

# QCXplus Umbau zum Multiband-TRX

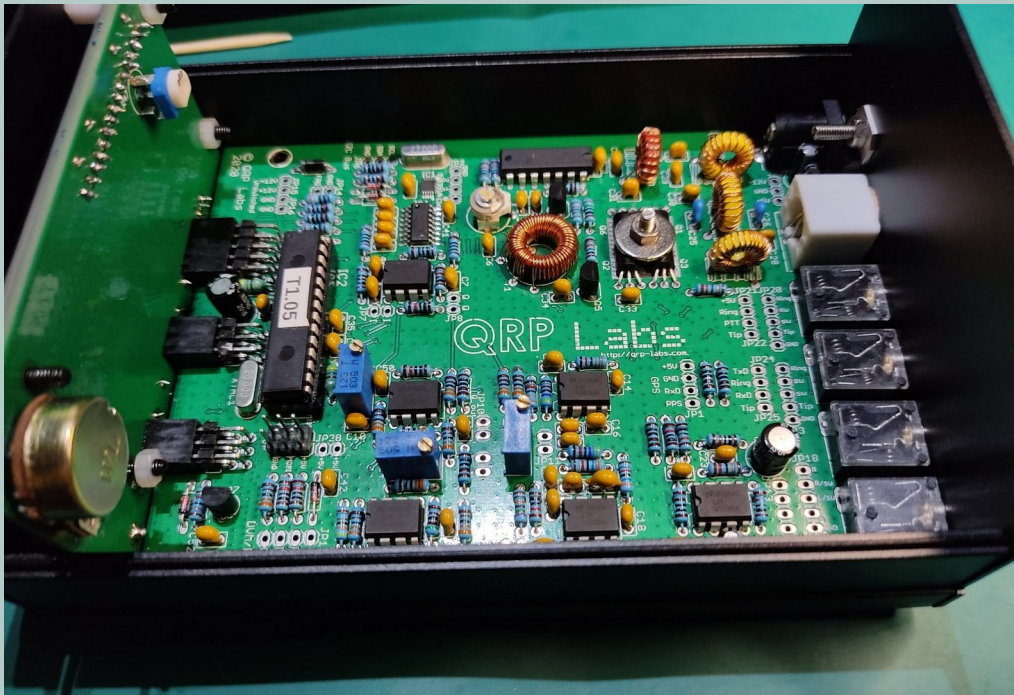
Original QCX+ von QRP Labs

Mein QCX+ Multiband

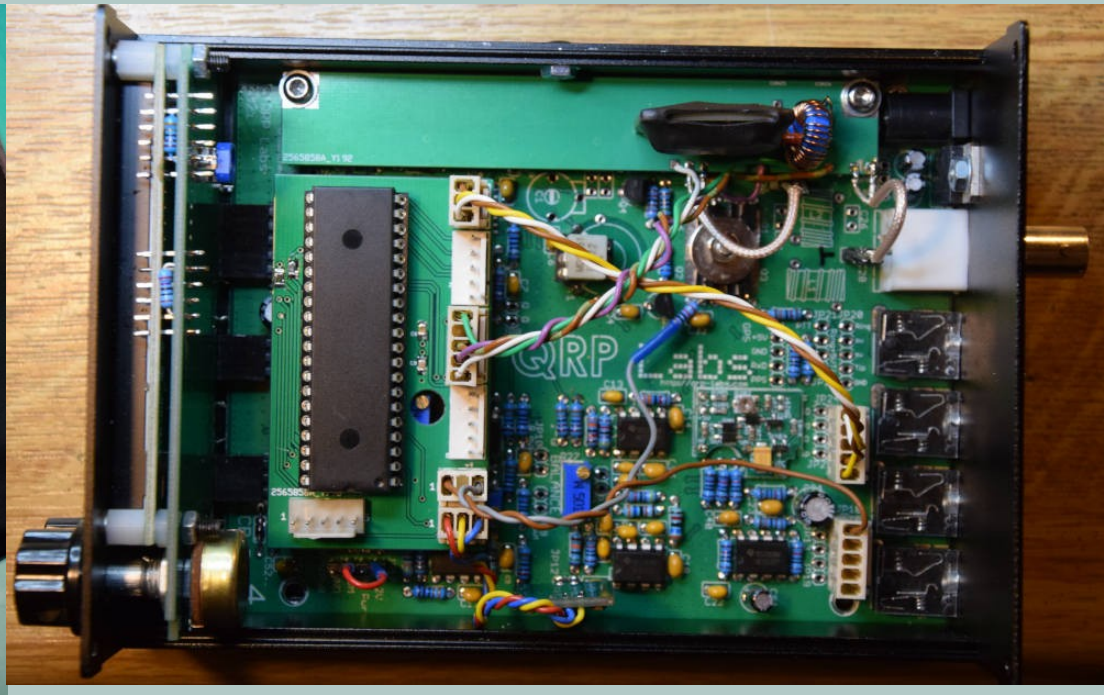


# QCXplus Umbau zum Multiband-TRX

Original QCX+ von QRP Labs



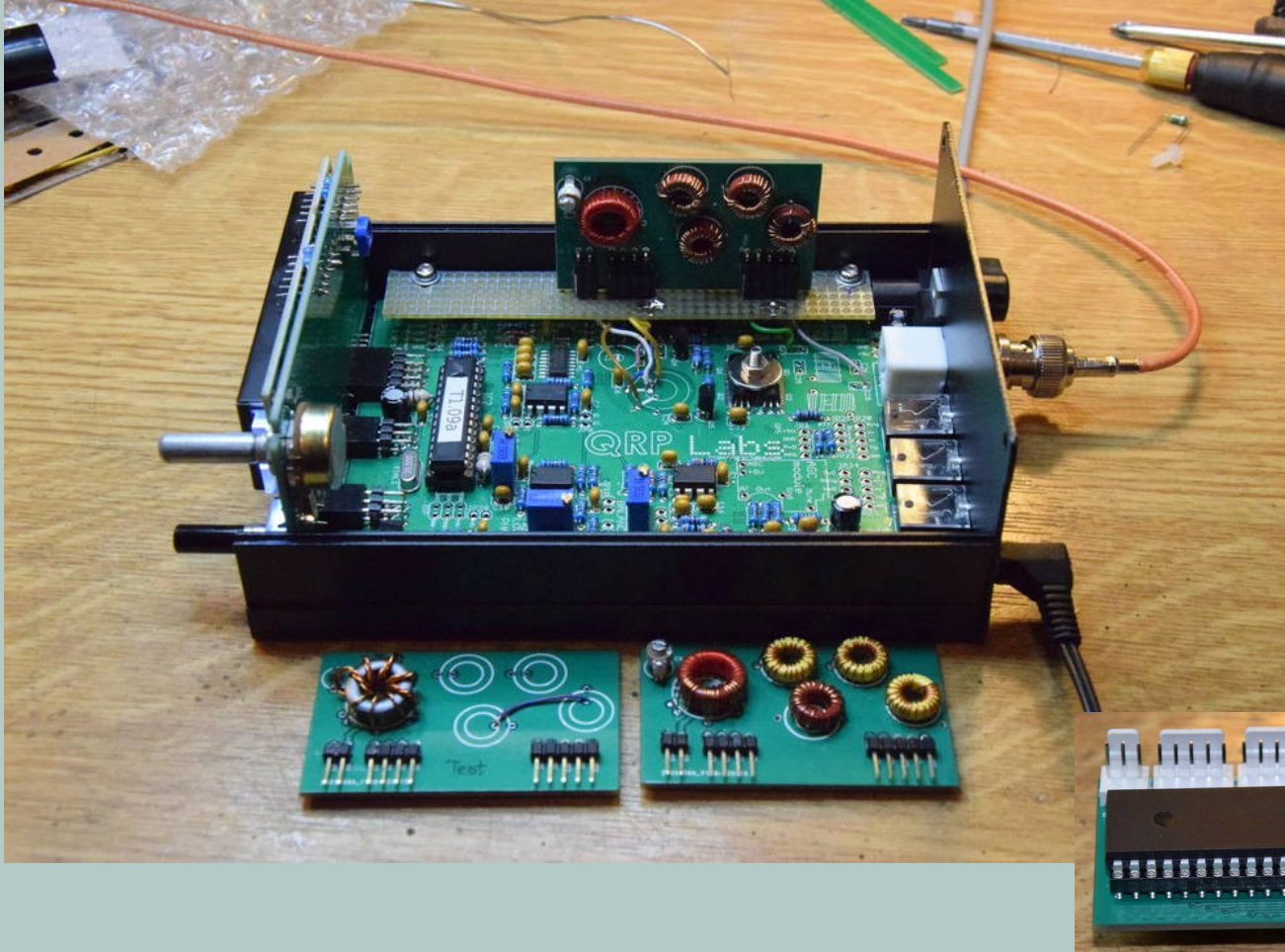
Mein QCX+ Multiband





## QCX+ Multiband, Tausch Atmega 328 gegen PIC18F46K22

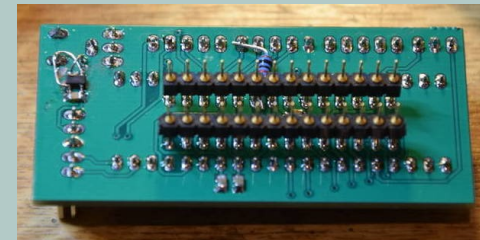
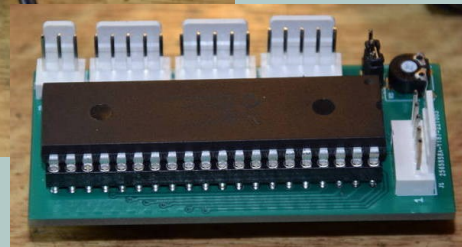
Als erstes habe ich 3 Bandmodule aufgebaut 80m, 40m und ein RX-Breitbandmodul



Die Versuche waren erfolgreich und habe mich bestärkt, weiter zu machen.

Nur die Umschalterei der Bänder, mit der original SW, hat mir nicht gefallen. Das war mir viel zu umständlich.

Also habe ich eine Zwischenplatine entwickelt die auf die 28-polig Fassung aufgesteckt wird.



