

# In-Line-RF-Signalverarbeitung auf Basis von Vektorsignal-Transceivern (VST)

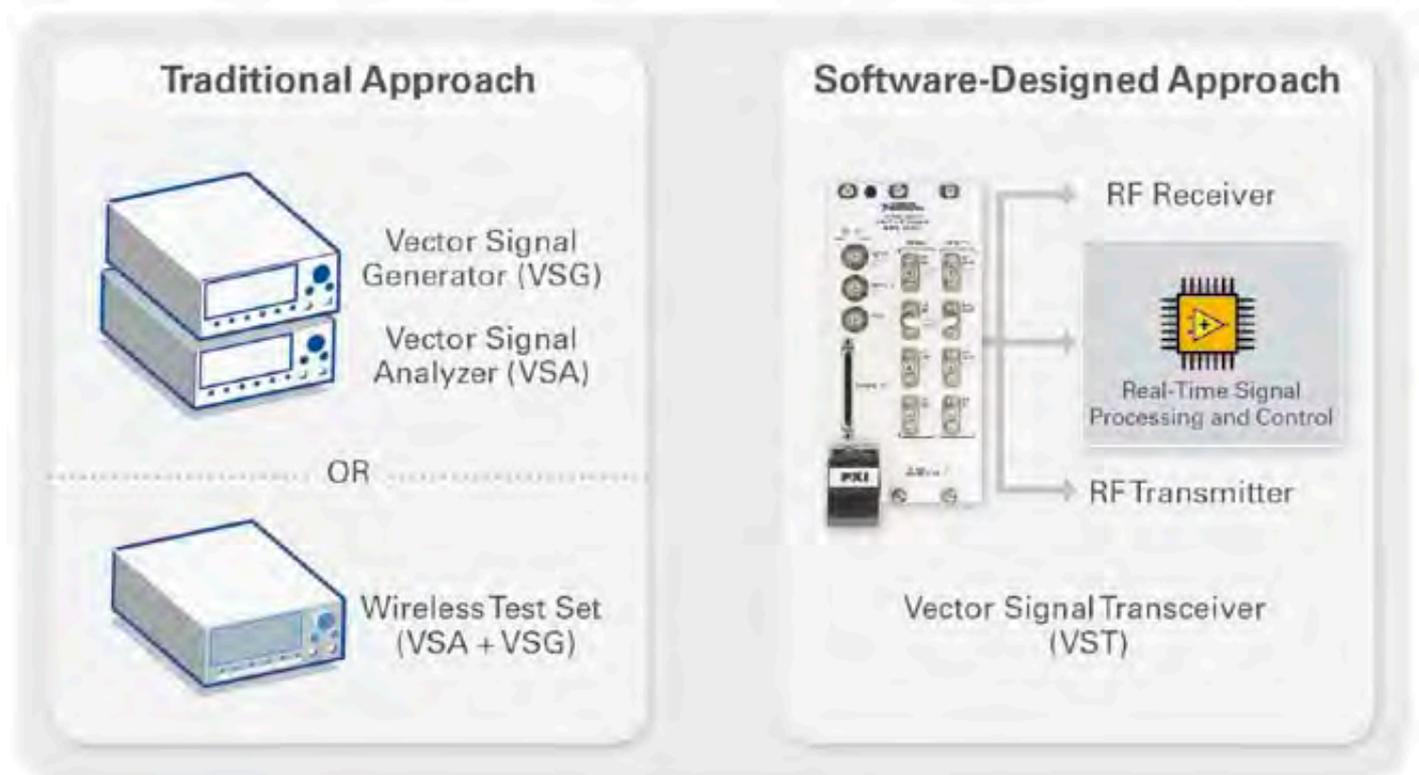


Bild 1: Vergleich der VST-Architektur mit dem traditionellen Ansatz

**Im Bereich RF- und Wireless-Test spielen softwaredefinierte Prüfsystemarchitekturen eine immer bedeutendere Rolle, sodass man mittlerweile schon von fast vollständig software-designnten Messsystemen sprechen kann.**

Bei nahezu jedem automatisierten RF-Testsystem wird heutzutage Anwendungssoftware zur Kommunikation mit einem Messgerät über einen Backplane- oder Peripheriebus eingesetzt.

