

**QRP-CW-TRX *BM10* mit  
Bandsteckmodulen 160m bis 10m  
von DL4JAL  
Firmware 1.07**

Andreas Lindenau DL4JAL

30. Januar 2025

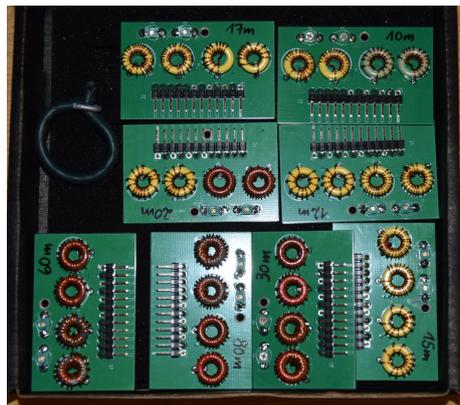
## Zusammenfassung



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-Modules 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 Bänder 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.



Die Bandmodule im Transportbehälter. 2 Ringkerne sind für den Tiefpass der PA und 2 Ringkerne + die 2 SMD-Trimmer sind für die Vor-Selektion des Empfängers.

Für Zwischenfrequenz des Empfängers habe ich eine möglichst hohe Frequenz gewählt, 9,214 MHz. Mit dieser hohen ZF ist die Spiegelfrequenz-Unterdrückung optimal.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Die Software</b>	<b>3</b>
1.1 Firmware im PIC18F46K22, mc-Platine	3
1.1.1 Probleme der SW-Programmierung SI5351 und OLED	3
1.1.1.1 Programmierung des SI5351	3
1.1.1.2 Programmierung des OLED-Display, 0,96 Zoll	5
1.1.2 Normal RX Betrieb	5
1.1.3 Normal TX Betrieb	6
1.1.4 Bedienelement im Normalbetrieb	6
1.1.5 Die Bandumschaltung	7
1.1.6 RIT Funktion	8
1.1.7 XIT Funktion	9
1.1.8 Das S-Meter	9
1.2 Die Menü-Funktionen	9
1.2.1 Tune	10
1.2.2 Tune Power	12
1.2.3 PA PowerAdjust	12
1.2.4 Keyer Practice	12
1.2.5 PicATU20/20B	13
1.2.6 LSP on/off	13
1.2.7 LM4875 Volume	14
1.2.8 RX-Att. ON/OFF	14
1.2.9 AGC ON/OFF	15
1.2.10 XIT up 1kHz	15
1.3 Die SETUP-Funktionen	16
1.3.1 [0] Break	16
1.3.2 [1] SI5351A CLK	16
1.3.3 [2] ZF/BFO adjust	17
1.3.3.1 ZF/BFO adjust – Schritt 1, ZF genau ermitteln	17
1.3.3.2 ZF/BFO adjust – Schritt 2, BFO mit C 123 einstellen	18
1.3.4 [3] Keyer Information	19
1.3.5 [4] Keyer Mode	19
1.3.6 [5] Keyer Punktsp.	19
1.3.7 [6] Keyer Strichsp.	20
1.3.8 [7] Keyer Speed	21
1.3.9 [8] Full/Semi-QSK	21
1.3.10 [9] S-Meter cal	21
1.3.11 [10] Sideton Frequenz	22

1.3.12	[11]	BFO on/off . . . . .	23
1.3.13	[12]	HW/FW Version . . . . .	24
1.3.14	[13]	S-Mt.Display . . . . .	24
<b>2</b>		<b>Schlusswort</b>	<b>25</b>

# Kapitel 1

## Die Software

Auf der MC-Platine befindet sich der Mikrocontroller, der den BM10 steuert. Aus Platzgründen musste ich einen SMD-Typ eingesetzt, PIC18F46K22 TQFP-44. Der ist ziemlich klein.



### 1.1 Firmware im PIC18F46K22, mc-Platine

Die Steuerung des Transceivers übernimmt ein Mikrocontroller der Firma Microchip, der PIC18F46K22. Das ist einer der moderneren PICs. Intern wird der PIC mit 64 MHz getaktet. Damit wird ein flüssiger Ablauf aller Funktionen gewährleistet.

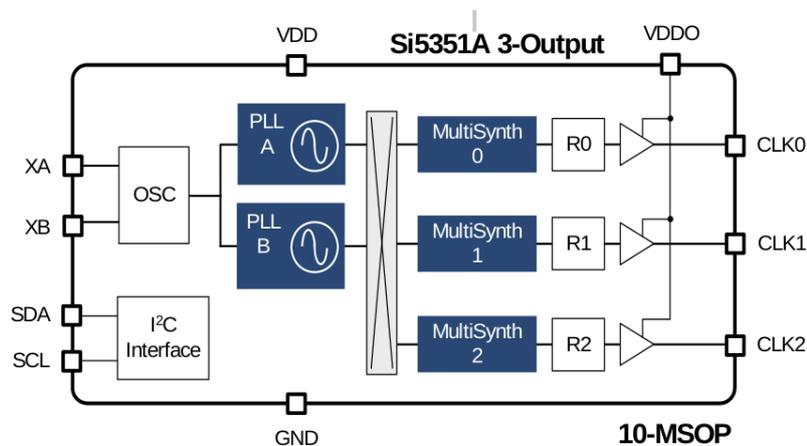
Ich schreibe die Software grundsätzlich in Assembler, da ich genügend Erfahrung darin habe. Der Code wird dadurch sehr effizient und RAM und ROM sparend.

#### 1.1.1 Probleme der SW-Programmierung SI5351 und OLED

Ich habe eine Weile gebraucht den SI5351 und das OLED-Display zum Laufen zu bringen. Wenn es aber einmal funktioniert kann man die entwickelten Software-Module immer wieder verwenden.

##### 1.1.1.1 Programmierung des SI5351

Den SI5351 programmieren ist eine Herausforderung. Das IC hat folgende Struktur:



Links an XA und XB wird der Quarz für die Taktfrequenz des SI5351 angeschlossen. In unserem Modul ist das ein Quarz mit 25 MHz. Auch 27 MHz wird oft verwendet. Rechts sind 3 getrennte HF-Ausgänge. Im *SETUP*, [1] *SI5351A CLK* kann die Taktfrequenz angepasst werden, da die Nennfrequenz und Schwingfrequenz meistens nicht identisch sind. Die *PLLA* und *PLLB* wird so programmiert das eine Grundfrequenz von 400MHz bis 900 MHz erzeugt wird. *MultiSynth0..2* teilen die PLL-Frequenz wieder herunter, bis genau die Ausgangsfrequenz an CLK0..2 heraus kommt. Die Kombination aus PLL-Frequenz und MultiSynth-Teiler erzeugt im Kurzwellenbereich und darüber eine LO-Ausgangsfrequenz mit 1 Hz Auflösung. Das ist schon beachtlich.

Der IC SI5351 hat insgesamt etwa 150 Register. Ich benötige zum steuern des SI5351 nicht alle Register, nur etwa 13 Register verwende ich zur Programmierung. Jedes Register hat maximal 8 Bit. Die Berechnung der Register ist in Wirklichkeit noch komplizierter als ich es oben in der Kurzfassung beschrieben habe. Aber ich denke Einzelheiten sind hier nicht von Interesse.

Für unserm TRX **BM10** benötige ich vom SI5351 nur 2 Ausgänge. Ich habe aber den dritten Ausgang, CLK1, vorgesehen für den digitalen BFO. Der BFO, CLK1, wird im *SETUP*, [11] *BFO on/off* aktiviert/deaktiviert. Allerdings hat sich beim Testen des digitalen BFO heraus gestellt, dass Pfeifstellen im RX zu hören sind. Deshalb habe ich die Variante mit einem extra Quarz für den BFO bevorzugt.

