

13cm PA für es'hail-2

das endgültige Konzept und Layout ist fertig, es entspricht fast genau dem Prototyp

Endstufen für das 13cm Band gibt es viel, könnte man meinen, aber so einfach ist es dann doch nicht. Die in DL gebauten PAs sind ATV Endstufen für 2,3 GHz und meist nicht für 2,4 GHz angepasst, und wenn doch, dann preislich in der Oberklasse angesiedelt. Es gibt noch weitere PAs aus verschiedenen Ländern Europas, alle nicht wirklich günstig. Daher greifen viele OMs zu den "WLAN Boostern" aus China, welche mit 4W bzw. 8W beworben werden. Abgesehen davon dass diese Leistungsangaben nur etwas für Optimisten sind, wird der Import durch neue Regelungen von Finanzamt und Zoll immer schwieriger. Nachdem in unserem OV zwei entsprechende Bestellungen nie angekommen sind, reifte der Entschluss selbst aktiv zu werden und eine PA zu bauen.

Zielvorstellung:

- * ca. 3 bis 6 Watt Ausgangsleistung
- * ca. 15 bis 18 dB Verstärkung
- * Kaskadierbar falls höhere Verstärkungen erforderlich sind
- * sehr preiswert, Materialkosten unter 50.- wenn möglich unter 30.-
- * Nachbau sollte auch ohne Messmittel möglich sein

Suche nach einem passenden Konzept:

Anhand der gewünschten Leistungsdaten begann erstmal die Suche nach einem passenden Transistor.

Die Wahl fiel auf den MHT1008N (Freescale Semiconductor), welcher im Datenblatt eine Maximalleistung von 12,5W bei 28 Volt angegeben hat. Mit Glück kann man die Hälfte dieser Leistung erwarten, aber das würde ja passen.

Die Anpassung des Transistoreingangs und -ausgangs an 50 Ohm wird in diesem Frequenzbereich üblicherweise mit Streifenleitungen gemacht, welche direkt als Kupferbahnen ins Layout übernommen werden. Durch entsprechende Wahl der Impedanz und Länge der Streifenleitung lassen sich die gewünschten Transformationen

Zum Glück mussten wir nicht bei Null anfangen (was vermutlich auch nicht geklappt hätte), sondern es gibt von Freescale ein Muster-Layout mit den korrekten Anpassungen. Allerdings benötigt dieses Layout das Platinenmaterial Rogers 4350 welches (für kleine Stückzahlen) praktisch unerschwinglich ist. Bei einer Leistung von maximal 5 Watt kann so eine PA jedoch auch mit normalem FR4 Platinenmaterial funktionieren. Um die Verluste so gering wie möglich zu halten würde das dünnste Platinenmaterial gewählt dass unser Platinenhersteller anbietet: 0,6mm Dicke.

Wir verwenden ein 2-Stufen-Konzept. Beide Stufen sind völlig unabhängig und können für eine höhere Verstärkung einzeln oder in Reihe geschaltet verwendet werden.

Stufe 1:

- * Ausgangsleistung (CW) max. 10 Watt oder SSB 2,5 Watt
- * Gewinn + 17dB
- * PTT-Schaltung
- * Angemessene Effizienz
- * Ein- / Ausgänge auf 50 Ohm abgestimmt
- * 24V Spannungsversorgung
- * Materialkosten <20 Eur
- * Heimwerken muss ohne teure Testausrüstung möglich sein

Stufe 2:

- * Ausgangsleistung (CW) max. 30 Watt oder SSB 7 Watt
- * Gewinn + 15dB
- * PTT-Schaltung
- * Angemessene Effizienz
- * Ein- / Ausgänge auf 50 Ohm abgestimmt
- * 24V Spannungsversorgung
- * Materialkosten <50 Eur
- * Heimwerken muss ohne teure Testausrüstung möglich sein

Beispiele:

Die Verstärkung und der Leistungspegel sind sehr wichtig, um gute Ergebnisse zu erzielen. Es kann erforderlich sein, ein einfaches Dämpfungsglied am Eingang des PA anzubringen, um eine Übersteuerung zu vermeiden. Hier einige Beispiele:

Versorgungsspannung	Ausgangsleistung	Stromaufnahme	Steuerleistung	Verstärkung
[V]	[W]	[A]	[mW]	[dB]
12	5	0,85	100	17
24	5	0,48	63	19
12	7,9	1,1	400	13
24	10	0,68	200	17

