

Ein linearer Low-Noise Vorverstärker für 50/70 MHz

nach einem Schaltungsentwurf von YU1AW

Von Günter Fred Mandel, DL4ZAO

Die Empfindlichkeit eines Empfangssystems wird am klarsten durch seine Rauschzahl ausgedrückt. Die Rauschzahl beschreibt, um wie viel sich das Signal zu Rausch Verhältnis am RX-Ausgang gegenüber dem Eingang oder an der Antenne verschlechtert [2]. Übliche Kurzwellen Transceiver haben im 10m und im 6m Bereich eine Rauschmaß von etwa 10dB. Für Kurzwelle ist das absolut ausreichend, aber für 6m ist manchmal eine „Hörhilfe“ in Form eines rauscharmen und großsignalfesten Vorverstärkers (Low-Noise-Amplifier, LNA) wünschenswert. Idealerweise platziert man diesen so nahe wie möglich an der Antenne, damit seine gute Rauschzahl nicht um den Betrag der Kabeldämpfung zwischen Antenne und LNA verschlechtert wird. Für TRX Betrieb ist es notwendig, dass der LNA um eine Sende-Empfangsumschaltung erweitert wird. Bei einem weniger empfindlichen RX, bringt ein LNA jedoch auch im Shack direkt vor dem RX noch eine merkliche Verbesserung, solange die Dämpfung des Antennenkabels weniger als ca. 3dB beträgt. An das Großsignalverhalten eines Vorverstärkers werden hohe Anforderungen gestellt. Empfindlichkeit, geringes Rauschen bei gleichzeitig hoher Intermodulationsfestigkeit ist gefordert.

Nach der Friis Formel kann ein rauscharmer Vorverstärker die Rauschzahl F einer Verstärkerkette verringern, sofern seine Verstärkung genügend hoch ist.

$$F_{gesamt} = F_{LNA} + \frac{F_{rest} - 1}{G_{LNA}}$$

Die Friis-Formel drückt aus, dass das Rauschen der nachfolgenden Stufen jeweils um die Verstärkung G der vorhergehenden Verstärkerstufen verringert in die gesamte Rauschzahl der Kette eingeht. Die Rauschzahl wird in der Regel logarithmisch in dB angegeben (Rauschmaß)

Rauschwissen für Praktiker:

- Das Rauschen der ersten Stufe bestimmt maßgeblich das Rauschmaß und damit die Empfindlichkeit des Gesamtsystems.
- Schon das Rauschen der zweiten Stufe fällt weniger ins Gewicht, wenn die Verstärkung der ersten Stufe hoch ist.
- Das Rauschmaß einer passiven Stufe, z.B. eines Filters oder einer Leitung entspricht ihrer Übertragungs-Dämpfung in dB.
- Eine Leitung mit Dämpfung vor dem Verstärker verschlechtert das Rauschmaß des Gesamtsystems um den Betrag der Dämpfung

Die dichte Kanalbelegung in Kabelfernsehtzen stellt hohe Ansprüche an die Linearität von Verstärkertransistoren. Speziell für diese Zwecke wurde eine neue Generation hochlinearer und rauscharmer Transistoren entwickelt, die sich auf Grund ihrer herausragenden Eigenschaften sehr gut als LNA für VHF/UHF Anwendungen eignen und die zudem preiswert erhältlich sind .

Dragoslav Dobricic, YU1AW hat in umfangreichen Untersuchungen diverse Transistoren in Vorverstärkern verglichen. Der Infineon BFP196 [3] hat sich dabei als hochlinearer, rauscharmer Vorverstärkertransistor als sehr geeignet herauskristallisiert. Sein Verstärker mit dem BFP196 zeigte sich in einer Messung der Dreiton-Intermodulation im Vergleich zu einem LNA mit einem MGF1302 Gallium-Arsenid FET in Punkto Intermodulationsfestigkeit überlegen. [1]

Nach dem Schaltungsvorschlag von YU1AW können durch Variation des LC-Eingangs-Netzwerks und der Speisedrossel hochlineare Verstärker von Kurzwellen bis hoch zum 23cm Band realisiert werden. Die hier vorgestellte Umsetzung dieser Schaltung (Bild 1) ist für den Bereich 50 bzw. 70 MHz ausgelegt, kann aber leicht für andere Frequenzbereiche angepasst werden. Eine Fernspeisedrossel erlaubt die Fernversorgung über die Seele des Koax-Kabels.

