

## Bau eines 739 MHz Bandpassfilter für Pluto QO100

Benedikt, DO4DY, und Wilhelm, DL6DCA

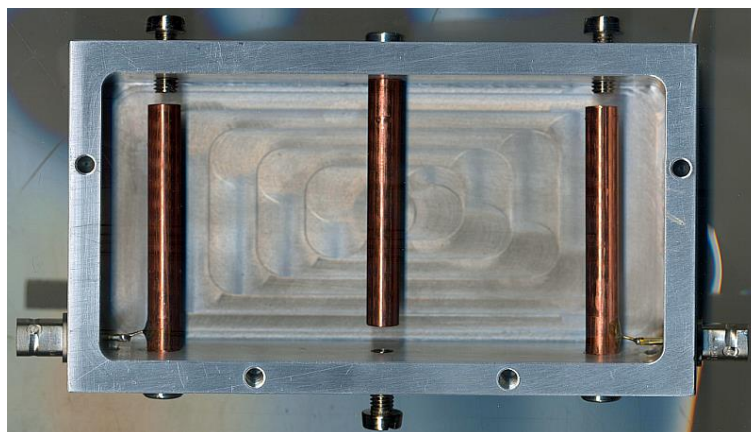
08.09.2020



Im Rahmen der Beschreibung zur Empfangsverbesserung des QO 100 mit dem Pluto hatten wir auf ein selbstgebautes Bandpassfilter verwiesen. Den Aufbau möchten wir hier einmal erläutern.

Bandpassfilter dienen dazu, einen gewünschten Frequenzbereich mit wenig Dämpfung durchzureichen und alle Frequenzen darüber und darunter stark zu unterdrücken. Gegenstück sind Hoch- und Tiefpassfilter die ab einer definierten Frequenz alles darüber bzw. darunter durchlassen und entsprechend darunter / darüber stark unterdrücken. Hierzu gibt es im Internet einige kostenlose Programme die recht einfach zu bedienen sind. Wir bevorzugen die Internetseite [www.changquak.ch](http://www.changquak.ch) wo eine Vielzahl von entsprechenden Filterberechnungen angeboten werden. Wenn man die errechneten Werte möglichst mm genau einhält, wird sich auch automatisch bei halbwegs sauberem Aufbau der Erfolg einstellen.

Hier einmal eine Kopie unserer Berechnung:

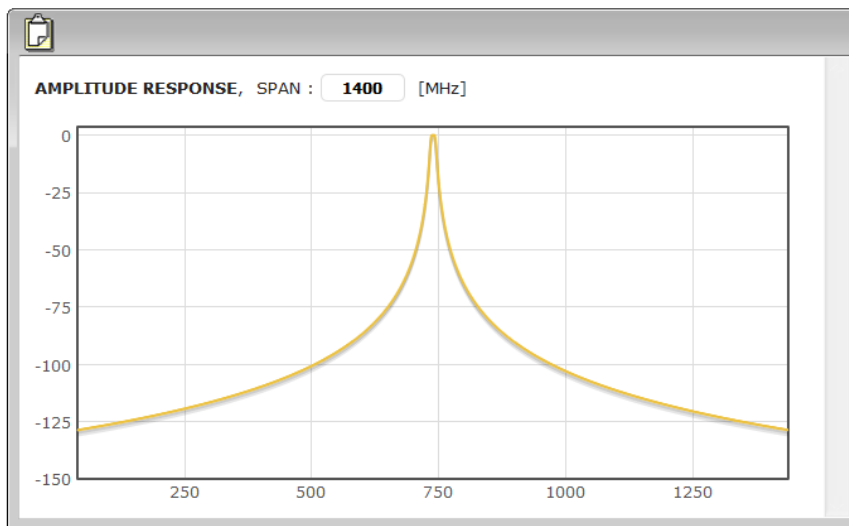


Symbolischer Aufbau eines Filters

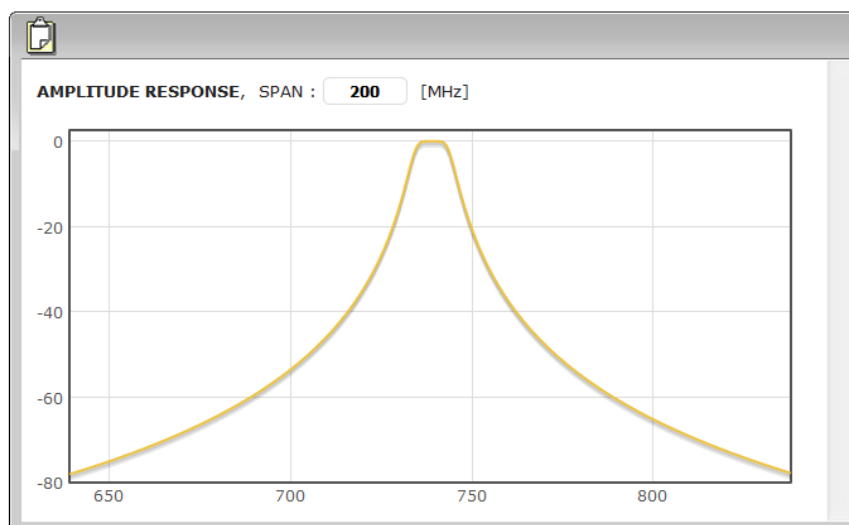
**REQUIREMENTS**

Center Frequency	<input type="text" value="739"/>	[MHz]	
Bandwidth	<input type="text" value="10"/>	[MHz]	
Elements	<input type="text" value="3"/>		<input type="button" value="+"/> <input type="button" value="-"/>
Passband Ripple	<input type="text" value="0"/>	[dB]	
Impedance	<input type="text" value="50"/>	[ $\Omega$ ]	
Ground plane space	<input type="text" value="20"/>	<input checked="" type="radio"/> mm <input type="radio"/> inch	
Rod diameter	<input type="text" value="6"/>	<input checked="" type="radio"/> mm <input type="radio"/> inch	
End plate to rod	<input type="text" value="10"/>	<input checked="" type="radio"/> mm <input type="radio"/> inch	

**Berechnungsfeld**



**Übersicht über berechneten Filterverlauf (breite Darstellung)**



**Übersicht über berechneten Filterverlauf (schmale Darstellung)**

```

DESIGN DATA FOR YOUR BANDPASS

Interdigital Bandpass Filter, based on work of Jerry Hinshaw,
Shahrokh Monemzadeh (1985) and Dale Heatherington (1996).
www.changpuak.ch/electronics/interdigital_bandpass_filter_designer.php
Javascript Version : 09. Jan 2014

-----
Design data for a 3 section interdigital bandpass filter.
Center Frequency      : 739 MHz
Passband Ripple      : 0 dB
System Impedance     : 50 Ohm
Cutoff Frequency     : 734 MHz and 744 MHz
Bandwidth (3dB)      : 10 MHz
Fractional Bandwidth : 0.0135
Filter Q              : 73.9
Estimated Qu         : 1489.16
Loss, based on this Qu : 0.861 dB
Passband Delay       : 63.662 ns
-----

Quarter Wavelength   : 101.42 mm or 3.993 inch
Length interior Element : 96.07 mm or 3.782 inch
Length of end Element : 96.43 mm or 3.797 inch

