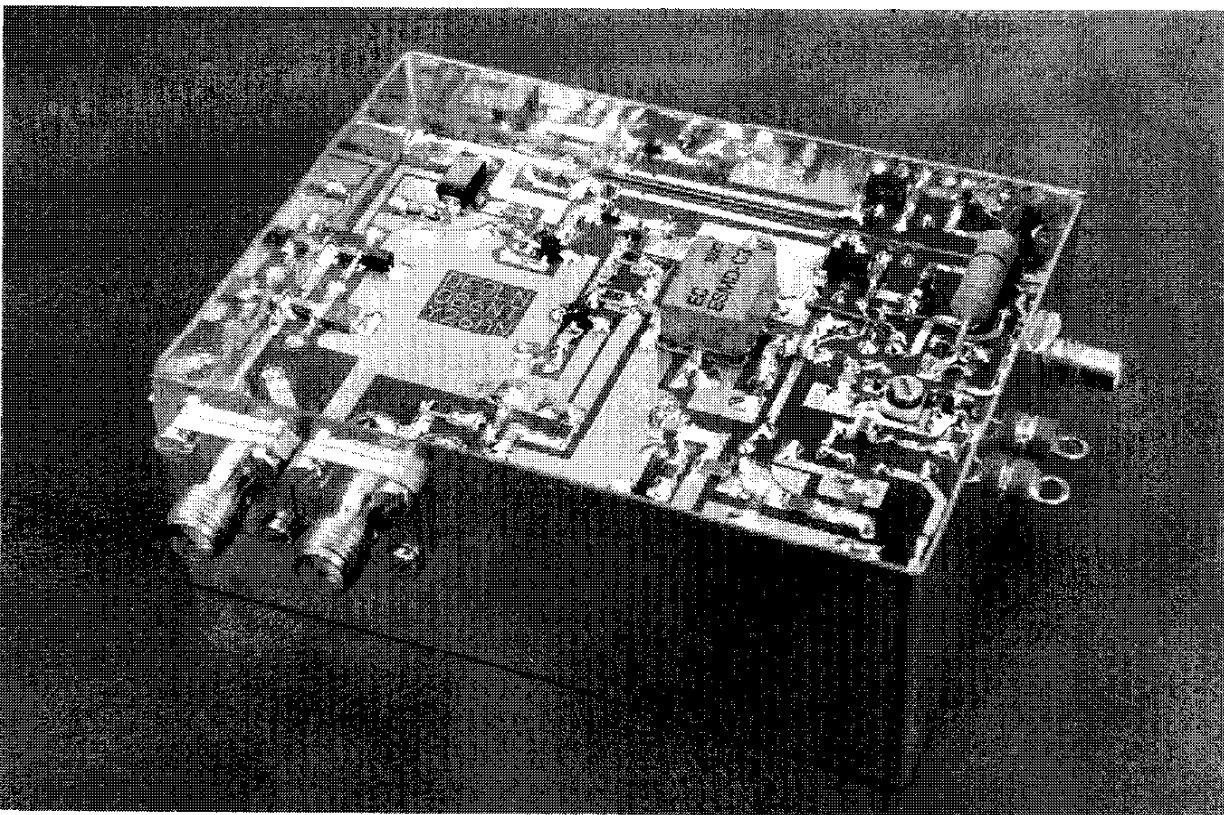


23cm Linear-Transverter

Michael Kuhne, DB6NT
&
Uwe Nitschke, DF9LN

Kurzfassung: Dieser Transverter (1,3GHz auf 144MHz) in SMD-Technik vereinigt kompakte Abmessungen (55x74x30mm) mit hoher Leistungsfähigkeit (1,5W Output bei TX, 1,4dB Rauschzahl und 70dB Nebenwellenunterdrückung). Dieses wurde durch Verwendung modernster Bauteile (MMIC's, Power-Modul, SMD-Mixer und Helical-Filter) erreicht. Daher eignet sich dieser Transverter sowohl für Portable-Stationen als auch für leistungsfähige Heimstationen.