Angesichts zunehmender Komplexität von RF-Anwendungen sehen sich Ingenieure vor der Herausforderung, einen Anstieg der Prüfzeiten und -kosten bei einer Erweiterung des Funktionsumfangs abzuwenden. Während Verbesserungen an Mess- und Prüfalgorithmen sowie Bus- und CPU-Geschwindigkeiten zu reduzierten Prüfzeiten geführt haben, sind für die zunehmend komplexeren Anforderungen von RF-Prüfanwendungen noch weitere Optimierungen notwendig.

Dieser Beitrag zeigt, wie sich ein Vektorsignalgenerator und -analysator mit rekonfigurierbarer FPGA-Technologie und der Systemdesignsoftware NI LabVIEW für Anwendungen

zur RF-In-Line-Signalverarbeitung, Steuerung und Regelung in Echtzeit in ein Gerät kombinieren lässt und so eine völlig neue Messgeräteklasse, die software-designnten Vektorsignal-Transceiver, bildet.

## Vektorsignal-Transceiver – eine richtungsweisende RF-Messgeräteklasse

Um den Anforderungen an Geschwindigkeit und Flexibilität gerecht zu werden, werden in kommerziellen Lösungen zum Test von RF-Komponenten und Baugruppen zunehmend rekonfigurierbare FPGA-Bausteine eingesetzt, da sie die für die Implementierung benutzerdefinierter Hardwarefunktionen und digitaler Signalverarbeitung benötigte Flexibilität bieten.

Der Einsatz von FPGA-Technologie in RF-Messgeräten stellt

zwar einen wichtigen Fortschritt dar, doch sind aufgrund des geschlossenen Aufbaus der FPGA-Bausteine mit festgelegten Funktionen nur begrenzte Möglichkeiten zur benutzerdefinierten Anpassung vorhanden. Hier bieten offene, anwenderprogrammierbare FPGAs einen bedeutenden Vorteil, da sich so RF-Messgeräte individuell anpassen lassen und auf wechselnde Anwendungsanforderungen ausgerichtet werden können.

Bei einem Vektorsignal-Transceiver (VST) handelt es sich um eine neue Klasse von Messgeräten, die einen Vektorsignalgenerator (VSG) und Vektorsignalanalysator (VSA) mit FPGA-Technologie für die Signalverarbeitung, Steuerung und Regelung in Echtzeit in einem Gerät vereint. Der weltweit erste VST von National Instruments verfügt über einen anwenderprogrammierbaren FPGA, der

Dipl.-Ing. (FH) Christoph Landmann, M.Sc.  
Senior Regional Product Manager CER – Automated Test  
National Instruments Germany GmbH  
christoph.landmann@ni.com  
www.ni.com/vst

die direkte Implementierung benutzerdefinierter Algorithmen in das Hardwaredesign des Messgeräts ermöglicht. Durch sein Softwaredesign bietet der VST die Flexibilität einer SDR-Architektur (Software-Defined Radio) und die Leistungsfähigkeit von RF-Messgeräten. Bild 1 zeigt den Unterschied zwischen den herkömmlichen Ansätzen der RF-Messtechnik und dem softwaredesignierten Ansatz eines Vektorsignal-Transceivers.

## Softwarearchitektur eines Vektorsignal-Transceivers

Das Softwarepaket NI LabVIEW FPGA Module erweitert die Systemdesignsoftware NI LabVIEW, so dass FPGA-Bausteine auf rekonfigurierbarer I/O-Hardware (RIO) wie dem NI-VST als Zielgeräte angesprochen und personalisiert werden können. NI LabVIEW bildet Parallelität und Datenfluss in Prozessen eindeutig ab und ist besonders für die FPGA-Programmierung geeignet, da es im herkömmlichen FPGA-Design erfahrenen wie auch unerfahrenen Anwendern die Leistung rekonfigurierbarer Hardware durch ein einfach zu bedienendes Werkzeug

erschließt, ohne dass diese über Detailkenntnisse in Hardwarebeschreibung (HDL) verfügen müssen. Als Systemdesignsoftware kann LabVIEW die Verarbeitung über einen FPGA derart abstrahieren, dass kein umfassendes Wissen über Rechenarchitekturen und Datenmanipulation erforderlich ist. Dies ist bei der Auswahl und Entwicklung moderner Kommunikationsprüfsysteme von großer Bedeutung.

