

Breitbandverstärker für 160 m bis 2 m

Rauscharmer und großsignalfester
Breitbandverstärker mit
9 dB bzw. 11 dB Verstärkung



Das Foto zeigt den
Verstärker im optionalen Gehäuse

Bauanleitung

Der hier als Bausatz vorliegende rauscharme und großsignalfeste Vorverstärker lässt sich z. B. auf den oberen KW-Bändern, an stark verkürzten Lowband-Antennen oder relativ unempfindlichen Empfängern sinnvoll einsetzen. Er ist jedoch nicht nur dafür geeignet, sondern aufgrund seiner guten technischen Daten auch für allgemeine HF-Laborzwecke.

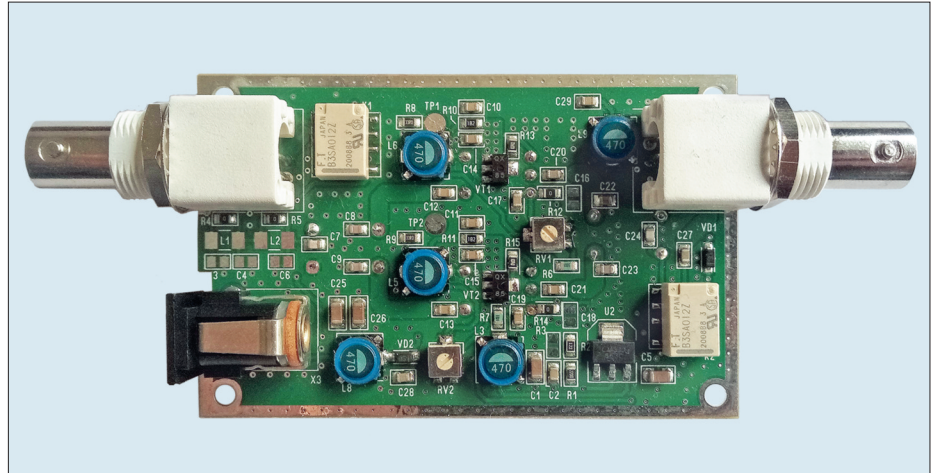


Bild 1: Vollständig bestückte Platine des Breitbandverstärkers

Das dem vorliegenden Bausatz zugrunde liegende Konzept wurde in [1] ausführlich beschrieben. Weitere Details zum Projekt und zur Schaltung können dort nachgelesen werden.

Zum Lieferumfang des Bausatzes gehören eine doppelseitig kupferkaschierte Platine mit vorbestückten SMD-Bauelementen sowie Material und Bauteile zur Komplettierung des Verstärkers.

Ein Gehäuse wird nicht mitgeliefert, da der Verstärker prinzipiell auch als Baugruppe

in eigene Anwendungen des Nutzers (z. B. Preselektor) integriert werden kann. Ein passendes Aluminium-Kleingehäuse mit bearbeiteten Deckelplatten ist bei [2] erhältlich (siehe auch Abschnitt *Hinweise zum Einsatz*).

Für den Aufbau des Bausatzes werden folgende Werkzeuge und Hilfsmittel benötigt:

- temperatureregelter LötKolben 60 ... 80 W mit Bleistiftlötspitze, Lötzinn 0,5 ... 1 mm mit Flussmittelseele,
- Labornetzteil 12 V / $\geq 0,5$ A mit einstellbarer Strombegrenzung
- Elektronik-Seitenschneider,
- Pinzette oder kleine Flachzange,
- kleiner Schlitzschraubendreher,
- Multimeter.

