

hf-praxis

HF- und Mikrowellentechnik

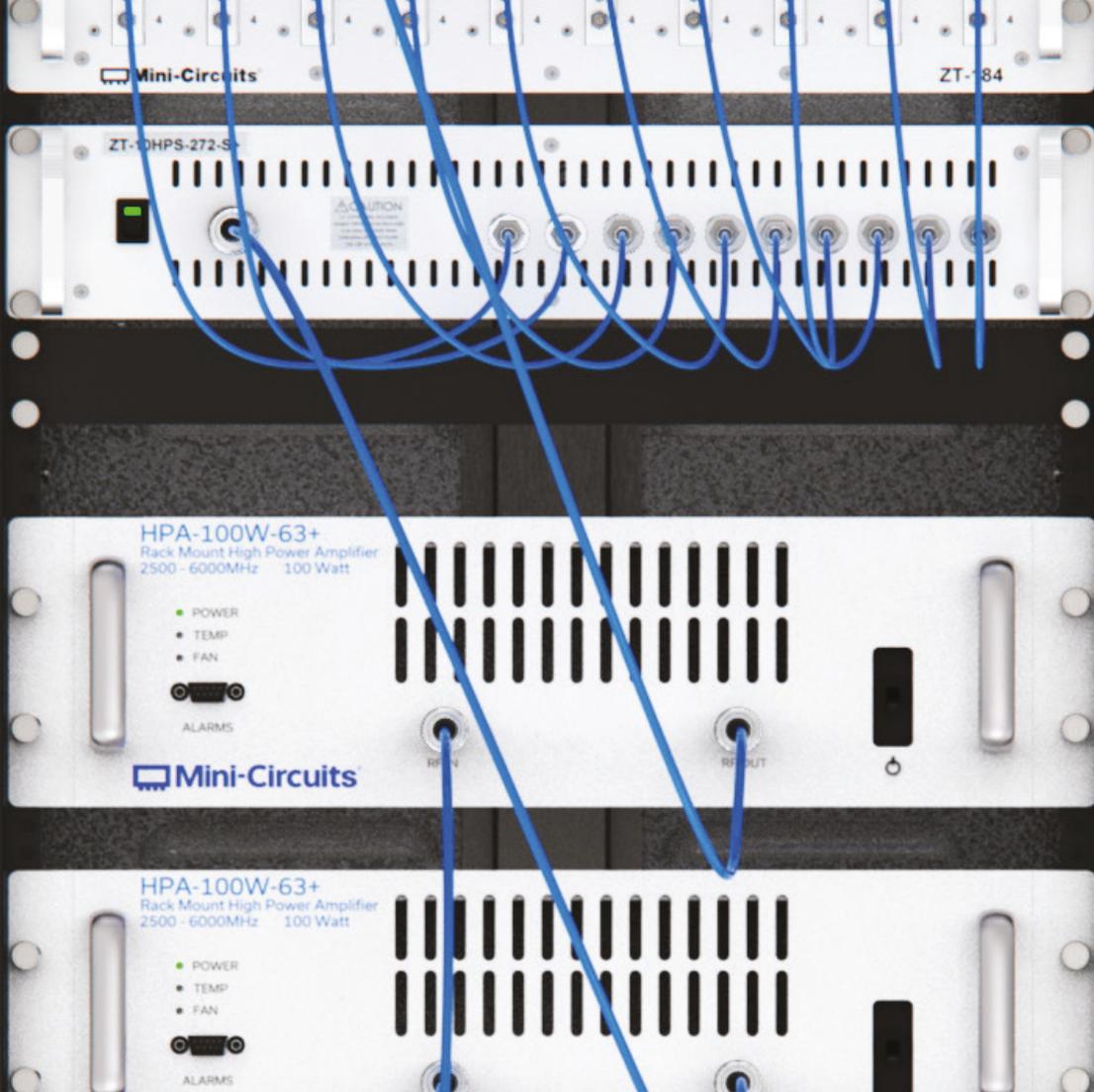
Komplexe Messungen mit einem Vektor-Netzwerk-Analysator

Rigol, Seite 10

The image shows a Rigol VNA instrument with its screen displaying multiple measurement plots. The main screen shows a Smith chart with a trace and a data table. The data table is as follows:

Mkr	Trc	X	Y
1-P	1	1.656000000 GHz	54.690 -2.380
2-P	1	1.800000000 GHz	23.810 24.520
3-P	1	1.500000000 GHz	8.700 45.980
1-P	2	1.656000000 GHz	18.25ms -0.79ms
2-P	2	1.800000000 GHz	20.39ms 20.99ms
3-P	2	1.500000000 GHz	3.97ms 21.00ms

The instrument also displays a large Smith chart on the floor in the background, which is a reflection of the main screen's display.



0.02 TO 6 GHz

High Power Test Systems

Signal Sources, Amplifiers and Distribution

- Signal power up to 100W
- Wide selection off-the-shelf and custom solutions available
- Suitable for EMI, burn-in, HTOL, RF stress testing and more

 **Mini-Circuits®**

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



Das makroökonomische Phänomen der „schöpferischen Zerstörung“



Ing. Frank Sichla
hf-praxis

Disruption – diesen Begriff hört man immer häufiger. Er beschreibt, dass jede neue ökonomische Entwicklung einen Prozess der kreativen Zerstörung mit sich bringt: Bestehende Technologien und Produktspielarten werden durch neue Technologien und neuartige Erzeugnisse abgelöst. Dies ist ein natürlicher Prozess und nicht etwa eine vermeidbare Schattenseite der Wirtschaft. Die schöpferische Zerstörung ist somit der Preis für wirtschaftlichen Fortschritt, mehr Wohlstand und fortschrittliche Innovation von Unternehmen und in ganzen Geschäftsfeldern.

Wir leben gerade in einem dieser turbulenten Zeitabschnitte, in welcher Innovationen und somit disruptives Geschehen besonders stark ausgeprägt sind, vielleicht sogar so stark wie nie zuvor. Nach der Industrialisierung sehen wir Innovation in mehreren Hightech-Bereichen. Hierzu gehören 5G, IoT, Big Data, Künstliche Intelligenz, autonomes Fahren, E-Mobilität, Grüne Energie, Drohnen, 3D-Druck oder digitale Währungssysteme.

Diese Innovationen gehen in vielen Fällen nicht mehr von Firmen mit allseits bekannten Namen aus, sondern von kleinen Unternehmen, die bereit sind, hohe Risiken einzugehen. So existieren schon heute hoch-effizient arbeitende Plattform-Unternehmen, die von der Digitalisierung profitieren und damit beginnen, neue Wachstumsmärkte zu erschließen. Als Beispiel

für dieses Szenario lässt sich SAP anführen. Das Unternehmen wird seit einigen Jahren leider eher schlecht geführt, ist weder besonders innovativ noch flexibel. Das rief Mitbewerber wie etwa ServiceNow, Salesforce und Hubspot auf den Plan. Diese entwickelten teils bessere, innovativere Produkte für kleine und mittelständische Unternehmen. Das gelang auch, weil sie weniger hierarchisch strukturiert sind.

Viele Menschen begegnen dem disruptiven Wandel mit Skepsis. Demonstrationen gegen 5G mögen dies illustrieren. Doch die Gefahr geht nicht von einer weiter optimierten Strahlenbelastung aus: Eine Studie der Organisation für Wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung offenbart, dass die Hälfte aller Arbeitsplätze in 32 OECD-Ländern durch Algorithmen oder Maschinen ganz oder teilweise gefährdet sind. 14% der Arbeitsplätze wurden sogar als „hochautomatisierbar“ eingestuft. Das wären 66 Millionen an der Zahl.

Diese Facette der Entwicklung solle eine verantwortungsvolle Politik ernstnehmen und vorausschauend handeln. Sonst nämlich wäre eine zunehmende Belastung des in Deutschland sowieso schon extrem ausgebauten Sozialleistungssystems die Folge, verbunden eventuell mit Unruhen nicht auf Basis diffuser Ängste von fachlich inkompetenten Wutbürgern, sondern auf ganz realer sozialer Basis! ◀

Smarte Lösungen für HF-Messtechnik von

municom®

Technische Beratung und Distribution

Mini-Circuits®

- Schalter und Schaltmatrizen im 19" Einschub
- Mobile Testgeräte USB & Ethernet Schnittstelle
- Testkabel bis 50GHz



WERLATONE

- Digitale HF-Leistungsmesser bis 50kW
- Messung von Vorwärts- und Rückwärtsleistung, VSWR und Temperatur
- Lokale Messung und Fernabfrage
- Programmierbare Alarmzustände mit optischer/akustischer Meldung, Relaisausgänge



Noisecom

- Rauschgeneratoren zur System- und Komponentenanalyse
- Gaußsches Breitbandrauschen, Eb/No, C/No, C/I, C/N



Boonton

- Peak Power Meters

RF Optic
Optical RF Solutions

- Störstrahlungssichere HF-Verbindungen über Glasfaser



www.municom.de

municom GmbH
Traunstein · München

Mail: info@municom.de · Tel. +49 861 16677-99



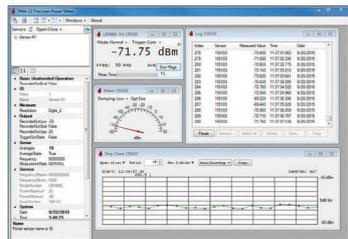
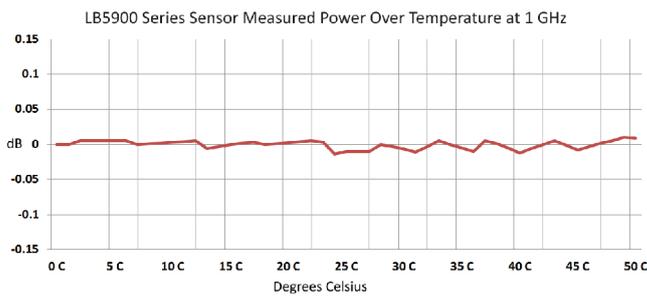
**Die ganze Bandbreite
der HF- und MW-Technik**

LadyBug®

True-RMS Power Sensor 1MHz-50GHz

Specifications & Features

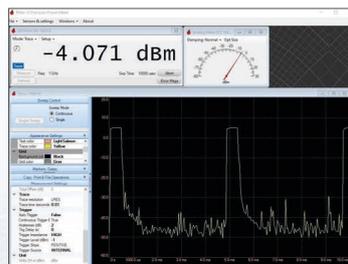
- Frequency Range: **1MHz to 50GHz**
- Dynamic Range: -60dBm to +26dBm
- VSWR @ 40GHz: < 1.28:1 typ.
- Thermally Stable - No Drift
- No-Zero, No-Cal™
- USBTMC, VISA-IO Compatible & Uses SCPI Commands



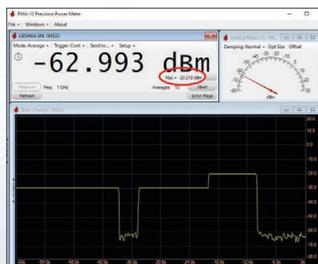
PMA-12 Precision Power Meter Application

Application:

- EMC Work
- Source Calibration
- General Use
- ATE Systems
- Calibration Applications
- Manufacturing Test
- Lab & Field
- Unattended Applications



Triggered Trace Measurement



Max Hold Value

TACTRON ELEKTRONIK GmbH & Co. KG

Lochamer Schlag 5 • D-82166 Gräfelfing
Tel.: +49 (0)89 89 55 69 0 • Fax: +49 (0)89 89 55 69 29

www.tactron.de • info@tactron.de

Inhalt 8/2021

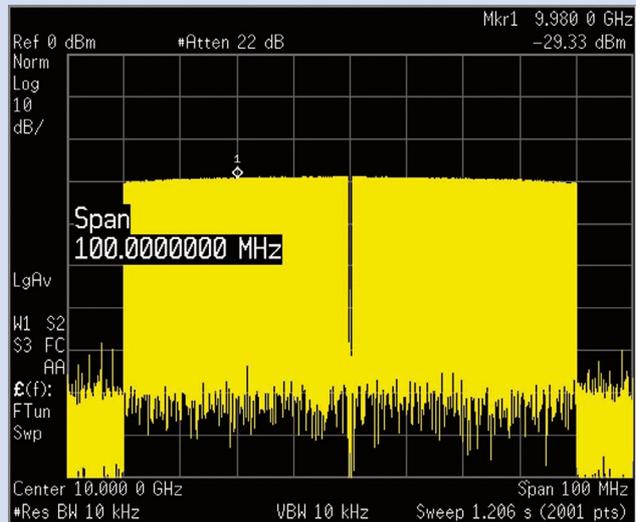


Zum Titelbild:

Komplexe Messungen mit einem Vektor-Netzwerkanalysator

Die VNA-Lösung von Rigol in Form der Geräteserien RSA5000N und RSA3000N ermöglicht Reflexions-, Transmissions- und Distance-to-Fault-Messungen in verschiedener Darstellung. **10**

Schwerpunkt Messtechnik



Test und Spezifizierung des Großsignalverhaltens von KW-Empfängern

Das Großsignalverhaltens direktabtastender Empfänger lässt sich auf klassische Weise nicht mehr zuverlässig ermitteln, sondern nur auf Basis des Noise Power Ratios. Mehr darüber erfahren Sie in diesem Beitrag. **22**

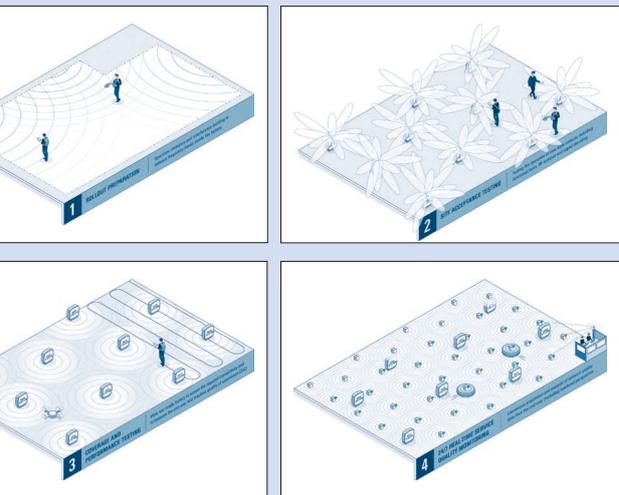
Rubriken:

- 3 Editorial
- 4 Inhalt
- 6 Aktuelles
- 8 **Schwerpunkt Messtechnik**
- 43 Antennen
- 44 Verstärker
- 46 Kabel und Stecker
- 48 Bauelemente
- 50 Quarze und Oszillatoren
- 54 RF & Wireless
- 62 Impressum

Vernetztes Messlabor – aber sicher!

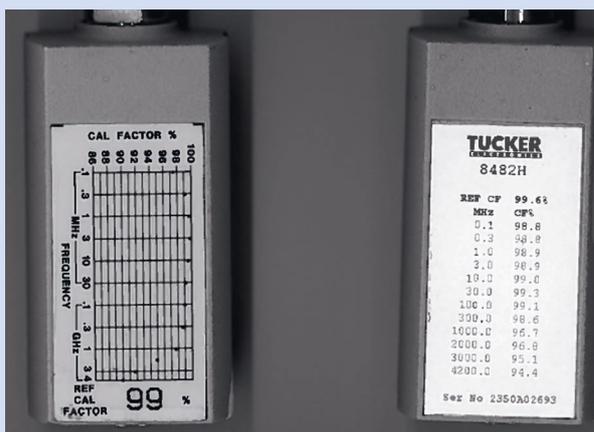
Laborübergreifende Vernetzung und der Fernzugriff auf Messapplikationen sind nicht erst seit Corona zu Merkmalen einer modernen Entwicklungsumgebung geworden. **30**





Netzwerktests ebenen den Weg zur intelligenten Fabrik

Der 5G-Mobilfunk bringt alle Voraussetzungen mit, um die intelligente Fabrik der Zukunft drahtlos zu vernetzen. Doch damit das gelingt, sind Netzwerktests unabdingbar. **34**



Der häufigste Fehler bei HF-Leistungsmessungen

Mindestens 50% aller Powermeter-Benutzer machen diesen Fehler. Dieser Beitrag erläutert nicht nur welcher das ist und warum er so häufig begangen wird, er gibt auch noch weitere Tipps für eine hohe Messgenauigkeit. **38**



EUROPE rf & wireless

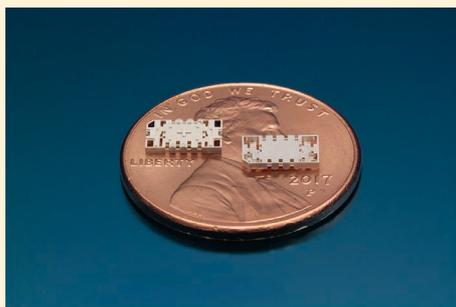
International News

4000 MHz VCO



The CVCO33CC-4000-4000 is ideal for use in applications such as digital radio equipment, fixed wireless access, satellite communications systems, and base stations. **62**

39 GHz SMT Interdigital Filter

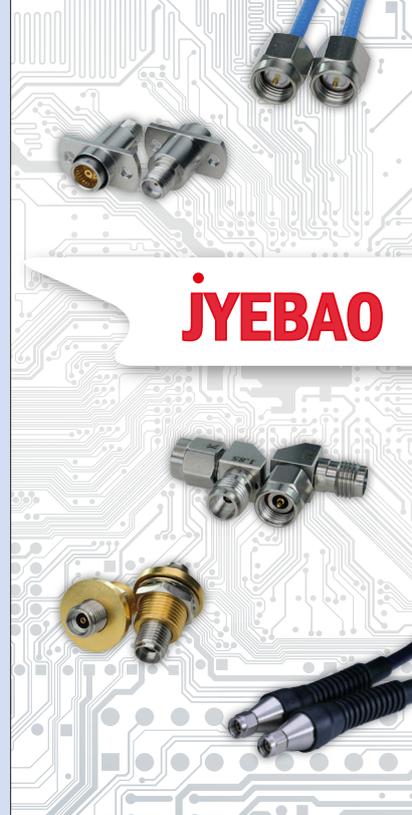


RFMW announces design and sales support for mmWave, surface mount filters from Cubic Nuvotronics. The PSF39B04S interdigital filter has a pass band of 37 to 41 GHz with 50 ohms characteristic impedance. **56**

Anritsu and Samsung Extend Collaboration to Deliver Latest 5G Release 16 Technology



Anritsu Corporation is pleased to announce that it has successfully verified a number of key 3GPP Release 16 features using its Radio Communication Test Station MT8000A in combination with Samsung Electronics' System LSI Business latest 5G Exynos Modem **57**



JYEBAO

Neue, hochflexible Testkabel von JYEBAO

- Very Flexible (PUR jacket)
- Stainless Precision Connectors used
- Excellent RF performance
- Extra sturdy connector/cable connection (Solder clamp designs)
- Taper Sleeve added
- Intended for lab use/intensive handling



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

JEDEC-Qualifikation für ein strahlungstolerantes FPGA erreicht



Entwickler von Kleinsatelliten-Konstellationen und anderer Systeme, die in New-Space-Missionen zum Einsatz kommen, müssen hohe Zuverlässigkeit und Strahlungsschutz garantieren und gleichzeitig strenge Kosten- und Terminvorgaben erfüllen. Microchip Technology Inc. bietet jetzt mit dem ersten strahlungstoleranten (RT, Radiation Tolerant) FPGA, das die niedrigen

Kosten eines JEDEC-qualifizierten Kunststoffgehäuses plus die bewährte Zuverlässigkeit der RTG4-FPGAs aufweist, einen schnelleren und wirtschaftlicheren Produktionspfad. Hinzu kommt Microchips jahrzehntelanges Knowhow in der Raumfahrttechnik, sodass die Bauelemente nicht nach den vollständigen QML-Verfahren (Qualified Manufacturers List) geprüft werden müssen.

„Dies ist ein wichtiger Meilenstein für Systementwickler, die große Mengen raumfahrttauglicher Bauelemente zu niedrigen Stückkosten und kürzeren Vorlaufzeiten benötigen, damit sie mit kürzeren Service-

Startzyklen mithalten können“, erklärte Ken O’Neill, associate director, space and aviation marketing der FPGA business unit bei Microchip. „Die RTG4-FPGAs bieten hohe Standards für Zuverlässigkeit und Strahlungsschutz, während die Kosten durch Kunststoffgehäuse und Sub-QML-Screening niedrig gehalten werden.“

Das RTG4-Sub-QML-FPGA wurde nach JEDEC-Standards in einem Flip-Chip-1657-Ball-Grid-Array-Kunststoffgehäuse mit 1 mm Ball Pitch qualifiziert. Es ist pin-kompatibel zu Microchips QML-Class-V-qualifizierten RTG4-FPGAs in Keramikgehäusen. Dies erleichtert es Entwicklern, ihre Designs zwischen New Space und strengeren Class-1-Missionen zu migrieren. Die RTG4-Sub-QML-FPGAs in Kunststoffgehäusen sind auch als Prototypen in kleinen Stückzahlen erhältlich, sodass Entwickler die Bauelemente evaluieren und Prototypen ihrer Systeme erstellen können, bevor sie sich auf große Mengen raumfahrttauglicher Modelle festlegen. Zu den weiteren Bauelementen von Microchip, die in Kunststoffgehäusen für Raumfahrttechnik erhältlich sind, zählen die Telemetrie-Controller LX7730, die Positionserfassungs- und Motorcontroller LX7720 sowie hochzuverlässige Mikrocontroller, Mikroprozessoren, Ethernet-PHYs, Analog-Digital-Wandler (ADCs) in Kunststoffgehäusen sowie Flash- und EEPROM-Speicher. ◀

Microchip Technology, Inc.
www.microchip.com

GNSS-Simulator für das autonome Fahren

Orolia’s fortschrittlicher und zukunftsicherer GNSS-Simulator Modell GSG-8 ist ein idealer Partner für das autonome Fahren. Das Modell GSG-8 als skalierbare sowie auch kosteneffektive Plattform ist eine der besten Plattformen für die GNSS-Automotive-Umgebung. Gerade das autonome Fahren erfordert eine automatische Koordination gleichzeitig ablaufender GNSS-Simulationen für das Entwickeln und Testen der Fahrzeuge, wie zum Beispiel eine Simulation von zwei selbstfahrenden Fahrzeugen, die sich zum gleichen Punkt hin bewegen.



Ermöglicht wird die hohe Flexibilität und Vielfalt durch die

im GSG-8 verfügbare Skydel-Software Engine. Die „Hard-

ware-in-the-Loop“-Option bietet die Echtzeitinformation der Fahrzeugdaten zusammen mit einem hochpräzisen Zeitstempel sowie eine Wiederholrate von 100 bis 1000 Hz.

Die EMCO Elektronik GmbH ist der lokale Ansprechpartner in Deutschland und Österreich für die Produkte der Firma Orolia. Die Experten befassen sich gerne mit komplexen Anforderungen und zeigen Kunden die Möglichkeiten in der Realisierung mit der GSG-8-Plattform.

■ **EMCO Elektronik GmbH**
info@emco-elektronik.de
www.emco-elektronik.de

FOR ALL INNOVATIVE TEST LABS

REMOTE EMC TESTING

The outstanding features of the TDEMI® TECHNOLOGY are fully supported and compatible with TILE!™, BAT-EMC, LabVIEW, TDK TESTLAB, RadiMation®, EMI64k, customers' in-house software.

685 MHz

REAL-TIME BANDWIDTH
TDEMI® TECHNOLOGY

40 GHz

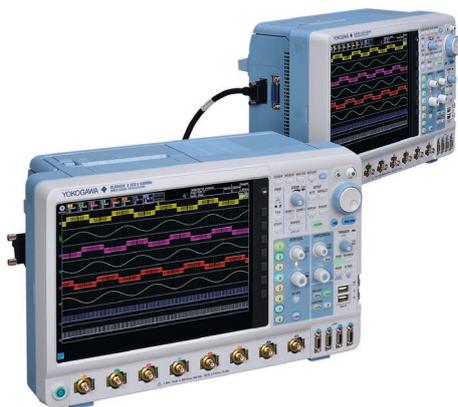
ULTRA-FAST RECEIVER SCANNING
TDEMI® TECHNOLOGY

The TDEMI® ULTRA is the only Solution providing all the Features of the "FFT-based measuring Instrument" according to the new Standards with 685 MHz Real-time Bandwidth and CISPR Detectors.



by the inventors of the full compliance real-time FFT based measuring instrument.
www.gauss-instruments.com

Optionen für erweiterte Scope-Möglichkeiten



Das Oszilloskop DLM5000 ist bei Messungen in Bereichen wie Mechatronik, Leistungselektronik, der Automobilindustrie, Luft- und Raumfahrt, Eisenbahn und der Unterhaltungselektronik ein verlässlicher Begleiter. Es bietet mit bis zu acht analogen Kanälen nahezu ideale Voraussetzungen bei Vielkanalmessungen.

Die neue Geräteoption für die PS15-Analyse unterstützt Automotive-Entwickler bei der Arbeit an komplexen Airbag-Sensorsystemen. Mit der neuen Synchronisationsoption sind Messungen mit 16 analogen Kanälen möglich.

Für noch mehr Kanäle erlaubt die neuvorgestellte Option / SYN mit der Funktion DLM-sync eine Synchronisation von zwei DLM5000-Modellen. Über nur ein Verbindungskabel erfolgt die Takt- und Trigger-Synchronisation der beiden Geräte und erweitert die Kanalzahl auf bis zu 16 analoge (8 + 8) und 64 digitale Kanäle. Alternativ kann auch eine Misch-Konfiguration von 4- und 8-Kanal-Modellen des DLM5000 erfolgen. Die

Messdaten werden im „Main“-Gerät automatisch zu einer Datei zusammengeführt und gespeichert. Anschließend sind Analysen ohne zeitaufwendigen Datenabgleich durchführbar, so als hätte man mit einem 16-Kanal Oszilloskop gemessen.

Die Synchronisationsoption kommt bei der Entwicklung von Scheinwerfern mit vielen LEDs, bei DC/DC-Wandlern für Onboard Charger, bei Lüftern und allen Anwendungen, bei denen mehr als acht Kanäle mit hoher Abtastrate erforderlich sind, zum Einsatz.

Die zweite, neue Geräteoption ist die Trigger- und Analysefunktion für den PS15-Bus und unterstützt Automotive-Entwickler bei der Arbeit an komplexen Airbag-Sensorsystemen. Das Peripheral Sensor Interface 5 (PS15) ist eine weitverbreitete offene Standard-Schnittstelle in der Automobilindustrie für die Kommunikation im Fahrzeug. Der Hauptanwendungsbereich liegt in der Airbag-Steuerung, die eine wesentliche Rolle im Insassenschutz spielt und durch die stetig steigende Leistungs-

fähigkeit und Komplexität der Systeme einen zuverlässigen Kommunikationsbus fordert.

Die umfassende PS15-Option enthält mehrere Trigger- und Protokollanalyse-Funktionen. Diese können auf Synchronisationsimpulse, Start-of-Frame oder spezifische Bitmuster triggern sowie die Sensordaten decodieren und anhand verschiedener Kriterien durchsuchen. Das System-Debugging lässt sich dadurch vereinfachen und beschleunigen. Die bereits bestehenden Automotive-Bus-Pakete für FlexRay, CAN, CAN FD, LIN, SENT und CXPI runden das Angebot der DLM5000-Serie ab.

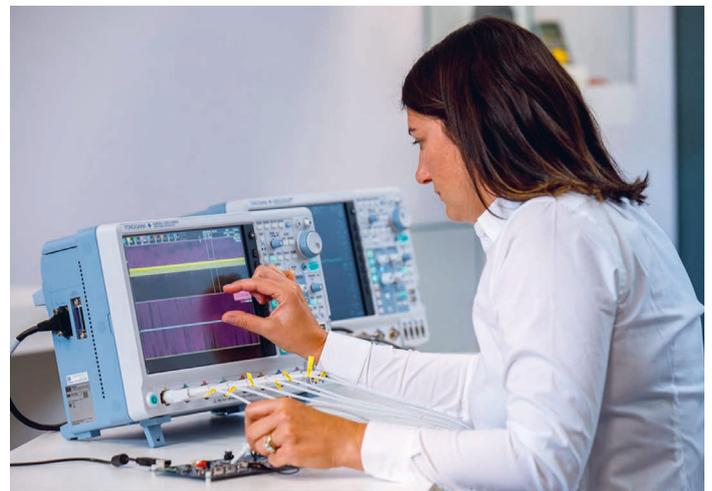
Die beiden Optionen können ab sofort bei allen DLM5000-Neugeräten mitbestellt oder als Softwareoption in einem vorhandenen Gerät nachgerüstet werden. Anwender, die bereits Geräte der DLM5000 Serie im Einsatz haben, können die Optionen in Kombination mit der neuen Firmware als Testversion kostenfrei für 30 Tage aktivieren und testen. ◀

Yokogawa Test & Messtechnik
Yokogawa Deutschland
<http://tmi.yokogawa.com/de>

CelsiStrip®
Thermoetikette registriert
Maximalwerte durch
Dauerschwärzung
Diverse Bereiche von
+40 bis +260°C
GRATIS Musterset von celsi@spirig.com
Kostenloser Versand DE/AT ab Bestellwert
EUR 200 (verzollt, exkl. MwSt)



www.spirig.com





Vorteile mit portablen Abschirmungszelten



Portable Abschirmungszelte sind mobile, kostengünstige Lösungen für verschiedenste Messaufgaben bei Automotive, Militär, Luft-/Raumfahrt und Medizin-Testapplikationen. Die selbsttragenden, metallfreien Kammern sind in wenigen Minuten pneumatisch errichtet und anschließend mit den entsprechenden Abschirmmaterialien ausgekleidet. Die Zelte sind für Innen- und Außenbereiche geeignet und können ebenso schnell wieder abgebaut und kompakt verstaut werden.

Robust, langlebig und wartungsfrei

Nachdem die Strukturluftkammern mit dem richtigen Luftdruck stabilisiert sind, ist keine weitere Luftzufuhr nötig. Speziell für mobile oder temporäre EMV-Messungen und auch als Modenverwirbelungskammer hat sich diese Alternative bereits in Frankreich bewährt. Zusätzlich zur EMV- sind auch Reinraum-Applikationen geplant.

Kennzeichen des EMCO-Angebots:

- Standardgrößen von 2 x 2 x 2 bis 4 x 12 x 9 m
- kundenspezifische Größen nach Anforderung und Applikation
- Bodenschirmung, Türen, Filter, Durchführungen nach Kundenspezifikation
- Temperaturbereich: -25 bis +45 °C
- Gewicht: ca. 16 kg (2 x 2 x 2 m)
- Packmaß: ca. 0,3 m³ (ohne Stoff)

Die Kerndaten für EMV-Applikationen:

- Schirmdämpfung 70 dB im Bereich von 0,1 bis 18 (40) GHz

- (typabhängig/multilayer) Test nach IEEE299 inkl. Zugang, Filter und Durchführungen
- verschiedene Standardgrößen und Bauformen
- Modenverwirbelungskammer (Reverb, Foto zeigt Kammer in Aufbau)
- Einhaltung RTCA DO-160 & MIL-STD-461G
- Feldstärke: z.B. 100 V/m erreichbar mit ca. 1 W Eingangsleistung (größenabhängig)
- Arbeitsvolumen: z.B. 30 m³ bei 6 x 5, 5 x 5,2 m Abmessung

Verschiedene Standardgrößen und Bauformen stehen zur Verfügung. Sie wünschen weitere detaillierte Informationen? Gerne sendet EMCO eine ausführliche Produktbeschreibung. Eine Telefonkonferenz mit dem Hersteller CMZ ist möglich, um spezifische Anwendungsthemen zu besprechen. Für die zusätzliche EMV-Messtechnik und Software-Ausstattung für Emissions- und Immunitätsmessungen steht EMCO als bewährter Systemintegrator zur Verfügung.

■ EMCO Elektronik GmbH
info@emco-elektronik.de
www.emco-elektronik.de



Echtzeit IQ-Recorder

245 MHz Echtzeitbandbreite in einem robusten 19" Alugehäuse

- ✓ 245MHz True I/Q-Recording
- ✓ unbegrenzte Rohdatenspeicherung
- ✓ Frequenzbereich: 10MHz bis 6GHz
- ✓ POI: 10ns
- ✓ optional GPS
- ✓ optional OCXO
- ✓ mit Highspeed RAID erweiterbar
- ✓ auf Ihre Bedürfnisse anpassbar
- ✓ inkl. RTSA-Suite PRO Software



Komplexe Messungen mit einem Vektor-Netzwerkanalysator

Die VNA-Lösung von Rigol in Form der Geräteserien RSA5000N und RSA3000N ermöglicht Reflexions-, Transmissions- und Distance-to-Fault-Messungen in verschiedener Darstellung.



wicklungen sind genaue Phaseninformationen erforderlich. Ein Vektor-Netzwerkanalysator (VNA) ermöglicht in solchen Fällen die Messung von Amplitude und Phase über einen bestimmten Frequenzbereich, sprich die Messung des komplexen Streuparameters eines zu testenden Bauteils/Geräts über einen bestimmten Frequenzbereich und ermöglicht somit die Charakterisierung einer Streumatrix mit Reflexions- (S11) und Transmissionsfaktoren (S21). Diese Parameter sind erforderlich, um z.B. eine Anpassungsschaltung für einen Verstärker zu entwickeln. Mit Phaseninformationen ist es auch möglich, den Zeitbereich zur Analyse weiterer Fehler an verschiedenen Positionen zu berechnen.

Aufgrund der komplexen (Vektor-)Charakteristik lässt sich mit Kalibrierungsroutinen eine genaue Korrektur vornehmen.

In der heutigen Welt der drahtlosen Kommunikation und Datenübertragung sind HF-Komponententests einer der Schlüsselfaktoren, um ein Produkt auf den Markt zu bringen. Die Geräte werden immer kleiner und bestehen aus immer komplexeren Komponenten. Es ist ein Muss, Kenntnisse über komplexe Impedanz- (oder Admittanz-) und Reflexions-/Transmissionsparameter zu haben, um die bestmögliche Funktionalität des HF-Gerätes zu erzielen.

Qualität und Leistung

HF-Komponenten wie Filter, Resonatoren usw. können anhand der Kapazität und der induktiven Werte berechnet werden. Software-Simulatoren können diese Werte übernehmen und bei der Feinabstimmung des Designs helfen. Aber am Ende des Tages müssen Qualität und Leistung gemessen werden.

