

QRP-CW-TRX BM10
Hardware 1.01
Hinweise zum Aufbau

Andreas Lindenau DL4JAL

15. Dezember 2024

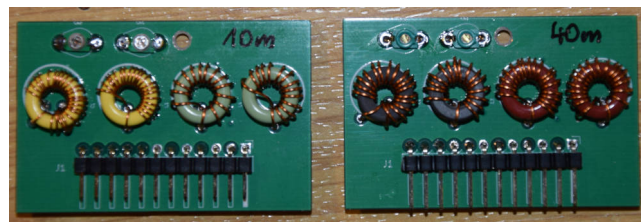
Zusammenfassung



Ich habe einen CW-QRP-TRX BM10 entwickelt für alle Kurzwellenbänder. Die Frequenzumschaltung erfolgt mit Bandmodulen die umgesteckt werden. Dazu inspiriert hat mich der QRP-Transceiver „Sierra“. Der ebenfalls mit Bandmodulen arbeitet. Ich habe alt bewährte ICs NE602 eingesetzt. Die dürfte fast jeder Bastler noch in seiner Bastelkiste haben.

Die Schaltung habe ich modernisiert durch den Einsatz eines SI5351-Moduls für den VFO. Eine S-Meter-Anzeige ist ebenfalls vorhanden. Für die PA habe ich robuste Transistoren „RD06HHF“ eingesetzt. Mit diesen Transistoren erreichen wir auf allen Bändern sicher die 5 Watt Ausgangsleistung.

Durch die Verwendung des SI5351-Moduls sind die Bandsteckmodule sehr einfach gehalten. Für den TX entfällt jegliche Frequenzaufbereitung. Das erledigt alles der SI5351. Die Sendefrequenz wird direkt erzeugt und geradeaus verstärkt.



Als Beispiel das Bandmodul für das 40m-Band, 7,30 MHz. Rechts die 2 Ringkerne sind für den Tiefpass der PA. Links die 2 Ringkerne + die 2 SMD-Trimmer sind für die Vor-Selektion des Empfängers.

Die Zwischenfrequenz des Empfängers habe ich auf 9,215 MHz hoch gelegt. Mit dieser hohen ZF ist die Spiegelfrequenz-Unterdrückung optimal.

Inhaltsverzeichnis

1	Hardware	2
1.1	TRX Platine	2
1.1.1	TRX Platine, SMD Variante, Bestückungshilfen	2
1.1.2	TRX Platine, DIL8 Variante, Bestückungshilfen	2
1.1.3	Änderungen der TRX Platine beide Varianten	3
1.2	mc Platine	6
1.3	Band-Steckmodule	7
1.4	AGC-Platine	10
1.5	Steckverbindungen	12
1.5.1	Verbindungen TRX-Platine zur MC-Platine	12
1.5.2	Verbindungen TRX-Platine zur Rückwand	14
1.5.3	Verbindung MC-Platine zur Rückwand	15
1.6	Das Gehäuse des TRX BM10	15
2	Schlusswort	19

Kapitel 1

Hardware

Wir beginnen mit dem Bestücken der Platinen.

1.1 TRX Platine

Als Bestückungshilfe verwenden wir die von Kicad erzeugten Dateien.

1.1.1 TRX Platine, SMD Variante, Bestückungshilfen

Folgende Dateien verwenden wir als Hilfe für die Bestückung:

trx_schaltbild_hw_1_01.pdf Das Schaltbild als PDF.

trx_3D_top_hw_1_01.png Als Bestückungshilfe die 3D Ansicht aus Kicad. Die Leiterplatte von oben.

trx_3D_bottom_hw_1_01.png Als Bestückungshilfe die 3D Ansicht aus Kicad. Die Leiterplatte von unten.

trx_hw_1_01_ibom.html Diese Datei wird mit einem Internet-Browser geladen. Links ist die Liste der Bauelemente und rechts die Platine mit den Bauelementen.

1.1.2 TRX Platine, DIL8 Variante, Bestückungshilfen

Folgende Dateien verwenden wir als Hilfe für die Bestückung:

trx_dil_hw_1_01_schaltbild.pdf Das Schaltbild als PDF.

trx_dil_3D_top_hw_1_01.png Als Bestückungshilfe die 3D Ansicht aus Kicad. Die Leiterplatte von oben.

trx_dil_3D_bottom_hw_1_01.png Als Bestückungshilfe die 3D Ansicht aus Kicad. Die Leiterplatte von unten.

trx_dil_hw_1_01_ibom.html Diese Datei wird mit einem Internet-Browser geladen. Links ist die Liste der Bauelemente und rechts die Platine mit den Bauelementen.

1.1.3 Änderungen der TRX Platine beide Varianten

Einige Bauelemente beider Varianten ändern sich

R104, 1,8K Wird nicht bestückt, die Verstärkung des LM386 ist zu hoch. Der LM386 geht in die Begrenzung.

C118, 10nF Wird nicht bestückt, die Verstärkung des LM386 ist zu hoch. Der LM386 geht in die Begrenzung.

D103, 1N4148W Wird nicht bestückt, TX Stumm wird nicht benötigt.

R132, 120k Wird nicht bestückt, TX Stumm wird nicht benötigt.

C157, 100n Wird nicht bestückt, TX Stumm wird nicht benötigt.

Q104, BSS123W Wird nicht bestückt, TX Stumm wird nicht benötigt.

C115, alt 470uF, neu 100nF Dieser Wert ändert sich durch die neue AGC.

C147, 100n Wird nicht bestückt. Im QMX+ ist da auch kein Kondensator.

