

# ELV-Serie 7000:

## Niederfrequenz-Generator NFG 7000



Mit der hier vorgestellten Schaltung eines Niederfrequenz-Sinus-Rechteck-Generators können Sie ein weiteres Gerät im Design der ELV-Serie 7000 aufbauen, das besonders für die Audio-Freunde unter unseren Lesern im ELV-Labor entwickelt wurde.

Nachfolgend führen wir die wesentlichen Merkmale und technischen Daten dieses universell einsetzbaren Gerätes auf:

- **Frequenzbereich:** 10 Hz—100 kHz in vier dekadisch aufgeteilten Bereichen
- **Klirrfaktor:** ca. 0,1 % im Bereich von 100 Hz—50 kHz  
ca. 0,5 % in den Bereichen <100 Hz und >50 kHz
- **Ausgangskurvenformen:** Sinus und Rechteck
- eingebauter in dB-Schritten kalibrierter Abschwächer
- zusätzlich kontinuierliche Amplitudenregelung
- durch eingebauten, regelbaren Verstärker als Signalverfolger einsetzbar

Vorstehend aufgeführte Daten lassen erkennen, welch großes Anwendungsfeld diese interessante Schaltung abdeckt.

### Allgemeines

Ein wesentliches und besonders interessantes Gebiet des Elektronikbastelns stellt die NF-Technik dar mit ihrem Bau von Verstärkern, Klangreglern, Lautsprecherboxen usw. Da auch im ELV Journal in dieser Richtung noch viele Beiträge geplant sind, bietet es sich an, eine Schaltung, wie die des NFG 7000 vorzustellen, die ein wesentliches Hilfsmittel beim Nachbau von Niederfrequenzschaltungen darstellt.

Zwar lassen sich mit Funktionsgeneratoren auch Sinusverläufe realisieren, die jedoch bedingt durch die angewandte Schaltungstechnik einen für Audio-Freunde nicht vertretbaren Klirrfaktor aufweisen.

Mit dem NFG 7000 lassen sich sinusförmige Frequenzen erzeugen, die einen Klirrfaktor in der Größenordnung von 0,1 % aufweisen. Um das Gerät so universell wie möglich einsetzen zu können, haben wir zusätzlich einen empfindlichen Verstärker mit hoher Eingangsimpedanz eingebaut, der die Möglichkeiten eines Signalverfolgers eröffnet und außerdem haben wir der Sinusfunktion noch die Rechteckfunktion hinzugefügt.

### Bedienungs- und Funktionsmerkmale

Die Bedienung des Gerätes ist durch übersichtliches Frontplattendesign recht einfach, zumal vier Leuchtdioden den jeweiligen Ausgangszustand anzeigen.

Mit dem linken Potentiometer P 5 kann die Empfindlichkeit (Lautstärke) des eingebauten NF-Verstärkers, dessen beide Eingangsbuchsen sich direkt darunter befinden, eingestellt werden.

Die Ausgangsfrequenz wird mit dem 6-stufigen Drehschalter S 1 in vier dekadische Bereiche aufgeteilt, wobei in der unteren und oberen Stellung kein Ausgangssignal vorhanden ist. Innerhalb der dekadischen Bereiche erfolgt die Einstellung mit dem Potentiometer P 1 (zweites von links).

Die Größe der Ausgangsamplitude ist stufenlos mit dem Potentiometer P 2 für Sinus und mit P 3 für Rechteck (also getrennt) einstellbar und kann zusätzlich mit dem Drehschalter S 3 (Abschwächer) in 10 dB-Schritten geändert werden.

Das Potentiometer P 4 ermöglicht in diesem

Zusammenhang die Verschiebung des Ausgangsgleichspannungspegels.

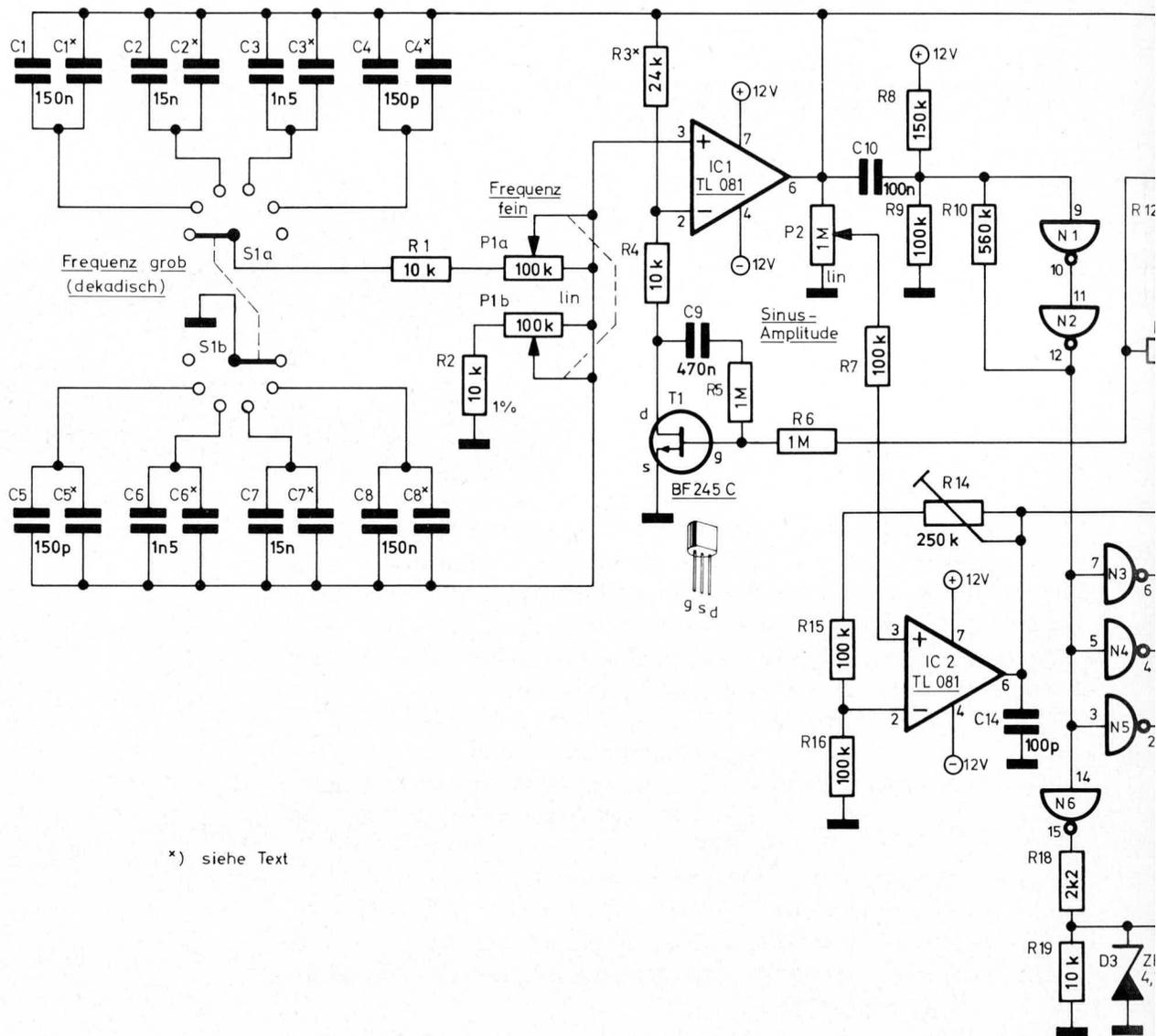
Mit dem Kippschalter S 2 kann die Form des Ausgangssignals von Sinus auf Rechteck umgeschaltet werden.

