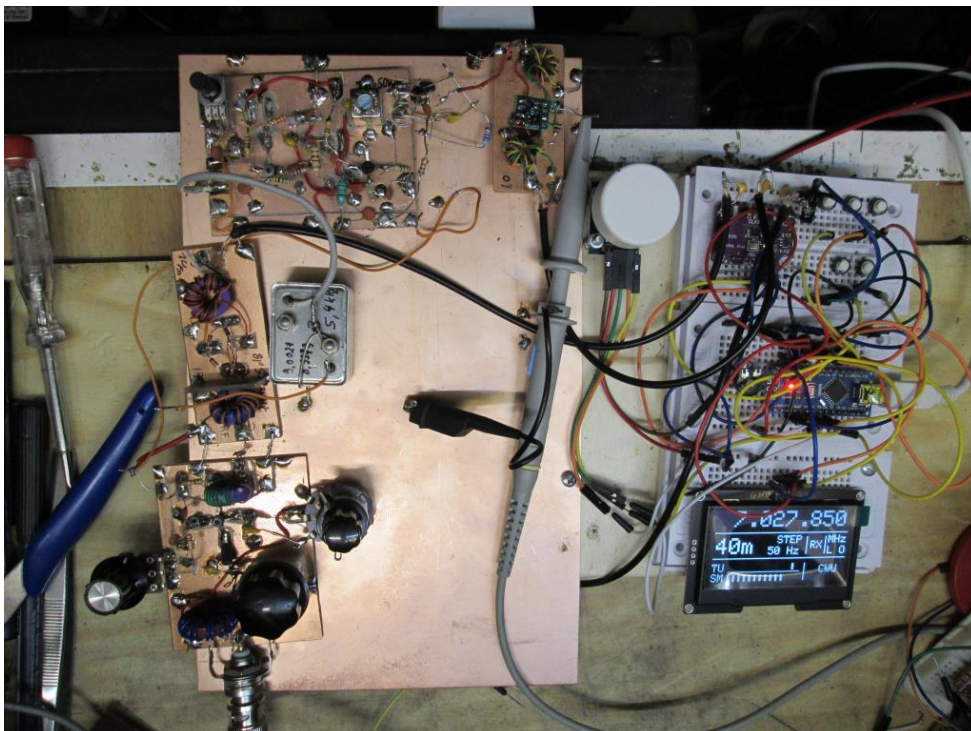


„Back to the roots“

Ein Einfachsuper mit ZF = 9 MHz

Tja, wo soll ich beginnen? Hier möchte ich die Geschichte vom Selbstbau eines Kurzwellentransceivers erzählen.

Nach vielen Erfahrungen mit der Bastelei im Amateurfunk führte mich der Weg zurück zu den Anfängen der Radiotechnik. Es sollte ein Superhetempfänger werden, der mit einfachen Mitteln sehr gute Empfangseigenschaften nachweisen kann. Ein Vergleich mit den modernen Empfängern mit DSP-Technik war denn auch die Absicht meiner Bemühungen. Ich weiß nämlich, dass das, was am Ende aus dem Lautsprecher kommt, auch von der Antenne geliefert werden muss. Ohne brauchbare Antenne sind auch moderne Geräte überfordert. Man kann viel Geld ausgeben und erreicht dennoch nicht mehr als es schon die alten Hasen konnten.



Das Foto zeigt den Versuchsaufbau. Rechts sieht man das Steckbrett mit dem Arduino. Ein Impulsgeber dient zur Einstellung der Frequenz. Mit einigen Drucktastern steuere ich die übrigen Funktionen. Der Baustein Si5351 liefert mit drei Oszillatoren die notwendigen Signale für die Mischer. Die sind quarzstabil. Und unten ist das große OLED-Display.

Zum Entwurf

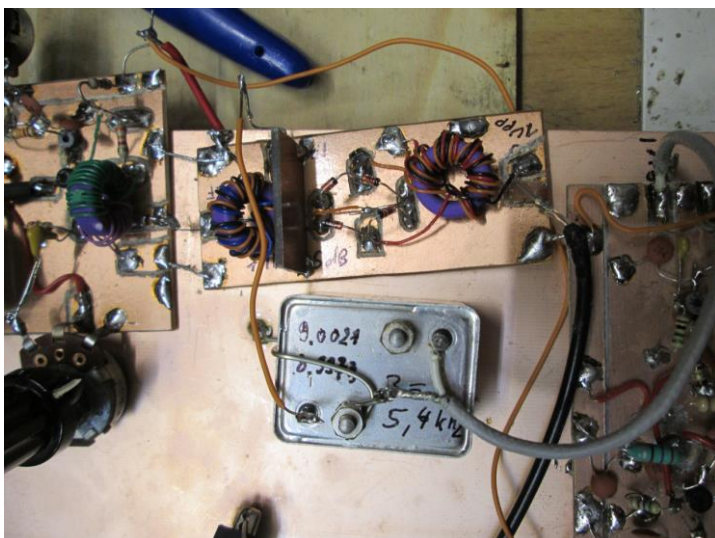
Das Bild zeigt den ersten Entwurf des tollen Radios. Es funktioniert auf dem Basteltisch ganz ausgezeichnet. Ich werde später noch eine Audio-Datei anfügen.

Im linken Teil sind die kleinen Boards als Module zu sehen. Sie werden mit dickem Draht und etwas Lötzinn einfach auf der Grundplatte platziert. So kann man sie bei Bedarf leicht auswechseln oder bearbeiten. In der Mitte ist ein Quarzfilter von KVG. Das ist viel zu breit für den Einseitenbandempfang(ca. 4 kHz). Es wird später durch ein schmaleres ersetzt. Ebenso kommt dann auch ein CW-Filter hinzu. Aber für erste Versuche genügt mir dieses Filter.

