

47 GHz Technik

DB 6 NT Michael Kuhne 04.2008

In den letzten Jahren wurden von verschiedenen Halbleiterherstellern interessante Halbleiterchips entwickelt die sich für das 47 GHz Amateurband eignen.

Leider sind dies reine Halbleiterchips, die zur Kontaktierung der Anschlüsse gebondet werden müssen. Dies setzt den Zugriff auf eine entsprechende Bondanlage voraus.

Hersteller

Chips werden von Firmen wie z.B. **UMS, HITTITE, MIMIX, TriQuint, Velocium** oder anderen hergestellt. Diese Verstärker sind intern angepasst und werden meistens für kommerzielle Frequenzbereiche gefertigt. Das ist z.B. der Bereich von 30...44 GHz oder 55...60 GHz. Für das Amateurband um 47,088 GHz wird leider kein Chip produziert, so dass Standardhalbleiter verwendet werden müssen, die außerhalb ihres normalen Frequenzbereiches betrieben werden und somit nur eingeschränkt die technischen Daten der Hersteller erreichen.

Aufbau

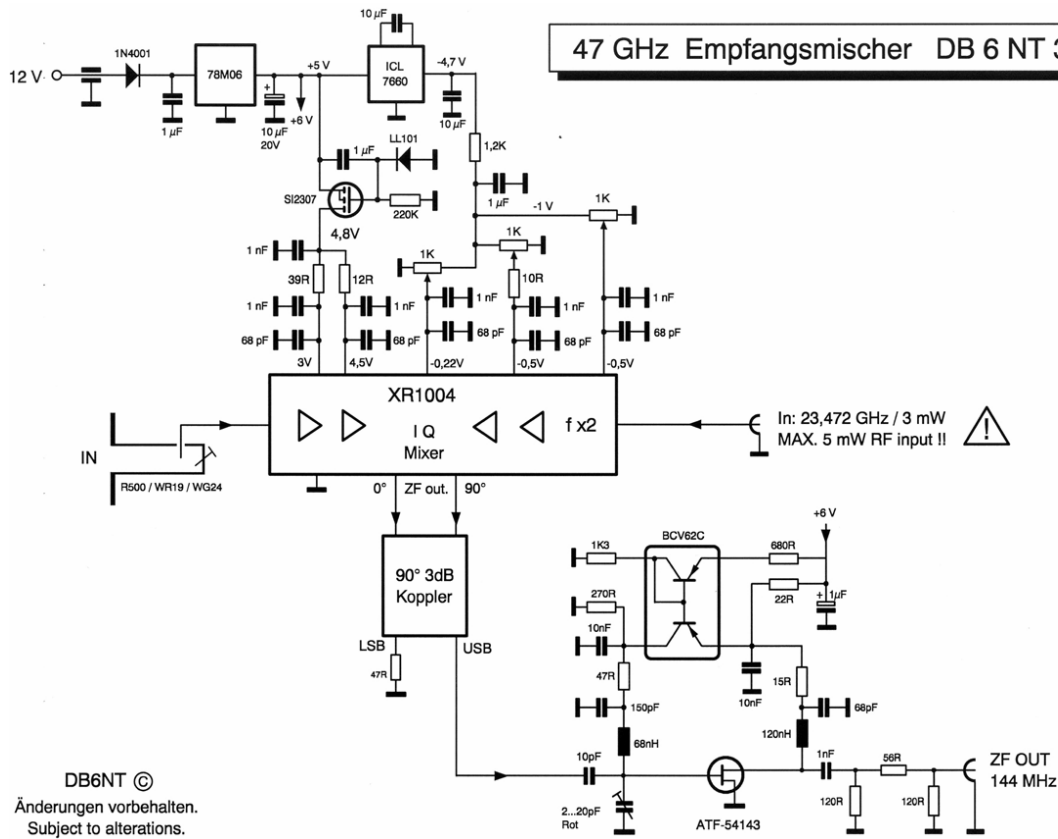
Der Aufbau erfolgt auf einer 5 mm starken Messingplatte mit entsprechenden Ausfräsungen für Hohlleiter und Bohrungen für die verstellbaren Abstimmverschieber. Die Montage der 0,12 mm starken RT/duroid 5880 ROGERS Leiterplatte erfolgt durch Auflöten. Beim nachfolgend beschriebenen Konverter wird RO4003 mit einer Stärke von 0,2mm verwendet. Hierzu ist die Messingplatte vorher zu verzinnen. Durch diese Anordnung ergibt sich eine direkte Einkopplung von der Leiterplatte in den Hohlleiter.