C148, 470uF Wird nicht bestückt. Im QMX+ ist da auch kein Kondensator.

Stecker, D101, LED An D101 wird später die kleine AGC-Platine angesteckt.

Einstellregler RV101, 25k An diesem Einstellregler wird die Lautstärke des Mithörtone eingestellt. Wenn der Einstellbereich nicht reicht kann auch ein größerer Wert eingesetzt werden oder auf der MC-Platine der Widerstand R7, 1,5K vergrößert werden. Neu eventuell 27k.

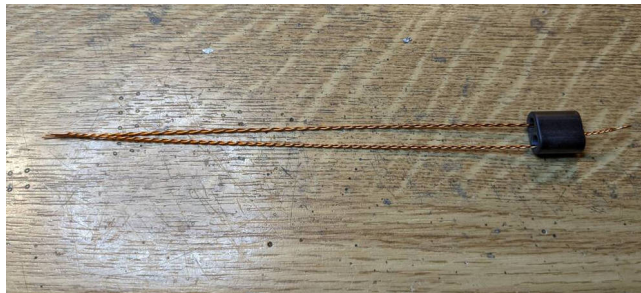
Der Ausgangsübertrager

Der Ausgangsübertrager hat ein Übersetzungsverhältnis von 3 zu 3 Windungen. Wobei die primäre Wicklung 2 x 1,5 Windungen sind und die sekundäre Wicklung 3 Windungen. Ich habe 0,5 mm Kupferlackdraht verwendet.

label description



Beide Wicklungen primär und sekundär werden eng miteinander verdrillt. Die kleine Schlaufe ist die Mittelanzapfung.



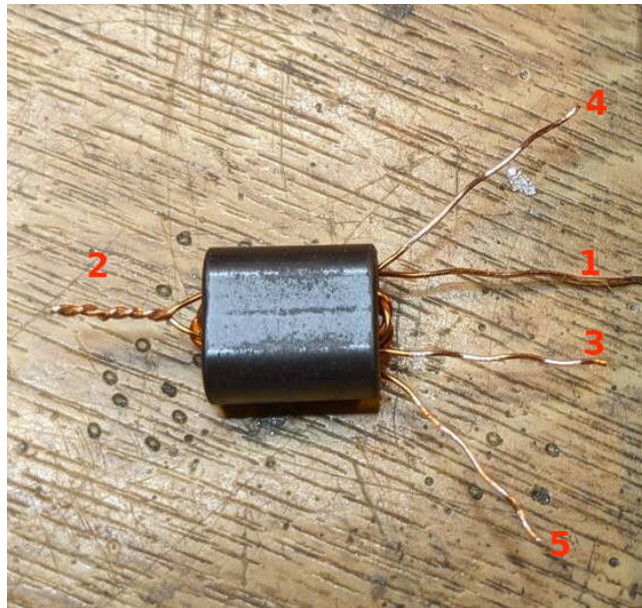
Das Verdrillte wird einmal durch den Doppellochkern gesteckt. 2x 0.5 Windungen sind geschafft.



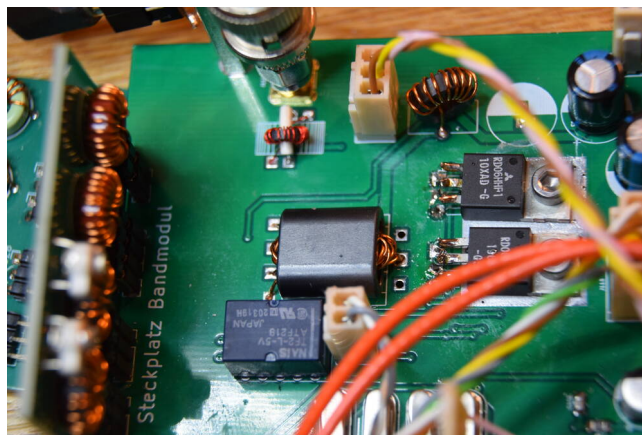
Das Verdrillte wird noch einmal durch den Doppellochkern gesteckt. 2x 1 Windung ist geschafft.



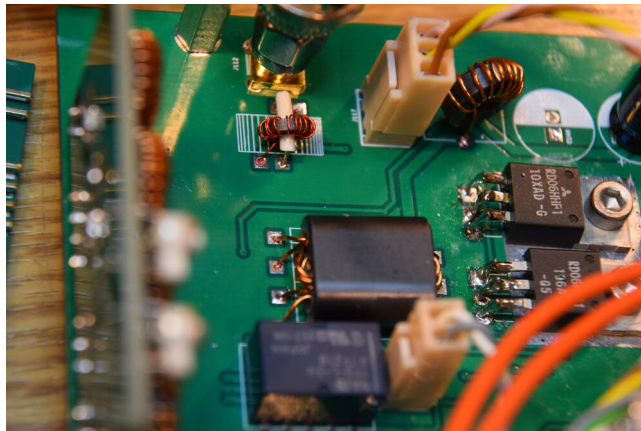
Das Verdrillte wird das dritte mal durch den Doppellochkern gesteckt. Das sind jetzt pro Draht 2x 1.5 Windungen.



Wobei die primäre Wicklung 2x 1.5 Windungen sind und die sekundäre Wicklung durchgehend 3 Windungen. Mit einem Ohmmeter messen wir jetzt aus welche Drähte zur primären Wicklung gehören und was die sekundäre Wicklung ist. 1, 2, 3 ist die primäre und 4, 5 die sekundäre Wicklung.



Die Mittelanzapfung wird in Richtung PA-Transistoren eingelötet.



