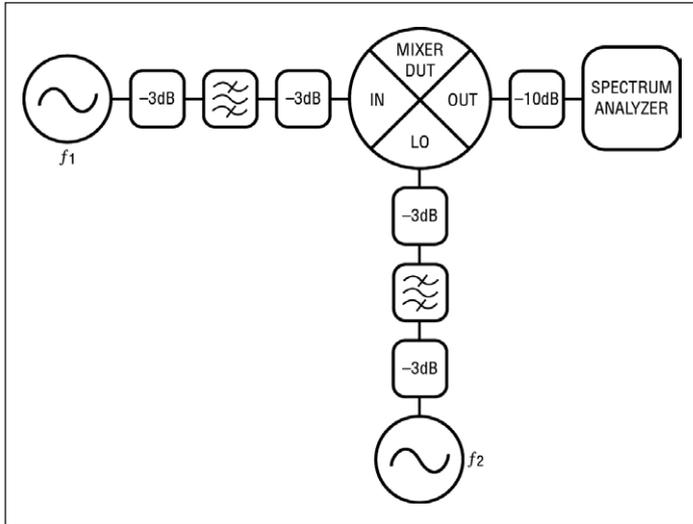


# Genauere Messung des Störanteils von Mischersignalen



**Bild 1: Korrekter Testaufbau zum Messen der Störanteile eines Mixers**

## Parasitäre Signale

Im Mischvorgang generieren Mixer mehr als nur die an ihren Ausgängen gewünschten Signale. Zusätzlich erscheinen auch unerwünschte Signale bei ganzzahligen Vielfachen des Eingangs und der Zwischenfrequenz an allen Ports des Mixers. Diese parasitären Signale können sich wiederum untereinander mischen und über den Ausgangsport des Mixers in die nachgelagerte Signalkette einstreuen. Diese unerwünschten

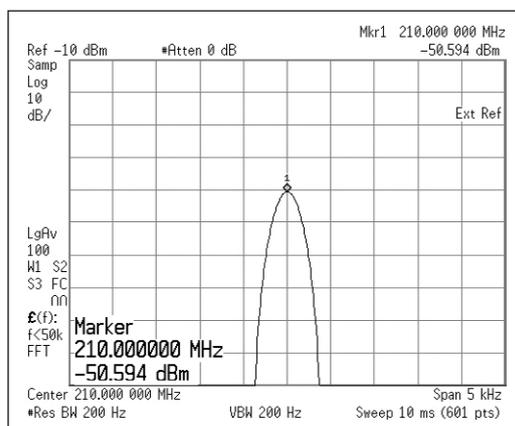
Ausgangssignale werden auch als „Sporne“ (spurs) bezeichnet. Wenn diese Sporne genug Leistung haben, können sie zu vielfältigen Problemen bei der Entwicklung von Funksystemen führen, wie die Störung von benachbarten Kanälen in einem Übertrager, Empfindlichkeitsverlust in einem Empfänger, oder gar eine Verzerrung des gewünschten Signals. Abhängig von den Systemanforderungen, gibt es verschiedene Wege, mit diesen problematischen Signalen umzugehen.

Eine sorgfältige Planung und Filterung der Frequenz kann die Anzahl von Störeinflüssen deutlich reduzieren, aber sie sind immer noch vorhanden. Deshalb ist es für einen Systementwickler wichtig, den Störpegel am Ausgang eines Mixers exakt zu messen, um bestimmen zu können, wie er ihn am besten behandelt. Das Messen der Störsignale eines Mixers ist nicht einfach. Es ist häufig möglich getäuscht zu werden, dass ein „gemessenes“ Signal vom in Frage kommenden Mixer kommt, wobei es in Wahrheit ein Artefakt eines ungenauen Testsetups ist. Glücklicherweise gibt es mehrere Methoden diese Testprobleme abzumildern und sicherzustellen, dass das, was

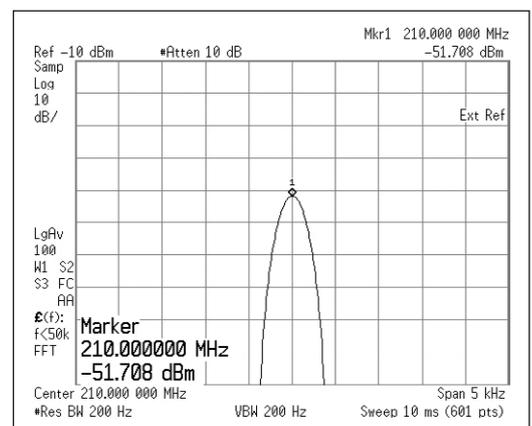
man sieht, nur vom Mixer selbst kommt. Bild 1 zeigt einen korrekten Testaufbau zum Messen des Pegels des Mischerausgangssignals. Das Bandpassfilter, wie auch die Dämpfungsglieder, sind wichtig um den Einfluss des Testaufbaus auf die mit dem Spektrumanalysator gemessenen Störsignale zu minimieren.

