

47 GHz Verstärkertechnik

DB 6 NT Michael Kuhne 12.2003

Die Realisierung eines rauscharmen Vorverstärkers mit brauchbaren technischen Daten für das 47 GHz Amateurband war bisher nicht möglich. Lediglich wurden hochkommerzielle Verstärker für die Militärtechnik oder Radioastronomie zu entsprechenden Preisen angeboten. Seit einiger Zeit sind jedoch Verstärkerchips von verschiedenen Halbleiterherstellern erhältlich, die gute Verstärkerdaten liefern.

Leider sind dies reine Halbleiterchips, die zur Kontaktierung der Anschlüsse gebondet werden müssen. Dies setzt den Zugriff auf eine entsprechende Bondanlage voraus. Versuche mit gehäusten GaAs FET's wurden schon in den Neunziger Jahren unternommen, die jedoch keinerlei Verstärkung aufwiesen. Dies ist hauptsächlich auf die Gehäuse und deren parasitären Eigenschaften (Induktivitäten) zurückzuführen. Selbst CFY77 mit abgefeilten Gehäuseboden und direkter Montage auf der Leiterplatte blieben ohne jeglichen Erfolg. Alle Anstrengungen, die Bondtechnologie zu umgehen, scheiterten.

Hersteller

Chips werden von Firmen wie z.B. UMS, TRW, Mimix, TriQuint, Philips, HP, ALPHA, SIEMENS, NEC, FUJITSU, MITSUBISHI oder anderen hergestellt. Die meisten Halbleiter werden jedoch für kommerzielle Frequenzbereiche gefertigt. Diese Verstärker sind intern angepasst und werden für kommerzielle Frequenzbereiche gefertigt. Das ist z.B. der Bereich von 38...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 und 30 x 50 mm großen Messingplatte mit entsprechenden Ausfräsungen für Hohlleiter und Bohrungen für die verstellbaren Abstimmtrieb. Die Montage der 0,12mm 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 Empfang nutzen.

Bonden

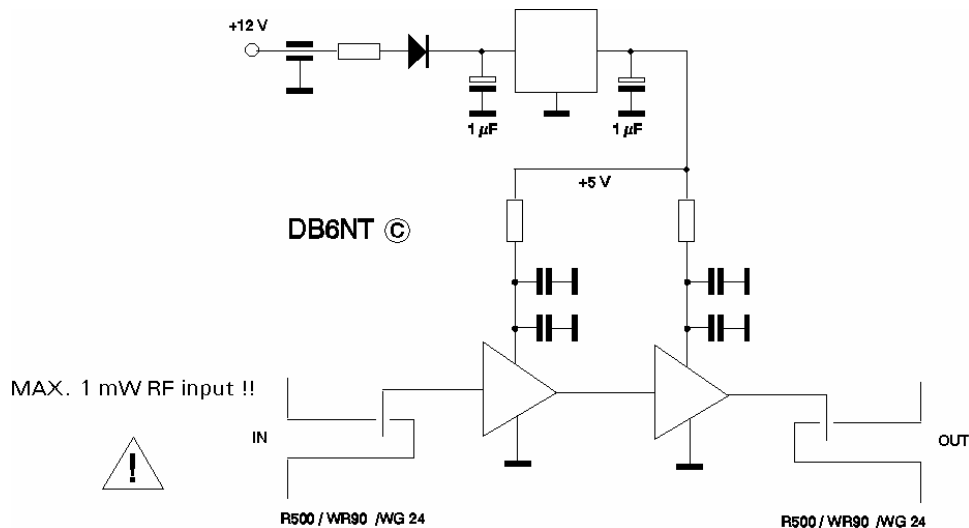
Die Verstärkerchips werden in eine Ausfräsung der Leiterplatte eingeklebt (die-bonding) und im „wedge-wedge“ Bondverfahren mit 25µ Golddraht ohne Bondloop mit der Leiterplatte verbunden. Der Spalt zwischen Leiterplatte und IC sollte dabei so gering wie möglich sein, um kurze Bonddrahtlängen und somit gute HF-Eigenschaften zu erreichen (Bonddraht = Induktivität = Tiefpass!). Die Versorgung der Halbleiter mit Betriebsspannung für Gate und Drain erfolgt über Bondverbindungen mit normaler „loop“ auf „singellayer Chipkondensatoren“ die unmittelbar neben den Verstärker Chips eingeklebt sind und dann weiter auf die Leiterplatte. 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 (6) wie TEFLON erfordert höhere Ultraschalleistung als auf den Halbleiter. Um eine optimale Haftung der Drähte auf der Kupferleiterbahn zu erreichen wurde zusätzlich etwas Leitkleber aufgetragen.

