

QO-100 – wie wird man qrv?

Angeregt durch viele wiederkehrende Diskussionen, Fragen und eigene Erfahrungen habe ich mich entschlossen, dieses Papier zu verfassen. Das Ziel ist eine kompakte Information, die zu einer funktionierenden Station für den Satelliten QO-100 führt. Alle Einzelheiten wie Frequenzfahrpläne etc. kann man der AMSAT-DL-Seite und weiteren Internetseiten entnehmen. Die Nutzung eines geostationären Satelliten, der internationalen Amateurfunk bietet, ist eine Weltneuheit. Das ist das hervorragende Ergebnis der Zusammenarbeit der AMSAT-DL mit der Quatar Amateur Radio Society. Meine Ausführungen beschränken sich auf den Schmalbandtransponder, es gibt einen weiteren an Bord für DATV.

Dieser Text gibt erprobte Hinweise und Empfehlungen, kann jedoch das Studium weiterführender Internetseiten speziell zu Softwarefragen nicht ersetzen. Das Vorhandensein aktueller PCs und die Bereitschaft zu deren Verwendung setze ich voraus.

Die ersten Schritte

Für die ersten Empfangsversuche sind Empfänger, die man per Internet erreichen kann geeignet, zum Beispiel: <https://eshail.batc.org.uk/nb/>.

Eigener Empfang

Eigene Versuche startet man am besten mit einem üblichen TV-Sat-Spiegel und einem geeigneten LNB (Low Noise Block). Als LNBs haben sich zwei Typen als besonders geeignet erwiesen.

Beide Typen verfügen über einen zylindrischen Hohlleiter. Die erforderlichen Strahlungsdiagramme werden mit einer Kunststofflinse erreicht. Zylindrische Hohlleiter eignen sich besonders gut für die Ergänzung mit einer Sendeantenne, wie noch zu zeigen sein wird.

Red Eagle Black Buster Single und VENTON Rocket LNB Single.



Die LNBs werden bei vielen SAT-Händlern angeboten. Der Preis liegt bei ca. 10 Euro.

Aktuell Sept. 2020: Single LNBs sind leider nur noch schwer oder gar nicht verfügbar. Alternativ kann ein MEGASAT Diavolo Twin empfohlen werden.

Inzwischen ist bekannt, daß auch die Firma Octagon LNBs mit PLL anbietet.

Beide LNBs haben eine PLL für die Erzeugung der Oszillatorfrequenz von 9750 MHz. Das ergibt zunächst eine ausreichende Stabilität für Schmalbandempfang. Die Referenz der PLL ist ein 25 MHz Quarz, der sich später durch einen TCXO ersetzen läßt. Die Satellitenausgabe im X-Band ergibt eine ZF von 739,500 bis 740 MHz. Das läßt sich ausgezeichnet mit einem RTL-SDR-Stick V3 empfangen. Durch die Ungenauigkeit der 25 MHz

Quarze kann die Oszillator- und damit die ZF-Frequenz bis zu einigen hundert KHz abweichen, was für die ersten Empfangsversuche bedeutungslos ist.

Empfehlenswert ist ein RTL-Stick der Version 3. Alle relevanten Informationen dazu finden sich bei RTL-SDR.COM. Beim Kauf ist auf die tatsächliche Version 3 zu achten. Es gibt Fakes. Als Programm für den RTL-Stick ist zunächst SDR# zu empfehlen.

Damit kann der gesamte Transponder als Spektrum beobachtet werden. Das erleichtert die Justage des Spiegels.



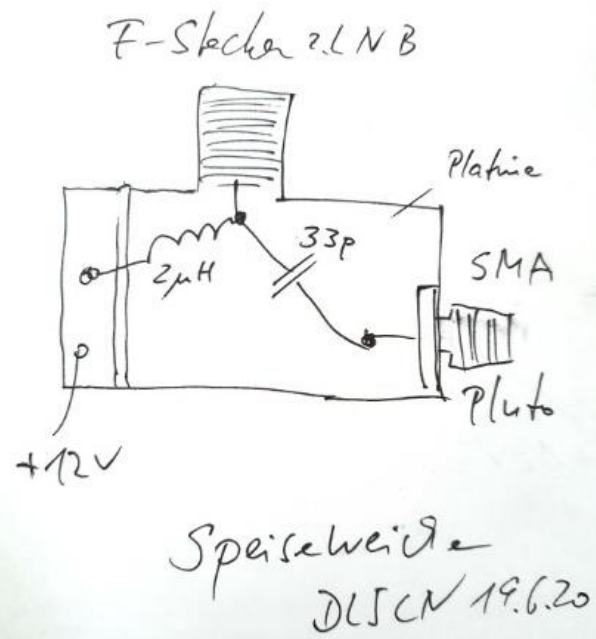
Spiegel

Als Antenne ist zunächst jeder übliche SAT-Spiegel geeignet. Für die ersten Versuche im Freien mit Sicht nach Süden (26 Grad Ost) ist eine schnell veränderbare Halterung sinnvoll. Eine provisorische Aufstellung auf einem Stuhl oder Ähnlichem reicht auch aus. Die Firma reichelt bietet preisgünstige Stative an. Für die grobe Ausrichtung kann man sich an einem, auf das System ASTRA gerichteten, Spiegel orientieren.

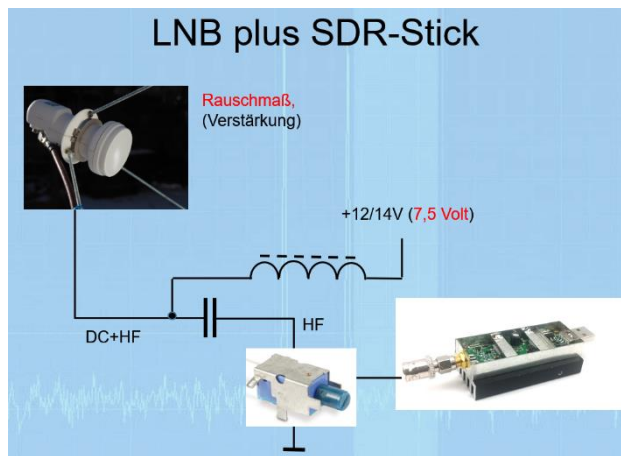


Zwischen RTL-Stick und LNB ist noch eine Speiseweiche zur Bereitstellung einer Betriebsspannung für den LNB erforderlich. Das kann ein kleiner Blechwinkel mit entsprechenden Buchsen für ein Kabel zum LNB mit F-Steckern und einem BNC- oder SMA-Kabel zum RTL-Stick sein. Zur Zuführung der Gleichspannung dient eine Hohlbuchse mit Mittelstift. Das erlaubt die Verwendung eines geeigneten Steckernetzteils. Die Drossel und das Koppel-C lassen sich frei verdrahten.

Die Schaltung der Speiseweiche ist rechts abgebildet. Die Spannung für den LNB kann geringer als 12 V sein, da immer eine interne Stabilisierung vorhanden ist. Die genauen Werte für die Drossel und den Koppelkondensator sind nicht wichtig.



Nachfolgende Grafik zeigt das Bockschaltbild einer einfachen Empfangsanordnung.



Das im Bild sichtbare Dämpfungsglied aus der 75-Ohm-Sat-Technik ist nicht zwingend erforderlich, die Verstärkung der RTL-Sticks kann genügend reduziert werden. Der geringe Stromverbrauch der LNBs läßt auch die testweise Verwendung einer kleinen 12V-Batterie zu.

