

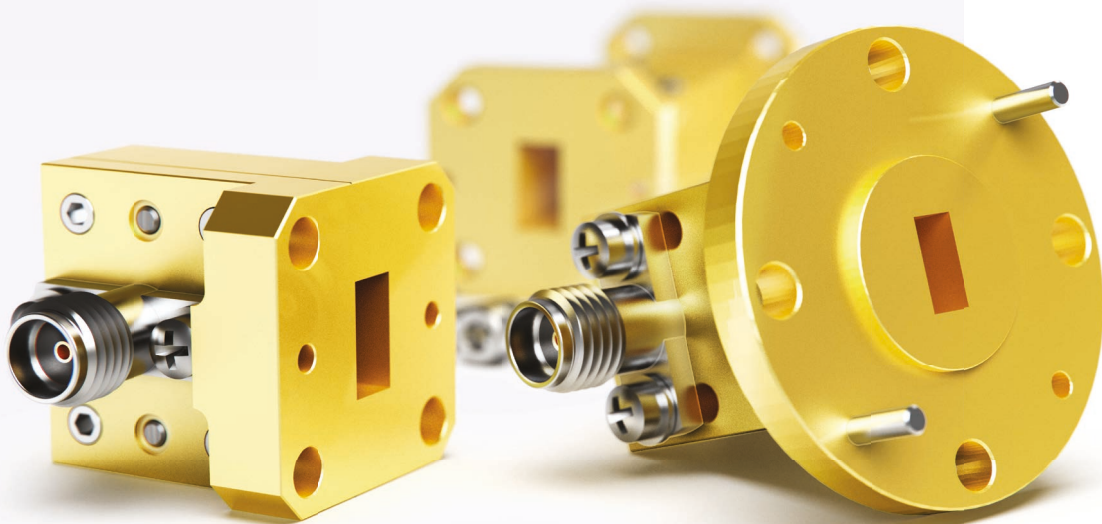
hf-praxis

HF- und Mikrowellentechnik

EMV- und Funk-Messungen gemäß den neuesten EMV-Standards

Gauss Instruments, Seite 10





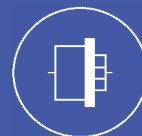
PRECISION

Waveguide to Coax Adapters

Covering Radar, mmWave 5G
& OTA Testing Applications to 50 GHz

- Excellent VSWR, <1.2:1
- Low Insertion Loss, <0.2 dB
- Enables Rapid Prototyping
- Compact Gold-Plated Housing

Model Number	Connector Configuration	Frequency Range (GHz)	VSWR	Insertion Loss (dB)
WR22-VFR+	2.4mm-F to WR22	33 to 50	1.19:1	0.25
WR28-KFR+	2.92mm-F to WR28	26.5 to 40	1.10:1	0.15



LEARN MORE



Mini-Circuits

DISTRIBUTORS

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

Mini-Circuits Europe

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

municom

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

EMV Pre-Compliance Tests

Mit dem Echtzeit-Spektrumanalysator schneller und kostengünstiger zur EMV-Konformität



Thorsten Chmielus, CEO und Gründer der Aaronia AG

EMV-Konformität sicherzustellen, wird zunehmend komplexer. Das liegt auch an den immer höheren Taktfrequenzen. Aber auch die rasante Verbreitung von Produkten mit Funkanbindung, wie WiFi, Bluetooth, NFC oder 5G/IoT, stellen Entwickler vor immer neue Herausforderungen. Notwendiges Frequenz-Hopping und extrem kurze Impulse pushen die Anforderungen zusätzlich. Da kommt leider die Sweep-Geschwindigkeit von herkömmlichen Spektrumanalysatoren schnell an ihre Grenzen.

Doch zum Glück gibts noch den Echtzeit-Spektrumanalysator. Im Bundle mit geeigneten Sonden, Messantennen und der passenden Software entsteht hier geradezu eine perfekte Lösung – sowohl für die Eigenentwicklung in Unternehmen, als auch für die Vorab-Konformitätsprüfung von Geräten, die neu in ein bestehendes Sortiment aufgenommen werden sollen.

Angenommen, ein mittelständisches Unternehmens entwickelt gerade eine Platine für eine IoT-Anwendung mit 5G-Anbindung. Im eigenen Labor gibt es eine Standard-EMV-Compliance-Ausrüstung. Dennoch fällt die Platine bei der Zertifizierungsmessung im akkreditierten EMV-Prüflabor durch. Die Einbeziehung eines Echtzeit-Spektrumanalysators führt schnell zum Fehler. Nur so gelingt es, den Termin für den Produktionsstart und die Markteinführung der neuen Platine zu halten.

Ein zuverlässiges und schnelles Echtzeit-Mess-Equipment ist heute oft die Lösung. Denn sowohl bei entwicklungsbegleitenden Untersuchungen als auch bei der Kontrolle notwendiger Entstörmaßnahmen sowie bei Vorzertifizierungsmessungen vereinfacht es den Prozess und verkürzt den Zeitaufwand signifikant. Hinzu kommen die qualitativ hochwertigeren Messergebnisse in allen Anwendungsbereichen. Und diese Vorteile kommen natürlich auch bei einem Vorab-Konformitätstest eines neu ins Sortiment aufzunehmenden Gerätes zum Tragen.

Man kann es so auf den Punkt bringen: Wenn heute kein Echtzeit-Spektrumanalysator mit der entsprechenden Bandbreite und Sweep-Geschwindigkeit zum Einsatz kommt, dann lässt sich kaum verlässlich feststellen, ob sich das Einsenden zum akkreditierten Prüflabor überhaupt lohnt.

Waren bis vor kurzem die hohen Investitionskosten oft ein Hinderungsgrund für die Echtzeit-Spektrumanalyse im Rahmen der EMV-Compliance, so gibt es mittlerweile Angebote, die sich bereits durch wenige nun nicht mehr erforderliche Nach-Zertifizierungen amortisieren. ◀

Leistungsbauteile für die EMV Industrie

■ Directional Couplers

Frequenz 0.01 – 6500 MHz
Leistung bis 100000 Watt CW

■ Combiners

Frequenz 0.01 – 6500 MHz
Leistung bis 20000 Watt CW

■ 90° Hybrids

Frequenz 2 – 8000 MHz
Leistung bis 2500 Watt CW

■ Digital Power Meter

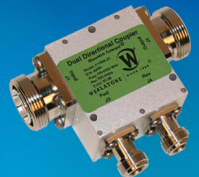
Frequenz 1.5 – 2500 MHz
Leistung bis 50000 Watt CW

■ 180° Hybrids

Frequenz 0.1 – 6000 MHz
Leistung bis 2500 Watt CW

■ Absorptiv Filters

Passband 1 – 1000 MHz
Passband Leistung bis 5000 Watt CW



■ Störstrahlungssichere HF-Verbindungen über Glasfaser bis 40 GHz



■ Breitband-HPAs bis zu 100 W Hochleistungs-Splitter-Combiner bis zu 100 W bis zu 80 Testkanäle



www.municom.de

Technische Beratung und Distribution



municom Vertriebs GmbH
Traunstein · München

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



Die ganze Bandbreite der HF- und MW-Technik

High Power & Ultra Wideband Components for EMC Testing

► Dual Directional Coupler

Frequency Range	300MHz	698MHz	1-3GHz	3-9GHz	9-10GHz
Coupling Value	47.6dB typ	41.4dB typ	40dB	40dB	40dB
Coupling Value Accuracy	± 2.0dB	± 1.5dB	± 1.2dB	± 1.2dB	± 1.4dB
Insertion Loss max.	0.05dB	0.05dB	0.1dB	0.2dB	0.2dB
Isolation, min.	70dB	65dB	56dB	53dB	50dB
Cross Coupled Isolation, min	80dB	80dB	75dB	70dB	60dB
Primary Return Loss	30dB	30dB	25dB	17dB	17dB
Secondary Return Loss	28dB	28dB	16dB	13dB	6dB

- Power Handling: 500W max.
- Peak Power: 6kW max.
- Directivity: 15dB typ. (10dB at 10GHz)
- VSWR: 1.25:1 typ.
- Connector Type: N female main line, SMA female coupled ports



► High Frequency Flexible Coaxial Cable Assemblies

- high performance assemblies with excellent Insertion Loss, VSWR and Phase Stability
- Frequency Range: DC to 18GHz
- Nominal Impedance: 50Ω
- Shielding Effectiveness: >90dB
- Peak Power Handling: 10kW
- Connectors: SMA, 7/16, TNC, SC, N

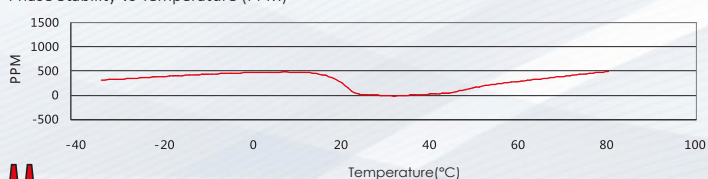
Typical Attenuation & Typical Average Power
@ 25°C and Sea Level

Frequency	Attenuation	CW Power
0.3 GHz	0.084 dB/m	3300 W
1 GHz	0.145 dB/m	1900 W
2 GHz	0.206 dB/m	1350 W
4 GHz	0.295 dB/m	900 W
6 GHz	0.365 dB/m	750 W
8 GHz	0.425 dB/m	650 W
10 GHz	0.479 dB/m	600 W
12 GHz	0.528 dB/m	580 W
14 GHz	0.574 dB/m	550 W
16 GHz	0.617 dB/m	525 W
18 GHz	0.657 dB/m	450 W

EMC - flex 7.8 series



Phase Stability vs Temperature (PPM)



TACTRON ELEKTRONIK GmbH & Co. KG

Lochhamer Schlag 5 • D-82166 Gräfelfing

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

www.tactron.de • info@tactron.de

Inhalt 3/2022

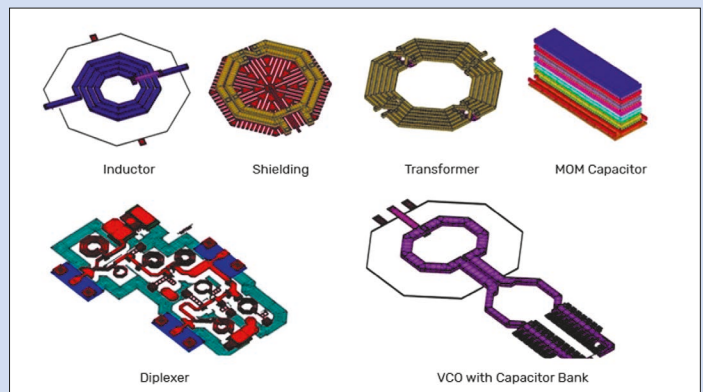


Zum Titelbild:

EMV- und Funk-Messungen gemäß den neuesten EMV-Standards

Die neue TDEMI-G-Serie verbessert nicht nur die Messdynamik und HF-Performance gegenüber der ursprünglichen TDEMI-Serie, sondern steigert auch die Messgeschwindigkeit nochmals deutlich. **10**

Schwerpunkt EMV/EMC



Ohne Kompromisse bei der Genauigkeit - Beschleunigte EM-Simulation

Mit wachsenden Anteilen von HF-Segmenten in Chips nimmt die Bedeutung der EM-Simulation aus mehreren Gründen zu. Wie eine beschleunigte Simulation auch für Großserien möglich ist, wird hier gezeigt. **22**

Rubriken:

- 3 Editorial
- 4 Inhalt
- 6 Aktuelles

10 Schwerpunkt EMV/EMC

- 34 Messtechnik
- 52 Kabel und Verbinder
- 54 Funkchips und -module
- 56 5G/6G und IoT
- 57 Verstärker
- 58 Antennen
- 59 Bauelemente
- 62 Stromversorgung
- 71 RF & Wireless
- 78 Aktuelles/Impressum





Warum die ENOB beim Digitalisieren so wichtig ist (und wie man sie ermittelt)

Dieser Artikel beschreibt die Messung der dynamischen Parameter, zeigt, wie man die ENOB daraus ableitet und präsentiert schließlich Messergebnisse für einen 12-Bit Digitizer. **34**



Konformitätstest gescheitert, was nun?

Konformitätstests für serielle Datenschnittstellen wie USB, HDMI oder PCI Express sichern die Interoperabilität zwischen elektronischen Geräten und Zubehör. Werden Probleme mit der Signalintegrität festgestellt, unterstützt das Oszilloskop R&S RTP die Ursachenforschung. **44**



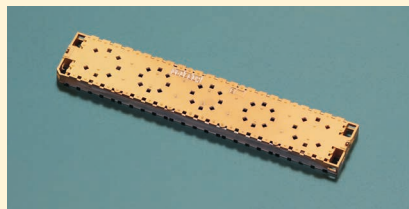
EMV-Immunitätstestsystem

Das MT4IEC10V3M von AR RF/Microwave Instrumentation ist ein EMV-Immunitätstestsystem, das von 80 MHz bis 6 GHz arbeitet. Es verfügt über vier interne Signalgeneratoren, die vier Testfrequenzen erzeugen können, wodurch die Wobbelzeit um 74% reduziert werden kann. **30**

rf & wireless EUROPE

International News

29-GHz Surface Mount Filter



RFMW announced design and sales support for mmWave, surface mount filters from Cubic Nuvotronics. The PSF29B02V2S interdigital filter has a pass band of 27.5 to 30 GHz with 50 ohms characteristic impedance. **72**

Low-ESR Capacitors

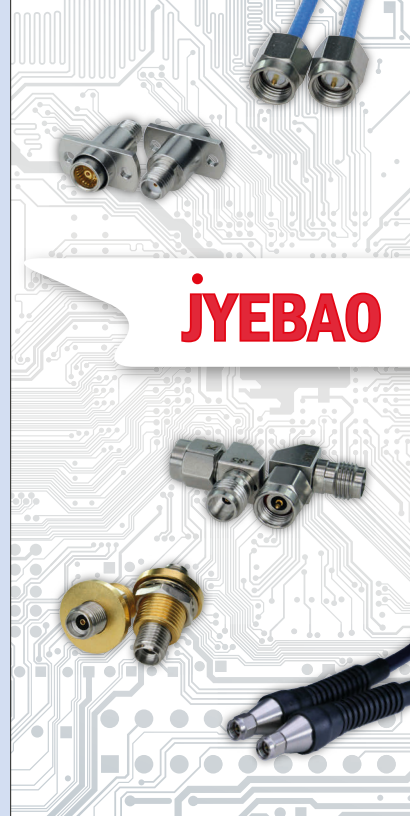


PPI's product offering includes Traditional High-Q Low-ESR 0505 (0.055" x 0.055") Multi-layer Ceramic capacitors for UHF/Microwave RF Power Amplifiers, Mixers, Oscillators, Filter Networks, Low Noise Amplifiers, & Timing Circuits and Delay Lines. **73**

Interference Waveform Pattern Software for 5G and LTE UE/Module Rx Tests



Anritsu Corporation announced the launch of its new Interference Waveform Pattern for 5G NR Receiver Test MX371055A and Interference Waveform Pattern for LTE Receiver Test MX371054A software. **74**



JYEBAO

Neue, hochflexible Testkabel von JYEBAO

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



CompoTEK GmbH
Lindwurmstrasse 97a
80337 München

tel +49 89 54 43 23-0
fax +49 89 54 43 23-21

info@compotek.de
www.compotek.de

Microcontroller auf ARM-Cortex-M0-32-Bit-Basis mit extrem niedrigem Energieverbrauch



Der tekmodul-Partner e-peas hat seinen neuen Lowpower-Mikrocontroller EDMS105N präsentiert. Der auf der ARM-Cortex-M0-32-Bit-Architektur basierende universell einsetzbare Controller überzeugt vor allem durch seinen extrem niedrigen Energieverbrauch – besonders im Standby-Modus. Sehr effizient arbeitende Komponenten und Funktionen zur Reduzierung der Stromaufnahme sind

die Schlüsselfaktoren, um die Batterielebensdauer von IoT-Geräten zu verlängern. Mit dem EDMS105N erscheint in Kürze eine richtungsweisende, innovative MCU, die alles mitbringt, um „Edge Devices“ zu wirklich wartungsfreien Systemen zu machen: Install & Forget!

Sensor-Applikationen

Der neue EDMS105N eignet sich besonders für Sensor-Appli-

kationen, die sich längere Zeit im Standby-Betrieb befinden und trotzdem Ereignisse erfassen und verarbeiten müssen. Hierfür enthält der Controller umfangreiche Peripheriebausteine für Kommunikation, Timing, Sensing und Security, die auch unabhängig vom eigentlichen Core arbeiten können. Kein Cortex-M0-Microcontroller ist verbrauchsärmer:

Mit dem EDMS105N MCU von e-peas erhalten Anwender den energetisch verbrauchsärmsten Microcontroller auf Cortex-M0-Basis, der bisher kommerziell verfügbar war. Er eignet sich nahezu perfekt für Applikationen im Langzeiteinsatz und mit Standby-Funktionalitäten. Dabei sind Asset Tracking-Anwendungen genauso denkbar wie Industrial Monitoring oder medizinische Applikationen. Darüber hinaus lässt sich der EDMS105N auch in Anwendungen in den Bereichen Smart Home/Building sowie in

autarken Messsystemen/Sensoren verwenden.

Key Facts des EDMS105N MCU:

- 32-Bit ARM Cortex-M0, 24 MHz operating frequency
- active current (CoreMark): 18 µA/MHz
- deepsleep current (RTC + 8 kB SRAM retention): 340 nA
- supply voltage: 1.8...3.3 V
- 8 channel DMA controller for coreless memory transfers
- inter peripheral signalling for coreless peripheral communication
- LDO for reduced BOM or improved supply stability
- highly efficient built-in inductive buck converters
- 256 kB of non-volatile single-cycle flash memory with instruction cache
- 32 kB of SRAM memory
- SRAM retention available per 8kB bank in deep sleep

■ tekmodul GmbH
www.tekmodul.de

Connectivity-as-a-Service: neue Lösung

Quectel Wireless Solutions, ein globaler Anbieter von IoT-Lösungen, führt einen Connectivity-as-a-Service (CaaS) ein. Damit ist das Unternehmen in der Lage, connectivity-fähige Module für den Einsatz überall auf der Welt anzubieten. Die neue Einheit ergänzt Quectels bisheriges Angebot für die Bereitstellung innovativer Module und Antennen zur Unterstützung von Mobilfunkverbindungen. Zudem können Kunden ab sofort, ihre edge-basierten Implementierungen vereinfachen, indem sie Connectivity zusammen mit Modulen, Antennen und Design-Services erwerben. Mit der Aufnahme von Connectivity in das Unternehmensportfolio vervollständigt Quectel sein derzeitiges Angebot.

Quectel Connectivity wird zunächst für Kunden in der EMEA-Region eingeführt und bietet weltweite Connectivity, bevor es später im Jahr 2022 auf Kunden im asiatisch-pazifischen Raum und in Lateinamerika ausgeweitet wird. Quectel Connectivity ist ab sofort in mehr als 190 Ländern über mehr als 500 Netzbetreiber verfügbar und bietet derzeit 2G-, 3G-, 4G-, Nar-

rowband-IoT- und CAT-M-Verbindungen. Die von Quectel bereitgestellte Connectivity ist für den gesamten Markt verfügbar und wird insbesondere Implementierungen zugutekommen, die durch die Nutzung eines einzigen Anbieters für Module, Antennen und Connectivity eine schnellere Markteinführung und optimierte Geschäftseffizienz erzielen können.

Auch weil sich eingebettete und integrierte SIM-Karten (eSIM und iSIM) immer mehr durchsetzen, ist die Aufnahme von Connectivity-Diensten für Quectel ein logischer nächster Schritt. Denn es vereinfacht die Bereitstellung für Kunden, die bisher eine herkömmliche SIM-Karte für ihren lokalen Markt installieren mussten. Mit einem eSIM- oder iSIM-fähigen Modul und Quectel-Connectivity verbindet sich das Modul nach dem Einschalten mit dem besten verfügbaren Netz. Neben seiner langjährigen globalen Expertise bei Modulen und Antennen verfügt Quectel auch über umfangreiche Erfahrungen im Bereich Connectivity. So hat das Unternehmen die Plattform QuecConnectivity entwickelt, die mehr als 30 Millionen

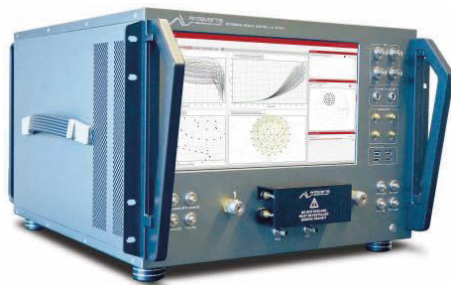
SIM-Karten in Asien verwaltet. Das Connectivity-as-a-Service-Angebot kann Connectivity mit Modulen und Antennen kombinieren und bietet Kunden einen einzigen Zugang zum gesamten Produkt- und Dienstleistungsportfolio von Quectel.

„Durch die Erweiterung unseres Angebots um Connectivity reduziert Quectel die Komplexität für unsere Kunden, indem es die Bereitstellung von IoT-Geräten vereinfacht und beschleunigt“, erklärt Patrick Qian, Chief Executive Officer bei Quectel. „Quectel setzt sich für Innovationen ein, die den Kunden in der IoT-Branche Vorteile bringen. Unser Connectivity-Angebot ist ein weiterer Meilenstein auf diesem Weg. Quectel hat IoT-Unternehmen seit mehr als einem Jahrzehnt dabei geholfen, eine intelligentere Welt aufzubauen, und jetzt werden wir eine immer intelligenter werdende Welt verbinden.“

■ Quectel
www.quectel.com

MRC Gigacomp lädt Sie zu einem Seminar mit Maury Microwave, AMCAD und HiTech ein!
Wir präsentieren neue Produkte für die Charakterisierung von HF- und mmW-Komponenten.

Device Characterisation Seminar am 3. Mai 2022



Pulsed IV of High-Voltage Transistors with 1500V Pulser Heads

High-Gamma On-Wafer mmW Automated Load-Pull (Nano5G)

Wide-Band Active Load Pull at 5G FR1 Frequencies using MT2000

Characterising Uncertainty in S-Parameters (Insight Software)

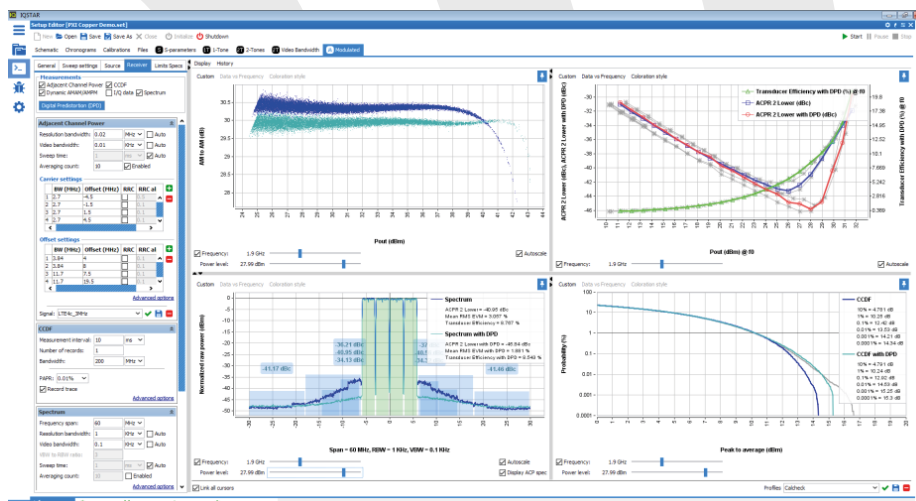
Harmonic Load-Pull Analysis with Two- and Three-Carriage Tuners and IVCAD Software

RF Power Amplifier Analysis with IQSTAR and AM9009 Vector Signal Transceiver

Simulating Realistic Communication System Performance using AMCAD VISION



Seminarort ist das H4 Hotel München Messe. Die Vorträge werden in englischer Sprache gehalten.
Das Seminar ist für angemeldete Teilnehmer kostenfrei. Bitte melden Sie sich per Telefon oder E-Mail an bei:



MRC GIGACOMP GmbH & Co. KG
info@mrc-gigacomp.de
www.mrc-gigacomp.de
 Bahnhofstraße 1, 85354 Freising
 Grassinger Str. 8, 83043 Bad Aibling
 Tel +49 89 416159940
 Fax +49 89 416159945

EMV- und Funk-Labore erhalten modernste Messtechnik



Der zugehörige Drehteller zur Aufnahme des Prüflings hat einen Durchmesser von 8 m und ist ausgelegt für eine Traglast von 20 t.

Die CSA Group hat für die beiden Prüfkammern Mess- und Verstärkergeräte von Rohde & Schwarz ausgewählt. Die EMV-Testlösungen unterstützen alle gängigen zivilen, militärischen, Automobil- und Luftfahrt-normen sowie alle ETSI- und FCC-Normen für Störstrahlungs- und Audio-Breakthrough-Messungen. Dank jahrzehntelanger Erfahrung in diesem Bereich gilt Rohde & Schwarz als Weltmarktführer für EMV-Messtechnik.

Die CSA Group hat ihre neue Europazentrale in Plattling (Bayern) errichtet. In diesem Zuge erweitert das Unternehmen seine Prüfkapazitäten für deutsche und europäische Kunden erheblich. So werden in den neuen Prüflaboren unterschiedlichste Produkttests und Zertifizierungen selbst für Großgeräte bis 20 t möglich sein. Die zugehörige Mess- und Verstärkertechnik kommt vom EMV-Marktführer Rohde & Schwarz.

trum mit verschiedensten Prüf-, Inspektions- und Zertifizierungsdienstleistungen aus einer Hand an. Die Dienstleistungen umfassen die Bereiche elektrische und funktionale Sicherheit, elektromagnetische Verträglichkeit (EMV), Funkprüfungen, Energieeffizienzprüfungen, Umweltschutzprüfungen sowie Explosions-schutzprüfungen. Dazu wird die CSA Group für den Standort zahlreiche Akkreditierungen beantragen, darunter die Anerkennung als benannte Stelle der EU, die IECEx und IECEE CB Scheme-Anerkennung sowie die Anerkennung als Nationally Recognized Testing Laboratory (NRTL).

In der CSA Europazentrale werden zwei Messhallen für EMV- und Funkmessungen zur Verfügung stehen, wobei in der größeren selbst Großgeräte mit bis zu 4,2 m Breite und 4,8 m Höhe geprüft werden können.

Für Störfestigkeitsmessungen kommen in beiden Hallen R&S SMB100B HF-Signalgeneratoren zum Einsatz, die eine herausragende spektrale Reinheit, eine sehr hohe Ausgangsleistung sowie einen großen Funktionsumfang bieten. Hinzu kommen hochverfügbare R&S BBA150 Breitbandverstärker, die zu den modernsten im Markt zählen, sowie R&S NRP6AN Leistungsmessköpfe, die speziell für EMV-Messungen konzipiert sind.

Für die Messung von Störemissionen liefert Rohde & Schwarz die leistungsfähigsten Funkstör-messempfänger, die der Markt derzeit bietet: Der R&S ESW für Zertifizierungen verfügt über hervorragende HF-Eigenschaften und ermöglicht dabei kurze Messzeiten. Das Gerät bietet noch schnellere FFT-basierte Zeitbereichs-Scans und Echtzeit-Spektrumanalyse zur detaillierten Untersuchung von

Die CSA Group ist weltweit einer der führenden Organisationen im Bereich der Normenentwicklung, Produktprüfung, Inspektion und Zertifizierung. Ende 2021 hat das kanadische Unternehmen in der neuen Europazentrale in Ostbayern hochmoderne Prüflabore in Betrieb genommen. So bietet das Unternehmen seinen Kunden jetzt mitten in Europa ein umfassendes Leistungsspek-

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

CelsiStrip®

Thermoetikette registriert
Maximalwerte durch
Dauerschwärmung
Diverse Bereiche von
+40 bis +260°C

GRATIS Musterset von celsi@spirig.com
Kostenloser Versand DE/AT ab Bestellwert
EUR 200 (verzollt, exkl. MwSt)



Störemissionen. Ergänzt wird die Ausstattung durch Netznachbildungen und Antennentechnik.

Rohde & Schwarz hat die Testlösungen in den Hallen in Plattling aufgebaut und in Betrieb genommen. „Wir sind stolz darauf, das Prüfzentrum eines so renommierten Zertifizierungshauses mit unserer Technik ausstatten zu dürfen. Die CSA Group erhält von uns modernste EMV-Messtechnik, die alle weltweit gängigen Standards unterstützt. Gerade wenn viele verschiedene Prüfungen an einem Gerät durchgeführt werden sollen, kann das erheblich Zeit und Kosten sparen“, erklärt Matthias Keller, Produktmanager für EMV-Messtechnik bei Rohde & Schwarz in München.

„Die neue Europazentrale der CSA Group besitzt eines der größten EMV-Labore in Europa“, sagt Dieter Fröhlich, Managing Director der CSA Group in Bayern. „Die neuen Labore bieten unseren Kunden umfassende Lösungen aus einer Hand an sowie direkten Zugang zu Experten sowie modernstem Prüfequipment. Mit weltweiter Reputation und jahrzehntelanger Erfahrung im Bereich EMV-Messungen wurde Rohde & Schwarz als Lieferant für unsere 10- und 3-Meter-EMV-Kammern ausgewählt. Die örtliche Nähe zur Zentrale in München bietet nicht nur die richtigen Lösungen für unsere einzigartigen Prüfanforderungen, sondern auch Vorteile, wenn es um zukünftige Wartungsarbeiten geht.“ ◀

Kabelgebundenen Störungen zuverlässig auf der Spur



Das EMScope des Partners EMZER von Telemeter Electronic stellt eine einzigartige Kombination aus EMI-Testreceiver sowie einer einphasigen 16-A-Netznachbildung (LISN) dar. Dieses innovative Messgerät verfügt über drei verschiedene Detektionsarten (peak, quasi-peak, average), welche parallel und in Echtzeit genutzt werden können, um die Messzeiten signifikant zu reduzieren. Ergänzend können Störungen auf Phase und Neutralleiter parallel gemessen werden.

Der integrierte FFT-basierende Receiver-Aufbau (zwei Messkanäle) ermöglicht Ergebnisse in Echtzeit. Er macht das EMScope zum nahezu idealen Werkzeug im Entwicklungslabor, um einen Prüfling fast ideal zu charakterisieren und das Produktdesign im Bedarfsfall zu optimieren. Durch den integrierten Web Server mit moderner Analyse-Software kann das EMScope mittels optischer Übertragung und entsprechendem LAN Converter einfach in das Netzwerk eingebunden und von jedem beliebigen Arbeitsplatz aus genutzt werden. Die entsprechenden Grenzwerte

sind bereits voreingestellt und ermöglichen somit einen einfachen Vergleich mit den Grenzwerten der Norm sowie das Erstellen von Test-Reports. Durch den externen Receiver-Eingang können ergänzend auch bereits vorhandene Netznachbildungen in Verbindung mit dem integrierten Receiver verwendet werden. Das EMScope von Telemeter Electronic ist Konform nach dem CISPR 16-1-1 & 16-1-2 Standard und hat einen Auflösungs-Bandbreitenfilter von 200 Hz, 9 kHz und 120 kHz (CISPR) bzw. 1 kHz und 10 kHz (MIL). Außerdem verfügt das EMScope über den schnellsten Receiver auf dem Markt aufgrund seiner Messungen auf Leiter und Neutralleiter und den drei gleichzeitig messenden Detektoren (sechs Messungen simultan). Diese Geräte haben eine integrierte Zweikanal-Netznachbildung (einphasig, 16 A), welche jedoch auch separat erhältlich ist. Das EMScope gibt es in zwei Ausführungen: 30:9 kHz – 30 MHz und 110:9 kHz – 110 MHz

■ Telemeter Electronic GmbH
www.telemeter.info



SPECTRAN® V6
— BEYOND REALTIME —



Echtzeit EMV-Pakete

Komplettlösungen für die Produktvorzertifizierung

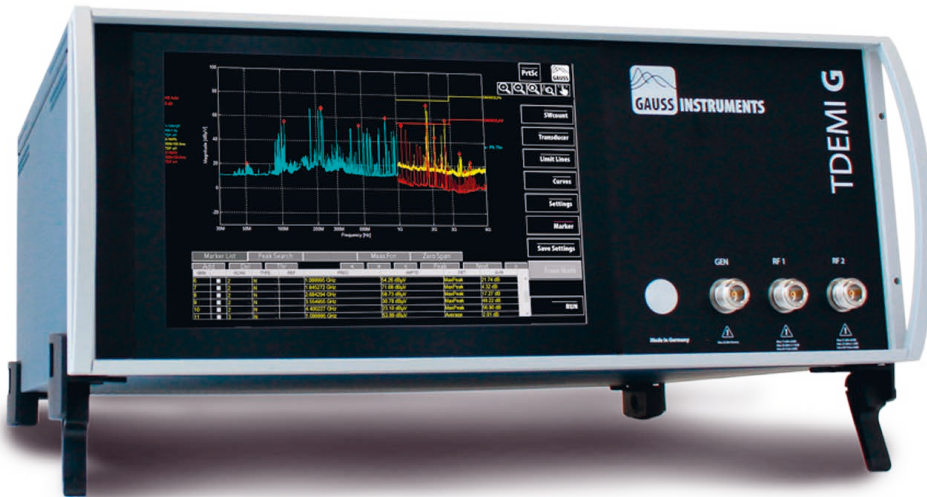
- ✓ Frequenzbereich: 10MHz bis 6GHz
- ✓ Sweep Speed: über 1THz/s
- ✓ Bis zu 245MHz Echtzeitbandbreite
- ✓ POI: 10ns
- ✓ Inkl. Vektorsignalgenerator
- ✓ Optional GPS Timebase
- ✓ Optional OCXO
- ✓ Komplett mit allem Zubehör
- ✓ Inkl. RTSA-Suite PRO Software

AARONIA AG
WWW.AARONIA.DE

Neue TDEMI-G-Serie setzt Maßstäbe

EMV- und Funk-Messungen gemäß den neuesten EMV-Standards

Die neue TDEMI-G-Serie verbessert nicht nur die Messdynamik und HF-Performance gegenüber der ursprünglichen TDEMI-G-Serie, sondern steigert auch die Messgeschwindigkeit nochmals deutlich.



Im Jahr 2006 wurde erstmalig von den Erfindern der Echtzeit-FFT-Messung für EMV in Singapur auf der EMC Conference eine Technologie vorgestellt, welche die EMV-Mess-technik seither revolutionierte. Aufwendige und zeitintensive Messungen wurden dadurch von Stunden auf wenige Sekunden reduziert. Diese Erfindung wurde 2006 mit dem Best Paper Award und 2007 mit dem E.ON Future Award ausgezeichnet. Gleichzeitig wurde 2007 das TDEMI 1G vorgestellt, das erste Messgerät, welches eine Quasipeak-Messung im Bereich von 30 MHz bis 1 GHz von 9 h auf 64 s reduzierte. Bei der Einweihung des neuen EMV-Zentrums des VDE-Prüfinstituts in Offenbach im Jahr 2008 wurden die daraus resultierenden Vorteile für Kunden und Anwender im Prüflabor vorgeführt und gezeigt.

Autoren:
Stephan Braun und
Arnd Frech,

Gauss Instruments
International GmbH
www.gauss-instruments.com

Weiterentwicklungen

Gauss Instruments hat in den darauf folgenden Jahren bis 2012 diese Technologie in den

40-GHz-Bereich erweitert und kontinuierlich weiterentwickelt. Mit der TDEMI-X-Serie wurde die Echtzeitbandbreite von 162,5 auf 645 MHz erweitert und mit dem TDEMI Ultra anschließend in 2018 mittels Echtzeit-Scanning-Technologie erstmals eine Spektrogrammmessung über mehrere GHz in Echtzeit verfügbar. Die patentierte TDEMI-Technologie ermöglicht es, im Gegensatz zu konventionellen

Messempfängern mit FFT-Messfunktion, eine vollständig normkonforme Emissionsmessung über bis zu 685 MHz mit Quasispitzenwert-Detektor in Echtzeit durchzuführen. Konventionelle Messgeräte mit FFT-basierendem TD-Scan erreichen hingegen nur eine Bandbreite von maximal 30 MHz. Dies ist einerseits bedingt durch den 1-dB-Kompressionspunkt des Mischers der konventionellen Technologie und andererseits durch die begrenzte Auflösung der eingesetzten Analog/Digital-Umsetzung.

Die TDEMI-Technologie, welche eine spezielle ADC-Technologie verwendet, die ähnliche Performance liefert wie 20-Bit-ADCs mit mehreren GS/s Abtast-rate, bietet hingegen genügend Dynamik um die Anforderungen der zugrundeliegenden EMV-Normen für Messempfänger in allen Betriebsarten einzuhalten. Um weitere Applikationen abzudecken, wurde 2021 außerdem die TDEMI-S-Geräteserie als Echtzeitspektrogrammanalysator mit optionalem EMV-Messempfänger vorgestellt.

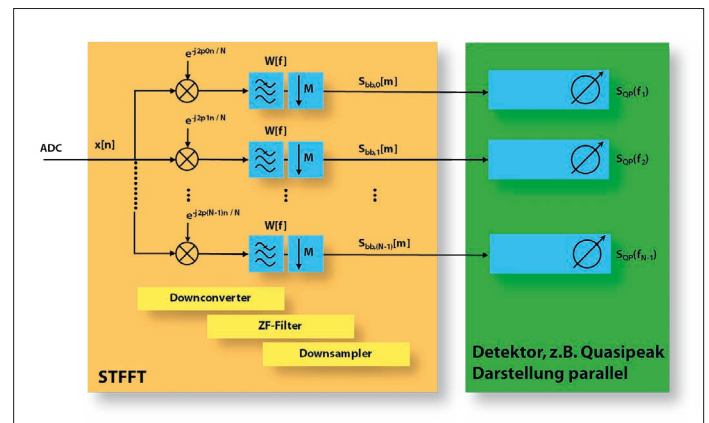


Bild 1: Mehrkanal-Messempfänger: Frequenzumsetzer, Filterbank, Dezimation und Detektor



Neue Low-Density PolarFire® FPGAs und SoCs

Halbe statische Leistungsaufnahme als andere Bausteine und geringe Wärmeabgabe

Edge-Computing-Systeme benötigen kompakte programmierbare Bausteine mit geringem Stromverbrauch und wenig Wärmeentwicklung, um Lüfter und andere Wärmeschutzmaßnahmen zu erübrigen und gleichzeitig robuste Rechenleistung bereitzustellen. Die PolarFire® FPGAs und SoCs von Microchip erfüllen diese Anforderungen und verringern die statische Leistungsaufnahme um 50%.

Die neuen PolarFire FPGAs und SoCs von Microchip übertreffen die Performance-/Leistungsverbrauch-Kennzahlen aller Low-Density FPGA- oder SoC-FPGA-Alternativen am Markt – und das mit einer schnellen FPGA-Fabric und Signalverarbeitungsfunktionen, die leistungsfähige Transceiver und den branchenweit einzigen festverdrahteten Prozessorkomplex auf Basis der RISC-V®-Architektur mit 2 MB L2-Cache und Low-Power DDR4 (LPDDR4) Speicher bereitstellt.

Meistern Sie die Herausforderungen in Bezug auf Stromverbrauch, Systemgröße, Kosten und Sicherheit bei verschiedenen Anwendungen, wie intelligente Embedded-Bildverarbeitung und thermisch anspruchsvolle Systeme in den Bereichen Automotive, Industrieautomatisierung, Kommunikation, Verteidigungstechnik und IoT, bei denen weder die Leistungsaufnahme noch die Leistungsfähigkeit beeinträchtigt werden dürfen.

Wesentliche Leistungsmerkmale

- Serien ab 25k LE für System On Chip (SoC) und 50k LE für FPGAs
- Kleinster Formfaktor mit 11 mm x 11 mm Gehäusen
- 12,7G-Transceiver, 10Gb-Multiprotokoll-Support
- Niedrigste statische Leistungsaufnahme, Live at Power-Up
- Erhöhter thermischer Spielraum für mehr Rechenleistung
- Erstklassige Sicherheit und Zuverlässigkeit



microchip.com/lowpowerFPGAs

Der Name Microchip, das Microchip-Logo und PolarFire sind eingetragene Warenzeichen von Microchip Technology Incorporated in den USA und in anderen Ländern. Alle anderen Marken sind im Besitz der jeweiligen Eigentümer.
© 2022 Microchip Technology Inc. Alle Rechte vorbehalten.
DS00004279A, MEC2405A-GER-02-22

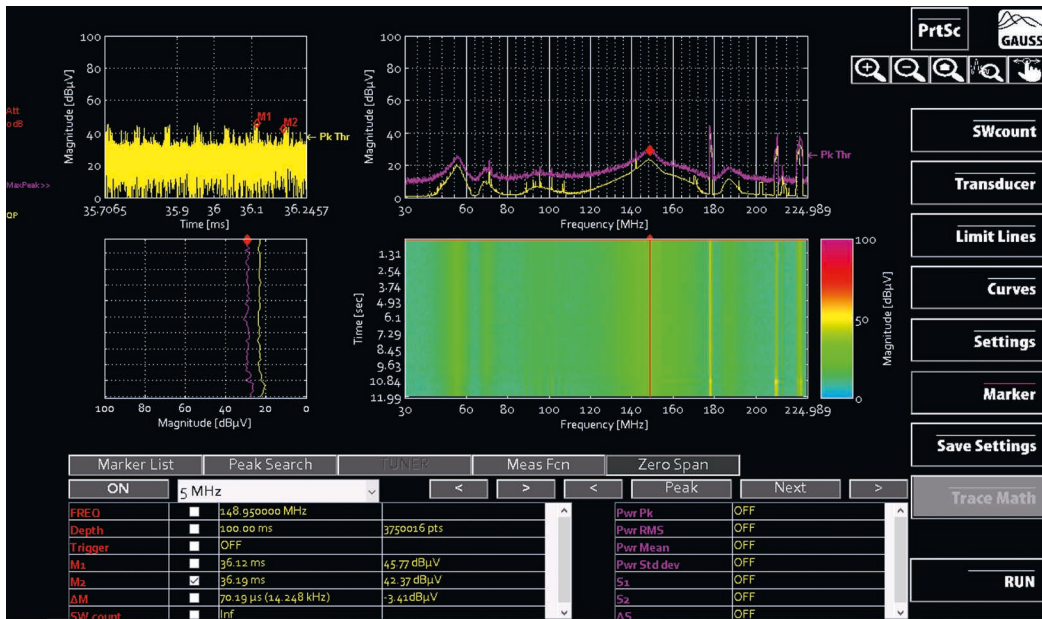


Bild 2: Normkonformes Echtzeitspektrogramm mit gleichzeitigem Zero-Span und Auswertung

Nachdem das TDEMI 1G Geschichte geschrieben hatten und dessen grundlegende Blockschaltbilder heute Gegenstand der CISPR 16-3 sind und die FFT-Messmethodik aus dem Handbuch des TDEMI 1G in die Norm CISPR 16-2-1, CISPR 16-2-2 und CISPR 16-2-3 Einzug gehalten hat, war es jetzt an der Zeit, wiederum basierend auf den allerneuesten ADC- sowie FPGA-Technologien, die jetzt neugestaltete TDEMI-G-Serie vorzustellen.

Was wird geboten?

Ziele der neuen TDEMI-G-Serie sind, die Messdynamik und HF-Performance gegenüber der ursprünglichen TDEMI-G-Serie nochmals deutlich zu verbessern. Auch die Messgeschwindigkeit wird nun nochmals deutlich gesteigert. Weiter steht im Vordergrund, dass die neue TDEMI-G-Serie im Gegensatz zur ursprünglichen Serie auch deutlich mehr Möglichkeiten wie z.B. für Funkmessungen erhalten hat. Alle diese Anforderungen zusammen wurden mit dem jetzt vorliegenden neuen Design umgesetzt und somit beispielsweise die Messung mit dem Quasipeak-Detektor von 30 MHz bis 1 GHz auf eine Dauer von ca. 8 s reduziert.

Der TDEMI G ist ein Full-Compliance-Empfänger für die Frequenzbereiche bis 30 MHz, 1, 3, 6, 9, 18, 26, 40 und 44 GHz und verfügt standardmäßig jeweils über einen klassischen sowie einen FFT-basierenden Messmodus. Dadurch steht die hohe Scan-Geschwindigkeit von 1,5 s für eine leitungsgeführte EMV-Messung und von ca. 8 s für eine Quasipeak-Messung von 30 MHz bis 1 GHz auch bereits beim Grundgerät in Basisausstattung zur Verfügung. Darüber hinaus ist auch ein Spektrumanalysator mit klassischer Messmethodik sowie mit FFT-basierendem Messmodus verfügbar. Die Anforderungen für Funkmessungen bzgl. Messbandbreiten von bis zu 60 MHz, beispielsweise zur Qualifikation von breitbandigen Funksignalen,

sind ebenfalls bereits im Grundgerät enthalten.

Ein hochauflösender kapazitiver Touchscreen mit integrierten Anschlüssen als Bedienfront ist sowohl im Labor als auch für den Outdoor-Einsatz bestens geeignet. Das hochauflösende Display mit Projected Capacitive Multitouch ermöglicht eine komfortable und einfache intuitive Bedienung.

Die neuen Geräte können mit externen Mischern bis in den Terahertz-Bereich erweitert werden. Dadurch stehen die Möglichkeiten hoher Echtzeitbandbreite, höchster HF-Performance und die Möglichkeiten der neuartigen HyperOverlapping-Technologie auch bis in den THz-Bereich hinein zur Verfügung.

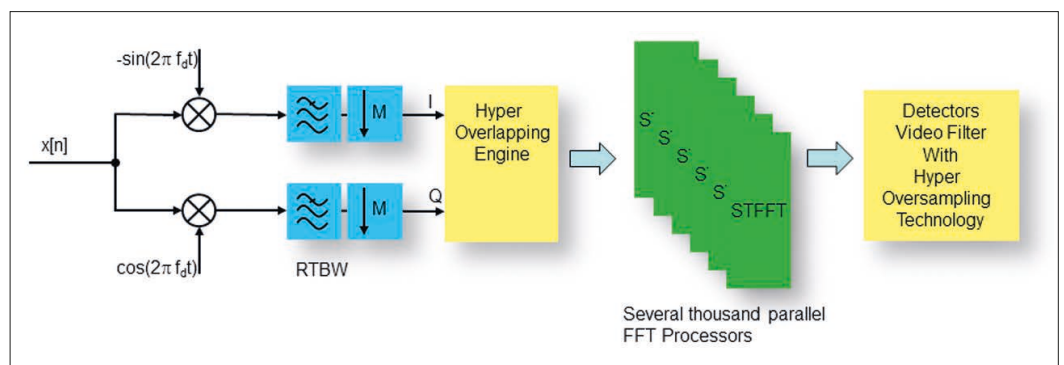


Bild 3: HyperOverlapping Technology

Bei der Entwicklung der neuen TDEMI-G-Serie wurde höchste Priorität auf Spurious Performance und Messgeschwindigkeit gesetzt. Während bei der alten TDEMI-G-Serie im Spektrogrammmodus der verzerrungsfreie Dynamikbereich mit typisch 50 dB spezifiziert wurde, wird nun sogar ein Wert von 90 dB erreicht. Dies übertrifft nun auch in dieser Disziplin sehr gute konventionelle EMV-Messempfänger der hochwertigsten Klasse.

Integration in bestehende Prüfumgebungen

Eine Herausforderung bei einer Erweiterung oder Modernisierung in einem EMV-Labor besteht in der Regel darin, dass ein neues Messgerät in eine bereits vorhandene Umgebung möglichst reibungslos integriert werden muss. Teil dieser Umgebung ist oftmals auch eine bereits existierende Fernsteuer-Software oder Datenanbindung. Die neue TDEMI-G-Serie zeichnet sich hierbei dadurch aus, dass sie zum einen mittels SCPI-Schnittstelle ferngesteuert und somit in eine Vielzahl von Software-Lösungen direkt eingebunden werden kann. Das schöpft Vorteile, wie z.B. eine signifikante Reduktion der Messdauer oder neue Messfunktionen, maximal aus. Darüber hinaus bietet das neue zusätzliche Interface namens access-TDEMI die Möglichkeit, Geräte der neuen TDEMI-G-Serie in bereits existierende Schnittstellensystemen so zu integrieren, dass bestehende Messgeräte 1:1 ersetzt werden können,

SIX DAYS

THREE CONFERENCES

ONE EXHIBITION

EUROPE'S PREMIER
MICROWAVE, RF, WIRELESS
AND RADAR EVENT



EUROPEAN
MICROWAVE WEEK
EXCEL, LONDON
2-7 APRIL 2022
www.eumw2021.com

REGISTER NOW

Register online at:
www.eumw2021.com

The Conferences (2nd - 7th April 2022)

- European Microwave Integrated Circuits Conference (EuMIC) 3rd - 4th April 2022
- European Microwave Conference (EuMC) 4th - 6th April 2022
- European Radar Conference (EuRAD) 5th - 7th April 2022
- Plus Workshops and Short Courses (From 2nd April 2022)
- In addition, EuMW 2021 will include the Defence, Security and Space Forum, the Automotive Forum and the 5G and Beyond Forum

The FREE Exhibition (4th - 6th April 2022)

Register today to gain access to over 300 international exhibitors and take the opportunity of face-to-face interaction with those developing the future of microwave technology. The exhibition also features exhibitor demonstrations and industrial workshops.