Bild/Figure 1: 1.3GHz Linear Transverter

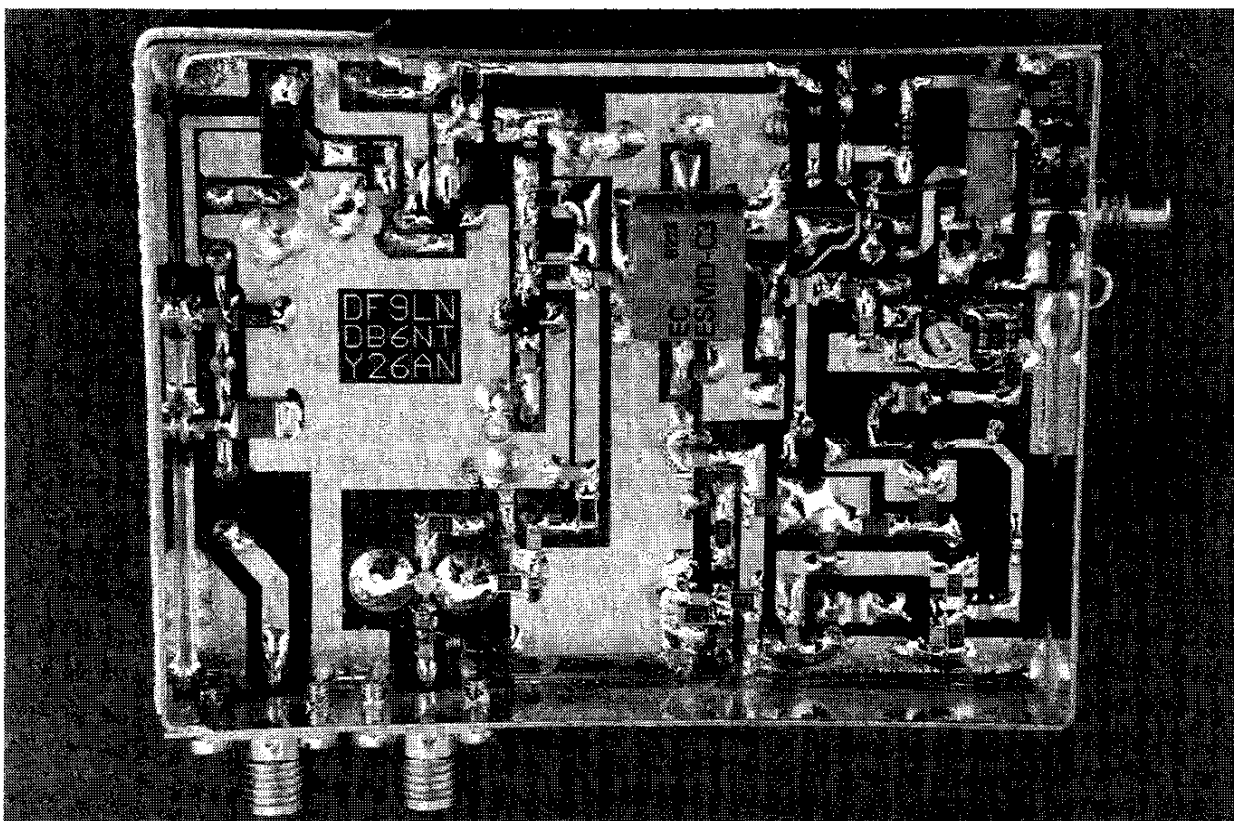
Abstract: This transverter (1.3GHz to 144MHz) is compact (55x74x30mm), has 1.5 W power output, 1.4dB noise figure and 70dB spurious rejection. This is achieved by modern SMD-techniques utilizing the latest MMIC's and power modules, a SMD double balanced mixer and commercial pretuned helical filters. The performance renders it useful for small portable setups as well as for home stations.

1. Design

Die Oszillatorstufe arbeitet quarzstabilisiert auf 96MHz mit einem J310 in Source-Rückkopplung. Eine nachfolgende Vervierfacher-Stufe ist mit dem BFR92 bestückt. Ein Helix-Filter dient zur Aussiebung der 384MHz. Die nachfolgende Verdreifacherstufe ist mit einem BFG93 bestückt und hat am Ausgang wieder ein Helixfilter auf 1152MHz zur Selektion.

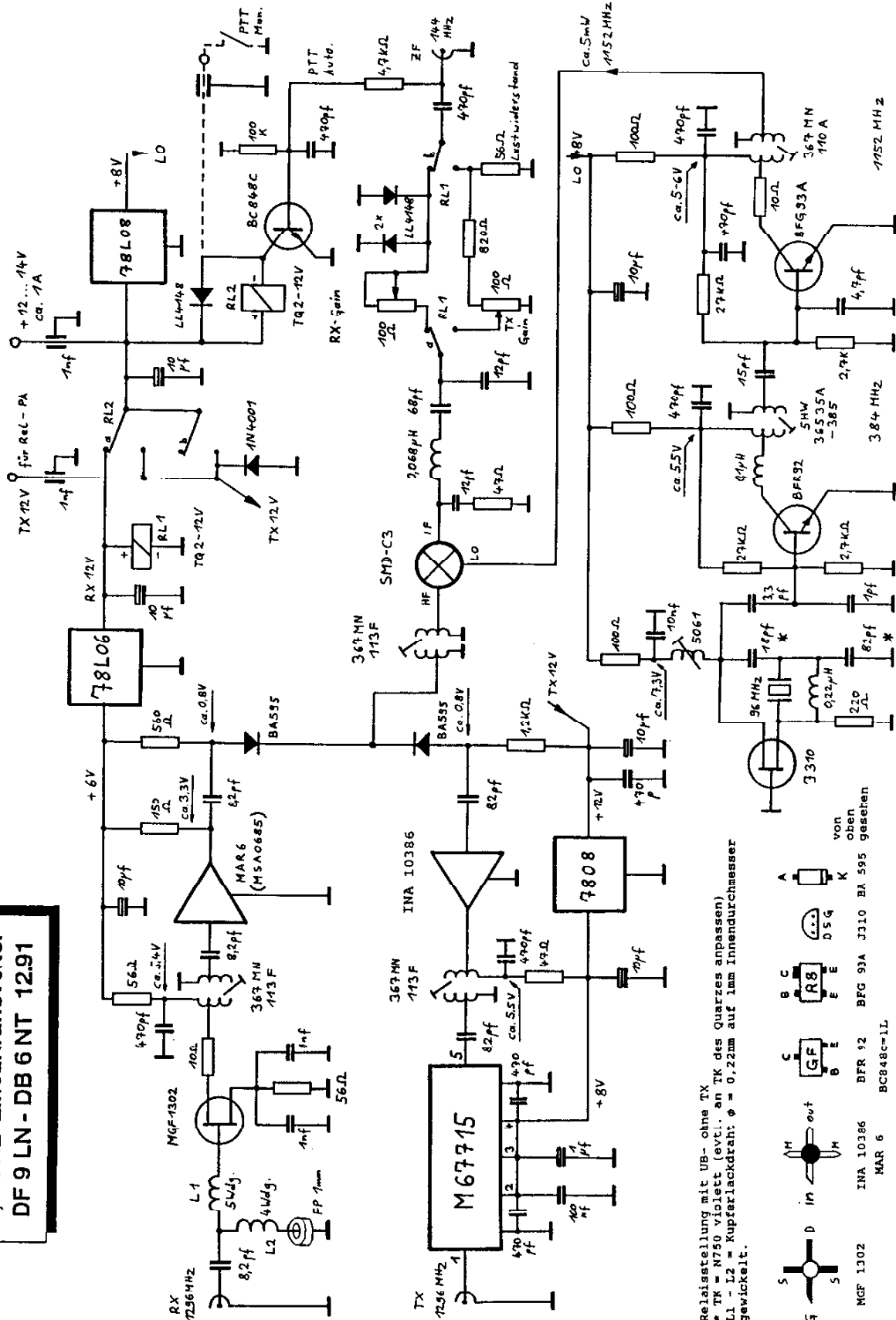
Ein doppelt-symmetrischer Ringmischer SMD-C3 wird für Senden und Empfang benutzt. Das ZF-Port ist mit einem Diplexer abgeschlossen. Dieser wird durch ein SDS-Relais TQ2-12 auf die separaten Abschwächer für Empfang und Senden umgeschaltet.

