

Präzisions-NF-Generator TG 6

Funktion und Anwendung

In vielen Bereichen der Elektronik und Nachrichtentechnik benötigt man NF-Generatoren, die sinus- und rechteckförmige Signale mit konstanter Frequenz und Amplitude erzeugen. Ein solches Gerät gehört zur Grundausstattung von Entwicklungslabors, Prüffeldern und Servicewerkstätten.

Der Präzisions-NF-Generator TG 6 (Bild 1) liefert im Frequenzbereich zwischen 1 Hz und 1 MHz (sechs dekadisch abgestufte Teilbereiche) eine sinusförmige Wechselspannung mit sehr kleinem Klirrfaktor und großer Amplitudenkonstanz. Der typische Verlauf des Klirrfaktors über den gesamten Frequenzbereich ist in Bild 2 dargestellt.

Weiterhin kann im gleichen Frequenzbereich ein Rechtecksignal mit kleiner Anstiegszeit ($t_r \leq 50 \text{ ns}$) dem Gerät entnommen werden.

Die Ausgangsspannung kann an einem eingebauten analogen Meßinstrument abgelesen werden.

Ein separater TTL-Ausgang sowie ein digitaler Frequenzmesser, der zum Ablesen der eingestellten Generatorfrequenz und zum Messen externer Frequenzen dient, vervollständigen den Präzisions-NF-Generator TG 6.

Das Gerät eignet sich als Signalquelle für Messungen an Verstärkern, für Pegel-, Dämpfungs- und Frequenzgangmessungen an Übertragungseinrichtungen sowie zur Speisung von Wechselspannungs-Meßbrücken und zur Fremdmodulation von Prüfendern.



Bild 1 Vorderansicht TG 6 (siehe auch Titelbild)

Das Rechtecksignal ermöglicht das rasche Überprüfen der Übertragungseigenschaften von Verstärkern.

Funktion

Die nachfolgende Funktionsbeschreibung bezieht sich auf das in Bild 3 gezeigte Blockschaltbild.

1 Sinus-Oszillator

Die frequenzbestimmende Einheit des Generators ist das Wien-Netz-

werk. Es liegt im Rückkopplungsweg des Oszillator-Verstärkers.

Zur Amplitudenstabilisierung wird als Regel- und Stellglied ein FET benötigt. Hierzu wird die Ausgangsspannung des Oszillator-Verstärkers gleichgerichtet und von einem Regelverstärker (modifizierter PI-Regler) nach einem Sollwertvergleich aufintegriert. Die Ausgangsgleichspannung des Regelverstärkers steuert den Widerstand der Drain-Source-Strecke des linearisierten FET.

