

Ohne Bondtechnik

# 1 W auf 24 GHz

Philipp Prinz, DL2AM

**Für Regenscatter und Direktverbindungen haben die meisten 24-GHz-Stationen zu wenig Sendeleistung. Dies ist bestimmt auch ein Grund für die geringe Aktivität auf diesem Band. Die beschriebene 1-W-PA könnte die Situation verbessern.**

Bisher war der Aufbau von 24-GHz-Verstärkern mit größerer Leistung eher etwas für Spezialisten. Moderne Bauteile vereinfachen dies jedoch gewaltig und erfordern nur noch eine geringe Außenbeschaltung. Der CHA-5093TCF ist relativ preisgünstig zu haben und führt zum schnellen Erfolg beim Aufbau einer 1-W-PA für das 24-GHz-Band.

Vorhanden war ein Gehäuse aus Aluminium mit den Maßen 54 mm × 64 mm × 20 mm. Als Erstes stellte der Autor die Filme für die HF-Platine in Teflon mit 0,254 mm Stärke (**Bild 1**) und die DC-Platine aus FR-4-Material (**Bild 2**) her.

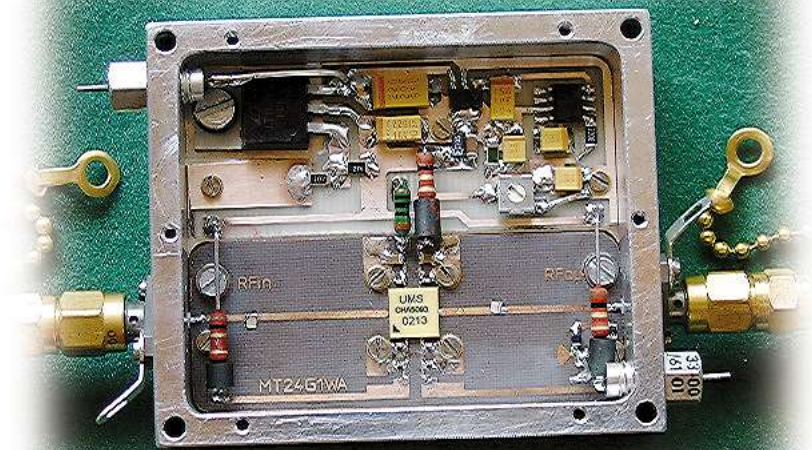
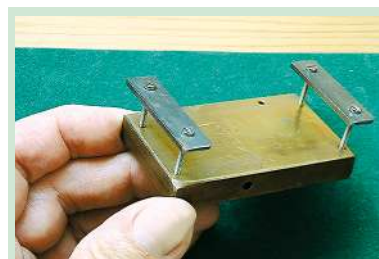
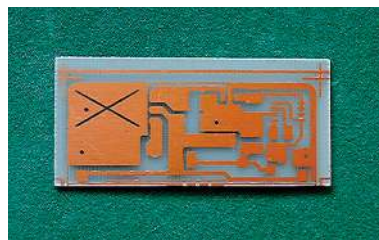
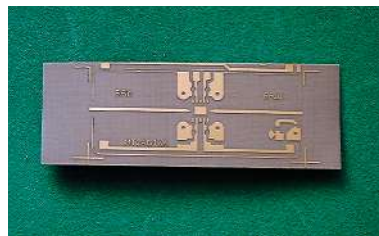
Um die Verlustwärme abzuführen, wird eine Kühlplatte aus Elektrolyt-Kupfer (56 mm × 25 mm × 3 mm) hergestellt, deren Unterseite plan sein muss. Auf der Oberseite fräst man einen Kühlabboss von 3,3 mm × 2,29 mm, und eine Höhe von 0,30 mm (0,25 mm PCB + SMD-Lot 0,05 mm) heraus.

Mit einem scharfen Skalpell wird die Größe vom Amboss aus der Platine geschnitten; sie muss auf allen Seiten über die Kühlplatte ragen. Anschließend stülpt man die Platine über den Amboss. Rechts und links sind zwei Gewinde für M1,4-Schrauben zu schneiden. Danach wird die Platine justiert und aufgeschraubt.

## Lötpaste sauber auftragen

Wenn alles passt, nimmt man die Platine wieder herunter und bestreicht die Kühlplatte sorgfältig auf der Amboss-Seite sehr dünn mit SMD-Lötpaste (Schmelzpunkt 150...160°C).