Beschreibung

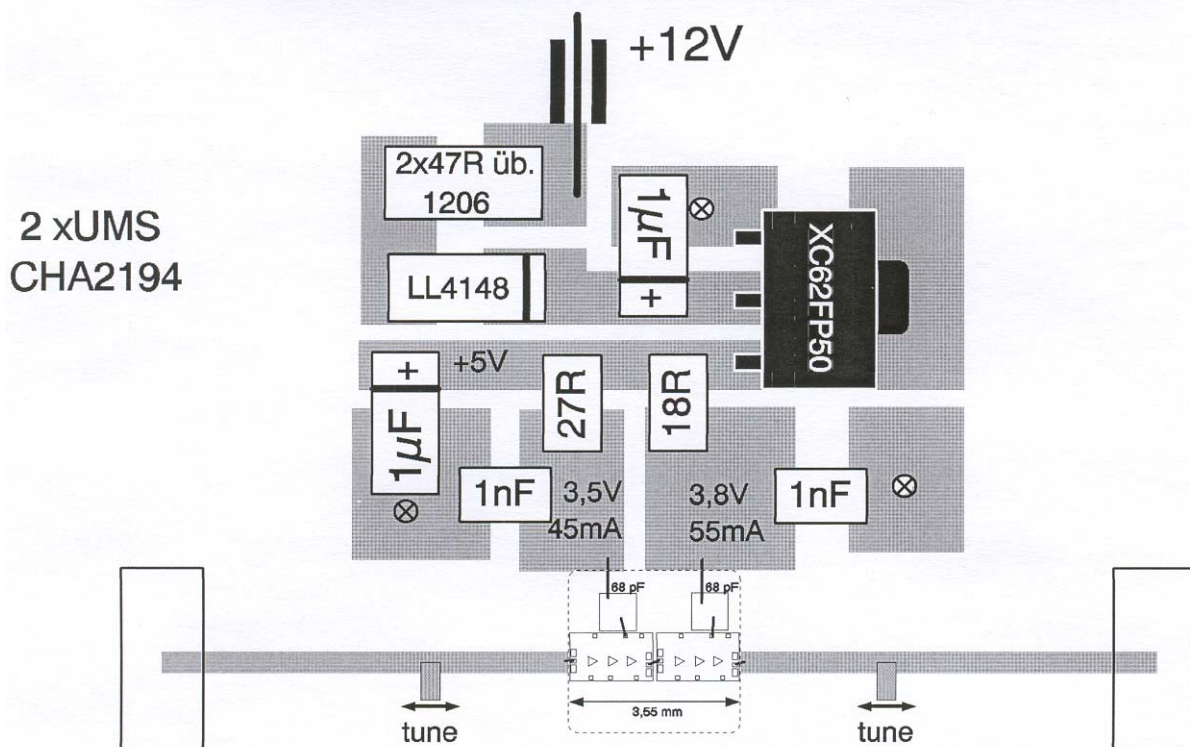
Es wurden viele verschiedene Verstärker mit allen möglichen Chipkombinationen aufgebaut und vermessen. Diese Messwerte sind in einer Tabelle zusammengefasst.

