



NF-Signalgenerator SG 1000

Konzipiert für den Einsatz im Hobbybereich liefert der Signalgenerator SG 1000 besonders saubere Sinusspannungen mit einem Klirrfaktor von $< 0,02\%$ und Rechtecksignale mit einstellbarem Puls/Pausenverhältnis. Die Frequenz des SG 1000 ist zwischen 10 Hz und 100 kHz einstellbar.

Allgemeines

Signal- und Tongeneratoren sind für Prüf- und Einstellarbeiten an Audio- und Meßgeräten besonders wichtige Hilfsmittel und gehören zur Grundausstattung eines Hobbylabors. Bezüglich der Signalform werden dabei oft hohe Anforderungen an einen Sinus-Generator gestellt, die

mit einfachen Funktionsgeneratoren nicht zu erfüllen sind.

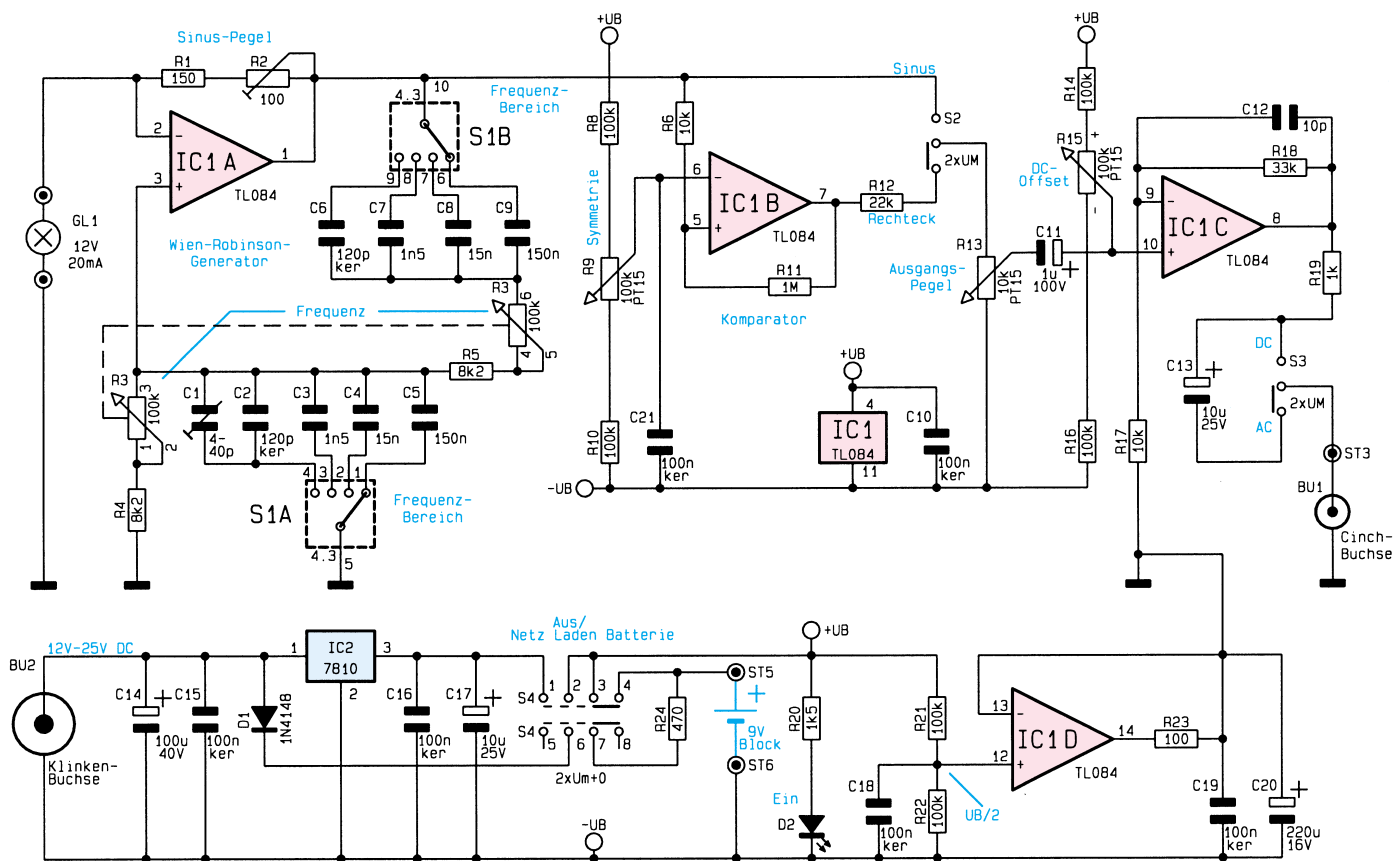
Die hier vorgestellte, mit wenig Aufwand zu realisierende Schaltung arbeitet als „echter“ Sinus-Generator und liefert sehr geringe Verzerrungen. Der Klirrfaktor des SG 1000 ist kleiner als $0,02\%$, gemessen bei 400 Hz und 1 kHz.

