

Workshop Notes

Messen mit dem VNWA
&
Hilfen für Anfänger und
Fortgeschrittene

Band 2

work in progress

An diesem Dokument wird noch gearbeitet

Version 06

Jörn Bartels, DK7JB
49088 Osnabrück
mail@dk7jb.de

<http://www.bartelos.de>

17. Oktober 2019

Workshop Notes – Volume 2

Inhaltsverzeichnis

1	<i>Einleitung</i> ----- <i>work in progress</i> -----.....	5
2	<i>Calibrate Part 2 - What's new</i>	6
2.1	Magi-Cal – Automatic Calibration Function for the VNWA (englisch)	6
2.1.1	Securing the old settings	6
2.1.2	Calibration with the Magi-Cal	7
2.1.3	Checking the quality of a SOL calibration with the Magi-Cal	8
2.1.4	Calibration with the Magi-Cal and external Attenuator	9
2.1.5	How can you tell whether the Magi-Cal has been correctly identified?	10
2.2	Überprüfung der Qualität einer SOL-Kalibrierung	11
3	<i>Verstärker vermessen</i>	12
4	<i>Induktivitäten</i>	13
4.1	Die S11-Messung	13
4.2	Frequenzabhängigkeit der Induktivität	13
4.3	Güte Q der verwendeten Spulen	14
5	<i>Filter entwerfen mit Elsie und abstimmen mittels Time Domain</i>	15
5.1	Filter entwerfen mit dem Programm ELSIE	15
5.2	Filter aufbauen und abstimmen	18
6	<i>Quarzfilter für den VNWA-Workshop - work in progress</i> -----	20
6.1	Quarze vermessen	20
6.2	Quarzfilter berechnen lassen	23
6.3	Quarzfilter aufbauen	23
6.4	Messergebnisse (in 50 Ohm Umgebung).....	23
6.5	Messergebnisse mit virtueller Impedanzanpassung	24
7	<i>Einführung in die HF-Schaltungssimulation mit QucsStudio am Beispiel eines Quarzfilters</i>	26
7.1	QucsStudio installieren und einrichten	26
7.2	Projekt eröffnen	26
7.3	Sub-Circuit mit Quarzschaltbild erstellen	26
7.4	Schaltplan zeichnen	27
7.5	Graphen aus QucsStudio exportieren und in die VNWA-Software importieren	29
8	<i>Filter entwerfen mit Excel-Sheet von Horst dj6ev</i> ---- <i>work in progress</i> -----.....	30
9	<i>Links</i> ----- <i>work in progress</i> -----.....	31
10	<i>Was fehlt noch?</i> ----- <i>work in progress</i> -----.....	31

1 Einleitung ----- work in progress -----

2 Calibrate Part 2 - What's new

2.1 Magi-Cal – Automatic Calibration Function for the VNWA (englisch)

The newly introduced "Magi-Cal" Automatic Calibrator for the VNWA3 or VNWA3E is a very convenient Tool offering significant time savings and improved efficiency when performing calibration. In addition, it saves wear of the Rosenberger Short, Load, Open and Thru calibration components. Normally automatic calibration is only available on the most expensive Vector Network Analyzers used in the industry, costing often as much as a full-size car. Credit is due to Thomas Baier DG8SAQ and his team of supporting developers who have made such a function available to a much wider public through the budget priced VNWA.

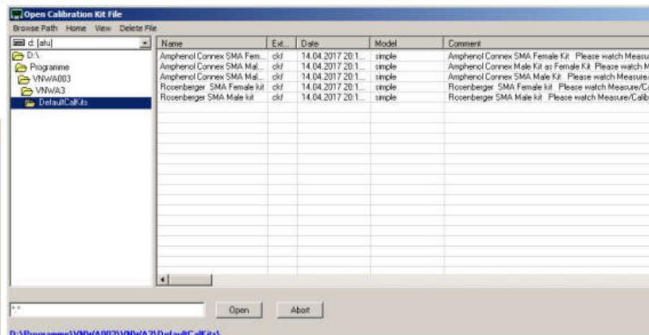
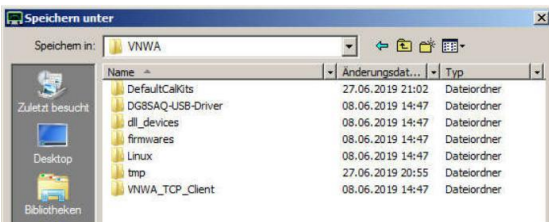
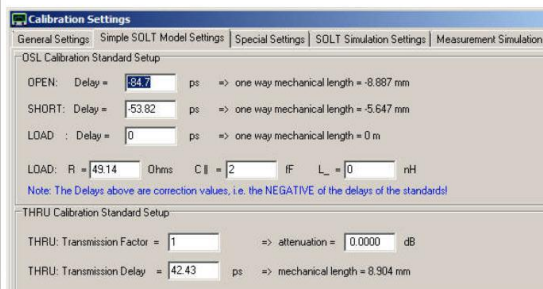
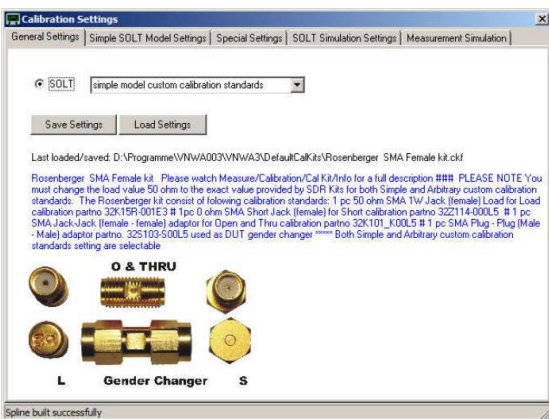


Measurement results with vector network analyzers are only as good as the quality of the calibration performed. In event of a bad calibration with incomplete electrical characteristics and mathematical models, the measurements will not be accurate and in worst case may be completely wrong. At frequencies from VHF band and higher the quality of the calibration becomes increasingly important.

The Magi-Cal is designed to provide calibration of the full frequency range of the VNWA3 to 1.3 GHz. The quality of the calibration is better, compared to a good calibration set with the Rosenberger elements (the kit serial number 579 - 18.4.2016 was used for comparison). Each Magi-Cal Automatic Calibrator is individually commissioned and calibrated prior to shipment to the customer after manufacturing. The calibration data is stored in each Magi-Cal and must be transferred to the VNWA via USB.

2.1.1 Securing the old settings

First, old calibration kit settings from my calibration kit with Rosenberger elements s/n # 579 are saved. Saving is done in the VNWA folder "DefaultCalKits" by selecting the tab "Single SOLT Model Setting" and "Save Settings" button. Enter a suitable file name and the previous calibration kit setting will be saved together with other Default Calibration Kit files in the VNWA Folder "DefaultCalKits"



Workshop Notes – Volume 2

2.1.2 Calibration with the Magi-Cal

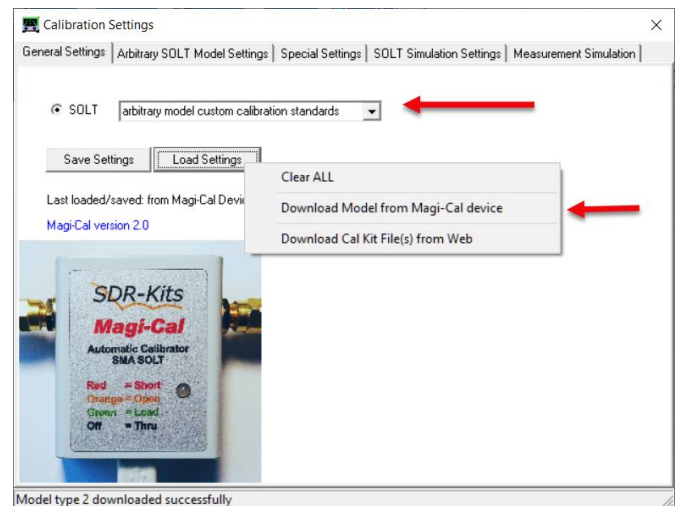
I currently use a pre-production model of the Magi-Cal with the serial number # 3 and the VNWA software 36.7.7. I assume that in subsequent versions of the software, the menu may change slightly. This chapter will then be edited.

The Magi-Cal is connected via a USB cable to the PC. Only when the Magi-Cal Automatic Calibrator has been detected, the corresponding menu for this hardware will be shown. I personally recommend the Magi-Cal is directly connected to the PC or laptop without a USB hub.

When the Magi-Cal has been detected, an entry will be found by clicking on Menu “Settings” and on dropdown item “Calibration Kit” (K). The first tab "Calibration Settings" is now shown. Load the Magi-Cal settings by using a Right Hand Mouse click on the button "Load Settings". A drop-down menu now appears and select “Download Model from Magi-Cal device”

All calibration data and models for the calibration of Magi-Cal will now be transferred from the Magi-Cal to the VNWA. These settings apply only to the Magi-Cal that is connected to the Computer. Each Magi-Cal has their own settings.

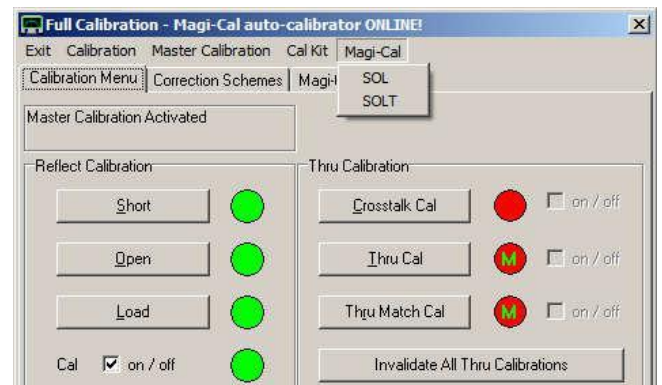
After successful loading of the Magi-Cal calibration file, the window will change, as shown in the accompanying picture.



Calibration with the Magi-Cal unit is done by clicking on the tab “Magi-Cal” and next a drop-down menu now appears. Here you can choose between a SOL or SOLT Calibration. Click your choice and Calibration now will be done automatically and you can monitor progress by observing the status of the Calibration LED.

SOL: Short, Open, Load

SOLT: Short, Open, Load, Thru



2.1.3 Checking the quality of a SOL calibration with the Magi-Cal

The quality of a calibration can be easily checked with the following method. After a Short Open Load (SOL) calibration has been performed, make an S11 measurement using a specially prepared approximately 35cm length of UT-141 rigid line. This test method is even more precise than the T-Check Method which is recommended by



Rohde & Schwartz (R&S). The Measuring Cable should be built from a straight length of UT-141 rigid cable which has never been bent before.

On one side a female SMA connector is soldered.

On the other end, the rigid pipe has been cut with a coping saw and the cut surface smoothed at a perpendicular angle with a fine file. The entire line is about 35 cm long.

Calibration with the calibration kit with the Rosenberger elements:

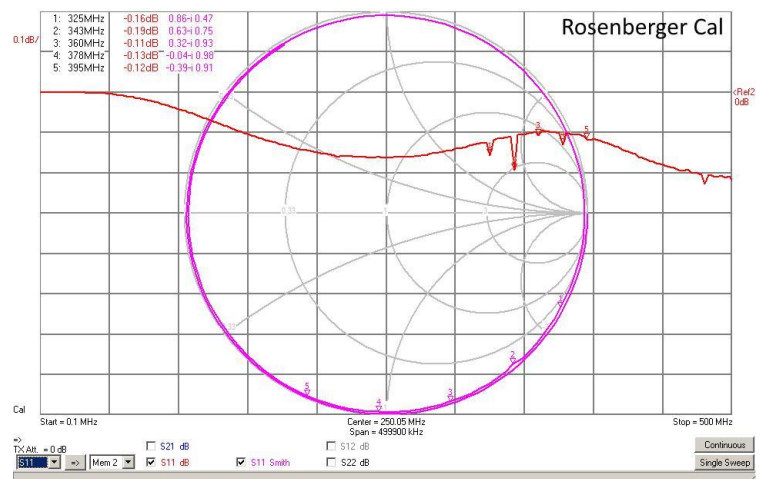
The figure below shows an S11 measurement of 0.1 MHz to 500 MHz with 201 measurement points and maximum sweep time measurement (Tab "Settings" and "Sweep" sample time = 100mS).

