

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.

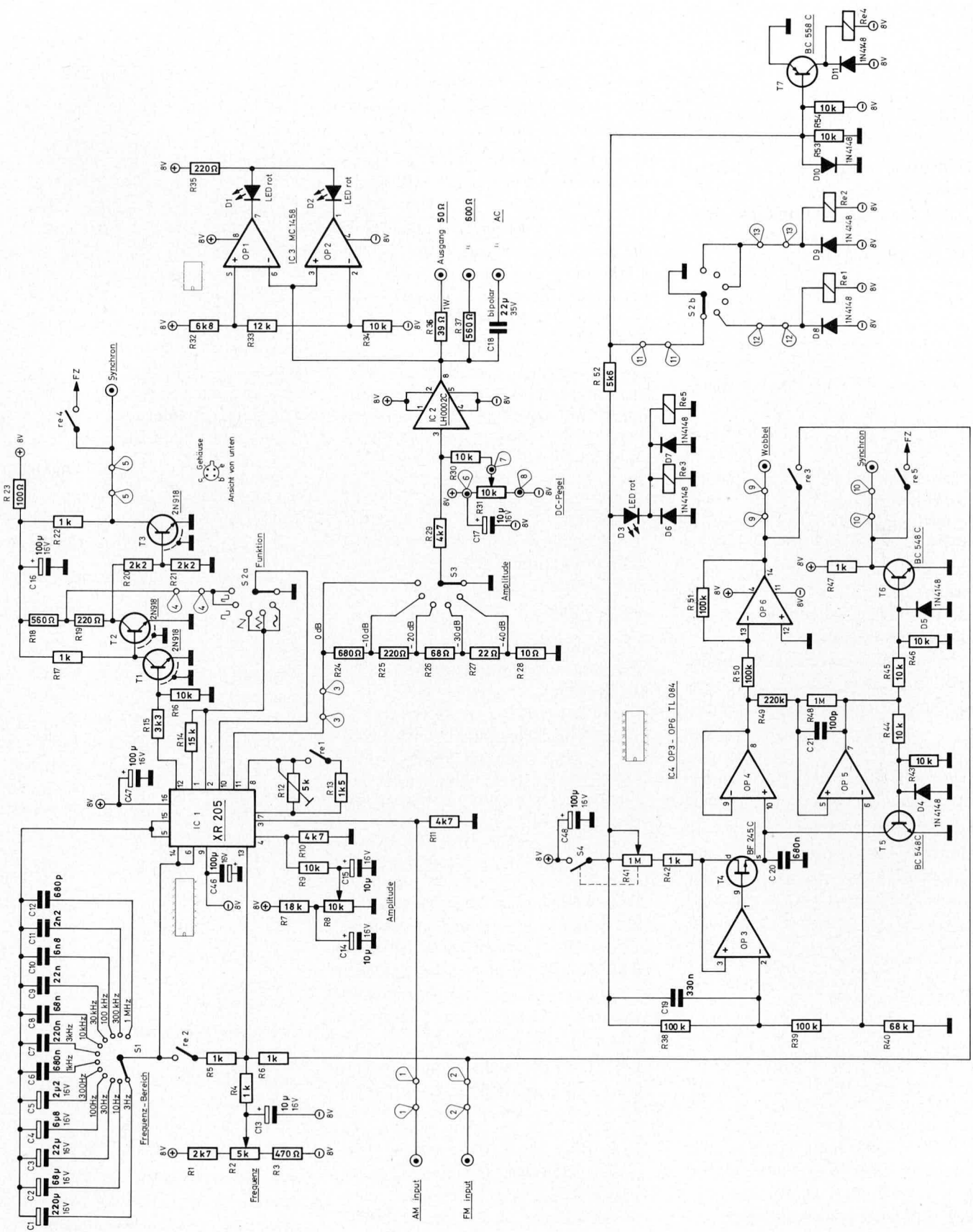
Über den Schalter S 2 b, der mechanisch mit dem Schalter S 2 a verbunden ist, werden die Relais entsprechend der gewünschten Kurvenformen- und Meßmöglichkeiten angesteuert.

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.