Auf der anderen Seite sind die beiden äußeren Lötunkte die Sekundär-Wicklung und in der Mitte die Primär-Wicklung, die zu den PA-Transistoren gehen.

Ringkern T101 im Richtkoppler Die Größe des Ringkernes ist unkritisch. Ich habe einen ganz kleinen FT20-43 eingesetzt.

1.2 mc Platine

Als Bestückungshilfe verwenden wir die von Kicad erzeugten Dateien.

mc_hw_1_01_schaltbild.pdf Das Schaltbild als PDF.

mc_3D_top_hw_1_01.png Als Bestückungshilfe die 3D Ansicht aus Kicad. Die Leiterplatte von oben.

mc_3D_bottom_hw_1_01.png Als Bestückungshilfe die 3D Ansicht aus Kicad. Die Leiterplatte von unten.

mc_hw_1_01_ibom.html Diese Datei wird mit einem Internet-Browser geladen. Links ist die Liste der Bauelemente und rechts die Platine mit den Bauelementen.

Das OLED-Display

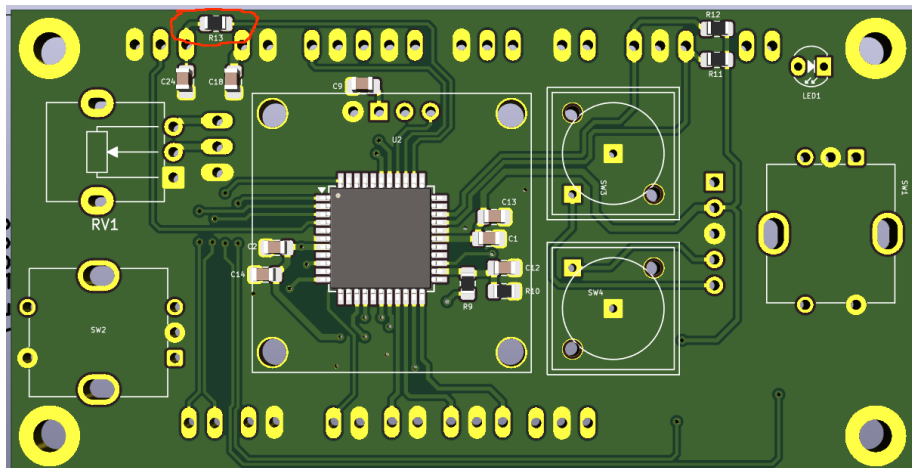
Das OLED-Display wird 1 zu 1 angeschlossen. Ich habe dafür Litzen $0,14\text{mm}^2$ genommen. So kann ich den Abstand zur Front des Gehäuses besser einstellen. Das Display habe ich mit M2 Schrauben auf Abstand befestigt.

Änderungen der MC Platine

J13, AGC_LED Wird nicht bestückt, da neue AGC-Platine.

LED1, LEDrt Wird nicht bestückt, da neue AGC-Platine.

Ein zusätzlicher Widerstand muss eingelötet werden



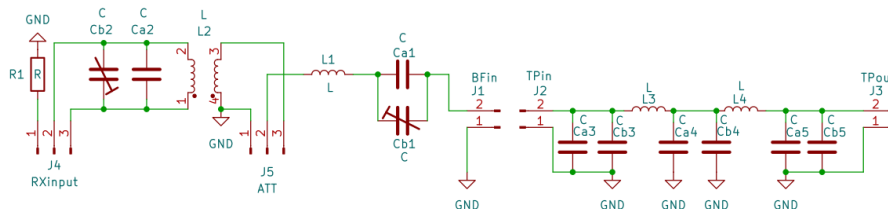
R13 habe ich rot eingerahmt.

Ganz wichtig: R13, 10k muss noch zusätzlich eingefügt werden. Dazu muss der Leiterzug aufgetrennt werden und R13, 10k eingefügt werden. An Pin1 von „Audio_st“ sind sonst Sägezahnswingungen von etwa 62 kHz von der PWM2 zu sehen. Mit der PWM2 wird die Lautstärke-Einstellung für den LM4875 eingestellt. Mit dem Sägezahn kommt der LM4875 nicht zurecht.

1.3 Band-Steckmodule

Für die Auswahl der Arbeitsfrequenz habe ich 10 *Band-Steckmodule* vorgesehen. Für jedes Amateurfunkband ein Steckmodul, von 160m-Band bis zum 10m-Band. Das sind genau 10 Module.

Welchen Bandmodul gerade gesteckt ist wird mit einem Widerstand gegen GND selektiert. Auf dem TRX „Modul-Steckplatz“ ist ein Widerstand 10kOhm gegen +5V platziert. Der Widerstand auf dem Steckmodul bestimmt den Spannungsteiler. Die entstehende Spannung wird vom PIC18F46K22 ausgewertet und auf das entsprechende Frequenzband umgeschaltet. Ist kein Modul gesteckt liegen am AD-Wandler die vollen +5V an. Auch das wird zuverlässig erkannt.