Der in der Grafik sichtbare RTL-Stick ist (von mir) mit einem Kühlkörper erweitert. Für die Drossel reichen ein paar μH und der Koppelkondensator kann wenige Picofarad betragen.

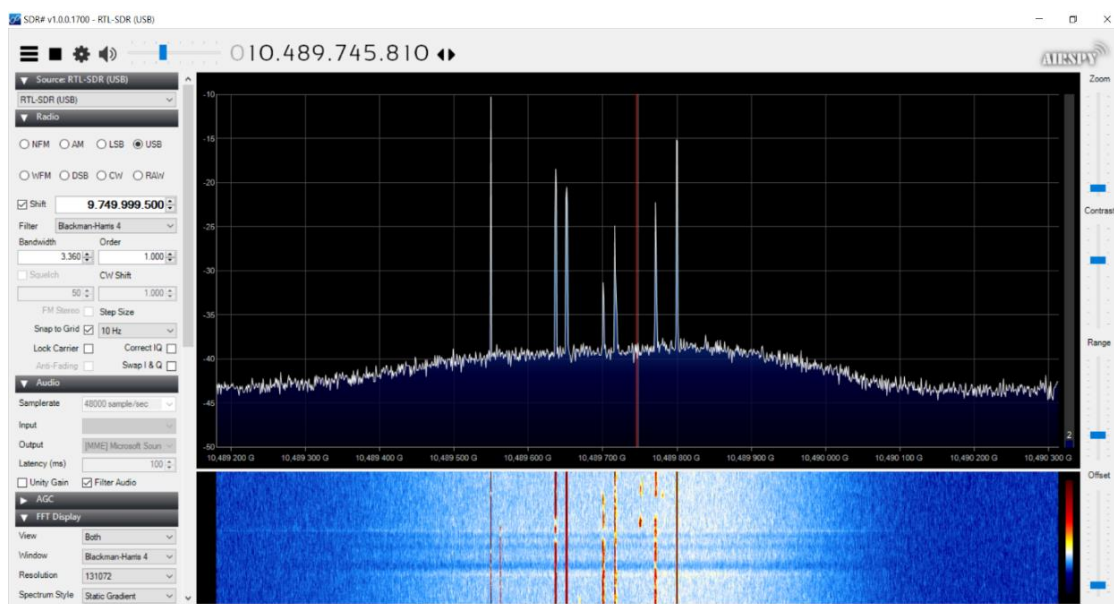
betragen.

Moderne LNBs weisen ein geringes, für den Empfang des QO-100 ausreichendes niedriges Rauschmaß und hohe Durchgangsverstärkung auf.

Für den Schmalband-Transponder des Satelliten wird im X-Band vertikale Polarisation abgestrahlt. Bei einer Betriebsspannung am LNB von 12V ist bei senkrechter Montage des F-Steckers des LNB auch vertikale Polarisation gegeben. Die übliche Umschaltung der Polarisation durch Erhöhen der Spannung auf 14V wird nicht benötigt.

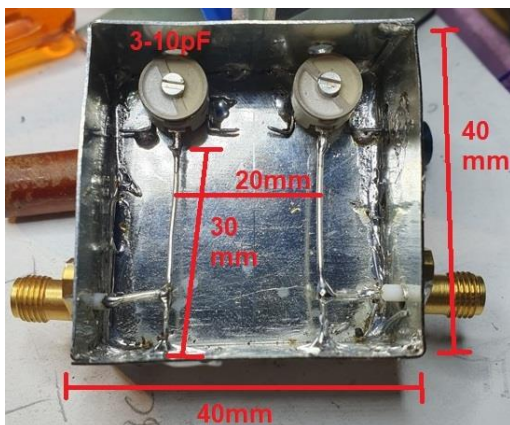
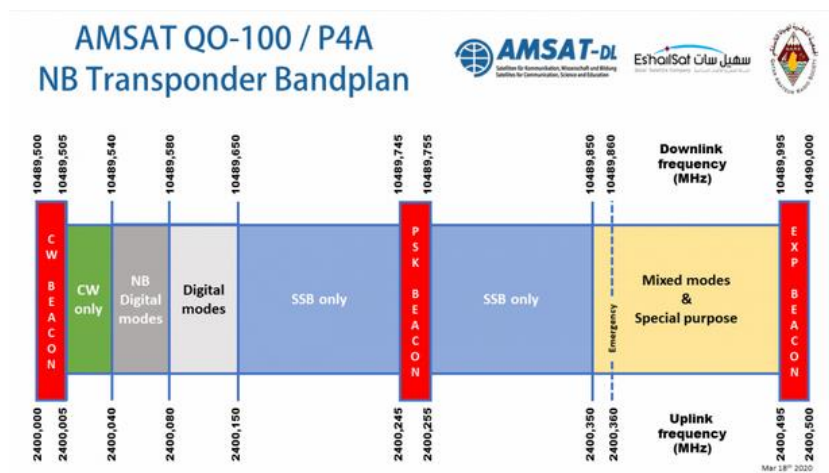
SDR#

Für erste Versuche ist das Programm SDR# zu empfehlen, weil es relativ einfach zu bedienen ist. Für den RTL-Stick ist möglicherweise ein Treiber notwendig. Für dessen Installation wird das Programm Zadig verwendet. Nach dem Starten von SDR# zeigt sich folgendes Bild. Zu beachten ist der eingetragene LO-Offset. Alternativ ist die Verwendung der ZF als Empfangsfrequenz einzutragen.



Hier ist der gesamte Transponder mit seiner Rauschglocke und Nutzsignalen erkennbar. Bei der Fein-Ausrichtung des Spiegels bei gleichzeitiger Beobachtung des Bildschirms sollte sich die Rauschglocke vom Eigenrauschen des LNB deutlich abheben. Durch die Zoomfunktion von SDR-Sharp können dann einzelne Stationen in das Demodulationsfilter gezogen und empfangen werden. Die genaue Lage der Frequenzen im Spektrum ist zunächst unwichtig, es geht um Pegel.

Der Frequenzbereich des Transponders ist vor einiger Zeit erweitert worden, wie man aus dem nachfolgenden Bandplan ersehen kann. Der SSB-Bereich erstreckt sich um die nunmehr mittig angeordnete PSK-Bake herum.