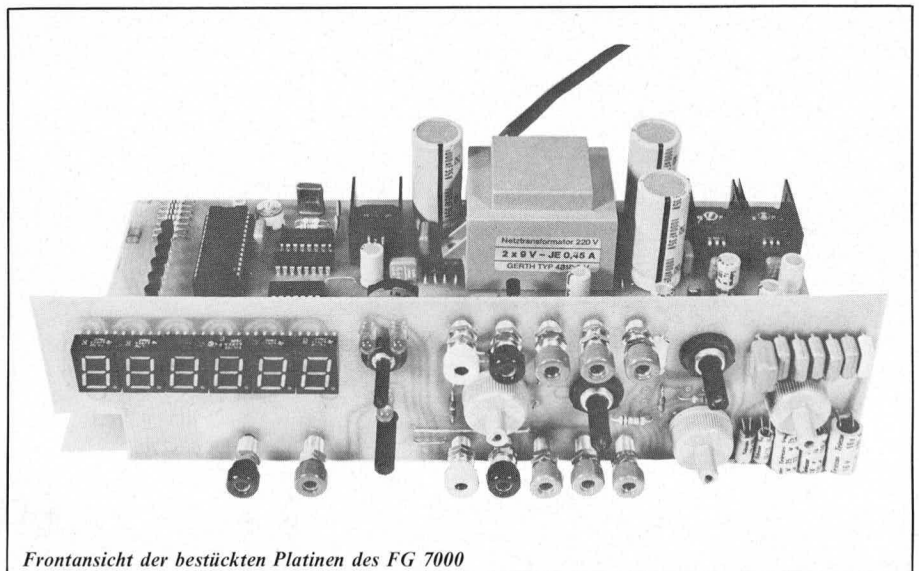
Nach unseren Testergebnissen „frißt“ dieser Vorverstärker wirklich alles. Ob Sinus, Dreieck, Rechteck, Sägezahn, Impuls, bis hin zu extremen Tastverhältnissen von 100 000 : 1, Sie können diesem Vorverstärker alles anbieten und erhalten trotzdem eine absolut saubere Anzeige.

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.

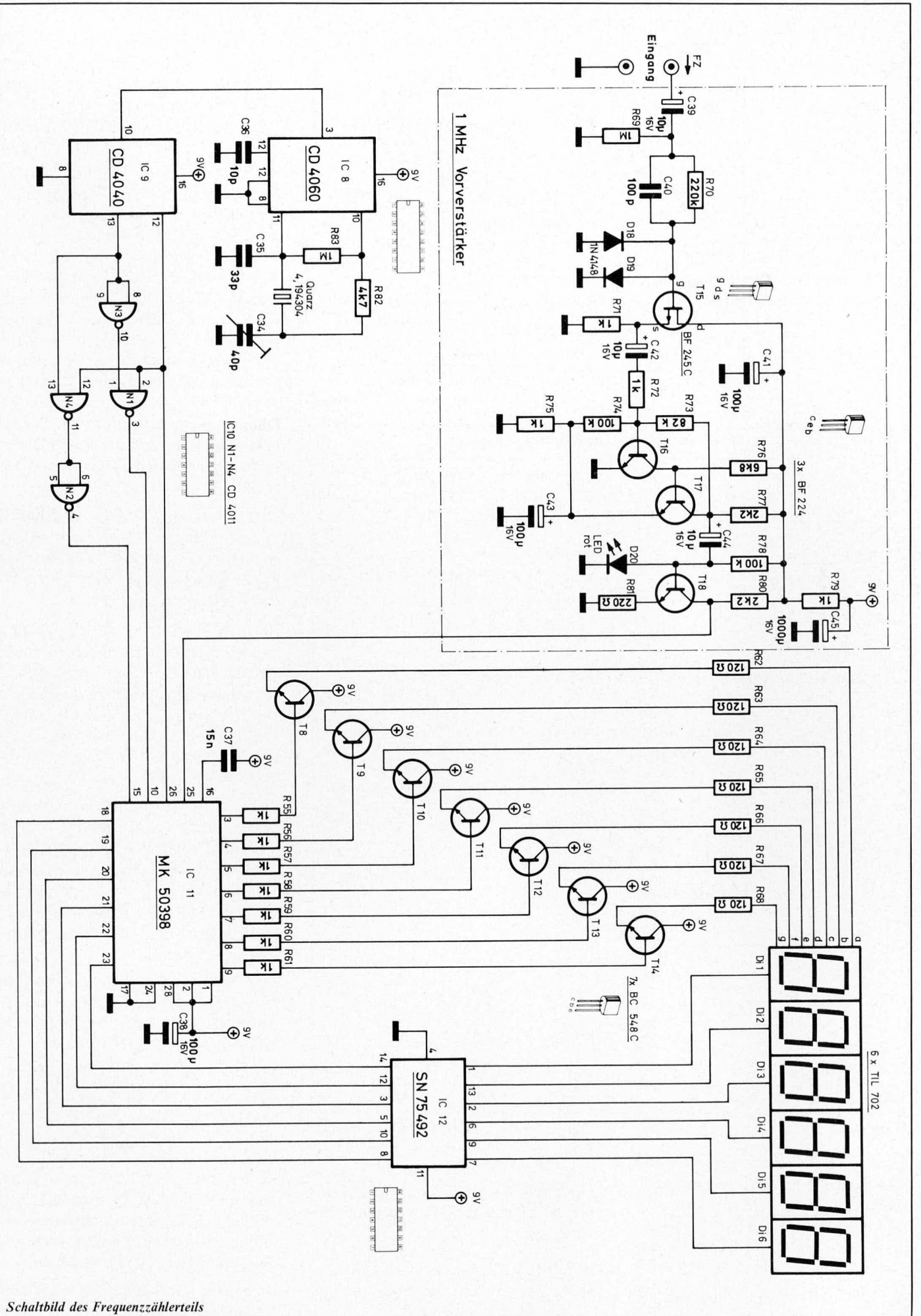
In der mit T 18 aufgebauten Endverstärkerstufe wurde von uns der besseren Stabilität wegen noch eine weitere Besonderheit eingebaut.