```

```

DESIGN DATA FOR YOUR BANDPASS

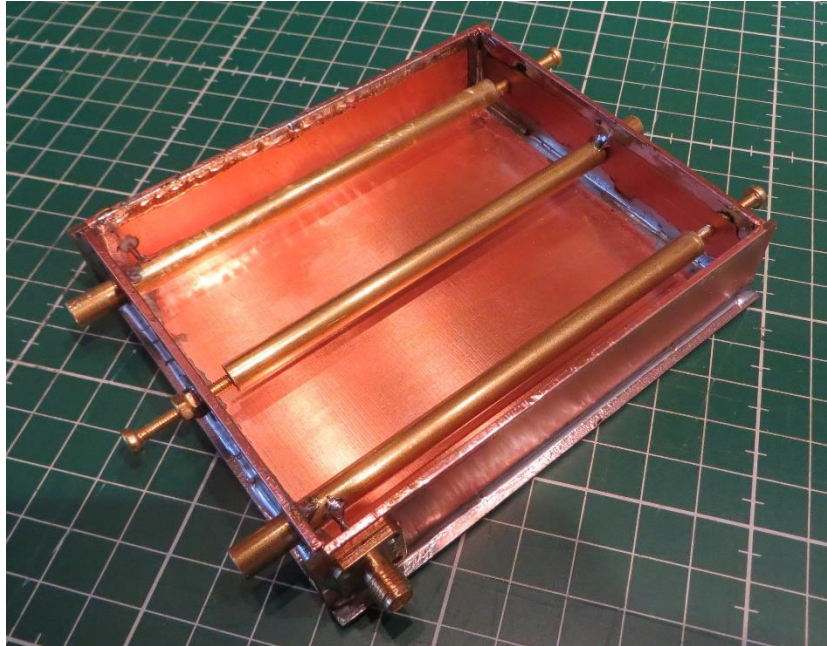
Ground plane space    : 20 mm or 0.787 inch
Rod Diameter          : 6 mm or 0.236 inch
End plate to center of Rod : 10 mm or 0.394 inch
Tap to shorted End   : 5.22 mm or 0.205 inch
Impedance end Rod    : 81.487 Ohm
Impedance inner Rod  : 86.672 Ohm
Impedance ext. line  : 50.000 Ohm
-----
**** Dimensions, mm (inch) ****
#   End to Center   Center-Center   G[K]   Q/Coup
0   0.00 (0.000)    32.93 (1.296)   1.000  0.707
1   10.00 (0.394)   32.93 (1.296)   2.000  0.707
2   42.93 (1.690)   0.00 (0.000)    1.000  1.000
3   75.85 (2.986)
4   85.85 (3.380)
-----
**** Box inside dimensions ****
Height : 101.42 mm or 3.993 inch
Length : 85.85 mm or 3.380 inch
Depth  : 20.00 mm or 0.787 inch

```

**Berechnungsergebnisse**

Wer das Programm aufruft kann auch mal mit den Eingabedaten spielen und z.B. die Höhe des Gehäuses (ground plane space) etc. verändern. Unser erstes nachgebautes Filter war zur Verwendung einer Europakarte nicht geeignet. Deshalb haben wir den Abstand der Filterglieder zur Außenwand von 15mm auf 10mm verringert. Also: Spielen erlaubt!

Da wir leider über keine gute Fräsmöglichkeit für dicke Alubleche verfügen, wurde das Gehäuse aus FR4 beidseitig kaschierten Platinenmaterial aufgebaut. Alle Gehäuseteile werden innen und außen miteinander verlötet. Um vernünftige Masseanschlüsse im Deckelbereich zu bekommen, wurde dort mit einer selbstklebenden Kupferfolie (nimmt man auch für Tiffany Glasarbeiten und kostet nicht viel) der Rand umschlagen und längs verlötet. Man kann ja nach Schließen des Deckels nicht mehr von innen löten. Wenn man dieses nicht macht, ist nicht sichergestellt wo am Deckel der physikalische Masseverlauf liegt und es kann zu Schmutzeffekten kommen, da bekanntlich Metallflächen als Antennen wirken und genau am Rand es zur Ablösung der elektrischen Wellen kommt –siehe Planarantennen-.



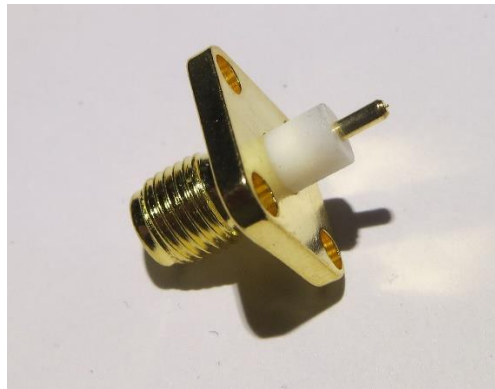
**Verlötetes Gehäuse ohne Deckel**

Noch ein Tipp zu den verlöteten M3 Abstimmerschrauben / Muttern. Um die Muttern auf das Gehäuse zentrisch aufgelötet zu bekommen und den Gewindegang von Lot freizuhalten, bohrt man mit einem 2,5mm Bohrer ein Loch in das Gehäuse. Die Mutter schraubt man auf den Gewindeschneider (Endmaß) und schneidet damit in das Gehäuseloch hinein. Jetzt kann man durch Sichtkontrolle und ggfs. leichtes Drücken die Mutter so ausrichten, dass demnächst die Abstimmerschraube exakt gerade in das Resonanzröhrchen ragt, ohne es zu berühren; wir wollen dort ja keinen Kurzschluss sondern einen Kondensator.