Im Sendebetrieb gelangt das ZF-Signal auf 144MHz über den TX-Abschwächer und den Diplexer auf den Mischer. Das Nutzsignal auf 1296MHz wird durch ein Helixfilter selektiert und über über den PIN-Dioden Schalter dem MMIC INA-10386 zugeführt. Dieser verstärkt das Signal auf ca. 5mW. Ein zweites Helixfilter sorgt für optimale Nebenwellenunterdrückung. Danach folgt die Leistungsstufe mit einem M67715 Leistungsmodul von Mitsubishi, das bei einer Verstärkung von 23dB eine Ausgangsleistung von 1,5W liefert. Zur Leistungserhöhung kann ein weiterer Hybridverstärker mit dem M67762 Leistungsmodul extern nachgeschaltet werden. Dieser benötigt 0,2W Steuerleistung für eine Ausgangsleistung von 15W. Eine Steuerspannung von 12V/max. 2A im Sendezustand kann für externe Steuerzwecke dem Transverter entnommen werden.



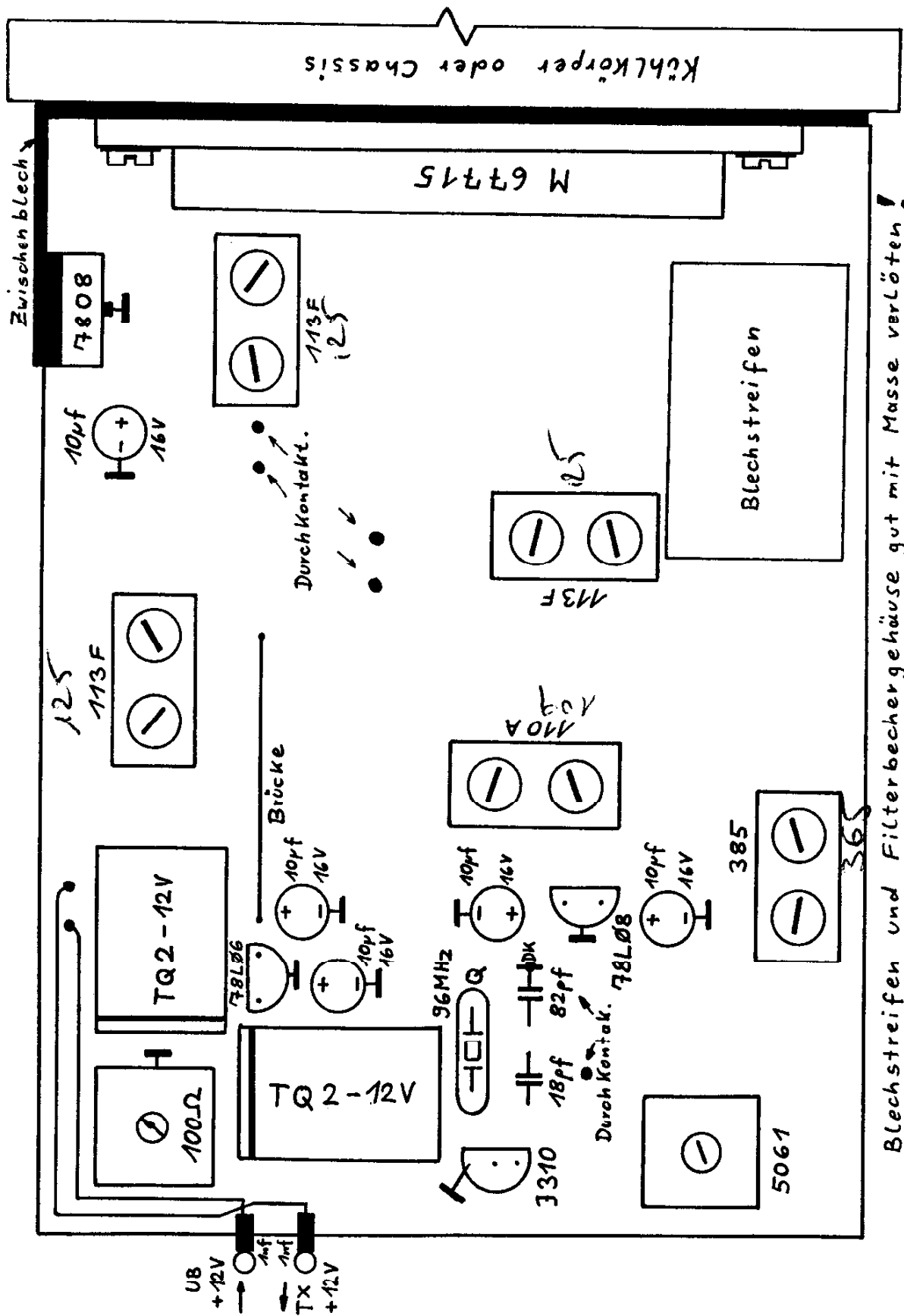
Bild/Figure 2: 1.3GHz Transverter (Bottom View)

