

ELV-Serie 7000

Wobbel-Funktions-Generator WFG 7000



Als weiteres Gerät in der ELV-Serie 7000 stellen wir Ihnen hier einen Funktionsgenerator mit besonders günstigem Preis-/Leistungsverhältnis vor, der einen Frequenzbereich von 0,2 Hz bis 200 kHz überstreicht und der mit einem großen Hub wobbelbar ist.

Einstellbare Funktionen sind: Sinus, Dreieck, Sägezahn, Rechteck, Impuls.

Darüber hinaus zeichnet sich das Gerät durch eine hohe Ausgangsspannung aus, die in weiten Grenzen einstellbar ist — ein Gerät also, das alles in allem auf die speziellen Erfordernisse des Hobby-Elektronikers zugeschnitten ist.

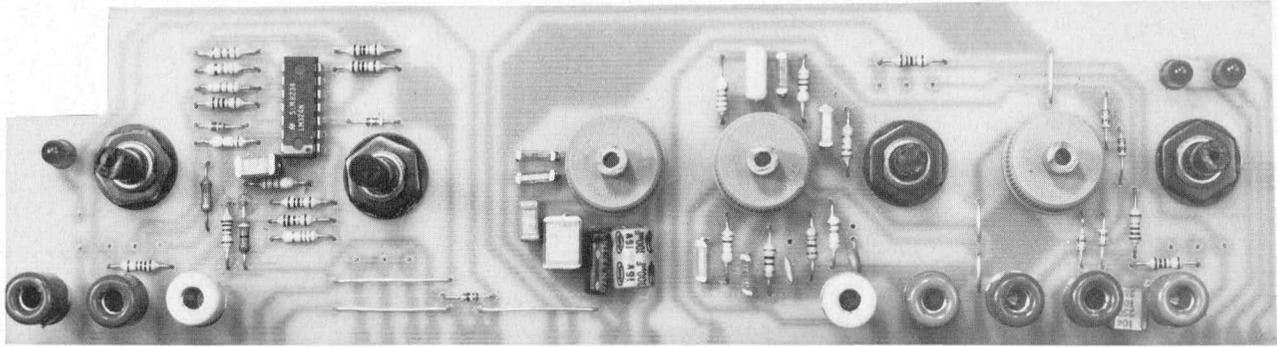
Allgemeines

Neben dem Multimeter und dem elektronisch stabilisierten Netzgerät zählt der Funktionsgenerator zu den wichtigen Bestandteilen der Grundausrüstung einer jeden Hobby-Elektronik-Werkstatt. Aus diesem Grunde haben wir einen vielseitigen und nützlichen, wie auch preiswert nachzubauenden Funktionsgenerator entwickelt, dessen herausragende Daten in Tabelle I zusammengefaßt sind. Besonders hervorzuheben ist der große Frequenzumfang, wobei

verhältnismäßig hohe Frequenzen als auch langsamste Funktionsabläufe realisiert werden können. Durch den maximalen Ausgangsspannungshub von 15 V_{SS} ist darüber hinaus die direkte Versorgung der am meisten anfallenden Meßobjekte möglich. Aber auch extrem kleine Spannungen von wenigen mV können präzise mit dem in dB geeichten Abschwächer und dem Analog-einstellpoti realisiert werden. Durch den Einbau eines internen Wobbel-Generators mit extern über Buchsen herausgeführten Sägezahn-Spannungsverlauf, kann das

Gerät über ca. eine Dekade gewobbel werden, d. h., daß sich die Frequenz des Funktionsgenerators automatisch zwischen zwei bestimmten Frequenzpunkten hin und her bewegt, wobei die Änderungsgeschwindigkeit, d. h. die Wobbelfrequenz, zusätzlich einstellbar ist.

All die vorgenannten Möglichkeiten machen den hier vorgestellten Funktionsgenerator zu einem außerordentlich universell einsetzbaren Gerät, das vom ELV-Ingenieur-Team speziell auf die Belange der Hobby-Elektroniker zugeschnitten ist.



Ansicht des Wobbel-Funktions-Generators WFG 7000 von vorn, vor dem Einbau ins Gehäuse

Zur Schaltung

Das Herz der Schaltung besteht aus dem seit mehreren Jahren auf dem Markt erhältlichen IC des Typs XR 2206. Es handelt sich hierbei um einen hochintegrierten Baustein, in dem sämtliche zur Erzeugung der verschiedenen Kurvenformen benötigten aktiven Funktionsgruppen enthalten sind. Man sollte jetzt jedoch nicht den Fehler machen anzunehmen, daß unter Verwendung dieses einen IC's bereits ein komfortabler Funktionsgenerator komplett wäre. Gewiß, stellt man keine Ansprüche hinsichtlich Bedienungskomfort und Ausgangsspannung, besteht grundsätzlich die Möglichkeit, durch Hinzufügen einiger passiver Bauelemente einen Funktionsgenerator zu erhalten. Die Einsatzmöglichkeiten sind dann jedoch eingeschränkt. Allein für die Umschaltung der verschiedenen Funktionsabläufe werden 5 Schalter benötigt, die in den unterschiedlichsten Kombinationen zur Erreichung der gewünschten Funktionsabläufe betätigt werden müssen. Da sich in bestimmten Fällen auch die Ausgangsspannung ändern kann, muß darüber hinaus zu den entsprechenden Kurvenformen auch eine Amplitudenanpassung erfolgen, so daß die Ausgangsspannung immer einen exakt definierten Pegel aufweist. Um eine übersichtliche und anwendungsfreundliche Bedienung zu erreichen, sind beim ELV-Funktionsgenerator 5 Relais vorhanden, die über einen einzigen Drehschalter in übersichtlicher Weise die verschiedenen Funktionsabläufe steuern. Darüber hinaus wird der Wobbel-Generator automatisch über einen Schaltkontakt am Wobbel-Frequenzreglerpoti aktiviert. Hierzu wurde ein weiteres Relais benötigt. Es empfiehlt sich der Einsatz von Relais schon deshalb, um möglichst kurze Leiterbahnwege der Signalleitungen zu erzielen, da eine obere Grenzfrequenz von 200 kHz auch im Rechteckbereich mit entsprechend hohem Oberwellengehalt

einen möglichst optimalen Leiterbahnverlauf erfordert, um keine unerwünschten Verzerrungen zu erhalten.