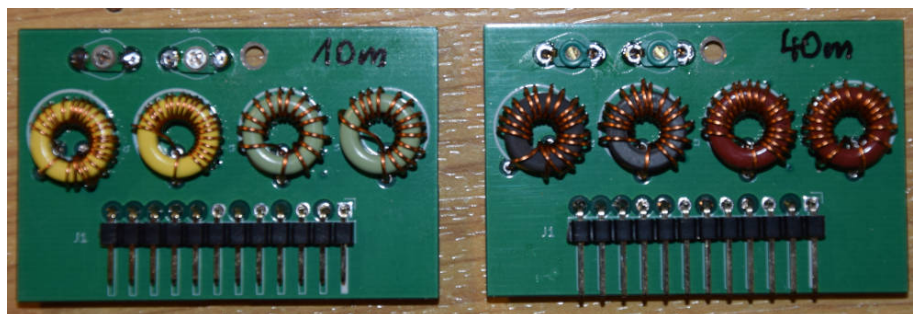


Band-Modul-Daten

	160m	80m	60m	40m	30m
R1	0 Ohm	1k	2,2k	3,9k	5,6k
C1/2	80pF	39pF	40pF	36pF	47pF
L1/2(1,2)	97uH	50uH	22uH	14uH	5,2uH
L2(3,4)	4 Wdg	2 Wdg	2 Wdg	2 Wdg	3 Wdg
Material	FT37-61	FT37-61	FT37-61	FT37-61	T37-2
MK-Rechner	42 Wdg	30 Wdg	20 Wdg	16 Wdg	36 Wdg
reale Wdg		30 Wdg	20 Wdg	16 Wdg	36 Wdg
Draht:		0,4mm	0,5mm	0,5mm	0,4mm
C3/4	1,657nF	963pF	591pF	499pF	345pF
C4	2,853nF	1,659nF	1,019nF	859pF	594pF
L3/4	4,953uH	2,879uH	1,769uH	1,492uH	1,032uH
Material	T37-2	T37-2	T37-2	T37-2	T37-2
MK-Rechner	35 Wdg	27 Wdg	21 Wdg	19 Wdg	16 Wdg
reale Wdg		26 Wdg	20 Wdg	18 Wdg	15 Wdg
Draht:		0,4mm	0,5mm	0,5mm	0,5mm

	20m	17m	15m	12m	10m
R1	8,2k	12k	18k	27k	47k
C1/2	44pF	45pF	30pF	25pF	20pF
L1/2(1,2)	2,9uH	1,7uH	1,9uH	1,6uH	1,6uH
L2(3,4)	2 Wdg	2 Wdg	2 Wdg	2 Wdg	2 Wdg
Material	T37-2	T37-6	T37-6	T37-6	T37-6
MK-Rechner	27 Wdg	24 Wdg	25 Wdg	23 Wdg	23 Wdg
reale Wdg	27 Wdg	24 Wdg	25 Wdg	23 Wdg	21 Wdg
Draht:	0,4mm	0,4mm	0,4mm	0,4mm	0,4mm
C3/4	259pF	197pF	173pF	142,8pF	125,5pF
C4	446pF	340pF	297pF	246pF	216,2pF
L3/4	774nH	589,6nH	515,9nH	427nH	375,2nH
Material	T37-6	T37-6	T37-6	T37-6	T37-12
MK-Rechner	16 Wdg	14 Wdg	13 Wdg	12 Wdg	16 Wdg
reale Wdg	15 Wdg	13 Wdg	12 Wdg	12 Wdg	14 Wdg
Draht:	0,5mm	0,5mm	0,5mm	0,5mm	0,5mm

Ich habe bis jetzt alle Bänder von 80m bis 10m realisiert und getestet. Das 160m Band realisiere ich später. Das ist für mich nicht so wichtig.

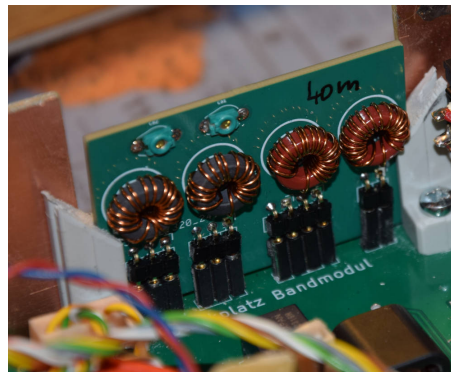
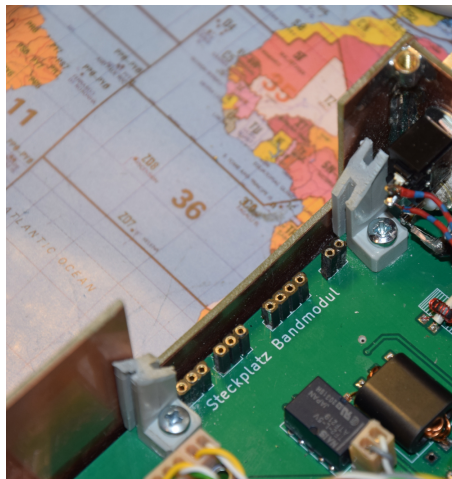


Links das Modul für 10m. Ich habe SMD-Trimмер eingelötet. Die funktionieren auch gut. Rechts das Modul für 40m.

Führungsschiene für Band-Module

Ich habe jetzt bei Reichelt Führungsschienen für Leiterplatten gefunden. Die müssen stark gekürzt werden und ein Befestigungsfuss musste ich auch absägen. Ich habe die Schienen schräg abgeschnitten, so dass die Schiene die Ringkerne auf dem Band-Modul nicht verschiebt. Durch die Führungsschienen entfällt das „fummelige“ Einfädeln der Bandmodule.