The S11 trace shows the Smith chart circles that are slightly spiral. The spiral shape is caused by low attenuation of the measuring line. The red curve shows the measured S11 measurement with 0.1 dB per box. Clearly, the attenuation can be seen. The slight wavy line is caused by very small errors in the calibration. This test method shows that the changes in attenuation up to 500 MHz are very small and the calibration elements are very good. In the last three years, these calibration elements have been frequently used. Of course, the calibration elements were in better shape on delivery and the results were better.

Nevertheless, the results are now still very good.

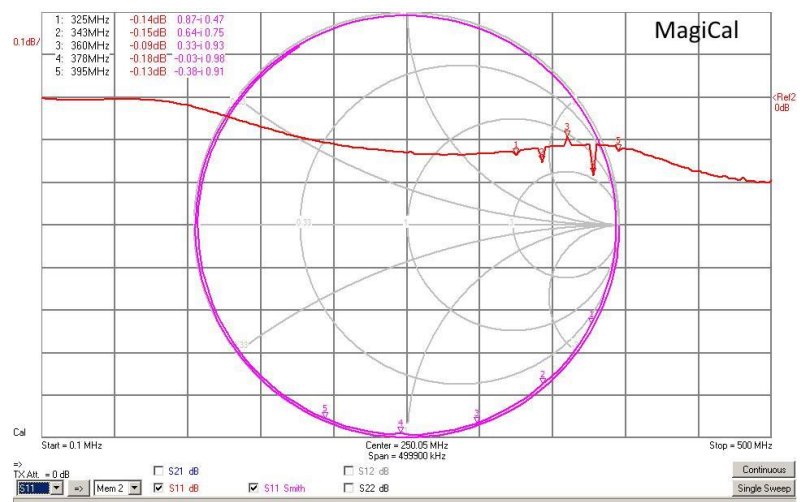
The small spikes are spurious responses, which cannot be avoided.

Note: the fine subdivision of 0.1 dB / Div! Overall a very pleasing result.



The side figure shows a calibration with the new Magi-Cal. Again this is a measurement from 0.1 MHz to 500 MHz, done with 201 measurement points and maximum sweep duration selected (VNA "Settings" "Sweep" Sample time = 100ms)

The ripple is even smaller, indicating that the calibration is excellent.



Workshop Notes – Volume 2



The figure on the left shows an S11 measurement from 0.1 MHz to 1300 MHz with 201 measurement points and maximum measurement duration (VNWA Settings Sweep) after calibration with the Magi-Cal. More spurious responses are visible at frequencies above 500 MHz and at the highest frequencies the VNWA becomes slightly less accurate, but it still shows a very acceptable calibration of the VNWA.

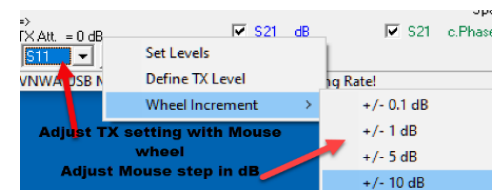
Conclusion: Personally, I am delighted with the usefulness and accuracy of the calibration with the new Magi-Cal Auto Calibrator. The method is accurate as well as quick and convenient. I wish I had this powerful tool years many years ago.

2.1.4 Calibration with the Magi-Cal and external Attenuator

If you want to do measurements on an Amplifier there are two possibilities.

The first is for the level of the RF Output on the TX SMA port to be reduced in order to avoid over-driving the VNWA RX port (or the input or output limits of the Amplifier!).

When the VNWA is calibrated using the Magi-Cal, no precautions need to be taken in this case, see picture on the right.



If you wish to measure an amplifier whose output power could destroy the VNWA, it can be useful on the RX side of VNWA to insert an attenuator component between Port and the cable to the RX port. Then for S11 or S21 measurement it effectively belongs to the RX port of the VNWA. The calibration is then easily performed with the attenuator inserted between the output of the amplifier and the cable to the RX port. The option of using an external attenuator is only necessary when protection of the RX port of the VNWA is needed. Normally, a reduction in the TX Output level will be sufficient.



What can go wrong?

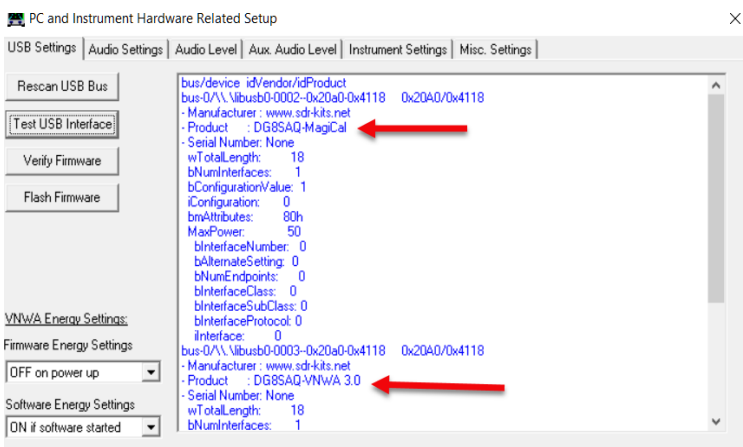
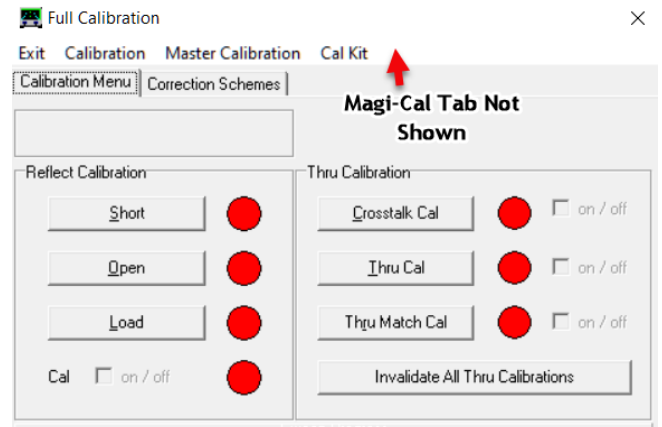
The following procedure leads to incorrect results. If the attenuator is inserted after successful Magi-Cal calibration (Thru calibration without an attenuator) this of course leads to incorrect results.

Remedy: Always calibrate the Attenuator (if fitted) together with the Magi-Cal.

When removing the Attenuator, the Magi-Cal Thru calibration is no longer valid and a new Magi-Cal calibration needs to be applied

2.1.5 How can you tell whether the Magi-Cal has been correctly identified?

If "Magi-Cal" is not shown in the Calibration Kit menu then the USB link with the PC has not been established. In this case it is also not shown in the tab "Setup" and "USB Settings". The USB link can be restored by pressing the the button "Rescan USB BUS". The line: "DG8SAQ-MagiCal" is displayed when both VNWA and Magi-Cal USB links are available as shown in the picture below.

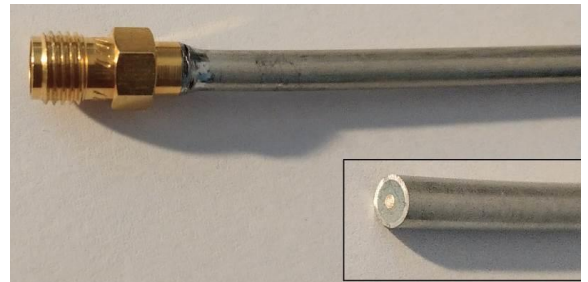


Workshop Notes – Volume 2

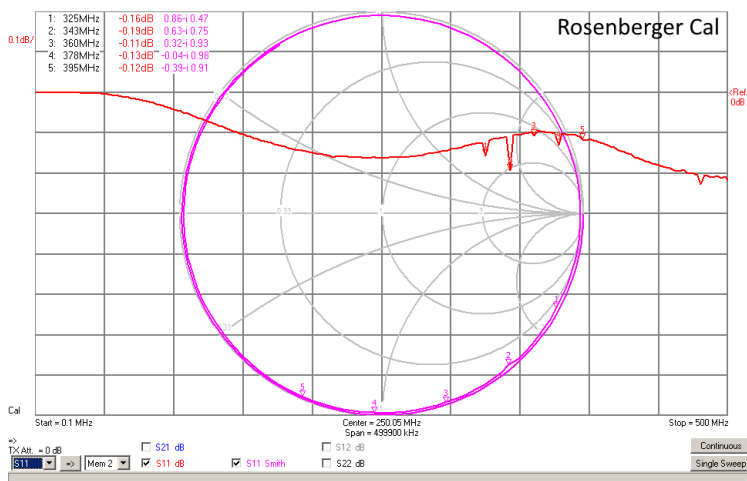
2.2 Überprüfung der Qualität einer SOL-Kalibrierung

Die Qualität einer Kalibrierung lässt sich mit einem Trick leicht überprüfen. Nachdem eine Short-Open-Load Kalibrierung (SOL) durchgeführt worden ist, wird mit einer S11 Messung eine besonders präparierte ca. 35 cm lange UT-141 Rigid Leitung vermessen. Dieses Testverfahren ist noch härter als der T-Check, der von R&S empfohlen wird.

Die Messleitung: Die Messleitung wird aus einer geraden UT-141 Rigid Leitung gebaut, die noch nie gebogen worden ist. Auf der einen Seite befindet sich ein weiblicher SMA-Stecker. Auf der anderen Seite wurde die Rigid-Leitung mit einer Laubsäge durchtrennt und die Schnittfläche mit einer feinen Feile senkrecht geglättet. Die gesamte Leitung ist ca. 35 cm lang.



Kalibrierung mit dem Kalibrier-Kit mit den Rosenberger Elementen: Das folgende Bild zeigt eine S11-Messung von 0,1 MHz bis 500 MHz mit 201 Messpunkten und maximaler Messdauer (VNWA Sweep Settings).



Die S11 Messkurve zeigt im Smith-Chart Kreise, die leicht spiralförmig verlaufen. Die Spiralförmigkeit wird durch die leichte Dämpfung der Messleitung hervorgerufen. Die rote Messkurve zeigt die S11 Messung mit 0,1 dB pro Kästchen. Sehr deutlich ist die Dämpfung zu sehen. Die leichte Wellenlinie wird durch kleinste Fehler in der Kalibrierung hervorgerufen. Dieses sehr scharfe Testverfahren zeigt, dass die Wellenbewegung bis 500 MHz sehr klein ist und die Kalibrierelemente sehr gut sind. In den letzten drei Jahren sind die Kalibrierelemente sehr häufig verwendet worden. Ich gehe davon aus,

dass bei Lieferung die Ergebnisse noch besser waren. Trotzdem sind sie jetzt aber immer noch sehr gut.

Die kleinen Zacken sind Nebenempfangsstellen, die sich nicht vermeiden lassen. Man beachte die extrem feine Unterteilung von 0,1dB/Div.! Insgesamt ein sehr erfreuliches Ergebnis.

3 Verstärker vermessen

Bei der Vermessung von aktiven Bauteilen kann Gefahr bestehen den VNWA zu zerstören. Alle Pegel größer 0 dBm können zu irreparablen Schäden am VNWA führen!

Die Vermessung eines Verstärkers sollte immer mit der Messung des maximal auftretenden Pegels mit einem Leistungsmesser beginnen. Ein Fehlerfall oder ein Schwingen kann schnell auftreten.

Der VNWA arbeitet mit Pegeln um -17 dBm. Alle größeren Pegel führen zu einer Übersteuerung. Es gibt Möglichkeiten eine solche Übersteuerung zu vermeiden. Entweder wird ein externes Dämpfungsglied bei der Kalibrierung mit eingeschleift oder es wird am VNWA der Sendepiegel verringert. (Siehe VNWA-Hilfedatei).