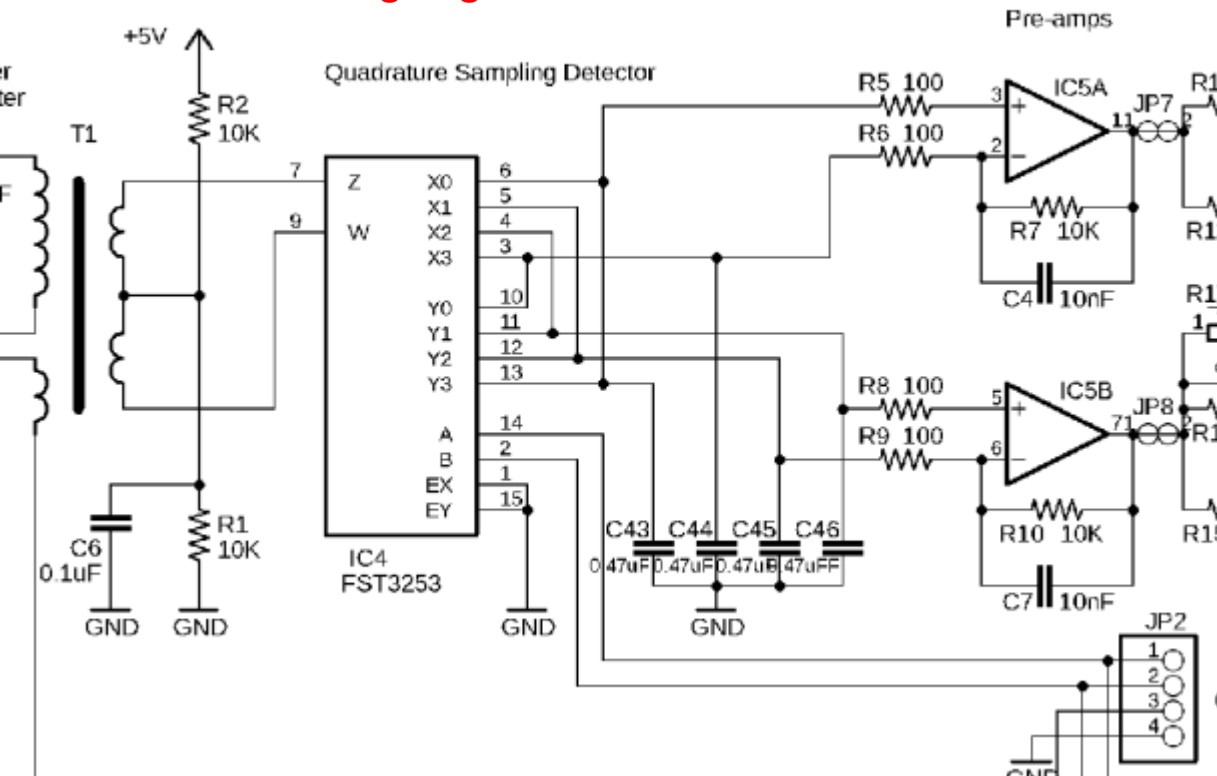


## QCX+ Multiband, Ansteuerung SI5351

Den Atmega 328P kann ich mit Hilfe der Zwischenplatine durch einen PIC18F46K22 Mikrocontroller ersetzen. Ich habe von Atmega-Prozessoren wenig Ahnung!

Zuerst muß die Ansteuerung des **SI5351 von Silicon Labs** einwandfrei funktionieren.

### Der RX-Eingang mit Schaltmischer FST3253

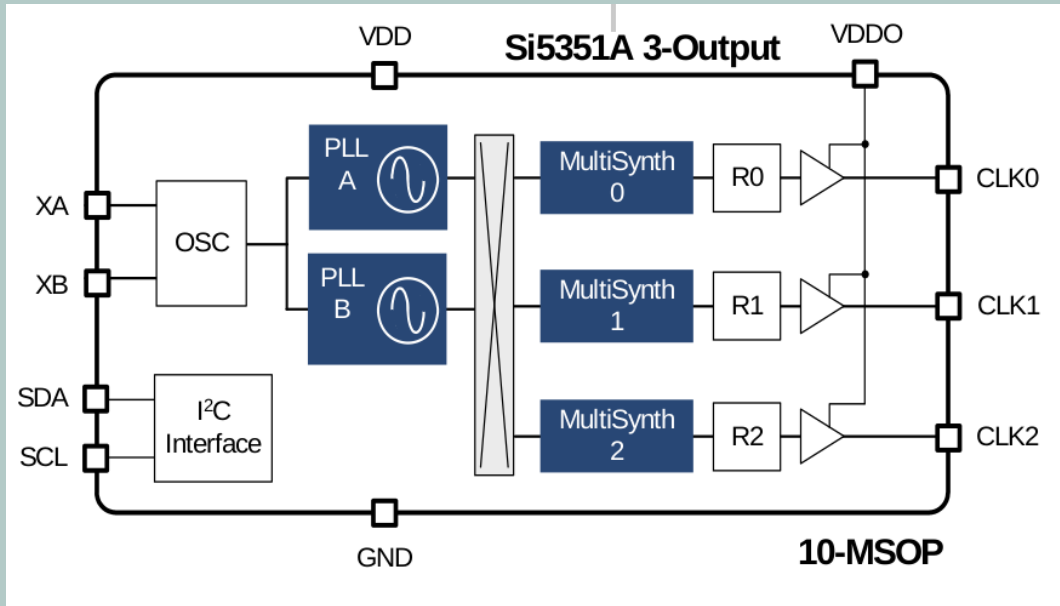


Der RX ist ein Direktmischer mit Seitenbandunterdrückung. Realisiert mit 2 VFO-Frequenzen die genau die gleiche Frequenz haben aber 90 Grad Phasenunterschied untereinander und einem Phasenschieber im NF-Bereich von 90 Grad.

**Die Phasenverschiebung muß im Frequenzbereich 3,5 MHz bis 30 MHz exakt funktionieren!**

Beide erzeugten Frequenzen werden an A und B des FST3253 eingespeist.

## QCX+ Multiband, Übersicht des VFO-ICs SI5351



Der SI5351 hat 187 Register. Die Beschreibung der Funktionen ist etwas dürftig um die Abläufe im SI5351 zu verstehen.

**Ich verwende für die Programmierung des SI5351 nur 12 Register.**

Links an **XA** und **XB** wird der Quarz für die Takterzeugung angeschlossen (27MHz). Über die **I<sup>2</sup>C-Schnittstelle, SDA** und **SCL** bekommt der SI5351 seine Befehle (Programmierung der Register). **CLK0** und **CLK1** sind die beiden Frequenzgänge für den Schaltmischer **FST3251**. **CLK2** ist der Frequenzgang für die Ansteuerung des Sender.

Ganz grob erläutert:

$$\underline{\text{Frq}_{\text{output}} = \text{PLL}_{\text{frq}} / \text{MultiSynth}_{\text{teiler}}}$$

Wobei die PLL im Frequenzbereich 600MHz bis 800MHz arbeiten sollte.

**Durch geschickte mathematische Kombination von PLL und MultiSynth kann Frq-Output von 3,1MHz bis 30MHz in 1Hz Schritten programmiert werden.**

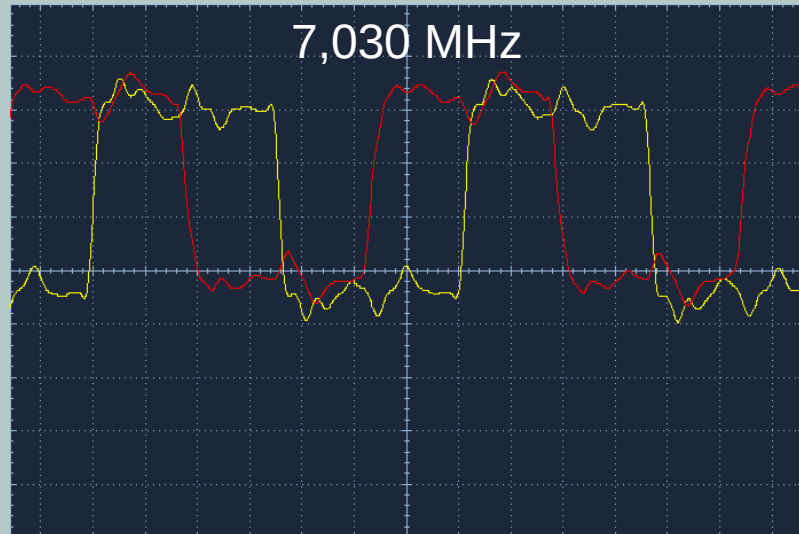
## QCX+ Multiband, Ansteuerung SI5351

Jetzt fehlt nur noch die Programmierung des Phasenunterschiedes von 90 Grad Ausgang **CLK0** zu **CLK1**.

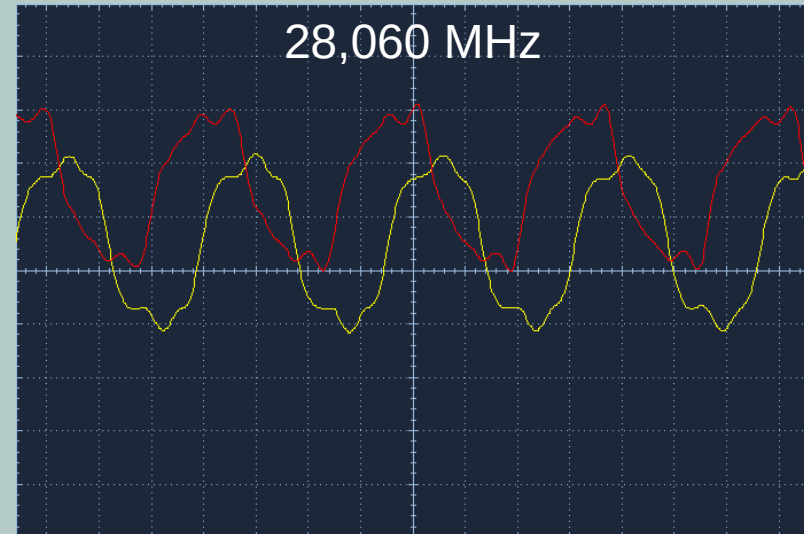
Das war doch nicht ganz so einfach. Das Phasenregister wird mit einem **unsigned Integer** Wert von **0 bis 255** Zeiteinheiten geladen.

Eine Zeiteinheit ist ein viertel einer Sinusschwingung der PLL Frequenz (400MHz bis 800MHz)

Ich muss also das Phasenregister so einstellen, dass der Ausgang **CLK1** zeitlich verzögert zu **CLK0** die Schwingung ausgibt, so dass die **Phasenverschiebung genau 90 Grad** beträgt.



