

QCX CW Transceiver

Multiband-Betrieb und weitere Modifikationen

Manfred Heusy DJ3KK Wolfgang Schwarz DK4RW

Motivation

Der QCX Bausatz [1] ist für den Betrieb auf einem Band zwischen 80 m und 10 m konzipiert. Die Frequenzerzeugung erfolgt für alle Bänder mit einem Si5351 Synthesizer, der per Software entsprechend geschaltet wird. Bandspezifisch sind lediglich wenige Bauelemente (Abbildung 1):

- RX Eingangsschwingkreis
- TX Tiefpass
- TX Speisedrossel

So liegt es nahe, den QCX für Mehrbandbetrieb zu erweitern. Auf der QRP-Labs Mailing List [2] und in der Bildergalerie zum QCX ist eine ganze Reihe von vorgeschlagenen und durchgeführten Umbauten zu finden. Im einfachsten Fall wird der QCX ohne jegliche Änderung auf Bändern unterhalb der Grenzfrequenz des TX-Tiefpasses betrieben, meist mit recht geringer Ausgangsleistung. Auf eine ausreichende Oberwellenunterdrückung wird dabei wenig Rücksicht genommen. Es gibt aber auch recht aufwändige Lösungen, z.B. mit steckbaren Tiefpässen und Eingangskreisen für 6 Bänder [4].

Der QCX verfügt über keine Ausgänge, die für die Umschaltung bandspezifischer Elemente genutzt werden könnten, aber mit der Firmwareversion 1.03 wurden einige CAT Funktionen implementiert. Diese eröffnet neue Möglichkeiten für den Multiband-Betrieb.

Im Folgenden wird gezeigt, wie mit relativ geringem Bauteile- und Umschaltaufwand eine Bandumschaltung via CAT-Schnittstelle realisiert werden kann. Mit einer geänderten PA und modifizierten Tiefpässen lassen sich Ausgangsleistungen zwischen 3 und 5 W bei ausreichender Oberwellenunterdrückung und

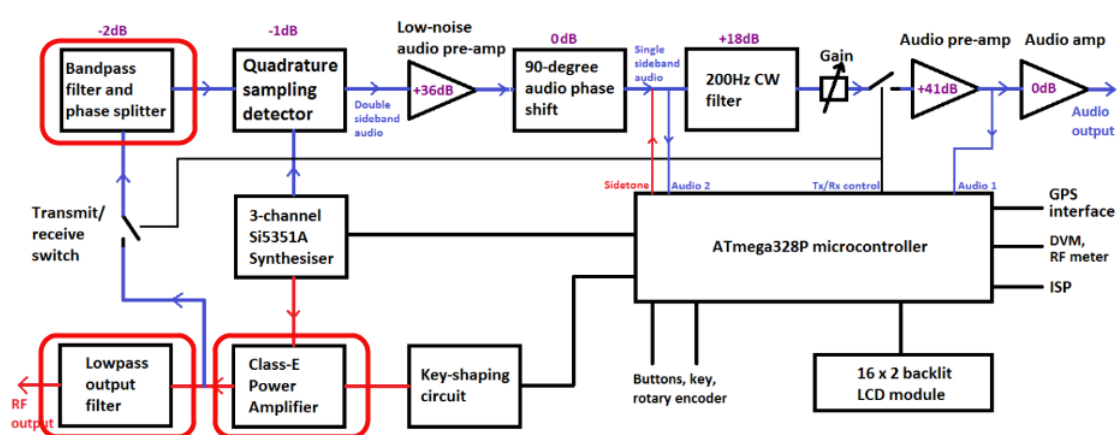


Abbildung 1: QCX Blockschaltbild [1]. Bandabhängige Baugruppen sind rot umrahmt

eine gewisse Absicherung der PA gegen Fehlbedienung erreichen. Für den RX Eingang ergibt sich eine erstaunlich einfache breitbandige Lösung mit guter Empfindlichkeit, auch auf höheren Bändern.

Empfänger-Eingang

Zur Eingangsselektion wird im QCX ein einzelner Schwingkreis zusammen mit dem TX Tiefpass verwendet. Die Filterwirkung ist nicht stark ausgeprägt, wie die Messung des 40 m Filters im eingebauten Zustand zeigt (Abbildung 3). Ein auf 40 m abgeglicherer Empfänger kann auf 60 m mit einer Empfindlichkeitseinbuße von 5 dB betrieben werden. Selbst 80 m Betrieb ist bei einer Dämpfung von ca. 10 dB gut möglich, da hier die Pegel in aller Regel recht hoch sind.