Ganz unten links sieht man die Antennenbuchse(BNC). Das Signal wird hier in einen Ringkern eingekoppelt, der eine Spule für die Abstimmung von 7 MHz bis 21 MHz hat. Auf dem Ringkern ist eine dritte Spule(1 Wdg), in die ein kleiner Teil der verstärkten Antennenenergie rückgekoppelt wird. Dazu dient der rechte Regler. Mit dem anderen Poti(links) wird eine Regelung der HF-Verstärkung von Hand(Gate2-Vorspannung) vorgenommen. Das soll später natürlich automatisch erfolgen(AGC).

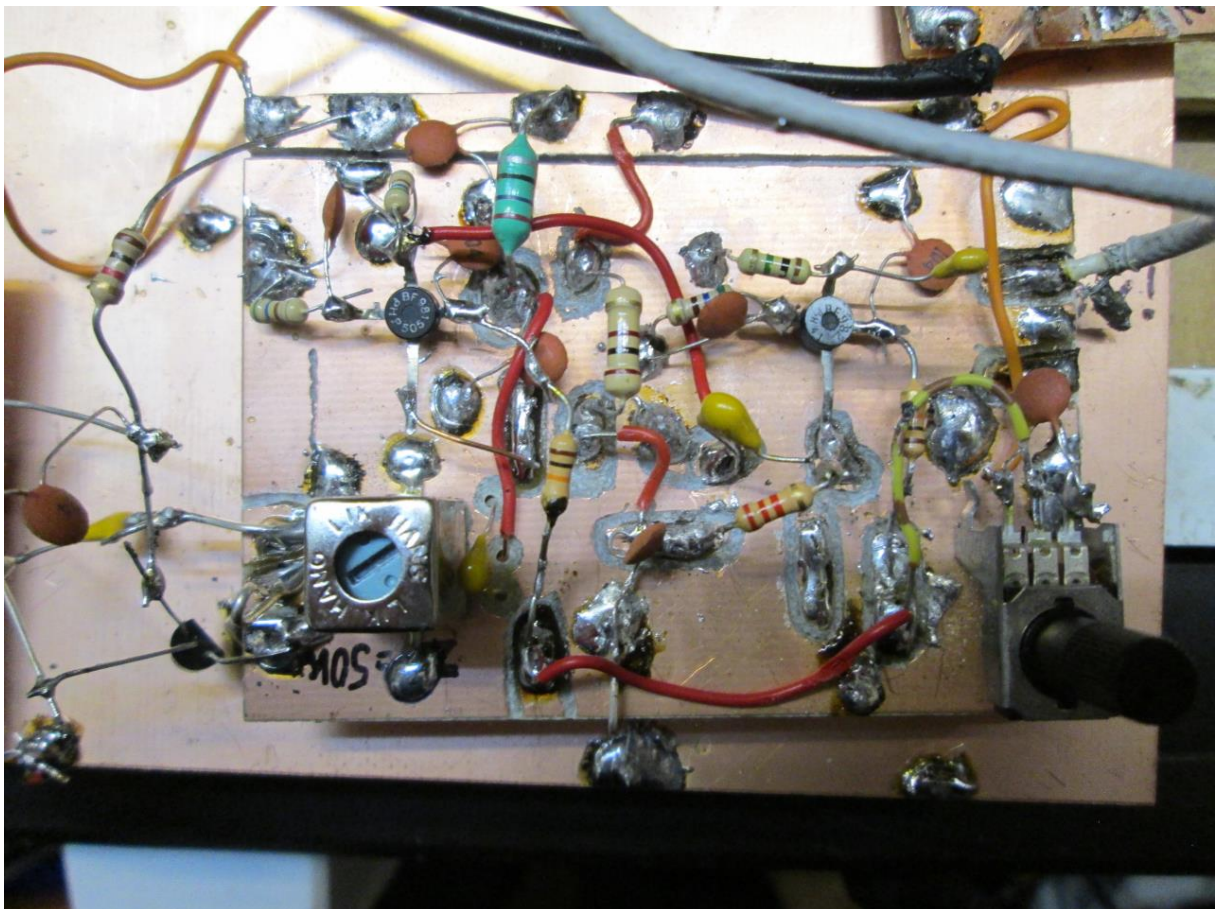
Dieser Preselector mit HF-Verstärkung hat einen Dual-Gate-MOSFET BF962. Die Verstärkung ist +10 dB. Und sie kann durch die Rückkopplung weiter angehoben werden. Dadurch wird schon der Eingangskreis recht selektiv und unterdrückt eventuell vorhandene Spiegelfrequenzen. Ein solcher Doppelempfang war nie zu beobachten. Gleichermaßen wird der Rauschpegel geringer, wenn man die Rückkopplung bis vor den Einsatz der Eigenschwingung einstellt. Dieses Prinzip reichte schon in der Frühzeit der Radiotechnik aus, einen guten Empfang der Rundfunksender zu ermöglichen.

Ich wollte bewusst kein Bandfilter einsetzen, wie es in den professionellen Transceivern üblich war (Collins, Ten-Tec). Als Funkamateurliebt die Bedienung einer solchen HF-Vorstufe keine zusätzliche Belastung, wenn man durch gute Empfangsergebnisse belohnt wird. Und man weiß als Fachmann auch, dass durch Eigenschwingungen der Empfang anderer Funker gestört werden kann und geht deshalb gewissenhaft damit um. Es sind dann lediglich zwei Drehknöpfe zu bedienen: Der Abstimmkondensator und die Rückkopplung.



Im Drainkreis des MOSFETs ist wieder ein Ringkern. Er untersetzt die Impedanz auf ungefähr 50 Ohm für den Eingang des folgenden Mischers. Der ist mit 4 x 1N4148 gebaut. Ganz preiswert und mit sehr guten Eigenschaften. Er ist maßgebend für die Qualität der Empfangseigenschaften.