Bonden

Der Verstärkerchip wird in eine Ausfräsung der Leiterplatte eingeklebt (die-bonding mit H20E Silberleitkleber) und im „wedge-wedge“ Bondverfahren mit 50x12µm Goldband Typ AR-49 ohne Bondloop mit der Leiterplatte verbunden. 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!). Bei dem Konverter wird der Chip auf die durchkontaktierte Leiterplatte geklebt. 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.

47 GHz Konverter

Der Halbleiterhersteller **MIMIX** bietet einen Subharmonic Receiver Chip für den Frequenzbereich 30...46 GHz an. Damit lässt sich ein Konverter für 47 GHz mit einer Rauschzahl von <5dB NF sowie ein Konverter für den Empfang von 32 GHz Raumsonden realisieren. Der Chip hat zwei sehr gute Eigenschaften. Zum Einen ist es ein Subharmonic-Mixer der nur die Hälfte der Oszillatorfrequenz benötigt. Bei 47 GHz mit 144 MHz ZF wird 23472 MHz als LO-Frequenz mit einer Leistung von ca. 3 mW verwendet. Zum Anderen ist es ein Image Reject Mixer. Das ist die Mischmethode nach dem Phasenprinzip, die mit 90°-Kopplern eine Spiegelfrequenzunterdrückung von 20...25 dB erreicht. Dabei wird ein Hohlleiterfilter zur Spiegelfrequenzunterdrückung überflüssig.