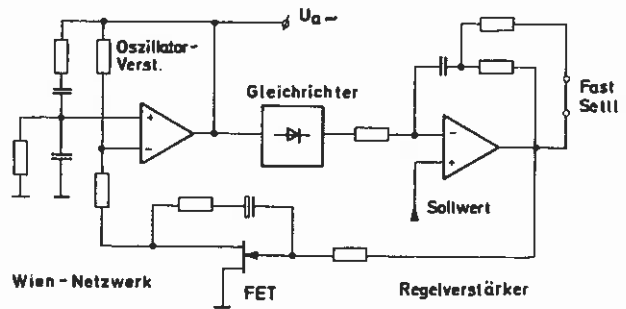


Bild 4 Prinzipschaltung Sinus-Oszillator

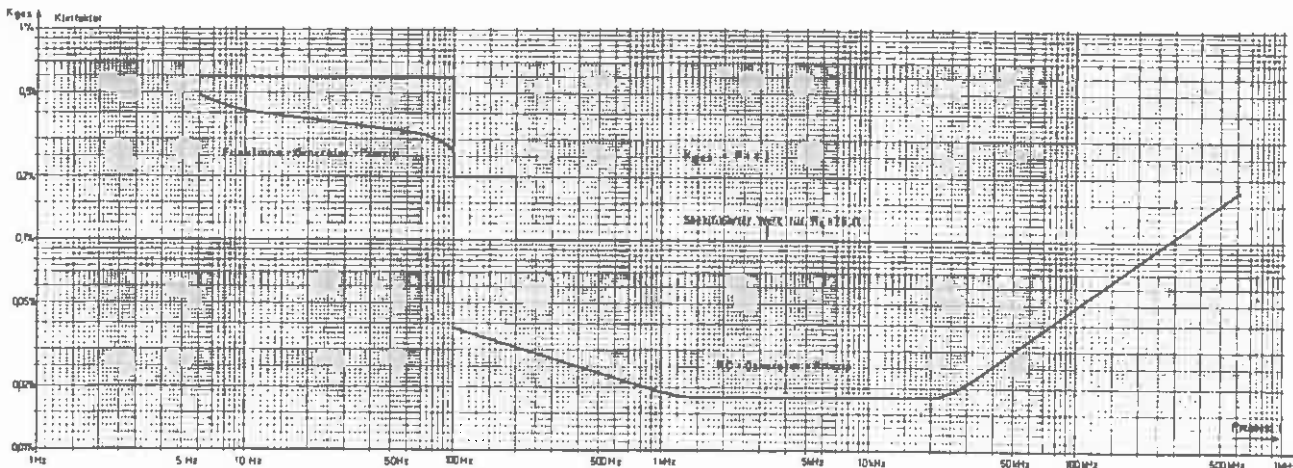
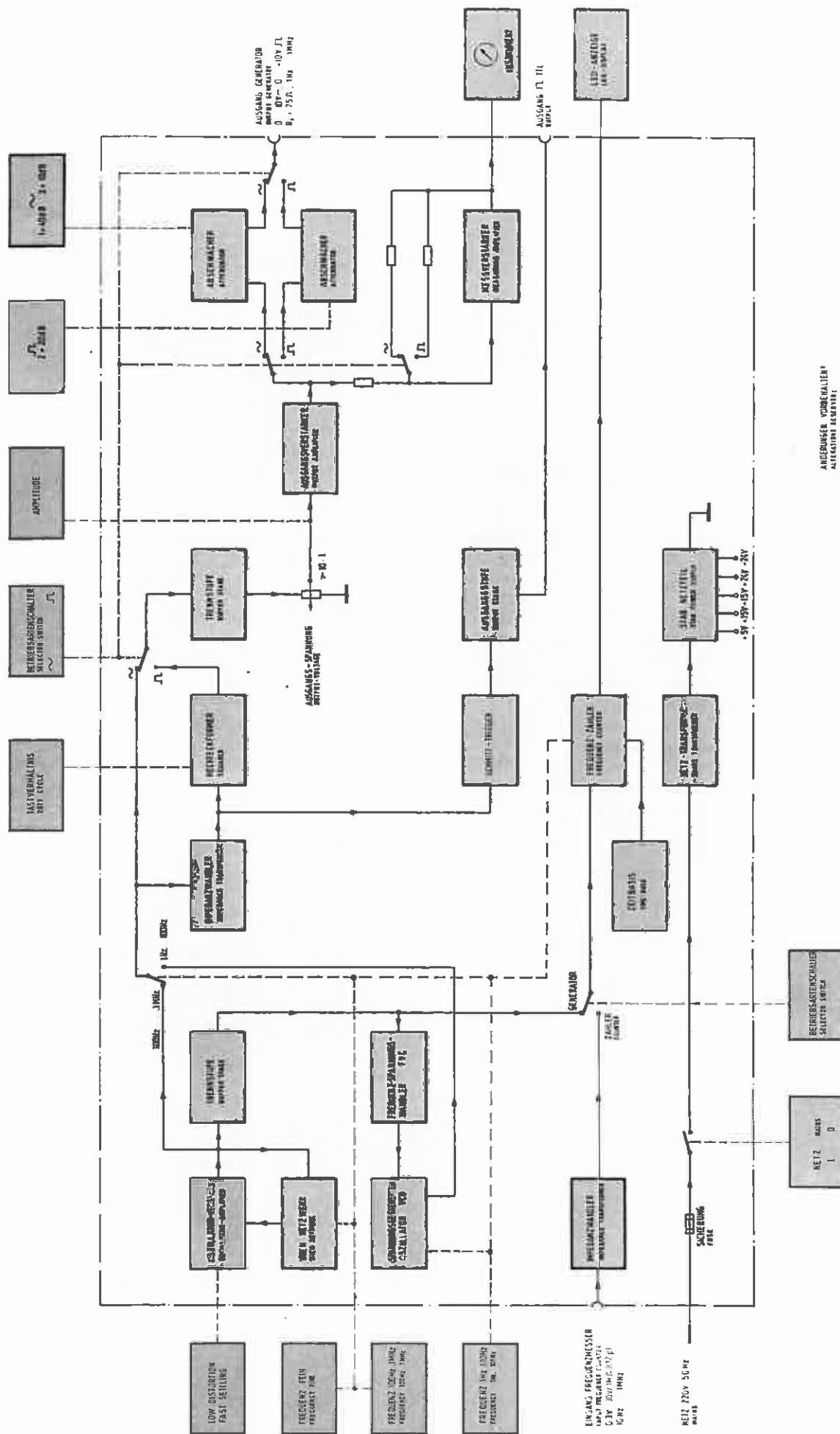


Bild 2 Typischer Verlauf des Klirrfaktors bei max. Ausgangsspannung



ÄNDERUNGEN VORBEHALTEN
ALTERATIONS REMARQUE

Bild 3 Blockschaltplan des Präzisions-NF-Generators TG6

Dieser Oszillator erzeugt eine frequenz- und amplitudenstabile Sinusspannung mit sehr kleinen Verzerrungen. In Stellung „Fast Settling“ wird eine kurze Einschwingzeit der Amplitude bei niedrigen Frequenzen erreicht.

Nach diesem beschriebenen Prinzip werden nur die Frequenzen 100 Hz bis 1 MHz erzeugt. Die Frequenzen 1 Hz bis 100 Hz werden nach einem modifizierten Funktionsgeneratorprinzip erzeugt (Bild 5).

Hierzu wird zunächst die Ausgangsspannung des Oszillator-Verstärkers im Frequenzbereich 100 Hz bis 1 kHz einer Trennstufe zugeführt. Diese Trennstufe steuert einen Frequenz-Spannungswandler an, der eine der Frequenz der Eingangsspannung proportionale Ausgangsgleichspannung erzeugt. Mit dieser Gleichspannung wird die Frequenz eines spannungsgesteuerten Oszillators (VCO) eingestellt (1 Hz bis 10 Hz bzw. 10 Hz bis 100 Hz), der ein dreieckförmiges Signal liefert. Dieses Signal wird dann in einem Funktionsnetzwerk in eine sinusförmige Wechselspannung mit geringem Klirrfaktor umgewandelt.

Durch diese Schaltungsauslegung wird eine bessere Einstellbarkeit der Frequenz bei tiefen Frequenzen erreicht, da in den Bereichen 1 Hz bis 10 Hz und 10 Hz bis 100 Hz mit einer subjektiven Frequenzeinstellung wie im Bereich 100 Hz bis 1 kHz gearbeitet werden kann. Gleichzeitig verbessert sich das Einschwingen in den unteren Frequenzbereichen.