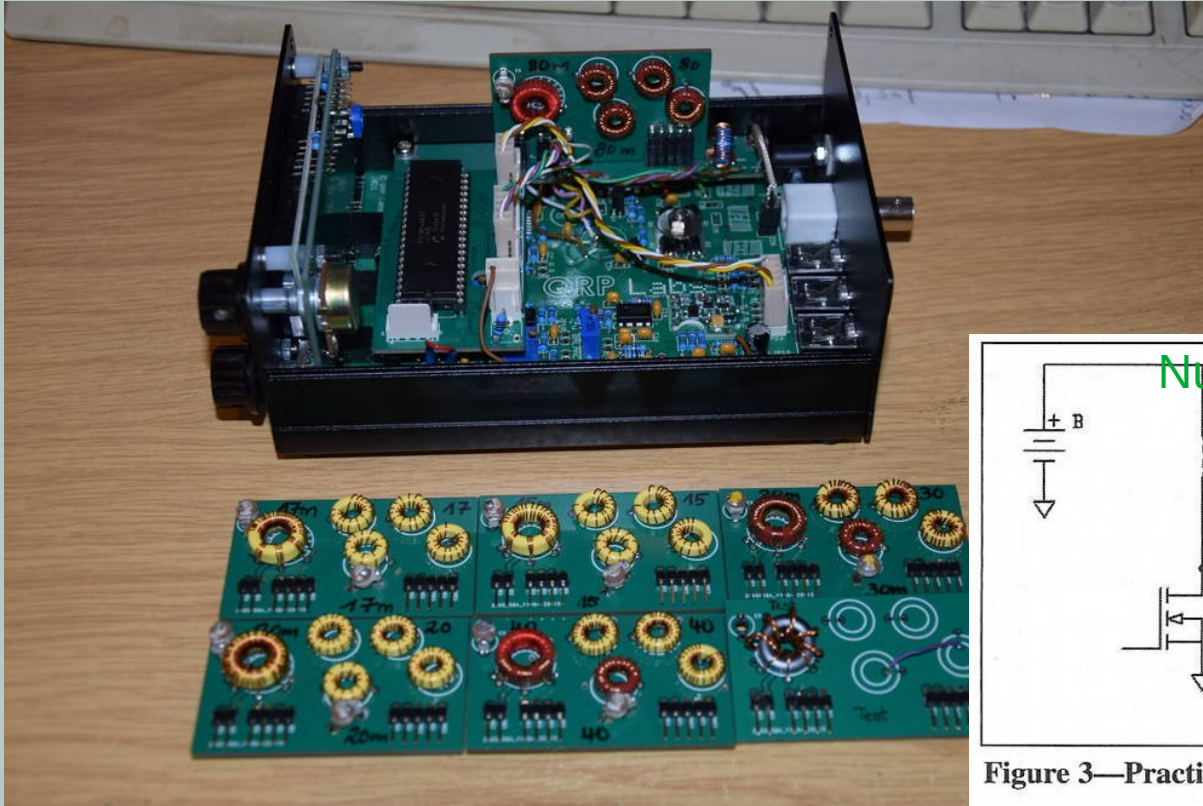
Beide  
Frequenzen  
sind um 90  
Grad Phasen-  
verschoben.  
**ROT=CLK0**  
**GELB=CLK1**





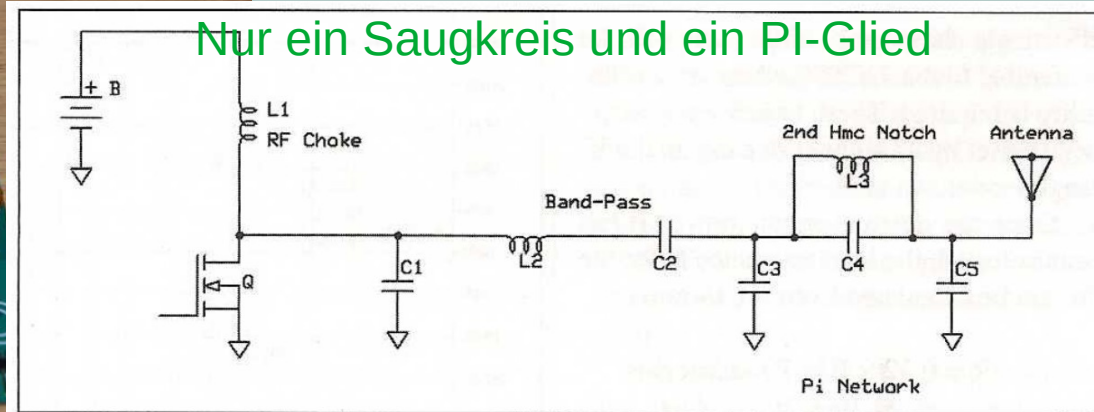
## QCX+ Multiband, Bandmodule mit selektiven Eingang

Ich habe Module von 80m bis 15m aufgebaut und getestet.



So richtig war ich aber nicht zufrieden. Der Abgleich auf höchste Sendeleistung war kompliziert und die Module waren mir auch etwas zu groß. **Den selektiven Eingang könnte man auch breitbandig machen.**

Ich habe recherchiert und mich für andere Tiefpässe entschieden. Diese werden für Class-E Verstärker vorgeschlagen.



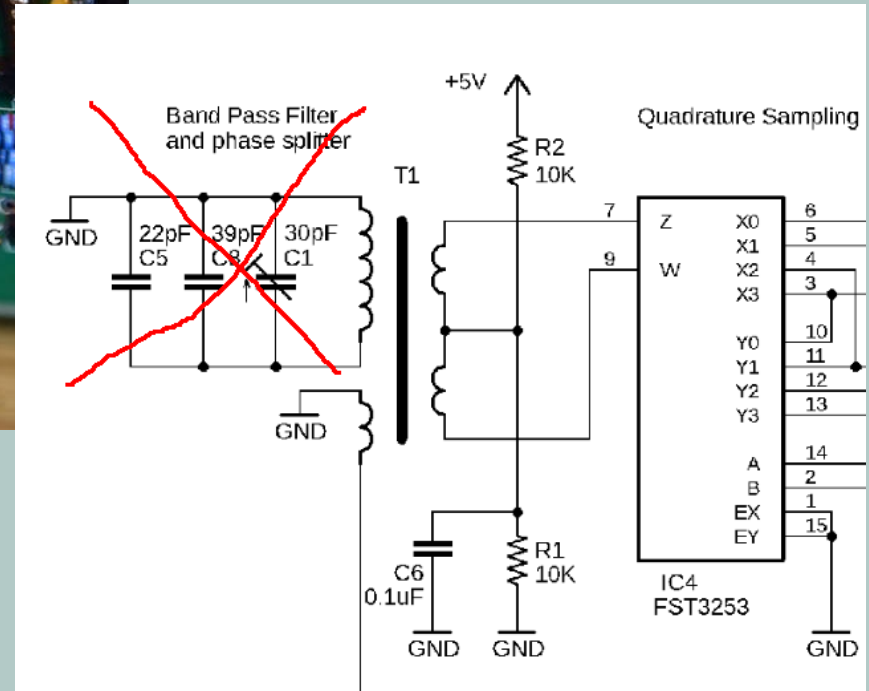


## QCX+ Multiband, Breitband RX-Eingang

Eingesetzt habe ich einen T622 von Mini-Circuits



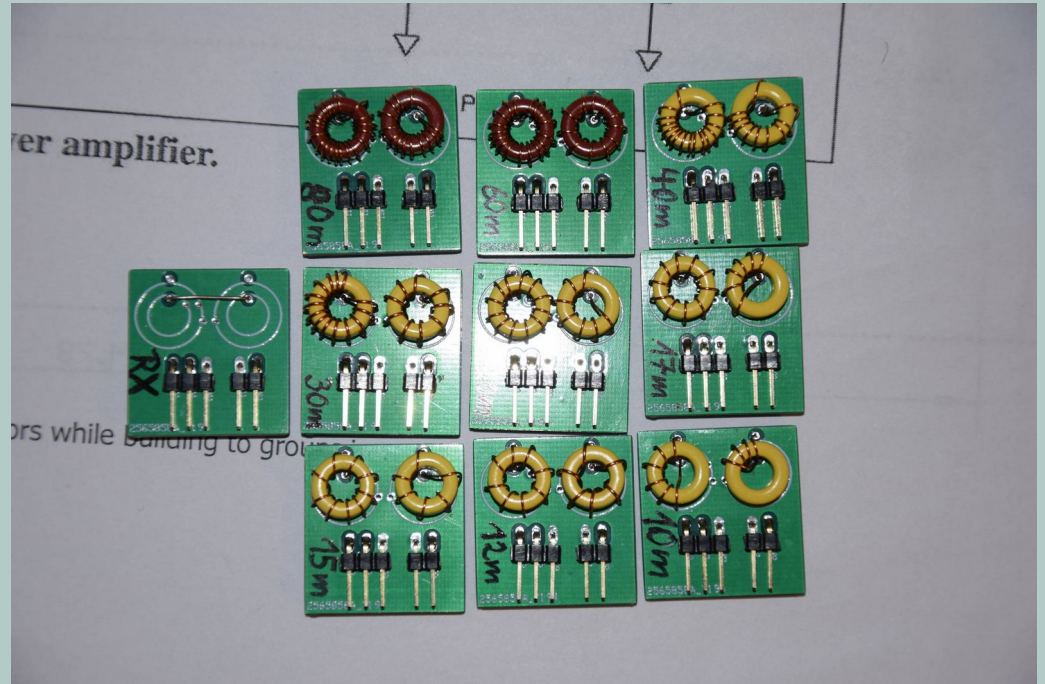
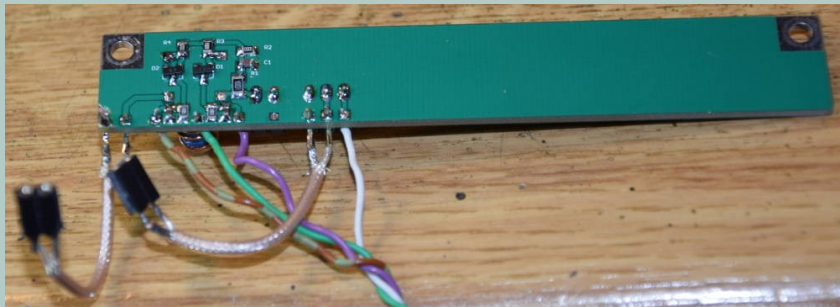
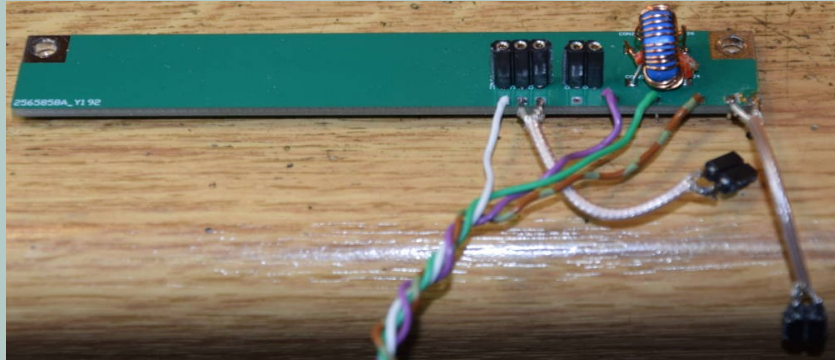
Dieser Übertrager hat einen großen Frequenzbereich und geringe Verluste. Die Impedanz ist 50 Ohm und er hat 3 gleichwertige Wicklungen. Der passt perfekt für unseren QCXplus.