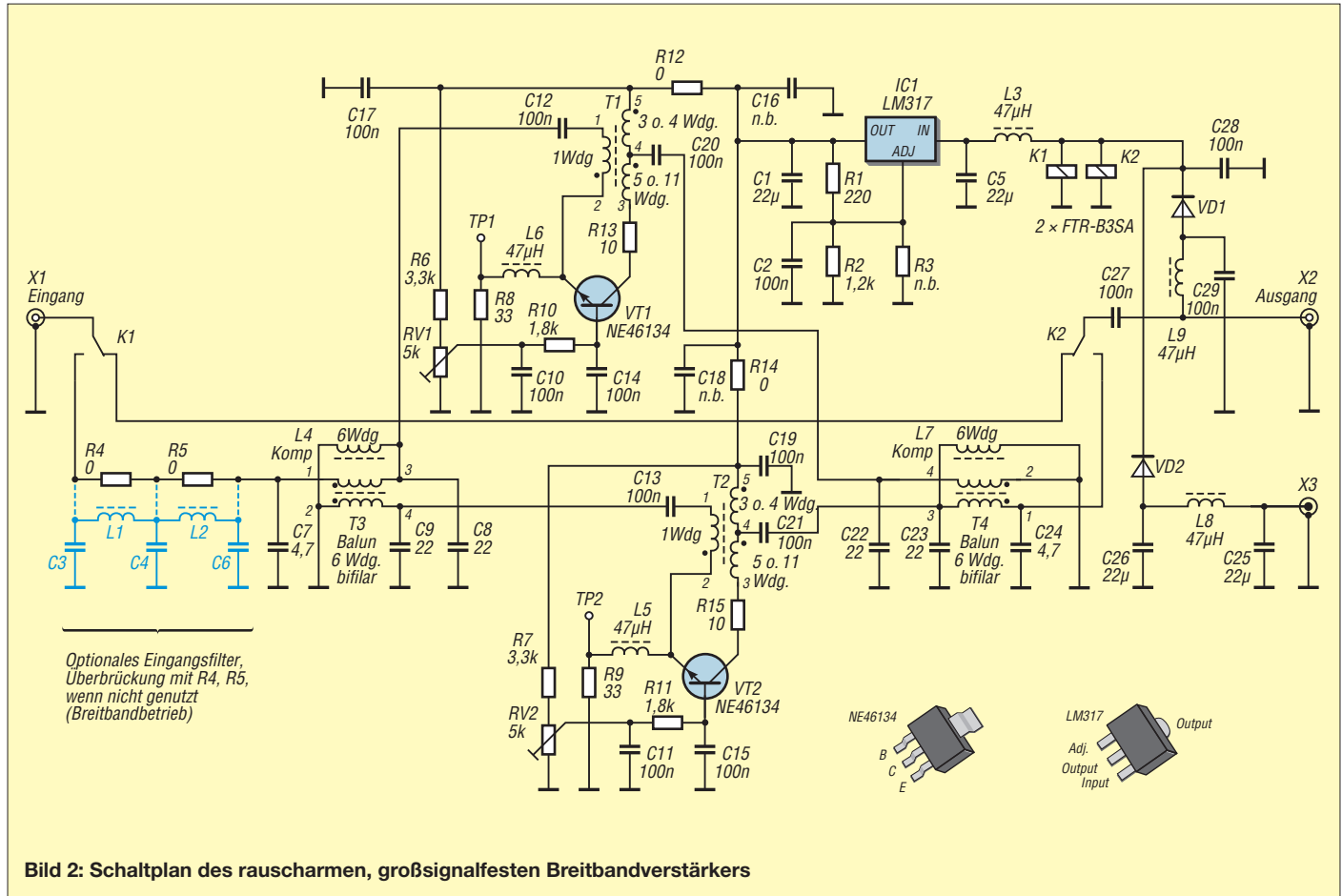


Bild 2: Schaltplan des rauscharmen, großsignalfesten Breitbandverstärkers

■ Schaltungsbeschreibung

Das Eingangssignal an der BNC-Buchse X1 gelangt zunächst an den Umschaltkontakt des Relais K1 (Bild 2). Ohne anliegende Betriebsspannung führt der Signalweg von dort aus unmittelbar auf den Umschalter von K2 und über C27 auf die Ausgangsbuchse X2.

Liegt hingegen auf dem Innenleiter des an die BNC-Ausgangsbuchse angeschlossenen Koaxialkabels Betriebsspannung gegen Masse (Kabelschirmung), wird diese über das Tiefpassfilter L9/C29 und die Verpolungsschutzdiode VD1 ausgekoppelt und an die Wicklungen der beiden Relais K1 und K2 sowie den Eingang des Spannungsreglers IC1 geführt. Die Umschaltkontakte von K1 und K2 legen den Verstärker dann in den Signalweg. Gleiches geschieht, wenn über die alternativ verwendbare Stromversorgungsbuchse X3 Betriebsspannung angelegt wird. Hier dient VD2 als Schutz gegen Schäden durch Verpolung.

Am Verstärkereingang liegt ein optionales Cauer-Filter, bestehend aus C3, C4, C6, L1 und L2. Dieses ist im vorliegenden Bausatz unbestückt und deshalb mit den 0- Ω -Widerständen R4 und R5 überbrückt. Wenn der Verstärker aber z. B. an einer Beverage-Antenne für die unteren KW-Bänder zum Einsatz kommen soll oder ein be-

sonders stark einfallender lokaler UKW-Sender gezielt unterdrückt werden muss, lassen sich hier entsprechende Bauelemente einsetzen. Richtig dimensioniert, beeinflussen diese dann den Frequenzgang des Verstärkers auf die gewünschte Weise. R4 und R5 entfallen dann. Die Dimensionierung des Filters hängt vom konkreten Einsatzfall ab und ist vom Anwender vorzunehmen.

Der Balun T3 teilt das Signal auf die beiden Verstärkerzüge auf. C7, C8 und C9 dienen zur Frequenzgangkompensation. Die beiden Verstärkerzüge sind jeweils mit einem Transistor NE46134 bestückt. Dieser Typ ist für Verstärkeranwendungen bis 1 GHz konzipiert und weist geringes Rauschen bei hohem Kollektorstrom auf. RV1 und RV2 dienen zur Einstellung des Ruhestroms I_R . Dieser beeinflusst nicht nur den erzielbaren OIP3-Wert, sondern auch das Rauschmaß (siehe Tabelle 4 auf Seite 11). Infolge der Gleichstrom-Vormagnetisierung des Kerns hängt auch die untere Grenzfrequenz von I_R ab. Der Balun T4 führt die verstärkten Signale dann wieder zusammen.

IC1 stabilisiert die Betriebsspannung der beiden Transistoren des Gegentaktverstärkers. Sie ist mit R1 und R2 auf 8 V fest eingestellt.