Ich habe die bekannten käuflichen Mischer ausprobiert. Solche, die mit +7dBm angesteuert werden, zeigten keine besseren Ergebnisse. Deshalb empfehle ich den Selbstbau, der überhaupt nicht schwierig ist. Weil ich relativ große Kerne nahm, werden die auch nicht von den hohen Pegeln vom Preselector überfordert. Das passierte allerdings bei den handelsüblichen Mischern deutlich hörbar. Darin sind die Ringkerne nur so groß wie ein Samenkorn.



Nach dem Quarzfilter kommt der ZF-Verstärker. Er ist wieder mit zweimal BF962 aufgebaut. Alle hochintegrierten ICs verursachen mit den vielen Transistoren in ihrem Inneren auch einen eigentlich vermeidbaren Rauschpegel. Mit zwei MOSFETs gelingt es, dieses gering zu halten. Weniger ist mehr! Leider fehlten für die Empfindlichkeit noch +10 dB. Die machte ich einfach mit einem Transistor. Und fertig war die Sache. Die Mosfets werden später auch an der Handregelung hängen. Die Regelspannung geht von 0...+6V DC. Das sollte zu realisieren sein. Es hat sich gezeigt, dass eine Handregelung auch ihre Vorteile hat. Man kommt sehr gut damit zurecht und braucht keine Automatik.

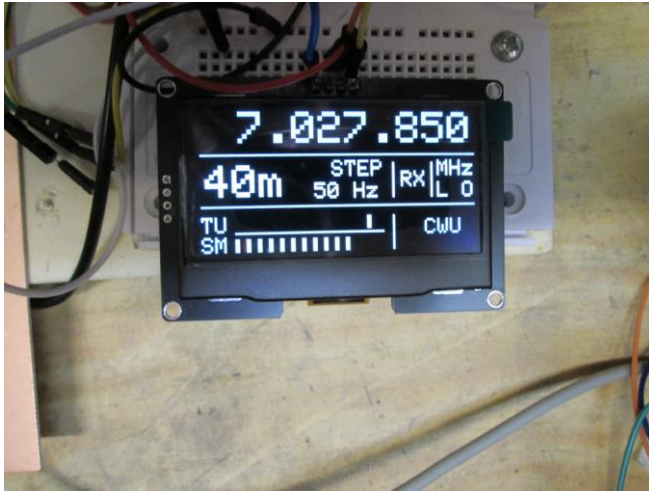
Die erste Stufe hat im Drain nur einen Festwiderstand. Im zweiten Drainkreis ist ein fertig zu kaufendes Bauteil. Es ist ein angepasstes ZF-Filter für 10,7 MHz. 50p zusätzlich bringt es auf die Resonanz von 9 MHz. Das Filter hat wieder einen niederohmigen Ausgang zur Anpassung an den zweiten Mischer für die Betriebsarten.

Die Mischfrequenzen für LSB, USB, CWL, CWU und AM liefert der zweite Oszillator im Si5351. Die werden per Software aktiviert und sind Festfrequenzen. Auch hier kommt für die Demodulation wieder ein selbst gebauter Mischer zum Einsatz. Jetzt aber versuchsweise mal mit Schottkydioden. Man sieht ihn im ersten Foto ganz links.

Ich war mir anfangs nicht sicher, ob die Ausgangspegel des Si5351 die Dioden ausreichend durchsteuern. Aber mit 1Vpp ist bereits eine „Belastungsgrenze“ erreicht. Mehr Pegel brauchen meine Mischer nicht und der Si5351 liefert ausreichend Spannung. Er ist dabei nur auf 2mA

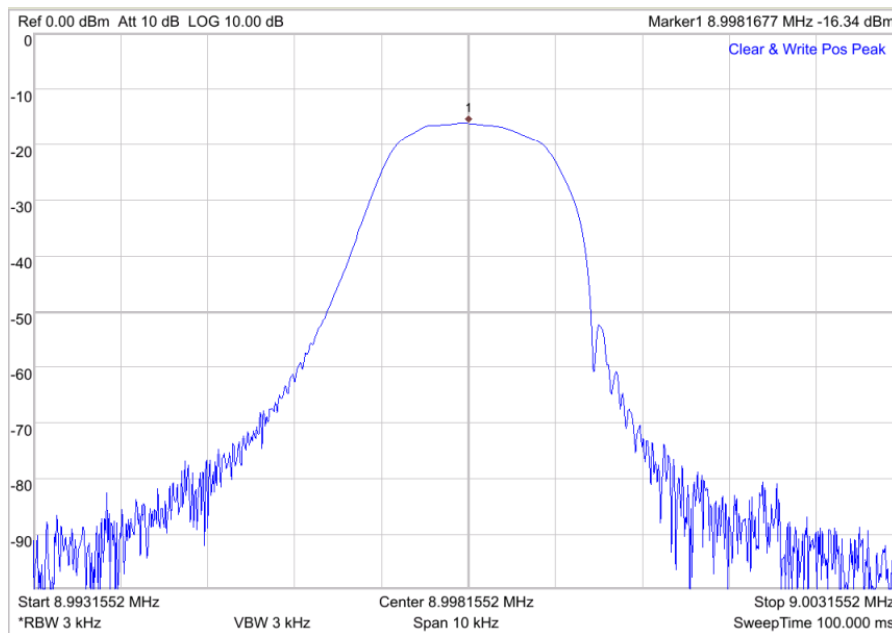
Ausgangsstrom eingestellt und nicht überfordert. Ich habe lange Versuche mit externen Generatoren gemacht und dabei die Signalformen von Sinus und Rechteck getauscht. Natürlich alle bei einer Ausgangsimpedanz von 50 Ohm. Ich konnte keine Vorteile erkennen. Allerdings treiben manche Entwickler gerade hier einen hohen Aufwand. Sie verstärken das nicht gerade ideale Rechtecksignal des Si und treiben dann über eine -3dB-Anpassung(Dämpfung in Pi-Schaltung) den Mischereingang an. Kann man machen, bringt aber nicht wirklich viel. Hier würden sich vielleicht Verbesserungen im Laborbetrieb zeigen. Die Wirklichkeit bringt im 40m-Band einen hohen QRM-Pegel, der alles in den Schatten stellt, was man durch akademische Anstrengungen im stillen Kämmerlein verbessern könnte. Auch hier gilt es, auf den Füßen zu bleiben. Es wäre uns allen geholfen, wenn wir das bewährte Technische Zentral Amt der Post(das FTZ) wieder einrichten würden. Damals wurde noch streng darauf geachtet, dass technische Geräte normierten Anforderungen standhalten mussten. Heute kauft sich der Nachbar ein chinesisches Ladegerät für sein Handy und das stört dann von ihm unbemerkt ganze Straßenzüge. Ein Kurwellenempfang ist nicht mehr möglich. Beim millionenfachen Betrieb solcher Billigelektronik wird die Bundesnetzagentur überfordert.