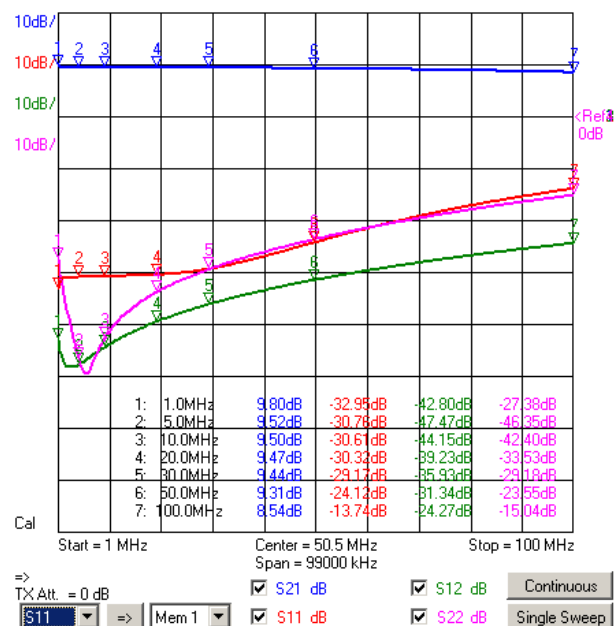
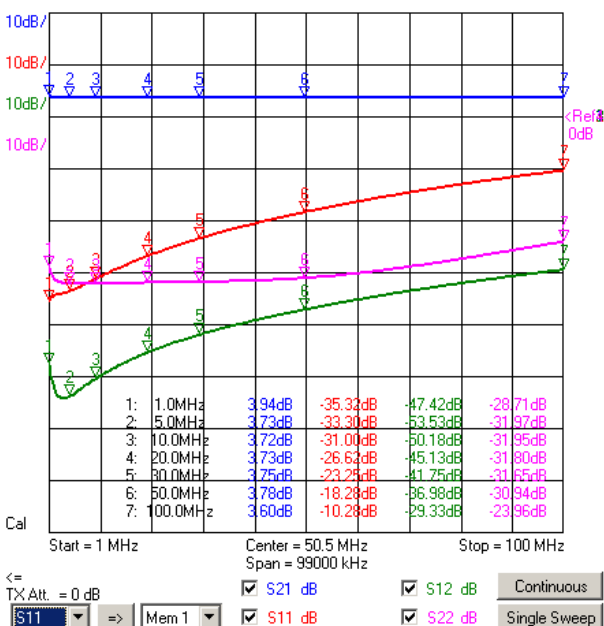
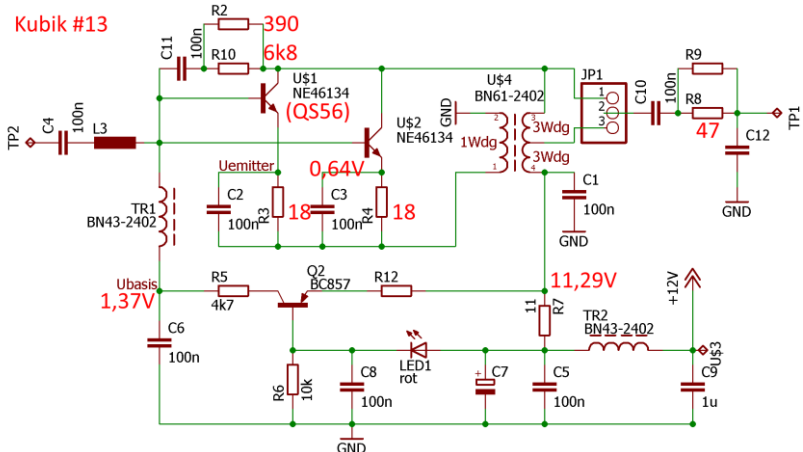
An dieser Stelle möchte ich einen guten Verstärker für den Bereich der Kurzwellen beispielhaft vorstellen, dessen Verstärkung schaltbar ist. Der Verstärker wird vermessen und die Ergebnisse interpretiert. Der Verstärker wird hier genauer beschrieben:

<https://www.bartelsos.de/dk7jb.php/der-kubik-verstaerker>

Dieser Verstärker bietet im Kurzwellenbereich eine sehr gute Anpassung und Isolation bei quasi konstanter Verstärkung. Er arbeitet sehr stabil in reagiert fast rückwirkungsfrei auf Fehlanpassungen am anderen Port. Gleichzeitig ist das Rauschen gering und der IP3-Wert sehr hoch.

Das Verhalten eines Verstärkers auf Fehlanpassung kann leicht getestet werden, indem nach einer S11 oder S22 Messung der zweite Port nicht mit 50 Ohm abgeschlossen wird. Ändert sich dann bei einer erneuten Messung die Anpassung, ist der Verstärker nicht rückwirkungsfrei. Man schaue sich dazu die Rückwärtsverstärkung S21 und die Portanpassungen S11 (Port 1) und S22 (Port 2) an.

Kubik-Verstärker #13	Schalterstellung 1	Schalterstellung 2
Verstärkung	S21 = 3,8 dB	S21 = 9,6 dB
Rauschmaß	NF = 3,0 dB	NF = 2,2 dB
IP3 bezogen auf den Ausgang	OIP3 = 40,5 dB	OIP3 = 41,9 dB
IP3 bezogen auf den Eingang	IIP3 = 37,2 dB	IIP3 = 32,7 dB
Betriebsspannung	12V bei 72 mA	12V bei 72 mA



Workshop Notes – Volume 2

4 Induktivitäten

In diesem Kapitel werden Induktivitäten genauer untersucht. Es wird ein T50-6 Ringkern so bewickelt, dass sich eine Induktivität von 1uH ergibt. Ringkerne lassen sich leicht mit dem Programm „Mini-Ringkernrechner“ berechnen:

<http://www.dl0hst.de/mini-ringkern-rechner.htm>

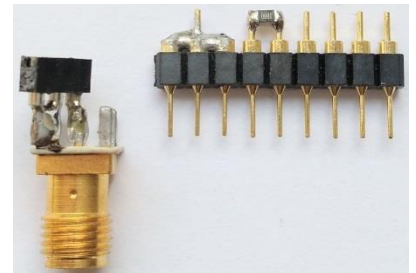
Erfahrungsgemäß zeigt das Programm für die Anzahl der Windungen immer ein oder zwei Windungen zu viele an. Ein Ringkern T50-6 wird dann also mit 14 Windungen 0,4mm-CU bewickelt.

4.1 Die S11-Messung

Induktivitäten vermesse ich immer mit einem selbstgebauten Messadapter.

Das Bild zeigt meinen Messadapter für die S11 Messung und meine Kalibrierstücke. Für eine solche Kalibrierung wird ein idealer Kalibrierstandard eingeschaltet. Als Load werden zwei parallel geschaltete 100 Ohm Widerstände verwendet. Entweder sehr genau vermessene Widerstände oder zwei 0805-SMD-Widerstände mit einer Genauigkeit von 0,1%.

Nicht vergessen, nach dieser Messung wieder auf den normalen Kalibrierstandard zurück zu schalten!

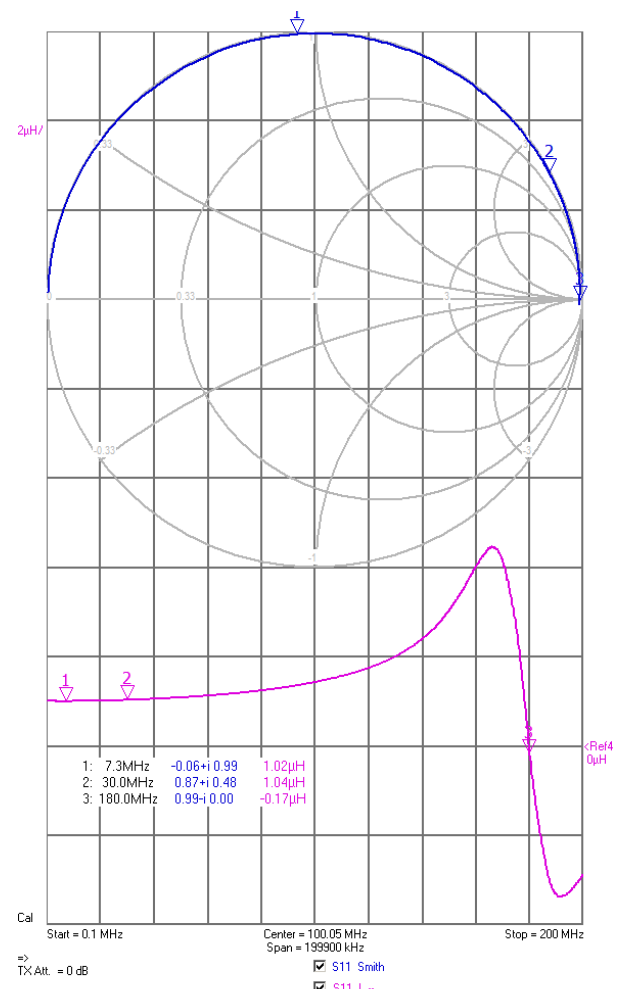


Mit einem frisch kalibrierten VNWA wird anschließend eine S11 Messung durchgeführt (SOL Kalibrierung). Gemessen wird im Frequenzbereich 1-200MHz, mit 801 Punkten und einer längeren Sweep-Dauer.

4.2 Frequenzabhängigkeit der Induktivität

Im Diagramm lassen wir uns die Induktivität (L) und das Smith-Diagramm anzeigen.

Das Diagramm zeigt eine Abhängigkeit der Induktivität von der Frequenz. Mit zunehmender Frequenz nimmt der Wert für die Induktivität zu, bis er wieder abnimmt. Bei 180 MHz ist die Spule in Eigenresonanz. Zusammen mit den parasitären Kapazitäten der Windungen bildet sich ein Schwingkreis, der bei dieser Frequenz in Resonanz tritt. Bei noch höheren Frequenzen kann die Spule nur noch kapazitiv wirken.



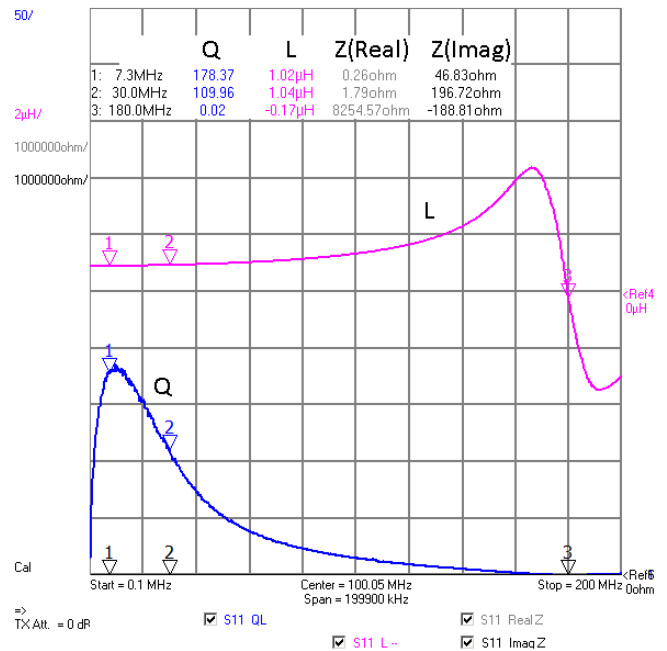
4.3 Güte Q der verwendeten Spulen

Im Diagramm lassen wir uns die Induktivität L und die Güte QL, sowie den Realteil der Impedanz Z_{real} und den Imaginärteil der Impedanz Z_{imag} anzeigen.

Die Güte QL einer Spule berechnet sich aus dem Quotienten $QL = Z_{\text{real}} / Z_{\text{imag}}$

Die Güte dieser Spule zeigt ein ausgeprägtes Maximum bei rund 8 MHz. Bei dem Entwurf von Bandfiltern muss darauf geachtet werden, dass die verwendeten Induktivitäten bei den berechneten Kreisfrequenzen ihr Gütemaximum aufweisen. Nur so wird die Dämpfung der Bandpässe möglichst klein und die Selektivität möglichst hoch.

Die Bestimmung der Güte ist immer schwierig, da bei der Berechnung der Quotient aus zwei Messwerten gebildet wird, die einen großen Unterschied aufweisen. Dies führt schnell zu größeren Messfehlern. Der Wert für Z_{real} ist sehr klein und der Wert für Z_{imag} im Verhältnis sehr groß. Nur mit einer frischen Kalibrierung und langer Messdauer erhält man vernünftige Messergebnisse. Auch wenn man sehr sorgfältig arbeitet rechne ich mit einem Fehler von rund 10%-15%!



