

Transistor-Sinus-Generator

Dieser 1kHz-Sinus-Generator arbeitet nach einem interessanten 2stufigen Prinzip und zeichnet sich durch gute Stabilität, geringen Klirrfaktor und einfachsten Aufbau aus.

Allgemeines

Sinus-Generatoren kann man in unterschiedlichster Art und Weise konstruieren, je nach Anforderungen und Einsatzfällen.

Die hier vorgestellte Schaltung arbeitet besonders stabil und kann mit preiswerten Standardbauteilen aufgebaut werden, die üblicherweise in jedem Elektroniklabor zu finden sind.

Im vorliegenden Fall wurde bewußt auf den Einsatz von ICs verzichtet und die Schaltung nur mit den 3 Grundbauelementen Widerstände, Kondensatoren und Transistoren realisiert. Die guten technischen Daten sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

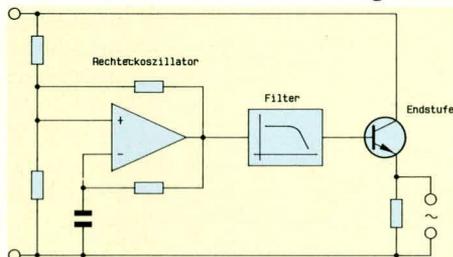


Bild 1: Blockschaltbild des Sinus-Generators

Schaltungsprinzip

In Abbildung 1 ist die prinzipielle Funktionsweise dieses interessanten Sinus-Generators dargestellt. Links im Bild ist ein symbolisierter Operationsverstärker zu sehen, der als Rechteck-Oszillator geschaltet ist.

Wenn wir uns nun erinnern, daß eine Rechteckfrequenz aus einer Vielzahl von Sinussignalen besteht, deren Frequenzen in ganzzahligem Vielfachen zueinander stehen, bei unterschiedlichen Amplituden, so ist leicht ersichtlich, daß durch Nachschalten eines entsprechend steilflankigen Filters eine bestimmte Sinusfrequenz herausgefiltert werden kann. Günstig ist dabei, daß die Amplitude der Grundwelle den größten Anteil hat, d. h. diejenige Sinusschwingung mit der identischen Frequenz wie die Rechteckschwingung besitzt den größten Amplitudenanteil, während alle höherfrequenten Sinusanteile er-

Bild 2: Schaltbild des Transistor-Sinus-Generators

heblich kleinere Amplituden aufweisen.

Da unterhalb der Grundfrequenz keine Schwingungsanteile auftreten, reicht der Einsatz eines steilflankigen Tiefpaßfilters mit nachgeschalteter Pufferstufe aus.

Nach diesen Vorbetrachtungen wollen wir uns nun der Schaltungstechnik zuwenden.

Schaltung

Mit den Transistoren T 1 bis T 3 und Zusatzbeschaltung ist ein Operationsverstärker in seinen wesentlichen Funktionen nachgebildet. Die Basen von T 1 und T 2 stellen dabei die Differenzeingänge dar, während der Kollektor von T 3 den Ausgang bildet.

Über den Spannungsteiler R 5, R 6 liegt die Basis von T 2 ungefähr auf der halben Betriebsspannung, wobei über den vom Ausgang zurückgekoppelten Widerstand R 7 die gewünschte Schalthysterese erzeugt wird.

Der Kondensator C 2 wird je nach logischem Zustand des Ausgangs (high oder low) über die in Reihe liegenden Widerstände R 2, R 3 aufgeladen bzw. wieder entladen.

Anhand eines kompletten Schwingungszyklus wollen wir nun die Funktion dieses Oszillators noch etwas näher betrachten. Hierzu nehmen wir einmal an, daß der Ausgang des Oszillators (Kollektor von T 3) High-Potential (ungefähr positive Versorgungsspannung) führt.

Über R 7 wird das Potential an der Basis von T 2 etwas über die halbe Betriebsspannung angehoben, d. h. T 1 ist gesperrt, solange die Spannung an C 2 geringer ist als die Spannung an der Basis von T 2. Letztgenannter Transistor steuert seinerseits wieder die Basis von T 3 an, der daraufhin durchgesteuert bleibt.

