.

Mit der vorliegenden Schaltung lassen sich sowohl Totspannungsausfälle als auch kurze Spannungseinbrüche ab ca. 10 msec. erfassen.

Über die Resettaste wird die Schaltung in ihren Grundzustand (LED aus) zurückversetzt.

Der Anschluß der Schaltung, die im Leerlauf ca. 3 mA verbraucht, erfolgt direkt an die zu überwachende Spannungsquelle (Akku, Netzteil o. ä.).

Liegt eine höhere Eingangsspannung als 15 V vor, kann diese durch einfaches Vorschalten einer Z-Diode, wie dies in Bild 1 gezeigt ist, angepaßt werden.

Zur Schaltung

Die Transistoren T 1 und T 2 bilden im Zusammenhang mit dem gemeinsamen Emitterwiderstand R 3 einen Differenzverstärker.

Die Basis von T 2 liegt über R 9 und R 10

sowie den Basisvorwiderstand R 8 auf einer Spannung, die geringfügig unter der halben Versorgungsspannung liegt. Der Kondensator C 3 sorgt dafür, daß diese Spannung auch bei Spannungseinbrüchen in erster Näherung konstant bleibt.

Der Transistor T 1 liegt über den Widerständen R 1 und R 2 exakt auf halber Versorgungsspannung.

Da die Basis von T 1 eine geringfügig höhere Spannung aufweist, als die von T 2, übernimmt T 1 den kompletten Strom durch R 3, so daß T 2 gesperrt ist.

Über die Widerstände R 6 und R 11 ist der Transistor T 3 somit ebenfalls gesperrt — die LED D 2 ist gelöscht.

Tritt ein kurzer oder auch etwas längerer Spannungseinbruch auf, so sinkt die Versorgungsspannung der Gesamtschaltung ab — so auch die Spannung an der Basis von T 1. Über C 3 wird jedoch die Basisspannung am Transistor T 2 für eine gewisse Zeit auf ihrem alten Wert gehalten.

Da nun die Spannung an der Basis von T 1 unter den Wert der Spannung an der Basis von T 2 gesunken ist, steuert nun T 2 durch. Es entsteht ein Spannungsabfall an R 6, der wiederum über R 11 den Transistor T 3 durchsteuert — die LED D 2 leuchtet auf.

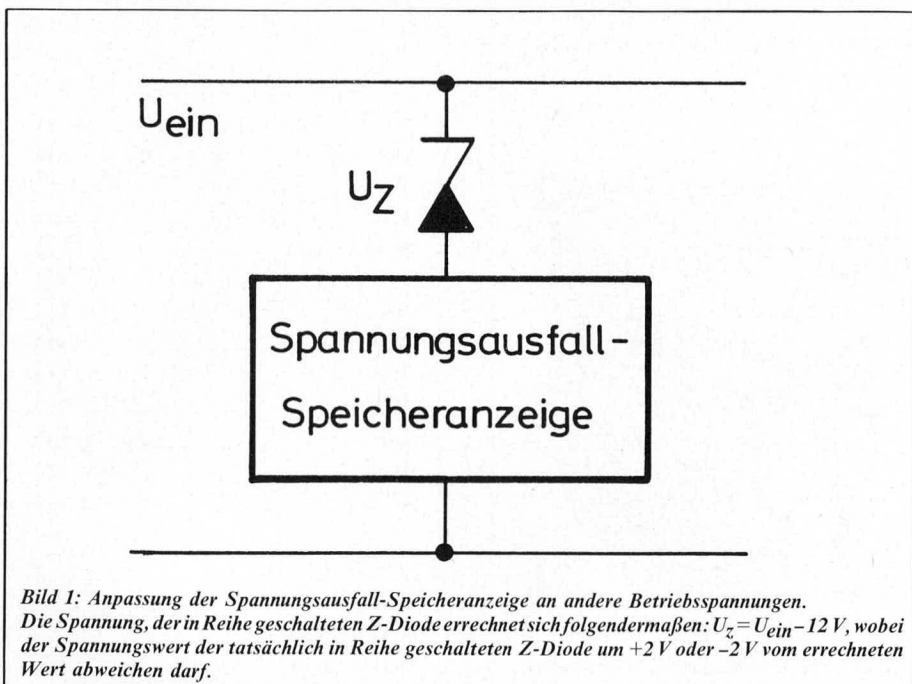
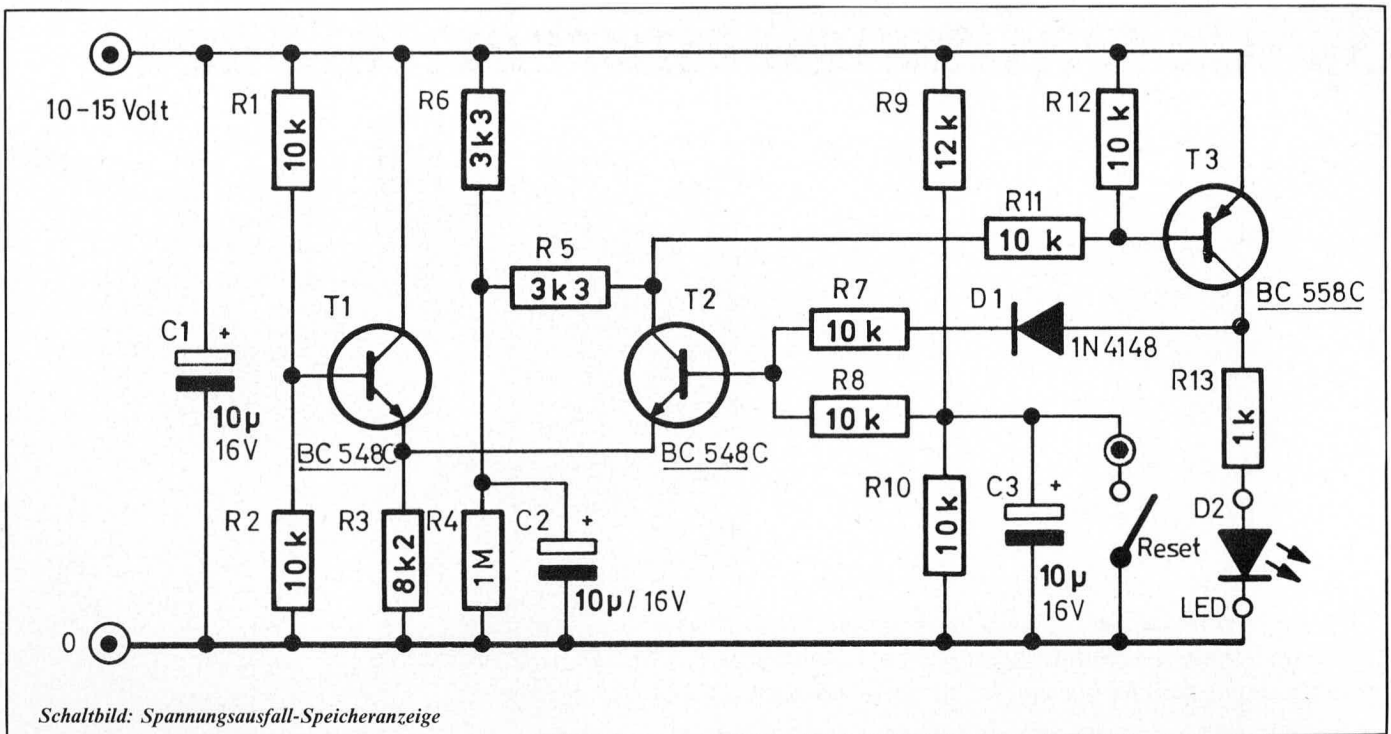


Bild 1: Anpassung der Spannungsausfall-Speicheranzeige an andere Betriebsspannungen.
Die Spannung, die in Reihe geschalteten Z-Diode errechnet sich folgendermaßen: $U_z = U_{ein} - 12 V$, wobei der Spannungswert der tatsächlich in Reihe geschalteten Z-Diode um +2 V oder -2 V vom errechneten Wert abweichen darf.



Über den Rückkopplungsweig D 1, R 7 wird die Basis von T 2 auf höheres Potential gezogen, als dies vorher der Fall war, so daß bei Wiederkehren der vollen Versorgungsspannung die LED trotzdem weiterleuchtet — es liegt also eine Speicherung des Wertes vor.

Tritt ein Totspannungsausfall auf, so daß die Gesamtschaltung stromlos war, wird nach Wiederkehren der Versorgungsspannung über die Kombination C 2, R 5 ein Spannungsabfall an R 6 hervorgerufen, der wiederum über R 11 den Transistor T 3 kurzzeitig durchsteuert. Wie schon vorstehend beschrieben, erfolgt über den Rückkopplungsweig D 1, R 7 eine Anhebung des Basispotentials von T 2, so daß die Diode D 2 aufleuchtet und dieser Zustand solange erhalten bleibt, bis die Resettaste betätigt wird und die Schaltung somit in ihren Ausgangszustand zurückversetzt wird.

Zum Nachbau

Die in dieser Schaltung eingesetzten Bauelemente sind in ihrer Handhabung weitgehend unproblematisch.

Als erstes werden die Widerstände, dann die Kondensatoren (auf Polarität achten) und zuletzt die Halbleiter eingesetzt.

Bei der Diode D 1 ist der dicke gelbe Ring die Katode, d. h. die Seite, zu der der Pfeil hinzeigt.

Bei der LED ist im allgemeinen die Anode durch einen etwas längeren Anschlußdraht gekennzeichnet, bzw. die Katode (die Seite, zu der der Pfeil hinzeigt) durch eine Abflachung am Gehäuse.

Sofern es sich um kleine Versorgungsspannungen handelt, schadet eine Verpolung einer Leuchtdiode normalerweise nicht — sie leuchtet allerdings nur, wenn die Polarität richtig ist.

Stückliste

Spannungsausfall-Speicheranzeige

Halbleiter

T 1, T 2	.....	BC 548 C
T 3	.....	BC 558 C
D 1	.....	1 N 4148
D 2	.....	LED, 5 mm, rot

Kondensatoren

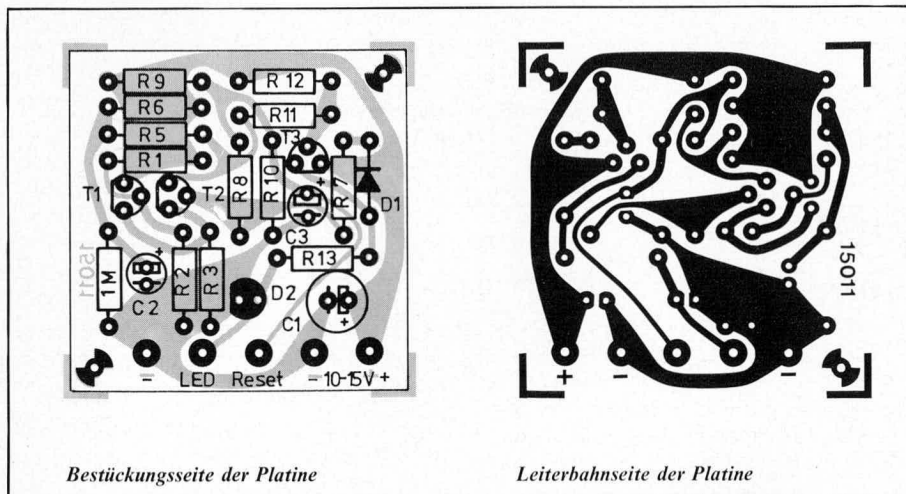
C 1	.....	10 µF/16 V
C 2	.....	10 µF/16 V
C 3	.....	10 µF/16 V

Widerstände

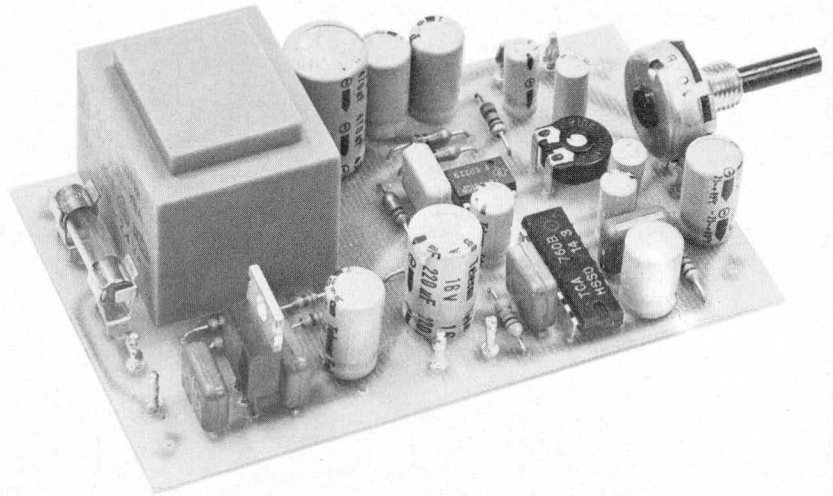
R 1	.....	10 kΩ
R 2	.....	10 kΩ
R 3	.....	8,2 kΩ
R 4	.....	1 MΩ
R 5	.....	3,3 kΩ
R 6	.....	3,3 kΩ
R 7	.....	10 kΩ
R 8	.....	10 kΩ
R 9	.....	12 kΩ
R 10	.....	10 kΩ
R 11	.....	10 kΩ
R 12	.....	10 kΩ
R 13	.....	1 kΩ

Sonstiges

1 Taste, z. B. Typ REK, Schadow
4 Lötstifte



Telefon-Mithörverstärker



Dieser Telefon-Mithör-Verstärker ermöglicht es, ohne Eingriffe in das Telefon vornehmen zu müssen, mit freien Händen zu telefonieren, denn er gibt das Gespräch über einen Lautsprecher klar und deutlich wieder.

Einfacher Anschluß, gute Übertragungsqualität sowie problemloser Aufbau zeichnen dieses interessante Gerät aus.

Die Vorteile eines Telefonverstärkers liegen klar auf der Hand:

Man kann mithören lassen, wen immer man will: Seine Familie, seine Freunde oder auch seine Mitarbeiter. Braucht man Gesprächszeugen, so ist das Gerät ebenfalls von großem Nutzen.

Außerdem hat man während des Gespräches seine Hände frei, um Notizen zu machen, in Akten zu blättern, oder an einer Schaltung zu löten, während man mit einem Freund und Gesinnungsgenossen Bastlererfahrungen austauscht. Man spricht einfach in die Muschel des Hörers auf dem Tisch und hört über den Telefonverstärker.

Das Gerät ist denkbar einfach aufzubauen, anzuschließen und zu bedienen.

Zur Schaltung

Das Herz der Schaltung wird durch den

integrierten Schaltkreis TCA 760 B dargestellt.

Dieses IC beinhaltet neben diversen passiven „Bauelementen“, sämtliche Dioden und Transistoren, die für den Aufbau eines Verstärkers benötigt werden, einschließlich der Transistor-Endstufe.

Bild 1 zeigt die Form und die Abmessungen des IC's, während in Bild 2 die Innenschaltung dargestellt ist.

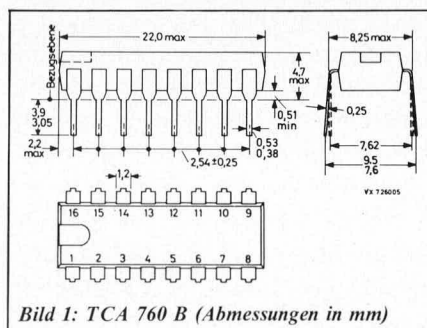


Bild 1: TCA 760 B (Abmessungen in mm)

Die Funktionsweise wird noch genauer durch die Blockschaltbild-darstellung in Abbildung 3 deutlich.

Um einen kompletten NF-Verstärker mit hoher Eingangsempfindlichkeit zu erstellen, sind aber noch einige weitere, extern (außen) anzuschließende Bauelemente erforderlich. Die Gesamtschaltung hierzu zeigt Bild 4.

Über C 1 gelangt das durch den Telefonadapter gewonnene Signal auf den positiven Eingang (Pin 3) des IC 1 des Typs TL 061.

Die Widerstände R 1 bis R 3 in Verbindung mit C 2 legen diesen Eingang auf $\frac{U_B}{2}$ (ca. 4 V).

R 4 und R 5 bestimmen die Verstärkung dieser mit dem TL 061 aufgebauten Stufe, die mit R 5 von 1- bis 100-fach (0 bis 40 dB) eingestellt werden kann.

Durch den Einsatz von C 3 stellt sich der Arbeitspunkt dieser Vorverstärkerstufe automatisch über R 4 und R 5 ein.

Der Ausgang der Vorverstärkerstufe wird über C 5 auf den Lautstärkeeinsteller R 6 geführt. Von da gelangt das

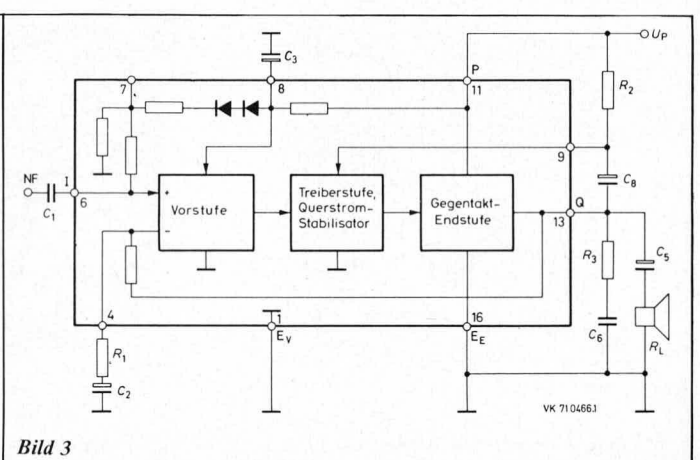
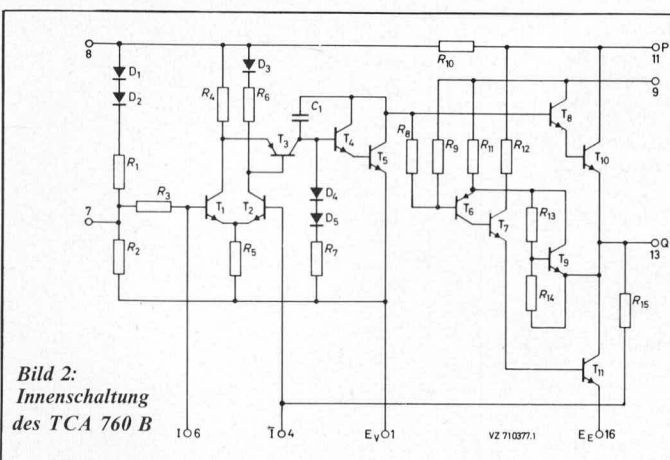


Bild 3

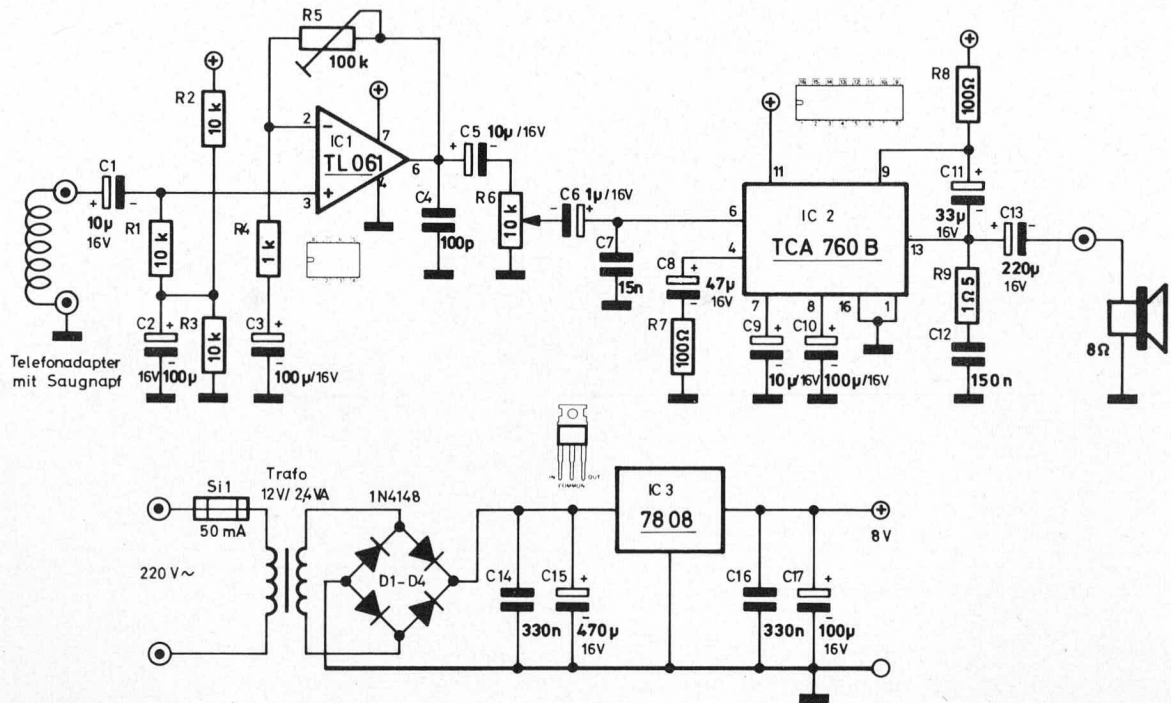


Bild 4: Gesamtschaltbild des Telefon-Mithörverstärkers (mit Netzteil)

NF-Signal über C 6 auf den Verstärker-
eingang des IC 2 des Typs TCA 760 B.

Der Ausgang der internen Endstufe des
Verstärker-IC's liegt über C 13 am
Lautsprecher. Die Kombination beste-
hend aus R 7, C 8 dient zur automati-
schen Einstellung des Arbeitspunktes
der Vorstufen, während R 9 und C 12
die Schwingneigung unterdrücken und
zur allgemeinen Stabilisierung beitra-
gen. C 10 dient zur Glättung und Un-
terdrückung von Störspannungen der
Vorstufenversorgung.

Damit Eindringen von HF in den NF-
Verstärker vermieden wird, ist der
Kondensator C 7 zwischen die An-
schlüsse 1 und 6 des IC 2 eingesetzt
worden.

Der Kondensator C 9 dient zur Brumm-
unterdrückung und braucht deshalb
nur eingesetzt werden, wenn für die
Schaltung ein Netzgerät zur Span-
nungsversorgung herangezogen wird.
Die Brummunterdrückung beträgt
dann ca. 40 dB.

Zum Aufbau

Der Aufbau der Schaltung ist sehr ein-
fach durchzuführen. Die IC's lötet man
am besten zuletzt ein, sofern kein
Sockel verwendet wird. Ansonsten sind
keine besonderen Punkte, die evtl.
Schwierigkeiten bereiten könnten, her-
vorzuheben, so daß auch der weniger
geübte Hobby-Elektroniker sich an den
Bau dieser Schaltung heranwagen
kann.

Inbetriebnahme des Telefonverstärkers

Nachdem der Aufbau noch einmal
sorgfältig kontrolliert und besonders
auf die Polung und das richtige Einset-
zen der IC's geachtet wurde, kann der
Verstärker in Betrieb genommen wer-
den. Hierzu wird der Telefonadapter an
den Eingang der Schaltung angeschlos-
sen, wobei man entweder den 3,5 mm
Klinenstecker mit dazugehöriger
Klinenbuchse benutzt, oder, wie auf
unseren Fotos, den Stecker abschneidet
und das Kabel des Telefonadapters di-
rekt anlötet. Danach wird die Versor-
gungsspannung, die entweder aus dem
eingebauten Netzteil hergeleitet wird
oder auch aus einer kleinen 9 V Batten-
rie stammen kann, dem Verstärker
zugeführt.

Wird der Telefonverstärker nur selten
verwendet, reicht im allgemeinen eine
Batterie aus, wobei dann allerdings un-
bedingt ein Schalter vorzusehen ist, der
aufgrund der geringen Gesamtlei-
stungsaufnahme bei Netzbetrieb ent-
behrlich ist. Für den Schalter gibt es
noch eine recht interessante Variation:

Dieser kann in Form eines Quecksil-
berschalters realisiert werden, der
funktionsgemäß lagerabhängig ist und
so eingebaut werden kann, daß je nach
Lage des Gerätes dieses ein- bzw. aus-
geschaltet ist.

Befindet sich der Verstärker in der
normalen Lage, so ist er z. B. ausge-

schaltet, stellt man ihn auf den Kopf,
wird er automatisch in Betrieb genom-
men.

Mit einer 9 V Batterie kann das Gerät
mehrere Stunden betrieben werden,
man muß jedoch darauf achten, daß es
nach jedem Gebrauch auch gleich wie-
der ausgeschaltet wird.

Anschluß des Telefonadapters und Einstellung.

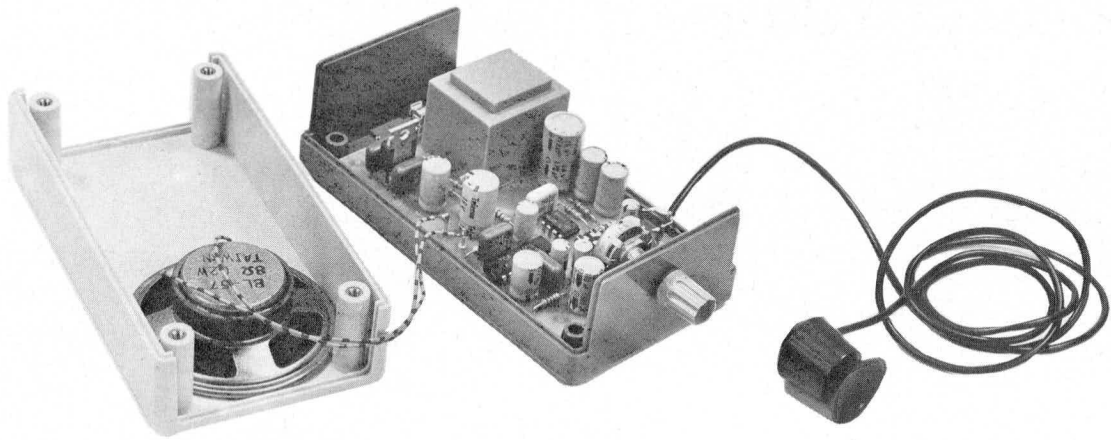
Der Adapter des Telefonverstärkers
soll möglichst nahe der Induktions-
spule des Telefonapparates angebracht
werden. Um die günstigste Stelle zum
Anbringen des Adapters zu finden, geht
man wie folgt vor:

Man nimmt den Hörer des Telefones
ab, so daß das Freizeichen ertönt. Bei
dem zuvor eingeschalteten Verstärker
wird die Lautstärke etwas weiter aufge-
dreht. Mit dem Adapter wird nun das
Telefon nach der günstigsten Stelle ab-
getastet und dort angedrückt.

Ist dies geschehen, wird mit R 5 ein-
malig die Grundverstärkung der Schal-
tung so eingestellt, daß sich mit dem
Potentiometer R 6 der gewünschte
Lautstärkeinstellbereich ergibt.

Damit ist dann die Arbeit beendet und
das Gerät zum Einsatz bereit.

Bei Inbetriebnahme der Schaltung sind
die geltenden postalischen Bestim-
mungen zu beachten.



