

ELV-Serie 7000: ELV-Mini-Funktionsgenerator MG 7000



Zur Abrundung des ELV-Niederfrequenz- und Funktionsgenerator-Programmes stellen wir Ihnen eine besonders günstig nachzubauende Version vor, die den kleineren Bruder zum WFG 7000 darstellt. Der Aufbau erfolgt auf einer einzigen Leiterplatte und ist auch für Newcomer geeignet.

Allgemeines

Der Funktionsgenerator zählt mit zu den wichtigsten Geräten, die einem Elektroniker zur Verfügung stehen sollten. Auf dem Markt sind daher auch zahlreiche Geräte, die bei entsprechend guter Ausstattung jedoch den Geldbeutel eines Hobby-Elektronikers sehr strapazieren können.

Das ELV-Ingenieurteam hat daher nach einer Möglichkeit gesucht, einen Funktionsgenerator zu konzipieren, der alle wesentlichen Anforderungen, die an ein gutes Gerät gestellt werden, erfüllt und trotzdem mit geringem Aufwand nachbaubar ist.

In dem vorliegenden Artikel stellen wir Ihnen die Schaltung eines netzunabhängig betriebenen Funktionsgenerators vor, die speziell auf den Einsatz im Hobby-Elektronik-Labor zugeschnitten ist. Obwohl das Gerät recht komfortabel ausgestattet und für universelle Einsatzmöglichkeiten geeignet ist, konnte der Materialaufwand für ein Gerät dieser Klasse sehr gering gehalten werden.

Bedienung und Funktion

Das links auf der Frontplatte angeordnete Potentiometer dient zur Frequenzfeineinstellung innerhalb einer Dekade (1:10). Gleichzeitig ist hiermit der Ein-/Ausschalter verbunden, der dem Gerät die Betriebsspannung zuführt.

Rechts daneben ist der 6-stufige Präzisionsdrehwähler zur dekadischen Einstellung der Frequenz (grob) angeordnet. Mit dem dort angegebenen Faktor ist die mit dem Feineinstellpoti gewählte Frequenz zu multiplizieren.

Ungefähr in der Frontplattenmitte befindet sich der Drehschalter zur Funktionswahl. Hier stehen vier verschiedene Ausgangskurvenformen zur Verfügung (Sinus, Dreieck, Sägezahn, Rechteck).

Rechts daneben liegt der Amplitudenregler zur kontinuierlichen Einstellung der Ausgangsspannungshöhe.

Es folgt der in 20 dB-Stufen einstellbare Abschwächer, dessen Dämpfung von Stufe

zu Stufe die Größe des Ausgangssignales um den Faktor 10 (-20 dB) abschwächt. Innerhalb der Stufen kann selbstverständlich mit dem Amplitudenfeinregler kontinuierlich geregelt werden.

Mit dem rechten Potentiometer läßt sich der DC-Pegel des Ausgangssignales um ca. ± 4 V verschieben. Dies gilt selbstverständlich nicht für den AC-Ausgang.

Zur Entnahme des Ausgangssignales stehen auf der rechten Frontplattenseite 4 Buchsen zur Verfügung, d. h. eine Massebuchse (schwarz) sowie drei Ausgangsbuchsen mit einem Innenwiderstand von 50 Ω bzw. 600 Ω sowie einem AC-Ausgang (gleichspannungsfrei).

Die beiden auf der linken Frontplattenseite angeordneten Buchsen bieten eine Wobelmöglichkeit, d. h. durch Anlegen einer externen Spannung bzw. Frequenz, kann die Ausgangsfrequenz dieses Funktionsgenerators extern gesteuert werden. An die untere Buchse ist der Minuspol und an die obere Buchse der Pluspol der externen

Steuerspannung anzuschließen, die im Bereich von 0 bis max. 3 V liegen darf.

Die maximale Ausgangsspannungshöhe beträgt $10 V_{SS}$ entsprechend $\pm 5 V$ um die Mittellage, wobei eine zusätzliche DC-Pegelverschiebung, wie bereits erwähnt, von $\pm 4 V$ vorgenommen werden kann. Sobald das Signal zu weit aus der Mittellage herausgeschoben wird und an die obere bzw. untere Versorgungsspannung stößt, beginnt rechtzeitig die Übersteuerungsanzeige (D9 bzw. D11) aufzuleuchten.