Workshop Notes – Volume 2

5 Filter entwerfen mit Elsie und abstimmen mittels Time Domain

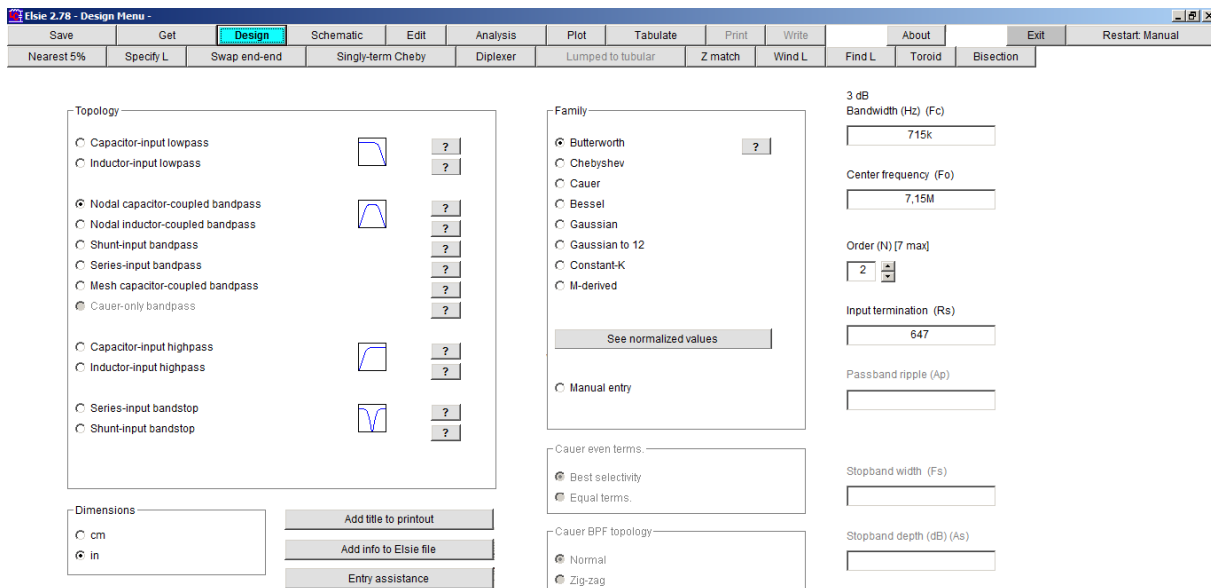
Hier beschreibe ich zwei Möglichkeiten zum Entwurf von Bandpässen. Die Dimensionierung des hier vorgestellten Filters lehnt sich an ein Beispiel aus der Hilfe-Datei des VNWA's an und soll die einzelnen Schritte vorstellen, die zum Entwurf notwendig sind.

5.1 Filter entwerfen mit dem Programm ELSIE

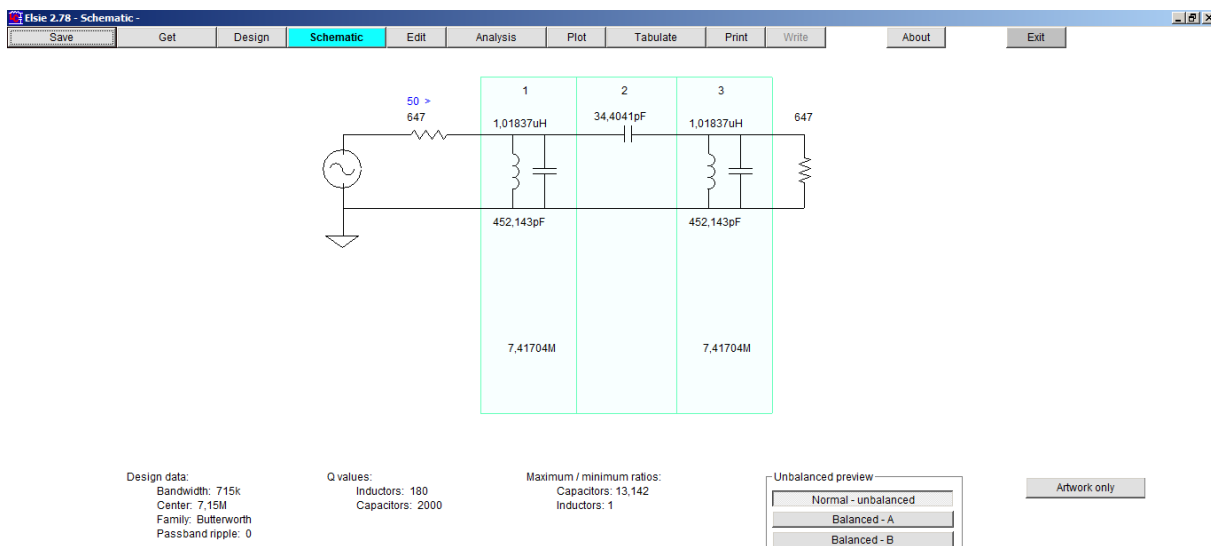
Verwendetes Filterberechnungs- und Simulationsprogramm ELSIE: <http://www.tonnesoftware.com>

Auf dieser Internetseite findet ihr noch andere sehr interessante Programme.

Es wird ein „Nodal capacitor coupled bandpass“ mit einer „Butterworth“ Filterform und mit einer Filtermitte von 7,15 MHz, einer 715 kHz Bandbreite und einer Ordnung von 2 gewählt. Dann wird mit der Filterimpedanz „Input termination“ so lange gespielt, bis die Werte aller Kapazitäten und Induktivitäten in einem sinnvollen Bereich liegen. In diesem Beispiel habe ich eine Filterimpedanz von 647 Ohm gewählt, da eine Induktivität von ca. 1 uH sich gut wickeln lässt. In einer späteren Entwurfsschritt erfolgt die nachträgliche Anpassung an die 50 Ohm Umgebung. Der Schaltplan ist unter „Schematic“ zu finden.

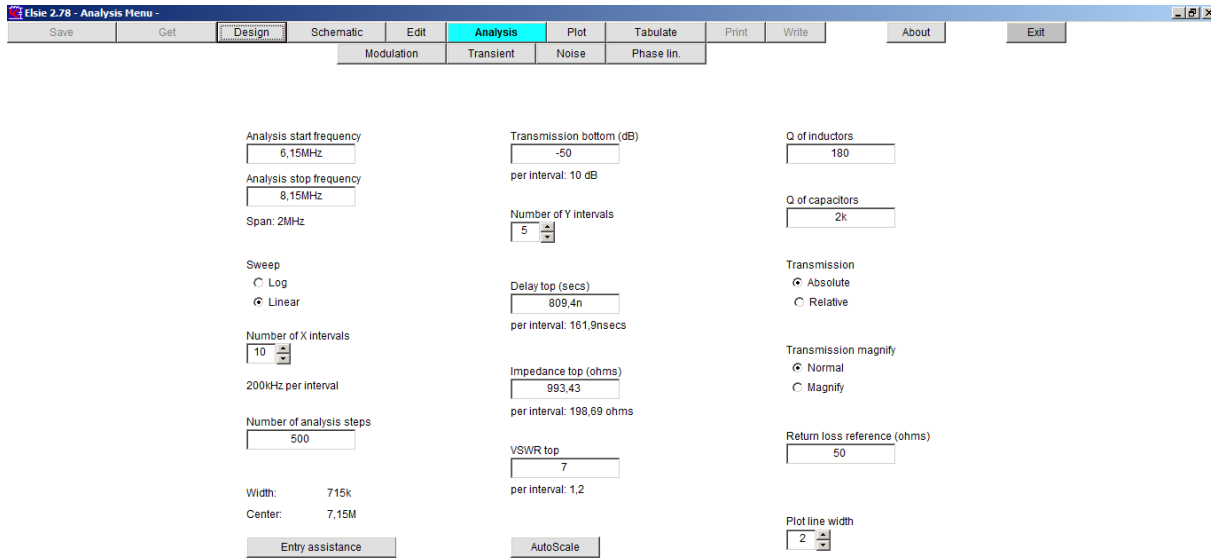


Das folgende Bild zeigt das Ergebnis des Entwurfs.

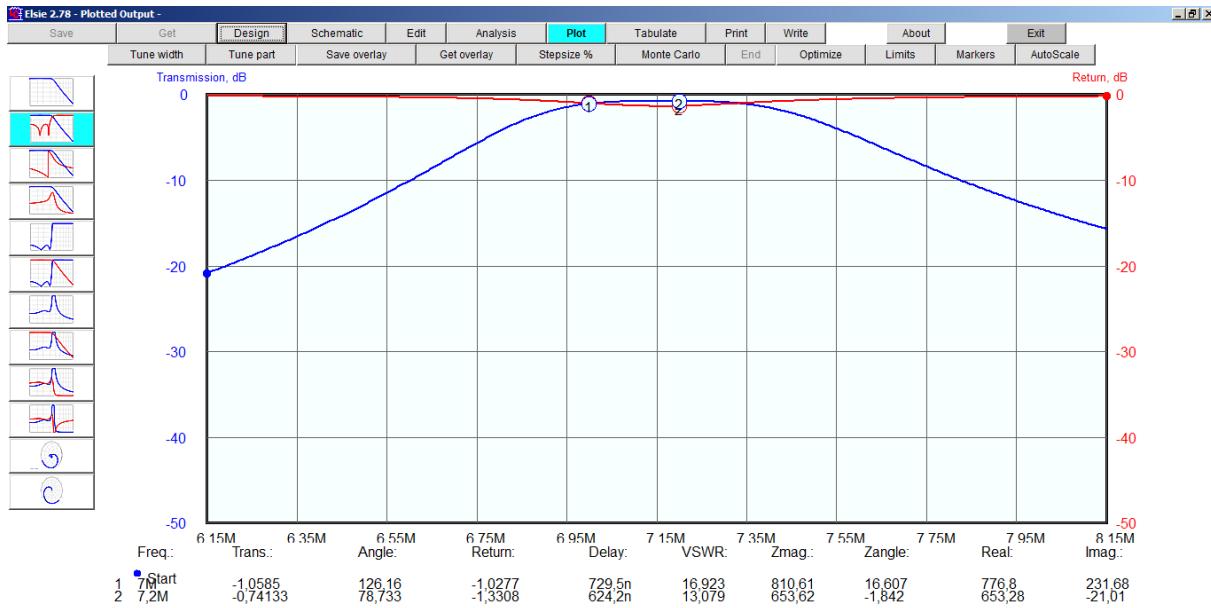


Workshop Notes – Volume 2

Dieses Bild zeigt die notwendigen Einstellungen für die richtige Einstellung der grafischen Darstellung und der späteren Erzeugung der S2P-Parameter:



Hier nun das Ergebnis von unserem Entwurf. Es muss beachtet werden, dass zu diesem Zeitpunkt noch eine Impedanz-Fehlanpassung vorliegt.

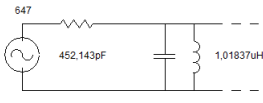


Nun erfolgt die Impedanzanpassung des Filtereingangs- und Ausgangs von 647 Ohm nach 50 Ohm. Einfach in das „Design“-Fenster zurückgehen und „Z Match“ anklicken und den Eingaben folgen. Das folgende Bild zeigt nur das erste Fenster der Impedanzanpassungsroutine. Alles ist intuitiv.