**FREE
EXHIBITION
ENTRY**

EuMA
European Microwave Association

 **EuMIC
2021**
The 16th European Microwave
Integrated Circuits Conference

51ST  **CONFERENCE 2021**
The 51st European Microwave Conference

 **EuRAD
2021**
The 18th European Radar Conference

 **horizon
house**

REGISTER NOW AT: WWW.EUMW2021.COM

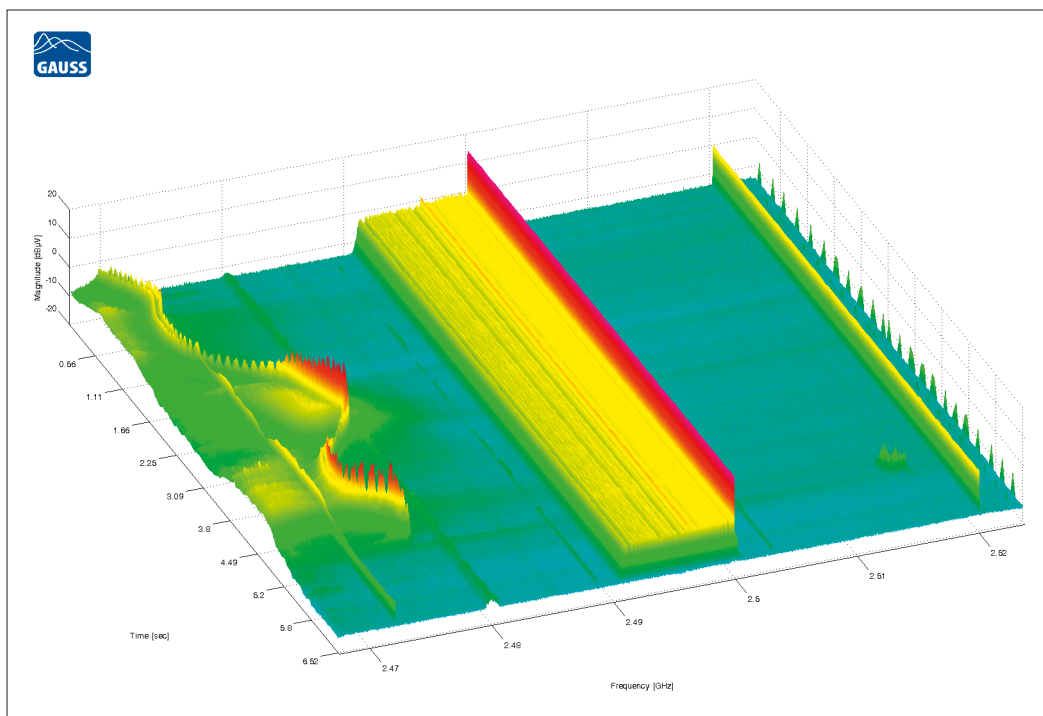


Bild 4: Messung eines Kommunikationssignals und Signal einer Mikrowelle mit hier 100-fachem HyperOverlapping

ohne dass Änderungen an der bereits bestehenden Automatisierungs-Software oder an Prüfabläufen nötig sind. Dieser Ansatz erleichtert die Umstellung von klassischen Messempfängern auf diese moderne Technologie erheblich und vermeidet dabei Ausfallzeiten.

Das CISPR-normkonforme „FFT-based Measuring Instrument“

Für Vormessungen sowie für eine finale vollständig normkonforme Messung ist ein sogenanntes „FFT-based Measuring Instrument“ gem. CISPR-Nor-

men erforderlich, welches keine Unterschiede zwischen klassischen Frequenzschrittverfahren im Superheterodyn-Modus und dem FFT-Modus zeigen darf.

Das erste TDEMI 1G war die Referenz für den Technical Report in CISPR 16-3 2009, um das sog. FFT-basierende Mess-

gerät zu erweitern, die Messmethodik in den Normen CISPR 16-2-1, 16-2-2, und 16-2-3 zu erläutern und die entsprechenden Erweiterungen in die CISPR 16-1-1 aufzunehmen. In den darauf folgenden Jahren gab es signifikante technologische Weiterentwicklungen, bei denen zunächst die Echtzeitbandbreite von 162,5 auf 325 und schließlich auf 645 MHz erhöht wurde [1].

Neben den mittlerweile weitverbreiteten sehr schnellen und vollständig normkonformen Emissionsmessungen mit hoher Echtzeitbandbreite wurden teilweise immer noch Emissionsmessungen im klassischen Frequenzschrittverfahren durchgeführt. Das TDEMI Ultra führte dann diese beiden Welten zusammen und vereint seither die Vorteile beider technologischer Ansätze in einem Empfänger.

Um die Einhaltung der Anforderungen der CISPR 16-1-1 in allen Punkten zu erfüllen, ist eine vollständige Äquivalenz der Messergebnisse beider Ansätze notwendig. Dies ist bei der patentierten TDEMI-Technologie sichergestellt, sodass für beide Betriebsarten die Kalibrierwerte gleich sind. Die Norm CISPR 16-3 enthält hierzu einen technischen Report, der weitgehend auf der Technologie TDEMI aufsetzt. Darin wird z.B. für eine korrekte Pulsanzeige der Zusammenhang zwischen Basisbandabtastrate und Genauigkeit gezeigt. Ein typisches Overlapping von ca. 80% ist bei einer lückenlosen Signalverarbeitung dazu geeignet, um die CISPR-16-1-1-Anforderungen hinsichtlich Pulsanzeige einzuhalten. Ein konventioneller Echtzeit-Spektrumanalysator zeigt ein wesentlich geringeres Overlapping und ist daher nicht geeignet, um alle Typen von Signalen korrekt zu messen.

Messgeschwindigkeit und normkonforme Echtzeitmessung

Durch die Kombination von Kurzzeit-FFT und digitalem Superheterodynmodus kann nun gleichzeitig über ein ganzes

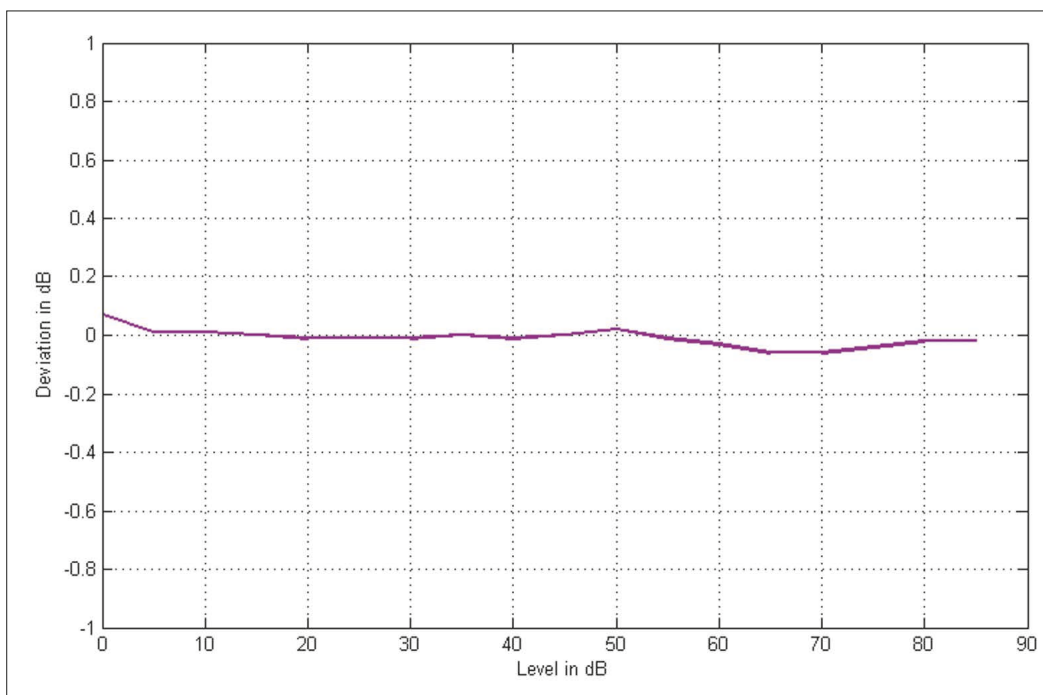


Bild 5: Linearität der neuen TDEMI-G-Serie

RF-LAMBDA

THE LEADER OF RF BROADBAND SOLUTIONS



Made in USA

BROADBAND SSPA SOLID STATE POWER AMPLIFIERS

WWW.RFLAMBDA.COM

0.1-22GHZ ULTRA BROADBAND SSPA

RFLUPA01M22GA
4W 0.1-22GHZ



RFLUPA0218GA
10W 2-18GHZ

EMC BENCHTOP POWER AMPLIFIER



140W 6-18GHZ
SOLID STATE BROADBAND

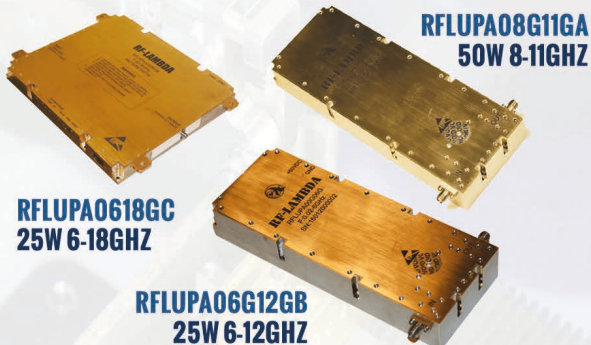
0.01-6GHZ VHF, UHF, L, S, C BAND

RFLUPA02G06GC
100W 2-6GHZ



RFLUPA0706GD
30W 0.7-6GHZ

6-18GHZ C, X, KU BAND



RFLUPA0618GC
25W 6-18GHZ

RFLUPA08G11GA
50W 8-11GHZ

RFLUPA06G12GB
25W 6-12GHZ

18-50GHZ K, KA, V BAND



RFLUPA18G47GC
2W 18-47GHZ

RFLUPA27G34GB
15W 27-34GHZ

RFLUPA28G42GA
2W 28-42GHZ

RFLUPA32G38GB
8W 32-38GHZ

BENCHTOP RF MICROWAVE SYSTEM POWER AMPLIFIER



RAMP00G06GA - 30W 0.01-6GHZ



RAMP39G48GA - 4W 39-48GHZ



RAMP01G22GA - 8W 1-22GHZ



RAMP27G34GA - 8W 27-34GHZ

www.rflambda.com
sales@rflambda.com

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

San Diego, CA, US
Carrollton, TX, US

Ottawa, ONT, Canada
Frankfurt, Germany

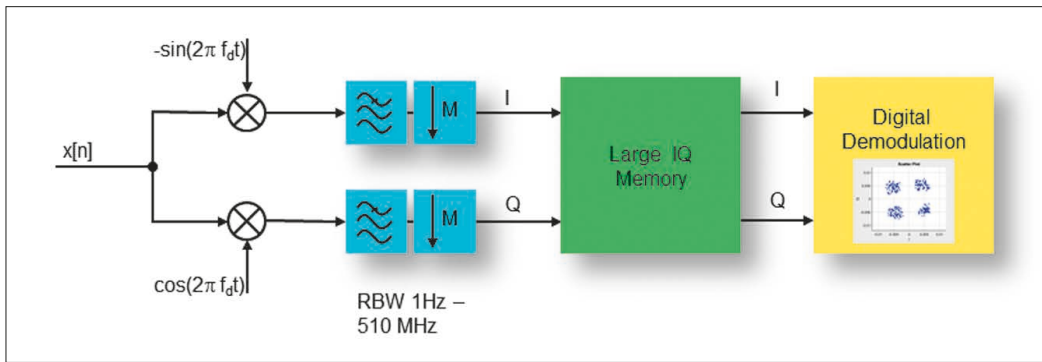


Bild 6: Blockschaftbild des IQ-Modus

Band von 685 MHz an allen Frequenzpunkten die Messung mit Quasipeak- und CISPR-Average-Detektoren erfolgen. Technisch wird dies durch eine hochgradige Parallelisierung erreicht. Die Kurzzeit-FFT ist hierbei einer der mathematischen Bausteine, welche es ermöglichen, Berechnungen auf hocheffiziente Weise durchzuführen und Symmetrieeigenschaften auszunutzen.

Die gemäß CISPR 16-1-1 erforderlichen Detektoren müssen an allen Frequenzpunkten vollständig parallel realisiert werden, was zu sehr hohen Anforderungen an die Rechenleistung führt. Ein vereinfachtes Block-

schaltbild einer Kombination von Kurzzeit-FFT und Mehrkanalempfänger bringt Bild 1. Das TDEMI enthält eine Vielzahl solcher paralleler Funktionsblöcke.

Der im TDEMI G vorhandene Echtzeit-Spektrumanalysator kann an bis zu 32.000 Frequenzpunkten gleichzeitig eine Messung gemäß einer Zero-Span-Messung eines herkömmlichen Spektrumanalysators an einem einzigen Frequenzpunkt durchführen. Der Echtzeit-Spektrumanalysator des TDEMI vereint somit auf einzigartige Weise die Vorteile der Zero-Span-Funktion mit der Möglichkeit, diese an bis

zu 32.000 Frequenzen gleichzeitig durchführen zu können.

Neben der Darstellung des Echtzeitspektrogramms im normkonformen Betrieb und einer parallelen Timing-Analyse unter Anwendung der normkonformen Detektoren ist parallel dazu zusätzlich eine Zero-Span-Messung mit einer zusätzlichen Bandbreite möglich, um z.B. Signale parallel zur Messung genauer zu analysieren. Ein Beispiel einer solchen Auswertung ist in Bild 2 zu sehen. Hier ist beispielsweise gut zu erkennen, dass die Quasipeak- und Average-Anzeigewerte einerseits relativ konstant über

der Zeit sind, andererseits aber dennoch der Pegelunterschied auf eine gepulste Störung hindeutet. Durch die parallele Messung mit dem Zero-Span-Modus um 5 MHz Bandbreite kann das Störsignal bzgl. seiner Puls wiederholrate gemessen werden.

HyperOverlapping-Technologie

Die HyperOverlapping-Technologie setzt bei der zuvor beschriebenen hochgradigen Parallelisierung an, geht jedoch nochmal einen deutlichen Schritt weiter. Es werden mehrere tausend Blöcke wiederum parallel verwendet, sodass die Signale an den einzelnen Frequenzpunkten mit einem Oversampling-Faktor von mehreren Tausend zur Verfügung stehen und die weitere Signalverarbeitung wie Filter, Detektor usw. ebenfalls mit hohem Oversampling betrieben wird. Dies führt zu höchster Genauigkeit sowie zu einer weiteren Beschleunigung der Messung.

Bild 3 zeigt schematisch den Aufbau dieser HyperOverlapping genannten Technologie. Das Eingangssignal wird mittels hochauflösender ADC-Einheit digitalisiert und mittels einer Digital-Down-Conversion-Einheit auf die Echtzeitbandbreite RTBW begrenzt. Im nächsten Schritt wird durch ein Echtzeitmodul, welches das HyperOverlapping steuert, das Signal zeitversetzt auf mehrere tausend FFT-Einheiten verteilt. Jede FFT-Einheit kann bis zu 32.000 Punkte gleichzeitig verarbeiten. Im Anschluss daran werden die Ausgangssignale wieder zusammengeführt und mit sehr hohem Oversampling durch Detektoren und Videofilter ausgewertet und zur Anzeige gebracht.

Die hohe zeitliche Auflösung in Verbindung mit dem sehr hohem Oversampling führt zur Beschleunigung der Messung gegenüber einem Echtzeit-Messempfänger oder -Spektrumanalysator um bis zu einem Faktor von 100. Gegenüber einem klassischen Empfänger oder Spektrumanalysator ist sogar eine

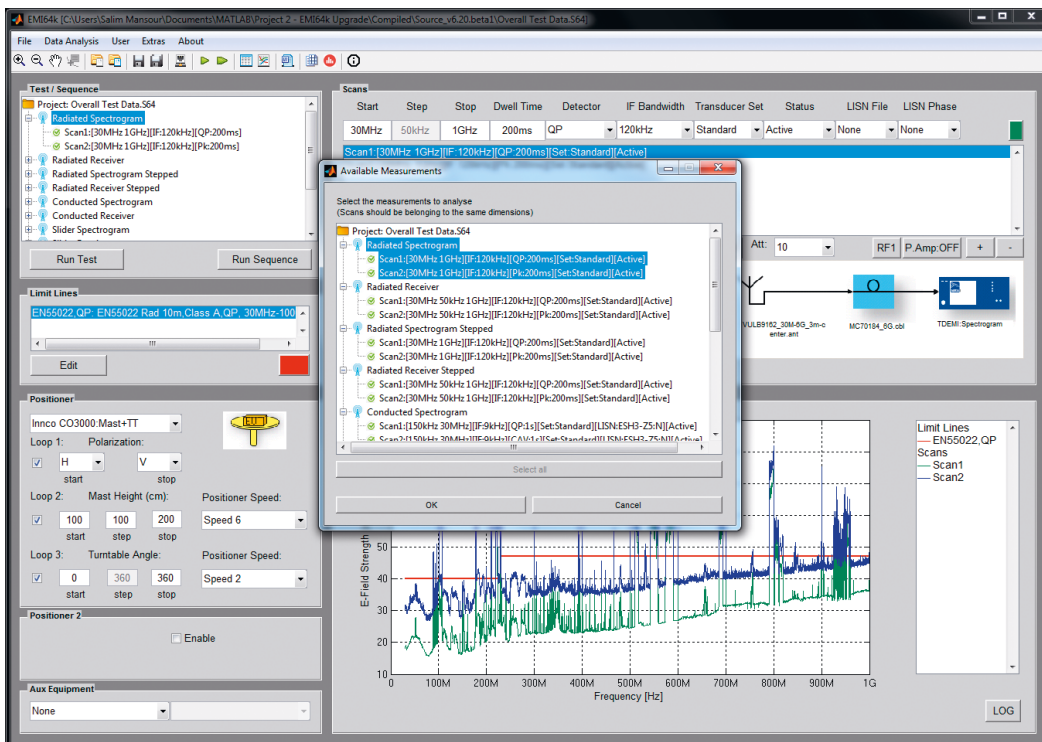


Bild 7: Mess- und Automatisierungs-Software EMI64k

RF-LAMBDA

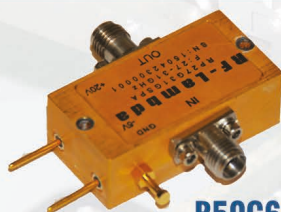
THE POWER BEYOND EXPECTATIONS

ITAR & ISO9001
Registered Manufacturer
Made in USA

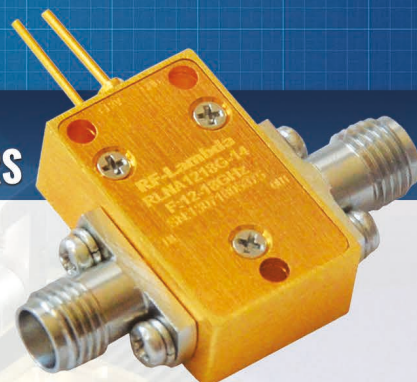


LEADER OF RF BROADBAND SOLUTIONS

ULTRA BROADBAND LOW NOISE AMPLIFIERS

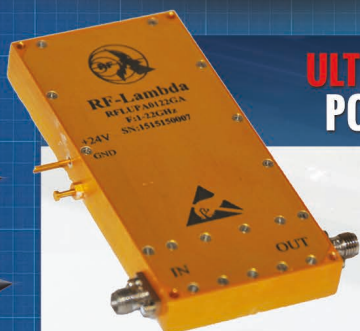


R50G69GSC
(50-69GHz LNA)

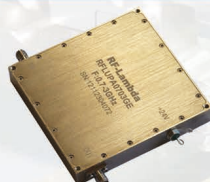


RLNA00M50GA
(0.01-50GHz LNA)

ULTRA BROADBAND POWER AMPLIFIERS



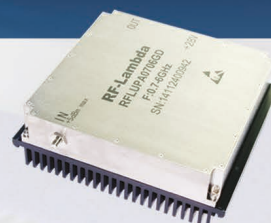
RFLUPA01G22GA
(1-22GHz 8W)



RFLUPA0618GC
(6-18GHz 25W)



RFLUPA32G38GB
(32-38GHz 10W)



RFLUPA0706GF
(0.7-6.0GHz 35W)

BROADBAND RF SYSTEM AC AMPLIFIERS



RAMP27G34GA
(27-34GHz 10W)



RAMP02G06GB
(2-6GHz 50W)

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

Parameter	TDEMI G (2007)	neue TDEMI-G-Serie (2022)	konventioneller FFT-basierender Empfänger (High-End-Modell 2022)
Echtzeitbandbreite CISPR/MIL Std.	162,5 MHz	225 MHz	30 MHz
Echtzeitbandbreite Realtime Spectrum Analyzer	162,5 MHz	225 MHz	80 MHz
Echtzeitbandbreite IQ-Messung für Funk	N/A	225 MHz	N/A
Echtzeitbandbreiten über 8 GHz (Preselektor on)	162,5 MHz	225 MHz	ca. 5 MHz
Pulsmessung (POI)	300 ps	300 ps	15 µs
Messgeschwindigkeit Band A, B	5 s	1,5 s	2 s
Messgeschwindigkeit Band C/D Quasipeak	64 s	8 s	80 s
verzerrungsfreier Dynamikbereich (FFT-basierend)	50 dB	90 dB	ca. 70 dB
verzerrungsfreier Dynamikbereich (klassische Messverfahren)	50 dB	90 dB	90 dB
Rauschboden 1 GHz (120 kHz, Average-Detektor)	-3 dBµV	-10 dBµV	-4 dBµV
Rauschboden 1...40 GHz (1 MHz, Average-Detektor)	<22 dBµV	<7 dBV	<12 dBµV

Tabelle 1: Quantitative Vergleiche

Beschleunigung um einen Faktor von bis zu 3,2 Mio. möglich.

Bild 4 stellt die Messung eines OFDM-Signals und der Emission einer Mikrowelle dar. Durch die Verwendung der Hyper-Overlapping-Technologie können sowohl die Träger des OFDM-Signals sowie weitere Störemissionen als auch die schwankende und mit 50 Hz modulierte Emission des Mikrowellenherds mit höchster Dynamik erfasst und ausgewertet werden.

Linearität und Messunsicherheit im FFT-basierenden und Superheterodyn-Modus

Durch die Kombination von mehreren hochauflösenden ADCs mit jeweils 14 Bit mit hohem Oversampling und hoher Linearität wird eine sehr hohe Messgenauigkeit erreicht. Effektiv ergibt sich damit pro Frequenzpunkt eine Dynamik, die einem 30-Bit-ADC entspricht. Wird z.B. ein Signal im Pegelbereich bis 80 dBµV gemessen, so liegen die typischen Abweichungen im Bereich von ±0,05 dB.

Wie schon erwähnt, ist für Vor-messungen sowie für eine finale vollständig normkonforme Messung ist ein sogenanntes „FFT-based Measuring Instrument“ gem. CISPR-Normen erforderlich, welches keine Unterschiede zwischen klassischen Frequenzschrittverfahren im Superheterodyn-Modus und dem FFT-Modus zeigen darf. Das TDEMI G wurde so konzipiert, dass beide Pfade mathematisch mit gleichen Filterkoeffizienten arbeiten. Weitere Maßnahmen stellen außerdem zusätzlich sicher, dass bei beiden Betriebsarten keine Unterschiede hinsichtlich Anzeigepegel existieren. Somit wird stets die Anforderung einer mathematischen Äquivalenz, welche gemäß CISPR 16-3 gefordert wird, eingehalten. Nur bei Messgeräten, welche eine exakte Identität der Ergebnisse zwischen FFT-basierendem und Superheterodyn-Modus bereitstellen, ist gewährleistet, dass der FFT-basierende Modus ebenfalls durch die Kalibrierung vollständig abgedeckt ist.

Das TDEMI G ist stets für beide Betriebsarten rückführ-

bar nach ISO 17025 kalibriert. Die erreichte Performance z.B. hinsichtlich Linearität ist ebenfalls in beiden Betriebsarten gleich, sodass die Vorteile der Geschwindigkeit durch die Verwendung des FFT-basierenden Modus mit der hohen Messgenauigkeit kombiniert werden.

Vergleiche einiger technischer Parameter

Tabelle 1 verschafft einen Überblick hinsichtlich der Verbesserung der technischen Parameter zwischen der ersten TDEMI-Serie und der neuen TDEMI-G-Serie. Zum Vergleich hierzu außerdem ein FFT-basierender Messempfänger welcher auf konventioneller Technologie aufbaut. Man sieht, dass bzgl. Geschwindigkeit auch 15 Jahre später das erste aller TDEMI immer noch bei bestimmten Messungen schneller ist als ein FFT-basierender konventioneller Messempfänger. Allerdings erkennt man auch, dass die neue Serie nun nochmals deutliche Geschwindigkeitsvorteile gegenüber beiden Lösungen bietet und zudem mit zusätzlichen Mög-

lichkeiten für Funkmessungen, hoher Dynamik und niedrigem Rauschboden (Sensitivität) neue Maßstäbe in seiner Klasse setzt.

Digitale Demodulation

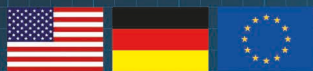
Die große Echtzeitbandbreite des TDEMI G im Zusammenspiel mit seiner sehr leistungsfähigen Hardware erlaubt es, darüber hinaus sehr breitbandige Signale von bis zu 225 MHz zu digitalisieren und analoge und digitale Demodulationen durchzuführen. In Bild 6 ist das Blockschaltbild für die Betriebsart im IQ-Modus dargestellt. Das Eingangssignal des Analog/Digital-Wandler-Systems wird mittels eines breitbandigen IQ-Mischers, ZF-Filtern und Dezimators in Echtzeit verarbeitet und in einem leistungsfähigen Speicher zwischengespeichert. Im Anschluss daran kann dann die digitale Demodulation erfolgen.

Erweiterung mittels externer Mischer

Das TDEMI G umfasst den Frequenzbereich bis zu 44 GHz. Oberhalb dieses Frequenzbe-

RF-LAMBDA

THE LEADER OF RF BROADBAND SOLUTIONS



ITAR & ISO9001
Registered Manufacturer



PIN DIODE, GaAs AND GaN CONTROL PRODUCTS

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



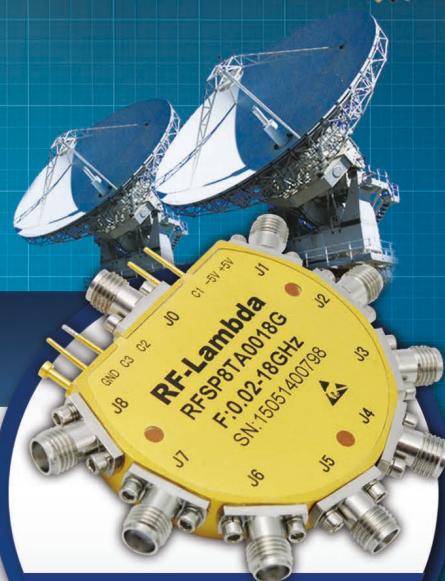
PN: RFSP4TA5M43G
FULL BAND 0.05-43.5GHz SP4T
SWITCH 50NS SPEED



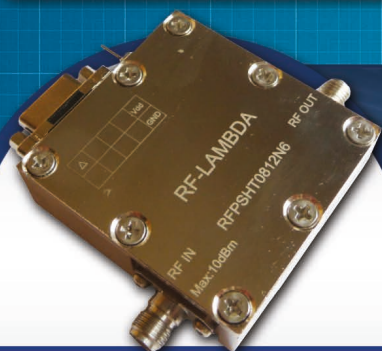
PN: RFSP2TRDC18G
HIGH POWER 10W DC-18GHz HOT
SWITCHABLE SP2T SWITCH



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



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



PN: RFPST1826N6
DIGITAL CONTROL PHASE SHIFTER 360
DEGREE 64 STEP 18-26GHz

DIGITAL AND VOLTAGE CONTROL PHASE SHIFTERS UP TO 40GHz



PN: RFPST0618N6
DIGITAL CONTROL PHASE SHIFTER
360 DEGREE 64 STEP 6-18GHz



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



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

DIGITAL AND VOLTAGE CONTROL ATTENUATORS UP TO 50GHz



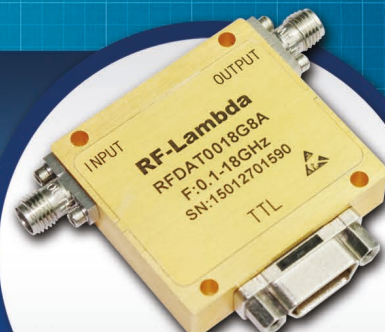
PN: RFDAT0040G5A
DIGITAL STEP ATTENUATOR
0.1-40GHz 5 BITS 31DB



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



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



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

www.rflambda.com
sales@rflambda.com

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

San Diego, CA, US
Carrollton, TX, US

Ottawa, ONT, Canada
Frankfurt, Germany

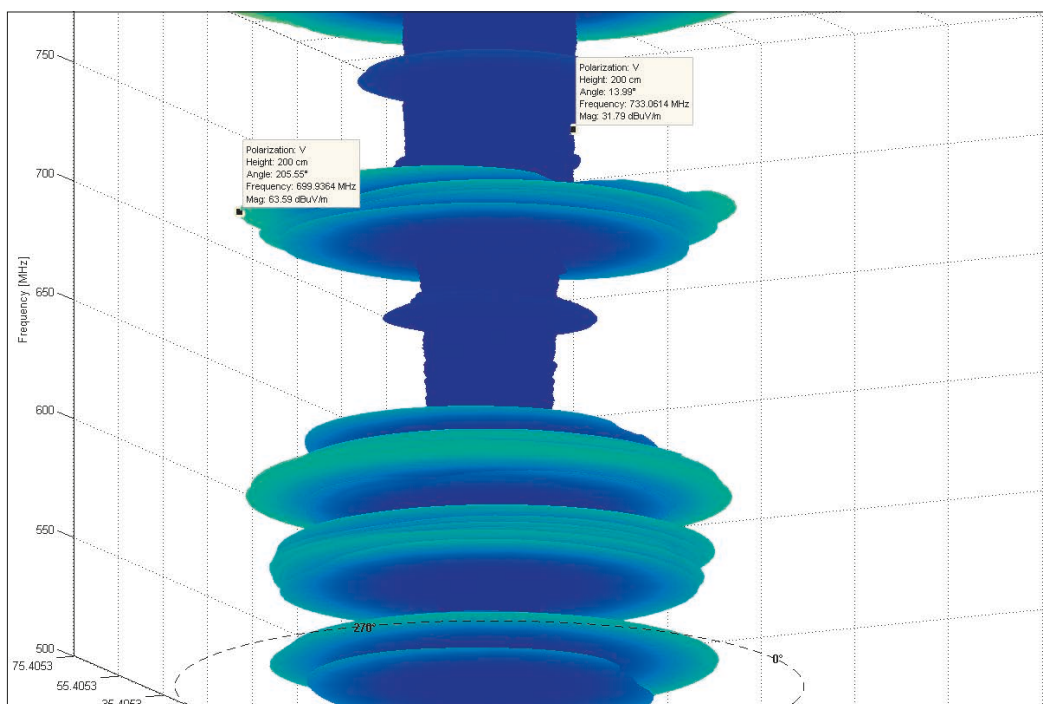


Bild 8: Auswertung der Abstrahlcharakteristik als 3D-Plot

reiches können externe Mischer verwendet werden um den Frequenzbereich bis in den THz-Bereich zu erweitern. Um die externe Mischer einsetzen zu können, muss hierzu das TDEMI G mit der Option MX-UG (External Mixer Hardware Interface) ausgestattet werden.

Automatisierung für Funk- und EMV-Messungen

In Kombination mit der Automatisierungs-Software EMI64k können sowohl EMV- als auch Funk-Messungen im Zusammenspiel mit Drehtisch, Antennenmast und weiterem Zubehör erfolgen. Dabei können die unterschiedlichen Messungen eines Projektes in einem Report frei kombiniert werden wie die Auswahl der Messungen Bild 7 zeigt. Darüber hinaus sind Auswertungsmöglichkeiten, wie z.B. Richtdiagramme, Auswertungen über der Zeit in 2D- oder auch in 3D-Charts bis hin zur Generierung von Filmsequenzen vorhanden. Beispielsweise kann eine Quasipeak-Messung im Bereich 30 MHz bis 1 GHz im Zusammenspiel mit dem neuen TDEMI-G-System für alle Winkelpositionen durchgeführt werden. Das Beispiel einer Auswer-

tung mittels Marker in einem 3D Chart ist in Bild 8 dargestellt.

Zusammenfassung

Das TDEMI 1G von 2007 hat die heutigen kommerziellen und militärischen Normen für FFT-basierende Messungen maßgeblich geprägt und gestaltet. 2022 werden durch eine neue TDEMI-G-Serie wiederum neue Maßstäbe gesetzt. Neben der Steigerung der Messgeschwindigkeit ist ein vielfältiger Einsatz im Bereich der EMV- und Funk-Messung möglich. Zertifizierungen können deutlich beschleunigt werden. Breite Analysemöglichkeiten und Messfunktionen in Kombination mit exzellenter HF-Performance stellen einen erheblichen Mehrwert im Vergleich zu konventionellen Lösungen dar. Die vielfältigen Auswerte- und Messmöglichkeiten der EMI64k-Automatisierungs-Software sowie die Anbindung an Datensysteme und bestehende Software-Systeme mittels accessTDEMI bieten zudem eine netzwerktransparente Integration in ein beliebig aufgebautes oder ausgestattetes Labor.

Literaturverzeichnis

- [1] S. Braun und A. Frech: 645 MHz Echtzeitbandbreite für Full-Compliance-Messungen mit dem TDEMI X, in hf-praxis 3/2016, Fachzeitschrift für HF- und Mikrowellentechnik, März 2016, Seite 44-47, www.beam-verlag.de/app/download/24071892/HF-Praxis+3-2016+III.pdf
- [2] CISPR16-1-1 Ed 3.1, Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods Part 1-1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Measuring apparatus. International Electrotechnical Commission, 2010
- [3] H.H. Slim et al: A Time-Domain EMI Measurement System up to 26 GHz with Multichannel APD Measuring Function, in The International Journal of Electromagnetic Compatibility, EMC Test & Design Guide 2011, pp. 42-51, 2011
- [4] S. Braun, P. Raju: Untersuchung der Beeinflussung von digitalen Übertragungssignalen durch typische EMV-Störungen, GMM-Fachbericht 88: EMV in der Kfz-Technik, 20. und 21.9.2017 in Wolfsburg

[5] MIL 461 G, Requirement for the control of electromagnetic interference characterization of sub systems and equipment, Department of Defence, 2015

[6] ANSI 63.2 American National Standard for Electromagnetic Noise and Field Strength Instrumentation, 10 Hz to 40 GHz Specifications

[7] ANSI/ISO/IEC 17025 General Requirements for the competence of testing and calibration laboratories

[8] S. Braun und A. Frech: Anwendung der EMV-Zeitbereichsmesstechnik für Schienenfahrzeuge und E-Mobility, emv 2016 – Internationale Fachmesse und Kongress für Elektromagnetische Verträglichkeit, Düsseldorf, Germany, Februar 23-25, 2016. Ausgezeichnet mit dem BEST PAPER AWARD 2016

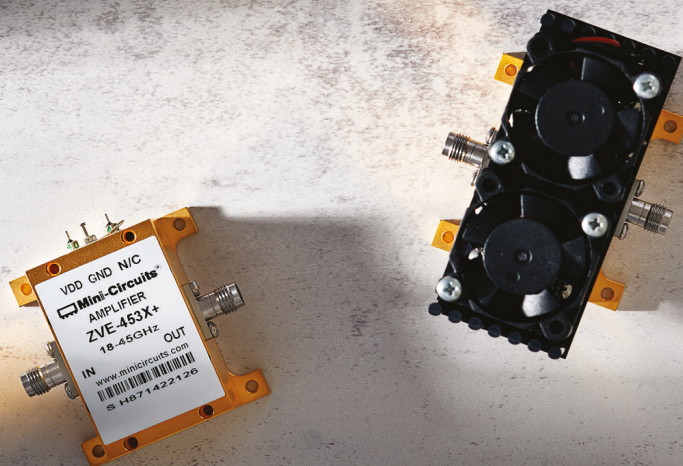
[9] Bundesamt für Kommunikation BAKOM Abteilung Konzessionen und Frequenzmanagement KF Sektion Elektromagnetische Verträglichkeit EMV Testkonzession und Messungen adaptive Antennen Sept. 2020

[10] S. Braun und A. Frech: Höchste Prüfqualität von EMV-Messungen durch normgerechte Messung an allen Frequenzen, in SMT emv-esd, Fachzeitschrift für ADVANCED PACKAGING & ELEKTRONIKFERTIGUNG, Nov. 2016, Seite 44-48

[11] VDE Digitalisierung störfrei: VDE-Institut eröffnet neue Prüfhalle für Funkentstörung und EMV, 14..2018, www.vde.com/de/presse/vde-eroeffnet-neue-emv-vollabsorber-halle

[12] S. Braun: Using the FFT-based measuring Instrument for Radiated EMI Testing, Procedures and Full Automation, IEEE EMC Chapter Meeting, Cedar Park, January 2019

[13] S. Braun und A. Frech: Real-Time FFT-Based EMI Measurement for MIL461G, CISPR and ANSI, Theory and Practical Application, IEEE EMC Symposium, New Orleans, July 2019 ◀



18 TO 45 GHZ

1W Amplifiers

For High-Frequency Test Applications



Easy to use

- Single positive supply voltage design
- Wide supply voltage range, 10V to 15V
- Optional P_{SAT} control pin
- 2.92 or 2.4mm connectors available
- Available with and without heatsink

Robust design

- Built-in over-voltage and reverse voltage protection
- Internal voltage regulation and sequencing

In Stock!

Model Number	Freq. Range (GHz)	Gain (dB)	P_{SAT} (dBm)	OIP3 (dBm)	Price (ea.)
ZVE-453+	18-45	33	+29	+37	\$5095
ZVE-453G+	18-45	41	+28	+39	\$5095
ZVE-453HP+	18-45	39	+31	+40	\$5795

All of the models listed above come with an attached heatsink. To purchase amplifiers without heatsinks, use the following part numbers: ZVE-453X+, ZVE-453GX+, and ZVE-453HPX+.

 **Mini-Circuits®**

DISTRIBUTORS

IE INDUSTRIAL ELECTRONICS GMBH

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

Mini-Circuits Europe

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

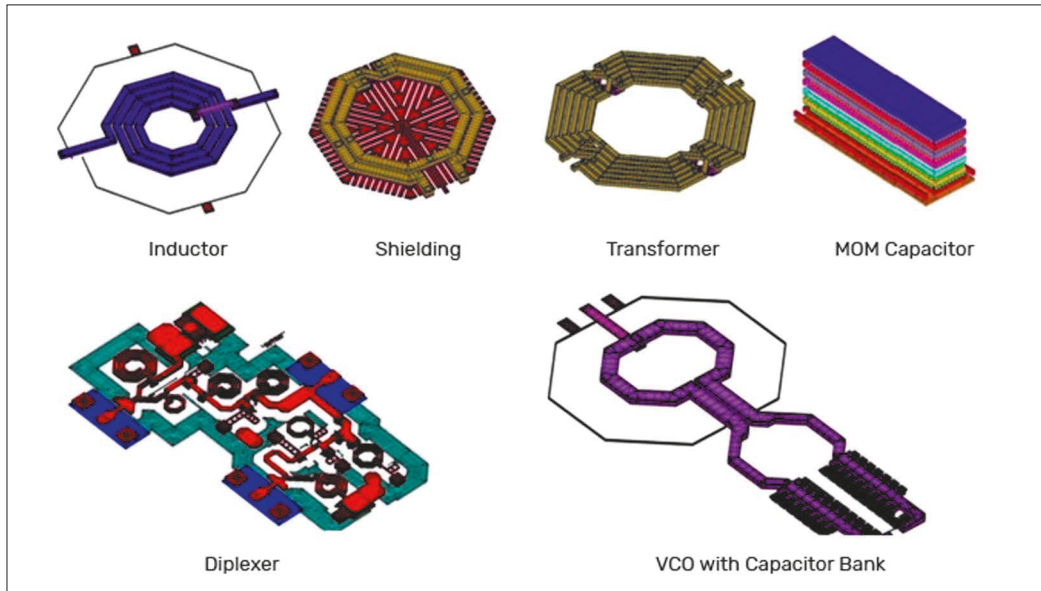
municom®

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

Ohne Kompromisse bei der Genauigkeit

Beschleunigte EM-Simulation

Mit wachsenden Anteilen von HF-Segmenten in Chips nimmt die Bedeutung der EM-Simulation aus mehreren Gründen zu. Wie eine beschleunigte Simulation auch für Großserien möglich ist, wird hier gezeigt.



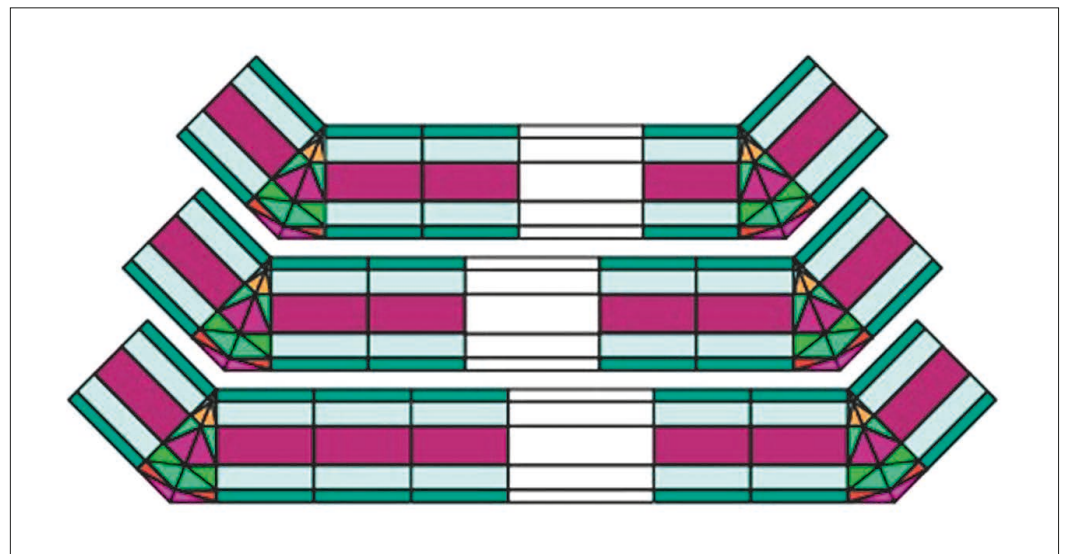
Einführung

Digitale Taktraten erreichen heute Frequenzen im Mikrowellenbereich. Wenn Sie also ein 112-Gb/s-SerDes entwerfen, haben Sie es mit den gleichen Frequenzen zu tun wie bei 5G mmWave. Tatsächlich werden serielle Schnittstellen in Zukunft wahrscheinlich eher wie HF-Baugruppen betrachtet, etwa deswegen, weil Schnittstellen der nächsten Generation Quadraturamplitudenmodulation (QAM) anstelle von PAM8 verwenden werden, wodurch sowohl Phase als auch Amplitude eine Rolle spielen. QAM wird von allen Mobilfunk-Schnittstellen verwendet.

Die EM-Simulation spielt in Gebieten von der Auswahl der richtigen HF-Design-Kandidaten bis hin zum Erkennen von parasitärer Kopplung, die sich direkt auf die Leistung auswirkt, hinein. Das Thema „On-Chip und genaue EM-Analyse“ bedeutet auch eine Anbindung an die Prozesstechnik in Form von Process Design Kits als zertifiziert EM-Simu-

lationstechnik. Der Cadence EMX Planar 3D Solver ist der schnellste EMV-Simulator für das IC-Design. Basierend auf schnellen Multipolmethoden (FMMS), bietet er die höchste Genauigkeit in dieser Klasse. Damit beschleunigen Anwender die groß angelegte EM-Simulation von ICs ohne Kompromisse bei der Genauigkeit.

Sobald CMOS-Prozesse schnell genug waren, dass Designer sogar daran denken konnten, einen Großteil einer HF-Schaltung auf dem Chip zu entwerfen, verblieben passive Komponenten auf der Platine (oder im Gehäuse). Aber moderne Verfahren ermöglichen es, diese Komponenten on-chip zu bringen mit äquivalenter Einfügedämpfung wie bei externen Komponenten



Quelle:
How to Speed Up Large-Scale
EM Simulation of ICs Without
Compromising Accuracy, 2020
Cadence Design Systems, Inc.,
www.cadence.com

übersetzt und leicht gekürzt
von FS

Bild 1: Drahtgewebe mit farbigen isomorphen Formen



1 MHZ TO 50 GHZ

Programmable Attenuators

High-Accuracy Level Control

- Attenuation ranges up to 120 dB
- Step size as small as 0.25 dB
- Single-channel and multi-channel models
- USB, Ethernet, RS232 and SPI control options
- Plug and play GUI and robust API included
- Designed and manufactured in-house



 **Mini-Circuits®**

DISTRIBUTORS

IE INDUSTRIAL ELECTRONICS GMBH

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

Mini-Circuits Europe

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

municom®

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

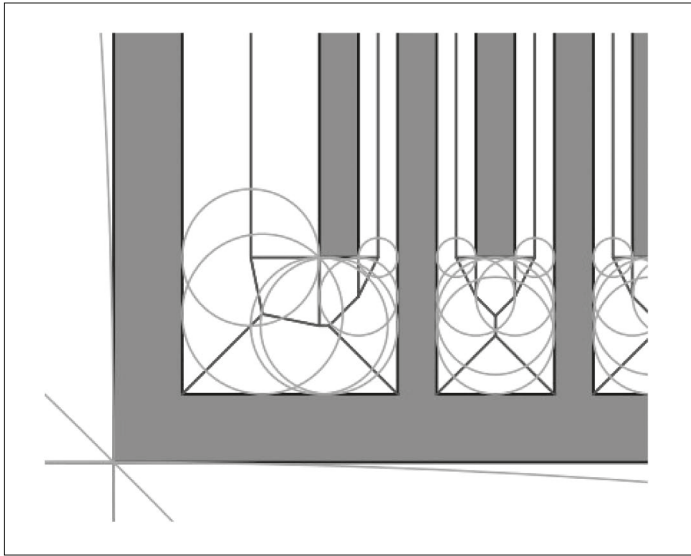


Bild 2: Voroni-Diagramm zur Analyse und Aufteilung des Layouts

für viele Frequenzen und zu geringeren Kosten. Auch die für den Zugriff erforderlichen I/Os werden mit erfasst. Darüber hinaus ermöglichen moderne Prozesse mit großer Anzahl der Metallschichten die Herstellung von hochdichten Metall-auf-Metall-Kondensatoren im Verbindungsstapel. Die Aufmachergrafik zeigt die Arten von passiven Komponenten, die analysiert werden können, von einfacheren in der oberen Reihe bis zu komplexeren in der unteren Reihe.

EM-Simulation

Offensichtlich ist eine schnelle und genaue Modellierung dieser integrierten passiven Elemente wichtig. Dabei gibt es drei Hauptaspekte:

- EM-Simulation für den HF-Designer, um mögliche Designs zu bewerten und das physische Design zu optimieren
- Umwandlung der Ergebnisse in Modelle, die zur Simulation des restlichen Chips verwendet werden können
- Verwenden der EM-Simulation, um parasitäre Kopplungen zwischen Komponenten oder zwischen Komponenten und Verbindungen zu erkennen (Wenn Frequenzen höher werden, kann diese unbeabsichtigte Kopplung die Leistung

einer Schaltung stark beeinträchtigen.)

Alle Analysen folgen ungefähr dem gleichen Schema. Ein EM-Solver nimmt zuerst eine physikalische Beschreibung der Leiter vor, typischerweise vom Layout, obwohl es für so etwas wie einen Stecker eigentlich ein mechanisches Modell ist. Der EM-Solver berechnet die S-Parameter für die Geometrie durch numerisches Lösen der Maxwell-Gleichungen. S-Parameter sind die gängige Methode zur Beschreibung des Verhaltens der EM-Leistung von HF-Komponenten.

Die Maxwell-Gleichungen sind die zugrundeliegenden physikalischen Gleichungen für elektrische und magnetische Felder. Da ihre Lösung numerisch ist, muss das Problem in kleine Volumina und/oder Flächen zerlegt werden, sodass es endlich viele Unbekannte gibt. Der allgemeinste Weg, dies zu erreichen, besteht darin, eine Finite-Elemente-Methode (FEM) zu verwenden. Die Methode vermascht den gesamten Raum in 3D-Tetraedern einschließlich der Dielektrika und Luftbereiche darüber.

Boundary wird gewissermaßen am Rand des Problems verwendet, da die Geometrie an einer Stelle abgeschnitten werden muss. Wenn die Geometrie jedoch planar ist (die Dielektrika der Metallleitungen sind auf flachen und homogenen Schichten platziert), dann verwenden die Maxwell-Gleichungen die Momentum-Methoden. Diese Verfahren nutzen das Konzept einer Greenschen Funktion, um die Wirkung der verschiedenen Dielektrika vorab zu berechnen. Das Metall wird vernetzt (im Gegensatz zum gesamten Raum), und die Wechselwirkung zwischen allen Strömen auf den Zellen wird berechnet. Dies führt zu einer enormen Beschleunigung der Lösung und zu einer Reduzierung des Spei-

cherverbrauchs im Vergleich zu FEM-Methoden. Der Designer nutzt die Vorteile der planaren Geometrie des Silizium-Chips.

Der EMX Planar 3D Solver beschleunigt den Prozess weiter, indem er die Matrixgleichung mithilfe von FMMs löst. Diese Methoden beschleunigen die Lösung des Problems durch Ausnutzen der einzigartigen Eigenschaften von Matrizen, die sich aus den Maxwell-Gleichungen ergeben. Darüber hinaus nutzt der EMX Planar 3D Solver alle Symmetrien in der Geometrie, was dazu führt, dass identische Wechselwirkungen zwischen ähnlichen Netzen nicht neu berechnet werden müssen.