Wie bereits erwähnt, stellt das IC 1 des Typs XR 2206 den Kern des Funktionsgenerators dar. Die frequenzbestimmenden Kondensatoren für die 6 Frequenzbereiche werden durch die Kondensatoren C 4 bis C 9 dargestellt. Die Umschaltung erfolgt über den Drehschalter S 1, wodurch die Frequenzbereiche in dekadische (10er) Schritte aufgeteilt sind.

Die analoge (stufenlose) Einstellung der Frequenz innerhalb der einzelnen mit S 1 schaltbaren Bereichen erfolgt mit dem Frequenzeinstellpoti R 3, dessen Potential über R 5 auf Pin 7 des IC 1 gelangt, wodurch die Ausgangsfrequenz beeinflussbar ist. Der in dieser Leitung liegende Relais-Kontakt re 6 schaltet darüber hinaus Pin 7 des IC 1 auf den mit dem IC 3 mit Zusatzbeschaltung aufgebauten Wobbel-Generator, der, sofern er aktiviert wurde, die Frequenz automatisch zwischen zwei Punkten steuert.

Mit Hilfe der Relaiskontakte re 1 bis re 4 erfolgt die Schaltung der Kurvenformen (Sinus, Dreieck, Sägezahn, Rechteck, Impuls), wobei die Ansteuerung dieser Relais über einen einzigen Drehschalter (S 3) erfolgt. Es ergibt sich dadurch eine besonders einfache Bedienung, was von Hause aus mit dem IC des Typs XR 2206 nur schwer möglich ist. Gleichzeitig mit der Kurvenformumschaltung erfolgt die Anpassung der Amplitude. Hierdurch steht dem Anwender immer eine definierte Ausgangsspannung zur Verfügung, die von der jeweils eingestellten Kurvenform (Funktion) weitgehend unabhängig ist und darüber hinaus selbstverständlich, wie bereits erwähnt, in weiten Bereichen eingestellt werden kann.

Der XR 2206 besitzt für die verschiedenen Kurvenformen zwei getrennte Ausgänge. Für Sinus, Dreieck und Sägezahn ist dies der

Ausgang Pin 2, während für Rechteck und Impuls der Ausgang Pin 11 zu benutzen ist.

Je nach eingestellter Funktion (Kurvenform) gelangt nun einer dieser beiden Ausgänge (Pin 2 oder Pin 11) auf einen in dB kalibrierten Abschwächer. Mit S 2 kann so die Amplitude in dekadischen Schritten umgeschaltet werden. An dieser Stelle sei zum besseren Verständnis noch einmal erläutert, daß eine spannungsmäßige Abschwächung um 20 dB eine Verkleinerung der Spannung um den Faktor 10 (1 Dekade) bedeutet. Die analoge (kontinuierliche) Abschwächung ist für die Funktionen Sinus, Dreieck, Sägezahn darüber hinaus mit dem Poti R 7 möglich, während für Rechteck und Impuls lediglich die dekadische Abschwächung erfolgen kann.

Damit nun eine möglichst hohe Ausgangsspannungs-Amplitude erreicht wird, die auch eine entsprechende Last zu treiben in der Lage ist, müssen entsprechende Leistungsverstärker nachgeschaltet werden, an die allerdings hohe Anforderungen zu stellen sind. Zum einen ist eine Übertragung von DC bis zur oberen Grenzfrequenz erforderlich und zum anderen ein möglichst geringer Innenwiderstand. Darüber hinaus bestehen Forderungen hinsichtlich Klirrfaktor und Intermodulationsfaktor, wobei sowohl extrem kleine als auch besonders große Signale möglichst verzerrungsarm übertragen werden sollen. Hinsichtlich der oberen Grenzfrequenz ist noch anzumerken, daß diese erheblich über der oberen Frequenz des Funktionsgenerators von 200 kHz liegen muß, um auch noch den hohen Oberwellengehalt bei Rechteck- und Dreiecksspannungen übertragen zu können. Forderungen von mindestens 1 MHz Bandbreite sind daher keineswegs übertrieben.

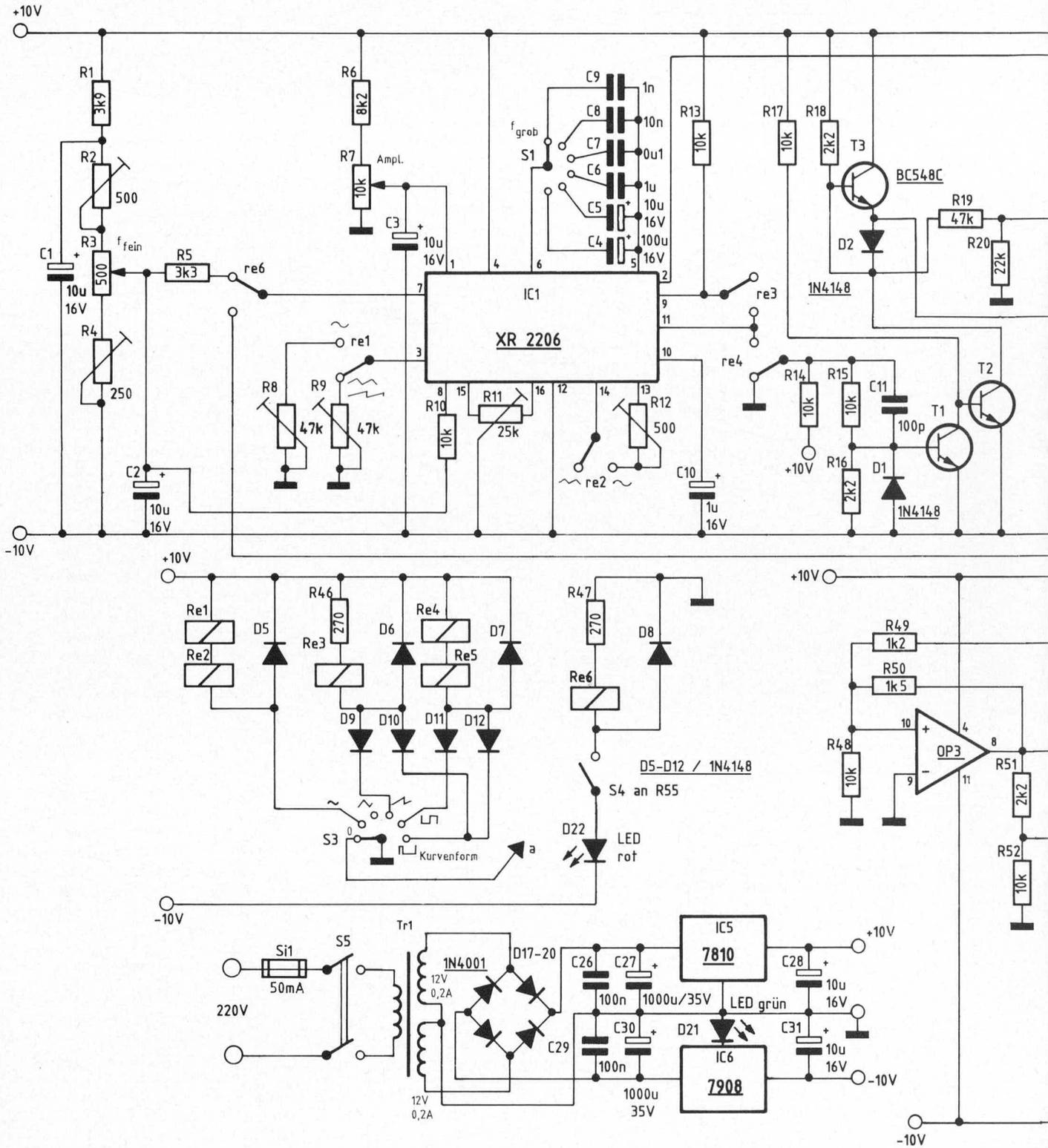
Es sind zwei unterschiedliche Verstärker notwendig. Der Verstärker für Sinus, Dreieck und Sägezahn ist mit den IC 2 und den Transistoren T 5/T 6 mit Zusatzschaltung aufgebaut. Das Rechteck- und Impulssignal wird durch die Transistoren T 1-T 3 und deren Beschaltung verstärkt. Da der Innenwiderstand sehr niedrig ist, kann durch Hinzufügen von R 44 bzw. R 45 ein definierter Ausgangswiderstand erreicht werden, bzw. durch Einsatz eines bipolaren Kondensators ist auch ein gleichspannungsfreies Ausgangssignal unabhängig vom DC-Pegeleinsteller vorgesehen.

