

► Application Note

Kombination eines AWG's mit einem Digitizer zu einem Stimulus-Response-Testsystem

Für das Testen selbsterregter Elektronikgeräte wie Netzteile, Oszillatoren, Sender und Signalgeber ist häufig lediglich ein einzelnes Messinstrument (Digitizer, Oszilloskop, Spektrumanalysator etc.) erforderlich. Für das Testen fremderregter Elektronikgeräte wie Verstärker, Filter, Empfänger und digitale Schnittstellen sind hingegen eine Signalquelle und ein Messinstrument erforderlich. Modulare Arbitrary Waveform-Generatoren (AWGs) und modulare Digitizer mit mehreren Ausgangs- und Messkanälen, die hinsichtlich Bandbreite, Abtastrate und Speicher konfiguriert werden können, stehen hierfür zur Verfügung. Die Kombination dieser beiden Produkte zu einem System stellt eine kostengünstige und effiziente Methode zur Erfüllung unterschiedlichster Testanforderungen dar. In Bild 1 ist ein solches Stimulus-Response-Testsystem zu sehen. Es besteht aus einem 14-Bit-Digitizer vom Typ Spectrum M4i.4451-x8 mit 500 MS/s und 250 MHz Bandbreite sowie einem 16-Bit-AWG vom Typ M4i.6631-x8 mit 1,25 GS/s und 400 MHz Bandbreite, die in einem tragbaren Computer untergebracht sind.



Bild 1: Ein typisches modulares Stimulus-Response-Testsystem aus einem 14-Bit-Digitizer vom Typ Spectrum M4i.4451-x8 mit 500 MS/s und 250 MHz Bandbreite sowie einem 16-Bit-AWG vom Typ M4i.6631-x8 mit 1,25 GS/s und 400 MHz Bandbreite, die in einem tragbaren Computer untergebracht sind.

Eine einfache Messung des Frequenzgangs

Der extrem flexible AWG, mit dem sich praktisch beliebige Wellenformen erzeugen lassen, ist die Schlüsselkomponente des Testsystems. Betrachten wir einen einfachen Test zur Bestimmung der Frequenzcharakteristik eines Verstärkers oder Filters. Für den Test ist eine Signalquelle mit einer Bandbreite erforderlich, die größer ist als die des zu testenden Geräts. Außerdem muss die Quelle über die gesamte Testbandbreite einen konstanten Ausgangspegel liefern. Gleitsinus- und Impuls-Wellenformen ermöglichen Breitbandausgangssignale mit flacher spektraler Charakteristik. Beide lassen sich mit einem AWG erzeugen. Der Gleitsinus ermöglicht einen größeren Dynamikbereich für die Messung. In Bild 2 ist das Ergebnis der Messung eines Gleitsinus-Frequenzgangs eines 36-MHz-Tiefpassfilters zu sehen. In diesem Beispiel stammen die Daten von einem 14-Bit-Digitizer vom Typ Spectrum M4i.4450-x8 mit 500 MS/s sowie einem 16-Bit-AWG vom Typ M4i.6631-x8 mit 1,25 GS/s. Die Daten werden mit der Software SBench 6 von Spectrum angezeigt.