Wenn dann die Mutter verlötet ist, wird mit dem Herausdrehen des Gewindeschneiders das evtl. vorhandene Lötzinn freigeschnitten. Beim Löten ggfs. ein wenig Löt fett nehmen.

Beim Einlöten der SMA Flanscbuchse eine entsprechende Bohrung an der vorberechneten Stelle (tap to shorted end) des Gehäuses im Durchmesser der Teflon Isolierung bohren, hier 4mm und rings um das Bohrloch ein wenig mit Lötzinn verzinnen. Dann die Flanscbuchse aufsetzen und mit dem LötKolben seitlich am Flansch erhitzen. Durch die Befestigungslöcher ein wenig Lötzinn zugeben und dann den Flansch andrücken; dabei aber nicht auf das Innenleben drücken! Die Verbindung zum Resonanzröhrchen dann mit einem kurzen Stück (Silber- oder Kupfer-) Draht durch Löten herstellen. Hier möglichst genau das berechnete Maß einhalten. Sollte sich kein gutes SWR ergeben, kann man durch Variation im ½ mm Bereich eine Verbesserung schaffen. Näher zum Fußpunkt (Masse) geringerer Fußpunktstand, entsprechend weiter weg ein höherer.



**SMA Flanscbuchse (Messing da Stahl nicht lötfar)**

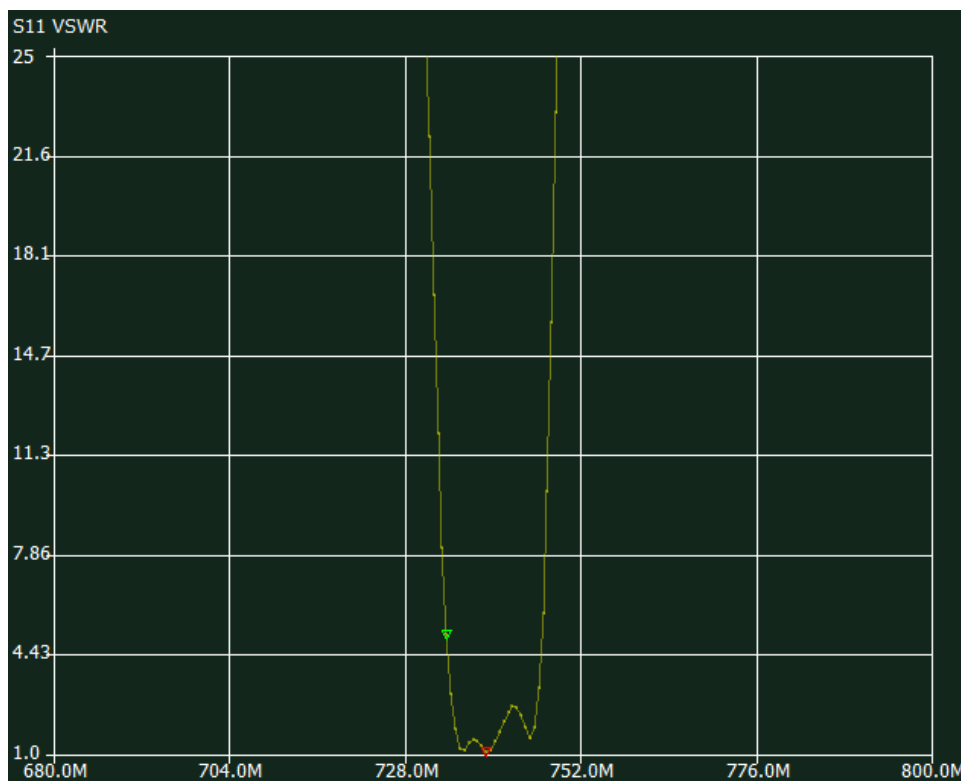
Die etwas länger geschnittenen Resonanzröhrchen entsprechend den errechneten Längen erst einmal nur mit einem kleinen Lötkecks an der Innenseite anlöten um später noch korrigieren zu können!

Wenn all diese mechanischen und Löt-Arbeiten erledigt sind, kommt die Stunde der Wahrheit. Den Gehäusedeckel auflegen und mittels einer Zwinge (am besten mit zwischengelegten Holzbrett zur besseren Druckverteilung auf die Außenränder) oder sonstigem Gewicht festsetzen. Nur mit dem fest aufgesetzten Deckel kann abgeglichen und gemessen werden!

