

Einfacher 10 GHz Transverter

(A simple 10 GHz-Transverter)

Michael Kuhne, DB6NT
Birkenweg 15, D-8674 Naila 2

&

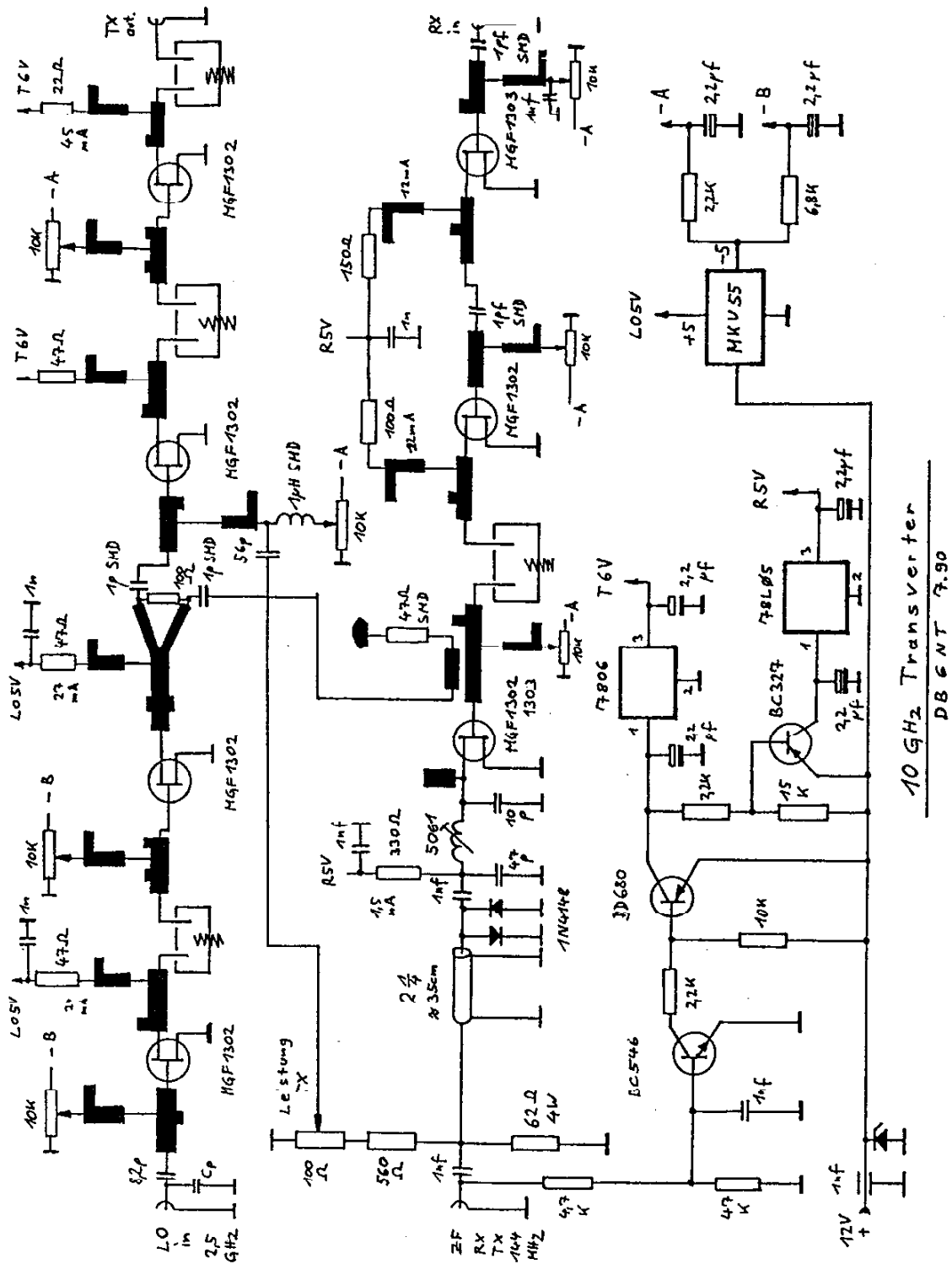
Jürgen Dahms, DC0DA
Brandbruchstr. 17, D-4600 Dortmund 30