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.

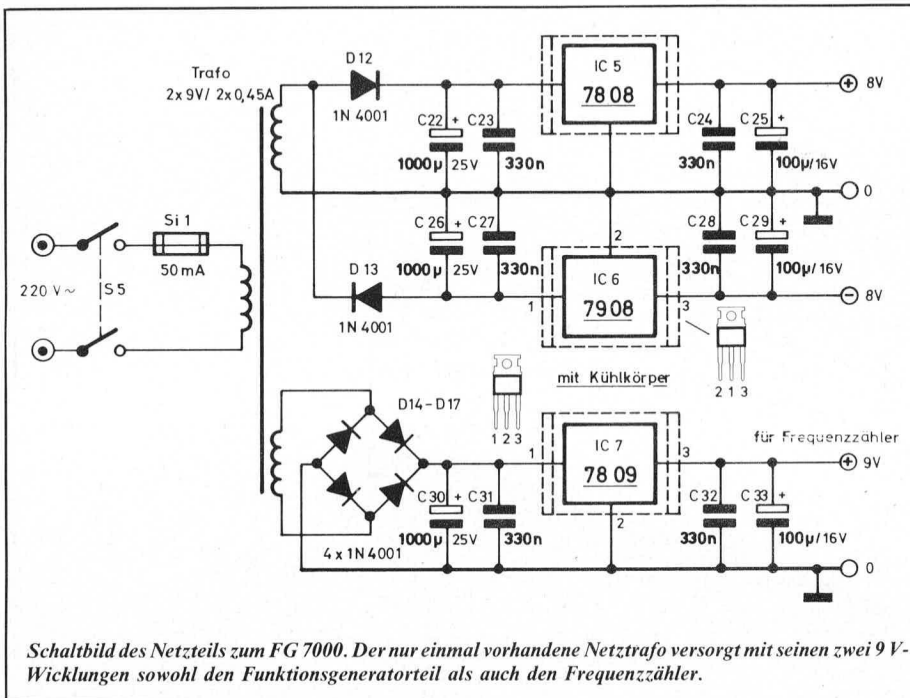
Zunächst werden die Brücken, dann die Widerstände, Kondensatoren, Dioden usw. in gewohnter Weise eingelötet.

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.