2. Rechteckformer

Die Ausgangsspannung des Oszillator-Verstärkers gelangt über einen Impedanzwandler zum Rechteckformer. Dieser besteht aus einem Summier-Verstärker und einem Schmitt-Trigger.

Die als Schmitt-Trigger bekannte Schaltung dient dazu, bei Eingangssignalen beliebiger Form eine Rechteckspannung am Ausgang zu erzeugen. Dabei bleibt die Frequenz der Eingangssignale unverändert. Der Trigger ändert seinen Schaltzustand, er kippt, wenn die angelegte Spannung einen bestimmten Wert über- bzw. unterschreitet.

Durch eine Potentialverschiebung am Summationspunkt des Summier-Verstärkers werden der Triggereinsatzpunkt und damit das Tastverhältnis des Rechtecksignals eingestellt.

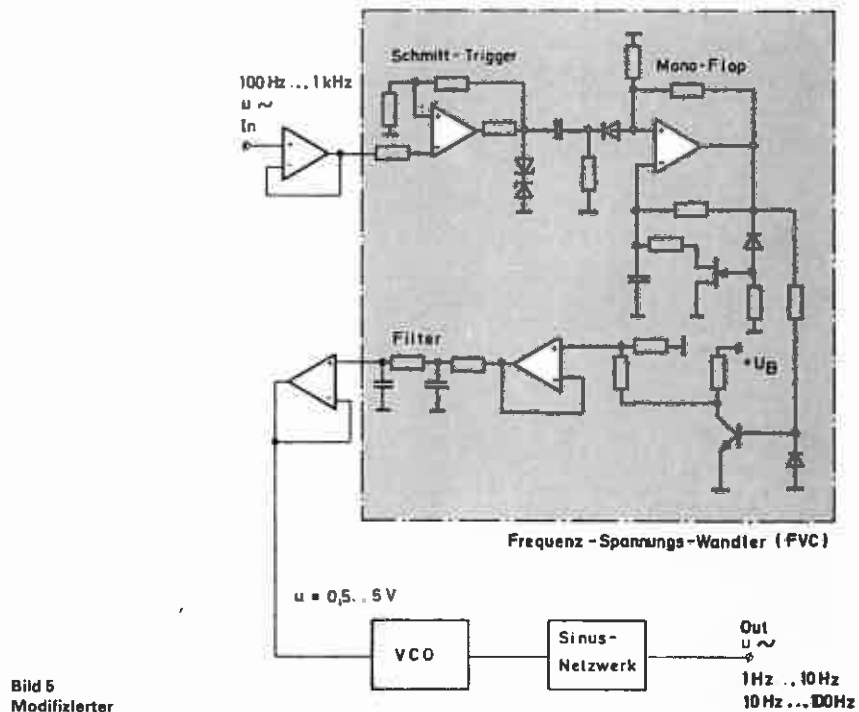


Bild 5
Modifizierter
Funktions-Generator

Damit bei Sinus-Betrieb am Sinus-signal keine unerwünschten Störspitzen durch die schnellen Umschaltflanken des Rechtecksignals auftreten können, wird bei dieser Betriebsart der Summationspunkt des Summier-Verstärkers so weit verschoben, daß der Triggereinsatzpunkt nicht erreicht werden kann. Das Rechtecksignal ist somit ausgeschaltet.

3. Trennstufe und Ausgangsverstärker

Die nachfolgende Trennstufe dient zur Impedanzwandlung. Der gleichspannungsgekoppelte Differenz-Verstärker zeichnet sich durch eine sehr geringe Drift, geringes Eigenrauschen, kleinen Klirrfaktor und große Bandbreite aus.

Am Ausgang der Trennstufe befindet sich der Amplitudenregler (Abschwächung $\geq 10 : 1$), mit dem eine kontinuierliche Ausgangsspannung eingestellt werden kann.

Der Ausgangsverstärker besteht aus einem Operationsverstärker und ei-

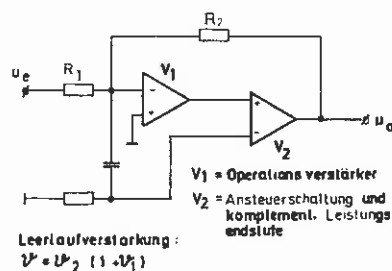


Bild 6 Prinzipschaltung Leistungsstufe

ner sich anschließenden Leistungs- endstufe (Prinzipschaltung Bild 6).

Durch diese Schaltungsanordnung ergibt sich ein Leistungsverstärker, der die sehr guten Eingangsdaten des verwendeten Operationsverstärkers besitzt.

Bei hohen Frequenzen umgeht man den Operationsverstärker und gibt das Eingangssignal direkt auf die Leistungsendstufe.

Damit auch bei hohen Frequenzen eine ausreichende Schleifenverstärkung besteht, muß die Ansteuer-schaltung der Endstufe in diesem Frequenzbereich noch eine genügend große Spannungsverstärkung besitzen.

Durch diese Anordnung läßt sich also die gute Bandbreite der Endstufe mit der guten Nullpunktstabilität des Operationsverstärkers kombinieren.

4. Ausgangsabschwächer

Für die beiden Signalformen Sinus und Rechteck wurden zwei getrennte Abschwächer eingesetzt.

Der Abschwächer für das Rechteck-signal teilt die Ausgangsspannung in 3 Schritten von $U_{Ass} = 10 \text{ V}$ auf $U_{Aeff} = 100 \text{ mV}$ herunter.