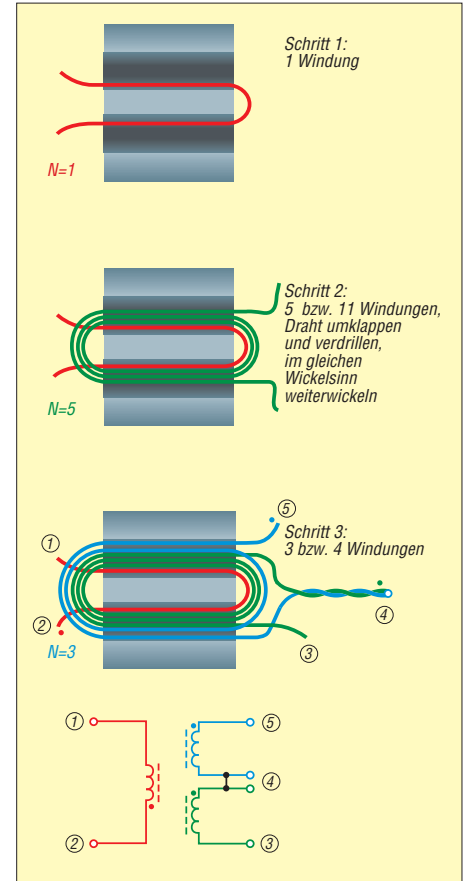
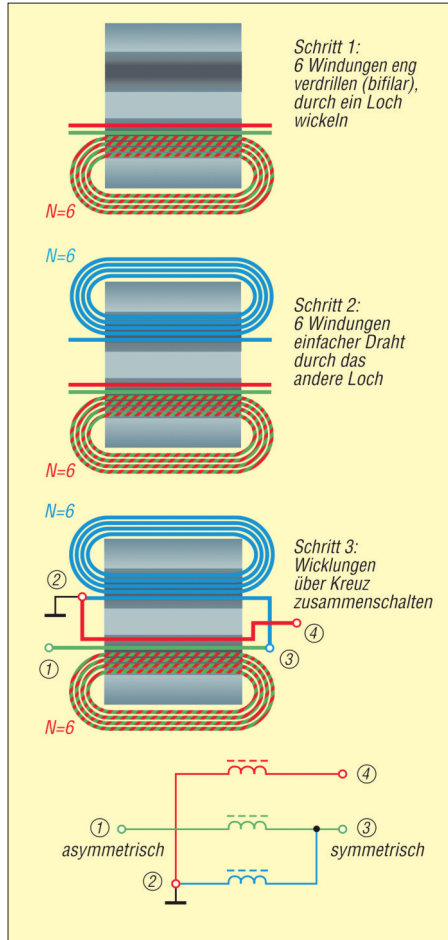


Bild 3: Ein- bzw. Ausgangsübertrager T1 und T2 und Verschaltung der Wicklungen



■ Herstellung der Übertrager

Es werden vier Übertrager benötigt, die allesamt auf Doppellochkerne BN43-2402 zu wickeln sind. Beim Durchfädeln der Drähte durch den Kern ist darauf zu achten, dass der Lack der Drähte nicht beschädigt wird, damit keine Kurzschlüsse entstehen. Um die Wicklungsenden dem nach Wickeln verzinnen zu können, muss der Lack von der Drahtoberfläche entfernt werden. Bei dünnem Draht hat sich folgendes Vorgehen bewährt:

Mit dem Lötkolben schmilzt man etwas Lötzinn auf einem Stück Holz zu einer kleinen Kugel, taucht die Anschlussdrähte in das Zinn und zieht sie langsam wieder heraus. Die Schlacke vom verbrannten Lack bleibt dabei im Zinn zurück. Nun lässt sich der blanke Draht leicht verzinnen.

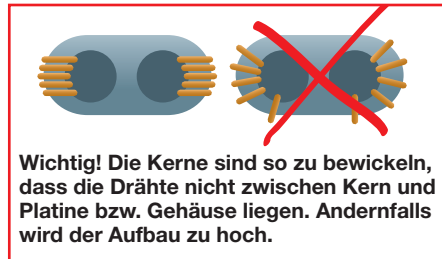


Bild 4: Baluns T3 und T4; die bifilaren Wicklungen sind rot/grün angedeutet.

Ein- bzw. Ausgangsübertrager T1, T2

Die beiden Übertrager sind identisch aufgebaut. Für die Wicklung wird 0,15-mm-Kupferlackdraht verwendet.

Zur Veranschaulichung der Herstellungsschritte ist die Wickelvorschrift zeichnerisch dargestellt (Bild 3). Die Wicklungen, die während der Arbeitsschritte entstehen sind farbig markiert.

Bevor man mit dem Wickeln der Übertrager beginnt, muss man sich entscheiden, ob der Verstärker 9 dB oder 11 dB Verstärkung realisieren soll, da sich die Windungszahlen unterscheiden (Tabelle 1).

Tabelle 1: Wickeldaten für die Übertrager T1 und T2 für 9 bzw. 11 dB

Wicklung	9 dB	11 dB
① ... ②	1 Wdg.	1 Wdg.
③ ... ④	5 Wdg.	11 Wdg.
④ ... ⑤	3 Wdg.	4 Wdg.

Die erste Wicklung von T1 besteht aus einem 50 mm langem Stück Kupferlackdraht, das durch eins der beiden Löcher des Kerns gesteckt und durch das andere wieder zurückgeführt wird. **Dies entspricht genau einer Windung.** Der Wicklungsanfang ist im Schaltplan mit einem Punkt gekennzeichnet und hat die Anschlussnummer 2, das Ende die Nummer 1.

Die zweite Wicklung hat insgesamt acht Windungen und besteht aus etwa 250 mm Kupferlackdraht. Man wickelt zunächst fünf Windungen wie in Bild 3 dargestellt, biegt dann den Draht um, verdrillt das Ende und wickelt im gleichen Wickelsinn weitere drei Windungen auf den Kern. Auf diese Weise entstehen die Anschlüsse 3, 4 und 5. Die Drahtenden sollte man zunächst nicht zu weit kürzen, sondern etwa 20 mm aus dem Kern herausstehen lassen, damit sie sich leichter bearbeiten lassen. Anschließend werden die Wicklungsenden einschließlich des verdrillten Stücks verzinkt und ggf. markiert, um sie beim Einlöten später nicht zu verwechseln.

T2 wird auf die gleiche Weise wie T1 hergestellt.

Im oberen Teil von Bild 5a ist ein fertig gewickelter Übertrager T1 bzw. T2 zu sehen. Der gekennzeichnete Draht gehört zur Wicklung mit den drei Windungen.

