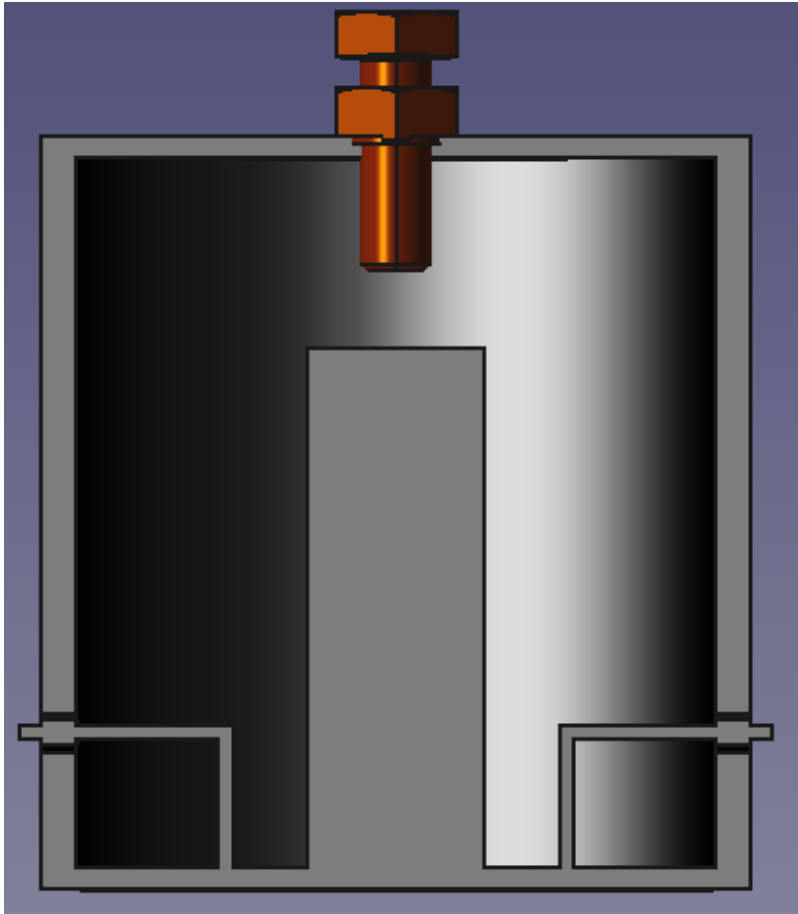


$\lambda/4$ Topffilter für 868 MHz

Was ist ein $\lambda/4$ Topffilter und wie funktioniert es



Ein $\lambda/4$ Topffilter ist ein koaxialer Resonator. Er besteht aus:

- einem zylindrischen Außenleiter (Rohr)
- einem zentralen Innenleiter (Stab)
- einem kurzgeschlossenen Ende (Boden)
- einem offenen Ende mit kapazitiver Verstimmung (Abstimmerschraube)

Die elektrische Länge entspricht etwa einer Viertelwellenlänge ($\lambda/4$). Am kurzgeschlossenen Ende liegt ein Strommaximum (H-Feld stark), am offenen Ende ein Spannungsmaximum (E-Feld stark).

Die Einkopplung erfolgt über magnetische Koppelschleifen nahe dem Kurzschluss. Diese koppeln Energie über das Magnetfeld in den Resonator ein bzw. aus.

Eigenschaften:

- Bandpassverhalten
- hohe Güte (Q)
- schmale Bandbreite
- gute Unterdrückung benachbarter Frequenzen

Welche Daten kann man bei einem DIY Filtertopf erwarten

Typische Werte für einen selbstgebauten Topf bei 868 MHz:

- Durchgangsdämpfung (S21): ca. 0,5 ... 1 dB
- Rückflussdämpfung (S11): ca. -10 ... -20 dB
- Güte: hoch, abhängig von Material und Aufbau
- Sperrdämpfung (einzelner Topf):
 - ca. 15 ... 25 dB bei benachbarten Mobilfunkbändern

Beispiel gemessene Werte dieses Aufbaus:

- S21: -0,55 dB
- S11: -18,5 dB
- Impedanz: ~61 Ω
- Sperrdämpfung:
 - 821 MHz: ca. -20 dB
 - 925 MHz: ca. -23 dB

Hinweis:

Ein einzelner Topf ist ein Kompromiss zwischen:

- Anpassung
- Durchgangsdämpfung
- Selektivität

Für höhere Sperrdämpfung werden mehrere Töpfe gekoppelt.

Abmessungen eines 868 MHz Filters

DXF Dateien

Zeichnungen, Freecad und DXF

Aufbau des Filters

Der Aufbau beginnt mit der mechanischen Bearbeitung des Messingrohrs, das auf die gewünschten Maße gedreht wird. Anschließend werden Boden und Deckel aus Messing gefertigt, typischerweise durch Fräsen. Der Boden wird anschließend sorgfältig und flächig mit dem Rohr verlötet, sodass ein elektrisch sauberer und HF-dichter Kurzschluss entsteht.