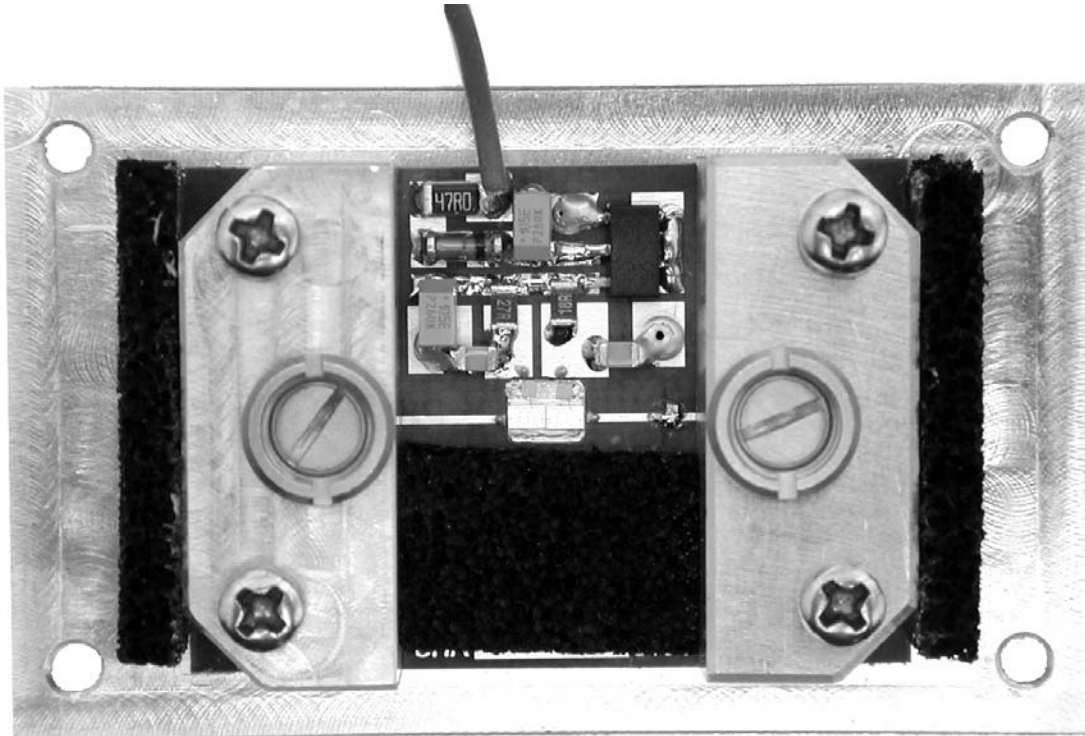
Davon sollen zwei Aufbauten näher beschrieben werden. Ein rauscharmer Verstärker mit <5 dB NF bei >28 dB Gain und typ. 40 mW Sättigungsleistung, und ein Leistungsverstärker mit einer Sättigungsleistung von 250 mW.

Verstärker mit CHA2194 von UMS

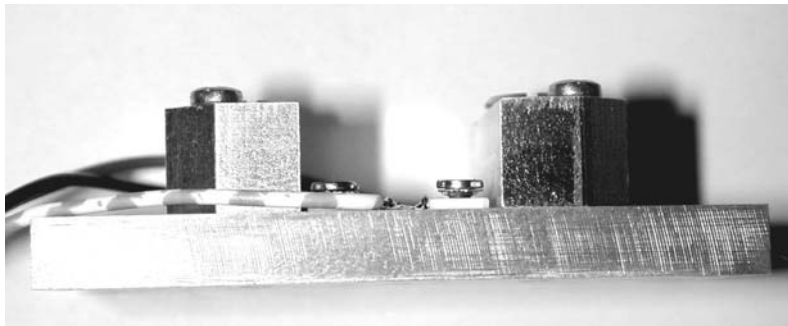


47 GHz Amplifier CHA2194 DB 6 NT 7.2003

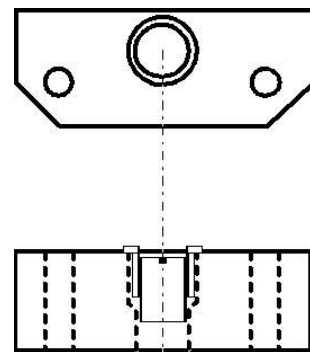




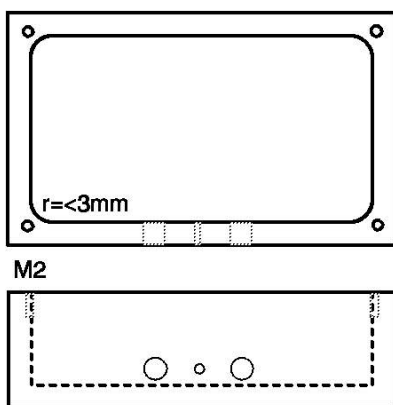
Fertig abgeglicherer Verstärker mit Absorbermaterial LS28



