

Einfacher Funktionsgenerator mit Vierfach-OPV B 084

Dipl.-Phys. U. HEFTLER

Der hier vorgestellte Funktionsgenerator stellt einen Kompromiß zwischen Aufwand und erreichten technischen Parametern dar. Durch Nutzung des B 084 war ein sehr kleiner Aufbau möglich. Da der Ruhestrom dieser OV nur etwa 20 mA beträgt, konnte das Netzteil sehr einfach gehalten werden. Das Schaltungskonzept greift auf Bewährtes, wie etwa in [1], [2], [3] zurück.

Schaltungsbeschreibung

Der eigentliche Generator besteht aus OV A1 (Integrator) und dem OV A2 (Komperator). Solange A2 eine positive Spannung führt, fließt ein von R1, R2 und der Plusspan-

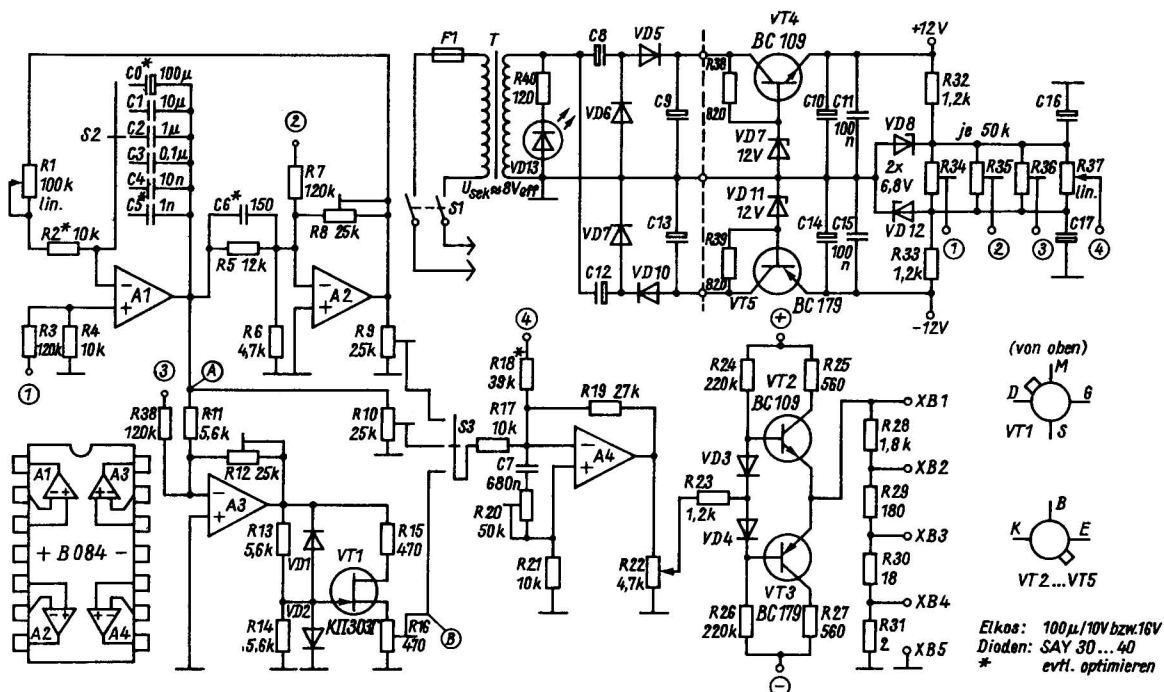
nung abhängiger konstanter Strom in den invertierenden Eingang von A1 (Summationspunkt). Ein ebenfalls durch C1, aber entgegengesetzt fließender Strom, sichert die virtuelle Masse am Summationspunkt (d.h. zeitlineares Absinken der Spannung am Ausgang von A1). Sobald diese Spannung die negative Komperatorschwelle von A2 erreicht, schaltet dieser an seinem Ausgang auf negative Spannung um, und die obigen Vorgänge wiederholen sich mit entgegengesetztem Vorzeichen. Es entsteht eine symmetrische Dreieck- und Rechteckspannung.