Elsie 2.78 Impedance-matching

Impedance-matching

Input Termination Routine

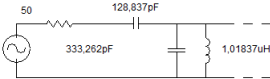


Current input termination: 647
New input termination: 50

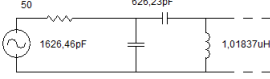
Input options preview

New design
Accept and return to Design page
Ignore and return to Design page

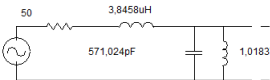
Select1



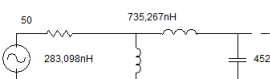
Select2



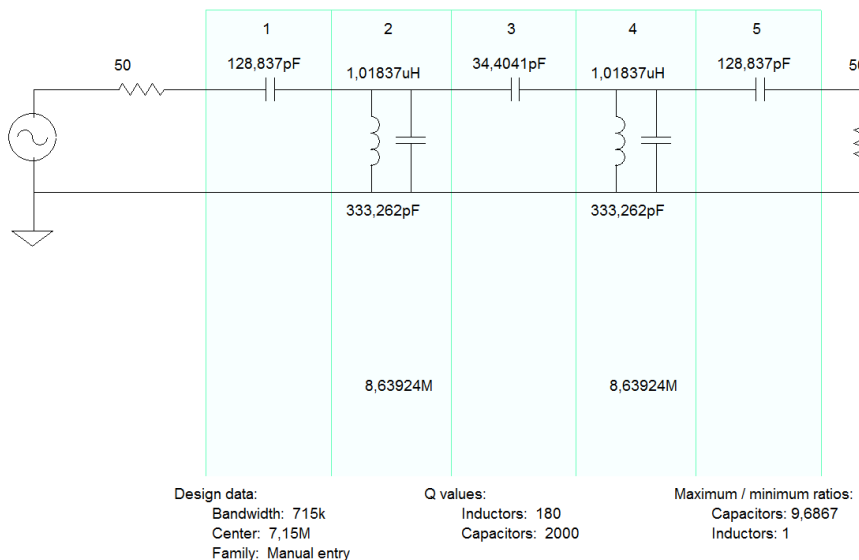
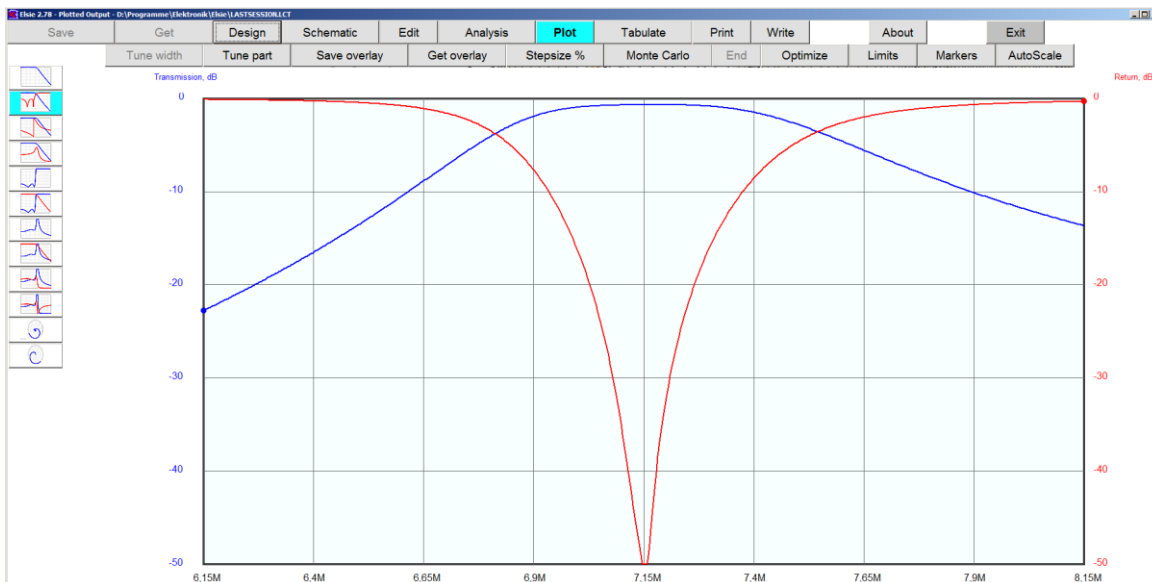
Select3



Select4



Hier nun die für eine 50 Ohm-Umgebung angepasste Filterkurve:



Aus dem Plot-Fenster heraus kann ein S2P-File heraus geschrieben werden. Das S2P-File kann dann an die VNWA-Software übergeben werden und enthält alle notwendigen HF-Informationen über unseren Beispiel-Bandpass. Der Button „Write S_parameter file“ anklicken und dem Elsie-Programm folgen.

File-writing routine

Write tabulated data file (scientific format)

Write tabulated data file (easy-to-read format)

Write LTspice® schematic file (.ASC)

Tone Software has no connection with LTspice

Write SPICE subcircuit file (.SUB)

Write LTspice® symbol file (.ASY)

Write generic SPICE netlist (.CIR)

Write S-parameter file

Return to Elsie

und dann

Choose SnP File Options

S2P [2-port] S1P [1-port]

DB [decibels] MA [volts/volt]

Hz kHz MHz GHz

Version 1.0 Version 2.0

Continue with SnP operation

Return to Elsie

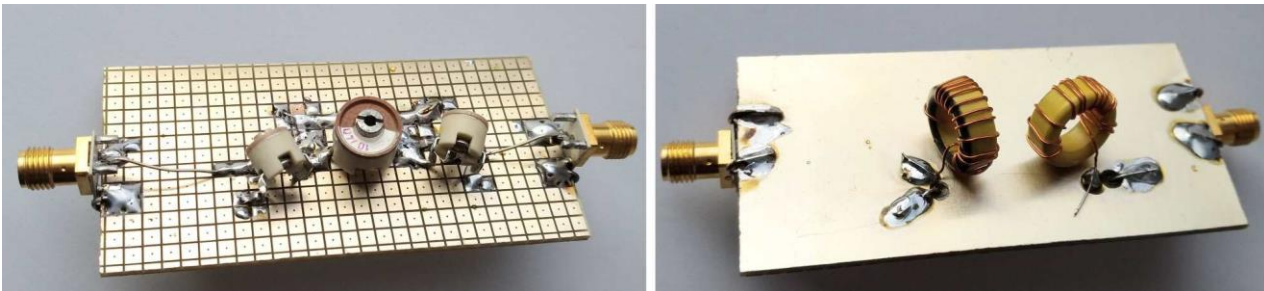
Starting frequency: 6,15M
Ending frequency: 8,15M
Number of frequencies: 501
Linear sweep

Das S2P-File kann nun mit der VNWA-Software eingelesen werden. (File – Import Data – S2P)

5.2 Filter aufbauen und abstimmen

Der Filteraufbau von 2 oder 3-poligen Bandpässen wird einfach, wenn man die Kondensatoren auf 1% genau ausmisst und die Induktivitäten mit dem VNWA bei der Maschenfrequenz vermisst. Durch leichtes Verschieben der Windungen auf dem Ringkern kann die gemessene Filterkurve der Simulation (vom Elsie Programm) angepasst werden. Bei Bedarf müssen die Koppelkondensatoren dann noch etwas angepasst werden. Dieses Verfahren geht mit etwas Übung ganz einfach und recht schnell. Die Messwerte für S11 und S21 findet ihr auf der nächsten Seite.

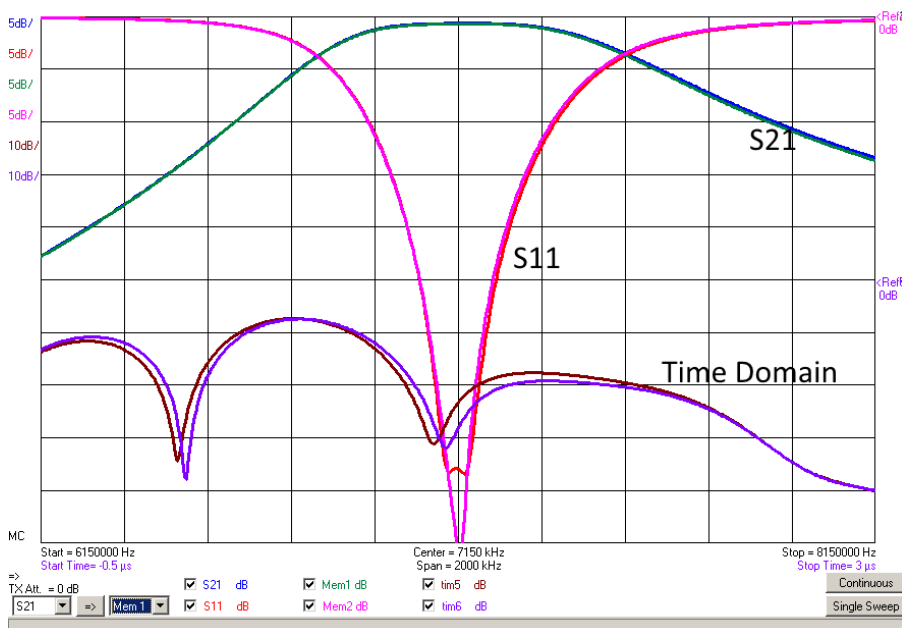
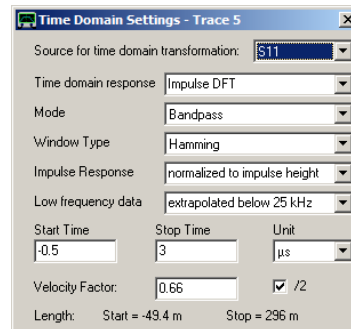
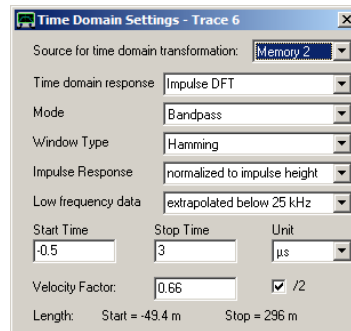
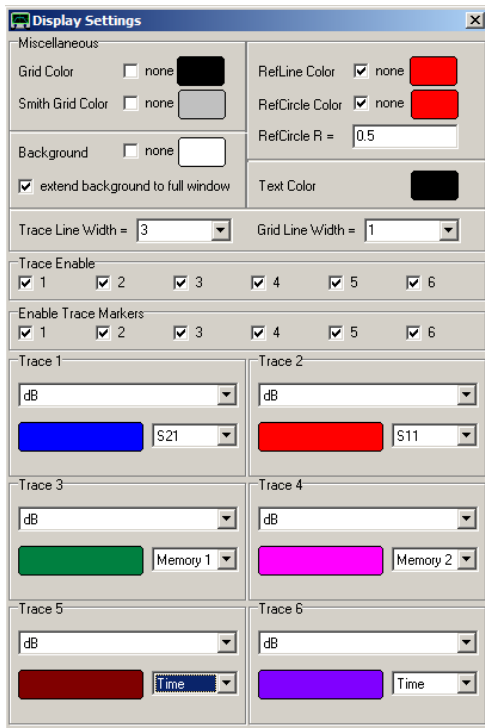
Mein Beispielfilter habe ich so aufgebaut, dass alle Längskondensatoren mit einem Trimmer versehen sind, so dass das Justieren geübt werden kann.



Als kleine Übung und als Ergänzung möchte ich an dieser Stelle noch eine weitere Möglichkeit vorstellen, die das intelligente und iterative Probieren ergänzen und beschleunigen kann. Mit der Time-Domain-Methode kann über eine S11 Messung in den Filter hineingemessen werden. Es wird so der Einfluss von jedem einzelnen Filterelement sichtbar. Beide Methoden der Filterabstimmung ergänzen sich.

Die folgenden Bilder zeigen die Einstellungen in der VNWA-Software. Nachdem man die Display Settings eingestellt hat muss man im VNWA-Hauptfenster mit der Maus einen Doppelklick auf „tim5“ und „tim6“ (unten im Bild) ausführen um zu den Time-Domain-Settings für die angezeigten Kurven 5 und 6 gelangt.

Workshop Notes – Volume 2



Das Bild zeigt nun die simulierten und die gemessenen Messkurven von dem hier untersuchten Bandpass. Es werden die S21, die S11 und die Time-Domain Kurven angezeigt. Für dieses Bild habe ich meinen Bandpass schon genau abgeglichen. Weitere Informationen zu den Time Domain Messungen und Einstellungen von Bandpässen entnehmt bitte der VNWA Hilfedatei in dem Kapitel „TUNING FILTERS IN TIME DOMAIN“.

In dem Diagramm werden die vorgesagten Filterdaten mit den Messkurven überlagert.

VNWA-Help-File:

Tuning Filters in Time Domain

“Setzen Sie die Center Frequency auf die resonant Frequency, weil die Resonatoren abgestimmt werden müssen. Wenn Sie das nicht machen, dann werden die BPF auf eine falsche Frequenz abgestimmt. Setzen Sie die Span auf das zwei bis fünf fache der Bandbreite des BPF. Setzen Sie die Mouse Wheel Increments auf 5 KHz.”

6 Quarzfilter für den VNWA-Workshop

- work in progress -----

In diesem Kapitel beschreibe ich, wie ein 4-poliger Quarzfilter entworfen wird. Begonnen wird mit der Vermessung der Quarze. Anschließend wird des Quarzfilters berechnet und aufgebaut. Mit dem VNWA wird dann alles vermessen und eine virtuelle Impedanzanpassung per Software durchgeführt.

In einem nachfolgenden Kapitel wird das HF-Simulationsprogramm QucsStudio vorgestellt und der Quarzfilter simuliert und das Ergebnis mit dem realen Messergebnis verglichen.

6.1 Quarze vermessen

Ich vermesse die 13 MHz Quarze, die beim VNWA Testboard Kit mitgeliefert worden sind (siehe Workshop Notes Band 1). Der VNWA hat dein Quarz-Tool mit dem die Ersatzparameter eines Quarzes bestimmt werden können. Ihr findet es unter „Tools-Crystal Analyser“.

