

# hf-praxis

## HF- und Mikrowellentechnik

### EMV-Verstärker – Selection Guide

AR, Seite 22



# CELEBRATING



## YEARS

UNBEATABLE  
**QUALITY**  
**SERVICE**  
**STABILITY &**  
**INNOVATION**

***Danke, dass Sie an unserer Geschichte teilnehmen ... und an unserer Zukunft!***

Schon seit 50 Jahren sind wir von Mini-Circuits damit beschäftigt, qualitativ hochwertige Produkte schnell und effizient zu entwickeln und zu günstigen Preisen anzubieten, verbunden mit einem kompromisslosen Service einschließlich technischer Unterstützung. Und seit 50 Jahren wird unser Engagement auch von Ihnen durch das Vertrauen in unser Geschäft belohnt. Daher versprechen wir Ihnen, auch in Zukunft mit größtem Einsatz daran zu arbeiten, dass dies so bleibt und Sie den größten Nutzen aus unseren Angeboten ziehen können.



[www.minicircuits.com](http://www.minicircuits.com) P.O. Box 350166, Brooklyn, NY 11235-0003 [sales@minicircuits.com](mailto:sales@minicircuits.com) 595 Rev A\_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)

# Das Jahr 2019 wird spannend



Autor:  
Ing. Frank Sichla  
hf-praxis

Im Frühjahr 2019 sollen die 5G-Frequenzen versteigert werden. Auch damit erfolgt eine Weichenstellung für die Zukunft des Wirtschaftsstandorts Deutschland, der im Gegensatz zu aktuellen Mediendarstellungen mobilfunkmäßig recht fit ist. Telekommunikations-Unternehmen können sich dann an einem Bieterverfahren beteiligen, das ihnen die Nutzung der Lizenzen sichert, um anschließend mit dem Aufbau des Netzes beginnen zu können.

Doch zuvor muss die Bundesnetzagentur verbindliche Richtlinien festlegen. Diese Vergabedetails sind von einer öffentlichen Debatte begleitet, die zuweilen Wellen schlägt, und das ist kein Wunder: Denn 5G ist weit mehr als neuer Mobilfunk, sondern ein Quantensprung in der Digitalisierung, von dem in hohem Maße auch die Wirtschaft profitiert. So können dank der 5G-Standleitung Maschinen, Fahrzeuge und Sensoren in verschiedenen Bereichen wie der Landwirtschaft und der Industrie permanent mit dem Internet verbunden sein. Technologien wie selbstfahrende Fahrzeuge, intelligente Verkehrskonzepte oder die optimierte automatische Tierfütterung werden ermöglicht. Die 5G-Verfügbarkeit wird damit zum zentralen Faktor im internationalen Wettbewerb zwischen Wirtschaftsstandorten.

Eine entsprechend sorgfältig durchdachte Ausgestaltung der Richtlinien ist daher zu for-

dern. Etwa Zugangsverpflichtungen für Anbieter ohne Netz, Umgangsregeln mit neuen Playern auf dem Markt und die Verpflichtung zum zeitnahen flächendeckenden Ausbau dürfen nicht fehlen.

Auch müssen sich die Versorgungsaufgaben an dem Bedarf der neuen Dienste und Anwendungen orientieren, Industrieparks und landwirtschaftliche Flächen sind einzubeziehen; das 5G-Netz flächendeckend aufzubauen, ist eminent wichtig. Genau hier zeigt sich ein Flaschenhals, der ohne kluge Kompromisse wohl nicht zu beseitigen ist.

Denn zum flächendeckenden Aufbau müssten die Unternehmen eine völlig neue Infrastruktur aus Sendemasten und Glasfaserkabeln erschaffen, und das, nachdem sie sich zur Ersteigerung der Funklizenzen finanziell exponiert haben dürften. Die wirtschaftliche Machbarkeit und das Verlangen der Wirtschaft nach einem flächendeckenden 5G-Netz stehen also irgendwie im Widerspruch. Diesem lässt sich ohne Vernunft und Kompromissbereitschaft auf beiden Seiten nicht beikommen. Ein Lösungsansatz könnte es sein, zu versuchen, das Netz gemeinsam auszubauen, um so die Kosten im Rahmen zu halten. Problemzonen, die hier hineinspielen, wie National Roaming oder eine sogenannte Dienstanbieterverpflichtung, sind zuvor möglichst zu entschärfen. ◀

**municom**<sup>®</sup>  
Technische Beratung und Distribution

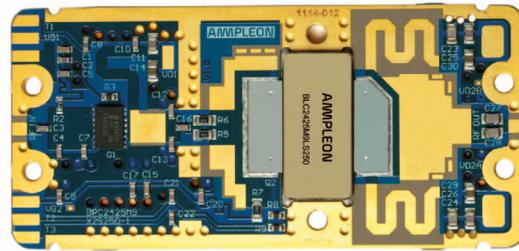
Bauelemente für die  
**Hochfrequenztechnik, Opto- und  
Industrieelektronik** sowie  
**Hochfrequenzmessgeräte**



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

ISO 9001  
BUREAU VERITAS  
Certification  
N° 1300-01M-02-001  
EN ISO 9001:2015



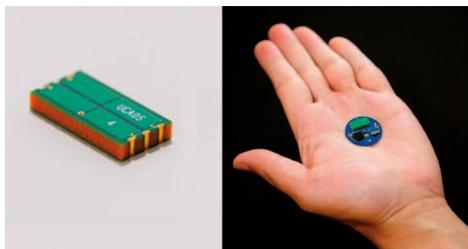


**Verstärker:**  
**Kompaktes zweistufiges  
 250-W/2,4-GHz-Verstärkermodul**

Ampleon stellte ein kompaktes zweistufiges 250-W-LDMOS-HF-Leistungsmodul vor. **21**

**Titelstory:**  
**Breitband-Verstärker und ihre Kennwerte**

Immer mehr Technologien beruhen auf Funkverbindungen und benötigen Frequenzressourcen in einem begrenzten Spektrum. Das bedeutet erhöhte Anforderungen an EMV-Tests. Eine wichtige Rolle spielen hierbei speziell dafür entwickelte Verstärker. **22**



**Antennen:**  
**Ausgezeichnete IoT-Antenne**

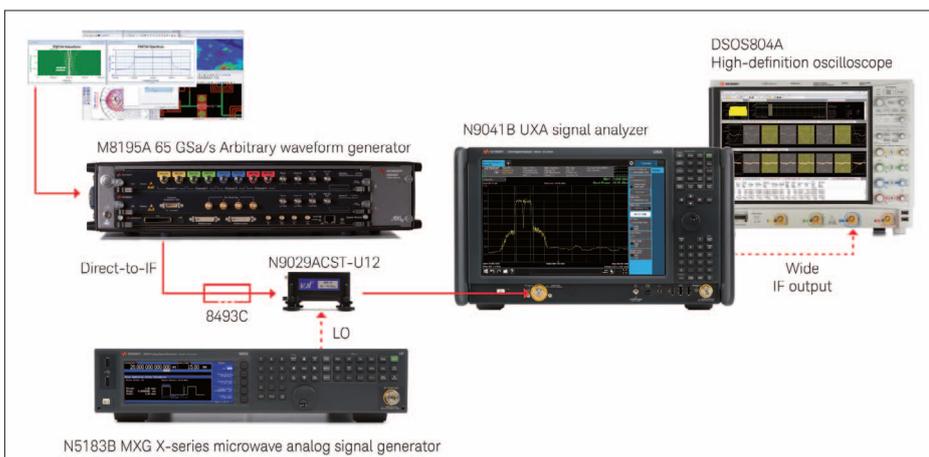
Die Firma Kyocera miniaturisierte einen Artificial Magnetic Conductor (AMC) und integrierte ihn mit Antennenfunktionen in die Antenne selbst. Das Resultat ist eine besonders dünne Bauform  $7 \times 13,6 \times 1,9$  mm für diese 2,4-GHz-Antenne. **9**



**BP SERIES | BAND PASS  
 THIN-FILM FILTERS**

**Bauelemente:**  
**Kompakte Dünnschicht-Bandpassfilter**

Die AVX Corporation präsentierte die neue BP0805-Serie an integrierten Multilayer-Dünnschicht-Bandpassfiltern, die in sehr kompakten 0805-Gehäusen untergebracht sind. **36**



**Messtechnik:**

**Präzise Tests von  
 Radarlösungen für  
 autonome Fahrzeuge und  
 Assistenzsysteme**

Keysight Technologies hat die neue, verbesserte Lösung „Automotive Radar Signal Analysis and Generation“ E8740A angekündigt. Sie ermöglicht es radarbasierten Fahrerassistenzsystemen, das Risiko von Kollisionen proaktiv zu erkennen und zu minimieren. **10**



Wireless:

## HF-Signale verlustfrei übertragen – jetzt mit erweitertem Frequenzbereich

Die optischen Übertragungssysteme von Telemeter Electronic werden benötigt, wenn HF-Signale mit wenigen Verlusten über größere Strecken übertragen werden sollen. 25



**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

### » HF-Kabel

- Semi-Rigid
- Hand bendable
- Flexible RG

### » Kabelkonfektionen

- Low Loss
- Phase Matched
- Delay Line

### » Zubehör

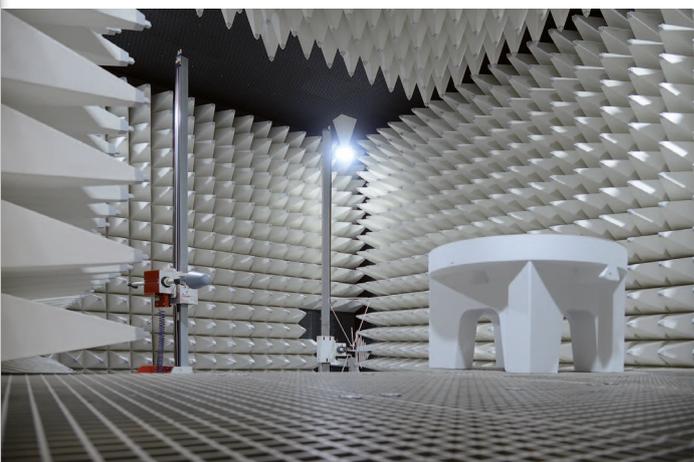
- Crimping Tool
- Adaptor Kit



Quarze und Oszillatoren:

## Fortschrittliche MEMS-OCXO-Lösung für die 5G-Infrastruktur

Zuverlässigen Einsatz von 5G-Geräten in jeder Umgebung ermöglichen die von SE Spezial-Electronic präsentierten ersten thermisch-kontrollierten MEMS-OCXOs SiT5711/12. 38



EMV:

## Digitalisierung störfrei

Das VDE-Institut eröffnet eine neue Prüfhalle für Funkstörung und EMV. Damit reagiert das Prüfinstitut auf den steigenden Bedarf der Industrie an hochwertigen EMV- und Funk-Prüfdienstleistungen. 28



CompoTEK GmbH

**CompoTEK GmbH**  
Lindwurmstraße 97a  
D-80337 München

Tel.: +49 89 54 43 23 - 0  
Fax: +49 89 54 43 23 - 21  
e-Mail: info@compotek.de  
www.compotek.de

München · Düsseldorf

## Programmierbares Lowpower-IPv6-Kommunikationsmodul



Das Funkmodul ZWIR4532 ist ein programmierbarer Lowpower-Sicherheits-IPv6-Baustein für das Internet of Things (IoT). Eigentlich ist es eine universelle Lösung für sichere Funkkommunikation bei geringer Bandbreite. Es enthält einen Arm-Mikrocontroller, einen Sub-GHz-Funktransceiver und optional die Möglichkeit zum lizenzfreien IDT-Firmware-Download. Das ZWIR4532 ist mit einem 15,6 x 12 x 2,5 mm LGA-Gehäuse erhältlich und eignet sich optimal für das Zusammenspiel mit Home-Automation-Geräten, für Fabrik-Automationsmonitore, für Umweltsensoren oder LED-Leuchten in Smart-City-Applikationen. Die zugrundeliegende Technologie ist 6LoWPAN, die mögliche Datenrate beträgt 20 bis 250 kBit/s. Weitere wichtige Daten:

- Modulation: BPSK, QPSK
- Versorgung: 1,8 bis 3,6 V
- Ausgangsleistung: -11 dBm
- Interface-Typ: I2C, SPI, UART, PWM, ADC
- Einsatztemperatur: -40 bis +85 °C

■ *Integrated Device Technology*  
[www.idt.com](http://www.idt.com)

## Miniatur-Funkmodul für GPS/Glonass/Baidu



Das ORG1518-R02 von Origin GPS ist ein miniaturisiertes Multikanal-Funkmodul für GPS/Glonass/Baidu mit SBAS, QZSS und anderen regionalen Overlay-Systemen. Sein Receiver verfolgt kontinuierlich alle

sichtbaren Satelliten, sodass eine Realzeit-Positionierungsdatenerfassung entsprechend dem Industriestandard NMEA vorliegt. Die Empfindlichkeit ist hervorragend. Die TTFF erfolgt in weniger als einer Sekunde, die Anzeigetoleranz liegt bei 2 m und die Tracking-Empfindlichkeit beträgt -165 dBm. Das Modul integriert eine proprietäre OriginGPS-Antenne, einen zweistufigen LNA, einen RF-DO, ein SAW-Filter, TCXO, RTC-Quarz und HF-Abschirmung. Es ist mit einem 18 x 18 mm großen Surface-Mount-Gehäuse lieferbar. Mögliche Applikationen sind Smart Watches, Wearable Devices und Asset Trackers. Weitere wichtige Daten:

- Kaltstartempfindlichkeit: -148 dBm
- Versorgung: 1,7...1,89 V/0,1...55 mA
- Acquisition-Strom: 45...55 mA
- Arbeitstemperatur: -40 bis +85 °C

■ *Origin GPS*  
<https://origingps.com>

## Low-Energy-Modul für Bluetooth 5.0



Das PAN1762 von Panasonic ist ein für Bluetooth 5.0 (2402...2480 MHz) geeignetes Low-Energy-HF-Modul, das auf dem Toshiba-Einchip-Controller TC35680 basiert. Der neue Standard Bluetooth 5.0 erlaubt höhere Datenraten bis 2 Mbps. Die hohe Ausgangsleistung bis zu 8 dBm und die herausragende Empfindlichkeit des TC35680 in Kombination mit dem geringen Leistungsverbrauch (gemäß LE coded PHY) machen das Modul sehr attraktiv für Applikationen, bei denen es gilt, eine große Entfernung zu überbrücken.

Dieses Modul mit ultrageringem Strombedarf ist eine optimale Möglichkeit, um batteriebetriebene Geräte zu realisieren. Seine verschiedenen Schlaf-Modes können darüber hinaus genutzt werden, um den Gesamtstromverbrauch zu minimieren. Das Modul kann in hosted Modes wie auch standalone arbeiten. Es besitzt einen 128 kB Flash-Speicher und einen 128 kB RAM für Applikationscode und Data Patches. Das Surface-Mount-Gehäuse misst 15,6 x 8,7 x 1,9 mm.

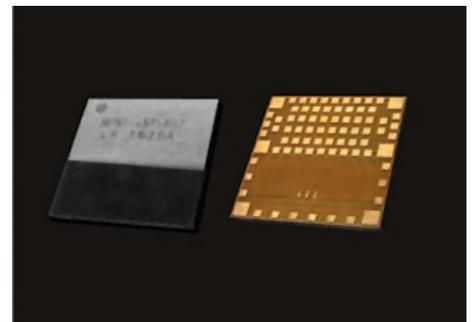
Das Modul eignet sich z.B. für Baken- und Mesh-Applikationen.

### Weitere Eigenschaften:

- Datenrate: 125 kbps bis 2 Mbps
- Versorgung: 1,8...3,6 V
- Stromaufnahme Receiving: 5,1 mA
- Stromaufnahme Transmitting: 11 mA
- Stromaufnahme Sleep: 50 nA
- Empfindlichkeit: -105 bis -94,5 dBm
- Interface-Typ: SPI, I<sup>2</sup>C, UART, PWM, ADC
- Arbeitstemperatur: -40 bis +85 °C

■ *Panasonic*  
[www.panasonic.com](http://www.panasonic.com)

## Miniaturisiertes Bluetooth-LE-Funkmodul



ISP1807 heißt ein miniaturisiertes Bluetooth-LE-Modul von Insight SIP. Es basiert auf dem Chip nRF52840 von Nordic Semiconductor und bietet einen Bluetooth 5 Stack inklusive Weitbereichskommunikation, hohem Datendurchsatz, fortschrittlicher Erweiterungen und verbesserter Koexistenzfähigkeit bei IPv6-Konnektivität, Mesh-Fähigkeit und Eignung für das IoT (Internet of Things).

Das Modul hat die NFC-Touch-to-Pair-Fähigkeit integriert und verfügt über weitere Features, welche zuvor zusätzliche Komponenten verlangten. Es arbeitet zudem nach zusätzlichen Protokollen wie ANT+, Thread und dem proprietären Nordic-2,4-GHz-Protokoll. Das ISP1807 misst 8 x 8 x 1 mm und eignet sich optimal für eine breite Palette von Applikationen inklusive Wearables, Smart-Home-Sensoren, industrielles IoT, Fernsteuerung, Gaming und Baken.

### Weitere wichtige Daten:

- Frequenz: 2360...2500 MHz
- Datenrate: 0,125...2 Mbps
- Versorgung: 1,75...3,6 V
- Strom Transmitting: 0,4...14,1 mA
- Ausgangsleistung: 8 dBm
- Empfindlichkeit: -103 bis -95 dBm
- Einsatztemperatur: -40 bis +85 °C

■ *Insight SIP*  
[www.insight-sip.com](http://www.insight-sip.com)

# Satisfy All Your RF & Microwave Amplifier Needs



**Solid State 6 To 18 GHz Single Band Amplifiers**  
**Class A Amplifiers Up to 40 Watts CW, Now With Liquid Cooling**  
Unit provides excellent gain flatness and  $\infty$  to 1 output protection.  
Ideal for EW & radiated susceptibility testing.



**Solid State 700 MHz to 18 GHz Dual Band Amplifiers**  
AR offers the widest Class A solid state frequency range coverage in a single amplifier housing. These amplifiers come in a split band configuration from 0.7 to 6.0 GHz up to 60 watts and 6 to 18 GHz up to 40 watts CW. It costs less, weighs less, and takes up less space than two separate amplifiers.



**Solid State 700 MHz to 6 GHz, Single Band Amplifiers, Hybrid Modules to 100 Watts, Benchtops to 500 Watts CW**  
Class A designs for linear applications; Class AB designs for increased power and efficiency. Applications include EW, reliability stress screening and EMC test.



**Solid State 0.8 to 4 GHz Pulsed Amplifiers**  
Octave & Sub-Octave Bandwidths & Up to 150,000 Watts  
For automotive and military EMC radiated susceptibility testing, as well as radar and communication applications. Longer reliability and shorter delivery than comparable TWTA's.



**AR's Universal Solid State Class A Amplifiers**  
10kHz - 1000MHz  
Single Band 1, 2.5, 10, 25, 50, 100 Watts  
And Now Up To 250 Watts!  
Low Cost/High Performance.

[www.arworld.us/advantage](http://www.arworld.us/advantage)



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



Mobilfunk-  
& EMV-  
Messtechnik



Schalten & Verteilen  
von HF-Signalen



Mechanik  
Präzisionsfrästeile  
& Gehäuse



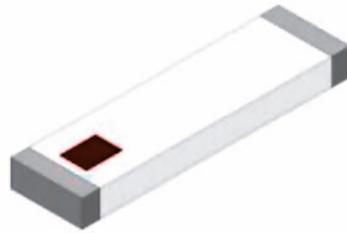
HF-Komponenten &  
Distribution von IMS  
Connector Systems

MTS Systemtechnik GmbH  
D-86690 Mertingen  
[www.mts-systemtechnik.de](http://www.mts-systemtechnik.de)



## Antennen

### Keramische LTE-Multiband-Antenne



Die 0830AT54A2200 von Johanson Technology ist eine LTE-Multiband-Antenne für 700 bis 960 MHz und für 1700 bis 2690 MHz. Die keramische Antenne weist einen Gewinn von bis zu 2 dBi auf und verträgt bis zu 3 W. Sie ist mit einem Surface-Mount-Gehäuse ausgestattet und eignet sich optimal für Anwendungen wie Zellularfunk, IoT, CAT M1 und NB-IoT. Weitere technische Daten:

- Richtcharakteristik: omni-direktional
- Gewinn: -1,6 bis 1 dBi (2 dBi Peak)
- Return Loss: 3,5...4,5 dB
- Impedanz: 50 Ohm
- Einsatztemperatur: -40 bis +85 °C

■ *Johanson Technology*  
[www.johanson-technology.com](http://www.johanson-technology.com)

### Ultrabreitbandige Basisstations-Sektorantenne



Bei der P6KHEU01-Vx-Px von Filtronic handelt es sich um eine 12-Port/65°-Ultrabreitband-Basisstations-Sektorantenne. Sie ist für die Frequenzbereiche 694...960, 1425...2200 und 1695...2690 MHz vorgesehen und unterstützt 2x2 MIMO im Lowband und 4x4 MIMO im Highband. Der Gewinn dieser Antenne wird mit bis zu 18 dBi angegeben. Eine Eingangsleistung bis 350 W an jedem Port ist zulässig. Die Antenne misst 2706 x 355 x 173 mm und ist mit Buchsen vom Typ 4.3-10 ausgestattet.

### Weitere wichtige Daten:

- vertikaler Abstrahlwinkel: 4,7...7,9°
- horizontaler Abstrahlwinkel: 65°
- Downtilt: 2...12°
- Montage: Pole Mount
- Impedanz: 50 Ohm
- SWR: 1,5
- Gewicht: 36 kg
- Einsatztemperatur: -40 bis +60 °C

■ *Filtronic, Inc.*  
[www.filtronic.com](http://www.filtronic.com)

### Multi-GNSS/Multifrequenz-UAV-Antenne



Die HA32 von Hemisphere GNSS ist eine Multi-GNSS/Multifrequenz-UAV-Antenne, welche GPS, Glonass, Galileo und Beidou unterstützt. Sie ist in der proprietären 4-Helix-Antennentechnologie ausgeführt, welche für eine exzellente Filterung und eine herausragende Anti-Jamming-Performance mit LNA-Features wie einem Rauschmaß von nur 2 dB und bis zu 30 dB Gewinn sorgt. Die HA32 ist mit einem versiegelnden Gehäuse gemäß IP67 versehen und misst 40 x 75 mm. Diese Antenne eignet sich optimal für UAVs, GIS, RTK und andere Applikationen, welche eine hochpräzise Positionierung und Navigation verlangen.

### Weitere wichtige Daten:

- Richtcharakteristik: omni-direktional
- Polarisation: RHCP
- Frequenzen: 1197...1247, 1539...1605 MHz
- Gewinn: 3 dBi
- Bänder: GPS L1/L2, BeiDou B1/B2, SBAS, Atlas L-Band
- Anschlüsse: SMA, SMA female
- Durchmesser: 40 mm

- Gewicht: 40 g
- Einsatztemperatur: -40 bis +70 °C
- Versorgung: 3,3...6 V/25 mA

■ *Hemisphere GNSS*  
[www.hemisphere-gnss.com](http://www.hemisphere-gnss.com)

## Diskrete Antenne für 4G/WiFi/ GPS



Bei der 206866-3000 von Molex handelt es sich um eine 3-in-1-Antenne für 4G, WiFi und GPS. Sie eignet sich besonders für Telematik, Fernsteuerungs-Monitoring oder Tracking. Dieser vollsymmetrische Dipol ist nach IP66 geschützt und mit einem zylindrischen Gehäuse mit den Maßen 77 mm (Durchmesser) x 15 mm versehen. Es gibt drei Anschlüsse von je 3 m Länge mit FAKRA-Konnektoren, sodass die Antenne vielseitig verwendet werden kann.

### Weitere Daten der Aktivantenne:

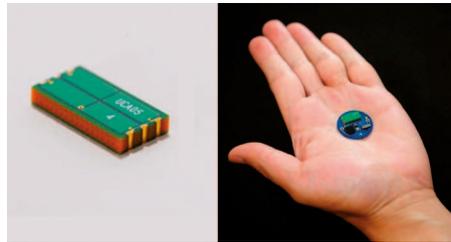
- Typ: Puck
- Amplifier Gain: 28 dB
- Frequenzen: 824...960, 1575,42...1602, 1710...2690, 2400...2483 MHz
- Kabel: RG174
- Gewinn: -2,7 bis 3 dBi
- Effizienz: 21,6...26,2%
- Return Loss: 6...10 dB
- Impedanz: 50 Ohm
- Gewicht: 180 g
- Einsatztemperatur: -40 bis +85 °C
- Versorgung: 3...5 V

■ *Molex, Inc.*  
[www.molex.com](http://www.molex.com)

## Ausgezeichnete IoT-Antenne

Die IoT-Antenne vom Typ Amcenna ist kompakt und arbeitet auch dann gut, wenn sie auf metallischem Untergrund montiert wurde. Sie erhielt auf der Messe Ceatec Japan 2018 ein Award. Die Firma Kyocera miniaturisierte einen Artificial Magnetic Conductor (AMC) und integrierte ihn mit Antennenfunktionen in die

Antenne selbst. Das Resultat ist eine besonders dünne Bauform 7 × 13,6 × 1,9 mm für diese 2,4-GHz-Antenne.



Die Antenne deckt zusammen mit IoT-Devices einen breiten Bereich an Applikationen ab. Ihre Konstruktion ist von dreifacher Spiegelung (three-fold mirrors) inspiriert.

■ *Kyocera, Inc.*  
[www.kyocera.com](http://www.kyocera.com)

## 2,4/5-GHz-Bluetooth/ WiFi-Antenne ist einfach montierbar



Die WV-COVDB2458 ist eine 2,4/5-GHz-Bluetooth/WiFi-Bandmontage-Antenne (tape mount, mit einem Klebeband zu befestigen). Der Gewinn erreicht bis zu 6 dBi, und bis zu 10 W HF-Leistung werden verkraftet. Diese für Indoor- und Outdoor-Betrieb geeignete Antenne misst 57,1 x 19 x 4,4 mm. Weitere Daten:

- Frequenzen: 2,3...2.5/4,9...5,99 GHz
- Kabel: RG316
- SWR: 2
- Impedanz: 50 Ohm
- Connectors: RP SMA, RP SMA male

■ *PCTEL, Inc.*  
[www.antenna.com](http://www.antenna.com)

## PORTABLE ISOTROPIC 3D ANTENNA ISOLOG 3D MOBILE PRO



**9 kHz - 6 GHz**

Very high gain up to 6 GHz

Two internal bypass preamps

Compatible with all analyzers



Telefon: +49 6556 9019 350  
 Mail: mail@aaronia.de  
 Web: www.aaronia.de

**MADE IN GERMANY**

## Präzise Tests von Radarlösungen für autonome Fahrzeuge und Assistenzsysteme

Keysight Technologies hat die neue, verbesserte Lösung „Automotive Radar Signal Analysis and Generation“ E8740A angekündigt. Sie ermöglicht es radarbasierten Fahrerassistenzsystemen, das Risiko von Kollisionen proaktiv zu erkennen und zu minimieren.

Die neue Version der Keysight-Lösung für die Radarsignalanalyse und -emulation E8740A in Automotive-Anwendungen basiert auf, leistungsstarken Instrumenten auf der physischen Ebene, die für jedes zu testende Radardesign erstklassige Hochfrequenz- und mmWave-Leistungstests gewährleisten, sowie einer einfach zu bedie-



nenden, intuitiven Benutzeroberfläche für maximale Produktivität.

Diese umfassende Testlösung erzeugt auch verschiedene reale Bedingungen, um mögliche Probleme mit Radarstörungen im Automobilbereich zu lösen.

Die neue Keysight Lösung zur Analyse und Erzeugung von Radarsignalen im Automobilbereich E8740A bietet:

- leistungsstarke Tools für die Erstellung von Interferenz-Testsequenzen und Testplänen auf der physischen Ebene

für Fahrzeugradar auf Basis der PathWave-Softwareplattform von Keysight

- flexible Generierung von breitbandigen mmWellen- und sonstigen Signalen (frequency-modulated continuous wave, continuous wave, orthogonal frequency division multiplexing und coded modulation)
- vordefinierter Testaufbau für Radarstandards im Automotive-Bereich

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

## Highend-Analysator mit verbesserter Analysebandbreite und HF-Performance



Rohde & Schwarz ist mit dem R&S FSW Technologieführer bei Signal- und Spektrumanalysatoren. Nun hat Rohde & Schwarz die Highend-Analysatorfamilie rundum verbessert: Ab sofort sind alle R&S-FSW-Modelle ab 26,5 GHz maximaler Eingangsfrequenz optional auch mit 2 GHz interner Analysebandbreite erhältlich. Zudem stehen optional 800 MHz Bandbreite für Echtzeitanalysen zur Verfügung. Hinzu kommen ein überarbeitetes Äußeres mit neuem Bedienkonzept sowie ein SCPI-Recorder für ferngesteuerte Testabläufe. Die etablierte Produktfamilie

der R&S FSW Highend-Signal- und Spektrumanalysatoren wird für Messungen in verschiedenen Anwendungsbereichen eingesetzt: bei Tests drahtloser Kommunikationsgeräte für 5G und Wi-Fi, bei Radaranalysen im Automotive- oder A&D-Bereich oder bei Tests an Satellitensystemen. Darüber hinaus können die Signal- und Spektrumanalysatoren zur Charakterisierung von HF-Komponenten wie Leistungsverstärker eingesetzt werden. Rohde & Schwarz hat die im Markt führende Leistungsfähigkeit der R&S-FSW-Familie nun noch weiter verbessert. So warten

die neuen Modelle des R&S FSW im Vergleich zum Vorgänger mit einem um bis zu 10 dB niedrigerem Phaserauschen auf, was zum Beispiel für die Fehlersuche bei der Modulation von 5G-Signalen im Mikrowellenbereich entscheidend ist.

Die neuen R&S-FSW-Geräte über 26,5 GHz bieten eine interne Analysebandbreite von 2 GHz. Damit können Anwender breitbandige Signale von Radarsystemen oder 802.11ad-WiFi-Signalen ohne externen Digitalisierer wie einem Oszilloskop im Messaufbau analysieren. Der R&S FSW analysiert bei Bedarf auch größere Bandbreiten als 2 GHz, was zum Beispiel bei Automotive-Radar- oder 5G-Anwendungen notwendig sein kann. Dann lässt sich die Bandbreite bei der Messung mit einem R&S FSW43 oder R&S FSW85 mit einem R&S RTO2000 Oszilloskop auf bis zu 5 GHz erweitern.

Für Echtzeitanalysen stehen jetzt 800 MHz statt bisher 500 MHz Bandbreite zur Verfügung. Die neuen Modelle des R&S FSW verarbeiten die Messsignale doppelt so schnell wie bisher

und führen über zwei Millionen FFTs pro Sekunde durch. So können sie Signale bis zu einer minimalen Dauer von nur 0,46 µs mit einer Erfassungswahrscheinlichkeit von 100% (POI, Probability of Intercept) pegelrichtig detektieren. Somit werden alle Signaldetails lückenlos erfasst. Das ist entscheidend für Transientenanalysen oder die Fehlersuche bei Hochfrequenzanwendungen.

Automatisierte Testabläufe aufzusetzen, ist mit dem SCPI-Recorder des R&S FSW nun denkbar einfach: Der Anwender bedient dazu das Messgerät wie sonst auch, der SCPI-Recorder zeichnet die entsprechenden Einstellungen auf und übersetzt sie in ein Scripting zu Ansteuerung des Gerätes. Der R&S FSW verfügt jetzt über einen kapazitiven Touchscreen und lässt sich ähnlich wie ein Smartphone bedienen. Bedienkonzept und -oberfläche wurden für diese moderne Arbeitsweise überarbeitet.

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



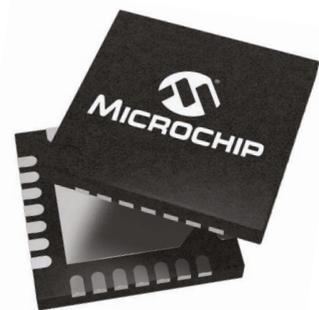
## Die Verbindung herstellen

Mit der Welt vernetzen – mit und ohne Kabel

Sie sind tagsüber genug gefordert. Microchip ist sich dessen bewusst, weshalb wir die Datenanbindung Ihres Designs einfacher machen. Ob Sie eine robuste und zuverlässige Kabelverbindung oder die Mobilität und den Komfort einer Funkverbindung benötigen – das umfangreiche Angebot von Microchip hilft Ihnen, die Verbindung herzustellen.

Unsere MCUs und MPUs sind so ausgelegt, dass sie zu unseren kabel- und funkbasierten Bausteinen kompatibel sind. Mit unseren zertifizierten Modulen und produktionsfertigen Protokoll-Stacks können Sie Ihre Produkte schnell auf den Markt bringen.

Vernetzen Sie sich mit Microchip und erfahren Sie, wie Sie eine sichere Verbindung mit der Welt um Sie herum herstellen können.



SMART | CONNECTED | SECURE

**Verbindung herstellen unter**  
[www.microchip.com/Connected](http://www.microchip.com/Connected)

# Software Release ermöglicht erhöhte Produktivität für 5G-Smartphones



Anritsu hat die Veröffentlichung von zwei neuen Softwareoptionen zum Auswerten von 3GPP-konformen 5G Sub6 GHz New Radio (NR)-Endgeräten angekündigt, die den Bereich der Softwareoptionen für das Universal Wireless Test Set MT8870A erweitern. Die neuen Softwarepakete unterstützen vollautomatisch und branchenweit schnellste Non-Signalling 3GPP-definierte 5G NR Sub-6 GHz TRx-Tests, die den reibungslosen Rollout von 5G-Diensten durch Verbesserung der Serienproduktion von Endgeräten und Chipsätzen vereinfachen sollen.

Anritsu Corporation  
www.anritsu.com

Obwohl die 3GPP-5G-NR-Spezifikationen die Nutzung eines

Frequenzbandes bis 52,6 GHz in der frühen Einführungsphase definieren, wird wohl das Sub-6GHz-Spektrum am häufigsten genutzt. Dieses Band hat den Vorteil, dass es Dienste mit ähnlichen Frequenzeigenschaften wie 4G LTE anbietet, wie beispielsweise die Mobilität und die weite Flächendeckung. Dies wird voraussichtlich bis 2020 eine Schlüsselrolle in 5G-Systemen spielen. Daher wird erwartet, dass die Lieferanten von 5G-Geräten einen steigenden Bedarf an Test- und Messgeräten haben werden, die die zukünftige Serienproduktion in diesem Sub-6GHz-Band unterstützen.