In der nächsten Detailebene sind Halbleiterschichten fast planar, mit Durchkontaktierungen zwischen den Ebenen. Der EMX Planar 3D Solver verwendet eine FMM-Algorithmus-Berechnungs-Software, die sowohl schneller als auch genauer ist als eine vollständig allgemeine 3D-Analyse.

Um die Analyse von On-Chip-HF-Komponenten durchzuführen, sind Process Design Kits erforderlich. Der EMX Planar 3D Solver nutzt Process Design Kits von fast allen Prozessen, die zum Bau solcher Komponenten verwendet werden.

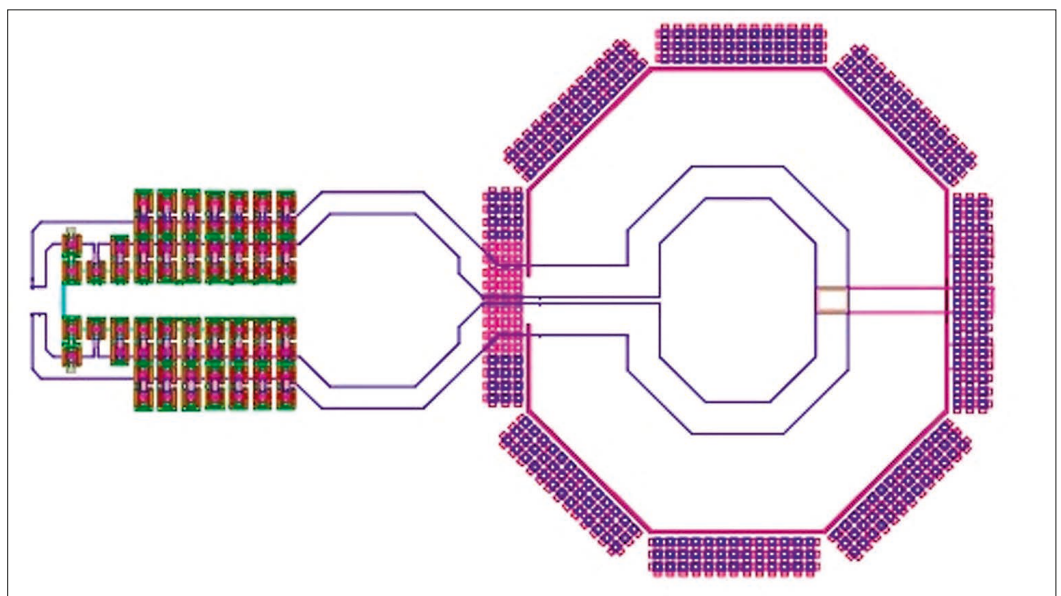


Bild 3: VCO, hergestellt in einer 6-Schicht-90-nm-CMOS-Technologie



DC TO 86 GHZ

Filter Solutions

For Every Application



Selection and Solutions

- 300+ in-stock models and custom designs with fast turnaround
- Low pass, high pass, band pass, band stop, diplexers and triplexers
- In-house design and manufacturing capability

Technologies

LTCC, lumped L-C, ceramic resonator, reflectionless filters, suspended substrate, microstrip, alumina, cavity and waveguide

 **Mini-Circuits®**

DISTRIBUTORS

IE INDUSTRIAL ELECTRONICS GMBH

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

Mini-Circuits Europe

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

municom®

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

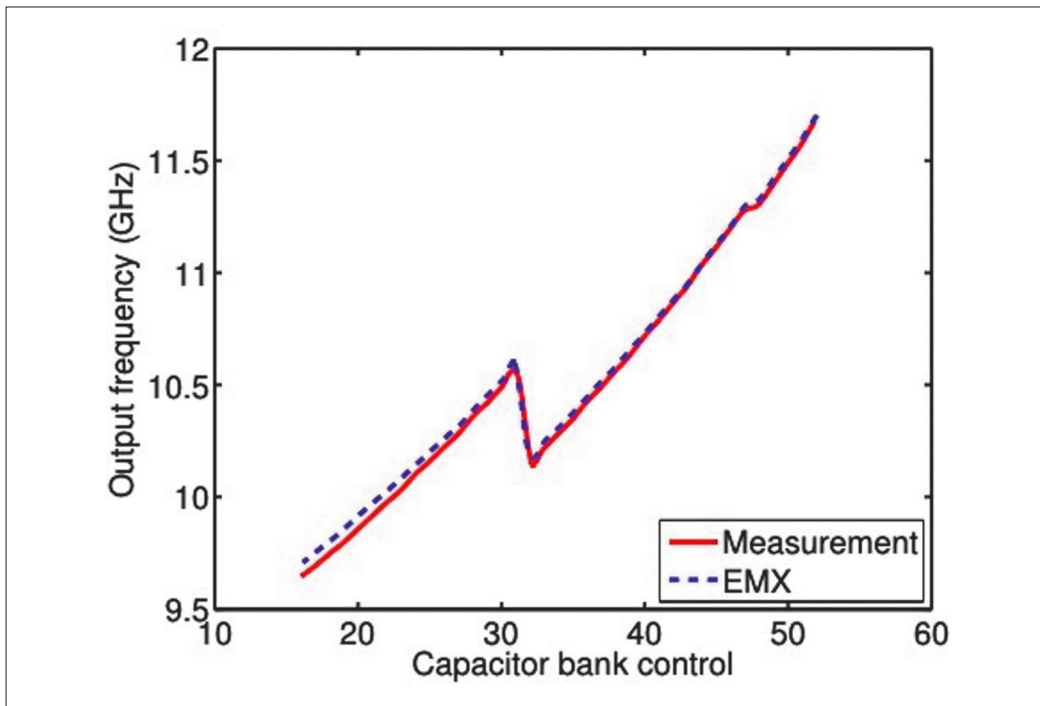


Bild 4: Simulierte und gemessene Abstimmkurve des VCOs

Indem ICs mehr als nur planar sind, haben sie andere Vorteile, die zur Optimierung der Berechnung genutzt werden können:

- Layouts sind sehr regelmäßig und Teile werden oft wiederholt (z.B. über Arrays)
- mit konstanter Breite zu sein, und der Abstand zwischen benachbarten Leitern ist oft konstant.
- Das Routing erfolgt fast immer entweder horizontal, vertikal oder bei 45°

Als Beispiel für die Regelmäßigkeit, die der EMX Planar 3D Solver ausnutzt, zeigt Bild 1 ein Drahtgitter mit isomorphen Formen (farbig). Der EMX Planar 3D Solver nutzt diese Regelmäßigkeit, um wiederholte Berechnungen zu vermeiden und die Laufzeit und den Speicherbedarf zu reduzieren. So beschleunigt sich die großangelegte EMV-Simulation von ICs ohne Kompromisse bei der Genauigkeit.

Auf einem IC ist jedoch nicht alles perfekt. Das größte Problem ist die Variabilität während der Herstellung. Auch in einigen anderen schwierigen Bereichen ist Aufmerksamkeit geboten:

- Um IC Layouts genau zu modellieren, ist es wichtig, den Skin-Effekt und die Seitenwandkapazitäten korrekt zu simulieren.
- Für MoM-Kondensatoren ist eine 2,5D-Approximation mit dünnen Leitern nicht ausreichend, so dass der EMX Planar 3D Solver hier ein Volumenintegral, das Leiterbahnen und Durchkontaktierungen als 3D-Objekte behandelt, verwendet.
- Der EMX Planar 3D Solver verwendet eine spezielle Darstellung der Vektorpotential-Wechselwirkungen (normalerweise der rechenintensivste Teil der Simulation), und diese Darstellung ermöglicht die Berechnung der Vektorpotential-Wechselwirkungen zu ungefähr den gleichen Kosten wie die skalaren Wechselwirkungen.

Abweichungen in den Griff bekommen

Fortschrittliche Halbleiterprozesse sind nicht ganz perfekt, da es von Wafer zu Wafer und sogar von Chip zu Chip Unterschiede gibt. Breite, Dicke und Widerstand einer Leitung variieren statistisch und können auch

durch die umgebende Verdrahtung beeinflusst werden. Dies gilt insbesondere unterhalb von etwa 28 nm, wo eine optische Proximity-Korrektur (OPC) erforderlich ist, da die Merkmalsgrößen kleiner als das 193-nm-Licht ist, das für die Lithographie verwendet wird. Dies gilt noch mehr bei 16 nm und darunter, wo Mehrfachmusterung auf einigen Schichten erforderlich wird. Einige Faktoren, wie z.B. der Schichtwiderstand, können erheblich von ihrem Nennwert abweichen. Diese großen Variationen können die EM-Leistung beeinflussen, und daher ist es wichtig, sie bei der Simulation und Modellierung zu berücksichtigen.

Informationen über Musterabhängigkeiten, normalerweise in Form von tabellarischen Daten, modifizieren im EMX Planar 3D Solver das eingegebene gezeichnete Layout automatisch. So lassen sich die Strukturen, die tatsächlich hergestellt werden, genau modellieren. Für einfache Layouts, wie z.B. mehrere parallele Leiter, haben Begriffe wie Breite und Abstand eine offensichtliche Bedeutung. Aber der EMX Planar 3D Solver muss komplexere Layouts mit ungleichmäßigen Strukturen bewältigen; dabei werden nur Tabellen verwendet, die nach Breite und Abstand indiziert sind. Daher verwendet der EMX Planar

3D Solver Voroni-Diagramme zur Analyse und Aufteilung des Layouts in nicht überlappende Bereiche. Dann können beliebig große Kreise eingefügt werden, und diese können als lokale Annäherungen an den Abstand herangezogen werden. Die lokale Breite wird auf ähnliche Weise mit Kreisen im Leiter berechnet. Bild 2 zeigt ein Beispiel (nur die Abstandskreise).

Ein Beispiel

Lassen Sie uns als Beispiel den spannungsgesteuerten Oszillator (VCO), der gleich zu Beginn dieses Beitrags als Beispiel erschien, heranziehen, um die Art von Struktur, die der EMX Planar 3D Solver analysieren kann, aufzuzeigen. Bild 3 zeigt den VCO, der in einem sechsschichtigen 90-nm-CMOS-Prozess hergestellt wurde. Es besteht aus einer Induktivität und einer Bank von 66 MoM-Kondensatoren, die zum Abstimmen schaltbar sind. Die Induktivität ist klein genug, um parasitäre Kopplung zwischen der Induktivität und der Verbindung und die Details, wie die Kondensatoren eingebracht sind, zu berücksichtigen. Tatsächlich konnte ein Block-für-Block-Modell das Verhalten des VCO nicht vorhersagen.

Die gleichzeitige Simulation der gesamten Struktur mit dem EMX Planar 3D Solver lieferte jedoch genaue Ergebnisse. Die simulierten und gemessenen Abstimmkurven sind in Bild 4 dargestellt, wobei die rote Linie Werte zeigt, die gemessen wurden; die blaue Linie zeigt Werte, die vom EMX Planar 3D Solver berechnet wurden.

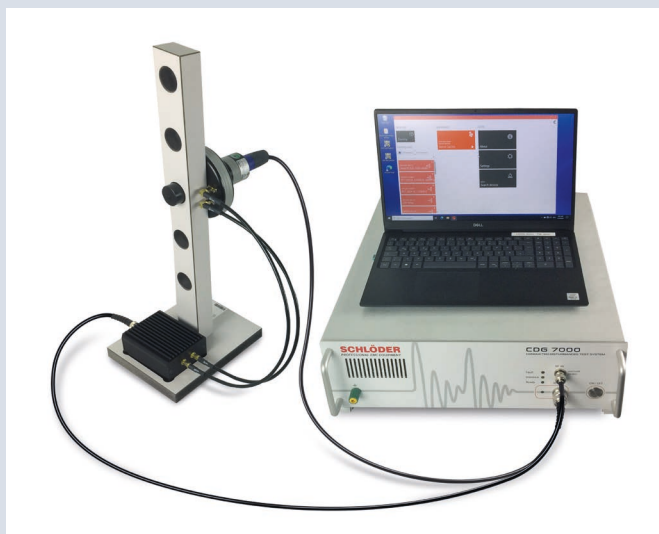
Fazit

Der EMX Planar 3D Solver ist mehr als zehnmal schneller als andere kommerzielle EM-Tools und der schnellste EM-Simulator für das IC-Design, basierend auf dem FMM, und bietet aufgrund der Volumenmaschenformulierung für Leiter die höchste Genauigkeit in seiner Klasse. ◀

Neue Anforderungen an die EMV-Verträglichkeit medizinischer Geräte

Hersteller von medizinischen Geräten müssen eine Vielzahl an Normen beachten, um wesentliche Aspekte bezüglich der Sicherheit und Leistung ihrer Produkte zu erfüllen.

Der internationale Standard für medizinische Geräte hinsichtlich elektromagnetischer Verträglichkeit ist die Norm IEC 60601-1-2, Ed. 4.1. Da zusätzliche potenzielle Störquellen im Anwendungsbereich von Medizinprodukten, wie z.B. in Krankenhäusern, Wohnungen etc. hinzugekommen sind, wurde nun die EMV-Norm IEC 61000-4-39 zur Prüfung von Feldern in unmittelbarer Nähe in den Standard mit aufgenommen.



Die neuen IEC 60601-1-2 Setups der Schlöder GmbH können solche Testfelder erzeugen. Die Kompletts

beinhalten eine Magnetspule, eine Sensorspule, das zur Impedanz passende Anpassungsnetzwerk sowie einen entsprechenden Ständer für die Spulen.

Als optimales Zusatzgerät für die Prüfung wird der HF-Generator CDG 7000-75-10 mit 10 kHz bis 250 MHz, 75 W mit integriertem Verstärker und HF-Messgerät empfohlen. In Kombination mit dem CDG 7000-75-10 lassen sich so Prüfungen der internationalen Normen (IEC 60601-1-2 ED. 4.1/ IEC 61000-4-39) zuverlässig durchführen.

■ Schlöder GmbH
www.schloeder-emv.de

Für EMC & More: Neue Nahfeld-Testkammer



Steatites Antennenabteilung befindet sich in einem neuerrichteten Gebäude in Leominster, Herefordshire, UK. Diese Einrichtung bietet umfangreiche Unterbringungsmöglichkeiten und Einrichtungen für unsere Entwicklungs-, Fertigungs- und Testabteilungen sowie Geschäfts- und Unterstützungsdienste. Das Herzstück der Anlage ist eine hochmoderne sphärische Nahfeld-HF-Prüfkammer, welche die Messmöglichkeiten erheblich erweitert und es in vielen Fällen ermöglicht, die Bedürfnisse und Erwartungen der Kunden zu übertreffen.

Die Testkammer hat eine beeindruckende Größe von 7 x 5 m und eine Höhe von 6 m. Sie eig-

net sich für Antennen mit kleiner Bauform (z.B. Hornantennen) bis hin zu Reflektoren mit einem Durchmesser von bis zu 3 m im Frequenzbereich von 500 MHz bis 40 GHz. Die eingesetzten Techniken ermöglichen vollständige Fernfeldmessungen, ohne dass eine große externe Testanlage erforderlich ist.

Umfassende Messungen

Vollständige dreidimensionale Muster können in einer einzigen Messung erfasst werden, ohne dass eine separate Einrichtung für bestimmte Musterschnitte oder Polarisierungen erforderlich ist. Alle Daten, die für die Erzeugung von co-polaren, cross-polaren oder beliebigen Polarisationskomponenten und

Musterschnitten im Fernfeld erforderlich sind, werden im Nahfeld erfasst.

Hohe Genauigkeit

Das System ist genauer als herkömmliche Fernfeldmessgeräte. Das Verarbeitungssystem transformiert die rohen Messdaten über den Standard hinaus bis ins Unendliche und entfernt so jegliche Nahfeldeinflüsse (insbesondere Nebenzipfel), die selbst im Rayleigh-Bereich bestehen bleiben können.

Diagnostische Fähigkeiten

Das System ist in der Lage, ein 3D-Fernfeld-Musterprofil zu erstellen und auf die abstrahlende Oberfläche der zu prüfenden Antenne zurück zu transformieren. Dadurch können Amplituden- und Phasenprofile erkannt werden, die zu Musternomalien führen können.

Möglichkeiten bei hohen und niedrigen Frequenzen

Mittels verteilter Frequenzumsetzung werden alle HF-Signale direkt an den Antennen auf eine Zwischenfrequenz umgesetzt.

Dadurch werden Signalverluste in den Kabeln reduziert, wodurch die Signal/Rausch-Qualität und die Messgenauigkeit aufrechterhalten werden.

Durch die Anwendung der MARS-Technologie (Mathematical Absorber Reflection Suppression), die Wandreflexionen wirksam unterdrückt, ergibt sich eine Leistungsfähigkeit, die nicht durch Einschränkungen der Absorberleistung beeinträchtigt wird.

Wetterunabhängigkeit

Die gesamte Messeinrichtung ist in einer kontrollierten Umgebung untergebracht und kann daher das ganze Jahr über betrieben werden. Durch die direkte Zusammenarbeit mit dem Hersteller dieses hochmodernen Messsystems war es möglich, praktisches Wissen und theoretisches Verständnis zu erlangen, wodurch die Effektivität der Prüf- und Messeinrichtung erhöht wurde.

■ mmt gmbh
Meffert Microwave Technology
www.meffert-mt.de

Von der Idee bis zum Service.

HF-Technik aus einer Hand,
individuell & kundenspezifisch.

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

5G

MTS individuelle Lösungen

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

MTS
Systemtechnik

mts-systemtechnik.de

EMV/EMC

Extrem schneller und präziser EMV-Messempfänger



Der besonders kompakte, flexible und benutzerfreundliche ER8000 ist ein leistungsstarker, vollständig CISPR-16-1-1-kompatibler EMV-Empfänger, der sich perfekt für alle leitungsgeführten und gestrahlten Messungen von 9 kHz bis 3 GHz eignet.

Eine vollkonforme Messung in Band B in nur zwei Sekunden und in einer Minute in Band C + D ist das Ergebnis eines hochmodernen Designs mit FFT-Architektur zur Optimierung der Messgeschwindigkeit. Hinzu kommt ein extrem effektives Frontend mit effizienter Vorselektion für herausragende Leistung und Anschluss für externe Geräte wie LISNs und Schaltmatrix für noch kürzere Testzeiten.

Der ER8000 kann schnell und effektiv Emissionsmessungen durchführen und EUTs charakterisieren, sei es während der Produktentwicklung oder in einem EMV-Labor zur Zertifizierung von EMV-Messungen. Der FFT-Empfänger ist mit zwei Frequenzbereichen erhältlich: 9 kHz bis 30 MHz (ER8000 opt. 00) oder 9 kHz bis 3 GHz (ER8000 opt. 01). Benutzer können auch später von der 00- auf die 01-Version aufrüsten.

Auf einen Blick:

- CISPR 16-1-1 voll kompatibel
- eingebaute Netznachbildung 16 A
- gapless FFT
- ein Eingang für alle Frequenzbereiche (N-Buchse)
- bis zu 2 W maximale Eingangsleistung
- Vorverstärker mit geringer Verzerrung

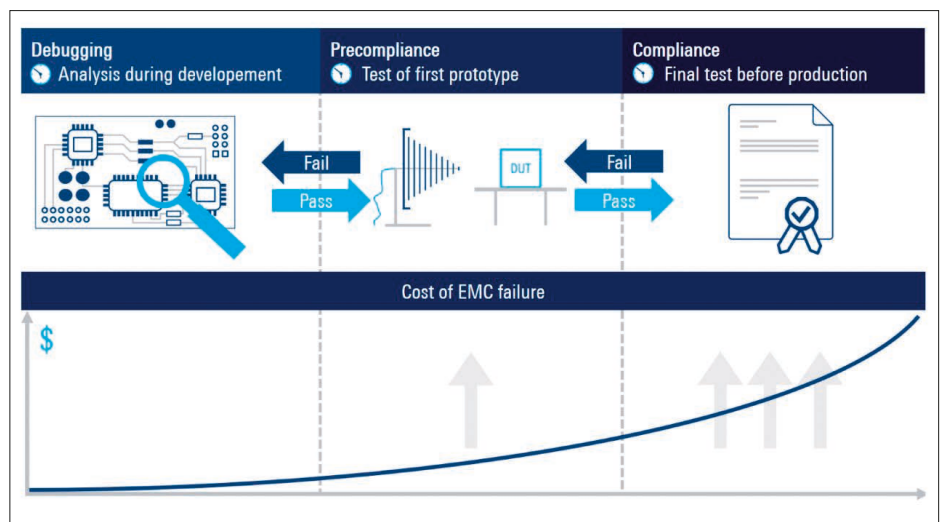
■ **EMCO Elektronik GmbH**
info@emco-elektronik.de
www.emco-elektronik.de

Termineinhaltung durch rechtzeitige EMI-Fehlersuche

Die EMI-Fehlersuche in der Design-Phase hilft Entwicklern und Produzenten, den Terminplan für ihre Produktentwicklung einzuhalten. Denn das Erkennen, Analysieren und Beseitigen von Ursachen elektromagnetischer Störungen (EMI) zu einem frühen Zeitpunkt im Entwicklungsprozess ist der sicherste Weg, um einen EMI-Konformitätstest erfolgreich zu bestehen. Zudem lassen sich so Redesigns, Verzögerungen und zusätzliche Kosten in der Spätphase des Projekts am besten vermeiden. Die EMI-Fehlersuche nach unerwünschten Aussendungen kann beginnen, sobald Spannung an einer Schaltung anliegt.

Rohde & Schwarz bietet multifunktionale Messinstrumente wie z. B. Oszilloskope mit modernsten FFT-Funktionen, fortschrittlichen Trigger-Möglichkeiten und sehr geringem Eingangsrauschen sowie hochempfindliche und hochgenaue Spektrumanalysatoren mit EMI-Optionen für die zuverlässige Messung sowohl leitungsgebundener als auch gestrahlter elektromagnetischer Aussendungen. Empfindliche EMV-Nahfeldsonden als Eingangsquellen ergänzen das Produktportfolio.

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



Ihr Partner für EMV und HF

Messtechnik-Systeme-Komponenten

EMV- MESSTECHNIK

Absorberräume, GTEM-Zellen
Stromzangen, Feldsonden
Störsimulatoren & ESD
Leistungsverstärker
Messempfänger
Laborsoftware



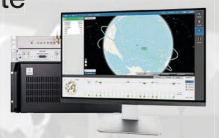
ANTENNEN- MESSTECHNIK

Positionierer & Stative
Wireless-Testsysteme
Antennenmessplätze
Antennen
Absorber
Software



HF- & MIKROWELLEN- MESSTECHNIK

Puls- & Signalgeneratoren
GNSS - Simulation
Netzwerkanalysatoren
Leistungsmessköpfe
Avionik - Prüfgeräte
Funkmessplätze



HF-KOMPONENTEN

Abschlusswiderstände
Adapter & HF-Kabel
Dämpfungsglieder
RF-over-Fiber
Richtkoppler
Kalibrierkits
Verstärker
Hohlleiter
Schalter



BAT-EMC – Benchtop Automated Testing

Kontinuität und Erfahrung aus 25 Jahren erfolgreicher Anwendung haben das Flaggschiff BAT-EMC Software ermöglicht, diese ist führend in der EMC-Laborautomatisierung in Kombination mit BAT-Manager und BAT-ELEC. Die Familie BAT wächst und entwickelt sich stetig weiter. Die weltweit besten akkreditierten Labors und Branchenfürher sind mit BAT-EMC ausgestattet. BAT-EMC wird in mehr als 25 Ländern eingesetzt.

Seit 2003 hat Nexio ein Team von über 90 Technikern, Ingenieuren und Doktoren zusammengestellt, die in der Lage sind, alle Arten von Anforderungen zu lösen, die sich auf Tests, EMV-Design sowie Simulation, Blitz, HF und RCS beziehen.

Das zeichnet die Software aus:

- Anwender bekommen eine einheitliche Benutzeroberfläche für alle Tests.
- BAT-EMC ist unabhängig von Mess- und Prüfgeräteherstellern.

- kostenlose Treiber und über 500 unterstützte Geräte
- effizienter und engagierter technischer Support
- breites Spektrum unterstützter Standards (CISPR, EN, Automotive, DO160, MIL etc.)
- umfangreiche Prüfungsüberwachung
- benutzereigenes Monitoring mit Agilent VEE, LabView, Visual C++
- Betriebssysteme: Win7, Windows 8, Windows 10
- Bericht in MS Office 2003, 2007, 2010, 2013, 2016 und jetzt neu noch schneller und flexibler über das integrierte Modul

In Version 3.20 stellte EMCO das neue Emissionsmodul vor. EMCO 2022: VIAVI AvComm

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

EMV heißt Normenkonformität

Commercial standards	CISPR	CENELEC (Europe)	FCC (USA)	METI (Japan)
Industrial, scientific and medical equipment	11	EN 55011	Part 18, C	J55011
Vehicles, boats and internal combustion engines	12/25	EN 55012 EN 55025	SAE J551 J1113	JASO D001-82
Electrical devices, household appliances and tools	14-1	EN 55014-1	-	J55014-1
Electrical lighting	15	EN 55015	-	J55015
Multimedia equipment	32	EN 55032	Part 15, B	J55032
Military equipment		MIL-STD-461		
Aviation		DO-160		

Bei EMV-Tests geht es maßgeblich um die Erfüllung von Normen. Ob Sie 5G-Produkte, Ausrüstung für den Automotive-Bereich, militärisches Gerät oder nur eine gewöhnliche Schreibtischlampe entwickeln – Ihr Gerät

muss die Anforderungen erfüllen, die von Normungsorganisationen wie IEC, CISPR, ISO, IEEE, CENELEC, ETSI, FCC, ANSI, RTCA oder dem MIL-STD-Komitee vorgegeben werden. Normungsgremien spielen eine zentrale Rolle bei der Schaffung von Normen. Seit über 50 Jahren unterstützt Rohde & Schwarz EMV-Normungsorganisationen mit Knowhow im Bereich Messtechnik. Dadurch sind die Experten Insider, wenn es um die Umsetzung von EMV-Normen bei Messgeräten und Prüfmitteln geht.

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

Verstärker für EMV-Testanwendungen



Der 75S1G6C von AR RF/Microwave Instrumentation ist ein Solid-State Power Amplifier (SSPA), der von 1 bis 6 GHz arbeitet. Er liefert eine Ausgangsleistung von mehr als 75 W bei einer Kleinsignalverstärkung von 54 dB. Dieser SSPA der Klasse A hat Störpegel von -73 dBc und eine harmonische Verzerrung von -30 dBc. Das geringe Maß an Störsignalen und die Linearität machen ihn ideal für den Einsatz in 5G-Testanwendungen und als Treiber beim Testen von drahtlosen und

Kommunikationskomponenten und -subsystemen. Es eignet sich auch für EMV-Testanwendungen, bei denen ein Dauerbetrieb bei hohen SWR-Lasten, einschließlich Unterbrechungen und Kurzschlüssen, erforderlich ist.

Der 75S1G6C verfügt über einen integrierten Schutz vor Eingangsübersteuerung über 0 dBm hinaus sowie Schutz vor verschiedenen Ausfallbedingungen, einschließlich Übertemperatur und Stromversorgungsfehlern. Es verfügt auch über eine Front-

plattenanzeige für Betriebsstatus und Fehlerbedingungen. Alle Steuerfunktionen und Statusanzeigen des Verstärkers sind per Fernzugriff über GPIB/IEEE-488, RS-232, Glasfaser, seriell, USB oder Ethernet verfügbar. Das Gehäuse misst 483 x 134 x 653 mm bzw. 510 x 170 x 653 mm (mit Schrank). Der Verstärker wird über eine Wechselstromversorgung von 100 bis 240 V (50...60 Hz) betrieben und verbraucht weniger als 450 W. Er hat eine Exportklassifizierung 3A001. Gewicht: 26,5 kg (mit Gehäuse), 15,8 kg (ohne Gehäuse).

■ AR RF/Microwave Instrumentation
www.mwrf.com

Einheitsfeldfläche mit einer CW-Feldstärke von 18 V/m bei bis zu 3 m Prüfabstand gemäß IEC 61000-4-3 zu bestrahlen. Es enthält zwei HF-Verstärker, die eine Ausgangsleistung von mehr als 125 W liefern. Dieses System hat eine 3A001-Exportqualifikation.

Das Vierton-EMV-Störfestigkeits-Testsystem MT4 IEC 10V3M verfügt über eine vorinstallierte emware-Software zur Steuerung des Systems und zur Durchführung der erforderlichen Tests. Es ist in einem eigenständigen Geräte-Rack mit den Maßen 196 x 56 x 94 cm mit interner vorverdrahteter Stromversorgung und automatischer HF-Umschaltung über SCP2000 erhältlich. Die Geräte zur Signalerzeugung, Steuerung und Leistungsüberwachung können zusammen mit den HF-Verstärkern in einem belüfteten Gerätegestell montiert werden. Alle Ein- und Ausgänge liegen auf den Rückseiten der Geräte. Benötigt wird eine AC-Versorgung von 240 V. Das Gewicht beträgt 145 kg.

■ AR RF/Microwave Instrumentation
www.mwrf.com

EMV-Immunitätstestsystem

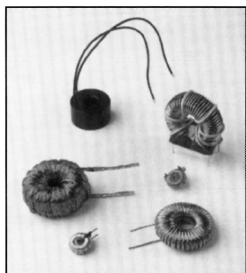
Das MT4IEC10V3M von AR RF/Microwave Instrumentation ist ein EMV-Immunitätstestsystem, das von 80 MHz bis 6 GHz arbeitet. Es verfügt über vier interne Signalgeneratoren, die vier Testfrequenzen erzeugen können, wodurch die Wobbelzeit um 74% reduziert werden kann. Das System ist darauf ausgelegt, eine 1,5 x 1,5 m große

Funkentstörung und elektromagnetische Verträglichkeit



Zertifiziert nach DIN ISO 9001 durch

LGAI / InterCert



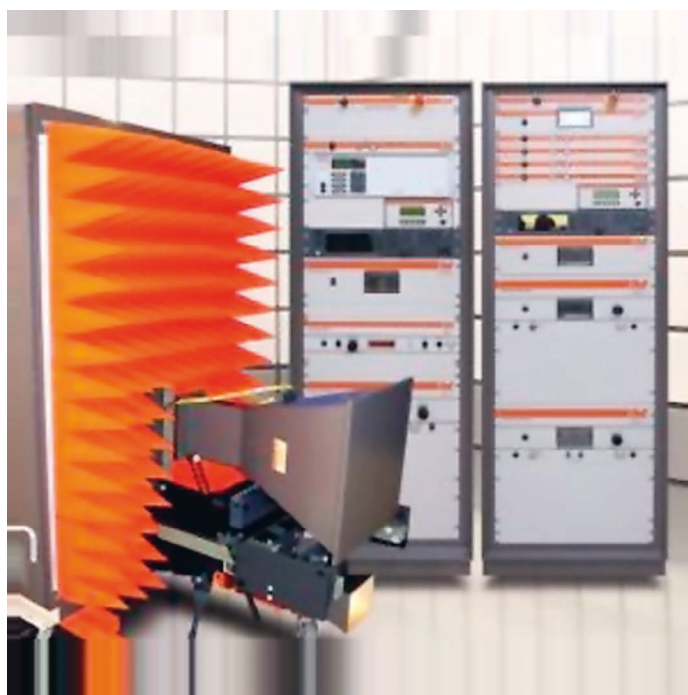
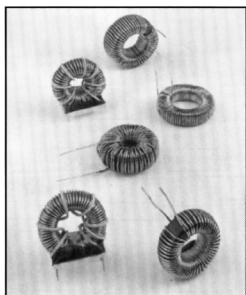
NKL GmbH
Birkichstraße 15
74549 Wolpertshausen
Tel. (0 79 04) 97 81-0
Fax (0 79 04) 97 81-50
E-Mail: info@nkl-emv.de
www.nkl-emv.de

Produktion von:

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

Unsere Dienstleistungen:

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





Das EM-Scanphone

Die Erfassung von elektromagnetischen Abstrahlungen von Geräten oder in der Umgebung erfordert den Einsatz komplexer elektronischer Messeinrichtungen, die meist stationär gebunden sind und nicht selten ein hohes Maß an Investition darstellen.

Mit dem EM-Scanphone stellt der französische Hersteller Luxondes ein Gerät zur einfachen und schnellen Echtzeit-Visualisierung von elektromagnetischen Emissionen her. Dieses Gerät verfügt über abnehmbare EM-Feldsensoren zur Erfassung breiter Frequenzbereiche. Durch die kompakten Abmessungen und das niedrige Gewicht kann

das autonom arbeitende Scanphone auch an schwer zugänglichen Orten wie z.B. im Inneren eines Fahrzeugs eingesetzt werden.

Die Visualisierungs-Software arbeitet auf einem mitgelieferten Smartphone und erstellt in Echtzeit eine dreidimensionale Ansicht mit Angaben zur Intensität und optional auch zur Frequenz. Der Betrieb mit einer Vielzahl von Spektrumanalysatoren ist durch den zusätzlichen Erwerb einer entsprechenden Lizenz möglich. Ein Testreport wird direkt vom Smartphone erstellt und erübrigt die zeitaufwendige Übertragung von Messdaten zur weiteren Bearbeitung. Das Ganze erscheint als nahezu ideales

tragbares Tool für Entwickler, Prüflabore und Hochschulen, die schnell und unkompliziert die Abstrahleigenschaften von Baugruppen, Modulen, Antennen oder Kabeln analysieren müssen.

Key Facts:

- einfache Bedienung
- geringe Kosten, hohe Auflösung
- abnehmbare Sensoren (50 Hz ... 7 GHz)
- Lokalisierung von EM-Quellen
- 2D- oder 3D-Visualisierung
- Datenexport im xml-Format
- für Industrie, Luftfahrt, Automotive, Forschung, Bildung

Modulare EMV-Prüfkammer

Mit dieser flexiblen Mess- und Prüfkammer von IGOS-MN können neben OTA-Messungen auch Pre-Compliance-Messungen

durchgeführt werden. Die Höhe und Breite beträgt jeweils 1m, die Länge ist durch die Anbringung von Zwischenstücken variabel. Durch die Modulbauweise ist ein Aufbau und der Betrieb in schwer zugänglichen Räumlichkeiten möglich. Die Seitenteile sind in 4 Richtungen montierbar. Auch die Türanschlüsse sind variabel. Damit ist eine optimale Flexibilität und die Anpassung an den Messplatz immer möglich.

Diese Kammer ist für den Frequenzbereich ab 500 MHz ausgelegt und verfügt über modulare IO-Panels, die nach Kundenwunsch und Messaufgabe mit unterschiedlichen Steckverbindern, Filtern und Adaptern geliefert werden. In den Seitenteilen befinden sich flexible Träger für die Anbringung von Antennen und DUT's.

■ mmt gmbh
Meffert Microwave Technology
sales@meffert-mt.de
www.meffert-mt.de



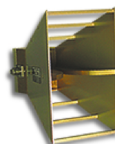
Manufacturer of calibrated EMI/EMC test antennas



Biconicals
20 MHz - 18 GHz



Log Periodicals
80 MHz - 7 GHz



Horns
170 MHz - 40 GHz



20 Hz - 40 GHz

Represented by

pro nova
ELEKTRONIK

Germany, Austria
and Switzerland

Phone: +49 7141-28 58 20
Email: info@pn-com.de
web: www.pn-com.de

Antennas...



Innovation

Quality

Performance

www.AHSystems.com

And Kits too.

A.H. Systems



Mobil, modular, kundenindividuell

Messkammern für jeden Anspruch

Mobile Messkammern von Telemeter Electronic werden seit vielen Jahren bevorzugt von Unternehmen eingesetzt, die elektronische Produkte entwickeln, optimieren oder herstellen.



Die Messkammern ermöglichen entwicklungsbegleitend eine Optimierung hinsichtlich der geforderten Konformitäten als auch eine Vermessung gegebener HF-Emissionen und Störstrahlungen. Hierbei weichen sie bewusst von dem bekannten Konzept stationärer Messkammern ab. Was hat Telemeter Electronic bewegt, neben diesem bewährten ein weiteres innovatives Konzept zu entwickeln?

Grundlagen

Elektrotechnische und elektronische Produkte müssen nicht nur einwandfrei funktionieren und damit sicher und störfest sein. Sie dürfen auch während des Betriebes keine anderen Geräte beeinflussen und keine unzulässigen Netzrückwirkungen verursachen. Für Funkanlagen muss die effektive und effiziente Nutzung des Funkspektrums sichergestellt werden. Für eine zuverlässige Funkkommunikation ist es zudem unerlässlich, Antennen in einer definierten Umgebung hinsichtlich ihrer Richtcharakteristik zu bewerten und ggf. zu optimieren.

Der Hersteller muss die elektromagnetische Verträglichkeit des von ihm hergestellten Produkts sicherstellen und erklären, dass die Schutzanforderungen nach dem EMV-Gesetz eingehalten werden. Üblicherweise wird die Übereinstimmung eines Gerätes mit den Schutzanforderungen dadurch nachgewiesen, dass dieses Gerät einer Prüfung nach einschlägigen harmonisierten Normen unterzogen wird. Die Richtlinie lässt Herstellern aber auch die Möglichkeit, den Nachweis auf andere Weise zu erbringen.

Unabhängig davon, welches Verfahren für die Konformitätsbewertung gewählt wurde: Der Hersteller hat nach den Bestimmungen des Anhangs II, III und IV der EMV-Richtlinie 2014/30/EU technische Unterlagen zu erstellen, aus denen hervorgeht, dass das Gerät die grundlegenden Anforderungen der EMV-Richtlinie erfüllt.

Definierte Umgebung

Die Prüfung eines Gerätes oder Einrichtung bezüglich ihrer elektromagnetischen Verträglichkeit muss in einer definierten Umgebung vorgenommen werden. Diese muss zwei Anforderungen genügen. Zum einen muss die-

ser Raum den Prüfling und die Messeinrichtung vor Fremdstörungen bei Emissionsmessungen schützen, zum anderen muss er bei der Überprüfung der Störfestigkeit das Störsignal nach außen dämpfen. Räume, die diese Kriterien erfüllen, werden als Absorberhallen oder Absorberkabinen bezeichnet. Im Englischen ist der Begriff Anechoic Chamber geläufig. Dies bedeutet „echofreier Raum“ und verdeutlicht gut das Prinzip einer solchen Umgebung. In diesen Räumen befinden sich Materialien und Körper, die die Stör- und Nutzaussendungen absorbieren beziehungsweise keine Reflexion („Echo“) einer Aussendung verursachen. Damit sind Freiraumbedingungen nachgebildet.

Somit kann in einer Absorberkabine eine Aussendung auf dem direkten Pfad zwischen Antenne und Prüfling ohne Störungen wie Reflexionen oder Fremdemissionen gemessen werden. Räume, die lediglich die Anforderung der Abschirmung gegen äußere Signale erfüllen, werden als Schirmkabine bezeichnet.

Die zugrundeliegenden EMV-Normen sind in Ihrer Ganzheit zu umfangreich, um sie an dieser Stelle im Detail auszuführen. Neben den Fachgrundnormen (z.B. EN61000-6-1, welche die Störfestigkeit in Wohn-, Geschäfts- und Gewerbebereich sowie Kleinbetrieben definiert) existieren zahlreiche weitere Produktnormen (z.B. EN60601-1-2, welche die Anforderungen an medizinische elektrische Geräte definiert) sowie ergänzende Prüfnormen.

Glücklicherweise beschäftigt sich eine Vielzahl an hoch spezialisierten Unternehmen mit dieser Problematik und stehen beratend als Lösungsanbieter von Messlösungen und auch als

Messdienstleister den Geräteherstellern zur Verfügung.

Als Ausblick lässt sich festhalten, dass die elektromagnetische Verträglichkeit von Geräten eine der zentralen Fragestellungen auf dem Weg zur einer immer mehr vernetzten Welt ist. Speziell im Rahmen der fortschreitenden Entwicklung des Internet of Things werden immer mehr vernetzte Geräte erwartet, die über Sensoren und verschiedenste Schnittstellen miteinander kommunizieren und sich somit unmittelbar auf die elektromagnetische Verträglichkeit auswirken, was künftig neue Regeln und Normen für die EMV zwingend erforderlich macht.

In den meisten Fällen verfügen, die in IoT-Anwendungen verbauten Sensoren über eine drahtlose Übertragungsmöglichkeit. Dazu müssen die Geräte bei Einsatz von Funkmodulen auch die Anforderungen an Funkanlagen erfüllen. Hierbei müssen grundsätzliche Anforderungen für eine effiziente Nutzung des Funkspektrums ebenso wie Anforderungen an die Funkparameter (z.B. Leistung und Nebenausstrahlungen) sowie Anforderungen an den Einfluss durch Funkwellen auf den menschlichen Körper umfassend beachtet werden.

Der Weg zur optimalen Lösung

In jedem Fall stellt die firmeneigene Installation einer normenkonformen Messkammer einen signifikanten finanziellen Invest dar. Im Gegenzug verursachen Prüfkosten in akkreditierten EMV-Laboren ebenfalls hohe Kosten, die im schlechtesten Fall mehrfach anfallen, sollte die Prüfung aufgrund unzureichender Betrachtungen des Produkts unter EMV-Gesichtspunk-

Telemeter Electronic GmbH
www.telemeter.info

ten im Vorfeld eine Prüfung nicht überstehen.

Budgetschonende und flexible Lösung

Durch die konzeptbedingten kompakten Abmessungen können Messkammern von Telemeter Electronic ortsunabhängig und flexibel im Bereich der Entwicklung oder Fertigung, im Labor oder in der Qualitätssicherung eingesetzt werden. Dies folgt dem Grundgedanken, Gesamtbetriebskosten zu minimieren. Hierzu sollten die Testwerkzeuge und -umgebungen flexibel genug sein, um auch an verschiedenen Standorten eingesetzt werden zu können. Die Messkammer selbst sollte dabei leicht mit Rädern transportierbar sein und über eine geringe Stellfläche verfügen, die klein genug ist, um durch die meisten Türen zu passen.

Dank eines modularen Aufbaus kann die Messstrecke kundenindividuell auf die jeweiligen Messanforderungen flexibel angepasst werden. Die Auskleidung mit breitbandigen Absorbern, optimiert für einen Frequenzbereich von 18 bis 110 GHz, garantiert eine reflexionsarme Umgebung. Auch im erweiterten Frequenzbereich ab 1 GHz liefern diese Absorber bereits eine gute Reflexionsdämpfung von min. 19 dB bis max. 50 dB im optimierten Bereich. Die Schirmdämpfung liegt hierbei im Mittel bei >70 dB.

Ausstattungsmerkmale

Die Integration von Antennen, Positioniersystemen, Verfahrachsen sowie Prüflingsaufnahmen und Schnittstellen nach Kundenvorgabe garantieren einen komfortablen und störungsfreien Messablauf. Individuelle Steuerungs-, Mess- und Bedienkonzepte bis hin zur vollautomatischen Steuerung der Messkammer ermöglichen hierbei eine drastische Verkürzung der Entwicklungszeiten. Somit werden zahlreiche Applikationen, z.B. im Bereich RFID, Smart Home sowie Elektromobilität, abgedeckt. Sie haben 5G

im Blick? Auch hierfür schaffen HF-Messkammern eine ideale Umgebung für störungsfreie Messungen. Mit diesen lassen sich 5G-Antennen, -Module und -Geräte während des gesamten Entwicklungszyklus charakterisieren und analysieren, von der Forschung und Entwicklung bis hin zu Konformitätsprüfung aktiver sowie passiver Komponenten und deren Vermessungen.

Fazit

Mobile Messkammern können entwicklungsbegleitend, zur Charakterisierung von Produkten oder auch für Funktionstests eine definierte Messumgebung zur Verfügung stellen, wo – angelehnt an gängige Normen – Geräte und Produkte auf Konformität, Funktion und Leistungsfähigkeit überprüft

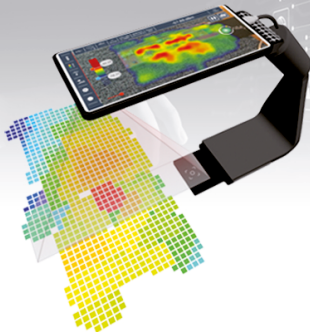
werden können. Von einfachen Schirmkammern bis hin zu komplexen, vollautomatischen Messabläufen und optimiert für Anforderungen bis in den hohen Mikrowellenbereich erweisen sich solche mobilen Messkammern als hilfreiches Werkzeug und können Entwicklungszeit für die Produkte von morgen minimieren. ◀



MEFFERT MICROWAVE TECHNOLOGY

HF-Komponenten und Test-Equipment für Forschung, Entwicklung und Produktion




E-REON – Breitband-Verstärker

IGOS-MN – Schirmlösungen

LUXONDES – EM-Scanphone

STEATITE – Antennenlösungen



MEFFERT MICROWAVE TECHNOLOGY

www.meffert-mt.de

sales@meffert-mt.de






Warum die ENOB beim Digitalisieren so wichtig ist (und wie man sie ermittelt)



Während die nominelle vertikale Auflösung eines Hochgeschwindigkeits-Digitalisierers (angegeben in Bit) oft beworben wird, bestimmt seine wahre Leistung insbesondere die effektive Bitanzahl (Effective Number of Bits, ENOB).

Dieser Artikel beschreibt die Messung der dynamischen Parameter und zeigt, wie man die ENOB daraus ableitet und präsentiert schließlich Messergebnisse für einen 12-Bit-Digitizer.

Das DSO

Ein weitverbreitetes digitizer-ähnliches Gerät, das digitale Speicheroszilloskop (DSO), ist für die Visualisierung unbekannter Signale optimiert. Die relativ niedrige vertikale 8-Bit-Auflösung der meisten DSOs reicht für die Signalvisualisierung aus und wird auch bei den höchsten Abtastraten (~200 GS/s) angeboten. Darüber hinaus werden Highend-DSOs oft optimiert zur Bestimmung von Flankenpositionen im Zeitbereich, wie z.B. bei Augendiagramm-Messungen. Dementsprechend wirbt das Produkt-Marketing typischerweise für die hohe Eingangsbandbreite, und die vertikale Leistung von DSOs wird nicht hervorgehoben.

Das Aufmacherbild zeigt einen GaGe-Hochgeschwindigkeits-Digitalisierer einschließlich PC-Oszilloskop-Software, leistungsstarker Software Development Kits für die Entwicklung benutzerdefinierter Anwendungen und schlüsselfertig integrierte PC-basierte Messsysteme.

Überlegungen zur Signaltreue (Signal Fidelity)

Im Gegensatz zu DSOs sind dedizierte Digitizer – wie die auf modularen Plattformen wie PCIe oder PXIe – in der Regel für die schnelle Erfassung und Analyse kleiner Änderungen in vertrauten Signalen vorgesehen. Mit niedrigeren maximalen Abtastraten bieten Digitizer normalerweise höhere vertikale Auflösungen von 12, 14 und 16 Bit. Folglich ist das richtige Verständnis der dynamischen Parameter von größter Bedeutung für die Benutzer von Digitalisierern.

Es gibt einen wichtigen Unterschied zwischen der absoluten Genauigkeit und der relativen Genauigkeit eines Digitalisierers. Die absolute Genauigkeit beschreibt, in welchem Maße seine gemessenen Spannungswerte dem absoluten Spannungsreferenzstandard entsprechen. Im Gegensatz dazu spezifiziert die relative Genauigkeit die Genauigkeit der Form der erfassten Wellenform mit Bezug auf absolute Spannungsnormale. Durch Verwenden der On-Board-Kalibrierungstechniken kann ein Hochgeschwindigkeits-Digitalisierer absolute Genauigkeiten von 0,1% des vollen Eingangsspannungsbereichs erreichen. In den meisten Digitizer-Anwendungen jedoch beschäftigen sich die Benutzer hauptsächlich mit der relativen Genauigkeit, die durch die dynamischen Parameter bestimmt wird.

Die Wiedergabetreue eines von einem Digitalisierer erfassten Signals kann durch drei verschiedene Faktoren beeinträchtigt werden:

1. Hinzufügen von Zufallsrauschen zum erfassten Signal durch den Digitalisierer
2. Verzerrung des erfassten Signals durch den Digitizer
3. Unregelmäßigkeiten in der Gleichmäßigkeit der Zeitintervalle zwischen den vom Digitizer erfassten Proben aufgrund von Unvollkommenheiten im ADC-Taktsignal

Zu den Punkten 1 und 2

Der Unterschied zwischen Signalrauschen und Signalverzerrung wird in den Bildern 1 und 2 veranschaulicht. Die reine Sinuswelle wird durch das Hinzufügen von Breitbandrauschen und durch Signalverzerrung beeinträchtigt. Die Verzerrung wird als Dämpfung nahe der Eingangsbereichsgrenze angezeigt, also typischerweise in der Signalvorstufe verursacht.

In der Regel steht die Auslegung eines Verstärkers auf geringes Rauschen und auf minimale Verzerrungen für gegensätzliche Design-Ziele. Dies illustriert Bild 3, das die Übertragungskurve für einen idealisierten Verstärker zeigt. Bedenken Sie, dass eine kleine Menge an zufälligem Rauschen am Ausgang dieses Verstärkers auftritt. Wenn der Verstärker für hohe Verstärkung konfiguriert wurde, dann arbeitet er im roten Bereich. In diesem Fall erleidet das Signal aufgrund der sichtbaren Krümmung eine hohe Verzerrung ab einer bestimmten Größe, bei der sich der Ausgang zu sättigen beginnt. Wenn jedoch der Verstärker für niedrige Verstärkung im grünen Bereich konfiguriert wurde, dann ist die Übertragungskurve hochgradig linear und die Verzerrung minimal. Die geringe Amplitude des Ausgangssignals führt aber dazu, dass die Geräuschaufnahme einen proportional größeren Effekt hat. Das SNR ist höher.