Für viele Anwendungen reicht ein skalarer Netzwerkanalysator aus, aber für spezielle Ent-

Rigol-Serie für drei verschiedene Messungen

Die VNA-Lösung von Rigol stellen die Geräteserien RSA5000N und RSA3000N (RSAxN) dar, die drei verschiedene Messungen ermöglichen: Reflexions- (S11), Transmissions- (S21) und Distance-to-Fault-Messung (DTF). Alle drei Messungen haben verschiedene Darstellungen, mit denen Ingenieure den Frequenzgang, die Phase,



Autor:
Boris Adlung
Rigol Technologies
E-Mail:
boris_adlung@rigol.com
Rigol Technologies Europe
GmbH
www.rigol.eu

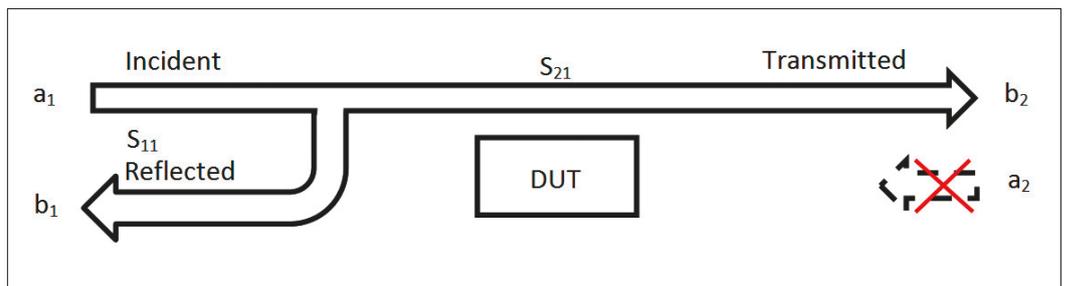


Bild 1: Das Prinzip der S-Parameter-Messung in einem Netzwerk

RF-LAMBDA

THE LEADER OF RF BROADBAND SOLUTIONS

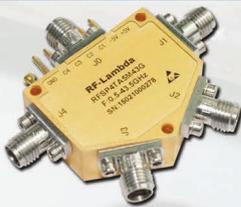


ITAR & ISO9001
Registered Manufacturer



PIN DIODE, GaAs AND GaN CONTROL PRODUCTS

SWITCHES: PIN DIODE, GaAs AND GaN TECHNOLOGY UP TO 67GHZ



PN: RFSP4TA5M43G
FULL BAND 0.05-43.5GHZ SP4T
SWITCH 50NS SPEED



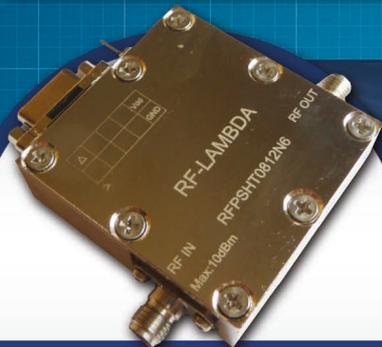
PN: RFSP2TRDC18G
HIGH POWER 10W DC-18GHZ HOT
SWITCHABLE SP2T SWITCH



PN: RFSP2TR5M06G
HIGH POWER 100W DC-6GHZ HOT
SWITCHABLE SP2T SWITCH



PN: RFSP8TA0018G
HIGH IP3 50DBM 0.02-18GHZ
SP8T PIN DIODE SWITCH



PN: RFPSHT1826N6
DIGITAL CONTROL PHASE SHIFTER 360
DEGREE 64 STEP 18-26GHZ

DIGITAL AND VOLTAGE CONTROL PHASE SHIFTERS UP TO 40GHZ



PN: RFPSHT0618N6
DIGITAL CONTROL PHASE SHIFTER
360 DEGREE 64 STEP 6-18GHZ



PN: RVPT0818GBC
VOLTAGE CONTROL PHASE
SHIFTER 360 DEGREE 8-18GHZ



PN: RVPT0408GBC
VOLTAGE CONTROL PHASE
SHIFTER 360 DEGREE 4-8GHZ

DIGITAL AND VOLTAGE CONTROL ATTENUATORS UP TO 50GHZ



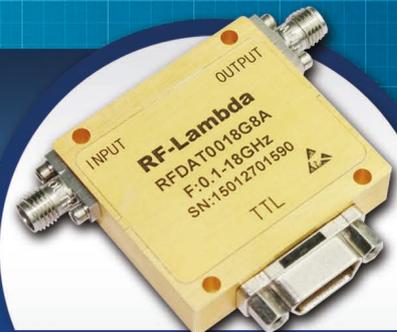
PN: RFDAT0040G5A
DIGITAL STEP ATTENUATOR
0.1-40GHZ 5 BITS 31DB



PN: RFVAT0218A30
VOLTAGE CONTROL ATTENUATOR
2-18GHZ 30DB IP3 50DBM



PN: RFVAT0050A17V
VOLTAGE CONTROL ATTENUATOR
0.01-50GHZ 17DB



PN: RFDAT0018G8A
DIGITAL STEP ATTENUATOR 0.1-18GHZ
8 BITS 128DB IP3 50DBM

www.rflambda.com
sales@rflambda.com

1-888-976-8880
1-972-767-5998

San Diego, CA, US
Carrollton, TX, US

Ottawa, ONT, Canada
Frankfurt, Germany

$$b_1 = S_{11} * a_1 + S_{12} * a_2$$

$$b_2 = S_{21} * a_1 + S_{22} * a_2$$

$$S_{11} = \frac{\text{Reflected}}{\text{Incident}} = \frac{b_1}{a_1} \quad \text{with } a_2 = 0$$

$$S_{21} = \frac{\text{Transmitted}}{\text{Incident}} = \frac{b_2}{a_1} \quad \text{with } a_2 = 0$$

Formel 1

das SWR, die Smith-Charts und die Polar-Plane-Messungen eines Prüflings leicht bestimmen können.

Bild 1 zeigt das Prinzip der S-Parameter-Messung. Diese Parameter lassen sich mit den komplexen Faktoren a_x und b_x berechnen. Beispielsweise bezieht sich a_1 auf die am Prüfling einfallende Welle und b_1 auf die reflektierte Welle. Der übertragene Faktor nach dem Prüfling bezieht sich auf b_2 . In der RSAxN-Version kann eine einfallende Welle nur von Port 1 erzeugt werden. Daher ist a_2 gleich 0 (Formel 1).

S11-Messungen

Die Reflexionsmessung ist eine Schlüsselfunktion zum Spezifizieren der Leistung eines komplexen Systems, wie z.B. eines drahtlosen Kommunikationssystems. Der Reflexionsfaktor r beschreibt das Verhältnis von einfallender und reflektierter Welle. Es gibt verschiedene Tools, mit denen diese Messung durchgeführt werden kann. Eines der nützlichsten Tools ist jedoch das Smith-Diagramm, da es die meisten Informationen enthält, wie z.B.:

- komplexe Impedanz und Werkzeuge zur Bestimmung der Kompensationsanpassung der induktiven/kapazitiven Reaktanz
- komplexer Reflexionsfaktor
- Einfluss von reellen Impedanzen, Kapazitäten oder Induktivitäten

- Einfluss des Frequenzbereichs und Anzeige des Frequenzgangs
- Güte von HF-Komponenten
- Einfluss der Kabellänge
- Bestimmung des Kabelverlusts (siehe Formel 1)

In der Geräteserie RSAxN kann das Smith-Diagramm die Impedanz (Ω , Komponenten in Reihe) oder den Admittanzbereich [$1/\Omega$, Parallelschaltung von Komponenten) anzeigen. „Universell“ bedeutet, dass es für jede Systemimpedanz verwendet werden kann. In diesem Beispiel wird eine 50- Ω -Referenz verwendet (die auf eine andere Impedanz geändert werden kann,

$$Z = R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C} = R + j\omega L - j * \frac{1}{\omega C}$$

Formel 2

z.B. 75 Ω , falls erforderlich). Diese Referenz wird verwendet, um das Diagramm zur besseren Visualisierung zu zentrieren. Eine komplexe Impedanz von $Z = 50 \Omega + j25 \Omega$ wird mit dieser Referenz in $1 + j0,5$ umgewandelt, um manuelle Berechnungen zu vereinfachen. Nach der Anpassung der Schaltung wird der Referenzwert wieder in die reale komplexe Impedanz umgerechnet. Im RSAxN ist es möglich, die transformierten Werte über einen Marker zu messen und den Impedanzwert anzuzeigen (im obigen Beispiel 50 $\Omega + j25 \Omega$).

Unter Berücksichtigung einer Reihenschaltung von Impedanz, Kapazität und Induktivität wird die Impedanz wie in Formel 2 berechnet:

In dieser Formel zeigt sich, dass die induktive Imaginär-Komponente positiv und die kapazitive Imaginär-Komponente negativ ist. Die untere Hälfte des Smith-Diagramms ist negativ und bezieht sich deshalb auf den kapazitären und die obere, posi-

tive Hälfte auf den induktiven Anteil. Auf dem Außenkreis des Smith-Diagramms wird die Länge der Leitung angezeigt, die sich auf die Wellenlänge bezieht. Auf dem Smith-Diagramm ist ersichtlich, dass eine Drehung um 360° zu $0,5 \times 1/\lambda$ führt, d.h. eine komplette Umdrehung bezieht sich auf die halbe Wellenlänge der Frequenz.

Der zweite Wert, der am Außenkreis angezeigt ist, ist der Winkel φ eines komplexen Reflexionsfaktors r . Es gibt eine 100 %ige Reflexion der einfallenden Welle mit entweder einem offenen Abschluss (Leerlauf, rechte Seite des Diagramms, wenn die realen und imaginären Impedanzen nahe bei unendlich Ω liegen) oder mit einem kurzgeschlossenen Abschluss (linke Seite des Diagramms, Abschlussimpedanz entspricht 0 Ω).

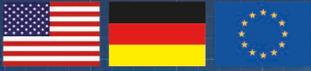
In der Mitte des Smith-Diagramms ist die reale Impedanz von 50 Ω sichtbar, die auch einer optimalen Anpassung entspricht. Es ist möglich, den komplexen Reflexionsfaktor im Smith Chart



Bild 2: Zur Messung der Kapazität in Reihe mit einem Widerstand bei 541 MHz

RF-LAMBDA

THE LEADER OF RF BROADBAND SOLUTIONS



Made in USA

BROADBAND SSPA

SOLID STATE POWER AMPLIFIERS

WWW.RFLAMBDA.COM

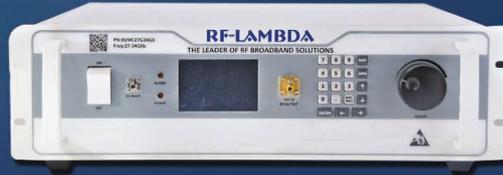
0.1-22GHZ ULTRA BROADBAND SSPA

RFLUPA01M22GA
4W 0.1-22GHZ



RFLUPA0218GA
10W 2-18GHZ

EMC BENCHTOP POWER AMPLIFIER



140W 6-18GHZ
SOLID STATE BROADBAND

0.01-6GHZ VHF, UHF, L, S, C BAND

RFLUPA02G06GC
100W 2-6GHZ

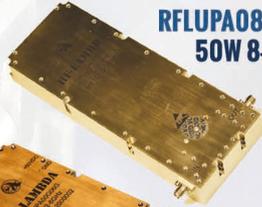


RFLUPA0706GD
30W 0.7-6GHZ

6-18GHZ C, X, KU BAND



RFLUPA0618GC
25W 6-18GHZ



RFLUPA08G11GA
50W 8-11GHZ

RFLUPA06G12GB
25W 6-12GHZ



18-50GHZ K, KA, V BAND



RFLUPA18G47GC
2W 18-47GHZ



RFLUPA27G34GB
15W 27-34GHZ



RFLUPA28G42GA
2W 28-42GHZ



RFLUPA32G38GB
8W 32-38GHZ

BENCHTOP RF MICROWAVE SYSTEM POWER AMPLIFIER



RAMP00G06GA - 30W 0.01-6GHZ



RAMP39G48GA - 4W 39-48GHZ



RAMP01G22GA - 8W 1-22GHZ



RAMP27G34GA - 8W 27-34GHZ

www.rflambda.com
sales@rflambda.com

1-888-976-8880
1-972-767-5998

San Diego, CA, US
Carrollton, TX, US

Ottawa, ONT, Canada
Frankfurt, Germany



Bild 3: Frequenzgangkurve; die Frequenz steigt im Uhrzeigersinn an



Bild 4: Verschiedene Fenster der S11-Parameter wie Smith und Polarebene, Rückflussdämpfung in dB und SWR

zu messen, aber es ist einfacher, den Marker in der Polarebene im RSAXN zu verwenden, um diesen Wert zu erhalten.

Das Smith-Diagramm und die Polarebene sind nützliche Werkzeuge zur Analyse komplexer Impedanz- und Reflexionsfaktoren in einem Netzwerk für einen bestimmten Frequenzbereich zu vermessen. In Bild 2 wurde die Kapazität in Reihe mit einem Widerstand bei 541 MHz gemessen. Die gleiche Konfigu-

ration wurde erneut mit einem Kabel von ca. 16 cm gemessen. In diesem Beispiel ist ersichtlich, dass sich die Impedanz (und somit die Position im Smith-Diagramm) bei einer bestimmten Frequenz ändert, wenn ein zusätzliches Kabel verwendet wird. Der Reflexionsfaktor bleibt sehr nahe am Ursprungspunkt (das Kabel hat eine Dämpfung, die einen sehr geringen Einfluss auf diese Messung hat. Je höher die Kabeldämpfung ist, desto

stärker ist ihr Einfluss auf den Wert des Reflexionsfaktors).

Der Marker auf dem Smith-Diagramm berechnet die korrekte Impedanz unter Verwendung der Referenz von 50 Ω. Dann wurde dieselbe Konfiguration erneut ohne das zusätzliche Kabel über einen anderen Frequenzbereich getestet (s. Bild 3).

Bei dieser Messung ist der Frequenzgang für den eingestellten Frequenzbereich dargestellt. Mit dem Marker ist sichtbar, dass sich die Kurve mit zunehmender Frequenz im Uhrzeigersinn bewegt. Im RSAXN können verschiedene ZF-Bandbreiten zum Testen verwendet werden (1 kHz bis 10 MHz in 1-3-1 Schritten), um die Frequenzauflösung nach Bedarf zu realisieren.

Für komplexe Netzwerke

ist eine der Hauptanwendungen die Impedanz Anpassung (als typisches Beispiel: um 50 Ω am Netzwerkeingang zu realisieren) bei der erforderlichen Mittenfrequenz durchzuführen. Es können verschiedene Möglichkeiten genutzt werden, die das Smith-Diagramm anzeigt. In Bild 4 sind diese erkennbar.

Zunächst kann eine Serienimpedanz von 20 auf 50 Ω eingestellt werden. Als nächster Schritt könnte man eine induktive Komponente in Reihe schalten, um den Impedanzpegel ohne imaginär-Komponente auf reelle 50 Ω zu bringen. Das Problem bei dieser Idee ist, dass die induktive Komponente (in diesem Fall: 67 pH) sehr klein und schwer zu realisieren ist. Diskrete induktive oder kapa-

$$s = (V)SWR = \frac{U_{max}}{U_{min}} = \frac{1 + |r|}{1 - |r|}$$

Formel 3

$$a_{r,dB} = 10 \log \frac{P_{ref}}{P_{inc}} = 20 \log \frac{U_{ref}}{U_{inc}} = 20 \log |r|$$

Formel 4

RF-LAMBDA

THE POWER BEYOND EXPECTATIONS

ITAR & ISO9001
Registered Manufacturer
Made in USA



LEADER OF RF BROADBAND SOLUTIONS

ULTRA BROADBAND LOW NOISE AMPLIFIERS

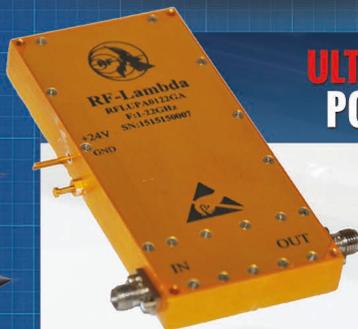


R50G69GSC
(50-69GHz LNA)



RLNA00M50GA
(0.01-50GHz LNA)

ULTRA BROADBAND POWER AMPLIFIERS



RFLUPA01G22GA
(1-22GHz 8W)



RFLUPA0618GC
(6-18GHz 25W)



RFLUPA32G38GB
(32-38GHz 10W)



RFLUPA0706GF
(0.7-6.0GHz 35W)

BROADBAND RF SYSTEM AC AMPLIFIERS



RAMP27G34GA
(27-34GHz 10W)



RAMP02G06GB
(2-6GHz 50W)



www.rflambda.com 1-888-976-8880 San Diego, CA, US Ottawa, ONT, Canada
sales@rflambda.com 1-972-767-5998 Carrollton, TX, US Frankfurt, Germany

zitive Elemente kann man nur für eine maximale Frequenz von mehreren 100 MHz verwenden. Für höhere Frequenzbereiche müssen andere Verfahren (z.B. Design mit Mikrostreifenleiter) zur Realisierung kommen. Einer der Ansätze könnte darin bestehen, einen seriellen 50-Ω-Stichleitung zu verwenden, um $-j27 \Omega$ zu kompensieren (Länge der Stichleitung mit Kurzschluss: $l = 0,078 \lambda$, mit Leerlauf: $l = 0,328 \lambda$). Für die Stichleitung ist die Dielektrizitätskonstante des Kabels erforderlich, um die richtige Wellenlänge zu berechnen.

Für S11 ist es auch möglich, die Rückflussdämpfung und das SWR über den Frequenzbereich anzuzeigen. Es bezieht sich auf die maximalen und minimalen Spannungswerte, die man auf der Leitung messen kann. Der Unterschied zum Reflexionsfaktor besteht darin, dass keine Beziehung zur Phase besteht (Formel 3).

Für eine tiefere Analyse ist es häufig erforderlich, logarithmische Werte zu nutzen, um eine tiefere Sicht auf kleinere Modifikationen im Vergleich zu größeren Werten zu erhalten. Im RSAXN ist es möglich, den Rückflussdämpfungswert a_{rdB} in einer logarithmischen Skala über den Frequenzbereich anzuzeigen. (Formel 4).

Lineare Verzerrungen treten in allen linearen Netzwerken und Komponenten auf. Eine lineare Verzerrung kann eine Abwei-



Bild 5: S11-Messung, logarithmische Größen vom Betrag r , Phasengang, SWR und Gruppenverzögerung über der Frequenz

chung in der Phase, in der Amplitude und/oder in einer konstanten Gruppenverzögerung zur Folge haben. Bei der Messung eines Filters mit dem RSAXN ist es möglich, die Amplitudenabweichung, die Abweichung in der Phase und die Gruppenlaufzeit zu messen (die Gruppenlaufzeit ist eine Abweichung von der linearen Phase).

Dabei wird im VNA der gemessene Phasenverlauf mit einem positiv konstant ansteigenden Phasenverlauf über der Frequenz überlagert. Die Differenz beider Ergebnisse ist die Phasenabweichung über der Frequenz und die Gruppenverzögerung, welche wie folgt berechnet wird:

$$\tau_{Group} = - \frac{d\varphi}{df}$$

Formel 5

Jedes Signal wird bei der Übertragung über Komponenten wie Filter, Verstärker usw. verzögert. Eine unterschiedliche Gruppenlaufzeit führt zu einer nichtlinearen Verzögerung von Signalen bei unterschiedlichen Frequenzkomponenten und verzerrt das Signal, was nicht ideal und nicht erwünscht ist. Wenn die Gruppenlaufzeit über den Frequenzbereich konstant ist, haben alle Frequenzkomponenten die gleiche Verschiebung, und in diesem Fall wäre das ideale Sys-

tem frei von Verzerrungen und die Gruppenverzögerung wäre ein konstanter Wert. Die Öffnungs-Schrittbreite (df) kann im RSAXN nach Bedarf eingestellt werden. Bei der S11- (und S21-)Messung des RSAXN wird die Phasen- und Gruppenverzögerung gemessen und über den gewünschten Frequenzbereich dargestellt, s. Bild 5.

S21-Messungen

Der Parameter S21 definiert die komplexe Durchgangsdämpfung über einen bestimmten Frequenzbereich, der nach der Kalibrierroutine mit hoher Genauigkeit gemessen werden kann. Die Messung des Frequenzgangs bietet z.B. die Möglichkeit, die 3-dB-Bandbreite



Bild 6: S11-Messung (li.) und Messung von S21 (Durchgangsdämpfung) in dB (re.)



0.1 MHZ TO 18 GHZ

Power Amplifiers

50+ Models to 100W

- Wideband covering up to 4 octaves
- Rugged designs with extensive built-in protections
- Stocked for immediate shipment



 **Mini-Circuits®**

DISTRIBUTORS

IE INDUSTRIAL GMBH
ELECTRONICS

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

eines Bandpassfilters zu messen (s. Bild 6) oder um einen Verstärker zu charakterisieren. Ähnlich wie bei der S11-Messung zeigt die Messung hier die Phase über den Frequenzbereich und die Gruppenlaufzeit mit dem RSAxN an (s. Bild 7).

Messungen des Abstand-zu-Fehler-Parameters

Bei der HF-Messung wird normalerweise der Frequenzbereich ausgewählt, da er für die Charakterisierung in diesem Bereich eine größere Bedeutung hat. Beispielsweise wird ein Filter im Frequenzbereich charakterisiert. In einigen Fällen ist es jedoch sehr nützlich, einen besonderen Blick in den Zeitbereich zu werfen, um die Impulsantwort eines Prüflings zu bewerten.

Wenn die Phaseninformation verfügbar ist, besteht der große Vorteil, dass der Frequenzbereich (über die inverse schnelle Fourier-Transformation, IFFT) in eine Zeitdarstellung umgewandelt werden kann. Die Zeitansicht (Distance-to-Fault, DTF) hat verschiedene Vorteile. Sie kann dazu dienen, entweder einen Defekt an Kabeln aufgrund der Messung der Impulsantwort zu lokalisieren oder um eine Charakterisierung von Diskontinuitäten einer HF Schaltung oder einer besseren Ansicht der physikalischen Eigenschaften eines Prüflings darzustellen. In der folgenden Grafik/Formel ist ersichtlich, dass S11(t) die Impulsantwort des Reflexionsfaktors S11(ω) ist:



Bild 7: S21-Messung mit Durchgangsdämpfung (grün), Phase (blau) und Gruppenlaufzeit (pink)

$$b_1(\omega) = S_{11}(\omega) * a_1(\omega)$$



$$b_1(t) = S_{11}(t) * a_1(t)$$

Formel 6

Bild 8 zeigt den Frequenzbereich (S11) und die DTF-Messung eines Prüflings (zwei Kabel mit dazwischen liegenden Anschlüssen und einem 50-Ω-Abschluss am Ende). Der Frequenzbereich erfasst die Diskontinuitäten nur summarisch. In DTF sind die Reflexionspunkte jedoch leicht sichtbar und der genaue Abstand der Reflexionspunkte (z.B. aufgrund von Verbindern oder Kabel Fehlern) wird mit einem Marker gemessen. Es ist erforderlich, die gleiche Kalibrierung wie bei der S11-Messung durchzuführen.

Kalibrierung

Ein wichtiger Bestandteil genauer Messungen ist das Kalibrierungsverfahren. Jede Messung enthält unterschiedliche Fehlermechanismen. Mit Kalibrierungsroutinen können diese minimiert und die Qualität der Messgenauigkeit erhöht werden.

S11/DTF-Kalibrierung:

D = Richtdämpfung, kommt von einer unvollständigen Signalaufteilung des Kopplers.

MS = Source-Match-Fehler, kommt von einer unvollständigen Anpassung des Generators des VNA

TR = Tracking-Fehler, kommt vom Frequenzgang der für die Signalaufteilung verwendeten Komponenten (wie Richtkoppler) sowie des Mischers und des internen Detektors

$$S_{11M} = D + \frac{(1 + T_R) * S_{11A}}{1 - M_S * S_{11A}}$$

Formel 7

In Bild 9 ist ein Fehlermodell für eine Ein-Port-Messung skizziert.

Load-Kalibrierung:

Bei Verwendung einer Impedanz von 50 Ω (Last) ist S11A = 0 und S11M = D (Richtschärfe vom Richtkoppler wird gemessen). Der VNA minimiert jetzt den Richtdämpfungsfehler über den eingestellten Frequenzbereich. Nach dieser Kalibrierung beträgt die Richtschärfe des RSA5000N ca. 40 dB.

Short/Open-Kalibrierung:

Aus Sicht des Prüflings besteht eine Nichtübereinstimmung der Quelle (MS), wodurch eine Reflexionsschleife zwischen dem Prüfling und dem Sys-



Bild 8: S11 logarithmisch (li.) und DTF-Zeitansicht der identischen Komponente (re.)

tem entsteht. Dieser Fehler ist sichtbar, wenn der Prüfling eine Nichtübereinstimmung anzeigt. Zusätzlich treten die Frequenzgangfehler (TR) aufgrund von Anschlüssen, Kabeln, internen Kopplern und Detektoren auf. Bei Open- (Leerlauf, $S_{11A} = 1$) und Short- (Kurzschluss, $S_{11A} = -1$) Kalibrierung gibt es zwei Gleichungen mit zwei Faktoren MS und TR, und der VNA kennt diese Werte.

Die Kalibrierungsstandards Open/Load/Short und Through sollten sich ideal eignen, um z.B. mit Short $r = -1$ zu erreichen, aber das ist nicht der Fall. Beispielsweise enthält Open Streukapazität oder Short enthält Induktivität. Dies ist kein Problem, wenn das nicht ideale Verhalten von den Kalibrierstandards bekannt ist. Für das Rigol-Kalibrierkit CK106A (DC bis 6,5 GHz) und das CK106E (DC bis 1,5 GHz) sind die Parameter bekannt und bereits in die RSAxN-Versionen integriert. In Bezug auf diese Werte ist nun eine genaue Kalibrierung möglich. Wenn ein zusätzliches Kalibrierkit verwendet wird, müssen diese Parameter gemäß diesem Kit im RSAxN angepasst sein.

Für die DTF-Messung müssen der Verkürzungsfaktor des Kabels (z.B. 0,7) und die Kabeldämpfung integriert werden, um die Genauigkeit der Messung zu erhöhen. Beide Werte sind in der Spezifikation des Kabels definiert.

S21-Kalibrierung

Für die S21-Messung (Übertragungsfaktor) ist eine Through-Kalibrierung (Durchgangsnor-



Bild 10: S11-Messung eines Bandpassfilters vor (dünne Linie) und nach (dicke Linie) Kalibrierung eines Ports



Bild 11: S21-Messung eines Bandpassfilters vor (dünne Linie) und nach (dicke Linie) der Through-Kalibrierung

mal zwischen Kanal 1 und 2) erforderlich, um den Frequenzgangfehler zwischen der VNA-Quelle zum VNA-Eingang, der durch die Messkabel und die Steck-Verbindung entsteht, zu verringern. Bild 11 zeigt die

Kurve vor und nach der Through-Kalibrierung.

Die Serien RSA5000N und RSA3000N verfügen neben der neuen VNA-Funktion über vier zusätzliche Anwendungs-

modi. Diese vier Modi umfassen RTSA (Echtzeit-Spektrumanalysator bis zu einer maximalen Bandbreite von 40 MHz), GPSA (sweep-basierter Spektrumanalysator mit hervorragender Leistung), EMI (EMV-Vorabkonformitätstests gemäß CISPR-Spezifikationen) und VSA (Vektorsignalanalyse) für unterschiedliche digitale Demodulation und Bitfehlermessung nur RSA5000N).

Mit dem zusätzlichen VNA-Anwendungsmodus gehören die Serien RSA5000N und RSA3000N zu den vollständigsten HF-Testplattformen auf dem Markt. ◀

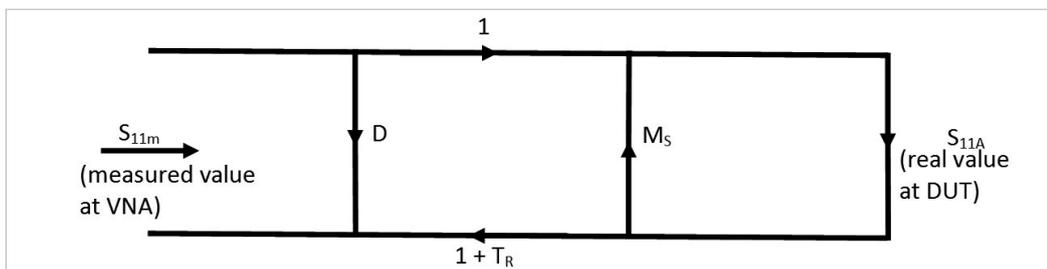


Bild 9: Fehlermodell einer Ein-Port-Messung

Die Vielseitigkeit macht den Unterschied

Unabhängig von der politischen Entwicklung in Deutschland steht außer Frage, dass sich das politische Bewusstsein zu mehr Umweltfreundlichkeit und einem besseren Umgang mit knappen Ressourcen erhöhen wird. Auch die Industrie wird sich darauf einstellen, und die Elektronik wird dabei eine wichtige Rolle spielen.



Bei der Entwicklung elektronischer Produkte müssen schon von Anfang an viele Bereiche getestet werden. Zunächst sind es rudimentäre Messungen wie beispielsweise die Überprüfung eines Spannungswertes mit dem Multimeter oder die Zeitbereichsanalyse eines Signals mit dem Oszilloskop. Aber schon in einer frühen Entwicklungsphase müssen EMV-Maßnahmen ergriffen werden, was die Erweiterung eines Testsystems zumindest mit einem Spektrumanalysator notwendig macht.

Speziell im Bereich IoT

werden die Bauformen immer komplexer und gleichzeitig kleiner, was weitere Anforderungen an die Messtechnik mit sich bringt. Zum Beispiel sind digitale Bussysteme zu decodieren und adäquate Fehleranalysen durchzuführen. Um die Zuverlässigkeit elektronischer Systeme im Betrieb zu optimieren, werden Analysen und Überwachungen über einen längeren Zeitraum erforderlich, gegebenenfalls über eine Remote-Anbindung. Somit steigt der Bedarf nach drahtloser Kom-

munikation, was zusätzlich HF-Messlösungen notwendig macht. Wenn auf diese Weise immer mehr Messgeräte zum Einsatz kommen, entspricht dies jedoch nicht den Forderungen nach Umweltfreundlichkeit und Schonung knapper Ressourcen.

Viele Applikationen mit wenigen Messgeräten

Ziel muss es also sein, möglichst viele Applikationen mit wenigen Messgeräten zu bearbeiten, indem sich damit multiple Funktionen ausführen lassen. Mit einem solchen umweltbewussten Ansatz lassen sich ebenfalls noch Platz und Kosten sparen. Rigols Strategie war schon immer darauf ausgerichtet, qualitativ hochwertige Messtechnik zu entwickeln und konstant weiter zu verfolgen. Die Messinstrumente von Rigol decken daher nicht nur die herkömmlichen Messaufgaben ab, sondern bieten vermehrt auch applikationsbezogene Funktionalitäten an. Viele Messlösungen sind mittlerweile in einem Gerät kombiniert, um den komplexen Anforderungen gerecht zu werden. Viele Modelle sind auch nachträglich mit Funktionen erweiterbar, die die Sicherheit verbessern.

2-GHz-Oszilloskop der Serie MSO8000

Etwa mit dem 2-GHz-Oszilloskop der Serie MSO8000 ist neben einer Vielzahl an Funktionen auch eine Jitteranalyse möglich, um Intrasystemfehler besser lokalisieren zu können. Zusätzlich bietet diese Geräteklasse eine Echtzeit-Augendiagramm-Messung an, um den Einfluss des Rauschens, des Jitters und der Bandbreite zu vermessen. Speziell bei der Erfassung eines weiter gefassten Zeitbereichs, bei der eine hohe Auflösung erforderlich ist, bietet die Speichertiefe von 500 Mpts

in Kombination mit 10 GSa/s eine optimale Lösung. Zusätzlich lassen sich hochauflösende FFT-Frequenzmessungen bis 2 GHz durchführen.

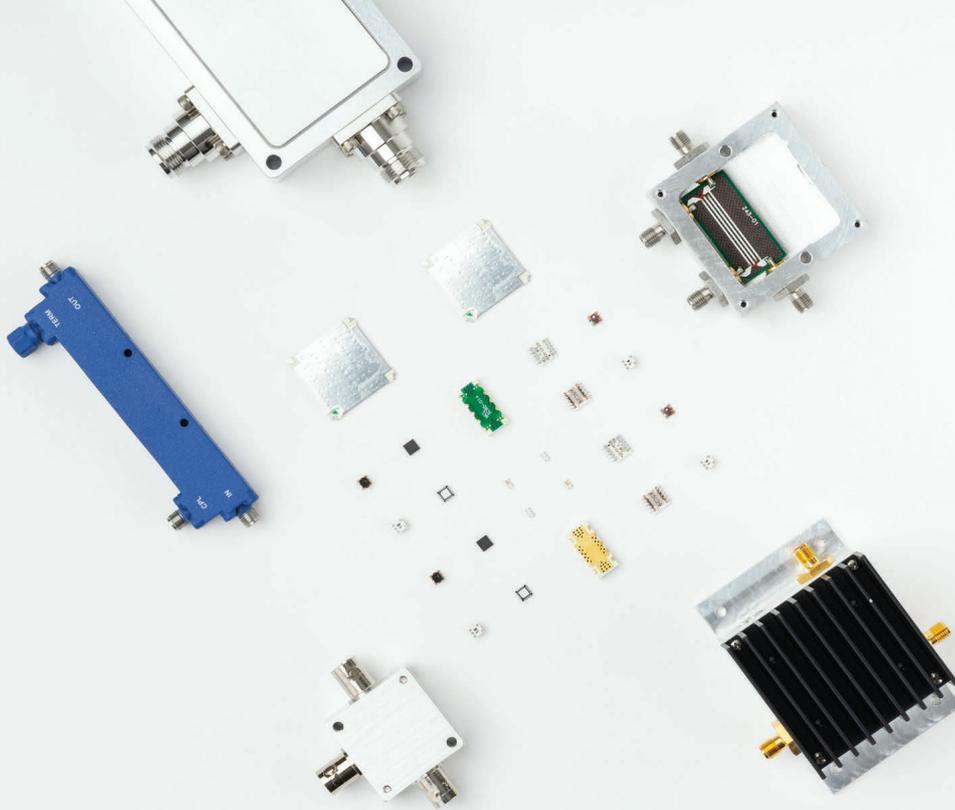
Ein weiteres Beispiel

für Rigols zukunftsweisende Produktstrategie ist der Multifunktions-Spektrum-Analysator, der mit fünf unterschiedlichen Modi wie VNA, VSA, Echtzeitmessung auch eine EMI-Applikation anbietet, mit der sich die so wichtige EMV-Analyse während der Entwicklung bis zur kompletten Vorab-Konformitätsmessung durchführen lässt. Diese Geräte sind über Web-Control ansteuerbar, was die Remote-Bedienung oder eine dezentrale Überwachung ermöglicht und die Vielseitigkeit noch einmal erhöht.

Intelligentes und vielseitiges Applikationsangebot

Ein einziges Messgerät wird auch in Zukunft nicht alle Anforderungen abdecken können. Die Messtechnik von Rigol entwickelt sich mit den speziell für die Oszilloskop-Serien selbst entworfenen Chipsets zu noch hochwertigeren Geräten – mit höheren Abtastraten, tieferem Speicher, schnelleren Messungen und mehr Funktionalitäten in Kombination mit mehr Bandbreite und einem hochmodernen Design. Durch ein solches intelligentes und vielseitiges Applikationsangebot lassen sich mehr Funktionalitäten in weniger Geräten integrieren, die kleiner sind, weniger Ressourcen verbrauchen und energieeffizienter sind. Neben der gewohnt hohen Qualität bieten die Rigol-Geräte daher eine vielseitige Unterstützung während der Entwicklung und im Betrieb und tragen so auch zu einer besseren Umwelt bei. ◀

Autor:
Boris Adlung
Rigol Technologies Europe
GmbH
www.rigol.eu



DC TO 65 GHz

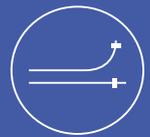
Couplers

Directional, Bi-Directional,
Dual Directional & RF Tap

- 400+ models in stock
- Power handling up to 300W
- Coupling from 5.6 to 50 dB
- DC passing and DC blocking

Technology for almost every application:

Bridge, LTCC, Microstrip/Stripline, MMIC, Transformer



 **Mini-Circuits®**

DISTRIBUTORS

IE INDUSTRIAL GMBH
ELECTRONICS

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

Fakten und Vorschläge

Test und Spezifizierung des Großsignalverhaltens von KW-Empfängern

Das Großsignalverhaltens direktabtastender Empfänger lässt sich auf klassische Weise nicht mehr zuverlässig ermitteln, sondern nur auf Basis des Noise Power Ratios. Mehr darüber erfahren Sie in diesem Beitrag.

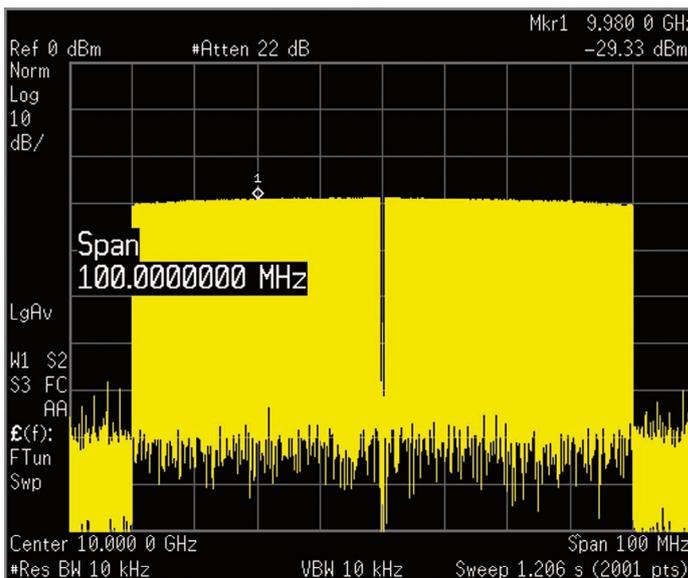
Man kann heute drei Typen von Empfängern unterscheiden:

1. analog
2. digital ab ZF-Bereich
3. direktabtastend (volldigital)

Vielleicht das wichtigste Kriterium bei der Beurteilung zumindest eines Kurzwellenempfängers ist die Großsignalfestigkeit. Diese lässt sich auf verschiedene Weise festmachen, wie IP3, störfreier Dynamikbereich oder Noise Power Ratio (NPR). Welche Methode ist für welchen Empfängertyp am besten geeignet?