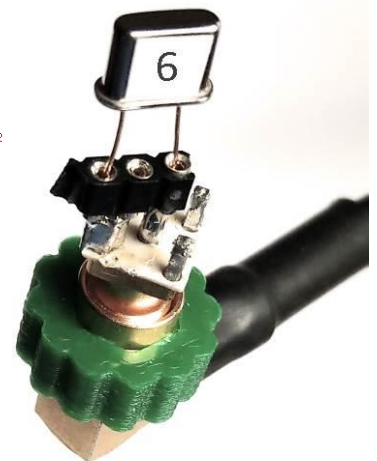
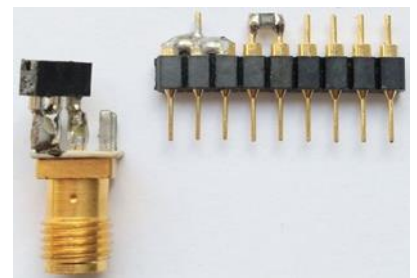
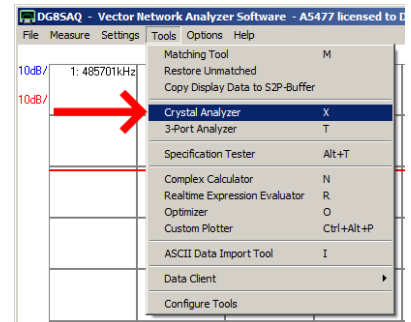
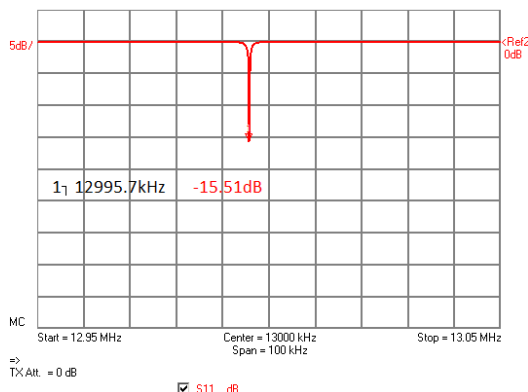
Genauso wie in Kapitel 4.1 beschrieben verwende ich wieder einen selbstgebauten Adapter mit selbstgebauten Kalibrierelementen. Bitte lest euch die Hinweise in dem genannten Kapitel durch.

Quarze haben häufig Beine die etwas dünner sind als für die gedrehten Buchsen des selbstgebauten Messadapters vorgesehen. Die gedrehten Buchsen leiern auch schnell aus. Wenn ihr Quarze vermessen wollt, sollte ihr euch einen solchen Adapter frisch herstellen.

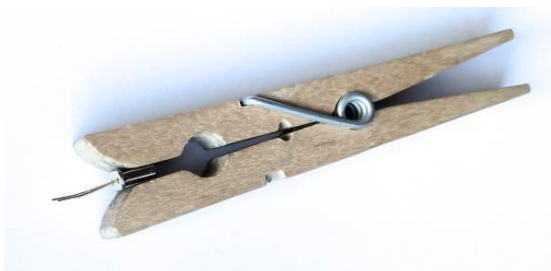
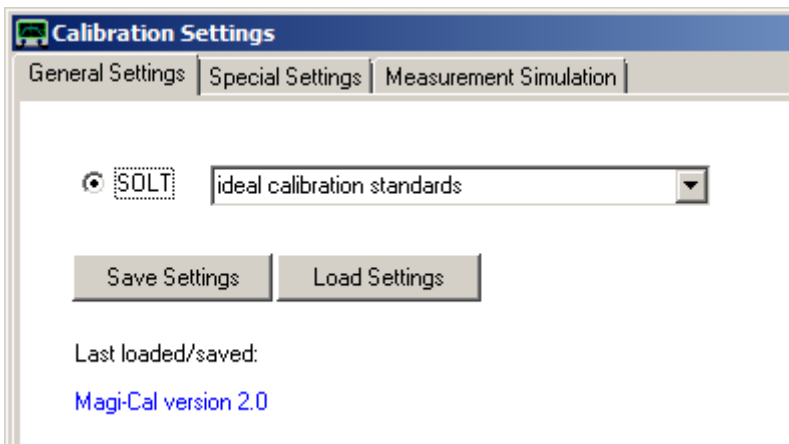
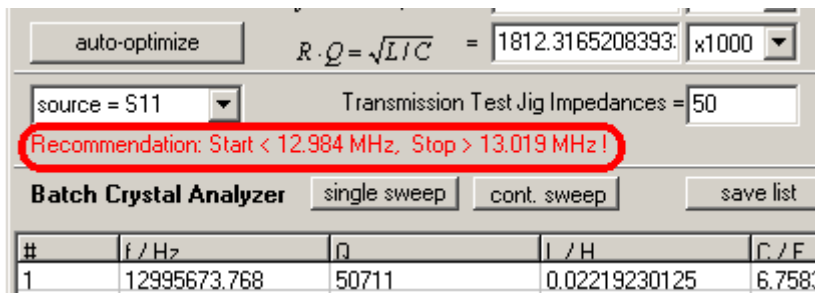
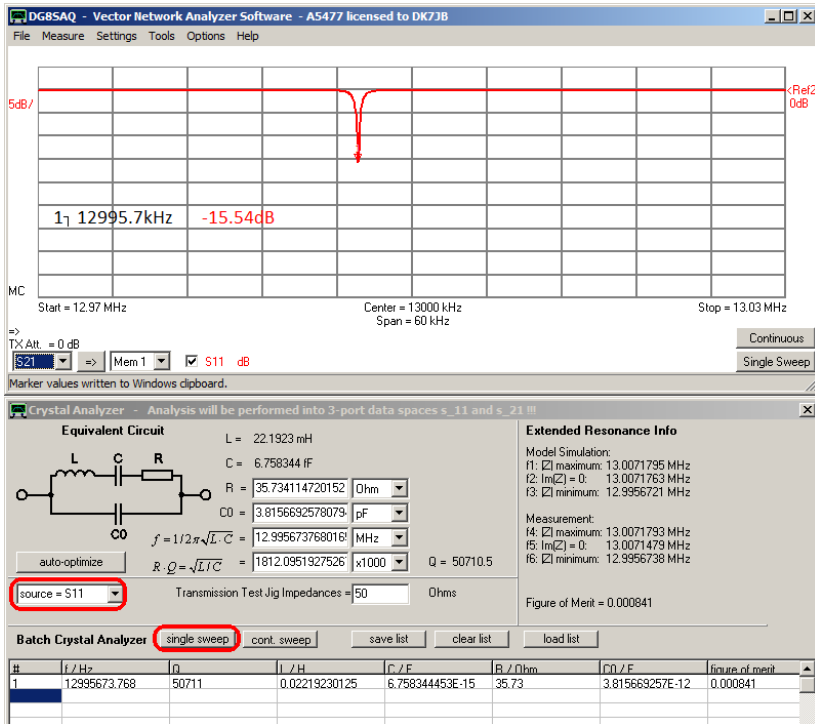
Mit einer frischen Kalibrierung meine ich, dass nicht mit einer Master-Kalibrierung gearbeitet wird und die Kalibrierung direkt vor der Messung durchgeführt worden ist.

Nun aber zum genauen Messablauf:

Im ersten Schritt muss der Frequenzbereich festgelegt werden. Zu diesem Zeitpunkt wird noch mit der bisherigen Master Kalibrierung gearbeitet. Als Mittenfrequenz wird die Frequenz eingegeben, die auf dem Quarz aufgedruckt ist. Als Span stellen wir 100 kHz ein.



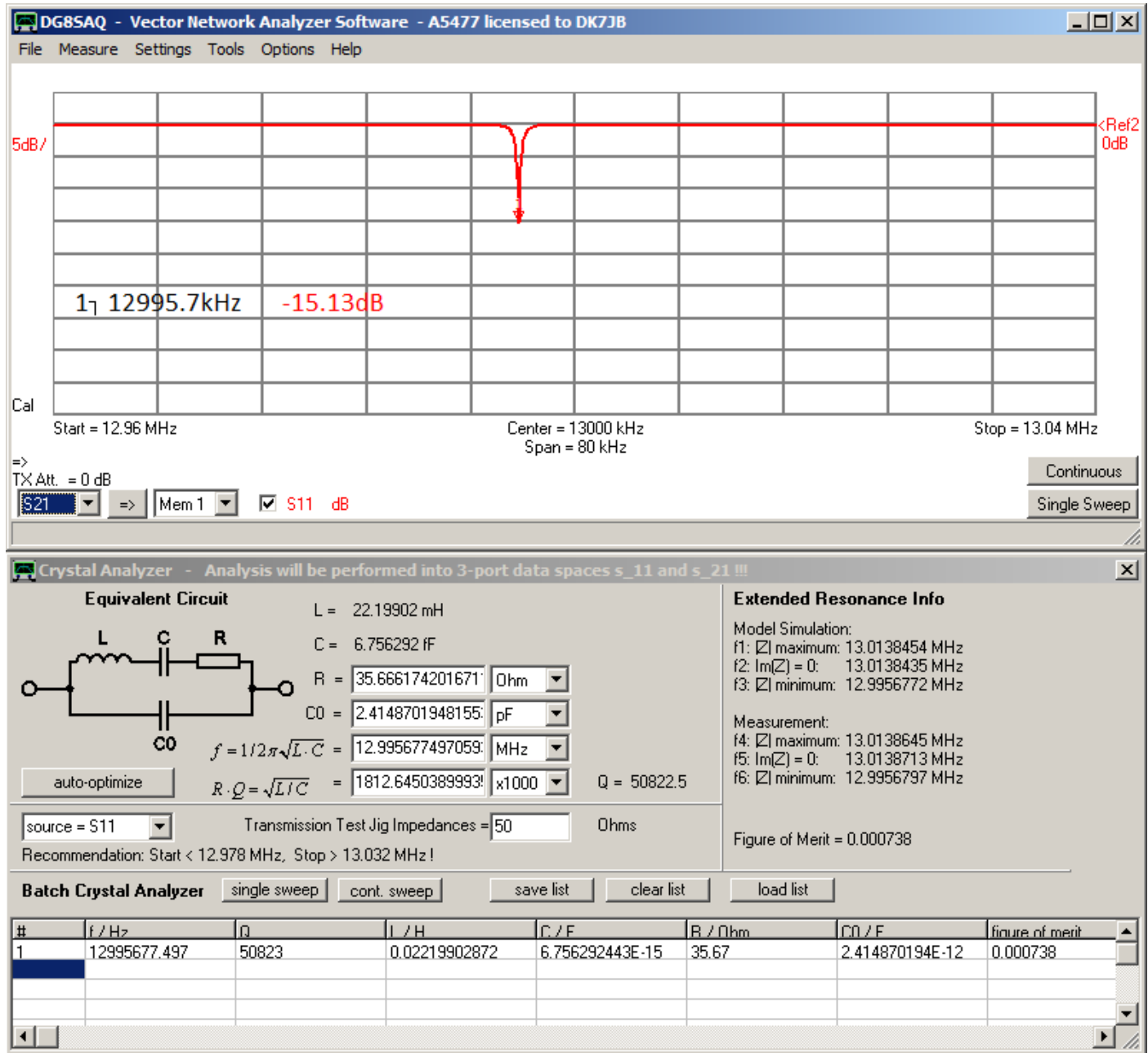
Workshop Notes – Volume 2



Workshop Notes – Volume 2

Jörn DK7JB mail@dk7jb.de

Fertige Messung Quarz Nummer 1



Zuerst wird

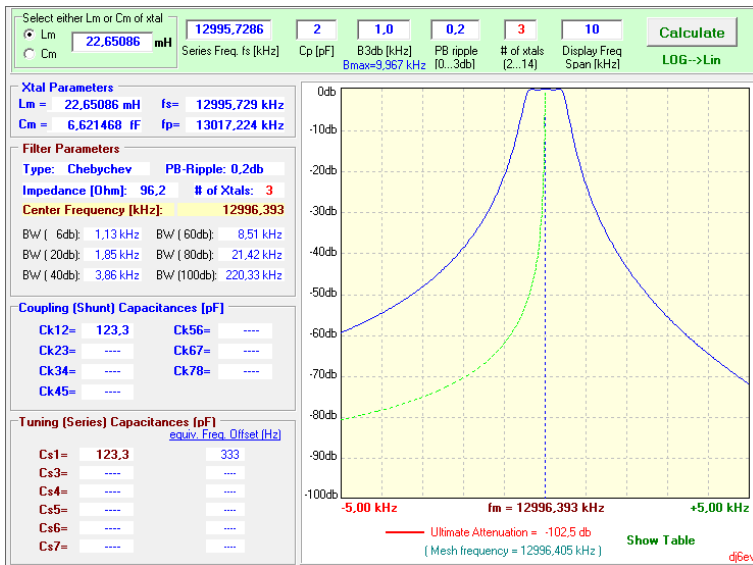
2,48pF Tonghui Electronics TH2821A LCR Meter