Application Note

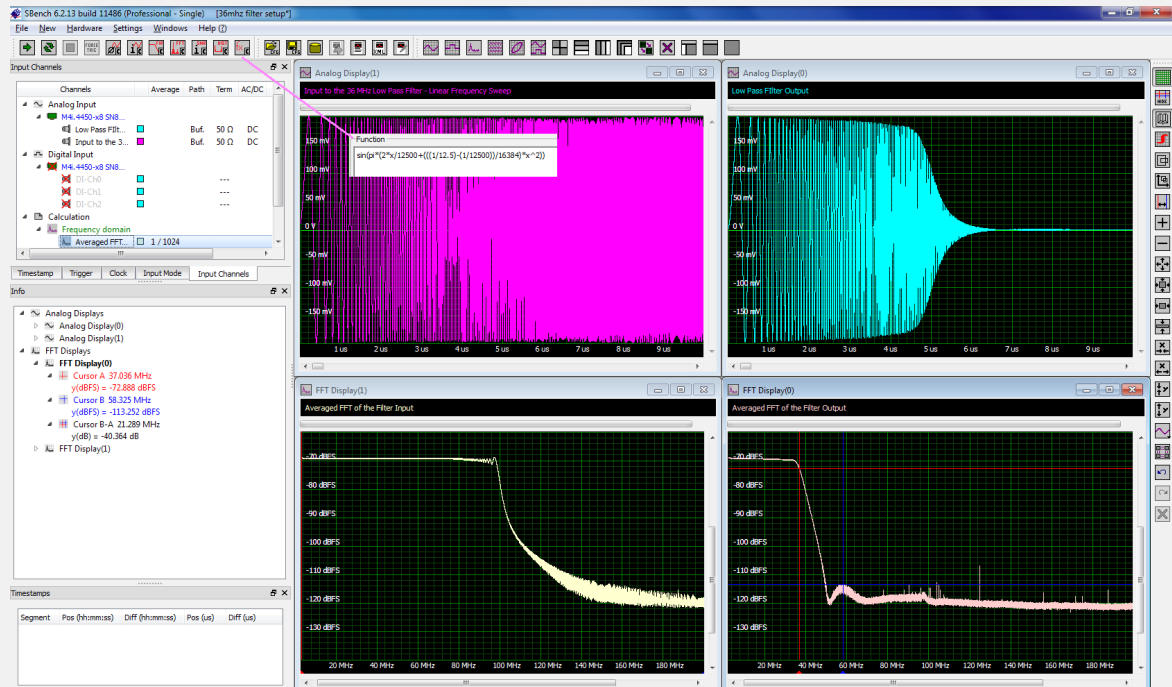


Bild 2: Die Messung des Frequenzgangs eines 36-MHz-Filters mithilfe eines Digitizers von Spectrum vom Typ M4i.4450-x8. Das Gleitsinussignal wurde von einem AWG von Spectrum vom Typ M4i.6631-x8 bereitgestellt. Die Wellenform wurde mithilfe einer Gleichung (siehe eingblendetes Fenster) in einer anderen Instanz der Software SBench 6 zur Steuerung des AWG erzeugt.

Im oberen linken Diagramm ist der Gleitsinus zu sehen, der an den Eingang des Filters gelegt wurde. Das Signal wurde mithilfe einer Gleichung im Editor des Funktionsgenerators in der Instanz von SBench 6 erzeugt, mit der der AWG gesteuert wurde. Im eingblendeten Fenster ist die Gleichung zu sehen. Die schnelle Fourier-Transformation (Fast Fourier Transform, FFT) des Filtereingangs ist im unteren linken Diagramm zu sehen. Der Gleitsinus war bis 100 MHz gleichförmig ausgeprägt. Das Zeitverhalten des Filters auf die Anregung durch den Gleitsinus ist im oberen rechten Diagramm zu sehen. Das Ausgangssignal des Filters fällt oberhalb seiner Grenzfrequenz von 36 MHz rapide ab. Der entsprechende Frequenzgang ist im unteren rechten Diagramm zu sehen. Hier werden die Bandbreite des Filters quantifiziert und die bandinterne Ebenheit sowie die Dämpfung am Ende des Bands dargestellt.

Gerätetest

Hier betrachten wir ein Projekt bei dem mehrere Signaldioden aufeinander abgestimmt werden müssen. Eine einfache Anordnung für einen solchen Test unter Verwendung desselben Digitizers und desselben AWG ist in Bild 3 dargestellt.

Bild 4 zeigt das Ergebnis der Messung. Der AWG wird mithilfe des Tools Easy Generator von SBench 6, das die einfache Auswahl gängiger Funktionsgenerator-Wellenformen ermöglicht, für die Erzeugung einer Wellenform mit einer ± 2 -Volt-Rampe eingerichtet. Diese Wellenform wird über einen Splitter an Kanal 1 des Digitizers gelegt. Die andere Leitung des Splitters

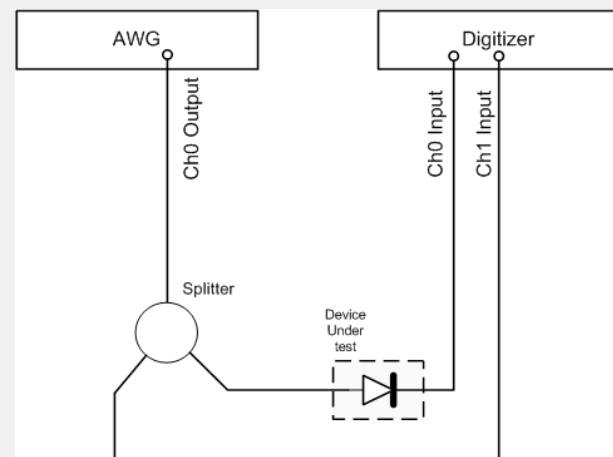


Bild 3: Ein einfaches Setup für die schnelle Charakterisierung von Signaldioden mithilfe einer vom AWG erzeugten Rampenfunktion. Der 50- Ω -Eingangswiderstand des Digitizers dient als Last.