Die hohe Grenzfrequenz des BFP196 von 6GHz erfordert einen HF-gerechten Aufbau in SMD Technik. Ansonsten können parasitäre Schwingungen im Gigahertz-Bereich auftreten.

Der hier gebaute Verstärker kann auf 50 sowie auf 70 MHz abgeglichen werden und hat auf diesen Frequenzen eine Rauschzahl von 1,2 dB. Die Verstärkung beträgt 26 dB bei 40mA Stromaufnahme. Um den nachfolgenden RX nicht zu übersteuern, kann es erforderlich sein, ein 6dB Dämpfungsglied zwischen LNA und RX einzufügen. Das stellt eine saubere Anpassung sicher und lässt noch eine ausreichend hohe Verstärkung von 20dB. Das doppelte LC Netzwerk dient einerseits zur Rauschanpassung und andererseits zur Vorselektion. Störträger aus dem KW und UKW Rundfunkbereich werden abgedämpft. Im Kontest-Betrieb an einem K3 mit einer DK7ZB 6m Yagi in 25m Höhe waren keine Intermodulationsprodukte hörbar.

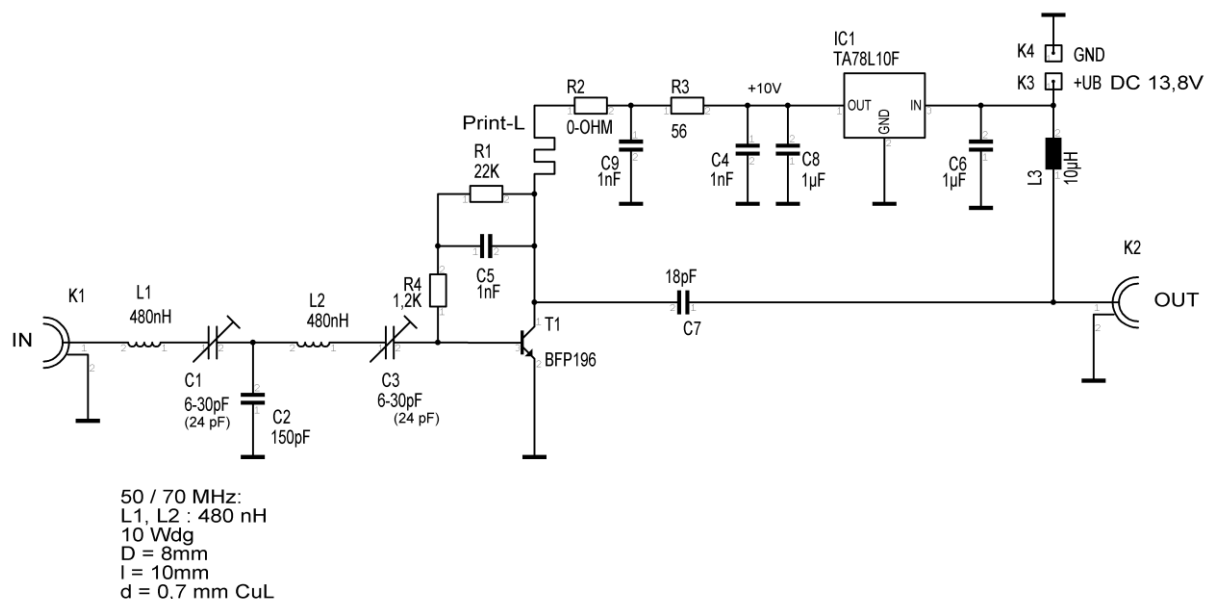


Bild 1 Schaltung des Linear Low Noise Vorverstärker mit BFP196 nach Vorschlag von YU1AW

Aufbau

Der LNA wurde auf einer doppelseitig beschichteten Leiterplatte aufgebaut. Mit den Abmessungen 72 x 35 mm passt er damit gut in ein handelsübliches Weißblechgehäuse von Schubert (Bild3). Außer zwei Luftspulen, den SMA Anschlussbuchsen und der HF-Drossel für die Fernspeisung werden SMD Bauelemente der noch gut handhabbaren Gehäuse Größe 1206 verwendet. Die Oberseite ist die Bestückungsseite, die Unterseite durchgehend Masse. Die SMA Buchsen können wahlweise auch auf der durchgehenden Masseseite bestückt werden.