Mit R 35 ist die Einstellung des DC-Offset bzw. die gleichspannungsmäßige Verschiebung des Ausgangssignals möglich.

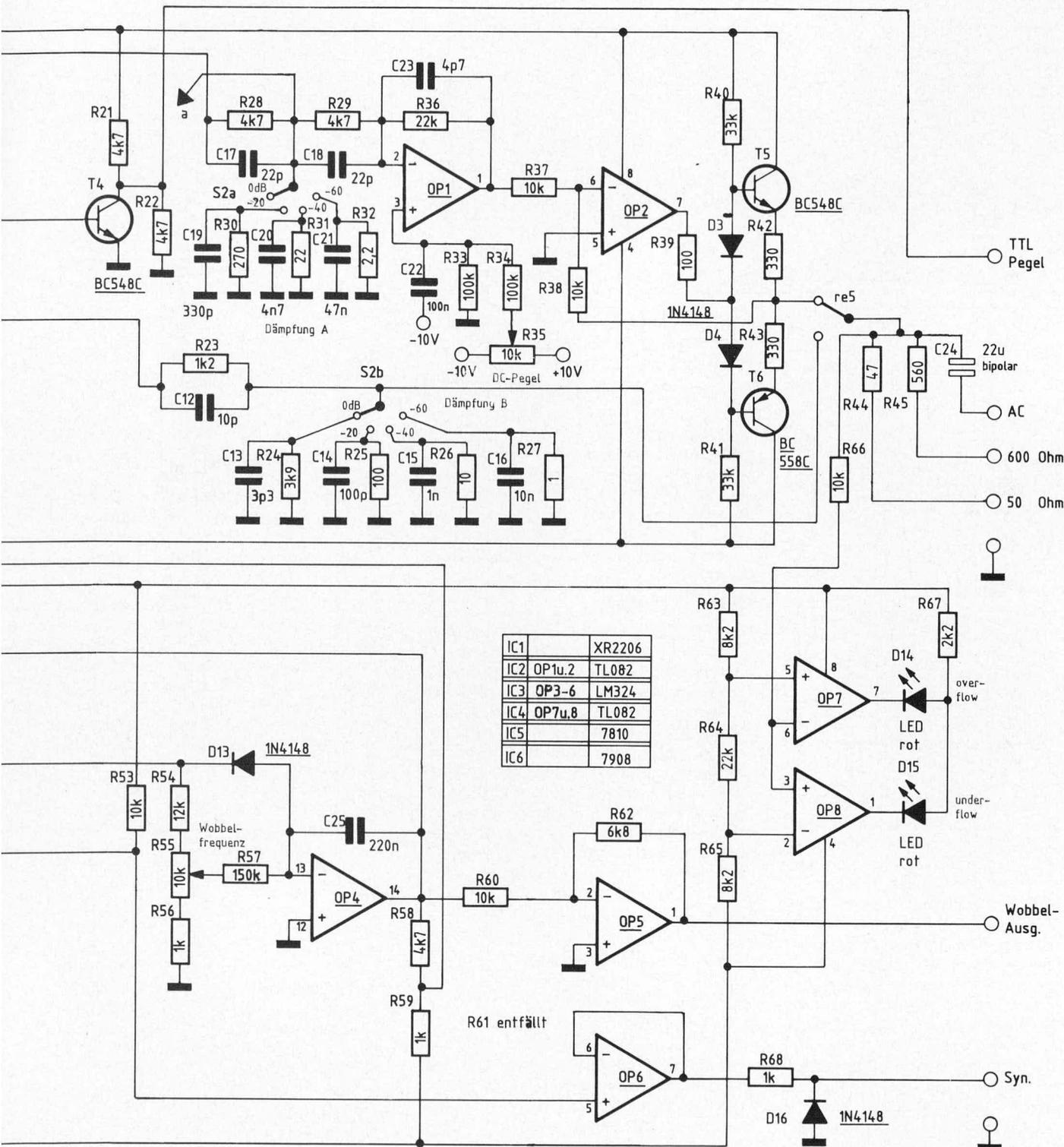
Tabelle 1

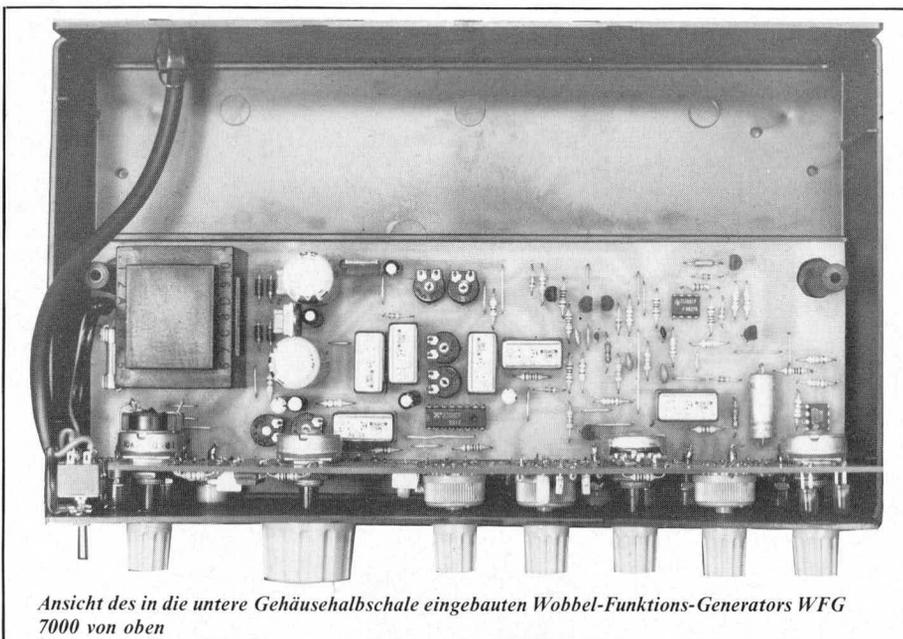
Technische Daten des WFG 7000

- Frequenzbereich: 0,2 Hz bis 200 kHz (Sinus, Dreieck, Rechteck)
0,1 Hz bis 100 kHz (Sägezahn, Impuls)
- Funktionen: Sinus, Dreieck, Sägezahn, Rechteck, Impuls
- Ausgangsspannung: max. 15 V_{ss} über Abschwächer einstellbar
- Klirrfaktor: ca. 0,5 % (1 kHz)
- zusätzlicher Synchronausgang mit TTL-Pegel (nur bei Rechteck und Impuls)
- eingebauter Wobbelgenerator mit einstellbarem Frequenzbereich von 1 Hz bis 10 Hz sowie extern verfügbarer Wobbelrampe und Triggerausgang mit TTL-Pegel.



Gesamtschaltbild des Wobbel-Funktions-Generators WFG 7000





Ansicht des in die untere Gehäusehalbschale eingebauten Wobbel-Funktions-Generators WFG 7000 von oben

Eine Mittenanzeige der Ausgangsspannung erfolgt mit Hilfe des IC 4 mit Zusatzbeschaltung. Sofern die Amplitude des Ausgangsimpulses mit S 2 und R 7 auf Maximum eingestellt wurde, ist das Ausgangssignal gleichspannungsfrei, d. h. symmetrisch, wenn weder LED 14 noch LED 15 leuchten. Sobald mit dem DC-Pegeleinsteller R 35 eine Verschiebung dieses Pegels nach oben oder nach unten vorgenommen wird, leuchtet eine der beiden LED's auf, wobei die Helligkeit von der eingestellten Kurvenform und der Größe der Ausgangsspannungsverschiebung abhängig ist.

Mit T 4 wird ein Trigger-Signal mit TTL-Pegel ausgekoppelt, das die Möglichkeit der externen Synchronisierung von Oszilloskopen o. ä. eröffnet.

Dieses Triggersignal steht jedoch nur bei den Funktionen „Rechteck“ und „Impuls“ zur Verfügung, um Einstreuungen in die anderen Kurvenformen auszuschließen.

