

76 GHz Transvertertechnik

Michael Kuhne DB6NT 3.2008

In den letzten Jahren wurden verschiedene Halbleiterchips von unterschiedlichen Herstellern für 76 GHz entwickelt. Anwendungen dafür sind die Abstandsradargeräte, die in Fahrzeuge der gehobenen Preisklasse eingebaut werden. Der Frequenzbereich entspricht genau der Amateurfunkfrequenz von 76032 MHz. Dieses hat den Verfasser bewogen, seine bisherigen Transverter, mit entsprechenden neuen Bausteinen, dem Stand der Technik anzupassen. Die nachfolgende Beschreibung ist keine Bauanleitung im üblichen Sinn. Es soll nur das derzeit technisch Realisierbare aufgezeigt werden und zur Nachahmung und Weiterentwicklung anregen.

Hersteller

Chips werden von Firmen wie z.B. **UMS, HITTITE und VELOCIMUM** hergestellt. Diese Verstärker Mischer oder Verdoppler sind intern angepasst und werden für einen Frequenzbereich 76...77 GHz gefertigt.

Aufbau

Der Aufbau erfolgt auf einer 5 mm starken Messingplatte mit entsprechenden Ausfräsungen für Hohlleiter und Bohrungen für die verstellbaren Abstimmrädchen. Die Montage der 0,12 mm starken RT/duroid 5880 ROGERS-Leiterplatte erfolgt durch Auflöten. Hierzu ist die Messingplatte vorher zu verzinnen. Durch diese Anordnung ergibt sich eine direkte Einkopplung von der Leiterplatte in den Hohlleiter. Ferner lässt sich der Verstärker axial drehen und somit als „Wendeverstärker“ für Senden und Empfangen nutzen.

Bonden

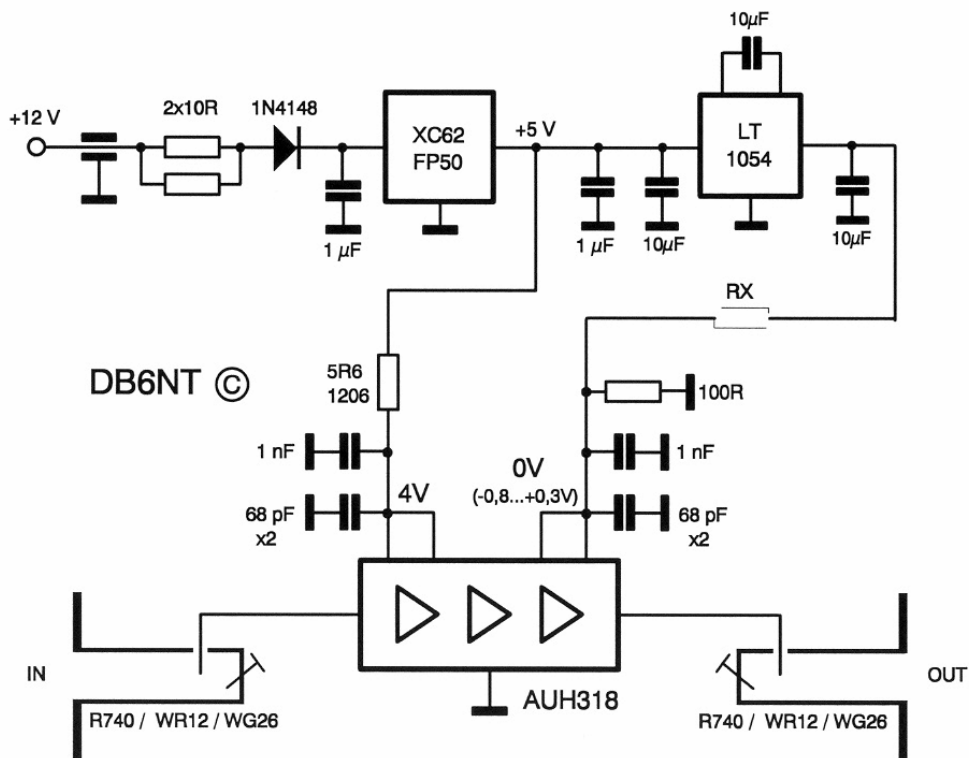
Die Verstärkerchips werden in eine Ausfräsung der Leiterplatte eingeklebt (chipbonding mit H20E Leitkleber) und im „wedge-wedge“ Bondverfahren mit 50x12µ Goldband Typ AR-49 ohne Bondloop mit der Leiterplatte verbunden. Bei den 76 GHz Verbindungen wurden zwei V-förmige Bonds verwendet um die Induktivität und somit die Dämpfung der Bondung zu minimieren. Diese V-förmige Bondung bringt bis zu 2 dB Verbesserung. Der Spalt zwischen Leiterplatte und IC sollte dabei so gering wie möglich sein, um kurze Bonddrahtlängen und somit gute HF-Eigenschaften zu erreichen (Bonddraht = Induktivität = Tiefpass!). Die Versorgung der Halbleiter mit Betriebsspannung für Gate und Drain erfolgt über Bondverbindungen mit normaler „loop“ auf „singlelayer Chipkondensatoren“, die unmittelbar neben den Verstärkerchips eingeklebt sind und dann weiter auf die Leiterplatte gehen. Die Chipkondensatoren sind notwendig, um Schwingneigungen durch zu lange Bonddrähte zu minimieren und somit eine gute HF-Abblockung zu erreichen. Das Bonden auf weichen Substraten (9) wie TEFLON erfordert höhere Ultraschalleistung des Bondgerätes als das Bonden auf den Halbleiter. Um eine optimale Haftung des Goldbandes auf der Kupferleiterbahn zu erreichen, wurde zusätzlich etwas Leitkleber aufgetragen.



Verstärker mit AUH318 von HITTITE

Der nachfolgend beschriebene rauscharme Verstärker ist mit einem AUH318 von HITTITE bestückt. Der Verstärkerchip stellt derzeit das maximale an möglicher Verstärkung bei gleichzeitig guter Rauschzahl NF dar. Auch die erreichte Sättigungsleistung ist mit 75 mW ein sehr guter Wert. Die Nachbauten benötigten keine Bias-Vorspannung, um den normalen Arbeitsstrom des Verstärkers einzustellen. Dies kann jedoch vom Produktionslos abhängen, so dass bei anderen Exemplaren eine Vorspannung benötigt wird, um optimale Ergebnisse zu erreichen.

