

A 134 GHz SSB Transverter

by Philipp Prinz, DL2AM

In past years I have published in DUBUS articles about constructing transverters for all bands from 1.3 to 241 GHz, except the recently released 134 GHz band. In DUBUS 4/2009 Jürgen, DC0DA, described a 134 GHz receiver and a separate transmitter. I was considering this concept, but preferred a similar solution to my 122 GHz transverter, in order to be able to make 2-way SSB QSOs on 134 GHz. However, this would not be so easy, as I would need a 44.9 GHz amplifier with at least 180 mW output power, which would be quite expensive. I wrote to Armando, I3OPW, and asked him, if he could build such an amplifier with a matching quadrupler for me. He said yes. Fig. 1 shows this amplifier. I spoke to Michael, DB6NT about which frequency to use and we agreed on 134.928 GHz. Then I had the entire concept ready in my mind, see fig. 2.

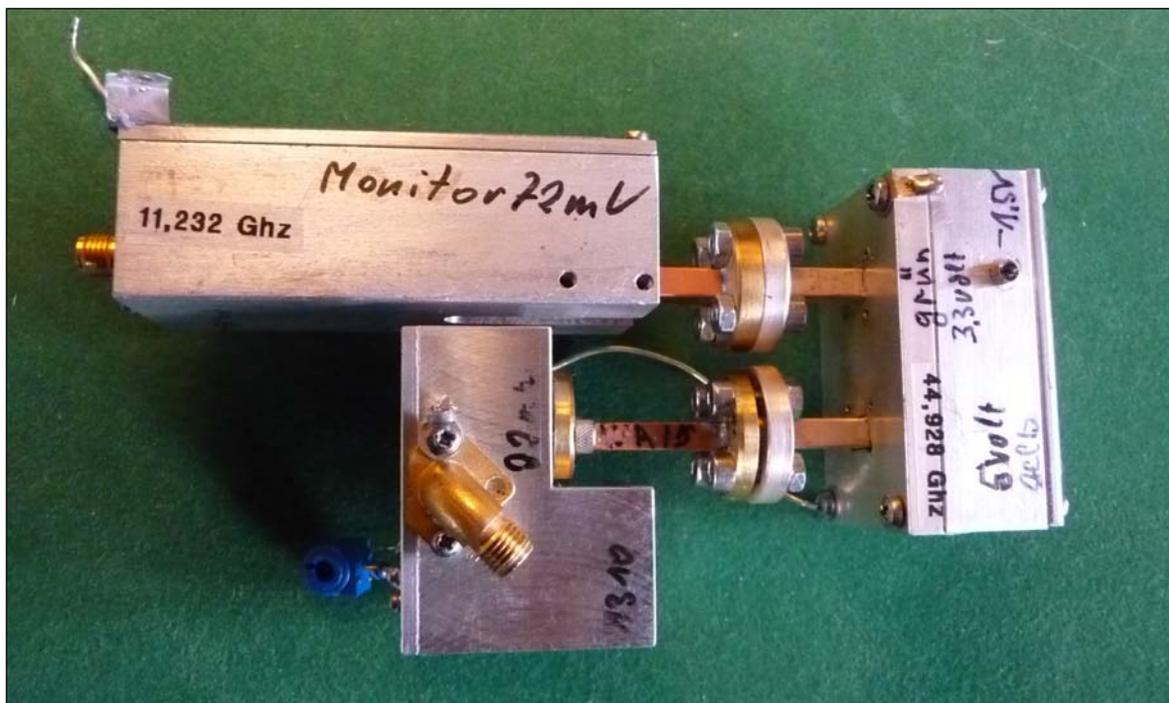


Fig. 1: The modules from Armando, I3OPW

The frequency chain is:

$$\begin{aligned} & \text{Lo } 11.232 \text{ GHz} \\ & \times 4 = 44.928 \text{ GHz, with about 180 mW output} \\ & \times 3 = 134.784 \text{ GHz} \\ & + 144 \text{ MHz IF} = 134.928 \text{ GHz, Harmonic mixer for TX and RX} \end{aligned}$$

I intended to use the same mixer casings and PCB No. 47 from DB6NT which I used for 122 GHz. They should work without any problem. See fig. 3. I also had to be sure that I could assemble all the components easily. For the IF I planned to use PCB No. 26 from DB6NT with an additional externally accessible 100 Ω potentiometer for setting the 2 m IF driver level. A new DC PCB had to be designed for the amplifier supply including a protection circuit, the multiplier supply, TX/RX switching and power reduction circuit. The latter was easy, I just had to redesign the DB6NT LO PCB: The final FET is fed with an externally adjustable voltage. This enabled me to regulate the output power of the 11.232 GHz LO between 1 and 20 mW and to adjust the multiplier drive level by a DC voltage from the supply board. See figs. 4 and 5. I described a similar DC PCB for my 76 GHz transverter in DUBUS 3/2007.

On the evening before this year's Ham Radio Friedrichshafen, Armando, I3OPW, and his friends visited me. I showed him the first transverter with its two components. See fig. 6. Everything is interconnected with WR19 waveguides. After the 44.9 GHz amplifier a WR15 WG was used in order to suppress the harmonics from the frequency generation as its cutoff frequency is 40 GHz. The output waveguide is

WR8, the same as I use on 122 GHz. DB6NT delivered the LO with its 10 MHz PLL. Most of the time was spent on the mechanical work. I built two transverters, one for my partner to use for future tests. See fig. 7. Although I knew that all this work would take half a year, I did this work with pleasure.