Der störende Offset von A1, A2 kann mit R34 (Dreiecksymmetrie) und durch R35 (Massesymmetrie der Dreiecksspannung) ausgeglichen werden.

Bei höheren Frequenzen machen sich zunehmende Umschaltzeiten beim Komperator A2 bemerkbar, dessen Auswirkungen (d. h. Frequenzverschiebung nach unten und Amplitudenvergrößerung) durch R5, R6, C6 etwas gemildert werden (prinzipiell durch stromgesteuerten Spannungsverstärker mit hohem Ausgangswiderstand [4] oder A 110 vermeidbar).

Durch die Kennlinie des S-FET КП 303 Г (VT1) wird aus dem Dreieck ein Sinussignal geformt. Durch R12 wird die Sinusform optimiert, durch R36 die Massesymmetrie (Offsetkompensation von A3) hergestellt. Bedingt durch die Schwellspannung von VT1 arbeitet diese Schaltung erst bei ± 10 V optimal. Der OV A4 ermöglicht ausreichende Verstärkung und die sehr nützliche Offsetverschiebung des Signals um $\pm 2,5$ V (d. h. TTL-Signal realisierbar). Durch die Vorwärtskompensation (C7, R20) läßt sich auf optimale Rechteckform abgleichen. Die Emitterfolger VT2, VT3 entkoppeln schließlich das Signal und realisieren einen niederohmigen Ausgang für den Spannungsteiler. Die Betriebsspannung wird durch eine Zweifach-Spannungsver-

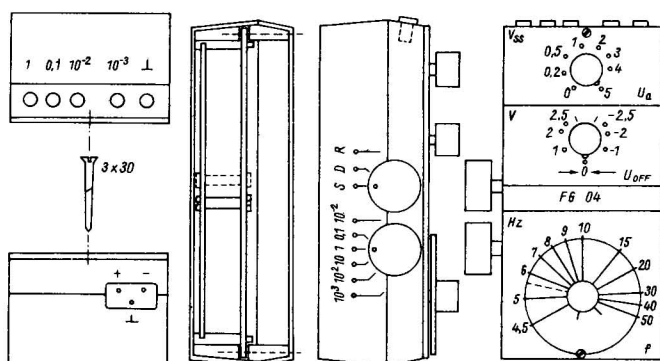
Bild 1: Stromlaufplan des Funktionsgenerators und Stromversorgungsteils



Technische Daten

Ausgangsspannung
($R_a = 250 \Omega$; 1 dB Abfall): $U_a = 5$ V
Offsetverschiebung: $\pm 2,5$ V
Funktionsarten: Rechteck, Dreieck, Sinus (umschaltbar)
Frequenzbereiche:
0,042 ... 0,52 Hz
0,42 ... 5,2 Hz
4,2 ... 52 Hz
42 ... 520 Hz
0,42 ... 5,2 kHz
4,4 ... 51,5 kHz
Sinus-Klirrfaktor: $\leq 3\%$
Flankensteilheit bei Rechteck: ab 10 kHz etwas verschliffen

Bild 2: Aufbausketzen für das Gehäuse des Funktionsgenerators



dopplerschaltung mit anschließender Stabilisierung (VT4, VT5) aus einem einfachen, im Handel oft erhältlichen 8-V-Kleintrafo (z. B. von Mira oder Minett) gewonnen.

Im Hinblick auf Stabilität erfolgte eine nochmalige Stabilisierung der Offsetkompensationsspannungen.

