

hf-praxis

HF- und Mikrowellentechnik

100-W-Breitband- Transistor in GaN-auf-Silizium- Technik

MACOM, Seite 6



MACOMTM

Partners from RF to Light



**NOW models to
8 GHz
and up to
2W!**

Programmable ATTENUATORS

0 to 120 dB 0.25 dB Step* 1 to 8000 MHz† from **\$395**

Features

- 0...30, 60, 63, 90, 110 und 120 dB
- USB, Ethernet & RS232 als Steuerungsoptionen
- nutzerfreundliches GUI und DLLs inklusive
- Sweeping und Hopping möglich
- ab Lager lieferbar

Perfekt für...

- Fading-Simulatoren
- Handover-Systemevaluierung
- automatisches Test Equipment
- ...und mehr!

RoHS compliant

Besuchen Sie minicircuits.com wenn Sie detaillierte Modellspezifikationen, Application Notes und weitere wertvolle Informationen suchen! Bestellen Sie noch heute und erhalten Sie Ihre Lieferung in kürzester Zeit!

* Model RCDAT-3000-63W2+ specified step size 1 dB

† Model RCDAT-3000-63W2+ specified from 50 – 3000 MHz; 120 dB models specified from 1 – 4000 MHz

†† No drivers required. DLL objects for 32/64 bit Windows® environments using ActiveX® and .NET® frameworks.



www.minicircuits.com P.O. Box 350166, Brooklyn, NY 11235-0003 (718) 934-4500 sales@minicircuits.com

DISTRIBUTORS

523 Rev_F



D-65719 Hofheim-Wallau, Germany
Tel. +49-6122-72660-0 Fax +49-6122-72660-29
www.ie4u.de
anfrage@ie4u.de



Registered in England No 1419461
Wharf Road, Frimley Green Camberley, Surrey GU16 6LF, England
Tel 0044-1252-832600 Fax 0044-1252-837010



D-83278 Traunstein, Germany
Tel. 0049-861-16677-0 Fax 0049-861-16677-88
info@municom.de www.municom.de

EMV aktuell: Entstören mit neuster Technik



Das EMV-Team von Schurter bietet eine vollumfängliche, professionelle Messdienstleistung zur Sicherstellung der Elektromagnetischen Verträglichkeit an.

Die Spezialisten führen alle notwendigen Vorprüfungen für Immunität und Emission von elektrischen Systemen oder Anlagen durch. Liegen die Emissionswerte über den Grenzwerten, steht ein großes Sortiment von Entstörfiltern und Drosseln zur Verfügung. Wenn nötig, werden die Komponenten den Anforderungen entsprechend angepasst. Die Tests erfolgen gemäß den vorgeschriebenen Normen und werden in einem Testreport festgehalten, der als Grundlage für die CE-Konformitätserklärung verwendet werden kann.

Schurter verfügt über vier Labors für Messdienstleistungen. Diese EMV-Kompetenzcenter sind mit den erforderlichen Messgeräten und EMV-Kammern für die Messung von leitungsgebundenen Emissionen ausgerüstet. Zudem arbeitet man mit akkreditierten Labors in der ganzen Welt zusammen. Mobile Messgeräte kommen zum Einsatz, und diverse Konformitätsprüfungen erfolgen direkt vor Ort. Es ist möglich, bei jeder neu aufgebauten Maschine den Ableitstrom während verschiedener Betriebszustände zu messen, denn auch ein Ableitstrom-Analysesystem ist verfügbar.

■ *Division Components*
Schurter Group
www.schurter.com

Brandaktuell: DOCSIS 3.1 Product Guide



bot für den Einsatz in der nächsten Generation von CATV- und Breitband-Applikationen. Der Produktführer enthält ausführliche Informationen über das Mini-Circuits Portfolio an Hochfrequenzkomponenten, die mit sorgsam festgelegten Parametern entwickelt wurden, um die DOCSIS-3.1-Standards zu erfüllen.

Weiterführende Informationen sind über municom erhältlich: hmueller@municom.de oder Tel.: +49 (861) 16677-99. Der Guide von Mini-Circuits ist online erhältlich unter <http://194.75.38.69/products/DocsisProductGuide.shtml>.

■ *municom GmbH*
www.municom.de

Bei der neusten Publikation von Mini Circuits handelt es sich um einen 116-seitigen Katalog, der einen Überblick vermittelt über das Mini-Circuits-Produktange-

municom wünscht
Ihnen ein erfolgreiches
Jahr 2016



Präzisionsmessung komplexer HF-Signale

Die **USB Breitband Leistungs-Sensoren** der neuen Serie 55

Gepulste HF-Leistung schnell und präzise bis zu **40GHz** gemessen

KLEIN · LEICHT · SCHNELL

- Real Time Processing™
Keine Latenz durch gepufferte Verarbeitung im Host PC
- Ultra kurze Anstiegszeit 5ns
- Video BW 70MHz
- Zeitauflösung 100ps
- Kontinuierliche Abtastrate 100Msamples/sec
- Effektive Abtastrate 10Gsamples/sec
- Statistische Messung 100Mpoints/sec

municom®
Technische Beratung und Distribution



municom GmbH
info@municom.de
www.municom.de
Tel. +49 861 16677-99

ISO 9001
BUREAU VERITAS
Certification



N° 1300 (SM 02-001)
EN ISO 9001:2008

Die ganze Bandbreite
der HF- und MW-Technik

Seit 30 Jahren Ihr Partner für

- ▶ aktive und passive Komponenten (SMD, Koax, Hohlleiter, Module und Systeme bis 110 GHz)
 - Kondensatoren
 - Transistoren
 - Dioden
 - Verstärker
- ▶ Messtechnik
 - Dämpfungsglieder
 - Power Sensoren
 - Richtkoppler
 - Messkabel
- ▶ Systeme
 - Handover Testsysteme
 - PIM Messplätze
 - Up/Down Converter
 - Frequenz-Zeitsysteme

Special:

LadyBug Technologies means
Peak Performance in **Power Sensors:**
9kHz to 40GHz and 80dB Dynamic Range



No-Zero, No-Cal™

True RMS Sensors 9 kHz to 40 GHz

Wideband Pulse Profiling Sensors 50 MHz to 20 GHz

TACTRON ELEKTRONIK GmbH & Co. KG
Bunsenstr. 5/II
D-82152 Martinsried

info@tactron.de
www.tactron.de

Fon: +49 89 895 569 0
Fax: +49 89 895 569 29

Inhalt

Zum Titelbild:



100-W-Breitband- transistor in GaN-auf- Silizium-Technik der vierten Generation

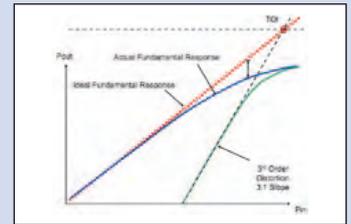
Optimale Effizienz- und Verstärkungseigenschaften zeichnen den neuen MAGX-100027-100C0P von Macom aus. 6

In dieser Ausgabe:

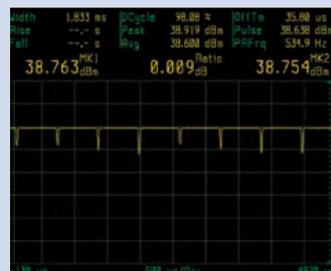
Messtechnik:

Optimierung von IP3- und ACPR-Messungen

Dieser Beitrag liefert, am Beispiel des PXIe-5668R von NI, viele praktische Hinweise, wie man beim Einsatz von Vektor-Signal-Analysatoren die bestmöglichen Messergebnisse erzielen kann. 8



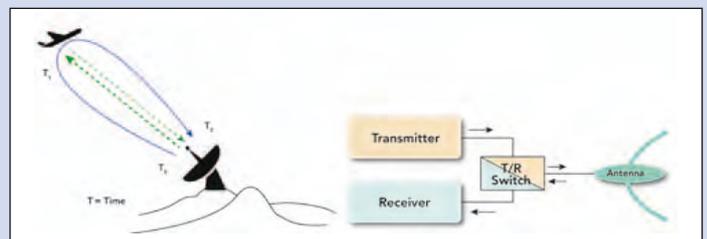
Leistungsmessung von TDMA-Signalen

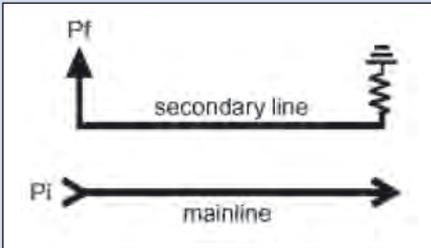


Dieser Artikel erläutert, wie das Grundprinzip eines Radars die Parameter für die Tests bestimmt, die unbedingt durchgeführt werden sollten. 14

Neue, leistungsfähigere Radartechnik treibt die Entwicklung der Mikrowellen-Testgeräteausrüstung voran

Das Grundprinzip zum Betrieb eines Radars (Kurzwort für "radio detection and ranging") basiert auf der These der Ausbreitung elektromagnetischer Wellen. In einem Radarsystem wird eine bekannte Welle in eine bekannte Richtung übertragen. 16



Produkt-Portrait:**Wie man den geeignetsten Richtkoppler für eine kritische Anwendung spezifiziert**

Dieser Artikel enthält eine Diskussion der koaxialen Viertelwellenlängen-Richtkoppler, da diese Bauart einen ausgewogenen Kompromiss zwischen funktionellem Bereich, Leistung und Kosten repräsentiert. 34

Handheld-Kombi-Analysator misst bis 50 GHz

Keysight Technologies Inc. hat seine Handheld-Analysatorfamilie FieldFox um sechs Modelle für den Millimeterwellenbereich erweitert. 20

Messtechnik:**Anritsu präsentiert E-Band ShockLine-VNA für die Charakterisierung von passiven Mikrowellenbaugruppen**

Neue Frequenzoptionen für die MS46500B-Baureihe offerieren Preis- und Leistungsvorteile wodurch die Testkosten für Mikro- und Millimeterwellensysteme erheblich gesenkt werden können. 30

RF & Wireless**New 8-Bit Digital Phase Shifters Offer Variable Phase Shift 41****New Ka-Band High-Power Attenuators Offer Flat Frequency Response 42****65 GHz Coax Attenuators Handle 1 W CW 42****Frequency Mixers Operate Across full Ka, Q, U, V, E & W Millimeter Wave Bands 43****Rubriken:**

Aktuelles	3
Inhalt	4
Titelstory	6
Messtechnik	8/24
Produkt-Portrait	20/34
Quarze und Oszillatoren	36
Bauelemente	37
RF & Wireless	41
Impressum	46

**JYEBAC®****» HF-Verbinder**

- MCX, MMCX, SMP, SSMB
- SMA, 3,5, K
- BNC, TNC, BMA
- N, 7/16 ...

» HF-Adapter

- Within Series
- Between Series
- T-Adaptor
- Snap-On

» HF-Kabel

- Semi-Rigid
- Hand Bendable
- Flexible RG

» Kabelkonfektionen

- Low Loss
- Phase Matched
- Delay Line

» HF-Komponenten

- Fixed Attenuator
- Power Divider
- Matching Pad
- High Power Termination

» VNA-Testkabel bis 40 GHz**CompoTEK**

CompoTEK GmbH
Lindwurmstrasse 97a
80337 München

tel +49 89 54 43 23-0

fax +49 89 54 43 23-21

info@compotek.de

www.compotek.de

100-W-Breitbandtransistor in GaN-auf-Silizium-Technik der vierten Generation



Optimale Effizienz- und Verstärkungseigenschaften zeichnen den neuen MAGX-100027-100C0P von Macom aus.

M/A-COM Technology Solutions Inc. hat mit der Bemusterung des neuen Breitbandtransistors MAGX-100027-100C0P, der für den Betrieb von DC bis 2,7 GHz optimiert ist und mit einem proprietären GaN-auf-Silizium-Prozess der vierten Generation hergestellt wird, begonnen.

Der GaN-auf-Silizium-D-Mode-HEMT

eignet sich optimal für industrielle, wissenschaftliche und medizintechnische Anwendungen sowie militärische Kommunikationszwecke, den mobilen Landfunk sowie Avionik- und Radarsysteme im VHF/UHF/L/S-Band.

Der MAGX-100027-100C0P unterstützt den Dauerstrichbetrieb ebenso wie den gepulsten

und den linearen Betrieb mit Ausgangsleistungen bis zu 100 W (50 dBm). Bei einer Betriebsspannung von 50 V ermöglicht er CW-Betrieb mit einer Verstärkung von 18,3 dB bei 2,45 GHz und einer Drain-Effizienz von 70%. Im gepulsten Betrieb kommt der MAGX-100027-100C0P auf eine Verstärkung von 18,4 dB bei 2,7 GHz und 71% Drain-Effizienz. Der zu 100% HF-getestete Transistor wird in einem Industriestandard-Kunststoffgehäuse mit Schraubflansch angeboten.

Die vierte Generation

der GaN-Technik (Gen4 GaN) bietet ein Performance-Niveau, das mit dem von GaN-auf-SiC (GaN auf Siliziumkarbid) konkurrieren kann, während die prognostizierte Kostenstruktur für die Massenproduktion unter jener der vorherrschenden LDMOS-Technologie liegt. Sie bringt damit die nötigen Voraussetzungen mit, um die letzten technischen und kommerziellen Hindernisse auf dem Weg zur massenhaften Verbreitung der



Kunden, deren Anwendungen hohe Anforderungen an die Robustheit stellen und die von der soliden Zuverlässigkeit unserer GaN-Lösungen profitieren möchten. Die Gen4-GaN-

GaN-Technik aus dem Weg zu räumen. Gen4 GaN erreicht eine maximale Effizienz von 70% und eine Verstärkung von 19 dB für modulierte Signale bei 2,7 GHz. Sie liegt damit auf dem Niveau von GaN-auf-SiC-Technologien und ist hinsichtlich der Effizienz um mehr als zehn Prozentpunkte besser als LDMOS. Ihre Leistungsdichte ist überdies mehr als viermal höher als die von LDMOS.

„Dieser Transistor in Gen4 GaN-Technologie bietet den Kunden optimale Performance“, sagt Gary Lopes, Product Manager bei Macom. „Ideal geeignet ist der MAGX-100027-100C0P für

Produkte setzen den Innovations- und Kommerzialisierungskurs früherer GaN-auf-Silizium-Generationen fort, die über mehr als fünf Jahre hinweg eine tadellose, praxiserprobte Zuverlässigkeit unter rauen Umgebungsbedingungen an den Tag gelegt haben.“

Der MAGX-100027-100C0P ist ab sofort für die Bemusterung verfügbar. Finale Datenblätter und weitere Produktinformationen finden Sie auf www.macom.com.

■ M/A-COM Technology Solutions Holding, Inc.
www.macom.com

Typische Performance-Daten

Parameter	Einheit	MAGX-100027-100C0P
Frequenz	GHz	DC...2,7
Kleinsignalverstärkung	dB	18,3 (Dauerstrich), 18,4 (gepulst)
gesättigte Ausgangsleistung	dBm	50,7...50,9
Drain-Effizienz	%	70...71
Leistungsverstärkung	dB	16



FILTER SOLUTIONS

DC to 21 GHz



Over 900 Models *IN STOCK* ... Immediate Delivery! **\$199** from *1* ea. (qty. 20)

Unterschiedliche Anforderungen erfordern auch unterschiedliche Technologien. Und bei über 900 Katalogmodellen – es werden ständig mehr – bietet Mini-Circuit's Programm an RF/Mikrowellen-Filtern bestimmt auch für Sie eine Lösung. Die Palette umfasst Hoch-, Tief-, Bandpässe und Bandsperren mit geringer Passband-Einfügungsdämpfung und hoher Unterdrückung im Sperrbereich, wobei Frequenzen von DC bis 21 GHz abgedeckt werden. Finden Sie in unserem großen Angebot an Filtertechnologien in Koaxial- und SMD-Ausführung die richtige Lösung für Ihre Anwendung!

Gehen Sie einfach auf unsere Website minicircuits.com und nutzen Sie Yoni2, unsere patentierte Suchmaschine, um die gesamte Modelldatenbank nach den gewünschten Leistungsparametern

zu durchsuchen. Geben Sie einfach Ihre Spezifikationen ein und sehen Sie sich die Liste von Modellen an, die Ihre Kriterien erfüllen.

Haben Sie immer noch nicht gefunden wonach Sie suchen? Kundenspezifische Designs zu Katalogpreisen mit sehr schneller Lieferzeit sind nur eine E-Mail weit entfernt! Nehmen Sie mit uns Kontakt auf, und unsere Ingenieure werden eine schnelle, kostengünstige Lösung finden und Ihnen innerhalb weniger Tage Simulationsergebnisse liefern.

Leistungsdaten, Kurven, Simulationen mit hoher Genauigkeit, Mengpreise und alles, was Sie für Ihre Entscheidung brauchen, ist auf der Website zu finden. Bestellen Sie also noch heute!

Yoni2 The Design Engineers Search Engine...
U.S. Patent 7739260, 7761442 finds the model you need, Instantly.

Free, High-Accuracy Simulation Models for ADS 
www.modelithics.com/mvp/Mini-Circuits.asp

Mini-Circuits®

www.minicircuits.com P.O. Box 350166, Brooklyn, NY 11235-0003 (718) 934-4500 sales@minicircuits.com

484 Rev H

DISTRIBUTORS

IE INDUSTRIAL ELECTRONICS GMBH
D-65719 Hofheim-Wallau, Germany
Tel. +49-6122-72660-0 Fax +49-6122-72660-29
www.ie4u.de
anfrage@ie4u.de

Mini-Circuits Europe
Registered in England No 1419461
Wharf Road, Frimley Green Camberley, Surrey GU16 6LF, England
Tel 0044-1252-832600 Fax 0044-1252-837010

municom®
D-83278 Traunstein, Germany
Tel. 0049-861-16677-0 Fax 0049-861-16677-88
info@municom.de www.municom.de

Optimierung von IP3- und ACPR-Messungen

Dieser Beitrag liefert, am Beispiel des PXIe-5668R von NI, viele praktische Hinweise, wie man beim Einsatz von Vektor-Signal-Analysatoren die bestmöglichen Messergebnisse erzielen kann.

Überblick

Durch den wachsenden Einsatz drahtloser Kommunikation steigt auch die Komplexität der Geräte und der drahtlosen Protokolle, was eine hohe Linearität der verwendeten HF-Komponenten und Systeme erforderlich macht. Die eingesetzten drahtlosen Geräte benötigen Testsysteme großer Leistungsfähigkeit, um ihre Linearität charakterisieren zu können. Das Linearitätsverhalten, besonders der Intercept-Punkt 3. Ordnung (IP3), ist ein charakterisierendes Merkmal moderner drahtloser Systeme geworden, da es die Leistungseffizienz, die Kanaldichte, die Signalabdeckung und das Nebkanalverhältnis (ACPR) beeinflusst.

Der IP3-Punkt ist ein errechneter Zahlenwert, der dazu verwendet wird, die Linearität von Komponenten, einschließlich Leistungsverstärkern, Mischern, Schaltern ADCs und DACs und anderen zu beschreiben. Die dazu erforderliche Messung wird mit einem Zweiton-Stimulussignal durchgeführt und erfordert den Vergleich der Leistung von zwei Grundtönen mit der Leistung

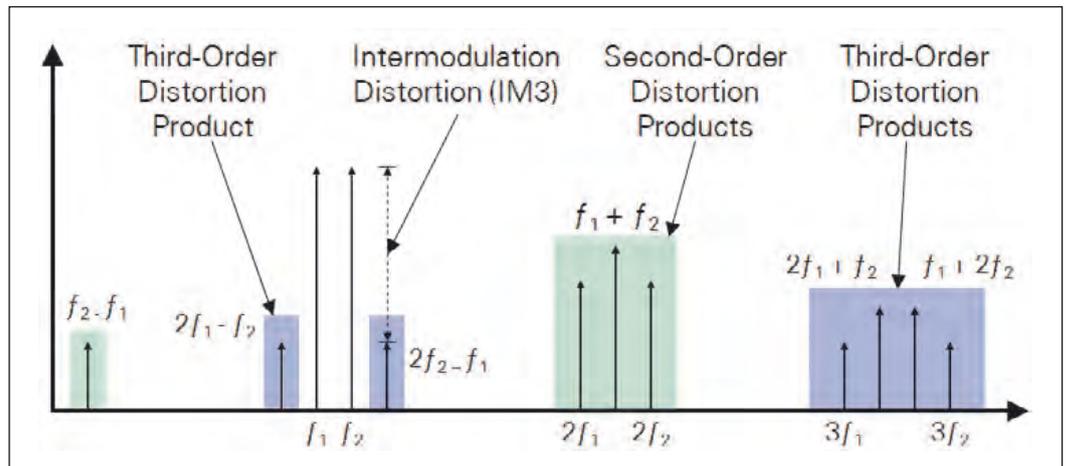


Bild 1: Intermodulationsprodukte, die durch ein nichtlineares DUT verursacht wurden

der Verzerrungsprodukte dritter Ordnung.

ACPR, auch bekannt als ACLR (Adjacent Channel Leakage Ratio), ist ein wichtiges Maß für Komponenten, die für den Einsatz in drahtlosen Standards wie UMTS oder 3GPP LTE entworfen werden. Diese Messung beschreibt das Verhältnis der Leistung in einem modulierten Signal mit der Leistung, die in einen benachbarten Kanal eingestrahlt wurde. Um das ACPR zu messen, muss man das Prüfobjekt (DUT) mit einem modulierten Stimulus versorgen, oder – falls es sich um einen DAC handelt, intern ein moduliertes Signal im DUT selbst erzeugen.

Theorie der Intermodulationsverzerrung

Intermodulationsverzerrung beschreibt die Linearität einer Einheit, wenn sie mit einem Multitonstimulus angeregt wird. Eine ideale Komponente, wie z.B. ein Leistungsverstärker (PA), sollte eine niedrige Rauschzahl haben und linear arbeiten, so dass er die ankommenden Signale nicht verzerrt. Ein leicht nichtlineares System hat eine Beziehung zwischen Aus- und Eingangsspannung, die am besten durch Gleichung 1 beschrieben werden kann. Beim Betrieb im linearen Bereich des DUTs folgt die Ausgangsspannung weitgehend dieser Potenzreihe:

$$v_{out} = a_0 + a_1 v_{in} + a_2 v_{in}^2 + a_3 v_{in}^3 + a_4 v_{in}^4 + \dots \quad (1)$$

Betrachten Sie das Verhalten der Zweiton-Intermodulation dritter Ordnung. Wenn zwei kontinuierliche Signale (CW) an den Eingang des DUT angelegt werden, wird die Spannung durch Gleichung 2 repräsentiert. Die beiden Töne haben die unterschiedlichen Kreisfrequenzen ω_1 und ω_2 .

$$v_{in} = A \cos(\omega_1 t) + B \cos(\omega_2 t) \quad (2)$$

Wenn man den Ausdruck für die Eingangsspannung in (1) einsetzt, wird die Beziehung zwischen Ein- und Ausgangssignal deutlicher. Aus der Potenzreihe kann man leicht ersehen, dass ein CW-Signal am Eingang verzerrte Ausgangssignale bei $2\omega_1$, $3\omega_1$

usw. erzeugt. Jede Harmonische hat Amplituden, die zu v_{in2} , v_{in3} usw. proportional sind. Die Ausgangsspannung wird dargestellt durch:

$$v_{out} = a_0 + a_1 \{ \dots \} + a_2 \{ \dots \} + a_3 \{ A^2 B \cos[(2\omega_1 - \omega_2)t] + AB^2 \cos[(2\omega_2 - \omega_1)t] + \dots \} \quad (3)$$

Das DUT erzeugt aufgrund der Intermodulation viele Töne (ein Ton mischt sich mit dem anderen) wie Bild 1 zeigt.

Die Intermodulationstöne, die am meisten Sorge bereiten, sind die Töne dritter Ordnung bei $2\omega_1 - \omega_2$ und $2\omega_2 - \omega_1$ wie Bild 2 zeigt.

Diese Verzerrungsprodukte sind frequenzmäßig zu nahe, um wirksam ausgefiltert werden zu können. Wenn das IP3-Verhalten untersucht wird, werden die

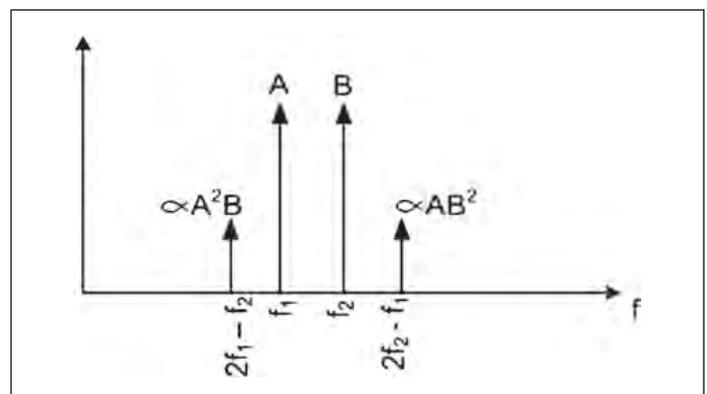


Bild 2: Zweiton-Intermodulationsverzerrungen dritter Ordnung

Unter Verwendung der Applikationsschrift „Optimizing IP3 and ACPR Measurements“
www.ni.com/rf-academy
National Instruments

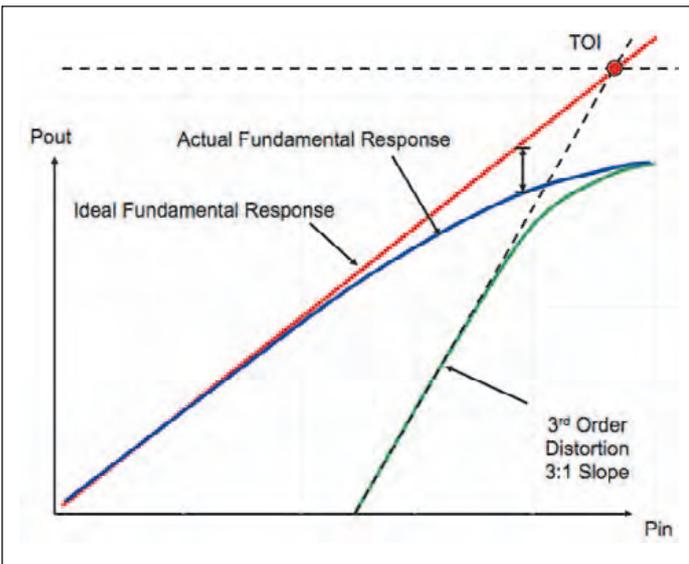


Bild 3: Ausgangsleistung und Verzerrungen dritter Ordnung in Abhängigkeit von der Eingangsleistung

Leistungen der Grundtöne auf den gleichen Pegel eingestellt. Aus Bild 2 kann man ableiten, dass eine 1-dB-Erhöhung des Grundtonpegels zu 3 dB Anstieg der Verzerrungsprodukte 3. Ordnung führt. Wie eine logarithmische Darstellung der Ausgangs- in Abhängigkeit von der Eingangsleistung deutlich zeigt, wächst die Leistung der Grundtöne mit einer Steigung von 1, die IM-Verzerrungsprodukte hingegen wachsen mit der Steigung 3 (Bild 3).

Bei einem bestimmten, theoretischen Leistungspegel schneiden sich die Kennlinien der Grundleistung und der Verzerrungsleistung. Dieser Punkt wird als der Schnittpunkt dritter Ordnung bezeichnet (IP3 oder TOI = Third Order Intercept). Der Schnittpunkt ist jedoch rein fiktiv. Er lässt sich nur mathematisch

ermitteln und wird als Leistungskennzahl in der Industrie verwendet. In der Praxis nämlich geht ein Gerät bereits tief in den Bereich der Verstärkungscompression, bevor die Eingangsleistung den IP3-Pegel erreicht. Darüber hinaus bricht das einfache Modell der Potenzreihe (1) bei höheren Pegeln zusammen. In der Praxis wird zur Berechnung des IP3 die empirische Formel in Gleichung 4 verwendet, wo PIMD3 die Leistung der Intermodulationsverzerrungen dritter Ordnung ist.

$$IP3_{in} = \frac{3}{2} P_{in} (dBm) - \frac{1}{2} P_{IMD3} (dBm) \quad (4)$$

Der IP3 kann als IP3_{in} oder IP3_{out} ausgedrückt werden. Mischer z.B. verwenden IP3_{in}, Verstärker IP3_{out}. Die Entscheidung, entweder den Ein- oder den Ausgangs-IP3 anzugeben unterliegt im wesentlichen Marketing-Überlegungen und Industrie-Standards. Das Verhältnis zwischen IP3_{out} und IP3_{in} hängt von der Verstärkung des DUT ab. Zu den üblichen Konventionen gehört es, dass die Linearität einer Komponente mit hoher Verstärkung durch ihren Ausgangs-IP3 spezifiziert wird, die einer passiven Komponente, wie z.B. einem Mischer, dagegen durch ihren Input-IP3.