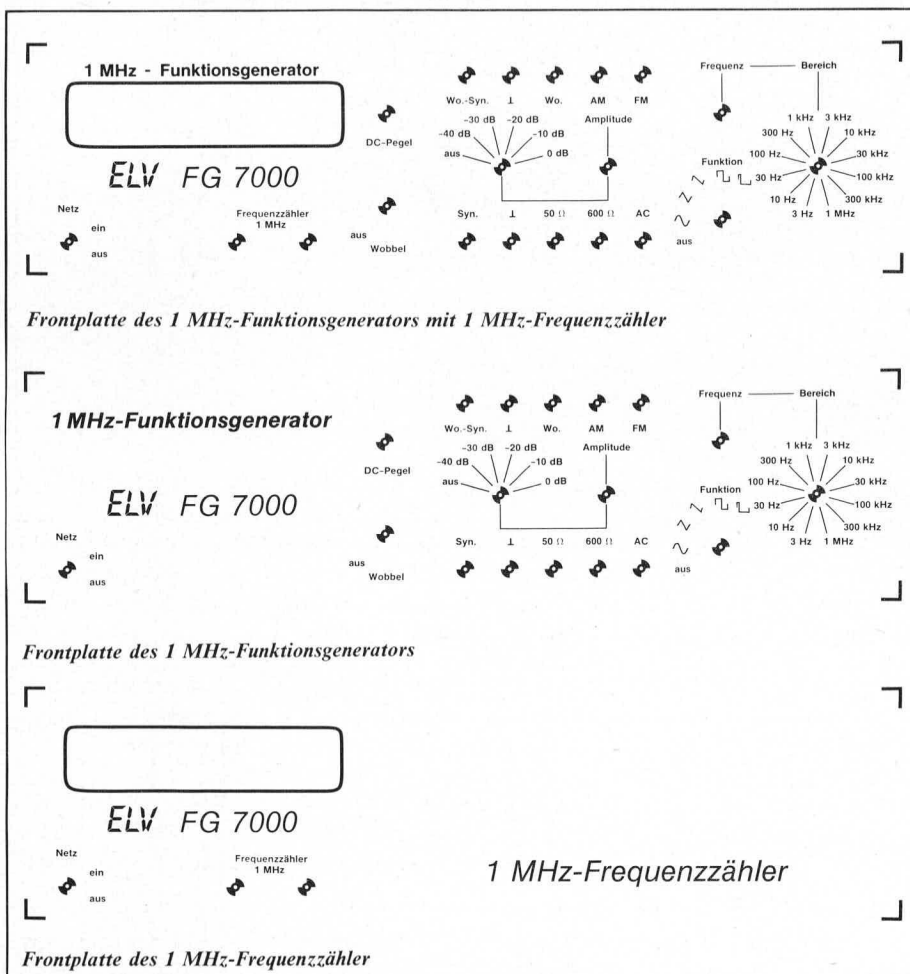
Sind alle Kupferflächen der senkrecht aufeinander liegenden Platinen miteinander verlötet, kann der Einbau ins Gehäuse vorgenommen werden.

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-



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.