1) Stufe 1 PA bei voller Ausgangsleistung

Eingangsleistung : 200 mW (23 dBm)

Gewinn: 17dB

Leistung: 10 Watt (40 dBm)

200mW PA1 10W

PA1

2) Stufe 1, angetrieben mit 100 mW (d. H. Amsat Upmixer)

Eingangsleistung: 100 mW (20 dBm)

Verstärkung: +17 dB

Leistung: 5 Watt (37 dBm)

100mW PA1 5W

PA1

3) Zwei in Reihe geschaltete Stufe-1-Verstärker (d. H. Für SDR-Sender)

Eingang: 2 mW (3dBm)

Verstärkung: 2 x 17 dB = 34 dB

Leistung: 5 Watt (37 dBm)

2mW PA1 50mW PA1 5W

PA1+PA1

4) Stufe 1, gefolgt von Stufe 2, maximale Verstärkung

Eingangsleistung (Stufe 1): 20 mW (13 dBm)

Verstärkung (Stufe 1): 17 dB

Leistung (Stufe 1): 1 Watt (30 dBm)

20mW PA1 1W PA2 30W

PA1+PA2

Eingangsleistung (Stufe 2): 1 Watt (30 dBm)

Verstärkung (Stufe 2): 15 dB

Leistung (Stufe 2): 30 Watt (45 dBm)

5) Stufe 1, gefolgt von Stufe 2, angetrieben mit 100 mW (d. H. Amsat Upmixer)

Eingangsleistung (Dämpfungsglied): 100 mW (20 dBm)

Verstärkung des Dämpfers: - 7 dBm

Leistung (Abschwächer): 20 mW (13 dBm)

P in Dämpfung von 100mW auf 20mW**20mW PA1 1W PA2 30W**

Dämpfer -7dbm+PA1+PA2

Eingangsleistung (Stufe 1): 20 mW (13 dBm)

Verstärkung (Stufe 1): 17 dB

Leistung (Stufe 1): 1 Watt (30 dBm)

Eingangsleistung (Stufe 2): 1 Watt (30 dBm)

Verstärkung (Stufe 2): 15 dB

Leistung (Stufe 2): 30 Watt (45 dBm)

In diesem Fall ist der Eingangsdämpfer erforderlich, oder Stufe-1 erzeugt zu viel Leistung, was zu Übersteuerung Stufe-2 führt

Es gibt viele andere mögliche Kombinationen von Stufe 1, Stufe 2 und Dämpfungsgliedern.

Addieren / subtrahieren Sie einfach die Verstärkung zu den dBm-Leistungswerten und achten Sie darauf, eine Verstärkerstufe nicht zu übersteuern. Werden diese Pegel überschritten, werden die Transistoren beschädigt (siehe Datenblätter)!

Maximal zulässige Eingangsleistung:

Stufe 1: 400 mW (26 dBm)

Stufe 2: 1 Watt (30 dBm)

Auswahl der Transistoren:

Nach einigem Suchen fand ich einen sehr kostengünstigen Mosfet-Transistor für Stufe 1, den MHT1008N von Freescale.

Dieser Transistor ist mit einer Spitzenleistung von 12,5 W zu einem Preis um 10 EUR spezifiziert und ein Referenzdesign ist verfügbar.

Für Stufe 2 benötigen wir einen leistungsstärkeren Transistor mit besserem Kontakt zu einem Kühler. Die Wahl fällt auf den LDMOS-Transistor BLF2425M9L30U von Ampleon (digikey).

Es ist mit 30 Watt zu einem Preis um 40 Eur angegeben.

Input- und Output-Matching:

Die Anpassung des Transistoreingangs und -ausgangs an 50 Ohm erfolgt üblicherweise mit Streifenleitungen, die im Layout Kupferspuren sind. Durch geeignete Wahl der Impedanz und Länge der Streifenleitung können die gewünschten Transformationen erzeugt werden.

Die nächste Aufgabe bestand darin, die Streifenleitungen des Referenzlayouts von Rogers auf FR4-Plattenmaterial umzustellen. DC1RJJ hat sich dazu bereit erklärt, weil er über die erforderlichen Kenntnisse und die Software verfügt. Basierend auf seinen Berechnungen habe ich das Referenzlayout modifiziert und die Boards erstellt und hergestellt.