Der Wobbel-Generator wird mit dem IC 3 des Typs LM 324 mit Zusatzbeschaltung realisiert. OP 3 und OP 4 stellen hierbei den eigentlichen Dreieck-Generator dar, der in dem hier vorliegenden Fall mit einem Integrator (OP 4) und einem Komparator (OP 3) aufgebaut wurde. Die Wobbel-Frequenz ist mit dem Poti R 55 einstellbar, das gleichzeitig über einen Schaltkontakt verfügt. Befindet sich R 55 am Linksanschlag (entgegen dem Uhrzeigersinn), ist der Wobbel-Generator deaktiviert, d. h., die Frequenz des Funktions-Generators wird mit S 1 (dekadisch) und R 3 (analog) eingestellt. Sobald R 55 im Uhrzeigersinn gedreht wird, ist der Wobbel-Generator eingeschaltet und die Frequenz des Funktions-Generators ändert sich jetzt durch die Ansteuerung des Wobbel-Generators. Die obere und untere Grenz-Frequenz, d. h. der Frequenzbereich, in dem gewobbelt werden soll, kann mit S 1 gewählt werden, wobei die Geschwindigkeit der Frequenzänderung, d. h., die Wobbel-Frequenz, mit R 55 einstellbar ist.

OP 5 dient in diesem Zusammenhang zur Anpassung der Wobbel-Amplitude, die mit einem konstanten Hub von 15 V_{SS} extern zur Verfügung steht. OP 6 sorgt für ein wobbel-

frequenzsynchrones TTL-Triggersignal, so daß Oszilloskope o. ä. auch mit der Wobbel-Frequenz extern getriggert werden können.

Bedingt durch die leistungsfähige Endstufe sowie die komfortable Bedienung in Verbindung mit 6 Relais, ist auch ein verhältnismäßig starkes Netzteil erforderlich, das aber dennoch in einer Größe gehalten werden konnte, wo der Einsatz eines vergossenen Print-Trafos noch realisierbar ist. Aufgebaut mit zwei Festspannungsreglern erübrigt sich eine nähere schaltungstechnische Erläuterung.

Zum Nachbau

Mit Ausnahme des Netzschalters sind sämtliche aktiven und passiven Bauelemente auf den beiden Leiterplatten untergebracht. Durch die inzwischen seit mehreren Jahren erfolgreich von ELV eingesetzte Verbindungstechnik des direkten Verlötnens von zwei Leiterplatten, ist darüber hinaus der Verdrahtungsaufwand auf ein absolutes Minimum beschränkt, was sicher zur Nachbausicherheit und zur Vermeidung von Fehlerquellen beiträgt. Hierdurch wird der Nachbau nicht nur den Profis ermöglicht, obgleich es sich um eine verhältnismäßig aufwendige und komplexe Schaltung handelt.