Mit S 4 wird das Gerät eingeschaltet.

Stehen die Regler P 2, P 3 und S 3 auf Rechtsanschlag (im Uhrzeigersinn gedreht), beträgt die Größe der Ausgangsamplitude bei Sinus  $10 V_{SS}$  und bei Rechteck  $5 V_{SS}$ .

Mit Hilfe der Pegelindikatordioden D 6 und D 7 läßt sich, aufgrund ihrer Schwellenspannung von + 5 V und - 5 V, eine einfache Überwachung der Ausgangsspannung erreichen.

Bei maximal möglicher Ausgangsamplitude ist diese z. B. gleichspannungsfrei, d. h. symmetrisch, wenn beide Dioden gerade eben nicht leuchten (P 4 ungefähr Mittelstellung). Wird nun mit P 4 eine Verschiebung des Ausgangsgleichspannungspegels herbeigeführt, leuchtet entweder die eine oder die andere LED mehr oder weniger stark auf, je nachdem ob und wie weit das Aus-



\*) siehe Text

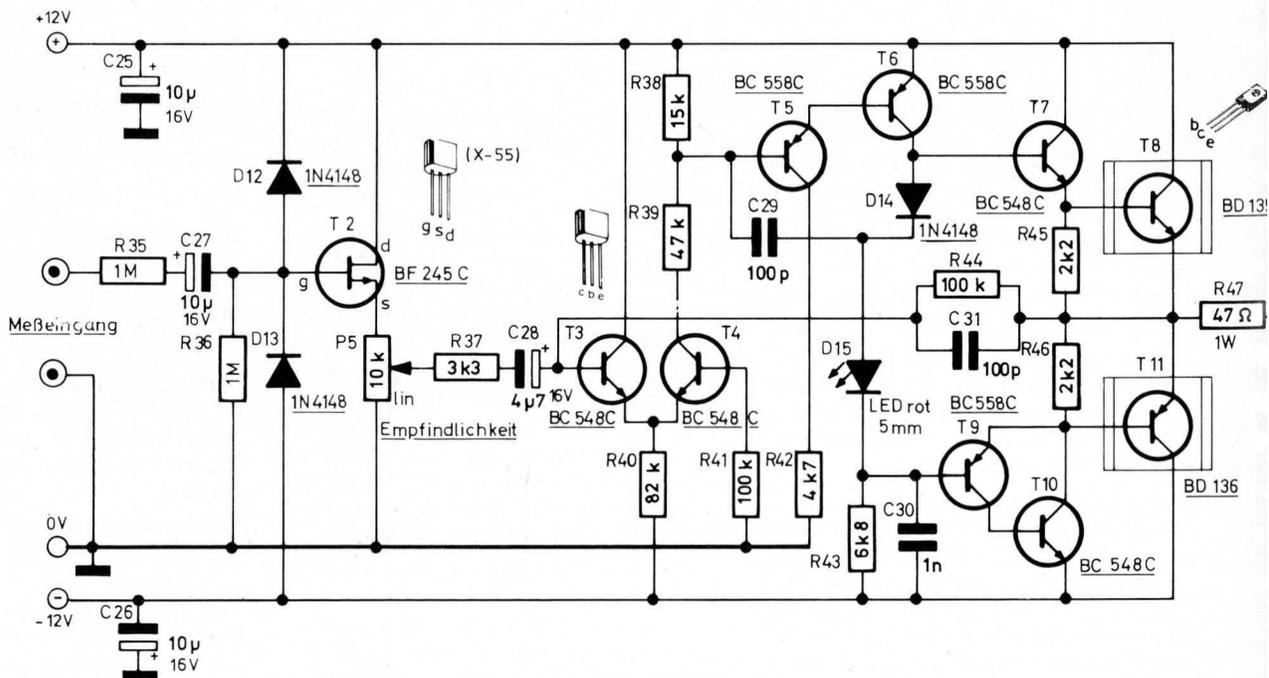
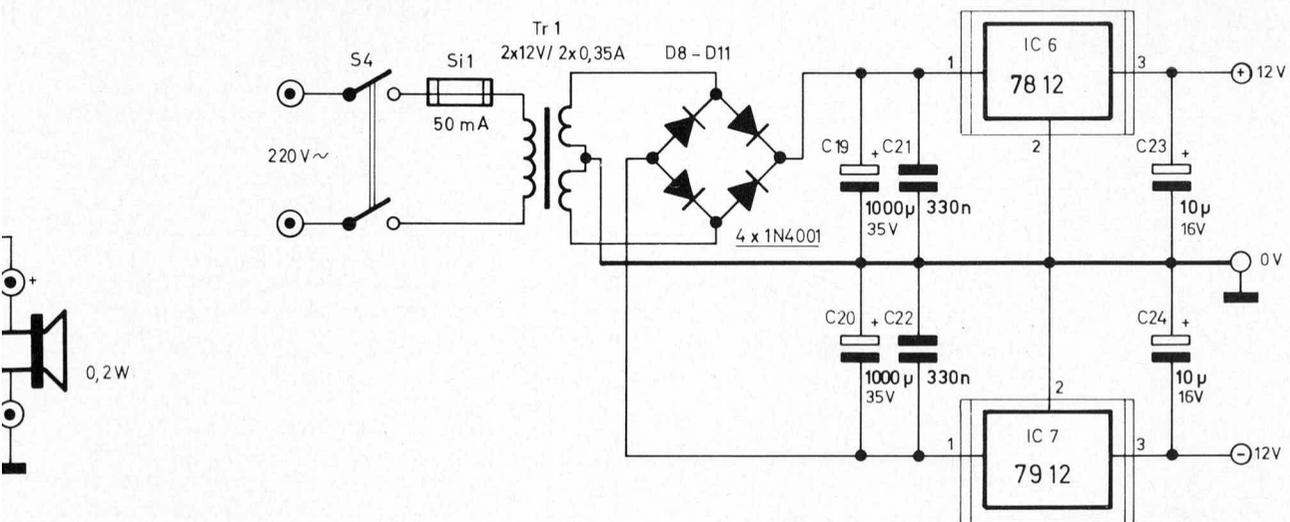
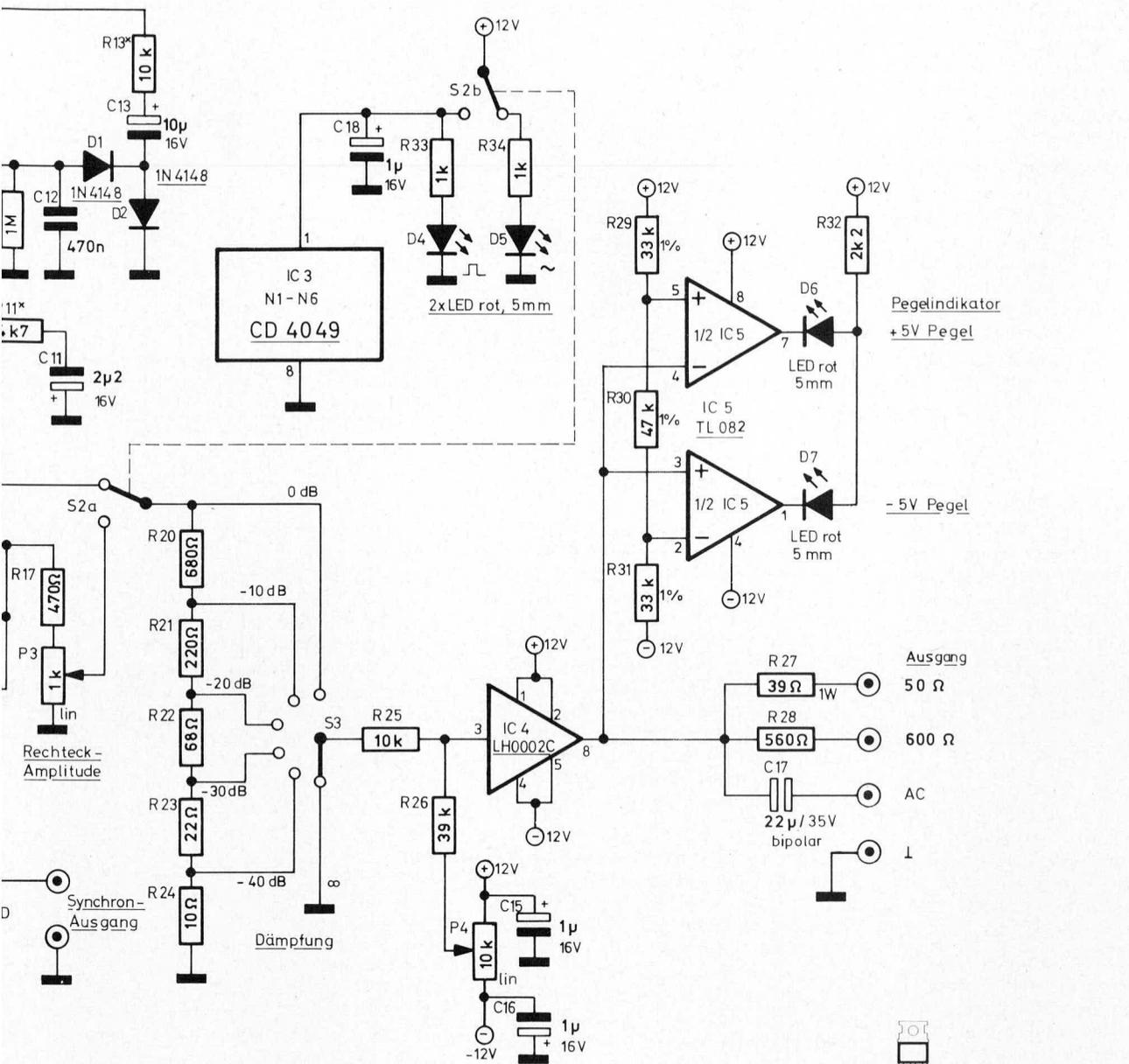


