

76 GHz Verstärkertechnik 7.2014

Michael Kuhne DB6NT, Gert Weinhold DG8EB

In den letzten Jahren wurden weitere Halbleiterchips von unterschiedlichen Herstellern für das 76 GHz Band entwickelt. Anwendungen dafür sind die Abstandsradargeräte für Fahrzeuge sowie Richtfunkanlagen. Die nachfolgende Beschreibung ist keine Bauanleitung im üblichen Sinn. Der Artikel soll lediglich den aktuellen, technisch realisierbaren Stand aufzeigen und zur Nachahmung und Weiterentwicklung anregen.

Hersteller

Neuere Verstärker Chips werden von Firmen wie z.B. **UMS, TriQuint und Northrop Grumman** angeboten. Diese Verstärker sind intern angepasst und werden für einen Frequenzbereich um 76 GHz gefertigt.

Aufbau

Der Aufbau erfolgt auf einer 5 mm starken Messingplatte mit entsprechenden Ausfräsungen für Hohlleiter und Bohrungen für die verstellbaren Abstimmtriebwerke. 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. Weiterhin lässt sich der Verstärker axial drehen und somit als „Wendeverstärker“ zum Senden und Empfangen nutzen.

Bonden

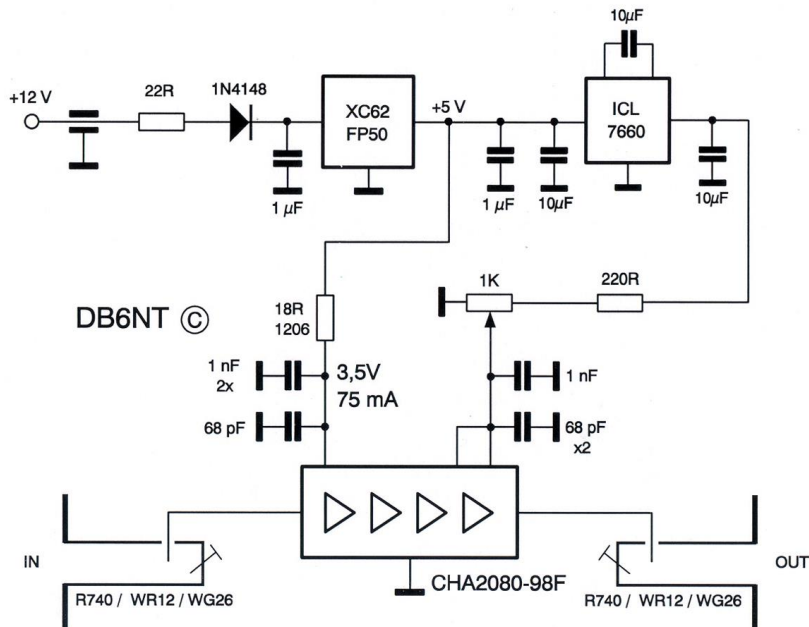
Die Verstärkerchips werden in eine Ausfräsung der Leiterplatte eingeklebt (chip bonding mit H20E Leitkleber) und im „wedge-wedge“ Bondverfahren mit 50 x12µm Goldband Typ AR-49 ohne Bondloop mit der Leiterplatte verbunden. Der Spalt zwischen Leiterplatte und IC sollte dabei so gering wie möglich sein, um kurze Bonddrahtlängen und somit gute HF-Eigenschaften zu erreichen (Bonddraht = Induktivität = Tiefpass!). Die Versorgung der Halbleiter mit Betriebsspannung für Gate und Drain erfolgt über Bondverbindungen mit normaler „loop“ auf „single-layer Chipkondensatoren“, die unmittelbar neben den Verstärkerchips eingeklebt sind und dann weiter auf die Leiterplatte führen. 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 (7) wie TEFLON erfordert eine höhere Ultraschallleistung des Bondgerätes als das Bonden auf den Halbleiter. Um eine optimale Haftung des Goldbandes auf der Kupferleiterbahn zu erreichen, wurde zusätzlich etwas Leitkleber aufgetragen.