Baluns T3 und T4

Zur Herstellung der ersten beiden Wicklungen von T3 werden zunächst zwei 150 mm lange Drähte mit etwa drei bis vier Schlägen pro Zentimeter verdrillt. Das entstehende bifilare Drahtstück ist so wie in Bild 4 sechsmal durch eins der beiden Löcher des Doppellochkerns zu wickeln. Auf diese Weise entstehen die Anschlüsse 1 bis 4 des Baluns.

Im Grunde genommen das Gleiche geschieht nun noch einmal, indem ein 150 mm langes Drahtstück sechsmal durch das andere Loch des Kerns gefädelt wird.

Anschließend sind die sechs Drahtenden der Wicklungen zu verzinnen. Mit dem Ohmmeter (Multimeter) stellt man nun fest, welche von den vier Drähten der Bifilarwicklung jeweils zusammengehören und markiert sie. Die Kompensationswicklung (in Bild 4 blau) wird nun „über Kreuz“ mit den jeweils anderen Wicklungsenden verbunden bzw. verlötet, d.h. das linke Ende mit der einen (z.B. roten) Wicklung und das rechte Ende mit der anderen (grünen) Wicklung. Der Balun hat anschließend nur vier Anschlussdrähte, die später mit der Patine zu verbinden sind.

T4 wird auf die gleiche Weise aufgebaut. Es empfiehlt sich, die Kerne nach dem Aufbau mit einem Farblecks zu markieren, um sie später nicht versehentlich falsch einzulöten bzw. mit den anderen Übertragern zu verwechseln.

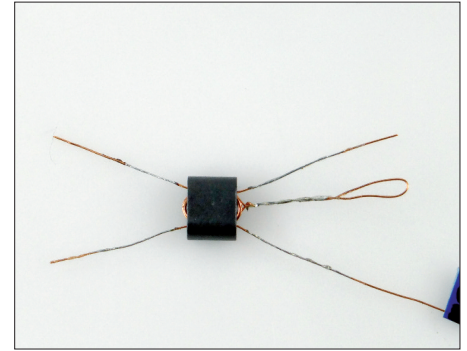


Bild 5a: Vollständig gewickelter und zum Einbau vorbereiteter Übertrager T1 (T2)

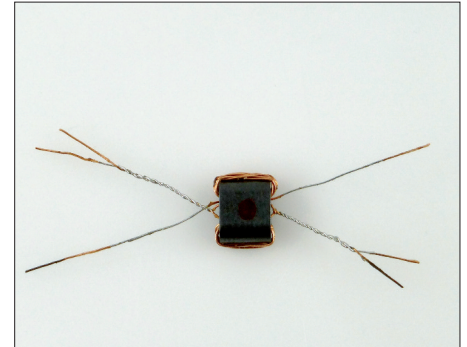


Bild 5b: Einbaufertiger Balun T3 (T4), beide jeweils vor dem Kürzen der Anschlussdrähte

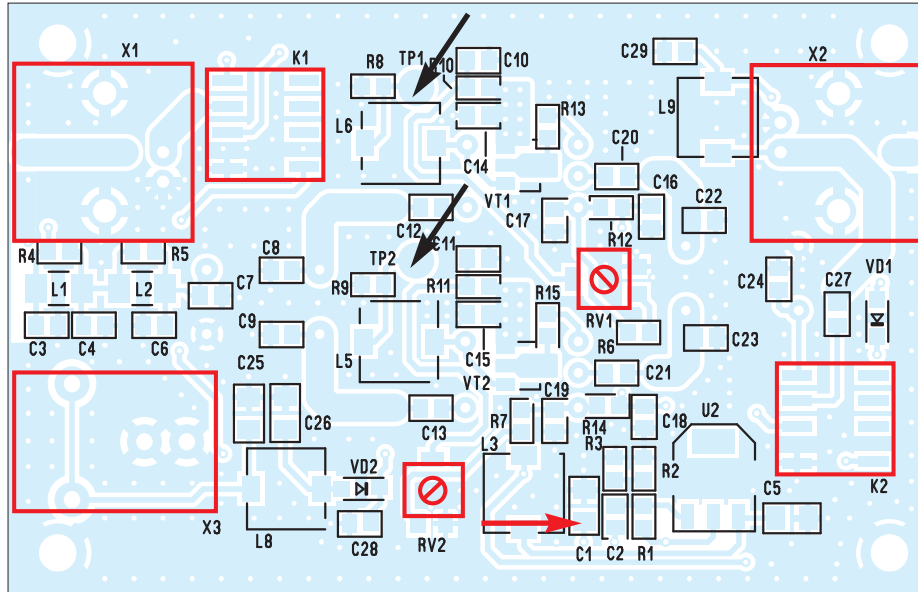


Bild 6: Bestückungsplan des Breitbandverstärkers, Oberseite der Platine; nur die rot markierten Bauteile müssen noch bestückt werden. Der rote Pfeil markiert den Messpunkt für die stabilisierte 8-V-Spannung, die beiden schwarzen die Messpunkte TP1 (oben) und TP2 (unten).

■ Bestückung der Platine

Mit der Herstellung der vier Übertrager ist der kniffligste Teil des Aufbaus bereits geschafft. Es empfiehlt sich, die beiden Einstellwiderstände und Relais zu aufzulöten, bevor man die Übertrager auf der Unterseite bestückt. Zur Orientierung dient der Bestückungsplan (Bild 6).

Für RV1 und RV2 sind je drei Pads auf der Platinenoberfläche vorgesehen. Zum Auflöten ist zunächst jeweils einer der drei Lötpads zu verzinnen. Anschließend positioniert man den betreffenden Einstellwiderstand mit der Pinzette auf allen drei Pads und lötet ihn an dem verzinnten provisorisch an. Alle drei Anschlussfahnen sollten flach auf der Platine aufliegen und das Bauteil nicht schief stehen. Gegebenenfalls lässt sich das jetzt noch einfach korrigieren. Wenn alles richtig sitzt, werden alle drei Anschlüsse verlötet.