Ansicht des in ein Gehäuse eingebauten Telefon-Mithörverstärkers

Stückliste Telefon-Mithörverstärker

Halbleiter

IC1	TL 061
IC2	TCA 760 B
IC3	7808
D1-D4	1 N 4148

Kondensatoren

C1	10 μ F/16 V
C2, 3	100 μ F/16 V
C4	100 pF
C5	10 μ F/16 V
C6	1 μ F/16 V
C7	15 nF
C8	47 μ F/16 V

C9	10 μ F/16 V
C10	100 μ F/16 V
C11	33 μ F/16 V
C12	150 nF
C13	220 μ F/16 V
C14	330 nF
C15	470 μ F/16 V
C16	330 nF
C17	100 μ F/16 V

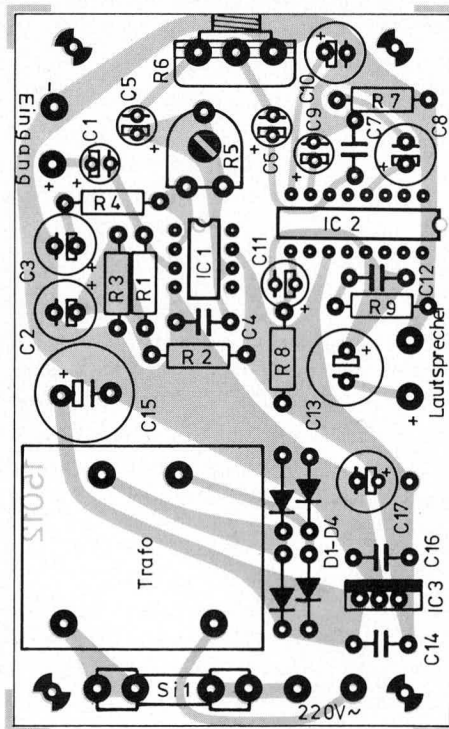
Widerstände

R1-R3	10 k Ω
R4	1 k Ω

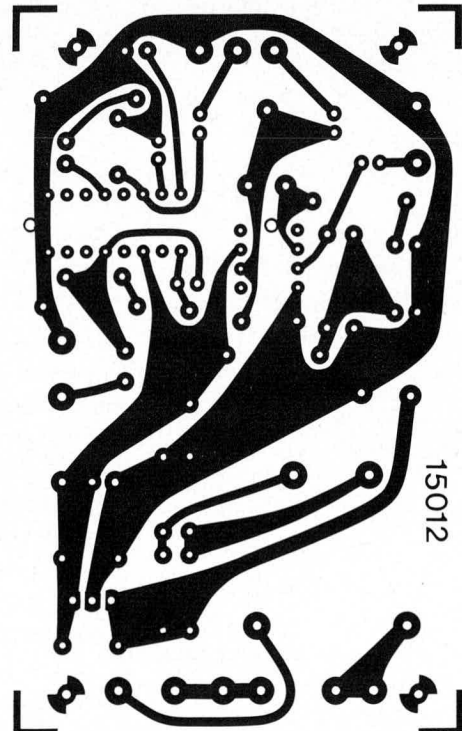
R5	100 k Ω , Trimmer
R6	10 k Ω , Poti, 4 mm Achse, lin
R7, R8	100 Ω
R9	1,5 Ω

Diverses

- 1 Trafo 12 V / 2,4 VA
- 1 Platinensicherungshalter
- 1 Sicherung 50 mA
- 1 Telefonadapter mit Saugnapf
- 1 Lautsprecher 0,2 W / 8 Ω
- 1 Klinkenbuchse 3,5 mm
- 6 Löt Nägel



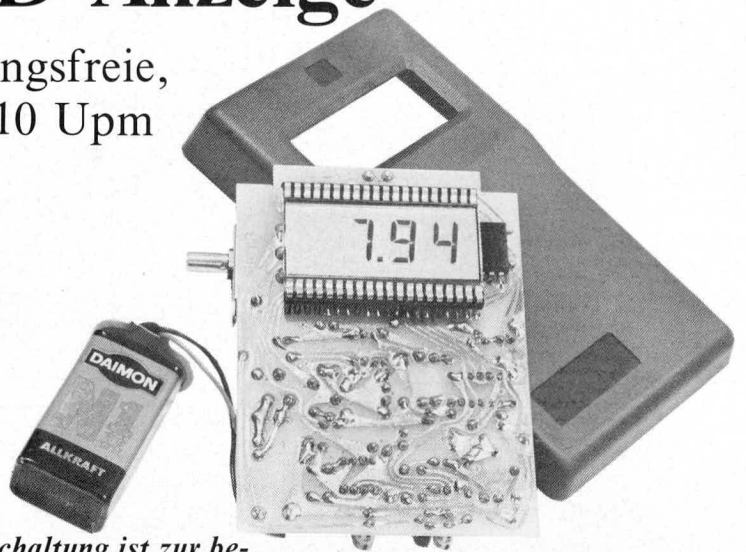
Bestückungsseite der Platine



Leiterbahnseite der Platine

Modellflugzeug-Drehzahlmesser mit 4stelliger LCD-Anzeige

Universell einsetzbare, berührungsfreie, digitale Drehzahlmessung von 10 Upm bis 100 000 Upm (!).



Die hier vorgestellte im ELV-Labor entwickelte Schaltung ist zur berührungsfreien Drehzahlmessung von Modellflugzeugmotoren gedacht.

Aufgrund des riesigen Meßumfanges von 10 Upm bis 100 000 Upm sind jedoch auch über den Modellbereich hinaus Drehzahlmessungen an z. B. hohtourigen Bohr- und Schleifmaschinen, die z. T. mit über 80 000 Upm laufen, möglich.

Durch die berührungsfreie Messung wird dem Meßobjekt keine Leistung entzogen, was besonders bei kleinen Maschinen sehr wesentlich ist.

Allgemeines

Die besonderen Vorteile dieses Modellflugzeug-Drehzahlmessers wurden bereits vorstehend angesprochen.

Bevor wir jedoch zur Schaltungsbeschreibung kommen, soll noch ein weiterer Vorzug aufgezeigt werden.

Die Lichtschwankungen, die vom sich drehenden Propeller hervorgerufen werden, wertet die Schaltung aus und zeigt die entsprechende Drehzahl direkt auf dem Display in Umdrehungen pro Minute (Upm) an.

Ein zweiflügeliger Propeller erzeugt zwei Impulse, ein dreiflügeliger hingegen drei Impulse pro Umdrehung.

Normalerweise müßte man sich nun entscheiden, für welche Propellerart das Gerät eingesetzt werden soll und die Einstellung des Wendeltrimmers entsprechend so vornehmen, daß eine direkte Anzeige der Drehzahl in Upm erfolgt.

Bei der hier vorliegenden Schaltung besteht jedoch die Möglichkeit, durch einfaches Umschalten sowohl bei 2- als auch bei 3flügeligen Propellern eine direkte Anzeige zu erhalten, ohne daß der angezeigte Wert durch 2 oder 3 geteilt werden muß.

Funktionsprinzip

Die Funktionsweise der Schaltung beruht auf Lichtschwankungen, die vom routierenden Propeller erzeugt werden. Auch wäre es denkbar, daß die Lichtschwankungen von einer weißen Linie, die auf dem sich drehenden Teil aufgebracht wird, hervorgerufen werden.

Hält man die Fotodiode des Typs BPW 34 in die Nähe eines Propellers, werden diese Lichtschwankungen in Spannungsschwankungen an der Fotodiode umgesetzt.

Ein nachgeschalteter Verstärker setzt diese Spannungsschwankungen in Rechteckimpulse um. Über einen nachfolgenden Digital-Frequenzzähler werden die Rechteckimpulse ausgezählt und zur Anzeige gebracht.

Die Torzeit des Zählers ist umschaltbar und wird so eingestellt, daß auf dem Anzeigedisplay direkt die Drehzahl in Upm für 2- bzw. 3flügelige Propeller angezeigt wird.

Zur Schaltung

Die Diode BPW 34 setzt, wie vorstehend bereits beschrieben, die Lichtschwankungen in Spannungsschwankungen um.

Die Polung der Diode, auf die normalerweise geachtet werden muß, ist hierbei unwichtig, da nur die Spannungsschwankungen weiter verarbeitet werden und der Gleichspannungsanteil über C 1 eliminiert wird.

Die so über C 1 auf den FET T 1 gelangten Spannungsschwankungen werden von der Drain-Source-Strecke (d-s) mehr oder weniger abgeschwächt, je nach Vorspannung am Gate (g) dieses Transistors und gelangen dann auf den invertierenden (-) Eingang (Pin 2) des OP 1.

D 2, R 2 und C 3 stellen die Rückkopplungsbeschaltung dieses Operationsverstärkers dar und dienen im Zusammenhang mit der Drain-Source-Strecke (d-s) von T 1 zur Verstärkungseinstellung.

Ist das Eingangssignal groß, würde am Ausgang von OP 1 (Pin 1) eine große negative Spannung anstehen, die über D 3 das Gate von T 1 in Verbindung mit R 1/C 2 sehr weit negativ ansteuert, so daß die Drain-Source-Strecke von T 1 hochohmig wird.

Dadurch werden die Eingangsschwankungen abgeschwächt, bzw. die Verstärkung von OP 1 sinkt und das an

Pin 1 zur Verfügung stehende Signal wird kleiner.

Steht hingegen nur ein kleineres Eingangssignal zur Verfügung (kleine Eingangsspannungsschwankungen), so wird das Gate von T 1 weniger negativ angesteuert und die Verstärkung von OP 1 steigt — ebenfalls das Signal an Pin 1.

Wir sehen, daß sich so auf einfache Weise eine wirkungsvolle automatische Verstärkungsregelung aufbauen läßt, die unsere Schaltung von quasi statischen, d. h. langsamen Lichtschwankungen, weitgehend unabhängig macht.

Die zweite Hälfte des IC 1, der OP 2, setzt das über OP 1 verstärkte Signal in Rechteckimpulse um.

Hierzu wird über R 4/C 4 an Pin 5 des OP 2 eine automatische Gleichspannungseinstellung vorgenommen.

Über R 3 gelangt das verstärkte Signal auf den positiven Eingang (Pin 6) des OP 2. Am Ausgang (Pin 7) steht nun ein entsprechendes Rechtecksignal zur Verfügung.

Die Widerstände R 5/R 6 dienen zur Pegelanpassung an die nachfolgenden C-MOS Schaltkreise.

Das Gatter N 2 erfüllt hierbei die Aufgabe des Tors.

Der eine Eingang (Pin 6) erhält die von OP 2 kommenden Rechteckimpulse, während der zweite Eingang (Pin 5) die Torzeitimpulse zugeführt bekommt, die von IC 3 mit entsprechender Zusatzbeschaltung erzeugt werden.

Die Wendeltrimmer R 7 und R 8 dienen zur Einstellung der Torzeit für 2- bzw. 3flügelige Propeller, auf die im Kapitel „Einstellung“ noch näher eingegangen wird.

Das als Monoflop geschaltete IC 4 dient in Verbindung mit den Gattern N 1, N 3 und N 4 zur Erzeugung der Speicher- und Resetimpulse für das Zähler-IC des Typs ICM 7224 (IC 2).

Dieser hochintegrierte Baustein beinhaltet einen 4stelligen Dekadenzähler mit Speichern und kompletter LCD-Ansteuerung.

Damit die Anzeige in 1000 Upm direkt abgelesen werden kann, dient T 2 zu Ansteuerung des mittleren Punktes der 4stelligen LCD-Anzeige.

Das IC 6 dient zur Erzeugung einer gegenüber +9 V stabilisierten Spannung, die 5 V unter der positiven Batteriespannung liegt.

Zum Aufbau

In den meisten Fällen soll die fertig bestückte Platine in ein Gehäuse eingebaut werden, zumal hierfür schon eine entsprechende Möglichkeit vorgesehen ist.

Zweckmäßigerweise geht man beim Aufbau wie folgt vor:

Zunächst sind auf der Innenseite des Gehäuseoberteils die das Fenster der LCD-Anzeige einrahmenden Stege zu entfernen.

Danach kann die Platine in das Gehäuse eingepaßt werden. Dies ist ratsam, da man immer mit gewissen Toleranzen seitens des Platinenmaterials oder der Gehäuseabmessungen rechnen muß. Ggf. muß die Platine an den Kanten etwas nachgearbeitet werden.

Sobald dies erledigt ist, kann mit dem eigentlichen Aufbau in gewohnter Weise begonnen werden.

Als erstes werden die Brücken, danach die Widerstände, Trimmer und Kondensatoren eingelötet.

Bevor wir nun zum Einpassen der LCD-Anzeigeeinheit kommen, werden noch das IC 1 sowie anschließend das IC 2 eingelötet.

Damit die LCD-Anzeigeeinheit einwandfrei in das Gehäuse eingepaßt werden kann, wird diese zunächst in die 40 Bohrungen gesetzt, ohne sie jedoch festzulöten.

Wichtig dabei ist, daß sich die Anzeige auf der Leiterbahnseite und nicht wie sonst üblich auf der Bestückungsseite befindet.

Nun wird die Platine provisorisch in das Gehäuse gesetzt. Man sieht sich die Position der Anzeige an, ob diese einwandfrei in der dafür vorgesehenen Aussparung sitzt. Nach Entfernen des Gehäuses sind ggf. entsprechende Korrekturen in der Höhe der Anzeige vorzunehmen.

Bevor die Anzeige festgelötet wird, ist zu kontrollieren, ob diese auch „richtig herum“ und nicht etwa versehentlich auf dem Kopf stehend eingesetzt wurde. Feststellen läßt sich dies, indem man die Anzeige schräg gegen das Licht hält. Die Segmente der einzelnen Zahlen sind dann etwas sichtbar, auch ohne Anlegen einer Spannung.

Mit einem möglichst feinen LötKolben werden nun die vier Eckpunkte der Anzeige kurz angelötet. Nach erneutem Anpassen im Gehäuse können noch

einmal Korrekturen des Sitzes der Anzeige vorgenommen werden.

Ist die Position der Anzeige einwandfrei, können alle Anschlußpunkte der Anzeige auf der Leiterbahnseite festgelötet werden.

Nachdem dies geschehen ist, wird die fertig bestückte Platine in das Gehäuse eingesetzt und mit einem Tupfen Klebstoff in jeder Ecke festgeheftet.

Kommen wir nun zum Einbau der Fotodiode, die als einziges Bauelement nicht direkt auf die Platine gesetzt wird.

Die Fotodiode wird in ein ca. 2—3 cm langes Röhrchen eingebaut, wobei das Licht durch das Röhrchen hindurchtreten muß, um auf die Fotodiode zu gelangen. Durch diese Maßnahme wird die Empfindlichkeit der Schaltung erhöht, da das Fotoelement nun verstärkt nur die zu messenden Lichtschwankungen zur Auswertung „serviert“ bekommt.

Das Röhrchen wird dann an der Stirnseite des Gehäuses angeklebt.

Soll die Fotodiode über ein Kabel mit der übrigen Schaltung verbunden werden, so ist aus Sicherheitsgründen ein Röhrchen von mindestens 10 cm Länge zu verwenden, damit die Finger nicht versehentlich mit dem Propeller „Bekanntschaft“ machen. Der Abstand Fotodiode—Rohröffnung sollte auch hier 2—3 cm betragen.

Einstellung

In der Schaltung des Modellflugzeug-Drehzahlmessers sind lediglich zwei einfach einzustellende Abgleichpunkte — die Wendeltrimmer R 7 und R 8 vorhanden.

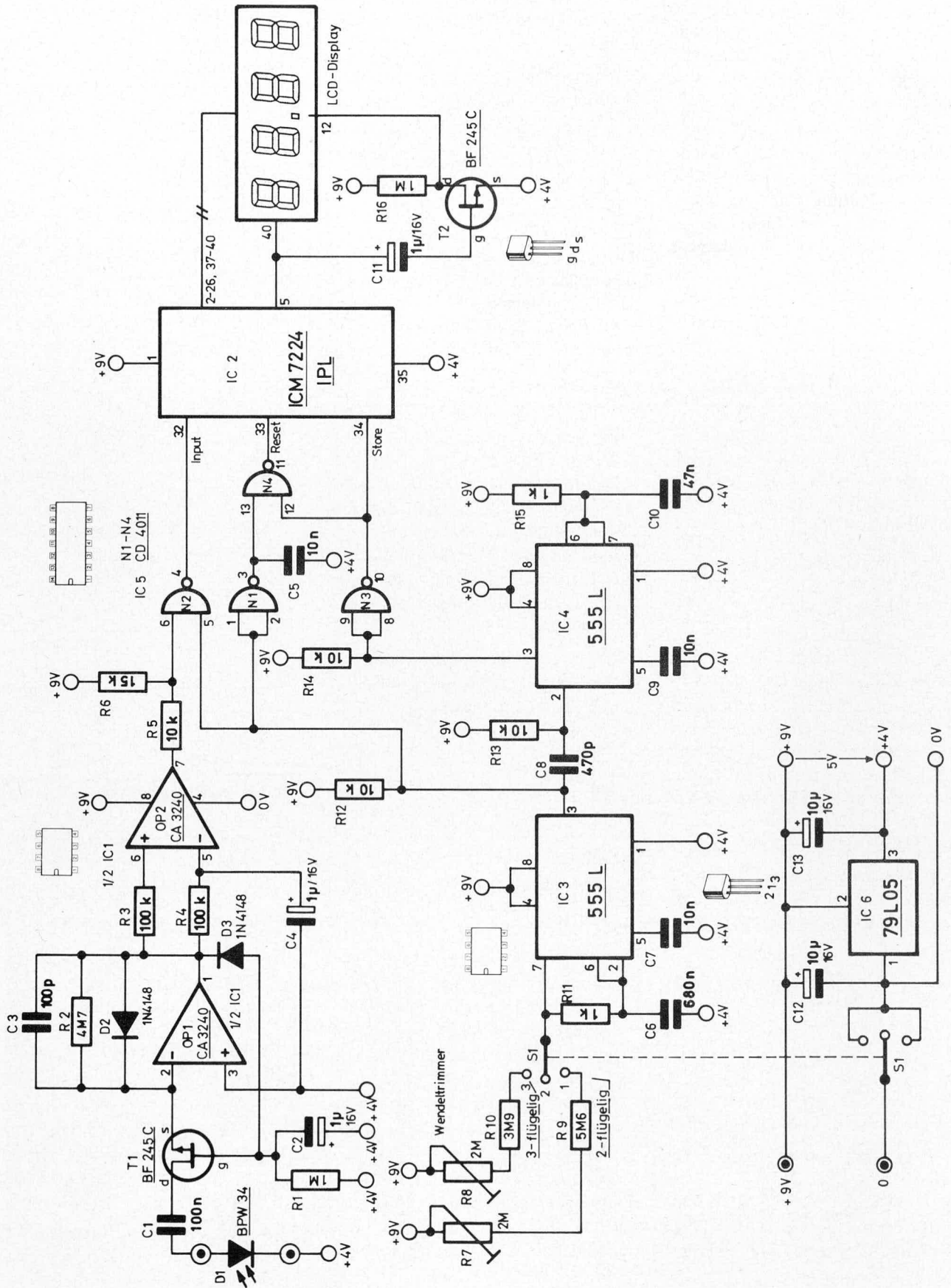
Mit R 7 wird die Einstellung für 2- und mit R 8 die Einstellung für 3flügelige Propeller durchgeführt.

Hierzu geht man wie folgt vor:

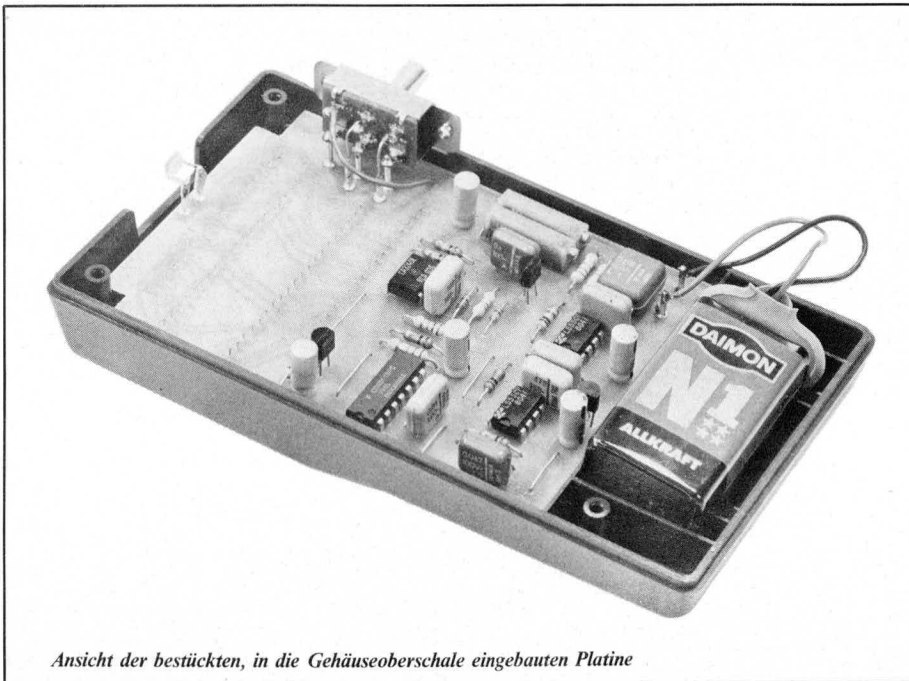
In einem vom Tageslicht leicht abgedunkelten Raum hält man die Fotodiode vor eine Glühbirne (keine Leuchtstoffröhre).

Die durch die Netzwechselfrequenz in der Glühlampe auftretenden Lichtschwankungen haben eine Frequenz von 100 Hz entsprechend 6000 Einzelschwankungen pro Minute.

Wollen wir nun die Einstellung unseres Modellflugzeug-Drehzahlmessers für 2flügelige Propeller vornehmen, so ist die Anzeige mit dem Wendeltrimmer R 7 auf 3000 einzustellen, nachdem der Schalter in die entsprechende Position gebracht wurde.



Schaltbild: Modellflugzeug-Drehzahlmesser mit 4stelliger LCD-Anzeige



Ansicht der bestückten, in die Gehäuseoberseite eingebauten Platine

Bringen wir den Schiebeschalter in die entgegengesetzte Position, müssen wir mit R 8 die Anzeige nun auf 2000 einstellen, wodurch der Meßbereich für 3flügelige Propeller eingestellt ist.

Die Einstellung ist damit beendet.

Zur Genauigkeit

Im Raumtemperaturbereich dürfte die Genauigkeit der Schaltungen in der Größenordnung von ca. 1 % liegen.

Da eine Überprüfung der Genauigkeit jederzeit leicht an einer von der Netzspannung versorgten Glühbirne vorgenommen werden kann, ist die Langzeitstabilität des Gerätes nur von sekundärem Interesse, da ein Nachabgleich, sollte er einmal erforderlich werden, innerhalb von Minuten durchzuführen ist.

Wir wünschen Ihnen viel Freude mit diesem interessanten Meßgerät.

Stückliste:

Modellflugzeug-Drehzahlmesser mit LCD-Anzeige

Halbleiter

IC 1	CA 3240
IC 2	ICM 7224 IPL
IC 3, IC 4	555 L
IC 5	CD 4011 (N 1-N 4)
IC 6	79 L 05
T 1, T 2	BF 245 C
D 1	BPW 34
D 2, D 3	1 N 4148

Kondensatoren

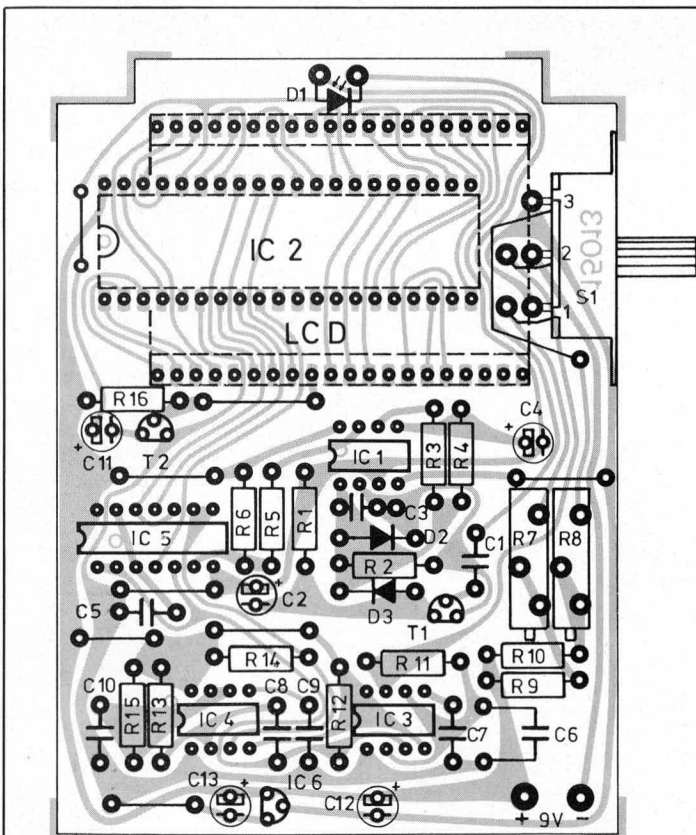
C 1	100 nF
C 2, C 4, C 11	1 µF/16 V
C 3	100 pF
C 5, C 7, C 9	10 µF
C 6	680 µF
C 8	470 pF
C 10	47 nF
C 12, C 13	10 µF/16 V

Widerstände

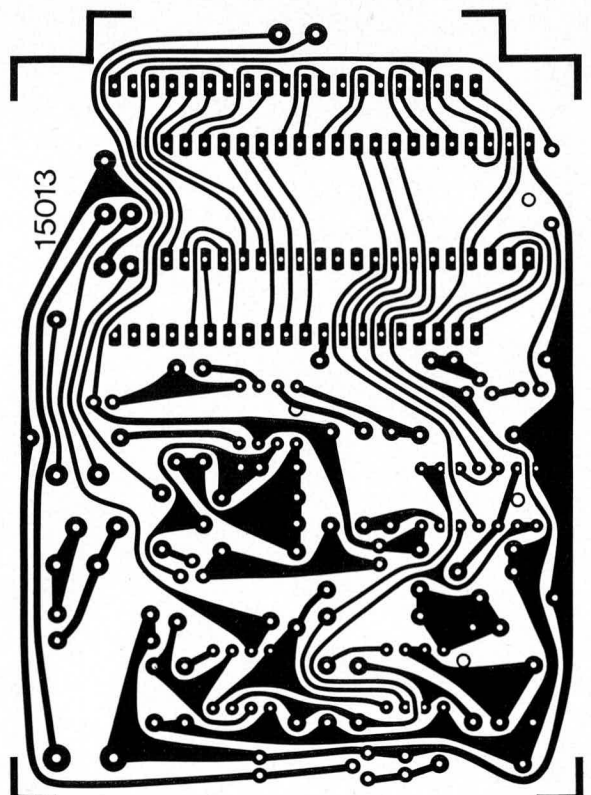
R 1, R 16	1 MΩ
R 2	4,7 MΩ
R 3, R 4	100 kΩ
R 5, R 12, R 13, R 14	10 kΩ
R 6	15 kΩ
R 7, R 8	2 MΩ,
	Wendeltrimmer
R 9	5,6 MΩ
R 10	3,9 MΩ
R 11, R 15	1 kΩ

Sonstiges

- 1 LCD-Anzeige, 4stellig
- 1 Schiebeschalter, 2polig mit Mittelstellung
- 1 Batterieclip
- 1 Kunststoffröhrchen, 30 mm lang
- 4 Lötstifte



Bestückungsseite der Platine



Leiterbahnseite der Platine

Grundlagen für die Elektronik

Teil 7: Scheinwiderstand, Scheinleistung und Blindstromkompensation

Aus einigen Zuschriften unserer Leser konnten wir entnehmen, daß sie unseren letzten Beitrag als sehr theoretisch empfunden haben. Wir sind jedoch der Meinung, Ihnen gerade auf dem großen Gebiet der Wechselstromtechnik eine ausreichende Grundlage bieten zu müssen. Es sei hier noch einmal darauf hingewiesen, daß wir bestrebt sind, Ihnen den Stoff möglichst anschaulich näherzubringen.