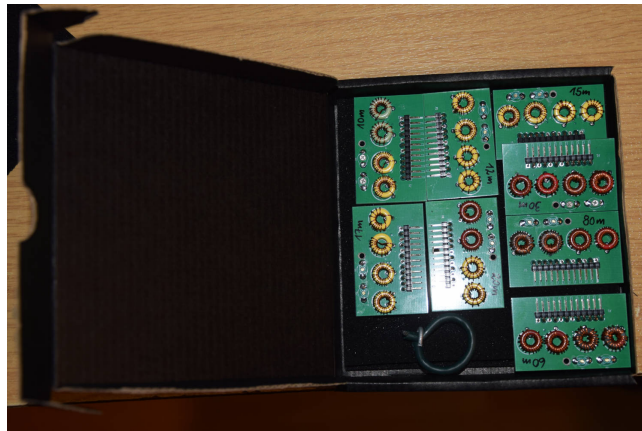
Bestellnummer bei Reichelt: **KARTENHALTER**.



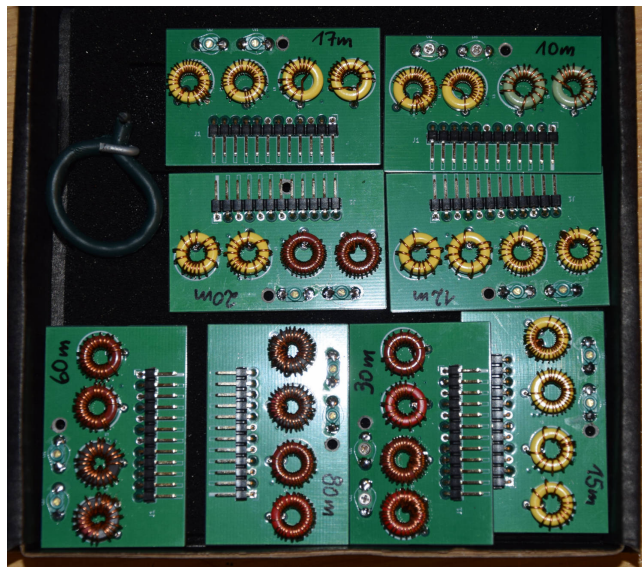
So habe ich die Schienen eingebaut. Das funktioniert gut. Das ist noch die alte Stecker-Aufteilung der Band-Module vom Muster-TRX. Die Schienen werden so gekürzt, dass die Ringkerne noch Platz haben.

Aufbewahrung der Band-Module

Ich wollte erst aus Leiterplattenmaterial einen Behälter bauen. Ich habe etwas ganz einfaches gefunden. Eine Schachtel wo die PIC18F46K22 drin waren. Es passen 8 Module rein. Das neunte Modul ist immer im TRX.



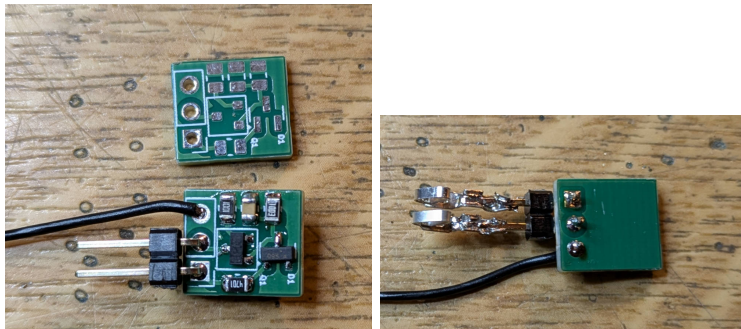
Die Schachtel hat die richtige Größe und ist nur 2cm dick.



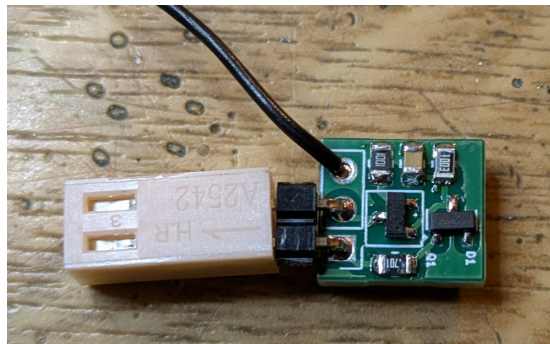
Links ist der kleine Hacken zum ziehen der Module.

1.4 AGC-Platine

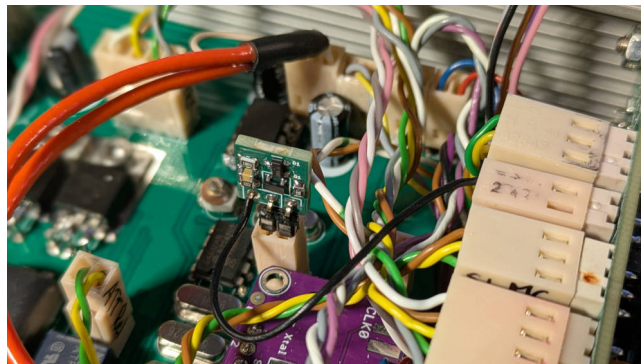
In dieser HW-Version 1.01 wird zusätzlich eine kleine AGC-Platine bestückt und auf die TRX-Platine *Stecker D101* aufgesteckt.



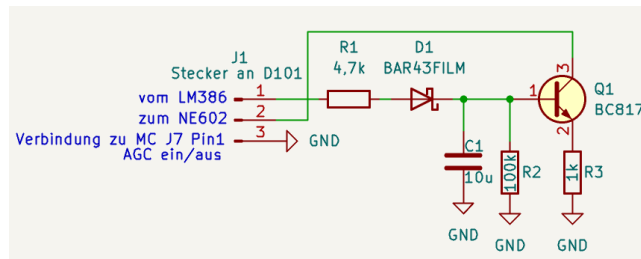
Zuerst bestücken wir die 6 Bauelemente der Platine. Für die Steckverbindung löten wir abgewinkelte Steckstifte.