Mechanische Konstruktion

Die vorliegende Schaltung konnte durch Nutzung von zwei Leiterplatten und Miniaturdrehschalter in einem industriellen Gehäuse (Netzteilkasten zum Mehrbereichsantennenverstärker, ungeschirmtes System) der Abmessungen (45 × 65

× 135) mm³ untergebracht werden. Aus Bild 2 sind Konstruktionsdetails ersichtlich. Das Netzteil sollte zwar in einem Stecker realisiert werden (ähnlich den Netzteilen bei Taschenrechnern); da jedoch kein entsprechendes Leergehäuse beschaffbar war, wurde die gleiche Konstruktionstechnologie wie beim Generator verwendet.

Inbetriebnahme

Ein sicherer Abgleich gelingt nur mit einem Oszillografen und einem gut geeichten Generator. In folgender Weise ist beim Abgleich zu verfahren:

- Kontrolle der Betriebsspannungen (± 12 V)
- Anschluß der Schaltung unter Beachtung des Stromes (I_0 etwa 25 mA)
- Abgleich des Dreieck/Rechteck-Generators

– Oszi an Punkt A; Frequenzbereichsschalter auf 10²; R8 so variieren, daß Schaltung anschwingt und am Punkt A eine Dreiecksspannung liegt

– Frequenzabgleich:

R₁ = 100 k Ω ; mit R8 wird auf etwa 5,2 kHz abgeglichen (z. B. mittels Lissajous);

R₁ = 0; Kontrolle, ob eine untere Frequenz von etwa 420 Hz erreicht wird; evtl. R₂ variieren und neu abgleichen; Frequenzbereichsschalter auf 10³; Kontrolle der Frequenzen; wenn die obere Frequenz von etwa 51 kHz nicht einzustellen ist, C₅ verringern (nicht R8 verstellen!); bei der Kontrolle der unteren Frequenzbereiche empfiehlt es sich, um größere Kapazitätstoleranzen auszuschießen, die Kondensatoren C1 bis C5 auszumessen;

– Offsetkompensation:

mittels R34 Dreiecksymmetrie, mit R35 Massesymmetrie der Dreiecksspannung einstellen.

- Abgleich des Sinuskonverters (s. auch [1])

– Voraussetzung: Dreieck-Rechteckgenerator ist abgeglichen; Oszi an Punkt B;