Der 10-W-Verstärker für es'hail-2 wurde entwickelt, weil wir einen kostengünstigen Ersatz für den chinesischen Wifi-Booster benötigen. Mit einem Materialaufwand von weniger als 25 Euro wurde dieses Ziel erreicht.

Aber was heißt: 10 Watt?

10w ist die Spitzenleistung des Verstärkers, bei der die Komprimierung einsetzt. Wenn ein konstanter Träger gesendet wird, beträgt die Leistung max. 10 Watt (d. H. CW oder SSTV oder 減nlich).

Aber in SSB sieht das anders aus. Die Lautstärke eines SSB-Signals (menschliche Stimme) führt zu einer geringeren durchschnittlichen Ausgangsleistung. Um das Signal zu verstärken, verfügen die SSB-Transceiver über einen integrierten Sprachkompressor, der die leisen Signale stärker verstärkt als die lauten.

Ein Beispiel:

Ein 20-m-Kurzwellen-Transceiver ist auf volle Leistung eingestellt und die Ausgangsleistung wird mit einem Pwr-Messgerät (kein modernes Spitzenleistungsmessgerät) gemessen:

Konstanter Träger: 100 Watt

SSB: 25 Watt

SSB mit Sprachkompressor: 35 Watt

Diese technische **Beschreibung des 10-Watt-Leistungsverstärkers** für es'hail-2, wir nennen ihn den Stufe-1-Verstärker. Der Prototyp funktioniert recht gut, daher besteht der nächste Schritt darin, das endgültige Layout durch Hinzufügen einiger zusätzlicher Schaltungen, hauptsächlich der PTT-Schaltung, zu erstellen, mit der der Ruhestrom während der Empfangsperioden ausgeschaltet werden kann. Dies spart Strom und senkt die Temperatur des Verstärkers.

Schaltungsbeschreibung:

Der Eingang hat einen DC-Blockkondensator C1, gefolgt vom Eingangsanpassungsnetzwerk. Diese Anpassung erfolgt durch die Kupferebene am Transistor-Gate-Pin zusammen mit C2. Vier zusätzliche Streifenleitungskondensatorebenen befinden sich direkt an der Eingangsanpassungsstreifenleitung. Einer von ihnen ist standardmäßig verbunden. In einigen Fällen kann es erforderlich sein, einen zweiten anzuschließen. Dies verbessert nicht den Ausgang des Verstärkers, kann jedoch die Eingangsanpassung und die Verstärkung verbessern.