ZF-Filter für 739 MHz

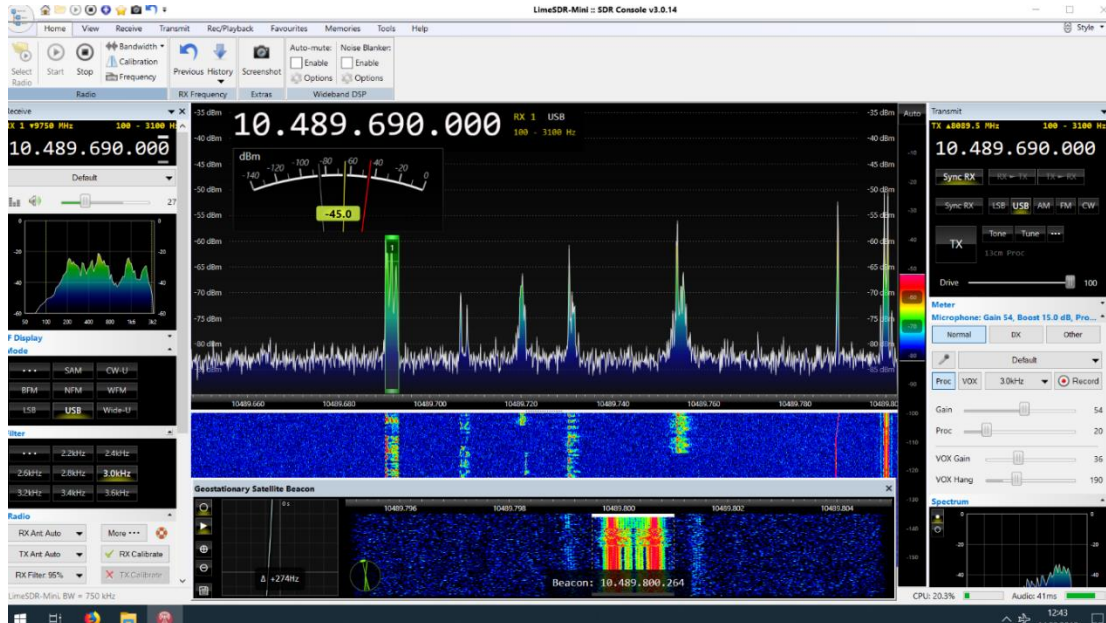
Im praktischen Betrieb der Satellitenstation zeigen sich im Empfangsspektrum Störsignale, deren Ursache nicht sofort erkannt werden konnten. Es stellte sich heraus, dass Signale weit oberhalb des Transponders mit Oberwellen des LO vom Adalm Pluto in die ZF von 739 MHz gemischt wurden. Als Lösung kann ein Filter auf der ZF-Frequenz verwendet werden. Dieses Filter wird hinter der Speiseweiche zwischen LNB und Pluto eingeschleift.

SDR Console

Als nächster Schritt ist die Verwendung der SDR-Console von Simon Brown, G4ELI, sinnvoll. Als wichtigste Funktion für den Empfang ist eine Regelung der Empfangsfrequenz durch Auswertung der PSK-Bake auf der Satellitenausgabe zu nennen. Damit kann die trotz PLL

noch vorhandene thermische Drift des LNB aufgefangen werden. Das funktioniert auch mit RTL-Sticks.

Für die Bedienung des komplexen Programms ist das Studium der Webseite von G4ELI, SDR-Radio, dringend geboten. Die jeweils aktuelle Version der Software steht dort zum freien Download bereit.



Die dominierende Darstellung ist mittig das Spektrum mit Wasserfall. Links können Details des Empfangs und rechts des Sendens eingestellt werden. Am unteren Rand ist das Fenster für die Frequenzregelung des Empfängers sichtbar. Der Betrieb der Console sollte auf Grund der vielen Details mit einem nicht zu kleinen Monitor mit hoher Auflösung erfolgen.

Das Programm wurde von G4ELI seit dem Start des Satelliten ständig verbessert und erweitert. Die Software mit all ihren Funktionen ergibt einen sehr hohen Bedienungskomfort, der inzwischen von vielen Nutzern hoch bewertet wird. Nach einem Jahr Erfahrung mit der SDR-Console läßt sich unzweifelhaft feststellen, es findet sich nichts Vergleichbares.

Die Arbeit von Simon Brown verdient eine hohe Wertschätzung.

Ich will auch senden

Leider steht für die Erzeugung eines 2,4 GHz-Uplink-Signals keine so einfache, kommerzielle Technik wie beim Empfang des X-Band-Downlinks zur Verfügung.

Die Erzeugung des Sendesignals durch Mischung ausgehend von 70cm oder 2m ist möglich, bedeutet aber zusätzlich zu den notwendigen VHF-UHF-TRXen einen nicht unerheblichen Aufwand an Hardware. Alle im Sendezweig befindlichen Oszillatoren einschließlich der Transceiver sind bezüglich ihrer Stabilität, spektralen Reinheit und Linearität kritisch zu betrachten. Mehrfache Mischvorgänge wirken sich auf die Linearität der Signale unter Umständen nachteilig aus. Die Aufeinanderfolge vieler Stufenerfordert eine sorgfältige Justage der Pegel um Übersteuerungen zu vermeiden. Kommerzielle TRXen lassen oft eine brauchbare Beeinflussung des Audiofrequenzganges und der Pegelkontrolle vermissen.

Als Einstieg können daher Mischkonzepte für Up- und Downlink (aus meiner Sicht) nicht empfohlen werden.

Adalm Pluto

Erfreulicherweise gibt es seit einiger Zeit zwei Demoplatinen, mit denen ein duplexfähiger Transceiver für den Empfang der ZF und die direkte Erzeugung von 2,4 GHz-Signalen möglich sind. Es handelt sich um die Platine LimeSDR Mini des englischen Herstellers Lime Microsystems und um eine Platine von Analog Devices genannt Adalm Pluto. Beide Ausführungen sind fast funktionsgleich, die Lösung von Analog Devices bietet einige wesentliche Vorteile und wird daher im Folgenden näher beschrieben.



Die originale Platine ist (von mir) mit einer Abdeckung aus Acryl und einem Lüfter versehen. Die beiden Buchsenpaare (SMA und USB) sind mit passend konfektionierten Streifen aus Weißblech auf einer unter dem Pluto befindliche Cu-Platine gelötet/geerdet. Damit läßt sich ein Konstruktionsmangel bezüglich EMV-Festigkeit beseitigen. Die Buchsen werden außerdem mechanisch entlastet.

Die Taktversorgung der Hardware wird mit einem 40 MHz TCXO erzeugt. Leider ist dieser sehr instabil und muss zwingend durch einen besseren Typ ersetzt werden. Wird der Adalm Pluto im Freien zwecks Nähe zum Spiegel betrieben, sollte der 40 MHz Takt GPS- stabilisiert sein.

Die Firma Leo Bodnar aus Silverstone bietet einen programmierbaren GPS Oszillator an, der sich sehr gut für die Einspeisung von 40 MHz in den Adalm Pluto eignet. Damit haben Temperaturschwankungen im Freien keinen Einfluss auf die Frequenzstabilität. Bei Zimmertemperatur ist die Stabilität eines TCXO genügend. Der Restfehler der 40 MHz wird beim Senden mit der Funktion XIT der SDR-Console ausgeglichen.



Für den Erwerb des Adalm Pluto bei der Firma digikey bietet sich daher folgende Bestellung an:

- Adalm Pluto
- CN0417 (dazu passender Sendeverstärker)
- 535-14661-1-ND 40 MHz (besserer 40 MHz-TCXO mit viel geringerer Toleranz)
- 887-2495-1-ND (25 MHz TCXO für späteren Einbau in LNB)

Der Bestellumfang erreicht ca. 200 Euro netto. Damit läßt sich das nicht unerhebliche Porto des Distributors sparen.

Der Adalm Pluto wird von der SDR-Console inzwischen voll unterstützt. Die Platine wird zunächst per USB an einem PC betrieben. Es gibt eine Datenbuchse und eine für die Zuführung einer 5V-Spannung. Für die Einzelheiten der Konfiguration bietet Analog Devices Hinweise auf einer Webseite an.

<https://wiki.analog.com/university/tools/pluto/users/customizing>

Vorteilhaft ist die Möglichkeit, die Platine über Ethernet im Netzwerk zu betreiben. Das kann sowohl über einen Router per DHCP als auch über eine direkte IP-Verbindung zu einem Host geschehen.