Der Abschwächer für das Sinus-signal teilt die Ausgangsspannung in 8 Schritten von $U_{Aeff} = 10 \text{ V}$ auf $U_{Aeff} = 3 \text{ mV}$ herunter.

Der Ausgangswiderstand ist in allen Abschwächerstellungen konstant. Er beträgt 75Ω .

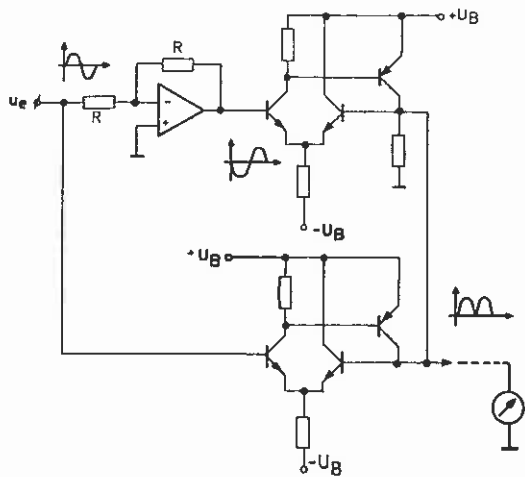


Bild 7
Prinzipschaltung
Meßverstärker

5. Ausgangsspannungsanzeige

Die Ausgangsspannung des Endverstärkers wird vor dem Abschwächer abgegriffen und dem Meßverstärker zugeführt (Bild 7).

Diese Spannung gelangt dort einmal direkt und einmal um 180° phasenversetzt auf zwei Verstärker, die nur die positiven Halbwellen verstärken und auf einen gemeinsamen Lastwiderstand arbeiten.

Durch die um 180° gegeneinander phasenverschobenen Eingangsspannungen der beiden Verstärker wirkt die ganze Schaltung als Absolutwertverstärker oder Zweiweggleichrichter.

Da es sich hier um eine idealisierte Gleichrichtung handelt, ist die Anzeige des angeschlossenen Meßinstrumentes linear.

Das Meßinstrument zeigt für Rechtecksignale den Spitzenwert und für Sinussignale den Effektivwert an.

6. TTL-Ausgang

Das vom Oszillator gelieferte Sinussignal wird von einem Schmitt-Trigger in ein Rechtecksignal mit einem Tastverhältnis von 2 : 1 umgewandelt. Dieses Rechtecksignal steuert eine Endstufe an, die so ausgelegt ist, daß ein TTL-kompatibles Rechtecksignal an der Ausgangsbuchse Ω -TTL ansteht. Die Ausgangsbelastbarkeit (Fan-Out) dieser Stufe ist 10.

7. Frequenzzähler (intern)

Bei Generatorbetrieb des Präzisions-NF-Generators TG 6 mißt der eingebaute Frequenzzähler die Oszillatorfrequenz.

Kernstück des Frequenzzählers ist ein 4-Digit-Zähler mit 7-Segment-Multiplex-Ausgang in C-MOS-Technik. Die Steuerlogik für den Zähler ist

ebenfalls in C-MOS-Technik ausgeführt.

Als Zeitbasis dient ein Quarzoszillator, dessen Quarz auf 3,2768 MHz schwingt. Nach einer $2^{16} : 1$ -Teilung in einem integrierten Teiler steht an dessen Ausgang ein 50-Hz-Rechteckimpuls. Durch weitere Teilung erhält man die Meßzeiten für den Zähler. Diese betragen für Frequenzen bis 10 kHz 1 Sekunde, für Frequenzen von 10 kHz bis 1 MHz 0,1 Sekunde, wobei im Bereich 100 kHz bis 1 MHz die Eingangsfrequenz zunächst einen Teiler 10 : 1 durchläuft, bevor sie auf den Zähler gelangt.

Um Meßfehler bei Überschreitung der maximal anzeigbaren Frequenzen zu vermeiden, ist eine Überlaufanzeige vorgesehen.

Meßbereiche, Komma Stellen und die Meßzeiten des Zählers werden durch das Tastenaggregat mit Gleichspannung gesteuert.

8. Frequenzzähler (extern)

Soll eine externe Frequenz gemessen werden, so muß die Taste „FREQU. COUNT“ betätigt werden. Hierbei gelangt das an der Eingangsbuchse für den Frequenzzähler anliegende Signal über einen Impedanzwandler mit Eingangsschutzschaltung auf den Frequenzzähler. Die Eingangsimpedanz des Impedanzwandlers beträgt $1 \text{ M}\Omega // 12 \text{ pF}$. Der Meßbereich des Frequenzzählers ist 10 Hz bis 1 MHz.

9. Netzteil

Die zum Betrieb des Präzisions-NF-Generators benötigten Spannungen werden im Netzteil erzeugt und sind stabilisiert (Festspannungs-ICs).

Der Netztransformator ist für eine Spannung von $220 \text{ V} \pm 10 \%$ ausgelegt.

Mechanischer Aufbau

Der TG 6 zeichnet sich durch einen sehr übersichtlichen mechanischen Aufbau aus. Der Aufbau basiert auf dem Modulkonzept (Bild 8).

Ein großer Teil der elektronischen Schaltung befindet sich auf einer horizontal liegenden Leiterplatte. Auf diese Grundplatte werden dann die einzelnen Module entweder direkt oder über eine flexible Steckverbindung aufgesteckt.

Die Module sind leicht austauschbar.