Bild 2: Gesamtschaltbild des Niederfrequenz-Generators NFG 7000



gangssignal gleichspannungsmäßig nach oben oder unten verschoben wurde.

Befindet sich der Schalter S 2 in Stellung „Rechteck“, liegt dieses zwischen 0 V und +5 V, sofern P 4 so eingestellt wurde, daß die für die Überwachung des positiven Ausgangsspannungsbereiches zuständige LED D 6 gerade eben nicht mehr leuchtet.

Wird P 4 nun ganz an den linken Anschlag gedreht (entgegen dem Uhrzeigersinn), ist die Dimensionierung der Bauteile so ausgelegt, daß nun das Ausgangssignal symmetrisch ist, d. h., daß es sich zwischen +2,5 V und -2,5 V bewegt. Die eben beschriebenen Einstellungen beziehen sich immer auf Maximaleinstellung von P 2, P 3 und S 3.

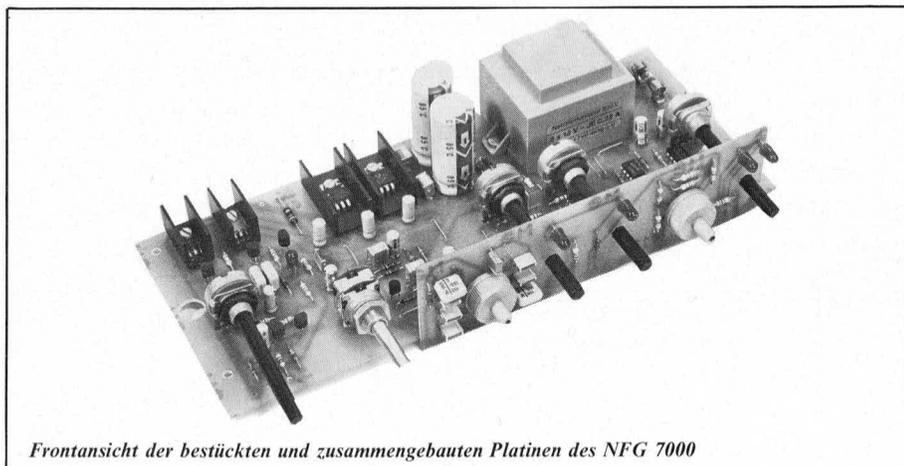
Bei Einstellung von kleineren Ausgangssignalen kann es durchaus sein, daß bei beliebiger Stellung von P 4 weder D 6 noch D 7 aufleuchten, da die Gleichspannungsverschiebung nicht so große Werte annehmen kann.

Wichtig ist noch in diesem Zusammenhang darauf hinzuweisen, daß aufgrund der großzügigen Schaltungsauslegung das Ausgangssignal weder im positiven noch im negativen Bereich in die Begrenzung fahren kann (selbstverständlich nur bei richtiger Einstellung von R 14) und daß die Anzeige des Pegelindikators kein Maß für eine eventuelle Übersteuerung darstellt, da diese, wie eben erwähnt, ausgeschlossen ist.

### Zur Schaltung

Die Erzeugung von sinusförmigen Frequenzen mit geringem Klirrfaktor ist im Niederfrequenzbereich nicht gerade einfach, besonders, wenn die Forderung nach einem gewissen Bedienungskomfort (z. B. Unterteilung in dekadische Bereiche) bei hoher Nachbausicherheit besteht.

LC-Oszillatoren scheiden hier von vornherein aus, will man einen für Hobby-Elektroniker vertretbaren Aufwand nicht überschreiten, zumal die Induktivitäten und Kapazitäten bei niedrigen Frequenzen unhandlich groß und damit teuer werden. Deshalb verwendet man in diesem Bereich vorzugsweise RC-Oszillatoren, wobei sich hier der Einsatz einer WIEN-ROBINSON-Brücke, wegen ihrer hohen Güte bezüglich Frequenzstabilität und geringem Klirrfaktor, anbietet.



Frontansicht der bestückten und zusammengebauten Platinen des NFG 7000

### Der WIEN-ROBINSON-Oszillator

Das Prinzipschaltbild des WIEN-ROBINSON-Oszillators ist in Bild 1 dargestellt. Da die Ausgangsspannung der WIEN-ROBINSON-Brücke (Brücke ist der Schaltungsteil ohne Operationsverstärker) bei der Frequenz, auf der sie schwingen soll (Resonanzfrequenz), Null wird, eignet sie sich nicht ohne weiteres als Rückkoppler. Für den Einsatz in Oszillatoren (Bild 1 mit Operationsverstärker) muß die WIEN-ROBINSON-Brücke daher geringfügig verstimmmt werden, damit die Spannung  $U_D$  nicht Null wird, denn um eine Ausgangsspannung zu erhalten, benötigt der Operationsverstärker selbstverständlich auch eine Eingangsspannung, die größer als Null ist.