Über die Widerstände R 2, R 3 wird der Kondensator C 2 aufgeladen, bis die Span-

nung an der Basis von T 1 diejenige an der Basis von T 2 anstehende Spannung überschreitet.

Im selben Moment übernimmt T 1 den Strom, der bisher über T 2 geflossen ist, d. h. T 2 sperrt und daraufhin ebenso T 3. Der Ausgang (Kollektor von T 3) des Oszillators wechselt auf Low-Pegel (ca. 0 V).

Gleichzeitig zieht der Rückkoppelwiderstand R 7 die Spannung an der Basis von T 2 etwas unterhalb der halben Betriebsspannung. Hierdurch ist die Spannung an der Basis von T 1 in bezug auf die Basis von T 2 noch höher geworden und der Low-Pegel am Ausgang wird zunächst beibehalten.

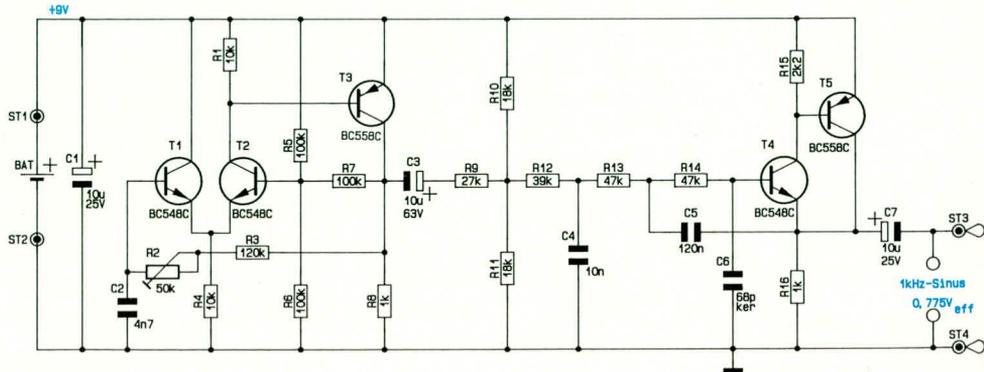
Nun beginnt über R 2, R 3 der Entladevorgang des Kondensators C 2. Sobald die Spannung an C 2 und damit an der Basis von T 1 den Wert des Pegels an der Basis von T 2 unterschreitet, sperrt T 1, und T 2 übernimmt den zuvor durch T 1 geflossenen Strom. Daraufhin steuert T 3 wieder durch und der Pegel am Ausgang des Oszillators springt wieder auf High-Potential. Dieser Vorgang wiederholt sich fortlaufend mit einer Frequenz von 1 kHz. Zur exakten Frequenzeinstellung dient der Trimmer R 2.

Nachdem wir uns mit dieser zuverlässig arbeitenden Oszillatorschaltung zur Generierung eines Rechtecksignals befaßt haben, kommen wir zur rechten Hälfte der Schaltung, die durch den Einsatz eines steilflankigen Tiefpaßfilters aus dem Rechteck ein Sinussignal erzeugt.

Mit dem Kondensator C 3 wird das Signal des Rechteckoszillators vom nachgeschalteten Filter gleichspannungsmäßig entkoppelt, wobei der Vorwiderstand R 9 zur Pegelanpassung dient. Der Spannungsteiler R 10, R 11 legt den Gleichspannungs-Arbeitspunkt der Pufferstufe, bestehend aus T 4, T 5, fest.

Der Widerstand R 12 in Verbindung mit dem Kondensator C 4 stellt die erste Filterstufe dar, gefolgt von der zweiten, bestehend aus R 13, C 5 und einer weiteren, realisiert mit R 14, C 6.

Letztendlich sind jedoch alle 3 Filterstufen als eine Einheit in Verbindung mit der aktiven Pufferstufe T 4, T 5 zu betrachten, da die Einzelfilter so dimensioniert sind, daß sie nur im gemeinsamen Zusammenspiel die gewünschte Filtercharakteristik bereitstellen.