Jetzt die Platine wieder aufschrauben und unter eine Presseeinrichtung (**Bild 3a und b**) legen. Der Boden der



Presse sollte aus 8...10 mm starkem Kupfer bestehen, als Pressgummi kann Silikon zum Einsatz kommen. Nun legt man die Presse mit der Kühlplatte auf die temperaturgesteuerte Heizung [1], die ca. 200°C haben sollte. Nach ca. 15 s ist der Lötvorgang beendet.

Jetzt hat man eine fertige Kühlplatte mit aufgelöteter Platine. An ihren Rändern kann man sehen, ob zu viel oder zu wenig Lötpaste verwendet wurde. Überstehendes Platinenmaterial schneidet man ab, es werden noch vier M1,4-Gewinde geschnitten. Mit zwei 2,2-mm-Bohrungen bekommt die Platte im Alugehäuse Halt. Die vier M1,4 × 4-Schrauben sind mit U-Scheiben zu versehen und einzudrehen.

Damit sich die Platine beim Auflöten des Chips nicht löst, wird in die 2,2-mm-Löcher eine Blechschraube leicht eingedreht. Außerdem muss kontrolliert werden, ob der Kühl-Amboss die gleiche Höhe hat wie die Pads der HF-Platine.

## Vertiefungen ausfräsen

Nun ist aus dem Alugehäuse die Vertiefung für die Kupfer-Kühlplatte auszufräsen, das Ergebnis zeigt **Bild 4**. Die 50-Ω-Leitungen der HF-Platine müssen genau auf die Innenleiter der SMA-Buchsen passen, die einen Teflonsteg von 2,1 mm Ø und einen Innenleiter von 0,3 mm Ø haben (**Bild 5**).

Zum Chip-Auflöten fräste sich der Autor einen kleinen Winkel aus 1-mm-Alublech, der mit einem 1,8-mm-Loch versehen ist. Eine M1,4 × 6-mm-Schraube fixiert ihn auf der Platine (**Bild 6**). Unter diesen Winkel legte der Verfasser Glimmer, um eine Abkühlung der Pads zu vermeiden.

▲ Durch Stripline-Technik gestaltet sich der Aufbau der 24-GHz-PA recht einfach

◀ **Bild 1:** Die mit Stripline-Technik ausgeführte HF-Platine nutzt verlustarmes Teflon als Trägermaterial

◀ **Bild 2:** Diese Platine wird mit dem DC-Teil bestückt

◀ **Bild 3a und b:** Zum Befestigen einer Kühlplatte wurde diese Pressvorrichtung entworfen, die auf die temperaturgeregelte Heizplatte [1] gelegt wird

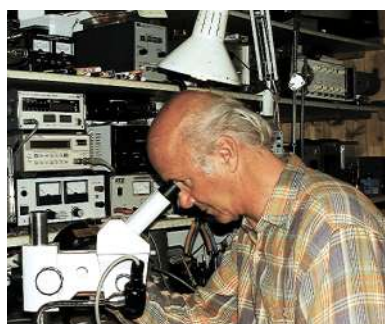
◀ **Bild 4:** Das Gehäuse wird passend für die Kühlplatte ausgefräst



**Bild 5:** Der hohe Frequenzbereich erfordert den Einsatz von Präzisions-SMA-Buchsen. Sie weisen mit ihren geringsten Fertigungstoleranzen die definierten Abmessungen auf



**Bild 6:** Über einen Winkel kommt der CHA-5093TCF auf den richtigen Lötspots zum Liegen



**Bild 7:** Der Autor nutzt das Stereomikroskop, um die typischen SMD-Abmessungen optimal verarbeiten zu können



**Bild 8:** Der Endstufen-IC an seinem endgültigen Platz

**Bild 9:** Bestückungsplan der 24-GHz-PA

Das Justieren des Aluwinkels erfordert präzises Arbeiten, um den Chip richtig positionieren zu können. Unter dem Stereomikroskop (**Bild 7**) ist schnell zu erkennen, ob die Position stimmt. Mit dem Anlegen eines größeren Winkels ist die Parallelität zu den 50-Ω-Leitungen zu prüfen. Unter dem Stereo-Mikroskop (**Bild 8**) wird nun die SMD-Lötpaste sparsam auf die DC-Pads, die beiden HF-Leitungen der Platine und auf den Kühl-Amboss aufgetragen. Die einzelnen Zinnkügelchen lassen sich mit einer feinen Nadel auf die Pads schieben.