► Application Note

wird an die zu testende Diode angeschlossen und mit Kanal 0 des Digitizers verbunden. Für beide Kanäle wird eine Terminierung von $50\ \Omega$ gewählt. Die Spannung an Kanal 0 ist proportional zum Stromfluss durch die Diode. Dieser Kanal wird mithilfe der Software SBench 6 neu skaliert, sodass die Werte für Kanal 0 direkt in Milliampere (mA) angezeigt werden. Die Spannung über die Diode muss durch Subtraktion der Eingangsspannung an Kanal 0 von der Eingangsspannung an Kanal 1 berechnet werden. Dies erfolgt mithilfe der Wellenform-Arithmetik in SBench 6. Bild 4 zeigt das Ergebnis der Messung.

Im unteren mittleren Diagramm ist der Eingang von Kanal 1 dargestellt, der der Rampen-Wellenform vom AWG entspricht. Darüber ist die Wellenform von Kanal 0 dargestellt, die sich proportional zum Stromfluss durch die Diode verhält. Durch Subtraktion von Kanal 0 von Kanal 1 erhält man die Spannung über die Diode, wie in der Darstellung im oberen rechten Diagramm zu sehen ist. Im unteren rechten Diagramm ist die neu skalierte Version von Kanal 0 zu sehen. Der Diodenstrom ist direkt in Milliampere (mA) abzulesen. Im X-Y-Diagramm ganz links ist der Verlauf des Stroms (I) über der Spannung (V) der Diode aufgetragen. Man kann die Dioden nun aufeinander abstimmen, indem man sicherstellt, dass die Verläufe von Strom und Spannung sehr ähnlich sind.

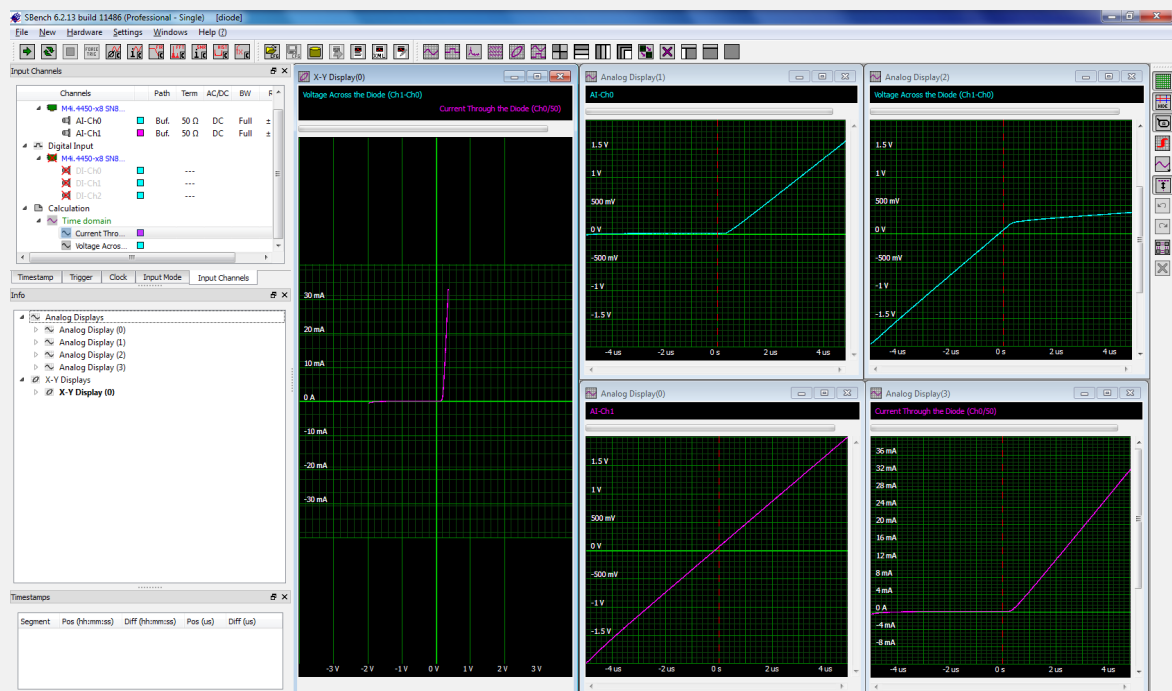


Bild 4: Ableitung der I-V-Kurve für die Diode auf Basis der vom Digitizer als Reaktion auf das AWG-Ausgangssignal durch die Diode aufgezeichneten Daten.