Mit einem lückenlosen Frequenzband von bis zu 6 GHz und einer Bandbreite von 160 MHz als Standard, unterstützt der MT8870A 3GPP-definierte 5G-NR-Sub-6GHz-Tests ohne Hardware-Upgrades. Dadurch können Anwender mit dem MT8870A die Funktionen ihres Gerätes problemlos erweitern, um die 5G-Sub-6GHz-Tests zu unterstützen und ohne das zusätzliche Kosten für die Geräte entstehen. Die 3GPP-Organisation schlug im Dezember 2017 die ersten 5G-NR-Spezifikationen als Teil des 3GPP-Release 15 vor. Die weltweiten Telekom-

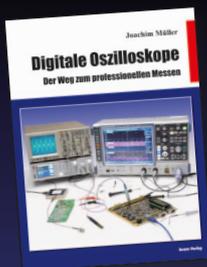
munikationsbetreiber treiben die praktischen Tests voran, um Anfang 2019 mit kommerziellen Diensten beginnen zu können.

Das MT8870A ist ein Messgerät für die Serienproduktion verschiedener Arten von Mobilfunk-Kommunikationsgeräten, -anlagen und -modulen. Bis zu vier Hochleistungstester können in einer Haupteinheit integriert werden, wobei jede einzelne Testeinheit unabhängig voneinander parallel arbeitet, um bis zu vier Mobilfunkgeräte und -module gleichzeitig mit branchenweit schnellster Geschwindigkeit zu messen und auszuwerten. Die MT8870A-Plattform unterstützt zudem das Durchführen kontinuierlicher Tests von 4G + 5G + IEEE 802.11ax + Bluetooth-5-Funktionen, die jetzt üblicherweise in den Mobilfunkgeräten der nächsten Generation integriert sind, um die Fertigungslinien zu optimieren und um die Testkosten zu senken.

## Die neuen Softwarepakete umfassen

- NR TDD sub-6GHz-TX-Messungen-Uplink MX887019A
- NR TDD sub-6GHz-Millimeterwellen-Downlink MV887019A ◀

## 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: Geconnt 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)

# **LTCC** **WIDEBAND** **XFORMERS & BALUNS**



## **240 MHz - 18 GHz**

- Case Styles as small as 0603
- Power Handling up to 3W
- Rugged Construction for Harsh Environments
- Outstanding Repeatability



[www.minicircuits.com](http://www.minicircuits.com) P.O. Box 350166, Brooklyn, NY 11235-0003 (718) 934-4500 sales@minicircuits.com 602 RevOrig\_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

**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)

## NTT DOCOMO nimmt offiziell das 5G NR HF-Testsystem an



Die Anritsu Corporation freut sich bekanntgeben zu können, dass sich NTT DOCOMO offiziell entschieden hat, das 5G New Radio HF-Konformitätstest-System in Form der ME7873NR-Plattform von Anritsu als das erste von NTT DOCOMO genutzte 5G NR HF-Testsystem anzunehmen.

Anritsu kann auf dem Gebiet der Durchführung von Endgeräte-Abnahmetests auf eine lange Geschichte der Zusammenarbeit mit NTT DOCOMO zurückblicken, was dazu geführt hat, dass sich das Unternehmen zukünftig die Nutzung dieses ME7873NR-Plattform entschieden hat. Wenn NTT DOCOMO dieses neue System mit seinen vorhandenen Testplattformen des Typs ME7834NR für 5G NR-Mobilfunkendgeräte kombiniert, werden die im Unternehmen stattfindenden Endgeräte-Abnahmetests sowohl HF- als auch Protokolltests in vollem Umfang unterstützen, wodurch ein

stabiles Rollout von 5G-Diensten sichergestellt wird.

Die HF-Testplattform ME7873NR zielt auf derzeit in der Entwicklung befindliche 5G NR-Endgeräte ab und unterstützt sowohl HF-Konformitäts- als auch Endgeräte-Abnahmetests. Die Plattform ist gemäß GCF und PTCRB als 5G NR-Testplattform TP250 für 3GPP-spezifizierte Zertifizierungstests von mobilen Endgeräten im 5G HF-Bereich zugelassen.

Ferner deckt der Einsatz in Kombination mit der Over-the-Air (OTA)-Absorberkammer, die sich derzeit in gemeinsamer Entwicklung befindet, und mit HF-Konvertern die 3GPP-spezifizierten 5G-Frequenzbänder ab, darunter Sub-6-GHz- und Millimeterwellen Messungen von Nebenaussendungen.

■ Anritsu Corporation  
www.anritsu.com

## Von ISS bis Deep Space - Faszination Weltraumfunk

Aus den Medien erfährt man immer wieder von neuen Raumfahrt-Missionen. Da geht es um Entfernungen, Reisegeschwindigkeiten, Instrumente, Forschungsziele und Zeithorizonte. Doch wie die gewonnenen Daten auch von der Raumsonde zur Erde übermittelt werden, bleibt meist unerwähnt. So ist beispielsweise die Gemeinsamkeit fast aller Missionen, das Deep Space Network der amerikanischen Raumfahrtbehörde NASA, in der Öffentlichkeit kaum bekannt. Dieses Buch stellt es näher vor und beschreibt, wie Satelliten, Raumstationen, Raumsonden und Lander mit der Erde kommunizieren. Dazu dienen ausgewählte Satellitensysteme und Raumfahrt-Missionen als anschauliche Beispiele. Und zum Schluss erfährt der Leser noch, welche Überlegungen etwa für eine Kommunikation über interstellare Distanzen angestellt werden müssen, wie man sich auf realistische Weise dem Thema SETI nähert und was für eine Rolle Laser-Strahlen und Quanten bei der Kommunikation im Weltraum für eine Rolle spielen.

### Aus dem Inhalt:

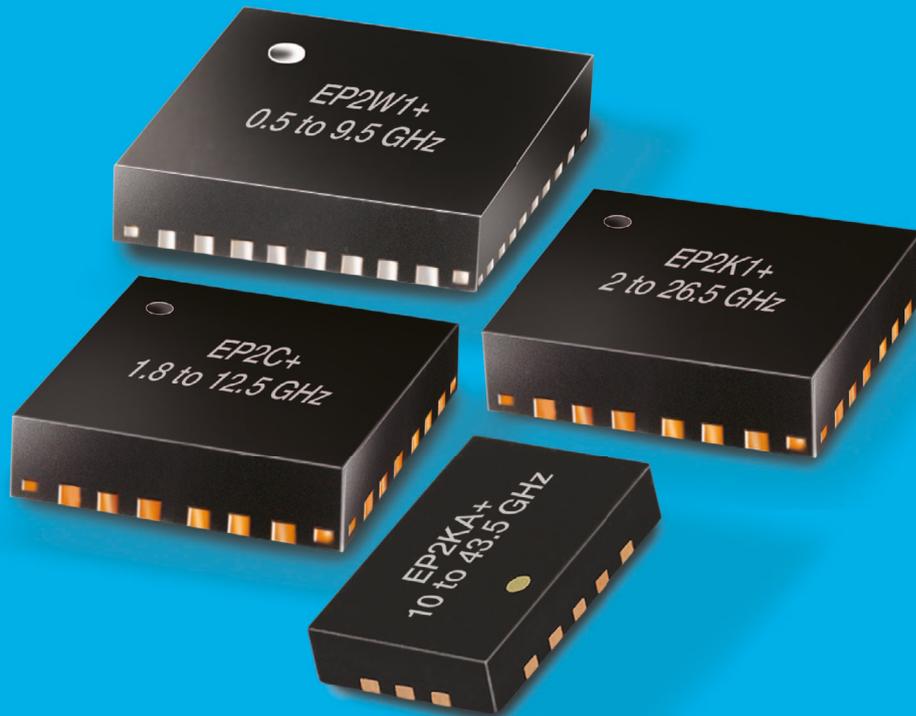
- Das Dezibel in der Kommunikationstechnik
- Das Dezibel und die Antennen
- Antennengewinn, Öffnungswinkel, Wirkfläche
- EIRP – effektive Strahlungsleistung
- Leistungsflussdichte, Empfänger- Eingangsleistung und Streckendämpfung
- Dezibel-Anwendung beim Rauschen
- Rauschbandbreite, Rauschmaß und Rauschtemperatur
- Thermisches, elektronisches und kosmisches Rauschen
- Streckenberechnung für geostationäre Satelliten
- Weltraumfunk über kleine bis mittlere Entfernungen
- Erde-Mond-Erde-Amateurfunk
- Geostationäre und umlaufende Wettersatelliten
- Antennen für den Wettersatelliten
- Das „Satellitentelefon“ INMARSAT



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

- Das Notrufsystem COSPAS-SARSAT
- So kommuniziert die ISS
- Kommunikation mit den Space Shuttles
- Das Deep Space Network der NASA
- Die Send- und Empfangstechnik der Raumsonden u.v.m.

# MMIC SPLITTER/COMBINERS



## up to 43.5 GHz

**THE WIDEST SURFACE MOUNT BANDWIDTHS IN THE INDUSTRY!**

- Power handling up to 2.5W
  - Insertion loss, 1.1 dB typ.
  - Isolation, 20 dB
-  <sup>NEW</sup> EP2KA+, 2.5x3.5x0.85mm
  -  EP2K-Series, 4x4x1mm
  -  EP2W-Series, 5x5x1mm

 **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) 596\_Rev\_Orig

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)

# Analyse optischer PAM4-Signale bis zu 53 Gbaud



Die Anritsu Corporation gab die Verfügbarkeit eines Firmware-Updates als Download für das Sampling-Oszilloskop BERT-Wave MP2110A bekannt. Die neue Firmware verdoppelt die maximal analysierbare Symbolrate von PAM4-Signalen von 26 Gbaud auf 53 Gbaud und ist speziell für Produktionstests und Inspektionen optischer Module ausgelegt. Damit unterstützt das MP2110A, auch durch dessen ausgezeichnete Messempfindlichkeit und –geschwindigkeit, das Testen und Prüfen optischer QSFP-DD Transceiver – sowohl

in der Entwicklung als auch in der Fertigung. Diese neue Generation von Transceivern wird zukünftig in Datenzentren eingesetzt.

## Hintergrund

Die rapide Zunahme des Datenverkehrs, etwa aufgrund von weit verbreiteten Flatrate-Videostreaming und anderer Cloud-Dienste, erfordert von den Anbietern die Verwendung immer schnellerer Datenschnittstellen – über die derzeit gängigen 100 Gbit/s hinaus. Die ersten 200/400-GbE-

Schnittstellen der neuen Generation erscheinen derzeit auf den Markt. Auch werden anstelle der älteren NRZ-Technologie zunehmend PAM4-Signale verwendet. Während derzeitige Optikmodule, wie beispielsweise das CFP8, optische PAM4-Signale mit 26 Gbaud nutzen, verarbeiten die demnächst massenproduzierten QSFP-DD- und QSFP-Module optische PAM4-Signale mit bis zu 53 Gbaud. Der BERT-Wave MP2110A ist ein All-in-One-Messgerät mit integriertem Mehrkanal-Bitfehlerraten-Tester (BERT) und Sampling-Oszilloskop, welches Bitfehlerraten-Messungen (BER), Augendia-gramm-Analysen einschließlich Maskentests und Pattern-Analyse ermöglicht. Es besteht durch seine hohe Abtastgeschwindigkeit von 250.000 Abtastungen pro Sekunde und einen rauscharmen (3,4  $\mu$ W), hochempfindlichen optischen Eingang. Sowohl ein BERT als auch ein Sampling-Oszillos-

kop sind für die Evaluierung optischer Module für Kommunikationssysteme erforderlich. Neben der NRZ-Technologie unterstützt der MP2110A PAM4-Signalmessungen – einschließlich TDECQ. Das ermöglicht hochwertige und effektive Evaluierungen optischer Module mit Datenraten von 25 bis 400 Gb/s. Das Gerät wird dank seiner hohen Messgeschwindigkeit und der PAM4-Analysefunktionen eine Schlüsselrolle bei der Produktivitätssteigerung in der Fertigung optischer Module spielen. Darüber hinaus erspart die jetzt verfügbare Gbaud-Verdopplung zur Evaluierung der neuen optischen Module Investitionskosten in neue Messgeräte. Die 53-Gbaud-Analysefunktion, die mit diesem Upgrade hinzugefügt wurde, ist Bestandteil der PAM4-Signalanalyse-Softwareoption (MP2110A-095).

■ Anritsu Corporation  
www.anritsu.com

## Testumgebung gemäß den Spezifikationen in GOST 33470 Kapitel 9

Die Anritsu Corporation hat bekanntgegeben, dass sie zusammen mit dem eSIM-Testlösungs-experten Comprion eine eSIM-OTA-Testumgebung unter Einsatz des Anritsu-Netzwerksimulators MD8475A und des Comprion-eUICC-Profile-Managers entwickelt hat. Die Prüfung der Testumgebung erfolgte bei Svyaz-sertificat, einer der zuständigen Zertifizierungsstellen in Russland, die umfassende Dienstleistungen im Bereich der Zertifizierung anbietet.

## Hintergrund:

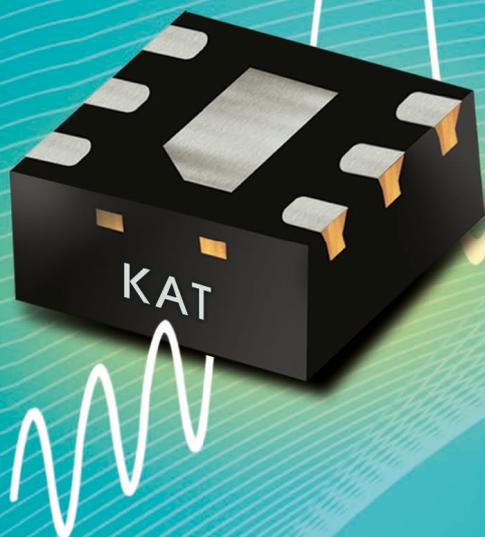
Seit Januar 2017 müssen alle neuen Fahrzeuge in der Eurasischen Wirtschaftsunion (EAEU) mit dem Notrufsystem ERA-Glonass ausgestattet sein. Die Zertifizierung für diese Notrufsysteme basiert auf den russischen GOST-R-Systemspezifikationen, wobei GOST 33470 die Testmethoden für Mobilfunkkommunikation von Notrufgeräten und -systemen im Fahrzeug abdeckt. Das neu hinzugefügte Kapitel 9 wird die



SIM-OTA-Tests ab Januar 2019 verbindlich vorschreiben. Anritsu und Comprion bieten eine Testlösung für das Remote Provisioning und Management der Embedded UICC (eUICC) in IVS-Geräten (In-Vehicle System) an. Die Testlösung entspricht der Testspezifikation GSMA SGP.02 v.3.1 und ist konform zu den entsprechenden Standards (GOSTs) und Vorschriften. Eine eSIM ermöglicht die Änderung des Kartenprofils (eine Kombination von Dateistruktur, Daten und Anwendungen, die Zugang zu einem bestimmten Mobilfunknetz ermöglichen) per OTA. Dies ist besonders attraktiv für den Automobilmarkt, da es extrem schwierig ist, eine bereits im IVS eines Fahrzeugs eingebaute SIM-Karte physikalisch aus-

zutauschen. Die Tests wurden in einer Labor-Testanordnung über die Luftschnittstelle durchgeführt. Dabei wurde der Anritsu-MD8475A-Signaltester, der mit der SmartStudio-MX847570A-Software ausgestattet war, durch den Comprion-eUICC-Profile-Manager gesteuert. Dieser simulierte die Remote-Management-Server SM-SR und SM-DP (Subscription Manager Secure Routing and Subscription Manager Data Preparation). Während der Tests, die gemäß GOST 33470-2015 Kapitel 9 durchgeführt wurden, hat die gemeinsame Lösung alle der in Ziffer 118 von Anhang 10 zur Technischen Regelung der Zollunion (CU TR) 018/2011 und GOST 33464-2015 definierten Testprozeduren erfolgreich abgeschlossen. Die Testszenarien enthielten eine Reihe von Funktionen, die das Herunterladen eines neuen Profils auf eine eUICC prüfen sowie den Inhalt des Profils verifizieren.

■ Anritsu Corporation  
www.anritsu.com



# ***SURFACE MOUNT ATTENUATORS***

# ***DC-43.5 GHz***

- 2x2mm Plastic QFN and Bare Die
- Attenuation Values from 1 to 30 dB



[www.minicircuits.com](http://www.minicircuits.com) P.O. Box 350166, Brooklyn, NY 11235-0003 [sales@minicircuits.com](mailto:sales@minicircuits.com) 594 Rev OR\_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)

## Mit neuer Plattform 5G NR Full Stack IODT erreicht



Die Anritsu Corporation gab bekannt, dass der Geschäftsbereich System LSI von Samsung das 5G NR-Full Stack-IODT (Interoperability Development Testing) erfolgreich abgeschlossen hat – mit dem von Samsung kürzlich angekündigten Exynos Modem 5100 und unter Nutzung der marktführenden Mobilfunkverbindungs-Teststation MT8000A und der Protokolltest/HF-Messsoftware von Anritsu.

Samsung  
<http://news.samsung.com>

Anritsu Corporation  
[www.anritsu.com](http://www.anritsu.com)

Dies verdeutlicht Anritsus Unterstützung von Full-Stack-Konnektivitätstests mithilfe

des 5G-NR-Benutzerendgeräte-Modems von Samsung, wodurch ein Beitrag zur Entwicklung von 5G-NR-Benutzerendgeräten für ein frühes Rollout von 5G-Diensten geleistet wird.

### Die Plattform MT8000A

von Anritsu ermöglicht Protokolltests und HF-Messungen bei hochmodernen Technologien für 5G NR flexibler und schneller als andere Lösungen. Der Rapid Test Designer (RTD) von Anritsu als Lösung für auf grafischer Benutzeroberfläche (GUI) basierenden Protokolltests simuliert verschiedene Protokollsequenzen und Parameter, sowohl für 5G NR als auch für LTE-Advanced (LTE-A) sowie für vorhandene Bestandstechnologien. Nunmehr können sowohl Hersteller von UE-Modems als auch von Benutzerendgeräten gleichermaßen mit nur einer einzigen Lösung auf modernste 5G- und 4G-Tests zugreifen, wodurch Entwicklungsteams bei ihrer Zusammenarbeit zum Erreichen einer kosteneffizienten Testdurchführung und einer termingerechten tatsächlichen Bereitstellung von 5G und 4G unterstützt werden.

### Ideale Testlösungen

„Anritsu liefert ideale Testlösungen für unsere führende 5G-Technologie“, sagte Woonhaing Hur, Vice President System LSI Protocol Development bei Samsung Electronics. „Die von Anritsu bereitgestellten Lösungen haben uns geholfen, unsere Implementierung des Mobilfunkstandards 5G schnell voranzubringen und sind maßgeblich an unseren Fortschritten im Bereich 5G beteiligt, wie früher auf dem LTE-A-Gerätemarkt.“

„Anritsu ist erfreut, dass Samsung weiterhin sein Vertrauen in Anritsu setzt, wenn es darum geht, die Umsetzung modernster Funktionen in Samsung-Endgeräten zu verifizieren“, sagte Yoshiyuki Amano, Vice President des Unternehmens Anritsu. „Diese Zusammenarbeit zeigt einmal mehr, dass Anritsu Spitzentechnologien liefert, die Hersteller von 5G-Mobilfunkendgeräten dabei unterstützt, ihre Produkteinführungszeiten zu verringern – ein wichtiger Erfolgsfaktor in diesem wettbewerbsintensiven Markt.“ ◀

## Mikrowellen-Spektrumanalysator für Feld und Labor

Die erfolgreiche R&S Spectrum Rider FPH Familie von Rohde & Schwarz hat Verstärkung bekommen: Es stehen nun drei weitere Grundgeräte mit Frequenzen von 5 kHz bis 6 GHz, 13,6 GHz und 26,5 GHz zur Verfügung. Der R&S Spectrum Rider FPH war der erste Handheld-Spektrumanalysator auf dem Markt mit kapazitivem Touchscreen und einem einzigartigen Konzept zur Frequenzerweiterung über Keycodes. Da Upgrades keine Ausfallzeiten verursachen und keine Neukalibrierung erforderlich machen, können Kunden ihr Grundgerät jederzeit problemlos erweitern, etwa von 26,5 GHz auf 31 GHz.

Dank der neuen Modelle mit höheren Frequenzen erweitert sich das Einsatzgebiet des robusten R&S Spectrum Rider FPH um zusätzliche Messaufgaben. In Verbin-



dung mit einer Reihe nützlicher Optionen ist der R&S Spectrum Rider FPH beispielsweise ein praktisches Werkzeug, um die Signalübertragung über 5G-, Broadcast-, Radar- und Satelliten-Verbindungen zu verifizieren. So unterstützt das Instrument Anwender im Feld und im Labor bei tagtäglichen Messaufgaben zum Beispiel im

Bereich A&D oder Broadcasting, beim Testen von Mobilfunknetzen, bei Aufgaben von Regulierungsbehörden, aber auch im Bildungsbereich.

Mit einem Gewicht von nur 2,5 kg ist der R&S Spectrum Rider FPH optimal für den mobilen Einsatz. Die Batterie hat eine Laufzeit von über sechs Stunden, sodass das Gerät einen ganzen Arbeitstag ohne Aufladen durchhält. Der Analysator kann über USB oder LAN ferngesteuert werden. Mit der R&S MobileView App für iOS oder Android lässt sich das Gerät sogar von einem mobilen Endgerät bequem fernbedienen. Weitere Informationen finden sich unter: [www.rohde-schwarz.com/spectrum-rider](http://www.rohde-schwarz.com/spectrum-rider)

■ Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG  
[www.rohde-schwarz.com](http://www.rohde-schwarz.com)

## 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



# Oszilloskope mit herausragender Signalintegrität



Keysight Technologies hat seine neue Infiniium-UXR-Serie von Oszilloskopen angekündigt, deren Modelle analoge Bandbreiten von 13 bis 110 GHz abdecken und eine bisher unerreichte Signalintegrität bieten. Aufgrund ihrer Skalierbarkeit werden die Oszilloskope heutigen und zukünftigen Anforderungen gerecht und gewährleisten so einen umfassenden Investitionsschutz.

Die neue Infiniium UXR-Serie von Keysight ermöglicht es Designern serieller und optischer Hochgeschwindigkeitslösungen dieser und der nächsten Technologiegeneration, schnell umfassende Designs mit höheren Margen zu erstellen und so die Markteinführung ihrer Innovationen zu beschleunigen. Hervorragende Leistungsmerkmale, kombiniert mit einer großen Auswahl an Bandbreiten, machen die Infiniium-UXR-Serie zur optimalen Lösung für Ingenieure und Designer, die mit beliebigen Generationen von DDR-, USB-, PCIe- oder anderen seriellen Technologien sowie PAM4, 5G, Radar, Satellitenkommunikation und optischen Designs arbeiten.

Die neue Infiniium-UXR-Serie von Keysight bietet sehr geringes Grundrauschen und eine hohe vertikale Auflösung, um sicherzustellen, dass die Messungen nicht durch Oszilloskop-Rauschen beeinträchtigt und die Signale präzise dargestellt werden. Dadurch sind die Augendiagramme deutlich offener, und es können echte Margen und die reale Leistung ermittelt werden.

Die Modelle mit Bandbreiten von 13 bis 110 GHz ermöglichen es Designern, die Markteinführung ihrer Innovationen zu beschleunigen:

- 10 Bit vertikale Auflösung und branchenführende Signalintegrität für eine überlegene effektive Bitanzahl (ENOB), was zu schnelleren Konformitätstests mit höheren Margen führt

- Abtastraten von 256 GSa/s pro Kanal bei 40- bis 110-GHz-Modellen und 128 GSa/s pro Kanal bei 13- bis 33-GHz-Modellen, die eine genaue Rekonstruktion von Hochgeschwindigkeitssignalen ermöglichen bzw. bieten:
- bis zu vier Kanäle mit voller Bandbreite und weniger als 35 fs (rms) intrinsischem Jitter zwischen den Kanälen, die genaue Timing- und Skew-Messungen ermöglichen
- optionales Selbstkalibriermodul, das eine kontinuierliche Messgenauigkeit gewährleistet und es ermöglicht, das Gerät seltener außer Betrieb zu nehmen
- Chipsatz, der auf einem von Keysight entwickelten Indiumphosphid (InP)-Prozess basiert, der eine außergewöhnlich große Bandbreite und extrem geringes Rauschen ermöglicht

Keysight hat zudem zwei weitere Lösungen angekündigt, die in Kombination mit den Oszilloskopen der Infiniium-UXR-Serie eine komplette End-to-End-Lösung vom Stimulus bis zur Analyse für PAM4 und 400G, 600G sowie kohärente optische Verbindungsdesigns im Terabit-Bereich darstellen. Zu diesen Lösungen gehören:

- optischer Modulationsanalysator (OMA) N4391B – ein kompaktes, oszilloskopbasiertes OMA, das speziell für komplexe Messaufgaben in der optischen Datenübertragung und im Terabit-Bereich entwickelt wurde
- Arbitrary Waveform Generator (AWG) M8194A mit 120 GSa/s – Keysights schnellster AWG, liefert eine neue Ebene der Stimulus-Leistung für die Erzeugung anspruchsvoller Formate wie 64 GBaud 64QAM und andere Breitbandmodulationsverfahren

■ Keysight Technologies Deutschland GmbH  
[www.keysight.com](http://www.keysight.com)

## EMV-Testsoftware mit erweitertem Funktionsumfang

Mit der neuen R&S-Elektra-EMV-Testsoftware lässt sich die Messung elektromagnetischer Störaussendungen vollständig automatisieren. Durch die Erweiterung um Störfestigkeitstests deckt die Software ab sofort neben entwicklungsbegleitenden Messungen auch die Anforderungen der Zertifizierung von Produkten nach internationalen Normen ab. Dies sorgt für eine optimale Nutzung leistungsstarker moderner EMV-Messgeräte und effizientere Abläufe in EMV-Laboren.



Rohde & Schwarz stellt neue Optionen vor, die den Einsatz der etablierten R&S-Elektra-EMV-Testsoftware-Familie für weitere Applikationen ermöglichen. Laboranwender und EMV-Ingenieure in verschiedensten Branchen, in Testhäusern und in Regierungsbehörden können damit die Messung elektromagnetischer Störungen in hohem Maße automatisieren und bei der Entwicklung und Zertifizierung von kommerzi-

ellen, Automotive- und A&D-Produkten Zeit und Kosten einsparen.

Mit neuen Softwareoptionen zur Messung der Störfestigkeit gegenüber geleiteten und gestrahlten Störungen nach zivilen Standards spricht R&S Elektra nun erstmals auch Ingenieure an, die die HF-Störsicherheit elektronischer Produkte prüfen möchten. Dank vordefinierter Bibliotheken für gängige EMV-Normen und automatischer

Erkennung angeschlossener Geräte kann der Anwender schnell mit der Messung beginnen. Die modern und übersichtlich gestaltete grafische Bedienoberfläche, die für hochauflösende Bildschirme und Touch-Bedienung auf Handheld-Geräten optimiert wurde, erlaubt schnellen Zugriff auf wichtige Funktionen ohne komplizierte Navigation durch mehrere Fenster. Auf dem Dashboard, das mit Favoriten, einer Keyword-Suche und Funktionen zum Taggen und Filtern wichtiger Elemente ausgestattet ist, behält der Anwender stets den Überblick. Die gleichzeitige Durchführung von Messungen und Erstellung von prüflingsspezifischen Messplänen mit dem neuen Messplan-Editor sorgen für schnelles und effizientes Arbeiten. Bei der Planung, Durchführung und Auswertung der Messungen steht dabei stets der Prüfling im Mittelpunkt.

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

## Testlösung für die Serienfertigung von 5G-Basisstationen



Keysight hat den 5G-Multi-band-Vektor-Transceiver Keysight S9100A angekündigt. Die S9100A ist eine kompakte und skalierbare Testlösung für die Serienfertigung von 5G-Basisstationen. Die neue Lösung ermöglicht es Herstellern von Netzwerkgeräten Volumentests von 5G-New-Radio-Infrastrukturgeräten zu rationalisieren und so die Bereitstellung von 5G-Netzwerken zu beschleunigen. Die Testlösung von Keysight nutzt gängige Hard- und Software-Plattformen einschließlich PathWave von Key-

sight, die die neuesten 3GPP 5G NR Standards (Rel. 15.2.0) unterstützen.

### Einfacher Übergang

Dies ermöglicht den Herstellern von drahtlosen Geräten einen einfachen Übergang von der Validierung des F&E-Designs über die Integration und Verifizierung bis hin zur Serienfertigung. Es bietet auch die Skalierbarkeit, die Netzwerkgeräte-Hersteller benötigen, um komplexe 5G-Designs kostengünstig und schnell sowohl im Sub-6GHz

(FR1) als auch im mmWave (FR2) Frequenzbereich zu validieren – über die Luftschnittstelle wie auch in leitungsgebunden Testumgebungen.

### PXIe-Vektor-Transceiver

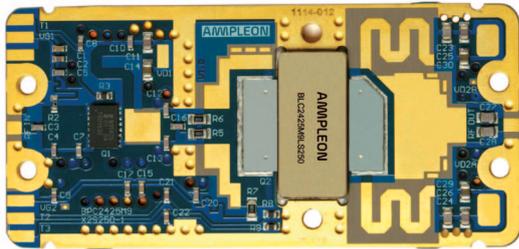
Der S9100A verwendet den neuen PXIe-Vektor-Transceiver (VXT) Keysight M9410A und bietet hohe HF-Leistung in einem kompakten modularen Design für eine verbesserte Effizienz und Skalierbarkeit im Fertigungstest. Der VXT von

Keysight unterstützt Bandbreiten bis zu 1,2 GHz, kombiniert mit leistungsstarken mmWave-Transceiverköpfen, um bestmögliche Error Vector Magnitude (EVM) und Adjacent Channel Leakage Ratio (ACLR) Leistung über FR1 und FR2 auf kleinstem Raum zu liefern.

„Die Einführung der Testlösung von Keysight für die Serienfertigung von 5G-Basisstationen ermöglicht es Netzwerkgeräte-Herstellern auf der ganzen Welt, die 5G-Produktion hochzufahren“, sagt Giampaolo Tardioli, Vice President der Network Access Group von Keysight. „Die Skalierbarkeit über Sub-6GHz und Millimeterwellen, das kompakte Design und die überlegene HF-Leistung des S9100A bieten dem Anwender einen klaren und schnellen Weg von der Designvalidierung bis zur Serienfertigung.“

■ Keysight Technologies  
Deutschland GmbH  
www.keysight.com

## Kompaktes zweistufiges 250-W/2,4-GHz-Verstärkermodul



Ampleon stellte das kompakte zweistufige 250-W-LDMOS-HF-Leistungsmodul BPC 2425M9X2S250-1 vor. Das hocheffiziente Modul wurde für industrielle, wissenschaftliche und medizinische (ISM) Hochleistungsanwendungen im CW-Betrieb (Continuous Wave) entwickelt, die im Frequenzband von 2,4 bis 2,5 GHz arbeiten. Das Modul misst 72 x 34 mm und bietet einen Temperatursensor zur Überwachung und Steuerung seiner Temperatur, eine hochmoderne Multilayer-Platine mit integriertem Wärmeverteiler und führende LDMOS-Technologie. Es verfügt außerdem über 50-Ohm-Eingang und -Ausgang, was das Design-in vereinfacht.

Das HF-Leistungsmodul BPC2425M9X2S250-1 ist eine kompakte und leichtgewichtige Lösung, deren Einsatz den gesamten Systementwicklungs- und Fertigungsprozess vereinfacht, da sich damit die Anzahl der Bauelemente verringert und der Platzbedarf minimiert. Dies ist ein wesentlicher Aspekt jedes platzbeschränkten Produktdesigns.

Beim Betrieb an 32 V DC bietet das Modul eine Spitzenleistung von 290 W (CW) bzw. 300 W (gepulst) sowie einen Wirkungsgrad von 59% (CW) bzw. 61% (gepulst) und eine Verstärkung von 31 dB. Mögliche HF-Hochleistungsanwendungen sind industrielle Heiz- und Trocknungssysteme, Plasma-Leuchten und halbleiterbasierte (HF-)Backöfen. Jedes Modul wird während der Fertigung umfassend DC-, HF-getestet

und geröntgt. Kunden können damit hohe Qualität, Zuverlässigkeit und Beständigkeit in ihren Endprodukten erzielen.

■ *Ampleon Netherlands B.V.*  
[www.ampleon.com](http://www.ampleon.com)

## Breitbandiger Low-Noise-Verstärker



Der M.50008G2144VV von Elite RF ist ein breitbandiger Low-Noise-Verstärker für 0,5 bis 8 GHz. Seine Verstärkung erreicht bis zu 44 dB und sein Rauschmaß beträgt 1,5 dB. Der Verstärker liefert eine Leistung von über 20 dBm an 8 bis 18 V<sub>DC</sub>. Die Abmessungen des Moduls betragen 3,5 x 3 x 1 Inch. Das Class-A-Modul eignet sich optimal für CW/Digital/Pulse-Signale und allgemeine Anwendungen. Dieses Produkt hat eine Garanzzeit von fünf Jahren.

Weitere Spezifikationen:

- Gain Flatness : ±1 dB
- Noise Figure: 1,4...2,1 dB
- P1dB: 18...22 dBm
- IP3: 33 dBm
- Sättigungsleistung: 20...24 dBm
- SWR: 2

■ *Elite RF*  
[www.eliterf.com](http://www.eliterf.com)

5G

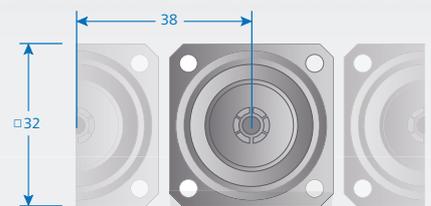
2.2-5 Serie

## Kleinere HF Steckverbinder für immer größere Datenmengen

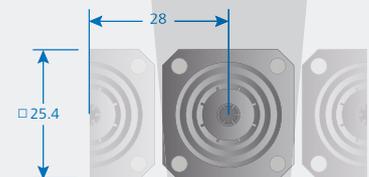


53% kleiner als die 4.3-10 Serie

7-16 Serie  
IEC 61169-4



4.3-10 Serie  
IEC 6169-54



→ -48%

2.2-5 Serie  
IEC 46F/394/NP



→ -53%

# Breitband-Verstärker und ihre Kennwerte

Immer mehr Technologien, wie Drogen, mobiles Internet, medizinische Überwachung, Internet of Things oder autonomes Fahren, beruhen auf Funkverbindungen und benötigen Frequenzressourcen in einem begrenzten Spektrum. Das unerwünschte Resultat ist ein gestiegenes Potential für gegenseitige elektromagnetische Beeinflussungen. Diese können kleine Abweichungen, aber auch komplette Blockierungen in Produkten, Verfahren und Systemen verursachen. Daher wachsen die Anforderungen an die EMV. Das bedeutet auch erhöhte Anforderungen an EMV-Tests. Eine wichtige Rolle spielen hierbei speziell dafür entwickelte Verstärker. In diesem Beitrag werden die Charakteristika solcher Verstärker von einem renommierten Hersteller näher definiert.