## QCX+ Multiband, neue einfache Bandmodule

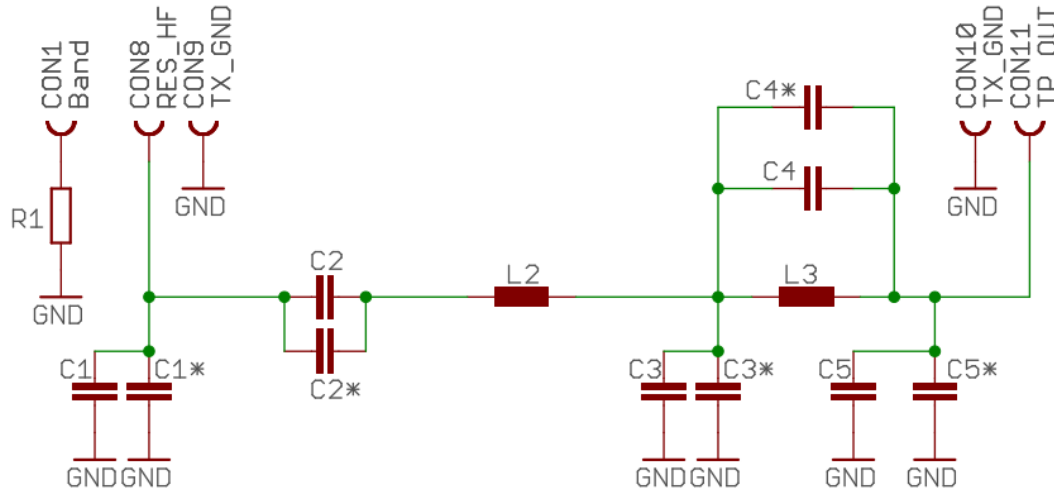
Ich habe eine neue Platine mit Richtkoppler entworfen und Platinen für die Module. Die neuen kleineren Module sind viel einfacher abzugleichen. Selbst im 10m Band konnte ich noch eine Ausgangsleistung von 4,2 Watt erreichen.

Mit dem Richtkoppler können wir die Leistung hinreichend genau messen. Das Schaltbild des Richtkopplers folgt im nächsten Blatt.



# QCX+ Multiband, neue einfache Bandmodule

80m 1k 17m 12k  
 60m 2,2k 15m 18k  
 40m 3,9k 12m 27k  
 30m 5,6k 10m 47k  
 20m 8,2k  
 RX Breitband 100k

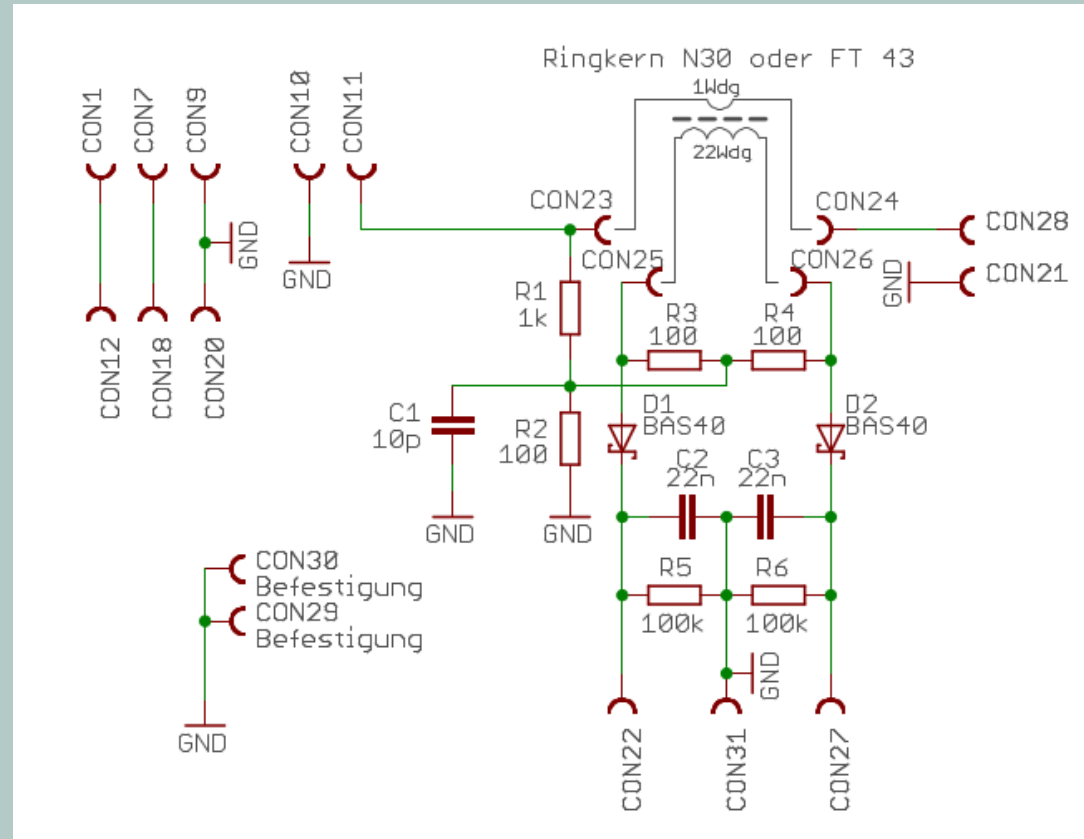
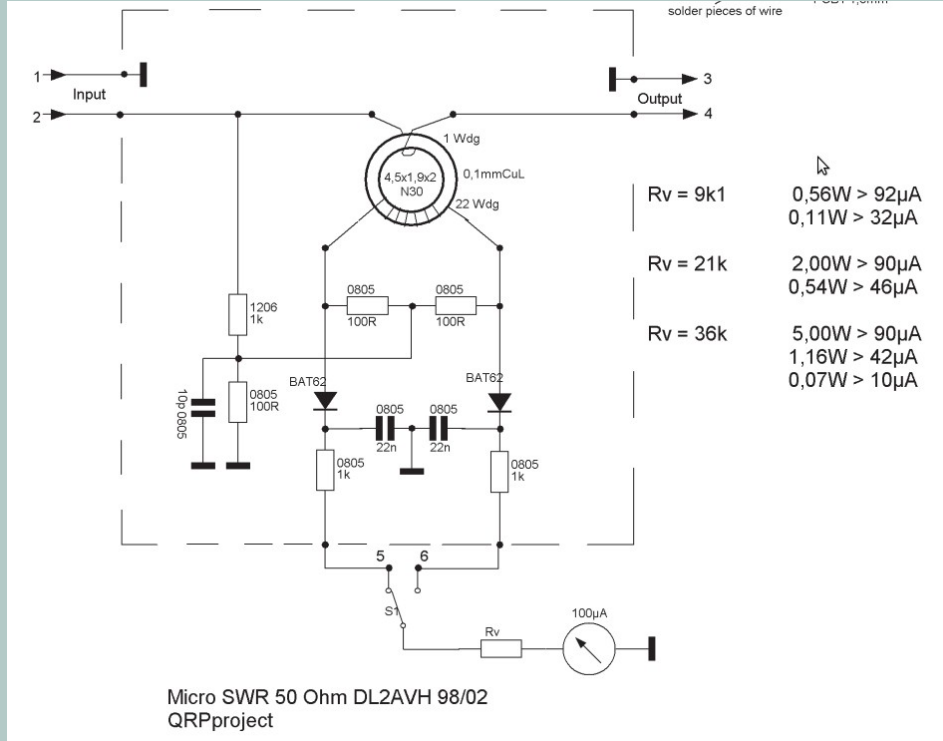


Band	80m	60m	40m	30m	20m	17m	15m	12m	10m
C1	657 pF	420 pF	307 pF	199 pF	128 pF	88 pF	69 pF	50 pF	39 pF
C2	1864 pF	1240 pF	941 pF	657 pF	472 pF	367 pF	315 pF	266 pF	237 pF
L2	2,04 uH	1,36 uH	1,03 uH	0,72 uH	0,52 uH	0,4 uH	0,35 uH	0,29 uH	0,26 uH
C3	1826 pF	1215 pF	922 pF	644 pF	463 pF	360 pF	309 pF	261 pF	232 pF
C5	1826 pF	1215 pF	922 pF	644 pF	463 pF	360 pF	309 pF	261 pF	232 pF
L3	0,82 uH	0,55 uH	0,41 uH	0,29 uH	0,21 uH	0,16 uH	0,14 uH	0,12 uH	0,1 uH
C4	609 pF	405 pF	307 pF	215 pF	154 pF	120 pF	103 pF	87 pF	77 pF



# QCX+ Multiband, Richtkoppler

Links die originale Schaltung von Helmut und rechts meine Anpassung an den QCXplus.



Die Anschlüsse CON 22, 31 und 27 sind die Verbindungen zum AD-Wandler des PIC.