In gewohnter Weise und Reihenfolge werden die Bauelemente anhand der Bestückungspläne und der Stückliste auf die beiden Platinen gesetzt und verlötet.

Nachdem die Bestückung noch einmal sorgfältig kontrolliert wurde, können die beiden Leiterplatten miteinander verlötet werden. Hierzu wird die kleine Platine senkrecht an die Basisplatine gesetzt, und zwar so, daß erstgenannte ca. 3 mm unter der Basisplatine hervorragt. Dann können beide Platinen miteinander an den einzelnen Leiterbahnen miteinander verlötet werden. Zu beachten ist hierbei, daß sich keine Lötzinnbrücken zwischen den einzelnen Leiterbahnen bilden. Bei der Selbstherstellung der Platinen ist in diesem Zusammenhang besonders darauf zu achten, daß auch die Ränder der Leiterplatten sorgfältig geätzt werden, und sich keine feinen Haarverbindungen ergeben. Vorsichtshalber sollte vor Beginn der

Bestückung mit einem Ohmmeter eine Überprüfung erfolgen, da auch feinste Kurzschlüsse, die mit dem Auge kaum wahrnehmbar sind, die einwandfreie Funktion des Gerätes beeinträchtigen können.

Auf die Einhaltung der VDE-Bestimmungen sei an dieser Stelle noch einmal ausdrücklich hingewiesen.

Kalibrierung

Damit das Gerät später sinnvoll eingesetzt werden kann, ist eine sorgfältige Einstellung der erforderlichen Kalibrierungspunkte unvermeidlich, um auch die volle Leistung des Funktions-Generators erreichen zu können. Diese Einstellarbeiten sind nicht besonders schwierig und können mit einfachen Hilfsmitteln durchgeführt werden.

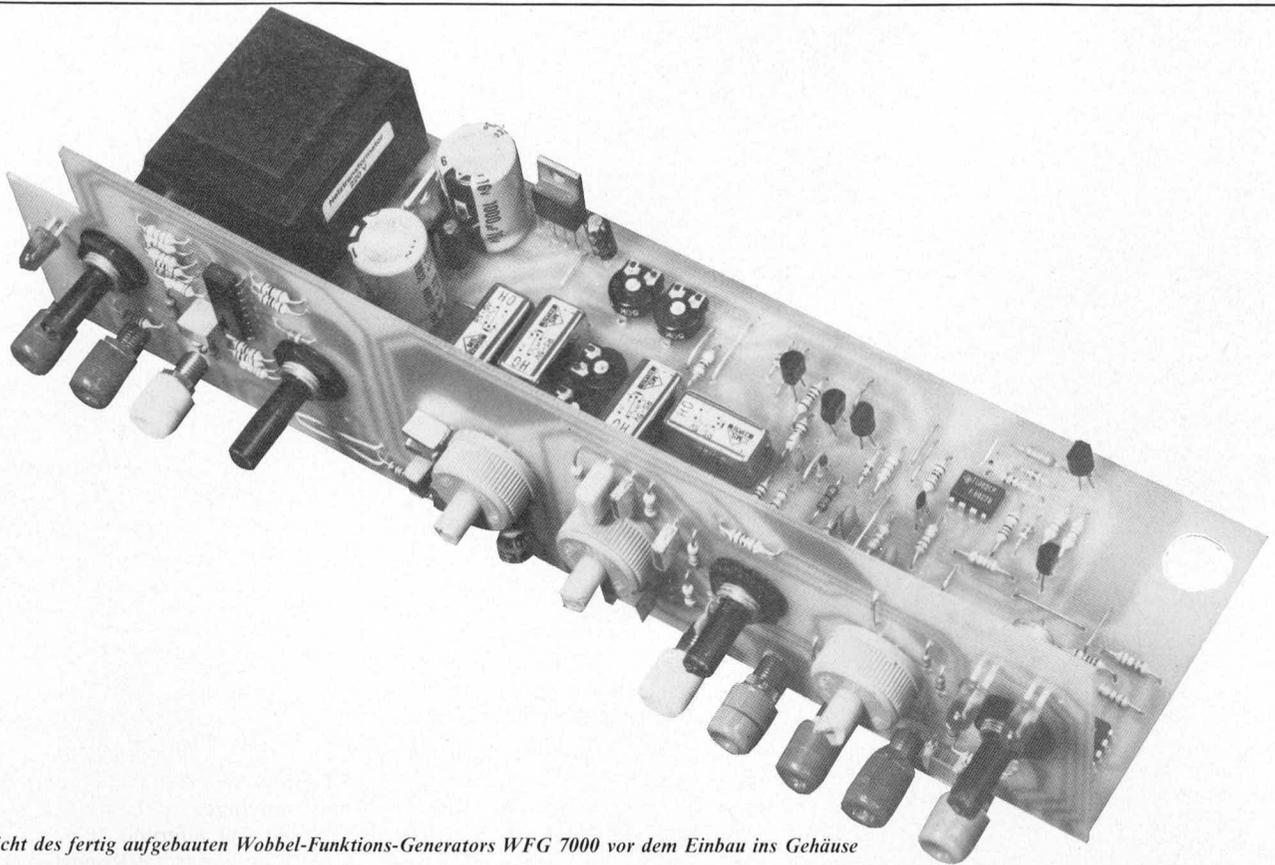
Unentbehrliches Hilfsmittel ist hierbei ein Multimeter. Weitere hilfreiche Meßgeräte sind ein Frequenzzähler, ein Oszilloskop und evtl. noch ein Klirrfaktormeßgerät.

Zunächst wird der mit R 3 kontinuierlich einstellbare Frequenzbereich einer jeden Bereichstufe eingestellt. Dies erfolgt mit Hilfe der Trimmer R 2 und R 4, wobei R 2 die untere und R 4 die obere Frequenz festlegt. S 1 bringen wir hierzu in eine der beiden mittleren Bereichstellungen. Die unteren Bereiche sind aufgrund der erhöhten Toleranzen der Elektrolyt-Kondensatoren und die beiden oberen Bereiche aufgrund der Eigenkapazität weniger gut für die Einstellung geeignet. R 3 wird jetzt zunächst auf Rechtsanschlag gebracht (im Uhrzeigersinn).