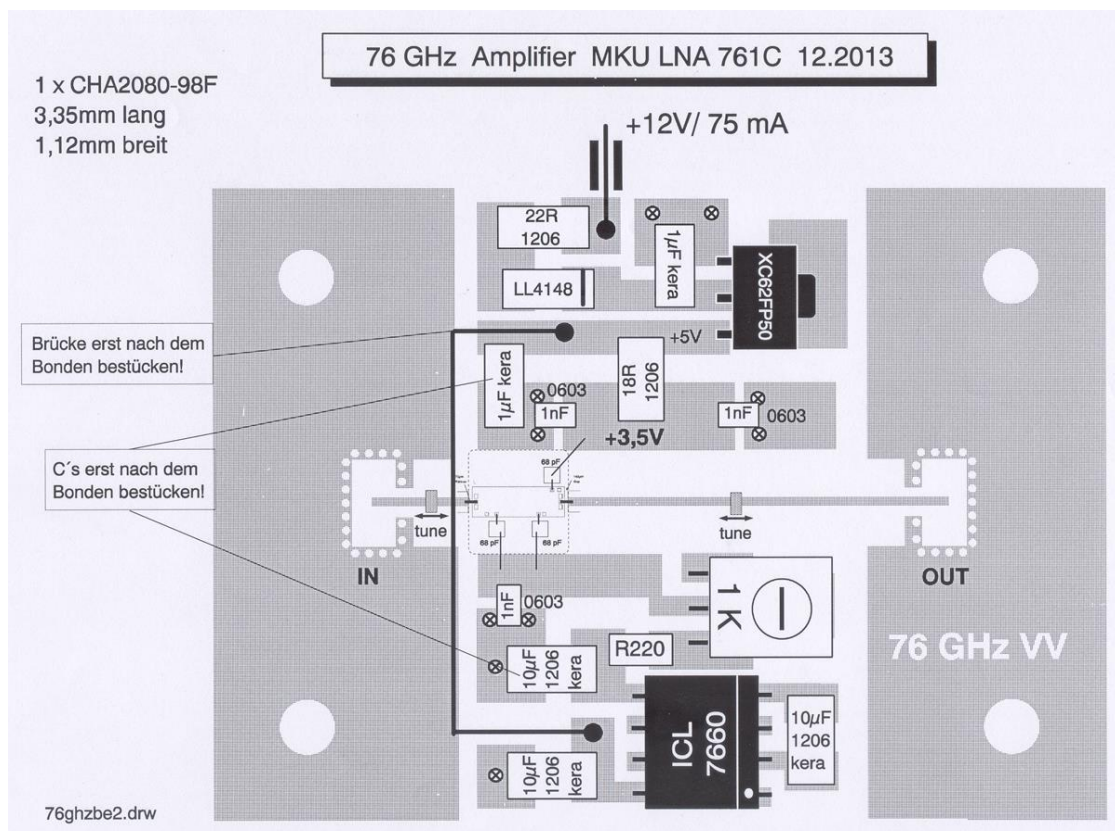
Vorverstärker mit dem CHA2080-98F Chip von UMS

Der nachfolgend beschriebene rauscharme Verstärker ist mit einem CHA2080-98F Chip von UMS bestückt. Der Chip leistet die derzeit maximal mögliche Verstärkung bei gleichzeitig guter Rauschzahl NF. Die erreichte Sättigungsleistung liegt bei 15 mW. Es wird eine negative Gate Vorspannung benötigt, um den normalen Arbeitsstrom von 75 mA bei 3,5 V einzustellen.