Das Display



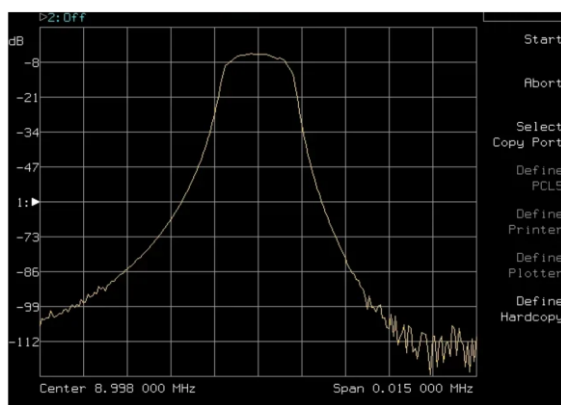
Es ist groß genug und hat einen guten Kontrast. Wer das grelle Weiß nicht mag, kann ja eine farbige Folie davor legen. Ich habe auch ein anderes Display ausprobiert, das von einigen Nerds gelobt wird. Mit blauem Hintergrund und weißer Schrift. Es braucht aber die Bibliothek von Oli Kraus. Und die belegt den Festspeicher des Arduinos zu einem sehr hohen Anteil. Für das Programm bleibt da nicht mehr viel. Und schon bald kam die Meldung, dass der sog. Textspeicher voll sei. Umwandlungen von Integer zu String und Formatierung der Ausgabe brauchen ebenfalls viel Speicher. Also Vorsicht und besser keine Tricks bei der Codierung, die ohnehin kaum jemand verstehen kann. Ich bevorzuge eine klare Programmierung ohne Schnörkel. Selbst wenn manches Genie mir Unfähigkeit nachsagt. Wir haben es mit Bastlern zu tun, die keine Kryptologen sind, aber die Hardware beherrschen. So doof können die nicht sein, hi.

Quarzfilter



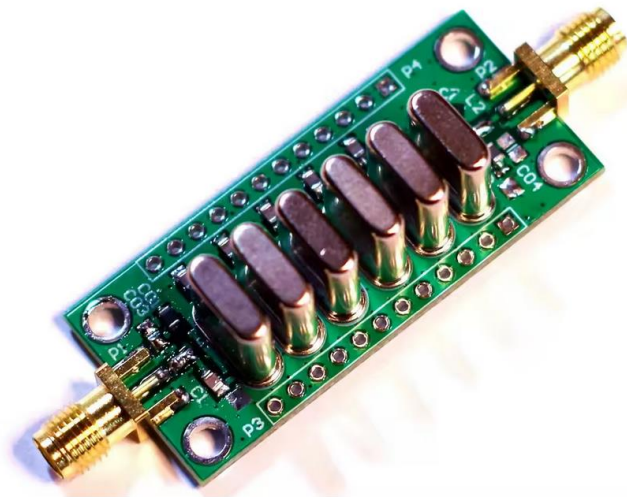
Leider schaltet mein neuer SA schon frühzeitig auf eine Darstellung durch FFT- Berechnung um und wobbelt nicht wie üblich durch anzeigen der Pegel.

Das fertige Filter gibt es bei Aliexpress für ca. 11 EUR. Die Spezifikation ist hier zu sehen:



4,The following figure shows the parameters of this 9M state z crystal filter are as follows:

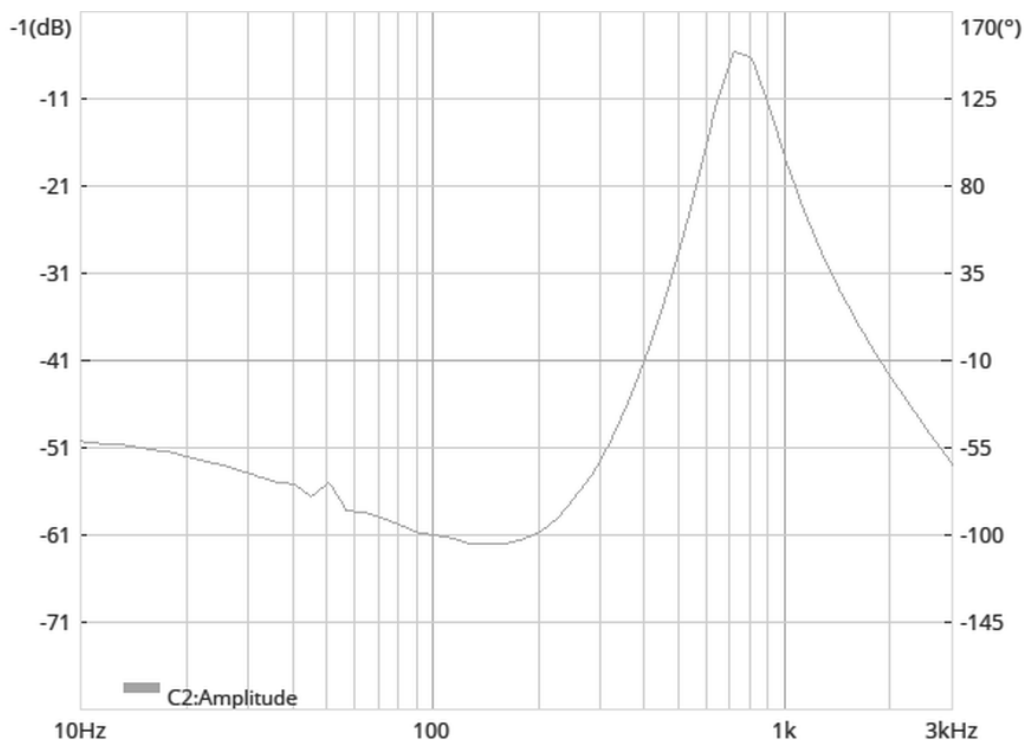
- a,The center frequency is about 8.998MHz;
- b,-6dB bandwidth is about 2.3kHz;
- c,The center frequency loss is about -4.73dB;
- d,The rejection ratio is close to 100dBc;
- e,The filter has used LC impedance matching circuit to make the impedance of both ends become 50 ohms, without LC circuit, the impedance of both ends is