Die Software für den VST basiert, neben dem leistungsstarken Zusatzpaket NI LabVIEW FPGA Module, auf der NI-RIO-Architektur und bietet verschiedene Einstiegspunkte für die Anwendungsentwicklung, darunter vorgefertigte Anwendungs-IP gemäß aktueller Standards, grundlegende Referenzdesigns, eine Vielzahl an Beispielprogrammen und komplette LabVIEW-Projekte. Alle diese Einstiegspunkte bieten Standardfunktionen für Messungen sowie vorgefertigte FPGA-Abbilder (Bitfiles), die eine schnelle Anwendungsentwicklung ermöglichen. Die sofort einsetzbaren Funktionen und die Anwendungs-/Firmware-Architektur tragen zur vielfach einfacheren Handhabung des softwaredesignierten VST bei. Auf-

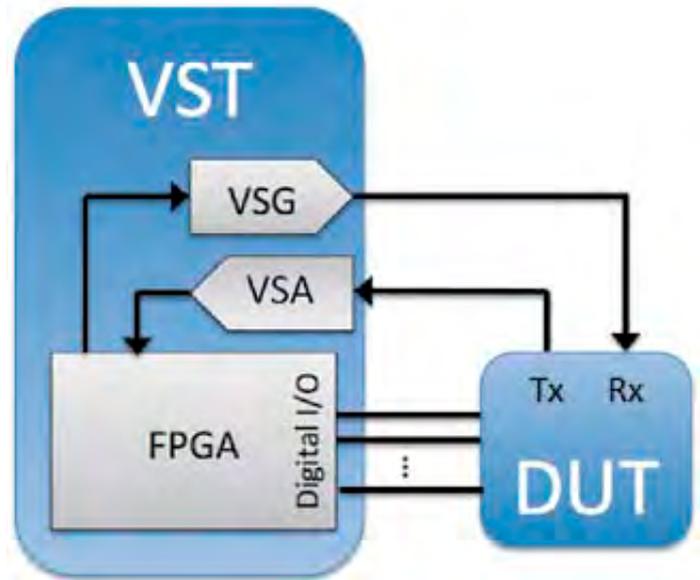


Bild 2: Der Zustand eines RF-Transceivers (DUT) kann durch flexible Digital-I/O-Funktionen eines VST direkt gesteuert werden

grund dieser Eigenschaften bietet der VST High-end-Messgerätekombi – jedoch mit einem bisher ungekannten Maß an benutzerdefinierter Anpassbarkeit.

## Weiterentwicklung herkömmlicher RF-Testsysteme

Die Vektorsignal-Transceiver kombinieren eine hohe Mess-

geschwindigkeit in einem kleinen Formfaktor eines Messsystems für das Produktionsumfeld mit der Flexibilität und Leistungsstärke von industrietauglichen Stand-alone-Messgeräten. Damit kann der VST beispielsweise Standards wie 802.11a/c testen und erreicht dort exzellente Werte, wie z. B. einen EVM-Wert kleiner -45 dB (0,5 %) bei 5,8 GHz. Zudem teilen