Ebenfalls wird eine zu niedrige Batterieverorgung über D3 signalisiert, während D1 der Einschaltkontrolle dient.

Wie aus vorstehenden kurzen Ausführungen bereits ersichtlich ist, kann mit der vorliegenden Schaltung ein nützliches und universell einsetzbares Gerät für das Hobby-Elektronik-Labor aufgebaut werden.

Zur Schaltung

Die Versorgung der gesamten Schaltung erfolgt über zwei 9-V-Blockbatterien, die einen Dauerbetrieb von 10 bis 20 Stunden erlauben (je nach Batterietyp). Da beide Batterien gleichmäßig belastet werden und die Unterspannungsanzeige lediglich die Gesamtspannung erfaßt, empfiehlt es sich, immer gleichwertige Batterien einzusetzen, die auch gleichzeitig ausgetauscht werden sollten.

Mit der Z-Diode D2 wird eine hinreichende stabile Referenzspannung erzeugt, die zum einen in Verbindung mit dem OP1 zur Spannungsüberwachung dient. D3 leuchtet auf, sobald die Versorgungsspannung $16 V (\pm 8 V)$ unterschreitet. Zum anderen wird aus der Referenzspannung mit Hilfe des Spannungsteilers R1 bis R4 eine Steuerspannung erzeugt, die mit dem Poti R2 zur Frequenzfeineinstellung dient.

Das Herz der Schaltung besteht aus dem seit mehreren Jahren auf dem Markt erhältlichen IC des Typs XR2206, das auch bei dem hochwertigen ELV Wobbel-Funktions-Generator WFG 7000 (ELV Journal Nr. 27) eingesetzt wurde. Es handelt sich hierbei um einen integrierten Baustein, in dem sämtliche zur Erzeugung der verschiedenen Kurvenformen benötigten aktiven Funktionsgruppen enthalten sind. Um daraus einen praxisingerechten, anwendungsfreundlichen Funktionsgenerator aufbauen zu können, sind jedoch noch zahlreiche zusätzliche Bauelemente und Funktionsgruppen erforderlich, die bei der vorliegenden Schaltungskonzeptionierung allerdings weitgehend minimiert werden konnten.

Mit dem Poti R15 wird die kontinuierliche Amplitudenregelung vorgenommen, mit Ausnahme der Rechteckspannung, die nur in dekadischen Stufen (mit S4) einstellbar ist.

Die frequenzbestimmenden Kondensatoren für die 6 Frequenzbereiche werden durch C8 bis C13 dargestellt. Die Umschaltung erfolgt über den Drehschalter S2, wodurch die Frequenzbereiche in dekadische (10er) Schritte aufgeteilt sind.

Die analoge (stufenlose) Einstellung der Frequenz innerhalb der einzelnen mit S2 schaltbaren Bereiche erfolgt mit dem Frequenzeinstellpoti R2, dessen Potential über R10 bzw. R11 auf die Steuereingänge Pin7 und Pin8 des IC1 gelangt.

In den Schalterstellungen Sinus, Dreieck, Rechteck ist für die Frequenzbestimmung der Widerstand R11 in Verbindung mit dem Steuereingang Pin7 maßgebend.

Wird zwischen die Anschlußpunkte „d“ und „e“ (links auf der Frontplatte) eine Steuerspannung gelegt, kann damit die Ausgangsfrequenz des IC1 und damit des Funktionsgenerators extern gesteuert werden. Hierbei ist darauf zu achten, daß die Spannung an Punkt „d“ stets positiv gegenüber der Spannung an Punkt „e“ ist und im Bereich von 0 bis maximal 3 V liegt.

Mit dem Drehschalter S3 erfolgt die Umschaltung der vier bei diesem Gerät möglichen Kurvenformen, wobei alle drei Ebenen des Schalters benötigt werden.

In Schalterstellung „Sägezahn“ sind über den Schalter S3b die Anschlußpunkte 9 und 11 des IC1 miteinander verbunden, wodurch eine interne Umschaltung der Steuereingänge Pin7 und Pin8 jeweils im Scheitelpunkt des Kurvenverlaufes erfolgt. Durch die unterschiedliche Dimensionierung von R10 und R11 ergibt sich somit ein unsymmetrischer, von der reinen Dreieckfunktion abweichender Kurvenverlauf, dessen Frequenz ungefähr halb so groß ist wie die Frequenz der übrigen drei möglichen Kurvenverläufe.

