

Was macht einen guten VNA aus?



Dieser Artikel konzentriert sich auf die besondere Komponenten und Design-Aspekte, die die Leistung eines VNAs maximieren können.

Ein guter VNA sollte sowohl eine ausgezeichnete Hardware-Leistung als auch eine einfach zu bedienende Software mit nützlichen Nachbearbeitungsfähigkeiten besitzen. Es gibt jedoch zahlreiche VNAs auf dem Markt mit unterschiedlichen Leistungsklassen; einige von ihnen gehören zur Economic-Klasse und andere glänzen mit wirklicher Labortestqualität. Was trennt die beiden?

Die Schlüssel-Leistungsdaten

Bevor wir die einzelnen Komponenten, die einen guten (oder weniger guten) VNA ausmachen, werfen wir einen Blick auf die Schlüssel-Leistungsdaten dieses Instruments. Dazu gehören in erster Linie:

• Frequenzbereich

Dieser bestimmt kategorisch den Frequenzbereich der Messung (im Gegensatz zu einem analogen Oszilloskop, bei dem man auch über die -3-dB-Frequenzgrenze hinaus messen und das Ergebnis entsprechend korrigieren kann).

• Auflösung der Frequenzeinstellung

Das ist der kleinste Frequenzschritt, den Sie vom Instrument

erhalten können. Er begrenzt die Auflösung aller Messungen.

• Messgenauigkeit

Diese bezieht sich auf die Messunsicherheit von Größe/Amplitude und Phase.

• Ausgangsleistungsbereich

Das sind die Leistungsstufen, die Sie am Testport haben können. Einige Prüflinge haben

unterschiedliche Reaktionen, wenn der Eingangsleistungspegel variiert wird. Diese Stufen sind für den Betrieb innerhalb eines Bereichs der Eingangsleistung oder für eine bestimmte Eingangsleistung ausgelegt.

• Leistungsauflösung

Sie legt fest, wie fein die Ausgangsleistung eingestellt werden kann; bessere Leistungsauflösung ermöglicht genauere Einstellungen der Ausgangsleistung.

• Oberschwingungsverzerrung und nichtharmonische Störung am Ausgang

Hier geht es um die Anzahl und Größe unerwünschter Signale am Testport vorhanden. Eine geringe Verzerrung kann genauere Ergebnisse liefern, insbesondere bei der Messung der DUT-Verzerrung oder der Harmonischen des DUT.

• Messgeschwindigkeit

Die Messgeschwindigkeit wird typischerweise pro Messpunkt angegeben. Sie kann einen großen Einfluss auf die Gesamtzykluszeit haben, wenn die VNA-Stimuluseinstellungen zu einer langen Sweep-Zeit führen.

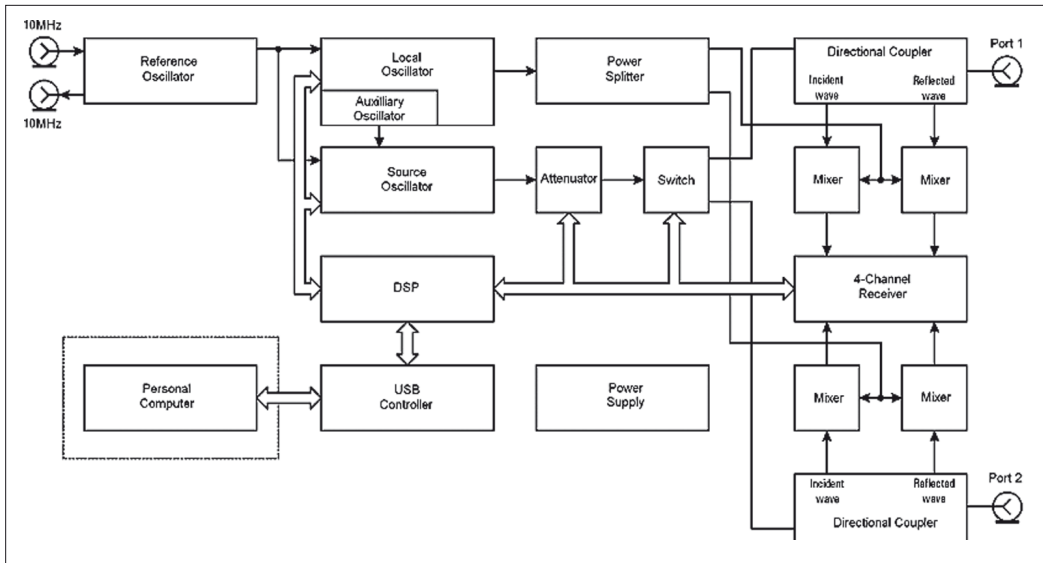
Um einen VNA mit hervorragenden Spezifikationen herzustellen, müssen viele Einzelkomponenten klug und sorgfältig ausgewählt und für die Anwendung optimiert werden. Schauen wir uns unter diesem Aspekt einige der wichtigsten Komponenten an!