Dieses einfache Beispiel veranschaulicht die gegenseitigen

Quelle:

White Paper:
ENOB: The Best Digitizer
Performance Metric,
by Andrew Dawson, Ph.D
Vitrek
www.vitrek.com
übersetzt von FS

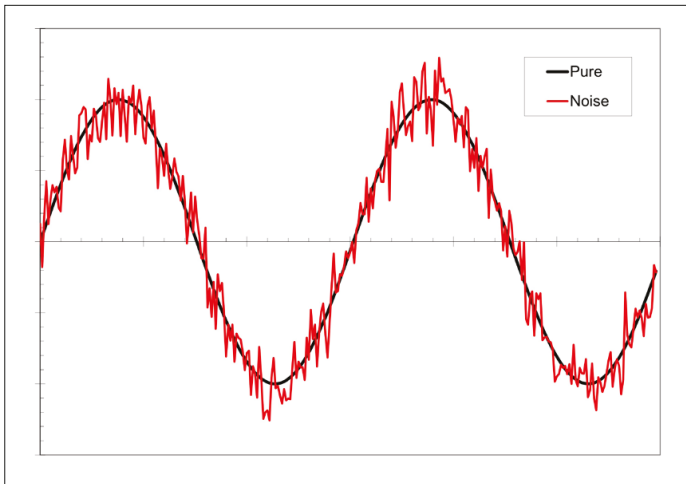


Bild 1: Darstellung einer reinen Sinuswelle (schwarz) und einer, die Rauschen aufgenommen hat (rot)

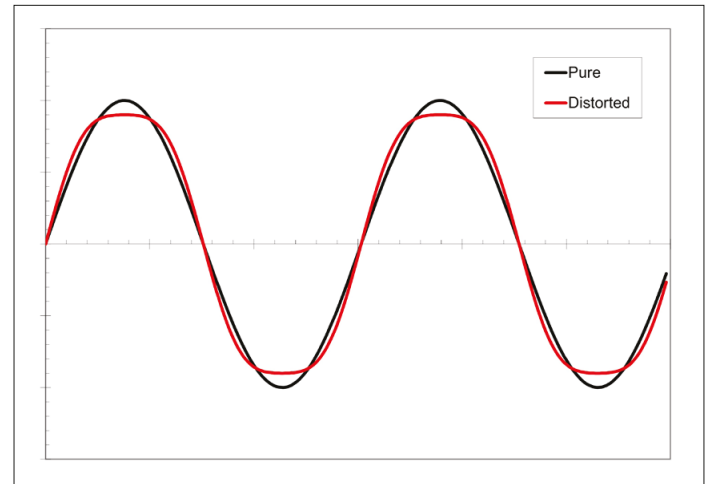


Bild 2: Illustration einer reinen Sinuswelle (schwarz) und einer, die verzerrt wurde (rot)

Abhängigkeiten, die Rauschen und Verzerrung verbinden - nämlich, dass, wenn man einen Parameter erhöht, der andere allgemein sinkt.

Zu Punkt 3

Die Auswirkungen von Unvollkommenheiten im ADC-Takt auf die Signaltreue sind schwieriger zu beschreiben. Im Allgemeinen können wir zwei Arten von Imperfektionen unterscheiden. Im Fall von Phasenjitter variieren die Taktsignalflanken um ihre korrekten Positionen, die sich durch die feste Taktperiode in genau dem gleichen Abstand befinden. Im Falle einer Frequenzdrift jedoch ändert sich die Taktfrequenz mit der Zeit. Phasenjitter ist tendenziell ein größeres Problem auf kürzere Sicht, während sich der Frequenzdriftfehler auf längere Sicht aufbaut.

Die Auswirkung von Taktfehlern wird nicht direkt in den folgenden Messungen berücksichtigt und ihre Auswirkungen werden als eine damit verbundene Verschlechterung des gemessenen Rauschens und/oder der gemessenen Verzerrungen interpretiert.

Dynamische Parametermessung

Es gibt zwei verschiedene Messmethoden zur Charakterisierung der Digitalisiererleistung. Eine Methode wird im Zeitbereich durchgeführt und die andere im

Frequenzbereich. Beide Verfahren beruhen auf der Erfassung eines hochreinen Sinuswellensignals durch den zu testenden Digitalisierer. Die Erzeugung dieser hochreinen Sinuswelle erfordert normalerweise eine Filterung des Signalgeneratorausgangs durch ein hochwertiges mehrpoliges passives Bandpassfilter zum Entfernen von Rauschen und Verzerrungen, die dem Signal innewohnen.

Beim Zeitbereichsverfahren, das in IEEE 1057-1994 spezifiziert ist, wird eine Sinuswellenfunktion an das durch den Digitalisierer erfasste Sinuswellensignal angepasst. Die resultierende Fehlerfunktion wird dann normalisiert, um den SINAD zu erhalten. Aus dem SINAD berechnet sich die ENOB wie folgt:

$$ENOB = \frac{SINAD - 20 \log_{10} \sqrt{\frac{3}{2}}}{20 \log_{10} 2}$$

$$\approx \frac{SINAD - 1.76 \text{ dB}}{6.02}$$

Die ENOB ist der wichtigste Gesamtindikator für die Digitalisierer-Leistung und ermöglicht einen direkten Vergleich mit der Anzahl von Bits, die durch die Nennauflösung des Digitizers angezeigt werden. Die ENOB hängt von der Signalfrequenz ab und ändert sich auch mit allen möglichen Digitalisierer-Eingangseinstellungen - insbesondere mit dem Eingangsbereich.

Der Hauptvorteil der Zeitbereichsmethode besteht darin, dass sie ENOB-Werte auf einfache Weise liefert. Der Hauptnachteil besteht darin, dass sie keine klare Trennung und Charakterisierung des Rauschens und der Verzerrung des Digitalisierers ermöglicht.

Die zweite Methode zur Charakterisierung der Digitalisiererleistung erfordert eine Signalanalyse im Frequenzbereich. Die hohe Reinheit der Sinuswelle wird mit einer Fourier-Analyse bestätigt und ein Leistungsspektrum wird erhalten (Bild 4), normalerweise nach Anwendung einer Zeitbereichs-Fensterfunktion zur Reduzierung von Spektralverlusten.

Nachdem das Fourier-Spektrum erhalten wurde, werden drei verschiedene Arten von Frequenz-Bins identifiziert:

1. Fundamentale Bins sind diejenigen innerhalb eines spezifizierten Bereichs der bekannten Eingangssinuswellen-Frequenz f_0 .
2. Harmonische Bins sind diejenigen innerhalb eines bestimmten Bereichs von harmonischen Frequenzen ($2f_0, 3f_0, 4f_0, \dots$).
3. Rausch-Bins sind alle verbleibenden Frequenz-Bins.

Die Summe aller Leistungsamplitudenwerte innerhalb jeder der drei Arten von Bins ergibt jeweils die Grundwellenlei-

stung F (fundamental), die Harmonischenleistung H (harmonic) und die Rauschleistung N (noise). Anders als bei der Zeitbereichstechnik ermöglicht die Identifizierung dieser drei Leistungswerte die Berechnung von drei dynamischen Parametern:

Signal-to-Noise Ratio:

$$SNR \equiv 10 \log_{10} \left(\frac{F}{N} \right)$$

Total Harmonic Distortion:

$$THD \equiv 10 \log_{10} \left(\frac{H}{F} \right)$$

Signal-to-Noise-and-Distortion Ratio:

$$SINAD \equiv 10 \log_{10} \left(\frac{F}{N + H} \right)$$

Anders als im Zeitbereich erfordert die Frequenzbereichstechnik die Anpassung spektraler Parameter, wie der Fenster-Funktionstyp und die Anzahl der Frequenz-Bins, die zur Bestimmung von F , N und H verwendet werden. Das Verfahren hat jedoch den klaren Vorteil der Trennung des Rauschens und der Verzerrung, die durch den Digitalisierer eingeführt werden, die jeweils durch das SNR und den THD quantifiziert werden. Die bei der Frequenzbereichsmethode verwendete Anzeige bietet auch ein nützliches visuelles Werkzeug für Design Feedback während der Digitalisierer-Entwicklung. Wie bei der Time-Domain-Technik

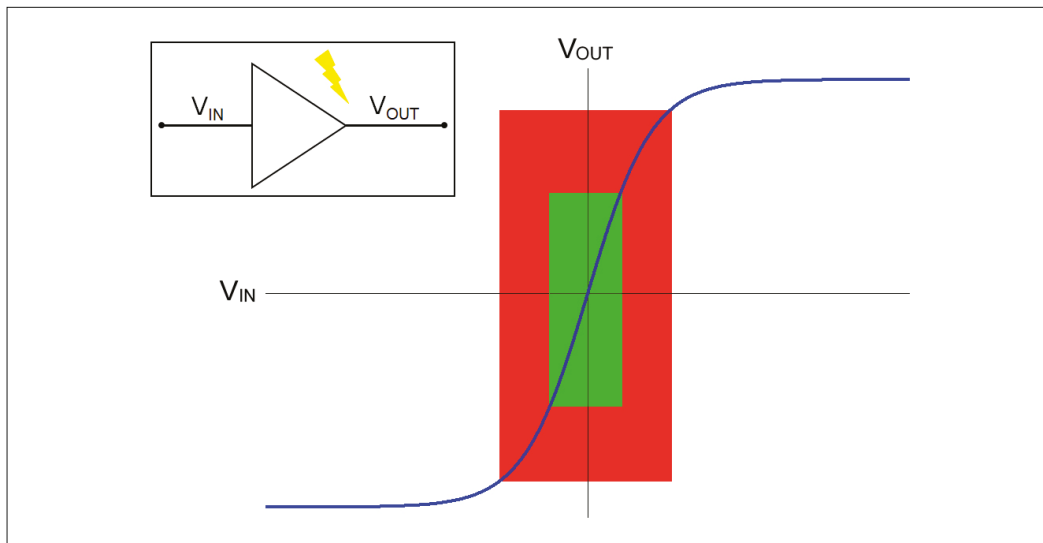


Bild 3: Übertragungsfunktion eines idealisierten Verstärkers, Kleinsignalregion (grün) und Großsignalregion (rot) sind eingezeichnet

nik wird die ENOB direkt aus dem SINAD berechnet. Es kann experimentell gezeigt werden, dass die beiden Methoden unter den meisten Umständen äquivalente ENOB-Werte liefern.

Unabhängig von einer Rauschaufnahme innerhalb des Digitalisierers fügt der Digitalisierungsvorgang dem Signal intrinsisches Rauschen hinzu. Dies liegt daran, dass Digitalisierer einen kontinuierlichen analogen Spannungswert in einen diskreten ganzzahligen Wert transformieren, was zu einem zugehörigen Abschneidefehler (truncation error) führt. Dieses Abschneiden fügt allen Frequenz-Bins im Spektrum eine kleine gleichförmige Leistung hinzu, die normalerweise ignoriert werden kann.

Meist resultiert unkorreliertes (zufälliges) Rauschen, das dem Eingangssignal eines Digitizers hinzugefügt wurde, aus der Aufnahme von unvermeidbaren lokalen digitalen Signalen. Diese Aufnahme führt zu einem breiten Rauschspektrum über das gesamte Frequenzspektrum und trägt zur Reduzierung des SNRs bei.

Der Klirrfaktor des Digitizers wird hauptsächlich durch Signalverzerrung verschlechtert, die innerhalb der Frontend-Signal-konditionierungsschaltung statt-

findet. Die Rauschaufnahme erfolgt in einem Digitizer unabhängig von einem Eingangssignal, sodass das SNR nicht von der Frequenz des Eingangssignals abhängt. Scharfe Verzerrungen erfordern hingegen das Vorhandensein eines (starken) Signals und steigen in der Regel deutlich mit seiner Frequenz aufgrund erhöhter Verstärkerverzerrung. Dadurch verschlechtern sich Digitizer THD, SINAD und ENOB normalerweise deutlich mit steigender Signalfrequenz.

Die Tatsache, dass Verzerrungen harmonische Frequenz-Peaks erzeugen, lässt sich leicht veranschaulichen, indem man das einfachste mögliche Verzerrungsschema betrachtet, das in der folgenden Gleichung zum Ausdruck kommt:

$$V_{\text{MEASURED}} = A \times V + B \times V^2$$

V ... Spannung am Eingang des Digitizers

V_{MEASURED} ... vom Digitizer gemessene Spannung

A und B ... Konstanten

Der erste Term ist linear und verursacht daher keine Verzerrungen, während der zweite Term nichtlinear ist und zu Verzerrungen führen kann.

Als nächstes führen wir eine Sinuskurve ein mit der Frequenz f_0 für den Eingang V und nut-

zen eine elementare trigonometrische Identität:

$$V_{\text{MEASURED}} = A \times \sin(2\pi f_0 t) + B \times \sin^2(2\pi f_0 t)$$

$$V_{\text{MEASURED}} = A \times \sin(2\pi f_0 t) + \frac{1}{2} B \times (1 - \sin(4\pi f_0 t))$$

Die Wirkung des zweiten nichtlinearen Verzerrungsterms bedeutet eine harmonische Sinuswellenkomponente bei $2f_0$. Echte Verzerrung wird durch einen komplexeren Verzerrungsterm dargestellt, der zu Komponenten bei allen harmonischen Frequenzen $2f_0, 3f_0, 4f_0, \dots$ führt. Im Allgemeinen betrachten wir Harmonische bis zu $5f_0$.

Der störungsfreie (spurious free) Dynamikbereich

Ein weiterer nützlicher Leistungsparameter des Digitalisierers, der aus einem Fourier-Spektrum gemäß Bild 4 extrahiert werden kann, ist die Spurious Free Dynamic Range (SFDR). Der treffend benannte und gut bekannte Parameter ist das vertikale Maß von der Spitze der Grundfrequenz bis zum höchsten nichtharmonischen Gipfel im Fourier-Spektrum. Wertvoll in der Kommunikation, bestimmt das SFDR die effektive Erkennbarkeitsgrenze von schwachen Schmalband-Kommunikationssignalen.

Wie oben besprochen, führt das Takt-Phasenjitter zu Breitbandrauschen und beeinflusst daher hauptsächlich das SNR,

nicht den THD. Langzeit-Frequenzdrift des Takts führt zu Frequenz- und Timing-Fehlern. Moderne Digitizer nutzen hochstabile Sampling-Oszillatoren, die durch hochpräzise 10-MHz-Referenzoszillatoren diszipliniert werden, um sowohl Phasenjitter als auch Frequenzdrift zu minimieren.

Ergebnisse für dynamische Parameter

Nachdem wir die dynamischen Parameter definiert haben, präsentieren wir nun Messungen an einem leistungsstarken 12-Bit-GaGe-Digitalisierer. Aus den Definitionen können wir schlussfolgern, dass die ENOB (und das SINAD, aus dem die ENOB einfach abgeleitet wird) der informativste Leistungsparameter des Digitizers ist, da er Rauschen und Verzerrungen in einer einzigen Metrik kombiniert.

Wie das Rauschen und die Verzerrungen, so sind ENOB und Eingangsbandbreite eines Digitizers umgekehrt proportional - wenn sich das eine verbessert, dann verschlechtert sich das andere. Eine einfache Veranschaulichung ist die Filterung eines Signals durch ein Tiefpassfilter. Dieses reduziert hochfrequentes Rauschen und dämpft Verzerrungsoberwellen, verbessert also die ENOB, während es die Eingangsbandbreite auf die Roll-off-Frequenz des Filters senkt.

Sowohl Bild 4 als auch Bild 5 zeigen das Fourier-Signalspektrum von einem GaGe-12-Bit-Digitizer-Sampling bei 500 MS/s mit begleitenden dynamischen Parametermessungen. Die beiden Darstellungen wurden mit Eingangssignalfrequenzen von 10 und 199 MHz erzeugt. Die 10-MHz-ENOB aus Bild 4 liegt knapp über 10, was nicht besonders gut für einen 12-Bit-Digitalisierer ist. Die annähernde Gleichheit von SNR und SINAD (oder äquivalent der viel höhere Absolutwert der THD) zeigt, dass die Leistung hauptsächlich durch das Rauschen begrenzt



Bild 4: Fourier-Leistungsspektrum zur Berechnung dynamischer Parameter für einen 12-Bit-GaGe-Digitalisierer mit einem 10-MHz-Sinuswellen-Eingangssignal und Abtastung mit 500 MS/s. Grund-, Oberwellen- und Rauschfrequenz-Bins werden jeweils in Rot, Gelb und Grün angezeigt

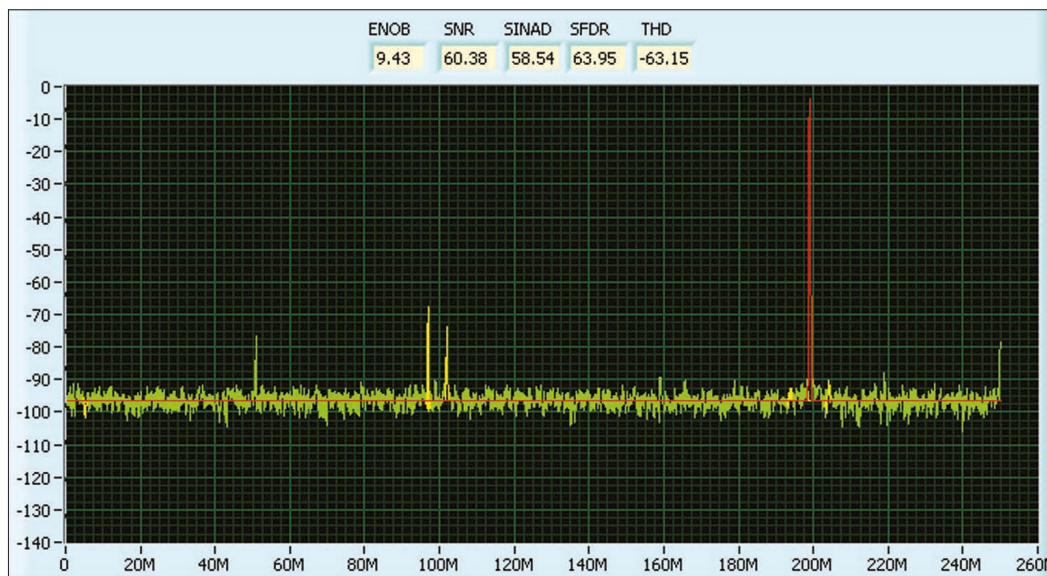


Bild 5: Fourier-Leistungsspektrum wie in Bild 4, jedoch für ein 199-MHz-Sinuswellen-Eingangssignal

wird und die Verzerrungen unbedeutend sind.

Die beeindruckende Leistung des 12-Bit-Digitalisierers in Bild 5 für die die Signalfrequenz 199 MHz kommt folgendermaßen zustande: Zuerst erleiden wegen der hohen Signalfrequenz Oberwellen eine Faltung (Aliasing). Die Nyquist-Frequenz von 250 MHz (die Hälfte der Abtastfrequenz entsprechend 500 MS/s) ist nur unwesentlich höher als die Signalfrequenz. Zum Beispiel erscheint die zweite Har-

monische bei $2 \times 199 \text{ MHz} = 398 \text{ MHz}$, daher Aliasing auf $500 \text{ MHz} - 398 \text{ MHz} = 102 \text{ MHz}$.

Im Gegensatz zu Bild 4 zeigt Bild 5, dass Rauschen und Verzerrungen erheblich zur ENOB beitragen, da SNR und THD Absolutwerte in derselben Größenordnung haben. Der Wert 9,43 für die ENOB eignet sich hervorragend für eine Signalfrequenz von fast 200 MHz.

Zusammengefasst veranschaulichen die Bilder 4 und 5, wie GaGe einige ENOB-Leistung

bei 10 MHz geopfert hat, um eine ausgezeichnete Leistung bei nahe 200 MHz zu erreichen. Diese Leistung resultiert aus Design-Entscheidungen zur Minimierung von Verzerrungen auf Kosten des Rauschens, was der Verschiebung des grünen Bereichs über den roten Bereich in Bild entspricht.

Dynamische Parametermessungen bei mehreren Signalfrequenzen ermöglichen es dem Digitizer-Benutzer, die Leistung zu verstehen, wenn Signale aus

einer realen Anwendung verwendet werden. Darüber hinaus halten solche Mehrfachmessungen den Digitalisierer-Hersteller davon ab, Parameter bei strategischen Signalen festzulegen, um die Leistung zum Beispiel durch Verstecken von Störspitzen unter der Grundwelle verschönert darzustellen.

Überlegene dynamische Parameter sind in Anwendungen von größter Bedeutung, wo das Signal einen hohen Dynamikbereich hat und somit hohe und niedrige Amplitudenkomponenten enthält. Zum Beispiel ein hohes SNR ermöglicht eine niedrige Schwelle für die Erkennung von Pulsamplituden mit niedrigem Pegel im Zeitbereich, die routinemäßig etwa in Anwendungen der Teilchenphysik beim Erfassen von Signalen oder bei Ultraschall- und anderen Time-of-Flight-Anwendungen auftreten. In Frequenzbereichsanwendungen wie Kommunikation und Spektroskopie sind hingegen ein hoher SFDR und geringe THD erforderlich, um störende spektrale Peaks zu minimieren. Folglich sollten Hersteller den vollständigen Satz dynamischer Parameter bereitstellen (ENOB, SNR, THD, SINAD und SFDR).

Schluss

Wir haben das Frequenzbereichsverfahren zur Charakterisierung der Signaltreue eines Digitalisierergärts vorgestellt. Unsere Diskussion konzentrierte sich auf die dynamischen Parameter SNR, THD und SINAD als Basis zur Ermittlung der ENOB, der besten allgemeinen Einzelmessung der Digitizer-Leistung. Wir haben über einen 12-Bit-GaGe-Digitalisierer berichtet, der eine hervorragende Leistung in der Nähe von 200 MHz erbringt. Bei der Digitalisierer-Wahl muss ein Benutzer sorgfältig prüfen, ob Betriebssignal-Frequenzbereich und Leistungsanforderungen seinen Anforderungen entsprechen. Eine gute Regel ist es, eine Digitalisierungs-Eingangsbandbreite anzupeilen, die hoch genug ist, um der höchsten Signalfrequenz zu genügen, jedoch nicht höher. ◀

802.11BE-Signale erzeugen und analysieren

Die Spezifikationen des nächsten WLAN-Standards IEEE 802.11be sind soweit gefestigt, dass man konkrete Umsetzungen in Angriff nehmen kann. Signalgeneratoren und -analysatoren öffnen das Tor zur Signalwelt von WiFi 7.



Die Entwicklung der nächsten WLAN-Generation 802.11be (WiFi 7) ist im Gang. Hauptentwicklungsziel ist ein weiter gesteigerter Datendurchsatz im Vergleich zum aktuell schnellsten Standard 802.11ax (Wi-Fi 6). Im Wesentlichen gibt es dafür zwei Ansätze: eine Erweiterung der Modulationsschemata und eine flexiblere Nutzung des zugewiesenen Frequenzspektrums, insbesondere in Umgebungen mit hoher Nutzerdichte. Mit 802.11be werden beide Ansätze verfolgt.

Konsequent das Ziel verfolgen

Der neue Standard baut auf den Errungenschaften von 802.11ax auf und setzt den damit eingeschlagenen Weg konsequent fort. So nehmen die Signalbandbreiten auf bis zu 320 MHz zu, neue Modulationsschemata bis 4096QAM sind nutzbar, und die parallele Übertragung von bis zu 16 Datenströmen ist möglich. Durch Zuweisung mehrerer Fre-

quenzblöcke an einen Teilnehmer (Multiple Resource Units, MRU) lassen sich datenhungrige Clients maßgeschneidert an den Access Point anbinden.

All diese Erweiterungen führen zu einem Extremely High Throughput (EHT), eine Bezeichnung für 802.11be, der man insbesondere in der IEEE-Spezifikation begegnet.

Mit 802.11be werden zwei neue Protokollformate (PPDU) definiert (Bild 1), eines für den Multi-User-Modus (MU) und ein zweites für den Triggerbasierten Modus (TB). Neben neuen EHT-spezifischen Feldern für Steuerinformationen sind in jeder der Präambeln noch einige Legacy-Felder vorhanden, um eine Abwärtskompatibilität zu früheren 802.11-Standards zu gewährleisten. Messgeräte müssen mit den neuen PPDU-Formaten umgehen können und den gestiegenen physikalischen Anforderungen entsprechen. Nachfolgend werden je zwei Geräte für die Erzeugung und Analyse von 802.11be-Signalen vorgestellt.

802.11be-Signale erzeugen

Eine Signalgeneratorlösung für 802.11be muss zwei Voraussetzungen erfüllen: die Unterstützung von 320 MHz Signalbandbreite, um alle EHT-Übertragungsmodi bedienen zu können, und die Fähigkeit zur Generierung von 4096QAM-Signalen

im 6-GHz-Band (5,925 bis 7,125 GHz). Zum Testen von Leistungsverstärkern und Empfängern muss die EVM-Performance außerdem besser als -50 dB sein. All das ist bei den Vektorsignalgeneratoren R&S SMW200A (Oberklasse) und R&S SMM100A (Mittelklasse) in vollem Umfang erfüllt.

Zwei für beide Modellreihen funktionsgleiche Software-Optionen werden benötigt. R&S Sxx-K54 ist die WLAN-Basisoption. Sie erlaubt das standardkonforme Erzeugen von Signalen nach 802.11a/b/g/n/j/p. Die Zusatzoption R&S Sxx-K147 erweitert sie um die neuen Features für 802.11be.

PPDU-Konfiguration in wenigen Schritten

Zur Einstellung von 802.11be-Signalen sind nur wenige Schritte erforderlich. Nach der Auswahl des Übertragungsmodus im Frame Block Sequencer (Bild 2) wird die PPDU konfiguriert. 802.11be führt, wie oben erwähnt, neue PPDU-Formate ein, EHT MU und EHT TRIG, die nicht nur die Legacy-Trainings- und Signalisierungsfelder, sondern auch die für die 802.11be-Signalisierung spezifischen U-SIG- und EHT-SIG-Felder enthalten (Bild 1). Ein Teil dieser Signalisierungsinformationen, z.B. der PHY Version Identifier, ist bereits voreingestellt. Andere Parameter

Autoren:
Werner Dürport,
Michael Kaltenbach
Rohde & Schwarz
GmbH & Co. KG
www.rohde-schwarz.com

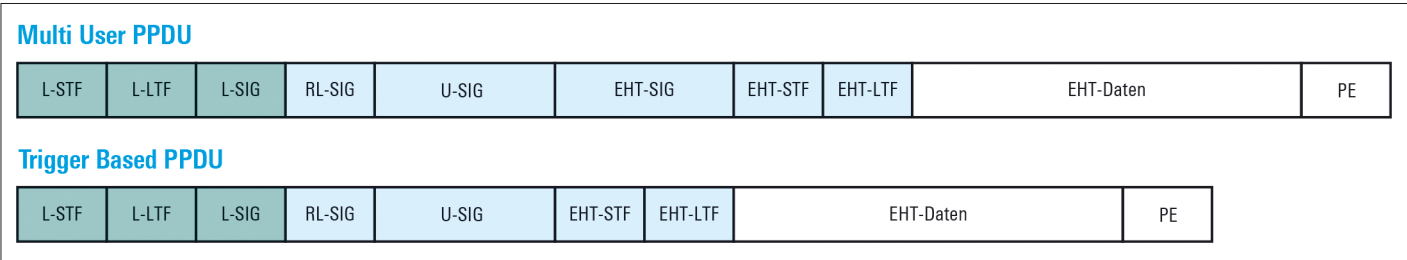


Bild 1: Die Protokollformate von 802.11be (grün: Legacy-Felder, blau: EHT-spezifische Felder)

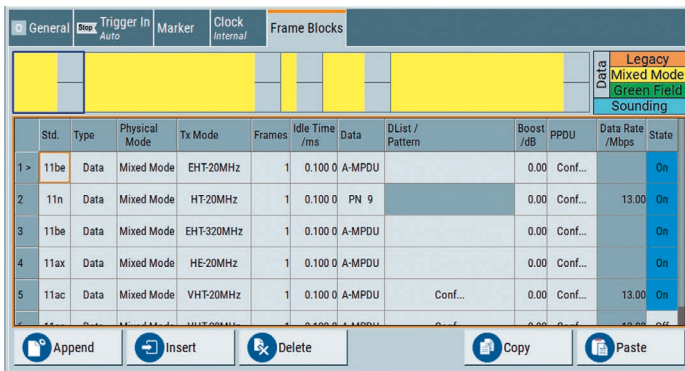


Bild 2: WLAN-Konfiguration mit der Option R&S Sxx-K54: Nach Auswahl des Standards (erste Spalte) lassen sich über das Konfigurationsmenü (dritte Spalte von rechts) die weiteren Einstellungen vornehmen (s. Bilder 3 und 4)

wie Link Direction, PPDU-Typ, BSS Color, STA-ID, MCS-Typ oder Kanalcodierung können direkt und übersichtlich über den PPDU-Konfigurationsdialog ausgewählt werden (Bild 3).

Die menügesteuerten Einstellungen zu RU Allocation und Punctured Channel werden indirekt auf EHT-SIG und U-SIG angewendet (Bild 4). Wie vom Standard vorgesehen, ermöglicht die 802.11be-Option die Zuweisung mehrerer Ressourcen Units an einen einzelnen Teilnehmer. Mit der RU-Größe wird festgelegt, welche RUs, die z.B. aus 242, 484 oder 996 Teilträgern bestehen, und wie viele einem Nutzer zugewiesen werden. Der MRU-Index definiert die Position der verwendeten RUs. Dadurch werden bestimmte Frequenzbereiche innerhalb der Signalbandbreite, die von bevorrechtigten Anwendungen (z.B. Wetterradar) belegt sein können, automatisch punktiert (ausgespart) und somit nicht für Übertragungen verwendet.

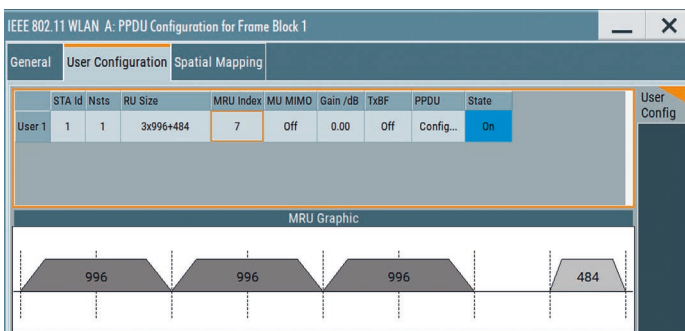


Bild 4: MRU-Konfiguration für einen 320-MHz-Kanal

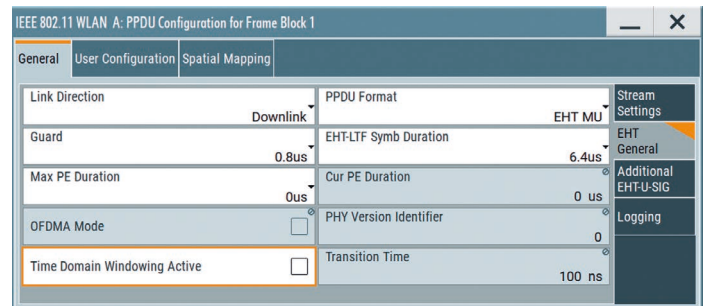


Bild 3: Konfiguration der Protokollfelder

Spatial Mapping

Um den Datendurchsatz weiter zu erhöhen, spezifiziert der 802.11be-Standard bis zu 16 parallele Datenströme sowohl für SU MIMO (16x16) als auch für MU MIMO und adressiert darüber bis zu acht Teilnehmer (STAs) gleichzeitig, wobei in diesem Fall für einen Teilnehmer bis zu vier Datenströme zur Verfügung stehen. R&S SMW200A und R&S SMM100A berechnen alle Datenströme mit Bordmitteln, es können jedoch nur maximal zwei (bei entsprechender Hardwareausstattung) gleichzeitig über HF-Schnittstellen ausgegeben werden.

802.11be-Signale analysieren

Die neue Messapplikation R&S FSW-K91BE erweitert die bestehenden Möglichkeiten zur Analyse von WLAN-Signalen (802.11 a/b/g/n/p/a/ad/ax/ay) des Signal- und Spektrumanalysators R&S FSW um 802.11be. Zur Analyse gibt es zwei Wege:

Über die benutzerdefinierte Konfiguration des PPDU-Formats können auch Signale konfiguriert werden, die nicht vollständig dem Standard entsprechen. Bild 5 zeigt das beispielhaft für die Definition von Resource Units. Mehr Komfort bieten die Modi Auto Demodulation und Auto Detection für die Einstellung von Parametern wie Signalbandbreite, Länge des EHT-LTF (EHT Long Training Field), Guard Interval und für die Zuweisung von Resource Units einschließlich MCS (Modulation and Coding Scheme) und anderer anwenderspezifischer Werte, wie sie in den neuen Signalfeldern U-SIG (universal) und EHT-SIG definiert sind (Bild 6).

Zwei neue 4096QAM-Modulations- und Coding-Schemata sowie Signalbandbreiten bis 320 MHz stellen höhere Ansprüche an die Signalqualität als bisher. Der Standard 802.11be

D0.2 fordert hierfür eine EVM von höchstens -38 dB. Rechnet man eine Sicherheitsmarge von 10 dB ein, sollte der Analysator die EVM bis auf mindestens -48 dB genau messen können. Ausgestattet mit der Option R&S FSW-B320 für 320 MHz Analysebandbreite, kommt der R&S FSW auf mindestens -50 dB, was insbesondere für die Chip-Entwicklung genügend Reserve bedeutet.

Neben den üblichen Einstellungen zur Kanalschätzung bietet die Messapplikation R&S FSW-K91BE die Möglichkeit zur Variation von Parametern wie Phase, Timing und Pegel sowie eine Kompensation von I/Q-Fehlanspassungen. Die Messanzeigen und Tabellen für die Darstellung von Konstellationsdiagramm, Messergebnissen, den Inhalt der Signalisierungsfelder und anderes lassen sich nach Bedarf anordnen (Bild 7).



Bild 5: Manuelle Zuweisung von Resource Units und anwenderspezifischen Indizes

Generatoren und Analysatoren für IEEE 802.11be und ihre erforderliche Ausstattung



Highend-Vektorsignalgenerator R&S SMW200A:

R&S SMW-B1007	Ausgangsfrequenzen bis 7,5 GHz
R&S SMW-B13XT	Breitband-Basisband-Modul
R&S SMW-B9	Breitband-Basisbandgenerator (500 MHz BW)
R&S SMW-B711	Verbessertes Phasenrauschen
R&S SMW-K54	IEEE 802.11-Grundoption inkl. 11a/b/g/n/j/p
R&S SMW-K147	IEEE 802.11be



Mittelklasse-Vektorsignalgenerator R&S SMM100A:

R&S SMM-B1007	Ausgangsfrequenzen bis 7,5 GHz
R&S SMM-B9	Basisbandgenerator (120 MHz BW)
R&S SMM-K523	Bandbreitenerweiterung auf 240 MHz
R&S SMM-K524	Bandbreitenerweiterung auf 500 MHz
R&S SMM-K520	Echtzeit-Erweiterung
R&S SMM-K54	IEEE 802.11-Grundoption inkl. 11a/b/g/n/j/p
R&S SMM-K147	IEEE 802.11be



Highend-Signal- und Spektrumanalysator R&S FSW26

R&S FSW26	Signal- und Spektrumanalysator bis 26,5 GHz
R&S FSW-B320	Bandbreitenerweiterung auf 320 MHz
R&S FSW-B24	HF-Vorverstärker
R&S FSW-K91	IEEE 802.11-Grundoption
R&S FSW-K91BE	IEEE 802.11be



Mittelklasse-Signal- und Spektrumanalysator R&S FSVA3007

R&S FSVA3007	Signal- und Spektrumanalysator bis 7,5 GHz
R&S FSV3-B114	Höhere Rechenleistung
R&S FSV3-B400	Bandbreitenerweiterung auf 400 MHz
R&S FSV3-B24	HF-Vorverstärker
R&S FSV3-K91	IEEE 802.11-Grundoption
R&S FSV3-K91BE	IEEE 802.11be

Für Anwendungen, in denen Geschwindigkeit ein Hauptkriterium ist, also etwa in Produktionslinien, ist der Signal- und Spektrumanalysator R&S FSVA3007 mit seinem Fre-

quenzbereich bis 7,5 GHz und einer Analysebandbreite von 400 MHz (R&S B400) das ideale 802.11be-Messgerät. Neben der WLAN-Grund-

messoption wird die Option R&S FSV3-K91BE benötigt, die mit der oben beschriebenen R&S FSW-K91BE funktions-

Sample Rate Fs	640.0 MHz	Standard	IEEE 802.11be	Capt Time/Samples	1ms/640.000
PPDU/MCS/GI+EHT	EHT320MU/13/...	Meas Setup	X 1 Rx: Simultaneous	Data Symbols	1/10.000 PPDUs 2 (2)
TRG:EXT1 YIG Bypass					
1 Signal Fields					
EHT PPDU(1)	Field	Value [Binary]	Value	Info/Comment	
EHT U-SIG-1:	80 MHz Segment 1				
B0-B2	PHY Version Identifier	000	0	EHT	
B3-B5	BW	001	4	320 MHz	
B6	UL/DL	0	0		
B7-B12	BSS Color	101000	5		
B13-B19	TXDP	11111111	127		
B20-B24	Disregard	111111	31		
B25	Validate	1	1		
EHT U-SIG-2:	80 MHz Segment 1				
B0-B1	PPDU Type and Compression mode	10	1		
B2	Validate	1	1		
B3-B7	Punctured Channel Information	00000	0		
B8	Validate	1	1		
B9-B10	EHT-SIG MCS	10	1		
B11-B15	Number Of EHT-SIG Symbols	00000	0		
B16-B19	CRC	0000	0		
B20-B25	Tail	0000000	0		
EHT U-SIG-1:	80 MHz Segment 2				
B0-B2	PHY Version Identifier	000	0	EHT	
B3-B5	BW	001	4	320 MHz	

Bild 6: Im Modus Auto Detection stellt sich der Analysator automatisch auf ein angelegtes 802.11be-Signal ein und listet dessen Parameter

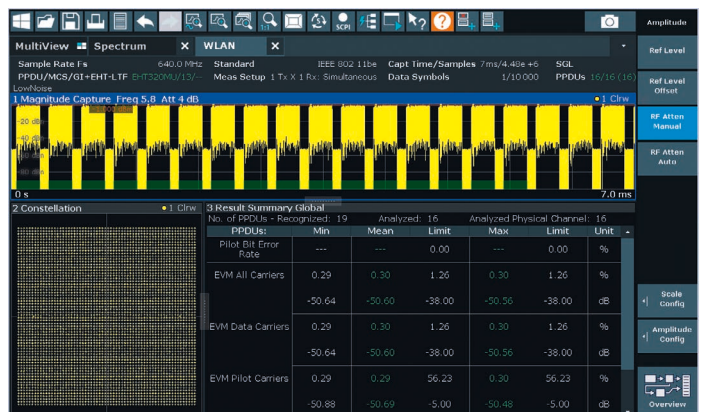


Bild 7: Analyse eines 802.11be-Signals mit der Option R&S FSW-K91BE

THE SOURCE OF PURITY AND STABILITY



Rubidium™

Unmatched signal purity and frequency stability
with on-site frequency and power calibration

Anritsu's new Rubidium™ low-noise RF/microwave signal generator redefines signal purity and stability.

Signal purity and frequency stability are essential distinguishing characteristics of a high-frequency microwave signal generator. The Rubidium MG362x1A signal generator product line is built to deliver outstanding signal purity and frequency stability across a broad frequency range from 9 kHz to 43.5 GHz, even at high output power levels.

Along with AM, FM and PM modulation, Rubidium also features comprehensive pulse generation capabilities for radar signal simulation. Coupled with built-in, easy-to-use, on location frequency and power calibration, the Rubidium MG362x1A offers exceptional overall utility and long-term value for a broad range of measurement applications.

Be a Leader - Discover how you can get better measurement confidence with Anritsu. View our complete line of test and measurement solutions at:
www.anritsu.com/test-measurement

KEY FEATURES



Low phase noise and spurious performance unmatched in today's market



Atomic clock frequency stability with optional internal Rubidium frequency reference



High output power with low spurious eliminates need for external power amplification



Low cost of ownership with on-site frequency and power calibration capabilities

Anritsu
Advancing beyond

www.anritsu.com



Sivers Semiconductors und Rohde & Schwarz kooperieren bei 5G-HF-Transceiver-Tests



Während weltweit 5G-Netze den kommerziellen Betrieb aufnehmen, geht die Entwicklung des 5G-NR-Standards weiter. Mit Release 17 wird 3GPP die Frequenzunterstützung der 5G-NR-Millimeterwellenbänder auf das unlicenzierte Spektrum bis 71 GHz ausweiten, ein Frequenzband, das traditionell von nicht-zellularen Standards wie IEEE 802.11ad und 11ay genutzt wird. Um die neuen messtechnischen Herausforderungen im Zusammenhang mit dieser Bandbreitenerweiterung zu bewältigen und die Performance der neuesten Generation von HF-Transceiver-Chipsätzen zu bewerten, haben sich Rohde & Schwarz und Sivers Semiconductors zum Testen von HF-Transceivern für 5G NR bis 71 GHz zusammengetan.

Mit Release 17 wird 3GPP die Frequenzunterstützung für den 5G-NR-Standard bis Mitte 2022 auf 71 GHz erweitern. Diese Erweiterung erfordert eine Anpassung der Bitübertragungsschicht, insbesondere zwei neue Unterträgerabstände (480 und 960 kHz) sowie die Unterstützung größerer Signalbandbreiten von bis zu 2 GHz. Die Unterstützung des neuen Frequenzbandes stellt HF-Transceiver-Hersteller, die bereits zelluläre Anwendungen adressieren, vor neue Herausforderungen. Sie bietet aber auch Chancen für diejenigen, die sich bisher auf die Entwicklung und Herstellung

von Transceiver-Chipsätzen für nichtzelluläre IEEE-Standards, die diese Millimeterwellenbänder nutzen, spezialisiert hatten.

Rohde & Schwarz und Sivers Semiconductors, ein führendes, international anerkanntes Technologieunternehmen, das Chips und integrierte Module fertigt, haben gemeinsam die Performance der neuesten Generation von HF-Transceiver-Chipsätzen, die bisher die Standards IEEE 802.11ad und 802.11ay unterstützten, mit 5G-NR-Signalen bis 71 GHz getestet.

Für die gemeinsamen Tests

stellte Sivers Semiconductors ein Evaluierungskit als Prüfling zur Verfügung, das auf dem hochmodernen RFIC-Chip (Radio Frequency Integrated Circuit) TRXBF01 und dem HF-Antennenmodul BFM06010 basiert. Der RFIC-Chip unterstützt IEEE 802.11ad/ay Signale bis 64QAM über den gesamten Frequenzbereich von 57 bis 71 GHz. Der Testaufbau bestand aus dem R&S SMW200A Vektorsignalgenerator, der dank einer neuen Frequenzoption Frequenzen bis 67 GHz – im Overrange-Modus sogar 72 GHz – unterstützt, und dem R&S FSW85 Signal- und Spektrumanalysator, der als weltweit einziger über eine integrierte Signalanalysebandbreite von bis zu 8,3 GHz verfügt und HF-Frequenzen bis 90 GHz unterstützt. Die auf dem CATR-Antennenkompaktmessverfah-

ren basierende R&S ATS1800C 5G NR-Millimeterwellen-Messkammer vervollständigte den Aufbau für Over-the-Air Tests.

Zur Validierung der Sender-Performance des Prüflings liefert der R&S SMW200A ein differenzielles analoges IQ Basisband-Signal an den Prüfling, der die IQ-Modulation des Signals und die Aufwärtsmischung auf die gewünschte HF-Frequenz durchführt. Das erzeugte Signal entspricht Release 17 des 5G NR 3GPP-Standards und verwendet einen Unterträgerabstand von 960 kHz sowie eine Modulationsbandbreite von 2 GHz. Der Prüfling fokussiert seinen Sendestrahl, der von 16 einzeln ansteuerbaren Antennenelementen erzeugt wird, in der Hauptstrahlrichtung auf den CATR-Reflektor der R&S ATS1800C. Dieser bündelt das Signal für die Feed-Antenne und führt es dem Eingang des R&S FSW85 zu zwecks vollständig 3GPP-konformer Signalanalyse.

Empfänger-Performance

Um die Empfänger-Performance des Prüflings zu testen, erzeugt der R&S SMW200A das 5G-NR-HF-Signal bei 64 GHz (FR2-2), während er mit der Feed-Antenne der R&S ATS1800C verbunden ist. Die Feed-Antenne richtet das Signal auf den CATR-Reflektor, der Fernfeldbedingungen innerhalb einer hochwertigen Quiet Zone (QZ) mit einem Durchmesser von 30 cm schafft. Der integrierte Positionierer ermöglicht wiederholbare HF-Messungen des Prüflings in der QZ. Der Chipsatz von Sivers Semiconductors konvertiert das empfangene Signal ins Basisband, das mit einem R&S RTP Oszilloskop erfasst und mithilfe der R&S VSE Vector Signal Explorer Software oder dem R&S FSW Signal- und Spektrumanalysator zur individuellen Signalanalyse verarbeitet wird.

Erik Öjefors, Chief Technology Officer der Wireless Business Unit von Sivers Semiconductors, erläutert: „Das Projekt war eine gute Gelegenheit für Sivers Semiconductors, unsere weltweit führende Millimeterwellentechnik ein weiteres Mal unter Beweis zu stellen. Gemeinsam mit Rohde & Schwarz konnten wir zeigen, dass dank der hohen Leistungsfähigkeit unserer Millimeterwellen-Transceiver-RFICs die Grundlagen für künftige NR-U-Netze im 60-GHz-Band auf Grundlage des kommenden 3GPP-Release-17-Standards gelegt sind. Der frühe Zugang zu Messtechniklösungen, die sich für neue und kommende Standards wie 5G NR im 60-GHz-Band eignen, untermauert unseren Anspruch auf Technologieführerschaft.“

Andreas Pauly, Leiter des Geschäftsbereichs Messtechnik bei Rohde & Schwarz, kommentiert: „Gemeinsam mit Sivers Semiconductors haben wir einen weiteren Meilenstein für die Mobilfunkindustrie gesetzt. Mit unseren innovativen Messtechniklösungen verifizieren wir neue Funktionalitäten des 5G-New-Radio-Standards und unterstreichen damit unser Engagement für unsere Partner und Kunden. Dadurch ermöglichen wir ihnen die Entwicklung modernster Technologien, die neue 5G-Anwendungsfälle für Verbraucher und Unternehmen Realität werden lassen.“

Weitere Informationen zur neuen Frequenzoption des R&S SMW200A finden sich unter www.rohde-schwarz.com/promo-smw200a. Dort ist unter Use Case #5 ein Video zur gemeinsamen Testkampagne mit Sivers Semiconductors verfügbar.

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

Tragbare Allrounder-Spektrumanalysatoren mit neuen Frequenzbereichen



Neue Analysator-Grundmodelle für den tragbaren R&S FPL1000 machen jetzt die Spektrum- und Signalanalyse mit bis zu 26,5 GHz möglich. Die Geräte kombinieren die Funktionalität eines Tischgeräts mit der Leichtigkeit eines Handheld-Geräts und verfügen über intuitive Funktionen, die Hochleistungsmessungen unterwegs schnell und einfach machen. Zu den bestehenden R&S FPL1000-Modellen sind zwei neue hinzugekommen, die einen Bereich von 5 kHz bis 14 bzw. 26,5 GHz abdecken. Mit dem R&S FPL1000 steht ein einziges Messgerät für allgemeine Anwendungen und verschiedene Arten von Messaufgaben zur Verfügung. Er kann Signale mit einer Bandbreite von 40 MHz analy-

sieren und ist das einzige batteriebetriebene Gerät dieser Klasse, das über einen internen Generator bis 7,5 GHz verfügt. Der R&S FPL1000 ist das Allround-Gerät für spektrale Messungen, hochgenaue Leistungsmessungen mit Leistungsmessköpfen sowie für die Analyse analog und digital modulierter Signale. Schon in der Grundausstattung ermöglicht er schnelle und intuitive Messungen. Dies beinhaltet Spektralanalyse mit Messfunktionen wie Kanalleistung, ACLR, Signal/Rausch-Verhältnis, Nebenausstrahlungen, Klirrfaktor, Intercept-Punkt dritter Ordnung und AM-Modulationstiefe. Zu den weiteren Funktionen gehören statistische ADP- und CCDF-Analysen sowie vielseitige Markerfunktionen.

Für die Analyse analog und digital modulierter Signale stehen ebenfalls Messanwendungen zur Verfügung. Die Option R&S FPL1-K7 verwandelt den R&S FPL1000 in einen analogen Modulationsanalysator für amplituden-, frequenz- und phasenmodulierte Signale. Der I/Q-Analysator des Grundgeräts unterstützt die Darstellung von Betrag und Phase von I und Q innerhalb der Analysebandbreite. Die I/Q-Daten können zur wei-

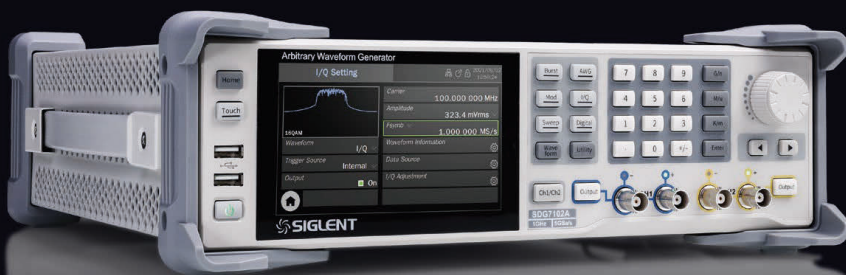
teren Analyse mit Drittanbieter-Software exportiert werden. Die Option EMI Application R&S FPL1-K54 unterstützt EMI-Messungen zur Diagnose von HF-Störungen. Mit der Option R&S FPL1-K70 Vektorsignalanalyse lassen sich auch digital modulierte Einträgersignale charakterisieren. Zusätzliche Optionen für die Multimodulationsanalyse und BER-Messung von PRBS-Daten sind verfügbar.