Kurzfassung: Dieser Transverter von 10.368 GHz auf 144MHz ist auf einer Platine untergebracht mit Ausnahme eines externen LO's, der eine Leistung von 10 mW auf 2,556 GHz liefern muß. Das Ausgangsspektrum ist relativ sauber bei einer Ausgangsleistung von 10 mW. Der Empfänger hat eine Rauschzahl von weniger als 3 dB. Der Transverter wurde von DB6NT entwickelt und wurde von DC0DA nachgebaut. Jürgen hat eine sehr genaue und ausführliche Aufbauanleitung angefertigt. Im zweiten Teil wird noch eine kleine PA mit 200 mW Output beschrieben, die mit relativ billigen Transistoren ausgerüstet ist. Diese PA ist wie der Transverter fest abgestimmt.

Abstract: This transverter 10.368GHz/0.144GHz is made on one single board with exception of the LO. For the LO any circuit is suitable, which provides at least 10 mW on 2.556 GHz. The transverter has a very clean 10 mW output. The noise figure of the RX is less than 3 dB. The transverter has been developed by DB6NT and a reference construction has been performed by DC0DA, who provides a step by step construction procedure. A second part describes a companion 2-stage PA with cheap transistors and no-tune construction. The output of this PA ist at least 150 mW at 16 dB gain. Saturation power is in excess of 200 mW.

1. Design

Es sollte ein Einplatinen-Transverter mit externem Oszillator entwickelt werden, der praktisch ohne Abgleichmaßnahmen auskommt und trotzdem gute Werte für die Rauschzahl und die Ausgangsleistung erreicht. Im LO-Zug wird das Eingangssignal von einem MGF1302 vervierfacht, über ein Resonatorfilter gesiebt und weiter linear verstärkt. Über ein Wilkinson-Hybrid wird die Oszillatorleistung rückwirkungsarm für den Empfänger und Sendermischer aufgeteilt. Diese sind einfache Eintakt-Mischer mit GaAs-FET Trioden und LO-Injektion am Gate. Das Sendesignal auf 10,368GHz wird über zwei Resonatorfilter



10 GHz Transverter
DB6NT 7.90

Bild/Figure 1: Circuit Diagram/Schaltung

gesiebt und auf 10 mW nachverstärkt. Vor dem Empfangsmischer sind zwei HF-Verstärker mit MGF1302 bzw. 1303 angeordnet. Die T/R-Umschaltung auf der ZF-Seite wird über Dioden ausgeführt. Eine gleichspannungsgesteuerte T/R-Umschaltung (z.B. von einem IC202) versorgt die einzelnen Module mit den Spannungen. Für die Sendeumschaltung von externen PA's ist eine Schaltspannung von 6V entnehmbar. Die Spannungen von +- 5V für die FET's werden von einem kleinen Dickschichtmodul MKU55 erzeugt.

1. Design

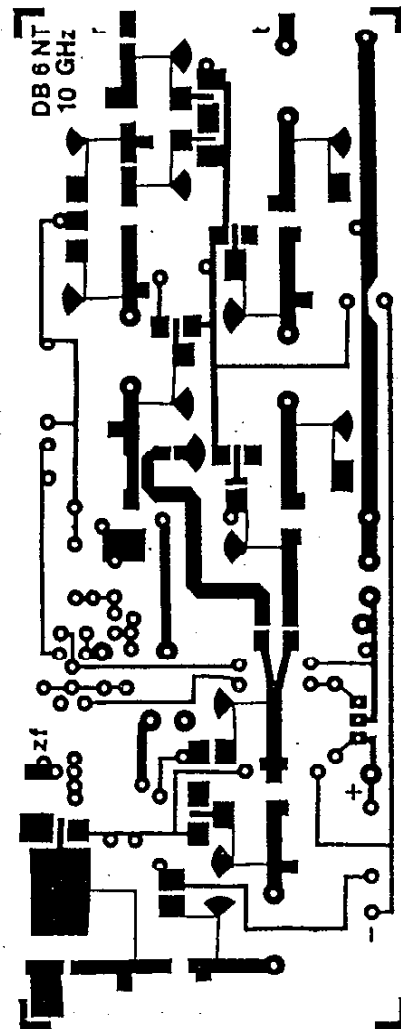
The goal of this development was to develop a simple single board 10 GHz transverter with an external oscillator on 2.556 GHz. Without need for tuning a noise figure of less than 3 dB can be achieved for the RX and a clean output power of 10 mW on 10.368GHz.

