

Rubidium-Signalgeneratoren definieren neue Industriestandards für spektrale Reinheit und Stabilität

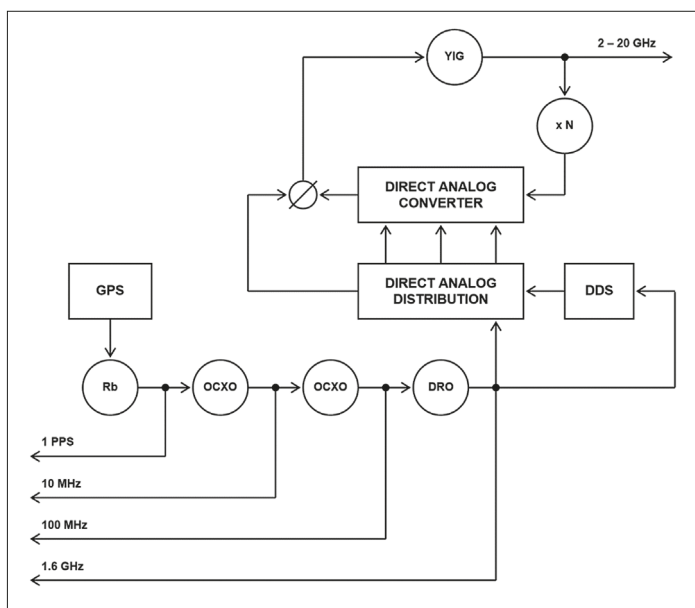


Bild 1: Vereinfachtes Blockdiagramm des Rubidium-Synthesizerkerns

Die neuen Rubidium-Signalgeneratoren von Anritsu eignen sich nicht nur für die heutigen Anforderungen des Marktes an Hochleistungs-Mikrowellen-signalquellen bis 20 und 43,5 GHz. Sie zeichnen sich auch durch Innovation und Qualität aus und übertreffen herkömmliche Erwartungen mit atomgenauer Frequenzstabilität und einem extrem sauberen Phasenrauschen. Signalgeneratoren sind die Grundpfeiler moderner

Technologien [1, 2]. Als Antwort auf aktuelle Marktanforderungen brachte Anritsu die Rubidium-Serie auf den Markt. Dabei handelt es sich um eine neue Generation von Mikrowellen-Signalgeneratoren auf Basis einer innovativen Technologie [3] mit einer Kombination aus breitem Frequenzbereich, feiner Auflösung und hoher Ausgangsleistung in Verbindung mit geringem Phasenrauschen von -140 dBc/Hz bei 10 kHz Offset und 10 GHz Trägerfrequenz und atomgenauer Stabilität.

*Autoren:
Alexander Chenakin,
Suresh Ojha und
Sadashiv Phadnis,*

*Anritsu
www.anritsu.com*

Fortschrittliche Architektur

Der Kern des Synthesizers enthält einen proprietären YIG-Oszillator mit einer Frequenz von 2 bis 20 GHz, der an eine interne Referenz angebunden

ist, die Erzeugt und auf direktem analogem Weg verteilt wird (s. Bild 1). Der native Frequenzbereich des YIG-Oszillators wird durch einen Frequenzvervielfacher und einen Frequenzteiler (gefolgt von einem Hochleistungsverstärker, einer Pegelregelung und einer Oberwellenfilterung) auf 9 kHz bis 20 GHz oder 43,5 GHz erweitert. Ein direkter Analogwandler wandelt das YIG-Ausgangssignal abwärts und macht einen Frequenzteiler und damit eine Verschlechterung des Phasenregelkreises überflüssig.

Ein geschalteter Frequenzvervielfacher ist Teil des Regelkreises; er (a) reduziert die Anzahl der vom direkten Analogverteiler erzeugten Frequenzen und bietet (b) eine zusätzliche Unterdrückung des PLL-Rauschens bei niedrigen Frequenzen. Diese Architektur ist also im Wesentlichen ein rauschfreier PLL-Mechanismus,

d.h., sie übersetzt das Referenzrauschen des Synthesizers ohne weitere Verschlechterung des Phasenrauschens über $20\log N$ -Grundfrequenzen.

