

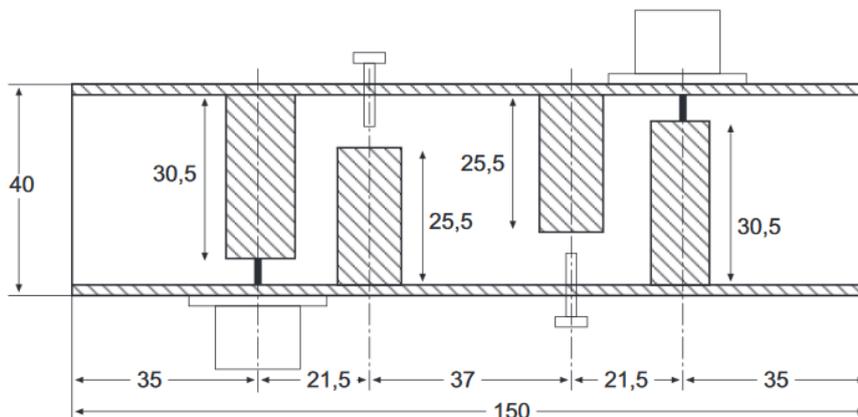
Bau eines Interdigitalfilter / Bandpassfilter für 2,4 GHz

Wilhelm, DL6DCA

12.11.2020



Vor vielen Jahren hatte ich mich schon einmal interessehalber mit Interdigitalfiltern beschäftigt. Als letztes Jahr der Aufbau einer QO100 Station ins Auge gefasst wurde, kam automatisch die Frage auf, wie man ggfs. das Senderausgangssignal von Oberwellen oder Mischfrequenzen befreien kann. Also wurden die alten Aufzeichnungen und gesammelten Kopien aus Fachbeiträgen unterschiedlichster Herkunft herausgekratmt und gesichtet. Neben einigen anderen interessanten Abhandlungen erschien mir aber die Lösung von DF9IC, Wolf-Henning, am geeigneten zu sein. Er hat dieses Filter auf der GHz Tagung in Dorsten unter dem Thema „Dämpfungsarme Eingangsfiler für 2320 und 3400MHz“ vorgestellt. Es handelt sich um ein Interdigitalfilter, was mit einem für mich mechanisch lösbaren Aufwand nachbaubar ist.