The external LO of 2.556 GHz is quadrupled by a MGF1302 stage, filtered by a single resonator and further amplified by a second stage. A wilkinson type hybrid divides the resultant LO-power on 10.224GHz for the RX and TX mixers respectively. These are simple single balanced active mixers with GaAs-FET triodes and gate injection. The TX signal is filtered by a resonator and further amplified in a second stage. In front of the RX-mixer there are two low noise stages with a MGF1303 and a MGF1302 allowing for some 20 DB of RF-gain. The IF is switched by a silicon diode switch from receive to transmit. This is activated by a DC-voltage present on the IF-line (delivered by a IC202 for example). The voltages for the GaAs-FETs are generated in a small thick film circuit MKU55.

2. Aufbau

Folgende Stufenfolge ist angebracht:

1. Teflonplatine passend für Gehäuse Typ 45 (55,5x148x30) schneiden
2. Fotolack auf beiden Seiten der Platine entfernen
3. Platine bohren
4. Mittelpunkte der Resonatorfilter auf der Masseseite der Platine anreißen und mit Stechzirkel einen 9 mm Kreisbogen schlagen - dient zum späteren Ausrichten der Resonatortöpfe auf der Platine.
5. Die Kupferfläche aller nicht durchkontaktierten Bohrlöcher auf der Masseseite rundherum mit einem 3 mm Bohrer entfernen.
6. Schlitz in die Platine zum späteren Durchstecken der Source-Beine der GaAs-FETs mit einem Skalpell anbringen.
7. Beide Blechrahmen in Gehäusedeckel einsetzen und die Rahmen durch eine Holzleiste festkleben.
8. Platine mit der Leiterbahnseite nach oben auf die Holzleisten legen und die Lage der Bohrlöcher für Buchsen und Durchführungen auf dem Gehäuserahmen aufzeichnen.



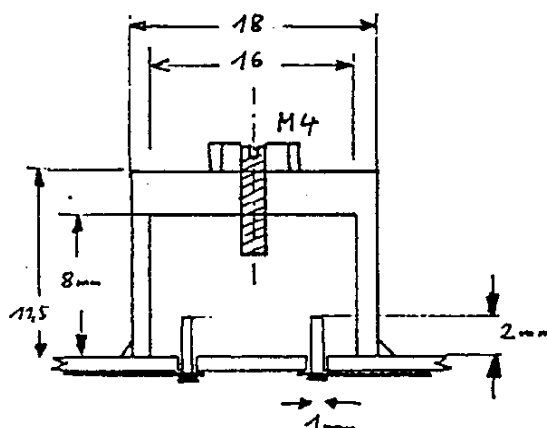
Bild/Figure 2: PCB/Layout

töpfe aufgelötet. M4 Schraube in Resonator eindrehen. Mit 150W LötKolben die Hitze auf den Schraubenkopf übertragen und den Topf durch Andrücken auf der Platine fixieren.

16. Massekontaktierungen für die SMD-Potis anbringen.
17. Nach Bestückungsplan die Bestückung vornehmen.
18. SMD-Bauteile auf der Leiterbahnseite auflöten
19. GaAs-FETs einlöten. Die Sourcebeine mit der Masseseite verlöten.
20. Alle Lötstellen mit dem Vergrößerungsglas kontrollieren.