**Position muss stimmen**

Der Chip wird von oben mit einer feinen Pinzette in der richtigen Position in den Alu-Winkel gelegt (**Bild 8**). Die genaue Position ist nochmals zu prüfen. Nun wird der Kupfer-Kühlkörper mit dem aufgelegten Chip auf die ca. 200°C heiße Heizplatte gelegt. Wenn vorher an den DC-Anschlüssen am Rand der Platine ein wenig SMD-Lot aufgebracht wird, kann man an diesen sehen, wenn der Zinnschmelzpunkt eintritt. Außerdem kann mit der Lupe das Absinken des Chips durch Kapillarwirkung beobachtet werden. Nach ca. 10...15 s ist der Vorgang beendet und man nimmt die Kupfer-Kühlplatte von der Heizplatte. Langsames Abkühlen des Chips ist vorteilhaft. Somit ist der schwierige Vorgang beendet und man kann ohmsch die ersten Messversuche (**Tabelle**) machen (Achtung, statische Aufladung):

**Tabelle**

Pin	2	4	8	10	RF-out	RF-in
Ω	1,8	1,2	1,2	>1 M	>1 M	ca. 1

Der große Schreck: Warum sind am RF-input 1,2 Ω vorhanden, obwohl jeweils am Ein- und Ausgang ein Koppel-C im Chip integriert ist. Nach längerem Überlegen lötete der Verfasser den Chip wieder herunter und prüfte alles kritisch. Bei allen Pads fand ein Lötvorgang statt, von einer

**Stückliste**

- 1 LT-1085CT
  - 1 MAX-861SA
  - 1 78L05
  - 1 CHA-5093TCF
  - 1 Diode 1N4003
  - 1 Diode BAT15
  - 1 Tantal 15 µF/20 V
  - 2 Tantal 15 µF/10 V
  - 3 Tantal 2,2 µF/16 V
  - 2 Tantal 1 µF/16 V
  - 1 100 nF
  - 4 120 pF (0603)
  - 4 10 nF (0603)
  - 1 1 nF
  - 1 1 kΩ
  - 1 270 Ω
  - 1 220 Ω
  - 1 330 Ω
  - 1 100 Ω (bedrahtet)
  - 3 1 Ω (bedrahtet)
  - 1 4,7 kΩ
  - 1 Poti 2,2 kΩ
  - 3 Ferritperlen
  - 2 SMA-Buchsen (High Quality)
  - 2 Durchführungskondensatoren
  - 1 Alugehäuse 64 mm × 54 mm × 20 mm
  - 1 Kühlplatte (Kupfer) 56 mm × 25 mm × 3 mm
  - 1 PCB 0,25, Teflon (von Dirk Fischer, DK2FD, www.dk2fd.de)
  - 1 PCB FR-4 (dc)
  - 1 M3 × 8-Schraube
  - 1 Isolierbuchse
  - 1 Glimmerscheibe
  - 9 M1,4 × 4-Schrauben + U-Scheiben
  - 10 M2 × 6-Schrauben + U-Scheiben
  - 6 M2 × 5-Senkschrauben für Gehäusedeckel
- Bauteil-Kits und Module bei [www.dk2fd.de](http://www.dk2fd.de)

Lötbrücke war nichts zu sehen. Es handelte sich ja nicht um einen Kurzschluss am Eingang, sondern um etwa 1 Ω.

Auf telefonische Nachfrage bei der Lieferfirma Richardson in Puchheim teilte Herr Düllberg mit, dass am HF-input außerhalb des Koppel-Cs ein λ/4-Stub integriert sei – somit war das Problem gelöst.

Der Autor wiederholte daraufhin die Prozedur mit dem Auflöten des Chips. Durch das Ablöten wurde aber ersichtlich, dass alle Pads richtig angelötet waren. Man könnte sich demnach auch überlegen, beim ersten Versuch, wenn der Chip in den Winkel gelegt wird, diesen vor dem Erwärmen nochmals herunter zu nehmen und zu schauen,

**Literatur und Bezugsquellen**

- [1] Philipp Prinz, DL2AM: „Mit temperatureregelter Heizplatte zur Selbstbau-PA“, CQ DL 7/03, S. 458
- [2] Datenblätter: [www.ums-gaas.com](http://www.ums-gaas.com)
- [3] Philipp Prinz, DL2AM, Riedweg 12, 88299 Leutkirch, Tel. (0 75 67) 2 94, Fax (0 75 67) 12 00, [www.dl2am.de](http://www.dl2am.de), [prinz.dl2am@t-online.de](mailto:prinz.dl2am@t-online.de)

