

# hf-praxis

## HF- und Mikrowellentechnik

### Testlösungen für das Internet der Dinge

Rigol, Seite 34

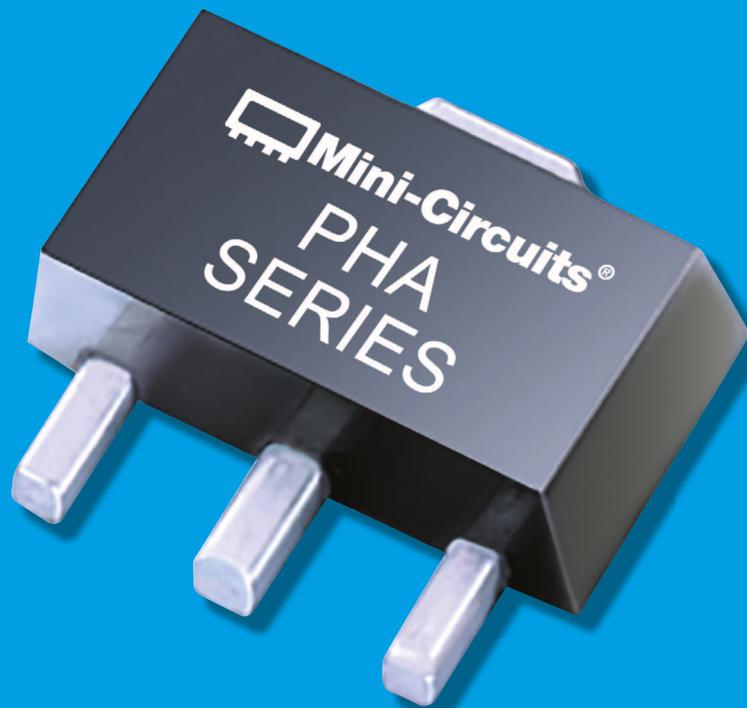
**rf & wireless** EUROPE  
International News  
starting on page 61



**RIGOL**  
Innovation or nothing

# AMPLIFIERS

0.8dB NF +45dBm IP3



## 1 MHz-2 GHz

Stretching the Boundaries of  
VHF UHF Systems



 **Mini-Circuits®**

[www.minicircuits.com](http://www.minicircuits.com) (718) 934-4500 [sales@minicircuits.com](mailto:sales@minicircuits.com)

574 Rev B\_P

### DISTRIBUTORS

**IE INDUSTRIAL GMBH**  
ELECTRONICS

D-65719 Hofheim-Wallau, Germany  
Tel. +49-6122-72660-0 Fax +49-6122-72660-29  
[www.ie4u.de](http://www.ie4u.de)  
[anfrage@ie4u.de](mailto: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](mailto:info@municom.de) [www.municom.de](http://www.municom.de)

## Festgezurt

Nun ist es amtlich: Nachdem die 5G-NR-Spezifikationen für den Non-Standalone-Betrieb im Dezember 2017 verabschiedet wurden, ist nun auch die Standalone-Version festgezurt. Jetzt geht es an die Umsetzung in entsprechende Anwendungen. Kommerzielle Geräte auf Basis dieses neuen Mobilfunkstandards und die dafür erforderliche Infrastruktur werden nun Feldversuchen und Tests unterzogen, die kommerzielle Nutzung rückt immer näher. Erste Applikationen waren sogar schon bei den Olympischen Spielen in Südkorea dieses Jahr zu sehen.

Nicht nur im Telekommunikationsbereich wird diese neue Technologie erhebliche Vorteile bringen. Sie verspricht eine vielfältige, zuverlässige und hochgradig vernetzte Welt. Durch 5G lassen sich 100-mal mehr Geräte in das Netzwerk einbinden – das Internet der Dinge (IoT) und vor allem das Industrielle Internet der Dinge (IIoT) werden mit 5G so richtig durchstarten.

Das Topthema schlechthin, bei dem 5G eine große Rolle spielen wird, ist das automatisierte Fahren. Damit Autos weitestgehend autonom fahren können, müssen sie mit ihrer Umwelt kommunizieren können – sei es mit anderen Fahrzeugen (V2V-Kommunikation) oder mit anderen im IoT vernetzten Gegenständen (V2X-Kommunikation). So könnte das Fahrzeug sich mit einer Vielzahl verschiedener „Dinge“ austauschen, etwa mit Mobilfunkstationen, intelligenten Laternenmasten oder Straßenschildern, die vorbeifahrenden Fahrzeugen Straßenverhältnisse oder Umweltdaten zur Verfügung stellen könnten.

Ein anderer Anwendungsbereich ist Augmented Reality (AR), beispielsweise in der Fertigung, denn auch im industriellen Umfeld werden mehr und mehr Geräte miteinander vernetzt (IIoT). Durch die Kombination des IIoT mit AR, maschinellen Lernverfahren und künstlicher Intelligenz sehen Techniker den Maschinenzustand und weitere wichtige Informationen über AR-Brillen oder auf einem Tablet direkt vor Ort und erkennen so schnell die Ursache für ein Problem. Die Wartung

und Bedienung von Maschinen gestalten sich benutzerfreundlicher, ebenso werden durch schnelle Wartung und Reparatur Maschinenstillstandszeiten reduziert. 5G hat also das Potenzial, die Produktion künftig schneller, günstiger und sicherer zu machen.

Mess- und Prüftechnologien werden für die Kommerzialisierung von 5G eine zentrale Rolle spielen. Doch ist hier ein neuer Ansatz erforderlich. Statt kabelgebundener Messungen sind drahtlose Testverfahren über die Luftschnittstelle (Over-the-Air-Tests, OTA) vonnöten. Außerdem müssen Prüfsysteme nicht nur bandbreitenintensive Signale erzeugen und erfassen können, die Datenverarbeitung muss auch in Echtzeit erfolgen. In der Forschung zu 5G hat ein plattformbasierter Ansatz auf Basis von SDR-Technologie bereits zu schnellen und umsetzbaren Ergebnissen geführt. Jetzt müssen auch die Testgerätehersteller nachziehen. Für die Entwicklung 5G-basierter Systeme sind flexible und softwarekonfigurierbare Plattformen unentbehrlich.

Nachdem die beiden Versionen von 5G nun festgezurt sind, ist zu erwarten, dass nach und nach 5G-fähige Geräte auf den Markt kommen und wir die globalen Auswirkungen des neuen Mobilfunkstandards stärker zu spüren bekommen. 5G wird ein integraler Bestandteil vieler Aspekte unseres Alltags sein, sei es in der Unterhaltungselektronik oder in so genannten Smart Cities. Dies ist erst der Beginn einer neuen Ära drahtloser Kommunikation. ◀



Rahman Jamal, Business & Technology Fellow, Marketing, National Instruments

## 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 10kW
- Messung von Vorwärts- und Rückwärtsleistung, VSWR und Temperatur
- Lokale Messung und Fernabfrage
- Programmierbare Alarmzustände mit optischer/akustischer Meldung, Relaisausgänge

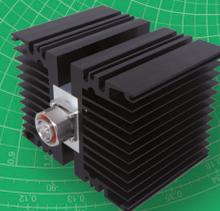


**Noisecom**

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

**WEVERCOMM**

- Richtkoppler bis 200W und 2.5GHz
- Dämpfungsglieder und Abschlußwiderstände bis 2KW



**RF Optic**  
Optical RF Solutions

- Störstrahlungssichere HF-Verbindungen über Glasfaser



municom GmbH  
Fuchsgrube 4  
83278 Traunstein  
info@municom.de  
Tel. +49 861 16677-99

ISO 9001  
BUREAU VERITAS  
Certification  
N° 1390-01M-02-001  
EN ISO 9001:2008



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

**MI-WAVE®**  
Millimeter Wave Products Inc.

## 511 Programmable Rotary Vane Attenuators



### Features:

- ▶ Full Waveguide Bands from 7.0 to 220GHz
- ▶ High Accuracy / Highly Reliable
- ▶ Digital Readout
- ▶ Low Insertion Loss
- ▶ IEEE-488 & USB Interface
- ▶ Manual Operation Mode

### Applications:

- ▶ Fade Margin Testing of Microwave Radio Equipment
- ▶ Remote Control of RF Power Levels
- ▶ Instrumentation

### 511 v2 Upgrades Include:

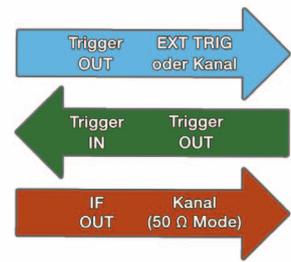
- ▶ Less than 2sec. to change attenuation level from 0 to 70 dB
- ▶ Improved resolution with 0.01 steps from 0 to 70 dB
- ▶ Interactive User Menu
- ▶ Programmable GPIB address (now goes up to 30)
- ▶ Higher Power Handling capability

TACTRON ELEKTRONIK GmbH & Co. KG

Bunsenstr. 5/II • D-82152 Martinsried

Tel.: +49 (0)89 89 55 69 0 • Fax: +49 (0)89 89 55 69 29

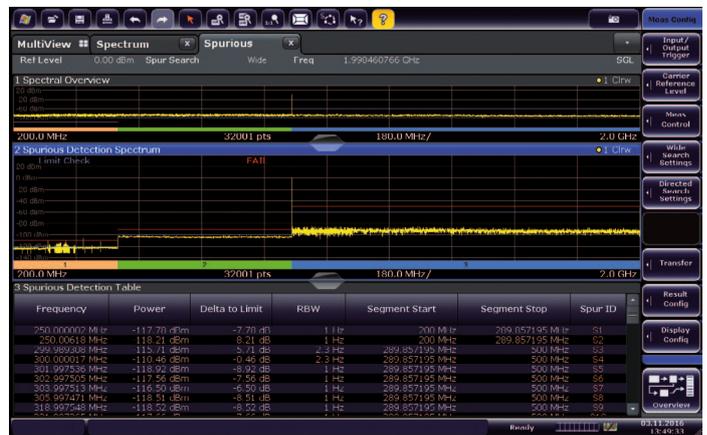
**www.tactron.de • info@tactron.de**



### Titelstory:

## Testlösungen für das Internet der Dinge

Als führender Anbieter von Messtechnik hilft Rigol dem Anwender, die Testanforderungen und Messaufbauten zu verstehen und durchzuführen, um IoT-Anwendungen so schnell wie möglich auf den Markt zu bringen. **34**



### Schwerpunkt EMV ab S. 8:

## Fortgeschrittene Techniken für Messungen von Störemissionen

In diesem Artikel werden die Grundlagen von Störemissionsmessungen besprochen und es wird gezeigt, wie sich die angewandten Parameter auf die Detektionsleistung auswirken können. **16**

### Messtechnik ab S. 28:

## Quadratur des Kreises

Klassische HF-Leistungsmesser sind klein und genau, aber nicht sehr empfindlich und weisen eine begrenzte Dynamik auf. Hier punkten die Messempfänger, die aber andere Nachteile haben. Ein revolutionärer neuer Sensortyp von Rohde & Schwarz bringt alle guten Eigenschaften zusammen. **30**

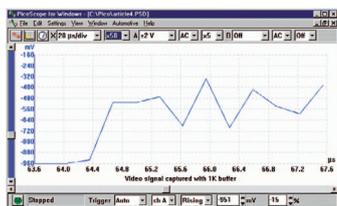
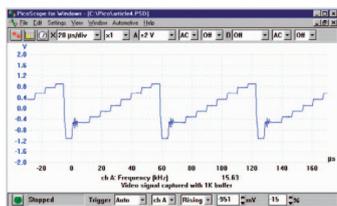




Bauelemente ab S. 38:

## Mikrowellen-Synthesizer mit branchenführenden Eigenschaften

Analog Devices kündigte einen breitbandigen Synthesizer mit integriertem VCO an, der durch richtungsweisende Leistungsfähigkeit und Flexibilität gekennzeichnet ist und sich ideal für verschiedenste Anwendungen eignet. **40**



Grundlagen:

## Eigenheiten digitaler Oszilloskope

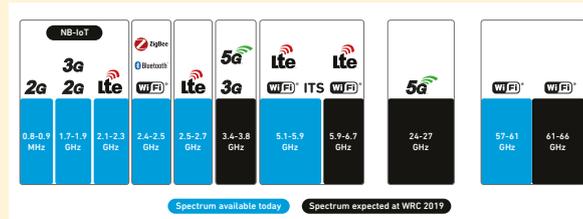
Digitale Oszilloskope bieten einige Vorteile, wie die Analyse und Speicherung/Archivierung von Messkurven und -ergebnissen. Jedoch sind etwa beim Abtasten auch Fehler möglich, sodass es also Besonderheiten gibt, die der Anwender kennen sollte. **56**



hf-praxis 10/2018

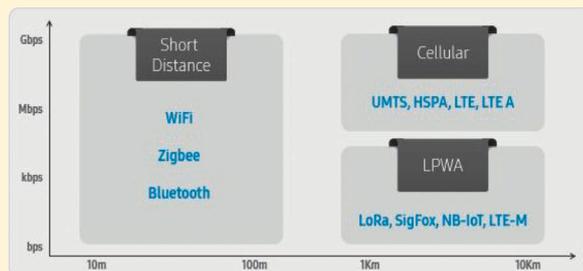
# EUROPE rf & wireless International News

## 5G or 11ax?



Have you ever wondered why your phone has three radios, while your tablet and computer typically have two? For that matter, why do you know names like Wi-Fi, Bluetooth, LTE, 5G or Zigbee? **63**

## Simulation Test Bench for NB-IoT Products



This application note presents an overview of narrow-band internet of things (NB-IoT) requirements and the challenges in component design and simulation. **70**



## RF Absorber Kit

RFMW Ltd., announced design and sales support for MAST Technologies microwave absorbing materials. The Design Kit contains a variety of samples intended to be cut and utilized during the design process. **84**



**JYEBAO®**

### » HF-Verbinder

- MCX, MMCX, SMP, SSMB
- SMA, 3.5, K
- BNC, TNC, BMA
- N, 7/16 ...

### » HF-Adapter

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

### » HF-Kabel

- Semi-Rigid
- Hand Bendable
- Flexible RG

### » Kabelkonfektionen

- Low Loss
- Phase Matched
- Delay Line

### » HF-Komponenten

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

### » VNA-Testkabel bis 40 GHz



**CompoTEK**

CompoTEK GmbH  
Lindwurmstrasse 97a  
80337 München

tel +49 89 54 43 23-0

fax +49 89 54 43 23-21

info@compotek.de

www.compotek.de

# Kosmische Kommunikation

So kommunizieren Satelliten, Raumstationen, Raumsonden und Lander mit der Erde

Frank Sichla

## Kosmische Kommunikation

So kommunizieren Satelliten, Raumstationen, Raumsonden und Lander mit der Erde



beam-Verlag

Seit Jahrzehnten wird der Welt- raum mit unbemannten wie be- mannten Missionen erkundet. Diese Unternehmungen waren und sind ebenso faszinierend und he- rausfordernd wie auch mit Rück- schlägen, ja Tragödien verbunden und natürlich meist sehr kosten- intensiv. Doch die auf diese Weise gewonnenen Erkenntnisse haben unser Verständnis vom Kosmos und insbesondere von unserem Sonnensystem maßgeblich erwei- tert und geprägt.

### Mission Impossible?

Die Medien berichten über neue Raumfahrt-Missionen, nennen und erläutern deren Aufgaben und Ziele. Es geht um Entfernungen, Reisegeschwindigkeiten, Instru- mente, Forschungsziele und Zeit- horizonten dieser Missionen. Dabei

gerät leicht in Vergessenheit, dass die gewonnenen Daten auch von der Raumsonde zur Erde über- mittelt werden müssen, bevor sie Wissenschaftler auswerten kön- nen. Fast alle Missionen haben bei- spielsweise eine Gemeinsamkeit: die Kommunikation über das Deep Space Network der amerikanischen Raumfahrtbehörde NASA.

### Wie geht das?

Doch wie funktioniert dieses und die Kommunikationstechnik an Bord der Raumstationen, Raum- sonden und Lander? Schließlich muss hier mit einem beweglichen Objekt in Millionen oder Mil- liarden Kilometern Entfernung über Monate, Jahre oder sogar Jahrzehnte der Kontakt gehalten werden! Zu diesem interessanten Themenkomplex erfährt man ver- gleichsweise wenig innerhalb des Raumfahrt-Informationsangebots in Büchern, Zeitschriften und im Internet. Der Autor versucht, diese Situation zu verbessern.

### „Mathematik-Wüste“

Er führt den Leser zunächst durch eine kleine „Mathematik-Wüste“, indem er ihm die Anwendung des Dezibels allgemein in der Kom- munikationstechnik und speziell bei den Weltraumfunk-Antennen sowie beim Rauschen erklärt und ihn damit fit macht für den qual- ifizierten Einsteiger in die eigent- liche Materie. Um diese Rechen- fertigkeiten zu erproben, geht es danach an die Streckenberechnung für einen geostationären Satel- liten. Dazu genügen nun ledig- lich vier Schritte, die den Leser sicher zum Erfolg führen. Und ganz nebenbei lernt dieser auch

noch wichtige Fachbegriffe ken- nen und verstehen.

### Viele Beispiele

Wie die Kommunikation beim Weltraumfunk über kleine bis mittlere Entfernungen aussieht, beschreibt und zeigt dieses Buch anhand vieler Beispiele, wie dem Erde-Mond-Erde-Amateurfunk, geostationären und umlaufenden Wettersatelliten, dem „Satellitente- lefon“ INMARSAT, dem Notrufsys- tem COSPAS-SARSAT oder den Raumfähren Space Shuttle. Danach wird das Deep Space Network der NASA, das die Kommunikation über Millionen und Milliarden Kilometer ermöglicht, näher vor- gestellt. Wie ist es strukturiert? Was leisten die Antennen? Welche Aufgaben sind zu erfüllen? Wie er- folgen zentrale Koordination und Datenaufbereitung? Welche Fre- quenzen werden verwendet? Auf diese und ähnliche Fragen gibt es Antworten.

### Sende- und Empfangstechnik

Die Sende- und Empfangstechnik der Raumsonden ist das nächste große Thema. Dazu dienen ausge- wählte Missionen als anschauliche Beispiele. Auch hier geht der Autor schrittweise vor, spannt den Bogen von Reisen zum Mond über Missi- onen zu Venus, Merkur und Mars bis zu den entferntesten Planeten in unserem Sonnensystem, wie Uranus, Neptun und Pluto.

**Unser gesamtes Buchprogramm finden Sie unter [www.beam-verlag.de](http://www.beam-verlag.de) oder Sie bestellen über [info@beam-verlag.de](mailto:info@beam-verlag.de)** ◀

Frank Sichla, 17,5 x 25,3 cm, 92 S., 72 Abb. ISBN 978-3-88976-169-9, 2018, 14,80 €

### Über den Autor

Der Autor Frank Sichla, Jahrgang 1956, ist Funkamateur, stu- dierte Industrieelektronik, diente in einer Nachrichteneinheit, arbeitete als Entwicklungsingenieur in einem Institut und ist seit 1990 als freiberuflicher Fachlektor, Redakteur und Autor auf den Gebieten Elektronik, Hochfrequenz- und Funktech- nik tätig.

# Tactical Booster Amplifiers

“You Copy?”

“Loud And Clear!”

*These extremely light weight booster amplifiers are no lightweights when it comes to performance. They increase the range and improve overall tactical radio communications even in extreme conditions... when a quality signal is critical. They're tough and simple to use.*

## AR-20 – World's Smallest 20-Watt Man-Packable Amplifier

- New JJTC/IW Certified
- 20 Watts
- 30 – 512 MHz
- Available with LNA
- “Airborne Certified” version available
- Supports AM, FM, HPW, SINCGARS, IW, ANW2, SRW, WNW, ASCM, and more waveforms
- Works with multiple radios including AN/PRC-159, AN/PRC-154 Rifleman™, AN/PRC-152A, AN/PRC-148 JEM tactical radios and more



## AR-50 – The Widest Range of Radio Platforms & Waveform Support

- JJTC, IW and DAMA Certified
- 50 Watts
- 30 – 512 MHz
- Tested to 400G Drop Test & 4G Vibration Test
- Supports AM, FM, HPW, SINCGARS, IW, ANW2, SRW, WNW, ASCM, and more waveforms
- Works with Harris AN/PRC-117F, AN/PRC-117G, AN/PRC-152A, Thales AN/PRC-148 JEM, Raytheon AN/PSC-5D, Rockwell Collins AN/ARC-210 tactical radios and more



**ar deutschland**

AR Deutschland GmbH | +49 6101 80270-0 | ardeinfo@arworld.us | www.ar-deutschland.com

AR Europe +353 61 504300 | AR UK +44 1908 282766 | AR France +33 1479 17530 | AR Benelux +31 172 423000



### Kombinierter Transienten-Limiter/Abschwächer/Hochpass



Der TBFL1 ist ein kombinierter Transienten-Limiter (Begrenzer) und Abschwächer (Dämpfungsglied) sowie ein Hochpass-Filter in Einem. Er wird in den Signalpfad eingeschleift, um den Eingang von Spektrumanalysator oder Messempfänger optimal zu schützen. Dies gilt insbeson-

dere für die Messung leitungsgebundener Störaussendung oder anderer Messungen bei denen der Eingangspegel nicht vorhergesagt werden kann oder zufällige Überlastung auftreten kann. Sogenannte PIN- und Schottky-Dioden in Kombination mit einem mehrstufigen 10-dB-Abschwächer ergeben ein Gerät, das einen kontinuierlichen HF-Eingangspegel von bis zu 5 W (37 dBm) aushält. Eine Gasentladungsröhre bietet zusätzlichen Schutz vor Transienten mit hoher Spannung. Außerdem unterdrückt das 9-kHz-Hochpass-Filter

Oberschwingungen, die von der Netzspannung herrühren. Mit einem Schwellwert-Pegel von 11 dBm und einem flachen Frequenzgang im Bereich 9 kHz bis 600 MHz kann der TBFL1 universell eingesetzt werden, also im gesamten Bereich leitungsgebundener Störaussendung und bei vielen weiteren Applikationen.

#### Features:

- Frequenzbereich: 9 kHz bis 600 MHz
- Dämpfung: 10 dB - 0,5/+1,2 dB inband
- Dämpfung Hochpass-Filter: > 30 dB @ 2 kHz
- maximale kontinuierliche HF-Eingangsleistung: 5 W (37 dBm) inband

- maximale DC-Eingangsspannung:  $\pm 20$  V
- Eingangsanpassung, linearer Arbeitsbereich: 9 kHz bis 600 MHz < -23 dB
- linearer Arbeitsbereich: bis zu 0 dBm Eingangsspegel, inband
- Schwellwert: 11 dBm (@ 37 dBm Eingangsspegel)
- Anschluss Eingang: N-Buchse
- Anschluss Ausgang: N-Stecker
- Abmessungen: 156 x 26 x 26 mm
- Gewicht: 170 g

■ Allnet GmbH  
Computersysteme  
info@allnet.de  
www.allnet.de

### Leistungs-Verstärker



- Große Leistung zum fairen Preis
- Verschiedene Frequenzbereiche zwischen 20 MHz bis 8 GHz
- Kundenspezifische Lösungen

Wir liefern Lösungen...



Telemeter Electronic

www.telemeter.info

### Feldquelle zur Störfestigkeitsanalyse



Die Feldquellen dienen der Störfestigkeitsanalyse von Baugruppen und Geräten. Sie koppeln Pulsfelder (IEC 61000-4-4) in den Prüfling ein. Zur Analyse werden sie von Hand dicht über den Prüfling geführt. Dabei reagiert die Schwachstelle auf das Pulsfeld und Funktionsfehler werden ausgelöst. Ein EFT/Burst-Generator speist die Feldquellen über ein Hochspannungskabel. Die Feldquellen von Langer besitzen einen SMB-Ausgang. Das Anschlusskabel für die Feldquellen ist mit SHV-Stecker (HV SHV-SMB 1 m) oder mit Fischer-Stecker (HV FI-SMB 1 m; Fischer-Stecker S103A023) erhältlich. Es werden verschiedene Arten von Feldquellenköpfen für unterschiedliche Messaufgaben angeboten. Diese ermöglichen ein millimetergenaues Eingrenzen von Schwachstellen oder auch das Aufsuchen kritischer Verbindungen und Anschlüsse wie Bauelemente, Leiterzüge oder IC-Pins auf den festgelegten Störpfad.

■ Langer EMV-Technik GmbH  
www.langer-emv.com

## EMV-Abschirmzelt als Ergänzung für EMV

Alldaq stellte die zweite Generation des EMV-Abschirmzelts von Tekbox vor. Das Zelt mit der Bezeichnung TBST-120/60/60/2 kann sowohl zur Abschirmung von Störungen von außen eingesetzt werden als auch bei Störfestigkeitsmessungen, um die Umgebung vor ungewollten Störimpulsen zu schützen. Mit einer Größe von 120 x 60 x 60 cm kann es beispielsweise EMV-Precompliance-Equipment wie eine Netznachbildung (LISN) oder eine TEM-Zelle bis zu einer Gesamtlänge von knapp 1,2 m aufnehmen (z.B. die TBTC3 von Tekbox).

Das Abschirmzelt besteht aus zwei Lagen leitfähigen Gewebes, welches mithilfe eines stabilen Aluminium-Profilrahmens aufgespannt wird. Die seitliche Filterplatte dient zur Durchführung von Versorgungs- und Signalleitungen. Es stehen ein 240-V/10-A-AC-Netzfilter, zwei 240-V/10-A-DC-Filter und vier Koaxial-Durchführungen (3 x Typ N und 1 x BNC) zur Verfügung. Die große Zugangsöffnung wird mit leitfähigem Klettband rundum HF-dicht verschlossen.

Der größte Vorteil des Abschirmzelts ist die hervorragende Dämpfung durch das



Schirmgewebe von besser als 58 dB im Bereich DC bis 1,5 GHz. Damit eignet es sich sowohl für die Messung abgestrahlter als auch leitungsgebundener Störungen. Externes Störspektrum, welches die Interpretation der Messergebnisse oft unnötig erschwert, kann dadurch zuverlässig ausgeblendet werden. Auch für Störfestigkeitsmessungen lässt sich das Abschirmzelt einsetzen und verhindert so Störungen der Messtechnik und der Umgebung.

Die Außenabmessungen (B x T x H) betragen 120 x 60 x 60 cm. Dank der großen Öffnung von 85 x 35 cm ist das Abschirmzelt gut zugänglich. Es lässt sich anhand der mitgelieferten Aufbauanleitung problemlos zusammensetzen.

■ *Alldaq GmbH Computersysteme*  
[info@alldaq.com](mailto:info@alldaq.com)  
[www.alldaq.com](http://www.alldaq.com)

## Transienten-Limiter, Abschwächer und Hochpass in Einem



Der Tekbox TBFL1 kombiniert einen Transienten-Limiter (Begrenzer), einen Abschwächer (Dämpfungsglied) und ein Hochpassfilter in einem Gerät. Er wird in den Signalpfad eingeschleift, um den Eingang von Spektrumanalysator oder Messempfänger optimal zu schützen. Dies gilt insbesondere für die

Messung leitungsgebundener Störaussendung oder anderer Messungen, bei denen der Eingangspegel nicht vorhergesagt werden kann oder zufällige Überlastung auftreten kann. PIN- und Schottky-Dioden in Kombination mit einem mehrstufigen 10-dB-Abschwächer ergeben ein Gerät, welches kontinuier-

liche HF-Eingangspegel von bis zu 5 W (37 dBm) aushält. Eine Gasentladungsröhre bietet zusätzlichen Schutz vor Transienten hoher Spannung. Außerdem unterdrückt das 9-kHz-Hochpassfilter Oberschwingungen, die von der Netzspannung herrühren. Mit einem Schwellwertpegel von 11 dBm und einem flachen Frequenzgang im Bereich 9 kHz bis 600 MHz kann der TBFL1 im gesamten Bereich leitungsgebundener Störaussendung und bei vielen weiteren Applikationen eingesetzt werden.

■ *Alldaq GmbH Computersysteme*  
[www.alldaq.com](http://www.alldaq.com)

## HIGH RANGE DRONE DETECTION SYSTEM



RF Detection System with  
24/7 recording and automatic  
signal-classification in real-time



High Range, 15km and more

Detects the UAV & Operator

Passive & Fully Automatic

Optional Countermeasures



Telefon: +49 6556 9019 350

Mail: [mail@aaronia.de](mailto:mail@aaronia.de)

Web: [www.aaronia.de](http://www.aaronia.de)

**MADE IN GERMANY**

# 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

## EMV

### Leitlacke, leitfähiger Kleber und leitfähige Gewebe



Leitlacke bestehen aus einer Mischung von Lackfarben mit Mikropartikeln aus Silber, Kupfer oder Nickel. Vor dem Aufbringen ist nur eine minimale Untergrundbehandlung erforderlich. Das Anstrichergebnis ist sehr abriebfest, feuchtigkeits- und wärmebeständig. Erhältlich sind die Lacke bei Euro Technologies.

Zur sicheren Montage von Dichtungen aus leitfähigen Elastomeren wurden unterschiedliche Klebstoffe auf Silikon-Basis entwickelt, mit denen sich Silikon-Teile auf Metall fixieren lassen. Euro Technologies bietet diese Klebstoffe an.

Euro Technologies verfügt auch über ein breites Sortiment an Textildichtungen. Sie bestehen in der Regel aus einem Polyurethan-Schaumstoffkern, der mit einem hoch leitfähigen Ni/Cu-Gewebe ummantelt ist.

- Euro Technologies  
[www.euro-technologies.eu](http://www.euro-technologies.eu)

### EMV-Klebeband



EMV-Klebebänder bei Schirmung 2000 werden alle komplett zu 100% am Standort in Freiberg (Sachsen) produziert. Dadurch bietet man Kunden ein sehr gutes Preis-/Leistungs-Verhältniss bei überragend hoher technischer Qualität und der Sicherheit ständiger Weiterentwicklung und Produktverbesserung ohne Mehrkosten für den Kunden. Im Standardprogramm ist eine Vielzahl an Breiten ständig ab Lager lieferbar binnen 24 h

ohne Mehrkosten. Zudem sind alle Breiten von ca. 4 bis 1000 mm frei wählbar. Diese EMV-Klebebänder sind erstmalig und weltweit einmalig in alle Achsen (X,Y,Z) stromtragfähig und können somit auch sehr hohe Ströme und Enerien ableiten. Sie erfüllen die Brennbarkeitsklasse UL94V0. Sie können zur EMV/RFI-Abschirmung, Erdung und zur Vermeidung elektrostatischer Aufladung verwendet werden. Ebenfalls ist es möglich, einzelne Klebeflächen nach Kundenwunsch zu stanzen oder zuzuschneiden. Somit können auch extrem schwierige und auch filigrane Lösungen angeboten werden.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, das EMV-Klebeband mit einem Lackierschutz-Abdeckband zu versehen in Breite nach Wahl. Damit können die Klebebänder mit Lackierschutz auf Flächen aufgebracht werden, die dann im Nachgang lackiert, gepulvert oder anderweitig nachgearbeitet werden. Nach diesem Vorgang kann dann die Lackierschutzabdeckung rückstandsfrei vom EMV-Klebeband abgezogen werden, um eine besonders gute elektrische Verbindung zu ermöglichen.

- Schirmung 2000  
[service@schirmung2000.de](mailto:service@schirmung2000.de)  
[www.schirmung2000.de](http://www.schirmung2000.de)

### EMV-Netzanschlusskabel

Die konfektionierten Netzanschlusskabel vom Typ NK-SG sind ein wirksames Mittel gegen leitungsgebundene und gestrahlte Störungen und somit sehr gut geeignet für das Erreichen einer höheren Störsicherheit. Durch Ummantelung der Kupferleiter mit dem extrudierfähigen EMC/COM (Ferritbeschichtung) wird die Leitung zu einem Tiefpassfilter. Hohe Frequenzen werden durch die magnetischen und dielektrischen Verluste des Ferritgranulates absorbiert, die HF-Energie wird in Wärme umgewandelt. Die Dämpfung der Störgröße erfolgt proportional zur Leiterlänge, die Flexibilität der Leitung wird nur wenig beeinträchtigt.

Mit einer im Schukostecker vergossenen stromkompensierten Drossel wird die Wirksamkeit des Netzkabels nochmals entscheidend erhöht. Angeschlossene Geräte lassen sich mit dem Netzkabel NK-SG hervorragend gegen Störungen aus dem Versorgungsnetz schützen. Ursache solcher Störungen sind beispielsweise hochfrequente Störungen (Sinus oder Transient), die von Schaltvorgängen erzeugt werden. Bei Tests mit Burst-Generatoren (IEC 61000-4-4) wird die Störschwelle erheblich angehoben.

- Schloeder GmbH  
[info@schloeder-emv.de](mailto:info@schloeder-emv.de)  
[www.schloeder-emv.de](http://www.schloeder-emv.de)

## Ein- und zweistufige Funkentstörfilter für Industrie-, Standard- und Medizinanwendungen



Schukat hat sein Portfolio mit ein- und zweistufigen Entstörfiltern des Herstellers Schurter weiter ausgebaut. Die Baureihe 5500 besteht aus vier unterschiedlichen Serien: Zu den einstufigen Netzfiltern mit Standarddämpfung gehört die Serie FMLB-09, die auf Industrieanwendungen wie Frequenzumformer, Schrittmotor-

Antriebe, USV-Anlagen oder Stromrichter spezialisiert ist. Die universellen Netzfilter FMW-41 hingegen eignen sich für Standardanwendungen und sind zudem in Medical-Ausführung erhältlich. Dank hoher Dämpfung sind die zweistufigen Netzfilter in Standardausführung für erhöhte Anforderungen ausgelegt. Während die Serie FMW-52 ihren Anwendungsbereich vor allem bei Standard- und Industrieanwendungen findet, passt FSW speziell zu Schaltnetzteilen und Industrieanwendungen wie Frequenzumformer, Schrittmotor-Antriebe, USV-Anlagen und Stromrichter. Alle vier Serien sind in einem Metallgehäuse untergebracht, verfügen über einen Schutz gegen Störspannungen aus dem Netz und eignen sich für den Einsatz in Geräten nach IEC/UL 60950. Die Funkentstörfilter sind ab Lager verfügbar.

■ Schukat electronic Vertriebs GmbH  
[www.schukat.com](http://www.schukat.com)

## Systemtechnik, Messgeräte und Komponenten der EMV-Messtechnik

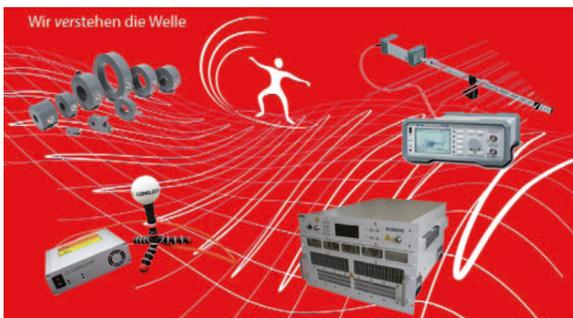
Mit langjähriger Erfahrung und Marktpräsenz präsentiert sich die EMCO Elektronik - kompetenter und unabhängiger Fachhändler und Berater – auf der EMV 2018 in Düsseldorf.

- ETS Lindgren: Weltmarktführer im Bereich EMV-gerechter Schirmung, bietet alle Arten von Schirm- & Absorberräumen nebst Systemzubehör.
- Haefely Hipotronics stellt aktuellste Prüftechnik für ESD und Transienten mit dem Markenzeichen „Made in Switzerland“ her.

- LUMILOOP bietet neuartige Feldsonden mit einzigartigen Eigenschaften (Puls-messung, hohe Linearität) ohne Akkus.
- Narda PMM ist bekannt für kosteneffektive Messempfänger und eine Vielzahl an Messmitteln.
- Präna produziert äußerst zuverlässige HF-Leistungsverstärker und adressiert Applikationen von 9 kHz - 6 GHz @ 15 W - 12 kW.
- TMD bekannt für TWT-Verstärker mit hohen CW- & Pulsleistungen für Anwendungen im Bereich Automotive, Militär und Industrie.

Ferner zeigen wir Produkte von AET (RefRad), FCC Fischer (EMV-Koppelmedien), kapteos (Feldstärke-messung für extrem „raue“ Umgebungen), TRU (HF-Messkabel) und RF-Lambda (phasenrauscharme Verstärker).

■ EMCO Elektronik GmbH  
[www.emco-elektronik.de](http://www.emco-elektronik.de)



## Ihr Partner für EMV und HF

Messtechnik-Systeme-Komponenten

### AVIONIK-PRÜFTECHNIK & FUNKMESSPLÄTZE

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



### POSITIONING - TIMING - NAVIGATION

Zeit- & Frequenzstandards  
GPS/GNSS Simulatoren  
Störsignal-Simulatoren  
Enterprise NTP Server  
Distributionssysteme  
PTB Masterclocks



### HF- & MIKROWELLEN-MESSTECHNIK

Puls- & Signalgeneratoren  
Zeit- & Frequenzzähler  
Netzwerkanalysatoren  
Spektrumanalysatoren  
Leistungsmessköpfe  
HF-Schaltfelder



### HF- & MIKROWELLEN-KOMPONENTEN

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



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



Mobilfunk-  
& EMV-  
Messtechnik



Schalten & Verteilen  
von HF-Signalen



Mechanik  
Präzisionsfrästeile  
& Gehäuse



HF-Komponenten &  
Distribution von IMS  
Connector Systems

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



## ESD-Pistole - All-In-One ohne lästiges Kabel



Die hochmoderne ESP-Pistole ONYX von Haefely aus der Schweiz ist in 16 und 30 kV erhältlich und benötigt nicht mehr das hinderliche Kabel zur Basissteuereinheit. Die Bedien- und Steuereinheit in der Pistole ist verbaut, so kann der Betrieb der ONYX über Akku erfolgen. Die mehrsprachige Bedienung der ergonomischen ESD-Pistole erfolgt über einen einfach zu benutzenden Touchscreen auf der Rückseite der Pistole im Sichtfeld des Bedieners.

Das eingebaute LED-Licht beleuchtet den Messpunkt optimal und erleichtert die Arbeit an schwer zugänglichen Prüfpunkten. Modulare, austauschbare RC-Einheiten zur Pulsformanpassung und austauschbare Prüfspitzen passen die ONYX an die benötigten Anforderungen individuell an. Mit der Temperatur- und Feuchtigkeitsanzeige hat der Prüfer die Umgebungsdaten im Blick. Vordefinierte Testroutinen, individuelle Testsequenzen, benutzerdefinierte Smart-Key-Funktion und automatische Polaritätsumschaltung unterstützen die EMV-Prüfungen mit der ONYX-ESD-Pistole im täglichen Akku- oder optionalen Netzbetrieb.

Bei den technischen Werten überzeugt die handgerechte ONYX mit einer Luft- und Kontaktentladung von tatsächlich 16 bzw. 30 kV und einer kontinuierlichen Entladung bis 20 Hz bei beiden Entladungsmöglichkeiten. Zum Lieferumfang gehört ein stabiler Aufbewahrungskoffer für alle zur ESD-Pistole gehörenden Grundausstattungen und eine deutsche Bedienungsanleitung. Für ein ermüdungsfreies Arbeiten mit der ONYX gibt es optional einen „Balancer“, der das Gerät für den Bediener quasi schwerelos macht.

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

## Leistungsstarke Burst-/Surge-Generatoren im EMV-Labor

Der hochmoderne AXOS 8 Compact ist ein eigenständiges Testsystem und vereint die Steuerung von 6 wichtigen EMV-Prüfungen wirtschaftlich in einem einzigen Gerät. Er beherrscht die normgerechte Prüfung von 5 kV EFT/Burst IEC/EN 61000-4-4, 7 kV Surge (1,2/50 & 8/20  $\mu$ s) IEC/EN 61000-4-5, 7 kV Ring-Wave IEEE C62.41, AC- und DC-Spannungsunterbrechungen (Dips & Interrupts) IEC/EN 61000-4-11, gepulste Magnetfelder IEC/EN 61000-4-9 und Telecom-Wave (10/700  $\mu$ s) IEC/EN 61000-4-5 & ITU.



Der AXOS 8 enthält ein integriertes, einphasiges Kopplungs- und Entkopplungsnetzwerk (CDN) für EMV-Testanwendungen bis zu 16 A und kann um viele weitere, über den AXOS 8 steuerbare Module, wie z.B. dreiphasiges CDN, Telecom-Wave CDN und DIP-Transformator erweitert werden. Die intuitive Bedienung erfolgt über einen einfach zu benutzenden Touchscreen oder über einen Labor-PC. Vordefinierte Testroutinen und individuelle Testsequenzen unterstützen den Bediener mit visuell dargestellten Test-Setups und deutschsprachiger Bedienungsanleitung bei vollständig automatisierten Tests nach den gängigsten IEC-, EN-, ANSI-, IEEE- und UL-Standards. Die Testergebnisse können an eine externe EMV-Software übergeben oder über eine effiziente Haefely-Protokollsoftware dargestellt werden. Monitorausgänge für Spannung und Strom, sowie Anschlüsse für Warn- und Sicherheitseinrichtungen, sorgen für ein rundum sicheres und zuverlässiges Arbeiten mit dem AXOS 8.

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

## Kapazitive Koppelstrecke mit Kalibrier-Set

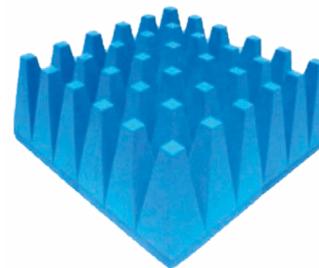


Die kapazitive Koppelstrecke CCI dient zur Kopplung von EFT/Burst-Impulsen auf I/O-Leitungen, wie in verschiedenen europäischen und internationalen Normen für Störfestigkeit gefordert. Die Kopplung von EFT/Burst-Impulsen auf Signallei-

tungen kann in der Regel nicht durch diskrete kapazitive Kopplung erfolgen, ohne den Signalfluss zu beeinflussen. Oft ist es unmöglich, den geforderten Schaltkreis (direkt) zu erreichen, z.B. bei koaxialen oder geschirmten Kabeln. In diesem Fall wird die Kopplung durch die kapazitive Koppelstrecke realisiert. Der Störsimulator kann auf beiden Seiten der Koppelstrecke angeschlossen werden. Mit dem CCI PVKIT 1 erfüllt man die geforderte normative Kalibrierung nach IEC 61000-4-4 Ed 3.0 (2012) unter Verwendung einer 50-Ohm-Last. Diese aktive Koppelstrecke ist 1 m lang und für Burst-Spannungen bis 7 kV sowie für Kabeldurchmesser bis 40 mm geeignet. Auch das Kalibrier-Set entspricht IEC 61000-4-4 Ed 3.0.

■ Ametek CTS Europe GmbH  
info.cts.de@ametek.com  
www.ametek.com

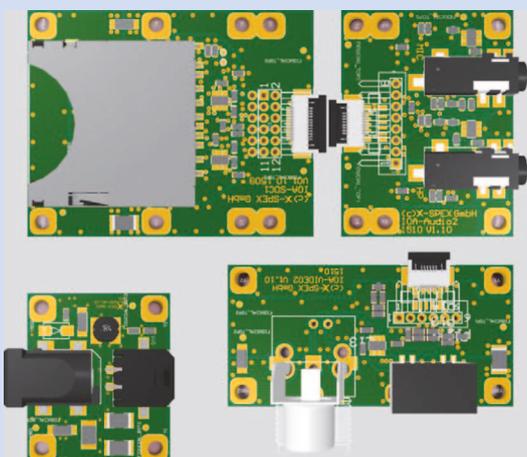
## Hybridabsorber aus PU-Schaum



Die Serie 3660 der Hybridabsorber auf Basis von PU-Schaum von Infracron (Vertrieb) hat 300 mm Höhe. Sie entspricht den Standard-Pyramiden-Absorbern, wobei die Spitzen aber abgeschnitten sind. Dies spart Platz und bedeutet ein robustes Produkt. Diese Absorber auf Basis von PU-Schaum sind optimal geeignet für Immunity-Testkammern nach EN 1000-4-3.

■ Infracron GmbH  
www.infracron.de

## IO-Adapter mit Standard-Buchsen inklusive EMV-Filter und ESD-Schutz



IO-Adapter verbinden die internen Pin-Header oder ZIF/FPC-Anschlüsse von DIRIS-Boards mittels Standardbuchsen mit der Außenwelt. Besondere Eigenschaften der IO-Adapter:

- einheitliches Rastermaß
- Breite 30, 40, 50, 60, 80 oder 100 mm
- äußere Löcher zur „inneren“ Löchern immer 20 mm Abstand
- alle Befestigungen M2,5
- interne Anschlüsse FPC/ZIF oder konfektionierte

Kabel mit 2-mm-Pitch (Bestückungsoption)

- Power-Anschluss mit 3-mm-Pitch (bis 5 A)

Hervorragende Signalqualität durch sorgfältiges Layout zeichnet dieses Produkt mit besonderem EMV/ESD-Konzept aus. Der ESD-Schutz erfolgt durch TVS-Dioden und einen Hochvolt-Kondensator. Für hohe EMV-Toleranz sorgen Ferrite und Filter.

■ X-Spex GmbH  
www.diris.eu



e-MECA.com

**MECA Electronics, Inc.**  
Microwave Equipment & Components of America



**Bessere Kommunikationslösungen  
Millimeterwellen & 5G**

Leistungsteiler, Adapter, Isolatoren, Bias Tees, DC-Blocks,  
Dämpfungsglieder/Lasten + Koppler (SMA, 2.4 + 2.92mm)



**MECA Electronics, Inc.**  
Microwave Equipment & Components of America  
The Professional's Choice for  
RF/Microwave Passive Components  
459 E. Main St., Denville, NJ 07834  
Tel: 973-625-0661 Fax: 973-625-9277 Sales@e-MECA.com



## BCI-Prüfverfahren (Bulk Current Injection)



Bulk Current Injection (BCI) ist ein Prüfverfahren, um die Störfestigkeit gegen elektrische Störungen durch schmalbandige elektromagnetische Energie festzustellen. Das Prüfsignal wird über eine Stromeinspeisung (BCI-Zange) eingespeist. Die BCI-Zange ist physikalisch gesehen ein Stromtrafo der um den Kabelbaum gelegt ist. Die Störfestigkeitsprüfung verändert den Level und die Frequenz des

eingespeisten Prüfsignals. Das BCI-Prüfverfahren ist in der Automobilbranche, der Militär- und Luftfahrt-Industrie weit verbreitet, um einzelne Komponenten eines komplexen Systems zu prüfen. Der Generator CWS 500N2.2 eignet sich für Prüfungen gemäß MIL STD 461 D/E/F/G CS 114, ISO 11452-4 und IEC/EN 61000-4-6 mit CDN's und EM Koppelzangen sowie deren abgeleiteten Normen. Highlights:

- kompaktes RF-Testsystem für reproduzierbare Prüfungen
- unterstützt BCI-Anwendungen verschiedener Anforderungen
- Basis-Frequenzbereich von 9 kHz bis 400 MHz
- erweiterter Frequenzbereich bis zu 1 GHz
- interner 110-W-Klasse-A-Verstärker bis 400 MHz
- integrierter RF-Umschalter für externe Verstärker

- integrierter direktonaler Koppler
- integriertes 3-Kanal-Powermeter

■ **Ametek CTS GmbH**  
[www.emtest.de](http://www.emtest.de)

## Koppel-/Entkoppelnetzwerke für EFT-/Burst- und Surge-Prüfungen



Die 1-Phasen-Koppel-/Entkoppelnetzwerke aus der CNI 501x-Serie werden eingesetzt, um EFT/Burst- und Surge-Impulse auf AC- und/oder DC-Versorgungsleitungen aufzukoppeln.

EM Test bietet verschiedene Koppelnetzwerke für Spannungen von 5 bis 10 kV mit Prüfströmen von 16, 32, 63 und 100 A (höhere Stromleistungen auf Anfrage) für die verschiedenen Prüfanforderungen und Systemkonfigurationen an. Highlights:

- kombinierte Koppelnetzwerke für EFT/Burst und Surge
- Surge gemäß ANSI/IEEE C62.41 (CNI 501Bx-Modelle, weitere Modelle auf Anfrage)
- LED-Anzeige für aktuellen Modus und Kopplung
- automatische Auswahl der Surgeimpedanzen
- Fernsteuerung über angeschlossene EM-Test-Generatoren
- erfüllt Anforderungen bis 1 kV<sub>DC</sub>

Die Koppel-/Entkoppelnetzwerke der CNI 501x-Serie sind normkonform nach den Anforderungen der IEC/EN 61000-4-4 und IEC/EN 61000-4-5 gebaut. Selbstverständlich werden auch die verlangten Vorgaben für Restspannung und Entkopp-

lungsinduktivitäten eingehalten. Neben der IEC/EN 61000-4-5 deckt die CNI 503Bx-Serie auch die Surge-Anforderungen gemäß ANSI/IEEE C62.41 ab. Die Kopplungen sind vorprogrammiert, sodass die Geräte der CNI 501x-Serie voll automatisch und komplett über den angeschlossenen Generator für die Prüfung (manuell oder über Software) ferngesteuert werden können. Bei Durchführung der Surgeprüfungen werden die geforderten Quellenimpedanzen je nach Norm und Koppelmodus automatisch ausgewählt.

■ **Ametek CTS GmbH**  
[www.emtest.de](http://www.emtest.de)

## Hochentwickelte EFT-/Burst-Generatoren



Die EFT-500N5-Serie bietet technisch hochentwickelte EFT/Burst-Prüfgeneratoren mit eingebautem Koppel-/Entkoppelnetzwerk für 1-Phasen oder 3-Phasen-Versorgungsleitungen und einem Hochspannungsanschluss zur Verbindung mit einer kapazitiven Koppelstrecke. Die Spike-Frequenz ist von 100 Hz bis 1 MHz variierbar. Jeder EFT 500N5.x erzeugt 10.000 Spikes pro Sekunde oder bis zu 1000 Spikes pro Burst-Paket. Er erfüllt in vollem Umfang die Anforderungen der IEC 61000-4-4 Ed.3:2012. Vorprogrammierte Normenprüfroutinen und eine große Anzahl an ausgewählten Anwender-Prüfprogrammen machen den EFT 500N5.x zu einer optimalen Einzelplatzlösung für entwicklungsbegleitende Tests ebenso wie für Abschlussprüfungen für Produkte und Baugruppen im Bereich der Industrielektronik.

Der EM-Test-typische große Bereich zur Einstellung der Spike-Frequenz und der Burst-Dauer ist seit vielen Jahren gut

## Funkentstörung und elektromagnetische Verträglichkeit



Zertifiziert nach DIN ISO 9001 durch

**LGAI / InterCert**

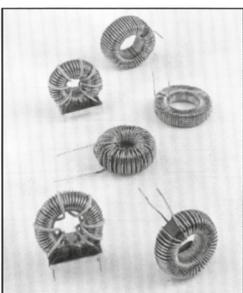
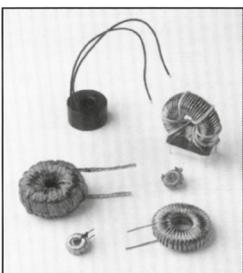
NKL GmbH  
Birkichstraße 15  
74549 Wolpertshausen  
Tel. (0 79 04) 97 81-0  
Fax (0 79 04) 97 81-50  
E-Mail: [info@nkl-emv.de](mailto:info@nkl-emv.de)  
[www.nkl-emv.de](http://www.nkl-emv.de)

### Produktion von:

- Entstördrosseln
- Entstörfilter
- Speicherdrosseln
- Metallpulverkernen
- Ringkernübertragungen
- I/U-Wandler

### Unsere Dienstleistungen:

- EMV-Messung
- Beratung und Schulung
- Funkentstörung
- Freifeldmessung
- Oberwellenmessung
- Flickermessung



bekannt. Natürlich erfüllt jeder EFT 500N5.x die aktuellsten Anforderungen für die Kurvenform mit Last am 50 Ohm Ausgang genauso wie den Prüflingsanschluss im Common-Mode-Betrieb, ganz im Gegensatz zu anderen Burst-Simulatoren. Der EFT 500N5.x ist selbstverständlich ein vollständig normenkonformer EFT/Burst-Prüfgenerator. Durch seine erhöhte Impulsspannungsfestigkeit erfüllt der Generator auch die Normen diverser Spezialproduktfamilien und Herstelleranforderungen.

■ *Ametek CTS GmbH*  
[www.emtest.de](http://www.emtest.de)

### Burst-Generator mit integriertem Koppelnetzwerk

Der SFT 2400 mit integriertem Koppelnetzwerk simuliert schnelle transiente Störimpulse (EFT), wie sie in den Normen IEC 61000-4-4 und EN 61000-

4-4 definiert sind. Die einzelnen Impulse erzeugen aufgrund der sehr kurzen Anstiegszeit von 5 ns ein breitbandiges HF-Spektrum bis 300 MHz. Die einfache Bedienung erfolgt über ein kapazitives Color-Touch-Display.

Alle Parameter werden übersichtlich, ohne verschachtelte menüs, auf dem Display dargestellt und können durch Antippen und mittels eines digitalen Drehgebers schnell verändert werden. Die normativen Test-Pegel 1, 2, 3 und 4 sind vorprogrammiert, zusätzliche Testabläufe können

über die Memory-Funktion hinterlegt werden.

Alle Burst-Parameter lassen sich während des Burst-Tests verändern. So ist gewährleistet, dass sich leicht und kontinuierlich die Störschwelle des Prüflings ermitteln lässt. Eine Unterbrechung des Tests für eine Parameteränderung am Burstgenerator ist nicht notwendig. Der Generator SFT 2400 bietet dem Anwender vielfältige Sonderfunktion wie „Real Burst“, welcher das natürliche Erscheinungsbild des Burstimpulses simuliert oder „Rauschen“, mit

dem Kontaktprellen nachgebildet werden kann. Die Funktionen IFM und DFM (ansteigende oder abfallende Frequenz innerhalb eines Burst-Pakets) sind wichtige Hilfsmittel zur Untersuchung von Resonanz oder Sättigungseffekten im Prüfling. Zur Eingrenzung von Fehlern ist es möglich, den Burst-Impuls sehr genau zu einen bestimmten Prozesszeitpunkt des Prüflings einzukoppeln.

■ *Schlöder GmbH*  
[info@schloeder-emv.de](mailto:info@schloeder-emv.de)  
[www.schloeder-emv.de](http://www.schloeder-emv.de)



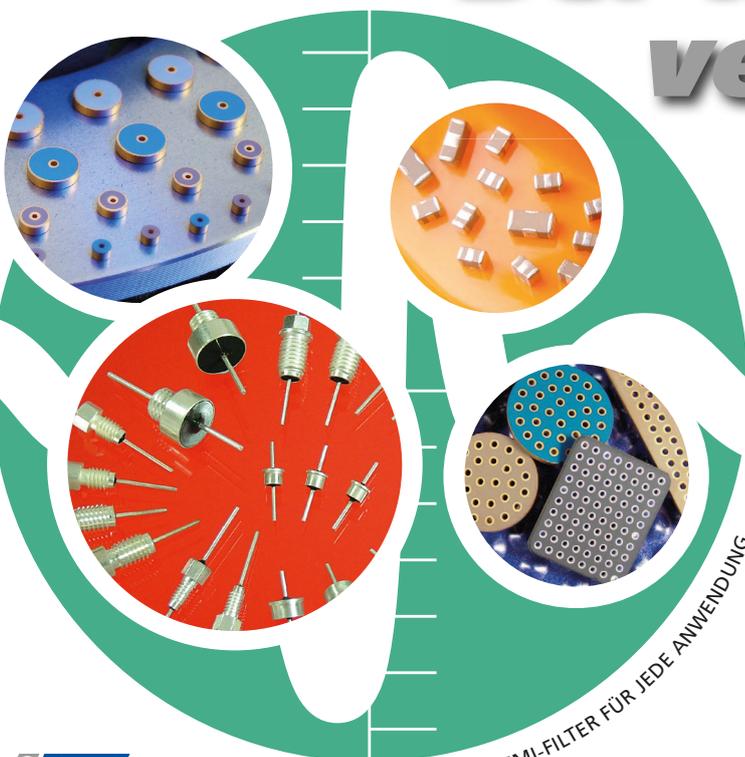
# Der Innovation verpflichtet

**Unerreichtes Sortiment  
und Expertise**

## EM*i*Filters

- EMI-Chips mit 3 Anschlüssen
- Oberflächenmontierbare Pi-Filter
- X2Y – Integrierte Passive Komponenten
- Gewinde- und Einlötfiter für die Panelmontage
- Hermetisch versiegelte EMI-Filter für die Panelmontage
- Kundenspezifische Filterfertigung möglich
- Scheibenförmige Kondensatoren
- Planare Kondensatorarrays

Knowles - weltweit führend in der Fertigung von EMI-Filtern, scheibenförmigen Kondensatoren und planaren Arrays.