### Traditional Approach: The majority of the time is spent communicating to instruments.



### FPGA-Based Approach: Instrument communication time is negligible.

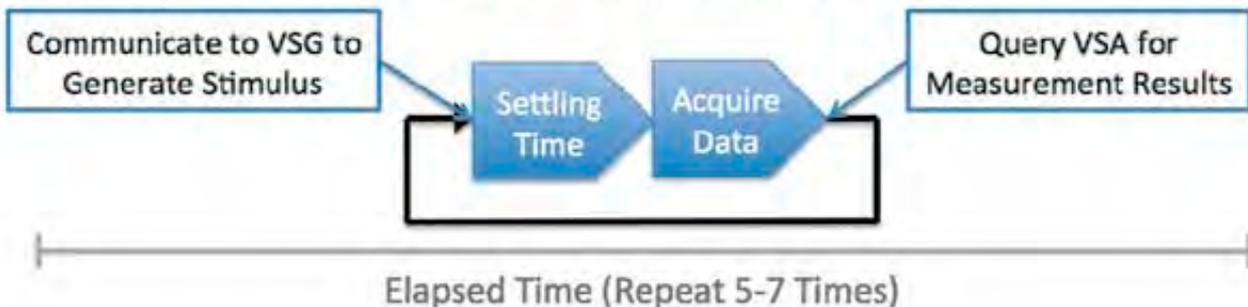


Bild 3: Mit einem VST lässt sich bei der Leistungspegelregulierung während des Leistungsverstärkertests deutlich schneller der gewünschte Ausgabewert erzielen

sich Übertragungs-, Empfangs-, Basisband-I/Q- sowie digitale Ein- und Ausgangssignale einen gemeinsamen anwenderprogrammierbaren FPGA, wodurch der VST lokal über mehr Leistung verfügt als herkömmliche Geräte. Die Datenreduktion ist ein Musterbeispiel, bei der Dezimierung, Kanalaufteilung, Mittelwertbildung und andere benutzerdefinierte Algorithmen bzw. rechenintensive Tasks auf dem FPGA abgebildet und ausgeführt werden können. Dies reduziert Prüfzeiten, indem der notwendige Datendurchsatz und die Verarbeitungslast des Host-PCs reduziert werden, und ermöglicht verbesserte Berechnungen, wodurch Anwender noch mehr auf die Zuverlässigkeit ihrer Messungen vertrauen können. Weitere Anwendungsbeispiele für FPGA-gestützte digitale (Signal-)Verarbeitung sind z. B. anwenderspezifische Trigger, FFT-Engines, Rauschkorrekturen, Inline-Filter, Erzeugung variabler Verzögerungszeiten und Leistungspegelregulierung.

Software-designte Messgeräte wie der VST schlagen die Brücke zwischen Design und Test und ermöglichen Prüflingen, Designaspekte noch vor der Fertigstellung zu berücksichtigen und zu validieren, während Entwickler Messhardware zur Prototypenerstellung von Algorithmen sowie zur Evaluierung von Entwürfen zu einem früheren Zeitpunkt im Designprozess einsetzen können.

### Anwendungsbeispiel I: FPGA-gestützte Steuerung und Regelung von Prüflingen sowie Testsequenzierung

Neben den Basisband-I/Q-Daten des RF-Receivers und -Transmitters stehen dem VST Hochgeschwindigkeits-Digital-I/O-Kanäle zur Verfügung, die direkt an den anwenderprogrammierbaren FPGA angebunden sind. Anwender können so Prüfzeiten erheblich senken, indem benutzerdefinierte digitale Protokolle zur Steuerung und Regelung des Prüflings eingesetzt werden (siehe Abb. 2). Zusätzlich kann auf dem FPGA die Testsequen-

zierung erfolgen, wodurch sich Zustände und Sequenzierung des Prüflings durch Tests in Echtzeit verändern lassen.