Hierbei handelt es sich zwar um ein sehr einfaches Beispiel einer Gerätecharakterisierung, dennoch ist das AWG-Digitizer-System in der Lage, wesentlich komplexere Tests kleiner Signalgeräte durchzuführen. Für das Testen von Geräten bei höheren Spannungen und Strömen kann der Einsatz von Verstärkern wie die D/A-Verstärkern von Spectrum oder ähnlichen Geräten anderer Anbieter, erforderlich sein.

Ersetzen oder Modellieren fehlender Systemkomponenten

Bei vielen Entwicklungsprojekten kann das Fehlen einer wichtigen Komponente verhindern, dass ein Test durchgeführt werden kann. Wenn das Ausgangssignal der fehlenden

► Application Note

Komponente vorliegt, kann man den AWG jederzeit dazu verwenden, das System das passenden Antwortsignal zur Verfügung zu stellen. In der Praxis lassen sich Wellenformen von einem Digitizer oder einem anderen Messinstrument aufzeichnen und je nach verwendeter Quelle in verschiedenen Dateiformaten in den AWG importieren. Der serielle Datenstrom auf dem CAN-Bus (Controller Area Network) eines Lenkwinkelsensors in Bild 5 wurde beispielsweise mit einem Oszilloskop aufgezeichnet und im ASCII-Dateiformat an den AWG übertragen.

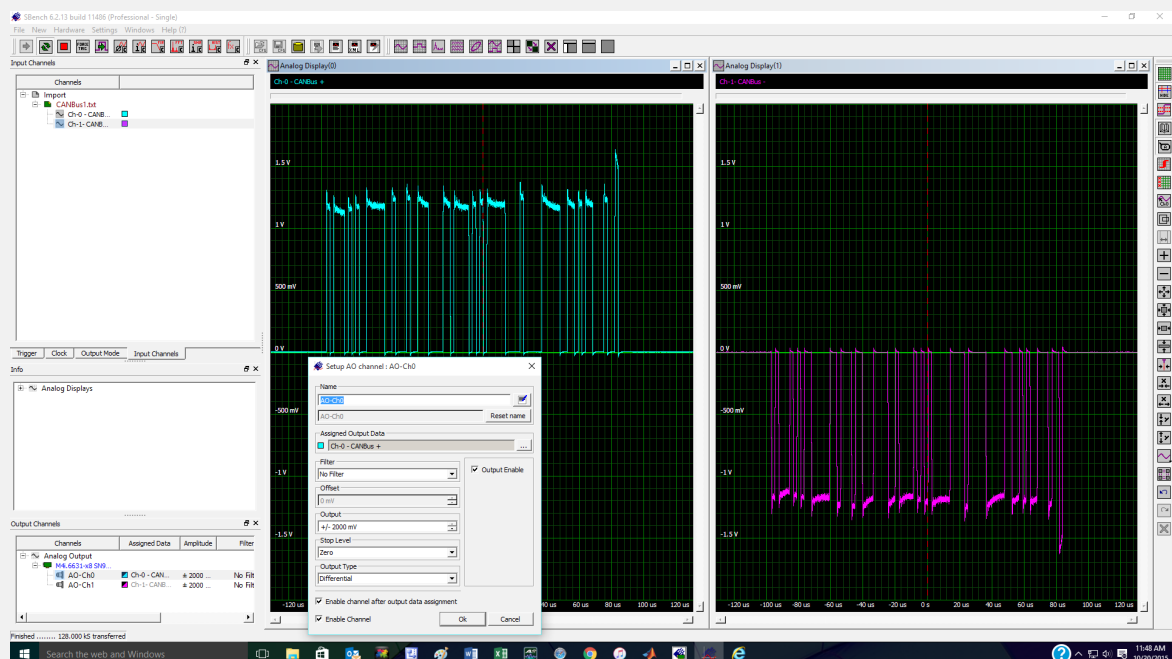


Bild 5: Eine differentielle CAN-Bus-Wellenform von einem Lenkwinkelsensor kann auf einen Trigger ausgegeben werden, wenn dies zum Testen eines Systems bei nicht vorhandenem CAN-Sensor erforderlich ist.