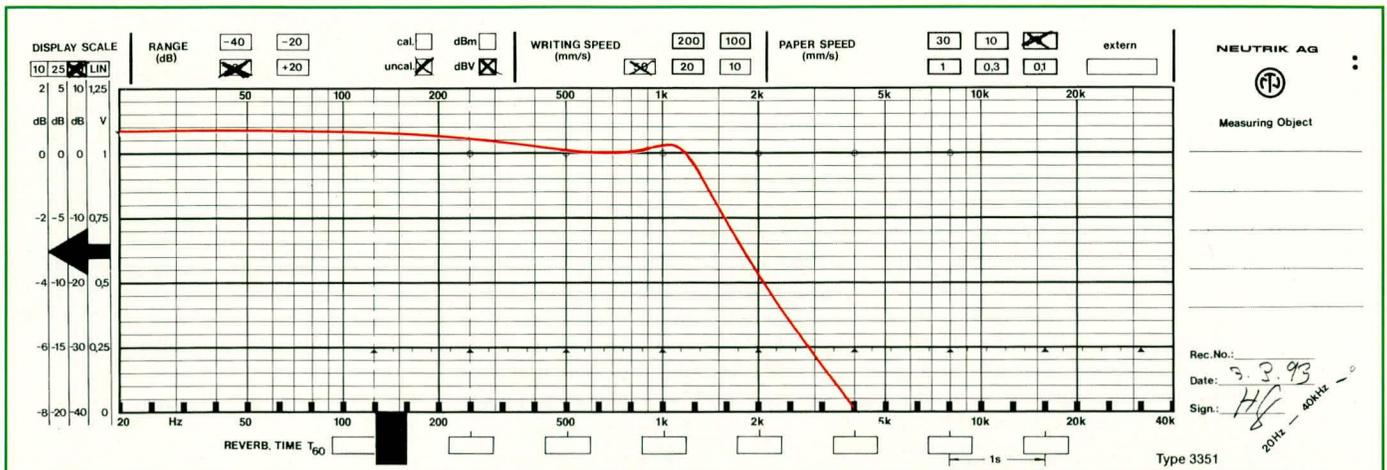


Bild 3: Frequenzverlauf des Tschebyscheff-Filters

Die vorliegende Dimensionierung stellt einen Tschebyscheff-Filter dritter Ordnung mit 3 dB Welligkeit dar.

Zur Erzielung einer optimalen Oberwelledämpfung wurde die Eckfrequenz so gelegt, daß die 1 kHz-Ansteuerfrequenz ungefähr im oberen Punkt der Filterkurve angesiedelt ist. Für das einwandfreie Arbeiten der Schaltung ist daher von ausschlaggebender Bedeutung, daß die Frequenz des Rechtekoszillators möglichst genau auf 1 kHz eingestellt wird. Zwar arbeitet die Schaltung auch noch einwandfrei bei Abweichungen von $\pm 5\%$, jedoch empfiehlt sich eine präzise Einstellung unter Zuhilfenahme eines Frequenzzählers auf genau 1,000 kHz, da der Oszillator selbst aufgrund seiner guten Eigenschaften sehr stabil arbeitet.

Das am Kollektor von T 5 anstehende Ausgangssignal wird über den Kondensator C 7 ausgekoppelt. Die Amplitude liegt bei der gewählten Dimensionierung und einer Betriebsspannung von 9 V bei 0 dB, entsprechend $775 \text{ mV}_{\text{eff}}$ (ungefähr $2,2 V_{\text{SS}}$). Die extern anzuschließende Belastung sollte 10 k Ω nicht unterschreiten, damit die Filtercharakteristik nicht beeinträchtigt wird.

Der Verlauf der gewählten Filtercharakteristik ist in Abbildung 3 zu sehen.