2. Construction

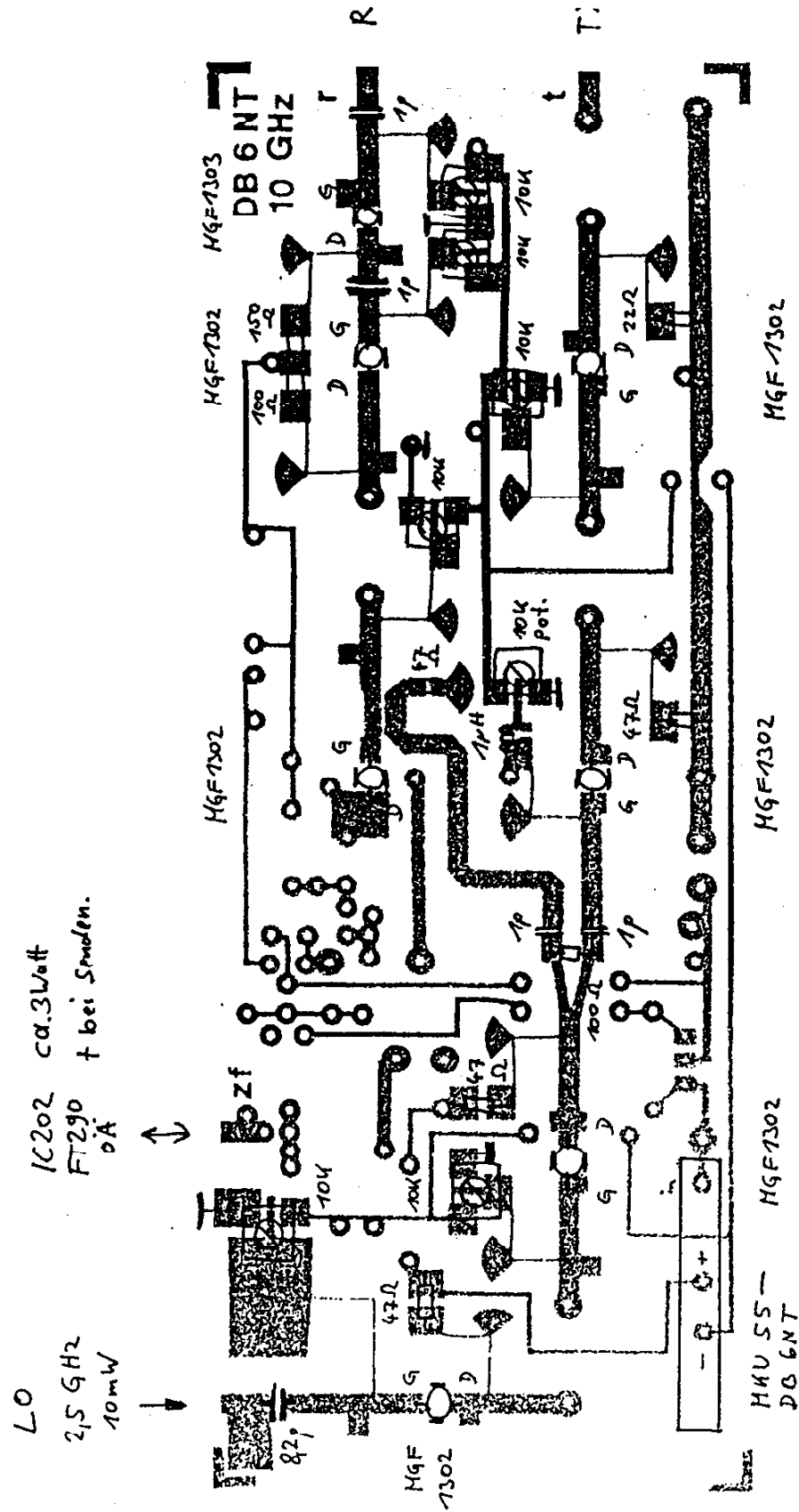
1. Cut PCB to fit the dimension of cabinet No. 45 (55.5x148x30 mm)
2. Clean both sides of PCB thoroughly with acetone
3. Drill all holes
4. Mark centers of resonators on PCB and mark out a circle of 9 mm diameter with dividers
5. Remove copper foil around all holes, which are not through holes
6. Work out small slits for fitting the source legs of the GaAs-FETs with a scalpel
7. Prepare all walls for the cabinet with marks for the holes of connectors and feed troughs. Allow for a mid position of the PCB (15 mm distance to cover) and for thickness of the PCB. Then drill all holes
8. Try to galvanize the PCB with silver
9. The couplings posts for the resonators are made from 1.3 mm dia. soldering nails, which are soldered in an inverted fashion. The heads are filed down to a height of 2 mm.
10. Solder the PCB to the cabinet walls
11. Solder in connectors and feed troughs
12. After tinning the resonators and the PCBs a M4 screw is screwed into the resonators. By this you can heat the whole resonator with a 150W soldering iron and fix the resonator onto the PCB.
13. Solder in ground lugs for the SMD pots
14. Solder in all parts according to the parts layout
15. Solder in SMD parts
16. Solder in GaAs-FETs
17. Check all solder joints with a magnifying glass