**1,3 GHz Lineartransverter
DF 9 LN - DB 6 NT 12.91**



Bild/Figure 3: Circuit Diagram/Schaltung

- Relaisstellung mit UB- ohne TX
 - * TK = N750 violett (evtl. an TK des Quarzes anpassen)
 - L1 - L2 = Kupferlackdraht: $\phi = 0,22\text{mm}$ auf 1mm Innendurchmesser gewickelt.
- S D in out H H
- A B C D E F G H K
- MGF 1302 INA 10386 BFR 92 BFG 93A J310 BA 595 gesehen
 MAR 6 BC848c=11



Bild/Figure 4: Parts Layout/Bestückungsplan

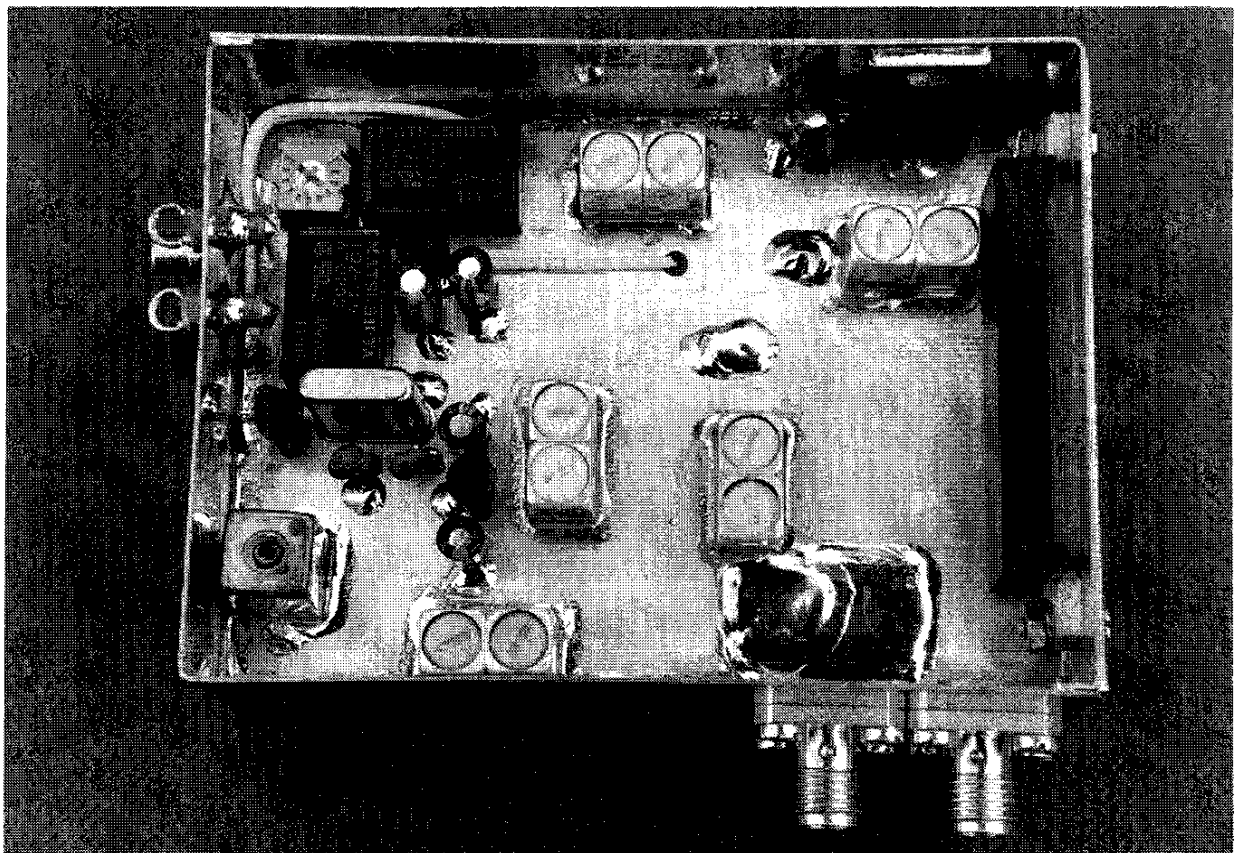
Im Empfänger ist die 1. Stufe mit dem GaAs-FET MGF1302 bestückt und zur Rauschanpassung dient ein serielles L-Anpaßnetzwerk ([1],[2],[3]). Über ein Helixfilter gelangt das Nutzsignal zur 2. Stufe mit dem MMIC MAR-6. Über den PIN-Diodenschalter mit der BA595 wird ein zweites Helixfilter und der gemeinsame Mischer mit dem SMD-C3 eingefügt. Für optimale Selektion und Spiegelfrequenzunterdrückung sind auch im Empfangszug zwei Helixfilter wirksam. Die Rauschzahl ist besser als 2 dB (1.4 dB typ.) bei einer Durchgangsverstärkung von 17 dB.