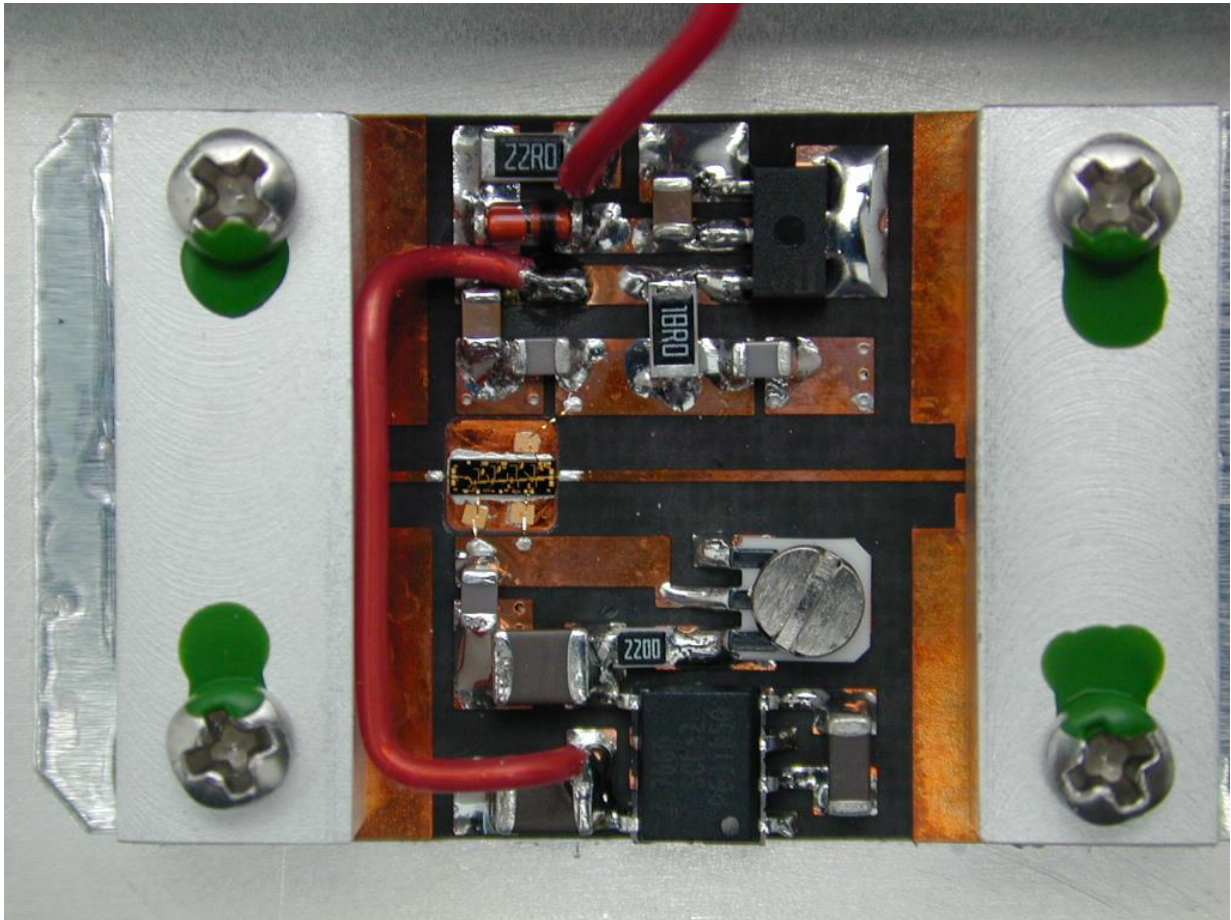
76 GHz Amplifier MKU LNA 761C 12.2013



Schaltplan des 76 GHz Vorverstärkers



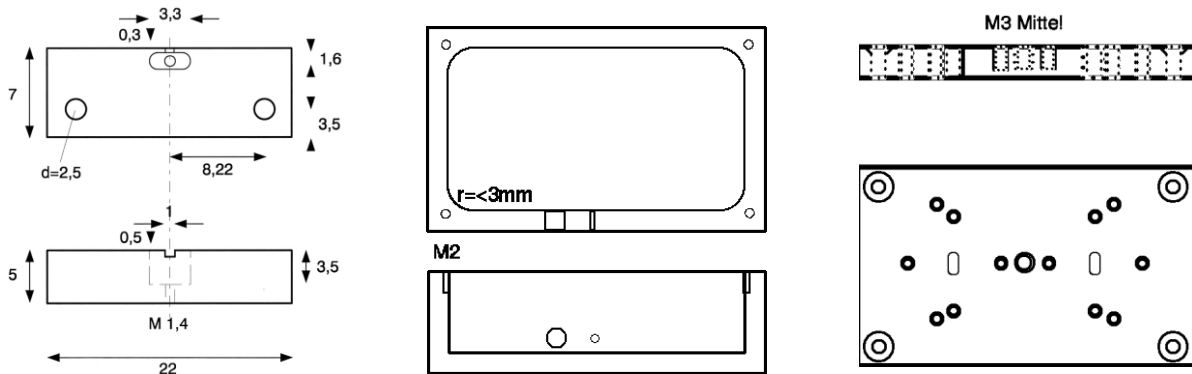
Bestückplan des 76 GHz Vorverstärkers



Aufbau des 76 GHz Vorverstärkers mit den Hohlleiterübergängen

Abstimmtrieb für 76 GHz

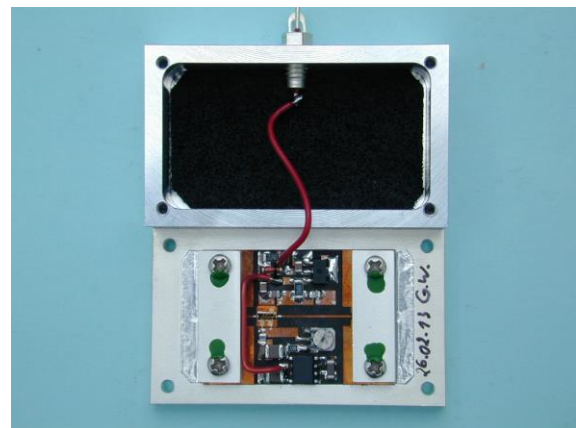
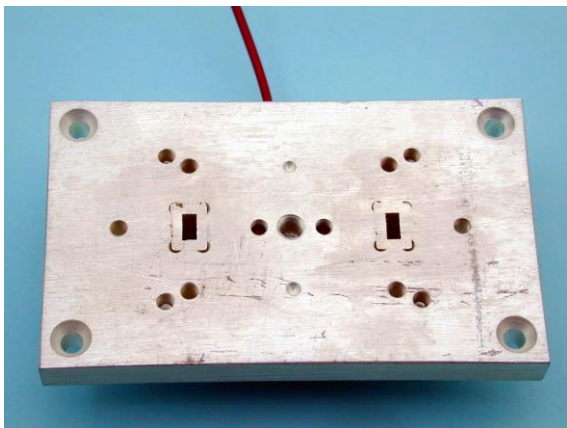
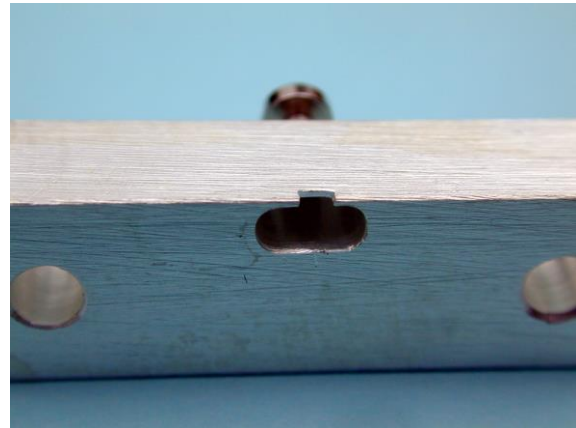
Es hat sich bei vielen Messungen und Tests ergeben, dass Abstimmtrieb, wie sie bei 47 GHz Verwendung finden, keine optimalen Ergebnisse bringen. Auch durch Verwendung von verschiedenen starken Rundhohlleiter- und Schraubendurchmessern konnte kein optimales Ergebnis erzielt werden. Die besten Messwerte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