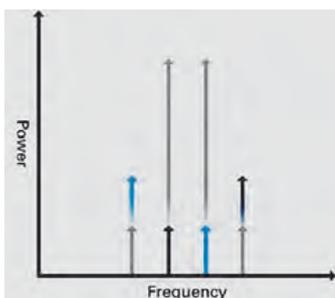


Bild 5: Verzerrung, die durch mangelhafte Quellenentkopplung verursacht wurde.

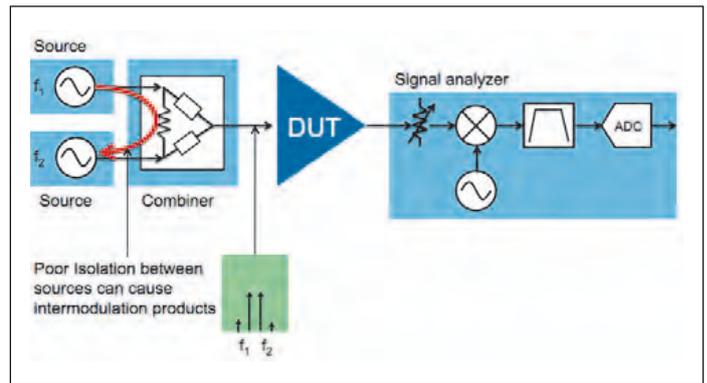


Bild 4: IP3-Messkonfiguration; unerwünschte Übertragungen entstehen durch schlechte Isolation der Quelle

Das Optimieren von IP3-Messungen

Obwohl IP3-Messungen komplexe Instrumentierungs-Konfigurationen erfordern, kann man die Genauigkeit dieser Messungen durch einige einfache, erprobte Regeln sicherstellen. Wird der IP3 gemessen, muss man dafür sorgen, dass die Verzerrungsprodukte sowohl beider Quellen als auch des Signalanalysegeräts bedeutend kleiner als die vom DUT selbst erzeugten Verzerrungsprodukte sind. Je niedriger der inhärente IP3 der tatsächlichen Messkonfiguration ist, um so genauer sind die ermittelten IP3-Werte. Man muss daher sorgfältig darauf achten, eine Signalquelle mit niedrigen Verzerrungen zu verwenden, und die VSA-Einstellungen wie Referenzpegel, Auflösungs-

bandbreite und Dämpfung zu optimieren. Wie Bild 4 zeigt, erfordert die IP3-Messung zwei RF-Signalgeneratoren und einen Leistungscombiner, um einen Zweittonstimulus hoher Qualität zu erzeugen.

Die Entkopplung zur Quelle ist manchmal kritisch für die Durchführung einer genauen IP3-Messung. Wenn man einen Leistungs-Combiner verwendet, muss man auf ausreichende Quellenentkopplung achten, weil sonst Energie aus einer Quelle in die andere Quelle geraten kann, wie Bild 5 zeigt. Diese ausgekoppelte Ton erzeugt AM-Seitenbänder auf der Differenzfrequenz, die auf die gleiche Frequenz fällt wie die Verzerrungsprodukte der Messung.

Ein Möglichkeit zur Verbesserung der Entkopplung besteht

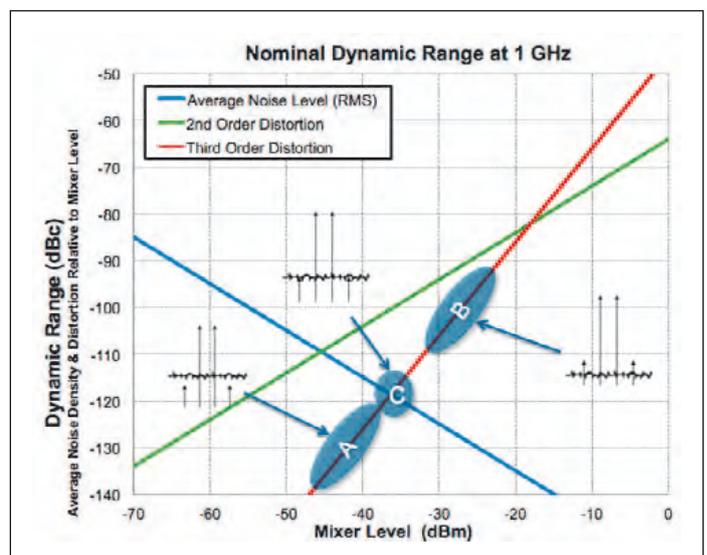


Bild 6: Diagramm des Dynamikbereichs des PX1e-5668 VSA

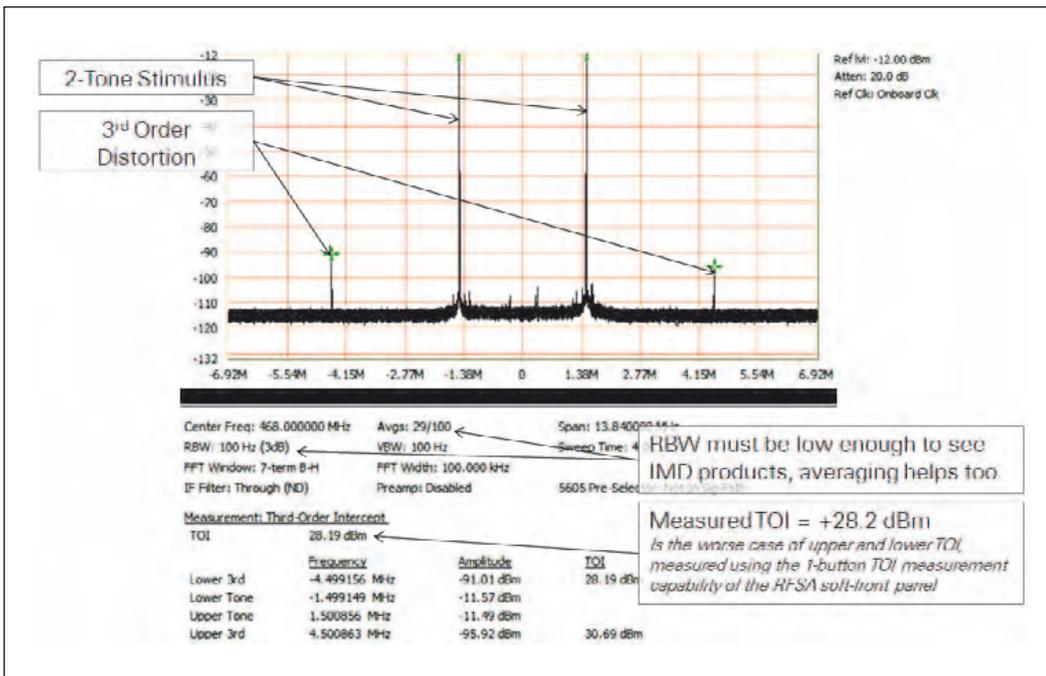


Bild 7: Anatomie einer TOI-Messung unter Verwendung des RFSA Soft Front Panels

darin, Combiner mit der besten Port-zu-Port-Entkopplung zu wählen. Generell bieten reine Widerstands-Combiner nur zwischen 6 und 12 dB Entkopplung, abhängig von der Widerstands-Topologie. Zusätzliche Maßnahmen zur Erhöhung der Isolation, sei es durch Richtkoppler oder Isolatoren, können für bis zu 50 dB Entkopplung sorgen, wenn sie an beiden Ports eingesetzt werden. Koppler haben jedoch oft nur eine Bandbreite von einer Oktave und sind daher

nicht für Breitbandanwendungen geeignet.

Eine weitere Lösung für das Entkopplungsproblem ist die Anordnung von Dämpfungsgliedern an den Ausgängen der beiden Signalgeneratoren. Sie bewirken eine zusätzliche Entkopplung für Signale, die in der entgegengesetzten Richtung laufen. Eine gute Faustregel ist, dass etwa 40 dB Entkopplung erforderlich sind, um IP3-Werte über +25 dBm zu messen. Eine andere

Option besteht darin, einen Verstärker an den Generatorausgängen vorzusehen. Er sorgt nicht nur für die zusätzliche Verstärkung, die für Signale mit hoher Leistung benötigt wird, sondern bietet auch prinzipiell schon eine gute Isolation. Es ist wichtig, dass der Verstärker eine hohe Linearität aufweist, um keine zusätzlichen Verzerrungen in die Messung einzufügen.

Optimierung der VSA-Linearität

Zusätzlich zur ausreichenden Entkopplung zwischen den Quellen des Stimulussignals muss man auch den Vektor-Signalanalysator (VSA) so konfigurieren, dass er mit optimalen Linearitätseinstellungen arbeitet. Wie Bild 6 zeigt, sind das Signal-/Rausch-Verhältnis und die intern erzeugten Verzerrungsprodukte auf den Mischerpegel des VSA bezogen. Üblicherweise wird der Mischerpegel automatisch für den besten Dynamikbereich optimiert, indem man die Eingangs-Dämpfung/Verstärkung einjustiert, wenn der Referenzpegel festgelegt wird. Um manuell den Mischer-Pegel zu justieren, kann man die Dämpfung einstellen, um das gewünschte Verhalten zu erreichen:

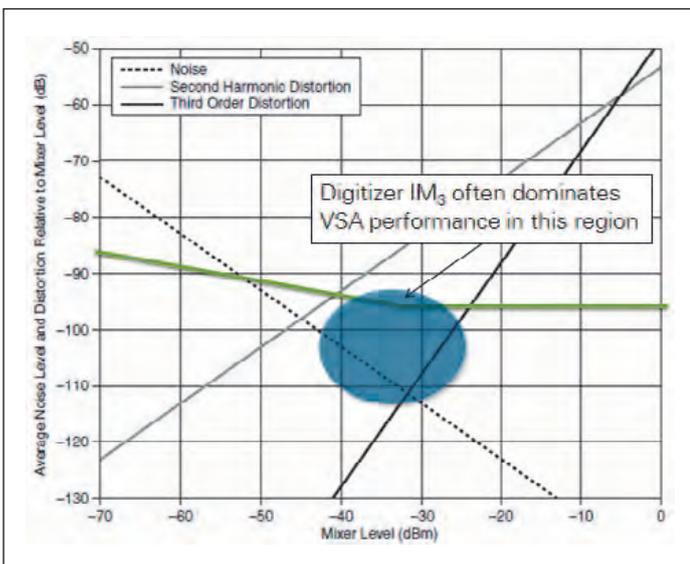


Bild 8: Dynamikbereichs-Diagramm einschließlich ADC-Verzerrung

- Der ideale Einstellpunkt (Punkt C in Bild 6) des VSA liegt dort, wo der Mischerpegel groß genug ist, um den Rauschboden herabzusetzen, aber auch noch klein genug, damit die intern generierten Verzerrungspunkte nicht mit der Messung interferieren.
- Punkt A in Bild 6 zeigt eine Einstellung, wo die Messung durch den VSA-Rauschflur begrenzt wird. Im Grunde genommen ist hier mehr Verstärkung erforderlich, die den Rauschflur ausreichend verringert, um die Intermodulations-töne aufzulösen.
- Punkt B in Bild 6 demonstriert den Fall, dass der Downconverter zu viel Verstärkung hat. Es wird daher mehr Dämpfung benötigt, um die intern generierte VSA-Verzerrung zu reduzieren.

Ein einfache Möglichkeit, um zu bestimmen, ob der VSA zur IP3-Messung beiträgt, besteht darin, die HF-Dämpfung am Eingang zu erhöhen und zu beobachten, ob die Verzerrungen geringer werden. Wenn die Verzerrungsprodukte konstant bleiben, kann man sicher sein, dass sie aus dem DUT stammen. Wenn andererseits die beobachtete Verzerrung abnimmt, ist davon auszugehen, dass die Verzerrung des Signalanalysators durch Senkung des Signalpegels am Mischer reduziert wurde. Mit diesem Verfahren lässt sich die Quelle der Verzerrung ermitteln. Während es wichtig ist, den Referenzpegel und die Dämpfung passend einzustellen, kann man auch den effektiven Rauschflur herabsetzen, in dem man die Auflösungsbandbreite verringert. Bild 7 zeigt eine TOI-Messung, die mit dem RFSA Soft Front Panel durchgeführt wurde.

Gleichung 5 zeigt die Beziehung zwischen Rauschflur, Rauschzahl und Auflösungsbandbreite (RBW) des VSA. Man muss dabei beachten, dass die Messzeit durch Verringerung der RBW zunimmt. VSAs mit inhärent niedrigen Rauschzahlen helfen dabei, den erforderlichen Kompromiss zwischen Mess-

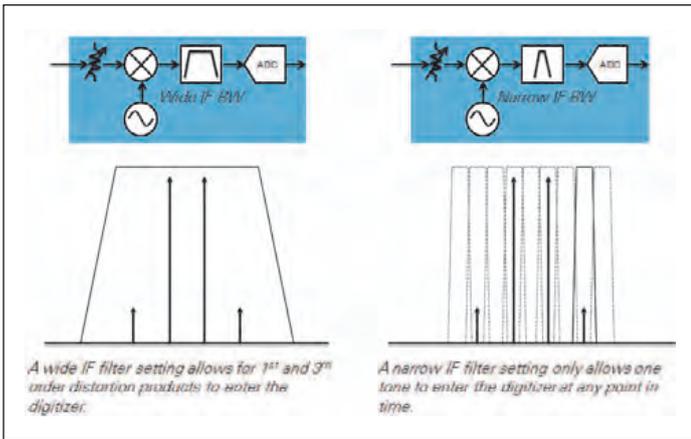


Bild 9: Graphische Repräsentation der ZF-Filter-Einstellungen

genauigkeit und Geschwindigkeit zu minimieren.

$$Noise\ Floor = -174 \frac{dBm}{Hz} + NF_{VSA} + 10 * \log_{10}(RBW) \quad (5)$$

VSA-ZF konditionieren

Eine andere Überlegung beim Einstellen des VSAs ist die optimale ZF-Signalaufbereitung. Normalerweise konfiguriert man die Verstärkung des Analyzers so, dass man eine ZF-Leistung erhält, die leicht unter dem oberen Bereichsende des ADC-Konverters liegt, um Clipping zu vermeiden. Man kann den Rauschflur des Instruments noch verbessern, wenn man eine schmale ZF-Bandbreite wählt und den ZF-Leistungspegel erhöht.

Um dies zu erreichen, muss man die Verzerrungstöne frequenzmäßig so anordnen, dass ihr Abstand die Bandbreite des VSA-ZF-Filters übersteigt.

Durch Herausfiltern des Zweitton-Stimulus reduziert man ebenfalls die intern vom ADC erzeugten Verzerrungsprodukte, was eine genauere IP3-Messung ermöglicht. Bild 8 zeigt ein Dynamikbereichs-Diagramm einschließlich der ADC-Verzerrungen in Abhängigkeit vom VSA-Mischerpegel, während Bild 9 eine graphische Repräsentation dieser Optimierungstechnik darstellt.

Eine andere hilfreiche Technik zur Verbesserung der IP3-Messung besteht im „re-ranging“ der ZF-Verstärkung. Die vorherigen dynamischen Bereichsdiagramme beschreiben eine VSA-Einstellung mit konstanter Referenzebene über die ganze Messspanne. Mit einem schmalen ZF-Filter kann man mehr Verstärkung (niedriger Referenzpegel) beim Messen der IMD3-Töne verwenden, um signifikant den Rauschflur zu verbessern und die inhärenten Verzerrungen zu senken. Da

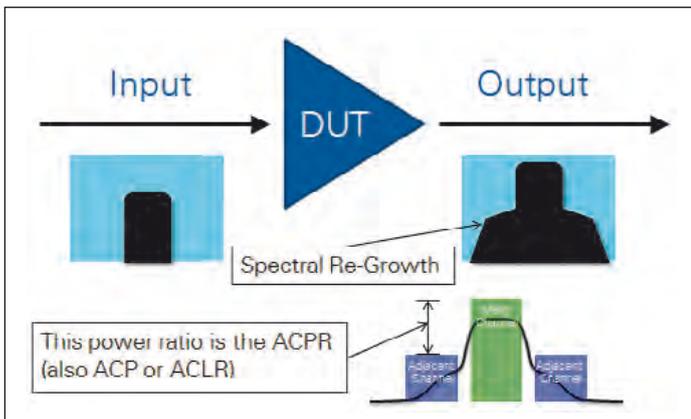


Bild 11: Graphische Darstellung des ACPR

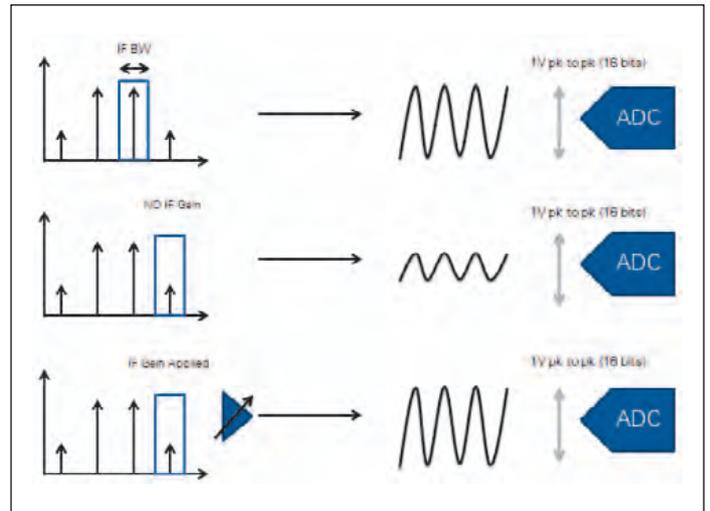


Bild 10: Verlagerung der ZF-Verstärkung, um den Rauschflur zu verbessern und die inhärenten Verzerrungen zu vermindern

die beiden Grundtöne nicht am ADC anliegen, kann die Verstärkung erhöht werden, ohne das Back-end zu übersteuern. Bild 10 verdeutlicht diese „re-ranging“-Technik, wobei der passende Referenzpegel immer noch auf die Grundtöne angewandt wird.

Der IP3 ist eine wichtige Leistungszahl, die von der Industrie verwendet wird, um die Linearität eines DUT zu beschreiben. Bei der Messung des IP3 sind sorgfältige Überlegung der Messkonfiguration, ausreichende Quellen-Entkopplung und optimierte VSA-Einrichtung für

genaue Ergebnisse entscheidend. Die Fähigkeit, eine IP3-Messung zu optimieren ist ein passender Übergang zur Beschreibung der ACPR-Theorie.

Theorie des Nachbar-kanal-Leistungsverhältnisses - ACPR

Das ACPR beschreibt das Verhältnis zwischen der integrierten Leistung im Trägerkanal und der im benachbarten Kanal. ACPR ist das Breitbandäquivalent zum Fall des Dauerstrich-IP3. Bild 11 verdeutlicht diese Spezifikation graphisch. Wenn ein moduliertes Breitbandsignal auf

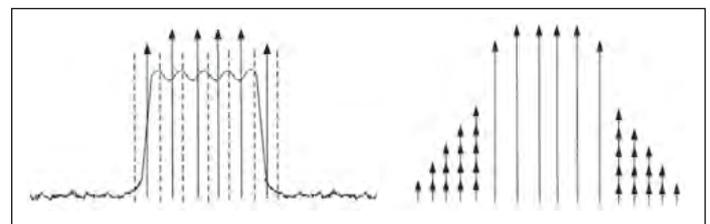


Bild 12: Spektrales Rückwachsen modelliert durch Intermodulations-Töne

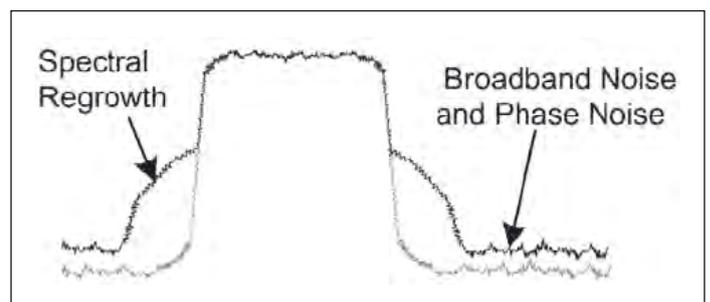


Bild 13: Beiträge des Breitband- und Phasenrauschens zum ACPR

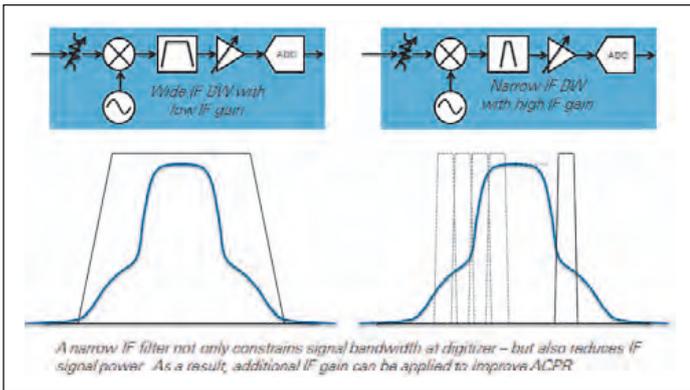


Bild 14: Graphische Darstellung der ACPR-Messung mit schmalen ZF-Filtern

ein nicht-lineares DUT trifft ist, kommt es zu spektralem Rückwachsen. Dieses Rückwachsen hat als Konsequenz die Einstrahlung von Leistung in den Nachbarkanal.

stung der Leistung der Scheibe entspricht. Wie bereits vorher beschrieben, werden die Töne Intermodulationsprodukte mit berechenbaren Frequenzen und Amplituden erzeugen.

Ein Verfahren, um spektrales Rückwachsen in einem schwach-nichtlinearen System zu modellieren, z.B. einem VSA, der weit unterhalb seiner Verstärkungs-Kompressionsgrenze arbeitet, besteht darin, das digital modulierte Signal in kleine, aber gleiche Frequenzscheibchen zu unterteilen. Jede Scheibe repräsentiert jetzt praktisch ein CW-Signal, dessen Durchschnittslei-

Mit Hilfe des CW-IP3-Verhaltens kann man das spektrale Rückwachsen dadurch modellieren, dass man die Amplituden als Spannungen addiert (unter der Voraussetzung, dass die Phasen der einzelnen Anteile gleich sind). Um die Modellgenauigkeit zu steigern, kann man die Bandbreite der einzelnen Frequenzscheibchen noch schmaler machen, was die Anzahl

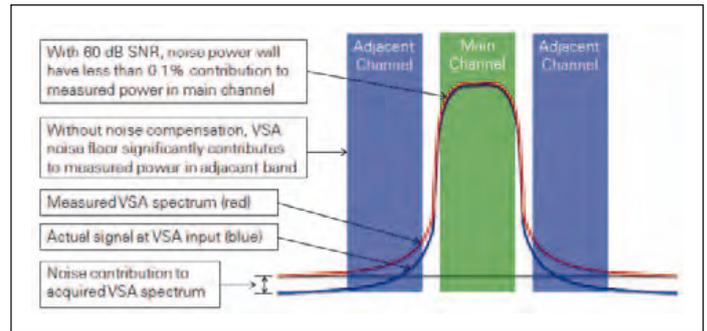


Bild 15: Graphische Darstellung der Rauschkorrektur

der CW-Töne erhöht. Primär handelt es sich meist um Intermodulation dritter Ordnung, aber auch Produkte fünfter und siebenter Ordnung können das ACPR beeinflussen. Bild 12 zeigt das modellierte, spektrale Rückwachsen als ein diskretes Spektrum von CW-Signalen an.

haben moderne Hochleistungs-signalgeneratoren und Analyser normalerweise ein Phasen-rauschverhalten, das deutlich besser ist, als es für die Messung des ACPR benötigt wird.

Das Optimieren von ACPR-Messungen

Diese Überlegung verdeutlicht, dass die Linearität eines Geräts oder eines Systems die ACPR-Leistung direkt beeinflusst. Wie Bild 13 zeigt sind Breitband- und Phasenrauschen weitere Einflussfaktoren..

Ähnlich wie bei der IP3-Messung spielt die ZF-Filterung eine kritische Rolle beim Verbessern der ACPR-Messung. Obwohl die Quelle ein digital modulierte Breitbandsignal ist, kann man durch Verringerung der ZF-Filterbandbreite und Erhöhung der ZF-Verstärkung bessere ACPR-Ergebnisse erzielen. Die RFSA-Software erfasst die Daten bei Multispan-FFT-Messungen

Obwohl Faktoren wie Phasen-rauschen die ACPR-Spezifikationen eines Messinstruments (z.B. eines Signal-Analyzers) theoretisch eingrenzen können,



Bild 16: PXIe 5668R bei der Messung des ASCPR eines WCDMA-Signals mit 100 MHz breitem IF-Filter und ausgeschalteter Rauschkorrektur



Bild 17: WCDMA-ACPR-Messung mit dem PXIe 5668R, bei der ADC-Verzerrungen zu sehen sind.

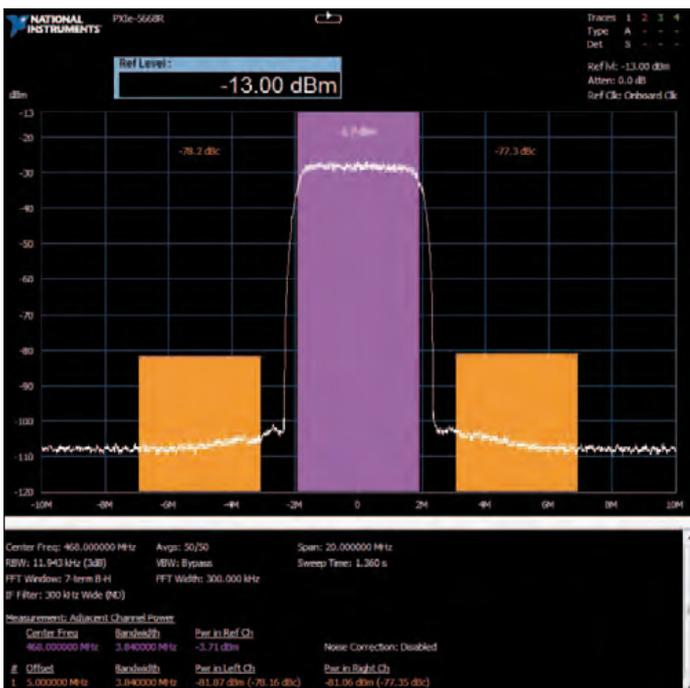


Bild 18: WDCMA-ACPR-Messung mit dem PXIe 5668 R; verwendet wird ein 300 kHz breites ZF-Filter, die Rauschkorrektur ist abgeschaltet

Bild 19: PXIe 5668R-WCDMA-ACPR-Messung mit 300 kHz ZF-Bandbreite und aktivierter Rauschkorrektur

und fügt die Teilspektren aneinander. Wie zuvor ist der Preis, den man für eine Verringerung der ZF-Bandbreite zahlen muss, die Verringerung der Messgeschwindigkeit. Bild 14 demonstriert diese Technik graphisch.

Eine andere Technik zur Steigerung der ACPR-Messleistung des VSAs ist die Rauschkorrektur. Wenn der VSA für Rauschkorrektur konfiguriert wird, misst er zuerst seinen internen Rauschflur und legt diesen Wert in einem Speicher ab. Er subtrahiert dann die zwischengespeicherte „Rauschleistung“ von den resultierenden Spektrumsmessungen, um den Rauschflur des tatsächlichen Signals genauer wiederzugeben. Mit Hilfe dieser Korrektur, kann man das inhärente ACPR des VSA um mehr als 7 dB reduzieren. Beachten Sie, dass zusätzliche Messzeit

für die mathematische Verarbeitung erforderlich ist, um den eigenen VSA-Rauschflur zu messen und zu subtrahieren. Bild 15 zeigt sowohl das inhärente VSA-Rauschen als auch das tatsächliche Rauschen am VSA-Eingang.

Das Modulationssignal ist rauschähnlich, so dass sich die spektrale Leistungsdichte sowohl des Signals als auch des Rauschens um den gleichen Betrag als Funktion der RBW-Einstellung ändert. Deshalb ist das SNR unabhängig von der RBW-Einstellung. Durch Vermindern der RBW nimmt die Hauptkanalleistung proportional mit dem Nachbarkanalrauschen ab. Die ACPR-Messfähigkeit eines VSAs liegt dadurch in der Größenordnung des dynamischen Empfängerbereichs. Die besten

VSAs können ACPR-Werte oberhalb von 80 dB messen.

Bild 16 zeigt den PXIe 5668 R mit dem RFSA-Front-Panel bei der Messung des ACPR eines WCDMA-Signals, ohne schmale Filter und ohne Rauschkorrektur. Der Hauptkanal ist bei 468 MHz mit einer Kanalbandbreite von 3,84 MHz zentriert.