An CLK0 kommt das Oszillator-Signal für den ersten Mischer NE602 heraus. Die Zwischenfrequenz des Quarzfilters wird zur Empfangsfrequenz addiert. Möchte ich auf dem 80m-Band, Frequenz 3,560 MHz etwas empfangen muss an CLK0 folgende Frequenz ausgegeben werden.

$$LO = 3,560MHz + 9,214MHz = 12,774MHz$$

Bei jeder Frequenzänderung berechne ich immer gleich die Ausgabefrequenz an CLK2 für den TX mit und programmiere sie im SI5351 in der *PLLB*. In unserem Beispiel wäre das die Frequenz 3,560000 MHz. Wird am VFO die Frequenz verändert, beginnt die Berechnung beide Kanäle neu und auch das Programmieren des SI5351.

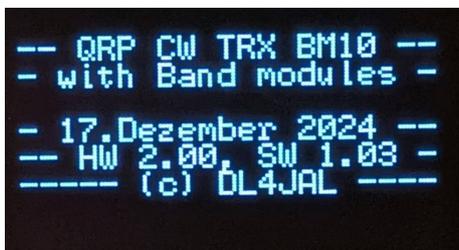
Will ich die Sendefrequenz am SI5351 ausgeben, brauche nur CLK0 ausschalten und CLK2 einschalten. Der Ablauf in der Software gestaltet sich so einfacher als ein ständiges Umprogrammieren eines Kanales im SI5351.

### 1.1.1.2 Programmierung des OLED-Display, 0,96 Zoll

Auch das OLED-Display war in der Programmierung nicht ganz ohne. Zum Glück gibt es genügend Beispiele in verschiedenen Mikrocontroller-Programmiersprachen, die ich anschauen und übernehmen konnte. Das OLED 0,96 Zoll ist ein rein grafisches Display. Es wird ein Font-Datensatz benötigt für die Textausgaben. Das Display hat eine Auflösung von 128 Pixel Breite und 64 Pixel Höhe. Es kann auch per Software in der Ansicht um 180 Grad gedreht werden. Alle Möglichkeiten der Programmierung habe ich nicht ausgeschöpft.

### 1.1.2 Normal RX Betrieb

Nach dem Einschalten wird der PIC18F46K22 initialisiert. Im Display sieht man in der kleinsten Schrift eine Info über den TRX mit Erstellungsdatum der SW, HW-Version, SW-Version usw... Danach wird Frequenz je nach Bandmodul eingestellt. Empfänger ist eventuell ein Rauschen zu hören.



Display nach *PowerON*. Es wird kurz eine Info in kleiner Schrift gezeigt mit Datum, Hardware-Version 2.00 und Software Version 1.03 usw...



Beschreibung der Display-Anzeige beim Empfang:

**Zeile 1** In kleiner Schrift ist die Schrittweite der VFO-Abstimmung zu sehen. Die Schrittweite nach *PowerON* beträgt 50Hz. Mit der *Taste 1* wird die Schrittweite erhöht und mit der *Taste 2* wieder erniedrigt.

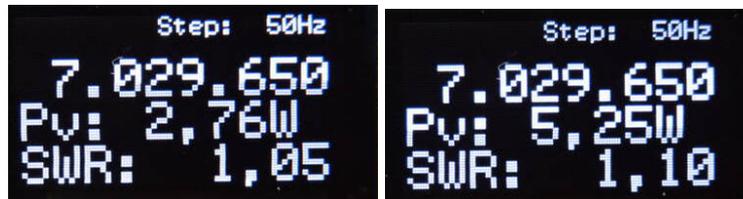
**Zeile 2** Der Empfänger steht auf „10,124 950 MHz“.

**Zeile 3** Die Betriebsspannung beträgt 13,4 Volt. Anschließen das „L“ bedeutet, dass der Lautsprecher eingeschaltet ist. „S6“ ist der S-Meter-Wert des Empfangssignales.

**Zeile 4** Die Gebegeschwindigkeit der Keyer-Software 18 **W**örter **p**ro **M**inute.

### 1.1.3 Normal TX Betrieb

Sobald gesendet wird, ändert sich das Display in Zeile 3 und 4.



Zwei Beispiele die angezeigt werden.

**Zeile 3** Die Sendeleistung „Pvor“. Gemessen mit dem Richtkoppler auf der TRX-Platine.

**Zeile 4** Gefolgt vom SWR. Auch die Messwerte des Richtkopplers. Sehr genau geht der nicht, aber das SWR ist eine gute Orientierung.

### 1.1.4 Bedienelement im Normalbetrieb

Für die Bedienung sind 2 Tasten, 2 Drehgeber und das Poti für die Lautstärke vorgesehen. Das Lautstärke-Poti ist rein analog. Im Display sind werden alle erforderlichen Informationen angezeigt. Mit der Firmware verknüpft sind die 2 Drehgeber, die 2 Tastenfunktionen im Drehgeber und 2 separate Tasten.



Oben links das Poti für die Lautstärke. Darunter der Drehgeber mit Rastung und Tastenfunktion *Taste 4*. Rechts der Drehgeber ohne Rastung ist für den VFO. Zusätzlich im Dregeber-VFO die Tastenfunktion *Taste 3*. Rechts neben dem Display die Einzeltasten *Taste 1* und *Taste 2*.

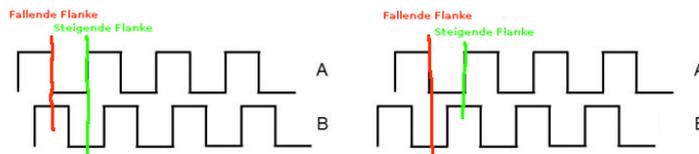
**Hier eine Tabelle der Tastenfunktionen im Normalbetrieb zur Übersicht:**

Taste	Tastendruck kurz QTon einmal	Tastendruck lang 400msec QTon 2 mal	Tastendruck ganz lang 1,4Sek. QTon 3 mal
Taste 1	Schrittweite +	Menü	SETUP
Taste 2	Schrittweite -	RIT	RIT aus
Taste(VFO) 3	RIT ein	RIT aus	XIT up 1kHz
Taste(Dreh2) 4	ATT 12dB ein/aus	AGC aus/ein	Spot

Die Schrittweite des VFOs ist in folgenden Schritten einstellbar: 1Hz, 10Hz, 50Hz, 100Hz, 200Hz, 500Hz und 1kHz. Damit lässt sich schnell jede beliebige Frequenz im Band einstellen.

Beim Ändern der Schrittweite wird der neue Wert für 1 Sekunde groß in Zeile 1 angezeigt.

**Drehgeber VFO** Der Drehgeber für den VFO hat keine Rastung. Man hat das Gefühl einer analogen kontinuierlichen Frequenzeinstellung. Ein Drehgeber mit Rastung hat mich schon immer gestört am VFO-Knopf.



Wann ein Impuls vom Drehgeber kommt wird im *Kanal A* ausgewertet (fallende Flanke, rot). Die Drehrichtung des Drehgebers wird im *Kanal B* ausgewertet. Im linken Bild ist bei der fallenden Flanke im *Kanal A* im *Kanal B* *logisch 1* und im rechten Bild *Kanal B* *logisch 0* bei entgegengesetzter Drehrichtung.