Mit dem Drehschalter S4 kann eine in dB kalibrierte Dämpfung in dekadischen Schritten vorgenommen werden. In der ersten Schalterstellung gelangt die volle Amplitude zum Ausgang, während in Stellung 2 um den Faktor 10 (-20 dB), in Stellung 3 um den Faktor 100 (-40 dB) und in Stellung 4 um den Faktor 1000 (-60 dB) abgeschwächt wird. Die analoge (kontinuierliche) Dämpfung (Abschwächung) ist selbstverständlich mit dem Poti R15, wie bereits beschrieben, möglich.

Damit eine hohe Ausgangsspannungs-Amplitude erreicht wird, die auch eine entsprechende Last treiben kann, müssen entsprechende Leistungsverstärker nachgeschaltet werden, an die allerdings hohe Anforderungen zu stellen sind.

Mit den Operationsverstärkern OP2 und OP3 in Verbindung mit den Endstufentransistoren T1 und T2 mit Zusatzbeschaltung, wurde ein qualitativ guter Verstärker konzipiert, der Signale im Bereich von DC bis über 200 kHz verarbeitet.

Damit auch die Rechtecksignale bei unterschiedlichen Amplituden ohne nennenswerte Verfälschung übertragen werden können, ist es erforderlich, die wesentlichen, zur Verstärkung und Abschwächung dienenden Widerstände, mit entsprechenden Kondensatoren zu überbrücken, um gleiche Zeitkonstanten zu erhalten und Störspitzen zu vermeiden. Durch eine sehr sorgfältige Dimensionierung der Schaltung konnte hier eine gute Übertragungsqualität bis hin zum Ausgangssignal erzielt werden.

Damit die Endstufentransistoren T1 und T2 nicht überlastet werden können, wurden verhältnismäßig hochohmige Emittterwiderstände eingefügt (R38/R39), die zwar auf den Innenwiderstand keinen Einfluß haben (Rückkoppelung über R34), jedoch auf den maximal entnehmbaren Strom auf ca. 30 mA begrenzen.

Der Innenwiderstand wird je nach gewähltem Ausgang durch R46 bzw. R47 festgelegt oder aber bei wechsellastmässiger (AC) Auskoppelung über C26 frequenzabhängig bestimmt.

Mit den beiden OP's 4 und 5 mit Zusatzbeschaltung wurde eine Übersteuerungsanzeige realisiert, die D9 bzw. D11 aufleuchten läßt, wenn das Ausgangssignal aufgrund der DC-Pegelverschiebung mit R29 in die Begrenzung gerät, d. h., zu dicht an die positive oder negative Versorgungsspannung heranreicht.

Zum Nachbau

Da sämtliche Bauelemente auf einer einzigen Platine Platz finden und in dem Gerät nur Niederspannungen auftreten, gestaltet sich der Nachbau besonders einfach und ist auch für die Newcomer weitgehend problemlos durchzuführen.

Zunächst werden die Brücken, Widerstände, Kondensatoren, Dioden usw. in gewohnter Reihenfolge eingelötet. Beim Einbau der Halbleiter, besonders der IC's, ist entsprechende Vorsicht geboten, damit keine Zerstörung durch Überhitzung oder statische Aufladung auftreten kann.

Befestigt wird die Platine, indem sie über die sechs isolierten Bananenchips mit der Frontplatte fest verbunden wird. Schiebt man die Frontplatte anschließend in die entsprechende Nut der Gehäuseunterhalbschale, ist die Schaltung bereits weitgehend fixiert. Zusätzlich können zwei Alu-Befestigungswinkel mit der Platine verschraubt werden, um anschließend zwei weitere Schrauben mit Muttern an entsprechender Stelle durch die Gehäuseunterhalbschale zu führen. Hierdurch wird die endgültige Befestigung der Leiterplatte vorgenommen.