Durch Verringern des Referenzpegels steigt die ACPR-Messleistung des VSAs, wenn die Signalmessung rauschbegrenzt ist. Ab einem gewissen Punkt führt jedoch die vom VSA erzeugte Verzerrung zu spektralem Rückwachsen, wie Bild 17 zeigt.

Bild 18 zeigt den PXIe 5668 R mit dem RFSA Soft-Panel bei der Messung des ACPR eines WCDMA-Signals mit dem schmalen, 300-kHz-ZF-Filter und ohne Rauschkorrektur.

Durch Verringern der Bandbreite des analogen ZF-Filters kann man die ZF-Verstärkung durch Senkung des Referenzpegels erhöhen, um die ACPR-Messung zu verbessern.

Bild 19 zeigt den PXIe 5668 R mit dem RFSA-Soft-Front-Panel bei der Messung des ACPR eines WCDMA-Signals mit dem schmalen 300-kHz-Filter und aktivierter Rauschkorrektur. Da der Empfänger immer noch rauschbegrenzt ist, kann man die Rauschkorrektur jetzt aktivieren, um das Rauschen der Quelle zu zeigen.

Entsprechend der Theorie nahm die Messleistung mit einem schmalen ZF-Filter und eingeschalteter Rauschkorrektur zu. Tabelle 1 fasst die ACPR-WCDMA-Messmöglichkeiten des PXIe 5668 R mit Hilfe des RFSA Soft Front Panels bei 468 MHz zusammen.

Da sich die Geräte und ihre Möglichkeiten ständig weiterentwickeln wird es immer schwieriger, ihr Linearitätsverhalten zu messen. Daher ist es erforderlich, Spitzengeräte einzusetzen, um diese sensiblen aber wichtigen Spezifikationen auch künftig messen zu können.

IF Filter BW	Noise Correction	ACPR (dBc)
100 MHz	Disabled	-75.0
300 kHz	Disabled	-77.4
300 kHz	Enabled	-84.6

Tabelle 1: Zusammenfassung der ACPR-WCDMA-Messfähigkeiten des PXIe 5668 R bei Verwendung des RFSA Soft Front Panels

Leistungsmessung von TDMA-Signalen



Bild 1: GSM-Signal mit 8 Time-Slots aktiv

Eine häufig gestellte Frage bei der Bewertung von TDMA-Systemen betrifft die Genauigkeit oder Aussagekraft von True-Average- (bzw. True-RMS-) Leistungsmessungen. Die Lösung liegt in der Natur des Signals begründet, da die Messung der mittleren Leistung bei stark zeitlich variierenden Signalen kein geeignetes Verfahren ist.

Time-Division Multiple Access (TDMA) Verfahren sind heutzutage in vielen Kommunikationssystemen im Einsatz. Sie übertragen mehrere Datenströme, in dem sie diese in einem Zeitschlitz-Verfahren codieren, so dass das resultierende Signal eine Folge von gepulsten, sich wiederholenden Datenströmen in definierten Abständen ist. Der Vorteil dieses Verfahrens ist, dass der HF-Verstärker keine hohen Pegelspitzen aufgrund von Über-

lagerungen verarbeiten muss. Der Pegelverlauf bleibt zeitlich weitgehend konstant innerhalb eines Zeitschlitzes.

Bild 1 zeigt ein Beispiel eines GSM-(TDMA-) Signals, wie es mit einem Laborgerät (Boonton 4500B) aufgezeichnet wurde. Hier sind alle 8 TDMA-Time-Slots aktiv und übertragen Informationen, der Pegelverlauf ist nahezu kontinuierlich (> 98% Duty Cycle). Eine True-Average-Leistungsmessung würde einen Wert sehr nahe an der Puls-Leistung liefern.

Bild 2 zeigt dasselbe GSM-System, während nur in zwei Zeitschlitzten Daten übertragen werden. Während in den beiden Zeitschlitzten dieselbe mittlere Leistung gemessen wird, fällt sie für die restlichen Zeitschlitzte „ins Rauschen“ ab. Bei einer True-Average-Messung (also über viele Time-Slots hinweg) ergibt sich also nur etwa 24% der zu erwartenden Leistung. Das scheint auf einen Defekt entweder des Verstärkers oder des Powermeters hinzuweisen.

Es bieten sich nun drei Vorgehensweisen an, um eine brauchbare Aussage zu erhalten:

A) Hochrechnen der True-Average-Messung: Dies ist nur

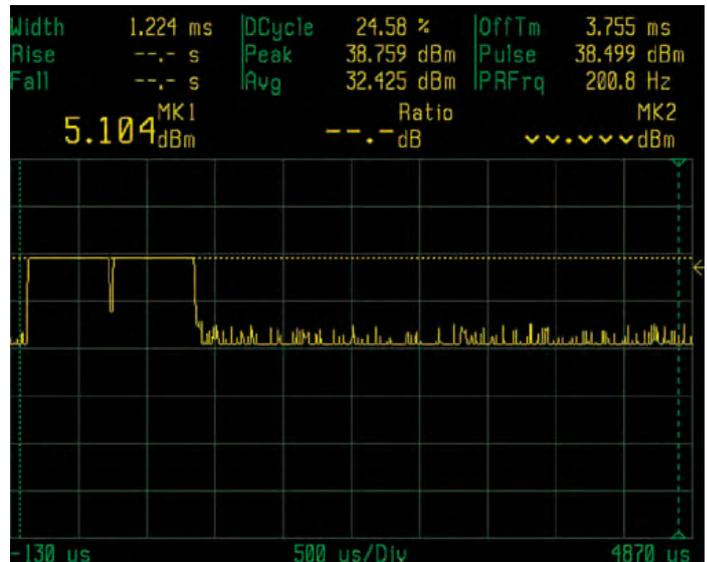


Bild 2: GSM Signal mit nur 2 Time-Slots

praktikabel unter „Labor-Bedingungen“, d.h. genauer Kenntnis der aktuellen Systembedingungen (Zahl der On/Off-Timeslots). Im realen Betrieb etwa einer Basisstation können aufgrund der schwankenden Pegel keine vernünftigen Rückschlüsse auf den Zustand des Systems gemacht werden.

B) Messung der Peak-Envelope-Leistung: Da das TDMA-Signal aus zeitlich separierten Bursts besteht, ist die gemittelte Peak-Leistung weitgehend konstant und unabhängig von der Zahl der aktiven Slots. Allerdings gehen feinere Details des zeitlichen Verlaufs verloren.

C) Messung der Burst-Average-Leistung und des Tast-Verhältnisses: Für den realen Einsatz ist die Verbindung von Duty-Cycle- und Burst-Power-Messung die beste Lösung. Burst-Power erlaubt es, den Zustand des Verstärkers zu prüfen, und die Bestimmung des Tast-Verhältnisses gibt Rückschlüsse auf fehlerhaftes Timing der Slots.

Für Letztere eignen sich insbesondere die Wideband Power Sensors der 50XXD-Serie von

Bird Technologies. Diese Thru-Line-Sensoren messen True-RMS-Power, Peak-Power und Duty-Cycle und errechnen daraus weitere Parameter wie Crest-Faktor, Peak-Envelope-Power und Average Burst-Power. Daneben können weitere Eigenschaften wie VSWR, Rückflussdämpfung und statistische Werte wie CCDF (Complementary Cumulative Distribution Function) ermittelt werden.

Birds WPS Thru-Line-Sensoren werden direkt in den Signalweg eingebracht und erlauben daher die Untersuchung unter Live-Bedingungen (äußerst geringe Einfügedämpfung, d.h. keine Beeinflussung des untersuchten Systems). Die Anzeige erfolgt per Laptop, mit Android-App oder auf den portablen Signal-Hawk Analyzern von Bird Technologies. Verschiedene Modelle nach Frequenzbereich und Leistung stehen zur Auswahl.

Dieser Anwendungsbericht beruht auf der Application Note „Measuring TDMA-Signals“ von Bird Technologies (www.birdrf.com), Übersetzung und Ergänzungen durch Achim Baier (Tactron Elektronik).

■ Tactron Elektronik
www.tactron.de



Bild 3: Thru-Line Power Sensor



New

0.5-8GHz

Ultra-Wideband Low Noise Amplifiers

Geringes Rauschen, hoher Dynamikbereich, hohe Ausgangsleistung und konstante Verstärkung zwischen 500 MHz und 8 GHz – das leistet jedes Modell unserer neuen Verstärker!

Die Anwendung ist denkbar einfach: Eine kleine Induktivität an Ein- und Ausgang genügt als Außenbeschaltung. Diese Verstärker sind optimal für empfindliche Empfänger mit hohem Dynamikbereich, Messanwendungen, Wehrtechnik, LTE, WiFi, S- und C-Band-Radar, Satcom und mehr. Sie arbeiten an einfachen 5 V und haben ein 3 x 3 mm messendes MCLP-Gehäuse, das sich bestens verarbeiten lässt.

Wir liefern die neuen Verstärker sofort in großen Stückzahlen. Mehr erfahren Sie auf www.minicircuits.com. Bestellen Sie noch heute!

Only \$6⁹⁵
(qty. 1000)

FEATURES

- Low Noise Figure, 1.3 dB*
- High Gain, 21 dB*
- Excellent Gain Flatness, ±0.7 dB†*
- High IP3, +35 dBm*
- High Pout, +23.2 dBm*
- Tiny Size, 3x3 mm* 



www.minicircuits.com P.O. Box 350166, Brooklyn, NY 11235-0003 (718) 934-4500 sales@minicircuits.com

541 revA

DISTRIBUTORS

IE INDUSTRIAL ELECTRONICS GMBH
D-65719 Hofheim-Wallau, Germany
Tel. +49-6122-72660-0 Fax +49-6122-72660-29
www.ie4u.de
anfrage@ie4u.de

Mini-Circuits Europe

Registered in England No 1419461
Wharf Road, Firmley Green Camberley, Surrey GU16 6LF, England
Tel 0044-1252-832600 Fax 0044-1252-837010

municom®

D-83278 Traunstein, Germany
Tel. 0049-861-16677-0 Fax 0049-861-16677-88
info@municom.de www.municom.de

Neue, leistungsfähigere Radartechnik treibt die Entwicklung der Mikrowellen-Testgeräteausstattung voran

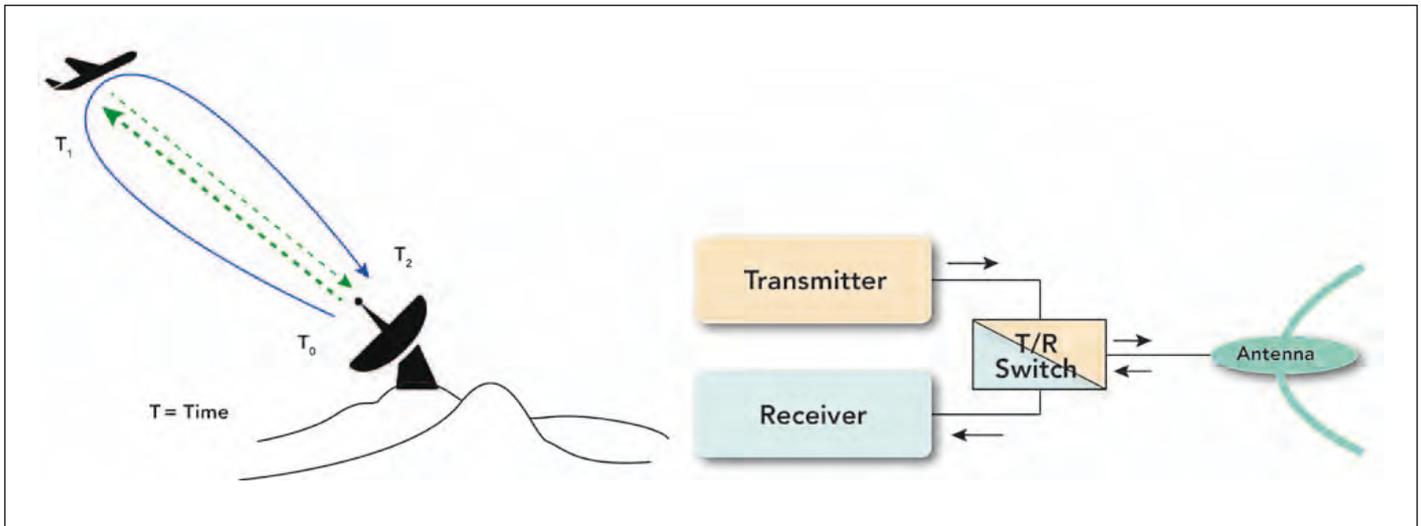


Bild 1: Radar ist eine bewährte Methode zum Messen von Bewegungsrichtung und -Geschwindigkeit von Flugobjekten

Das Grundprinzip zum Betrieb eines Radars (Kurzwort für "radio detection and ranging") basiert auf der These der Ausbreitung elektromagnetischer Wellen. In einem Radarsystem wird eine bekannte Welle in eine bekannte Richtung übertragen. Wenn sie auf ein Ziel auftrifft, wird die Welle zu einem am Ursprung befindlichen Empfänger reflektiert, wo sie erfasst und analysiert wird.

Bereits im Zweiten Weltkrieg wurde diese Basistechnologie genutzt, um Informationen einzuholen, wie etwa zu Richtung, Höhe, Entfernung, Flugbahn und Geschwindigkeit beweglicher Objekte, wie beispielsweise von Flugzeugen und Schiffen (siehe Bild 1).

Fortschritte in der Technologie und Leistung bestimmter Schaltelemente in einem Radarsystem,

wie beispielsweise schnellere, präzisere Analog-Digital-Konverter (ADCs) sowie Digitalsignal-Prozessoren, mit denen ein höherer Datendurchsatz möglich ist, haben heute neue und ausgeklügelte Anwendungen in Branchen, wie der Automobilindustrie und der Rüstungselektronik, möglich gemacht.

Entwickler und Anwender von Radarkomponenten und -systemen müssen daher Bauteile testen und charakterisieren, die mit neuen, höheren Frequenzen und Geschwindigkeiten arbeiten. Dieses stellt neue Anforderungen an Arten und Spezifikationen der von ihnen verwendeten Messgeräte.

Dieser Artikel erläutert, wie das Grundprinzip eines Radars die Parameter für die Tests bestimmt, die die Ingenieure und Techniker durchzuführen haben. Zudem zeigt er, wie sich die Testgeräteausstattung entwickelt, um die neue Radartechnik von morgen, die viel leistungsfähiger ist, bewältigen zu können.

Wie Radarberechnungen vorgenommen werden

Es können entweder Berechnungen zur Stärke des Empfangssignals oder zur Entfernung (oder Reichweite) zwischen Sender und Ziel vorgenommen werden. Diese Berechnungen erfolgen durch das Lösen bestimmter Parameter der Radargleichung:

$$P_r = P_t \frac{G_t G_r \lambda^2 \sigma}{(4\pi)^3 R_t^2 R_r^2}$$

oder

$$R_{\max} = \sqrt{\frac{P_t \cdot G^2 \cdot \lambda^2 \cdot \sigma}{P_{r_{\min}} \cdot (4\pi)^3 \cdot L_{ges}}}$$

wobei gilt:

- P = Empfangsleistung
- P_t = Sendeleistung
- G_t = Gewinn der Sendeantenne
- G_r = Gewinn der Empfangsantenne
- λ = Wellenlänge der Trägerfrequenz
- σ = effektive Reflexionsfläche (RCS),

- R_t = Entfernung Sendeantenne – reflektierendes Objekt
- R_r = Entfernung reflektierendes Objekt – Empfangsantenne

Ein Radargerät sendet elektromagnetische Wellen gebündelt als sogenanntes Primärsignal aus, empfängt die von Objekten reflektierten „Echos“ als Sekundärsignal und wertet sie nach verschiedenen Kriterien aus. So können Informationen über die Objekte gewonnen werden. Meist handelt es sich um eine Ortung (Bestimmung von Entfernung und Winkel). Es gibt, je nach Einsatzzweck, unterschiedliche Radarprinzipien wie das Wetterradar, das harmonische Radar und das Überhorizonradar.

Bei den von Radarsendern genutzten hohen Frequenzen sind die Signale in der Lage Nebel und Wolken zu durchdringen und aus vielen Kilometern Entfernung Reflexionen zu empfangen, vorausgesetzt, das System weist einen ausreichend hohen Wert P_t auf. Aus diesem Grund kommt die Radartechnik in so breitem Maße in Anwen-

Rohan Sood
Field Applications Engineer
Anritsu (Naher Osten und Afrika)

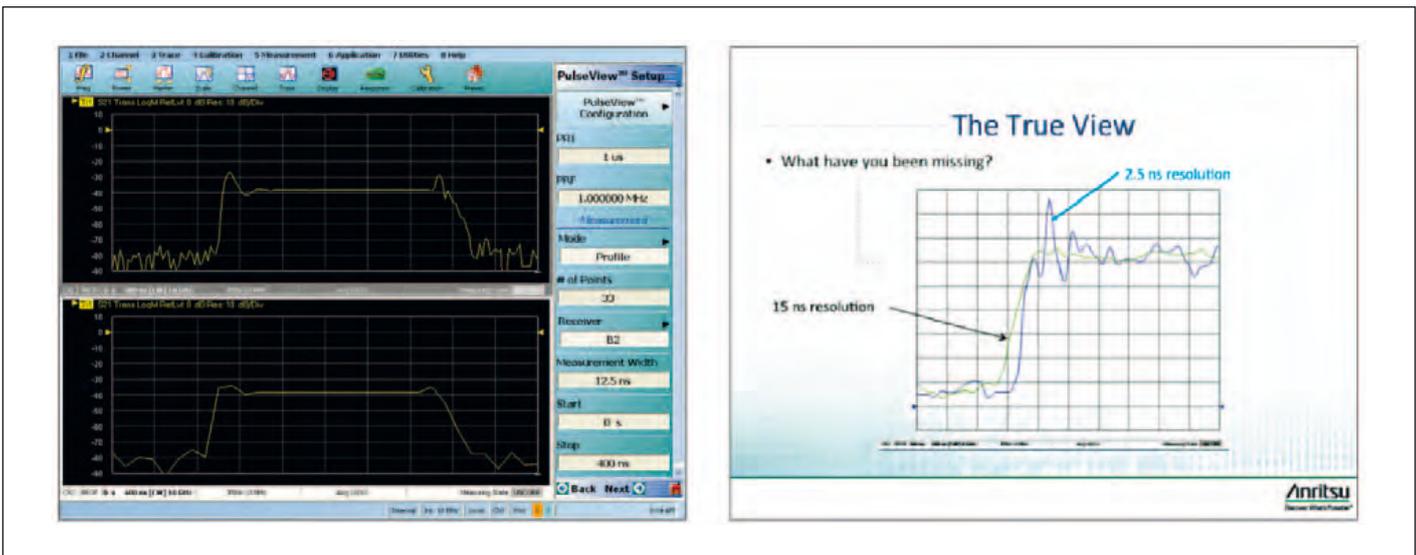


Bild 2: VectorStar mit der PulseView-Option ermöglicht Pulsmessungen bis zu einer Zeitauflösung von 2,5 ns. Im o.a. Beispiel ist eine Auflösung von 12,5 ns unzureichend, um die Überschwinger am Pulsanfang und Ende zu visualisieren.

dungen, wie z. B. zu Überwachungszwecken im Rüstungsbe-
reich, in der Meteorologie und
für die Navigation zu Land, zu
Wasser und zu Luft zum Einsatz.

Diese Anwendungen sind bereits
Jahrzehnte alt. In der Gegen-
wart hat die Radartechnik neue
Anwendungsbereiche in der
Automobilbranche beim Einsatz
in Kollisionsvermeidungssyste-
men und in anderen Formen von
modernen Fahrerassistenzsystem-
en, auch als Advanced Driver
Assistance Systems (ADAS) be-
kannt, erobert. Beispielsweise
sind Radarsysteme, die bei ca.
77 GHz betrieben werden, in der
Lage, Objekte zu erkennen und
nachzuverfolgen, die sich vor
einem Fahrzeug, seitlich davon
oder hinter einem Fahrzeug
befinden, sowie bei einer dro-
henden Kollision Warnsignale
an den Fahrer auszulösen.

Im Bereich Rüstungselektronik
war die Radartechnik für lange
Zeit die Hauptstütze von Früh-
warnsystemen zur Erkennung
herannahender feindlicher Flug-
zeuge und Raketen.

Ein weiteres Anwendungsge-
biet der Radartechnik im Rüs-
tungssektor ist das Bodenradar
(GPR, Ground Penetrating
Radar). Ein Bodenradar, auch
Georadar, engl. Ground Pen-
etrating Radar (GPR) oder Radio
Echo Sounding (RES), erlaubt

eine zerstörungsfreie Charakte-
risierung des Untergrundes mit
hochfrequenten elektromagne-
tischen Wellen.

In der Geophysik dient es im
Wesentlichen zur Untersuchung
der oberen Schichten der Erd-
kruste. Das besondere Merkmal
eines GPRs besteht darin, dass
seine Signale nicht vollständig
vom Boden absorbiert werden:

Bodenradare können daher zum
Aufspüren von unter der Boden-
oberfläche verborgenen Land-
minen genutzt werden – eine
lebensrettende Technologie bei
und nach militärischen Ause-
inandersetzungen. Die GPR-
Technologie wird außerdem bei
der Suche nach Erdöl und von
anderen Rohstoffindustrien oder
in der Archäologie eingesetzt.

Interessanterweise ist die
moderne Radartechnik von heute
auch ausschlaggebend für die
Genauigkeit und Detailliertheit
von Wettervorhersagen. Radare
können Größe, Menge, Aggre-
gatzustand (fest als Hagel oder
Schnee, flüssig als Regen) und
Form von Wasserteilchen in
Wolken vermessen. Heute sind
Wissenschaftler mit Radartechnik
in der Lage Windgeschwindig-
keiten in Tornados exakt zu
messen.

Neue, höhere Frequenzen von Radarsignalen

Während die grundlegende
Radartechnik vor vielen
Jahrzehnten erstmalig angewen-
det wurde, nutzen die moder-
nen Systeme von heute sehr
viel höhere Betriebsfrequenzen,
um mehr Bandbreite zu gewin-
nen. Diese Schritte waren erfor-
derlich, da die Entwickler die
Funktionen von Radarsystemen
ständig erweitern, um mit den
immer komplexeren Signalfor-
maten und Modulationsverfah-
ren Schritt halten zu können.

In diesen Systemen sorgen
neue, schnellere Analog-Digita-
l-Umsetzer für die Umwand-
lung von Analogsignalen in den
Digitalbereich und ermöglichen
damit die Echtzeitanalyse von
eintreffenden Daten. Gleichzeit-
ig sind Gruppenstrahler immer
komplexer geworden, und Bau-
gruppen, wie z. B. Filter, sind
schärfer als jemals zuvor.

Die höheren Betriebsgeschwin-
digkeiten und -frequenzen heu-
tiger Radarsysteme stellen neue
Anforderungen an die von Inge-
nieuren und Technikern verwen-
deten Messgeräte zur Charak-
terisierung von Radarbauteilen
und zum Testen von Radarsyste-
men. Mikrowellen-Messgeräte
für Radaranwendungen müs-

sen daher höhere Frequenzen
und größere Bandbreiten unter-
stützen sowie über ein verbes-
sertes Grundrauschen verfügen,
damit sie Messergebnisse mit
der Genauigkeit und Präzision
liefern, wie sie von Anwendern
gefordert wird.

Arten der Radarmessung

Bevor ein Radar im Feld einge-
setzt wird, sind auf vielen Ebe-
nen Testarbeiten durchzuführen:
Der Subsystem-, der Prototyp-
und der Endfertigungsbereich
werden verschiedenartigen
Leistungstests unterzogen.

Generell gibt es vier Testarten,
die ein Messgerät für Radartechni-
ker beherrschen muss:

- 1) Bauteilcharakterisierung
- 2) Antennenmessungen
- 3) Messungen des Radarrück-
strahlquerschnitts (RCS,
Radar-Cross-Section)
- 4) Leistungs- und Spektral-
analyse

1) Bauteilcharakterisie- rung

Das sorgfältige Prüfen aller HF-
Bauelemente in der Radaranlage
ist unabdingbar. Die exakte Cha-
rakterisierung einzelner Bau-
teile, wie z. B. Filter, Duplexer,
Dämpfungsglieder und Verstär-

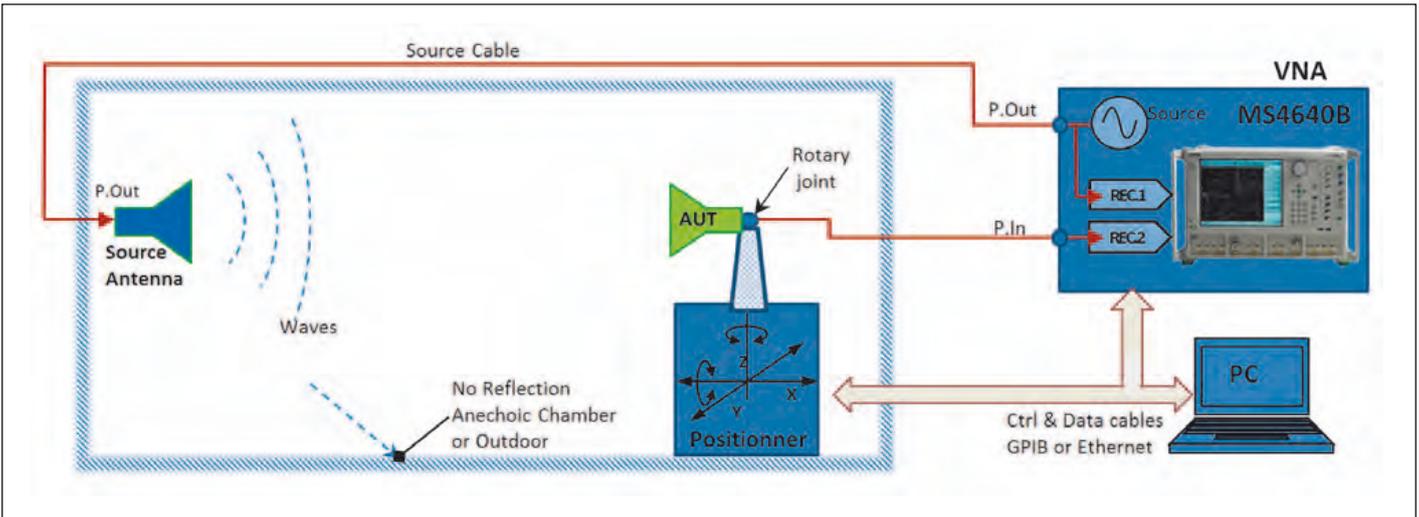


Bild 3: Typischer Messaufbau für Antennenmessungen

ker stellt sicher, dass keine unerwarteten Verluste auftreten, die die Systemleistung schwächen könnten.

Ein üblicherweise bei der Bauteilcharakterisierung angewandeter Test ist das Messen der S-Parameter (Streuparameter), womit die linearen Effekte der Bauteile im Signalpfad gut abgebildet werden. Mit Hilfe der S-Parameter kann ein Messtechniker Gewinn/Verlust, Gruppenlaufzeit, die Rauschzahl und die Phasen- und Amplitudengenauigkeit von Mikrowellenbauteilen messen.

Ein Vektornetzwerkanalysator (VNA) ist das am besten geeignete Messgerät zur Durchführung von S-Parameter-Messungen. Es handelt sich im Grunde genommen um einen gut synchronisierten Sender und Empfänger in einem kompakten

Gehäuse. Ein moderner VNA, wie etwa der „VectorStar“ von Anritsu, ist in der Lage, Bauteile unter Verwendung sowohl von unmodulierten als auch gepulsten Eingangssignalen zu charakterisieren. Impulsmessungen sind eine besonders wichtige Anforderung in Radarsystemen, die üblicherweise mittels Übertragung kurzer, leistungsstarker Impulse funktionieren. Der VectorStar VNA kann außerdem mit dem SM6609 Empfänger Noise Figure Messungen im Frequenzbereich von 54 bis 125 GHz durchführen. Dieses Feature ist einzigartig im Markt und prädestiniert ihn damit für Messungen an Millimeterwellen-Radargeräten.

2) Antennenmessungen

Antennen sind eine wichtige Baugruppe innerhalb moderner

Radarsysteme: Ihre Leistung wirkt sich direkt auf Geschwindigkeit und Genauigkeit der Leistung eines Radarsystems aus.

Zwei gängige Konfigurationen für Antennenmessungen sind Nahfeld- und Fernfeldmessungen. Die Parameter für diese Messungen umfassen die Polarisation (Horizontal, Vertikal und Kreuzpolarisation), Haupt- und Nebenkeulen, Frequenz- und Phasengang, Anpassung (Return Loss, VSWR) und Antennengewinn (Gain). Häufig werden Gain- und Phasenmessungen in Bezug auf eine Referenzantenne durchgeführt, wobei während der Messung die Winkellage der zu messenden Antenne verändert wird.