Empfänger vom Typ 1 und 2

Hier kam und kommt der hinreichend bekannte Zweitontest zum Einsatz. Man errechnet auf Grundlage seiner Messergebnisse den Intercept-Punkt dritter Ordnung (IP3). Sind die verursachenden Signale amplitudengleich, so sind theoretisch und meist auch praktisch die Mischprodukte amplitudengleich. In diesem Fall lässt sich Intermodulation am klarsten darstellen, da man nur ein Eingangssignal und ein IM-Produkt berücksichtigen muss. Daher wird die Intermodulation eben traditionell mit einem HF-Zweitonsignal ermittelt. Intercept-Punkte sind natürlich auch recht praktische Größen, denn kennt man einen, kann man bei gegebener Eingangsleistung den Abstand der IM-Produkte



Spektrum eines Noise Power Ratio Signals mit 10 GHz Notch-Frequenz (Quelle: Keysight)

zum Nutzsignal (den Intermodulationsabstand IMA) errechnen. Jedoch lässt sich die traditionelle Herangehensweise kritisieren: Abgesehen davon, dass in der Praxis meist viel mehr als zwei Signale auf einen KW-Empfänger einwirken, sodass mannigfaltige IM-Produkte entstehen, deren Summe den Störabstand bestimmt, gilt: Je unempfindlicher man ein Empfangssystem durch Vorschalten eines simplen Dämpfungsglieds macht, umso höher fällt der IP3 des Gesamtsystems aus. Der Zusammenhang kann einfacher nicht sein: Die eingefügte Dämpfung von X dB erhöht den IP3 um ebenfalls X dB.

Daraus folgt, dass ein fairer Vergleich von Intercept-Punkten nur dann möglich ist, wenn die Empfängerempfindlichkeit mit berücksichtigt wird. Beispielsweise ein Rx mit 15 dB Empfindlichkeit und einem IP3 von 23 dBm ist in punkto Großsignalfestigkeit einem Rx mit 12 dB

Empfindlichkeit und einem IP3 von 20 dBm gleichwertig. Denn wenn man dem empfindlicheren Rx ein 3-dB-Dämpfungsglied vorschaltet, geht die Empfindlichkeit auf 15 dB zurück, während der IP3 auf 23 dBm steigt. Das sind genau die Daten des unempfindlicheren Empfängers.

Daher wurde bereits vor Jahrzehnten der Parameter „IP3 minus Rx-Eigenrauschen“ als „Empfängerfaktor“ definiert (s. Buch „Kurzwellenempfänger“ von Lechner). Dem Autor scheint die Bezeichnung „effektiver Intercept-Punkt“ oder IP3eff treffender:

$$IP3_{eff} = IP3 \text{ in dBm} - F \text{ in dB}$$

Er möchte an dieser Stelle Testern, welche den IP3eff noch nicht ermitteln, die uneingeschränkte Verwendung nahelegen.

Da ein guter Kurzwellenempfänger mit steigender Frequenz empfindlicher wird zu Ungunsten des Großsignalverhaltens, gilt es

für eine direkte Vergleichbarkeit von Empfängern weiterhin, den IP3eff bei einheitlichen Frequenzen festzustellen. Anbieten würden sich Frequenzen in den Bändern 80, 30 und 10 m. Diese stehen im Verhältnis von etwa 1:3 und decken die Kurzwelle gut ab.

Zusammenfassung:

Der Zweitontest ist wegen der Verwendung von nur zwei Tönen zwar nur eingeschränkt praxisgerecht, hat sich jedoch vom Aufwand her gut handhabbare Testmethode fest etabliert. Der auf diese Weise an drei vereinarten Frequenzen (z.B. 3,5, 10, 28 MHz) ermittelte IP3eff kennzeichnet einen Empfänger mit analogem Frontend insofern optimal als dass er

1. „Abwärtskompatibilität“ zu älteren Empfänger(daten) und
2. ein Maximum an direkter Vergleichbarkeit

offeriert. Für analog/digital gewandelte Signale ist er indes mit vielen Einschränkungen verbunden und daher keine gut geeignete Größe.

Empfänger vom Typ 3

Im HF-Frontend direktabtastender Empfänger bilden sich Mischprodukte nach keiner genau bekannten Regel, denn bei einer digitalen Verarbeitung lässt sich keine über den gesamten Übertragungsbereich gehende Nichtlinearität definieren. Es darf daher bezweifelt werden, dass der Zweitontest hier sinnvoll ist und verlässliche Ergebnisse bringt. Zwar ist auch hier reziprokes Mischen möglich (begründet im Jitter des Referenz-/Taktoszillators), doch ist zum Blocking festzustellen, dass ADCs lediglich übersteuern, aber nicht in die Sättigung gehen, daher hier

Autor:
Dipl. Ing Frank Sichla
mit Unterstützung von
Ralf Rudersdorfer, Leiter
Fachgruppe „Technik“
an der Uni Linz, und
zwei weiteren erfahrenen
Messtechnikspezialisten
(Empfänger, einschließlich
NPR)

keine quasi kontinuierliche „Verfärbung“, jedoch (abruptes) Clipping. (Abgesehen von Fällen, in denen eine analoge Signalverarbeitungskette – typisch ein Vorverstärker im Frontend – noch vor dem ADC eine geringere Dynamik als der ADC selbst aufweist.)

Daher bezweifelt der Autor, dass der Zweitontest zur Ermittlung des IP3 bei diesem Empfänger-typ gute Ergebnisse liefert. Vergleichende Tests, dokumentiert z.B. in Amateurzeitschriften der letzten Jahre, sprechen eine deutliche Sprache:

„Bei digitalen, direktabtastenden Empfängern verlaufen die IMD3-Verzerrung bei Signalvergrößerung nach keiner bestimmten Regel oder Gesetzmäßigkeit. Die ersten Verzerrungsprodukte sind schon relativ früh messbar und sollten bei guten SDRs stets unterhalb des Eigenrauschens (Residual Noise) der Empfangsantenne liegen und somit nicht

erkennbar sein. Erst bei maximaler Aussteuerung des ADCs erreicht der Empfänger seinen größten IM-freien Dynamikbereich von vielleicht 100 dB. Dieser Punkt wird auch als Sweet-Spot bezeichnet. Bei weiterer Signalvergrößerung gerät der ADC dann sehr schnell in die Begrenzung...“ So schrieb Werner Schnorrenberg in der Zeitschrift CQ DL 9/2020 und machte deutlich, „dass bei digitalen Empfängern kein IP3 mehr existiert, sich die Großsignalfestigkeit eines SDRs also darüber nicht mehr spezifizieren lässt.“

Mit Sicherheit funktioniert jedoch eine alternative Messmethode gut, die das Noise Power Ratio (NPR) ermittelt. Dabei wird mithilfe von Rauschen ein breitbandiges Multitonsignal simuliert. Dieses Verfahren erfordert ein ganz anderes Equipment als der Zweitontest und entspricht besser der Praxis, wo eben meist viel mehr als zwei Signale auf einen

Empfänger einwirken, sodass mannigfaltige IM-Produkte entstehen, deren Summe den Störabstand bestimmt.

Das NPR ist wohl die bekannteste Möglichkeit, um die Großsignalfestigkeit direktabtastender Empfänger halbwegs seriös zu spezifizieren. Eine Alternative zur NRP-Messung, ein Verfahren, das Breitbandpulse benutzt, stellt Kurt Hoffelner auf www.oe3hkl.com vor.

Zwar geht die Empfindlichkeit des Empfängers hier von vornherein mit ein, das beim IP3 bestehende Problem gibt es also nicht, jedoch sind identische Vorgangsweisen und ein durchdachter Messaufbau auch hier zwingende Voraussetzungen für seriöse Vergleiche.

Da beim NPR-Verfahren statt zweier HF-Töne breitbandiges, möglichst weißes Rauschen verwendet wird, spielt nun auch die Bandbreite des Empfänger-Fron-

tends eine Rolle. Man darf nicht mit geringerer Bandbreite arbeiten als mit der Grenzfrequenz des Antialiasingfilters, weil sonst ein zu gutes NPR herauskommt. Und dies unabhängig davon, ob eine Vorselektion existiert oder nicht.

Mit Vorselektion misst man ein deutlich größeres NPR als ohne. Dies deshalb, weil der Preselektor sehr wenig Rauschen bzw. Summensignale hereinlässt. Lediglich ein paar Filter im Eingang des Empfängers können also eine scheinbare Überlegenheit vorgaukeln. Das erinnert an die Beeinflussungsmöglichkeit mit einem Dämpfungsglied beim IP3.

Anhand des NPRs, wie man es bislang kennt, sind Empfänger mit unterschiedlichen Bandbreiten im Frontend nicht direkt vergleichbar. Da diese Bandbreiten im Gegensatz zur Empfindlichkeit von Gerät zu Gerät stark schwanken können, eignet sich das ursprünglich ermittelte NPR

A

dvance to the next level!



SNA5000A

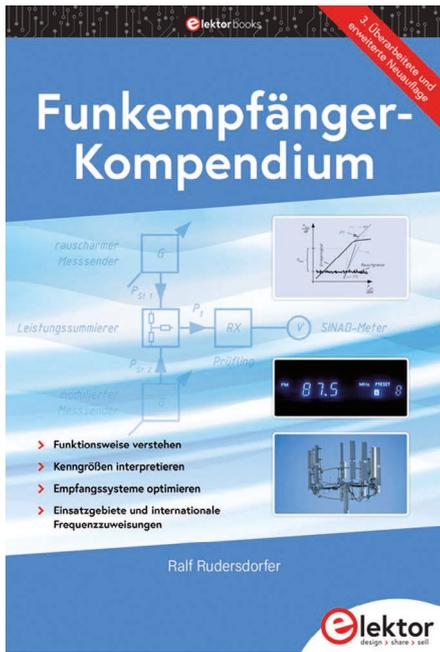
Vektornetzwerkanalysator

- 4,5 GHz / 8,5 GHz
- 2-/4-Tor-Modell
- 125 dB Dynamikbereich
- 12-Zoll Touch Screen



www.siglenteu.com

Funkempfänger-Kompendium



Ralf Rudersdorfer: *Funkempfänger-Kompendium*, Elektor Verlag 2021, 3. Auflage, Format: 16,5 x 24,5 cm (gebunden), 452 Seiten (in Farbe), ISBN 978-3-89576-419-6, 49,00 Euro (D), 50,40 Euro (A), 53,95 CHF, E-Book (PDF) 39,80 Euro

Nachdem das Funkempfänger-Kompendium nun schon in der dritten Auflage erscheint, kann man ihm das Prädikat „Standardwerk“ zusprechen. Es zeigt, wie professionelle Funkempfänger ausgelegt sind und was sie in der modernen Funküberwachung, bei den Nachrichtendiensten und im Amateurfunk leisten. Dabei werden die einzelnen Empfängerprinzipien ausführlich beschrieben. Die für die Beurteilung wesentlichen Parameter erhalten viel Platz und es gibt umfassende Antworten auf Fragen wie:

Wodurch unterscheiden sich Kreuzmodulation und Intermodulation?

Welche Artefakte zeigen digital nachgebildete Signalverarbeitungsketten abweichend von analogen Schaltungsstufen?

Welche Auswirkungen haben derartige Kenngrößen tatsächlich auf die Empfangspraxis und warum kommt es nicht nur auf den IP3 an?

Wie hängt beispielsweise die Grenzempfindlichkeit mit der Empfangsbandbreite zusammen?

Was unterscheidet einen Signal/Rauschabstand nach der Beurteilung durch SINAD und (S+N)/N? Dem Software Defined Radio (SDR) und seiner Funktion ist ebenfalls viel Platz eingeräumt und auf seine messtechnischen Besonderheiten wird auch eingegangen.

Das Buch zeigt ausführlich und mit Details die Technik von Funkempfängern und erläutert deren messtechnische Ermittlung. Viele speziell dafür erdachte Zeichnungen machen die Zusammenhänge transparenter. Mit durchgerechneten Fallbeispielen und dem stetigen Bezug zur Empfangspraxis ist es ein Buch für HF-Ingenieure, Entwickler und viele an der Empfängertechnik Interessierte.

(SB)

nur zum Vergleich von Empfängern mit gleicher Bandbreite im Frontend. Für einen Vergleich von Empfängern mit unterschiedlicher Bandbreite kann es bei Kenntnis dieser jedoch leicht umgerechnet werden. Das NPR wurde ja ursprünglich auch nur für Telefonkanäle mit standardisierter Bandbreite benutzt, sodass ein „Bandbreitenproblem“ überhaupt nicht bestand. Nun aber, bei seiner Wiederentdeckung für digitale Empfänger, darf man diesen Punkt nicht übersehen.

Das effektive oder normierte NPR Fakt ist, dass sich das NPR sowohl über die verwendete Rauschbandbreite als auch über Vorfilter definierbar verändern lässt. Man sieht dies vielleicht etwas klarer, wenn man sich vorstellt, dass man einen 1-MHz-Bandpass einmal in den Rauschgenerator und einmal in einen zu testenden Breitbandempfänger einbaut. Dann misst man jedes Mal das gleiche NPR, denn es ist ja elektrisch egal, ob der Bandpass im Ausgang des Generators oder im Eingang des Empfängers liegt. Bandbreite in dBHz und NPR in dB verhalten sich umgekehrt proportional. Dieser einfache Zusammenhang erlaubt es nun, nach der Formel

$$NPR_{1\text{MHz}} = NPR \text{ für } X \text{ MHz Bandbreite} - 10 \log(X \text{ MHz} / \text{MHz})$$

ähnlich wie beim IP3 eine Art effektives NPR zu errechnen, das sich auf griffige 1 MHz Bandbreite bezieht und somit den direkten Vergleich verschiedenster Empfänger erlaubt. Das NPR wird dadurch von der Nebenbedingung „Rauschbandbreite“ ebenso entlastet wie der IP3 von der Nebenbedingung „Empfindlichkeit“.

Mögliches Problem dabei: Einerseits sollte man, um realen Betriebsverhältnissen nahezukommen, den Rx über seine gesamte Betriebsbandbreite mit Rauschen beaufschlagen. Andererseits ist die Rauschbandbreite sich automatisch zuschaltender Eingangfilter meist nicht leicht festzustellen.

Rauschen darf niemals ohne die dazugehörige Bandbreite benannt werden. Das gilt nach meinem Verständnis auch für das NPR. Und darum ist es wohl besser, mit einer RBW (Rauschbandbreite) zu arbeiten, die (möglichst gerade) so gering ist, dass das Rauschen garantiert ungehindert durchs Vorfilter geht. Das ist schließlich immer noch praxisgerechter als die Verwendung von lediglich zwei Tönen. (Anmerkung: Rauschen kann auch im Vorkreis-Sperrbereich IM erzeugen wie Antennensignale.)

Mit folgender Formel gelingt der Bezug auf 1 MHz leicht:

$$NPR_{1\text{MHz}} = NPR + 10 \log(RBW / \text{MHz}) \text{ dB}$$

Es gibt hier zumindest von der Theorie her auch nichts gegen Bandbreiten unter 1 MHz einzuwenden. Die Korrektur-Dezibel-Angabe ist dann lediglich negativ. Mögliche negative Dezibelwerte hzst das effektive oder (auf 1 MHz) normierte NPR also mit dem effektiven Intercept-Punkt gemeinsam. Last not least: Bei der Verwendung einer geringen Rauschbandbreite ergibt sich ein entsprechend hohes NPR. Kommt dieser Wert in die Größenordnung der Notchfilter-Dämpfung, dann hat seine Genauigkeit gelitten, dem kann aber mit einer Korrekturformel entgegengewirkt werden. Diese Formel findet sich unter www.ab4oj.com/test/main.html#NPR.

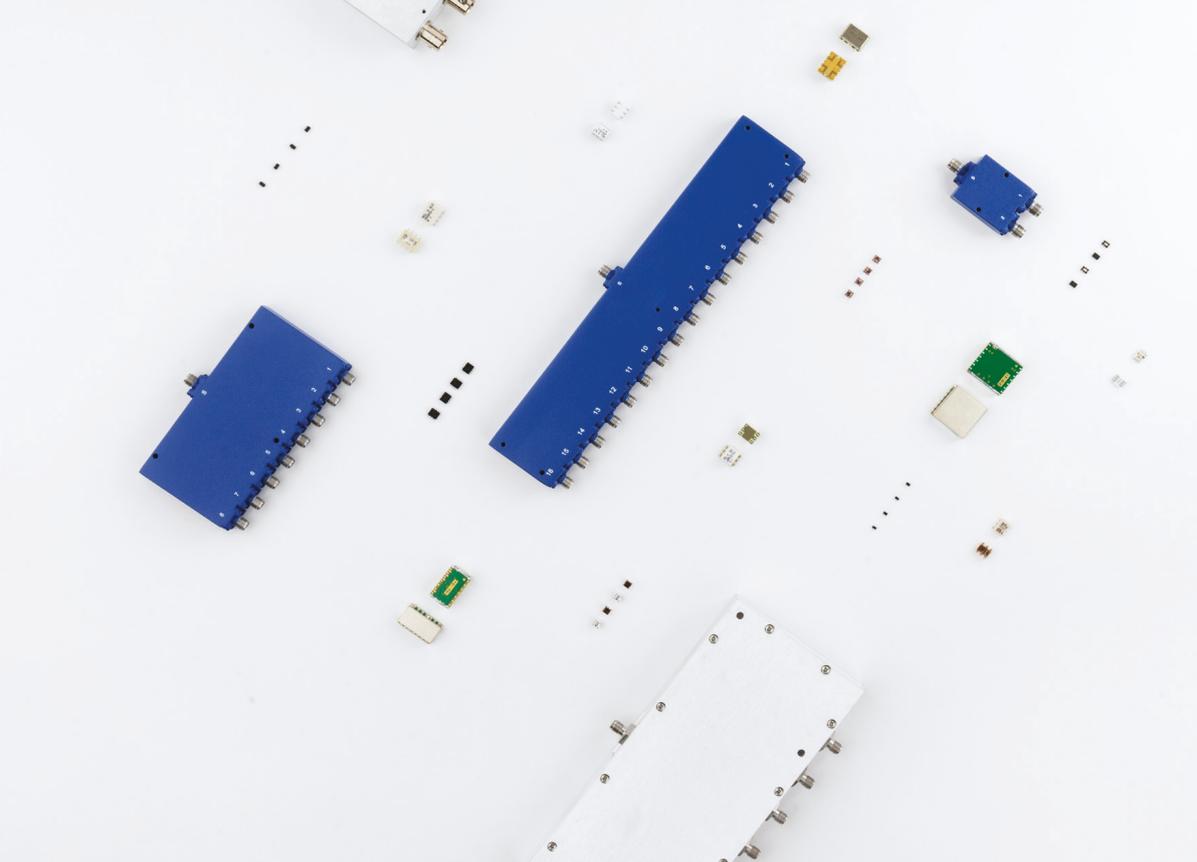
Bedingung für ein seriöses Ergebnis und direkte Vergleichbarkeit

Gehen Sie beim Test des Großsignalverhaltens nicht in folgende Falle: Stellen Sie sich vor, Sie würden mit dem HF-Zweitontest einen Empfänger mit eingebauter scharfer Vorselektion dergestalt testen, dass infolge des Preselektors beide Töne um x dB gemindert am eigentlichen Frontend ankommen. Dann erhalten Sie einen um x dB zu hohen IP3 bzw. wenn die Töne ungedämpft

auf das Frontend fallen würden, wäre der IP3 x dB schlechter. Ein Preselektor beeinträchtigt also die direkte Vergleichbarkeit verschiedener Empfänger (genauso wie ein Attenuator). Es muss neben der Messung mit Vorselektion (wegen Summenleistung) darauf geachtet werden, dass die Testtöne auch einmal unbeeinflusst von der Vorselektion auf das Frontend gelangen.

Dies gilt sinngemäß auch bei der NPR-Ermittlung. Speisen Sie nur in Frequenzbereichen Rauschen ein, die „offen“ sind, also das Rauschen ungedämpft zum Frontend lassen. Sie gehen dann zwar von praktischen Empfangsbedingungen mit seiner Vielzahl von Signalen ab (was der Zweitontest vom Prinzip her ja schon tut), aber das ist immer noch besser, als sich das Ergebnis durch teilweise deutlich gedämpftes Rauschen völlig verhaseln zu lassen.

Als Garantie oder Nebenbedingung für alle Tests wäre daher zu fordern: ohne auf das Testsignal wirkende Vorselektion. Die Bandbreite des eingespeisten Rauschsignals sollte also entsprechend optimiert werden und zudem über alle Testaufbauten hinweg einen möglichst gleichen Frequenzgang aufweisen. Ebenso muss das zur NPR-Messung verwendete Sperrfilter (sofern ein solches verwendet wird) gleiche Charakteristik aufweisen. ◀



2 KHZ TO 65 GHZ

Power Splitters & Combiners

600+ in Stock

- 2-Way through 24-Way
- RF input power up to 100W
- Low insertion loss
- High isolation
- Connectorized, surface mount and MMIC die formats

Technology for every requirement:

LTCC, MMIC, stripline, microstrip, core and wire, resistive



 **Mini-Circuits®**

DISTRIBUTORS

IE INDUSTRIAL GMBH
ELECTRONICS

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

Testsystem für Automotive-Radarsensoren simuliert auch querbewegte Objekte



Mit dem neuen Radartestsystem R&S RTS von Rohde & Schwarz ist es möglich, Fahrzenarien für den Test von radarbasierten Advanced Driver Assistance-Systemen (ADAS) oder die Radarsensorik von autonom fahrenden Autos (AD) komplett über die Luftschnittstelle zu simulieren. Die Lösung besteht aus dem neuen R&S AREG800A

Automotive Radarechogenerator als Backend und dem R&S QAT100 Antennenarray als Frontend. Querbewegte Objekte werden heute durch die mechanische Bewegung von Antennen simuliert. Das R&S RTS ersetzt diese mechanische Bewegung durch das elektronische An- und Abschalten einzelner Antennen im Frontend. Auch sehr schnell

quer bewegte Objekte können so zuverlässig und reproduzierbar simuliert werden. Geschwindigkeit (Doppler) und Größe (Radar Cross Section) der Objekte simuliert das R&S RTS in beliebig einstellbaren Entfernungen - auch in einer sehr geringen. Über Kaskadierung sind zahllose Objekte darstellbar. Mit dem R&S RTS können

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

Peltierelemente sind präzise, effizient und professionell

Die Peltierelemente von Telemeter Electronic sorgen für eine Effizienz, welche in vielen Anwendungen als Voraussetzung gilt. Gerade dort, wo wenig Platz vorhanden ist und eine präzise Kühlung benötigt wird gibt es kein effizienteres Bauteil. Die Elemente von Telemeter Electronic sind nicht nur als Einzelkomponente, sondern auch assembliert mit Kühlkörper und Lüfter erhältlich. Optimierungen der Form, Größe oder Leistung für eine besondere Serienanwendung sind



kein Problem. Die Peltierelemente bieten bezüglich ihrer individuell wählbaren Opti-

onen wie zum Beispiel ihrer Größe (ab 1,8 x 3,4 mm) als auch ihrer Form von rund eckig,

oder mitteloch, viele Vorteile. Des Weiteren können diese Elemente durch Epoxidharz oder Silikon versiegelt werden. Optionale Keramik aus Aluminiumnitrid ist auch erhältlich. Eine Komplettlösung beinhaltet individuell angepasste Rahmenvereinbarungen, kompetente Ansprechpartner, anschlussfertige Lösungen aber auch eine speziell angepasste Verpackung zur einfacheren Entnahme.

■ Telemeter Electronic GmbH
www.telemeter.info

RF Demo Kit in Kombination mit Spektrumanalysator

Die Übertragung von Informationen über Funk bedeutet eine interessante und zugleich komplexe Technik. Um zu verstehen, wie dies funktioniert, bietet der Partner von Telemeter Electronic, Rigol Technologies, ein perfektes Werkzeug an. Der Spektrumanalysator der DSA800-Klasse oder der RSA3015N in Kombination mit einem TX1000 Demo Board ist speziell für den Ausbildungsbereich, aber auch für F&E-Messungen spezifiziert.

Das Gesamtverständnis von HF-Empfängern und -Sendern kann so auf einfache Art und Weise erlernt und nachvollzogen werden. Dieses Demo Board kann einen HF-Träger (500 MHz oder 1 GHz) mit



einem Basisbandsignal (bis zu 50 MHz, maximale Bandbreite +/-10 MHz) modulieren. Mit dem Spektrumanalysator lässt sich das TX1000 Demo Board (über Trackinggenerator) stimulieren und über den HF-Eingang analysieren. Alternativ kann auch ein

externer HF-Generator mit IQ-Modulation verwendet werden (z.B. Rigol DSG821A), um das Gerät mit einem modulierten Basisbandsignal zu testen.

Das TX1000 Demo Board enthält verschiedene Komponenten, wie einem GHz-Lokaloszillator, eine 10-MHz-

Referenz, einen Mischer, ein Bandpassfilter nach dem Mixer, Verstärker und zwei Bandpassfilter nach dem Verstärker. Der Spektrumanalysator RSA3015N überzeugt dabei mit einem breiten Frequenzbereich von 9 kHz bis 1,5 GHz sowie mit seinem integrierten Vektor-Netzwerkanalysator-Modus. Mit diesem Modus können S11-, S21- oder Abstandsfehler-Messungen durchgeführt werden, da neben der Amplitudeninformation auch die Phaseninformation zur Verfügung steht.

■ Telemeter Electronic GmbH
info@telemeter.de
www.telemeter.info

Tests, die heute im Fahrversuch durchgeführt werden, ins Labor verlagert werden. Fehler lassen sich so frühzeitig erkennen und Kosten signifikant reduzieren.

Background

Radarsensoren stellen eine der Schlüsselkomponenten für das autonome Fahren dar. Die Anzahl der Radarsensoren im Fahrzeug wächst, da neben dem NCAP (New Car Assessment Programme) geforderten Long-range-Radaren zunehmend Seitenradare verbaut werden, die auch den Querverkehr überwachen können. Die neuste Generation von Radarsensoren integriert HF-Antennen und Signalprozessoren für die Objekterkennung in einem Chip. Deshalb ist beim Test der Radarsensoren eine Simulation der zu erkennenden Objekte über die Luftschnittstelle erforderlich. Mit dem neuen R&S RTS – bestehend aus dem R&S AREG800A Backend und R&S QAT100 Antennenarray Frontend – steht ein Target-Simulator zur Erzeugung von dynamischen Radarechos zur Verfügung, der von der Vorentwicklung über das Hardware-in-the-Loop-Testlabor bis zur Validierung von ADAS/

AD-Funktionen im Gesamtfahrzeug eingesetzt werden kann.

Typischer Frequenzbereich

Das Backend kann eine große Zahl an voneinander unabhängigen, künstlichen Objekten erzeugen und dabei Abstand, Objektgröße (Radar Cross Section) und Radial-geschwindigkeit dynamisch variieren. Eine Bandbreite von 4 GHz zwischen 76 und 81 GHz deckt den typischen Frequenzbereich heutiger und zukünftiger Automotive-Radarsensoren ab.

Das Frontend ermöglicht die Simulation von sich quer zur Fahrtrichtung bewegenden Objekten durch bis zu 192 einzeln schaltbarer Antennen. Das garantiert eine sehr feine Auflösung, hohe Umschaltgeschwindigkeit und hohe Wiederholgenauigkeit. Die elektronische Umschaltung der Antennen verursacht keinen Verschleiß an HF-Kabeln oder anderen beweglichen Teilen wie bei mechanischer Bewegung der Antennen sonst üblich. Mittels einer optionalen Sendezeile können zwei sehr nah benachbarte, sich quer bewegende Objekte simuliert werden. Die kleinen Patch-

Antennen sorgen zusammen mit der von Absorbieren bedeckten Oberfläche für ein reflexionsarmes HF-Frontend mit sehr geringem Radarquerschnitt. Das reduziert das Grundrauschen des Sensors und unterdrückt Nahziele sowie potenzielle Mehrwegreflexionen. Der Antennenabstand von nur 3,7 mm bietet eine sehr feine Winkelauflösung. Um größere Sichtfelder von Radarsensoren abzudecken, lassen sich mehrere Frontends miteinander kombinieren. Eine Winkelauflösung kleiner 0,5° ist realisierbar.

Ausgehend von einfachen Szenarien wie den Automatic Break Assist (AEB), kann das R&S RTS aufgrund seiner Modularität und Skalierbarkeit auch für komplexe Szenarien mit mehreren Radarsensoren erweitert werden. Dazu lässt sich eine beliebige Anzahl von Frontends R&S QAT100 und Backends R&S AREG800A kombinieren. Eines der Backends übernimmt die Synchronisation aller im Setup verbauten Komponenten. Über die grafische Benutzeroberfläche mit Touchscreen ist der Testaufbau einfach einzurichten und zu konfigurieren. ◀

Signalgeneratoren Serie DSG3000B



- AM / FM / \varnothing M-Analogmodulation ebenso wie IQ-Modulation
- 9 kHz bis 6,5 GHz / 13,6 GHz
- USB, LAN und GPIB-Schnittstellen



Telemeter Electronic

info@telemeter.de • www.telemeter.info
 Wir liefern Lösungen...

Schnelle Einblicke dank verbesserter Bedienung und Leistung



Mit dem neuen R&S RTO6 Oszilloskop setzt Rohde & Schwarz für seine erfolgreiche R&S RTO Serie einen weiteren Meilenstein. Dank einer aktualisierten Benutzeroberfläche, einem größeren 15,6-Zoll-Full-HD-Touchscreen und intuitiver Bedienlogik ermöglicht es das Gerät, täglich anfallende Messaufgaben schneller zu lösen.

Mit erstklassigen Spezifikationen wie der herausragenden effektiven Anzahl an Bits (ENOB) von 9,4, einer beispiellosen Aktualisierungsrate von einer Million Messkurven pro Sekunde sowie umfassenden Analysefunktionen liefert das R&S RTO6 Elektronikingenieuren tiefe Einblicke in ihr Design.

Rohde & Schwarz stellte die nächste Generation seines R&S RTO Oszilloskops der 6-GHz-Klasse vor. Das neue R&S RTO6 Digitaloszilloskop ist in sechs verschiedenen Ausführungen mit Bandbreiten von 600 MHz bis 6 GHz und einer Abtastrate von bis zu 20 Gsample/s erhältlich. Die vollintegrierte Testlösung für den Zeit- und Frequenzbereich sowie die Protokoll- und Logikanalyse unterstützt Entwicklungsingenieure aus allen Branchen. Das Gerät verfügt

über eine hohe Aktualisierungsrate, ausgezeichnete Signaltreue, einen äußerst leistungsfähigen digitalen Trigger und einen reaktionsschnellen, tiefen Speicher.

Mehr Bedienkomfort für sofortige Einblicke

Mit der Neuentwicklung des R&S RTO6 Oszilloskops wollten die Ingenieure von Rohde & Schwarz insbesondere die Alltagsstauglichkeit des Oszilloskops verbessern. Dieses Ziel wurde mit einer neu gestalteten, für Produktivität optimierten Benutzeroberfläche erreicht. Der 15,6-Zoll-Full-HD-Bildschirm mit intuitiver Touch-Funktion und die neu gestaltete Frontplatte sorgen für eine schnelle Konfiguration der Messungen. Der deutlich größere Bildschirm erlaubt die maximierte Darstellung des Messkurven-Anzeigebereichs, und Signale können mit dem bewährten R&S SmartGrid per Drag & Drop an verschiedene Stellen des Bildschirms gezogen werden. Das App-Cockpit gewährt mit nur einem Fingertipp Zugriff auf alle verfügbaren Anwendungen des Oszilloskops.

Erstklassige Spezifikationen für ausführliche Informationen

Die Entwickler des neuen R&S RTO6 haben eine Architektur mit anwendungsspezifischer integrierter Schaltung (ASIC) zur optimierten Signalverarbeitung implementiert, die eine herausragende Erfassungsrate von bis zu einer Million Messkurven pro Sekunde ermöglicht. Damit können Anwender auch sporadische Signalfehler zuverlässig erkennen. Ein rauscharmes Frontend und Single-Core-A/D-Wandler mit extrem kleinem Linearitätsfehler sorgen für eine exzellente Signalintegrität mit einem störungsfreien Dynamikbereich (SFDR) von 65 dBc und einer herausragenden ENOB von 9,4. Alle Signaldetails werden so mit höchster Genauigkeit erfasst.

Noch mehr Signaldetails lassen sich mit dem High-Definition-(HD)-Modus aufdecken. Dadurch erhöht sich die vertikale Auflösung der R&S RTO6 Oszilloskope auf bis zu 16 Bit mit digitaler Filterung, was zu schärferen Messkurven und geringerem Rauschen führt. Dieses gefilterte 16-bit-Signal wird auch von dem patentierten digitalen Triggersystem von Rohde & Schwarz verwendet. So erreicht das R&S RTO6 eine bisher nie dagewesene Trigger-Empfindlichkeit und kann auch kleinste Signaldetails isolieren.

Darüber hinaus bietet das R&S RTO6 mehrere Funktionen, mit deren Hilfe der Benutzer besonders schnell zum Ziel kommt. Mit Maskentests, die sich über einfache Touch-Gesten einrichten lassen, können Signalanomalien innerhalb definierter Toleranzgrenzen leicht ermittelt werden. Dank dem einzigartigen Zone Trigger lassen sich Ereignisse sowohl im Zeit- als auch im Frequenzbereich graphisch isolieren.

Mit einem standardmäßigen Erfassungsspeicher von 200 Msample und optional 2 GS pro Kanal kann das R&S RTO6 problemlos lange Puls- und Protokollsequenzen analysieren. Der permanent aktive History-Modus ermöglicht auch die Analyse früherer Triggerereignisse; umfangreiche Suchfunktionen vereinfachen diese Aufgabe noch weiter.

Umfassende Tools für schnelle und genaue Ergebnisse

Die R&S RTO6 Serie bietet mehr als 90 Messfunktionen, die in Amplituden- und Zeitmessungen, Jitter-, Augendiagramm-, Histogramm- und Spektrumsmessungen gruppiert sind. Darüber hinaus stehen mehrere applikationsspezifische Softwareoptionen für komplexe Messungen zur Verfügung, die der Anwender, wenn sich seine Testanforderungen ändern, auch nach dem Kauf des Geräts einfach per Keycode freischalten kann. Zu diesen Optionen gehören Triggerung und Decodierung serieller Protokolle, automatisierte Konformitätstests digitaler Hochgeschwindigkeits-Schnittstellen, umfangreiche Optionen für die Jitter- und Leistungsanalyse sowie Spektrum-, Leistungs-, TDR/TDT- und Signalanalyse.

Darüber hinaus bietet Rohde & Schwarz ein großes Tastkopf-Portfolio, sodass sich das R&S RTO6 für alle erdenklichen Messaufgaben rüsten lässt. Mit seinem breit aufgestellten Funktionsatz deckt das R&S RTO6 eine Vielzahl von Anwendungen ab, von der EMV-Fehlersuche und Spektrumanalyse über Automotive-Ethernet-Tests und die serielle Busanalyse bis hin zu Leistungselektronik-Tests und Digitaldesigns.

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

Vergrößertes Angebot an Leistungselektronik

High Power Density Flexible Platform



Do more with SIGLENT SPS power supplies!

SPS5000X Series Programmable DC Switching Power Supply

Voltage	Current	Power
40/50/80/160 V	Up to 90 A	Up to 1080 W

- Wide range. Deliver high voltage/current from one unit
- Specialized protection features ensure DUT integrity
- ON/OFF delay for power sequence control
- Up to 50 step list function for easy automated testing
- Adjustable output resistance to simulate different battery states

Die Leistungselektronik hat in den letzten Jahren stark an Bedeutung gewonnen. Die passende Messtechnik leistet einen wichtigen Beitrag bei der Entwicklung und der Optimierung des Designs. Netzteile gehören hier zur Standardausstattung im Labor und in der Produktion. Um auch Anwendungen im höheren Leistungsbereich abdecken zu können, führt Siglent nun eine neue Serie von Schaltnetzteilen mit einer maximalen Ausgangsleistung von 1080 W ein. Die neue SPS5000X-Serie bietet eine hohe Leistungsdichte, ein geringeres Gewicht und deckt einen größeren Leistungsbereich als herkömmliche lineare Designs ab und ist dadurch vielseitig einsetzbar.

Siglent Technologies stellt seine neue Serie von programmierbaren DC-Schaltnetzteilen vor. Das DC-Schaltnetzteil der Serie SPS5000X ist eine leistungsstarke und flexible DC-Stromquelle mit hervorragenden Lastregeneigenschaften. Passend zur Anforderung kann aus zehn verschiedenen Kombinationen von Spannung und Strom das richtige Modell ausgewählt werden. Neben den Einkanalgeräten stehen noch weitere Modelle mit zwei oder drei Kanälen zur Auswahl.

Die Serie ist in die Leistungsklassen 360, 720 und 1080 W eingeteilt. Der maximale Ausgangsstrom kann bis zu 90 A betragen, die maximale Ausgangsspannung bis zu 160 V. Ein besonderes Merkmal der

Netzteile ist ein Parallelmodus, mit dem eine Ausgangsleistung von bis zu 3240 W erreicht wird.