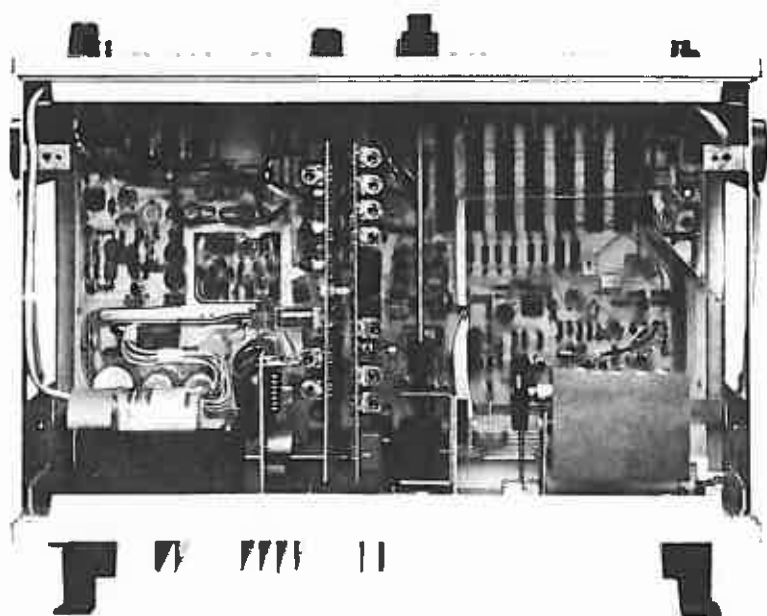


Bild 8 Mechanischer Aufbau

Anwendungen

Aus der großen Anzahl der verschiedenartigsten Anwendungsmöglichkeiten des Präzisions-NF-Generators TG 6 sind nachstehend einige Beispiele herausgegriffen und erläutert.

1. Prüfung digitaler Schaltkreise

Speziell für die Prüfung digitaler Schaltkreise bzw. Baugruppen wurde der TTL-Ausgang geschaffen. Mit diesem Ausgang ist es möglich, TTL-Schaltkreise direkt anzusteuern (Bild 9).

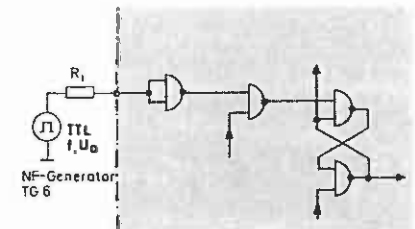


Bild 9 Ansteuerung eines digitalen Schaltkreises

Für bestimmte Versuche kann das TTL-Ausgangssignal auch als Zeitbasis von Zählern verschiedenster Art benutzt werden. Hier bringt die hohe Genauigkeit der Frequenzanzeige (bedingt durch die Quarzzeitbasis) dem Anwender große Vorteile.

Durch die kurze Anstiegszeit des Rechtecksignals ($t_r \leq 50 \text{ ns}$) des Hauptausganges und die variable Amplitude kann weiterhin die Ansprechschwelle von logischen Schaltkreisen getestet werden.

2. Aufnahme einer Z-Dioden-Kennlinie

Bild 10 zeigt die Schaltung zur Aufnahme einer Z-Dioden-Kennlinie und Bild 11 die Kennlinie. Als Oszilloskop kann hier z. B. der GO 40 Z (im X/Y-Betrieb) eingesetzt werden.

3. Frequenzmessung

Durch den eingebauten Frequenzmesser lassen sich Frequenzen im Bereich 10 Hz bis 1 MHz mit dem Prä-

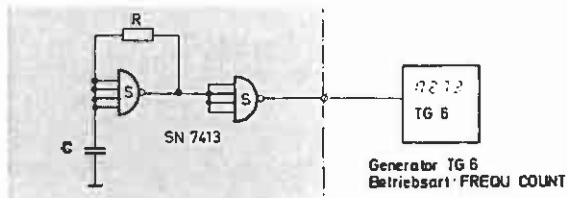
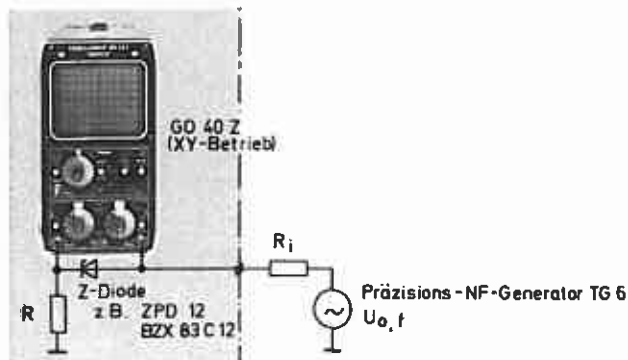


Bild 12 Meßaufbau für eine Frequenzmessung

Bild 13 Meßaufbau zur Ermittlung des Nennbelastungs-scheinwiderstandes

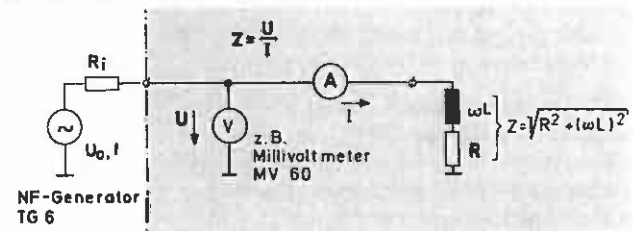
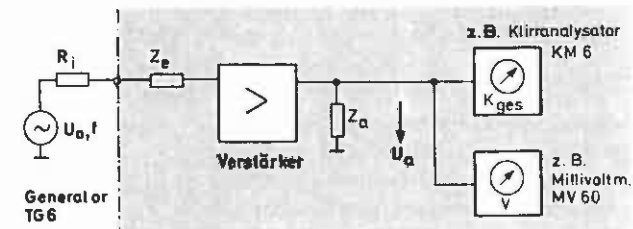


Bild 14 Meßaufbau zur Bestimmung der Nennausgangsleistung



zisions-NF-Generator TG 6 messen. Bild 12 zeigt ein Meßbeispiel.