Mithilfe eines kleinen Schraubendrehers werden beide Trimmer auf Linksanschlag gestellt (Schleifer auf Masse,

Tabelle 2: Bausatzstückliste

Bezeichnung	Typ/Wert/Bezeichnung	Anzahl	Bemerkung
K1, K2	Relais FTR-B3SA	2	
X1, X2	BNC-Buchse	2	Print-Ausführung
X3	Buchse für 2,1-mm-Hohlstecker	1	Print-Ausführung
RV1, RV2	Einstellwiderstand 5 kΩ	2	
T1... T4	BN43-2402	4	Doppellochkern
	Kupferlackdraht 0,2 mm		200 cm
	Platine	1	SMD-bestückt
	Aufkleber für BX-088	1	
	Bauanleitung	1	

VT1 und VT2 erhalten so zunächst keine Basisvorspannung und es kann daher kein Ruhestrom durch die beiden Transistoren fließen).

Beim Einlöten der Relais ist ebenso zu verfahren. Ihre Lage ist durch die Positionen bzw. Abstände der Löt pads auf der Platine vorgegeben und somit unverwechselbar.

Beim Löten ist darauf zu achten, dass keine benachbarten Bauteile (speziell die 47- μ H-Drosseln) aus Versehen mit dem heißen Löt kolben berührt und durch die Hitze beschädigt werden.

Danach sind die beiden BNC-Buchsen und die Anschlussbuchse für die Betriebsspannung auf die Platinenoberseite zu löten. Wer den Breitbandverstärker in ein eigenes Projekt integrieren und mit anderen Baugruppen fest verkabeln möchte, kann ggf. auf das Auflöten der Buchsen verzichten.

Zum Schluss werden die vier Übertrager gemäß Bild 7 mit ihren Anschlüssen auf die Unterseite der Platine gelötet. Die Einbaulage der Übertrager T1 und T2 ergibt sich aus der Lage der Anschlüsse 1-2 und 3-4-5. Der Masseanschluss 2 der Baluns T3 und T4 ist auf der Platine gut erkennbar, die Lage der anderen Anschlüsse ergibt sich daraus.

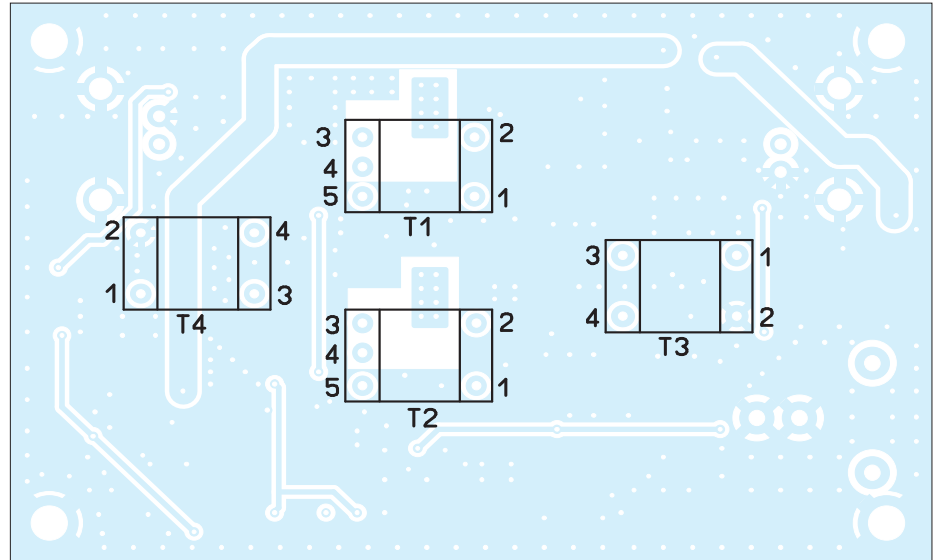


Bild 7: Bestückungsplan für die Unterseite mit den vier einzulötenden Übertragern

■ Inbetriebnahme und Abgleich

Bevor zum ersten Mal Betriebsspannung an die Platine angelegt wird, ist eine Sichtkontrolle vorzunehmen, um ggf. unbeabsichtigte Kurzschlüsse oder Unterbrechungen (kalte Lötstellen) zu finden und zu beseitigen.

Wenn alles in Ordnung ist, wird das Labornetzgerät auf 12 V eingestellt und die Strombegrenzung auf 200 mA. In die Stromversorgungsleitung ist das Multime-

ter als Strommesser einzuschleifen. Nachdem die Betriebsspannung an die Platine angelegt wurde, sollte ein Strom von etwa 30 mA fließen. Dabei handelt es sich im Wesentlichen um den durch die Relaiswicklungen von K1 und K2.

