

Testen an den Grenzen der Technik

Mit Signalgeneratoren lassen sich einfache bis komplexe, saubere oder gezielt verfälschte Signale erzeugen. Will man bereits heute Kommunikationssysteme einer künftigen Generation entwickeln, sollten keine Kompromisse bei der Hardware gemacht werden.

PETER MOSSHAMMER *



Die Komplexität moderner drahtloser Kommunikationssysteme macht es den Entwicklern und Systemingenieuren nicht gerade einfach. Neue Empfänger und anderer Systemkomponenten, beispielsweise Radar-, militärische oder zivile Applikationen sollen die Signalqualität verbessern und den Datendurchsatz steigern. Dabei müssen für einen erfolgreichen Entwurf die Interferenzen unterdrückt werden. Und die Anforderungen steigen nicht nur für die Entwickler: Auf dem Weg zu immer leistungsfähigeren Geräten müssen auch die Messwerkzeuge Schritt halten.

Die Analog- und Vektor-Versionen der Signalgeneratoren MXG und EXG aus der Se-

rie X von Agilent Technologies bieten Leistungen im Frequenzbereich von 9 kHz bis 6 GHz. Mit ihnen lassen sich die realen Eigenschaften von Systemkomponenten, Empfängern und anderen elektronischen Geräten exakt ermitteln. Die MXG-Modelle N5181B und N5182B leisten wichtige Beiträge in fünf Bereichen, um Entwickler in ihrer Arbeit schnell voran zubringen:

- Phasengeräuschen und spektrale Reinheit,
- Bandbreite,
- Fehlervektorgroße (Error Vector Magnitude – EVM),
- Nachbarkanal-Leistungsverhältnis (Adjacent Channel Power Ratio – ACPR) und Ausgangsleistung. So beträgt beispielsweise das typische Phasengeräuschen bei 1 GHz und 20 kHz Offset (Bild auf Seite 24, links) bereits standardmäßig -134 dBc/Hz. Es lässt sich noch etwas weiter senken: Mit der Option "Enhanced Low Phase Noise" erreicht es -146 dBc/Hz. In Verbindung mit einer Störsi-

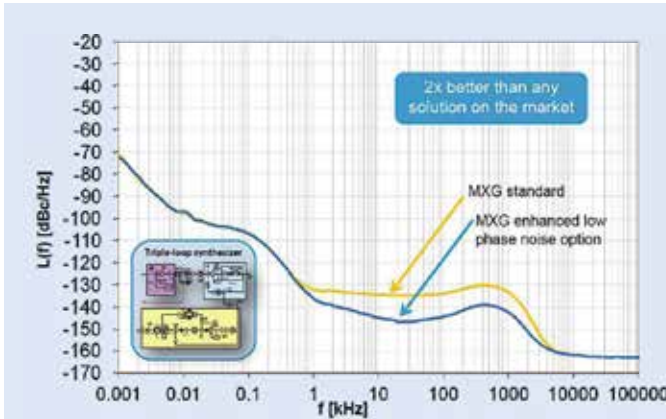
gnaldämpfung von typisch -96 dBc lassen sich Empfänger mit deutlich höherer Empfindlichkeit entwickeln.

Das Konzept der Dreifach-Schleife

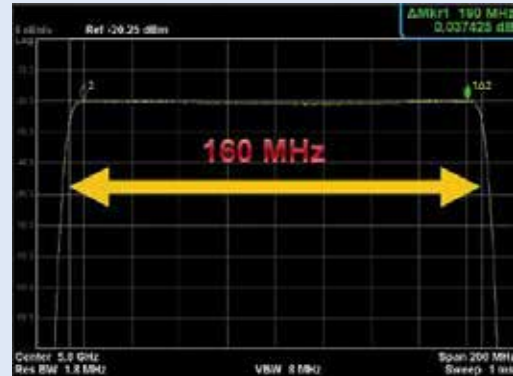
Interessant ist die Frage, wie der MXG zu seinen Leistungsmerkmalen kommt. Dazu hat Agilent eine PLL-Schaltung mit drei phasenstarrten Schleifen, den sogenannten Triple-Loop Phase-Locked Loop, sowie eine korrespondierende „Frequenzplanung“ entwickelt. Das Ergebnis ist ein wesentlich niedrigeres Phasengeräuschen sowohl nahe der Trägerfrequenz als auch bei großen Offsets. Mit dem Konzept der Dreifach-Schleife lässt sich ein optimiertes Frequenzraster einrichten, mit dem sich durch Nichtlinearitäten generierte Scheinsignale wirkungsvoll filtern lassen: Sie werden aus der Bandbreite der Synthesizer-Schaltkreise hinausgeschoben. Der Frequenzplan beeinflusst einige Schlüs-



* Peter Mosshammer
... ist Produktspezialist HF- und Kommunikationsmesstechnik bei Agilent Technologies.