Anschließend stecken wir das Steckergehäuse auf. In das freie PIN der Platine löten wir eine Litze an. Das ist die Verbindung zur MC-Platine für AGC on/off.



So stecken wird die kleine Platine auf die TRX-Platine. Der schwarze Draht führt zur MC-Platine J7, AGCoff PIN1. Über diese Verbindung wird die AGC ein/aus geschaltet.



Es hat sich heraus gestellt, dass die AGC „weicher“ arbeitet, wenn der Widerstand R2, 100k entfernt wird. Der Kondensator C1, 10uF kann sich nur über die Basis von Q1, BC817 entladen. Die AGC „ploppt“ nicht so sehr.

1.5 Steckverbindungen

Für fast alle Verbindungen habe ich die PSK 254 Stecker und Buchsen verwendet. Die Verbindungen sind aus Litzen 0,14mm, was ich aus Kabelstücken LIYCY 8 x 0,14mm gezogen habe. Die Litzen sind farbig unterschiedlich und so bestens geeignet. Folgend beschreibe ich alle Steckverbindungen von der TRX-Platine zur MC-Platine und zur Rückwand des TRX.

Fast alle Verbindungen sind 1 zu 1, aber es gibt Ausnahmen.

1.5.1 Verbindungen TRX-Platine zur MC-Platine

Zuerst beschreibe ich alle Verbindungen von der TRX-Platine zur MC-Platine (TRX-Bedienung)

ATT-Relais, J101

Für das EIN/AUS des ATT 12dB Relais werden 2 Drähte benötigt.

TRX J101	Beschreibung	MC J14 ATTrel
Pin 1	+	Pin 1
Pin 2	-	Pin 2

Mithörton, J102

Der Mithörton wird auf der MC-Platine erzeugt und wird zur TRX-Platine geführt.

TRX J102	Beschreibung	MC J6 MT
Pin 1	Mithörton	Pin 1
Pin 2	GND	Pin 2

Poti Volume, J103

Für die Verbindung zum Poti werden 2 dünne Diodenkabel verwendet. Der Schirm kommt an Pin3.

TRX J103	Beschreibung	MC J11 Poti
Pin 1	Poti	Pin 1
Pin 2	Poti Schleifer	Pin 2
Pin 3	GND	Pin 3

Steckplatz Bandmodul J104

Hier wird keine Verbindung benötigt. In diese 12-polig Buchse werden die Bandmodule gesteckt.

12V_mc, J106

Achtung diese Verbindung ist nicht 1 zu 1 sondern über Kreuz!

Diese Verbindung versorgt die MC-Platine mit +12V von der TRX-Platine.

TRX J106	Beschreibung	MC J4 SV 12V
Pin 1	+12V	Pin 2
Pin 2	GND	Pin 1

Steuerung SI5351, J107

Die Ansteuerung des SI5351-Moduls erfolgt mit 3 Drähten. Davon ist ein Draht die Masse 0V.

TRX J107	Beschreibung	MC J1 Steuerung
Pin 1	SDA	Pin 1
Pin 2	SCL	Pin 2
Pin 3	GND	Pin 3

S-Meter, J108

Die Auswertespannung des S-Meters führt von der TRX-Platine zur MC-Platine. Der PIC18F46K22 misst die anstehende Spannung.

TRX J108	Beschreibung	MC J3 S_Meter
Pin 1	Spannung vom AD8307	Pin 1
Pin 2	GND	Pin 2

Audio_st, J114

Die Steuerung der Grundlautstärke des LM4875 erfolgt vom PIC18F46K22. Auch der Lautsprecher wird über die Software EIN/AUS geschaltet. Dazu benötigen wird 3 Drähte.

TRX J114	Beschreibung	MC J3 Audio_st
Pin 1	PWM, Volume	Pin 1
Pin 2	Lautsprecher EIN/AUS	Pin 2
Pin 3	GND	Pin 3

SWR, J117

Die Messspannungen des Richtkopplers am Antennenausgang von der TRX-Platine erfolgt mit 3 Drähten über diese Verbindung.

TRX J117	Beschreibung	MC J8 Richtkoppler
Pin 1	Uvor	Pin 1
Pin 2	GND	Pin 2
Pin 3	Urück	Pin 3

Steuerung TRX, J118

Die Steuerung des TRX von der MC-Platine benötigt 5 Drähte.

TRX J118	Beschreibung	MC J5 Steuerung
Pin 1	Signal RX on	Pin 1
Pin 2	GND	Pin 2
Pin 3	Signal TX on	Pin 3
Pin 4	GND	Pin 4
Pin 5	PWM	Pin 5

U_Bmod, J119

Die Spannung des Spannungsteiler von den Bandmodulen wird mit dieser Verbindung zum PIC18F46K22 geführt.

TRX J118	Beschreibung	MC J15 Uband
Pin 1	Spannungsteiler vom Bandmodul	Pin 1
Pin 2	GND	Pin 2

AGCoff

Für die neue AGC wird eine kleine Platine 10x10mm auf den Stecker D101 der TRX-Platine gesteckt (mit 2 kurzen Drähten). Die Leitung „AGCoff“ von der AGC-Platine führt direkt zur MC-Platine auf J7, Pin1. **Die AGC-Platine ist noch in Arbeit und wird später angeschlossen.**

TRX AGC-Platine	Beschreibung	MC J7 AGCoff
Pin 1	von der AGC-Platine AGCoff	Pin 1
Pin 2	bleibt frei	Pin 2

1.5.2 Verbindungen TRX-Platine zur Rückwand

Es folgt die Beschreibung der Verbindungen von der TRX Platine zur Rückwand des TRX-Gehäuses.