Technische Daten des ELV-Mini-Funktionsgenerators

MG 7000 (ca. Werte)

Frequenzbereich: 0,2 Hz bis 200 kHz (Sinus, Dreieck, Rechteck)
0,1 Hz bis 100 kHz (Sägezahn)

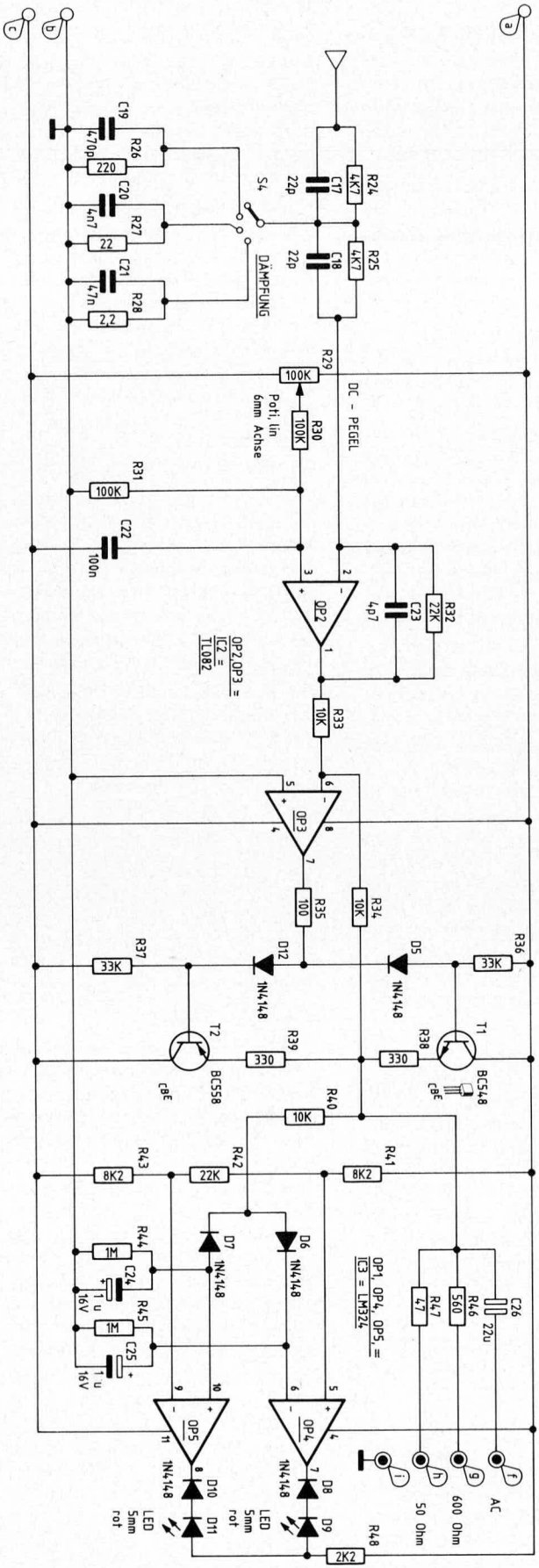
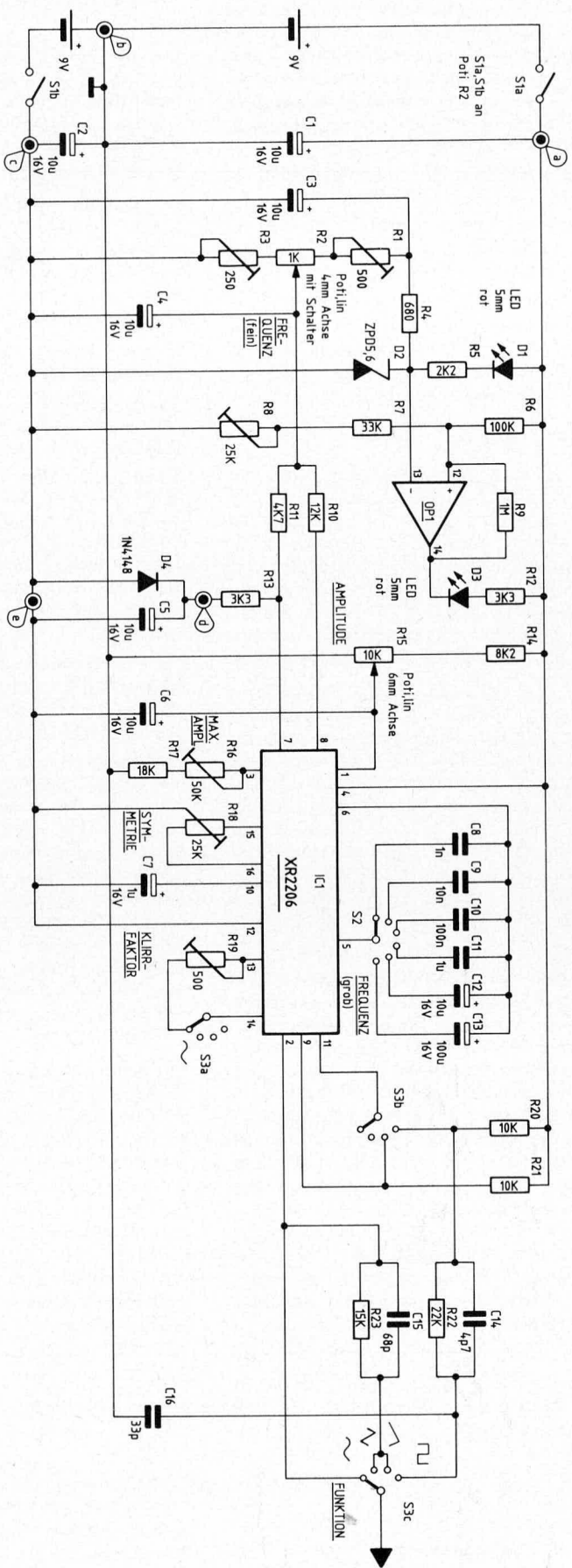
Funktionen: Sinus, Dreieck, Sägezahn, Rechteck