Das Multimeter wird nun aus der Stromzuführung entfernt und als Spannungsmesser geschaltet. Bei angelegter Betriebsspannung muss nun am Kondensator

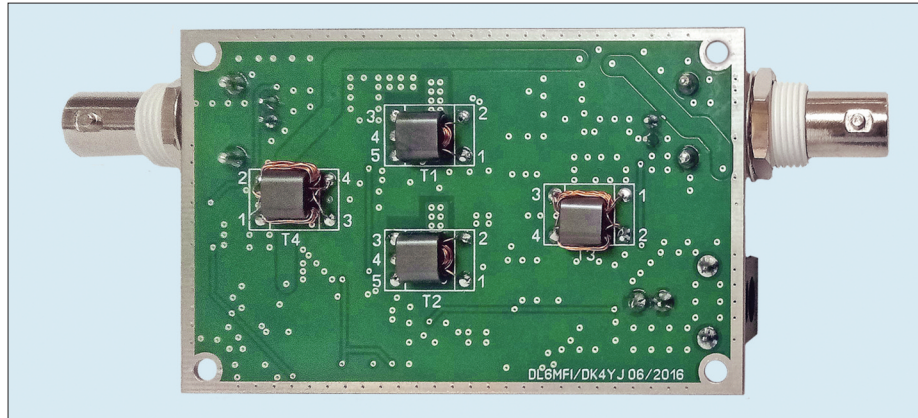


Bild 8: Rückseite des Verstärkers mit den aufgelöteten Übertragern

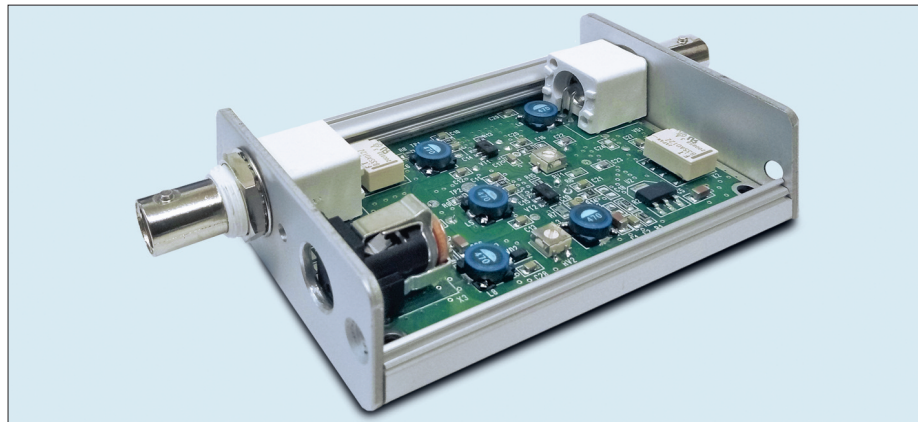


Bild 9: Breitbandverstärkerplatine im optional erhältlichen Aluminiumgehäuse [2]

C1 gegen Masse eine Spannung von 8 V messbar sein (roter Pfeil in Bild 6). Zum Abgleich des Verstärkers dient das Multimeter wieder als Spannungsmesser. Am Messpunkt TP1 (schwarzer Pfeil Bild 6, oben) ist durch behutsames Drehen am Einstellwiderstand RV1 eine Spannung von 1,65 V einzustellen. Dies entspricht einem Ruhestrom von 50 mA durch VT1. Das Ganze ist am Messpunkt TP2 mit RV2 zu wiederholen. Durch beide Transistoren fließt nun der gleiche Ruhestrom von 50 mA. Dieser hat sich während der Entwicklung des Verstärkerprojekts als guter Kompromiss zur Erzielung der geforderten technischen Daten erwiesen.

Funktionskontrolle

Steht kein Wobbelmessplatz, Netzwerkanalysator, Spektrumanalysator mit Tracking-Generator o. Ä. zur Verfügung, kann die Funktion des Verstärkers mit einem nachgeschalteten Empfänger überprüft werden. Beim Einschalten des Verstärkers sollte der Signalpegel um etwa 9 dB ansteigen (knapp zwei S-Stufen). Wird der Eingang des Verstärkers nicht mit der Antenne verbunden, sondern mit einem 50-Ω-Widerstand abgeschlossen, darf beim Einschalten des Verstärkers keine oder nur eine minimale Erhöhung des Rauschens im Empfänger feststellbar sein.

Sollte das Testergebnis anders ausfallen als beschrieben, könnte dies daran liegen, dass Übertrager falsch eingelötet wurden. Deshalb empfiehlt es sich, in einem solchen Fall zunächst deren Einbaulage zu prüfen und ggf. zu korrigieren, bevor weitere Schritte zur Fehlersuche unternommen werden.

■ Hinweise zum Einsatz

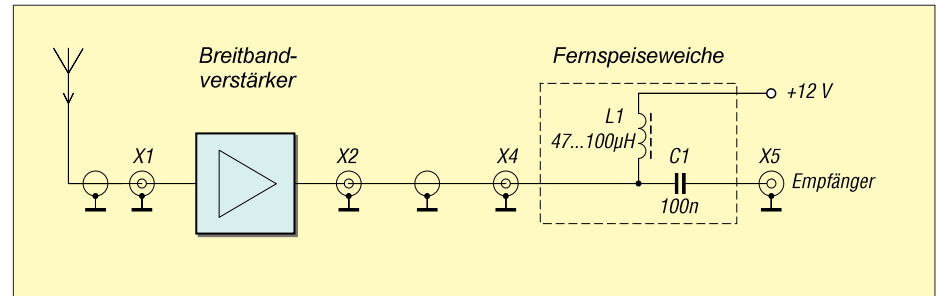
Der Verstärker ist grundsätzlich universell einsetzbar. Seine Hauptanwendung im Amateurfunk dürfte die als großsignalfester Vorverstärker speziell im KW-Bereich sein. Er kann z. B. in unmittelbarer Antennennähe montiert werden oder als breitbandiger Verstärker im Preselektor arbeiten. Selbstverständlich ist er aufgrund seiner guten Eigenschaften auch für allgemeine Mess- und Laborzwecke nutzbar.