Hierbei handelt es sich um eine Zweikanal-Wellenform, die die differentiellen Komponenten (+ und -) des CAN-Bus-Signals darstellt. Zu beachten ist, dass der AWG, der über zwei Ausgangskanäle verfügt, für die Ausgabe der CAN-Bus-Wellenform als Differenz-Signal eingerichtet ist.

Diese Wellenform kann vom AWG nach Erhalt eines Synchronisationstriggers ausgegeben werden, wenn dies für das Testen des Systems erforderlich ist. Darüber hinaus können diese Wellenformen zum Testen von Randbedingungen für Amplitude und Zeit modifiziert werden. Der in diesem Beispiel verwendete AWG verfügt über einen Echtzeit-Sequenzmodus zur Erzeugung diverser Wellenformen, die verschiedene Testbedingungen repräsentieren. Diese Wellenformen lassen sich selektiv auf Befehl ausgeben und sogar während eines laufenden Tests ändern. Dies eröffnet Möglichkeiten für dynamisches Simulieren und Testen.

Einfache und komplexe Modulation

AWGs können auch zahlreiche Arten von Modulationen zum Testen von Kommunikationsanwendungen erzeugen. Eine Modulation von Amplitude, Phase und Frequenz lässt sich wie im ersten Beispiel für das Testen von Frequenzgängen erreichen, bei dem der Gleitsinus einer linearen Frequenz verwendet wurde. Das Beispiel in Bild 6 zeigt, wie Quadratsignale zur Erzeugung einer Chirp-Wellenform bei einer Zwischenfrequenz (ZF) erzeugt wurden.

► Application Note

Bei einem Chirp-Signal handelt es sich um ein frequenzmoduliertes Signal, das üblicherweise in Radarsystemen vorkommt. Es könnte zwar auch einfach direkt, wie im ersten Beispiel, programmiert werden, dennoch ist es durchaus aufschlussreich, einen allgemeinen Ansatz aufzuzeigen, der zur Erzeugung anderer komplexer Modulationen verwendet werden könnte.