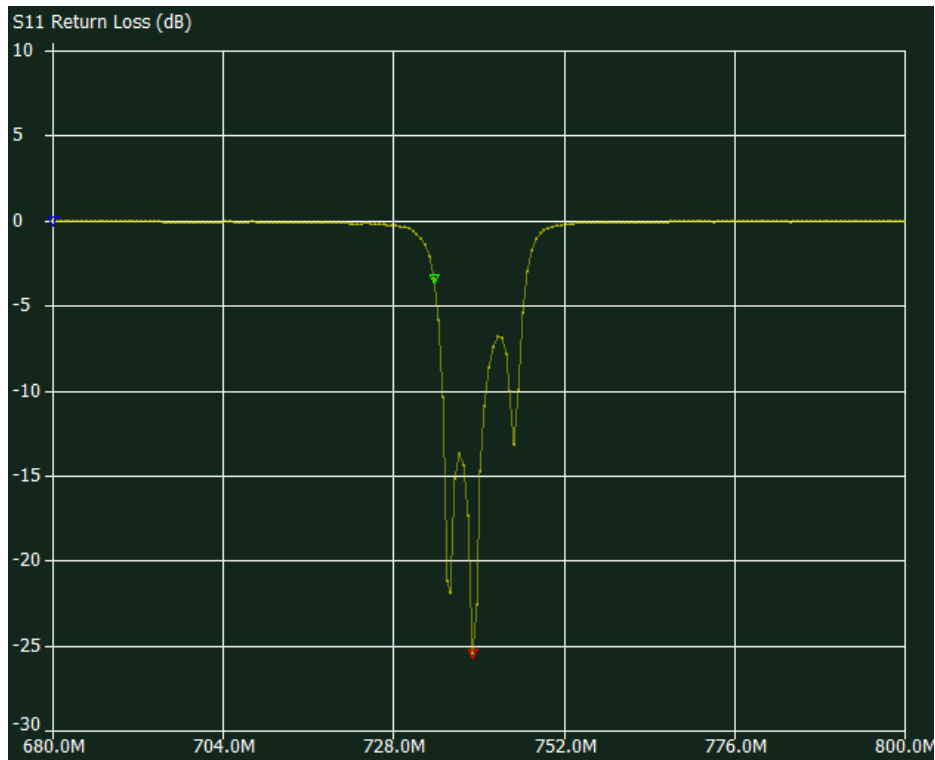
Wir haben mit dem NanoVNA V2 unter Einsatz der Software NanoVNA-saver 0.3.3 gemessen. Hier noch ein Hinweis zum NanoVNA V2: Der zur Messung der S21 Parameter (Durchlass und Dämpfung) benutzte Port 2 weist in diesem Frequenzbereich ein recht schlechtes Eingangs-SWR auf, was die Messung stark verfälscht. Abhilfe schafft hier ein 6 oder 10 dB Dämpfungsglied was quasi zu einer Zwangsanpassung führt, allerdings den Dynamik entsprechend verringert. Wir haben 10 dB genutzt und bei der Kalibrierung einbezogen. Zum NanoVNA V2 gibt es vielleicht in Kürze einen weiteren Bericht.

Beim Abgleich werden erst einmal alle M3 Abgleichschrauben rausgedreht und dann wechselweise langsam herein- bzw. herausgedreht; am Anfang ein wenig fummelig, aber man kommt sehr schnell dahinter wie das Filter reagiert. Wenn man ein gutes Ergebnis erreichen kann, werden die Resonanzröhrchen innen und außen am Gehäuse ringsum verlötet. Ist die erreichbare Frequenz zu tief muss man den anfänglichen Lötkecks erwärmen und das Röhrchen mm-weise herausziehen, also in der Resonanzkammer kürzen. Ist die Frequenz zu hoch entsprechend verlängern. Ideal ist der Punkt, wo die Abstimmerschraube gerade eben in das Röhrchen eintaucht. Sollte das SWR nicht stimmen, können, wie weiter vorne beschrieben, die Lage der Ein- und Ausgangskontakte 1/2mm wise verändert werden. Wenn alles so ist, wie es sein sollte, wird der Deckel aufgelötet und eine Abschlussmessung / Einstellung gemacht. Die M3 Schrauben sollte man mit einer Kontermutter sichern.

