Bauanleitung zum NF-Zweitongenerator

FA-LESERSERVICE

Gegenstand dieser Bauanleitung ist ein NF-Zweitongenerator mit geringem Klirrfaktor, der zu Intermodulationsmessungen an Sendern, am Sendeteil von Transceivern sowie nachgeschalteten Endstufen nötig ist.

Einen NF-Zweitongenerator benötigt man für Intermodulationsmessungen an SSB-Sendern [1]. Da bei kommerziellen Geräten keine andere Einspeisemöglichkeit besteht als die Mikrofonbuchse, genügt hierfür ein Generator auf NF-Ebene.

Bild 1: Vollständig aufgebauter NF-Zweitongenerator im Gehäuse

Die Grundschaltung der beiden Generatorzweige ist aus dem Datenblatt des eingesetzten Generatorschaltkreises hinlänglich bekannt. Durch entsprechende Dimensionierung der Bauelemente lassen sich die Generatoreigenschaften gezielt ändern. Die Platine des Bausatzes [2] ist großzügig ausgelegt und bietet somit reichlich Platz für individuelle Experimente mit abweichender Bestückung.

Der NF-Zweitongenerator verfügt über zwei Generatorzweige, die sich durch Stecken der Jumper JP1 (Generator 1) und JP2 (Generator 2) einschalten lassen. Zur Signalisierung, ob eine Versorgungsspannung anliegt, wurde die Leuchtdiode VD1 vorgesehen. Die beiden Generatorzweige werden über ein gemeinsames Potenziometer auf eine Cinch-Buchse geführt. Hier wird der Mikrofoneingang des zu untersuchenden Transceivers angeschlossen.

Zur Stromversorgung des NF-Zweitongenerators ist eine beliebige Gleichspannungsquelle geeignet, die zwischen 11 V und 15 V liefern kann und mit mindestens 60 mA belastbar ist.

Der Bausatz besteht aus einer Platine und sämtlichen benötigten Bauelementen. In der Version BX-086G ist zusätzlich ein bedrucktes und bearbeitetes Gehäuse enthalten. Da ausschließlich bedrahtete Bauelemente sowie eine nur einseitig kupferbeschichtete Leiterplatte zum Einsatz kommen, sind die Anforderungen des Aufbaus auch von Einsteigern gut zu bewältigen.

Für den Aufbau wird folgendes Werkzeug benötigt:

- temperaturgeregelter Lötkolben 60 W bis 80 W mit Bleistiftlötspitze, Lötzinn 0,5 mm bis 1 mm mit Flussmittelseele,
- Elektronik-Seitenschneider,
- Flachzange, Schraubendreher,
- Multimeter,
- Labornetzgerät 12 V/≥ 200 mA mit einstellbarer Strombegrenzung.

Tabelle 1: Technische Daten

Bauteil	Wert/Bezeichnung
NF-Signale	2
NF-Ausgang	1
Frequenz	600 … 2100 Hz
Klirrfaktor	≤ 0,5 %, justierbar
Ausgangsspannung	U_{SS} ≤ 60 mV an 600 Ω, einstellbar
Versorgungsspannung	11…15 V
Stromaufnahme	≤ 60 mA

Für den präzisen Abgleich wird ein Klirrfaktormesser benötigt. Zu einem ebenso brauchbaren Ergebnis führt auch die Nutzung einer Software, mit der sich unter anderem der Klirrfaktor mithilfe der Soundkarte eines PCs ermitteln lässt (siehe Abschnitt *Abgleich und Inbetriebnahme*).

Vor dem Bestücken der Platine sollte der Inhalt des Bausatzes mit der Stückliste verglichen werden. Es hat sich bewährt, die Widerstände vorher zu sortieren, um Verwechslungen beim Einbau zu vermeiden. Da deren Farbringe manchmal nicht zweifelsfrei zu identifizieren sind, sollte auf jeden Fall das Multimeter zu Hilfe genommen werden. Fehler, die aufgrund falscher Widerstandsbestückung auftreten, sind später oft nicht leicht zu finden. Dieses betrifft auch die Einstellwiderstände. Hier führt eine Fehlbestückung dazu, dass sich der betroffene Generatorzweig nicht korrekt abgleichen lässt. Die Werte der Einstellwiderstände sind auf deren gewölbten Gehäuseseiten eingefräst.