The foundation for proper selection amplifier is in understanding critical amplifier specifications. While amplifiers have a broad spectrum of specification parameters, there are a few key parameters to keep in mind relating to EMC testing. These parameters and their relevance to EMC testing are shown on Table 1.

### Amplifier Input Requirements

How much input power is required to achieve full rated

output power is a common concern when choosing an amplifier, AR and other amplifier manufacturers have specified an input of 1 mW (not the case for every manufacturer). While the rated input power is defined as 1 mW, most amplifiers provide rated output power with less than 1 mW input. This is because the specified value will often have built-in conservatism.

AR Amplifier typical input levels:

- Signal Generator: 1 mW (0 dBm)
- Max input before damaging amplifier: 13 dBm (20 mW)
- Function Generator: 1 mW (224 mV on 50 ohms)
- Note: Pay close attention to an amplifier's maximum input. It

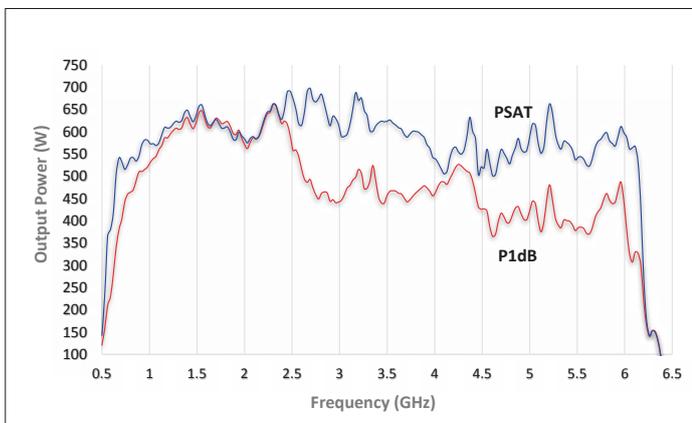


Figure 1: Performance of the AR Model 500S1G6 amplifier. This amplifier operates over the 700 MHz to 6 GHz frequency range

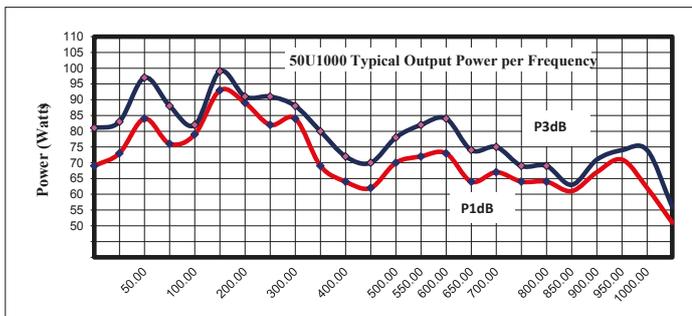


Figure 3: Example of P1dB & P3dB levels

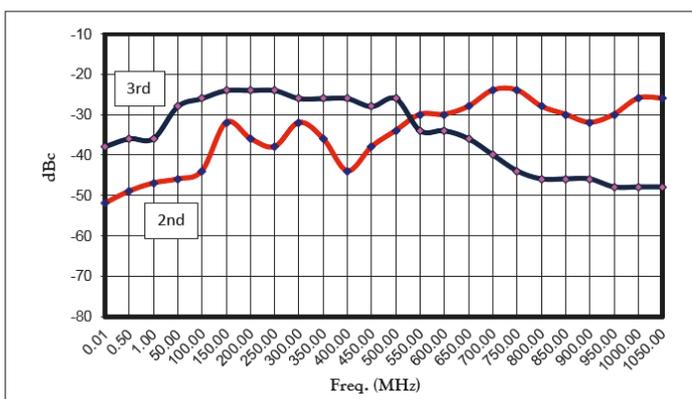


Figure 4: Typical harmonics @ 20 W, AR Model 25U100

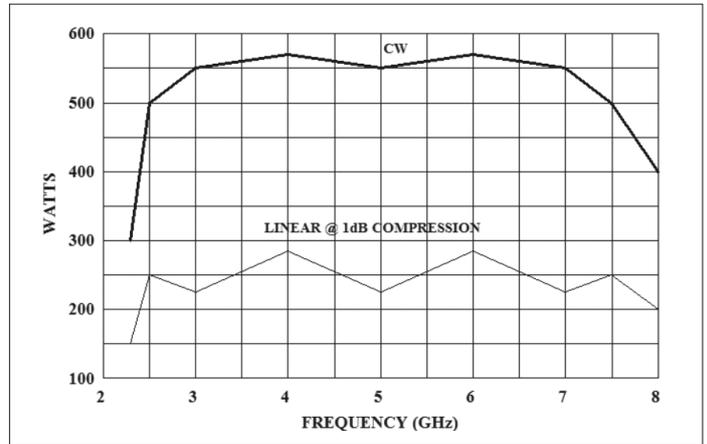


Figure 2: Example of TWTA 500T2G8 output power over frequency

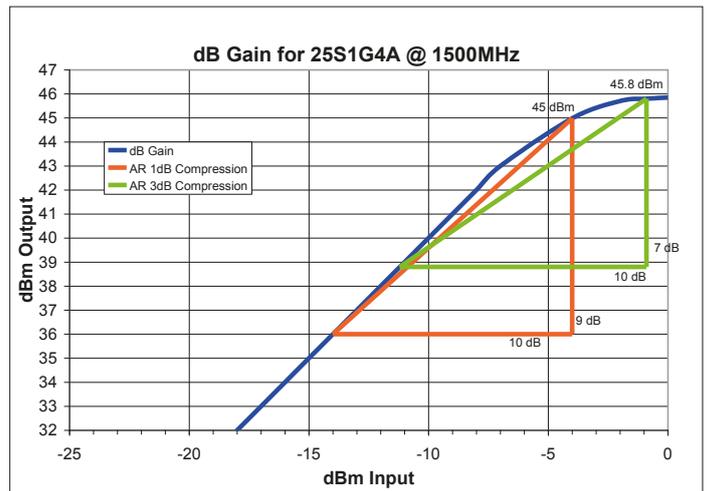


Figure 5: Linearity characteristics

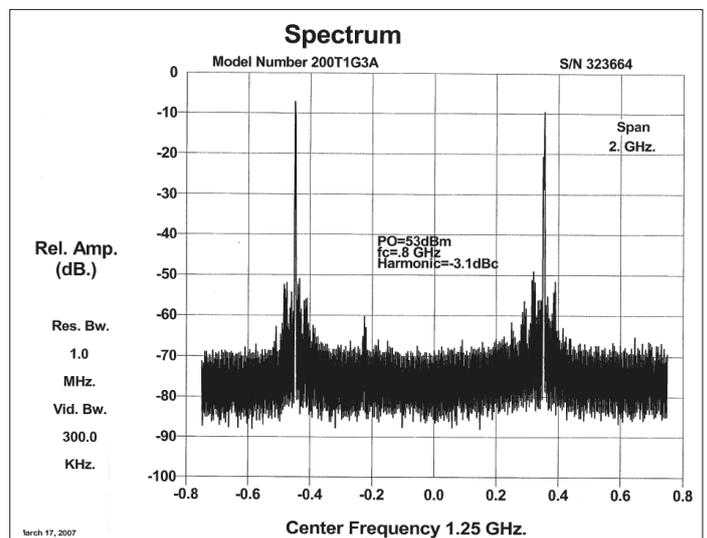


Figure 6: Fundamental signal and harmonic, Model 200G1T3A

Parameter	Definition	Relevance
Frequency Response	Instantaneous operational frequency band	Some solid-state amps will operate just outside of the band with significant power reduction (Figure 1), whereas TWTAs have much harder cutoff due to waveguide (Figure 2).
Rated Output Power	Power generated by amp at 1 mW (0 dBm) input	Important power rating for applications where there are not strict linearity requirements (MIL/DO/Automotive). 'Rated' power is similar to (but not necessarily) 'Saturated' power.
Power Output @ 1 dB Compression	Power generated by amp at the 1 dB compression point	Important power rating for applications where there are strict linearity requirements (IEC/EN). Can be considered the top-end of linear power. Amp saturation increases after P1dB. Shown in Figure 3 is an example of P1dB and P3dB levels.
Harmonic Distortion	Amplitude of harmonic distortion produced by amp	Majority of AR amps are -20 dBc @ P1dB, see Figure 4. Many test specifications require at least -6 dBc. See App Note #60.
Gain	Extent to which an analog amplifier boosts a signal, usually expressed in terms of power	Many amplifier factors are a result of an amplifier's gain, such as output power, size, and the power required to operate that amplifier. Gain is called S21 using S-parameter terminology.
Flatness	Flatness specifies how much the amplifier's gain can vary over the specified frequency range.	Variations in the flatness can cause distortion of signals passing through the amplifier.
Efficiency	Ratio between the power of the output and total power consumption	Although Class A amplifiers are inherently inefficient, design techniques can improve amplifier efficiency as seen by AR's amplifiers which are smaller and require less input power than other amplifiers equivalently rated.
Pulse Capabilities	Limitations on Pulse Width, Pulse Rate and Duty Cycle	Pulsed SSPAs and TWTAs produce higher-peak power than CW-power, but are limited in how much RF can be passed through amp. See App Note #39.
Mismatch Tolerance	Ability of an amplifier to handle un-matched loads and thus varying amounts of reflected power	In EMC applications, especially at lower frequencies, transducers (antennas/clamps etc.) can be a very poor match to 50 ohms. Field reflections/standing waves can cause significant reflected power as well. During test, it is important to continue to deliver forward power as well as protect the amp from reflected power damage. See App Note #27.

**Table 1: Amplifier Specification Definitions (TWTA Traveling Wave Tube Amplifier, SSPA Solid State Power Amplifier)**

varies by vendor and possibly by model family.

## Amplifier Output Requirements

The input signal strength has a profound effect on the amplified output signal. It determines the operating region and thus, the degree to which the amplifier output is compressed. Ideally, an amplifier will simply amplify the input signal without adding any additional signals or artifacts. Unless operated in the extreme linear region, amplifiers will distort the input to some degree. The extent to which the amplifier affects the input signal is a function of the output compression. The higher the amplitude of the input signal, the risk of higher the output compression



**HIRF Test System**

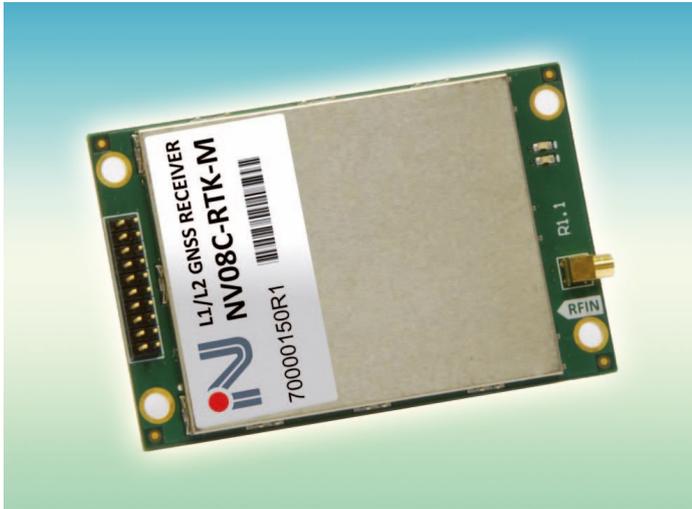
increases. At the 1dB compression point there may be a slight flattening at the top and bottom of a CW sine wave signal. As the amplifier is driven further into

saturation, additional distortion will become apparent and eventually the CW input signal will approach a square wave output. Distortion creates new unwanted

signals at frequencies not present at the input of the amplifier, as observed in the frequency domain with a spectrum analyzer. The 1 dB and 3 dB compression points are shown in Figure 5. Figure 6 shows the effect of driving a TWTA amplifier into saturation. This figure shows the harmonic having only a slightly lower amplitude compared to the fundamental signal. This situation causes unnecessary problems for the test engineer. ◀

*Quelle:  
Application Note #77  
Specifying RF/Microwave  
Power Amplifiers for EMC  
Testing  
AR RF/Microwave  
Instrumentations  
info@arworld.us  
www.arworld.us*

## NVS – zwei brandneue GNSS-Empfänger



Die NVS Technologies AG ist CompoTEKs Partner für GPS- und GNSS-Produkte. Die zwei aktuellsten Produkte aus dem Hause NVS sind zum einen der GNSS-Empfänger NV08C-RTK-MA, zum anderen die smarte RTK-Antenne SmartAgro SA-101 für Präzisionsanwendungen in der Landwirtschaft.

### NV08C-RTK-MA

Zunächst ist der Empfänger NV08C-RTK-MA ein vollintegrierter Satellitennavigationsempfänger, der für präzise RTK-Positionierung und Lagebestimmung entwickelt wurde. Der

Sensor unterstützt GPS, GLO-NASS (L1 & L2), SBAS und Galileo (L1) und kann mit der kombinierten Nutzung der L1- und L2-Frequenzbänder eine Genauigkeit auf dem cm-Level erreichen.

Er weist zwei Modi auf, mit denen er als Basisstation oder auf einem Fahrzeug/Flugobjekt arbeiten kann. Für die Lagebestimmung (Roll-, Nick- und Gierwinkel/Heading) steht eine integrierte MEMS-IMU zur Verfügung. Eine On-board-Multipath-Filterung sowie weitere Fehlerfilter sind bereits inklusive. Der Empfänger unterstützt dabei die NMEA 0183-

und RTCM 3.x-Kommunikationsprotokolle und ist in einem weiten Temperaturbereich von -40 bis +85 °C optimal einsetzbar. Bei voller Funktionalität, also RTK-Navigation inklusive L1 & L2-Heading-Bestimmung wird eine Leistung von 900 mW verbraucht. Die erreichte Sensitivität im RTK-Fall beträgt dabei -137dBm. Mit einem Formfaktor von 71 x 46 x 8,1 mm ist der vollintegrierte Sensor zudem äußerst kompakt. Der Empfänger ist optimal für Anwendungsbereiche geeignet, die platzsparende GNSS-Empfänger mit hoher Genauigkeit benötigen, allerdings auch auf einen niedrigen Leistungsbedarf angewiesen sind. Optimale Anwendungsmöglichkeiten finden sich dementsprechend beispielsweise im Baugewerbe, im Bergbau, in der Umweltüberwachung, in der Regelung und Automation, der Präzisions-Landwirtschaft, in Drohnen oder anderen UAVs sowie in der 3D-Kartografie.

### SmartAgro SA-101

Der SmartAgro SA-101 ist hingegen ein Einstiegs-RTK-Empfänger mit schneller CPU. Er ist für präzise Positionsbestimmungen in der Landwirtschaft entwickelt worden. Erneut wird die Verwendung als Basisstation



oder auf einem Fahrzeug unterstützt. Der SA-101 ermöglicht die Steuerung von unter anderem Traktor-Autopiloten und Sämaschinen sowie Bewässerungsanlagen. Neben einer RTK-Positionsbestimmung über GPS/GLONASS/SBAS (L1) stehen zahlreiche Kommunikationsmöglichkeiten zur Verfügung: Es werden GSM, LoRa, Wi-Fi und Bluetooth unterstützt, USB, RS-232 sowie RS-485 stellen die vorhandenen Schnittstellen dar. Auch hier ist zusätzlich zum GNSS-System eine IMU verfügbar, um eine genaue Lagebestimmung zu ermöglichen. Die Sensitivität beträgt im RTK-Modus ebenso -137 dBm, der erlaubte Temperaturbereich reicht von -20 bis +65 °C. Mithilfe eines Magnet-Kits stellt die Erstinstallation des 165 x 65 mm großen Moduls keinerlei Probleme dar.

■ CompoTEK GmbH  
[www.compotek.de](http://www.compotek.de)

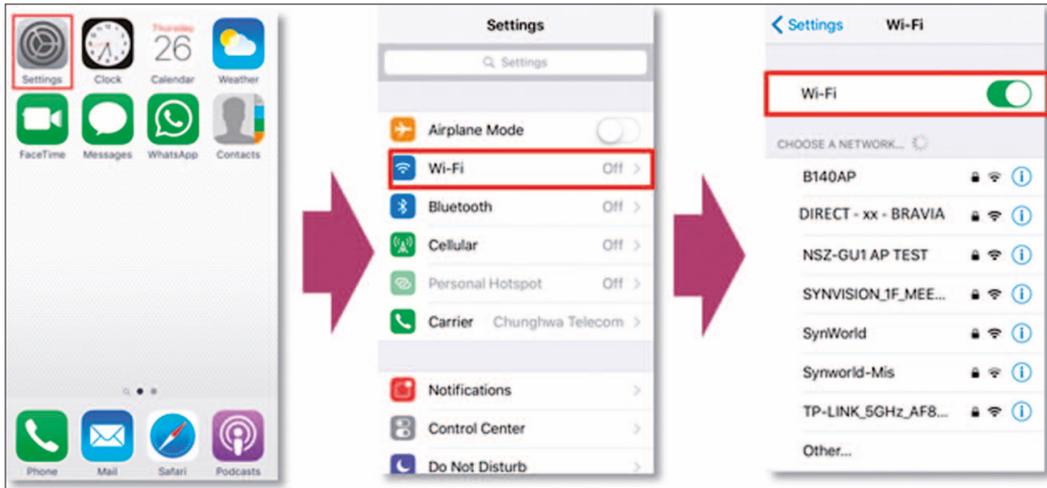
## HF-Signale verlustfrei übertragen – jetzt mit erweitertem Frequenzbereich

Die optischen Übertragungssysteme von Telemeter Electronic werden benötigt, wenn HF-Signale mit wenigen Verlusten über größere Strecken übertragen werden sollen. Die neuen Geräte bieten nun einen erweiterten Frequenzbereich von 100 MHz bis 18 GHz. Außerdem hat der Kunde die Wahl zwischen einer ein- oder zweikanaligen Ausführung, einem Tx-Modul inklusive integriertem Akku und dem Rx-Modul im 19-Zoll-Rack-Design.

■ Telemeter Electronic GmbH  
[www.telemeter.info](http://www.telemeter.info)



# WiFi, WLAN, WPA & Co.

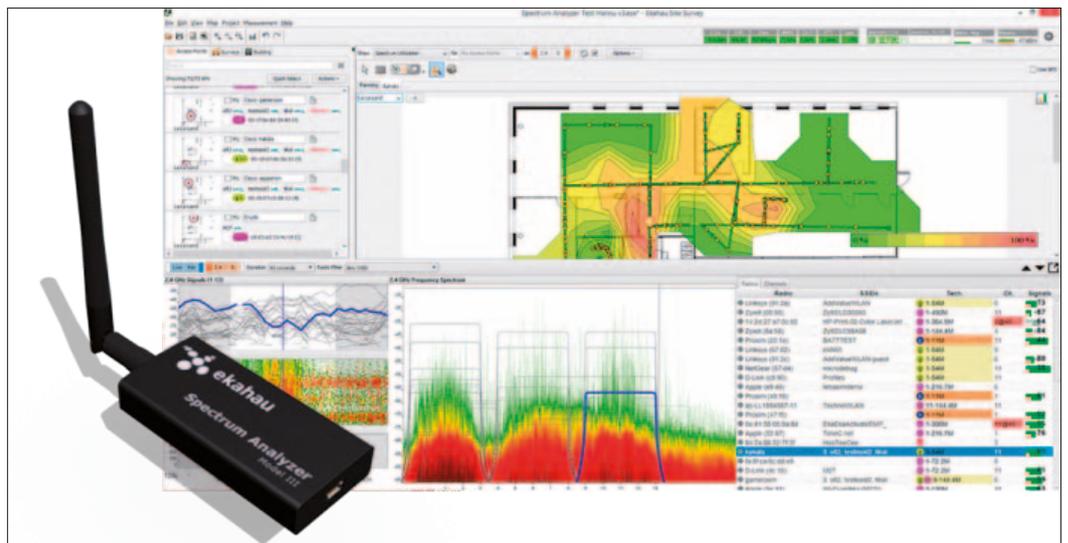


WiFi und Mobilfunk verschmelzen: Verwenden der WiFi-Direct-Funktion mit einem iPhone (Sony)

für WLAN, doch das Wireless Local Area Network bezeichnet das Funknetzwerk, WiFi hingegen die Zertifizierung durch die WiFi-Alliance anhand des Standards IEEE-802.11. WPA schließlich steht für WiFi Protected Access und ist ein Sicherheitsstandard für Computer mit einer WiFi-Funkverbindung. WPA ist die Verbesserung des ursprünglichen Security-Standards für Wi-Fi WEP (Wired Equivalent Privacy), der als nicht mehr sicher gilt.

Die WiFi Alliance wurde 1999 unter dem Namen Wireless Ethernet Compatibility Alliance (WECA) gegründet und 2002

Die Begriffe hängen eng miteinander zusammen. Der ganze Themenbereich ist immer noch im Wandel. Aktuelle Neuerungen sind WPA3 und WiFi 4 bis 6. Ein Überblick



Entdecken, orten und beseitigen von WiFi-Interferenzen mit dem Ekahau WiFi Spectrum Analyzer (Werksbild)

WiFi bezeichnet sowohl ein Firmenkonsortium, das Geräte mit Funkschnittstellen zertifiziert, als auch den zugehörigen Markenbegriff. In Analogie zu HiFi

gebildet, ist WiFi ist ein für Vermarktungszwecke erfundener Kunstbegriff. Das Wi steht sicher für Wireless, das Fi für Fidelity. Oft dient WiFi als Synonym

umbenannt. Die WiFi Alliance zertifiziert die Produkte verschiedener Hersteller auf der Basis des IEEE-802.11-Standards, sodass der Betrieb untereinander gewährleistet ist (Interoperabilität). Diese Produkte erhalten das WiFi-Zertifikat und dürfen das entsprechende Logo tragen. Allerdings stellt ein fehlendes WiFi-Logo nicht zwangsläufig eine Abweichung vom Standard dar. Ein standard-konformes Produkt ohne Logo wurde nur nicht zur Prüfung eingereicht. Die WiFi-Alliance umfasst über 300 Unternehmen als Mitglieder.

## Bedrohungen für die WLAN-Sicherheit

Die unzureichende Sicherheit im internen Unternehmens-WLAN ist ein Grund, sich Sorgen zu machen. Neben neuen Bedrohungen, vor allem aus dem Mobilbereich,

sind natürlich auch die alten Angriffsmethoden eine latente Gefahr. Ein E-Handbook bietet dazu Information und Tipps. Es ist erreichbar über:

[www.searchnetworking.de/definition/WPA-WPA2-WiFi-Protected-Access](http://www.searchnetworking.de/definition/WPA-WPA2-WiFi-Protected-Access)

Zum Thema „WLAN absichern und neue Bedrohungen abwehren“ finden sich Links auf:

[www.elektronik-kompodium.de/sites/net/2009011.htm](http://www.elektronik-kompodium.de/sites/net/2009011.htm)



Ein WiFi Audio Streaming Receiver (Werksbild)

### WiFi Protected Access (WPA)

beruht auf einer fortschrittlichen Datenverschlüsselung und bietet die Authentifizierung für Anwender. Nach der Verabschiedung von IEEE 802.11i erweiterte die WiFi Alliance den Standard WPA um eine zweite Version WPA2. Der wesentliche Unterschied ist die Verschlüsselungsmethode. Während WPA das weniger sichere TKIP (Temporary Key Integrity Protocol) verwendet, kommt in WPA2 das sichere AES zum Einsatz. Der Advanced-Encryption-Standard ist ein Algorithmus für die symmetrische Blockverschlüsselung (Blockchiffre) wichtiger Informationen. AES ist weltweit in Soft- und Hardware implementiert, um sensible Daten zu verschlüsseln.

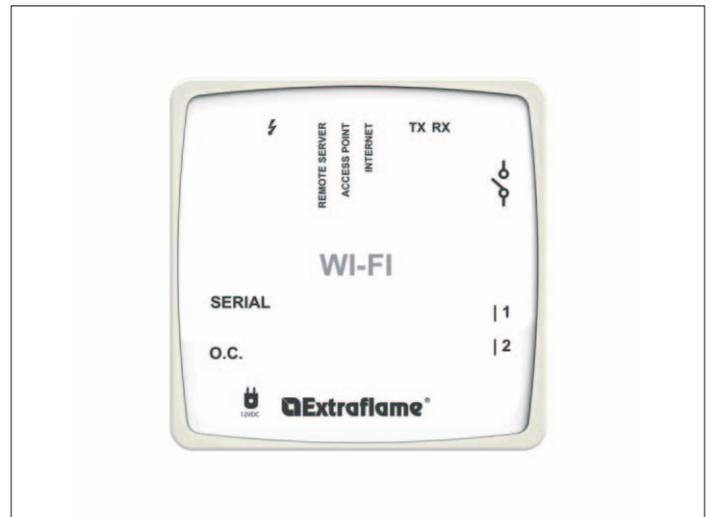
Die Version WPA2 ist selbst bei Heimanwendern Standard. Jeder Heim-Router wird per Voreinstellung mit WPA2 als Verschlüsselung ausgeliefert. Im professionellen Bereich ist WPA2 praktisch vollständig etabliert.

Die starke Anwender-Authentifizierung basiert auf dem Standard 802.1x und dem EAP (Extensible Authentication Protocol). WPA hängt von einem zentralen Authentifizierungsserver wie zum Beispiel RADIUS (Remote Authentication Dial-In User Service) ab.

WPA2 lässt sich derzeit nur mit sogenannten Brute-Force-Angriffen knacken. Das Passwort kann auch per Wörterbuchangriff erraten werden (Dictionary Attack). Um diesen Angriffen zu begegnen, sollte man ein möglichst langes und komplexes Passwort verwenden. Selbst Heim-Router bieten eigentlich stets die Möglichkeit von WPA2-PSK (Pre-Shared Key) an. In diesem Fall meldet sich das Client-Gerät mithilfe eines Passworts am drahtlosen Netzwerk an.

Das Sicherheitskonzept von WPA beruht auf der Trennung von Benutzer-Authentifizierung, Nachrichtenverschlüsselung und Integritätssicherung. Schlüssel werden regelmäßig neu erstellt. Verschiedene Schlüssel gibt es für verschiedene Anwendungen. Der Master Key bildet nur die Grundlagen für die Schlüssel-erzeugung.

Im Jahr 2018 wurde der Nachfolger WPA3 spezifiziert, der einige Fehler, die bei der Implementierung entstehen können, beseitigt. Außerdem wurde WPA3 an die aktuelle Sicherheitslage angepasst. WLAN ist nun auch in besonders geschützten Bereichen wie Regierungseinrichtungen oder dem Militär möglich. Bis der WPA3-Standard flächendeckend zum Einsatz kommt, wird allerdings noch etwas Zeit vergehen. Die komplette Umstel-



Modul für die Fernsteuerung via WiFi-System (Werksbild). Das Gerät nutzt den Internet-Anschluss am Aufstellungsort

lung der Produktion erfolgt vermutlich ab 2019.

### Im Oktober 2018

gab die WiFi Alliance bekannt, dass die Funknetze in Zukunft WiFi 4, WiFi 5 und WiFi 6 genannt werden sollen, um den Nutzern die unterschiedlichen Standards einfacher zu machen. WiFi 4 steht dabei für den IEEE 802.11n-Standard, WiFi 5 für den Standard 802.11ac und WiFi 6 für den neuen Standard 802.11ax. Die dahinter stehende Absicht ist, Anwendern den opti-

malen Einsatz zu erleichtern. Jede der neuen Generation bietet neue Features und bessere Eigenschaften als der Vorgänger, wie höhere Geschwindigkeit, gesteigerten Durchsatz oder bequemere Anwendung. Hierzu gehört auch ein verbessertes User Interface (UI).

Mit dem Beginn von Wi-Fi 6 hat die WiFi Alliance ein überarbeitetes Zertifikationsprogramm angekündigt, WiFi Certified 6™, um auch hier eine hohe Qualität und problemlose Interoperabilität sicherzustellen. **FS**



Die Mini HD WiFi Camera DCS 8000LH (dlink)

# Digitalisierung störfrei: VDE-Institut eröffnet neue Prüfhalle für Funkenstörung und EMV



Damit reagiert das Prüfinstitut auf den steigenden Bedarf der Industrie an hochwertigen EMV- und Funk-Prüfdienstleistungen.

„Immer mehr Geräte und Anlagen sind miteinander über Bluetooth oder WLAN miteinander vernetzt. Ist die elektromagnetische Verträglichkeit eines Gerätes gestört, beeinflusst es andere Geräte oder Anlagen und verursacht unzulässige Netzrückwirkungen. Kurzum: Die digitale Transformation in Gesellschaft und Industrie ist ohne funktionierende und störteste Funkkommunikation – und das auf allen Frequenzbereichen – nicht möglich“, erklärte Wolfgang Niedziella, Geschäftsführer des VDE-Instituts heute in Offenbach. Das VDE-Institut verfügt bereits über mehrere EMV-Hallen, darunter eine große 10-m-Absorberhalle. „Allerdings sind alle Prüfräume seit langem voll ausgelastet. Durch den Neubau erhöht sich unsere Kapazität deutlich und wir können die verstärkte Nachfrage der Industrie bedienen. Zudem benötigen unsere Kunden zunehmend sehr kurzfristig eine Übersichtsmessung im Rahmen ihres Entwicklungsprozesses“, sagte Niedziella. Mit der neuen Prüfhalle könne das unabhängige Institut diesen Service jetzt verstärkt anbieten, da die Messung dank modernster Messtechnik deutlich schneller erfolgt.

## Leistungsstarke Messtechnik mit hoher Bandbreite

Die Vollabsorberhalle des VDE-Instituts ist mit der aktuell leistungsstärksten Messtechnik ausgerüstet, die für dieses Prüfsegment auf dem Markt erhältlich ist. Die Daten sprechen für sich: Mit einem Zeitbereichs-Messgerät mit sehr hoher Bandbreite (> 600 MHz) sowie der Vollabsorbertechnik kann die gestrahlte Störaussendung sowohl von Standgeräten, als auch von Tischgeräten gemessen werden. Und das mit einer sehr hohen Messgeschwindigkeit im Frequenzbereich von 30 MHz bis 18 GHz. Messungen bis 40 (67) GHz sind mit der Anlage ebenfalls möglich. Mit der Einrichtung kann das VDE-Institut insbesondere die Prüf- und Messanforderungen der Richtlinie für Funkanlagen (RED, 2014/53/EU) für die Hersteller abdecken.

## Fokus liegt auf Komponenten, Geräten, Systemen

Bei der Integration von Funkmodulen in Maschinen, Haushaltsgeräten, Installationsschaltern oder Leuchten sind genaue Vorgaben zu beachten. So müssen die abgestrahlten Kenngrößen der in eine neue elektromagne-

tische Umgebung eingebauten Funkmoduleneinheit nachgewiesen werden, denn der Prüfnachweis auf Modul- oder Bauteilebene ist alleine nicht ausreichend. Für diese Art von Geräten bietet die Vollabsorberhalle beste Voraussetzungen, da sie unter anderem über zwei fest eingebaute Antennenmasten verfügt.

Die Messung der Kenngrößen kann deshalb ohne Antennenwechsel bis in den hohen GHz-Bereich vorgenommen werden. Die Halle ist zusätzlich speziell für den Frequenzbereich oberhalb von 1 GHz optimiert worden und bietet eine hohe Messqualität. In der Vollabsorber-

halle können die VDE-Experten ferner auch Funkmodule und Geräte mit Funk in den gängigen Frequenzbereichen (WLAN, ZigBee, Z-Wave, Bluetooth) gemeinsam mit dem ebenfalls neuen, hochmodernen Funk-Testsystem vollständig prüfen. Die mit der neuen Anlage erstellten Antennen-Richtdiagramme ermöglichen es den Herstellern, die Empfangsqualität und Reichweite ihrer Geräte im Entwicklungsprozess zu optimieren.

■ VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik und Informationstechnik  
[www.vde.com](http://www.vde.com)

## Dreiphasen-EMC-Filter in Buchform



EMV-Filter leisten auf der AC-Netzseite von Wechselrichtern einen wertvollen Beitrag zur Einhaltung der Normen und erhöhen die Systemzuverlässigkeit und -stabilität. Mit der Einführung der neuen Serien FN 3287 und FN 3288 stellt Schaffner einmal mehr die kompaktesten am Markt verfügbaren Produkte in dieser Klasse vor. Sie basieren auf innovativer Technik, gepaart mit einem neuen Designkonzept um damit für eine Vielzahl von Anwendungen wirtschaftliche EMV-Lösungen zu realisieren.

Schaffner lanciert diese neuen Dreiphasen-Standardfilter für den Einsatz mit Wechselrichter

und Antriebsumrichter. Diese innovativen Filter sind nicht nur optimal für Werkzeugmaschinen und sonstige Industriemaschinen geeignet, da klein und leistungsstark zugleich.

Für die Einhaltung der verbindlichen EMV-Normen erzielt man nicht nur die besten Resultate, wenn die EMV-Filter schon beim Start der Design-in-Phase von neuen Maschinen und Installationen mit einbezogen, sondern kann damit Aufwand, Zeit und Kosten einsparen.

Die von Grund auf neukonstruierten Filter reduzieren die Montagefläche auf ein Minimum.

Zudem sind die Anschlussklemmen im Gehäusevolumen integriert, um den Anschlussbereich frei zu halten.

Mit den Serien FN 3287 und FN 3288 bietet Schaffner extrem kompakte Lösungen für eine Vielzahl von unterschiedlichen Anwendungen an, welche sowohl über Standard- wie auch hohe Dämpfungseigenschaften verfügen. Zusätzliche Varianten mit speziell geringen Ableitströ-

men sind ergänzend erhältlich. FN 3287 und FN 3288 gibt es in elf Stromgrößen. Beide Produktreihen sind für 480 V<sub>AC</sub> und die FN 3288 sind auch für 690 V<sub>AC</sub> oder IT-Netzwerke einsetzbar.

Alle Filter sind gemäß CE, UL, CSA und ENEC zertifiziert sowie RoHS-konform.

■ *Schaffner Gruppe*  
*Schaffner Holding AG*  
[www.schaffner.com](http://www.schaffner.com)

Internationale Fachmesse mit Workshops  
für Elektromagnetische Verträglichkeit  
Stuttgart, 19. – 21.03.2019

## Europas führende Veranstaltung zur Elektromagnetischen Verträglichkeit!

[e-emv.com](http://e-emv.com)

## Burst- und Surge-Prüfungen im eigenen EMV-Labor



Der Fast-Transient-Burst-Test nach IEC/EN 61000-4-4 simuliert Störungen, die bei Einschaltvorgängen großer Verbraucher oder durch einen schlecht entstörten Elektromotor mit Bürstenfeuer auf Leitungen verursacht werden. Der Surge-Test nach IEC/EN 61000-4-5 simuliert die Auswirkungen von Blitzeinschlägen auf das Stromnetz oder das Abschalten schwerer Lasten. Netzunterbrechungen und Spannungseinbrüche nach IEC/EN 61000-4-11 sind Prüfungen auf Störfestigkeit gegen schwankende Netzqualität.