Die R&S FPL1000-Serie bietet eine zuverlässige HF-Leistung: Das typische Phasenrauschen liegt bei -108 dBc bei 10 kHz Offset (1-GHz-Träger); mit dem optionalen Vorverstärker ergibt sich eine Eigenrauschanzeige (DANL) von -163 dBm. Die Performance, Erschwinglichkeit und einfache Bedienbarkeit machen den R&S FPL1000 zum nahezu idealen Gerät für den Einsatz im Labor, bei der Überwachung von Satellitenbodenstationen und Kommunikationsverbindungen, in der Ausbildung, in Testhäusern, in der Produktion und beim Service.

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

Accelerate test with SDG7000A

Arbiträr Signal Generator



- 350 MHz/500 MHz/1GHz
- 2 single-ended/differentielle Kanäle
- 16 digitale Kanäle (opt.)
- Analoge-/digitale Modulation

Ursachenforschung bei Signalintegritätsproblemen auf Highspeed-Bussen

Konformitätstest gescheitert, was nun?

Konformitätstests für serielle Datenschnittstellen wie USB, HDMI oder PCI Express sichern die Interoperabilität zwischen elektronischen Geräten und Zubehör. Werden Probleme mit der Signalintegrität festgestellt, unterstützt das Oszilloskop R&S RTP die Ursachenforschung.



Bild 1: Konformitätstest für USB 3.2 Gen1 mit dem Oszilloskop R&S RTP164 (16 GHz)



Bild 2: Erfassung der Messkurve „Short Channel“ eines USB 3.2 Gen1 Devices an Kanal 1 und 3 und Echtzeitberechnung als differenzielles Signal (Diff 1). Berechnung des Signals „Long Channel“ durch Embedding der S-Parameter vom USB-IF (Math 1)

Denn das Oszilloskop R&S RTP wartet mit leistungsstarken Analysewerkzeugen wie Augendiagramm, Jitter- und Rauschseparierung sowie Zeitbereichsreflektometrie auf.

Automatische Konformitätstests für schnelle Datenschnittstellen

Ein Meilenstein in der Produktentwicklung sind Konformitätstests. Für viele Schnittstellen wie USB oder Ethernet liegen detaillierte Testspezifikationen der Standardisierungskomitees vor. Spezialisierte Messlabore

bieten den kompletten Service für das Testen solcher Schnittstellen, die Dokumentation und die Zertifizierung.

Für Anwender, die diese Tests selbst durchführen, sind zum Oszilloskop R&S RTP automatisierte Testlösungen für alle gängigen Schnittstellenstandards verfügbar. Diese Lösungen sind mit bildunterstützten Messkonfiguratoren und vorgefertigten Messabläufen ausgestattet. Wie auch immer getestet wird: Sind die Testergebnisse nicht stan-

dardkonform, beginnt die oft zeitaufwendige Fehlersuche.

Bei der Ursachenforschung unterstützt das Oszilloskop R&S RTP mit Analysewerkzeugen wie Augendiagramm mit Maskentest oder der Separierung von Jitter- und Rauschkomponenten. Mit der Zeitbereichsreflektometrie steht ein wichtiges Werkzeug zur Überprüfung der Übertragungseigenschaften passiver Signalkomponenten wie Stecker, Kabel oder Signalleitungen auf der Leiterplatte zur Verfügung.

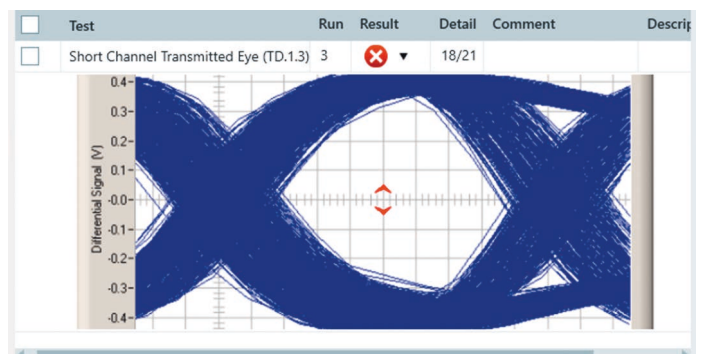
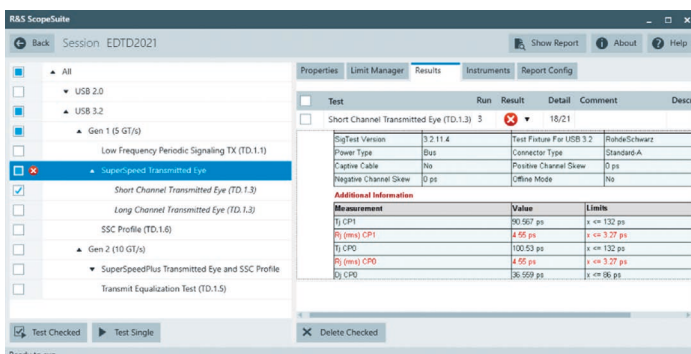


Bild 3: Der Bericht aus einem Konformitätstest für USB 3.2 Gen1 zeigt übermäßig hohen Jitter in der Ergebnistabelle (oben) und im Augendiagramm (rechts)

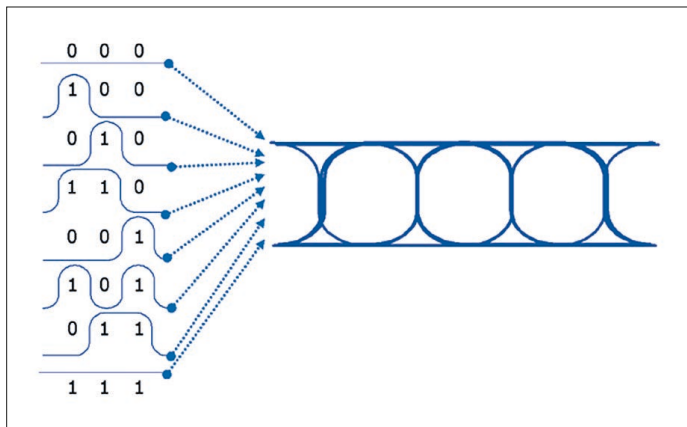


Bild 4: Das Datenauge entsteht durch die Überlagerung von Bit-Sequenzen

Konformitätstest für USB 3.2 Transmitter

Der Fokus bei Transmitter-Konformitätsmessungen für USB 3.2 liegt auf dem Augendiagramm (Transmitted Eye), an dem die Augenöffnung, die Signalpegel und die Jitter-Komponenten überprüft werden. Dieser Test wird sowohl direkt am Device-Ausgang (short channel) als auch in Verbindung mit einem simulierten Signalpfad (long channel) ausgeführt. Für Long-Channel-

Tests gibt es vom USB Implementers Forum (USB-IF) veröffentlichte Dateien mit S-Parametern für unterschiedliche Kabel- und Leiterbahnlängen. Bei den Tests zeichnet das Oszilloskop je eine Clock- und Daten-signalsequenz mit 200 µs Länge auf. Diese werden anschließend mit der USB-IF-Analyse-Software SigTest auf Standardkonformität geprüft.

Die Konformitäts-Testpattern muss jedes USB Device im

Testmodus selbst erzeugen: Für USB 3.2 Gen1 sind dies die Pattern CP0 (Data) und CP1 (Clock) und für USB 3.2 Gen2 die Pattern CP9 (Data) und CP10 (Clock). Durch das Senden von kurzen LFPS-Sequenzen an den Receiver im USB-Device wird jeweils auf das nächste CP-Pattern geschaltet.

Das R&S RTP unterstützt den Konformitätstest für USB 3.2 Gen1 (13-GHz-Modell erforderlich) und für Gen2 (16-GHz-Modell, Bild 1). Die erforderliche Analyse-Software SigTest ist in die Option R&S RTP-K101 (USB-3.2-Konformitätstest) integriert und der dazugehörige Messablauf automatisiert. Die Option führt anhand einer grafisch unterstützten Anleitung komfortabel durch die Messung. Mit der integrierten zweikanaligen 100-MHz-Generatorkomponente erfolgt das Umschalten auf die einzelnen Testpattern automatisch. Eine weitere Bedienungs-erleichterung ist der gleichzeitige Test von Short und Long Channel.

Die Messkurve vom Short-Channel Setup wird mit Embedding-Filtern, die auf der Grundlage der S-Parameter-Dateien vom USB IF erstellt wurden, zu einer Long-Channel-Messkurve verarbeitet (Bild 2). Die Ergebnisse des gesamten Tests werden zu einem detaillierten Bericht aufbereitet.

Beispiel für einen Fehler in einem USB 3.2 Device. Bild 3 zeigt im Ergebnisbericht zu einem USB-3.2-Gen1-Device Fehler beim Test „Transmitted Eye“. Besonders auffällig ist der Random Jitter (RJ), der mit dem Clock Pattern (CP1) ermittelt wird. Das entsprechende Augendiagramm für das Daten-Pattern (CP0) zeigt ebenfalls hohen Jitter und Rauschen. Die Analysewerkzeuge des R&S RTP erlauben es nun, den Ursachen auf den Grund zu gehen.

Schneller Überblick mit dem Datenauge

Die Datenaugenanalyse ist eine der bekanntesten Methoden für schnelle Signalintegritätstests. Dazu werden die einzelnen Daten-Bits einer Signalsequenz übereinandergelegt (Bild 4). Kritisch dabei ist die Wahl der richtigen Zeitbasis zur Bit-Zerlegung. Für alle Generationen des USB-Standards ist Clock Data Recovery (CDR) zweiter Ordnung mit unterschiedlichen Transferfunktionen definiert.

Die im USB-Standard festgelegten Augenmasken haben die Form eines Hexagons (Bild 5). Die minimale Höhe der Augenöffnung ist für Gen1 mit 100 mV und für Gen2 mit 70 mV spezifiziert. Die minimale Augenweite ergibt sich aus der Bit-Länge (Unit Interval, UI) abzüglich des maximalen Gesamt-Jitters (Total Jitter, TJ), der für eine Bitfehler-rate von 10 bis 12 definiert ist.

Für USB 3.2 Gen1 entspricht dies 68 ps, für Gen2 28,6 ps.

Das R&S RTP ist zum Generieren von Augendiagrammen mit einer konfigurierbaren CDR ausgestattet, die in Hardware realisiert ist und sich als Trigger nutzen lässt. Damit ist bei

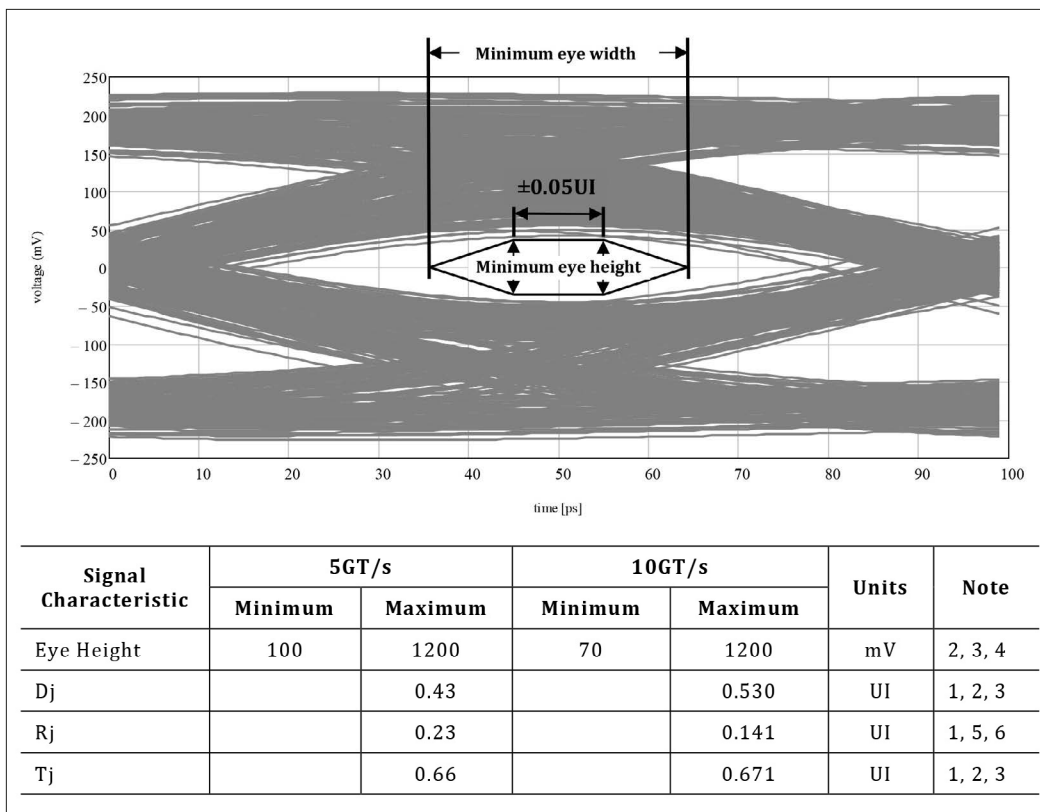


Bild 5: Maskendefinition aus der Universal Serial Bus 3.2 Specification, Revision 1.0

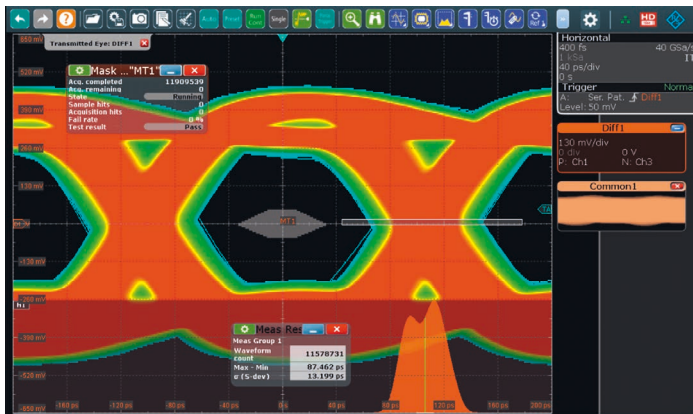


Bild 6: Echtzeit-Datenaugen des fehlerhaften USB Devices mit hardware-basierter CDR, Maskentest und Histogramm mit dem Oszilloskop R&S RTP164

stetig laufender CDR ein großer Beobachtungszeitraum für den Signalstrom gegeben, mit dem sporadische Fehler erfasst werden können. Die Maske in der Augenmitte ist so konfigurierbar, dass die Erfassung bei einer Maskenverletzung stoppt.

Bild 6 zeigt den Augentest für das eingangs beschriebene fehlerhafte USB 3.2 Gen1 Device. Wie schon beim Konformitätstest weist das Datenaugen einen hohen Jitter- und Rauschanteil aus. Das zusätzliche Histogramm an der rechten Augen- seite verdeutlicht die zeitliche Verteilung der Bit-Flanken und damit den Jitter. In der bimodalen Histogrammform steckt die zusätzliche Information, dass im Signal auch hoher deterministischer Jitter enthalten ist.

Fehlerquellen aus Jitter- und Rauschkomponenten beseitigen

Ein Histogramm im Augendiagramm kann erste Erkenntnisse über Jitter und Rauschen im Testsignal geben. Um aber weitere Details über die Störquellen zu gewinnen, ist die Aufschlüsselung des Gesamt-Jitters und Gesamttrauschens in die einzelnen Grundkomponenten sehr hilfreich (Bild 7).

Ein hoher zufälliger Jitter (RJ) bzw. hohes Rauschen (RN) weisen beispielsweise auf Probleme im Halbleiter selbst hin (thermisches Rauschen, Schrotrauschen), oder auf einen instabilen Taktoszillator. Deterministische Jitteranteile (PJ) haben ihren Ursprung beispielsweise in einer instabilen PLL oder in Einkopplungen durch Schalt-

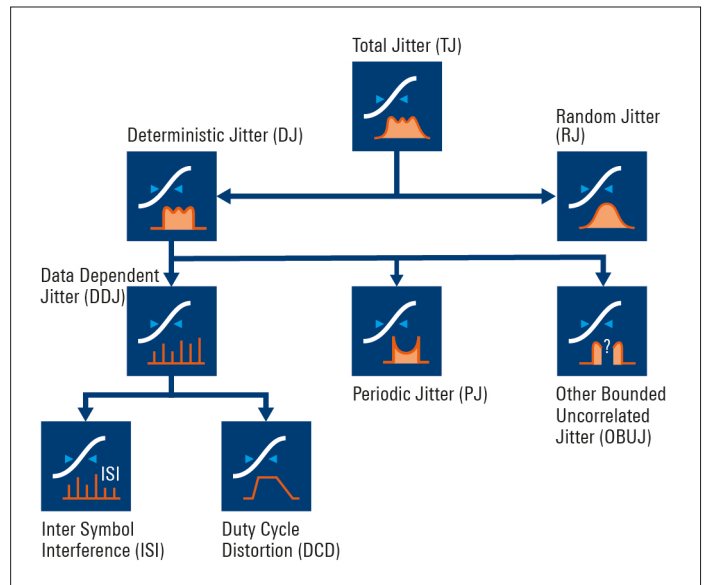


Bild 7: Der Gesamt-Jitter ist unterteilbar in zufällige (random) und deterministische Komponenten

netzteile. Die datenabhängigen Komponenten (DDJ) unterteilen sich in ungleiche pulsbreitebasierte Fehler (DCD), beispielsweise verursacht durch unsymmetrische Signalfanken, sowie in Intersymbolinterferenz (ISI). Letztere kann beispielsweise von Übertragungsverlusten durch zu geringe Bandbreite der Leiterbahnen oder von Reflexionen an Durchkontaktierungen oder Steckern herrühren.

Nach dem Abschluss der Jitter-Separierung stehen detaillierte Ergebnisse zur Verfügung (Bild 8). In der Ergebnistabelle

rechts oben ist zu sehen, dass der periodische Jitter (PJ) den deterministischen Jitter dominiert und dass auch der zufällige Jitter (RJ + (O)BUJ) auffällig hoch ist. Das Histogramm des PJ zeigt eine Verteilung, die auf eine sinusförmige Störung hinweist. In der zweiten Tabelle rechts unten werden die geschätzten periodischen Jitter-Komponenten aufgelistet. Hier fallen hohe Jitter-Werte bei 100 MHz auf. Dies sind in der Regel wertvolle Informationen, mit denen sich die Störfrequenzen den entsprechenden Funktionsblöcken zuordnen und entsprechende

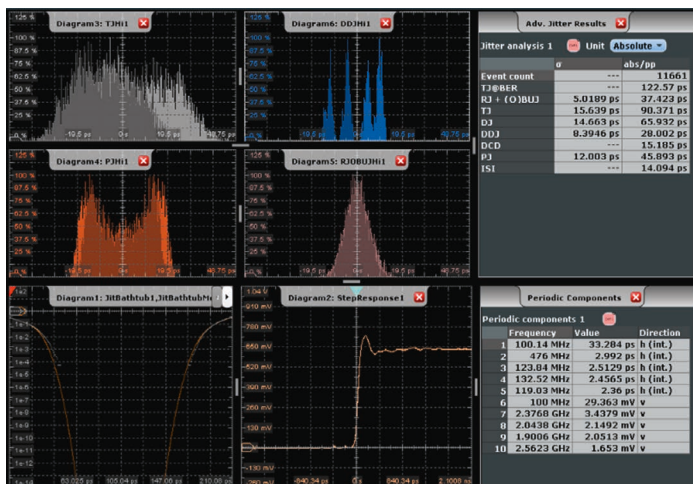


Bild 8: Ergebnisse der Jitter-Separierung für das fehlerhafte USB 3.2 Gen1 Device

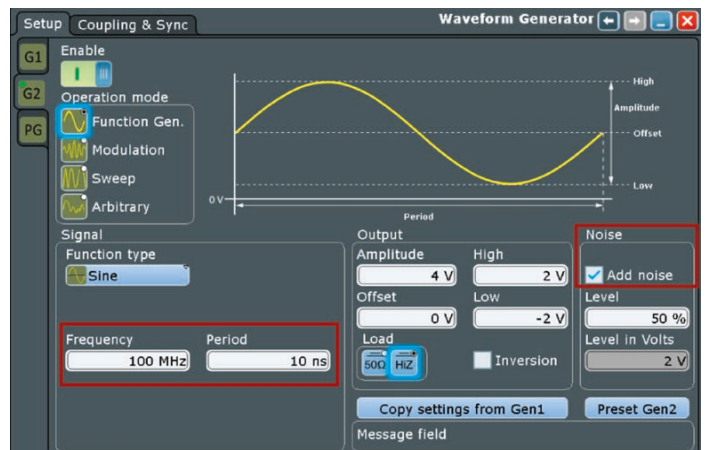


Bild 9: Periodischer und zufälliger Jitter werden durch die Einkopplung von Signalen aus dem R&S-RTP-Generator in die 5-V-Versorgungsversorgung des USB Devices verursacht



Bild 10: Jitter-Ergebnisse nach dem Ausschalten der Störquelle

Maßnahmen zur Reduzierung der Einkopplung treffen lassen.

Eine typische Schwachstelle ist die Spannungsversorgung. Über deren Versorgungsleitungen und Masseflächen kann es leicht zur Einkopplung von Signalen kommen. In diesem Beispiel ist für einen Testaufbau die im R&S RTP integrierte Generatoroption mit der 5-V-Versorgung des

USB-Testobjekts verbunden. Das eingekoppelte Generatorsignal verursachte die periodische Störung von 100 MHz, das zusätzliche Rauschen bewirkte den starken zufälligen Jitter (Bild 9), wie ein Vergleich mit der Situation nach Ausschalten der Störquelle belegt (Bild 10). Ohne den Störer wird der Jitter-Test bei der Konformitätsprüfung ohne Weiteres bestanden.

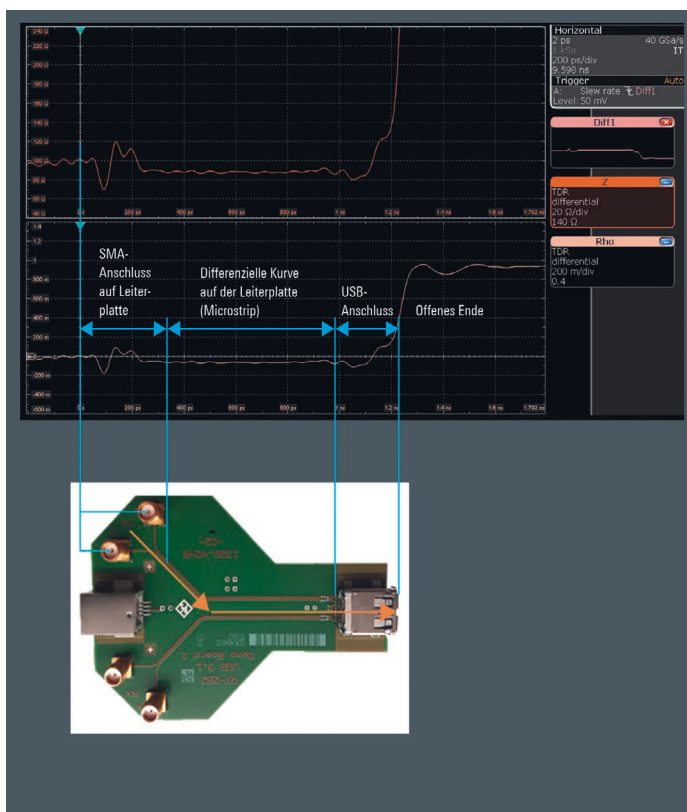


Bild 11: TDR-Messung am USB-Prüfadapter: oben Impedanz, unten Reflexionskoeffizient

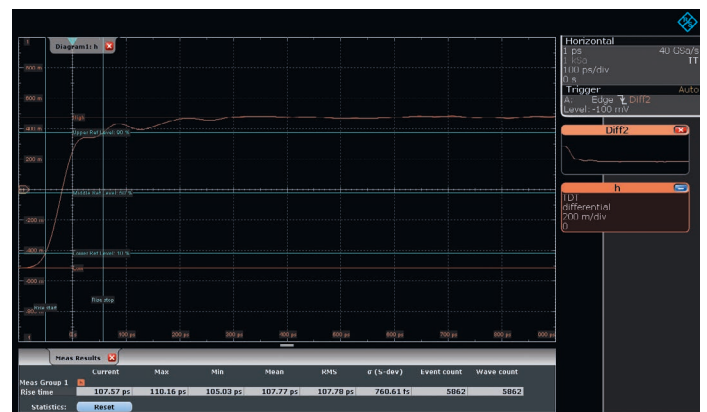


Bild 12: TDT-Messung am USB-Prüfadapter: Die Anstiegszeit des Pulses am Ausgang beträgt 108 ps

Signalpfade mit TDR prüfen

Neben der Analyse der aktiven Signale ist bei Signalintegritätsproblemen auch die Kontrolle der Signalpfade wichtig. Das Augenmerk liegt dabei auf Transmissionsverlusten sowie dem Impedanzverlauf und der Impedanzstabilität entlang des Signalpfads. Die Bandbreite der Signalpfade auf der Leiterplatte, der Konnektoren, der Kabel etc. muss passend zum Signal entworfen und ausgewählt sein. Ebenso sind Reflexionen verursachende Impedanzsprünge zu vermeiden.

Die entsprechenden Messungen werden üblicherweise mit Netzwerkanalysatoren durchgeführt. Eine Alternative bietet das R&S RTP mit der integrierten Zeitbereichsreflektometrie (TDR). Als Stimulus dient die differenzielle 16-GHz-Pulsquelle, über deren Referenzgänge die reflektierten Signale mit den Oszilloskopkanälen vermessen werden.

Die Applikationssoftware unterstützt bei der vorbereitenden Kalibration des Setups und bei der Messung. Mit der TDR können die Impedanz und der Reflexionskoeffizient entlang des Signalpfads vermessen werden.

Bild 11 zeigt als Beispiel die Vermessung eines USB-Prüfadapters. Die differenzielle Pulsquelle wurde für diese Messung an die SMA-Konnektoren angeschlossen, die USB-Type-A-Buchse blieb offen, sodass das eingespeiste Pulssignal vollständig reflektiert wurde. Die Impedanz

und der Reflexionsfaktor sind sowohl über die Zeit wie auch über die Wegstrecke darstellbar und lassen sich so leicht lokalen Abschnitten auf dem Messobjekt zuordnen. Gut zu sehen sind beispielsweise der Impedanzsprung beim Übergang von den SMA-Konnektoren zur Leiterplatte, der konstante Impedanzverlauf entlang der Leiterbahn und die Reflexion an der USB-Buchse.

Eine weitere Messmöglichkeit besteht in der Zeitbereichstransmissions-Analyse (TDT). Dabei wird ebenfalls ein kurzer Puls in den Signalpfad eingespeist. Dessen Ausgang ist dazu mit dem Oszilloskopkanal verbunden, sodass die Übertragungsverluste ermittelt werden können. Das Ergebnis der TDT zeigt die durch Transmissionsverluste geprägte Pulsform. Die im Beispiel von Bild 12 gemessene Anstiegszeit lässt auf eine Bandbreite von etwa 3,2 GHz schließen ($BW = 0,35/t_{rise}$).

Fazit

Konformitätstests an seriellen Busschnittstellen sind wichtige Messungen, um Interoperabilität zwischen elektronischen Geräten und deren Zubehör zu gewährleisten. Bei Fehlern ist geeignete Messtechnik entscheidend, um die Ursachen schnell ermitteln zu können. Das Oszilloskop R&S RTP bietet neben Software-Optionen für automatisierte Konformitätstests auch eine Vielzahl an leistungsfähigen Werkzeugen für die Fehlersuche bei Signalintegritätsproblemen. ◀

5-in-1-Oszilloskop-Workstation arbeitet bis 5 GHz



Mit den Geräten der DS70000-Serie präsentiert Rigol eine neue Generation von Highend-Multifunktions-Oszilloskopen. Es handelt sich um Workstations bis 5 GHz, die Oszilloskop, Voltmeter, Frequenzzähler/Totalizer, Echtzeit-Spektrumanalysator (Option RTSA) und Protokollanalysator (Option) in einem Gerät vereinen.

Die Modelle StationMax DS70304 und StationMax 70504 bieten eine außergewöhnliche Ausstattung mit hoher Abtastrate, tiefem Speicher, schneller Wellenform-Erfassungsrates und einer besseren vertikalen Auflösung im Vergleich zu früheren Designs. Zu verdanken ist

die gute Leistung der brandneuen UltraVision-III-Technologie und ihrem Herzstück, einem 20 GS/s ASIC Chipset, das mehrere von Rigol entwickelte ASICs bereithält, die das analoge Frontend bilden und die Signalverarbeitungsleistung liefern.

Der StationMax DS70304 hat eine Bandbreite von 3 GHz, der StationMax 70504 ist mit 5 GHz ausgestattet. Beide Geräte verfügen über vier Eingänge und einen EXT-Kanal-Eingang, die Sample-Rate beträgt 20 GS/s (Einzelkanal), bzw. 10 GS/s (Halbkanal/alle Kanäle).

Mit der Geräteserie StationMax DS70000 stößt Rigol in eine neue Leistungsklasse vor und

richtet sich mit 20 GS/s Abtastrate, 2 Gpts Speichertiefe und 5 GHz maximaler Bandbreite an Anwender aus dem Hightech-Markt. Die brandneue UltraVision-III-Technologie und eine erweiterte Version des von Rigol entwickelten Phoenix-Chipsets ermöglichen nun eine Signalerfassungsrate von 1 Million Signalformen pro Sekunde (wfms/s), eine Speichertiefe von bis zu 2 Gpts, eine vertikale Auflösung, die von 8 bis 16 Bit eingestellt werden kann, und eine Echtzeit-Spektrumanalyse, die bis zu 10.000 FFTs pro Sekunde erfasst und damit auch kleine Signalartefakte im HF-Bereich darstellt.

Die Workstations der DS70000-Serie sind Multifunktionsgeräte und vereinen Oszilloskop, Voltmeter, Frequenzzähler/Totalizer, Echtzeit-Spektrumanalysator (Option RTSA) und Protokollanalysator (Option) in einem Gerät. Das Voltmeter führt 3-Digit DC/ACRMS, AC und DCRMS Messungen durch. Der Frequenzzähler ist ein 3-bis-8-Digit-Hochpräzisions-Frequenzzähler (48-Bit-Totalizer). Der Echtzeit-Spektrumanalysator (Option RTSA) ermöglicht zwei Arten der Spektrumanalyse: die „normale“ FFT-Analyse mit 1 Mio. Abtastpunkten zur Darstellung des Frequenzspektrums

und die erweiterte FFT für Echtzeit-Spektrumanalyse mit einer sehr schnellen Berechnung von 10.000 FFT/s. Der Protokollanalysator (Option) erlaubt die Protokollanalyse für serielle Busse in der Automobilelektronik wie CAN-FD, FlexRay, LIN, RS232, SPI.

Die Oszilloskope der DS70000-Serie haben mit 7 HE die volle Rackgröße. Sie sind außerdem mit zwei Touchdisplays ausgestattet: einem kapazitiven 39,6 cm großen Hauptdisplay (Farbdisplay), das sich teilen lässt, falls mehrere Messungen durchgeführt werden sollen, und einem 8,9 cm großen Display für Geräteeinstellungen. Dieses Multidisplays-Konzept ermöglicht sehr komfortables Arbeiten, da sich Signale, Messungen und Ergebnisse sehr übersichtlich darstellen lassen, während zugleich Menüs und Funktionen auf dem zusätzlichen Display jederzeit abgerufen werden können. Zu den Schnittstellen gehören USB 3.0 Host/Device, LAN/Ethernet (Remote-Bedienung oder über Web-Control/Browser), optional USB-GPIB (Adapter) sowie USB-Mouse-Support; außerdem HDMI, Trig out, 10-MHz-in/out, Aux out.

■ Meilhaus Electronic GmbH
www.meilhaus.com

Komplettlösung zum Testen des gesamten Kommunikationsspektrums

Der CX300 ComXpert ist ein bedienerfreundliches Prüfgerät für Mobilfunknetze. Ursprünglich für Laboranwendungen entwickelt, bietet er umfassende Testfunktionen für anspruchsvolle Messungen, kann dank kleinem Formfaktor und robustem Design aber auch problemlos im Feld eingesetzt werden – und setzt damit völlig neue Maßstäbe für das Testen von Funksystemen.

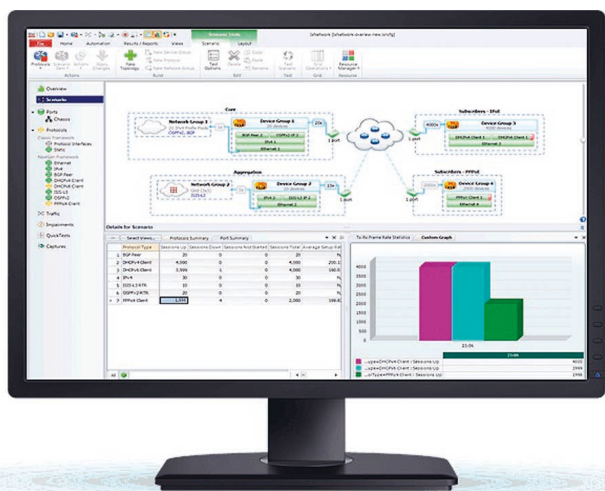
VIAVI Solutions bietet eine Vielzahl von PMR- Testern

für Mobilfunk- und Repeater-Anwendungen. Diese technisch führenden Funktestsysteme kommen weltweit in der Konstruktion und Produktion, im Support und im Service zum Einsatz. Die EMCO Elektronik GmbH ist Ansprechpartner für die Produkte aus dem Hause VIAVI Solutions.

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



Integriertes Testpaket für TSN



Keysight Technologies hat die Testlösung IxNetwork Ethernet um ein integriertes Testpaket erweitert, mit dem Hersteller sicherstellen können, dass Chipsätze und Geräte mit dem TSN-Testplan (Time Sensitive Networking) der Avnu Alliance für IEEE 802.1AS-2020, dem Standard für die Übertragung von Zeitinformationen über Local Area Netzwerke, konform sind.

Mit der zunehmenden Verbreitung von TSN in der Automobilbranche, der Industrie und

der Telekommunikation müssen die Anbieter die ordnungsgemäße Umsetzung der IEEE 802.1-Normen sicherstellen, um die Interoperabilität der Geräte zu gewährleisten. Die Avnu-Tests sind für Testprogramme konzipiert, die die Konformität eines Produkts mit den Spezifikationen der als TSN bekannten Standards bewerten und die Grundlage für die Avnu-Zertifizierung bilden. „Das Konformitätspaket von Keysight, das auf den neuesten Avnu-TSN-Testplänen basiert, wird Avnu-Mitgliedern und Test-

häusern dabei helfen, das TSN-Ökosystem in Richtung offener Interoperabilität voranzubringen“, sagte Gary Stuebing, Vice President und Chairman der Avnu Alliance. „Die Testpläne umfassen die grundlegenden TSN-Konformitätsanforderungen zur Unterstützung vieler verschiedener Anwendungen und Einsatzmöglichkeiten von TSN. Als Fördermitglieder von Avnu und aktive Teilnehmer an der Arbeitsgruppe waren die Experten von Keysight maßgeblich an dieser intensiven gemeinsamen Arbeit beteiligt.“

Die IxNetwork-Lösung von Keysight hilft Chipsatz- und Geräteherstellern sicherzustellen, dass ihre Produkte die neuen TSN-Standards für Silizium einhalten. So können sie hochleistungsfähige Geräte anbieten, die mit anderen standardkonformen Geräten in einem Ethernet-Netzwerk zusammenarbeiten. Die TSN-Funktionen in IxNetwork werden zum Testen und Benchmarking von Szenarien im TSN-Ökosystem verwendet, die sich über relevante IEEE-Standards erstrecken. Jeder IxNetwork-Testport emuliert Hunderte

von Ethernet-Endpunkten mit realistischem Verhalten. Die Testszenarien werden mit der grafischen Benutzeroberfläche (GUI) von IxNetwork oder mit API-Skripten (Application Programming Interface) ausgeführt, um Leistungsengpässe und Ausfallsicherheit zu charakterisieren.

„Die Validierung von TSN-Standards wird immer wichtiger, um sicherzustellen, dass Geräte in Ethernet-Netzwerken auf Komponentenebene zusammenarbeiten“, sagte Ram Periakaruppan, Vice President und General Manager der Keysight Network Test and Security Solutions Group. „Keysight hat als Mitglied der Avnu Alliance eine Schlüsselrolle bei der Standardisierung von Testmethoden für TSN gespielt. Die Aufnahme dieses Testpakets in IxNetwork ermöglicht es Chipsatz- und Geräteherstellern in einer Reihe von Märkten, ihren Kunden interoperable Geräte von hoher Qualität zu liefern.“

■ *Keysight Technologies*
www.keysight.com

50-GHz-Abwärtskonverter

Der Konverter HA7063A ist ein heterodynes Downconversion-System, das sich nahtlos in die Realtime-Phasennoise-Analyzer-Produkte der HA7063-Serie von Holzworth als kalibrierte Frequenzerweiterung anSI z540 integrieren lässt. Eine gemeinsame GUI-Schnittstelle dient zur gleichzeitigen Steuerung des HA7062 und des HA7063A.

Optimiert Leistung und Kanaldichte

Die HSY-Serie vereint Breitband-Frequenzquellen, die die branchenweit beste Phasenrauschleistung in Verbindung mit der höchsten Kanaldichte ihrer Klasse aufweisen. Die YIG-



basierte Architektur verbessert auch die spektrale Reinheitsleistung in Verbindung mit einem hochgenauen Dynamikbereich von bis zu +20 dBm und bis zu -110 dBm.

Phasenrauschmessungen lassen sich in zwei Kategorien einteilen: absolut und residual

(additiv). Wo absolute Phasenrauschmessungen typisch für Oszillatoren und andere Frequenzquellen sind, sind Restphasenrauschmessungen spezifischer für die Messung des Phasenrauschbeitrags einer einzelnen Komponente oder eines Teilsystems. Die Einrichtung eines Testsystems

für additives Phasenrauschen erfordert einige traditionelle Mikrowelleninstallationen, aber die Herausforderung besteht in der richtigen Kalibrierung des Testsystems, um keine Messfehler einzuführen. Die Phasenrauschanalysatoren der HA7000-Serie von Holzworth befassen sich mit den Problemen der Einstellung der richtigen Systemquadratur und Kalibrierung, damit die Ergebnisse genau sind. Die Genauigkeit der Testergebnisse des Anwenders ist über eine ANSI z540-Kalibrierung NIST-rückführbar.

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

Bislang leistungstärkste Arbiträr-Funktionsgenerator-Serie präsentiert



Accelerate test with SDG7000A

SDG7000A

Arbitrary Waveform Generator

1 GHz Bandwidth
5 GSa/s sampling rate
±24 V (48 V) output range

Funktions- und Arbiträrsignalgeneratoren gehören zur Standardausstattung im Elektroniklabor und werden dort für die unterschiedlichsten Aufgaben eingesetzt. Eine hohe Variabilität bei der Erzeugung von Signalen ist hier besonders vorteilhaft. Die Generatoren der SDG7000A Serie vereinen hervorragende Spezifikationen und eine hohe Flexibilität. Dadurch eignen sie sich besonders für den Einsatz bei der Entwicklung von Embedded Elektronik.

Arbiträr-Funktionsgenerator

Der neue zweikanalige wird in drei Varianten angeboten. Diese unterscheiden sich in der maximalen Ausgangsfrequenz. Die Geräte sind mit den Bandbreiten 350 MHz, 500 MHz und 1 GHz erhältlich. Die beiden unabhängigen Kanäle können einfach per Menüsteuerung kombiniert werden, um z.B. Störungen auf dem Nutzsignal zu simulieren oder um komplexe, modulierte Signale zu erzeugen. Neben allen Standardkurvenformen wie Sinus, Rechteck, Dreieck und Puls, können die Generatoren der Serie Gauß'sches Rauschen mit der gerätespezifischen Bandbreite oder aber auch bandbegrenzt ausgeben. Ferner ist es möglich, dieses Rauschen einfach per Menüeinstellung auf das Nutzsignal aufzuaddieren. Die Erzeugung von Zufallsbitsequenzen (PRBS) ist ebenfalls eine Standardfunktion. Alle Geräte sind mit 512 MPkt Speicher für

die Erstellung selbstdefinierter Signale ausgestattet. Mit Hilfe der TrueArb-Technologie von Siglent, einer Punkt-für-Punkt-Ausgabe mit bis zu 2,5 GS/s Abtastrate, können die Nachteile der DDS-Technologie beseitigt werden und Arbiträrsignale mit hoher Wiedergabegenauigkeit und reduziertem Jitter erzeugt werden. Die Erzeugung der benutzerdefinierten Signale ist mit der Siglent Software EasyWave oder direkt am Gerätedisplay möglich. Zusätzlich besteht auch die Möglichkeit arbiträre Kurven aus Text- bzw. CSV-Files zu importieren. Im Sequenzmodus können verschiedenste Kurvenformen lückenlos aneinandergereiht werden. Hierbei kann für jedes Segment der Kurve die Anzahl der Wiederholungen definiert werden. Somit wird der verfügbare Arbiträrspeicher optimal ausgenutzt und es können komplexe Testsequenzen einfach zusammengestellt werden.

Die maximale Ausgangsspannung

beträgt bei 50 Ohm externer Last bis zu 12V. Bei der Ausgabe von Signalen in eine hochohmige Umgebung sind bis zu 24V möglich. Damit ist der Generator im Marktvergleich sehr gut positioniert.

Ein weiteres Highlight

ist die Möglichkeit die Ausgänge Single-Ended oder Differenziell zu konfigurieren. Falls für die Anwendung modulierte Signale benötigt werden, können diese ebenfalls mit

diesem Gerät erzeugt werden. Es sind analoge Modulationen verfügbar. Optional kann die digitale IQ-Modulation ergänzt werden. Damit können sowohl Basisband I und Q Signale, als auch HF-modulierte Signale mit bis zu 1 GHz Trägerfrequenz und einer Symbolrate von bis zu 500 MS/s erzeugt werden.

Zwei unterschiedlich Digitalmodule

Ist es notwendig die Anwendung mit bis zu 16 digitalen Signalen zu versorgen besteht die Möglichkeit den Generator mit zwei unterschiedlich Digitalmodulen zu ergänzen. Es werden zwei Module, ein Modul für TTL- und ein Modul für LVDS-Signale angeboten. Die maximal erzielbare Datenrate liegt damit bei 1 Gbps.

Um alle diese Fülle von Funktionen bedienbar zu machen, wird eine gut durchdachte Benutzeroberfläche benötigt und genau das bietet die SDG7000A Serie auch. Aus dem graphisch aufgebauten Zentralmenü können alle Einstellungen schnell erreicht werden. Die Bedienung kann direkt am 5-Zoll große Touchdisplay erfolgen oder alternativ per Maus. Wie bei allen Siglent Geräten ist auch hier ein Webserver implementiert. Der Webserver macht die Installation einer zusätzlicher PC-Steuersoftware zur Fernsteuerung des Generators überflüssig. Die leistungsstarke Generator Serie ergänzt die neue Leistungsklasse von Siglent und ist ein weiterer Schritt auf dem Siglent-Weg. ◀

Knackratenanalyse nach CISPR14-1/EN55014-1, Edition 6

Mit der Ausgabe 6 (August 2016) der CISPR 14-1, EN55014-1 wurde die Messung von „diskontinuierlichen Störungen“ (Klicks) neu definiert. Narda/PMM offeriert mit dem Click Analyzer CA0010 zusammen mit dem FFT-basierenden Messempfänger 9010F eine kostengünstige, innovative und natürlich normkonforme Lösung: das CDD-4 Continuous and Discontinuous Disturbances Analysis and Verification Set. Mit dem kompakten System können leitungsgebundene Störungen von 10 Hz bis 30 MHz und eine Knackratenanalyse bei vier vorgeschriebenen Frequenzen (150 kHz/500 kHz/1,4 MHz/30 MHz) normgerecht (CISPR16-1-1) durchgeführt werden.

Weitere Merkmale und Funktionen:

- eingebaute 16-A-Netznachbildung (LISN), extern erweiterbar bis 3 Phasen/500 A
- Schaltzyklenzähler mit variabler Stromschwelle

- eingebauter hochentwickelter Kalibrator, der die Klicksequenzen und CISPR-Impulse generiert

Es wird somit eine vollständige Überprüfung eines Klickmessers auch von anderen Herstellern ermöglicht, ohne dass zusätzliche externe Geräte erforderlich sind.

PCA Software

PMM Click Analyzer zur Anzeige der im Speicher des Analysators aufgezeichneten Messdaten auf dem PC. Jedes einzelne Klickereignis kann mit der Zeitauflösung von 500 µs gemessen werden, um einen effektiven Vergleich mit den Zyklen des zu testenden Geräts zu ermöglichen.

PCG Software

PMM Klickgenerator zur Ausführung der komplexen CISPR-Testsequenzen

- Aufgrund der extrem einfachen Handhabung ist der Click Analyzer CA0010



auch für nur gelegentliche Klickmessungen geeignet.

Der PMM CA0010 ist zudem zukunftsorientiert: Er kann nicht nur die beiden derzeit gültigen normativen Bewertungsmethoden gemäß CISPR14-1 durchführen, sondern auch mittels Firmware Update an neue Methoden angepasst werden.

■ EMCO Elektronik GmbH
www.emco-elektronik.de

Tests der E112-Anruferortung

Eine neue Verordnung schreibt vor, dass alle Smartphones, die ab März 2022 in der Europäischen Union verkauft werden, die automatische Anruferortung bei 112-Notrufen unterstützen müssen. Um diese Funktion sicherzustellen, müssen die Geräte mit mehreren Positionierungssystemen kompatibel sein, die von der Europäischen Kommission festgelegt wurden. Rohde & Schwarz hat sein R&S TS-LBS Testsystems für standortbezogene Dienste entsprechend erweitert und bietet nun die erste Testlösung an, die die erforderlichen LBS-Konformitätstests unterstützt. Der Zertifizierungsdienstleister CETECOM nutzte die Testabläufe bereits zur Durchführung erster E112-Tests.

Hintergrund

Alle in der Europäischen Union verkauften Smartphones müssen ab dem 17. März 2022 der Delegierten Verordnung (EU) 2019/320 entsprechen. In dieser Ergänzung zur Funkanlagenrichtlinie (RED) 2014/53/



EU wird festgelegt, dass bei 112-Notrufen der Anruferstandort schnell und präzise an die Leitstellen übermittelt werden muss, damit Rettungskräfte schneller zum Unfallort gelangen können.

Anstelle einer harmonisierten Norm empfiehlt ein Richtlinienendokument der Europäischen Kommission Prüfverfahren für benannte Stellen, die die Smartphone-Hersteller bei der Konformitätsbewertung unterstützen. Die Konformität mit Galileo-, Advanced Mobile Location

(AML)- und WiFi- Positionsbestimmung wird verpflichtend.

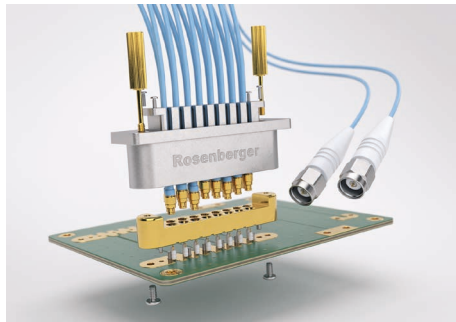
Sicherstellung der RED-Konformität

Rohde & Schwarz, mit jahrzehntelanger Erfahrung in den Bereichen Hardware und Software zur Sicherstellung der RED-Konformität, hat eine software-basierte Erweiterung seines etablierten R&S TS-LBS Testsystems für standortbezogene Dienste entwickelt, das so zu einer maßgeschneiderten Lösung gemäß dem Richtlinien-

dokument der EU-Kommission und dem kommenden ETSI-Standard TS 103 825 für AML-Protokolltests wird. Rohde & Schwarz arbeitet auch mit führenden Benannten Stellen und Testhäusern zusammen, um die Testlösung schneller verfügbar zu machen. Dazu gehört auch das führende Testhaus CETECOM, das bereits E112-Testservices angekündigt hat. Bei der Lösung von Rohde & Schwarz wird das zellulare Netz mit dem R&S CMW500 Wideband Radio Communication Tester emuliert, während das Zweifrequenz-E1+E5-GNSS-Signal für das Galileo-System von einem R&S SMBV100A Vektorsignalgenerator erzeugt wird. Dank der Automatisierungs-Software des Testaufbaus können alle in der EG-Richtlinie beschriebenen Testfälle automatisch ausgeführt werden, um einheitliche, schnelle und wiederholbare Ergebnisse sicherzustellen.

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

Multiport-Mini-SMP – für lötfreie Montage



Rosenberger bietet Multiport-Mini-SMP-Kabel-Assemblies und -PCB-Steckverbinder für die lötfreie Leiterplattenmontage. Die PCB-Steckverbinder bieten eine hervorragende Signalintegrität für alle Leiterplattentypen und können mit Mini-SMP bis RPC-2.92 Kabel-Assemblies für Frequenzen bis 40 GHz oder mit Mini-SMP bis RPC-1.85 Kabel-Assemblies für Frequenzen bis 65 GHz verbunden werden. Das System ist mit 8 oder 16 Kanälen erhältlich.