8.1. Scheinwiderstand, Spannungsdreieck und Widerstandsdreieck

In Teil 6 haben wir ausschließlich idealisierte Blindwiderstände betrachtet. Den Kondensator als reine Kapazität und die Spule als reine Induktivität.

In der Praxis gibt es diese Bauteile jedoch nicht so unverfälscht. Dort haben sie immer einen Wirkwiderstand-Anteil. Beim Kondensator ist dieser Anteil in dem Leitungswiderstand der Belege und bei der Spule im Leitungswiderstand der Windungen enthalten. Die Wirkung von Spulen und Kondensatoren tritt also nach außen hin nicht so rein in Erscheinung, wie es unter Punkt 7.2.2. und 7.2.3. idealisiert beschrieben wurde. Das äußere Erscheinungsbild des Wechselstromes bei einem Blindwiderstand wird vielmehr ein Gemisch aus Wirk- und Blindanteil sein. Man spricht dann von einem Scheinwiderstand (Formelzeichen „Z“). Der Kehrwert des Scheinwiderstandes wird als Scheinleitwert „Y“ bezeichnet.

Scheinwiderstand Z in Ohm (Ω)
Scheinleitwert Y in Siemens (S)

$$Y = \frac{1}{Z} [\text{S}] \quad Z = \frac{1}{Y} [\Omega]$$

Schalten wir einen idealen Blindwiderstand und einen Wirkwiderstand in Reihe, so können wir mit dem bereits Gelernten feststellen, daß die Spannung am Wirkwiderstand zu der Spannung am Blindwiderstand eine Phasenverschiebung von 90° hat. Die Zeiger der Wirkspannung und der Blindspannung stehen demnach senkrecht aufeinander. Aus der geometrischen Addition der Zeiger ergibt sich die Gesamtspannung, wie es in Bild 1 dargestellt ist.

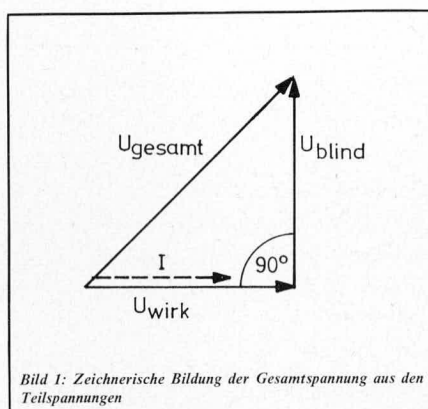


Bild 1: Zeichnerische Bildung der Gesamtspannung aus den Teilspannungen

Der Lehrsatz des Pythagoras wird allen noch geläufig sein, so daß die rechnerische Ermittlung der Gesamtspannung für jeden naheliegend ist.

$$U_{\text{gesamt}}^2 = U_{\text{wirk}}^2 + U_{\text{blind}}^2$$

$$U_{\text{gesamt}} = \sqrt{U_{\text{wirk}}^2 + U_{\text{blind}}^2}$$

Für die Berechnung des Wirkwiderstandes bei einer Reihenschaltung gilt bekanntlich:

$$R = \frac{U_{\text{wirk}}}{I} [\Omega]$$

und für den Blindwiderstand:

$$X = \frac{U_{\text{blind}}}{I} [\Omega]$$

Wie wir sehen, tritt in beiden Widerstandsgleichungen derselbe Strom I auf. Deshalb sind auch die zu den Teilspannungen gehörigen Widerstände diesen proportional, woraus sich für das Widerstandsdreieck eine Gleichheit mit dem Spannungsdreieck ergibt. Der Zusammenhang zwischen Wirk-, Blind- und Scheinwiderstand ist wie folgt darzustellen:

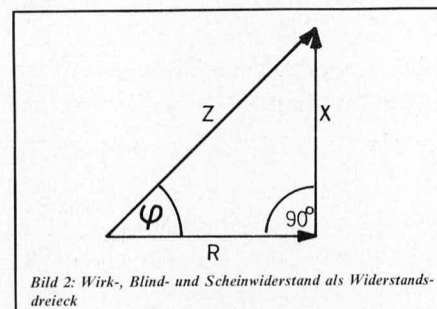


Bild 2: Wirk-, Blind- und Scheinwiderstand als Widerstandsdreieck

Die Berechnung des Scheinwiderstandes geschieht wie bei der Gesamtspannung und zwar:

$$Z^2 = R^2 + X^2 \quad Z = \sqrt{R^2 + X^2} [\Omega]$$

8.2. Das Stromdreieck

Bei einer Parallelschaltung aus einem Wirkwiderstand und einem Blindwiderstand teilt sich der Gesamtstrom,

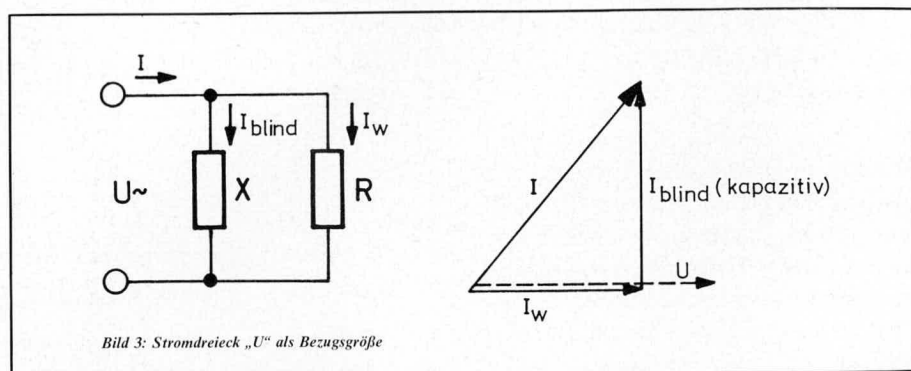
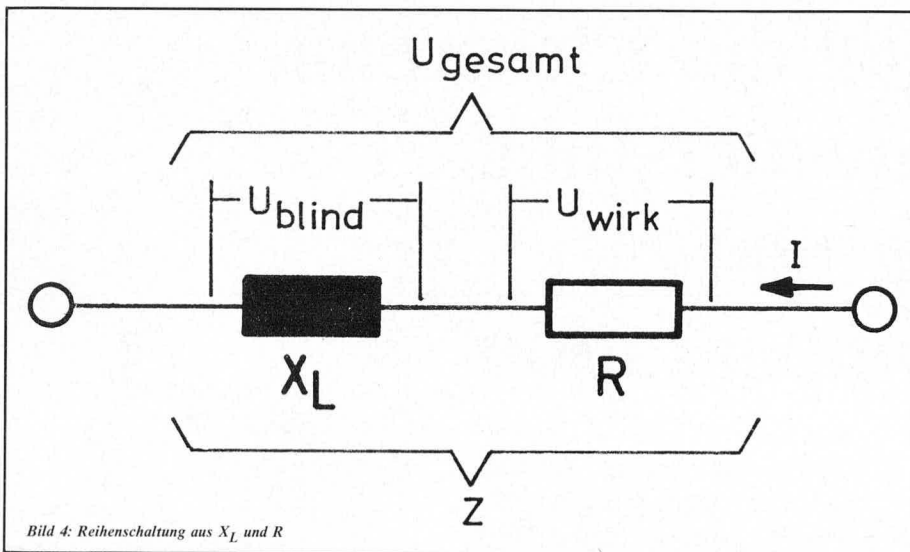


Bild 3: Stromdreieck „U“ als Bezugsgröße



der bei der Reihenschaltung unter 8.1. Bezugsgröße war, nun in zwei Teilströme auf. Der Zusammenhang zwischen dem Gesamtstrom und den zwei Teilströmen kann durch das Stromdreieck verdeutlicht werden. Phasengleich mit der Bezugsspannung U ist der Teilstrom I_w , der durch den Wirkwiderstand fließt. Der Blindstrom muß mit einer Phasenverschiebung von 90° ($+90^\circ =$ kapazitiv, $-90^\circ =$ induktiv) gezeichnet werden. Der Gesamtstrom ergibt sich aus der geometrischen Addition von I_w und I_{blind} .

Selbstverständlich ist auch hier die Berechnung wie folgt möglich:

$$I^2 = I_w^2 + I_{blind}^2 \quad I = \sqrt{I_w^2 + I_{blind}^2}$$

Mit den nun bekannten Größen für U und I kann auch die Berechnung des Scheinwiderstandes Z erfolgen:

$$Z = \frac{U}{I}$$

Am Ende dieses Abschnittes wollen wir nachstehende, äußerst wichtige, Zusammenhänge festhalten:

1. Die Zeiger der Blindwerte und die der Wirkwerte stehen immer senkrecht aufeinander.

2. Wechselgrößen muß man geometrisch, d. h. unter Berücksichtigung ihrer Phasenlage, addieren.

8.3. Rechenbeispiel

Zu den vorstehenden Punkten wollen wir jetzt ein Beispiel durchrechnen. Es wird vorausgesetzt, daß es sich um einen reinen Blindwiderstand handelt, der mit einem Wirkwiderstand zusammengesaltet wird. Das bedeutet also, daß wir einen Scheinwiderstand in seine beiden Bestandteile zerlegen.

Vorgegeben sei eine Reihenschaltung aus einer Spule (X_L) und einem Widerstand (R).

$$\begin{aligned} U_L &= 100 \text{ V} \\ U_R &= 80 \text{ V} \\ f &= 50 \text{ Hz} \\ I &= 0,5 \text{ A} \end{aligned}$$

gesucht: U_{gesamt} und Z

Würde es sich um Gleichstrom handeln, so könnten wir U_R und U_L einfach addieren und erhielten für $U_{gesamt} = 180 \text{ Volt}$.

Gemäß 8.2. müssen wir aber die Phasenverschiebung berücksichtigen, also geometrisch addieren.

Lösung:

$$\begin{aligned} U_{gesamt} &? \quad U = \sqrt{U_L^2 + U_w^2} \\ &= \sqrt{100^2 + 80^2} \\ &= \sqrt{16400} = \underline{\underline{128,06 \text{ Volt}}} \end{aligned}$$

$$Z? \quad R = \frac{U_w}{I} = \frac{80}{0,5} = \underline{\underline{160 \Omega}}$$

$$X_L = \frac{U_L}{I} = \frac{100}{0,5} = \underline{\underline{200 \Omega}}$$

$$\begin{aligned} Z &= \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{160^2 + 200^2} \\ &= \sqrt{65600} = \underline{\underline{256,12 \Omega}} \end{aligned}$$

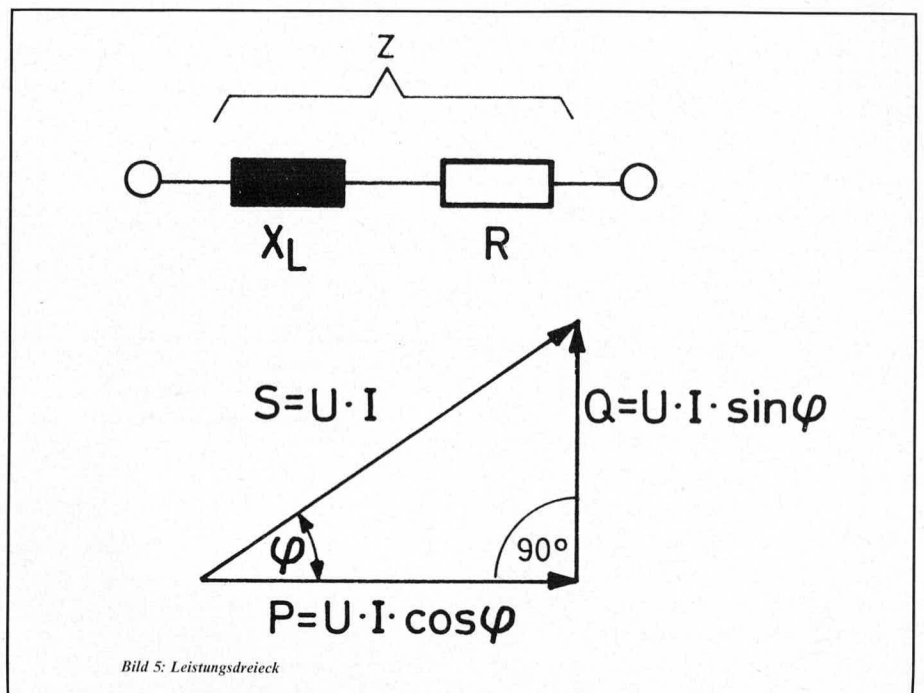
Die einfachere Berechnung des Scheinwiderstandes ist:

$$Z = \frac{U}{I} = \frac{128,06 \text{ V}}{0,5 \text{ A}} = \underline{\underline{256,12 \Omega}}$$

8.4. Scheinleistung, Blindleistung und Wirkleistung

Da es sich, wie bereits erwähnt, in der Praxis nie um reine Blindwiderstände, sondern immer um Scheinwiderstände handelt, errechnet man aus dem Produkt $U \cdot I$ auch keine Wirk- oder Blindleistung, sondern Scheinleistung (Formelbuchstabe „S“). Zur Kenntlichmachung erhält die Scheinleistung die Einheit Volt-Ampere „VA“.

Auch die uns nun bekannten Schein-, Blind- und Wirkleistungen können als rechtwinkliges Dreieck dargestellt werden. Für z. B. eine Reihenschaltung aus Wirk- und Blindwiderstand (z. B. induktiv) ist das Leistungsdreieck dem Spannungsdreieck ähnlich, da in einer Reihenschaltung nur ein Strom fließt und somit nur die unterschiedlichen Widerstandswerte für die Leistungsmaßgebend sind.



Scheinleistung S in VA
 Blindleistung Q in Var
 Wirkleistung P in W

$$S^2 = R^2 + Q^2 \quad S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Mit Hilfe der Winkelfunktionen lassen sich weitere Beziehungen herleiten:

$$P = S \cdot \cos \varphi \quad P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

$$Q = S \cdot \sin \varphi \quad Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi$$

Beispiel:

Eine Drosselspule liegt an einer Wechselspannung von 100 Volt. Der gemessene Strom beträgt 0,8 A und das Phasenmeßgerät zeigt einen $\cos = 0,95$ an.

Wie groß sind Wirk-, Blind- und Scheinleistung?

Lösung:

$$\text{Scheinleistung } S = U \cdot I = 100 \cdot 0,8$$

$$= \underline{80 \text{ VA}}$$

$$\text{Wirkleistung } P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

$$= 100 \cdot 0,8 \cdot 0,95 = \underline{76 \text{ W}}$$

Die Blindleistung Q wollen wir über das Leistungsdreieck ermitteln, weil uns der Sinuswert nicht bekannt ist.

$$S^2 = P^2 + Q^2 \quad Q^2 = S^2 - P^2 \quad Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$

$$Q = \sqrt{80^2 - 76^2} = \sqrt{642} = \underline{24,98 \text{ Var}}$$

8.4.1. Der Leistungsfaktor

Die Leistung $P = U \cdot I$ bei Gleichstrom an einem Verbraucher unterscheidet sich bei Wechselstrom ($P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$) durch den Faktor $\cos \varphi$.

Diesen Faktor bezeichnet man als Leistungsfaktor. Aus dem Abschnitt 8.4. kennen wir die Beziehung $P = S \cdot \cos \varphi$ womit sich für

$$\cos = \frac{P}{S} = \frac{\text{Wirkleistung}}{\text{Scheinleistung}} \text{ ergibt.}$$

Es handelt sich hierbei also um ein Maß dafür, wieviel von der Gesamtleistungsaufnahme (Scheinleistung) in Wirkleistung umgesetzt wird. Bei einem ohmschen Widerstand beträgt der Leistungsfaktor folglich 1,0.

Welche Auswirkungen ein schlechter Leistungsfaktor haben kann, wollen wir nun einmal näher betrachten:

Angenommen in einer Stadt mit 200 000 Einwohnern sind 10 000 Leuchtstofflampen á 40 Watt in Privathaushalten eingesetzt. Die erforderlichen Vorschalt-drosseln verbrauchen zusätzlich je 8 Watt. Eine komplette Leuchtstofflampe benötigt somit 48

Watt und der Gesamtleistungsfaktor ($\cos \varphi$) beträgt 0,5.

Wirkleistungsaufnahme für 10 000 Lampen:

$$10\,000 \cdot 48 \text{ Watt} = \underline{480\,000 \text{ Watt}}$$

Gesamtstrom:

$$I = \frac{P}{U} = \frac{480\,000}{220} = \underline{2182,8 \text{ A}}$$

Für die aufgenommene Scheinleistung ergibt sich:

$$S = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{480\,000}{0,5} = \underline{960\,000 \text{ VA}}$$

$$I = \frac{S}{U} = \frac{960\,000}{220} = \underline{4363,6 \text{ A}}$$

Das Energieversorgungsunternehmen (EVU) muß demnach das Doppelte der eigentlich benötigten Energie zur Verfügung stellen und die Leistungsquerschnitte für eine entsprechend höhere Strombelastung auslegen.

8.5. Blindstromkompensation

Eine Reihenschaltung von Leuchtstofflampe und Vorschalt-drossel nimmt neben der Wirkleistung auch induktive Blindleistung auf. Wie bereits in unserem letzten Heft erwähnt, kann man induktive Blindleistung mit einer Kapazität kompensieren. Diese Möglichkeit beruht auf der Phasenverschiebung von 180° zwischen induktiver und kapazitiver Blindleistung.

Um die unnötige Strombelastung durch Blindströme möglichst gering zu halten, fordern die EVU von Großabnehmern eine Blindstromkompensation. Es gibt weiterhin die Möglichkeit, einen Blindverbrauchszähler einzubauen, so daß der Unternehmer auch die Blindarbeit bezahlen muß.

Anhand des Leistungsdreiecks wollen wir uns den Vorgang beim Kompensieren z. B. einer Leuchtstofflampe einmal veranschaulichen.

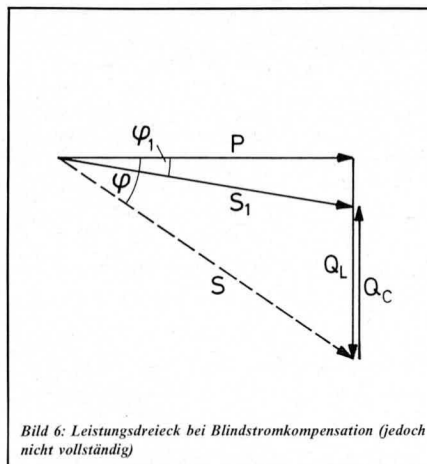


Bild 6: Leistungsdreieck bei Blindstromkompensation (jedoch nicht vollständig)

P = Wirkleistung
 Q_L = induktive Blindleistung
 Q_C = kapazitive Blindleistung
 S = Scheinleistungsaufnahme vor der Kompensation
 S_1 = Scheinleistungsaufnahme nach der Kompensation

Beispiel:

Kompensation einer einzelnen Leuchtstofflampe aus 8.4.1.

Lampe 40 Watt $U = 220$ Volt

Drossel 8 Watt $f = 50$ Hz

Gesamt $\cos \varphi = 0,5$

$$P = 40 + 8 = 48 \text{ Watt}$$

$$S = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{48}{0,5} = 96 \text{ Watt}$$

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{96^2 - 48^2} = \sqrt{6912}$$

$$= \underline{83,14 \text{ Var}}$$

$$I_{X_{\text{ind}}} = \frac{Q}{U} = \frac{83,14}{220} = \underline{0,378 \text{ A}}$$

Der induktive Blindstrom beträgt also 0,378 Ampere. Um die Lampe vollständig zu kompensieren ist es erforderlich, einen gleichgroßen kapazitiven Strom fließen zu lassen. (Die Grundlagen für die weitere Berechnung sind bereits in Teil 6 beschrieben worden.)

$$X_C = \frac{U}{I_C} = \frac{220}{0,378} = \underline{582 \Omega}$$

$$C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot X_C} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 582}$$

$$= 5,47 \cdot 10^{-6} \text{ F} = \underline{5,47 \mu\text{F}}$$

Durch das Zuschalten eines Kondensators von $5,47 \mu\text{F}$ je Lampe wäre somit der gesamte Blindstrom kompensiert.

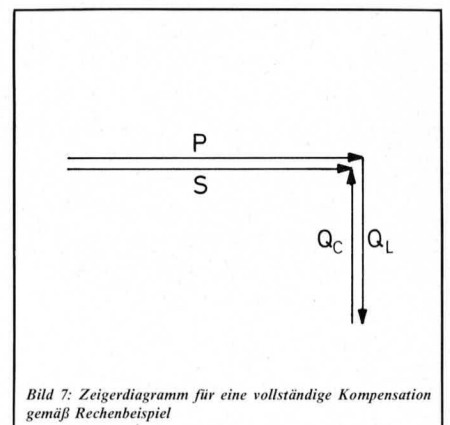


Bild 7: Zeigerdiagramm für eine vollständige Kompensation gemäß Rechenbeispiel

In unserer nächsten Ausgabe werden wir uns unter anderem mit einem weiteren wichtigen Teil der Wechselstromtechnik, nämlich mit den Schwingkreisen beschäftigen.

1 MHz Funktionsgenerator mit 1 MHz Frequenzzähler



Mit der Entwicklung dieses 1 MHz Funktionsgenerators mit eingebautem 1 MHz Frequenzzähler dürfte unserem ELV-Ingenieur-Team wohl wieder einmal ein absolutes Spitzengerät auf dem Hobby-Elektronik-Sektor gelungen sein.

Hier die hervorragenden Eigenschaften in Kurzform:

- Kurvenform: Sinus, Dreieck, Sägezahn, Rechteck und Impuls
- Frequenzbereich (bei Sinus, Dreieck, Rechteck) garantiert von unter 1 Hz bis über 1 MHz (!)
- Intern wobbelbar durch eingebauten Wobbelgenerator
- Extern wobbelbar
- Linear FM und AM modulierbar
- Synchronausgänge getrennt für Funktions- und Wobbelgenerator
- eingebauter 1 MHz-Frequenzzähler, der auch separat eingesetzt werden kann mit sehr hochwertigem Vorverstärker.

Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang, daß sowohl der Funktionsgenerator als auch der Frequenzzähler einzeln aufgebaut und in ein Gehäuse der ELV-Serie 7000 eingebaut werden können und jedes der beiden Geräte für sich allein voll funktionsfähig ist.

Da der Platinensatz für den Aufbau beider Geräte ausgelegt ist, kann je nach Bedarf zunächst nur der Frequenzzähler o d e r der Funktionsgenerator gebaut und später das zweite Gerät auf einfache Weise dazubestückt werden — lediglich die Frontplatte ist auszutauschen.

Es sind drei verschiedene Frontplatten einzeln lieferbar:

1. Funktionsgenerator
2. Frequenzzähler
3. Funktionsgenerator mit Frequenzzähler

Allgemeines

Der Funktionsgenerator ist nach dem Netzgerät und dem Multimeter wohl eines der am häufigsten benutzten Geräte.

Entsprechend groß waren auch die Anfragen an die Redaktion, „wann bringt ihr endlich den Funktionsgenerator?“

Zugegeben, wir haben länger als ursprünglich geplant, gebraucht, bis wir Ihnen heute dieses wirklich hervorragende Gerät vorstellen konnten, aber nachdem unser Ingenieur-Team die Möglichkeit eines 1 MHz-Generators sah, wollten wir uns selbstverständlich nicht mit weniger zufrieden geben.

Die ursprünglich geplante 200 kHz-Version wurde verlassen und eine völlige Neukonstruktion geschaffen, deren Frequenzbereich von unter 1 Hz bis über 1 MHz reicht — selbstverständlich im anspruchsvollen Design der inzwischen weit verbreiteten ELV-Serie 7000, deren klarer Stil geschätzt wird.

Der ELV Turm



Das Foto zeigt die in der erfolgreichen ELV Serie 7000 bereits veröffentlichten Geräte (von oben nach unten):

1. ELV Goliath Uhr (Stationsuhr), ELV Nr. 9
2. ELV Kapazitätsmeßgerät DCM 7000, ELV Nr. 14
3. ELV 1 MHz Funktionsgenerator

mit 1 MHz Frequenzzähler FG 7000, ELV Nr. 15

4. Digitales Multimeter DVM 7107, ELV Nr. 8
5. + 6. ELV Super Netzgeräte NT 7000, ELV Nr. 12

Aufgrund der sagenhaften Resonanz der ELV Serie 7000 werden wir Ihnen

über die ursprünglich geplanten Beiträge hinaus noch zusätzliche interessante Geräte innerhalb dieser Serie vorstellen, so daß zum Abschluß ein phantastisch bestückter Laborplatz für Hobby-Elektroniker steht, der aufgrund seines Designs, seiner technischen Daten und nicht zuletzt seiner Preiswürdigkeit wohl einmalig sein dürfte.

Anwendungsmöglichkeiten und Bedienung

Trotz der Fülle der Funktionsmöglichkeiten ist es gelungen, die Frontplatte übersichtlich zu gestalten, bei harmonischem Design.

Eingeschaltet wird das Gerät mit dem an der linken Seite befindlichen, 2poligen Netzschalter.

Daneben unter dem 6stelligen Anzeigendisplay des Frequenzzählers befindet sich der Frequenzzählereingang.

Ist der Funktionsgenerator unbestückt geblieben, sind diese beiden Buchsen sofort nach Einschalten des Gerätes betriebsbereit.

Bei bestücktem Funktionsgenerator ist der Schalter „Funktion“ in Stellung „aus“ zu bringen, um den Frequenzzähler einzeln zu benutzen, da in jeder anderen Stellung des Schalters „Funktion“ entweder die Frequenz des Funktions- oder des Wobbelgenerators (sofern dieser eingeschaltet wurde) gemessen wird.

In diesem Zusammenhang wollen wir noch auf die hohe Qualität des im Frequenzzähler eingebauten Vorverstärkers hinweisen.

Diejenigen unter unseren Lesern, die sich schon einmal mit entsprechend breitbandigen Verstärkern befaßt haben, wissen um deren Probleme.

Nicht allein die Empfindlichkeit macht einen guten Vorverstärker aus, sondern ebenso die Stabilität über den gesamten Meßbereich, d. h., daß z. B. keine Frequenzverdopplungen auftreten etc.

Ein weiterer, genauso wichtiger Punkt, auf den vielfach vorsichtshalber gar nicht erst eingegangen wird, ist das Verhalten des Vorverstärkers bei unterschiedlichen Kurvenformen, wie Sinus, Dreieck und Rechteck sowie das außerordentlich schwer zu beherrschende Impulsverhalten bei extremen Tastverhältnissen.

Alle diese Punkte halten wir für sehr wesentlich, denn was nützt Ihnen ein Frequenzzähler z. B. nur für Sinuskurven.

Ein Frequenzzähler, dessen Anzeige nicht mehr zuverlässig ist, sobald kein Sinussignal, sondern eine Impulsform vorliegt (zu kleine oder zu große Anzeige bis hin zur Frequenzverdopplung), taugt unserer Meinung nach nicht viel.

Wir wollen diese Probleme hier nur kurz aufzeigen, da das Gesamtgebiet

sehr umfangreich ist.

Der in diesem Frequenzzähler eingebaute Vorverstärker zeichnet sich neben großer Störsicherheit bei guter Empfindlichkeit noch zusätzlich dadurch aus, daß bei der hier vorliegenden Dimensionierung selbst extreme Kurvenformen und Tastverhältnisse bis 100 000 : 1 (!) noch einwandfrei verarbeitet werden, so daß sich in einem weiten Bereich eine zuverlässige Anzeige ergibt.