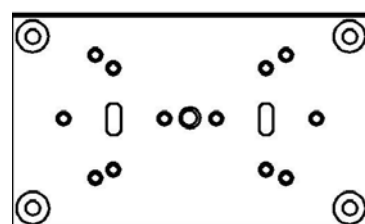
Seitenansicht



Abstimmtrieb



Skizze: Deckel



Grundplatte

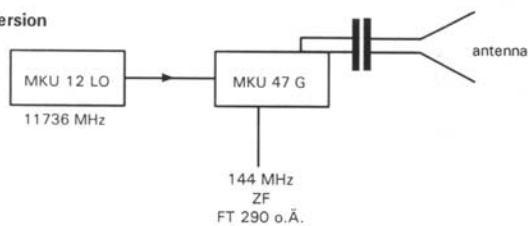


Foto: Verstärker

Foto: Rückseite des Verstärkers

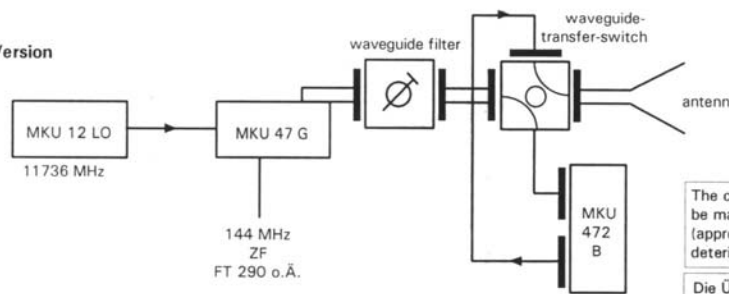
47 GHz TRANSVERTER VERSIONS

1.) Version



Transmitting power: approx. 0,2mW
Noise figure: approx. 8dB DSB
Basic version

2.) Version

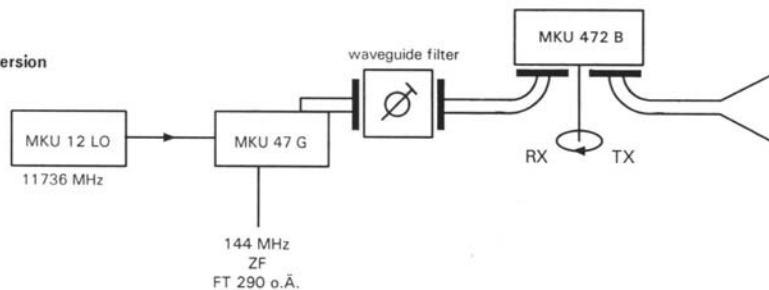


Transmitting power: approx. 20 mW
Noise figure: approx. 5dB NF

The cross-talk attenuation of the waveguide switch must be markedly larger than the total amplification of the stages (approx. 50 dB), to prevent the danger of oscillation and deterioration of the total noise figure.

Die Übersprechdämpfung des Hohlleiterschalters muß deutlich größer als die Gesamtverstärkung des Verstärkers sein (ca. 50 dB), um die Gefahr von Schwingneigung und Verschlechterung der Gesamttrauschzahl zu verhindern.