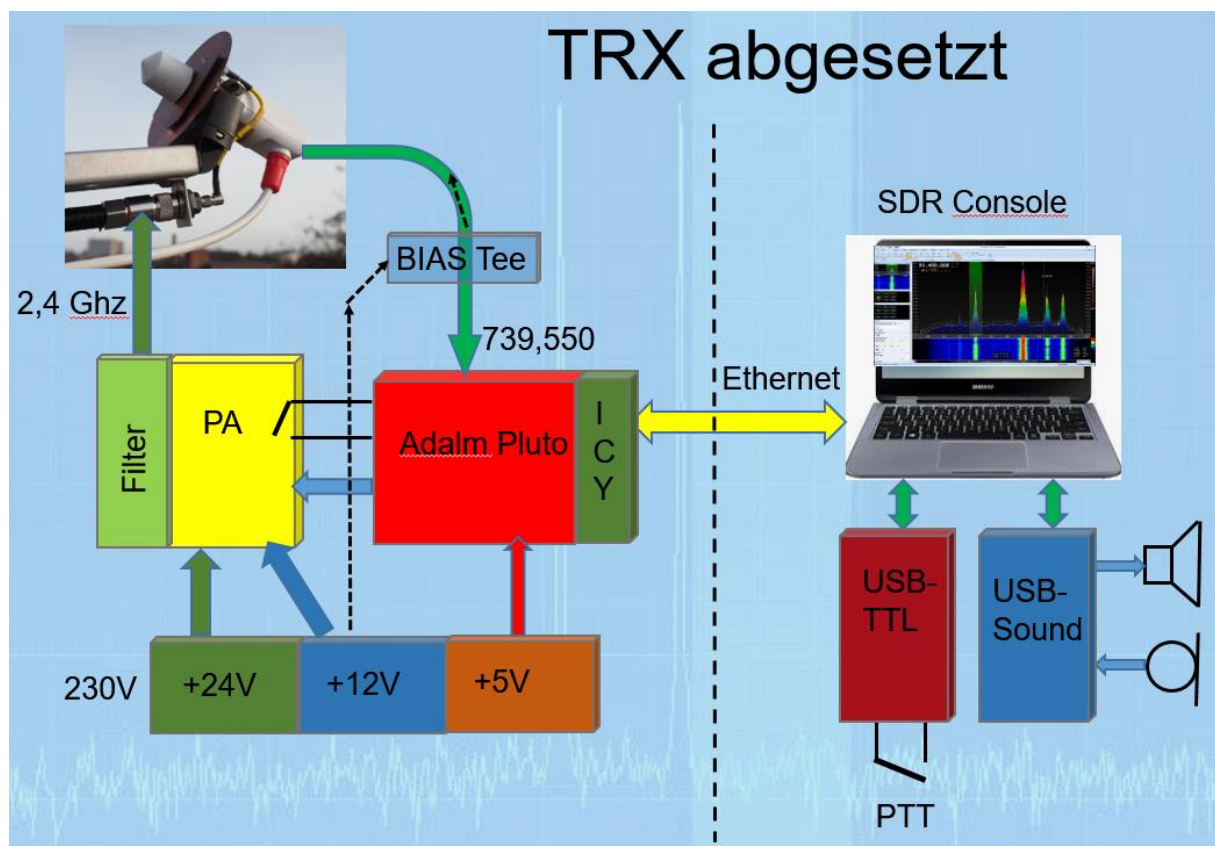


Erforderlich ist ein Wandler von USB zu Ethernet, eine sogenannte ICY-Box. Ein erprobter Typ ist die Ausführung IB-AC510 der Firma Raidsonic. Für die Funktion ist das Vorhandensein eines OTG-Kontaktes im Mikro-USB-Stecker zwingend.

Auf der Pluto-Platine läuft ein Linux-Betriebssystem. Zu empfehlen ist die Erweiterung des Frequenzbereiches und die Aktivierung des zweiten, ungenutzten Prozessorkerns. Das wird über eine Veränderung der Linux-Umgebungsvariablen des Systems erreicht.

Transceiver

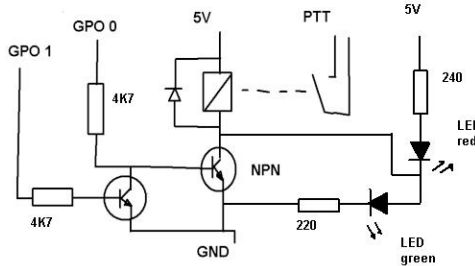
So sieht ein kompletter TRX aus. Die Baugruppe Adalm Pluto lässt sich per Ethernet abgesetzt betreiben. Abgesetzt kann bedeuten, die Entfernung zwischen Endverstärkern und Sendeantenne lässt sich gering halten. Die abgesetzte Einheit besteht aus dem Adalm Pluto, geeigneten Leistungsverstärkern und einer Spannungsversorgung.



Auf der PC-Seite wird durch die SDR-Console die Audio Aus- und Eingabe unterstützt.

Dringend anzuraten ist die Verwendung einer externen USB-Soundkarte, weil die innerhalb von Rechnern, speziell Laptops befindlichen Audio-Systeme oft unübersichtlich konstruiert sind und daher deaktiviert werden sollten.

Für die Platine Adalm Pluto ist eine erweiterte Firmware verfügbar, mit der sich eine PTT-Ausgabe zur Endstufensteuerung ergänzen lässt.



Dazu muss eine Hardware an die Pins GPIO_0 und GPIO_1 angeschlossen werden. Der Transistor an GPIO_1 verhindert eine Aktivierung der PTT beim Starten der Software auf dem Pluto. Statt des Relais kann auch ein Optokoppler verwendet werden.

Die SDR-Console unterstützt einen USB-TTL Wandler als PTT-Eingabe. Der USB-TTL-Wandler sollte einen Chip FT232 der Firma FTDI enthalten. Die Funktion wird durch „nach GND ziehen“ einer, in der Console wählbaren, Statusleitung erzielt.



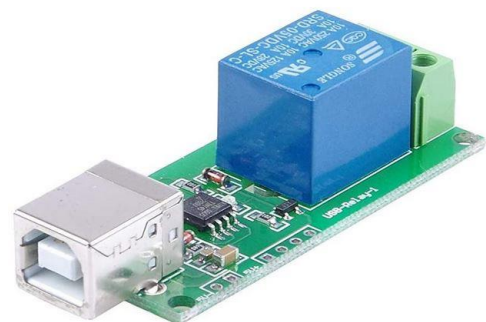
PTT over Ethernet

Für die Übertragung eines PTT-Signals zu einer abgesetzten PA, die zusammen mit der Platine Pluto in Spiegelnähe angeordnet ist, gibt es eine weitere Variante. Diese funktioniert leider nicht beim Betrieb des Pluto in einem Netzwerk sondern nur bei direkter IP-Verbindung. Für normales 100Mbit-Ethernet werden von den vier Aderpaaren in einem Kabel nur jeweils zwei für die beiden Datenrichtungen verwendet.



Es gibt POE- Adapter, welche die beiden nicht benutzten Adernpaare für die Speisung von Verbrauchern z.B. Kameras o.ä. zur Verfügung stellen. Über diese nicht vom Ethernet benutzten Drähte lässt sich ein von der SDR Console erzeugtes PTT-Signal zur PA senden. Diese Adapter lassen sich am Anfang und Ende der Ethernet-Verbindung einfach zwischenstecken. Die freien Adern sind mit Hohlsteckern konfektioniert, die sich entweder so verwenden oder austauschen lassen.

Die Ausgabe des PTT-Signals der Console auf der PC-Seite wird durch ein USB-Relais ermöglicht. Relaisausführungen die dem HID-Standard genügen (Human Device Interfaces) werden von der Console erkannt und lassen sich entsprechend konfigurieren. Auf der PC-Seite können die Drähte des Adapters unmittelbar an das Relais angeklemmt werden. Der Vorteil einer solchen Lösung besteht in einer sehr geringen Reaktionszeit. Wie sich gezeigt hat, ist die Ausgabe eines PTT-Signals am GPIO-Port des Plutos mit einer Verzögerung von ca. 800 ms behaftet, was durch eine Eigenschaft der Firmware gegeben ist.