Die Ausgangsamplitude des WIEN-ROBINSON-Oszillators ergibt sich nun aus der Differenzspannung  $U_D$  multipliziert mit der Verstärkung des Operationsverstärkers. Aufgrund der Bauteileigenschaften in Verbindung mit ihrem Temperaturverhalten kann sich sowohl die Spannung  $U_D$  als auch der Verstärkungsfaktor des Operationsverstärkers ständig etwas ändern, so daß leicht die Gefahr der Übersteuerung des Verstärkers besteht oder aber auch, daß gar nicht erst eine Schwingung zustande kommt.

Eine Besonderheit dieser Oszillatoren liegt deshalb in der Tatsache, daß ein einwandfreies Arbeiten nur dann gewährleistet ist, wenn der Oszillator mit einer zusätzlichen

automatischen Verstärkungsregelungsschaltung ausgestattet wird, da er von seiner Grundkonzeption her keine Amplitudenregelungseigenschaften aufweist.

Um die Amplitude zu regeln und damit auch konstant zu halten, ist es erforderlich, den Widerstand  $R_C$  (oder  $R_D$ ) regelbar zu machen, wobei die Besonderheit noch zu beachten ist, daß die Regelung zwar einerseits möglichst schnell sein sollte, andererseits jedoch so langsam sein muß, daß bei der niedrigsten vorkommenden Frequenz (hier 10 Hz) nicht innerhalb des Verlaufes der Sinuskurve Ausregelvorgänge auftreten, die zu einem stark erhöhten Klirrfaktor führen würden. Die richtige Dimensionierung hier zu finden, ist u. a. ein Qualitätsmerkmal der Schaltung, mit der sich in unserem Fall, aufgrund ihrer hochwertigen Konzeption Klirrfaktoren von ca. 0,1 % erreichen lassen.

In der in Bild 2 dargestellten Gesamtschaltung finden wir die einzelnen Komponenten aus Bild 1 wieder:

Die umschaltbaren Kondensatoren C 1–C 4 vertreten den Kondensator  $C_A$ , während C 5–C 8 den Kondensator  $C_B$  darstellen. R 1/P 1 stehen für  $R_C$ , während R 2/P 2  $R_B$  vertreten. R 3 vertritt  $R_C$  und die Reihenschaltung von R 4 und T 1, der für kleine Spannungen einem regelbaren ohmschen Widerstand ähnlich ist, ersetzt  $R_D$ .

Am Ausgang des IC 1 (Pin 6) steht nun das sinusförmige Signal des Wien-Robinson-Oszillators zur Verfügung. Wie bereits vorstehend erwähnt, ist es unbedingt erforderlich, eine Regelung der Ausgangsamplitude vorzunehmen. Dies geschieht wie folgt:

Über R 13 und C 13 wird die Ausgangsspannung auf die Gleichrichter- und Spannungsverdopplerschaltung bestehend aus D 1 und D 2 geführt. Mit C 12 wird die Spannung geglättet, wobei R 12 die Entladezeit von C 12 beeinflusst.

Über R 6 gelangt die so gleichgerichtete und aufbereitete Ausgangsspannung auf den Steueranschluß (Gate) des Feldeffekttransistors T 1. Dieser verhält sich für die hier zu verarbeitenden an ihm anliegenden kleinen Spannungen wie ein über den Steueranschluß regelbarer ohmscher Widerstand. Mit C 9, R 5 und R 6 wird eine zusätzliche Linearisierung des Steuerkennlinienfeldes von T 1 erreicht, was eine Reduzierung des Klirrfaktors bewirkt und außerdem zu einer hohen Konstanz der Ausgangsamplitude des Wien-Robinson-Oszillators beiträgt.

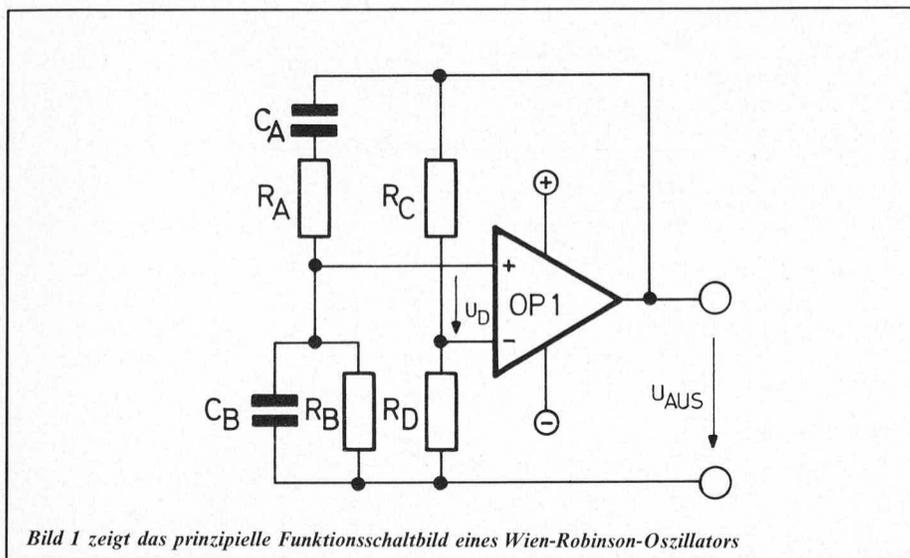
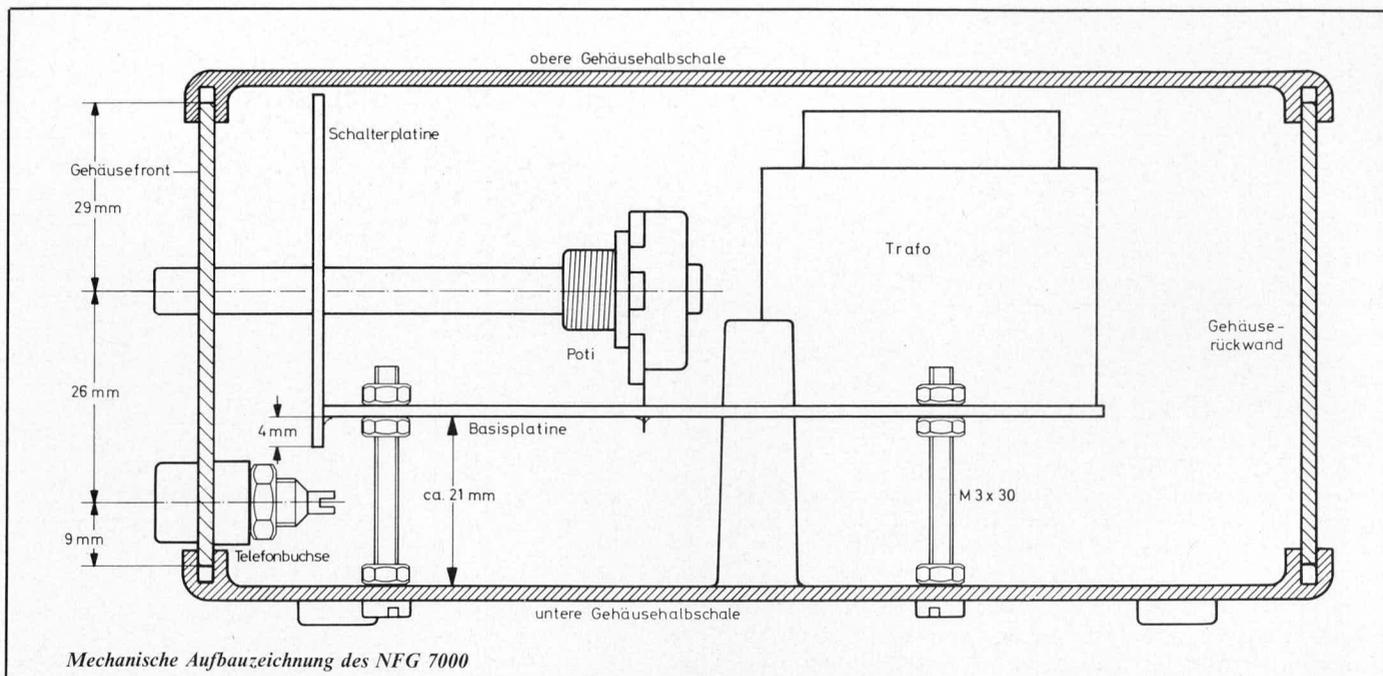


Bild 1 zeigt das prinzipielle Funktionsschaltbild eines Wien-Robinson-Oszillators



Mechanische Aufbauzeichnung des NFG 7000

Für Experten sei an dieser Stelle gesagt, daß durch Feinabgleich von R 5 und R 6, die annähernd gleiche Werte haben, eine Minimierung des Klirrfaktors möglich ist.