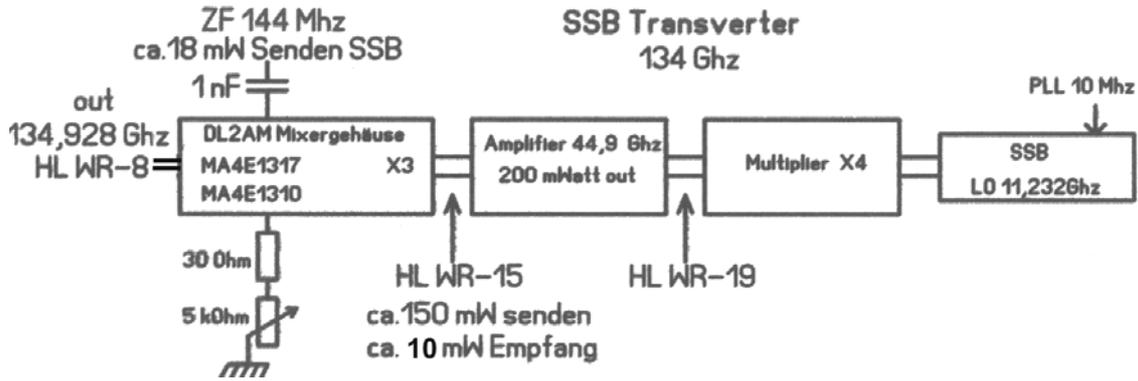
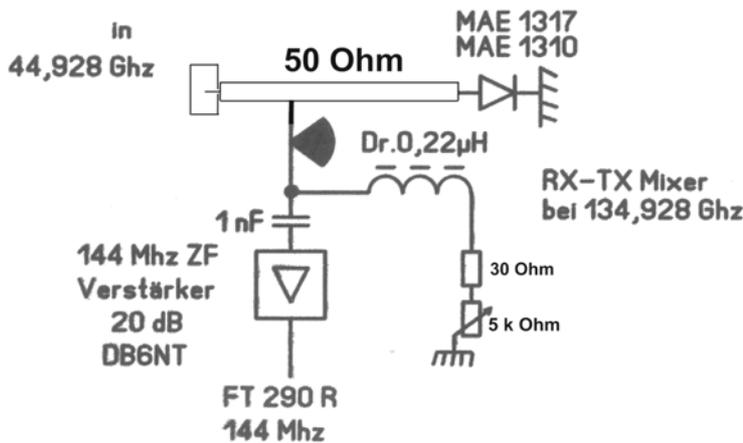


Fig. 2: Concept for the 134 GHz transverter

I used the same casing as my previous transverters, made by Zeisler and available from Bürklin. For the mixer diode I first tried a single MA4E1317 diode. The harmonic mixer has a 1 nF series capacitor in the IF line and the bias supply for the mixer diode is fed via 0.22 μ H choke from the 5 k Ω potentiometer, see fig. 8. Experience has shown me that a 30 to 50 Ω resistor should be inserted in series with this potentiometer. This prevents the possibility of reducing the bias resistance to zero and so protects the mixer diode. The second transverter was built with an MA4E1310.



First I had to determine all parameters at the input of the quadrupler and at the output of the 44.9 GHz amplifier, in order to be able to control them after everything would be built in. See fig. 9. The first tests with the new modules from Armando went quite well. I was able to set the correct 44.9 GHz power levels for both TX and RX by adjusting the LO drive to the quadrupler with separate potentiometers on the DC PCB.

Fig. 3 Circuit diagram of the mixer

I destroyed one MA4E1317 at the start as the TX level on 44.9 GHz was set too high and the output matching was not good. So I had to replace the diode. When testing again I noticed that the signal of the upper sideband, that is used for SSB, was not really strong. With the second transverter using the MA4E1310 it was slightly stronger. First I thought that no optimisation of the 50 Ω line carrying the 44.9 GHz drive to the diode would be needed, as I would have adequate drive. I was wrong. I improved the matching to the mixer diode, which resulted in a 6dB increase in output power. This is only possible with a spectrum analyser and external mixer suitable for 134 GHz. See fig. 10 and 11 for before and after optimisation. The 5 k Ω potentiometer can be used to optimise the USB power and the signal to noise level on RX.

While watching the USB on 134.928 GHz on the spectrum analyser (see fig. 12), and increasing the drive level on 44.9 GHz and also the 144 MHz IF at the same time, I was able to see when saturation was reached, just before the diode failed. I killed several diodes making such tests. For TX I needed a LO control voltage of about 3.7 V. This gave 5.7 mW on 11.232 GHz, from which the multiplier delivered 152 mW of 44.9 GHz to the mixer. The IF input power was about 18 mW to the mixer. I got only about 83 μ W in SSB (USB) on 134 GHz from the first transverter using the MA4E1317 diode. The second one with the MA4E1310 diode delivered 92 μ W. After all this work I had expected a bit more, but I hope that the lower path loss on 134 GHz will compensate. With about the same power as 122 GHz at least the same distance should be workable on 134 GHz.