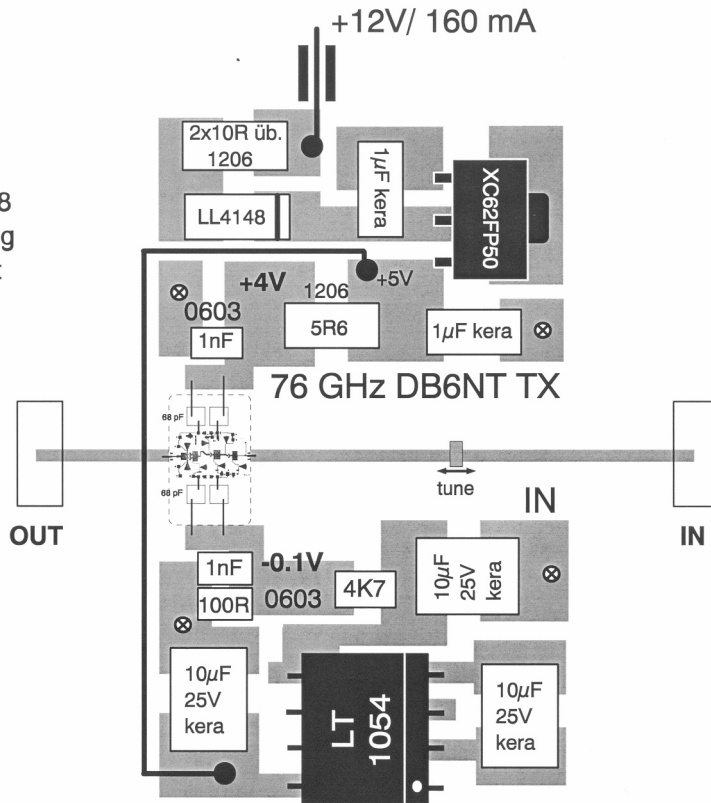
76 GHz Amplifier AUH 318 DB 6 NT 12.2007