1. Design

A 96MHz crystal oscillator works with a J310 junction FET in a source feedback circuit. A quadrupler with a BFR92 feeds a helical filter on 384MHz. A subsequent Tripler with a BFG93 and a helical filter on 1152MHz provides a clean 7dBm output on 1152MHz.

A double-balanced schottky mixer SMD-C3 is used for both transmit and receive. It's IF-port is terminated in a diplexer and has switched attenuators for RX and TX. These allow for independent adjustment of transmit and receive gain.

In transmit mode the 144MHz IF is mixed with the 1152MHz LO to an output on 1296MHz. The mixer output is filtered by a helical filter and routed through a PIN-diode switch to the transmit chain. This chain uses a MMIC INA-10386, another helical filter and the output power module M67715, which can supply a linear output power of 1.5W. For more output power a second, external power module with the M67762 can provide 15W at a driving power level of 0.2W. A control voltage of 12v/2A for external use is provided by the transverter.



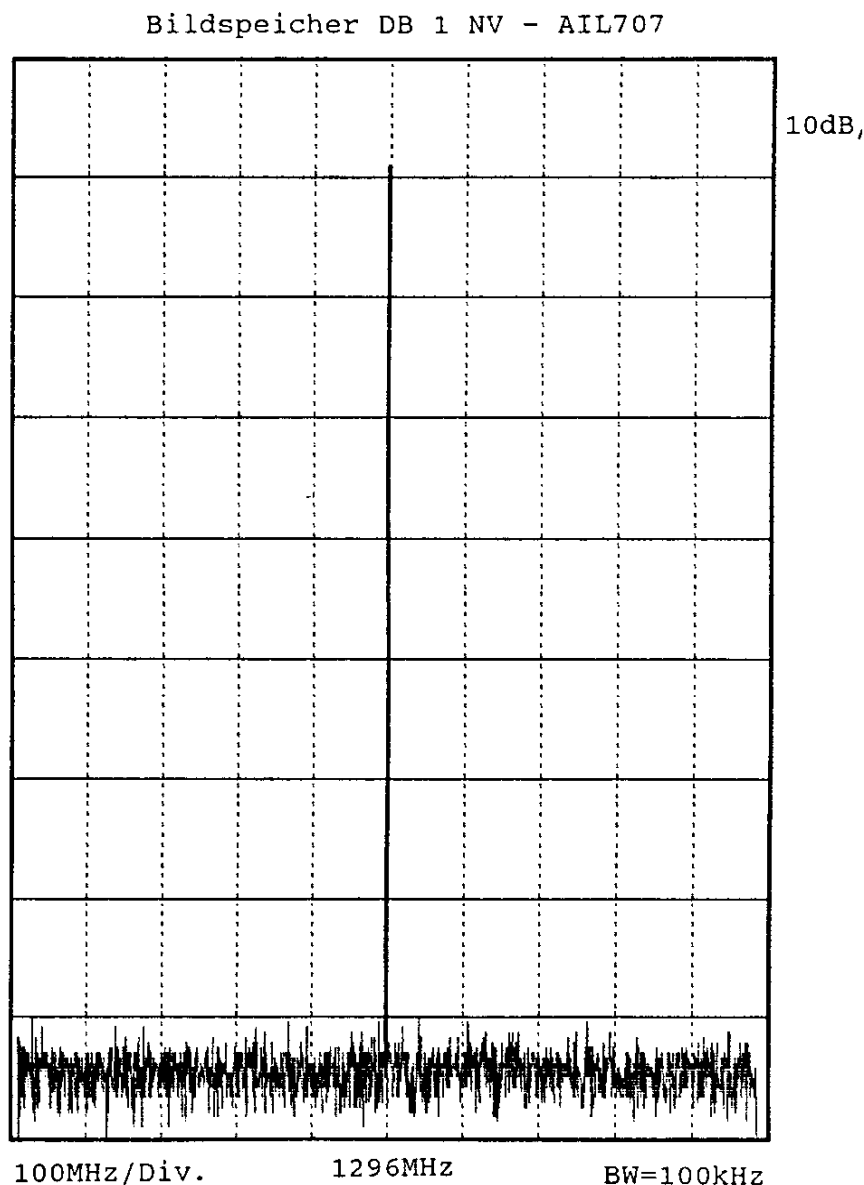
Bild/Figure 6: 1.3GHZ Transverter (Top View)

The RX-chain is comprised of a RF-stage with a MGF1302, a helical filter and a second RF-stage with a MAR-6 MMIC. The output is switched to the common mixer circuit by means of a PIN-diode switch. The noise matching in the first stage is made by series-L matching ([1],[2],[3]). The two helical filters provide optimum RF-selectivity for image and spurious rejection. The overall noise figure is less than 2dB and 1.4dB typical.

