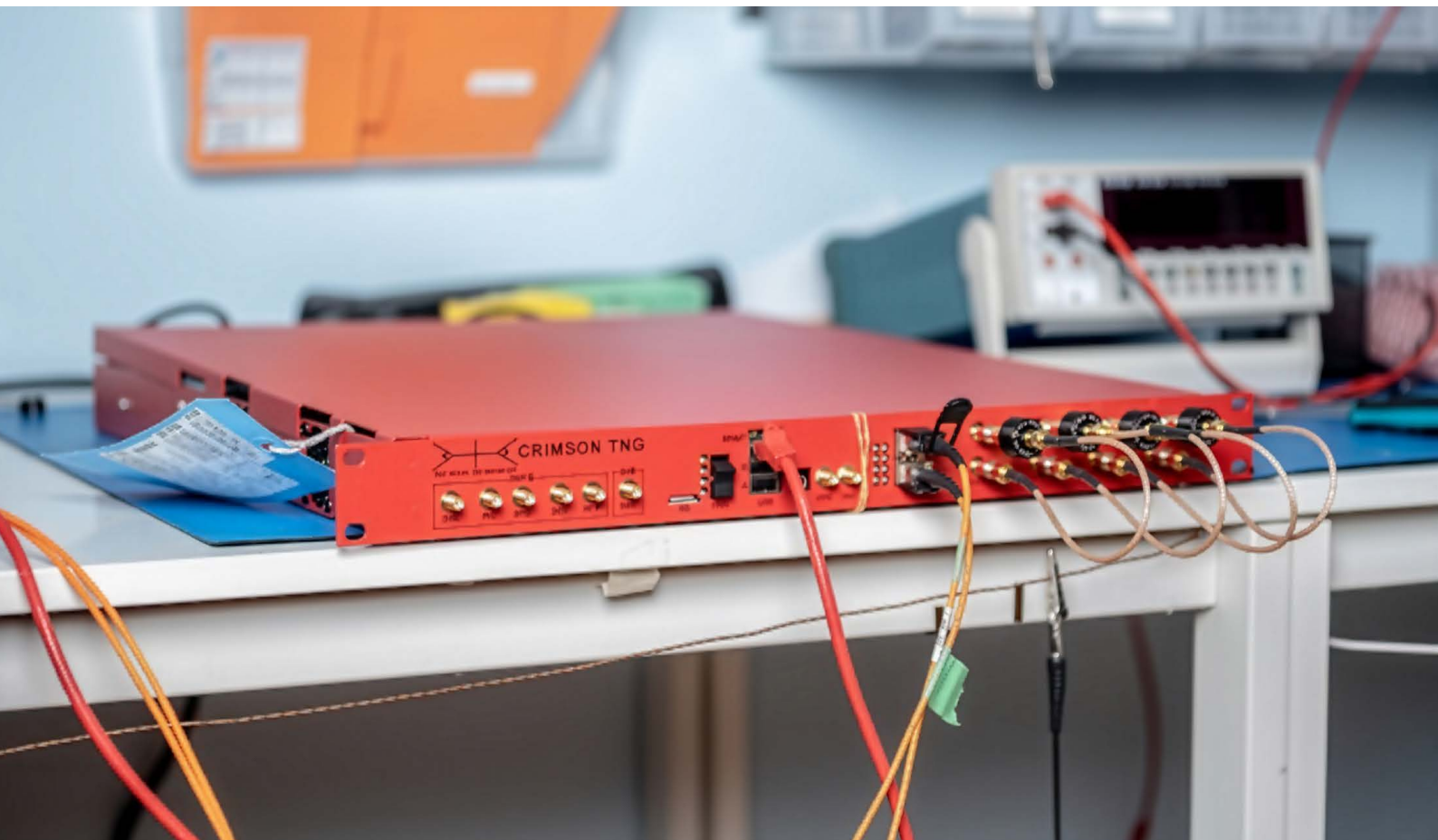


Herausforderungen bei der Verwendung von SDRs für Test und Messung

Eine der wichtigsten Herausforderungen bei der Verwendung von SDRs für Test und Messung ist die Sicherstellung einer genauen Kalibrierung. Denn diese ist entscheidend für zuverlässige und präzise Messungen, da sie Unvollkommenheiten und Variationen in der SDR-Hardware kompensiert.