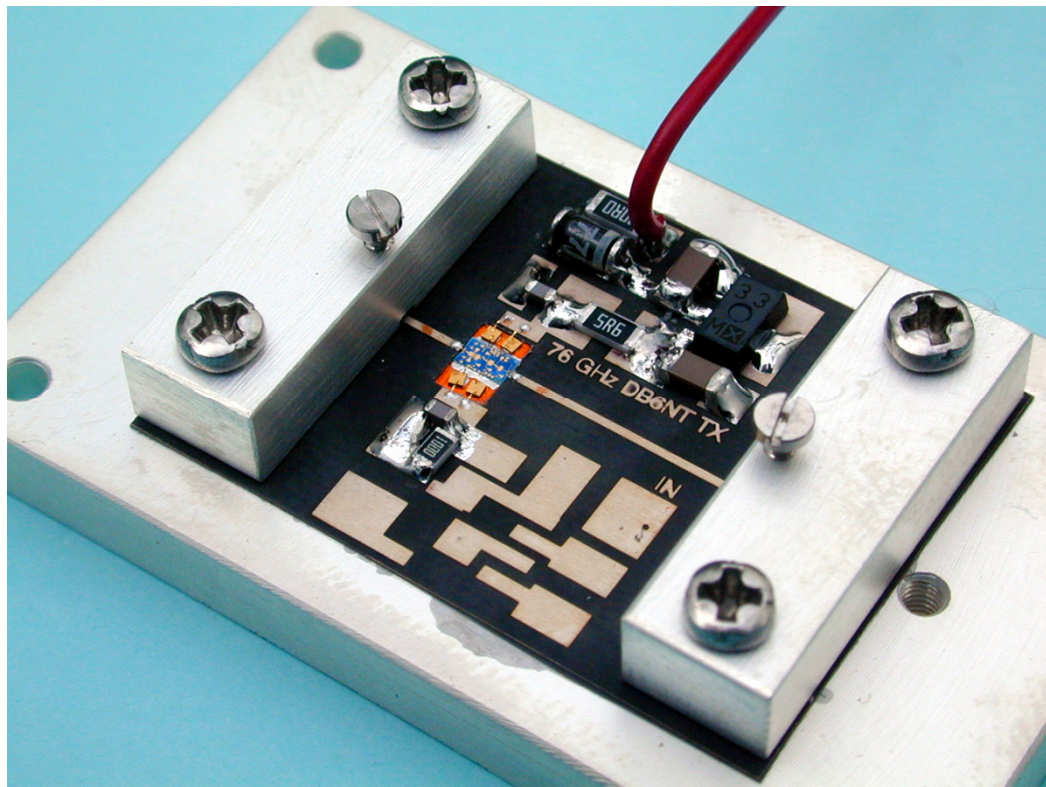
Schaltplan des 76 GHz Verstärkers

76 GHz Amplifier AUH318 DB 6 NT 08.2007

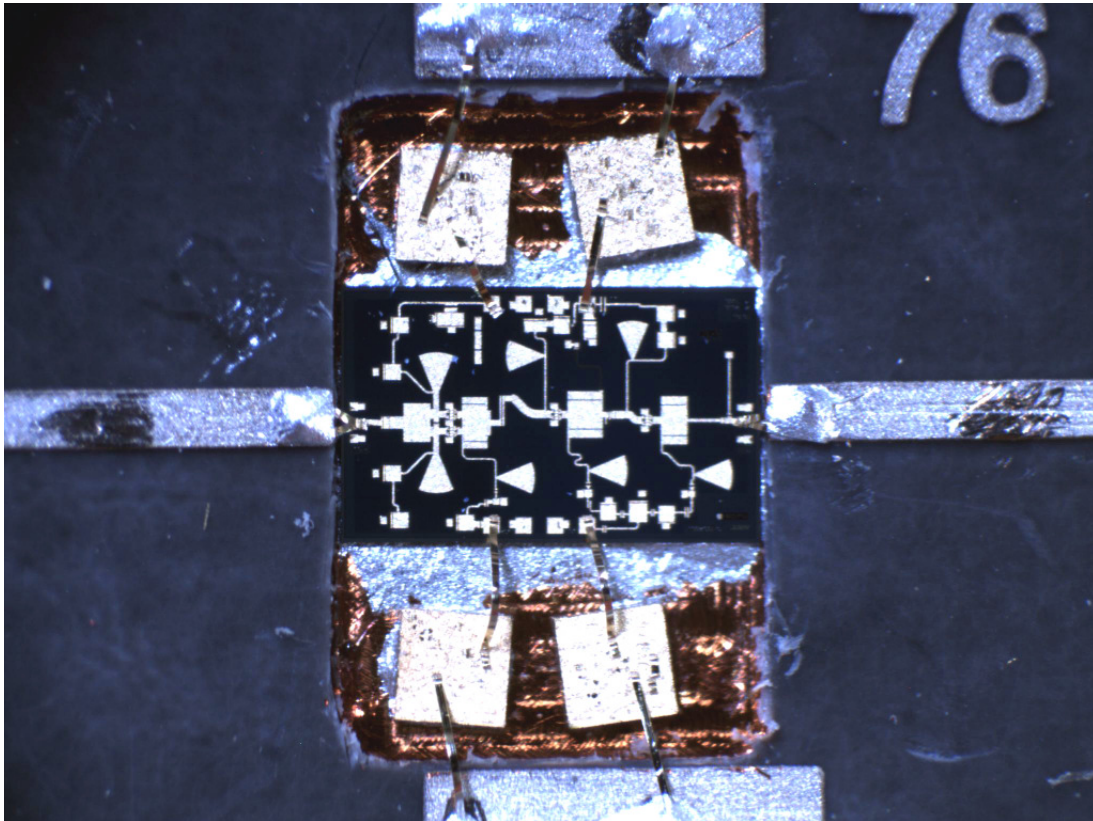
1 x AUH 318
2,65mm lang
1,6mm breit



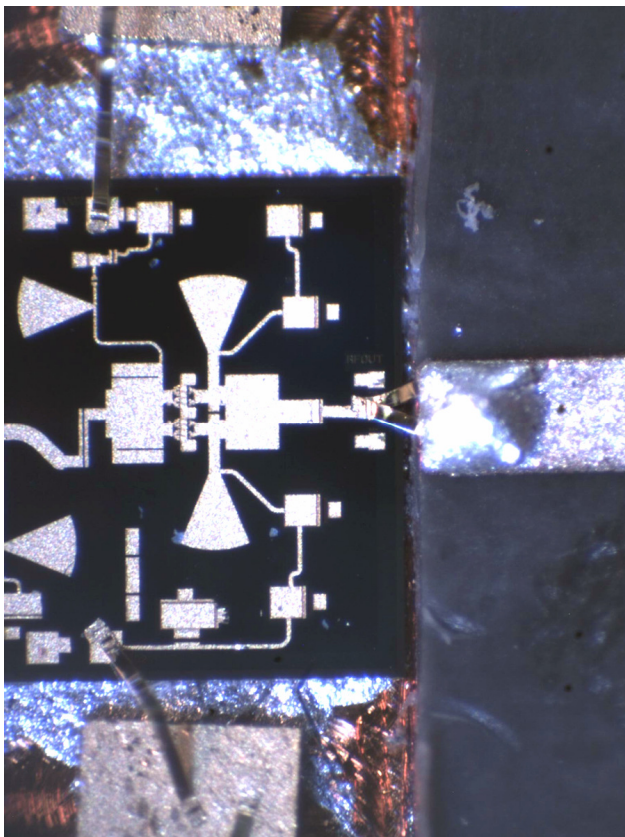
Bestückplan des 76 GHz Verstärkers



Aufbau des 76 GHz Verstärkers mit den Hohlleiterübergängen



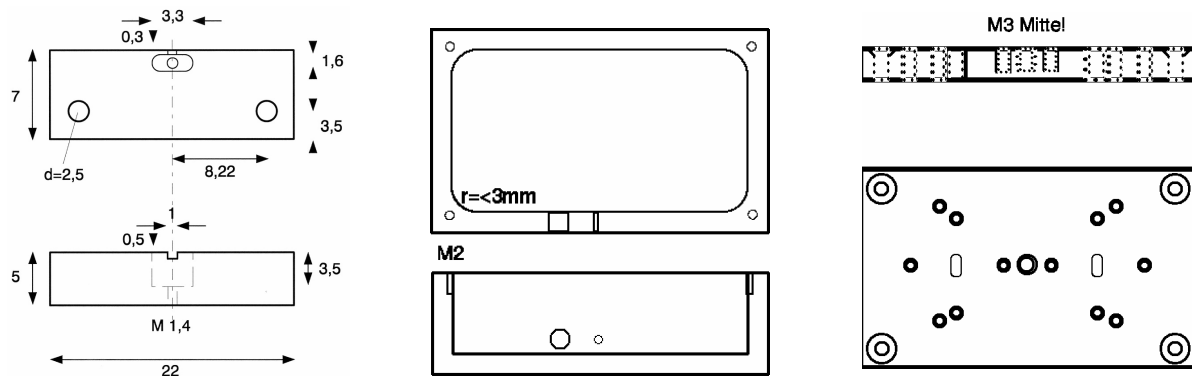
Der 76 GHz Verstärker mit allen Bondverbindungen



Bondverbindungen der 76 GHz Anschlüsse mit V-förmiger Ausführung

Abstimmzieher für 76 GHz

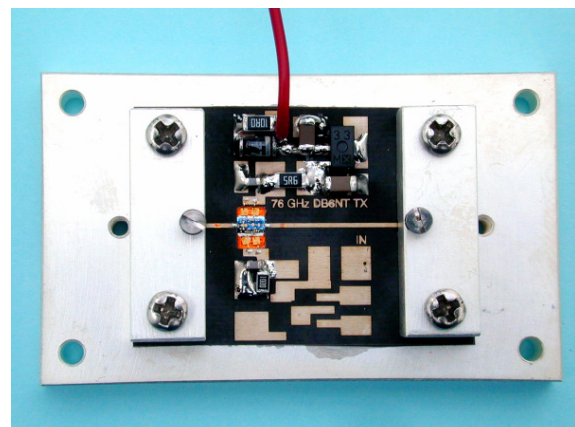
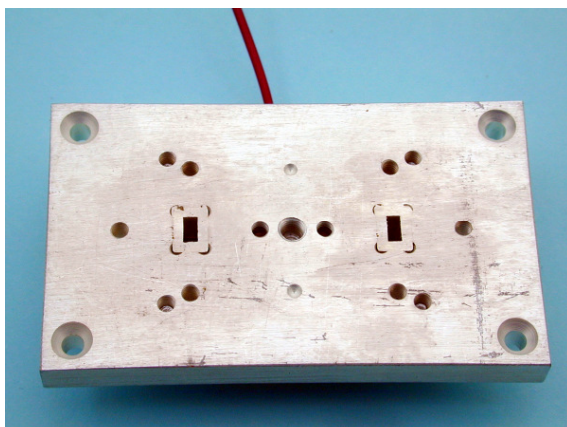
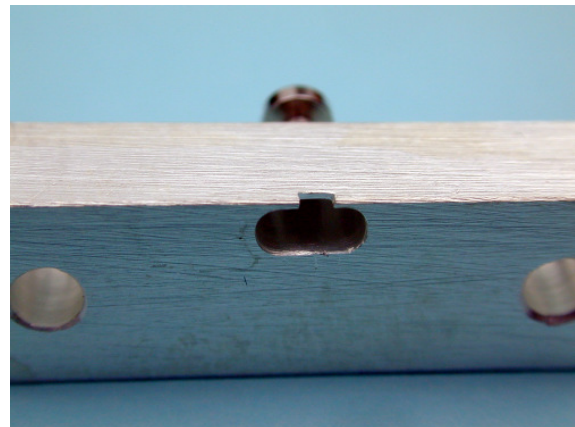
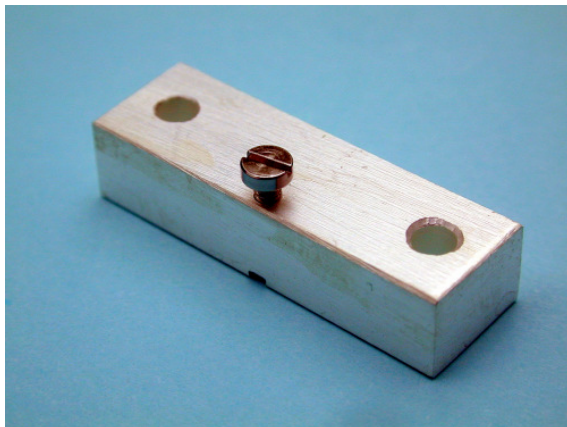
Es hat sich bei vielen Messungen und Tests ergeben, dass Abstimmzieher, wie sie bei 47 GHz Verwendung finden, keine optimalen Ergebnisse bringen. Auch durch Verwendung von verschiedenen starken Rundhohlleiter- und Schraubendurchmessern konnte kein optimales Ergebnis erzielt werden. Die besten Messwerte ergaben sich mit einer einfachen Ausfräsung und einer Abstimmzieher zur Feldverdrängung.



Skizze: Abstimmzieher

Deckel

Grundplatte



Ergebnis

Die vom Hersteller angegebenen Werte, vor allem die der Rauschzahl und Ausgangsleistung konnten nicht erreicht werden. Das liegt im Wesentlichen an der Anwendung in einer kompletten Verstärkerschaltung mit Bondverbindung, Leiterplatte, Klebestellen, Hohlleiterübergang und Kurzschlusszieher. Den vom Hersteller gemachten Angaben liegen "On-Wafer-Messungen" zugrunde, wobei alle Verluste der Beschaltung und Kontaktierung herausgerechnet sind (theoretische Werte). Praktisch erreichbare Werte sind bei 76 GHz immer >2 dB schlechter als die der

Herstellerangaben. Diese Tatsache wurde auch von professionellen Anwendern der Radarindustrie bestätigt.