Die Empfindlichkeit von typisch 30 mV_{eff} (an den Bereichsgrenzen etwas unempfindlicher) kann auf ca. 10 mV_{eff} gesteigert werden, indem der Rückkopplungswiderstand R 73 von 82 kΩ auf 100 kΩ (oder noch etwas größer) erhöht wird.

Dies geht allerdings zu Lasten der Störsicherheit, so daß auch das Impulsverhalten etwas schlechter wird und möglichst Tastverhältnisse von 1 : 1 bis maximal 10 : 1 verarbeitet werden sollten, was aber in aller Regel gegeben ist (bei niedrigen Wobbelfrequenzen tritt allerdings ein höheres Tastverhältnis auf).

Kommen wir von den Möglichkeiten des Frequenzzählers nun zum eigentlichen Funktionsgenerator:

Beginnen wir zweckmäßigerweise mit der Einstellung des Frequenzbereichs.

Die Unterteilung erfolgt mit dem 12-Stufen-Schalter „Bereich“.

Hierbei sehen wir gleich eine weitere Besonderheit dieses Funktionsgenerators:

Mit dem Bereichsschalter lassen sich nicht nur dekadische Schritte (in 10er Schritten abgestuft), sondern jeweils noch Zwischenwerte einstellen.

Dies hat den entscheidenden Vorteil, daß man das Analog-Poti nicht so häufig benötigt und so bei einem Frequenzwechsel von z. B. 1 kHz auf 3 kHz bei Zurückschalten wieder exakt auf 1 kHz „landet“.

Selbstverständlich kann mit dem Analog-Einsteller „Frequenz“ die Frequenz innerhalb der einzelnen Bereiche, wie dies auch bei anderen Geräten üblich ist, kontinuierlich verändert werden.

Die Möglichkeit der feinen Unterteilung sollte jedoch nicht unterschätzt werden.

Mit dem unterhalb des Potis „Frequenz“ angeordneten Schalters „Funktion“ lassen sich die einzelnen Kurvenformen einstellen.

Man kann zwischen Sinus, Dreieck, Sägezahn, Rechteck und Impuls bei einem Tastverhältnis von 5 zu 1 wählen. In Stellung „aus“ des Schalters „Funktion“ ist der eigentliche Funktionsgenerator ausgeschaltet und der Frequenzzählereingang steht für separate Messungen zur Verfügung.

Links oberhalb des Schalters „Funktion“ befindet sich das Potentiometer mit der Bezeichnung „Amplitude“, mit dem die Größe der Ausgangsspannung (Ausgangsamplitude) von 0 bis Maximum eingestellt werden kann.

Mit dem links daneben angeordneten und in dB aufgeteilten Anschwächer kann noch eine zusätzliche Unterteilung des Ausgangsspannungsbereiches vorgenommen werden, wobei jeweils -20 dB einer Abschwächung des Ausgangssignals um den Faktor 10 gleichkommen (-20 dB = Teilung durch 10/-40 dB = Teilung durch 100).

In Stellung 0 dB und voll aufgedrehtem Amplitudenregler ist die Größe der Ausgangsspannung bei Sinus, Dreieck und Sägezahn ca. 2 V_{ss}, während beim Rechteck und Impuls die Amplitude 3 V_{ss} beträgt.

Rechts neben der 6stelligen Frequenzanzeige befindet sich das Poti für die DC-PegelEinstellung.

Hiermit läßt sich die Ausgangsspannung um einen bestimmten einstellbaren Betrag gleichspannungsmäßig nach oben oder unten verschieben.

Die beiden darüber befindlichen Pfeile zeigen eine Übersteuerung nach oben bzw. unten an.

Unterhalb des Reglers für den DC-Pegel befindet sich der Einsteller für die Wobbelfrequenz mit eingebautem Drehschalter.

Ganz links ist der Wobbelgenerator ausgeschaltet. Nach dem Einschalten reicht die Frequenzeinstellung des Wobblers von ca. 1 Hz bis 1000 Hz. Anzumerken ist noch, daß in Stellung „aus“ dieses Schalters der Frequenzzähler automatisch die Frequenz des Funktionsgenerators mißt (sofern sich nicht der Schalter „Funktion“ in Stellung „aus“ befindet). Im selben Moment, wo der Wobbelgenerator eingeschaltet wird, zeigt der eingebaute Frequenzzähler automatisch die Frequenz des Wobbelgenerators an (eine Frequenzmessung des Funktionsgenerators wäre bei eingeschaltetem Wobbelgenerator durch die sich nun ändernde Frequenz ohnehin nicht mehr sinnvoll).

Eine rote Leuchtdiode über dem Poti „Wobbel“ zeigt den Einschaltzustand des Wobbelgenerators optisch an.

Kommen wir abschließend zu den Aus- und Eingangsbuchsen des Funktionsgenerators.

Im mittleren unteren Teil der Frontplatte befinden sich fünf Ausgangsbuchsen, deren Funktion von links nach rechts gesehen folgende ist:

1. Synchron-Ausgang des Funktionsgenerators
2. Masseanschluß des Funktionsgenerators
3. 50 Ohm-Ausgang
4. 600 Ohm-Ausgang
5. AC-Ausgang (ohne Gleichspannungsanteil).

Die darüber am oberen Rand angebrachten fünf Buchsen haben folgende Funktion (von links nach rechts):

1. Synchronausgang des Wobbelgenerators
2. Masseanschluß des Wobbelgenerators (identisch mit Masse-Anschluß des Funktionsgenerators sowie des Frequenzzählers).
3. zusätzlicher Wobbelgenerator-Ausgang
4. AM-Modulationseingang des Funktionsgenerators
5. Linear FM Modulationseingang des Funktionsgenerators sowie Wobbel-eingang des Funktionsgenerators.

Zur Schaltung

Nachdem wir die Funktion und die Bedienung besprochen haben, kommen wir nun zur Schaltungserläuterung.

Aufgrund der hohen Integrationsdichte die IC 1 des Typs XR 205 ist eine detaillierte Beschreibung nur schwer möglich. Wir wollen uns daher auf die wesentlichen Funktionsmerkmale beschränken, die aufgrund der äußeren Beschaltung erkennbar sind.

Der eigentliche Funktionsgenerator besteht im wesentlichen aus dem IC 1 des Typs XR 205, der alle wichtigen aktiven Bauelemente zum Aufbau beinhaltet.

Die Kondensatoren C 1 bis C 12 dienen als frequenzbestimmende Bauelemente.

Mit dem Poti R 2 wird die Frequenz und mit R 8 die Amplitude eingestellt.

Der Trimmer R 12 dient zum einmaligen Abgleich der Sinuskurve, auf den im Kapitel „Einstellung“ noch näher eingegangen wird.

Mit dem Schalter S 2 werden die einzelnen Kurvenformen in Zusammenhang mit den beiden Reed-Relais Re 1 und Re 2 umgeschaltet.

Schließt re 1, so wird aus dem mit R 12 eingestellten Sinusverlauf der Kurve ein Dreieck, während durch Schließen von re 2 das Dreieck in einen Sägezahn bzw. das Rechteck in eine Impulsform umgewandelt wird.

Das an Pin 12 des IC 1 mit kleiner Amplitude (ca. $0,5 V_{SS}$) anstehende Rechteck (bzw. Impuls, je nachdem ob Re 2 geöffnet oder geschlossen ist) wird über die Impulsformerstufe T 1/T 2 verstärkt und je nach Stellung von S 2 auf den im IC integrierten Bufferverstärker gegeben (Pin 10 = Buffereingang, Pin 11 = Bufferausgang).

Der Ausgang des Verstärkers, der hier die Aufgabe einer Vorstufe zur Impedanzwandlung erfüllt, wird auf den in 10 dB-Stufen einstellbaren Abschwächer geführt.

Hieran schließt sich über R 29 der leistungsfähige Endverstärker an, dessen Ausgang einen Dauerstrom von 100 mA liefern kann und kurzschlußfest ist.

Über R 30 wird mittels R 31 der DC-Pegel eingestellt (Gleichspannungspegel des Ausgangs).

Die Operationsverstärker OP 1 und OP 2 zeigen mittels der beiden Leuchtdioden D 1 und D 2 an, sofern eine zu große Gleichspannungsverschiebung des Ausgangs über den DC-Pegel-Einsteller R 31 vorgenommen wurde und dadurch das Verstärker-IC 2 in die Begrenzung gehen kann.

Am Kollektor des Transistors T 2 wird über R 20 das Rechtecksignal dem Transistor T 3 zugeführt, dessen Kollektor den Synchronausgang des Frequenzzählers darstellt, der gleichzeitig über re 4 auf den Frequenzzählereingang geführt wird.

Der Wobbelgenerator besteht im wesentlichen aus den Operationsverstärkern OP 3 bis OP 6, die im IC 4 integriert sind, sowie den Transistoren T 4, T 5 und T 6.

Op 3 stellt in Verbindung mit T 4 sowie der Zusatzbeschaltung, bestehend aus R 38 bis R 42, sowie C 19 eine Konstantstromquelle dar, deren Strom über R 41 einstellbar ist und den Kondensator C 20 auflädt.

Durch die Ladung mit einem Konstantstrom ergibt sich an C 20 eine linear ansteigende Spannung (Rampe).

OP 4 bildet einen Pufferverstärker (1:1), damit der Kondensator durch die Nachfolgeschaltung nicht belastet wird und dadurch die Kurvenform verfälscht werden kann.

Über OP 5 wird der Transistor T 5 so gesteuert, daß nach Erreichen einer bestimmten Spannung an C 20 (ca. 4 V) dieser schlagartig auf ca. 0 V entladen wird.

Wir sehen, daß auf diese Weise sich als Kurvenverlauf ein „sehr schöner“ Sägezahn ergibt. Der Vorgang wiederholt sich periodisch, da, nachdem die Spannung auf ca. 0 V abgesunken ist, T 5 wieder öffnet und so die Spannung an C 20 wieder linear ansteigen kann.

Über die Verstärkerstufe T 6 wird das Synchronausgangssignal des Wobbelgenerators erzeugt und gleichzeitig über re 5 auf den Frequenzzählereingang gegeben, sofern der Wobbelgenerator eingeschaltet ist.

Da der XR 205 als Wobbeleingangssignal eine Spannung erhalten soll, die von 0 V beginnt und langsam immer negativer wird (bis auf $-4 V$), ist das vorhandene Sägezahnsignal zu invertieren. Dies geschieht mit dem Operationsverstärker OP 6 in Zusammenhang mit den beiden Widerständen R 50 und R 51, so daß an Pin 14 von OP 6 die gewünschte Kurvenform vorliegt.

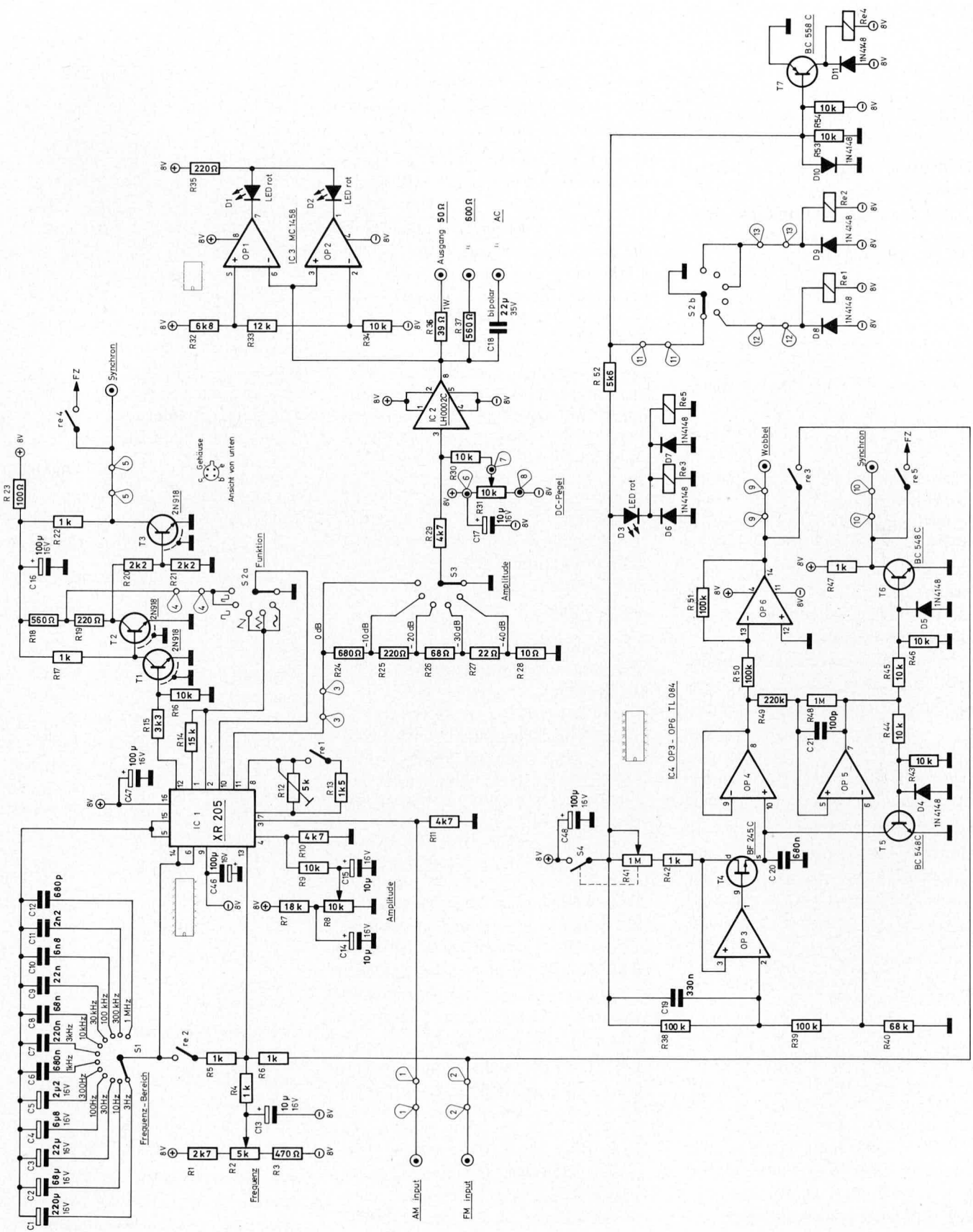
Über den Schalter S 2 b, der mechanisch mit dem Schalter S 2 a verbunden ist, werden die Relais entsprechend der gewünschten Kurvenformen- und Meßmöglichkeiten angesteuert.

Eingeschaltet wird der Wobbelgenerator über den Schalter S 4, der mechanisch mit der Potentiometerachse von R 41, mit dem die Wobbelfrequenz regelbar ist, verbunden ist.

Nach dieser etwas gestrafften Schaltungsbeschreibung des Funktionsgenerators kommen wir nun zur Erläuterung des Frequenzzählers.

Das IC 8 des Typs CD 4060 beinhaltet zum einen die Oszillatorschaltung in Verbindung mit den beiden Widerständen R 82 und R 83 sowie den Kondensatoren C 34 bis C 36 sowie eine nachfolgende Teilerschaltung.

Je nach Bauteilestreuung kann es vorkommen, daß der Quarzoszillator nicht sofort anschwingt. Dies läßt sich auf einfache Weise beheben, indem der Kondensator C 36 etwas vergrößert oder verkleinert wird; evtl. kann er sogar ganz entfallen.



Schaltbild des Funktionsgenerators

Das an Pin 3 des IC 8 anstehende Rechtecksignal wird auf den Eingang (Pin 10) des IC 9 geführt, wo es weiter geteilt wird. An Pin 12 des IC 9 steht dann ein Signal mit einer Periodendauer von 2 sec. und an Pin 13 von 1 sec. an. Über die Gatter N 1 bis N 4 werden hieraus die Signale für die Torzeit, den Speichervorgang sowie der Resetimpuls gewonnen und auf die entsprechenden Eingänge des IC 11 geführt.

Die Ausgänge 18 bis 23 steuern über das IC 12 des Typs SN 75 492 die Digits des Anzeigendisplays, das aus sechs LED-Anzeigen des Typs TIL 702 (oder Vergleichstyp) besteht, das im Multiplexverfahren betrieben wird.

Die jeweils zugehörigen Segmente der sechs Digits Di 1 bis Di 6 werden über die Ausgänge 3 bis 9 des IC 11 von den Transistoren T 8 bis T 14 angesteuert.

Durch diese etwas aufwendige zusätzliche Beschaltung des IC 11 wird erreicht, daß die Anzeige des 6stelligen Frequenzzählers eine ausgezeichnete Helligkeit erhält, die in ihrer Brillanz zu den Anzeigen der übrigen Geräte aus der ELV Serie 7000 paßt.

Abschließend wollen wir noch auf die Funktion des von uns entwickelten Vorverstärkers eingehen, auf den wir ganz besonders stolz sind.

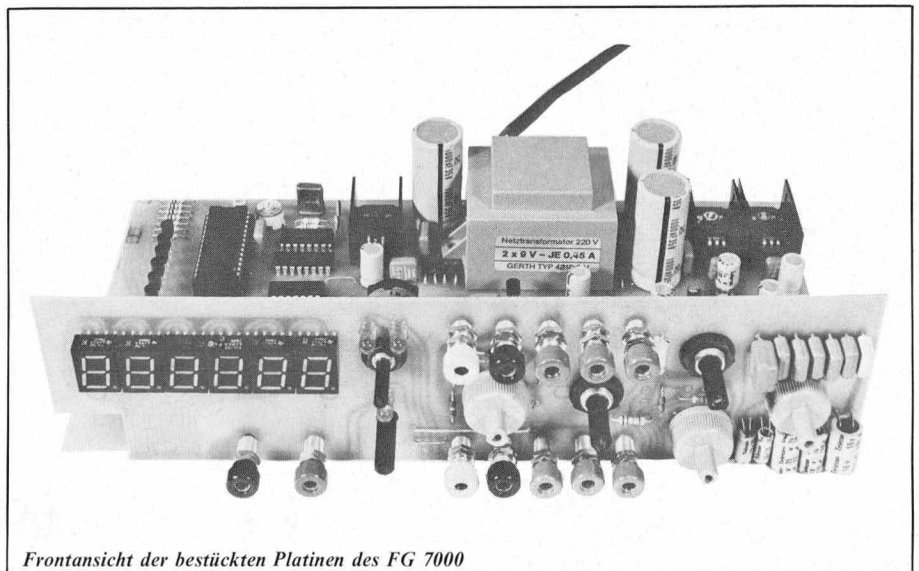
Nach unseren Testergebnissen „frißt“ dieser Vorverstärker wirklich alles. Ob Sinus, Dreieck, Rechteck, Sägezahn, Impuls, bis hin zu extremen Tastverhältnissen von 100 000 : 1, Sie können diesem Vorverstärker alles anbieten und erhalten trotzdem eine absolut saubere Anzeige.

Erreicht wird dies durch eine nahezu geniale und trotzdem nicht allzu aufwendige Schaltung.

Über C 39 und C 40 sowie R 69 und R 70 gelangt das Eingangssignal auf das Gate des FET T 15.

Die Dioden D 18 und D 19 verhindern hierbei eine Übersteuerung. Der Drain-Anschluß von T 15 liegt auf der gesiebten positiven Versorgungsspannung, während am Source-Anschluß am Widerstand R 71 das Eingangssignal angelangt (normalerweise etwas verkleinert). Diese Stufe stellt also eine Impedanz und Pegelwandlung mit Übersteuerungssicherung dar.

Über C 42 und R 72 gelangt das Signal auf die Basis von T 16, der in Verbindung mit T 17 sowie den Widerständen R 74 bis R 77 einen direkt gekoppelten



Frontansicht der bestückten Platine des FG 7000

Gleichspannungsverstärker mit weitgehend automatischer Gleichspannungseinstellung (über R 74) darstellt.

Eine hohe Wechsellspannungsverstärkung wird erreicht, indem der Emitter-Widerstand R 75 über den Kondensator C 43 wechsellspannungsmäßig gebrückt wird.

Aufgrund des besonders kleinen Verhältnisses von R 77 zu R 75 (2,2 : 1) ist diese Stufe gleichspannungsmäßig außerordentlich stabil.

Die außergewöhnliche Besonderheit liegt nun in dem Rückkopplungswiderstand R 73.

So einfach sich dieser kleine Widerstand in der Gesamtschaltung auch ausnimmt, so wesentlich ist doch seine Funktion. Die bis hierhin beschriebene Verstärkerstufe (T 16, T 17) stellt, wie schon erwähnt, einen direkt gekoppelten Gleichspannungsverstärker dar.

Durch Hinzufügen des Widerstandes R 73 wird ein zusätzlicher Schmitt-Trigger-Effekt erzielt, aufgrund dessen diese Stufe und damit auch der gesamte Verstärker eine außergewöhnliche wechsellspannungsmäßige Stabilität und Störsicherheit erreicht.

Wie schon an anderer Stelle erwähnt, kann die Empfindlichkeit, die in der vorliegenden Dimensionierung bei ca. 30 mV_{eff} liegt, auf ca. 10 mV_{eff} erhöht werden, indem man den Widerstand R 73 auf 100 kΩ (oder noch etwas größer) erhöht.

Ein Wert über 220 kΩ ist hingegen nicht anzuraten, da dann die vorstehend beschriebenen Stabilitätsmerkmale zu weit eingeschränkt werden.

Am Kollektor von T 17 steht nun das

hochverstärkte Eingangssignal zur Verfügung.

Damit das Signal seinen letzten Schliff bekommt, ist noch eine Impulsformer- und Pegelanpassungsstufe nachgeschaltet.

Über C 44 gelangt das Signal auf die Basis von T 18, der das Signal verstärkt und sauber über seinen Kollektorkreis auf den Eingang (Pin 25) des IC 11 gibt.

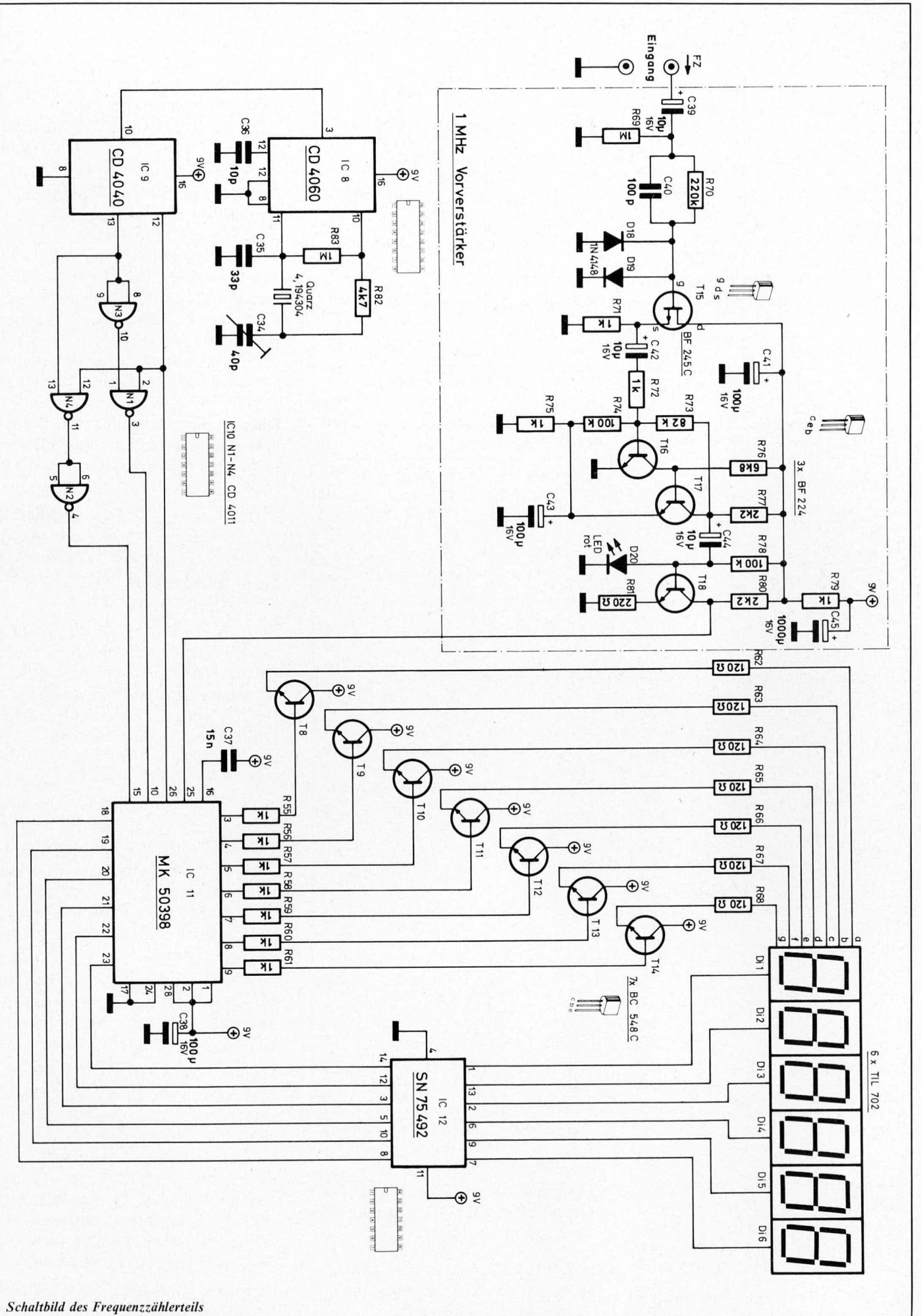
In der mit T 18 aufgebauten Endverstärkerstufe wurde von uns der besseren Stabilität wegen noch eine weitere Besonderheit eingebaut.

Um auch unterschiedliche Kurvenformen und extreme Tastverhältnisse verarbeiten zu können, haben wir uns bei der Gleichspannungseinstellung dieser Stufe nicht mehr auf einen normalen Widerstandsteiler verlassen. Vielmehr wird über den Widerstand R 78 an der LED D 20 eine Konstantspannung erzeugt. Es wurde deshalb eine rote Leuchtdiode gewählt, da diese eine Durchlaßspannung von ca. 1,7 V bei sehr guter Stabilität aufweist.

Am Emitter-Widerstand R 81 fällt dann eine Spannung von ca. 1 V ab (im Ruhezustand).

Auf diese Weise herrschen in der mit T 18 aufgebauten Stufe gesicherte Gleichspannungsverhältnisse. Da R 78 entsprechend hochohmig gewählt werden kann, weist diese Stufe außerdem eine gute Empfindlichkeit auf.

Die Gesamteigenschaften dieses vorstehend beschriebenen Vorverstärkers sind unserer Meinung nach wirklich ausgezeichnet, so daß wir wohl zu Recht auf diese Entwicklung stolz sein können, obwohl sie nur einen kleinen Teil der hier vorgestellten Gesamtschaltung darstellt.



Schaltbild des Frequenzzählerteils

Zum Nachbau

Die vorstehend beschriebene Schaltung des 1 MHz Funktionsgenerators mit 1 MHz Frequenzzähler ist auf dem Hobbyelektroniksektor nach unseren Erfahrungen in die oberste Spitzenklasse einzureihen, was Umfang und Nachbauvolumen anbelangt.

Trotz der aufwendigen Schaltungstechnik ist es gelungen, durch eine ausgereifte Konstruktion eine hohe Nachbausicherheit zu erreichen, zu der nicht zuletzt das hochwertige Layout der Leiterplatten beiträgt, auf denen bis auf den Netzschalter sämtliche Bauelemente Platz finden, so daß die zusätzliche Verdrahtung sehr gering gehalten werden konnte. Aufgrund der außergewöhnlichen Anforderungen an die Schaltung (Verarbeitung von Rechtecksignalen bis 1 MHz) sind jedoch innerhalb der Platinen einige isolierte Drähte zu ziehen.