**Technische Daten**

Betriebsspannung	6 V DC
Frequenz	24,2 GHz
Iruhe	300 mA
Imax	600 mA
Kleinleistungsverstärkung	19 dB
Eingangsanpassung	12 dB

ob die SMD-Lötpaste alle Pads beidseitig erreicht hat. Nach diesem Arbeitsschritt sind die DC- und die HF-Platinen mit Bauteilen (**Bild 9**) zu bestücken. Die Abblock-Cs des HF-Teils müssen eine Baugröße von 0603 haben und sind so nahe wie möglich am Chip anzulöten.

**Fertig zur Endmontage**

Beim Test des DC-Teils darf eine Betriebsspannung von höchstens 6 V anstehen und die negative Spannung maximal von -2...0 V regelbar sein. Die SMA-Buchsen werden montiert und die Längs-Widerstände mit aufgeschobenen Ferritperlen eingebaut. Es ist nochmals ohmsch alles zu prüfen, ob kein Kurzschluss besteht.

Am Ausgang wird ein HF-Leistungsmesser angeschlossen, am Eingang sollte mit 5 mW Input begonnen werden. Vor der HF-Ansteuerung ist noch der Ruhestrom

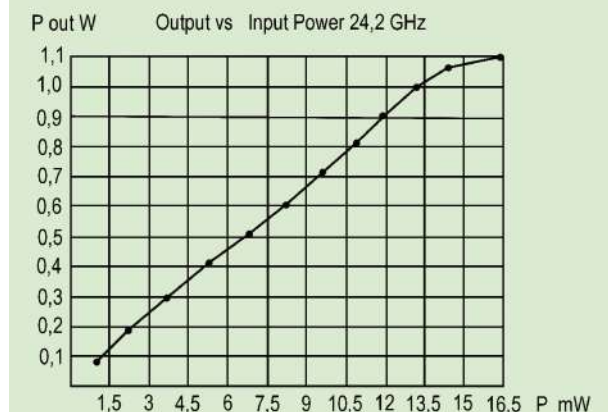
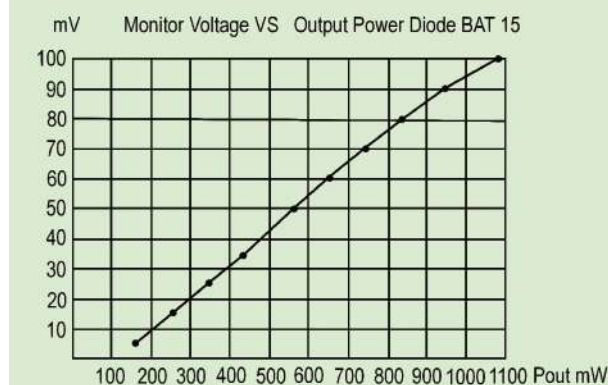
einzustellen, der sich etwa auf 300 mA beläuft, wenn -0,4 V an Pin 10 gemessen werden.

Jetzt kommt der Augenblick, das Wattmeter mit großen Augen zu beobachten. Siehe da, es war bei 5 mW Input schon 250 mW Output vorhanden. Nach dem Abgleich mit Stubs wird bei 14,5 mW 1 W Output erreicht. Die maximale Leistung liegt bei 1,1 W (**Bild 10**), was eine Verstärkung von mehr als 18 dB bedeutet. Der Gesamtstrom der Schaltung (**Bild 11**) liegt ca. bei 600 mA. Eine Schwingneigung oder Ähnliches ließ sich nicht feststellen.