Das gleiche Messgerät – der VNA –, das für die Bauteilcharakterisierung eingesetzt wird, eignet sich auch für umfassende

Antennentests. Der Frequenzbereich der zu messenden Antenne und die durch Antennenpattern ableitbaren Dynamikanforderungen bestimmen die Spezifikationen, die der VNA erfüllen, oder übertreffen muss.

Entweder kann der Stimulusgenerator des VNAs direkt genutzt werden, oder aber bei hohen Kabeldämpfungen durch einen getriggerten externen HF-Signalgenerator ersetzt werden. Ein Beispiel dafür ist der Synthesizer MG3690C von Anritsu.

3) RCS-Messungen

Der Radarquerschnitt (RCS) gibt an, wie groß die Reflexion eines Gegenstandes zurück in Richtung der Quelle einer Funkwelle (Radar) ist. Er gibt die Größe einer isotrop reflektierenden Fläche an, die ein gleich hohes Radarecho wie der Gegenstand liefert. Der Radarquerschnitt ist abhängig von der Form des Gegenstandes, der Materialbeschaffenheit sowie von Wellenlänge, Einfallswinkel und Ausfallswinkel der Strahlung. Mit anderen Worten: er ist ein Maß für das Verhältnis von Rückstreuungsenergie je Steradian (vom Ziel zum Radarempfänger) zur vom Ziel aufgefängenen Leistungsdichte.

Für RCS-Messungen sind präzise Zeitbereichsmessungen (Time Domain Option) unabhängig. Mit der sog. Frequency Gated by Time-Funktion (FGT)

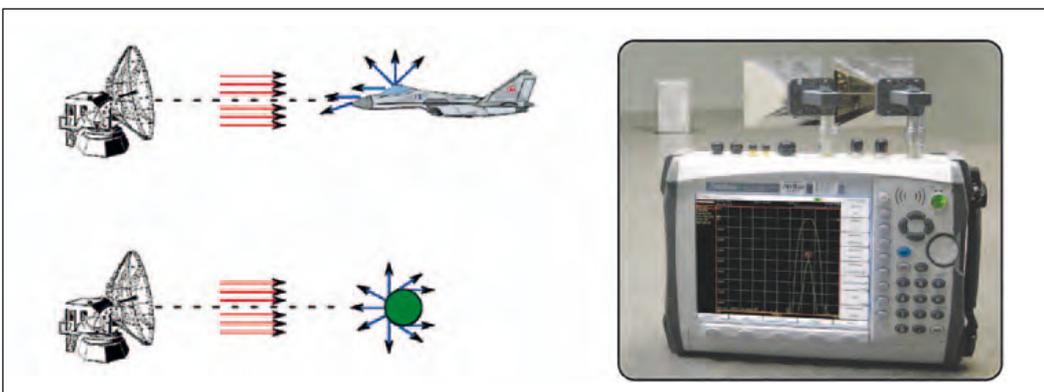


Bild 4: Bei Verwendung eines Handheld-VNA können RCS-Messungen im Feld durchgeführt werden



Bild 5: Phasenrauschen im Frequenzabweichungsbereich 10 Hz bis 10 MHz.



Bild 6: Average In-Burst Power Messung eines Radarpulses

kann Clutter, d.h. unerwünschte Mehrfachreflexionen jenseits der Alias Free Range [AFR = 1/2 * (c0 * (N-1)/Sweepbandbreite)] ausgeblendet werden.

Das Messen mit FGT bietet die Möglichkeit, selektiv Antworten in einer bestimmten Zeit zu entfernen oder einzubehalten. Die verbleibenden Zeitbereichsantworten können in den Frequenzbereich zurücktransformiert werden, mit dem Effekt, dass die „herausgefilterten“ Antworten entfernt werden. Dieser Prozess ist unter dem Begriff „FREQUENCY GATED BY TIME“ (FGT) bekannt. Mittels FGT können Bestandteile, Impedanz-Diskontinuitäten oder Lei-tungsstörungen im Zeitbereich herausgefiltert werden, die räumlich getrennt sind. Aufgrund der unterschiedlichen Abstände zur Referenzebene des VNA kommen die dazugehörigen Reflexionen am Testport zu unterschiedlichen Zeiten an und können daher getrennt voneinander im Zeitbereich gemessen werden. Bei S21-Transmissionsmessungen können damit Signalteile auf dem direktem Übertragungspfad von mehrfach reflektierten Übertragungen oder Signalbestandteilen mit unterschiedlichen Ausbreitungsgeschwindigkeiten getrennt werden

RCS sind Vergleichsmessungen einer bekannten Geometrie mit

dem zu messenden Objekt. Hierbei wird der Betrag der Transmissionsmessung genutzt |S21|. Zur Berechnung des Radarstreuquerschnitts des Ziels kann somit die folgende Beziehung verwendet werden:

$$\frac{P_{1gt}}{P_{Std}} = \frac{\sigma_{1gt}}{\sigma_{Std}} = 10^{\frac{S21_{Tgt} - S21_{Std}}{10}}$$

und

$$\sigma_{1gt} = \sigma_{Std} \cdot 10^{\frac{S21_{Tgt} - S21_{Std}}{10}}$$

RCS Messungen sind normalerweise extrem zeitaufwändig und durch die verwendeten Technik sehr teuer. Jedoch können auch mit Handheld-VNAs der VNA Master Serie diese Art von Messungen und Feldbedingungen an Objekten durchgeführt werden (s.a. Bild 4).

4) Leistungs- und Spektralanalyse

Moderne Spektrum-/Signalanalysatoren sind in der Lage, Frequenz, Phasenrauschen und Jitter von Bauteilen, wie z. B. Oszillatoren, die für Radarsysteme unverzichtbar sind, zu messen.

Während Frequenzzähler lange Zeit die Norm für exakte Frequenzmessungen waren, bieten Spektrumanalysatoren den Vorteil, dass bei Anliegen mehrerer Signale eine bestimmte zu messende Fre-

quenz gewählt werden kann. Auf vielen Spektrumanalysatoren basiert die Genauigkeit beim Messen der Markerfrequenz auf der Linearität des Abtastens, der Einstellung der Auflösungsbreite sowie der Displayauflösung.

Spektrumanalysatoren, wie beispielsweise der MS2830A von Anritsu, verwenden die Frequenzzähler-Technologie zum Zählen der tatsächlichen Frequenz. Die Abtastung der Spektrum-Anzeige verharrt bei der Markerfrequenz, und das ausgewählte Signal wird an einen internen Frequenzzähler geroutet. Das Ergebnis ist das Beste aus beiden Welten: die Fähigkeit, eine Einzelfrequenz auszuwählen und eine hochpräzise Frequenzmessung, basierend auf einer sehr stabilen Bezugsfrequenz.

Eine der zuverlässigsten Messungen der Reinheit einer Signalquelle in einem Radarsystem ist außerdem die Messung des Phasenrauschens. Diese Messung beinhaltet die Charakterisierung der Rauschleistung in Bezug auf die Trägerleistung auf vielen verschiedenen Offset-Frequenzen. Die Signale am Eingang und Ausgang der Phasenregelkreise in einem Radarsystem sind oftmals Binärsignale zur Verwendung in seriellen Datenströmen. Das Rauschen auf den Binärsignalen wird üblicherweise eher

im Hinblick auf Jitter, als im Hinblick auf das Phasenrauschen charakterisiert. Dieser Jitter lässt sich durch Integrieren der Rauschleistung über einen Bereich der Frequenzabweichungen von der Trägerfrequenz veranschlagen.

Die Übertragungsleistung eines Radarsystems ist ein weiterer wichtiger Parameter. Wie aus der eingangs des vorliegenden Beitrags angeführten Radargleichung ersichtlich ist, besteht eine Korrelation zwischen Pt und der Reichweite. Also muss der Messtechniker verifizieren, dass die Übertragungsleistung eines Radarsystems oder Subsystems den Systemspezifikationen entspricht.

Das Peak Power Meter ML2490A von Anritsu ist ein Beispiel für ein Messgerät, das sich für hochauflösende Messungen an Radarsystemen eignet. Mit hoher Bandbreite und einer Anstiegszeit von min. 8 ns bei einer Displayauflösung von 1 ns kann dieses Messgerät präzise und genaue Details über die Hüllkurvenleistung des Senders liefern. Der Pulsprofilmodus des ML2490A bietet, in Kombination mit dem Breitband-Leistungsmesskopf MA2411B, eine hervorragende Möglichkeit zum Messen von Radarimpulsen.

Handheld-Kombi-Analysator misst bis 50 GHz



Keysight Technologies Inc. hat seine Handheld-Analysatorfamilie FieldFox um sechs Modelle für den Millimeterwellenbereich erweitert. Das Flaggschiffmodell, der N9962A, ist der derzeit erste Handheld-Kombi-Analysator für den Millimeterwellen-Frequenzbereich bis 50 GHz. Der FieldFox bietet eine sehr umfangreiche Funktionsausstattung und kann drei oder vier monofunktionale Messgeräte (Benchtop oder Handheld) ersetzen, die üblicherweise für die Fehlersuche und die Wartung von Systemen mit Arbeitsfrequenzen oberhalb des Ka-Bands verwendet werden.

Die 3,22 kg leichten FieldFox-Modelle bieten die Genauig-

keit von Labormessgeräten und ermöglichen es Wartungstechnikern, selbst die anspruchsvollsten Radar- und Satellitensysteme vor Ort vollständig zu charakterisieren. Ein FieldFox-Kombi-Analysator bietet eine einzigartige Funktionsausstattung und kostet dabei nur etwa halb so viel wie ein einziges der Labormessgeräte, die er ersetzen kann.

Drei der neuen Modelle sind Kombi-Analysatoren für den Frequenzbereich bis 32, 44 bzw. 50 GHz, welche die Funktionen eines

• Spektrumanalysators (Amplituden-Genauigkeit +/-0,5 dB, DANL 138 dBm/Hz von 40 bis 46 GHz,

- eines Vektor-Netzwerkanalysators (Dynamikbereich bis zu 100 dB) und eines
- Kabel- und Antennentesters (DTF und TDR in einem Sweep)

in einem robusten, leicht zu transportierenden Gerät vereinen. Die übrigen drei Modelle sind Spektrumanalysatoren für die gleichen Frequenzbereiche. Alle sechs Modelle sind bei Spektrummessungen bis zum Faktor 8 schneller und um 1.3 kg leichter als vergleichbare Analysatoren auf dem Markt.

Die Familie FieldFox wurde für Feldmessungen optimiert. Das Gerät kommt ohne Ventilator aus und hat ein komplett abgedichtetes Gehäuse ohne Lüftungsschlitze, das die Anforderungen der US MIL-PRF-28800F-Class-2-Standards erfüllt und nach MIL-STD-810G (Method 511.5, Procedure 1) auf Eignung für den Betrieb in explosionsgefährdeten Umgebungen typgeprüft wird. Die FieldFox-Analysatoren sind außerdem gemäß IEC/EN 60529 IP53 gegen Eindringen von Staub und Wasser geschützt und können mit der austauschbaren Batterie 3,5 Stunden arbeiten.

Die Funktionalität der Analysatoren lässt sich nachträglich per Software erweitern. Der Anwender braucht daher nur die Funktionen zu erwerben, die er aktuell benötigt, und kann bei Bedarf

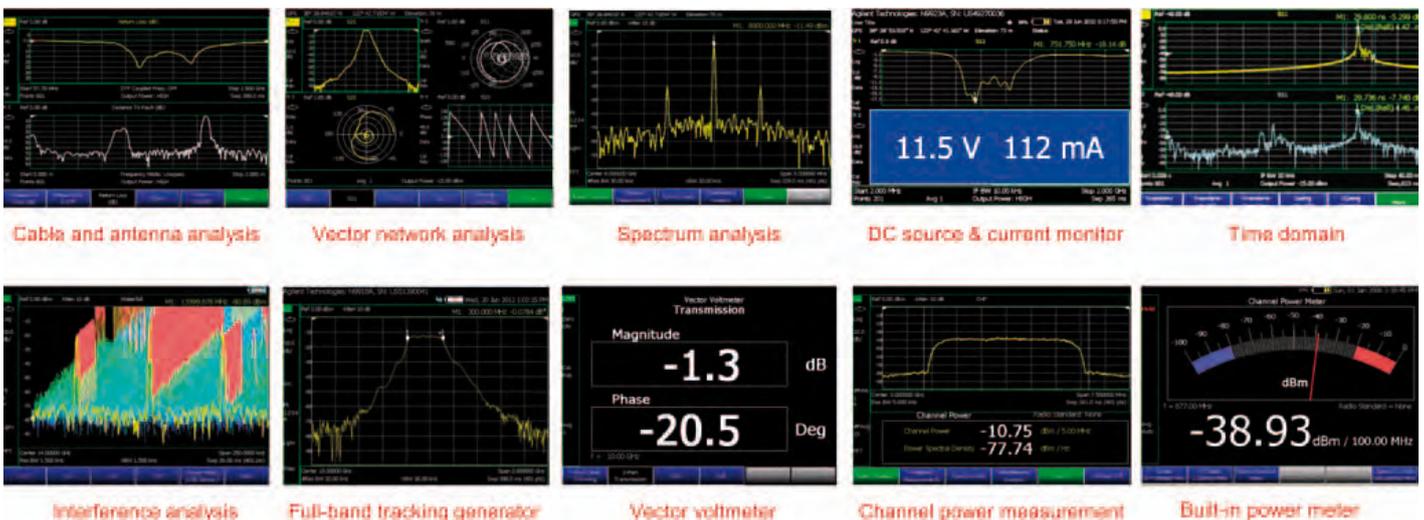
weitere Funktionen kostengünstig nachrüsten – beispielsweise

- Vektorvoltmeter
- TDR-Kabelmessungen
- Leistungsmessgerät
- Pulsmessungen
- zeittorgesteuerte Spektrummessungen
- Interferenzanalysator (mit Spektrogramm)
- GPS-Empfänger.

Alle sechs Modelle sind sofort lieferbar:

- N9950A 32-GHz-FieldFox-Kombi-Analysator
- N9951A 44-GHz-FieldFox-Mikrowellen-Kombi-Analysator
- N9952A 50-GHz-FieldFox-Mikrowellen-Kombi-Analysator
- N9960A 32-GHz-FieldFox-Spektrumanalysator
- N9961A 44-GHz-FieldFox-Spektrumanalysator
- N9962A 50-GHz-FieldFox-Spektrumanalysator

■ **Keysight**
www.keysight.com



Integrierter Messempfänger für 800 MHz bis 2,7 GHz

Der LT5504 von Linear Technology ist ein integrierter Messempfänger für das Frequenzband 800 MHz bis 2700 MHz, der Signale in einem großen Dynamikbereich von -75 dBm bis +5 dBm detektieren kann.

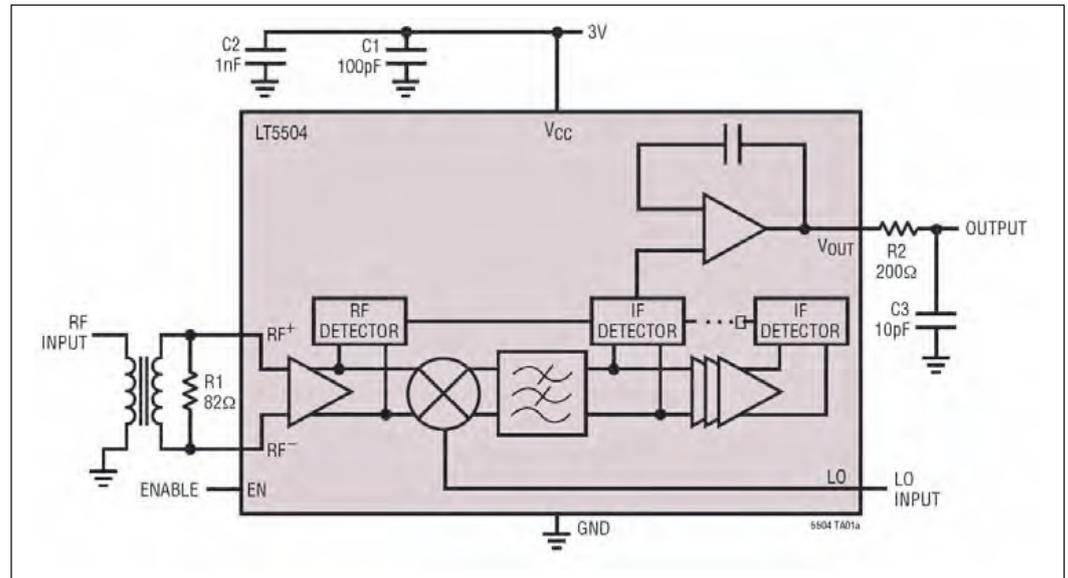


Bild 1: Innenaufbau des LT5504 mit typischer externer Beschriftung

Arbeitsweise

Der LT5504 ist ein monolithischer, integrierter Messempfänger für 800 MHz bis 2700 MHz, der Signale in einem großen Dynamikbereich von -75 dBm bis +5 dBm erkennen kann. Der Logarithmus des HF-Signals wird präzise in eine lineare Gleichspannung umgewandelt. Der LT5504 besteht aus RF/IF-Begrenzern, einem LO-Pufferverstärker, einem begrenzenden Mischer, einem integrierten 450-MHz-Tiefpassfilter, HF/ZF-Detektoren und

einem Ausgabe-Interface. Der extrem große Dynamikbereich des LT5504 wird durch simultane Messung des RF-Signals und eines IF-Signals erreicht, das durch den integrierten Mixer und einen externen lokalen Oszillator abwärts gemischt wurde. Die detektierten HF- und IF-Signale werden summiert, um eine präzise lineare Spannung proportional zur Eingangs-HF-Spannung (oder Leistung) in dB zu erzeugen. Das Ausgangssignal wird durch einen niederohmigen Impedanztreiber gepuffert.

Anwendung

Wie schon erwähnt besteht der LT5504 aus den folgenden Abschnitten:

- RF/IF-Begrenzer
- begrenzender Mischer
- RF/IF-Detektoren
- LO-Pufferverstärker
- Integrierte Tiefpassfilter 3. Ordnung
- Ausgangs-Interface und Bias-Schaltung

Ein HF-Signal im Bereich von 800 MHz bis 2,7 GHz wird unter

Verwendung einer speziellen eigenen Technik von den HF- und ZF-Detektoren erkannt. Das abwärts gemischte Signal wird durch das integrierte Tiefpassfilter bandbegrenzt, wodurch das Breitbandrauschen reduziert wird und Signale in einem sehr großen Dynamikbereich gemessen werden können. Der HF-Messempfänger ist im wesentlichen ein logarithmischer Spannungsdetektor. Die gemessene Ausgangsspannung ist direkt proportional zur HF-Signalspannung. Eine interne Schaltung zur Temperaturkompensation führt zu einer sehr temperaturstabilen Ausgangsspannung.

HF-Begrenzer

Die differentiellen Eingänge des HF-Begrenzers können mit einem 1:1-Eingangübertrager und einem 82 Ohm Shuntwiderstand breitbandig für eine Signalquellen-Impedanz von 50 Ohm angepasst werden. Dies verdeutlicht die Schaltung des Evaluation Boards in Bild 4. Der 1:1-Eingangübertrager kann für schmalbandige Anwendungen auch durch eine Anpassschaltung gemäß Bild 5 ersetzt wer

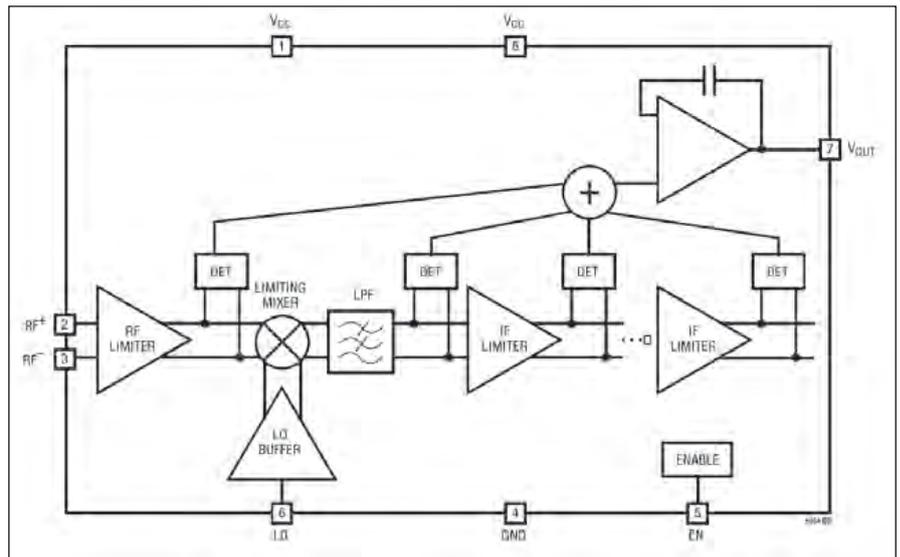
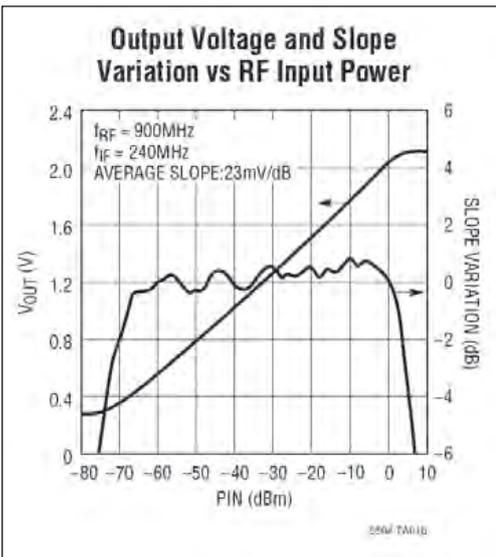
Linear Technology
Datenblatt LT5504
800 MHz to 2,7 GHz
RF Measuring Receiver
www.linear.com

Technische Merkmale des LT5504

- HF-Übertragungsbereich: 800 MHz bis 2,7 GHz
- Großer Dynamikbereich: 75 dB bei 900 MHz
- Weiter Betriebsspannungsbereich: 2,7 V bis 5,25 V
- Strombedarf: 14,7 mA bei 3 V
- 8-pol. MSOP Gehäuse

Applikationen

- RSSI-Messungen
- Empfangs-AGC
- Kontrolle der Sendeleistung
- ASK und Hüllkurvendemodulation
- GSM/TDMA/CDMA/WCDMA



Links Bild 2: Ausgangsspannung und Messsignal-Schwankung in Abhängigkeit von der HF-Eingangsleistung, rechts Bild 3: Vereinfachtes Blockdiagramm des LT5504

den. Bild 6 zeigt die Ausgangsspannung in Abhängigkeit von der Höhe des HF-Signals für diese beiden Eingangsvarianten.

Begrenzender Mischer und Tiefpassfilter

Das verstärkte HF-Signal wird mit dem begrenzenden Mischer und einem LO-Signal abwärts gemischt und das resultierende Signal durch das integrierte 450-MHz-Tiefpassfilter dritter Ordnung gefiltert. Nur das erwünschte ZF-Signal wird zu den ZF-Begrenzern zur weiteren

Detektion durchgelassen. Alle anderen Mischprodukte, eingeschlossen LO-Einstreuungen, werden stark gedämpft, um die Empfindlichkeit zu maximieren. Die Empfindlichkeit des Empfängers wird daher vor allem durch die LPF-Bandbreite definiert.

ZF-Begrenzer

Das ZF-Signal wird hinter dem Mischer in mehreren Begrenzestufen zur weiteren Signaldetektion verstärkt. Alle Gleichspannungsoffsets werden von einer

dafür vorgesehenen, internen Schaltung beseitigt. Dennoch sollte auf die Platzierung der Komponenten im PCB-Layout sorgfältig geachtet werden, um die Kopplung des LOs zum HF-Eingang so klein wie möglich zu halten.

Ausgabeschnittstelle

Eine vereinfachte Schaltung der Ausgabeschnittstelle des LT5504 zeigt Bild 4. Die Ausgangsströme der RF- und ZF-Detektoren werden summiert und in eine Ausgangsspannung

V_{out} umgewandelt. Der maximale Ladestrom, der für die Ausgangslast zur Verfügung steht, beträgt ungefähr 400 μA .

Ein interner Kompensations-Kondensator garantiert stabilen Betrieb bei hoher kapazitiver Last. Die Slew-Rate beträgt 80 V/ μs und die Kleinsignal-Ausgangsbandbreite ungefähr 5 MHz, bei ohmschem Abschluss des Ausgangs. Wenn der Ausgang mit einem großen Kondensator CL belastet wird, dann ist der Strom auf maximal 400 $\mu A/CL$ beschränkt. Beispielsweise

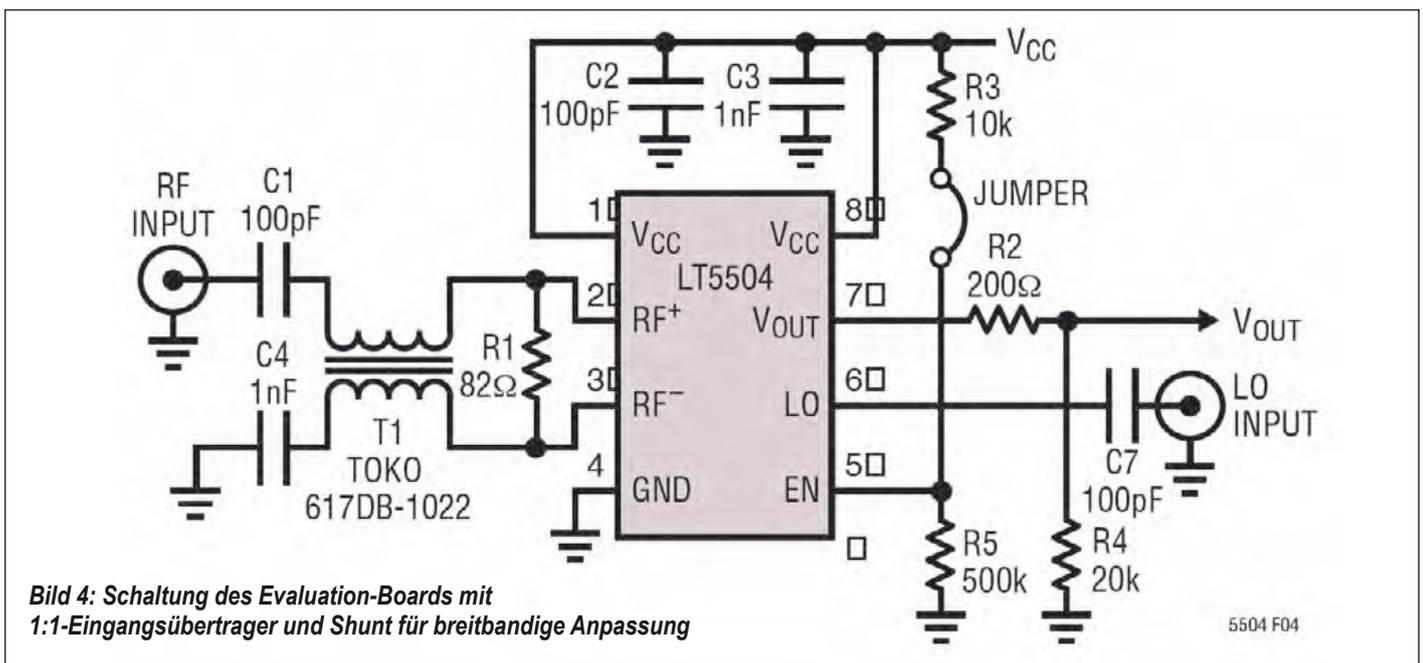


Bild 4: Schaltung des Evaluation-Boards mit 1:1-Eingangsübertrager und Shunt für breitbandige Anpassung

5504 F04

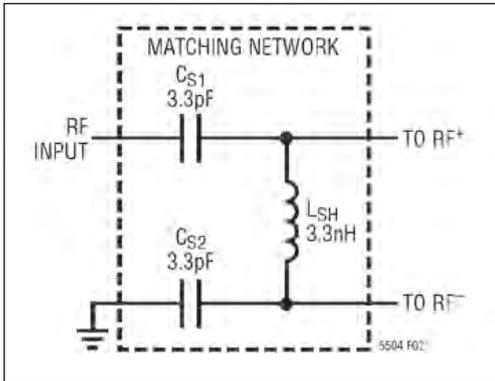
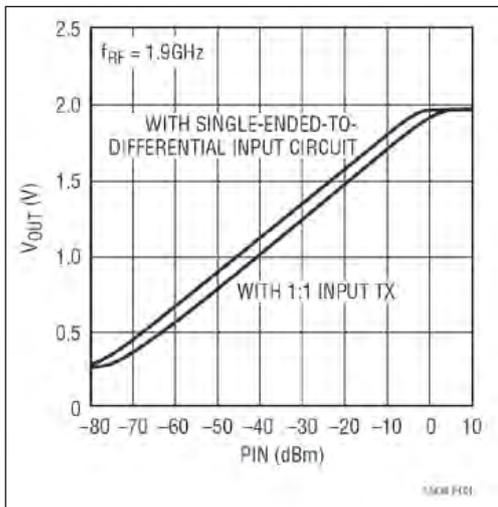


Bild 5:
Schmalbandige
Anpassung des
Eingangs

Bild 6:
Ausgangs-
spannung in
Abhängigkeit
von der HF-Ein-
gangsleistung
für die beiden
Eingangsvari-
anten



wird bei $CL = 100 \text{ pF}$ die Slew-
Rate auf $4 \text{ V}/\mu\text{s}$ beschränkt.