Im Normalfall wird bei jeder fallenden Flanke (rot) ein Impuls gezählt. Die Drehrichtung sehe ich im Kanal B. Dieser Drehgeber ist rein mechanisch und nicht optisch. Er hat 24 Impulse (fallende Flanken) pro Umdrehung.

Ich bin auf die Idee gekommen nicht nur die fallende Flanke im Kanal A auszuwerten, sondern auch die anschließend steigende Flanke (grün). Damit kann ich die Impulszahl pro Umdrehung verdoppeln und komme auf **48 Impulse pro Umdrehung**. Mit diesem Trick ist das Abstimmgefühl am VFO noch besser. **Es werden pro Umdrehung 48 Frequenzschritte ausgeführt.**

**Drehgeber mit Rastung** Dieser Drehgeber hat 24 Impulse/Rastungen pro Umdrehung. Die Drehgeber mit Rastung eignen sich nicht für eine Software-Verdopplung der Impulse pro Umdrehung. Das ergäbe auch keinen Sinn. Dieser Drehgeber ist in erster Linie für die Einstellung der Gebegeschwindigkeit des Keysers. Befinden wir uns aber in einer Menü-Funktion oder SETUP-Funktion wird der Drehgeber zum Ändern der Parameter verwendet. Bei Frequenzeinstellungen im SETUP wird der VFO-Drehgeber benutzt.

### 1.1.5 Die Bandumschaltung

Um auf die einzelnen Amateurfunk-Bänder umzuschalten muss das entsprechende Band-Modul gesteckt werden. Mit R1 auf jedem Bandmodul wird der

Spannungsteiler (TRX R101 10k) neu gesetzt. Anhand der Spannung am Spannungsteiler wird selektiert welches Bandmodul gerade eingesteckt wurde.

Bandmodul	R1	U-Spannungsteiler
160m	0 Ohm	0,00 Volt
80m	1k	0,45 Volt
60m	2,2k	0,90 Volt
40m	3,9k	1,40 Volt
30m	5,6k	1,79 Volt
20m	8,2k	2,25 Volt
17m	12k	2,73 Volt
15m	18k	3,21 Volt
12m	27k	3,65 Volt
10m	47k	4,12 Volt
kein Modul	–	5,00 Volt

Die Frequenz wird neu eingestellt (fest programmiert auf die CW-QRP Frequenz des Bandes) und aus dem Eeprom-Speicher wird die festgelegte PWM der PA-Aussteuerung geladen. Diese wurde in der Menü-Funktion „PA Power-Adjust“ eingestellt. Die PA-Aussteuerung wird für jedes Bandmodul getrennt justiert. Dazu kommen wir noch bei der Erklärung der *Menu-Funktionen*.

### 1.1.6 RIT Funktion

Möchte man nur die Empfangsfrequenz verstellen und die Sendefrequenz nicht, muss man die RIT-Funktion aktivieren. Das ist der Fall wenn die Gegenstelle etwas neben der Frequenz liegt.



(Links) befinden wir uns in der RIT-Funktion und können die Empfangsfrequenz verstellen. Nachdem eine RIT-Frequenz eingestellt wurde und die Funktion verlassen wird, sieht es so aus (Bild rechts). Ist RIT aktiv sieht man die Frequenzablage in der untersten Zeile links.

Die RIT-Funktion kann man über zwei Wege aufrufen:

1. Mit der Tastenfunktion des Drehgeber-VFO
2. Mit der *Taste 2 lang*

Die Schrittweite geht automatisch auf 10Hz. Mit dem VFO-Drehgeber wird die neue Empfangsfrequenz eingestellt. In der aktiven RIT-Funktion sind folgende Bedienmöglichkeiten mit den Tasten:

**Taste 1** Änderung der Schrittweite (1Hz, 10Hz, 50Hz und 100Hz)

**Taste 2** Ende der RIT-Funktion. Die RIT bleibt wie sie eingestellt wurde.

**Taste 3, Drehgeber-VFO** Ende der RIT-Funktion. Die RIT bleibt wie sie eingestellt wurde.

**Taste 1, 2 lang** RIT = 0,0 (RIT aus) und Ende der RIT-Funktion

**Taste 3 lang, Drehgeber-VFO** RIT = 0,0 (RIT aus).

### 1.1.7 XIT Funktion

Der BM10 hat keine spezielle XIT-Einstellung, aber das versetzte Senden ist natürlich auch möglich. Ich habe im Menü eine Funktion „XIT up 1kHz“ implementiert. In der Software nutze ich zum Einstellen der XIT, die RIT-Funktion. Was passiert der Reihe nach wenn „XIT 1kHz up“ aktiviert wird?

1. Zur RX und TX Frequenz wird 1 kHz addiert. Die Empfangsfrequenz und Sendefrequenz wandert 1 kHz nach oben.
2. Die RIT wird auf  $-1$  kHz eingestellt. So das der Empfang wieder auf der ursprünglichen RX-Frequenz ist. Die Sendefrequenz steht jetzt im Display, empfangen wird aber 1 kHz tiefer.
3. Die Software merkt sich das „XIT 1kHz up“ aktiviert wurde in einem Software-BIT.
4. Wird RIT wieder gelöscht wird von der RX und TX-Frequenz wieder 1 kHz subtrahiert. So das die ursprünglichen Frequenzen TX und RX wieder eingestellt wird.

Aktiviert wird „XIT up 1kHz“ mit der Tastenfunktion im Drehgeber VFO (3 Quittungstöne) oder in den Menüfunktionen. Die Deaktivierung erfolgt über „RIT aus“. Wie vorheriges Kapitel beschrieben.

### 1.1.8 Das S-Meter

Mit dem AD8307 habe ich die Funktion des S-Meters realisiert. Der AD8307 hat einen logarithmische Messfunktion, die auch im NF-Frequenzbereich gut funktioniert. Ich zweige das NF-Signal zum Messen hinter dem NF-Verstärker LM386 ab. Dort ist ein genügend großer NF-Pegel vorhanden, der nicht mit in die Lautstärke-Einstellung (Volume) eingeht. Am Ausgang des LM386 wird auch die Regelspannung für die AGC gewonnen. Das S-Meter funktioniert bis etwa  $-85$  dBm recht linear, danach wirkt die „Automatic Gain Control“ und regelt die Verstärkung im Produktdetektor NE612 zurück. Der NF-Pegel steigt nur noch ganz wenig an. Das beeinflusst die S-Meter Auswertung negativ.

Ich empfehle das S-Meter etwas anzupassen. Mit der *SETUP-Funktion*, [9] *S-Meter cal* lässt sich das S-Meter etwas korrigieren.

## 1.2 Die Menü-Funktionen

Funktionen die oft gebraucht werden befinden sich in den Menü-Funktionen. Aufruf der Menü-Funktionen mit *Taste 1 lang*, *2 Quittungstöne*. Möchte man das Menü beenden ohne etwas auszuwählen *Taste 1 lang* drücken. Es erscheint im Display

„– Break! –“

### 1.2.1 Tune

„Tune“ ist die erste Funktion im *Menü*. Steht die Auswahl nicht auf „Tune“, ist mit dem Drehgeber(Rastung) die Funktion auszuwählen.