■ Bestückung

Herzstück der Schaltung sind zwei identisch aufgebaute NF-Generatoren. Diese werden mit den Schaltkreisen IC1 und IC2 realisiert. Beide Generatoren lassen sich einzeln abgleichen. Zu diesem Zweck sind je vier Einstellwiderstände vorgesehen.

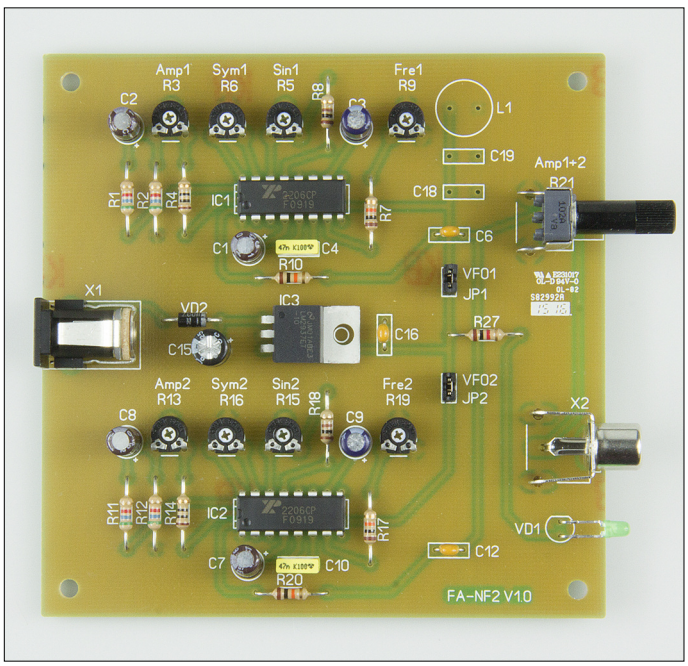

Bild 2: Vollständig bestückte Platine des FA-NF-Zweitongenerators Fotos, Screenshots: Red. FA