Mit R 4 wird alsdann die obere Grenzfrequenz des mit S 1 eingestellten Bereiches von 200 Hz bzw. 2,0 kHz eingestellt. Anschließend ist R 3 auf Linksanschlag zu bringen (entgegen dem Uhrzeigersinn). Mit R 2 wird nun die untere Grenzfrequenz von 20 Hz bzw. 200 Hz einjustiert. Da sich jeweils bei der zweiten Einstellung die erste geringfügig mitverschiebt, ist dieser Vorgang ggf. mehrmals zu wiederholen. Durch Verdrehen von S 1 müßten die übrigen Frequenzbereiche jetzt ebenfalls in den entsprechenden Grenzen kontinuierlich mit R 3 einstellbar sein. Ist ein mit S 1 einstellbarer Bereich zu höheren Frequenzen hin verschoben, so kann der entsprechende Kondensator durch Parallelschaltung eines weiteren Kondensators angepaßt werden, während bei einer Frequenzverschiebung nach unten hin, ggf. der betreffende Kondensator gegen einen etwas kleineren zu tauschen ist. Besonders bei Elektrolyt-Kondensatoren sind die Toleranzen zum Teil nennenswert — in den meisten Fällen sind die Werte 20 bis 50 % zu groß.

Zur Einstellung der max. Ausgangsamplitude von 15 V_{SS} geht man wie folgt vor:

Zunächst wird S 2 in Stellung „0dB“ und R 7 auf Rechtsanschlag gebracht (im Uhrzeigersinn). Vorher ist mit Hilfe des DC-Pegeleinstellers der Ausgangspegel gleichspannungsfrei zu machen, d. h. man mißt die Ausgangsspannung mit einem Gleichspannungsmesser und dreht vorher R 7 kurz auf 0 (entgegen dem Uhrzeigersinn) wobei dann mit R 35 die Ausgangsspannung auf 0 V einzustellen ist. Anschließend ist R 7 wieder auf Rechtsanschlag zu bringen.



Ansicht des fertig aufgebauten Wobbel-Funktions-Generators WFG 7000 vor dem Einbau ins Gehäuse

In einem der mittleren Frequenz-Bereiche kann nun bei den verschiedenen Kurvenformen der entsprechende Amplitudenregler R 8 bzw. R 9 so eingestellt werden, daß die Ausgangsspannung gerade $15 V_{SS}$ beträgt. Dies erkennt man daran, daß beide Leuchtdioden (LED 14 und LED 15) nicht aufleuchten. Wird R 8 bzw. R 9 etwas zu weit gedreht, müßten beide Dioden gleichzeitig zu leuchten beginnen. R 8 ist für die Einstellung der Amplitudengröße für Sinus zuständig, während R 9 bei Dreieck und Sägezahn kalibriert werden muß.

Sofern für die Einstellung der Frequenzgrenzen des Analogstellpotis R 3 kein Frequenzzähler zur Verfügung steht, kann jetzt im niedrigen Frequenzbereich die Einstellung von R 2 und R 4 mit Hilfe der Mittenanzeige erfolgen, indem auf Sinus geschaltet wird und mit dem DC-Pegeleinsteller der Ausgangsgleichspannungspegel verschoben wird. Bei max. eingestellter Amplitude (mit S 2 und R 7) blinkt jetzt eine der beiden Pegel-LED's rhythmisch auf im Takte der Frequenz, die im Bereich von 0,2 Hz (Periodendauer 5 Sekunden) bzw. 2,0 Hz (Periodendauer ca. 0,5 Sekunden) liegt. Aufgrund der niedrigen Blinkfolge kann relativ zuverlässig auf die Frequenz geschlossen werden. Wie bereits erwähnt, sind die Einstellungen von R 2 und R 4 ggf. mehrfach zu wiederholen und evtl. Toleranzen der beiden großen Kondensatoren für die niedrigsten Frequenzbereiche zu berücksichtigen.

Die Einstellung der höheren Frequenzbereiche ist mit dieser Methode selbstverständlich nicht möglich und man muß sich auf die Genauigkeit der Kondensatoren verlassen es sei denn, man verfügt über ein entsprechend genaues Kapazitätsmeßgerät. In diesem Falle kann man durch Ausmessen

der einzelnen Kondensatoren auch in den höheren Frequenzbereichen auf eine entsprechende Frequenzübereinstimmung mit der Skala schließen, sofern sich diese Kondensatoren immer um den Faktor 10 von dem Wert des Kondensators im untersten Frequenzbereich unterscheiden, d. h. also, wenn C 1 eine Kapazität von z. B. $105,3 \mu F$ aufweist und R 2 bzw. R 4 so eingestellt wurden, daß mit R 3 die Frequenzeinstellung von 0,2 Hz bis 2,0 Hz reicht, müßte C 2 einen Wert von $10,53 \mu F$ aufweisen, damit die Frequenz mit R 3 von 2 Hz bis 20 Hz in diesem Bereich eingestellt werden kann. Für den nächstfolgenden Bereich würde die Kapazität $1,053 \mu F$ betragen müssen usw.

Kommen wir nun zur Einstellung der Sinusfunktion bzw. der Umschaltung von Sinus auf Dreieck.

Dies geschieht über den Kontakt re 2. Solange er geöffnet ist, liegt an dem Ausgang Pin 2 des IC 1 je nach Stellung der übrigen Schaltkontakte eine Dreieck- bzw. Sägezahnfunktion an. Sobald re 2 schließt, kann mit Hilfe des Trimmers R 12 die Ausgangsfunktion auf „Sinus“ eingestellt werden. Im einfachsten Fall dreht man S 1 und R 3 auf niedrigste Frequenz und schließt an den Ausgang ein Analogmultimeter (Zeigerinstrument) an und verfolgt den Zeigerausschlag, der möglichst einem sinusförmigen Spannungsverlauf folgen sollte, wozu allerdings ein Gerät mit Skalenmittelpunkt erforderlich ist. Bei sinusförmigem Spannungsverlauf muß die Zeigergeschwindigkeit im Nulldurchgang der Sinuskurve, also im Skalenmittelpunkt, am größten sein und bei den beiden Endausschlägen (Spannungsminimum und Spannungsmaximum), wo der Umkehrpunkt der Sinuskurve liegt, sehr langsam sein. Der Zeigerausschlag sollte jedoch nicht an den Endpunkten für kurze

Zeit stehen bleiben. Tut er dies dennoch, deutet das auf eine Abplattung an den Scheitelpunkten der Sinuskurve hin. Mit etwas Gefühl läßt sich auch auf diese einfache Weise R 12 so einjustieren, daß der Kurvenverlauf sinusförmig ist. In den anderen Frequenzbereichen stimmt der Verlauf dann automatisch.