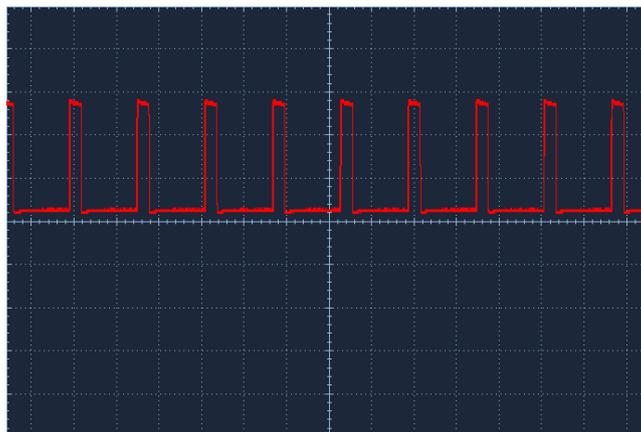


Mit *Taste 1* startet die Funktion.



In Zeile 1 sehen wir die Nachreglung der PWM. Zeile 2 zeigt die reduzierte Sendeleistung an 1,05 Watt und in Zeile 3 das momentane SWR 1,02.

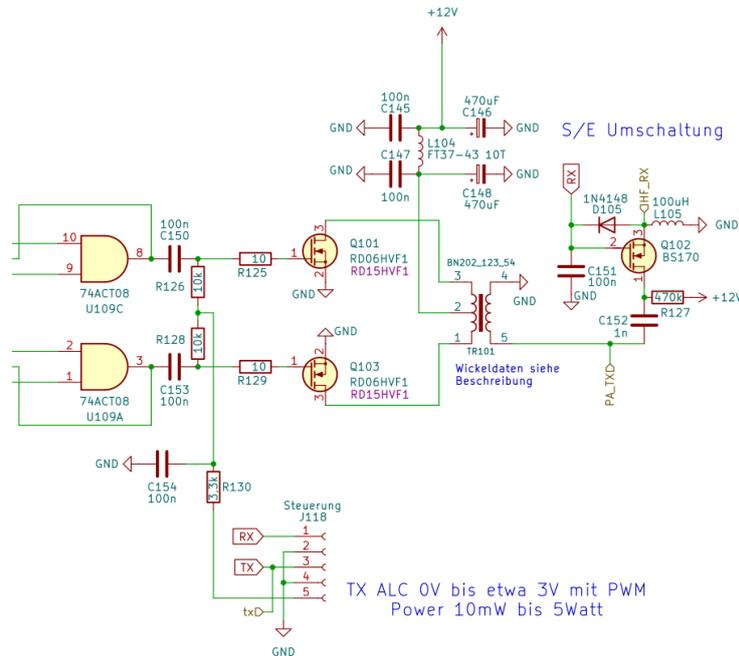
**ALC, die Leistungsreglung mit PWM** PWM ist eine **Puls Weiten Modulation**. Sie wird an vordefinierten Ausgang PortC2, Pin 36 des PIC18F46K22 heraus geführt.



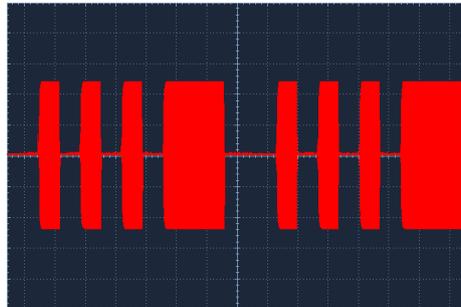
Das Oszillogramm an PortC2, Pin 36 des PIC. Die Frequenz beträgt etwa 62 kHz.

Je nach PWM-Wert 0..1023 ändert sich das High, Low Verhältnis der Rechteckschwingung. Ein Tiefpass unterdrückt die 62 kHz. Es entsteht eine mittlere

Spannung proportional zum PWM-Wert 0..1023 / 0 Volt bis 5 Volt. Mit dieser Spannung steuern wir die Gates der 2 PA-Mosfets RD06xxxx an.



An J118, Pin 5 liegt die PWM an. Der Tiefpass R130/C154 glättet das Rechtecksignal 62 kHz. Die zweite Aufgabe der Kombination R130/C154 ist die „CW-Hüllkurvenformung zum Entfernen von Tastenklicks“. Das Rechteck der Hüllkurve der CW-Zeichen wird etwas abgerundet.



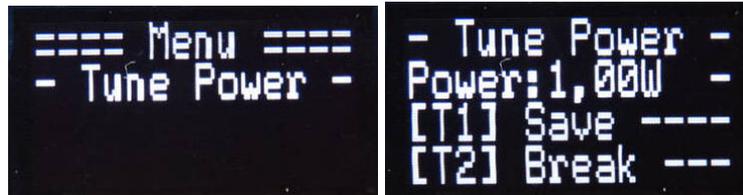
Hier ein Bild von der Hüllkurve des CW-Sende-Signales. Die Ecken sind etwas abgerundet.

Das geglättete PWM-Signal wird zu einer Gleichspannung zwischen 0V und 5V, je nach Pulsweite. Über R126 und R128 wird die Gatevorspannung auf die zwei PA-Mosfets verteilt.

**ALC, die Leistungsreglung beim Tunen** Die Power/SWR Messung mit dem Richtkoppler auf der TRX-Platine und die PWM im PIC18F46K22 bildet einen Regelkreislauf, ähnlich der ALC. Mit dem Regelkreislauf wird die Sendeleistung auf den eingestellten Wert (1 Watt) beim Tunen gehalten. Wie hoch die Sendeleistung beim Tunen sein soll wird in der nächste Funktion festgelegt.

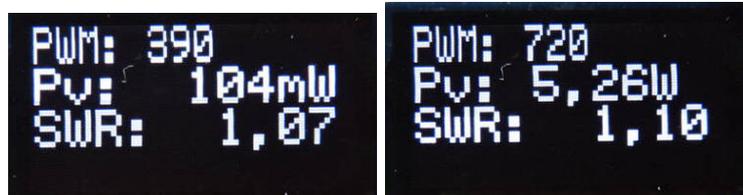
### 1.2.2 Tune Power

In dieser Funktion wird die Sendeleistung beim *Tunen* eingestellt. Mehr als 5 Watt können nicht eingestellt werden. **Günstig ist es die Sendeleistung beim Tunen auf etwa 1 Watt lassen!** So schützen wir die PA-Transistoren.



### 1.2.3 PA PowerAdjust

Hier wird die *Sendeleistung pro Band* festgelegt. **Bevor die Funktion gestartet wird, unbedingt eine Dummyload am Ausgang anschließen!** Es wird nicht die Wattzahl abgespeichert sondern der eingestellte PWM-Wert pro Band.

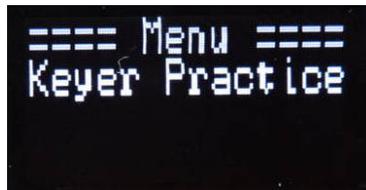


Rechts sehen wir den Startwert der PWM 390. Wir können mit dem Drehgeber (Rastung) den PWM-Wert bis 900 hoch drehen. Die benötigte Gatespannung ist je nach Transistor RD-Typ unterschiedlich. Auf 40m erreichen wir mit PWM 720 5,26W Sendeleistung. Eingebaut sind 2x RD06HHF.

**Ich empfehle bei dieser Funktion ein Amperemeter in die Stromversorgung einzuschleifen. Der Strom sollte unter Kontrolle bleiben!** Richtwert ist etwa 1 A bei 5 Watt Sendeleistung.

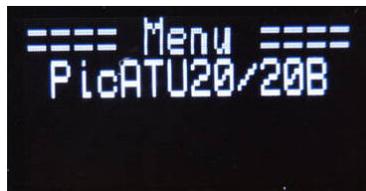
### 1.2.4 Keyer Practice

Mit dieser Funktion wird das Senden abgeschaltet. Es funktioniert nur der Keyer mit seinem Mithörton. Das ist praktisch zum Testen der Keyer-Funktion. Als Erinnerung, der Einstellung, wechselt die Bezeichnung „WpM“, „HAND“ in „wpm“, „hand“.