2. Aufbau

Folgende Reihenfolge ist angebracht:

1. Teflonplatine passend für das Gehäuse (55x74x30) schneiden
2. Platine bohren (0,8mm und 2x5,8mm für die Scheibenkondensatoren).
3. Koaxbuchsen einbauen
4. Platine einlegen (auf die Anschlußstifter der Koaxbuchsen) und mit Gehäuserahmen verlöten.
5. Durchführungen verlöten.
6. Einbau aller Teile mit Ausnahme des Ringmischers.
7. Scheibenkondensatoren auf der Masseseite mit Kupferblech verlöten.
8. Von der Spule Neosid-5061 das freie Anschlußbein und die Masseanschlüsse des Gehäuses entfernen.
9. Alle Filter einbauen und die Gehäuse rundum verlöten.
10. Einbau von TX-Gain Poti - Cermet Poti (Massebein oben anlöten) - und dem RX-Gain Poti (SMD)
11. 7808 an den Weißblechrahmen anlöten und dort mit Zwischenblech und Wärmeleitpaste an den Kühlkörper anflanschen.
12. M67715 ca. 1 mm über der Platine einlöten und mittels Zwischenblech an den Kühlkörper anschrauben.
13. Die Spulen L1 und L2 werden auf einem 1mm Dorn (Bohrer) mit 0,22mm Kupferlackdraht gewickelt. Spulen mit kurzen Anschlußdrähten einlöten.
14. GaAs-Fet MGF1302 einlöten. L1 wird an einem Ende auf das hochgezogene Gate-Bein des MGF1302 aufgelötet.
15. Massepunkte für die MMIC's mit 0,8mm CuAg durchkontaktieren.



Bild/Figure 7: Output Spectrum

16. MMIC's einlöten.
17. Der BFR92 und der BFG93 werden mit nach unten abgebogenen Anschlußbeinen "über Kopf" eingelötet.
18. 56 Ohm Lastwiderstand freitragend einlöten.
19. Nach dem Abgleich der LO-Stufen den SMD-Mixer einbauen. Der Mixer muß plan auf der Platine aufliegen und an allen Durchkontaktierungspunkten angelötet werden.

2. Construction

1. Cut PTFE board to dimension of the cabinet
2. Drill PCB (0.8mm and 5.8mm for the two 1nF leadless disk caps)
3. Mount coaxial connectors
4. Put PCB onto inner conductors of coax-connectors and solder to the cabinet on both sides
5. Solder feedthroughs
6. Mount and solder all parts according to the parts layout except filters, MMIC's, MGF1302 and SMD-C3
7. The 1nF disk caps are soldered to the ground plane with small pieces of copper-foil
8. Remove free leg from NEOSID-5061 and also the ground lugs of the enclosure
9. Mount all filters. Fully solder the enclosures to the ground plane.
10. Mount pots for TX-Gain (Cermet) and RX-Gain (SMD)
11. Solder 7808 to tin plate enclosure
12. Solder M67715 approximately 1mm above the PCB
13. Mount the external cooler with thermal distribution plate and some thermal conductive compound
14. L1 and L2 are made from 0.22 copper enameled wire wound closely on a 1mm form. Mount them with short legs.
15. Mount MGF1302 and solder L1 onto the free gate leg (Bended 90 degr.)
16. Make contact troughs for the ground lugs of the MMIC's
17. Mount MMIC's
18. Mount BFR92 and BFG93 "overhead".
19. Solder 56 Ohms load resistor
20. Mixer C3 can be soldered after tuning of LO-chain

3. Abgleich

3.1 LO-Abgleich

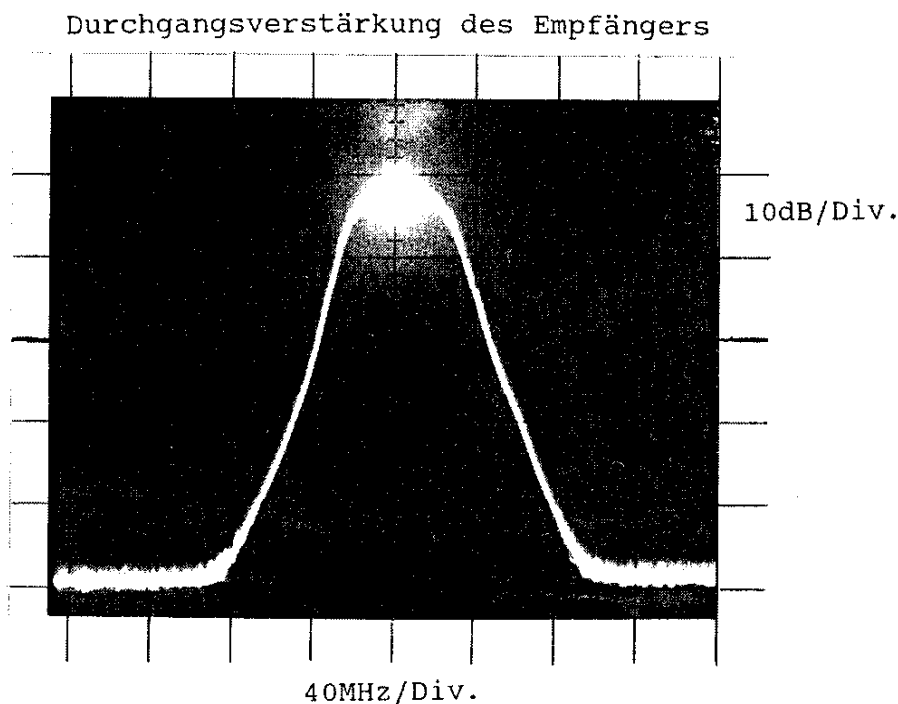
Nach dem Anlegen der Betriebsspannung wird der Kern in der Oszillatorschleife 5061 soweit eingedreht, bis das Anschwingen durch Abfall der Gleichspannung am Kollektorwiderstand des BFR92 angezeigt wird. Dann die Gleichspannung am Kollektorwiderstand des BFG93 messen und durch wechselseitiges Abstimmen des 384MHz Filters minimieren. Am LO-Port des Mixers (Mixer ist noch nicht eingebaut!) über ein Koaxkabel ein Leistungsmeßgerät anschließen und das 1152 MHz Filter auf maximalen Output abgleichen. Die Leistung soll mindestens 5 mW (max. 10mW) betragen. Mit einem Zähler kann die genaue Frequenz bestimmt und gegebenenfalls der 96MHz Oszillator nachgestimmt werden. Der Temperaturkoeffizient der Kondensatoren 10pf und 82pf ist auf minimale Drift ausgelegt. Ein externer TCXO oder OCXO kann nach Entfernen des Quarzes und der 0,22uH Drossel über einen Kondensator von 47pF angeschlossen werden.