Wie bereits in der Schaltungsbeschreibung erwähnt, wird er automatisch mithilfe der beiden Relais überbrückt, wenn keine Betriebsspannung anliegt (Bypass). Diese kann sowohl über die vorhandene Buchse als auch das Koaxialkabel zugeführt werden, das den Verstärker mit dem Empfänger verbindet. Letzteres spart eine zusätzliche Leitung und ist insbesondere

dann von Vorteil, wenn der Verstärker räumlich abgesetzt montiert wurde. In diesem Fall sollte man eine Fernspeiseweiche ähnlich der in Bild 10 vorsehen. Diese sorgt für die Trennung bzw. Zusammenführung von Gleichspannung und hochfrequentem Signal und besteht im einfachsten Fall aus einem Kondensator und einer Drossel. Das „Gegenstück“ zu der in Bild 10 dargestellten Weiche befindet sich bereits auf der Vorverstärkerplatine (L9 und C27). Wenn die Versorgungsspannung versehentlich einmal falsch gepolt angeschlossen wurde, funktioniert der Verstärker zwar nicht, wird aber auch nicht beschädigt.

Die Relais der Bypass-Schaltung vertragen eine Sendeleistung von maximal 10 W. Wenn der Verstärker in eine Sende-Empfangs-Umschaltung einbezogen ist, muss er vor dem Senden in jedem Fall abgeschaltet bzw. überbrückt sein.

Bild 10:
Einsatz einer Fernspeiseweiche zur Stromversorgung des Verstärkers über das Koaxialkabel zwischen X2 und X4



Die Befestigungsbohrungen an den Ecken der Platine erlauben die Montage der Platine mit M3-Schrauben und deren Einbau in individuelle Gehäusekonstruktionen. Alternativ ist ein passendes, bereits fertig bearbeitetes Aluminium-Kleingehäuse bei [2] erhältlich, in das sich die bestückte Platine einschieben lässt (Bild 9). Es ist allerdings nicht wetterfest und sollte nur innerhalb von Gebäuden verwendet werden.

■ Anhang

Die an Mustern ermittelten technischen Daten des Verstärkers sind in den nebenstehenden Tabellen 2 bis 4 aufgeführt. Die ermittelten Messwerte zum OIP3 und

Rauschmaß sind von den eingestellten Ruheströmen der Transistoren abhängig. Je nachdem, ob man Wert auf beste Linearität oder geringstes Rauschen legt, stellt man den Ruhestrom höher oder geringer ein – Ströme von mehr als 50 mA bringen aber kaum noch Vorteile.

Die Frequenzabhängigkeit des OIP3 zeigt Tabelle 5. Er verringert sich mit steigender Frequenz von +49 dBm bei 7 MHz auf +35 dBm bei 144 MHz. Auch hier handelt es sich um Messwerte, die an einem Muster-aufbau ermittelt wurden.

Zur Vervollständigung sind Verstärkung und Eingangsreflexionsdämpfung über den Frequenzverlauf bis 200 MHz in Bild 11 dargestellt.

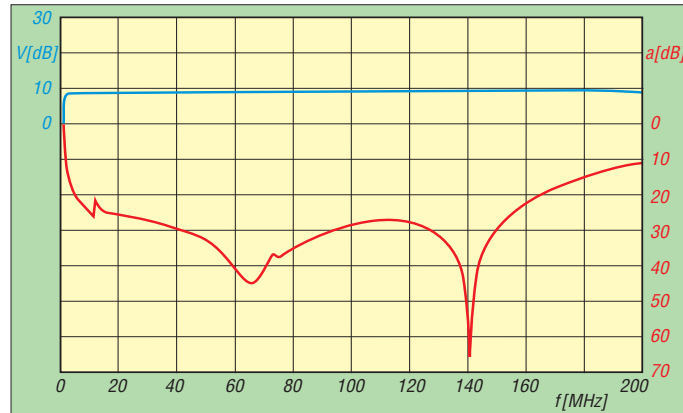


Bild 11: Verstärkung (blau) und Eingangsreflexionsdämpfung (rot) in Abhängigkeit von der Frequenz bei einem Musteraufbau (9-dB-Variante)

Tabelle 3: Technische Daten des Breitbandverstärkers

Verstärkung*	9 / 11 dB ($\pm 0,5$ dB)
Frequenzbereich*	1,8 MHz ... 200/150 MHz
Rauschmaß	≤ 2 dB
OIP3	+49 dBm @ 7 MHz**
OIP2	$\approx +100$ dBm auf KW
P_{IdB}	+21 dBm @ 7 MHz
Betriebsspannung	+11 ... 15 V
Stromaufnahme	≈ 130 mA***

* je nach Bewicklung von T1 und T2

** frequenzabhängig (siehe auch Tabelle 4)

*** abhängig vom eingestellten Ruhestrom

Tabelle 4: Ausgangs-Interzeptpunkt bei 7 MHz in Abhängigkeit vom eingestellten Ruhestrom

I_R [mA]	OIP3 [dBm]	Rauschmaß [dB]
20	+39,2	$\approx 1,5$
30	+44,3	
40	+47,3	
50	+48,5	$\approx 2,2$
60	+49,6	
70	+49,5	

I_R je Transistor

Tabelle 5: Frequenzabhängigkeit des Ausgangs-Interzeptpunkts OIP3 bei einem Ruhestrom von 50 mA je Transistor

f [MHz]	OIP3 [dBm]
7	+49
28	+45
50	+45
100	+39
144	+35

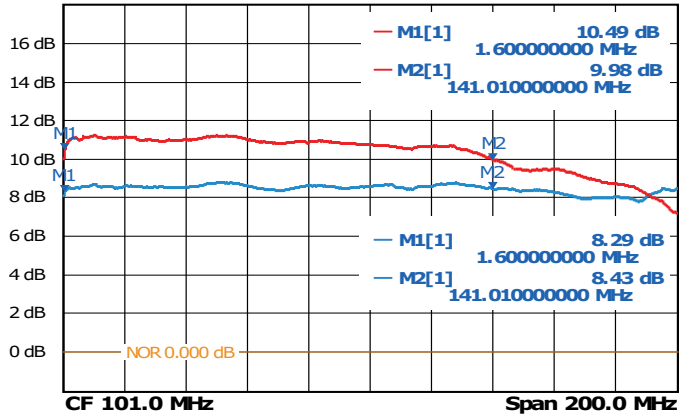


Bild 12: Frequenzgang des Verstärkers: 9-dB-Variante (rot) und 11-dB-Variante (blau)