An Stelle der PCB SMA Buchsen können auch in die Gehäusewand eingesetzte BNC, N oder UHF Gehäusebuchsen verwendet werden. Der Innenleiter ist dann mit dem inneren Pin der SMA Printbuchse zu verdrahten. Es ist darauf zu achten, dass die Massefläche der Leiterplatte rundum mit dem Weißblechgehäuse verlötet wird, damit saubere Masseverhältnisse vorherrschen.

Die Spulen L1 und L2 sind Luftspulen aus 10 Windungen 0,7mm Kupferlackdraht, der auf einen 7mm Bohrer als Dorn gewickelt wird. Der Abgleich der Spulen erfolgt durch Auseinanderdehnen der Wicklung. Es empfiehlt sich, die Induktivität vor dem Einbau vorzuprüfen. Die Spulen sind um 90 Grad versetzt angeordnet, um gegenseitige Kopplung zu minimieren. Bei dem Transistor ist darauf zu achten, dass es sich um einen BFP196 und nicht um einen BFP196W handelt (Der BFP196W hat eine abweichende Pin Reihenfolge). Die SMD Bauelemente R1 und C5 werden Huckepack übereinander gelötet, um eine möglichst kurze streuarmlige Verbindung zum Kollektor des Transistors zu erreichen.