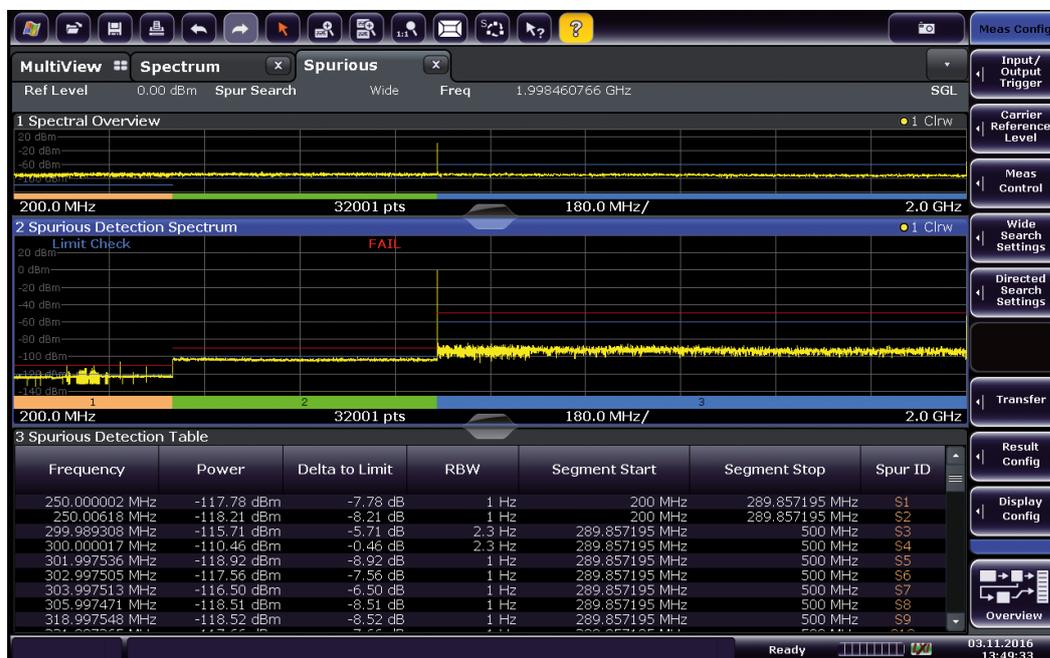
**SYFER**

CHIP- UND VERDRAHTETE EMI-FILTER FÜR JEDE ANWENDUNG

B6 STAND 336...SEE US AT ELECTRONICA 2018...HALL B6 STAND 336...SEE US

# Fortgeschrittene Techniken für Messungen von Störemissionen

In diesem Artikel werden die Grundlagen von Störemissionsmessungen besprochen und es wird gezeigt, wie sich die angewandten Parameter auf die Detektionsleistung auswirken können.



Die Suche nach Störemissionen mit Spektrumanalysatoren gehört zu den anspruchsvollsten Messungen bei der Entwicklung, Verifizierung und Fertigung von HF- und Mikrowellengeräten. HF-Entwickler, insbesondere in den Bereichen Luftfahrt und Verteidigung, müssen Störemissionen mit einem sehr niedrigen Pegel detektieren. Es sind sehr schmale Auflösungsbandbreiten erforderlich, um Messungen bei geringem Grundrauschen durchzuführen. Dadurch erhöht sich die Messzeit. Selbst mit sehr schnellen Spektrumanalysatoren kann eine Störemissionssuche mehrere Stunden oder sogar Tage dauern. In der Messapplikation Option R&S FSW-K50 Spurious-Messungen kommt eine neue Technik zum Einsatz, mit der sich die Störemissionssuche beschleunigen und einfacher konfigurieren lässt.

## Grundlagen

Störemissionen sind unerwünschte Aussendungen innerhalb und außerhalb der Nutzbandbreite. Sie mit Spectrum Analyzern festzustellen, ist eine essentielle Messung bei Design,

Verifikation und Production von HF- und Mikrowellen-Geräten, wie Radar-Sendern oder Satelliten-Up- und -Down-Konver-

tern. Besonders bei Luftfahrt- und Wehrtechnik-Applikationen ist es oft erforderlich, strenge Vorgaben einzuhalten. Daher ist

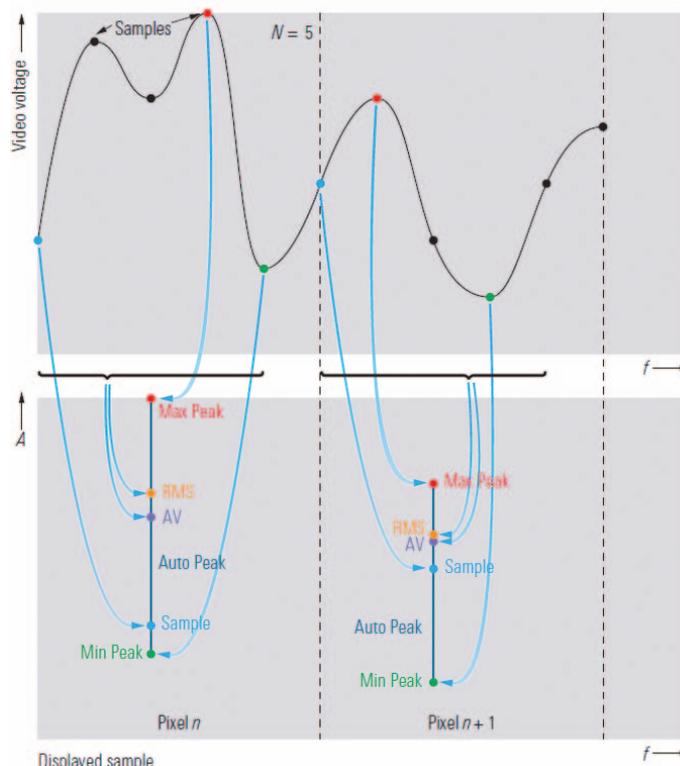


Bild 1: Auswahl von einem Sample, das dargestellt werden soll, in Abhängigkeit vom eingesetzten Detektor [1]

Quelle:

Advanced Techniques for Spurious Measurements with R&S FSW-K50, White Paper Rhode & Schwarz, 1EF97, 2018, [www.rohde-schwarz.com/appnote/1EF97](http://www.rohde-schwarz.com/appnote/1EF97) übersetzt und gekürzt von FS

Produkte, auf die Bezug genommen wird:

R&S@FSW  
R&S@FSW-K50

**CelsiStrip®**  
Thermoetikette registriert  
Maximalwerte durch  
Dauerschwärzung.  
Bereich von +40 ... +260°C  
GRATIS Muster set von [celsi@spirig.com](mailto:celsi@spirig.com)  
Kostenloser Versand ab Bestellwert  
EUR 200 (verzoilt, exkl. MwSt)

[www.celsi.com](http://www.celsi.com)

# QUARTZES, OSCILLATORS & MORE WELCOME TO THE WORLD OF CLOCKING

## PRODUCT RANGE:

- + MHz SMD/THT Quartz Crystals
- + 32.768 kHz Quartz Crystals
- + Quartz Crystals Oscillators
- + Silicon (like MEMS) Oscillators
- + 32.768 kHz  $\mu$ Power Oscillators
- + MHz Ultra Low Power Oscillators
- + Low Power Clock Oscillators
- + Programmable Oscillators
- + Differential Oscillators
- + Spread Spectrum Oscillators
- + VCXO, VCTCXO
- + SPXO, LPXO, TCXO, OCXO
- + High Temperature Oscillators
- + Automotive Oscillators
- + Ceramic Resonators & Filters
- + SAW Products

## APPLICATIONS:

- + Wireless , WIFI
- + Smartphones & Tablets
- + IoT
- + Wearables
- + M2M
- + GPS
- + Embedded
- + Industrial
- + Telecom
- + Medical
- + Automotive
- + Consumer
- + Etc.

## PRODUCT ADVANTAGES:

- + Perfect solution for any clocking application
- + Comprehensive product range
- + Highest quality and reliability
- + Extremely competitive prices
- + Wide frequency range
- + Extended temperature range of up to  $-55/+125^{\circ}\text{C}$
- + Comprehensive design-in solutions
- + High-volume production support
- + Customer-oriented and worldwide logistics solutions
- + Cost-saving in-house engineering
- + Short time-to-market support



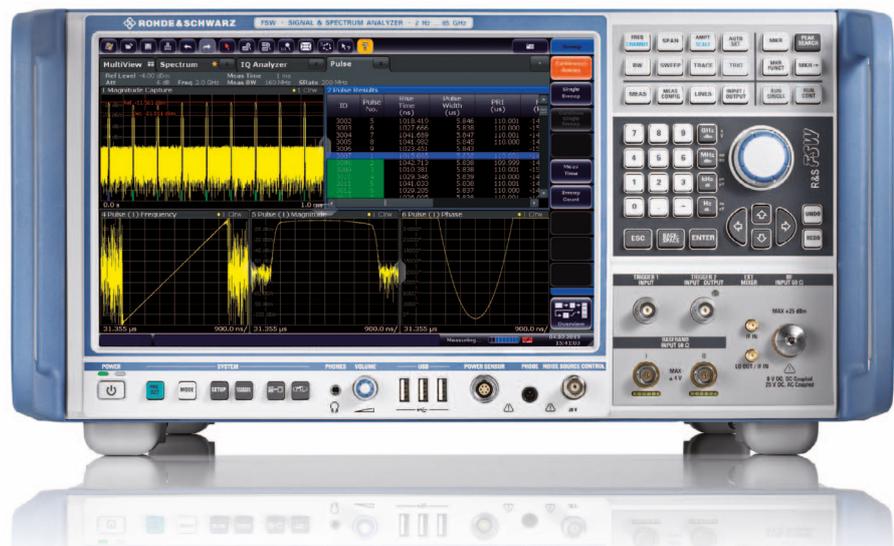
PETERMANN-TECHNIK GmbH  
Lechwiesenstr. 13  
86899 Landsberg am Lech  
Deutschland – Germany

Tel +49 (0) 8191 – 30 53 95  
Fax +49 (0) 8191 – 30 53 97  
info@petermann-technik.de

**WWW.PETERMANN-TECHNIK.DE**



es auch erforderlich, innerhalb eines weiten Frequenzbereichs sehr kleine Störpegel aufzuspüren. Dabei ist eine geringe Auflösungsbandbreite (Resolution Bandwidth, RBW) erforderlich, um den Rauschpegel niedrig zu halten. Daher kommt man besser voran, wenn man vorher bestimmen kann, wo Störemissionen im Spektrum auftreten können. Denn eine RBW von wenigen Hertz bedeutet eine große Messzeit. Der neue Ansatz beim Messverfahren R&S®FSW-K50 reduziert die Messzeit und erlaubt automatisches Messen auch bei Störpegeln von nur -120 dBm oder darunter.



**Bild 2: Ansicht eines Spektrumanalysators der Reihe R&S FSW**

## Performance-Parameter

Bei Störemissionsmessungen mit hoher Empfindlichkeit sind

- das Eigenrauschen des Spektrumanalysators,
- die Resolution Bandwidth (Filter) und
- der Messdetektor

die Hauptfaktoren, welche die Leistungsfähigkeit und die Geschwindigkeit bestimmen.

## RBW vs Rauschflur

Das RBW-Filter bestimmt die Bandbreite beim Messen mit dem Spectrum Analyzer. Je geringer die Bandbreite, umso höher die spektrale Auflösung. Die RBW bestimmt also den angezeigten Rauschflur mit, aber leider auch die Sweep-Geschwindigkeit des Analyzers. Bei gewöhnlicher Anwendung wird die RBW vom Gerät automatisch eingestellt auf 1% bis 4% des ausgewählten Frequenzbereichs. Die RBW lässt sich aber auch vom Nutzer bestimmen. Wird ein gegebener Wert um Faktor 10 reduziert, sinkt der angezeigte Rauschflur um 10 dB. Diese manuelle Reduzierung ist bei Störemissionsmessungen oft erforderlich. Hier soll der Rauschflur typisch etwa 10 dB unter den erklärten Grenzen für die zulässigen Störemissionen liegen, um diese bei einem akzeptablen Signal/Rausch-Verhältnis zu erfassen.

Wenn die RBW für den Test nicht definiert wurde, ist es möglich, die erforderliche RBW für ein vorgegebenes maximales Rauschen zu definieren:

$$\text{RBW in Hz} = 10E \left( \frac{\text{max. Rauschpegel} - \text{Rauschflur in dBm/Hz}}{10} \right)$$

max. Rauschpegel = max. erlaubter Emissionspegel mit einer gewissen Margin für ein ausreichendes Signal/Rausch-Verhältnis (SNR)

Rauschflur = Eigenrauschen des Spektrumanalysators, spezifiziert als Displayed Average Noise Level (DANL), hier bezogen auf 1 Hz

Ein typischer Wert für den Rauschflur eines High-Performance-Analysators liegt bei -155 dBm/1 Hz. In dem Fall würde eine RBW von etwa 3 kHz erforderlich sein, um -120 dBm kleine Störemissionen erfassen zu können bei 10 dB SNR.

Die RBW bestimmt aber auch die Umschaltzeit (Sweep Speed Time, SWT). Hier ist folgende Formel anwendbar:

$$\text{SWT in s} = k \times \text{Span in Hz} / (\text{RBW in Hz})^2$$

Span = Frequenzbereich der Darstellung

k = Korrekturfaktor für die Einstellzeit (Settling Time) des RBW-Filters

Dabei ist  $k = 1$  für FFT-RBW-Filter und  $k = 2$  bis für ältere analoge Spectrum Analyzers anzunehmen.

Wegen dieser Beziehung ist es wichtig, eine RBW zu wählen, die zum vermuteten oder vorgegebenen maximalen Störemissionspegel passt. Wenn man hier übertreibt, bezahlt man dies mit einer Einbuße bei der Messzeit.

Da der Rauschflur des Instruments entlang des Frequenzbereichs schwankt, sind unterschiedliche RBWs erforderlich, um bei verschiedenen Frequenzen optimal aufgestellt zu sein. In traditionellen Störungssuch-Applikationen muss die optimale RBW manuell errechnet und am Analyzer eingestellt werden.

## Auswahl des Messdetektors

Bei modernen Spektrumanalysatoren wird die Auflösung sowohl beim Pegel als auch bei der Frequenz durch die Auflösung des Displays (Anzahl der Pixels) limitiert. Daher gibt es besonders bei großen Spannen viel mehr Messabtastrungen als Display-Pixel in der Frequenzachse. Dies bedeutet, dass eine gewisse Anzahl von Mess-Samples sich auf einen einzigen Punkt im Display konzentrieren muss.

Die Auswahl des Messdetektors bestimmt, wie die Mess-Samples

gewichtet werden, um zu einem einzigen Messwert per Display-Pixel zu gelangen. Spectrum Analyzer offerieren verschiedene Messdetektoren. Die prinzipielle Funktionsweise des Detektors ist in Bild 1 angedeutet.

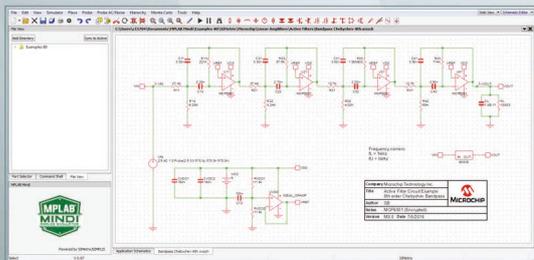
Störemissionsmessungen bei sehr geringen Pegeln erfolgen typischerweise mit einem Peak Detector. Der Max Peak Detector führt zur Anzeige des maximalen Werts. Von dem Satz von Mess-Samples, die sich auf ein Darstellungs-Pixel beziehen, wird das mit dem höchsten Wert ausgewählt und angezeigt. Der Vorteil des Peak Detectors gegenüber anderen Detector-Typen besteht darin, dass gerade dann, wenn breite Spans angezeigt werden sollen bei sehr geringer RBW (Span/RBW  $\gg$  Anzahl der Pixel auf der Frequenzachse), keine Eingangssignale verloren gehen und das Ergebnis der Messung ein Worst-Case-Szenario darstellt.

## Beschleunigen der Messung durch Wahl der optimalen RBW

Bild 2 zeigt ein Gerät der Spektrumanalysator-Serie RS FSW. Der Spurious-Search-Algorithmus in der dazu erhältlichen Option FSW-K50 automatisiert und beschleunigt die Störemissionsmessung bei sehr kleinen Pegeln der Störsignale. Dabei müssen lediglich der Frequenz-

# MPLAB® MINDI™ Analogsimulator

Microchips kostenlose Software  
für das Schaltungsdesign



Der MPLAB® MINDI™ Analogsimulator verkürzt die Schaltungsentwurfszeit und das Designrisiko, indem es Anlogschaltungen vor dem Hardware-Prototyping simulieren kann. Das Tool verwendet eine SIMetrix/SIMPLIS-Simulationsumgebung mit der Möglichkeit sowohl SPICE als auch stückweise lineare Modellierung zu verwenden. Damit werden sehr vielfältige Simulationsanforderungen abgedeckt. Diese leistungsfähige Simulationsschnittstelle wird durch proprietären Modelldateien von Microchip ergänzt, um neben allgemeinen Bauelementen auch Analogkomponenten von Microchip zu modellieren. Das Simulationstool wird lokal auf Ihrem eigenen PC installiert und ausgeführt. Nach der Installation ist keine Internetverbindung erforderlich, die Simulationslaufzeit hängt nicht von der Anbindung an einen Server ab. Dadurch lassen sich präzise Simulationen für Anlogschaltungen sehr schnell durchführen.

## Vorteile

- ▶ Erlaubt die AC-, DC- und Transientenanalyse
- ▶ Validierung von Systemverhalten, -steuerung und -stabilität
- ▶ Probleme vor dem Erstellen der Hardware erkennen



[www.microchip.com/mindi](http://www.microchip.com/mindi)

	Range 1	Range 2	Range 3	Range 4
Range Start	30 MHz	300 MHz	500 MHz	1 GHz
Range Stop	300 MHz	500 MHz	1 GHz	2 GHz
Spur Detection Threshold Start	-132 dBm	-130 dBm	-125 dBm	-120 dBm
Spur Detection Threshold Stop	-132 dBm	-130 dBm	-125 dBm	-120 dBm
Limit Offset to Detection Threshold	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB
Peak Excursion	3 dB	3 dB	3 dB	3 dB
Minimum Spur SNR	10 dB	10 dB	10 dB	10 dB
Maximum Final RBW	100 kHz	100 kHz	100 kHz	100 kHz
Auto RBW	On	On	On	On
RBW	Auto	Auto	Auto	Auto
Number of FFT Averages	2	2	2	2
Ref Level	0 dBm	0 dBm	0 dBm	0 dBm
RF Attenuation	10 dB	10 dB	10 dB	10 dB
Preamp	Off	Off	Off	Off

Bild 3: Exemplarische Messeinstellungen für eine Störersuche in weiten Bereichen

bereich und der maximal zulässige Pegel der Störaussendungen eingestellt werden. Es ist nicht erforderlich, die Auflösungsbandbreite für jeden einzelnen Frequenzbereich zu optimieren, wie es bisher erforderlich war.

### Spurious Detection Table

In einem schnellen Referenz-Sweep beurteilt die Test-Applikation den Rauschpegel und berechnet die erforderliche RBW für den jeweiligen Frequenzbereich. Anschließend bestimmt sie, ob jede entdeckte Signalspitze eine Störaussendung, Bestandteil des Rauschens oder ein intern erzeugtes Stör-signal ist und fasst die Ergebnisse in der Spurious Detection Table zusammen (Bild 3). Dort sind alle Signale aufgeführt, die den erlaubten Grenzwert überschritten haben und auch tatsächlich Störaussendungen sind. Der intelligente Algorithmus in der Option R&S FSW-K50 minimiert dabei die Auflösungsbandbreite auf den geringst möglichen Wert, damit alle

Störaussendungen im gewählten Frequenzbereich sicher entdeckt werden können, vergrößert sie aber in den Frequenzbereichen, in denen keine potenziellen Aussendungen gefunden wurden. Dadurch verkürzt sich die Zeit für die Suche bis um den Faktor 50 im Vergleich zu herkömmlichen Methoden, auch wenn

große Frequenzbereiche und strenge Grenzwertvorgaben zu konstatieren sind.

### Diese neue Technik

verlangt nur noch vom Bediener, den zu untersuchenden Frequenzbereich und den maximal erlaubten Störpegel festzulegen.

Eine 10-dB-SNR-Margin zwischen Rauschpegel des Instruments und spezifizierter Stör-emissions-Detektionsschwelle ist per default vorgesehen. Die SNR-Margin kann aber auch zusammen mit anderen Parametern vom Nutzer geändert werden, wie aus Bild 3 ersichtlich.

### Spectral Overview, Spur & Spot Search

Der fortschrittliche Messprozess in der Option FSW-K50 (Spurious Search Algorithm) basiert auf drei Sweeps pro Messschritt.

Die FSW-K50-Applikation führt zunächst einen schnellen Referenz-Sweep in der vorgegebenen Frequenzspanne durch, um einen Überblick zu geben (Spectral Overview). Darauf generiert die Applikation die nötigen Informationen über das Signal, um den Rauschflur und andere Faktoren abzuschätzen. Bild 4 zeigt Spectral Overview und Rauschflur, abgeschätzt für eine Messung mit 2 GHz Span.

Die Rauschflurabschätzung ist erforderlich, um die RBW frequenzabhängig optimal für die folgenden Messschritte einzustellen: Der Span-Bereich wird dazu in schmale Segmente eingeteilt. Deren Breite richtet sich nach Signal- und Rauschverhältnissen und Einstellungen am Gerät. Als Resultat entsteht eine Segmenttabelle (Bild 5).

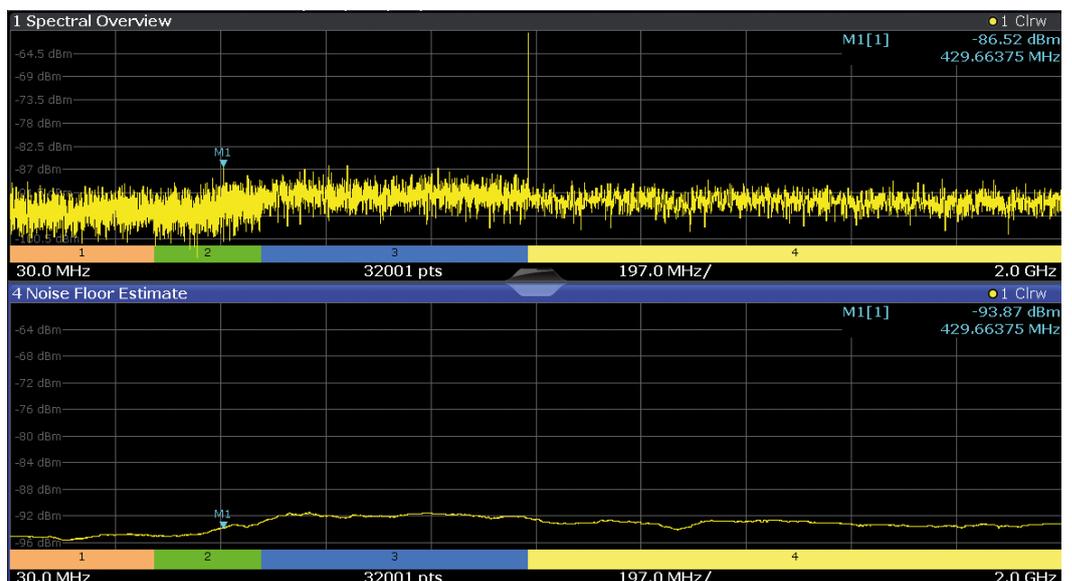


Bild 4: Spectral Overview und Rauschflur, abgeschätzt für eine Messung mit 2 GHz Span

EINE DESIGNPLATTFORM – KEINE HINDERNISSE

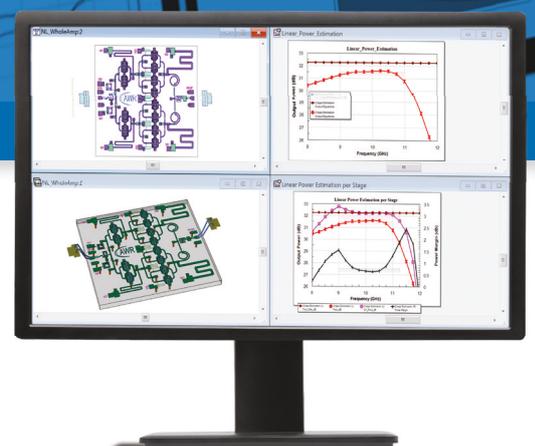
# EINFACH INTELLIGENTER

NI AWR DESIGN ENVIRONMENT

Die Plattform NI AWR Design Environment™ integriert System-, Schaltungs- und elektromagnetische Analysen für das Design anspruchsvoller Wireless-Produkte, von Basisstationen über Mobiltelefone bis hin zur Satellitenkommunikation. Die intuitive Bedienoberfläche, bewährte Simulationstechnologien und die offene Architektur der Plattform, die Lösungen von Drittanbietern unterstützt, ermöglichen erfolgreiches Entwickeln ohne jedes Hindernis. Entwickeln Sie einfach intelligenter.

Erfahren Sie mehr unter [ni.com/awr](http://ni.com/awr)

Microwave Office | Visual System Simulator | Analog Office | AXIEM | Analyst



Range	(1) 30 MHz ... 300 MHz	(2) 300 MHz ... 500 MHz	(3) 500 MHz ... 1 GHz	(4) 1 GHz ... 2 GHz		
Segment Start	30 MHz	300 MHz	437.740385 MHz	500 MHz	1 GHz	1.271820149 GHz
Segment Stop	300 MHz	437.740385 MHz	500 MHz	1 GHz	1.271820149 GHz	1.343231546 GHz
RBW	1 Hz	1.1 Hz	1 Hz	2.3 Hz	10.6 Hz	11.6 Hz
Ref Level	0 dBm	0 dBm	0 dBm	0 dBm	0 dBm	0 dBm
RF Attenuation	10 dB	10 dB	10 dB	10 dB	10 dB	10 dB
Preamp	Off	Off	Off	Off	Off	Off

**Bild 5: Segmenttabelle, berechnet nach Referenz-Sweep und Rauschabschätzung. In der Tabelle finden sich die Werte für die erforderliche RBW, um auf jeder Frequenz gemäß dem Störemissions-Limit optimal zu messen**

ach dem Referenz-Sweep erfolgt ein zweiter Sweep, genannt Spur Search, unter Nutzung der RBW-Einstellungen gemäß dem vorangegangenen Schritt. Dies ermöglicht eine weitere Tabelle mit jedem detektierten Störsignal.

Ein dritter und letzter Schritt namens Spot Search wird dann in sehr engen Frequenzbereichen ausgeführt. Das SNR ist nun sehr hoch. So wird erkenntlich, ob der Peak, eine Rauscherscheinung oder intern vom Analyser erzeugte Störungen (Residual Spurs) das Messergebnis darstellen. Es resultiert eine Spurious Detection Table mit allen Peaks, die echte Störungen repräsentieren. Bild 6 ist ein Zoom in eine Spot-Search-Anzeige: Die RBW um die Störung wurde reduziert, um das Rauschen abzusenken und die SNR-Bedingungen zu erfüllen.

Beim Messen mit der Option FSW-K50 wird also automatisch die optimale RBW gefunden. Sie ist so gering als möglich. Das ermöglicht Zeiteinsparungen bis zum Faktor 50 (bei kleinster RBW). Bei 10 Hz RBW liegt die Verkürzung bei Faktor 20, bei 50 Hz bei Faktor 2.

### Gezielte Suche bei vordefinierten Frequenzen

Sind die Frequenzen von Störaussendungen bereits bekannt, beispielsweise bei Har-

monischen, erlaubt die Option R&S FSW-K50 die gezielte Suche bei kleinerem Span rund um definierte diskrete Frequenzen. Der reduzierte Span verringert die Messzeit, und bei Einstellung eines größeren Signal/Rausch-Abstands können genauere Ergebnisse erreicht werden.

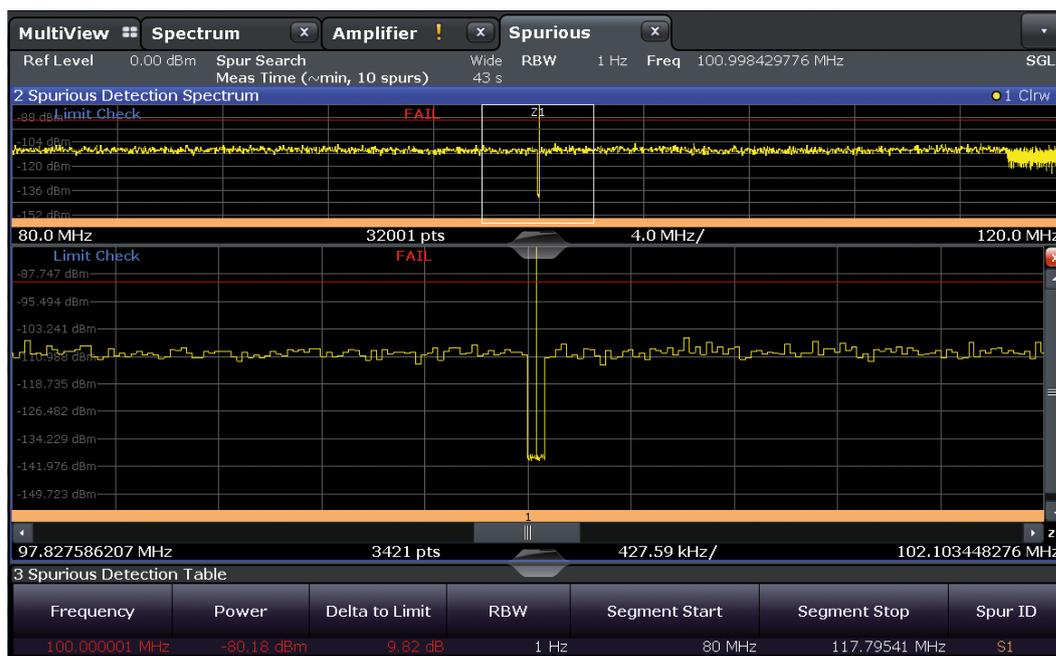
Beide Suchmethoden lassen sich kombinieren. Die bei der Suche innerhalb eines großen Frequenzbereichs entdeckten Stör- und Nebenausendungen

lassen sich per Mausklick der gezielten Suche für genauere Analysen hinzufügen.

Das Aufmacherbild zeigt eine mit der Option FSW-K50 erstellte Anzeige, die als spektralen Überblick das Ergebnis des Referenz Sweeps darstellt. Es gibt eine Pass/Fail-Indikation gemäß der Störungs-Limits. Die Spurs Detection Table unten zeigt die detektierten Störungen und gibt jeweils Frequenz, Level, RBW sowie weitere Informationen an.

### Referenzen

- [1] C. Rauscher, Fundamentals of Spectrum Analysis, Rohde & Schwarz, Munich, ISBN 978-3-939837-01-5
- [2] K-U. Sander, Speed considerations for Spurious Measurements with Spectrum Analyzers, retrieved June 2017 at [www.rohde-schwarz.com/appnote/1EF80](http://www.rohde-schwarz.com/appnote/1EF80)
- [3] R&S FSW-K50 Spurious Measurements User Manual, Rohde & Schwarz, Munich ◀



**Bild 6: Zoom in eine Spot-Search-Anzeige. Die RBW um die Störung wurde reduziert, um das Rauschen abzusenken und die SNR-Bedingungen zu erfüllen**



**FRANKONIA**  
EMC Test-Systems GmbH

## Testsystem CIT-1000 zur leitungsgebundenen Störfestigkeitsprüfung gem. IEC/EN 61000-4-6, BCI Tests gem. ISO 11452-4 und MIL-STD 461

### Zusatzoption: CIT-4K

- zusätzlicher 250W HF-Leistungsverstärker
- Für Messungen 4kHz - 1MHz
- Platzsparend auf dem CIT-1000 positionierbar

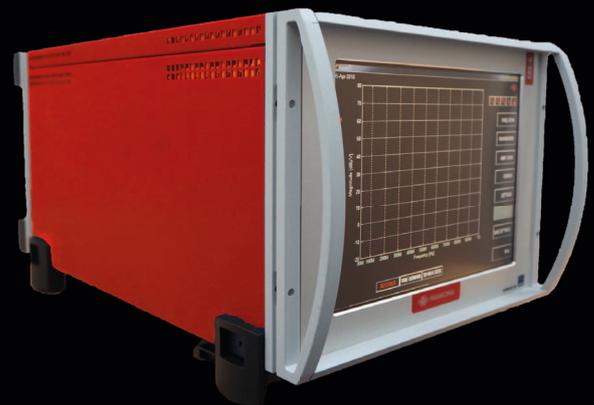


- Signalgenerator, HF-Leistungsverstärker, 3-Kanal Leistungsmesser sowie ein Richtkoppler in einem 19" Gehäuse
- Mit folgenden HF-Leistungsverstärkern erhältlich: 25W / 75W / 180W



## Full-compliance EMI-Receiver ERX-6 gem. CISPR 16-1-1 Ed 3.1 und MIL461G (FFT basiert)

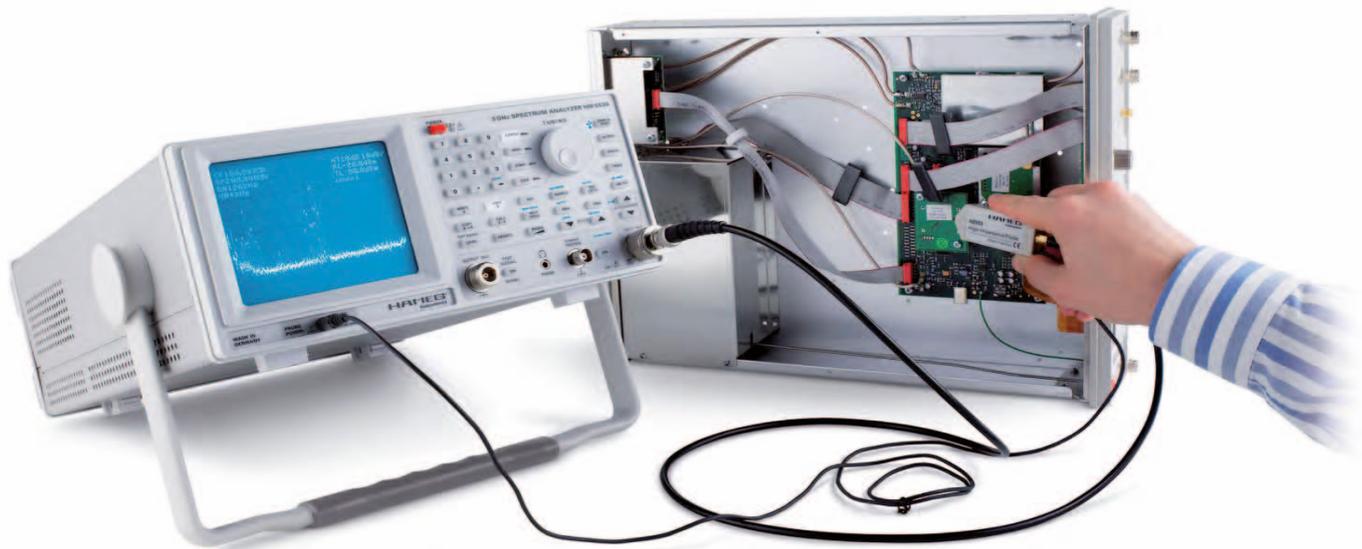
- Kostengünstigster Full-Compliance EMI-Receiver seiner Klasse
- Frequenzbereich 10 Hz - 6 GHz
- Standard Messempfänger Betrieb nach CISPR 16-1 sowie ältere EMV Standards



- FFT basierter Messempfänger Betrieb (über 6000x schneller) (CISPR 16-1-1 Ed. 3.1)
- Mobile Nutzung mittels optionalem Akkupack oder Integration in ein 19" Rack ist möglich
- Integrierter 20 dB Vorverstärker
- Integrierter Oszilloskop Modus bis 1 GHz



# Messgeräte, Sonden und Zubehör



Wer im europäischen Wirtschaftsraum ein elektrisches oder elektronisches Gerät in Verkehr bringt, ist verpflichtet, die Bestimmungen der EMV-Richtlinie einzuhalten, also die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) zu gewährleisten. Das betrifft Hersteller und Importeure in den Mitgliedsländern der EU sowie Island, Liechtenstein und Norwegen. Für den Bereich Störaussendung der EMV gibt es kostengünstige Geräte, mit denen sich Pre-Compliance Messungen durchführen lassen.

Moderne Elektronik stellt, bedingt durch immer höhere Taktfrequenzen und stärkere Integration, permanent steigende Anforderungen an die einzusetzende Messtechnik für die Überprüfung und Optimierung der Störsicherheit von Geräten. Um elektromagnetische Verträglichkeit zu garantieren, muss ein

sehr großes Frequenzspektrum von etwa 150 kHz bis 1 GHz beherrscht werden. Dabei ist zu erwarten, dass bei kommenden Normanpassungen dieser Frequenzbereich nach oben noch erweitert wird. Der damit verbundene Messaufwand und die Kosten sind zum Teil erheblich, lassen sich aber bei überlegtem Einsatz vernünftiger Messmittel und geeigneter Methoden gut kontrollieren.

## Was kosten EMV-Maßnahmen?

EMV muss nicht teuer sein. Untersuchungen haben gezeigt, dass EMV-Maßnahmen etwa 3 bis 5% der Gerätekosten betragen, wenn EMV-Verträglichkeit vom Beginn einer Entwicklung an mit „hineinkonstruiert“ und entwicklungsbegleitend getestet wird.

Blauäugigkeit bezüglich elektromagnetischer Verträglichkeit kommt allerdings oft teuer. Wird die EMV erst nach Fertigstellung eines Geräts zum Thema, so kann es leicht vorkommen,

dass die EMV-Maßnahmen letztlich mehr als 50% der geplanten Entwicklungskosten betragen, d.h., man beginnt nochmals von vorne und bezahlt viel Geld für lange Messreihen und externe Dienstleister.

Normgerechte Prüfungen erfolgen meist in entsprechend ausgerüsteten und spezialisierten Labors. Die dazu notwendige Messtechnik ist teuer und die Verfahren sind sehr aufwendig. Während der Entwicklungszeit ist es dagegen wichtig, rasch und ohne großen Aufwand zu genügend aussagekräftigen Ergebnissen zu gelangen. Für die Kontrolle der Wirksamkeit von EMV-Maßnahmen ist es während der Entwicklung nicht wichtig, mit normengerechten Versuchsaufbauten zu arbeiten. Vielmehr geht es darum, rasch die kritischen Zonen im Schaltungsaufbau und die Signalleitungen mit einem hohen Störpotential zu erkennen, um mit vergleichenden Messungen die optimalen und kostengünstigsten EMV-Maßnahmen zu finden.

## Das Oszilloskop

Trotz seiner Vielseitigkeit ist ein Oszilloskop für EMV-Störaussendungsmessungen leider ungeeignet, denn es zeigt die Form eines Signals an und nicht sein Spektrum (Frequenzanteile mit ihren jeweiligen Pegeln). Die bei Störaussendungsmessungen anzuwendenden Normen verlangen Mittelwert- und Quasi-Spitzenwertmessungen, die in Form einer frequenzselektiven Messung des Spektrums vorzunehmen sind. Die Messbandbreite hängt dabei von der Messfrequenz ab. Der bei Störaussendungsmessungen zu erfassende Frequenzbereich reicht von 150 kHz bis 1 GHz. Dabei muss das Messgerät über eine hohe Empfindlichkeit verfügen.

Die Anzeige eines größeren Frequenzbereichs und die logarithmische Darstellung der Spektren mit einem Anzeigebereich von ca. 80 dB lassen auf einen Blick erkennen, wo die Schwach- und Schwerpunkte liegen und welche Auswirkungen eine Maßnahme hat.

Quelle:  
EMV-Messtechnik, Hamag  
leicht gekürzt

## Der Spektrumanalysator

Die entwicklungsbegleitende Messtechnik verlangt keineswegs nach dem Rolls-Royce unter den Spektrumanalysatoren. Da Spektrumanalysatoren nicht tagtäglich eingesetzt werden, ist es sogar besser, einfach zu bedienende Geräte einzusetzen, welche von jedem Entwickler problemlos verwendet werden können. Wichtig ist es, rasch und mit wenig Aufwand vergleichende Messungen durchführen zu können.

Der Spektrumanalysator gehört als Standardmessgerät an den Arbeitsplatz eines Entwicklers. Wie hilfreich die Spektrumanalyse wirklich ist, wird schnell klar, wenn man aktiv mit Spektrumanalysatoren arbeitet.

## Die Netznachbildung

Sie gehört neben dem Spektrumanalysator zur Basisausstattung im Labor- und Zertifizierungseinsatz. Eine Netznachbildung dient zur Isolierung, Erkennung und Quantifizierung von leitungsgebundenen Störungen. Im Zertifizierungslabor wird sie im Allgemeinen in Verbindung mit einem Messempfänger eingesetzt. Für den Bereich der Pre-Compliance-Messtechnik ist jedoch der Einsatz zusammen mit einem Spektrumanalysator die erheblich praktikablere Lösung.

## Feldgeführte Störsignale

Unter feldgeführten Störungen wird die Abstrahlung von Störsignalen verstanden, im Unterschied zu sogenannten leitungsgeführten Störungen. Die EMV-Vorschriften legen den Frequenzbereich für die Erfassung der feldgeführten Störsignale auf 30 MHz bis 1 GHz fest, wobei zu erwarten ist, dass Normerweiterungen zum Bereich höherer Frequenzen hin noch erfolgen werden.

Normengerecht werden die feldgeführten Störpegel mittels Antennen und Messempfängern in einem reflexionsfreien

Umfeld, welches frei von Drittstörungen ist, gemessen (meist in sogenannten Absorberhallen). Entwicklungsbegleitend sind derartige Messungen jedoch ineffizient, weil zeitraubend und teuer. Gefragt sind schnell getroffene Aussagen über das Störpotential innerhalb einer Schaltung und insbesondere auf sämtlichen Leitungen, welche eine Leiterplatte oder ein Gerät verlassen. Obwohl in diesem Abschnitt von feldgeführten Störungen die Rede ist, sind es die Leitungen, die wie Antennen wirken.

Im Entwicklungslabor konzentriert sich die EMV-Arbeit vorwiegend auf die Beurteilung der durch solche Leitungen verschleppten Störungen. Die Messungen können im unmittelbaren Nahfeld, teilweise sogar direkt auf den Signal-, Versorgungs- und Masseleitungen oder auf den Kabelschirmen erfolgen. Wer zum ersten Mal mit einem Spektrumanalysator eine Schaltung untersucht, wird mit Erstaunen feststellen, dass selbst auf Signalleitungen für langsame oder statische Signale erhebliche hochfrequente Signalanteile, ausgehend von anderen Schaltkreisen, vorkommen. Mit einem Oszilloskop sind diese Signalanteile meist überhaupt nicht zu erkennen. Das elektromagnetische Störfeld entsteht durch die metallische Struktur einer Leitung – unabhängig vom eigentlichen Nutzsignal auf dieser Leitung.

Im Entwicklungslabor lassen sich diese Störgrößen ohne größeren Aufwand mit einem Spektrumanalysator und für diese Messung geeigneten Sonden sichtbar machen.

Will man den Erfolg einzelner Entstörmaßnahmen nachprüfen, bieten sich sogenannte Schnüffelsonden an in Form von E-Feld- und H-Feld-Sonden.

## Aktive E-Feld-Sonde

Sie ist breitbandig und sehr empfindlich. Mit ihr kann man die Gesamtabstrahlung einer Baugruppe oder eines Geräts beurteilen. In der Regel wird sie in



Spektrumanalysatoren der Serie Hameg 5000 bieten in Verbindung mit der Netznachbildung HM6050 Ergebnisse, die mit denen von einem EMV-Dienstleister ermittelten vergleichbar sind

## Wir haben Lösungen für Ihre Störstrahlungsprobleme

Das Eukatec-Beschichtungsverfahren sorgt für hohe Durchstrahlungsleistung, geringen Oberflächenwiderstand, hohe ESD-Ableitung und garantiert hervorragende Recyclingfähigkeit.

Wir sind Ihr Ansprechpartner für die EMV- bzw. ESD-Abschirmung Ihrer Produkte sowie für eine Metallisierung von Kunststoffen mit Kupfer, Aluminium oder Zink. Auf Wunsch auch Beratung, Planung und Lieferung von kompletten Beschichtungsanlagen.

**Von der Idee bis zum fertigen Produkt sind wir Ihr Partner!**



**EUKATEC Europe Ltd.**

Alsweder Landstraße 10  
D-32339 Espelkamp  
Tel.: +49 (0) 5743 - 93 193 0  
Fax: +49 (0) 5743 - 93 193 09  
info@eukatec.com  
www.eukatec.com



### Der Messsondensatz Hameg HZ530 besteht aus drei aktiven Sonden (E-Feld-, H-Feld- und Hochimpedanz-Sonde)

0,5 bis 1,5 m Abstand vom zu untersuchenden Objekt eingesetzt. Damit lassen sich sowohl die Wirkungen von Abschirmmaßnahmen überprüfen als auch Filtermaßnahmen beurteilen, die Leitungen betreffen, welche das Gehäuse verlassen und somit die Gesamtabstrahlung beeinflussen.

Wegen der hohen Empfindlichkeit kann es vorkommen, dass mit der aktiven E-Feld-Sonde auch Drittstörungen gemessen werden. Die Messung erfolgt deshalb so, dass zuerst bei ausgeschaltetem Prüfling die Störungen aus der Umgebung erfasst und nach Einschalten des Prüflings die neu hinzugekommenen Signale analysiert werden.

Die Messergebnisse sind wie alle Fernfeld-Antennenmessungen auch vom Prüfaufbau abhängig. Insbesondere spielt die Lage der Kabel eine nicht zu unterschätzende Rolle. Sollen reproduzierbare Messungen erfolgen – nicht nur einmalige Vergleichsmessungen verschiedener Maßnah-

men – so wird empfohlen, die Versuchsanordnung genau festzulegen und z.B. auf einem Brett zu fixieren.

Die aktive E-Feld-Sonde lässt sich auch zur Untersuchung von Störungen aus der Umgebung verwenden. Wird vermutet, dass eine unbekannte Störquelle in einem Gerät eine Funktionsstörung verursacht, so kann mittels aktiver E-Feld-Sonde und Spektrumanalysator die elektromagnetische Umgebung erfasst werden. Dank der Analyse im Frequenzbereich lässt sich meist sehr schnell die Störquelle finden. Dies macht es möglich, erforderliche Nachbesserungen so gezielt auszuführen, dass man bei der Abnahmeprüfung nicht ein zweites Mal durchfällt.

### Aktive H-Feld-Sonde

Eines der Erfolgsrezepte in der EMV ist es, die Störströme zu beachten. Der gängige Einsatz von Oszilloskopen verleitet zu einem reinen „Spannungsdanken“. Erfolgreiche EMV-Ingeni-



### H-Feld-Sonde und Spektrumanalysator im Einsatz

eure denken aber vor allem „in Strömen“. Um Störströme berührungsfrei und ohne Auftrennen von Leitungen aufspüren zu können, sind aktive H-Feld-Sonden ein optimales Hilfsmittel.

Aktive H-Feld-Sonden sind Nahfeldsonden, denn die magnetische Feldstärke ist im Nahfeld direkt mit den Leitungsströmen verknüpft. H-Feld-Sonden sind relativ unempfindlich gegen Drittstörern und zeigen ein starkes Ansteigen des gemessenen Pegels bei der unmittelbaren Annäherung an die Störquelle. Sie erlauben damit, sehr gezielt Störströme innerhalb einer Schaltung zu lokalisieren.

Bewegt man eine H-Feld-Sonde entlang eines Gehäuses oder einer Abschirmung, sind „undichte“ Stellen wie beispielsweise Schlitze leicht erkennbar. Durch die weiter fortschreitende Integration auf Leiterplatten stößt auch die Lokalisierung von Störern mit einer H-Feld-Sonde an Grenzen. Hilfe bietet hier z.B. die  $\mu$ H-Feld-Sonde HZ545, denn damit kann man bis auf Millimeter exakt die jeweilige Störquelle lokalisieren. Diese Sonde findet Einsatz bei der Identifizierung von Störern direkt auf der Leiterplatte.

Hält man die H-Feld-Sonde an ein Kabel und analysiert die Signale mit einem Spektrumanalysator, so kann man feststellen, dass selbst auf Netzleitungen oder „langsamen“ Datenleitungen wie beispielsweise Telefonleitungen verblüffend hohe Pegel hochfrequenter Signalanteile (z.B. Harmonische der Clock-Signale) auftreten.

Mit der H-Feld-Sonde und der logarithmischen Amplitudendarstellung am Spektrumanalysator ist einfach festzustellen, ob alle Leitungen etwa gleich stark „verseucht“ sind, oder ob gewisse Leitungen mehr oder weniger Störungen auskoppeln. Damit lässt sich die Wirksamkeit von Gegenmaßnahmen im Labor oder in einem geschirmten Raum ohne großen Messaufwand rasch und einfach beurteilen.

### Teiler-Tastkopf

Mit einem Teiler-Tastkopf kann breitbandig gemessen werden, ohne den Messpunkt mit der üblichen Eingangsimpedanz eines Spektrumanalysators von 50 Ohm zu belasten. Die Kapazität liegt z.B. unter 2 pF, der ohmsche Anteil fällt mit steigender Frequenz. So ein „Hochimpedanz-Tastkopf“ kann auch an ein Oszilloskop mit 50-Ohm-Eingang angeschlossen werden. Low-Capacitance-Tastköpfe weisen eine noch geringere Eingangskapazität (z.B. 0,3 pF) auf und ermöglichen daher höhere Bandbreite (bis zu 3 GHz, z.B. HZ543). Der Low-Capacitance-Tastkopf besitzt eine winzige Tastspitze und wird ohne „Masseleitung“ betrieben. Der Rückstrom des Messsignals fließt „kapazitiv“ über die „Belastung“ durch den Messenden. Es wird damit tatsächlich möglich, das EMV-Störpotential eines IC-Pins oder einer einzelnen abgehenden Leitung zu messen. Durch die „kapazitive und hochohmige“ Messmethode lassen sich auch sogenannte Gleichtaktstörungen an ihrer Quelle aufspüren.

**Teil 2 im nächsten Heft**



Ihr Partner für Mikrowellen- und Hochfrequenzkomponenten

## Flex/Twist Hohlleiter bis 75 GHz

Mit selbst entwickelten, wegweisenden Produktionstechnologien hat sich Flexiguide in den letzten Jahren zum Marktführer für flexible Hohlleiterbaugruppen entwickelt. Neben den hauptsächlich hergestellten Flex/Twist Baugruppen bieten wir auch beiden Arten von nur flexiblen (nicht verdrehbaren) Hohlleitern an: „flex/non-twist“ und „seamless“ Hohlleiter. Auch die Flansche werden von Flexiguide hergestellt. Die fast ausschließliche Verwendung von Silikon als Außenmantel garantiert hohe Haltbarkeit und ermöglicht den Einsatz in einem breiten Temperaturbereich, insbesondere für klimatisch und chemisch herausfordernde Außenanwendungen.

HF-Technik aus Europa:

**Flexiguide**

**Flexiguide**

**Das Produktspektrum umfasst im Wesentlichen:**

- Flex/Twist Hohlleiter
- Flexible Hohlleiter
- Nahtlose flexible Hohlleiter
- Silikonmantel
- Temperaturbereich: -70°C bis +240°C
- 2,6 – 75 GHz (in Bändern)
- Montagekomponenten

Alle Komponenten werden mit Meßprotokoll und Fixing Kit ausgeliefert.



**Qualität hat Tradition.**

MIWEKO Mikrowellen- und Hochfrequenz- Vertriebs GmbH  
Münchener Straße 21  
86849 Windach

Telefon: +49 (0)8193-93 92 90  
Telefax: +49 (0)8193-93 92 999  
e-Mail: [info@miweko.de](mailto:info@miweko.de)

[www.miweko.de](http://www.miweko.de)

# Softwareoptionen unterstützen 5G-NR-Analyse



Neuestes Software-Release senkt Kosten für die Testdurchführung und verringert Entwicklungs- und Fertigungszeit von Mobilfunkkommunikations-Endgeräten für den 5G-Bereich. Anritsu hat die Veröffentlichung von Softwareoptionen für den Signalanalysator der Baureihe MS269xA bekanntgegeben. Diese unterstützen Messungen der HF-Tx-Kenndaten von

Mobilfunk-Basisstationen und mobilen Endgeräten der 5. Generation (5G).

## Signalanalysen und Messungen

Die neuesten Softwareoptionen unterstützen Signalanalysen und Messungen von HF-Kenndaten, und verarbeiten 3GPP-kompatible Sub-6 GHz-Uplink- und Downlinksignale, wobei diese 1

Component Carrier (1CC) bis zu einer Bandbreite von 100 MHz spezifizieren. Kunden, die bereits in den Signalanalysator S269xA investiert haben, können unverzüglich und effektiv mit der Entwicklung von Sub-6 GHz-Mobilfunkausrüstungen beginnen und dabei dieselben vertrauten Funktionen nutzen, um handelsübliche 5G-Produkte schneller auf den Markt zu bringen.

## Nach erfolgreicher Installation

der 5G-Messsoftware und der NR TDD Sub-6 GHz-Optionen auf den Signalanalysator der Baureihen MS2690A/MS2691A/MS2692A ist eine problemlose und stabile Analyse von 5G-Signalen möglich. Dazu gehören Tx-Power-Messungen, Frequenzfehlermessungen, Fehlervektorbetragsmessungen (EVM-Messungen) von 5G NR TDD Sub-6 GHz-Signalen, die erwartungsgemäß vom neuen Mobilfunkstandard 5G übernommen werden.

Anritsu Corporation  
www.anritsu.com

## Messen von 75-Ohm-Leitungssystemen

Spinner hat sein Broadcast-Portfolio um große Koaxialleitungen erweitert: So sind zum Beispiel das Spinner Antenna Monitoring System AMS, Adapter, Messtrennstücke und Schalter nun in den Größen 6 1/8“, 7 3/16“ und 8 3/16“ mit 75 Ω Impedanz erhältlich.

zu messen. Unabhängig davon, ob nur ein koaxialer Übergang, ein Impedanzwandler oder ein Anpassglied eingesetzt werden, sollte die Kalibrierung immer möglichst nahe am Messobjekt durchgeführt werden.

derstand (L) und Durchgang (T) in Form einer einzigen kompakten Einheit.