**Praktische Einsatz-
möglichkeiten für den
LT5504**

- Selbstständiger Signalstärken-Messempfänger (RSSI) mit hoher Dynamik von -75 dBm bis +5 dBm im Frequenzbereich von 800 MHz bis 2,7 GHz
- RSSI-Ausgangssignal kann für zwei verschiedene Ausgabe-
möglichkeiten geteilt werden:
AC-gekoppelter Datenausgang
und DC-gekoppelter RSSI-
Ausgang für Signalstärke-
messungen und AGC. (siehe
Bild 4)
- Demodulator für AM- und ASK-modulierte Signale mit Datenraten bis zu 5 MHz
- HF-Leistungsdetektor mit großem Messbereich für die Überwachung der Senderleistung.

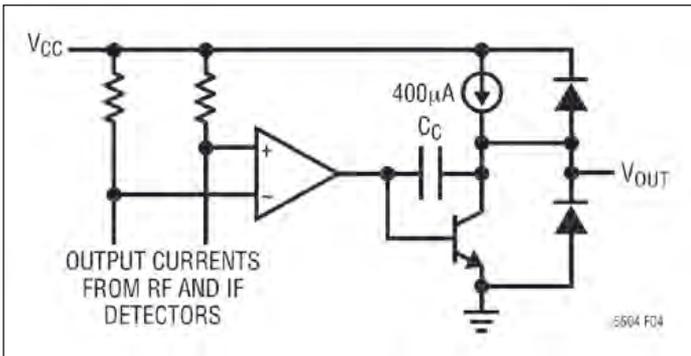


Bild 7: Vereinfachte Schaltung des Ausgangs-Interfaces



Try NI AWR Design
Environment Today!



NI (formerly AWR), der Innovationsführer bei Hochfrequenz-EDA-Software, liefert Software, welche die Entwicklung von High-Tech-Produkten beschleunigt. Mit NI AWR Software als Ihre Hochfrequenz-Design-Plattform können Sie neuartige, preiswerte HF und RF Produkte schneller und zuverlässiger entwickeln.

Finden Sie heraus, was NI AWR Software für Sie tun kann:

- Microwave Office für die Entwicklung von MMICs, Modulen und HF-Leiterplatten.
- Visual System Simulator für die Konzeptionierung von Kommunikationsarchitekturen.
- Analog Office für das Design von RFICs.
- AXIEM für 3D-Planar-Elektromagnetik-Analyse.
- Analyst für 3D-FEM-Elektromagnetik-Analyse.

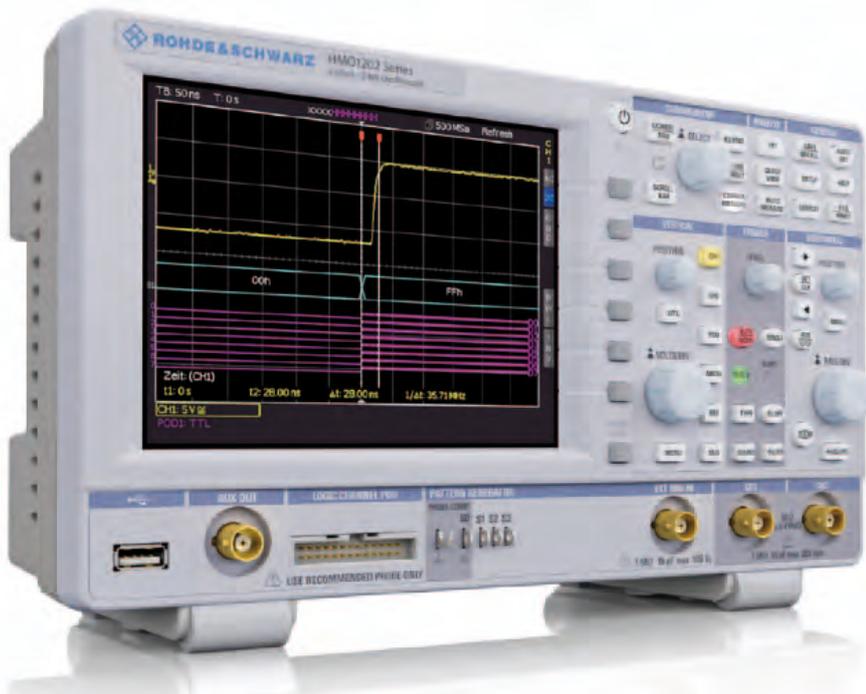


Laden Sie eine KOSTENLOSE
30-Tage-Testversion herunter und
überzeugen Sie sich selbst. ni.com/awr

NI Germany | AWR Group | Olivier Pelhâtre | Tel: +49 170 916 4110

©2014 National Instruments. All rights reserved. Analog Office, AXIEM, AWR, Microwave Office, National Instruments, NI, and ni.com are trademarks of National Instruments. Other product and company names listed are trademarks or trade names of their respective companies.

Neue Mixed-Signal-Oszilloskope



Mit den Mixed-Signal-Oszilloskopen der HMO1202-Serie präsentierte Rohde & Schwarz neue Geräte der Einstiegsklasse mit herausragender Leistung.

Denn mit einer Bandbreite bis zu 300 MHz, umfangreicher Mathematik und FFT-Analysefunktionen sind sie bestens für die professionelle Untersuchung digitaler Signale geeignet. Zwei analoge und acht digitale Kanäle, eine Samplingrate bis 2 GSa/s, eine Speichertiefe bis 2 MSA sowie eine vertikale Empfindlichkeit von echten 1 mV/div sind für Geräte in diesem Preissegment außergewöhnlich.

Erweitert und verbessert

Mit der neuen Oszilloskop-Serie R&S HMO1202 hat Rohde & Schwarz das im vergangenen Jahr eingeführte R&S HMO1002 erweitert. Neben dem Einsatz in der Entwicklung von Embedded Designs sind die Geräte speziell auf den Bedarf von Anwendern in Forschung, Lehre und Service zugeschnitten. So erlauben die Mixed-Signal-Oszilloskope die Auswertung serieller SPI-Busse auf den digitalen Kanälen mit der zeitgleichen Betrachtung von zwei analogen Signalen, die in Bezug zu den übertragenen SPI-Daten stehen. Dafür wird

lediglich der separat erhältliche Logiktestkopf HO3508 von Rohde & Schwarz benötigt, den Anwender mit allen Oszilloskopen der R&S-HMO-Serie verwenden können.

Umfangreiche Signalanalyse-Funktionen integriert

Rohde & Schwarz hat zahlreiche mathematische Funktionen in die neue R&S-HMO1202-Serie gepackt: Neben einfachen Standardoperationen, wie Addieren, Subtrahieren oder Dividieren, ist auch das Logarithmieren und Integrieren von Kurven möglich. Darüber hinaus steht ein Formeleditor für die Eingabe verschiedener Berechnungsfunktionen zur Verfügung. So lässt sich über die Integration der Messkurven beispielsweise die Ladung eines Kondensators bestimmen.

Die integrierten FFT-Analysefunktionen stehen mit ihren 128 k Messpunkten auch größeren Oszilloskopen nicht nach. Zeitsignal, Messfenster, Ergebnis und Analysebereich werden in einem Fenster dargestellt, was das Ausmessen der Spektren erheblich erleichtert. Die FFT-Analyse lässt sich sogar auf aufgezeichnete Signale anwenden. Das erlaubt die Untersuchung mit variabler Fensterbreite über beliebige Ausschnitte.

Patterngenerator für Embedded-Entwickler

Mit dem integrierten Patterngenerator lassen sich Protokolltelegramme mit bis zu 50

Mbit/s erzeugen. Neben fest vorgefertigten Nachrichten können darüber individuelle Signalmuster von bis zu 2 kBit Länge frei programmiert werden.

So lassen sich noch nicht verfügbare Schaltungskomponenten wie Sensoren emulieren. Zahlreiche Funktionen für maskenbasierte Pass/Fail-Tests sowie die hohe Waveform Update-Rate von 10.000 wfm/s runden die Tauglichkeit der R&S HMO1202-Serie in der Entwicklung elektronischer Schaltungen ab.

Cleverer Anbindung an PCs

Dank des unterstützten Media Transfer Protocols gelingt der Datenaustausch von Messdaten oder Screenshots mit dem PC besonders einfach. Um erworbene Softwarelizenzen oder aktualisierte Firmware zu installieren, reicht es, die Dateien einfach per Drag&Drop vom PC in die Dateistruktur des R&S HMO1202 zu übertragen. Beim Neustart ist das Gerät aktualisiert. Alternativ erlaubt der integrierte Webserver das Sichern und Einlesen von Gerätesettings und Trigger-Einstellungen sowie das Anfertigen und Herunterladen von Screenshots.

Zukunftssicher durch Upgrade-Konzept

Das Gerät ist in drei Modellvarianten erhältlich: Das R&S HMO1212 bietet eine Bandbreite von 100 MHz, das R&S HMO1222 von 200 MHz und das R&S HMO1232 von 300 MHz.

Mit dem praktischen Nachrüst-Konzept von Rohde & Schwarz lassen sich die Messgeräte auch lange nach dem Kauf noch erweitern. Über einen entsprechenden Voucher erhalten Anwender einen Lizenzschlüssel mit dem sie die Bandbreite eines R&S HMO1202 im Handumdrehen von 100 auf 200 oder 300 MHz erweitern können. Neben der Hardware-unterstützten Signaltriggerung und -dekodierung lassen auf diesem Weg auch verschiedene Protokolle, wie I2C, SPI, UART, CAN oder LIN, über die USB-Schnittstelle am Gerät freischalten.

Der R&S HMO1202 erweitert das Value-Instruments-Portfolio für hochwertige Messtechnik zu niedrigen Preisen und ist ab sofort bei Rohde & Schwarz erhältlich.

■ Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG
www.rohde-schwarz.com

Die nächste Generation von GSM-R-Mobilfunktestern



Cobham Wireless, ein Anbieter im Bereich HF- und Mobilfunk-Messtechnik, stellte ein neues Mobilfunk-Testgerät vor, das speziell für die GSM-R-Funkkommunikation im Bahnwesen entwickelt wurde.

Hintergrund: Bahnnetzbetreiber und Anbieter von GSM-R-Mobilfunk und -Modems müssen den korrekten Betrieb von GSM-R im Labor als auch im Feld gewährleisten. Der Cobham Wireless 2201R verbindet sich direkt mit GSM-R-Einrichtungen, wie hochleistungsfähigen Klasse-2-Funksystemen. Das Gerät dient als Ersatz des vorherigen Testers 4202R.

Der 2201R ist tragbar, bietet eine einfach zu bedienende Schnittstelle sowie schnelle und genaue HF-Messungen. Hinzu kommen weitere Funktionen wie Sprach-, Daten und SMS-Tests. Das Gerät lässt sich optional über einen Akku mit 2,5 Stunden Batterielebensdauer betreiben. Die kompakte Form und das leichte Gewicht des 2201R sorgen für ein einfaches Testen des Funksystems im beengten Lokomotiv-Führerhaus. Der Tester bietet Griffe an allen Ecken; der Akku befindet sich an der Rückseite und kann einfach abgenommen und ausgetauscht werden.

Der 2201R bietet Prüftechnikern also alle Funktionen, die für umfassende GSM-R-Tests erforderlich sind. Die gleiche Lector-Software, die vollen Zugriff auf alle Funktionen beim Erstellen von Testskripts im Labor bietet, ermöglicht den Ablauf dieser Skripts mittels Autotest-Funktion im Lokomotiv-Führerhaus.

Der 2201R simuliert Gruppenrufe (VGCS) auf verschiedenen Prioritätsebenen – einschließlich Notrufe – um die Leistungsfähigkeit der Führerhaus- und Mobilfunksysteme sowie der Peripherie wie optische

und akustische Alarmer zu testen. Diese Tests gewährleisten den ordnungsgemäßen Betrieb des gesamten Funksystems und helfen dabei, die Sicherheitsfunktionen für den Notfall zu überprüfen. Er testet auch Gruppenrufe zum und vom Funksystem, um die bidirektionale Kommunikation zu überprüfen. Für ausgehende Anrufe decodiert der Tester die Gruppen-ID und Priorität, während Messungen durchgeführt werden. Die SMS-Funktion des 2201R führt zusätzliche Tests durch, indem alle notwendigen Parameter des Telefons verwendet werden, um Nachrichten zu übertragen, mit denen Techniker Fehlerursachen analysieren können.

Der 2201R kann in drei verschiedenen Modi betrieben werden:

- **manuell**

Das große Farbdisplay und die klare Betriebsanleitung vereinfachen manuelle Messungen.

- **Autotest**

Der 2201R führt ohne PC umfassende Tests durch, was im tragbaren Betrieb äußerst hilfreich ist.

- **remote**

Mittels Fernbedienung über die 7310 Lector- und Scriptor-Serie lässt er sich fernsteuern – hiermit lassen sich Testskripts erstellen, modifizieren und ausführen.

Der 2201R Mobile Tester steht ab sofort zur Verfügung und enthält eine GSM, GSM-R, Autotest und GSM-R Test USIM-Karte mit Optionen für GPRS und EDGE sowie weiteres Zubehör.

■ **Cobham Wireless**
www.cobham.com/wireless

- + für 50 Ω
- + für bis zu 40 GHz!
- + für robust wie ein Semi-Rigid
- + für mehrfach von Hand präzise an die Applikation anpassbar!

Jetzt
NEU!

+ made in Germany!

SR-HandFlex+

Das optimal von Hand anpassbare, hochpräzise Replacement für Ihre Semi-Rigid Verkabelung.



el-spec GmbH

Lauterbachstr. 23c

82538 Geretsried-Gelting, Germany

Telefon: +49 8171 4357-21/-22

Fax.: +49 8171 4357-99

sales@elspec.de

www.elspec.de

Aufbau eines leistungsfähigen OTA-Kommunikationstestsystems



Die Fraunhofer Gesellschaft – die größte Forschungsorganisation für anwendungsorientierte Forschung in Europa – präsentierte ein Over-the-Air-System mit Wellenfeldsynthese für den Test und die Zertifizierung von GNSS-Empfängern.

Die Installation befindet sich am Prüfstand für mobile Satellitenkommunikation des Fraunhofer-Instituts für Integrierte Schaltungen IIS (FORTE). Das innovative und komplexe Testsystem basiert im Wesentlichen auf Hardware- und Software-Komponenten der IZT GmbH, wie leistungsfähigen HF-Empfängern und Signalgeneratoren. Der Testaufbau stellt einen neuen

Ansatz für den Test von GNSS-Empfängern dar und wendet sich von gängigen Conducted- oder Open-Field-Tests ab. Dabei werden die realen Verhältnisse unter steuerbaren und wiederholbaren Bedingungen realistisch emuliert. So ist ein praxisgerechter Vergleich von Empfängern und Algorithmen möglich. Das demonstrierte Testsystem ist außerdem kosteneffizient, flexibel und

skalierbar. Hintergrund: Die neuesten Generationen mobiler Kommunikationssysteme, wie LTE, LTE-A, WIMAX oder WLAN, nutzen meist mehrere Antennen für die Übertragung und den Empfang. Üblicherweise werden MIMO-OTA-Testsysteme eingesetzt, um diese breitbandigen mobilen Kommunikationsgeräte zu evaluieren, zu testen und zu zertifizieren. Dabei müssen die Geräte in ihrem realen Umfeld getestet werden.

Im Gegensatz zu Mobiltelefonen sind Satellitenempfänger (GNSS) jedoch wesentlich empfindlicher auf Störungen durch Interferenzen. Daher galt es, ein Testsystem zu entwickeln, mit dem die Robustheit von GNSS-Empfängern gegenüber Interferenzen überprüft werden kann.

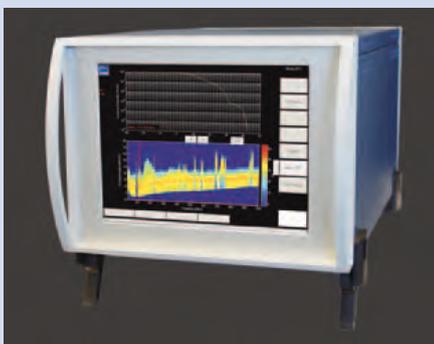
Der präsentierte OTA-Testaufbau besteht aus einem Emulator für die Satellitensignale (Spirent) als Signalquelle und mehreren OTA-Kanalsimulatoren für die Wellenfeldsynthese. Das System kann ein beliebiges elektromagnetisches Umfeld in einem reflektionsarmen Raum (anechoische Kammer) mit mehreren OTA-Antennen nachbilden. Die OTA-Kanalsimulatoren von IZT unterstützen acht Eingangskanäle

und 32 phasenkohärente Ausgangskanäle (bis zu 256 logische Kanäle) im Frequenzbereich von 1 bis 6 GHz. Außerdem liefern sie die Ausgangssignale für die Antennen. Der endgültige Ausbau des OTA-Systems auf Basis der IZT-Komponenten verfügt über 12 x 32 Kanäle.

Die einzigartige, unter Mitwirkung der IZT GmbH bei FORTE entwickelte Testumgebung besticht durch ihre hohe Flexibilität in Bezug auf anwendbare Kommunikations-Technologien. Der neue OTA-Testansatz ermöglicht eine realistische Emulation von Funkübertragungen einschließlich Multipfad-, Multifrequenz- und Multi-User-Szenarien. Das OTA-System unterstützt die Emulation von komplexen Kanal-Impulsantworten mit nahezu beliebiger Länge. Neben GNSS kann das System auch für LTE, Cognitive Radio, Sensornetzwerke (auch für die Energieversorgung bzw. Smart-Metering) sowie die Car-to-X-Kommunikation genutzt werden.

■ IZT
Innovationszentrum für
Telekommunikationstechnik
GmbH
www.izt-labs.de

Noch mehr Flexibilität für Emissionsmessungen



Die neue Produktfamilie TDEMI Mobile+ (TDEMI M+) von Gauss Instruments ist mit ihren kompakten und robusten Geräten sowie vielfältigen Funktionalitäten optimal für den mobilen Einsatz im Freien

wie auch für den stationären Einsatz im Entwicklungs- und EMV-Labor geeignet.

Wie bereits die Modelle der Produktserie TDEMI Mobile ist auch die TDEMI Mobile+ Serie standardmäßig mit einer 12-V-Versorgungsanschluss ausgestattet und kann daher direkt an Bord von Kraftfahrzeugen, Flugzeugen o.ä. eingesetzt werden. Durch das integrierte berührungsempfindliche und hochauflösende Display sowie die integrierte Rechereinheit bietet das Standalone-Gerät TDEMI M+ dem Anwender eine vollkommene Unabhängigkeit von zusätzlichen Steuer- oder Anzeigegeräten, wie einem PC oder Laptop. Das bedeutet noch mehr Flexibilität und Mobilität für seine Emissionsmes-

sungen. Der optionale Akkubetrieb eröffnet zudem weitere Anwendungsmöglichkeiten ganz ohne eine etwaige zusätzliche externe Versorgung.

Die Geräte der TDEMI M+ Serie sind verfügbar für die Frequenzbereiche 9 kHz bis 1, 3 oder 6 GHz sowie optional bereits ab 10 Hz (Option MIL/DO-UG). Zusätzlich können die Geräte mit weiteren Optionen, wie z.B. AM/FM-Audiodemodulation (Option DM-UG) oder einem integrierter Echtzeitspektrumanalysator (Option SAM-UG) ausgestattet werden. Auch eine Ausrüstung zum Einsatz für Zertifizierungsmessungen ist durch die Option COM-UG jederzeit möglich.

■ Gauss Instruments GmbH
info@tdemi.com

Vereinfachte Optical-Link-Verifizierung mit Videoinspektionsprobe



Anritsu liefert umfassende Testlösungen für die Installation und Wartung von bestehenden und neuen Mobilfunknetzen und unterstreicht dieses mit der Vorstellung eines Videoinspektionsprobe-Messverfahrens für seine Kabel- und Antennenanalysatoren Microwave Site Master S820E und Site Master S331L.

Der neue VIP-Modus, ein kostenlos bereitgestelltes Feature, das ab Firmwarestand V1.17 enthalten ist, spricht besonders den ständig wachsenden Bedarf nach Inspektion von Glasfaserkabeln an, die in modernen Mobilfunksystem dazu genutzt werden, Verkehrs- und Signalisierungsdaten auf- und abwärts zur und von der Mobilfunkhardware zu transportieren.

Verschmutzte Glasfaser-Steckverbinder sind üblicherweise für mindestens 75% der im Feld gefundenen Defekte verantwortlich. Heutzutage ist es für Monteure und Wartungsteams obligatorisch, Berichte zur Beschaffenheit des Glasfasersteckverbinders abzuliefern. Diese Berichte enthalten Pass/Fail-Daten und Bilder als Bestandteil des Abschlusspakets.

Durch die Anwendung des VIP-Modus mit einem von Anritsu unterstützten Videomikroskops sind Feldingenieure und Techniker jetzt in der Lage, Sichtprüfungen an Glasfaser-Steckverbindern vorzunehmen und automatische Pass/Fail-Tests gemäß IEC-61300-3-35-Norm durchzuführen. Diese neu eingebundene Funktion, kombiniert mit den bereits vorhandenen Standardmessfunktionen des Site Master S820E bzw. S331L, ermöglicht es den Anwendern, die Testarbeiten im Bereich Koaxial- und Glasfasertechnik mit einem einzigen Gerät durchzuführen, die für eine Prüfung der vor Ort installierten Anlage erforderlich sind.

Zusätzlich zu Messarbeiten an Glasfaserverbindungen, wie sie üblicherweise in RRH/BBU-Konfigurationen vorkommen, lassen sich mithilfe des VIP-Modus auch Glasfaserverbindungen prüfen, die allgemein in modernen Mikrowellen-Backhaul-Mobilfunksystemen zu finden sind.

Der VIP-Modus, der konzipiert wurde, um Messarbeiten an Glasfaserverbindungen einfach zu gestalten, werden Steckverbinder digital erfasst und die entsprechenden Bilder auf dem großen

Display des Site Master dargestellt. Die Aufnahmen lassen sich zudem als eine Vielzahl gängiger Grafikdateien speichern, um sie später nochmals ansehen oder um die Qualität der Verbinder dokumentieren zu können. Die Anwender können direkt vom Messgerät aus Berichte über die Glasfasersteckverbinder-Inspektion im PDF-Format erstellen, die dann in das Abschlusspaket integriert werden können, oder sie exportieren die Bilddateien einfach und binden diese in ihren Abschlussbericht ein. Die mit dem Site Master S820E bzw. S331L generierten VIP-Messdateien sind voll kompatibel mit dem gesamten Anritsu-Portfolio an drahtgebundenen Glasfaserprüfgeräten, die einen ähnlichen Funktionsumfang bieten, wie zum Beispiel dem MT1000A Network Master Pro.

Der VIP-Modus erweitert die Funktionen für die Kabel- und Antennenanalyse der S820E- und S331L-Analysatoren. Die Microwave Site Master S820E-Familie weist eine Frequenzabdeckung von 1 MHz bis 8/14/20/30/40 GHz auf. Der S820E liefert die Leistungsfähigkeit eines Tischgeräts in kompakter Handheld-Bauweise und bietet einen Dynamikbereich von 110 dB bis zu 40 GHz. Der Site Master S331L ist ein 1-Port-Kabel- und Antennenanalysator in All-inclusive-Ausführung, der den Bereich von 2 MHz bis 4 GHz abdeckt und besitzt ein eingebautes InstaCal-Modul sowie einen integrierten Leistungsmesser. Optimierte für die Bedingungen im Feld, ist der S331L ein robuster Kabel- und Antennenanalysator in Handheld-Ausführung, der benutzerfreundlich in der Anwendung ist und effiziente Funktionen zur Verwaltung der Messdurchläufe besitzt.

■ Anritsu Corp.
www.anritsu.com

EMV, WÄRME-ABLEITUNG UND ABSORPTION SETZEN SIE AUF QUALITÄT

Maßgeschneiderte Produkte nach individuellen Vorgaben für kundenspezifische Anwendungen, hergestellt mittels modernster Technologie, stehen für uns im Vordergrund. Mehr als 25 Jahre Erfahrung, qualifizierte Beratung und applikative Unterstützung unserer Kunden sowie namhafte Kooperationspartner sind die Bausteine für unseren Erfolg.



Zeichnungsteile mittels Schneidplotter



Stanzteilherstellung mittels Hochleistungsstanzmaschine



Zuschnitt „cut to length“



Herstellung von O-Ringen



Zuschnitt von Rollenware



Stanzteilherstellung mittels Swing-Beam-Presse



Zuschnitt mittels Wasserstrahltechnik

Hohe Straße 3
61231 Bad Nauheim
T +49 (0)6032 9636-0
F +49 (0)6032 9636-49
info@electronic-service.de
www.electronic-service.de



ELECTRONIC SERVICE GmbH

Neue HF-Signalgeneratoren schließen Lücke



Mit der HF-Signalgenerator-Serie DSG800 von Rigol erweiterte die Meilhaus Electronic GmbH ihr Spektrum an Signalquellen um weitere zwei Modelle und schloss damit gleichzeitig die bisherige Lücke zwischen 1,5 und 3 GHz im Markt. Die neuen Signalquellen decken bereits in der Standardversion,

also ohne zusätzliche Optionen, eine Vielzahl von Anwendungen zum Einsteigerpreis ab.

Das 1,5-GHz-Einsteigermodell bietet unter anderem eine Amplitudengenauigkeit von $\pm 0,5$ dB, einen Ausgangsbereich von 20 dBm, eine sehr gute Signalreinheit und ein Phasen-

rauschen von kleiner als -105 dBc/Hz bei 20 kHz. Weitere Daten sind 0,5ppm Frequenzstabilität des internen Referenztakts und eine standardmäßige AM/FM/ Φ M-Generierung mit einer Frequenzauflösung von 0,01 Hz. Alle Modulationen lassen sich bequem durch eine interne oder externe Quelle ansteuern. Als Standard-Fernsteuer-Schnittstellen stehen USB und LAN zur Verfügung. Es werden SCPI-Kommandos unterstützt.

Der Funktionsumfang der Signalgeneratoren lässt sich mit drei Optionen erweitern. Dazu gehört der hochstabile Quarzofen OCXO-A08, der die Temperaturstabilität der internen Referenzfrequenz von 0,5ppm auf 5ppb verbessert. Des Weiteren sind die Pulsfolgenerzeugung PUG-DSG800 und die Pulsmodulation PUM-DSG800 als Option erhältlich. Die Pulsoptionen des DSG800 ermöglichen einerseits die Ausgabe vordefinierter oder

selbsterstellter Pulsfolgen und andererseits die Ausgabe pulsmodulierter Signale.

Für noch höhere Ansprüche bietet Meilhaus die bisher schon verfügbaren Modelle DSG3030 (3 GHz) bzw. DSG3060 (6 GHz) an. Sie warten im Vergleich zu der DSG-800er Serie mit etwas besseren Spezifikationen auf (max. Ausgangsleistung 25 dBm, Phasenrauschen <110 dBc/Hz) und mit diversen Erweiterungsmöglichkeiten. Dazu zählt beispielsweise die Vektormodulation IQ-DSG3000 zur Generierung digital modulierter Signale, die entweder als moduliertes HF- oder auch als Basisband-Signal ausgegeben werden. Ebenso können externe I- und Q-Basisbandsignale eingespeist und entsprechend auf Frequenzen bis 6 GHz moduliert werden.

■ *Meilhaus Electronic GmbH*
www.MESstechnik24.de
www.meilhaus.de

Functional Tester unterstützt M2M-/IoT-Integration



Machine-to-Machine-Kommunikation (M2M) und das Internet der Dinge (IoT) weisen den Weg in eine zunehmend vernetzte Welt.

Anwendern, die Wireless-Module in ihre Plattformen integrieren und testen wollen,

bietet Rohde & Schwarz mit dem R&S CMW290 Functional Radio Communication Tester eine passgenaue Lösung.

