

Aufbau eines Kerbfilters für NPR- und SBN-Messungen

Für NPR- und SBN-Messungen an Empfängern und Oszillatoren benötigt man einen Rauschgenerator und ein steilflankiges Kerbfilter (Notchfilter). Kerbfilter lassen sich relativ einfach mit Hilfe von Quarzen aufbauen (1, 2). **Bild 1** zeigt einen Aufbau, mit fünf Stück 9 MHz-Quarzen und zwei breitbandigen 1:9 Übertragern im 50 Ohm Ein- und Ausgang (1, 2).

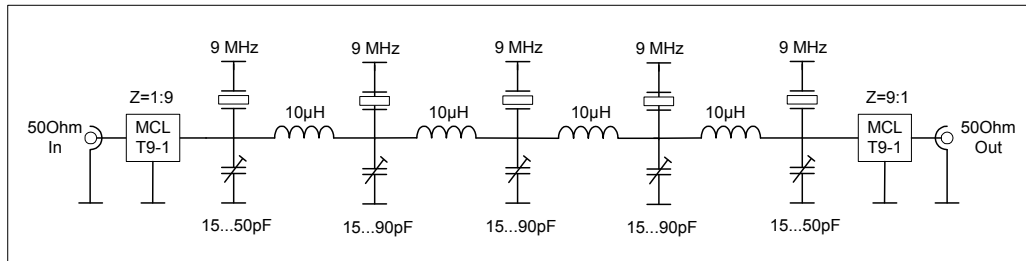


Bild 1: 9 MHz Quarz-Notchfilter

Alle Bauelemente wurden auf einer einseitig kaschierten Platine (10 x 5cm) angebracht (**Bild 2**), die Trimmer auf der kaschierten Seite (Masse) aufgelötet und über Durchführungs-Kondensatoren (1pF) mit den Quarzen und Induktivitäten auf der anderen Seite verbunden. Zum Abgleich benötigt man einen Spektrumanalysator plus Tracking-Generator und etwas Geduld. Nach Abschluss, entsteht ein steiles und schmalbandiges Kerbfilter, mit einer Sperrtiefe von 100dB (**Bild 3**) und einer Bandbreite von ca. 1kHz. Die Größe der Pegelunterdrückung reicht für NPR-Messungen aus.

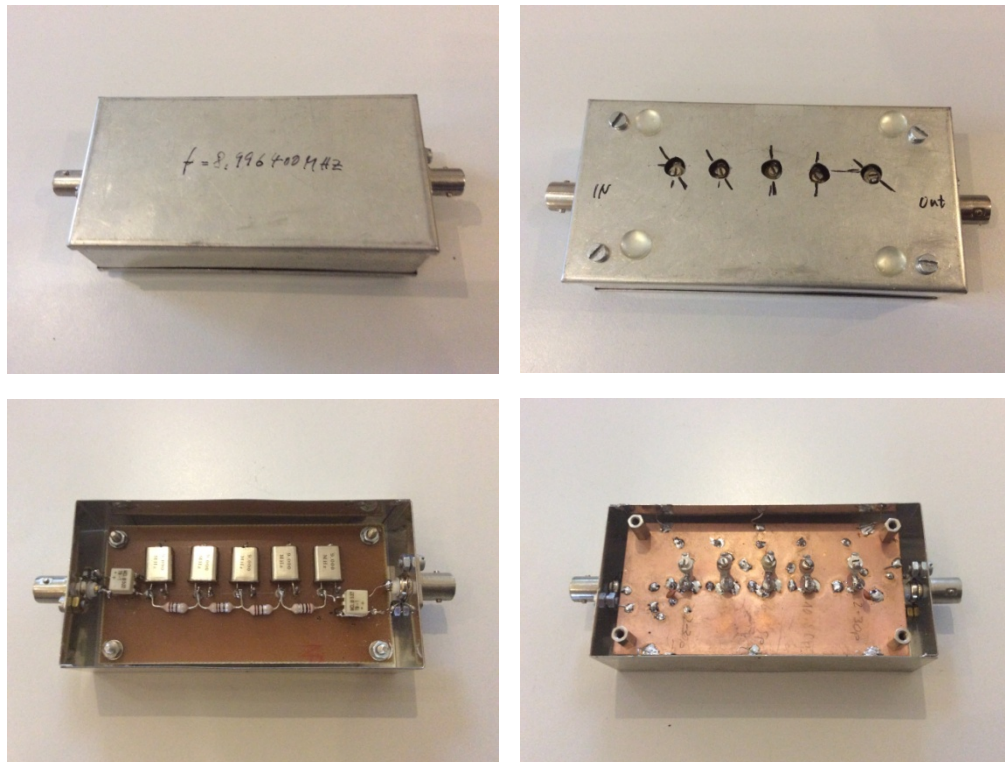


Bild 2: Aufbau des 9MHz-Kerbfilters in ein Weißblechgehäuse, 11 x 5,5 x 3cm, Quarze HC-18U, 30pF (FA)