Alle Modelle sind mit einem hellen und gut lesbaren 2,4-Zoll-OLED-Display ausgestattet. Der integrierte Webserver ermöglicht eine einfache und schnelle Konfiguration der Geräte mittels Webinterface, ganz ohne die Notwendigkeit eine Software installieren zu müssen.

Die SPS5000X-Serie ist flexibler als herkömmliche Netzteile, deren Ausgangsleistungskurve typischerweise rechteckförmig ist und deren maximale Leistung durch die Spannungs- oder Stromeinstellungen begrenzt wird. Die neue Quelle von Siglent kann die Spannungs- und Stromausgabe im Konstantleistungs-Modus automatisch anpassen. Damit wird ein größerer Bereich abgedeckt. Die integrierte Listenfunktion unterstützt bis zu 50 einzelne Schritte für sequenzierte Ausgabe von Spannungs- bzw. Strommustern. Neben der Verweildauer und der Flankensteilheit kann jeder Schritt zusätzlich mit einer benutzerdefinierten Einschaltverzögerung belegt werden. (Stichwort: Power-Sequencing). Die Listen können am Bedienfeld, im Webinterface oder durch Importieren von Listsequenzdateien im CSV-Format (USB-Speicher, Webinterface) erstellt werden. Ferner gibt es einen Prioritätsmodus für Strom- und Spannung. Im „Strommode“ werden zum Schutz des Test-

objektes mögliche Einschaltstrom-Überschwinger limitiert. Im „Spannungsmode“ liegt die Priorität darauf die eingestellte Ausgangsspannung schnellstmöglich zu erreichen. Ein weiteres, sehr nützliches Feature ist der einstellbare Ausgangswiderstand des Gerätes. Falls das Gerät als zum Testen von

batteriebetriebenen Produkten verwendet wird, kann hiermit das Verhalten des DUT bei Alterung bzw. beim Einsatz von verschiedenen Batterietypen untersucht werden.

■ *Siglent Technologies
Germany GmbH
www.siglenteu.com*

Kraftpaket – neue Spannungsquelle

QPX750SP

Atm | T | T | i



- Zahlreiche Interfaces (USB, LAN GPIB)
- Bis zu 80 V und 50 A im ultra kompakten Design
- Extrem hohe Genauigkeit
- Intuitive Bedienung über Touchscreen oder Remote-Software

TE

Telemeter Electronic · info@telemeter.de
www.telemeter.info · Wir liefern Lösungen... Telemeter Electronic

Vernetztes Messlabor – aber sicher!

Laborübergreifende Vernetzung und der Fernzugriff auf Messapplikationen sind nicht erst seit Corona zu Merkmalen einer modernen Entwicklungsumgebung geworden.



Bild 1: Die Familie der LANCOM R&S Unified Firewalls deckt mit aktuell sechs Modellen jeden Durchsatzbedarf ab. Die Bedienung ist bei allen Modellen gleich

Mögliche Sicherheitsvorbehalte, die einer größeren Verbreitung bisher entgegenstanden, werden durch einen neuen, ganzheitlichen Ansatz ausgeräumt.

OT vs. IT

Messgeräte und Testsysteme bieten schon seit Jahrzehnten Schnittstellen zur Fernsteuerung und Messdatenübertragung. In den letzten Jahren hat sich die IP-basierte Ethernet-Vernetzung als Industriestandard etabliert, sodass die vorhandene Unter-

nehmens-IT-Infrastruktur dafür genutzt werden kann. Moderne Messtechnikprotokolle wie VXI-11 und HiSLIP setzen darauf auf.

Was nun aus OT-Sicht (Operation Technology) durch die problemlose Handhabung Vorteile bringt, bereitet der Unternehmens-IT unter Sicherheitsaspekten Kopfzerbrechen. Denn als gängige Praxis wird eine Messtechnik-Applikation an das normale Liegenschaftsnetz angeschlossen. Über die vorhandene IT-Infrastruktur erhalten die Geräte IP-Adresse und Netzwerkzugriff, ohne dass darüber hinaus besondere Sicherheitsvorkehrungen getroffen würden.

Natürlich sind die Hausnetze größerer Unternehmen in der Regel professionell aufgesetzt und durch Virens Scanner und Firewalls geschützt. Dass die Schutzwirkung solcher Maßnahmen aber Grenzen hat, zeigen erfolgreiche Angriffe mit Cyber-Schädlingen wie WannaCry, Conficker und NotPetya. Ein einzelner befallener Datenträger oder eine infizierte Maschine, die in das System eingebracht wird, genügen, um die Misere auszulösen. Die Folgen können bedrohlich sein, wenn Compli-

ance-Messsysteme oder Produktionsumgebungen betroffen sind und ein Unternehmen deshalb keinen Output mehr erzielt.

Totale Abschottung ist aber keine Lösung, zumal der Bedarf nach standortübergreifender Vernetzung auch für messtechnische Einrichtungen und Applikationen stetig zunimmt. Die Lösung läuft deshalb auf eine strikte Datenflusskontrolle hinaus, bei der die Kommunikation aller vernetzten Komponenten permanent und Datenpaket für Datenpaket auf Regelkonformität überwacht wird. Das gelingt nur mit einem ganzheitlichen Ansatz über alle Netzwerk- und Protokollschichten hinweg. Und führt zur Unified Firewall der neuesten Generation als Secure Application Gateway, das speziell für den Einsatz im T&M-Umfeld entworfen wurde.

Die Unified Firewall als zentrale Datenfluss-Kontrollinstanz

In der Industrie steht die Stabilität und Ausfallsicherheit der betriebswichtigen Mess- und Steuerungstechnik im Vordergrund. Die IT-Sicherheit wurde demgegenüber in der Vergangenheit oft nachrangig behandelt

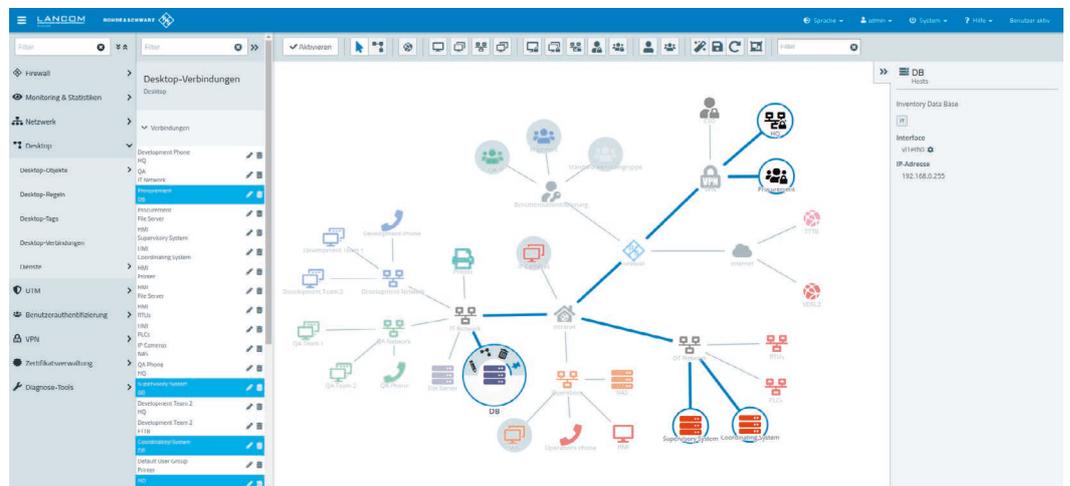


Bild 2: Die Bedienoberfläche der Unified Firewall visualisiert sämtliche Funktionen zur Netzkonfiguration und Definition der Filterregeln. Befehlszeilen und Tabellen haben ausgedient

AutorInnen:
Katja Hohrath,
Christian Wicke
Rohde & Schwarz
GmbH & Co. KG
www.rohde-schwarz.com

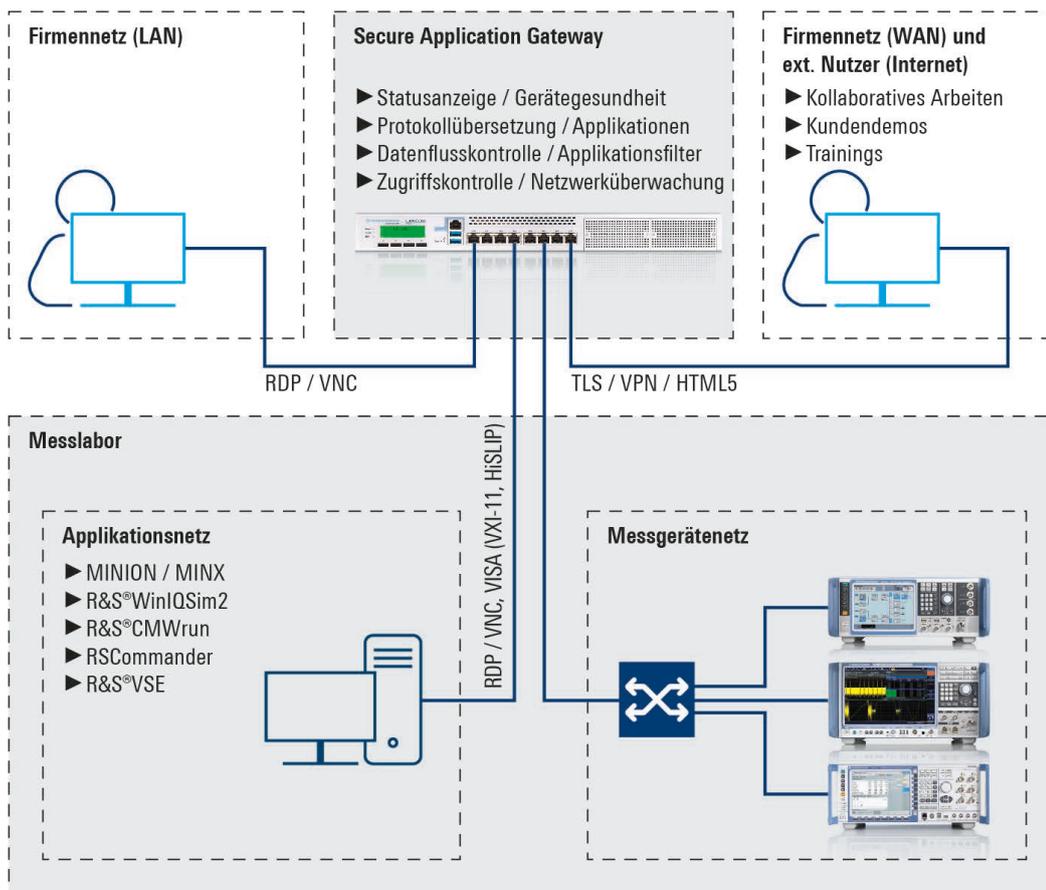


Bild 3: Aufbau eines Messtechniknetzes mit getrennten Teilnetzen für Geräte und Applikationsrechner

oder hielt einer kritischen Prüfung nicht stand. Nachdem das OT-Personal, das an isolierte, proprietäre Mess- und Steuerungssysteme gewöhnt war, sich aufgrund der technischen Entwicklung mit IP-basierter Netzwerktechnik auseinandersetzen musste, konnten kulturelle Irritationen nicht ausbleiben. Entweder hatte sich ein Netzwerkexperte mit unbekanntem Maschinen- und Applikationsvertraut zu machen oder ein Testprofi mit fremdartigen Netzwerkarchitekturen und IT-Sicherheitskonzepten. Da die Betriebsmittel in der Regel nicht über ausgeprägte Sicherheitsarchitekturmerkmale verfügten, musste die IT-Sicherheit durch externe Maßnahmen nachgerüstet werden, im Zweifel mit einer veralteten oder aufwendig zu konfigurierenden Firewall.

Frühere Paketfilter-Firewalls nutzten lediglich den Header des Datenpakets, um anhand der Zieladresse den Zugang über

Ports zu erlauben oder zu blockieren. Anwendungen wurden also nicht über ihren Inhalt, sondern lediglich über den Zielport der Pakete identifiziert. Deshalb ließen sich Software-Applikationen nicht ohne Weiteres von Trojanern unterscheiden. Auch die Administration solcher Legacy-Firewalls über ein komplexes tabellarisches Regelwerk ist aufwendig, fehleranfällig und erfordert eine kundige Hand.

Firewalls der neuesten Generation (Bild 1) hingegen sind auch gegen perfide Angriffsmuster gewappnet. Nach dem Motto „Vertrauen ist gut, Kontrolle ist besser“ werten sie nicht nur den Header aus, sondern filtern mittels Deep Packet Inspection Informationen aus den transportierten Daten und dem Kommunikationsmuster der aufgebauten Verbindung. Damit nutzen sie den Datenstrom ganzheitlich, um die Zielapplikation verlässlich zu identifizieren.

Jedes Datenpaket wird zudem einer aktiven Session zugeordnet (Stateful-Firewall-Prinzip) und verworfen, wenn es Anzeichen für ein inkonsistentes Kommunikationsverhalten gibt. Darüber hinaus lassen sich Standarddateien (pdf, docx, etc.) sowie Makros und Executables, die einen Zero-Day-Exploit ausnutzen könnten, zunächst in einer abgeschlossenen Testumgebung ausführen und analysieren (Sandboxing), sodass Schadsoftware nicht ins Produktivnetz gelangt.

Das applikationsbasierte Filtern und Routen der Datenströme durch eine moderne Firewall macht es möglich, Netze für dedizierte Anwendungen sehr sicher auszuliegen. Denn je besser sich die zu übertragenden Datenstrukturen und -inhalte kategorisieren lassen, desto leichter ist es, alle übrigen auszugrenzen und zu verbieten. In einem konsequent für Messtechnik ausgelegten Netz sind

nur Datenverkehre möglich, die auf messtechnischen Protokollen und typischen Daten wie SCPI-Fernsteuerbefehlen basieren.

Ein solches messtechnisches (Sub-)Netz ist durch Unbefugte selbst bei bekannter IP-Adresse und offenem Internet-Zugang nicht korrumpierbar. Der operative und administrative Zugriff auf die Netzwerkkomponenten unterliegt sicheren Authentifizierungs-Mechanismen. Für die lokale rollenbasierte Nutzerauthentifizierung wie auch für den Fernzugriff über einen VPN-On-Demand-Tunnel können vorhandene AD-LDAP-Server problemlos angebunden und genutzt werden.

Dank der zentralen Rolle der Firewall als „Türhüter“ ist das messtechnische Teilnetz vom Unternehmensnetzwerk leicht isolierbar. Je nach Konfiguration nimmt die Firewall eine weitergehende Segmentierung in kleinere Einheiten vor, etwa in ein Geräte-Subnetz, das nur Messgeräte umfasst, und ein Applikations-Subnetz mit den Rechnern, auf denen messtechnische Software läuft. Diese Segmentierungstechnik erlaubt es auch, ein Gerät für die Zeit einer Fernwartung in ein Quarantäne-Netz zu verschieben, und das innerhalb von Sekunden!

Der Weg zum sicheren Netz

Die Einrichtung der Unified Firewall erfolgt offline über ein modernes Web-Interface und einen aktuellen Webbrowser (Bild 2). Dank der grafischen Abstraktion von Netz und Regelwerk auf einem Dashboard geht die Konfiguration schnell und sicher von der Hand.

Bild 3 zeigt den grundlegenden Aufbau eines so vernetzten Messtechniklabors. In dieser Referenzkonfiguration sind das messtechnische Gerätenetz, das Netz für Labor-PCs und Applikationsdienste sowie das übergeordnete Hausnetz strikt voneinander getrennt. Alle Datenverbindungen sowohl innerhalb des Messtechnik-Subnetzes wie auch nach außen laufen über die Firewall und das dort hin-

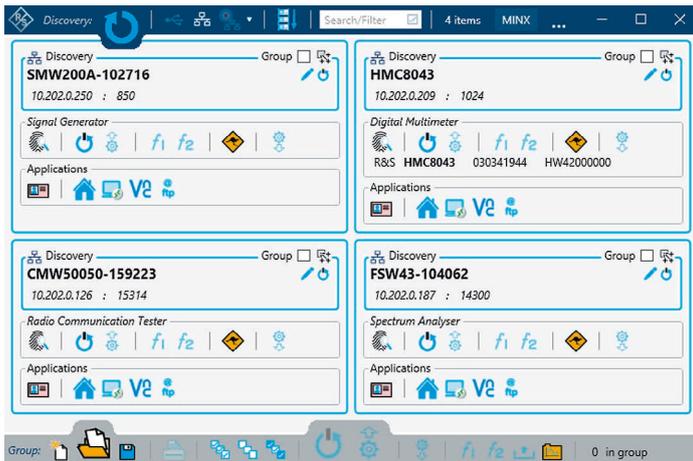


Bild 4: Das MINX-Dashboard ist die Informations- und Schaltzentrale für die Fernbedienung des Geräteparks, der hier aus vier Einheiten besteht

terlegte Regelwerk. Um das zu gewährleisten, folgt der Netzaufbau einer Sterntopologie. Alle Komponenten sind entweder direkt oder indirekt (z.B. über einen Switch) mit der und über die Firewall als zentralem Knotenpunkt verbunden. Das Regelwerk umfasst statische und dynamische Verbindungsregeln. Eine statische Regel wäre zum Beispiel die Festlegung, dass der Laborrechner einen Ping ins Gerätenetz senden und die Antwort empfangen darf. Ping-Anfragen von anderen Quellen, insbesondere von außerhalb des Messgerätenetzes, würden abgewiesen.

Anspruchsvoller als eine solche statische Regel ist das Managen und Echtzeit-Filtern von Fernsteuerverbindungen, was zum Tragen kommt, wenn ein Nutzer von außerhalb des Messlabors dessen Ressourcen nutzen möchte, sei es vom selben Standort aus oder übers Internet. Dann greift die Datenkontrolle durch den dynamischen Applikationsfilter der Firewall. Typische Protokolle, die das Regelwerk einbeziehen und überwachen muss, sind die Remote-Desktop-Protokolle VNC und RDP sowie die messtechnischen LAN-Protokolle VXI-11 und HiSLIP, über die SCPI-Fernsteuerkommandos übertragen werden. Besonders VXI-11 ist aufgrund der dem Protokoll eigenen dynamischen Portzuweisung über statische Regeln kaum sicher

in den Griff zu bekommen. Der für die Fernsteuerverbindung zu nutzende Port des adressierten Messgeräts wird per Remote Procedure Call (RCP) für jede Sitzung vom Portmapper-Dienst des Messgeräte-Betriebssystems neu zugewiesen. Der Applikationsfilter der Firewall extrahiert diese Information aus dem Datenstrom und gibt den Port nur für diese eine Session frei. Die Sicherheits- und Handhabungsprobleme bei permanenter Öffnung aller für VXI-11 in Frage kommenden Ports (die sich herstellerabhängig unterscheiden und bei geändertem Gerätepark u.U. nachgeführt werden müssen) sind damit passé.

Der letzte Baustein zum Secure Application Gateway

Woher weiß der Nutzer des Messlabors überhaupt, welche Ressourcen dort gerade zur Verfügung stehen? Diese Information liefert ein T&M-spezifisches Device-Discovery-and-Management-System. Es besteht aus den R&S-Softwaretools MINX (Measurement Instrument Network eXplorer) und MINION (Measurement Instrument Network Interactive Organisational Node). MINION ist ein Netzwerkschanner, der alle Messgeräte in einem Netz findet und listet. Weil solche Scans aus Sicherheitsgründen von außerhalb des Messlabors nicht erlaubt sind, läuft der Service innerhalb des geschützten Bereichs auf dem

Applikationsrechner des Labors. MINX, auf dem Arbeitsplatzrechner des Nutzers installiert, holt sich diese Information und stellt sie auf einem Dashboard dar, wo weitere Aktionen stattfinden können und insbesondere der Messgerätefernzugriff über den MINION-Service gestartet wird (Bilder 4 und 5). Außerdem kann der authentifizierte Nutzer über MINX auch auf den Laborrechner zugreifen (per RDP, VNC oder HTML5-basiert) und die darauf installierten messtechnischen Software-Suiten wie R&S CMWrun, R&S WinIQSim2 oder R&S VSE wie gewohnt einsetzen. Ob und welche Daten aus dem Labor aber nach außen transferiert werden dürfen, lässt sich wie vieles andere im Regelwerk genau einstellen. Damit ist das sichere fernbediente Messlabor Realität und der räumlich verteilten Projektarbeit steht nichts mehr im Wege. Weitere naheliegende Anwendungen sind Kundendemos und Schulungen, die nun auch in Pandemie-Zeiten ohne persönlichen Kontakt gehaltvoll durchgeführt werden können.

Fazit

Die Digitalisierung der Arbeitsmittel schreitet rasant voran und gibt inzwischen auch dem Elek-

tronik-Ingenieur Instrumente für eine effiziente Projektarbeit an verteilten Standorten an die Hand. Wer bislang ein vernetztes Messlabor für den externen Zugriff öffnen wollte, musste ein hohes IT-Sicherheitsrisiko in Kauf nehmen oder einen beachtlichen Schutzaufwand treiben.

Mit dem Secure Application Gateway von Rohde & Schwarz hat das Dilemma ein Ende. Hinter dem Schutzschild einer modernen Unified Firewall, die mit Applikationsfiltern alle Datenverkehre ausschließt, die nicht messtechnisch motiviert sind, lassen sich Geräteparks und Messapplikationen für autorisierte Nutzer von beliebigen Standorten aus zugänglich machen. Dabei ist die Firewall dank ihrer Wizard-unterstützten grafischen Bedienoberfläche, die keine fehleranfälligen Texteingaben mehr kennt, auch für Labor-Ingenieure „wasserdicht“ konfigurierbar.

Ein weiterer Vorzug dieser Lösung liegt in der einfachen, leicht änderbaren Segmentierung eines Messlabors in Teilnetze, für die ein jeweils eigenes Regelwerk gilt. Ohne Hardware-Umbau folgt das Laborkonzept so den sich wandelnden Anforderungen des Betreibers. ◀

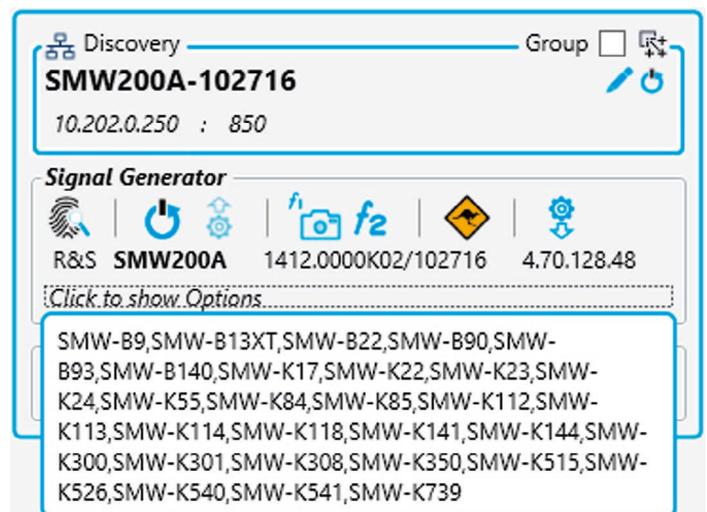


Bild 5: Die Fingerabdruck-Funktion in einer MINX-Kachel generiert eine Liste aller auf dem betreffenden Gerät installierten Optionen. Über das Känguru („Skippy“/SCPI) und frei belegbare Funktionstasten lassen sich Fernsteuerbefehlsätze speichern und ausführen, die das Gerät auf Knopfdruck nach den Bedürfnissen des Nutzers konfigurieren

Essential-Power-Serien



Neu im Sortiment der Meilhaus Electronic GmbH sind ausgesuchte Produktserien des deutschen Herstellers Rohde & Schwarz. Ab sofort erhältlich sind Basic-Netzgeräte sowie Performance- und Spezial-Stromversorgungen. Bei den Geräten der Serien NGA100, NGE100B und HMC804x handelt es sich um preiswerte DC-Netzgeräte für den manuellen und einfachen computergesteuerten Betrieb, ideal für den Einsatz in der Ausbildung, auf dem Prüfstand und in Systemracks.

Performance-Stromversorgungen

Die Geräte der Serien HMP2000, HMP4000 und NGP800 sind Performance-Stromversorgungen, die Anforderungen an Geschwindigkeit, Genauigkeit und erweiterte Programmierfunktionen erfüllen. Bei den Geräten der Serien NGL200, NGM200 und NGU handelt es sich um Spezial-Stromversorgungen, die auf besondere Anwendungen zugeschnitten sind, etwa für die Emulation besonderer Batterie-Charakteristika oder für den Einsatz als elektronische Lasten, um Strom präzise aufzunehmen und die Leistung kontrolliert anzugeben. Die Performance- und Spezial-Stromversorgungen sind nahezu ideal geeignet für den Einsatz in Laboren, ATE-Umgebungen und für Halbleitertest.

Mit der neuen NGA100-Serie erweitert Rohde & Schwarz sein Angebot an Standardnetzgeräten. Das NGA100 steht in vier Ausführungen zur Verfügung und bietet einen oder zwei Ausgänge mit bis zu 35 V/6 A oder 100 V/2 A. Die Geräte der NGA100-Serie stellen extrem stabile Ausgangsspannungen/-ströme bereit. Sie können mit minimaler Restwelligkeit und geringem Rauschen betrieben werden und eignen sich daher besonders gut, um empfindliche Schaltungen mit Strom zu versorgen. Die Geräte der NGE100B-Serie sind DC-Stromversorgungen mit zwei oder drei Kanälen.

Zusammenschaltung von Kanälen

Alle Kanäle sind vollständig voneinander getrennt und ohne Verbindung zur Gehäusemasse. Dies erlaubt die Zusammenschaltung von Kanälen und die Versorgung von symmetrischen Schaltungen mit Spannung, ohne etwa in Masseprobleme zu geraten. Die Geräte der HMC804x-Serie sind ein-, zwei- oder dreikanalige DC-Netzgeräte mit galvanisch getrennten, erdfreien und kurzschlussfesten Ausgängen. Zur Ansteuerung symmetrischer Schaltkreise oder zur Erzielung höherer Spannungen/Ströme lassen sich die Kanäle kombinieren. Auch bei maximaler Belastung bleiben die HMC804x-Stromversorgungen dank ihrer hohen Energieeffizienz kühl und leise.

Die DC-Netzgeräte

der HMP2000/4000-Serie bieten zwei, drei oder vier galvanisch voneinander getrennte, erdfreie, überlastungs- und kurzschlussfeste Ausgangskanäle. Die Geräte sind robust, haben eine geringe Restwelligkeit und umfangreiche Schutzfunktionen. Die Gesamtlast kann beliebig auf die Kanäle verteilt werden, die Kanäle können zudem in Serie oder parallel geschaltet werden, um höhere Spannungen,

bzw. höhere Ströme zu erreichen. Die DC-Netzgeräteserie NGP800 umfasst fünf Modelle mit 400 oder 800 W und zwei oder vier unabhängigen Kanälen, die jeweils maximal 20 A oder 64 V liefern. Mit dem „Quadcore“-Power lassen sich auch anspruchsvolle Aufgaben wie Synchronisierung der Ausgänge, die Durchführung von Signalformtests sowie eine Datenaufzeichnung für tieferegehende Analysen zuverlässig und komfortabel durchführen.

Die NGL200-Serie

bietet hochpräzise bidirektionale Stromversorgungen, die mit einem oder zwei Kanälen ausgestattet sind. Die Netzteile der NGL200-Serie arbeiten nicht nur als Quelle und Senke, sie erreichen außerdem Ausregelzeiten von $<30 \mu\text{s}$ und eignen sich damit optimal, um schnelle Lastwechsel zu bewältigen, wie sie z.B. beim Umschalten mobiler Kommunikationsgeräte vom Sleep- in den Sendebetrieb auftreten. Auch die Geräte der NGM200-Serie sind hochpräzise ein- oder zweikanalige DC-Netzteile, die im 2-Quadranten-Betrieb als Quelle und Senke/Last arbeiten. Die NGM200-Serie zeichnet sich weiterhin durch eine superschnelle FastLog-Funktion aus, mit der Spannungs- und Stromwerte aufgezeichnet werden. Bei einer Datenrate von bis zu 500 kS/s stehen Spannungs- und Stromwerte alle $2 \mu\text{s}$ zur Verfügung.

Bei den Geräten der NGU-Serie handelt es sich um Source-Measure-Units (SMU) mit 2- oder 4-Quadrant-Stromquelle und Messgerät in einem. In nur einem Messdurchlauf lassen sich Stromentnahmen von nA bis A präzise durchführen. Dank sehr kurzer Regelzeiten können schnelle Lastwechsel – wie sie insbesondere bei IoT-Geräten oft vorkommen – bedient werden. Außerdem wird dank der superschnellen Datenaufzeichnung jedes Detail bis zu einer Auflösung von $2 \mu\text{s}$ erkannt. ◀

Meilhaus Electronic GmbH
www.meilhaus.com

Netzwerktests ebenen den Weg zur intelligenten Fabrik

Der 5G-Mobilfunk bringt alle Voraussetzungen mit, um die intelligente Fabrik der Zukunft drahtlos zu vernetzen. Doch damit das gelingt, sind Netzwerktests unabdingbar.

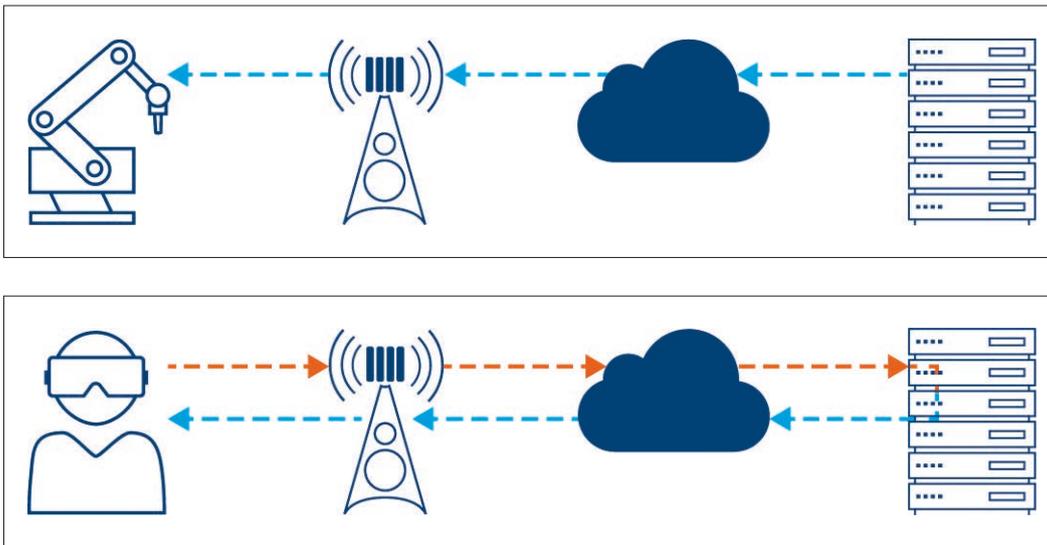


Bild 1: Die Einweg-Latenz ist die Signallaufzeit vom Sender zum Empfänger (oberes Bild), während die Umlauf-Latenz, Round-Trip- oder Antwortzeit die Verarbeitungsdauer durch den Empfänger und die Rücklaufzeit beinhaltet

Die 5G-Technologie wurde in 3GPP Release 15 standardisiert, das die Grundlage der aktuellen 5G-Netze bildet. Vom Release 16, das stark von der 5G Automotive Association (5GAA) und der 5G Alliance for Connected Industries and Automation (5G-ACIA) beeinflusst wird, sind weitere deutliche Verbesserungen bei der Latenzzeit, der Netzwerksynchronisierung und der Integration in industrielle Ethernet-Netzwerke zu erwarten. Damit entwickelt sich 5G zu einer geeigneten Technologie, um die Anforderungen intelligenter Fabriken (Industrie 4.0) zu erfüllen. Diese zeichnen sich durch eine datengetriebene Echtzeitsteuerung aller Prozesse aus sowie durch die Möglichkeit, Produktionslinien schnell und flexibel umzugestalten. Voraussetzung dafür ist eine so umfassende Vernetzung der Maschinen, Menschen, Anlagen, Logistik und Produkte, wie sie nur über Funk machbar ist. Schnelle Funkstrecken auf

5G-Basis werden deshalb das Adergeflecht bilden, das den komplexen Fabrikorganismus am Leben erhält. Da eine auch nur kurzzeitige Beeinträchtigung des Datenflusses gravierende Folgen – und Kosten – nach sich ziehen kann, ist das Funknetz mit großer Sorgfalt zu konzipieren, einzurichten und zu überwachen. Das geschieht in mehreren (Test-)Phasen, die nachfolgend erläutert werden.

Die wichtigsten KPIs in der mobilfunkvernetzten Fabrik

Eine intelligente Fabrik ist eine kritische Umgebung, die strenge Anforderungen an die Konnektivität und Zuverlässigkeit der Maschinen sowie an die Daten- und Mitarbeitersicherheit erfüllen muss, insbesondere wenn die Konnektivität durch Drahtlos-technologien bereitgestellt wird.

Ein probates Mittel zur Erhöhung der Zuverlässigkeit ist Redundanz. Jeder Standort in der funkvernetzten Fabrik sollte

von mindestens vier drahtlosen Zugangspunkten aus versorgt werden können. Ob das gewährleistet ist, kann nur ein Test vor Ort klären, und zwar nicht nur bei der Erstinstallation, sondern nach jeder Umgestaltung des Maschinen- oder Gebäude-Layouts, da bauliche Veränderungen sich auf die Ausbreitungsbedingungen der Funkwellen auswirken können.

Die zuverlässige drahtlose Erreichbarkeit jeder Stelle ist eine notwendige, aber noch keine hinreichende Voraussetzung für den reibungslosen Betrieb. Zusätzlich muss die Performance stimmen, die sich nicht nur nach dem erzielbaren Datendurchsatz bemisst, sondern – in vielen Fällen wichtiger – auch nach der Latenzzeit, also der Zeit, die ein Signal benötigt, um das System zu durchlaufen. Die Latenzen bisheriger Mobilfunktechnologien bis hin zu 4G waren nicht kurz genug, um den Anforderungen einer Echtzeitsteuerung zu genügen. Dieser Hinderungsgrund ist mit 5G entfallen, das Latenzen von wenigen Millisekunden ermöglicht.

Man unterscheidet zwischen Umlauf- (Round-Trip-) und Einweg-Latenz (Bild 1). Augmented- bzw. Virtual-Reality-Anwendungsfälle benötigen beispielsweise eine kurze Umlauf-Latenzzeit, denn wenn der Techniker mit AR/VR-Brille seinen Kopf bewegt, muss der Bildinhalt sehr schnell aktualisiert werden, um die eingeblendeten Daten mit dem Live-Bild konsistent zu halten. Die Echtzeit-Steuerung einer nicht autonomen Maschine erfordert hingegen eine niedrige Einweg-Latenzzeit. Die Steuerbefehle müssen hier unmittelbar zur Aktion führen, etwa der Haltebefehl an einen Roboter.