Anlass der Entwicklung: Drahtlose Technologien wie LTE, Bluetooth oder WLAN ermöglichen es, Geräte über-

all mit dem Internet oder untereinander zu verbinden. Hersteller, die Wireless-Module in Geräte integrieren, müssen die korrekte Funktionsweise von Zielplattform und Anwendungen sicherstellen. Rohde & Schwarz hat seinen preisgünstigen R&S CMW290 Functional Radio Communication Tester besonders auf die Anforderungen der Integratoren ausgerichtet, deren Applikationen meist kostensensitiv sind.

Anwender aus dem M2M/IoT-Bereich müssen in der Regel nur einfache Funktionstests an Hardware und Applikationen vornehmen. Der R&S CMW290 bietet daher alle wesentlichen Messungen, die für HF-beziehungswise Hardware-Tests notwendig sind. Für End-to-End-Tests von Applikationen kann der R&S CMW290 ein zellulares Netz simulieren

und eine Verbindung zwischen der Anwendung auf dem Gerät oder System und dem Server herstellen. So lässt sich die korrekte Funktion von Plattformen mit integriertem Wireless-Modul in einem definierten Netz überprüfen.

Der R&S CMW290 ist ein weiteres Mitglied der etablierten R&S CMW-Plattform von Rohde & Schwarz und unterstützt sämtliche zellularen und nicht-zellularen Standards. Auch weitere R&S-CMW-Optionen, wie IMS-Server, Audio- oder e-Call-/ERA-GLONASS-Funktionalität, stehen für den R&S CMW290 zur Verfügung und runden die neue M2M/IoT-Testlösung zu einem hervorragenden Preis/Leistungs-Verhältnis ab.

■ *Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG*
www.rohde-schwarz.com

RF Solutions From RF Engineers

Largest Selection ✓

Expert Technical Support ✓

Same Day Shipping From the U.S. ✓



Armed with the world's largest selection of in-stock, ready to ship RF components, and the brains to back them up, Pasternack Applications Engineers stand ready to troubleshoot your technical issues and think creatively to deliver solutions for all your RF project needs. Whether you've hit a design snag, you're looking for a hard to find part or simply need it by tomorrow, our Applications Engineers are at your service.

Visit de.pasternack.com for Local Sales & Service
or Call **+49 89 416159940**

PE PASTERNAK
THE ENGINEER'S RF SOURCE

MRC GIGACOMP
specialists in RF

Anritsu präsentiert E-Band ShockLine-VNA für die Charakterisierung von passiven Mikrowellenbaugruppen



Neue Frequenzoptionen für die MS46500B-Baureihe offerieren Preis- und Leistungsvorteile, wodurch die Testkosten für Mikro- und Millimeterwellensysteme erheblich gesenkt werden können.

Anritsu stellt eine E-Band-Option (55 – 92 GHz) für seine ShockLine MS46500B-Baureihe der 2- und 4-Port Performance-Vektornetzwerkanalysatoren (VNAs) vor und zeigt damit, dass den Marktanforderungen nach Senkung der Testkosten für E-Band Baugruppen entsprochen werden kann. Die neue Option 082 ermöglicht es, Produktionskosten für die Charakterisierung von passiven Baugruppen wie z.B. Filter, Duplexer, Kabel oder Antennen deutlich zu senken und bietet durch Reduktion der Handling-Komplexität zudem einen höheren Testdurchsatz.

Zusätzlich zur E-Band-Frequenzoption führt Anritsu eine 20-GHz- und 40-GHz-Option für die ShockLine MS46500B-Baureihe ein. Durch diese neuen Frequenzerweiterungen ist die MS46500B Produktfamilie nun vom unteren HF- bis in den oberen Millimeterwellenbereich im Hinblick auf S-Parameter und Zeitbereichsmessungen einsetzbar.

Kostengünstige E-Band-Lösung

Mit der 55 GHz bis 92 GHz E-Band-Frequenzoption wird eine im Markt einzigartige Kombination aus hoher Leistung

und Wirtschaftlichkeit geboten. Die Verfügbarkeit sowohl als 2-Port- und auch als 4-Port-Konfiguration prädestiniert die MS46500B-Gerätefamilie für das Testen von passiven Millimeterwellen-Baugruppen, wie sie in kleinen 5G-Funknetzen, Fahrerassistenzsystemen/Radaren zur Kollisionsvermeidung, Nah- und Fernfeldantennen und personen- gebundenen Kommunikationsanwendungen vorkommen.

Mikrowellenoptionen

Mit den neuen 20-GHz- und 40-GHz-Optionen stehen nun zusätzlich Leistungsregelung (Stimulus Power Control) auf beiden Ports, LRL/LRM-Kalibrierung und andere Funktionen zur Verfügung, die in den ShockLine-Microwave-VNAs vorher nicht verfügbar waren. Der MS46500B eignet sich nun besser denn je zum Testen von Baugruppen, wie sie in Netzwerkausrüstungen, in der Automobilbranche sowie bei Anwendungen zur Signalintegrität und Systemanwendung eingesetzt werden.

Die 2-Port-VNAs MS46522B und 4-port-VNAs MS46524B nutzen dieselbe Software, Befehlssyntax, dieselben Treiber und Programmierumge-

bungen, wie andere ShockLine-Messgeräte. Dieses leistungsfähige Feature ermöglicht eine Wiederverwendung des für Vektornetzwerkanalysatoren der ShockLine-Gerätefamilie geschriebenen Programcodes auf E-Band- und Mikrowellen-Messgeräten mit geringen bzw. keinen Änderungen.

Die ShockLine-Software bietet zudem eine leistungsfähige grafische Benutzeroberfläche (GUI) für manuelle Testumgebungen. Angeschlossen an einen vom Anwender bereitgestellten (Touchscreen)Monitor, bietet die vollausgestattete GUI umfassende Funktionen, einschließlich Netzwerkeextraktion, Embedding/De-Embedding von Netzwerken sowie Zeitbereich mit Gating. Die Entwicklung von Testprogrammen und die Fehlersuche an diesen werden mit einer modernen Marker-Funktionalität erleichtert, weiterhin durch Grenzwertlinien und andere Funktionsmerkmale der Software.

Die VNAs der ShockLine-MS46500B-Baureihe verfügen mit 140 dB bei 2 GHz und üblicherweise >120 dB bei bis zu 40 GHz über einen extrem großen Dynamikbereich, zudem über schnelle Sweepzeiten und die branchenbeste maximale Ausgangsleistung. Das alles wird zu einem überaus attraktiven Preisniveau angeboten. Die MS46500B-Baureihe ist eine von fünf ShockLine-Baureihen, die über 1-Port-, 2- oder 4-Port-Modelle in unterschiedlichen Bauformen verfügen. Alle VNAs der ShockLine-Familie sind mit LAN- oder USB-Schnittstellen ausgerüstet, so dass sie in jede Testumgebung passen und passive Baugruppen in kostensensitiven Fertigungs-, Konstruktions- und Schulungsanwendungen kostengünstig getestet werden können.

■ *Anritsu Corporation*
www.anritsu.com

Neue Stromversorgungs-Modelle



Rigol Technologies, ein bekannter Hersteller von Test- und Messgeräten, hat die Erweiterung der Stromversorgungsgeräte der Serie DP800 angekündigt, die mit hervorragender Leistung und Funktionalität in ihrer Klasse aufwarten.

Die bisher verfügbaren Geräte der DP800-Serie verfügen modellabhängig über zwei galvanisch getrennte Ausgänge und

bis zu 195 W Ausgangsleistung, ein exzellentes Regelverhalten, ein sehr gutes Einschwingverhalten ($<50 \mu\text{s}$) und geringe Restwelligkeit ($<350 \mu\text{V rms}$ bzw. 2 mVpp).

Neben einem effizienten Überspannungs-, Überlast- und Über-temperaturschutz verfügen die Geräte über einen 3,5-Zoll-TFT-Bildschirm, auf dem die Einstellungen, Messwerte und

Modell	Leistung	DC-Ausgang	Ausgänge
DP831	160 W	$\pm 30 \text{ V}/2 \text{ A}$; $8 \text{ V}/5 \text{ A}$	3
DP821	140 W	$60 \text{ V}/1 \text{ A}$; $8 \text{ V}/10 \text{ A}$	2
DP811	200 W	$40 \text{ V}/5 \text{ A}$ oder $20 \text{ V}/10 \text{ A}$	1

Signalformen (V/A/W) aller Kanäle gleichzeitig übersichtlich dargestellt werden können. Die DP800-Serie wird nun um die Modellvarianten DP831, DP821 und DP811 erweitert (s. Tabelle).

Die Features der Modelle der DP800-Serie sind gegenüber den DP800A-Modellen, die über LAN-, USB- (Host&Device) und RS232-Schnittstellen zur Fernsteuerung verfügen, etwas abgespeckt und wurden gleichzeitig im Preis angepasst, um das Preis/Leistungs-Verhältnis weiter zu optimieren. Bei Bedarf lassen sich diese Features, wie die hohe Auflösung von 1 mV & 1 mA (HIRES-DP800), vier In- und Output-Trigger (DigitalIO-DP800), Online Monitoring & Analyse (AFK-DP800), RS232- und LAN- (LXI-C-) Interface (Interface-DP800) sowie USB-GPIB-Konverter (USB-GPIB), nachträglich einzeln als Option

per Softwarecode nachrüsten. So erreicht Rigol eine maximale Flexibilität und die optimale Anpassung zwischen verfügbarem Budget und notwendiger Performance.

Die DP800-Serie wurde für optimale Bedienerfreundlichkeit beim Einsatz in Forschung, Entwicklung und allen Labor-Anwendungen entwickelt. Sie ist Rigols aktuelle Generation von Stromversorgungsgeräten und punktet mit einem optimalen Preis/Leistungs-Verhältnis.

Alle drei neuen Modelle sind bereits verfügbar.

■ *Rigol Technologies Europe GmbH*
www.rigol.eu

Extrem geringe Ströme präzise messen



Mit den hochpräzisen Stromzangen CP030A und CP031A erweitert die Telemeter Electronic GmbH das bisherige Angebot von Stromzangen. Seit kurzem besteht die Möglichkeit, Messungen in Anwendungen durchzuführen, die die Erfassung von äußerst kleinen Strömen erfordern. Die Auflösung von 1 mA/div in Verbin-

dung mit einer Genauigkeit von 1% für DC und niederfrequente Ströme ermöglicht die detailliertere und präzisere Messung von kleinen Strömen mit LeCroy-Oszilloskopen. Werden High-Definition-Oszilloskope der HDO-4000-Serie zusammen mit den CP030 bzw. CP031A verwendet, so erhält der Anwender durch

die einzigartige 12-Bit-Auflösung hochpräzise Messwerte für optimale Fehlersuche und -analyse. CP030A und CP031A verwenden eine ProBus-Verbindung zum Oszilloskop. Der ProBus sorgt nicht nur für eine einfache und sichere Spannungsversorgung sondern auch für eine aktive Kommunikation der Stromzange mit dem Oszilloskop.

Die Stromzange ist für Leitungen bis zu einem Durchmesser von 5 mm geeignet. Trotzdem sorgt das kompakte Design dafür, dass auch in eng bestückten Bereichen einer Schaltung gemessen werden kann. Die Bandbreiten betragen 50 MHz (CP030A) bzw. 100 MHz (CP031A).

■ *Telemeter Electronic GmbH*
www.telemeter.info

Stratum 3/3E Serie OCXO



- Frequenzbereich: 4,8 MHz – 100 MHz
- Frequenzstabilität: 0,5 ppm – 5,0 ppb
- Betriebstemperaturbereich: $-40 / +85^\circ\text{C}$
- Ausgangssignal: HCMOS/ACMOS/Sinus
- Spannungsversorgung: $+5\text{V} - +15\text{VDC}$
- Ziehspannungsbereich: $0 - 10\text{V}$
- Abmessungen: $21 \times 25 \times 12 \text{ mm}$

Anwendungen:

- Stratum 3 • GPS Empfänger
- V-Sat Terminals • Basis Stationen
- Kundenspezifische Varianten möglich

TELCONA
BEST IN ELECTRONIC COMPONENTS

Telcona GmbH, DE-74889 Sinsheim
Tel. +49 7261 655 388, telcona.com

Pulsgeneratoren der besonderen Art

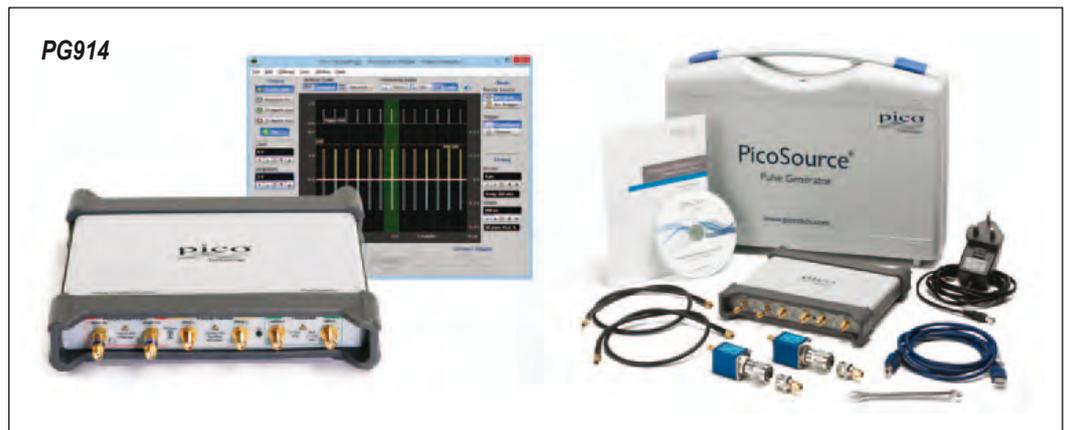
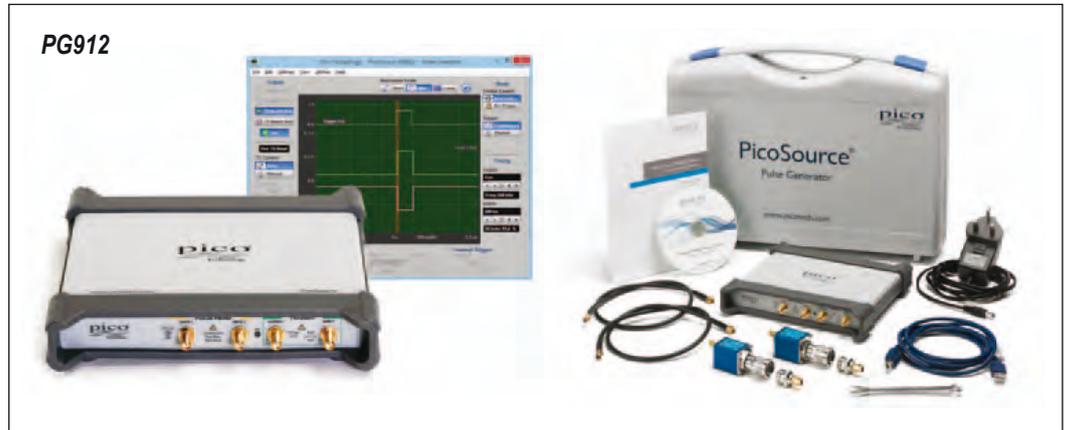
Als „Start in die Oberliga“ bezeichnet Pico die Einführung einer neuen Baureihe von Pulsgeneratoren mit differenzielltem Ausgang und wahlweisen Flankensteilheiten von 60 ps oder 40 ps.

Die PicoSource PG900-Serie (drei Modelle) bietet zwei unterschiedliche Technologien, um die hohen Flankensteilheiten von < 40 ps bzw. < 60 ps zu erzeugen: Der PG911 mit integrierten Speicherschaltioden (Step Recovery Diode) erreicht seine Flankensteilheit von unter 60 ps mit einem variablen Ausgangsspannungshub von 2,5 bis 6 V an jedem differenziellen Ausgang.

Diese Impulse unterstützen einen breiten Dynamikbereich sowie Messungen über große Entfernungen hinweg und decken alle Signalamplituden in den meisten Übertragungssystemen und Geräten ab. Der PG912 verwendet externe Tunnelioden-Impulsgeber, untergebracht in externen Köpfen, um die Flankensteilheit von unter 40 ps mit einer festen Amplitude von 200 mV zu realisieren. Ein drittes Modell, der PG914, kombiniert beide Technologien in einem platzsparenden und wirtschaftlichen Gerät.

Hervorzuheben ist, dass diese Modelle neben ihrer Leistungsfähigkeit äußerst kostengünstig sind und in einem Gehäuse geliefert werden, das es erlaubt, sie auch für mobile Einsätze zu nutzen. Die Abmessungen betragen nur 190 (B) x 180 (T) x 40 mm (H), wie man sie von den Pico-Oszilloskopen kennt.

Die neuen Impulsgeber bzw. Pulsgeneratoren der PicoSource-PG900-Serie eignen sich zum Einsatz bei einpoligen und Differenzimpuls-Messanwendungen. Mit diesen schnellen Flanken kann ein Übertragungsweg, ein Gerät oder ein Netzwerk gezielt angeregt werden. Beispiele hierfür sind Reflexions- und Übertragungs-Messungen (Time Domain Reflectometer und Time Domain Transmission)



sowie Halbleitertests, Gigabit-Verbindungs- und -anschlussprüfungen sowie Prüfungen von Radarsystemen.

Um Laufzeitunterschiede in Systemen zu messen bzw. auszugleichen, lassen sich die Differenzgänge jeweils in Zeitinkrementen von 1 ps zueinander verschieben. Dies ermöglicht die Beseitigung von Timing-Differenzen in den zu prüfenden Verbindungen und Anschlüssen

sowie die gezielte Anwendung von Zeitverzögerungen für Belastungstests im System. Alle Ausgänge können auch einpolig verwendet werden.

Zum Lieferumfang gehört neben diversen Adaptern, Dämpfungsgliedern und Messkabeln die spezielle Software PicoSource PG900. Mit ihr lassen sich alle Parameter für den Impulsgeber/Pulsgenerator einstellen. Die Software läuft unter Microsoft

Windows und bietet ein detailreiches graphisches Abbild des Signals. Sie gibt Aufschluss über die Amplituden- und Trigger-Einstellungen. Die Messparameter können auch für spätere Anwendungen gespeichert werden. In einem speziellen Demo-Mode lassen sich die Einstellungen testen.

■ dataTec GmbH
www.datatec.de

PRECISION ATTENUATORS

2 W to 100 W



NEW
50 W & 100 W
models

NOW from **DC** up to **40 GHz** from **\$2995**
ea. (1-49)

Anwender vertrauen auf die Genauigkeit, Zuverlässigkeit und Wiederholbarkeit von Mini-Circuits' s BW-Familie von Präzisions-Festdämpfungsgliedern. Jetzt haben wir die Auswahl mit der zusätzlichen, von DC bis 40 GHz einsetzbaren BW-K-Serie noch erweitert. Diese neuen Ultra-Breitband-Modelle bieten Dämpfungswerte von 3 bis 20 dB, 2 W Belastbarkeit und 2,9-mm-Steckverbinder. Unsere gesamte BW-Dämpfungsgliederfamilie umfasst jetzt 70 Modelle mit präzisen Dämpfungswerten von 1 bis 50 dB und einer Hf-Belastbarkeit von 2 bis 100 W, um Ihre Anforderungen mit einer Leistung, auf die sie sich verlassen können, zu erfüllen.

Besuchen Sie minicircuits.com für kostenlose Datenblätter, Messkurven, Mengenpreise, Designer Kits und alles, was Sie benötigen, um das richtige BW-Dämpfungsglied für Ihre Anwendung zu finden. Alle Typen sind ab Lager zur sofortigen Lieferung verfügbar.

 **Mini-Circuits®**

www.minicircuits.com P.O. Box 350166, Brooklyn, NY 11235-0003 (718) 934-4500 sales@minicircuits.com

518 rev C

DISTRIBUTORS

IE INDUSTRIAL ELECTRONICS GMBH
D-85719 Holtheim-Wallau, Germany
Tel. +49-6122-72660-0 Fax +49-6122-72660-29
www.ie4u.de
anfrage@ie4u.de

Mini-Circuits Europe

Registered in England No 1419451
Wharf Road, Frimley Green Camberley, Surrey GU16 6LF, England
Tel 0044-1252-832600 Fax 0044-1252-837010

municom®

D-83278 Traunstein, Germany
Tel. 0049-861-16677-0 Fax 0049-861-16677-88
info@municom.de www.municom.de

Wie man den geeignetsten Richtkoppler für eine kritische Anwendung spezifiziert

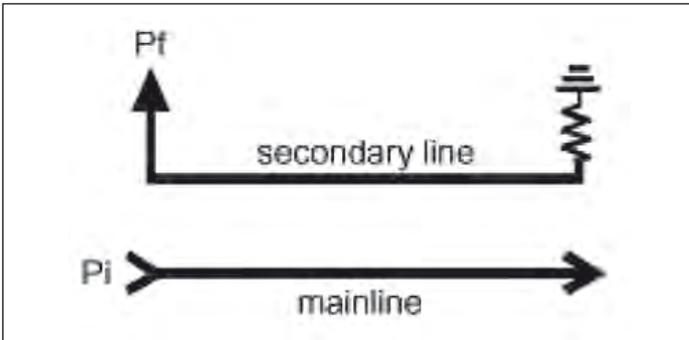


Bild 1: Einfacher Richtkoppler: Pi = einlaufende Leistung, Pf = vorlaufende Leistung

Über die Jahre hinweg wurden viele verschiedene Techniken für den Aufbau von Richtkopplern erprobt.

Dieser Artikel beschränkt sich auf die Diskussion der koaxialen Viertelwellenlängen-Richtkoppler, da diese Bauart einen ausgewogenen Kompromiss zwischen funktionellem Bereich, Leistung und Kosten für die meisten Breitbandanwendungen bis zu einer Oktavbandbreite repräsentiert.

Einführung

Ein Richtkoppler ist prinzipiell eine Viertor-Komponente, die in einer Vielzahl von Mikrowellensystemen eingesetzt wird und praktisch jede Anforderung nach der Erfassung eingehender oder reflektierter Mikrowellenleistung bequem und genau, mit minimaler Störung auf der Übertragungsleitung, erfüllt.

Die Grundkonfiguration eines einzelnen Richtkopplers zeigt Bild 1. Er besteht aus zwei parallelen Übertragungsleitungen mit einer der Mittenfrequenz des Betriebsbereichs entsprechenden Viertelwellenlänge. Die Haupt-

und Sekundärleitungen haben einen genau dimensionierten Abstand voneinander, der den Kopplungsfaktor der Komponente festlegt. Je geringer der Abstand der Leitungen ist, umso mehr Leistung wird in die sekundäre Leitung eingekoppelt. Der Begriff Kopplung gibt an, welcher Teil der Eingangsleistung zum Ausgangsport übertragen wird. Er wird durch folgende Formel ausgedrückt:

$$C = 10 \log_{10}(P_f/P_i)$$

Üblich in der Praxis sind die Werte 3, 6, 10, 20, 30, 40 und 50 dB, jedoch kann nahezu jeder Kopplungswert durch entsprechendes Design realisiert werden.

Ein zweifacher Richtkoppler (Bild 2) ist im Grunde genommen nur eine Rücken-an-Rücken-Anordnung von zwei einfachen Richtkopplern, die sich eine gemeinsame Hauptleitung teilen und zwei sehr gut entkoppelte Ausgänge aufweisen. Die hohe Entkopplung ist wichtig für die Genauigkeit von Reflektometer-Anordnungen, die simultan auch die zu einem Gerät

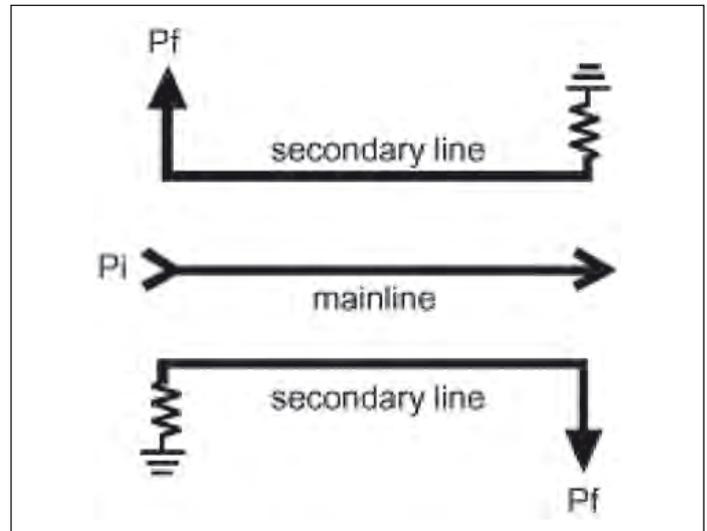


Bild 2: Prinzip eines zweifachen Richtkopplers

oder einer Last hinlaufende Leistung messen und ein Verhältnis der Signale liefert, aus dem man die Rückflussdämpfung in dB ermitteln kann.

Richtkoppler-Theorie und Definitionen

Wenn Leistung in den Eingangsport eingespeist wird, erscheint sie, abzüglich des zur Messung ausgekoppelten Anteils, wieder am Ausgabeanschluss. Wird Leistung an der Ausgangslast reflektiert, würde sie – bei einem idealen Richtkoppler – nicht auf der sekundären Leitung erscheinen. Bedauerlicherweise gibt es keine idealen Richtkoppler, so dass ein kleiner Teil der Rücklaufleistung doch in die gekoppelte Leitung übertragen wird, und zwar um 180° gegenüber der eingespeisten Leistung verschoben. Dadurch wird Leistung auf der Sekundärleitung teilweise ausgelöscht, und es kommt zu Messungenauigkeiten. Der Begriff

„Richtwirkung“ (Directivity, siehe Bild 3) bezeichnet das Verhältnis der Vorwärts- zu Rückwärts-Kopplung und wird durch folgende Formel ausgedrückt:

$$D_s = 10 \log_{10}(P_f/P_b)$$

Je größer die Richtwirkung ist, umso weniger rücklaufende Leistung wird erfasst, so dass sich die Messgenauigkeit signifikant verbessert. Die Richtwirkung ist der entscheidende qualitative Wert zum Vergleich von Kopplern.

Zum Thema Messfehler gehört auch das Spannungs-Stehwellenverhältnis (VSWR), da sich Reflektionen zum eingespeisten Signal addieren oder von ihm abgezogen werden, und dadurch eine Unsicherheit im Kopplungsfaktor verursachen. Der Begriff VSWR kennzeichnet das Verhältnis der vor- zur rücklaufenden Leistung und hat idealerweise die Größe 1.00:1, was bedeutet, dass diese

Theoretischer Einfügungsverlust auf der Hauptleitung aufgrund des Koppelfaktors (dB)							
Koppelfaktor	3 dB	6 dB	10 dB	20 dB	30 dB	40 dB	50 dB
Einzelner Richtkoppler	3,01	1,2560	0,4560	0,0436	0,0043	0,0004	0,00004
Zweifacher Richtkoppler	6,02	2,5120	0,9120	0,0872	0,0086	0,0008	0,00000

Tabelle 1

Unter Verwendung der Application Note MAP-701 „How to specify the best directional Coupler for your Critical Application“ MECA Electronics Inc. <http://e-meca.com>

EMV-Materialien aus einer Hand

- EMV- und Umwelt-Dichtungen (bis IP69k)
- verschieden dotierte Silikone+Fluorsilikone
- EMV-Fenster + Folien
- verschiedenste metallisierte Gewebe
- auch Dispensing in x-y-z Achsen

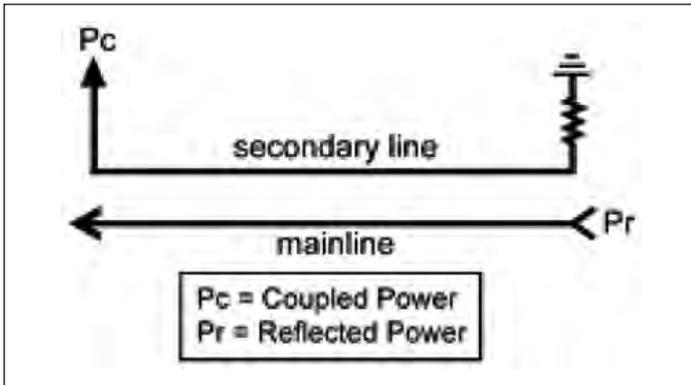


Bild 3

Signale in Phase sind und sich nicht auslöschen. Je besser die Rückflussdämpfung ist, umso weniger Rücklaufverluste treten auf. Eine ungenügende Koppler-Rückflussdämpfung verringert die Messgenauigkeit und ist normalerweise auf Anschlussstecker geringerer Qualität oder unzulängliche Designtechniken zurückzuführen.