Bei Verwendung von Quarz-Notchfiltern muß beachtet werden, dass sie gleichzeitig auf einer höheren Frequenz als steilflankiges Tiefpass-Filter wirken. Zur Kontrolle schaut man sich die Übertragungskurve des Filters über einen größeren Frequenzbereich an (**Bild 4**). Hier ist deutlich zu erkennen, dass Signale größer 10,64MHz stark gedämpft werden. Bedeutet: Die maximal

verwendbare **Rauschbandbreite** bei einer NPR-Messung beträgt bei diesem Notchfilter **0...10,64MHz**.

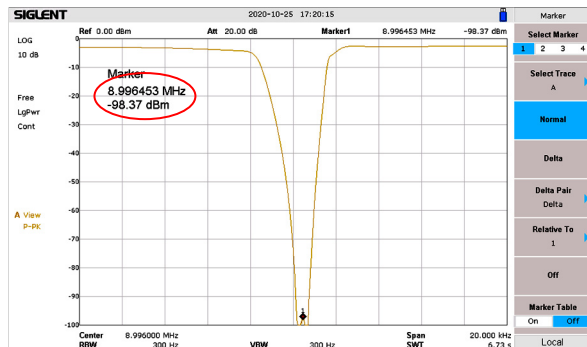


Bild 3: Notchfilter, Sperrtiefe 98dB, B=1kHz

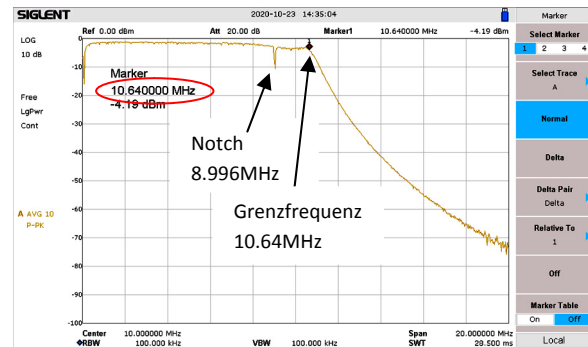


Bild 4: TP-Filter Funktion des Notchfilters, Span 20MHz

a) NPR-Messung eines Empfängers

Den Aufbau für NPR-Messungen an Empfängern zeigt **Bild 5**. Der Rauschgenerator (im Beispiel ein SDG6022X) wird auf eine Rauschbandbreite von 0 bis 10MHz eingestellt. Würde man eine Bandbreite von z.B. 0-20MHz wählen, würde das Notchfilter das Rauschen ab 11,64MHz abschneiden und die NPR-Berechnungen wären anschließend falsch oder müssten entsprechend korrigiert werden.

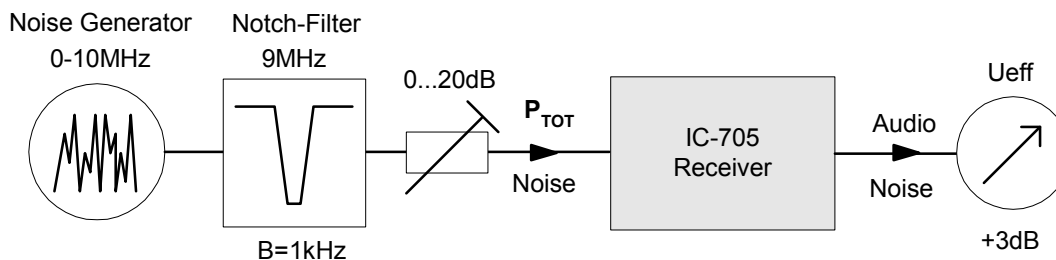


Bild 5: NPR-Messaufbau

Der Pegel des Rauschgenerators wird so weit erhöht, bis am NF-Ausgang des Empfängers (im Beispiel ein IC-705) eine Rauscherhöhung von 3dB entsteht, gemessen über ein breitbandiges NF-Voltmeter. Diese Rauscherhöhung zeigt die entstehenden IM-Produkte an, die mit 3 dB über dem Grundrauschen Grundrauschen detektierbar sind und somit der Grenzempfindlichkeit des Empfängers entsprechen. Die größte Aussteuerung des Empfängers ist damit erreicht und das NPR berechnet sich zu

$$NPR = P_{TOT} - 10\log \text{Rauschbandbreite/Auflösungsbandbreite} - MDS$$

mit: Rauschbandbreite 0...10MHz, Auflösungsbandbreite 500Hz, MDS = -130dBm/500Hz

Einstellungen am IC-705: CW, B=500Hz, Attenuator off, Amplifier off



Bild 6: NPR-Spektrum am IC-705



Bei einem Rauschpegel von $P_{TOT} = -11\text{dBm}$, einer Empfindlichkeit (MDS) von $-130\text{dBm}/500\text{Hz}$ und einer gewählten Rauschbandbreite von 0 bis 10MHz, ergibt sich ein NPR von

