

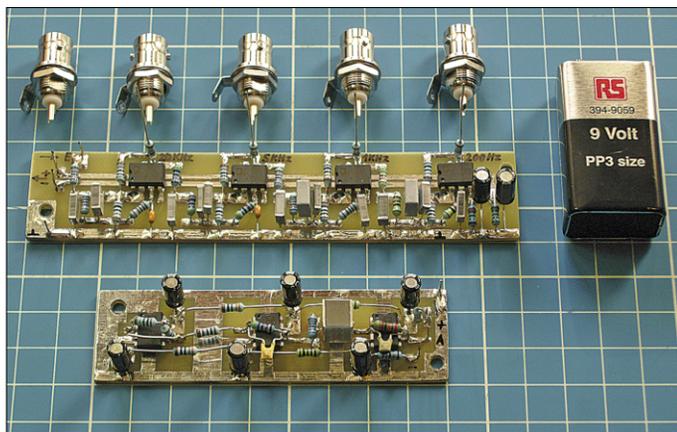
# Ergänzungen zum Beitrag „Rauschgenerator für NF-Frequenzgangmessungen“ in FA 10/11, S. 1047

Eine Anmerkung vorweg: Die Abtastrate muss im Beitrag auf S. 1048 im Abschnitt FFT-Signalauswertung direkt über der Tabelle über 100 kS/s betragen. Mit der Standard-Soundkarte eines PC ist das nicht zu realisieren. Bessere Exemplare mit 192 kS/s sind jedoch nutzbar. Nun zum Aufbau.

Die Bilder 7, 8, 10 und 11 in [1] zeigen die Platinenlayouts und Bestückungspläne für Rauschquelle und Tiefpassverstärker. Die etwas unübliche Methode, herkömmliche bedrahtete Bauelemente auf weitläufige einseitige Platinen wie SMD-Teile einzulöten, ist besonders bei der Rauschquelle wegen ihrer hohen Verstärkung und damit

Pins 2, 3, 4, 6 und 7 sollten soweit gekürzt werden, dass sie sicher auf der Kupferfläche festgelötet werden können. Um den Lötprozess kurz zu halten, ist die Platine vorher zu verzinnen. Nach erfolgter Bestückung müssen Flussmittelreste gründlich mit Spiritus und Pinsel entfernt werden, worauf eine Trocknung mit einem warmen Luftstrom erfolgen sollte.

Es folgen die Montage in dem Aluminium-U-Profil, der Anschluss an die BNC-Buchse für Ausgang 1 und die vorläufige Stromversorgung mit  $\pm 4,5$  V, z. B. aus zwei Flachbatterien. Nach Verschließen des U-Profiles mit einem Blechstreifen



**Bild 1:**  
fertig bestückte  
Platinen der Rausch-  
quelle (unten) und  
der Tiefpassfilter  
(oben)

Anfälligkeit gegen kapazitive Rückkopplung vom Ausgang über die Luft auf den Eingang (Pin 2 von IC2) empfehlenswert. Auch das Gehäuse in Gestalt eines Aluminium-U-Profiles aus dem Baumarkt (knapp 30 cm lang, lichte Weite innen 40 mm  $\times$  22 mm) dient diesem Zweck.

Die Platinen werden direkt auf den Boden geschraubt, über die Befestigungsschrauben und die Außenleiter der BNC-Buchsen erfolgt die Verbindung mit Masse auf kurzem Wege. Die lang gestreckte Form des Aufbaus unterbindet zuverlässig die unerwünschte kapazitive Rückkopplung, nachdem der Deckel (vorn abgekanteter Blechstreifen) aufgesetzt ist.

## ■ Platine für die Rauschquelle

Zuerst sollte die Rauschquelle gebaut werden. Ein Verzinnen der Leiterzüge erleichtert das Auflöten der Bauelemente. Die nicht benötigten Pins 1, 5 und 8 der OPVs sind abzubrechen oder abzukneifen. Die

(vgl. Bild 1 im Beitrag) wird die vom Anwender bevorzugte FFT-Auswertung an den Ausgang 1 angeschlossen, also entweder die Soundkarte eines PC mit entsprechender Software oder ein Digitaloszilloskop mit FFT-Funktion. Weil heutige DSOs nur acht Bit Amplitudenaufösung haben, ist zunächst der Y-Messbereich so zu wählen, dass das Rauschsignal den Schirm in vertikaler Richtung zu etwa 30 % bis 90 % ausfüllt. Dann wird auf FFT umgeschaltet, vorzugsweise mit fünffachem Zoom und 1 MS/s Abtastrate. Der Bildschirm sollte auf unendliche Nachleuchtdauer eingestellt sein, woraufhin einige Sekunden zu warten ist, bis sich genügend Einzelspektren aufsummiert haben.