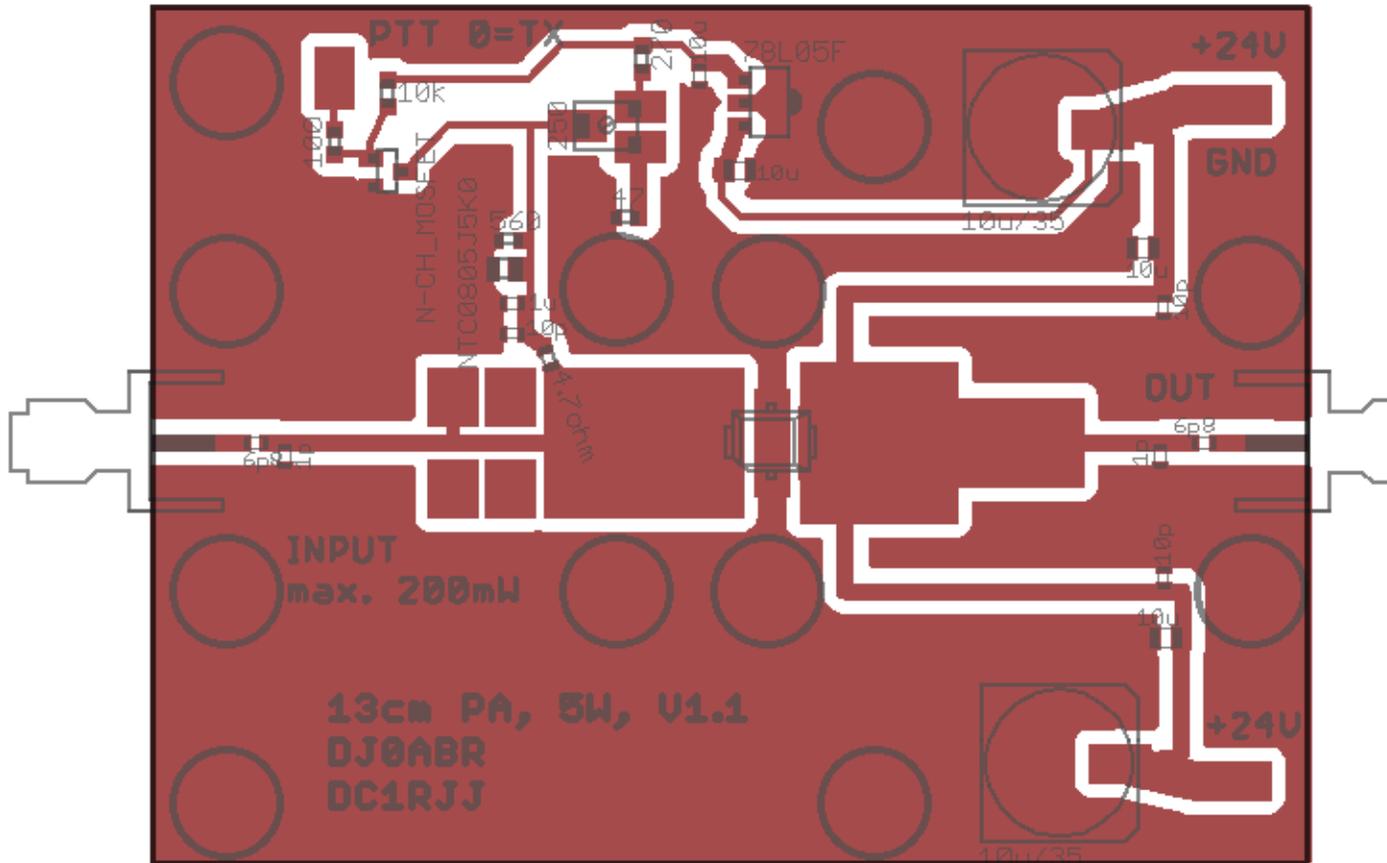
Die Gate-Spannung wird von einem Spannungsregler 78L05 gefolgt von einem Widerstandsnetzwerk mit einem NTC zur Stabilisierung des Ruhestroms erzeugt. Es können viele Spannungsregler verwendet werden, achten Sie jedoch darauf, dass der Regler die maximale Eingangsspannung des Verstärkers verarbeiten kann (die meisten LDOs sind auf ca. 20 V begrenzt!).

Im RX-Modus benötigen wir keinen Ruhestrom. Wenn die PTT nicht angeschlossen oder "logisch hoch" ist, wird durch einen Kurzschluss von Q5 die Gate-Spannung auf GND gelegt und der Mosfet-Transistor ausgeschaltet. Im TX-Modus ist die PTT niedrig (GND) und der Transistor erhält die Gate-Spannung und ist betriebsbereit.

Der Ausgang des Transistors Drain ist zusammen mit C4 mit einem zweistufigen Mikrostreifen-Rechennetzwerk verbunden, gefolgt vom Gleichstrom-Entkopplungskondensator C3.

Die Versorgungsspannung wird über zwei gleiche Leitungen dem Transistor zugeführt. Dies ist eine Empfehlung des Referenzlayouts für ein Netzteil mit niedriger Impedanz. Bitte schließen Sie beide 24V-Pads parallel an Ihre Stromversorgung an.