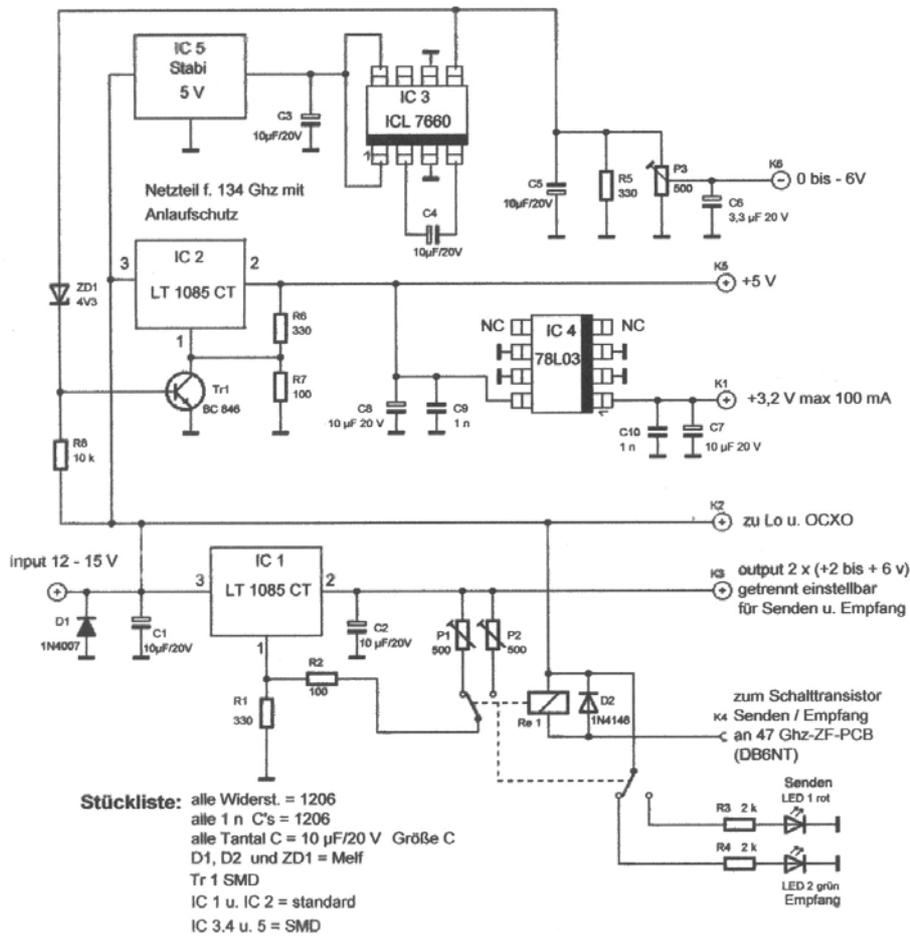


Fig. 4: DC board circuit diagram

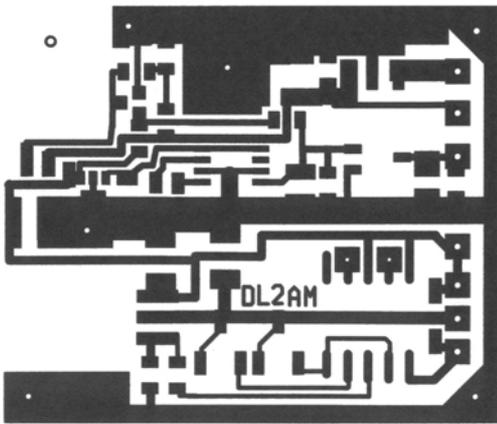


Fig. 5: DC board layout

Now the two receivers had to be tested. The 70 dB Flann attenuators which I mentioned in DUBUS 2/2012 do not work properly at this frequency. Thus I could only do vague estimations with them. With the potentiometer on the DC PCB I was able to set any output power of the amplifier for the mixer diode. It was obvious that the transverter using the MA4E1310 had a higher noise level. For the MA4E1310 the control voltage was set to 2.1V, which means 1.5 mW LO drive and for the MA4E1317 the values were 2.4 V and 1.8 mW respectively. The multiplier delivered about 10 mW on 44.9 GHz. This resulted in about the same S meter reading on the FT 290 R. With these control voltages I got the best signal to noise ratios.

Fig. 13 shows a block diagram for an SSB/CW transverter for 122 and 134 GHz using 2 PLL LOs, a quadrupler, amplifier for 44.9 GHz and one mixer for 134 GHz and with a tripler with at least 150 mW output on 40 GHz and a mixer for 122 GHz.

I hope that this article will help to generate more interest and users for the 134 GHz band. I am looking forward already to the next challenge. The first indoor QSOs over 16 m distance have been completed already on 134 GHz. Very soon, when the dew point is lower, resulting in less atmospheric absorption, I will start the first tests over greater distances with Werner, DK5TZ, who for many years has supported me in many contests.

I want to thank Armando, I3OPW, for building the bonded amplifiers and multipliers, Michael, DB6NT for the two LOs and the PLL, Werner, DK5TZ, for making the two DC PCBs and Hubert Krause for the casings.

73, Philipp - www.DL2AM.de

References

Jürgen Dahms, DC0DA, Transverter Concept for 134 GHz, DUBUS 4/2009

Philipp Prinz, DL2AM, 122 GHz Transverter with new Multiplier, DUBUS 2/2006, Addendum 4/2006

Philipp Prinz, DL2AM, New Casings for 47, 76 and 122 GHz Transverters, DUBUS, 3/2007