Messungen des AUH318 Verstärkers

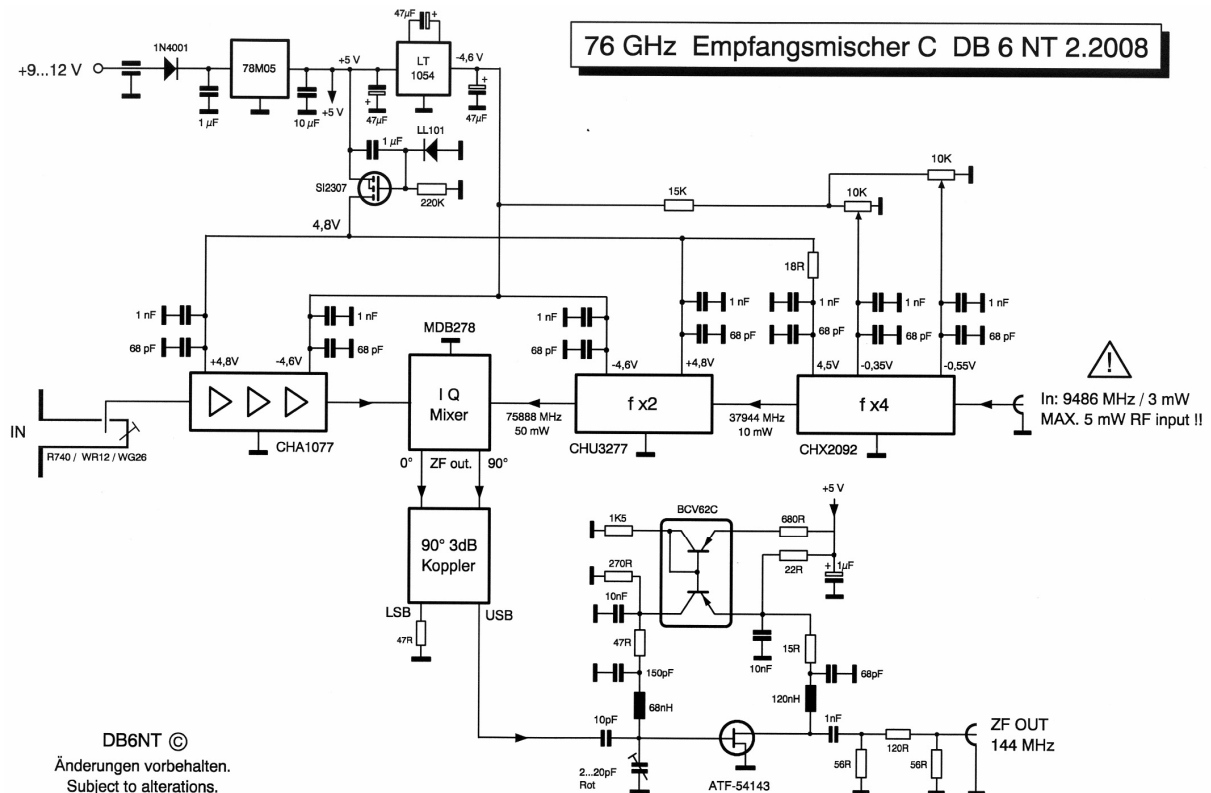
Rauschzahl und Verstärkung werden über einen 76 GHz DB6NT Transverter mit 2-Kreis-Hohlleiterfilter gemessen. Dazu wurde ein Noise Gain Analysator EATON 2075B mit einer kalibrierten Eigenbau-Hohlleiterrauschquelle benutzt. Die Leistungsmessung erfolgte durch ein HP432A mit Powersensor 45775H-1100 von Millitech sowie einem Hohlleiterabschwächer.

Rauschzahl: 8...9 dB NF bei 18 °C
 Verstärkung: 22 dB +/-1
 Sättigungsleistung: 75...85 mW

Diese und andere Beschreibungen werden auf meiner Webseite www.db6nt.de unter der Rubrik *Transverter* als PDF-Datei abgelegt und aktualisiert.

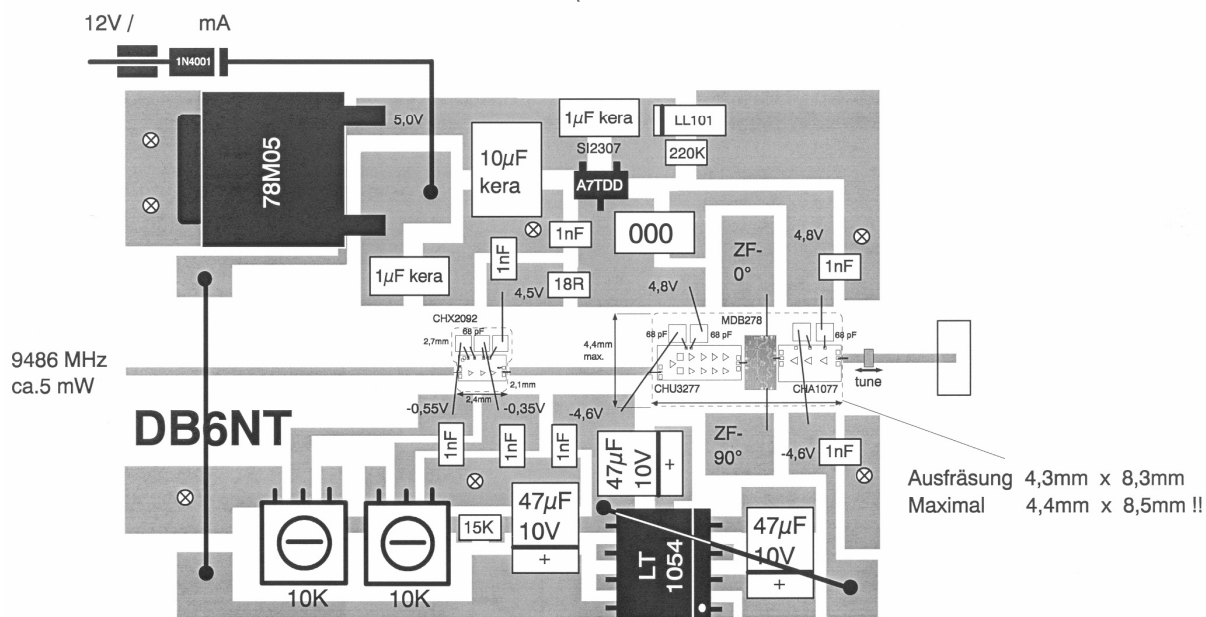
Konverter mit Image Reject Mixer

Um bei einem Transverter oder Konverter im mm-Wellen bereich die Spiegelfrequenz zu unterdrücken, wird üblicherweise vor bzw. nach dem Mischer ein Hohlleiterfilter verwendet. Zur Herstellung dieser Filter ist jedoch eine sehr hohe Präzision in der Ausführung, sowie eine genaue und reproduzierbare Bauanleitung erforderlich. Da bei 76 GHz dies immer wieder Probleme bereitet und die Durchgangsdämpfung zwischen 4 und 8 dB liegt, wurde der Weg zur Spiegelfrequenzunterdrückung über einen Image Reject Mixer gewählt. Das ist die Phasenmethode bei der mit 90° Kopplern eine Spiegelfrequenzunterdrückung von 15...20 dB erreicht werden kann. Dabei wird auch die Durchgangsdämpfung des Hohlleiterfilters umgangen und die relativ kleine Verstärkung der 76 GHz Verstärker kann optimal genutzt werden. Dadurch werden sendeseitig eine hohe Ausgangsleistung und empfangsseitig eine gute Rauschzahl erzielt.