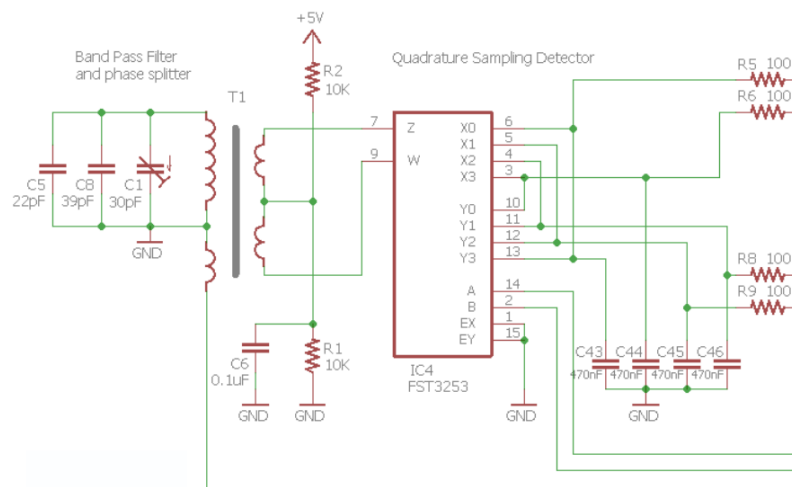


Abbildung 2: QCX Empfängereingang [3]. Der TX Tiefpass, der zwischen Antenne und Schwingkreis liegt, ist hier nicht gezeigt.

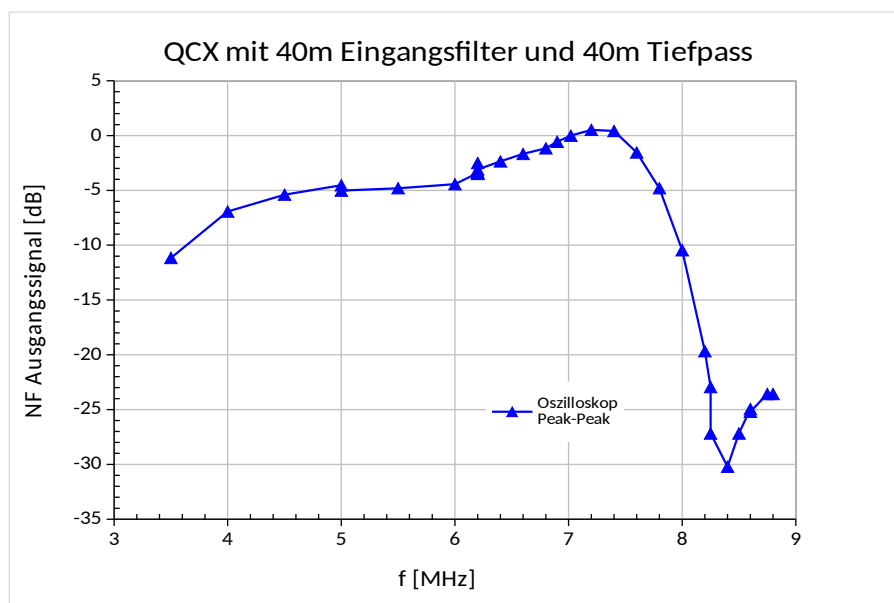


Abbildung 3: NF Ausgangssignal bezogen auf das bei 7,0 MHz bei einem HF Eingangssignal von -90 dBm. Der Dämpfungsanstieg oberhalb von 7,5 MHz wird vom TX Tiefpass verursacht.

Mit diesem nicht sehr selektivem Eingangsteil sind bisher keine Störungen durch Außerbandssignale beobachtet worden. Das legt nahe, ganz auf Eingangsfilter zu verzichten und anstelle von T1 (Abbildung 2) einen 1:1:1 Breitbandübertrager einzusetzen.

Die Kondensatoren C5, C8 und der Trimmer C1 entfallen ebenso wie die Schwingkreiswicklung. T1 wird ersetzt durch einen Ringkern FT37-61. Der Übertrager besteht 5 Windungen aus drei verdrehten Drähten.

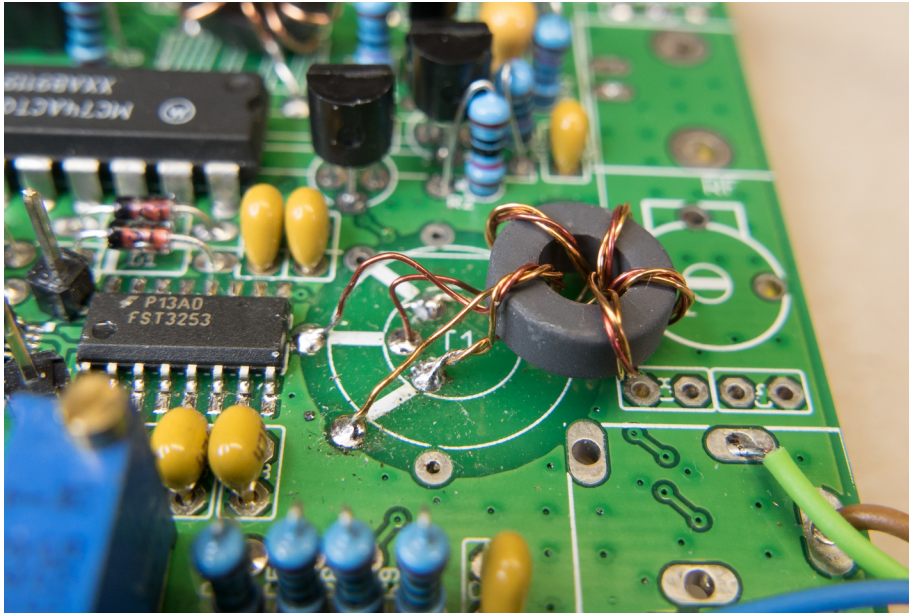


Abbildung 4: RX Eingangsübertrager (5 Windungen trifilar auf T37-61 Ringkern), der den Eingangsschwingkreis mit Koppelwicklungen (T1) ersetzt