## QCX+ Multiband, Regelung der Sendeleistung



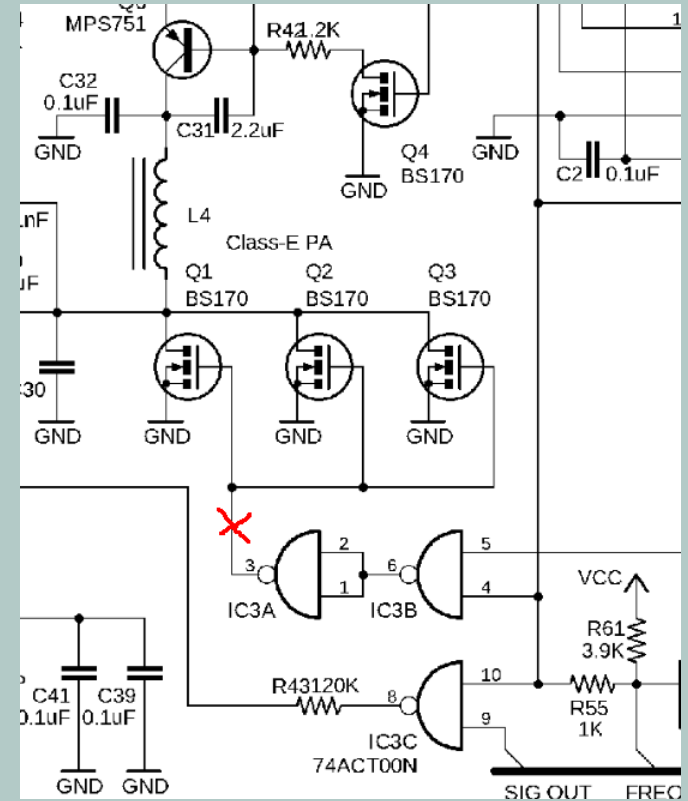
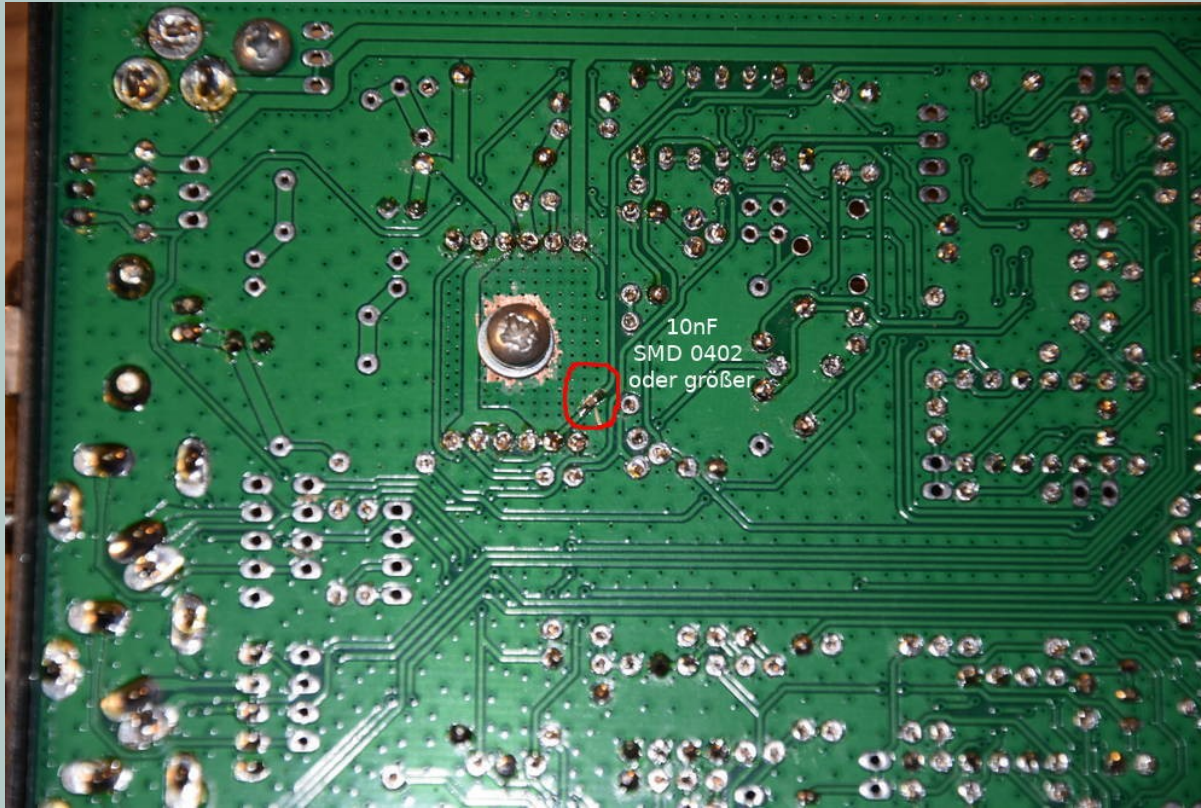
Beim Senden wird jetzt die Sendeleistung und das SWR angezeigt.

Schön wäre jetzt noch eine Regelung der Sendeleistung per Software.

Mit einer kleinen Änderung auf der Unterseite der Platine wird das möglich.

**Die Gatespannung der 3 BS170 muss einstellbar gemacht werden.**

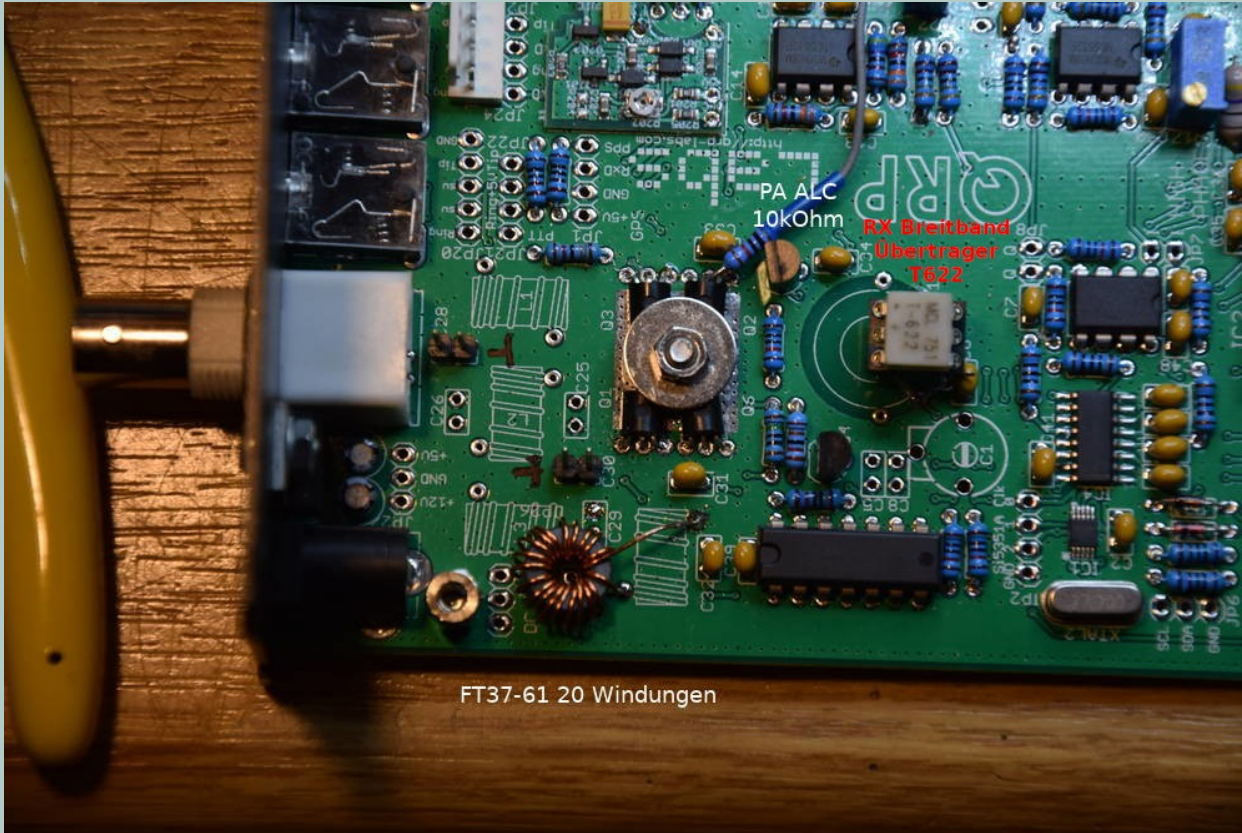
# QCX+ Multiband, Regelung der Sendeleistung



Die drei Gates vom BS170 sind nicht mehr direkt mit dem 74ACT00 IC3A verbunden, sondern werden mit einem Kondensator 10nF abgetrennt.



## QCX+ Multiband, Regelung der Sendeleistung



Die Ladespule von von der Class-E-PA wird durch einen breitbandigen Feritringkern ersetzt..

Die Gatespannung an den drei BS170 wird per SW regelbar gemacht. Mit einer PWM von 0V bis 5V. Der Vorwiderstand von 10k wird direkt an die Gates gelötet.

Damit kann die PA von einigen mW bis volle Leistung gesteuert werden.

Auch im Bild zu sehen. Der selektive Eingang des RX wird durch einen breitbandigen Übertrager ersetzt. Die einfachste Lösung ist der T622 von „Mini Circuits“.

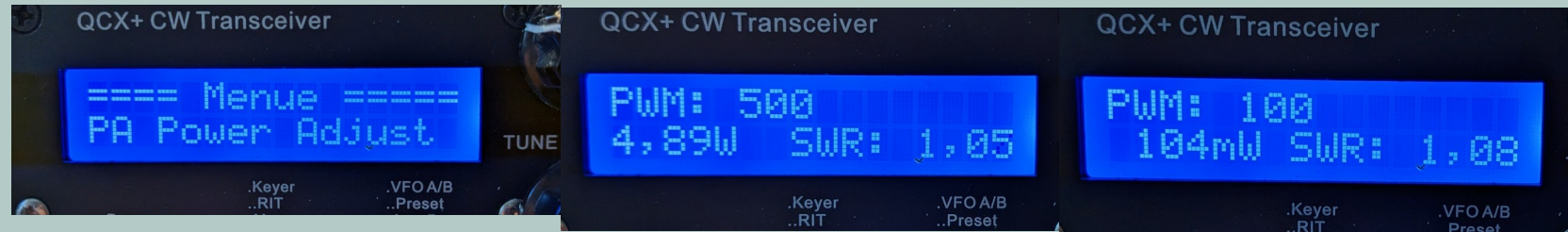
## QCX+ Multiband, Regelung der Sendeleistung

Im Menü können wir die Sendeleistung beim Tunen einstellen. Meine Voreinstellung ist 1 Watt Sendeleistung. **Eine Software-ALC-Reglung stellt die Sendeleistung auf die gewünschte Leistung von 1Watt ein.**



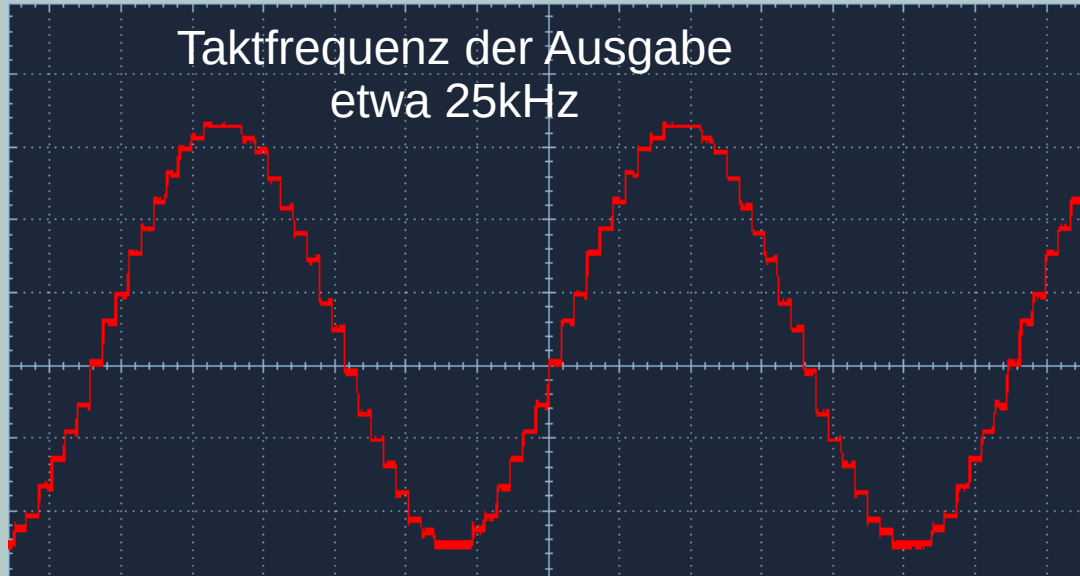
Auch die normale Sendeleistung kann reduziert werden. Voreinstellung der PWM beträgt 500. Das sind etwa 2,4 Volt Gatespannung. Wir können aber auch die Leistung reduzieren. Im Beispiel 100mW. Dieser Wert wird gespeichert.