© Box 73 Amateurfunkservice GmbH 2016

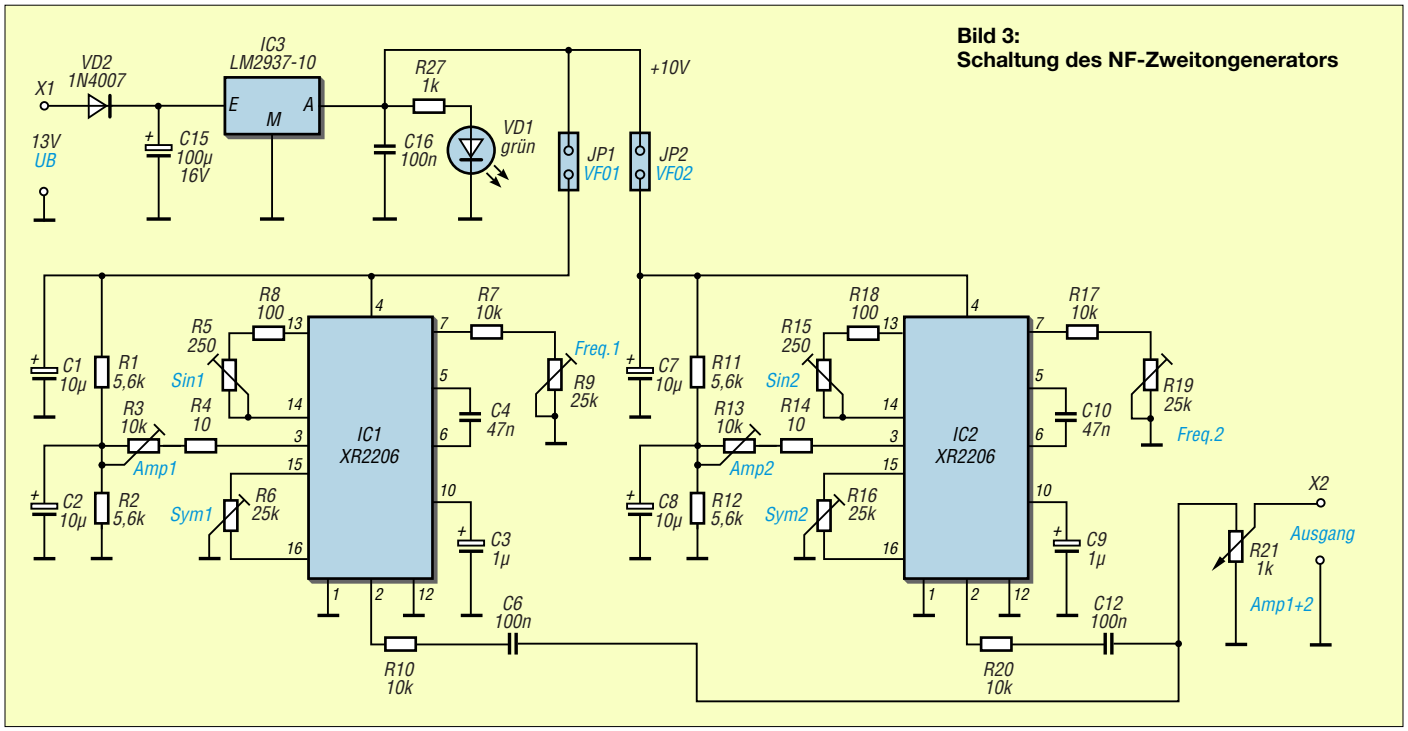

Bild 3:
Schaltung des NF-Zweitongenerators

Die Betriebsspannung von 10 V wird durch den Spannungsregler IC3 stabilisiert.

Sämtliche Bauelemente werden auf der Oberseite der Platine bestückt. Der Bestückungsplan in Bild 5 findet sich im Bestückungsaufdruck auf der Platinenoberseite wieder. Er ist eine gute Arbeitshilfe.

Zuerst werden die Widerstände bestückt. Wie bereits erwähnt, ist es zweckmäßig, die Widerstände vor dem Einlöten mit einem Multimeter auszumessen, da die Farbringe nicht immer eindeutig zu identifizieren sind. Anschließend lötet man die Verpolschutzdiode VD2 ein. Ihre Katode ist mit einem Ring gekennzeichnet.

Danach bestückt man die gelben Folienkondensatoren, anschließend die übrigen Keramikkondensatoren und abschließend die Elektrolytkondensatoren. Bei Letzteren ist unbedingt auf die richtige Polarität beim Einbau zu achten. Der Minuspol ist auf den Kondensatorgehäusen gekennzeichnet.

Als Nächstes werden die Einstellwiderstände und die beiden zweipoligen Stiftleisten für JP1 und JP2 eingelötet.

Von den aktiven Bauelementen ist zunächst nur IC3 zu bestücken. Dabei ist auf die richtige Einbaulage zu achten.

Als Zwischenschritt bietet sich nun die Kontrolle der Spannungsversorgung an. Dazu wird zunächst die Buchse X1 eingelötet. Anschließend stellt man die Strombegrenzung des 12-V-Labornetzgeräts auf 200 mA ein und verbindet den Ausgang des Netzgeräts mit dem Stromversorgungseingang X1 der Generatorplatine.

Mit dem Multimeter muss am Ausgang des Spannungsreglers IC3 und somit an jeweils einer Seite der beiden Stiftleisten eine Spannung von 10 V gegen Masse (Befestigungslasche des Spannungsreglers IC3) zu messen sein. Nach dem Aufstecken der Jumper JP1 und JP2 auf die Stiftleisten sollte an den Lötaugen der für die Schaltkreise IC1 und IC2 vorgesehenen Positionen ebenfalls eine Spannung von 10 V gegen Masse zu messen sein.

Wenn alles in Ordnung ist, wird das Netzgerät wieder abgeklemmt. Anderenfalls muss zunächst die Fehlerursache gefunden und beseitigt werden.