Das Filter sperrt nochmal einen erheblichen Anteil des Rauschens. Nach dem Wechsel von einem 4kHz breiten Filter auf dieses 2,3 kHz BW wurde der Empfänger hörbar ruhiger.

Ich habe es am Ausgang und am Eingang mit 50 Ohm angepasst, weil es mit diesen Impedanzen geliefert wird. Dazu habe ich einen Ringkern als Transformator mit primär 4 Wdg und sekundär 20 Wdg gewickelt. Am Ausgang wurde die sekundäre Wicklung mit 3k3 abgeschlossen. Dadurch „sieht“ das Filter bei 9 MHz 50 Ohm. Ebenso der vorgeschaltete Ringmischer über einen weiten Frequenzbereich. Zur Anpassung nahm ich den Nano VNA mit dem Smithdiagramm. Ich schaltete am hochohmigen Ausgang ein Trimpoti und verstellte es solange, bis die Eingangswicklung(4 Wdg) ca. 50 Ohm zeigte. Die Übersetzung bringt einen höheren Spannungspegel an den MOSFET des ZF-Verstärkers. Ein Vorteil, den ich nutzen wollte.

CW-Filter(BW = 150Hz)

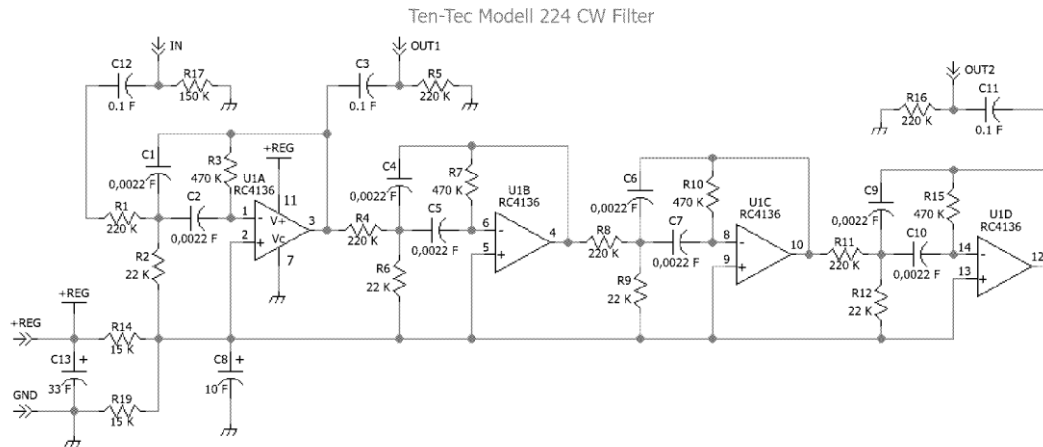


Es wurde für 750 Hz Durchlassfrequenz ausgelegt. Sieht ganz ordentlich aus. Ist ja auch ein Nachbau von Ten-Tec.

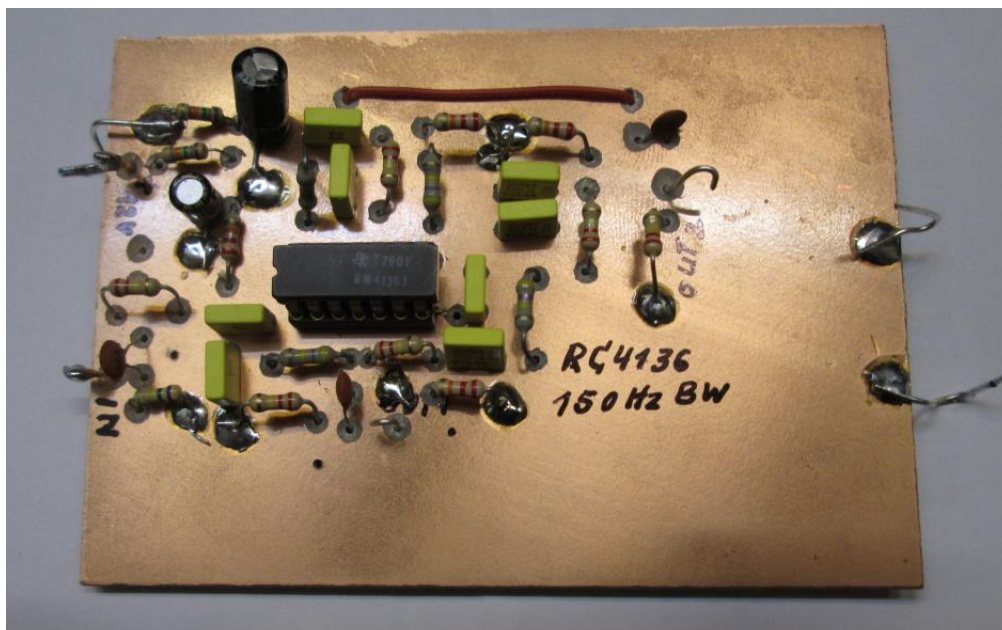
Das Filter im Audiobereich unterdrückt sehr gut die Fremdgeräusche und Nebensender. Der OP RC4136 hat für die damalige Zeit der Entwicklung ein sehr niedriges Eigenrauschen. Sogar besser als beim OP27. Leider ist die Anschlussfolge nicht mit den später gängigen Mehrfach-OPs übereinstimmend, sodass man hier keine Vergleiche mit modernen ICs machen kann.