Der Deckel erhält eine aufgelötete M10-Mutter, in die später die Abstimmsschraube eingeschraubt wird. Danach werden die Öffnungen für die N-Flanschbuchsen in das Rohr eingebracht und die Buchsen mechanisch sowie elektrisch sauber montiert.

Die Koppelschleifen werden aus Kupfer-Installationsdraht mit $1,5 \text{ mm}^2$ gefertigt. Zur Befestigung am Boden (Masseanschluss) wird eine M2,5-Sechskantmutter an einer Seite leicht abgefeilt, sodass sich Lötzinn gut anheften kann. Der Kupferdraht wird anschließend an diese vorbereitete Fläche angelötet. Die Mutter wird danach mit einer M2,5-Schraube durch den Boden hindurch fest mit dem Gehäuse verschraubt, sodass ein stabiler und niederohmiger Massekontakt entsteht.

Der Draht wird im Inneren des Filters zunächst senkrecht nach oben geführt und anschließend mit einem 90° -Winkel in Richtung des Innenleiters der N-Buchse gebogen. Auf diese Weise entsteht die eigentliche Koppelschleife. Dabei ist auf eine symmetrische und reproduzierbare Geometrie zu achten, da die Schleifen maßgeblich die Kopplung bestimmen.

Der Innenleiter (Mittelstab) wird anschließend montiert und exakt mittig ausgerichtet. Danach wird der Deckel auf das Rohr aufgesetzt und verschraubt. Abschließend wird die M10-Abstimmsschraube eingesetzt, mit der die Resonanzfrequenz des Filters eingestellt werden kann.

Besonders wichtig für die Funktion sind saubere elektrische Kontakte, stabile mechanische Verbindungen sowie eine reproduzierbare Montage aller Komponenten.

Abgleich am VNA

- Durchführung einer 2-Port-Kalibrierung am VNA
- Anschluss beider Ports an Ein- und Ausgang
- Einstellung der Resonanzfrequenz mit der Abstimmsschraube
- Ziel: Resonanz bei 869 MHz

Messgrößen:

- S21 → Durchgangsdämpfung

- S11 / S22 → Anpassung

Typisches Vorgehen:

- Resonanz mit Schraube einstellen
- Koppelschleifen anpassen (Größe / Abstand)
- Ziel:
 - S21 möglichst gering (z. B. $\sim 0,5$ dB)
 - S11 möglichst klein (z. B. < -15 dB)
 - gewünschte Sperrdämpfung außerhalb des Bandes

Hinweis:

Stärkere Kopplung verbessert die Anpassung, verschlechtert aber die Selektivität. Schwächere Kopplung erhöht die Sperrdämpfung, verschlechtert jedoch die Anpassung.

Grundlagen und Berechnung

Die elektrische Länge eines $\lambda/4$ -Resonators ergibt sich aus:

$$f = c / \lambda$$

mit:

- f = Frequenz
- c = Lichtgeschwindigkeit ($\sim 300.000.000$ m/s)
- λ = Wellenlänge

Für einen Viertelwellenresonator:

$$L \approx \lambda / 4$$

Für 869 MHz ergibt sich:

$$\begin{aligned} \lambda &\approx 345 \text{ mm} \\ \lambda/4 &\approx 86 \text{ mm} \end{aligned}$$

In der Praxis ist die physikalische Länge kürzer, da am offenen Ende eine kapazitive Endkorrektur wirkt:

$$L_{\text{real}} \approx 0,85 \dots 0,95 \times \lambda/4$$

Für diesen Aufbau ergibt sich:

$$\text{Innenleiterlänge} \approx 70 \dots 75 \text{ mm}$$

Gemessen wurde ein optimaler Wert von:

L = 73 mm

Fehlersuche und typische Probleme

Keine oder schwache Resonanz

- Schleifen zu klein → zu schwache Kopplung
- Schleifen falsch ausgerichtet
- schlechter Massekontakt (Boden oder Innenleiter)
- Deckel nicht sauber leitend verbunden

Resonanz an falscher Frequenz

- Innenleiter zu lang → Frequenz zu niedrig
- Innenleiter zu kurz → Frequenz zu hoch
- Abstimmerschraube beeinflusst Frequenz stark

Schlechte Anpassung (hohes S11)

- Schleifen zu klein → Impedanz zu hoch (z. B. 70...200 Ω)
- Schleifen zu groß → Impedanz zu niedrig (<50 Ω)
- asymmetrische Schleifen

Zu hohe Durchgangsdämpfung

- schlechte Kontakte (Deckel, Boden, Innenleiter)
- oxidierte Oberflächen
- zu starke Kopplung (Resonator überlastet)
- mechanische Ungenauigkeiten

Zu geringe Sperrdämpfung

- Kopplung zu stark → Band zu breit
- nur ein Resonator → begrenzte Selektivität
- direkte Kopplung zwischen Ein- und Ausgang