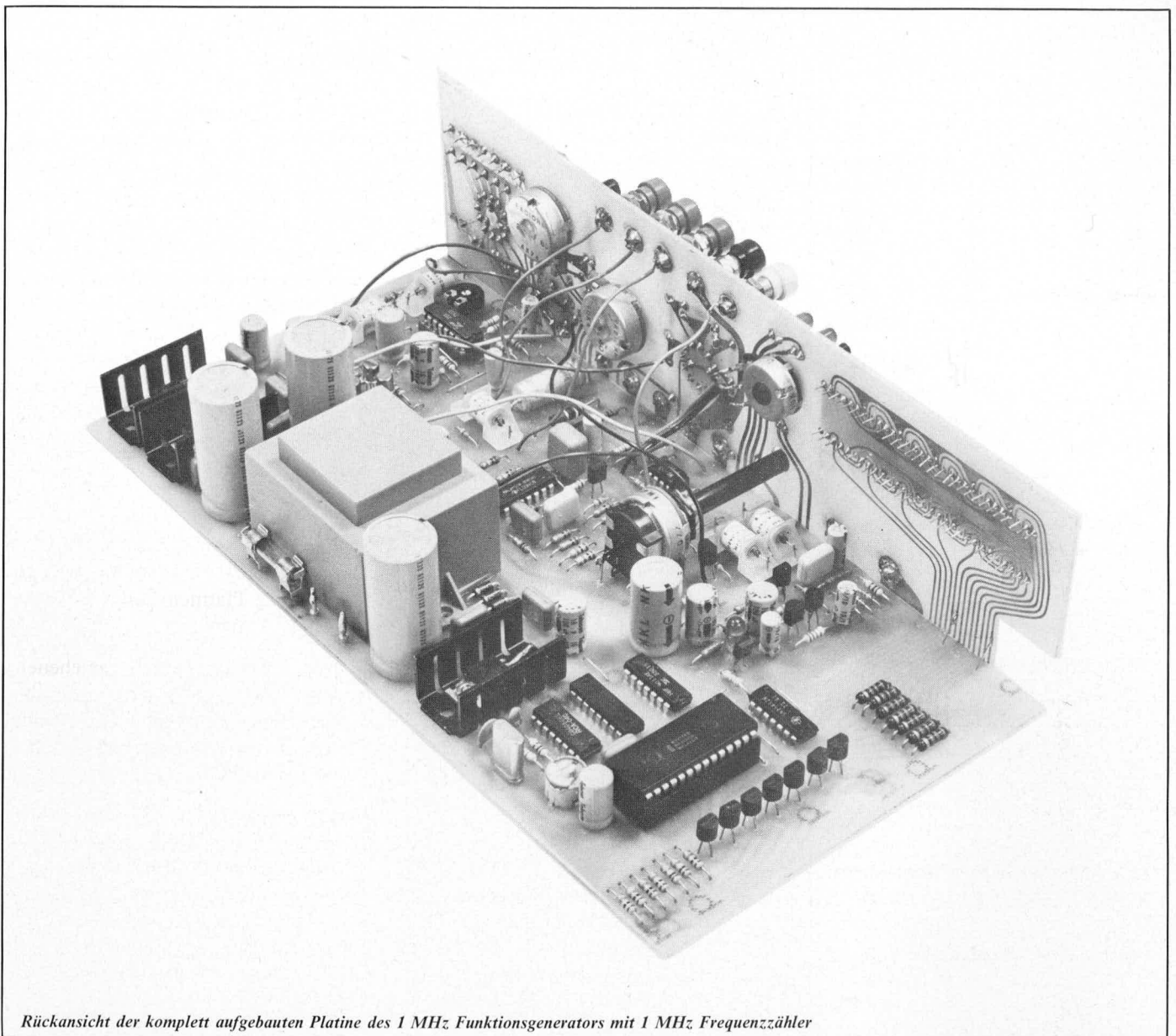
Der verwendete Trafo hat zwei Sekundärwicklungen von jeweils 9 V und 0,45 A Strombelastbarkeit.

Die eine Wicklung versorgt über die 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