Die fest definierten Störungen für Störfestigkeitsmessungen werden im EMV-Labor von einem Testsystem erzeugt und über ein Kopplungs-/Entkopplungsnetzwerk an Versorgungsanschlüssen, Steuereingängen sowie Steuerausgängen des Prüflings durchgeführt, um festzustellen, ob der Prüfling gegen solche Phänomene störfest ist.

Das hochmoderne Axos Compact von Haefely ist ein eigenständiges Testsystem

und vereint die Steuerung von bis zu sechs wichtigen EMV-Prüfungen wirtschaftlich in einem einzigen Gerät. Dieses beherrscht die normgerechte Prüfung von:

- Burst IEC/EN 61000-4-4
- Surge (1,2/50  $\mu$ s & 8/20  $\mu$ s) IEC/EN 61000-4-5
- Ring-Wave IEEE C62.41
- Spannungsunterbrechungen IEC/EN 61000-4-11
- gepulsten Magnetfeldern IEC/EN 61000-4-9
- Telecom-Wave (10/700  $\mu$ s) IEC/EN 61000-4-5 & ITU

Das Axos Compact enthält ein integriertes einphasiges Kopplungs- und Entkopplungsnetzwerk (CDN) für EMV-Testanwendungen bis zu 16 A und kann um viele weitere über Axos steuerbare Module erweitert werden. Die intuitive Bedienung erfolgt über einen einfachen Touchscreen oder über einen Labor-PC. Mit einem passenden Prüftisch und einem normgerechten Prüfaufbau lassen sich so Burst-, Surge- und weitere Störfestigkeitsmessungen an Leitungen im eigenen EMV-Labor durchführen.

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

Keyplayer der Branche treffen auf ein hochqualifiziertes Fachpublikum – seien Sie dabei.

Mehr Informationen:  
Internet: [e-emv.com](http://e-emv.com)  
Tel.: +49 711 61946-63  
E-Mail: [emv@mesago.com](mailto:emv@mesago.com)

**mesago**  
Messe Frankfurt Group

## Tiefpassfilter für Signale unter 11 GHz



Von Mini-Circuits kommt mit dem ZLSS-11G-5+ ein Suspended-Substrate-Stripline-Tiefpassfilter, welches Signal von DC bis 11 GHz mit geringem Verlust durchlässt. Damit eignet es sich für Stopbands bis 33 GHz. Die scharfe Übertragungskurve des 50-Ohm-Filters macht es möglich. Die typische Einfügedämpfung im Passband beträgt 2 dB und das typische Passband-SWR 2. Die Dämpfung im Stopband beträgt typisch 30 dB zwischen 12,5 und 14,5 GHz, 90 dB zwischen 14,5 und 26,5 GHz und 20 dB von 26,5 bis 33 GHz bei typischen SWRs von 20 im Bereich 12,5 bis 33 GHz. Das Gehäuse des RoHS-konformen Tiefpassfilters misst  $0,9 \times 0,7 \times 0,6$  Inch ( $22,86 \times 17,78 \times 15,24$  mm) und ist mit SMA-Buchsen versehen. Die Einsatztemperatur reicht von  $-40$  bis  $+85$  °C. Die maximale Eingangsleistung beträgt 1 W.

## Zweiwege-Splitter/Combiner für 0,5 bis 26,5 GHz



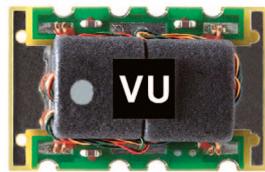
Der Zweiwege-Splitter/Combiner ZC2PD-5R263+ von Mini-Circuits ist für hohe Leistungen ausgelegt und mit einem DC-Pass ausgestattet. Signale mit Frequenzen zwischen 0,5 bis 26,5 GHz und mit bis zu 20 W können gesplittet werden. Dabei beträgt die Dämpfung typisch 1,8 dB über den theoretischen 3 dB. Die Fullband-Isolation zwischen den Ports wird mit typisch 35 dB angegeben, das SWR mit typisch 1,19 an allen Ports. Der RoHS-konforme Power-Splitter/Combiner zeichnet sich durch eine Amplituden-Unbalance von typisch 0,1 dB und durch eine Phasen-Unbalance von typisch  $1,16^\circ$  aus. Das Gehäuse des robusten

Splitters/Combiners misst  $5,88 \times 1,04 \times 0,5$  Inch bzw.  $149,35 \times 26,42 \times 12,7$  mm und ist mit hochwertigen SMA-Anschlüssen ausgestattet.

### Weitere wichtige Daten

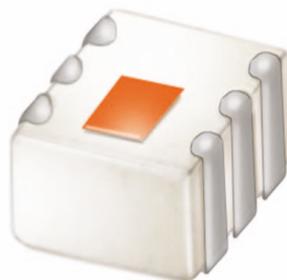
- Einsatztemperatur  $-55$  bis  $+100$  °C
- Lagertemperatur  $-55$  bis  $+100$  °C
- Verlustleistung max. 670 mW
- DC-Strom max. 530 mA

## Miniature-Surface-Mount-Transformator für 15 W



Von Mini-Circuits kommt mit dem Modell SYTX1-53HP-15W+ ein High-Power/Surface-Mount-HF-Transformator für Einsatzfrequenzen im Bereich 20 bis 520 MHz. Dieser Transformator weist ein Verhältnis von sekundärer zu primärer Impedanz von 1:1 auf und kann HF-Leistungen bis 15 W übertragen sowie Gleichströme bis 30 mA bei mäßiger Erwärmung bzw. geringem Kühlaufwand. Der typische Übertragungsverlust wird mit 0,4 dB im vollen Frequenzbereich angegeben. Die typische Amplituden-Unbalance beträgt 0,15 dB und die typische Phasen-Unbalance  $2^\circ$ . Dieser HF-Transformator weist eine Core-and-Wire-Konstruktion auf einem gedruckten Laminat als Basisträger auf und hat Gehäuseabmessungen von nur  $0,43 \times 0,69 \times 0,28$  Inch bzw.  $11 \times 17,53 \times 6,99$  mm. Das Gehäuse ist schirmend. Die Einsatztemperatur liegt im Bereich  $-40$  bis  $+85$  °C.

## Keramischer Balun-HF-Transformator für 4900 bis 5875 MHz



Mini-Circuits liefert mit dem TCW2-63+ einen keramischen Balun-HF-Transformator für Signale im Frequenzbereich 4900 bis 5875 MHz, sodass sich Einsatzmöglich-

keiten etwa in den Bereichen Radar, WiFi, WLAN sowie drahtlose Sender und Empfänger ergeben. Dieser 50-Ohm-Transformator hat ein typisches Impedanzverhältnis von 2:1 und eine typische Einfügedämpfung von 1,1 dB im gesamten Einsatzfrequenzbereich. Die typische Amplituden-Unbalance wird mit 0,3 dB und die typische Phasen-Unbalance mit  $4^\circ$  angegeben. Der abwaschbare und RoHS-konforme HF-Transformator ist in einer Low-Temperature-Cofired-Ceramic-Konstruktion (LTCC) gefertigt. Er misst lediglich  $0,063 \times 0,031 \times 0,024$  Inch ( $1,6 \times 0,79 \times 0,61$  mm).

### Weitere wichtige Daten

- Einsatztemperatur  $-55$  bis  $+100$  °C
- Lagertemperatur  $-55$  bis  $+100$  °C
- Eingangsleistung max. 500 mW
- Einfügedämpfung max. 2 dB

## Rauscharmer Verstärker mit hohem IP3



Mini-Circuits liefert mit dem Modell CMA-83LN+ einen monolithischen pHEMT-Verstärker mit geringem Eigenrauschen und hohem Ausgangs-Interceptpunkt dritter Ordnung (output third-order intercept point, OIP3) für Signale im Bereich von 0,5 bis 8 GHz. Das Rausmaß wird mit typisch 1,6...1,8 dB im gesamten Einsatzfrequenzbereich angegeben. Die typische Verstärkung beträgt 19,2 dB bei 8 GHz und 21,2 dB bei 500 MHz. Erreicht wird ein typischer Output-IP3 von 29,4 dBm bei 500 MHz und von 26,7 dBm bei 8 GHz. Die für 1 dB Kompression erforderliche Ausgangsleistung wird mit 17,6 dBm bei 500 MHz, 18 dBm bei 4 GHz und 16,9 dBm bei 8 GHz angegeben. Der RoHS-konforme 50-Ohm-Verstärker arbeitet optimal an 5...6 V bei einer typischen Stromaufnahme von 62 mA an 6 V. Das hermetisch versiegelte und mit Nitrogen gefüllte keramische Gehäuse misst  $0,12 \times 0,12 \times 0,045$  Inch.

### Weitere wichtige Daten

- Einsatztemperatur  $-40$  bis  $+125$  °C
- Lagertemperatur  $-65$  bis  $+150$  °C
- Sperrschichttemperatur max. 150 °C
- Verlustleistung max. 950 mW

# Your EMC System Solutions Expert

Fully Integrated Test Systems For Application from DC to 50 GHz

## Multitone-System



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



# The Next Generation in Immunity Testing

## Features

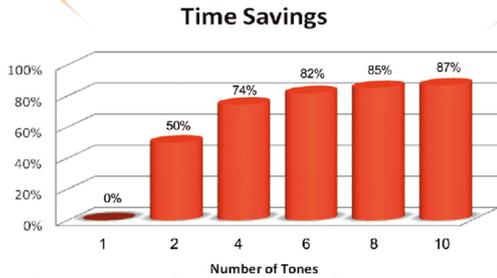
Simultaneous testing of multiple tones is facilitated by AR's proprietary software.

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.

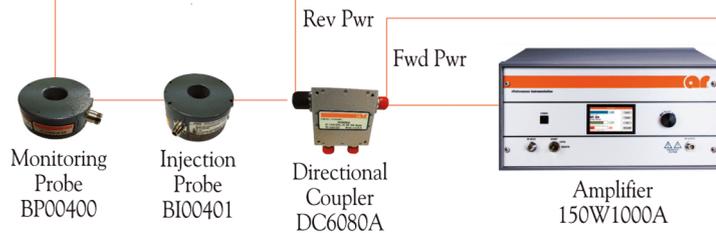
Better simulation of real world threats.

Return on Investment in as little as 2.5 years.

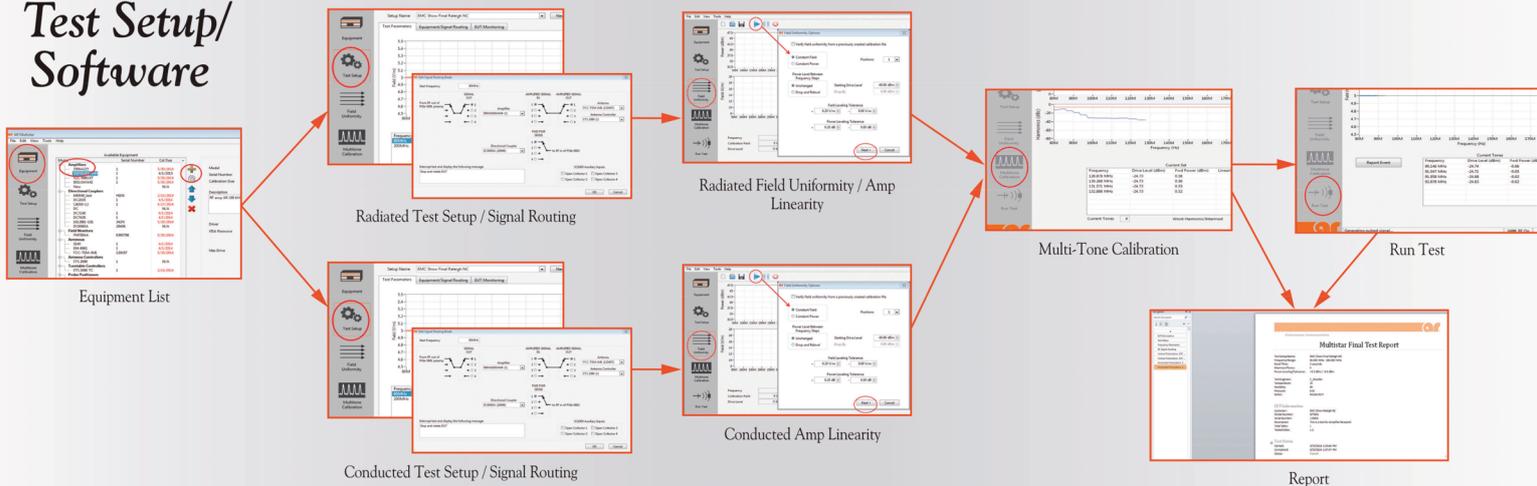
## Benefits

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

Monitored Power



## Test Setup/ Software



# MT 6000 Multi-Tone Tester Series



Sig Out  
 GPIB



Amplifier  
12500A225

Sig Out

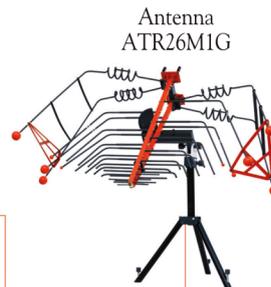
GPIB



Directional  
Coupler  
DC4256

Forward  
Power

Amplified  
Signal In



Antenna  
ATR26M1G

Amplified Signal  
Out (Load)



Amplifier  
3000W1000B

Sig Out

GPIB



Directional  
Coupler  
DC6380M1

Forward  
Power

Amplified  
Signal In



Antenna  
ATR80M6G

Amplified Signal  
Out (Load)

**Radiated  
Immunity  
Setup  
Options**

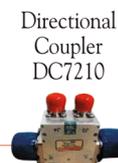
Testing from  
30 Hz to 6 GHz



Amplifier  
350S1G6

Sig Out

GPIB



Directional  
Coupler  
DC7210

Forward  
Power

Amplified  
Signal In



Antenna  
ATH800M6G

Amplified Signal  
Out (Load)



# RF Immunity Testing with Multi-Tone Faster And More Versatile Than Ever!



## Wider Bandwidth Now Available!

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

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:

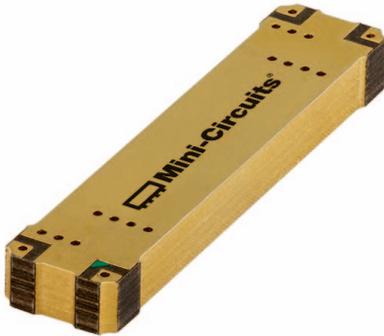
- or IEC 61000-4-3 and IEC 61000-4-6
- or ISO 11452-2 (A.L.S.E.), -3 (TEM Cell), -4 (BCI) and -5 (Stripline), ISO11451-2 (Full Vehicle)
- or DO-160 Sections 18 and 20
- or MIL-STD-461 CS101, CS109, CS114, RS101, RS103

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



- Eingangsleistung an 5,6 V max. 19 dBm (5 min), 16 dBm (dauernd)
- Versorgungsspannung max. 7 V

### Zweiwege/90°-Splitter/ Combiner für 1 bis 6,5 GHz



Mini-Circuits liefert mit dem neuen Modell QCH-652+ einen Zweiwege/90°-Splitter/Combiner für Signale mit Frequenzen von 1 bis 6,5 GHz und zu teilenden Leistungen bis 60 W. Dabei beträgt die typische Spitze-zu-Spitze-Amplituden-Unbalance lediglich 0,8 dB und die typische Phasen-Unbalance  $\pm 5^\circ$ . Damit eignet sich das breitbandige Bauteil für einen weiten Bereich an Applikationen in kommerziellen und militärischen Systemen einschließlich Verstärker und Anten-

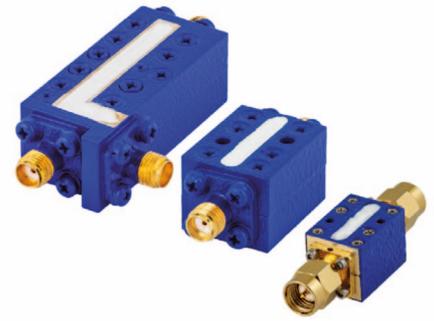
neneinspeisungen. Die Fullband-Einfügedämpfung beträgt typisch 0,6 dB über den theoretischen 3 dB und die typische Isolation zwischen den Ports wird mit 19 dB angegeben. Der 50-Ohm-Powersplitter wird in einem RoHS-gemäßen Gehäuse der Größe  $1,6 \times 0,4 \times 0,19$  Inch bzw.  $46,72 \times 10,16 \times 4,83$  mm ausgeliefert.

#### Weitere wichtige Daten

- Einsatztemperatur -55 bis +105 °C
- Lagertemperatur -55 bis +105 °C
- SWR an den Ports typ. 1,2
- Einfügedämpfung max. 1,2 dB
- Isolation min. 13,5 dB
- Wärmewiderstand 1 K/W

### Suspended-Substrate-Stripline-Filter und -Multiplexer

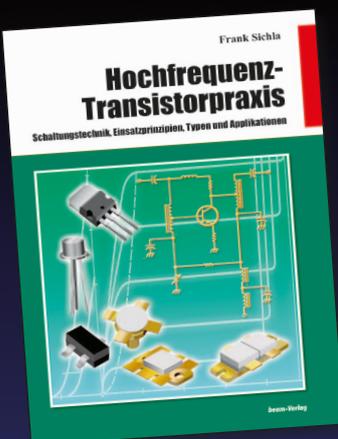
Geringe Einfügedämpfung, hohe Breitbandigkeit, gutes Einschwingverhalten, hohe Signalverträglichkeit und hohe Temperaturstabilität zeichnen die neuen Suspended-Substrate-Stripline-Filter und -Multiplexer von Mini Circuits aus. So ist ein Passband bis zu 26 GHz und ein Stopband beginnend bei von 26,5 GHz bis hin zu 40 GHz möglich. Applikationen bei Sendern und in Sendendstufen sind daher u.a. möglich, aber auch



Anwendungen in Wideband-Messinstrumenten und ultrabreitbandigen Empfängern. Die Systemimpedanz beträgt 50 Ohm. Bei Implementierung auf PCBs (Printed Circuit Boards) sorgen zwei parallele Masseflächen für hohe Güte und Stabilität. Sowohl Tief-, Hoch- und Bandpass-Konzepte lassen sich bei Diplexern und Multiplexern realisieren. Dabei sind fortschrittliche Filterdesigns mit Stopband-Bereichen möglich, die sechsmal größer sind als die Center-Frequenz. Die Robustheit gegenüber Vibration oder mechanischen Schock macht diese Bauteile zu exzellenten Kandidaten in schwierigen Arbeitsumfeldern.

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

## Fachbücher für die Praxis



### Hochfrequenz-Transistorpraxis

Schaltungstechnik, Einsatzprinzipien, Typen und Applikationen

Frank Sicha, 17,5 x 25,5 cm, 278 Seiten,  
zahlr. Abb. und Tabellen ISBN 978-3-88976-153-8,  
beam-Verlag 2008, 24,- €  
Art.-Nr.: 118070

Obwohl heute integrierte Schaltungen die Elektronik dominieren, haben diskrete Transistoren besonders im HF-Bereich noch immer hohe Bedeutung, denn es gibt einfach zu viele Problemstellungen, für die einzig und allein sie die optimale Lösung darstellen.

Diskrete Transistoren sind keineswegs „out“, sondern machen nach wie vor Fortschritte. Mit neusten Technologien werden immer höhere Frequenzen erschlossen sowie erstaunlich geringe Rauschfaktoren erzielt.

Dieses Buch beschreibt die Anwendung der Bipolar- und Feldeffekttransistoren im HF-Bereich, indem es die Schaltungstechnik praxisorientiert erläutert und mit einer Fülle von ausgewählten Applikationsschaltungen für Einsteiger als auch erfahrene Praktiker illustriert.

### Aus dem Inhalt:

- Bipolartransistoren
- Die „Bipo“-Grundsaltungen
- Die beliebtesten Schaltungstricks
- „Bipo“-Leistungsverstärker
- FETs im Überblick
- FET-Grundsaltungen
- SFETs, MESFETs und Dualgate-MOSFETs
- Die Welt der Power-MOSFETs
- Rund um die Kühlung
- Transistorschaltungen richtig aufbauen
- Kleinsignal-Verstärkerschaltungen
- HF-Leistungsverstärker
- Oszillatorschaltungen
- Senderschaltungen
- Mess- und Prüftechnik

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)

## Kompakte Dünnschicht-Bandpassfilter

Die AVX Corporation präsentierte die neue BP0805-Serie an integrierten Multilayer-Dünnschicht-Bandpassfiltern, die in sehr kompakten 0805-Gehäusen untergebracht sind. Die Bandpassfilter sind für vielfältige HF-Wireless-Anwendungen geeignet, die von mobilen Kommunikationssystemen, Satelliten-TV-Empfängern, GPS-Systemen, Fahrzeugortungssystemen bis hin zu Wireless-LAN-Geräten reichen.

Die BP0805-Serie ist in fünf Frequenzbändern von 1.308 bis 4.320 MHz mit einer charakteristischen Impedanz von 50 Ohm erhältlich. Die Bausteine sind für eine Dauerleistung von



5 W ausgelegt und arbeiten im Temperaturbereich von -40 bis +85 °C. Die SMD-Bandpassfilter weisen eine niedrige Einfügedämpfung und einen steilen Abfall der Dämpfungskennlinie direkt ab der Grenzfrequenz auf. Sie liefern ausgezeichnete Hochfrequenzeigenschaften in

einem extrem kleinformatischen, flachen und robusten Gehäuse mit Abmessungen von 2,03 x 1,55 x 0,8 mm (±0,1 mm). Die Bandpassfilter werden auf Tape and Reel geliefert und sind für die automatische Bestückung geeignet. Mittel- und Hochfrequenzwerten und Bandgren-

zen: 1.220 - 1.420 MHz; 1.457 MHz für 1.447 - 1.467 MHz; 1.795 MHz für 1.785 - 1.805 MHz; 2.160 MHz für 1.960 - 2.360 MHz und 4.320 MHz für 4.120 - 4.520 MHz. Eine Erweiterung im Bereich 1...5 GHz ist in Planung. Die Bandpassfilter verfügen über eine nickel-/bleifreie Lötbeschichtung (Sn100), die mit automatischen Reflow-, Schwall- oder Dampfphasen-Löttechnologien und manuellem Lötens kompatibel ist. Die RoHS-konformen Bausteine werden zu 100% auf elektrische Parameter getestet und sowohl visuell als auch mechanisch geprüft.

■ AVX, Corp.  
www.avx.com

## Transceiver zur Übertragung von HD-Videos über im Fahrzeug vorhandene Verbindungen

Analog Devices, Inc. stellte eine Transceiver-Serie vor, mit der sich Videos in HD-Qualität (High Definition) über bereits vorhandene, ungeschirmte verdrehte Zweidrahtleitungen mit ungeschirmten Steckverbindern übertragen lassen. Die Transceiver schaffen somit die Voraussetzung dafür, dass OEMs existierende Systeme auf einfache Weise von Standard-Definition auf HD-Kameras umrüsten können und so die hohe Auflösung und Bildqualität moderner Kamera-Anwendungen im Fahrzeug erreichen.



Die neuen Transmitter ADV7990 und ADV7991 sowie die Empfänger ADV7380 und ADV7381 nutzen die Car-Camera-Bus-Technologie (C<sup>2</sup>B) von Analog Devices, welche erhebliche Einsparungen bei Gewicht, Abmessungen und Kosten erzielt und den Verdrahtungsaufwand gegenüber anderen Automotive-

Verbindungslosungen verringert. Die C<sup>2</sup>B-Transceiver wurden speziell für Automotive-Anwendungen definiert und entwickelt, was bedeutet, dass neben der ausgezeichneten Bildqualität über die ungeschirmte Infrastruktur auch besondere Sorgfalt auf Techniken zur Verminderung von elektromagnetischen

Störungen (EMI) und zur Verbesserung der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) gelegt wurde. Aufgrund dieser Eigenschaften können alle geforderten EMC-, EMV- und ESD-Richtlinien eingehalten werden. Die Leistungsdaten des innovativen Kabelkompensationsdesigns ermöglichen Leitungslängen bis zu 30 m mit mehreren Inline-Verbindungen für Auflösungen von bis zu 2 Megapixel bei 30 Hz oder 1 Megapixel bei 60 Hz. Die Transceiver ADV7990/91 und ADV7380/81 bieten eine vernachlässigbare Latenzzeit sowie eine unkomprimierte Übertragung. Ihr bidirektionaler Steuerkanal nutzt das gleiche Verbindungskabel und verursacht somit keine zusätzlichen Kosten. Die Transceiver verfügen über eine Frozen-Frame-Erkennung mit einer Pixelrate von 75 MHz (75 MHz Y, 75 MHz C), während die bidirektionale Steuerfunktion I<sup>2</sup>C, Interrupt/Status und GPIO (General-Purpose I/O) unterstützt.

■ Analog Devices  
www.analog.com

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

www.celsi.com

## Kompakter 5-V/10-A-Synchron-Abwärtswandler mit hervorragenden Eigenschaften



**Analog Devices stellte unter der Typenbezeichnung LTC3310S einen synchronen 5-V/10-A-Abwärtswandler der Marke Power by Linear vor, welcher nur geringe elektromagnetische Störemissionen (EMI) verursacht.**

Das monolithisch integrierte Bauteil arbeitet auf der Basis der Spitzenstromregelung (Peak Current Mode) mit fester Schaltfrequenz und eignet sich ideal für Anwendungen mit großem Abwärtsverhältnis und schnellem Einschwingverhalten.

Beim LTC3310S kommt die Silent-Switcher-2-Technologie mit integrierten Hot-Loop-Bypass-Kondensatoren zum Einsatz, um eine hocheffiziente Lösung mit kleiner Grundfläche zu erreichen, welche mit Schaltfrequenzen bis 5 MHz arbeitet und äußerst geringe EMI-Störemissionen verursacht. Zur Entwicklung von Systemen mit

höherem Leistungsbedarf lassen sich mehrere Abwärtsregler zu einem mehrphasigen Regler parallel schalten.

### Großer Eingangsspannungsbereich

Aufgrund des großen Eingangsspannungsbereichs von 2,25 bis 5,5 V lässt sich der LTC3310S in einer Vielzahl von Anwendungen nutzen, darunter die meisten Zwischen- oder Intermediate-Bus-Spannungen. Im LTC3310S integrierte MOSFETs mit niedrigem Durchlasswiderstand liefern Dauerlastströme bis 10 A bei minimaler Leistungsbegrenzung aufgrund von thermischen Einflüssen.

Am Ausgang stellt der LTC3310S Spannungen von 0,5 V bis  $V_{IN}$  zur Verfügung, die sich ideal für PoL-Anwendungen (Point-of-Load) wie beispielsweise DSP-, FPGA-, GPU- und ASIC-Referenzdesigns mit hohen Strömen beziehungsweise niedrigen Spannungen eignen. Weitere Schlüsselanwendungen sind optische Netze sowie Telekommunikations- und Datenkommunikationssysteme, aber auch ver-

teilte Leistungsarchitekturen und generell Systeme mit mittlerer bis hoher Leistungsdichte. Die kurze Einschaltzeit von nur 35 ns ermöglicht die Entwicklung von Stromversorgungen mit großem Abwärtsverhältnis bei hoher Frequenz. Durch den möglichen Betrieb mit einer Einschaltdauer von 100% lässt sich eine niedrige Dropout-Spannung erreichen. Die Betriebsfrequenz kann auf ein externes Taktsignal synchronisiert werden. Der LTC3310S erreicht eine Genauigkeit der Ausgangsspannung von  $\pm 1\%$  über den kompletten zugelassenen Sperrschichttemperaturbereich von -40 bis +125 °C.

Der LTC3310S bietet Leistungsmerkmale wie ein Power-Good-

Signal, wenn die eingestellte Ausgangsspannung erreicht ist, Präzisions-Aktivierungsgrenzwert, Überspannungsschutz am Ausgang, thermische Abschaltung, Überwachung der Die-Temperatur, Takt-Synchronisierung, Wahl der Betriebsart (Mode Selection) und Kurzschlusschutz am Ausgang.

Er hat ein 18-poliges LQFN-Gehäuse mit thermisch verbesserten Eigenschaften und Abmessungen von  $3 \times 3 \times 0,94$  mm. Die E- und I-Grades sind für den Betrieb mit Sperrschichttemperaturen von -40 bis +125 °C spezifiziert.

■ Analog Devices  
[www.analog.com](http://www.analog.com)



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



# Fortschrittliche MEMS-OCXO-Lösung für die 5G-Infrastruktur

**Zuverlässigen Einsatz von 5G-Geräten in jeder Umgebung ermöglichen die von SE Spezial-Electronic präsentierten ersten thermisch-kontrollierten MEMS-OCXOs SiT5711/12.**



OCXOs sind hinsichtlich ihrer zeitlichen Genauigkeit unübertroffen. Quarzbasierte Versionen reagieren jedoch äußerst empfindlich auf Vibrationen, Temperaturänderungen und andere Störungen aus der Umgebung.

Dies kann insbesondere die Leistung eines 5G-Netzwerks erheblich beeinträchtigen, dessen Verfügbarkeit verringern und missionskritische Dienste wie beispielsweise Fahrerassistenzsysteme (ADAS) stören. Denn mit der Umstellung der mobilen Netze auf 5G und Edge Computing benötigen die Netzbetreiber eine sehr viel präzisere

Synchronisation der Funkanlagen. Mit SiTimes innovativer MEMS-Timing-Lösung können 5G-Infrastrukturbetreiber ihre Geräte künftig auch unter rauen Umwelteinflüssen einsetzen und zuverlässig missionskritische Dienste bereitstellen.

Die Kombination von SiTimes revolutionärer MEMS-Technologie mit programmierbaren analogen Komponenten, innovativen Bauformen und Hochleistungsalgorithmen überzeugt dabei mit Leistungsdaten, die bishe-

rige quarzbasierte Lösungen beispielsweise hinsichtlich der Vibrationsbeständigkeit um bis zu Faktor 20 übertreffen. Damit sind die Bauteile ideal für Geräte geeignet, die im Freien auf Masten montiert werden.

Die feuchtebeständigen thermisch kontrollierten MEMS-OCXOs von SiTime zeichnen sich unter anderem durch eine exzellente dynamische Stabilität von typ.  $\pm 50$  ppt/K und eine Allan Deviation (ADEV) von  $2^{-11}$  im Luftstrom aus. Im

Gegensatz zu herkömmlichen quarzbasierten OCXOs gibt es mit den extrem widerstandsfähigen, nur  $9 \times 7 \times 6,5$  mm großen Emerald-OCXOs zudem keinerlei Einschränkungen beim PCB-Layout. So wird beispielsweise keinerlei mechanische Abschirmung zur thermischen Isolierung benötigt. Durch den On-Chip-Regler sind auch keine externen LDOs oder Ferritperlen erforderlich.

Dank der programmierbaren analogen Architektur können Systementwickler jede gewünschte Frequenz zwischen 1 und 220 MHz frei wählen. Außerdem stellt die neuste MEMS-Timing-Generation von SiTime mit LVCMOS und Clipped Sinus zwei Ausgangstypen bereit. In naher Zukunft werden die Emerald-OCXOs auch mit den erweiterten Temperaturbereichen  $-40$  bis  $+95$  °C bzw.  $-40$  bis  $+105$  °C und einer seriellen I<sup>2</sup>C-Schnittstelle zur Programmierung zur Verfügung stehen.

■ SE Spezial-Electronic GmbH  
[www.spezial.com](http://www.spezial.com)

## Neue TCXO-/VCTCXO-Familie mit großem Temperaturbereich

IQDs neue IQXT-205-Familie von temperaturkompensierten Quarzoszillatoren (TCXO) und spannungsgesteuerten temperaturkompensierten Quarzoszillatoren (VCTCXO) ist in einem miniaturisierten, hermetisch dichten Keramikgehäuse von  $2 \times 1,6 \times 0,7$  mm untergebracht und in den Optionen IQXT-205-1, IQXT-205-2 und IQXT-205-3 erhältlich. Alle Ausführungen sind mit einem Frequenzbereich zwischen 13 und 52 MHz sowie für 1,8, 2,5, 2,8, 3 oder 3,3 V lieferbar.

Der IQXT-205 hat einen Clipped-Sinewave-Ausgang und 10 k $\Omega$ /10 pF Last bei einer Stromaufnahme von maximal 2 mA und einem Phasenrauschen von  $-135$  dBc/Hz @ 1 kHz.

Die Reihe IQXT-205-3 temperaturkompensierter Quarzoszillatoren ist durch eine Frequenzstabilität von  $\pm 0,5$  ppm



über einen Betriebstemperaturbereich von  $-40$  bis  $+105$  °C gekennzeichnet und mit 16,369, 19,2, 26, 33,6, 38,4 und 52 MHz lieferbar. Bei den Modellen IQXT-205-2 handelt es sich um spannungsgesteuerte temperaturkompensierte Quarzoszillatoren, während der IQXT-205-1 wieder ein TCXO ist. Beide zeichnen sich durch eine Frequenzstabilität von  $\pm 0,5$  ppm über den industriellen Betriebstemperaturbereich von  $-40$  bis  $+85$  °C aus, wobei der

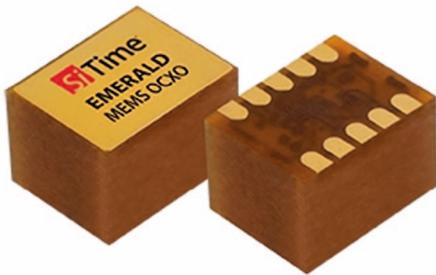
VCTCXO eine Ziehfähigkeit zwischen  $\pm 8$  ppm min. und  $\pm 13$  ppm min. aufweist. Sowohl TCXO als auch VCTCXO sind mit 16,2, 16,368, 16,369, 19,2, 20, 24, 25, 26, 27,456, 28,925, 28,974, 30, 32, 33,6, 38,4, 48, 50 sowie 52 MHz verfügbar.

Die IQXT-205-Familie eignet sich optimal für Anwendungen in den Bereichen 4G/LTE, Bluetooth, Ethernet, GPS, Internet der Dinge (IoT) und WLAN. Als Packaging-Optionen stehen „auf Band gegurtet“ (Tape and Reel) oder „Bandstreifen“ (Cut Tape) zur Verfügung. Eine Auswahl von IQXT-205-3 ist entweder direkt von IQD oder über seine Distributoren erhältlich.