4. Ermittlung des Nennbelastungs-scheinwiderstandes eines Verstärkers

Der Nennbelastungs-scheinwiderstand eines Verstärkers wird in Ohm angegeben. Diesen Ohmwert müssen alle Impedanzen angeschlossener Lautsprecherkombinationen aufweisen. Der Widerstand setzt sich meist zusammen aus einer geometrischen Addition von Wirk- und Blindwiderständen, wobei der Anteil des Blindwiderstandes induktiven bzw. kapazitiven Charakter haben kann.

$$Z = \sqrt{R_L^2 + (\omega L)^2}$$

$$\text{bzw. } Z = \sqrt{R_L^2 + \frac{1}{(\omega C)^2}}$$

Die Meßmethode ist folgende:

Der zu messende Scheinwiderstand wird über ein Strommeßgerät an den NF-Generator TG 6 angeschlossen. Am Generator wird die Frequenz eingestellt, bei der die Impedanz Z er-

mittelt werden soll (z. B. 10 kHz). Nach dem Ohmschen Gesetz ergibt sich dann aus Ausgangsspannung und Ausgangsstrom des Generators die Impedanz.

5. Ermittlung der Nennausgangsleistung eines Verstärkers

Die Nennausgangsleistung (Sinusleistung) eines Verstärkers ergibt sich aus der Nennausgangsspannung und dem Nennbelastungs-scheinwiderstand eines voll ausgesteuerten Verstärkers bei einer Frequenz von 1 kHz. Daraus resultiert ein bestimmter Klirrfaktor, der nach DIN 45 500 für Vollverstärker $k_{ges} \leq 1\%$ sein muß.

Die Meßschaltung ist in Bild 14 dargestellt.

Durch den Präzisions-NF-Generator TG 6 wird der Verstärker so weit angesteuert, bis an seinem Nennbelastungs-scheinwiderstand $Z = R_g$ der angegebene Klirrfaktor $K_{ges} = 1\%$ er-

Bild 10 Meßschaltung

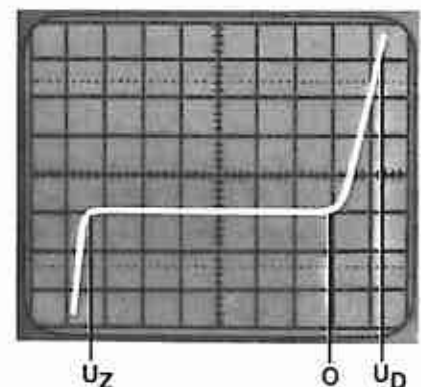


Bild 11 Kennlinie der Z-Diode

reicht wird. Aus der Ausgangsspannung U_a und dem Widerstand $Z = R_a$ kann die Leistung errechnet werden.

$$P_a = \frac{U_a^2}{R_a}$$

6. Ermittlung der Leistungsbandbreite eines Verstärkers

Mit Leistungsbandbreite (Power-Bandwidth) bezeichnet man den Frequenzbereich, bei dem bei gegebenem Klirrfaktor die halbe Nennausgangsleistung erreicht wird.

Als Meßschaltung kann Bild 14 verwendet werden.

Die Meßmethode ist folgende:

Mit dem NF-Generator TG 6 wird der Verstärker bei 1 kHz auf Nennausgangsleistung ausgesteuert. Anschließend verändert man die Generatorfrequenz nach tiefen und hohen Frequenzen, bis bei angegebenem Klirrfaktor die halbe Nennausgangsleistung erreicht wird.

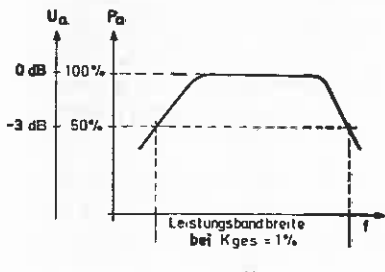


Bild 15 Diagramm der Leistungsbandbreite

7. Ermittlung der Unterschiede der Übertragungsmaße der Kanäle bei Stereo-Verstärkern

Bei Stereo-Verstärkern dürfen die beiden Kanäle, in einem bestimmten Frequenzbereich, ein bestimmtes Maß voneinander abweichen. Nach DIN 45 500 muß diese Abweichung ≤ 3 dB sein.

Die Meßschaltung ist in Bild 16 dargestellt.

Die beiden Kanäle des Verstärkers (mit den Nennbelastungsscheinwiderständen Z_A abgeschlossen) werden mit dem gleichen Signal vom NF-Präzisions-Generator TG 6 angesteuert. Die sich ergebende Differenz der beiden Ausgangsspannungen wird in dB abgelesen.

8. Meßverfahren an Transistoren und Dioden

In diesem Abschnitt werden Schaltungsmöglichkeiten gezeigt, in denen der NF-Präzisions-Generator TG 6 vorteilhaft eingesetzt werden kann.