#	f / Hz	Q	L / H	C / F	R / Ohm	C0 / F	figure of meri
1	12995664,3	52332	0,02225448	6,74E-15	34,72	2,08E-12	0,000491
2	12995827,7	75316	0,02302515	6,51E-15	24,96	1,96E-12	0,00177
3	12995753,8	74671	0,02283838	6,57E-15	24,97	1,86E-12	0,00445
4	12995771,6	66362	0,02287513	6,56E-15	28,15	1,96E-12	0,00325
5	12995728,6	69814	0,02265086	6,62E-15	26,49	2,10E-12	0,00131

Ausblick

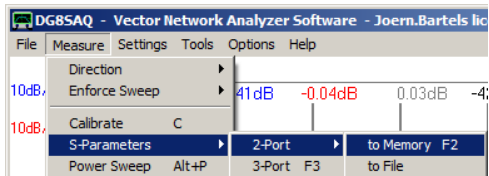
Workshop Notes – Volume 2

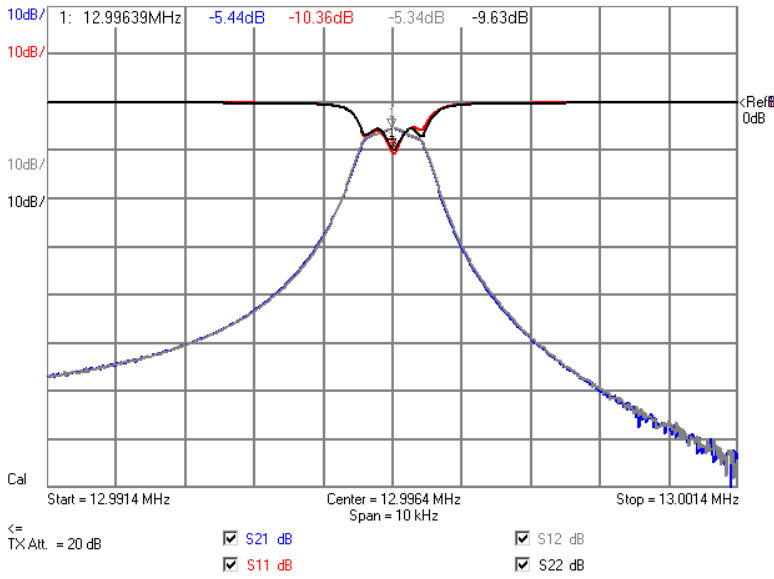
6.2 Quarzfilter berechnen lassen



6.3 Quarzfilter aufbauen

6.4 Messergebnisse (in 50 Ohm Umgebung)

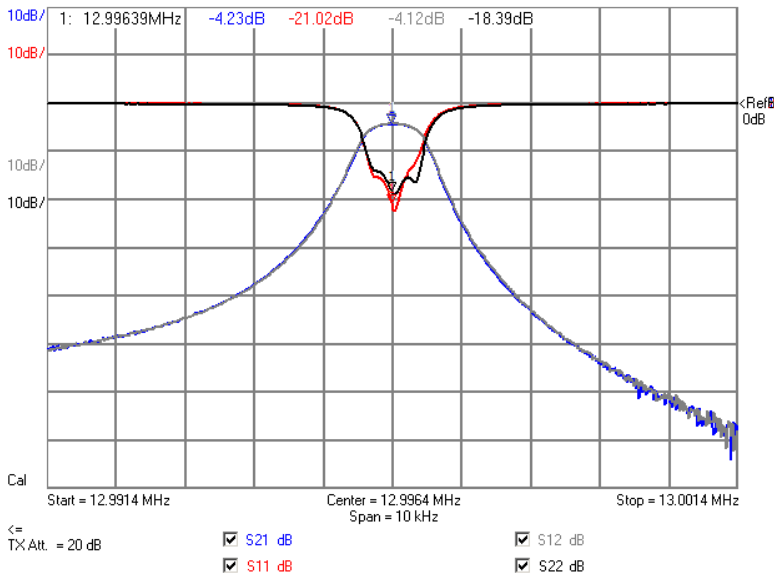




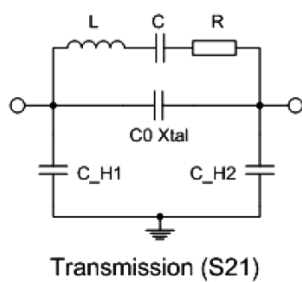
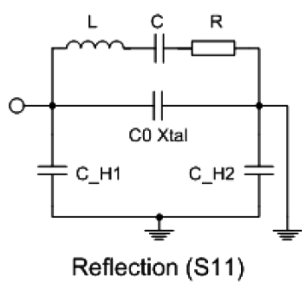
6.5 Messergebnisse mit virtueller Impedanzanpassung

Recalculate to new source and load conditions

Port 1 Port 1 Impedance: 100 Ohm C parallel (neg. possible): 0 pF	Port 2 Port 2 Impedance: 100 Ohm C parallel (neg. possible): 0 pF
---	---



Weitere Hinweise



7 Einführung in die HF-Schaltungssimulation mit QucsStudio am Beispiel eines Quarzfilters

Die HF-Simulationsprogramme, die in der Industrie verwendet werden, sind sehr teuer. Daher ist es sehr erfreulich, dass vor vielen Jahren eine Softwaregruppe rund um Michael DD6UM begonnen hat, ein solches Programm selbst zu schreiben. Begonnen hat das Projekt unter dem Softwarenamen Qucs. Nach einigen Jahren hat sich die Gruppe getrennt und es sind zwei Projekte entstanden, Qucs und QucsStudio. In diesem Kapitel beschreibe ich das freie Programm QucsStudio. Weitere Hintergründe findet ihr in dem Tutorial von Gunthard Kraus, der auch ein tolles Tutorial für den Einstieg in QucsStudio geschrieben hat:

http://www.gunthard-kraus.de/qucsstudio/index_qucsstudio.html

In diesem Kapitel beschreibe ich, wie ein Quarzfilter simuliert wird. Der Quarzfilter aus Kapitel 6 dient als Beispiel. Die Schaltung besteht aus zwei Teilen, der eigentlichen Schaltung und einer Unterschaltung mit dem Ersatzschaltbild von dem Quarz als Sub-Circuit.

Am Ende des Kapitels wird auch noch auf Möglichkeiten der Optimierung von HF-Schaltungen eingegangen, sowie auf den Export von s2p-Files.

7.1 QucsStudio installieren und einrichten

Die Software findet ihr auf der Homepage von Michael DD6UM: <http://dd6um.darc.de/QucsStudio/index.html>

Einfach laden und installieren.

Spezialeinstellung: QucsStudio mit Parametern öffnen

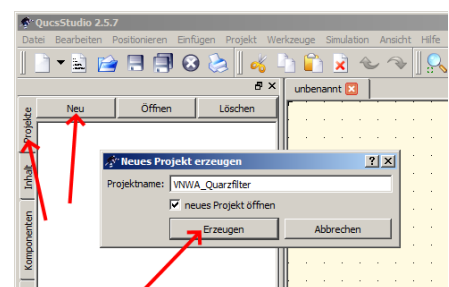
Ich installiere meine Ham-Programme immer in einem extra Ordner außerhalb der C-Partition und meine Projektdateien in der Cloud, damit ich von zwei Rechnern darauf zugreifen kann. Sollte dies auch für euch interessant sein, müsst ihr den Installationsordner suchen und im Dateimanager die Datei „qucs.exe“ suchen. Von dieser Datei erstellt ihr dann eine Verknüpfung, die auf den Desktop kopiert werden kann. Mit der rechten Maustaste muss dann der Punkt „Eigenschaften“ angewählt werden. Unter „Ziel“ können dann dem Programmpfad auch noch Parameter hinzugefügt werden: [Programmpfad] –[Pfad für die Projektordner]

D:\Programme\QucsStudio-2.5.7\QucsStudio\bin\qucs.exe -C:\Users\Joern\Dropbox\QucsStudio\Projekte

Zuerst kommt der Programmpfad und dann hinter einem Minus der Pfad zu den Projektdateien.

7.2 Projekt eröffnen

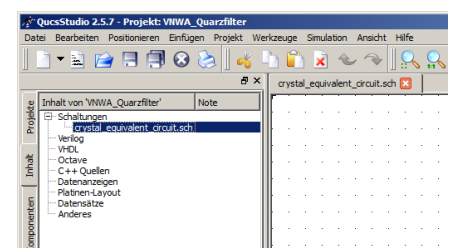
Nachdem das Programm QucsStudio gestartet worden ist, wird ein neues Projekt mit dem Namen „VNWA-Quarzfilter“ eröffnet.

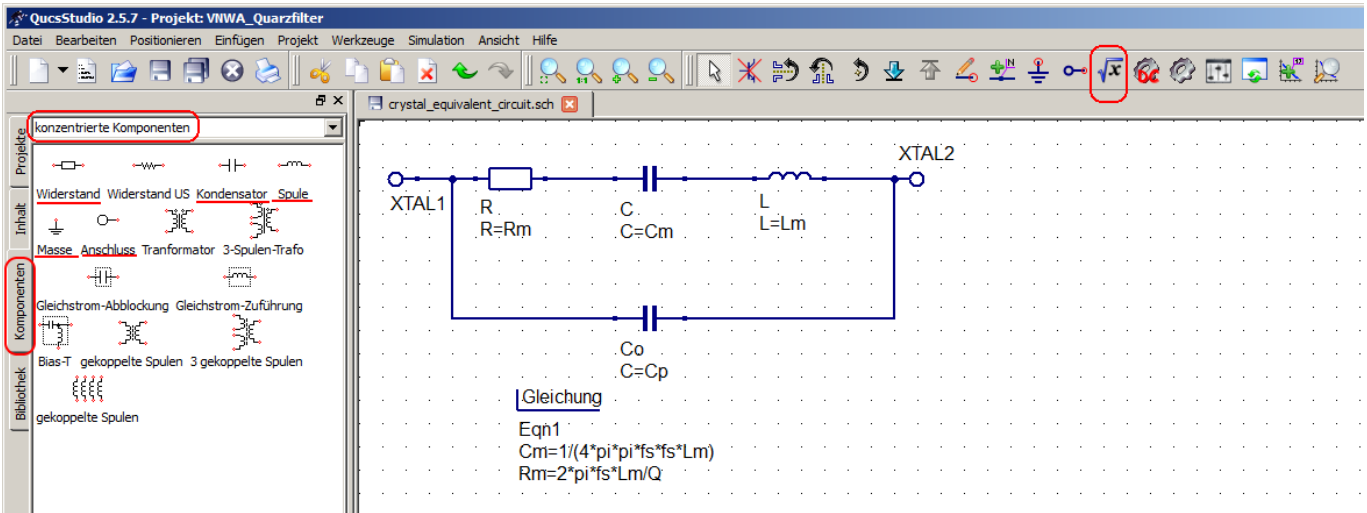


7.3 Sub-Circuit mit Quarzsaltbild erstellen

Zuerst müssen wir ein Bauteil für einen realen Quarz anlegen, indem wir ein Unterschaltbild erstellen, in welches wir die Parameter von unseren Quarzmessungen aus Kapitel 6 eingeben können.

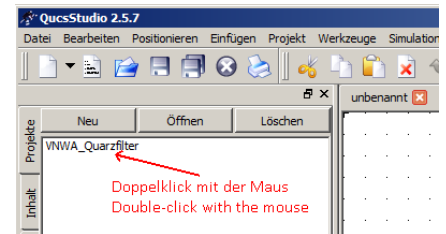
Mit Datei-Neu wird ein neuer Schaltplan eröffnet und unter „crystal_equivalent_circuit“ abgespeichert. Anschließend wird das Ersatzschaltbild des Quarzes gezeichnet, bitte genauso wie auf dem Bild. Als Hilfestellung sind einige Bedienelemente des Programms hervorgehoben.