Arnd Sibila
Rohde & Schwarz
GmbH & Co. KG

Lehrvideos und weitere
Informationen bietet eine
spezielle Smart-Factory-
Webseite:
www.rohde-schwarz.com/mnt/smart-factory

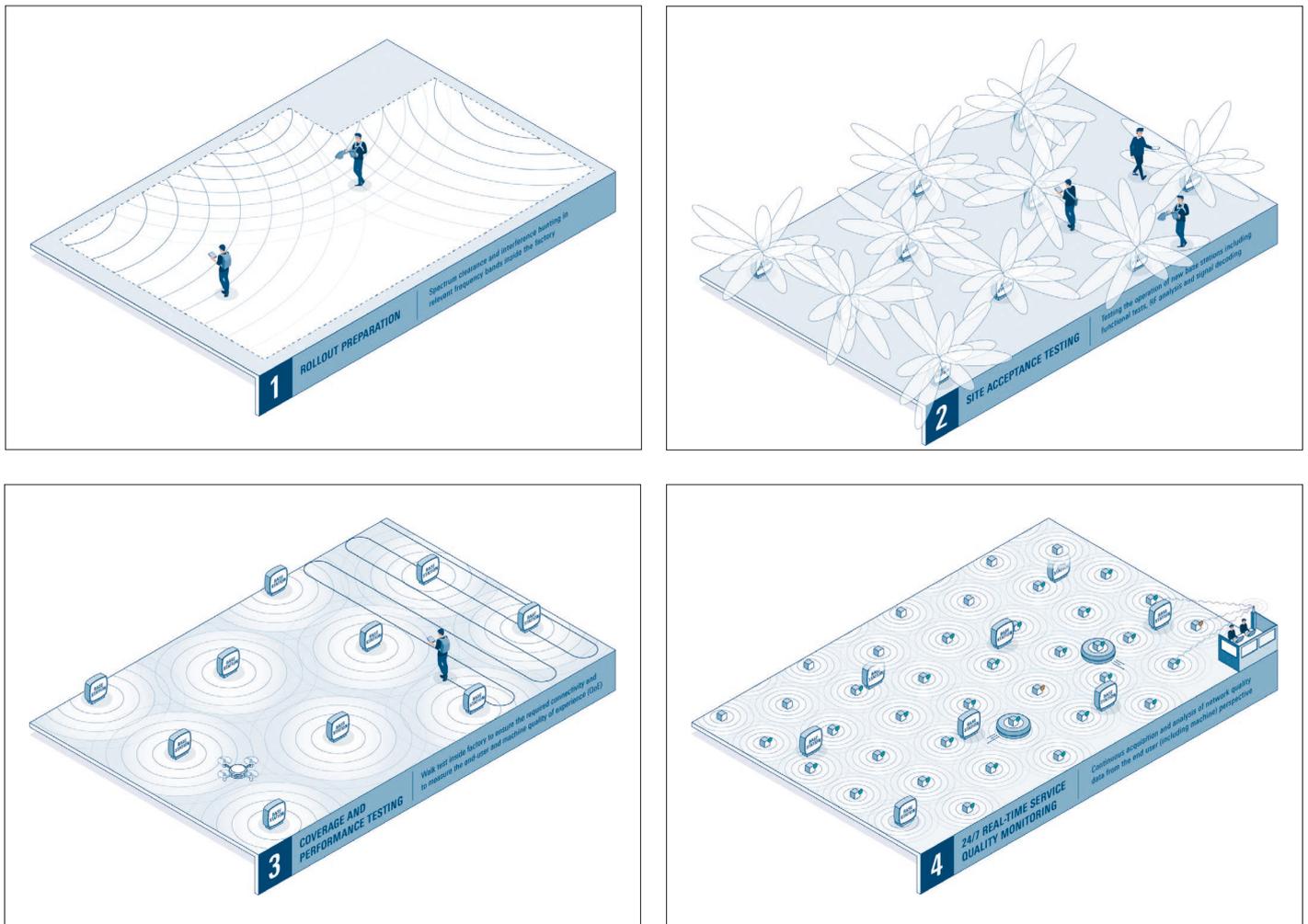


Bild 2: Netzwerktestphasen 1 bis 4 von der Vorbereitung bis zur 24/7-Überwachung der Dienstqualität im Regelbetrieb

Die fünf Phasen des Netzwerktests

Wie die Fabrikplanung als Ganzes folgt auch die Implementierung eines Funknetzes einem Phasenmodell. Dieses beinhaltet einen fünfstufigen Testplan. Bild 2 zeigt die ersten vier Stufen, die verifizieren sollen, dass das Netz die strengen Zuverlässigkeits- und Performance-Anforderungen erfüllt.

In manchen Ländern, so in Deutschland, sind 5G-Frequenzen für Campus- bzw. private Netze reserviert, deren Nutzung von Fabrikbetreibern beantragt werden kann. Auch die Errichtung und der Betrieb des Netzes sind dann privat zu organisieren, werden in der Regel aber an Dienstleister ausgelagert. In Ländern ohne dedizierte Campus-Frequenzen führt der Weg zur Fabrikvernetzung über

die Buchung von Ressourcen bei einem der großen Netzbetreiber, der sein Basisstationsnetz um die Fabrik herum verdichten oder zusätzliche Basisstationen in der Fabrik installieren wird, um den Anforderungen gerecht zu werden.

Phase 1: Vorbereitung der Einführung

Soll das Netz auf Basis eines Campus-Frequenzbands aufgebaut werden, ist zunächst festzustellen, ob das Spektrum frei von Interferenzen ist. Die Erfahrung zeigt, dass das für neu zugewiesenes, bisher unbewirtschaftetes Spektrum nicht vorausgesetzt werden kann. Bei den fälligen Messungen kommen Netzwerks Scanner (R&S TSMx6), Handheld-Spektrumanalysatoren (R&S FPH/FSH) oder tragbare Funkmessempfänger

(R&S MNT100, R&S PR200) zum Einsatz.

Phase 2: Abnahmeprüfung vor Ort

In der zweiten Phase wird der Betrieb der neu aufgestellten Basisstationen getestet und validiert. Das umfasst einfache Funktionstests wie Download/Upload-Tests und Umlauf-Latenz-Messungen, ferner HF-Spektrumanalysen over the air (OTA) sowie die Decodierung der Signale zur Verifizierung von PCI-, SSB- und SIB-Informationen für 5G- und LTE-Ankersignale.

Die Signaldecodierung hilft außerdem bei der Fehlersuche bei bestimmten Parametern im Falle von Problemen oder unerwarteten Ergebnissen.

Auch für diesen Aufgabenkreis hält das Rohde&Schwarz-Pro-

duktportfolio die passenden Messgeräte bereit. Für die Funktionstests (DL, UL, Ping/TWAMP) bietet sich QualiPoc Android an, eine Smartphone-basierte Messsoftware, die die Mobilfunkversorgung aus der Nutzerperspektive bewertet. Für OTA-Spektrummessungen empfiehlt sich der Handheld-Spektrumanalysator R&S FPH (SpectrumRider), während die 5G Site Testing Solution R&S 5G STS ein umfassendes mobilfunktechnisches Lagebild liefert, mit dem etwaige Schwachstellen und Problemfelder schnell aufgedeckt werden können.

Phase 3: Abdeckungs- und Leistungstest

Jetzt folgt die Probe aufs Exempel. Es gilt sicherzustellen, dass das Netz im gesamten Werk-

Exkurs: Ein neues Verfahren zur Messung der Netzwerk-Performance

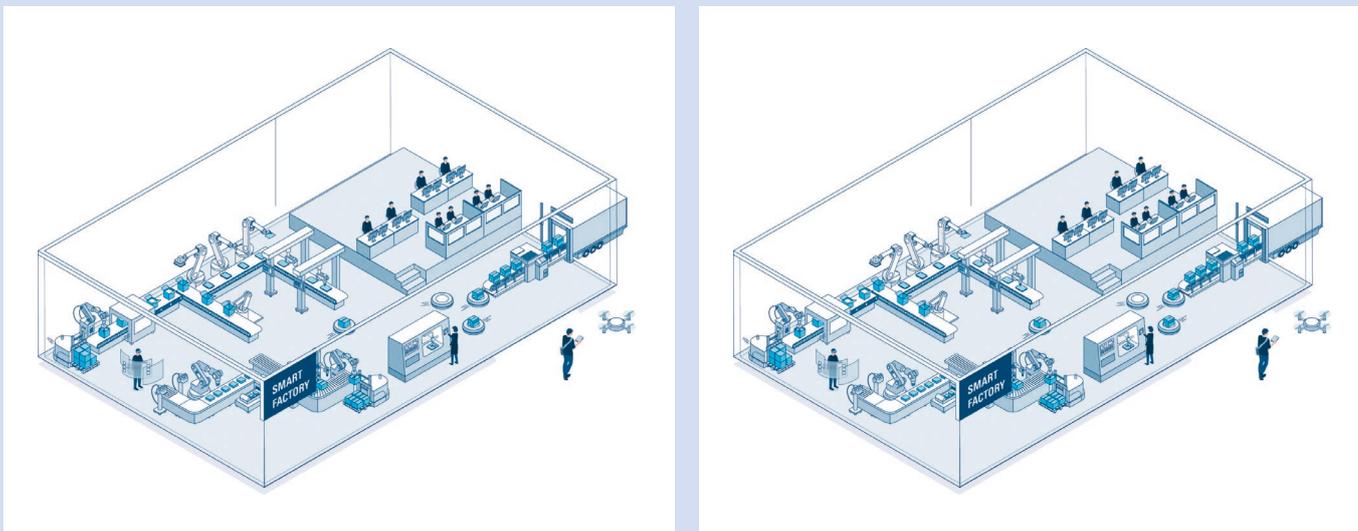


Bild 1: Mit dem auf TWAMP basierenden Interaktivitäts-Test (Two Way Active Measurement Protocol) kann man nicht nur die Laufzeit (Latenz) zwischen zwei IP-Knoten präzise ermitteln, sondern auch andere Performance-KPIs wie Paketverluste

Die Sicherstellung einer flächendeckend hohen Netzwerk-Performance ist für Fabrikfunknetze essenziell. Latenz und Datendurchsatz müssen an allen Stellen des Abdeckungsbereichs die Mindestanforderungen erfüllen. Ein neues in der Smartphone-basierten QualiPoc-Android-Software implementiertes Verfahren macht entsprechende Messungen einfach und verlässlich.

Latenzzeiten werden traditionell über Ping-Echos gemessen. Ping ist ein Bestandteil des Internet Control Message Protocol (ICMP), das zum Austausch von Diagnose- und Fehlermeldungen in Rechner-

netzen dient. Ping hat aber inhärente Nachteile, wenn es um die Genauigkeit geht, was sich insbesondere bei den niedrigen Latenzen auswirkt, wie sie für ein 5G-Fabriknetz gefordert sind. Für präzise Messungen ist es ungeeignet.

Ein besseres Verfahren basiert auf dem Protokoll TWAMP (Two Way Active Measurement Protocol), das von der Internet Engineering Task Force spezifiziert wurde, um die Ende-zu-Ende-Performance zwischen zwei Knoten eines IP-Netzwerks zu messen. Was TWAMP in einer Messapplikation leistet, hängt stark von seiner Implementierung ab.

Die Rohde&Schwarz-Lösung als Bestandteil der QualiPoc-Android-Mess-Software bildet aus mehreren Metriken einen aussagefähigen Gesamt-Score. Das Verfahren ist in dieser Form neu und wurde zur Standardisierung vorgeschlagen.

Das QualiPoc-Smartphone sendet über das UDP-Transportprotokoll einen Strom von applikationsspezifischen Datenpaketen, die ein realistisches Verkehrsprofil emulieren, an einen TWAMP-fähigen Server (TWAMP-Reflektor), der ihn umgehend zurückschickt (Bild 1).

Aus den reflektierten Daten ermittelt die QualiPoc-Soft-

ware die Umlauf-Latenz, deren Variationsspanne (minimaler und maximaler Messwert) sowie die Paketfehlerrate und verknüpft diese drei KPIs zu einem Interaktivitäts-Score. Dieser repräsentiert ein skalierbares QoE-Modell, das auf verschiedene Anwendungsklassen zugeschnitten werden kann. Bild 2 zeigt den Score-Verlauf für beispielhafte Anwendungsfälle.

Die Software ist also nicht nur für Versorgungsmessungen in der Fläche interessant, sondern für jede Echtzeitanwendung über Funk. Passende Profile werden zusammen mit der einschlägigen Industrie erarbeitet.

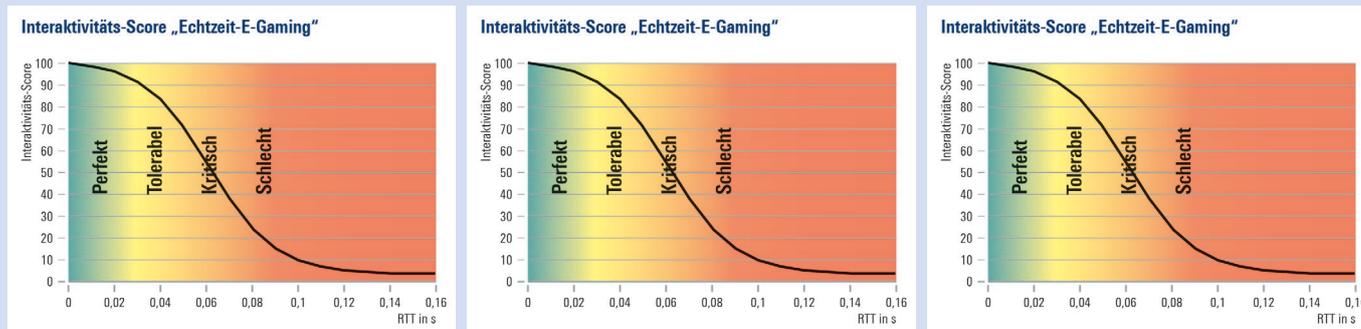


Bild 2: Interaktivitäts-Score für verschiedene Anwendungsklassen. Die S-förmige Kurve über der Latenzzeit durchläuft ein Band von Qualitätszonen, deren Lage und Breite von Anwendung zu Anwendung variiert

Ihr Partner für EMV und HF

Messtechnik-Systeme-Komponenten

AVIONIK-PRÜFTECHNIK & FUNKMESSPLÄTZE

GNSS-Simulatoren
 Testsysteme für Füllstandsmesser
 Transponder & Interrogator Tester
 Funkmessplätze (BOS, TETRA)
 Testsysteme für Höhenmesser
 Nav/Comm Tester



POSITIONING - TIMING - NAVIGATION

GPS/GNSS Simulatoren
 Störsignal-Simulatoren
 Enterprise NTP Server
 Taktgeber Oszillatoren
 PTB Masterclocks



HF- & MIKROWELLEN-MESSTECHNIK

Puls- & Signalgeneratoren
 Feldmessung
 Netzwerkanalysatoren
 Spektrumanalysatoren
 Leistungsmessköpfe
 HF-Schaltfelder



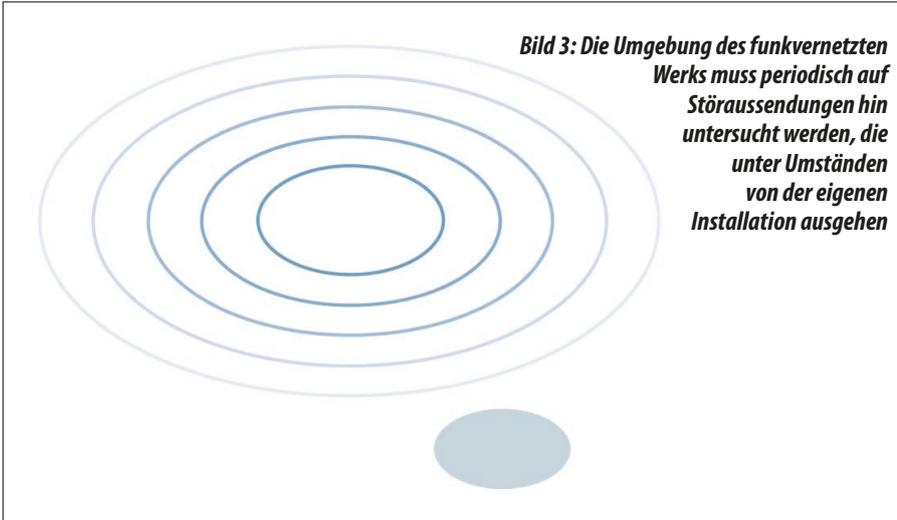
HF- & MIKROWELLEN-KOMPONENTEN

Hohlleiterkomponenten bis 325 GHz
 HF-Komponenten bis 100 GHz
 RF-over-Fiber
 Kalibrierkits
 Subsystem
 Verstärker
 Schalter



Tel. 089-895 565 0 * Fax 089-895 565 10
 E-Mail: info@emco-elektronik.de
 Internet: www.emco-elektronik.de

Bild 3: Die Umgebung des funkvernetzten Werks muss periodisch auf Störaussendungen hin untersucht werden, die unter Umständen von der eigenen Installation ausgehen



bereich die geforderten Leistungsdaten erbringt.

Mit Netzwerk-Scannern (R&S TSMx6) misst man flächendeckend über das ganze Fabrikareal, wie viele verschiedene Netzwerk-Zugangspunkte mit gutem Empfangssignalpegel (RSRP) und guter Qualität (SINR) an jedem Ort empfangen werden können. Wie oben schon erwähnt, ist eine mindestens vierfache Redundanz wünschenswert.

QualiPoc Android kann die Echtzeitfähigkeit der Verbindung testen, indem es das emulierte Verkehrsverhalten, die Latenzmessung und die Übertragungsqualität in einem einzigen Interaktivitätstest kombiniert (s. Kasten).

Mit der Echtzeit-Optimierungssoftware R&S SmartONE lassen sich die Messergebnisse unmittelbar visualisieren und Problembereiche gezielt verbessern.

Phase 4: Überwachung der Dienstqualität

Die Messungen der Phase 4 sind in Fabriken notwendig, in denen das Funknetz eine kritische Infrastruktur darstellt, deren Dysfunktion einen hohen Verlust an Rentabilität und Produktivität bedeuten würde. Der Fabrikeigner wird deshalb ein eng toleriertes Service Level Agreement (SLA) mit seinem Netzbetreiber abschließen – und kontrollieren wollen, ob es auch eingehalten wird. Zu diesem Zweck verteilt man speziell zugeschnittene HF-Sonden überall in der Fabrik und in den AGVs (Automated Guided Vehicles) und AMRs (Automatic Mobile Robots). Sie messen regelmäßig die Verbindungsqualität inklusive der Latenzzeit an jeder Position und melden die Ergebnisse an die Überwachungszentrale, wo sie auf einem Echtzeit-Dashboard visualisiert werden.

Eine tiefer gehende Offline-Datenanalyse bieten Tools wie SmartAnalytics. Die Software identifiziert Trends und Anomalien mit Methoden des maschinellen Lernens und weist rechtzeitig auf Fehlentwicklungen hin, sodass präventiv Verbesserungsmaßnahmen ergriffen werden können, bevor der Fehlerfall tatsächlich eintritt.

Phase 5: Überprüfung der vorgeschriebenen Verträglichkeit mit der Außenwelt

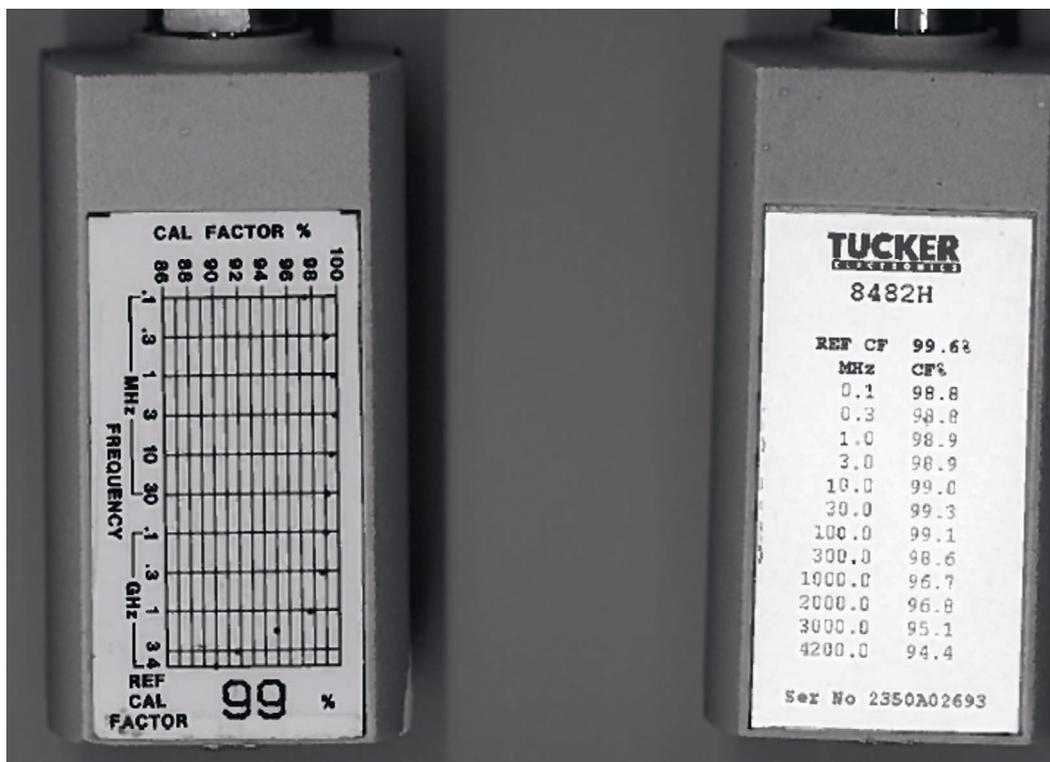
Mit eingeschwungener Phase 4 ist der Aufbauprozess abgeschlossen und das Netz operativ. Als Letztes bleibt sicherzustellen, dass es die Lizenzbedingungen für private Netzwerke einhält, die insbesondere fordern, dass Lecksignale außerhalb des vorgesehenen Abdeckungsbereichs unter den festgelegten Limits bleiben. Schließlich sollen potenzielle Nachbarn, die das gleiche oder ein benachbartes Frequenzband nutzen, nicht gestört werden. Den Nachweis hat der Fabrikeigentümer zu führen, der sich zu diesem Zweck einer Walk-Test-Lösung wie dem R&S Freerider 4 oder einem an einer Drohne montierten Netzwerk-Scanner bedient (Bild 3).

Fazit

Die Umwandlung heutiger Fabriken in intelligente Fabriken wird in einigen Branchen schon bald zu einer kommerziellen Notwendigkeit. Traditionell organisierte Betriebe werden mit den Flexibilitäts- und Kostenvorteilen der neuen Fabrikgeneration nur noch schwer konkurrieren können. Einer ihrer Merkmale ist die vollständige Vernetzung der Betriebsmittel über latenzarmen (5G-)Funk. Errichtung und Betrieb dieser Netze sind mit der passenden messtechnischen Begleitung kein Hexenwerk. Netzbetreiber finden im Rohde&Schwarz-Portfolio alle dafür notwendigen Produkte. ◀

Der häufigste Fehler bei HF-Leistungsmessungen

Mindestens 50% aller Powermeter-Benutzer machen diesen Fehler. Dieser Beitrag erläutert nicht nur welcher das ist und warum er so häufig begangen wird, er gibt auch noch weitere Tipps für eine hohe Messgenauigkeit.



beliebt, verführt sie aber auch dazu, die Frequenzkorrektur zu unterlassen. Darin besteht der hier thematisierte Fehler. Dieser Beitrag beschreibt, wie Sie die Frequenz bei Ihren Leistungsmessungen berücksichtigen, damit Sie so genau wie möglich messen.

Was sind Korrekturfaktoren?

Leistungsmessersensoren, die keine elektronische Kalibrierung verwenden, werden mit einem Diagramm oder tabellarischen Daten geliefert, die über Kalibrier- und Korrekturfaktoren je nach Frequenz informieren. Die meisten Benutzer werden die Referenzkalibrierung durchführen unter Nutzung des Correction Factors (CF) in Prozent zum Kalibrieren des Leistungsmessers bei der Kalibrierreferenzfrequenz, z.B. bei 50 MHz. Aber wozu dienen all die anderen Zahlen? Es handelt sich um Korrekturfaktoren, ähnlich dem Referenz-CF, und diese betreffen die Reaktion des Sensors auf Leistung bei diesen Frequenzen über den gesamten Messbereich des Sensors. Die Angaben erfolgen normalerweise in Prozent des Skalenendwerts und können von 80% bis 100% variieren.

Nehmen wir an, Ihr Sensorreferenz-CF beträgt 100% (nicht ungewöhnlich) und der CF von der Frequenz, die Ihr interessierendes Signal belegt, beträgt 95%. Wenn Sie nun, wie viele Benutzer, sorgfältig eine Kalibrierung durchführen, den Sensor an den Signalanschluss anstecken und Ihre Messung durchführen, so beträgt der Fehler immer noch mindestens 5% oder etwa 0,2 dB. Da auch Leistungsmessköpfe mit Korrekturfaktoren von nur 90% erhältlich sind, kann Ihr Messergebnis um bis zu 10% falsch sein, ohne

Sie haben eine HF-Leistung an einer Leistungsstufe gemessen und später sagte jemand: Auch ich habe die Leistung gemessen und einen anderen Wert erhalten. Wer hat recht?

Das Messen der HF-Leistung erscheint einfach. Moderne Wattmeter/Leistungsmesser sind einfach zu bedienen und können digitale Messdaten auf mehrere Dezimalstellen in dBm oder Watt ausgeben. Aber wenn sie so genau sind, warum ist es dann so schwierig, gute Messungen durchzuführen? Wenn Sie den am häufigsten vorkommenden Fehler vermeiden oder korrigieren, dann es wird das Ihre Messgenauigkeit dramatisch verbessern.

Pegel-Leistungsmesser im Vergleich zu Wattmetern

Bei der gängigsten Anwendung von Leistungsmessern, der Mes-

sung des Leistungspegels eines Signals, neigen viele Benutzer dazu, zu vergessen, dass ein Leistungsmesser nicht das misst, was sie wissen möchten – den Leistungspegel des Signals. Stattdessen misst er die Gesamtleistung über die gesamte Bandbreite des Sensors, die man für Messzwecke als praktisch unendlich ansehen kann!

Die meisten Anwender wissen, dass ein kalibrierter Leistungsmesser ein besseres Messgerät ist als ein Wattmeter. Aber was ist der Unterschied zwischen einem Wattmeter und einem Pegel-Powermeter? Im Allgemeinen ähnelt ein Wattmeter einem Leistungsmesser, da beide die Breitbandleistung messen, es sei denn, der Anwender korrigiert den Leistungsmesser in der Frequenz. Die als praktisch empfundene Plug-and-Go-Messung als Fähigkeit von Leistungsmessern macht diese bei Benutzern

Quelle:

The Most Common Power Meter Mistake
By Jason Kovatch, RF Test Engineer AR
www.ar-worldwide.com
übersetzt von FS

andere bekannte Unsicherheiten zu berücksichtigen.

Unter der Annahme, dass die zu messende Leistung im Sensorerfassungsbereich liegt, ist das Signal/Rausch-Verhältnis akzeptabel und das SWR des Messtors ebenfalls, dann besteht die wichtigste Korrekturmöglichkeit darin, die Frequenz bei der Messung zu berücksichtigen.

Denken Sie daran, dass die absolute Messgenauigkeit bei höheren Leistungspegeln einen viel größeren Wert erreicht als bei geringen Leistungspegeln: Bei -20 dBm beträgt ein 0,2-dB-Fehler nur etwa 0,5 μ W, aber bei +55 dBm beträgt der Fehler über 15 W!

Korrektur für die Testfrequenz

Wenn Sie einen Leistungssensor mit einer Korrekturtabelle nach Frequenz verwenden, müssen Sie den Prozentsatz eingeben, um die Abweichung zu korrigieren, mit welcher der Sensor bei der Messfrequenz funktioniert. Wenn Sie einen Leistungssensor mit elektronischen Kalibrierdaten nutzen, dann müssen Sie nur noch die Messfrequenz eingeben, damit das Messgerät die Korrektur vornehmen kann. Der Hauptvorteil der elektronischen Kalibriersensoren ist, dass Sie die Korrektur nicht interpolieren müssen gemäß dem zur Messfrequenz passenden Prozentsatz aus der Datentabelle oder dem Diagramm. Wenn Sie die Frequenz eingeben, wendet das Messgerät die Korrektur automatisch an, aber Sie müssen die Frequenz eben auch eingeben!

Die CF-Unsicherheit ist jedoch immer noch ein Unsicherheitsfaktor bei der Verwendung von Leistungsmessköpfen, auch wenn eine Frequenzkorrektur angewendet wird. Diese CF-Unsicherheit steigt mit der Frequenz von etwa 1% auf 3% in Abhängigkeit vom Frequenzbereich, aber ohne den richtigen CF für die Messanwendung kann der Fehler, wie oben skizziert, noch deutlich größer sein.

Für nicht angegebene Frequenzen verwenden Sie die

geradlinige Interpolation von benachbarten Daten. Wenn Ihre Messfrequenz nicht angegeben ist oder nicht zwischen angegebenen Daten liegt, verwenden Sie den falschen Sensor.

Frequenzgang und Offsets des Messsystems

Die Anwendung von Frequenzkorrekturen bei Leistungsmessungen geht über die einfache Korrektur des Sensors hinaus. Wenn der zu messende HF-Leistungspegel nicht direkt in den Leistungsmesserkopf geht, ist – egal ob der HF-Pfad nur ein Dämpfungsglied oder ein umfassender Prüfstandsaufbau ist – müssen Sie seinen Frequenzgang überprüfen und eventuell berücksichtigen, um eine genaue/korrigierte Messung zu erhalten.

Eine gängige Methode verwendet einen Mess-, „Offset“, um den Pfadverlust bei der Leistungsmessung zu berücksichtigen. Leider wird häufig nur ein einzelner Offset verwendet, da das Messgerät nur einen einzigen Wert aufnehmen kann. Der Offset-Wert muss dann für jede Messfrequenz geändert werden, sodass der unterschiedliche Verlust durch den Frequenzgang berücksichtigt wird. Bei einigen e-cal-Leistungsmessern können Sie eine Tabelle mit Offsets eingeben, die durch das Meter dann automatisch berücksichtigt wird. Dies ist eine großartige Funktion, sie lässt sich jedoch nur sinnvoll nutzen, wenn Sie die Messfrequenz eingeben.

Hochqualitative Dämpfungsglieder werden mit Kalibrierungsdaten geliefert oder Sie messen den Frequenzgang mit einem Netzwerkanalysator als Referenz.

Bandbreite und Rauschen

Aufgrund der hohen Bandbreite eines Leistungssensors wird bei seiner Verwendung mit einem Leistungsmesser das Signal/Rausch-Verhältnis wichtig. Denken Sie daran, dass die thermische Rauschleistung mit

der Bandbreite zunimmt und dass es Sensoren mit Bandbreiten von z.B. 26 GHz gibt. Die thermische Rauschleistung kann daher die gemessene Gesamtleistung dominieren, bei 26 GHz etwa, wenn die Signale nur etwa -50 dBm schwach sind.

Das Hinzufügen eines Nachverstärkers wird das Signal/Rausch-Verhältnis nicht verbessern, da das Rauschen ebenso verstärkt wird wie das Signal. In dieser Situation wird ein Filter benötigt, idealerweise ein Bandpassfilter bei der interessierenden Frequenz. Fehlt ein solches Bandpassfilter, kann ein Hoch- oder Tiefpassfilter (oder beides) helfen. Überprüfen Sie den Ein/Aus-Leistungspegel des Systemrauschen ohne das Signal, um zu sehen, ob die Rauschleistung ein Störfaktor bei Ihrer Messung ist.

Bei Messungen von Signalen mit höheren Leistungspegeln ist es wichtig, starke Oberwellen oder andere Störsignale, die zu viel Anteil an der gemessenen Gesamtleistung haben, zu unterdrücken. Überprüfen Sie daher das Messsignal mit einem Spektrumanalysator, um geringe Störanteile sicherzustellen. Auch in diesem Fall können Filter verwendet werden, um Störanteile zu subtrahieren, bevor sie zum Sensor gelangen.

Bei niedrigeren Leistungspegeln kann ein guter Spektrumanalysator eine bessere Messung liefern als ein Breitband-Leistungsmesser, da ein solcher Analysator Filter verwendet, die die Rauschleistung unterdrücken, und da er den ungetrübten Blick auf den Energiepegel bei der Messfrequenz erlaubt.

Auch das SWR kann einen Unterschied machen

Eine weitere praktische Absicherung einer hohen Genauigkeit der Leistungsmessung, die Sie leicht vornehmen können, besteht darin, sich davon zu überzeugen, dass durch das SWR keine Messunsicherheit entsteht. Dazu muss das SWR 1 sein oder nur geringfügig höher (bis 1,5). Beim Messen

mit einem Sensor an einem unbekanntem Port können Sie mit einem 6-dB-Pad schnell überprüfen, ob sich das Messergebnis verbessert. Das Hinzufügen von 6 dB Verlust erhöht die Rückflussdämpfung um 12 dB und verbessert damit scheinbar ein schlechtes SWR um einen erheblichen Betrag. Dann ist eine Verbesserung der Anpassung des Sensors an das Messobjekt sinnvoll.

Am einfachsten gelingt der Test mit dem Powermeter mit der „Relative“-Messfunktion auf „Null“ des angezeigten Leistungspegels. Dann fügen Sie das 6-dB-Pad hinzu und sehen, ob sich der Pegel um 6 dB ändert oder nicht. Solange sich der Signalpegel noch im Sensorbereich befindet und um mehr als den Pad-Wert ändert, beeinträchtigt ein unschönes SWR die Messung.

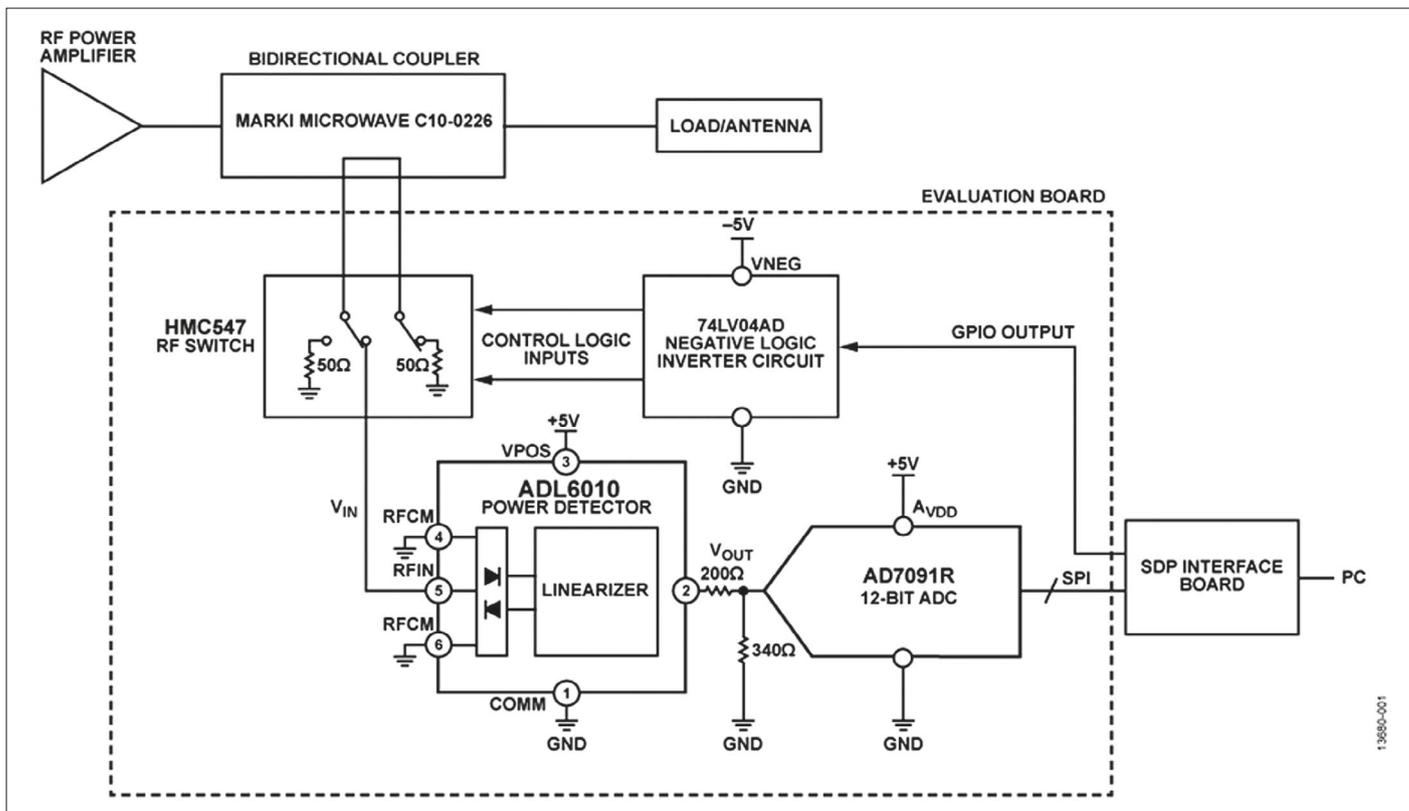
Wenn Sie nun das Pad verwenden, so müssen Sie die prozentuale Korrektur des Abschwächers für die Messfrequenz berücksichtigen.

Um die Messunsicherheit einer relativen Messung zu verringern, versuchen Sie am besten, die in den Sensor gehende Leistung beizubehalten, am besten (durch Vordämpfung) am unteren Ende des Leistungsbereichs des Sensors. Die relative Unsicherheit kann am oberen Ende bis zu 6% betragen, demgegenüber ist sie mit 1% am unteren Ende niedrig.

Fazit

Viele Faktoren tragen zu einer erfolgreichen Leistungsmessung bei, etwa die Verwendung des richtigen Detektortyps für Ihr interessierendes Signal unter Berücksichtigung von Gating und verschiedenen Modulationsformen und mehr. Aber wenn Sie den größten möglichen Fehler vermeiden, indem Sie sich daran erinnern, dass Sie einen Leistungsmesser verwenden, der für eine Breitbandmessung ausgelegt ist, dann sind Sie auf dem richtigen Weg! ◀

Rückflussmessung ohne Kalibrierung



Grundaufbau des Reflexionsgrößen-Messsystems

Die gezeigte Schaltung misst die Rückflussdämpfung an einem Sender im Frequenzbereich 1 bis 28 GHz genau, ohne dass eine Systemkalibrierung erforderlich ist. Das Design wird auf einer einzelnen Leiterplatte mit einem nichtreflektierenden HF-Schalter implementiert und besteht aus einem Mikrowellen-HF-Detektor und einen 12-Bit-Präzisions-Analog/Digital-Wandler. Um die Schaltung über einen möglichst breiten Frequenzbereich anzuwenden, wurde anstelle eines schmalbandigen, oberflächenmontierbaren Richtkopplers ein Dualport-Richtkoppler mit SMA-Steckern verwendet.