Bild 16 Meßschaltung zur Ermittlung der Unterschiede der Übertragungsmaße

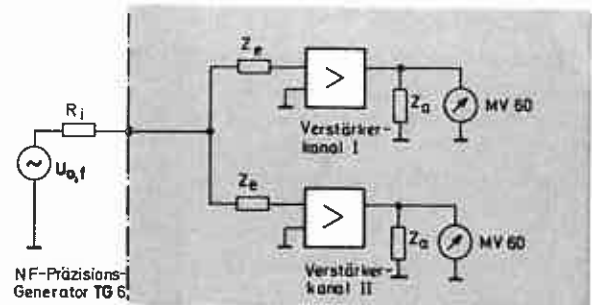


Bild 17 Messung des Kurzschluß-Eingangswiderstandes in Emitterschaltung (DIN 41 792)

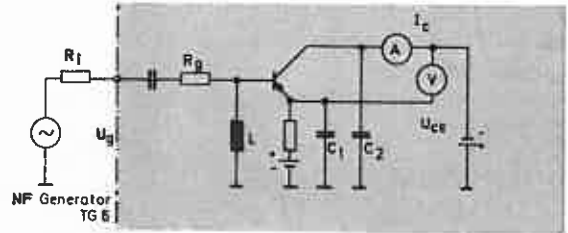


Bild 18 Messung des Spannungsrichtverhältnisses einer Diode (DIN 41 792)

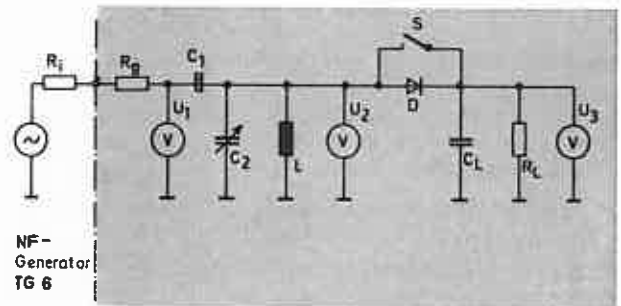


Bild 17 zeigt eine Meßschaltung zur Ermittlung des Kurzschluß-Eingangswiderstandes eines Transistors in Emitterschaltung.

Der Kurzschluß-Eingangswiderstand ist:

$$h_{11e} \approx R_g \cdot \frac{U_{be}}{U_g}$$

Bild 18 zeigt eine Meßschaltung zur Ermittlung des Spannungsrichtverhältnisses einer Diode.

Das Spannungsrichtverhältnis ist:

$$\eta_v = \frac{U_3}{\sqrt{2} U_{2eff}}$$

9. Prüfung von Verstärkern mit Rechteckspannung

Das Rechtecksignal eignet sich sehr gut zur raschen Prüfung von Verstärkern hinsichtlich ihrer Übertragungseigenschaften, da es durch seine steilen Flanken ein breites Frequenzspektrum enthält. Zur Spannungsanzeige ist ein Oszilloskop erforderlich, dessen Bandbreite sowie Phasen- und Amplituden-Linearität besser als die des Meßobjektes sein sollte.

Vor Beginn einer Messung ist die Rechteckspannung dem Oszilloskop direkt zuzuführen, um die spätere Veränderung des Signales durch den Verstärker möglichst genau beurteilen zu können. Besser ist es, das Prüfsignal auf einem Kanal eines

Zweikanal-Oszilloskops ständig abzubilden und das Verstärker-Ausgangssignal auf den zweiten Kanal zu geben.

In den Bildern 19, 20, 21 und 22 ist in der oberen Bildhälfte jeweils das Ausgangssignal des NF-Präzisions-Generators TG 6 abgebildet und in der unteren Bildhälfte die Ausgangsspannung des Prüflings.

Wird eine Rechteckspannung ohne große sichtbare Verformung am Ausgang einer Verstärkerschaltung wiedergegeben (siehe Bild 19), so darf man annehmen, daß dieses zu messende Netzwerk keine nennenswerten Amplituden- und Phasenfehler an sinusförmigen Signalen mit Frequenzen bis zum Zehn- oder Fünfzehnfachen der Frequenz der Rechteckspannung bewirkt.

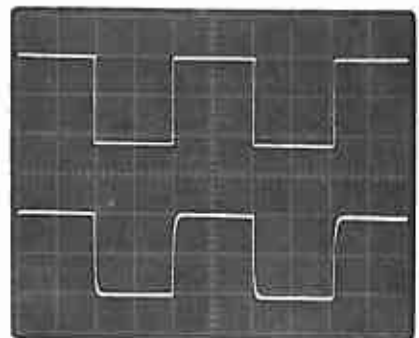


Bild 19

Zeigt die Wiedergabe auf dem Leuchtschirm des Oszilloskops eine

Abweichung an der Ober- und Unterseite, sogenannte Dachschrägen, obgleich die Flanken steil verlaufen, so läßt dieses auf mangelhafte Übertragung niedriger Frequenzen schließen.

Stimmt die Ausgangsspannung z. B. mit der Darstellung in **Bild 20** überein, dann bedeutet das Amplitudenabfall und Phasenfehler für die Grundwelle der eingestellten Rechteckspannung sowie für ihre niedrigen Harmonischen. Eine Ausgangsspannung entsprechend **Bild 21** deutet in verstärktem Maße auf die Mängel gemäß **Bild 20** hin. Die Dachschrägen werden hauptsächlich durch die Kopplungs- und Entkopplungskondensatoren im zu messenden Verstärker herbeigeführt.