Phasenrauschen: Die blaue Kurve zeigt die Eigenschaften des Phasenrauschens eines MXG mit der Option Enhanced Low Noise



Größte Bandbreite: 160 MHz und eine Flachheit von ±0,2 dB bietet der MXG von Agilent

selparame-ter wie die Wahl der Oszillator- und Referenzfrequenzen in den Summen- und Offset-Schleifen des Synthesizers, die zugehörige Frequenzumsetzung durch Mischer und Multiplexer sowie die Filterung. Er arrangiert die Frequenzreferenzen und -umsetzungen so, dass die größten Nichtlinearitäten weit von den gewünschten Frequenzen entfernt liegen, und bereits einfache Filtermaßnahmen die verbleibenden Störsignale wirkungsvoll dämpfen.

Phasenrauschen bei LTE und LTE-Advanced

Die Technologie, um das Phasenrauschen des MXG zu erreichen ermöglicht auch, ein gezieltes und präzises Verschlechtern seiner Spezifikationen durch kontrolliertes Einbringen von Phasenrauschen, dem Phase Noise Injection. Damit lässt sich der Signalgenerator während des Entwicklungsprozesses als Ersatz für einen der verschiedenen Oszillatoren oder Synthesizer eines realen Systems einsetzen. Ein Echtzeit-Signalverarbeitungs-ASIC im MXG bildet den Phasenrauschpegel sowohl für Dauerstrich- als auch für modulierte Signale. So lässt sich das Phasenrauschen auf unterschiedliche Pegel bei verschiedenen Offsets einstellen. Das gilt auch für die steilen Flanken des trägernahen Phasenrauschens (Close-In Noise), den flachen Verlauf des Synthesizer-Grundrauschens

(Pedestal Noise), und den sanften Anstieg des Rauschens bei großem Offset weitab vom Träger (Wide-Offset Noise).

Ein Beispiel dafür sind Signale auf der Basis des Orthogonalen Frequenzmultiplexverfahrens oder auch Orthogonal Frequency Division Multiplex, kurz OFDM. Sie werden bei den Kommunikationssystemen der vierten Generation wie LTE und LTE-Advanced verwendet. Da diese Signale einen extrem geringen Subcarrier-Abstand aufweisen, sind sie empfindlich gegenüber dem Phasenrauschen. Es reduziert die Orthogonalität oder Unabhängigkeit der Subcarrier und vergrößert den Modulationsfehler. Phasenrauschen beeinflusst auch unmittelbar die Fehlervektorgröße EVM. Das ist ein weiterer Grund, warum OFDM-Sender und -Empfänger ein gutes Phasenrauschverhalten aufweisen müssen. Mit der Rauschinjektionsfunktion lässt sich selektiv Phasenrauschen, bezogen auf das Trägeroffset, einbringen. Damit dient der MXG während der Entwicklung als Ersatz für reale Synthesizer und OFDM-Sender.

Standards und Messvorschriften einhalten

Damit die Entwickler schnell hochwertige Signale generieren können, die bestimmten Standards oder Messvorschriften entsprechen, sind MXG und EXG mit Agilent's Signal

Studio-Software kompatibel. Sie bietet eine Suite von Werkzeugen zur Signalerzeugung für Mobilfunk, drahtlose Kommunikationssysteme, Audio, Video, Ortung und Navigation sowie für allgemeine Anwendungen. Signal Studio hat zwei Betriebsmodi: Wellenform-Playback und Echtzeit.

Der Playback-Modus unterstützt die beiden Funktionalitätsniveaus Basic und Advanced. Die Modelle MXG und EXG können anwendungsspezifische Wellenformen endlicher Länge erzeugen, indem Signalparameter konfiguriert, definierte Wellenformen errechnet und spezielle Dateien heruntergeladen werden. Die Basic-Optionen helfen beim Erzeugen teilcodierter, statistisch korrekter Signale für Stimulus-Antwort-Messungen, die Advanced-Optionen generiert vollständig kanalcodierte Signale für Analysen, beispielsweise der Bitfehlerhäufigkeit und Paketfehlerhäufigkeit, sowie anderer Charakteristiken von Empfängern. Im Echtzeitmodus hilft eine grafische Benutzeroberfläche dabei, eine direkte Geräteverbindung für den Parameter-Transfer sowie für eine Regelschleifen-(Closed-Loop-) oder interaktive Steuerung während der Signalerzeugung. Das Closed-Loop-Testen gewinnt durch die jüngsten Standardvorschläge innerhalb der drahtlosen digitalen Kommunikation, speziell für Durchsatzmessungen an realen Kanälen, an Bedeutung. // HEH

Agilent Technologies +49(0)7031 4646333

„Benutzerfreundlichkeit und Performance sind entscheidende Merkmale, die aus unserer Sicht erfüllt werden müssen, um bei den Kommunikationssystemen führend zu sein.“

Peter Mosshammer, Agilent Technologies