### 1.2.5 PicATU20/20B

Über die CAT-Schnittstelle ist es möglich meinen Eigenbau-QRP-Tuner anzusteuern. Die Befehle versteht nur mein Eigenbau-QRP-Tuner „PicATU20“, „PicATU20B“ oder „PicATUmini“. Die Befehle zum Tuner werden mit der RS232 im TTL-Pegel an den Tuner gesendet.



Folgende Befehle sind implementiert. Je nach Tuner-Typ sind die Befehle unterschiedlich.

**Match** Vollständige Suche der Anpassung in 4 L/C Varianten mit schneller L/C Weiterschaltung.

**Match deep** Vollständige Suche der Anpassung in 4 L/C Varianten mit Such in die Tiefe.

**ReMatch** Nachstimmen

**ReMatch deep** Nachstimmen in die Tiefe (umfangreicher)

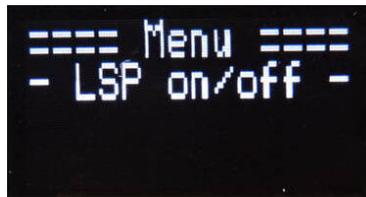
**Band save** Gefundene Einstellung in allen 10kHz Segmente des Bandes speichern

**10kHz save** Nur im aktuellen 10 kHz Segment speichern

**L/C Var. 0..5** Gezielt die L/C-Variante einschalten um anschließende mit *Re-match deep* zu suchen. Beim „PicATUmini“ L/C Variante 0 entspricht *HIGH*(> 50 Ohm) und L/C Variante 1 entspricht *LOW*(< 50 Ohm).

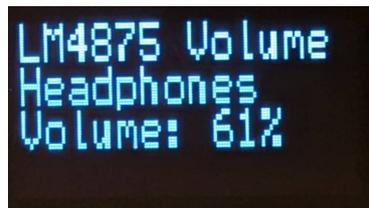
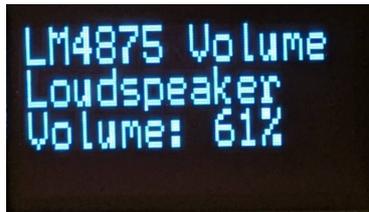
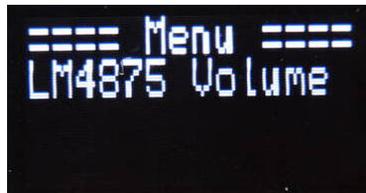
### 1.2.6 LSP on/off

Der Audio-Endverstärker hat eine Brückenschaltung zum Ansteuern eines Lautsprechers. Der Lautsprecher kann mit einem Logisignal *ein* und wieder *aus* geschaltet werden. Das geschieht mit dieser Funktion. Der Vorteil ist, der Lautsprecher kann ständig angeschlossen bleiben. Die Einstellung wird gespeichert.



### 1.2.7 LM4875 Volume

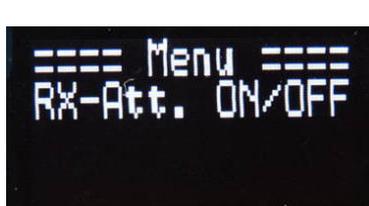
Mit dieser Funktion kann die Verstärkung des LM4875 verändert werden. Die eigentliche Lautstärkereglung erfolgt mit dem Poti 10kOhm/log. Manchmal ist es aber notwendig die maximale Verstärkung etwas zu erhöhen, wenn sich die Umgebungsgeräusche ändern. Dazu wird die zweite PWM im PIC benutzt. Der LM4875 wird mit einer Gleichspannung von 0 bis 5V im Volume geregelt. Am Ende der Funktion wird die Grundlautstärke im Eeprom abgespeichert.



Ich habe die Lautstärke-Grundeinstellung erweitert. Ist der Lautsprecher EIN wird die Grundlautstärke im Lautsprecherbetrieb eingestellt. Ist der LSP AUS wird die Grundlautstärke mit Kopfhörer eingestellt. Die Lautstärken können sehr unterschiedlich sein, im Bild sind sie auf den gleichen Wert. Diese Einstellungen werden getrennt abgespeichert und abgerufen, wenn der Lautsprecher EIN/AUS geschaltet wird.

### 1.2.8 RX-Att. ON/OFF

Den Attenuator 12dB-Dämpfung am Empfängereingang zuschalten oder abschalten. Im Display Zeile 1 wird der Attenuator angezeigt, wenn er aktiv ist „Att:12dB“. Die gleiche Funktion wird auch mit der *Taste kurz* im Drehgeber mit Rastung (ein Quittungton) ausgelöst.



Im rechten Bild, der *ATT 12dB* ist aktiv.

### 1.2.9 AGC ON/OFF

Der Empfänger besitzt eine AGC. Ich habe die AGC noch einmal etwas abgeändert und eine Schaltung des QRP-TRX „SW 3B“ nachempfunden. Die AGC funktioniert etwas besser als die einfache Rückführung mit der LED. Was mich an der AGC mit der LED am meisten gestört hat, war die unsaubere NF-Audio im Kopfhörer. Das ist bei der neuen AGC nicht der Fall. Wird die AGC aus der NF gewonnen, entsteht bei plötzlichen Wechsel von kein Signal zu einem starken Signal ein Plopp. Meine Empfehlung den Widerstand 100k parallel zum Kondensator 10uF entfernen. Die AGC wird etwas ruhiger in der Nachreglung.

Diese Menü-Funktion schaltet die AGC aus/ein. *AGC on/off* wird auch mit der *Taste lange, 2 Quittungstöne* im Drehgeber mit Rastung ausgelöst.



Anschließend wird kurz der „AGC-Zustand“ angezeigt. Auch nach PowerON wird auch der AGC-Zustand gezeigt, da der Zustand dauerhaft im Eeprom abgelegt wurde. Die Anzeige soll erinnern ob die AGC aktiv ist. Wurde die AGC abgeschaltet erinnert im Display letzte Zeile „AGC off“ kleine Schrift daran.

### 1.2.10 XIT up 1kHz

Der BM10 hat keine spezielle XIT-Einstellung, aber das versetzte Senden ist natürlich auch möglich. Ich habe im Menü eine Funktion „XIT up 1kHz“ implementiert. In der Software nutze ich zum Einstellen der XIT, die RIT-Funktion. Was passiert der Reihe nach wenn „XIT 1kHz up“ aktiviert wird?

1. Zur RX und TX Frequenz wird 1 kHz addiert. Die Empfangsfrequenz und Sendefrequenz wandert 1 kHz nach oben.
2. Die RIT wird auf – 1kHz eingestellt. So das der Empfang wieder auf der ursprünglichen RX-Frequenz ist. Die Sendefrequenz steht jetzt im Display, empfangen wird aber 1 kHz tiefer.
3. Die Software merkt sich das „XIT 1kHz up“ aktiviert wurde in einem Software-BIT.
4. Wird RIT wieder gelöscht wird von der RX und TX-Frequenz wieder 1 kHz subtrahiert. So das die ursprünglichen Frequenzen TX und RX wieder eingestellt wird.

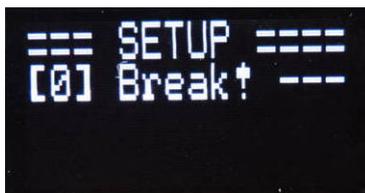
Aktiviert wird „XIT up 1kHz“ mit der Tastenfunktion im Drehgeber VFO (3 Quittungstöne) oder in den Menüfunktionen. Die Deaktivierung erfolgt über „RIT aus“.