Eine der Wicklungen bildet die Primärseite (in Abbildung 4 die Wicklung mit etwas dunklerer Lackierung), die anderen beiden werden in Reihe geschaltet und bilden die Sekundärseite, analog zu Abbildung 2. Für den Übertrager kann auch ein Ringkern FT37-43 oder ein Doppellochkern eingesetzt werden. Die Windungszahl ist nicht kritisch.

Durch den breitbandigen Eingang reicht bei Sendeleistungen von mehr als 3 bis 4 W die Entkopplung des Empfängers durch den RX/TX Switch Q5 nicht immer aus, so dass es zur Übersteuerung im Empfängereingang und in der Folge zu Störungen des Mithörtons kommen kann. Mit einem Widerstand von 30 bis 50 Ω parallel zur Primärseite des Übertragers lassen sich Übersteuerung und Störungen des Mithörtons vermeiden. Überraschenderweise reduziert der Widerstand die Empfindlichkeit praktisch nicht. Sie beträgt auf allen Bändern von 80 bis 10 m ca. -120 dBm, bei einem Signal-Rauschabstand (S+N)/N von etwa 8 dB.

Nebenempfangsstellen konnten selbst mit zwei -30 dBm Signalen am Eingang des Übertragers nicht gefunden werden, auch keine IM2 Produkte. Lediglich Signale auf Vielfachen der Oszillatorfrequenz könnten stören. Diese werden aber durch den TX Tiefpass stark gedämpft. Mit diesen einfachen Tests ist natürlich nicht absolut sichergestellt, dass keinerlei Empfangsstörungen auftreten, im praktischen Betrieb konnten aber bisher keine beobachtet werden.

Diese einfache Modifikation macht den QCX zu einen empfindlichen Allbandempfänger.

11.06.2020

Es liegt nahe, den QCX mit dem 40 m Tiefpass auf 60 m zu betreiben. Die Ausgangsleistung auf 60 m ist ca. 2 dB niedriger als auf 40 m, aber die Oberwellenunterdrückung beträgt nur noch 35 dB. Sehr ähnliche Ergebnisse erhält man mit dem 20 m Tiefpass, wenn der QCX auf 30 m betrieben wird.

Abbildung 6 zeigt die Ausgangsleistung in Abhängigkeit von der Betriebsspannung mit Tiefpässen für 80, 40 und 20 m. Es werden schon mit niedriger Versorgungsspannung relativ hohe Ausgangsleistungen erreicht. Allerdings beträgt der Wirkungsgrad der PA, einschließlich der Verluste im Schalttransistor Q6 und im Tiefpass nur etwa 60%. Um die BS170 thermisch nicht zu überlasten sollte man daher die Ausgangsleistung auf maximal 5 W begrenzen und keinesfalls Dauerstrichbetrieb (z.B. WSPR) machen.

Tiefpassfilter

Speisedrossel: ca. 35 uH, FT37-43 10 Windungen

Band	C1 PA [pF]	L1 PA Seite			C2 Mitte [pF]	L2 Antennen Seite			C3 Antenne [pF]	C4 Parallel zu L2 [pF]
		L [uH]	PA Seite Kern	n		L [uH]	Kern	n		
80m	680	2,33	T37-2	23	1470	2,88	T37-2	27	680	170
40m	330	1,16	T37-2	16	680	1,56	T37-2	19	330	82
30m	220	0,80	T37-6	16	470	1,08	T37-6	18	220	57
20m	150	0,60	T37-6	14	330	1,10	T37-6	18	150	33

Tabelle 1: Cauer-Tiefpassfilter nach KD1JV [5], optimiert mit Elsie [7]