Das Multiport-Mini-SMP-System ist kostengünstig: lötfreie Konstruktion, einfache Montage mit Schrauben, Wiederverwendbarkeit (hohe Anzahl von Steckzyklen), geringer Abrieb, beschädigungsfreie Verbindung und Kompatibilität mit Standard Mini-SMP-Interface.

Anspruchsvolle Anwendungen in der industriellen Messtechnik sind die Prüfung von Halbleitertestsystemen, Systemtests oder Anwendungen, bei denen der Prüfling häufig wechselt.

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

Systemplattform mit SN-Einzelfaser-Steckverbinder



Das tML LWL-SN-Modul: High-Density im Patchbereich mit 384 Fasern auf einer Höheneinheit. Die tde – trans data elektronik stellte als erster Netzwerkexperte ein LWL-SN-Modul für ihre erfolgreichen Verkabelungsplattformen tML-Standard, tML24 und tML-Xtended bereit. Dafür hat die tde den kompakten SN-Steckverbinder von Senko

in ihre tML-Systemplattform integriert. Das Ergebnis: Mit 384 Fasern auf einer Höheneinheit im Patchbereich verdoppelt sich die Packungsdichte gegenüber LC-Duplex-Steckverbindern. Unternehmen und Netzwerktechniker sparen so wertvollen Platz in Rechenzentren. Im Rückraum setzt das neue Modul auf die bewährte MPO-Technologie mit Plug&Play-Funktionalität.

Branchenweit höchste Packungsdichte

Mit dem neuen tML LWL-SN-Modul unterstreicht die tde ihren Innovationsanspruch, Kunden immer die branchenweit höchste Packungsdichte zu bieten: Der Technologiepionier und langjährige und vertrauensvolle Partner von Senko kombiniert den Vorteil des hochkompakten SN-Einzelfaser-Steckverbinders mit ihren tML-Systemen. Indem Kunden bestehende tML-Systeme mit LC-Duplex-Modulen problemlos gegen LWL-SN-Module tauschen und aktualisieren können, erhalten sie die derzeit am Markt höchste Packungsdichte mit Einzelfaser-Steckverbindern.

„Die Anforderungen an Data Center sind enorm: Neben immer höheren Übertragungsraten, höchster Packungsdichte und besserer Verwaltbarkeit müssen sie auch den vorhandenen, wertvollen Platz optimal nutzen und dem Aspekt der Green IT Rechnung tragen. Mit dem neuen LWL-SN-Modul bieten wir Rechenzentren jetzt eine innovative Lösung für High-Density-Anwendungen und zukunftssichere Highspeed-Netzwerke mit Übertragungen von bis zu aktuell 400G“, sagt André Engel und fährt fort: „Das tML LWL-SN-Modul steigert die Packungseffizienz unseres skalierfähigen tML-Systems im Patchbereich nochmals deutlich.“

Einsparung teurer Fläche für mehr Green IT

Dank der kompakten Bauform des SN-Steckverbinder finden 24 x LWL-SN-Steckverbinder mit 48 Fasern in einem tML-Modul sowie 192 x 2 Fasern mit insgesamt 384 Fasern auf einer 19-Zoll-Höheneinheit Platz. Zudem ermöglicht das neue tML LWL-SN-Modul eine Vervierfachung der Portdichte gegenüber dem Branchenstandard. Im Rückraum setzen die tML-Module auf die bewährte MPO-Technologie. Dabei bindet das tML24-System zwei 24-Faser-MPOs ein. Daraus resultieren drastische Einsparungen an teurer Fläche, die zudem nicht klimatisiert werden muss, verbunden mit einem Mehr an Green IT.

Für Breakout-Anwendungen

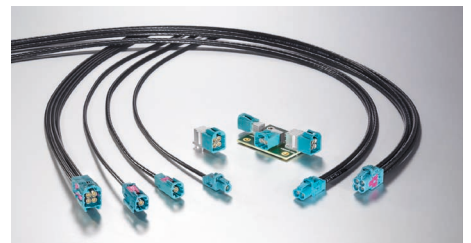
Den sehr schmalen Steckverbinder auf Basis der bewährten 1,25-mm-Ferrulen-Techno-

logie hat Senko für die neue Generation der High-Density-Transceiver OSFP (Octal Small Format Pluggable) und QSFP DD (Quad Small Form Factor Pluggable Double Density) mit Übertragungsraten von bis zu 400 G ausgelegt. Netzwerktechnikern eröffnen sich damit Optionen für Breakout-Anwendungen, indem sie die Übertragungsraten in Kanäle mit niedrigerer Kanalgeschwindigkeit aufteilen. Dadurch lassen sich die Chassis der aktiven Komponenten mit höheren Portzahlen und Packungsdichten effizienter nutzen.

„Wir freuen uns, dass wir Kunden mit der erfolgreichen SN- sowie mit der im letzten Jahr erfolgten MDC-Integration die Wahl lassen, auf welchen Wegen sie zu Highspeed-Übertragungen bis aktuell 400 G migrieren wollen“, sagt André Engel. „Dennoch bleibt die hochfaserige MPO-Verkabelung im Rückraum mit flexibler Modultechnik die zukunfts- und investitionssichere Lösung – wenn sie alle derzeit am Markt erhältlichen Steckverbinder integriert.“

■ *tde – trans data elektronik GmbH*
www.tde.de

Automotive-Steckverbinder mit Connector Position Assurance



High Speed FAKRA-Mini ist das leistungsfähigste System von Mini-Coax-Steckverbindern für die Automobilindustrie. Das koaxiale Steckverbinder-System ist für Frequenzen bis zu 20 GHz geeignet und das intelligente Baukastensystem sorgt für die schnelle Übertragung hoher Datenraten von bis zu 28 Gbps. Die sehr geringen Abmessungen ermöglichen eine Platzersparnis von bis zu 80% im Vergleich zu herkömmlichen FAKRA-Steckverbindern.

Die neue zusätzliche CPA (Connector Position Assurance) verhindert unerwünschtes Trennen der Steckverbindung und ermöglicht den Einsatz der Steckverbinder in sicherheitsrelevanten Anwendungen wie z.B. bei Fahrerassistenz- oder autonomen Fahrsystemen. CPA-Typen sind auch für andere Automotive-Steckverbinder von Rosenberger erhältlich.

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

Viel Power + ziemlich sparsam: Bluetooth-LE-Modul



Energieeffizient und trotzdem viel embedded Power – so lässt sich das BT40F BLE Modul von Fanstel beschreiben.

Es ist sehr flexibel einsetzbar und mit seinen Leistungsdaten die perfekte Antwort auf die heutigen Anforderungen der IoT-Welt (Ultra Low Power, hoher Datendurchsatz, große Reichweite). Das integrierte Nordic SoC nRF5340 mit einer Dual Core ARM Cortex M33 MCU meistert auch komplexe Applikationen und verfügt über

einen state-of-the-art 2,4 GHz Multiprotocol-Transceiver. Das BT40F BLE Modul verfügt über eine integrierte PCB-Antenne, ist aber als Variante BT40E auch mit einem externen Antennenanschluss erhältlich. Diese Flexibilität gewährleistet eine deutlich schnellere Time-to-Market und ermöglicht Anwendern kürzere Entwicklungszeiten. Im Vergleich mit seinen ebenfalls starken Modul-Brüdern BC805M, BM833AF oder dem BT840F legt das BT40F nochmal deutlich an Leistung zu.

Technische Features

Das BT40F BLE Modul ist reichhaltig ausgestattet und wartet mit einer Reihe an Schnittstellen auf. Neben zwei UARTs, 48 General Purpose I/O Pins und einem USB 2.0 Fullspeed (12 Mbps) Controller verfügt es über ein QSPI Interface, einen achtkanaligen 12 Bit ADC und einen internen Temperatursensor. Firmware Updates können Anwender ganz einfach Over-the-Air (OTA) einspielen. Das BT40F ist in Summe ein hervorragendes Device und eignet sich für eine Vielzahl von IoT-Applikationen mit Bluetooth Low Energy.

Die Key Features:

- nRF5340 QKAA, Dualcore ARM Cortex M33
- Application Core:** 128/64 MHz Cortex M33 with FPU and DSP instructions

1 MB flash, 512 KB RAM, 8 KB 2-way set associate cache
ARM TrustZone Cryptocell-312 Coprocessor
Network Core: 64 MHz Cortex M33 with 2 KB instruction cache
256 KB flash, 64 KB RAM

- 2.6 mA in RX and 3.2 mA in 0 dBm TX
- Size: 15 x 20.8 x 1.9 mm
- Programmable Peripheral Interconnect (PPI)
- 12 Bit/200 Ksps ADC, 8 configurable channels, programmable gain
- Audio Peripherals: I²S, Digital Microphone Interface (PDM)
- Both 32 MHz and 32.768 kHz crystal on board
- Operation Voltage: 1.7 to 5.5 V

■ *tekmodul GmbH*
www.tekmodul.de

Funkmodul für Zigbee-, IEEE-802.15.4- und ISM-Anwendungen



Das SKY65337-11 von Skyworks Solutions ist ein 2,4 GHz Tx/Rx Frontend Modul, das für Zigbee-, IEEE 802.15.4- und ISM-Band-Anwendungen entwickelt wurde. Es verfügt über einen hocheffizienten Sendepfad und einen verlustarmen bidirektionalen Pfad. Der Sendepfad dieses Moduls besteht aus einem harmonischen Filter und einem hocheffizienten Leistungsverstärker (PA) mit einem internen Balun, um die Verwendung von

differentiellen Eingangssignalen zu ermöglichen. Der bidirektionale Pfad enthält einen hochisolierenden Send-/Empfangsschalter (Tx/Rx) und einen Balun für einen rauscharmen Differenzausgang. Der Empfängerport mit differentiellem Ausgang ist bidirektional und kann verwendet werden, um das Modul in einem Sendemodus mit geringer Leistung zu betreiben. Der bidirektionale Pfad kann verwendet werden, um den Antennenanschluss direkt mit einem gerichteten HF-Anschluss zu verbinden. Das FEM liefert eine programmierbare Tx-Leistung von 10,5 bis 20,1 dBm mit einer Verstärkung von mehr als 7 dB.

Das SKY65337-11 benötigt eine DC-Versorgung von 3 V und verbraucht im Tx-Modus weniger als 145 mA. Es ist mit einem 28-poligen SMT-Gehäuse (gekapseltes MCM) mit den Maßen 8 x 8 mm erhältlich.

■ *Skyworks Solutions, Inc.*
www.skyworksinc.com

Kritische Longrange-Kommunikation auf 450 MHz



Mit dem 450-MHz-Zellularband – auch bekannt als Band 31 – gewährleisten Nutzer stabile Applikationen mit großer Netzabdeckung und tiefer Signaldurchdringung. Damit ermöglicht LTE 450 Longrange Communication passgenauen Einsatz für IoT-Geräte in kritischen Anwendungen wie Smart Grid, Smart Metering und für die öffentliche Sicherheit (samt Cat-M und NB-IoT Support). Obwohl das für 2G-Netzwerke vorgesehene Band mittlerweile seit vielen Jahren nutzbar ist, erlebt es derzeit einen Boom. Dieser ist auch

auf die vorhandene bzw. wachsende Verbreitung von LTE und 5G zurückzuführen. Dabei ist der Markt für kritische Kommunikation seit Jahren im Aufwärtstrend – und ein Ende ist nicht in Sicht. Außerdem stellen viele Regierungen das 450-MHz-Band unter ein gesetzliches Mandat, um beispielsweise die Energieversorgung ihres Landes sicherstellen zu können. Smart Cities beispielsweise benötigen belastbare Netzwerke, um den Betrieb einer Vielzahl von Applikationen zu gewährleisten. Welche Vorteile Anwender mit LTE 450 Longrange Communication haben und wie der aktuelle Entwicklungsstand ist, erfahren Sie im Whitepaper von Quectel – einfach kostenfrei bei tekmodul registrieren.

■ *tekmodul GmbH*
www.tekmodul.de

Neue LTE-Cat-1-Modulplattformen



Von u-blox kommen zwei Erweiterungen seines LTE-Cat-1-Mobilfunkangebots. Das u-blox Lara-R6 ist das branchenweit kleinste LTE-Cat-1-Modul mit weltweiter Abdeckung. Das u-blox Lena-R8 enthält einen Empfänger für das globale Navigationssatellitensystem (GNSS), das auf der u-blox M10-Plattform basiert. Zusammen umfassen die Module fünf zertifizierte globale, multiregionale und regionale Produktvarianten, die die Logistik für Produktentwickler vereinfachen und die Design-Flexibilität erhöhen.

Die Module bieten Geräteherstellern, die mit der bevorstehenden Einstellung der 2G- und 3G-Mobilfunkdienste konfrontiert sind, einen zukunftssicheren Übergang auf 4G für Daten-Streaming-Anwendungen. Darüber hinaus bieten sie MQTT-Anywhere- und MQTT-Flex-Anbindung über die Thingstream-Plattform von u-blox und ermöglichen so eine stromsparende,

kostengünstige Anbindung mit weltweitem, nahtlosem Roaming.

Lara-R6 für maximale Leistungsfähigkeit bei schwieriger Abdeckung

Die professionelle Modulare Lara-R6 verfügt über zwei Rx-Antennen für zuverlässigen Signalempfang in Bereichen bei schwieriger Abdeckung, z.B. in Innenräumen, sowie für Anwendungen, die eine Sprachkommunikation über VoLTE (Voice over LTE) erfordern. Das sicherheitsorientierte Modul bietet eine Root of Trust, sicheres Booten und sichere Kommunikation mit regelmäßigen Sicherheits-Updates. Sein Funktionsumfang macht das Lara-R6 zu einem nahezu idealen Mobilfunkmodem für Telematik-, Ortungs- und Gesundheitsanwendungen sowie für Alarmzentralen, Smart Meter und Point-of-Sale-Einrichtungen.

Lara-R6 umfasst eine weltweit zertifizierte Variante mit 18 LTE-Frequenzbändern und 2G/3G Fallback für universelle Anbindung. Die Serie deckt auch eine von nordamerikanischen Mobilfunknetzbetreibern (AT&T, Verizon, FirstNet oder T-Mobile) zertifizierte Variante ab, genauso wie eine multiregionale Variante für den Einsatz in den Märkten EMEA, APAC, Japan und LATAM, die alle erforderlichen LTE-Bänder und -Techniken unterstützt.

Lena-R8 für kostensensible Tracking- und Telematik-Anwendungen

Die Standardmodule der Serie LENA-R8 richten sich an Kunden in den Bereichen Tracking und Telematik, die ihre Kosten im Zusammenhang mit der Stückliste und den Datengebühren minimieren möchten. Das kompakte Modul bietet ein ausgewogenes Preis/Leistungsverhältnis mit einer einzigen Rx-Antenne und richtet sich hauptsächlich an Kunden in den Regionen EMEA, APAC und Südamerika. Lena-R8 unterstützt eine breite Palette von Frequenzbändern mit 2G Fallback und bietet mit einer einzigen SKU maximale Roaming-Abdeckung für globale Tracking-Anwendungen.

Eine Variante der Serie Lena-R8 wird mit einem stromsparenden

u-blox-M10-GNSS-Empfänger für hochleistungsfähiges Asset-Tracking geliefert, was den Integrationsaufwand und die Markteinführungszeit reduziert. Das Modul macht keine Kompromisse in Bezug auf die GNSS-Leistungsfähigkeit und kann gleichzeitig bis zu vier GNSS-Konstellationen für maximale Positionsverfügbarkeit empfangen.

Alle Varianten der Serien Lara-R6 und Lena-R8 unterstützen CellLocate, den mobilfunkbasierten Ortungsdienst von u-blox, der auch bei fehlenden GNSS-Signalen grobe Positionsdaten bereitstellt.

„Lara-R6 und Lena-R8 sind wichtige Ergänzungen unseres LTE-Cat 1-Angebots und erfüllen die wachsende Nachfrage nach kleinen IoT-Lösungen für weltweite Märkte mit nahtlosem Roaming und niedrigen Datenkosten“, erklärte Drazen Drinic, Product Manager Cellular bei u-blox. „Beide Module bieten weltweites Roaming mit einer einzigen SKU, was die Logistik und das Lieferkettenmanagement erheblich vereinfacht. Die kleine Baugröße beider Module bietet Produktentwicklern mehr Design-Flexibilität und die Möglichkeit, kleinere Formfaktoren zu erstellen.“

■ u-blox AG
www.u-blox.com

Mehr Power mit SoC BLE Modul



Neuigkeiten aus Arizona: Mit dem BluNor BC840 BLE Modul bekommen Anwender in gleich vier Varianten die ganze Expertise des Bluetooth-Partners Fanstel von tekmodul! Das BC840 ist ein leistungsfähiges Bluetooth-Low-Energy-Funkmodul, das durch seine hohe Flexibilität überzeugt. Die weiter wachsende Nachfrage nach extrem energiesparsamen Applikationen – gerade im industriellen IoT – machen das BC840 zu einem kompetenten Partner für eine Vielzahl an Anwendungen. Dank seines Nordic nRF52840 SoC

samt ARM Cortex M4F MCU (1 MB flash, 256 KB RAM) verfügt es über genügend Leistungsreserven, um in verschiedenen Applikation genügend Power zu liefern. Außerdem hat das BLE-Modul bereits einen 2.4-GHz Multiprotocol Transceiver sowie eine PCB-Antenne integriert. Damit gewährleisten Nutzer eine wesentlich kürzere Time-to-Market und sparen nebenbei auch noch Entwicklungskosten.

Bei den Reichweiten unterscheiden sich die einzelnen Versionen der BC840-Serie je nach Anwendungsgebiet:

5G Engineering: Release 16 Modul ist verfügbar



Mit dem neuen RM520N 5G Rel 16 Funkmodul von Quectel kann tekmodul das High-End-Funkmodul der neusten Generation als Engineering Sample anbieten. Dabei wird potentielle Anwender das speziell für eMBB und IoT entwickelte RM520N vor allem mit seinen zahlreichen Neuerungen und Features überzeugen.

Weltweiter Einsatz

Das M.2-Modul ist für weltweiten Einsatz ausgelegt und kann auf zusätzliche Bänder zurückgreifen. Dabei ist es mit hauseigenen 5G-Modulen der RM50xQ-AE-Serie sowie mit weiteren Quectel-Produkten kompatibel (LTE-A Cat6 Modul EM06, Cat 12 EM12-G/EM12xR-GL, Cat 16 EM160R-GL). Das bedeutet eine deutlich einfachere Migration von LTE-A zu 5G. Außerdem zeigt es sich im NSA-Betrieb deutlich flexibler und bietet deutlich mehr Möglichkeiten bei der Carrier Aggregation. Selbstredend unterstützt das RM520N sowohl Nonstandalone- als auch Standalone-Modi.

Viel Ausstattung und Funktionen beim RM520N

Darüber hinaus verfügt das Sub-6-GHz-Modul über ein neues PCIe4.0-Hostinterface sowie USB 3.1 und unterstützt optional eSIM. GNSS Funktionalität ist bereits embedded und dank des

Wegfalls von 3G (UMTS) können Nutzer zusätzlich Kosten sparen. Der bereits integrierte GNSS Receiver erleichtert das Produkt-Design und ermöglicht schnelleres, genaueres und wesentlich verlässlicheres Positioning. Außerdem mit an Bord sind auch der Support für die Qualcomm

IZat Location Technology Gen9C Lite (GPS, Glonass, BeiDou/Compass und Galileo) sowie viele Schnittstellen für beste Konnektivität (u.a. USB/PCIe Treiber für Windows 7/8/8.1/10, Linux, Android). Dadurch eignet sich das RM520N hervorragend für eMBB- und IoT-Applikationen in industriellen Laptops, Routern und PDAs, aber auch in Anwendungen für digitale Leitsysteme oder in der Videoüberwachung.

Weitere Daten zum RM520N 5G Rel 16:

- 5G/4G/3G multi-mode module with M.2 form factor
- 5G NR: 3GPP Release 16 NSA/SA operation, Sub-6 GHz
- worldwide 5G and LTE-A coverage
- multi-constellation GNSS receiver available for applications requiring fast and accurate fixes in any environment
- both NSA and SA modes supported
- Sub-6 CA: FDD + FDD, TDD + TDD, FDD + TDD 2CA
- LTE Category: DL Cat 19/UL Cat 18
- feature refinements: DFOTA and VoLTE (optional)
- dimensions: 52 × 30 × 2,3 mm ◀

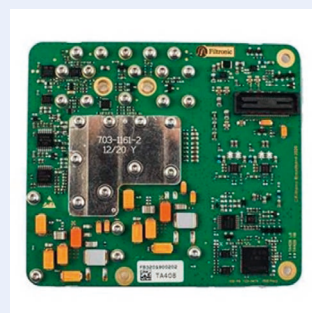
E-Band-HF-Transceiver

Der Morpheus II von Filtronic ist ein E-Band-HF-Transceiver, der eine schlüsselfertige Lösung für mobile XHaul-Anwendungen der Carrier-Klasse bietet. Dieser Transceiver verfügt über integrierte Tx/Rx-Module, die von 71...76/81...86 GHz arbeiten, und er verfügt über einen Diplexer, der mit einer Antenne verbunden werden kann.

Weitere Daten:

- Impedanz: 50 Ohm
- Leistung: 40 dBm
- SWR: 1,1 bis 1,3
- Oberflächenmontage RoHS

Das Modul enthält alle Send- und Empfangsfunktionen, die für den HF-Teil einer E-Band-Verbindung erforderlich sind, und bietet eine einfache Verbindung zu einem Vollduplex-Modem mit hoher Datenrate. Dieser Transceiver liefert eine gesättigte Ausgangsleistung von 27 dBm und hat



ein Phasenrauschen von -112 dBc/Hz bei 1 MHz. Er kann eine Datenrate von bis zu 10 Gbit/s und eine spektral effiziente 256QAM-Modulation unterstützen.

Dieser Transceiver benötigt eine DC-Versorgung von 5 V und verbraucht einen erheblichen Strom. Der Millimeterwellen-Transceiver unterstützt ECC/ITU-Kanalplanungen, und ein phasenrauscharmer VCO kann über eine SPI-Schnittstelle daran angeschlossen werden. Er ist in einem Modul mit Standard-WR12 erhältlich.

■ Filtronic
www.filtronic.com

tekmodul GmbH
www.tekmodul.de

Key Facts der BC840-Serie:

- schneller Nordic SoC mit ARM Cortex MCU für Top-Leistung
- sehr verbrauchsarm
- kompakter Formfaktor
- flexibel einsetzbar
- Transceiver + PBC-Antenne
- Sicherheitsniveau auf Industriestandard schützt vor Hacking
- gute Verfügbarkeit

■ tekmodul GmbH
www.tekmodul.de

Codeselektive EMF-Messungen an 5G-Trägern

Die elektromagnetische Feldstärke (EMF) stellt die gesamte elektromagnetische Strahlung an einem Ort dar. Sie wird durch Leistungsmessungen ermittelt, für die eine kalibrierte Antenne mit einer bekannten Gewinncharakteristik erforderlich ist. Mithilfe der Flächenleistungsdichte in W/m^2 lässt sich in einem zweiten Schritt mittels mehrerer mathematischer Formeln die elektrische Feldstärke in V/m berechnen. Über den Wellenwiderstand des Raumes von 377 Ohm kann man daraus auf die magnetische Feldstärke schließen. Im Fernfeld ist die Energie immer zu gleichen Teilen auf elektrisches (E-) und magnetisches (H-)Feld verteilt. Das codeselektive Verfahren identifiziert mittels Demodulation

- Träger,
- Funkzellen und
- Antennenstrahlen (Beams)



und ermittelt ihren jeweiligen Beitrag zur elektromagnetischen Feldstärke. 5G NR wendet neue Techniken wie Beamforming an. Dabei wird das Funksignal sehr konzentriert auf den Nutzer ausgerichtet, um insgesamt Strahlungsleistung zu sparen und um den Signal/Störungs-Abstand (SINR) zu optimieren und somit einen hohen Datendurchsatz zu erzielen. Allerdings kann dies zu Stellen mit erhöhter EMF-Immissionsbelastung in der Umgebung führen. Für die

Messung ist ein Suchlaufempfänger mit einer 5G-NR-Demodulationsfunktion erforderlich, um Träger, Funkzellen und Antennenstrahlen zu identifizieren. Innerhalb eines bestimmten Gebiets müssen für jede Funkzelle und jeden Antennenstrahl die maximalen Immissionspegel gemessen werden, um zu verstehen, wie es zu Stellen mit höherer Immissionsbelastung kommt. Alle im Feld gemessenen Daten müssen für die Protokollierung und spätere Nachverarbeitung verfügbar sein. Im Nachgang können Extrapolationsfaktoren angewendet werden, um die Leistungs-Offsets zwischen 5G-NR-Signalen nachzubilden.

nach Informationen von

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

Keysight und Qualcomm demonstrieren im Uplink 3,5 Gbit/s mit 5G CA



5G New Radio Carrier Aggregation (CA) ist die Grundlage zu einem industriellen Meilenstein für Anwendungsfälle mit hohen Daten-Upload-Anforderungen. Keysight Technologies hat in Zusammenarbeit mit Qualcomm Technologies Inc. einen Datendurchsatz im Uplink von 3,5 Gbps unter Verwendung von 5G New Radio Dual Connectivity mit mmWave CA gezeigt.

Der Meilenstein wurde durch die Kombination des 5G Protocol R&D Toolset von Keysight und der 2D Multi-Probe Anechoic Over-the-Air Testkammer mit einem Snapdragon X65 5G Modem RF System erreicht.

Anwendungsfälle wie das Streaming von Live-Videoinhalten, Spiele und die Datensicherung in einer Cloud-Umgebung hängen von kabellosen Verbindungen ab, die ein schnelles und zuverlässiges Hochladen von großen Datenmengen unterstützen.

„Keysight freut sich über die Zusammenarbeit mit Qualcomm Technologies, um als Erste in der Branche diesen Meilenstein zu erreichen“, sagte Mosaab Abughalib, General Manager des Bereichs Device Development Solutions bei Keysight. „Der Bedarf an hohen Uplink-Datendurchsatzraten nimmt zu, ein Trend, der durch eine Viel-

zahl von 5G Consumer-Anwendungen, kabellosen Breitbandzugängen für Unternehmen und eine wachsende Zahl individueller 5G-Implementierungen, die industrielle Internet-of-Things-Anwendungsfälle unterstützen, vorangetrieben wird.“

Das 5G Protocol R&D Toolset von Keysight, Teil des Lösungsportfolios für die 5G-Netzwerke-mulation des Unternehmens, nutzt die UXM 5G Wireless Test Platform von Keysight, eine integrierte und kompakte Signaltestplattform mit Multiformat-Stack-Unterstützung, umfangreicher Rechenleistung und reichhaltigen HF-Ressourcen, um ein 5G NR Networks zu emulieren. Die Demo im Labor von Qualcomm Technologies in San Diego nutzte die 5G-NR-DC-Technologie im 5G-NR-Standalone-Modus. Der Meilenstein wurde mit einem Component Carrier (CC) im Frequenzbereich 1 (FR1) und vier CCs im FR2 (auch als mmWave-Spektrum bezeichnet) erreicht.

„Gemeinsam mit Keysight hat Qualcomm Technologies mehrere wichtige Branchenmeilensteine realisiert, die die Wireless-

Industrie in die nächste Phase der 5G-NR-Implementierungen führen werden“, sagte Krishna Mandadapu, Senior Director, Engineering bei Qualcomm Technologies, Inc. „3,5 Gbps sind für viele Anwendungen von entscheidender Bedeutung, etwa für Uplink-Breitbandkonnektivität zur effektiven Cloud-Speicherung von Daten und hochauflösendem Live-Streaming.“

5G-Netzwerk-Emulationslösungen

Qualcomm Technologies nutzt die 5G-Netzwerk-Emulationslösungen von Keysight, um 5G NR 3GPP Rel-16 Protokoll-, HF- und Funkressourcen-Management-Testanforderungen im Standalone-Modus zu verifizieren. Dies ermöglicht es dem Modemanbieter, von der frühen kommerziellen Einführung fortschrittlicher 5G-NR-Funktionen zu profitieren und damit die Einführung von Anwendungen für intelligente Fabriken, Industrieautomatisierung, Smart City und autonome Fahrzeuge zu beschleunigen.

■ Keysight Technologies
www.keysight.com

HF-Leistungsverstärker für den EMC-Markt



E-REON B.V. stellt eine neue Serie von Leistungsverstärkern für den EMV-Markt vor. Die Geräte sind als 19-Zoll-Rack-Variante oder in Modulbauweise verfügbar. Maßgeschneiderte kundenspezifische Verstärkersysteme runden das Produktportfolio ab.

Es werden die Frequenzbereiche 1,8 bis 200 MHz, 30 bis 512 MHz und 20 bis 1000 MHz abgedeckt. Spezifische Lösungen für das L-, S- und C-Band ermöglichen auch Prüfungen zur Design-Verifikation. Mit Leistungsstufen von einigen Watt bis zu einigen kW

eignen sich diese Verstärker hervorragend für den Einsatz in EMV-Laboren, Forschung & Entwicklung sowie für Systemintegratoren aus dem Bereich Automotive, Militär und Telekommunikation.

E-REON B.V. ist ein niederländischer Hersteller von HF- und MW-Hardware-Lösungen. Alle Produkte werden in den dortigen Niederlassungen entwickelt und hergestellt.

■ *mmt gmbh*
Meffert Microwave
Technology
www.meffert-mt.de

3-W-Solid-State-Tischverstärker für 1 bis 18 GHz



Exodus Advanced Communications bietet einen Verstärker als SSPA-Tischmodell an, den AMP2087-1 mit 1 bis 18 GHz und nominell 3 W. Dieses Modell erzeugt aber eine typische Leistung von 4 W, $P_{1dB} > 1$ W und hat eine minimale Leistungsverstär-

kung von 36 dB. Das Gerät ist eine kompakte Tischkonfiguration für optimale Zuverlässigkeit und Robustheit. Der Verstärker hat Nennmaße von 265 x 88 x 229 mm mit SMA-Buchsen. Exodus Advanced Communications, „Exodus“, ist ein „Best-in-Class“-SSPA-Hersteller, der Produkte von 10 kHz bis über 51 GHz liefert.

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

Leistungsverstärker liefert 250 W von 80 bis 1000 MHz



Der AMP2040B-LC von Exodus Advanced Communications ist ein Halbleiter-Leistungsverstärker (SSPA), der von 80 bis 1000 MHz arbeitet. Es liefert eine Ausgangsleistung von mehr als 250 W bei einer Verstärkung von 54 dB. Dieser lineare Klasse-A/AB-Verstärker ist mit integrierten Schutzschaltungen für eine umfassende Überwachung ausgestattet einschließlich Vorwärts-/Reflexionsleistungs-Überwachung, SWR, Spannungs-/Strom-/Temperaturmessung für hervorragende Zuverlässigkeit und Robustheit. Die Störpegel sind weniger als -60

dBc und die Oberwellen erreichen maximal -20 dBc.

Der SSPA ist in einem rack-montierbaren 3U-Gehäuse erhältlich mit den Maßen 430 x 133 x 600 mm mit N-Typ-Buchsen. Er benötigt eine Wechselstromversorgung von 100 bis 240 V und verbraucht weniger als 1200 W. Der Verstärker ist für EMV-Tests, EMI/RFI, Labor- und alle Kommunikationsanwendungen ausgelegt.

■ *Exodus Advanced Communications*
www.exodus.com



AHL family
Switchable

ONE OF THE
WORLD BEST LNA

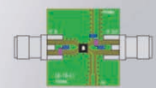
5G 3.3~3.8 GHz, 4.5~5.0 GHz

AHL5220T8 | NF 0.57 dB

AHL5318T8 | NF 0.59 dB

GPS / GNSS 1.1~1.7 GHz

AHL5216T8 | NF 0.28 dB



▲ NF @ SMA-to-SMA



CompoTEK

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



Eingebettete Antenne für Remote-Geräte in den LTE-Bändern 410/450 MHz



Antenova, Ltd, der in Großbritannien ansässige Hersteller von Antennen und HF-Antennenmodulen für M2M und das IoT, hat seine neueste Antenne namens Atta für LTE- und Smart-Wireless-Einsätze in den 410- und 450-MHz-Bändern vorgestellt.

Die Atta-Antenne ist eine flexible gedruckte Schaltung (FPC) und misst 101 x 20 x 0,15 mm. Sie wird mit einem I-PEX-Gegenstecker zur direkten Integration auf einer Leiterplatte und einem selbstklebenden Pad zur einfachen Fixierung geliefert. Sie ist daher einfach in ein Design zu integrieren.

Das LTE-450-Spektrum ist relativ neu, mit 65 Bereitstellungen in Nordamerika, Südamerika, Europa, Afrika und Asien, und LTE 450 ist in 25 davon verfügbar. Es wird erwartet, dass dies zunehmen wird, da Frequenzen in mehr Regionen zugeteilt wer-

den. LTE 450 MHz wird von privaten Netzbetreibern in den Bereichen Energieversorgung, öffentliche Sicherheit und Verkehr verwendet. Sie nutzen es für M2M-Verkehr, Smart Grids, Smart Cities, das Aufladen von Elektrofahrzeugen und ländliche Breitbandnetze. Europa ist führend bei der Einführung mit Versorgungsunternehmen, die LTE 450 MHz für kritische Kommunikation und automatisierte Infrastruktur zur Zählerablesung verwenden, die abgelegene Gebiete verbindet. Das 450-MHz-Band schneidet für diese Anwendungen im Vergleich zu 900 MHz günstiger ab, da bei 900 MHz vielmals so viele Basisstationen benötigt werden, um das gleiche geografische Gebiet abzudecken.

Die Atta-Antenne ist nahezu ideal, um Konnektivität für Geräte in diesen Netzwerken bereitzustellen, insbesondere Messgeräte und robuste Smartphones sowie mobile Handgeräte mit Cat-4-Modulen.

Michael Castle, Product Marketing Manager bei Antenova, sagt: „Die 450-MHz-Frequenz ermöglicht eine gute Antennenausbreitung und eine zuverlässigere Abdeckung sowie eine große

Abdeckung für jede Basisstation bei geringeren Infrastrukturkosten, und eine flexible Antenne bietet Designern eine Reihe von Optionen für das Produktdesign. Die Antenne kann gefaltet, gebogen oder flach in einem Design platziert oder in das Gehäuse eines kleinen Geräts gesteckt werden. Die Atta-Antenne ist in Muster- oder Produktionsstückzahlen erhältlich, daher ist sie eine gute Wahl für OEMs und spezialisierte Wireless-Design-Projekte.“

Atta ist die neueste Ergänzung des Produktportfolios von Antenova, das eine Auswahl an winzigen, eingebetteten Antennen für LTE, 5G und LP-WAN umfasst.

Robuste FCC/ETSI-RFID-Antenne mit niedrigem Profil



Die AN520 von Zebra ist eine robuste RFID-Antenne für Innen- und Außenumgebungen. Diese rechtszirkular polarisierte Antenne bietet einen Gewinn von 5,5 dBic und hat ein SWR von 1,4. Sie arbeitet von 902 bis 928 MHz für FCC und 865 bis 868 MHz für ETSI.

Die Antenne hat eine 3-dB-Strahlungsbreite von 115° in beiden Ebenen und ein Achsenverhältnis von 2 dB. Sie kann eine Eingangsleistung von bis zu 3 W verarbeiten. Diese Antenne ist in einem IP68-zertifizierten Gehäuse mit den Maßen 150 x 150 x 14 mm mit SMA-Buchsen erhältlich. Sie kann bündig montiert werden und eignet sich für den Einsatz im Einzelhandel, in der Lagerverwaltung, in der Fertigung, in der Kühltette, in der Luftfahrt und in Unternehmensanwendungen.

■ Zebra, Inc.
www.zebra.com

Antenova, Ltd.
www.antenova.com

Signale zuverlässig verteilen – TeleMax Schaltfelder



- Individuell konfigurierbar
- Lokal und Remote steuerbar
- Bestückbar mit SPDT bis SP18T



Telemeter Electronic

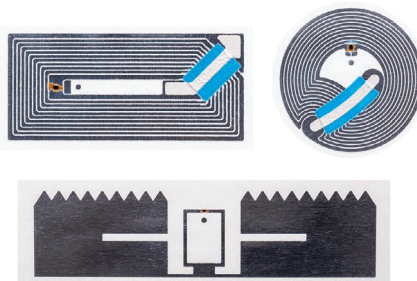
info@telemeter.de · www.telemeter.info
Wir liefern Lösungen...

Flexible UHF RFID Tags

Identiv stellt flexible UHF RFID Tags zur Platzierung auf Metalloberflächen vor. Der Verstärkungsregelbereich beträgt 20 dB, die gesättigte Leistung CW/gepulst EMI/RFI wird über 3 dB

Abfall mit 53,98 bis 54,77 dBm angegeben. Die Eingangsleistung ist typisch 10 dBm, der 4:1-Stromverbrauch beträgt 1,2 kW. Die Betriebstemperatur ist 0 bis 50 °C. Der Anschluss ist vom N-Typ. Die Abbildung zeigt ähnliche Produktbeispiele.

■ Identiv, Inc.
www.identiv.com



Koaxialverstärker versorgt das 2,4-GHz-ISM-Band



Der neue Solid-State Power Amplifier (SSPA) ZHL-2425-250+ von Mini-Circuits wartet mit einer typischen CW- oder gepulsten Ausgangsleistung von 300 W (54,8 dBm) über das ISM-Band von 2,4 bis 2,5 GHz auf. Er bietet eine typische Verstärkung von 42 dB mit einer typischen Power-Added-Effizienz (PAE) von 60%, misst aber nur 6,75 × 2,2 × 0,8 Zoll (171,45 × 55,88 × 20,32 mm) mit MCX-Eingangs- und N-Typ-Ausgangsanschlüssen. Der robuste 50-Ohm-Verstärker verfügt über eine einfache TTL-Steuerung und zieht 16 A bei 32 V DC.

Verstärker für Signale mit 0,5 bis 10 GHz



Der Breitband-50-Ohm-Verstärker ZVA-1W-103+ von Mini-Circuits liefert eine typische Verstärkung von 37 bis 40 dB von 0,5 bis 10 GHz mit einer typischen Verstärkungsflachheit von ±1,5 dB und einer typischen gesättigten Ausgangsleistung von 1,5 W (32 dBm). Er behält eine Rauschzahl von 5 dB oder weniger im Einsatzfrequenzbereich bei und zieht typischerweise 750 mA bei 15 V DC. Der RoHS-konforme Verstärker ist mit oder ohne Kühlkörper erhältlich und verfügt über SMA-Buchsen als Eingangs- und Ausgangsanschlüsse und eignet sich gut für Radar- und Kommunikationsanwendungen.

USB-Umschalter für Signale mit 0,1 bis 30 GHz

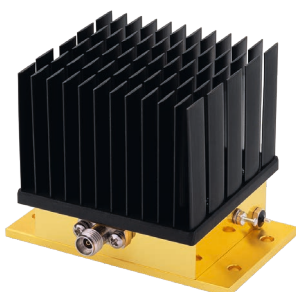
Das Modell USB-1SP2T-34 von Mini-Circuits ist ein einpoliger Doppelschalter (SPDT)

mit einer hohen Isolation und geringen Verlusten von 0,1 bis 30 GHz. Die typische Isolation beträgt 55 dB oder besser und die Einfügungsdämpfung 2,8 dB bis 20 GHz und 4,4 dB bis 30 GHz. Die Schaltgeschwindigkeit beträgt 2 ms vom USB-Befehl bis zur Änderung des Schalterzustands.



Der 50-Ohm-Schalter eignet sich nahezu ideal für Kommunikation, Radar und Tests, verarbeitet zu 27 dBm Leistung bei 1-dB-Komprimierung über 2,92-mm-Anschlüsse und verbraucht 80 mA von einer 5-V-DC-Versorgung.

Verstärker für kleinere Pegel mit 0,8 bis 21 GHz



Das Modell ZVA-213A-S+ von Mini-Circuits ist ein Verstärker mit mittlerer Leistung und erzeugt eine typische Ausgangsleistung von 0,5 W bei Sättigung im Bereich von 0,8 bis 21 GHz. Es behält eine typische Verstärkung von 24 dB bei einer Verstärkungsflachheit von ±1,5 dB und einer typischen Rauschzahl von 4 dB über den Einsatzfrequenzbereich bei. Der 50-Ohm-Verstärker umfasst Überspannungs- und Verpolungsschutz sowie SMA-Buchsen als Eingangs- und Ausgangsanschlüsse. Er zieht einen typischen Strom von 400 mA aus einer 12-V-DC-Versorgung. Das typische Eingangs-/Ausgangs-SWR beträgt 1,35. Der Kompaktverstärker ist mit oder ohne Kühlkörper lieferbar.

Winziges LTCC-Filter lässt Signale mit 27,5 bis 30 GHz durch



Das Modell BFCQ-2872+ ist ein LTCC-Bandpassfilter von Mini-Circuits und weist eine niedrige typische Einfügungsdämpfung von 1,2 dB im Durchlassbereich von 27,5 bis 30 GHz auf. Das RoHS-konforme Filter, das eine Eingangsleistung von 1 W verarbeiten kann, basiert auf einem proprietären LTCC-Materialsystem mit hoher Wiederholbarkeit der technischen Daten. Es bietet eine typische Unterdrückung von 22 dB oder mehr für das untere Sperrband von 0,1 bis 22,2 GHz und von 28 dB oder mehr über ein oberes Sperrband von 35,3 bis 55 GHz. Sein LGA-Gehäuse misst nur 2,5 × 2 mm.

Kompaktes LTCC-Filter für 6,7 bis 8,6 GHz



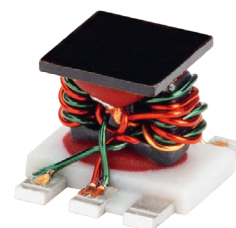
Das Modell BFHK-7851+ ist ein LTCC-Bandpassfilter von Mini-Circuits und lässt Signale mit 6,7 bis 8,6 GHz bei einer typischen Durchlassbanddämpfung von 3,2 dB und einer Rückflussdämpfung von 13 dB durch. Der oberflächenmontierbare Filter ist in einer abgeschirmten LGA-Konfiguration mit 1812-Gehäuse mit den Abmessungen von 4,5 × 3,2 mm aufgebaut und bietet eine typische Unterdrückung des unteren Sperrbands von 0,1 bis 4,6 GHz von 80 dB und eine typische Unterdrückung des oberen Sperrbands von 10,9 bis 18,5 GHz von 80 dB. Er bewältigt eine Eingangsleistung von 1 W für Luft- und Raumfahrt-, Verteidigungs- und Testanwendungen.

MMIC-Verstärker reduziert Rauschen von 13,5 bis 17 GHz



Das MMIC-Verstärkermodell TSY-173LN+ von Mini-Circuits zeichnet sich durch eine niedrige Rauschzahl und eine positive Verstärkungsflanke im Bereich von 13,5 bis 17 GHz aus. Die Rauschzahl beträgt typischerweise 1,2 dB über den gesamten Frequenzbereich, während die typische Verstärkung von 15,6 dB bei 13,5 GHz auf 16,8 dB bei 17 GHz ansteigt. Der Verstärker erreicht 8,4 dBm Ausgangsleistung bei 1 dB Kompression. Er wird mit einem 2 × 2 mm großen Gehäuse mit sechs Anschlüssen geliefert, arbeitet mit 3-V-DC-Versorgung und 2,5-V-DC-Steuerung und umfasst ESD-Schutz der Klasse 1C und automatische Abschaltung.

Oberflächenmontierter HF-Transformator für Signale mit 50 bis 1800 MHz



Der 75-Ohm-Breitband-HF-Transformator TCM-182-75X+ von Mini-Circuits eignet sich für verschiedene Übertragungsanwendungen in dichten Schaltungen mit Signalen mit Frequenzen von 50 bis 1800 MHz. Mit einer typischen Einfügungsdämpfung von Eingang zu Ausgang von 1 dB und einem sekundär/primär-Impedanzverhältnis von 2 eignet sich der RoHS-konforme oberflächenmontierbare Transformator für Impedanzänderungen in Verstärkern und Kommunikationsgeräten. Er misst 0,16 × 0,15 × 0,16 Zoll (4,06 × 3,81 × 4,06 mm) und behält die typische Amplitudenunsymmetrie innerhalb von 1,1 dB und eine Phasenunsymmetrie von 9° im Einsatzfrequenzbereich bei.

■ Mini Circuits
www.minicircuits.com

Von Milliwatt bis Kilowatt – Abschlusswiderstände für alle Leistungsklassen



Abschlusswiderstände gibt es in verschiedensten Bauformen und Ausführungen, ob als Kunstantenne für leistungsstarke Sendeanlagen, zur Integration in Messgeräten oder als Komponente in einem Laboraufbau. In vielen Anwendungen sind diese essenziell.

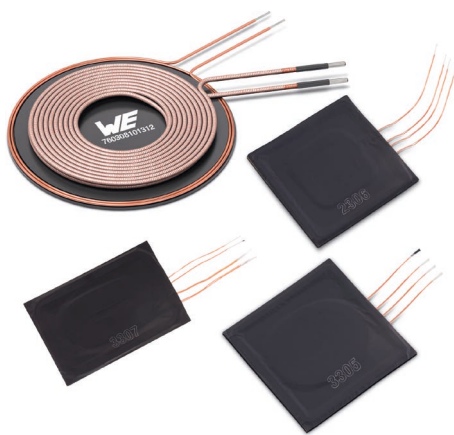
Für solche Fälle bietet Telemeter Electronic ein umfangreiches Sortiment an Abschlusswiderständen an. Der Einbau erfolgt dabei in unterschiedlichsten Ausführungen: einlötfar als SMD oder mittels Lötflanke und Anschlussflansch, Koaxialverbinder wie N/SMA oder mittels Hochleistungsflansch wie EIA 6.1/8

Zoll. Das Standardsortiment wird selbstverständlich durch zusätzliche kundenspezifische Lösungen sinnvoll ergänzt.

Besonders hervorzuheben ist der angebotene kundenspezifische Service. Hier kann bei Telemeter Electronic eine Anpassung an Standardmodelle vorgenommen werden oder gleich eine Neuentwicklung entstehen. Dies ist je nach Bauform und verwendeter Halbleitertechnologie auch schon bei kleineren Stückzahlen möglich.

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

Erweitertes Wireless-Power-Spulenportfolio



Mit WE-WPCC WPT/NFC sticht eine besonders innovative Lösung von Würth Elektronik aus dem umfangreichen Portfolio an Spulen für die kabellose Energieübertragung heraus: die Wireless-Power-Spule mit integrierter NFC-Antenne. Dieses Angebot wurde jetzt auf fünf Modelle erweitert, mit Receiver-Spulen für die Übertragungsleistungen von bis zu 30, 40 und 50 W sowie

Transmittern für 100 und 120 W. Die Transmitter können nach den Standards Qi (5 W und 15 W) und Air Fuel Alliance zum Laden von Consumer Elektronik wie Smartphones, Smartwatches, Wearables, Digitalkameras oder Tablets eingesetzt werden und gleichzeitig Daten für Identifikations- oder Bezahlanwendungen übertragen. Würth Elektronik ermöglicht zugleich die Nutzung in proprietären Industrielösungen mit höherer Leistung.

Kabellose Energieübertragung ist vor allem dann interessant, wenn mobile Geräte gekapselt werden sollen – etwa in der Medizintechnik. Deshalb sind die Wireless-Power-Spulen so ausgelegt, dass sie sich auch außerhalb der beiden vorher genannten Standards für Consumer Elektronik einsetzen lassen. Hatte Würth Elektronik mit der Technik der Modulation des induktiven Felds bereits eine Methode zur Übertragung geringer Datenmengen eingeführt, so bietet diese Lösung durch die Kombination mit

einer NFC-Antenne nun die Möglichkeit, Datenraten bis zu 848 kbit/s zu übertragen.

Die Spulen sind dank Litzendraht und qualitativ hochwertigem Ferritmaterial sehr effizient bei der Energieübertragung. Die hohe Permeabilität der Schirmung konzentriert das Magnetfeld und schützt sensible Elektronik oder Batterien vor Störsignalen.

Die neuen Wireless-Power-Spulen mit NFC-Antenne sind ab sofort ohne Mindestbestellmenge ab Lager verfügbar. Kostenlose Muster können angefragt werden.

■ **Würth Elektronik**
eiSos GmbH & Co. KG
www.we-online.com

Leistungs-Splitter mit guten Daten

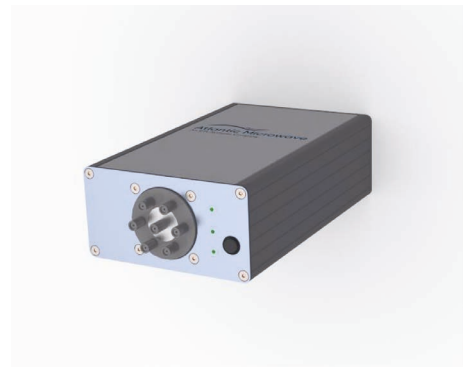


A-Info stellte neue Waveguide Magic Tees vor. Diese haben ein niedriges SWR, eine niedrige Einfügedämpfung und eine hohe Bandbreite. Ein Waveguide Magic Tee ist ein Hybridkoppler oder Leistungsteiler mit vier Anschlüssen.

Ein Magic Tee kann je nach Bedarf der jeweiligen Anwendung als Leistungskombinierer oder Leistungsteiler verwendet werden. Diese Waveguide Magic Tees sind unverzichtbare Komponenten in vielen HF-Projekten, wie z.B. Testaufbauten, Geräteentwicklungen oder System-Designs.