Dieser neue Standard bedingt nun auch eine geeignete Methode zur Messung dieser Produkte. Viele Anwender stellt dies vor die Herausforderung, ihre 75-Ω-Messobjekte mit einem Standard 50-Ω-Analyser

Spinner liefert dafür eigens ein 75-Ω-Kit zur Kalibrierung. Ein Beispiel ist das Produkt BN 533857R000, ein kompaktes 4-in-1 OSLT Kalibrierkit mit N-Buchsen inkl. Leerlauf (O), Kurzschluss (S), Abschlusswi-

Zusammen mit unseren neuen Adaptern für 6 1/8“, 7 3/16“ und 8 3/16“ Koaxialleitungen (pdf) mit einer Impedanz von 75 Ω und 75-/50-Ω-Übergängen (nicht angepasst), erlaubt dies ein präzises Messen dieser großen Leitungssysteme.

■ SPINNER GmbH  
www.spinner-group.com

Mit diesem Software-Release hat Anritsu die Funktionen seiner Baureihe M269xA gestärkt, indem neben anderen Verbindungsarten wie LTE/LTE-Advanced auch 5G-Messungen unterstützt werden. Mit ihrer ausgezeichneten Pegelgenauigkeit und dem exzellenten Dynamikbereich ist die Baureihe MS269xA die ideale Lösung für eine exakte Signalanalyse. Sie enthält zusätzlich verschiedene Optionen, wie etwa den integrierten Vektorsignalgenerator, nicht nur zur Verbesserung der Qualität von Mobilfunkausrüstungen, sondern auch zu einer Senkung der Kosten für Sub-6 GHz-Messungen.

## Die neuen Softwareoptionen umfassen:

- 5G-Messsoftware (Basislizenz) - MX269051A
- NR TDD Sub-6 GHz-Downlink - MX269051A-011
- NR TDD Sub-6 GHz-Uplink - MX269051A-061 ◀

## Mixed-Signal-Oszilloskop mit Touch-Bedienung.



Bandbreite bis 500 MHz, 10 GS/s. • 4 Kanäle. • 16 Logik-Kanäle. • Tiefer Speicher. • Touchscreen.

### Rigol DS7000 und MS07000

- UltraVision II Technologie und kapazitiver Multi-Touchscreen.
- Bandbreite 100, 200, 350 oder 500 MHz.
- Sample-Rate bis 10 GS/s, 1,25 GS/s für MSO Logik-Kanäle.
- 4 Analog-Kanäle. MSO zusätzlich 16 Digital-/Logik-Kanäle.
- Tiefer Speicher 100 Mpts (optional 250/500 Mpts). Hohe Waveform-Capture-Rate bis 600.000 Wfms/s.
- Multifunktional mit Digital-Voltmeter und Frequenz-Zähler:
- MSO optional mit 2-Kanal Arb.-Signalgenerator, 25 MHz, 200 MS/s, 14 bit, Modulation, Sweep, Burst.
- Vielfältige Trigger- und Bus-Decoding-Funktionen möglich: RS232/UART, I2C, SPI, CAN, LIN, FlexRay, I2S, MILSTD-1553.
- USB, Ethernet/LAN/LXI, HDMI.

### Oszilloskope und Mixed-Signal DSO mit Touch-Bedienung

Die innovativen Digital-Speicher-Oszilloskope der Rigol 7000-Serie arbeiten mit der patentierten UltraVision II Technologie in einem eigens von Rigol entwickelten Hightech-Chipset. UltraView ist die Kombination aus **tiefem Speicher, hoher Waveform-Capture-Rate, Echtzeit-Waveform-Record und Replay sowie einem Touch-Display mit Multilevel Helligkeitsabstufungen**. Die Multifunktions-Geräte sind intuitiv und einfach zu bedienen. Die Mixed-Signal-Modelle (MSO) bieten zusätzlich 16 Digital-/Logik-Kanäle und können optional mit einem 2-Kanal Arbiträr-Signalgenerator erweitert werden.

[www.meilhaus.de/infos/rigol](http://www.meilhaus.de/infos/rigol)



**MEILHAUS ELECTRONIC GMBH**  
Am Sonnenlicht 2  
82239 Alling/Germany

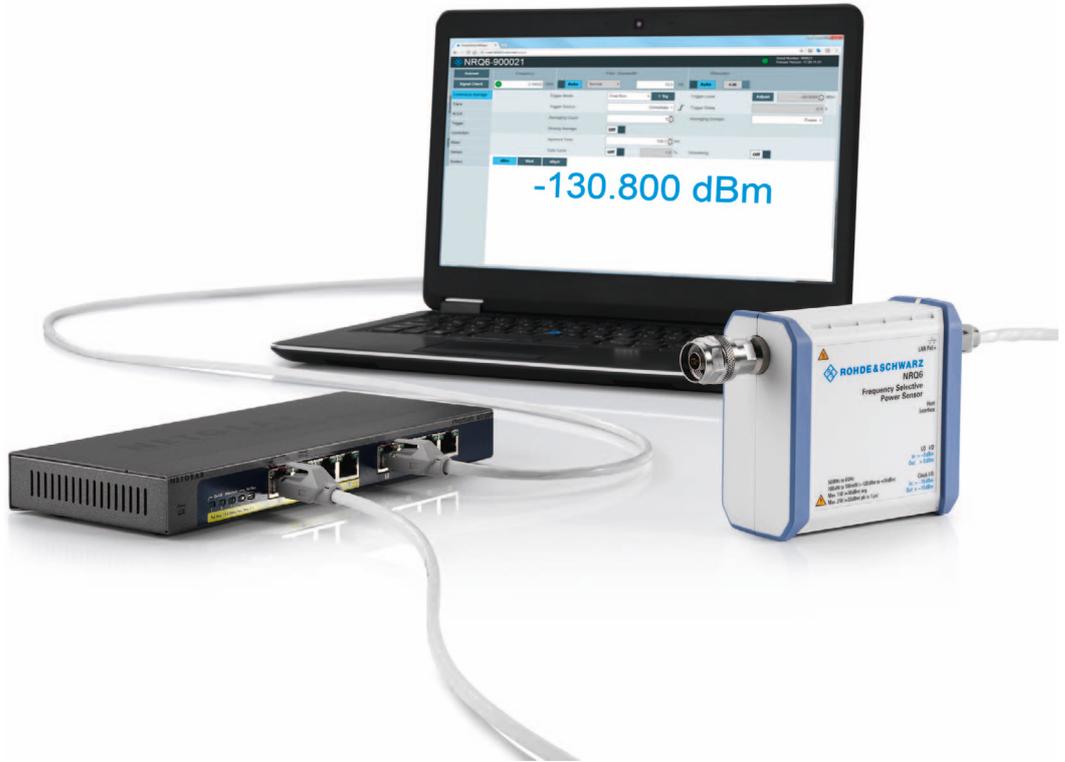
Fon: **+49 (0) 81 41 - 52 71-0**  
Fax: **+49 (0) 81 41 - 52 71-129**  
E-Mail: **sales@meilhaus.com**

**MESstechnik fängt mit ME an.**

[www.meilhaus.de](http://www.meilhaus.de)

# Quadratur des Kreises

**Klassische HF-Leistungsmesser sind klein und genau, aber nicht sehr empfindlich und weisen eine begrenzte Dynamik auf. Hier punkten die Messempfänger, die aber andere Nachteile haben. Ein revolutionärer neuer Sensortyp bringt alle guten Eigenschaften zusammen.**



**Bild 1: Kaum größer als ein klassischer Sensor, aber mit bisher unerreichbarer Dynamik: der frequenzselektive Leistungsmesser R&S NRQ6**

*Autoren:  
Dr. Georg Schnattinger  
Michael Kaltenbach  
Marcel Thränhardt*

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

## Empfänger bisher nur als Notlösung

Es klingt wie eine Binsenweisheit, aber wenn es darum geht, die Leistung hochfrequenter Signale genau zu messen, sind HF-Leistungsmesser die erste Wahl. Zwei Technologien

zur Leistungsdetektion haben sich etabliert: die thermische Methode und die Messung mit Dioden. Thermische Leistungssensoren bestimmen die Leistung anhand der Wärme, die das Eingangssignal in einem Abschlusswiderstand erzeugt. Diodenbasierte Sensoren ermitteln die

Leistung über die Gleichrichtung des Eingangssignals im quadratischen Bereich der Diodenkennlinie. Es gibt sie in verschiedenen Varianten, wobei Mehrpfad- und Breitband-Sensoren die wichtigsten Anwendungen abdecken.

Gegenüber Messempfängern und Spektrumanalysatoren, die

Technologie	Untere Messgrenze	Dynamikbereich	Messunsicherheit (CW)		Anpassung SWR	Anstiegszeit	Kleinster Pegel bei einem 2σ-Rauschanteil ≤ 0,1 dB und 0,1 s Messzeit
			Absolut	Linearität			
Thermisch (R&S NRP18T)	-35 dBm	55 dB	0,05 dB	0,01 dB	< 1,13	-	-20 dBm
Dreipfad-Diode (R&S NRP8S)	-70 dBm	93 dB	0,06 dB	0,02 dB	< 1,20	5 μs	-48 dBm
Breitband-Diode (R&S NRP-Z81)	-60 dBm	80 dB	0,13 dB	0,04 dB	< 1,20	13,3 ns	-26 dBm
Spektrumanalysator (typ.)	-130 dBm*	160 dB	0,40 dB	0,10 dB	< 1,8	N/A	-104 dBm
R&S NRQ6	-130 dBm	150 dB	0,08 dB	0,02 dB	< 1,20	13 ns	-104 dBm

Typ. Wert für Mittelklassegeräte bei 100 Hz RBW. Die untere Messgrenze liegt ca. 10 dB über dem Rauschgrund.

**Bild 2: Ein Vergleich der Eckdaten verschiedener Leistungsmessertypen offenbart die Überlegenheit des neuen Konzepts**



**Bild 3:** Die browserbasierte Bedienoberfläche, hier mit einer Trace-Messung

sich grundsätzlich ebenfalls zur Hochfrequenzleistungsmessung eignen, zeichnen sich die spezialisierten Leistungsmesser durch höhere Genauigkeit, niedrigere Anschaffungskosten und geringeren Platzbedarf aus. Was Empfindlichkeit und Dynamikbereich angeht, sind Messgeräte nach dem Empfängerprinzip aber klar im Vorteil.

Um die Vorzüge beider Welten zu verbinden, wurde der frequenzselektive Leistungsmesser R&S NRQ6 entwickelt (Bild 1). Er basiert auf dem Messprinzip des Empfängers, unterscheidet sich aber deutlich vom Hardwarekonzept der bekannten Messempfänger und Spektrumanalysatoren. Sein Geheimnis liegt im neuartigen Systemkonzept und einer ausgeklügelten digitalen Signalverarbeitung.

Bild 2 belegt den Quantensprung anhand typischer Eckdaten. Als Vertreter der Messempfängerwelt dient ein Mittelklasse-Spektrumanalysator. Die Daten zeigen, dass der R&S NRQ6 das Beste aus den verschiedenen messtechnischen Ansätzen zusammenbringt. Mit ihm lassen sich auch sehr kleine HF-Leistungen schnell und genau messen. Außerdem bietet er eine vorzügliche Linearität, wie sie bisher den besten

konventionellen Leistungsmessern eigen war.

Der Sensor kann für verschiedene Aufgabenbereiche konfiguriert werden und bietet dann einstellungsabhängig einen sehr großen Dynamikbereich, der den bisherigen Rekord unter den dedizierten Leistungsmessern um Größenordnungen übertrifft. Gleichzeitig bietet er eine geringe Anstiegszeit und damit eine hohe Videobandbreite, wie sie bislang nur von Spektrumanalysatoren erzielt wurde.

### Gewohnt einfache Bedienung

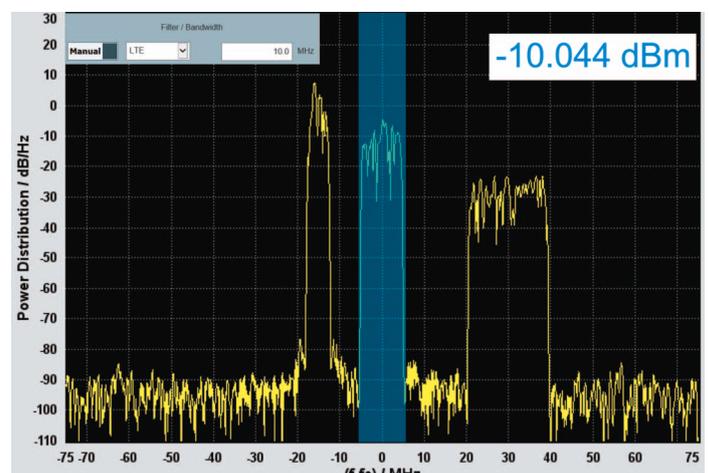
Die Inbetriebnahme des R&S NRQ6 gestaltet sich denkbar einfach. Der Sensor muss lediglich über einen PoE-Switch (Power over Ethernet) ans LAN angeschlossen werden. Dann kann von jedem Gerät mit einem Webbrowser auf das HTML-GUI zugegriffen werden, das die Messfunktionen Continuous Average, Trace und ACLR zur Verfügung stellt (Bild 3).

Ebenso einfach erfolgt die Einstellung von Messfrequenz und Signalbandbreite. Neben der manuellen Eingabe gibt es die Möglichkeit, die Einstellung per Autoselect-Funktion automatisch vornehmen zu lassen. Falls notwendig, wird selbsttä-

tig ein 30-dB-Dämpfungsglied zugeschaltet, sodass der Sensor immer im optimalen Messbereich arbeitet.

### Continuous-Average-Leistungsmessung bis -130 dBm

Schnelle und gleichzeitig genaue Messungen sind mit herkömmlichen Dioden-Messköpfen aufgrund des hohen Rauschanteils unterhalb von -70 dBm nicht mehr möglich. Der R&S NRQ6 hat dieses Problem aufgrund seines Empfängermesskonzeptes nicht. Denn durch die Bandbegrenzung reduziert sich gleichzeitig auch die Rauschleistung.



**Bild 4:** Die selektive Messung eines Multistandard-Basisstationskanals ist für den R&S NRQ6 eine leichte Übung.

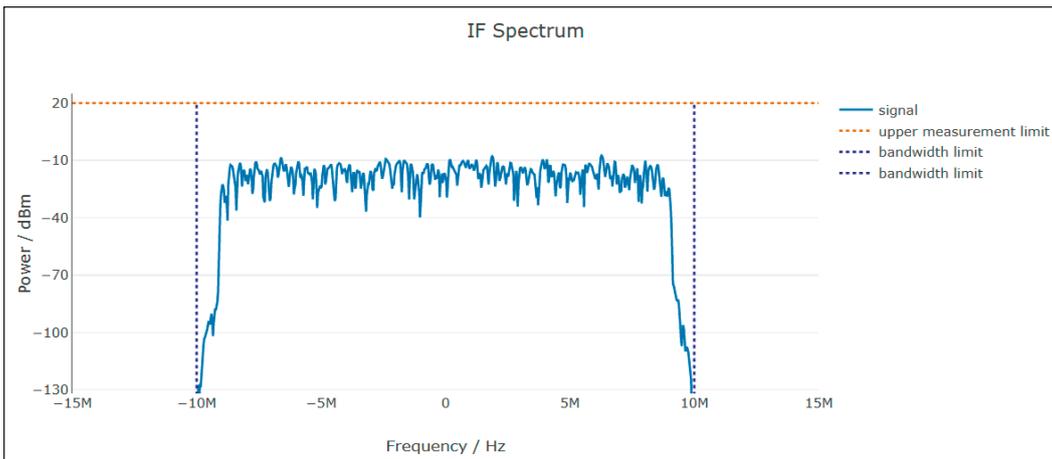
So kann die Leistung schmalbandiger Signale bis zu einer unteren Messgrenze von -130 dBm schnell und hochgenau bestimmt werden. Durch die Frequenzselektivität eignet sich der R&S NRQ6 hervorragend für die Messung von Intermodulationsprodukten wie Harmonischen sowie für die isolierte Betrachtung ausgewählter Übertragungskanäle bis zu einer Bandbreite von 100 MHz; Nachbar Kanäle werden bei der Messung dann nicht berücksichtigt. Dies ist beispielsweise bei Messungen an Multistandard-Basisstationen von Vorteil, wenn nur einer von mehreren Standards von Interesse ist (Bild 4).

### Trace-Messung

Für die Leistungsmessung an gepulsten Signalen ist der Trace-Modus gedacht, der das Signal im Zeitbereich darstellt (Bild 3). Mit einer Auflösungsbandbreite von z.B. 50 MHz misst der R&S NRQ6 dank seiner Eigen-Anstiegs-/Abfallzeit von 13 ns problemlos auch sehr steilflankige Pulse. Auch im Trace-Betrieb ist ein Automatik-Modus wählbar. Dabei werden Zeit- und Pegelachse optimal skaliert. Zusätzlich wird der Trigger-Pegel so eingestellt, dass eine stabile Signaldarstellung sichergestellt ist.

### ACLR-Messung

Eine Standardmessung im Mobilfunkbereich ist die ACLR-



**Bild 5: Der Signal Check zeigt auf einen Blick, ob die Einstellungen zum Messsignal passen**

Messung (Adjacent Channel Leakage Ratio). Deshalb ist diese Messung direkt in der GUI mit vordefinierten Filtern für 3GPP-Signale konfigurierbar. Der R&S NRQ6 erreicht eine ACLR-Performance von typisch -63 dBc für ein 20 MHz breites LTE-Signal mit einer Leistung von -20 dBm.

## Getriggerte Messungen

Für getriggerte Messungen werden immer höhere Messgeschwindigkeiten über eine längere Zeitspanne gefordert. Der R&S NRQ6 verfügt über ein lei-

stungsstarkes FPGA und einen großen Speicher, um genau diese Anforderungen zu erfüllen. So können innerhalb von 200 ms bis zu 100000 getriggerte Messwerte in einem Pufferspeicher abgelegt und später zum Steuerrechner übertragen werden. Das entspricht einer Messgeschwindigkeit von 500000 Messungen/s.

## Automatisches Frequency Tracking

Bei der frequenzselektiven Leistungsmessung schmalbandiger Signale kann es zu störenden

Schwankungen der Mittenfrequenz kommen. Ist es nicht möglich, die Quelle mit dem Referenzfrequenzeingang des R&S NRQ6 zu verbinden, dann leistet der Frequency Tracker gute Hilfe, der das Messfenster automatisch dem driftenden Messsignal nachführt.

## Spektrumsanzeige im Signal Check

Da die Leistungsmessung nur im eingestellten Frequenzbereich erfolgt, muss die Richtigkeit der Einstellungen gewährleistet sein.

Über den Signal Check kann das mit einem Blick überprüft werden. Er stellt Messsignal, Messbandbreite und Pegelschranken grafisch dar, sodass es kein Versehen gibt (Bild 5).

## Applikationen

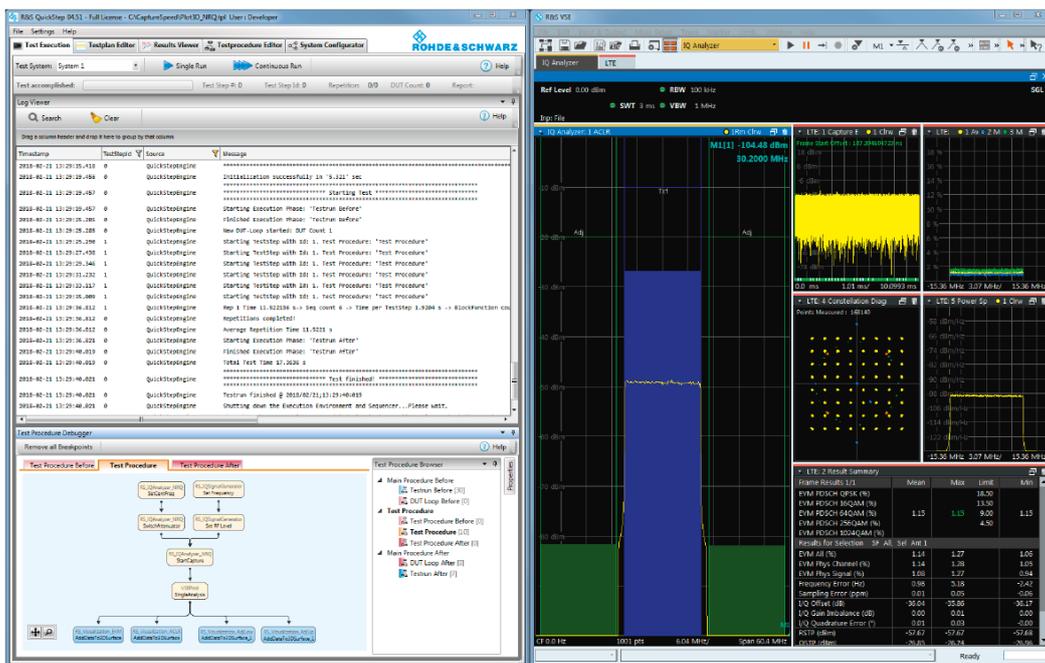
Der R&S NRQ6 eignet sich prinzipiell für alle Leistungsmessaufgaben bis 6 GHz, für die bisher die klassischen Sensortypen benutzt wurden. Bei manchen Anwendungen stechen seine Vorzüge aber besonders ins Auge.

## Kalibrierung der Sendeleistung

Für den Abgleich der Ausgangsleistung von Sendern ist es notwendig, einerseits bei höheren Leistungen den Frequenzgang zu kompensieren und andererseits die Linearität bis hin zu kleinsten Pegeln zu bestimmen. Hat man bisher verschiedene Geräte dafür gebraucht, übernimmt der R&S NRQ6 nun beide Messaufgaben. Außerdem kann er ohne zusätzliche Komponenten wie Kabel und Splitter direkt an das sendende Messobjekt angeschlossen werden, was eine höhere Stabilität, eine geringere Fehlanpassung und damit eine höhere Messgenauigkeit zur Folge hat.

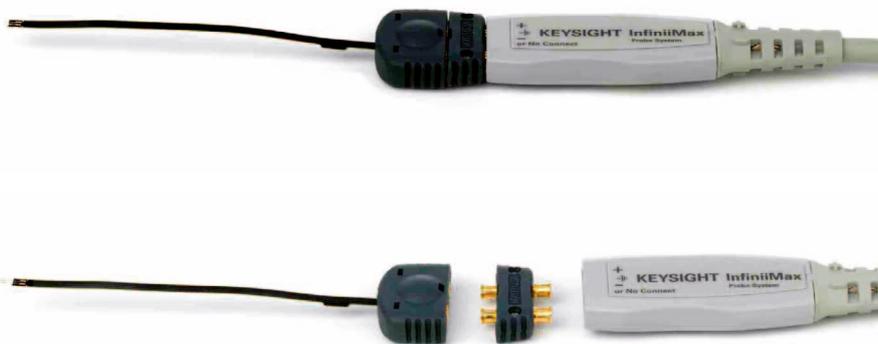
## HF-Frontend für die Vektorsignalanalyse

Der R&S NRQ6 kann als HF-Frontend für die Messung vektormodulierter I/Q-Signale dienen. Mit der Option R&S NRQ6-K1 lassen sich I/Q-Daten mit SCPI-Kommandos abrufen und mittels externer Software demodulieren und analysieren. Für die Automation von Messungen wie EVM oder ACLR bietet sich die Testmanagement-Software R&S Quickstep zur Ansteuerung eines Analyse-Tools an (Bild 6). ◀



**Bild 6: Wird der R&S NRQ6 als HF-Frontend für die Gewinnung von I/Q-Daten eingesetzt, erfolgt die Auswertung durch ein Analysetool, bei Bedarf auch programmgesteuert, etwa durch die Testautomationssoftware R&S Quickstep**

# Kleiner Einlöt-Sondenkopf für Hochleistungsoszilloskope



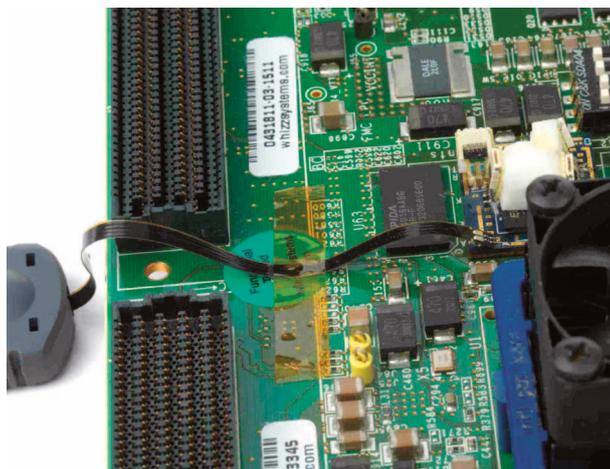
**Keysight hat den Mikrosondenkopf Keysight MX0100A InfiniiMax angekündigt, den derzeit kleinsten Einlöt-Sondenkopf für Hochleistungsoszilloskope, der für moderne Hochgeschwindigkeitsgeräte optimiert ist.**

Die Größe der elektronischen Bauteile schrumpft weiter, was zu kleineren Lötstellen und engeren Rasterabständen führt. Da die Datenraten für Anwendungen wie DDR-Speicher steigen, arbeiten herkömmliche Pads als Blindleitung und werden zu einer Quelle für elektromagnetische Interferenzen (EMI). Daher suchen Entwickler aktiv nach Lösungen mit hoher Dichte und kleiner Geometrie für die Untersuchung moderner elektronischer Technologien zur störungsfreien Analyse und Messung von Signalen.

Der neue InfiniiMax-Mikrosondenkopf von Keysight ist ein Mikro-Einlöt Kopf für die Verwendung mit den Sondenverstärkern InfiniiMax I/II- des Unternehmens und wurde für den Zugriff auf Zielgeräte mit kleinen Geometrien entwickelt. Die Zuleitungsdrähte können auf einen Abstand von 0 bis 7 mm eingestellt werden. In Verbindung mit dem 12-GHz- Sondenverstärker InfiniiMax II 1169B von Keysight liefert der MX0100A bis zu 12 GHz Bandbreite. Die extrem niedrige Eingangskapazität des MX0100A bietet die beste Performance seiner Klasse (0,17 pF, 50 kΩ differentiell), minimiert den Sonden-Lade-Effekt und maximiert die Signalintegrität bei der Messung von Hochgeschwindigkeitssignalen.

„Die heute verfügbaren Oszilloskop-Sondenköpfe sind manchmal sogar größer als die zu testenden Komponenten“, sagt Dave Cipriani, Vice President des Digital and Photonics Center of Excellence bei Keysight Technologies. „Das macht den Zugriff auf die Signale zu einer ständigen Herausforderung für moderne elektronische Messtechnologien. Im Gegensatz zu herkömmlichen Einlötsonden dieser Klasse hat Keysight diese Mikrosonde so konzipiert, dass sie weniger als halb so groß ist wie herkömmliche Einlötsonden für Geräte mit hoher Dichte und kleinem Abstand. Dieser Sondenkopf ist heute einzigartig auf dem Markt.“

■ **Keysight Technologies Deutschland GmbH**  
www.keysight.com



**Microwave Amplifiers Ltd. | UK**

- HF- und Mikrowellenverstärker bis zu 20 GHz
- Hochleistungsverstärker
- Breitbandverstärker
- GaAs- und GaN-Technologie



**Mini-Circuits | USA**

- HF-Komponenten, Board-Level und koaxial
- SatCom-Komponenten und Subsysteme
- Telekommunikation für Industrie und Raumfahrt
- Von DC bis 40 GHz



**Litepoint | USA**

- Wireless Testing
- 3G, 4G, W-LAN, BT, ZigBee
- IoT, OFDM



**MECA Electronics Inc. | USA**

- Koaxiale HF-Komponenten für hohe Leistungen
- Splitter, Koppler, Dämpfungsglieder, etc.
- Low PIM-Komponenten
- Kundenspezifische Komponenten



**Fair-Rite Products Corp. | USA**

- Ferrite für EMV und induktive Anwendungen
- Standardgrößen und kundenspezifische Bauteile



**Steatite Antennas | UK**

- Komplett Antennensysteme, Positioner
- Design, Entwicklung und Beratung
- Horn- und Reflektorantennen
- Sinus- und Spiralantennen

Industrial Electronics GmbH  
Rudolf-Diesel-Straße 2A  
65719 Hofheim-Wallau

- www.ie4u.de
- info@ie4u.de
- +49 6122 726 60-0
- +49 6122 726 60-29



# Testlösungen für das Internet der Dinge



Der Spektrumanalysator RSA5065-TG verfügt über digitale IF-Technologie für exakte Messungen von 9 kHz bis 6,5 GHz

Das Internet der Dinge (Internet of Things, IoT) wirkt sich auf alle Branchen und letztlich auf unser tägliches Leben aus. Die Erwartungen an IoT-Geräte im Hinblick auf Zuverlässigkeit, Leistung, Qualitätserfahrung und langfristige Verfügbarkeit sind extrem hoch. Drahtlose Konnektivität, wie beispielsweise Bluetooth, WLAN/WiFi, ZigBee, und geringe Leistungsaufnahme werden zu einem kritischen Erfolgsfaktor für IoT.

Bei der Arbeit in diesem sich schnell verändernden Umfeld von IoT-Design und Entwicklung werden zuverlässige Testmethoden immer wichtiger. Ingenieure integrieren die neuesten Sensoren und Plattformen umgehend in ihre Projekte, um den Kundenwünschen zu entsprechen und möglichst schnell wettbewerbsfähige Märkte zu erreichen. Die Erfassung und Auswertung der verschiedenen Parameter während der gesamten Entwicklungsphase ist ein wichtiger Schritt zur Verbesserung des strategischen Designprozesses. Bei dem Spagat zwi-

schen Form und Funktion sind Fragen der Signalintegrität und Zuverlässigkeit wesentliche Elemente des Designs im IoT-Ökosystem und spielen eine bedeutende Rolle für den Markterfolg.

Als führender Anbieter von Messtechnik hilft Rigol Technologies dem Anwender, die Testanforderungen und Messaufbauten zu verstehen und durchzuführen, um IoT-Anwendungen so schnell wie möglich

auf den Markt zu bringen – mit der gewünschten Qualität und Leistung.

## Die wichtigsten IoT-Anwendungen

Rigols Lösungen decken alle gängigen Themen und Zielgruppen ab. Einige Beispiele für IoT-Anwendungen sind:

### Smart Home und Smart Building (Intelligentes Haus)

Die Vernetzung aller Einrichtungen in Häusern in Verbindung mit Haushaltstechnik, Energiemanagement, Unterhaltung und Sicherheit sowie die Steigerung von Energie- und Kosteneffizienz

### Smart Wearables (Intelligente tragbare Kleidung)

Neue Arten kommunizierender Objekte, die sich nahtlos in Mode- und Sensortechnologien integrieren. Der Fokus liegt hier auf niedrigem Leistungsverbrauch, geringer Größe und flexiblen Materialien.

### Connected Car (Vernetzte Fahrzeuge)

Mobile Kommunikation in Autos, LKWs und Drohnen bezüglich Flottenmanagement, Teileverfolgung, nutzungsbasierter Versicherung, Diebstahlschutz und Fahrzeugwartungsservices bis hin zum autonomen Fahren



Die neue 4-Kanal Hochleistungs-Oszilloskop-Familie MSO7000

Autor:  
Dipl.-Ing. Kurt Peteler  
Freier Journalist

Rigol Technologies Europe  
GmbH  
info-europe@rigol.com  
www.rigol.eu

## Health Care (Vernetzte Gesundheitsüberwachung)

Medizinische Geräte, Überwachungstechnologien und klinische Biosensoren revolutionieren die Gesundheitsbranche zur präzisen Überwachung und Behandlung der Patienten.

## Industry Automation (Vernetzte Automatisierung, Machine-to-Machine M2M, Industrie 4.0)

Eine industrielle Revolution, indem sie Produktivität und Effizienz auf nie zuvor geahnte Niveaus bringt. Die Herstellung wird intelligenter, flexibler und dynamischer.

## Smart Energy (Vernetzte Energieversorgung)

Neue Werkzeuge zum Überwachen und Messen des Energieverbrauchs, damit dieser optimiert werden kann und Energieverschwendung vermieden wird

Komponententests für das Internet der Dinge bilden für die Test- und Entwicklungsingenieure eine neue Herausforderung. Mit den Messgeräten von Rigol lassen sich speziell beim Entwickeln und Testen von IoT-Komponenten vollumfängliche und anspruchsvolle Tests durchführen. Ein Schwerpunkt bei der IoT-Entwicklung ist die Handhabung des Leistungsverbrauchs und der Signalintegrität der immer kleiner werdenden Komponenten und die mechanische Integration der Einzelbauteile. Neben der Überprüfung der Signalintegrität zum Beispiel der Bussysteme ist auch die hochfrequente Übertragung, beispielsweise über Bluetooth, ein Schwerpunkt der Messanforderung.

## Neue Spektrumanalysatoren

Als Ergänzung zu den Low-Cost-Spektrumanalysatoren der DSA800-TG-Familie sind von Rigol die neuen Echtzeit-Spektrumanalysatoren der Serie RSA5000 verfügbar. Die Geräte basieren auf der neuen, von Rigol entwickelten Ultra-Real-Technologie als komplette Platt-

form, mit der es unter anderem möglich ist, Echtzeitmessungen durchzuführen. Die Geräte zeichnen sich durch eine kompakte elegante Bauweise, die Bedienung über Touchscreen und vielfältige Einsatzmöglichkeiten aus. Sie können durch den zusätzlichen 3.2/6,5-GHz-Tracking-Generator auch als skalarer Netzwerk-Analyser genutzt werden.

Die Analysatoren sind modular aufgebaut und beinhalten vier Funktionen:

- RTSA – Echtzeit-Spektrumanalysator bis zu einer maximalen Bandbreite von 40 MHz
- GPSA – Spektrumanalysator mit herausragender Performance
- EMI – Pre-Compliance-Tests nach CISPR-Vorgaben (mit der Software S1210)
- VSA – Digitale Demodulation (Option geplant in Q2/2018)

Echtzeit-Spektrumanalysatoren erledigen wichtige Funktionen in vielen Testlabors und werden oftmals gleichgesetzt mit hohen Kosten. Mit dem Analysator RSA50xx-TG steht für Anwender mit anspruchsvollen Analyseaufgaben und gleichzeitig limitierten Budgets eine kostengünstige Alternative zur Verfügung. Dieses komplett ausgestattete Instrument verfügt über die voll-digitale IF-Technologie (Intermediate Frequency) für genaue und hochauflösende Messungen von 9 kHz bis 3,2 bzw. 6,5 GHz.

### Bis 40 MHz Bandbreite

Die Echtzeitbandbreite beträgt standardmäßig 25 MHz und kann optional auf 40 MHz erweitert werden. Somit lässt sich das Gerät flexibel an die jeweiligen Anforderungen anpassen. Durch die sehr schnelle Berechnung der FFT lässt sich eine 100%ige Erfassungswahrscheinlichkeit mit korrekter Amplitude (POI – Probability of Intercept) von 7,45  $\mu$ s erreichen. Das Gerät kann trotzdem kleinste Signale bis 25 ns erfassen. Somit ist es möglich, Signale zu untersuchen, die mit einem normalen



Das 10,1-Zoll-Display bietet Touch-Screen-Funktionen

Spektrum-Analysator nicht mehr gemessen werden können.

Durch den entstehenden hohen Informationsgehalt lassen sich unterschiedliche Messungen wie eine Dichtigkeitsdarstellung über die Frequenz, ein Spektrogramm oder Zeitbereich darstellen. Alle Darstellungen können auch gleichzeitig angezeigt werden. Mit dem vielseitigen Frequenzmaskentrigger (FMT) lassen sich schwer ermittelbare Signale erfassen. Mittels unterschiedlicher Filterarten sowie jeweils sechs verschiedenen RBW-Breiten lässt sich das Gerät optimal auf die jeweilige Applikation einstellen. Weitere Details sind die FFT-Rate von bis zu 146,484 FFT/s, ein integrierter FMT und Leistungstrigger sowie die Schnittstellen für USB, LAN, HDMI und GPIB (optional).

### Herausragende Leistung

Ein Spektrumanalysator dient zur Darstellung von Signalamplituden in Abhängigkeit von der Frequenz und bietet dem Benutzer eine Auswahl von IF-Filtern, um die angezeigte Bandbreite zu verringern und ein dediziertes Signal aus dem umgebenden Rauschen zu isolieren. Durch die digitale IF-Technologie des Spektrum-Analysators RSA5000 lassen sich die Abweichungen der Amplitude über die Zeit und Frequenz im Vergleich zu analogen Filtern

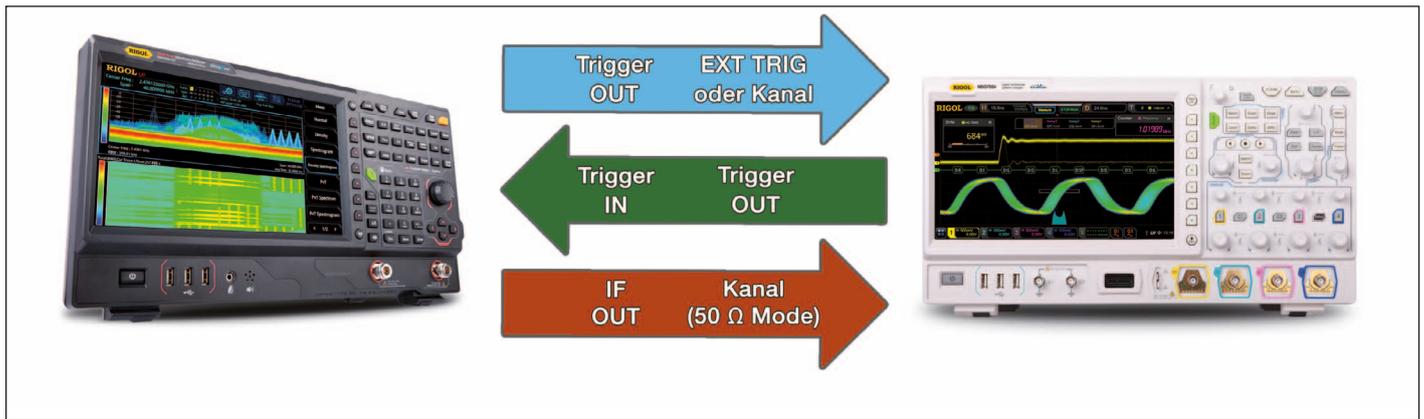
merklich reduzieren. Die effektive Messgeschwindigkeit ist mehr als doppelt so schnell wie bei der DSA800-Serie. Amplitudenwerte lassen sich mit der integrierten Dämpfung (Einstellbar von 0 bis 50 dB) mit bis zu +30 dBm messen. Die typische Phasenrauschleistung des RSA5000 beträgt -108 dBc/Hz @ 1 GHz bei einem Abstand von 10 kHz zum Trägersignal und ist einmalig in dieser Preisklasse.

Das Instrument verfügt über Filter mit 3-dB-Bandbreitenauflösung (RBW), die sich von 1 Hz bis 10 MHz in 1-3-10-Abstufung einstellen lassen, sowie über Video-Bandbreitenfilter (VBW) von 1 Hz bis 10 MHz in 1-3-10-Abstufung. Der Anwender kann Frequenzbereiche von 1 Hz Breite bis zur vollen Bandbreite von 6,5 GHz des Instruments einstellen.

### EMI-Modul für Pre-Compliance-Tests

Mit Zusatzoptionen wie dem EMI-Filter&Quasi-Peak-Kit, dem Vorverstärker und den erweiterbaren Messfunktionen ist das Modell RSA5065-TG hervorragend für Pre-Compliance-Tests von Baugruppen, Geräten und Komponenten geeignet und dient gleichzeitig auch zur Erfassung von sich schnell ändernden Signalen.

Das bedeutet, dass der Kunde bereits sehr kostengünstige Vortests im eigenen Haus durchführen kann, bevor die Produkte



## Kombination eines Echtzeit-Spektrumanalysators mit einem Oszilloskop für Multi-Domain-Untersuchungen

zum meist sehr kostenintensiven EMV-Endtest an externe, zertifizierte Testlabore gegeben werden. Mit den hausinternen Vortests kann schon während der Produktentwicklung sichergestellt werden, dass das Produkt die EU-Normen für EMV erfüllt, die in allen EU-Staaten sowie weiteren europäischen Ländern Vorschrift sind.

### Schlüssel-Features

Der RSA5000 hat ein 10,1 Zoll großes kapazitives Multi-Touch-Display mit 800 x 480 Pixel Auflösung und bezieht seine Eingangssignale über eine 50-Ohm-Typ-N-Buchse. Anschlüsse zu einem PC sind über Ethernet-LAN und USB möglich sowie optional über GPIB. Der optionale Tracking-Generator des RSA5000-TG liefert -40 bis 0 dBm Ausgangsleistung mit  $\pm 3$  dB Ausgangs-Flatness von 1 MHz bis 6,5 GHz für SWR-Messungen oder Skalaranalysen.

Eine Identifizierung von Ereignissen beginnt mit dem Erfassen und der Verifikation eines Signals im Zeit oder Frequenzbereich. Einer der Vorteile der vielseitigen RSA5000 / RSA3000 Serie ist es, Signale sowohl im Zeitbereich als auch im Frequenzbereich gleichzeitig oder getrennt darzustellen. Sobald abweichende Symptome in der Frequenzanalyse des HF-Signals auftreten, können diese im Echtzeit-Modus erfasst und überwacht werden. Sporadisch auftretende, transiente Signale kann man mit dem Frequenzmas-

kentrigger erfassen und genauer analysieren.

Diese Analyse kann mit der Messung Leistung vs Zeit (PvT) oder mit der Analyse des ZF-Signals mit dem Oszilloskop der Serie DS-MSO7000 erweitert werden. Das Oszilloskop bietet durch seine maximale Speichertiefe von bis zu 500 Mpts und die Aufzeichnungsfunktion die Möglichkeit an, sehr lange Signallaufzeiten aufzunehmen und zu analysieren.

### Hochleistungs-Oszilloskope

Die Mixed-Signal-Digitaloszilloskop-Serie MSO/DS7000 umfasst vielseitig ausgestattete Hochleistungsoszilloskope, basierend auf der modernsten Onchip-ASIC-Technologie von Rigol und integriert vielseitige Prozesse. Mit Bandbreiten von 100 bis 500 MHz (Bandbreiten-Upgrade möglich) und Abtastraten von bis zu 10 GS/s ist die Serie MSO/DS7000 ideal geeignet für ein sehr breites Anwendungsspektrum.

Alle Geräte verfügen über einen 10 Zoll großen Touch-Farb-Bildschirm zur besseren und übersichtlichen Signaldarstellung sowie zur optimalen Darstellung von Zusatzinformationen, wie beispielsweise Cursorpositionen und deren Koordinaten, mathematische Parameter sowie Analysefunktionen.

Zur Erfassung und Verarbeitung von Messdaten und großen Datensätzen steht eine Spei-

chertiefe von bis zu 500 Mio. Punkten bereit. Und mit einer Waveform Capture Rate von bis zu 600.000 wfms/s kann der Anwender schnelle Signalfolgen erfassen, darstellen und auswerten. Schnellste Analyse (Decoding) und deren Darstellungsmöglichkeiten wurden durch den ultraschnellen ChipSet der neuesten UltraVision-II-Architektur realisiert.

Vielfältigste Trigger-, Mathematik- und Darstellungsmöglichkeiten (erweiterte FFT, Masken-Test, Eye-Diagramm, Jitter- und Power-Analyse) sind wie alle üblichen seriellen Bus-Protokoll-Analyse- und Triggerfunktionen erhältlich. Integrierte Voltmeter, Frequenzzähler und ein optionaler zweikanaliger Arbiträr-Funktionsgenerator runden den kompletten Messumfang ab (6 in 1 Gerät). Verschiedenste Schnittstellen wie USB, LAN(LXI), HDMI, AUX und GPIB (Adapter) sowie USB-Mouse-Support sind verfügbar.

### Vergleich

Eine Korrelationsmessung ist oft notwendig, um nachdem Fehler entdeckt wurden, deren Einfluss auf andere eingebettete Signalkomponenten oder Datenpakete von seriellen Bussystemen zu untersuchen und den Ursprung herauszumessen.

Dazu lassen sich der Spektrumanalysator RSA5000 und das Oszilloskop DS-MSO7000 verbinden, um Multi Domain Untersuchungen durchzuführen. Dieser Messaufbau ermöglicht alle

interaktiven Untersuchungsmethoden (Debuggen). Der Trigger-Ausgang des RSA5000 ist mit dem Trigger-Eingang oder mit Kanal 1 des DS-MSO7000 verbunden. Der Trigger-Ausgang des Oszilloskops ist mit dem Trigger-Eingang des Echtzeit-Analysators verbunden. Außerdem ist der ZF(IF)-Ausgang des RSA5000 an Kanal 2 (50 Ohm) des DS-MSO7054 (500 MHz) angeschlossen. Jetzt können beide Geräte eingestellt werden, um auf drei unterschiedliche Art und Weise zu triggern.

Der RSA5000 lässt sich konfigurieren, um eine Echtzeit-Visualisierung für eine Multi-Domain Untersuchung durchzuführen. Zusammen mit der Oszilloskop-Serie DS-MSO7000 kann die 500-MHz-Version die Brücke zwischen HF-Analyse und eingebetteten Signalen schließen und somit echte Multi-Domain-Analysen realisieren. Das beinhaltet auch die Analyse einer zeitlichen Korrelation zwischen HF- und eingebetteten-Signalen, Konfiguration von unterschiedlichen Trigger-Methoden – abhängig wiederum von den verschiedenen Signalarten – und fügt noch eine Echtzeit-Visualisierung von HF-Signalen hinzu.

Diese Funktionen machen die RSA500-Serie sowie die DS-MSO7000-Serie zu einem wichtigen Bestandteil der Multi-Domain-Analyse und eröffnen komplett neue Messmethoden mit einem außergewöhnlich günstigen Preis/Leistungs-Verhältnis. ◀

## Lötfreie Leiterplatten-Steckverbinder für Anwendungen bis 70 GHz



Für Standardanwendungen bis 70 GHz bietet Rosenberger kostengünstige lötfreie Leiterplatten-Steckverbinder. Die Bestückung auf einer Leiterplatte erfolgt schnell und einfach mit Standardschrauben (im Lieferumfang enthalten). Das Produkt-

Portfolio umfasst Kuppler der Serien RPC-3.50 (bis 26,5 GHz), RPC-2.92 (bis 40 GHz), RPC-2.40 (bis 50 GHz) und RPC-1.85 (bis 70 GHz), die sich durch niedrige Rückflussdämpfungs-Werte und hohe Steckzyklen (mindestens 500) auszeichnen. Typische Messtechnik-Anwendungen finden sich bei Chiptest-Vorrichtungen oder beim Prüfen von PC-Boards. In einem Flyer sind Produkt-Portfolio und -Merkmale ausführlich beschrieben. Rosenberger ist zertifiziert nach IATF 16949:2016, DIN EN 9100, ISO 9001 und ISO 14001.

■ **Rosenberger**  
Hochfrequenztechnik  
GmbH & Co. KG  
info@rosenberger.com  
www.rosenberger.com

## S-Band-Drehkupplungen für die Raumfahrt



Spinner hat sein Portfolio an Drehkupplungen für Space-Anwendungen erweitert, diese werden insbesondere in Antenna-Pointing-Mechanismen verwendet. Viele der bereits für die Raumfahrt verfügbaren Drehkupplungen arbeiten im X-, K- oder Ka-Band. SPINNER hat nun auch Einheiten für das S-Band entwickelt.

Auf Basis der bewährten kontaktlosen HF-Übertragungstechnologie konnte Spinner die konstruktions- und produktionsbedingten Hürden überwinden und S-Band Drehkupplungen erstellen, welche in ihren äußeren Abmessungen trotz der längeren Wellenlänge mit denen von Drehkupplungen für höhere Frequenzen vergleichbar sind. Dank ihrer kompakten Form und der Verwendung spezieller Aluminiumlegierungen sowie anderer, speziell für die Raumfahrt entwickelter Materialien,

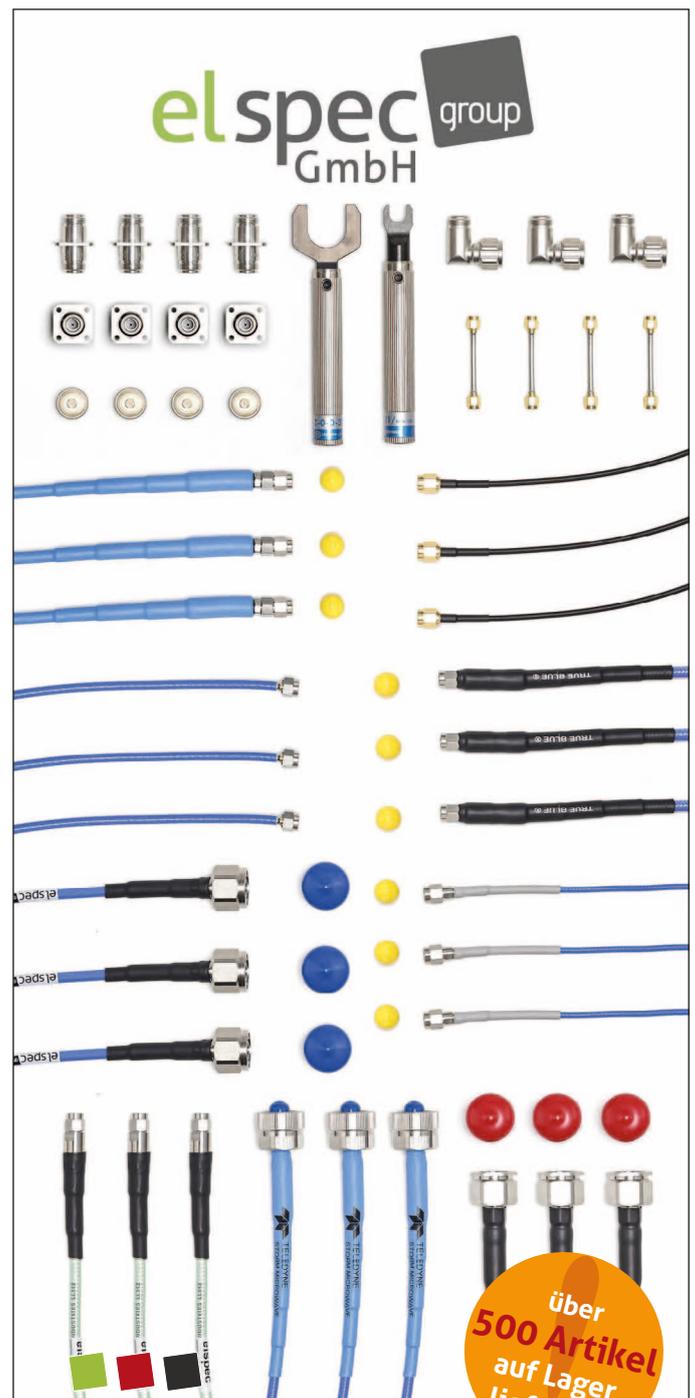
beträgt das Gesamtgewicht einer solchen Drehkupplung unter 100 Gramm.

Die S-Band Drehkupplung hält einer durchschnittlichen Leistung von bis zu 10 W stand bei einem VSWR von maximal 1,15 und einem VSWR WOW von maximal 0,05. Der Insertion Loss ist mit max. 0,25 dB sehr niedrig, während der Insertion Loss WOW 0,05 dB nicht überschreitet. Diese Werte sind garantiert unter Volllast für einen extrem weiten Temperaturbereich (-100 bis +120 °C).

### Kompakte Abmessungen

Dank ihrer kompakten Abmessungen und hervorragenden Übertragungseigenschaften bieten diese Drehkupplungen ein hohes Maß an Flexibilität in der Auslegung von Antenna-Pointing-Mechanismen. Der Frequenzbereich lässt sich bei Bedarf anpassen. Dies eröffnet zusätzliche Möglichkeiten für die direkte Kommunikation zwischen Satelliten und Basisstationen sowie die Entwicklung von Satelliten.

■ **SPINNER GmbH**  
www.spinner-group.com



über  
500 Artikel  
auf Lager  
lieferbar

### Unsere Leistungen:

Standardkonfektionen oder kundenspezifische Lösungen bis 110 GHz durch unsere hauseigene Manufaktur konfektioniert.

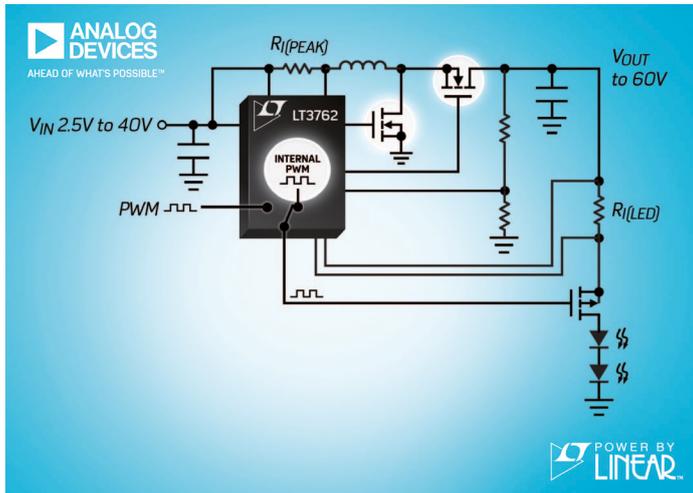
### Unsere Produkte:

HF-Koaxialkabel  
HF-Steckverbinder  
HF-Assemblies

### Wir beraten Sie gerne!

+49 8171 4357-0  
sales@elspecgroup.de  
elspec group

# LED-Controller mit Spreizspektrum-FM



Analog Devices kündigte den Power by Linear LT3762 an, einen synchronen, aufwärts-wandelnden LED-Treiber-Controller mit 60 V Ausgangsspannung, hohem Wirkungsgrad und einem programmierbaren internen LED-PWM-Signalgenerator sowie Spreizspektrum-Frequenzmodulation, die ein

geringes EMI-Rauschen ergibt. Der vielseitige LT3762 enthält einen Rail-to-Rail-Strommessverstärker, der die Strommessung durch den oberen oder durch den unteren Schalttransistor ermöglicht, was zusätzlich zum synchronen Aufwärtswandler den synchronen Abwärtswandler-Betrieb und ab- bzw.

aufwärtswandelnde Topologien sowie nichtsynchrone SEPIC-Designs vereinfacht. Der Eingangsspannungsbereich von 2,5 bis 38,5 V und der synchrone Betrieb sind optimal für Leistungselektronik im Automobil, portable Messgeräte, industrielle Applikationen, medizinische Geräte und Lichtarchitektur. Ein zusätzlicher Ab-/Aufwärtswandler auf dem Chip liefert in Niederspannungssystemen die nötige Gate-Treiberspannung und resultiert bei einem maximalen Ruhestrom von 500  $\mu$ A und 1  $\mu$ A Abschaltstrom in einem hohen Wirkungsgrad.