3.) Version



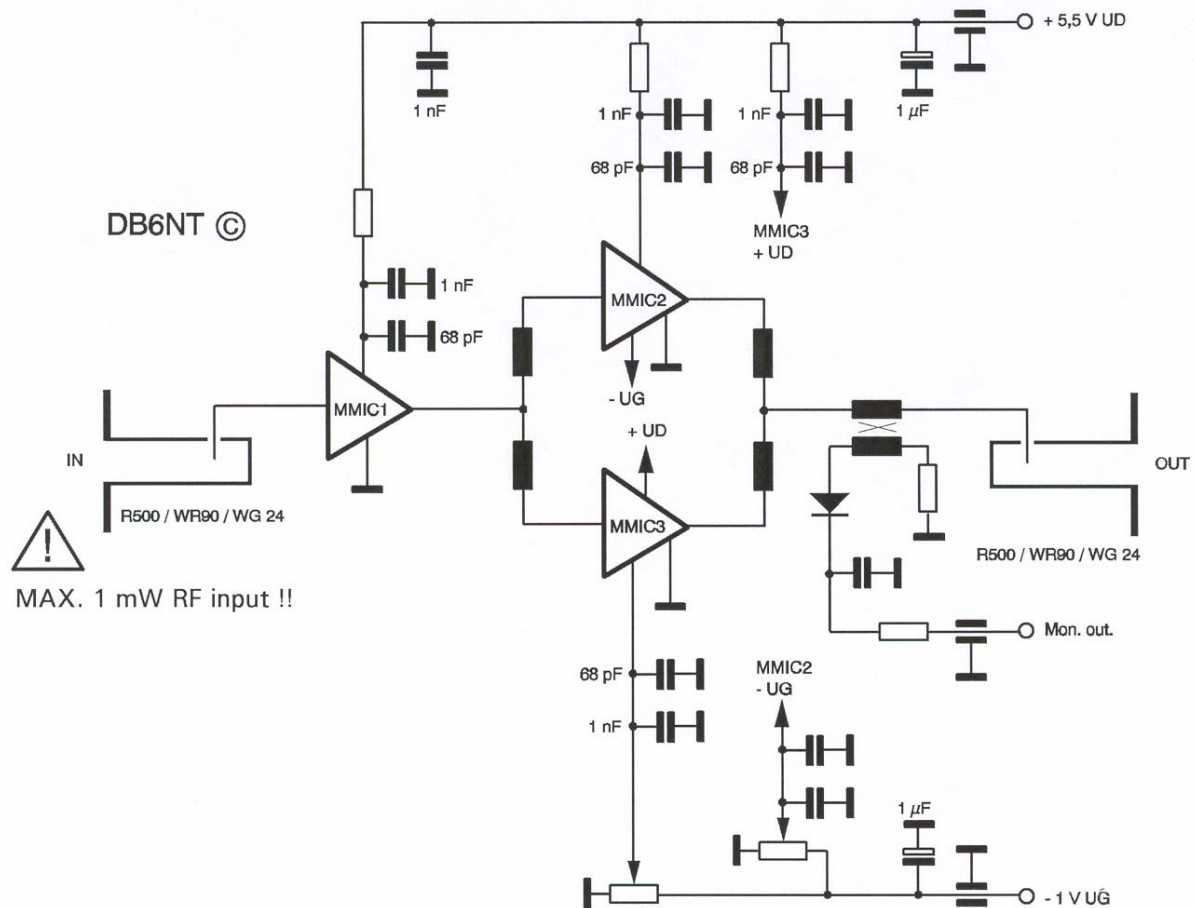
Transmitting power: approx. 20 mW
Noise figure: approx. 5dB NF

Leistungsverstärkers mit CHA2194 als Treiberverstärker und 2x APH403 Chips parallel

Der nachfolgend beschriebene Leistungsverstärker erreicht bei einer Ansteuerleistung von ca. 0,7 mW eine Sättigungsleistung von 250 mW. Das ist die Ausgangsleistung die derzeit mit den zu Verfügung stehenden Halbleitern maximal möglich ist. Eine Parallelschaltung von

mehr als 2 Verstärker Chips ist nicht effektiv, da die Verluste von Leiterplattenkopplern und der Leistungszugewinn in keinem guten Verhältnis zum benötigten Aufwand stehen.

U - BAND POWER AMPLIFIER MKU 474 A



Die Koppler bestehen aus 71 Ohm Streifenleitern. Am Ausgang der Schaltung befindet sich ein Richtkoppler mit einer Low Barrier Beam Lead Schottky Diode. Dieser Detektor ermöglicht die Überwachung der Ausgangsleistung durch ein angeschlossenes μA Meter.