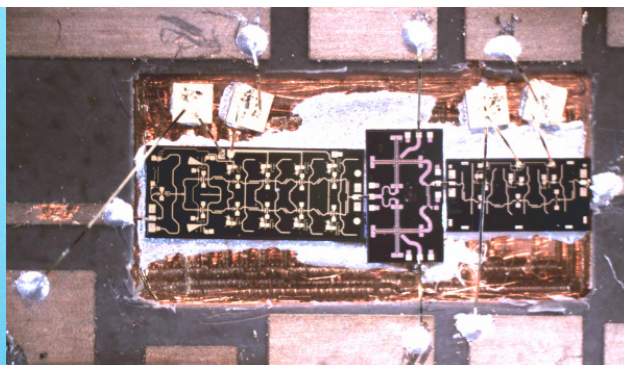
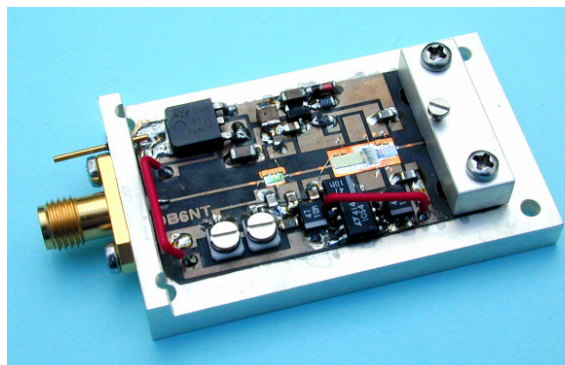


Schaltplan des 76 GHz Empfangsmischers

76 GHz Empfangsmischer C DB 6 NT 02.2008

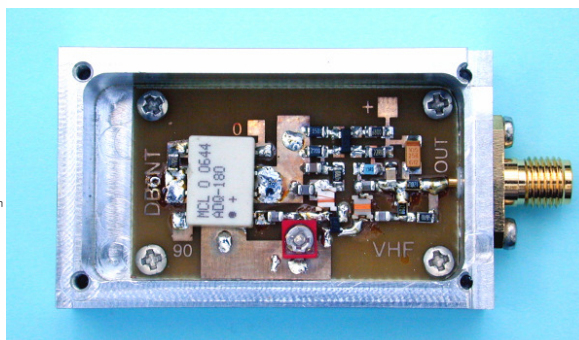
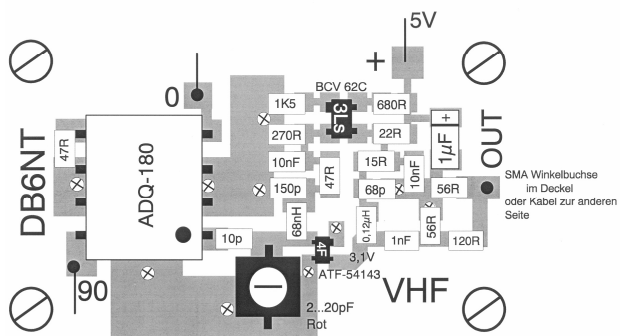


Bestückplan des 76 GHz Empfangsmischers



76 GHz Konverterkopf ZF - Amp VHF DB6NT 2.2008

Alle Bauteile 0805!



Bestückplan des ZF- Verstärkers

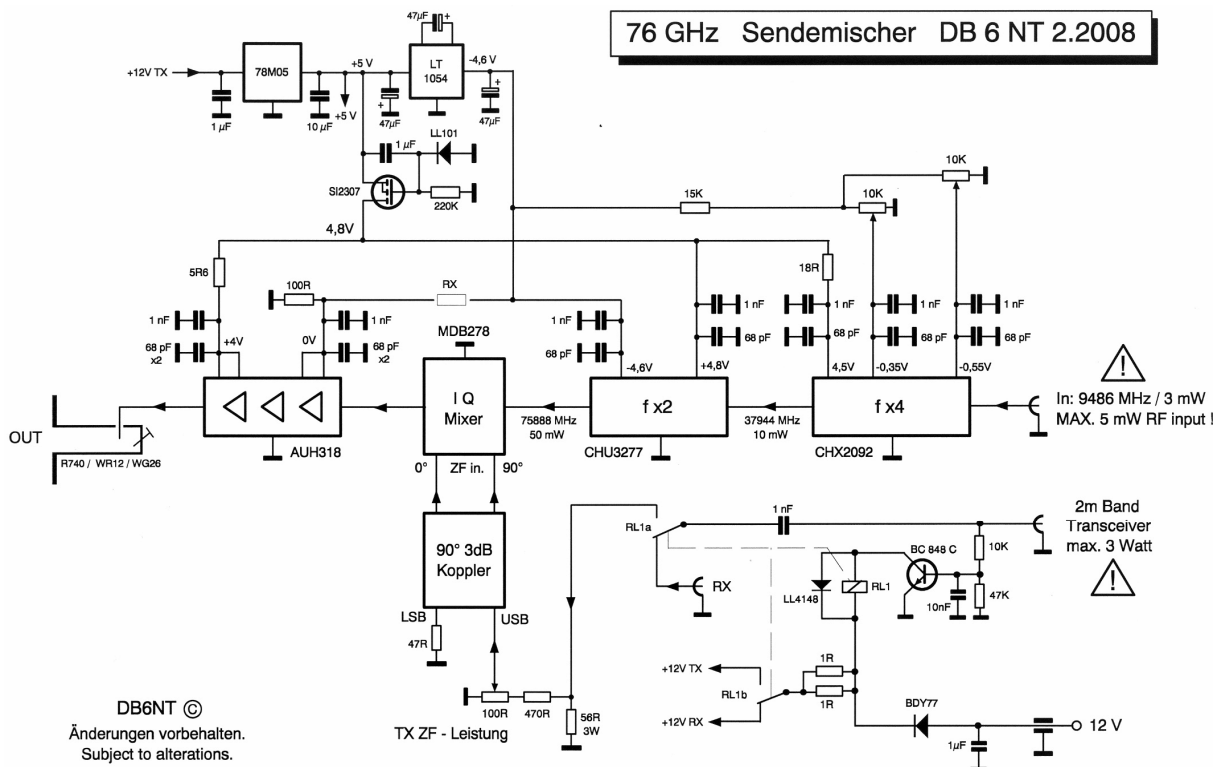
Leiterplatte im Gehäusedeckel

Messungen des Empfängsmischers

Von diesen Konvertern wurden 4 Exemplare mit unterschiedlicher Chip Bestückung aufgebaut. Die Eingangsruschzahlen lagen bei allen Versionen bei ca. 8 dB NF. Der Verstärker Chip AUH318 brachte eine höhere Durchgangsverstärkung bei gleicher Rauschzahl. Dies ist jedoch bei der hohen Gesamtverstärkung des Konverters ohne Belang. Die Spiegelfrequenzunterdrückung liegt bei 15...20 dB und die Gesamtverstärkung bei >25 dB. Je nach Dimensionierung des ZF-Dämpfungsgliedes ist eine Verstärkung von >40 dB erreichbar. Der Konverter sollte aufgrund seiner nicht unerheblichen Verlustleistung und somit Erwärmung gut gekühlt werden.