Power +12V, J116

Als erstes die Stromversorgung. Ich habe an der Rückwand eine SV-Hohlbuchse montiert. Die Plusleitung führt anschließend zu EIN/AUS Schalter, auch auf der Rückwand, und zur TRX-Platinen.

TRX J116	Beschreibung	Rückwand Hohlbuchse
Pin 1	+12V	SV Buchse +
Pin 2	GND	SV Buchse -

Kopfhörer, J115

Für den Kopfhörer habe ich eine Stereo-Klinkenbuchse 3,5mm montiert. 2 Drähte führen von der TRX-Platine zur Buchse.

TRX J115	Beschreibung	Rückwand Klinke 3,5mm
Pin 1	GND	Masse
Pin 2	Audio NF	Spitze/Mitte

Lautsprecher, J113

Der Mini-Lautsprecher Durchmesser 28mm ist im Deckel des Gehäuses eingebaut. 2 Drähte führen von der TRX-Platine zum Lautsprecher.

TRX J115	Beschreibung	Lautsprecher im Gehäuse
Pin 1	Pol 1	Lautsprecher
Pin 2	Pol 2	Lautsprecher

Dann ist noch die Verbindungen mit Koaxkabel-RG174.

- Koaxverbindung von TRX-Platine J112 (Antenne) zur Rückwand.

Ich habe eine SMA-Buchse eingelötet, aber das braucht man nicht. Das RG174-Kabel kann auch direkt in die Platine gelötet werden.

1.5.3 Verbindung MC-Platine zur Rückwand

Jetzt kommt noch die Beschreibung der Verbindungen von der MC-Platine zur Rückwand des TRX-Gehäuse.

Keyer, J12

Für den Keyer habe ich eine Stereo-Klinkenbuchse 3,5mm in der Rückwand montiert. Wir benötigen 3 Drähte zur MC-Platine.

MC J12	Beschreibung	Rückwand Klinke 3,5mm
Pin 1	Strich	Mitte
Pin 2	GND	Masse
Pin 3	Punkt	Spitze

RS232, J9

Für die Frequenzübergabe an Antennentuner(DL4JAL) erfolgt über diese CAT-TTL-Schnittstelle.

MC J9	Beschreibung	Rückwand Klinke 3,5mm
Pin 1	RS232 RX	Spitze
Pin 2	GND	Masse
Pin 3	RS232 TX	Mitte

1.6 Das Gehäuse des TRX BM10

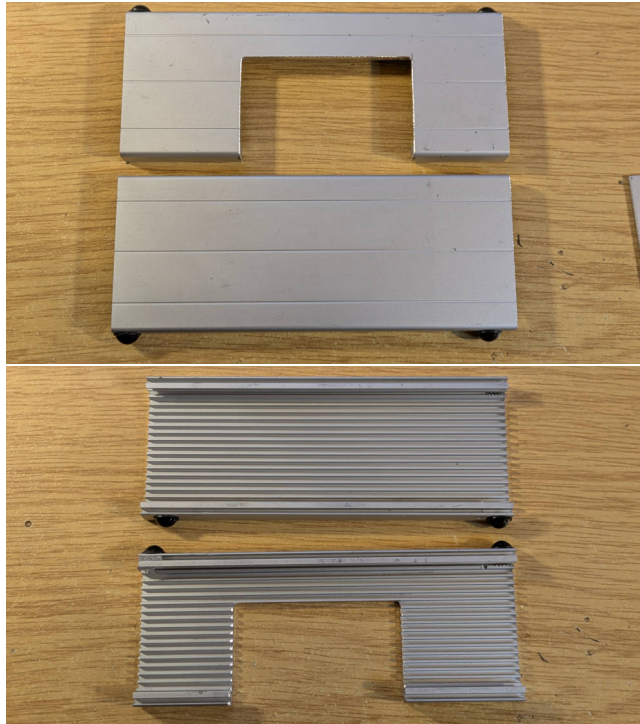
Für das erste Mustergerät habe ich ein Gehäuse aus Leiterplattenmaterial „FR4 Kupfer einseitig“ zusammen gelötet. Das Gehäuse sieht gut aus. Es ist aber viel Arbeit.

Ich habe ein zweites Muster aufgebaut mit der TRX-Platine 2x NE602-DIL8 und 1x LM386-DIL8. Ich muss ja testen ob diese Platine auch so gut funktioniert wie die TRX-Platine, wo alles in SMD ist.

Für das Gehäuse habe ich mir aber etwas anderes ausgedacht. Bei Reichelt gibt es fertige Gehäuse aus Aluminium für Leiterplatten im Eurokarten-Format. Rechts und links sind Nuten wo man die Leiterplatte einschieben kann.