## Gemessene Störleistung

Spektrumanalysatoren können signifikante interne Verzerrungsprodukte erzeugen, wenn sie übersteuert werden. Die interne Empfängerseite kann in die Sättigung gehen, wenn zu viel Leistung angelegt wird, was zum beschleunigten Anwachsen aller nichtlinearer Störprodukte bezüglich des Haupteingangssignals führt. Das erhöht künstlich die gemessene Störleistung. Spektrumanalysatoren arbeiten am besten mit rund -30 dBm bis -40 dBm an ihrem Eingang. Um diesen Leistungspegel zu erreichen sollte eine interne oder externe Dämpfung verwendet werden, um die in das Messgerät eingespeiste Leistung zu begrenzen.

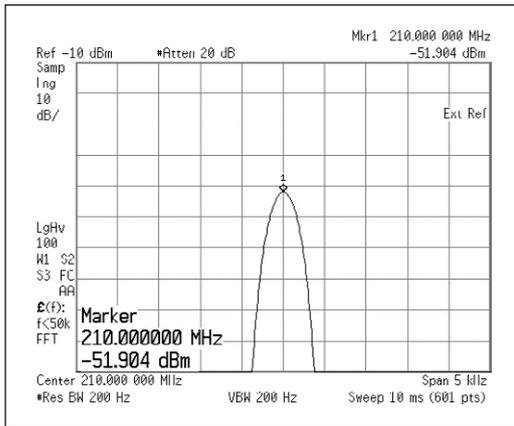


**Bild 2: 3. Harmonische eines 0 dBm CW-Tons mit 70 MHz und 0 dB Eingangsdämpfung des Spektrumanalysators**



**Bild 3: 3. Harmonische eines 0 dBm CW-Tons mit 70 MHz und 10 dB Eingangsdämpfung des Spektrumanalysators**

Weston Sapia  
RF Applications Engineer  
Linear Technology Corporation  
ein Geschäftsbereich der  
Analog Devices Inc.  
www.linear.com



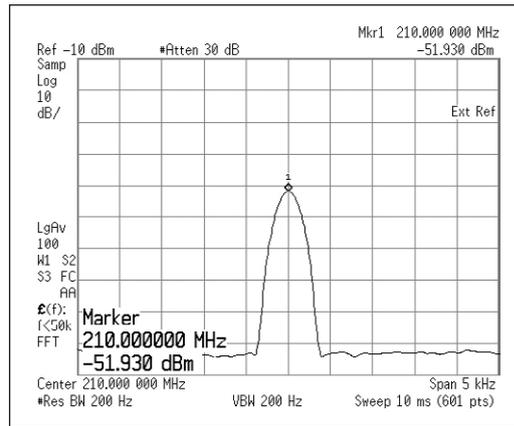
**Bild 4: 3. Harmonische eines 0 dBm CW-Tons mit 70 MHz und 20 dB Eingangsdämpfung des Spektrumanalysators**

### Interne Dämpfung erhöhen

Um zu prüfen, ob eine Störung korrekt gemessen wird, muss man die interne Dämpfung des Spektrumanalysators erhöhen und alle Änderungen des Leistungspegels der Störung notieren. Ändert sich der Pegel der Störung um mehr als etwa 0,5 dB, dann ist es wahrscheinlich, dass der Spektrumanalysator übersteuert wurde und deshalb einen höheren Störpegel, als tatsächlich vorhanden, angibt. Ein guter Startpunkt für die Dämpfung der Eingangsleistung sind rund 20 dB bis 30 dB insgesamt, intern oder extern. Bild 2 bis 5 demonstrieren eine CW-Tonmessung mit ansteigender Eingangsdämpfung des Spektrumanalysators. Wenn die Dämpfung ansteigt, sinkt der gemessene Leistungspegel, was anzeigt, dass das Messgerät ursprünglich übersteuert wurde.

Nachdem man erkannt hat, dass das Übersteuern des Spektrumanalysators zu fehlerhaften Messungen der Störungen führen kann, kann man einfach entscheiden, das Messgerät mit einem kleineren Leistungspegel zu treiben, um dieses Problem vollständig zu beseitigen. Wenn 30 dBm Dämpfung gut sind, müssten 100 dBm doch noch besser sein. Allerdings normalisiert der Spektrumanalysator das Signal, wenn das interne Dämpfungsglied geändert wird. Unglücklicherweise ist es des-