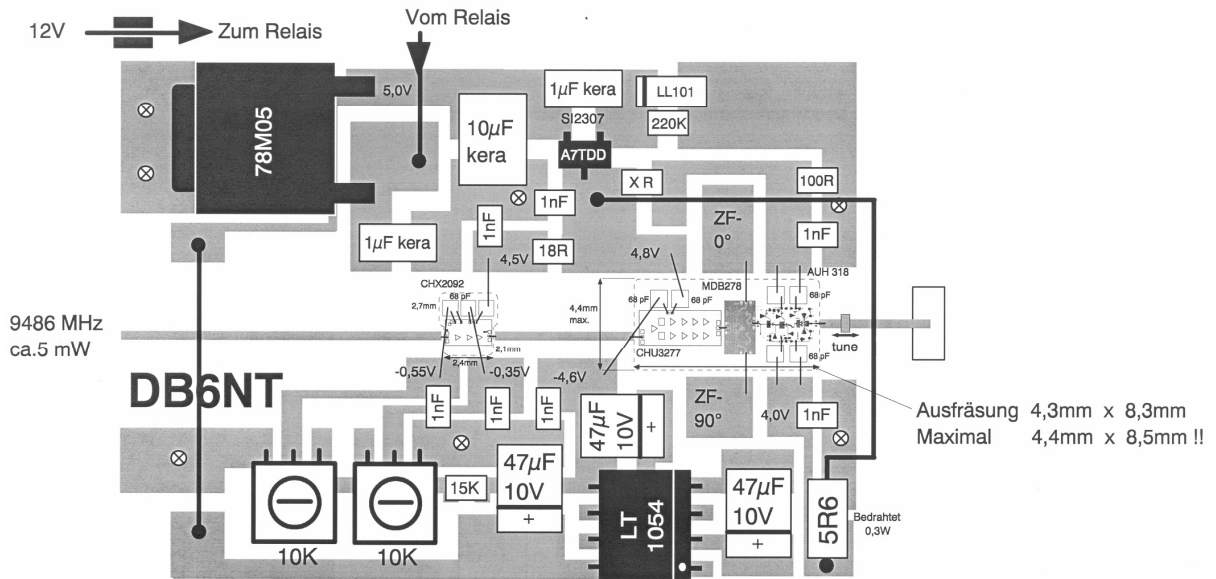
Sendemischer mit Image Reject Mixer

Das gleiche Prinzip des Image Reject Mixers lässt sich auch sendeseitig nutzen. Dabei wird nur der 76 GHz Vorverstärker durch einen Sendeverstärker mit anderer Verstärkungsrichtung getauscht und der ZF-Verstärker durch ein Dämpfungsglied mit Sendempfangsumschaltung ersetzt. Die Ausgangsleistungen liegen bei ca. 50 mW. Es wurden auch 4 Exemplare aufgebaut. Die Spiegelfrequenz- und Trägerunterdrückung liegt bei 15...20 dB.

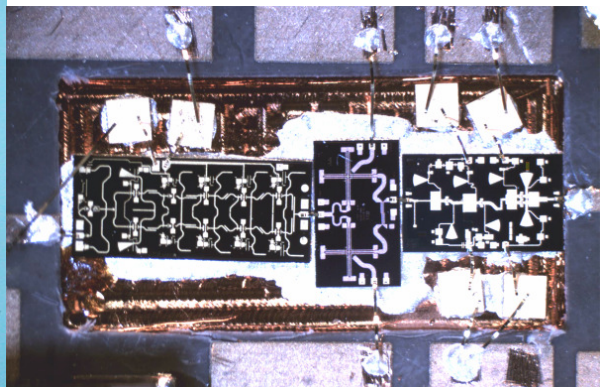
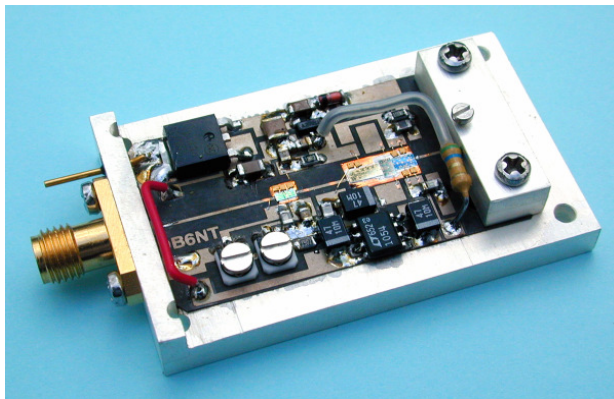


Schaltplan des 76 GHz Sendemischers

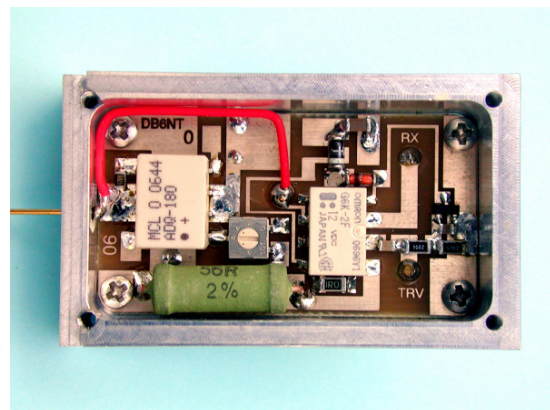
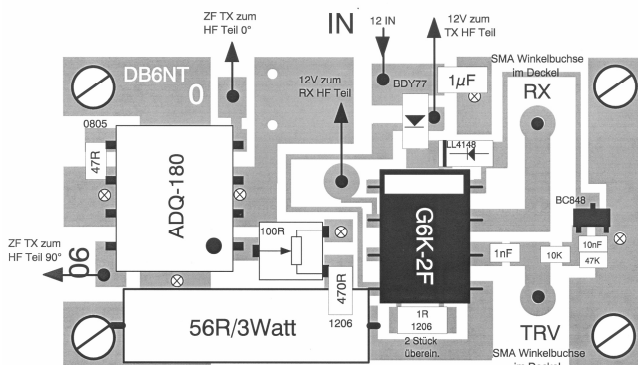
76 GHz Sendemischer DB 6 NT 02.2008