Das an Pin 6 des IC 1 anstehende sinusförmige Ausgangssignal der Wien-Robinson-Brücke gelangt auf das Potentiometer P 2, mit dem die Amplitude stufenlos eingestellt werden kann. Über R 7 wird das Signal dann auf den positiven Eingang des IC 2 geführt, das eine feste mit R 14 einmal eingestellte Verstärkung besitzt. Das verstärkte am Ausgang (Pin 6) des IC 2 anstehende Signal gelangt über S 2 A, mit dessen Hilfe das Ausgangssignal von Sinus auf Rechteck umgeschaltet werden kann, auf den in dB-Schritten kalibrierten Abschwächer, bestehend aus den Widerständen R 20–R 24 in Zusammenwirken mit dem Präzisionsdreh-schalter S 3. Über R 25 wird das Signal ausgekoppelt und auf den Leistungs-End-Verstärker (Verstärkung 1) geführt, an dessen Ausgang (Pin 8) bis zu 100 mA entnommen werden können.

R 26 dient in Verbindung mit P 4 und den Endstörkondensatoren C 15 und C 16 zur Gleichspannungseinstellung des Ausgangs.

R 27, R 28 und C 17 dienen dazu, eine definierte Ausgangsimpedanz bzw. einen gleichspannungsfreien Ausgang zu realisieren.

Wird S 2 in die andere Stellung gebracht, so wird über S 2 A von Sinus auf Rechteck umgeschaltet und über S 2 B das für die Erzeugung des Rechtecksignals verantwortliche IC 3 des Typs CD 4049 mit Spannung versorgt.

Pin 1 des IC 3 sowie der Endstörkondensator C 18 können auch direkt fest an die positive Versorgungsspannung angeschlossen werden. Dies hat den Vorteil, daß auch bei Stellung Sinus das Synchronausgangssignal zur Verfügung steht (sonst nur bei Stellung Rechteck), jedoch den Nachteil, daß die Sinuskurve bei Stellung Sinus in der Nähe des Nulldurchgangs einen ganz kleinen Zacken aufweist, wodurch sich der Klirrfaktor geringfügig erhöht.

Die Gewinnung des Rechtecksignals geschieht mittels des IC 3, das sechs Inverter enthält. Über C 10 wird das Sinussignal ausgekoppelt und auf den Eingang des 1. Inverters N 1 geführt, der über die Widerstände R 8 und R 9 auf ca. +4 V gehalten wird.

Durch den nachgeschalteten Inverter N 2 wird die Flankensteilheit weiter erhöht, um schließlich an den Ausgängen der parallel geschalteten Inverter N 3–N 5 als einwandfreies Rechtecksignal anzustehen. Mit dem Potentiometer P 3 kann die Amplitude des Rechtecksignals stufenlos eingestellt werden.

Der Inverter N 6 dient in Verbindung mit den Widerständen R 18, R 19 und der Diode D 3 zur Erzeugung des Synchronsignals.

Mit den Leuchtdioden D 4 und D 5 wird angezeigt, ob am Ausgang die Sinus- oder Rechteckfunktion anliegt, während die Leuchtdioden D 6 und D 7 in Verbindung mit dem IC 5 und dem Spannungsteiler R 29–R 31 eine Aussage über den Ausgangspegel bei Vollaussteuerung machen.

Um das Gerät auch als Signalverfolger einsetzen zu können, wurde noch ein NF-Verstärker mit den Transistoren T 2–T 11 aufgebaut, dessen Besonderheit in einer FET-Eingangsstufe mit einer Eingangsimpedanz von ca. 1 MΩ besteht, so daß das Meßobjekt praktisch nicht belastet wird. Die Regelung erfolgt mit dem Potentiometer P 5. Auf die weitere detaillierte Beschreibung dieses NF-Verstärkers wollen wir hier nicht eingehen, da es sich um einen normalen NF-Verstärker handelt, dessen Funktion von untergeordneter Bedeutung ist.

Zur Stromversorgung des Niederfrequenz-Generators dient ein mit zwei Festspannungsreglern (IC 6 und IC 7) aufgebautes Netzteil, das in ähnlicher Form schon mehrfach beschrieben wurde.

### Zum Nachbau

Wie bei den meisten Geräten aus der ELV-Serie 7000 befinden sich auch bei der hier vorgestellten Schaltung des NFG 7000, bis auf den Netzschalter, sämtliche Bauelemen-

te auf den Platinen, so daß auch hier eine hohe Nachbausicherheit, bei praktisch vernachlässigbarem Verdrahtungsaufwand, erreicht wurde.

Bevor mit der Bestückungsarbeit der Platinen begonnen wird, 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.

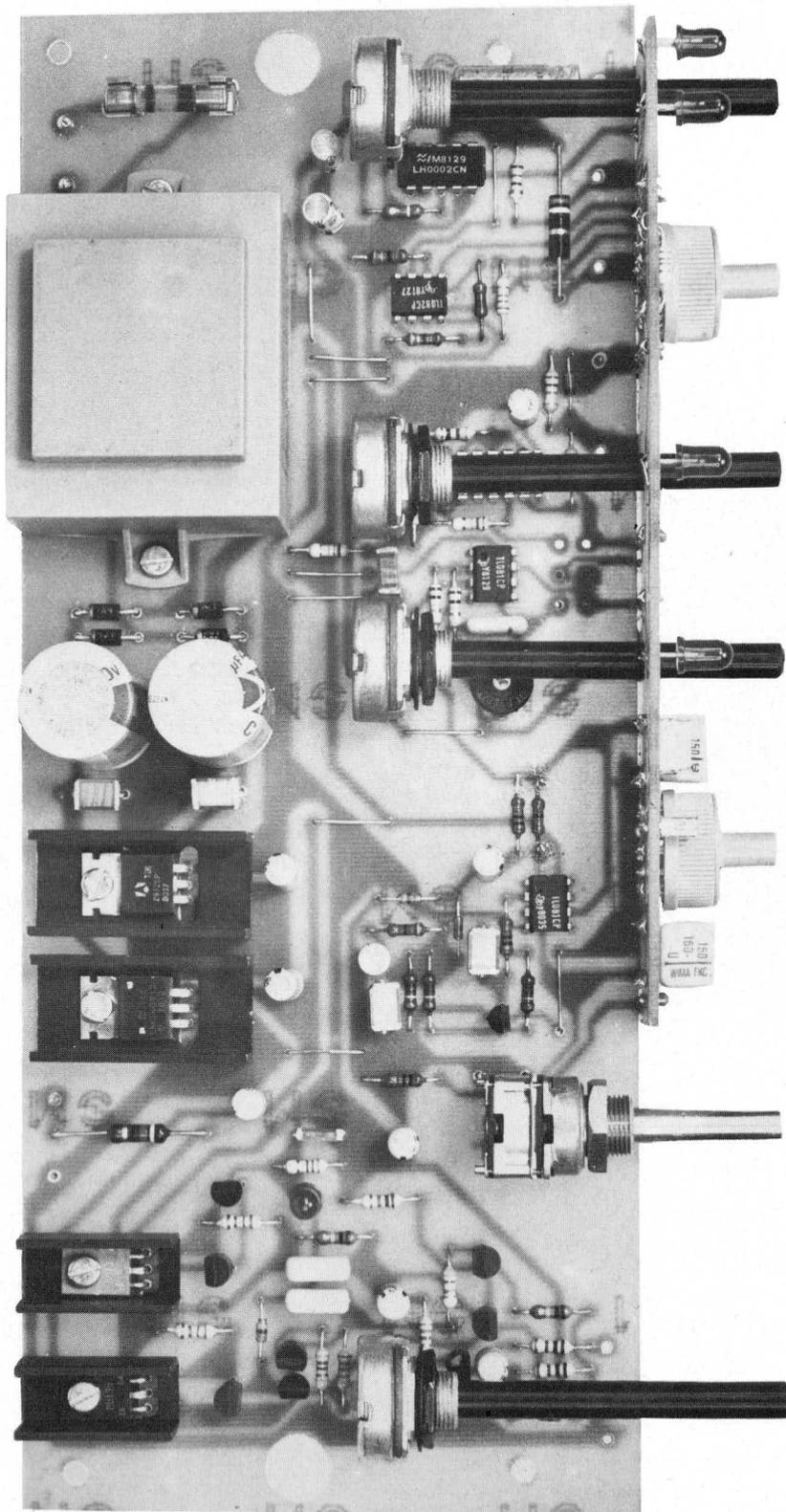
Zunächst werden die Widerstände, dann die Kondensatoren, Dioden usw. in gewohnter Weise eingelötet, wobei auf die Polung bei Kondensatoren und Dioden geachtet werden muß.