Skizze: Abstimmtrieb

Deckel

Grundplatte



Ergebnis

Die vom Hersteller angegebenen Werte, besonders 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 Kurzschlusschiebern. 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 1 bis 2 dB schlechter als die der Herstellerangaben. Diese Tatsache wurde auch von professionellen Anwendern der Radarindustrie bestätigt.

Messungen des CHA2080-98F Verstärkers

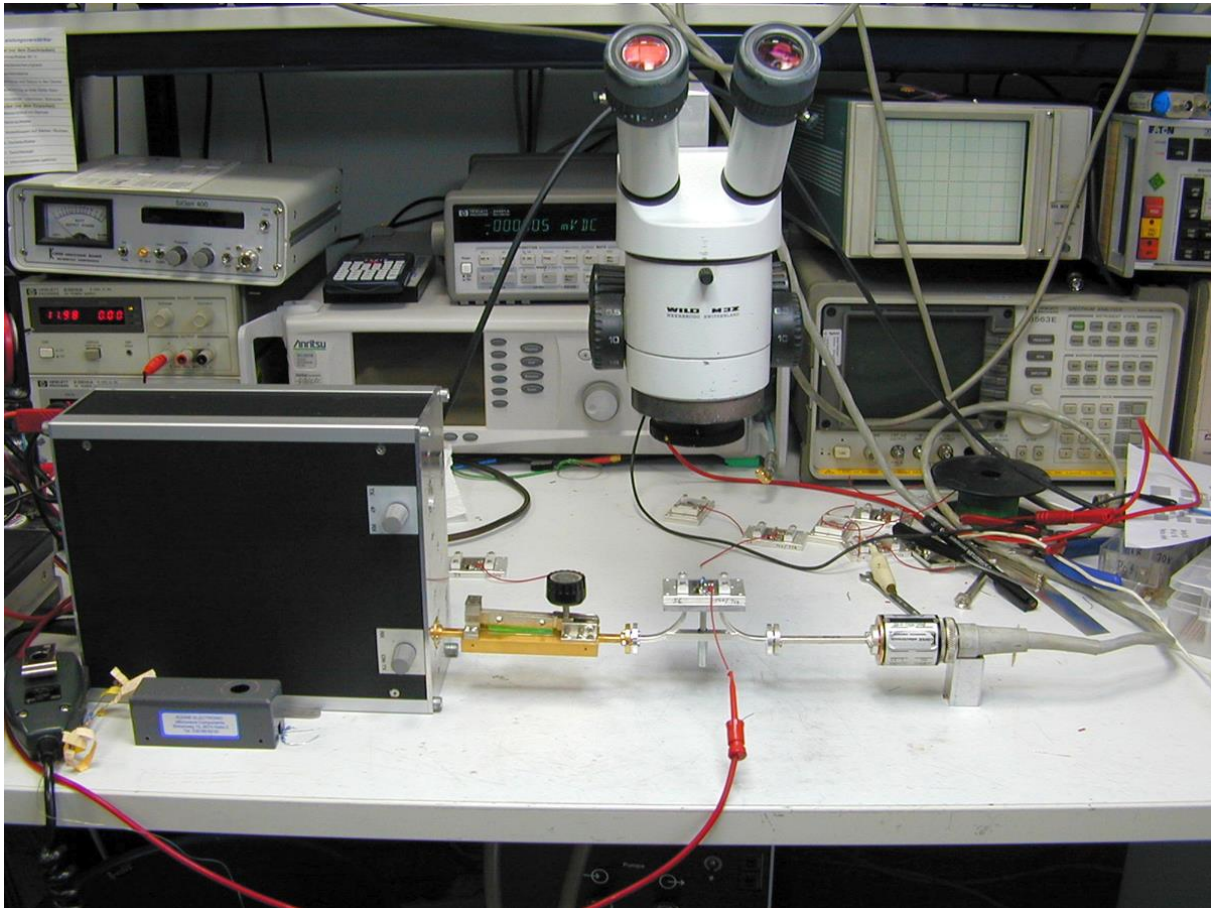
Rauschzahl und Verstärkung werden über einen 76 GHz DB6NT Transverter mit 2-Kreis-Hohlleiterfilter gemessen. Dazu wurde ein Noise Gain Analysator EATON 2075B mit einer kalibrierten Eigenbau-Hohlleiterrauschquelle benutzt. Die Leistungsmessung erfolgte durch ein HP432A mit Powersensor 45775H-1100 von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