**Stabil und breitbandig**

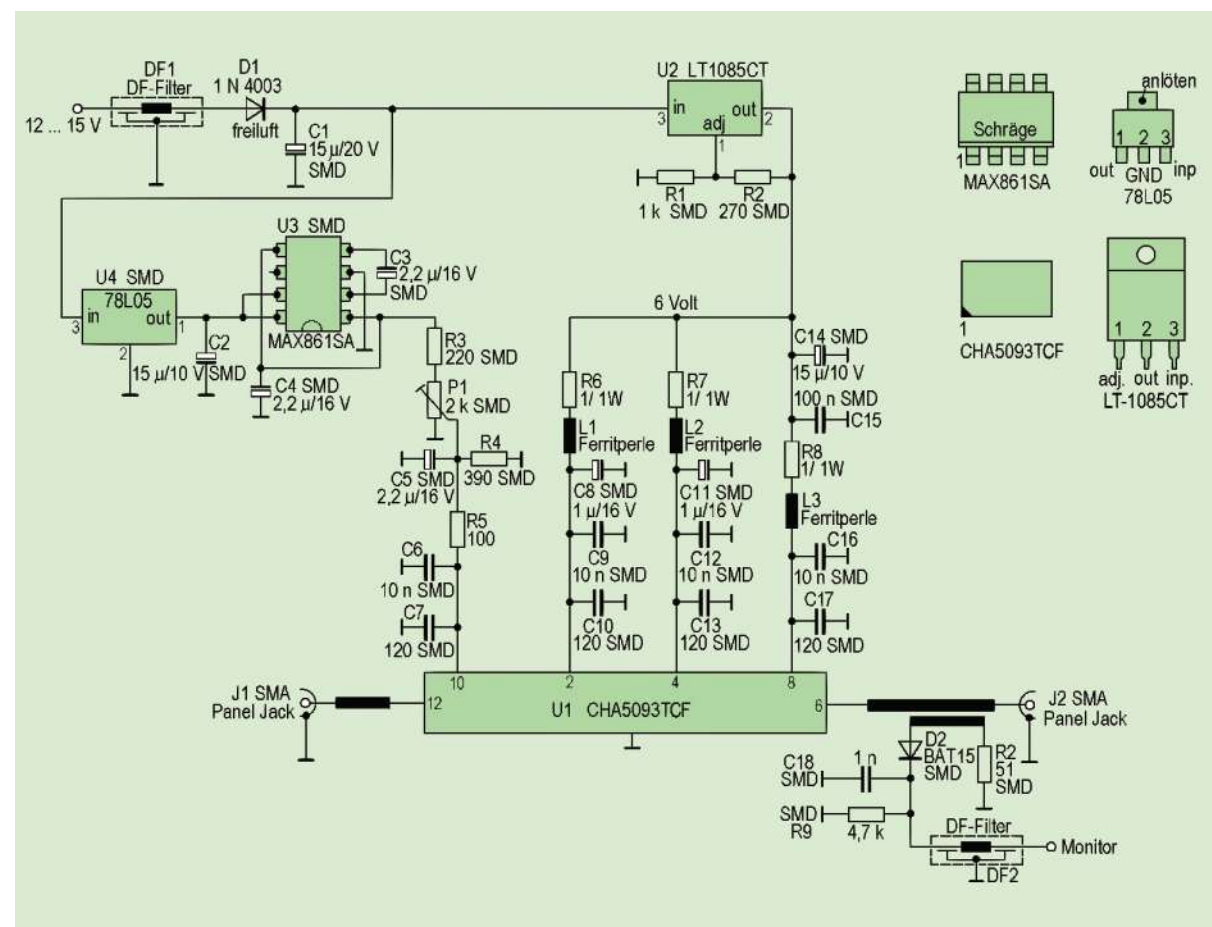
Der Verstärker arbeitet sehr stabil. Durch Messen mit einem HP8350 und HP8757C stellte der Autor fest, dass eine große Breitbandigkeit vorhanden und die Anpassung am Eingang minimal 12 dB ist. Für diesen Aufbau hatte der Autor folgende Einrichtung zur Verfügung: Kleine Fräsmaschine, kleine Standbohrmaschine „Flott“, HP437-Leistungsmesser mit 28-GHz-Messkopf, HP8350 mit 28-GHz-Einschub, HP8757C Network-Analyzer und Stereomikroskop von Zeiss, schaltbares Dämpfungsglied in 1-dB-Schritten bis 28 GHz.

Das Layout für eine Endstufe mit 2 W, 4 W und 8 W ist schon fertig!



Dank an Dirk Fischer, DK2FD, für die Herstellung der beiden Platinen, und die Fa. Richardson in Puchheim, Herr Düllberg, für die schnelle Lieferung der Chips. Der Preis pro Chip beträgt 133 € zzgl. MwSt.

**Bild 10:** Gemessene Ausgangsleistung und deren ausgekoppelte Monitorspannung



**Bild 11:** Stromlaufplan mit DC- und HF-Teil