Der Frequenzgang eines Kopplers ist ein Maß dafür, wie sich die Kopplung über einen gegebenen Frequenzbereich ändert. Das optimale Koppel-Frequenzverhalten wird durch Auslegung des Kopplers für die Mittenfrequenz des Betriebsbereichs erzielt. Die typische Kopplungs-Welligkeit eines Viertelwellenkopplers, der über ein Oktavband hinweg arbeitet, liegt innerhalb von $\pm 0,75$ dB des Nennwertes. Bei sonst gleichem Design haben Richtkoppler mit stärkerem Koppelfaktor einen flacheren Kopplungsverlauf über der Frequenz (3, 6 & 10 dB), während er bei schwächeren Koppelfaktoren eine höhere Welligkeit aufweist (20 bis 50 dB).

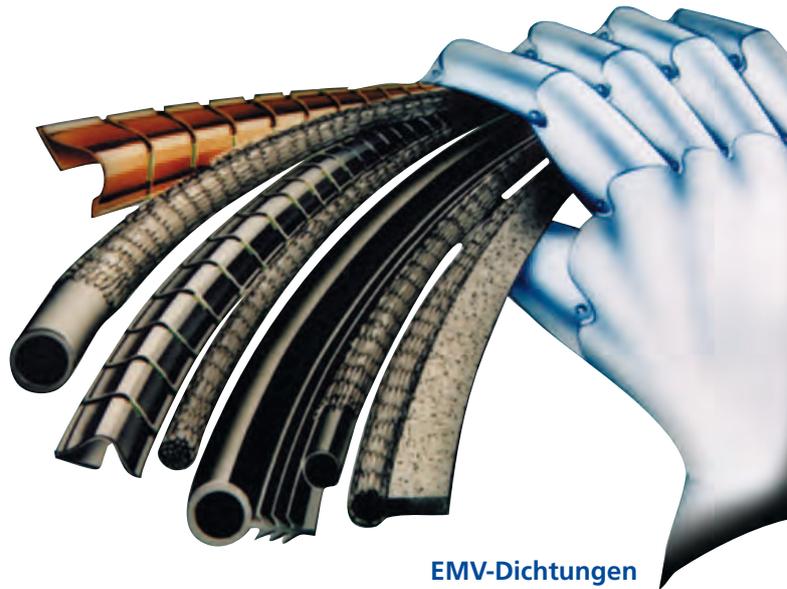
Eine andere wichtige Überlegung beim Spezifizieren eines Kopplers soll sicherstellen, dass er einen möglichst minimalen Einfügungsverlust in der Hauptleitung hat. Aufgrund ihres Entwurfs bieten koaxiale Luftleitungskoppler den niedrigstmöglichen Verlust, wenn sie in einen Übertragungspfad eingefügt werden. Im Allgemeinen wird der Einfügungsverlust eines Kopplers bei höheren Frequenzen signifikanter, weil der

Verlust mit steigender Frequenz immer größer wird.

Wenn man einen Richtkoppler mit einem Koppelfaktor stärker als 20 dB (3, 6 oder 10 dB) spezifiziert, sollte auch der theoretische Einfügungsverlust durch Leistungskopplung von der durchgehenden Leitung des Kopplers auf die zweite Leitung berücksichtigt werden. Tabelle 1 verdeutlicht die Höhe des zusätzlichen Verlusts, der sich auf Grund der Nähe der beiden Übertragungsleitungen ergibt.

Richtkopplerlösungen von MECA

MECA entwickelt und produziert sowohl koaxiale Luftleitungs- als auch Striplinekoppler. Aufgrund ihrer Konstruktion haben Luftleitungskoppler die höchste Belastbarkeit und den niedrigst möglichen Einfügungsverlust. Die bei ihrer Konstruktion verwendeten besonderen Anpassverfahren sorgen auch für außerordentlich hohe Richtfaktoren und das bestmögliche VSWR. Stripline-Koppler haben den Vorteil eines mehrere Oktaven breiten Arbeitsbereichs in Miniaturgehäusen für erhöhte Packungsdichte. Die Richtkoppler sind für einen großen Bereich an Koppelfaktoren von 3 bis 50 dB und mit zahlreichen Kundenoptionen lieferbar, wie z.B. Doppel- und Dreifachkoppler, spezielle Koppelwerte, Übertragungsbereiche bis 18 GHz, externe Hochleistungsabschlüsse und alternative Steckverbindern und Oberflächen-Beschichtungen sowie Ausführungen mit niedrigen PIM-Werten.



EMV-Dichtungen



EMV-Container, aufblasbar



EMV-Fenster und -Folien



3D-Formdichtungen



EMV-Zelte und -Räume



Ultra-Low Jitter VCSO für raue Umgebungsbedingungen



Mit dem VS-508 erweitert Vectron seine umfangreiche VCSO-Palette um ein neues Highlight.

Dieser spannungsgesteuerte, hochstabile SAW-Oszillator weist eine niedrige g-Empfindlichkeit auf und kann bis 2,9 GHz eingesetzt werden. Der Oszillator wurde speziell für Anwendungen entwickelt, in welchen die reibungslose Funktion in einem rauen, vibrations-behafteten Umfeld von kritischer Bedeutung ist.

Das Bauteil kann im Frequenzbereich von 800 bis 2900 MHz betrieben werden und ist dafür ausgelegt, über eine Offset-Bandbreite von 12 kHz bis 20 MHz einen Jitter von max. 12 fs (rms) an einem differentiellen Sinusausgang zu garantieren. Die g-Empfindlichkeit beträgt dabei weniger als 0,6ppb/g. Diese Bündelung von Eigenschaften macht den VS-508 zur bevorzugten Lösung für robuste Anwendungen, in welchen Leistungsfähigkeit unverzichtbar ist.

Weitere Eigenschaften: Betriebsspannung 3,3 und 5 V, Sinus-Ausgang, differentieller Sinus, LVPECL-Ausgang, Gehäuseabmessungen 9 x 14 x 4,9 mm (SMD). Anwendungen sind militärische Systeme, Messgeräte

Bedrahtete Quarze mit allen gängigen Frequenzen



Mit der Serie IC23 von Red Frequency bietet Schukat 29 Typen an bedrahteten Quarzen in der Gehäusebauform HC-49US an. Sie umfassen alle gängigen Frequenzen von 3,579545 bis zu 32 MHz. Schukat ist ein Spezialdistri-

butor für aktive, passive und elektromechanische Bauteile.

Neben einem attraktiven Preis/Leistungs-Verhältnis zeichnen sich die Quarze durch hohe Qualität und beste elektrische Eigenschaften aus. Aus-

gesuchte Rohstoffe, sorgfältige Fertigungsverfahren und eine strikte Qualitätskontrolle garantieren eine langfristige, stabile Funktionalität innerhalb der spezifizierten Parameter. Für einen stabilen Takt sorgen geringe Frequenztoleranzen von lediglich ± 30 ppm bei 25 °C und ± 50 ppm im gesamten Bereich von -20 bis +70 °C. Das Aging ist mit nur ± 3 ppm im ersten Jahr spezifiziert und gewährt einen sicheren Betrieb – auch nach langer Betriebszeit und unter erschwerten Bedingungen. Dabei hält ein hermetisch versiegeltes Vollmetallgehäuse auch größeren mechanischen Belastungen sowohl bei der Verarbeitung als auch im Betrieb stand. Zudem schützt es den eigentlichen Schwingquarz sowie dessen Kontaktierung zuverlässig vor schädlichen Umwelteinflüssen.

■ *Schukat electronic Vertriebs GmbH*
info@schukat.com
www.schukat.com

und Applikationen im industriellen Umfeld.

VCSO mit der höchsten Frequenz am Markt



Mit dem VCSO VS-403 setzt Vectron nach eigener Ansicht

neue Maßstäbe am Oszillatormarkt. Der VS-403 ist der erste SAW-Oszillator, der den Frequenzbereich 5 bis 7 GHz abdeckt und dabei mit einem extrem guten Jitter-Wert (14 fs rms über einer Offset-Bandbreite von 12 kHz bis 20 MHz) glänzt.

Der VS-403 erscheint daher als ideale Lösung für kommende Mobilfunksysteme, z.B. Systeme für den neuen 5G-Standard. Denn Hochgeschwindigkeits-ADCs verlangen eine hohe Referenzfrequenz mit niedrigstem Jitter.

Weitere Spezifikationen: Sinus-Ausgang, Betriebsspannung 3,3 V, Gehäusemaße 13 x 20 x 5,9 mm (SMD). Typische Anwendungen eröffnen sich in den Bereichen Hochgeschwindigkeits-ADCs, Messtechnik, Mobilfunksysteme und militärische Kommunikationssysteme.

Weiterführende Informationen sowie ein ausführliches Datenblatt über [municom](http://municom.com).

■ *municom GmbH*
info@municom.de
www.municom.de

SEMATRON DEUTSCHLAND

GmbH

www.sematron.de

SEMATRON DEUTSCHLAND GmbH Telefon: +49 22 25 / 70 45 1 87
 Nußstr. 49 Telefax: +49 22 25 / 70 20 51
 53340 Meckenheim E-Mail: info@sematron.de

Ihr
Partner
 für

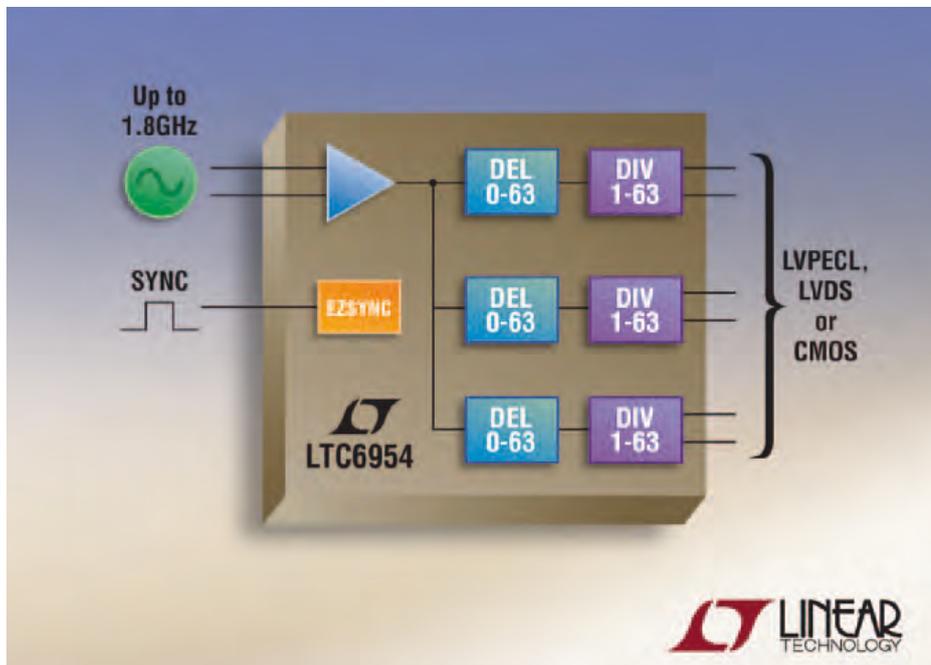
SYSTEME/GERÄTE

SATELLITENKOMMUNIKATION

RF- und mmW-KOMPONENTEN

ENTWICKLUNG bis 240 GHz

Taktverteilungslösung mit ultrageringem Jitter und Unterstützung für Multichip-Synchronisation



Linear Technology Corp. präsentierte die Produktfamilie LTC6954, bestehend aus einer Reihe von 1,8-GHz-Taktverteilungschips mit ultrageringem Jitter und drei voneinander unabhängigen Ausgängen, jeweils mit individuell programmierbarem Teilerfaktor und individuell programmierbarer Phasenverzögerung.

Durch seinen extrem geringen Eigen-Jitter von weniger als 20 fs effektiv (12 kHz bis 20 MHz) minimiert der LTC6954 das bei der Frequenzteilung und Verteilung des Eingangstaktsignals entstehende Rauschen. Dadurch kann der LTC6954 extrem jitterarme Taktsignale liefern, wie man sie benötigt, um den Signal/Rauschabstand hochauflösender Datenwandler zu optimieren.

Insbesondere bei der Digitalisierung analoger Hochfrequenz- oder Zwischenfrequenzsignale ist eine möglichst jitterarme ADC-Taktung erwünscht. Der LTC6954 ist eine optimale Takteilerlösung für solche Anwendungen.

Die Produktfamilie LTC6954 umfasst vier Versionen mit jeweils unterschiedlichen Kombinationen von LVPECL- und LVDS/CMOS-Ausgangstreibern. Der Chip harmonisiert dadurch optimal mit Logikfamilien unterschiedlichster Art. Der LTC6954 benötigt eine unipolare 3,3-V-Betriebsspannung und ist SPI-programmierbar. Er teilt die Eingangsfrequenz durch einen beliebigen

ganzzahligen Wert zwischen 1 und 63 und kann die Ausgangstakte individuell um 0 bis 63 Eingangstaktzyklen verzögern. Das vereinfacht die Erzeugung phasenverschobener Taktsignale, wie sie beispielsweise zur Taktung von A/D-Wandlern in den I- und Q-Kanälen von Kommunikationssystemen benötigt werden.

Darüber hinaus unterstützt der LTC6954 Linear Technologys proprietäres EZSync-Synchronisationsverfahren, das es ermöglicht, die Anstiegsflanken mehrerer Ausgänge eines oder mehrerer Chips durch einen einfachen Triggerimpuls miteinander zu synchronisieren; dadurch sind reproduzierbare und deterministische Phasenbeziehungen zwischen sämtlichen Takteilerausgängen eines Systems gewährleistet. Bei Bedarf kann die Anzahl der jitterarmen, flankensynchronen Taktsignale durch einen dem LTC6954 nachgeschalteten Synthesizer LTC6950 erweitert werden.

Der LTC6954 ist über den gesamten Sperrschicht-Temperaturbereich von -40 bis +105 °C spezifiziert und besitzt ein 4 x 7 mm großes 36-poliges QFN-Kunststoffgehäuse. Der Chip ist ab sofort in Produktionsstückzahlen lieferbar. Muster und Demo-Boards stehen zur Verfügung.

■ *Linear Technology Corp.*
www.linear.com

MTS
Systemtechnik

Von der Idee bis zum Service,
HF-Technik aus einer Hand



Mobilfunk-
& EMV-
Messtechnik



Schalten & Verteilen
von HF-Signalen



Mechanik
Präzisionsfrästeile
& Gehäuse



HF-Komponenten &
Distribution von IMS
Connector Systems

MTS Systemtechnik GmbH
D-86690 Meringten
www.mts-systemtechnik.de



Chipsatzlösung für QSFP28-Module in Datacenter-Anwendungen



Angesichts des wachsenden 100G-Bedarfs in Datacentern kündigte Macom die Verfügbarkeit seines kompletten Chipsatzes für CWDM- und PSM4-Anwendungen in Datacentern an. Zu dem Chipsatz gehört der gesamte Bestand an elektronischen und optischen integrierten Schaltungen mit dem Ziel minimaler Leistungsaufnahme im QSFP28-Format.

Hintergrund: Zur Deckung der Nachfrage nach Hochgeschwin-

digkeits-Datenkommunikation werden die neuen Mega-Datacenter immer größer. Dementsprechend wird davon ausgegangen, dass das Volumen von 100G-Transceivern exponentiell wächst, während parallel dazu nach immer sparsameren, kompakteren und kostengünstigeren Komponenten verlangt wird.

Macom hat die Anzahl an High-speed-Halbleiterbausteinen in 100G-Transceivern konsolidiert und bietet jetzt eine Komplett-

lösung mit Lasern, Treibern, CDRs und TIAs an – allesamt dafür optimiert, herausragende Vorteile in Sachen Performance, Stromverbrauch, Platzbedarf und Kosten zu bieten.

Bei den MACOM-Bausteinen M37046 und M38049 handelt es sich um die sparsamsten und kompaktesten vierkanaligen Empfangs- und Send-CDRs mit marktführender Performance. Die ein- bzw. vierkanaligen DML-Treiber MAOM-002301 und MAOM-002304 wiederum sind auf dem Markt die Lösungen mit der geringsten Leistungsaufnahme. Dank ihrer einfachen Montage im TOSA haben sie auf dem Markt sehr große Verbreitung gefunden.

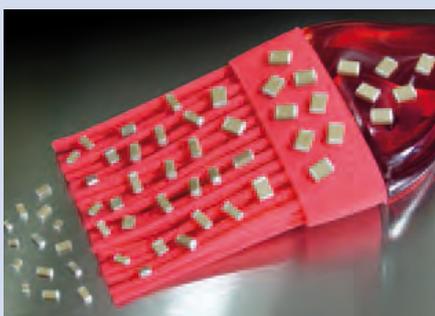
Die DFB-Laser der Familie 127/129/131/133D-25C-LCG11 von Macom decken die CWDM- und PSM4-Wellenlängen ab und zeichnen sich durch hohe Performance über einen weiten Betriebstemperaturbereich aus.

Die ein- bzw. vierkanaligen TIAs M03002 und M03102 haben für 28G-Anwendungen das geringste Rauschen und die niedrigste Leistungsaufnahme der Industrie zu bieten.

Umfassend unterstützt wird das Bundle durch das fachkundige Applikations-Team von Macom, sodass Transceiver-Designer schneller mit ihren Produkten auf den Markt kommen können. Durch Skaleneffekte entstehen darüber hinaus entscheidende Vorteile für Hersteller, die Transceiver auf Basis des MACOM-Chipsatzes implementieren. Sämtliche Produkte des 100G-Datacenter-Bundles sind ab sofort in Produktionsstückzahlen verfügbar.

■ **Macom**
M/A-COM Technology Solutions Holding, Inc.
www.macom.com

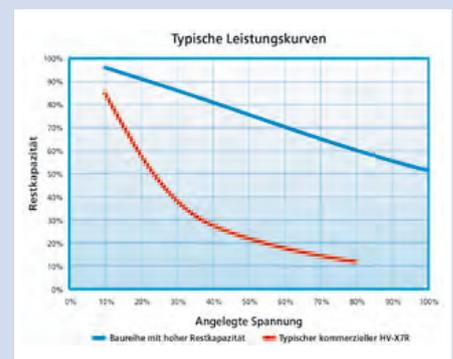
Keramische X7R-Vielschichtkondensatoren mit hoher Restkapazität



Entwicklungsingenieure, die Kondensatoren mit einer definierteren Kapazitätsänderung über der angelegten Spannung benötigen, können jetzt die Baureihe VC1 von Syfer Technology, einer Marke von Knowles Capacitors, nutzen. Diese Baureihe von keramischen X7R-Vielschichtkondensatoren (MLCCs) mit hoher Restkapazität ist darauf ausgelegt, von ihrem Kapazitätswert bei 1 V effektiv und 1 kHz um nicht mehr als 50% abzufallen – bis hinauf zur vollen Nenngleichspannung bei Raumtemperatur.

Generell gilt bei keramischen Kondensatoren: Je stabiler das Dielektrikum, desto niedriger der verfügbare Kapazitätswert. Es ist oft ein Kompromiss nötig, da die stabilsten, verlustärmsten, alterungsfreien Klasse-1-Dielektrikumsmaterialien nur geringe Kapazitätswerte hervorbringen. Allerdings haben Weiterentwicklungen in Material- und Prozesstechnologie plus ein vertieftes Verständnis von Kondensatorentwurf und Ausfallmodi über die Zeit dazu geführt, dass Syfer enorme Verbesserungen in der volumetrischen Effizienz von Vielschichtkondensatoren (MLCs) erzielen konnte. Die Obergrenze von beispielsweise 56 nF für ein 1-kV-Bauteil in der Gehäusegröße 1812 vor zehn Jahren ist heute auf 180 nF gestiegen.

Die Baureihe VC1 kann kontinuierlich bei der vollen Nennspannung betrieben werden, behält aber bei De-Rating einen höheren Prozentsatz ihres originalen Kapazitätswerts bei. Bei einem Betrieb bei 80% der Nennspannung wird der Kapazitätswert



beispielsweise auf einen Punkt in der Nähe von 60% zurückgehen. Sie bietet definierte Kapazitätswerte in Gehäusegrößen von 0805 bis 3640 mit Nennspannungen bis zu 3 kV und eignet sich optimal für Spannungsversorgungen, kapazitätskritische Schaltungen, Glättungsschaltungen und zur EMI-Unterdrückung.

■ **Knowles Capacitors**
www.knowlescapacitors.com

Dünnschicht-Widerstände bieten niedrigste Temperaturkoeffizienten und Toleranzen



Viking Tech Corp. ergänzte seine Serie der AR-Dünnschicht-Widerstände mit niedrigeren TK-Werten und Toleranzen. Widerstandsprodukte, die in Dünnschichttechnologie gefertigt sind, zeichnen sich neben sehr engen Toleranzen und niedrigem TK besonders durch ihre hervorragende Langzeitstabilität und geringes Stromrauschen aus.

Die bekannte AR-Serie war bisher mit 5 ppm/K als niedrigstem Temperaturkoeffizienten (TCR) spezifiziert. Ab sofort bietet Viking die AR-Serie auch mit einem TCR von 3 ppm/K oder von sogar nur 2 ppm/K und einer Toleranz von 0,01% an. Lieferbar sind diese Widerstände in den Baugrößen 0402 bis 2512. Darüber hinaus sind die Baugrößen

0603 bis 2010 auch mit erhöhter Nennleistung je nach Baugröße bis 1/3 W erhältlich. Der grundsätzlich erhöhte Arbeitstemperaturbereich erstreckt sich von -55° bis +155 °C. Die Präzisions-Chip-Widerstände der AR-Serie werden beispielsweise in Anwendungen eingesetzt, in denen hochgenaue Messungen durchgeführt werden (Medizintechnik, Messinstrumente, intelligente Verbrauchszähler, sog. Smart Meter), und eignen sich gleichfalls für Kommunikationsgeräte, Umrichter, GPS-Anwendungen und Handheld-Geräte. Die WDI AG stellt kostenlose Muster zur Verfügung und liefert Klein- und Serienmengen.

■ **WDI AG**
info@wdi.ag www.wdi.ag

Ultrakompakte 90°-Hybridkoppler mit SMA-Anschlüssen



Electro Photonics stellte seine neuen 90°-Hybridkoppler mit hochwertigen 18-GHz-SMA-Anschlüssen vor: Q3XG-1500R-SMA. Diese HF-Koppler vertragen eine Leistung von 65 W und sind in einem ultraflachen und kompakten Aluminiumgehäuse (28 x 40 mm) untergebracht.

Der Arbeitstemperaturbereich reicht von -40 bis +85 °C, und der Frequenzbereich erstreckt sich von 1 bis 2 GHz bei einem SWR von maximal 1,2. Die Koppler haben einen Eingangsverlust (Insertion Loss) von nur 0,2 dB bei einer Isolation von 30 dB und

einer Amplitudenbalance von $\pm 0,5$ dB.

Ihren Einsatz finden die neuen Koppler vornehmlich in Signalteilern und -kombinierern, zur Strahlbündelung in Antennennetzwerken, in symmetrischen Verstärkern und analogen Phasenwechslern. Sie sind für mobile LTE-Breitband-Anwendungen, UHF TV, GSM und andere Applikationen geeignet. Weitere Informationen erhält man vom autorisierten Distributor und Repräsentanten, der WDI AG.

■ **WDI AG**
info@wdi.ag
www.wdi.ag

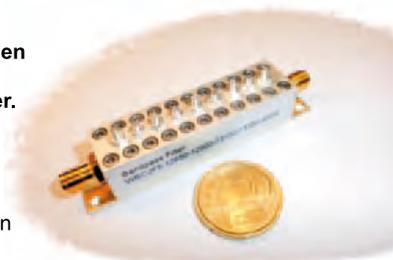


Wainwright Instruments GmbH

HF-Filter • Mikrowellen-Filter • Multiplexer

Seit über 36 Jahren entwickeln und fertigen wir in Deutschland HF & Mikrowellenfilter.

Ausführliche Spezifikationen und Preise von tausenden Standarddesigns finden Sie auf unserer Webseite.



Cavity Bandpassfilter (Compline Design)

geringe Baugröße
 geringe Einfügedämpfung
 besonders geeignet für Frequenzen zwischen 10 und 15 GHz
 unterschiedliche Bandbreiten möglich, je nach Anforderung

Beispiel:
5-kreisiger Bandpass WBCJ5-10350-11000-11600-12300-40SS
 Bandbreite: 600 MHz
 Sperrdämpfung: 40 dB min., Flanken kleiner als 700 MHz
 geringe Durchlassdämpfung von unter 0.5 dB
 Rückflussdämpfung: 14 dB min.
 Steckverbinder: SMA female oder male



Informationen auch zu anderen Filtern finden Sie auf unserer Webseite, gerne erstellen wir Ihnen ein Angebot nach Ihren Anforderungen.

Graf-Rasso-Str. 1 Tel.: +49 (0) 8152-9182-30 E-Mail: info@wainwright-filters.com
 82346 Andechs Fax: +49 (0) 8152-9182-55 Web: www.wainwright-filters.com

RoHS
 Unsere Filter entsprechen den gültigen RoHS-Richtlinien

TÜV ISO 9001
 AUSTRIA ISO 14001
 OHSAS 18001

PIM-Testing



Abschlusswiderstand für bis zu 40 GHz

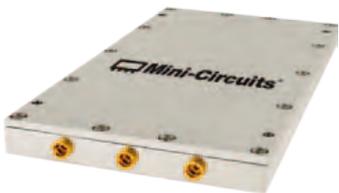


Der Terminationswiderstand ANNE-50K+ von Mini-Circuits lässt sich in einem weiten Frequenzbereich (DC bis 40 GHz) einsetzen. Die Impedanz beträgt 50 Ohm, die Form ähnelt einem 2,92-mm-Stecker. Dieser ist an die Buchsentypen SMA, K und 3,5 mm anschließbar. Bei 4 (40) GHz wird die Rückflussdämpfung mit typisch 35 (20) dB angegeben. Die höchstmögliche HF-Leistung beträgt 1 W. Anwendungen finden sich in den Bereichen Zellularfunk, Satellitenkommunikation, Wehrtechnik sowie Testaufbauten.

Weitere technische Daten

- Arbeitstemperaturbereich -55 bis +100 °C
- Lagertemperaturbereich -55 bis +100 °C
- min. Rückflussdämpfung bei 18...30 (30...40) GHz 19 (16) dB

Power Splitter/Combiner für 150 MHz bis 6 GHz



Der Dreiweg-Splitter/Combiner Z3PD-63SNP+ von Mini-Circuits in 50-Ohm-Technik wurde für den Frequenzbereich von 150 MHz bis 6 GHz vorgesehen. Er hat einen DC-Pass und ist sehr flach ausgeführt. Die Abmessungen betragen 2,99 x 5,07 x 0,43 inch. Ausgestattet ist die Baugruppe mit Snap-on-SMP-Connectoren. Dieser Splitter/Combiner kann bis zu 5 W aufteilen bzw. drei Leistungen

bis zu dieser Leistung zusammenführen. Die Einfügedämpfung wird mit typisch 1 dB bis 600 MHz angegeben, natürlich über den theoretischen 4,8 dB. Die Amplitudenabweichung ist typisch 0,5 dB und maximal 0,9 dB, die Phasenabweichung typisch 5° und maximal 9°, jeweils zwischen 5 und 6 GHz. Die Isolation beträgt in diesem hohen Frequenzbereich mindestens 13 dB und typisch 15 dB und ist im mittleren Frequenzbereich maximal.

Es ergeben sich vielfältige Einsatzmöglichkeiten dieses breitbandigen Bauteils, etwa in empfindlichen Verpackungsumgebungen, bei automatischen Testsystemen, im Zellularfunk, im ISM-Funk oder bei der Satellitenkommunikation.

Weitere technische Daten

- Arbeitstemperaturbereich -55 bis +100 °C
- Lagertemperaturbereich -55 bis +100 °C
- Verlustleistung max. 1,8 W
- DC-Strom max. 750 mA/250 mA pro Port

Extrem breitbandiger Zweiweg-Splitter/Combiner



Der Splitter/Combiner EP2K1+ von Mini-Circuits in 50-Ohm-Technik wurde für den Frequenzbereich von 2 bis 26,5 GHz vorgesehen. Er kann bis zu 2,5 W aufteilen bzw. zwei Leistungen bis zu dieser Leistung zusammenführen. Die Mitführung eines Gleichstroms bis 1,2 A (bis 25 °C) ist möglich.

Dabei hat der Baustein ein nur 4 x 4 x 1 mm messendes SMT-Gehäuse. Er ist in GaAs-IPD-Technologie gefertigt und erweist sich als sehr ESD-fest und stabil in seinen Kennwerten.

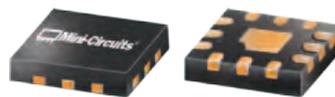
Die Anwendungsmöglichkeiten sind aufgrund des breiten Ein-

satzfrequenzbereichs überaus vielseitig. Beispiele sind UHF TV, Zellularfunk, ISM, SMG, GSM, PCS, DCS, UMTS, Messtechnik (Labor), WLAN, LTE oder mobiler militärischer Bereich.