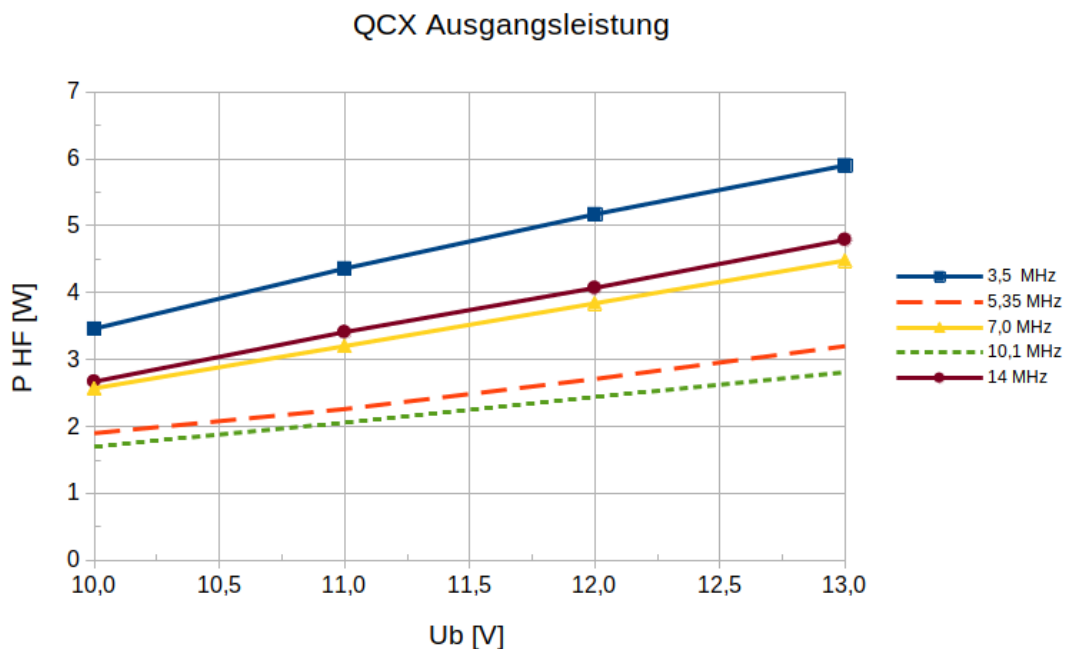


Abbildung 6: Ausgangsleistung des QCX mit Tiefpässen nach Tabelle 1 in Abhängigkeit der Versorgungsspannung. Für 5,35 MHz wurde der Tiefpass für 40m, für 10,1 MHz der für 20 m verwendet.

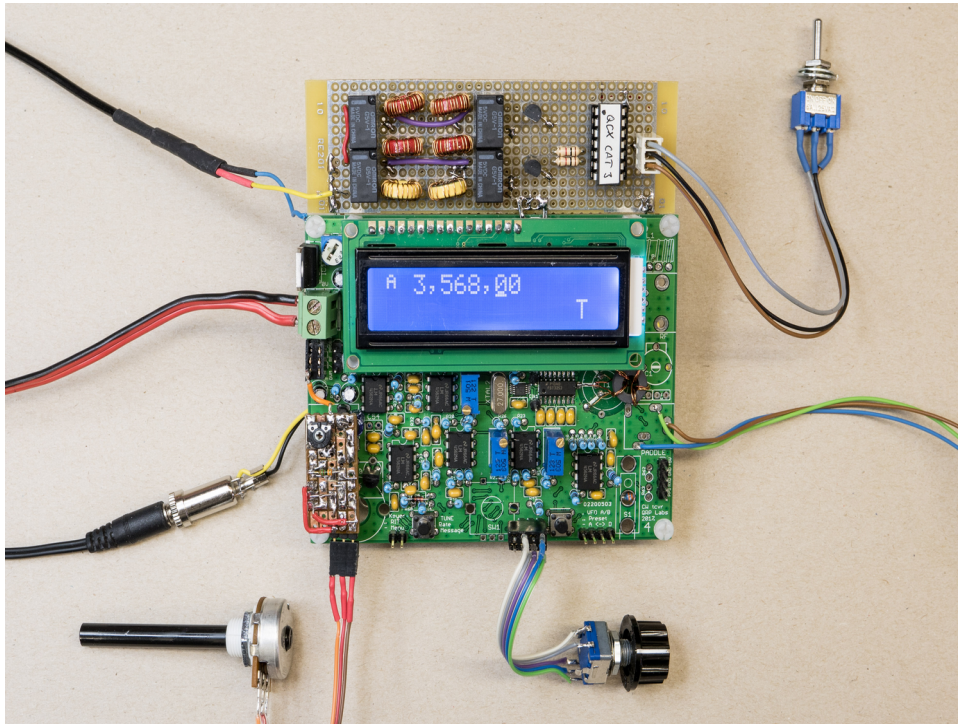


Abbildung 8: Versuchsaufbau des QCX mit Tiefpässen für 80, 40 und 20m. Die Lochrasterplatine mit Tiefpässen, Relais und Mikrocontroller ist mit kurzen Drahtbrücken an der QCX Platine angelötet. Zur Bandumschaltung wird ein Kipptaster verwendet (rechts oben). Links unten auf dem QCX befindet sich eine kleine Zusatzplatine mit der NF AGC.

schaltkontakten eingesetzt. Die Kontakte sind so kaskadiert, dass für 20 m alle Relais in Ruhestellung sind. Für 40 m ist nur das Relaispaar 2, für 80 m sind Relaispaare 1 und 2 angesteuert.