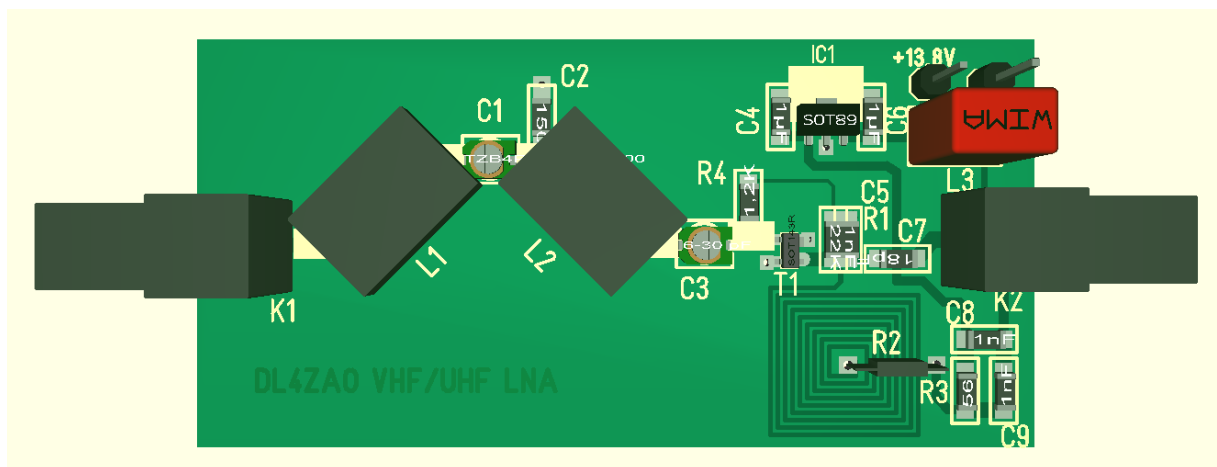


Bild 2 Leiterplatte 72 x 35 mm passend für Schuberth Weißblechgehäuse 74x37x30mm

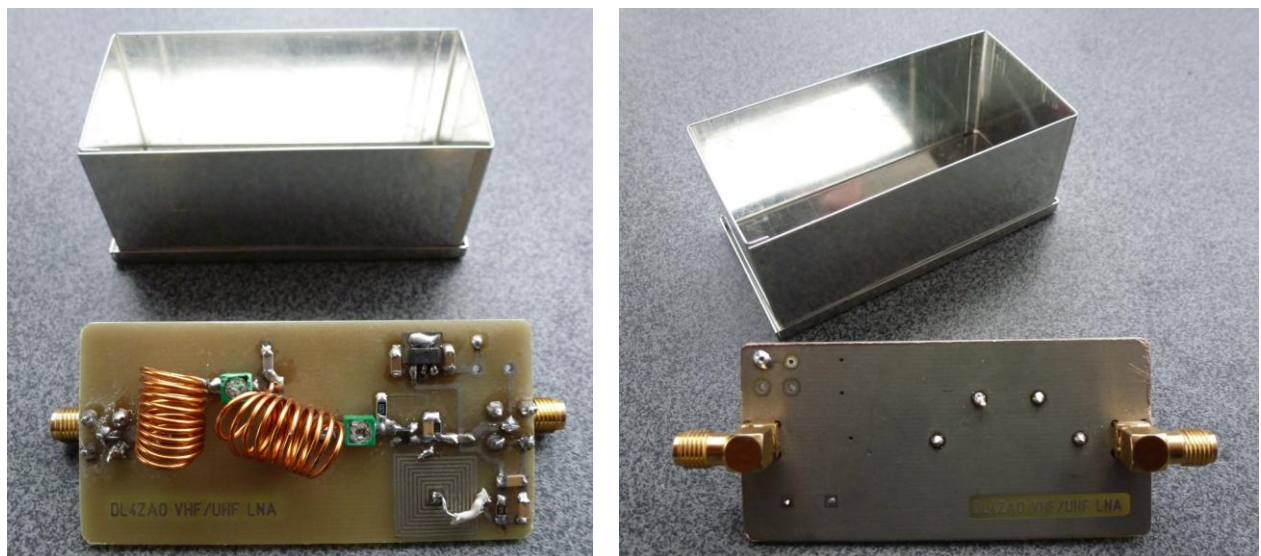


Bild 3 Bilder des Prototyps von oben und unten

Abgleich

C3 beeinflusst überwiegend die Resonanzfrequenz der Eingangsselektion. C1 beeinflusst mehr die Rauschzahl und die Selektion. Mit C3 bei einem schwachen Signal auf maximalen Empfang trimmen. Dann Trimmer C1 auf gleiche Kapazität wie C1 einstellen. Kann kein deutliches Maximum gefunden werden, mit den Spulen durch Aufdehnen bzw. Zusammendrücken zusammen mit C3 auf ein deutliches Maximum abgleichen. Der Abgleich gelingt am besten mit einem Netzwerktester.