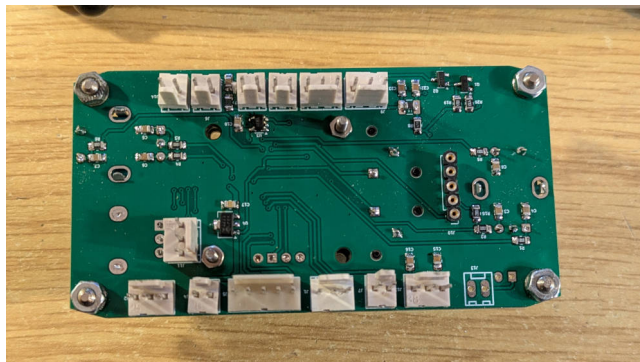
Reichelt, Artikel-Nummer: GEH EG2

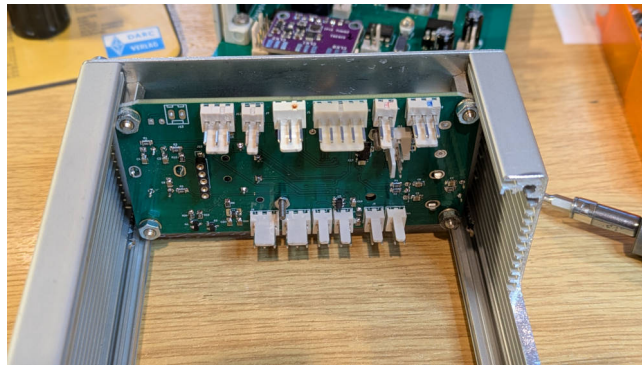
Diese Gehäuse habe ich für das zweite Mustergerät genommen. Ich brauche nicht die volle Länge von 160mm des Eurokartenformates und habe das Gehäuse gekürzt auf 140mm. Für das Bandmodul habe ich links eine Aussparung in das Aluminiumprofil gesägt.



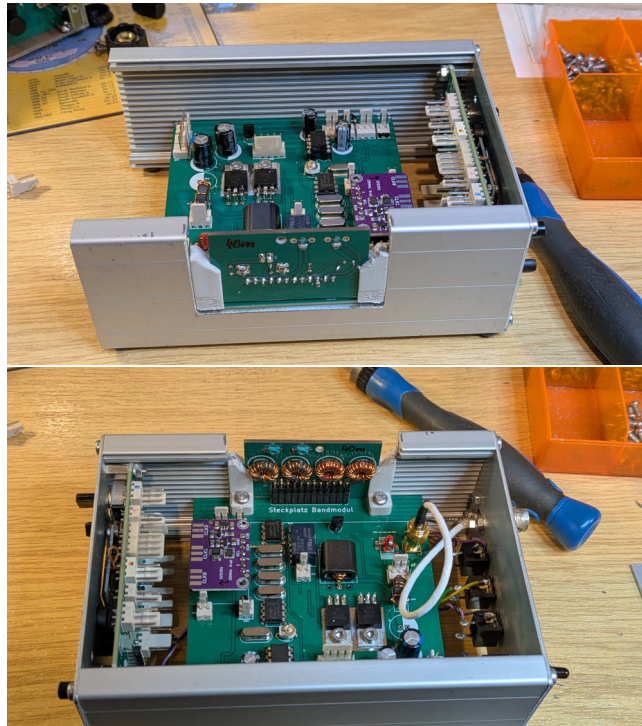
Die Größe der Aussparung beträgt 63 mm x 37 mm. Die Aussparung beginnt 43 mm von vorn gemessen.

Mit einer Stichsäge und einem Metallsägeblatt habe ich die 2x 37 mm Schlitz eingesägt. Den Längsschnitt konnte ich nicht sägen. Ich habe Loch an Loch gebohrt und die Aussparung ausgebrochen. Anschließend habe ich mit der Feile den Bruch geglättet.

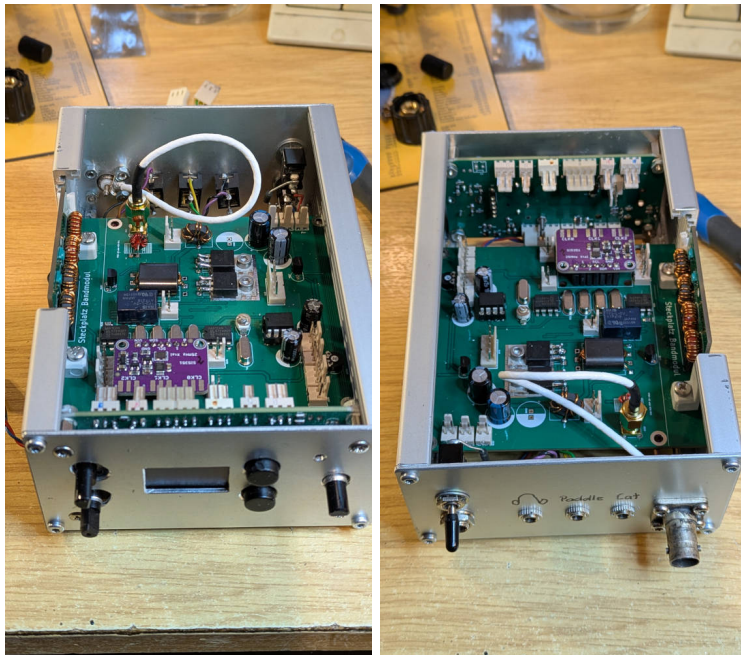




Die MC-Platine habe ich an den Ecken etwas abgerundet. Sonst passt die Platine nicht ins Gehäuse.



Die TRX-Platine wird im 5-ten Führungsschlitz von unten, der Seitenprofile, eingeführt. Die beiden grauen Führungen aus Plaste, für die Band-Module, passen genau in die gesägte Aussparung von 63 mm x 37 mm.



So sieht das Ganze aus, wenn es fast fertig ist.

Die Alu-Deckplatte bekommt auch noch eine Aussparung für die Bandmodule. Die Aussparung muss so groß werden, dass die Bandmodule ohne Probleme gewechselt werden können.

Kapitel 2

Schlusswort

Dieses Projekt darf nicht kommerziell vermarktet oder genutzt werden. Alle Rechte liegen bei DL4JAL (Andreas Lindenau).
Ich wünsche viel Spaß beim Basteln.

vy 73 Andreas DL4JAL

✉ DL4JAL@t-online.de
🌐 www.dl4jal.de