Ist die Bestückung nach Einsetzen der ICs (auf richtigen Einbau achten) beendet, wird die Frontplatte senkrecht an die Basisplatte angelötet, und zwar so, daß sie ca. 3 mm unter ihr hervorragt.

Sind alle Kupferflächen der senkrecht aufeinanderliegenden Platinen miteinander verlötet, kann der Einbau ins Gehäuse vorgenommen werden. Hierzu wird zunächst die Frontplatte mit den beiden Kippschaltern sowie den Ausgangsbuchsen bestückt und dann über die Achsen der Potentiometer und Drehschalter geschoben. Nun kann die Basisplatte von oben in die untere Gehäusehalbschale gesetzt werden, wobei die zwei großen Gehäusebefestigungszapfen zur Führung dienen, ebenso wie die Führungsnut für die Frontplatte. Die genaue Befestigung mittels 4 Schrauben M 3 x 30 geht aus der Aufbauzeichnung hervor.

Die Eingangs- und Ausgangsbuchsen des NFG 7000 werden über möglichst kurze, flexible, isolierte Leitungen mit den entsprechenden Punkten auf der Basisplatte verbunden.

Nach dem Einstellen der Ausgangsamplitude mit R 14 (siehe Kapitel Einstellung) und abschließenden Tests kann die Endmontage, mit Anbringen der Drehknöpfe und Montieren des Gehäuseoberteils, durchgeführt werden.



Ansicht der bestückten Platinen des NFG 7000

## Stückliste: NF-Generator NFG 7000

### Halbleiter

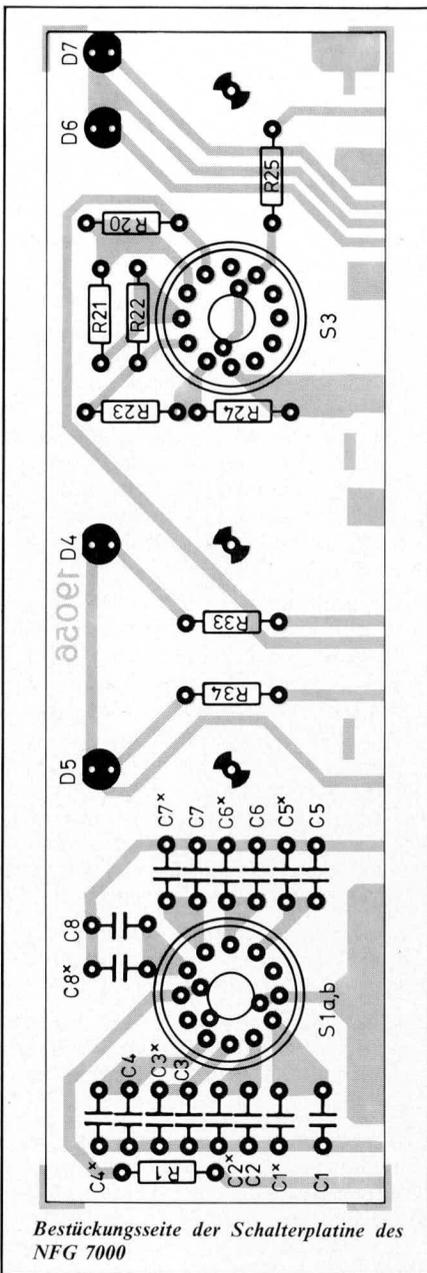
IC1, IC2	TL 081
IC3	CD 4049
IC4	LH 0002 C
IC5	TL 082
IC6	7812
IC7	7912
T1, T2	BF 245 C
T3, T4, T7, T10	BC 548 C
T5, T6, T9	BC 558 C
T8	BD 135
T11	BD 136
D1, D2, D12-14	1 N 4148
D3	ZPD 4,7
D4-D7, D15	LED rot, 5 mm
D8-D11	1 N 4001