Ausgangsspannung: max. $10 V_{SS}$ (über Abschwächer einstellbar)

Klirrfaktor: 0,5 % (1 kHz)

Versorgungsspannungen: $\pm 8 V$ bis $\pm 10 V$ (Zwei 9 V-Blockbatterien)

Stromaufnahme: ca. ± 20 bis ± 30 mA (symmetrisch)



Schaltbild des ELV-Mini-Funktionsgenerators MG 7000

Kalibrierung

Damit das Gerät später sinnvoll eingesetzt werden kann, ist eine sorgfältige Einstellung der erforderlichen Kalibrierungspunkte unvermeidlich, um auch die volle Leistung des Funktionsgenerators 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. Diese letztgenannten Meßgeräte sind jedoch nicht unbedingt erforderlich.

Zunächst wird der mit R 2 kontinuierlich einstellbare Frequenzbereich einer jeden Bereichsstufe eingestellt. Dies erfolgt mit Hilfe der Trimmer R 1 und R 3, wobei R 1 die untere und R 3 die obere Frequenz festlegt. S 2 bringen wir hierzu in eine der beiden mittleren Bereichsstellungen. 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 2 wird jetzt zunächst auf Rechtsanschlag gebracht (im Uhrzeigersinn).

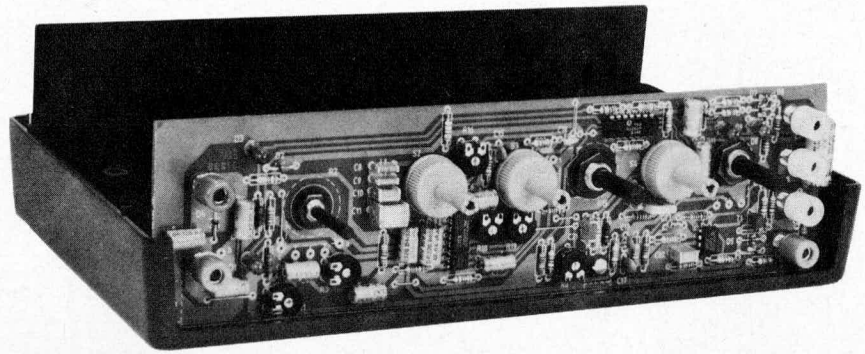
Mit R 3 wird die obere Grenzfrequenz des mit S 2 eingestellten Bereiches von 200 Hz bzw. 2,0 kHz eingestellt. Anschließend ist R 2 auf Linksanschlag zu bringen (entgegen dem Uhrzeigersinn). Mit R 1 wird nun die untere Grenzfrequenz von 20 Hz bzw. 200 Hz einjustiert.