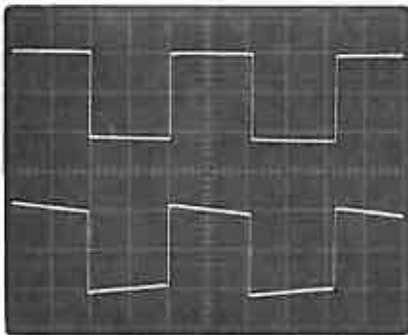


Bild 20

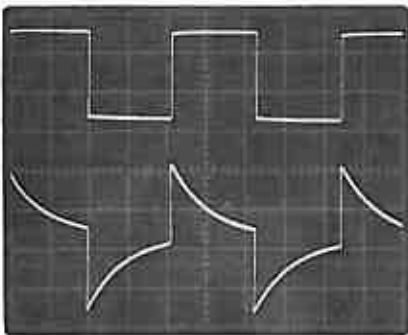


Bild 21

Werden die Flanken der Rechteckspannung verformt wiedergegeben, während die Dächer normal erscheinen, so ist ein Mangel in bezug auf die hohen Frequenzen vorhanden.

Erscheint am Ausgang der zu messenden Schaltung z. B. ein Spannungsverlauf gemäß **Bild 22**, so besteht eine Abnahme der Spannungsverstärkung für die höheren Harmonischen der eingestellten Rechteckspannung, wobei für diese Komponenten auch noch Phasenfehler auftreten. Die Verformung der Flanken wird hauptsächlich durch die Eingangs- und Ausgangskapazitäten der verwendeten Transistoren sowie durch parasitäre Kapazitäten verursacht.

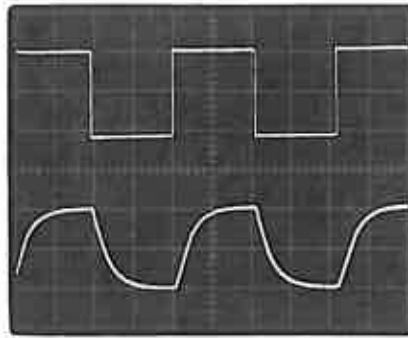


Bild 22

Schlußbetrachtung

Die hier vorgestellten Anwendungsmöglichkeiten könnten beliebig fortgesetzt werden, da die Einsatzmöglichkeiten des NF-Präzisions-Generators TG 6 noch wesentlich vielfältiger sind (siehe auch GRUNDIG Technische Informationen Heft 5/77; RC-Generator TG 41).

Technische Daten

Sinus-Generator

Frequenzbereich:

1 Hz ... 1 MHz in 6 dekadischen Teilbereichen

Meßunsicherheit der Frequenzanzeige:

$\pm 2 \cdot 10^{-5}$ im Bereich
100 Hz ... 1 MHz
(10°C ... 30°C) ± 1 Digit
Zusatzfehler $\pm 1\%$ im Bereich
1 Hz ... 100 Hz

Ausgangsspannung:

$U_{eff} \leq 0,3 \text{ mV} \dots \geq 10 \text{ V}$
Grobteiler: acht 10-dB-Schritte
Feineinsteller: > 10:1 kontinuierlich
Fehler der Teilung: $\leq \pm 2\%$
Änderung der Ausgangsspannung in Abhängigkeit der Frequenz ($U_A \geq 30 \text{ mV}$) 10 Hz ... 100 kHz: $\leq \pm 0,5\%$ bezogen auf 1 kHz
Temperaturkoeffizient: $\leq 0,8\%/10 \text{ K}$

Klirrfaktor:

Stellung Low Distortion:
200 Hz ... 30 kHz
 $\leq 0,1\%$, typ 0,02 %
Stellung Fast Settling:
100 Hz ... 600 kHz $\leq 1\%$

Ausgangsimpedanz:

75 Ω , kurzschlußsicher

Rechteck-Generator

Frequenzbereich:

siehe Sinus-Generator

Frequenzgenauigkeit der Anzeige:

siehe Sinus-Generator

Ausgangsspannung:

$U_{ss} \leq 10 \text{ mV} \dots \geq 10 \text{ V}$
Grobteiler: drei 20-dB-Schritte
Feineinsteller: > 10:1 kontinuierlich
Fehler der Teilung: $\leq \pm 3\%$
Änderung der Ausgangsspannung in Abhängigkeit von der Frequenz ($U_A \geq 100 \text{ mV}$) 10 Hz ... 100 kHz: $\leq \pm 1,5\%$
Temperaturkoeffizient: $\leq 2\%/10 \text{ K}$
Anstiegszeit: $\leq 50 \text{ ns}$
Überschwingen: $\leq 5\%$ bei
 $U_A \geq 100 \text{ mV}$

Ausgangsimpedanz:

75 Ω , kurzschlußsicher

TTL-Ausgang:

H-Pegel: $4,5 \text{ V} \pm 0,7 \text{ V}$,
L-Pegel: $< 0,35 \text{ V}$
FANOUT: 10 TTL-Eingänge

Frequenzmesser

Frequenzbereich:

10 Hz ... 1 MHz,
4stellige LED-Anzeige

Meßfehler:

$\pm 2 \cdot 10^{-5}$, ± 1 Digit,
(10°C ... 30°C)

Eingangsspannung:

$\geq 0,3 \text{ V} \dots 30 \text{ V}$

Eingangsimpedanz:

1 M Ω // 12 pF

Arbeitstemperaturbereich:

5°C ... 40°C, Referenzwert 23°C

Stromversorgung:

Netzanschluß 220 V, 50 ... 60 Hz, im Werk umrüstbar auf 110 V $\pm 10\%$
Leistungsaufnahme $\leq 30 \text{ W}$
Schutzklasse II nach VDE 0411

Abmessungen:

B 348 mm, H 155 mm, T 222 mm

Gewicht:

ca. 5 kg

Änderungen vorbehalten