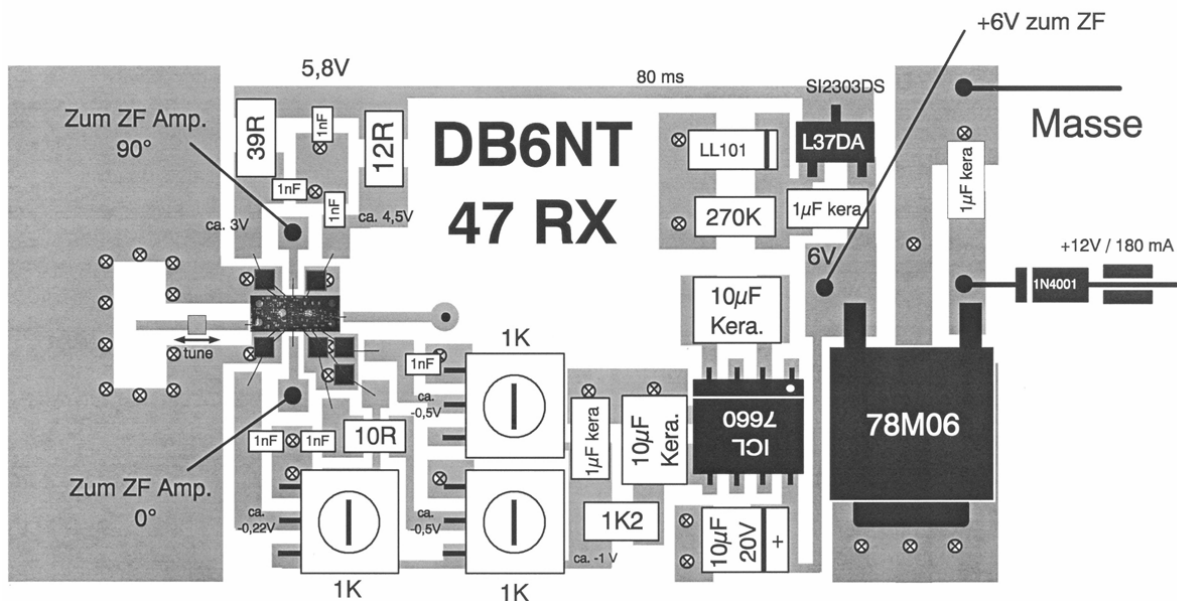
Schaltplan des 47 GHz Konverters

47 GHz Konverterkopf mit XR1004 DB6NT 3.2007

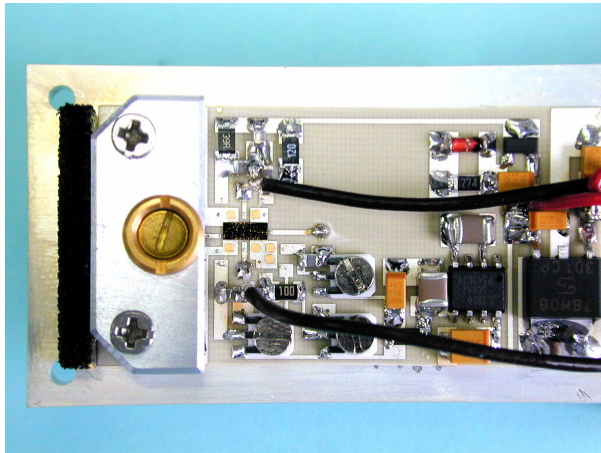
LO = 23,472 GHz ca. 3 mW

Eingangsfrequenz 47088 MHz - ZF 144 MHz = LO 46944 MHz :2 = 23472 MHz LO

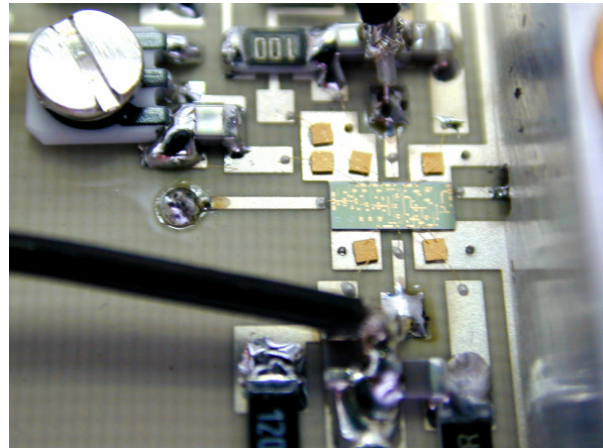
NF = 5,0 dB typ.
Gain = typ. 32 dB @ 144 MHz IF
(Gain mit ATT R am ZF Ausgang auf 28 dB geändert)
Spiegelfrequenz -25 dB



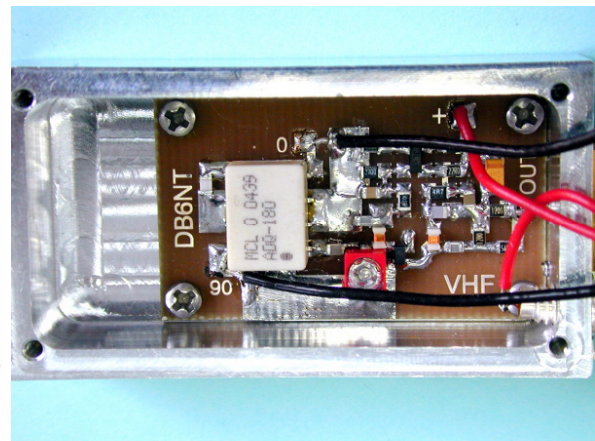
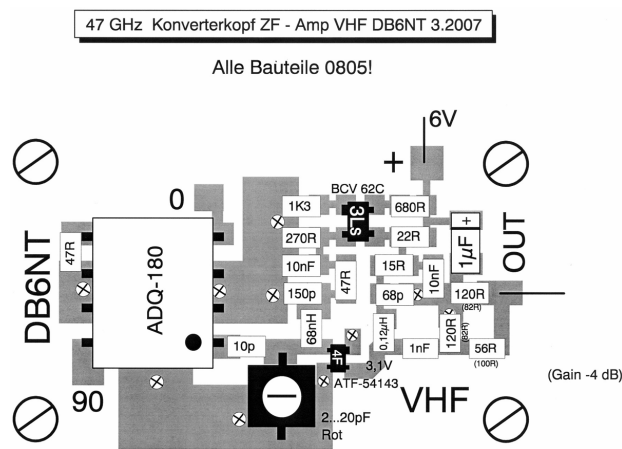
Bestückplan des 47 GHz Konverters