Das Antennenrauschen wird wirksam geschwächt. Leise Stationen können gut aufgenommen werden. Man kann nach der ersten Filterstufe den Ton abnehmen. Dadurch ist auch eine Verbesserung der Hörbarkeit im SSB-Betrieb möglich. Allerdings will ich nicht verschweigen, dass ein adäquates Quarzfilter mit 200 Hz-BW das Rauschen und die Nebengeräusche besser als dieses Audiofilter unterdrückt. Es

kostet aber auch mehr. Ten-Tec bietet hier einen durchaus akzeptablen Kompromiss. Das Filter ist positiv wirksam und ich möchte es nicht weglassen. Hier die Schaltung:

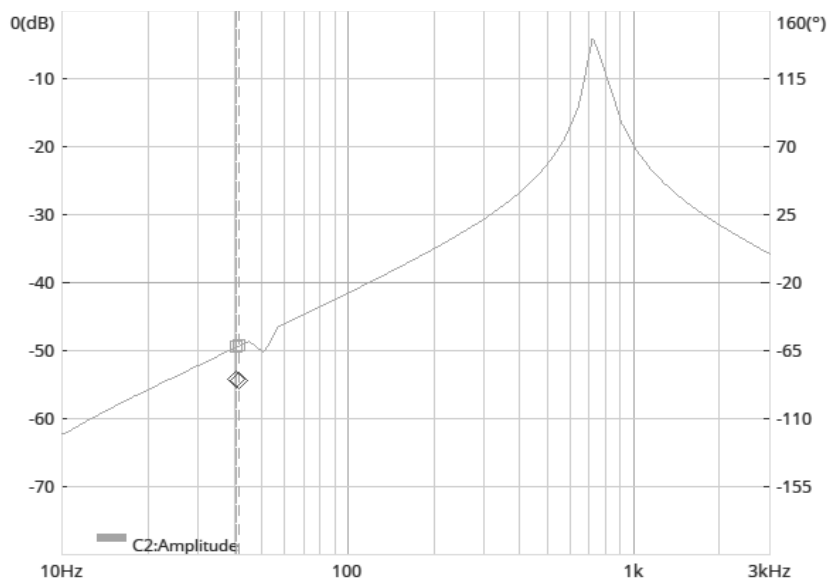


Die Schaltung habe ich auf einer einseitig belegten Platine aufgebaut. Mit einem Bohrer beseitige ich das Kupfer um einen Durchführungspunkt, der nicht mit Masse verbunden sein soll. Von links nach rechts der Reihe nach erfolgt die Bestückung und die Verdrahtung auf der Rückseite. Mit Platinen aus Hartpapier geht das sehr leicht und man bleibt gesund, weil man nicht den Bohrstaub vom Epoxi einatmet.

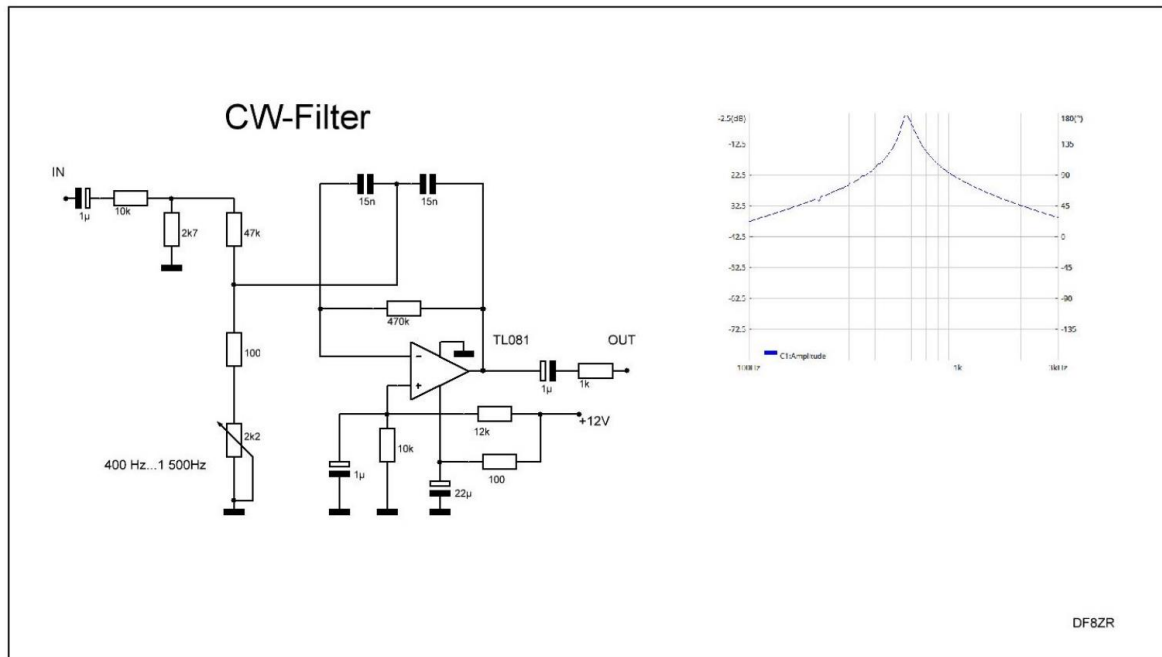


Als weitere Verbesserung erwarte ich ein 6-poliges Quarzfilter aus China, das nur 600 Hz Bandbreite haben soll. Man wird sehen...