Richtkoppler

Der Koppler ist für die Erstellung eines Messsignals verantwortlich, das proportional zum am Eingang reflektierten Signalanteil ist, sodass das Messgerät genau das Verhältnis der übertragenen zur reflektierten Leistung anzeigen kann (ein S-Parameter). Ein gut gebauter Richtkoppler kann das Grundrauschen des VNAs senken, was zu einem erhöhten Dynamikbereich führt. Ein stabiler Koppler behält außerdem seine Eigenschaften über dem Einsatztemperaturbereich des Geräts bei, sodass Benutzer weniger Kalibrierungen durchführen müssen.

Wie baut man einen solchen guten Richtkoppler? Man beginnt mit der Auswahl von guten Komponenten mit stabiler Performance über der Frequenz und hervorragenden Temperatureigenschaften. Neben den individuellen Komponenten ist die interne und externe Abschirmung des Kopplers wichtig. Eine überlegene Abschirmung kann ein Übersprechen zwischen verschiedenen HF-Pfaden und EMI zwischen einzelnen Modulen minimieren. Das hilft dem Richtkoppler, seine eigentliche Aufgabe besser zu erfüllen. Das Messsignal ist weniger anfällig für Störungen durch die Umgebung. Die Abschirmung schränkt nicht nur die unerwünschte Ausbreitung der elektromagneti-

Quelle:
What Makes a Good VNA?
Copper Technology,
November 2015
übersetzt von FS



Blockdiagramm eines USB-VNAs mit zwei Ports

schen Wellen ein, sondern liefert auch Wärme nach Masse zur Stabilisierung der Temperatur im Koppler. Die Stabilität der Innentemperatur ist entscheidend für die Genauigkeit, da bis zu einem gewissen Grad alle Komponenten in der Konstruktion einen gewissen Grad an Temperaturabhängigkeit aufweisen. Das Foto zeigt den internen Aufbau eines USB-VNAs zur Veranschaulichung des Abschirmungsgrads und der und Isolation – Maßnahmen, die für eine überlegene Leistung erforderlich sind.

Mischer

In dem VNA-Konzept gemäß Blockdiagramm kommen vier Mischer zum Einsatz. Der Mischer ist eine weitere sehr wichtige Komponente innerhalb des VNAs. Moderne VNAs verwenden normalerweise einen Mischer anstelle eines Samplers, den ältere VNAs aufgrund ihres einfacheren Designs und der geringeren Kosten verwendeten. Ein guter Mischer trägt zu einem niedrigen Grundrauschen bei und minimiert unerwünschte Störreaktionen.

Um einen guten Mischer herzustellen, ist neben der Auswahl großartiger Komponenten eine hervorragende Abschirmung/Isolation erforderlich, um das Übersprechen zu minimieren und die Herstellung eines Instruments

mit hohem Dynamikbereich zu ermöglichen.