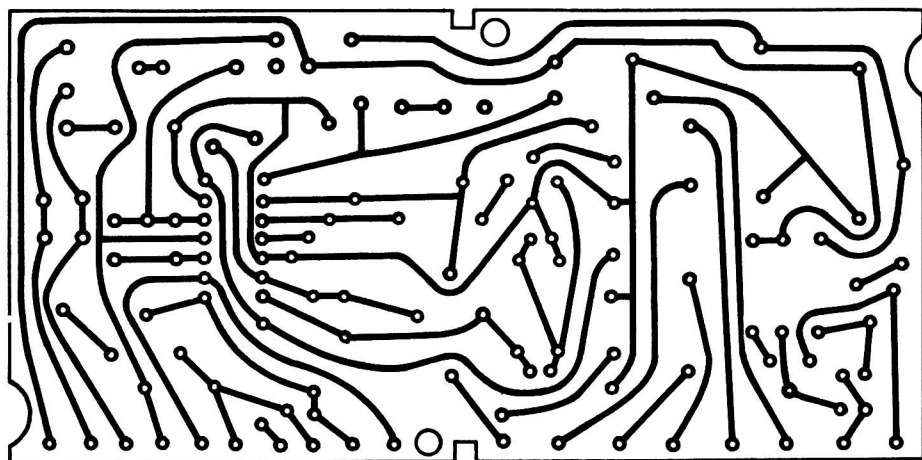


Bild 3: Leitungsführung der Platine für den Funktionsgenerator

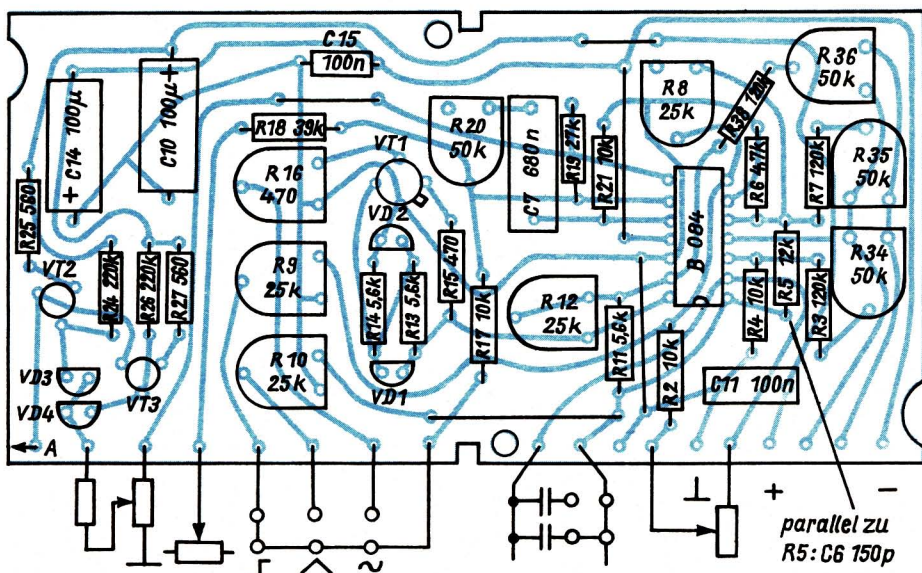


Bild 4: Bestückungsplan für die Leiterplatte nach Bild 3

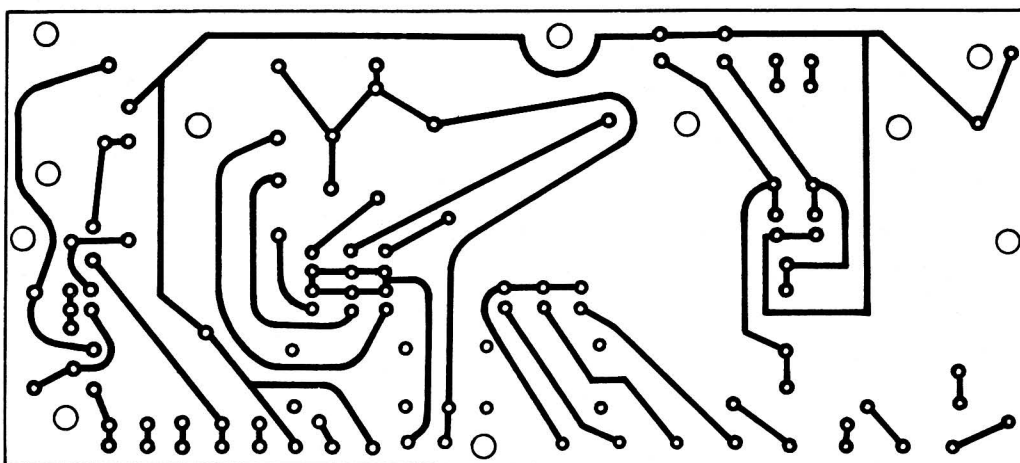
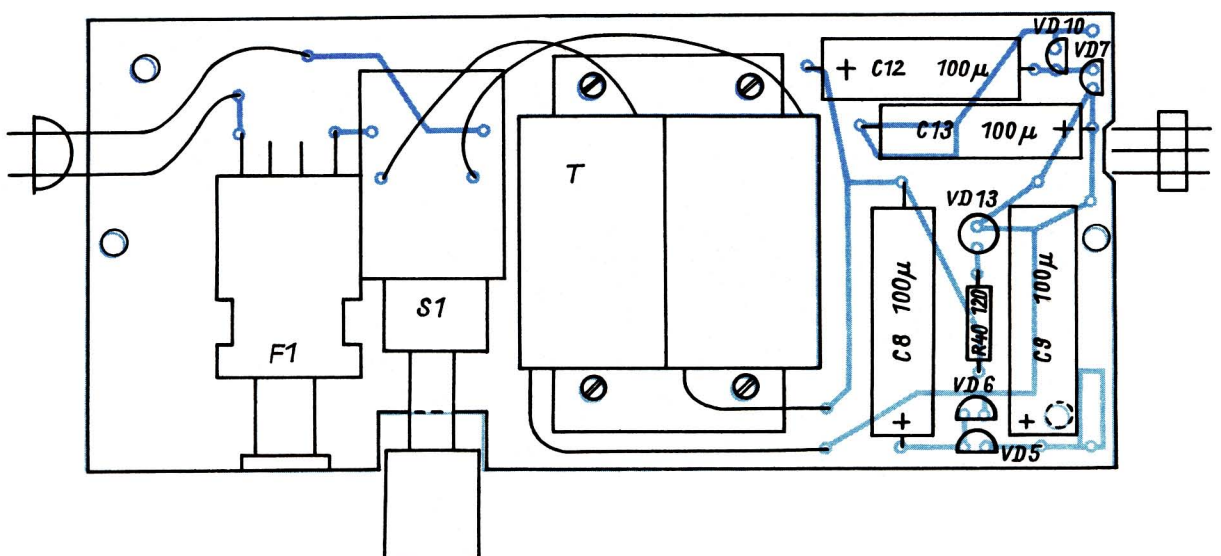