Adalm Pluto – Konfiguration

Die Platine wird zuerst via USB an einen PC gesteckt. Es erscheint ein Laufwerk im Windows Explorer. Im Verzeichnis des Laufwerks befindet sich die Datei config.txt. Darin stehen einige vom Linux des Pluto abgeleitete Umgebungsvariablen.

Für eine direkte IP-Verbindung muss der Variable ipaddr_eth eine feste IP Adresse zugewiesen werden.

```
[USB_ETHERNET]
ipaddr_eth = 192.168.1.205          (Beispiel)
netmask_eth = 255.255.255.0
```

Nur diese Variable wird geändert. Der Rest der Datei config.txt bleibt unberührt. Nach der Abspeicherung muss das Zurücklesen der config.txt vorgenommen werden. Das geschieht über die Windows-Funktion „Laufwerk auswerfen“ (rechte Maustaste im Kontext Menü Auswerfen anklicken) Die äußere blaue LED am Pluto blinkt während des Rücklesevorgangs schnell.

Die Ethernetverbindung kann via DHCP über einen Router oder als direkte IP-Verbindung hergestellt werden. Für die direkte Kopplung mit einem host muss die Pluto-IP zusätzlich als Standardgateway in der Ethernet-Konfiguration des host eingetragen werden.

Der als host benutzte PC benötigt natürlich ebenfalls eine feste IP mit den üblichen, für die IP-Vergabe notwendigen Konventionen.

Steht die Ethernet-Kopplung kann man weitere Umgebungsvariablen ändern. Dazu ist auf dem host ein Telnet-Client (serielles Interface) einzurichten, z.B. PUTTY. Nach dem Herstellen der Verbindung befindet man sich am Linux-Prompt des Pluto. Login: root

Password: analog

Jetzt lassen sich die Umgebungsvariablen abfragen und verändern.

Mit den Shell-Kommandos

fw_printenv (lesen der Umgebungsvariable) und

fw_setenv (Verändern der Umgebungsvariable)

Werden diese ausgegeben bzw. modifiziert.

Mit

attr_val ad9364

und

attr_name compatible

wird der Frequenzbereich erweitert und der zweite CPU-Kern aktiviert.

This will be the default (based on the AD9363):

```
# fw_printenv attr_name
## Error: "attr_name" not defined
# fw_printenv attr_val
## Error: "attr_val" not defined
#
```

To change things to the AD9364 configuration:

```
# fw_setenv attr_name compatible
# fw_setenv attr_val ad9364
# reboot
```

Mit dem Befehl reboot startet das Linux neu.

Mit dem Kommando

```
# cat /proc/cpuinfo
```

kann man sich z. B. den zweiten, aktivierten CPU-Kern anschauen.

Die Aktualisierung der Firmware pluto.frm kann ohne Ethernet per USB durch Hineinkopieren in das USB-Laufwerks-Verzeichnis und auswerfen erfolgen. Das gilt auch für die direkte Verbindung mit PUTTY.

Sollte der Dialog mit der Platine scheitern, gibt es als Rettung den DFU-Modus. Diesen erreicht man durch Drücken und Halten des Schalters an der Stirnseite der Platine. Danach muss die DFU-Firmware eingespielt werden.

Ergänzung: Adalm Pluto mit 10 MHz Takt

Nach aktuellen (Januar_2021) Infos lässt sich die Taktversorgung des Pluto sehr leicht auf eine andere Frequenz umstellen. Voraussetzung ist ein Betriebssystem, Firmware von F5OEO. Am Linuxprompt folgende Befehle eingeben:

```
# fw_setenv ad936x_ext_refclk "<10000000>"
# fw_setenv xo_correction 10000000
# pluto_reboot reset
```

Die beiden Zahlenwerte repräsentieren den künftigen Takt. Das geht genauso mit 25 MHz. Der besondere Vorteil ist, dass dann auch die LNB mit dem gleichen Takt gespeist werden kann. 25 MHz lassen sich stabil aus dem Leo Bodnar –RX gewinnen.

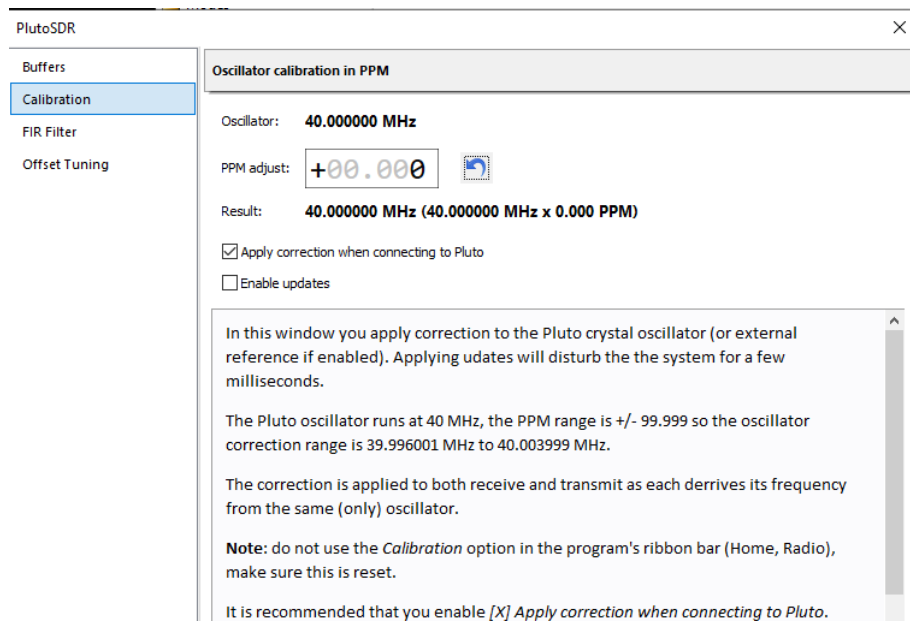
Unerklärliche Frequenzablagen trotz GPSDOs

Es gibt Fälle, in denen trotz stabilisierter Oszillatoren zwischen Senden und Empfang unerklärliche Ablagen auftreten können.

Als Ursache ist ein im Pluto intern gespeicherter, nicht ohne weiteres erkennbarer Offset bekannt. Um diesen Offset auf Null zu setzen, ist folgende Vorgehensweise zu empfehlen:

In der Einstellung „Calibration“ zuerst den Haken „Enable updates“ setzen. „Apply Correction when connecting to Pluto“ ebenfalls anhaken. Dann den offset auf Null stellen und anschließend **den blauen Pfeil drücken**.

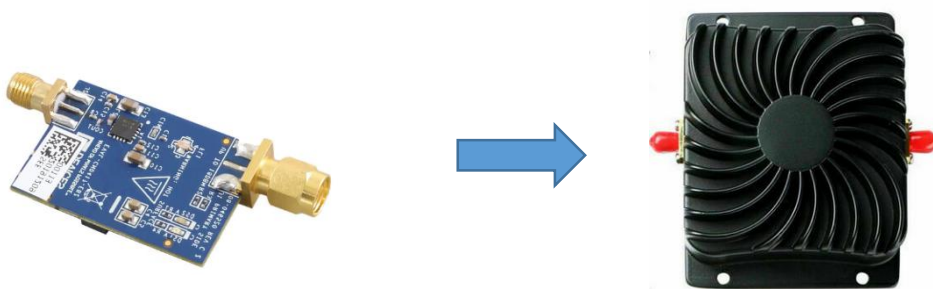
Damit werden alle eventuellen, internen Einstellungen gelöscht.