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

Smart Coax Switches



Atlantic Microwave hat eine neue SCS-Serie (Smart Coax Switches) auf den Markt gebracht. SCS-Module bieten mechanische Koaxialrelais, die mit einer Controller-Schnittstellenkarte ausgestattet sind und die lokale oder entfernte Benutzung erleichtern.

Bauelemente

SCS-Module eignen sich für den Einsatz in Prüfstandsaufbauten, Bench-Tests oder ähnlichen Szenarien.

Die Vorteile im Überblick:

- DC bis 40 GHz (Optionen)
- DPDT/SP2T/SP4T/SP6T
- niedrige Einfügedämpfung
- für USB, Ethernet und RS232
- lokale Steuerung
- nichtflüchtiger Speicher
- Stromversorgung über Netzteil oder USB

Die SCS-Modelle werden mit Steuerungs-Software, USB-zu-Mini-USB-Kabel und Netzteil geliefert.

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

Neue Dünnschicht-Präzisions-Chip-Widerstände

Vishay Intertechnology erweiterte den Wertebereich seiner AEC-Q200-qualifizierten Dünnschicht-Präzisions-Chip-Widerstandsserie MC AT in den Baugrößen 0402, 0603 und 0805. Diese Widerstände von Vishay Beyschlag sind jetzt auch mit sehr hohen Widerstandswerten erhältlich. Sie zeichnen sich durch einen kleinen TK von nur ± 25 ppm/K, eine enge Toleranz von $\pm 0,1\%$ und hohe Stabilität des Dünnschicht-Widerstandselements aus. Die Widerstände der

Serien MCS 0402 AT, MCT 0603 AT und MCU 0805 AT sind mit Widerstandswerten von 47 Ohm bis 1 bzw. 2 MOhm bzw. 7,5 MOhm verfügbar. Damit ergänzen sie die kürzlich erweiterte Serie MCA 1206 AT, die den Wertebereich bis 10 MOhm abdeckt. Höhere Widerstandswerte in kleineren Baugrößen ermöglichen es, eine Serienschaltung aus mehreren Widerständen mit kleineren Werten durch einen einzigen Widerstand zu ersetzen; das spart Leiterplattenfläche und Kosten.

Mit ihrer hervorragenden Feuchtigkeits-, Temperaturwechsel- und Schwefelbeständigkeit nach ASTM B 809 gewährleistet diese Widerstandsserie höchste Stabilität unter widrigen Umgebungsbedingungen im Automobilbereich sowie in industriellen, medizinischen und Telekom-Anwendungen. Typische Anwendungen sind DC/DC-Wandler, DC-Zwischenkreise und Spannungsteiler fürs Batterie-Management, Onboard-Ladegeräte und Wandladestationen, Wechselrichter, e-Kompressoren und Transimpedanzverstärker.

Die Präzisionswiderstände der Serie MC AT sind für maximale Betriebsspannungen von 50 bis 200 V ausgelegt, bieten Nennlasten von 100 bis 400 mW bei 70 °C Umgebungstemperatur und sind für den Temperaturbereich von -55 °C bis +155 °C spezifiziert. Die Bauteile sind AEC-Q200-qualifiziert und RoHS-konform.

■ **Vishay Intertechnology, Inc.**
www.vishay.com



Teilenummer	Baugröße	Wertebereich (Ohm)	Nennlast (W)	max. Betriebsspannung (V)	Wärmewiderstand (K/W)
MCS 0402 AT	0402	47 bis 1 M	0,1	50	90
MCT 0603 AT	0603	47 bis 2 M	0,125	75	63
MCU 0805 AT	0805	47 bis 7,5 M	0,2	150	38
MCA 1206 AT	1206	47 bis 10 M	0,4	200	32

EMV, WÄRME-ABLEITUNG UND ABSORPTION SETZEN SIE AUF QUALITÄT

esorb

Elastomer- und Schaumstoffabsorber

- Europäische Produktion
- Kurzfristige Verfügbarkeit
- Kundenspezifisches Design oder Plattenware



esorb-EA1 & esorb-EA4

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



esorb MLA

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

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

Low Voltage Regulators:
L1: Wurth 744383560068 (0.68 μ H)
L2: Wurth 74438356022 (2.2 μ H)
L3, L4: Wurth 74438357010 (1.0 μ H)
COUT1 Through COUT4:
Murata GRM21BR60J476ME15L
LV $f_{SW} = 2.0$ MHz

HV Converter:
MTOP: Renesas RJK0651DPB
MBOT: Renesas RJK0652DPB
LHV: Coilcraft XAL1010-222ME
COUT5: Kemet T520B157M006ATE025
COUT6: Murata GRM21BR60J476ME15L
D1: Diodes DFLS1100
HV $f_{SW} = 330$ kHz

In diesen Bereichen werden oft mehrfache Niederspannungspegel benötigen, die von Eingangsspannungen von bis zu 60 V generiert werden müssen.

Der LTC3372 enthält in seinem thermisch verbesserten Gehäuse mit 7 x 7 mm Kantenlänge und 48 Anschlüssen sowohl Hoch-

spannungs- (HV) als auch Niederspannungs-Konvertersysteme (LV). Der HV-Abwärtscontroller kann eine Eingangsspannung von bis zu 60 V auf eine pin-programmierbare Spannung von 5 oder 3,3 V herunterwandeln. Diese wird dann genutzt, um den konfigurierbaren monolithischen LV-Abwärtskonverter mit Mehrfachausgängen und

Mehrfachphasen zu speisen. Dieser Niederspannungsteil des LTC3372 besteht aus acht parallel schaltbaren 1-A-Leistungsstufen. Diese lassen sich auf unterschiedliche Weise verschalten, um zwei, drei oder fünf Kanäle zu realisieren, wobei jeder Kanal aus einer bis vier Leistungsstufen, abhängig von den Lastanforderungen jedes

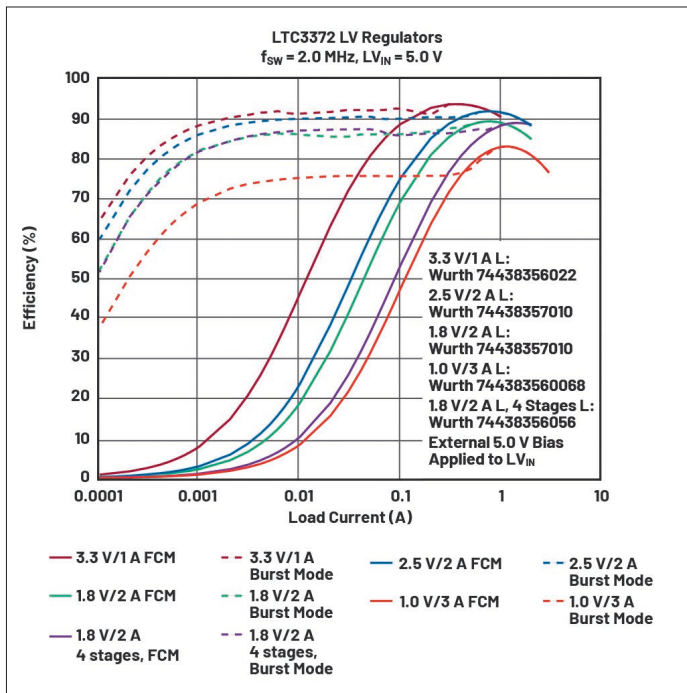


Bild 2: Wirkungsgrad der in Bild 1 gezeigten LV-Regler

dieser Kanäle, besteht. Wie im Aufmacherbild dargestellt sind durch Einstellen der Bits an C3, C2 und C1 acht unterschiedliche Konfigurationen möglich. Diese große Flexibilität erlaubt es dem Entwickler, ein einziges IC für eine Vielzahl unterschiedlicher Designs zu verwenden. Dies führt zu einer minimalen Anzahl externer Komponenten und einem insgesamt geringen Flächenbedarf. Zusätzlich kann jeder Kanal von 0,8 V auf V_{IN} eingestellt werden. Der Schaltfrequenzbereich liegt dabei zwischen 1 und 3 MHz.

Der HV-Controller treibt externe N-Kanal-MOSFETs und arbeitet mit Eingangsspannungen von 4,5 bis 60 V. Abhängig von der Komponentenauswahl und dem Layout, kann der HV-Controller Lastströme von über 20 A liefern. Dies ist ausreichend, um den Anforderungen der LV-Regler zusätzlich zur Systemlast, die auf dem HV-Ausgang liegt, zu entsprechen. Ist nur der HV-Controller eingeschaltet und liefert 5 V, dann beträgt der Burst-Mode-IQ 15 μ A, was zu einem hohen Wirkungsgrad bei kleiner Last führt. Ein interner Taktteiler stellt die Schaltfre-

quenz des HV-Controllers auf 1/6 der LV-Frequenz ein.

Kompakter 45-W-Wandler

Beschrieben wird nun eine Anwendung mit fünf Ausgängen und einem Eingangsspannungsbereich von 6 bis 60 V. Bild 1 bringt den Schaltplan für diese Lösung. Der LV-Regelbereich erlaubt Ausgangsspannungen von 1 V mit 3 A, 3,3 V mit 1 A, 1,8 V mit 2 A und 2,5 V mit 2 A, die bei einer Schaltfrequenz von 2 MHz aus dem 5-V-Ausgang des HV-Konverters generiert werden, bezeichnet als $V_{OUT}(HV)$. Der 5-V-Spannungspegel liefert bei einer Schaltfrequenz von 330 kHz 6,5 A für das System und 3,5 A für den Eingang des LV-Reglers.

Der HV-Konverter kann aus einer Vielzahl von Quellen gespeist werden, wie einer 12-V-Autobatterie, einer 48-V-Telekom- oder -Autobatterie sowie einer Offline-Stromversorgung. Der hohe Integrationsgrad und die 2 MHz Schaltfrequenz des LV-Reglers ermöglichen es, dass diese Lösung auf eine Fläche von nur 2,2 in² (ca. 14,2 cm²) passt.

Wie in den Bildern gezeigt, sind die LV-Regler für die ABC-DEF-GH-Konfiguration durch

Setzen der Pins C3 und C2 auf Low und Pin C1 auf High und verbinden der entsprechenden SW-Knoten miteinander eingestellt. Durch Parallelschalten von genügend 1-A-Stufen zum Befriedigen der maximalen Lastanforderung – und nicht mehr – liegt der maximale Wirkungsgrad bei rund 50% Last, bei der die typische Dauerlast auftritt.

Das Hinzufügen weiterer Stufen führt zu einem höheren Wirkungsgrad bei Vollast, aber geringerem Wirkungsgrad bei mittleren Lasten. Wenn zum Beispiel der 1,8-V/2-A-LV-Pegel mit vier parallelen anstatt nur zwei Leistungsstufen aufgebaut ist, wäre der Wirkungsgrad bei mittlerer Last von 50% oder weniger in FCM geringer – siehe Bild 2. Wird der Betrieb im Burst Modus gewählt, bleibt der Wirkungsgrad über einen weiten Lastbereich hoch. Der Wirkungsgrad des 1,8-V/2-A-Pegels liegt für Lastströme von 1 mA und höher über 82%.

Die starken Gate-Treiber der HV-Controller des LTC3372 liefern die 5-V-HV-Pegel mit einem Wirkungsgrad bei Vollast von 94,6% bei 12 V am Eingang und 90,9% bei 48 V am Eingang – siehe Bild 3. Im Betrieb im Burst Modus liegt der Wirkungsgrad

für einen Laststrom von 1 mA und 12 V am Eingang bei 90,1%.

Hoher Integrationsgrad bei kleinem Gehäuse

Der LTC3372 wird mit einem thermisch verbesserten Gehäuse geliefert. Zusätzliche Funktionen sind ein PLL/MODE-Pin, um entweder den Controller mit einem externen Takt zu synchronisieren oder Betriebsmodi für kleine Lasten zu programmieren, wie den erzwungen kontinuierlichen Modus, den Burst Modus, oder den diskontinuierlichen Modus (nur HV). Außerdem hat der Baustein einen Watchdog-Ein- und -Ausgang, einen TEMP-Pin zur Überwachung der Temperatur, einen GOOD-Pin für den HV-Konverter, einen RSTB-Pin für die LV-Regler und noch einiges mehr.

Der Autor

Mike Shriver ist Senior Applications Engineer bei Analog Devices. Er hat über 17 Jahre Erfahrung mit Leistungsapplikationen bei Linear Technologies gesammelt (nun ein Geschäftsbereich von Analog Devices). Vor Linear Technologies war er bei Artesyn Technologies und Best Power Technology beschäftigt. Man erreicht ihn unter michael.shriver@analog.com. ◀

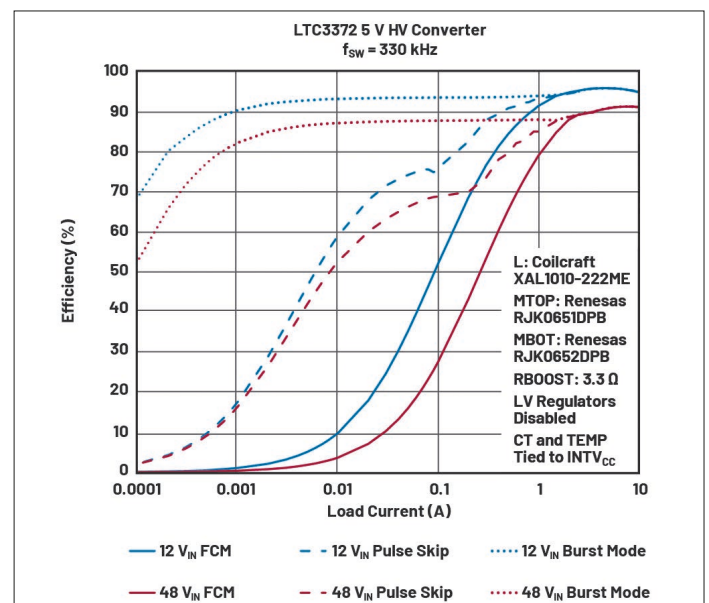


Bild 3: Wirkungsgrad der in Bild 1 dargestellten HV-Konverter

Engineered-Power-Lösungen und MEMS-Signalketten

Mit LTspice simulieren

Der Beitrag gibt Orientierungshilfen für Entwickler, die z.B. Schaltungen der Leistungselektronik simulieren möchten.

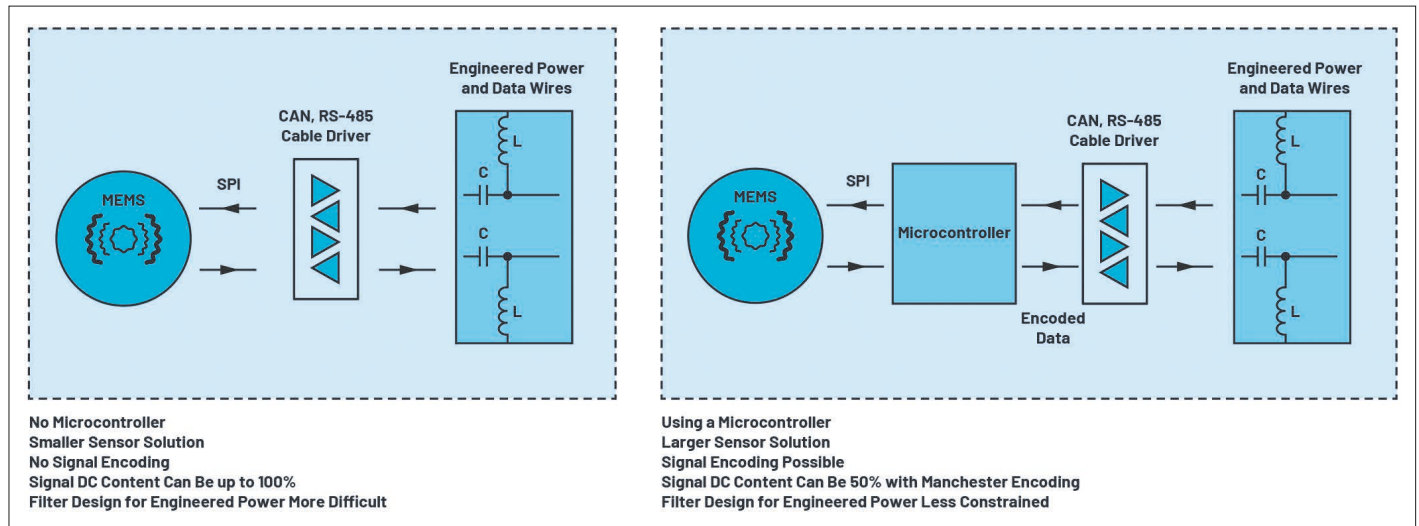


Bild 1: Mögliche Engineered-Power-Lösungen für MEMS-Sensoren mit Kompromissen bei der Größe der Sensorlösung und der Design-Komplexität

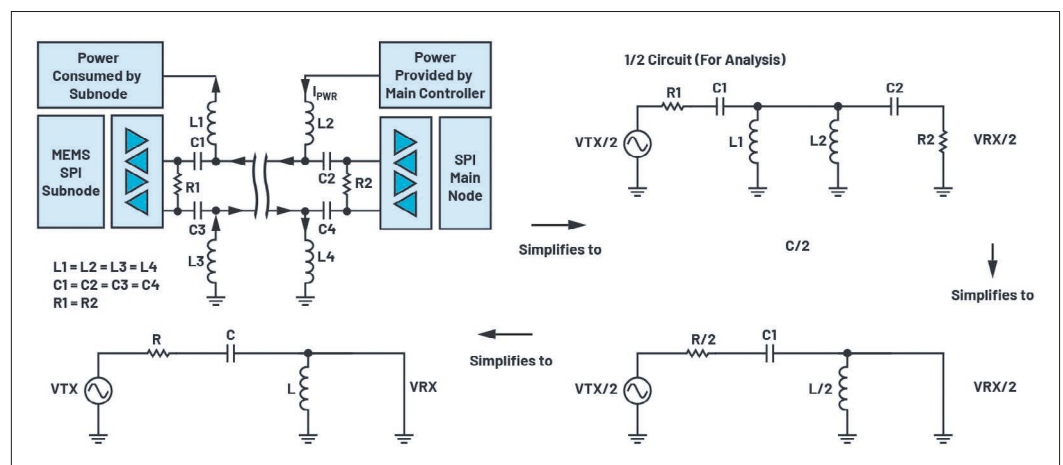
Nach erfolgter Optimierung einer Engineered-Power-Lösung, bei der über ein Leitungspaar nicht nur Daten übertragen werden, sondern auch nutzbare elektrische Energie eingebracht wird, lässt sich die gesamte MEMS-Signalkette mit LTspice analysieren. Bei Sensoren mit Analogausgängen lässt sich die komplette Signalkette simulieren. Dazu stehen Modelle für Operationsverstärker (OPVs), Analog/Digital-Wandler (ADCs)

und sogar für die Frequenzverläufe von MEMS-Bauteilen zur Verfügung.

Mehr erreichen mit weniger Aufwand

Es gibt mehrere Normen für die gleichzeitige Übertragung von nutzbarer elektrischer Energie und Daten über ein Leitungspaar. Dazu gehören die IEEE 802.3bu für Power-over-Dataline (PoDL, Energieübertragung über Datenleitungen) sowie die IEEE

802.3af für Power-over-Ethernet (PoE, Energieübertragung über Ethernet) mit speziellen Power Interface Controllern. Diese Standards gewährleisten eine steuerbare und sichere Verbindung zur Energieübertragung mit Erkennung, Verbindungskontrolle, Klassifizierung und Ein-/Ausschaltfehlerüberwachung. Die Leistungsstufen reichen von wenigen Watt bis zu einigen 10 W. Im Gegensatz zu den PoE/PoDL-Spezifikationen für ein



Autor:
Richard Anslow
System-Applikationsingenieur
Analog Devices Inc.
www.analog.com

Bild 2: Engineered Power, vereinfachte Schaltung für die Analyse

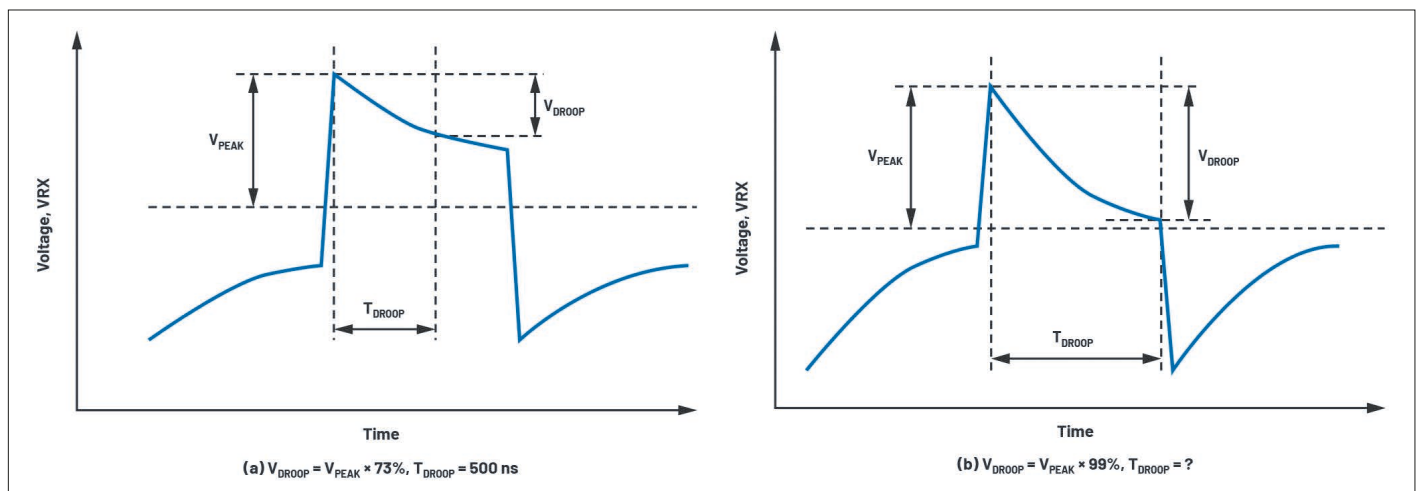


Bild 3: Spannungsabfall und Spannungsabfallzeit

breites Anwendungsfeld bezieht sich der Begriff Engineered Power (EP) auf eine kundenspezifische Power-over-Data-Line-Entwicklung, typischerweise für nur eine Anwendung. Zum Beispiel sieht die Hiperface-DSL-Spezifikation¹ die gemeinsame Übertragung von Energie und Daten auf denselben Leitungen für Motorsteuerungs-Encoder-Anwendungen vor. Engineered-Power-Lösungen können auch für moderne Sensorsysteme verwendet werden.

Typische gemeinsam genutzte Energie- und Datenschnittstellen sind codiert, um den Gleichstromanteil des Signals

zu reduzieren. Dies ermöglicht ein einfacheres Systemdesign bei der Übertragung von Wechselstromsignalen. Viele digitale Sensorschnittstellen mit digitalem Ausgang (zum Beispiel SPI und I²C) sind jedoch nicht codiert und weisen einen variablen Signal-Gleichstromgehalt auf, so dass sie sich nicht für eine Entwicklung mit gemeinsam für Daten- und Energieübertragung genutzten Leitungen eignen.

Für die Codierung von SPI oder I²C wäre ein zusätzlicher Mikrocontroller erforderlich, was die Kosten sowie die Baugröße der Lösung erhöht (Bild 1). Um auf die Codierung und einen

zusätzlichen Mikrocontroller verzichten zu können, müssen Entwickler versuchen, mit weniger mehr zu erreichen, was eine sorgfältige Entwicklung und Simulation der Leistungsschaltung erfordert. Die entwickelte Leistungsschaltung besteht aus Spulen, Kondensatoren und Schutzschaltungen, die zusammen einen Filter bilden.

Hintergrund zu Engineered Power

Nutzbare elektrische Energie und Daten werden über ein Leitungspaar mithilfe eines aus Spule und Kondensator bestehenden Netzwerks verteilt. Hochfre-

quenzdaten werden über in Reihe geschaltete Kondensatoren in die Datenleitungen gekoppelt, die den Kommunikationstransceiver auch vor DC-Bus-Spannungen schützen. Eine Stromversorgung wird am Hauptcontroller über eine an eine Datenleitung angeschlossene Spule angeschlossen, und die Leistung wird dann über eine Spule am Unterknoten-Sensorknoten am anderen Ende des Kabels herausgefiltert.

Spule und Kondensator bilden einen Hochpassfilter, sodass die Kopplungslösung in eine Datenleitung eingefügt werden muss, in der keine Gleichstromdaten zu erwarten sind. Einige

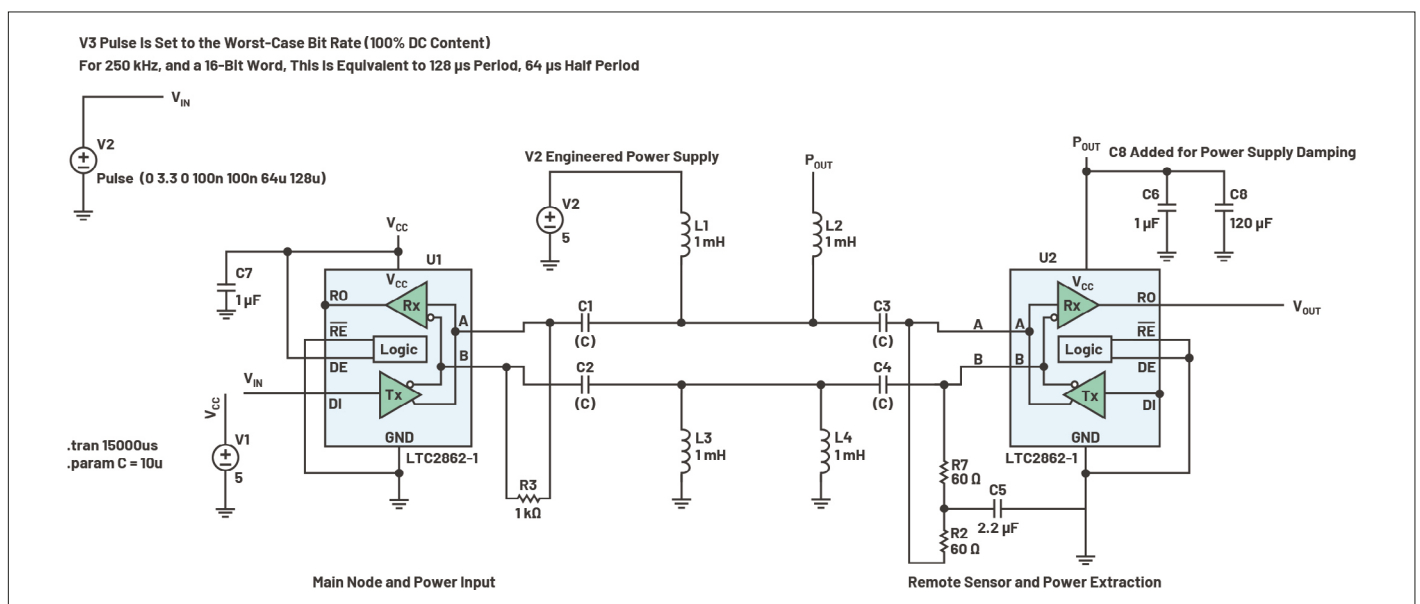


Bild 4: Engineered Power: LTspice-Simulationsschaltung mit einem LTC2862 (RS-485) und einer Induktivität von 1 mH von Würth (74477830)

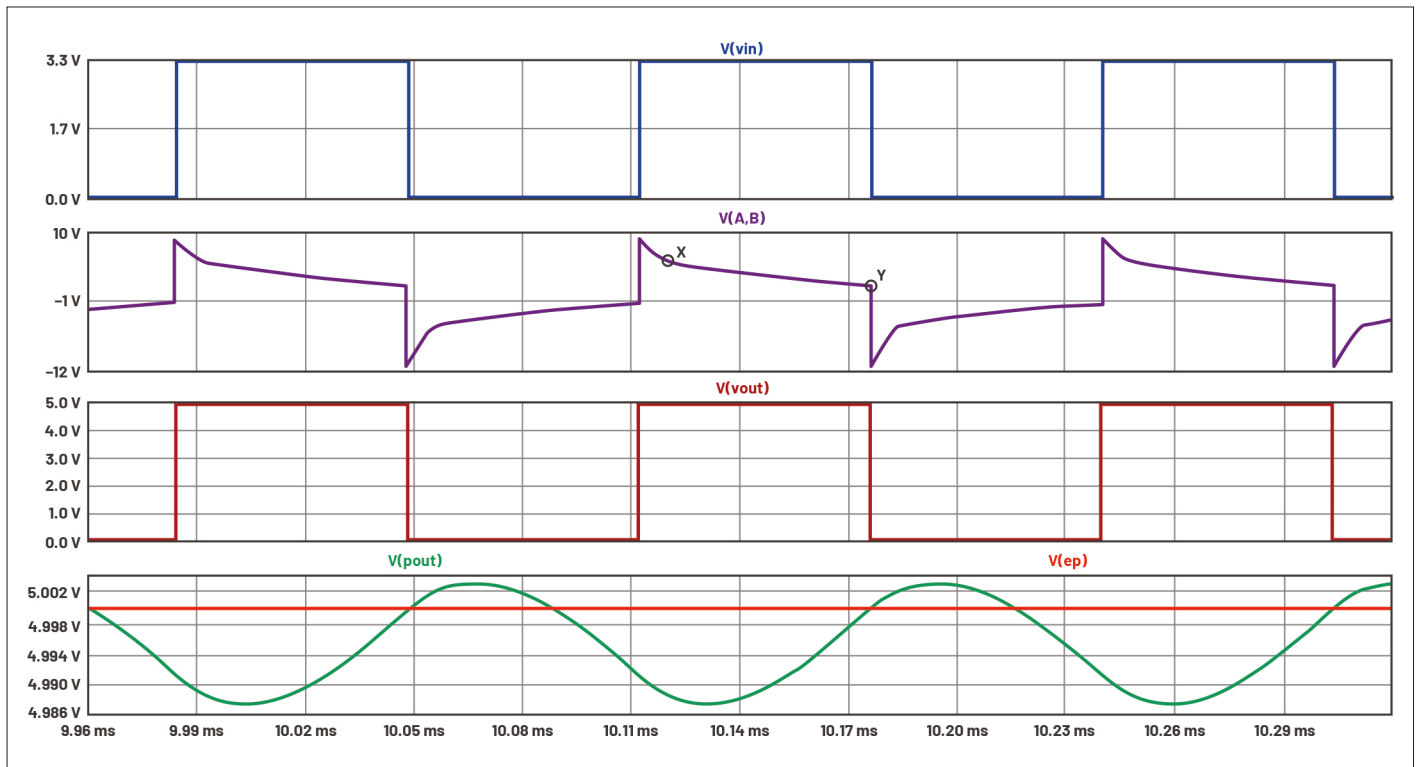


Bild 5: Ein Simulationsergebnis mit RS-485 Bus differentieller Spannung $V(A,B)$ und Spannungsabfallpunkten X und Y

Schnittstellen sind jedoch nicht auf dem Physical Layer codiert, um DC-Inhalte zu entfernen, zum Beispiel SPI. In diesem Fall müssen Systementwickler ein Worst-Case-Szenario für den Gleichstromanteil berücksichtigen, bei dem alle in einem Datenframe übertragenen Bits den Zustand logisch High haben (100% Gleichstromanteil). Die gewählte Induktivität hat auch eine bestimmte Eigenresonanzfrequenz (SRF), oberhalb derer der Induktivitätswert sinkt und die parasitäre Kapazität steigt. Daher fungiert die entwickelte Leistungsschaltung sowohl als Tiefpass- als auch als Hochpass-

filter. Die simulationsbasierte Modellierung kann Systementwicklern helfen, diese Einschränkung besser zu verstehen.

Wenn SPI-Signale über weite Entfernungen übertragen werden, beeinträchtigen Kabel und Komponenten die Synchronisierung von Systemtakt und Daten. Der maximal mögliche SPI-Takt wird durch die Systemlaufzeitverzögerung festgelegt, welche sich aus der Kabellaufzeitverzögerung und der Laufzeitverzögerung der Haupt- und Unterknotenkomponenten zusammensetzt. Auch wenn dies in diesem Beitrag nicht behandelt wird, sollten sich Entwickler dieser

zusätzlichen Einschränkung bewusst sein.

Bild 2 zeigt eine vereinfachte Leistungsschaltung, die für die Analyse von Filter- oder Spannungsabfall (Droop Voltage) und Spannungsabfallzeit (Droop Time) verwendet werden kann. Aufgrund der Induktivität des Netzes aus Energie- und Datenleitungen fällt die Spannung des Kommunikationsbusses ab (Bild 3). Die Analyse des Spannungsabfalls ist deshalb wichtig, weil beim Überschreiten des Spannungsabfalls von 99% der Spitzenspannung, in einem Netz Bitfehler auftreten. Ein System kann so ausgelegt werden, dass es bestimmte Spezifikationen für Spannungsabfall und Spannungsabfallzeit erfüllt. Bei 1000BASE-T-Ethernet wird beispielsweise ein Spannungsabfall von 27% in 500 ns angenommen [3] (Bild 3).

Gleichungen liefern Induktivitäts- und Kapazitätswerte, um einen angestrebten Spannungsabfall und eine entsprechende Pufferzeit zu erreichen. Angenommen, die Spannungsänderung an den Gleichstromsperr-

kondensatoren während der Spannungsabfallzeit ist vernachlässigbar, so ergibt sich aus dem daraus folgenden Ausdruck für den Spannungsabfall der LR-Reihenschaltung ein Ausdruck für die Induktivität mit der dem Ziel-Spannungsabfall, der Spannungsabfallzeit und dem Widerstand [4]:

$$L = \frac{-R \cdot T_{\text{droop}}}{\ln \left(1 - \frac{V_{\text{DROOP}}}{V_{\text{PEAK}}} \right)}$$

Das Dämpfungsverhältnis für eine RLC-Serienschaltung berechnet sich so:

$$\zeta = \frac{R}{2} \sqrt{\frac{C}{L}}$$

Die Annahme von 1 für ein gedämpftes System liefert die folgende Gleichung für C :

$$C = \zeta^2 \frac{4L}{R^2} = -\frac{4T_{\text{DROOP}}}{R \cdot \ln \left(1 - \frac{V_{\text{DROOP}}}{V_{\text{PEAK}}} \right)}$$

Die Grenzfrequenz des Hochpassfilters der Schaltung ergibt sich aus obigen Ausdrücken für C und L :

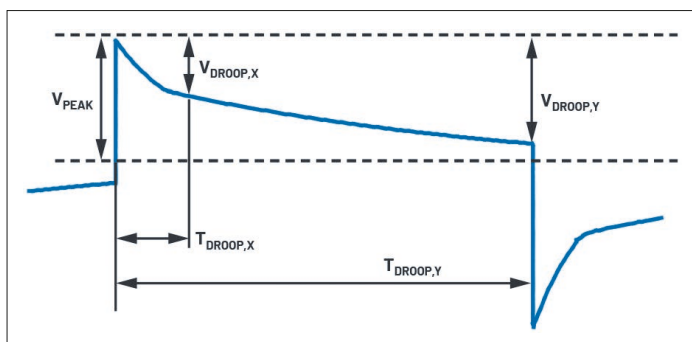


Bild 6: Analyse des Spannungsabfalls für die Punkte X und Y

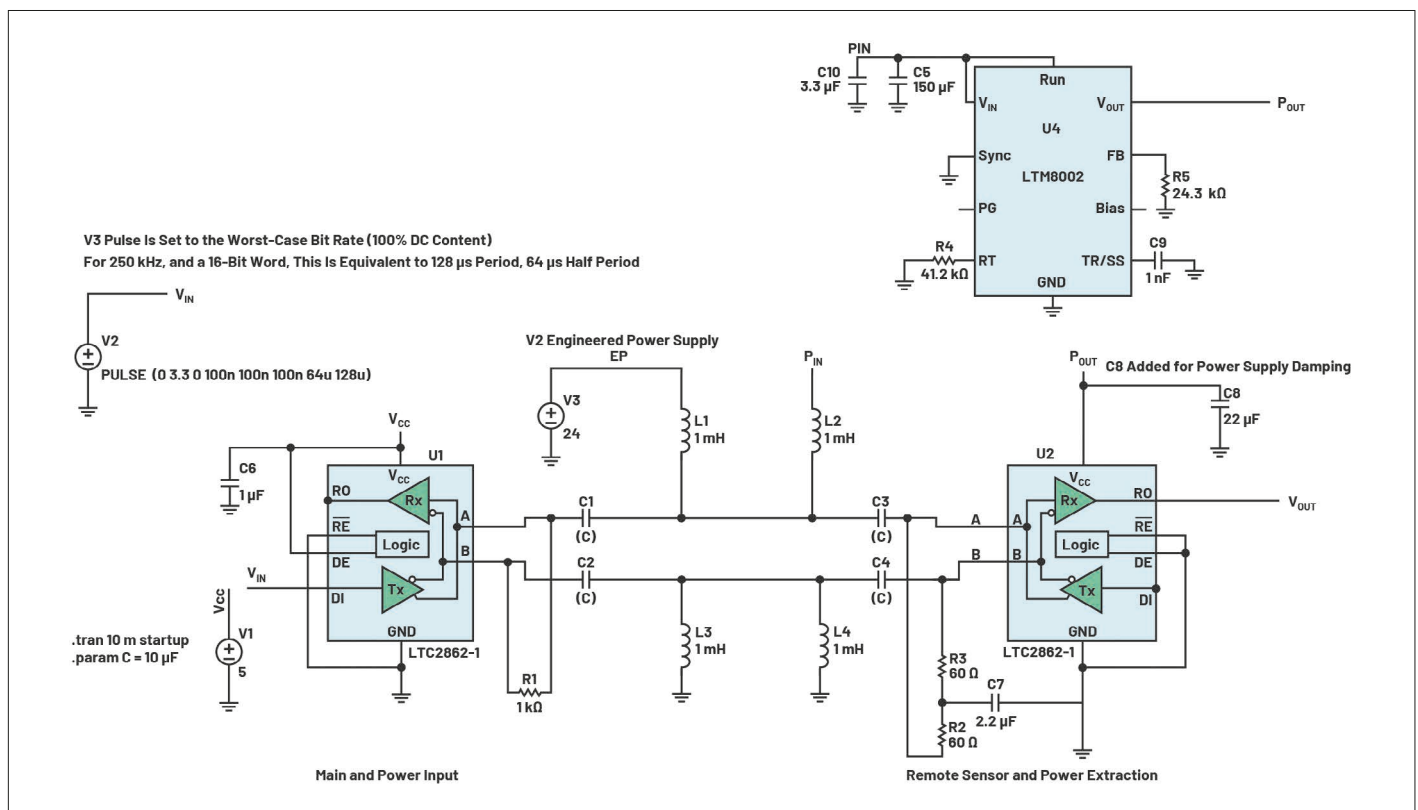


Bild 7: Mit dem rauscharmen Silent-Switcher-Bauteil von Analog Devices am Sensor-Subknoten (LTM8002) erhalten Entwickler mehr Flexibilität beim Design der Stromversorgungschiene

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{\ln\left(1 - \frac{V_{DROOP}}{V_{PEAK}}\right)}{2T_{DROOP}}$$

Für ein kritisch gedämpftes System:

$$\omega_0 = 2\pi f, f = \frac{\ln\left(1 - \frac{V_{DROOP}}{V_{PEAK}}\right)}{4\pi T_{DROOP}}$$

Warum LTspice?

Triftige Gründe für den Einsatz von LTspice zur Engineered-Power-Simulation sind:

- echte Spulenmodelle einschließlich der parasitären Eigenschaften des Bauteils für eine bessere Korrelation zwischen Simulation und realem Verhalten

Die LTspice-Bibliothek enthält Tausende Spulenmodelle von vielen bekannten Herstellern wie Würth, Murata, Coilcraft und Bourns.

- LTspice-Modelle für Physical-Layer-Kommunikationstransceiver von Analog Devices sind verfügbar und unterstüt-

zen zahlreiche Schnittstellenstandards (CAN, RS-485), die andere Halbleiterhersteller nicht anbieten.

- Der flexible LTspice-Wellenformbetrachter (Waveform Viewer) ermöglicht eine schnelle numerische Bewertung von Power-over-Data-Wires-Entwicklungen.
- Die Weiterentwicklungen von LTspice bedeuten, dass die Simulation von Leistungsbauteilen, wie zum Beispiel LDO-Regler und Schaltregler, im Vergleich zu normalen SPICE-Simulatoren extrem schnell ist, so dass Anwender die Wellenformen für die meisten Schaltregler in nur wenigen Minuten betrachten können.
- Die einsatzbereiten LTspice-Demonstrationsschaltungen verkürzen die Zeit für die Schaltplaneingabe.
- Von Analog Devices gibt es über 1000 Modelle für Leistungsbausteine, mehr als 200 OPV- und ADC-Modelle sowie Modelle für Widerstände, Kon-

densatorenn, Transistoren und MOSFETs.

LTspice für die Droop-Analyse

Eine vereinfachte Schaltung für die Simulation von Power-over-Data-Wires zeigt Bild 4. Die Schaltung verwendet den RS-485-Transceiver LTC2862 mit LTSpice-Makromodellen und 1-mH-Induktivitäten (Würth 74477830). LTSpice enthält reale Modelle für Induktivitäten, die auch die parasitären Eigenschaften des Bauteils berücksichtigen und so eine engere Korrelation zwischen Simulation und realem Designverhalten ermöglichen. Die DC-Blockierkondensatoren haben 10 μF .

Im Allgemeinen sorgen größere Induktivitäts- und Kondensatorwerte für eine niedrigere Datenübertragungsrate im Kommunikationsnetz. Beim simulierten Testfall beträgt die Datenrate 250 kHz, was ungefähr 100 m kabelgebundener Kommunikation [2] bei der Portierung von taktsynchronisiertem SPI über eine RS-485-Schnittstelle entspricht. Die

in der Simulation verwendete Eingangsspannungswellenform entspricht dem Worst-Case-DC-Inhalt mit einem 16-Bit-Wort und allen Bits mit dem Zustand H. Die Simulationsergebnisse sind in Bild 5 und 6 dargestellt. Die Wellenform der Eingangsspannung (VIN) stimmt mit der des Ausgangs am entfernten gespeisten Bauteils überein (ohne Kommunikationsfehler). Bild 6 zeigt eine vergrößerte Ansicht der differentiellen Busspannungs-Wellenform (Spannung A zu Spannung B) für die Analyse des Spannungsabfalls. Die Spannung am entfernten Sensorknoten, die von L2 abgeleitet wird (V(pout)), stellt eine Versorgungsschiene von $5\text{ V} \pm 1\text{ mV}$ zur Verfügung.

V_{DROOP} , V_{PEAK} und T_{DROOP} werden mit der LTspice-Wellenform in Bild 5 und Bild 6 gemessen. Die Werte für L und C werden dann mit den Gleichungen 2 und 4 berechnet. Der berechnete Wert für L liegt zwischen 1 und 3 mH (Tabelle 1), kann sich aber je nach Messort der Wellen-

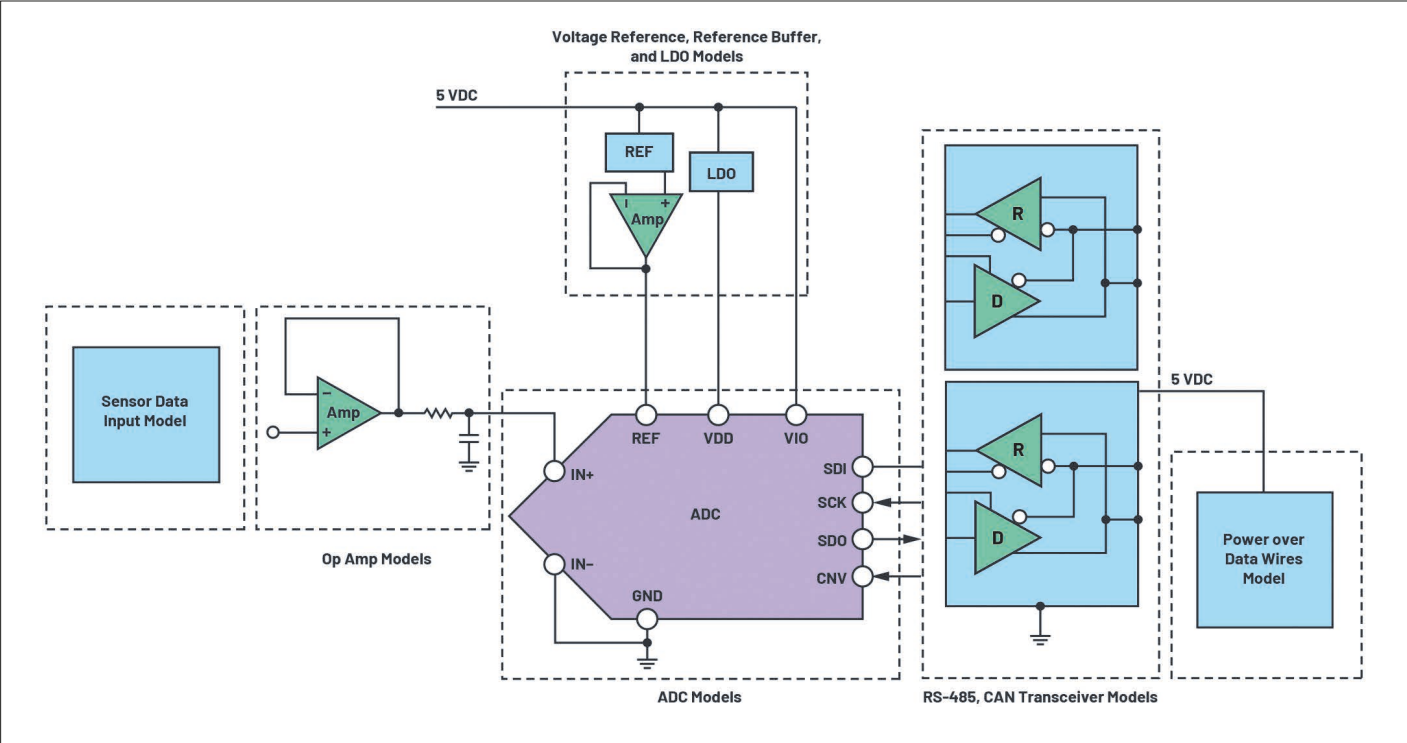


Bild 8: Simulation einer kompletten Sensorsignalkette mit LTspice (vereinfachtes Diagramm)

form ändern. Die Messung am Punkt X ist am genauesten und liefert den richtigen Wert für die Induktivität von etwa 1mH. Die Frequenz des Hochpassfilters (Gleichung 6) ist einfach eine Funktion der Spannungsabfallzeit und der Spannung. Für den Punkt X beträgt die Frequenz ungefähr 250 kHz/32 für 1 Bit (halber Taktzyklus), was der Eingangswellenform (V3) in Bild 5 entspricht.

Bei der Durchführung der Simulation in Bild 4 ist zu beachten, dass der Kondensator C8 empfohlen wird, um das Überspringen der Spannung am Sensor (V_{POUT} am Leistungsentnahmeknoten) zu verringern. C hat 0,4 bis 1 μF (Tabelle 1), weniger als der DC-Sperrkondensator 10 μF , da die Schaltung zusätzliche Reihenkondensatoren (1 μF , 100 μF) enthält und möglicherweise überdämpft ist. Dies steht im

Widerspruch zur Berechnung mit den Gleichungen 1 bis 6.

Komplexere Schaltungen

Mit einem LDO-Regler oder einem DC/DC-Wandler am Sensorknoten kann die Stromversorgung vom Hauptknoten Standardspannungen von 12 und 24 V DC liefern. Die Auswahl des Reglers hängt von den Anforderungen der Anwendung ab. Mit der rauscharmen Silent-Switcher-Architektur von Analog Devices lässt sich ein hoher Wirkungsgrad und ein geringes Rauschen erzielen. In der Norm EN 50155 für Bahnelektronik [5] ist eine Nenneingangsspannung von 24 V DC spezifiziert. Jedoch beträgt deren Schwankung 0,7 bis 1,25 V_{IN} , wobei noch erweiterte Bereiche spezifiziert sind. Der DC/DC-Wandler benötigt demnach einen Eingangsspannungsbe-

reich von 14,4 bis 33,6 V DC. Der μModule -Regler LTM8002 mit Silent-Switcher-Architektur ist mit seinem 6,25 x 6,25 mm großen BGA-Gehäuse und einem weiten Eingangsbereich von 3,4 bis 40 V DC ideal für Vibrationssensoren mit begrenztem Platzangebot geeignet, wie sie bei der Überwachung von Schienenfahrzeugen im Einsatz sind. Bild 7 zeigt die Schaltung in Bild 4, erweitert um den LTM8002 und eine 24-V-DC-Versorgung vom Haupt- zum Unterknotensensor. Die Simulation zeigt eine Rampenzeit von 1 ms bis zur gewünschten Ausgangsspannung von 5 V $\pm 1\%$ am LTM8002. Es wird vorgeschlagen, eine Einschaltverzögerungszeit von 2 bis 3 ms vorzusehen; dies stellt sicher, dass am Ausgang des Sensorknotens gültige Daten ankommen.

Vollständige MEMS-Signalkettensimulation

Analog Devices hat zahlreiche Design-Hinweise verfasst, die helfen, die MEMS-Signalkette zu entwickeln und mit LTspice zu simulieren (Bild 8). Obwohl viele MEMS-Bauteile einen digitalen Ausgang haben, gibt es auch viele Hochleistungssensoren mit Analogausgang. Die Simulation der OPV- und ADC-Signalkette kann wertvolle Erkenntnisse liefern, bevor die Hardwareentwicklung abgeschlossen wird.