■ IQD Frequency Products, Ltd.  
[www.iqdfrequencyproducts.com](http://www.iqdfrequencyproducts.com)

## Quarze und Oszillatoren

### Sehr kleiner OCXO für 1...60 MHz



Der SiT5711 von SiTime ist lt. Hersteller der kleinste Stratum 3E OCXO im Industriebereich. Er liefert Frequenzen von 1 bis 60 MHz. Die Frequenzstabilität beträgt  $\pm 5...8$  ppb, die Frequenz-Slope 50 ppt/K. Hier kommen SiTimes einzigartige Dual-MEMS- und TurboCompensation-Temperaturerfassungs-Technologie zum Einsatz. Daher ist die Stabilität auch bei Stress wie Luftzug, Temperaturschwankungen, Vibration, Schock und elektromagnetischen Interferenzen hoch. Neben dem 9 x 7 mm messenden Mini-Gehäuse ist dieser OCXO auch mit gewöhnlichen Footprints wie 25 x 22, 20 x 13 und 14 x 9 mm zwecks Ersatz älterer Bausteine erhältlich. On-chip-Regelschaltungen machen externe LDOs oder Ferritringe überflüssig. Der SiT5711 findet Anwendung in Basisstationen, in der Luftfahrt oder beim Militär. Weitere wichtige Daten:

- Output: LVCMOS, Clipped Sinewave
- Versorgung: 3,3 V
- Arbeitstemperatur: -20 bis +70 & -40 bis +80 °C

■ **SiTime**  
[www.sitime.com](http://www.sitime.com)

### OCXOs mit internem Multiplizierer



Die Vertreter der OCXO2526C-Serie von Dynamic Engineers können Frequenzen im Bereich 30...300 MHz ausgeben und nutzen dabei einen internen Frequenzmultiplizierer 3x oder 5x. Diese SMD-OCXOs haben ein Phasenrauschen von -135 dBc/Hz bei 1 kHz und eine Stabilität von  $\pm 3$  ppb über

den Einsatztemperaturbereich von -40 bis +85 °C. Sie erfordern eine Versorgung mit 3,3/5/12 V und liefern ein HCMOS-, TTL- oder Sinus-Ausgangssignal. Die OCXOs sind lieferbar mit einem 25,8 x 25,8 x 12,7 mm messenden Gehäuse und eignen sich optimal für Basisstationen, Radar-Referenzen, Stratum-3E-Taktsysteme und Mikrowellen-Applikationen.

Weitere wichtige Daten:

- Abstimmspannung: -0,5 bis 6 V
- Ausgangsspannung: 0,4 bis 3,7 V
- Load-Kapazität: 5 pF
- Load-Widerstand: 10 kOhm
- Phasenrauschen bei 10 kHz: -155 bis -145 dBc/Hz
- Warmup-Zeit: 180 s
- Frequenztoleranz:  $\pm 0,01...0,1$  ppm

■ **Dynamic Engineers**  
[www.dynamicengineers.com](http://www.dynamicengineers.com)

### TCXOs mit hervorragender Stabilität und Zuverlässigkeit



Epson präsentiert mit den neuen Modellen TG2016SMN und TG2520SMN TCXOs mit hervorragender Stabilität und Zuverlässigkeit, bestens geeignet für den Einsatz in Kommunikationssystemen für drahtlose Anwendungen wie WiFi, GPS, Mobilfunk, LPWA für IoT und 2-Way-Funkgeräte.

Die M-Serie mit einer Betriebsspannung von 1,7 bis 3,36 V setzt einen Epson-eigenen Halbleiter und MHz-Quarz ein. Durch diese speziellen eingesetzten Technologie erreichen Epsons M-Serie-TCXOs ein sehr geringes Phasenrauschen von -164 dBc/Hz @ 26 MHz, eine hohe Stabilität <0,5 ppm und eine hervorragende Alterungsbeständigkeit <0,5 ppm pro Jahr über die Betriebstemperatur von -40 bis +85 °C.

Epsons M-Serie-TCXOs sind in den gängigen Kleinformaten verfügbar (2 x 1,6 x 0,8 und 2,5 x 2 x 0,81 mm) und decken die gebräuchlichen Frequenzen von 10 bis zu 55 MHz ab.

■ **Epson Europe Electronics GmbH**  
[info@epson-electronics.de](mailto:info@epson-electronics.de)  
[www.epson-electronics.de](http://www.epson-electronics.de)

## 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](mailto:info@electronic-service.de)  
[www.electronic-service.de](http://www.electronic-service.de)

**ES** ELECTRONIC  
SERVICE GmbH

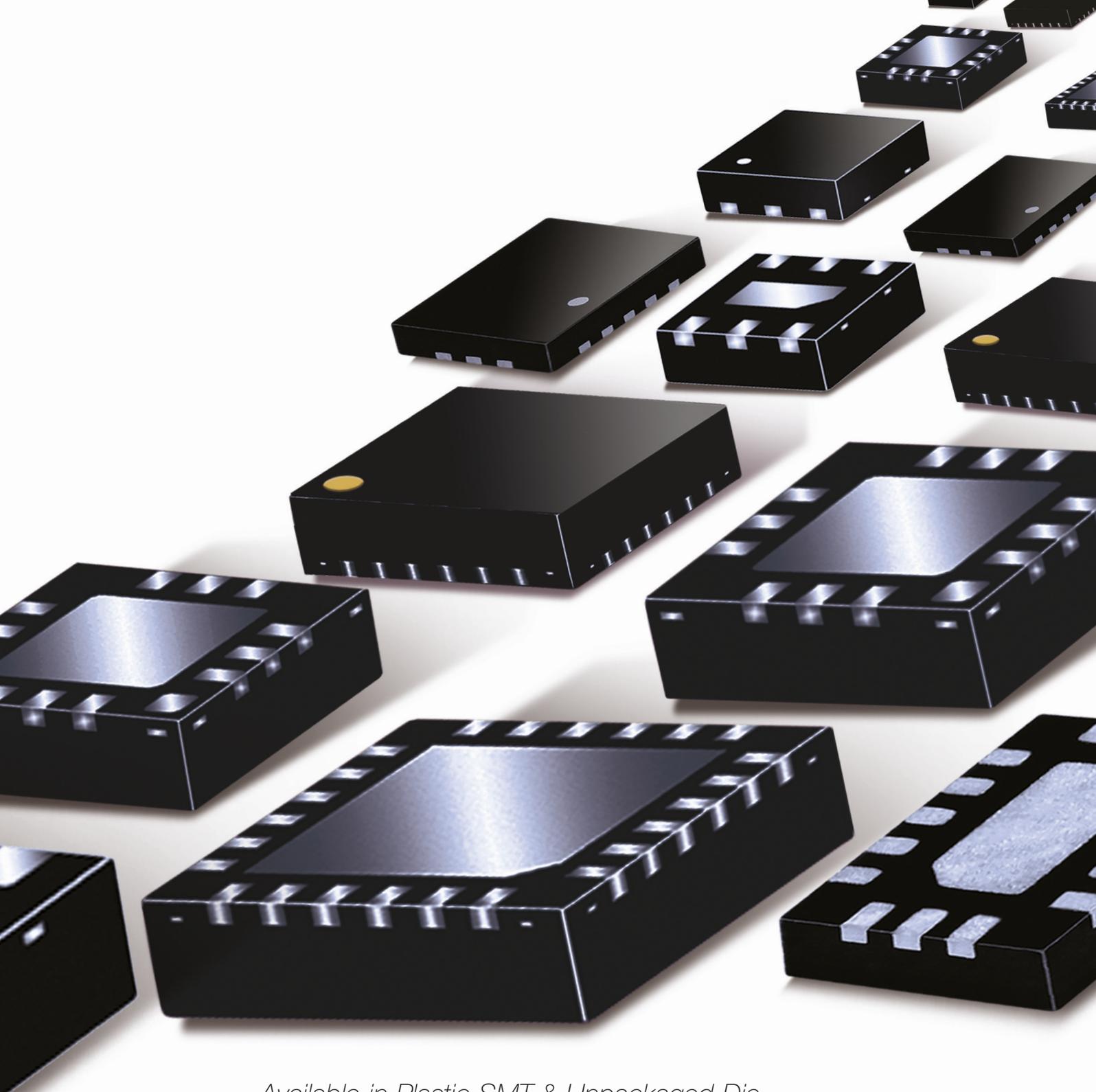
*MILLIMETER WAVE*  
**MMIC**  
*PRODUCTS*

**MULTI-OCTAVE BANDWIDTHS**  
**UP TO 43.5 GHz**

*Attenuators / Couplers / Mixers*  
*Multipliers / Reflectionless Filters / Splitter/Combiners*



Now over 60 MMIC models ***In Stock***  
covering applications above 26 GHz



*Available in Plastic SMT & Unpackaged Die*



[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) 598 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

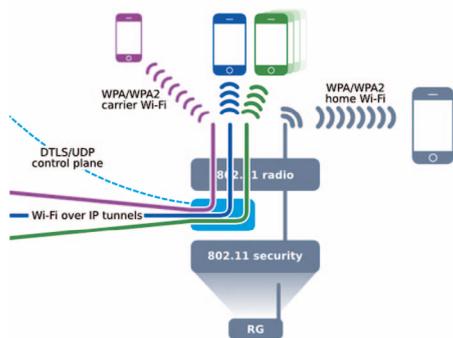
**municom®**

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)

# Abkürzungen und Fachbegriffe rund um 5G und IoT

5G und IoT sind die beiden großen Themen, die uns durch das Jahr 2019 begleiten werden. Kennen Sie alle Abkürzungen und Fachbegriffe rund um 5G und IoT?

## Carrier-Grade WiFi



Carrier-Grade WiFi an jedem Accesspoint oder Gateway ([realwire.com](http://realwire.com))

Nach den Best-Effort-Netzen die Antwort auf die gestiegenen Ansprüche der Kunden nach mehr Kapazität und besserer Qualität der Services, die überall abrufbar sind. Carrier-Grade WiFi lohnt sich auch für die Anbieter, da es neue Dienstleistungen wie TV Everywhere, Patientenfernüberwachung, Sprachkommunikationssysteme, Online-Spiele, Streaming und ViP-Services begünstigt bzw. ermöglicht. Das mit WiFi bewältigte Datenvolumen ist in 2017 und 2018 exponentiell gestiegen. 5G Carrier-Grade WiFi (5G CGW) ist eine Vision, um dem zu begegnen.

## CMTC

siehe MMTC

## DCTR (Data Controlled Transceiver)

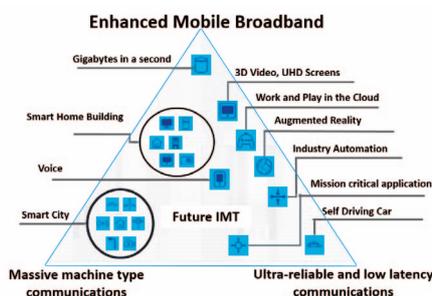


Das Modul DCTR-72DA arbeitet in den Bändern 868 und 916 MHz.

Transceiver, welche DPA unterstützen, nennt man DCTRs. DPA (Direct Peripheral Access) ist ein höherer Kommunikations-Level (Transport Layer) im Schichtenmo-

dell. Es ist ein optionales offenes Protokoll und ermöglicht eine Steuerung durch das Senden von Kommandos und Empfangsbestätigungen über Standard-Wired-Interfaces (UART or SPI) oder über Funk.

## EMBB (Enhanced Mobile Broad Band)



Anwendungsmöglichkeiten nach <https://internetofthingsagenda.techtarget.com>

„Die Mobilfunktechnik der 5. Generation bietet mehrere Dienstkategorien, die die zukünftigen Bedürfnisse in der Mobilkommunikation abdecken. EMBB ist eine solche Dienstkategorie, die eine extrem hohe Datenrate von bis zu 10 Gbit/s zur Verfügung stellt und Dienste mit hohen Bandbreitenanforderungen unterstützt. In diesem Zusammenhang sind die Videotechnik mit High Definition Video (HDV), Virtual Reality und Augmented Reality zu nennen. Als weitere Dienstkategorien hat die ITU Ultra Reliable Low Latency Communications (URLLC) und Massive Machine-Type Communications (mMTC) festgelegt.“ ([itwissen.info](http://itwissen.info))

## ETSI



Das Europäische Institut für Telekommunikationsnormen (European Telecommunications Standards Institute) ist eine der drei großen Normungsorganisationen in Europa mit Sitz in Sophia Antipolis (Frankreich). ETSI ist eine gemeinnützige Organisation, welche das Ziel verfolgt, weltweit angewend-

bare Standards für die Informations- und Kommunikationstechnologien zu schaffen. So ist ETSI auch zuständig für die europäische Normung im Bereich Telekommunikation. ETSI erarbeitet Standards und Normen entsprechend den Bedürfnissen seiner Mitglieder – im Unterschied zu seiner als Behörde organisierten Vorgängerorganisation, die Vorschriften aufstellte.

## HDV (High Definition Video)



HDV kann als Nachfolgeformat vom DV-Format HDTV Signale mit Auflösungen von 960 x 720 Pixel (HDV1) und 1440 x 1080 Pixel (HDV2) aufzeichnen, sowohl im Interlaced-Verfahren als auch mit progressive Scan mit den verschiedenen Bildwiederholfrequenzen.

## IQRF



*IQRF-Transceiver für 868, 916 oder 433 MHz, geeignet zum Aufbau eines Mesh-Netzwerks zum Anschluss an das IoT ([iqrf.org](http://iqrf.org))*

IQRF ist eine Technology für drahtlose packet-orientierte Kommunikation in Sub-GHz-ISM-Bändern. Sie ist für allgemeinen Einsatz, Punkt-zu-Punkt-Verbindungen oder komplexe Netze geeignet und dient vor allem Telemetrie, industriellen Steuerungen, Automationsanwendungen am Bau und im Internet of Things. Die IQRF Alliance ist ein internationaler Zusammenschluss von

Entwicklern, Herstellern, Systemintegratoren und anderer Unternehmen. Hauptvorteil ist die Interoperabilität von Produkten mit DCTRs inside.

## LoRa (Long Range)

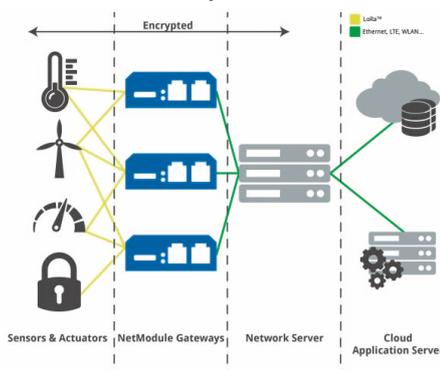
Kennwerte	LoRaWAN
Frequenzbereich	ISM-Bänder, 433 MHz, 868 MHz (EU), 915 MHz (USA)
Modulation	Chirp Spread Spectrum (CSS)
Kanalbreite	8x125 kHz (EU), 4x125 kHz, 8x125 kHz (USA)
Paketgröße	Vom Benutzer bestimmt.
Datenrate Up/Down	300 bit/s bis 50 kbit/s (EU) 900 bit/s bis 100 kbit/s (USA)
Topologie	Sterntopologie
Entfernung	bis 5 km im bebauten Umfeld bis 15 km im ländlichen Bereich

Systemübersicht zu einem Entwicklungs-Kit für 868 MHz ([exp-tech.de](http://exp-tech.de))

LoRa beschreibt, wie IoT-Devices auf der physischen Kommunikationsschicht angebunden werden. Hierbei werden lizenzfreie Bänder genutzt, auf denen Daten per Chirp Spread Spectrum (CSS) moduliert werden. Die genutzten Verfahren sind patentiert und wurden vom französischen Unternehmen Cycleo entwickelt, das mittlerweile vom Chiphersteller Semtech übernommen wurde.

In Europa nutzt LoRa Frequenzen von 867 bis 869 MHz und ist damit auf einen Duty Cycle von maximal 1% beschränkt. Das reduziert die Übertragungsrate zwischen 50 und 250 Bit/s auf weniger als ein Hundertstel. Die Leistungsübertragungsbilanz (Link Budget) ist daher sehr gut. In der Praxis sind Übertragungen über mehrere Kilometer möglich.

## LoRaWAN (Long Range Wide Area Network)

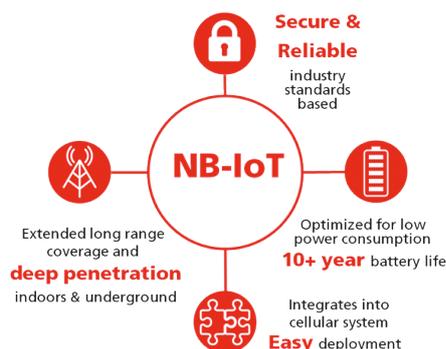


Aufteilung von LoRaWAN in die Bereiche LoRa (gelb) und Hauptnetz (grün) nach [netmodule.com](http://netmodule.com)

Das LPWAN ist ein Ansatz zur Realisierung eines LPWANs und setzt auf LoRa auf. LoRaWAN ist ein Low-Power-Wireless-Netzwerkprotokoll. Die LoRaWAN-Spezifikation wird von der LoRa Alliance festgelegt, ist frei verfügbar und nutzt die

proprietäre Chirp-Spread-Spectrum-Modulationstechnik LoRa von Semtech. Sie ist asymmetrisch auf Energieeffizienz der IoT-Geräte ausgerichtet und erreicht Reichweiten >10 km für das Senden vom IoT-Gerät an das Netz. Die Datenübertragungsrate liegt zwischen 292 Bit/s und 50 kbit/s. Die Datentransferraten zu den Endgeräten passt der Netzwerk-Server der jeweiligen Situation an (ADR, Adaptive Data Rate). Verschiedene Betriebsabstufungen bis hin zu einer quasi-kontinuierlichen Downlink-Kommunikation sind möglich. Die Netzarchitektur ist sternförmig. Endgeräte kommunizieren mit Gateways, welche die Datenpakete an einen Netzwerk-Server senden. Dieser verfügt über Schnittstellen zur Anbindung an IoT-Plattformen und Applikationen. LoRaWAN nutzt regional unterschiedliche Frequenzbereiche im ISM- und SRD-Band mit dem Vorteil der Durchdringung von Gebäuden. Der Stromverbrauch von Endgeräten beträgt um 10 mA und 100 nA im Ruhemodus.

## Low-Power/Narrow-Band



Charakteristika der Low-Power/Narrow-Band-Technologie IoT nach [u-blox.com](http://u-blox.com)

Diese Technologien erlauben es, kleine Datenmengen in Zweiwegübertragung effizient, sicher und zuverlässig zu übermitteln. Im Wesentlichen gibt es zwei dieser Technologien für existierende zellulare Netzwerke: NB-IoT und LTE CAT-M1. Beide werden durch die 3GPP-Standards in Release 13 näher beschrieben.

## LPN (Low Power Network)

### LPWA (Low Power Wide Area)

### LPWAN (Low Power Wide Area Network)

Gemeint ist ein Niedrigenergie- und Weitverkehr-Netzwerk, beruhend auf einer Klasse von Netzwerkprotokollen zur Verbindung von Niedrigenergiegeräten mit einem Netzwerkserver. Die Verbindung zwischen Endgeräten und Gateways kann über lizenzfreie



LPWAN und seine Möglichkeiten nach [airgain.com](http://airgain.com)

Frequenzen (ISM, White Space) oder Mobilfunkfrequenzen erfolgen, die Verbindung zwischen Gateways und Netzwerkserver über IP-Verbindungen.

Folgende Standards verstehen sich als solche Netzwerke:

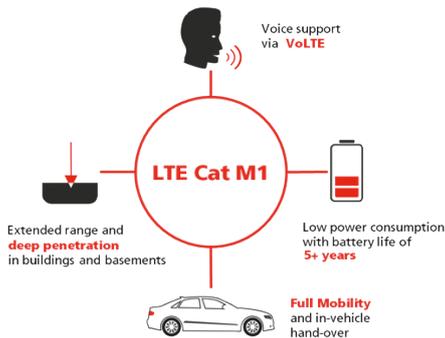
- LoRaWAN
- Symphony Link, basiert auf LoRa-Modulation
- LTE-M, basiert auf LTE Advanced von 3GPP
- NB-IoT, von 3GPP
- Weightless-N, offener Standard für Ultranarrowband-Technologie (N für Narrow)
- Weightless-P, offener Standard bessere Leistung (P für Power)
- Weightless-W, offener Standard im White Space
- Wi-Fi HaLow, offener Standard (IEEE 802.11ah)

Folgende Technologien, die nicht als Standards veröffentlicht wurden, werden von den Betreibern solcher Netze als öffentliche Netze angeboten:

- WavIoT NarrowBand Fidelity (WavIoT NB-Fi)
- SigFox
- Random Phase Multiple Access (RPMA) im 2,4-GHz-Bereich

Damit die überbrückbare Entfernung nicht zu sehr durch die Freiraumdämpfung beeinträchtigt wird, nutzen einige Konzepte Frequenzen in ISM-Bändern zwischen 433 MHz und 1 GHz und weniger die klassischen WLAN-Frequenzen um 2,4 GHz.

## LTE Cat M1

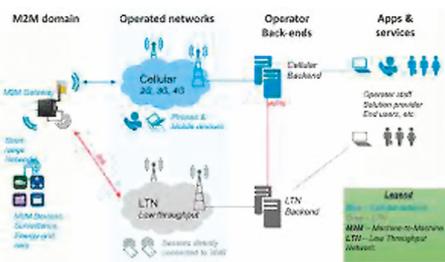


LTE Cat M1 und seine Möglichkeiten nach u-blox.com

Dies ist wie NB-IoT eine LPN/LPWA/LPWAN-Technologie für IoT-Anwendungen. LTE Cat M1 ist eine neue Mobilfunktechnologie, die auch auf M2M-Kommunikation (Machine-to-Machine) ausgerichtet sein kann, bei denen mittlere Datenraten erreicht werden sollen (375 kbit/s Upload- und Download im Halbduplex). Es ermöglicht längere Batterielebenszyklen und größere Reichweite in Gebäuden gegenüber Standard-Mobilfunktechnologien. Wichtige Funktionen:

- Unterstützung von Sprachfunktionalität über VoLTE
- volle Mobilität und Handover im Fahrzeug
- niedriger Energieverbrauch
- hohe Reichweite in Gebäuden

## LTN (Low Throughput Network)

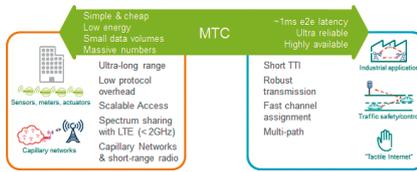


LTN-Möglichkeiten nach ETSI

Machine-to-Machine-Kommunikation und das Internet of Things (IoT) bedeutet die direkte oder indirekte Verbindung von potentiell Millionen und Milliarden Objekten bei sehr niedrigem Datendurchsatz. Entsprechende Netzwerke haben geringe Kosten, erlauben neue Applikationen und weisen sehr geringe elektromagnetische Störungen auf. Ein Beispiel ist ETSI GS LTN, weitere heißen LoRaWAN, Weightless und RPMA (Random Phase Multiple Access).

## MMTC (Massive Machine-Type Communication)

MACHINE TYPE COMMUNICATIONS

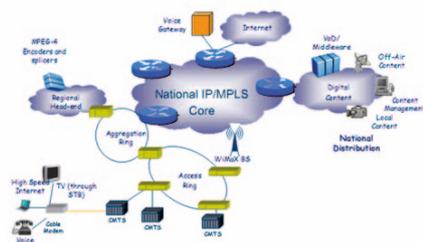


MTC über das 5G-Netz

„Bei Massive Machine-Type Communication geht es um Dienste, die eine hohe Anschlussdichte benötigen. Diese kann bei einer Million pro Quadratkilometer liegen. Typische Beispiele hierfür sind Smart Cities, Smart Homes, Smart Agricultures, Logistik, Flottenmanagement und Wasserversorgung. MMTC-Dienste dienen der Weiterentwicklung der digitalen Gesellschaft und der Forderung nach neuen leistungsfähigen Diensten.“

Geht es bei der Maschinenkommunikation um eine große Anzahl an Low-Cost- und Low-Energy-Geräte und um große Datenmengen, so geht es bei der Critical Machine-Type Communication (CMTC), der Mission-Critical Machine-Type Communication oder der Ultra-Reliable Machine-Type Communication (UMTC) um extrem kurze Latenzzeiten für die Echtzeitsteuerung von Maschinen, um hohe Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit und um Ende-zu-Ende-Latenzen im Millisekundenbereich.“ (itwissen.info)

## MSO (Multi-System Operator)

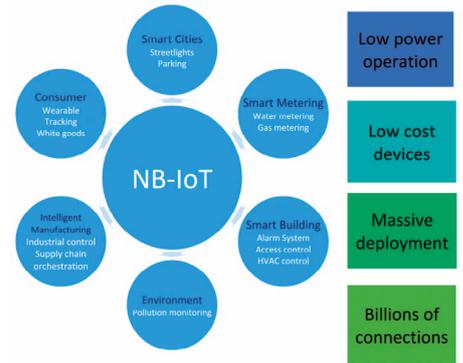


Kabel-MSO nach indiabizclub.com

Ein Multisystembetreiber betreibt in der Regel verschiedene Kabel-TV-Systeme. Neue Techniken, wie etwa Carrier-Grade-WiFi, fordern auch ihn heraus.

## NB-IoT

Narrow Band IoT ist eine LPN/LPWA/LPWAN-Funktechnologie zur Übertragung kleiner Datenmengen mit geringer Geschwindigkeit und zeichnet sich durch



geringen Energieverbrauch aus. Die in diesem Kontext benutzten Netzwerkkonzepte sind Low Power WANs (LPWANs) und Long Range WANs (LoRaWANs). NB-IoT ist auch bekannt unter der Bezeichnung LTE Cat NB1.

Der Fokus von NB-IoT liegt auf Inhouse-Anwendungen mit kostengünstigen Komponenten mit geringstem Stromverbrauch. Die Technik kann in Mobilfunksysteme eingebettet werden. So können die Funkwellen Gebäude besser durchdringen. Die Übertragungstechnik von NB-IoT arbeitet im Duplex bidirektional.

NB-IoT kann in Smart Cities, Smart Homes, Smart Grids und in vielen weiteren Anwendungen eingesetzt werden. In der Smart City kann es den Stadtbewohnern Informationen über die Infrastruktur liefern, das Verkehrsmanagement unterstützen, die Parkplatzsucher erleichtern und zur Energieeinsparung bei der öffentlichen Beleuchtung beitragen. Im Smart Home geht es um die Optimierung der Energiekosten in die die Haushaltsgeräte und Beleuchtungen eingebunden sind, um Alarmanlagen und Überwachungskameras, und beim Smart Grid um die Kontrolle und Steuerung der Energie.

## RED (Radio Equipment Directive)



Das ist die neue europäische Funkanlagen-Richtlinie. Damit reagierte die EU auf die erwartete stetige Zunahme drahtloser Geräte unterschiedlichster Art, die sich das begrenzte HF-Spektrum teilen müssen, flankierend gibt es einen RED-Guide und TGNs zur Unterstützung der Anwender

RPMA, siehe LTN

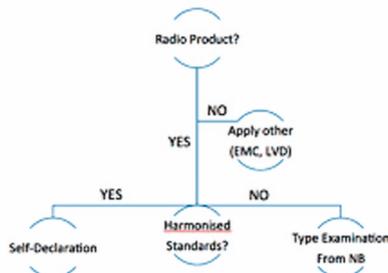
## Sigfox



ist ein französisches Telekommunikationsunternehmen, das ein eigenes, globales Funknetzwerk aufbaut, um Objekte mit geringem Energiebedarf drahtlos mit dem Internet zu verbinden. Dazu gehören beispielsweise Stromzähler, Smartwatches, Heizungen und Waschmaschinen, aber auch Anwendungen im Bereich Landwirtschaft, Medizintechnik und Fertigungsindustrie. Die Geräte senden in festgelegten Intervallen kleine Datenmengen bzw. Nachrichten an eine Basisstation, die diese dann in eine Datenbank des jeweiligen Empfängers weitergibt. Die Technologie bietet damit eine Basis für das IoT. Das Sigfox-Funkmodul für ein Endgerät soll bei der Abnahme von mindestens 50.000 Modulen einen US-Dollar kosten, die Verbindung des Gerätes ins Sigfox-Netz einen weiteren US-Dollar pro Jahr. Die Basisstationen können im Gegensatz zu Mobilfunk-Basisstationen bis zu einer Million Objekte verwalten, wobei ein Tausendstel der Energie der Standard-Mobilfunksysteme benötigt wird. Sigfox-Geräte können laut eigener Aussage bis zu 20 Jahre lang mit lediglich zwei AA-Batterien arbeiten. Die Geräte nutzen dazu geringe Datenraten, können maximal zwölf Bytes pro Nachricht aber nicht mehr als 140 Nachrichten pro Gerät und Tag verschicken. Mit zwölf Bytes kann eine Zahl zwischen 1 und 7,9E1028 (79 Quadrilliarden) dargestellt werden.

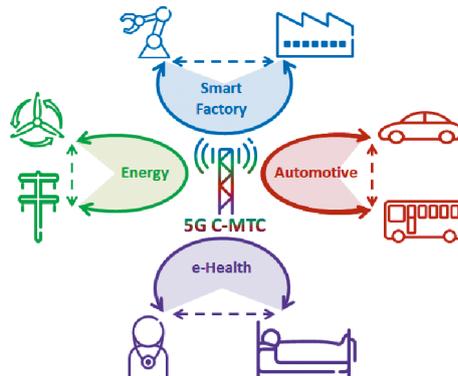
## TGN

### Complying with RED



Technical Guidance Notes, technische Leitlinien, speziell für die Umsetzung und Anwendung der RED von der EU herausgegeben

## URLLC (Ultra Reliable Low Latency Communication)



URLLC-Darstellung nach semanticscholar.org

Die Ultra-Reliable (and) Low-Latency Communication bietet Dienste mit geringer Latenzzeit bei 1 ms. Das sind Dienste, die kürzeste Antwortzeiten und praktisch keinen Ausfall haben dürfen, so wie z. B. automatische Fahrassistenten, die Kraftfahrzeuge steuern, oder für die Fernwartung von Anlagen.

## 3GPP (Third Generation Partnership Project)

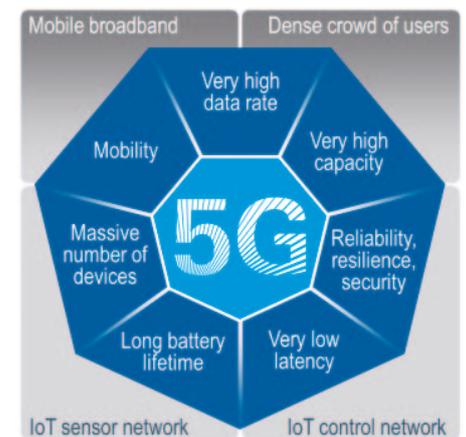


Das 3GPP ist eine Standardisierungsinitiative von verschiedenen regionalen Standardisierungs-Organisationen aus Europa, den USA und Asien. Ziel von 3GPP ist es,

die technischen Spezifikationen für Mobilfunknetze der 3. Generation voranzutreiben einschließlich LTE. NB-IoT und LTE CAT-M1 werden durch die 3GPP-Standards in Release 13 näher beschrieben.

## 5G

Der Mobilfunkstandard 5G wird auch Echtzeit-Internet genannt, weil er eine Standleitung ins Netz ermöglichen wird – ohne Ladezeiten und Verzögerungen: 5G verspricht extrem hohe Download-Geschwindigkeiten von bis zu 10 Gbit/s und eine Latenzzeit (Zeitspanne, die ein Datenpaket vom Sender zum Empfänger braucht) von unter einer Millisekunde. 5G wird zehnmal so schnell sein wie der aktuelle 4G-Standard. Für 5G hat die ITU drei Dienstkategorien festgelegt: Enhanced Mobile Broadband (EMBB), Ultra Reliable Low Latency Communications (URLLC) und Massive Machine-Type Communications (MMTC).



5G-Möglichkeiten und Eigenschaften nach Rhode&Schwarz

## 5G CGW

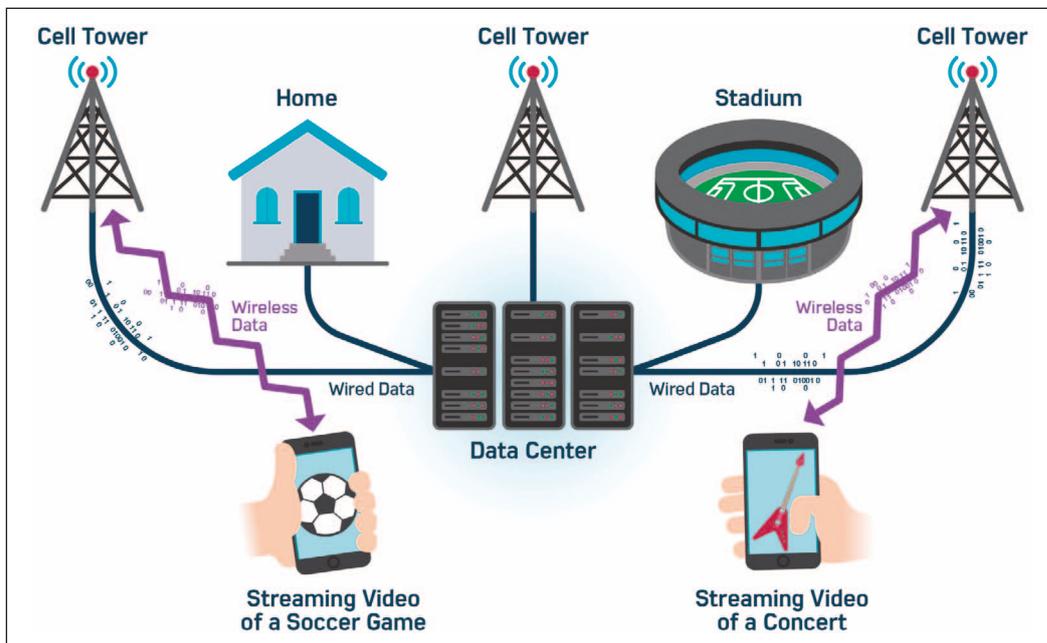
siehe Carrier-Grade WiFi

## LTE Cat M1 und NB-IoT im Parameter-Vergleich

Kennzeichen	LTE Cat M1	NB-IoT
Einsatz	Inband LTE	Inband LTE, LTE Guard Bands, Standalone
Downlink-Modulation	OFDMA, 16 QAM	OFDMA
Downlink-Datenrate	bis 1 Mbit/s	250 kbit/s
Uplink-Modulation	SC-FDMA, 16 QAM	SC-FDMA
Uplink-Datenrate	bis 1 Mbit/s	250 kbps (multitone), 20 kbps (singletone)
Bandbreite	1,08 MHz	180 kHz
Duplex-Technologie	Full Duplex, Half Duplex, FDD & TDD	Half Duplex und FDD
Latenzzeit	10...15 ms	1,6...10 s
Link-Budget	155,7 dB	164 dB
Leistungsklasse	23 dBm, 20 dBm	23 dBm, 20 dBm

# HF-Konverter – eine Technik, die Breitbandfunk ermöglicht

Konverter, die Signale direkt im Bereich der Hochfrequenz umsetzen, sind mittlerweile so weit entwickelt, dass sie sich dazu eignen, konventionelle Funkkommunikations-Designs zu ändern. Mit ihrer Fähigkeit, Signalbandbreiten mit bis zu 2 oder 3 GHz sofort zu digitalisieren und zu synthetisieren, versprechen sie nun echten Breitbandfunk, da sie es den Entwicklern von Funksystemen ermöglichen, die dafür benötigte Hardware drastisch zu reduzieren.