Eine kombinierte Referenz aus drei Quellen sorgt für das geringstmögliche Phasenrauschen bei gegebenen Frequenzoffset. Weiterhin wird die kombinierte Referenz durch ein Rubidium-Frequenznormal gesteuert, das gegenüber einer herkömmlichen OCXO-basierten Referenz wesentlich bessere Stabilität bietet. Das Rubidium-Frequenznormal beruht auf Grundkonstanten und nicht auf physikalischen Größen und ist daher äußerst stabil. Verschiedene Referenzfrequenzen stehen für die Gerätesynchronisation zur Verfügung, darunter ein Hochfrequenzausgang mit 1,6 GHz für höchste Genauigkeit.

Die Architektur der Rubidium-Signalgeneratoren sorgt für erstklassige Leistung in Bezug auf spektrale Reinheit und Stabilität. Phasenrauschen ist immer eine Schlüsselspezifikation für Signalgeneratoren. Die Rubidium-Signalgeneratoren bieten vier Optionen mit außergewöhnlichen -140 dBc/Hz bei 10 GHz und 10 kHz Offset bei der Premiumoption (s. Bild 2). Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Frequenzstabilität. Herkömmliche Signalgeneratoren nutzen normalerweise tempera-

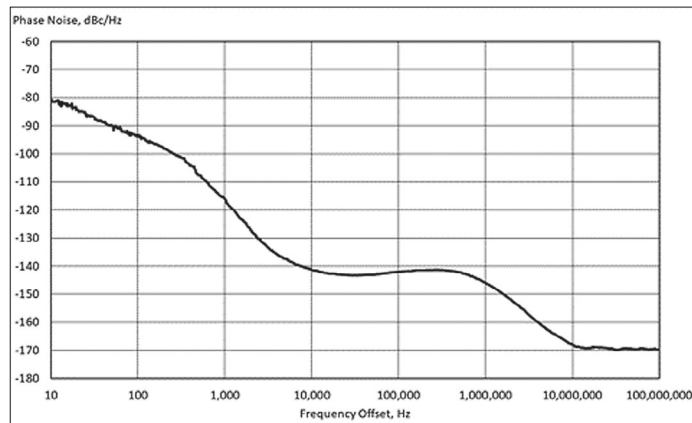


Bild 2: Rubidium-Phasenrauschen bei 10 GHz



SPECTRAN® V6
— BEYOND REALTIME —



Ultra robuster Outdoor Echtzeit- Spektrumanalysator

245 MHz Echtzeitbandbreite* mit
Militärstandardzertifizierungen

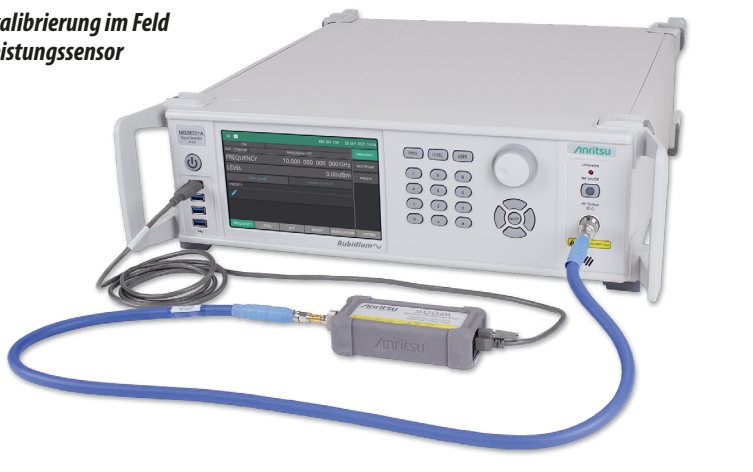
- ✓ 245 MHz True I/Q-Streaming*
- ✓ Frequenzbereich: 10 MHz bis 8 GHz
- ✓ POI: 10 ns (I/Q) | 97 ns (FFT)*
- ✓ Optional OCXO
- ✓ Optional GPS (auch mit exakter Zeit- und Frequenzgenauigkeit)
- ✓ Bis zu 16 TB HighSpeed SSD
- ✓ Unbegrenzte Aufnahmezeit (FIFO)
- ✓ Inkl. RTSA-Suite PRO Software
- ✓ In drei Versionen verfügbar