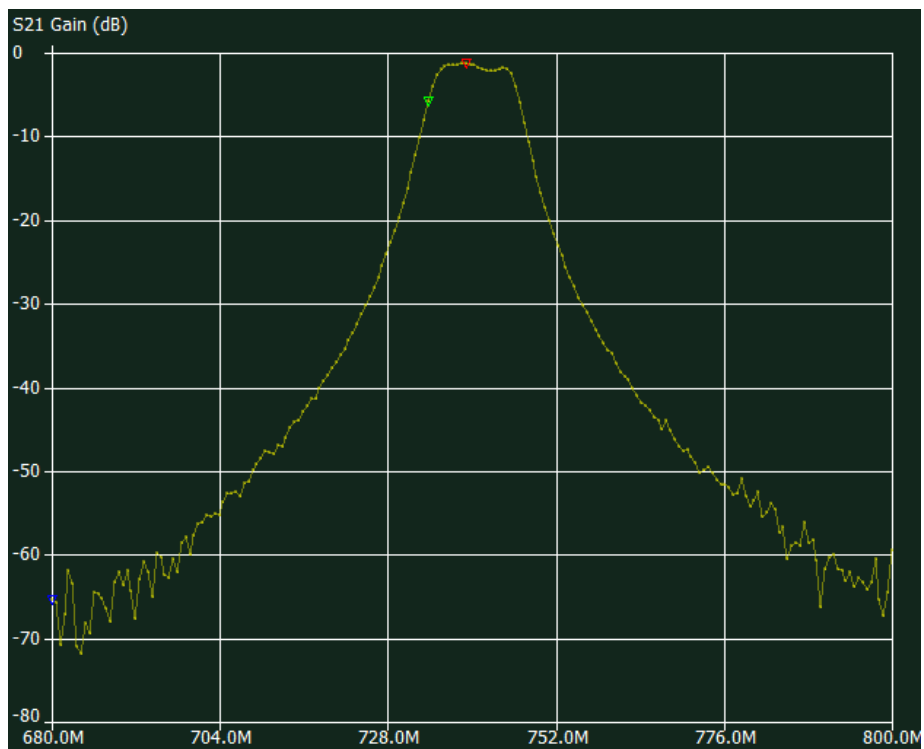
Hier nun unsere Messergebnisse:



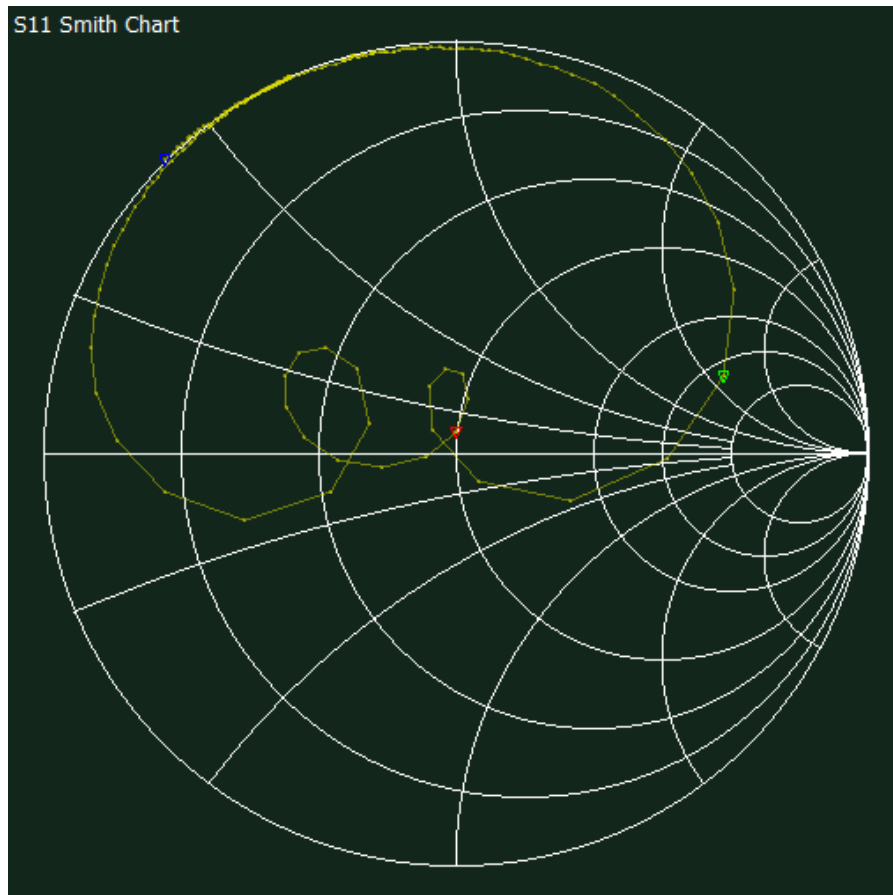
S11 VSWR



S11 Return Loss



S 21 Gain (Durchgangsverlauf / Dämpfung)

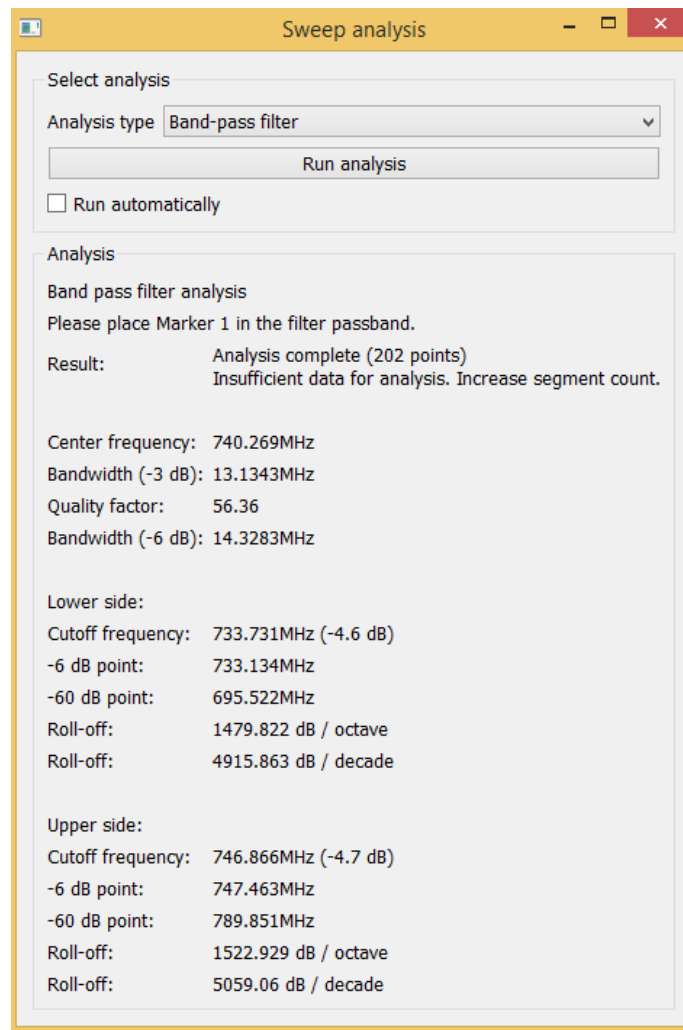


S11 Smith Diagramm

Und hier die lesbare Zusammenfassung:

Marker 1	
Frequency: 739.104 MHz	VSWR: 1.113
Impedance: 49.9+j5.32 $\Omega$	Return loss: -25.471 dB
Series L: 1.1466 nH	Quality factor: 0.107
Series C: -40.439 pF	S11 Phase: 88.49°
Parallel R: 50.426 $\Omega$	S21 Gain: -1.259 dB
Parallel X: 101.67 nH	S21 Phase: 133.30°





Viel Spaß beim evtl. Nachbau, evtl auch für eine ganz andere Frequenz oder auch mit mehr Elementen für eine andere Anwendung. Uns hat es Spaß gemacht und wir sind dadurch nicht dümmer geworden!

Über Rückfragen, Anmerkungen, Verbesserungsvorschläge würden wir uns freuen.

Kontakt bitte per Mail [dl6dca@dark.de](mailto:dl6dca@dark.de) oder Ortsfrequenz 144,575 MHz.

vy 73 de Benedikt, DO4DY, und Wilhelm, DL6DCA