*HF-Konverter ermöglichen Breitband-Funksysteme, die anspruchsvolle Datendienste wie Video-Streaming und Spiele bedienen*

Damit wird eine völlig neue Art der Rekonfigurierbarkeit via Software realisiert, die mit konventionellen Funk-Designs einfach nicht möglich ist. Dieser Artikel untersucht die Vorteile der HF-Wandler-Technik, die diese neue Art von Datenerfassungssystemen und Breitband-Funksystemen ermöglicht und diskutiert die Möglichkeiten der Software-Rekonfigurierbarkeit.

## Einleitung

Eine Design-Einschränkung, der jeder Entwickler von Funksystemen gegenüber steht, ist der Kompromiss, die Signalbandbreite mit der höchstmöglichen Qualität bei geringstem Leistungsverbrauch zu entwickeln. Wie der Entwickler diese Einschränkung realisiert, bestimmt die Ausmaße und das Gewicht des Funksystems und beeinflusst grundlegend die Platzierung des Funksystems z.B. in Gebäuden, Türmen, Masten, unterirdisch fahrenden Fahrzeugen, Verpackungen, Taschen, Ohren oder Brillen.

Jeder Ort des Funksystems hat eine bestimmte verfügbare Leistung, die diesem Ort entspricht. Ein Gebäude oder ein Turm hat vermutlich mehr Leistung verfügbar als ein Smartphone in einer Hosentasche oder ein Bluetooth-Kopfhörer in einem Ohr. In allen Fällen existiert aber ein fundamentaler Grundsatz: je weniger Leistung ein Funksystem aufnimmt und je mehr Durchsatz pro Leistungseinheit möglich ist, desto kleiner und leichter wird das Funksystem. Dies hat immense Auswirkungen und war über viele Jahre hinweg der treibende Faktor hinter der Innovation in der Kommunikationsindustrie.

Da die Halbleiterhersteller immer mehr Funktionen und höhere Leistungsfähigkeit in Komponenten gleicher oder sogar kleinere Ausmaße integrierten, müssen die Geräte, die sie nutzen, ebenfalls kleiner, funktionsreicher, leichter oder in einigen Fällen sogar alles zusammen sein. Die kleineren und leichteren Geräte, die besser

sind und einen größeren Funktionsumfang bieten, erlauben die Platzierung dieses verbesserten Equipments an Orten, die vorher wegen verschiedener anderer Einschränkungen nicht möglich waren, dazu gehören z.B. die Ausmaße der Funkeinheit.

## Entwicklung der Integrationsdichte

Wenn der Platzbedarf einer Funkeinheit für ein Gebäude auf die Ausmaße einer Einheit, die auf einen Turm passt, reduziert werden kann und die für einen Turm auf die Ausmaße und das Gewicht für das sich ein Mast eignet, oder wenn die Funkeinheit, die bisher in einem Fahrzeug transportiert werden musste, nun in ein Paket passt, dann folgt man der Entwicklung der Integrationsdichte.

Die heutige Kommunikationsumgebung ist voll von Installationen, die Gebäude, Türme, Masten und Fahrzeuge benötigen, da die verschiedenen Kommunikationsgeräte mit den zur jeweiligen Zeit verfügbaren

Autoren:

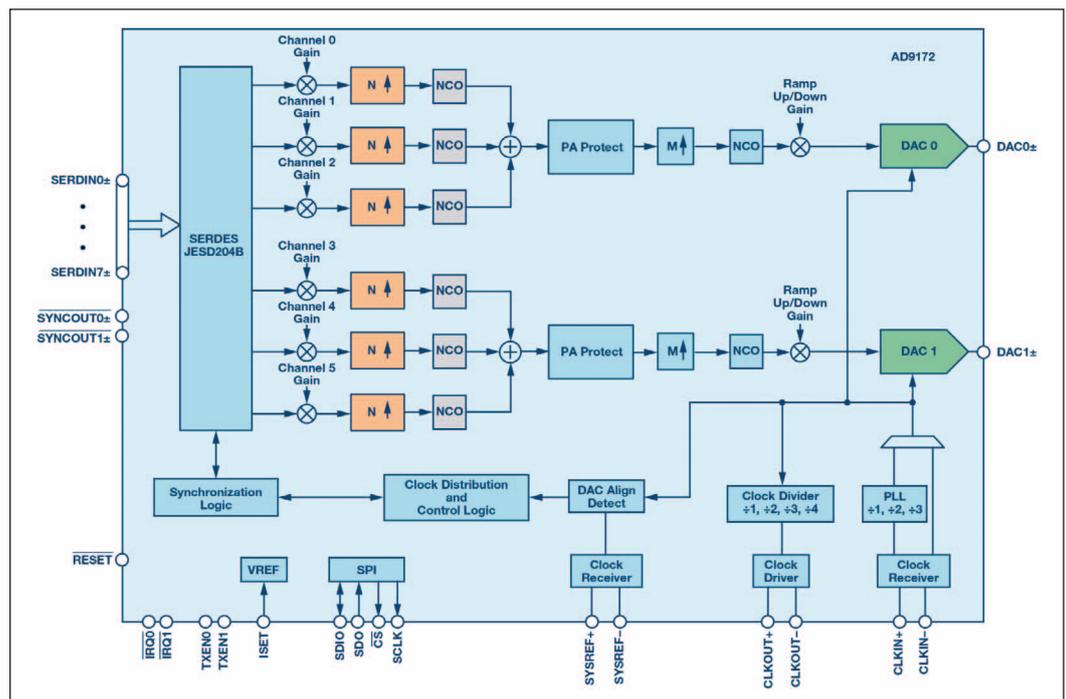
E. Fague und Steven Rose,  
Analog Devices Inc.  
www.analog.com

baren Komponenten entwickelt wurden und damit das funktionsreiche Kommunikations-Equipment liefern, das man heute hat: Man kann sprechen, Texte versenden, fotografieren, Informationen aus dem Internet herunter- und hochladen und nahezu überall wo man will in einem der unterschiedlichen Netzwerke surfen. Dazu zählen mobile Netzwerke, drahtlose LANs, drahtlose Ad-Hoc-Netzwerke mit kurzer Reichweite und noch weitere. Diese sind dann alle mit den drahtgebundenen Netzwerken verbunden, in denen die Daten über HF-Kabel oder eventuell Glasfasern übertragen werden.

## Erweitertes Videoerlebnis

Wie mehrere Studien gezeigt haben [1, 2], wird die Nachfrage nach höheren Datenmengen auch in der nächsten Dekade stark zunehmen. Sie wird von der schier unstillbaren Nachfrage nach umfangreicheren Dateninhalten getrieben, die höhere Bandbreiten erfordert. Kabelfernsehen und Betreiber von Glasfasernetzen für den Privatgebrauch stehen in einem ständigen Wettbewerb, Breitbanddienste für den Privatbedarf anzubieten, indem sie schnellere Übertragungsgeschwindigkeiten und immer mehr hochauflösende Fernsehkanäle anbieten. Der Übergang auf UHD-Fernsehen (ultrahigh definition oder 4k definition) benötigt mehr als die doppelte Kapazität von HD-TV und erfordert deutlich höhere Kanalbandbreiten als sie heute verwendet werden.

Zusätzlich erfordert umfassendes Video, das die virtuelle Realität (VR) einschließt, aber auch Spiele und 3D-Effekte wie 180° oder Panoramadarstellungen mit mehrdimensionaler Freiheit, alle im 4k-UHD-TV, pro Nutzer eine Bandbreite von bis zu 1 Gbit [2]. Dies geht weit über den bereits anspruchsvollen Bedarf von einfachen 4k-UHD-Fernsehübertragungen und Streaming hinaus. Online-Spiele erfordern symmetrische Datenbandbreiten im Netzwerk, da hier Latenzzeiten



**Bild 1: Beispiel für einen HF-DAC mit Kanalisierern**

sehr wichtig sind und dies die Entwicklung von wesentlich höheren Bandbreiten antreibt, die diese Datenmengen in das Netzwerk übermitteln können. Die Notwendigkeit, höhere Datenmengen hochzuladen, zwingt die Equipment-Hersteller wiederum dazu, ihre Entwicklungen zu aktualisieren, um die symmetrische Breitbandübertragung zu ermöglichen.

Die verbesserten Fähigkeiten der heutigen HF-Konverter sind entscheidend, um Vorteile in der Bereitstellung des reichhaltigen Video-Inhalts zu erzielen. Sie müssen in der Lage sein, Signale mit einem großen Dynamikbereich mit hervorragender Störungsfreiheit zu generieren, um den Einsatz von Modulationsarten höherer Ordnung wie 256-QAM, 1024-QAM und 4k-QAM zu ermöglichen. Diese Modulationsverfahren höherer Ordnung sind notwendig, um die spektrale Effizienz jedes einzelnen Kanals zu steigern, da die installierten Koaxkabel und Verteilungsverstärker eine auf 1,2...1,7 GHz begrenzte Bandbreite haben. Eine höhere Leistung im Headend-Übertragungsequipment verlängert die Nutzungsdauer der installierten

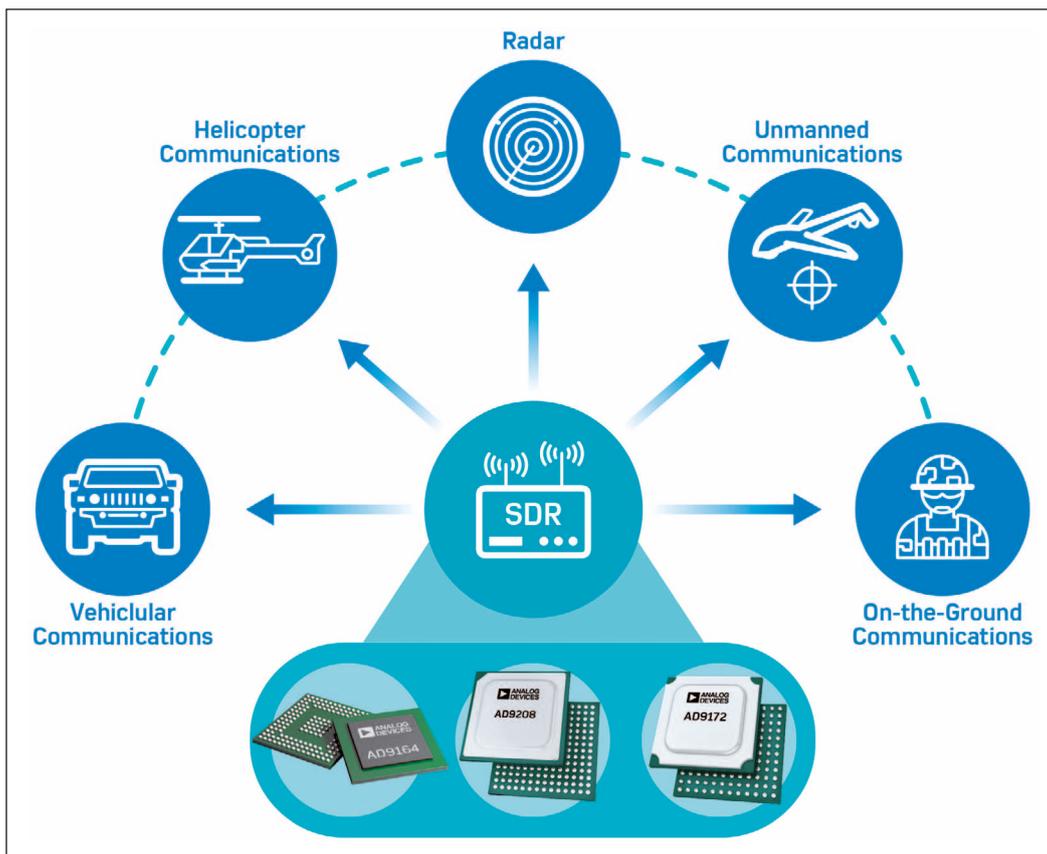
Ausrüstungsbasis und vermeidet damit Beschränkungen des Finanzierungsplans und gibt MSOs (multiple service operator) ein größeres Zeitfenster, in dem sie ihre Ausrüstungen und Übertragungssysteme aktualisieren können.

## Mehrband, Multimode-Test

Die heutigen Smartphones ähneln traditionellen mobilen Telefonen immer weniger, da immer mehr Funktionen in sie gepackt werden. Viele von diesen Eigenschaften hängen mit Funkfunktionen zusammen und deshalb hat das mobile Gerät von heute bis zu fünf oder mehr Funksysteme integriert. Jedes dieser Funksysteme muss geprüft werden, wenn das Smartphone produziert wird und dies bedeutet wiederum neue Herausforderungen für die Hersteller von Multimode-Kommunikationstestern. Es gibt die Notwendigkeit für eine hohe Testgeschwindigkeit, um die Kosten niedrig zu halten, obwohl die Anzahl der Tests mit der Anzahl der Funksysteme ansteigt. Unterschiedliche Hardware für jedes Funksystem in dem mobilen Gerät zu bauen, ist wegen der Größe

und Kosten der Tester nicht mehr praktikabel. Mit mehr offenen oder empfohlenen Bändern für mobile Dienste [3] steigen auch die Herausforderungen an den Test von immer mehr Funksystemen in den mobilen Geräten.

Dieser Herausforderung kann gut mit HF-Konvertern begegnet werden. Sowohl im Sender als auch Empfänger können HF-Konverter die Flexibilität bieten, die mit konventionellen Funksystemen nicht zu erzielen ist. Breitband-HF-Konverter haben die Fähigkeit, in jedem Band gleichzeitig Signale aufzunehmen und direkt zu synthetisieren, was den simultanen Test von mehreren Funksystemen in einem mobilen Gerät erlaubt. Mit in den HF-DACs (Digital/Analog-Converter) und HF-ADCs (Analog/Digital-Converter) eingebauten „Kanalisiern“, werden diese mehrfachen Funksignale in den Konvertern effektiv verarbeitet. In Bild 1 sind z.B. drei Kanalisierer pro HF-DAC dargestellt, was es ermöglicht, drei unterschiedliche Signale und Bänder direkt zu synthetisieren, zu kombinieren und dann mit dem numerisch gesteuerten Oszillator (NCO) digital aufwärts zu wandeln, bevor sie mit



**Bild 2: Softwaredefinierter Funk, versorgt von HF-Konvertern, ermöglicht Kommunikationsverbindungen über verschiedene Plattformen hinweg**

dem HF-DAC in ein HF-Signal konvertiert werden.

In anderen Marktsegmenten, wie dem Test von Equipment für die Luft- und Raumfahrt sowie der Verteidigung, besteht eine wachsende Notwendigkeit an Breitband-Testlösungen für gepulste Radar- und militärische Kommunikation. Wegen der Anzahl und unterschiedlicher Arten von Radar, elektronischer Intelligenz, elektronischer Kriegsführung und Kommunikationsausrüstungen, die getestet werden müssen, muss der Testsystemhersteller ein flexibles Messinstrument mit einem großen Funktionsumfang anbieten [4]. Arbiträre Signalgeneratoren müssen beispielsweise unterschiedliche Signale generieren können, einschließlich linearer Frequenzmodulation, gepulsten Signalen, phasenkohärenten Signalen und modulierten Signalen über einen weiten Bereich an Ausgangsfrequenzen und Bandbreiten. Die messtechnische Ausrüstung muss ebenfalls in der Lage sein,

diese Signale beim Test des Erregers oder Senders zu empfangen.

HF-Konverter bedienen diese Situation gut, da sie die direkte HF-Synthese und Messung bei HF-Frequenzen erlauben. In einigen Fällen kann dies die Notwendigkeit für eine Auf- und Abwärtswandlung eliminieren und in anderen Fällen kann dies die Anzahl der notwendigen Wandlungen auf eine einzige reduzieren. Dies vereinfacht die Hardware und man kann deswegen ihre Größe, ihr Gewicht und ihren Leistungsbedarf verringern. Das Hinzufügen von digitalen Funktionen, wie Synthesisierern, Interpolatoren, NCOs und Kombinerern ergibt eine effiziente Signalverarbeitung auf dedizierter CMOS-Technik mit geringem Leistungsbedarf.

### Softwaredefinierter Funk

HF-Konverter können eine wichtige Voraussetzung für den softwaredefinierten Funk sein. Mit

der Fähigkeit, Frequenzen im Multi-GHz-Bereich direkt zu erfassen und zu synthetisieren, vereinfachen HF-Konverter die Funksystem-Architektur, indem sie die auf- und abwärts wandelnden Stufen ganz eliminieren, anstatt sie digital zu implementieren. Das Entfernen der analogen Wandlungsstufe und die dazu gehörigen Mischer, LO-Synthesisierer und Filter reduziert Ausmaße, Gewicht und Leistungsbedarf (SWaP = size, weight and power) eines Funksystems, was es ermöglicht, das Funksystem an mehr unterschiedlichen Orten zu installieren und mit einer kleineren Stromversorgung zu betreiben. Diese Technik ermöglicht, dass die Funksysteme klein und leicht genug sind, um in der Hand getragen, in kleinen Landfahrzeugen transportiert oder in unterschiedlichen Luftfahrzeugen eingebaut zu werden, etwa in unbemannten Luftfahrzeugen (UAVs = unmanned aerial vehicles).

Zusätzlich zur verbesserten Kommunikation über Plattformen hinweg hat eine mit HF-Konvertern aufgebaute Funk-Hardware das Potential, multifunktional zu sein und auch im Multimode- und Multiband-Betrieb arbeiten zu können. Weil nun HF-Konverter verfügbar sind, die die unteren Radar-Frequenzbänder, und in naher Zukunft auch die höher frequenten Bänder erreichen werden, kann das Konzept, nur eine einzige Einheit sowohl für das Radar, als auch für eine taktische Kommunikationsverbindung einzusetzen, zur Realität werden. Eine derartige Einheit bietet offensichtliche Vorteile bezüglich Reparaturen im Feld, Aktualisierung sowie Beschaffungsprozeduren und Kosten.

Die Fähigkeit, HF-Signale direkt zu erfassen und zu synthetisieren, macht HF-Konverter ideal geeignet für Phased-Array-Radarsysteme. Da die direkte Signalerfassung und -synthetisierung des HF-Konverters so viel konventionelle Funk-Hardware eliminiert, wird die einzelne Signalkette wesentlich kleiner und leichter. Deshalb ist das Einbauen vieler dieser Funk-systeme in kleineren Räumen möglich. Arrays auf Schiffen oder an Land montierte Phased-Arrays, aber auch kleinere Arrays und Einheiten für den Signal-Intelligence-Betrieb können mit einem kleineren SWaP aufgebaut werden. Bild 2 zeigt: Softwaredefinierter Funk, versorgt von HF-Konvertern ermöglicht Kommunikationsverbindungen über verschiedene Plattformen hinweg

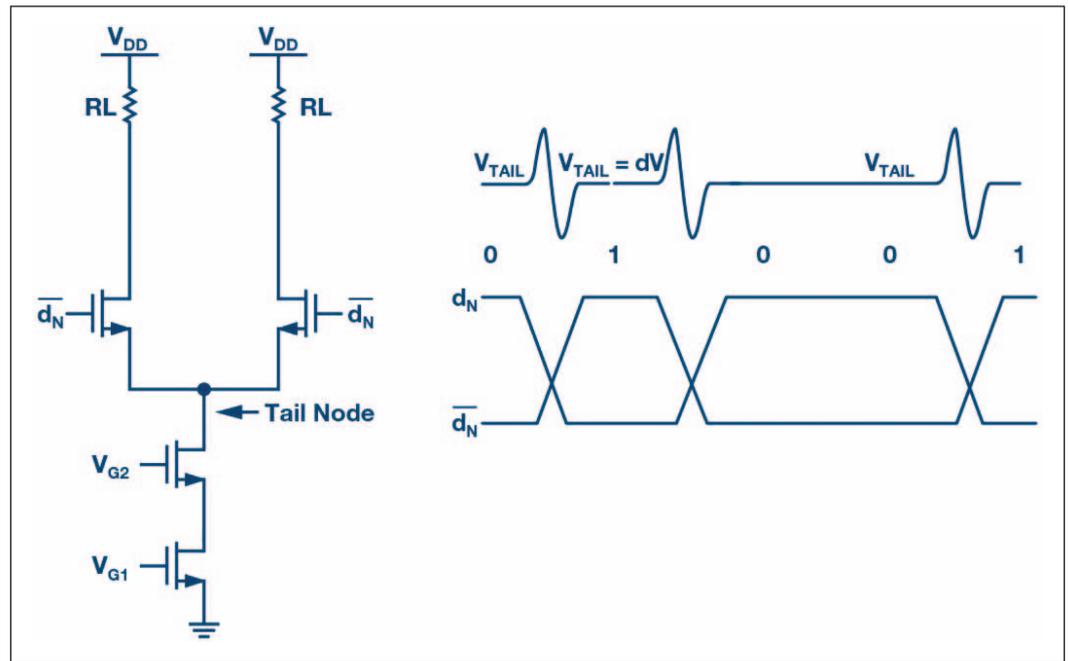
### Die Technik hinter HF-Konvertern

Einer der technologischen Schlüsselvorteile von HF-Konvertern ist die kontinuierliche Nutzung von CMOS-Prozessen mit immer kleineren Struktur-breiten. Da die Gatterlängen und Kenngrößen des grundlegenden CMOS-Transistors immer kleiner werden, werden digitale Gatter schneller, kleiner und verbrauchen weniger Leistung [6]. Dies erleichtert die Inte-

gration einer signifikanten digitalen Signalverarbeitung zusammen mit dem HF-Konverter auf einem Chip, bei einem angemessenen Flächen- und Leistungsbedarf. Das Hinzufügen von digitalen Kanalisierern, Modulatoren und Filtern, die über Software programmierbar sind, ist wichtig für den Aufbau eines effektiven und flexiblen Funksystems. Diese effektivere DSP öffnet auch die Tür für die Nutzung der digitalen Verarbeitung, um dabei zu helfen, analoge Defizite im Konverter zu korrigieren. Auf der analogen Seite bietet jeder neue Prozessknoten schnellere Transistoren, die einen besseren Abgleich pro Einheitsfläche besitzen. Diese Verbesserungen sind entscheidend für schnellere, hochpräzise Konverter.

Die Verbesserungen in der Prozessstechnik alleine sind aber nicht ausreichend – es gab auch einige Schlüsselverbesserungen in der Architektur, die diese Konverter erst ermöglichen. Die Architektur der Wahl für HF-DACs ist die „Current-Steering“-DAC-Architektur. Die Leistungsfähigkeit dieses DAC-Typs ist abhängig vom Abgleich der Stromquellen, die den DAC bilden. Der Abgleich der unkalibrierten Stromquelle ist proportional zur Quadratwurzel der Fläche der Stromquelle [7]. Der Abgleich pro Flächeneinheit verbessert sich mit jedem Prozessknoten. Aber selbst in den modernsten Prozessknoten wird eine Stromquelle mit einer ausreichend geringen Fehlanpassung für einen Konverter mit hoher Auflösung noch sehr groß sein. Eine solch große Stromquelle reduziert die Hochfrequenzleistung des DACs.

Eine wesentlich attraktivere Lösung ist es, kleinere Stromquellen zu kalibrieren, um den gewünschten Abgleich zu erreichen. Dies kann die zusätzlichen parasitären Effekte der Stromquelle signifikant reduzieren und deshalb die gewünschte Linearität erzielen, ohne die Leistung bei Hochfrequenz zu beeinträchtigen. Wenn korrekt ausgeführt, ist diese Kalibrierung sehr stabil über die Temperatur, so dass es



**Bild 3: Beispiel einer DAC-Zelle mit Zweifachschalter**

ausreicht, die Kalibrierung nur ein einziges Mal durchzuführen. Eine stabile einmalige Kalibrierung bedeutet, dass sie im Hintergrund nicht immer wieder periodisch durchgeführt werden muss, was den Leistungsverbrauch im Betrieb senkt und Bedenken bezüglich der Generierung von Störprodukten wegen der im Hintergrund laufenden Kalibrierung mindert.

Eine andere Architekturwahl, die hilft, die gewünschte Konverterleistung bei sehr schneller Geschwindigkeit zu erzielen, ist die Wahl einer geschalteten Architektur, um den DAC-Strom zu steuern. Die traditionelle Struktur mit zwei Schaltern (Bild 3) hat einige Nachteile, wenn sie bei hoher Geschwindigkeit betrieben wird [9, 10]. Da die in den Zweifachschalter getriebenen Daten irgendwo von einem bis zu vielen Taktzyklen gleichbleiben können, hat der Tail-Node eine datenabhängige Einschwingzeit. Wenn die Taktrate für diesen Knoten klein genug ist, um innerhalb einer Taktperiode einzuschwingen, ist das kein Problem. Bei sehr hohen Datenraten wird dieser Knoten in einer Taktperiode jedoch nicht voll einschwingen und deshalb wird die datenab-

hängige Einschwingzeit Verzerrungen am DAC-Ausgang hervorrufen. Wenn ein Vierfachschalter (Bild 4) verwendet wird, werden die Datensignale alle auf null zurückgeführt. Dies führt dazu, dass die Spannung des Tail-Knotens unabhängig vom Dateneingang ist, was das vorher beschriebene Problem mindert. Der Vierfachschalter erlaubt es dem DAC auch, Daten an beiden Flanken des Taktes zu aktualisieren. Diese Eigenschaft kann dazu verwendet werden, um die Abtastrate des DAC effektiv zu verdoppeln, ohne auch die Taktfrequenz zu verdoppeln.

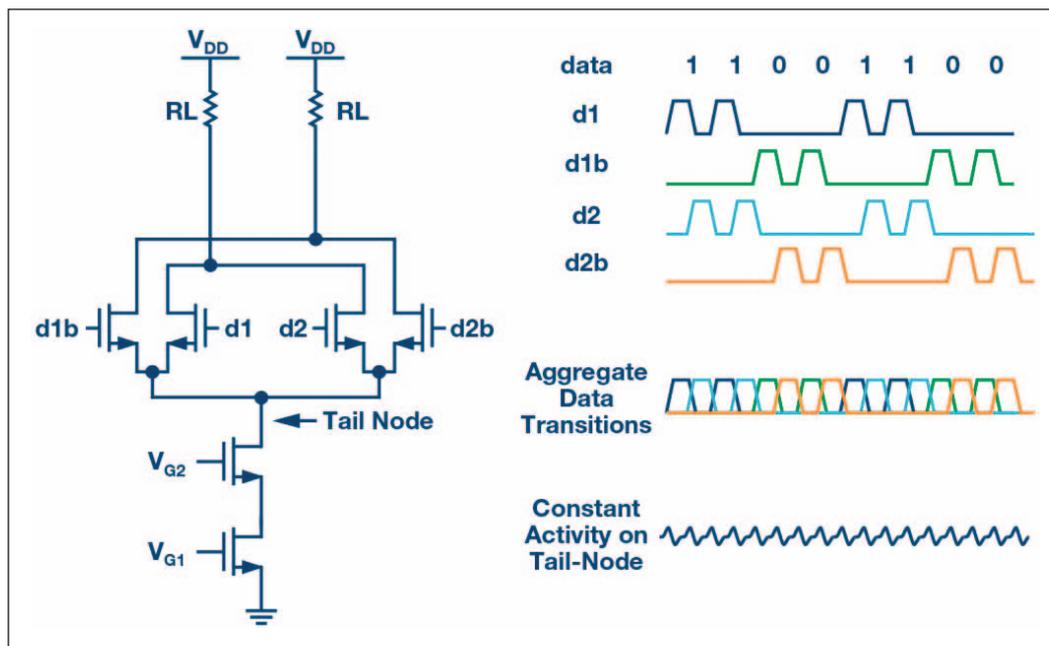
Die Nutzung eines gut entwickelten Kalibrieralgorithmus und einer Stromsteuerzelle mit Vierfachschalter, kombiniert mit den heutigen CMOS-Prozessen mit kleinen Strukturbreiten, erlaubt die Entwicklung eines DAC, der mit sehr hohen Taktraten und einem exzellenten Dynamikbereich abtasten kann. Dies ermöglicht die Synthese von qualitativ hochwertigen Signalen über einen weiten Frequenzbereich. Wenn dieser Breitband-DAC mit einem unterstützenden DSP kombiniert wird, ergibt das einen sehr flexiblen Hochleistungs-Funksender, der so konfiguriert werden kann, dass er die

Signale für alle in diesem Artikel genannten Applikationen liefert.

## Künftige Funksysteme

Während die heutigen HF-Konverter bereits radikale Änderungen in der Entwicklung der Architektur von Funksystemen möglich machen, sind sie schon bereit, für noch wesentlich größere Veränderungen. Da die Prozessstechnologien sich ständig weiterentwickeln und die Entwicklung von HF-Konvertern immer weiter voranschreitet, wird der Einfluss des HF-Konverters den Leistungsverbrauch und die Ausmaße eines Funksystems auch weiterhin verringern.

Diese passenden Verbesserungen kommen gerade rechtzeitig, um die nächste Generation von Funksystemen zu ermöglichen. Dazu zählen die gerade aufkommenden drahtlosen 5G-Basisstationen, wie massives MIMO, aber auch Phased-Array-Radars und Anwendungen mit Beamforming. Die Lithographie im tiefen Submikron-Bereich wird noch wesentlich mehr digitale Schaltungen ermöglichen, die man mit auf dem Chip des HF-Konverters platziert und damit die rechenintensiven Funktionen wie die Algorithmen für die digitale



**Bild 4: Beispiel für eine DAC-Zelle mit Vierfachschalter**

Vorverzerrung (DPD = digitale predistortion) (13) und Crest-Faktor-Reduzierung (CFR) integriert. Dies hilft dabei, den Wirkungsgrad des Leistungsverstärkers zu erhöhen und den Leistungsverbrauch des gesamten Systems drastisch zu reduzieren. Diese Entwicklungen werden den Druck auf leistungshungri-ge FPGA-Logik wieder erhöhen und diese Funktionen auf dedizierte Logik mit sparsamem Leistungsverbrauch übertragen. Weitere Möglichkeiten schließen das Integrieren des HF-Konverters, inklusive seiner digitalen „Engines“ mit analogen HF-, Mikrowellen- oder Millimeterwellen-Komponenten, ein, was die Ausmaße weiter reduziert und die Entwicklung des Funk-systems weiter erleichtert. Damit wird es möglich, Bit-Ströme direkt an die Antenne zu liefern und einen Systemansatz für die Entwicklung des Funk-systems zu verfolgen. Mit HF-Konvertern besteht eine riesige Palette an unterschiedlichen Möglichkeiten. HF-Konverter sind die Technik, die dem was möglich ist einen Schritt voraus ist, (Ahead of What's Possible).

## Referenzen

[1] “5G Radio Access.” Ericsson, April 2016.

[2] “Consumer Survey Report on Typical Future Mobile Applications.” Huawei Wireless X Labs.

[3] “Notice of Inquiry FCC 17-104.” Federal Communications Commission, August 2017.

[4] John Hansen. “Radar, Electronic Warfare, and Electronic Intelligence Testing.” Agilent Technologies, August 2012.

[5] Henry S. Kenyon, “New Radios, Waveforms Move Military Communications into the Sky.” Signal, October 2013.

[6] William Holt. “Moore’s Law: A Path Going Forward.” 2016 IEEE International Solid-State Circuits Conference, IEEE, 2016.

[7] A.C.J. Duimajier, Anton Welbers, and Marcel Pelgrom “Matching Properties of MOS Transistors.” IEEE Journal of Solid-State Circuits, IEEE, Vol. 24, No. 5, October 1989.

[8] Haiyan Zhu, Wenhua Yang, Gil Engel, and Yong-Bin Kim. “A Two-Parameter Calibration Technique Tracking Temperature variations for Current Source Mismatch.” IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs, IEEE, Vol. 64, No. 4, April 2017.

[9] “Constant Switching for Signal Processing.” U.S. Patent US6842132 B2, January 2005.

[10] Sungkyung Park, Gyudong Kim, Sin-Chong Park, and Wonchan Kim. “A Digital-to-Analog Converter Based on Differential-Quad Switching.” IEEE Journal of Solid-State Circuits, IEEE, Vol. 37, No. 10, October 2002.

[11] Gil Engel, Shawn Kuo, and Steve Rose. “A 14-Bit 3 GHz/6 GHz Current-Steering RF DAC in 0.18  $\mu\text{m}$  CMOS with 66 dB ACLR at 2.9 GHz.” 2012 IEEE International Solid-State Circuits Conference, IEEE, 2012.

[12] Daniel Fague. “New RF DAC Broadens Software-Defined Radio Horizon.” Analog Dialogue, Vol. 50, No. 7, July 2016.

[13] Patrick Pratt and Frank Kearney. “Ultrawideband Digital Predistortion (DPD): The Rewards (Power and Performance) and Challenges of Implementation in Cable Distribution Systems.” Analog Dialogue, Vol. 51, No. 07, July 2017.