### Kondensatoren

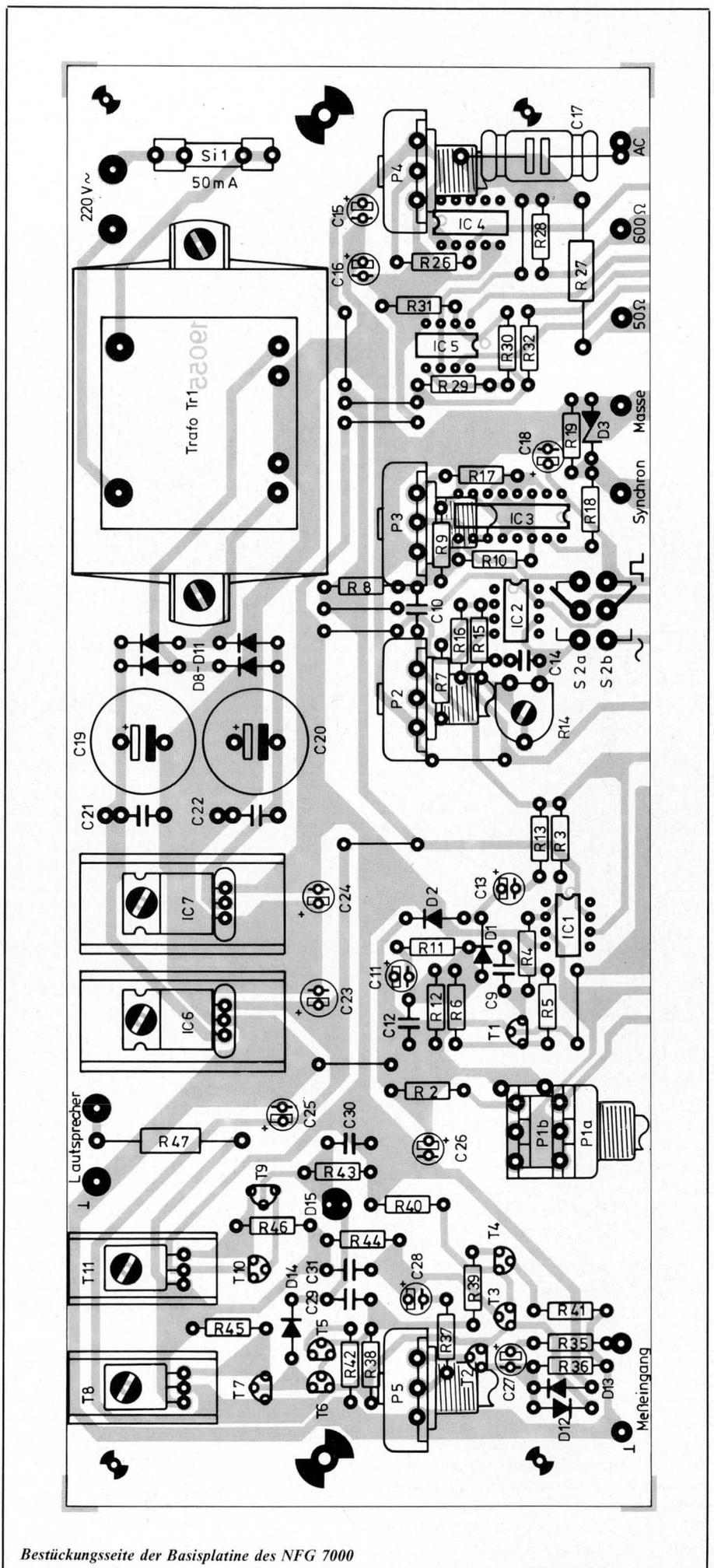
*C1, C8	150 nF
*C2, C7	15 nF
*C3, C6	1,5 nF
*C4, C5	150 pF
C9	470 nF
C10	100 nF
C11	2,2 $\mu$ F/16 V
C12*	470 nF
C13, C23-27	10 $\mu$ F/16 V
C14, C29, C31	100 pF
C15, C16, C18	1 $\mu$ F/16 V
C17	22 $\mu$ F/35 V (bipolar)
C19, C20	1000 $\mu$ F/35 V
C21, C22	330 nF
C28	4,7 $\mu$ F/16 V
C30	1 nF

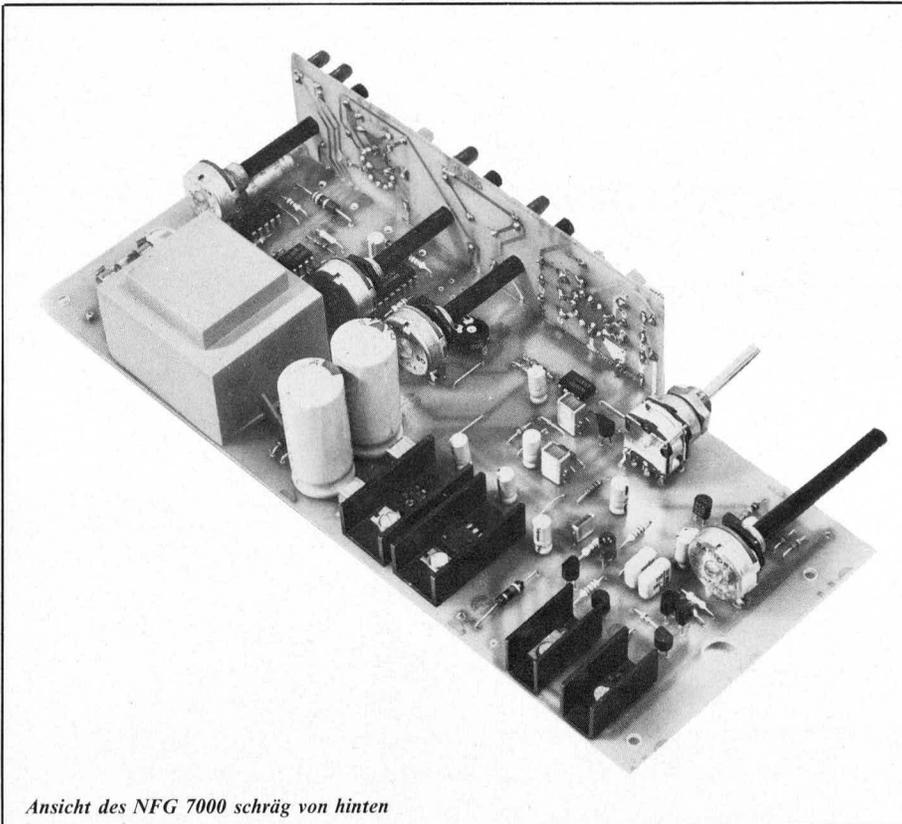
### Widerstände

P1	100 k $\Omega$ , Tandem-Poti, lin, 6 mm-Achse
P2	1 M $\Omega$ Poti, lin, 6 mm-Achse
P3	1 k $\Omega$ Poti, lin, 6 mm-Achse
P4, P5	10 k $\Omega$ Poti, lin, 6 mm-Achse
R1, R2, R4	10 k $\Omega$
R3*	24 k $\Omega$
R5, R6	1 M $\Omega$
R7, R9	100 k $\Omega$
R8	150 k $\Omega$
R10	560 k $\Omega$
R11*	4,7 k $\Omega$
R12	1 M $\Omega$
R13	10 k $\Omega$
R14	250 k $\Omega$ , Trimmer
R15, R16	100 k $\Omega$
R17	470 $\Omega$
R18	2,2 k $\Omega$
R19	10 k $\Omega$
R20	680 $\Omega$
R21	220 $\Omega$
R22	68 $\Omega$
R23	22 $\Omega$
R24	10 $\Omega$
R25	10 k $\Omega$
R26	39 k $\Omega$
R27	39 $\Omega$ /1 Watt
R28	560 $\Omega$
R29, R31	33 k $\Omega$
R30	47 k $\Omega$
R32	2,2 k $\Omega$
R33, R34	1 k $\Omega$
R35, R36	1 M $\Omega$
R37	3,3 k $\Omega$
R38	15 k $\Omega$



- |          |       |             |
|----------|-------|-------------|
| R39      | ..... | 47 kΩ       |
| R40      | ..... | 82 kΩ       |
| R41      | ..... | 100 kΩ      |
| R42      | ..... | 4,7 kΩ      |
| R43      | ..... | 6,8 kΩ      |
| R44      | ..... | 100 kΩ      |
| R45, R46 | ..... | 2,2 kΩ      |
| R47      | ..... | 47 Ω/1 Watt |
- Sonstiges**
- S1, S3 ... Präzisions-Drehschalter  
2 x 6 Stellungen
  - S2, S4 ..... Kippschalter, 2 x um
  - Tr1 ..... Netztrafo:  
prim: 220 V/8 VA  
sek: 2 x 12 V/2 x 0,35 A
  - Si1 ..... Sicherung 50 mA/flink
  - 1 Platinensicherungshalter
  - 1 Lautsprecher 8 Ω/0,2 Watt
  - 2 U-Kühlkörper für TO 32 (SK 12)
  - 2 U-Kühlkörper für TO 220 (SK 13)
  - 4 Lötstifte
  - 6 Schrauben M 3 x 6 mm
  - 4 Schrauben M 3 x 30 mm
  - 18 Muttern M 3
- \* siehe Text