Die mit gleichen Zahlen versehenen Punkte sind durch isolierte Drähte miteinander zu verbinden (Punkt 1 mit Punkt 1, Punkt 2 mit Punkt 2 usw. bis Punkt 13 mit Punkt 13).

Bevor allerdings mit der Bestückung der Platinen begonnen werden kann, sind diese in das Gehäuse einzupassen. Nachdem ein Probeeinbau der Platinen zur Zufriedenheit verlaufen ist (Platinen sind noch nicht miteinander verlötet), kann mit der Bestückungsarbeit begonnen werden.

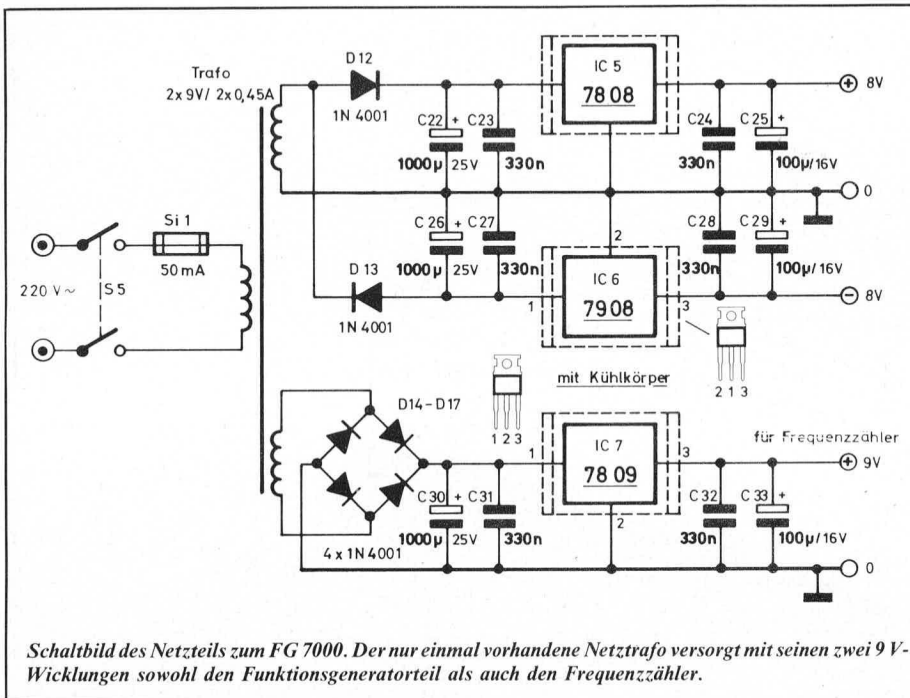
Zunächst werden die Brücken, dann die Widerstände, Kondensatoren, Dioden usw. in gewohnter Weise eingelötet.

Ist die Bestückung nach Einsetzen der IC's vollendet, wird die Anzeigenplatine senkrecht an die Basisplatine angelötet, und zwar so, daß sie ca. 5 mm unter ihr hervorragt.

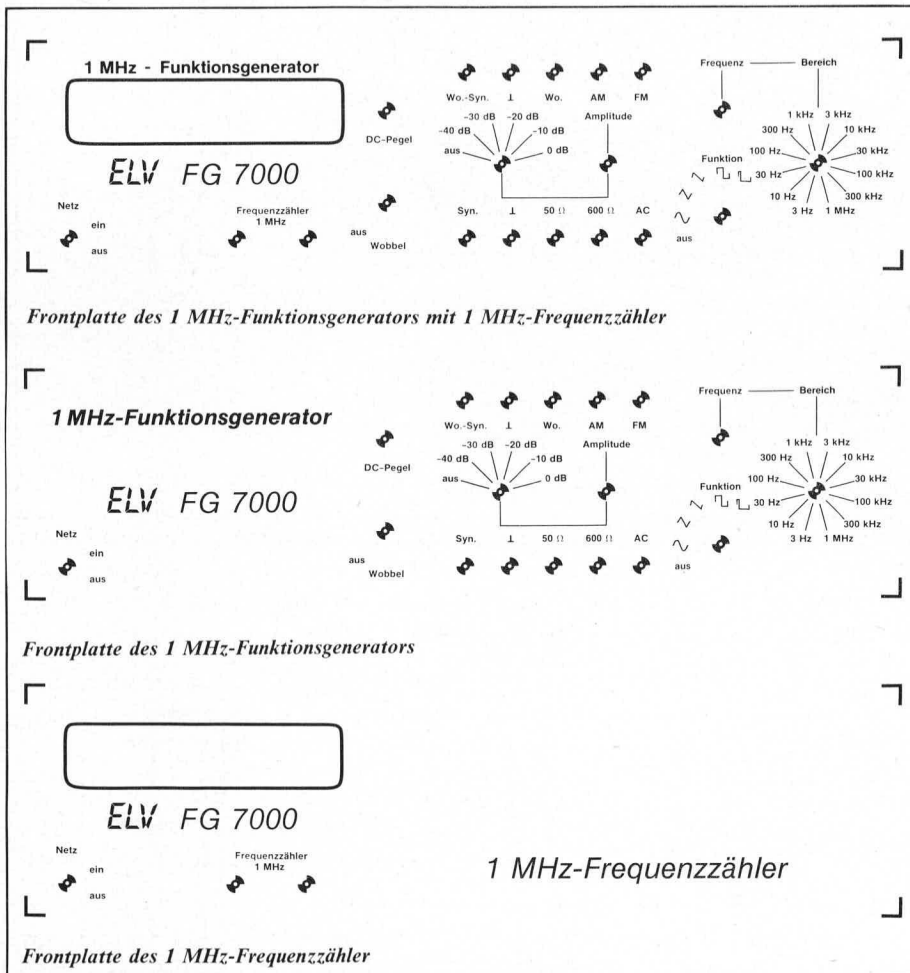
Sind alle Kupferflächen der senkrecht aufeinander liegenden Platinen miteinander verlötet, kann der Einbau ins Gehäuse vorgenommen werden.

Die Qualität des Ausgangssignals kann noch etwa gesteigert werden, indem das Gehäuse abgeschirmt wird, wobei es im allgemeinen ausreicht, wenn die untere Gehäusehalbschale mit Graphitspray ausgesprüht wird oder eine Aluminiumfolie (mit einer Isolierschicht, damit keine Kurzschlüsse entstehen) unter die Basisplatine gelegt wird, die dann mit Masse zu verbinden ist.

In unseren Laborgeräten brachte diese Maßnahme allerdings nur eine unwe-



Schaltbild des Netzteils zum FG 7000. Der nur einmal vorhandene Netztrafo versorgt mit seinen zwei 9 V-Wicklungen sowohl den Funktionsgeneratorteil als auch den Frequenzzähler.



Netzteil

Abschließend wollen wir noch kurz auf die Stromversorgung des Gerätes eingehen.

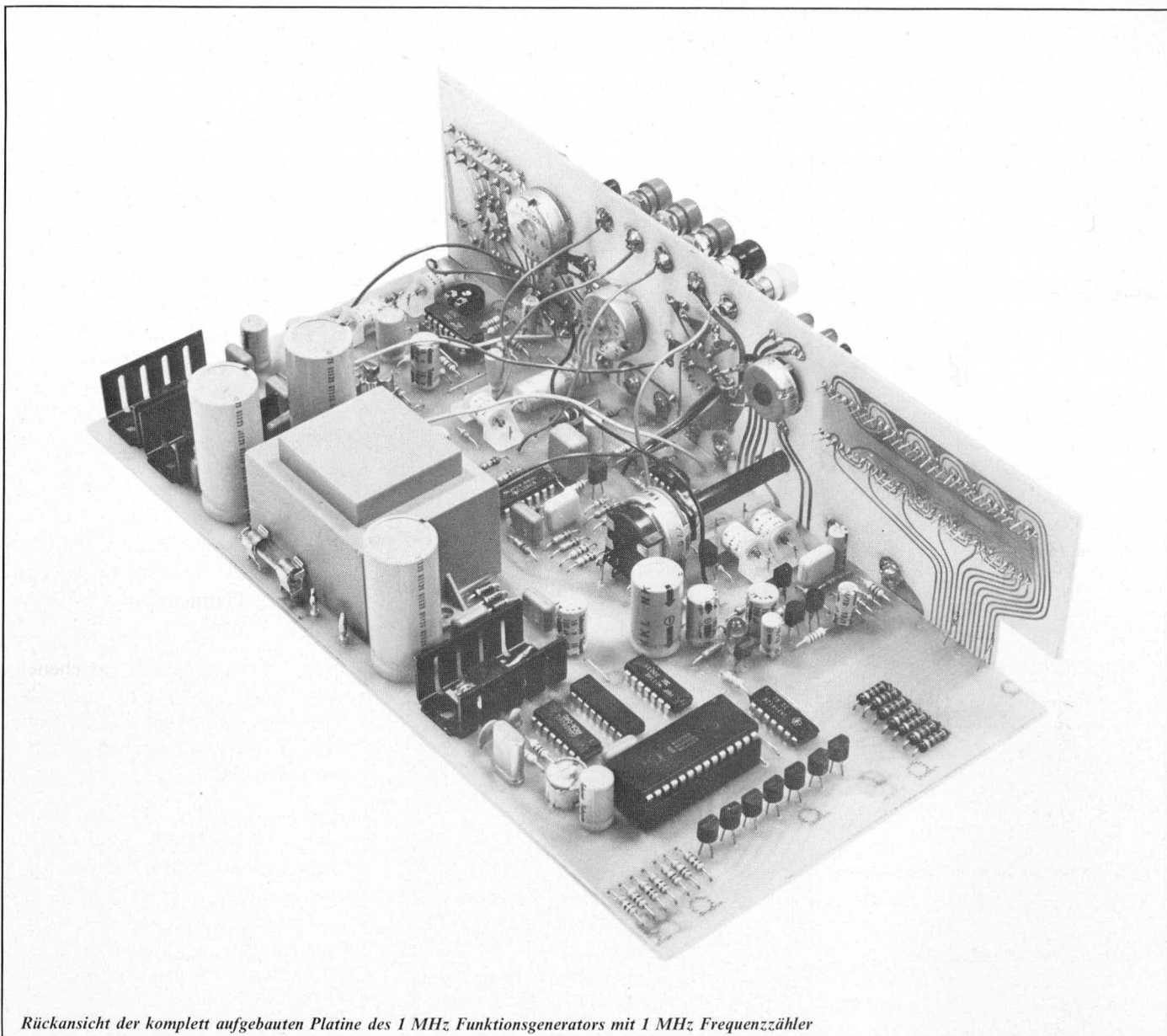
Der verwendete Trafo hat zwei Sekundärwicklungen von jeweils 9 V und 0,45 A Strombelastbarkeit.

Die eine Wicklung versorgt über die Spannungstabilisatoren IC 5 und IC 6

den Funktionsgeneratorteil der Schaltung.

Die zweite Wicklung dient über IC 7 der Stromversorgung des Frequenzzählers.

Sofern nur eines der beiden Geräte bestückt wird, bleibt die jeweils andere Trafowicklung unbenutzt.



Rückansicht der komplett aufgebauten Platine des 1 MHz Funktionsgenerators mit 1 MHz Frequenzzähler

sentliche Verbesserung, so daß hierauf im allgemeinen verzichtet werden kann.

Die VDE-Bestimmungen sind zu beachten.

Einstellung

Am Frequenzzähler sind normalerweise keine Einstellungen erforderlich, gibt man sich mit „normaler“ Genauigkeit zufrieden.

Steht ein genauer Vergleichszähler zur Verfügung, kann mit C 34 ein Feinabgleich der Quarzfrequenz vorgenommen werden, indem man dem Frequenzzählereingang ein Signal mit exakt definierter Frequenz vorgibt und die Anzeige mit C 34 auf den gleichen Wert einstellt.

Auf die Möglichkeit, mit R 73 die Empfindlichkeit des Vorverstärkers zu variieren, wurde bereits an anderer Stelle hingewiesen.

Kommen wir nun zur Einstellung des einzigen im Funktionsgeneratorteil vorhandenen Abgleichpunktes. Der Schalter „Funktion“ (S 2) wird hierzu in Stellung „Sinus“ gebracht.

Der Trimmer R 12 ist nun so einzustellen, daß die Ausgangskurvenform dem Sinusverlauf bestmöglichst nahe kommt.

Diese Einstellung ist normalerweise im mittleren Frequenzbereich mit Hilfe eines Oszillographen vorzunehmen. Zur zusätzlichen Überprüfung ist selbstverständlich auch eine Klirrfaktormeßbrücke von Nutzen, wobei ein Klirrfaktorwert von typisch 2,5 % und besser erreichbar ist.

Die Einstellung des Sinusverlaufes der Ausgangsspannung ist frequenzunabhängig.

Aufgrund dieser Tatsache und des Umstands, daß die Frequenzeinstellungsmöglichkeit dieses Funktionsgenera-

tors auf Werte bis unter 1 Hz reicht, läßt sich der Abgleich notfalls auch nur mit einem Vielfachmeßinstrument durchführen.

Häufig liegt die Grenzfrequenz von ganz einfachen Vielfachmeßinstrumenten deutlich über 1 Hz.

Steht kein Oszillograph zur Verfügung, gehen wir daher beim Abgleich des Sinusverlaufes der Ausgangsspannung wie folgt vor:

Die Frequenz des Funktionsgenerators wird auf den kleinstmöglichen Wert (unter 1 Hz) eingestellt.

An den 50-Ω-Ausgang des Generators wird nun das Vielfachmeßinstrument angeschlossen und auf Spannungsmessung (ca. 5 V) eingestellt.

Die DC-Pegeleinstellung wird so vorgenommen, daß der Zeiger des Vielfachmeßinstrumentes sich möglichst im mittleren Bereich befindet.

Stückliste:

ELV 1 MHz-Funktionsgenerator FG 7000

Halbleiter

IC1	XR 205
IC2	LH 0002 C
IC3	MC 1458
IC4	TL 084
IC5	7808
IC6	7908
T1-T3	2 N 918
T4	BF 245 C
T5,6	BC 548 C
T7	BC 558 C
D1-D3	LED, rot, 5 mm
D4-D11	1 N 4148
D12, 13	1 N 4001

Kondensatoren

C1	220 μ F/16 V
C2	68 μ F/16 V
C3	22 μ F/16 V
C4	6,8 μ F/16 V
C5	2,2 μ F/16 V
C6	680 nF
C7	220 nF
C8	68 nF
C9	22 nF
C10	6,8 nF
C11	2,2 nF
C12	680 pF
C13-C15	10 μ F/16 V
C16	100 μ F/16 V
C17	10 μ F/16 V
C18	22 μ F/35 V bipolar
C19	330 nF
C20	680 nF
C21	100 pF
C22	1000 μ F/25 V
C23, 24	330 nF
C25	100 μ F/16 V
C26	1000 μ F/25 V
C27, 28	330 nF
C29, C46-C48	100 μ F/16 V

Widerstände

R1	2,7 k Ω
R2	5 k Ω , Poti, lin, 6 mm Achse
R3	470 Ω
R4-R6	1 k Ω
R7	18 k Ω
R8	10 k Ω , Poti, lin, 6 mm Achse
R9	10 k Ω
R10, 11	4,7 k Ω
R12	5 k Ω , Trimmer
R13	1,5 k Ω
R14	15 k Ω
R15*	3,3 k Ω
R16	10 k Ω
R17	1 k Ω
R18	560 Ω
R19	220 Ω

R20, 21	2,2 k Ω
R22	1 k Ω
R23	100 Ω
R24	680 Ω
R25	220 Ω
R26	68 Ω
R27	22 Ω
R28	10 Ω
R29	4,7 k Ω
R30	10 k Ω
R31	10 k Ω , Poti, lin, 4 mm Achse
R32	6,8 k Ω
R33	12 k Ω
R34	10 k Ω
R35	220 Ω
R36	39 Ω , 1 W
R37	560 Ω
R38, 39	100 k Ω
R40	68 k Ω
R41	1 M Ω , Poti, lin, 6 mm Achse mit 2pol. Ausschalter
R42	1 k Ω
R43-R46	10 k Ω
R47	1 k Ω
R48	1 M Ω
R49	220 k Ω
R50, 51	100 k Ω
R52	5,6 k Ω
R53, R54	10 k Ω

Diverses

- 2 Präzisions-Drehschalter Typ SB20 AD (ITT) 2 x 6 Stellungen
- 1 Präzisions-Drehschalter Typ SB20 AD (ITT) 1 x 12 Stellungen
- 5 Hamlin Reed-Relais 12 V
- 2 Profil-Kühlkörper Sk13/35 SA-220
- 1 Sicherungshalter 1 Sicherung 50 mA
- 16 Löt Nägel

ELV 1 MHz-Frequenzzähler im FG 7000

Halbleiter

IC7	7809
IC8	CD 4060
IC9	CD 4040
IC10	CD 4011
IC11	MK 50398
IC12	SN 75492
T8-T14	BC 548 C
T15	BF 245 C
T16-T18	BF 224
D14-D17	1 N 4001
D18, 19	1 N 4148
D20	LED, 5 mm rot
Di1-Di6	TIL 702 = DIS 1306

Kondensatoren

C30	1000 μ F/25 V
C31, 32	330 nF
C33	100 μ F/16 V
C34	40 pF, Trimmer
C35	33 pF
C36	10 pF
C37	15 nF
C38	100 μ F/16 V
C39	10 μ F/16 V
C40	100 pF
C41	100 μ F/16 V
C42	10 μ F/16 V
C43	100 μ F/16 V
C44	10 μ F/16 V
C45	1000 μ F/16 V

Widerstände

R55-R61	1 k Ω
R62-R68	120 Ω , 0,4 W
R69, R83	1 M Ω
R70	220 k Ω
R71, R72, R75, R79	1 k Ω
R73	82 k Ω
R74, R78	100 k Ω
R76	6,8 k Ω
R77, R80	2,2 k Ω
R81	220 Ω
R82	4,7 k Ω

Diverses

- 1 Profil-Kühlkörper SK 13/35 SA-220
- 1 Sicherungshalter
- 1 Sicherung 50 mA
- 1 Quarz 4194,304 kHz
- 2 Löt Nägel

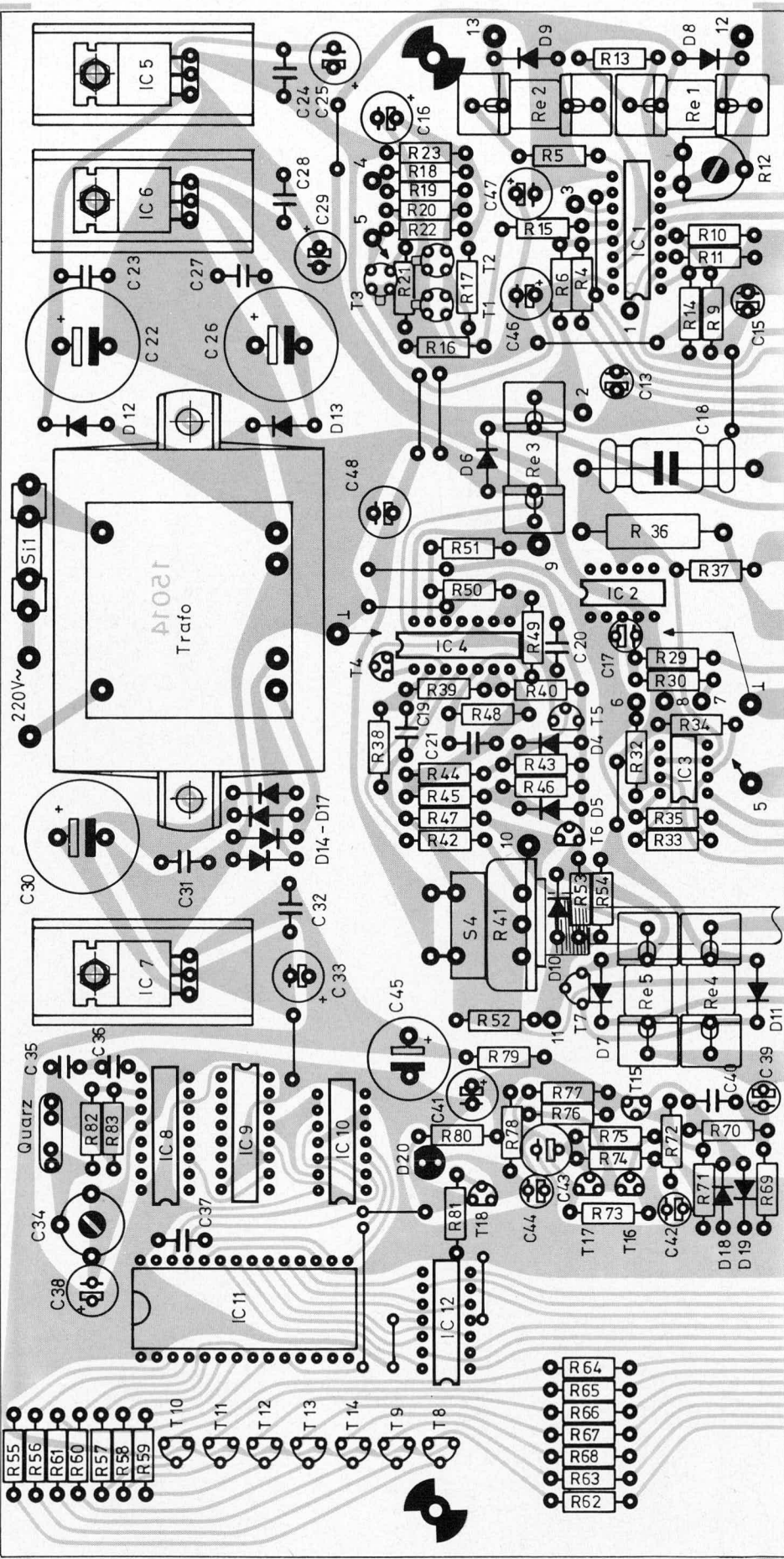
Für beide Geräte ist 1 gemeinsamer Netztrafo erforderlich

- Typ 4818
- prim: 220 V
- sek: 2 x 9 V — 2 x 0,45 A

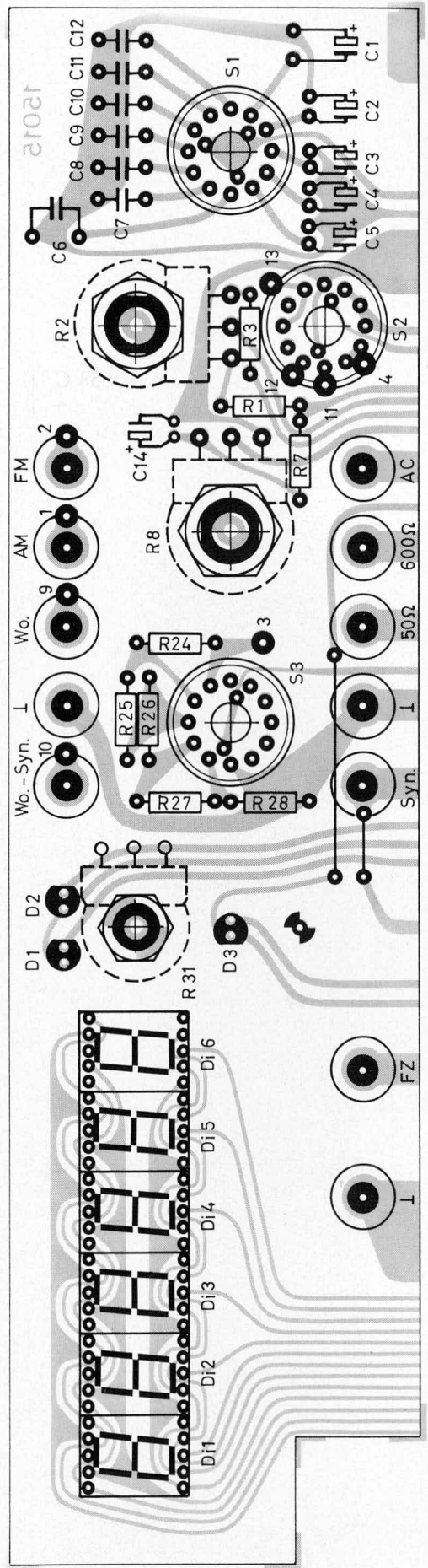
Gehäusebausatz für Funktionsgenerator mit Frequenzzähler

- 1 Gehäuse aus der Serie 7000
- 1 bedruckte und gebohrte Frontplatte
- 2 Gehäusebefestigungsschrauben
- 1 2-adriges Netzkabel mit Stecker
- 6 Drehknöpfe 15 mm \varnothing mit verschiedenfarbigen Deckeln und Pfeilscheiben
- 1 Drehknopf 10 mm \varnothing (für 4 mm Achse) mit Deckel
- 1 Kippschalter, 2-polig
- 12 Telefonbuchsen mit verschiedenfarbigen Kunststoffabdeckungen

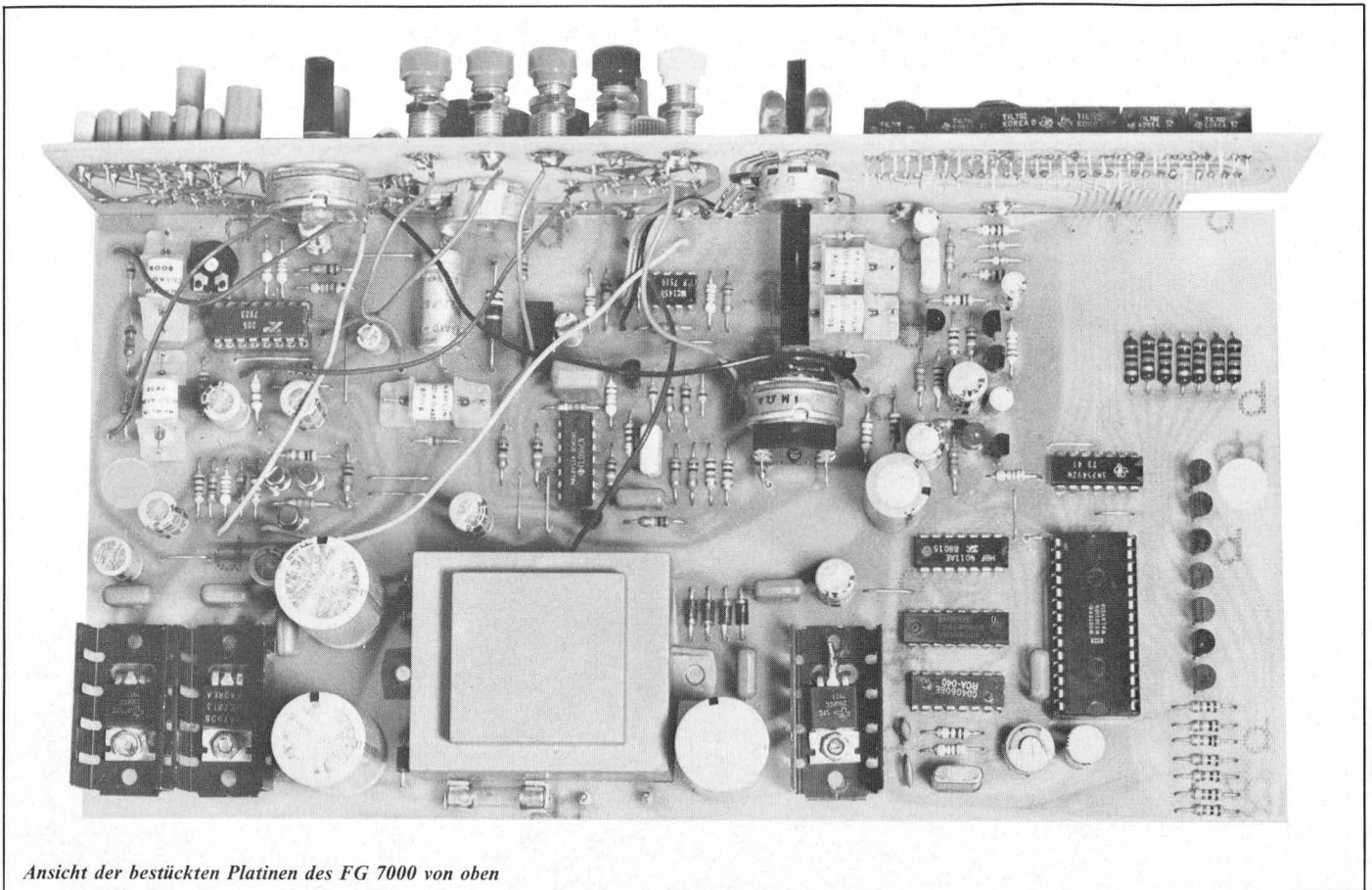
* evtl. 3,9 k Ω oder 4,7 k Ω , siehe auch Text



Bestückungsseite der Basisplatine des ELV 1 MHz Funktionsgenerators mit
1 MHz Frequenzzähler FG 7000



Bestückungsseite der Anzeigenplatine des ELV
1 MHz Funktionsgenerators mit 1 MHz Frequenzzähler
FG 7000



Ansicht der bestückten Platinen des FG 7000 von oben

Anhand der harmonisch verlaufenden Zeigerbewegungen (keine ruckartigen Bewegungen) läßt sich erkennen, wann mit R 12 eine annähernd optimale Einstellung des Sinusverlaufes gegeben ist. Bringen wir S 2 nun in Stellung Dreieck, so muß die Zeigerbewegung möglichst gleichförmig sein und bei Erreichen der Umkehrpunkte ruckartig in die entgegengesetzte Richtung umkehren. Die Rechteck- und Impulsfunktionen

sind von dieser Einstellung unabhängig.