**Beim normalen Senden wirkt keine ALC!**



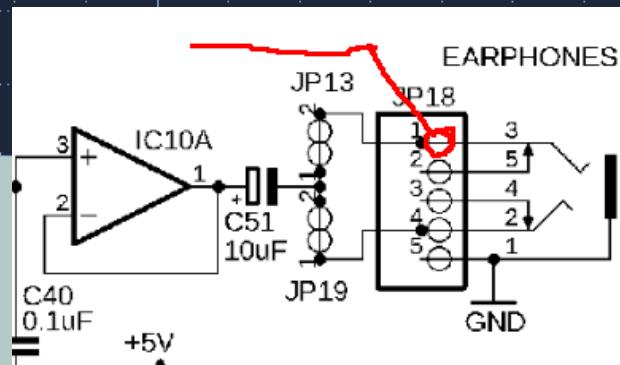
## QCX+ Multiband, Mithörton mit D/A Wandler

Der Mithörton und die Quittungston werden bei mir mit dem D/A Wandler des PIC18F46K22 erzeugt. Die Wandlerbreite beträgt 5 Bit.



Der Sinus sieht gar nicht so schlecht aus. Im SETUP kann die Frequenz und die Amplitude in gewissen Grenzen geändert werden.

Der Ausgang des D/A Wandler ist sehr hochohmig. Über einen OPV als Impedanzwandler geht das Signal über 1,5kOhm auf den Kopfhörer-Anschluss.



**Der Ton wird direkt auf den Kopfhörer geleitet!**



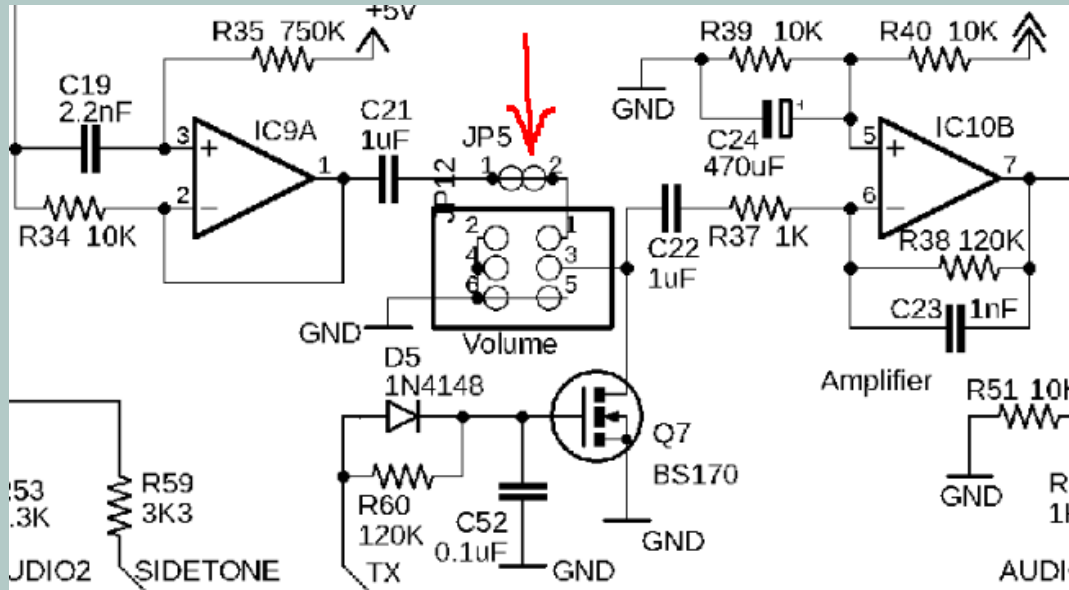
## QCX+ Multiband, Tasten und Quittungstöne

- Den Mithörton braucht man beim Senden der CW- Zeichen.
- Wichtig sind für mich auch die Quittungstöne der Tasten.
- Der Mithörton und die Quittungstöne sind in der Lautstärke unabhängig von der RX-Lautstärke.

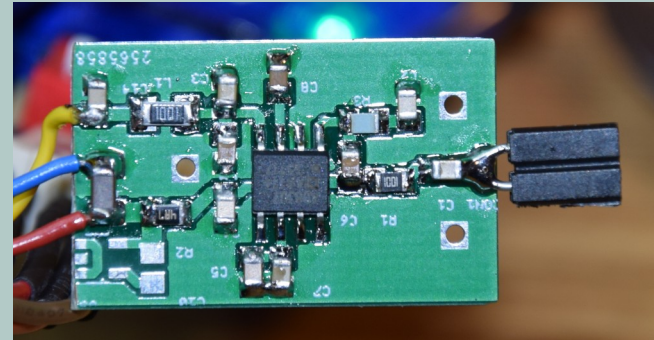
	Kurz gedrückt 1 Quittungston	länger gedrückt 2 Quittungstöne	lang gedrückt 3 Quittungstöne
Taste 1 ganz links	Einstellen WpM Gebe geschw.	RIT Empfangsoffset	SETUP
Taste 2 rechts	Step 1kHz, 100Hz, 10Hz	Menü Funktionen	RX-Attenuator EIN/AUS
Taste 3 Drehgeber	Step 1kHz, 100Hz, 10Hz	Keine Funktion	Keine Funktion

## QCX+ Multiband, S-Meter

- Ich wünschte mir noch ein ordentliches S-Meter im umgebauten QCXplus.
- Meine Idee, einen **AD8307** verwenden.
- Der funktioniert auch im NF-Bereich sehr gut und hat eine große Dynamik.

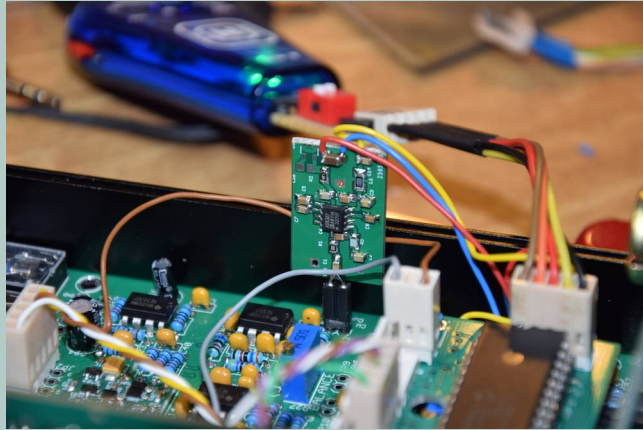


Hier ist die richtige Stelle zum Messen des Pegels. Meine ersten Versuche habe ich mit einer alten Messplatine meines mW-Meters gemacht.



Die Platine wird einfach auf JP12 aufgesteckt.

## QCX+ Multiband, S-Meter

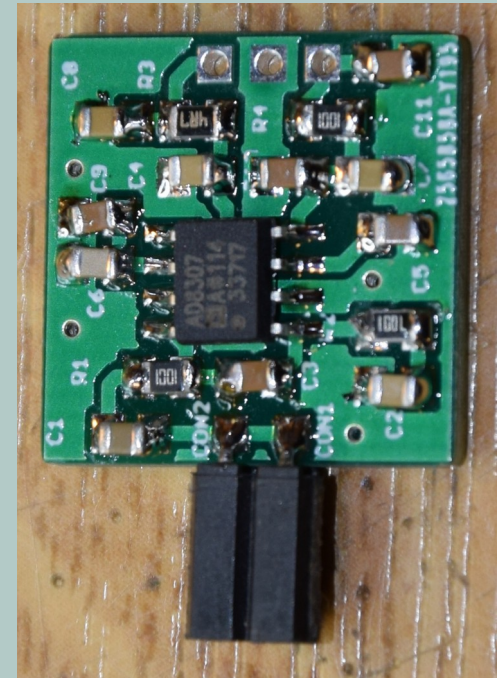


Das S-Meter funktioniert gut. Das nachträglich eingebaute AGC-Modul von „QRP Labs“ verfälscht das Messergebnis etwas.

**Kalibriert wird im SETUP der S9 Punkt (-73dBm).**

Ich habe eine neue kleinere Platine entworfen. Die Platine wird auf J12 aufgesteckt und oben an den 3 Lötunkte werden 3 Litzen angelötet, für die Verbindung zur Zwischenplatine, 3-polige Steckerbuchse.