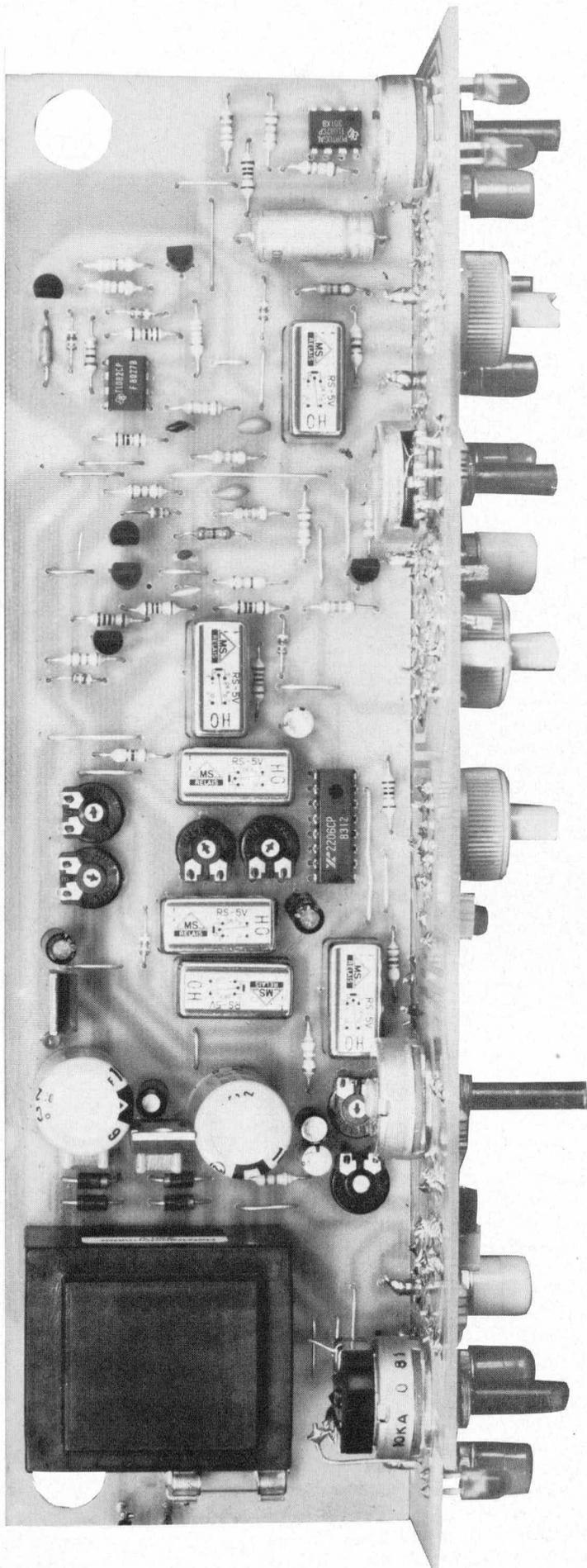
Besser kann man den Kurvenverlauf selbstverständlich anhand eines Oszilloskopes einstellen, während unter Zuhilfenahme einer Klirrfaktormeßbrücke der Kurvenverlauf optimiert werden kann, wobei zusätzlich mit R 11 ein Feinabgleich möglich ist. Ansonsten befindet sich R 11 in Mittelstellung.

Mit dem Schaltkontakt re 3 wird je nach Stellung der übrigen Kontakte von Dreieck auf Sägezahn bzw. von Rechteck auf Impuls umgeschaltet. Eine besondere Einstellung ist hierzu nicht erforderlich, da das Tastverhältnis mit ca. 1:2 durch die Dimensionierung von R 5 und R 10 bereits fest vorgegeben ist.

Ebenfalls ist ein Abgleich des Wobbel-Generators nicht erforderlich, da durch die exakte Dimensionierung der entsprechenden Bauelemente hierauf verzichtet werden konnte, zumal gewisse Toleranzen im Wobbel-Frequenzbereich vollkommen unerheblich sind.

Sollte der Wobbelhub nicht ausreichen, oder der Wobbelgenerator nicht anschwingen, so ist leicht Abhilfe zu schaffen, indem der Widerstand R 49 geringfügig ($\pm 100 \Omega$) geändert wird (evtl. durch Reihenschaltung „Widerstand + Trimmer“).

Sind die vorstehend beschriebenen Kalibrierungspunkte sorgfältig durchgeführt, steht dem meßtechnischen Einsatz dieses vielseitigen Gerätes nichts mehr im Wege.



Ansicht der fertig bestückten Platinen des Wobbel-Funktions-Generators WFG 7000

Stückliste WFG 7000

Halbleiter

IC1	XR 2206
IC2	TL 082
IC3	LM 324
IC4	TL 082
IC5	7810
IC6	7908
T1-T5	BC548C
T6	BC558C
D1-D13, D16	IN4148
D14, D15, D22	LED, rot, 5 mm
D17-D20	IN4001
D21	LED, grün, 3 mm