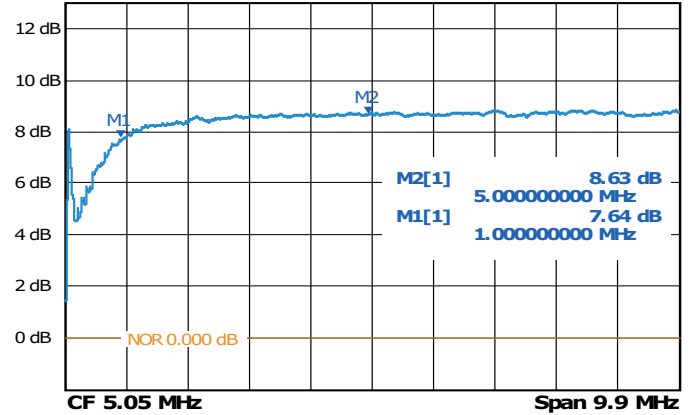


Bild 13: Frequenzgang der 9-dB-Variante unterhalb 10 MHz

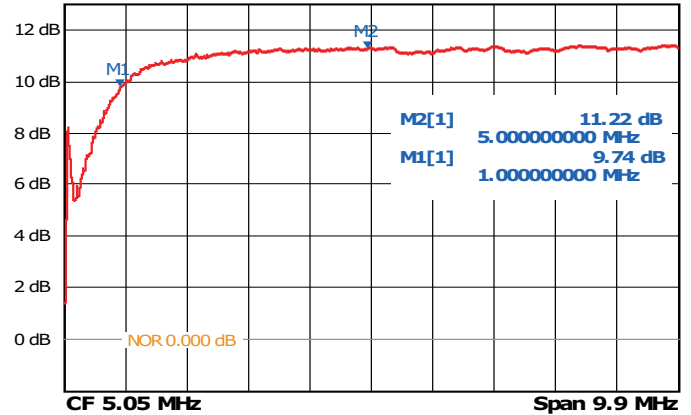


Bild 14: Frequenzgang der 11-dB-Variante unterhalb 10 MHz

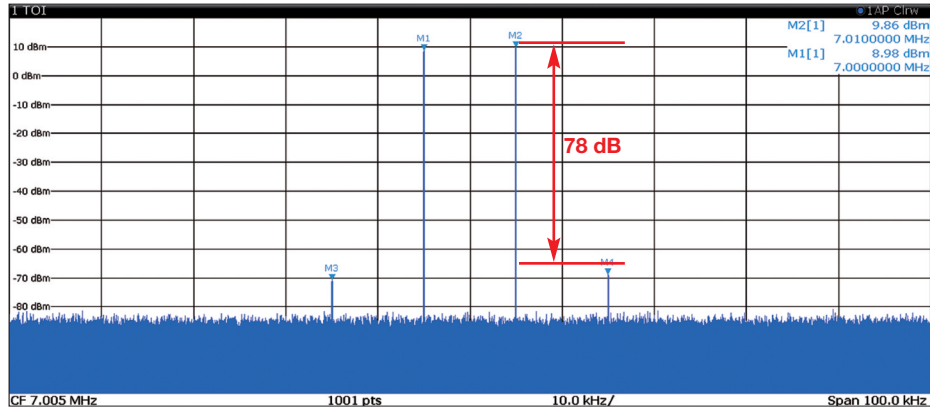


Bild 15: Zweiton-Ausgangsspektrum des 9-dB-Verstärkers bei 7 MHz und einem Eingangspegel von etwa 0 dBm pro Ton (Ruhestrom $I_R = 50$ mA je Transistor)

Fotos: FA, Screenshots: DC8RI und DK4YJ

Die Bilder 12 bis 14 zeigen typische Frequenzgänge aufgebauter Muster, wobei die Bilder 13 und 14 Aufschluss hinsichtlich des Übertragungsverhaltens am unteren Ende des spezifizierten Frequenzbereichs geben. In Bild 15 ist das Zweiton-Ausgangssignalspektrum einer 9-dB-Variante bei 7 MHz und einem Eingangspegel von 0 dBm pro Ton zu sehen.

Literatur und Bezugsquellen

- [1] Jelen, M., DK4YJ, Kaech, B., DL6MFI: Großsignalfester Breitbandverstärker für 160 m bis 2 m. FUNKAMATEUR 65 (2016) H. 7, S. 646–648
- [2] FUNKAMATEUR-Leserservice, Majakowskiring 38, 13156 Berlin, Tel. (030) 44 66 94-72, Fax - 69; www.funkamateurl.de → [G-BNC2-DC](#)
- [3] FUNKAMATEUR-Leserservice, Majakowskiring 38, 13156 Berlin, Tel. (030) 44 66 94-72, Fax - 69; www.funkamateurl.de → [BX-088](#)

Bestell-Nr. BX-088



Box 73 Amateurfunkservice GmbH
Majakowskiring 38
13 156 Berlin
www.funkamateurl.de
Stand Februar 2025
WEEE-Registrierungsnummer DE 80777816



Bei der Entsorgung dieses Produkts sind die Bestimmungen zum Umgang mit Elektronikschrott zu beachten.
Elektronische Geräte, Batterien und Akkus gehören keinesfalls in den Hausmüll. Siehe dazu auch die Hinweise auf www.box73.de.