Abgleich von 47 GHz Verstärkern

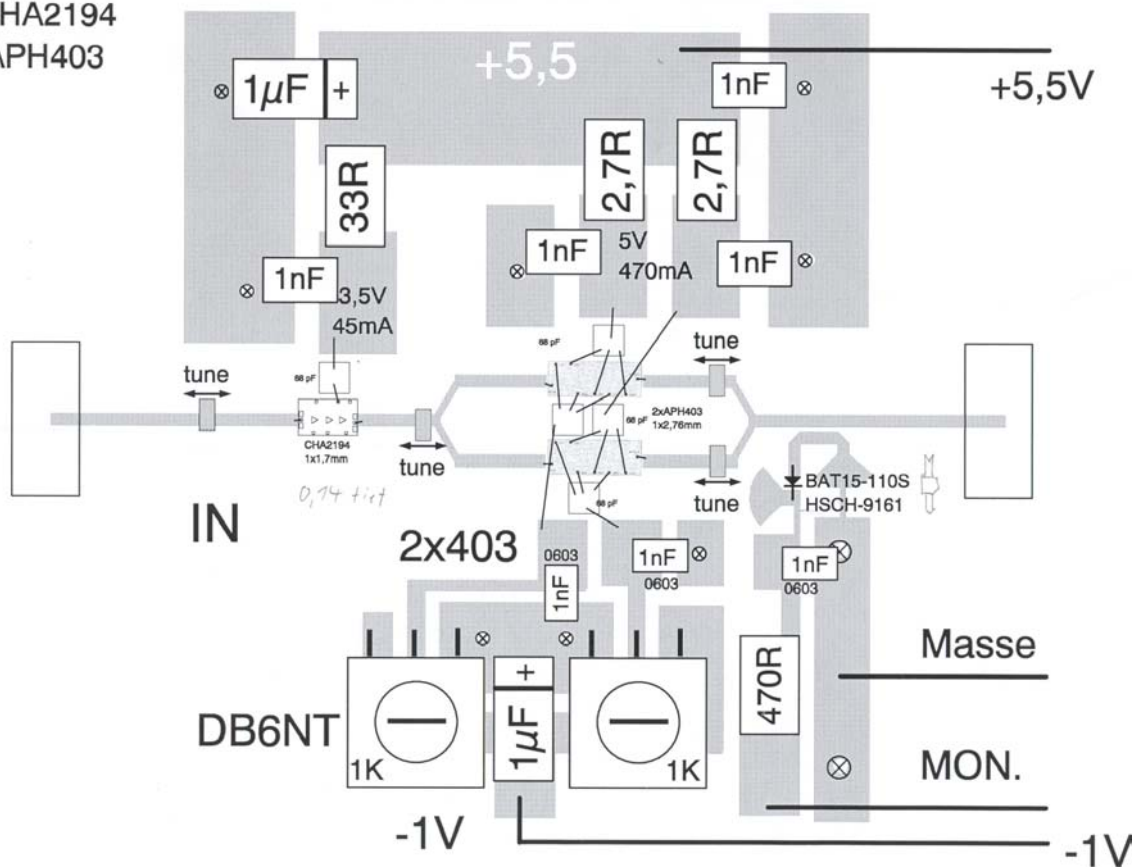
Die Gleichstrom Arbeitspunkt des Vorverstärkers wird durch die Dimensionierung der Drainvorwiderstände bestimmt. Die Chips CHA2194 haben einzelne Sourcewiderstände die den Arbeitspunkt selbst einstellen. Deswegen ist auch keine negative Gatevorspannung erforderlich und der Chip beim Verfasser sehr beliebt.

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

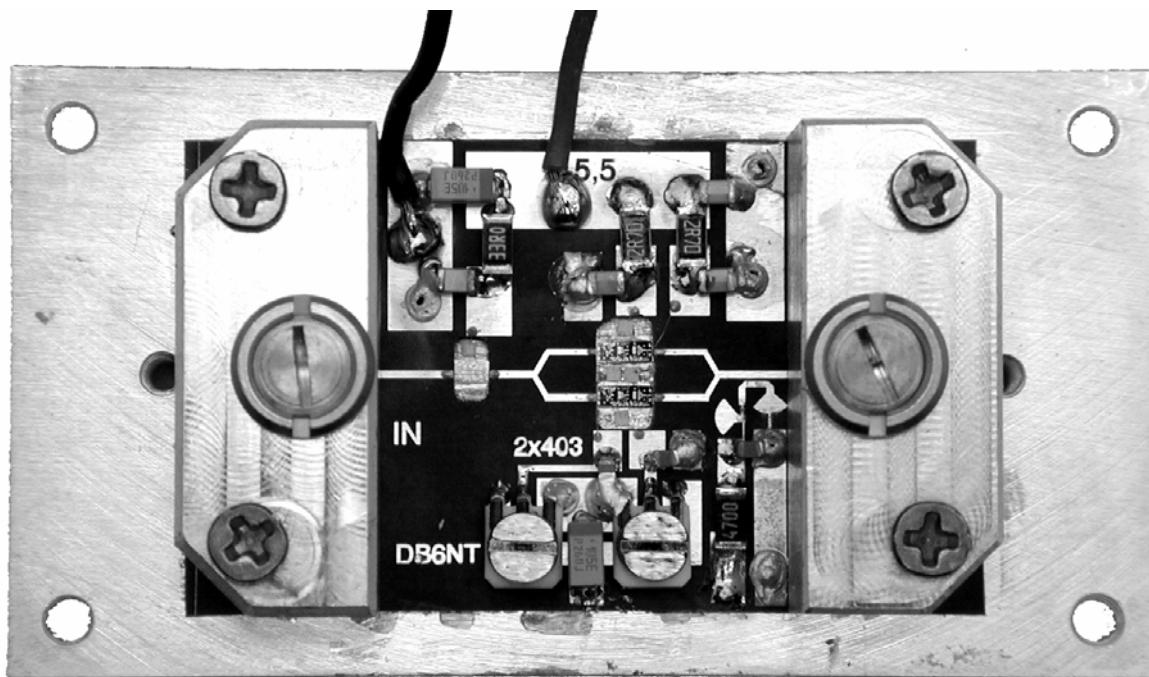
Nun kann der HF-Abgleich durch Verstellen der Hohlleiterkurzschlüsse (Abstimmerschrauben der Firma TEKELEC-TEMEX) und durch Anbringen von „stups“ an den HF-Leiterbahnen erfolgen. Dabei ist viel Zeit, Geduld und Erfahrung erforderlich. Zum Abschluss erfolgt der Feinabgleich mit den Ruhestromen der MMIC's.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