Nach Abgleich des LO wird der Mischer C3 eingebaut.

3.2. RX-Abgleich

RX-Gain Poti auf null Ohm einstellen. Antenne oder 50 Ohm Dummy am RX-Eingang und 2m-Empfänger am ZF-Ausgang anschließen. Betriebsspannungen am MGF1302 und am MAR-6 kontrollieren. Helixfilter im Empfänger-Zug auf maximales Rauschen abgleichen. Der Maximum-Abgleich kann selbstverständlich auch mit einem Signalgenerator oder einer Bake erfolgen.

Falls ein Rauschzahlmeßgerät verfügbar ist, kann die Rauschzahl durch Verbiegen von L1 optimiert werden. Da diese Abstimmung sehr breit ist, kann die Rauschzahl durch Abgleich nur geringfügig verbessert werden. Durch Einstellung des RX-Gain Potis kann die Durchgangsverstärkung an den nachfolgenden 2m-Empfänger angepasst werden (S-Meter Ausschlag auf S1). Dann beträgt die Verstärkung ca. 17 dB (max. 21 dB).



Bild/Figure 8: RX-Selectivity

3.3 TX-Abgleich

Die Umschaltung auf Senden geschieht entweder mit einer Gleichspannung auf der ZF-Leitung oder über einen PTT-Eingang, den man nachrüsten kann (Siehe Schaltbild). Der Sendeausgang wird mit einem passenden Leistungsmeßgerät abgeschlossen. Transverter in Sendestellung bringen und die Spannungen am INA10386 und am M67715 kontrollieren. 2m-Sender tasten und das TX-Gain Poti auf eine meßbare Ausgangsleistung einstellen. Die Helixfilter im Sendezweig auf maximale Ausgangsleistung einstellen. Es muß darauf geachtet werden, daß die Ausgangsleistung unter 0,5W bleibt, um Sättigungseffekte und daraus folgenden Fehlabbildung zu vermeiden. Zum Abschluß kann die Ausgangsleistung mit dem TX-Gain Poti auf 1,5W eingestellt werden.

Wegen ihres geringen Abstimmbereichs können die Helixfilter nicht fehlabgestimmt werden.

3. Tuning

3.1 LO-Adjustment

Apply supply voltage and adjust core of oscillator coil 5061 until voltage at collector of quadrupler BFR92 drops to a minimum value. The 384MHz helical filter is tuned for minimum collector voltage at tripler transistor BFG93. Connect powermeter via 50 Ohms coax to LO-port (Mixer SMD-C3 is not mounted yet) and adjust 1152MHz helical filter to maximum output (7dBm min.). By aid of a frequency counter the 96MHz crystal oscillator can be set to the exact LO-frequency. Negative TC (N750) components for the 10pf/82pf caps in the crystal oscillator circuit care for low frequency drift but may be changed in TC in order to accommodate different types of crystals. An external TCXO or OCXO can be connected via a 47pf cap to the source of the J310. In this case the crystal and the 0.22uH choke must be omitted.

After finishing the tuning procedure mixer SMD-C3 should be mounted (See step 20.)

3.2 RX-Adjustment

Adjust pot RX-Gain to minimum value. Connect antenna or 50 ohms dummy to RX-input and a 144MHz RX to the IF-output. Check operating voltages on the MGF1302 and the MAR-6. Adjust helical filters in the RX-chain to maximum noise level on 144MHz. Tweaking of the helical filters can be done with a signal generator or by listening to a beacon also.

Normally tuning of L1 is not required because of its low Q characteristic. But if a noise figure meter is available tuning can be done by squeezing coil L1 with some plastic tool.

Because maximum gain is quite large an adjustment to the input characteristic of the 144MHz RX can be performed by adjusting the RX-gain pot for an appropriate S-meter reading.