Beim nun folgenden Bestücken der beiden Schaltkreise ist ebenfalls auf deren korrekte Einbaulage zu achten. Sie sind im

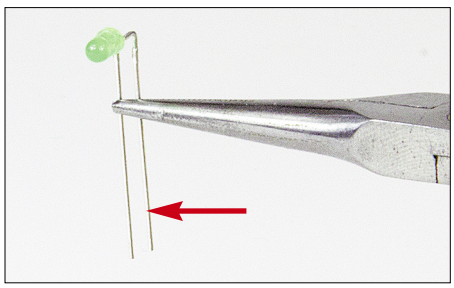

Bild 4: Leuchtdiode VD1 mit passend zurechtgebogenen Anschlussdrähten vor dem Einlöten; der kurze Draht rechts ist die Katode.

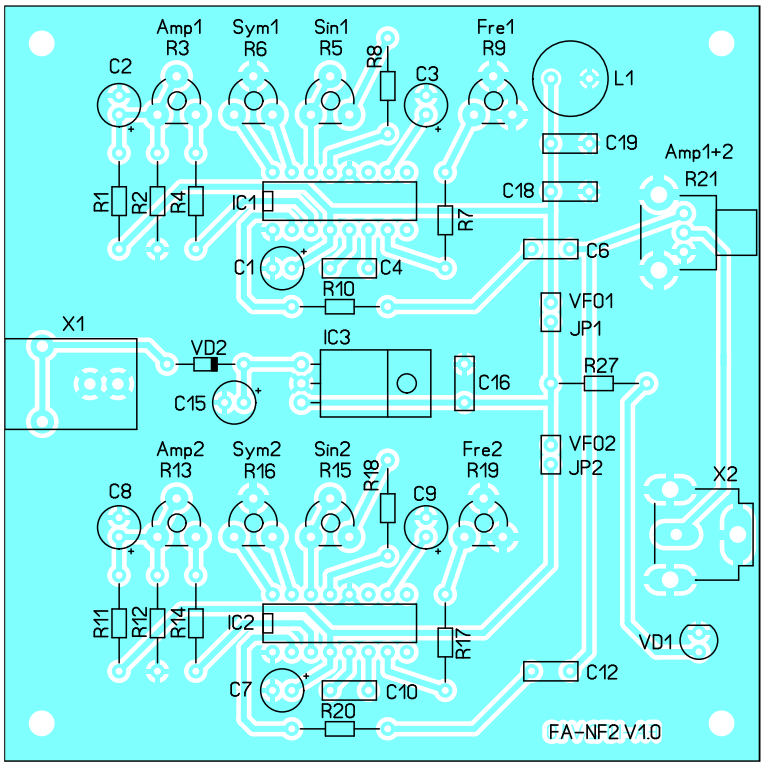

Bild 5: Bestückungsplan der Platine des FA-NF-Zweitongenerators; Abmessungen 100 mm × 100 mm, M 1:1

© Box 73 Amateurfunkservice GmbH 2016

Bestückungsaufdruck angegebenen. Wenn man die Platine so hält, dass sich die Spannungsbuchse links befindet, müssen die Einkerbungen der DIL-Gehäuse beider ICs ebenfalls nach links zeigen. Zum Schluss sind die Cinch-Buchse, das Potenziometer und die Leuchtdiode VD1 einzulöten, Letztere mit etwa 5 mm Abstand zur Platinenoberfläche. Zuvor sind ihre Anschlussdrähte 7 mm hinter dem LED-Gehäuse um 90° abzuwinkeln. Dabei muss sich der kurze Anschlussdraht der Katode von vorn gesehen rechts befinden. Die Bestückung der Platine ist damit abgeschlossen (Bild 2).

Zum Schluss wird die Stromaufnahme der bestückten Platine kontrolliert. Beim Anschluss von X1 an die 12-V-Spannungsquelle, gesteckten Jumpern, nach links gedrehtem Potenziometer und offenem NF-Ausgang sollte ein Strom von etwa 60 mA fließen. Weicht der gemessene Wert allerdings erheblich ab, ist zunächst die Ursache dafür zu suchen und zu beseitigen, bevor es an den Abgleich und die Inbetriebnahme geht.