Die Bereitstellung eines gemeinsamen und kohärenten LOs für alle Mischer ist erforderlich, um die Messung zu optimieren und allgemein Rauschen/Störungen gering zu halten. Wichtig ist hier auch geringes LO-Phasenrauschen. Auf die Verbindung des Local Oscillators wurde im Blockschaltbild verzichtet.

Quelle (Source Oscillator)

Die VNA-Quelle ist nicht nur ein wesentliches Modul, sondern trägt auch wesentlich zur Gesamtsumme der Gerätekosten bei. Grundsätzlich kann die Quelle entweder extern oder integriert sein. Der Vorteil der Verwendung einer externen Quelle ist die Verbesserung der Reinheit des Signals, da die Quelle konsequenter abgeschirmt und von anderen Modulen isoliert sein kann. Die Vorteile einer integrierten Quelle sind hohe mögliche Sweep-Geschwindigkeit, Ermöglichung einer kompakten Messgeräteleistung, Reduzierung von Kosten und kürzere und einfachere Verbindungen zwischen der Quelle und anderen Komponenten. Bei ordnungsgemäßer Auslegung der Quelle und ihrer Abschirmung kann eine ausreichend saubere interne Quelle erhalten werden, ohne die

Nachteile einer externen Quelle in Kauf nehmen zu müssen.

Die automatische Regelung (ALC) ist ein weiterer wichtiger Aspekt der VNA-Quelle. Hier geht es um die Fähigkeit, den Ausgangsleistungspegel der Quelle zu stabilisieren. Alte VNAs verwenden möglicherweise einen Analogeingang für die ALC. Moderne VNAs verwenden nur digitale Steuerungen. Die digitale Steuerung bietet modernen VNAs die Möglichkeit zum Generieren eines sehr genauen Leistungspegels und ermöglichen einen größeren Bereich von Ausgangsleistungseinstellungen.

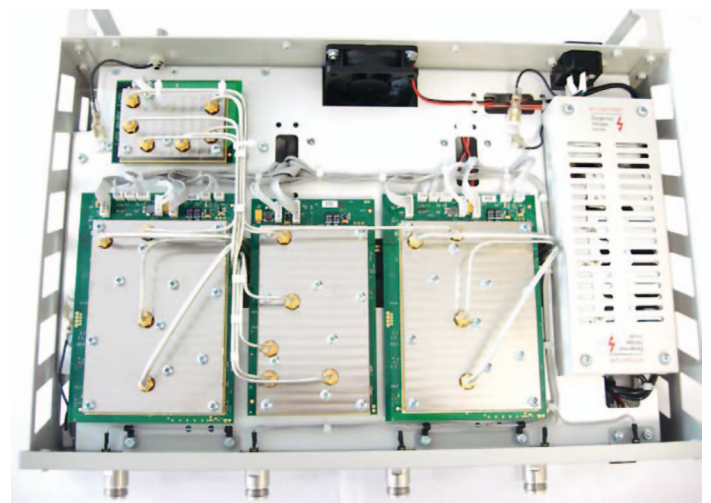
Die meisten modernen VNAs haben auch eine Leistungsflachheitsspezifikation (Flatness), die die Konsistenz der Ausgangsleistung über der Frequenz beschreibt. Hervorragende Ebenheit kann durch Anwendung von digital arbeitenden ALC-Korrekturen erreicht werden. Der Parameter wird zum Zeitpunkt der Werkskalibrierung ermittelt.

Dämpfungsglied

Die meisten modernen VNAs enthalten auch einen Stufendämpfer zwischen dem Referenzkoppler und dem Testkoppler, sodass ein größerer Leistungsbereich im Vergleich zu rein ALC-basiert arbeitenden Konzepten erreicht werden kann.

Das Hinzufügen eines Stufendämpfers erweitert nicht nur den Ausgangsleistungsbereich, sondern bietet auch eine gute Übereinstimmung mit dem Testport. Das Dämpfungsglied verbessert die Anpassung am Ausgangsport, falls diese nicht optimal ist.