47 GHz Konverter



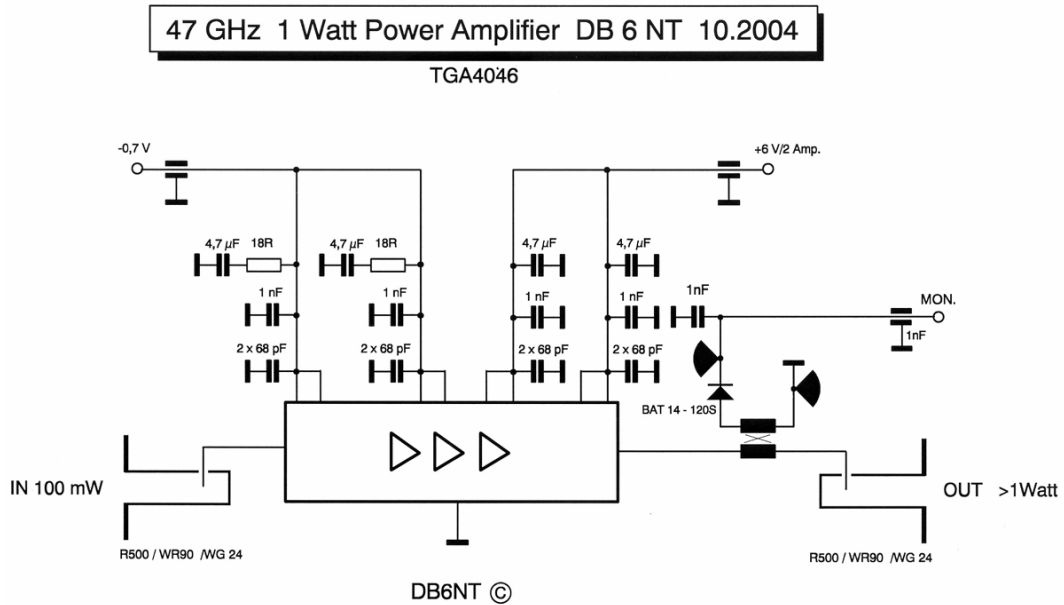
Gebondeter Chip



Bestückplan

ZF-Verstärker

Aufbau im Deckel des Konverters

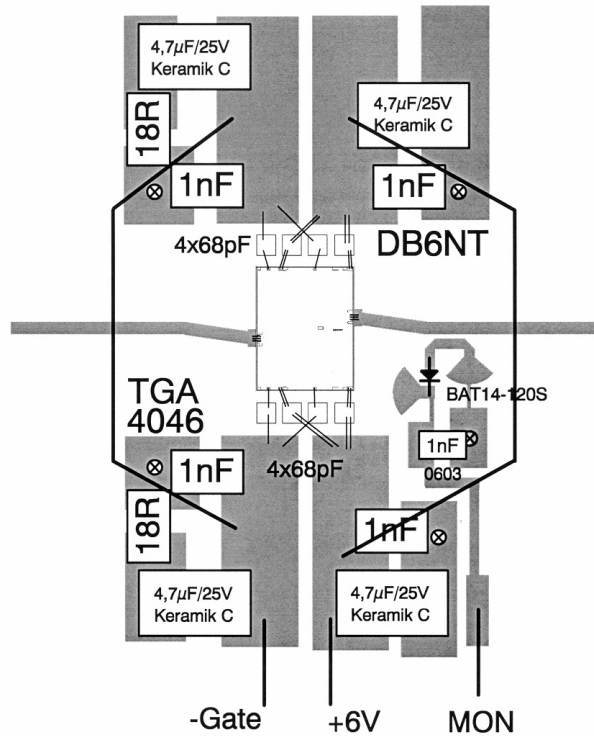


1 Watt Leistungsverstärker mit TGA4046 von UMS

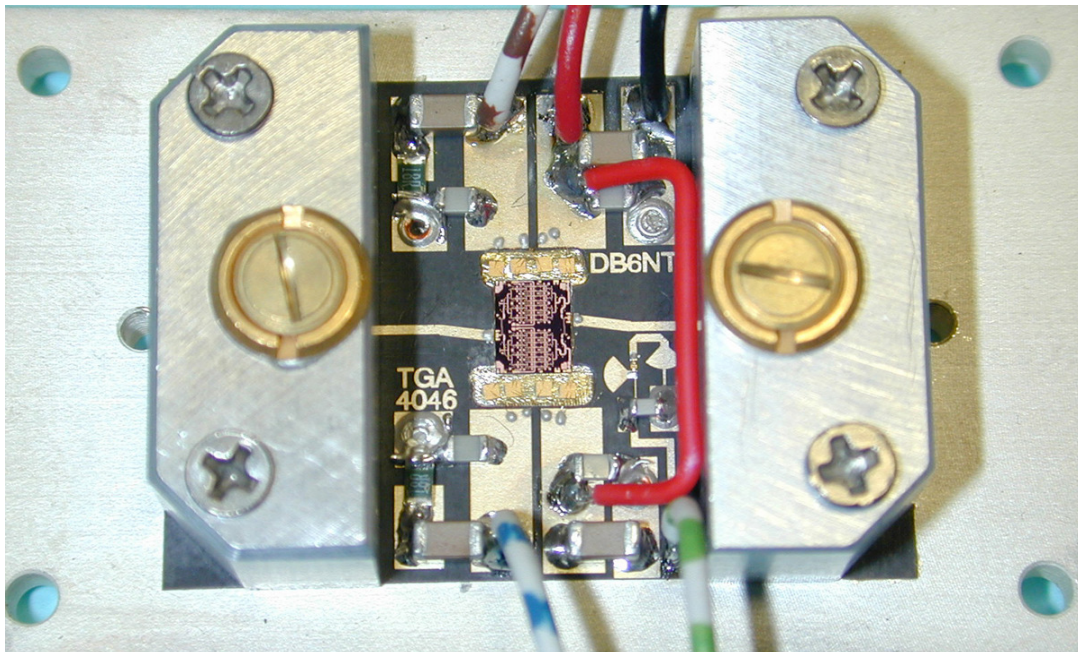
Die nachfolgend beschriebenen Leistungsverstärker wurden für den 47 GHz Downlink-Transponder des **AMSAT DL P3E** Amateurfunksatelliten entwickelt. Der 1 Watt Verstärker mit dem **TGA4046** von **TriQuint** ist zur Zeit der leistungsfähigste Chip, der für 47 GHz angeboten wird. Bei dem Betrieb der PA ist auf eine gute Wärmeableitung zu achten. Die entstehende Verlustleistung liegt bei >12 Watt!