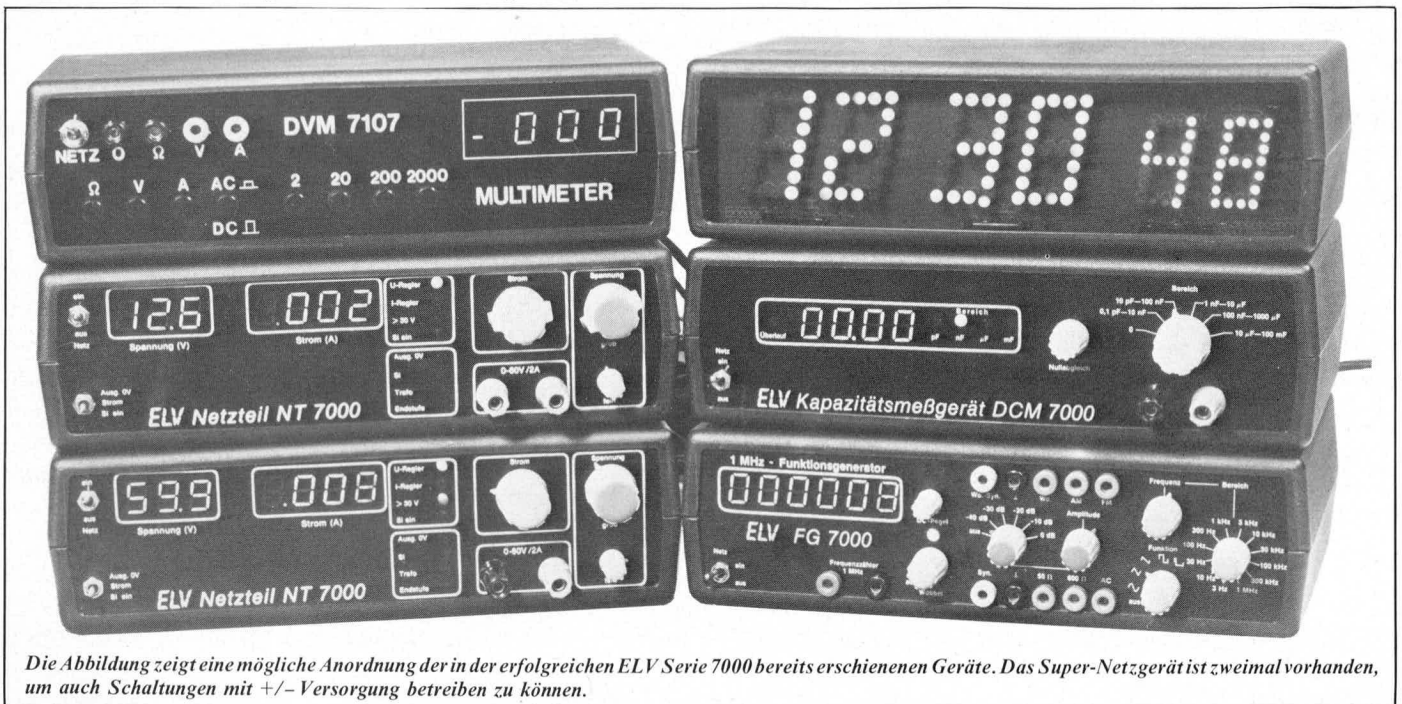
Im obersten Frequenzbereich (Bereichsgrenze in der Nähe von 1 MHz) kann durch Bauelemente-Streuung das Tastverhältnis von 1 : 1 abweichen in Stellung „Rechteck“ des Schalters „Funktion“.

Dies läßt sich durch geringfügiges Verkleinern oder Vergrößern von R 16 korrigieren, wobei darauf zu achten ist, das

bei Umschaltung auf „Impuls“ noch eine ausreichende Impulsbreite gegeben ist, so das auch die nachfolgende Stufe für den „Synchron-Ausgang“ einwandfrei arbeitet.

Damit ist die Einstellung des Funktionsgenerators beendet.

Wir wünschen Ihnen beim Nachbau und späteren Einsatz dieses qualifizierten Gerätes viel Erfolg.



Die Abbildung zeigt eine mögliche Anordnung der in der erfolgreichen ELV Serie 7000 bereits erschienenen Geräte. Das Super-Netzgerät ist zweimal vorhanden, um auch Schaltungen mit +/- Versorgung betreiben zu können.

1 MHz Funktionsgenerator mit 1 MHz Frequenzzähler



Mit der Entwicklung dieses 1 MHz Funktionsgenerators mit eingebautem 1 MHz Frequenzzähler dürfte unserem ELV-Ingenieur-Team wohl wieder einmal ein absolutes Spitzengerät auf dem Hobby-Elektronik-Sektor gelungen sein.

Hier die hervorragenden Eigenschaften in Kurzform:

- *Kurvenform: Sinus, Dreieck, Sägezahn, Rechteck und Impuls*
- *Frequenzbereich (bei Sinus, Dreieck, Rechteck) garantiert von unter 1 Hz bis über 1 MHz (!)*
- *Intern wobbelbar durch eingebauten Wobbelgenerator*
- *Extern wobbelbar*
- *Linear FM und AM modulierbar*
- *Synchronausgänge getrennt für Funktions- und Wobbelgenerator*
- *eingebauter 1 MHz-Frequenzzähler, der auch separat eingesetzt werden kann mit sehr hochwertigem Vorverstärker.*

Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang, daß sowohl der Funktionsgenerator als auch der Frequenzzähler einzeln aufgebaut und in ein Gehäuse der ELV-Serie 7000 eingebaut werden können und jedes der beiden Geräte für sich allein voll funktionsfähig ist.

Da der Platinensatz für den Aufbau beider Geräte ausgelegt ist, kann je nach Bedarf zunächst nur der Frequenzzähler o d e r der Funktionsgenerator gebaut und später das zweite Gerät auf einfache Weise dazubestückt werden — lediglich die Frontplatte ist auszutauschen.

Es sind drei verschiedene Frontplatten einzeln lieferbar:

- 1. Funktionsgenerator*
- 2. Frequenzzähler*
- 3. Funktionsgenerator mit Frequenzzähler*

Allgemeines

Der Funktionsgenerator ist nach dem Netzgerät und dem Multimeter wohl eines der am häufigsten benutzten Geräte.

Entsprechend groß waren auch die Anfragen an die Redaktion, „wann bringt ihr endlich den Funktionsgenerator?“

Zugegeben, wir haben länger als ursprünglich geplant, gebraucht, bis wir Ihnen heute dieses wirklich hervorragende Gerät vorstellen konnten, aber nachdem unser Ingenieur-Team die Möglichkeit eines 1 MHz-Generators sah, wollten wir uns selbstverständlich nicht mit weniger zufrieden geben.

Die ursprünglich geplante 200 kHz-Version wurde verlassen und eine völlige Neukonstruktion geschaffen, deren Frequenzbereich von unter 1 Hz bis über 1 MHz reicht — selbstverständlich im anspruchsvollen Design der inzwischen weit verbreiteten ELV-Serie 7000, deren klarer Stil geschätzt wird.

Der ELV Turm



Das Foto zeigt die in der erfolgreichen ELV Serie 7000 bereits veröffentlichten Geräte (von oben nach unten):

1. ELV Goliath Uhr (Stationsuhr), ELV Nr. 9
2. ELV Kapazitätsmeßgerät DCM 7000, ELV Nr. 14
3. ELV 1 MHz Funktionsgenerator

mit 1 MHz Frequenzzähler FG 7000, ELV Nr. 15

4. Digitales Multimeter DVM 7107, ELV Nr. 8
5. + 6. ELV Super Netzgeräte NT 7000, ELV Nr. 12

Aufgrund der sagenhaften Resonanz der ELV Serie 7000 werden wir Ihnen

über die ursprünglich geplanten Beiträge hinaus noch zusätzliche interessante Geräte innerhalb dieser Serie vorstellen, so daß zum Abschluß ein phantastisch bestückter Laborplatz für Hobby-Elektroniker steht, der aufgrund seines Designs, seiner technischen Daten und nicht zuletzt seiner Preiswürdigkeit wohl einmalig sein dürfte.

Anwendungsmöglichkeiten und Bedienung

Trotz der Fülle der Funktionsmöglichkeiten ist es gelungen, die Frontplatte übersichtlich zu gestalten, bei harmonischem Design.

Eingeschaltet wird das Gerät mit dem an der linken Seite befindlichen, 2poligen Netzschalter.

Daneben unter dem 6stelligen Anzeigendisplay des Frequenzzählers befindet sich der Frequenzzählereingang.

Ist der Funktionsgenerator unbestückt geblieben, sind diese beiden Buchsen sofort nach Einschalten des Gerätes betriebsbereit.

Bei bestücktem Funktionsgenerator ist der Schalter „Funktion“ in Stellung „aus“ zu bringen, um den Frequenzzähler einzeln zu benutzen, da in jeder anderen Stellung des Schalters „Funktion“ entweder die Frequenz des Funktions- oder des Wobbelgenerators (sofern dieser eingeschaltet wurde) gemessen wird.

In diesem Zusammenhang wollen wir noch auf die hohe Qualität des im Frequenzzähler eingebauten Vorverstärkers hinweisen.

Diejenigen unter unseren Lesern, die sich schon einmal mit entsprechend breitbandigen Verstärkern befaßt haben, wissen um deren Probleme.

Nicht allein die Empfindlichkeit macht einen guten Vorverstärker aus, sondern ebenso die Stabilität über den gesamten Meßbereich, d. h., daß z. B. keine Frequenzverdopplungen auftreten etc.

Ein weiterer, genauso wichtiger Punkt, auf den vielfach vorsichtshalber gar nicht erst eingegangen wird, ist das Verhalten des Vorverstärkers bei unterschiedlichen Kurvenformen, wie Sinus, Dreieck und Rechteck sowie das außerordentlich schwer zu beherrschende Impulsverhalten bei extremen Tastverhältnissen.

Alle diese Punkte halten wir für sehr wesentlich, denn was nützt Ihnen ein Frequenzzähler z. B. nur für Sinuskurven.

Ein Frequenzzähler, dessen Anzeige nicht mehr zuverlässig ist, sobald kein Sinussignal, sondern eine Impulsform vorliegt (zu kleine oder zu große Anzeige bis hin zur Frequenzverdopplung), taugt unserer Meinung nach nicht viel.

Wir wollen diese Probleme hier nur kurz aufzeigen, da das Gesamtgebiet

sehr umfangreich ist.

Der in diesem Frequenzzähler eingebaute Vorverstärker zeichnet sich neben großer Störsicherheit bei guter Empfindlichkeit noch zusätzlich dadurch aus, daß bei der hier vorliegenden Dimensionierung selbst extreme Kurvenformen und Tastverhältnisse bis 100 000 : 1 (!) noch einwandfrei verarbeitet werden, so daß sich in einem weiten Bereich eine zuverlässige Anzeige ergibt.

Die Empfindlichkeit von typisch 30 mV_{eff} (an den Bereichsgrenzen etwas unempfindlicher) kann auf ca. 10 mV_{eff} gesteigert werden, indem der Rückkopplungswiderstand R 73 von 82 kΩ auf 100 kΩ (oder noch etwas größer) erhöht wird.

Dies geht allerdings zu Lasten der Störsicherheit, so daß auch das Impulsverhalten etwas schlechter wird und möglichst Tastverhältnisse von 1 : 1 bis maximal 10 : 1 verarbeitet werden sollten, was aber in aller Regel gegeben ist (bei niedrigen Wobbelfrequenzen tritt allerdings ein höheres Tastverhältnis auf).

Kommen wir von den Möglichkeiten des Frequenzzählers nun zum eigentlichen Funktionsgenerator:

Beginnen wir zweckmäßigerweise mit der Einstellung des Frequenzbereichs.

Die Unterteilung erfolgt mit dem 12-Stufen-Schalter „Bereich“.

Hierbei sehen wir gleich eine weitere Besonderheit dieses Funktionsgenerators:

Mit dem Bereichsschalter lassen sich nicht nur dekadische Schritte (in 10er Schritten abgestuft), sondern jeweils noch Zwischenwerte einstellen.

Dies hat den entscheidenden Vorteil, daß man das Analog-Poti nicht so häufig benötigt und so bei einem Frequenzwechsel von z. B. 1 kHz auf 3 kHz bei Zurückschalten wieder exakt auf 1 kHz „landet“.

Selbstverständlich kann mit dem Analog-Einsteller „Frequenz“ die Frequenz innerhalb der einzelnen Bereiche, wie dies auch bei anderen Geräten üblich ist, kontinuierlich verändert werden.

Die Möglichkeit der feinen Unterteilung sollte jedoch nicht unterschätzt werden.

Mit dem unterhalb des Potis „Frequenz“ angeordneten Schalters „Funktion“ lassen sich die einzelnen Kurvenformen einstellen.

Man kann zwischen Sinus, Dreieck, Sägezahn, Rechteck und Impuls bei einem Tastverhältnis von 5 zu 1 wählen. In Stellung „aus“ des Schalters „Funktion“ ist der eigentliche Funktionsgenerator ausgeschaltet und der Frequenzzählereingang steht für separate Messungen zur Verfügung.

Links oberhalb des Schalters „Funktion“ befindet sich das Potentiometer mit der Bezeichnung „Amplitude“, mit dem die Größe der Ausgangsspannung (Ausgangsamplitude) von 0 bis Maximum eingestellt werden kann.

Mit dem links daneben angeordneten und in dB aufgeteilten Anschwächer kann noch eine zusätzliche Unterteilung des Ausgangsspannungsbereiches vorgenommen werden, wobei jeweils -20 dB einer Abschwächung des Ausgangssignals um den Faktor 10 gleichkommen (-20 dB = Teilung durch 10/-40 dB = Teilung durch 100).

In Stellung 0 dB und voll aufgedrehtem Amplitudenregler ist die Größe der Ausgangsspannung bei Sinus, Dreieck und Sägezahn ca. 2 V_{ss}, während beim Rechteck und Impuls die Amplitude 3 V_{ss} beträgt.

Rechts neben der 6stelligen Frequenzanzeige befindet sich das Poti für die DC-Pegeleinstellung.

Hiermit läßt sich die Ausgangsspannung um einen bestimmten einstellbaren Betrag gleichspannungsmäßig nach oben oder unten verschieben.

Die beiden darüber befindlichen Pfeile zeigen eine Übersteuerung nach oben bzw. unten an.

Unterhalb des Reglers für den DC-Pegel befindet sich der Einsteller für die Wobbelfrequenz mit eingebautem Drehschalter.

Ganz links ist der Wobbelgenerator ausgeschaltet. Nach dem Einschalten reicht die Frequenzeinstellung des Wobblers von ca. 1 Hz bis 1000 Hz. Anzumerken ist noch, daß in Stellung „aus“ dieses Schalters der Frequenzzähler automatisch die Frequenz des Funktionsgenerators mißt (sofern sich nicht der Schalter „Funktion“ in Stellung „aus“ befindet). Im selben Moment, wo der Wobbelgenerator eingeschaltet wird, zeigt der eingebaute Frequenzzähler automatisch die Frequenz des Wobbelgenerators an (eine Frequenzmessung des Funktionsgenerators wäre bei eingeschaltetem Wobbelgenerator durch die sich nun ändernde Frequenz ohnehin nicht mehr sinnvoll).

Eine rote Leuchtdiode über dem Poti „Wobbel“ zeigt den Einschaltzustand des Wobbelgenerators optisch an.

Kommen wir abschließend zu den Aus- und Eingangsbuchsen des Funktionsgenerators.

Im mittleren unteren Teil der Frontplatte befinden sich fünf Ausgangsbuchsen, deren Funktion von links nach rechts gesehen folgende ist:

1. Synchron-Ausgang des Funktionsgenerators
2. Masseanschluß des Funktionsgenerators
3. 50 Ohm-Ausgang
4. 600 Ohm-Ausgang
5. AC-Ausgang (ohne Gleichspannungsanteil).

Die darüber am oberen Rand angebrachten fünf Buchsen haben folgende Funktion (von links nach rechts):

1. Synchronausgang des Wobbelgenerators
2. Masseanschluß des Wobbelgenerators (identisch mit Masse-Anschluß des Funktionsgenerators sowie des Frequenzzählers).
3. zusätzlicher Wobbelgenerator-Ausgang
4. AM-Modulationseingang des Funktionsgenerators
5. Linear FM Modulationseingang des Funktionsgenerators sowie Wobbel-eingang des Funktionsgenerators.

Zur Schaltung

Nachdem wir die Funktion und die Bedienung besprochen haben, kommen wir nun zur Schaltungserläuterung.

Aufgrund der hohen Integrationsdichte die IC 1 des Typs XR 205 ist eine detaillierte Beschreibung nur schwer möglich. Wir wollen uns daher auf die wesentlichen Funktionsmerkmale beschränken, die aufgrund der äußeren Beschaltung erkennbar sind.

Der eigentliche Funktionsgenerator besteht im wesentlichen aus dem IC 1 des Typs XR 205, der alle wichtigen aktiven Bauelemente zum Aufbau beinhaltet.

Die Kondensatoren C 1 bis C 12 dienen als frequenzbestimmende Bauelemente.

Mit dem Poti R 2 wird die Frequenz und mit R 8 die Amplitude eingestellt.

Der Trimmer R 12 dient zum einmaligen Abgleich der Sinuskurve, auf den im Kapitel „Einstellung“ noch näher eingegangen wird.

Mit dem Schalter S 2 werden die einzelnen Kurvenformen in Zusammenhang mit den beiden Reed-Relais Re 1 und Re 2 umgeschaltet.

Schließt re 1, so wird aus dem mit R 12 eingestellten Sinusverlauf der Kurve ein Dreieck, während durch Schließen von re 2 das Dreieck in einen Sägezahn bzw. das Rechteck in eine Impulsform umgewandelt wird.

Das an Pin 12 des IC 1 mit kleiner Amplitude (ca. $0,5 V_{SS}$) anstehende Rechteck (bzw. Impuls, je nachdem ob Re 2 geöffnet oder geschlossen ist) wird über die Impulsformerstufe T 1/T 2 verstärkt und je nach Stellung von S 2 auf den im IC integrierten Bufferverstärker gegeben (Pin 10 = Buffereingang, Pin 11 = Bufferausgang).

Der Ausgang des Verstärkers, der hier die Aufgabe einer Vorstufe zur Impedanzwandlung erfüllt, wird auf den in 10 dB-Stufen einstellbaren Abschwächer geführt.

Hieran schließt sich über R 29 der leistungsfähige Endverstärker an, dessen Ausgang einen Dauerstrom von 100 mA liefern kann und kurzschlußfest ist.

Über R 30 wird mittels R 31 der DC-Pegel eingestellt (Gleichspannungspegel des Ausgangs).

Die Operationsverstärker OP 1 und OP 2 zeigen mittels der beiden Leuchtdioden D 1 und D 2 an, sofern eine zu große Gleichspannungsverschiebung des Ausgangs über den DC-Pegel-Einsteller R 31 vorgenommen wurde und dadurch das Verstärker-IC 2 in die Begrenzung gehen kann.

Am Kollektor des Transistors T 2 wird über R 20 das Rechtecksignal dem Transistor T 3 zugeführt, dessen Kollektor den Synchronausgang des Frequenzzählers darstellt, der gleichzeitig über re 4 auf den Frequenzzählereingang geführt wird.

Der Wobbelgenerator besteht im wesentlichen aus den Operationsverstärkern OP 3 bis OP 6, die im IC 4 integriert sind, sowie den Transistoren T 4, T 5 und T 6.

Op 3 stellt in Verbindung mit T 4 sowie der Zusatzbeschaltung, bestehend aus R 38 bis R 42, sowie C 19 eine Konstantstromquelle dar, deren Strom über R 41 einstellbar ist und den Kondensator C 20 auflädt.

Durch die Ladung mit einem Konstantstrom ergibt sich an C 20 eine linear ansteigende Spannung (Rampe).

OP 4 bildet einen Pufferverstärker (1:1), damit der Kondensator durch die Nachfolgeschaltung nicht belastet wird und dadurch die Kurvenform verfälscht werden kann.

Über OP 5 wird der Transistor T 5 so gesteuert, daß nach Erreichen einer bestimmten Spannung an C 20 (ca. 4 V) dieser schlagartig auf ca. 0 V entladen wird.

Wir sehen, daß auf diese Weise sich als Kurvenverlauf ein „sehr schöner“ Sägezahn ergibt. Der Vorgang wiederholt sich periodisch, da, nachdem die Spannung auf ca. 0 V abgesunken ist, T 5 wieder öffnet und so die Spannung an C 20 wieder linear ansteigen kann.

Über die Verstärkerstufe T 6 wird das Synchronausgangssignal des Wobbelgenerators erzeugt und gleichzeitig über re 5 auf den Frequenzzählereingang gegeben, sofern der Wobbelgenerator eingeschaltet ist.

Da der XR 205 als Wobbeleingangssignal eine Spannung erhalten soll, die von 0 V beginnt und langsam immer negativer wird (bis auf $-4 V$), ist das vorhandene Sägezahnsignal zu invertieren. Dies geschieht mit dem Operationsverstärker OP 6 in Zusammenhang mit den beiden Widerständen R 50 und R 51, so daß an Pin 14 von OP 6 die gewünschte Kurvenform vorliegt.

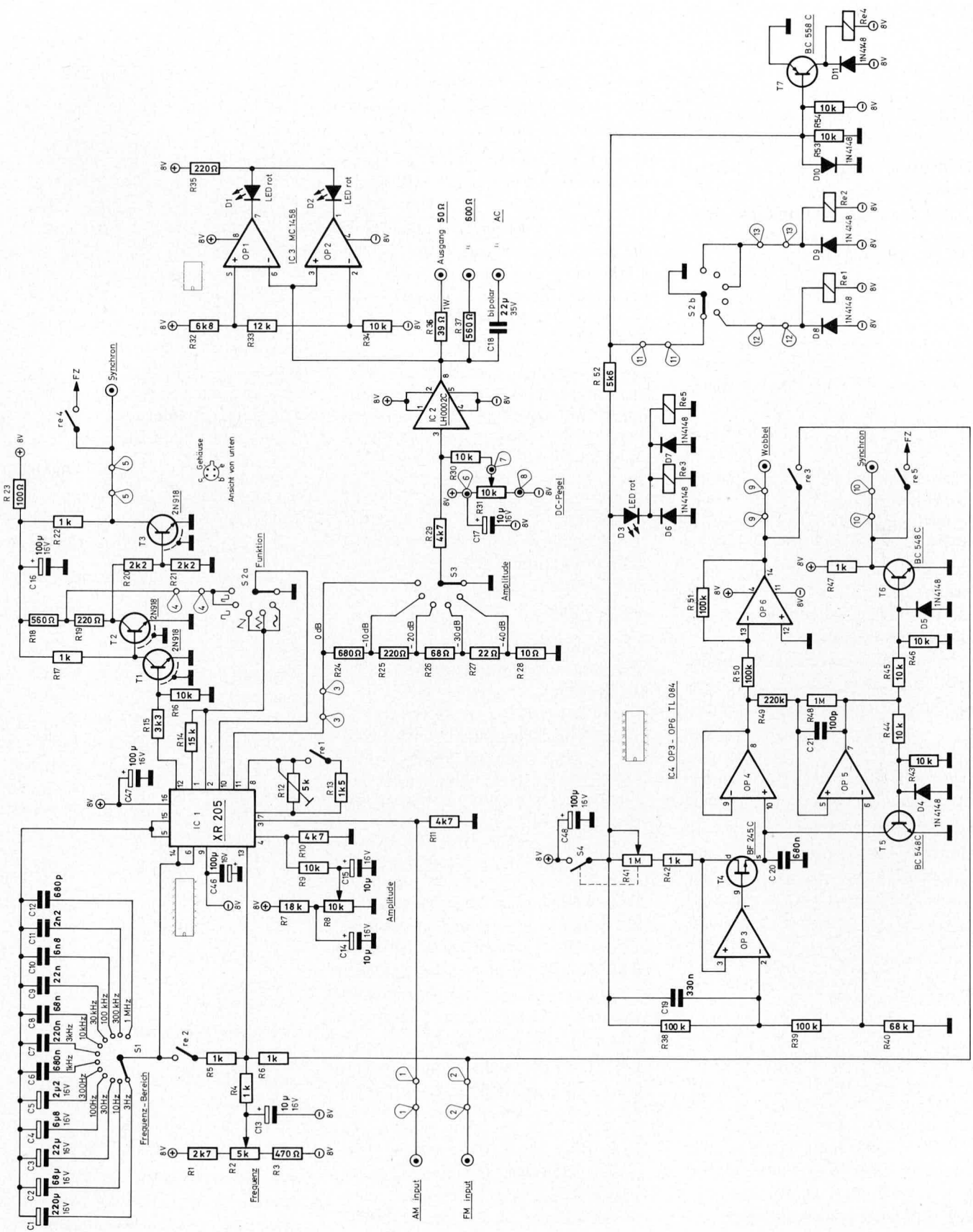
Über den Schalter S 2 b, der mechanisch mit dem Schalter S 2 a verbunden ist, werden die Relais entsprechend der gewünschten Kurvenformen- und Meßmöglichkeiten angesteuert.

Eingeschaltet wird der Wobbelgenerator über den Schalter S 4, der mechanisch mit der Potentiometerachse von R 41, mit dem die Wobbelfrequenz regelbar ist, verbunden ist.