$$\text{NPR} = P_{TOT} - 10\log \text{Rauschbandbreite/Auflösungsbandbreite} - \text{MDS}$$

$$\text{NPR} = -11\text{dBm} - 10\lg 10\text{MHz}/500\text{Hz} - 130\text{dBm} = -11\text{dBm} - 43\text{dB} - (-130\text{dBm}) = 76\text{dB}$$

b) SBN-Messung von Empfängern und Oszillatoren

Notchfilter eignen sich auch hervorragend für SBN-Messungen (Seitenbandrauschen) an Empfängern und Oszillatoren. Möchte man z.B. das Seitenbandrauschen eines HF-Signalgenerators messen, wird das Signal (f_0) des zu testenden Generators auf die Mittenfrequenz des Notchfilters eingestellt und dadurch um über 90dB gedämpft. In dieser Einstellung kann die Empfindlichkeit des Analysators anschließend soweit erhöht werden (Att. Off, Preamp. On), bis das Seitenbandrauschen des zu testenden Oszillators auf beiden Seiten des Notchfilters deutlich erkennbar wird. Der Analysator kann bei dieser Messung nicht übersteuert werden, weil das Signal mit über 90dB unterdrückt wird!

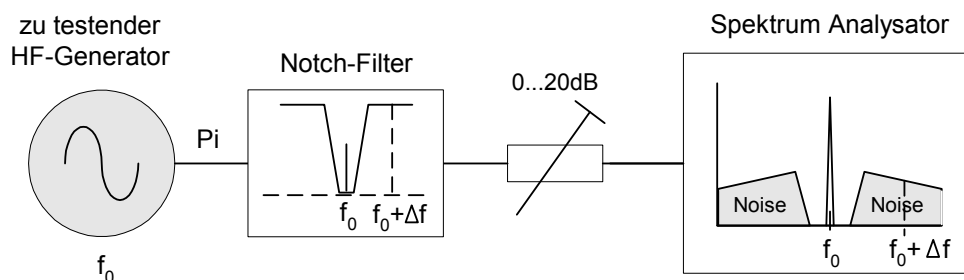


Bild 7: SBN-Messung eines HF-Generators

Anschließend lässt sich das SBN des Generators auf der rechten- oder linken Seite des Notchfilters messen, beginnend schon in einem Abstand zum Träger von $\Delta f = 1\text{kHz}$! Als Messobjekt verwende ich den Arbitrary Waveform Generator SDG6022X.

Einstellungen am Analysator: Attenuator 0dB, 20dB-Preamplifier ON

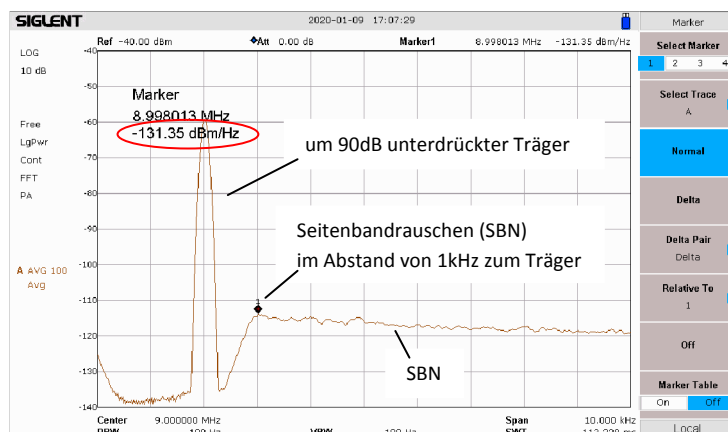


Bild 8: Seitenbandrauschen des SDG6022X in 1kHz Trägerabstand

Messergebnis:

Das **SBN** des SDG6022X Synthesizer beträgt bei $f_0=9\text{MHz}$ im Abstand von 1kHz: **-131.35dBm/Hz**

Literatur:**(1) Oscillator Noise Evaluation with a Crystal Notch Filter**

W7ZOI, July/August 2008 issue of QEX

<https://vdocuments.site/oscillator-noise-evaluation-with-a-crystal-notch-filter-w7zoi-qex-07-08-2008.html>**(2) NPR-Q-Notch 20m-CW**

Kurt Hoffelner, OEHLK

<http://www.oe3hkl.com/hf-measurements/npr-messplatz-rauschgenerator/q-notch-20m-cw-1khz-100db.html> Kurt**(2) Messung von Seitenbandrauschen (SBN) von Empfängern und Oszillatoren, DC4KU**<https://dc4ku.darc.de/Messung-Seitenbandrauschen.pdf>

Notchfilter, Versuchsaufbauten