Rückflussdämpfungen von bis zu 20 dB

Die Schaltung misst Rückflussdämpfungen von bis zu 20 dB über einen Eingangsleistungsbereich von 25 dB (Rückflussdämpfungen von mehr als 20 dB können über einen kleineren Eingangsleistungsbereich gemessen

werden). Ein einzigartiges Merkmal der Schaltung besteht darin, dass sie die Rückflussdämpfung anhand eines einfachen Verhältnisses der digitalisierten Spannungen des HF-Detektors berechnet, wodurch eine Systemkalibrierung entfällt. Das SWR, die Rückflussdämpfung und der Reflexionskoeffizient werden unter Verwendung des Verhältnisses zwischen den vom ADC abgetasteten vorwärts- und rückwärts gekoppelten Spannungen berechnet.

Leistungsdetektor ADL6010

Der Leistungsdetektor ADL6010 hat eine Linear-in-V/V-Kennli-

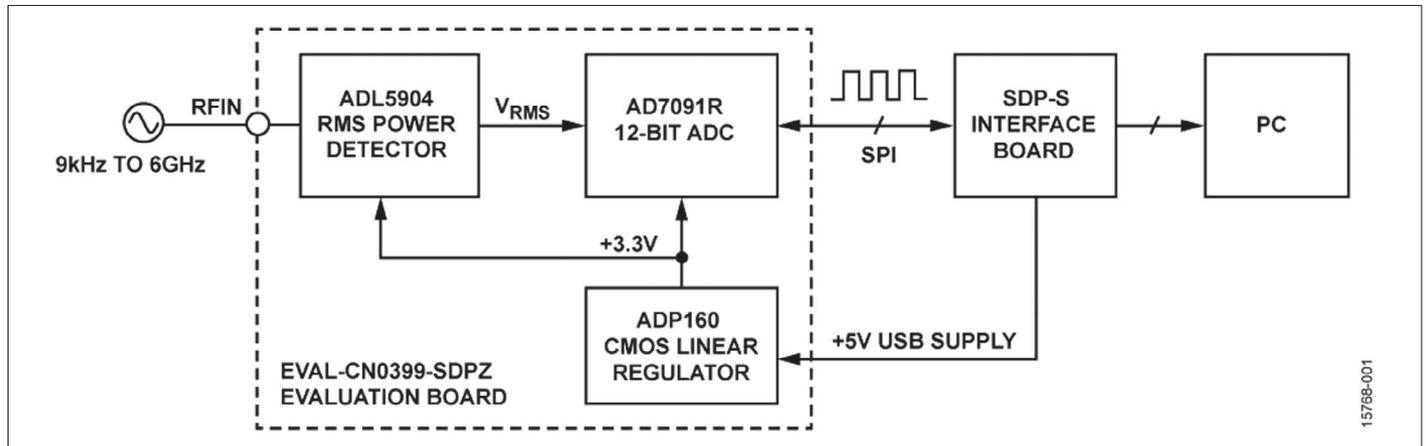
nie, die für diese Anwendung von entscheidender Bedeutung ist. Wie im Diagramm gezeigt, variiert die Ausgangsspannung mit der Frequenz.

Diese Variation der Übertragungsfunktion gegenüber der Frequenz verschlechtert die Leistung der Schaltung in keiner Weise, da die Berechnung der Rückflussdämpfung auf einer ratiometrischen Berechnung bei einer bestimmten Frequenz beruht. Um ein klares Ablesen der Ergebnisse vor der Aktualisierung zu ermöglichen, werden 50 Beispielergebnisse gemittelt, bevor sie im GUI-Ergebnisfenster angezeigt werden. ◀

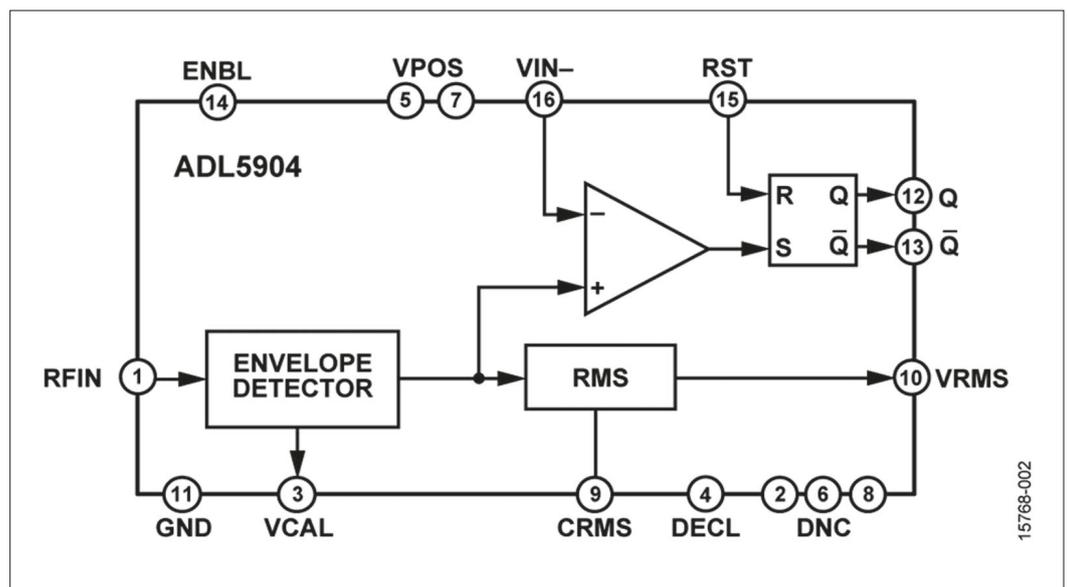
Literatur

Die vollständige Dokumentation für das EVAL-VSWR-SDZ-Board einschließlich Schaltplänen, Layouts, Gerber-Dateien und Stückliste steht im CN-0387 Design Support Package unter www.analog.com/CN0387-DesignSupport zum Download bereit.

Batterie- oder USB-betriebenes RMS-Leistungsmesssystem bis 6 GHz



Blockaufbau des Leistungsdetektor-ICs



Blockschaltung des RMS-Messsystems rms adl

Im Bild gezeigt ist eine HF-Leistungsmessschaltung für 9 kHz bis 6 GHz und einen Nennleistungsbereich von 45 dBm (-30 bis +15 dBm). Diese Schaltung stellt einen kompletten RMS-HF-Leistungsmesser in einem winzigen Formfaktor dar, der vollständig über ein 5-V-USB-Netzteil gespeist werden kann. Die Messsignal-kette besteht aus einem auf den RMS-Wert reagierenden HF-Leistungsdetektor und einem 12-Bit-Präzisions-Analog/Digital-Wandler. Diese Bausteine

werden von einem CMOS-Linearregler gespeist, der 3,3 V aus der 5-V-USB-Versorgung erzeugt.

Einfache Kalibrierungsroutine

Eine einfache Kalibrierungsroutine kann bei mehreren Frequenzen durchgeführt werden, um jede Frequenzgangvariation der Schaltung zu kompensieren. Kalibrierdaten werden in einer Nachschlagetabelle gespeichert, auf die während der HF-Leistungsmessung Bezug genommen wird.

ADL5904

Der ADL5904 ist ein Breitband-RMS-reaktiver HF-Leistungsdetektor, der von DC bis 6 GHz arbeitet. Ein Funktionsblockdiagramm des ADL5904 ist ebenfalls dargestellt. Die geringe Stromaufnahme von 3 mA macht den ADL5904 zu einem geeigneten Detektor für diese Anwendungsschaltung. Eine zusätzliche Funktion dieses Detektors ist die programmierbare Hüllkurvenschwellen-Erkennung (hier nicht verwendet) ◀

C-V2X-Testlösungen für den gesamten Automotive Workflow



Die neue C-V2X Autonomous Drive Emulation (ADE) Lösung von Keysight Technologies ermöglicht mit der Keysight UXM 5G Wireless Test Platform Funktions-, Protokoll- und Hochfrequenz-Messungen an 3GPP Release 14 C-V2X (Cellular Vehicle to Everything) Geräten.

Um das Ziel des vollständig autonomen Fahrens zu erreichen, muss hochkomplexe Software mit künstlicher Intelligenz (KI) entwickelt werden, die Datenströme in Echtzeit aus der umgebenden Infrastruktur und von fahrzeuginternen Sensoren korrekt interpretieren und darauf reagieren kann. Die gründliche Überprüfung der Funktionalität, Leistungsfähigkeit und Sicher-

heit dieser Systeme wird von detaillierten Simulationen und Tests im Labor abhängen.

Keysight unterstützt Entwickler dabei, neue Technologien zu verstehen, zu integrieren und einzusetzen, die fortschrittliche Sicherheitsfunktionen ermöglichen. Dazu gehören auch Hardware-in-the-Loop (HIL) Closed-Loop-Systeme, die in der Automobilindustrie zur Emulation der Fahrzeugsysteme verwendet werden, die alle neu entwickelten Komponenten umfassen und mit ihnen verbunden sind. Die C-V2X-ADE-Lösung von Keysight auf der UXM 5G Wireless Test Platform unterstützt eine Reihe von Testtypen, die zukünftige Versionen von

5G New Radio (NR) C-V2X unterstützen werden, um den Investitionsschutz zu gewährleisten, darunter:

- Sendertests
- Empfängertests
- Protokolltests
- Tests auf Anwendungsebene

Die C-V2X-ADE-Lösung von Keysight mit der UXM 5G Wireless Test Platform bietet einen Umgebungsemulator für Tests im Labor mit realistischen Straßenszenarien, von alltäglich bis hin zu Eins zu einer Million. Unter Verwendung der vollständigen Szenengenerierung überprüft sie die Software von Fahrerassistenzsystemen (ADAS) mithilfe von zeitsynchronisierten Eingangssignalen für die tatsächlichen Sensoren und ermöglicht den Kunden:

- Validierung der Systemleistung zu einem früheren Zeitpunkt im Entwicklungszyklus und erweiterte Validierung mit synchronen Tests von kommunikationsbasierten Systemen mit Tests auf Anwendungsebene, die C-V2X-Szenarien mit HIL-Systemen integrieren

• Nutzung der Flexibilität der Plattform, um relevante Sensortypen hinzuzufügen und zu erweitern, wenn sich Sensorsysteme und Testanforderungen weiterentwickeln

• Reduzierung der Integrationskosten durch Nutzung einer bestehenden Testumgebung und eines bestehenden Test-Workflows, Schutz der Investitionen in HIL-Systeme sowie 3D-Modellierer durch eine offene ADE-Architektur

• Überprüfung der Leistung in Bezug auf den jeweiligen ITS-Stack (Intelligent Transportation System), um die korrekte Kommunikation zum und vom Fahrzeug sicherzustellen, wobei Fälle für alle wichtigen Regionen abgedeckt werden: China, Europa und die Vereinigten Staaten.

• Verwendung von 24/7-Regressionstests, um die Qualität zukünftiger Updates sicherzustellen, sowie konsequente Tests von Funktionen und Updates, die nach dem Produktionsstart veröffentlicht werden.

■ *Keysight Technologies*
www.keysight.com

Sparsamer Premium-Sensor für die Industrie



Mit dem MT5A61E01K mmWave Radar Kit erhalten Anwender nicht nur beste Singlechip-Radar-Technologie von Texas Instruments (IWR1642), sondern auch das fortschrittliche Antennen-Design von Jorjin. Dabei geht der Sensor in

einem spezialisierten Band (77 bis 81 GHz) seiner Arbeit nach und erhält Unterstützung von einem ARM-Cortex-R4F-Prozessor sowie einem 2TX-4RX-Antennensystem. Zu seinen Spezialanwendungsgebieten zählen die Umweltüberwa-

chung oder die Werksautomatisierung.

Darüber hinaus eignet sich das ultragenauere MT5A61E01K nahezu ideal für Proof-of-Concepts bzw. die Prototypenentwicklung. Außerdem bietet Jorjin eine zusätzliche 60-GHz-ISM-Band-Variante an, die mit ihrem Design deutlich mehr auf Innenapplikationen ausgerichtet ist.

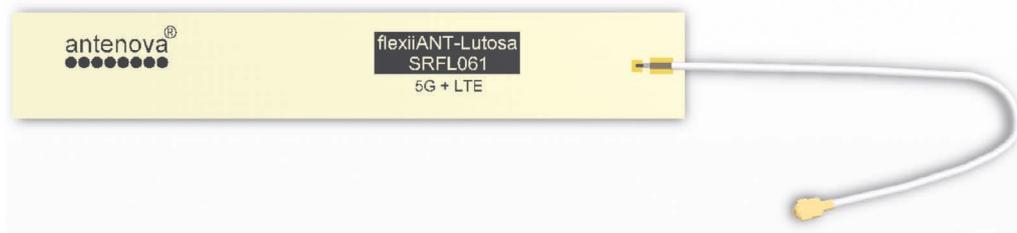
Hier die Key Features:

- Non-contact measurement
- Built-in antennas
- FMCW
- Sensing for range, velocity & angle

- Higher accuracy, higher resolution
- Good for metal & liquid detection
- Penetrates dry walls, cloth & plastic (non-open housing designs)
- Dimensions: 65 x 57,5 x 20 mm
- Weight: 40 g
- Operating Temperature: -40 to +85 °C
- Power Supply: 5 V/2 A
- Data Transfer: Micro USB
- Signal Processing: FMCW at C674x DSP

■ *CompoTEK GmbH*
www.compotek.de

Hochleistungsantenne für Kleingeräte in LTE- und 5G-Netzen



Antenna, Ltd., britischer Hersteller von Antennen und RF-Antennenmodulen für M2M und IoT, stellte eine kompakte Hochleistungsantenne für die 5G-Bänder einschließlich des LTE-Bands 74 1420...1520 MHz und 617...698 MHz vor.

Die Lutosa ist eine flexible Antenne, die 95 x 15 x 0,15 mm

misst, was sie ideal für kleinere Designs macht, da sie gebogen, gefaltet und in das Gerät integriert werden kann. Die Antenne ist linear polarisiert und wies bei Prüfungen hohe Effizienz auf.

Antenna entwickelte Lutosa für die einfache Integration in ein Gerät. Die Antenne bedarf keiner Grundplatte oder eines

Anpassnetzwerks und wird einfach mittels ihres eigenen Selbstklebestreifens befestigt. Antennas Produktleiter, Michael Castle, bemerkte: „Lutosa ist im Prinzip eine Plug&Play-Antenne für Designs, die schnell auf den Markt gebracht werden müssen, und Designer, die Lutosa für ihre 4G- und 5G-Designs wählen, haben bei der Zertifizierung

einen Vorsprung, da sich eine flexible Antenne leichter gestalten lässt als eine SMD-Antenne.“

Lutosa wurde für M2M- und IoT-Anwendungen entwickelt, die hohe Datenraten auf 5G-Netzen und Videostreaming nutzen. Diese Antenne eignet sich für Netzwerkgeräte, Mobilfunk-Router, Pico-Basisstationen, Drohnen, Fernüberwachungsgeräte und Videoüberwachung über Mobilfunknetze. Lutosa wird in Packungen zu 100 verkauft, was Flexibilität der Herstellung kleinerer Mengen an Geräten und Prototypen bietet.

■ *Antenna, Ltd.*
www.antenna.com

Innovative Nahfeld-Fernfeld-Umrechnung spart Zeit und Kosten



Die innovative Software-Plattform von Anteligen mit adaptiver Abtastung und maschinellem Lernen ist eine schnelle und genaue Methode, um die OTA-Leistung eines Prüflings zu messen und fehlerhafte Elemente in einer integrierten Plattform zu erkennen. Sie bietet:

- genaue Berechnung von Abstrahlcharakteristik aus sehr nahen Messdaten
- Korrektur von Reflexionen aus der Messkammer
- gültiges Fernfelddiagramme der getesteten Antenne

Die Messmöglichkeiten:

- 2D planar/zylindrisch
- 3D sphärisch

- einfache und doppelte Polarisation
- Extraktion des Phasenzentrums

Erweiterte Funktionen:

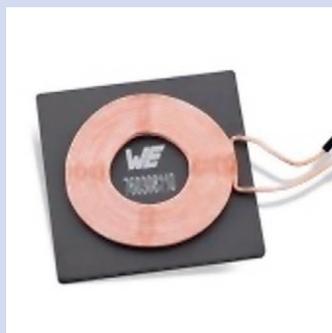
- extreme Nahfeldmessung
- volle Sondenkorrektur
- störende Objektkorrektur
- kompatibel mit LabView, MatLab

DVTest bietet hochwertige Schirmboxen, Positionierer, Softwarelösungen und thermische Testsysteme in individuellen Ausstattungen, Größen, Frequenzbereichen, Schirmungen und spezifischen Anwendungen exklusiv über die EMCO Elektronik GmbH an.

■ *EMCO Elektronik GmbH*
www.emco-elektronik.de

Sendespule für drahtlose Energieübertragung

Die 760308101410 von Würth Electronics ist eine Qi-konforme Sendespule für drahtlose Energieübertragung mit einer Induktivität von 24 μ H und einem Q-Faktor von 170 bei 125 kHz/10 mA. Sie verfügt über eine hochdurchlässige Abschirmung für das kabellose



Laden und unterstützt eine Leistungsübertragung von bis zu 100 W. Diese Ladespule hat einen Gleichstromwiderstand von 75 m Ω @ 20 °C und eine Eigenresonanzfrequenz von 6 MHz. Die 760308101410 ist RoHS- und REACH-konform, arbeitet über einen weiten Temperaturbereich von -20 bis +105 °C und misst \varnothing 50 x 3,1 mm. Sie ist ideal für tragbare Geräte, medizinische, industrielle und Bergbau-Anwendungen.

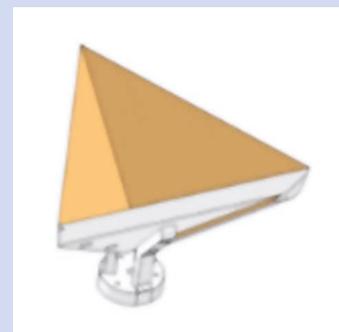
■ *Würth Elektronik*
www.wuerth-elektronik.de

Corner-Reflector-Antenne für 8,4 bis 260 GHz

Die Mi-Wave 770 von Mi-Wave ist eine dreiflächige (trihedral) Corner-Reflector-Antennen, die

von 8,4 bis 260 GHz arbeiten. Diese kostengünstigen Antennen bieten eine hohe Verstärkung und Richtwirkung. Sie bestehen aus einem kreisförmigen, skalaren Speisehorn, das eine klavierkonvexe Linse beleuchtet. Die Antennen simulieren Radarziele präzise und werden häufig bei der Kalibrierung von Radarsystemen, Prüfkammern, Überwachungsgeräten und Kommunikationssystemen verwendet. Die dreiflächigen Antennen können in jeder benutzerdefinierten Größe oder Spezifikation hergestellt werden. Weitere Daten: HF-Leistung -27 bis 24 dBm, Länge 1 bis 8 Zoll, Alu-Material, metrisches Gewinde M3 x 0,5 und 1/4 x 20.

■ *Mi-Wave*
www.mi-wave.com



50-W/32-V-GaN-Schmalband-Leistungsverstärker für 2,3...2,4 GHz



Der leistungsstarke Schmalband-GaN-HF-Verstärker UWBTECH-APCT-2.30-2.40-50-32V ist ein Best-in-Class Galliumnitrid HF-Verstärker, der von 2,3 bis 2,4 GHz arbeitet. Dieser PA ist nahezu ideal für kommerzielle Breitband-Plattformen sowie für militärische Anwendungen, da er robust ist und hohe Leistung bietet.

Der Betriebstemperaturbereich beträgt -20 bis +80 °C. Die Abmessungen sind 92 x 50,8 x 16,6 mm mit SMA-Buchse am HF-Eingang und HF-Ausgang. Dieser Verstärker hat eine Sättigungsleistung von mindestens 45 dBm und typisch 47 dBm. Er bietet eine minimale Leistungsverstärkung von 35 dB und typische 37 dB mit einer typischen Flachheit der Leistungsverstärkung von ±0,5 dB. Der Ruhestrom in Klasse-AB-Betrieb beträgt typischerweise 1,5 A bei Verwendung einer 32-V-Versorgung.

Verstärker für 50 bis 6000 MHz für TD-LTE & TD-5G NR

Der BNT22 ist ein Breitband-GaAs E-pHEMT-Verstärker mit sehr schneller On/Off-Performance und eignet sich daher nahezu ideal für LTE- und TDD-5G-Kommunikation. Beim Design des BNT22 wurde auf eine sehr gleichblei-

bende Verstärkung über der Frequenz geachtet. Dazu wurde die Verstärkung besonders im oberen Frequenzbereich um bis zu 3 dB gegenüber anderen Produkten gesteigert.



Bei Betrieb an 5 V und einem Strom von 90 mA bei 3,5 GHz ergeben sich eine Verstärkung von 20,5 dB bei einem OIP3 von 33,8 dBm und ein Ausgangspegel von 20,7 dBm (P1dB) bzw. von 11 dBm bei 5G-NR-Signalen (mit einer ACLR von -50 dBc) und einer Rauschzahl von 1,9 dB.

Der BNT22 bietet beste Breitbandeigenschaften und einen flachen Verlauf der Verstärkung von +/-0,5 dB in den Bereichen 0,7 bis 4, 1,5 bis 5 und 2 bis 6 GHz. Innerhalb dieser Bänder ist damit ein sehr gleichförmiger Verlauf der Verstärkung gegeben.

BeRex wurde 2004 mit Hauptsitz in Seoul, Korea gegründet, um Verbindungshalbleiter für den Mobilfunkmarkt zu designen, zu entwickeln und zu fertigen. BeRex exportiert heute in 20 Länder und beliefert hunderte von Firmen auf der ganzen Welt. Der BNT22 ist ab sofort zu wettbewerbsfähigen Preisen verfügbar. Muster gibt es auf Anfrage und weitere Informationen über den BNT22 und andere Produkte sind unter www.berex.com erhältlich.

Solid-State-Leistungsverstärker liefern bis zu 400 W



Die Solid-State Power Amplifiers (SSPAs) der SGzVSGN-Serie von Kratos General Microwave (Vertrieb: Globes) sind mit GaAs/GaN-Technologie bestückt und können für spezifische Puls- oder CW-Ausgangsleistungen kundenspezifisch angepasst werden. Die Produktlinie unterstützt sowohl X- als auch Ku-Band-Applikationen mit typischen Bandbreiten bis zu 10% und bietet Spitzenausgangsleistungen bis zu 400 W. Entwickelt für anspruchsvolle Anwendungen in Verteidigung, Raumfahrt und Satellitenkommunikation, haben diese Solid-State-Leistungsverstärker eine hervorragende Leistungseffizienz mit nachgewiesener Performance und Zuverlässigkeit. Mit diesen Eigenschaften können Kratos-SSPA-Wanderwellenröhren vollwertig ersetzen.

Der vertikale Integrationsprozess des Unternehmens ermöglicht flexible Layouts und Architekturen zur Erfüllung individueller Spezifikationen von elektrischen, mechanischen und umwelttechnischen Parametern.

■ *Globes Elektronik GmbH & Co KG*
www.globes.de

Verstärker für alle Leistungsklassen



In zahlreichen Anwendungen müssen Signale jeglicher Art verstärkt werden. Je nach Bandbreite dieser Signale werden breitbandige oder schmalbandige Kleinsignalverstärker benötigt. Angefangen bei bereits 1 kHz bis hin zu 50 GHz mit Verstärkungen zwischen 10 dB bis 46 dB, steht allgemein ein breites Spektrum an Verstärkern für die verschiedensten Anwendungen bereit. Telemeter Electronic kann hierbei Bandbreiten von

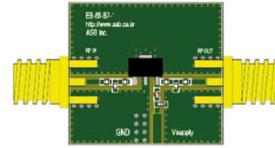
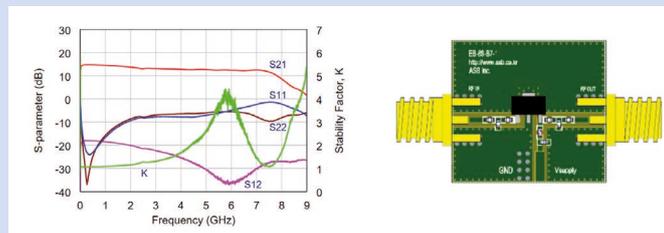
200 MHz bis 20 GHz anbieten. Darüber hinaus erfordern zahlreiche Anwendungen im Bereich der Kommunikationstechnik sowie in Forschungseinrichtungen und EMV-Laboren hochwertige Verstärkerlösungen mit hohen Leistungen.

Den Marktanforderungen folgend, liefert Telemeter Electronic diese Verstärker zum einen in Modulbauweise als kompakte 19-Zoll-Rack-Einheit oder als

Amplifier-MMIC für anspruchsvolle V2X- oder 5G-Anwendungen



Mit dem neuen AHB5614S9 des koreanischen Amplifier-Herstellers ASB erhalten Anwender einen äußerst leistungsfähigen und insbesondere rauscharmen Verstärker. Seine enorm hohe Linearität (bei sehr flachem Gain: $\pm 0,65$ dB Variation) zeichnet ihn aus und er bietet besonders bei Applikationen von 50 bis



Applikationen oder in Anwendungen von 1950 bis 4000 bzw. 50 bis 4000 MHz. Des Weiteren bietet sich auch der Einsatz in Wideband-Applikationen bei 50 bis 7000 MHz und 3 bis 7 GHz an.

Technische Fakten:

- Gain: 13.7 dB at 2 GHz
- ultra-flat Gain at 50 to 7000 MHz
- NF 2.7dB at 2 GHz
- OIP3 36.3 dBm at 2 GHz
- P1dB 19.4 dBm at 2 GHz
- Single Supply: 5 V, 82 mA

■ **Comptek**
www.comptek.de

6000 MHz spektakuläre Werte. Außerdem erreicht er im häufig verwendeten Frequenzbereich von 950 bis 4000 MHz sogar eine Variation von lediglich $\pm 0,2$ dB (3 bis 7 GHz: $\pm 0,35$ dB). Um diese Werte zu gewährleisten, werden in der Anwendungsschaltung lediglich drei Blocking/Decoupling-Kondensatoren und eine HF-

Induktivität benötigt. Damit stellt dieser Gainblock einen der weltweit besten Verstärker dieser Art dar.

Sie können den AHB5614S9 dabei für Transmitter bis zu 7 GHz und auch für Receiver verwenden. Nahezu ideale Möglichkeiten ergeben sich außerdem für 5G- und V2X-

Standalone-Systeme in kompakten Gehäusen. Mithilfe dieser Systeme lassen sich z.B. EMV-Messungen in Frequenzbereichen zwischen 100 kHz bis hin zu 8 GHz durchführen. Hohe Leistungen mit Spezifikationen von mehreren kW sowie eine modulare Bauweise mit vielen wählbaren Optionen wie z.B. vielfältige Schnittstellen, Bedienung mittels Touchscreen-Display oder Monitoring- und Sicherheitsfunktionen garantieren zuverlässige Messungen auf höchstem Niveau.

Anspruchsvolle Projekte

Telemeter Electronic unterstützt anspruchsvolle Projekte mit Kleinsignal-, Modul- und Leistungsverstärkern. Auch Produkte für Leistungen von wenigen Watt bis zu mehreren Kilowatt und gängige Frequenzbereiche zwischen 1 kHz bis 50 GHz sind erhältlich. Für besondere Anwendungen wie Sondertypen für EMV-Messungen, z.B. nach IEC61000-4-6, entwickelt Telemeter Electronic in gemeinsamer Zusammenarbeit mit dem Kunden auch maßgeschneiderte Lösungen.

■ **Telemeter Electronic GmbH**
info@telemeter.de
www.telemeter.info

GaN-Ka-Band-MMIC für SatCom-Terminals

Satelliten-Kommunikationssysteme verwenden komplexe Modulationsschemata, um die sehr hohen Datenraten zu erreichen, die für die Übertragung von Video- und Breitbanddaten erforderlich sind. Dafür müssen sie eine hohe HF-Ausgangsleistung bieten und sicherstellen, dass die Signale ihre gewünschten Eigenschaften behalten. Der nun von Microchip Technology, Inc. vorgestellte GaN-MMIC-Leistungsverstärker GMICP2731-10 trägt dazu bei, diese beiden Anforderungen zu erfüllen. Der neue Baustein ist der erste GaN-MMIC von Microchip, der für den Einsatz in der kommerziellen und militärischen Satellitenkommunikation, in 5G-Netzwerken und anderen Luft-/Raumfahrt- und Verteidigungssystemen vorgesehen ist.

Der GMICP2731-10

wird auf Basis der GaN-auf-Siliziumkarbid-/SiC-Technologie gefertigt. Er liefert bis zu 10 W gesättigte HF-Ausgangsleistung über 3,5 GHz



Bandbreite zwischen 27,5 bis 31 GHz. Sein Leistungswirkungsgrad (PAE; Power-Added Efficiency) beträgt 20%, die Kleinsignalverstärkung 22 dB und die Rückflussdämpfung 15 dB. Seine symmetrische Architektur ermöglicht eine gute Anpassung an 50 Ohm und enthält integrierte DC-Sperrkondensatoren am Ausgang, um das Design-in zu vereinfachen.

Der GMICP2731-10 ergänzt Microchips bestehendes Angebot an GaAs-MMIC-HF-Leistungsverstärkern, Schaltern, rauscharmen Verstärkern und Wi-Fi-Frontend-Modulen

sowie einem GaN-auf-SiC-HEMT-Treiber (High Electron Mobility Transistor) und Endverstärker-Transistoren für Radarsysteme.

Microchip bietet ebenso wie seine Vertriebspartner Unterstützung beim Board Design und Design-In. Zudem stehen auch kompakte Modelle für den GMICP2731-10 bereit, mit denen Kunden die Leistung modellieren und das Design des Leistungsverstärkers in ihrem System einfacher vorantreiben können.

■ **Microchip Technology, Inc.**
www.microchip.com

Hochmoderne Glasfaser-Infrastruktur installiert



Rosenberger Optical Solutions & Infrastructure (Rosenberger OSI), Experte für glasfaserbasierte Verbindungstechnik, Verkabelungslösungen und Infrastruktur-Services, gab bekannt, dass das Unternehmen in Zusammenarbeit mit dem Rechenzentrumsspezialisten Modul'Data Center (einer Tochtergesellschaft von IP Energy) ein Verkabelungsprojekt in Frankreichs größtem privaten Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz, Naver Labs Europe, in der Region Grenoble erfolgreich abgeschlossen hat. Die neue Infrastruktur sorgt für optimierten Datendurchsatz sowie höhere Skalierbarkeit.

Naver Labs Europe ist Teil des koreanischen Unternehmens Naver, Koreas größtem Internetportal (Abdeckung von 75% des Suchmarktes) und führend in den Bereichen E-Commerce, Finanztechnologie (Fintech), Cloud und digitale Dienste. Während der Renovierungsarbeiten an den

2018 erworbenen Gebäuden des Zentrums stellte sich heraus, dass die durch die Gebäude verlaufenden Glasfasern nicht mehr den aktuellen Anforderungen genügen und daher modernisiert werden sollten. Für das Vorhaben entschied sich das Unternehmen nach einem kurzen Auswahlverfahren für Rosenberger OSI in Kooperation mit Modul'Data Center.

Vorrang für Schutz, Leistung und Skalierbarkeit

Nach der Installation der Verkabelungskanäle konnte Rosenberger OSI und sein Partnerinstallateur Modul'Data Center ein maßgeschneidertes Angebot erstellen, das auf die Erwartungen und Bedürfnisse von Naver Labs Europe abgestimmt war. Die Kriterien für die Produktauswahl sollten umfangreiche Schutzmaßnahmen berücksichtigen, eine optimierte Leistung im Datendurchsatz sowie die Voraussetzungen für künftige Nachrüstungen bieten. Außerdem musste die Lösung einen attraktiven Preis bieten.

Die Spezialisten empfahlen für dieses Projekt die MPO-Technologie: Diese bietet dank ihrer

Mehrfaseranschlüsse die idealen Voraussetzungen für den Aufbau hochleistungsfähiger Datenetze, um eine größere Bandbreite zu erreichen und mögliche zukünftige Anforderungen zu erfüllen. Die MPO-Technologie ermöglicht es auch auf einfache Art und Weise, den Betrieb auf 40/100 Gigabit Ethernet zu skalieren und zu migrieren, da die Steckverbinder offiziell für diese Datenraten zertifiziert sind.

Installation von PreConnect SMAP-G2 HD und OM4-Fasern

Im Rahmen des Projekts verlegten die technischen Teams vorkonfektionierte MPO-Multimode-Trunks (OM4) (Verbindungen von 50 bis 150 m) in verschiedenen Gebäuden. Diese Trunks wurden an High-Density-Kassetten angeschlossen und in die PreConnect SMAP-G2 HD-Panel von Rosenberger OSI integriert.

Dieses Panelsystem ist ein hochmodulares, kunststoffarmes 19-Zoll-Rack für die Verkabelung in Rechenzentren und anderen Gebäuden. Mit einer Dichte

von bis zu 72 LC-Duplex- oder MTP-Ports pro Höheneinheit wird die Frontplatte maximiert. Teilfrontplatten (FAPs) und MTP-Module können einfach und werkzeuglos eingesetzt und mit Clips befestigt werden.

Je nach Einsatz und Bestückung der Panels stehen zahlreiche Rückwände zur Kabeleinführung zur Verfügung. Die Panels sind über die 19-Zoll-Montageführungen in der Tiefe verstellbar und können so an unterschiedliche Rack-Layouts angepasst werden.

Trotz einer klassifizierten Baustellenumgebung und alter Gebäude, die für etwas mehr Komplexität während des Aufbaus sorgten, erfolgten die Eingriffe in zwei Zeitabschnitten und dauerten insgesamt einen Monat. Rosenberger OSI begleitete die technischen Teams von Modul'Data Center bei der Inbetriebnahme der Baustelle und den optischen Tests, die erfolgreich abgeschlossen werden konnten. Die neue Glasfaserausrüstung des Forschungszentrums ist ab sofort voll funktionsfähig. ◀



Rosenberger Optical Solutions
& Infrastructure
(Rosenberger OSI)
www.rosenberger.com/osi

Déploiement d'une partie
des trunks par l'équipe
de Modul'Data Center

12 janvier 2021

Installation d'une partie
des panneaux de
distribution des
cassettes MPO

14 janvier 2021

Finalisation de
l'installation et réalisation
des recettes optiques en
photométrie sur
l'ensemble des fibres
déployées.

11-12 février 2021

Compte rendu de
l'installation

22 mars 2021

Glasfaser-Verbindung leitet Signale bis 4 GHz über Dutzende von Kilometern

Die neue SBL-Serie an optischen Verbindungskomponenten von L3Harris setzt die Liefertradition des Unternehmens fort mit Glasfaser-Verbindungskomponenten für lineare und einige digitale Anwendungen mit hoher Leistungsfähigkeit sowie Plug&Play-Fähigkeit. Der Glasfaser-Sender SBT-4000 und der Glasfaser-Empfänger SBR-4000 können HF-Signale im Frequenzbereich von 10 MHz bis 4 GHz über Dutzende von Kilometern über Standard-Monomode-Glasfasern übertragen.



Die SBL-LWL-Verbindungskomponenten sind vollständig unabhängig und erfordern daher keine externen Schaltkreise zum Betrieb. Sowohl die Sender- und Empfängerkomponenten haben Anschlüsse zur Statusmeldung, sind so nahezu ideal für die Integration in größeren Einheiten und Satcom-Systemen. Einige gängige Anwendungen sind Satcom und RF-Antennen-Fernwartung, optischen Ver-

zögerungsleitungen, RF-Verbindungen und elektrisch isolierte RF-Verbindungen.