Bild 5: Leitungsführung der Platine für das Netzteil (Regeleinheit)



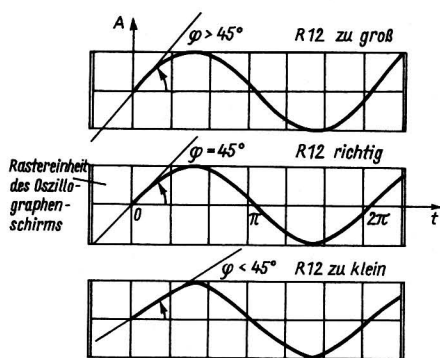
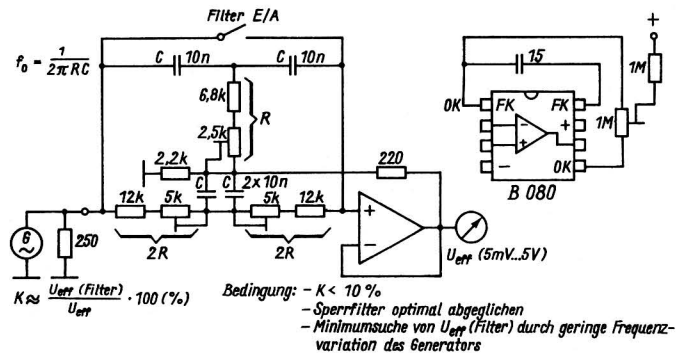


Bild 9: Oszillografenbilder als Hilfsmittel zum Abgleich des Generators

Bild 10: Stromlaufplan des Doppel-T-Sperrfilters aus [6] mit Beschaltung des B 080



– Offsetkompensation:

R12 so variieren, daß noch eine Dreiecksspannung sichtbar ist; erst dann mittels R36 Massesymmetrie der Dreiecksspannung einstellen;

– Sinusoptimierung:

R12 so einstellen, daß auf dem Oszi die in Bild 10 (Mitte) dargestellte Kurve erreicht ist;

● Kontrolle der Offsetverschiebung S3 auf Sinus; Schleifer R16 liegt auf Masse; das Potential an Buchse XB1 muß sich durch R37 auf $\pm 2,5$ V verstellen lassen; evtl. R18 variieren;

● Abgleich der Ausgangsamplituden

– Offset mittels R37 auf 0; S3 auf entsprechende Funktionsart und mittels entsprechendem Regler (R9, R10, R16) die Spannungen auf $U_{ss} = 5$ V einstellen;

● Optimieren des Rechtecksignals

– R20 bei etwa 5 kHz so optimieren, daß kein Überspringen auftritt; Kontrolle der Ausgangsspannung und des Spannungsteilers.