## Die Autoren



**Daniel E. Fague**

ist Director of System Application Engineering in der High Speed Products Group von Analog Devices. Er erhielt 1989 seinen B.S.E.E. von der Gonzaga University und 1991 seinen M.S.E.E. von der University of California in Davis. Er kam 1995 in die Wireless Handset Group von Analog Devices, wo er sich der Entwicklung von Funkarchitekturen für Handsets widmete, einschließlich direkt wandelnder Funksysteme für GSM, EDGE, CDMA und Bluetooth. Davor arbeitete er fünf Jahre für National Semiconductor an der Entwicklung von Funkarchitekturen für DECT und PHS. Seit seinem Eintritt in die High Speed Products Group in 2011 fokussiert sich Dan auf die Entwicklung von HF-Konvertern. Er besitzt sieben Patente und veröffentlichte mehr als 30 Artikel und Vorträge



**Steven C. Rose**

ist Staff Design Engineer in der High Speed Products Group von Analog Devices. Er erwarb seinen B.S.E.E. 1991 an der University of Michigan und seinen M.S.E.E. 2002 an der University of California in Berkeley. ER trat 2002 in die High Speed Conversion Product Group von Analog Devices ein, wo er sich der Entwicklung von HF-Funktionsblöcken für Kabelfernsehempfänger widmete. Seit 2009 fokussiert sich Steve auf die Entwicklung von HF-DACs. ◀

## 5G Primer for MIMO/Phased Array Antennas

### Teil 1: Advances in 5G-System-Level Modeling

Diese umfangreiche Einführung in die für die Umsetzung und Nutzung von 5G erforderlichen MIMO/Phased-Array Antennen ist in folgende Themen aufgliedert:

**Teil 1: Advances in 5G System-Level Modeling**

**Teil 2: Platform Bridges the 5G Design/Verification Gap**

**Teil 3: MIMO and Beam-Steering Modeling for 5G**

**Teil 4: 5G and MIMO Design with Circuit/Antenna Co-Simulation**

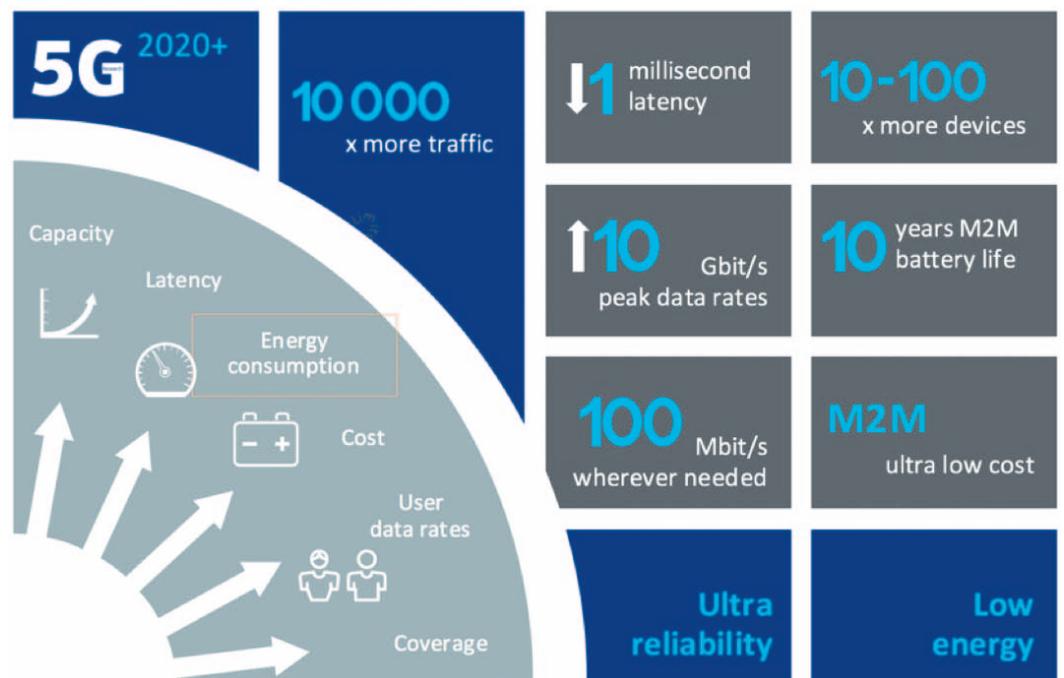


Figure 1: Goals for high-performance 5G

### Introduction

Evolving communication systems are driving developments in the RF/microwave industry. The large umbrella of 5G focuses on supporting three main technologies:

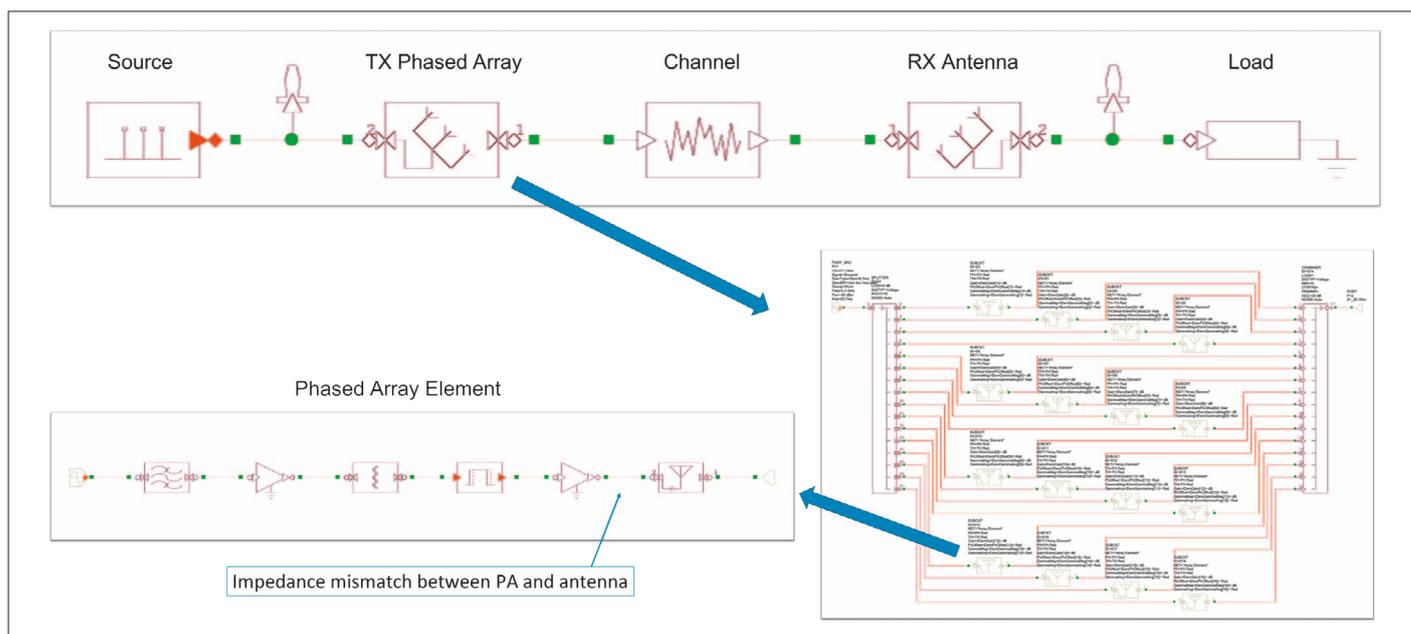
- Enhanced mobile broadband, which is the natural development of long-term evolution (LTE)
- Massive machine-type communications, also known as the industrial internet of things (IIoT)
- Ultra-reliable, low-latency communications providing mission-critical infrastructure for services such as transportation, public safety, medical, and more.

Future communication systems will comprise many diverse systems that will be implemented with a wide array of solutions. Providing increased mobile broadband traffic and higher data rates, as demanded by end users, will require adding more spectrum with greater efficiency, as well as building out ultra-dense network configurations.

5G is driving many of the requirements for products today and achieving the aggressive goals of 5G is being addressed in several areas. Spectral usage, which includes variations on orthogonal frequency-division multiplexing (OFDM) based waveforms that were introduced with LTE Release 8 and inter- and intra-band carrier aggregation is important, especially for spectrum below 6 GHz, where

continuous unused bandwidth is rare. Another goal is enhancing over-the-air (OTA) efficiency with the expansion of multiple-in-multiple-out (MIMO) and beam-steering antenna technologies. A third goal is moving to higher frequencies, particularly above 6 GHz and into the centimeter and millimeter-wave (mmWave) range.

As 5G pushes into these higher frequencies, beam-steering antennas will be required to direct radiated energy from the base station antenna array to the end user, while overcoming the higher path losses that occur at these frequencies. Fortunately, the shorter wavelength translates into smaller antennas, which, in turn, drives more integrated circuit (IC) based antenna array solutions.



**Figure 2: One of the challenges of designing systems is the impedance matching between the PA and the antenna.**

Monolithic microwave IC (MMIC) and RFIC design will play an important role in future beam-steering technologies for 5G systems operating at mmWave frequencies. As wireless communications systems evolve, smaller devices with better performance will be required that incorporate multi-technology-based module designs with different IC and printed circuit board (PCB) process technologies. This primer examines some of the simulation technologies available that support the design of MIMO and beam-steering phased-array antennas.

## Advances in 5G System-Level Modeling

The exploration phase for high-performance 5G communication systems is well under way with ongoing investigations into enabling technologies that will support the use of more spectrum and mmWave frequencies, smaller high-density cells, improved device power efficiency, new modulation schemes for diverse device coexistence, and high directivity over-the-air (OTA) transmission made possible through the implementation of massive MIMO antenna arrays and beam steering technologies.

## 5G On the Way

The goals for 5G communications are very ambitious: 10,000 times more traffic, 1,000 times increased capacity, much lower latency, very high peak and sustained data rates, much longer battery life, and lower device cost. As the infographic in Figure 1 conveys, the planned requirements for 5G mobile networks include:

- Peak data rate: 10 gigabits per second
- Reaction speed (latency): less than 1 millisecond
- Network reliability: 99.999 percent
- Number of devices: more than 1 million per square mile
- Energy efficiency: 10 percent of current consumption
- Max speed of reliable coverage: 300 miles per hour

## Unique 5G Design Challenges

In support of 5G, the range of mobile communication frequencies will be extended to include new spectrum allocations below 6 GHz, as well as higher frequency bands that will complement the lower bands by providing additional

system capacity and very wide transmission bandwidths on the order of 1 GHz or more for bands above 30 GHz. These higher frequency ranges will provide the very wide bandwidths necessary for extreme data rates in dense deployments. However, since frequencies above 30 GHz have inferior propagation properties (higher loss), the lower bands will be more commonly used, serving as the backbone for 5G mobile communication networks.

## Massive MIMO and Beamforming Antenna Arrays

Massive MIMO and beamforming signal processing is expected to play a critical role in 5G as it greatly enhances coverage and user experience across the entire range of frequency bands. Massive MIMO, a term coined by the 5G community to describe antennas with many elements (up to 128), will contribute significantly to the required 5G capacity increase. Massive MIMO will employ beamforming technology, which will then enable 5G systems to pinpoint and steer the signals to specific users and track these users so they always have good coverage. It will also enable

simplified receivers on the user equipment side.

Another benefit offered by beamforming is the ability to transmit considerably less power due to the array gain, which in turn results in certain reductions in hardware complexity. For example, the power amplifiers (PAs) and supporting circuitry in a traditional base station dominate power consumption at about 1 kW for three sectors because of their need to provide high-RF output power and their low efficiency when operating at considerable back off to achieve linearity requirements. In massive MIMO a similar range can be covered with a total power consumption of 15 W for 100 antennas. Massive MIMO also helps counteract the impact of the higher propagation losses at mm-Wave frequencies by directing energy more efficiently over the channel.

In addition, beamforming improves the radio environment by limiting interference to small fractions of the entire space around a transmitter and likewise limiting the impact of interference on a receiver to infrequent stochastic events. The use of beamforming will also be an important technology for lower frequencies; for example,

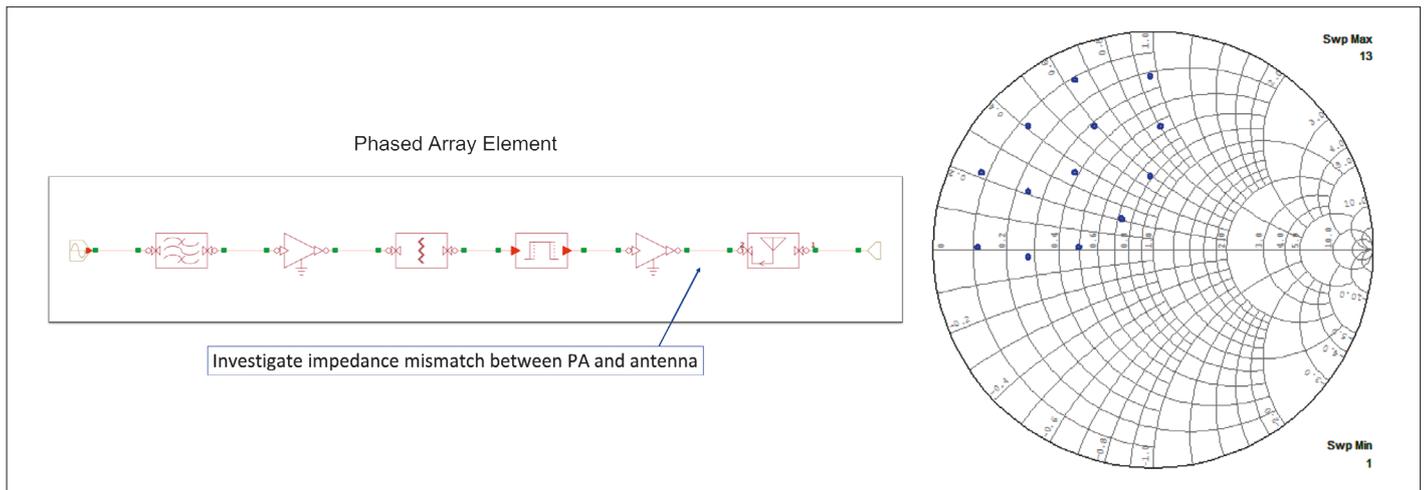


Figure 3: The impedance mismatch between the PA and the antenna was investigated by setting a range of impedance values on a Smith Chart

to extend coverage and to provide higher data rates in sparse deployments.

Another goal is to provide within the MIMO technology itself spatial-multiplexing capabilities that increase user throughput. By using arrays with hundreds of antennas at base stations that simultaneously serve many tens of low-complexity terminals in the same time frequency resource through closed-loop spatial multiplexing/de-multiplexing (multi-user MIMO precoding/decoding), a 10x or more increase in gross throughput can be achieved with massive MIMO. Perhaps even more important is the significant gain

in reliability due to flattening out of deep fades, hardening of the channel, and array gain.

### MIMO RF-System Design and Analysis Using VSS

In order to cope with moving terminals, the base station employing beamforming must be able to track the terminal (user device) and adaptively steer its beam in the direction of the terminal. Such adaptive beamforming can be implemented with a phased-array antenna, which consists of various interconnected individual transmitters. With a variable and intelligent arrangement of the indivi-

dual transmitters, the resulting antenna pattern achieves high directivity and the resulting beam can be flexibly adjusted to moving users and varying capacity needs.

Achieving the goals for massive MIMO poses several unique design challenges. Any large antenna system, and especially a MIMO system, is complex to design and difficult to analyze. As communications systems move to higher and higher frequencies, RF impairments become ever more significant. MIMO system modeling includes antenna elements in the phased array as well as the RF links of the individual elements. Since

each element has its own RF links in MIMO, it is important to include the RF link impairments in the overall performance of the antenna so that meaningful results are obtained that closely match the final measured results of the device once it is built. The effects of the specific RF links for each of the elements in the antenna pattern of the overall system need to be investigated. This design process will also define the matching network requirements for the system.

New phased-array modeling capabilities in NI AWR Design Environment platform, specifically Visual System Simulator (VSS) system design software,

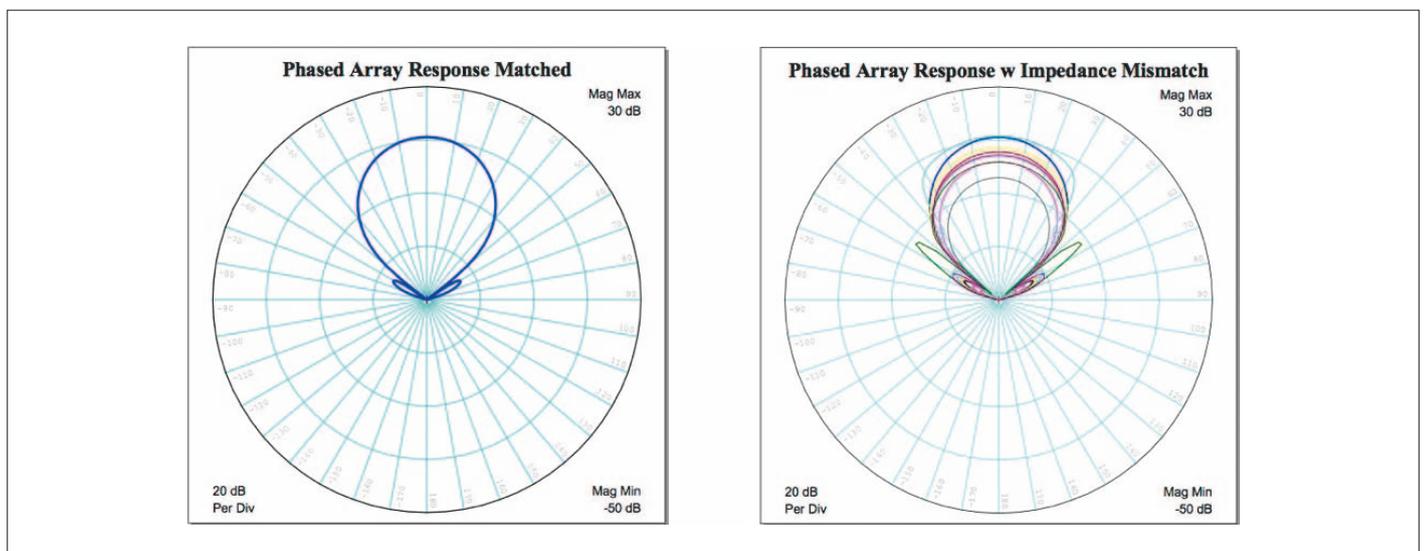
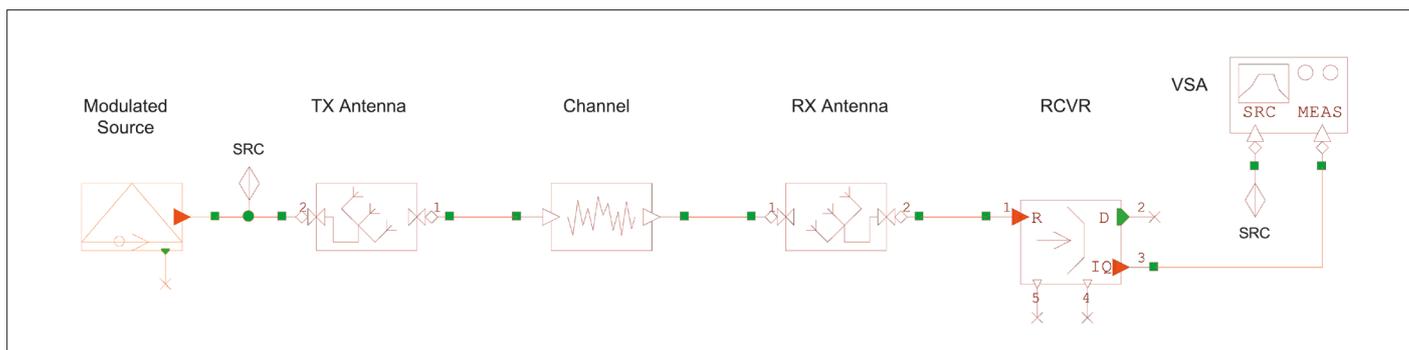


Figure 4: The blue curve on the left graph shows the array response for perfect matching between the PA and the antenna elements and the right graph shows results for each of the impedance points on the Smith Chart from Figure 3



**Figure 5:** Along with antenna array response, system level measurements can be taken from the same system

provide ease of configuration and reduced overhead, as well as shorter design and simulation times. These capabilities enable designers to configure the array's geometry using either a standard layout pattern or a custom-created one. The radiation patterns of individual elements can be specified via simulations or real-world measurements and can be included in the performance evaluation of the phased array. Such an approach yields much more accurate results compared to simple, idealized, isotropic sources. Furthermore, the system simulator can model the individual RF components in the phased array so that designers can obtain a realistic performance of the overall system. The following example demonstrates these new capabilities in the design of a 4x4 phased-array antenna.

## MIMO System Design Example

This example examines a base-station MIMO. There is a source, which goes to a transmitter phased array, then to a channel, and then to a receiver antenna. Looking at the transmitter phased array in Figure 2, it can be seen that it is a simple 4x4 phased array containing 16 elements. Each of the elements has its own RF link. One of the challenges of designing systems is the impedance matching between the power amplifier (PA) and the antenna.

While traditional approaches may be sufficient for smaller phased arrays, larger, more complex arrays require significantly

more processing time and power. The new phased-array functionality in VSS software enables users to design and analyze very large phased arrays with thousands of elements and facilitates the implementation of various array geometries, tapers, imperfections, and degradation. VSS software offers enhanced modeling of element radiation patterns and mutual coupling, as well as characterization of RF links for individual array elements.

It is well known that the impedance mismatch between the PAs and their corresponding antenna element varies based on the scan angle of the array. In this example, the designer investigated the impedance mismatch between the power amplifier and the antenna by setting a range of impedance values on a Smith chart and then using VSS software to evaluate the performance of the design over the range of impedance values. Different measurements were run and evaluated, and from the measurements the requirements were drawn for the matching networks (Figure 3).

A simple 4x4 rectangular array with  $\lambda/2$  element spacing was used for the phased-array configuration in this case, and a Dolph-Chebyshev gain taper and patch elements were used for the antenna array elements. The blue curve on the left in Figure 5 shows the array response when there is perfect matching between the PA and the antenna elements. The graph on the right in Figure 4 shows results for each of the impedance points on the

Smith chart from Figure 4. It can be seen that there is a wide variation in mismatch effects. Both the main lobe and side lobes change significantly in terms of main lobe gain, beam width, and side lobe suppression. One quantity that can be calculated is the antenna array response; however, much more can be gleaned through system-level measurements. The same system can be driven with modulated signals, system-level measurements for error vector magnitude (EVM), adjacent channel power ratio (ACPR), and more can be performed, and measurement contours can be plotted on a Smith chart. The performance of matching networks can be investigated, and these system-level measurements can be used to derive the requirements for the matching networks, as shown in Figure 5.

VSS software also offers an automated analysis flow, enabling users to define the system architecture (modulation and more), configure the antenna array, set up the RF links, define gamma or impedance points that will be used for analysis, configure desired measurements, and, finally, run the automated analysis.

EVM and ACPR or other measurements are calculated. The results of the automated analysis are shown in Figure 6 with ACPR contours on the left and EVM contours on the right. The measurement contours are plotted on a Smith chart, and regions where the requirements are met are identified, giving the defini-

tions for the matching networks. The designer is now able to go back and intelligently design the matching networks, ensuring that the overall system will perform well.

## Summary

Emerging technologies being developed for 5G communications and new modulation schemes are being considered. The simulation capabilities in VSS software help designers overcome the associated design challenges with new advances in phased-array design and analysis and the ability to capture the real-world interactions that occur between phased-array antennas and their driving circuitry.

While the antenna example discussed is simple, there was actually a large amount of processing and analysis behind the final design. The capabilities in VSS enable users to design very large phased arrays and simplify array design and configuration. Element radiation patterns for individual elements and mutual coupling are included, as well as the RF model links for individual array elements. VSS software enables designers to evaluate the effects of matching networks in overall system performance, including array response and system-level measurements that will be used for evaluating the overall system. Automated analysis enables users to quickly configure a complex 5G system for particular requirements and obtain results in a short amount of time in order to follow up with further design work. ◀

## New Solid State Amplifier, 100 Watt CW, 4 kHz - 400 MHz for BCI Testing



The Model 100A400AM20 is a solid-state, self-contained, air-cooled, broadband amplifier designed for applications requiring RF power down to 4kHz, such as MIL STD 461 and the CS114 test standard along with any application where instantaneous bandwidth, high gain, and linearity are required. Available in a stylish, contemporary cabinet

for benchtop use or with cabinet removed for rack mounting. The Model 100A400AM20 includes a front panel gain control which permits the operator to conveniently set the desired output level. The 100A400AM20 is protected from RF input overdrive by an RF input leveling circuit which controls the RF input level to the RF amplifier first stage when

the RF input level is increased above 0dBm. The RF amplifier stages are protected from over-temperature by removing the DC voltage to them if an over-temperature condition occurs due to cooling blockage or fan failure. The front panel indicates the operate status and fault conditions if an over-temperature or power supply fault has occur-

red. The unit can be returned to operate when the condition has been cleared. All amplifier control functions and status indications are available remotely through the optional Remotes Package. The Remotes Package includes GPIB/IEEE-488 format, RS-232 hardwire and fiber optic, USB, and Ethernet. The bus interface connector is located on the back panel and positive control of local or remote operation is assured by a Local/Remote switch on the front panel of the amplifier. Also included with the Remotes Package is a safety interlock circuit for use with external safety switch interlocks. This circuit prevents the amplifier from going into operate mode unless the external connection is made. A jumper plug is provided for cases where this functionality is not needed.

■ AR Deutschland GmbH  
[www.ar-deutschland.com](http://www.ar-deutschland.com)  
[www.arworld.us](http://www.arworld.us)

## New Class A Amplifier Design, 600 Watt CW, 10 kHz - 400 MHz

The Model 600A400 is a solid-state, self-contained, air-cooled, broadband amplifier designed for applications where instantaneous bandwidth, high gain and linearity are required. Available in a stylish, contemporary cabinet for benchtop use or with cabinet removed for rack mounting.

The Model 600A400, when used with a sweep generator, will provide a minimum of 600 watts of RF power from .01-250MHz, 500 watts of RF power from 250MHz-400MHz. Included is a front panel gain control which permits the operator to conveniently set the desired output level. The 600A400 is protected from RF input overdrive by an RF input leveling circuit which controls the RF input level to the RF amplifier first stage when the RF input level is increased above 0dBm. The RF amplifier stages are protected from over-temperature by removing the DC voltage to them if an overtemperature condition occurs due to cooling blockage or fan



failure. The Model 600A400 is equipped with a Digital Control Panel (DCP) which provides both local and remote control of the amplifier. The DCP uses a color LCD touch screen display to indicate the operate status and fault conditions if an overtemperature or power supply fault has occurred. The unit can be returned to operate when the condition has been cleared.

All amplifier control functions and status indications are available remotely

through the included Remotes Package. The Remotes Package includes GPIB/IEEE-488 format, RS-232 hardwire and fiber optic, USB, and Ethernet. The bus interface connector is located on the back panel and positive control of local or remote operation is assured by a Local/Remote switch on the front panel of the amplifier.

Also included with the Remotes Package is a safety interlock circuit for use with external safety switch interlocks. This circuit prevents the amplifier from going into operate mode unless the external connection is made. A jumper plug is provided for cases where this functionality is not needed. Optional RF sample ports are available to allow for easy forward and reverse power monitoring.

■ AR Deutschland GmbH  
[www.ar-deutschland.com](http://www.ar-deutschland.com)  
[www.arworld.us](http://www.arworld.us)

# True-Differential Time-Domain Reflectometers



Teledyne LeCroy announced the launch of Teledyne Test Tools (T3), a branded portfolio that adds a comprehensive range of test equipment to the Teledyne LeCroy product offering. T3 products complement and leverage Teledyne LeCroy's decades-long leadership in oscilloscope technology and are supported by the Teledyne LeCroy Sales and Customer Care organizations.

The T3 brand, which establishes a turnkey platform for test engineers, developers, and schools, takes flight with the launch of two new ultra-portable, inexpensive, reliable, and highly accurate time-domain reflectometers (TDRs).

Teledyne LeCroy's two new TDRs, the T3SP10D (10 GHz) and T3SP15D (15 GHz), offer customers a ground-breaking combination of portability, reliability, and functionality at a cost-effective price point. Before the availability of Teledyne LeCroy's 10- and 15-GHz TDRs, portable tools were either much costlier high-end TDRs, or single-ended instruments with limited functionality.

The single-ended approach, which characterizes a device under test (DUT) with mathematical calculation of frequency and time-domain characteristics, is not accurate enough to meet today's need to understand and control impedances from end to end in the channel. Furthermore, modern serial-data standards such as Ethernet and USB require measurement of impedance matching in the frequency domain using S parameters (S11), which would require the use of an unwieldy vector network analyzer.

Teledyne LeCroy's T3SP10D (10 GHz) and T3SP15D (15 GHz) TDRs stimulate the DUT with true differential and common-mode signals. This unique combination enables designers of high-speed data channels, test engineers, and field technicians to precisely locate impedance discontinuities that can adversely affect a data signal's rise times, pulse width, timing, jitter and noise content, resulting in degradation of overall system reliability and functionality.

Teledyne LeCroy's TDRs deliver several key benefits including:

- **Accuracy:** Using the same open short load (OSL) calibration standards as vector network analyzers, Teledyne LeCroy's TDRs reach high levels of impedance plot accuracy.
- **Portability:** With a small form factor, light weight, and optional internal batteries, the instruments can go anywhere in test labs or in the field to measure impedance discontinuities in applications such as ECUs, Automotive Ethernet, and cable testing, and in industries including automotive, aerospace/defense, IC manufacturing, and telecom.
- **Precision:** They precisely identify and diagnose signal-integrity issues in interconnects, transmission lines, serial-data channels, and cables.

The TDRs offer fast rise times of 50 ps (T3SP10D) and 35 ps (T3SP15D) for fault resolution (in FR4) of 4.2 and 3 mm, respectively, at DUT lengths of up to 40 m. TDR repetition rates of up to 10 MHz rival that

of costlier TDRs. The instruments also come equipped with an ESD protection module based on high-performance coaxial RF switches that protect the TDRs' RF-signal detectors from the input connector when the instrument is not in use, a feature highly valued by users for its potential extension of the instruments' life span.

■ *Teledyne LeCroy*  
[www.teledynelecroy.com](http://www.teledynelecroy.com)

## SMA Couplers for 2 to 8 GHz



Meca announced the addition of broadband miniature SMA Couplers in 6, 10, 20 & 30 dB models covering 2 to 8 GHz, 50 watt (3 kW peak), offering typical electrical performance of 0.4 dB insertion loss, SWR of 1.20 and a minimum directivity of 20 dB. In addition to our extensive line of miniature couplers covering up to 40 GHz. Additional specs: [www.e-meca.com/directional-couplers/780-series](http://www.e-meca.com/directional-couplers/780-series)

■ *Meca Electronics*  
[www.w-meca.com](http://www.w-meca.com)

## Glitch Free, 7-Bit Attenuator Offers Bi-directional Performance

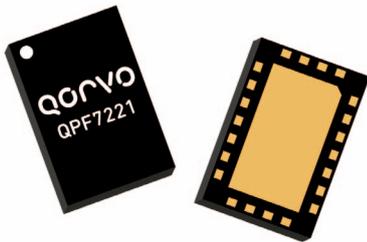


RFMW, Ltd. announced design and sales support for a 7-bit digital attenuator from Integrated Device Technology, Inc. (IDT). The F1958 features ultra-linear IIP3 of 64 dBm with 31.75 dB of control range in 0.25

dB steps. IDT offers this DSA for 3G, 4G and 4G+ base stations, Distributed Antenna Systems (DAS), remote radio heads and other applications within its 1 to 6000 MHz frequency range. Glitch-free technology minimizes transient switching overshoot to protect power amplifiers or ADC during transitions between attenuation states. Settling time is ~1.2  $\mu$ s utilizing serial or parallel control interfaces. Operating from a 3.3 or 5 V supply, the F1958 is housed in a 3 x 3mm SMT package.

■ *RFMW, Ltd.*  
[info@rfmw.com](mailto:info@rfmw.com)  
[www.rfmw.com](http://www.rfmw.com)

## WiFi Receive Module Integrates Receiver Coexistence BAW Filter



RFMW, Ltd. announced design and sales support for a 2.4 GHz WiFi FEM. Qorvo's QPF7221 front end module integrates a receive coexistence BAW filter with a 2.4 GHz power amplifier, SPDT switch, and LNA with bypass capability. The filter provides >40 dB of isolation from adjacent LTE bands. Rx gain is up to 13.5 dB while Tx gain is 34 dB. Designed for 5 V operation, module performance is optimized versus a discrete lineup for reduced BOM costs and increased reliability. The QPF7221 is offered in a 3 x 4.5 mm package.

■ *RFMW, Ltd.*  
[info@rfmw.com](mailto:info@rfmw.com)  
[www.rfmw.com](http://www.rfmw.com)

## 5G Circulators for High-Performance Linear PAs

RFMW, Ltd. announced design and sales support for RF Circulator Isolator, Inc (RFCI) circulators designed to meet the demands of linear power amplifiers in lower 5G band systems. RFCI's latest brochure outlines available surface mount models ranging from 3100 to 5000MHz. Miniaturized 'pin-style' devices are offered in square or round packages with forward power handling of 500 Watts and reverse power handling of 20 or 30 W depending on the package. All models feature low insertion loss and high isolation with a wide operating tempera-



ture range. Ideally suited for high-volume manufacturing, these circulators are available on tape and reel and may be ordered in clockwise or counter-clockwise rotation.

■ *RFMW, Ltd.*  
[info@rfmw.com](mailto:info@rfmw.com)  
[www.rfmw.com](http://www.rfmw.com)

## Removable Vertical Launch Connectors



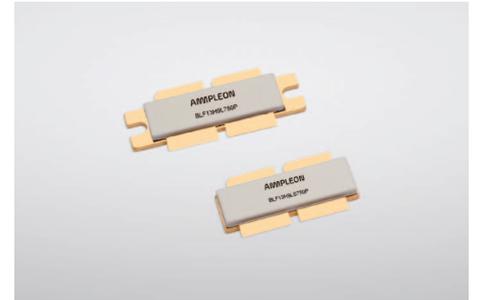
Fairview Microwave, Inc. has released a new series of solderless vertical launch connectors that are ideal for high-speed computing, high-speed networking and telecommunications applications.

Fairview Microwave's new line of vertical launch connectors is made-up of twelve models that deliver maximum operating frequency of up to 50 GHz and SWR as low as 1.3, depending on the model. They are offered in male and female versions, covering 2.4 mm, 2.92 mm and SMA interfaces. These removable vertical launches feature a reusable clamp attachment and can be used for microstrip or stripline, and all models provide solderless installation. They also feature a gold-plated beryllium copper center contact, a stainless steel outer conductor and Polyetherimide (PEI) insulators. They are ideal for a variety of uses that include signal integrity measurements, multi-channel tests, semiconductor verifi-

cation boards, high-speed backplanes and SERDES applications.

■ *Fairview Microwave*  
<https://fairviewmicrowave.com>

## Efficient LDMOS Transistor for Particle Accelerators



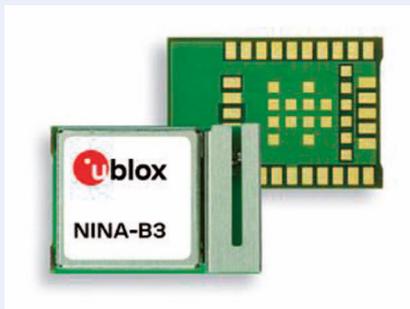
Ampleon announced the BLF13H9L750P, a 750 W Gen9HV LDMOS RF power transistor designed specifically for use in particle accelerator applications operating in the 1.3 GHz spectrum. Constructed in a ceramic 4-lead SOT539 format and available both in a flanged bolt down package (BLF13H9L750P) and a flanged earless package (BLF13H9LS750P), the transistor delivers what is believed to be the highest efficiency available in its class of better than 62%. With such a high operating efficiency specification, the transistor helps to deliver significant power savings compared to other solid state competitor devices. In addition, when compared to older klystron and valve-based equipment, a solid state approach requires considerably less maintenance, has a longer life cycle and requires less physical space, further contributing to lower operating costs. The BLF13H9L(S)750P transistors also feature a market-leading gain of 17 dB.

■ *Ampleon Netherlands B.V.*  
[www.ampleon.com](http://www.ampleon.com)

## LTE-M/NB-IoT Frontend Solution for IoT

Skyworks announced the release of SKY-68020-11, an LTE-M/NB-IoT frontend solution for low power, low data rate Internet of Things applications. This advanced multiband frontend module is system-on-chip (SoC) agnostic and designed to meet the most difficult network operator band specifications, including harmonic performance across stringent protocols. This device also supports 20 LTE bands, enabling single SKU designs to cover future LTE-M/ NB-IoT requirements.