Schlüsselmerkmale:

- hoher störungsfreier Dynamikbereich von 110 dB/Hz 2/3 typisch
- arbeitet über Dutzende von Kilometern mit Monomode-Glasfasern
- klein, unabhängig, Plug&Play
- LED-Statusleuchte
- Industriestandard-Steckverbinder für Gleichstromversorgung und Fernwartungs-Statusmeldungen

■ *Globes Elektronik GmbH & Co. KG*
www.globes.de

Feuerfestes Koaxialkabel



Das DragonSkin von Radio Frequency Systems ist ein 1/2 Zoll starkes feuerbeständiges Koaxialkabel, das nominell Frequenzen bis zu 1 GHz verarbeitet. Es erfüllt die Feuertestnorm UL 2196 für die Integrität von feuerbeständigen Strom-, Instrumenten-, Steuer- und Datenkabeln. Das Kabel hat eine Dämpfung von 9,16 dB/100 m bei einer Betriebsfrequenz von 1 GHz, eine Kapazität von 70,6 pF/m und eine Induktivität von 0,19 µH/m. Es verfügt über massive Innen- und Außenleiter, die Einstreuungen und auskoppelungen sowie passive Intermodulationen eliminieren. Dieses Kabel kann bis zu 40 kW Spitzenleistung verarbeiten und hat eine HF-Spitzenspannung von 2 kV. Es hat einen Biegeradius von 178 mm (einfache Biegung) und hält einem Druck von 31,25

kg/cm stand. Das DragonSkin-Kabel kann zwei Stunden bei Temperaturen von bis zu 1010 °C (1850 °F) überstehen und ermöglicht Einsatzkräften und Gebäudenutzern eine zuverlässige Kommunikation bei schweren Bränden. Es ist CATVP-Plenum-zertifiziert und erfüllt die Zertifizierung für den Einsatz im klimatechnischen Raum in Gebäuden. Das Kabel ist ideal für den Einsatz in öffentlichen Sicherheitsanwendungen mit strengen Brandschutzvorschriften.

Weitere Produktspezifikationen:

- Impedanz 50 Ohm
- Velocity 85%
- Dielektrischer Durchmesser 11,81 mm
- Innenleiter 4,8 mm
- Gleichstromwiderstand des Innenleiters 0,96 Ohm/km
- DC-Widerstand des Außenleiters 1,31 Ohm/km
- Außen-/Schirmdurchmesser 13,8 mm
- SWR max. 1,5
- Spitzenleistung 40 kW
- Gewicht 510 g/m

■ *Radio Frequency Systems*
www.radiofrequencysystems.com

Von der Idee bis zum Service.

HF-Technik aus einer Hand,
individuell & kundenspezifisch.

- // Mobilfunk- & EMV-Messtechnik
- // Schirmboxsysteme
- // Schalten & Verteilen von HF-Signalen
- // Mechanik, Präzisionsfrästeile & Gehäuse
- // Distribution von IMS Connector Systems
- // HF-Komponenten



MTS EMV Lösungen, wie z.B.

- // Schirmboxsysteme
- // Relaischaltfelder
- // HF geschirmte Gehäuse
- // Matrixsysteme
- // HF-Komponenten und Kabel
- // Gefilterte Schnittstellen

MTS
Systemtechnik

mts-systemtechnik.de

Rauscharmer Verstärker für 18 bis 40 GHz



Der rauscharme Breitbandverstärker ZVA-18403GX+ von Mini-Circuits zeichnet sich durch eine niedrige Rauschzahl von typischerweise 3,8 dB und eine hohe Verstärkung von typischerweise 43 dB von 18 bis 40 GHz aus. Er ist mit oder ohne Kühlkörper erhältlich und arbeitet mit einer einzigen Versorgung im Bereich von 9 bis 15 V DC. Er zieht 175 mA maximalen Strom bei 9 V. Der RoHS-konforme 50-Ohm-Verstärker liefert eine typische Ausgangsleistung bei 1-dB-Kompression von 21 dBm von 18 bis 24 GHz und von 23 dBm von 24 bis 40

GHz, dies mit einem typischen Ausgangs-Intercept-Point dritter Ordnung (OIP3) von 28 dBm von 18 bis 40 GHz. Er ist mit 2,92-mm-Koaxialbuchsen ausgestattet und verfügt über einen integrierten Überspannungs- und Verpolungsschutz. Das maximale Eingangs-SWR beträgt 1,8 und das maximale Ausgangs-SWR beträgt 2,6.

20-dB-Breitbandverstärker für 28 bis 37 GHz



Der ZVE-373LN-K+ von Mini-Circuits ist ein breitbandiger 50-Ohm-Verstärker mit einer typischen Rauschzahl von 2,5 dB von 28 bis 37 GHz. Die typische Verstärkung bleibt

innerhalb von $\pm 1,5$ dB mit 20 dB über die gesamte Bandbreite mit einer Ausgangsleistung von typischerweise 9 dBm bei 1-dB-Kompression und einem Ausgangs-Intercept-Point dritter Ordnung (OIP3) von typischerweise 20 dBm erhalten. Gut geeignet ist dieser Verstärker für Anwendungen in Kommunikations- und Testsystemen, Radar- und Satelliten-Repeater. Der RoHS-konforme dreistufige Class-A-Verstärker ist bedingungslos stabil und mit optionalem Kühlkörper erhältlich. Es misst $1,2 \times 0,46 \times 0,45$ Zoll ($30,48 \times 11,58 \times 11,43$ mm) mit 2,92-mm-Koaxialsteckern und zieht 75 mA typisch aus einer einzelnen 12-V-DC-Versorgung.

Verstärker für mittlere Leistungen im Bereich von 10 MHz bis 30 GHz



Das Modell ZVA-0.5W303G+ von Mini-Circuits ist ein Breitbandverstärker mit großzügiger Verstärkung und mittlerer Leistung von 10 MHz bis 30 GHz. Die typische Verstärkung beträgt 24,5 dB von 10 MHz bis 26,5 GHz und 23 dB von 26,5 bis 30 GHz, während die typische Ausgangsleistung bei 1-dB-Kompression 25 dBm von 10 MHz bis 26,5 GHz und 23 dBm von 26,5 bis 30 GHz beträgt. Die Verstärkungsflachheit beläuft sich auf typischerweise $\pm 1,5$ dB von 100 MHz bis 26,5 GHz. Die typische Rauschzahl beträgt 4,2 dB von 1 bis 26,5 GHz und 6,5 dB von 26,5 bis 30 GHz. Der RoHS-konforme 50-Ohm-Verstärker hat einen Umgebungstemperaturbereich von 0 bis $+50$ °C und ist für 5G- und Test- und Mess-Anwendungen besonders geeignet. Er verfügt über einen integrierten Überspannungs- und Verpolungsschutz und 2,92-mm-Koaxialsteckverbinder und zieht

normalerweise 460 mA aus einer einzigen 12-V-DC-Versorgung.

Winzige LTCC-Filter isolieren 5G-Passbänder



Die BFCQ-Serie von Low-Temperature-Cofired-Ceramic-Bandfiltern von Mini-Circuits umfasst vier Modelle zum Isolieren der Zellular-Durchlassbänder der fünften Generation (5G) n257, n258 und n260. Die RoHS-konformen 50-Ohm-Filter messen nur $2,5 \times 2$ mm und sind oberflächenmontierbar, verarbeiten aber bis zu 1 W Eingangsleistung. Das Modell BFCQ-2552+ hat beispielsweise einen Durchlassbereich von 25,2 bis 26,6 GHz zum Isolieren von 5G-Signalen im n258-Band. Es verfügt über einen geringen Durchlassverlust von 2,5 dB über diesen Frequenzbereich. Es bietet eine Signalunterdrückung im unteren Sperrbereich von 55 dB von 0,1 bis 18 GHz und 35 dB von 18 bis 22,2 GHz. Die Unterdrückung des oberen Sperrbereichs von 35 dB gilt von 29,5 bis 32 GHz und beträgt 40 dB oder mehr von 32 bis 50 GHz. Die kompakten Filter vertragen Betriebstemperaturen von -55 bis $+125$ °C.

High-Gain-Verstärker für Signale mit 2 bis 30 GHz



Das Modell ZVA-02303HP+ von Mini-Circuits ist ein Breitbandverstärker mit einer typischen



CompoTEK GmbH
Lindwürmstraße 97a
80337 München
+49 89 544 323 0
info@compotek.de



AHB / ASL family

5G

Ultra Wideband
Optics to RF Gain Block

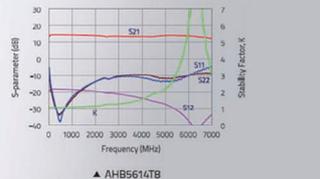
50-6000 MHz

AHB5614T8 (DFN8)
Ultra Flat Gain 14,3 dB \pm 0,3 dB

AHB5614S9 (SOT89)
Ultra Flat Gain 13,9 dB \pm 1,1 dB

50-4000 MHz

ASL5416S9 (SOT89)
Low Noise NF < 1,9 dB, OIP3 > 34 dBm



S_{21}
 S_{11}
 S_{22}
 S_{12}

▲ AHB5614T8

Stability Factor, K'

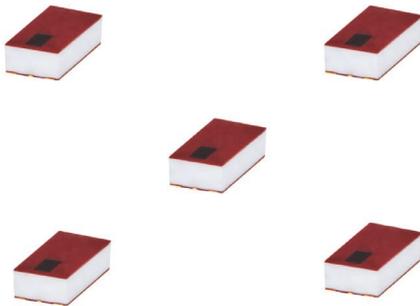
ISO 9001
ISO 14001
IATF 16949
www.asb.co.kr



Bauelemente

Verstärkung von 38 dB und einer Verstärkungsflachheit von ± 1 dB im Bereich von 2 bis 30 GHz. Der RoHS-konforme Verstärker arbeitet mit einer einzigen Versorgungsspannung von 12 bis 15 V DC und liefert eine typische gesättigte Ausgangsleistung von 28 dBm. Die typische Rauschzahl über das gesamte Band beträgt 3,8 dB. Der robuste Verstärker verfügt über einen integrierten Überspannungs- und Verpolungsschutz und ist ideal für den Einsatz in den Bereichen 5G, elektronischer Kriegsführung, Satellitenkommunikation (Satcom) und Test- und Messanwendungen. Er misst $2 \times 1,6 \times 0,69$ Zoll ($50,8 \times 40,64 \times 17,6$ mm) mit 2,92-mm-Buchsen und ist mit oder ohne Kühlkörper erhältlich. Der 50-Ohm-Verstärker verträgt Umgebungstemperaturen von -40 bis $+50$ °C.

Designer's Kit mit LTCC-Filtern bis 30,5 GHz



Mini-Circuits Modell K1-LFCN-MMW+ Designer's Kit enthält insgesamt 50 Low-Temperature-Cofired-Ceramic-Tiefpassfilter, jeweils zehn Kopien von fünf verschiedenen Modellen mit Durchlassbändern bis 30,5 GHz und Sperrbändern bis 50 GHz. Die robusten 50-Ohm-Filter sind gut geeignet, um drahtlose Anwendungen wie Bluetooth, WiFi und Zigbee von mmWave-Signalstörungen abzuschirmen und bieten eine typische Unterdrückung von bis zu 30 dB über 39 GHz und eine typische Unterdrückung von bis zu 38 dB über 50 GHz. Die kostengünstigen RoHS-konformen Filter sind in 1206-Gehäusen untergebracht und verarbeiten bis zu 1 W (30 dBm) Eingangsleistung.

Vier-Switch-Matrix schaltet Signale mit Frequenzen bis 18 GHz



Von Mini-Circuits kommt mit dem Modell ZTRC-4SPDT-A18 eine Single-Pole/Dou-

ble-Throw-Schaltermatrix (SPDT), bestehend aus vier fernsteuerbaren absorbierenden elektromechanischen Schaltern mit geringem Verlust und hoher Isolation von DC bis 18 GHz. Untergebracht in einem 1 U hohen 19-Zoll-Rackmount-Gehäuse mit SMA-Buchsen, verfügen die robusten 50-Ohm-Switches über eine ausfallsichere Break-before-make-Konfiguration und sind für 10 Mio. Schaltzyklen ausgelegt. Die Schalter bieten eine typische Isolation von 80 dB oder mehr und eine typische Einfügungsdämpfung von 0,3 dB oder weniger über die gesamte Bandbreite. Für die Fernsteuerung stehen USB- und Ethernet-Ports zur Verfügung, und die Schaltermatrix bietet volle Steuerungs-Software-Unterstützung einschließlich einer benutzerfreundlichen grafischen Benutzeroberfläche (GUI). Jeder Schalter ist für bis zu 20 W Kaltschaltleistung ausgelegt und weist eine typische Schaltgeschwindigkeit von 20 ms bei einem Betriebstemperaturbereich von -15 bis $+85$ °C auf.

Schaltmatrix hat acht Wege für Signale bis 18 GHz



Das Modell ZTRC-8SPDT-A18 von Mini-Circuits ist eine einpolige Double-Throw-Schaltermatrix (SPDT) für Test- und andere Schaltanwendungen mit Signalen von DC bis 18 GHz. Es besteht aus acht fernsteuerbaren absorbierenden elektromechanischen Schaltern, die in einem 2 HE hohen, 19 Zoll breiten Rack-Einbaugeschäuse mit SMA-Buchsen untergebracht sind. Die 50-Ohm-Schalter verfügen über eine ausfallsichere Konfiguration mit Unterbrechung vor Schließung und sind für 10 Mio. Schaltzyklen ausgelegt. Sie erreichen eine typische Isolation von 60 dB oder mehr mit einer typischen Einfügungsdämpfung von 0,3 dB oder weniger von DC bis 18 GHz. Die Fernbedienung erfolgt über eine USB- oder Ethernet-Verbindung mit der mitgelieferten Software und der benutzerfreundlichen grafischen Benutzeroberfläche (GUI). Die Schalter verarbeiten bis zu 20 W Kaltschaltleistung bei -15 bis $+85$ °C mit einer typischen Schaltgeschwindigkeit von 20 ms.

■ **Mini-Circuits**
sales@minicircuits.com
www.minicircuits.com

EMV, WÄRME-ABLEITUNG UND ABSORPTION SETZEN SIE AUF QUALITÄT

esorb

Elastomer- und Schaumstoffabsorber

- Europäische Produktion
- Kurzfristige Verfügbarkeit
- Kundenspezifisches Design oder Plattenware



esorb-EA1 & esorb-EA4

- Frequenzbereich ab 1 GHz (EA1) bzw. 4 GHz (EA4)
- Urethan oder Silikon
- Temperaturbereich von -40 °C bis 170 °C (Urethanversion bis 120 °C)
- Standardabmessung 305mm x 305mm



esorb MLA

- Multilayer Breitbandabsorber
- Frequenzbereich ab 0,8GHz
- Reflectivity-Level -17db oder besser
- Temperaturbereich bis 90 °C
- Standardabmessung 610mm x 610mm

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

ES ELECTRONIC SERVICE GmbH

Phasenrauscharme Oszillatoren

IQD, ein Unternehmen der Würth Elektronik eiSos Gruppe, präsentierte mit den Modellen IQXO-408 und IQXO-455 Oszillatoren mit besonders geringem Phasenrauschen, die mit Standardgehäusen von 2,5 x 2 und 3,2 x 2,5 mm erhältlich sind. Die neuen CMOS-Taktoszillatoren können mit einem trägernahen Phasenrauschen von nur -113 dBc/Hz bei 10 Hz und einem trägerfernen Phasenrauschen von nur -175 dBc/Hz bei 100 kHz arbeiten (3.3 V, 20 MHz, IQXO-408). Die für 1,8, 2,5 oder 3,3 V lieferbaren Oszillatoren weisen einen Phasenjitter



von bis zu 40 fs RMS (über 12 kHz bis 5 MHz) auf.

Hintergrund: Da die wachsenden Ansprüche verschiedenster Anwendungen immer höhere

Datenraten bedingen, werden immer mehr Oszillatoren mit extrem niedrigem Phasenrauschen benötigt. Diese Art von Anwendungen ist in der heu-

tigen vernetzten Welt besonders häufig anzutreffen; dazu zählen unter anderem Glasfaser Transceiver, Gigabit-Ethernet und 5G-Basisstationen.

IQXO-408 und IQXO-455 eignen sich für Anwendungen mit hohen Datenraten wie IoT, 5G, PLL, Frequenzvielfacher, Taktrückgewinnung, Gigabit-Ethernet, Glasfaser, Studiogeräte und High-End-Audiogeräte für Verbraucher.

Umfassende Einzelheiten zum IQXO-408 und IQXO-455 sind unter www.iqdfrequencyproducts.de zu finden.

■ IQD Frequency Products, Ltd.
www.iqdfrequencyproducts.de



Endura™ SiT5146 Super-TCXO®

MEMS performance and stability from -55°C to +105°C



Super-TCXO-Familie

SiTime Corp. stellte die SiTime Endura SiT5146 Super-TCXO Familie mit erweitertem Temperaturbereich von -55 bis +105 °C vor. Bisher war diese Baureihe bis -40 °C begrenzt. Durch die neue Spezifikation ist der SiT5146 für Anwendungen in der Luftfahrttechnik geeignet, beispielsweise in Low-Earth-Orbit-Satelliten (LEO), in Satellitenkommunikationssysteme und Verkehrsflugzeuge sowie alle terrestrischen Systeme, die in kalten Umgebungen arbeiten müssen. Die Bauelemente sind über Endrich Bauelemente Vertriebs GmbH zu beziehen.

Der SiTime Endura SiT5146 ist ein robuster MEMS Super-TCXO mit ± 1 bis $\pm 2,5$ ppm, der in zwei

Varianten von Beschleunigungsempfindlichkeiten (0,009 ppb/g und 0,1 ppb/g) erhältlich ist. Er hält starken Schock- und Vibrationseinflüssen stand und die Frequenzen können mit einer Genauigkeit von 6 Dezimalstellen von 1 bis 60 MHz programmiert werden. Der SiT5146 wird mit einem 5 x 3,2 mm großen Gehäuse angeboten und kann werkseitig für jede Kombination aus Frequenz, Stabilität, Spannung und Ziehbereich programmiert werden. Es kann zwischen LVCMOS und geclippter Sinuswelle als Ausgangstyp gewählt werden. Die Spannungsversorgung ist mit 2,5, 2,8, 3 und 3,3 V wählbar. Über I²C ist ein digitales Frequenzziehen (DCTCXO) bis zu ± 3200 ppm möglich. Eine Auflösung des Frequenz-Pullings ist bis zu 5 ppt möglich.

Der SiTime Endura SiT5146 ist nach MIL-PRF-55310 und MIL-STD-883 spezifiziert.

Low-Power TCXO

Bei Endrich Bauelemente Vertriebs GmbH ist der temperaturkompensierte Silizium-MEMS-Oszillator SiT5008 von SiTime Corp. erhältlich. Er ist ideal für Consumer- und IoT-Geräte wie beispielsweise Audio-Video-Devices mit Internetverbindung, Over-the-Top-Streaming-Geräte, industrielles Smart Metering und andere Applikationen, die drahtlose Konnektivität mit geringem Stromverbrauch benötigen. Der SiT5008 bietet programmierbare Funktionen, hohe Zuverlässigkeit, eine sehr gute Vibrations- und Stoßfestigkeit und Umweltverträglichkeit in einem kleinen Gehäuse von 2,5 x 2 mm

nach Industriestandard. Er ist mit herkömmlichen Quarz-TCXOs pin-kompatibel und ermöglicht einen 100%igen Austausch ohne Re-Design oder Layout-Änderungen. Die einstellbaren Frequenzen liegen zwischen 10 und 60 MHz mit einer Genauigkeit von 6 Dezimalstellen und einer Frequenzstabilität von ± 2 bis ± 10 ppm. Der Betriebstemperaturbereich erstreckt sich von -40 bis +85 °C. Der Oszillator hat einen sehr geringen Stromverbrauch von 3,5 mA und besitzt einen Standby-Modus, um die Akkulaufzeit zu verlängern. Das Bauteil ist RoHS- und REACH-konform, Pb-frei, Halogen- sowie Antimon-frei.

■ Endrich Bauelemente Vertriebs GmbH
www.endrich.com



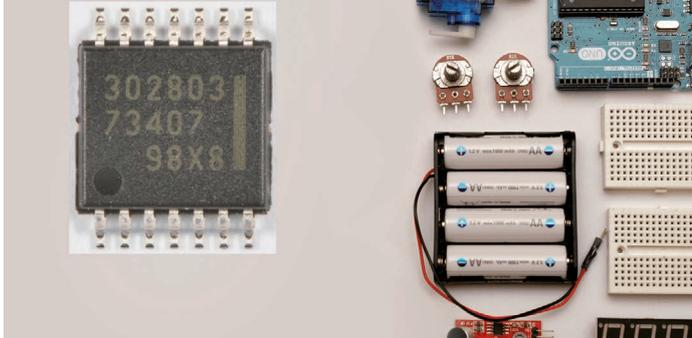
SiT5008 Low Power TCXO

For connected consumer and IoT devices



Low-Power Realtime Clock für Wireless Sensorik und IoT

EM3028 Real Time Clock für Sensor- und IoT-Applikationen



Die EM3028 Low Power RTC von EM Microelectronic ist eine Echtzeituhr samt integrierter Frequenzerzeugung. Sie bietet Ihnen umfangreiche RTC-Funktionen inklusive programmierbare Zähler, Alarme, wählbare Unterbrechungs- und Leistungsfunktionen sowie einen 32-Bit UNIX Timer. Außerdem überzeugt die EM3028 mit ihren Werten bei

ultra-geringem Stromverbrauch (1 ppm bei 40 nA bei 3 V) und zeigt sich äußerst ganggenau. Auf diese Weise können mehrere Stunden Gangreserve mit kostengünstigen Keramikkondensatoren realisiert werden. Zudem ist die Echtzeituhr äußerst langzeitstabil, bedarf keiner Nachkalibrierung nach der Fertigung und ist bereits ab Werk voreingestellt.

Viele Funktionen, viele Einsatzmöglichkeiten

Die EM3028 Low Power RTC ist dank ihrer reichhaltigen Funktionsauswahl eine sehr vielseitige Echtzeituhr. Mithilfe des internen I²C-Interfaces können Anwender das Bauteil problemlos mit allen möglichen Host-Systemen oder Microcontrollern integrieren. Außerdem verfügt die EM3028 über einen programmierbaren Backup-Switch, mit dem man auch nur einzelne Teile eines Devices aufwecken kann.

Die umfangreichen Features der Real Time Clock von EM Microelectronic machen sie zum nahezu perfekten Bauteil für batteriebetriebene Plattformen, für die Industrie- und Umweltüberwachung oder für Wireless-Sensor-Netzwerke. Darüber hinaus ist die EM3028 auch bestens für Wearables und IoT-Anwen-

dungen geeignet. Die Key Features der EM3028 RTC:

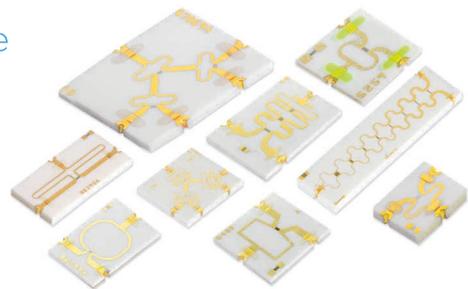
- extreme low power consumption: 40 nA @ 3 V
- wide operating voltage range: 1.2 to 5.5 V
- built-in tuning Fork crystal at 32'768 Hz
- time accuracy: possible to calibrate to ± 1 ppm @ 25 °C
- non-volatile configuration settings with user programmable offset value
- configuration stored in EEPROM and mirrored in RAM
- clock output: 32.768 kHz, 8192, 1024, 64, 32, 1 Hz
- 43 bytes non-volatile user memory, 2 bytes user RAM
- TSSOP14, part number EM3028VxTP14 (x = Version)

■ CompoTEK GmbH
www.compotek.de



Find the Right Solution for Your Low-SWaP Satcom System

Knowles Precision Devices temperature-stable dielectric materials deliver highly reliable microwave components for both ground- and flight capable satellite communications systems requiring reduced Size, Weight and Power (SWaP).



>> Learn more: rfmw.com/dielectric

Contact us today to explore a range of catalog and custom design options:
sales@rfmw.com

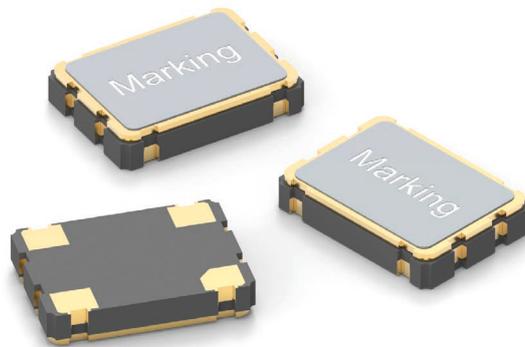
Robuste Taktgeber erweitern Oszillatoren-Programm

Würth Elektronik bringt weitere Quarzoszillatoren der WE-SPXO-Serie auf den Markt. Die Programmiererweiterungen umfassen neue Bauformen mit einem LVDS- oder LVPECL-Ausgangssignal sowie 32,768-kHz-Oszillatoren.

Noch stabilere Spezialisten

Waren die hermetisch verschlossenen Oszillatoren schon bisher hervorragend für eine Vielzahl industrieller Anwendungen spezifiziert, so präsentieren sich die Neuzugänge noch temperaturstabiler und zudem präziser auf bestimmte Anforderungen hin optimiert.

Die Würth Elektronik Oszillatoren mit den LVDS- oder LVPECL-Ausgängen und Frequenzen von 100 bis 156,25 MHz (Modelle IQXO-618-18, IQXO-618-33, IQXO-623 und IQXO-624) sind auf Anwendungen mit höheren Datenraten ausgelegt: Gigabit Ethernet, Fibre Channel, PCI Express und SONET/SDH. Die jetzt verfügbaren Oszillatoren WE-SPXO



mit differentiellem LVDS- oder LVPECL-Ausgangssignal weisen eine weiter verbesserte Jitter Performance und eine höhere Störfestigkeit des Ausgangssignales auf. Auch ihr Temperaturbereich von -40 bis +105 °C übertrifft die üblichen Standards.

Der bessere Uhrenquarz

Mit den neuen 32,768-kHz-Oszillatoren (Modelle CFPS-102, CFPS-104, CFPS-107, CFPS-109, IQXO-402, IQXO-

404) offeriert Würth Elektronik Elektronikentwicklern eine Alternative zu Uhrenquarzen. Die in drei Bauformen erhältlichen Oszillatoren (3,2 × 2,5, 2,5 × 2 und 2 × 1,6 mm) sind mit einem möglichen Temperaturbereich von -40 bis +125 °C sehr robust und bieten eine Stabilität von bis zu ±25 ppm.

Der große Vorteil gegenüber normalen Uhrenquarzen ist die bessere Stabilität der Frequenz über den Temperaturverlauf und

damit auch deren Genauigkeit. Anders als bei Uhrenquarzen ist keine zusätzliche Oszillatonschaltung notwendig. Dies spart Zeit beim Design und reduziert die Anzahl der Komponenten auf der Platine. Die neuen Oszillatoren von Würth Elektronik sind durch ihre Genauigkeit und Zuverlässigkeit ideal für Real-Time-Clock-Mikrocontroller und für alle Arten elektronischer Geräte, bei denen die Uhrzeit eine Rolle spielt – angefangen bei Laptops, Smartphones und Unterhaltungselektronik über Waschmaschinen und Geldautomaten bis hin zu industriellen Steuerungen.

Alle Modelle der WE-SPXO-Quarzoszillatoren sind ohne Mindestbestellmenge ab Lager verfügbar. Kostenlose Muster können angefragt werden.

■ Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG
info@we-online.de
www.we-online.de

MEMS-Oszillator für 5G-Außenanwendungen

Lowest jitter 70 fs | Smallest by 35%

MEMS Oscillators

for Optical Modules and Data Communications

SiTime
SIT9501

2.0 mm
1.6 mm
4.9 mm
3.9 mm

Das massive Wachstum des Datenverkehrs im Internet bedingt durch 5G-, AI- und Cloud-Anwendungen erhöht den Datendurchsatz in Rechenzentren. Optische Module und Datenkommunikationsgeräte müssen schnellere Datenraten liefern. Die 5G-Infrastruktur im Freien ist hohen Belastungen durch Temperatur, Vibration

und Luftströmen ausgesetzt, die den Datendurchsatz beeinträchtigen können. Dadurch sind Oszillatoren mit geringerem Jitter notwendig. Gleichzeitig darf die Elektronik so wenig Platz wie möglich in Anspruch nehmen, da schon ein Drittel der Leiterplattenfläche durch die optischen Baugruppen benötigt wird. Der



neu entwickelte Differential-MEMS-Oszillator SiT9501 von SiTime bietet mit 70 Femtosekunden einen sehr geringen RMS-Phasenjitter. Laut Hersteller ist er bei einer Gehäusegröße von 2,0mm x 1,6mm der kleinste der Branche. Er ist auch in anderen Industriestandard-Gehäusen erhältlich. Der Oszillator deckt einen Frequenzbereich von 25MHz bis 644,53125MHz ab und kann im Temperaturbereich von

-40°C bis +105°C eingesetzt werden. Er besitzt einen On-Chip-Spannungsregler zum Filtern von Stromversorgungsstörungen und einen sogenannten FlexSwing™-Treiber. Dieser reduziert den Stromverbrauch um 30% und integriert SourceBIAS LVPECL-Widerstände.

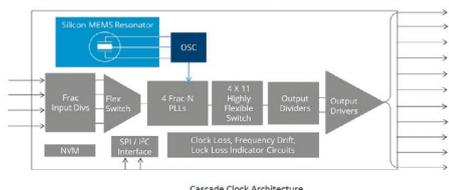
■ Endrich Bauelemente Vertriebs GmbH
www.endrich.com

FREQUENCY CONTROL PRODUCTS

MEMS-Takt-ICs für 5G



SiTime Corp. kündigte neue MEMS-Takt-ICs der Cascade-Familie für drahtgebundene 5G-Telekommunikations- und Rechenzentrums-Infrastrukturen an. Die SiT9514x-Familie mit der sogenannten ClkSoC-Technologie (Clock-System-on-a-Chip) besteht aus Jitter-Cleaners/Netzwerksynchronisierern und Taktgeneratoren, die mehrere Taktsignale in einem System liefern. Dabei werden MEMS-Resonatoren der dritten Generation verwendet, die eine höhere Performance bei geringerer Leistungsaufnahme liefern.



Beim Einsatz von Quarzen treten häufig kapazitive Fehlanpassungen, Aktivitätseinbrüche, Stoßanfälligkeit, Vibration und EMI auf. Der im SiT9514x integrierte MEMS-Resonator beseitigt diese Probleme. Es stehen vier unabhängige PLLs zur Unterstützung von Zeitsynchronisationsanwendungen sowie bis zu elf Ausgänge mit einem Betriebsfrequenzbereich von 8 kHz bis 2,1 GHz und ein Ausgang mit 1 pps (Impuls pro Sekunde) zur Verfügung. Die programmierbare PLL-Schleifenbandbreite bis zu 1 MHz filtert Wander- oder Netzwerkrauschen in IEEE 1588 und synchronem Ethernet.

Es stehen umfangreiche programmierbare Funktionen und Konfigurationsoptionen zur Verfügung. Vorprogrammierte Devices ermöglichen einen Systemstart ohne Software-Konfiguration. Der Einsatz von sehr wenigen externen Filterkreisen führt zu Platzsparsparnis, Vereinfachung des Designs und einer Reduzierung der Stückliste.

Der SiT9514x ist entweder eigenständig oder zusammen mit den MEMS-TCXOs und OCXOs von SiTime eine vollständige Timing-Lösung für Anwendungen wie 5G-RRUs, kleine Zellen, Edge-Computer, Switches und Router.

■ **Endrich Bauelemente Vertriebs GmbH**
www.endrich.com

5-V-Rubidium-Oszillator



Der neue IQRB-4 schließt die Lücke zwischen den mit 12 V betriebenen IQRB-1, IQRB-2 und IQRB-3 und dem kürzlich erschienenen ICPT-1, der mit 3,3 V betrieben wird.

IQD, ein Unternehmen der Würth Elektronik eiSos Gruppe, ist bereits seit über 45 Jahren im Frequenzproduktmarkt tätig und hat in den vergangenen Jahren weiteres Knowhow aufgebaut, um sich im Bereich der Atomuhren zu spezialisieren. Das Unternehmen hat sowohl in seine Entwicklungsmöglichkeiten als auch in entsprechendes Messequipment am Hauptsitz in England investiert, der als Kompetenzzentrum für Frequenzprodukte innerhalb der Würth Elektronik Gruppe fungiert. So kann Kunden und Interessierten auch für diesen Produktbereich der Service geboten werden, für den IQD und Würth Elektronik eiSos bekannt sind.

Der IQRB-4 bietet neben sehr guter Kurz- und Langzeitstabilität ein gutes Phasenrauschen – alles kombiniert in einem kompakten Gehäuse von lediglich 50,8 × 50,8 × 25 mm. Neben der 5-V-Versorgungsspannung kommt der IQRB-4 standardmäßig mit einem CMOS-Signalausgang; dies ist ideal für die meisten Anwendungen, da diese ohnehin ein CMOS-Signal benötigen.

Der IQRB-4 eignet sich perfekt als eigenständige Zeitreferenz, beispielsweise für Kommunikationsanwendungen oder in Netzwerkstrukturen. Zudem sind Atomuhren wichtiger Bestandteil von intelligenten und autonomen Netzwerken, ebenso wie überall, wo exakte Zeit- und Phasensynchronisation notwendig ist.

Mehr Informationen zum IQRB-4 und den weiteren Rubidium-Oszillatoren finden Sie auf www.iqdfrequencyproducts.de. Für weitere Fragen können Sie sich gerne jederzeit an das IQD-Vertriebs- und Supportteam wenden.

■ **IQD Frequency Products, Ltd.**
www.iqdfrequencyproducts.de

High-End Produkte vom Technologieführer.

Seit über 70 Jahren

„Made in Germany“



Quartz Crystal Technology GmbH

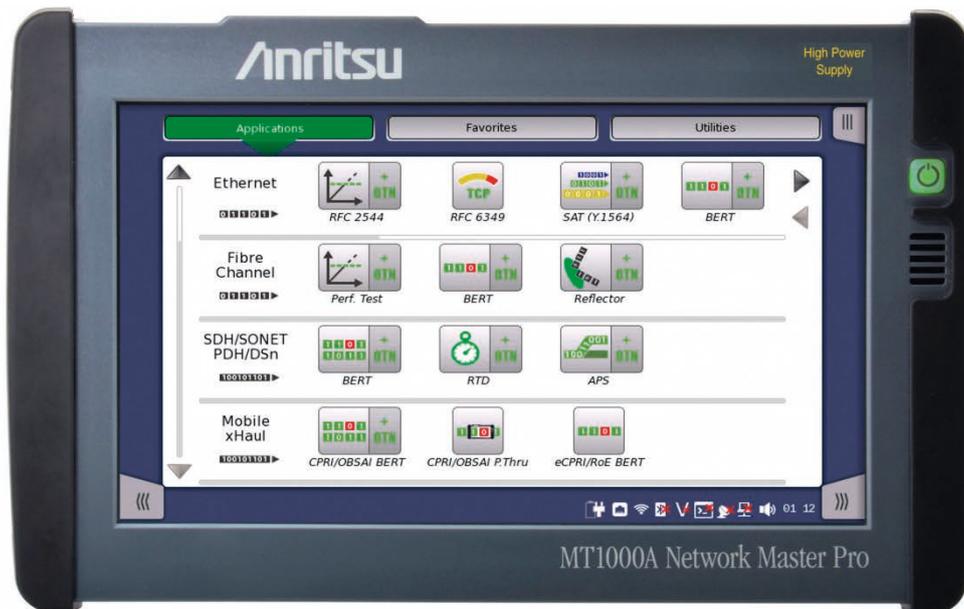
Waibstadter Strasse 2 - 4
 74924 Neckarbischofsheim

Telefon: +49 7263 648-0

Fax: +49 7263 6196

Email: info@kvg-gmbh.de

Upgraded Network Master Pro MT1000A Synchronous Measurement Function for 5G



Anritsu Corporation has announced an upgraded synchronous measurement function for the company's Network Master Pro MT1000A, the industry's smallest- in-class tester supporting mobile networks up to 100 Gbps. Fifth generation (5G) networks are expected to support increasing future numbers of applications and services, such as hi-definition video streaming, autonomous driving, IoT sensing, smart factories, etc. By upgrading this MT1000A test function, Anritsu hopes to facilitate construction of time-synchronous infrastructure, a key technology supporting 5G networks.

New Product Outline

The MU100090B is a GNSS disciplined oscillator supporting GPS, Galileo, GLONASS, Beidou and QZSS. It receives signals from each of these GNSS to output a UTC-traceable reference time signal as well as

10-MHz signals as a time-synchronous, high-accuracy reference timing supplied to the portable MT1000A, supporting SyncE Wander and PTP tests up to 25 Gbps for measuring network time synchronization. Furthermore, multiple MT1000A testers at various remote sites can be operated and monitored from the central office using the Site Over Remote Access MX109020A (SORA) software to help quickly pinpoint synchronization problems.