wegen nicht praktikabel, wenn man die Störungen von Interesse erfassen möchte. Für jedes eingesetzte dB Eingangsdämpfung (intern oder extern ist dabei unerheblich) erhöht sich das Grundrauschen des Messgeräts um 1 dB und reduziert damit den Dynamikbereich des Messgeräts. Dadurch werden einige der Störungen, die man versucht zu erfassen, „versteckt“. Man beachte, dass das Grundrauschen höher und deshalb in Bild 5 zu sehen ist, im Vergleich zu Bild 2 bis 4, obwohl die Skalierungen identisch sind. Auch ändern sich Störprodukte höherer Ordnung nicht linear in der Leistung mit den gewünschten Ausgangssignalen. Stattdessen ändern sie die Leistung in Vielfachen der Eingangsleistungsänderung. Produkte 2. Ordnung ( $2 \cdot IN \times 1 \cdot LO$ ,  $2 \cdot IN \times 2 \cdot LO$ ,  $2 \cdot IN \times 3 \cdot LO$ , etc.) ändern sich mit 2 dB/dB, Produkte 3. Ordnung ( $3 \cdot IN \times 1 \cdot LO$ ,  $3 \cdot IN \times 2 \cdot LO$ ,  $3 \cdot IN \times 3 \cdot LO$ , etc.) ändern sich mit 3 dB/dB und so weiter. Wenn man beispielsweise die Eingangsleistung um 2 dB verringert wird die Spur bei  $5 \cdot IN \times 2 \cdot LO$  um 10 dB sinken, während die Störung bei  $2 \cdot IN \times 1 \cdot LO$  um 4 dB abnimmt. Deshalb bewirkt das Einspeisen einer zu geringen Eingangsleistung in den Spektrumanalysator, dass alle Störungen mit geringer Leistung, die man messen möchte, im Grundrauschen des Messgeräts verschwinden.



**Bild 5: 3. Harmonische eines 0 dBm CW-Tons mit 70 MHz und 30 dB Eingangsdämpfung des Spektrumanalysators**

### Fehlende Eingangsfilterung

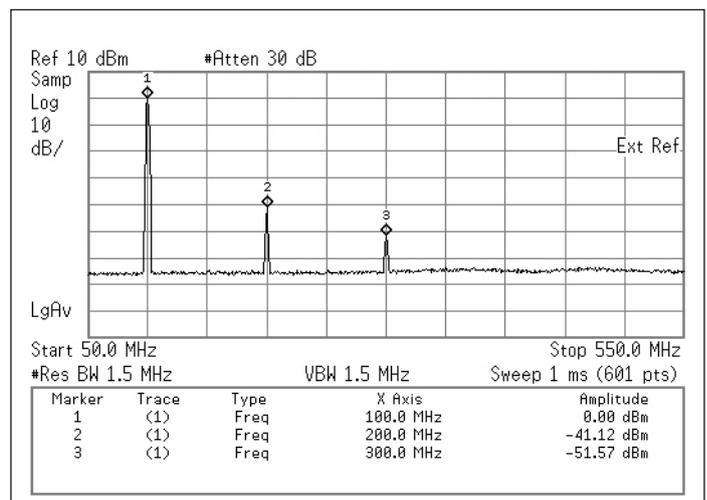
Eine weitere allgemeine Quelle für ungenaue Störungsmessungen ist fehlende Eingangsfilterung. Der Einsatz von Filtern in den Eingangssignalen zur Dämpfung jeglichen Harmonischenanteils des Signalgenerators ist wichtig für die akkurate Messung von Spurs. Selbst ein Signalgenerator mit Laborqualität unterdrückt Harmonische nur im Bereich zwischen -25 dBc und 50 dBc. Einige Spurs am Ausgang eines Mischers von Linear Technology liegen unter -70 dBc, so dass der Einsatz des Signalgenerators ohne Filter nicht ausreicht. Aus diesem Grund sollten Filter mit mindestens 30 dB bis 50 dB Unter-

drückung von Harmonischen verwendet werden. Bild 6 zeigt das Ausgangsspektrum eines 100-MHz-CW-Tons aus einem Signalgenerator E8257C von Keysight Technologies. Man beachte die Leistungspegel der fundamentalen Signalharmonischen. Die relativen Pegel dieser Harmonischen sollten über die Leistungspegel der unterschiedlichen Haupttöne gleichbleiben.

Ist zu vermuten, dass das Eingangssignal die Ursache dafür sein könnte, dass die Spurs höher als erwartet sind, empfiehlt es sich, das Verhalten der Sporne abhängig vom Eingangssignalpegel zu überprüfen. Wenn der Spur höherer Ordnung ist, und trotzdem nicht auf Änderungen des Signalpegels mit der entsprechenden Flanke (2 dB/dB, 3 dB/dB, etc.) reagiert, ist es wahrscheinlich, dass die Eingangsquellen nicht rein genaug sind.

### Fazit

Wie beschrieben, ist das Messen der Sporne eines Mischers nicht immer einfach, aber mit einigen kleinen Optimierungen des Testaufbaus sind recht einfach bessere Ergebnisse zu erzielen. Das Einstellen der Eingangsdämpfung und der Einsatz von geeigneten Filtertechniken für die Signalquellen führt zu wesentlich genaueren und wiederholbaren Messungen. ◀



**Bild 6: Harmonische Spurs eines 100-MHz-CW-Tons aus einem Signalgenerator E8257C von Keysight Technologies**