Es wurden 20 Verstärker aufgebaut. Dabei wurden folgende Daten gemessen:

Rauschzahl: 4,7...5,9 dB NF bei 18°C
 Verstärkung: 22 dB +/-1
 Sättigungsleistung: 12...20 mW

Diese und andere Beschreibungen werden auf meiner Webseite www.db6nt.de unter der Rubrik Archiv als PDF-Datei abgelegt und aktualisiert. <http://www.db6nt.de/download-archiv.html>

Ein weiterer Interessanter Verstärkerchip ist der **TGA4705-FC** von **TriQuint**. Der Preis liegt bei ca. 10 EURO, jedoch ist seine Verarbeitung aufgrund der „flip-chip“ **Technologie** für Funkamateure nur sehr schwer zu realisieren.



Messaufbau zur Bestimmung der Sättigungsleistung

Leistungsverstärker mit dem APH668 Chip von Northrop Grumman.

Der nachfolgend beschriebene Leistungsverstärker ist mit einem APH668 Chip von Northrop Grumman bestückt. Der Verstärkerchip stellt derzeit das maximale an möglicher Verstärkung bei gleichzeitig guter Ausgangsleistung dar. Die erreichte Sättigungsleistung liegt zwischen 200 und 300 mW. Der Chip benötigt nicht zwingend eine negative Gate Vorspannung, um den normalen Arbeitsstrom von 630 mA bei 4 V zu erreichen.

Laut Datenblatt soll der Chip typ. 28 dBm (ca. 600 mW) P-sat. erreichen. Jedoch konnte dieser Wert mit den mir zu Verfügung stehenden Vorserienchips nicht erreicht werden. Wie bereits beim Vorverstärker beschrieben, ist die Leistungsangabe der Hersteller immer die On-Wafer Messung, ohne Bond-, Leiterplatten- und Hohlleiterübergangs-Verluste.

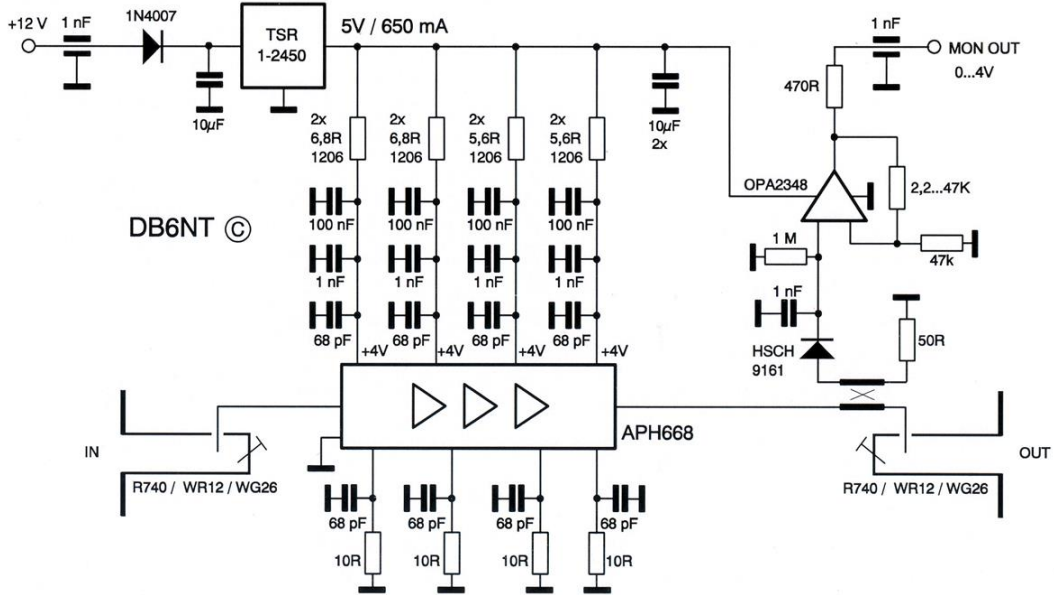
Messungen des APH668 Verstärkers

Leistung und Verstärkung werden über einen 76 GHz Signalgenerator mit Powermeter gemessen. Dazu wurde ein HP432A mit Powersensor 45775H-1100 von Millitech sowie einem Richtkoppler mit 20 dB Auskoppeldämpfung von FLANN Microwave verwendet.