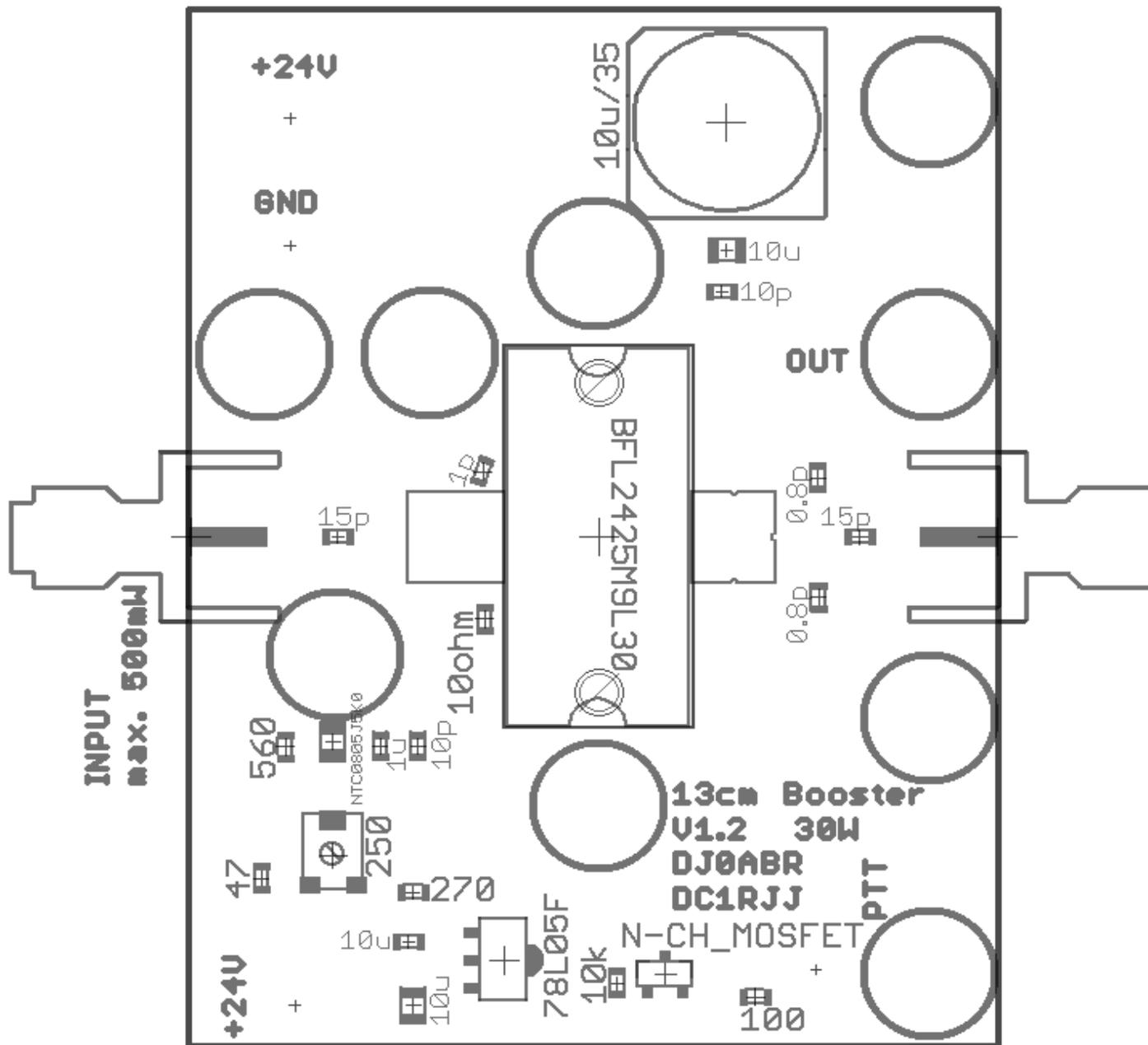
Löten Sie die SMA-Steckverbinder direkt und so nah wie möglich an die Platine. Es ist NICHT ausreichend, ein Metallgehäuse als Erdungsanschluss zu verwenden! Die Platine muss direkt mit einem Kühler verschraubt werden. Bevor Sie die Platine löten, verwenden Sie feines Sandpapier, um die Unterseite der Platine flach zu machen. Entfernen Sie alle rauen Kanten. Gehen Sie vorsichtig vor, und entfernen Sie nicht zu viel Material von der Grundplatte, sondern nur die rauen Teile. Schrauben Sie die Platine mit 12 Schrauben an den Kühler an, verwenden Sie ALLE, das ist sehr wichtig! Möglicherweise muss am Ort der SMA-Steckverbinder etwas Material (mit einer Feile oder einem Bohrer) aus dem Kühler entfernt werden, da diese auf der Unterseite der Leiterplatte angelötet sind. Die Platine muss flach montiert sein und guten Kontakt zum Kühler haben. Optimal: Es empfiehlt sich, die schwarze Eloxalschicht mit Sandpapier vom Kühler zu entfernen. Verwenden Sie etwas (nicht zu viel) Wärmeleitpaste.