Bild/Figure 4: Resonator

3. Ableich

1. Alle SMD-Potis voll aufdrehen. Damit liegt an den FETs die volle negative Gate-Spannung an.
2. Strom des Vervielfachers auf 20 mA einstellen
3. Strom des LO-Verstärkers auf 25 mA einstellen
4. Strom des RX-Mischers auf 1 mA einstellen
5. 2,556GHZ LO mit 10 mW Leistung anschließen



Bild/Figure 5: Parts Layout/Bestückungsplan

6. Abstimmerschraube des Vervierfacher-Resonators von oben langsam eindrehen, bis der Strom im RX-Mischer maximal ist. (Am Drainwiderstand messen)
7. Ströme im Vervierfacher und LO-Verstärker mit dem RX-Mischer-Strom als Indikator optimieren.
8. 144 MHz Rx am Transverter anschließen und durch Abgleich der ZF-Spule und des Mischer-Arbeitspunktes die Rauschzunahme optimieren
9. RX mit 50 Ω Abschluß versehen
10. Ströme im ersten RX-Verstärker auf 10mA und im zweiten auf 20 mA einstellen.
11. Abstimmerschraube des RX-Resonators auf Rauschzunahme im RX optimieren (Von oben eindrehen)
12. RX-Mischerstrom auf maximales Rauschen nachstellen (Strom ist dann ca. 1,5 - 3 mA). Einen Feinabgleich (Filter und Ströme) nur mit einem Barkensignal oder einer Oberwelle vornehmen. Eine Rauschzahloptimierung ist nicht erforderlich: Die Platine stimmt.
13. 2,5GHZ LO abschalten
14. 2 m Transceiver anschalten und auf Senden (CW) schalten, ohne zu tasten. Damit wird der Transverter mit der TX-Schaltspannung versorgt und geht auf Senden. Regelpoti für die Ansteuerleistung im Transverter auf Null drehen.
15. Sendemischerstrom auf wenige μ A einstellen.
16. Strom des TX-Verstärkers auf 20 mA einstellen.
17. LO einschalten. Damit muß sich eine Stromzunahme auf einige mA einstellen
18. 2 m Transceiver auf CW-Träger schalten. Das Regelpoti für die Ansteuerleistung soweit aufdrehen, bis der TX-Mischer Strom um einige mA zunimmt. Nimmt der Strom ab, ist der Mischer bereits vom LO überfahren. Dann muß der Strom im LO-Verstärker reduziert werden. Typische Werte für den Strom sind 5 mA nur mit LO und ca. 10 mA mit 144 MHz Träger.
19. Abstimmerschraube des Resonators zwischen TX-Mischer und Verstärkerstufe bei eingeschaltetem 2 m Träger von oben eindrehen, bis der Transistor einen Stromanstieg zeigt. Zur Kontrolle, daß man nicht auf den LO abgestimmt hat, Träger wegnehmen: dann muß der Strom zurückgehen. Wenn nicht, ist die Schraube bereits zu tief eingedreht.
20. mW-Meter am Senderausgang anschließen und den zweiten Resonator auf Maximum Output justieren
21. Dann gesamten TX-Zweig optimieren (Filter&Ströme). Es werden sofort 4 bis 8mW erreicht. Mit einer Feinoptimierung mittels aufgelöteter Kupferföhnchen sind sicher 10 mW zu erreichen.
22. Der Strom des RX-Mischers ist nachzjustieren, weil sich durch den Abgleich des TX-Zuges kleine Rückwirkungen auf die LO-Leistung ergeben.
23. Beide Seiten der Baugruppe werden mit Deckeln abgeschlossen. In den oberen Deckel wird Graphitschaummatte eingeklebt. Das Rauschen des Empfängers sowie die TX-Leistung ändern sich nicht. Schwingneigung ist nicht zu beobachten.

3. Tuning Procedure

1. Provide all GaAs-FETs with full negative gate voltage by turning all SMD-pots CCW.
2. Adjust current in first LO-Quadrupler to 20 mA
3. Adjust current in LO-Amp to 25 mA
4. Adjust current in RX-mixer to 1 mA
5. Connect 2.556 GHz LO with a power of 10 mW
6. Measure RX-mixer current at drain resistor (330 Ω) and tune M4 screw in LO-resonator from the top position until current rises and peaks.
7. Use mixer current as an indicator and optimize currents in quadrupler and LO-amp.
8. Connect 144 MHz transceiver and tune the IF-filter and the mixer bias to maximum noise on 2 m.
9. Connect 50 Ω load to RX-input
10. Adjust currents in first RX-stage to 10 mA and in second stage to 20 mA