Nach dieser etwas gestrafften Schaltungsbeschreibung des Funktionsgenerators kommen wir nun zur Erläuterung des Frequenzzählers.

Das IC 8 des Typs CD 4060 beinhaltet zum einen die Oszillatorschaltung in Verbindung mit den beiden Widerständen R 82 und R 83 sowie den Kondensatoren C 34 bis C 36 sowie eine nachfolgende Teilerschaltung.

Je nach Bauteilestreuung kann es vorkommen, daß der Quarzoszillator nicht sofort anschwingt. Dies läßt sich auf einfache Weise beheben, indem der Kondensator C 36 etwas vergrößert oder verkleinert wird; evtl. kann er sogar ganz entfallen.



Schaltbild des Funktionsgenerators

Das an Pin 3 des IC 8 anstehende Rechtecksignal wird auf den Eingang (Pin 10) des IC 9 geführt, wo es weiter geteilt wird. An Pin 12 des IC 9 steht dann ein Signal mit einer Periodendauer von 2 sec. und an Pin 13 von 1 sec. an. Über die Gatter N 1 bis N 4 werden hieraus die Signale für die Torzeit, den Speichervorgang sowie der Resetimpuls gewonnen und auf die entsprechenden Eingänge des IC 11 geführt.

Die Ausgänge 18 bis 23 steuern über das IC 12 des Typs SN 75 492 die Digits des Anzeigendisplays, das aus sechs LED-Anzeigen des Typs TIL 702 (oder Vergleichstyp) besteht, das im Multiplexverfahren betrieben wird.

Die jeweils zugehörigen Segmente der sechs Digits Di 1 bis Di 6 werden über die Ausgänge 3 bis 9 des IC 11 von den Transistoren T 8 bis T 14 angesteuert.

Durch diese etwas aufwendige zusätzliche Beschaltung des IC 11 wird erreicht, daß die Anzeige des 6stelligen Frequenzzählers eine ausgezeichnete Helligkeit erhält, die in ihrer Brillanz zu den Anzeigen der übrigen Geräte aus der ELV Serie 7000 paßt.

Abschließend wollen wir noch auf die Funktion des von uns entwickelten Vorverstärkers eingehen, auf den wir ganz besonders stolz sind.

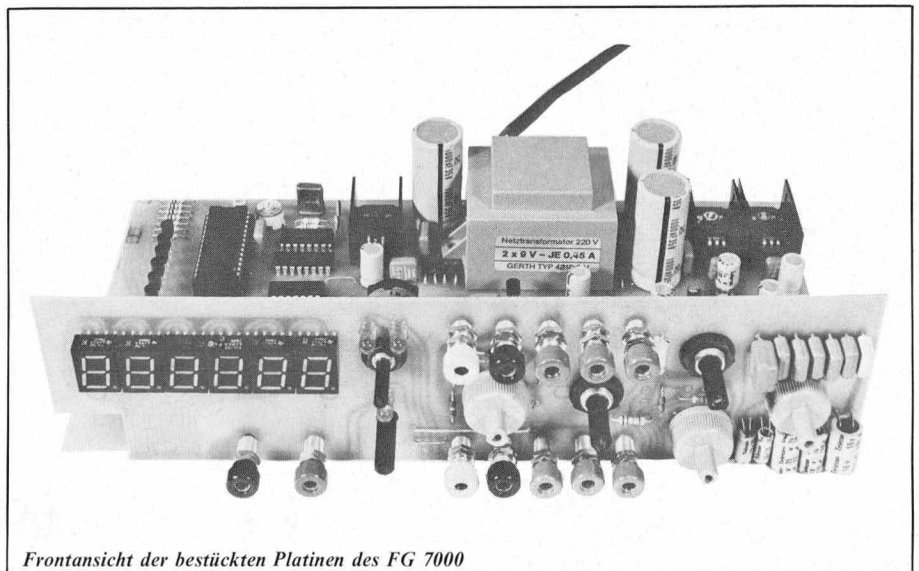
Nach unseren Testergebnissen „frißt“ dieser Vorverstärker wirklich alles. Ob Sinus, Dreieck, Rechteck, Sägezahn, Impuls, bis hin zu extremen Tastverhältnissen von 100 000 : 1, Sie können diesem Vorverstärker alles anbieten und erhalten trotzdem eine absolut saubere Anzeige.

Erreicht wird dies durch eine nahezu geniale und trotzdem nicht allzu aufwendige Schaltung.

Über C 39 und C 40 sowie R 69 und R 70 gelangt das Eingangssignal auf das Gate des FET T 15.

Die Dioden D 18 und D 19 verhindern hierbei eine Übersteuerung. Der Drain-Anschluß von T 15 liegt auf der gesiebten positiven Versorgungsspannung, während am Source-Anschluß am Widerstand R 71 das Eingangssignal angelangt (normalerweise etwas verkleinert). Diese Stufe stellt also eine Impedanz und Pegelwandlung mit Übersteuerungssicherung dar.

Über C 42 und R 72 gelangt das Signal auf die Basis von T 16, der in Verbindung mit T 17 sowie den Widerständen R 74 bis R 77 einen direkt gekoppelten



Frontansicht der bestückten Platine des FG 7000

Gleichspannungsverstärker mit weitgehend automatischer Gleichspannungseinstellung (über R 74) darstellt.

Eine hohe Wechsellspannungsverstärkung wird erreicht, indem der Emitter-Widerstand R 75 über den Kondensator C 43 wechsellspannungsmäßig gebrückt wird.

Aufgrund des besonders kleinen Verhältnisses von R 77 zu R 75 (2,2 : 1) ist diese Stufe gleichspannungsmäßig außerordentlich stabil.

Die außergewöhnliche Besonderheit liegt nun in dem Rückkopplungswiderstand R 73.

So einfach sich dieser kleine Widerstand in der Gesamtschaltung auch ausnimmt, so wesentlich ist doch seine Funktion. Die bis hierhin beschriebene Verstärkerstufe (T 16, T 17) stellt, wie schon erwähnt, einen direkt gekoppelten Gleichspannungsverstärker dar.

Durch Hinzufügen des Widerstandes R 73 wird ein zusätzlicher Schmitt-Trigger-Effekt erzielt, aufgrund dessen diese Stufe und damit auch der gesamte Verstärker eine außergewöhnliche wechsellspannungsmäßige Stabilität und Störsicherheit erreicht.

Wie schon an anderer Stelle erwähnt, kann die Empfindlichkeit, die in der vorliegenden Dimensionierung bei ca. $30 \text{ mV}_{\text{eff}}$ liegt, auf ca. $10 \text{ mV}_{\text{eff}}$ erhöht werden, indem man den Widerstand R 73 auf $100 \text{ k}\Omega$ (oder noch etwas größer) erhöht.

Ein Wert über $220 \text{ k}\Omega$ ist hingegen nicht anzuraten, da dann die vorstehend beschriebenen Stabilitätsmerkmale zu weit eingeschränkt werden.

Am Kollektor von T 17 steht nun das

hochverstärkte Eingangssignal zur Verfügung.

Damit das Signal seinen letzten Schliff bekommt, ist noch eine Impulsformer- und Pegelanpassungsstufe nachgeschaltet.

Über C 44 gelangt das Signal auf die Basis von T 18, der das Signal verstärkt und sauber über seinen Kollektorkreis auf den Eingang (Pin 25) des IC 11 gibt.

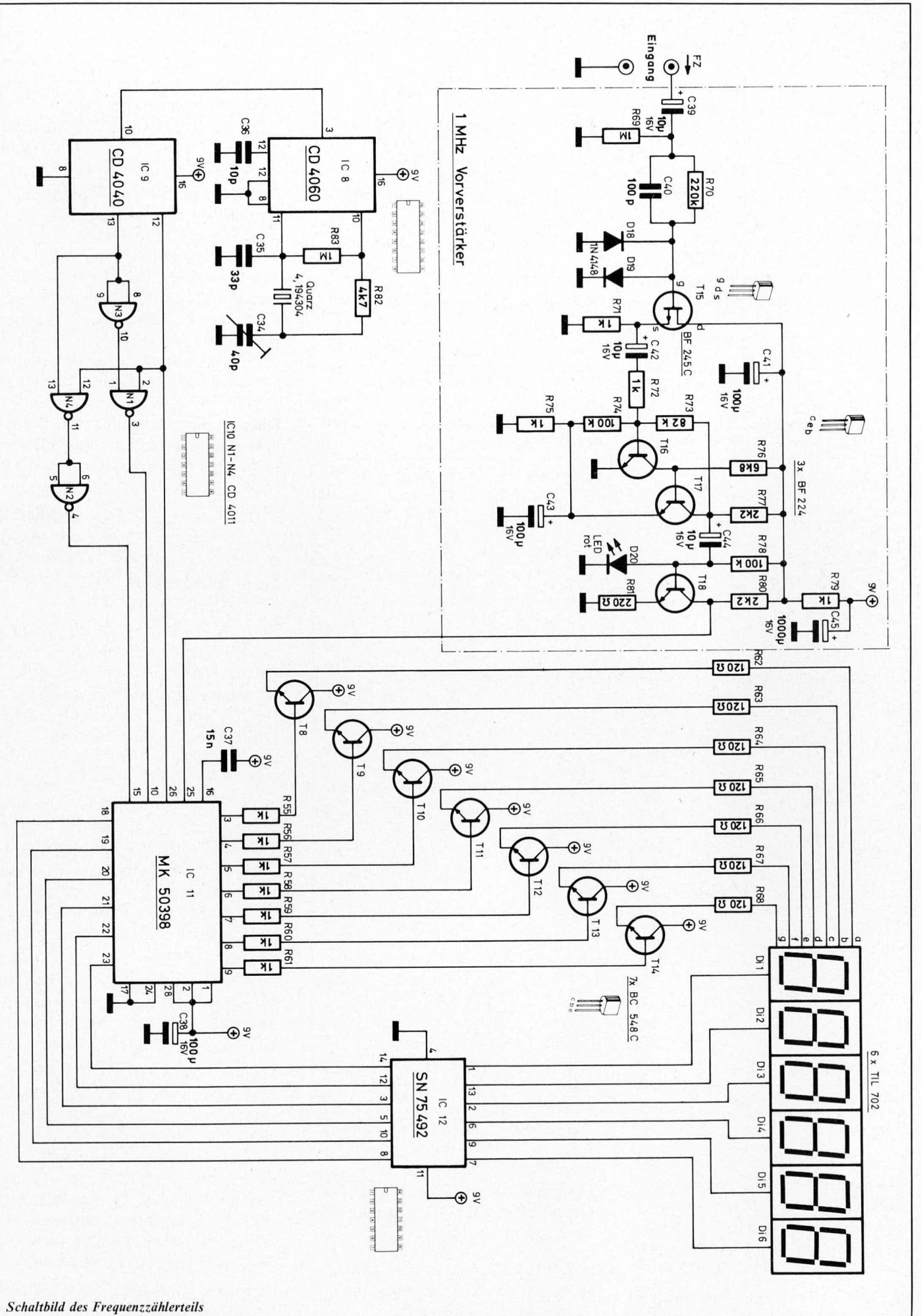
In der mit T 18 aufgebauten Endverstärkerstufe wurde von uns der besseren Stabilität wegen noch eine weitere Besonderheit eingebaut.

Um auch unterschiedliche Kurvenformen und extreme Tastverhältnisse verarbeiten zu können, haben wir uns bei der Gleichspannungseinstellung dieser Stufe nicht mehr auf einen normalen Widerstandsteiler verlassen. Vielmehr wird über den Widerstand R 78 an der LED D 20 eine Konstantspannung erzeugt. Es wurde deshalb eine rote Leuchtdiode gewählt, da diese eine Durchlaßspannung von ca. $1,7 \text{ V}$ bei sehr guter Stabilität aufweist.

Am Emitter-Widerstand R 81 fällt dann eine Spannung von ca. 1 V ab (im Ruhezustand).

Auf diese Weise herrschen in der mit T 18 aufgebauten Stufe gesicherte Gleichspannungsverhältnisse. Da R 78 entsprechend hochohmig gewählt werden kann, weist diese Stufe außerdem eine gute Empfindlichkeit auf.

Die Gesamteigenschaften dieses vorstehend beschriebenen Vorverstärkers sind unserer Meinung nach wirklich ausgezeichnet, so daß wir wohl zu Recht auf diese Entwicklung stolz sein können, obwohl sie nur einen kleinen Teil der hier vorgestellten Gesamtschaltung darstellt.



Schaltbild des Frequenzzählerteils

Zum Nachbau

Die vorstehend beschriebene Schaltung des 1 MHz Funktionsgenerators mit 1 MHz Frequenzzähler ist auf dem Hobbyelektroniksektor nach unseren Erfahrungen in die oberste Spitzenklasse einzureihen, was Umfang und Nachbauvolumen anbelangt.

Trotz der aufwendigen Schaltungstechnik ist es gelungen, durch eine ausgereifte Konstruktion eine hohe Nachbausicherheit zu erreichen, zu der nicht zuletzt das hochwertige Layout der Leiterplatten beiträgt, auf denen bis auf den Netzschalter sämtliche Bauelemente Platz finden, so daß die zusätzliche Verdrahtung sehr gering gehalten werden konnte. Aufgrund der außergewöhnlichen Anforderungen an die Schaltung (Verarbeitung von Rechtecksignalen bis 1 MHz) sind jedoch innerhalb der Platinen einige isolierte Drähte zu ziehen.

Die mit gleichen Zahlen versehenen Punkte sind durch isolierte Drähte miteinander zu verbinden (Punkt 1 mit Punkt 1, Punkt 2 mit Punkt 2 usw. bis Punkt 13 mit Punkt 13).

Bevor allerdings mit der Bestückung der Platinen begonnen werden kann, sind diese in das Gehäuse einzupassen. Nachdem ein Probeeinbau der Platinen zur Zufriedenheit verlaufen ist (Platinen sind noch nicht miteinander verlötet), kann mit der Bestückungsarbeit begonnen werden.

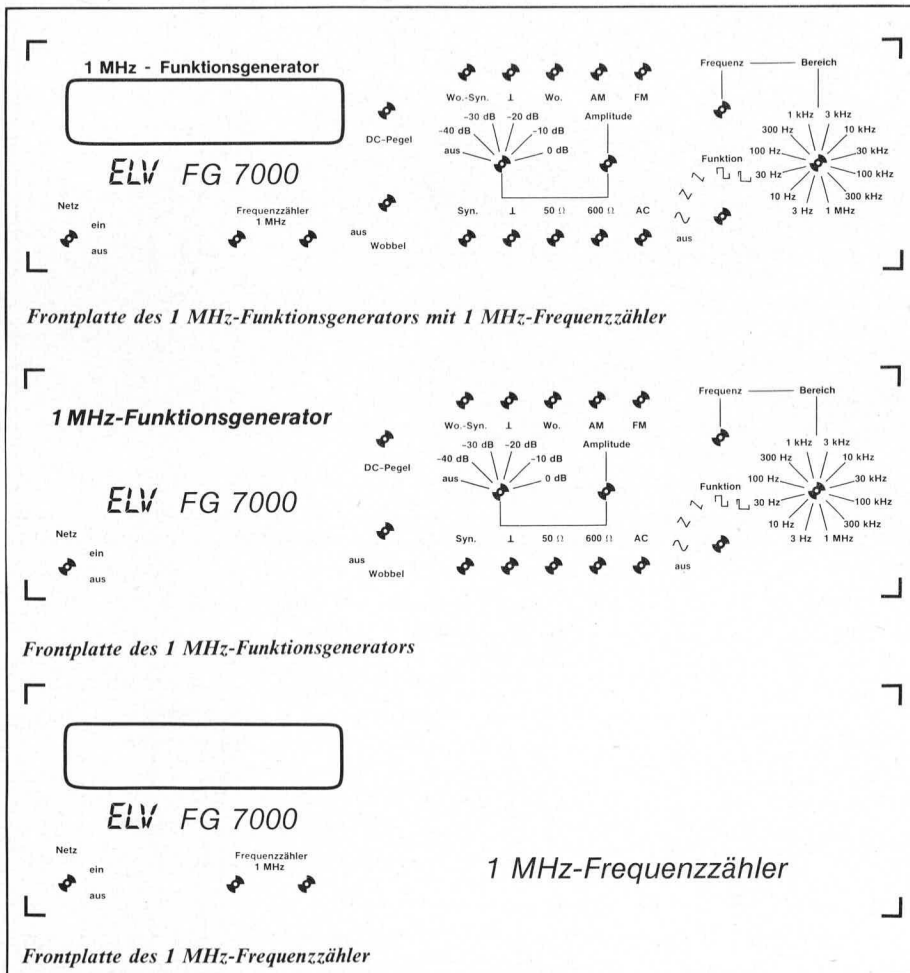
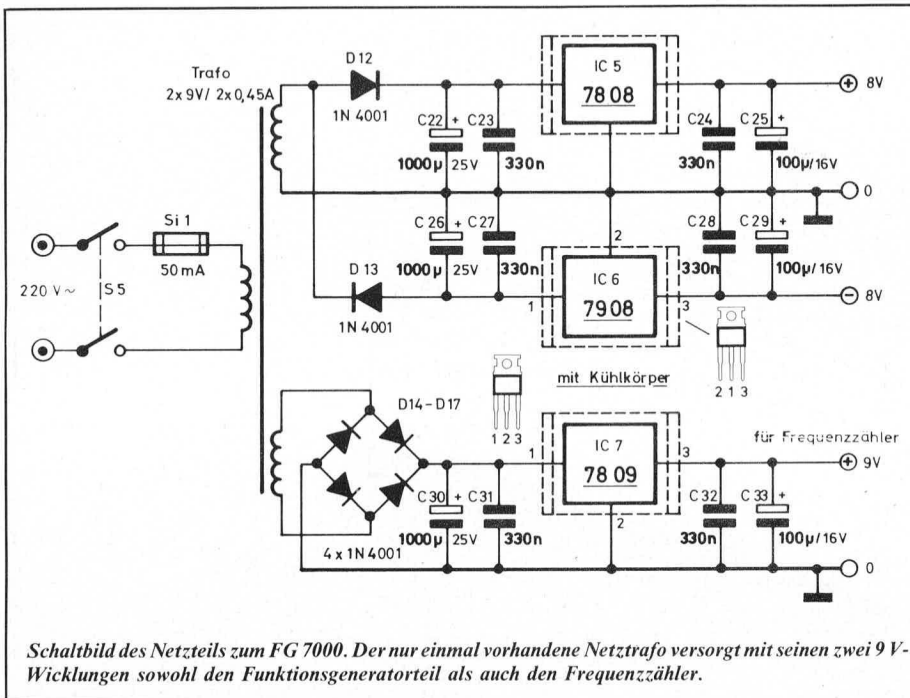
Zunächst werden die Brücken, dann die Widerstände, Kondensatoren, Dioden usw. in gewohnter Weise eingelötet.

Ist die Bestückung nach Einsetzen der IC's vollendet, wird die Anzeigenplatine senkrecht an die Basisplatine angelötet, und zwar so, daß sie ca. 5 mm unter ihr hervorragt.

Sind alle Kupferflächen der senkrecht aufeinander liegenden Platinen miteinander verlötet, kann der Einbau ins Gehäuse vorgenommen werden.

Die Qualität des Ausgangssignals kann noch etwa gesteigert werden, indem das Gehäuse abgeschirmt wird, wobei es im allgemeinen ausreicht, wenn die untere Gehäusehalbschale mit Graphitspray ausgesprüht wird oder eine Aluminiumfolie (mit einer Isolierschicht, damit keine Kurzschlüsse entstehen) unter die Basisplatine gelegt wird, die dann mit Masse zu verbinden ist.

In unseren Laborgeräten brachte diese Maßnahme allerdings nur eine unwe-



Netzteil

Abschließend wollen wir noch kurz auf die Stromversorgung des Gerätes eingehen.

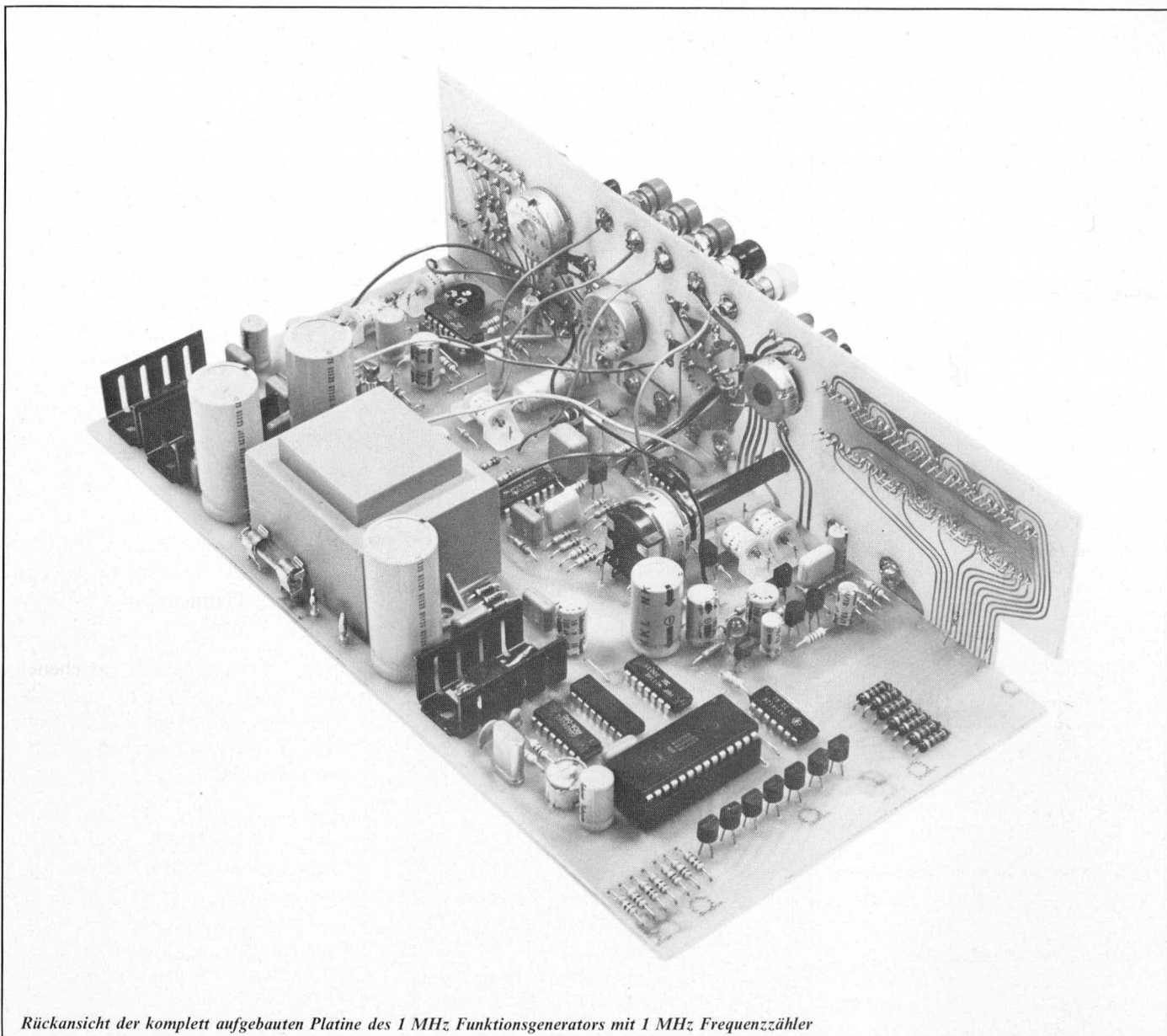
Der verwendete Trafo hat zwei Sekundärwicklungen von jeweils 9 V und 0,45 A Strombelastbarkeit.

Die eine Wicklung versorgt über die Spannungsstabilisatoren IC 5 und IC 6

den Funktionsgeneratorteil der Schaltung.

Die zweite Wicklung dient über IC 7 der Stromversorgung des Frequenzzählers.

Sofern nur eines der beiden Geräte bestückt wird, bleibt die jeweils andere Trafowicklung unbenutzt.



Rückansicht der komplett aufgebauten Platine des 1 MHz Funktionsgenerators mit 1 MHz Frequenzzähler

sentliche Verbesserung, so daß hierauf im allgemeinen verzichtet werden kann.

Die VDE-Bestimmungen sind zu beachten.

Einstellung

Am Frequenzzähler sind normalerweise keine Einstellungen erforderlich, gibt man sich mit „normaler“ Genauigkeit zufrieden.

Steht ein genauer Vergleichszähler zur Verfügung, kann mit C 34 ein Feinabgleich der Quarzfrequenz vorgenommen werden, indem man dem Frequenzzählereingang ein Signal mit exakt definierter Frequenz vorgibt und die Anzeige mit C 34 auf den gleichen Wert einstellt.

Auf die Möglichkeit, mit R 73 die Empfindlichkeit des Vorverstärkers zu variieren, wurde bereits an anderer Stelle hingewiesen.

Kommen wir nun zur Einstellung des einzigen im Funktionsgeneratorteil vorhandenen Abgleichpunktes. Der Schalter „Funktion“ (S 2) wird hierzu in Stellung „Sinus“ gebracht.

Der Trimmer R 12 ist nun so einzustellen, daß die Ausgangskurvenform dem Sinusverlauf bestmöglichst nahe kommt.

Diese Einstellung ist normalerweise im mittleren Frequenzbereich mit Hilfe eines Oszillographen vorzunehmen. Zur zusätzlichen Überprüfung ist selbstverständlich auch eine Klirrfaktormeßbrücke von Nutzen, wobei ein Klirrfaktorwert von typisch 2,5 % und besser erreichbar ist.

Die Einstellung des Sinusverlaufes der Ausgangsspannung ist frequenzunabhängig.

Aufgrund dieser Tatsache und des Umstands, daß die Frequenzeinstellungsmöglichkeit dieses Funktionsgenera-

tors auf Werte bis unter 1 Hz reicht, läßt sich der Abgleich notfalls auch nur mit einem Vielfachmeßinstrument durchführen.

Häufig liegt die Grenzfrequenz von ganz einfachen Vielfachmeßinstrumenten deutlich über 1 Hz.

Steht kein Oszillograph zur Verfügung, gehen wir daher beim Abgleich des Sinusverlaufes der Ausgangsspannung wie folgt vor:

Die Frequenz des Funktionsgenerators wird auf den kleinstmöglichen Wert (unter 1 Hz) eingestellt.

An den 50-Ω-Ausgang des Generators wird nun das Vielfachmeßinstrument angeschlossen und auf Spannungsmessung (ca. 5 V) eingestellt.

Die DC-Pegeleinstellung wird so vorgenommen, daß der Zeiger des Vielfachmeßinstrumentes sich möglichst im mittleren Bereich befindet.