Neben sinusförmigen Spannungen kann der SG 1000 Rechtecksignale mit einstell-

barem Puls/Pausenverhältnis zwischen 10 Hz und 100 kHz liefern.

Die Frequenz des Generators ist in vier Dekaden schaltbar und innerhalb der Dekaden stufenlos mit einem Poti einstellbar. Weiterhin ist der Ausgangspegel des SG 1000 stufenlos bis max. $6 V_{SS}$ einstellbar.

Zur Spannungsversorgung kann wahlweise ein unstabiliertes 12V-Steckernetz-



974181101A

Bild 1: Schaltbild des NF-Signalgenerators

teil oder eine 9V-Blockbatterie dienen. Für den Einsatz eines 9V-Blockakkus ist bei ausgeschaltetem Generator eine Lademöglichkeit aus dem Steckernetzteil vorhanden.

Neben dem Hobbylabor ist der in einem kleinen Kunststoffgehäuse untergebrachte Generator auch für den mobilen Einsatz geeignet.

Schaltung

In Abbildung 1 ist die Schaltung unseres mit wenig Aufwand realisierten NF-Generators zu sehen. Die gesamte Schaltung wurde mit einem einzigen 4fach-Operationsverstärker des Typs TL084 realisiert. Der Operationsverstärker IC 1 A bildet den eigentlichen Generator, der nach dem Prinzip der Wien-Brückenschaltung arbeitet.

Das Funktionsprinzip beruht, wie allgemein bei Generatoren üblich, auf einem Verstärker mit Rückkopplung zwischen Ausgang und Eingang. Der Generator kann nur schwingen, wenn die Amplitudenbedingung und die Phasenbedingung erfüllt sind, d. h. bei einem Ringdurchlauf die Verstärkung 1 und die Phasenverschiebung 0° bzw. 360° beträgt (Mitkopplung).

Die Ringverstärkung ergibt sich aus dem Verstärkungsfaktor V des Verstärkerzweigs und dem Teilungsfaktor K des Rückkopplungsnetzwerkes.

Durch frequenzbestimmende Glieder im Rückkopplungsweig darf bei Sinus-Generatoren die Schwingbedingung nur für eine einzige Frequenz erfüllt sein. Wird die Ringverstärkung größer als 1, fährt der Verstärker in die Begrenzung, und bei geringerer Verstärkung reißt die Schwingung ab.

Bei unserem RC-Generator befinden sich als frequenzbestimmende Bauelemente ein Hochpaß und ein Tiefpaß im Rückkopplungsweig. Beide RC-Glieder erzeugen nun eine frequenzabhängige Phasenverschiebung des Verstärkerausgangssignals, die sich jedoch bei einer Frequenz gegenseitig aufheben. Die Phasenbedingung ist somit wieder erfüllt, wenn die Phasenver-

schiebung des Hochpasses exakt durch die Phasenverschiebung des Tiefpasses aufgehoben wird.

Kehren wir nun zu unserem mit IC 1 A aufgebauten, nicht-invertierenden Verstärker zurück. Die Verstärkung wird bestimmt durch die Widerstände R_1 und R_2 sowie den Widerstand der zur Arbeitspunktstabilisierung dienenden Glühlampe GL_1 . Die Glühlampe sorgt für ein sicheres Anschwingen des Generators, da im Einschaltmoment $K \times V$ geringfügig größer als 1 ist. In der Nähe der Aussteuerungsgrenze sinkt die Ringverstärkung dann geringfügig unter 1.