11. Adjust mixer current to maximum noise on 2 m. In this condition its current should measure 1.5 - 3 mA. Fine tuning should be performed only with a beacon signal or a test generator harmonic. No optimisation of the noise matching is necessary because of circuit design.
12. Switch off LO on 2.556GHZ.
13. Switch 144 MHZ transceiver to CW and transmit without keying the TX. DC-voltage on transceiver output switches transverter to TX-mode. Turn input power adjustment pot CCW.
14. Adjust TX-mixer current to some small current (1 μ A).
15. Adjust current in TX-amp to 20 mA
16. Switch on LO. Observe current rise in TX-mixer to several mA.
17. Key down 2 m transceiver. Turn input power adjustment pot CW until current in TX-mixer rises. Is the current declining there is somewhat high LO-power. That has to be turned down by adjusting the current in the LO-amp. Typical values for the TX-mixer are 10mA with carrier on and 5mA with carrier off.
18. Tune first resonator between mixer and TX-amp. This condition is indicated by a peaking current in the TX-amp. To be sure not to have tuned to the LO, the current has to drop if the 2 m signal is keyed off. Otherwise the tuning screw is too deep already.
19. Measure output power with a bolometer and tune second resonator for maximum output.
20. Optimize complete TX-strip (Resonators and currents) for maximum output (4 - 8 mW). Some final optimisation can be done with small copper foils soldered to the striplines at indicated positions.
21. Readjust RX-mixer current for maximum noise on 2 m.
22. Close both sides with covers. A antistatic foam should be glued into upper cover to avoid resonances.

4. Meßergebnisse

1. Der Nachbau von DC0DA erfolgte nur mit Vielfachinstrument, Bolometer und Oberwellenoszillator:

| Stromtabelle Nachbau DC0DA | | | |
|----------------------------|-------------|-------------------|-------------------|
| Stufe | Ohne LO | mit LO in TX-Mode | mit LO und 144MHz |
| Vervierfacher | 45 mA | 17mA | |
| LO-Verstärker | 19mA | 21 mA | |
| RX-Mischer | 30 μ A | 1,5 mA | |
| 1. RX-Stufe | 13 mA | | |
| 2. RX-Stufe | 22 mA | | |
| TX-Mischer | 200 μ A | 8,5 mA | 13 mA |
| TX-Verstärker | 55 mA | 55 mA | 55 mA |

Betriebsdaten:

- U = 12 V, Stromaufnahme bei RX-Betrieb 85 mA und bei TX-Betrieb 125 mA
- P_{out} = 14 mW
- LO Unterdrückung > 30 dB
- Rx-Gain: 232 dB
- NF = 2.0dB

2. Der Nachbau von DF9LN erfolgte mit Spektrumanalysator und Rauschmeßplatz

| Stromtabelle Nachbau DF9LN | | | |
|----------------------------|-----------|-------------------|-------------------|
| Stufe | Ohne LO | mit LO in TX-Mode | mit LO und 144MHz |
| Vervierfacher | 34 mA | 23 mA | |
| LO-Verstärker | 30 mA | 30 mA | |
| RX-Mischer | 0 μ A | 3 mA | |
| 1. RX-Stufe | 15 mA | | |
| 2. RX-Stufe | 10 mA | | |
| TX-Mischer | 0 μ A | 3 mA | 10 mA |
| TX-Verstärker | 27 mA | 27 mA | 35 mA |

Betriebsdaten:

| Nebenwelle | $P_{out} = 20mW$ | $P_{out} = 10mW$ |
|-----------------|------------------|------------------|
| LO | - 36 dB | - 35 dB |
| Spiegel (LO-ZF) | - 50 dB | - 50 dB |
| LO + 2xZF | - 48 dB | - 50 dB |
| LO + 3xZF | - 55 dB | > - 60 dB |

- RX Mischer mit MGF 1303 bestückt
- $P_{out} = 20$ mW
- Rx-Gain: 23 dB
- RX Spiegelunterdrückung -28 dB
- NF = 2.1dB

3. Measurement Results

The measurement results above show the properties of two prototype replicates. The first has been done by DC0DA only with the aid of a multimeter, a bolometer and a harmonic generator. The second has been done by DF9LN with the aid of a spectrum analyzer and noise figure measurement equipment.