## 1.3 Die SETUP-Funktionen

Drückt man die *Taste 1* sehr lange, es kommen 3 Quittungstöne, kommt man in das SETUP. Mit dem Drehgeber(Rastung) wählen wird die entsprechende Funktion aus und starten sie mit einem *kurzen Druck auf Taste 1*.

### 1.3.1 [0] Break

Abbruch des SETUP.



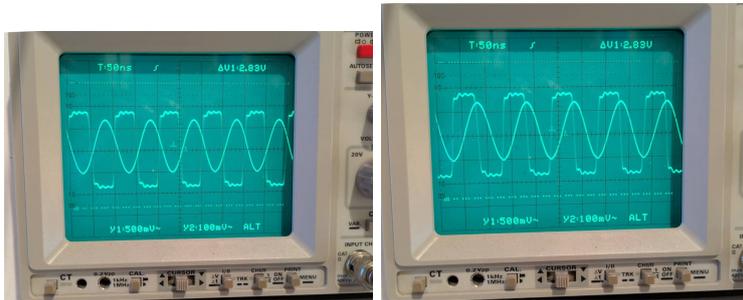
### 1.3.2 [1] SI5351A CLK

Einstellen der richtigen Taktfrequenz des SI5351 auf dem SI5351-Modul. Am Ausgang CLK0 des Modules werden zum Vergleich 10.000.000 Hz ausgegeben.



Mit dem Drehgeber(VFO) verändern wir die Taktfrequenz so lange bis an CLK0 des Modules genau 10.000.000 Hz anliegen. Da die Taktfrequenz auf dem Modul nicht genau stimmt weichen die 10.000.000 MHz immer etwas ab. Mit dem Verändern der Taktfrequenz können wir die Genauigkeit der Ausgabefrequenz am SI5351 korrigieren. Dazu vergleichen die 10MHz eines GPS-Normales mit den 10MHz am Ausgang CLK0 mit einem Oszi (2 Kanäle). Ich benutze immer einen alten analogen Oszillograph. Mit dem lassen sich die beiden Frequenzen besser vergleichen.

Mit der *Taste 2* kann die Schrittweite der Frequenz verändert werden. Nach 100kHz Schrittweite beginnt wieder 1Hz Schrittweite. Die Schrittweite 100kHz wird benötigt wenn auf dem *SI5351-Modul* ein total anderer Quarz verwendet wird. Ich hatte noch 27 MHz Quarze in dieser kleinen SMD-Bauform und habe den Quarz gewechselt. Mit der 100kHz Schrittweite konnte ich die 27 MHz schnell einstellen.



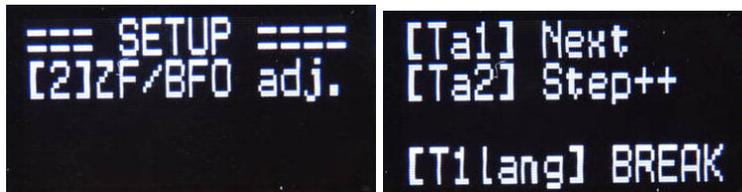
Das Sinussignal im Kanal 1 ist von meinem Frequenz/Pegelnorm (genau 10,000000 MHz). Das Rechtecksignal im Kanal 2 ist vom TRX SI5351 Ausgang CLK0. Die Bilder sind im Abstand von etwa 2 Sekunden aufgenommen. Das Rechtecksignal läuft ganz leicht hin und her. Die Taktfrequenz habe ich auf 26,999024 MHz eingestellt. Der 27 MHz Quarz auf dem SI5351-Modul weicht in seiner Schwingfrequenz ab. Er schwingt genau auf 26,999024 MHz.

Mit der *Taste 1* speichern wir die neue Taktfrequenz ab. **Die Kalibrierung war erfolgreich!**

### 1.3.3 [2] ZF/BFO adjust

#### 1.3.3.1 ZF/BFO adjust – Schritt 1, ZF genau ermitteln

In dieser Funktion wird die genaue Zwischenfrequenz ermittelt. Die Zwischenfrequenz kann in einem großen Bereich verstellt werden. Bevor die genaue ZF eingestellt wird muss aber zuerst die Kalibrierung der genauen Taktfrequenz des SI5351 durchgeführt werden ([1] SI5351A CLK) und die Einstellung der Tonhöhe des Mithörtones [10] Sideton Frequenz sollte auch vorher erfolgen.



Kurze Erklärung der Tasten-Funktionen.

In dieser Funktion wird der SI5351 umprogrammiert, so das am Pin SI5351-CLK0 die ZF-Frequenz, Display Zeile 2, ausgegeben wird, als LO-Frequenz. Durch das Übersprechen im NE602 wird ein geringer Pegel der ZF-Frequenz an Pin5 ausgegeben. Das Signal geht durch das ZF-Abzweigfilter zum zweiten Mischer NE602 und auch zum S-Meter mit dem AD8307. Auf dem Display sehen wir den Wert des AD-Wandlers vom S-Meter. Wichtig! die AGC muss eingeschaltet sein. Das ZF-Signal ist so stark, dass der LM386 ohne AGC in die Begrenzung geht. Die Frequenz der ZF wird so lange verändert bis das Maximum am AD-Wandler erreicht ist. Somit sind wir genau in der Mitte der Durchlasskurve des Quarzfilters. Der gefundene Wert wird mit einem *kurzen Tastendruck Taste 1* abgespeichert. Brechen wir hier die Funktion mit *Taste 1 lang* ab, ist die Funktion beendet und wir kommen nicht zum BFO-Abgleich. **Die neue Einstellung wird auch nicht gespeichert!**



### Tastenfunktionen im Schritt 1

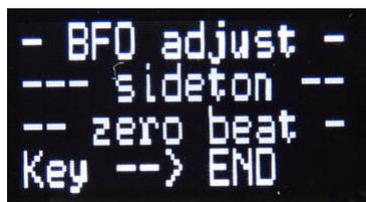
Taste	Tastendruck kurz QTon einmal	Tastendruck lang 400msec QTon 2 mal
Taste 1	Speicher -- > Schritt 2	Abbruch
Taste 2	Schrittweite +	keine Funktion
Taste(Drehgeber 2) 4	Mithörton ein/aus	keine Funktion

Zusätzlich kann ich mit der Tastenfunktion *Taste 3* des Drehgebers mit Rastung den Mithörton ein- oder aus schalten, da das „Abstimmen im Schritt 2“ doch etwas schwierig ist. Ist der Mithörton im *Schritt 1* EIN, ist das Schwebungs-NULL, bei Verstimmen der Zwischenfrequenz (1Hz Schritte) gut zu hören.

**Der „Mithörton in Schritt 1“ ist erst ab FW 1.05 zuschaltbar.**

#### 1.3.3.2 ZF/BFO adjust – Schritt 2, BFO mit C 123 einstellen

Speichern wir aber die neue Frequenz der ZF mit *Taste 1* ab, kommen wir als nächstes zum Abgleich des BFOs. Der Mithörton wird als Abstimmhilfe angeschaltet. Mit dem Trimmer C123 stimmen wir auf Schwebungs-NULL ab. **Beim Verdrehen des Trimmers muss es 2 mal ein Schwebungs-NULL geben!** Ist das nicht der Fall, ist der Abstimmbereich des Trimmers nicht an der richtigen Stelle. Durch Änderung von C121 und C126 muss der Abstimmbereich verändert werden. Ich habe für C121=27pF und C126=68pF eingelötet. Das hat dann gepasst.