Der Hochpaß im Rückkopplungsweig wird durch die umschaltbaren Kapazitäten

Technische Daten: NF-Signalgenerator SG 1000

Signalformen:	Sinus, Rechteck
Ausgangsfrequenz:	stufenlos einstellbar von 10 Hz bis 100 kHz
Frequenzbereiche:	10 Hz bis 100 Hz, 100 Hz bis 1 kHz, 1 kHz bis 10 kHz 10 kHz bis 100 kHz
NF-Ausgangspegel: ...	stufenlos einstellbar von 0 bis $6V_{SS}$ (bei offenem Ausgang)
Ausgangsimpedanz:	1 k Ω
Klirrfaktor:	<0,02% (1 kHz, 400 Hz)
Signalauskopplung:	wahlweise DC oder AC
DC-Offset:	± 2 V einstellbar
Symmetrie des Rechtecks:	stufenlos einstellbar
Spannungsversorgung:	12V-Steckernetzteil oder 9V-Blockbatterie
Stromaufnahme:	< 20 mA mit Steckernetzteil, < 15 mA mit 9V-Blockbatterie
Abmessungen (LxBxH):	135 x 90 x 33 mm

C 6 - C 9 in Verbindung mit R 5 und dem Tandempoti R 3 B gebildet, während C 1 bis C 5, R 3 A und R 4 für den Tiefpaß zuständig sind.

Die Ausgangsfrequenz des Generators ist nun mit S 1 in 4 Dekaden schaltbar und mit Hilfe des Tandempotis R 3 innerhalb einer Dekade stufenlos einstellbar.

Da sich im obersten Frequenzbereich bereits parasitäre Kapazitäten auswirken, ist die Kapazität des Tiefpasses mit C 1 abgleichbar.

Die an Pin 1 des Verstärkers mit sehr sauberer Signalform anstehende Sinusspannung wird zum einen dem Umschalter S 2 und zum anderen über R 6 dem nicht-invertierenden Eingang des Komparators IC 1 B zugeführt. Dieser Komparator wandelt nun das Sinussignal in ein frequenzproportionales Rechtecksignal um.

Die Symmetrie des Rechtecksignals ist vom einstellbaren Gleichspannungspegel am nicht-invertierenden Eingang abhängig, und der Widerstand R 11 im Rückkopplungszweig sorgt in Verbindung mit R 6 für eine Schalthysterese.

Über den zur Amplitudenanpassung dienenden Widerstand R 12 wird das Rechtecksignal ebenfalls auf den Umschalter S 2 gegeben. Vom Umschalter gelangt nun wahlweise das Sinussignal oder das Rechtecksignal zum Poti R 13, mit dem der Ausgangspegel einstellbar ist.

Die Verstärkung des mit IC 1 C aufgebauten nicht-invertierenden Ausgangsverstärkers wird durch die Widerstände R 17 und R 18 bestimmt. Der Arbeitspunkt und somit der Gleichspannungs-Offset ist mit R 15 einstellbar, während das Signal über den zur galvanischen Entkopplung dienenden Elko C 11 auf den nicht-invertierenden Eingang des OPs gekoppelt wird.