Der Frequenzgang der Rauschquelle sieht im Idealfall jetzt so aus wie beim Mustergerät, dargestellt in Bild 2. Die Ebenheit nahe 50 kHz ist mit  $C_{\text{draht}}$  zu justieren. Tritt eine Frequenzgangüberhöhung (engl.: *gain peaking*) auf, so muss  $C_{\text{draht}}$  etwas näher in

Richtung R1 und R2 gebogen werden, bei einem allzu frühen 3-dB-Abfall hingegen etwas weiter weg.

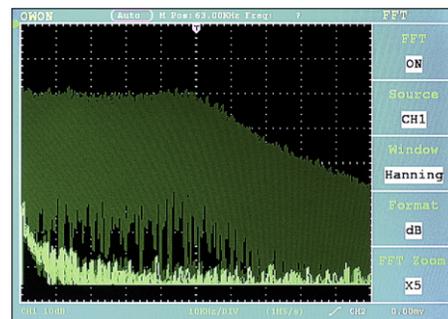
## ■ Tiefpassfilterplatine

Wie schon im Beitrag erwähnt, ist oft die frequenzmäßige Begrenzung des Rauschspektrums durch ein Antialiasing-Filter notwendig, wie es z. B. durch eine Baugruppe gemäß Bild 5 im Beitrag realisierbar ist. Ein Layoutvorschlag ist in Bild 7 des Beitrags zu sehen.

Nach Fertigstellung sollte zunächst mit Oszilloskop und manuell durchgestimmtem Sinusgenerator der Frequenzgang nahe  $f_0$  für jeden Ausgang einzeln kontrolliert und bei Bedarf auf möglichst flachen Verlauf justiert werden. Bedingt durch Bauteiltoleranzen war es beispielsweise beim Mustergerät nötig, ebene Frequenzgänge durch nachträgliches Einlöten von Kondensatoren herzustellen: zusätzlich 1,5 nF parallel zu C14, 15 nF parallel zu C17 und 10 nF parallel zu C20, im Bestückungsplan durch doppelte Bauteilbezeichnungen kenntlich gemacht. Die realisierte Bestückungsweise der Leiterplatten ermöglicht es auch dem SMD-ungeübten Anwender, solche Ergänzungen problemlos vorzunehmen.

Ist die Tiefpassplatine abgeglichen, so wird sie ebenfalls gereinigt, getrocknet, in das Aluminium-U-Profil eingeschraubt und angeschlossen. Beim Mustergerät waren C22 und C23 (vgl. Bild 4 des Beitrags) mit je 100  $\mu$ F anfänglich zu knapp bemessen, was sich beim Einschalten durch einen instabilen und periodisch schwankenden Gleichspannungspegel an den Rauschausgängen äußerte.

Die Spannungssymmetrierung durch R38 und R39 war wechsellspannungsmäßig „zu weich“. Zur Beseitigung genügte die Erhöhung von C22 und C23 auf je 330  $\mu$ F. Im Muster wurden zweimal 1000  $\mu$ F nachträglich nahe der Rauschquelle eingelötet, erkennbar in Bild 1 des Beitrags. Beim Nachbau sollte das Einlöten von zweimal 470  $\mu$ F direkt auf der Tiefpassfilterplatine genügen.



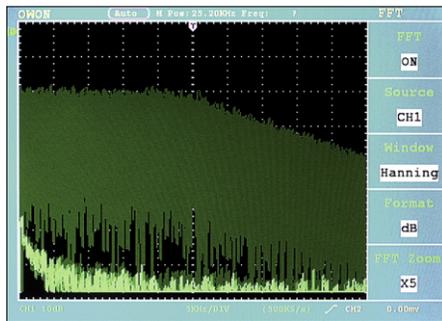
**Bild 2:** Rauschspektrum am Ausgang A1 im Bereich von 0 Hz bis 100 kHz; der Rauschpegel ist von 0 Hz bis 50 kHz gleichbleibend und entspricht somit weißem Rauschen; vert. 10 dB/Div, hor. 10 kHz/Div, 1 MS/s.