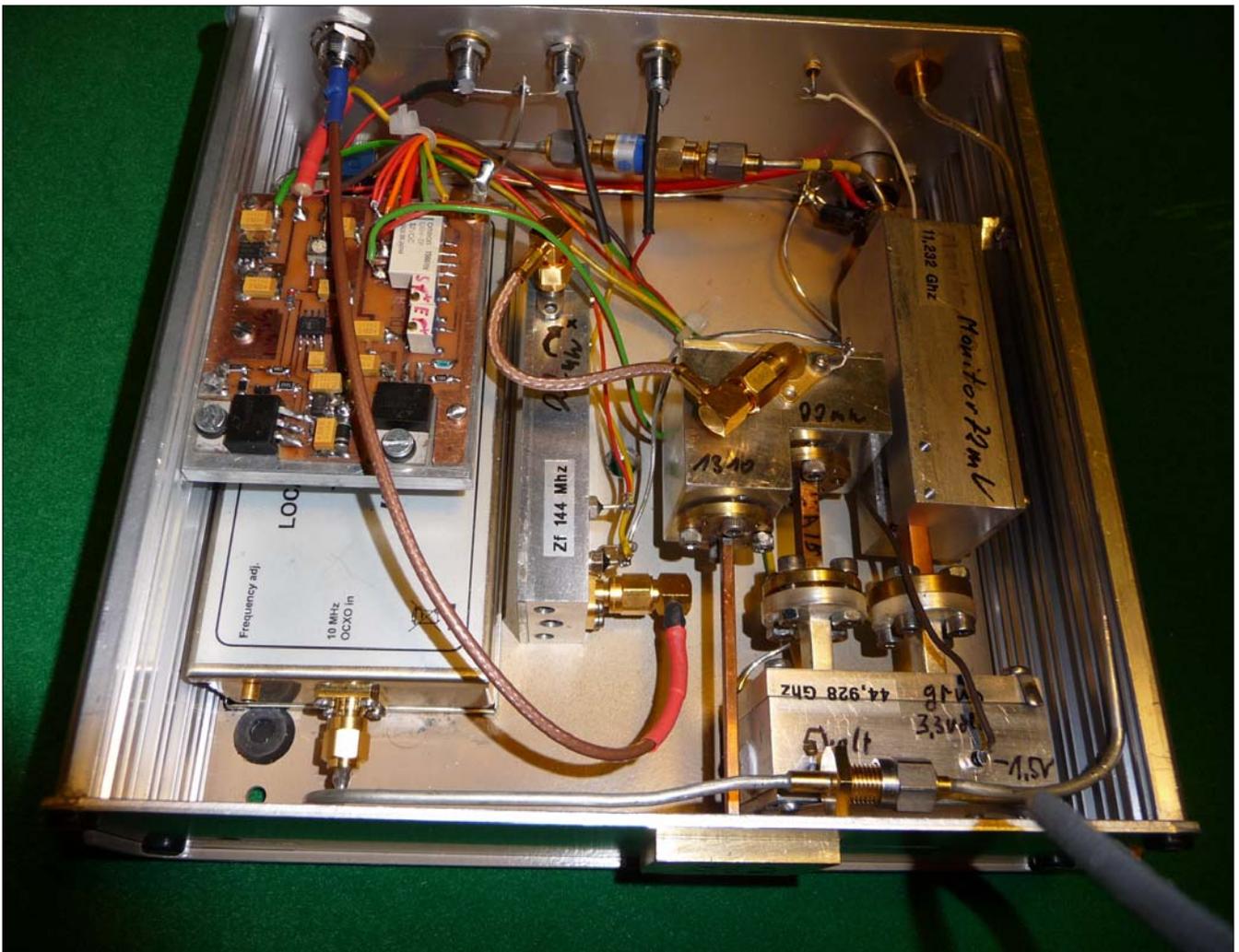


Fig. 6: Completed 134 GHz transverter



Fig. 7: Two 134 GHz transverters – ready for 2-way QSOs

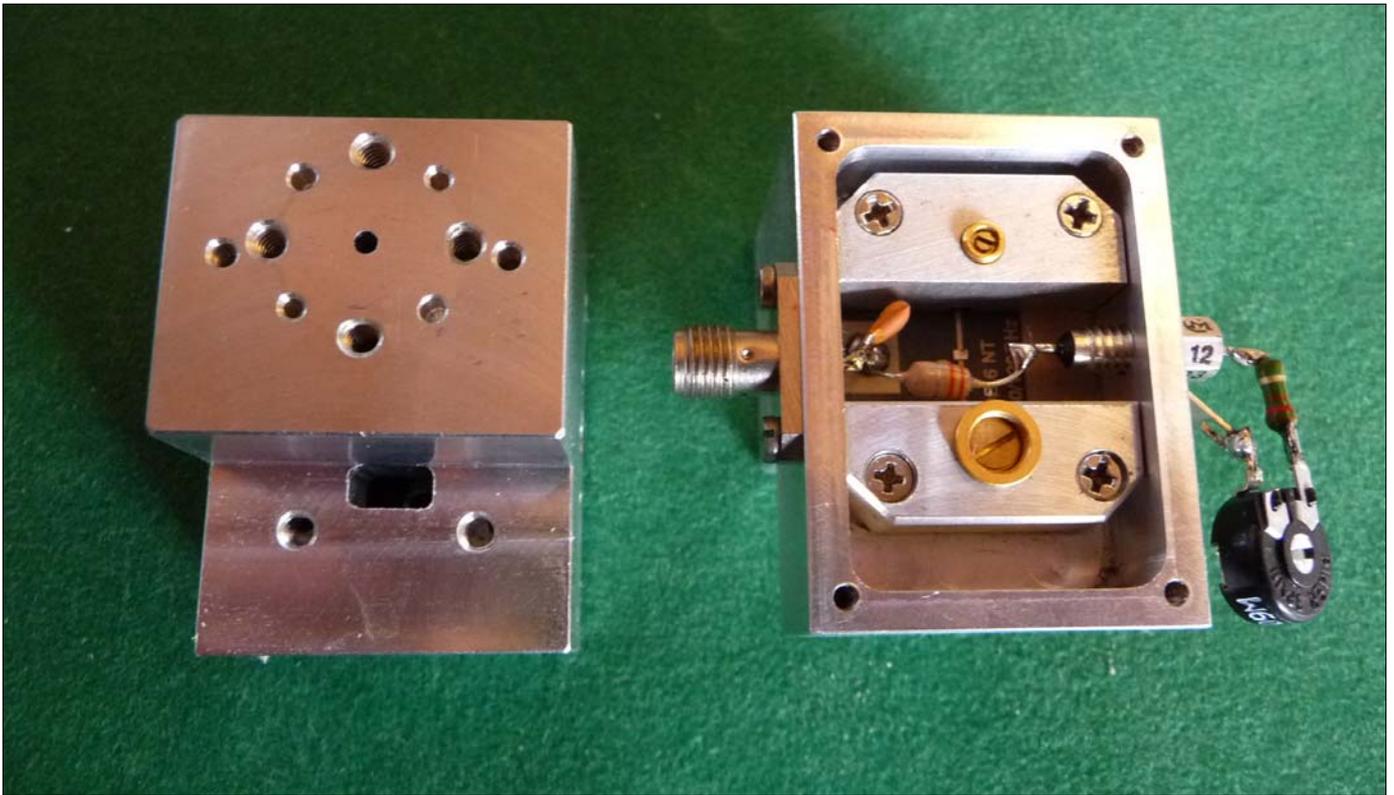


Fig. 8: 134 GHz mixer with 1 nF coupling C and 0.22 μ H choke

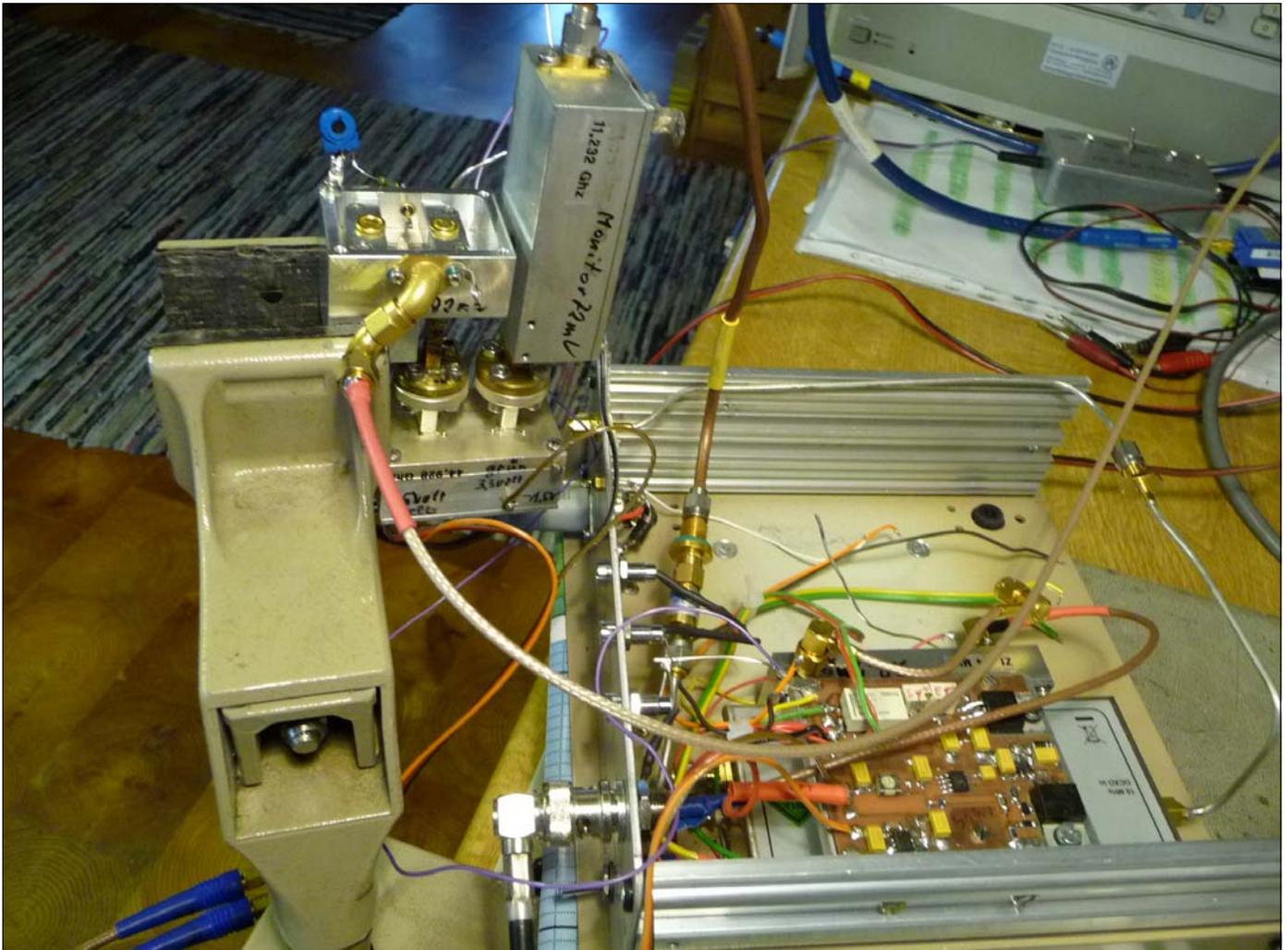


Fig. 9: Determining all the parameters

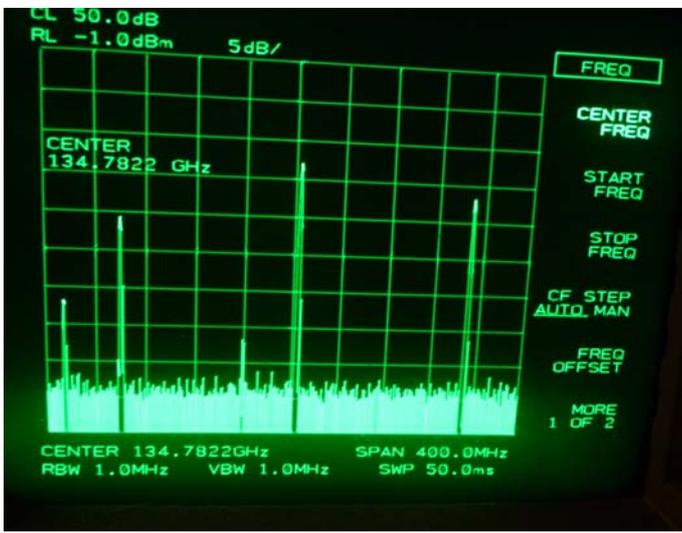


Fig. 10 (left): Upper sideband 134 GHz before optimising 44.9 GHz

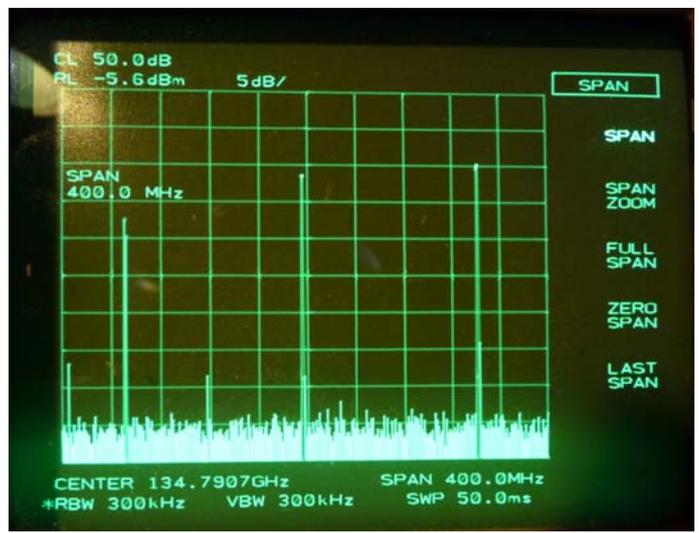


Fig. 11: Improved upper sideband level on 134 GHz after optimising 44.9 GHz



Fig. 12: The 134.928 GHz signal on the analyser

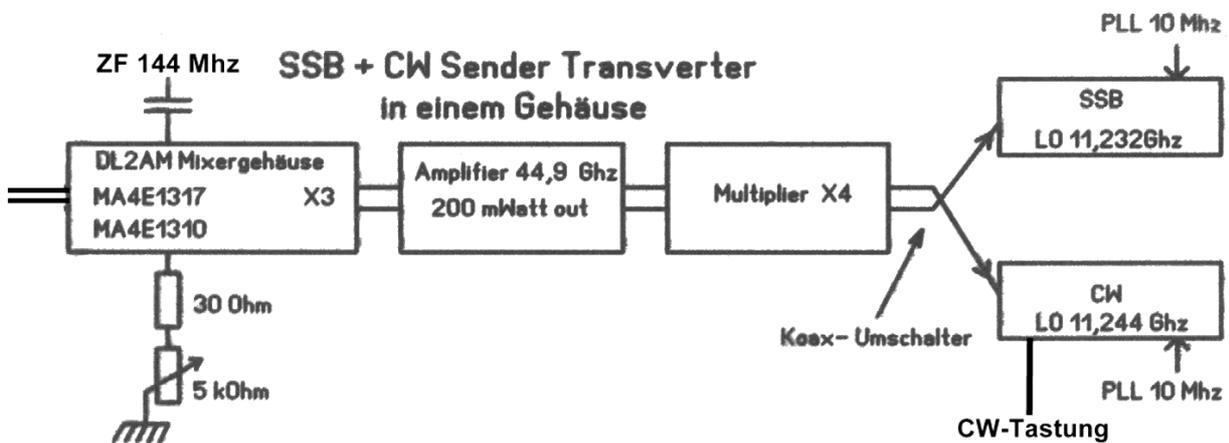


Fig. 13: Concept for a SSB/CW transverter for 122 GHz and 134 GHz