Es wurden 7 Verstärker aufgebaut und vermessen. Dabei wurden folgende Daten ermittelt:

Ausgangsleistung bei 1 mW Ansteuerung: 50...60 mW
Sättigungsleistung bei ca. 25 mW Ansteuerung: 200...300 mW

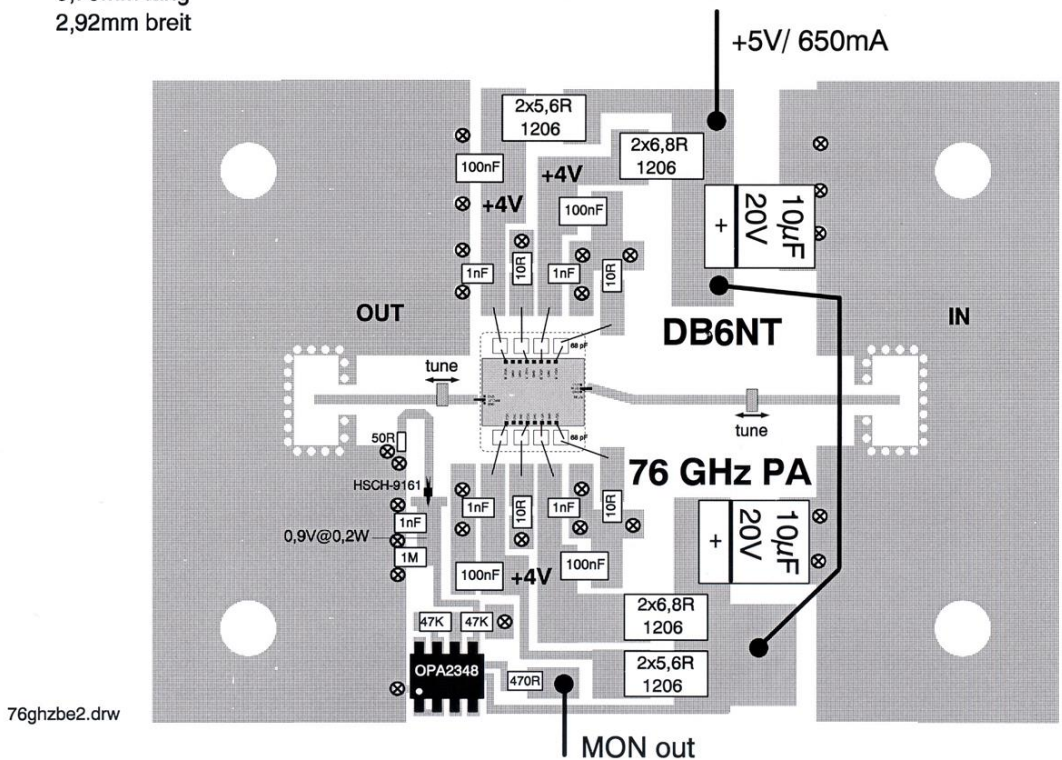
76 GHz Power Amplifier APH668 DB 6 NT 03.2014



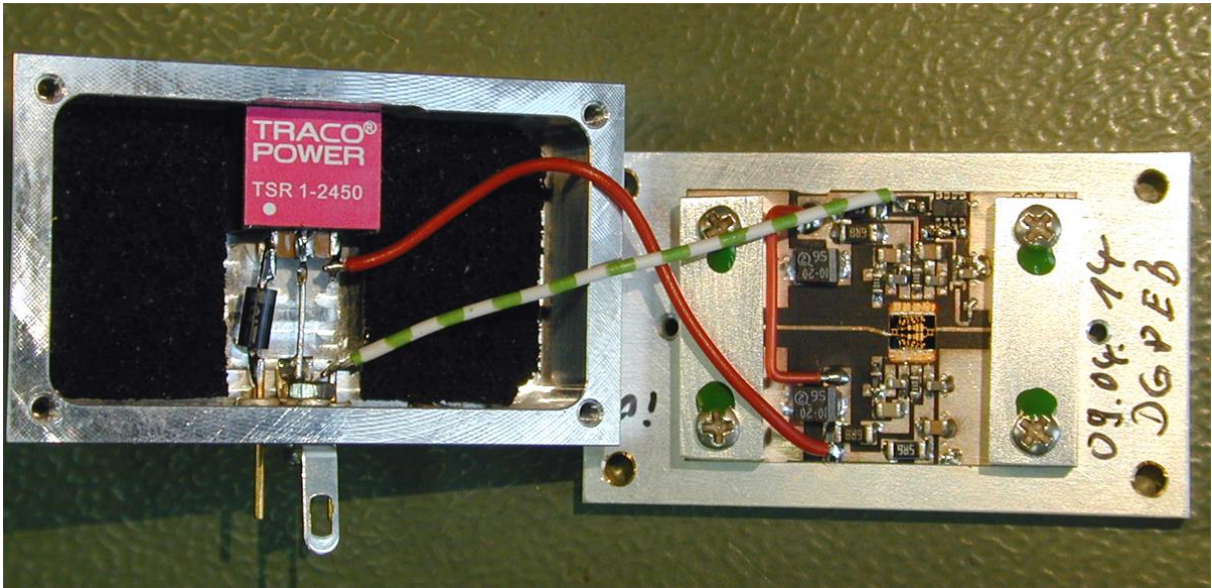
Schaltplan des 76 GHz Leistungsverstärkers