Abstimmbares CW-Filter



Dieses Filter mit einem LF357 aufgebaut, hatte ich schon in einem anderen Bericht dargestellt. Hier nochmal die Schaltung:

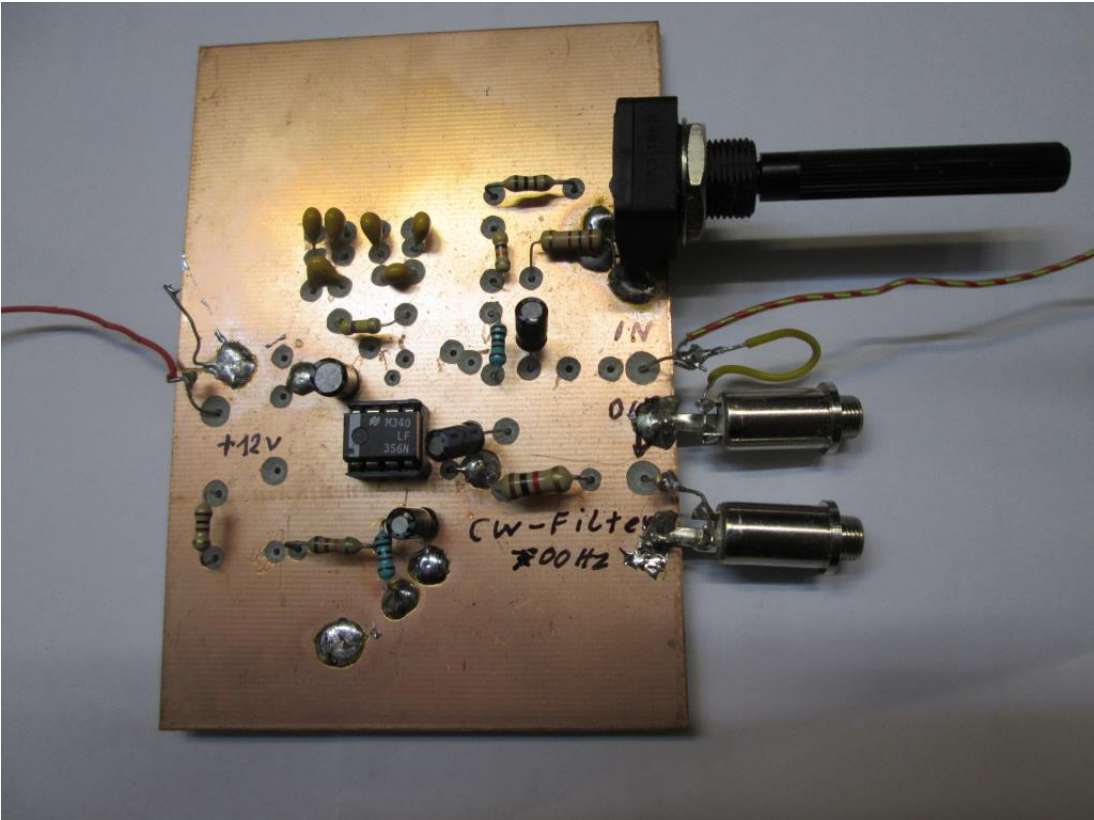


Die oben ermittelte Durchlasskurve ist noch spitzer. Die Rauschunterdrückung sogar hörbar besser. Und man kann es abstimmen. Allerdings ist das ein zusätzlicher Vorgang bei der Abwicklung eines QSOs. Und manchmal hat man dafür nicht die Zeit. Dennoch könnte man es als weitere Option in den TRX einbauen. Und bei Signalen, die nahe beieinander liegen, trennt dieses Filter sehr gut einen schwachen von einem starken Träger. Der Schaltungsaufwand ist auch geringer als beim Festfrequenzfilter. Wir haben also die Qual der Wahl.

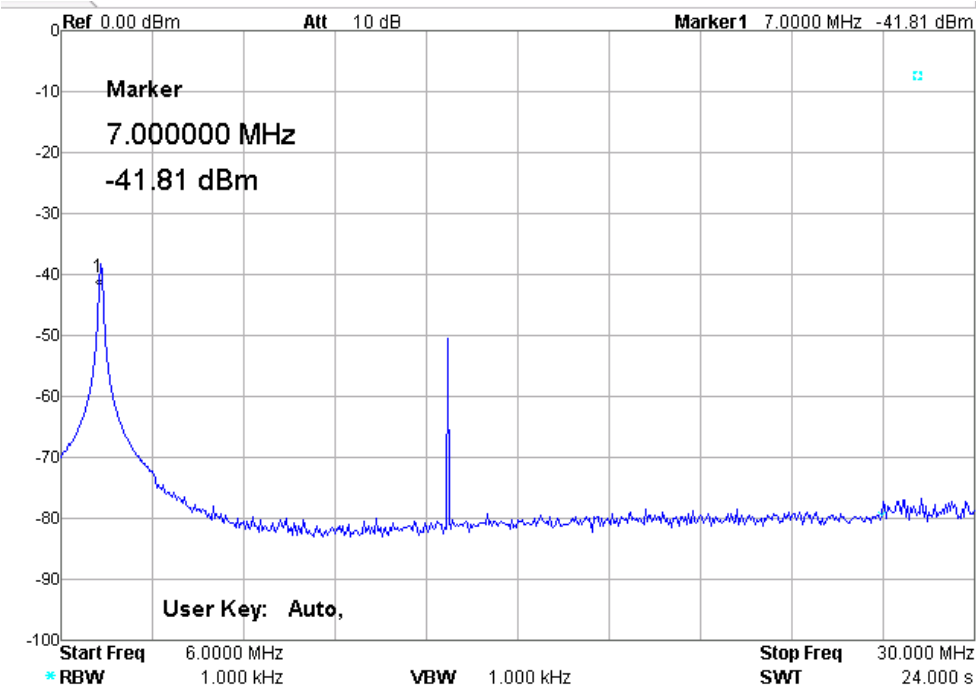
Es gibt zu diesem einen YT-Film:

<https://www.youtube.com/watch?v=JLe6S6vLRUQ>

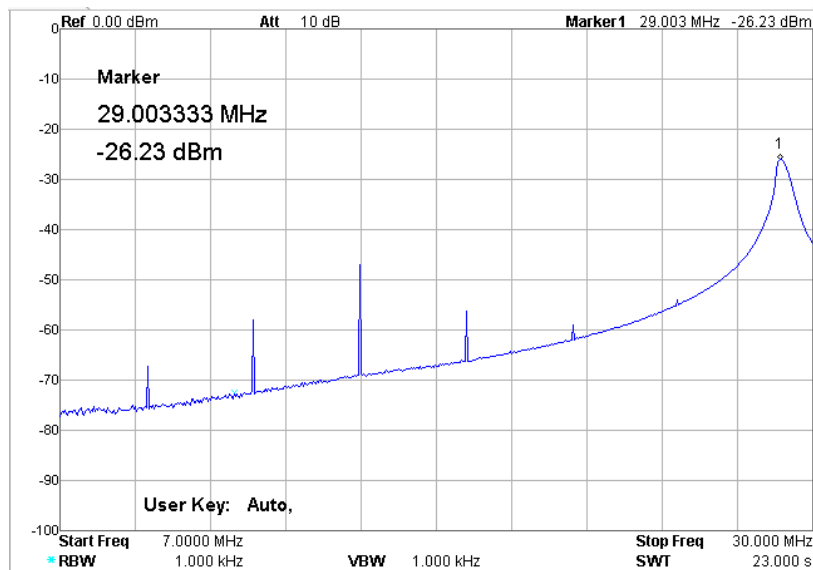
Ein Foto vom Aufbau:



Abstimmbereich

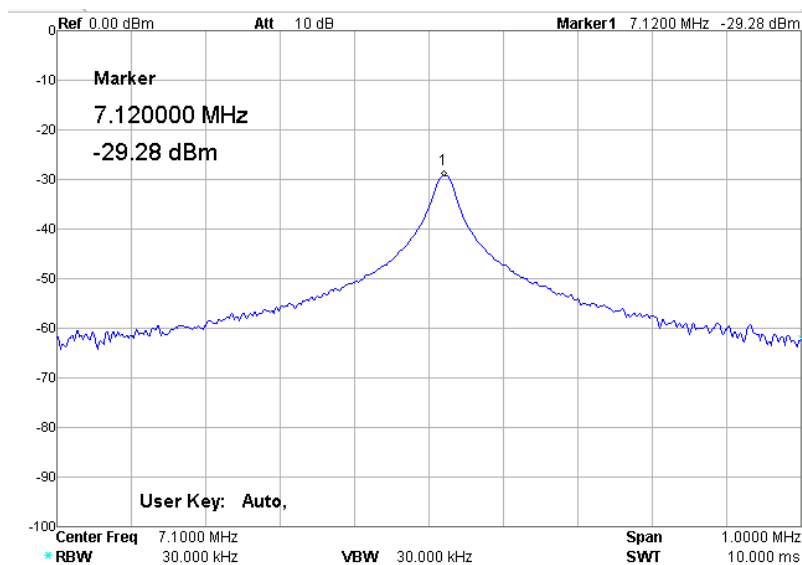


Das Diagramm zeigt die untere Empfangsfrequenz im 40m-Band. Das folgende den oberen Bereich bis 29 MHz.



Es werden also vom 40m-Band bis zum 10m-Band die Amateurfunkfrequenzen empfangen. Für das 80m-Band habe ich keinen Empfang vorgesehen, weil ich dazu im Field lange Drähte spannen müsste. Und der Outdoorfunk ist vorwiegend von 40m bis 10m.

Das nächste Bild zeigt die Bandbreite kurz vor dem Schwingungseinsatz:



Bei 7 MHz ist diese < 4 kHz! Starke Nebenträger werden wirksam gedämpft. Mit weniger Rückkopplung wird der Schwingkreis breiter und eignet sich so zum Suchen der Stationen.

Mit nur einer Induktivität wird also der gesamte Frequenzbereich abgestimmt. Als Drehko verwende ich die bekannten Typen aus China mit 140p Endkapazität(Box73). Stellt man die Trimmer auf das Minimum, kann man eine Feinabstimmung mit einem Drehko von 20p machen. Damit wird es im CW-Bereich einfacher. Viele Drehknöpfe, aber mit sinnvoller Verwendung.

Dieser Preselektor kann mit der Rückkopplung das Signal bis zu +23dB verstärken.

AGC

Da ist keine vorgesehen. Die Vorstufe wird mit einem Poti zwischen 0...+12V , die ZF-Stufe nur mit 0...+6V eingestellt. Kommen laute Träger über S9 herein, dann muss man die Gesamtverstärkung herabsetzen. Denn sonst ist der NF-Verstärker übersteuert. Ohne Rückkopplung und mit der geringsten Regelspannung verträgt der RX S9 +30 dB. Die Grundempfindlichkeit ist mit allen voll aufgedrehten Reglern bei 7 MHz $< 0,3$ uV im CW-Betrieb. Jede Erhöhung der Gesamtverstärkung bringt keine Verbesserung, aber einen höheren Rauschpegel. Das Eigenrauschen ist aber kaum wahrnehmbar. Und diese Eigenschaften zeichnen diesen Selbstbau aus. Ich habe mit vielen RX verglichen. Die mit DSP sind Quäker(RS-918) und Rauscher. Der FT-710 ist ebenso mit

stärkerem Rauschen beteiligt. Vielleicht wird er nur mit dem RGONE zu vergleichen sein. Der ist ja auch ein Einfachsuper in Analogtechnik und ein ebenso ruhiger Empfänger.

...wird fortgesetzt!