Nachbau

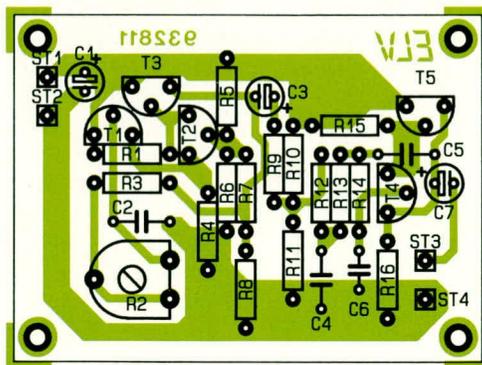
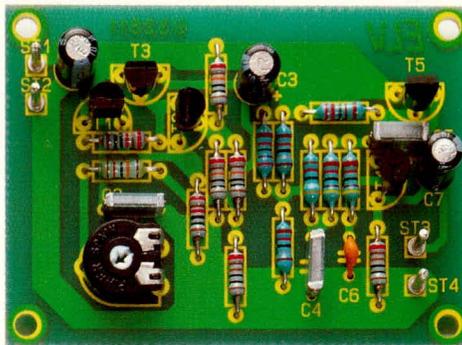
Der Aufbau dieser kleinen und dennoch recht interessanten Schaltung ist denkbar einfach. Die Bauelemente werden anhand des Bestückungsplanes auf die Platine gesetzt und auf der Leiterbahnseite verlötet.

Wir beginnen die Bestückung mit den 4 Lötstiften ST 1 bis ST 4 zum Anschluß der Betriebsspannung und zur Auskopplung des 1 kHz-Sinussignals. Es folgen die 15 Widerstände, der zur Frequenzeinstellung dienende Trimmer R 2 sowie die Kondensatoren C 2, C 4, C 5, C 6.

Nun kommen wir zum Einsetzen der gepolten Bauelemente: die 3 Elkos C 1,

Tabelle 1: Technische Daten des Transistor-Sinus-Generators

Frequenz:	1,000 kHz
Ausgangsspannung (bei 9 V Betriebsspannung)	0 dB $\hat{=}$ $775 \text{ mV}_{\text{eff}} \approx 2,2 V_{\text{SS}}$
Klirrfaktor:	<0,8 %
Betriebsspannung:	8 V - 10 V
Stromaufnahme:	8mA - 10 mA
Temperaturdrift ($\frac{\Delta f}{\Delta T}$):	0,18 $\frac{\text{Hz}}{\text{K}}$
Frequenzstabilität ($\frac{\Delta f}{\Delta U_B}$):	0,19 $\frac{\text{Hz}}{\text{V}}$
Ausgangsspannungsstabilität ($\frac{\Delta U_{\text{out}}}{\Delta U_B}$):	98 $\frac{\text{mV}}{\text{V}}$



Fertig bestückte Platine mit zugehörigem Bestückungsplan des Transistor-Sinus-Generators

C 3 und C 7 und die 5 Transistoren. Bei den Elkos ist die Einbaulage genau zu beachten. Meistens ist der Minusanschluß durch einen entsprechenden Pfeil mit darin eingebrachtem Minuszeichen markiert, wobei auch Elkos im Handel sind, bei denen der positive Anschluß mit einem Pluszeichen versehen ist.

Es folgen die 3 NPN-Transistoren T 1, T 2 und T 4, die ebenfalls polaritätsrichtig gemäß dem Bestückungsplan einzusetzen sind. Den Abschluß bilden die PNP-Transistoren T 3 und T 5.

Im Anschluß an eine abschließende sorgfältige Kontrolle kann die Schaltung mit einer 9 V-Blockbatterie verbunden und die Frequenz auf 1,000 kHz eingestellt werden. Damit ist der Aufbau beendet und Ihr Elektronik-Labor um eine nützliche Schaltung erweitert. **ELV**

Stückliste: Transistor-Sinus-Generator

Widerstände:

1k Ω	R8, R16
2,2k Ω	R15
10k Ω	R1, R4
18k Ω	R 10, R11
27k Ω	R9
39k Ω	R12
47k Ω	R13, R14
100k Ω	R5 - R7
120k Ω	R3
PT10 liegend, 50k Ω	R2

Kondensatoren:

68pF/ker	C6
4,7nF	C2
10nF	C4
120nF	C5
10 μ F/25V	C1, C7
10 μ F/63V	C 3

Halbleiter:

BC548C	T1, T2, T4
BC558C	T3, T5

Sonstiges:

4 Lötstifte 1,3mm