Tabelle 2: Stückliste

Bauteil	Typ/Wert	Anzahl	Anmerkung
R1, R2, R11, R12	5,6 kΩ	4	
R3, R13	Einstellwiderstand 10 kΩ	2	
R4, R14	10 Ω	2	
R5, R15	Einstellwiderstand 250 Ω	2	
R6, R9, R16, R19	Einstellwiderstand 25 kΩ	4	
R7, R10, R17, R20	10 kΩ	4	
R8, R18	100 Ω	2	
R21	Potenziometer 1 kΩ, log.	1	Markierung 102A
R27	1 kΩ	1	
C1, C2, C7, C8	10 µF/63 V	4	
C3, C9	1 µF/100 V	2	
C4, C10	47 n, Folie	2	gelb
C6, C12, C16	100 nF	3	X7R, Markierung 104
C15	100 µ/16 V	1	
C18, C19, L1	nicht bestückt		
IC1, IC2	XR2206	2	
IC3	LM2937-10	1	
VD1	LED grün, 3 mm	1	
VD2	1N4007	1	
JP1, JP2	2pol. Stecker, Jumper	je 2	
X1	Spannungsbuchse	1	5,5/2,1 mm
	Hohlstecker	1	5,5/2,1 mm
X2	Cinch-Buchse	1	

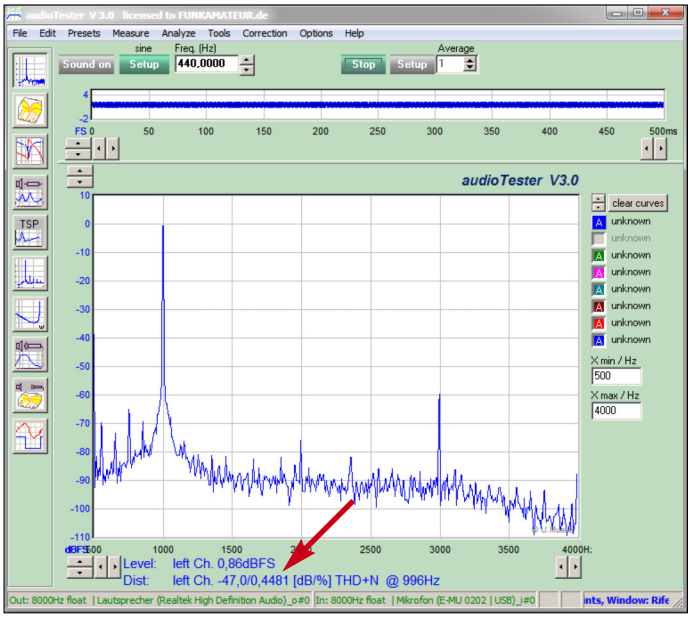

Bild 6: Spektrum des ersten NF-Kanals nach der Justierung auf geringsten Klirrfaktor

■ Abgleich und Inbetriebnahme

Der Abgleich des NF-Zweitongenetaors erfolgt idealerweise mithilfe eines Klirrfaktormessers für den NF-Bereich, wie er als Surplus-Gerät auf Flohmärkten erhältlich ist. Alternativ ist beispielsweise auch eine Software nutzbar, mit der sich unter anderem der Klirrfaktor mithilfe der Soundkarte eines PCs ermitteln lässt. Zum Einsatz kann z. B. der aus Deutschland stammende *Audiotester* von Ulrich Müller [3] kommen. Bereits die kostenlose Shareware ermöglicht den nachfolgenden Abgleich.

Die Spektrumanalyse lässt sich im *Audiotester* über *Measure → 2D FFT* erreichen. Die Frequenz der beiden NF-Kanäle ist über die Einstellwiderstände R9 und R19 einstellbar. Die Pegel der Grundsignale sind mit R3 und R13 auf gleiche Höhe abzugleichen. Die Grundsignale erzeugen ohne Abstimmung in der Regel kräftige Oberwellen. Nach dem separaten Abgleich jedes NF-Generators auf geringsten Klirrfaktor über die wechselseitige Einstellung von R5 und R6 bzw. R15 und R16 lassen sich für beide Töne Oberwellenabstände von über 46 dBc (k ≤ 0,5 %) erreichen. Die Generatoren sind dafür einzeln über den jeweils gesteckten Jumper zu aktivieren. Wie die Bilder 6 und 7 zeigen, lassen sich die Zahlenwerte im *Audiotester* direkt ablesen.