AARONIA AG
WWW.AARONIA.DE

aaronia-shop.com/outdoor

* abhängig von der SPECTRAN® V6 MIL Version

**Bild 3: Leistungskalibrierung im Feld
mit einem USB-Leistungssensor**



turkontrollierte 10-MHz-Quarzoszillatoren (OCXOs), die ein relativ stabiles Signal erzeugen. Die Schwingungsfrequenz eines OCXOs hängt jedoch von der mechanischen Resonanz des Quarzes oder anders gesagt von den Abmessungen des Quarzes ab. Bei einer Temperaturänderung ändern sich natürlich auch die Abmessungen des Kristalls, was zu leichten Frequenzschwankungen führt. Zudem verdampft das Kristallmaterial selbst mit der Zeit, was schließlich zu einer Frequenzalterung führt. Die Einführung eines Atomstandards bewirkt daher eine radikale Verbesserung der internen Zeitbasisstabilität – nicht um ein Vielfaches, sondern um mehrere Größenordnungen.

Kalibrierung im Feld

Präzise und stabile Frequenz- und Ausgangspegel sind für einen Mikrowellensignalgenerator von wesentlicher Bedeutung. Herkömmliche Signalgeneratoren muss man daher regelmäßig kalibrieren, was eine gewisse Herausforderung darstellt. Unabhängig davon, ob sich das Kalibrierlabor auf der anderen Straßenseite oder am anderen Ende des Landes befindet, ist es ein teures und zeitaufwändiges Unterfangen, ein Gerät während eines kritischen Zeitraums zur Kalibrierung zu schicken.

Zur Senkung der Gesamtbetriebskosten bieten Rubidium-Signalgeneratoren eine integrierte Kalibrierungsroutine für den Abgleich der internen Zeitbasis und der Ausgangsleistung vor Ort. Zu den wichtigsten Aufgaben bei der Kalibrierung einer Signalquelle gehört die Einstellung der Zeitbasis, die letztlich die Frequenzgenauigkeit des Geräts bestimmt. Zum Glück enthalten die Rubidium-Signalgeneratoren eine Rubidium-Zeitbasis, die selbst als Frequenznormal gilt. Daher ist in den meisten Praxisfällen überhaupt keine Frequenzkalibrierung erforderlich, was bei sensiblen Anwendungen wie der Luft- und Raumfahrt und der Verteidigung sehr wichtig ist.

Die Rubidium-Signalgeneratoren enthalten einen integrierten Empfänger für das globale Navigationssystem; dieser empfängt

ein Signal, das von einer an Bord eines Satelliten befindlichen hochpräzisen Atomquelle stammt. Das Ausgangssignal dieses Empfängers ist eine Impulsfolge von 1 pps. Diese ermöglicht eine Synchronisierung der internen Geräte-Zeitbasis mit jedem von globalen Navigationssystemen angebotenen Frequenzstandard. Diese Justierung erfolgt mit nur einem Mausklick; eine Werkskalibrierung des Signalgenerators ist somit nicht erforderlich.

Ein weiteres nützliches Feature dieses Signalgenerators ist die Möglichkeit, einen USB-Leistungssensor anzuschließen (s. Bild 3). Der Leistungssensor erlaubt eine Leistungsmessung direkt am Messobjekt, sodass alle Verluste durch externe Kabel oder andere Baugruppen berücksichtigt werden. Weiterhin erlaubt der Präzisions-Leistungssensor (in bestimmten Grenzen) eine Kalibrierung der Geräte-Ausgangsleistung, ohne das Gerät ins Werk einsenden zu müssen.

Zusammenfassend bietet die neue Rubidium-Technologie überlegene Leistung im Vergleich zu herkömmlichen Instrumenten. Mit ihrer ausgezeichneten spektralen Reinheit und Signalstabilität ist die Rubidium-Serie eine nahezu ideale Signalquelle für Design- und Fertigungstests von Komponenten und Systemen in unterschiedlichsten Anwendungsbereichen wie drahtloser Kommunikation, Luft- und Raumfahrt, Verteidigung und Unterhaltungselektronik.

Literaturhinweise

- [1] A. Chenakin, "Frequency Synthesis: Current Status and Future Projections," *Microwave Journal*, Vol. 60, Ed. 4, April 2017, pp. 22...36
- [2] A. Chenakin, S. Ojha and N. Shtin, "An Overview of Today's Microwave Signal Generators Market and Technologies," *Anritsu Technical Bulletin*, No. 94, March 2019, pp. 44...47
- [3] A. Chenakin, "Fractional-N Frequency Synthesizer with Reduced Spurious and Low Phase Noise," US Patent Office, patent pending ◀