47 GHz Poweramplifier 4 DB 6 NT 10.2004

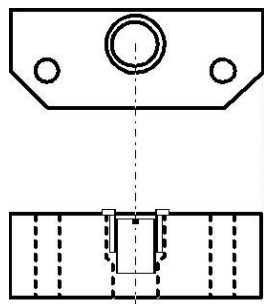
1 x TGA4046



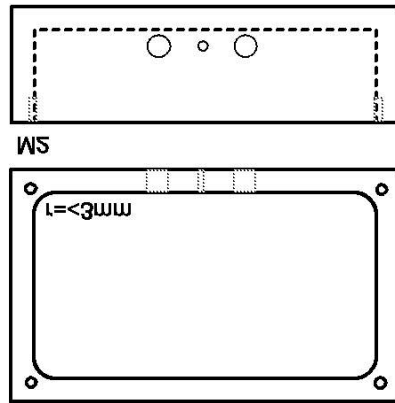
Bestückplan des Leistungsverstärkers



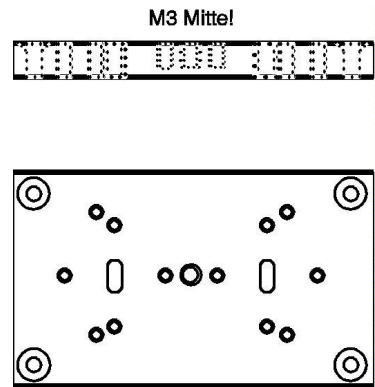
Leistungsverstärker im aufgebauten Zustand