1 x APH668
3,79mm lang
2,92mm breit

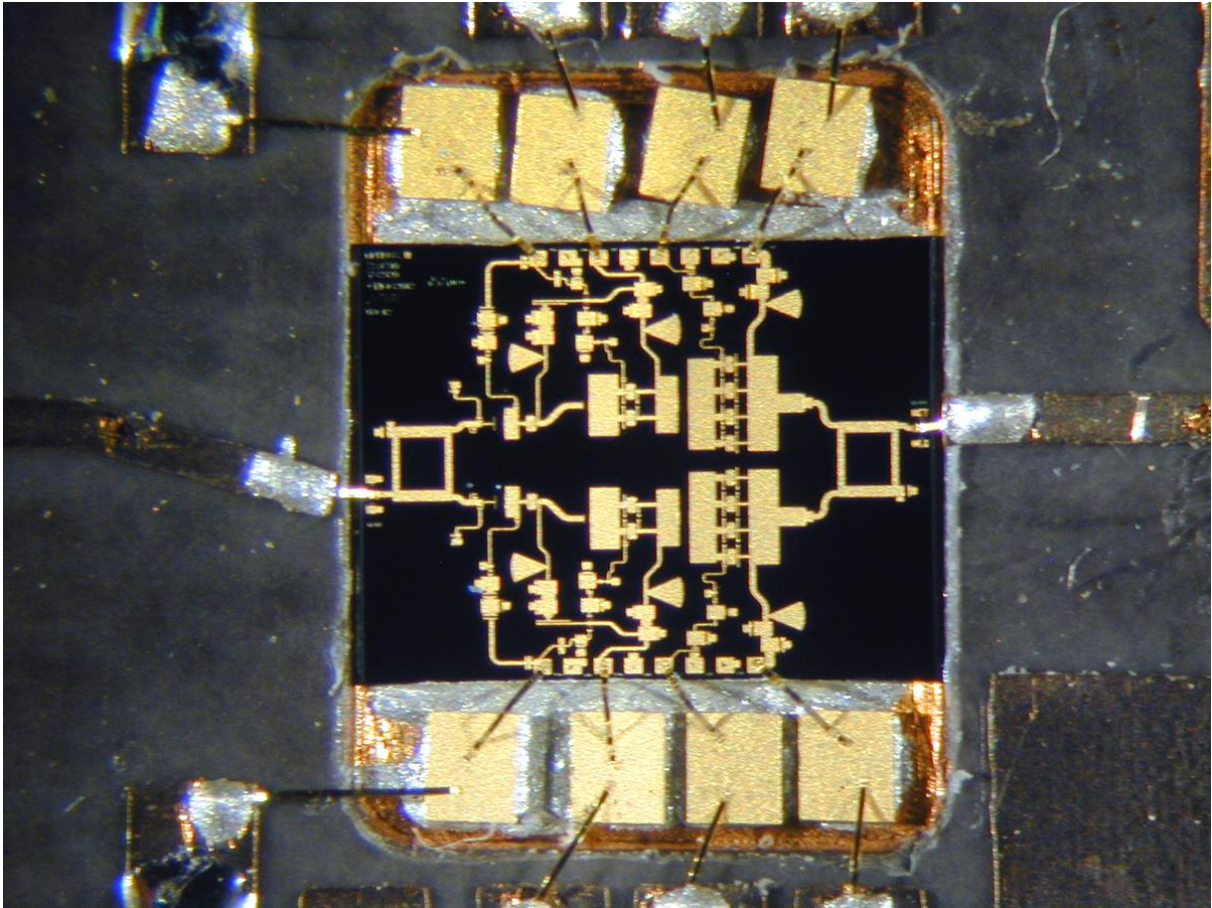
76 GHz Power Amplifier APH668 DB 6 NT 03.2014



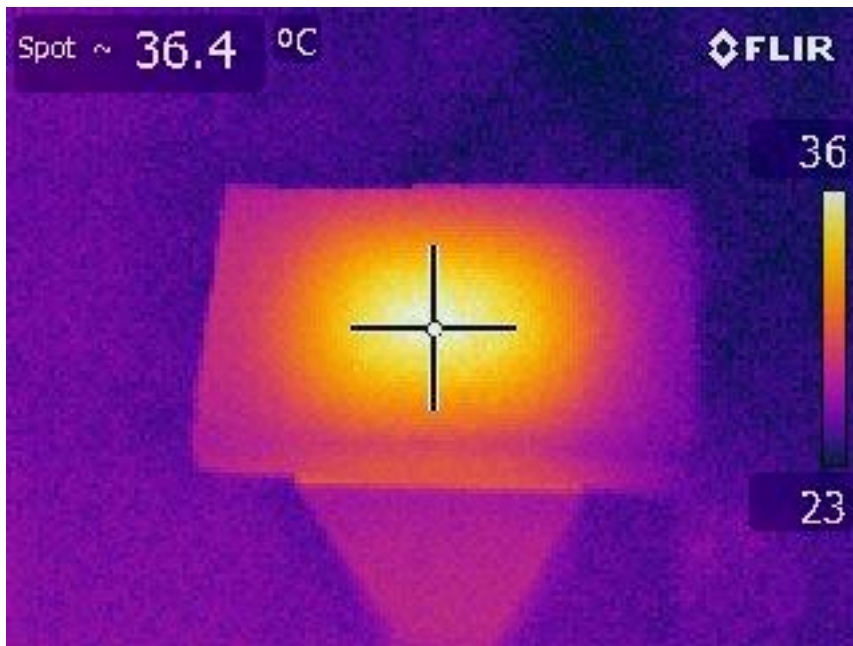
Bestückplan des 76 GHz Leistungsverstärkers