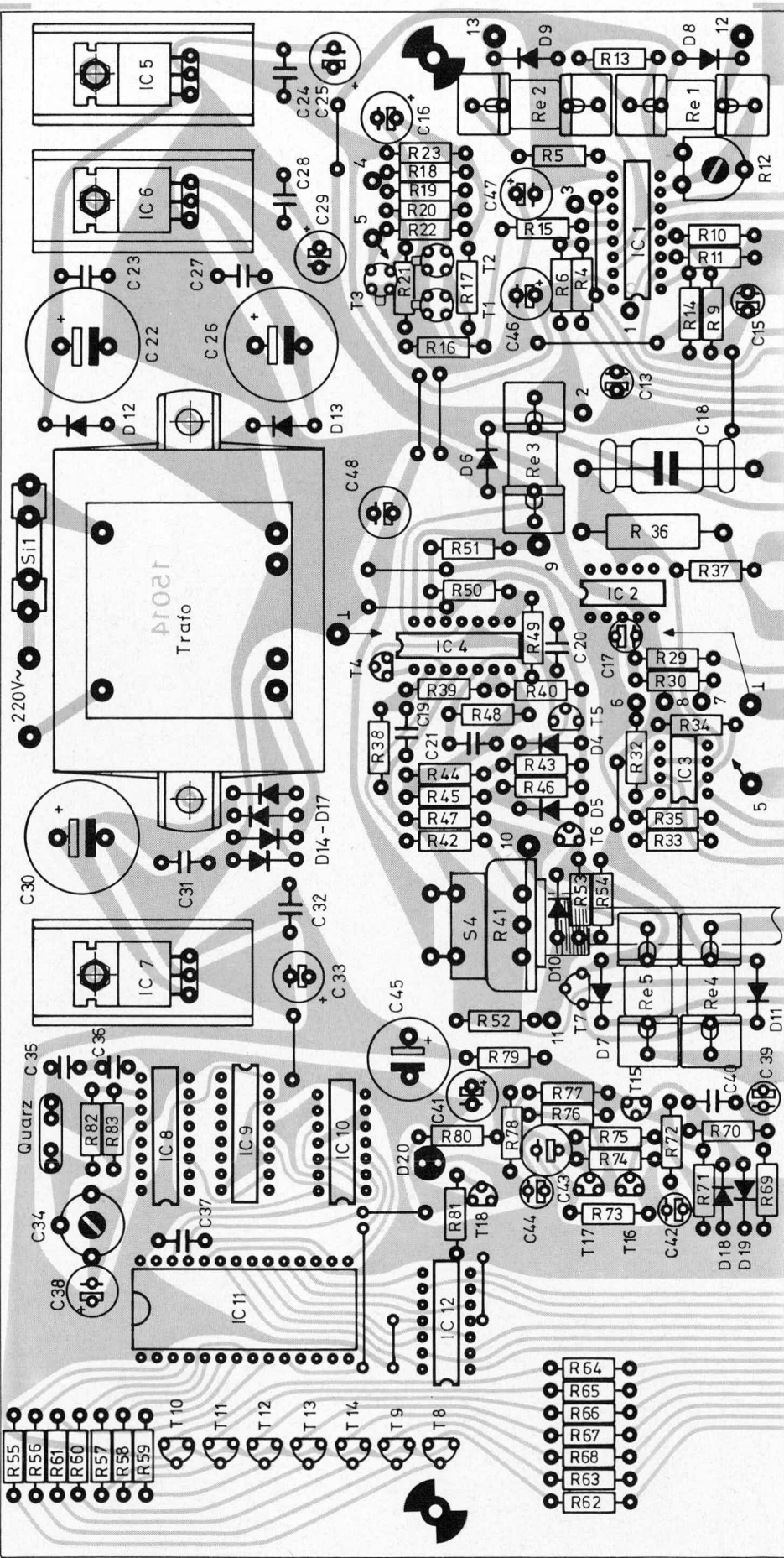
Für beide Geräte ist 1 gemeinsamer Netztrafo erforderlich

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

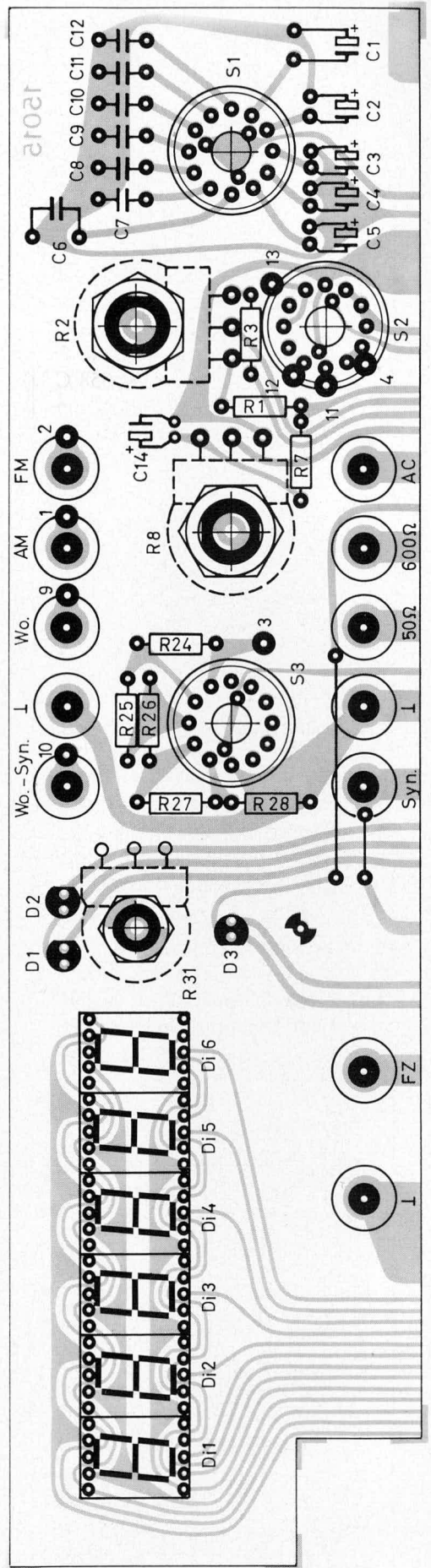
Gehäusebausatz für Funktionsgenerator mit Frequenzzähler