Ein 134 GHz Transverter für SSB

von Philipp Prinz, DL2AM

In den letzten 14 Jahren sind von mir Bauanleitungen für Funkanwendungen von 23 cm bis 241 GHz im DUBUS beschrieben worden. Nun fehlt mir nur noch das neu dazu gekommene 134-GHz-Band. Im DUBUS 4/2009 hatte Jürgen, DC0DA einen 134-GHz-Empfänger und separaten Sender beschrieben. Dieses Konzept hat mir keine Ruhe gelassen, da ich gerne ähnliche Verhältnisse haben wollte wie bei meinem bereits beschriebenen 122-GHz-Transverter, um dann auch auf 134 GHz ein Zweiweg-SSB-QSO machen zu können. Meine Überlegung war nicht so einfach, denn es war hier ein Verstärker von 44,9 GHz mit einer Leistung von minimal 180 mW erforderlich, weshalb mit höheren Kosten zu rechnen war. Ich schrieb an Armando, I3OPW, und fragte, ob er mir einen solchen Verstärker mit einem vorge-schalteten Vervierfacher auf dieser Frequenz anfertigen kann. Schnell bekam ich von ihm eine Zusage. Abb. 1 zeigt diesen Verstärker. Mit Michael, DB6NT, sprach ich, welche Frequenz wir dazu verwenden sollen. Wir einigten uns auf 134,928 GHz. Nun hatte ich mein ganzes Konzept vor Augen, siehe Abb. 2. Mein Frequenzkonzept ist:

$$\begin{aligned} & \text{Lo } 11,232 \text{ GHz} \\ & \times 4 = 44,928 \text{ GHz, ca. } 180 \text{ mW Output} \\ & \times 3 = 134,784 \text{ GHz} \\ & + 144 \text{ MHz ZF} = 134,928 \text{ GHz, Oberwellen-Mischer für Senden und Empfang} \end{aligned}$$