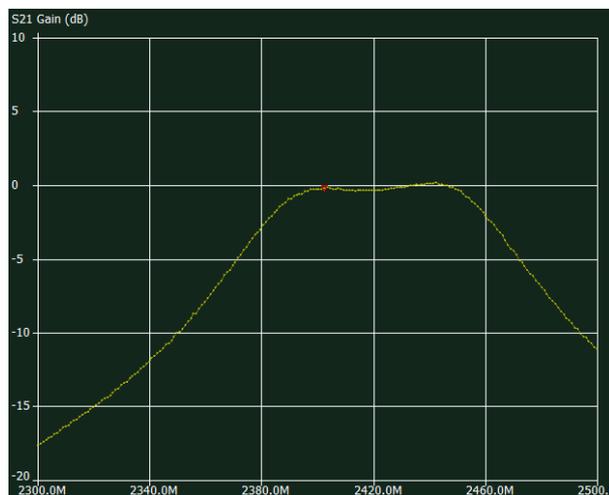


2320 MHz Filter aus der Veröffentlichung von DF9IC, Tagungsband GHz-Tagung 2014

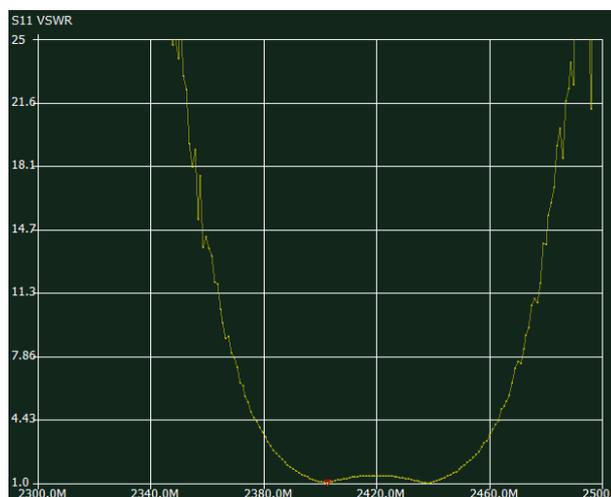
Das Aluminiumprofil 30 x 40 mm, 2mm Wandstärke, ist ein handelsübliches Profil und recht preiswert über das Internet zu beschaffen. Wichtig ist, es darf nicht eloxiert sein! Schnell war also Material beschafft und ein Filter nach den Vorgaben von DF9IC hergestellt. Die Vermessung mittels NWT 4000 Analyser ergab, dass sich das Filter sehr schön auf die angegebenen 2320 MHz abgleichen lässt, nicht aber auf die bei QO100 erforderlichen 2400 MHz.

Daraufhin habe ich die Stempel ein wenig gekürzt; Ein- und Ausgang von 30,5mm auf 29,8mm und die beiden Mittelstempel von 25,5mm auf 24,1mm. Danach ließ sich das Filter sauber abgleichen. Unter Umständen hätte die Verringerung der Abstände der 12mm dicken Stempel noch eine geringere Verbesserung gebracht, aber darauf habe ich dann letztendlich verzichtet. Wer Lust zum experimentieren hat, sollte versuchsweise die Abstände von 21,5mm auf 21,3 und 37mm auf 36,5mm kürzen.

Die folgenden Messergebnisse wurden mit NanoVNA V2 und SW NanoSaver ermittelt:



S21 Durchgangsmessung

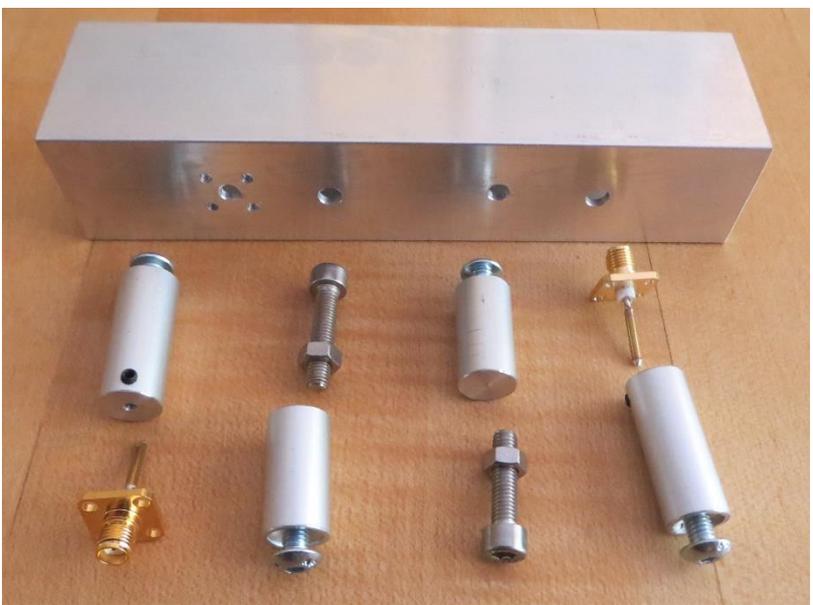


S11 SWR Messung

Marker 1			
Frequency:	2.40249 GHz	VSWR:	1.061
Impedance:	52.1-j2.17 Ω	Return loss:	-30.511 dB
Series L:	-143.86 pH	Quality factor:	0.042
Series C:	30.505 pF	S11 Phase:	-44.26°
Parallel R:	52.227 Ω	S21 Gain:	-0.178 dB
Parallel X:	52.835 fF	S21 Phase:	-124.46°

Zusammenfassung Messergebnisse

Zum mechanischen Aufbau ist zu sagen, dass ich als Abstimmerschrauben 5mm V2A und als Befestigungsschrauben ebenfalls 5mm genommen habe. M4 würde auch noch gehen, von M3 würde ich aber absehen, da insbesondere die Stempel wegen der optimalen Kontaktierung doch recht fest angezogen werden müssen und die Abstimmerschrauben zu wenig Kapazität haben dürften.