● Einfachere Sinusoptimierung (indirekte Klirrfaktormessung)

Der Abgleich des Sinuskonverters ist kompliziert.

Da dem Verfasser eine Klirrfaktormessbrücke nicht zur Verfügung stand, wurde, wie nachfolgend beschrieben, der Klirrfaktor abgeschätzt.

Für den Klirrfaktor gilt definitionsgemäß:

$$K_{ges} = \frac{\sqrt{\bar{u}_2 + \bar{u}_3 + \dots}}{\sqrt{\bar{u}_1 + \bar{u}_2 + \bar{u}_3 + \dots}}$$

$\bar{u}_2, \bar{u}_3, \bar{u}_4$ – Effektivwert der 1., 2., 3. Oberwelle;
 $\bar{u}_1$ – Effektivwert der Grundwelle

Nach [5] kann der Nenner dieses Ausdrucks bei K_{ges} kleiner 10 % durch $\bar{u}_1$ ersetzt werden. Den Zähler ermittelt man meßtechnisch so, daß man das Signal über ein Sperrfilter (mit f_0 der Grundwelle) laufen läßt und die verbleibende Spannung mißt (evtl. Verstärkerrauschen abziehen).

In Anlehnung an [6] wurde ein einfaches Doppel-T-Sperrfilter ($f_0 = 1$ kHz) mit dem B 080 gebaut (Bild 10).

Um eine entsprechende Güte mit „üblichen“ Bauelementen zu erzielen, wurden

die Widerstände zum Teil mit Einstellreglern realisiert. Mit einem klirrfarmen Generator (z. B. GF 2; K kleiner als 1 %) erfolgte der wechselseitige Minimumabgleich.

Mit diesem Filter wurde der Klirrfaktor des Eigenbaugenerators bestimmt bzw. er konnte mittels R12 schnell optimiert werden.

Literatur

- [1] Kühne, H.: Einfacher Funktionsgenerator zur Erzeugung von Rechteck-, Sinus- und Dreiecksspannung; Elektronisches Jahrbuch 1980, S. 268, Militärverlag der DDR (VEB) Berlin 1979
- [2] Fischer, H.-J.: Transistor- und Schaltungstechnik; Militärverlag (VEB) Berlin 1979; 1. Auflage, S. 306
- [3] Kühne, H.: Schaltungspraxis für Meßgeräte; Militärverlag der DDR (VEB) Berlin 1984, 1. Auflage, S. 217
- [4] Kühne, H.: Schnelle Triggerschaltungen nach dem Stromschalterprinzip, radio fernsehen elektronik 29 (1980) H. 7, S. 461
- [5] Philippow, E.: Taschenbuch Elektrotechnik; Band 3, Verlag Technik, 1967, S. 1469
- [6] Skribanowitz, G.: 50-Hz-Sperrfilter mit geringem Aufwand, radio fernsehen elektronik 32 (1983), H. 2, S. 96

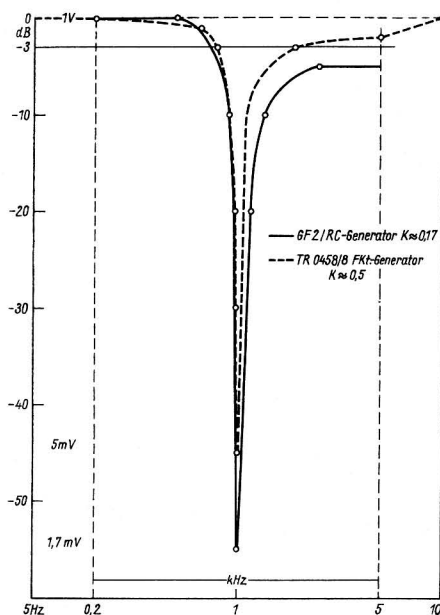


Bild 11: Kurve des Doppel-T-Sperrfilters