Leistungsverstärker

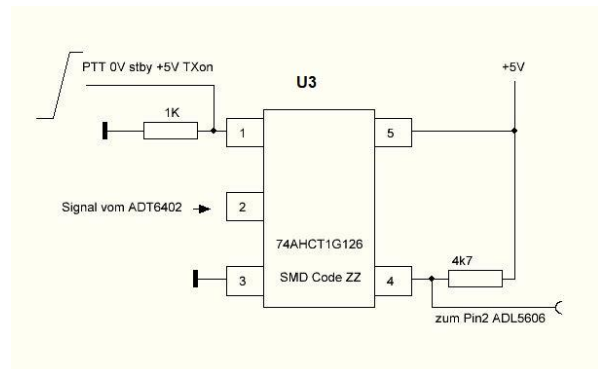
Als erprobte Folge von Leistungsverstärkerbaugruppen kann nach dem TX-Ausgang des Adalm Pluto eine Anordnung des CN0417 plus WLAN-Verstärker EP-AB003 empfohlen werden. Die etwa 0 dBm der TRX-Platine lassen sich damit auf ca. 2 Watt verstärken. So kann man mit der nachfolgend beschriebenen Patch-Antenne und einem >80cm Spiegel schon ausreichend gut arbeiten.

Für die Verbindung zwischen Endstufe und Sendeantenne ist ein möglichst kurzes und verlustarmes Kabel zu verwenden. Die abgesetzte Montage des TRX am Spiegel ist ebenfalls möglich.



Die Verstärkerplatine CN0417 von Analog Devices weist eine extrem hohe Ruhestromaufnahme auf in deren Folge sie sich stark erwärmt. Daher wurde in der Revision C ein Thermoschalter ADT6402 integriert.

Der dahinter befindliche, nichtinvertierende Puffer lässt sich zur Erzeugung eines stby-Signals verwenden. Der fest auf 5P liegende Eingang wird stattdessen mit einem Widerstand auf GND gezogen. Am hochohmigen Ausgang von U3 entsteht mit einem pull up R ein high-Potential, welches den Verstärker ADL5606 abschaltet. Die Stromaufnahme sinkt von 600 auf 40 mA. Das PTT-Schaltsignal wird von 0 auf 5P geschaltet. Der thermische Schalter funktioniert mit dieser Methode weiterhin.



Ergänzung: Leistungsverstärker

Eine Platine aus Asien mit einem SIRENZA-MMIC, TYP SZA2044, ist als Alternative für den CN0417 sehr gut geeignet. Der Ruhestrom sollte ebenfalls bei stby abgeschaltet werden.

Als PA kann die Endstufe von SG-Lab V3 empfohlen werden. Von Zeit zu Zeit gibt es bei ebay Surplus-Endstufen.

Sendeantenne

Es hat sich als praktikabel erwiesen, den LNB mit einer Patch-Antenne für 2,4 GHz zu erweitern. Dann ist die Verwendung eines gemeinsamen Spiegels für Senden und Empfang möglich. Als besonders gut geeignet zeigen sich sogenannte Rocket-LNBs mit sehr schlanker Bauform.



Wenn der an der Vorderseite des Hohlleiters befindliche Flansch für die Halterung der Linse abgedreht wird, ergibt sich ein zylindrischer Hohlleiter. Die Länge des Hohlleiters wird nicht verändert, damit der Abstand zu den

Auskoppelstiften erhalten bleibt.

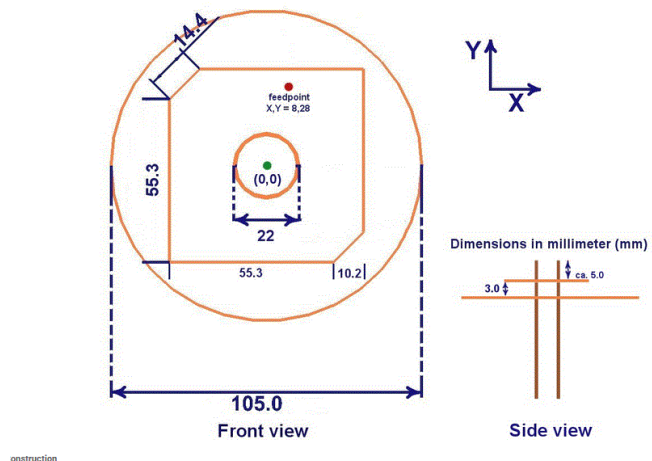
Auf den, auf einen konstanten Durchmesser und rund abgedrehten LNB wird eine Buchse aus Messing gesteckt, die beide Elemente der Patchantenne trägt und den Befestigungsflansch für die Linse hat. Die Buchse sollte mit mäßigem Kraftaufwand auf den Hohlleiter des LNBs zu stecken sein.



Die beiden Elemente der Patchantenne, Strahler und Reflektor werden mit der Messingbuchse verlötet. Die Linse wird vorn aufgesteckt. Der geforderte Abstand vom 3mm der beiden Elemente des Patches kann beim Verlöten mit

der Messinghülse durch Zwischenlegen geeigneter 3mm Distanzstücke erreicht werden. Ist die Möglichkeit der S11-Messung des Patches gegeben, kann ein Abgleich der Rückflusdämpfung erfolgen.

Die Maße für das Anfertigen der beiden Blechteile lassen sich der Zeichnung entnehmen. Zu beachten sind die Koordinaten für den Speisepunkt. Für die Herstellung der Buchse kann auch ein 22mm Cu-Rohr aus der Installationstechnik verwendet werden, dessen Innendurchmesser allerdings auf den LNB angepasst werden muss.



Alternativ zum Patch ist eine Helix möglich, die ebenso auf das Hohlleiterrohr gesteckt werden kann.

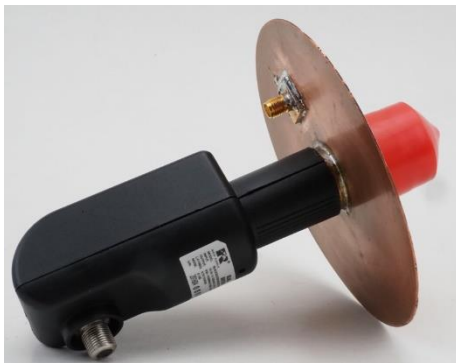
Die Helix sollte dabei mit ihrer Reflektorscheibe und einer geeigneten Buchse auf den LNB aufgesteckt werden, derart daß sich die Linse zwischen den Windungen der Helix befindet. Für die Anpassung der Helix auf 50 Ohm wird ein Blechstreifen zur Anschlußbuchse geführt und entsprechend auf Abstand zur Reflektorscheibe justiert. Für die genauere Ausführung gibt es geeignete Bauvorschläge. Zur Kontrolle der Anpassung ist auch hier eine Meßmöglichkeit der Rückflußdämpfung sinnvoll.



Bei einigen, inzwischen erfolgten Experimenten verschiedener Stationen zeigte sich, dass zwischen Patch und Helix keine deutlichen Unterschiede zu bemerken sind. Außerdem muss man davon ausgehen, dass individuelle Gegebenheiten die Testergebnisse beeinflussen können.

Unter Umständen ist der mechanische Aufwand zur Erstellung einer Helix etwas geringer, weil auf das Vorhandensein einer Drehmaschine verzichtet werden kann.