Im Versuchsaufbau Abbildung 8 sind die Tiefpässe mit Relais auf einer doppelseitig kaschierten Lochrasterplatine so angeordnet, dass sich die Eingänge der Tiefpässe unmittelbar neben den Endstufen FET auf der QCX Platine befinden. So ergibt sich eine kurze Verbindung zwischen PA und Tiefpässen. Die Lochrasterplatine hat auf der Oberseite eine durchgehende Massefläche, die über Drahtbrücken an mehreren Stellen mit den Masseflächen des QCX verbunden ist.

Die Platine für die Tiefpässe kann auch unter der QCX Platine montiert werden. Sie kann die Abmessungen der QCX Platine haben und bietet so mehr Platz, auch für eventuelle Zusatzschaltungen. Die notwendigen Verbindungen zwischen den beiden Platinen lassen sich mit Pin-Leisten oder Drahtstücken herstellen.

Damit entsteht ein kompakter Aufbau auf der Fläche der originalen QCX Platine – lediglich die erforderliche Höhe nimmt etwas zu. Ein so aufgebauter 4 Band QCX für 80, 60, 40 und 30 m ist bei DJ3KK seit einigen Monaten erfolgreich im Betrieb.

Andere Modifikationen und Erweiterungen

Seit der Einführung des QCX im Herbst 2017 wurden viele Modifikationen und Ergänzungen auf dem QRPLabs Reflektor [2] und auf der QRPLabs Homepage [1] beschrieben. Im Folgenden sind die Änderungen aufgeführt, die sich für uns als nützlich erwiesen und im praktischen Betrieb bewährten.

Schwingneigung des NF-Verstärkers IC10A

Die NF Ausgangsstufe IC10A neigt mit manchen Kopfhörern zu wilden Schwingungen mit ca. 1 MHz. Dieses, bei Operationsverstärkern mit Verstärkung $G=1$ bekannte Problem lässt sich durch eine Serienschaltung von $10\ \Omega$ und $100\ \text{nF}$ zwischen Pin1 IC10A und GND beheben.

Reduktion der Sende/Empfangs-Umschaltgeräusche

Umschaltgeräusche sind besonders beim QSK Betrieb störend. Sie werden durch schnelle Änderung von Gleichspannungspegeln beim Wechsel zwischen Senden und Empfang an verschiedenen Stellen im Empfänger verursacht. Dies betrifft insbesondere die Spannung an C21 und C22 im Bereich des Lautstärkereglers R36, die Spannung am nicht-invertierenden Eingang von IC10B und Störspitzen, die aus dem QSD (IC4) kommen.

Mit einigen wenigen Änderungen lassen sich die Umschaltgeräusche praktisch vollständig beseitigen. Der Vollständigkeit halber sind auch die Modifikationen aufgeführt, die bereits in den QCX Bausatz eingeflossen oder vorgesehen sind.

- C21, C22 ändern auf $0,47\ \mu\text{F}$ – $1\ \mu\text{F}$ [8]; ist Standard ab PCB Rev 4, QCX assembly Rev. 1.11
- C24 ändern auf $100\ \mu\text{F}$, ggf. parallel zu vorhandenem $10\ \mu\text{F}$ Kondensator [9]; wird Standard im QCX+
- R59 ändern auf $33\text{k}\Omega$; C54 10nF einbauen; siehe Abschnitt zur Modifikation des Mithörtons
- RC-Tiefpass zwischen dem Ausgang des I/Q Summenpunktes und Eingang CW-Filter (Abbildung 9)

Mit diesen Änderungen ist klickfreier QSK-Betrieb möglich, wie die Oszillogramme in Abbildung 10 zeigen.

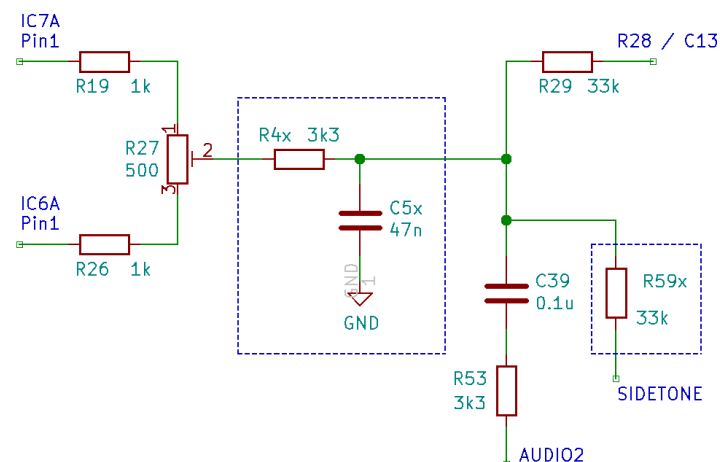


Abbildung 9: Tiefpass zur Reduktion von Umschalt-Transienten aus dem QSD (IC4). Neu hinzugekommene oder geänderte Bauteile sind mit einem Rahmen gekennzeichnet.