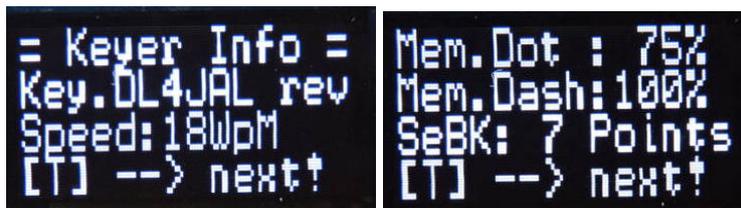
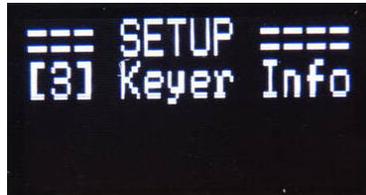


Die Funktion beenden wird mit einem Tastendruck. Die neue ZF-Frequenz wurde ja schon gespeichert.

Ich gebe zu, das ist etwas knifflig, aber der BFO mit dem extra Quarz ist die beste Lösung um möglichst wenig Pfeifstellen im Empfänger zu haben. Ich habe ab der Firmware-Version 1.03 noch eine *SETUP-Funktion*, [11] *BFO on/off* geschrieben. Wird der BFO im SI5351 aktiviert entfällt der Abgleich mit dem Trimmer C123. Das BFO Signal kommt dann über eine Widerstands-Kondensator-Kombination 2,7k/1nF zum Pin 6 des Produktdetektors NE612. **Es sind dann aber leise Pfeifstellen im Empfänger zu hören.**

### 1.3.4 [3] Keyer Information

Hier sehen wir unser Einstellungen zum Keyer und Semi-QSK. So kann man sich einen Überblick verschaffen bevor man etwas verstellt.



Alle Keyer-Einstellungen in 2 Displaybildern übersichtlich zu sehen.

### 1.3.5 [4] Keyer Mode

Die einzelnen Keyer-Einstellungen. In dieser Funktion wird der Mode des Keyers ausgewählt.



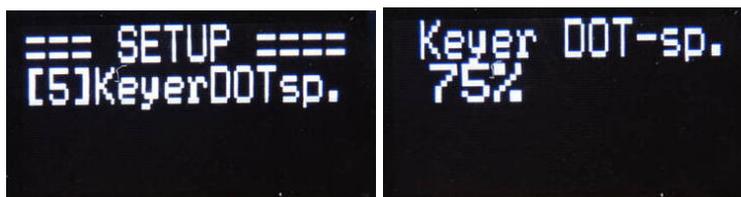
**Hand DIT+DAH** Handtastung. Es funktionieren beide Eingänge, Punkt und Strich.

**Keyer DL4JAL** Meine Keyer-Software mit einstellbaren Punkt- und Strichspeicher.

**Keyer revers** Meine Keyer-Software mit einstellbaren Punkt- und Strichspeicher. Aber Punkt und Strich-Eingang ist vertauscht.

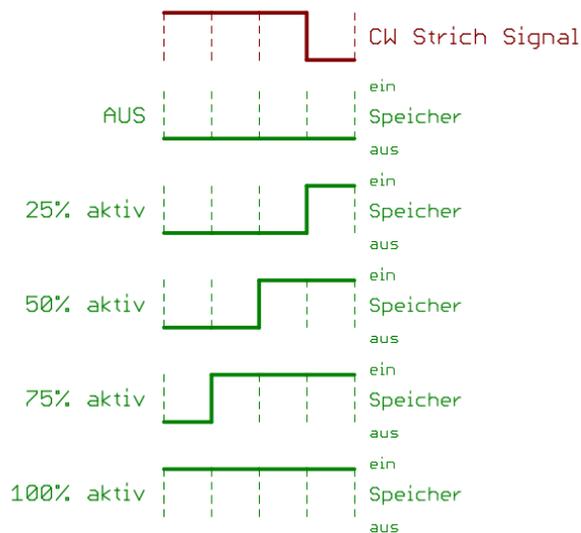
### 1.3.6 [5] Keyer Punktsp.

Die einzelnen Keyer-Einstellungen. Hier wird die Wirkung des Punktspeichers eingestellt. Ist man zu schnell beim Geben, der Strich wird gerade ausgegeben, und tippt den Punkt an, merkt sich die SW diesen Punkt. Er geht nicht verloren.



Meine Einstellung zum Punktspeicher.

### Diagramm des Punktspeichers

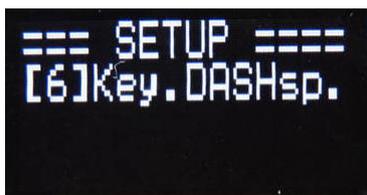
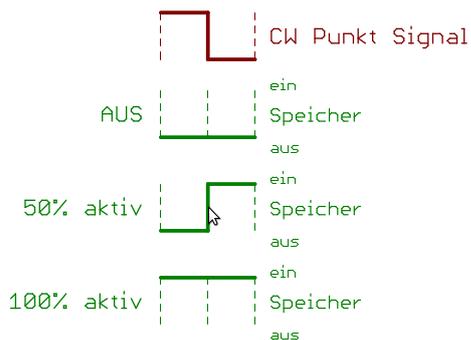


Im Diagramm ist ersichtlich wie die Einstellung der Prozentzahl wirkt.

### 1.3.7 [6] Keyer Strichsp.

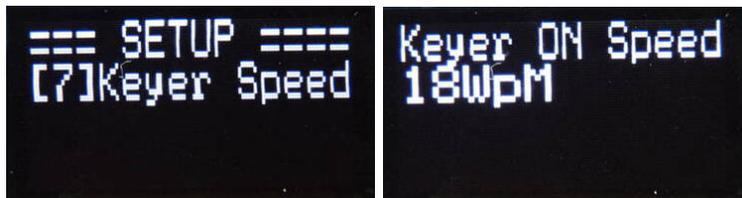
Das gleiche wie beim Punktspeicher, aber der Punkt ist viel kürzer. Deshalb ist die Möglichkeit der Einstellung kleiner.

### Diagramm des Strichspeichers



### 1.3.8 [7] Keyer Speed

Die einzelnen Keyer-Einstellungen. Im *Keyer Speed* legt man fest welche Gebeschwindigkeit nach PowerON eingestellt wird. Bei mir sind das **18 WpM**.



### 1.3.9 [8] Full/Semi-QSK

Der letzte Punkt der Keyer-Einstellungen. Ich habe die Software in Punkto „QSK“ noch einmal überarbeitet. Ab Firmware 1.05 ist auch die Einstellung „Full-QSK“ möglich. Für „Full-QSK“ muss die Punktzahl auf „0“ zurück gedreht werden. Für „Semi-QSK“ gilt weiterhin die Punkteanzahl zwischen 4 und 15. Die Anzahl der CW-Punkte ist die Zeiteinheiten wie lange der Sender noch aktiv bleibt. Erst wenn die angegeben Punkanzahl verstrichen ist, wird der Empfänger wieder aktiv. Der Einstellbereich für „Semi-QSK“ ist 4 Punkte bis 15 Punkte. Für „Full-QSK“ ist die Anzahl der Punkt auf „0“ zu stellen.



Links meine Einstellung. Rechts die Einstellung bei „Voll-QSK“. Die Berechnung der Zeit erfolgt mit Keyerspeed = 18 Wörter pro Minute.