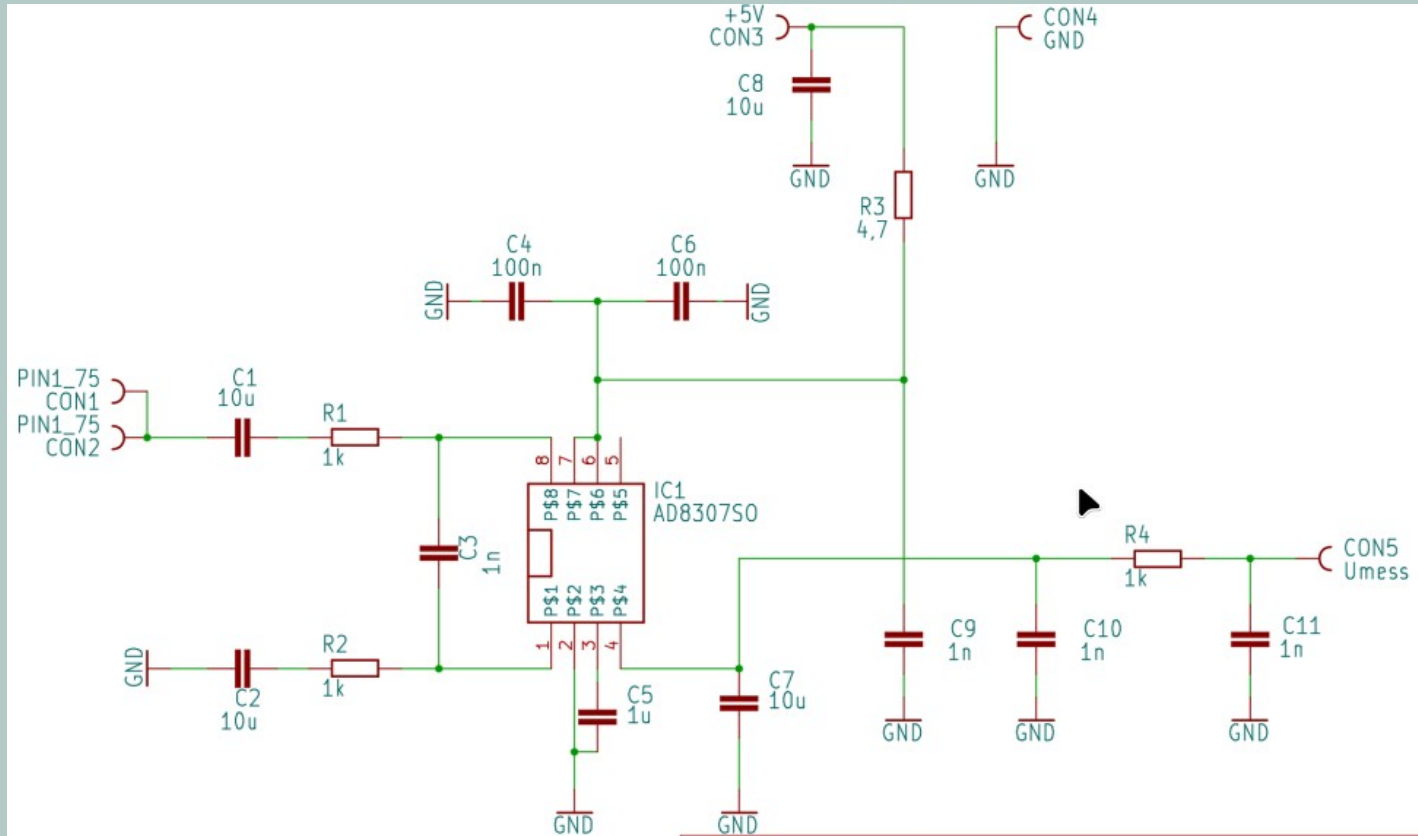
**Zwischen S3 und S9+20 ist die Anzeige richtig!**





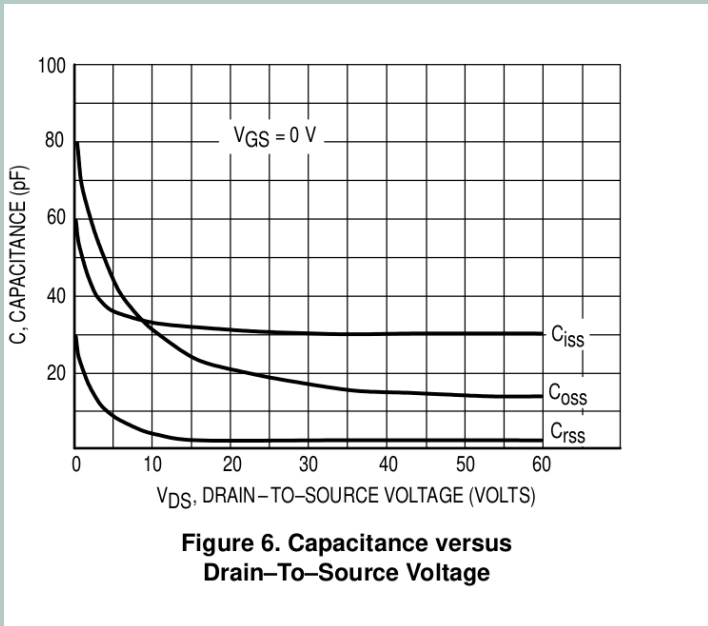
# QCX+ Multiband, S-Meter

Hier noch das Schaltbild zum S-Meter (NF Messkopf)



## QCX+ Multiband, ungewollter virtueller RX-Attenuator

- Bei meinen Versuchen mit dem S-Meter ist mir aufgefallen, dass das S-Meter manchmal um 2 S-Stufen falsch anzeigt. Zuerst habe ich an einen technischen Fehler gedacht. Es hat sich aber herausgestellt, dass sich in meiner SW einen Fehler eingeschlichen hat.
- Der QCX hat 2 Signale um den Sender zu aktivieren, „RX“ und „KEY\_OUT“.
- „RX“ (0V). Damit wird alles im QCX auf „TX“ umgeschaltet ohne zu Senden.
- „KEY\_OUT“ (5V) damit wird die PA aktiv und beginnt zu senden.

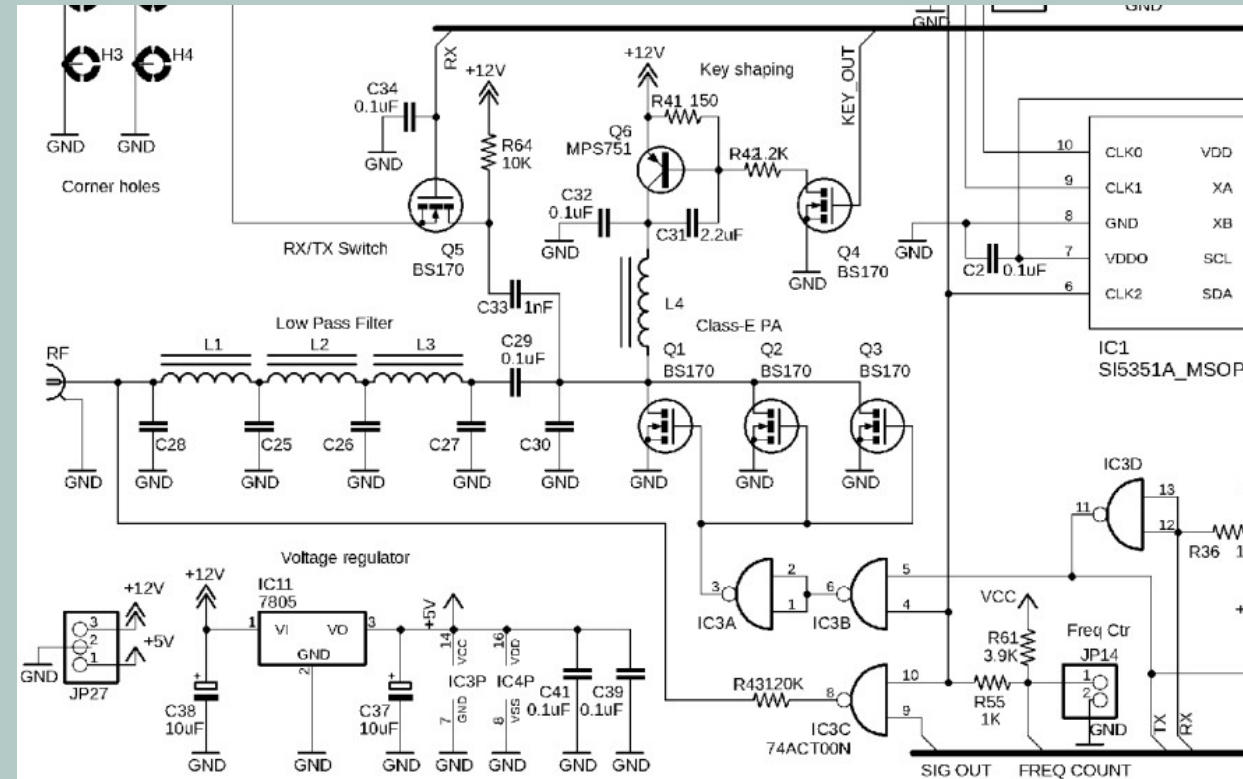


- Mein Fehler in der SW war, dass ich in einer Menü-Funktion vergessen hatte „KEY\_OUT“ aus zu schalten. Damit standen die 3x BS170 noch unter Spannung und der QCX ist mit dem Signal „RX“ (5V) auf Empfang gegangen.
- Genau in diesem Moment ist der QCX um etwa 12dB empfindlicher.
- **Warum ist das so?**
- Aus dem Datenblatt vom BS170 entnommen, sehen wir bei 0V am Drain ist die interne Kapazität sehr hoch und bei 13,8V sinkt steil ab und das bei 3x BS170.
- Bei 0V am Drain wird der Tiefpass total verstimmt.

# QCX+ Multiband, ungewollter virtueller RX-Attenuator

Die Empfindlichkeit des RX „KEY\_OUT“ 0V liegt etwa bei  
**115dBm SN6dB**

Die Empfindlichkeit des RX „KEY\_OUT“ 5V, steigt auf  
**über 130dBm SN6dB**



Ich habe diese Tatsache und einen **RX-Attenuator** programmiert, den man **EIN** und **AUS** schalten kann. Ein OM aus OE hat mich darauf gebracht. Er nutzt schon eine Weile den QCX+ als Multiband TRX.