Die Bilder 3 bis 7 zeigen, dass die Rauschspektren an den Ausgängen 2 bis 5 wunschgemäß eben sind, von Null bis zur jeweiligen oberen Grenzfrequenz, und dann ziemlich steil abfallen. Beachten Sie bitte, dass die angezeigte Frequenzachse auf dem Oszilloskop linear ist. In Bild 7 ist gut zu sehen, dass der Rausch-Frequenzgang bis herab zu wenigen Hertz glatt und frei von funkelrauschbedingter Überhöhung ist. Erst die durch C3 (in Bild 2 des Beitrags) absichtlich eingefügte untere Frequenzgrenze lässt die Rauschdichte unterhalb von 2 Hz abfallen.

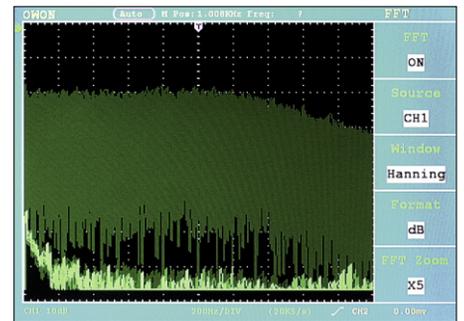
[emmmf@gmx.de](mailto:emmmf@gmx.de)

**Literatur**

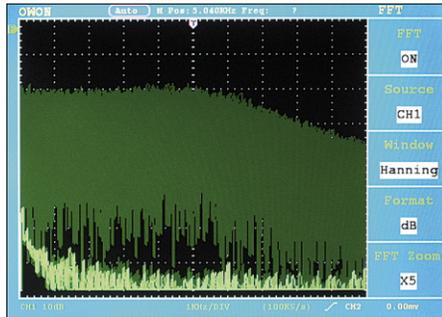
- [1] Franke, M.: Rauschgenerator für Frequenzgangmessungen. FUNKAMATEUR 60 (2011) H. 10, S. 1047–1049



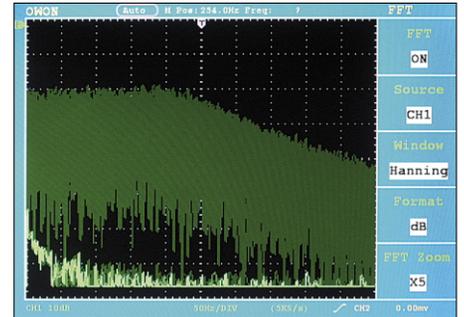
**Bild 3:** Rauschspektrum am Ausgang A2 im Bereich von 0 Hz bis 20 kHz; vert. 10 dB/Div, hor. 5 kHz/Div, 500 kS/s.



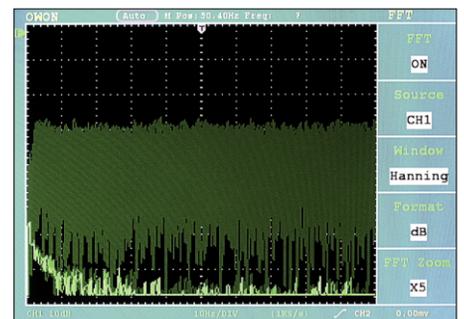
**Bild 5:** Rauschspektrum am Ausgang A4 im Bereich von 0 Hz bis 1 kHz; vert. 10 dB/Div, hor. 200 Hz/Div, 20 kS/s.



**Bild 4:** Rauschspektrum am Ausgang A3 im Bereich von 0 Hz bis 5 kHz; vert. 10 dB/Div, hor. 1 kHz/Div, 100 kS/s.



**Bild 6:** Rauschspektrum am Ausgang A5 im Bereich von 0 Hz bis 200 Hz; vert. 10 dB/Div, hor. 50 Hz/Div, 5 kS/s.



**Bild 7:** Rauschspektrum am Ausgang A5 im Bereich von 0 Hz bis 200 Hz bei feinerer Auflösung im unteren Frequenzbereich; vert. 10 dB/Div, hor. 10 Hz/Div, 1 kS/s.