Da sich jeweils bei der zweiten Einstellung die erste geringfügig mitverschiebt, ist dieser Vorgang ggf. mehrmals zu wiederholen. Durch Verdrehen von S 2 müßten die übrigen Frequenzbereiche jetzt ebenfalls in den entsprechenden Grenzen kontinuierlich mit R 2 einstellbar sein. Ist ein mit S 2 einstellbarer Bereich zu höheren Frequenzen hin verschoben, so kann der entsprechende Kondensator durch Parallelschalten 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 $10 V_{SS}$ geht man wie folgt vor:

Zunächst wird der Präzisionsdreheschalter S 4 in Stellung „0 dB“ und R 15 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 15 kurz auf 0 (entgegen dem Uhrzeigersinn), wobei dann mit R 29 die Ausgangsspannung auf 0 V einzustellen ist. Anschließend ist R 15 wieder auf Rechtsanschlag zu bringen.

In einem der mittleren Frequenzbereiche kann nun der Amplitudenregler R 16 so eingestellt werden, daß die Ausgangsspannung gerade $10 V_{SS}$ beträgt. Dies erkennt man daran, daß die beiden Begrenzungs-



Ansicht des betriebsfertigen ELV-Mini-Funktionsgenerators MG 7000 bei abgenommener Gehäuseoberhalschale

leuchtdioden D 9 und D 11 noch nicht aufleuchten.

Bei den unterschiedlichen Kurvenformen können auch die max. Ausgangsamplituden geringfügig schwanken. Dies ist jedoch schaltungstechnisch bedingt und nur mit größerem Aufwand (wie z. B. beim WFG 7000) zu ändern. R 16 ist daher so einzustellen, daß die größte vorkommende Amplitude $10 V_{SS}$ nicht überschreitet.

Sofern für die Einstellung der Frequenzgruppen des Analog-Einstellpotis R 2 kein Frequenzzähler zur Verfügung steht, kann im niedrigeren Frequenzbereich die Einstellung von R 1 und R 3 mit Hilfe der Begrenzungs-LED's folgen, indem auf Rechteck geschaltet wird und mit dem DC-Pegeleinsteller der Ausgangsgleichspannungspegel verschoben wird. Bei max. eingestellter Amplitude (mit R 15 und S 4) blinkt eine der beiden Pegel-LED's rhythmisch auf, im Takt 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, ist die Einstellung von R 1 und R 3 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 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. wenn C 13 eine Kapazität von z. B. $105,3 \mu F$ aufweist und R 1 bzw. R 3 so eingestellt wurden, daß mit R 2 die Frequenzeinstellung von 0,2 Hz bis 2,0 Hz reicht, müßte C 12 einen Wert von $10,53 \mu F$ aufweisen, damit die Frequenz mit R 2 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.

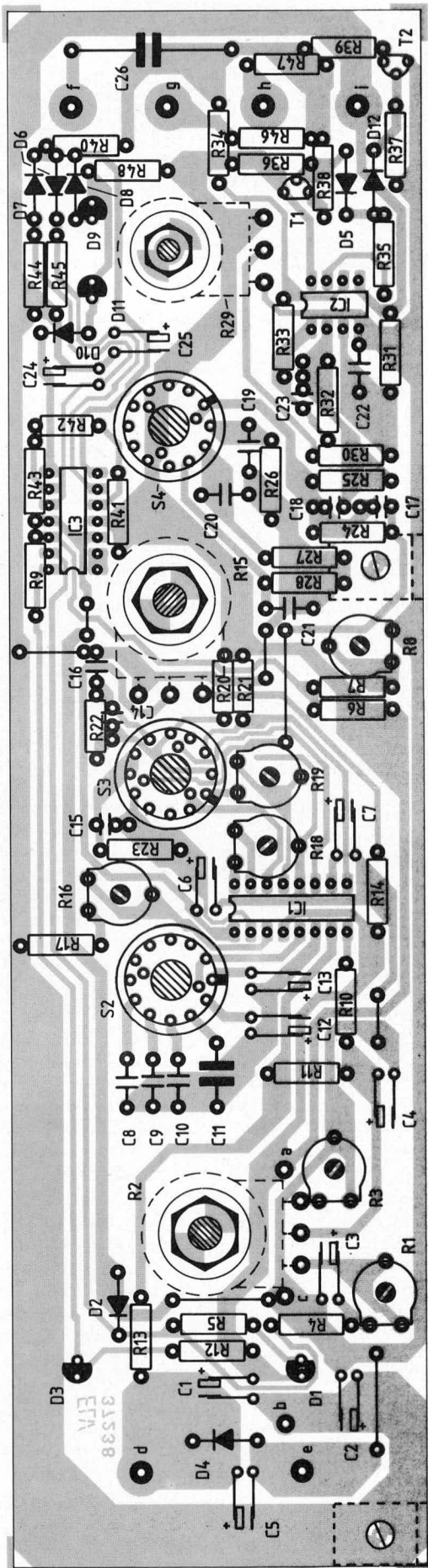
Die Feineinstellung der Sinusfunktion erfolgt mit dem Trimmer R 19, wobei der Funktionsdreheschalter S 3 in Stellung „Sinus“ gebracht wird. Im einfachsten Fall dreht man S 2 und R 2 auf niedrigste Frequenz und schließt an den Ausgang einen Analogmultimeter (Zeigerinstrument) an und verfolgt den Zeigerausschlag, der möglichst einen sinusförmigen Spannungsverlauf haben 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 stehenbleiben. Tut er dies doch, deutet dies auf eine Abplattung an den Scheitelpunkten der Sinuskurve hin. Mit etwas Gefühl läßt sich auch auf diese einfache Weise R 19 so einjustieren, daß der Kurvenverlauf sinusförmig ist. Bei 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 18 ein Feinabgleich möglich ist. Ansonsten befindet sich R 18 in Mittelstellung.