In Systemen, die anfällig für EMI sind, kann die optionale Spreizspektrum-FM aktiviert werden, um das effektive Rauschen der Schaltfrequenz zu reduzieren. Ein PWM-Signalgenerator auf dem Chip ist mit dem internen Oszillator synchronisiert, um das beste Rauschverhältnis

zu sicherzustellen. Die interne PWM-Signalgenerierung liefert Dimmverhältnisse von 250:1. Weitere Funktionen des im Konstantstrom- und Konstantspannungsbetrieb lauffähigen LT3762 sind der Strommodusbetrieb mit Strombegrenzung von Zyklus zu Zyklus, zwischen 0,1 und 1 MHz einstellbare Schaltfrequenz, programmierbare Unterspannungssperre, Schutz vor unterbrochenen und kurzgeschlossenen LEDs mit Fehlerzustandsanzeige, Schutz vor LED-Überstrom und thermische Abschaltung.

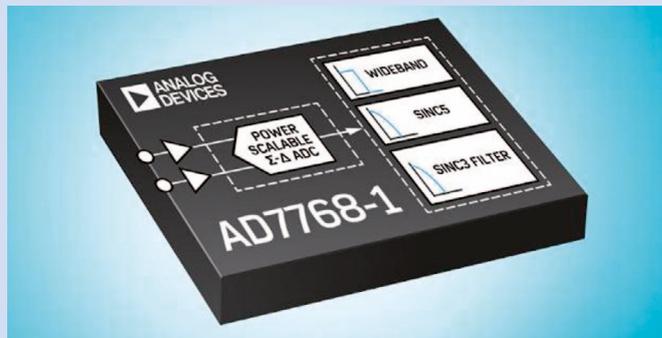
Der LT3762 ist in einem thermisch verbesserten TSSOP mit 28 Anschlüssen und in einem 4 x 5 mm großen QFN-Gehäuse verfügbar. Sperrschichttemperaturbereiche von -40 bis +125 °C oder 150 °C sind möglich.

■ Analog Devices, Inc.  
www.analog.com

## A/D-Wandler bietet konfigurierbare und wiederverwendbare Datenerfassung

Analog Devices stellte den AD7768-1 vor, einen einkanaligen Hochleistungs-24-Bit-Sigma-Delta-A/D-Wandler mit geringem Strombedarf für die präzise Wandlung von sowohl AC- als auch DC-Signalen. Der AD7768-1 ermöglicht in leistungseffizienten messtechnischen Lösungen die Zustandsüberwachung in der vorausschauenden Instandhaltung (Vibration und Qualität der Stromversorgung), den Audio- und Akustiktest sowie die Strukturüberwachung in modularem, automatischem Testequipment. Applikationen im Gesundheitswesen wie klinische EEG/EMG/ECG sind ebenfalls möglich.

Der AD7768-1 bietet eine einkanalige, konfigurierbare und wiederverwendbare Datenerfassung auf kleiner Grundfläche, was einen neuen Industriestandard in der kombinierten Wandlung von AC- und DC-Signalen etab-



bliert. Dieser erlaubt es den Entwicklern von Messgeräten und industriellen Systemen, den Kern der Datenerfassungskette wiederzuverwenden, die mehreren Messvarianten, sowohl in von Kanal zu Kanal isolierten als auch nichtisolierten Applikationen dienen kann.

Ein einziger Konverter reduziert die Anzahl der Referenzdesigns da er den vielfältigen Equipmentplattformen, Leistungspunkten und Messbereichen dient. Der AD7768-1

enthält einen in der Versorgung skalierbaren Modulator und Digitalfilter, um synchronisierte Messungen mit hoher Wiedergabetreue in der Instrumentierung zu ermöglichen.

Der hohe Durchsatz und die Eingangsbandsbreite von 110,8 kHz reduzieren Testkosten und -zeit. Umfangreiche digitale Filtermöglichkeiten lassen sich auswählen, um eine Vielzahl von Systemanforderungen zu erfüllen, die wiederum sehr genaue Messungen im Frequenzbe-

reich und bei DC-Messungen mit geringer Latenz liefern. Der A/D-Wandler hat an jedem analogen Eingang auch einen integrierten Buffer, was das Design von externen Treiberschaltungen wesentlich vereinfacht. Ein Buffer am Eingang für die Referenz mit hoher Impedanz erleichtert das Design ebenso.

Der 24-Bit-ADC AD7768-1 besitzt die branchenweit beste integrale Nichtlinearität (INL) und die geringsten Verzerrungen über die größte verfügbare Bandbreite. Er hat im Vergleich zu alternativen Produkten auch eine 20-mal bessere Offsetdrift, einen 40-mal kleineren Verstärkungsfehler und eine dreifache Verbesserung der Verstärker-Drift. Das Gehäuse ist vom Typ 28-Lead-LFCSP.

■ Analog Devices, Inc.  
www.analog.com



Messe München

Connecting Global Competence

13.–16. November 2018

# Connecting everything – smart, safe & secure



## Fachmesse

- 17 Hallen
- Komplettes Angebot an Technologien, Produkten und Lösungen

## Konferenzen & Foren

- 4 Konferenzen
- 11 Foren
- Neuer TechTalk für Ingenieure und Entwickler

## Talent trifft auf Industrie

- electronica Erfahrungen mit Live-Demonstrationen
- e-ffwd: die Startup-Plattform von Elektor
- electronica Jobbörse

**SEMICON<sup>®</sup>  
EUROPA**  
semi

co-located event



**electronica 2018**

Komponenten | Systeme | Anwendungen | Lösungen  
Weltleitmesse und Konferenz der Elektronik  
Messe München | 13.–16. November 2018 | [electronica.de](http://electronica.de)

## Mikrowellen-Synthesizer mit branchenführenden Eigenschaften

Analog Devices kündigte einen breitbandigen Synthesizer mit integriertem VCO an, der durch richtungsweisende Leistungsfähigkeit und Flexibilität gekennzeichnet ist und sich ideal für verschiedenste Anwendungen eignet. Beispiele sind der Aerospace- und Wehrtechnik-Bereich, die Mobilfunk-Infrastruktur, Mikrowellen-Richtfunkstrecken, elektronische Prüf- und Messinstrumente sowie Satellitenterminals.

Der neue breitbandige Fractional-N-Synthesizer ADF5610 erzeugt Taktsignale von 55 MHz bis 15 GHz und zeichnet sich durch das branchenweit geringste Phasenrauschen eines Single-Chip-Bausteins aus. Im Vergleich zu alternativen Lösungen, die mehrere schmalbandige GaAs-VCOs und PLLs erfordern, bietet der ADF5610 eine um 50% reduzierte Leistungsaufnahme sowie weniger Platzbedarf und eine einfachere Architektur, was unter dem Strich zu geringeren Materialkosten und einer kürzeren Markteinführungszeit führt.

Auf der Basis des proprietären, fortschrittlichen SiGe-BiCMOS-Prozesses ermöglicht der ADF5610 große Modu-



lationsbandbreiten und niedrige Bitfehler-raten. Er bietet ein branchenführendes VCO-Phasenrauschen von -114 dBc/Hz bei 100 kHz Offset bzw. -165 dBc/Hz bei 100 MHz Offset, jeweils bei 10 GHz, sowie ein niedriges normalisiertes Grundphasenrauschen (FOM) von -229 dBc/Hz. Die integrierte PLL-Funktion überzeugt durch schnelle Frequenzwechsel und kurze Einrastzeiten von unter 50  $\mu$ s mit einem entsprechenden Schleifenfilter. Die Stör-linien des Phasendetektors sind typisch

geringer als -45 dBc, und die HF-Ausgangsleistung beträgt 6 dBm. Der breitbandige Fractional-N-Synthesizer ADF5610 lässt sich einfach in Designs einbinden und wird vollständig durch ADIsimPLL unterstützt. Mit diesem umfassenden und einfach anzuwendenden Tool für das Design und die Simulation von PLL-Synthesizern lassen sich Aussagen über das Phasenrauschen, die Einrastzeit, den Jitter und weitere design-relevante Parameter einholen. Mithilfe der integrierten SPI-Schnittstelle und der Steuerungssoftware ist der Baustein außerdem anwenderseitig programmierbar. Der ADF5610 ist für einen Temperaturbereich von -40 bis +85 °C spezifiziert. Er kann an analogen und digitalen Stromversorgungen mit 3,3 V Nennspannung ebenso betrieben werden wie an der 5V Versorgungsspannungen der Ladungspumpen und VCO und ist kompatibel zum 1,8-V-Logikpegel. Hardwaremäßige und softwaremäßige Power-Down-Modi ergänzen den Ausstattungsumfang. Das LFCSP misst 7 x 7 mm.

■ Analog Devices, Inc.  
www.analog.com

## Selbstkalibrierendes Energiezähler-IC vereinfacht Implementierung von Stromzähler-Funktionen

Analog Devices hat ein Energiezähler-IC mit Selbstkalibrierfähigkeit für einphasige Energiezähler-Anwendungen vorgestellt. Der neue Baustein des Typs ADE9153A nutzt die mSure-Technologie zur automatischen Kalibrierung des Messsystems, wodurch sich der Zeitaufwand für die Kalibrierung ebenso deutlich reduziert wie die Arbeits- und Equipmentkosten. Als einziges selbstkalibrierendes Energiezähler-IC gibt der ADE9153A Designern von intelligenten Beleuchtungslösungen, Rechenzentren, Elektrofahrzeug-Ladegeräten und industriellen Anwendungen die Möglichkeit, ihre Produkte auf einfache Weise durch eine Energiemessfunktion mit abrechnungstauglicher Genauigkeit zu ergänzen.

Während traditionelle Energiezähler-ICs nach einer Kalibrierung mit teuren externen Spannungs- und Stromquellen in Referenzqualität verlangen, basiert der ADE9153A auf der mSure-Technologie, die das System auf der Grundlage direkter Messungen des Energiemess-Signalfads im Messsystem kalibriert. Produkte, die für den ADE9153A



ausgelegt sind, können während der Produktion eine Selbstkalibrierung vornehmen, sodass auf den Bau, die Installation und die Unterhaltung von Präzisions-Kalibrierplätzen in der Produktionsstätte verzichtet werden kann.

Der ADE9153A unterstützt Wirkverbrauchsnormen wie IEC 62053-21, IEC 62053-22, EN50470-3, OIML R46 und ANSI C12.20 sowie die Blindverbrauchsnormen IEC

62053-23 und IEC 62053-24. Zum seinem Funktionsumfang gehören Netzqualitätsmessungen wie etwa Nulldurchgangserkennung, Berechnung der Netzperiodendauer, Winkelmessung, Dip/Swell-Erkennung, Spitzenwert- und Überstrom-Detektierung und Messung des Leistungsfaktors.

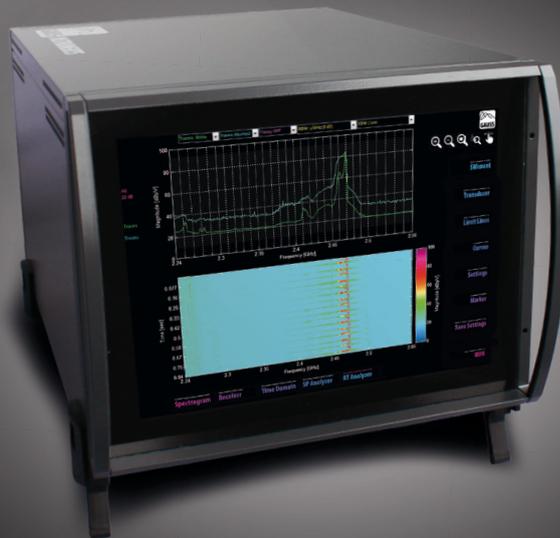
### Highlights ADE9153A

- schnelle automatische Kalibrierung auf Basis der direkten Messung des Messsignalfads
- keine externe Referenzspannungs- und -stromquelle
- Unterstützung für Energiemessgenauigkeit gemäß Klasse 0,5 und 1
- drei leistungsfähige A/D-Wandler mit 88 dB Rauschabstand und Stromkanal mit hoher Verstärkung
- fortschrittliche Messtechnik: Watt, VAR, VA, Zx, Dip, Swell, Peak, Überstrom usw.

■ Analog Devices, Inc.  
www.analog.com

# THE NEW BENCHMARK IN EMC TESTING

BEST RF PERFORMANCE AND LOWEST NOISE FLOOR



**BOOSTING** your overall test & measurement quality  
by patented **TDEMI® TECHNOLOGY**



**685** MHz

**REAL-TIME BANDWIDTH  
TDEMI® TECHNOLOGY**

**40** GHz

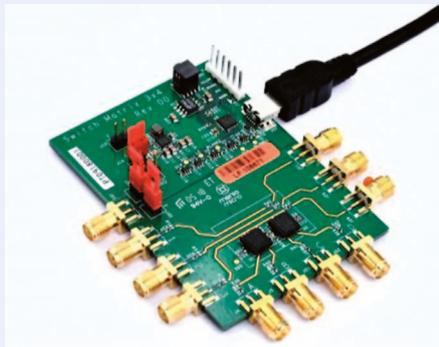
**ULTRA-FAST RECEIVER SCANNING  
TDEMI® TECHNOLOGY**

**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.  
[gauss-instruments.com](http://gauss-instruments.com)

## MEMS-Relais ersetzen elektromechanische Relais

Der MM1200 von Menlo Micro (Vertrieb: Eurocomp) ist ein sechskanaliges SPST-Mikrorelais. Er ist ausgelegt für Applikationen, in denen in Gleich- und Wechselstromkreisen Leistung und Signale geschaltet werden. Die zuverlässige, robuste und stark platzsparende Digital-Micro-Switch-Technologie ermöglicht das schnelle Schalten von bis zu 1 A je Kanal. Weitere wesentliche Merkmale dieser Technologie sind der geringe On-Widerstand, die hohe Isolation sowie die hohe Zahl der Schaltzyklen von 3 Mrd. bei erhöhter Temperatur bis 85 °C. Jeder Schalter ist normal im Ein-Zustand (NO) und wird generell individuell über den Serial-Peripheral-Interface-Bus gesteuert.

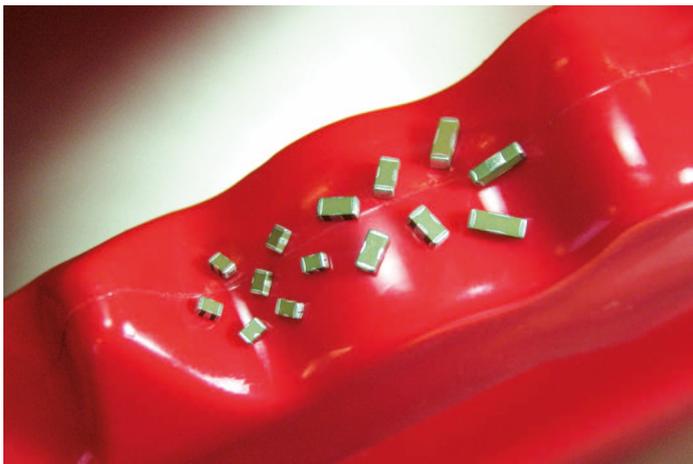


Elektromechanische Relais könnten jetzt auch für höhere Ströme durch MEMS-Schalter bzw. Switch-Matrizen ersetzt werden. Ein MM1200 ersetzt auf kleinem

Platz viele elektromechanische Relais herkömmlicher Bauweise. Auf dem im Bild gezeigten Evaluationboard ist ein 3x4-System mit zwölf Schaltknoten unter Verwendung von zwei MM1200 mit je sechs Schaltern realisiert. Dabei kann jeder Schalter der Matrix individuell gesteuert und konfiguriert werden als „eins zu viele“ oder „viele zu eins“. In Testapplikationen lässt sich ein Signal zurückführen. Das Evaluationboard enthält einen Mikrocontroller als Interface und zur Steuerung sowie einen 75-V-Generator zur Betätigung der DMS-Schalter.

■ Eurocomp Elektronik GmbH  
www.eurocomp.de

## MLC-Chips in vielen Varianten



„Die Geschwindigkeit, mit der Komponenten veralten, hat sich in den letzten 15 Jahren erhöht“, sagt Steve Hopwood, Senior Application Engineer bei Knowles Precision Devices (KPD). Und fügt hinzu: „Aus einer Reihe von Gründen, zum Beispiel Produktionsumstellungen, Änderungen der Matrixgröße und anderweitigen technischen Änderungen, lassen OCMs mehr Teilenummern pro Jahr auslaufen.“

Die zunehmende Anzahl von EOL-Meldungen in den letzten 17 Jahren kann auch zurückzuführen sein auf gesetzliche Bestimmungen, wirtschaftliche Abschwächung und Naturkata-

strophen, wie zum Beispiel Erdbeben und starke Überschwemmungen, wodurch ein Teil der Produktion von elektronischen Bauteilen ausgefallen ist. Dieser Anstieg hat auf einige Branchen mehr Einfluss als auf andere. Branchen mit kurzen Produktlebenszyklen, wie zum Beispiel Smartphones, sind davon nicht in dem Maße betroffen wie Branchen mit längeren Lebenszyklen, wie beispielsweise die Rüstungs- und Luftfahrtindustrie, Medizintechnik und Industrieanlagen. Produkte in diesen Branchen können 20 Jahre oder länger gebaut werden und überdauern die Lebenszyklen einiger Komponenten, die in den Produkten verbaut sind.

### MLC-Chips für Endgeräte

Zum Beispiel haben viele Hersteller die Produktion von MLC-Chips für Endgeräte der Größe 1806 beendet, KPD jedoch nicht. Aufgrund der Nachfrage seitens der OEMs unterstützen sie, zusätzlich zur Variante 1806, sogar immer noch die Gehäusegrößen 0805, 1206 und 1812. Unter der Marke Syfer sind die Produktreihen E01 und E07 von KPD als Chips für C-Filter von Durchführungs-MLCC-Chips

erhältlich. Durch ihre Konstruktion bieten sie eine reduzierte Induktivität im Vergleich zu herkömmlichen MLCCs, wenn sie in der Signalleitungsfilterung eingesetzt werden. Das gefilterte Signal wird durch die internen Elektroden des Chips geleitet und das Rauschen auf die geerdeten Seitenkontakte wird gefiltert, was zu einer Reduzierung der Rauschübertragungswege führt.

### FlexiCap-Abschlüsse

Als C0G/NP0 & X7R (Dielektrika) mit Nennstromstärken von 0,3, 1, 2 und 3 A und Nennspannungen von 25 bis 200 V<sub>DC</sub> sind sie auch mit FlexiCap-Abschlüssen erhältlich, was für Neukonstruktionen sehr empfehlenswert ist, damit das Risiko eines Ausfalls durch mechanische Belastung reduziert wird. Mit FlexiCap, dem ersten flexiblen MLCC-Abschluss auf dem Markt, können diese Teile die hohen Anforderungen der Automobilindustrie erfüllen und es steht für diese Anwendung eine Produktreihe zur Verfügung, die AEC-Q200 erfüllt. KPD bietet außerdem Durchführungs-MLCC-Chips für Endgeräte mit einer Pi-Filter-Konfiguration an. ◀



# Peak & Average Power Sensor

**10 to 8000 MHz / +20 to -60 dBm**

**Measures Peak & Average Power of CW and Pulse Waveforms**

**Easy Graphical Pulse Profiling, for Pulses from 1s to 10 $\mu$ s**

**USB and Ethernet control**



**Mini-Circuits®**

[www.minicircuits.com](http://www.minicircuits.com) (718) 934-4500 [sales@minicircuits.com](mailto:sales@minicircuits.com)

582 Rev Orig\_P

## DISTRIBUTORS

**IE INDUSTRIAL ELECTRONICS GMBH**

D-65719 Hofheim-Wallau, Germany  
Tel. +49-6122-72660-0 Fax +49-6122-72660-29  
[www.ie4u.de](http://www.ie4u.de)  
[anfrage@ie4u.de](mailto: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](mailto:info@municom.de) [www.municom.de](http://www.municom.de)

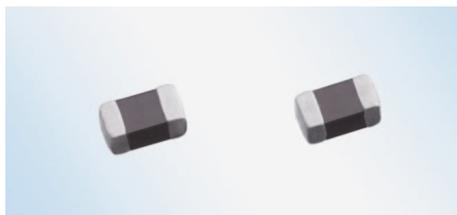
## Durchführungskondensatoren im Miniaturformat



Um elektrische Schaltungen zuverlässig vor hochfrequenten Störsignalen zu schützen, sind hochwertige Durchführungskondensatoren, welche bei Telemeter Electronic erhältlich sind, nach wie vor unerlässlich. Diese neuen Produkte der Miniaturmodellserie überzeugen durch die kleine Baugröße von 7 mm Länge bei einem Außendurchmesser von 4,5 mm. Eine Betriebsspannung von 160 V<sub>DC</sub> sowie eine Prüfspannung von 320 V<sub>DC</sub> garantieren eine sichere Verwendung für eine große Vielzahl an Anwendungen. Unterschiedlich erhältliche Kapazitätswerte von 22 bis 5000 pF erleichtern die Auswahl für individuelle Anwendungen. Darüber hinaus erfolgt eine schnelle Bemusterung für Prototypen-Versuche sowie einem breiten Sortiment an zahlreich ergänzenden Ausführungen.

■ *Telemeter Electronic GmbH*  
www.telemeter.info

## Vielschicht-Chip-Beads mit hohen Nennströmen



Die TDK Corporation hat die neue MPZ0603-H-Serie von Vielschicht-Chip-Beads für Versorgungsleitungen in einem IEC 0603-Gehäuse (EIA 0201) entwickelt. Sie bieten den doppelten Nennstrom bei gleichzeitig halbiertem DC-Widerstand im Vergleich zur bestehenden MPZ0603-C-Serie. Dank einer neuen Technologie zur Realisierung der internen Elektroden ist es TDK gelungen, den DC-Widerstand nun auf einen Minimalwert von 36 mOhm zu senken und gleichzeitig den maximalen Nennstrom auf 1,9 A zu erhöhen. Die MPZ0603-H-Serie bietet typabhängig Impedanzwerte von 22 bis 120 Ohm bei 100 MHz.

Der Flächenbedarf liegt bei nur 0,6 x 0,3 mm und die Bauhöhe beträgt nur 0,3 mm. Dank der kompakten Abmessungen und der her-

vorragenden elektrischen Eigenschaften eignen sich die Ferrit-Beads sehr gut zur Störunterdrückung von IC-Versorgungsleitungen in einem breiten Spektrum an Applikationen wie Smartphones, Audio-Equipment, PCs und anderen Geräten. Die Serienfertigung begann im August 2018.

Da die Multifunktionalität portabler Geräte wie etwa Smartphones immer weiter zunimmt, führt dies zu immer höheren Strömen in den Versorgungsleitungen und den Bauelementen. Mit ihrem geringen DC-Widerstand ermöglichen die Chip-Beads der Serie MPZ0603-H nicht nur hohe Nennströme, sondern helfen auch, Verluste zu reduzieren.

Hauptanwendungsgebiet ist die Störunterdrückung in Versorgungsleitungen von ICs, in Smartphones, Audio-Equipment, PCs und anderen Geräten. Haupteigenschaften und -vorteile sind ein minimaler DC-Widerstand von 36 mOhm entsprechend einer Halbierung des Werts bestehender Produkte und der hohe maximale Nennstrom von 1,9 A entsprechend einer Verdopplung des Werts bestehender Produkte.

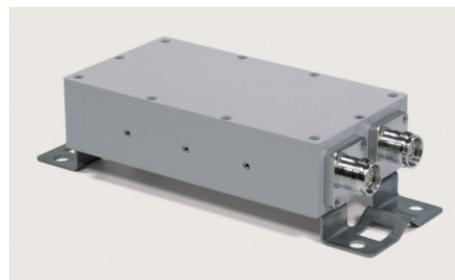
■ *TDK Europe GmbH*  
www.eu.tdk.com

## Neue Mobilfunkbänder bis 3800 MHz

Neue Anwendungen im Mobilfunk erfordern immer mehr Bandbreite und noch höhere Übertragungsgeschwindigkeiten. Das Zeitalter des Internets der Dinge (IoT) hat gerade erst begonnen und die Anforderungen an Kapazität, Datenraten und Latenzzeit sind immens. Um diesen Anforderungen gerecht werden zu können, bedarf es neuer Mobilfunkfrequenzen. Mit 5G ist der Grundstein für dieses Wachstum gelegt und mit dem neuen Band bis 3800 MHz der erste Meilenstein gesetzt.

Soweit die Theorie. Damit diese jedoch auch erfolgreich in die Praxis umgesetzt werden kann bedarf es neuer Produkte. Produkte, die den neuen Frequenzbereich bis 3800 MHz bedienen und sich dabei störungsfrei in der HF-Übertragung verhalten. Denn gerade hier liegt das größte Gefahrenpotential: Je mehr Frequenzen über eine gemeinsame Übertragungsstrecke gesendet werden, umso größer ist die Gefahr durch passive Intermodulation (PIM). Heutige Mobilfunksysteme übertragen bereits drei bis vier Mobilfunkbänder über dieselbe Übertragungsstrecke. Das ohnehin schon hohe Risiko von Störungen wird durch jede weitere Frequenz nochmal potenziert. Befindet sich dann ein Produkt in der Übertragungskette welches die passive

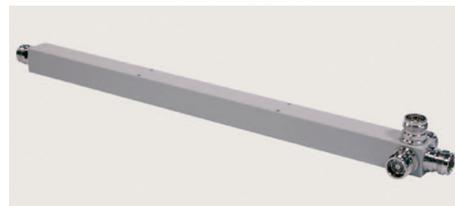
Intermodulation nur um 10 dB anhebt, so kann dies bereits zu 20% Kapazitätseinbußen der gesamten Mobilfunkeinrichtung führen.



**Diplexer BN 570732; DC – 2700 MHz / 3300 – 3800 MHz**

## Low PIM für Bänder bis 3800 MHz

Spinner ist Pionier bei der Entwicklung von low PIM Produkten. Seit über 20 Jahren entwickeln wir hochwertige intermodulationsarme Komponenten für den Mobilfunk. Niedrigste PIM-Werte erreichen wir durch das perfekte Design, die richtige Materialauswahl und letztendlich durch unseren sehr hohen Qualitätsanspruch in der Fertigung. Hierdurch lassen sich zum einen Kosten sparen, bedingt durch weniger Störungen und Serviceeinsätze, zum anderen lässt sich die gesamte Mobilfunkinfrastruktur effizienter nutzen.



**Broadband splitter BN 818274; 4 output ports; 350 – 3800 MHz**



**Broadband taper BN 818431; 4.8 dB; 350 – 3800 MHz**

Der Großteil unserer Produkte wie Steckverbinder, Adapter, Jumper, Abschlusswiderstände und Dämpfungsglieder lassen sich problemlos bis 3800 MHz einsetzen.

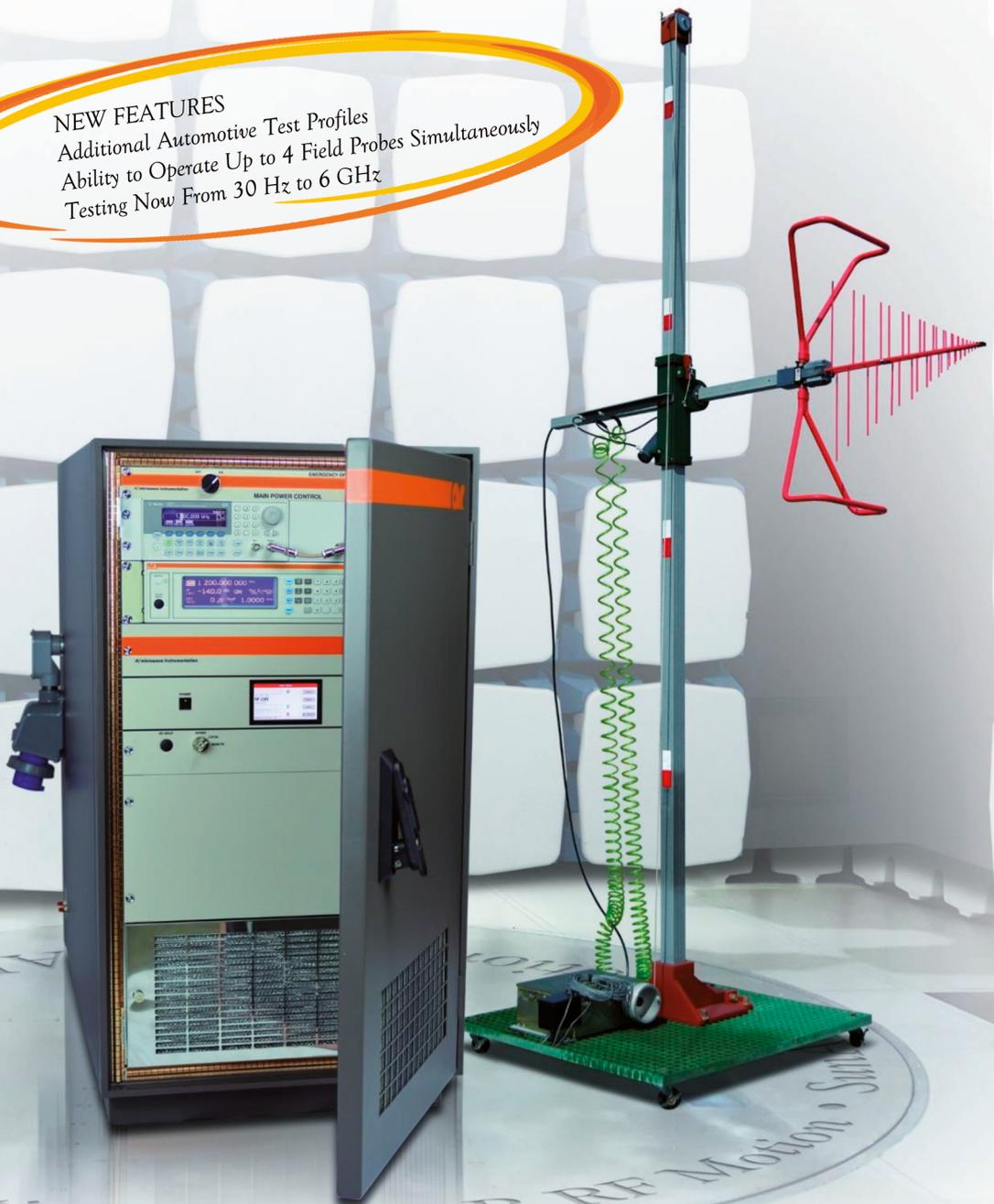
■ *SPINNER GmbH*  
www.spinner-group.com

# Your EMC System Solutions Expert

Fully Integrated Test Systems For Application from DC to 50 GHz

In This Issue: **Multitone-System**

NEW FEATURES  
Additional Automotive Test Profiles  
Ability to Operate Up to 4 Field Probes Simultaneously  
Testing Now From 30 Hz to 6 GHz



**ar deutschland**

AR Deutschland GmbH | +49 6101 80270-0 | ardeinfo@arworld.us | www.ar-deutschland.com

In Europe, call ar United Kingdom +44 1908 282766 | ar France +33 1479 17530 | ar Benelux +31 172 423000



# The Next Generation in Immunity Testing

## Features

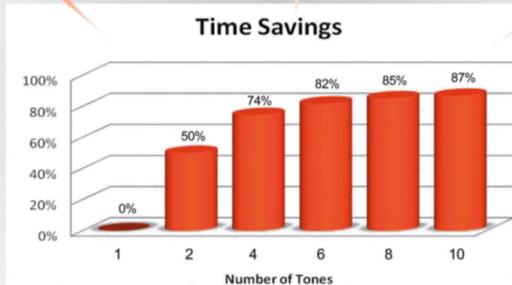
Simultaneous testing of multiple tones is facilitated by AR's proprietary software.

The Multi-Tone Tester contains all instruments needed for radiated immunity testing except for amplifiers, antennas, and directional couplers, all of which are available from AR.

Calibration and test routines are compliant with IEC 61000-4-3.

Controls up to 4 amplifier, directional coupler, and antenna combinations.

Saved and repeatable test scenarios.



Automated routines perform amplifier linearity and harmonic checks for both single and multiple tone sets.

Reduced test time.

Better utilization of equipment.

Better simulation of real world threats.

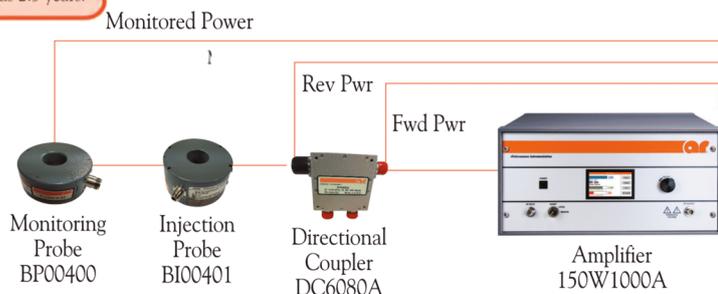
Return on Investment in as little as 2.5 years.

## Benefits

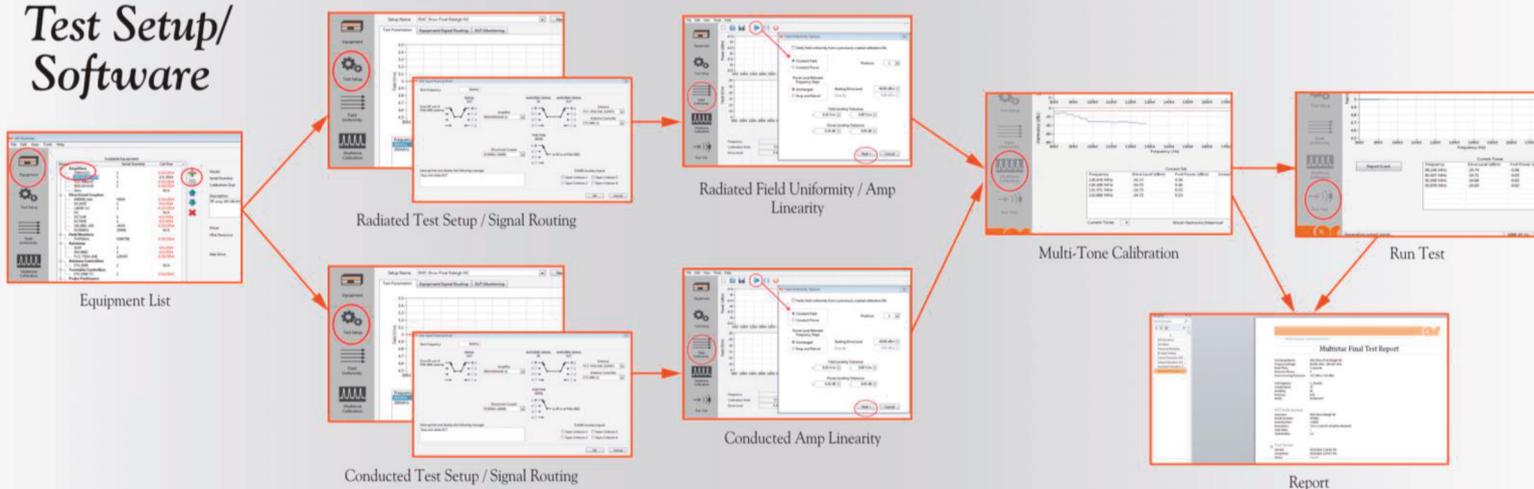
**NEW FEATURES**  
 Additional Automotive Test Profiles  
 Ability to Operate Up to 4 Field Probes Simultaneously  
 Testing Now From 30 Hz to 6 GHz

## Conducted Immunity Setup Option

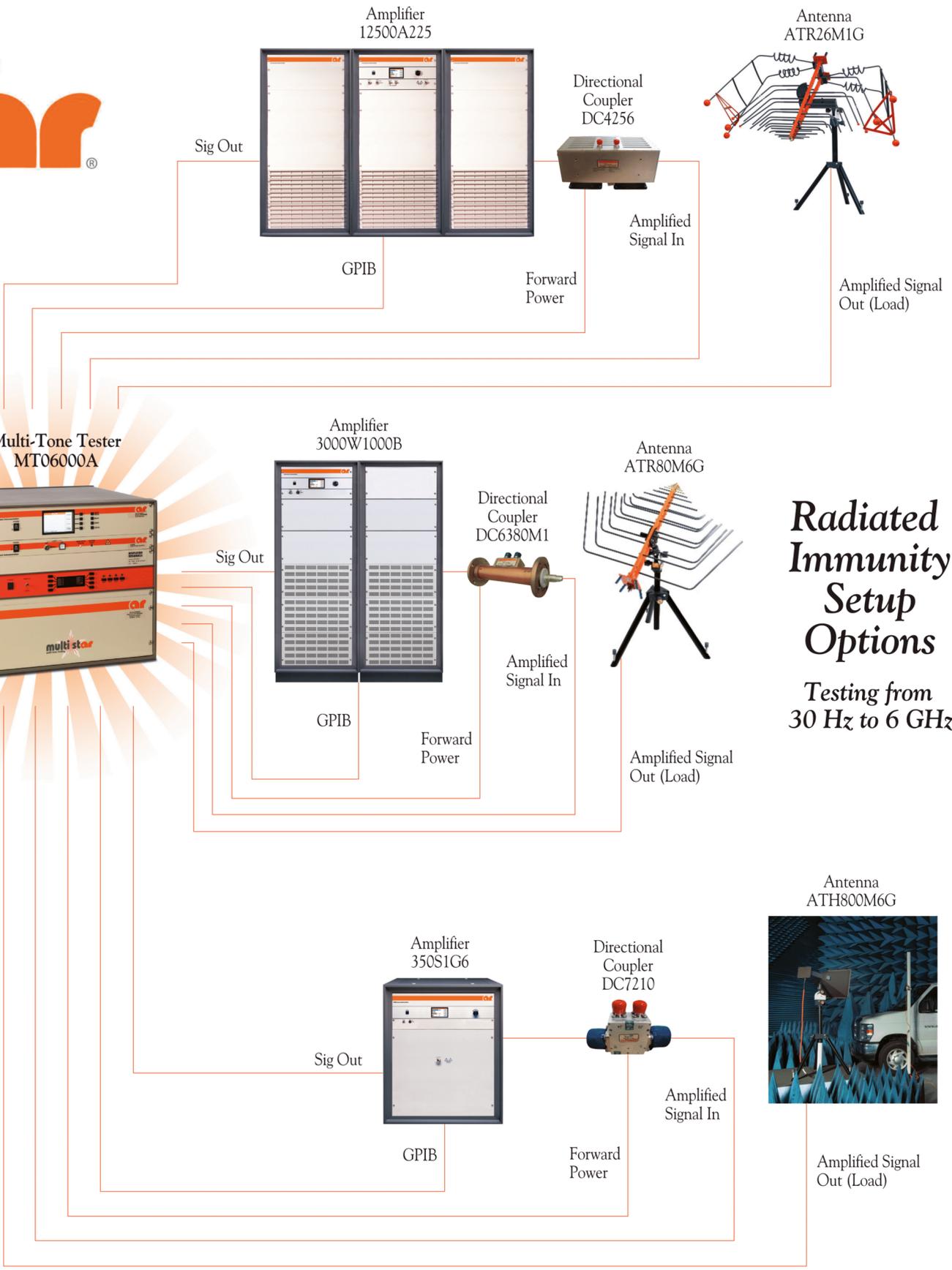
Testing from 30 Hz to 3 GHz



## Test Setup/ Software



# MT 6000 MultiTone Tester Series



**Radiated Immunity Setup Options**  
Testing from 30 Hz to 6 GHz



# RF Immunity Testing Faster And More Versatile Than Ever!



## Wider Bandwidth Now Available!

With the AR MultiStar Multi-Tone Tester, every industry that performs EMC testing can do it faster, more accurately and more efficiently in a real world environment.

With the ability to now test from 30 Hz to 6 GHz, the MultiStar Multi-Tone Tester meets radiated and conducted immunity requirements of Commercial, Automotive, Aviation and Military standards such as:

- IEC 61000-4-3 and IEC 61000-4-6
- ISO 11452-2 (A.L.S.E.), -3 (TEM Cell), -4 (BCI) and -5 (Stripline), ISO11451-2 (Full Vehicle)
- DO-160 Sections 18 and 20
- MIL-STD-461 CS101, CS109, CS114, RS101, RS103

Now with the 1 GHz instantaneous bandwidth, the number of tones has increased exponentially.

**NEW FEATURES**  
Additional Automotive Test Profiles  
Ability to Operate Up to 4 Field Probes Simultaneously  
Testing Now From 30 Hz to 6 GHz

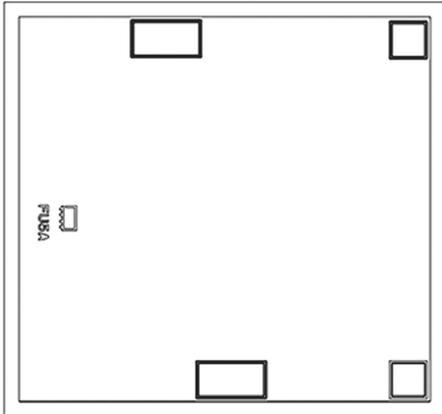
**ar deutschland**

AR Deutschland GmbH | +49 6101 80270-0 | ardeinfo@arworld.us | www.ar-deutschland.com

In Europe, call ar United Kingdom +44 1908 282766 | ar France +33 1479 17530 | ar Benelux +31 172 423000



## Low-Current-MMIC-LNA-Die für 10 bis 13 GHz



Von Mini-Circuits kommt mit dem LNA PMA2-133LN-D+ ein MMIC-Nacketchip, der einen Low-Noise Amplifier (LNA) für 10...13 GHz darstellt. Dieses Modell arbeitet an 3...5 V bei nur 13/29 mA Stromverbrauch (3/5 V) und weist 1,3 dB Rauschmaß, 28,6 dBm IP3, 8,9 dB P1dB sowie 14,1 dB Verstärkung auf. Die Systemimpedanz ist 50 Ohm. Der LNA zeichnet sich weiterhin durch ein Shutdown-Feature aus, um die DC-Effizienz weiter zu verbessern. Es wird ein E-PHEMT-Prozess genutzt, der auch eine exzellente ESD-Robustheit garantiert. Der Verstärker-Die ist in Small-Quantity-Gel-Paks von 5, 10, 50 oder 100 KGD (Known Good Dice) lieferbar wie auch auf Teil- oder Voll-Produktions-Wafers. Anwendungsgebiete sind Satellitenkommunikation, militärisches Radar, VSAT, Punkt-zu-Punkt-Kommunikation und Radioastronomie.

### Weitere technische Daten

Betriebstemperaturbereich -40 bis +85 °C  
Verlustleistung max. 300 mW  
Eingangsleistung max. 10 dBm (CW)  
Betriebsspannung max. 7,7 V  
Rückwärtsisolation typ. 22,7 dB

## Koaxiales Bandpassfilter für 410 bis 785 MHz



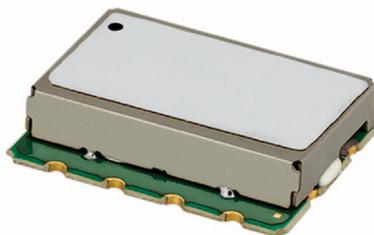
Von Mini-Circuits kommt mit dem ZABP-598+ ein koaxiales Bandpassfilter mit einem Durchlassbereich von 410 bis 785 MHz. Dieses Filter verträgt eine Eingangsleistung von 1 W, weist typisch 2,7 dB Einfügedämp-

fung und ein SWR von typisch 1,46:1 im Passband auf sowie 34 dB Unterdrückung im unteren und Stopband (385 MHz) bzw. 35 dB Unterdrückung im oberen Stopband (825 MHz) auf. Hergestellt ist es mit High-Q-Kondensatoren und hochwertigen Induktivitäten, sodass eine herausragende Wiederkehrgenauigkeit der Daten im Herstellungsprozess und eine exzellente thermische Stabilität im Betriebstemperaturbereich von -40 bis +85 °C erreicht werden. Dieses Bauteil ist mit einem robusten Aluminiumgehäuse mit den Maßen 2,3 x 2,25 x 0,75 Inches ausgestattet und besitzt SMA-Stecker und -Buchse.

### Weitere technische Daten

Lagertemperaturbereich -55 bis +100 °C  
Center-Frequenz 598 MHz  
Einfügedämpfung max. 4,5 dB  
SWR unteres Stopband typ. 20  
SWR unter/über 1,6 GHz typ. 20/35

## Surface-Mount-Bandpassfilter für 5725 bis 5785 MHz



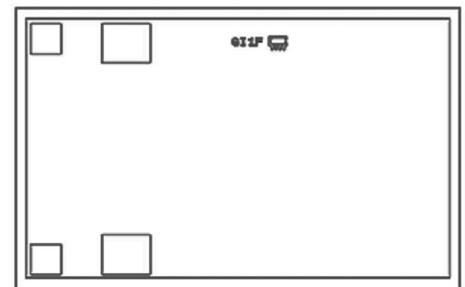
Das Bandpassfilter auf Basis keramischer Resonatoren CBP-5800AG+ von Mini-Circuits hat einen nominellen Durchlassbereich von 5725 bis 5875 MHz, sodass es Applikationen etwa in den Bereichen Industrielle Forschung oder medizinische Systeme, WiFi, WLAN oder Test/Messtechnik unterstützen kann. Dieses Filter weist 3 dB Einfügedämpfung im Passband sowie 30 dB Dämpfung im unteren Stopband (5100 MHz) bzw. 30 dB Dämpfung im oberen Stopband (6250 MHz) auf. Es verträgt bis zu 1 W HF-Eingangsleistung und besitzt ein miniaturisiertes und schirmendes Gehäuse mit den Maßen 0,75 x 0,55 x 0,18 Inch. Dadurch passt es auch auf dichtbelegte PCB-Layouts. Dieses und andere keramische Filter von Mini Circuits geben Nutzern die Möglichkeit, Teilbereiche aus dem Spektrum bis 6 GHz von 3% bis 25% herauszugreifen bei hervorragender Selektivität. Die Konstruktion ist sehr robust, daher eignet sich das Filter auch für den Einsatz bei herausfordernden thermischen und/oder mechanischen Umweltbedingungen. Kunden-Designs sind weitläufig möglich.

## Ultrabreitbandige Präzisions-Dämpfungsglieder



Mini-Circuits KAT-Serie umfasst Dämpfungsglieder-MMICs mit festen Werten und hoher Genauigkeit, mit denen man eine hohe Anzahl von Applikationen realisieren kann, angefangen von DC-Anwendungen bis hin zu Systemen mit 40 GHz Signalfrequenz inklusive 5G-Systemen, Anwendungen der Mikrowellenkommunikation, Satellitensystemen, Wehrtechnik- und Raumfahrtanwendungen. Diese Festwert-Dämpfungsglieder werden in einem Verfahren auf Basis von Dünnschichtwiderständen auf GaAs-Substrat gefertigt, welches eine hohe Wiederkehrgenauigkeit bietet. Beispielsweise das Modell KAT-9+ weist 9 dB nominale Dämpfung mit  $\pm 0,2$  dB Flatness, 1,1 W mögliche Eingangsleistung und ein typisches SWR von 1,1 auf. Die Dämpfungsglieder der KAT-Serie haben ein 2 x 2 mm messendes QFN-Gehäuse, welches die Breitbandeigenschaften unterstützt.

## Gain-Slope-Equalizer-Die für DC bis 6 GHz



Von Mini-Circuits kommt mit dem EQY-1-63-D+ ein absorptiver MMIC in Form eines Gain-Equalizer-Nacketchips mit einer negativ verlaufenden 1,2-dB-Schräge in der Übertragungskennlinie im Bereich 0...6 GHz. Dieses Bauteil ist dann von Nutzen, wenn es gilt, eine in etwa entgegengesetzt verlaufende Kennlinie eines Verstärkers, Empfängers oder auch Senders zu kompensieren. Es eröffnet sich ein breiter Bereich von Einsatzmöglichkeiten bei der drahtlosen Kommunikation in den Bereichen Breitband- und optische Anwendungen, Satellitentechnik, Wehrtechnik und anderen. Dieses Produkt ist in der Lage, bis zu 31 dBm HF-Eingangsleistung aufzunehmen und weist typisch 20 dB Rückflussdämpfung auf. Es wird in GaAs-IPD-Technologie mit hoher Wieder-

kehrgenauigkeit hergestellt und weist daher enge Toleranzen auf, sodass es sich für die Volumenproduktion eignet. Es ist lieferbar ab Lager in kleinen Stückzahlen (Gel-Paks mit 5, 10, 50 und 100 Known Good Dices) wie auch in Teil- oder Voll-Wavers für die Produktion. Die MMICs der EQY-Serie sind mit nominalen Dämpfungs-Slopes von 1 bis 10 dB in 1-dB-Schritten lieferbar.

### Surface-Mount-Doppelbalance-Mischer mit hohem IP3

Von Mini-Circuits kommt mit dem SYM-102H+ ein Surface-Mount-Doppelbalance-Mischer der Kategorie Level 17 mit einer ZF-Bandbreite von 5 bis 1000 MHz, einem

LO-Bereich von 35 bis 1030 MHz und einem HF-Bereich von 5 bis 1000 MHz. Dieses Modell weist eine Mischdämpfung von nur 5,8 dB, 60 dB LO-HF-Isolation, 48 dB LO-ZF-Isolation und 26 dBm IP3 auf. Dieser Mischer eignet sich optimal für Applikationen auf dem Gebiet VHF/UHF wie Zellularfunk und Rundfunk. Er besitzt ein miniaturisiertes sechspoliges Plastikgehäuse mit den Maßen 0,38 x 0,5 x 0,23 Inch. Umlaufende Anschlüsse gewährleisten bestmögliche Lötbarkeit.

#### Weitere technische Daten

Lagertemperaturbereich -55 bis +100 °C  
Betriebstemperaturbereich -40 bis +85 °C  
HF-Eingangsleistung max. 200 mW



ZF-Strom max. 40 mA  
Mischdämpfung max. 8,5 dB  
LO-HF-Isolation min. 37 dB  
LO-ZF-Isolation min. 30 dB

■ Mini-Circuits  
[www.minicircuits.com](http://www.minicircuits.com)

## USB-3.1-Gen-1-Schnittstellenmodul für HF-isolierte Durchführung

MTS-Schirmboxsysteme der MSB-Serie werden zur Abschirmung von Funkfeldern im Bereich zwischen 500 und 6000 MHz eingesetzt. Im Inneren dieser Schirmboxen können somit Anwendungen, Endgeräte oder Systeme unter Ausschluss der vorhandenen Mobilfunknetze, WLAN-Netze, Navigation, Rundfunk und Fernsehsignalen betrieben werden. Um mit diesen Systemen arbeiten zu können, ist es notwendig, dass die Schirmbox eine Manipulation der Geräte im Inneren zulässt und trotzdem HF-technisch dicht ist (Faradayscher Käfig). Dies geschieht z.B. über einen Eingriff (ein vollständig geschirmtes und leitfähiges Gewebe, sog. Mesh) und über diverse HF-gefilterte Schnittstellen wie LAN, USB, HF-Steckverbindern, Spannungsversorgung und mehr.

Die Standards diverser Schnittstellen wurden über die Jahre erweitert, was eine Anpassung der Filtertechnik nach sich zog. Mit den stetig anwachsenden Datenraten über die Schnittstellen ergab sich, dass sich die Frequenz des Datenstroms in den Schirmungsbereich der Box von 500 bis 6000 MHz fiel. Somit war eine wirksame Schirmung über konventionelle HF Filtersysteme nicht mehr möglich. Die Schirmwirkung war somit abhängig von der äußeren Beschaltung.

Für fast alle Standardschnittstellen gibt es bereits seit einiger Zeit entsprechende Lösungen, jedoch die USB-Schnittstelle bereitete über die Jahre Schwierigkeiten. Das USB-Kabel und der Steckverbinder sind aus HF-technischen Gesichtspunkten schlecht, und mit den herkömmlichen Filtertechniken wurde die Datenübertragung



beeinflusst. Beim Übergang von USB 1.0 zum USB-2.0-Standard konnte noch mit Anpassungen der Filtertechnik gearbeitet werden, auch wenn dadurch die Schirmwirkung etwas geringer wurde. Mit einer weiteren Erhöhung der Datenrate im USB-3.0-Standard (jetzt USB 3.1 Gen 1) auf 5 Gbit/s war diese Filtertechnik nicht mehr anwendbar. Eine völlig neue Lösung musste gefunden werden.

Bereits Anfang 2015 wurde ein aktives optisches USB-3.1-Kabel vorgestellt, welches für unsere Zwecke (Schirmung von störender HF) brauchbare Lösungsansätze enthielt. Der Kernbaustein war ein optisch elektrischer Wandlerbaustein. Dieser kann extrem schnell elektrische Signale in optische Signale wandeln. Einsatzgebiet dieses Bausteins ist die Übertragung von hochauflösenden Bildinhalten innerhalb

von elektrischen Systemen und Geräten. Bei MTS Systemtechnik nutzt man die elektrisch-optische Wandlung nicht zur Distanzüberbrückung, sondern auch, um die aus der Umgebung in das Kabel induzierten HF-Störsignale zu eliminieren. Hieraus entstand dann das USB-3.1-Gen-1-Filtermodul.

Dieses Modul mit Typ-A-Anschlussbuchsen hat sich in diversen Tests und Einsätzen bewährt und kann nun vielfältig eingesetzt werden. Es ist abwärtskompatibel und filtert die verschiedenen Datenstränge innerhalb des Moduls entsprechend deren Bedürfnissen. Es weist Schirmdämpfungswerte von >80 dB bei den für den Mobilfunk interessanten Frequenzbereichen auf.

■ MTS Systemtechnik GmbH  
[www.mts-systemtechnik.de](http://www.mts-systemtechnik.de)

# PRECISION ATTENUATORS



**NOW! DC to 65 GHz**

- Choose from over 80 Models
- Attenuation Values from 1 to 50 dB
- Power Handling up to 100W

 **Mini-Circuits®**



[www.minicircuits.com](http://www.minicircuits.com) P.O. Box 350166, Brooklyn, NY 11235-0003 (718) 934-4500 [sales@minicircuits.com](mailto:sales@minicircuits.com) 590 Rev Orig\_P

## DISTRIBUTORS

**IE INDUSTRIAL GMBH**  
ELECTRONICS

D-65719 Hofheim-Wallau, Germany  
Tel. +49-6122-72660-0 Fax +49-6122-72660-29  
[www.ie4u.de](http://www.ie4u.de)  
[anfrage@ie4u.de](mailto: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](mailto:info@municom.de) [www.municom.de](http://www.municom.de)

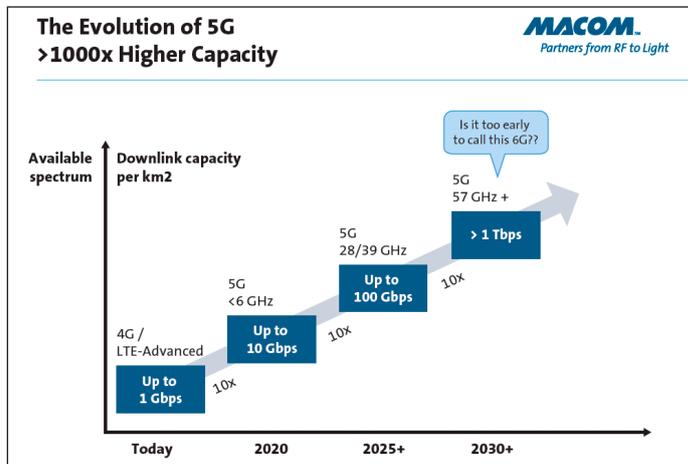
# Was geschieht jetzt, nachdem die 5G-Standards festgelegt sind?