Ansicht des NFG 7000 schräg von hinten

## Einstellung

Im Grunde besitzt die hier vorgestellte Schaltung nur einen einzigen Abgleichpunkt, der zudem noch ohne jegliche fremde Hilfsmittel durchzuführen ist. In Stellung Sinus des Schalters S 2 wird R 14, bei einer Frequenz im Bereich zwischen 100 und 10 000 Hz so eingestellt, daß die maximal mögliche Ausgangsamplitude (P 2 und S 3 auf Rechtsanschlag) 10 V Spitze-Spitze ( $10 V_{SS}$ ) beträgt. Ablesen läßt sich dies mit Hilfe der beiden eingebauten Pegelindikatordioden D 6 und D 7, deren Schwellspannung bei +5 V und -5 V (also 10 V Spitze-Spitze) liegt. Bei Mittelstellung von P 4 dürfen also D 6 und D 7 gerade eben nicht leuchten. Sollte eine der beiden Pegelindikatordioden bei Veränderung von R 14 früher oder später leuchten als die andere, so ist die Einstellung von P 4 etwas zu korrigieren.

Die vorstehend beschriebene Einstellung läßt sich auch mit einem Wechselspannungsmeßgerät durchführen, wobei man wissen muß, daß eine Spannung von  $10 V_{SS}$  einer Spannung von  $3,54 V_{eff}$  entspricht und vorzugsweise im Frequenzbereich zwischen 50 und 100 Hz durchzuführen ist.

## Schaltungsspezifische Nachbauhinweise

Um die hohe Qualität des erzeugten Ausgangssignals verstehen zu können, sollte man sich einmal vor Augen führen, was ein Klirrfaktor von 0,1 % überhaupt bedeutet, nämlich, daß der Anteil der gesamten auftretenden Verzerrungen um das 1000fache niedriger ist, als die Grundwelle. Klirrfaktoren in dieser Größenordnung (und bessere) sind bei HiFi-Verstärkern längst keine Seltenheit mehr, wobei man allerdings sehr wohl unterscheiden sollte, zwischen der einfachen Verstärkung und der Erzeugung eines reinen Sinustones, die zum Teil un-

gleich schwieriger ist.

Wichtig ist in diesem Zusammenhang die sorgfältige Auswahl der Bauelemente des WIEN-ROBINSON-Oszillators, wozu die hohe Qualität der eingesetzten Kondensatoren C 1–C 8 zählt, als auch die Linearität und Übereinstimmung der Potentiometer P 1<sub>A</sub> und P 1<sub>B</sub>, die sich auf einer Achse befinden. Speziell für das Poti P 1 ist eine hochwertige Ausführung zu wählen, da unnötige Linearitätsschwankungen zu Lasten der Stabilität des Oszillators gehen. Ebenso ist die Wahl der Widerstände R 1 bis R 4 von Bedeutung. Es sollten hier unbedingt Metallfilmwiderstände eingesetzt werden. In unseren Bausätzen werden zwar ausschließlich Metallfilmwiderstände verwendet — in diesem Falle sollten die erwähnten Widerstände jedoch auch beim Aufbau aus Eigenbeständen entsprechende Qualität aufweisen.

Kommt trotz Einsetzen hochwertiger Bauelemente eine Schwingung nicht zustande, bzw. kommt es zu Instabilitäten, kann der Widerstand R 3 geändert werden.

Dazu geht man wie folgt vor:

R 3 wird entfernt und durch eine Reihenschaltung, bestehend aus einem 22 k $\Omega$  Widerstand und einem 5 k $\Omega$  Trimmer, ersetzt, wobei auf möglichst kurze Verbindungsleitungen zu achten ist.

Der Trimmer wird nun in den vier Frequenzbereichen langsam verdreht und in eine Stellung gebracht, in der der Oszillator im gesamten Frequenzbereich einwandfrei schwingt. Nach Auslöten des Trimmers mit dem 22 k $\Omega$  Reihenwiderstand wird der Widerstandswert gemessen und ein entsprechender Festwiderstand eingebaut (evtl. aus zwei Widerständen bestehend).

Die Qualität eines Gerätes wird nicht allein durch die Schaltung, sondern auch durch

das Platinenlayout bestimmt, und dies um so mehr, je umfangreicher und empfindlicher die Schaltung ist.

Aus diesem Grunde haben wir für R 3 nicht von vornherein einen Trimmer mit Reihenwiderstand vorgesehen, sondern einen Festwiderstand, der aufgrund seiner viel kleineren Abmessungen kürzere Leiterbahnwege ermöglicht und dadurch zur Störsicherheit beiträgt.

Sollte der Oszillator bei der angegebenen Dimensionierung nicht einwandfrei schwingen, so sind außer der (geringen) Änderung von R 3 noch folgende Maßnahmen zur Stabilitätsverbesserung möglich:

1. Der Widerstand R 11 kann probeweise im Bereich zwischen 1 k $\Omega$  und 10 k $\Omega$  geändert werden.
2. Der Widerstand R 13 kann bis auf 1 k $\Omega$  verkleinert werden (jedoch möglichst groß lassen – 10 k $\Omega$ ).
3. C 12 kann bis auf 100 nF verkleinert werden — aber auch hier ist der vorgeschlagene Wert von 470 nF (evtl. sogar 680 nF) vorzuziehen, sofern nicht Instabilitäten zur Verkleinerung zwingen.

Anzumerken ist noch, daß die letzten drei Vorschläge zur Stabilitätsverbesserung den Klirrfaktor geringfügig erhöhen und nur für den Notfall gedacht sind. In den allermeisten Fällen dürfte das Gerät bei sorgfältigem Aufbau, aufgrund seiner zuverlässigen Schaltung, ohne Änderung arbeiten.

Und nun noch einige Worte zu den frequenzbestimmenden Kondensatoren C 1 bis C 8 bzw. C 1\* bis C 8\*:

In jeder Schalterstellung von S 1a und S 1b sind zwei gleichgroße Kondensatoren eingeschaltet (C 1+C 8—C 2+C 7—C 3+C 6—C 4+C 5).

Neben einer geringen Toleranz ist es jedoch besonders wichtig, daß eine gute Übereinstimmung zwischen den immer paarweise eingeschalteten Kondensatoren besteht, d. h. daß z. B. C 1 unbedingt möglichst genau mit C 8 übereinstimmen sollte. Es ist daher nicht so tragisch, wenn C 1 z. B. einen etwas größeren Wert aufweist als angegeben, wenn auch C 8 die gleiche Kapazität besitzt.

Für diejenigen unter unseren Lesern, die ein Kapazitätsmeßgerät bzw. die Möglichkeit des Ausmessens von Kondensatoren besitzen, haben wir zu C 1 bis C 8 je einen Parallelkondensator C 1\* bis C 8\* vorgesehen.

Wird z. B. für C 1 ein Wert von 152 nF ermittelt und für den dazugehörigen C 8 ein Wert von 143 nF, so kann auf einfache Weise zu C 8 ein weiterer Kondensator (C 8\*) von ca. 9 nF parallelgeschaltet werden, wobei eine Abweichung von 5 % vertretbar ist.

An dieser Stelle sei jedoch darauf hingewiesen, daß der Oszillator um so eher zu Instabilitäten neigt, je größer die tatsächlichen Toleranzen von C 1 bis C 8 bzw. von R 1, R 2 sowie P 1 sind.

Die Verstärkung des NF-Verstärkers kann durch Verkleinern von R 37 erhöht und durch Vergrößern von R 37 vermindert werden.

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