Abstimmtrieb

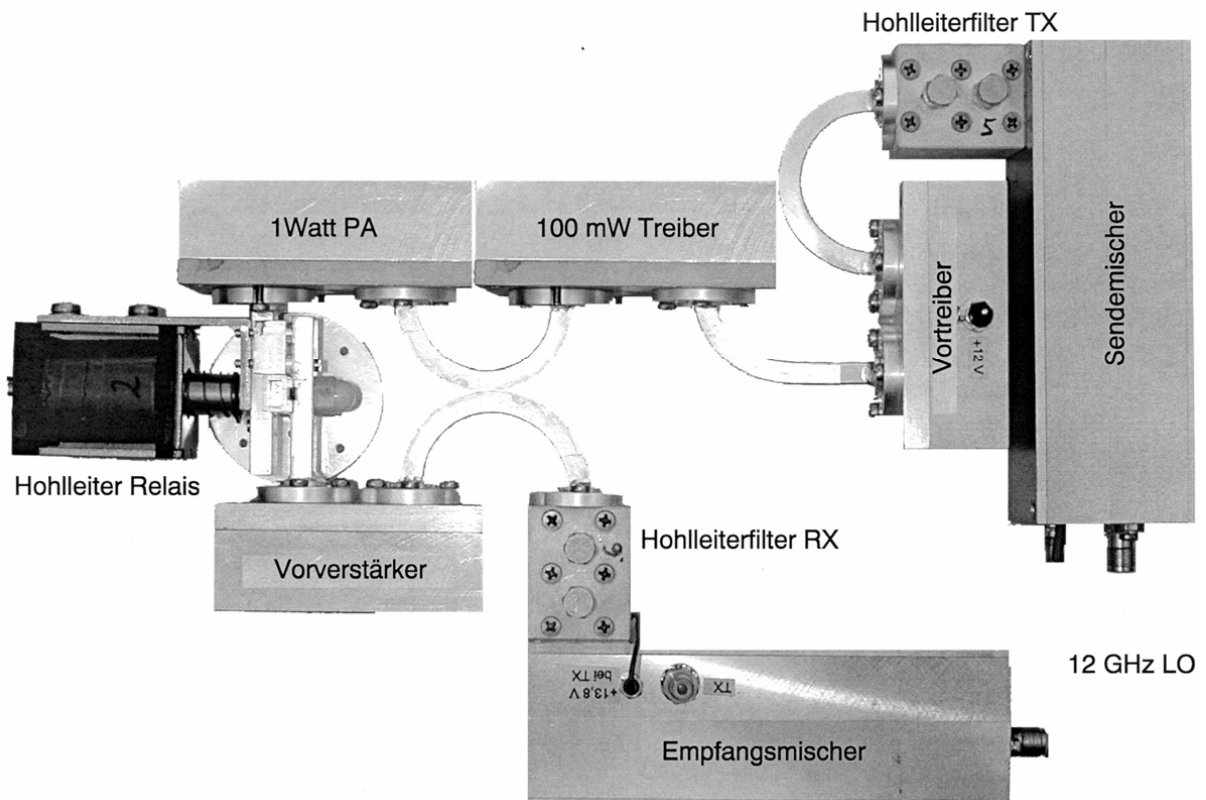


Gehäuse



Bodenplatte

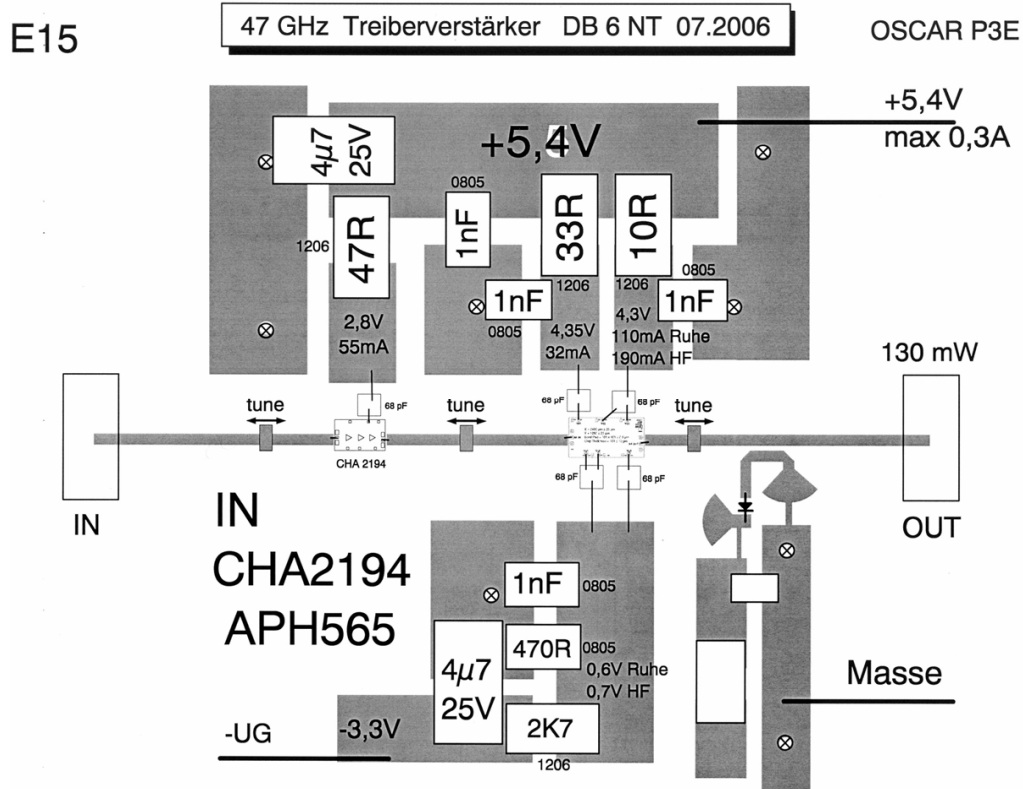
47 GHz Transverter DB 6 NT 7.2006



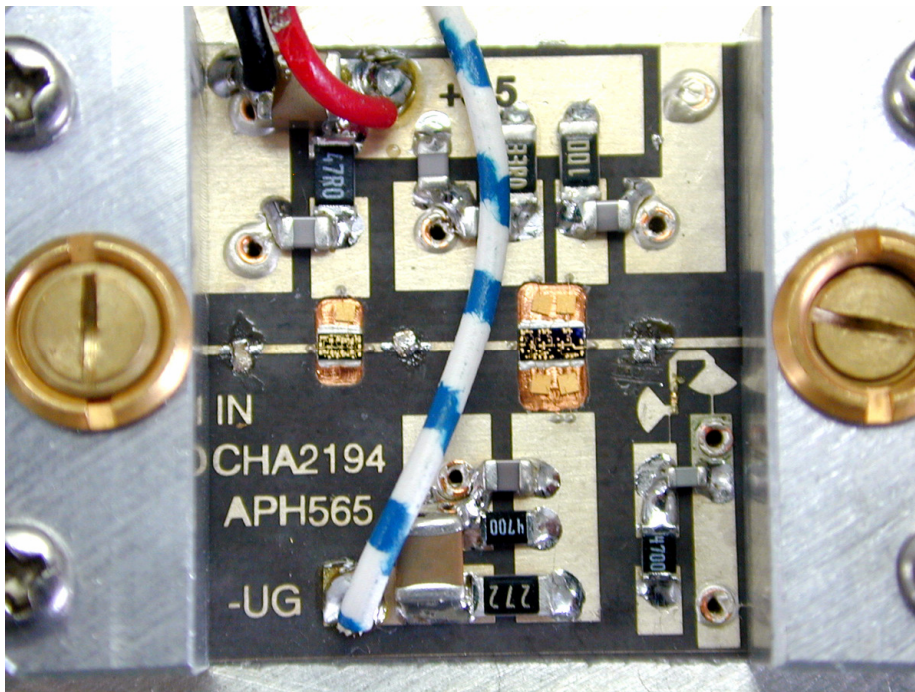
Zusammenschaltung aller 47 GHz Baugruppen zu einem 1 Watt Transverter

100 mW Treiberverstärker

Der nachfolgend beschriebene Treiberverstärker erreicht bei einer Ansteuerleistung von ca. 0,5 mW eine Ausgangsleistung von >100 mW. Das reicht aus, um die 1 Watt Endstufe anzusteuern.



Bestückplan des Treiberverstärkers



Treiberverstärkers im aufgebauten Zustand

Abgleich von 47 GHz Verstärkern

Die Gleichstromarbeitspunkte der Verstärker werden nach Herstellerangaben eingestellt.