Einzelteile vor der Montage



Detailansicht Stempel, Befestigungsebene

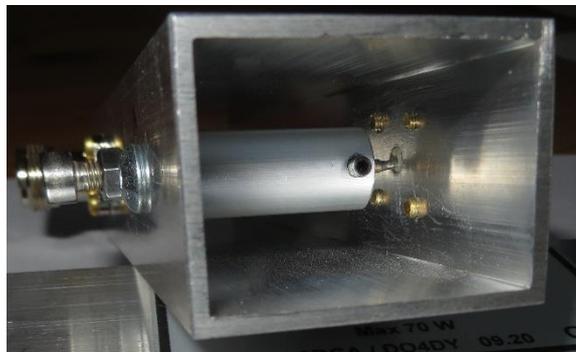
Die Befestigungsseite wird nach dem Bohren des Loches für das 5mm Gewinde mit einem Senkbohrer aufgeweitet, bis ein ca. 1mm breiter Außenkranz stehen bleibt, der für einen optimalen Passsitz und somit geringen HF-Übergangswiderstand sorgt.



Ein- / Auskoppelstempel mit verlängerter Buchse

Die SMA oder auch N-Norm Buchsen werden mit einem 2mm Messingröhrchen, welches angelötet wird, verlängert. In den Ein- und Auskoppelstempel wird ein 2mm Loch gebohrt. Seitlich habe ich zur Verschraubung in die Stempel ein 3mm Gewinde eingebracht, um dann mit einer Madenschraube die Verlängerung der Buchse festzuschrauben.

Bei den Bohrungen in das Alu-Profil möglichst einen ganz scharfen Bohrer benutzen, um möglichst gratfrei zu arbeiten. Eventuelle Gratreste vorsichtig entfernen. Ich benutze, auch wenn sich die Nackenhaare eines Holzfreundes dabei erheben, ein Stechbeitel für Holz. Darauf achten, dass möglichst keine Riefen an der Oberfläche im Innenbereich des Profiles ergeben, da hierdurch das HF-Verhalten verschlechtert wird. Bei den Verschraubungen der SMA oder N-Norm Buchsen darauf achten, dass diese möglichst bündig innen abschließen und auf keinen Fall herausragen.



Ansicht (NOCH FALSCHES SCHRAUBEN!)

Leider habe ich keine Möglichkeit dieses Filter von 2 bis 12 GHz hinsichtlich der S21 Parameter durchzuwobbeln. Eine Messung mit dem hp8673M Messender und dem hp8569B Spectrum-Analyser ergaben jedoch Dämpfungen von über 60dB auf den Frequenzen 9600 MHz (2400 x 4) und 12000 MHz (2400 x 5).

Bei einzelnen LNB`s, teilweise auch in Abhängigkeit der Spiegelgröße, gab es Probleme durch die Senderoberwellen. Die LNB`s wurden dadurch überfahren bzw. wiesen Mischprodukte auf, sodass bei Nutzung der SDR-Console Empfangsverschlechterungen erschienen. Mit diesem Filter konnte der Effekt erfolgreich behoben werden.

Die max. zulässige Sendeleistung von 75 Watt dürfte bei guten Buchsen kein Problem darstellen.

Wer sich mit Interdigitalfiltern weiter beschäftigen möchte, wird auf folgenden Internetseiten fündig:

http://www.df9ic.de/doc/2014/dorsten_2014/dorsten14_interdigitalfilter.pdf

https://www.changpuak.ch/electronics/interdigital_bandpass_filter_designer.php -Berechnungsprogramm mit anderer Einspeisung-

<https://www.robkalmeijer.nl/techniek/electronica/radiotechniek/hambladen/ukw-berichte/1977/page097/index.html>

sowie UKW-Berichte 2/1977, 97-106, Vollhardt, Dieter, DL3NQ, Schmalbandige Filter für die Bänder bei 23cm, 13cm, und 9cm.

Viel Spaß bei der Lektüre und evtl. beim Auf- / Nachbau.

Über Rückfragen, Anmerkungen, Verbesserungsvorschläge würde ich mich freuen.

Kontakt bitte per Mail dl6dca@dark.de oder Ortsfrequenz 144,575 MHz.

vy 73 de Wilhelm, DL6DCA