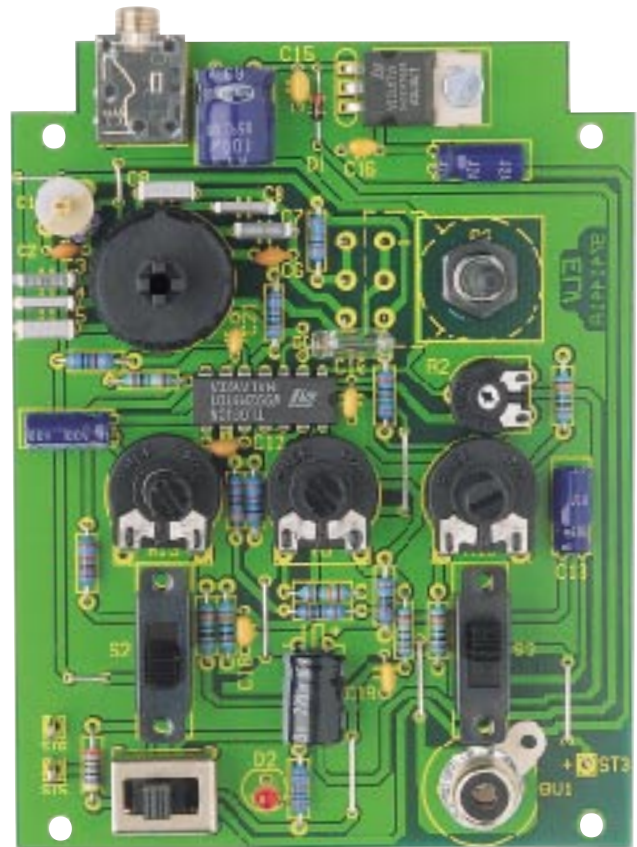
Das an Pin 8 des IC 1 C anstehende Ausgangssignal wird über R 19 direkt und über C 13 gleichspannungsmäßig entkoppelt dem Umschalter S 3 zugeführt. An der Ausgangsbuchse BU 1 steht das Signal somit wahlweise auf Schaltungsmasse bezogen oder galvanisch entkoppelt zur Verfügung.

Die Spannungsversorgung des NF-Generators erfolgt entweder aus einem unstabilierten 12V-Steckernetzteil oder aus einer 9V-Blockbatterie. Das Steckernetzteil ist an der Klinkenbuchse BU 2 anzuschließen.

Die unstabilierte Spannung gelangt zunächst auf den Puffer Elko C 14 und Pin 1 des 10V-Festspannungsreglers IC 2. Am Ausgang des Spannungsreglers steht dann eine stabilisierte Spannung von 10 Volt zur Schaltungsversorgung bereit. Die Kondensatoren C 15 - C 17 dienen zur Stabilisierung und Schwingneigungsunterdrückung.

Mit Hilfe des 3stufigen Schiebeschalters S 4 erfolgt die Umschaltung zwischen

Fertig aufgebaute Platine des NF-Signalgenerators SG 1000



Stückliste: NF-Signalgenerator

Widerstände:

100Ω	R23
150Ω	R1
470Ω	R24
1kΩ	R19
1,5kΩ	R20
8,2kΩ	R4, R5
10kΩ	R6, R17
22kΩ	R12
33kΩ	R18
100kΩ ..	R8, R10, R14, R16, R21, R22
1MΩ	R11
PT10, liegend, 100Ω	R2
PT15, liegend, 10kΩ	R13
PT15, liegend, 100kΩ	R9, R15
Stereo-Poti, 4mm, 100kΩ	R3

Kondensatoren:

10pF/ker	C12
120pF/ker	C2, C6
1,5nF	C3, C7
15nF	C4, C8
100nF/ker	C10, C15, C16, C18, C19, C21
150nF	C5, C9
1µF/100V	C11
10µF/25V	C13, C17
100µF/40V	C14
220µF/16V	C20
C-Trimmer, 4-40pF	C1

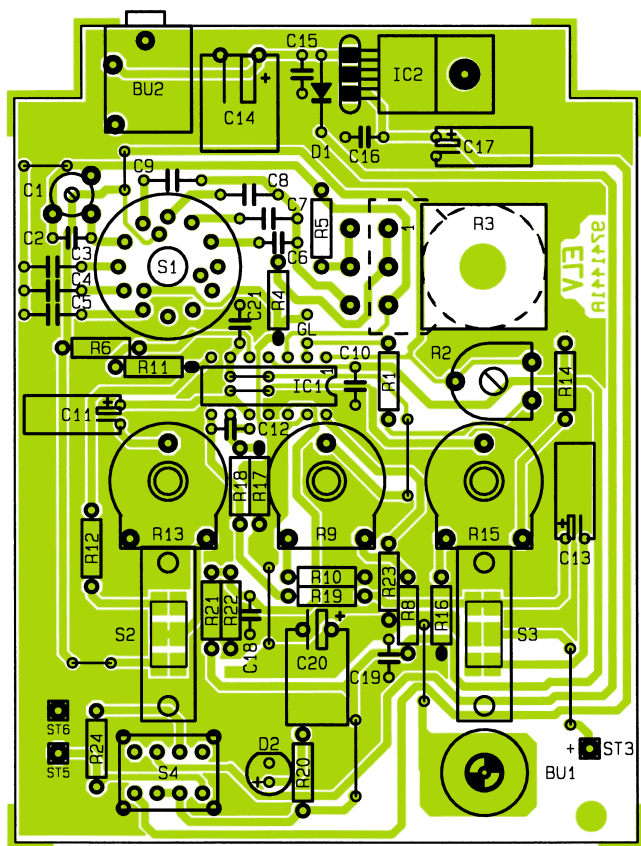
Halbleiter:

TL084	IC1
-------------	-----

7810	IC2
1N4148	D1
LED, 3mm, rot	D2

Sonstiges:

Glimmlampe, 12V/20mA	GL1
Cinch-Einbaubuchse	BU1
Klinkenbuchse, 3,5 mm, mono, print	BU2
Miniatur-Präzisionsdreh- schalter, 3 x 4 Stellungen	S1
Schiebeschalter, 2 x um	S2, S3
Print-Schiebeschalter, 2 x um mit Mittelstellung	S4
Lötstifte mit Lötöse	ST5, ST6
1 Zylinderkopfschraube, M3 x 6 mm	
1 Mutter, M3	
1 Fächerscheibe, M6	
3 Steckachsen für PT15, 6 x 23 mm	
4 Drehknöpfe, 12 mm, grau, für 6 mm Achse	
1 Drehknopf, 12 mm, grau, für 4 mm Achse	
5 Knopfkapfen, 12 mm, grau	
5 Pfeilscheiben, 12 mm, grau	
4 Distanzrollen, M3 x 10 mm	
4 Polyamidscheiben, 1,5 mm	
1 Gehäuse, bedruckt und gebohrt	
30 cm Schaltdraht, blank, versilbert	
4 Knipping-Schrauben 2,9 x 18 mm	
1 Batterieclip, 9 V	
5 Gewindestifte M3 x 4 mm	



Bestückungsplan des NF-Signalgenerators SG 1000

Netz- und Batteriebetrieb.

In Schaltermittelstellung ist der Generator ausgeschaltet. In dieser Schalterstellung besteht zusätzlich die Möglichkeit, einen 9V-NC-Blockakku aus dem Steckernetzteil nachzuladen. Die Diode D 1 darf daher nur bei Akkubetrieb bestückt werden.

Da für den Betrieb des NF-Generators eine Plus-/Minus-Spannung erforderlich ist, wird mit IC 1 D und externer Beschaltung ein „künstliches Massepotential“ erzeugt. Als Referenzpotential dient der Abgriff am Spannungsteiler R 21, R 22, der auf halber Betriebsspannung liegt. Der Operationsverstärker IC 1 D arbeitet lediglich als Spannungsfollower. Während R 23 eine kapazitive Belastung des OP-Ausgangs verhindert, puffert C 20 die halbe Betriebsspannung (d. h. die Schaltungs-masse).

Nachbau

Dank einer übersichtlich gestalteten Leiterplatte ist der praktische Aufbau dieses interessanten Niederfrequenzgenerators besonders einfach und unkompliziert.

Innerhalb des Gerätes sind keine Verdrahtungsarbeiten vorzunehmen. Bei der Bestückung der einzelnen Komponenten halten wir uns genau an die Stückliste und den Bestückungsplan. Des weiteren dient der Bestückungsdruck auf der Leiterplatte als Orientierungshilfe.

Es ist sinnvoll bei der Bestückung mit

den niedrigsten Komponenten, das sind in unserem Fall 10 Brücken aus versilbertem Schaltdraht, zu beginnen.

Die Anschlußbeinchen der nachfolgend zu bestückenden Widerstände sind entsprechend dem Rastermaß abzuwinkeln, durch die zugehörigen Bohrungen der Platine zu führen und an der Lötseite leicht anzuwinkeln. Das Verlöten kann in einem Arbeitsgang erfolgen, und die überstehenden Drahtenden sind direkt oberhalb der Lötstelle abzuschneiden.

