

Aufbau eines Kerbfilters für NPR- und SBN-Messungen

Für NPR- an Empfängern und SBN-Messungen an Sendern und Oszillatoren benötigt man zur Unterdrückung des Trägersignals 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.

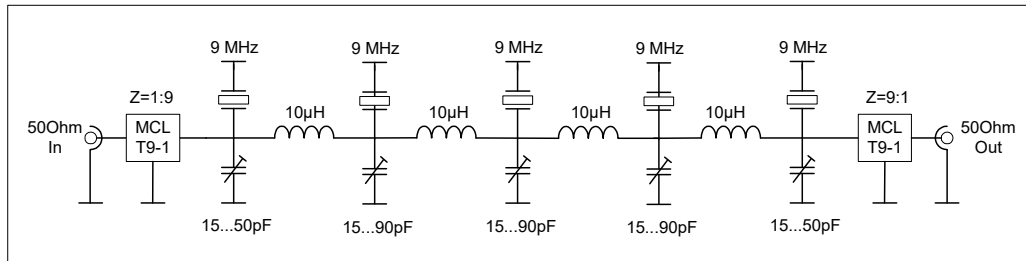


Bild 1: 9 MHz Quarz-Notchfilter

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 >90dB (**Bild 3**) und einer Bandbreite von ca. +/-1kHz. Die Größe der Pegelunterdrückung reicht für SBN und NPR-Messungen völlig aus.

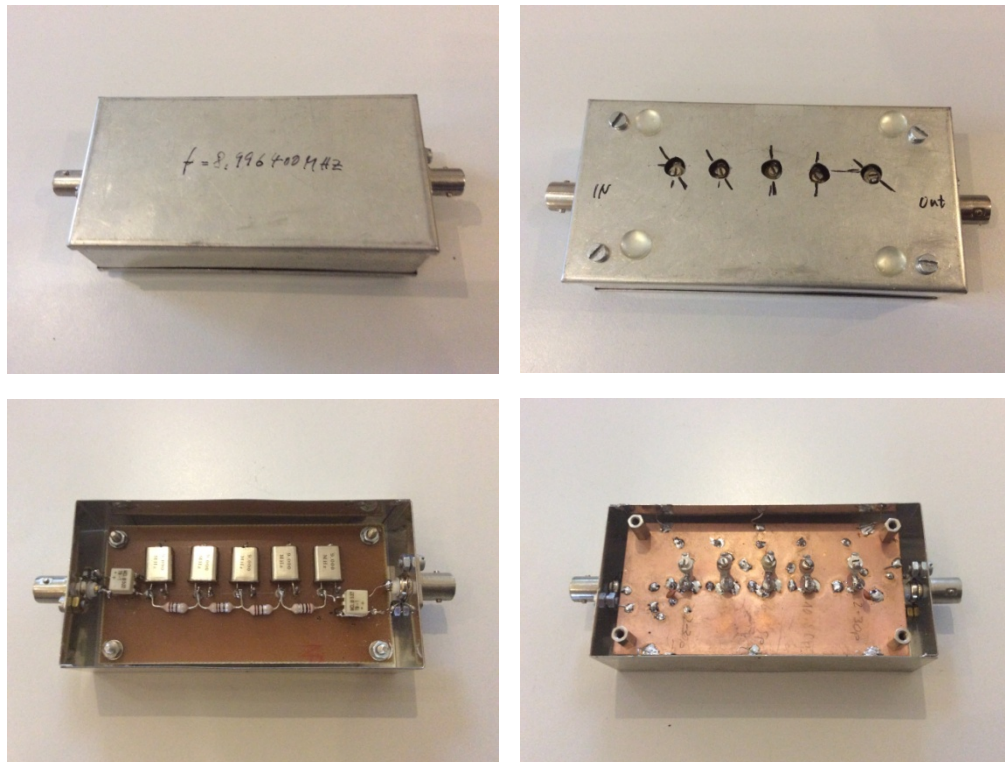


Bild 2: Aufbau des 9MHz-Kerbfilters in ein Weißblechgehäuse, 11 x 5,5 x 3cm, Quarze HC-18U, 30pF (FA)

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 einsetzbare Rauschbandbreite bei einer NPR-Messung beträgt bei diesem Notchfilter 0 bis 10,64MHz.

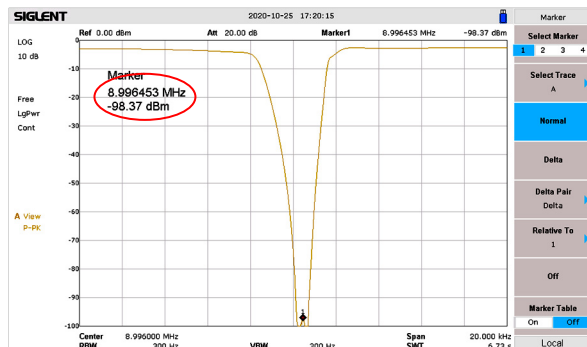


Bild 3: Notchfilter, Sperrtiefe 98dB, B=1kHz

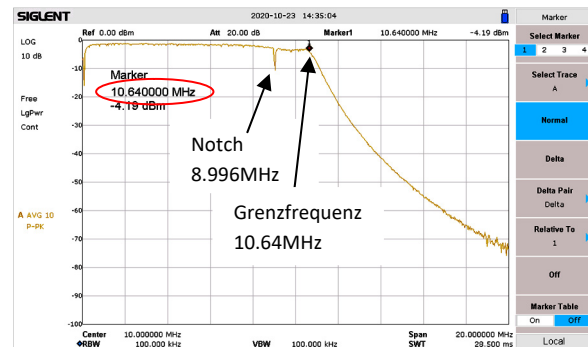


Bild 4: TP-Filter Funktion des Notchfilters, Span 20MHz

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.