Ich wollte die von mir bereits früher verwendeten DL2AM-Mixer-Gehäuse sowie die PCB von DB6NT Nr. 47 für 122 GHz dafür verwenden. Das sollte problemlos funktionieren, siehe Abb. 3. Auch musste ich darauf achten, dass alle Komponenten gut zu händeln sind. Für die ZF wollte ich die PCB Nr. 26 von DB6NT mit zusätzlichem, von außen für die 144-MHz-Ansteuerleistung bedienbaren 100-Ohm-Poti verwenden. Auch musste eine neue DC-PCB für die Stromversorgung des Verstärkers mit Schutzschaltung und Multiplier sowie Sende-Empfangs-Umschaltung mit Leistungsminderung des Verstärkers bei Empfang und Senden angefertigt werden. Die Lösung war schnell gefunden, denn ich änderte die PCB vom LO von DB6NT: Dem letzten FET gab ich eine von außen einstellbare Spannung. So konnte ich die Ausgangsleistung des 11,232 GHz LOs von ca. 1 mW bis 20 mW regeln und so den Multiplier, je nach auf der DC-PCB eingestellten Spannung ansteuern, siehe Abb. 4 und 5. Eine ähnliche DC-PCB habe ich schon bei meinem 76-GHz-Transverter im DUBUS 3/2007 beschrieben.

Am Abend vor der diesjährigen Ham-Radio Friedrichshafen besuchte mich Armando, I3OPW, mit weiteren OM aus Italien. Dort konnte ich ihm schon den ersten Transverter mit seinen 2 Bausteinen zeigen, siehe Abb. 6. Ich erklärte ihm, wie ich alles mit WR19 Hohlleitern zusammengebaut hatte, und dass ich nach dem 44,9-GHz-Verstärker einen WR 15 Hohlleiter verwendete, um die Oberwellen von der Aufbereitung zu unterdrücken, da das Cutoff beim WR 15 bei 40 GHz liegt. Als Ausgangs-HL nach dem Mixer wählte ich WR 8, den ich auch für 122 GHz benutzte. Michael, DB6NT, lieferte mir den vorher schon beschriebenen LO mit 10-MHz-PLL. Die meiste Zeit beanspruchten wieder die mechanischen Arbeiten, zumal ich zwei gleiche Geräte aufbaute, auch eines für meinen Funk-Partner, siehe Abb. 7. Diese Arbeiten habe ich sehr gerne gemacht, obwohl ich mir darüber im Klaren war, dass dies ein halbes in Anspruch nehmen würde.

Das Gehäuse ist dasselbe wie bei allen meinen vorhergehenden Transvertern (ein Zeisler-Gehäuse von der Fa. Bürklin). Als Mischer-Diode versuchte ich zuerst die Single-Diode MA4E1317. Den Oberwellen-Mischer habe ich so ausgeführt, dass in der ZF-Leitung ein 1-nF-Kondensator in Serie und für die Vorspannungs-Erzeugung der Mischer-Diode eine 0,22-µH-Drossel vor dem 5-k-Ohm-Poti lag, siehe Abb. 8. Die Erfahrung hat mich gelehrt, dass vor dem 5-k-Ohm-Poti ein 30-50-Ohm-Widerstand vorhanden sein sollte. Aus diesem Grund kann man das Poti nicht auf 0 Ohm drehen, was für den Schutz der Mischer-Diode von Vorteil ist. Beim zweiten Transverter verwendete ich die MA4E1310.

Als erstes mußte ich alle Parameter am Eingang des Vervierfachers und Ausgang des 44,9-GHz-Verstärkers feststellen, um im eingebauten Zustand eine Kontrolle haben zu können, siehe Abb. 9.

Die ersten Tests mit den neuen Bausteinen von Armando verliefen ganz gut. Ich konnte mit dieser Einrichtung die richtigen Pegel sende- und empfangsmäßig vom LO zum Vervierfacher und daraus die resultierende Leistung des 44,9-GHz-Verstärkers am Sende- und Empfangs-Poti auf der DC-PCB einstellen. Eine MA4E1317 habe ich gleich am Anfang zerstört, da sendemäßig der Pegel auf 44,9 GHz zu hoch und die Anpassung zum Ausgangssignal nicht gut war. Ich musste dann also wieder eine neue

Mischer-Diode einbauen. Nach erneutem Test ist mir dabei aufgefallen, dass das Signal des oberen Seitenbandes, welches für SSB verwendet wird, nicht besonders hoch war. Beim Transverter Nr. 2 mit der MA4E1310 war es etwas besser. Zuerst war ich der Meinung, dass ein Abgleich des 44,9-GHz-Signals auf der 50-Ohm-Leitung zur Diode nicht erforderlich ist, da ich ja genügend Leistung auf dieser Frequenz zur Verfügung habe. Dies war weit gefehlt, siehe Abb. 10 ohne Abgleich und Abb. 11 mit Abgleich. Durch diesen Abgleich habe ich ca. 6 dB gewonnen. Dies ist nur mit einem Spektrum-Analyzer mit Mischer bis 134 GHz feststellbar. Die Mischer-Diode ist durch diese Maßnahme besser angepasst, was die 6 dB brachte. Mit dem 5-kOhm-Poti kann die OSB-Leistung noch maximiert werden und gleichzeitig sich auch das Signal-Rausch-Verhältnis bei Empfang verbessern.