Stückliste:

ELV 1 MHz-Funktionsgenerator FG 7000

Halbleiter

IC1	XR 205
IC2	LH 0002 C
IC3	MC 1458
IC4	TL 084
IC5	7808
IC6	7908
T1-T3	2 N 918
T4	BF 245 C
T5,6	BC 548 C
T7	BC 558 C
D1-D3	LED, rot, 5 mm
D4-D11	1 N 4148
D12, 13	1 N 4001

Kondensatoren

C1	220 μ F/16 V
C2	68 μ F/16 V
C3	22 μ F/16 V
C4	6,8 μ F/16 V
C5	2,2 μ F/16 V
C6	680 nF
C7	220 nF
C8	68 nF
C9	22 nF
C10	6,8 nF
C11	2,2 nF
C12	680 pF
C13-C15	10 μ F/16 V
C16	100 μ F/16 V
C17	10 μ F/16 V
C18	22 μ F/35 V bipolar
C19	330 nF
C20	680 nF
C21	100 pF
C22	1000 μ F/25 V
C23, 24	330 nF
C25	100 μ F/16 V
C26	1000 μ F/25 V
C27, 28	330 nF
C29, C46-C48	100 μ F/16 V

Widerstände

R1	2,7 k Ω
R2	5 k Ω , Poti, lin, 6 mm Achse
R3	470 Ω
R4-R6	1 k Ω
R7	18 k Ω
R8	10 k Ω , Poti, lin, 6 mm Achse
R9	10 k Ω
R10, 11	4,7 k Ω
R12	5 k Ω , Trimmer
R13	1,5 k Ω
R14	15 k Ω
R15*	3,3 k Ω
R16	10 k Ω
R17	1 k Ω
R18	560 Ω
R19	220 Ω

R20, 21	2,2 k Ω
R22	1 k Ω
R23	100 Ω
R24	680 Ω
R25	220 Ω
R26	68 Ω
R27	22 Ω
R28	10 Ω
R29	4,7 k Ω
R30	10 k Ω
R31	10 k Ω , Poti, lin, 4 mm Achse
R32	6,8 k Ω
R33	12 k Ω
R34	10 k Ω
R35	220 Ω
R36	39 Ω , 1 W
R37	560 Ω
R38, 39	100 k Ω
R40	68 k Ω
R41	1 M Ω , Poti, lin, 6 mm Achse mit 2pol. Ausschalter
R42	1 k Ω
R43-R46	10 k Ω
R47	1 k Ω
R48	1 M Ω
R49	220 k Ω
R50, 51	100 k Ω
R52	5,6 k Ω
R53, R54	10 k Ω

Diverses

- 2 Präzisions-Drehschalter Typ SB20 AD (ITT) 2 x 6 Stellungen
- 1 Präzisions-Drehschalter Typ SB20 AD (ITT) 1 x 12 Stellungen
- 5 Hamlin Reed-Relais 12 V
- 2 Profil-Kühlkörper Sk13/35 SA-220
- 1 Sicherungshalter 1 Sicherung 50 mA
- 16 Löt Nägel

ELV 1 MHz-Frequenzzähler im FG 7000

Halbleiter

IC7	7809
IC8	CD 4060
IC9	CD 4040
IC10	CD 4011
IC11	MK 50398
IC12	SN 75492
T8-T14	BC 548 C
T15	BF 245 C
T16-T18	BF 224
D14-D17	1 N 4001
D18, 19	1 N 4148
D20	LED, 5 mm rot
Di1-Di6	TIL 702 = DIS 1306

Kondensatoren

C30	1000 μ F/25 V
C31, 32	330 nF
C33	100 μ F/16 V
C34	40 pF, Trimmer
C35	33 pF
C36	10 pF
C37	15 nF
C38	100 μ F/16 V
C39	10 μ F/16 V
C40	100 pF
C41	100 μ F/16 V
C42	10 μ F/16 V
C43	100 μ F/16 V
C44	10 μ F/16 V
C45	1000 μ F/16 V

Widerstände

R55-R61	1 k Ω
R62-R68	120 Ω , 0,4 W
R69, R83	1 M Ω
R70	220 k Ω
R71, R72, R75, R79	1 k Ω
R73	82 k Ω
R74, R78	100 k Ω
R76	6,8 k Ω
R77, R80	2,2 k Ω
R81	220 Ω
R82	4,7 k Ω

Diverses

- 1 Profil-Kühlkörper SK 13/35 SA-220
- 1 Sicherungshalter
- 1 Sicherung 50 mA
- 1 Quarz 4194,304 kHz
- 2 Löt Nägel

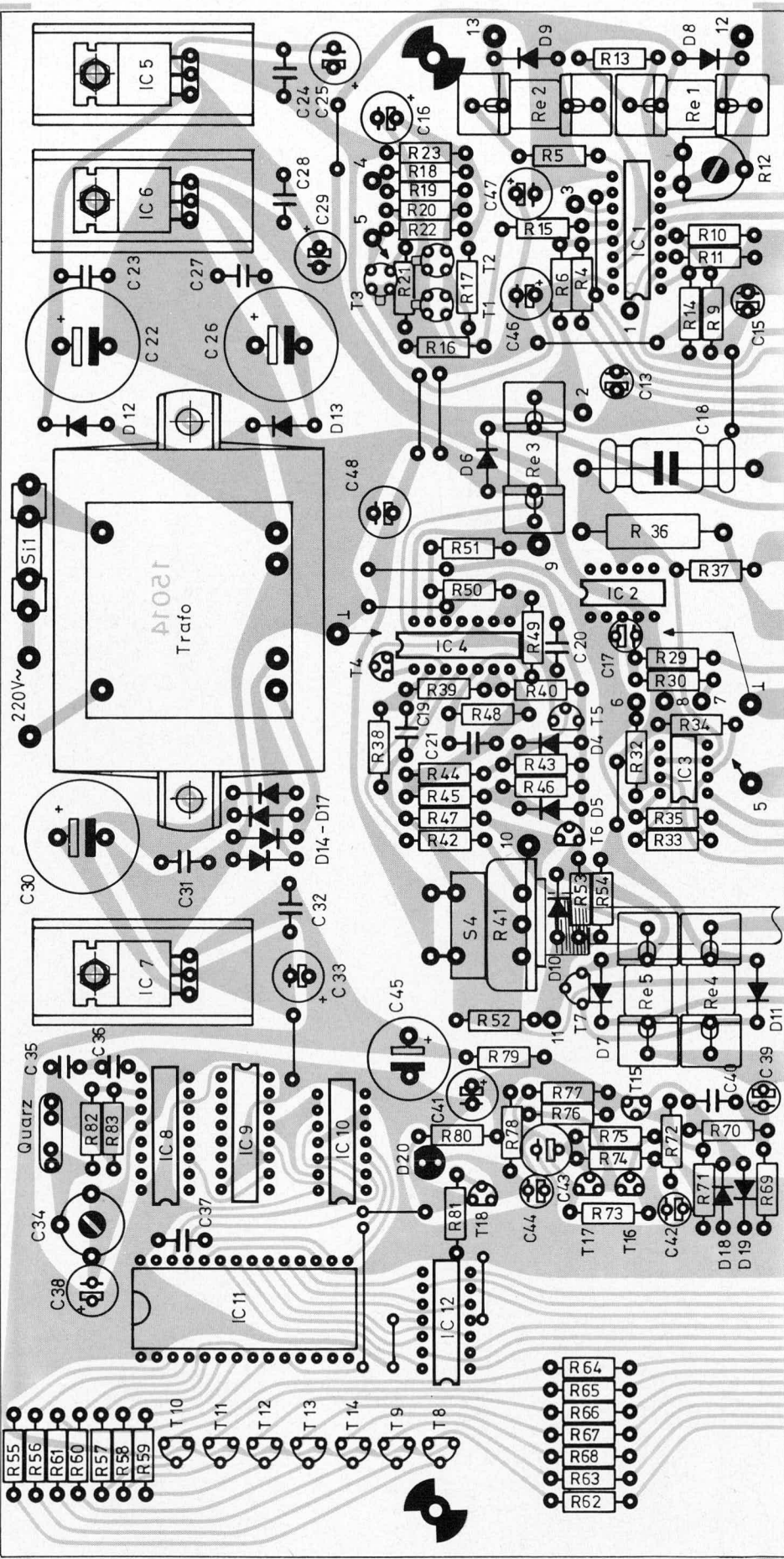
Für beide Geräte ist 1 gemeinsamer Netztrafo erforderlich

- Typ 4818
- prim: 220 V
- sek: 2 x 9 V — 2 x 0,45 A

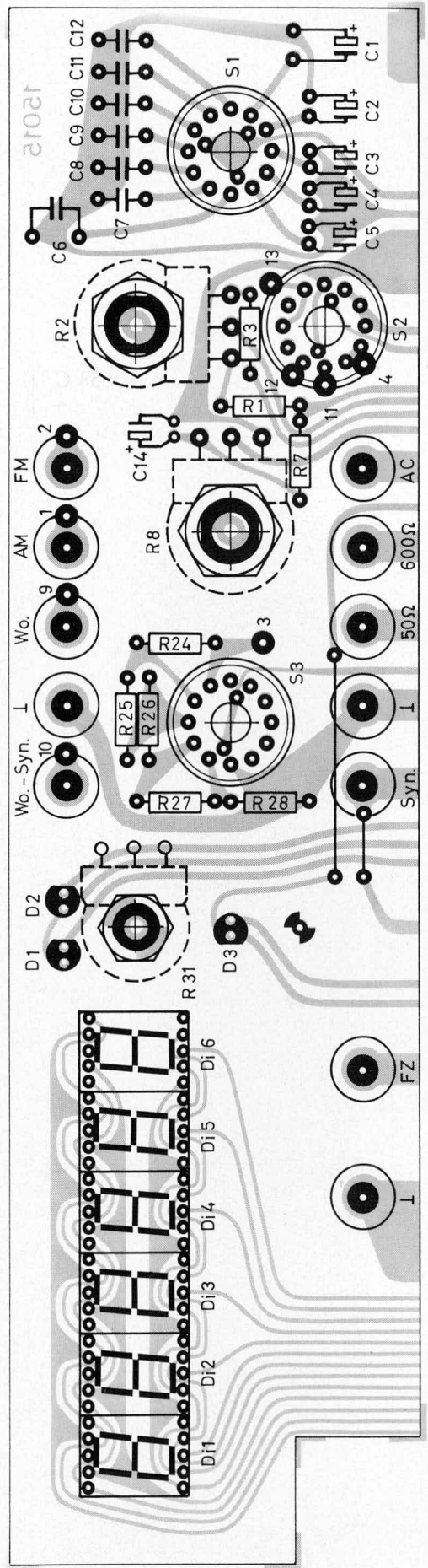
Gehäusebausatz für Funktionsgenerator mit Frequenzzähler

- 1 Gehäuse aus der Serie 7000
- 1 bedruckte und gebohrte Frontplatte
- 2 Gehäusebefestigungsschrauben
- 1 2-adriges Netzkabel mit Stecker
- 6 Drehknöpfe 15 mm \varnothing mit verschiedenfarbigen Deckeln und Pfeilscheiben
- 1 Drehknopf 10 mm \varnothing (für 4 mm Achse) mit Deckel
- 1 Kippschalter, 2-polig
- 12 Telefonbuchsen mit verschiedenfarbigen Kunststoffabdeckungen

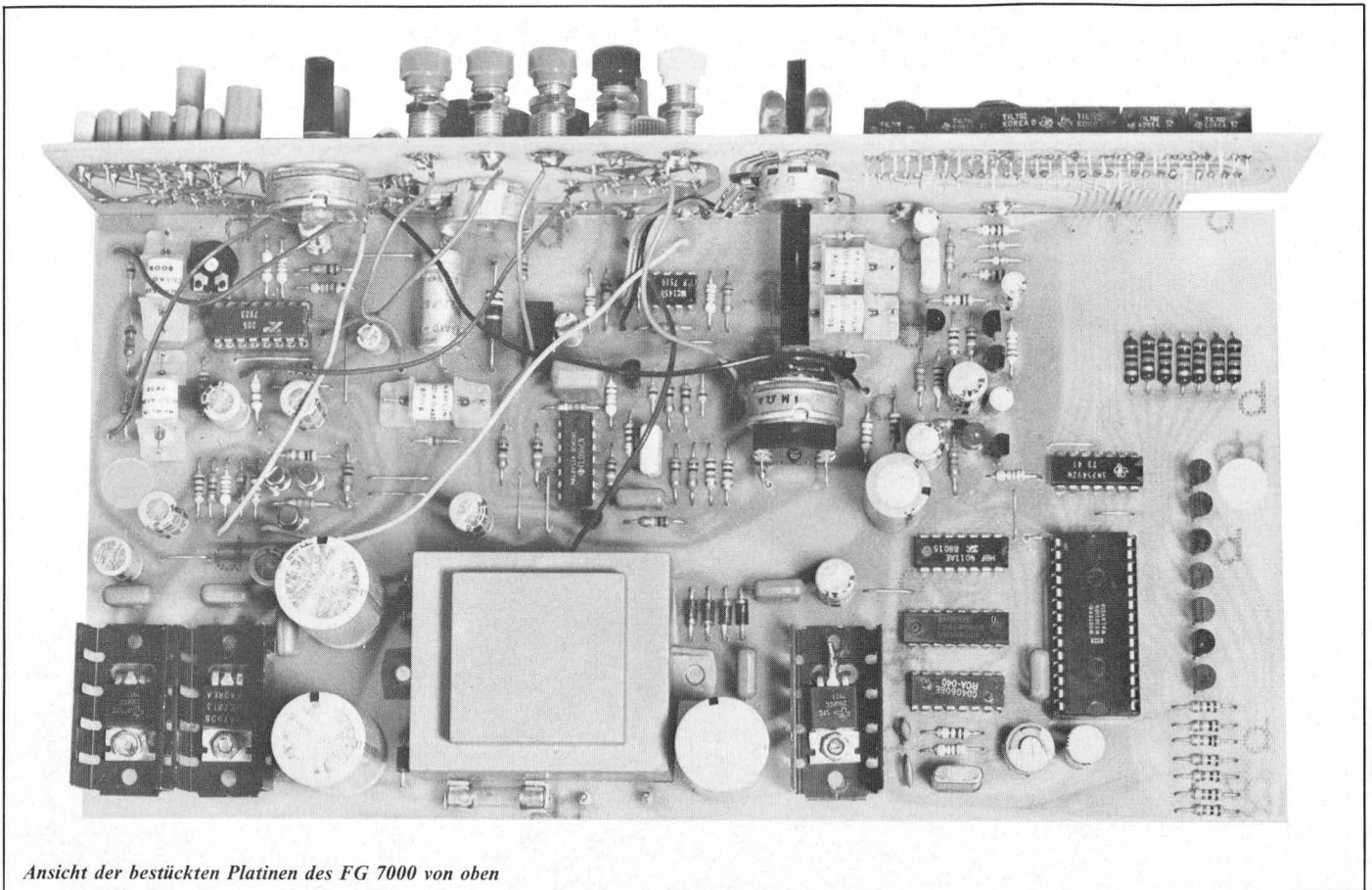
* evtl. 3,9 k Ω oder 4,7 k Ω , siehe auch Text



Bestückungsseite der Basisplatine des ELV 1 MHz Funktionsgenerators mit
1 MHz Frequenzzähler FG 7000



Bestückungsseite der Anzeigenplatine des ELV 1 MHz Funktionsgenerators mit 1 MHz Frequenzzähler
FG 7000



Ansicht der bestückten Platinen des FG 7000 von oben

Anhand der harmonisch verlaufenden Zeigerbewegungen (keine ruckartigen Bewegungen) läßt sich erkennen, wann mit R 12 eine annähernd optimale Einstellung des Sinusverlaufes gegeben ist. Bringen wir S 2 nun in Stellung Dreieck, so muß die Zeigerbewegung möglichst gleichförmig sein und bei Erreichen der Umkehrpunkte ruckartig in die entgegengesetzte Richtung umkehren. Die Rechteck- und Impulsfunktionen

sind von dieser Einstellung unabhängig.

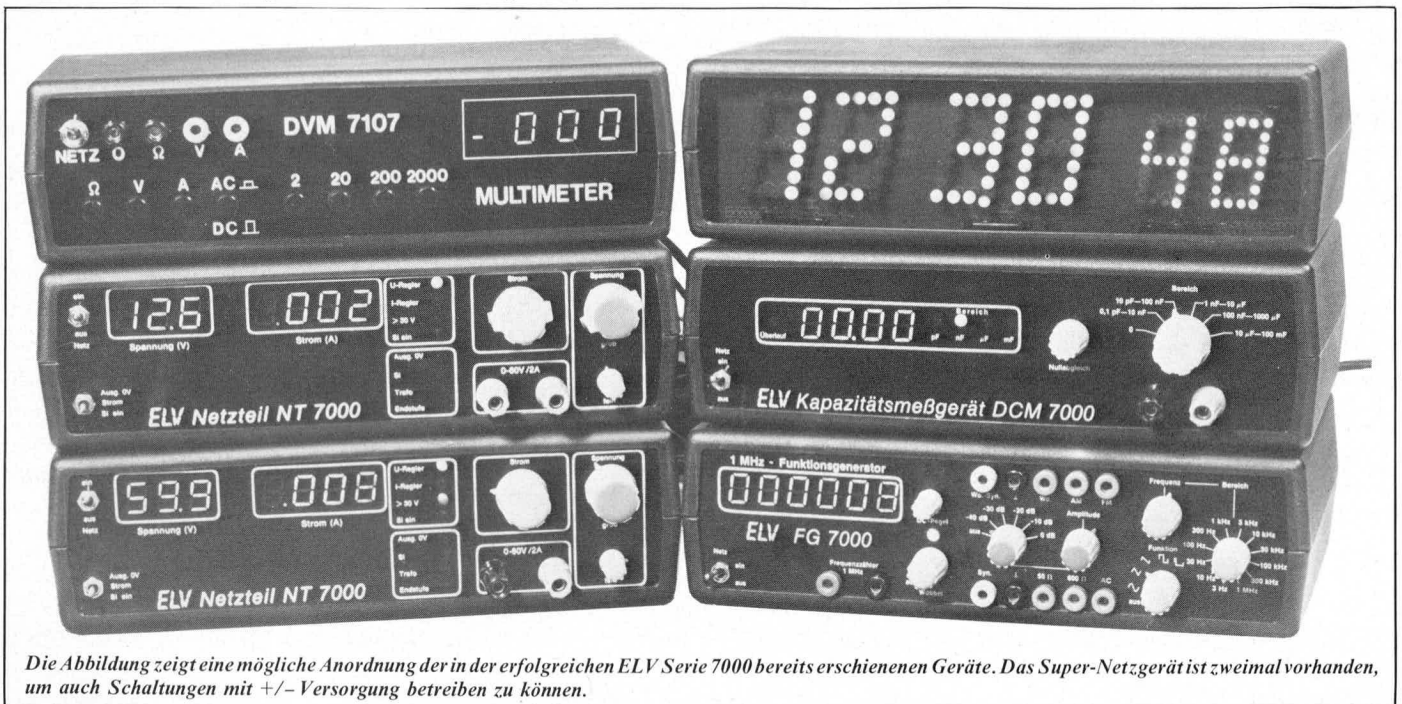
Im obersten Frequenzbereich (Bereichsgrenze in der Nähe von 1 MHz) kann durch Bauelemente-Streuung das Tastverhältnis von 1 : 1 abweichen in Stellung „Rechteck“ des Schalters „Funktion“.

Dies läßt sich durch geringfügiges Verkleinern oder Vergrößern von R 16 korrigieren, wobei darauf zu achten ist, das

bei Umschaltung auf „Impuls“ noch eine ausreichende Impulsbreite gegeben ist, so das auch die nachfolgende Stufe für den „Synchron-Ausgang“ einwandfrei arbeitet.

Damit ist die Einstellung des Funktionsgenerators beendet.

Wir wünschen Ihnen beim Nachbau und späteren Einsatz dieses qualifizierten Gerätes viel Erfolg.



Die Abbildung zeigt eine mögliche Anordnung der in der erfolgreichen ELV Serie 7000 bereits erschienenen Geräte. Das Super-Netzgerät ist zweimal vorhanden, um auch Schaltungen mit +/- Versorgung betreiben zu können.

Netzsynchronisierschaltung zum DCM 7000



Die hier vorgestellte, einfach nachzurüstende Schaltung, synchronisiert den Meßzyklus des DCM 7000 mit der Netzfrequenz, wodurch sich im unteren Meßbereich eine deutliche Verbesserung der Anzeige ergibt.

Bei dem in unserer Ausgabe Nr. 14 vorgestellten digitalen Kapazitätsmeßgerät DCM 7000 hat das Nachbauinteresse geradezu gewaltige Ausmaße angenommen.

So liegen uns inzwischen zahlreiche Informationen bezüglich der mit dem Gerät gemachten praktischen Erfahrungen vor.

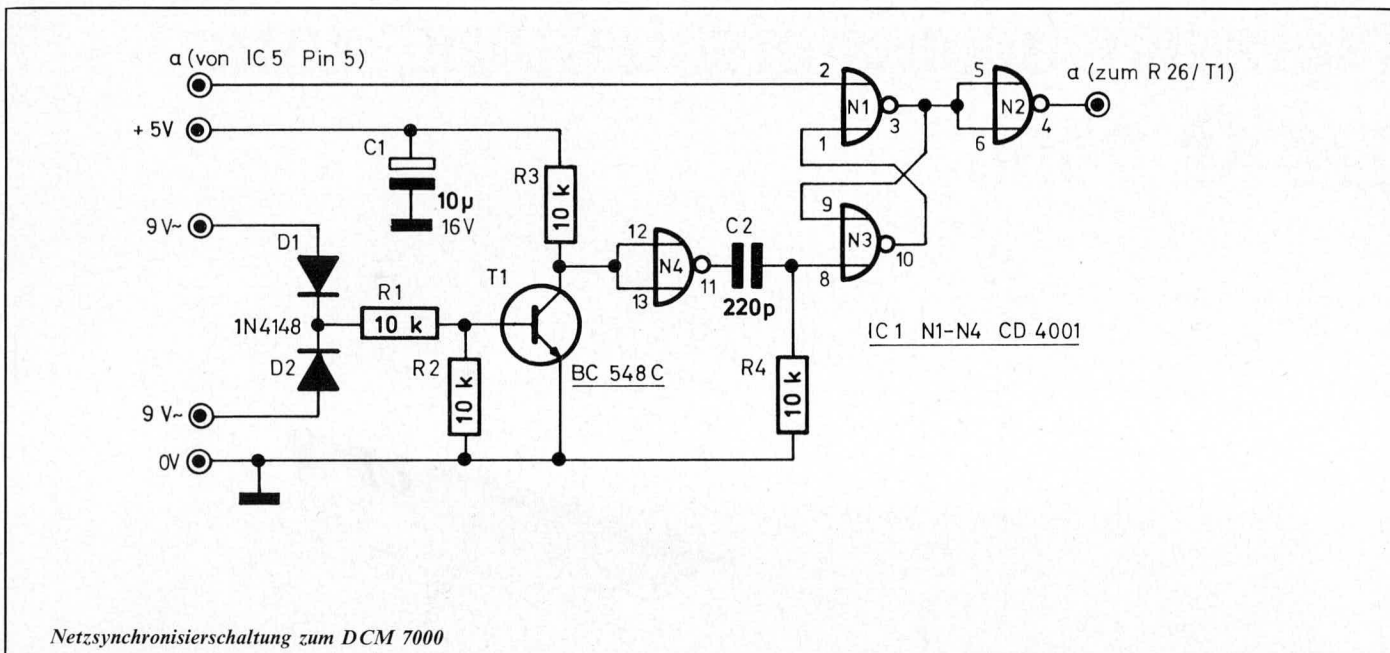
Der Aufbau der Schaltung ist in der Regel problemlos und das Gerät arbeitet zuverlässig wie es die ausgereifte Schaltung erwarten läßt.

Ein Punkt, die Störsicherheit, hat uns jedoch veranlaßt, eine kleine, aber sehr wirkungsvolle Zusatzschaltung zu entwickeln und zu veröffentlichen.

Besonders der kleinste Meßbereich ist aufgrund seiner Meßmöglichkeit bis hinunter zu 0,1 pF (!) sehr hochohmig und damit zwangsläufig in gewissem Maße stöempfindlich.

Die in den meisten Räumen mehr oder weniger stark ausgeprägte „Verseuchung“ mit 50 Hz, hervorgerufen durch die zahlreich verlegten Netzkabel, wir-

ken sich zum Teil recht ungünstig auf die beiden unteren Meßbereiche, und hierbei besonders auf den kleinsten, aus. So sind in ungünstigen Fällen Schwankungen der Anzeige von 10 pF (entsprechend 100 Digits) und mehr aufgetreten, dies allerdings nur in Ausnahmefällen, wobei der Standort des Gerätes eine wesentliche Rolle spielte. Mit der hier vorliegenden Schaltung können diese „Netzstörungen“ sofort wirkungsvoll bis auf ein absolutes Minimum kompensiert (unterdrückt) werden.



Zur Schaltung

Mit Hilfe des Transistors T 1 sowie den Widerständen R 1 bis R 3 wurde in Verbindung mit einem Brückengleichrichter, bestehend aus D 1 und D 2 und einer zweiten Hälfte, die sich bereits auf der Hauptplatine befindet, ein Nullspannungsschalter aufgebaut.

Das Gatter N 4 stellt in Verbindung mit C 2/R 4 ein Differenzglied dar, das aus den von T 1 kommenden Impulsen sehr schmale Impulsspitzen macht.

Die Gatter N 1 und N 3 stellen einen Speicher dar, der von IC 5 (Pin 5) gesetzt wird. Das Rücksetzen erfolgt durch den Nullspannungsschalter synchron zur Netzfrequenz.

Der Ausgang des Speichers (Pin 3) wird mittels N 2 invertiert und steuert nun über R 26 den Transistor T 1 (auf der Hauptplatine), der den Start zu jedem neuen Meßzyklus freigibt, nun synchron zur Netzfrequenz an.

Die Ergebnisse bei unseren Testgeräten waren ganz ausgezeichnet.

Die letzte Stelle schwankte, wenn überhaupt, nur um wenige Digit (0,... pF) bei einer Anzeige im Bereich von 0 bis

über 500,0 pF.

Im oberen Teil des kleinsten Meßbereichs traten dann ab und zu nennenswerte Sprünge auf, was aber völlig unwesentlich ist, da bei einer so großen Anzeige ohne weiteres der nächst größere Bereich angewählt werden kann, der dann absolut sauber anzeigt, wobei der Ablesefehler unter 2 % bleibt.

Zum Anschluß

Die Platine wird im Abstand von ca. 20 mm über C 29 und IC 5 direkt neben dem Trafo angebracht und zwar so, daß die beiden 9 V Wechselspannungseingänge zum Trafo hinzeigen.

Auf diese Weise können die übrigen Verbindungsdrähte, bis auf einen, direkt senkrecht nach unten zur Hauptplatine durchgelötet werden.

Hierzu geht man am besten wie folgt vor:

Zuerst wird die Leitung „a“ von Pin 5 des IC 5 abgelötet um später an den entsprechenden Punkt der Zusatzplatine wieder angelötet zu werden.

Nun ist ein ca. 30 mm langes Stück Schaltdraht, senkrecht nach oben wei-

send, in diese freigewordene Bohrung einzulöten.

Das obere Ende des Schaltdrahtes wird an dem entsprechenden Punkt „a“ der darüber anzuordnenden Zusatzplatine festgelötet, womit auch schon deren Position festgelegt ist.

Für die + 5 V Versorgung und Masse (-) sind in der Hauptplatine Bohrungen anzubringen, die sich direkt unterhalb der entsprechenden Bohrungen der Zusatzplatine befinden. Danach wird ein Stück Schaltdraht hindurchgesteckt und auf beiden Platinen verlötet.

Gleiches gilt für die Zuführung der beiden 9 V Wechselspannungsanschlüsse, die allerdings leicht schräg nach unten führen (direkt am Trafo).

Als letztes wird der von Pin 5 des IC 5 abgelötete Draht an den entsprechenden Punkt auf der Zusatzplatine angelötet.

Diese kleine Zusatzschaltung, mit der ab sofort sämtliche Bausätze und Fertigeräte des DCM 7000 ausgerüstet werden, stellt eine weitere Verbesserung dieses ohnehin hochwertigen Meßgerätes dar.