Zur Kompensation von Schwankungen der Signalamplitude und des Phasengangs werden Verstärkungs- und Phasenkalibrier-techniken eingesetzt. Die Kalibrierung der Frequenzgenauigkeit adressiert die Notwendigkeit präziser Frequenzmessungen, insbesondere in Anwendungen wie der Spektrumüberwachung und der Interferenzanalyse. Die Linearitätskalibrierung sorgt für genaue Messungen im gesamten Dynamikbereich des SDR.

typischerweise die Verwendung von Referenzsignalen und bekannten Messstandards, um Kalibrierkoeffizienten zu ermitteln, die auf die erfassten Daten angewendet werden können. Darüber hinaus werden periodische Rekalibrierungs- und Verifikationsverfahren empfohlen, um die Messgenauigkeit im Laufe der Zeit aufrechtzuerhalten.

Signalerzeugung und Simulation

Die Erzeugung und Simulation komplexer Signale ist eine weitere Herausforderung in Test- und Messanwendungen. SDRs müssen Signaltreue, Dynamikbereich und Modulationsfunktionen bereitstellen, um reale Signale genau zu emulieren. Signaltreue bezieht sich auf die Fähigkeit des SDR, Signale ohne Verzerrungen oder

Quelle:
Challenges and Solutions in using SDRs
for Test and Measurement Applications
Brandon Malatest
Per Vices
www.pervices.com
übersetzt von FS

Kalibrierungsroutinen und -werkzeuge

Um die Herausforderungen der Kalibrierung zu meistern, bieten die Hersteller Kalibrierungsroutinen und -werkzeuge an, die speziell für ihre SDR-Plattformen entwickelt wurden. Diese Routinen beinhalten

Beeinträchtigungen zu reproduzieren. Der Dynamikbereich ist entscheidend, um den Bereich der Signalamplituden, die in praktischen Szenarien auftreten, genau darzustellen. Die Modulationsfunktionen ermöglichen die Erzeugung von Signalen, die verschiedenen Kommunikationsstandards entsprechen.

Um diese Herausforderungen zu bewältigen, verwenden SDRs fortschrittliche digitale Signalverarbeitungstechniken und Algorithmen. Diese Algorithmen kompensieren Beeinträchtigungen wie Verzerrungen, Rauschen und Nichtlinearitäten, was zu einer genaueren Signalerzeugung führt. SDR-Plattformen bieten oft umfassende Bibliotheken und Tools, die die Erzeugung komplexer Signale erleichtern, indem sie es Benutzern ermöglichen, Modulationsschemata, Signalparameter und Modulationssequenzen zu definieren.

Signalanalyse und Messungen

Die Analyse und Messung von Signalen mit SDRs bringt ihre eigenen Herausforderungen mit sich. Der Rauschboden, das Signal-Rausch-Verhältnis (SNR), die falschen Signale und die Verzerrung der gesamten Schlagmessungsgenauigkeit. Der Lärmboden bezieht sich auf das im SDR-System vorhandene Rauschen, das die Detektion und Messung von Low-Level-Signalen einschränken kann. SNR repräsentiert das Verhältnis der gewünschten Signalleistung zur Rauschleistung, was die Qualität des gemessenen Signals anzeigt. Falsche Signale und Verzerrungen können aufgrund von Unvollkommenheiten in der SDR-Hardware oder digitalen Signalverarbeitungsalgorithmen entstehen, die die Messgenauigkeit beeinflussen.

Um diese Herausforderungen zu bewältigen, werden Signaldemodulations-, Dekodierungs- und Analysealgorithmen in SDR-Software implementiert. Diese Algorithmen extrahieren die gewünschten Signale aus Rauschen und mildern Verzerrungen, was genaue Messungen ermöglicht. Zur Quantifizierung von Signaleigenschaften werden verschiedene Messtechniken wie Leistungs-, Frequenz- und Phasenmessungen eingesetzt. Darüber hinaus werden fortschrittliche Algorithmen zur Rauschunterdrückung, Störabweisung und Fehlerkorrektur verwendet, um die Genauigkeit von Messungen zu verbessern.

Bandbreite und Abtastrate

Die Handhabung hoher Bandbreiten- und Abtastratenanforderungen ist insbesondere

im Umgang mit Breitbandsignalen oder Hochfrequenzkomponenten eine große Herausforderung in Test- und Messanwendungen. Die kostengünstigere SDR-Hardware hat in der Regel Einschränkungen bei verfügbarer Bandbreite und Abtastrate, was die Messungen einschränken kann. Die leistungsstärksten SDRs bieten jedoch 1- und 3-GHz-Abtastbandbreiten pro Funkkette mit bis zu 16 verfügbaren Funkketten. Diese Fähigkeiten mit höherer Bandbreite und Abtastrate sind entscheidend für die Erfassung und Analyse von Signalen mit Feinzeit- und Frequenzauflösung.