Um die Auswirkungen der Tiefpassfilterung, des Verstärkers und der ADC-Eingänge auf die Sensordaten zu analysieren, können Entwickler auf die LTspice-Referenzschaltung von Gabino Alonso und Kris Lokere zurückgreifen [6]. Simulationsmodelle für die 18-Bit-SAR-

Simulationspunkt	Gemessen mit LTspice-Wellenform				Berechnet mit Gleichung 1 bis 6		
	V_{DROOP} (V)	V_{PEAK} (V)	$V_{\text{DROOP}}/V_{\text{PEAK}}$	T_{DROOP} (μs)	R (Ω)	L (mH)	C (μF)
X	2,85	6,06	0,47	7,54	107	1,1	0,4
Y	5,14	6,06	0,85	63,6	107	3,6	1,2

Tabelle 1: Analyse des Spannungsabfalls: Ermittlung von Schaltungsinduktivität und –kapazität mithilfe von V_{DROOP} , V_{PEAK} und T_{DROOP}

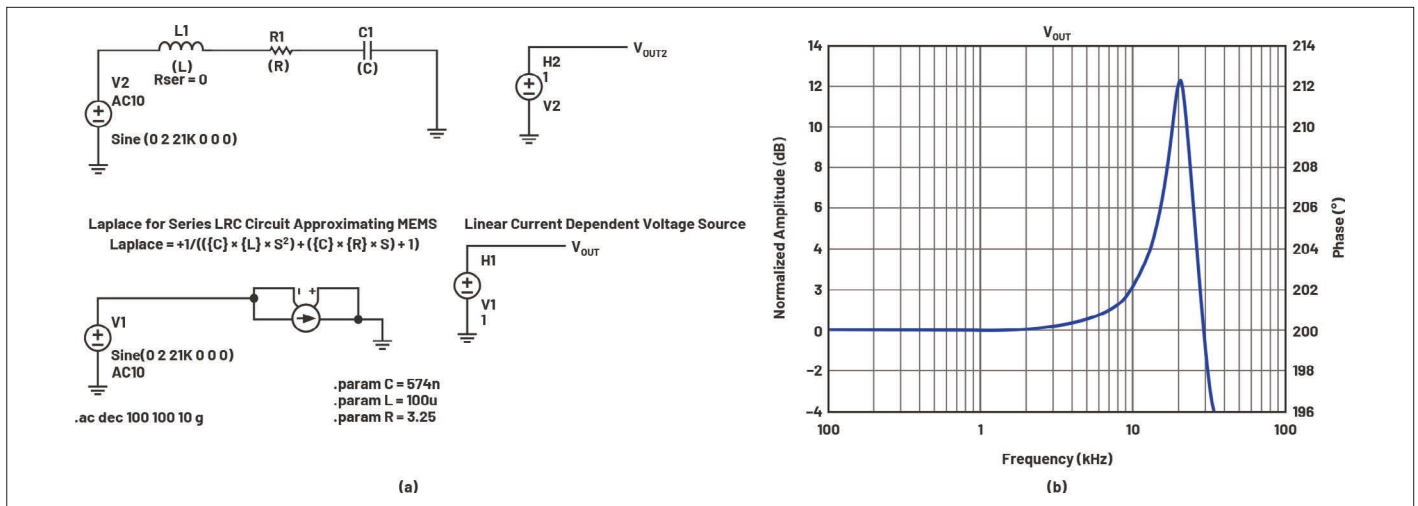


Bild 9: (a) Laplace-Modell für einen MEMS-Frequenzgang. (b) Das Diagramm zeigt die Resonanz bei 21 kHz und 3 dB bei 11 kHz

ADCs AD4002 und AD4003 sowie für den 16-Bit-A/D-Wandler LTC2311-16 stehen zur Verfügung. Für die Entwicklung eigener ADC-Modelle mit LTspice bietet Erick Cook eine gute praktische Anleitung [7]. Es sind über 200 OPV-Modelle erhältlich sowie Spannungsreferenz-Makromodelle.

Simon Bramble beschreibt in seinem Artikel über zustandsbasierte Überwachungssysteme [8], wie man LTspice zur Analyse des Frequenzgehalts von Vibrationsdaten verwendet. Der Artikel enthält hilfreiche Tipps zum Darstellen und Analysieren erfasster Sensordaten.

Bild 9 zeigt ein LTspice-Beispielmodell für den Frequenzgang des rauscharmen MEMS-Beschleunigungssensors ADXL1002 mit ± 50 g. Eine LRC-Serienschaltung im LTspice-Laplace-Format ist eine gute Näherung für den Frequenzgang von MEMS. Das Simulationsmodell zeigt eine gute Übereinstimmung mit der typischen Leistungsfähigkeit im Datenblatt mit einer Resonanzfrequenz von 21 kHz und 3 dB bei 11 kHz. Für AC-Analysen ist es am besten, eine Laplace-Schaltung in LTspice zu verwenden. Für die transiente Analyse sollten jedoch diskrete RLC-Bauteile verwendet werden, um das beste Simulationsergebnis zu erzielen.

Bei Beschleunigungsmessern mit analogem Ausgang, wie dem ADXL1002, ist die Bandbreite definiert als die Signalfrequenz, bei der die Antwort auf -3 dB der Antwort auf DC oder niederfrequente Beschleunigung abfällt. Bild 10 zeigt das MEMS-Frequenzgangmodell von Bild 9 mit einer zusätzlichen OPV-Filterschaltung. So kann ein größerer Teil des MEMS-Frequenzgangs innerhalb von 3 dB gemessen werden. Das Diagramm zeigt, dass die V_{OUT} des OPVs bei 17 kHz 3 dB beträgt, verglichen mit einem ungefilterten MEMS-Ausgang mit 3 dB bei 11 kHz.

Bild 11 enthält das MEMS-Eingangsmodell (die diskrete

RLC-Schaltung aus Bild 9), die OPV-Filterung und ein 16-Bit-Modell des SAR-A/D-Wandlers LTC2311-16. Die gesamte Signalkette kann mit einem modularen Ansatz aufgebaut und simuliert werden, wobei verdrahtete Schnittstelle und Engineered Power als separater Block hinzugefügt werden.

Bei einer Transientensimulation kann der DIGITAL_OUT-Knoten des LTC2311-16 untersucht werden, um das digitale Ausgangssignal zu betrachten, welches dem MEMS-Spannungseingang (V_{IN}) entspricht. Das LTspice-Modell des LTC2311-16 kann modifiziert werden, um das Timing des seriellen Takts und der

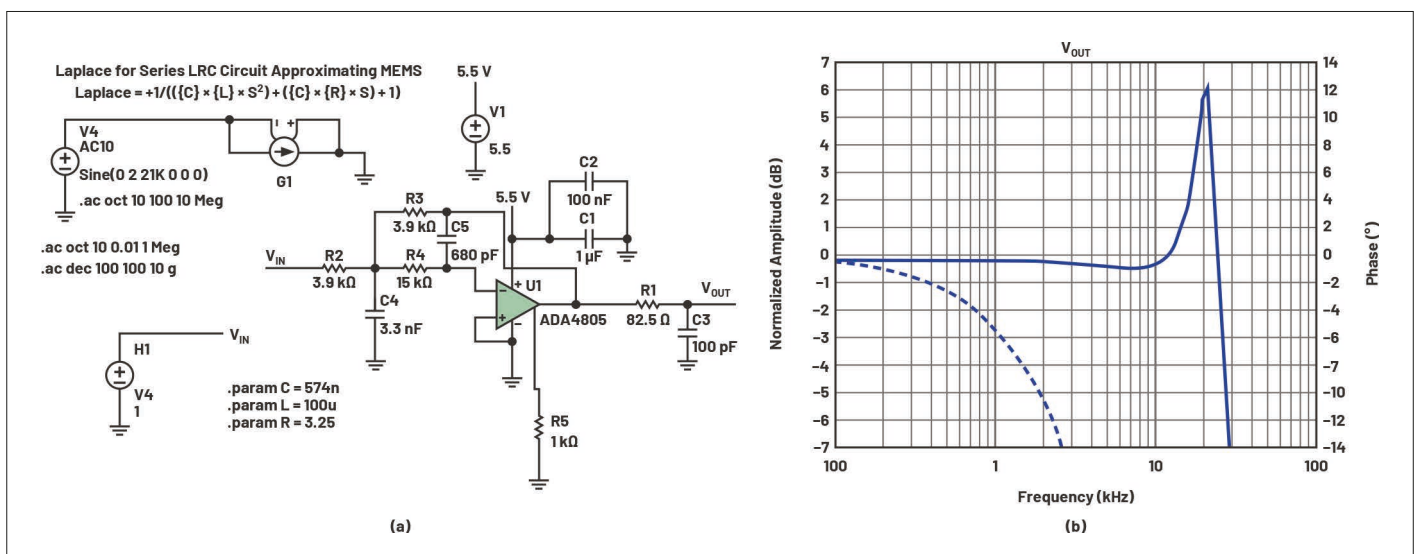


Bild 10: (a) MEMS-Frequenzgang- und Filtermodell (b). Ein auf 17 kHz verschobener 3-dB-Punkt (im Vergleich zu Bild 9b bei 11 kHz)

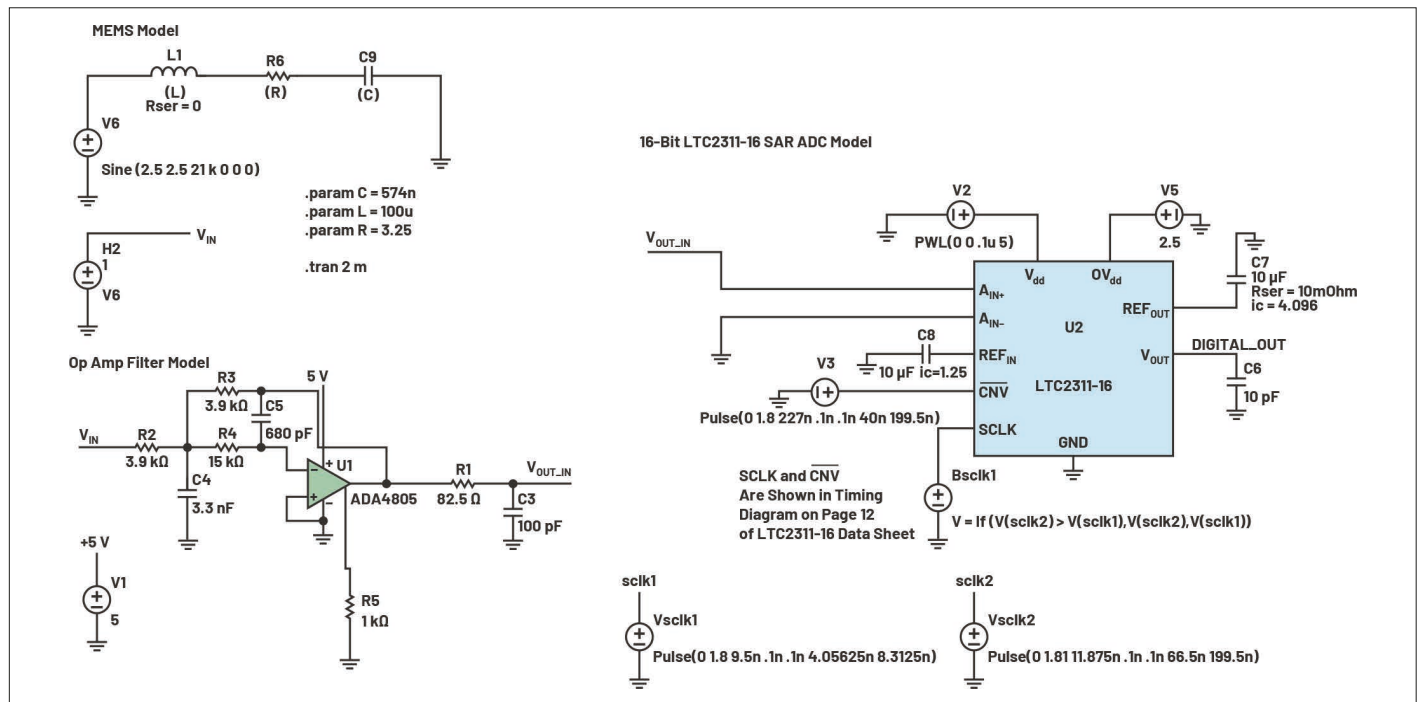


Bild 11: MEMS-Eingangsmodell, OPV-Filterung und ein 16-Bit-Modell des SAR-A/D-Wandlers LTC2311-16

CNV-Schnittstelle zu verringern. Die digitale Ausgangsreferenz OVDD ist auf einen beliebigen Wert von 1,71 bis 2,5 V änderbar.

Manche RS-485-Transceiver, wie etwa der LTC2865, verfügen über einen Logikschnittstellen-Pin VL, der mit 1,8 oder 2,5 V betrieben werden kann und sich für das kabelgebundene Streaming von digitalen ADC-Ausgangsdaten eignet. Die RS-485-Schnittstelle kann dann separat mit 3,3 oder 5 V über den V_{CC}-Pin des LTC2865 versorgt werden. Dadurch steht eine höhere Kabelspannung zur Verfügung.

Referenz-MEMS und Engineered-Power-Evaluierungsplattform

Die leitungsgebundene, zustandsbasierte Monitoring-Plattform von Analog Devices bietet eine industrielle, leitungsgebundene Verbindungslösung für den dreiachsigen Vibrationsensor ADcmXL3021. Die Hardware-Signalkette besteht aus dem Beschleunigungssensor ADcmXL3021 mit SPI- und Interrupt-Ausgängen, die an Schnittstellenplatinen angeschlossen sind und das SPI in einen RS-485-Physical-Layer über meterlange Kabel zu einer

entfernten Hauptsteuerplatine übersetzen. Die Umsetzung des SPI- auf das RS-485-Physical-Layer-Protokoll auf der Hardware-Ebene kann mit isolierten oder nicht isolierten Schnittstellenplatinen erreicht werden, die iCoupler-Isolation (ADuM5401/ADuM110N0) und RS-485/RS-422-Transceiver (ADM4168E/ADM3066E) umfassen.

Diese Lösung kombiniert die Übertragung von nutzbarer elektrischer Energie und Daten über ein Standardleitungspaar (Engineered Power), was die Kosten für Kabel und Steckverbinder an entfernten MEMS-Sensorknoten senkt. Eine spezielle Software, die auf einem PC installiert werden kann und dann eine grafische Benutzeroberfläche für die Schaltung zur Verfügung stellt (Software GUI), ermöglicht die einfache Konfiguration des ADcmXL3021 und die Erfassung von Vibrationsdaten über lange Kabel. Mit der GUI-Software lassen sich die Daten als Rohdaten im Zeitbereich oder als FFT-Wellenformen visualisieren.

Referenzen

- [1] Hiperface DSL - the Digital Evolution, SICK Sensor Intelligence, Oktober 2020
- [2] Richard Anslow und Dara O'Sullivan, "Enabling Robust Wired Condition-Based Monitoring for Industry 4.0 - Part 2," Analog Devices Inc., November 2019
- [3] "IEEE 802, 3bu-2016 - IEEE Standard for Ethernet - Amendment 8: Physical Layer and Management Parameters for Power over Data Lines (PoDL) of Single Balanced Twisted-Pair Ethernet", IEEE, Februar 2017
- [4] Andy Gardner, "PoDL: Decoupling Network Presentation," Linear Technology, Mai 2014
- [5] "EN 50155:2017 Railways Applications Electronic Equipment Used on Rolling Stock,"
- [6] Gabino Alonso und Kris Lokere, "LTspice: Simulating SAR ADC Analog Inputs," Analog Devices Inc., November 2017
- [7] Erick Cook, "Use LTspice to Simulate Mixed Continuous and Sampled Systems", EDN Asia, Januar 2020

[8] Simon Bramble, "Using LTspice to Analyze Vibration Data in Condition-Based Monitoring Systems," Analog Dialogue, Vol. 54, No. 2, Juni 2020 ◀

Der Autor



Richard Anslow ist System-Applikationsingenieur im Connected Motion and Robotics Team der Automation and Energy Business Unit bei Analog Devices. Seine Fachgebiete sind zustandsorientierte Überwachung und industrielles Kommunikationsdesign. Er erwarb seinen B.Eng. und M.Eng. an der Universität von Limerick, Irland. Erreichbar ist er per Mail: richard.anslow@analog.com.

For a sustainable future together at MWC 2022

Anritsu Corporation will be showing advanced solutions supporting the latest 5G standards and network deployments at Mobile World Congress (MWC) 2022 at Barcelona (Hall 5, Stand D41).



5G devices and network technology are currently being rolled out, delivering higher speed and capacity and lower latency. Industry is also developing innovative new capabilities in Open RAN, Cloud/EDGE Deployment, and virtualized networks. This provides the future platform for new use cases and new applications, for evolving the technology Beyond 5G, and for the development of a sustainable society.

Anritsu is contributing to this journey by producing innovative solutions to enable the eco-systems that are either developing or using the technologies and accelerating the realization of new products and services for Industry Verticals. Anritsu will demonstrate the following to visitors to its stand, while also providing thought leadership and opportunities to learn about emerging technologies.

Technologies and Measurements for Beyond 5G

3GPP has started work on '5G-Advanced' from Release 18, and industry and academia is already evaluating technologies for 6G. Anritsu is participating in multiple projects and consortia to help define and shape future telecoms technologies and related measurement requirements.

5G Network Slicing for Automotive V2X, with dSPACE

The Anritsu MT8000A Radio Communication Test Station and dSPACE VEOS (a PC-based simulation platform), together with dSPACE AURELION sensor-realistic simulation, provides a 5G Network slicing testing

environment for Automotive V2X use cases.

Anritsu will demonstrate Advanced Intersection Collision Warning (AICW) showing how sensor information from outside the vehicle can be obtained, allowing the vehicle to detect the risk of an intersection collision and alert the driver accordingly.

Ensuring 5G Ultra Reliable Low Latency (URLLC) Validation and Communication

Ultra-Reliable Low Latency Communication (URLLC) is key for applications such as Smart Factory/Industrial automation, autonomous vehicles, medical, and Multiple Access Edge Computing (MEC) linking Data Centers to 5G Mobile Access.

Anritsu MT1000A Network Master Pro a portable easy to use test solution with 10G, 25G and 100G interfaces, accurately analyses critical network performance parameters to ensure URLLC and end-to-end quality of service. With accurate measurements of latency, PTP clock synchronization, Wander, and connectivity to GPS, Glonass, Galileo, Beidou, and QZSS, the Network Master Pro MT1000A is the ideal solution for deploying faster and low-latency 5G mobile networks.

In addition, Anritsu will showcase, with the Radio Communication Test Station MT8000A, a new handover method introduced by 3GPP which targets to achieve almost zero data interruption in mobile devices. It is vital to ensure URLLC and seamless data continuity between

mobile devices as every millisecond or even less counts in self-driving vehicles or remote surgery. Maintaining such stringent requirements, even when mobile devices are in motion, requires new handover techniques.

Complete Toolbox for 5G Basestation Field Engineers

The MS2090A Field Master Pro provides a comprehensive toolbox for RF field engineers installing and maintaining 5G networks. 5G beam analyzer, Modulation quality, Time Offset, Interference hunting and cable & antenna analyzer measurements are all included. Frequency options cover FR1 and FR2 bands, while an RTSA with 110 MHz bandwidth, speeds up and enhances the search for interference.

Service Assurance to Optimize Network Performance

Anritsu provides Service Assurance, Network Monitoring & Troubleshooting, Customer Experience Management, and Augmented Analytical solutions for CSPs. Anritsu assures 5G SA/NSA networks, virtualized and cloud-enabled, as well as 2G to 4G networks.

Virtual Mobile World Congress 2022

Anritsu is hosting a virtual Mobile World Congress Wireless Technology Event in addition to its attendance in Barcelona. The virtual event will highlight emerging technologies and test and analytics solutions to support advanced networks and UE as the industry continues towards 6G. ◀

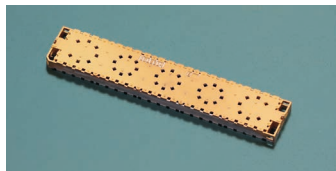
RFMW introduces new products

Ultra-Flex Omni Antenna



RFMW announced design and sales support for a Southwest Antennas' dipole antenna. The 1001-216 omni-directional antenna operates from 1 to 1.5 GHz with a peak gain of 2.15 dBi. Designed to minimize stress placed on the antenna and radio connection, this flexible antenna features an innovative, environmentally-sealed, spring base giving it the flexibility to deflect/bend with impacts and return to its original position. Fully sealed to prevent rain, dust, and other debris from degrading antenna performance, the 1001-216 is fully submersible once securely mated to a radio. A rugged G10 fiberglass radome holds up to abuse in the field with a low-glare, black finish helping the antenna blend into surroundings and not draw attention. Overall product height measures 8.79 inches.

29-GHz Surface Mount Filter

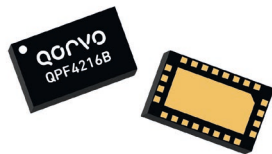


RFMW announced design and sales support for mmWave, surface mount filters from Cubic Nuvotronics. The PSF29B02V2S interdigital filter has a pass band of 27.5 to 30 GHz with 50 ohms characteristic impedance. Handling a maximum input power of 2 W, this SMT filter's low insertion loss is 0.5 dB max. and boasts 55 dB lower bandpass rejection

and 44 dB upper bandpass rejection. PolyStrata technology provides wide bandwidth, exceptional filtering performance and minimal part-to-part variation for consistent results in production environments supporting 5G backhaul, satellite communications, RF telemetry, and instrumentation. RoHS compliant, PSF29B02V2S filters are available on tape and reel for standard SMT process assembly.

WiFi 6 FEM with Optional External Filtering

RFMW announced design and sales support for a WiFi (802.11n-ax) front end module (FEM). The Qorvo QPF4216B FEM delivers higher power and better throughput in Wi-Fi 802.11ax systems than competing devices. Integrated matching minimizes layout area and the device is pinned out so external filtering can be added in the optimal position.



Performance features include 22 dBm Pout (at -43 dB DEVM) and 26 dBm Pout (at MCSO HT20). Transmit gain is 32 dB while receive noise figure is 1.8 dB. 5 GHz signals are filtered with 15 dB rejection. The QPF4216B integrates RF and DC power detection in a 5 x 3 mm laminate package.

Sub-Band 41 Uplink Downlink BAW Filter



RFMW announced design and sales support for a high performance filter from Qorvo. The QPQ1298 is a compact, bulk-acoustic wave (BAW) band pass

filter with 2595 MHz center frequency and 160 MHz bandwidth for Sub-Band 41 uplink/downlink applications in TDD macro cells and small cell base stations. The QPQ1298 insertion loss is 2.5 dB (typical) with high out-of-band attenuation of WiFi signals. Offered in a 2 x 1.6 mm package.

Low-Distortion LNA supports Broadband CATV



RFMW announces design and sales support for a low noise GaAs pHEMT single ended RF amplifier IC. The Qorvo QPL1816, single ended LNA, balances low noise and distortion to provide an ideal solution for a wide range of broadband amplifiers used in Cable TV applications such as Optical Receivers and low noise front ends. Spanning a frequency range of 50 to 1800 MHz, the QPL1816 is available in a SOT-89 package for convenient layout and design in set top and infrastructure projects for 75 ohms CATV and satellite applications.

RFMW announces Global Distribution Agreement with Menlo Micro

RFMW announced a global distribution agreement with Menlo Microsystems, Inc. (Menlo Micro), known for reinventing the electronic switch with its Ideal Switch technology. Under the agreement, RFMW becomes a franchised distributor for worldwide marketing and sales of Menlo Micro products derived from their Ideal Switch technology, including RF and general-purpose switches, RF subsystems and power relays. RFMW is a specialized distributor providing customers and suppliers with focused distribution of RF and microwave components as well as

specialized component-engineering support.

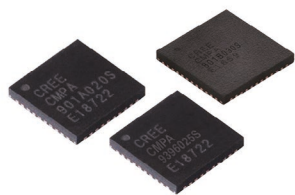
"The exponential growth of Menlo Micro around the world requires a channel partner who recognizes the value of demand-creation, as well as global marketing, sales and logistical support," said Lew Boore, SVP of WW Sales and Business Development at Menlo Micro. "After an extensive review of potential partners, we've selected RFMW which will be key to supporting Menlo Micro's next major growth phase. We are truly excited about the synergies between RFMW and Menlo Micro which will benefit our customers worldwide."

The Ideal Switch enables 99% reductions in size, weight, power consumption and impacts dozens of applications and markets including test and measurement equipment, power management systems and 5G networks which will in turn enable the electrification of everything: today's rapid transition to electric and autonomous vehicles, advanced avionics, IoT appliances, robotics and more. The massive improvements enabled by the Ideal Switch are modernizing the market for RF and power switching and protection devices in the 21st century.

According to Steve Takaki, Executive Vice President at RFMW, "RFMW has long recognized the value that MEMS technology brings to certain RF and microwave applications. The advantages of small, surface mount products which are not only reliable but can handle high power with low insertion loss are an RF designer's dream come true. That's why we are incredibly excited to formally partner with Menlo Microsystems on a global distribution agreement. RFMW's industry leading technical sales support and global logistics teams allow us to provide design engineers the latest technology, the Ideal Switch, for improved system designs in the rapidly growing communications and defense markets."

■ RFMW
www.rfmw.com

X-Band GaN on SiC Solutions



Richardson RFPD, Inc., an Arrow Electronics company, announced today the availability and full design support capabilities for a lineup of X-band GaN on SiC devices from Wolfspeed.

Wolfspeed's portfolio of high-performance X-band solutions features a variety of power levels to optimize system performance, as well as backend support tools to assist in system design and integration.

The product offering includes discrete transistors, impedance-matched FETs and multistage MMIC amplifiers. The devices are well suited for pulsed and

continuous wave X-band applications, including airborne and marine radar, weather radar, air traffic control, and test instrumentation.

■ **Richardson RFPD**
www.richardsonrfpd.com

Low-ESR Capacitors



PPI's product offering includes Traditional High-Q Low-ESR 0505 (0.055" x 0.055") Multi-layer Ceramic capacitors for UHF/Microwave RF Power Amplifiers, Mixers, Oscillators, Filter Networks, Low Noise Amplifiers, & Timing Circuits and Delay Lines. These capacitors are available in two dielec-

trics (P90 or NP0); three different terminations: Magnetic (100% Sn – Solder over Nickel Plating), Non-Magnetic (100% Sn – Solder over Copper Plating), and Tin/Lead (90% Sn 10% Pb – Solder over Nickel Plating); and are designed and manufactured to meet the requirements for MIL-PRF-55681 and MIL-PRF-123. Engineering Design Kits for the 0505C/P case size are available in magnetic and non-magnetic terminations.

■ **Passive Plus, Inc.**
sales@passiveplus.com
www.passiveplus.com

More Flexibility with Wideband Gapband Technology

Richardson Electronics, Ltd. announced the availability of SemiQ's 2nd generation silicon carbide power switches, 1200 V 80 mOhms SiC MOSFETs. These MOSFETs complement SemiQ's

existing SiC rectifiers at 650, 1200, and 1700 V. SemiQ has engineered two new MOSFETs, GP2T080A120U (TO-247-3L) and GP2T080A120H (TO-247-4L), to provide the best trade-off of conduction and switching losses. These new products give designers more flexibility over a broader range of applications in comparison to other devices on the market. Samples are available upon request; please contact a Richardson Electronics representative.

SiC MOSFETs bring high efficiency to high-performance applications including electric vehicles, power supplies and data centers and are specifically designed and tested to operate reliably in extreme environments. Compared to legacy silicon IGBTs, SemiQ's MOSFETs switch faster with lower losses, enabling system-level benefits through reduced size, weight, and cooling requirements.

■ **Richardson RFPD**
www.richardsonrfpd.com

Next-Generation RF Solutions for Mission Critical Systems

The Industry's Most Reliable, High-Performance GaN & GaAs Solutions



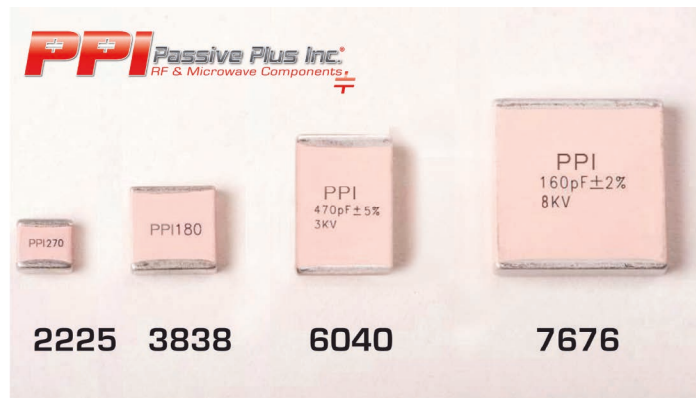
Part Number	Frequency Range (GHz)	Psat (dBm)	Gain (dB)	Supply Voltage (V)
CMD242K4	DC-40	20	10.5	8
QPD1028	1.2-1.4	59	18	65
QPA2213D	2-20	34	16	18
QPM2100	2.5-4	15.5	30	3.3
QPA1008	2.7-3.8	31	28	6
QPA1022D	8.5-11	36.5	24	22
CMD299K4	18-40	9	16	3

Qorvo® offers customers the most advanced combination of power and performance with its industry leading GaN power amplifiers and its new portfolio of high-performance GaAs MMICs that cover the entire RF signal chain. Qorvo's RF solutions set the standard for reliability, efficiency and design flexibility, and is a trusted and preferred supplier to the DoD and leading defense contractors around the globe. As the industry's only MRL 10 GaN supplier, customers can depend on Qorvo solutions to support mission critical applications that operate in the harshest environments on land, sea, air and space. At Qorvo we deliver RF and mmWave products to Connect, Protect and Power™ RF systems All Around You®.

To learn more, visit qorvo.com or connect with our distribution partner RFMW at rfmw.com/qorvo.



Larger Case Size Hi-Q High-Power Capacitors



Passive Plus, Inc. (PPI) offers a series of larger case size capacitors with a High-Q, High RF Current/Voltage with Low ESR/ESL and Ultra-Stable performance characteristics. These capacitors can be used as bypass, coupling, tuning, impedance matching or DC blocking components for RF Power amplifiers, transmitters, antenna tuning, plasma changes and medical equipment applications. The larger case sizes are designed and manufactured to meet the requirements for MIL-PRF-55681 and MIL-PRF-123, and are availa-

ble in two dielectrics (P90 or NP0); three different terminations: Magnetic (100% Sn - Solder over Nickel Plating), Non-Magnetic (100% Sn - Solder over Copper Plating), and Tin/Lead (90% Sn 10% Pb - Solder over Nickel Plating).

2225C/P series:

- Size: .220" x .250"
- Value Range: 0.5 – 2700 pF
- WVDC: 2500 V
- Extended WVDC: 3600 V
- TCC: 0 ± 30 ppm/K (-55°C to +125 °C), 0 ± 60 ppm/K (125

to 200 °C), 90 ± 20 ppm/K (-55 to +200 °C)

3838C/P series:

- Size: .380" x .380"
- Value Range: 0.5 – 5100 pF
- WVDC: 3600 V
- Extended WVDC: 7200 V
- TCC: ± 30 ppm/K (-55 to +125 °C), 0 ± 60 ppm/K (125 to 200 °C), 90 ± 20 ppm/K (-55 to +200 °C)

6040C series:

- Size: .600" x .400"
- Value Range: 1 – 6800 pF
- WVDC: 5000 V
- Extended WVDC: 8000 V
- TCC: 0 ± 30 ppm/K (-55 to +125 °C), 0 ± 60 ppm/K (125 to 175 °C)

7676C series:

- Size: .760" x .760"
- Value Range: 1 – 20000 pF
- WVDC: 5000 V
- Extended WVDC: 8000 V
- TCC: 0 ± 30 ppm/K (-55 to +125 °C), 0 ± 60 ppm/K (125 to 175 °C)

Please contact PPI directly, for information and availability of these capacitors in magnetic or non-magnetic termination, or microstrip, axial and radial ribbon, axial and radial wire leads, and custom assemblies.

Always committed to producing the highest quality product on the market, PPI maintains a fully equipped R&D and testing facility ensuring a wide range of superior Hi-Q Capacitors and Custom Assemblies. Datasheets, and Modelithics generated S-Parameter (S2P) Data can be found at www.passiveplus.com/hqproducts.php. In addition, PPI's C.A.P. (Capacitor Application Program) is available at www.passiveplus.net. C.A.P. allows engineers to insert capacitor requirements (Cap value, Frequency) to produce SParameter data, ESR, Q & Impedance Charts, and datasheets according to the engineer's specifications.

■ Passive Plus, Inc.
www.passiveplus.com

Interference Waveform Pattern Software for 5G and LTE UE/Module Rx Tests



Anritsu Corporation announced the launch of its new Interference Waveform Pattern for 5G NR Receiver Test MX371055A and Interference Waveform Pattern for LTE Receiver Test

MX371054A software. These tools generate 3GPP interference waveform patterns for testing the receiver sensitivity and throughput of both 5G and LTE user equipment (UE) and

modules using the Vector Signal Generator MG3710E. Installing these tools in the MG3710E used in combination with the Radio Communication Test Station MT8000A and Radio Communi-

cation Analyzer MT8821C facilitates easy interference evaluation tests required by the 3GPP RF Compliance Test.

The tools are designed to support both in-house pre-testing for confirming compliance of Sub-6 GHz 5G and LTE UE and modules before the official 3GPP Compliance Test as well as for R&D to improve receiver sensitivity and throughput performance.

In parallel with increasing 5G smartphone shipments, annual shipments of 5G Customer Premises Equipment (CPE) are increasing based on mobile operator Fixed Wireless Access (FWA) services. In addition, manufacturers of automotive electronic equipment are developing 5G communications modules, such as the Telematics

Control Unit (TCU). Moreover, alongside this growing market for 5G UE and modules, the same manufacturers are still developing LTE UE and modules for mobile operators who have not started 5G services yet.

To sell 5G and LTE UE and modules, these equipment manufacturers must ensure that their products pass the 3GPP RF Compliance Test administered by a certified test organization.

The Compliance Test is the final product evaluation before commercial release, and failure to pass possibly requires redesign and retesting. Consequently, pre-testing during development is essential to avoid this risk. A vector signal generator is required to generate interference waveforms at pre-testing. Evaluation using interference waveforms is important in suppressing degraded receiver sensitivity and helps assure development of compe-

titive UE and modules. Anritsu developed these two 3GPP-compliant interference waveform pattern tools to help engineers without specialist skills generate interference waveforms for easy interference tests.

Product Outline

The Vector Signal Generator MG3710E supports receiver sensitivity and interference tests by outputting modulation waveforms up to 6 GHz and these new interference waveform pattern software tools facilitate output of different signal types. The MG3710E with Anritsu's RF Conformance Test System ME7873 series supporting for 5G and LTE systems can perform the RF Compliance Test by certification organizations, such as test houses.

■ **Anritsu Corporation**
info@anritsu.de
www.anritsu.com

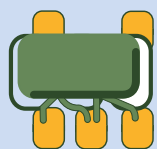


5G won't wait- neither should you!

Times Microwave Systems is ready to deliver the low PIM assemblies you need for 5G networks in one week or less. Demand is hot for the incredible speed and bandwidth expansions promised by 5G communications technology. Fast installation and deployment of high-quality 5G service will create industry leaders in a market with astronomic potential, so you can't afford to wait on slow or overbooked suppliers and experts to get you there. Network densification

is crucial to 5G – more small cells and DAS networks are needed in more locations to support such high speeds with high RF performance, low PIM and good shielding. Leveraging our history and experience building mission-critical, high-end assemblies, Times can provide the highest-quality products you need with unparalleled support and turnaround.

■ **MRC Gigacom**
GmbH & Co. KG
www.mrc-gigacom.de



MiniRF
 Passives with a Passion for Performance



NEW 3 GHz & Beyond Products!

- Enables DOCSIS 4.0 & full duplex requirements
- Achieve max RF output power w/ MiniRF passives
- Repeatability & reliability - a MiniRF trademark
- 100% RF test, local design & support

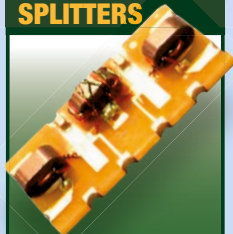
Standard & Custom Components

COUPLERS

MRFCP6762

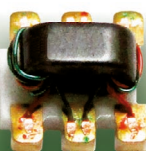
1.8 GHz BW
 3 & 4 port models
 with optional
 coupling factors for
 Broadband / CATV
 Systems.

SPLITTERS



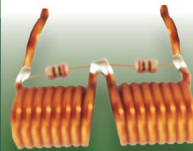
2.5 GHz BW, 2/3&4
 way power splitters
 designed for both
 50 & 75 Ω
 applications.

TRANSFORMERS



50 Ω & 75 Ω
 supporting a wide
 range of applications
 with impedance
 ratios of 1:1, 1:2,
 1:4, 1:8, 1:16.

RF CHOKES



Precision inductors
 & chokes with wire
 diameters from
 0.060~5mm single
 & multilayer, air-core,
 coil configurations.



For information, samples and sales, contact our distribution partner RFMW.
www.RFMW.com | sales@rfmw.com



DC TO 65 GHz

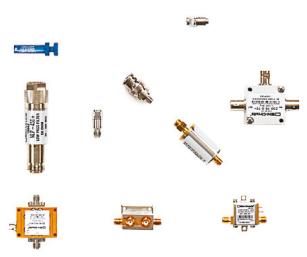
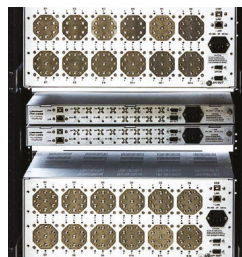
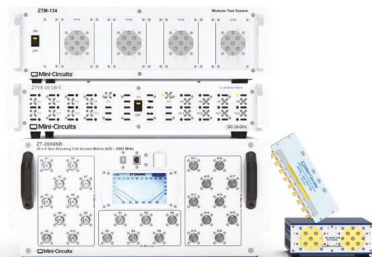
RF & Microwave Test Solutions

Get More Out of Your Test Setup

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

Custom Test Systems

Test Accessories



Switching, attenuation, distribution, signal source, amplification, sensing, measurement and more

Flexible

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

Reliable

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

Affordable

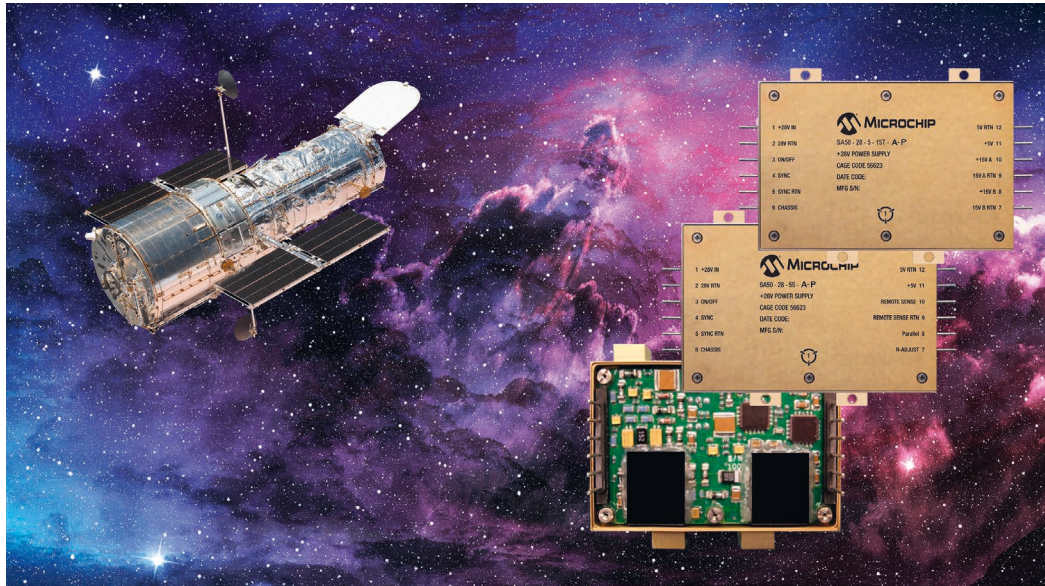
- High-performance without breaking the bank
- Get more functionality and capacity without heavy investment in additional high-end instrumentation

Fast

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



Branchenweit einzige Serie raumfahrttauglicher Standard-Nichthybrid-Leistungswandler



Entwickler raumfahrttauglicher Elektroniksysteme können mit herkömmlichen Hybrid-Leistungswandlern nicht ohne weiteres nichtstandardmäßige Spannungen unterstützen oder Funktionen hinzufügen. Microchip Technology Inc. (Nasdaq: MCHP) beseitigt nun die Herausforderungen hinsichtlich Kosten, Komplexität und Anpassung dieser Hybridlösungen, indem auf diskreten Bauelementen basierende, raumfahrttaugliche DC/DC-Leistungswandler zur Verfügung stehen, die nun auch strahlungstolerante Versionen mit 28 V Eingangsspannung und 50 W Leistung umfassen.

Strahlungstolerante Leistungswandler

Die Serie SA50-28 von Microchip umfasst die branchenweit einzigen strahlungstoleranten Leistungswandler mit 28-V-Eingang, die auf diskreten Bauelementen mit SMD-Montage und nicht hybriden Montageprozessen basieren. Ein einzelner SA50-28 mit kundenspezifischen Parametern bietet mehr Funktionen als alternative raumfahrttaugliche Standard-Leistungswandler und beseitigt die Probleme hinsichtlich Volumen,

Gewicht und Komplexität beim Einsatz von Hybridlösungen, die mehrere Wandler und ihre umgebenden Schaltkreise enthalten.

Die Reihe SA50-28 deckt 20 bis 40 V Eingangsspannung und 50 W Leistung sowie neun Standardausgänge mit 3,3, 5, 12, 15 und 28 V in Konfigurationen mit einem oder drei Ausgängen ab. Die Wandler lassen sich in kurzer Zeit und mit minimalen Zusatzkosten im Vergleich zu solchen in Hybridbauweise an den anspruchsvollen Strombedarf eines Systems anpassen. Weitere Merkmale sind ein hoher Wirkungsgrad, geringes Ausgangsrauschen, Ausgangssperresteuerung, Überstromschutz, externe Synchronisierung und ein Betrieb bei voller Nennleistung von -55 bis +85 °C mit linearem Derating bis +125 °C.

Die Serie SA50-28

ist Teil von Microchips wachsendem Angebot an Standard-Nichthybrid-Leistungswandlern für die Raumfahrttechnik. Entwickler können damit handelsübliche Standardkomponenten verwenden, deren Schaltkreise sich in diesem Bereich bewährt haben. Die Serie ergänzt die im Februar 2021 eingeführten strahlungsgehärteten Leistungswandler der

Reihe SA50-120, die das Risiko und die Entwicklungszeit für qualifizierte Raumfahrtssysteme reduzieren, indem Entwickler ihr Design mit bewährten, handelsüblichen Wandlern in Keramik- oder Kunststoffgehäusen beginnen und schnell hochskalieren können – und das bei niedrigeren Screening-Stufen als den herkömmlichen Anforderungen der Qualified Manufacturers List (QML).

Begrenzte Bemusterung

Die strahlungstolerante Serie SA50-28 von Microchip ist für die Serienfertigung und begrenzte Bemusterung erhältlich. Versionen für Prototypen sind ab Lager verfügbar, und auch nicht strahlungstolerante technische Versionen sind mit derselben Leistungsfähigkeit wie die der raumfahrttauglichen Versionen zu geringeren Kosten erhältlich. Die Lieferzeiten sind in der Regel kürzer als bei Wandlern in Hybridbauweise – ohne damit verbundene Los-Einbußen. Die Wandler werden durch Microchips FPGAs, hochzuverlässige strahlungsgehärtete Leistungshalbleiter und raumfahrttaugliche Timing-ICs ergänzt.

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

hf-Praxis

ISSN 1614-743X

Fachzeitschrift
für HF- und
Mikrowellentechnik

• Herausgeber und Verlag:

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

• Redaktion:

Ing. Frank Sichla (FS)
redaktion@beam-verlag.de

• Anzeigen:

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

• Erscheinungsweise:

monatlich

• Satz und Reproduktionen:

beam-Verlag

• Druck & Auslieferung:

Bonifatius GmbH,
Paderborn
www.bonifatius.de

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

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

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



Spectrum
Elektrotechnik GmbH

wo Qualität benötigt wird



**Wir entwickeln und fertigen
Steckverbinder, Adapter, Kabel
und Komponenten für genau den
spezifischen Anwendungsfall,
neben den vielen Standard-
produkten, die wir normalerweise ab
Lager liefern.**

**Produkte,
made in Germany**

80905 München

Telefon: 089-3548-040

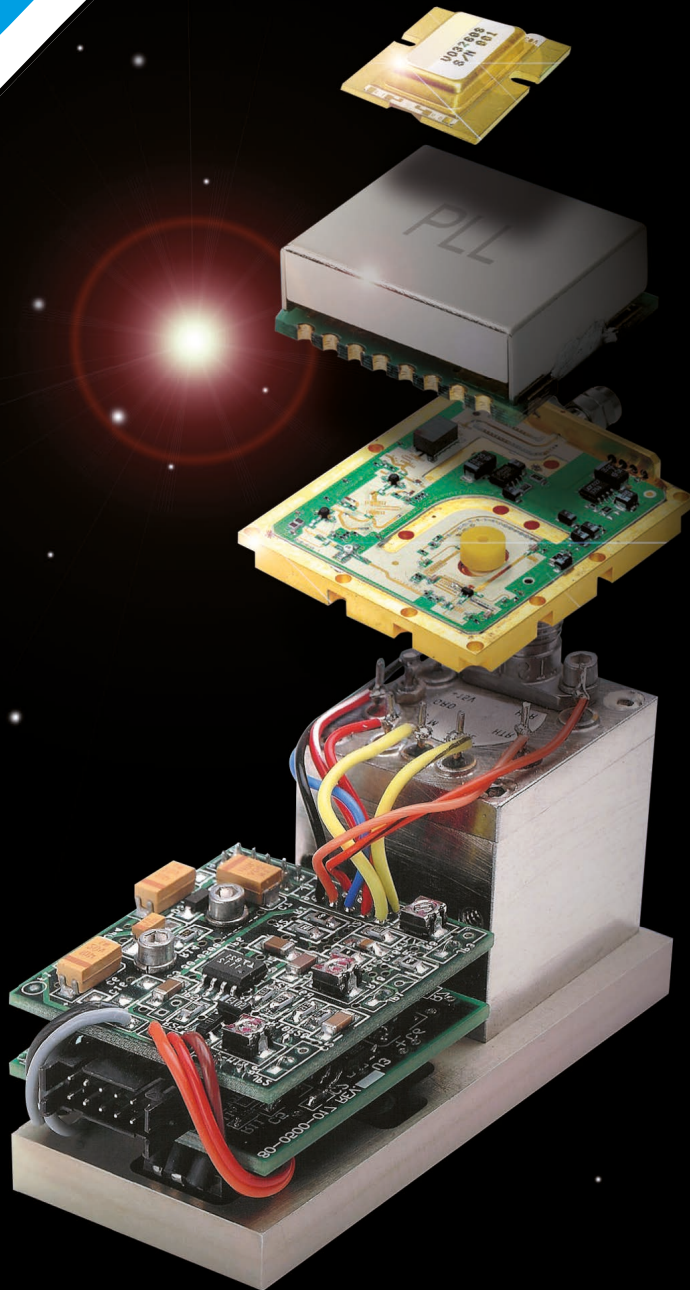
WWW.SPECTRUM-ET.COM

Postfach 450533

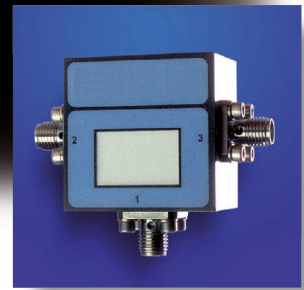
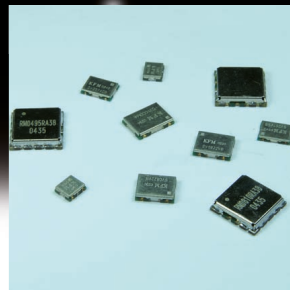
Fax: 089-3548-0490

Email: Sales@spectrum-et.com

OSZILLATOREN



Breitband **Os**zillatoren
 BWO **Os**zillatoren
 Clock Recovery **Os**zillatoren
 Clock **Os**zillatoren
 CMOS **Os**zillatoren
 DRO **Os**zillatoren
 FET **Os**zillatoren
 Grundwellen **Os**zillatoren
 Gunn **Os**zillatoren
 Hochfrequenz **Os**zillatoren
 Hohlleiter **Os**zillatoren
 Hohlraum **Os**zillatoren
 Impatt **Os**zillatoren
 Leistung **Os**zillatoren
 Mikrowellen **Os**zillatoren
 Millimeterwellen **Os**zillatoren
 OCXO **Os**zillatoren
 PLL **Os**zillatoren
 PLVCXO **Os**zillatoren
 Puls **Os**zillatoren
 Quarz **Os**zillatoren
 Radar **Os**zillatoren
 Rauscharme **Os**zillatoren
 Regelbare **Os**zillatoren
 Röhren **Os**zillatoren
 Schaltbare **Os**zillatoren
 Sinus **Os**zillatoren
 Synthesizer **Os**zillatoren
 Takt **Os**zillatoren
 TCXO **Os**zillatoren
 Transistor **Os**zillatoren
 VCO **Os**zillatoren
 VCXO **Os**zillatoren
 Vervielfacher **Os**zillatoren
 YIG **Os**zillatoren



Weitere Informationen erhalten Sie über →

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



GLOBES 
 a  millexia company
 hf-welt@globes.de
www.globes.de