Wenn ich am Spektrum-Analyzer das OSB bei 134,928 GHz angeschaut habe (siehe Abb. 12) und dabei die Ansteuerung auf 44,9 GHz und gleichzeitig auch die 144-MHz-ZF langsam erhöhte, konnte ich sehr gut erkennen, wenn eine Sättigung der Ausgangsleistung eingetreten war und die Mischer-Diode vor der Zerstörung stand. Bei solchen Versuchen habe ich schon manche Diode gekillt. Als Optimierer will man es ja nicht glauben. Beim Senden benötigte ich eine LO-Leistungsbegrenzungs-Spannung von ca. 3,7 Volt. Das sind damit dann genau 5,7 mW bei 11,232 GHz, die in den Multiplier gelangen und bei 44,9 GHz 152 mW, die von dem Verstärker in den Mixer gehen. Die ZF-Leistung betrug ca. 18 mW am Mischer. Leider habe ich beim Senden in SSB beim OSB nur ca. 83 µWatt erreicht beim ersten Transverter mit der Mischer-Diode MA4E1317. Beim zweiten Transverter mit der MA4E1310 konnte ich 92 µWatt messen.

Bei diesem Aufwand hatte ich mir mehr versprochen. Ich hoffe, dass durch die geringeren Sauerstoffwerte bei 134 GHz die Strecken-Dämpfung wesentlich niedriger sein wird als auf 122 GHz. Wenn etwa die gleich große Leistung wie auf 122 GHz zur Verfügung steht sollten mindestens gleich große Entfernungen erreicht werden können.

Nun ging es daran, die beiden Empfänger zu testen. Die 70-dB-Dämpfungsglieder von Flann, die ich im DUBUS 2/2012, S. 114, erwähnt habe, funktionieren auf dieser hohen Frequenz nicht mehr zufriedenstellend. Somit konnte ich nur ungenaue Messungen machen. Mit dem Poti auf Empfang der DC-PCB konnte ich jede Ausgangsleistung des Verstärkers für die Mischer-Diode einstellen. Ganz eindeutig war, dass der Transverter mit der MA4E1310 einen höheren Rauschanteil hat. Bei der MA4E1310 war die Leistungsbegrenzungs-Spannung 2,1 Volt, das sind ca. 1,5 mW, und bei der MA4E1317 waren es 2,4 Volt, das sind 1,8 mW, die in den Multiplier gelangen und bei 44,9 GHz waren es ca. 10 mW. Dies ergab etwa eine gleiche S-Meter Anzeige beim FT 290 R. Bei diesen Spannungen war der beste Signal-Rauschabstand festzustellen.

Auch habe ich mir überlegt, einen Transverter für SSB und CW zu bauen für 122 und 134 GHz mit zwei LOs, mit PLL 10 MHz, einem Vervierfacher, einem Verstärker von 44,9 GHz und nur einen Mixer bzw. für 122 GHz mit einem Verdreifacher mit einer Ausgangsleistung von mind. 150 mW bei 40 GHz und auch nur einem Mischer, dies alles in einem Gehäuse, und für SSB und CW (Abb. 13).

Ich hoffe mit diesem Beitrag für das neue Frequenzband in DL mehr Nutzer zu gewinnen und freue mich schon auf die nächste Herausforderung bei unserem schönen Hobby.

Die ersten Indoor-QSOs auf dieser Frequenz habe ich erfolgreich über 16 m Entfernung durchgeführt. In der nächsten Zeit, wenn der Taupunkt tiefer liegt, werden die ersten Versuche über größere Distanzen auf 134 GHz starten. Mein Partner für die Tests wird Werner, DK5TZ, sein, der mir schon seit Jahrzehnten bei vielen Wettbewerben zur Seite stand.

Bedanken möchte ich mich bei Armando, I3OPW, für die Anfertigung der gebondeten Verstärker und Multiplier, bei Michael, DB6NT, für die zwei LOs und PLL und bei Werner, DK5TZ, für das Anfertigen der zwei DC-PCBs, sowie bei Hubert Krause für das Anfertigen der Gehäuse.

73, Philipp - www.DL2AM.de

Bildunterschriften:

Abb. 1: Die von Armando gelieferten Multiplier und Verstärker

Abb. 2: Aufbau Konzept eines 134 GHz-Transverters

Abb. 3: RX-TX-Mixer

Abb. 4: DC-Schaltplan

Abb. 5: DC-PCB

Abb. 6: 134 GHz-Transverter, fertig aufgebaut

Abb. 7: Zwei 134 GHz Transverter, um ein Zweiweg-SSB-QSO zu machen

Abb. 8: Mixer-Gehäuse 134 GHz mit 1 nF Koppel-C und 0,22 µH-Drossel

Abb. 9: Feststellung aller Parameter

Abb. 10: 134 GHz oberes Seitenband und LO ohne Abgleich der 44,9 GHz

Abb. 11: 134 GHz oberes Seitenband + LO mit höherer Ausgangs-Leistung des OSB durch Abgleich des 44,9 GHz Signals

Abb. 12: Analyserbild bei 134,928 GHz **Abb. 13: Kombi-Transverterkonzept für 122 und 134 GHz**