Hinweise zur Optimierung

- Anpassung und Selektivität sind ein Kompromiss
- optimale Impedanz liegt oft nicht exakt bei 50 Ω sondern höher (meist 60 bis 70 Ohm) weil für optimal steile Flanken leichte Unterkopplung sinnvoll sein kann

- mechanische Reproduzierbarkeit ist entscheidend
- kleine Änderungen (1 mm) haben große Wirkung

Praxisregel:

- größere Schleife → stärkere Kopplung → kleinere Impedanz
- kleinere Schleife → schwächere Kopplung → größere Impedanz

Messwerte

Topf-1



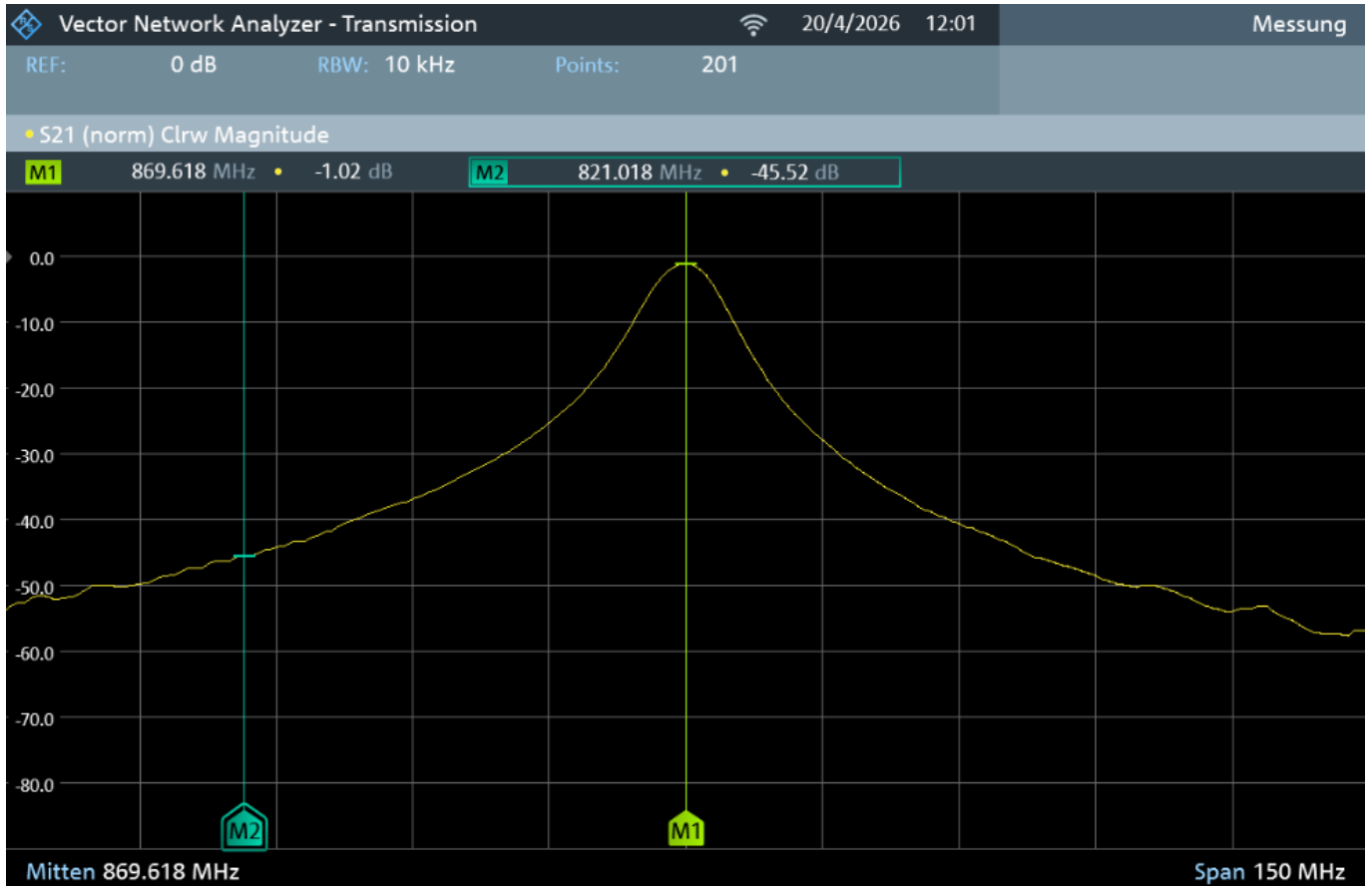
Topf-2



Topf-1 und Topf-2 in Reihe



die Töpfe mussten leicht nachgeglichen werden, danach hatten sie recht gute Werte:
Durchgangsdämpfung: 1,0 dB Dämpfung beim 800MHz Handymast: -45,5 dB



From: <http://projects.dj0abr.de/> - DJ0ABR Projects

Permanent link: <http://projects.dj0abr.de/doku.php?id=de:m868:filter>

Last update: 2026/04/21 00:15