Bestückplan des 76 GHz Sendemischers



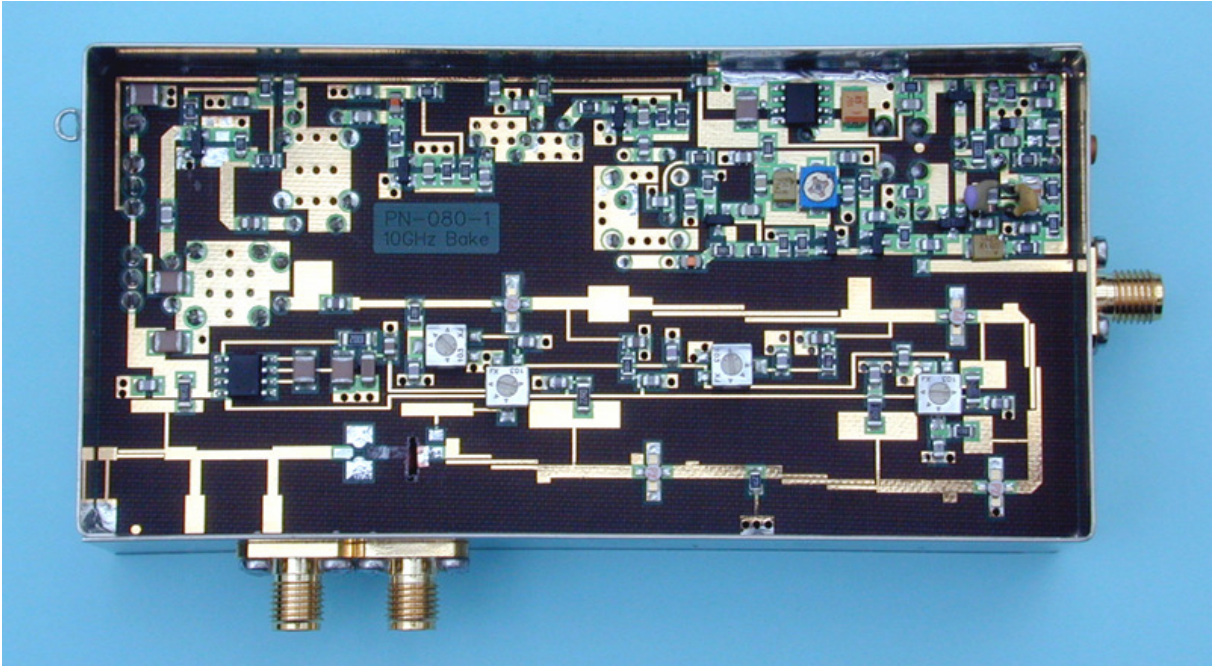
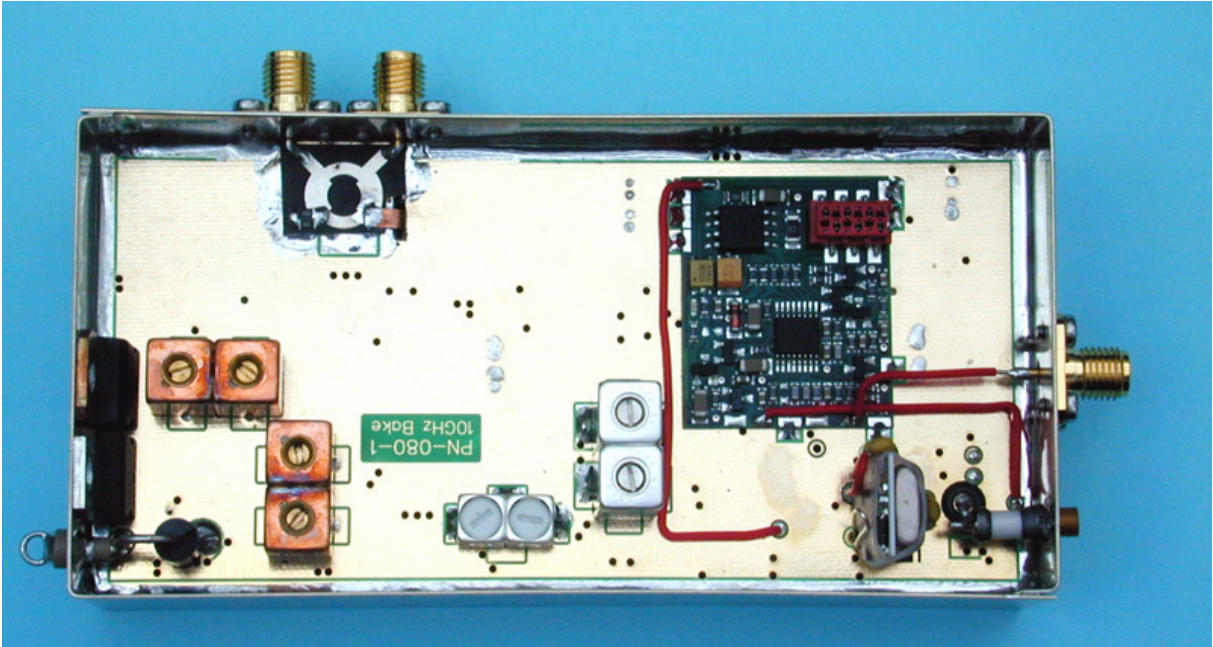
76 GHz Sendemischer TX ZF Einkopplung DB6NT 2.2008