In der Entwicklung der 5G-Technik befinden wir uns in einer interessanten Phase. Im Dezember 2017 hat das 3G Partnership Project (3GPP) offiziell die neuen Standards für 5G New Radio (NR) angekündigt und damit die Voraussetzungen dafür geschaffen, die umfassende und kosteneffektive Entwicklung von 5G-Netzen zu starten.

Die freigegebenen Standards enthalten Unterstützung für Non-Standalone 5G, was Betreibern mit bestehender 4G/LTE-Präsenz die Möglichkeit gibt, entweder im neuen oder im existierenden Spektrum von den Leitungsvorteilen der 5G-Technik zu profitieren, um die Kapazität und den Durchsatz für die Nutzer zu steigern.

## Was geschieht als nächstes?

Nachdem dieser Meilenstein geschafft ist, kann die Industrie durchstarten. Auch wenn der vollständige Einsatz und die mit 5G versprochene Kapazitätssteigerung um den Faktor 10 bis 1000 noch auf sich warten lassen werden, haben die notwendigen Initiativen und Innovationen zum Schließen der Lücke zwischen den jetzigen 4G-Übertragungsra-



ten und dem vollen Potenzial der 5G-Technik bereits begonnen.

Ähnlich wie bei früheren Netzwerktechnologien wird es auch bei 5G im Zuge des Lebenszyklus dieser Technik die verschiedensten Ausprägungen geben. Frühe Umsetzungen bedienen sich häufig einer unkomplizierten Hardware-Partitionierung, die sich zwar zum Demonstrieren der Technik eignen mag, aber nicht unbedingt das erreicht, was von der ITU vorgegeben wurde.

Die ITU definiert, was eine neue Netzwerk-Generation ausmacht. In einer zwar rasch, aber dennoch eher kontinuierlich expandierenden Branche hat sich die ITU der Vernetzung der Welt und ihrem Recht, zu kommunizieren verschrieben. In dem Bestreben, die Definitionen und Einsatz-Ziele in Einklang zu bringen, hat die ITU bis dato die schrittweisen Zielvorgaben für jedes Netzwerk festgelegt. Diese bestehen für 5G in einer Mindestbandbreite von 100 MHz, einer maximalen Downlink-Datenrate von 20 GBit/s, einer Latenz von 4 ms für extremen Breitbandbetrieb bzw. von 1 ms für den Ultra-Low-Latency-Betrieb, einer durchschnittlichen Downlink-Datenrate von 100 MBit/s und einer Uplink-Rate von 50 MBit/s. Selbstverständlich geht man nicht davon aus,

dass diese Standards in jedem anfänglichen Einsatz sofort und umfassend umgesetzt werden, sie bilden aber die Vorgaben für die schrittweise Entwicklung und Ausreifung der 5G-Technik.

Nimmt man aufgrund vergangener Erfahrungen an, dass sich der Bedarf alle zwei Jahre verdoppelt, wird die Kapazitätssteigerung solange nicht benötigt, bis die von der Sub-6-GHz-Technik gebotene Kapazität vollständig ausgeschöpft ist. Für die Belange bestimmter Standorte mögen höhere Frequenzbänder früher eingerichtet werden, allerdings wird dies im Zuge der natürlichen Entwicklung der 5G-Technik eher die Ausnahme als die Regel sein. Angesichts der Tatsache, dass die Welt am Beginn der 5G-Evolution steht, sind für die Industrie spannende Zeiten angebrochen.

## Was tut sich in Sachen 5G?

Wie zu erwarten war, sind Betreiber auf der ganzen Welt mit ihren Plänen zum 5G-Einsatz bereits weit fortgeschritten, wobei unterschiedliche Strategien und Ökosysteme existieren. Die Herausforderungen liegen auf der Hand: Neben den betrieblichen Restriktionen und den Hardware- und Lichtwellenleiter-Ressourcen geht es darum, eine Möglichkeit zur Monetari-

sierung der vollen 5G-Kapazität zu finden, während sich immer mehr Betreiber in Richtung auf unbegrenzte Datenpläne bewegen. Innovative Möglichkeiten zur Bewältigung dieser Herausforderungen wurden bereits angestoßen.

In den USA hat AT&T seine Pläne bekanntgegeben, seinen Kunden in einem Dutzend Städte bis Ende 2018 mobiles 5G anzubieten. Die Annahme ist gerechtfertigt, dass das Unternehmen hierfür auf bestehende oder interimsmäßige Hardware setzen müssen, solange noch keine konformen Standard-Chipsätze verfügbar sind.

Verizon ist für Millimeterwellen-5G-Technik bekannt. Das als Vorläufer mit dem 5G Technical Forum etablierte Unternehmen hat sich mit Samsung zusammengetan, um „Fixed 5G“-Mikrozelleneinheiten, Heim-Router und chipgroße Mobilmodems zu entwickeln und seinen Kunden so 5G-Dienste anbieten zu können. Der CEO von Verizon hatte auf der CES 2018 seinen Plan bekanntgegeben, AT&T im 5G-Deployment zu überholen.

Sprint wiederum hatte bereits im vergangenen Jahr seine Pläne angekündigt, bis Ende 2019 eine 5G-Lösung im 2,5-GHz-Bereich einzuführen. Ebenfalls letztes Jahr kam von T-Mobile die Ankündigung des 600-MHz-Spektrums. Voraussichtlich wird das Unternehmen das gesamte Band nutzen, um ein komplettes 5G-Netz für den Indoor- und Outdoor-Bereich zu realisieren. Einen echten Performancevorteil stellt hier die Tatsache dar, dass 600-MHz-Wellen auf die doppelte Reichweite kommen und in der Umgebung von Gebäuden und anderen Hindernissen eine viermal bessere Performance erreichen.

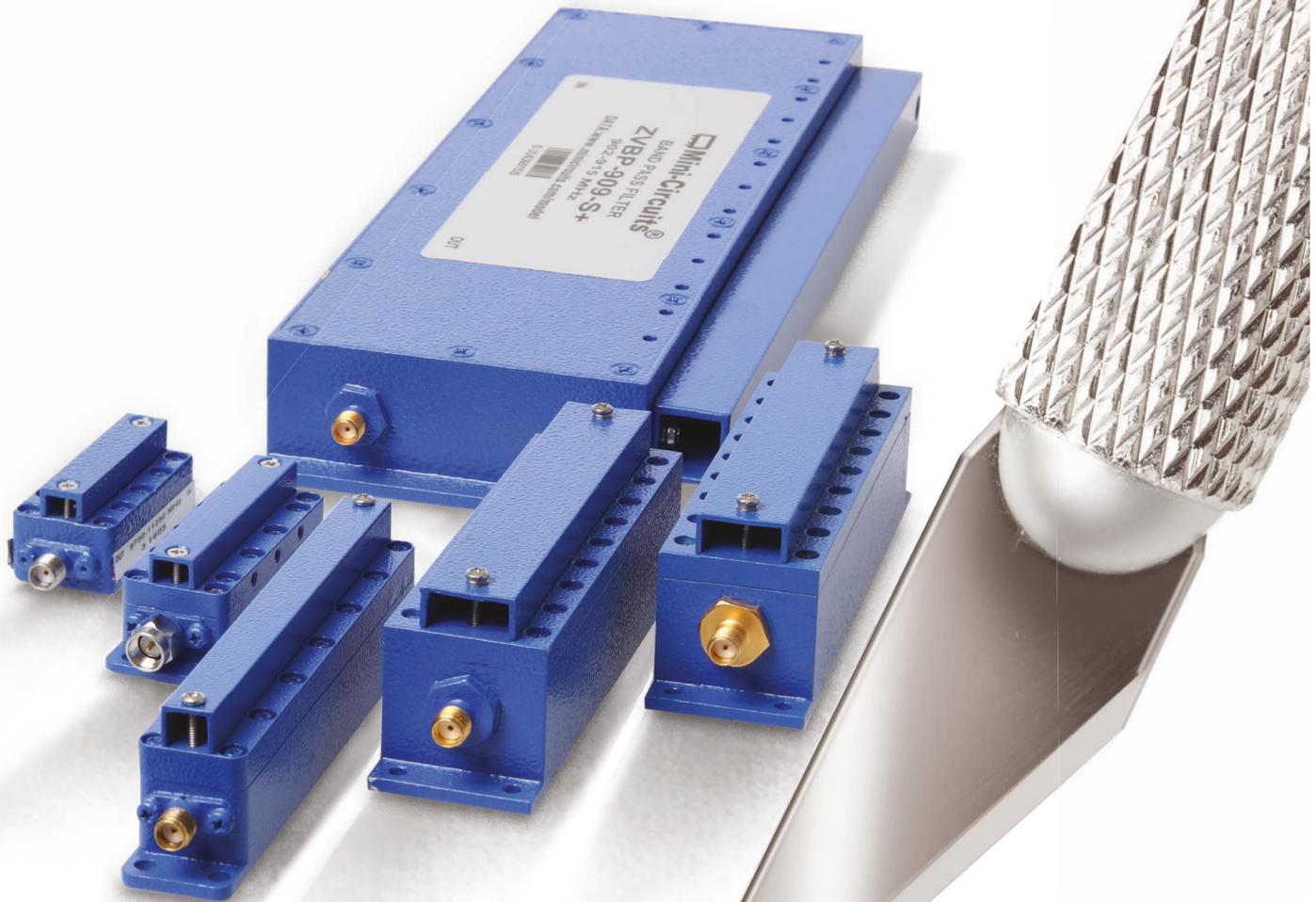
In Kanada ist der Betreiber Telus eine Partnerschaft mit Huawei

Autor:

David Ryan

Senior Business Development  
and Strategic Marketing  
Manager

MACOM Technology  
Solutions, Inc.  
www.macom.com



# C SHARP REJECTION CAVITY FILTERS

Passbands from 900 to 11400 MHz from \$199<sup>95</sup> ea.

**Sie müssen Ihr Signal aus einem Signalgemisch herausfiltern?** Mini-Circuits' neue Serie von hohlraumbasierten Filtern ZVBP wurde entwickelt, um diese Aufgabe mit höchster Flankensteilheit und bester Selektivität bei hoher Stopband-Unterdrückung für Bandbreiten bis herab zu 1% auszuführen. So erhalten Sie ein sauberes Nutzsignal. Diese Filter zeichnen sich durch eine widerstandsfähige Konstruktion und ein robustes Design aus und sind gegen versehentliche Verstimmung geschützt. Daher können Sie unsere neuen Produkte erfolgreich in fast jeder Umgebung einsetzen, auch im Labor und im Feld.

## Features

- herausragende Selektivität
- hohe Unterdrückungswirkung
- Arbeitstemperatur -55 bis +100 °C
- Eingangsleistung bis 15 W
- robuste Konstruktion

Die neuen Filter sind sofort ab Lager lieferbar und werden schnellstmöglich versandt. Bestellen Sie daher noch heute und erhalten Sie Ihre Lieferung in kürzester Zeit! Sie benötigen ein Filter nach Kundenvorgaben? Auch dann sind Sie bei uns richtig. Senden Sie Ihre Vorgaben an [apps@minicircuits.com](mailto:apps@minicircuits.com) und erhalten Sie eine schnelle Antwort!



[www.minicircuits.com](http://www.minicircuits.com) P.O. Box 350166, Brooklyn, NY 11235-0003 (718) 934-4500 [sales@minicircuits.com](mailto:sales@minicircuits.com) 559 RevOrig

DISTRIBUTORS

**IE INDUSTRIAL ELECTRONICS GMBH**

D-65719 Hofheim-Wallau, Germany  
Tel. +49-6122-72660-0 Fax +49-6122-72660-29  
[www.ie4u.de](http://www.ie4u.de)  
[anfrage@ie4u.de](mailto: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](mailto:info@municom.de) [www.municom.de](http://www.municom.de)



eingegangen, um einen versuchsweisen 5G Wireless-to-the-Home-Dienst zu starten, für den speziell entwickelte 5G-Kundenendgeräte zum Einsatz kommen. Noch vor der Veröffentlichung der 3GPP-Standards hatten die Unternehmen erfolgreiche 5G-Pilotnetzwerke über eine 28-GHz-Verbindung demonstriert. Aggressive Pläne

in Sachen 5G hat China Mobile. Hier sollen 2018 in großem Stil Feldversuche beginnen, gefolgt von einem Standalone-Rollout 2020. Im Unterschied zur Integration von 4G- und 5G-Netzen bedeutet ein Standalone-Rollout eine Revolution der vorhandenen Architektur und des bestehenden Kernnetzes. Diese neuen Netzwerke werden voraussichtlich

größtenteils im 3,5-GHz-Band arbeiten, wobei das Hauptaugenmerk auf der Erprobung von Massive-MIMO-Techniken liegen wird. Die Verwendung einer einzigen Standardlösung lässt hier auf hervorragende Skalierungseffekte hoffen.

Auch Vodafone Ireland hat einen 5G-Rollout in den nächsten zwei Jahren versprochen, nachdem eine vor dem Standard entwickelte 5G-Technik im 3,6-GHz-Spektrum erprobt wurde. Gemeinsam mit Huawei gelang Vodafone die weltweit erste Telefonverbindung auf Basis des Non-Standalone 3GPP 5G NR-Standards im Sub-6-GHz-Spektrum. Deutsche Telekom und Huawei gaben kürzlich Feldversuche mit 5G NR und Millimeterwellen-Technik (E-Band) bekannt, nachdem beide Unternehmen zuvor die erste Pre-Standard-5G-Verbindung in einem aktiven

Netz angekündigt hatten. Angesichts dieser und vieler weiterer Meldungen verwundert es nicht, dass es laut einer Prognose der GSMA bis 2025 1,1 Milliarden 5G-Verbindungen auf der Welt geben wird.

## Wie geht es weiter?

In den kommenden Jahren werden auf der ganzen Welt verschiedene 5G-Varianten eingeführt werden. Auch wenn diese ersten Einsätze möglicherweise nur schrittweise Verbesserungen bringen werden, wird man doch mit der Zeit die volle Kapazität der 5G-Technik erreichen und umsetzen, womit sich die versprochenen langfristigen Vorteile einstellen werden. Vollständig ausgereift, versprechen 5G-Netzwerke den Nutzern eine Latenz von nahezu null, verbesserte Datenraten, geringeren Energieverbrauch und gesteigerte Kapazität. ◀

## Laserpower für HF-Anwendungen auf der European Microwave Week in Madrid



### LPKF ProtoLaser U4

Ein Verfahren zum extrem schnellen und dabei hochpräzisen Schneiden und Strukturieren von laminierten HF-Materialien und technischer Keramik stellt die LPKF Laser & Electronics AG auf der diesjährigen European Microwave Week vor.

Sowohl auf dem Messestand 322 als auch bei einem Vortrag des Laserspezialisten Lars Führmann am 26.09. um 13.30 Uhr im MicroApps Theatre zeigt LPKF Möglichkeiten auf, HF-Anwendungen mit dem LPKF ProtoLaser U4 schnell und präzise

zu realisieren. Inhouse-Fertigung schafft Ingenieuren viel Gestaltungsspielraum für die Entwicklung und Fertigung von HF-Anwendungen. Der LPKF ProtoLaser U4 zur Mikromaterialbearbeitung arbeitet mit einem UV-Laser und wurde speziell für den Einsatz im Elektroniklabor entwickelt. Machbarkeitsstudien von Design-Projekten in einem sehr frühen Entwicklungsstadium oder Beurteilungen spezifischer Materialien für HF-Anwendungen lassen sich damit ohne zusätzlichen, dienstleisterbedingten Zeitaufwand durchführen.

Für laminierte Materialien, HF-Komponenten, FR4 oder dünne flexible Materialien wendet das Laser-System eine Rubout-Strategie an. Dabei wird das Kupfer durch thermische Effekte und Druckluftstrom entfernt. Mit der integrierten Software lassen sich auch Laserbohrungen und Konturschnitte generieren.

Auf technischer (gebrannter) Keramik wie Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oder GaN verdampft der Laser das Metall. Darüber hinaus kann der Anwender mit dem System Keramik schneiden oder auch Sacklöcher herstellen. Die Produkte überzeugen durch eine hohe geometrische Präzision, die sich im Bereich von ± 2 µm (± 0,8 mil) bewegt, sowie durch eine exakte



**Abb. 2: Lars Führmann, Department Manager Product Management, präsentiert den LPKF ProtoLaser U4**

Schnittkante. Die einfach einzurichtende und anzuwendende Systemsoftware arbeitet mit Standard-Layout-Daten wie Gerber oder DXF. Sie generiert materialspezifisch optimierte Strategien, mit denen die Substrate so schonend wie möglich behandelt werden.

Ein besonderer Vorteil für kleinere, nicht-spezialisierte Labore: Die Technologie kommt chemiefrei zum Einsatz.

### European Microwave Week, Stand 322

■ LPKF Laser & Electronics AG  
www.lpkf.de

# Fachbücher für die Praxis

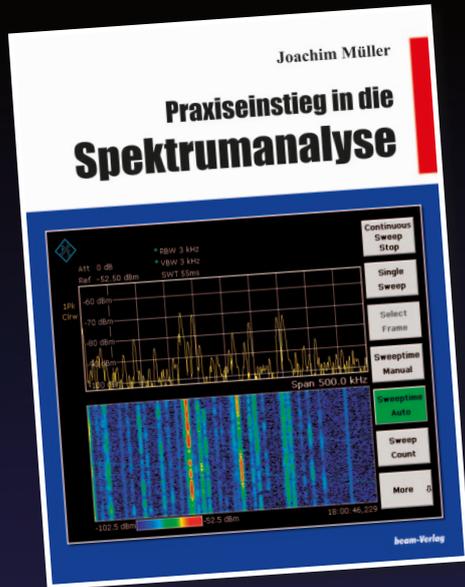
## Praxiseinstieg in die Spektrumanalyse

Joachim Müller,  
21 x 28 cm, 198 Seiten,  
zahlr. überwiegend farbige Abb.  
Diagramme, Plots  
ISBN 978-3-88976-164-4,  
beam-Verlag 2014, 38,- €  
Art.-Nr.: 118106

Ein verständlicher Einstieg in die Spektrumanalyse - ohne höhere Mathematik, der Schwerpunkt liegt auf der Praxis mit Vermittlung von viel Hintergrundwissen.

Hintergrundwissen:

- Der Zeit- und Frequenzbereich, Fourier
- Der Spektrumanalyser nach dem Überlagerungsprinzip
- Dynamik, DANL und Kompression
- Trace-Detektoren, Hüllkurvendetektor, EMV-Detektoren
- Die richtige Wahl des Detektors
- Moderne Analyser, FFT, Oszilloskope mit FFT
- Auswahl der Fensterung - Gauß, Hamming, Kaiser-Bessel
- Die Systemmerkmale und Problemzonen der Spektrumanalyser
- Korrekturfaktoren, äquivalente Rauschbandbreite, Pegelkorrektur
- Panorama-Monitor versus Spektrumanalyser
- EMV-Messung, Spektrumanalyser versus Messempfänger
- Messpraxis:
  - Rauschmessungen nach der Y-Methode, Rauschfaktor, Rauschmaß
  - Einseitenbandrauschen, Phasenrauschen
  - Signal/Rauschverhältnis, SNR, S/N, C/N
  - Verzerrungen und 1 dB-Kompressionspunkt
  - Übersteuerung 1.Mischer - Gegenmaßnahmen
  - Intermodulationsmessungen
  - Interceptpoint, SHI, THI, TOI
  - CW-Signale knapp über dem Rauschteppich
  - Exakte Frequenzmessung (Frequenzzählerfunktion)
  - Messung breitbandiger Signale
  - Kanalleistungsmessung, Nachbarkanalleistungsmessung
  - Betriebsart Zero-Span
  - Messung in 75-Ohm-Systemen
  - Amplituden- und Phasenmodulation (AM, FM, WM, ASK, FSK)
  - Impulsmodulation, Puls-Desensitiation
  - Messungen mit dem Trackinggenerator (skalare Netzwerkanalyse)
  - Tools auf dem PC oder App's fürs Smart-Phone



## Dezibel-Praxis

Richtig rechnen mit dB, dBm, dBμ, dBi, dBc und dBHz

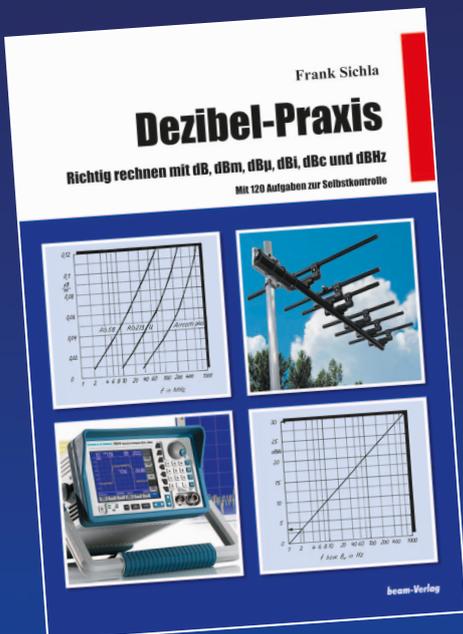
Frank Sichla, 17,5 x 25,5 cm, 94 S., 82 Abb.,  
zahlreiche Tabellen und Diagramme; 120 Aufgaben  
zur Selbstkontrolle, mit Lösungen.  
ISBN 978-88976-056-2, 2007, 12,80 €  
Art.-Nr.: 118064

Das Dezibel ist in der Nachrichtentechnik zwar fest etabliert, erscheint aber oft noch geheimnisvoll. Will man genauer wissen, was dahinter steckt, kann man

zu mathematiklastigen und trockenen Lehrbüchern greifen. Darin stehen viele Dinge, die man in der Funkpraxis gar nicht braucht und die eher verwirren. Andererseits vermisst man gerade die „Spezialitäten“, denen man schon immer auf den Grund gehen wollte.

Der Autor dieses Buches hat dieses Dilemma erkannt und bietet daher hier eine frische, leicht verständliche und mit 120 Aufgaben und Lösungen überaus praxisgerechte Präsentation des Verhältnismaßes „dB“ mit all seinen Facetten.

Unser gesamtes Buchprogramm finden Sie unter [www.beam-verlag.de](http://www.beam-verlag.de) oder bestellen Sie über [info@beam-verlag.de](mailto:info@beam-verlag.de)



Fallstricke kennen und umgehen:

# Eigenheiten digitaler Oszilloskope

Digitale Oszilloskope bieten gegenüber analogen Typen einige herausragende Vorteile, wie die Analyse und Speicherung/Archivierung von Messkurven und -ergebnissen. Jedoch sind etwa beim Abtasten auch Fehler möglich, sodass es also Besonderheiten gibt, die der Anwender kennen sollte, um sichere Messergebnisse zu erlangen. Dieser Artikel legt den Finger auf die kritischen Punkte.

„Die meisten DSO-Hersteller verschwenden nicht viel Zeit damit, um über die negativen Eigenheiten ihrer Produkte zu sprechen, daher muss man Entdeckungs-Erfahrungen sammeln und darüber etwas lernen.“ [1] Hier wird nun beschrieben, worauf man spezifisch bei den DSOs achten muss, wenn sie ein Signal tatsächlich originalgetreu wiedergeben sollen.

## Verstärkung über der Frequenz

Bei analogen Oszilloskopen verläuft die Verstärkung des Vertikalteils wie bei einem einfachen RC-Tiefpass. Daher kann man mit Korrekturfaktoren arbeiten. Etwa bei der Nennbandbreite des Scopes würde der Korrekturfaktor +3 dB betragen. Man kann die Signalfrequenz zur Bandbreite ins Verhältnis setzen und auf dieser Basis für jede Frequenz, auch ein gewisses Maß über die Nennbandbreite hinaus, den Korrekturfaktor errechnen oder einem Diagramm entnehmen[2].



Bei DSOs entspricht der Verstärkungsverlauf über der Frequenz jedoch nicht dem eines RC-Tiefpasses. Bild 1 zeigt den Frequenzgang eines digitalen 4-GHz-Oszilloskops. Dieser Verlauf ist durchaus typisch. Denn es ist möglich, digitale Oszilloskope für einen möglichst flachen Frequenzgang innerhalb der spezifizierten Bandbreite zu dimensionieren. Hier ist es schwieriger, Signale über der nominellen Grenze der Bandbreite zu messen. Auf jeden Fall muss dabei zuvor der konkrete Frequenzgang experimentell mit einem guten Signalgenerator erkundet werden. Bei Messungen oberhalb der Nennbandbreite ist immer mit Einschränkungen wie Signalverzerrungen und größeren Ungenauigkeiten bezüglich der Messergebnisse zu rechnen.

## Eigenanstiegszeit des Scopes

Die Eigenanstiegszeit eines analogen oder digitalen Oszilloskops lässt sich nach der folgenden Formel ermitteln:

$$t_{\text{rise}} = 0,35 / (B \text{ oder } f_{\text{knee}})$$

$t_{\text{rise}}$  ... Anstiegszeit von 10 bis 90% des eingeschwungenen Endwerts des Pulses

B ... -3-dB-Bandbreite des analogen Scopes

$f_{\text{knee}}$  ... Kniefrequenz des digitalen Scopes

Der Begriff „Kniefrequenz“ ist dem typischen Frequenzgang digitaler Oszilloskope geschuldet. Bis dahin ist die Flatness gering, doch darüber hinaus nimmt der Verstärkungsabfall rapide zu.

„Der Faktor 0,35 trägt der heutzutage üblichen Definition für Anstiegszeiten digitaler Signale, bei der die Anstiegszeit von 10 bis 90% des eingeschwungenen Endwerts des Pulses von Bedeutung ist, Rechnung. Je nach gewünschter Genauigkeit muss die Kniefrequenz anschließend noch mit einer Konstanten multipliziert werden. Ist eine Genauigkeit von 20% ausreichend, so kann  $f_{\text{knee}}$  gleich der Bandbreite des Oszilloskops gesetzt werden, während für eine Ge-

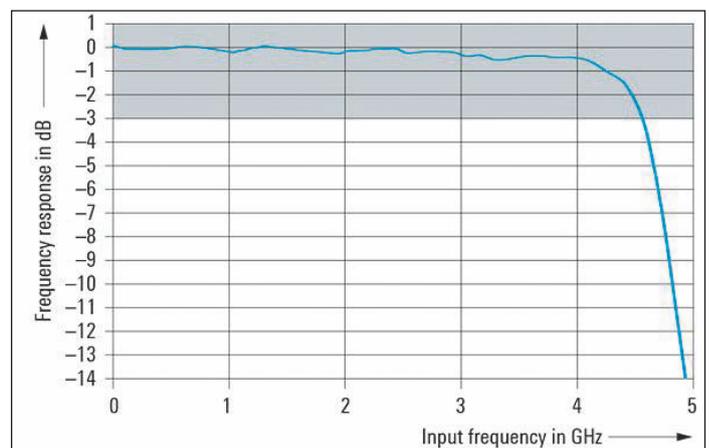


Bild 1: Frequenzgang eines 4-GHz-Oszilloskops [3]

naugigkeit von  $10\% f_{knee}$  mit 1,3 multipliziert werden muss.“ [3]

Wie beim analogen Scope bildet die Kombination aus DSO und Tastkopf natürlich ein neues System mit eigener Anstiegszeit und eigener Bandbreite.

## Samplerate, Undersampling und Aliasing

„Um das Signal korrekt darstellen zu können, ist eine ausreichende Samplerate von großer Bedeutung. Falls die Rate zu gering gewählt wird, kommt es zu Aliasing-Fehlern und das Signal wird verfälscht dargestellt. In diesem Fall spricht man von Undersampling.“ [3]

Bild 2 zeigt die Auswirkung geringer Sampleraten bei einem 10-kHz-Signal. Hier sind die Abtastpunkte linear verbunden. Für gewöhnlich wird jedoch eine Sinus-Interpolation verwendet.

„Die Abtastrate muss mindestens das 2,5-fache der Bandbreite des Oszilloskops betragen. ... Dennoch hat sich gezeigt, dass gerade für rechteckförmige Signale, deren Übergänge oftmals sehr schnell sind und wichtige Frequenzanteile deutlich über der Nyquist-Frequenz beinhalten, für reproduzierbare Messungen ein Vielfaches der Bandbreite benötigt wird.“ [3] Das gilt jedoch nur für (halbwegs) sinusförmige Signale. Wie kritisch die Sache bei Rechtecksignalen wird, zeigen die Aufnahmen mit dem 12-Bit-Gerät ADC-212/100 von Pico Technology in den Bildern 3 und 4. Dabei ist anzumerken, dass die Abtastung mit 5 GS/s ein kontinuierliches Signal voraussetzt, sonst versagt die ETS, mit der diese hohe Abtastrate nur möglich ist.

Eine hohe Abtastrate bedeutet eine genaue Signaldarstellung mit Erfassung von z.B. Glitches, erfordert jedoch auch eine hohe Speicherkapazität (s. Kapitel „Speichertiefe“).

Die Forderung, mindestens mit einer 25% über der Nyquist-Frequenz liegenden Rate abzutasten, resultiert aus dem nicht idealen

Frequenzgang. Da auch über der Kniefrequenz noch verstärkt wird, kann es sonst zu Alias-Störungen aus dieser Region heraus kommen.

Bei Mehrkanal-Oszilloskopen ist zu beachten, ob die maximale Samplerate in allen Kanälen parallel erreicht werden kann oder ob die Kanäle sich in die Samplerate teilen müssen. Meist ist Letzteres der Fall.

Mit der Bandbreite hat die Samplerate im Prinzip nichts zu tun, jedoch sind DSOs hier auf Harmonierungen für eine optimale praktische Anwendung ausgerichtet, hohe Bandbreiten gehen darum mit hohen möglichen Abtastraten einher. Hat ein DSO eine hohe Bandbreite, aber nur eine geringe Samplerate, ist es nicht optimal konstruiert und vergleichsweise eingeschränkt nutzbar.

Von Unterabtastung spricht man bereits, wenn im Signal ein Anteil vorkommt, dessen Frequenz höher als die halbe Abtastfrequenz ist. Es wird dann dieser Anteil so dargestellt, als ob er eine Frequenz unter der halben Abtastrate hat, also fehlerhaft. Man nennt eine solche Fehlstelle Alias und den ganzen Vorgang Aliasing.

Sampling kann als einfacher analoger Mischprozess aufgefasst werden. Dabei erfolgt eine Multiplikation der abgetasteten Schwingung (HF) mit dem Samplesignal (LO), also üblicherweise einem schmalen Puls. Daher ist das LO-Signal reich an Harmonischen. Entsprechend fällt das Ausgangssignal (IF) aus. Es enthält das originale Basisbandsignal (HF), das LO-Signal und alle seine Harmonischen und darum herum jeweils Seitenbänder, wie in Bild 5 dargestellt. Wie man sieht, kommt es bei Senkung der Abtastrate zu einer Verschiebung aller Seitenbänder nach links auf der Zeitachse. Die spektralen Komponenten überlappen sich und können teilweise nicht mehr durch Filter getrennt werden. Um dem vorzubeugen, wählen Oszilloskophersteller das Verhältnis von maximaler Samplerate zu Bandbreite oft groß;

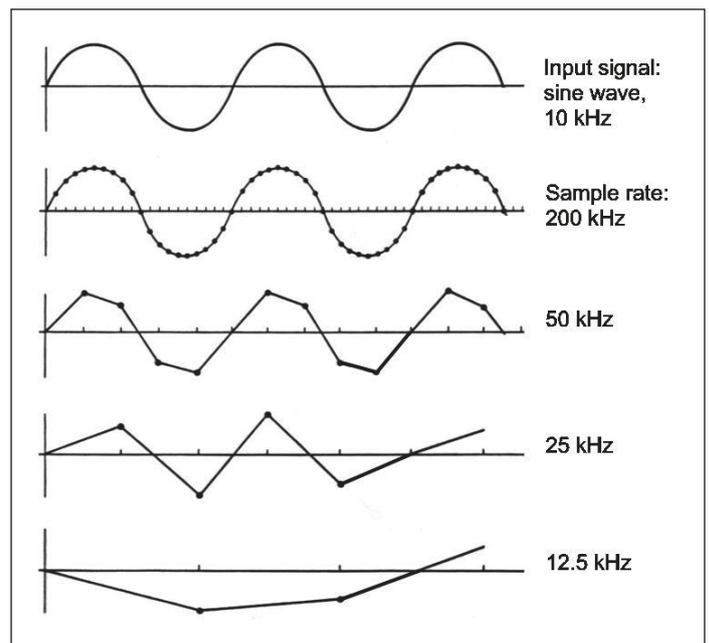


Bild 2: Auswirkung zu geringer Abtastraten [3]

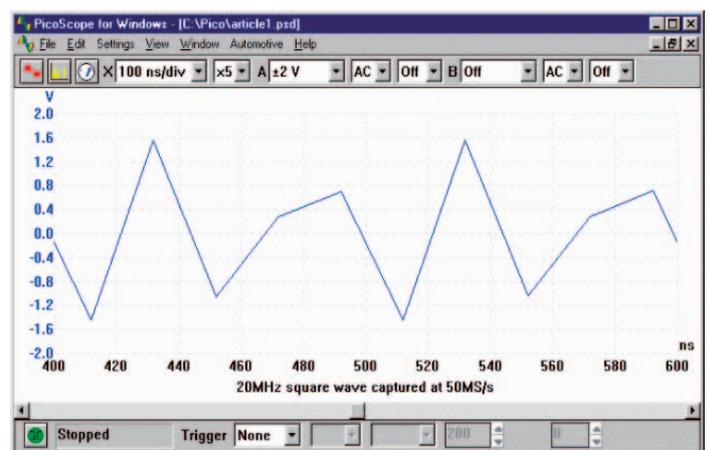


Bild 3: 20-MHz-Rechtecksignal, aufgenommen mit der generell empfohlenen 2,5-fachen Samplerate (50 MS/s) [4]

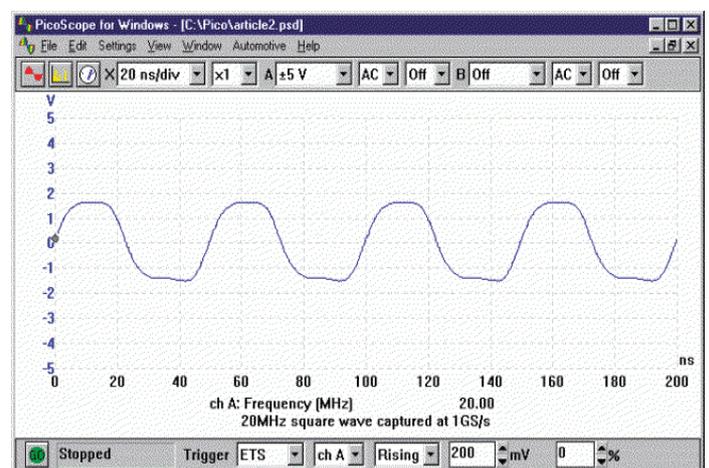
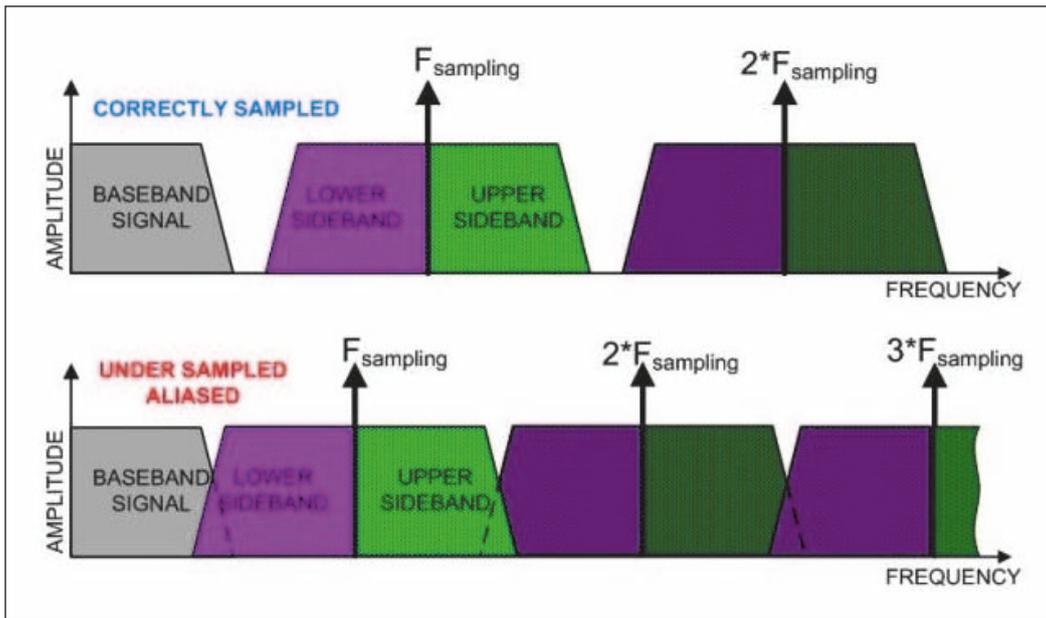


Bild 4: 20-MHz-Rechtecksignal, aufgenommen mit 5 GS/s [4]



**Bild 5: Der im Frequenzbereich dargestellte Samplingprozess zeigt korrektes Abtasten (oben) und verrät Aliasing (unten) [1]**

etwa bietet ein 1-GHz-Scope eine maximale Samplerate von 20 GS/s.

Beim Untersuchen weitgehend unbekannter Signale sollte man zunächst die höchste Sweep-Geschwindigkeit wählen, also die kleinstmögliche Zeit/div., um dem Aliasing vorzubeugen. Das führt dann zur höchsten Samplerate. Wenn man die Zeitbasis nun vergrößert, zeigt sich eventuelles Aliasing durch einen plötzlichen Abfall der sich lt. Darstellung ergebenden Signalfrequenz. Dann kann man den Speicherplatz erhöhen, falls möglich.

## Bedeutung der Speichertiefe

„Speichertiefe ist vielleicht der letzte unverstandene Aspekt eines DSOs, was eine Schande darstellen würde, denn die Speichertiefe ist einer der wichtigsten Parameter.“ [4]

Alle Samples werden – entsprechend den aktuellen Einstellungen des Scopes verarbeitet – in den Hochgeschwindigkeits-Speicher des Messgeräts übernommen. Dessen Speichertiefe begrenzt die Anzahl der speicherbaren Werte (Acquisition

Rate) und somit die maximale Aufnahmedauer. Besonders wenn in größeren Abständen vorkommende kurzzeitige Störungen im Signal erfasst werden sollen, ist ein sehr tiefer Speicher oder aber eine korrespondierende Kombination von intelligenter

Triggerung und Speichereinteilung unverzichtbar. Bild 6 basiert auf den einfachen Zusammenhängen zwischen Samplerate, Zeitbasiseinstellungen und Speichertiefe. Diese kann man auch in folgende mathematische Formen bringen [5]:

$$SR \times \text{Time/div} \times \text{Anzahl div} = \text{Acquisition Memory}$$

oder

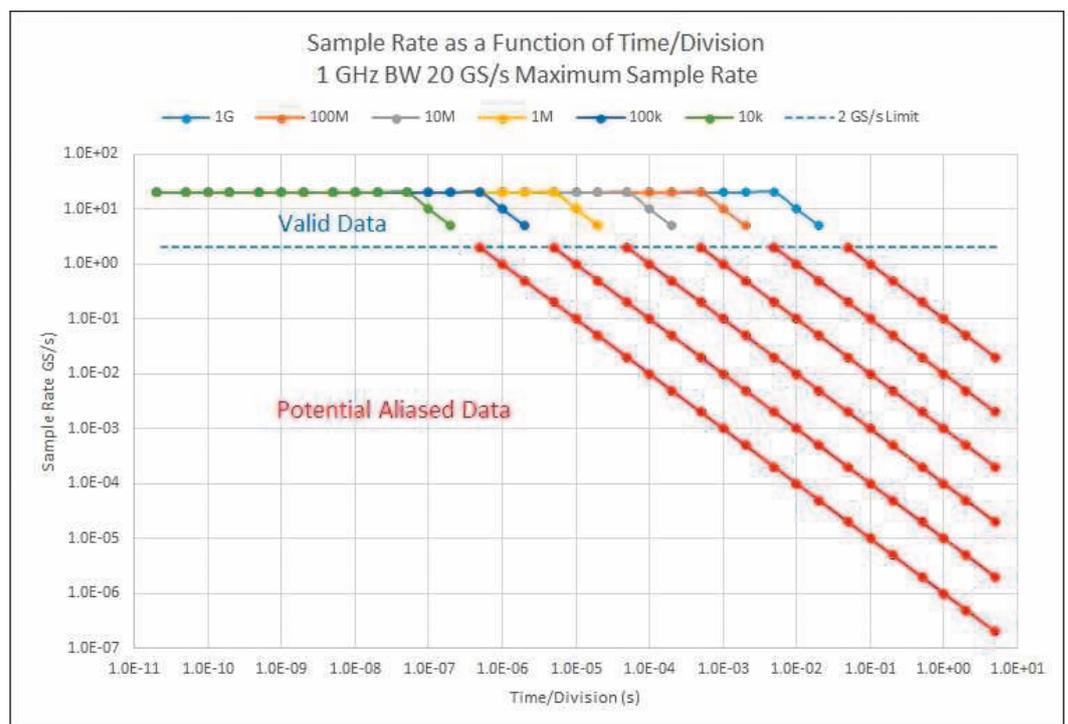
$$\text{Time/div} \times \text{Anzahl div} = \frac{\text{Acquisition Memory}}{SR}$$

SR ... Samplerate

Acquisition Memory ... belegter Speicherplatz

Die Grafik zeigt: Größere Speichertiefen erlauben die Aufrechterhaltung der maximalen Samplerate über eine längere Zeitbasis-Skala. Dies führt zu detaillierteren Darstellungen über längere Zeitspannen.

In [6] wird die linke Seite der obigen Formel als Acquisition Time Window bezeichnet und angemerkt, dass eine große Speichertiefe neben dem Vorteil der Ermöglichung längerer Betrachtungszeiträume (Zeitfenster) noch den oft übersehenen Vorteil des Erhalts der maximalen Bandbreite während des Aufnahmeprozesses bietet: „Wenn Ihr Oszilloskop einen größeren Zeitbereich erfasst, dann wird mehr Speicherplatz benötigt, um die maximale Samplerate aufrechterhalten zu können. Wenn



**Bild 6: Beispielhafte Zusammenhänge zwischen Samplerate, Zeitbasiseinstellungen (hier max. 1 s) und Speichertiefe [1, 4]. Fällt die Samplerate bei diesem 1-GHz-Oszilloskop unter 2 GS/s, dann kommt es zu Aliasing**

die Höhe der Erfassungszeit zunimmt, dann wird Ihr Oszilloskop das Maß an benötigtem Speicher nicht mehr bieten können. Folglich wird es beginnen, die Samplerate zu reduzieren.“

Bild 7 zeigt 200  $\mu$ s eines Videosignals, aufgenommen mit nur 1 KB Speicherplatz. Dieser begrenzt die Samplerate auf 5 MS/s (1 KB/200  $\mu$ s), obwohl das Scope zu 100 MS/s fähig ist. Zunächst sieht es jedoch so aus, als wäre die Aufnahme gelungen. Jedoch zeigt sich die Schwäche beim horizontalen Hineinzoomen (Bild 8). Der 5  $\mu$ s lange Farb-Burst wird durch nur 25 Punkte repräsentiert. Wesentlich aussagekräftiger ist die Aufnahme mit 128 KB Memory (Bild 9). Nun sind mehr als 3000 Punkte verfügbar, um das Signal genau zu erfassen.

Hat eine hohe Speichertiefe auch Nachteile? Ja, sie setzt die Verarbeitungsgeschwindigkeit und die Update Rate herab. Dies setzt die „Empfänglichkeit“ des Oszilloskops herab und verlängert die Totzeit zwischen den Einlesevorgängen. Daher bieten DSOs öfters die Möglichkeit, den Speicher funktionell in Segmente zu teilen. Der Nutzer kann dann den Speicher für einen bestimmten Messvorgang optimieren. Der „Segmented Mode“ ist besonders dann von Nutzen, wenn es gilt, Bursts zwischen längeren inaktiven Zeitspannen aufzunehmen. Ein Beispiel sind serielle Busse. Schnelle Abtaststraten können durch diese Betriebsweise innerhalb von Zeitfenstern von Minuten oder Stunden aufrecht erhalten werden.

„Üblicherweise bricht die Messgeschwindigkeit von Oszilloskopen bei Nutzung des gesamten Speicherraums signifikant ein, da zur Verarbeitung der großen Datenmengen viel Rechenaufwand benötigt wird. Dies führt wiederum zu der im nächsten Absatz beschriebenen Blindzeit.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass für eine hohe Samplerate nicht nur ein schneller Analog/Digital-Wandler von Nöten ist, sondern das Oszilloskop für reibungsfreie Arbeit auch

über genügend Speichertiefe verfügen sollte. Beide Faktoren treiben den Preis eines Geräts erheblich in die Höhe, weshalb es ratsam ist, sich vor Anschaffung eines Oszilloskops über die erwarteten Anforderungen der Messungen im Klaren zu sein.“ [3]

## Update Rate und Blindzeit

„Der Begriff der Update Rate wurde eingeführt, um dem Benutzer eine Größe an die Hand zu geben, welche eine Aussage über die Frequenz macht, mit der das Oszilloskop Messungen aufnehmen kann. Je höher die Update Rate desto mehr Akquisitionen kann das Oszilloskop pro Sekunde durchführen.

Bei dieser Größe sollte jedoch beachtet werden, dass ein Oszilloskop nur zu einem Bruchteil der Zeit wirklich das anliegende Signal aufnimmt. Während der restlichen Zeit muss das Gerät den ankommenden Datenstrom verarbeiten und abspeichern.“ [3]

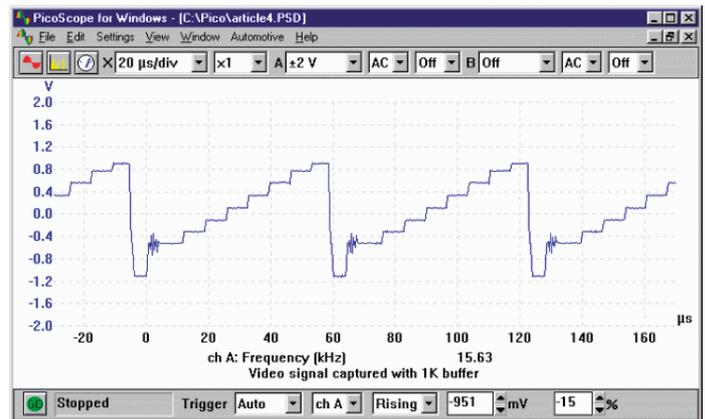
Die Interpolation der Messwerte und vom Benutzer ausgewählte mathematische oder sonstige Analyse-Funktionen verzögern die nächste Aufnahme zusätzlich. In dieser gesamten Zeit ist das Scope also gewissermaßen blind, das heißt, es können keine neuen Messungen erfolgen. Aufgrund dieser Blindzeit dauert es verständlicherweise länger, selten auftretende Ereignisse zu erkennen.

Bild 10 zeigt den Aufnahmezyklus eines DSOs. Der feste Anteil der Blindzeit ist gerätespezifisch, der variable Teil hängt hingegen von den gewählten Aufnahme- und Verarbeitungseinstellungen ab. In diesem Beispiel ist das Gerät zu 99,999% der Zeit mit der Verarbeitung der Daten beschäftigt.

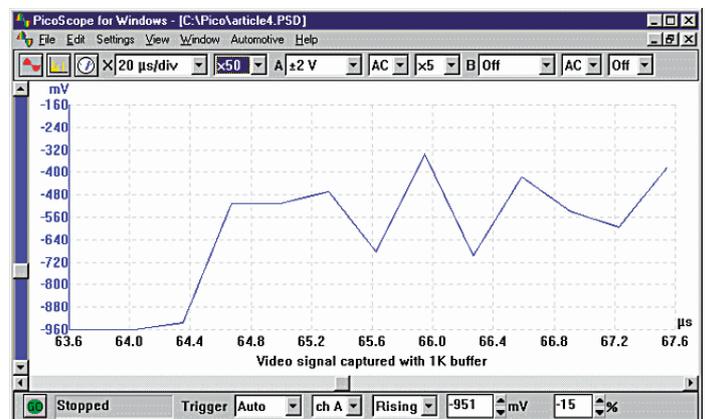
## Aufnahmemodi

Viele der digitalen Oszilloskope bieten mindestens zwei Aufnahmemodi an:

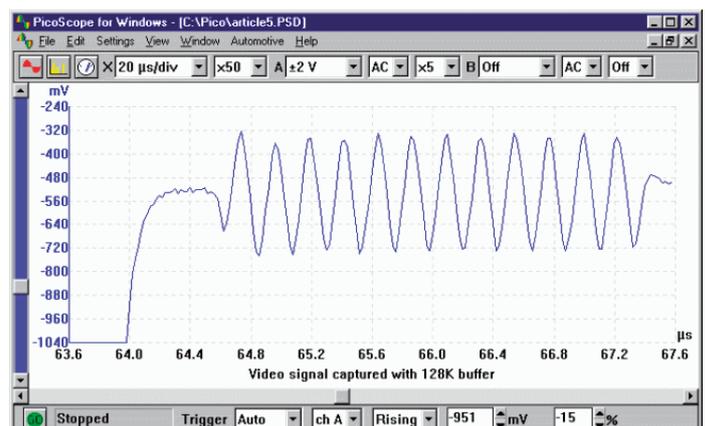
- Realtime Mode (RT)



**Bild 7: 200  $\mu$ s eines Videosignals, aufgenommen mit 1 KB Memory [4]**



**Bild 8: Der Zoom offenbart die Einschränkungen [4]**



**Bild 9: Darstellung mit 128 KB [4]**

- Equivalent Time Mode (ETS) oder Repetitive Sampling

Hier muss man wissen, für welche Einsatzzwecke ein Modus am besten geeignet ist. Im Realtime-Modus wird, da der Analog/Digital-Wandler mit konstanter Geschwindigkeit umsetzt, bei Messungen mit langer Zeitbasis

durch Weglassen von Samples die Punkteanzahl dezimiert. Die abgetasteten Werte werden dementsprechend direkt für die Rekonstruktion des Signals verwendet. Bei zu kleiner Zeitbasis werden die aufgenommenen Punkte des A/D-Wandlers mit interpolierten Werten ergänzt. Der Equivalent Time Mode hin-

gegen dient dazu, um kontinuierliche Signale mit Frequenzen weit über der Abtastfrequenz des Wandlers zu analysieren. Dabei werden Punkte verschiedener Aufnahmen, welche an unterschiedlichen Stellen des periodischen Signals abgetastet wurden, zu einer Darstellung kombiniert.

## Triggermodi

Es gibt zwei immer vorhandene grundsätzliche Triggermodi:

- Auto-Mode
- Normalmodus

Beide Modi unterscheiden sich lediglich dann, wenn die Bedingungen für ein Triggerereignis nicht erfüllt werden. Im Auto-Mode verwendet das Gerät zunächst die vom Benutzer eingestellte(n) Triggerbedingung(en). Gelingt das Triggern damit innerhalb einer bestimmten Zeit nicht, so wird automatisch ein asynchroner Trigger generiert, wodurch das Signal an zufälligen Zeitpunkten angezeigt wird. Dadurch kann der Benutzer sicher sein, dass überhaupt ein Signal anliegt und wie groß dieses ist. Im Normalmodus hingegen aktualisiert das Scope solange seinen Bildschirm nicht, bis die Triggerbedingungen erneut erfüllt werden. Dieser Modus ist bei einem sehr seltenen Triggerereignis von Vorteil.

## Synchrones Abtasten

Entspricht die Abtastfrequenz genau oder annähernd dem Doppelten/Dreifachen/Vierfachen... der Signalfrequenz, spricht man

## Bandbreite, Samplerate und Speichertiefe – ein reales Beispiel

Mit analogen Scopes hat man ein leichtes Leben. Bei digitalen Scopes muss man sich in Sachen Samplerate und Speichertiefe auskennen.

Es soll ein Frame eines USB-1.1-Datensignals oszilloskopiert werden. Ein Frame dauert hier 1 ms und umfasst seriell mit 12 Mbps transportierte Daten. Zur Vereinfachung kann man annehmen, dass es gilt, ein 12-MHz-Rechtecksignal 1 ms lang aufzunehmen.

Bandbreite: 12 MHz sind das absolute Minimum, dabei sind die Aufnahmeverzerrungen erheblich, somit werden mindestens 50 MHz veranschlagt.

Samplerate: Es werden etwa 5 Punkte pro Periode veranschlagt, somit ist eine minimale Samplerate von 60 MS/s ( $5 \times 12 \text{ MHz}$ ) erforderlich.

Speichertiefe: 60 MS/s über 1 ms bedeutet 60.000 Samples.

von synchronem Sampling. Dabei wird immer genau an den selben Stellen (Phasenlagen) oder nur schleichend sich in der Phasenlage verändernd abgetastet. Dabei kann es zu einer Signaldarstellung kommen, die wirkt, als wäre das Signal moduliert, s. oben im Aufmacherbild. Das mit 1 GS/s abgetastete Signal wurde in der Frequenz erhöht, bis sich der Effekt zeigte. Er war bei rund 400 MHz am ausgeprägtesten, trat also bei 2,5-facher Samplerate auf. Die „Modulationsfrequenz“ beträgt etwa 500 kHz. Die FFT zeigt jedoch, dass hier nicht moduliert wird, es gibt keine Seitenbänder.

## Interpolation

Die  $\text{Sin}(x)/x$ -Interpolation funktioniert hervorragend bei sinusförmigen Signalen. Doch bei Signalen mit steilen Flanken kann sie Probleme verursachen. Was zu vermuten ist, trifft zu: Eine steile Flanke wird unerwartet stark verschliffen. In [1] wird dies bewiesen durch den Vergleich des Ergebnisses des Sinus-Interpolators im Oszilloskop mit dem zugrundelie-

genden Rechteckimpuls mit steiler Flanke.

In solchen Fällen zeigt sich der lineare Interpolator überlegen.

## Arbeitsrichtlinien

In [1] finden sich folgende Richtlinien für die Praxis:

- Halte die Samplerate so hoch wie möglich.
- Starte die Analyse weitgehend unbekannter Signale bei minimaler Zeiteinheit/div.
- Erhöhe dann die Zeiteinheit/div. bei Beibehaltung der höchsten Samplerate und prüfe die Signaldarstellung auf Aliasing.
- Falls die Darstellung unerwartet moduliert ausfällt, dann führe eine horizontale Ausdehnung durch, um die Sample-Orte und eventuelles synchrones Sampling festzustellen.
- Bei Merkwürdigkeiten an Flanken und  $\text{sin}(x)/x$ -Interpolation führe einen Vergleich mit linearer Interpolation durch.