Um dies zu beheben, verwenden Hochleistungs-SDRs Parallelisierungstechniken, um Signale über mehrere Funkketten parallel zu verarbeiten, und können über mehrere SDR-Geräte hinweg synchronisiert werden. Durch die Kombination der Ein- und Ausgänge mehrerer unabhängiger Funkketten und durch die Verwendung von Hochleistungs-ADCs und -DACs können höhere Bandbreiten- und Abtastraten erreicht werden. Darüber hinaus können ausgeklügelte Signalverarbeitungsalgorithmen, wie Polyphasenfilterbanken, genutzt werden, um die verfügbaren Hardware-Ressourcen effektiv zu nutzen und die Signalerfassung und -analyse zu optimieren.

Synchronisation und Timing

In Mehrkanal- und Multi-Device-SDR-Test- und Messeinrichtungen ist die Erzielung von Synchronisation und präzisiertem Timing für präzise Messungen unerlässlich. Synchronisationsfehler können Phasenooffsets, Timing-Fehlausrichtung und kanalübergreifende Interferenzen verursachen, was zu Messungenauigkeiten führt. In Anwendungen wie Beamforming, MIMO oder verteilten Sensornetzwerken wird die Synchronisation noch kritischer.

Um die Herausforderungen der Synchronisation zu bewältigen, werden verschiedene Techniken verwendet, z.B. das Angebot von Takteingängen, Triggern und IPS-Ports (Impuls pro Sekunde). Durch den Einsatz dieser Techniken verwendet die Synchronisation externe Uhren und Trigger, um die Uhren mehrerer SDR-Geräte zu synchronisieren und eine genaue Timing-Ausrichtung zu gewährleisten. Verteilte Taktsysteme bieten eine zentrale Taktquelle, die auf mehrere Geräte verteilt wird und einen synchronisierten Betrieb ermöglicht. Hardware-Trigger ermöglichen eine präzise Auslösung und Synchronisation zwischen verschiedenen SDR-Geräten und gewährleisten gleichzeitige Messungen.

Software-Entwicklung und Integration

Die Entwicklung und Integration von Software für SDR-basierte Test- und Messanwendungen kann eine komplexe Aufgabe sein. Ingenieure müssen Faktoren wie Programmiersprachen, Software-Frameworks und Kompatibilität mit bestehenden Messsystemen berücksichtigen. Die Wahl der richtigen Programmiersprache und des richtigen Software-Frameworks ist entscheidend für eine effiziente und wartbare Entwicklung.

Um diese Herausforderungen zu bewältigen, bieten Hersteller umfassende Software-Entwicklungs-Kits (SDKs) und Anwendungsprogrammierschnittstellen (APIs) an, die den Entwicklungsprozess vereinfachen, zusammen mit der Möglichkeit, mit gängigen Software-Toolkits wie GNU Radio aus der Box zu arbeiten. Diese Tools bieten Bibliotheken, Beispiele und Dokumentation, um die Software-Integration und -Anpassung zu erleichtern.

Zukunftstrends und Lösungen

Die Zukunft der SDRs in Test und Messung birgt spannende Möglichkeiten. Mit der Entwicklung drahtloser Kommunikationstechnologien wird der Bedarf an SDRs mit sehr hohen Bandbreiten und mehreren unabhängigen Funkketten zunehmend kritisch. Fortschritte in der SDR-Hardware, einschließlich höherer Kanalzahlen mit schnelleren ADCs und DACs, in Verbindung mit einer breiteren Frequenzabdeckung, ermöglichen eine höhere Bandbreite und Abtastrate. Darüber hinaus werden Verbesserungen in Signalverarbeitungsalgorithmen, wie z.B. Machine-Learning-basierte Ansätze, die Signalanalyse und die Messgenauigkeit verbessern.

Fazit

Zusammenfassend formuliert haben SDRs die Test- und Messlandschaft durch Flexibilität, Anpassungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit deutlich verändert. Für untere SDRs gibt es immer noch Herausforderungen wie Kalibrierung und Genauigkeit, Signalgenerierung und Simulation, Signalanalyse und -messungen, Bandbreiten- und Abtastrate, Synchronisation und Timing sowie Software-Entwicklung und -Integration, wurden jedoch von leistungsstärkeren SDRs wie Per Vices Cyan SDR angesprochen, die es Test- und Messingenieuren ermöglichen, das Potenzial von SDRs in diesen Anwendungen zu nutzen. ◀