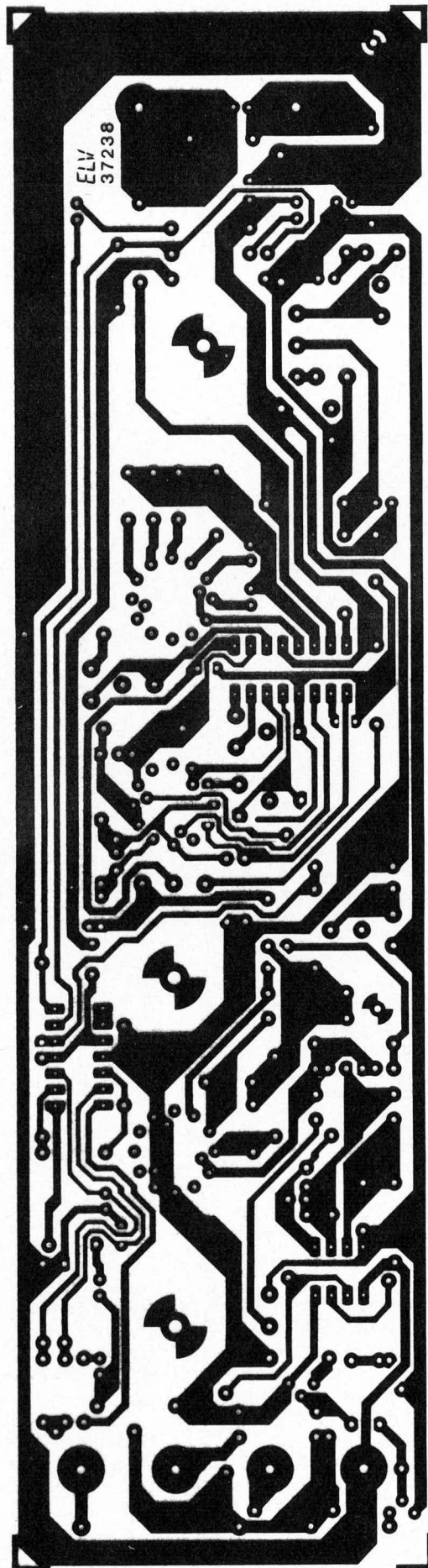
Das Ansprechen der Unterspannungsanzeige wird mit dem Trimmer R 8 eingestellt. D 3 sollte aufleuchten, sobald die Gesamtversorgungsspannung unterhalb 16 V absinkt. Hierzu kann entweder die Speisung über ein Doppelnetzteil erfolgen oder aber man wartet einfach ab, bis die Spannung des ersten Batteriesatzes entsprechend weit gesunken ist, wobei man allerdings häufiger die Spannung mit einem Multimeter überprüfen muß, um anschließend R 8 einzustellen.

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

Die Gesamtstromaufnahme liegt bei 20 bis 30 mA.