FS

## Quellen

[1] Digital oscilloscopes: When things go wrong, by Arthur Pini, EDN October 27, 2016

[2] Frank Sichla: Hochfrequenz-Messpraxis, Franzis Verlag 2007, S. 19f

[3] Educational Note IMA-65-2d, Rohde & Schwarz, Messen mit Oszilloskopen, 2017

[4] Pico Technology: What to look for when choosing an oscilloscope, [www.picotech.com/library/application-note/oscilloscope-tutorial](http://www.picotech.com/library/application-note/oscilloscope-tutorial)

[5] Fa. Rigol: Benefit of Large Memory Depth in modern Scopes

[6] Oscilloscopes: Why deep memory matters, Rohde & Schwarz Application Card

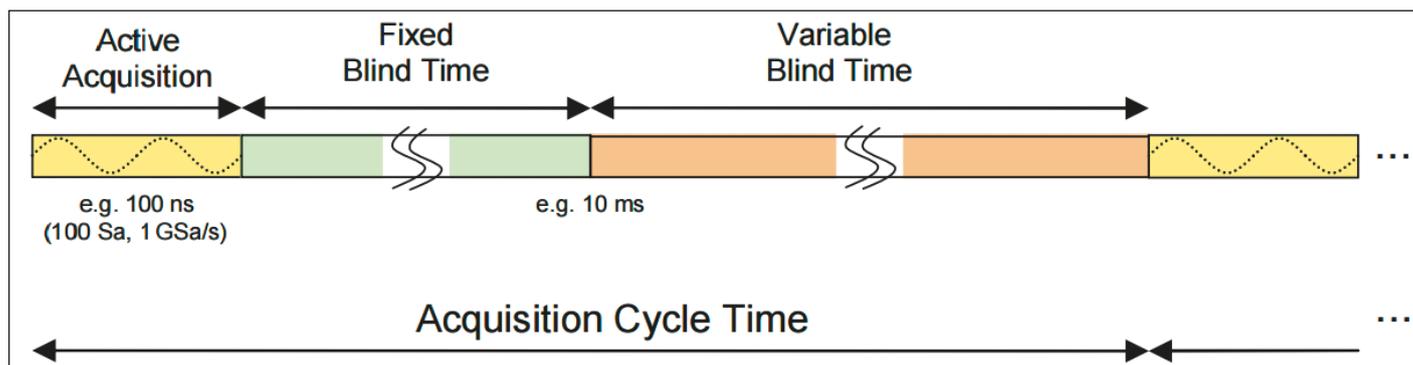
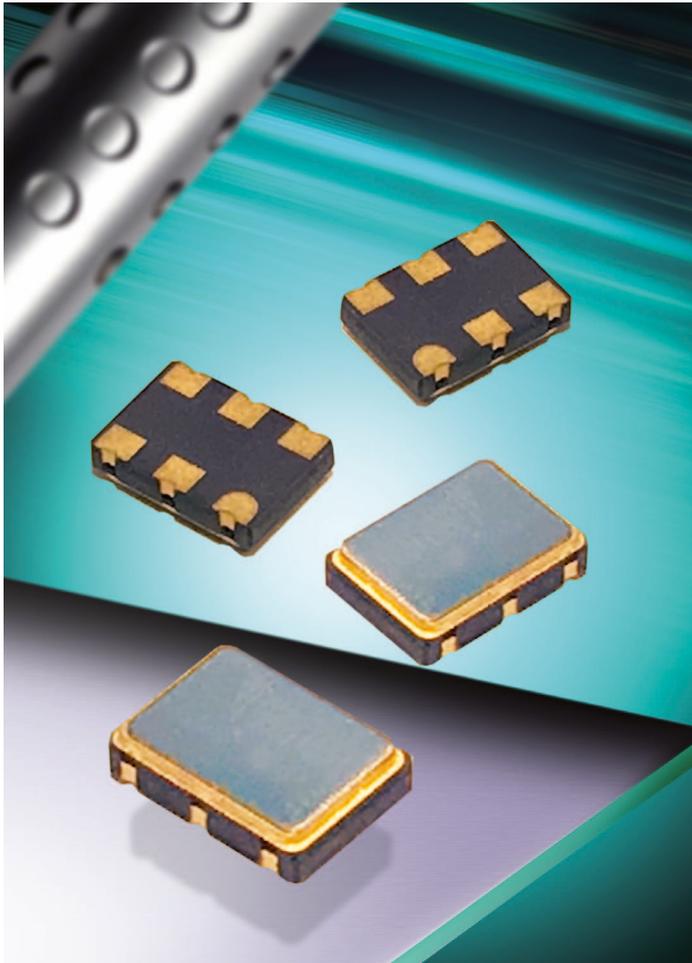


Bild 10: Aufnahmezyklus eines Oszilloskops [3]

## Highspeed Current Steering Clock Oscillators



Frequency control specialist, Euroquartz is now offering high speed current steering logic (HCSL) versions of its ultra-low phase jitter EQJF clock oscillator range. HCSL outputs deliver a less “noisy” solution compared with static logic types, a major benefit for mixed low voltage signal processing and essential in applications such as optical communications, PCI-Express and Intel chipsets etc.

Offering a range of frequencies from 50 to 700 MHz with phase jitter of 150 fs typical, 300 fs maximum, this new genera-

tion of oscillators is produced in the UK and available for delivery in one to two weeks. HCSL offers the fastest switching speeds with power consumption – at 94 mA typical, 115 mA maximum – lying between LVCS and LVPECL types. EQJF series HCSL oscillators feature a choice of supply voltages – 1.8, 2.5 or 3.3 V – with frequency stability specifications of  $\pm 25$ ,  $\pm 50$  and  $\pm 100$  ppm over both commercial (-10 to +70 °C) and industrial (-40 to +85 °C) temperature ranges available as standard. Tighter custom options can be supplied to special order.

Complementing the EQJF series is the EQVJF range of voltage-controlled crystal oscillators (VCXOs) offering frequencies from 150 to 700 MHz with identical options and similar RMS phase jitter performance.

Both ranges feature maximum ageing of  $\pm 3$  ppm in first year ( $\pm 2$  ppm per year thereafter), duty cycle of 50%  $\pm 5\%$  and rise times of 0.4 ns maximum. Additional features include start-up time of 5ms typical, 10ms maximum and output enable/disable functions. RoHS compliant, the new HCSL EQJF oscillators and

EQVJF VCXOs are housed in industry standard 8-pad, 7 x 5 mm surface mount packages capable of withstanding 260 °C for 10 seconds, twice.

Applications include flat panel displays for consumer TVs, video streaming systems via external cables (e.g. LDI), high speed serial communications links such as Serial ATA & Fire-Wire, SONET, xDSL, SDH, set-top box and Ethernet cards.

■ Euroquartz  
[info@euroquartz.co.uk](mailto:info@euroquartz.co.uk)  
[www.euroquartz.co.uk](http://www.euroquartz.co.uk)

## 2G Cellular Module Offering an Easy Upgrade Path to LPWA



The Company ublox announced the SARA-G450, a cost-optimized 2G cellular module for machine-to-machine (M2M) applications, such as utility metering and tracking systems. Provided in the industry-proven SARA form factor, the SARAG450 quad-band GSM/GPRS module lets product developers easily migrate their products to 3G, LTE, or LPWA technology to meet a broad range

of environmental and technological requirements.

2G cellular technology offers reliable performance for mobile applications and broad geographical coverage. Until recently, this made it the technology of choice for machine type connectivity such as fleet management, metering and tracking. While some regions are currently phasing out their 2G network

infrastructure (most notably the USA), 2G continues to be a viable and popular option for M2M solutions in regions still lacking NB-IoT and LTE Cat M1 networks or where coverage is spotty. The SARA-G450 is an ideal solution for cost and space-sensitive applications in these markets.

Thanks to its pin-compatibility with the entire u-blox cellular line-up product designers can use a single platform and PCB design to enable solutions for a variety of air interface technologies, including 2G, 3G, LPWA (LTE Cat M1 and NB1), and high-speed LTE. This also means that product developers can anticipate future upgrades of their applications to move to LTE Cat M1 and NB1 connectivity as soon as they become available in their target markets.

SARA-G450 is a standard grade quad-band GSM/GPRS module that is power-optimized for IoT applications. It offers the flexibility to combine with a variety of best-in-class ublox GNSS or Bluetooth modules for solutions that integrate positioning, short range and cellular communication. An embedded internet suite facilitates the development of a wide range of M2M devices.

■ *ublox AG*  
[info@u-blox.com](mailto:info@u-blox.com)  
[www.u-blox.com](http://www.u-blox.com)

## 5G Antenna Tuning Solutions



Skyworks Solutions, Inc. unveiled the latest solutions from its Sky5 portfolio, the company's unifying platform enabling 5G applications. Skyworks' new wide-band 16-state antenna aperture tuners are extremely compact and designed to deliver improved efficiency and enhanced bandwidth coverage from 600 MHz to 6 GHz for LTE Advanced Pro to emerging 5G standards across a wide range of mobile devices. Antenna tuning plays a critical

role in maintaining smartphone power efficiency and battery life, particularly as signal processing complexity continues to rise with the onset of 5G. With smartphone manufacturers adding new features such as 4x4 multiple-in, multiple-out (MIMO) and 5G new radio (NR) for 2019 applications, next generation architectures must embed significantly more antennas. New bezel-less smartphones integrate anywhere from four to seven antennas to support future data demand versus the two to four average antenna count within today's platforms. At the same time, the migration to full screen infinity displays and expanded functionality limit the amount of board space available. Skyworks' innovative antenna tuning solutions leverage proprietary design and process techniques to help drive antenna performance while meeting stringent linearity demands and size constraints.

The SKY5 9256-701LF advanced aperture tuner features reliable linear operation and extremely low Ron (1.1 ohm) and Coff (145 fF) to deliver superior antenna performance, allowing system designers to recover the 1.5 to 3 dB gain degradation caused by shrinking antenna sizes. The MIPI-controlled, 16-state capability of the tuner also gives engineers the ability to combine arms for even smaller Ron and Coff. Excellent harmonics are delivered throughout the operating range, assisting customers with achieving RSE requirements and passing certification.

■ *Skyworks Solutions, Inc.*  
[www.skyworksinc.com](http://www.skyworksinc.com)

## High-Performance Transmit/Receive Frontend Module

Skyworks introduced the SKY66119-11, a high-performance transmit/receive frontend module (FEM) that provides range extension for Internet of Things (IoT) applications including smart metering and Industrial, Scientific and Medical (ISM) systems. The device's transmit chain features 30 dBm output and the receive chain features a low-noise amplifier (LNA) with a 1.3 dB noise figure. The module delivers 30.5 dBm P<sub>out</sub> at 400...500 MHz to enable more than 4x the range versus standalone system-on-chip (SoC) solutions and covers multiple unlicensed bands. It also has a fast switch on/off (<4 μsec in receive mode and <2 μsec in transmit mode) that provides rapid timing and multi-protocol arbitration. The module also boasts a high-efficiency power amplifier for longer battery life and comes in a small footprint with MCM (28-pin 6 x 6 mm) surface mount technology packaging.

■ *Skyworks Solutions, Inc.*  
[www.skyworksinc.com](http://www.skyworksinc.com)

## Fast MRI Protection Diode



Richardson RFPD, Inc. announced the availability and full design support capabilities for a new diode for MRI applications from MACOM Technology Solutions, Inc. The MADP-009989 diode was designed to protect MRI receivers from high RF energy fields, including long RF pulses and RF spike pulses present in most MRI machines. This diode acts as a passive protector (limiter) for the MRI receiver. No forward bias voltage is required to turn-on the diode. It is self-biased by the RF transmitter pulse power. A switch driver is not needed for this receiver protection application.

The new diode is available in two package configurations for flexibility in design. It is ideally suited for MRI receiver protection and body coil isolation applications. Additional key features of the MADP-009989 include:

- Package configuration options: surface mount, axial lead
- Passivated chip
- Ultra-low magnetic construction
- Non-cavity design
- Thermally-matched configuration
- Low capacitance @ 0 V bias: 1.2 pF (typical)
- Low conductance @ 0 V bias: 40 μs (maximum)
- Compatible with automatic insertion equipment

■ *Richardson RFPD*  
[www.richardsonrfpd.com](http://www.richardsonrfpd.com)

# 5G or 11ax?

Have you ever wondered why your phone has three radios (LTE, Wi-Fi and Bluetooth), while your tablet and computer typically have two (Wi-Fi and Bluetooth)? For that matter, why do you know names like Wi-Fi, Bluetooth and LTE? What about 5G or Zigbee?

	 <b>Wearables</b>	 <b>Home</b>	 <b>Phone</b>
<b>Range (typical)</b>	<10m/30ft	<100m/300ft	Outdoor (Km/miles)
<b>Content</b>	 <b>Bluetooth</b>	 <b>WiFi</b>	
<b>Sense &amp; control</b>	 <b>Bluetooth SMART</b>	 <b>zigbee</b>	
<b>Typical applications</b>	Personal appliances (wristband, smart watch, step counter, keyboard, mouse, pointer, etc.)	Indoor networks (Internet, email, phone, security, energy management, home monitoring, etc.)	Outdoor networks (phone, chat, Internet, smart city, industry 4.0, agriculture, smart logistics, etc.)

Figure 1: Wireless data communications technologies

At the same time that wireless data-communication technology and standards are still in development, new standards and proprietary technologies (like Zigbee) are clamoring for attention. How do we separate the noise from what is real and important? Should consumers care about any of this? Figure 1 offers an impression of the variety of wireless technologies that play a role in our daily lives.

Despite all the marketing chatter, it is relatively easy to look at the bigger picture and understand where things are going. And as it is often the case, it can be helpful to remind ourselves how we got to where we are today.

### Maybe a Little Bit of Technology First

There are only three things of overriding importance in radio technology, and we experience them all in our daily lives. These three things are range, data rate and power.

- We experience range as our phone is connected to a base station (or not), or when our laptop is connected to the router at home, or when our headset is connected to our phone. And we all know from experience what happens if a device gets “out of range.”

- We are also quite familiar with data rate, particularly when we

watch videos or listen to music. Wi-Fi has been the king of data rate until now, but we have been able to receive similar data rates with LTE and 5G – though perhaps at a higher price.

- Finally, while we have grown accustomed to regularly recharging our phones and laptops, we are reminded of the importance of power consumption in those annoying moments when we discover that our smaller devices, like headsets or Fitbits, are not charged when we are ready to use them.

These three items fit together in an interesting way, a sort of basic law of physics. Try to improve one, and the two others must give way. Of course, general overall improvements have been made over time on all three, but the relationship between them is the same.

For instance, if you want increased data rate, then you must either lose range or increase the output power. Wi-Fi today, with its higher speeds (data rate), has less range than in the past and more often needs repeaters – this is one of the motivators for distributed Wi-Fi, or mesh Wi-Fi. This same relationship holds true for Zigbee (“low power Wi-Fi”). It essentially gets the same range as Wi-Fi, at a low data rate, but with significantly lower power, thereby achieving

a very long battery life. There is a fourth element in this equation, also based on physics, that we may be less aware of in our daily lives. That element is frequency. Higher frequencies reduce range or require higher power to achieve the same range. But higher frequencies have the advantages of more bandwidth and, thus, higher data rates. This explains the tendency for higher data rates to “look for” higher frequencies. The newest versions of Wi-Fi are in the 60 GHz frequency band, with targets up to 100 Gb/s (.11ay).

### Back to the Radios Present in Phones and Laptops

Clearly a lot more can be said about this, but to a large extent, these parameters are the reasons you have three radios in your phone. One radio (LTE) to get the range to connect to the closest base station in your neighborhood; one radio (Wi-Fi) to get performance when you are at home or in the office; and one radio (Bluetooth) to enable short-range connectivity to the small devices that you carry with you, like your phone headset or your Fitbit. Why, then, do laptops and tablets usually only have two radios? There is a logical answer, but we must also understand a bit of history.

By Cees Links, GM of Qorvo Wireless Connectivity Business Unit  
Qorvo, Inc.  
www.qorvo.com

## A Brief History: the Technology Players

In a relatively short period of time, we have seen three new technologies develop and converge:

As technology progresses, the differences between phones, TVs, laptops and tablets are slowly disappearing. In a way, they are all becoming “networked computers,” but each still has its own history of wireless communication standards as each experienced its own transition from wired to wireless technology. Phones and computers had a more dynamic path, but because TVs are largely static (non-mobile) devices, the cable/satellite industry mostly stayed in its own wired world.

As phones became more computer-like (i.e., smart phones), and computers began supporting all kind of video- and phone-like communication capabilities, it should come as no surprise that the variety of networking technologies that have developed, past and present, are sometimes at odds.

## Different Networking Technologies Standards – Developing Very Differently

The standardization body for wireless phone communication today is 3GPP; for wireless com-

puter data communication, it is IEEE 802.11. The roots of 3GPP are with the telephone operators and their governmental sponsors, since operators were originally governmental bodies. (In some countries, they still are.) The IEEE 802.11 is rooted in the computer industry. In addition to academics and regulators, IEEE 802.11 has a large engineer membership, most of whom are sponsored by their employer companies.

The IEEE 802.11 and the 3GPP had another complete and fundamental difference. The government-sponsored 3GPP worked licensed spectrum – spectrum that could be acquired for a certain amount of time to provide communication services. The government, as licensor of the spectrum, is responsible for making sure that the spectrum can only be used by the licensee. Not so with the IEEE 802.11. This standardization body has developed standards in the “unlicensed” bands – bands that have been set aside by the government for “free usage,” based on a set of rules with limited power, so that the interference range for realistic applications stays local. These bands are called ISM (Industrial, Scientific and Medical) bands and can be found in the 2, 5 and 60 GHz bands.

The companies that sponsored their engineers to develop IEEE 802.11 then needed to enforce

compliance to the IEEE 802.11 standard definitions. (The IEEE 802.11 itself does not regulate compliance.) So, the Wi-Fi Alliance was founded by these interested companies for enforcing and promoting the IEEE 802.11 standard under the Wi-Fi brand – without exaggeration one of the most valuable brands today. 3GPP, on the other hand, never really focused on a cohesive brand strategy aimed at consumers. This makes sense because 3GPP was the interest group of operators, who always had a certain control of the market. They never had to win the hearts and minds of the consumers, like Wi-Fi and Bluetooth did. So instead of bothering with brand consistency issues, whole sets of ever-improving standards migrated from GSM/GPRS to 3G, Edge, 4G, LTE and now 5G, which will likely involve a new set of implementations.

The Battles and Successes of Wi-Fi – and the Answer to Why Computers Have Two Radios.

When Wi-Fi was emerging in the late 1990s, the general tendency in “3GPP-land” was to ask: why do you need Wi-Fi? At that time, the standardization of 3G was progressing well and promising high data rates, and 3G-modems connected to or integrated in laptops would provide ubiquitous connectivity. So, why bother with Wi-Fi? The general opinion was that this “unlicensed technology” would

disappear, probably sooner than later, because in the unlicensed bands, the lack of oversight would bring the performance spiraling down quickly.

Of course, we know today that things turned out rather differently. Wi-Fi has found a way to properly operate in the unlicensed ISM-bands and satisfy the needs for wireless connectivity indoor, in-home or in-building, where 3G was not able to penetrate well. Also, Wi-Fi rapidly increased its data rate and expanded its capabilities by moving from the 2.4 GHz band into the 5 GHz band, and it is expected to further extend these by going into the 60 GHz band. Range extender technologies and, more recently, the concept of distributed Wi-Fi (“Wi-Fi Mesh”), have also supported Wi-Fi’s success to date.

A significant part of the reason that Wi-Fi was successful was the fact that data communications via 3G required a paid subscription from telephone operators and a data plan that initially led to quite hefty bills, not to mention roaming charges. By comparison, Wi-Fi was free – or at least, the incremental cost for Wi-Fi via a fixed telephone, ISDN and later with ADSL, was limited.

So now we had wired operators directly competing with the wireless operators, which ultimately stimulated worldwide accep-

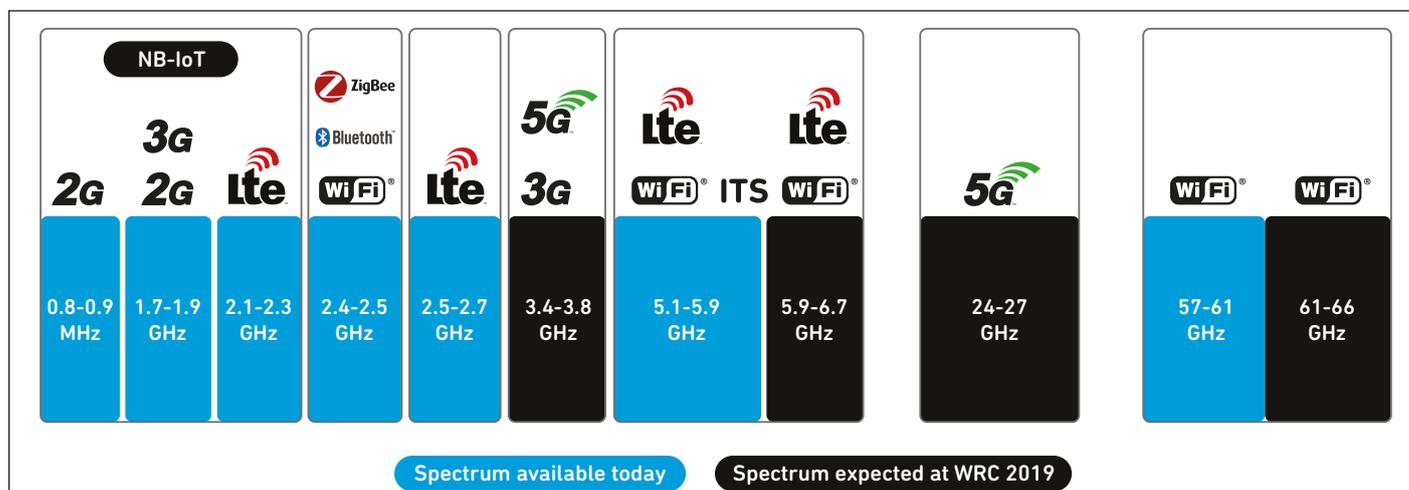


Figure 2: Current and expected frequency bands for major wireless technologies

tance of Wi-Fi. The wireless operators helped this along by initially discouraging the use of 3G for data (and therefore encouraging the use of Wi-Fi) due to concern for a voice service collapse if 3G was “overused” for data. By marketing 3G as having a data element, even though it really was designed for voice, the 3G folks didn’t help themselves in this regard.

By the way, this answers the question of why most computers and tablets have only two radios. 3G-licensed radios (and their successors) were rarely integrated in computers or tablets because Wi-Fi offered a cost-effective and versatile internet connection. An integrated 3G radio was just too expensive by comparison. When a mobile solution is needed, users have turned to devices like 3G dongles or, more commonly today, using their mobile phone as a hotspot.

### Wi-Fi Versus Bluetooth (and Now ZigBee)

At the same time the battle between Wi-Fi and 3G unfolded, another battle emerged. Several companies that were suppliers to the telephone industry (notably Ericsson and Nokia) saw another usage for ISM bands – to improve phone connectivity when connecting to a hotspot for information downloads and when connecting wireless headsets and other devices to the phone. To create a standard for type of phone connectivity, the Bluetooth SIG (Special Interest Group) was formed, with companies as members (as opposed to the engineer members of IEEE 802.11). Fairly soon, the Bluetooth SIG echoed 3GPP in declaring Wi-Fi redundant and telling the market Wi-Fi would soon disappear.

Again, not so much. After a few years, it became clear that Wi-Fi and Bluetooth had separate, defined application domains – Wi-Fi for “networking” and Bluetooth for “peripheral connectivity.” Since then, many devices have emerged with both Wi-Fi and Bluetooth – Wi-Fi for

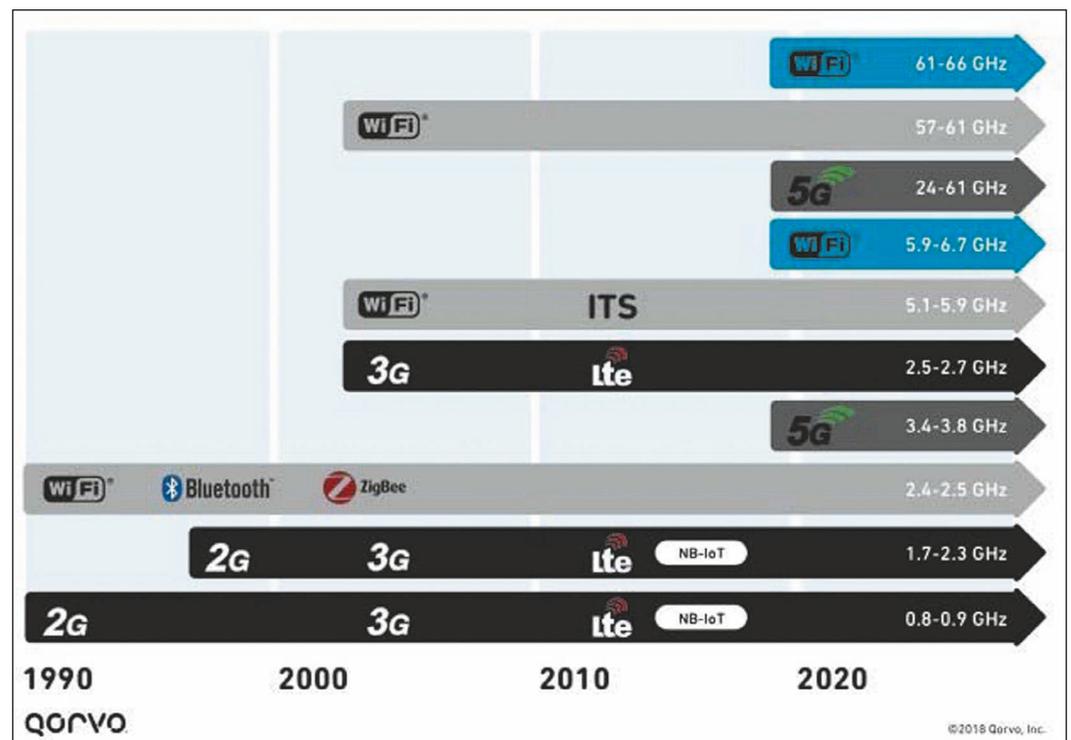


Figure 3: Evolution of spectrum availability for major wireless technologies (approximate frequency bands and dates)

high-speed networking and Bluetooth for connecting devices. For a while, there was an effort to make Bluetooth part of IEEE, but their organizational and membership differences drove them apart.

Interestingly, there is a sequel of this battle in the works today. Zigbee, the low-power variant of Wi-Fi (based on IEEE 802.15.4) is under threat from BLE (Bluetooth Low Energy), the low-power variant of Bluetooth. The Bluetooth SIG is developing a networking variant (Bluetooth Mesh) that is supposed to compete with Zigbee.

Looking at the early proposals, however, it seems that considerable complexity would need to be added to BLE to achieve what is already available with Zigbee. We will have to wait and see how this plays out.

### Spectrum Availability

The evolution of these wireless technologies was made possible by growing amounts of radio spectrum made available by the world’s regulatory authorities. Figures 2 and 3,

below, give rough indications of the major technologies and frequency bands involved. At the 2019 World Radio Conference, significant new allocations are expected for Wi-Fi and 5G to support the increasing demands for wireless data communications. The exact details of spectrum availability and usage conditions is beyond the scope of this paper.

### Telephone Operators and Wi-Fi...Working Together?

One would think that after 3G and Wi-Fi fought their battles, the demarcations between the two technologies would be clear – Wi-Fi for private areas (home, office) and 3G everywhere else.

But, no. Initially the telephone operators in 3GPP were naturally quite suspicious about the development of so-called “hotspots,” public places where people could get access to high speed internet without the need for a subscription. Fortunately for the telephone operators, it turned out that running a large number of hotspots was not a trivial effort,

in particular for large retail and hotel chains, cities, trains, etc. Public hotspot companies have been slowly absorbed by the telephone operators, who started to further embrace Wi-Fi and learned that “unlicensed” was not as bad as it sounded. Operators even developed strategies to use public hotspots along with private routers to “off-load.” In other words, use Wi-Fi connected hotspots for traditional phone services.

At the same time, consumers and companies are learning that running Wi-Fi networks is becoming more complex, and telephone operators (and more recently, also cable operators) are finding out that private Wi-Fi networks are business opportunities – helping consumers and smaller companies run their Wi-Fi networks.

And finally, with the further rapid growth of data traffic, especially via video applications like YouTube, the operators need increased capacity. But getting more frequency bands is not easy. A faster way of getting this capacity, next to leve-

raging Wi-Fi, was realizing that the successor of 3G, 4G or LTE technology can also run in the ISM band. This realization gave rise to the concept of LTE-LAA – LTE with Licensed Assisted Access. The 3GPP specifications allow both Wi-Fi and LTE-LAA to be used in the same 5 GHz spectrum. The first installations of LTE-LAA are being planned now, but we will have to wait and see if LTE-LAA is a hit.

## So, What's Happening Now, and What Happens Next?

Armed with this understanding of history, we can see a new battle is looming. The IEEE 802.11 has been working diligently on higher-speed versions – .11n and .11ac, and it is in the process of completing .11ax. At the same time, the 3GPP is moving on from 4G/LTE and is investing heavily in 5G. (As an aside, the Wi-Fi Alliance is doing a great marketing job by calling everything higher speed Wi-Fi, while 3GPP continues to be technology-driven, making the different generations explicit and creating disruptions that are detrimental for a smooth migration.)

In any case, it should now not come as a surprise that the talk is (again) about which technology is going to win. 5G or IEEE 802.11ax? Both will be in the high data rates (Gb/s), and both will be quite power intensive to get good range, and both are trying to infringe on each other's territory. 5G is claiming that it will have "way better indoor penetration", and .11ax is throwing out the slogan, "5G has arrived and it is called .11ax."

IEEE 802.11ax has a clear path worked out, although with the increased data rate, the range is definitely reducing. Interestingly Wi-Fi has turned this disadvantage into an advantage by focusing this new IEEE 802.11ax standard on distributed Wi-Fi (Wi-Fi Mesh) and enabling the usage of multiple channels at the same time to connect multiple access points in different rooms to the main router. The focus of IEEE 802.11ax is on full indoor coverage – every nook and cranny in your house or office building covered with the same high data rate, creating an experience that will not be easily replaceable with 5G. (Lest this sounds too good to be true, IEEE 802.11ax turns out to be a very difficult standard,

and its completion has just been delayed by another six months, with ratification now expected in early 2019.)

However, 5G is facing its own quite serious challenges, including delays. 5G's higher data rates create a penalty on its range, too, and for cellular base stations, coverage goes "by the square." The expectation is that the range for 5G will probably decrease by less than half, forcing the number of base stations to more than quadruple. In dense urban areas, where finding real estate to place base stations is expensive, this will mean that rolling out 5G infrastructure will be at significant expense, at the same time, that many operators are still recovering from their 4G investments.

Though it varies a bit by country and the financial structure of the telephone operators, the belief is that higher data rates will be needed to sustain the consumer and business appetites for higher data rates, particularly in dense population settings, where the usage of licensed spectrum can be better controlled than unlicensed. So the money flowing into further developing and maturing 5G is continuing, and the first trials are planned for early

2018 around the Winter Olympics in Korea.

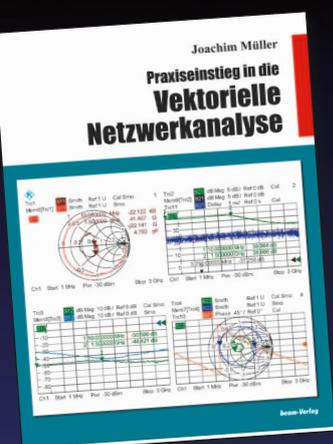
## Conclusion

So, who is going to win the battle? Honestly, there shouldn't even be a battle. Both 5G and Wi-Fi have very particular characteristics that will be beneficial for connecting "computers" (including all the devices that can now be classified under this term) to the internet. So, the operator that best can exploit both technologies to its advantage and can define and execute a strategy that leverages them both, will become the winner. Seen from this perspective, the ultimate winner of these technology battles will be the end-user.

## Over the Author

Cees Links was the founder and CEO of GreenPeak Technologies, which is now part of Qorvo. Under his responsibility, the first wireless LANs were developed, ultimately becoming household technology integrated into PCs and notebooks. He also pioneered the development of access points, home networking routers, and hotspot base stations. ◀

# Fachbücher für die Praxis



## Praxiseinstieg in die vektorielle Netzwerkanalyse

Joachim Müller,  
21 x 28 cm, 142 Seiten, zahlr. Abb. und Tabellen  
ISBN 978-3-88976-159-0,  
beam-Verlag 2011, 32,- €  
Art.-Nr.: 118100

In den letzten Jahren ist es der Industrie gelungen, hochwertige vektorielle Netzwerkanalysatoren vom schwergewichtigen Gehäuse bis auf Handheldgröße zu verkleinern. Doch dem nicht genug: Durch ausgefeilte Software wurden einfache Bedienkonzepte bei steigender Funktionalität erreicht.

Auch für den Funkamateurler wird neuerdings die Welt der Netzwerkanalyse durch Selbstbauprojekte, deren Umfang und Funktionalität den Profigeräten sehr nahe kommen, erschlossen. Damit sind die Voraussetzungen für die Anwendung der vektoriellen Netzwerkanalyse im Feldeinsatz aus Sicht der verfügbaren Gerätetechnik geschaffen.

Fehlte noch die geräteneutrale Anleitung zum erfolgreichen Einstieg in die tägliche Praxis.

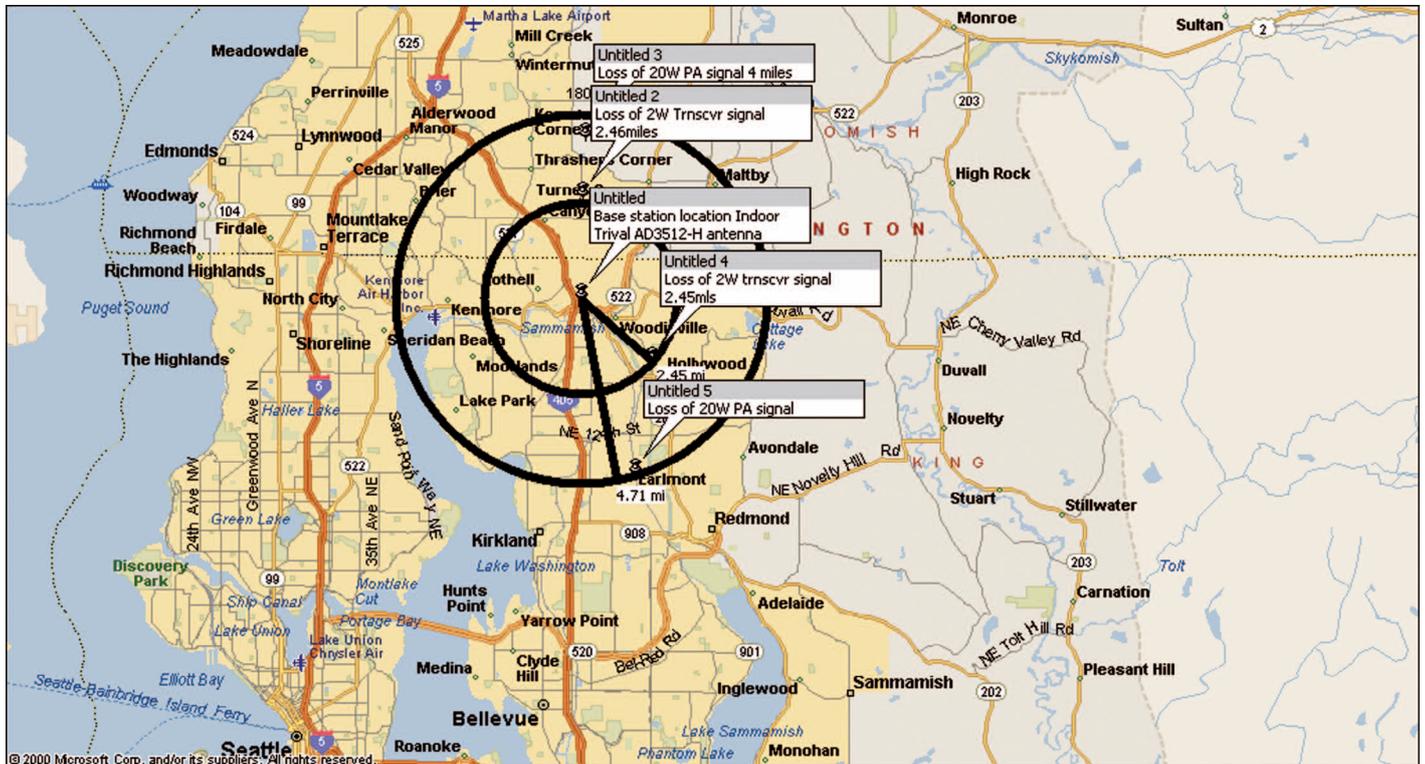
Das in Hard- und Software vom Entwickler mit viel Engagement optimal durchkonstruierte Gerät büßt alle seinen hervorragenden Eigenschaften ein, wenn sich beim Messaufbau grundlegende Fehlerquellen einschleichen.

Dieses Buch beschäftigt sich mit den Grundlagen des Messaufbaus, unabhängig vom eingesetzten Gerät, um den Praxiseinstieg zu meistern.

Unser gesamtes Buchprogramm finden Sie unter [www.beam-verlag.de](http://www.beam-verlag.de)  
oder bestellen Sie über [info@beam-verlag.de](mailto:info@beam-verlag.de)

# Communications Amplifiers

## Can they really take you farther and help you be heard better?



As a designer and manufacturer of RF amplifiers we have always been confident in telling our customers that the more power output you have, the “better” your communications link. Just what is “better” needs defining of course; but simplistically you can either “go farther” or “be heard better,” sometimes both at once, all other things being equal. The question of just how much “better” is a lot harder to quantify.

### Being heard better

Systematically, all system losses (propagation path loss, physical obstructions, coax and connector losses etc.) and antenna gains are all “reciprocal” and as such they affect both communication directions equally. However, additional transmit power affects only one end of the path, specifically the end of the path receiving the amplified signal. In many scenarios the portable location has less power than the base or vehicle mounted system. This is

exactly the reason for needing a small portable amplifier system.

By using an accessory amplifier to raise the transmit power, a signal that was previously a poor copy (3/5) with noise or interference can become a full copy (5/5) signal. The amplifier’s extra power (20 W or more) is sufficient to raise the received signal above the detection threshold of the far end receiver with enough signal to noise margin to make the copy “in the clear”. Adding a 20 W amp to a system that previously ran at a 5 W level means you can add 6 dB to the receive signal level. If the signal was originally very broken it was probably very close to the receiver threshold or had some other interference, so the extra 6 dB of signal can give you almost a full 6 dB of signal to noise. That may not sound like much to audio buffs, but it is huge when you are close to a radio system threshold; enough to make the amplified signal sound relatively loud and clear.

If you were to further boost the signal another 6 dB (80 W) it probably would not have such a dramatic effect, because now you are only improving the signal to noise of a signal that is already a solid copy so it’s not perceived to be as big of an improvement. It may result in a little less background noise or if you’re in a digital mode, less dropped packets or digital errors, pops etc.

### Going farther distance

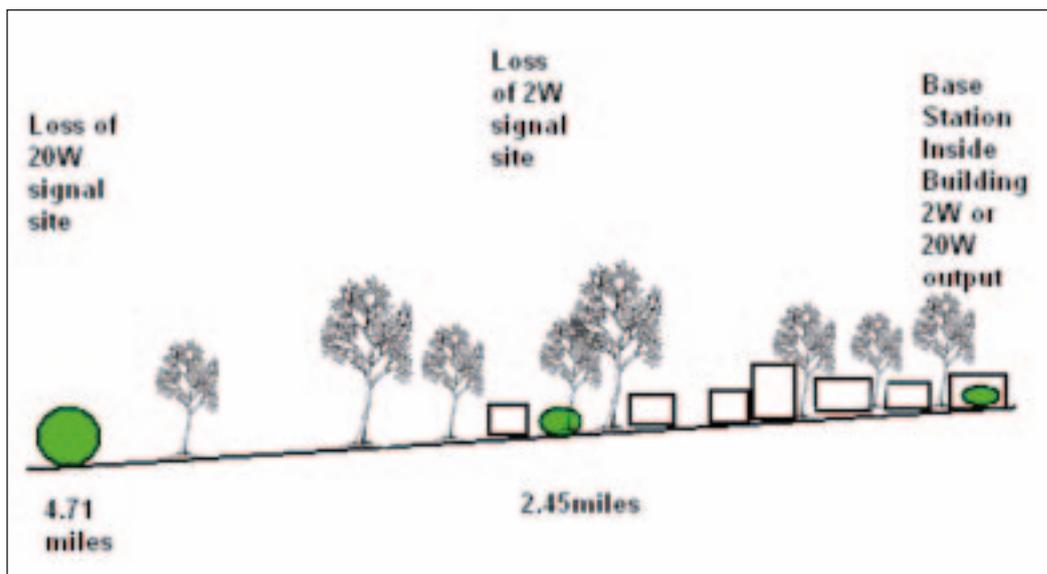
We are asked all the time, “So how much farther can we go with your amp?”, and our first answer is nearly always the same: “Well, it all depends on a lot of factors, none of which are consistent from place to place or circumstance to circumstance”. This is a truthful answer, but not one that is much help in answering the question in any kind of practical way.

A simple answer is to say that doubling the distance of a link

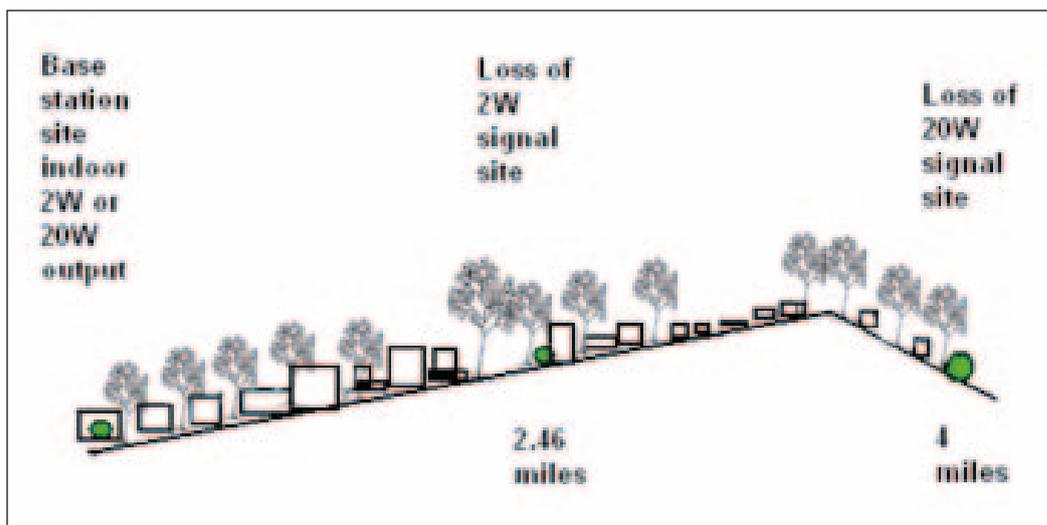
in “free space” adds 6dB to the path loss, so at best adding our 20 W amplifier to a 5 W system (i.e. a 6 dB gain) will give you no more than twice the distance. This answer is always followed by another question: “So how far is that,” and then we are back to the first answer: “Well, it all depends!” Aside from the humorous part of this loop conversation it is frustrating not to be able to give a quantifiable answer to a very valid question.

If the path is mostly clear open country (high level site to high level site, with line of sight), then adding the amp could nearly double the path length. So if it was 5 miles with a 5 W output then it could be up to 10 miles with a 20 W amplifier, assuming that you are still in the clear. But how many clear open paths like that do you encounter? Probably not too many! Unfortunately doubling the distance of the path nearly always means you will encounter some new path obstruction, more trees, more terrain hills, or more buildings, so you are not likely to double the distance in reality for a relatively long path like this. We have had reports of shorter 1km paths with trees that have become usable to 2 to 3 km or so when using a 2 W SINCGARS unit fully driving our man-pack amplifier to its full 20 W. Now this power increase is a 10 times or 10 dB jump in power and that corresponds mathematically quite nicely to tripling the distance. From the operator’s point of view this was a significant improvement and something that he really wanted to have on a daily basis under all conditions. Of course the “under all conditions” statement is the difficult part because the variable conditions are almost limitless.

The urban warfare environment is even harder. You could still run the rule of thumb, 5 blocks without the amp, 10 blocks with the amp, all things being equal. It probably won’t be equal as the new buildings might be taller, might be steel structure based and so on, but it’s a reasonable place to start. As the advert says, “your mileage may vary.”



**Path One Ground Profile Picture**



**Path Two Ground Profile Picture**

Plus a very important factor is whether one or both ends of the link are inside the buildings. Being inside a building is nearly always a negative condition due to the attenuation of the signal due to the structure of the building.

We’ve had customers tell us that they were surprised when they used a 100 W amp “to burn through a long path” and didn’t get quite the big boost expected. There’s no denying that 100+ Watts is a lot of RF power and compared to a 20 W backpack transceiver it certainly sounds like a lot, but mathematically it’s only 7 dB more. So

how much farther do you think it’ll go... yes that’s right, just over double because 6 dB is double. “But only in a perfect world with free space paths”... which of course was far from the conditions in which they were operating. It’s just physics and math, darn it!

## Real world testing

Having quoted the propagation theory, tests were made in the urban environment surrounding our manufacturing facility to see what happens in the real world. The area around our factory in Bothell WA is a demanding area from an RF propaga-

tion point of view, very hilly and heavily wooded with Pine and Poplar trees of up to 100ft tall in many places. Most of the industrial park area is comprised of 2-story 25 ft. tall tilt-up concrete structures surrounded by 30 to 40-foot trees.

## The paths under consideration

Two paths were considered in these tests.

1. The first was a path to the south from our business along the course of a river/slough in a valley area. The path is essentially flat with buildings and a



**Typical on Path Tree Obstructions**

small city center along the first 1 mile of the path; after that it's a mixture of single story buildings, open land and dense intermittent wooded areas, with trees up to 75 ft tall.

2. The second path was to the north across a densely built business park area on mostly flat but steadily rising ground that becomes residential buildings surrounded by heavy pine trees up to 100 ft. tall. The path rises to a ridge about 4 miles away and then rapidly falls away causing additional ground obstruction losses on the path.

In order to give a "worst case" urban situation, the base station was set up inside our facility with a 2 W transceiver running in the middle of the VHF band driving a KMW1031 20 W PA on which we mounted a Trival 30-512 "gooseneck" backpack antenna. The two paths were driven and receive levels monitored until the communications link failed due to squelch action on the mobile receiver. At that point the base station PA was turned on to give a 10 dB increase in output power (nominal 20 W) and then we continued to drive the path until communications failed again.

At no time was either path a "clear line of sight" condition. There was considerable above ground obstruction from buil-

dings and trees across the whole length of the path. Our 10 dB of PA gain essentially gave us nearly double the transmission distance or about 2/3 of the theoretical improvement, which considering the extensive above ground obstruction loss was better than expected. The path to the north was shortened due to the effect of the ridge at about the 4 mile distance. The additional losses due to that ground obstruction as well as the above ground tree losses made the path fail more quickly than the fairly flat ground path to the south.

**Additional Losses**

Tree losses can be substantial and CCIR (International Radio Recommendations) cite tree losses as follows

- 200 MHz at 0.05 dB loss per meter
- 500 MHz at 0.1 dB loss per meter

So it's easy to add 10 dB of path loss if you are in a heavily wooded area like urban Seattle, WA! Building losses vary based on the type of construction and can easily add 6 dB or more dependent on the frequency being used. If the building has a steel structure and/or mesh floors it can act like a screened room and essentially prevent radio communications from within

the building other than through windows.

**Managing Losses**

Managing losses is an important part of operation of a radio system. Military operation of radios is usually done under less than ideal conditions and usually little can be done to improve performance. However, we reviewed a number of operator antenna set-ups to see what kind of performance variation occurs in real world situations.

The general rule should be, "use the highest gain antenna (in broadband antenna this often really means less loss!), wear it as high on the body as possible, DO NOT shorten the antenna by folding it up and keep it away from walls and the ground. It should be noted that many systems reduce the output power when operated into a high SWR (mismatch) as can exist when an antenna is tight against the body, or a wall or the ground. Antenna performance varies from vendor to vendor. We noted a 5 dB variation in VHF signals when comparing 3 different 30-512 MHz antennas. Using a less broadband antenna or one designed specifically for a sub-band (low band SINGARS, AIRBand VHF) or high band VHF/UHF can make a dramatic improvement in received signals of 6 dB or more.

The AR man-portable booster systems do not have this power management system and will attempt to transmit full power

in spite of the high SWR. When copy is poor, try to orient the body such that the antenna isn't shielded (obstructed) by the body. Here is a quick guide to how user configuration can affect the system performance based on actual measurements on our system:

1. Reference Condition: Full antenna height, at shoulder level, facing the line of sight to the distant site
2. Additional losses (vary with frequency and type of antenna so these are "averaged numbers")
  - a. Antenna worn within the webbing vest close to the body and below shoulder level, 2 to 3 dB
  - b. Antenna shortened by folding tape, single fold 2 dB, double or multiple folds 6 dB or more depending on frequency
  - c. Antenna shielded by body due to orientation, 1-2 dB

**Summary**

Adding a booster amplifier to your portable system such as the KMW1031 will give the user a significant improvement in "readability and/or operational distance" as shown by this report. Defining what that actual range is ahead of time is only possible after significant engineering effort with advance knowledge of the path conditions and isn't really appropriate for the kind of dynamic use environment in which these systems operate. ◀

www.telcona.com

info@telcona.com

**TELCONA**  
BEST IN ELECTRONIC COMPONENTS

# Simulation Test Bench for NB-IoT Products

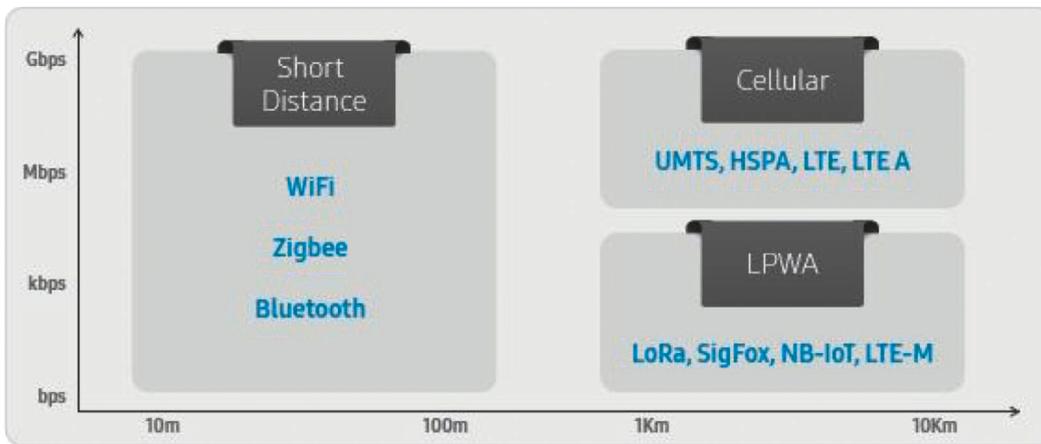


Figure 1: LPWA and cellular networks

**This application note presents an overview of narrowband internet of things (NB-IoT) requirements and the challenges in component design and simulation and demonstrates NB-IoT signal generation and various analyses available using new capabilities in NI AWR Design Environment, specifically Visual System Simulator (VSS) system design software.**

The example VSS projects presented include an LTE and NB-IoT uplink coexistence RX test bench, an NB-IoT uplink enriched narrowband (eNB) RX test bench in the guard band of an LTE signal, and an in-band uplink eNB RX test bench.

Over 26 billion devices, excluding smartphones, tablets, and computers, could be connected to the internet of things (IoT) by 2020, requiring massive support from existing wireless networks. Among the mobile IoT (MIoT) technologies to be standardized

by the 3rd Generation Partnership Project (3GPP), narrowband IoT (NB-IoT) represents the most promising low-power wide area network (LPWA) radio technology, enabling a wide range of devices and services to be connected using cellular telecommunications bands (Figure 1).

## System Requirements

In Release 13, the 3GPP specified a new radio air interface for MIoT applications that focuses

specifically on improved indoor coverage, low-cost devices (less than \$ 5 per module), long battery lifetime (more than 10 years), massive connectivity (supporting a large number of connected devices, around 50,000 per cell), and low latency (less than 10 msec). NB-IoT will enable operators to expand wireless capabilities to evolving businesses such as smart metering and tracking and will open more industry opportunities, such as Smart City and eHealth infrastructure. NB-IoT will efficiently connect these many devices using already established mobile networks and will handle small amounts of fairly infrequent two-way data securely and reliably. The standard utilizes a 180 kHz user equipment (UE) RF bandwidth for both downlink and uplink, enabling three different deployment modes, as shown in Figure 2.

These modes include:

- Standalone operation, in which a global system for mobile communications (GSM) operator can replace a GSM carrier (200 kHz) with NB-IoT, re-farming dedicated spectrum to, for instance, GSM advanced

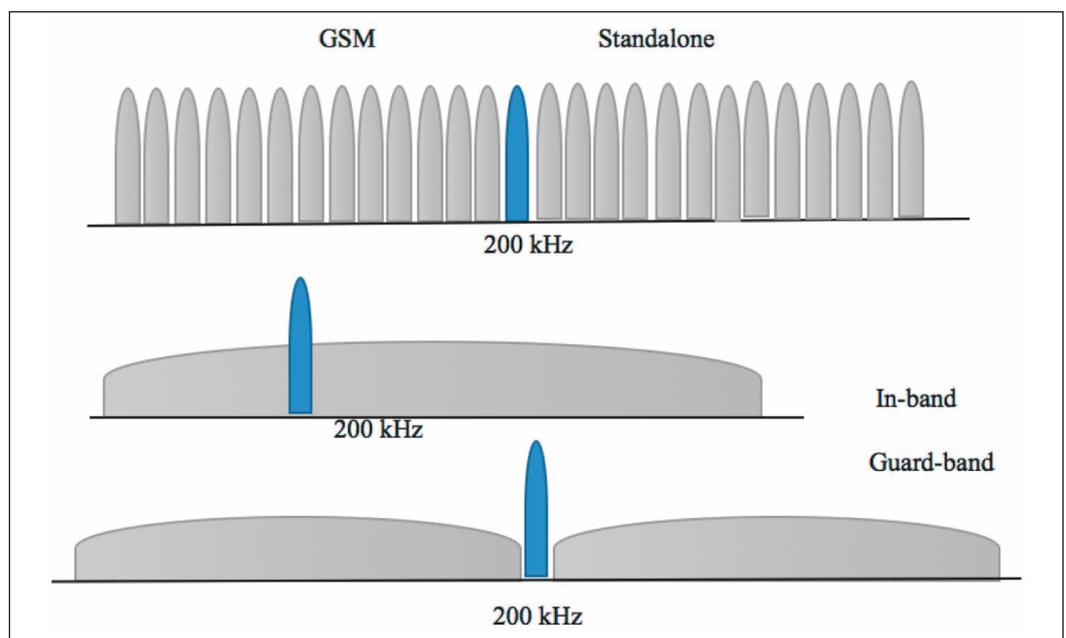


Figure 2: Deployment modes for NB-IoT

Specifications	NB-IoT Requirement
Deployment	In-band & guard-band LTE, standalone
Coverage (maximum coupling loss)	164 dB
Downlink	OFDMA, 15 kHz tone spacing, TBCC, 1 Rx
Uplink	Single tone: 15 and 3.75 kHz spacing, SC-FDMA: 15 kHz tone spacing, turbo code
Bandwidth	180 kHz
Highest modulation	Quadrature phase shift keying (QPSK)
Link peak rate (DL/UL)	DL: ~30 kbps UL: ~60 kbps
Duplexing	Half-duplex frequency-division duplex (HD-FDD)
Duty cycle	Up to 100%, no channel access restrictions
MTU	Max. packet data convergence protocol (PDCP) service data unit (SDU) size 1600 B
Power saving	PSM, extended Idle mode DRX with up to 3 h cycle, connected mode DRX with up to 10.24 s cycle
UE Power class	23 dBm or 20 dBm

**Table 1**

data rates for GSM evolution (EDGE) radio access network (GERAN) systems. This is possible because both the GSM carrier's bandwidth and the NB-IoT bandwidth, inclusive of guard band, are 200 kHz.