Wichtige Grenzwerte

- Arbeitstemperaturbereich -40 bis +85 °C
- Lagertemperaturbereich -65 bis +150 °C
- Eingangsleistung als Splitter 2,5 W bis 25 °C
- interne Verlustleistung 1,7 W bis 25 °C

Elektronischer Umschalter für 5 MHz bis 3 GHz



Der elektronische HF/Mikrowellen-Umschalter JSW2-33HDR-75+ von Mini-Circuits ist für 75 Ohm Anschlussimpedanz und den Frequenzbereich von 5 MHz bis 3 GHz ausgelegt. Er benötigt eine einfache Versorgungsspannung im Bereich 2,3 bis 4,8 V. Diese Anspruchlosigkeit verdankt er seinem CMOS-Treiberkonzept für die Betriebsspannung.

Die Großsignalfestigkeit des doppelten Umschalters (Single Pole, Double Throw, SPDT) erreicht, gemessen am IP3 typisch 70 dBm, während die Einfügedämpfung bei 1 GHz mit typisch 0,33 dB angegeben wird. Der Umschalter verträgt eine Leistung über 3 W, ehe er mit 0,1 dB zu begrenzen beginnt. Die Isolation wird mit typisch 42 dB bei 1 GHz angegeben. Das Bauteil wurde mit einem Silicon-on-Insulator-Prozess hergestellt und hat einen internen CMOS-Treiber zwecks Generierung einer negativen internen Betriebsspannung. Das Gehäuse misst 2 x 2 mm und hat zwölf Anschlüsse. Dieser HF/Mikrowellen-Schalter findet Anwendung in automatischen Teststationen, beim zuverlässigen „Sleeptime“-Schalten oder für

Umschaltungen beim Mikrowellenfunk.

Wichtige Grenzwerte

- Arbeitstemperaturbereich -40 bis +85 °C
- Lagertemperaturbereich -40 bis +125 °C
- Versorgungsspannung 5 V
- Eingangsleistung 5 W, derated
- Fall Time typ. 0,7 µs
- Rise Time typ. 0,5 µs

USB/Ethernet-gesteuerte HF-Schaltmatrix



Der koaxiale HF/Mikrowellen-Halbleiter-Schalter RC-2SP6T-A12 von Mini-Circuits ist für 50 Ohm Anschlussimpedanz und den Frequenzbereich von DC bis 12 GHz ausgelegt. Er lässt sich per USB oder Ethernet steuern und erhält per mitgeliefertem Steckernetzteil seine Versorgungsspannung. SP6T steht für Single Pole, 6 Throw, also einen Sechsfach-Umschalter. Die 2 davor weist auf das zweifache Vorhandensein dieser Schalter hin. Mit 100 Millionen Schaltzyklen hat dieses Produkt eine besonders lange Lebenserwartung.

Das Bauteil arbeitet elektromechanisch und bietet so eine Isolation von typisch 90 dB. Eine Leistung bis 10 W HF kann geschaltet werden. Das Produkt wurde mit einem robusten Gehäuse ausgestattet. Es hat SMA-Buchsen. Der Umschalter wird mit GUI Software und USB/Ethernet-Kabel geliefert.

Wichtige Grenzwerte

- Arbeitstemperaturbereich 0 bis 40 °C
- Lagertemperaturbereich -15 bis +45 °C
- Versorgungsspannung 26 V
- Eingangsleistung 10 W

■ Mini-Circuits
www.minicircuits.com

Products

New 8-Bit Digital Phase Shifters Offer Variable Phase Shift



Pasternack introduced a new series of 8-bit digital phase shifters which are programmable over a full 360° range and can produce a discrete set of phase states of up to 255 total steps

with 1.4° increments with a high level of accuracy and minimal phase shift error. These building block components cover broadband microwave and millimeter wave frequencies and are ideal

for aerospace and defense radar and EW applications which involve phased-array antennas, phase discriminators, beam forming networks and RF communication systems.

Pasternack's digital phase shifters offer the advantage of having a programmable 8 bit TTL logic interface where phase states can be precisely controlled. The highly integrated hybrid MIC design architecture offers the benefit of greater immunity to noise on control lines and gives more uniform performance from unit to unit, achieves a flatter phase response over a wider frequency bandwidth with higher power handling and improved linearity performance.

Pasternack offers 4 new models of digital phase shifters which cover frequency bands that range

from 0.5 to 37 GHz. Typical phase shift error ranges from 0.9 to 5 degrees over 8 binary increments with fast switching speed performance from 30 to 450 nsec. Maximum input (CW) power varies from 10 to 30 dBm depending on the model. The compact packages are environmentally sealed and feature field replaceable SMA or 2.92 mm connectors and sub-miniature D multi-pin connectors for the power/logic controls.

Additionally, all models are designed to meet MIL-STD-202F conditions for temperature cycle, humidity, shock, altitude, and vibration, which give designers added confidence for high reliability operation.

■ Pasternack
www.pasternack.com

Brand-New Line of Right Angle Waveguide to Coax Adapters

Pasternack has released new lines of in-stock 1.85, 2.4 and 2.92 mm waveguide to coax adapters with operating up to 65 GHz. These waveguide adapters are used for any number of applications such as SATCOM, wireless communications, industrial, test and measurement and defense systems whenever there is a requirement to transition from coax to waveguide or vice versa.

Pasternack's newest selection of 10 waveguide to coax adapters complements the company's already vast portfolio of more than 75 waveguide adapters. This new offering brings the overall family into the millimeter wave frequency ranges with models in the K-band (18

to 26.5 GHz) up to V-band (50 to 65 GHz). Available waveguide sizes for these new models include WR-42, WR-28, WR-22, WR-19 and WR-15. These coax to waveguide adapters exhibit excellent VSWR as low as 1.29:1 while also offering insertion loss performance as low as 0.3 dB.

The new waveguide to coax adapters from Pasternack that are designed with 2.92 mm connectors utilize a UG-style square waveguide flange, while the 2.4 and 1.85 mm connectorized versions utilize a UG-style circular waveguide flange. Both male and female connector options are available in each frequency band. All waveguide adapters

are in-stock and available for same-day shipping.

■ Pasternack
www.pasternack.com



Products

New Ka-Band High-Power Attenuators Offer Flat Frequency Response



Link Microtek has launched a new range of high-power attenuators that offer a flat response right across their specified frequency band of 26.5 to 40 GHz, making them ideal for use in the testing of military or commercial Ka-band satellite-communications systems.

Known as the AM28J-XXMP series, the devices are available with attenuation levels ranging from 10 to 30 dB, while a microwave power handling capability of up to 100 W CW enables measurements to be carried out on either TWT (travelling wave tube) or solid-state high-power amplifiers. The attenuators feature a low maximum VSWR of 1.15:1.

Consisting of WR28 waveguide elements, internal ceramic loading and external cooling

fins for optimum thermal dissipation, these compact attenuators have an end profile measuring just 78.5 x 29.5 mm including heatsinks, with lengths varying according to the attenuation level specified.

The devices are fabricated from lightweight aluminium, finished with an Iridite coating and satin black paint. UBR320 flanges are supplied as standard, while other flange styles available on request to suit specific customer requirements.

■ *Link Microtek, Ltd.*
sales@linkmicrotek.com
www.linkmicrotekeng.com

65 GHz Coax Attenuators Handle 1 W CW



FMW, Ltd. announced design and sales support for 65 GHz coaxial attenuators using 1.85 mm connectors. P1dB, Inc. offers a series of these attenuators with available

fixed attenuation values of 3 (P1AT-18MF-65G1W-3), 6, 10, 20 and 30 (P1AT-18MF-65G1W-30) dB. With a maximum VSWR of 1.35:1, these P1dB attenuators find applications in test and measurement production environments and optical networking. The table below defines the part numbers for the associated fixed values.

■ *RFMW, Ltd.*
info@rfmw.com
www.rfmw.com

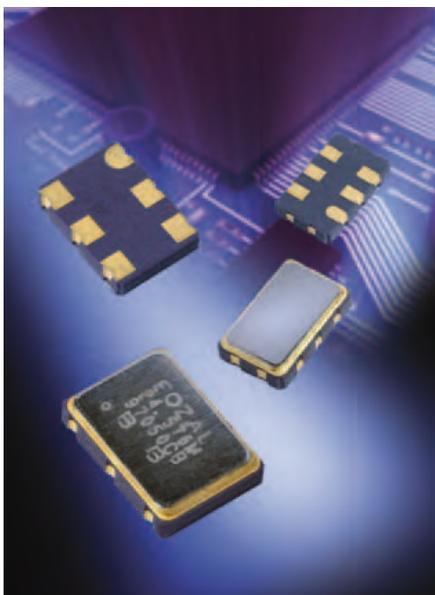
1 to 18 GHz SMA 2-Way Power Divider



P1dB, an RF and Microwave component supplier, released a new ultra-broadband 2-way SMA power divider operating from 1 to 18 GHz. The P1PD-SAF-0118G30W-2 SMA power divider is a Wilkinson RF splitter that is capable of handling 30 watts of RF power. The RF power divider is in stock and is available at P1dB.

■ *P1dB, Inc.*
sales@p1db.com
www.p1db.com

New Ranges of Surface Mount Microminiature Differential LVDS Oscillators



Mercury Electronics Europe has introduced three new ranges of surface mount microminiature differential LVDS oscillators that offer femtosecond integrated phase jitter. Offering high performance at highly competitive prices, the new HDK series oscillators also offer superior phase noise.

All three series are available with 2.5 or 3.3 V supply voltage offering frequencies from 10 to 220 MHz (3.3 V) and 13.5 to 220 MHz (2.5 V) with differential LVDS (low voltage differential signalling) square wave output. HDK3261 series oscillators are housed in 3.2 x 2.5 x 1 mm surface mount packages, while HDK5361 measure 5 x 3.2 x 1.2 mm and HDK 5761 are 7 x 5 x 1.8 mm devices. All offer typical phase jitter of 300 fs with typical phase noise of -144dBc/Hz at 100 kHz.

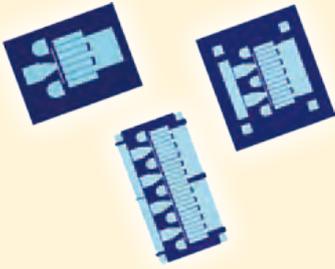
Specifications include current consumption of 16 mA typical, start-up time of 10 ms maximum and ageing of ±3 ppm per year maximum for all models. Operating temperature ranges from -10 to +70 °C (commercial) and -40 to +85 °C (industrial) are available across the range.

Supplied on 16 mm tape in quantities of 1000 pieces per reel, the new HDK series differential LVDS oscillators are ideal for wide range of volume applications including flat panel displays for consumer TVs, video streaming systems via external cables (e.g. LDI), high speed serial communications links such as Serial ATA & FireWire, SONET, xDSL, SDH, set-top box and Ethernet cards.

■ *Mercury Electronics Europe*
www.mecxtal-europe.com

Components

Three New Discrete Power GaN on SiC HEMTs



Richardson RFPD, Inc. announced the availability and full design support capabilities for three new discrete power GaN on SiC HEMTs from Qorvo.

The TGF2952, TGF2953 and TGF2954 are designed using Qorvo's proven TQGaN25 production process that fea-

tures advanced field plate techniques to optimize microwave power and efficiency at high drain bias operating conditions. The HEMTs feature maximum power added efficiency levels that make them appropriate for high efficiency applications.

The new devices are designed for a range of high effici-

ency applications, including marine radar, satellite communications, point-to-point communications, military communications, broadband amplifiers, and high efficiency amplifiers.

■ *Richardson RFPD*
www.richardsonrfpd.com

According to Qorvo, key features of the new GaN MMIC power amplifiers include:

Part Number	Frequency Range (GHz)	Nominal PSAT (dBm @ GHz)	Maximum PAE (% @ GHz)	Nominal Power Gain (dB @ GHz)	Bias (V @ mA)	Chip Dimensions (mm)
TGF2952	DC-14	38.4 @ 3.0	75.7 @ 3.0	20.4 @ 3.0	32 @ 25	1.01 x 0.82 x 0.10
TGF2953	DC-12	41.2 @ 3.5	73.7 @ 3.5	18.2 @ 3.5	32 @ 50	1.01 x 1.14 x 0.10
TGF2954	DC-12	44.5 @ 3.0	71.6 @ 3.0	19.6 @ 3.0	32 @ 100	1.01 x 1.68 x .010

1 - 11 GHz GaAs HEMT Low Noise Amplifier



Richardson RFPD, Inc. announced the availability and full design support capabilities for a GaAs MMIC low-noise, wideband amplifier from Analog Devices, Inc.

The HMC753LP4E operates between 1 and 11 GHz, providing up to 16.5 dB of small signal gain, 1.5 dB noise figure, and output IP3 of 30 dBm, while requiring only 55 mA from a 5 V supply. The P1dB output power of up to 18 dBm enables the LNA to function as an LO driver for balanced, I/Q or image reject mixers. The HMC753LP4E features I/Os that are DC-blocked and internally matched to 50 Ohms, making it ideal for high capacity microwave radios or VSAT applications. It is also suitable for military, aerospace and test instrumentation applications.

The new LNA is housed in a 24-lead, leadless 4 x 4 mm plastic surface mount package. It is also available in die form as the HMCALH444.

■ *Richardson RFPD*
www.richardsonrfpd.com

Frequency Mixers Operate Across full Ka, Q, U, V, E & W Millimeter Wave Bands



Pasternack added new millimeter wave (mm-wave) waveguide frequency mixers available in six down-conversion and six up-conversion models that cover full Ka, Q, U, V, E, and W bands. Designs utilize high performance GaAs Schottky Barrier Beam Lead Diodes in balanced configurations that require a 13 dBm LO drive and display low levels of conversion loss.

Pasternack's new waveguide mixers, also referred to as waveguide converters, are a key building block component of mm-wave receivers used to down-convert very high frequency signals to usable RF frequencies for cost effective signal processing. They are also very useful for test and measurement applications to convert signals to frequency levels that can be measured with available equipment. Similarly, these mixers can be used to efficiently up-convert RF signals to millimeter wave frequencies for point-to-point radio and millimeter wave radar applications.

The new waveguide frequency mixers from Pasternack operate over RF and LO frequency bands ranging from 26.5 to 110 GHz with an IF frequency covering DC to 18 GHz. Depending on the model, conversion loss ranges from 6 to 9 dB typical with 20 dB typical RF to LO isolation.

Maximum RF input power is +5 dBm and performance is specified over an operating temperature of 0 to 50 °C. Rugged gold plated package designs are thermally stable for high reliability and feature compact dimensions

with integrated waveguide sizes ranging from WR-28 to WR-10.

■ *Pasternack*
www.pasternack.com

BAW Filter Offers Stable Performance for Band 25 Uplink



RFMW, Ltd. announced design and sales support for a Low-Drift BAW filter created for Band 25 repeater uplink applications centered at 1882.5 MHz. Qorvo's 885048 has 65 MHz of usable bandwidth and can handle up to 1 W of RF input power. Featuring a low insertion loss of 2.3 dB max, the Qorvo 885048 offers single-input, single-output operation. No external matching components are required which simplifies circuit design. The Qorvo 885048 is offered in a 3 x 3 mm ceramic, hermetic package.

■ *RFMW, Ltd.*
info@rfmw.com
www.rfmw.com

POWER SPLITTERS/ COMBINERS

from **2 kHz to 26.5 GHz** as low as **94¢** ea. (qty. 1000)

Neu!

**Die größte Bandbreite im industriellen
Bereich mit einem einzigen Modell!**

EP2K1+ 2 to 26.5 GHz

EP2K+ 5 to 20 GHz

EP2C+ 1.8 to 12.5 GHz

Dieses größte industrielle Angebot umfasst Tausende von Typen von 2 kHz bis 26,5 GHz und mit bis zu 300 W HF-Belastbarkeit in koaxialer Ausführung, mit Flat-Pack-, SMT- oder Rack-Mount-Gehäusen für 50- oder 75-Ohm-Systeme.

Vom 2- bis zum 48-Wege-Design mit 0, 90 oder 180 Grad Phasendrehung bieten Mini-Circuits Power-Splitter/Combiner herausragende Leistung in Hinblick auf Einfügedämpfung, Entkopplung oder Anpassung. Jahrzehntelange Erfahrungen mit vielen Technologien von einfacher Verdrahtung über Microstrip und Stripline bis hin zu Halbleitern und LTCC-Keramik machten dies möglich.

Auf www.minicircuits.com finden Sie detaillierte Daten, Leistungskurven, S-Parameter, Gehäusemaße, Layout-Vorschläge und alles Weitere, was Sie für eine schnelle Entscheidung benötigen. Geben Sie einfach Ihre Anforderungen ein, und unsere patentierte Suchmaschine Yoni2 sucht nach Testdaten, die Ihre Bedingungen erfüllen.

Alle Katalogtypen sind sofort lieferbar, besuchen Sie einfach unsere Website!

 **RoHS Compliant**
Product availability is listed on our website.

 **Mini-Circuits®**

www.minicircuits.com P.O. Box 350166, Brooklyn, NY 11235-0003 (718) 934-4500 sales@minicircuits.com

448 rev Q

DISTRIBUTORS

**IE INDUSTRIAL
ELECTRONICS GMBH**
D-85719 Holheim-Wallau, Germany
Tel. +49-6122-72660-0 Fax +49-6122-72660-29
www.ie4u.de
anfrage@ie4u.de

Mini-Circuits Europe

Registered in England No 1419461
Wharf Road, Frimley Green Camberley, Surrey GU16 6LF, England
Tel 0044-1252-832600 Fax 0044-1252-837010

municom®

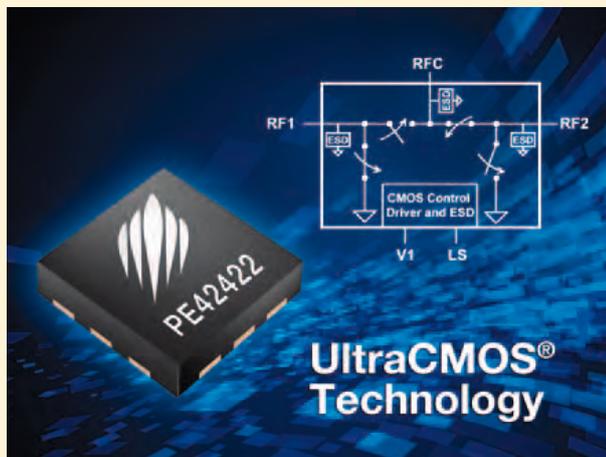
D-83278 Traunstein, Germany
Tel. 0049-861-16677-0 Fax 0049-861-16677-88
info@municom.de www.municom.de

Components

Ultra-Linear SPDT offers 5 to 6000 MHz Performance

RFMW, Ltd. announced design and sales support for the PE42422 Ultra-CMOS SPDT RF switch from Peregrine Semiconductor. The enhanced frequency range of the PE42422 pushes down to 5 MHz providing broadband performance from 5 to 6000 MHz. Typical insertion loss of 0.25 dB @ 1000 MHz with 44 dB isolation is maintained.

This reflective switch from Peregrine integrates on-board CMOS control logic requiring no external components and supports a wide supply voltage range of 2.3 to 5.5 V. IIP2 of 115 dBm highlights the PE42422's performance. Housed in



a 2 x 2 mm QFN package, ESD tolerance is 4 kV HBM on the RF pins.

■ *RFMW, Ltd.*
info@rfmw.com
www.rfmw.com

Test & measurement

World's Only 50 GHz PXIe Vector Signal Analyzer

Keysight Technologies, Inc. introduced a 50 GHz frequency extension to the M9393A PXIe performance vector signal analyzer (VSA), providing frequency coverage previously unseen in modular instrumentation. With coverage of Ka-band frequencies and beyond, the M9393A delivers Keysight's proven millimeter wave (mmWave) measurement technology in a PXI form factor for manufacturing and design validation of modems, transponders and sub-components for commercial and military satellite communications.

The innovative design of the M9393A offers engineers the ability to validate the performance of Ka-band designs with continuous frequency sweeps from 3.6 to 50 GHz (option FRX) and direct access to 800 MHz of IF bandwidth (option WB1). With displayed average noise level (DANL) better than -155 dBm/Hz at 40 GHz and accelerated sweep speed, the M9393A provides the fastest low-level spur searching capability on the market. The compact, modular form

factor allows for dual channel configuration in a single chassis for increased measurement density and time synchronous multi-channel radio frequency measurements.

"Satellite communication system designers are utilizing the 26.5 to 40 GHz Ka-band to enable high-throughput data links," said Mario Narduzzi, marketing manager of Keysight's Communications Measurement Solutions Division. "The M9393A's 50 GHz frequency extension, wideband IF output and industry-leading spur search capabilities provide unmatched speed to insight for satellite communications developers."

The M9393A's extremely low noise floor in Ka-band, combined with Keysight's 89600 VSA software enables measurements of 20 GHz of spectrum with -110 dBm DANL, in less than 10 seconds, for the fastest measurements of low-level harmonics and spurs. This fundamental test is not only a regulatory requirement, it is a key

indicator of system performance, and often a bottleneck in testing. In the past, this measurement has required the test engineer to tradeoff coverage and time, with tests taking minutes to hours. The M9393A's frequency sweep speed eliminates this tradeoff and allows developers to track minute signal distortions that were previously not practical to examine.

Upgradeable capability, including frequency, analysis bandwidth, number of channels and memory, allows engineers to quickly adapt to changing test needs, reducing overall cost of test. The extensible modular architecture of the M9393A allows for easy addition of the M9169E PXI-h switchable input programmable attenuator module, recommended for low noise, high reliability power control up to 50 GHz. The M9169E also enables automatic routing of the M9393A's built-in calibrator signal, improving amplitude accuracy and uptime.

■ *Keysight Technologies*
www.keysight.com

hf-Praxis

ISSN 1614-743X

Fachzeitschrift für HF- und Mikrowellentechnik

- **Herausgeber und Verlag:**
 beam-Verlag
 35001 Marburg, Postfach 1148
 Tel.: 06421/9614-0
 Fax: 06421/9614-23
info@beam-verlag.de
www.beam-verlag.de
- **Redaktion:**
 Dipl.-Ing. Reinhard Birchel (RB)
 Ing. Frank Sichla (FS)
redaktion@beam-verlag.de
- **Anzeigen:**
 Frank Wege
 Tel.: 06421/9614-25
 Fax: 06421/9614-23
frank.wege@beam-verlag.de
- **English Contact:**
 Myrjam Weide
 Fon.: +49-6421/9614-16
m.weide@beam-verlag.de
- **Erscheinungsweise:**
 monatlich
- **Satz und Reproduktionen:**
 beam-Verlag
- **Druck & Auslieferung:**
 Strube Druck & Medien oHG

Der beam-Verlag übernimmt trotz sorgsamer Prüfung der Texte durch die Redaktion keine Haftung für deren inhaltliche Richtigkeit.

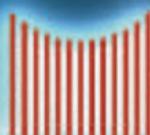
Handels- und Gebrauchsnamen, sowie Warenbezeichnungen und dergleichen werden in der Zeitschrift ohne Kennzeichnungen verwendet.

Dies berechtigt nicht zu der Annahme, dass diese Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten sind und von jedermann ohne Kennzeichnung verwendet werden dürfen.

Abschlusswiderstände, **A**dapter, **B**lind Mate Stecker, **C**oax-Kabel, **D**ämpfungsglieder, **D**uplexer, **E**qualizer, **F**ine Grain Equalizer, **F**lexible Hochfrequenz-Kabel, **G**ain Amplitude Equalizer, **H**ohlleiter - Coax - Adapter, **P**hasenschieber **P**hasenabstimmbare Steckverbinder, **P**ush-On Steckverbinder & Adapter, **Q**uick Connections, **S**emi-Rigid-Kabel Steckverbinder, **V**erzögerungsleitungen, **W**erkzeuge, etc.

Handy Form

- * Leicht per Hand formbar
- * Nahtloser Aluminium - Außenleiter, verzinkt
- * Elektrische Spezifikation ähnlich Semi-Rigid Kabel
- * Gewichtseinsparung !

 **Spectrum**
Elektrotechnik GmbH

80905 München

Telefon: 089-3548-040

WWW.SPECTRUM-ET.COM

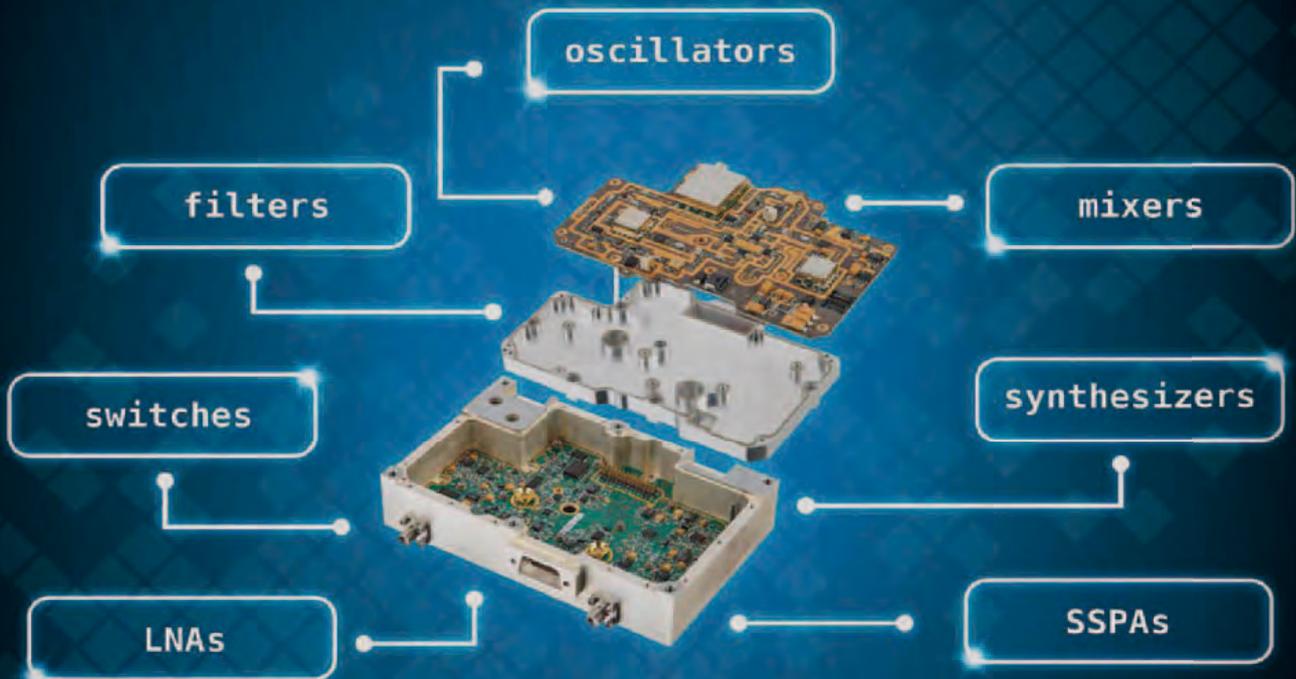
wenn Qualität benötigt wird

Postfach 450533

Fax: 089-3548-0490

Email: sales@spectrum-et.com

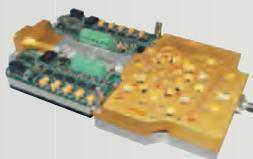
GLOBES – SCHON “IMMER” DER PARTNER VON NARDA – JETZT AUCH FÜR NARDA-MITEQ



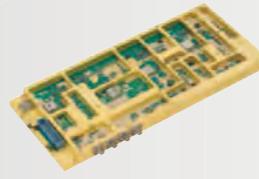
narda  MITEQ



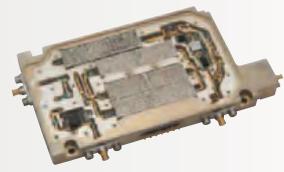
EW Receiver



Ka-Band SSPA



DDS Synthesizer



Switched Filter Banks

Your Resource for the Most Advanced Integrated Microwave Assembly Products and Subsystems

L-3 Narda-MITEQ offers more than 60 years of innovative integrated assembly expertise in microwave and RF technology, delivering both performance and packaging solutions not considered possible in the past. This knowledge and experience allows us to integrate these capabilities and create superior integrated microwave assemblies. Providing everything from design to production, we're ready to meet your most challenging requirements. When your next project demands a highly specialized approach, count on L-3 Narda-MITEQ – *your best resource for integrated microwave assemblies.*

Weitere Informationen erhalten Sie über →

HEILBRONN Berliner Platz 12 • 74072 Heilbronn
Tel. (07131) 7810-0 • Fax (07131) 7810-20

HAMBURG Gutenbergring 41 • 22848 Norderstedt
Tel. (040) 514817-0 • Fax (040) 514817-20

MÜNCHEN Streiflacher Str. 7 • 82110 Germering
Tel. (089) 894 606-0 • Fax (089) 894 606-20

GLOBES
ELEKTRONIK



hf-welt@globes.de
www.globes.de