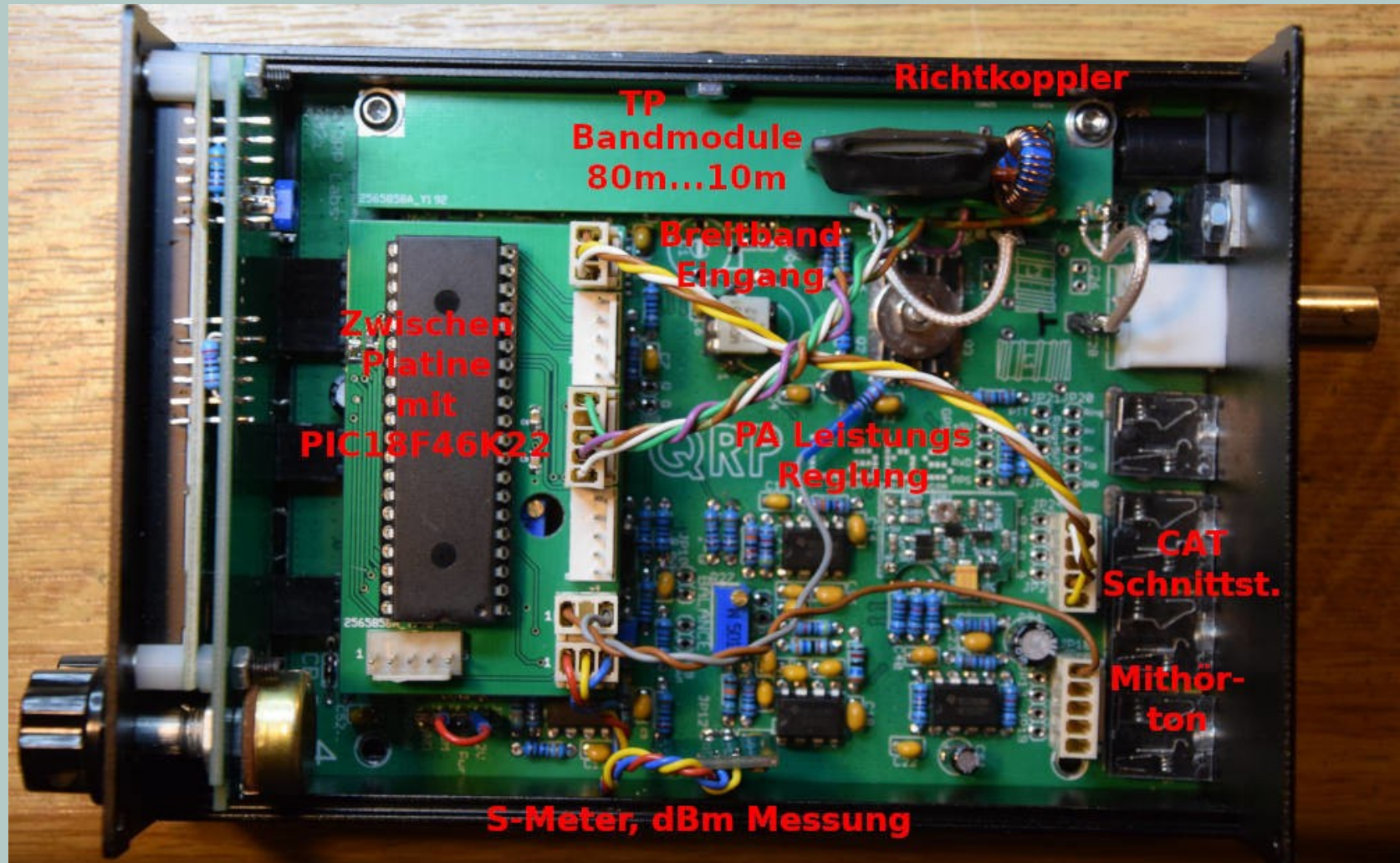
Wird die **Taste 2** lange gedrückt, schaltet der **RX-Attenuator** um.

Im Menü habe ich auch noch ein Punkt für die Umschaltung vorgesehen.

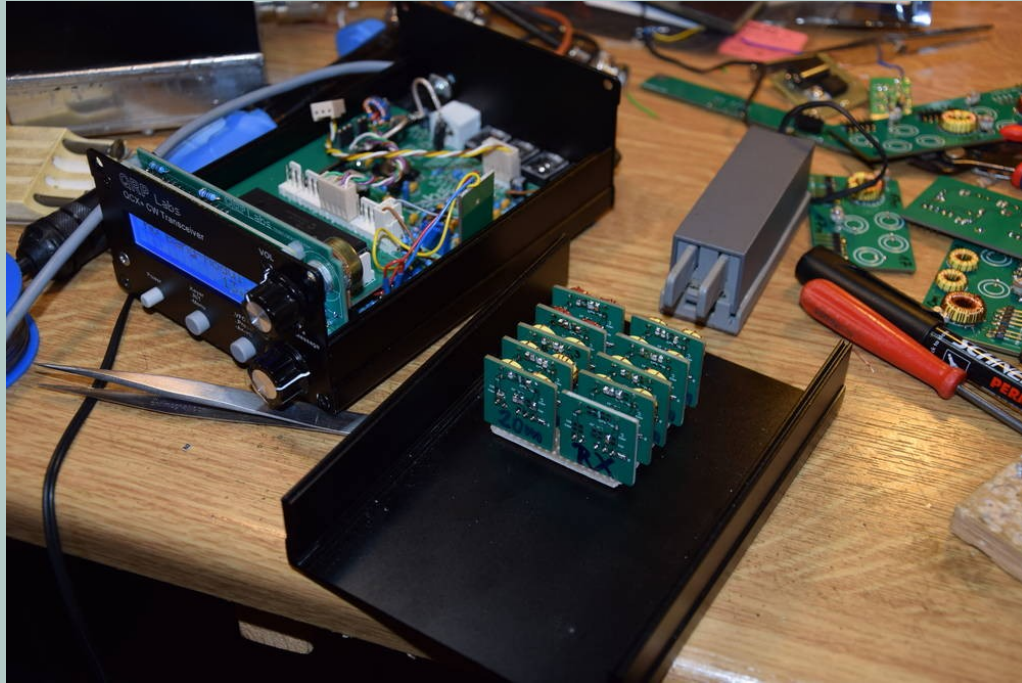


# Mein QCX+ Multiband im Überblick

Überblick meiner Veränderungen zum original QCX



## Mein QCX+ Multiband im Überblick



Alle Module passen in den Deckel. Ich habe zum Schluss alle Module mit einem Schrumpfschlauch geschützt.

## QCX+ Multiband, Software

Die Software ist wieder komplett in Assembler geschrieben. Damit habe ich ausreichend Erfahrung. Ich verwende für die mathematischen Funktionen meine selbst geschriebene Bibliothek. Sie enthält alle Funktionen.

### Menü-Funktionen

- **Tune** Tunen startet mit Leistungs-ALC entsprechend der Einstellung „Set Tune Power“.
- **SWR Bargraph max** In der „Tune“ Funktion wird in Zeile 1 das SWR als Bargraph. angezeigt. Hier wird das Maximum festgelegt.
- **Set Tune Power** Einstellung der Leistung beim Tunen.
- **PA Power Adjust** Einstellung der Sendeleistung im Band.
- **Keyer Practice** CW Zeichen geben ohne zu senden.
- **ATU Einstellung** Hier wird die CAT-Steuerung für meinen ATU aktiviert.
- **RX-Atten. ON/OFF** Den Beschriebenen RX-Attenuator EIN oder AUS schalten.



# QCX+ Multiband, Software

## SETUP-Funktionen

- **[0] Break** Abbruch SETUP
- **[1] Si5351-CLK** Kalibrieren der genauen Quarzfrequenz des SI5351.
- **[2] Keyer Mode** Hand, Keyer (DL4JAL), Keyer (DL4JAL) Punkt und Strich vertauscht.
- **[3] Keyer Speed** WpM Startwert nach PowerON
- **[4] Keyer Memory** Punkt und Strichspeicher ein/aus oder nur teilweise in Prozent
- **[5] QSK Adjust** Verzögerung der TX → RX Umschaltung
- **[6] Sideton Freq** Frequenz des Mithörtones/Quittungstöne
- **[7] Sideton Vol.** Lautstärke des Mithörtones/Quittungstöne
- **[8] Miscellaneous** Gemischtes
  - **AGC [on/off]** AGC von „QRP Labs“ ein/aus
  - **S-Meter [on/off]** LCD-Anzeige S-Meter ein/aus
  - **Battery [on/off]** LCD-Anzeige Spannung der SV ein/aus
  - **dbm [on/off]** LCD-Anzeige „dBm“ ein/aus
- **[9] Rot.Encoder** normal, revers, Verdopplung der Impulse per SW

# QCX+ Multiband, Software

## SETUP-Funktionen

- [10] **Adjust QCX+** Funktionen für den Abgleich des RX
  - (1) **Adj.BPF (C1)** Abgleich des selektiven RX-Eingangs
  - (2) **Adj.I-Q(R27)** Abgleich der Seitenband-Unterdrückung, Amplitude I-Q Balance
  - (3) **Adj.Pha(R24)** Abgleich der Seitenband-Unterdrückung, Phase LOW Frequenz
  - (4) **Adj.Pha(R17)** Abgleich der Seitenband-Unterdrückung, Phase HIGH Frequenz
- [11] **dbm Adjust** Einstellen des „S9“ Punktes mit einem 73dBm Signal
- [12] **CAT-Tuner** Auswahl des angeschlossenen Antennentuners

Noch etwas zum Drehgeber. Ich verwende für die VFO-Abstimmung nur **Drehgeber ohne Rastung**. Das gibt mir die Möglichkeit per Software die Impulszahl pro Umdrehung zu verdoppeln. Das Abstimmgefühl wird viel besser. Mein Drehgeber hat 24 Impulse pro Umdrehung, daraus werden mit dem Softwaretrick 48 Impulse.

Nutzt man vom „Gray-Code“ die steigende und fallende Flanke, ergibt sich eine Verdopplung der Impulszahl pro Umdrehung.

Bei meinem Drehgeber ist der Gray-Code auch noch Revers, also umgekehrt. Aber das kann im SETUP eingestellt werden.

# QCX+ Multiband, Drehgeber

## How To Order

**PEC12R - 4 0 20 F - S 0012**

Model \_\_\_\_\_

Terminal/Bushing Configuration \_\_\_\_\_

- 2 = Vertical Mount - Radial PC Pin/No Bushing
- 3 = Horizontal Mount - Axial PC Pin/with Bushing
- 4 = Horizontal Mount - Axial PC Pin/No Bushing

Detent Option \_\_\_\_\_

- 0 = No Detents** **Keine Rastung**
- 1 = 12 Detents (available with 12 pulses only)
- 2 = 24 Detents

Standard Shaft Length \_\_\_\_\_

15 = 15.0 mm (Horizontal Mount/No Bushing only)	22 = 22.5 mm
17 = 17.5 mm	25 = 25.0 mm
20 = 20.0 mm	30 = 30.0 mm

Shaft Style \_\_\_\_\_

- F = Insulated Flatted Shaft

Switch Configuration \_\_\_\_\_

- S = Push Momentary Switch
- N = No Switch

Resolution \_\_\_\_\_

- 0012 = 12 Pulses per 360 ° Rotation
- 0024 = 24 Pulses per 360 ° Rotation

Die Herstellernummer des von mir verwendeten Drehgebers:

**PEC12R-4020F-S0024**



QCXplus Umbau  
zum Multiband-TRX

**Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!**

vy73 Andreas DL4JAL

DL4JAL@t-online.de

zum Nachlesen:

<http://www.dl4jal.de/Vortraege/QCXmultiband.pdf>