3.3 TX-Adjustment

T/R-switching is initiated by a DC-voltage on the IF-line. Alternatively an external PTT-facility could be fitted (See circuit diagram). Connect powermeter to TX-output. Switch to transmit. Check voltages on INA10386 and M67715. Key 144MHz TX and adjust TX-Gain pot for some readable output power. Adjust helical filters for maximum output. The helical filters have only one unique tuning position because of their limited tuning range. Therefore any false tuning is impossible. Limit output to less than 0.5W during this maximum tuning. Finally the TX-gain pot can be adjusted to a nominal output of 1.5W.

4. Meßergebnisse

Betriebsdaten:

- $P_{out} = 1.5W$
- Nebenwellen < -70dBc (Bild 7)
- Spiegeldämpfung > 70 dB (Bild 8)
- Oberwellen < -40 dB
- Rx-Gain: 16-18 dB
- NF = 1,2...1,4dB

4. Measurement Results

Measured Data:

- $P_{out} = 1.5W$

- Spurious < -70dBc (Fig. 7)
- Image rejection > 70 dB (Fig. 8)
- Harmonics < -40 dB
- Rx-Gain: 16-18 dB
- NF = 1,2...1,4dB

5. Danksagung/Acknowledgements

Unserer besonderer Dank gilt Bernd Mehlis, Y26AN, für die Erstellung des Rechner-Layouts der Platine.

We have to thank Bernd Mehlis, Y26AN, for producing the CAD-Layout of the PCB.

6. Literatur/References

- [1] D.R. Williams, W. Lum, S. Weinreb "L-Band Cryogenically Cooled GaAsFET Amplifier", Microwave Journal, Vol. 23, No. 10, pp.73-76, Oct 1980
- [2] Harald Fleckner, DC8UG in Günter Schwarzbeck, DL1BU, "Rauscharme Vorverstärker für das 23cm band", CQ-DL, 11/1985, pp.624-630
- [3] Al Ward, WB5LUA "Low-Noise VHF and L-Band GaAs FET Amplifiers", Rf Design Feb 1989, pp. 38 - 45
- [4] Componex GmbH TOKO-Helixfilter Katalog
- [5] Avantek Microwave Semiconductor Data
- [6] Siemens Hf-Transistoren und Dioden: Datenbuch 1
- [7] Mitsubishi RF-Power Semiconductors, Databook, 1989

7. Teileliste/Partlist

Anzahl	Bezeichnung	Bauform	Bezugsquelle
19	Widerst. SMD	1206	Diverse
1	Widerst. 1.4W, 56 Ohm		Bürklin 18E660
1	SMD-Poti 100	4312	Bürklin 65E1540
1	Poti 100	25P	Bürklin 64E7806
1	SMD-C 1pF	0805	Div
2	SMD-C 3.3 pF	0805	Div
1	SMD-C 4.7 pF	0805	Div
5	SMD-C 8,2 pF	0805	Div
2	SMD-C 12 pF	0805	Div
1	SMD-C 15 pF	0805	Div
1	SMD-C 68 pF	0805	Div
10	SMD-C 470 pF	0805	Div
1	SMD-C 10 nF	0805	Div
1	SMD-C 100 nF	1206	Div
1	SMD-C 1 uF/16 V		Div
1	SMD-C 10 uF/16 V		Div
2	Scheibenkondensator 1 nF	5.5mm dia.	Div
1	C 18pF/N750	EGPU	Div
1	C 82pF/N750	EGPU	Div
1	Elko 10uF/16V	4x7mm	Mira
1	Durchf. C 1nF	lötbar	Div

1	SMD Spule 68nH	SIMID01	Siemens
1	SMD Spule 100nH	SIMID01	Siemens
1	SMD Spule 220nH	SIMID01	Siemens
1	Spule 115 nH NEOSID	5061	Diverse
1	Helixfilter 5HW36535A-385	TOKO	COMPONEX
1	Helixfilter 5HW367MN110A	TOKO	COMPONEX
3	Helixfilter 5HW367MN113F	TOKO	COMPONEX
1	Ferritperle	1mm	Diverse
1	Relais SDS	TQ2-12V	Bürklin 30G7556
1	SMD Diode	1N4001	Diverse
3	SMD-Diode	LL4148	Diverse
2	Pin Diode BA595	SOD-323	Siemens
1	Quarz 96MHz	HC18/U	Diverse
1	Mischer SYNERGY SMD-C3	SMD	Diverse
1	Regler 8 V	MC7808	Diverse
1	Regler 8 V	MC78L08	Diverse
1	Regler 6 V	MC78L06	Diverse
1	GaAs-FET	MGF1302	Diverse
1	FET	J310	Diverse
1	SMD Transistor	BFR92	Diverse
1	SMD Transistor	BFG93	Diverse
1	SMD Transistor	BC848C	Diverse
1	MMIC MCL	MAR-6	Diverse
1	MMIC AVANTEK	INA10386	Diverse
1	MMIC MITSUBISHI	M67715	Diverse
2	Koaxbuchse	SMA, 4-Loch	Diverse
1	Koaxbuchse	SMC Print	Diverse
1	Weißblechgehäuse 74 x 148 x 30		Diverse
1	Teflon PCB ULTRALAM2000 0.78mm	Er=2.5; 2 x 35 µ Cu	Dirk Fischer, Neuer Graben 83, 46 Dortmund 1, Tel.:(++49)(0)231- 105752