Eine weitere Verbesserung, die der Stufendämpfer mit sich bringt, betrifft den Rauschpegel der Signale. Das Dämpfungsglied erlaubt ein großes Signal im Referenzkanal, auch wenn am Testport ein kleines Signal benötigt wird. Dies trägt zur Erzeugung eines rauscharmen Signals am Testport bei.



Interner Aufbau eines USB VNAs, bei dem die im Artikel geschilderten Punkte berücksichtigt wurden

Digitale Verarbeitung

Nachdem u.a. die genannten die HF-Komponenten und -Module ihre Arbeit erledigt haben, gelangen die Signale zum digitalen Bereich des VNAs zwecks Probenahme und Weiterverarbeitung. Wegen des hohen Integrationsgrads und der erforderlichen Synchronisation zwischen den verschiedenen HF-Komponenten des VNAs ist ein dedizierter digitaler Verarbeitungsabschnitt entscheidend für die Optimierung der Systemleistung.

Geschwindigkeit und Präzision der digitalen Prozessoren des VNAs sind für den gesamten VNA entscheidend. Leistungsparameter wie Grundrauschen, maximale Messgeschwindigkeit und

Messlatenz werden vom digitalen Processing bestimmt oder mitbestimmt. Moderne VNAs enthalten fortschrittliche

FPGAs, Hochgeschwindigkeits-DSP-Chips oder beides, um die digitale Signalverarbeitung durchzuführen, die erforderlich ist, um die rohen Messdaten auf einem hohen Niveau mit hoher Geschwindigkeit zu erzeugen.

Die rohen Messdaten müssen ebenfalls zügig an den Anwendungsprozessor übertragen werden. Dies ist ein interner Prozessor oder ein externer Prozessor im Fall eines modularen VNAs. Zum Beispiel Hochgeschwindigkeits-Schnittstellen mit geringer Latenz wie Ethernet und USB werden in modernen VNAs häufig zum Datentransport verwendet (Rohergebnisse auf die Anwendungsschicht).

Software und Schnittstellen

Last but not least benötigt ein moderner VNA Benutzer- und Programmierschnittstellen zusammen mit dem Post-Ver-

arbeitungs-Featureset, das für die Analyse der Ergebnisse und die Automatisierung von Tests benötigt wird. Die grafische Benutzerschnittstelle ist normalerweise eine eigenständige Anwendung, die unter einem modernen Betriebssystem ausgeführt wird. Das bietet dem Benutzer die Vorteile einer stabilen Plattform und erleichtert die Datenübertragung auf andere Anwendungen innerhalb des selben Geräts oder zu integrierten Automatisierungsschnittstellen zu anderen Geräten und Netzwerken.

Neben der grafischen Benutzeroberfläche wird ein großartiger VNA eine oder mehrere Schnittstellen enthalten, welche die Automatisierung von Messungen und die Datenübertragung von Messergebnissen ermöglichen. Dies ist besonders kritisch in Produktionsumgebungen, in denen die selben Tests wiederholt durchgeführt

werden und wo Konsistenz ein Schlüssel für das Qualitätsmanagement ist. Schnittstellen wie SCPI, VXI-11, Com/DCom und TCP-Socket sind beliebte Optionen für die Automatisierungsschnittstelle.

Fazit

Der Aufbau eines großartigen VNAs beginnt mit der Auswahl herausragender Bausteine einschließlich HF-Komponenten wie Mischer, Dämpfungsglieder, Oszillatoren. Ein außergewöhnliches Design wird diese Funktionseinheiten wie auch Richtkoppler, HF-Quellen und digitale Verarbeitungseinheiten für eine gute Leistung optimal kombinieren. Es ist die Summe all dieser Elemente, welche die Performance und Vielseitigkeit eines VNAs bestimmt. Reichhaltige Schnittstellen gehören zu einem erstklassigen VNA in Laborqualität. ◀