Ab Firmware 1.05 ändert sich auch die Berechnungsgrundlage für die Zeit eines CW-Punktes. Es wird immer  $Keyerspeed=18\text{ WpM}$  für die Zeitberechnung verwendet. Die Keyerspeed-Einstellung bleibt davon unberührt.

### 1.3.10 [9] S-Meter cal

Ich wollte unbedingt ein S-Meter im Empfänger haben. Eventuelle Abweichungen können hier korrigiert werden. Dazu legen wird am RX-Eingang ein Signal von -73dBm. Das Eingangssignal kann auch etwas abweichen. Wichtig ist nur das wir den Pegel in etwa kennen.

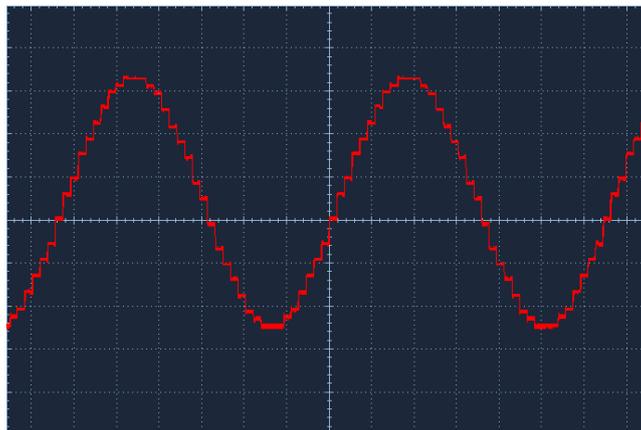


Mit dem Drehgeber korrigieren wir, bis der Pegel am RX-Eingang etwa mit dem Pegel im Display überein stimmt.

**Die AGC verfälscht das Messergebnis. Ich habe versucht die Verfälschung etwas in der SW zu kompensieren. Das ist mir nicht so richtig gelungen.** Ich denke das S-Meter ist immer noch besser als kein S-Meter zu haben.

### 1.3.11 [10] Sideton Frequenz

Der Mithörton bzw. Sideton wird im D/A Wandler des PIC18F46K22 erzeugt. Der D/A-Wandler im PIC18F46K22 hat eine Auflösung von 5 Bit. Hier ein Bild vom erzeugten Sinus.



Die Taktfrequenz des DA-Wandler sind die kleinen Zacken. Die Taktfrequenz liegt außerhalb unseres Hörbereiches.

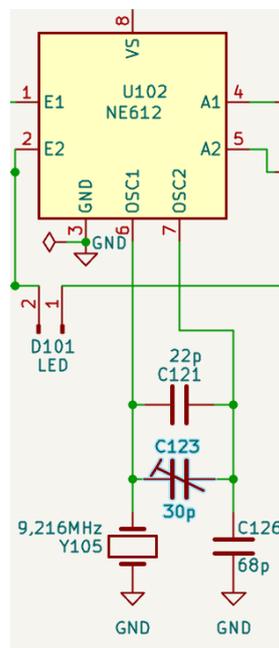
Der OPV U3 MAX44250 auf der MC-Platine entkoppelt dem hochohmigen Ausgang des DA-Wandlers im PIC. Ich führe den Mithörton über einen Widerstand R7, (neu etwa 27k) zur TRX-Platine. Mit dem Einstellregler RV101 25k, auf der TRX-Platine, können wir die Lautstärke des Mithörton/Quittungston einstellen. Reicht der Regelbereich von RV101 nicht aus, der Mithörton ist noch zu laut, ist es sinnvoll auf der MC-Platine R7 von 1,5k auf z.B. 27k zu erhöhen.

Ändere ich die Taktfrequenz der DA-Wandler-Ausgabe, ändert sich die Sinusfrequenz. In dieser Funktion kann ich die Tonhöhe de Mithörtones meinen Hörgewohnheiten anpassen (in 10Hz Schritten). Die Funktion berechnet automatisch im Hintergrund die neue Taktfrequenz des DA-Wandlers. **Wird die Frequenz verändert, ist es eventuell notwendig die SETUP-Funktion [2] ZF/BFO adjust noch einmal durchzuführen. Vor allem den BFO-Abgleich.**



### 1.3.12 [11] BFO on/off

Nutzbar ab Firmware 1.03. Der BFO im SI5351 wird aktiviert/deaktiviert. Im Schaltbild des TRX ist zu sehen, dass der BFO mit einem Quarz 9,215 MHz realisiert wurde.



Es ist aber auch möglich den BFO-Oszillator mit einem Ausgang des SI5351 zu programmieren. Der Vorteil dieses BFO-Oszillators ist die Variabilität der Frequenz.

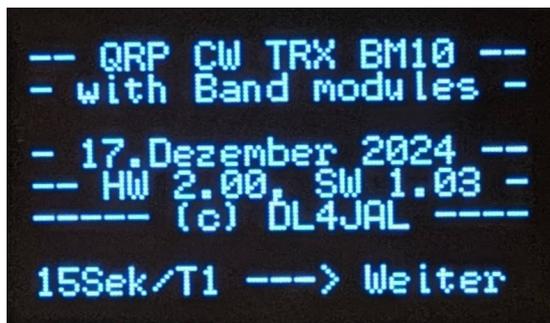
In dieser SETUP-Funktion kann der Ausgang „CLK1“ des SI5351 aktiviert/deaktiviert werden. Wird der BFO aktiviert wird die Verbindung von U104, SI5351 Pin CLK1 zum U102, NE612 Pin6 mit einem Widerstand 2,7k und 1nF in Reihe zusätzlich eingelötet. C121, C123, C126 wird ausgelötet. Der Quarz kann eingelötet bleiben. Der Quarz selektiert etwas die BFO-Frequenz. Wir dürfen ja nicht vergessen der SI5351 liefert nur Rechteckschwingungen und diese beinhalten viele Oberwellen.

Ich gebe den Quarz als BFO der Vorzug, da mit der Aktivierung des SI5351, CLK1 beim TRX-Empfang leise Pfeifstellen zu hören sind. Das hat mir nicht gefallen. Wer das aber einmal testen will kann dies am SI5351 aktivieren, die Verbindung einlöten und testen.

Mit der „Taste 1“ wird der BFO am SI5351 eingeschaltet und mit der „Taste 2“ ausgeschaltet.

### 1.3.13 [12] HW/FW Version

Wenn man sich nach PowerON noch einmal anschauen will mit welchen Versionen gerade gearbeitet wird, so ist das mit dieser Funktion möglich. Die Anzeige im Display bleibt maximal 15 Sekunden stehen oder wird vorzeitig mit der *Taste 1* beendet.



### 1.3.14 [13] S-Mt.Display

Ab Firmware 1.04, Funktion „S-Meter Display“. Diese Einstellung ist nur temporär änderbar und wird nicht gespeichert. Nach einem „PowerON“ ist das normale S-Meter wieder aktiviert.

**Drei Einstellungen sind möglich:**

**S-Meter** normales S-Meter. Das ist immer die Anzeige nach PowerON.

**dBm-Value** RX-Signal in dBm. Diese Anzeige wird stark von der AGC beeinflusst.

**ADC-Value** Der Wert des A/D-Wandlers wird angezeigt, je nach Ausgangsspannung am AD8307. Diese Anzeige ist vorteilhaft bei Abgleicharbeiten. Zum Beispiel bei den beiden RX-Vorkreisen des Bandmodules.



Links der Empfangspegel in dBm und rechts der Wert des AD-Wandlers. Die anderen Anzeigen in Zeile 3, „Spannung-SV“ und „L“ entfallen.

## 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