- 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

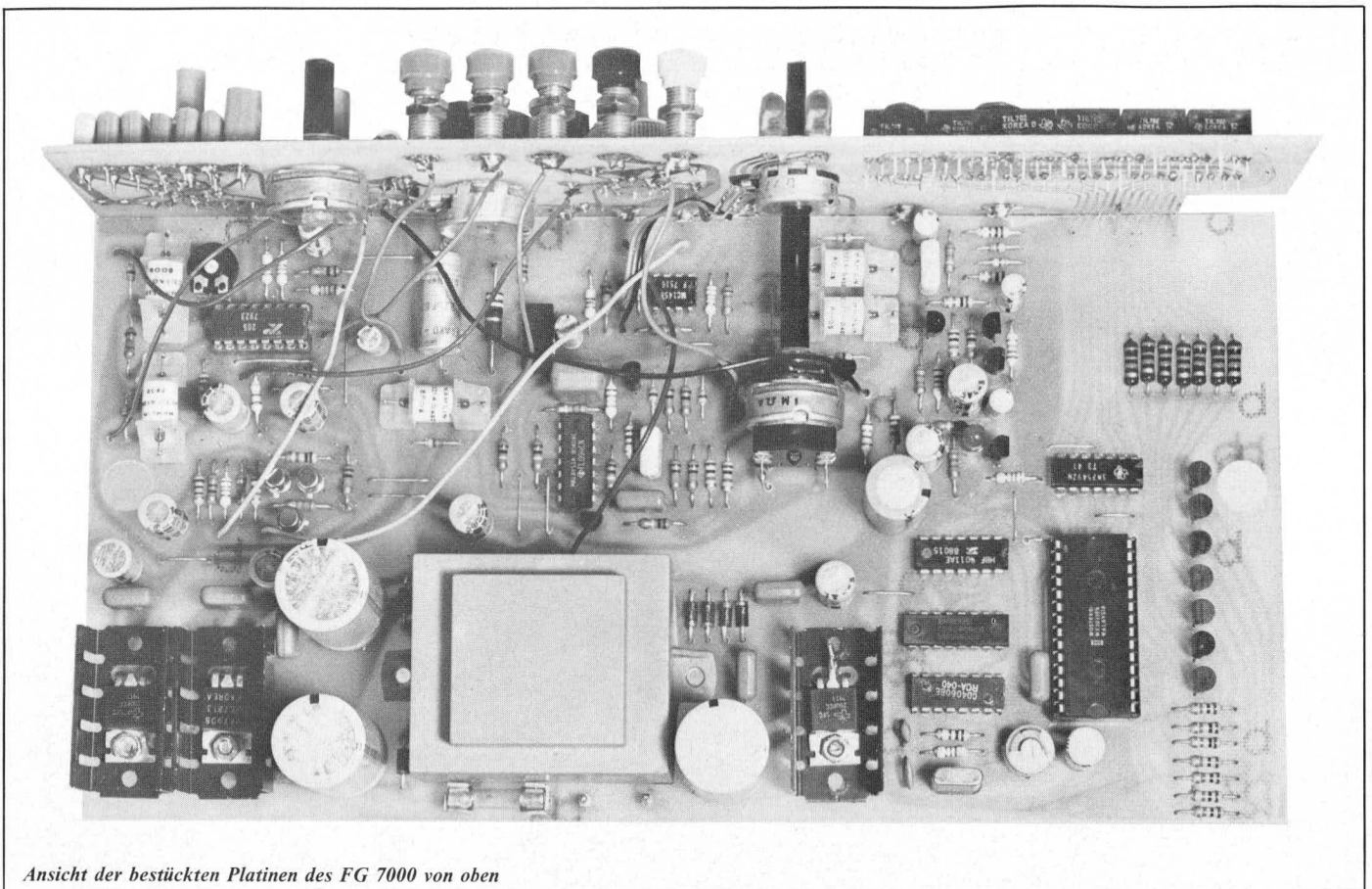
* evtl. 3,9 k Ω oder 4,7 k Ω , siehe auch Text



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.