Widerstände

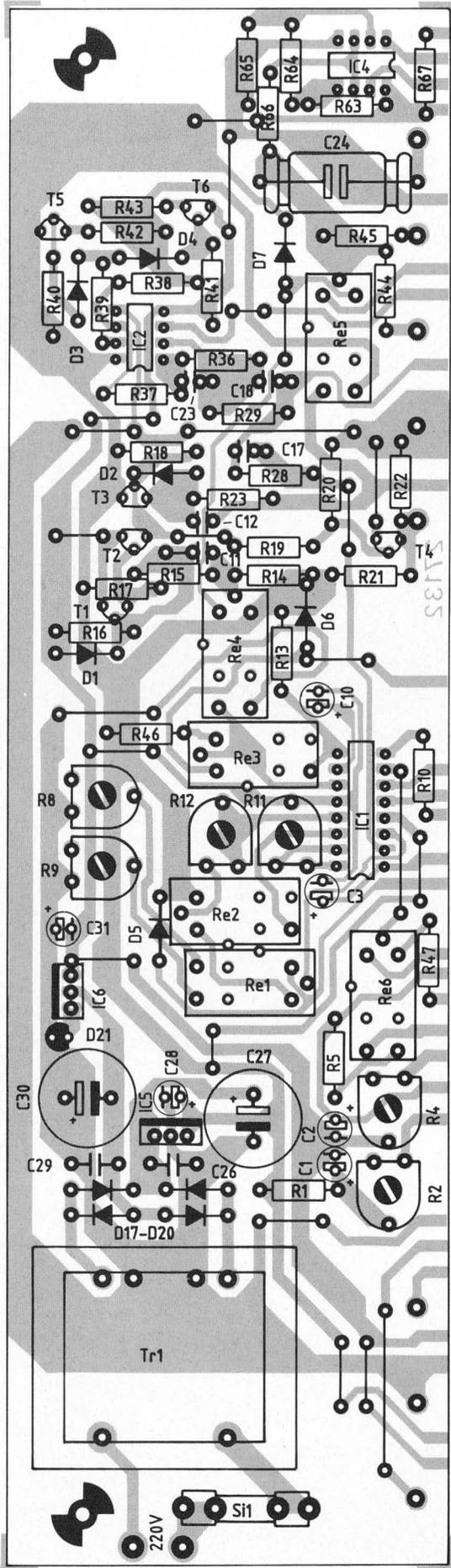
R1	3,9 k Ω
R2	500 Ω , Trimmer
R3	500 Ω , Poti, 6 mm Achse, lin
R4	250 Ω , Trimmer
R5	3,3 k Ω
R6	8,2 k Ω
R7	10 k Ω , Poti, 6 mm Achse, lin
R8, R9	47 k Ω , Trimmer
R10, R13-R15, R17	10 k Ω
R11	25 k Ω , Trimmer
R12	500 Ω , Trimmer
R16, R18	2,2 k Ω
R19, R21	47 k Ω
R20	22 k Ω
R21, R22	4,7 k Ω
R23	1,2 k Ω
R24	3,9 k Ω
R25	100 Ω
R26	10 Ω
R27	1 Ω
R28, R29	4,7 k Ω
R30	270 Ω
R31	22 Ω
R32	2,2 Ω
R33	100 k Ω
R34	100 k Ω
R35	10 k Ω , Poti, 6 mm Achse, lin
R36	22 k Ω
R37, R38	10 k Ω
R39	100 Ω
R40, R41	33 k Ω
R42, R43	330 Ω
R44	47 Ω
R45	560 Ω
R46, R47	270 Ω
R48, R52, R53, R60	10 k Ω
R49	1,2 k Ω
R50	1,5 k Ω
R51	2,2 k Ω
R54	12 k Ω
R55	10 k Ω Poti, 6 mm, lin, mit Schalter
R56	1 k Ω
R57	150 k Ω
R58	4,7 k Ω
R59	1 k Ω
R62	6,8 k Ω
R63	8,2 k Ω
R64	22 k Ω
R65	8,2 k Ω
R66	10 k Ω
R67	2,2 k Ω
R68	1 k Ω

Kondensatoren

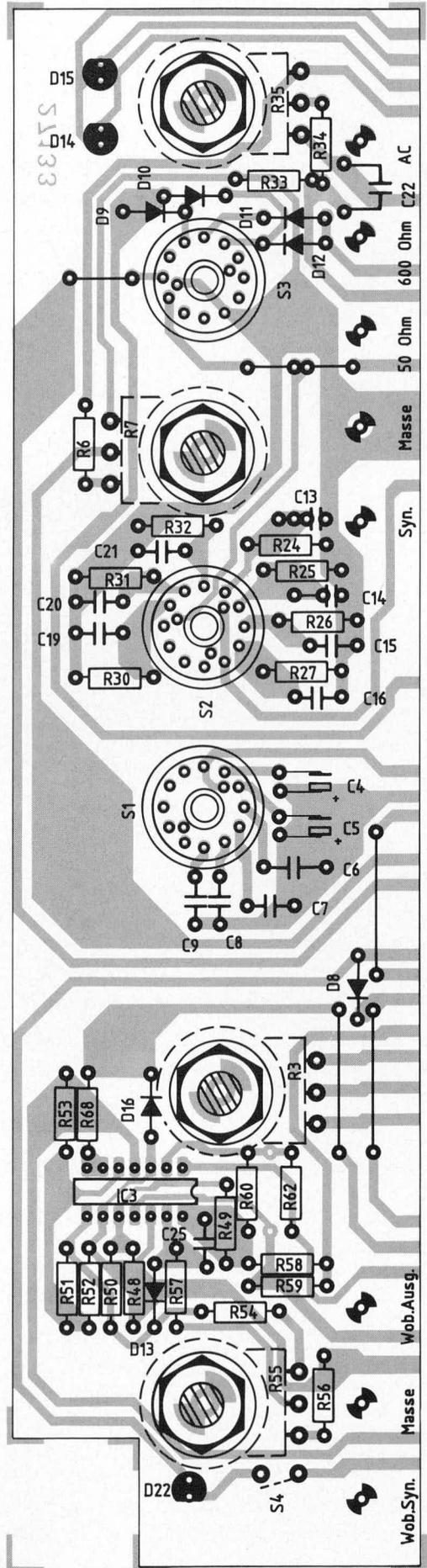
C1-C3	10 μ F/16 V
C4	100 μ F/16 V
C5	10 μ F/16 V
C6	1 μ F
C7	100 nF
C8	10 nF
C9	1 nF
C10	1 μ F/16 V
C11	100 pF
C12	10 pF
C13	3,3 pF
C14	100 pF
C15	1 nF
C16	10 nF
C17, C18	22 pF
C19	330 pF
C20	4,7 nF
C21	47 nF
C22	100 nF
C23	4,7 pF
C24	22 μ F bipolar
C25	220 nF
C26, C29	100 nF
C27, C30	1000 μ F/35 V
C28, C31	10 μ F/16 V

Sonstiges

Tr. 1	prim 220 V/4,5 VA 2 x 12 V, 0,2 A
Si1	50 mA
S1	ITT Präzisionsdrehschalter 6.2.S
S2	ITT Präzisionsdrehschalter 4.3.S
S3	ITT Präzisionsdrehschalter 6.2.S
S5	Kippschalter 2 um
Rel-Re6	National Präzisionsrelais, hermetisch abgeschirmt und vergossen TYP NSP
2 Lötstifte	
1 Platinensicherungshalter	



Bestückungsseite der Basisplatte des Wobbel-Funktions-Generators WFG 7000



Bestückungsseite der Frontplatte des Wobbel-Funktions-Generators WFG 7000