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



## Module With Bluetooth 5 Features

From u-blox comes the information that NINA-B3 series are now qualified for all Bluetooth 5 features (including long range). With NINA-B3's comprehensive Bluetooth 5 support, Bluetooth long range qualification and worldwide certifications, u-blox customers can open up new markets with innovative applications, further shorten time to market and make more efficient use of their engineering teams. The NINA-B3 wireless MCU module also brings access to u-blox's Connectivity Software, the most advanced in the market in terms of flexibility, features and easiness of use.

NINA-B3 offers developers the choice of either working with the open CPU architecture or using the pre-flashed u-blox Connectivity Software, in which the latest Bluetooth low energy standard can be added to the end-product without any specialized knowledge of embedded programming or Bluetooth low energy. By combining, in open CPU architecture, a powerful core and versatile I/O with Bluetooth low energy long range connectivity, high data transfer rates, Bluetooth mesh and 802.15.4, NINA-B3 is ideal for use in smart buildings, healthcare, smart cities, Industry 4.0, automotive and transportation. Additional applications include smart lighting systems, street lighting, industrial sensor networks, asset tracking solutions, building automation systems and more.

NINA-B3 is built around the powerful nRF52840 chip from Nordic Semiconductor with an Arm Cortex-M4, 1 MB flash memory and 256 kB RAM. NINA-B3 still provides pin and form factor compatibility with the wider family of u-blox NINA modules for Bluetooth, Wi-Fi and NFC, providing a fast upgrade path and flexibility for customers designing devices for several radio solutions.

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

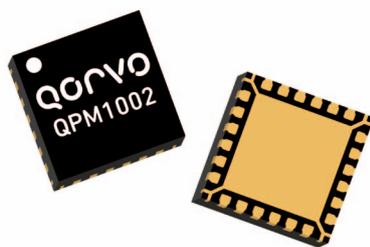
## LPWAN FEMs Offer 4x Extended Range Capability

RFMW, Ltd. announced design and sales support for a family of high-performance Front-End Modules (FEMs) designed for improved range in Low-Power WAN (LPWAN), IoT applications. The Skyworks Solutions SKY66420, SKY66423 and SKY66421 support designs in the 860 to 930 MHz frequency range. The SKY66420, SKY66423 are fully featured FEMs that include a power amplifier, Low-Noise Amplifier (LNA) and T/R switch. The SKY66421 is a power amplifier.

All devices are pin-to-pin compatible and provide transmit power up to 27 dBm while drawing 280 mA from a 2 to 4.8 V supply. Receive gain for the full-featured FEMs is 18 dB with noise figure of 1.5 dB. Increased output power and improved receive gain effectively quadruple communication range compared to standalone, system-on-chip (SoC) solutions. Supporting LoRA, SigFox and other LPWAN technologies, these devices will reduce total system Icc by as much as 30% and are suitable for operation from coin cell batteries supporting applications such as smart metering, home automation and asset tracking. Offered in a compact, 3 x 3 mm MCM package.

■ *RFMW, Ltd.*  
[info@rfmw.com](mailto:info@rfmw.com)  
[www.rfmw.com](http://www.rfmw.com)

## T/R Module Enables X-Band AESA Radar

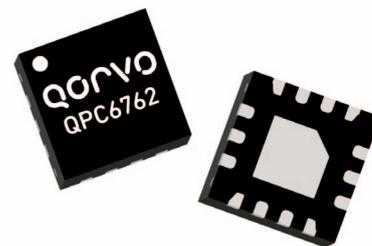


RFMW, Ltd. announced design and sales support for a high-performance, X-band, T/R module. Designed for next-generation AESA radar applications, the Qorvo QPM1002 incorporates a T/R switch, low noise amplifier and power amplifier in a 5 x 5 mm QFN package for tight spacing requirements. The QPM1002 performs well in high temperature environments due to 0.25  $\mu$ m GaN-on-SiC fabrication. Saturated, pulsed output power from the transmit amplifier is 35 dBm with small signal gain of 33 dB. Noise figure on the receive side is 2.2 dB with small signal gain of 25 dB. Input power survivability is up to 2 W

without permanent damage, compared with a typical GaAs LNA, which can be damaged by less than 100 mW. Operating over 8.5 to 10.5 GHz, this module offers higher efficiency, reliability, power and survivability, as well as savings in size, weight and cost for mission critical radar system designs.

■ *RFMW, Ltd.*  
[info@rfmw.com](mailto:info@rfmw.com)  
[www.rfmw.com](http://www.rfmw.com)

## SP6T for Settop Box Designs



RFMW, Ltd. announces design and sales support for a Silicon on Insulator (SOI) single-pole, six throw (SP6T) switch designed for use in CATV, satellite set top, and other high-performance communications systems. Qorvo's QPC6762 operates in 75 ohm environments from 5 to 2000 MHz and offers 34 dB of mid-band isolation. Low insertion loss of 0.4 dB and IIP3 of 75 dBm highlight exceptional performance for CATV and FTTH system developers. The QPC6762 is offered in a 2 x 2 mm, low-cost QFN package.

■ *RFMW, Ltd.*  
[info@rfmw.com](mailto:info@rfmw.com)  
[www.rfmw.com](http://www.rfmw.com)

## Line of Flexible Waveguides Covering 5.85 to 50 GHz



Pasternack has introduced a new line of twistable and seamless flexible waveguides operating in the 5.85 to 50 GHz range and covering ten frequency bands from WR-137

to WR-22. Typical applications include DAS systems, base stations, antennas and test instrumentation.

Pasternack's newly released line of flexible waveguides is made-up of 78 total models – 39 seamless and 39 twistable. All models operate in the same wide range of frequencies, are available in lengths of 6 to 36 inches and with UG-style square/round cover and CPR-style flanges. The twistable models are able to twist in different directions, the twist flex material is wound, interlocking brass that allows it to slide on itself. These flexible waveguides provide SWR as low as 1.05, insertion loss as low as 0.15 dB and max. power as high as 1.5 kW.

The seamless models are made of a solid piece of brass that is pressed into shape. These flexible waveguides can be used in pressurized applications, deliver SWR as low as 1.07, insertion loss as low as 0.06 dB and max power as high as 5 kW.

■ *Pasternack*  
[www.pasternack.com](http://www.pasternack.com)

**Broadband 4-Way SMA Power Dividers**



Meca Electronics' product offering, 4-way compact broadband of power dividers covering 0.5 to 6 GHz (804-2-3.250) encompassing public safety through ISM bands. With typical performance of: SWR 1.30 & 1.25, isolation 21 dB, insertion loss 1.5 dB and exceptional amplitude & phase balance of 0.6 dB & 10 degrees max. This is in addition to the family of 2, 4, 8 & 16 way splitters in various connector styles and IP60 & 67/68 ratings. Made in the USA, 36 month warranty.

■ *Meca Electronics*  
[www.e-meca.com](http://www.e-meca.com)

**Compact 6-Way SMA Power Dividers**



Meca Electronics announced non-binary 3 & 6-way broadband power dividers optimized to cover 1.5 to 2.7 GHz (803-2-2.100 & 806-2-2.100) encompassing various aeronautical, satellite and mobile bands. With typical performance of SWR of 1.2, isolation 27 dB, insertion loss 0.6 dB and exceptional amplitude & phase balance of 0.3 dB & 6 degrees max. This is in addition to the family of 2, 3, 4, 8, 9, 12 & 16 way splitters. Made in the USA and 36 month warranty.

■ *Meca Electronics*  
[www.e-meca.com](http://www.e-meca.com)

**Broadband Low PIM 10 W Loads**



Meca's new compact low PIM (-170 dBc typ.) 10 watt loads with extended frequency and power handling capabilities features industry leading PIM verified at 1900 MHz (40 dBm) at -160 dBc min. all while handling full rated power to 85 °C. All of the terminations cover 0.38 to 6 GHz frequency bands in Type N, 4.3/10.0 & 7/16 DIN interfaces. With SWR of 1.1 typ./1.2 min. (0.698 to 2.7 GHz) & 1.15 typ./1.25 max. (0.380 to 0.698 & 2.7 to 6 GHz). All in a compact package of 5.25" x 1.25". Made in USA and 36-month warranty.

■ *Meca Electronics*  
[www.e-meca.com](http://www.e-meca.com)



**Cellular IoT Network**

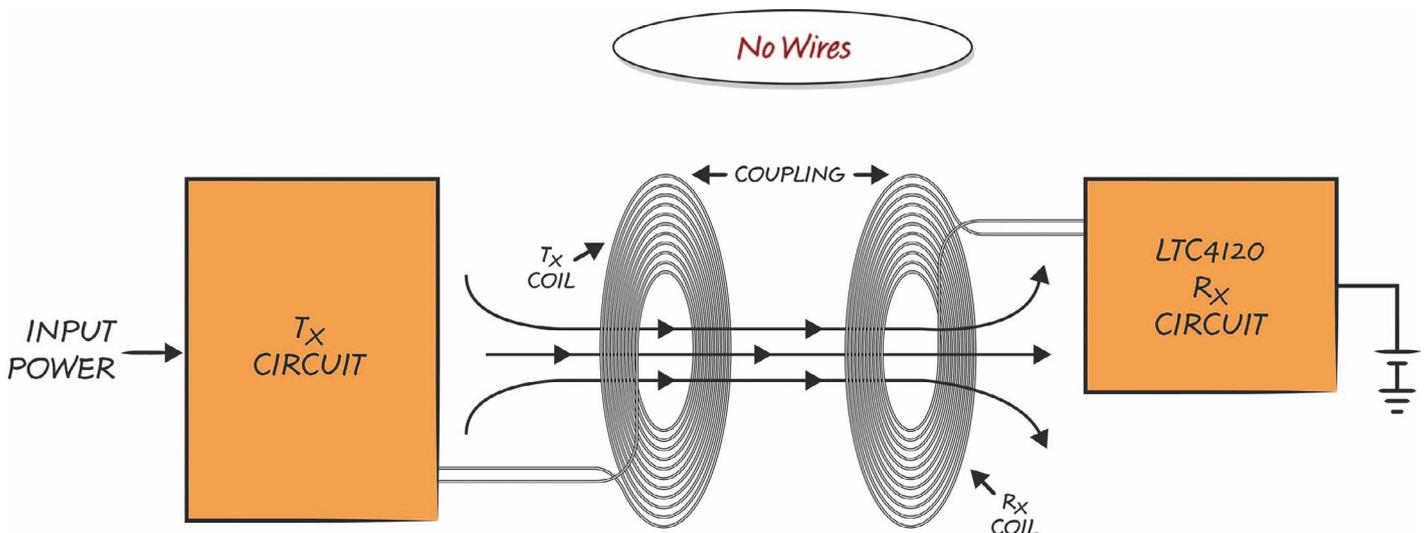
Nordic Semiconductor today announced it has successfully demonstrated its nRF91 series multimode LTE-M / NB-IoT System-in-Package (SiP) module operating in both LTE Cat M1 (LTE-M) and Narrowband IoT (NB-IoT) modes on Telenor Norway's public cellular network. The new network is the first in Scandinavia to offer commercial support for LTE-M and NB-IoT, a crucial step in the progress of widespread deployment of cellular IoT as a low power wireless area network (LPWAN) technology. LPWANs will form a foundation for a mature Internet of Things (IoT).

Nordic's nRF91 Series SiP is an ultra-compact, low power, global, multimode LTE-M/NB-IoT module with integrated Arm Cortex-M33 host processor, Arm TrustZone security and Assisted GPS. The SiP integrates a complete low power cellular IoT system into a tiny 10x16x1mm package that integrates modem, transceiver, RF front-end, dedicated application processor, Flash memory, power management, and crystal and passive components.

The nRF91 Series SiP supports global operation with a single SiP variant thanks to the combination of Nordic's multimode LTE-M/NB-IoT modem, SAW-less transceiver, and a high-performance RF front-end solution from Qorvo. By stripping out the development complexity, the teleregulatory- and cellular-certified, the drop-in Nordic nRF91 LTE-M/NB-IoT SiP aims to take cellular beyond conventional mobile devices by encouraging the innovation that will bring cellular connectivity to "everything else".

■ *Nordic Semiconductor ASA*  
[www.nordicsemi.com](http://www.nordicsemi.com)

# Fragen und Antworten zum Wireless Charging



**Drahtloser Energietransfer von einer primären Übertragungsspule (Tx)**

Wireless Charging ist eine neue Technologie, um Smartphones aufzuladen, ohne das Gerät über ein Ladekabel an die Stromversorgung anschließen zu müssen. Der Vorteil ist, dass das Ladegerät immer parat steht und man das Handy nur drauflegen muss. Es gibt keine Probleme mit verschmutzten Steckverbindungen, versteckten Netzanschlussmöglichkeiten oder unauffindbaren Ladekabeln.

Das drahtlose Aufladen des Smartphone-Akkus nimmt jedoch im Vergleich zum Aufladen mit dem Kabel etwas mehr Zeit in Anspruch. Kabelloses Laden stellt trotz allem eine attraktive und vereinfachte Ladealternative dar. Hersteller arbeiten daran, die Effizienz der Energieübertragung zu optimieren. Tony Armstrong, Marketing Director für Power Products bei Analog Devices, stellt sich hier den wichtigsten Fragen.



## Wie entwickelt sich die Wireless-Charging-Technologie?

Das primäre Ziel bei jedem drahtlosen Power-Design besteht darin, die Lieferung der benötigten Leistung unter ungünstigsten Übertragungsbedingungen zu garantieren. Allerdings ist es ebenso wich-

tig, thermische und elektrische Überbeanspruchungen im Empfänger bei günstigsten Bedingungen zu vermeiden. Dies ist besonders wichtig, wenn nur geringe Leistungen am Ausgang erforderlich sind; zum Beispiel wenn die Batterie voll oder fast voll geladen ist und sich die Wicklungen nahe beieinander befinden. In solchen Szenarien ist die verfügbare Leistung des Drahtlossystems hoch, die benötigte Leistung jedoch gering. Diese Überschussleistung führt normalerweise zu gleichgerichteten Spannungen oder zur Notwendigkeit, die überschüssige Energie als Wärme abzugeben.

## Wie kann man die überschüssige Leistung nutzen?

Es gibt mehrere Möglichkeiten, mit der überschüssigen Leistung umzugehen, wenn die Empfängerleistung gering ist. Die gleichgerichtete Spannung kann mit einer Leistungs-Zenerdiode oder mit einem TVS (Transient Voltage Suppressor) geklemmt werden. Allerdings ist diese Lösung normalerweise groß und erzeugt beachtlich viel Wärme. Zwar kann die Transmitter-Leistung reduziert werden, allerdings begrenzt dies die verfügbare Leistung oder reduziert

die Übertragungsdistanz. Es ist auch möglich, empfangene Leistung zurück in den Transmitter zu übertragen und die Übertragungsleistung entsprechend einzustellen. Diese Technik wird von Wireless-Power-Standards, wie zum Beispiel den Wireless Power Consortium Qi-Standard, genutzt. Jedoch ist es auch möglich, dieses Problem auf kompakte und effiziente Art und ohne komplizierte digitale Kommunikationstechniken zu lösen. Kommunikationstechniken, die über kleine Änderungen des übertragenen Leistungspegels kommunizieren, benötigen eine minimale Anzahl an Leistungsübertragungen und können eventuell nicht in Systemen mit variablen Übertragungsentfernungen arbeiten.

## Welches sind die Hauptanwendungen für die Wireless-Charging-Technologie?

Viele Produkte nutzen eine Batterie als Energiequelle. Allerdings gibt es eine Vielzahl von weniger spektakulären Produkten für ebenso ansprechende Anwendungen mit Batterieversorgung. Gängige Beispiele sind portable Medizingeräte, Industriesensoren und sogar rotierende oder bewegliche Geräte

*Autor:*  
Tony Armstrong, Marketing  
Director, Power Products,  
Analog Devices Inc.  
[www.analog.com](http://www.analog.com)

mit eingebauter Batterie. Im Gegensatz zur Umgebung für Consumer-Produkte werden an diese Anwendungen strengere Anforderungen gestellt, wie zum Beispiel der Bedarf für Sterilisation und sogar potenziell explosive Umgebungen, wie sie normalerweise in Ö Raffinerien und Chemieanlagen anzutreffen sind. In vielen dieser Applikationen lässt sich ein Stecker für Ladezwecke nur schwer oder unmöglich nutzen. Zum Beispiel benötigen manche Produkte komplett geschlossene Gehäuse, welche empfindliche Elektronik vor rauen Umgebungsbedingungen schützen. Andere Produkte sind schlichtweg zu klein für die Aufnahme eines Steckers und in Produkten, bei denen die batteriegespeiste Anwendung Bewegung oder Rotation beinhaltet, ist ein Aufladen über Leitungen oder Drähte praktisch unmöglich. Deshalb wurde drahtloses Laden als alternative Methode zum Aufladen von Akkus angenommen. Die Wireless-Charging-Lösung schafft zusätzlichen Nutzen sowie Zuverlässigkeit und Robustheit in Anwendungen ohne Stecker. Selbstverständlich wird Wireless Charging in vielen Handheld-Produkten seit einigen Jahren genutzt. Dazu zählen Mobiltelefone, portable GPS-Systeme und sogar Hörgeräte. In großem Umfang wurde Wireless Charging von der Automobilindustrie angenommen und zwar zum Laden von großen Batteriebanken für Elektro- und/oder Hybrid-Elektrofahrzeuge. Ein gutes Beispiel dafür ist das induktiv arbeitende Wireless-Charging-System für das Modell BMWi8.

### Können Sie die Rolle der Halbleitertechnologie bei der Erarbeitung von Wireless-Charging-Lösungen näher erläutern?

In einer Schaltung mit alternierendem Strom entsteht ein zeitlich veränderliches Magnetfeld in unmittelbarer Nähe von Leitungen. Sobald ein Leiter in das Magnetfeld gelangt, wird ein

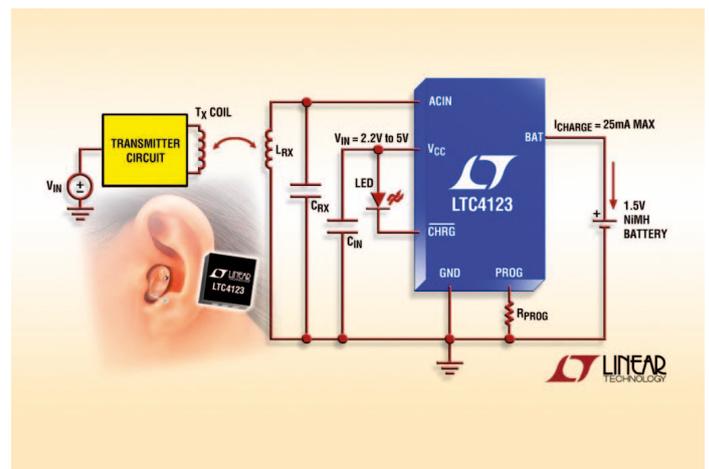
Strom induziert. Ein häufiges Ereignis in Elektroniksystemen sind elektrische Transienten, beispielsweise Blitzeinschläge von einer externen Quelle oder Kondensatorentladungen. Dies könnte eine sich wiederholende Störung sein, wie zum Beispiel die Entladung des Kondensators in einem Zündsystem. Die Stärke des Magnetfelds ist proportional zur Höhe des Stromes, der durch den Leiter fließt. Energie wird von einem Leiter, der die Felder produziert, an jeden Leiter übertragen, auf den Felder über die oben erläuterte magnetische Kopplung einwirken. In einem lose gekoppelten System mit nur geringem Kopplungskoeffizienten gelangt ein hochfrequenter Strom nicht über lange Distanzen entlang eines Leiters, verliert aber wegen der Impedanz-Fehlanpassung auf der Leitung rasch Energie. Dies bewirkt, dass die Energie zurück in die Quelle reflektiert oder in die Luft abgestrahlt wird.

### Worauf kommt es bei der Entwicklung eines drahtlosen Ladesystems besonderes an?

Bei der Entwicklung eines drahtlosen Ladesystems ist die Menge der Ladeleistung, die der Batterie zugeführt, ein Schlüsselparameter. Die empfangene Leistung hängt von vielen Faktoren ab. Dazu gehören die Menge der übertragenen Leistung, Abstand und Ausrichtung zwischen Übertragungs- und Empfangsspule – auch als Kopplung zwischen Spulen bekannt – und schließlich die Toleranz der Übertragungs- und Empfangskomponenten.

### Wie sehen die technologische Weiterentwicklung und entsprechenden Lösungen aus?

Eine vor kurzem erfolgte Produkteinführung zur Erweiterung unseres Angebots für drahtlose Ladesysteme ist der LTC4123. Der LTC4123 enthält einen 30-mW-Drahtlos-Energie-



### Oben der LTC4123 Schaltplan, rechts eine Anwendung

empfänger und einen linearen Konstantstrom/Konstantspannungslader für NiMH-Akkus, zum Beispiel die Serie Power One ACCU Plus von Varta. Ein externer, an den LTC4123 angeschlossener LC-Schwingkreis ermöglicht es, den Baustein drahtlos über ein oszillierendes Magnetfeld, das von einer Übertragungsspule generiert wird, zu versorgen. Das integrierte Powermanagement wandelt den eingekoppelten Wechselstrom in Gleichstrom, mit dem der Akku geladen wird. Wireless Charging mit dem LTC4123 ermöglicht die Entwicklung von komplett gekapselten Produkten und macht den regelmäßigen Austausch von Batterien bzw. Akkus überflüssig. Da der LTC4123 Zink-Luft-Batterien erkennt, und dann den Ladevorgang abschaltet, ist es möglich, dass mit derselben Schaltung beide Batterietypen - aufladbare NiMH-Akkus und primäre Zink-Luft-Batterien - verwendet werden können. Beide Batterietypen können das ASIC in einem Hörgerät direkt und ohne zusätzliche Spannungswandlung versorgen. Demgegenüber benötigt eine 3,7-V-Lithium-Ionen-Batterie einen Abwärtsregler zusätzlich zum LTC4123, um das ASIC zu versorgen. Der LTC4123 übernimmt die Gleichrichtung der AC-Leistung aus der Energieempfangsspule und kann auch an eine Spannung von 2,2 bis



5 V angeschlossen werden, um ein Konstantstrom/Konstantspannungs-Batterieladegerät mit vollem Funktionsumfang zu speisen.

### Welche Leistungsmerkmale hat dieses Ladegerät?

Zu den Leistungsmerkmalen des Ladegeräts gehören ein programmierbarer Ladestrom von bis zu 25 mA, eine Single-Cell 1,5-V-Batterieladespannung mit  $\pm 0,5\%$  Genauigkeit, Ladestatusanzeige und ein OnBoard-Sicherheitsladeabschlussstimer. Eine temperaturkompensierte Ladespannung schützt die NiMH-Batterie und verhindert Überladung. Der LTC4123 verhindert einen Ladevorgang, wenn die Batterien mit umgekehrter Polarität eingelegt werden und veranlasst Ladepausen, falls die Temperatur zu hoch oder zu niedrig wird. Untergebracht ist der LTC4123 in einem kompakten, nur 0,75mm hohen sechspoligen DFN-Gehäuse mit einer Grundfläche von 2 x 2 mm. Auf der Rückseite des Gehäuses befinden sich Metallflächen zur besseren Wärmeableitung. ◀

## EMV 2019 bietet facettenreiche Workshops



Parallel zur Fachmesse für Elektromagnetische Verträglichkeit in Stuttgart bieten die Workshops vom 19. bis 21.3.2019 ein vielfältiges Programmangebot. Im Fokus steht praktisches Knowhow aus erster Hand. Teilnehmer können sich auf jeweils drei Stunden praxisorientierte Wissensvermittlung auf höchstem Niveau in 29 deutschsprachigen und 11 englischsprachigen Workshops freuen. Die Experten aus Industrie und Wissenschaft stellen an den drei Veranstaltungstagen viele inspirierende Praxisbeispiele aus dem Arbeitsalltag zur Verfügung und bieten Raum

für Fachdiskussionen mit den Teilnehmern. Inhaltlich werden sich die 40 Workshops mit den folgenden Themenbereichen befassen: Neuerungen in einschlägigen Normen, Rechtsfragen, Sicherheits- und Zuverlässigkeitsaspekte, sowie konkretes Wissen aus der Praxis für die Vermeidung bzw. Lösung von EMV-Problemen bis hin zu theoretisch/physikalischen Grundlagen. Angesprochen werden vor allem Ingenieure in der Entwicklung, Produktion, Vertrieb und Management, sowie Dienstleister in Prüflabors. „Die dreitägige Workshop-Veranstaltung ist vom Umfang und von

der Themenvielfalt einzigartig. Unter einem Dach mit Europas führender Fachmesse kann sich der Besucher in kompakten, dreistündigen Vorträgen über die aktuellen Fragestellungen der EMV informieren und sein Fachwissen erweitern. Anerkannte Experten aus dem In- und Ausland referieren über die unterschiedlichsten Themen der EMV. Ein Blick ins Programm lohnt sich“, so beschreibt der Komiteevorsitzende, Prof. Dr.-Ing. Marco Leone die Veranstaltung.

Die Anmeldung ist auf [e-emv.com/anmeldung](http://e-emv.com/anmeldung) möglich. Bis zum 4.2.2019 gelten attraktive Frühbucheprerise. Außerdem profitieren Studenten, Aussteller der parallel stattfindenden Messe, Hochschulangehörige und Gruppen von lohnenden Rabatten. Weitere Hintergrundinformationen über die EMV 2019 und eine aktuelle Ausstellerliste der parallel stattfindenden Fachmesse sind ebenfalls online verfügbar.

■ *Mesago Messe Frankfurt*  
[www.mesago.de](http://www.mesago.de)

## Messtechnik – Wohin geht der Trend?

National Instruments stellt jährlich einen Technologiebericht vor, aktuell den NI Trend Watch 2019. Darin werden die wichtigsten Trends und damit verbundenen Herausforderungen des dynamischen Technologieumfelds von heute untersucht wie z.B. das Internet der Dinge, die Weiterentwicklung von 5G-Technologie von Prototypen hin zum kommerziellen Einsatz und der Weg zur Massentauglichkeit von autonomen Fahrzeugen.

Der NI Trend Watch 2019 unterstützt Unternehmen im Bereich automatisierte Mess- und automatisierte Prüftechnik bei der Vorbereitung auf die Technologien der Zukunft. Etwa 5G-Mobilfunkgeräte werden eine höhere Komplexität aufweisen. Daher müssen die für vorherige Mobilfunkgenerationen optimierten Testverfahren überdacht werden, um 5G-Produkte und -Lösungen marktfähig zu machen. Oder autonomes Fahren: Hier sind noch unmittelbare Kosten-, Technologie- und Strategieabwägungen erforderlich, die sich durch den Wechsel von Einzelsensor- zu Multisensor-

ADAS-Systemen (Advanced Driver Assistance Systems) ergeben. Oder Optimierung von Testabläufen mit dem IoT: Das Internet der Dinge erhöht zwar die Gerätekomplexität und damit die Testkomplexität, es trägt jedoch auch zur Optimierung automatisierter Testabläufe bei. Testingenieure machen sich neuerdings einen alten Trend zunutze, um mit einem sich schnell modernisierenden Testumfeld Schritt zu halten. Neben der Hard- und Software werden jetzt auch die Prozesse für die Erstellung und Wartung von Testarchitekturen einer Standardisierung unterzogen. Branchenkonvergenzen bieten zwar das Potenzial, Innovationen zu beschleunigen und bisher nicht vorstellbare Produkte hervorzubringen, allerdings erschweren sie auch das Testen. Durch Partnerschaften und Wissensaustausch zwischen Branchen eröffnen sich wertvolle Perspektiven für komplexe Testherausforderungen.

■ *National Instruments*  
[ni.com/trend-watch](http://ni.com/trend-watch)

## 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](mailto:info@beam-verlag.de)  
[www.beam-verlag.de](http://www.beam-verlag.de)

• **Redaktion:**

Dipl.-Ing. Reinhard Birchel  
Ing. Frank Sichla (FS)  
[redaktion@beam-verlag.de](mailto:redaktion@beam-verlag.de)

• **Anzeigen:**

Myrjam Weide  
Tel.: +49-6421/9614-16  
[m.weide@beam-verlag.de](mailto:m.weide@beam-verlag.de)

• **Erscheinungsweise:**  
monatlich

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

• **Druck & Auslieferung:**  
Brühlsche  
Universitätsdruckerei

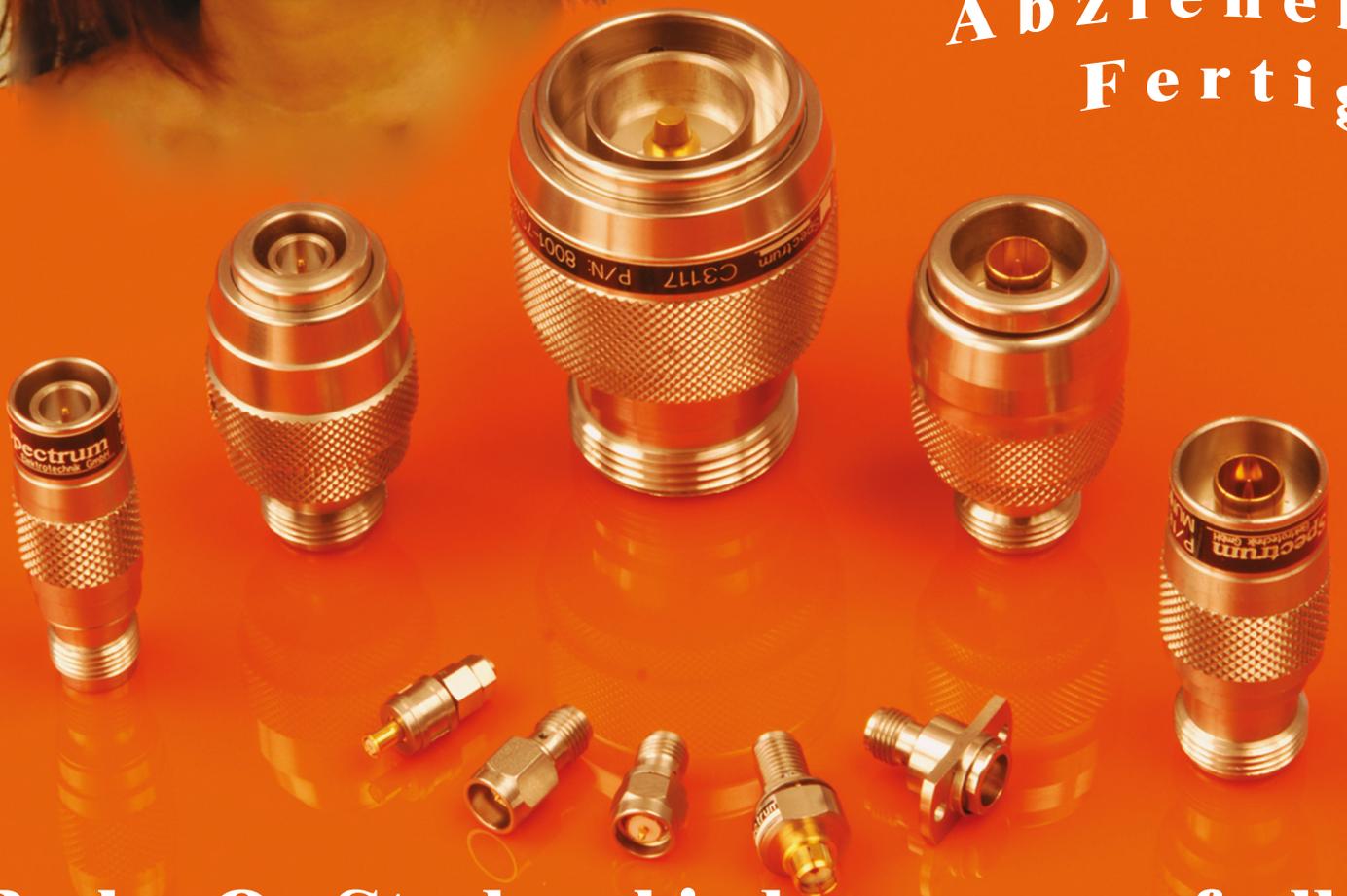
Der beam-Verlag übernimmt trotz sorgsamer Prüfung der Texte durch die Redaktion keine Haftung für deren inhaltliche Richtigkeit.

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

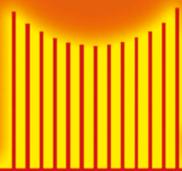
Dies berechtigt nicht zu der Annahme, dass diese Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten sind und von jedermann ohne Kennzeichnung verwendet werden dürfen.

**Sie schrauben immer noch?  
Aufschrauben, Festziehen,  
Lösen, Runterschrauben!**

**Wirklich noch nichts vom  
Push - On gehört?  
Aufstecken,  
Abziehen,  
Fertig!**



**Push - On Steckverbinder passen auf alle  
standardmäßigen SMA, N, TNC, 7/16**



**Spectrum**  
Elektrotechnik GmbH

**wenn Qualität benötigt wird**

**80905 München**

**Postfach 450533**

**Telefon: 089-3548-040**

**Fax: 089-3548-0490**

**WWW.SPECTRUM-ET.COM**

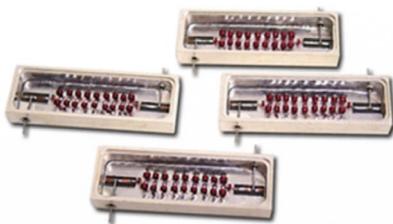
**Email: sales@spectrum-et.com**

# smiths interconnect



## Cavity/Waveguide Filters (-CP, CF2-7, EZ3-8, IZ3-8)

- 30 MHz to 65 GHz
- High Selectivity
- Low Loss
- Helical, Compline, Interdigital



## Discrete Filters (-BP2-9, LP2-9, HP2-9)

- 5 MHz to 10 GHz
- Bandwidths from <math><0.5</math> to >100%
- Various Transfer Functions: Chebyshev, Elliptic, Bessel and Gaussian



## Ceramic Filters (-DF4, DF6, DF12, DFM4 and DFM6)

- 400 MHz to 6 GHz
- Bandwidth .5 to 10%
- Surface mount, PC mount, Connectorized
- Bandpass, Diplexer, and Triplexed configurations
- Low loss



## Tunable Filters (-3TF, 5TF, 3NF and 5NF)

- Bandpass and Bandreject
- Manual and Digital controlled
- 24 Standard manual models available

Weitere Informationen erhalten Sie über →

- HEILBRONN** Berliner Platz 12 • 74072 Heilbronn  
Tel. (07131) 7810-0 • Fax (07131) 7810-20
- HAMBURG** Gutenbergring 41 • 22848 Norderstedt  
Tel. (040) 514817-0 • Fax (040) 514817-20
- MÜNCHEN** Streiflacher Str. 7 • 82110 Germering  
Tel. (089) 894 606-0 • Fax (089) 894 606-20

**GLOBES**  
ELEKTRONIK



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