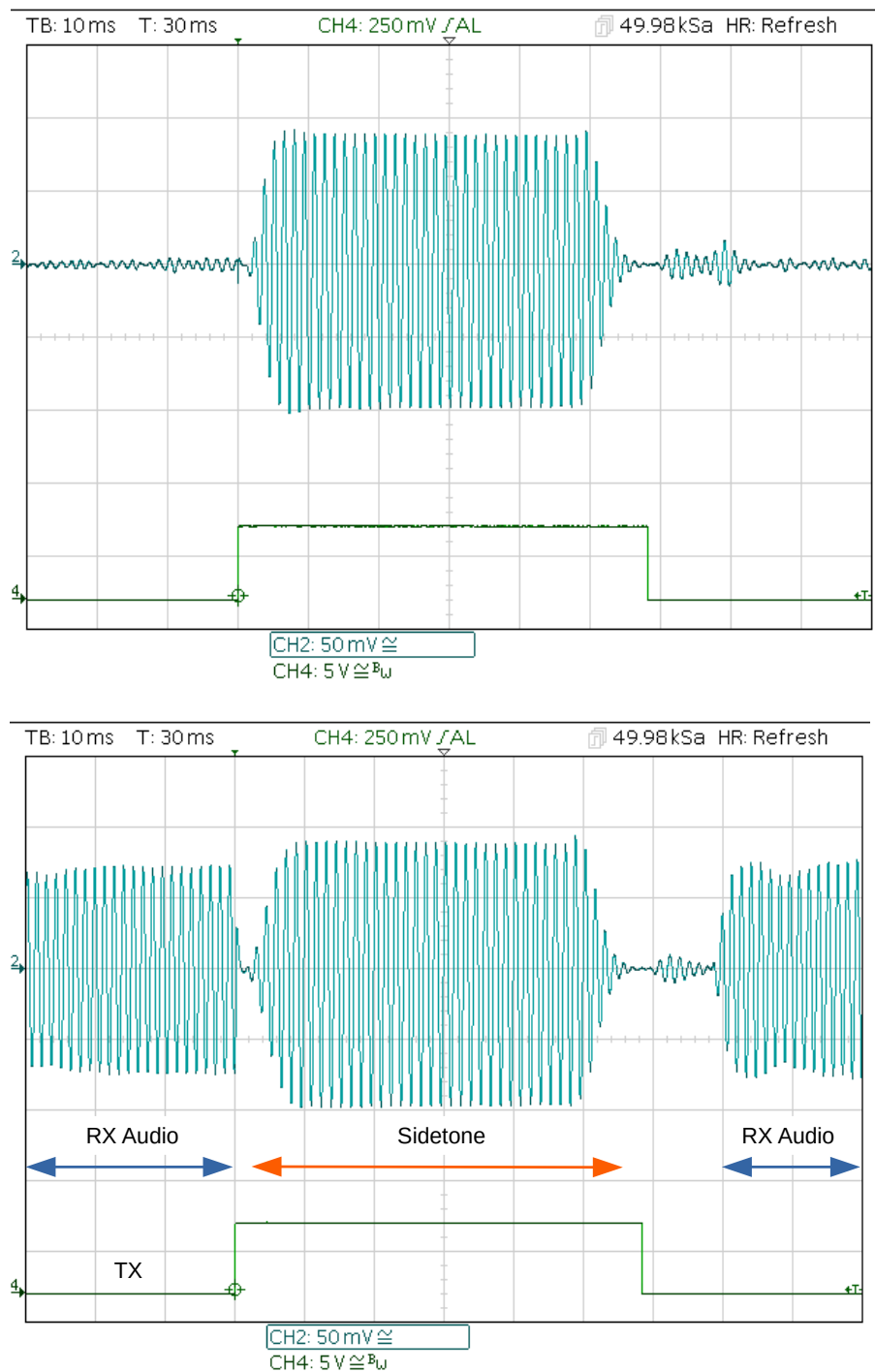


Abbildung 10: Störungsfreier QSK Betrieb nach Durchführung der Modifikationen.
 Oberes Oszillogramm: Empfängerrauschen und Mithörton eines einzelnen Dit am Kopfhörerausgang (CH2) und TX Logikpegel (CH4)
 Unteres Oszillogramm: Signal mit $-97 \text{ dBm} = S5$ am Empfängereingang (CH2) und Mithörton eines Dit, TX Logikpegel (CH4)
 Betriebsbedingungen: $f = 3,56 \text{ MHz}$, $P_{\text{HF}} = 4,2 \text{ W}$, $U_B = 12,1 \text{ V}$, Sidetone volume = 50, Speed = 25, maximale NF-Verstärkung

Konstanter Pegel des Mithörtons

Der Mithörton wird über R59 in das 700 Hz Filter eingespeist und gelangt, ebenso wie die Signale aus dem Empfänger, über den Lautstärkereglern R36 an den NF-Ausgangsverstärker IC10. Stellt man die Mithörlautstärke im Menü unter 4. *Keyer / Sidetone Level* für mittlere Empfangslautstärke passend ein, so ist sie bei kleinen Signalen, für die der Regler aufgedreht werden muss, zu hoch. Bei starken Stationen muss man den Regler zudrehen, wodurch auch der Mithörton abgeschwächt und somit schnell zu leise wird. Im Betrieb den Pegel über das Menü zu ändern ist zumindest äußerst unbequem, sofern überhaupt praktikabel.