Durch Bestückung der Bauelemente C18, C19 und L1 mit z. B. 100 nF, 150 nF und 100 mH (nicht Bestandteil des Bausatzes) entsteht ein 1-kHz-Parallelschwingkreis parallel zum Ausgang des Generators, der als zusätzliches Selektionsmittel ggf. eine weitere Reduzierung des Klirrfaktors bewirkt. Dann ist jedoch ein Neuabgleich des Generators erforderlich.

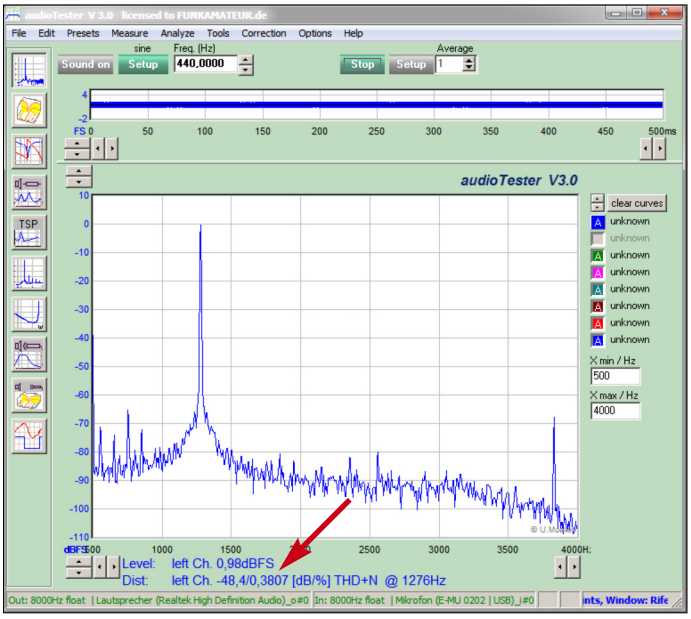

Bild 7: Spektrum des zweiten Kanals nach der Justierung auf geringsten Klirrfaktor

Beim Leiterplattenentwurf blieb jedoch ein Fehler unbemerkt. Nur wer die oben genannten Bauelemente als zusätzliches Selektionsmittel nutzen möchte, muss den zur Betriebsspannung führenden Leiterzug direkt neben C18 unterbrechen und auf der Lötseite eine Verbindung zu dem Anschluss von C6 herstellen, der das NF-Signal führt, siehe Bild 8.

shop@funkamateur.de

Literatur und Bezugsquellen

[1] Schnorrenberg, W., DC4KU: NF-Zweitongenerator für IM-Messungen an SSB-Sendern. FUNKAMATEUR 64 (2015) H. 12, S. 1302–1303; 65 (2016) H. 1, S. 40–41; H. 2, S. 138–139
[2] FUNKAMATEUR-Leserservice: Majakowskiring 38, 13156 Berlin, Tel. (030) 44 66 94-72, Fax -69, E-Mail: *shop@funkamateur.de*; Online-Shop: *www.funkamateur.de* → *Online-Shop*
[3] Müller, U.: Audiotester V3.0. *www.audiotester.de*

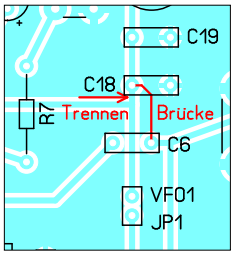

Bild 8: Notwendige Änderungen auf der Leiterplatte bei der möglichen Bestückung mit C18, C19 und L1

Versionsgeschichte zur Baumappe

Die aktuelle Fassung dieser Baumappe wird jeweils im Online-Shop des FUNKAMATEUR als ergänzende Information zum Produkt *FA-NF-Zweitongenerator*, Artikel-Nr. *BX-086*, zum Herunterladen bereitgestellt.
Damit Leser, welche die vorigen Textversionen bereits kennen, nicht alles neu lesen müssen, führen wir an dieser Stelle auf, was sich von Version zu Version geändert hat.

Version 160615

– Ursprungsversion

Version 160708

– Leiterplattenkorrekturen bei Verwendung der zusätzlichen Selektionsmittel

© Box 73 Amateurfunkservice GmbH 2016