

9mc-Projekt: SSB-TX-Mischer

Dieser Teil der Entwicklung war nicht so einfach zu realisieren. Das Prinzip der Gewinnung eines Seitenbandes mit steilflankigen Filtern ist ja bekannt. Aber die Umsetzung war für mich eine Herausforderung. Ich habe zwar alle notwendigen Messgeräte, aber die Dinge richtig zusammen zu bringen kostete mich eine Woche an Zeit für Experimente. Die größte Herausforderung ist die Reinheit des Signals zu erhalten und die Unterdrückung des Trägers von möglichst mehr als 40 dB. Denn wenn hier geschludert wird, sendet das Gerät einen Restträger aus, der beim Empfang zu Störungen führt. Hinzu kommt noch, dass ja bei der Mischung mit der LO-Frequenz unerwünschte Spiegelfrequenzen hinreichend gedämpft werden müssen. Denn auch hier soll ja der Sender nur die eingestellte Frequenz haben und nicht unterhalb und oberhalb auch noch Signale den Endverstärker belasten und aussenden. Für die Aufbereitung in den Bändern 7 MHz und 14 MHz habe ich deshalb einen Tiefpass und einen Hochpass hinter den letzten Mischer geschaltet. Somit ist der Weg frei für die Ansteuerung einer Endstufe. Die hat ja am Ausgang auch noch Tiefpässe bzw. Bandfilter zur Unterdrückung der eigenen unerwünschten Störsignale.

Und somit zeigte sich, dass der Sendeteil eben doch auch viel Arbeit macht. Eine eigene Schaltung für die PA habe ich mir deshalb erspart. Da wird eine fertige Baueinheit aus China ihren Dienst tun. Mehr als 10 W HF will ich nicht abstrahlen. Und diese Leistung könnte auch für eine nachgeschaltete PA

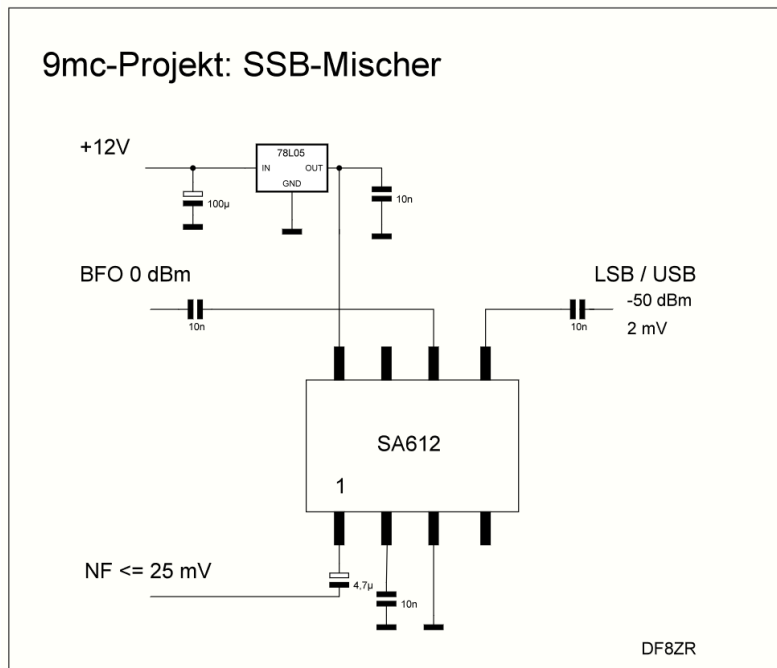
ausreichen, um das Gerät als Stationstransceiver zu betreiben. Doch jetzt zu den Einzelheiten.

SSB-Filter für den TX

Die Umschaltung der Empfangsfilters für den Sendebetrieb erforderte viel Aufwand. Der TRX soll ja QSK- betrieben werden. Relais sind deshalb ungeeignet, weil sie ständig klappern würden, wenn man Morst. Deshalb werden hier Diodenschalter eingesetzt, die sogar das Ausgangssignal an die Antenne legen können. Ich verwende die 1N4148. Man könnte bei den hier vorliegenden Frequenzen durchaus auch 1N4007 nehmen. Die vertragen mehr Strom im Durchlass. Die relativ niederohmige Ansteuerung der Diodenschalter (Vorwiderstand = 1k) verbrauchen in der Summe einige Milliampere. Dadurch steigt der Stromverbrauch auf bis zu 300 mA im Empfangsbetrieb. Der eigentliche Empfänger würde mit 14 mA auskommen.