### Anwendungsbeispiel II: Leistungspegelregulierung für Verstärkertests

Leistungsverstärker müssen selbst außerhalb der linearen Betriebsmodi über eine bestimmte Ausgabeleistung verfügen. Für die korrekte Kalibrierung eines Leistungsverstärkers wird eine Rückkopplungsschleife für die Leistungsregulierung zur Bestimmung der finalen Verstärkung eingesetzt. Bei der Leistungspegelregulierung wird die Ausgabeleistung mit einem Analysator erfasst und der Leistungspegel des Generators so reguliert, bis die gewünschte Leistung erreicht ist, was durchaus zeitintensiv sein kann. Einfach ausgedrückt: Wird eine proportionale Regelschleife eingesetzt, pendelt der Leistungspegel hin- und her, bis der Ausgabeleistungspegel mit der angestrebten Leistung übereinstimmt. Ein VST eignet

sich insbesondere für die Leistungspegelregulierung, da der Prozess direkt auf dem anwenderprogrammierbaren FPGA implementiert werden kann, so dass der angestrebte Ausgabewert viel schneller erreicht wird (siehe Bild 3).

## Zusammenfassung

Ein Vektorsignal-Transceiver (VST) stellt eine neue software-designte Messgeräteklasse dar, die fast vollständig softwaredefiniert ist und deren Funktionen nur durch die Anwendungsanforderungen der Nutzer beschränkt werden. Angesichts steigender Komplexität von RF-Prüflingen und kürzeren Markteinführungszeiten verleiht diese Messgeräteeigenschaft dem RF-Designer und -Prüfingenieur wieder mehr Kontrolle. Der VST stellt aufgrund seines präzisen RF-Transmitters, -Receivers und der Digital-I/O, die an den anwenderprogrammierbaren FPGA angebunden ist, eine herausragende Lösung für nahezu jedes Problem dar. ◀

## Rückkanal für die Funkrundsteuerung realisiert

Die Funkrundsteuerung eignet sich besonders gut zur drahtlosen Ansteuerung einer großen Anzahl von Anlagen ohne individuelle Datenverbindung und ohne Latenzzeit. Weit verbreitet ist die Technik der Funkrundsteuerung bereits in den Bereichen Straßenbeleuchtung und Tarifschaltung von Stromverbrauchern. Jetzt gewinnt sie in der Photovoltaik-Laststeuerung der Energieversorger immer mehr an Bedeutung.

Einige Anwendungen im Energiemanagement erfordern jedoch einen Rückkanal zur Quittierung von Schaltbefehlen, was bisher mit den Geräten zur Funkrundsteuerung nicht möglich war.

Die Wireless Netcontrol hat jetzt die Funktionalität des Fernwirk- und Meldesystems GO Serie blueLine erweitert. Diese empfängt ab sofort auch die Schaltsignale der Europäischen Funk-Rundsteuerung GmbH (kurz: EFR).

Das GO-Fernwirkssystem besteht aus einer GSM-fähigen Zentraleinheit, die SMS-Meldungen versenden und emp-



fangen kann. Mithilfe von bis zu zwölf GO-Erweiterungsmodulen ist es möglich, diese Zentrale mit nahezu beliebig vielen Eingängen für Schaltsensoren, Analogwertaufnehmern und natürlich auch Fernwirkrelais auszustatten. Mit dem GO-EFR-Modul werden die EFR-Signale der beiden Langwellensender in Mainflingen bei Frankfurt (129,1 kHz) und Burg bei

Magdeburg (139,0 kHz) empfangen, und der Schaltbefehl wird über das neue EFR-Modul an die Zentraleinheit weitergeleitet, die wiederum digitale Ausgänge schaltet. Parallel können Meldungen via SMS abgesetzt werden, um den Empfang des Schaltbefehls zu quittieren. Das GO-EFR-Modul unterstützt sogar beide Protokolltypen, also Versacom und Semagyr-Top und ist somit in jeder Region und von jedem Energieversorger verwendbar.

Zusätzlich bietet das Melde- und Fernwirkssystem dem Anwender die Möglichkeit, über GSM realisierte Funktionen, wie die Überwachung von digitalen und analogen Eingängen, zu nutzen. Verschiedenste Ereignisse können kombiniert werden, sodass ein multifunktionales Fernwirkssystem entsteht, welches auch die Funkrundsteuer-Technik nutzt und über GSM die Rückmeldung zu erfolgten Schaltbefehlen ermöglicht.

■ *Wireless Netcontrol GmbH*  
[www.wireless-netcontrol.de](http://www.wireless-netcontrol.de)