47 GHz Poweramplifier 3 DB 6 NT 7.2002

1 x CHA2194
2 x APH403



Bestückplan des Leistungsverstärkers



Leistungsverstärkers mit CHA2194 als Treiberverstärker und 2x APH403 Chips parallel

Schaltplan der Stromversorgungsleiterplatte

Erreichte Technische Daten

<u>1. Stufe</u>	<u>2.Stufe</u>	<u>Herst.</u>	<u>Gain</u>	<u>NF</u>	<u>P in</u>	<u>P out</u>	<u>P sat</u>
CGY 2139X	CGY 2139X	Philips	31 dB	5,7 dB	25 μ W	14 mW	20 mW
CGY 2139X	CGY 2139X	Philips	31 dB	4,9 dB	25 μ W	14 mW	20 mW
CHA 2157	CHA 2157	UMS	27 dB	4,1 dB	25 μ W	8 mW	37 mW
CHA 2194	CHA 2194	UMS	32 dB	4,4 dB	---	---	42 mW
CHA 2194	CHA 2194	UMS	34 dB	4,1 dB	---	---	42 mW
CHA 2194	CHA 2194	UMS	30 dB	4,7 dB	---	---	42 mW
ALH 386	CHA 2194	TRW/UMS	30 dB	4,5 dB	---	---	40 mW
XB1005	CHA 2194	MIMIX/UMS	34 dB	5,2 dB	---	---	40 mW
CHA 2194	APH403	UMS/TRW	---	---	500 μ W	---	120 mW
CHA 2194	2xAPH403	UMS/TRW	---	---	700 μ W	---	250 mW
CHA 2194	2xAPH403	UMS/TRW	---	---	700 μ W	---	220 mW

Ein weiterer Verstärker mit dem UMS Chip CHA 3093c ergab keine zufrieden stellenden Ergebnisse.

Messungen

Rauschzahl und Verstärkung wurden über einem 47 GHz DB6NT Transverter mit 2-Kreis-Hohlleiterfilter nach OE9PMJ gemessen. Dazu wurde ein Noise Gain Analysator von EATON 2075B mit einer Hohlleiterrauschquelle HP Q 347B benutzt. Die Leistungsmessung erfolgte durch ein HP435B mit Powersensor Q8486A.

Zusammenfassung

Ich denke, das die erreichten Werte einen deutlichen Fortschritt für die Amateurfunktechnik im 47 GHz Band darstellen. Sicherlich wird es in Zukunft weitere interessante Verstärker IC's geben, die noch bessere Ergebnisse bringen, doch gegenüber den bisher verwendeten Transvertern mit Subharmonikmischer (Einseitenband Rauschzahl um die 11 dB) stellt der derzeitige Stand bereits eine Rauschzahlverbesserung von über 6 dB (eine S -Stufe) dar. Die SSB Sendeleistung erhöht sich auch um ca.30 dB. 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 Bondanlage und die Verarbeitung der Prototypen. Der optimale Aufbau wurde unter anderem durch **Gert DG8EB** und **Hubert DG1KBF** realisiert.

Literatur Quellen / Nachweis

- (1) Datenblatt, **UMS CHA2194** www.ums-gaas.com
- (2) Datenblatt, **VELOCIMUM-TRW APH403** www.velocium.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

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