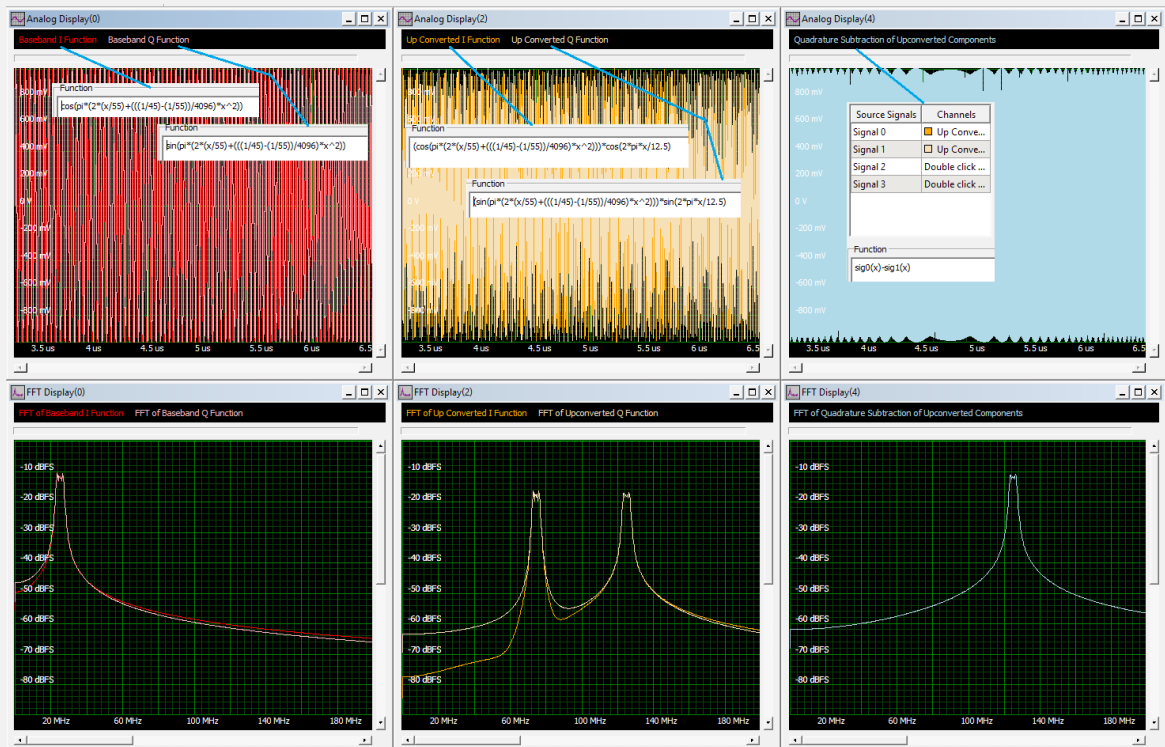


Bild 6: Quadratursignalverarbeitung zur Erzeugung einer Chirp-Wellenform bei einer Zwischenfrequenz

In Bild 6 sind die Schritte zur Erzeugung des Chirp-Signals dargestellt. Der Prozess beginnt im oberen linken Diagramm, wo lineare Gleitsinus- und Gleitkosinus-Wellenformen über der Zeit zusammen mit den Gleichungen, die zu ihrer Erzeugung verwendet wurden, dargestellt sind. Diese Signale sind in Quadratur und stellen die In-Phase-Anteile (I) und Quadratur-Anteile (Q) einer Quadraturmodulation dar. Die Phasendifferenz zeigt sich jedoch nicht in den FFT's dieser Wellenformen (siehe unteres linkes Diagramm). In der FFT ist der Signalfrequenzbereich von 22,7 bis 27,7 MHz zu sehen. Hierbei handelt es sich um ein Basisbandsignal.

Die Basisband-Quadraturanteile werden anschließend durch Multiplikation der I- und Q-Basisbandsignale mit dem Kosinus respektive Sinus der Zwischenfrequenz hoch konvertiert. Die Zwischenfrequenz liegt bei 100 MHz. Im oberen mittleren Diagramm sind die hoch konvertierten Signale über der Zeit dargestellt. Im unteren mittleren Diagramm sind die FFT's dargestellt. Zu beachten ist, dass die Multiplikation mit einer Sinuskurve zu einer Konvertierung der Basisbandsignale in zwei seitenbandunterdrückte Trägersignale mit einer Zentrierung bei 100 MHz geführt hat, wobei sich die oberen und unteren Seitenbänder in einem Bereich von 22,7 bis 27,7 MHz zu beiden Seiten der Mittenfrequenz erstrecken. Nicht zu sehen in der Amplituden-FFT ist die Phase der beiden Quadraturanteile.

Der letzte Schritt des Prozesses besteht in einer Quadratur-Subtraktion der beiden ZF-Anteile. Dies ist in den beiden rechten Diagrammen zu sehen. Im unteren rechten Diagramm erkennt man, dass das untere Seitenband infolge der Subtraktion unterdrückt wurde, und nur das obere Seitenband übrig geblieben ist. Dieses Signal deckt den Bereich von 122,7 bis 127,7 MHz ab.

► Application Note

In diesem Beispiel wird deutlich, wie die Grundkonzepte der Signalerzeugung und verketteten Verarbeitung zur Erzeugung komplexer Wellenformen in Kommunikationssystemen angewendet werden können.

Zusammenfassung

Diese wenigen Beispiele lassen die zahlreichen Möglichkeiten der Verwendung eines AWG als Signalquelle für Testzwecke erahnen. AWGs können standardmäßige Funktionsgenerator-Wellenformen wie Sinus-, Rechteck-, Dreieck- und Rampensignale erzeugen. Sie können auch modulierte Wellenformen und serielle Datenmuster erzeugen. Sie können sogar zur Wiedergabe echter Signale verwendet werden, die mithilfe von Digitizern und Oszilloskopen aufgezeichnet wurden. AWGs können gemeinsam mit einem Digitizer eingesetzt und mithilfe eines herstellerseitig bereitgestellten Tools, beispielsweise der Software SBench 6 oder allgemein verfügbarer System-Integrationssoftware wie MATLAB oder LabVIEW, programmiert werden. Auch die individuelle Programmierung in einer Sprache eigener Wahl ist möglich. Diese Flexibilität macht die modularen AWGs und Digitizer zu idealen Partnern für die Erzeugung unterschiedlichster Stimulus-Response- (oder Response-Stimulus-) Testsysteme.

Autoren

Arthur Pini *unabhängiger Berater*
Greg Tate *Asian Business Manager, Spectrum GmbH*
Oliver Rovini *Technical Manager, Spectrum GmbH*