Wir können sehen, dass ein 10-Watt-Verstärker in Ordnung ist, aber kein dröhnendes lautes SSB-Signal erzeugt. Bei einer 80cm Schüssel und einem guten Futter reichen 10 Watt für ein vernünftiges Signal. Aber für ein sehr gutes Signal oder ein kleineres Gericht (d. H. Ein Campinggericht) benötigen wir mehr Energie. Dies war das Designziel für den

30-Watt-Booster.

Schaltungsbeschreibung: Der BLF2425M9L30 arbeitet als Class-A-Verstärker. Ein 78L05 erzeugt eine stabile 5V-Vorspannung, die mit R10 eingestellt und mit R11 temperaturstabilisiert wird (Wenn Sie diesen NTC nicht erhalten können, verwenden Sie einen 5k6-Widerstand). Eine PTT-Schaltung schaltet den Ruhestrom während des Empfangs ab. Wenn Sie diesen Verstärker testen möchten, verbinden Sie PTT mit Masse. Stellen Sie den Ruhestrom durch Drehen von R10 auf 200 mA ein. Die Eingabe- und Ausgabeanpassung erfolgt gemäß der Referenzschaltung, wird jedoch für ein FR4-Material mit einer Dicke von 0,6 mm neu berechnet. Der Verlust von FR4 erlaubt es nicht, die vollen 30 Watt zu erhalten, die für diesen Transistor spezifiziert sind, wurde jedoch für minimale Kosten gewählt. C18 und C25 sind nicht montiert, sie dienen zum Abgleichen, scheinen aber nicht erforderlich zu sein.



Löten Sie die SMA-Steckverbinder direkt und so nah wie möglich an die Platine. Es ist NICHT ausreichend, ein Metallgehäuse als Erdungsanschluss zu verwenden! Die Platine muss direkt mit einem Kühler verschraubt werden. Bevor Sie die Platine löten, verwenden Sie feines Sandpapier, um die Unterseite der Platine flach zu machen. Entfernen Sie alle rauen Kanten. Gehen Sie vorsichtig vor, und entfernen Sie nicht zu viel Material von der Grundplatte, sondern nur die rauen Teile. Den Kühler schleifen und die schwarze Eloxalschicht entfernen. Der Kühler wird als Masseverbindung zwischen dem Transistor und der Platine verwendet. Schrauben Sie die Platine mit 9 Schrauben an den Kühler, verwenden Sie ALLE, das ist sehr wichtig! Wenn die Platine montiert ist, montieren Sie den Transistor. Löten Sie den

Transistor NICHT, bevor alle Schrauben angezogen sind. Das Lötten des Transistors ist die allerletzte Aktion. Die Pads des Transistors befinden sich etwas oberhalb der Leiterplatte. Biegen Sie die Pads mit einem Schraubendreher vorsichtig auf die Leiterplatte (alternativ kann ein Montageschlitz in den Kühler gefräst werden, um den Transistor für ca. 0,5 mm nach unten zu bringen, aber die meisten Leute sind nicht dazu in der Lage, und es ist nicht erforderlich) . Verwenden Sie Wärmeleitpaste unter dem Transistor, aber nur eine sehr kleine Menge Paste, die fast transparent ist. Eine größere Menge Paste trennt die Masseverbindung!

Inbetriebnahme: Stellen Sie das Potentiometer R10 auf GND (auf die minimale Ausgangsspannung) Schließen Sie eine Spannungsversorgung 24 V an, die auf 1A begrenzt ist. Verbinden Sie den Eingang mit einer 2,4-GHz-Quelle, aber vorerst ohne Stromversorgung. Wenn Sie keine 2,4-GHz-Quelle haben, schließen Sie einfach einen 50-Ohm-Dummy an. Verbinden Sie den Ausgang mit einer Last von 50 Ohm. Wenn Sie keine geeignete Ersatzlast haben, verwenden Sie ein 10 m langes RG316-Kabel mit einer Dämpfung von ca. 20 dB (bei 2,4 GHz) (einschließlich SMA-Stecker) und schließen Sie eine 50-Ohm-Kleinlast an dieses Kabel an. Setzen Sie den PTT-Eingang auf TX (Verknüpfung mit GND). Drehen Sie das Potentiometer R10 langsam und beobachten Sie den Versorgungsstrom. Stellen Sie einen Strom von 200mA ein. fertig. Wenn alles in Ordnung ist, ist der Verstärker einsatzbereit. Der PTT-Eingang sollte mit dem PTT-Ausgang Ihres Transceivers verbunden sein.