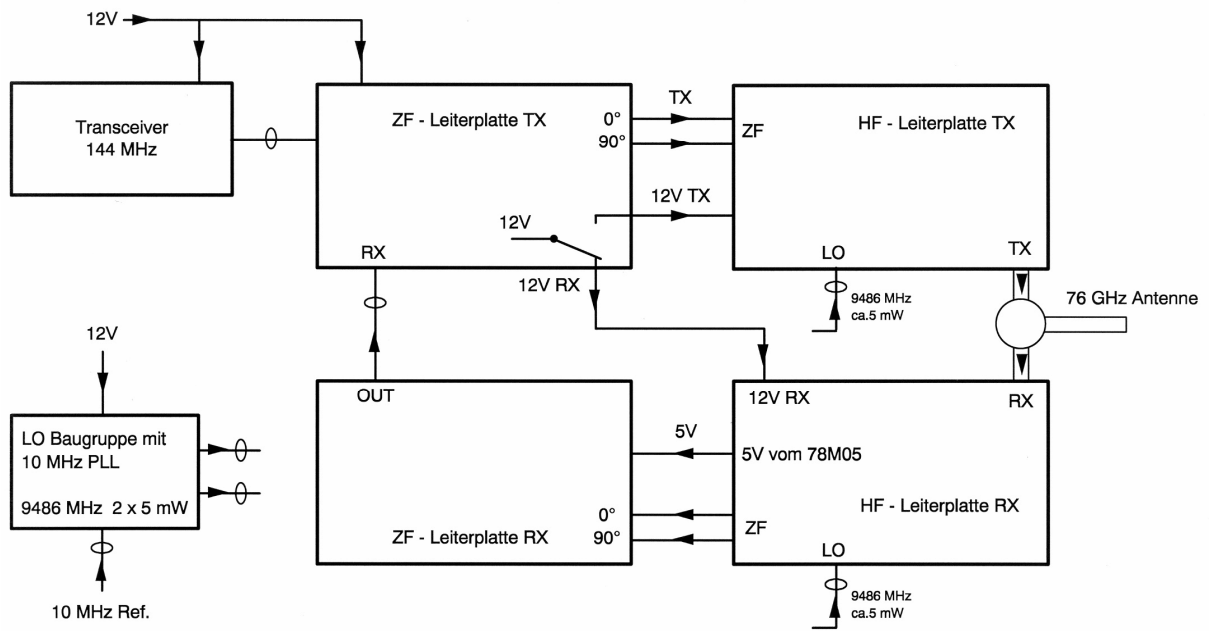
Bestückplan des TX ZF-Teils

Leiterplatte im Gehäusedeckel

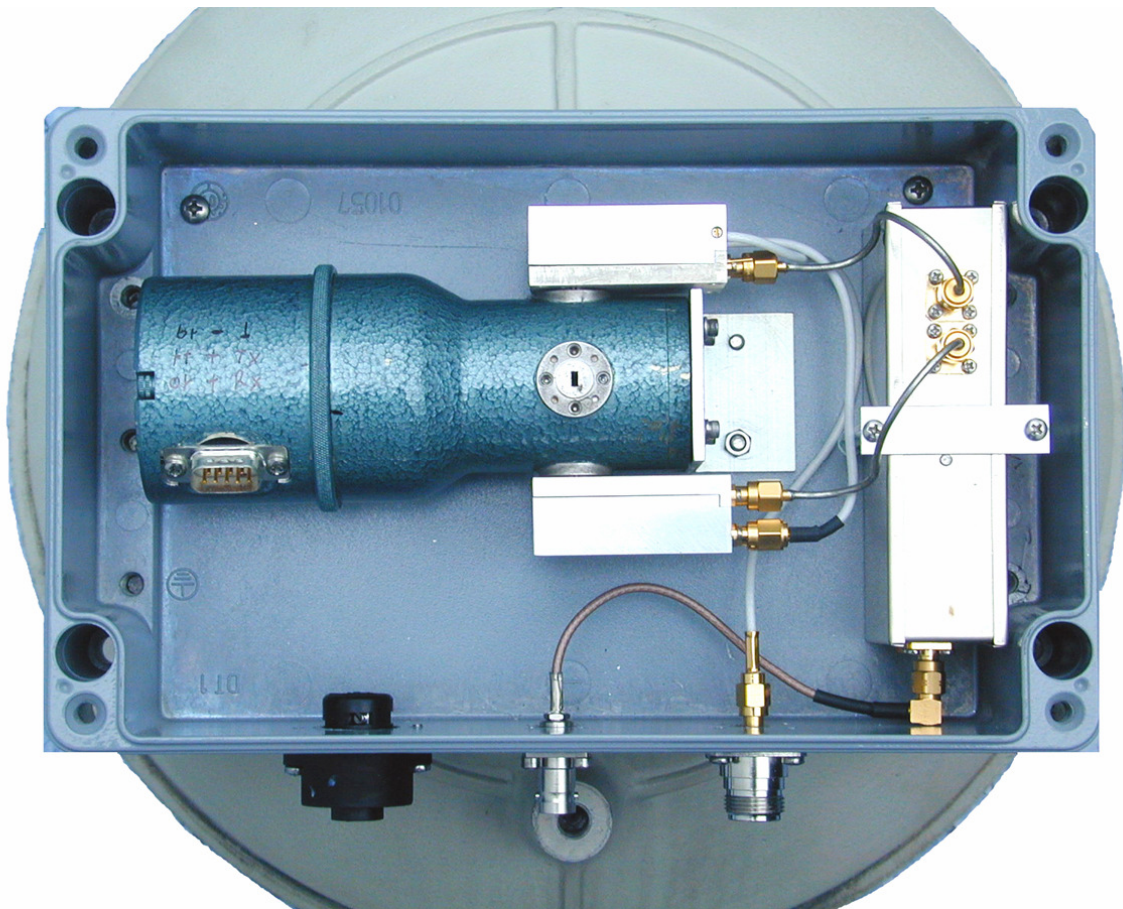
9486 MHz Oszillatorbaugruppe mit 2 Ausgängen und 10 MHz PLL Steuerung



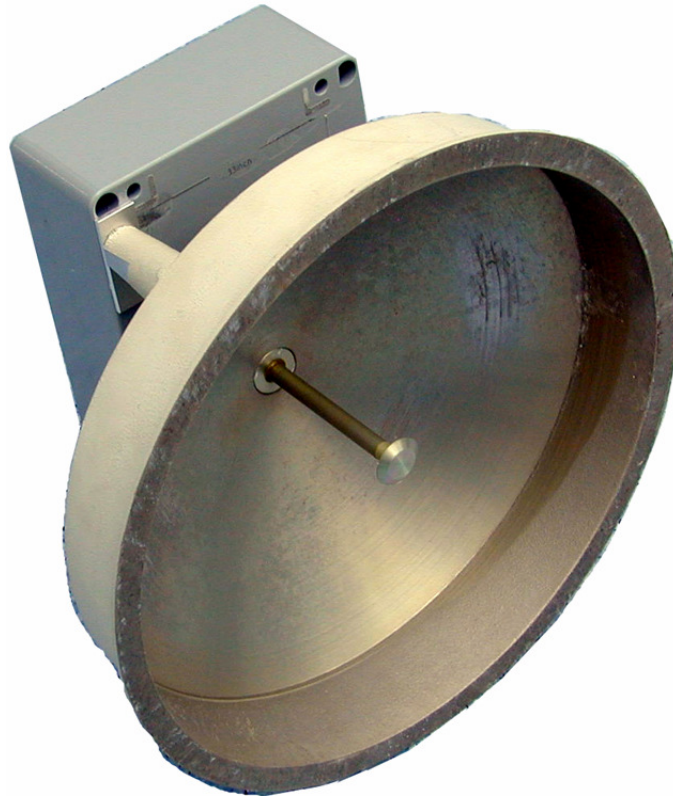
76 GHz Transverter DB6NT 2.2008



Blockschaltplan des 76 GHz Transvertes



Aufbau des 76 GHz Transvertes im Wetterschutzgehäuse mit Hohlleiterschalter



35cm Parabolantenne ohne Wetterschutzfolie (Modifizierter 40 GHz Richtfunkspiegel)

Zusammenfassung

Die erreichten Werte dürften einen weiteren Fortschritt für die Amateurfunktechnik im 76 GHz Band darstellen. Sicherlich wird es in Zukunft weitere interessante Verstärker-ICs geben, die noch bessere Ergebnisse bringen. Als einzige Hürde für den Nachbau ist die Bondtechnologie zu sehen, die leider nicht zu umgehen ist.

Danksagung

Bedanken möchte ich mich bei Herrn **Gerold Henning** für die Inbetriebnahme unserer neuen Bondanlage und die Verarbeitung der Prototypen. Der optimale Aufbau wurde durch **Gert Weinhold DG8EB** realisiert.

Literatur

- (1) Ein einfaches Konzept für einen 76 GHz Transverter **DL9MFV** UKW-Berichte 4/2002
- (2) Signalverstärker für 76 GHz **DL9MFV** UKW-Berichte 1/2003
- (3) Leistungsaddition bei 76 GHz **DL9MFV** UKW-Berichte 3/2003
- (4) Datenblatt **HITTITE AUH318** www.hittite.com
- (5) Datenblatt **UMS CHX2092, UMS CHU3277, CHA1077** www.ums-gaas.com
- (6) Datenblatt **MDB278** www.st.northropgrumman.com/velocium/index.html
- (7) 76 GHz Transverter, **DB6NT** DUBUS 1.94 / Technik Buch IV
- (8) 47 GHz Hohlleiterfilter, **OE9PMJ** GHz Tagungsheft Dorsten 1992
- (9) Wire bonding to Soft Substrates, **DENIS BOULANGER** Microwave Journal Feb.1990
- (10) 76 GHz Verstärkertechnik **DB6NT** GHz Tagungsheft Dorsten 2004
- (11) 76 GHz Transverter **DL2AM** CQ DL 10/05 - 01/06 - 06/06 - 12/06 - 04/07 - 06/07 und 04/08
- (12) New semiconductors for the doubler from 19 to 38 GHz **DC0DA** DUBUS 04/2003
- (13) Neue 76 GHz Transverter bei **DG8EB** und **DK4RC** www.wkiefer.de/x28/76_ghz.htm

Begriffe und eingetragene Warenzeichen, die im Text verwendet wurden, sind ausschließlich das Eigentum der entsprechenden Unternehmen.