Bei dem Leistungsverstärker werden zunächst die Gatespannungen auf den entsprechenden Wert der ICs, voreingestellt. Danach wird die Drainspannung angelegt und der dem Datenblatt entnommene Drainstromwert nachgestellt.

Nun kann der HF-Abgleich durch Verstellen der Hohlleiterkurzschlüsse (Abstimmerschrauben der Firma TEKELEC-TEMEX) und durch Anbringen von „stubs“ an den HF-Leiterbahnen erfolgen. Dabei ist viel Zeit, Geduld und Erfahrung erforderlich. Zum Abschluss erfolgt der Feinabgleich mit den Ruhestromen der MMICs. Das Einkleben von Absorbermaterial verhindert das Schwingen der Verstärker bei geschlossenem Deckel.

Messungen

Die Rauschzahl NF wurde mit dem Noise Gain Analysator EATON 2075B mit einer Hohlleiterrauschquelle HP Q 347B gemessen. Die Leistungsmessung erfolgte durch ein HP435B mit Powersensor HP 8487A / Dämpfungsglied Anritsu 41V-20 (2W 20dB) sowie einem Hohlleiterübergang 35WR19VF.

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) Datenblatt, **TGA 4046** www.triquint.com
- (2) Datenblatt, **XR104** www.mimixbroadband.com
- (3) 47 GHz **Transverter**, DB6NT DUBUS 1.94 / Technik Buch IV
- (4) 47 GHz **Hohlleiterfilter**, OE9PMJ GHz Tagungsheft Dorsten 1992
- (5) 47 GHz **Waveguide Switch**, I4OPW & IW3EHO DUBUS 1.2000
- (6) **Wire bonding to Soft Substrates**, DENIS BOULANGER Microwave Journal Feb.1990
- (7) 47 GHz Verstärkertechnik vom 9.2002. www.db6nt.de Transverter 47 GHz Download
- (8) 47 GHz Verstärkertechnik - Teil 2 vom 12.2003. www.db6nt.de Transverter 47 GHz Download
- (9) 47 GHz Wendeverstärker DC0DA 06.2004 www.db6nt.de Transverter 47 GHz Download

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