Tja, wegen der o.g. Umschalerei ist das Netzwerk doch sehr umfangreich geworden. Das SSB-Empfangsfilter auch im Sendebetrieb zu nutzen, zeigte sich schon bald als erstes Problem. Das Netzwerk verändert die Durchlasskurve des Filters, weil ich nicht genug Abschirmung vorgesehen hatte. Ich habe es deshalb vorgezogen, einen eignen Teil für die Gewinnung der Seitenbandfrequenzen zu bauen. Und deshalb kam ein gleichartiges zusätzliches SSB-Quarzfilter hinzu. Dadurch erspart man sich die Umschaltdioden und weitere schädliche Beeinflussung. Das mit einem eigenen Filter gewonnene Signal ist sauber. Die Pegelverluste durch

zweifaches Mischen darf man nicht unterschätzen. Es ist wirklich nicht so einfach, wie es auf den ersten Blick scheint. Sogar meine bewährten Rindiodenmischer tauschte ich hier gegen den SA612. Mit diesem IC ist es leichter, ein NF-Signal sauber zu mischen. Allerdings ist die oft gehörte Behauptung falsch, dass dieses IC den Träger(das BFO-Signal) hinreichend unterdrückt. Dieses Problem hatte ich aber die den Dioden Mixern noch ausgeprägter. Der Mehraufwand für ein IC ist gering und nicht teuer. Nach der Ausblendung des Trägers legt man die Träger-Frequenz so an das folgende Filter, dass es auf den steilen Flanken um mehr als 30 dB unterdrückt wird. Hier kommt es auf 100 Hz an. Und man muss schon die Messgeräte dafür haben. Letztlich habe ich nach aller Theorie einen quarzstabilen Generator genommen, der auch einen präzisen Abschwächer bis in den Mikrovoltbereich hat. Und mit meinem SA von Rigol beobachtete ich die Wirkung der Frequenz- und Pegeleinstellungen. Der SA612 darf nicht mehr als 35mV NF-Pegel erhalten, denn darüber erzeugt er selbst Oberwellen. Der Pegel des BFO kommt ja vom SI5351 und hat so um -10 dBm. Der ist ausreichend. Eine Steigerung brachte keine Verbesserung. Und schließlich konnte ich nach vielen Versuchen die Erfahrungen zu einem Konzept zusammenfassen. Die BFO-Frequenz wurden festgelegt, ebenso die Pegel der Mischsignale. Und dann kam die Überraschung doch noch. Der im ersten Mischer gewonnene Pegel war viel zu niedrig, um den zweiten Mischer für die endgültige Sendefrequenz zu verwenden. Das Seitenband wurde daher nochmals um 20 dB angehoben. Hier nahm ich einen MMIC, den ich bei Aliexpress kaufte. Letztlich werde ich



auch noch nach den Tiefpässen vor dem Treiber die Signale nochmals anheben müssen, damit die PA arbeiten kann.

Fazit

Man sieht also, dass der Sendeteil nicht ganz ohne Aufwand ist. Und er macht fast mehr Arbeit als der Empfangsteil. Hier braucht man Messmittel. Den Empfangsteil kann man dagegen gut abstimmen, wenn man dem Funkverkehr zuhört.

Jetzt wird sich noch zeigen, ob ich einen Mikrofonverstärker brauche. Denn ich habe ein älteres Mic ohne Elektret vorgesehen. Das lag hier so rum und war ehemals an einem Yaesu FT-101 angeschlossen. Aber da kann jeder sein eigenes Konzept verfolgen. Und Ali bietet sogar fertige Mikrofonverstärker für 2 EUR an. Ich überlege sogar, ob ich nicht die elektronischen HF-Schalter für 6 EUR/Stck anwenden könnte. Das hätte manchmal Vorteile.

Zweiter Mischer für die Sendefrequenzen

Auch hier nahm ich wieder den SA612. Er braucht nur wenige mV am Eingang 1. Auch den LO-Pegel von Si5351 muss man abschwächen, um Übersteuerungen zu vermeiden. Das tut ein 1k-Trimmpoti. Der Ausgang dieses Mixers geht an die Tiefpässe. Für die oberen Bänder(15m, 10m) schalte ich mit zwei Dioden als ODER ein Relais, das das Tiefpassfilter überbrückt. Somit ist dann nur noch der Hochpass wirksam, der z.B. das Mischprodukt im 15m-Band($30\text{ MHz} - 9\text{ MHz} = 21\text{ MHz}$; aber auch $21\text{ MHz} - 9\text{ MHz} = 16\text{ MHz}$) sperrt, denn er lässt erst über 16 MHz durch. Etwaige Verluste hebe ich mit einem selbst gebastelten Verstärker um + 8 dB an. Am Ende der Tiefpässe ist der Pegel noch sehr gering. So etwa -30 dBm. Für die Ansteuerung der PA brauche ich aber 100mW. Da muss also noch ein Treiber eingefügt werden.

QSK-Betrieb

Dieses Feature macht den ganzen TRX aufwendiger als üblich. Versuche mit Dioden haben gezeigt, dass allein eine Anschaltung der Antenne an die PA nicht reicht. Ließe man die PA ständig angesteuert, würden sich die Spitzenspannungen über die Dioden hinwegsetzen. Daher muss ich vor der PA und nach der PA PIN-Dioden-Umschalter anordnen. Vielleicht können die 1N4007 in Parallelschaltung die Leistung von 10 W durchschalten. Zunächst aber werde ich mit einigen parallel geschalteten 1N4148 Versuche machen. Die haben geringere Sperrkapazitäten. Zur Ankopplung der Antenne an den RX reichen diese

Signaldioden aus. Also viel Arbeit noch, bis die Sache problemlos laufen wird.

Das Projekt ist noch nicht fertig. Ich muss noch die Schaltung dokumentieren und einige Versuche machen. Wenn das Funktionsmuster endlich mal läuft, werde ich den YT-Film drehen.

DF8ZR; 2.12.2025