Fernspeisung

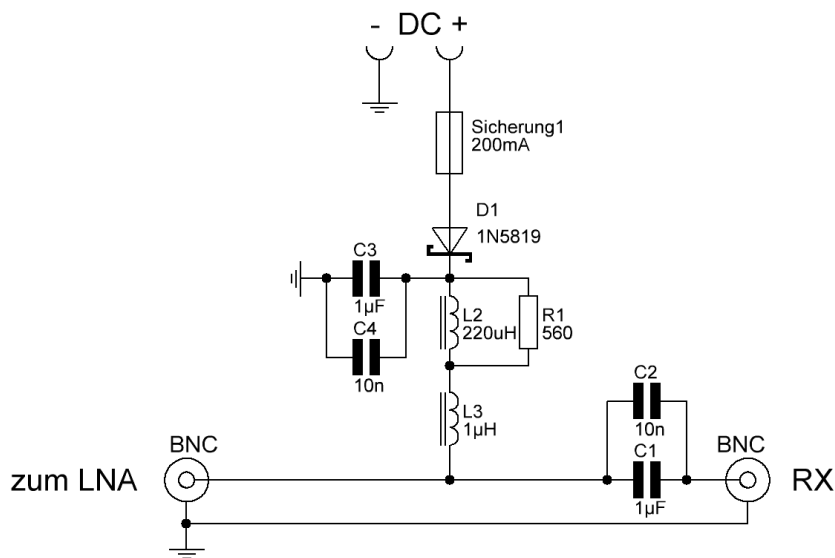
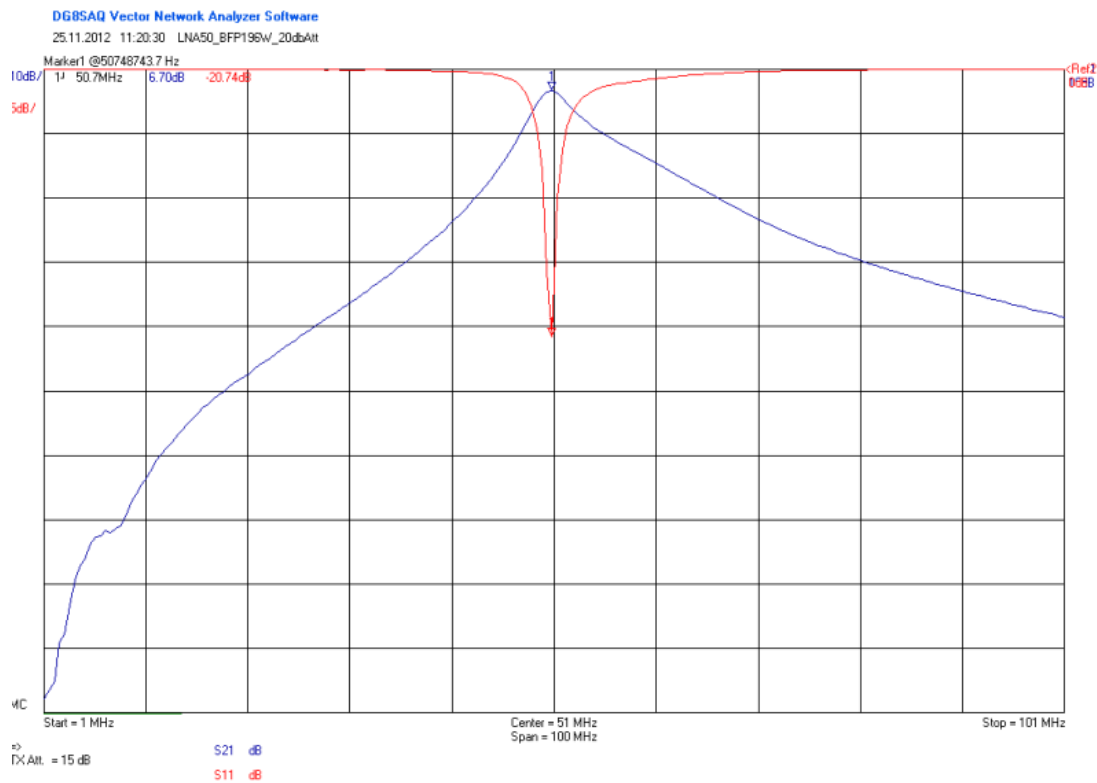
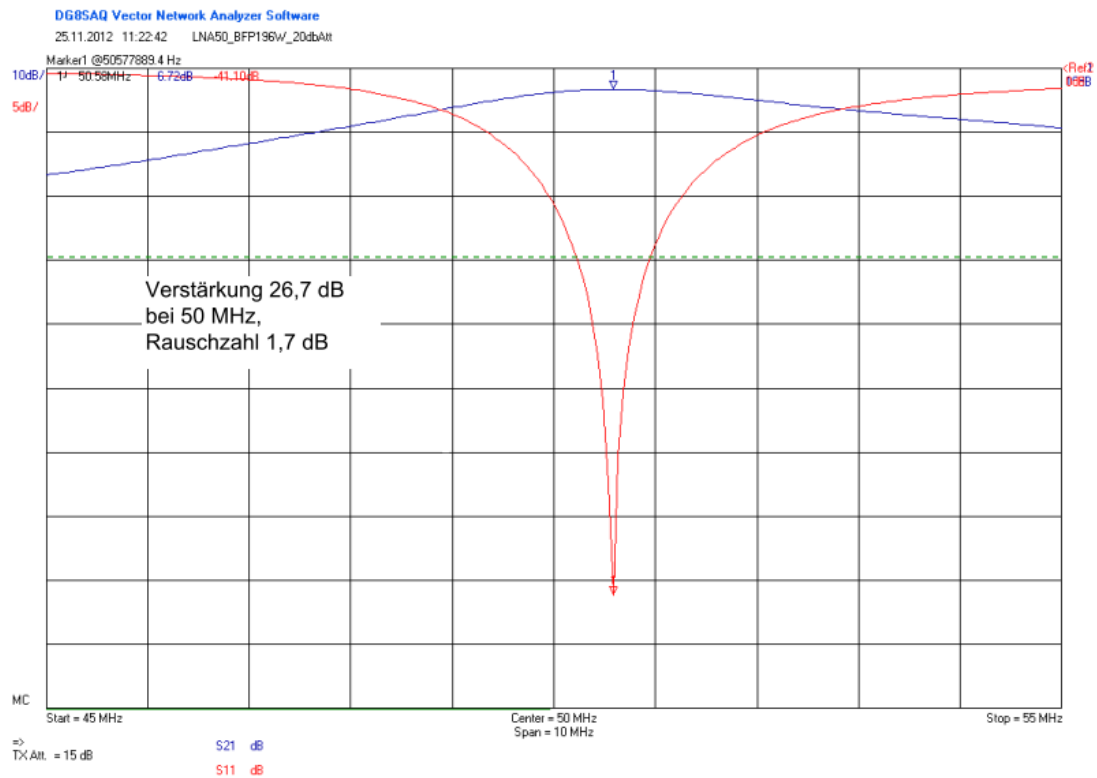