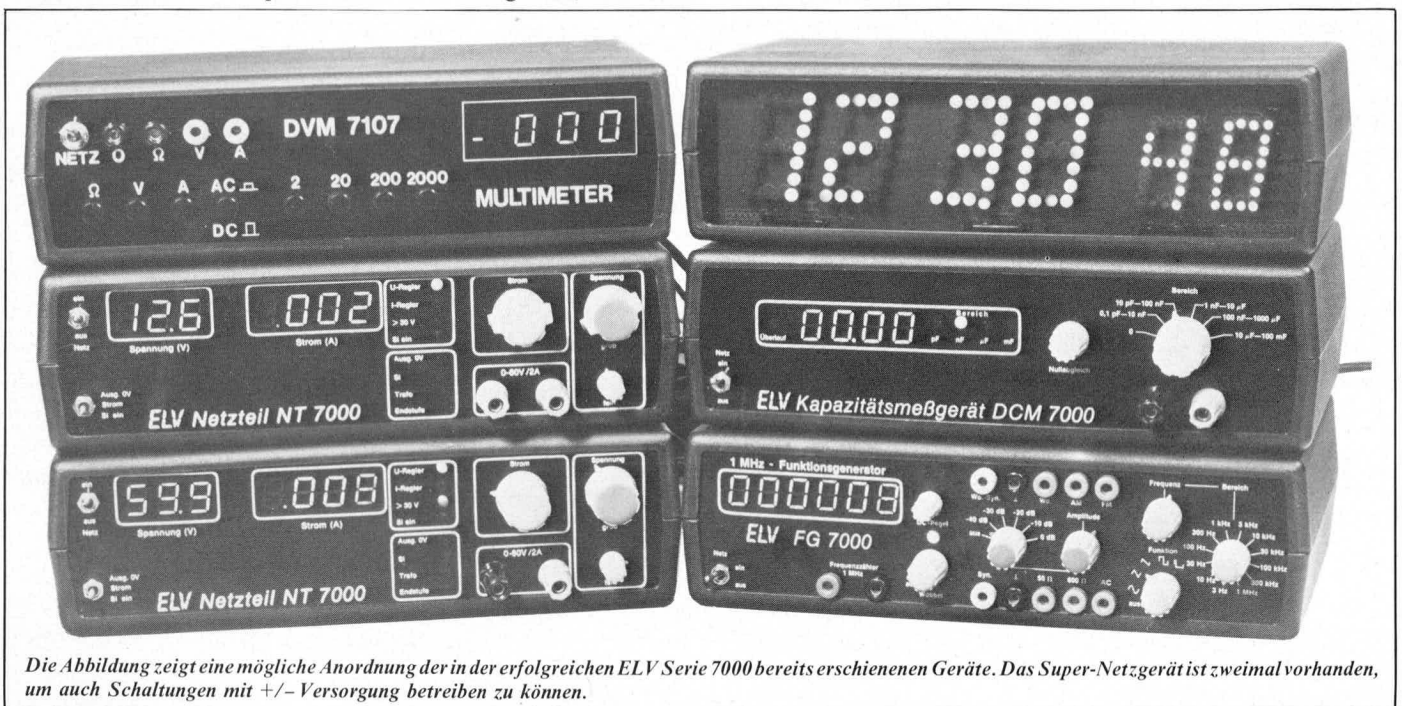
Im obersten Frequenzbereich (Bereichsgrenze in der Nähe von 1 MHz) kann durch Bauelemente-Streuung das Tastverhältnis von 1 : 1 abweichen in Stellung „Rechteck“ des Schalters „Funktion“.

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.