Mit einem einfachen schaltbaren Spannungsteiler, der den Lautstärkereglern im Sendebetrieb umgeht, lässt sich ein, von der Reglerstellung im wesentlichen unabhängiger Pegel des Mithörtons erreichen (Abbildung 11). Der Spannungsteiler wird gebildet von R5x, Q2x, und Q7. R3x verhindert, dass bei aufgedrehtem R36 der Pfad über R5x und Q2x kurzgeschlossen wird. Mit der angegebenen Dimensionierung ändert sich der Pegel des Mithörtons um 6 dB zwischen den beiden Endstellungen des Lautstärkereglers R36.

R3x wird gleichzeitig für eine NF-AGC mit verwendet (Abbildung 12). Für die Funktion des Mithörton-Schalter ist jedoch die AGC nicht notwendig.

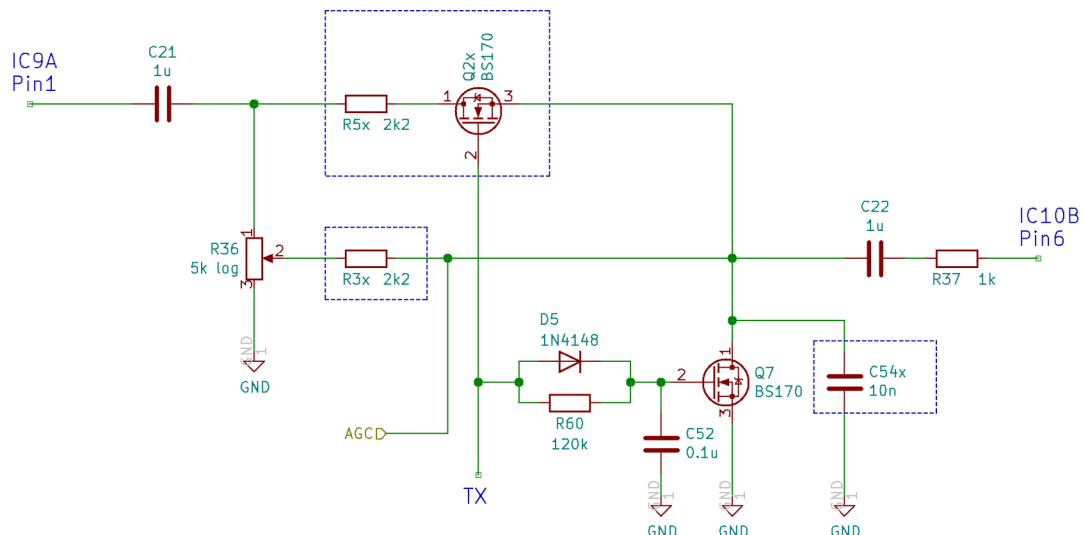


Abbildung 11: FET-Schalter für den Mithörton. Im Sendebetrieb wird damit der Lautstärkereglern R36 umgangen. C54x, mit dem eine Schaltspitze unterdrückt wird, kann an die Position für C54 eingebaut werden. Die Rahmen markieren die zusätzlich benötigten Bauteile.

Automatische Verstärkungsregelung

Der QCX hat eine sehr hohe, lediglich durch das Lautstärke-Potentiometer veränderbare Verstärkung. Große Pegeländerungen, z.B. durch starke Stationen oder Störimpulse, können zu einer Belastung für die Ohren des Operators werden. Daher ist eine automatische Verstärkungsregelung wünschenswert, die extreme Pegelsprünge ausregelt. Ein für alle Eingangspegel konstanter NF Pegel wird dabei nicht angestrebt

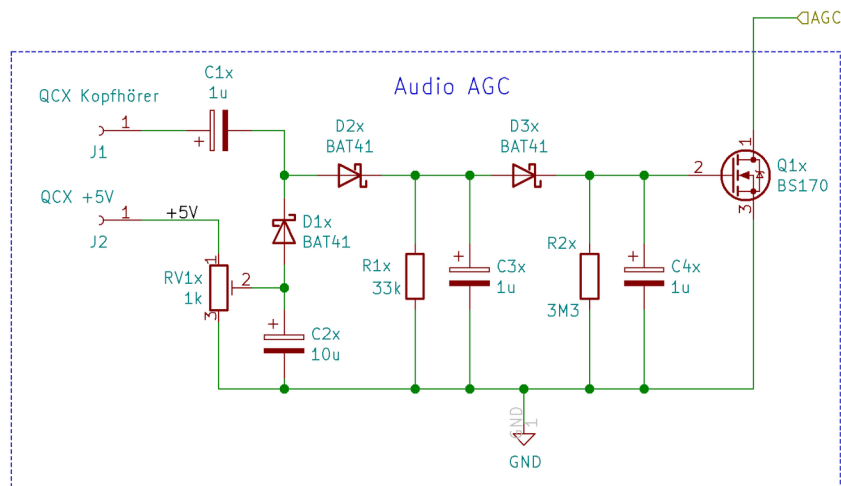


Abbildung 12: NF AGC nach James Daldry W4JED [10]. Der Anschluss AGC wird mit AGC in der Schaltung des Mithörtonschalters Abbildung 11 verbunden.