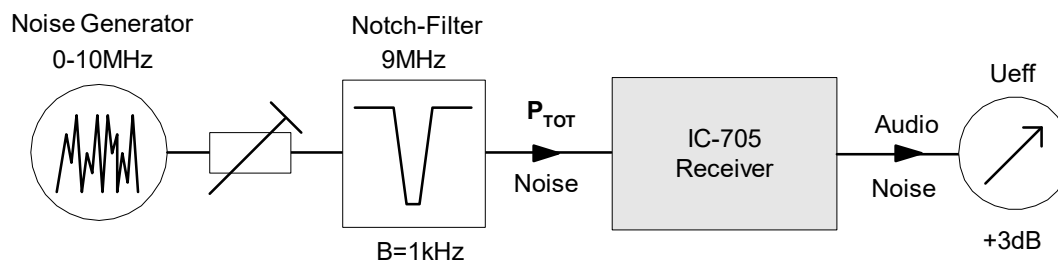


Bild 5: NPR-Messaufbau

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, die mit 3 dB über dem Grundrauschen rauschen Grundrauschen detektierbar sind und somit der Grenzempfindlichkeit des Empfängers entsprechen. Die größte Aussteuerung des Empfängers ist damit erreicht und das NPR berechnet sich zu

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

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

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

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

SBN-Messung an Oszillatoren und HF-Sendern

Notchfilter eignen sich auch hervorragend für SBN-Messungen (Seitenbandrauschen) an Oszillatoren und HF-Sendern. 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 ca. 90dB gedämpft. Außerhalb des Sperrbereichs, bei $f \geq 8,998\text{MHz} \pm 1\text{kHz}$, muss der Generators auf einen Referenzpegel von 0dBm eingestellt werden. Aufgrund der hohen Dämpfung des Signals im Sperrbereich, kann die Empfindlichkeit des Analysators anschließend soweit erhöht werden (Attenuation. Off, +20dB-Preamplifier 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 auf -90dBm unterdrückt wird und nur das SBN des Oszillators dämpfungsfrei übertragen wird.

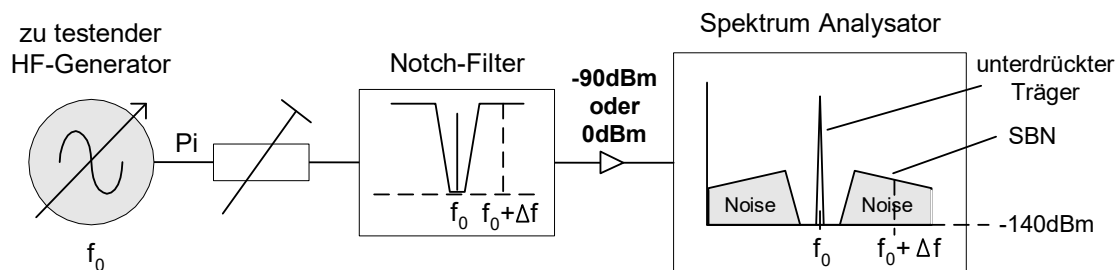


Bild 7: SBN-Messung eines HF-Generators

Anschließend lässt sich das SBN des Generators auf der rechten- oder linken Seite des Notchfilters messen, beginnend schon in einem Abstand (Offset) zum Träger von $\Delta f = 1\text{kHz}$. Im Beispiel verwende ich das CW-Signal des Waveform Generator SDG6022X.

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

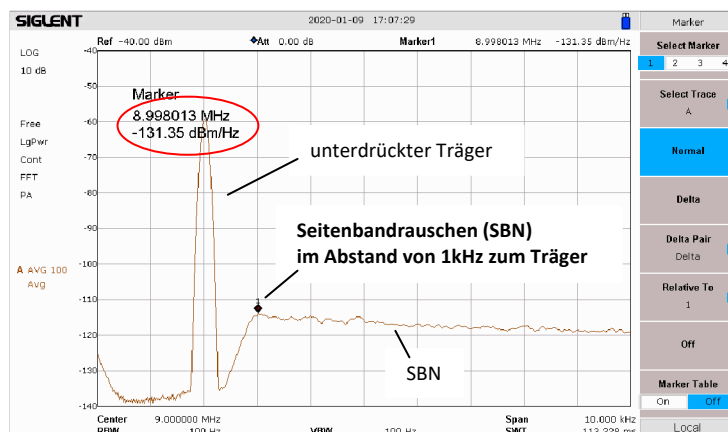


Bild 8: Seitenbandrauschen des SDG6022X in 1kHz Trägerabstand, Span 10kHz

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

Werner Schnorrenberg

DC4KU

25.10.2020, Rev. 8.2026

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, OEHL

<http://www.oe3hkl.com/hf-measurements/npr-messplatz-rauschgenerator>**(3) Messung von Seitenbandrauschen (SBN) von Empfängern und Oszillatoren, DC4KU**<https://dc4ku.darc.de/Messung-Seitenbandrauschen.pdf>**Notchfilter, Aufbauten**