- Guard-band deployment utilizing the unused resource

blocks within an LTE carrier's guard band.

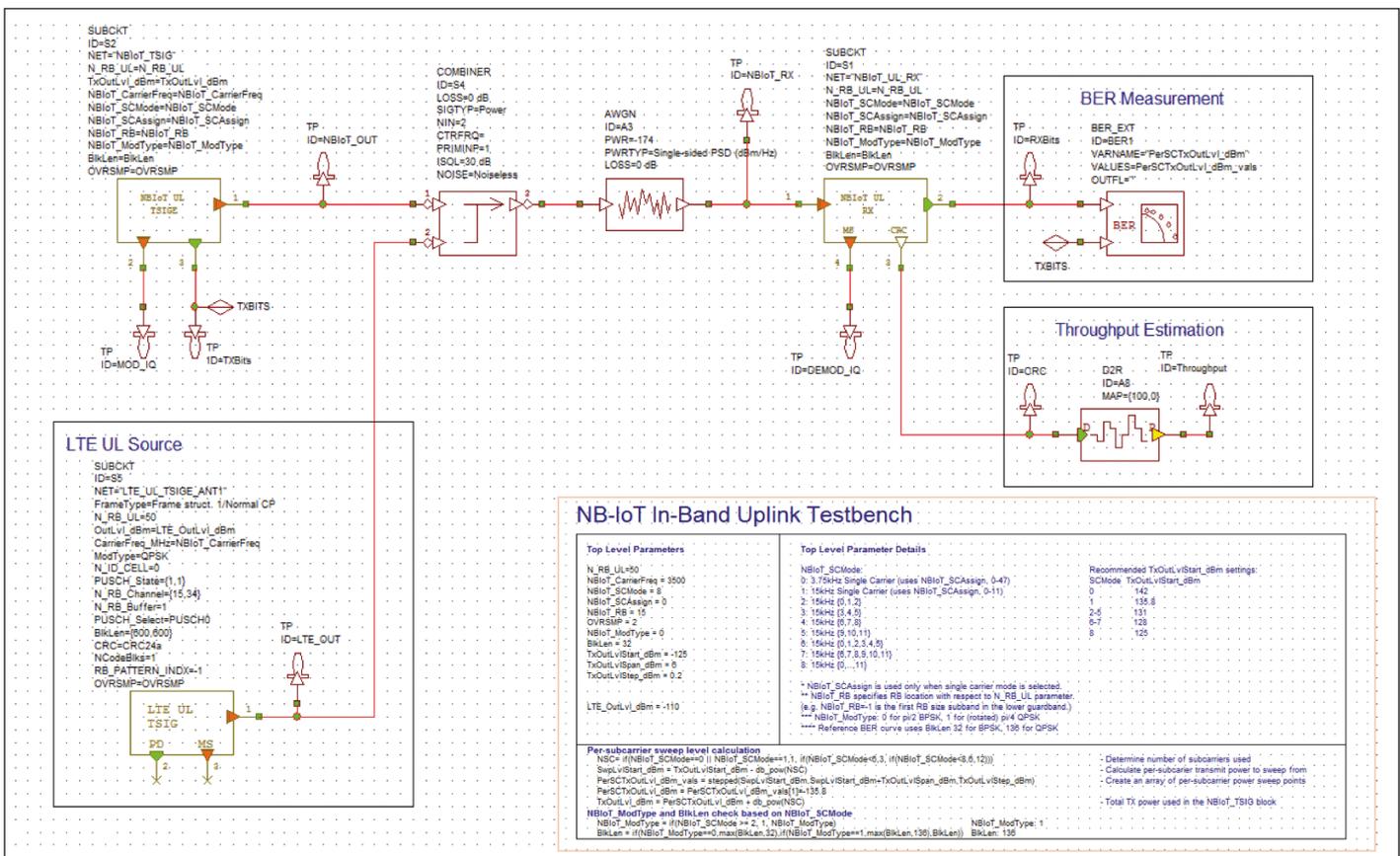
- LTE operators can also deploy NB-IoT inside an LTE carrier by allocating one of the 180-kHz physical resource blocks (PRB) to NB-IoT. The NB-IoT air interface is optimized to ensure harmonious coexistence

with LTE without compromising the performance of either.

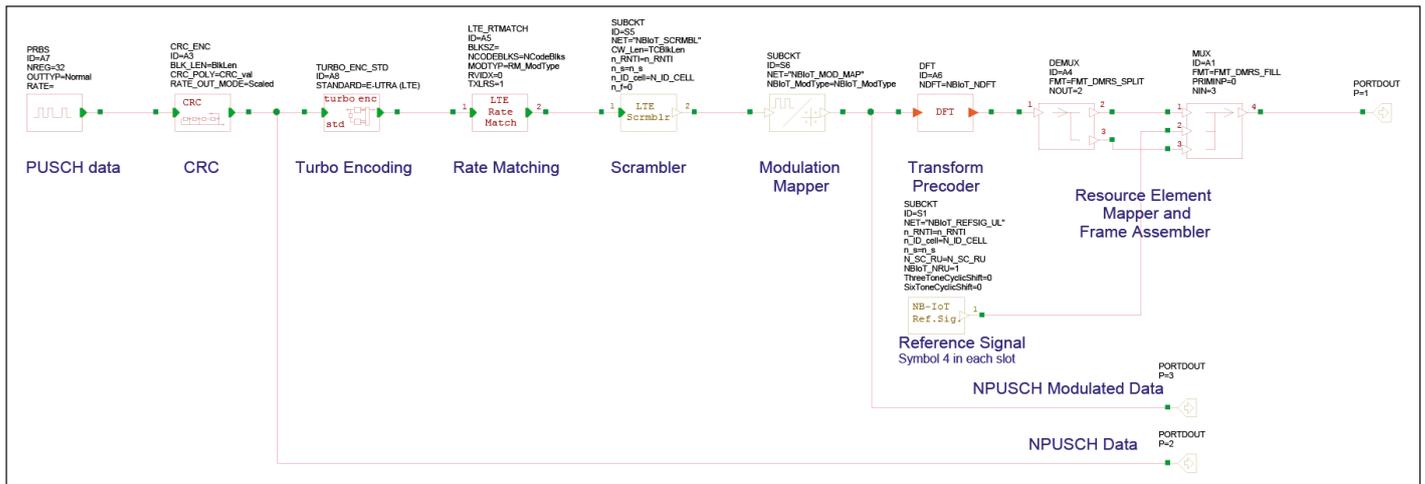
Table 1 shows that the design criteria for existing cellular technology and IoT are quite different.

Whereas wireless cellular technologies require large bandwidth with high data rates and

low latency at the expense of lower device battery lifetime, the criteria for IoT requires robust data transmission with significantly lower data rates, long range coverage, and long device battery lifetime. While LTE uses bandwidth greater than 1.4 MHz, IoT communica-



**Figure 3: NB-IoT in-band uplink test bench in VSS**



**Figure 4: PUSCH encoder in VSS**

tion can suffice with kHz range bandwidths. As a result, the use of existing GSM and LTE technologies for IoT communication wastes spectrum and data rate. Also, the introduction of a narrowband channel such as single-tone 3.75 kHz quadruples the number of connections in LTE's traditional 15 kHz subcarrier spacing.

Device cost is another factor differentiating mobile devices designed for mobile voice, messaging, and high-speed data transmission compared to NB-IoT applications that simply require low speed but reliable data transfer. Many NB-IoT use cases require a low device price to address very practical considerations such as ease of installation or risk of theft.

Developing robust, low-cost, and power-efficient IoT devices that support low data rates and large area coverage represents a departure from component design efforts that have been driven by very different system requirements. RF system simulation will provide insight into these new challenges as well as the design support and analysis of UE modules, antennas, RF front ends, and wireless networks communicating with co-existing NB-IoT/LTE signals.

To support new development, NB-IoT will heavily utilize LTE technology, including downlink OFDMA, uplink SC-FDMA, channel coding, rate matching, interleaving, and more. This significantly reduces the time required to develop full spe-

cifications, as well as the time required for developing NB-IoT products by new and existing LTE equipment and software vendors.

## NB-IoT In-Band Uplink eNB RX Test Bench

The VSS project (top-level) shown in Figure 3 demonstrates operation of an NB-IoT system inside an LTE signal band. The NB-IoT uplink signal is configured as in-band, narrowband physical random access channel (NPUSCH) format 1, compliant with the 3GPP Release 13 specification. In this example, the NB-IoT signal is placed in an unused (resource block) RB within the LTE band. The simulation of NB-IoT and LTE coexistence in different operating scenarios supports companies engaged in 3GPP standardization and product development. The available NB-IoT examples in VSS enable engineers to study in-band and guard-band operation modes.

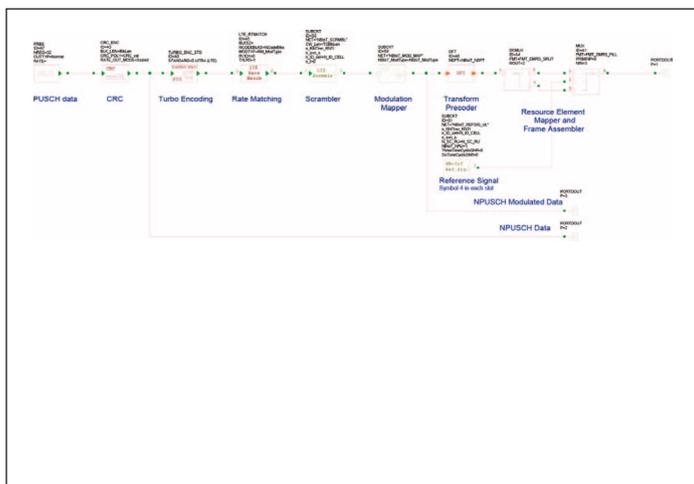
The NB-IoT uplink supports both multi-tone and single-tone transmissions. Multi-tone transmission is based on SC-FDMA, with the same 15 kHz subcarrier spacing, 0.5 ms slot, and 1 ms subframe as LTE. SC-FDMA is an attractive alternative to OFDMA, especially in uplink communications where lower peak-to-average power ratio (PAPR) greatly benefits

the mobile terminal in terms of transmit power efficiency, which extends battery life and reduces the cost of the power amplifier.

Single-tone transmission supports two subcarrier spacing options: 15 kHz and 3.75 kHz. The additional 3.75 kHz option uses a 2 ms slot and provides stronger coverage to reach challenging locations, such as deep inside buildings, where signal strength can be limited. The 15 kHz numerology is identical to LTE and, as a result, achieves excellent coexistence performance.

The data subcarriers are modulated using p/2-binary phase shift keying (BPSK) and p/4-QPSK with phase continuity between symbols, which reduces PAPR and allows power amplifiers to operate in more efficient (saturated) regions. Selection of the number of 15 kHz subcarriers for a resource unit can be set to 1, 3, 6, or 12, supporting both single-tone and multi-tone transmission of the uplink NB-IoT carrier with a total system bandwidth of 180 kHz (up to 12 15-kHz subcarriers or 48 3.75-kHz subcarriers).

The NB-IoT uplink physical channel includes a narrowband physical random access channel (NPRACH) and an NPUSCH. The NPRACH is a new channel designed to accommodate the NB-IoT 180 kHz uplink bandwidth, since the legacy LTE PRACH requires a 1.08 MHz



**Figure 6: NB-IoT/LTE spectra for in-band mode**



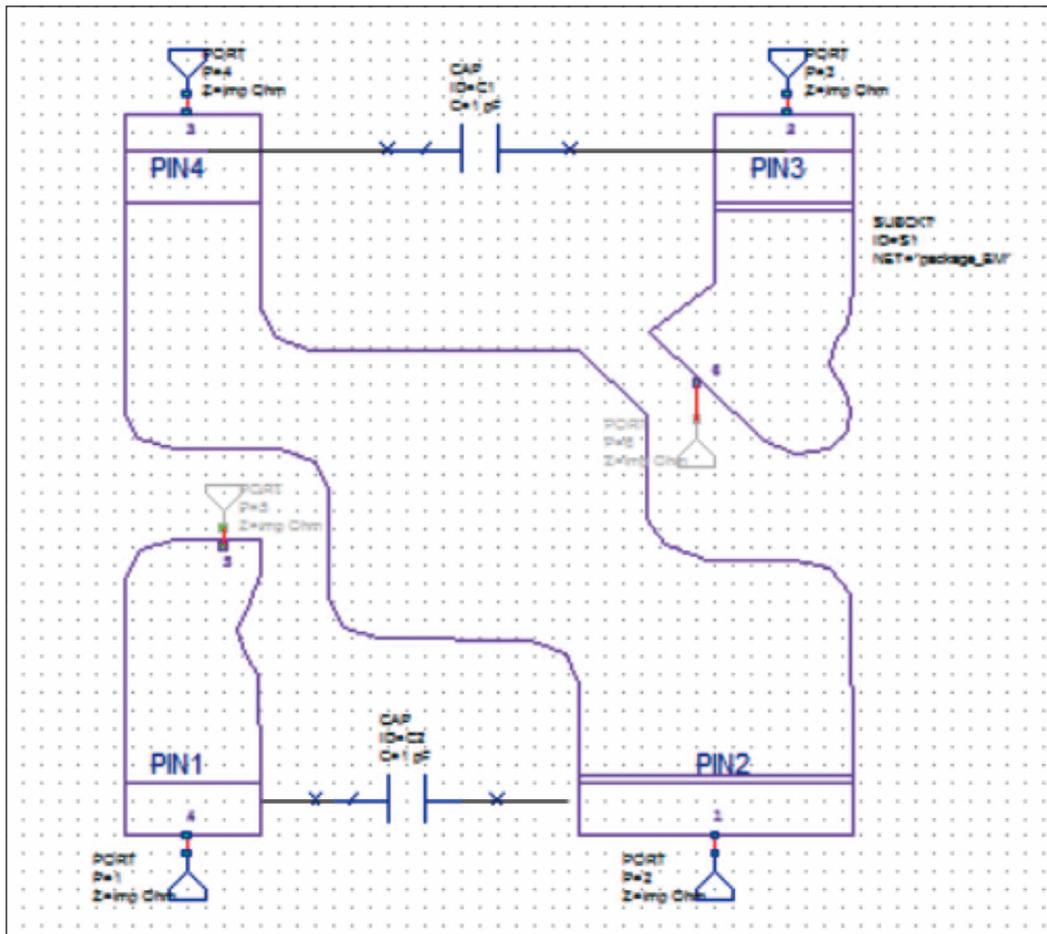


Figure 7: NB-IoT BER

formats are introduced for NB-IoT UEs that, due to coverage limitations, cannot benefit from the higher UE bandwidth allocation.

NPUSCH encoding in the VSS example project is shown in Figure 4. This sub-block generates a pseudo-random binary sequence, which undergoes cyclic redundancy check (CRC) followed by turbo encoding and rate matching for uplink LTE transmissions that performs sub-block interleaving on the bit stream out of the encoders. For each code word, all the bits transmitted on the physical uplink shared channel in one sub-frame are then scrambled with a UE-specific scrambling sequence prior to the modulation mapping, which has been selected by the system developer through the configuration options.

SC-FDMA can be interpreted as a linearly pre-coded OFDMA scheme, in the sense that it has an additional discrete Fourier transform (DFT) processing step preceding the conventional OFDMA processing. In the example in Figure 5 (preceding page), a

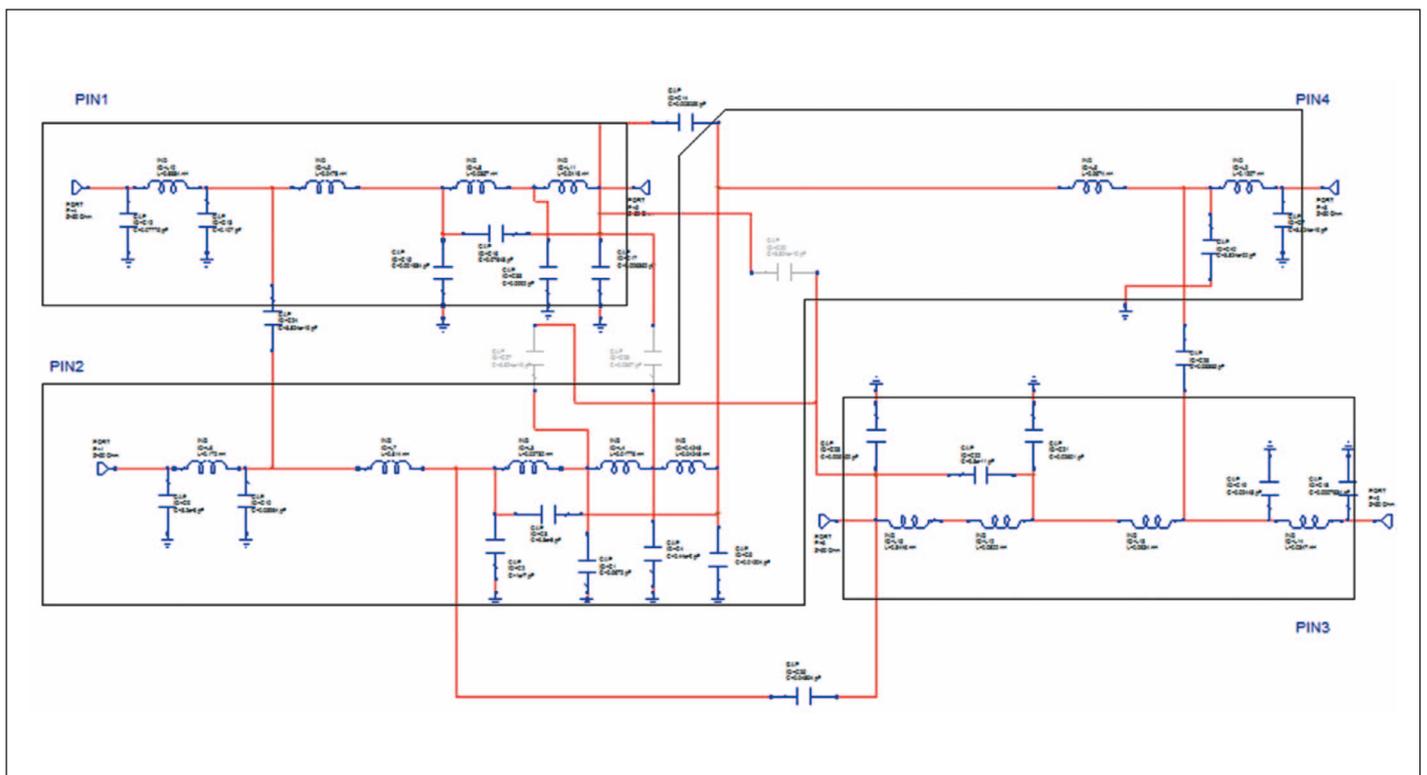


Figure 8: Simulated throughput for in-band NB-IoT

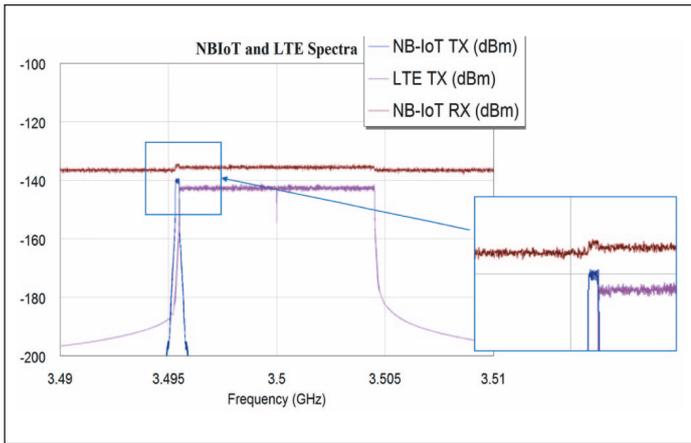


Figure 9: NB-IoT/LTE spectra for guard-band mode

DFT is performed (transform pre-coder) before the NPUSCH channel is multiplexed with the reference signal subcarriers (either single or multi-tone) by first mapping them to the appropriate physical resources and then to the OFDM symbols and slots within each frame.

Much like OFDMA, SC-FDMA divides the transmission bandwidth into multiple parallel sub-

carriers, maintaining the orthogonality of the subcarriers by the addition of the cyclic prefix (CP) as a guard interval. However, in SC-FDMA the data symbols are not directly assigned to each subcarrier independently as in OFDMA. Instead, the signal that is assigned to each subcarrier is a linear combination of all modulated data symbols transmitted at the same time instant. The difference between SC-FDMA trans-

mission and OFDMA transmission is an additional DFT block (Figure 5) before the subcarrier mapping.

A similar set of blocks are used to generate the LTE signal, which is then combined with the NB-IoT waveform, passed through an additive white Gaussian noise (AWGN) channel and terminated in an NB-IoT UL receiver that is responsible for demodulation and decoding of the PUSCH signal. For component and/or system designers, the AWGN channel model can be replaced with a different channel model or device under test (DUT).

The test bench in this VSS example has been configured to monitor the TX signal spectrum at various points in the link (Figure 6), as well as NB-IoT link performance in the presence of the LTE UL signal, IQ constellation of the transmitted and demodulated signals, bit error rate (BER), block error rate (BLER), throughput (Figures 7 and 8) and CRC error for each block.

A related example demonstrates operation of NB-IoT in the guard band of an LTE signal. The project is essentially the same as in the previous example with a simple change to the NB-IoT resource block location. For guard-band operation, NB\_IoT\_RB is set to <0 or >N\_RB\_UL (upper limit) in order to operate in the lower or upper guard band, respectively. In-band operation is obtained by setting the NB-IoT resource block at any value between these limits. The spectra for an NB\_IoT/LTE UL operating in guard-band mode is shown in Figure 9.

As previously mentioned, a front-end module, power amplifier, and/or antenna design can be added to or substituted for the current AWGN channel model, which serves as a placeholder for a DUT. Figure 10 shows an amplifier design in Microwave Office circuit design software with  $P_{1dB} = 20$  dBm inserted between the UL transmitter and receiver. Designers are then able to sweep any number of control parameters such as input power or toggle the different NB-IoT sub-carrier modulation schemes (p/2 BPSK or p/4 QPSK) to investigate impact on performance such as error vector magnitude (EVM).

**Conclusion**

NB-IoT leverages existing LTE wireless networks to support a large future ecosystem of low-cost mobile IoT devices. While the use of the existing LTE infrastructure and relaxed performance requirements due to low data rates will help offset some design challenges, requirements such as the need for low cost, increased coverage area, and longer battery life with sustained reachability pose difficult design challenges. VSS provides for NB-IoT system development and offers test benches for simulating virtual pre-silicon components, thereby saving designers valuable time and effort in bringing new products to market. ◀

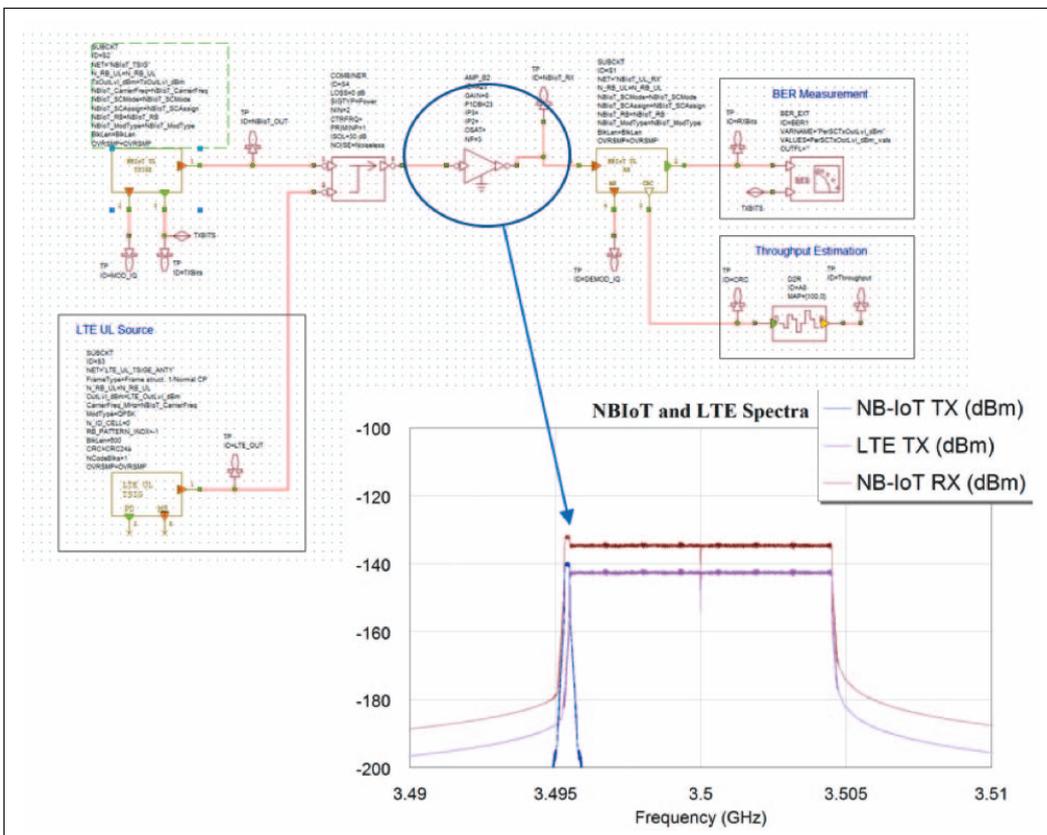


Figure 10: NB-IoT/LTE spectra with amplifier DUT

# Synthesizing MIMO Antennas for Compact Devices with AntSyn

Upcoming 5G and IoT devices will rely heavily on customized antenna solutions optimized for performance, cost, and size. Multiple-in-multiple-out (MIMO) is a technique that uses multiple antennas on a single device, thus providing greater throughput and performance reliability for wireless devices.

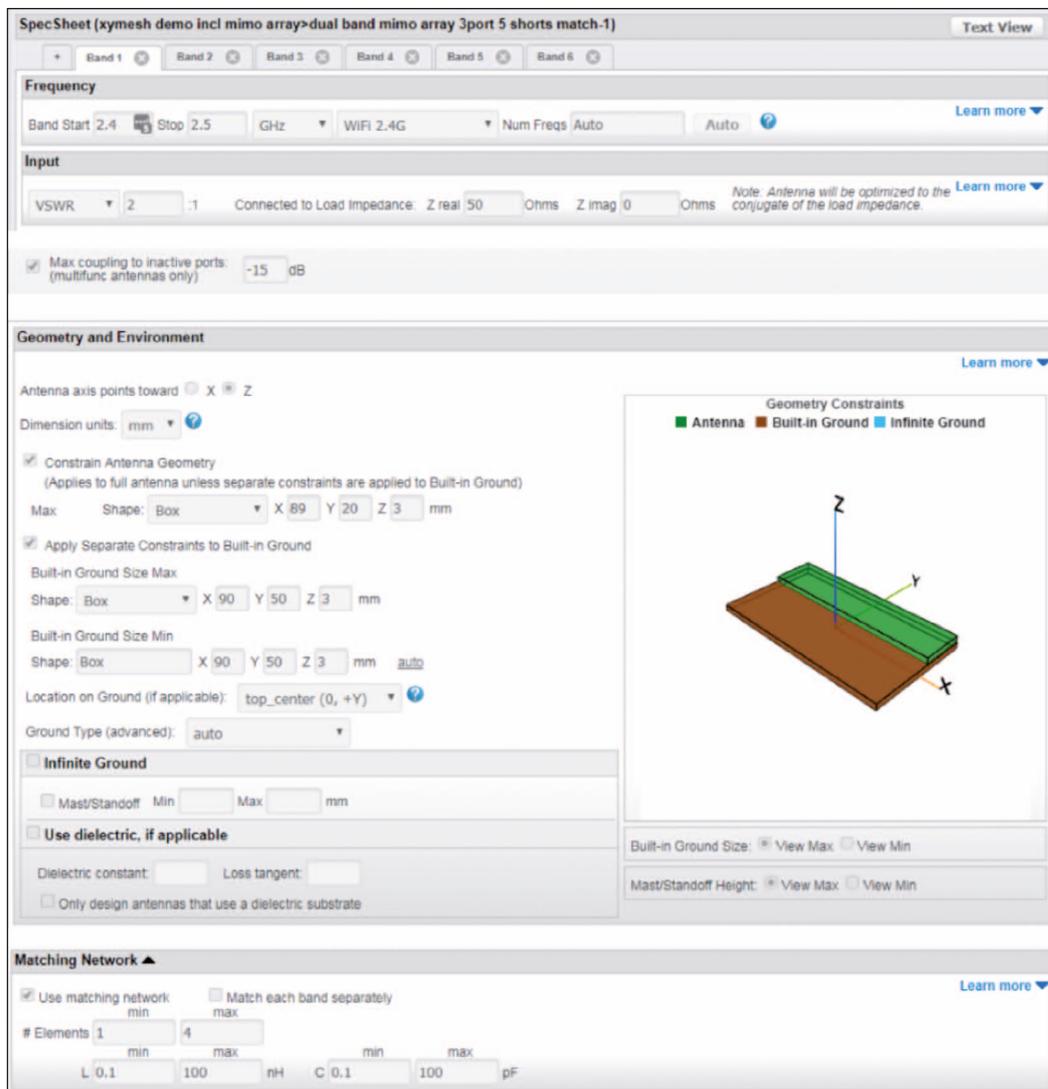


Figure 1: AntSyn spec sheet for MIMO

However, this requires not only good antennas, but also high isolation between them. This can be achieved by separating the antennas but doing so can make the device quite large and/or require external antennas. High isolation can also be achieved between closely-spaced internal antennas by using chokes, matching networks, and other techniques, each having their own advantages and drawbacks.

Optimizing antennas by hand to meet multiple performance metrics such as impedance matching, coupling, radiation effici-

ency, and operating bandwidth is a time-consuming process involving numerous iterative simulations and a significant amount of design knowledge. This application note presents an alternative method using NI AWR Design Environment platform, specifically AntSyn antenna synthesis module, which enables designers to synthesize compact MIMO antenna arrays automatically from user requirements, saving significant design time and allowing even inexperienced designers to design antennas that successfully meet size, cost, and performance requirements.

## Antenna Design by Requirements

AntSyn software combines advanced optimization algorithms, expert systems, and electromagnetic (EM) simulation into a user-friendly tool that operates on a “what you want is what you get” principle, where the user inputs the antenna requirements rather than a (parameterized) physical design. For this application, the specifications are items like frequency band, target impedance match (return loss), size/form factor, and coupling. These requirements are

*Special thanks to Dr. Derek Linden and Dr. Jennifer Rayno, AWR Group, NI, for their contributions to this application note.*

National Instruments  
www.ni.com/awr

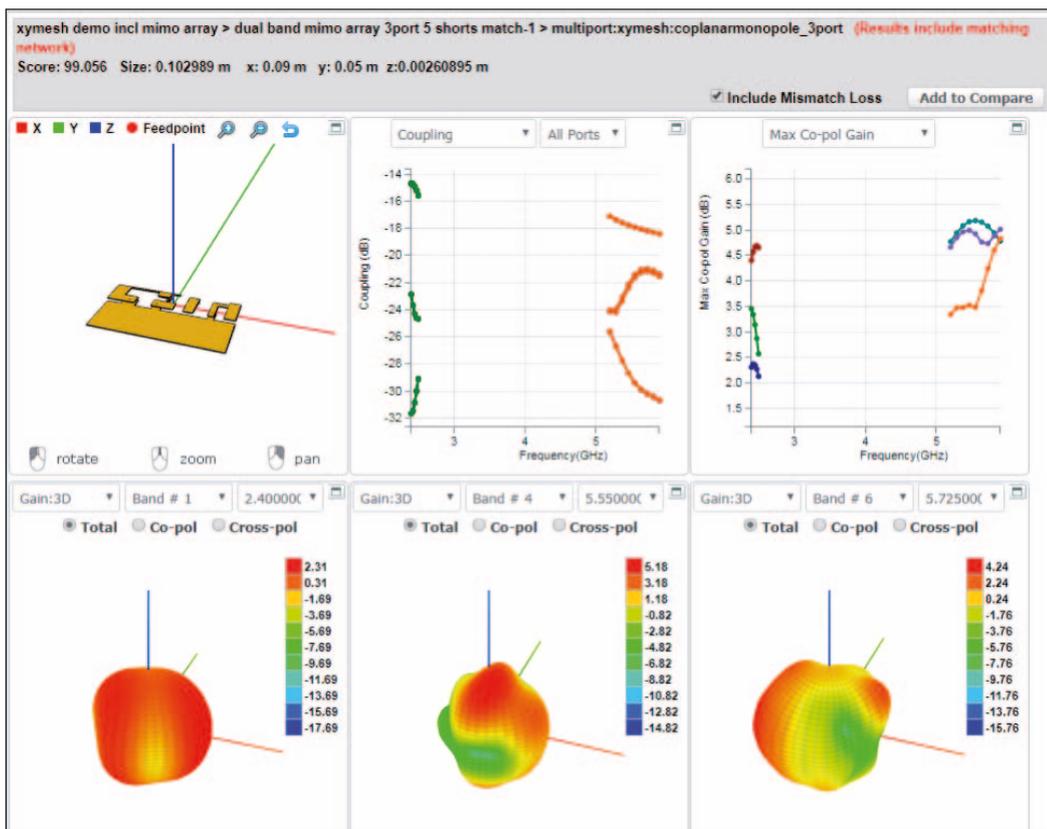


Figure 2: AntSyn software returns one or more optimized antenna designs

input into the intuitive “spec sheet” user interface, which is automatically organized into a project file. A partial spec sheet, showing a sample of the relevant specifications for MIMO, is shown in Figure 1.

By running the spec sheet, AntSyn software returns one or more optimized antenna designs, the results of which are viewed using a customizable dashboard for rapid evaluation, as shown in Figure 2.

The user-specified dashboard can be set to view the proposed 3D model, input impedance (match) versus frequency in several formats, maximum gain versus frequency, radiation pattern cuts, and qualitative star rating, all of which help identify good performers quickly. AntSyn software has been used to develop a wide range of antenna types such as single band, dual band, multi-band, broadband/ultra-wideband (>100:1), high efficiency, loaded, electrically small, phased array, wire, patch, conformal, handset,

horn, dual-polarized, and multifunction.

AntSyn software offers antennas and provides features that are made specifically to generate compact MIMO designs, including multi-function computer-generated mesh antennas with multiple ports, augmented matching network optimization that allows each port to be separately matched and optimized, and improved accuracy and features for ground planes.

The mesh antennas are particularly unique and flexible. They are a set of four antenna types, with either two and three ports (more ports to be supported). These ports can be independently assigned to different bands, which can have very diverse RF requirements such as different polarization, gain patterns, and frequencies. The antenna mesh is optimized by AntSyn software for the specifications given and it is sufficiently flexible to enable the software to essentially invent new antennas.

Images of these antennas are shown in Figure 3. The two standard versions of the mesh antenna can be placed on any corner or edge on the ground, or they can be placed in the center as shown. The ground can be solid beneath these antennas or it can be an optimized mesh as well. The coplanar monopole version does not have a ground beneath the mesh but is expected to project over one edge of the ground, which can be useful in many device applications.

The following examples use the coplanar monopole, which is known to have excellent bandwidth and flexibility for this application. The examples demonstrate how AntSyn software is able to use these antennas to synthesize high-performance MIMO arrays with good isolation and impedance matches.

Examples

AntSyn software was used to create both a two-port and a three-port MIMO antenna on a notional compact device. This notional device had the following characteristics and requirements:

- Dual-band WiFi
- 2.4 and 5 GHz bands
- IoT device package
- Compact, planar geometry
- Approximate size of a standard business card, 90 mm x 50 mm
- Antenna integrated with electronics
- Antennas placed along long edge

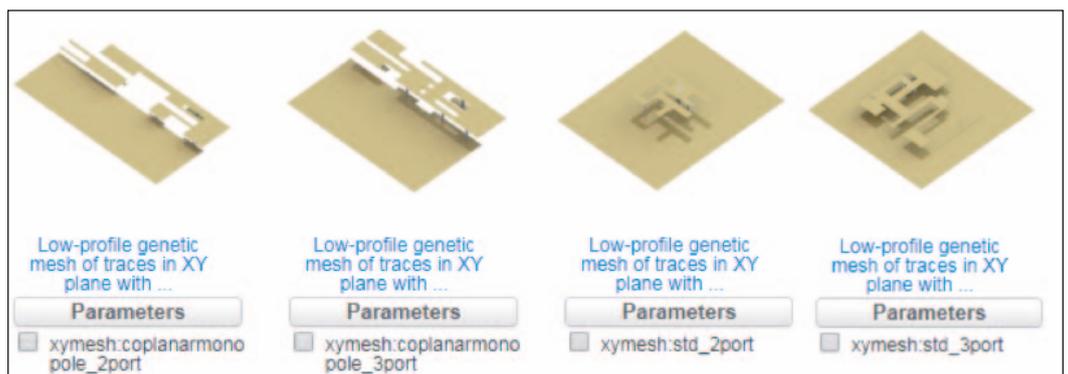


Figure 3: Sample mesh antennas

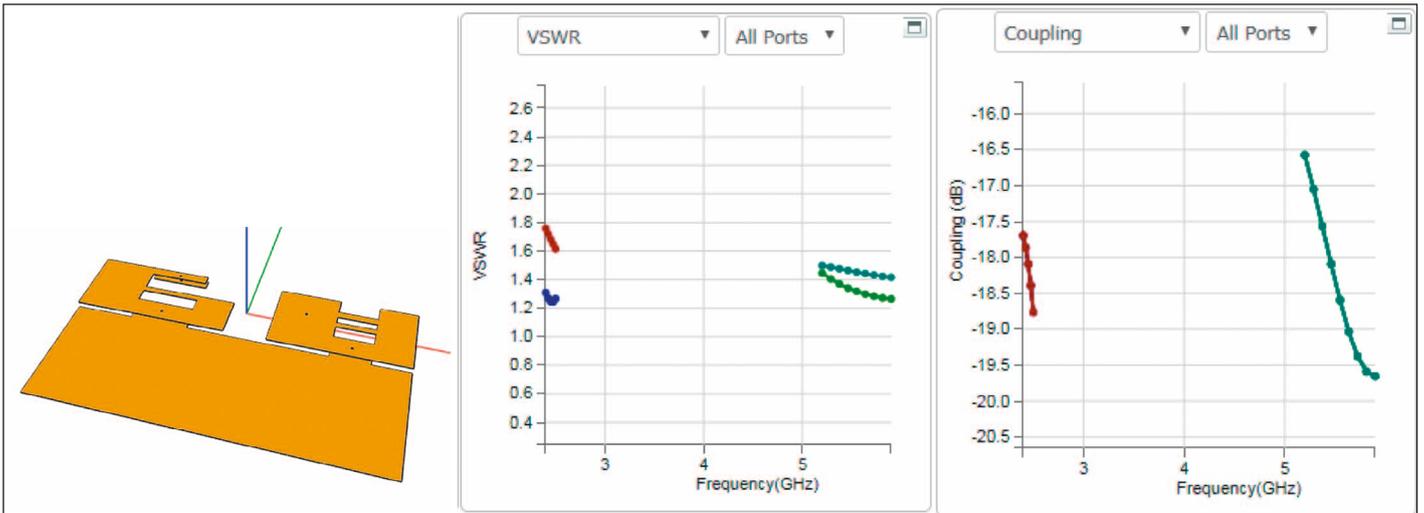


Figure 4: Two-port MIMO antenna with voltage standing wave ratio (VSWR) and coupling performance predicted by AntSyn software

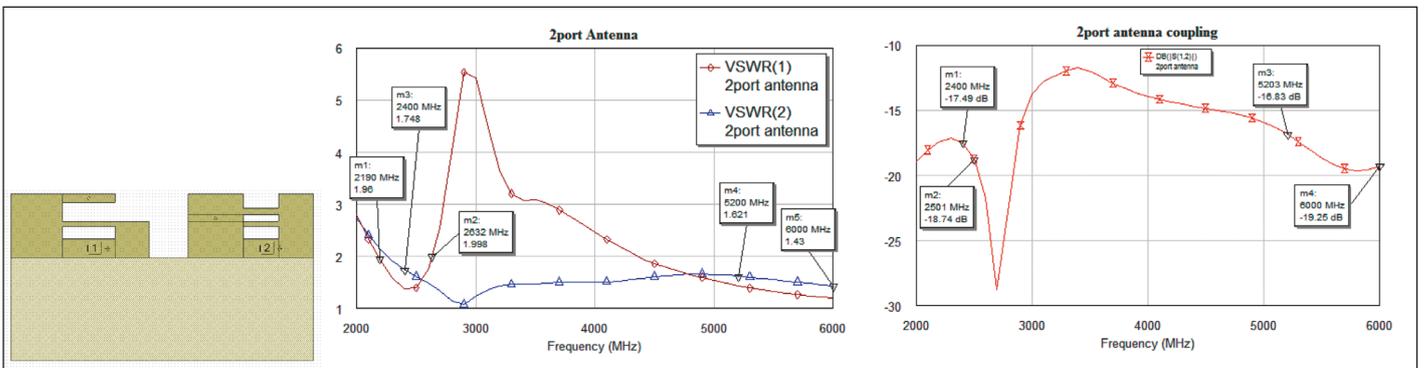


Figure 5: AXIEM simulation results

The MIMO device had the following characteristics:

- Two or three ports/antennas for transmit and receive on each device

- Maximized isolation between ports to create de-coupled channels

### Two-Port MIMO

First, a two-port MIMO antenna using the multi-function mesh coplanar monopole type was

optimized using AntSyn software. The specifications shown in Figure 1 were used to define the desired performance of the MIMO antenna in this example

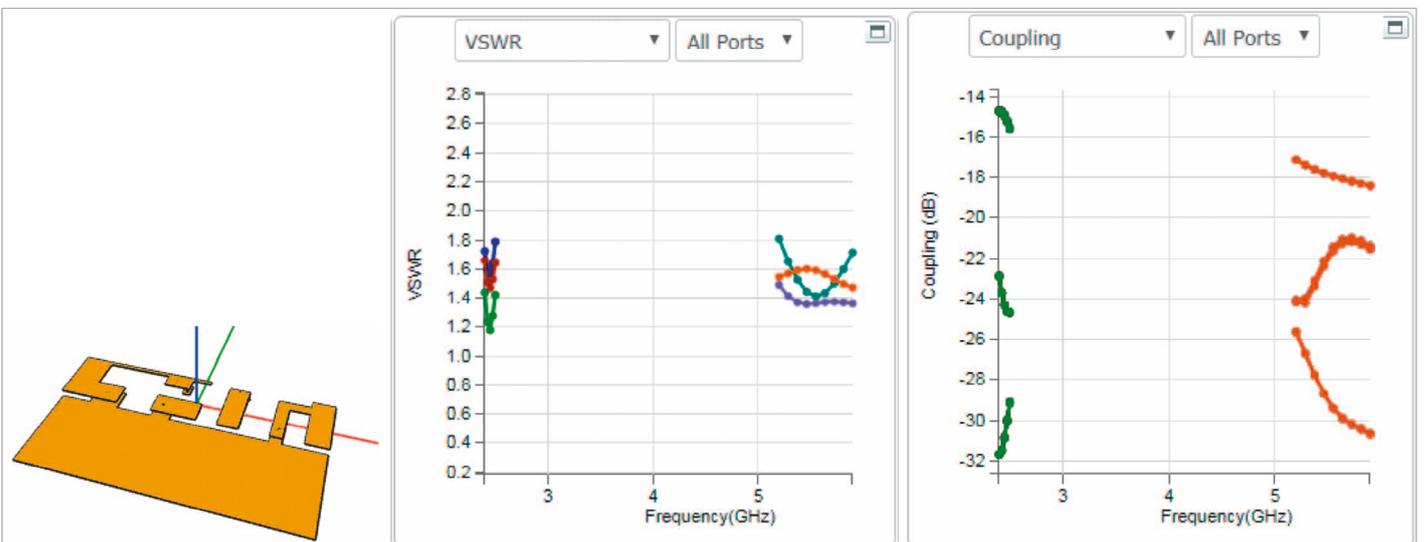


Figure 6: Three-port MIMO antenna performance as predicted by AntSyn software

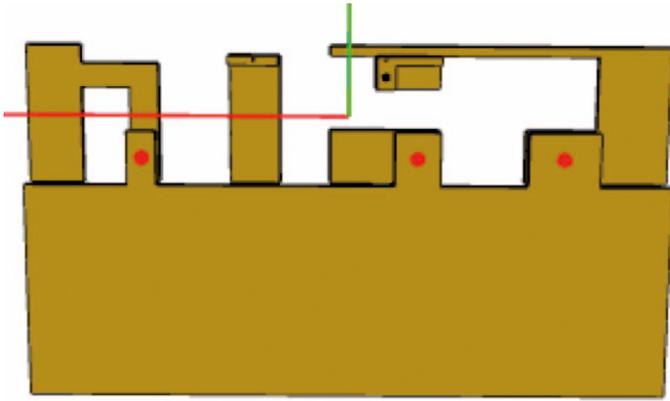


Figure 7: Bottom view of three-port MIMO antenna

(note - with the exception that a matching network was not used). This particular antenna used air as its dielectric. The resulting antenna and its predicted performance is shown in Figure 4.

This antenna has reasonably good standing wave ratio (SWR) and isolation performance for the dual-band WiFi frequencies for both ports, with a maximum SWR of about 1.8:1 and a maximum coupling of about -16.5 dB. At the lowest frequency, the

antenna edges are separated by less than 0.093 wavelengths and the ports themselves are only 0.41 wavelengths apart. As can be seen, the shapes of these two elements have some similarities, but are not identical. This is expected and helps improve the isolation.

This antenna was imported into NI AWR Design Environment, specifically Microwave Office circuit design software, and further simulated using AXIEM

3D planar EM solver across the full range of frequencies from 2 to 6 GHz. The results, shown in Figure 5, match well with AntSyn software predictions, with worst-case coupling of -16.8 dB. Note that although coupling and VSWR do rise in between the Wi-Fi bands, in-band performance is very good.

### Three-Port MIMO

AntSyn software was also used to optimize a three-port antenna using the specifications and size limitations shown in Figure 1. This time, a matching network was used to help improve performance with the tighter spacing.

The maximum VSWR was about 1.8:1, while the maximum coupling was -14.7 dB, which occurs between the two ports that are closest together, shown in Figure 6 as the right and center ports. Note that the spacing is only 0.163 wavelengths (at 2.4 GHz) between these ports, with a minimum spacing of 0.048 wavelengths between the elements. The distance from the center to

the left port in Figure 7 is also only 0.31 wavelengths.

The shapes of these antennas are even more diverse than the two-port antenna. Essentially, AntSyn software created a different antenna for each port and a parasitic fence was placed between the center and left ports. All this complexity was created automatically by AntSyn software, demonstrating the inherent strength and robustness of the genetic algorithm to fully explore more of the design space and produce optimal performance MIMO antennas.

### Conclusion

Demand is escalating for high-performance, low-cost antennas to provide reliable connectivity for upcoming 5G and IoT wireless devices. AntSyn software enables designers of antennas, including compact MIMO arrays, to address the challenges of next-generation antenna design and integration within mobile devices and IoT components. ◀

## Fachbücher für die Praxis

### Digitale Oszilloskope Der Weg zum professionellen Messen

Joachim Müller  
Format 21 x 28 cm, Broschur, 388 Seiten,  
ISBN 978-3-88976-168-2  
beam-Verlag 2017, 47,90 €

Ein Blick in den Inhalt zeigt, in welcher Breite das Thema behandelt wird:

- Verbindung zum Messobjekt über passive und aktive Messköpfe
- Das Vertikalsystem – Frontend und Analog-Digital-Converter
- Das Horizontalsystem – Sampling und Akquisition
- Trigger-System
- Frequenzanalyse-Funktion – FFT

- Praxis-Demonstrationen: Untersuchung von Taktsignalen, Demonstration Aliasing, Einfluss der Tastkopfimpedanz

- Einstellungen der Dezimation, Rekonstruktion, Interpolation

- Die „Sünden“ beim Masseanschluss

- EMV-Messung an einem Schaltnetzteil

- Messung der Kanalleistung

Weitere Themen für die praktischen Anwendungs-Demos sind u.a.: Abgleich passiver Tastköpfe, Demonstration der Blindzeit, Demonstration FFT, Ratgeber Spektrumdarstellung, Dezimation, Interpolation, Samplerate, Ratgeber: Gekonnt triggern.

Im Anhang des Werks findet sich eine umfassende Zusammenstellung der verwendeten Formeln und Diagramme.

Unser gesamtes Buchprogramm finden Sie unter  
[www.beam-verlag.de](http://www.beam-verlag.de)  
oder bestellen Sie über [info@beam-verlag.de](mailto:info@beam-verlag.de)

# UPCT Students Design a Ku-Band Multiplexer

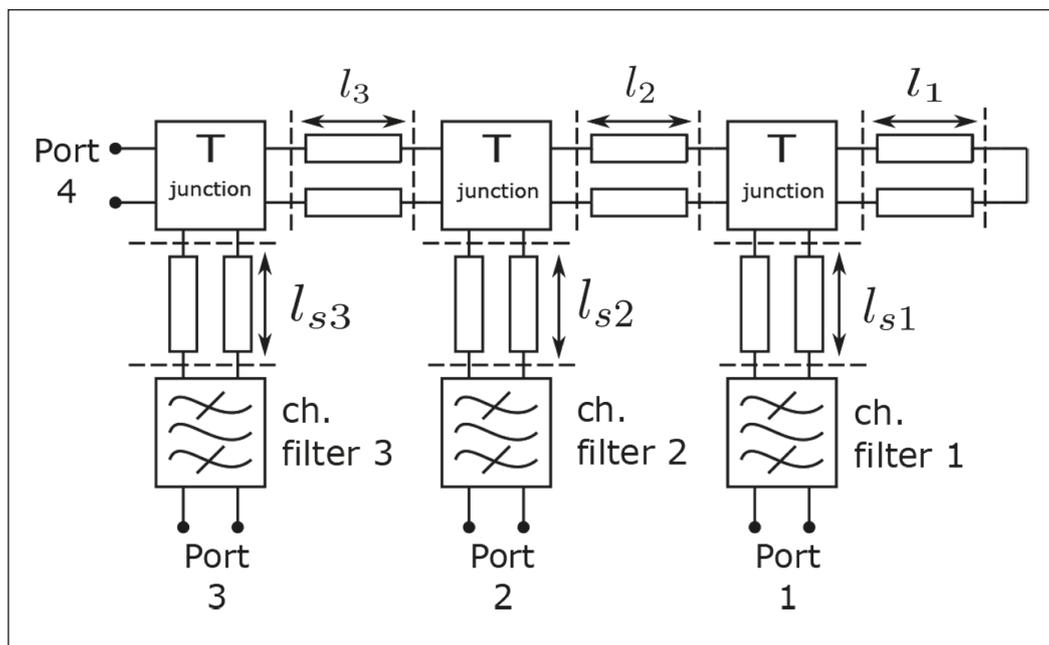


Figure 1: Equivalent circuit for the initial optimization set up in Microwave Office software

## Company:

The Technical University of Cartagena (UPCT) is the youngest technical university in Spain. This fact is contrasted, however, by its long history as a university in the engineering and business fields, as several of its faculties date back to the late 19th and early 20th-century. This unique status blends youth and tradition, making it a dynamic and innovative institution.

## Challenge:

Alejandro Pons Abenza, PhD student at UPCT, recently led a team that included Alejandro Alvarez Melcon and Fernando D. Quesada Pereira of the Information and Communications Department at UPCT, Monica Martinez Mendoza of Thales Alenia Space, Spain, and Marco Guglielmi of the Technical University of Valencia (UVP), in the design of a manifold multiplexer using all-inductive rectangular waveguide dual-mode filters.

Multiplexers, which are used for multiple RF channel separation/combination at the input/output of front ends, are a key part of communication satellite

payloads. Their performance significantly impacts the overall satellite system. The waveguide technology that is commonly used has low-loss and high-power handling capability. The objective of this multiplexer design project was to employ a complex filter topology as channel filters for the multiplexer.

Although many complex topologies are used for RF/microwave industry, the novelty of this design was the all-inductive technology that resulted in a simpler manufacturing process and faster design times.

## Solution

The design team chose the NI AWR Design Environment platform, specifically Microwave Office circuit software, to design a three-channel, non-contiguous multiplexer at Ku-band (11 GHz) using a manifold configuration. The software was chosen because simulations and optimizations are quite fast. Defining and working with sub-circuits is also straightforward enough to develop a large-scale equivalent circuit model for any N-channel multiplexer. Figure 1 shows the

equivalent circuit setup for the initial optimization.

The team defined the channel filters (coupling matrix, frequency plan), set up the equivalent circuit in Microwave Office software, and then optimized the channel filters employing a stepped iterative process using the lengths of the stubs and the connections between junctions. They repeated this process until the design met desired specifications. From the process, different coupling matrices were obtained for each channel filter.

The equivalent circuit was then split into a manifold section (waveguide sections, connecting junctions, and filters) and channel filters with each optimized coupling matrix. Each part was designed in isolation from the multiplexer. The manifold section was designed matching its S-parameters between the equivalent circuit and its corresponding waveguide model using a full wave simulator.

The channel filters were designed using the optimized coupling matrix leveraging a coupling matrix segmentation technique. This segmentation technique consisted of splitting the design coupling matrix through each resonator, after which a scaling was applied. Using the equivalent circuit of

## at-a-glance

### Applications:

- Microwave Components
- Multiplexer

### Software:

- NI AWR Design Environment
- Microwave Office

### Benefits:

- Availability of software
- Ease of use
- Reduction in design time

Alejandro Pons Abenza  
Technical University of  
Cartagena

National Instruments  
[www.ni.com/awr](http://www.ni.com/awr)

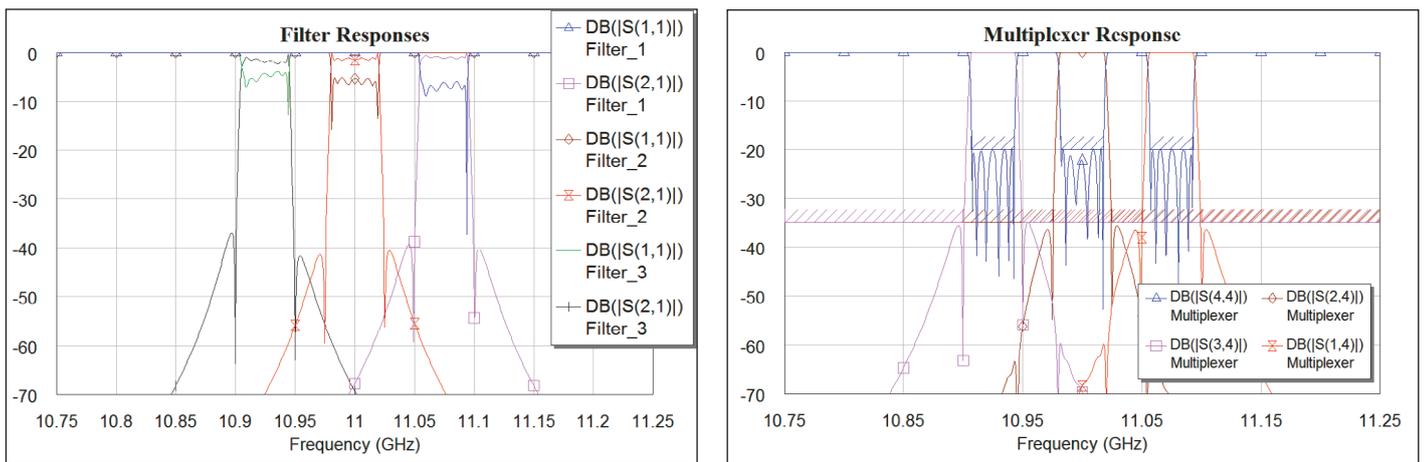


Figure 2: Response of the triplexer after connecting the a) ideal isolated filters and b) response of the triplexer after optimizing the overall response using the iterative process

the filter with the scaled coupling matrix values, the segments of the filter were simulated with Microwave Office software and used as targets for the full-wave simulation software.