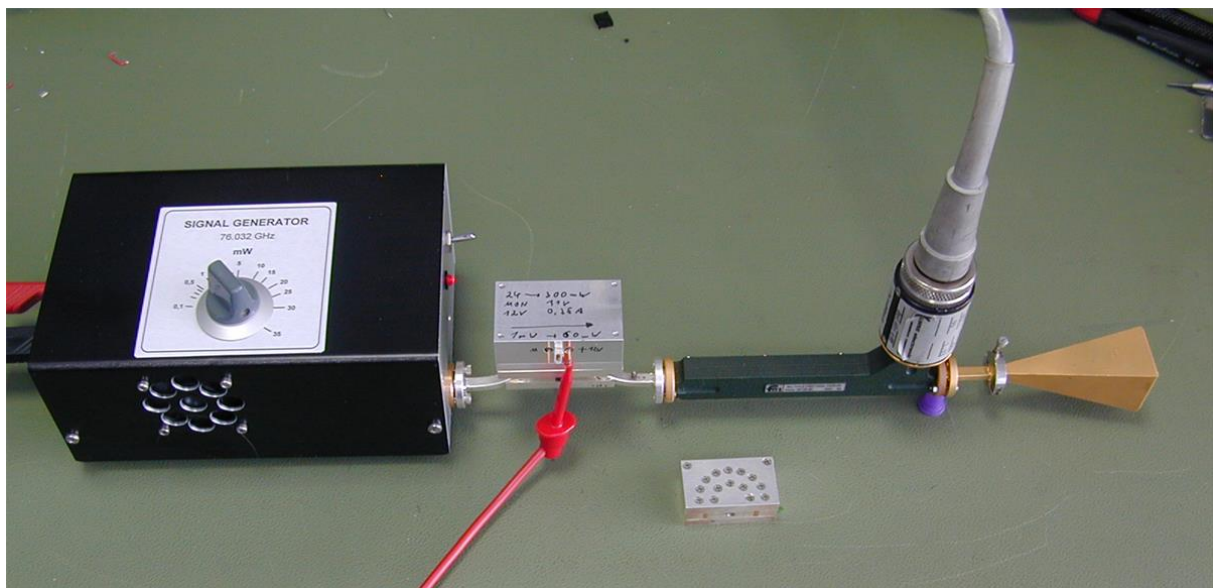
Fertig aufgebauter Verstärker mit Spannungsversorgung im Gehäusedeckel



Eingebauter APH668 Chip



Wärmebildfoto von der Erwärmung einer Absorberschaumplatte vor einer Hornantenne



Messaufbau zur Bestimmung der Sättigungsleistung

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.

Danksagung

Ich bedanke mich bei Gerold Henning für die Bondarbeiten. Der Aufbau und die Messungen wurden 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 **UMS CHX2092, UMS CHU3277, CHA1077** www.ums-gaas.com
- (5) 76 GHz Transverter, **DB6NT** DUBUS 1.94 / Technik Buch IV
- (6) 47 GHz Hohlleiterfilter, **OE9PMJ** GHz Tagungsheft Dorsten 1992
- (7) Wire bonding to Soft Substrates, **DENIS BOULANGER** Microwave Journal Feb.1990
- (8) 76 GHz Verstärkertechnik **DB6NT** GHz Tagungsheft Dorsten 2004
- (9) 76 GHz Transverter **DL2AM** CQ DL 10/05 - 01/06 - 06/06 - 12/06 - 04/07 - 06/07 und 04/08
- (10) New semiconductors for the doubler from 19 to 38 GHz **DC0DA** DUBUS 04/2003
- (11) Neue 76 GHz Transverter bei **DG8EB** und **DK4RC** www.wkiefer.de/x28/76_ghz.htm
- (12) Datenblatt TGA4705-FC <http://www.triquint.com/products/p/TGA4705-FC>
- (13) Datenblatt APH668
<http://www.northropgrumman.com/BusinessVentures/Microelectronics/Products/Documents/pageDocs/APH668.pdf>
- (14) Datenblatt CHA2080-98F <http://module-csums.cognix-systems.com/telechargement/10-37-1.pdf>
- (15) 76 GHz Transvertertechnik **DB6NT** 2008
http://www.kuhne-electronic.de/fileadmin/userfiles/_pdf/transverter/76ghz/76GHzTechnik.pdf

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