W4JED hat in [10] eine einfache NF-AGC beschrieben, die mit wenigen Bauteilen und ohne größere Eingriffe in den QCX auskommt (Abbildung 12). Das NF Signal vom Kopfhörerausgang wird mit dem Spannungsverdoppler aus D1x und D2x gleichgerichtet und lädt die RC Glieder R1x, C3x und R2x, C4x auf. Über RV1x wird der Arbeitspunkt von Q1x eingestellt. Der Source-Drain Widerstand des FET bildet mit R3x in Abbildung 11 einen spannungsgesteuerten Teiler für das Eingangssignal.

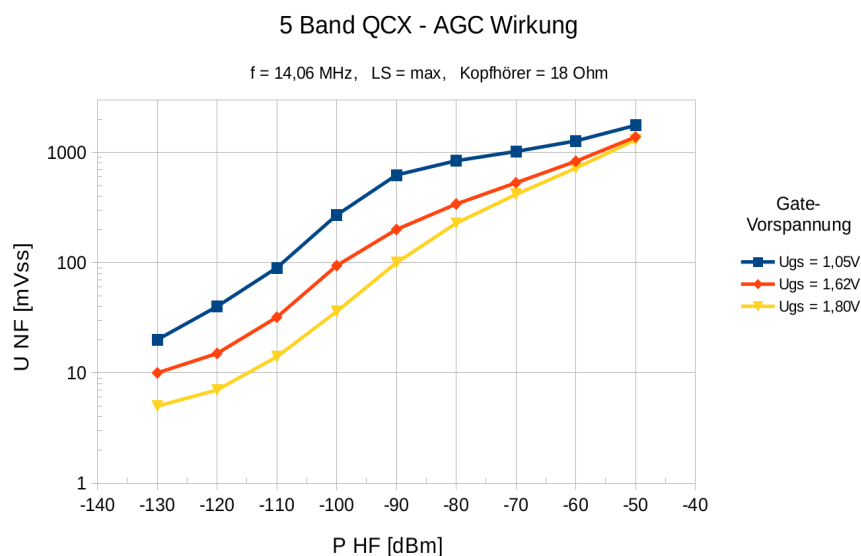


Abbildung 13: NF Spannung am Kopfhörerausgang bei unterschiedlichen Gate-Vorspannungen an Q1x (Abbildung 12) und ganz aufgedrehtem Lautstärkeregler

Mit RV1x wird eine Gate-Vorspannung für Q1x eingestellt, die das Regelverhalten beeinflusst (Abbildung 13). Bei einer Vorspannung von 1,6 V ergibt sich mit dem verwendeten BS170 ein guter Kompromiss zwischen guter Abregelung bei hohen Eingangspegeln und ausreichender Lautstärke bei niedrigen Pegeln: das Empfängerrauschen ist gerade noch hörbar und ein Signal von -120 dBm (S1) ist noch aufnehmbar.

Da R3x in Serie zu R37 liegt, reduziert sich die Gesamtverstärkung des QCX auch bei gesperrtem Q1x um ca. 9 dB. Diese Grunddämpfung hat aber wegen der hohen Verstärkungsreserven und dem sehr niedrigen Eigenrauschen des Empfängers keine praktischen Auswirkungen.

Mit dieser einfachen AGC werden auch größere Pegelsprünge ohne hörbares Überschwingen ausgeregelt bei einer angenehm langen Zeitkonstante für den Wiederanstieg der Empfindlichkeit.

Referenzen

- [1] *QRP-Labs*, QCX 5W CW transceiver kit, <http://qrp-labs.com/qcx.html>
- [2] *QRP Labs group*, <https://groups.io/g/QRPLabs>
- [3] *QRP-Labs*, PCB Rev 4 Manual, <http://qrp-labs.com/qcx.html>
- [4] *A. Jaeckel DM5MU*, A6-band QCX by Andreas DM5MU, <http://qrp-labs.com/qcx/qcxgallery.html>
- [5] *S. Weber KD1JV*, The KD1JV Tri-Bander CW transceiver, Manual 2016 0629, Rev A.1
<http://www.qrpkits.com/tribander.html>
- [6] *M. Heusy DJ3KK*, Das Projekt BASPROMOR, CQ DL 2010, H6, S.415-417
- [7] *Tonne Software*, Elsie filter design and analysis program, <http://tonnesoftware.com/elsie.html>
- [8] *W. Schwarz DK4RW*, <https://groups.io/g/QRPLabs/topic/7729976#20540>
- [9] *S. Taylor G4EDG*, <https://groups.io/g/QRPLabs/message/44985>
- [10] *J. Daldry W4JED*, <https://groups.io/g/QRPLabs/message/27067>
- [11] *QRP-Labs*, <http://qrp-labs.com/qcx/qcxmods/sidetone.html>