The channel filters were also characterized. Figure 2 shows a comparison of the responses before and after optimization at the circuit level. Figure 2a shows the response of the triplexer after connecting the ideal isolated filters and Figure 2b shows the response of the triplexer after optimizing the overall response using the iterative process. The

final result of the multiplexer with the full-wave simulator showed good agreement with the equivalent circuit model obtained using Microwave Office software, thus validating the design technique employed.

### Conclusion

The team chose the NI AWR Design Environment platform for this project because they had been using it in their engineering classes through the AWR University Program, which donates full licenses of the software to deserving university engineering

programs. They were familiar with the powerful yet easy-to-use Microwave Office circuit design tool and could dive right into the design project without taking valuable time figuring out how to use the software. The use of NI AWR software enabled the team to reduce their design time by using equivalent circuit optimizations rather than longer full 3D simulations. The 2D nature of the structure allowed for a simpler manufacturing process. In addition, full wave simulations are required for final designs, but in practice, obtaining a sui-

table equivalent circuit model for the multiplexer is at least 80 percent of the task. special thanks to Alejandro Pons Abenza of The Technical University of Cartagena for his contributions to this success story. He quoted: "The NI AWR Design Environment platform enabled our team to reduce design time by using equivalent circuit optimizations rather than longer full 3D simulations. Because we had been using the software in our engineering courses, there was no learning curve and we could begin designing immediately." ◀

## Fachbücher für die Praxis

### Smith-Diagramm Einführung und Praxisleitfaden

Joachim Müller, 21 x 28 cm, 117 Seiten, zahlreiche, teilweise farbige Abbildungen, beam-Verlag 2009, ISBN 978-3-88976-155-2, Art.-Nr.: 118082, 29,80 €

Das Smith-Diagramm ist bis heute das wichtigste Instrument zur bildlichen Darstellung der Anpassung und zum Verständnis der Vorgänge in HF-Systemen. In der einschlägigen Fachliteratur findet man zwar viele Stellen zum Smith-Diagramm, sie erfordern aber meist erhebliche mathematische Kenntnisse: Eine grundlegende Einführung sucht man vergeblich. Diese Lücke schließt dieses Buch als praxisnahe Einführung in den Aufbau und die Handhabung des Diagramms. Mathematikkenntnisse die zu einer elektrotechnischen Ausbildung gehören, reichen dabei aus.

#### Aus dem Inhalt:

- Der Weg zum Smith-Diagramm - Komplexe Zahlen - Reflexion bei Einzelimpulsen und kontinuierlichen Sinussignalen - Reflexionsfaktor - Rückflussdämpfung, VSWR, Kreisdiagramme; Reflexionsdiagramm - Schmidt-Buschbeck-Diagramm - Carter-Diagramm - Praxis mit dem Smith-Diagramm; Kompensation von Blindanteilen, Ortslinie über Frequenz - Leitung als Transformator, elektrisch kurze bzw. lange Leitung, S-Parameter und Smith-Diagramm - Leitwert-Smith-Diagramm - Darstellung von Leitwerten im Smith-Diagramm, Parallelschaltung von Bauelementen - Grundelemente unter der Lupe - Ortslinien von Induktivitäten und Kapazitäten, das Bauelement Leitung - Stubs - Anpassung mit dem L-Glied
- Hilfsmittel für die Arbeit mit dem Smith-Diagramm - Software - Messtechnik

Unser gesamtes Buchprogramm finden Sie unter [www.beam-verlag.de](http://www.beam-verlag.de)  
oder bestellen Sie über [info@beam-verlag.de](mailto:info@beam-verlag.de)



# Analysis of frequency agile radar systems and ultrashort pulses

Advanced radar systems are able to change the signal frequency and modulation from one pulse to the next. In order to test these frequency agile systems, the test instruments must have a large analysis bandwidth.

## Frequency agile radars and jamming systems

Rapid frequency hopping makes radar systems more resistant to atmospheric disturbances, targeted attacks (jamming) and unwanted signals (interference). To increase resolution, these systems additionally alter the modulation, pulse width and pulse sequence depending on the target. Pulses in the nanosecond range are not uncommon. Analysis of such systems typically involves measuring the frequency hops or the modulation quality of pulse compression. That requires a large bandwidth for acquiring the emitted signal.

Jamming systems use targeted interference signals to try to impair the sensitivity of the enemy radar or even make it totally blind. Wideband noise-like signals or frequency agile signals are used for this purpose. These systems may change frequency very often, simply send back the received radar signal

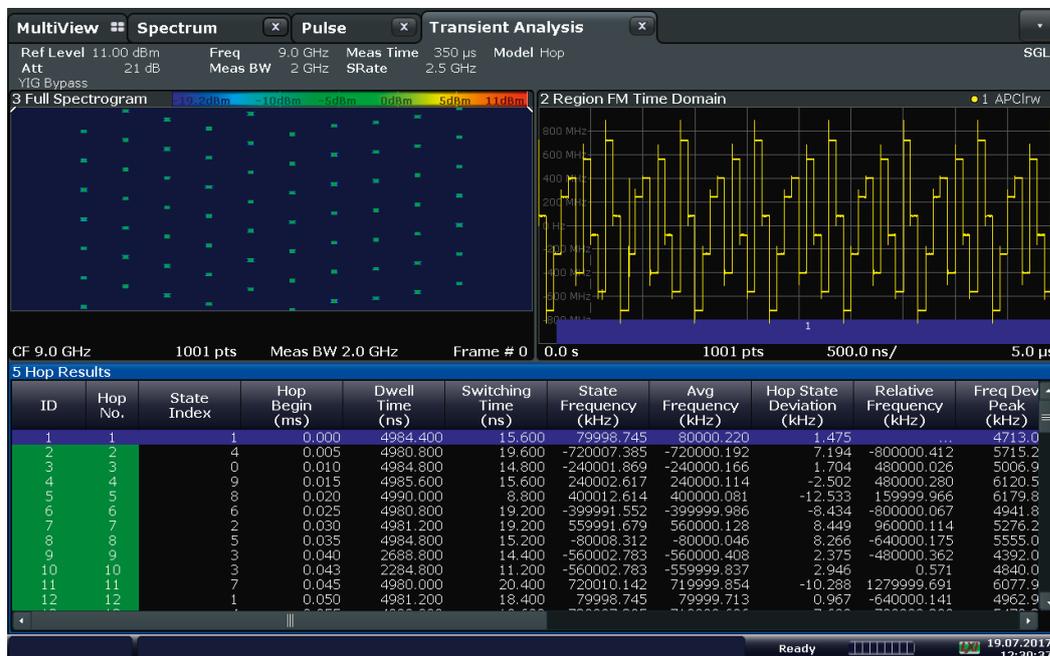


Fig. 1: The 2 GHz spectrogram of a frequency agile signal is shown in the top left window, with a plot of the frequency hops in the time domain to its right and a list of all significant parameters beneath

or sweep rapidly through a frequency range. That can disrupt even frequency agile radar systems. Wideband signal acquisition during development and verification of radar systems or sophisticated jamming systems enables a detailed analysis of the frequency hops and the effectiveness of various algorithms.

## Large internal analysis bandwidth

The R&S®FSW signal and spectrum analyzer with the R&S®FSW-B2001 option provides an internal analysis bandwidth of 2 GHz. That allows the instrument to resolve rise times in the nanosecond range. The A/D converter is integrated into the analyzer, eliminating the need for a wideband oscilloscope for data acquisition. The R&S®FSW-B2001 option features low distortion of input signals with a large dynamic range. The spurious-free dynamic range (SFDR) is an outstanding 60 dBc. These

characteristics are important not only for precise determination of signal modulation quality, but also to avoid interpreting internally generated spurious signals as true reflections (“phantom targets”). In addition, the R&S®FSW signal and spectrum analyzer can be equipped with the R&S®FSW-K60?/K60H option to enable automatic analysis of frequency hops. This option detects the initial and target frequencies of a hop, determines the offset, and measures how long a frequency is occupied or how long the system takes to change to the next frequency. The analyzer produces a table listing all frequency hops and time parameters (Fig. 1) Users can display deviations with respect to a predefined list or specify a tolerance range for frequency hop detection.

## Analysis of ultrashort pulses

A large measurement bandwidth is not only useful for characteri-

zation of frequency agile systems over a broad frequency range. It is also advantageous for measuring ultrashort pulses or wideband modulation of the pulses.

The R&S®FSW-K6 option supports such measurements. It performs detailed pulse analysis, especially for radar applications. The option measures the amplitude, frequency and phase of the pulses and displays them versus time. Pulse rise and fall times, pulse repetition rates and many other parameters are automatically detected and listed in a table (Fig. 2). The option can display trends of parameters, such as the pulse repetition rate, over an extended time period. This can be very useful, for example in scenarios where the aim is to deceive the enemy radar. For this purpose, the targeted aircraft transmits a similar signal in modified form to give the impression that the aircraft is closer to the radar antenna than it actually is. In response, the enemy radar reduces its sensi-

Author:  
Dr. Wolfgang Wendler

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

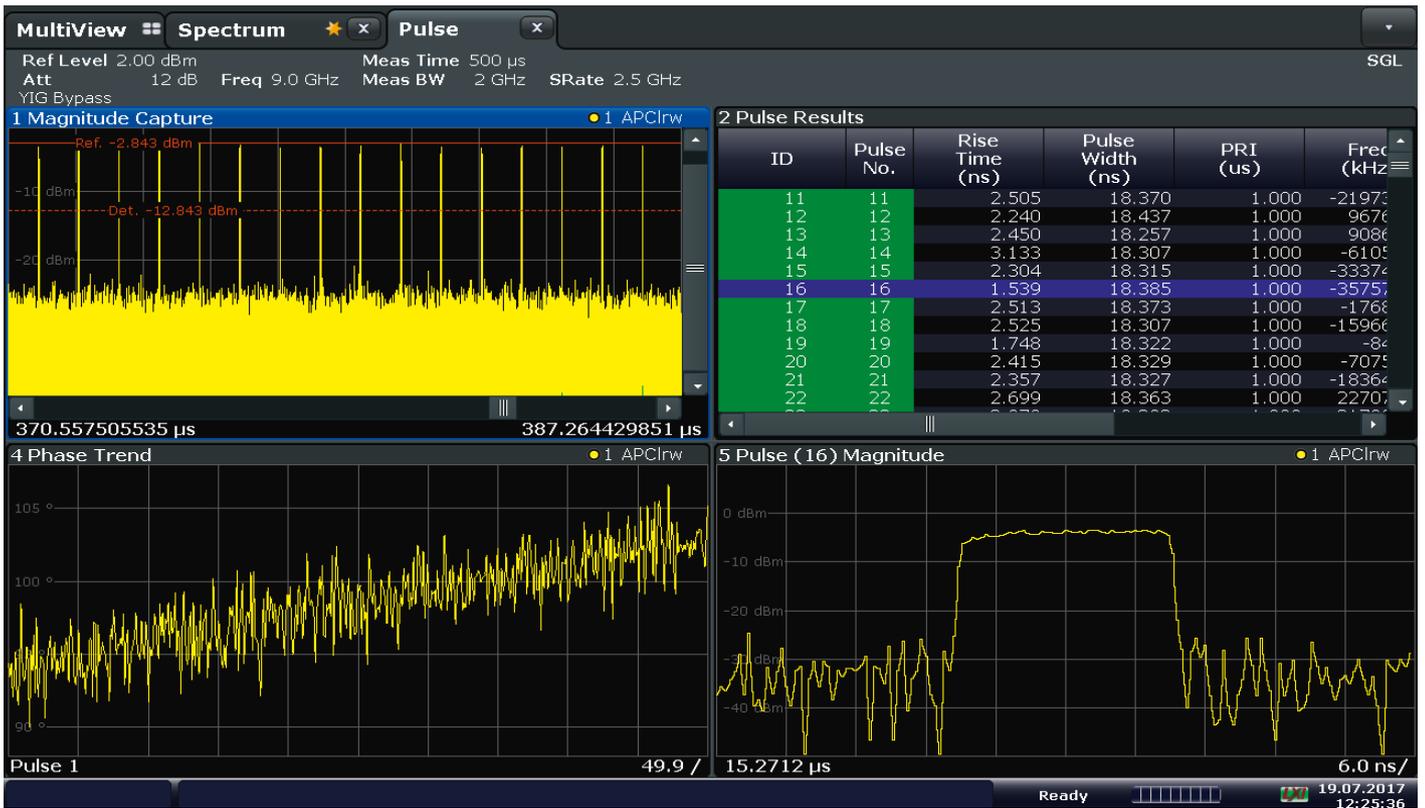


Fig. 2: Time domain analysis of ultrashort pulses (< 20 ns). An enlarged portion of the total acquired signal is shown at the top left, with a list of key parameters to the right (rise time, pulse width, etc.). The amplitude of a selected pulse is shown at the bottom right, with the phase trend to its left

tivity and loses the target. Examination of this type of scenario, which is called range gate pull-off (RGPO), requires trend analysis of several parameters over an extended time period. Segmented acquisition, in which only the pulses are acquired and time-stamped, is useful for this purpose. The intervals between pulses are ignored, greatly increasing the number of pulses that

can be acquired and used for analysis. The R&S®FSW-K70 vector signal analysis option is intended for pulses with complex modulation, such as binary phase shift keying (BPSK). It can also be used with an analysis bandwidth of 2 GHz. It does not provide a detailed pulse analysis, but it can analyze the modulation quality of a wide variety of digitally modulated signals.

**Ultrawideband radar**

UWB radar systems use a significantly broader spectrum than conventional systems. They operate with pulses having widths of only a few nanoseconds and low power. The spectrum is very broad and resembles white noise. That makes unwanted interference to other applications unlikely. The spectrum width of a UWB radar is at least 25 % of

the transmit frequency, which means 2 GHz with a transmit frequency of 8 GHz. An analysis bandwidth of at least 2 GHz is therefore required for analysis of these systems in the UWB band up to 10.6 GHz. Similar technology is currently used for keyless entry systems in the automotive industry to determine the distance between the key and the vehicle. ◀

**Wainwright Instruments GmbH**

Seit über 39 Jahren entwickeln und fertigen wir in Deutschland HF & Mikrowellenfilter.

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

**Bandpassfilter (Waveguide Design) im Bereich zwischen 8 und 30 GHz**  
unterschiedliche Frequenzen, Bandbreiten und Steilheiten, angepasst an Ihre Anforderung!

**Beispiel: WBW11-26900-27300-29200-29600-40CC**  
Passband: 27,3 GHz - 29,2 GHz  
1.25 dB maximale Einfügedämpfung  
Sperrdämpfung: 40 dB min. von DC bis 26,9 GHz sowie von 29,6 GHz bis 36 GHz  
Rückflussdämpfung: 12 dB min., 14 dB typ.  
Steckverbinder: PC 2,92 female  
Temperaturbereich: 5°C - 45°C  
Belastbarkeit: 20 W

Mehr Informationen finden Sie auf unserer Webseite!

**HF-Filter • Mikrowellen-Filter • Multiplexer**

115 mm lang  
15 mm breit  
10 mm hoch  
(abhängig von Bandbreite und Frequenz)

Graf-Rasso-Str. 1  
82346 Andechs

Tel.: +49 (0) 8152-9182-30  
Fax: +49 (0) 8152-9182-55

E-Mail: info@wainwright-filters.com  
Web: www.wainwright-filters.com

RoHS  
Unsere Filter entsprechen den gültigen RoHS-Richtlinien

**TÜV AUSTRIA** ISO 9001  
ISO 14001  
OHSAS 18001

PIM-Testing

## LTE-Advanced Pro Embedded Modules



Richardson RFPD, Inc. announced the availability and full design support capabilities for a new 4G/LTE embedded cellular module from Sierra Wireless. The EM7565 offers global 4G/LTE coverage on 24 LTE bands. It provides uplink speeds up to 150 Mbps, downlink speeds up to 600 Mbps, and support for carrier aggregation and 256 QAM. The module also supports LTE-LAA and 3.5 GHz CBRS band. The EM7565 dramatically improves network performance and enables businesses to use one module for global 4G networks.

The EM7565 enables IoT applications requiring fast two-way network performance for mobile computing, networking and industrial M2M. The EM Series of embedded modules is the fifth generation of LTE modules from Sierra Wireless. They are offered in the PCI Express M.2 form factor, and support secure, authenticated firmware-over-the-air (FOTA) updates.

Additional key features

- Automatic fallback to 3G networks
- Integrated GNSS receiver (GPS, GLONASS, Beidou, and Galileo satellite systems)
- Multiple operator certifications and network switching capability for increased manufacturing flexibility
- 4G LTE Cat-12 frequency bands: B1, B2, B3, B4, B5, B7, B8, B9, B12, B13, B18, B19, B20, B26, B28, B29, B30, B32, B41, B42\*, B43\*, B46, B48\*, B66 (\*future variant)
- 3G HSPA+: B1, B2, B4, B5, B6, B8, B9, B19

■ Richardson RFPD  
www.richardsonrfpd.com

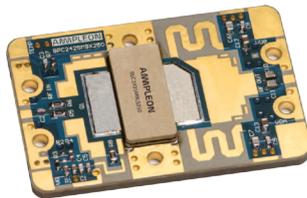
## Highgain Balanced Return Path Amplifier for DOCSIS 3.1



RFMW, Ltd. announced design and sales support for a balanced return path amplifier serving DOCSIS 3.1 applications in head-end CMTS equipment, optical nodes and residential amplifiers or as a post-amplifier for return path optical receivers. Qorvo's QPB2328 spans 5 to 210 MHz with dual amplifiers configurable for balanced operation and providing 17.5 dB of gain. Designed to provide a low noise, high gain option using an 8 V power supply, the QPB2328 can also be used in 5 V, single ended applications with reduced linearity requirements. At 8 V, this IC provides low noise (3.5 dB) with OIP3 of 46 dBm and P1dB of 27 dBm. Offered in a standard SOIC8 package.

■ RFMW, Ltd.  
www.rfmw.com

## High Efficiency Pallet Amplifier Supports RF Energy



RFMW, Ltd. announced design and sales support for a RF power module from Ampleon. The BPC2425M9X250Z Power Module offers 250 W CW power for RF cooking applications at 2450 MHz. With 61% efficiency and 17 dB gain, this high efficiency module has integrated temperature sensing and bias temperature compensation networks. Operating from a 32 V supply, RF input and output are matched to 50 ohms for ease-of-use, providing a cost effective solution with minimum design work and easy connectivity in multi-pallet applications that include heating and drying, plasma lighting and other ISM related designs. Ampleon performs 100% RF testing during module production to ensure a problem free user experience. The BPC2425M9X250Z measures 52 x 34 mm.

■ RFMW, Ltd.  
www.rfmw.com

## Dual Use Antennas Serve Military and Commercial Applications

RFMW, Ltd. announced design and sales support for Southwest Antennas' half-wave, omnidirectional, dipole antennas. Originally developed for Joint Tactical Radio Systems (JTRS), these antennas span 700 to 2600 MHz, handle up to 50 W of input power and are applicable to many commercial VHF, L and S band systems. For example, the 1001-149 spans 1,250 to 1,850 MHz and provides 2.1 dBi of gain. Part number 1001-154 is similar but with a spring-base versus gooseneck. And part number 1001-152 offers an integrated, sealed and waterproof RF Gooseneck assembly with an internal GPS notch filter to help eliminate out-of-band transmitter noise. Applicable for voice and data applications, the antennas also serve Soldier Radio Waveforms (SRW) and law enforcement. Standard connectors are black chrome, non-rotating, TNC male.

■ RFMW, Ltd.  
www.rfmw.com

## Bypass LNA Gain Block

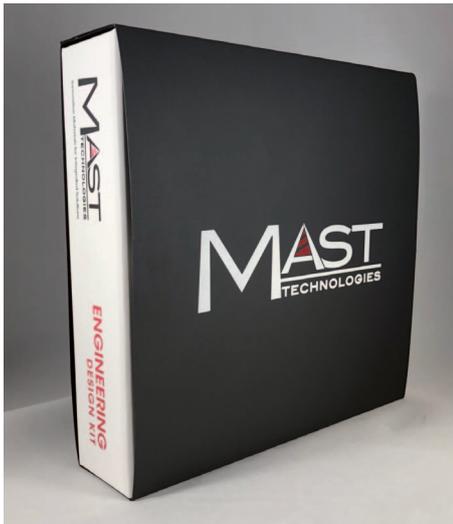


RFMW, Ltd. announced design and sales support for an ultra-low-noise, bypass LNA gain block. The Qorvo QPL9096 spans 1700 to 2700 MHz for wireless infrastructure applications. The integrated bypass function offers high linearity in bypass mode. At 2.5 GHz, the amplifier typically provides 25 dB gain, 33.5 dBm OIP3, and 0.75 dB noise figure while drawing 60 mA current from a 4.2 V supply. The QPL9096 is internally matched and only requires four external components for operation from a single positive supply: an external RF choke and blocking/bypass capacitors. Internal active bias maintains high performance over temperature. Offered in a 2 x 2 mm DFN package.

RFMW, Ltd.  
www.rfmw.com

## RF Absorber Kit

RFMW Ltd., announced design and sales support for MAST Technologies microwave absorbing materials. The MD10-0008-00-N Engineering Design Kit contains a variety of samples intended to be cut and utilized

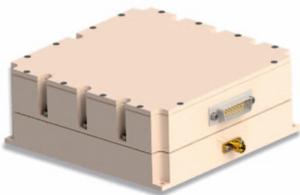


during the design process for cavity resonance disruption, surface wave attenuation, reflection loss or insertion loss. Featuring RF absorbing elastomers, RF absorbing foam, and Suppress-n-Sink, RF Absorber + Thermally Conductive pad material, the kit provides solutions for a wide range of applications including concealment, electronic enclosures, antenna systems, wireless networking equipment, test and measurement systems, millimeter wave technologies and PIM reduction.

Durable elastomeric material is flexible and will not crack, even in outdoor environments. Foam products are lightweight and broad band. Halogen free and RoHS compliant, the materials are electrically non-conductive and can be placed in direct contact with electronic circuits. MAST MD10-0008-00-N Design Kit is available from stock at RFMW, Ltd.

■ RFMW, Ltd.  
www.rfmw.com

## 70 Watt GaN Amplifier



RFMW, Ltd. announced design and sales support for a broad bandwidth, GaN, solid state power amplifier from Aethercomm. Model Number SSPA 0.020-6.000-70 operates from 20 MHz to 6 GHz and delivers a typical saturated output power of 70 W for broad band T&M, military and commercial applications. Typical small signal gain is 50 to 60 dB with gain flatness of +/-3 dB. Operating from a 28 V supply, this ampli-

fier includes an external DC blanking command that enables and disables the module in less than 25  $\mu$ sec. Standard features include over/under voltage protection and reverse polarity protection. The SSPA 0.020-6.000-70 is offered in a modular housing that is approximately 5.5" (width) by 6.5" (long) by 2" (height).

RFMW, Ltd.  
www.rfmw.com

## 75 Ohm FTTH Amplifiers



RFMW, Ltd. announced design and sales support for a pair of 75 ohm Amplifiers. Qorvo's QPB7420 and QPB7425 ICs are designed to support Fiber to The Home (FTTH) applications from 47 to 1218 MHz. Both devices offer noise figure of 1.1 dB. The QPB7420 is a 5 V device with 20 dB of flat gain. The QPB7425 operates on 8 V with 25 dB of gain. Both devices are packaged as SOT-89 for convenient layout and design in set top and 75 ohm CATV and satellite infrastructure projects.

■ RFMW, Ltd.  
www.rfmw.com

## High Power FEM for IoT Applications

RFMW, Ltd. announced design and sales support for a fully integrated frontend module (FEM) from Skyworks Solutions. The SKY85309-11, 2.4 GHz FEM incorporates a 2.4 GHz single-pole, double-throw (SPDT) transmit/receive (T/R) switch, a 2.4 GHz low-noise amplifier (LNA) with bypass, and a 2.4 GHz power amplifier (PA) intended for high-power 802.11ac applications and systems. Providing 27 dBm power out while drawing 555 mA from a 5 V supply, the SKY85309-11 serves access points, routers and gateways. Transmit gain of 32 dB improves SoC linearity. Receive gain of 13 dB with noise figure of 2.2 dB improves receiver sensitivity and range. Offered in a 3 x 5 mm QFN package.

■ RFMW, Ltd.  
www.rfmw.com

## RFMW Celebrates 15 Year Anniversary



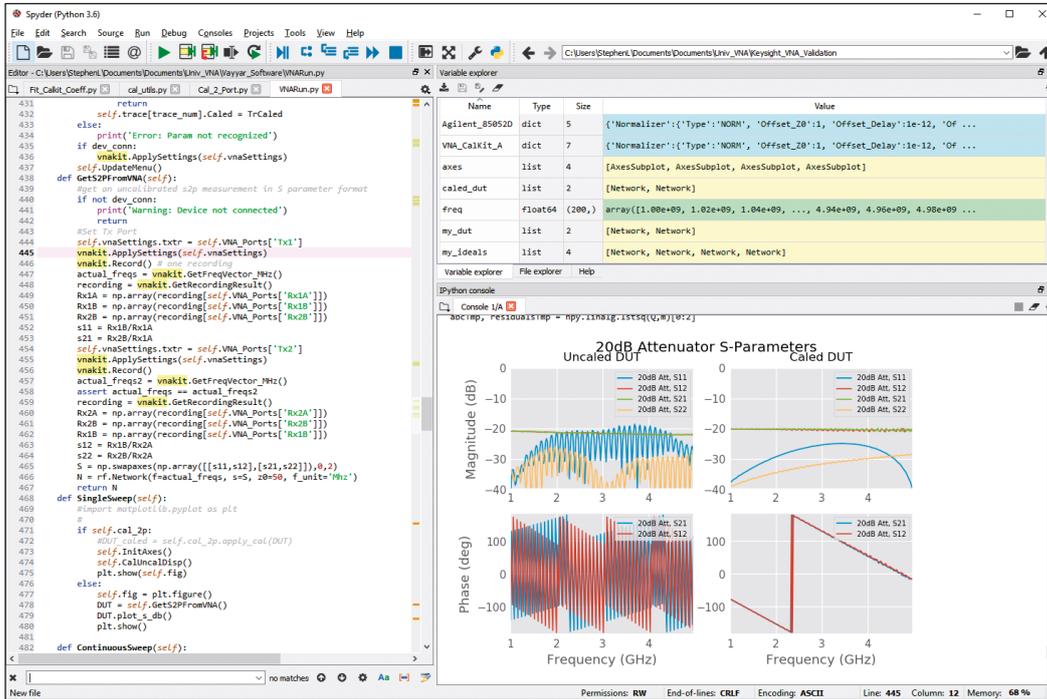
RFMW, Ltd. marked July 1, 2018 as the 15-year anniversary of their company. With worldwide headquarters in San Jose, CA. and sales offices throughout North America, Europe, the Middle East and Asia, the company has seen a continual acceptance of their "niche" philosophy in that "RFMW, Ltd. is a specialty electronics distribution company focused on RF and Microwave technology".

"We're truly humbled by the trust our customers and suppliers have in RFMW. Our tagline, "RFMW – it's who we are, it's what we do" is also our strategy for success. We focus on our strengths and while the last 15 years have seen tremendous changes in our organization and the industry, our dedication to service and our continuing commitment to provide products that support customer design and production efforts will not change", said Joel Levine, President and CEO of RFMW, Ltd. "RFMW was born at the 2003 MTT-S trade show (now IMS) in Philadelphia. Returning to Philadelphia during this year's IMS2018 trade show, we took the opportunity to celebrate our success at The Fillmore Philadelphia where our industry partners became superstars for the evening and entertained our suppliers, rep partners and customers with hours of live music."

"This milestone is a testament to the dedication of our people, both customer facing and corporate support who, on a daily basis, create an atmosphere where customers and suppliers are served at the highest levels" stated Steve Takaki, RFMW's Vice President of Sales and Marketing. "From our humble beginnings in the back room of a supplier's warehouse, we've grown into a worldwide organization with our own corporate headquarters, 5 strategically located stocking locations and a technically supportive, international sales staff. As we head into the future, we'll grow and change to build upon our success and become an even more valuable distribution partner."

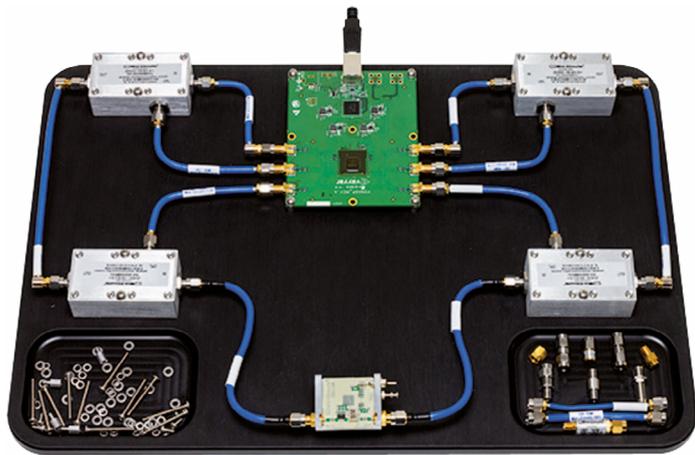
■ RFMW, Ltd.  
www.rfmw.com

# Educational Project Kits for RF Engineers



with control software, and a development environment for Python and MATLAB. The project addresses a gap in most RF curricula between classroom theory and the sophisticated equipment engineers use in the lab to perform complex measurements with the push of a button.

Mini-Circuits President, Ted Heil commented, “Mini-Circuits has always been committed to supporting the academic community in cultivating the next generation of RF engineering talent. We believe this powerful, hands-on learning tool will help bridge the gap between textbook S-Parameter theory and practical measurements in the lab, serving to better educate engineers on the challenges and wonders of the RF world.”



students and university programs spanning topics in electromagnetic theory, RF/microwave engineering, RF systems, and radar technology.

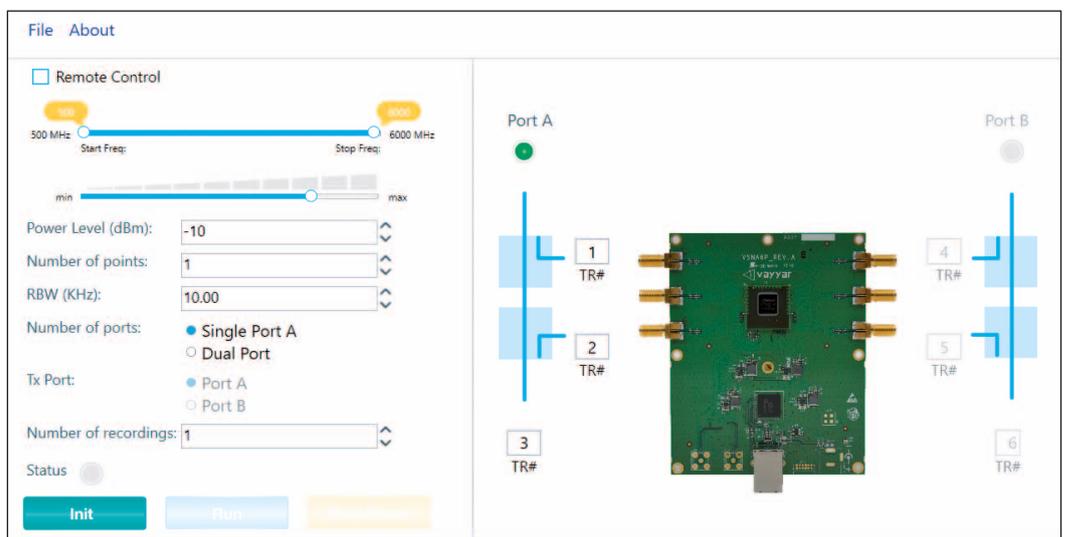
The first project kit, UVNA-63 includes all the elements students need to build a fully functioning vector network analyzer, develop S-Parameter algorithms, and perform real-time measurements of 2-port RF devices. The kit comprises Vayyar’s high-performance transceiver chip with a variety of RF components from Mini-Circuits along

CEO of Vayyar, Raviv Melamed commented, “Following in the tradition of Mini-Circuits founder Harvey Kaylie, Vayyar is proud to be helping make RF accessible to all. The VNA Kit unlocks the ability to learn by doing, as students engage with the fundamentals of RF.”

UVNA-63 vector network analyzer project kits are available now for pre-order and will be delivered in September, toward the onset of the new semester. Pre-orders may be placed on the Mini-Circuits website, or by contacting our team directly. ◀

Mini-Circuits is pleased to announce a new partnership with 3D imaging sensor company Vayyar Imaging to offer microwave transceiver project kits with broad applicability for

Mini-Circuits  
[www.minicircuits.com](http://www.minicircuits.com)  
 Vayyar Imaging  
[www.vayyar.com](http://www.vayyar.com)



### Four Section Colinear Antenna



RFMW, Ltd. announced design and sales support for a Southwest Antennas' omnidirectional antennas. Designed to support DOD/Government L-band radios operating from 1.35 to 1.39 GHz, the 1087-071 colinear antenna offers 6 dBi of peak gain. This 19.75 inch antenna has a flange mount base with lock-wired screws and an integrated sealed spring making it safe for vibrating platforms such as vehicles and reducing the risk of damage to the mated RF connector. The weatherproof seal provides protection in harsh operating conditions. Capable of handling up to 50W of input power, the 1087-071 standard connector is Type-N female.

■ *RFMW, Ltd.*  
[www.rfmw.com](http://www.rfmw.com)

### Broadband Low PIM Attenuators 50 Watts



MECA offers Broad Band Low PIM Attenuators 100 watt models with a typical PIM spec of -161 dBc. Featuring 4.1/9.5, 7/16, N and 4.3/10.0 DIN interfaces with custom in-between styles also available upon request. Covering 600 MHz through 4 GHz. While handling full rated power to 85 °C with no derating. Made in USA and 36-month warranty.

■ *MECA Electronics, Inc*  
[www.e-meca.com](http://www.e-meca.com)

### Broadband 2-Way Resistive Power Splitter

MECA Electronics' latest new product offering 2-way broad-



band Resistive Power Splitters covering DC-18 GHz (802-3-9.000) and DC-26.5 GHz (802-3-13.250) encompassing VHS thru X & Ku bands. With typical performance of: SWR 1.3, Insertion Loss 1.5 dB and exceptional Amplitude & Phase Balance of 1 dB & 4 degrees max. Made in the USA, 36 month warranty.

■ *MECA Electronics, Inc*  
[www.e-meca.com](http://www.e-meca.com)

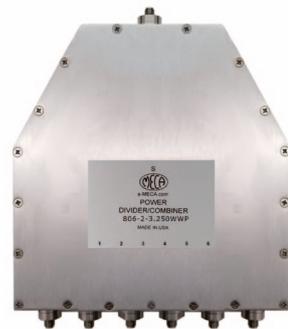
### Broad Band Low PIM Attenuators 100 Watts



MECA offers Broad Band Low PIM Attenuators 50 watt models with a Typical PIM spec of -161 dBc. Featuring 4.1/9.5, 7/16, N and 4.3/10.0 DIN interfaces with custom in-between styles also available upon request. Covering 600 MHz through 4 GHz. While handling full rated power to 85 °C with no derating. Made in USA and 36-month warranty.

■ *MECA Electronics, Inc*  
[www.e-meca.com](http://www.e-meca.com)

### Broadband 6-Way SMA Power Divider



MECA Electronics' latest product offering, non-binary 6-way broadband of Power Divider covering 0.5 to 6 GHz (803-

### 9-Way Radial Combiner for Radar



Link Microtek has designed and produced a compact high-power 9-way radial combiner specifically for BAE Systems as part of a programme to upgrade customers' S-band radar transmitters by replacing their magnetrons with multiple solid-state power amplifiers (SSPAs).

Typically, the SSPAs are individual blades housed within a 19in cabinet, and their outputs need to be combined then fed via waveguide to the radar's large rotating antenna; it is this function that the special 9-way combiner performs.

According to Link Microtek's managing director, Steve Cranstone, there were several challenges involved in the design of the special combiner: "Firstly, the device had to be able to handle extremely high microwave power and be sufficiently small to fit comfortably at the back of an SSPA cabinet."

In addition to meeting these specifications, there was another crucial consideration. One of the main reasons for

upgrading radar transmitters with SSPA technology is to introduce a degree of fault tolerance into the system. Another advantage of the resonant-cavity design is its compact size compared with other types of combiner. The 9-way device, with its impressive peak power capability, measures just 194 mm in diameter and has a depth of only 58 mm, excluding the N-type input connectors and WR284 waveguide output. In terms of microwave performance, the combiner achieves a SWR of 1.4 (maximum), an insertion loss of less than 0.5 dB and a peak input power rating of 2.5 kW.

To complement the combiner, Link Microtek also designed and produced a special 50 dB S-band WR284 coupler for monitoring the microwave power at the combiner's output. Both parts are fabricated from aluminium with a satin black finish.

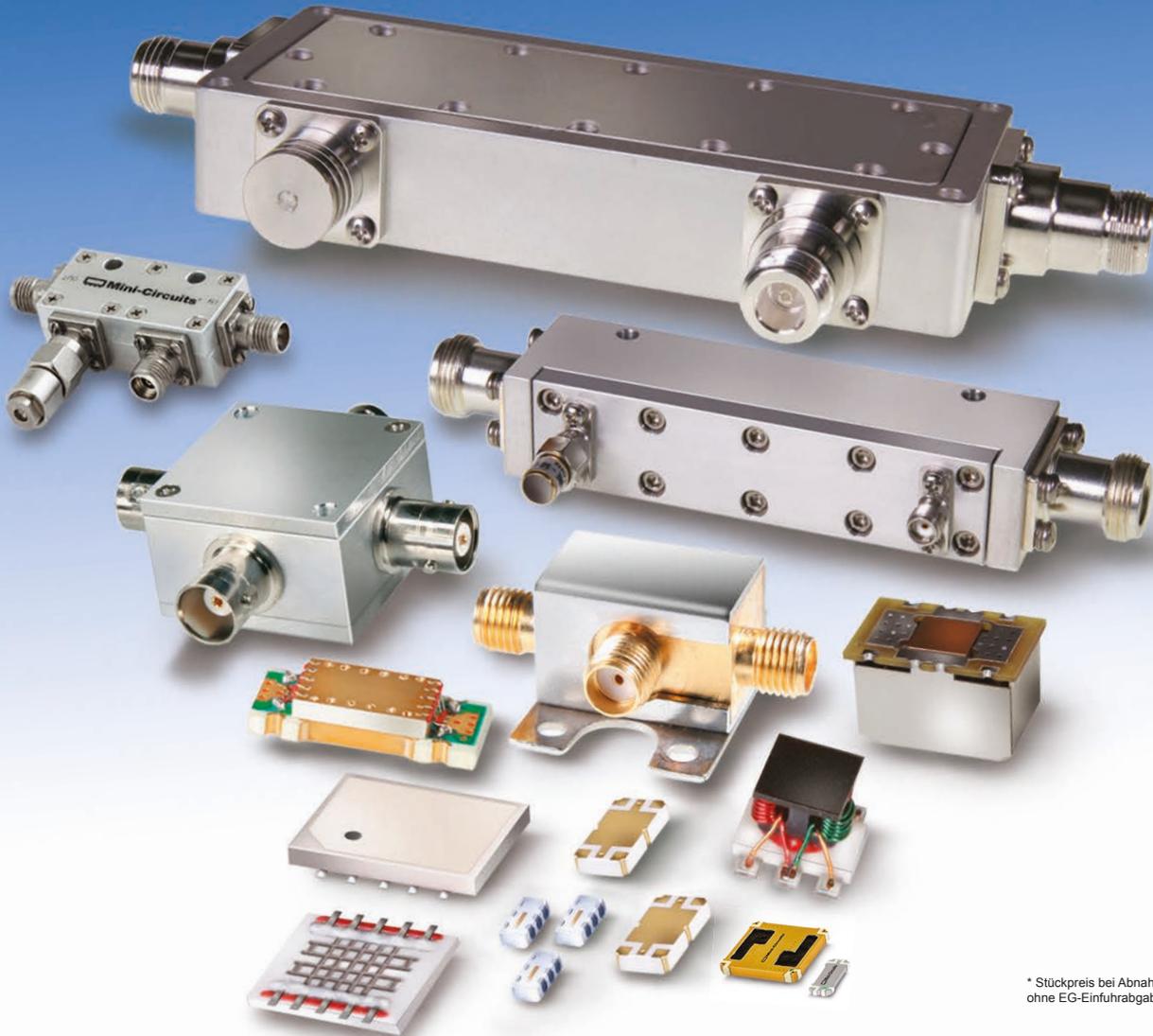
■ *Link Microtek, Ltd.*  
[sales@linkmicrotek.com](mailto:sales@linkmicrotek.com)  
[www.linkmicrotek.com](http://www.linkmicrotek.com)

2-3.250WWP) encompassing Public Safety through ISM bands. With typical performance of: SWR 1.3, Isolation 17 dB, Insertion Loss 1.5 dB and exceptional Amplitude & Phase Balance of 1.5 dB & 15 degrees max. This is in addition

to the family of 2, 3, 4, 8 & 16 way splitters in various connector styles and IP60 & 67/68 ratings. Made in the USA & 36 month warranty.

■ *MECA Electronics, Inc*  
[www.e-meca.com](http://www.e-meca.com)

# Directional / Bi-Directional COUPLERS



\* Stückpreis bei Abnahme von 1000 Stück  
ohne EG-Einfuhrabgabe und Mehrwertsteuer

**NOW**  
**5 kHz to 40 GHz up to 300W** from **95¢** ea. (qty. 1000)\*

Suchen Sie Koppler oder Leistungs-Anzapfungen? Mini-Circuits hat 347 Modelle auf Lager, und wir erweitern das Angebot sogar noch! Unsere vielseitigen, preiswerten Lösungen umfassen SMD-Ausführungen bis ab 1 MHz sowie hochentwickelte LTCC-Bausteine mit Abmessungen von gerade einmal 0,12 x 0,06 Zoll. Sie zeichnen sich durch minimalen Einfügungsverlust und hohe Richtwirkung aus. Unsere neuen Stripline-SMT-Modelle sind für Leistungen bis zu 300 W HF ausgelegt. Ausgewählte Core-and-Wire-Modelle sind mit unserem exklusiven Top Hat für schnelleren und präziseren Pick-and-Place-Durchsatz vorgesehen.

Am anderen Ende unserer Produktpalette stehen unsere neuen konfektionierten Luftleitungskoppler für Leistungen bis zu 250 W bei niedrigem Einfügungsverlust und ausgezeichnetem Kopplungs-Frequenzgang. Alle unsere Koppler sind RoHS-konform. Wenn Sie daher Richtkoppler oder bidirektionale Koppler, mit DC-Durchgang oder DC-Sperre, für 50 Ohm oder 75 Ohm benötigen, für militärische, industrielle oder kommerzielle Anwendungen, werden Sie das passende Modell mit Sicherheit bei [minicircuits.com](http://minicircuits.com) finden!

**Mini-Circuits®**

[www.minicircuits.com](http://www.minicircuits.com) P.O. Box 350166, Brooklyn, NY 11235-0003 (718) 934-4500 [sales@minicircuits.com](mailto:sales@minicircuits.com) 495 rev G

DISTRIBUTORS

**IE INDUSTRIAL ELECTRONICS GMBH**

D-65719 Hofheim-Wallau, Germany  
Tel. +49-6122-72660-0 Fax +49-6122-72660-29  
[www.ie4u.de](http://www.ie4u.de)  
[anfrage@ie4u.de](mailto: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](mailto:info@municom.de) [www.municom.de](http://www.municom.de)



# SUPER ULTRA WIDEBAND AMPLIFIERS

up to +27 dBm output... **0.1 to 40GHz**

Eine sehr große Bandbreite und ein superflacher Verstärkungsverlauf machen die Verstärker der ZVA-Serie zu optimalen Bausteinen für ECM-Anwendungen, Anzeige- sowie Mess- und Testsysteme. Eine Ausgangsleistung von über 500 mW ermöglicht jedoch darüber hinaus viele weitere attraktive Anwendungen und Architekturen.

Alle ZVA-Modelle arbeiten bedingungslos stabil, sind robust aufgebaut und vertragen Leerlauf sowie Kurzschluss am Ausgang bei voller Ausgangsleistung.

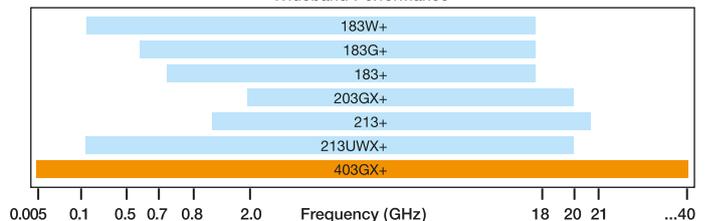
Weitere Informationen – vom Datenblatt über Umweltbedingungen, aktuelle Preise und Lieferbarkeit – finden sie auf [www.minicircuits.com](http://www.minicircuits.com). Alle Ultra-Breitbandverstärker sind Lagertypen.

\$ **935<sup>00</sup>**  
from *ea.*

Electrical Specifications (-55 to +85°C base plate temperature)						
Model	Frequency (GHz)	Gain (dB)	P1dB (dBm)	IP3 (dBm)	NF (dB)	Price \$ (Qty. 1-9)
ZVA-183WX+*	0.1-18	28±2	27	35	3.0	1479.95
ZVA-183GX+*	0.5-18	27±2	27	36	3.0	1479.95
ZVA-183X+*	0.7-18	26±1	24	33	3.0	935.00
<b>NEW! ZVA-203GX+</b>	<b>2.0-20</b>	<b>20±1</b>	<b>13.5</b>	<b>27.5</b>	<b>3.6</b>	<b>1295.00</b>
ZVA-213X+*	0.8-21	26±2	24	33	3.0	1039.95
ZVA-213UWX+	0.1-20	15±1	15	30	3.0	1795.00
<b>NEW! ZVA-403GX+</b>	<b>0.005-40</b>	<b>11±1.5</b>	<b>11</b>	<b>21</b>	<b>4.5</b>	<b>1995.00</b>

\* Ein Kühlkörper ist erforderlich, um die Temperatur der Basisplatte zu senken. Bei Bestellung mit Kühlkörper muss das x vor der Modellnummer entfernt werden, der Preis erhöht sich um 50 \$.

Wideband Performance



**Mini-Circuits®**

[www.minicircuits.com](http://www.minicircuits.com) P.O. Box 350166, Brooklyn, NY 11235-0003 (718) 934-4500 sales@minicircuits.com 440 Rev Z

DISTRIBUTORS

**IE INDUSTRIAL ELECTRONICS GMBH**

D-65719 Hofheim-Wallau, Germany  
Tel. +49-6122-72660-0 Fax +49-6122-72660-29  
[www.ie4u.de](http://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](http://www.municom.de)

## Skew Matched Cable Pairs with 1 ps Delay Match

Fairview Microwave, Inc. has released a new line of 40 GHz skew matched cable pairs designed for bit-error-rate testing, eye diagrams and differential signals at data rates of 10 to 28 Gbps.

Fairview's new line of skew matched cables consists of three extremely flexible models that are 100% tested for skew match. Performance specs include an impressive SWR of 1.4 and 1 ps delay match. These cable pairs cover two channels with 50 ohms



nominal impedance and a bandwidth of DC to 40 GHz.

The skew matched cables in this new series are constructed

with microporous PTFE cable dielectric and feature 2.92 mm male connectors, triple-shielded outer conductors and finger-grip coupling nuts. They are also supplied with polarity indicators and restraint bands to remain paired. These delay matched cables are ideal for semiconductor test, networking and supercomputing industries where skew match is essential.

■ *Fairview Microwave, Inc.*  
[www.fairview.com](http://www.fairview.com)

## High-speed AC/DC Amplifiers with Precision DC Supply



AE Techron's new 7100-series models are 4-quadrant, AC and DC amplifiers that provide exceptional versatility and value. Compact size, user configurability, DC-Max topology, and AE Techron toughness make the 7100-series amplifiers the ideal device for conducted and radiated immunity testing, PSRR testing, or any application where more voltage or current is needed than is available from the signal source. Lightweight and just 2U in height, 7100-series amplifiers make a great choice when size or portability are important selection criteria.

Front panel user controls give the 7100-series amplifiers a wide range of possible uses. Gain, maximum current, and DC offset can be fixed or infinitely varied. The choice of AC or DC coupling makes them suitable both for DC applications and for driving objects like coupling transformers or piezo elements that shouldn't see DC. All controls can be turned off when only a durable, high-current amplifier or DC source is needed. Or each function can be individually

enabled to provide the unique set of capabilities needed at the moment.

7100-series amplifiers can produce a DC output without an input signal. DC output is independent of input signal and amplifier gain. This DC capability, when combined with an input signal from a function generator, creates a versatile DC source with high-speed ripple and dropout capabilities.

■ *AR Worldwide*  
[www.arworld.us](http://www.arworld.us)

## New Shielded Enclosure Leak Detection System (SELDS)



The AR model CL-105A/CL-106A Shielded Enclosure Leak Detection System (SELDS) provides a convenient means of testing the electromagnetic shielding effectiveness of EMI enclosures. The system consists of a transmitter, receiver, headphones and rugged carrying case. The incredible sensitivity of the receiver allows it to meet the most rigid MIL standards (e.g. MIL-STD-188/125) for shielded

room acceptance. This system is designed to make relative shielding effectiveness measurements by passing a current along the surface of an EMI enclosure in order to sense the small magnetic fields formed where breaks in the EMI enclosure may occur.

The Model CL-105A Transmitter is used to generate an output signal which is connected to the EMI enclosure under test. This device has an auto-adjusting output that works with small, medium, and large EMI enclosures. An LED indicator illuminates green when the Transmitter has adjusted the output to the optimum level for the connected EMI enclosure.

The Model CL-106A Receiver has high sensitivity to detect the smallest of magnetic fields produced at breaks in the EMI enclosure under test. This unit auto-zeros and features an auditory output with varying amplitude related to the shielding effectiveness. The auditory output is available through the built-in speaker or included headphones. A 4-digit seven segment display is provided to indicate relative shielding effectiveness measurement values in dB. In addition, a built-in LED light source provides illumination when used in dark environments.

■ *AR Worldwide*  
[www.arworld.us](http://www.arworld.us)

# 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:**

Dipl.-Ing. Reinhard Birchel (RB)  
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:**

Brühlsche  
Universitätsdruckerei

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

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

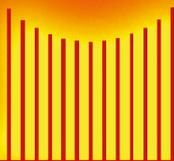
Dies berechtigt nicht zu der Annahme, dass diese Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten sind und von jedermann ohne Kennzeichnung verwendet werden dürfen.

**Abschlußwiderstände, Adapter, Blind Mate Stecker, Coax-Kabel, Dämpfungsglieder, Duplexer, Equalizer, Fine Grain Equalizer, Flexible Hochfrequenz-Kabel, Gain Amplitude Equalizer, Hohlleiter - Coax - Adapter, Phasenschieber Phasenabstimmbare Steckverbinder, Push-On Steckverbinder & Adapter, Quick Connections, Semi-Rigid-Kabel Steckverbinder, Verzögerungsleitungen, etc.**

**S  
p  
e  
c  
t  
r  
u  
m  
F  
l  
e**



**x der Schlüssel zum Erfolg**



**Spectrum**  
Elektrotechnik GmbH

**wenn Qualität benötigt wird**

**80905 München**

**Postfach 450533**

**Telefon: 089-3548-040**

**Fax: 089-3548-0490**

**WWW.SPECTRUM-ET.COM**

**Email: Sales@Spectrum-et.com**

# GLOBES

ELEKTRONIK



## We are the **World** of **Radio Frequency Electronics**

### ...e.g. Radio Frequency & Surface Mount Components

Diodes, Transistors, Filters, Varactors, Resistors, Attenuators, Terminations, Oscillators, Capacitors, Inductors, Cables, Antennas, Amplifiers, Switches, GaAs, GaN, SAW, Ceramic, LTCC, PCBs

### ...e.g. Microwave Products

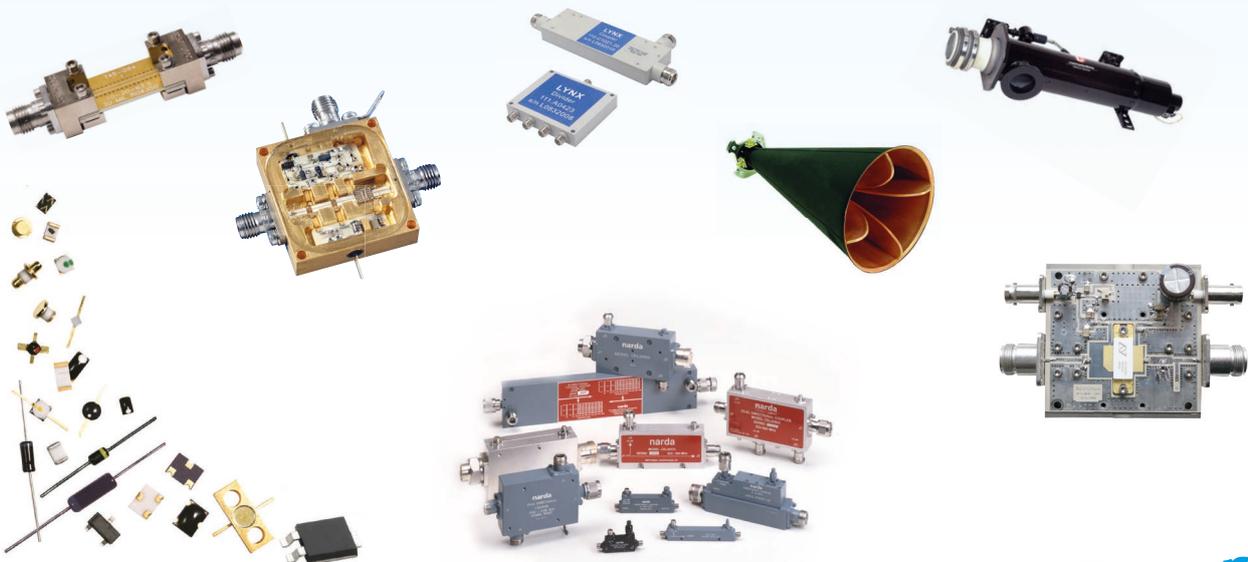
Couplers, Power Dividers/Combiners, Phaseshifter, Attenuators, Terminations, Mixers, Modulators, Limiters, Detectors, Linearizer, Filters, Oscillators, YIG-Devices, Antennas, Amplifiers, Switches, Circulators/Isolators, Tubes, Cables, Connectors, Waveguide Components

### ...e.g. Telecommunication & Mobile Phone Infrastructure

Duplexers/Triplexers, Linear Amplifiers, Boosters, Tower Mounted Amplifiers, Filters, Cables, Optical Transmission

### ...e.g. Special Products

Receivers, Tuners, Synthesizers, Electronic Protection, Secure Communication, Contract Manufacturing & Engineering



Weitere Informationen erhalten Sie über →

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

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

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

**GLOBES**  
ELEKTRONIK



 [hf-welt@globes.de](mailto:hf-welt@globes.de)  
[www.globes.de](http://www.globes.de)