Development Background

Deployment of 5G communications networks is spreading due to the advantages of ultra-high speeds, high reliability, low latency, and multiple simultaneous connections in various scenarios. The millimeter-wave (mmWave) band used by 5G technology employs the TDD time-division duplexing technology for managing timing of uplink and downlink signals.

This technology requires that the time at all base stations is precisely synchronized, otherwise interference will cause degraded communications quality. Moreover, achieving a "smart" IoT-based society will require cooperation between devices exchanging position information acquired using OTDOA positioning technology, which is ideal for IoT applications, but high-accuracy position measurement is impossible without high-accuracy time synchronization between base stations. Base stations can be synchronized using wired-network technologies called SyncE and PTP, which require both measurement of the network time-synchronization performance when installing and maintaining a cell site, along with guaranteed network performance by the network operator. Moreover, the O-RAN Alliance, supporting SyncE Wander and PTP tests up to 25 Gbps for measuring network time synchronization, increasingly requires tests of overall mobile network time-synchronization performance to assure interconnectivity. Time-synchronization quality is indicated by drift from coordinated universal time (UTC), so precise time-synchronization measurement requires expensive infrastructure to acquire UTC with high accuracy. This can be a challenge at installation and maintenance of many cell sites. Anritsu has developed many test instruments for measuring the jitter and wander of transport networks since the SDH/SONET era. Adding this new High Performance GNSS Disciplined Oscillator MU100090B to the line of modules for the portable, battery-operated MT1000A will help simplify on-site I&M time-synchronization tests. ◀

Highly Versatile Wideband LDMOS Transistors

Ampleon has further strengthened its portfolio of advanced yet cost-effective RF power amplifier solutions by announcing the availability of two new wideband amplifier series: the 32-V-rated BLP15M9Sxxx and the 50V-rated BLP15H9Sxxx devices. Both families, BLP15M9Sxxx and BLP15H9Sxxx, are based on the company's 9th generation LDMOS and high-voltage LDMOS technologies respectively and support frequencies of up to 2GHz. They are capable of both continuous wave (CW) and pulsed signal operation, exhibiting elevated levels of stability. The BLP15MSxxx family comprises dedicated devices offering 100, 70 and 30 W and the BLP15H9Sxxx family supports devices delivering 100, 30 and



10 W. The BLP15M9Sxxx devices will deliver efficiencies of around 75% and with the BLP15H9Sxxx devices typically attaining +65%.

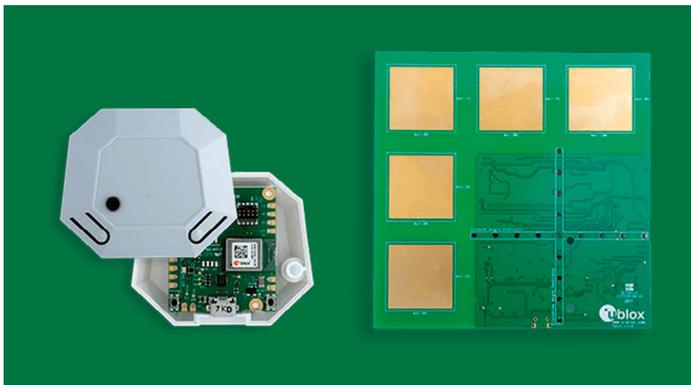
The breadth of frequencies these amplifier ICs can support means that they are highly suited to an extensive array of diffe-

rent applications. These applications span all the way from particle accelerators and plasma generators through to MRI imaging equipment, industrial heating systems, radar implementations and Broadcast.

BLP15M9Sxxx and BLP15H9Sxxx LDMOS amplifiers from Ampleon are supplied in compact SOT1482-1 (straight lead) and SOT1483-1 (Gull wing) format packages. Their highly robust construction ensures ongoing reliability. Use of plastic packaging helps to ensure that superior thermal performance is maintained, while also keeping unit costs down. Dual-side electro-static discharge (ESD) protection is incorporated into each device too.

■ *Ampleon*
www.ampleon.com

Bluetooth AoA Explorer Kits



The release of two "explorer kits" aimed at letting product developers evaluate the potential of Bluetooth direction finding and high precision indoor positioning announced u-blox. Designed for low power consumption, simple deployment, and low cost of ownership, the u-blox XPLR-AOA-1 and XPLR-AOA-2 explorer kits make it easy to test the technology's capabilities to enable a variety of applications including access control, collision detection, smart appliances, indoor positioning, and asset tracking.

Global navigation satellite system (GNSS) technology has solved the problem of locating people or assets outdoors. Mean-

while, no technology has yet managed to achieve widespread adoption for localizing people or assets in indoor environments such as warehouses. Recognizing the growing demand for more accurate indoor positioning solutions, the Bluetooth SIG released Bluetooth direction finding, offering a major improvement over previous RSSI (receiver signal strength indicator)-based solutions.

Bluetooth direction finding makes it possible to determine the direction that radio signals travel from a mobile tag to one or several fixed anchor points. Using angle-of-arrival (AoA) technology, anchor points comprising an antenna array that is

connected to a Bluetooth receiver can detect the direction, or angle, to the mobile tag, which transmits a Bluetooth signal. When a constellation of such multi-antenna anchors is deployed, AoA technology can be used to triangulate the precise location of a mobile device or tag.

The u-blox XPLR-AOA-1 and XPLR-AOA-2 explorer kits showcase one of the first complete Bluetooth-based tracking solutions – from the tag to the cloud – to reliably offer sub-meter-level accuracy in indoor environments. Comprising a u-blox C211 antenna board and a u-blox C209 tag, as well as the necessary software, the u-blox XPLR-AOA-1 offers all the required components to evaluate AoA technology. Applications include detecting whether a person or an object is approaching a door, avoiding collisions between moving objects, and directing a camera at a moving tag. The u-blox XPLR-AOA-2 demonstrates the u-blox high precision indoor position proof of concept built around Bluetooth direction finding. The kit comprises four u-blox C211 antenna boards, four u-blox C209 tags, and all the software

required to leverage AoA technology for diverse applications.

Both explorer kits use the u-blox NINA-B4 Bluetooth 5.1 low energy module featuring Nordic Semiconductor's nRF52833 Bluetooth® Low Energy System-on-Chip (SoC). Running on the SoC's embedded MCU, u-blox u-connectLocate software calculates the angles of the incoming signals with no additional processing required. In the case of the XPLR-AOA-2, a positioning engine software is included to triangulate the position of the tag.

To provide a great experience for the end-user, u-blox is partnering with Traxmate, whose enterprise asset tracking platform is supported by XPLR-AOA-2. This solution offers a hardware-agnostic, cloud-based tracking system that makes it easier to set up the tracking environment, create buildings, upload floor plans, and specify the placement of the anchor points. Users can use their offering to track the location of assets in real-time via the web or a dedicated smartphone app.

■ *ublox*
www.u-blox.com

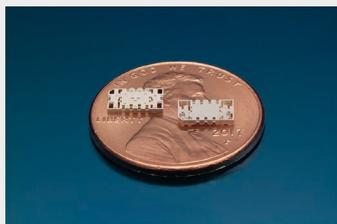
RFMW introduces new products

Surface Mount Bias-Tee Spans 26 GHz



RFMW announces design and sales support for surface mount bias-tees from Marki Microwave. The BTL-0026SMG-2 bias-tee uses a proprietary wire-wound coil for ultra-broadband, resonance-free operation from 500 kHz to 26 GHz. Lower frequency operation down to 5 kHz is possible with an external coil. Optional bypass capacitors can be added near the DC input port to filter noise on the DC line. With 1 W power handling, common BTL-0026SMG-2 applications include amplifier biasing, diode biasing and DC level shifting. Available in a compact .150" x .220" package.

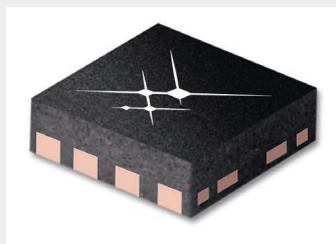
39 GHz SMT Interdigital Filter



RFMW announces design and sales support for mmWave, surface mount filters from Cubic Nuvotronics. The PSF39B04S interdigital filter has a pass band of 37 to 41 GHz with 50 ohms characteristic impedance. Handling a maximum input power of 2 W, this SMT filter's insertion loss is <2.2 dB and boasts >30 dB upper and lower bandpass rejection. PolyStrata technology provides wide bandwidth, exceptional filtering performance and minimal part-to-part variation for consistent results in production environments supporting 5G backhaul, satellite communica-

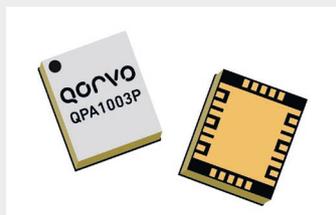
tions, RF telemetry, and instrumentation. RoHS compliant, PSF39B04S filters are available on tape and reel for standard SMT process assembly.

Low Noise Amplifier for 5G NR Infrastructure



RFMW announces design and sales support for a low noise amplifier (LNA) from Skyworks Solutions. The SKY67181-396LF features 22.5 dB of gain and ultra low-noise performance of 0.5 dB in key 5G frequency bands. Operational from 2.3 to 5 GHz, OIP3 of 28.9 dBm typifies the exceptional linearity needed to meet the challenging requirements of cellular LTE and 5G NR infrastructure applications. Housed in an ultra-compact 2 x 2 mm, plastic, surface mount package, the SKY67181-396LF reduces PCB board space requirements in 5G TDD and FDD infrastructure applications, including small cell, massive MIMO, and macro base stations.

1 to 8 GHz MMIC Delivers 10 W



RFMW announces design and sales support for a wideband, high power, MMIC amplifier from Qorvo. The QPA1003P operates from 1 to 8 GHz and typically provides 10 W saturated output power with power-added efficiency of 30% and large-signal gain of 25 dB. This

combination of wideband performance provides the flexibility designers are looking for to improve system performance while reducing size and cost. The QPA1003P is matched to 50 ohms with integrated DC blocking capacitors on both RF I/O ports, simplifying system integration. The wideband performance makes it ideally suited in support of test instrumentation and electronic warfare, as well as, supporting multiple radar and communication bands.

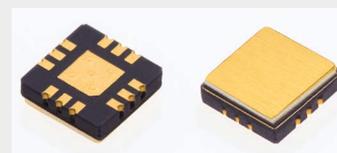
TRX Half-duplex Beamformer for mmWave 5G



RFMW announces design and sales support for a Beamforming IC from Renesas. The F5288 is an eight-channel TRX half-duplex silicon beamformer IC designed using a SiGe BiCMOS process for 28 GHz dual polarization 5G phased-array applications. The core IC has very flexible gain and phase control on each channel to achieve fine beam steering and gain compensation between radiating channels. The core design includes standard SPI protocol that operates up to 50 MHz with fast-beam switching and fast beam-state loading. Renesas' phased array beamforming ICs enable cost-effective, next generation system solutions for mmWave 5G, Satcom, and radar applications. Each beamforming IC contains multiple independently controlled active channels for element-level beam pattern shaping in electronically scanned array antennas (ESAs). The compact ICs are available in chip-scale BGA packages to enable very low profile and small form factor phased array antennas with 2 element spa-

cing. The ICs are available as transmit-only (Tx), receive-only (Rx), or transmit/receive (TRx) variants such as the F5288 and cover 5G mmWave, Satcom and radar frequency bands. Renesas' beamformer product line is rapidly expanding to keep up with the growing commercial demand for affordable phased array antennas.

KCB High Reliability SPDT Switch

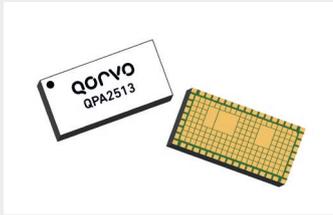


RFMW announced design and sales support for SPDT switches from KCB Solutions. The KS204C is a GaAs pHEMT, non-reflective RF switch offering high performance and low loss for designs in frequency ranges from 20 MHz to 8 GHz. Available in a 3 x 3 mm leadless, hermetic, Surface-Mount Technology (SMT) package, the switch handles up to 30 dBm and is designed for harsh environments including defense and satellite applications. Maximum insertion loss is 1.8 dB. The KS204C is a standard product and can be ordered with the equivalent 100% screening requirements of MIL-PRF-38535 Class B and S. MIL-PRF-38535 equivalent QCI product flows, EEE-INST-002 flows, and/or other specialized testing is available upon request.

50 V GaN Amplifier Delivers 125 W

RFMW announced design and sales support for an S-band radar amplifier from Qorvo. The QPA2513 is a 2-stage, internally matched GaN Power Amplifier Module operating in the 3.1...3.5 GHz frequency range. 10% duty cycle pulsed RF provides typi-

cally 51 dBm of saturated output power with 30 dB of large-signal gain and 62% of power added efficiency.



The QPA2513 is matched to 50 ohms with integrated bias circuits and DC blocking capacitor at input port. An SMD package provides good thermal properties and is ideal for use in both commercial and military radar systems.

Reconfigurable MMIC Amplifier Supports S- and X-Band Radar



RFMW announced design and sales support for a dual-band GaN MMIC amplifier from Qorvo. The QPA0007 power amplifier enables next generation radar systems with reconfigurable RF output delivering 32 W of P_{sat} RF power in S-band (3.1 to 3.5 GHz) and 28 W in X-band (9 to 11 GHz). Large signal gain is 21 dB (S-band) and 18.5 dB (X-band) from the 7 x 6 mm SMT device operating from a 26 V bias. Test results show that a dual, S/X-band implementation of the QPA0007 has better performance than individual S and X-band MMICs combined with a SPST switch, a significant advantage in SWaP-C design considerations.

■ *RFMW*
www.rfmw.com

Anritsu and Samsung Extend Collaboration to Deliver Latest 5G Release 16 Technology



Anritsu Corporation is pleased to announce that it has successfully verified a number of key 3GPP Release 16 features using its Radio Communication Test Station MT8000A in combination with Samsung Electronics' System LSI Business latest 5G Exynos Modem.

5G NR Release 16

greatly expands the reach of 5G to realize new services, spectrum and deployments. It offers many enhancements to the fundamental aspects of the 5G system that further improve capacity, coverage, power efficiency, mobility, latency, reliability and more. Together these enhancements will enable benefits across a broad range of 5G use cases.

As part of a longstanding collaboration

Samsung and Anritsu have together been focusing on integration and testing of multiple new Release 16 power saving features that can extend battery life, such as a new wakeup

signal (WUS), enhanced cross-slot scheduling, UE Assistance Information and optimized UE radio capability signaling (RACS). In addition, Release 16 mobility enhancements such as Conditional Handover (CHO), Overheating Assistance Information, MDT (Minimization of Drive Test) and SON (Self Organizing Network) are now being integrated.

These latest collaboration results

build upon other recent successes in 5G NR Release 16 feature testing, most notably FR1 + FR2 Dual Connectivity, demonstrating Anritsu's commitment to the wider rollout of new 5G services in support of an expanding ecosystem by delivering market leading 5G test solutions for verifying compliance to the 3GPP mobile standard for 5G.

Product Outline

The Radio Communication Test Station MT8000A is an all-in-one platform supporting RF and

protocol testing, functional and application operation testing, beam characteristics testing and more. As well as supporting both NSA and SA-mode base-station simulation functions required for development of 5G chipsets and terminals, it also covers FR1 frequency bands, including 600 MHz, 2.5 GHz, 3.5 GHz, 4.5 GHz, and 6-GHz unlicensed bands, as well as the FR2 24 GHz, 28 GHz, 39 GHz, and 43-GHz mmWave bands, to support all the main bands used by 5G services. Additionally, MT8000A supports the functions required for high-speed communications, such as 4x4 MIMO in FR1, 8CC and 256QAM in FR2 as well as supporting the latest 3GPP Release 16 features.

Furthermore, the MT8000A provides a versatile and efficient test environment that is easily configured using a simple user interface and software to test device performance.

■ *Anritsu Corporation*
www.anritsu.com

Evaluating New IEEE 802.11ax 6-GHz Band WLAN Performance using Network Mode



Anritsu Corporation (President Hirokazu Hamada) is pleased to announce the June-16 launch of its new option to extend the functions of the company's Wireless Connectivity Test Set MT8862A by supporting evaluation of IEEE 802.11ax 6-GHz band WLAN TRX characteristics.

Following FCC approval

In April 2020 for unlicensed use of the 6-GHz operation band as the first new WLAN frequency band in almost 20 years, countries worldwide are starting device testing and deployment. The IEEE 802.11ax WLAN standard regulates this 6-GHz band and the Wi-Fi Alliance is starting its Wi-Fi 6E certifica-

tion program for IEEE 802.11ax 6-GHz devices.

The MT8862A is designed to evaluate RF TRX performance of IEEE 802.11a/b/g/n/ac/ax WLAN devices. Additionally, as well as implementing all-in-one 2.4, 5, and 6-GHz band RF TRX measurements, the MT8862A also supports performance evaluations defined by IEEE 802.11 standards and Over-The-Air (OTA) performance tests defined by both CTIA and the WiFi Alliance.

By using this option, the MT8862A can evaluate the RF characteristics of IEEE 802.11ax 6-GHz devices using either the Network Mode or Direct Mode. In addition to shorter evaluation time using the Direct Mode, the

Network Mode facilitates evaluation under actual operation conditions using signaling messages. While developing this 6-GHz band option, Anritsu also added support for 160-MHz wide channels. Since the 6-GHz band covers a 1200-MHz wide operation band, use of 160-MHz wide channels becomes practical, which is expected to facilitate streaming of higher-definition video and larger-capacity data than previously possible.

By supporting measurement

and testing of 6-GHz band WLAN devices and 160-MHz wide channels, Anritsu expects its MT8862A to play a key role in development of next-generation communications devices.

Development Background

Along with the spread of IoT devices, WLAN functions are being built increasingly into more mobile products, such as tablet PCs and smartphones, as well as into home electronics, including printers and TVs, automobiles, industrial machines, sensing equipment, etc.

On the other hand, communications environments with a high density of WLAN devices are suffering from a shortage of communications resources for WLAN connections, resulting in challenges such as slower communications speeds and unstable connections.

Solving these many challenges, especially the shortage of communications resources, by using the 6-GHz band will help drive development of novel applications to promote leading-edge industrial development, which in turn, increases the urgent need for measuring instruments supporting evaluation of the RF TRX characteristics of IEEE 802.11ax 6-GHz band devices.

Anritsu has developed this option to extend the MT8862A functions by supporting performance evaluation of IEEE 802.11ax 6-GHz band devices.

■ Anritsu Corporation
www.anritsu.com

Two Contracts with Tier-1 Operators for 5G SA Service Assurance

Anritsu Corporation has won contracts for Service Assurance on 5G SA (standalone) networks from two Tier-1 operators. These world-renowned CSPs are leading the market on vision and execution, aiming to be the first to offer their subscribers and business customers a fully-cloudified 5G SA experience.

„As we increasingly use public, private, and hybrid clouds, Anritsu is delighted to be working with operators on 5G SA to ensure their subscribers can enjoy the

most advanced services backed by the next generation of automated assurance capabilities. These votes of confidence from Tier-1 CSPs is an appreciation of years of strategic investment in virtualization and 5G capabilities and a company-wide digital transformation,“ said Ralf Iding, CEO of Anritsu Service Assurance.

The wins reflect the market's trust in Anritsu, which prides itself on the long-term partnerships developed with custo-

mers. Many of Anritsu's valued customers have worked with the company since the days of 2G and continue to place their trust in us as the industry moves towards a future based on cloudified networks and automated assurance. The wins represent an expansion with a current customer and one with a new customer working on private cloud and public cloud deployments.

Anritsu Corporation
www.anritsu.com

Simple and Affordable RMS Power Meter Operates from 0.1 to 40 GHz

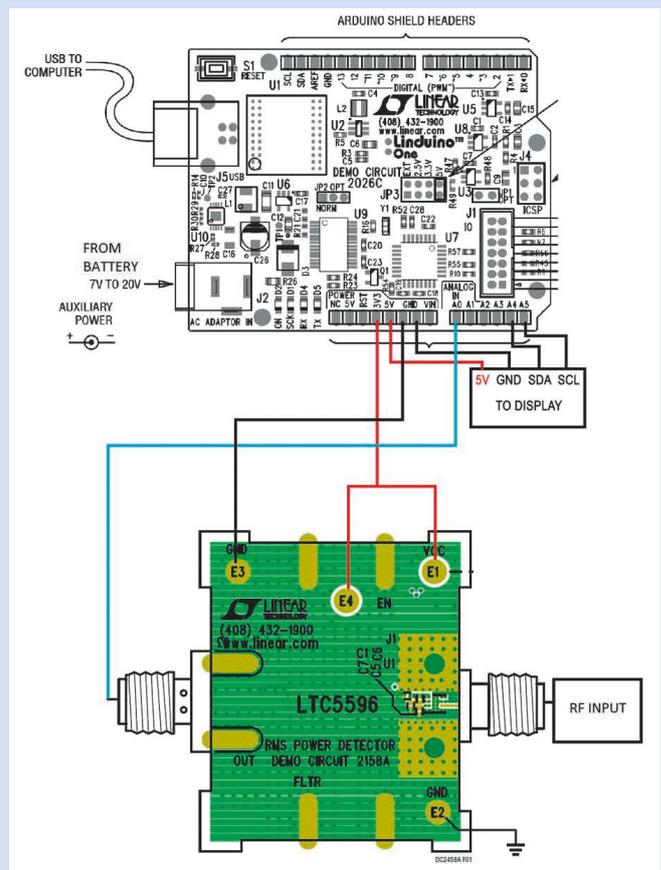
RMS-responding RF power meters are widely used in test and measurement applications to precisely and accurately measure the RF power of signals with varying crest factors. These expensive connectorized devices offer a high level of precision, while relying on extensive characterization and calibration, but this precision comes at a cost in size and expense.

For far lower cost and much smaller size, the LTC5596, a 100 MHz to 40 GHz rms responding integrated circuit with 35 dB or more detection range, can be used to build a handheld broadband power meter, or even in-circuit, embedded power meters. The LTC5596's well-controlled linear-in-dB transfer function and excellent flatness vs. fre-

quency allows for easy calibration – as basic as a single midfrequency two-point calibration, resulting in ± 1 dB of measurement accuracy across a frequency range from 150 MHz to 30 GHz. The LTC5596 low power consumption (only 100 mW) and its integrated nature make possible in-circuit and handheld power monitoring solutions.

The simplicity of a complete solution is illustrated by the battery-powered example, where a broadband RF power meter can be built using the available LTC5596 demonstration circuit (DC2158A), an I²C LCD display, and the DC2026C LINDUINO board running a short firmware program.

■ Analog Devices, Inc.
www.analog.com



Simulation and Testing of 5G Automotive Applications



Anritsu Corporation and dSPACE, two leading companies in testing and measurement as well as simulation and validation, will jointly demonstrate an unparalleled integration of a 5G network emulator in a hardware-in-the-loop (HIL) system to develop next generation automotive applications for connected vehicles. Visitors of the Virtual showroom at the Mobile World Congress (MWC) 2021 will experience a showcase with virtual test drives for end-to-end testing of vehicle-to-infrastructure (V2I)

applications for traffic optimization and sensor sharing – all powered by realistic simulation of the vehicle and the environment with smart infrastructure as well as real 5G communication. The combination of 5G and Edge Cloud, which promises high data throughputs and low latencies, has the potential to allow for completely new applications, such as sharing raw sensor data with vehicles and infrastructure. This can enable cooperative perception, swarm intelligence based on shared AI or real-time traffic

optimization to make automated driving even safer, more comfortable and ecofriendly. However, without a suitable 5G test bed infrastructure, the development of associated applications can be challenging. The exhibit showcase integrates the Anritsu Radio Communication Test Station MT8000A, an all-in-one 5G radio frequency (RF), functional, and protocol test solution, with a dSPACE SCALEXIO real-time system for demanding HIL simulation or rapid prototyping. For a realistic test of a V2X device and

application, SCALEXIO is complemented by the simulation of virtual test drives with dSPACE Automotive Simulation Models (ASM) – open Simulink models for simulating the vehicle and environment, such as road, traffic and infrastructure. In addition, a dedicated software interface was developed to connect the Anritsu Test Station and control the 5G mobile data link to the back end during real-time simulation.

■ Anritsu Corporation
www.anritsu.com



DC TO 65 GHz

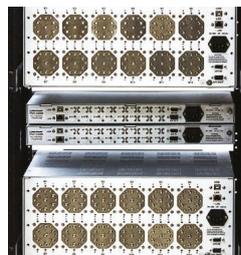
RF & Microwave Test Solutions

Get More Out of Your Test Setup

**Software Controlled Building
Blocks and RF Interface Units**



Custom Test Systems



Test Accessories



Flexible

- Wide selection of components in stock from DC to 67 GHz
- Start small and expand and reconfigure as your needs change
- Use our software or yours. User-friendly GUI included or develop your own software with LabVIEW®, MatLab®, Python®, C#, C++ or VB.

Reliable

- All components and assembled systems fully tested and characterized in-house
- 50+ years quality, manufacturing and supply chain expertise

Affordable

- High-performance without breaking the bank
- Get more functionality and capacity without heavy investment in additional high-end instrumentation

Fast

- Wide selection of solutions in stock for immediate shipment
- Modular systems allow quick, user-defined hardware configuration
- Industry's fastest turnaround times on custom systems



 Mini-Circuits®

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

DISTRIBUTORS

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

4000 MHz VCO

CVCO33CC-4000-4000 VCO (Voltage Controlled Oscillator) from Crystek operates at 4000 MHz with a control voltage range of 0 to 3.3 V. This VCO features a typical phase noise of -100 dBc/Hz @ 10 kHz offset and has excellent linearity. Output power is 3 dBm (min.). Engineered and manufactured in the USA, the model CVCO33CC-4000-4000 is packaged in the industry-standard 0.3 x 0.3 in. SMD package. Input voltage is 3.3 V, with a current consumption of 20 mA typical. Pulling and Pushing are minimized to 5 MHz pk-pk and 1 MHz/V, respectively. Second harmonic suppression is -20 dBc typical. The CVCO33CC-4000-4000 is ideal for use in applications such as digital radio equipment, fixed wireless access, satellite communications systems, and base stations.



Family datasheets are available for download at www.crystek.com. For more information, contact sales at:

■ *Crystek Corporation*
www.crystek.com

Anritsu, Spirent and Toyo develop a New Solution for Evaluating 5G Video Quality



Anritsu Corporation is pleased to announce availability of a new solution for evaluating the video quality of 5G devices. This lab-based solution was developed in partnership with Spirent Communications plc and Toyo Corporation and uses Anritsu's SmartStudio NR Network Simulator and Spirent's Attero and Umetrix Video software, providing a new integrated 5G video quality system.

Development Background

The accelerating shift from 4G to 5G mobile communications, combined with increasing adoption of teleworking, are leading to more streaming of video content as well as greater use of online meeting tools. As a result, the quality of the video is a key factor in users' choice of 5G mobile operator and smartphone brand. Consequently, mobile operators, 5G device vendors, and content providers urgently

need a solution to evaluate the video quality of 5G devices.

Integrated Solution

This solution integrates Anritsu's MT8000A Radio Communication Test Station and SmartStudio NR (SSNR) control software with Spirent's Attero Network Emulator and Umetrix Video system for evaluating video quality.

The MT8000A operates as a 5G Call Box by simulating a 5G base station and core network using a state-machine-based GUI. Users can simulate a full range of 5G network conditions including both Standalone (SA) and Non-Standalone (NSA) topologies at FR1 or FR2 frequencies, all without creating protocol scripts. Testing of throughput, mobility, VoNR, EPS-Fallback, SMS, CMAS, CDRX, and other functions can be performed easily using SSNR's GUI.

SSNR's flexible network settings as well as its simple reproduction of a live 5G network environment allow easy and effective analysis of video quality. Moreover, a customer's automation environments can be configured more quickly due to its support for numerous APIs.

Spirent's Attero allows users to emulate a network or a network element in an accurate and repeatable way to fully stress-test the transport of real-time services such as video and VoIP over Next-Gen IP platforms and networks. Filters can be set to test the effect of impairments on specific packets or types of traffic.

Spirent's Umetrix Video evaluation system measures the receive-side quality of streamed video content by scoring QoE (Quality of Experience) using Video Mean Opinion Scoring (V-MOS) from the receive-side only. It supports video-strea-

hf-Praxis

ISSN 1614-743X

Fachzeitschrift
für HF- und
Mikrowellentechnik

• **Herausgeber und Verlag:**
beam-Verlag
Krummbogen 14
35039 Marburg
Tel.: 06421/9614-0
Fax: 06421/9614-23
info@beam-verlag.de
www.beam-verlag.de

• **Redaktion:**
Ing. Frank Sichla (FS)
redaktion@beam-verlag.de

• **Anzeigen:**
Myrjam Weide
Tel.: +49-6421/9614-16
m.weide@beam-verlag.de

• **Erscheinungsweise:**
monatlich

• **Satz und Reproduktionen:**
beam-Verlag

• **Druck & Auslieferung:**
Bonifatius GmbH, Paderborn
www.bonifatius.de

Der beam-Verlag übernimmt, trotz sorgsamer Prüfung der Texte durch die Redaktion, keine Haftung für deren inhaltliche Richtigkeit. Alle Angaben im Einkaufsführer beruhen auf Kundenangaben!

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.

ming services and video-content analysis by scoring the original video without prior display, allowing faster and lower-cost repeatable design tests, regression tests, and competitor benchmarking.

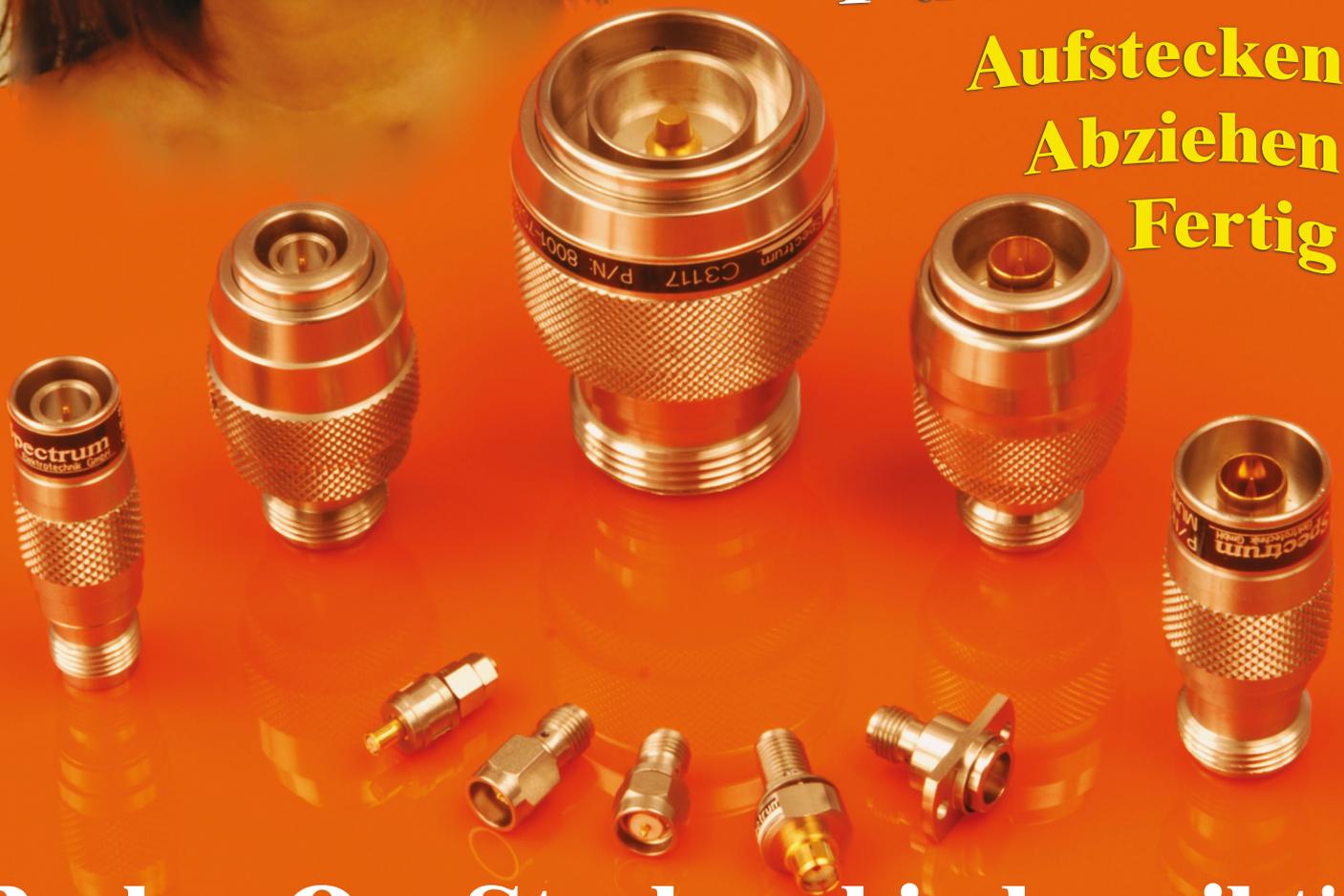
■ *Anritsu Corporation*
www.anritsu.com



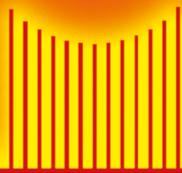
**Schrauben Sie immer noch ?
Mit Drehmoment beim
Aufschrauben und beim
Abschrauben ?**

**Noch nichts gehört von
P u s h - O n s ?**

**Aufstecken !
Abziehen !
Fertig !**



**Push - On Steckverbinder gibt's
für standard SMA, N, TNC, 7/16**



Spectrum
Elektrotechnik GmbH

wo Qualität benötigt wird

80905 München

Telefon: 089-3548-040

WWW.SPECTRUM-ET.COM

Postfach 450533

Fax: +49-89-3548-0490

Email: sales@spectrum-et.com

DC~67GHz

Millimeter Wave Cable Assemblies

Feature & Advantage :

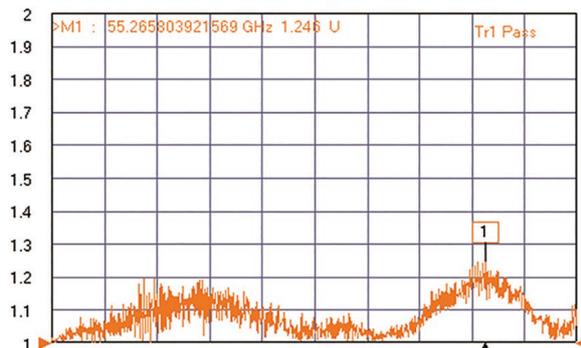
- **Excellent VSWR:** 1.4:1@67GHz Max.
- **Insertion Loss:** 6.2dB/m@67GHz Max.
- **Amplitude Stability over Flexure:** $<\pm 0.15\text{dB}$ @67GHz
- **Phase Stability over Flexure:** $<\pm 6^\circ$ @67GHz
- **Phase Stability over Temperature:** 500ppm@-40~+70°C Typ.
- **Cost Effective**



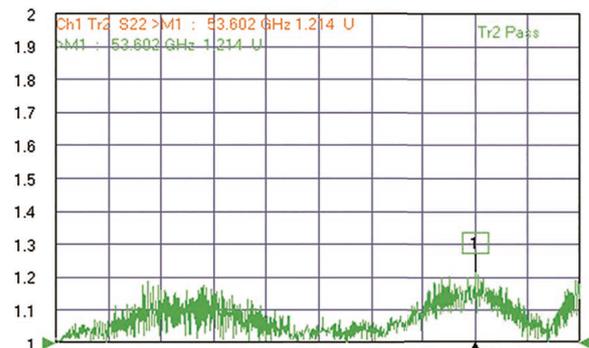
B67-0P-0P-L (L=Length)

Test Report for 1M Cable Assembly

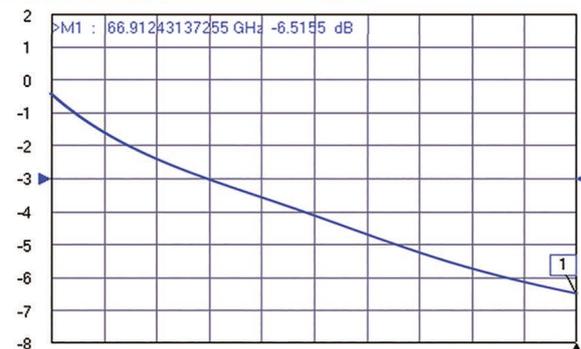
Tr1 S11 Refl SWR RefLvl: 1 U Res: 100 mU/Div



Tr2 S22 Refl SWR RefLvl: 1 U Res: 100 mU/Div



Tr3 S12 Trans LoqM RefLvl: -3 dB Res: 1 dB/Div



Tr4 S21 Trans LoqM RefLvl: -3 dB Res: 1 dB/Div



MiCable

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

a millexia company

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