Zum Anschluß des 9V-Batterieclip sind 2 Lötstifte mit Öse stramm in die zugehörigen Platinenbohrungen zu pressen und zu verlöten.

Es folgen im nächsten Arbeitsschritt die Folien- und die Keramikkondensatoren, die mit beliebiger Polarität einzulöten sind.

Der Festspannungsregler IC 2 ist vor dem Verlöten der Anschlußbeinchen liegend auf die Platine zu montieren.

Die Bestückung der Elektrolytkondensatoren folgt in liegender Position. Dabei ist unbedingt die korrekte Polarität zu beachten. Ebenfalls ist die Glühlampe GL 1 liegend zu bestücken.

Danach wird der 4fach-Operationsverstärker IC 1 so eingebaut, daß die Gehäusekerbe des Bauelements mit dem Symbol im Bestückungsdruck übereinstimmt.

Die Diode D 1 ist nur einzulöten, wenn der Betrieb mit einem 9V-NC-Akku erfolgt und dieser über das Steckernetzteil nachgeladen werden soll.

Im nächsten Arbeitsschritt erfolgt die

Bestückung des Trimmers R 2, des C-Trimmers C 1 und der Einstellpotis R 9, R 13 und R 15.

Beim Einlöten der 3,5mm-Klinkenbuchse und des Drehschalters S 1 ist eine zu große Hitzeeinwirkung auf das Bauteil zu vermeiden.

Während die Schiebeschalter S 2 und S 3 beim Lötvorgang auf der Platine aufliegen müssen, ist S 4 so hoch wie möglich einzulöten, d. h. die Anschlußpins dürfen auf der Lötseite gerade durch die Platinenbohrungen ragen.

Die Bestückung des Tandempotis R 3 erfolgt von der Lötseite aus. Vor dem Einsetzen sind die Anschlußschwerter des am Gewindehals angeordneten Potis in Richtung Potiachse abzuwinkeln. Nach dem Festsetzen des Tandempotis mit der zugehörigen Mutter werden die abgewinkelten Anschlußschwerter verlötet. Die Anschlüsse des hinteren Potis sind mit versilberten Schaltdrahtabschnitten zu verlängern.

Die Leuchtdiode D 2 benötigt eine Einbauhöhe von 11 mm, gemessen vom Beinchenaustritt des Bauelements bis zur Platinenoberfläche.

Die Cinch-Ausgangsbuchse wird zuerst mit einer M6-Zahnscheibe, dem zugehörigen Federring und der Lötöse bestückt. Danach ist die Buchse von oben in die Platine zu setzen und von unten fest zu verschrauben. Über ein Stück versilberten Schaltdraht wird der mittlere Buchsenanschluß dann an der Lötseite mit ST 3 der Leiterplatte verbunden.

Der 9V-Batterieclip ist mit der schwarzen Leitung an ST 6 und mit der roten Leitung an ST 5 anzulöten. Als letztes Bauteile sind die Potiachsen bis zum sicheren Einrasten in die Öffnungen der Potis zu pressen.

Bevor der Einbau in das Gehäuse erfolgt, ist eine gründliche Überprüfung hinsichtlich Löt- und Bestückungsfehler sinnvoll.

Nach einem ersten Funktionstest kann der Einbau der Leiterplatte in das dafür vorgesehene Kunststoffgehäuse erfolgen. Dazu dienen 4 Knippingschrauben 18 x 2,9 mm, die von der Bestückungsseite durch die zugehörigen Bohrungen der Platine zu führen sind. Für den korrekten Abstand der Leiterplatte sorgen vier Abstandsrollchen M 3 x 10 mm, wobei im unteren Bereich, d. h. beim Netzschalter und bei der Ausgangsbuchse zusätzlich zwei 1,5 mm dicke Polyamidscheiben erforderlich sind.

Als dann sind die beiden Gehäusehälften zusammenschrauben und die Potiachsen sowie die Achse des Drehschalters auf die erforderliche Länge zu kürzen. Nach dem Aufschrauben der 5 Drehknöpfe ist der NF-Signalgenerator SG 1000 für Prüf- und Meßaufgaben einsatzbereit.