Der fertig montierte LNB sieht so aus.



Zu beachten ist, dass die SMA-Anschlußbuchse für die Patchantenne großflächig auf das Reflektorblech aufgelötet wird. Sollte die SMA-Buchse mit der Befestigungsschelle an der Halterung des LNB kollidieren, ist ggf. eine veränderte, flachere Schelle zu verwenden. Ein Foto einer komplett montierten Antenne ist bei qrz.com zu finden. Das schwarze Kunststoffgehäuse des LNB wird vorn gekürzt. Manche LNB-Halterungen kollidieren mit der Reflektorscheibe des Patch. Eine Änderung bzw. ein Neubau der

Halterung ist dann meist nicht vermeidbar.

Auf ähnliche Weise läßt sich der LNB statt der Patchantenne auch mit einer Helix ergänzen. Die Helixantenne sollte aus ca. 3,5 bis 4 Windungen bestehen. Das Ende des LNB-Hohlleiters befindet sich dabei nicht hinter sondern inmitten der Helix.



Spiegelgröße

Es ist leicht einsehbar, zwischen der Fläche (Apertur) eines Parabolspiegels und seinem Gewinn besteht ein unmittelbarer Zusammenhang. Doppelte Fläche bedeutet, 3 dB mehr Gewinn. Das erfordert eine Zunahme des Durchmessers und den Faktor Wurzel (2).

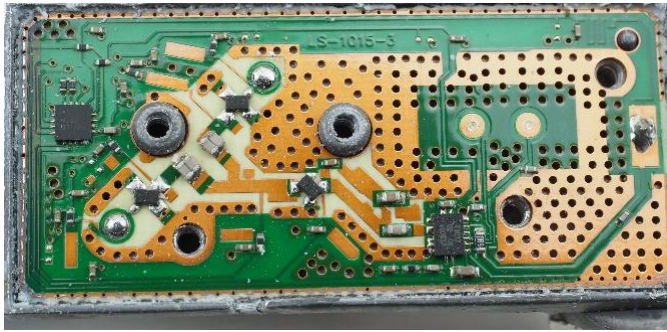
Spiegelform

Ein Rotationsparaboloid entsteht aus einer quadratischen Gleichung $y = a \cdot x^2$. a ist der Stauchungsfaktor und bestimmt die Krümmung eines Spiegels. Für praktische Ausführungen ist a ca. 0,005. Die Krümmung wird auch durch das f/D -Verhältnis beschrieben, das ist der Abstand des Fokuspunktes vom Spiegelboden im Verhältnis zum Durchmesser. Zwischen dem Strahlungsdiagramm des LNB bzw. Patch und der Spiegelkrümmung muss ein geeigneter Zusammenhang existieren. Gut brauchbare f/D -Werte liegen im Bereich von 0,5. Kommerzielle TV-Spiegel und LNBs dürften bezüglich f/D und Strahlungsdiagrammen optimal aufeinander abgestimmt sein. Das gilt sowohl für LNBs mit einem Rillenhorn und auch einem offenen Hohlleiter mit einer dielektrischen Linse. Daher sollte klar sein, dass die Linse nach einem LNB-Umbau wieder montiert werden muss.

Nach W1GHZ ist eine optimale Ausleuchtung eines Spiegel dann gegeben, wenn der Feldstärkeabfall am Rand gegenüber der Mitte ca. 10 dB beträgt.

Einbau eines TCXOs in den LNB

Die LNB Deckel sind mit TORX-Schrauben am Gehäuse befestigt. Nach Entfernen der Vergußmasse läßt sich der Deckel vorsichtig und leicht abheben. Unter dem Deckel ist die ungeschützte Platine mit sehr kleinen SMD-Teilen unmittelbar sichtbar, die Gefahr einer Beschädigung beim Öffnen bzw. Aufhebeln ist sehr hoch.

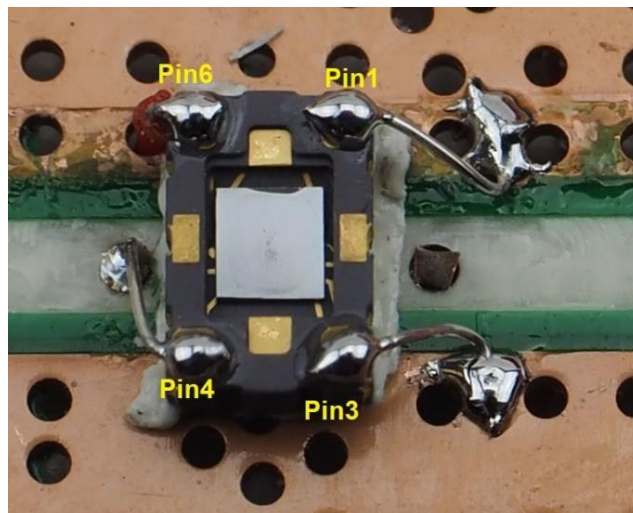
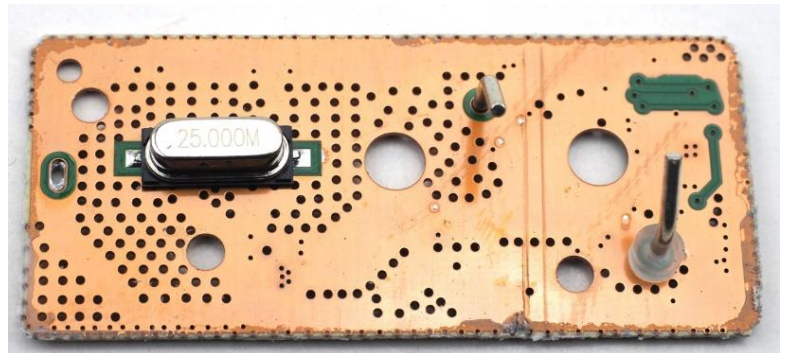


Das ist eine originale Platine aus einem Rocket LNB. Leider ist der zu ersetzende Quarz auf der Rückseite. Die Platine muss also ebenfalls durch vorsichtiges Entfernen der Vergußmasse an den Rändern aus dem Gehäuse gelöst werden. Die Koppelstifte im Hohlleiter bleiben angelötet, die einzig zu lösende

Verbindung befindet sich rechts an der F-Buchse des Ausgangs. Das dünne Platinenmaterial samt Leiterzügen erfordert etwas Geduld und Vorsicht.

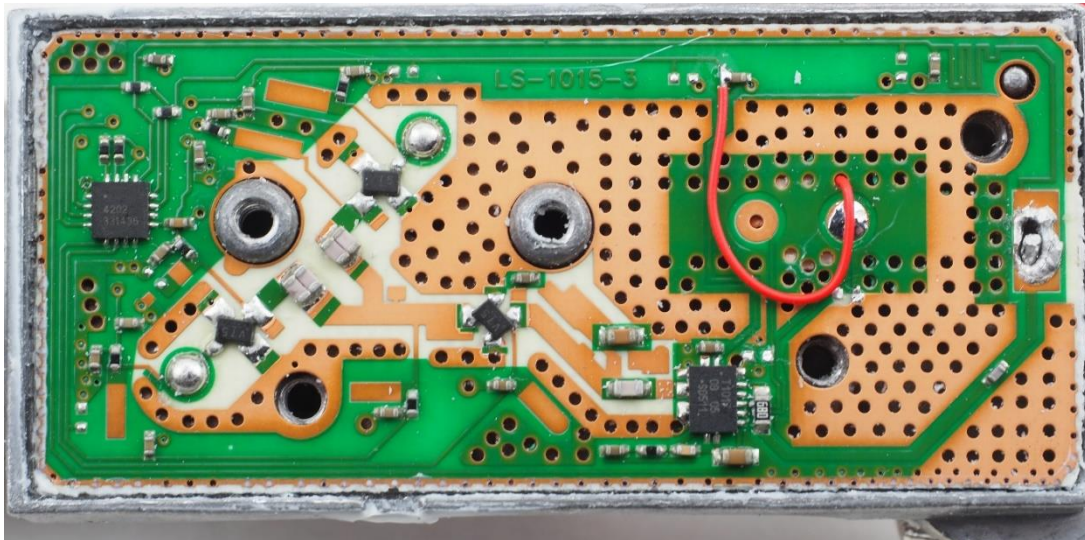
So sieht die Rückseite der Platine mit dem Quarz aus. Dieser wird abgelötet, was mit zwei Lötkolben oder einer Lötzange gelingt.