Bestückungsseite der Platine des ELY-Mini-Funktionsgenerators MG 7000



Leiterbahnseite der Platine des ELY-Mini-Funktionsgenerators MG 7000

Stückliste:
ELV-Mini-Funktions-
generator MG 7000

Halbleiter

IC1	XR 2206
IC2	TL 082
IC3	LM 324
T1	BC 548
T2	BC 558
D1, D3, D9, D11 ..	LED, rot, 5 mm
D2	ZPD 5,6
D4-D8, D10, D12	1N4148

Kondensatoren

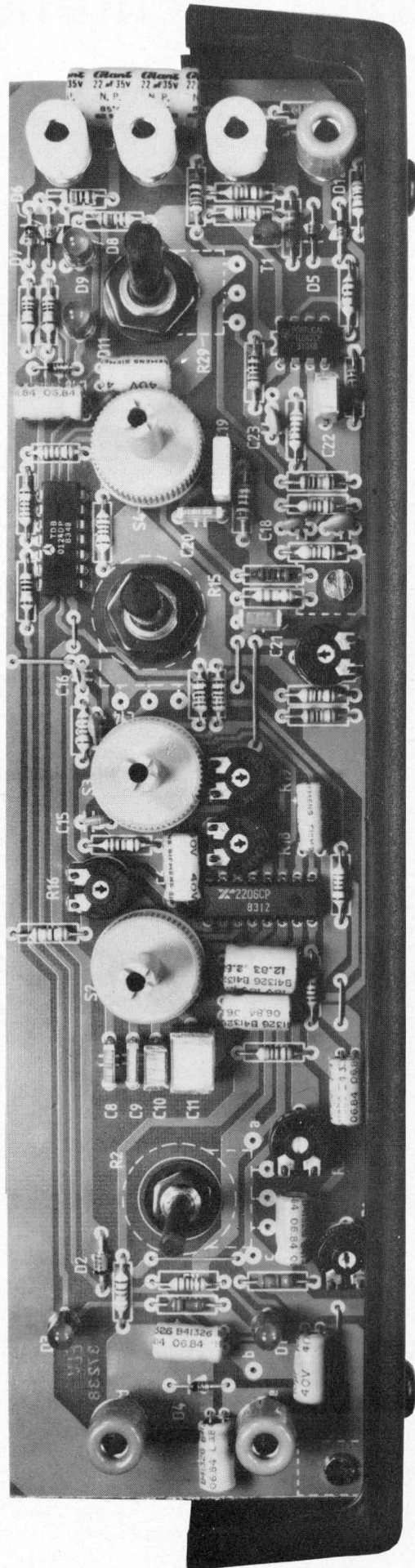
C1-C6, C12	10 μ F/16 V
C7, C24, C25	1 μ F/16 V
C8	1 nF
C9	10 nF
C10, C22	100 nF
C11	1 μ F
C13	100 μ F/16 V
C14, C23	4,7 pF
C15	68 pF
C16	33 pF
C17, C18	22 pF
C19	470 pF
C20	4,7 nF
C21	47 nF
C26	22 μ F bipolar

Widerstände

R1	500 Ω , Trimmer, liegend
R2 ...	1 k Ω , Poti, lin, 4 mm Achse mit Schalter
R3	250 Ω , Trimmer, liegend
R4	680 Ω
R5	2,2 k Ω
R6, R30, R31	100 k Ω
R7, R36, R37	33 k Ω
R8	25 k Ω , Trimmer, liegend
R9, R44, R45	1 M Ω
R10	12 k Ω
R11, R24, R25	4,7 k Ω
R12, R13	3,3 k Ω
R14, R41, R43	8,2 k Ω
R15 ...	10 k Ω , Poti, lin, 6 mm Achse
R16	50 k Ω , Trimmer, liegend
R17	18 k Ω
R18	25 k Ω , Trimmer, liegend
R19	500 Ω , Trimmer, liegend
R20, R21, R33, R34, R40 ..	10 k Ω
R22, R42	22 k Ω
R23	15 k Ω
R26	220 Ω
R27	22 Ω
R28	2,2 Ω
R29 ..	100 k Ω , Poti, lin, 6 mm Achse
R32	22 k Ω
R35	100 Ω
R38, R39	330 Ω
R46	560 Ω
R47	47 Ω
R48	2,2 k Ω

Sonstiges

S2	ITT Präzisionsschalter 6.2S
S3, S4	ITT Präzisionsschalter 4.3S
2 9V-Batterieclips	
2 Alubefestigungswinkel	
4 Schrauben M 3 x 8 mm	
4 Muttern M 3	



Ansicht der fertig bestückten und in die untere Gehäusehälfte eingebauten Platine des ELV-Mini-Funktionsgenerators MG 7000