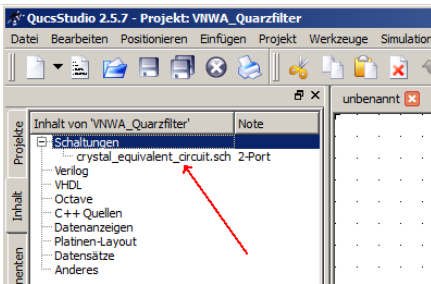


Mit der rechten Maustaste können die Eigenschaften angepasst werden. Anschließend wird alles gespeichert.

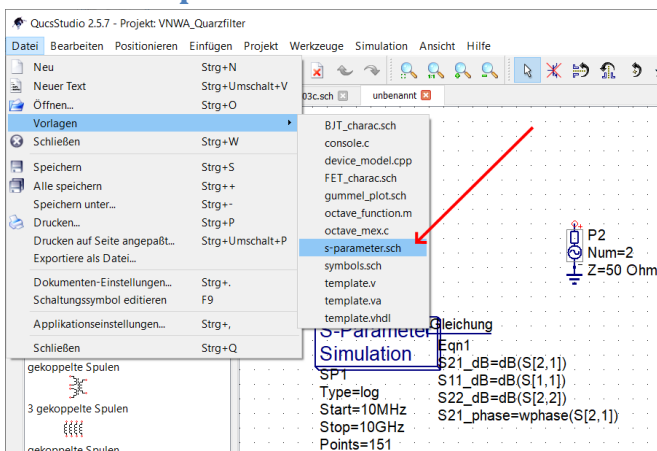
Man kann überprüfen, ob alles richtig gemacht wurde, indem das Programm neu gestartet und das Projekt am rechten Reiter mit Projekte und einem Doppelklick der Maus auf den Projektnamen geöffnet wird.



Nun müsste sich der Reiter „Inhalt“ wie im Bild öffnen.



7.4 Schaltplan zeichnen



Den Schaltplan starten wir mit der Vorlage „Vorlagen-s-parameter.sch“ und speichern das neu geöffnete Dokument unter „quarzfilter_3polig.sch“ ab.

Workshop Notes – Volume 2

Nun kann der Schaltplan gezeichnet werden. Das folgende Bild zeigt die von mir verwendeten Quarze und Kondensatoren. In das Bild habe ich Ausschnitte aus dem Programm gezeigt, damit die Suche nach den Bauteilen und Subcircuits leichter fällt.

S-Parameter Simulation

SP1
 Type=lin
 Start=12.991 MHz
 Stop=13.001 MHz
 Points=801

Gleichung

Eqn1
 $S_{21_dB} = dB(S[2,1])$
 $S_{11_dB} = dB(S[1,1])$
 $S_{22_dB} = dB(S[2,2])$
 $S_{21_phase} = wphase(S[2,1])$

Gleichung

Eqn2
 $cc = 123 \text{ pF}$

QucsStudio 2.5.7 - Projekt: VVWA_Quarzfilter

Geräte: Voltmeter, Ampere-Meter, Abschwächer, Verstärker, Isolator, Zirkulator, Gyrtator, Phasenschieber, Verzögerung, Koppler, Hybrid, Operation, Schalter, Relay, Frequenzbereich, S-Parameter-Datei, **Unterschaltkreis**, Binärmodell

konzentrierte Komponenten: Widerstand, Widerstand US, **Kondensator**, Spule, Masse, Anschluss, Transformator, 3-Spulen-Trafo, Gleichstrom-Abblockung, Gleichstrom-Zuführung, Bias-T, gekoppelte Spulen, 3 gekoppelte Spulen, gekoppelte Spulen

Jetzt bitte alles abspeichern. Nun fehlt nur noch die Ausgabe als S-Parameter-Diagramm. Die Grafikausgabe wie im Bild dargestellt im Reiter „Komponenten-Diagramme“ zu finden. Bitte ins Schaltplanfenster ziehen.

Es öffnet sich automatisch ein weiteres Unterfenster mit Einstelloptionen. Es müssen die Graphen S21_dB und S11_db eingefügt werden. Möglich ist auch die Eingabe $dB(S[1,1])$ und $dB(S[2,1])$

Eigenschaften des Diagramms editieren

Eigenschaften des Graphen
 S11_dB
 Farbe: Stil: durchgezogene Linie Dicke: 0
 y-Achse: linke Achse

Datensatz
 crystalfilter_02

Name	Größe
cc	1
S21_dB	frequency
S11_dB	frequency
S22_dB	frequency
S21_phase	frequency

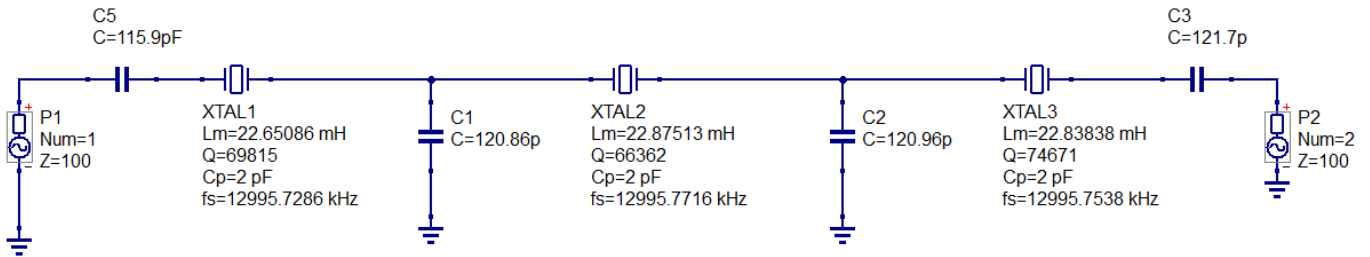
Graph
 S21_dB
 S11_dB
 Neuer Graph
 Graph löschen

Ok Anwenden Abbrechen

QucsStudio 2.5.7 - Projekt:

Diagramme
 kartesisch Polar Tabelle Sm
 Admittanz-Smith Polar-Smith k
 Smith-Polar Kombi 3D-kartesis

Nun muss die Simulation genauso aussehen wie das folgende Bild.



S-Parameter Simulation

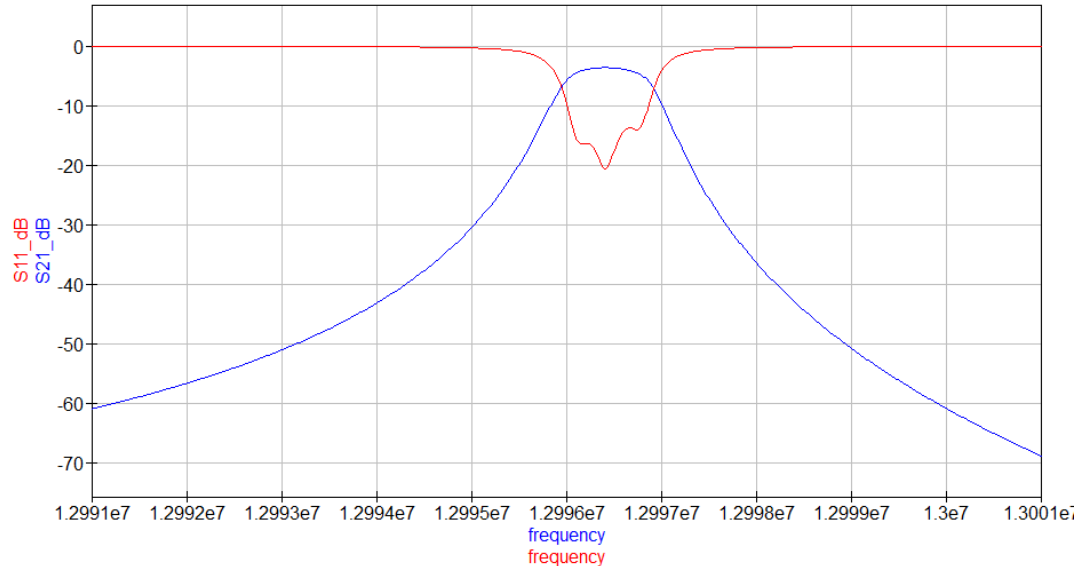
SP1
 Type=lin
 Start=12.991 MHz
 Stop=13.001 MHz
 Points=801

Gleichung

Eqn1
 S21_dB=dB(S[2,1])
 S11_dB=dB(S[1,1])
 S22_dB=dB(S[2,2])
 S21_phase=wphase(S[2,1])

Gleichung

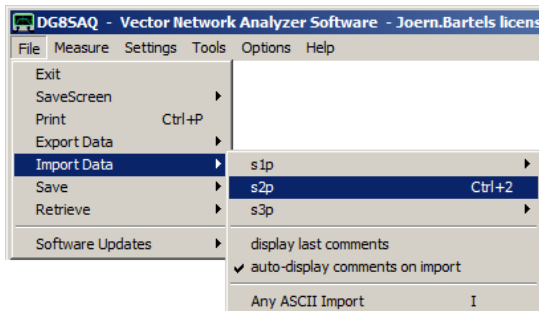
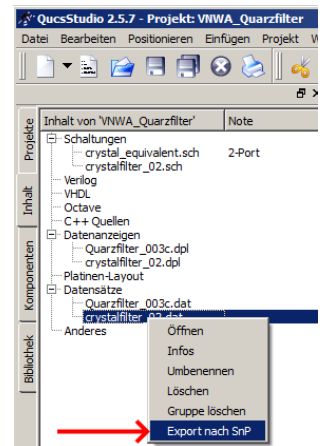
Eqn2
 cc=123 pF



7.5 Graphen aus QucsStudio exportieren und in die VNWA-Software importieren

Nach einer erfolgreichen Simulation kann sehr leicht die S2P-Parameterdatei exportiert werden. Leider ist dies nicht intuitiv. Das nebenstehende Bild zeigt die versteckte Exportfunktion, die sich erst durch einen Rechts-Klick mit der Maus auf den entsprechenden Datensatz zeigt. Es öffnet sich dann ein weiterer Dialog, dem einfach gefolgt werden muss.

Am VNWA kann nun die S2P-Datei eingelesen werden.



Sollen Simulationsdaten in die VNWA Software importiert werden, empfehle ich folgenden Ablauf. Zuerst werden die Simulations-S2P-Daten in die VNWA-Software importiert und nach Plot1 bis Plot4 kopiert. Anschließend wird dann die Messung des realen Quarzfilters mit anschließendem Portmatching durchgeführt.

8 Filter entwerfen mit Excel-Sheet von Horst dj6ev ---- work in progress -----

Horst dj6ev hat ein Excel-Sheet geschrieben, mit dem man sehr einfach drei- oder vierpolige Bandpässe entwerfen kann. Erklärungen findet ihr hier:

<http://www.bartelos.de/dk7jb.php/bandpaesse-horst-dj6ev>

Auch wenn diese Methode sich bei mir sehr bewährt hat, wird sie hier nicht weiter beschrieben. Folgt bitte einfach dem Link.

In dem Basteltagebuch zu meinem Selbstbauprojekt TRX2012 findet ihr im Bereich der Bandpässe viele zusätzliche Informationen und Beispiele:

<http://www.bartelos.de/dk7jb.php/selbstbau-trx-2012>

9 Links ----- work in progress-----

Auf meiner Homepage (DK7JB) findet ihr viele weitere Beispiele und Links: www.bartelsos.de

Z.B.: <http://www.bartelsos.de/dk7jb.php/links-zum-vnwa>

Oder <http://www.bartelsos.de/dk7jb.php/projekte/quarzfilter-und-bandfilter/>

10 Was fehlt noch? ----- work in progress-----

LCR-Meter

Banpassfilter: Pre3 und Mesh3

~~Balune: alternative Messmethoden/Vergleich + weitere Balune vermessen~~ — keine Lust 😞

Kalibrierung mit T-check überprüfen

Wenn es Probleme gibt: siehe Buch von Gerfried

S-Parameter Test Set

Kondensator & Spule mit Ersatzschaltbild, L-Kurve, Güte Kurve, Optimize, LCR-Meter, Eigenresonanz

Einfügedämpfung von einem Anpassnetzwerk messen
mit dem Matching-Tool

Matchingtool siehe 383