Dabei läßt sich ein Ablösen der Leiterzüge unterhalb des Quarzes kaum vermeiden. Für die Verbindung zum Oszillatorbaustein gibt es Durchkontaktierungen.



Der neue TCXO wird mit etwas doppelseitigem Klebeband „auf dem Rücken liegend“ befestigt. Pin1 und 3 werden an GND gelötet. Pin4 kommt an die Durchkontaktierung links. Pin6 wird über einen isolierten Draht, der auf die andere Platinenseite führen muss, mit Spannung versorgt.

Der rote Draht im nachfolgenden Bild wird an ein Abblock-C gelötet. Der Kondensator filtert die 5V Betriebsspannung für den Mischer/PLL-Baustein. Der Draht muss eine Schleife bilden, damit er vom Deckel des LNB nicht gequetscht wird.



Nach dem Umbau des LNB ergibt sich neben der verbesserten Temperaturstabilität eine wesentlich höhere Treffsicherheit des Oszillators.

Einstellungen der SDR Console

Die wichtigsten Einstellungen der Console sind die Offsetwerte für Senden und Empfang. Das geschieht mit einer für den QO-100 zugeschnittenen Einstellung bei der Auswahl der Hardware vor dem Programmstart. Mit dieser Einstellung lassen sich Empfänger und Sender synchron gekoppelt verstellen. Das ist eine erhebliche betriebstechnische Erleichterung. Eine sehr nützliche Funktion ist die Absenkung der RX-Audio beim Senden. Die schon erwähnte Regelung des Empfängers mit Hilfe der PSK-Bake reduziert die Frage der Frequenzstabilität auf den TCXO der SDR-Platine.

Telegrafie mit SDR-Console und Adalm Pluto

Leider sind weder an der SDR-Console noch an dem Pluto Morsetasten für Telegrafie einfach anzuschließen.

Eine mögliche Lösung ist die Tastung eines Tongenerators anstelle des SSB-Mikrofons. Weitaus eleganter geht es mit einer Software Morsekeyer in der aktuellen Version 4.3. Es wird ein Tonsignal über ein virtuelles Audiokabel an die Console übergeben. Das VAC muss getrennt installiert werden. In der Dokumentation zum Morsekeyer 4.3 sind alle Details zum Betrieb und Anschluß einer Taste aufgeführt.

Betriebstechnik

Ein frequenzstabiles und intermodulationsarmes SSB-Signal ist ein Aushängeschild des Funkamateurs. Mikrofone benötigen unbedingt einen Pop-Schutz. Die SDR-Console erlaubt mit einem Equalizer und Kompressor die Einstellung eines Signals mit ausgeglichenem Frequenzgang und reduzierter Dynamik. Das von der Console dargestellte Spektrum gibt sofort einen Überblick über die Belegung der einzelnen Bereiche.

Der Einzugsbereich des Satelliten umfasst ca. 40 % der von der geostationären Bahn sichtbaren Erdoberfläche. Man sollte daher auch mit QSOs in Fremdsprachen rechnen. Die Signale durchlaufen eine Entfernung von ca. 80000 km. Das ergibt mit der Latenz der Software eine deutlich hörbare Verzögerung von etwa 300 ms.

Rechner

Der Betrieb einer SDR-Platine erfordert einen PC mit einem zeitgemäßen Betriebssystem. Die immer wieder geäußerten Vorbehalte gegen Win10 sind wenig stichhaltig und lassen sich nach entsprechenden Einstellungen alle beseitigen. Win10 ist schnell und stabil. Seit Beginn der Nutzung von SDR-Konzepten hat es sich bewährt, eine PC-Platine ausschließlich für deren Bedienung zu verwenden. Unnötige, im Hintergrund laufende Prozesse verringern die Leistungsfähigkeit. Eine Anbindung an Netzwerke ist bei direkter IP-Verbindung nicht erforderlich. Soll der Rechner in ein Gerät integriert werden, bieten sich Lösungen für 12V-Anwendungen an. Ein erprobtes Beispiel ist das Board DN2800MT4.



Hersteller ist die Firma MITAC. Die Platine im ITX-Format verfügt über einen Quadcore-Prozessor N4200. Als Festplatte wird ein Flashmodul benutzt. Dadurch entfallen Kabel und Stecker. Vorteilhaft ist eine doppelt ausgeführte Ethernet-Schnittstelle. Eine kann als Verbindung zum SDR dienen, die andere für temporäre Netzkopplung zur Aktualisierung der Software. Die Leistungsfähigkeit eines vergleichsweise sparsamen PCs ist für die Console mehr als ausreichend. Ein Speicherriegel von 8MB

genügt und ist kaum ausgelastet.

Zusammenfassung

Die vorliegende Dokumentation soll als Hilfsmittel für den Einstieg zu QO-100 verstanden werden. Die aufgeführten Empfehlungen erheben keinesfalls den Anspruch vollständig zu sein, sondern basieren auf eigenen, praktischen Erfahrungen. Der zunächst hoch erscheinende Aufwand läßt sich durch schrittweises Vorgehen und Experimente überschaubar gestalten.

Die Weitergabe dieser Empfehlungen an Freunde und Bekannte hat deren Brauchbarkeit mehrfach bestätigt.

Die oft gehörten Bedenken bezüglich der fehlenden Messtechnik und komplizierten Baugruppen lassen sich völlig zerstreuen. Durch die Verwendung kommerzieller LNBs als Empfangskonverter und einen minimalen Hardwareaufwand für einen duplexfähigen Mikrowellentransceiver ist auch der Kostenaufwand überschaubar.

Das inzwischen hoch entwickelte und frei zugängliche Programm SDR-Console bietet einen gewaltigen Bedienkomfort und ist zusammen mit dem Adalm Pluto ein weiterer Beweis für die Leistungsfähigkeit moderner SDR-Konzepte. Diesbezügliche Vorbehalte gegenüber digitalen Techniken sind als nicht mehr zeitgemäß zu bezeichnen.

Aus meiner Sicht zeigt die aktive Teilnahme am Funkverkehr über QO-100 die Wertschätzung gegenüber der hervorragenden Arbeit der AMSAT-DL und der Qatar Amateur Radio Society.

Der Satellit ermöglicht internationalen Amateurfunk auch ohne Kurzwellenantennen. Ein weiterer Vorteil ist die ohne großen Aufwand mögliche Demonstration des Funkbetriebes bei geeigneten Anlässen.

Gegen die Weitergabe des Dokuments habe ich keine Einwände. Veröffentlichungen bedürfen meiner Zustimmung.

<C> DL5CN

Hohenstein-Ernstthal, 25.3.2020