Bild 4 Schaltung einer universellen Fernspeiseweiche (Bias-Tee) für Kurzwelle bis VHF

Plot der Verstärkung mit 10 MHz und 100 MHz Span

Eingangspegel (Referenz) ist die grün gepunktete Linie

Blau: Verstärkung (10dB/div), Rot: Eingangsreflexion (5dB/div)



Stückliste

Pos	Name	Bauteil	Bezeichnung / Gehäuse
1	C1	6 -30 pF Trimmkondensator	TRIMMER SMD TZB4 Series
2	C2	150pF Keramik Klasse 1 NPO	1206
3	C3	6-30 pF Trimmkondensator	TRIMMER SMD TZB4 Series
4	C4	1µF Hicap Keramik	1206
5	C5	1nF Keramik	1206
6	C6	1µF Hicap Keramik	1206
7	C7	18pF Keramik Klasse 1 NPO	1206
8	C8	1nF Keramik	1206
9	C9	1nF Keramik	1206
10	IC1	10V Spannungsregler TA78L10F	SOT89
11	K1	SMA Buchse In	SMA PCB 90° kurz
12	K2	SMA Buchse out	SMA PCB 90° kurz
13	K3	Lötstift +UB	STIFTLEISTE_1X01
14	K4	Lötstift GND	STIFTLEISTE_1X01
15	L1	Spule 480nH	Luftspule d8-l10 mm
16	L2	Spule 480nH	Luftspule d8-l10 mm
17	L3	10uH Festinduktivität	Neosid SD75 RM5,08 mm
18	R1	22KOhm	1206
19	R2	0 Ohm Brücke	RM 7,62 mm
20	R3	56 Ohm	1206
21	R4	1,2KOhm	1206
22	T1	BFP196 Infineon	SOT143R
23	PCB	Leiterplatte Masse - Bestückung	FR4 doppelseitig

Referenzen

- [1] D. Dobricic YU1AW, "BFP196 Ultra Linear Low Noise Amplifiers"
<http://www.qsl.net/yu1aw/Misc/Ultra%20Linear%20Low%20Noise%20VHF%20and%20.pdf>
- [2] Dr. Werner Hegewald, DL3RD, „Außer Rauschen nichts zu lauschen“ Funkamateure 1/01
- [3] Fa. Infineon, Datenblatt BFP196, www.infineon.com
- [4] Webseite von DL4ZAO , <http://www.dl4zao.de/projekte/index.html>